

A  
甲第78号証

# 地震学の今を問う

(東北地方太平洋沖地震対応臨時委員会報告)

2012年5月

公益社団法人日本地震学会

東北地方太平洋沖地震対応臨時委員会編

## 目次

はじめに	平原和朗・加藤照之	1
1. 招待論文		3
防災対策と地震科学研究のあり方：リセットの時期	ロバート・ゲラー	5
M9を想定するために何が欠けていたのか？今後どうすれば良いのか？	松澤暢	9
アスペリティ・連動型・地震予知	井出哲	14
地震学研究者・地震学コミュニティの社会的役割—行政との関わりについて—	長谷川昭	18
「地震学会は国の施策とどう関わるか／地震学研究者・コミュニティの社会的役割とは何か」		
についての私見	石橋克彦	23
地震学の知見を防災に生かす	山田真澄	26
物証にもとづく想定津波の検討を	後藤和久	29
学校の地震防災指導・防災管理の現状と課題	矢崎良明	34
理科の地震学 社会科の地震情報	谷原和憲	38
2. 一般募集論文		43
何故、後予知なのか	松村正三	45
やらなければいけなかったことやってよかったこと	小山順二	49
トランスサイエンスとしての地震予知・長期予測	川勝均	53
研究テーマに見落としは無いか？—潮汐トリガー研究の重要性—	末芳樹	55
2011年東北地方太平洋沖地震後における地震の予知・予測研究への批判について	小泉尚嗣	58
耐震安全関連指針の策定と地震学の最新知見	柴田碧	62
地震研究者コミュニティの社会との関わり方について	今川一彦	64
海溝型地震発生予測の課題—連動型地震モデルと海底活断層の矛盾—	鈴木康弘	65
日本の地震学の二重構造における学術団体としての責任とは？	蓬田清	68
地震科学の目標・目的と説明責任	橋本学	73
世紀の難問「地震予知」に挑む	深畑幸俊	76
北海道における地震津波防災に対する取り組みと今後の課題		
	高橋浩晃・定池祐季・谷岡勇市郎	81
学術学協会および学術学協会会員の社会貢献と研究のあり方—学術学協会と教育、教育研究との関係を例として—	根本泰雄	86
地震学のコンセンサス	宮澤理稔	91
確率論的地震危険度解析に過度の期待が寄せられることへの危惧	野津厚	95
観測網は役にたっているのか？	飯尾能久	97

地震学の知見の広報・教育活動	村越匠	99
確率論的な地震予知では何も進まない	岩田孝仁	102
狭い「地震学」から脱却するために、啓発活動に参画を	中川和之	104
相手は自然だとあきらめていませんか？—東日本大震災に思う—	岡田弘	106
地震発生予測研究のこれから	福島洋	110
地震学のアウトリーチ—社会との信頼の構築—	大木聖子	113
3. 臨時委員会報告		119
地震学への提言—臨時委員会における議論の総括—	鷺谷威	121
東北地方太平洋沖地震をなぜ想定できなかったのか—これからの地震学に向けた問題の洗い出し—	堀高峰・松澤暢・八木勇治	125
地震学会は国の施策とどう関わるのか—地震研究者・コミュニティの社会的役割とは何か—	川勝均・鷺谷威・橋本学	131
地震学と地震津波防災	泉谷恭男・武村雅之・西村裕一	135
災害科学のアウトリーチ—教育現場・報道との接点—	大木聖子・山田尚幸	141
4. 資料集		147
特別シンポジウム「地震学の今を問う—東北地方太平洋沖地震の発生を受けて—」講演予稿集		149
アンケート集計結果		162
日本地震学会の活動 (1995-2011)		168
地震学に関連するできごと (1995-2011)		170

はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、強い地震動と共に巨大な津波を引き起こし、未曾有の東日本大震災をもたらしました。1年を過ぎた今でも、行方不明の方々の捜索が続けられています。あらためて、こういった行方不明の方々を含む2万人に及ぼうとする犠牲者およびそのご家族の方々に哀悼の意を表するとともに、今なお不自由な生活を余儀なくされている被災地の方々の一日も早い復興をお祈りいたします。

あの日テレビに映し出された巨大津波の衝撃の映像が頭から離れません。会員の皆さんも、様々な思いで3月11日以降を過ごされてきたことと思います。「想定外」という言葉には色々な批判を受けましたが、それでもこの地震の発生を「想定外」と言わざるを得ない地震学の現状に、非常に多くの会員の方々から色々な声をいただきました。日本地震学会は会員個々の多様な考え方や活動を尊重しつつ、様々な活動の見直しを行なおうとしています。

理事会では、その活動の一環として東北地方太平洋沖対応臨時委員会を立ち上げ、今後の学会の取るべき対応策について議論していただき提言をまとめていただくことに致しました。鷺谷威委員長をはじめとする対応臨時委員会委員の方々には、学会の大会企画委員会及び現地のLOCの方々の協力の下、静岡での地震学会を一日延長して新たな会場を確保していただき、会員の皆さんが一堂に会して様々な思いをぶつけ合う場として、シンポジウムを企画していただきました。会期延長の上、あいにくの雨にも関わらず、500名近い非常に多くの会員の出席を得て、特に社会との関わりを含めて今後の地震学について、忌憚ない熱い議論が一日中交わされました。会議のあと、このシンポジウムでの発表内容に加え、さらなる意見を会員から募集し、意見集を刊行することとなりました。もちろん、1回のシンポジウム、1冊の集録で結論が出る問題ではありませんが、この集録はシンポジウムの貴重な記録であると同時に、日本地震学会再生の第一歩を記したものとなると考えています。学会では、このたびの地震とそれにとまなう災害を契機として、会員の皆様をはじめ、地震に関連する多くの方々と手を携えながら日本の地震・津波災害の軽減のための取り組みを一層強化していきたいと考えております。

公益社団法人 日本地震学会 会長 平原和朗  
同 副会長（臨時委員会对応理事） 加藤照之

# 1. 招待論文

- ・ 防災対策と地震科学研究のあり方：リセットの時期・・・・・・・・・・ロバート・ゲラー
- ・ M9を想定するために何が欠けていたのか？今後どうすれば良いのか？・・・・・・・・松澤暢
- ・ アスペリティ・連動型・地震予知・・・・・・・・・・・・・・・・・・井出哲
- ・ 地震学研究者・地震学コミュニティの社会的役割—行政との関わりについて・・・長谷川昭
- ・ 「地震学会は国の施策とどう関わるか／地震学研究者・コミュニティの社会的役割とは何か」  
についての私見・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・石橋克彦
- ・ 地震学の知見を防災に生かす・・・・・・・・・・・・・・・・・・山田真澄
- ・ 物証にもとづく想定津波の検討を・・・・・・・・・・・・・・・・・・後藤和久
- ・ 学校の地震防災指導・防災管理の現状と課題・・・・・・・・・・矢崎良明
- ・ 理科の地震学 社会科の地震情報・・・・・・・・・・・・・・・・・・谷原和憲

# 防災対策と地震科学研究のあり方：リセットの時期

東京大学大学院理学系研究科      ロバート・ゲラー

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震(M9.1, GCMT解による)は、現在支配的な地震発生パラダイムが「想定」しなかったものである。観測データを溯っても識別可能な前兆現象は見られていない。この事実は、地震科学の最優先課題が現在の支配的パラダイムに代わる地震発生に関する新パラダイムの構築であることを強く示唆する。同時に、応用面でもこの教訓は活かされるべきである。地震の直前予知が可能であることを前提とした大規模地震対策特別措置法及びその関連体制は廃止されなければならない。ほとんど意味のない現行のハザードマップ(確率論的地震動予測地図)の発表もやめるべきであり、原発の津波対策も抜本的に見直すべきである。そして、研究者は物理学の原点に戻り、学問的事実、すなわちいまだ分かっていないことも含め、ありのままの知見を国民、政府、及びマスコミに伝えるべきである。

## 1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震(GCMT解によるとマグニチュード9.1, 以下; “3.11”という)は日本全体に衝撃的な影響をもたらした。行方不明者数を含む死者数は19,000名以上(2012年3月現在, 警察庁のホームページ), 物的災害は20兆円以上と言われており、福島第1原発の事故処理はこれから数十年かかると推測される。犠牲者の冥福を祈り、被災地の復興及び原発事故の適切な処理を心から願ってやまない。

このような状況下で、日本の地震科学<sup>1</sup>研究、そして地震・津波防災対策及び観測業務体制をどのように改善すべきであろうか。3.11を重要な区切りとして、あらゆる課題・問題を洗い出し、きちんと整理することが求められていることに異論はないだろう。しかし、改善の前にはこれまでの結果の総括が不可欠である。ここでは、この総括と改善の組み合わせを「リセット」と呼ぶ。

日本の地震科学コミュニティが現在擁している課題は、純粋科学的な課題だけではない。最も厄介なのは、科学的側面と政策論的側面の両方をもつ課題である。しかし、研究者のなすべきことは常に明らかである。つまり、物理学の原点に立ち戻り、政府、マスコミ、企業、一般国民などに対して正確な専門的情報を発信することである。これは、ただ研究者が知っていることだけを述べるのではなく、その不確実性及び現在の学問の限

界についても当然的確に説明することが含まれてくる。また、情報の発信は研究者として誠実に行うべきで、国会答弁のような曖昧な表現の使用や不都合な情報の隠蔽はしてはならない。さらに「立場があるから」という理由で、真実以外の情報を発信することは言語道断である。たとえスポンサー(政府、電力業界、建設会社など)の意向と食い違いがあったとしても、学問的真実をありのままに語るのが研究者の責務なのである。

これまで筆者は日本の地震科学研究の抜本的改善の必要性を論じてきた(Geller, 1991, 2011a; ;ゲラー, 1994, 2011b)。本稿では、上記に紹介した筆者の文献と2011年10月のシンポジウムでの特別講演を踏まえ、現行の地震研究とそれに基づく防災対策のリセットを提言する。現下の厳しい状況を踏まえ、建設的な改善を目指すという筆者の意のあるところを汲んでいただき、ご理解頂ければ幸いである。

## 2. パラダイム・シフトの必要性：3.11の教訓

3.11は日本の地震科学コミュニティに、以下の3つのショックを与えた。

(A)政府の地震調査研究推進本部(以下、推本という)が発表したハザードマップ(確率論的地震動予測地図)によると、東北地方の太平洋沿岸のリスクは東海地方より遥かに低いとされていた。(これは今でも変わっていない。)そして、推本が想定した「固有地震」は宮城県沖でM7.5程度だったが、3.11のマグニチュードは9.1であった。すなわち、推本が予測した地震のエネルギーと、3.11の地震エネルギーとの間には、約150倍の開きがある。つまり、小雨の予報をただけなのに巨大台風が襲来したといったような大きな誤算だった。

(B)福島第一原発を襲った津波は、東京電力が設定して政府規制当局が承認した基準値を遥かに超え、レベル7の原発事故が発生した。そして、多くの地震科学者がこの東京電力の設定若しく

<sup>1</sup>海外では近年、学問的分野のネーミングとして「地震学」(seismology)と別に、「地震科学」(earthquake science: 地震学を含むがより広い分野)といった表現も使用されるようになってきた。今後日本で行うべき見直しには、かつての狭い意味での地震学に限らず、地震科学全体を視野に考えるべきである。

は当局の承認の意思決定プロセスに参加していた(Nöggerath et al., 2011).

(C)東海地方以外に、実用的予知体制は設置されていないため、3.11の前に政府が直前予知情報を発表できなかったことを失敗と断言することはできない。ただし3.11はM9.1の巨大地震であるにもかかわらず、GPSなどあらゆる観測データを溯ってみても、前もって識別可能な「前兆現象」は皆無であった。

上述の事実を受け、例えば、瀧澤(2011)は以下のように述べている。「私自身、非常にショックを受けました。科学が敗北したようなものです。」しかし、3.11は、決して科学の敗北ではない。これは、単にこれまで支配的だったパラダイム(学説)の敗北であったにすぎない。

今、支配的なパラダイムと述べたが、こんなパラダイムはどの論文にも提言されていないではないか、という反論もあるだろう。しかし、これまで日本国内で繰り返された多くの研究者の発表と政府の地震対策を「裏返す」と、以下の2つの前提に基づくパラダイムが日本を支配してきたことは周知の事実である。すなわち、(1)地震発生は(概ね)周期的であり、(2)大きな地震の発生前には識別可能な「前兆」現象が存在する。したがって、十分な観測網さえ設置すれば直前予知が可能である、というものである。

しかしながらこのパラダイムは、とりわけ3.11の後、観測データによって肯定されるものではないということがはっきりと示された。これは、観測データに即した新しいパラダイムを構築する必要性を強く示唆するとともに、旧パラダイムに基づく国の政策の抜本的な改正を迫るものである。

ここで、自然科学の他分野の歴史を考察してみたい。化学(元素理論)、物理学(特殊相対性理論、一般相対性理論、量子力学)、地球科学(プレート・テクトニクス)など、パラダイム・シフトの前例は科学史において何回もあった。地震科学も例外ではあるまい。

参考までに、物理学(特殊相対性理論)の例を挙げる。1887年に有名なMichelson-Morley実験が行われた。その目的は「エーテル」(当時、光が通ると思われた「媒体」)に対して地球の相対的速度を測ることだった。ところが、実験結果は想定外のものであった。すなわち、光の伝播速度は定数であり、「エーテル」が存在するとする仮説に大きな疑問を投げかけるものとなった。当然この実験結果は、当時の支配的パラダイムの否定につながるもので、世界中の物理学者に対して大きなショックを与えた。

支配的パラダイムが明らかにダメだと分かった後でも、すぐに新しいパラダイムが見つかった

わけではない。結局、1905年にアインシュタインによって特殊相対性理論が提示され、新パラダイムとなったが、それまでに18年の歳月がかかっている。この新パラダイムのキーポイントは言うまでもなく、エーテルという媒体が存在しないことであり、これは光の伝播速度が定数であるという観測結果(事実)に基づくものである。つまり、新パラダイム構築には、その時まで「当然」と思われた「先入観」を新事実に基づき再考することが欠かせないステップとなる。

地震発生に関する仮説、現在のパラダイムに話を戻すと、地震科学の現状が1887年の物理学が置かれていた状態とよく似ていると思われる。すなわち、支配的パラダイムは3.11を全く「想定」できなかった。そして観測データ(新事実)は支配的パラダイムを全く肯定していない。これらを冷静に受け止めるならば、既存の支配的パラダイムがデータと調和しない、つまり「敗北」したことを意味する。そうであれば、旧来のパラダイムに代わる新しいパラダイムの構築こそが、地震科学研究の最優先課題である。

自然科学では「何ができない」ことを証明することは容易ではない。それをするために、まず対象となる現象を説明する理論が必要である。2つの例を挙げる。永久機関の存在が有りえないことを示すためには、熱力学の法則が必要であった。さらに、錬金術の実現は不可能だと示すためには、核反応の理論が必要であった。不可能であることを証明するために必要な理論が確立されるまで、研究者たちは、永久機関も錬金術も実現は困難であろうとは言えたが、不可能であることを理論的に証明できなかった。地震予知研究がいま置かれている状況は、まさに大昔の永久機関や錬金術の研究と同様である。

破壊現象である地震発生には強い非線形性があり、初期条件のほんのわずかの摂動が物理系の発展を大きく左右するという確率過程的な側面がある。つまり、破壊現象を予測することは控えめに言っても非常に困難である。今後の研究によって確立されるであろう地震科学の新パラダイムは、その確率的側面を反映されなければならない。もちろん、それによって正確な予知への道を切り開く可能性を完全に否定するものではないが、むしろ正確な予知の困難さを示す公算はたいへんに大きい。

新パラダイムの構築は、既に述べたように、これからの研究に委ねられるものであるが、多少のスペキュレーションを踏まえると、ミクロスケール過程(リソスフェアにおけるエネルギー蓄積)とマクロスケール過程(地震によるエネルギー解放)をともに解明し、G-R法則と調和するものでなければならないといえる。

### 3. 地震科学と社会の関係のリセット

地震科学の研究者と社会との関係には、複数の問題が横たわっている。紙面の制約から詳述はしないが、これらの問題には一つの共通点がある。すなわち、これまでの50年にわたって、一部の研究者たちが、予知・予測などについて、国民に非現実的な期待を抱かせてきたことである。そして、それを看過してきた地震科学コミュニティにも、当然、非常に重い責任があると言わざるを得ない。

今回の3.11を区切りとして、科学者は本来の役割に戻って、学問の現状をありのまま国民に伝えるべきである。そして、非現実的期待に基づくすべての制度、体制を正さなければならない。その際、真っ先に行うべきは「東海地震」の実用的予知体制と制度の完全撤廃である。これが継続している限り、国民は地震の正確な予知は可能であるから、大地震が起こる前に政府は適切な措置を取るという幻想を抱き続け、適切な防災対策を疎かにしてしまう危険性がある。

学問的に考えれば、そもそもいまだ発生もしていない単なるシナリオにすぎない地震（「東海地震」、「南海地震」、「首都直下型地震」など）を、一定の規模とメカニズムであたかも確実に起きるかのような現象として取り扱うこと自体、望ましくない。

しかしながら、1978年に施行された「大規模地震対策特別措置法」（以下、大震法という）によって、気象庁とその諮問機関（地震防災対策強化地域判定会など）は実用的予知を行うことになっている。内閣総理大臣が、この制度によって警戒宣言を発令した場合、関東・東海地方のほとんどの経済的活動が実質的にストップすることになる。

一方、現在に至るまで、全世界どの国においても信用できる前兆現象は観測されておらず（Geller, 1997; Geller et al., 1997）、3.11の前のデータを溯ってもみても識別可能な前兆現象は観測されなかった。十分な学問的根拠がないにもかかわらず、このような「実用的」予知制度が存在することは、許されるべきではない。予知研究を含めた地震科学の研究のあり方については後述するが、実用的予知制度（いわゆる東海地震を含める）については、現時点及び近い将来においても実現は不可能である。これらを踏まえ、大震法及びいわゆる東海地震の実用的予知制度は廃止されるべきである。

これに対して、多くの地震科学研究者は大震法の存在・存続についてほとんど関心をもっておらず、自分の研究と関係のない行政の話であると考えているようである。しかしこれは全くの勘違いである。実用的予知ができるということが政府の政策の前提である以上、社会全体、地震防災対策、

地震科学研究の有り方、マスコミ（特にNHK）の地震に関する報道に至るまですべてが、この誤った仮説に則って動いていることに気付くべきである。つまり、地震予知こそが地震科学であるというのが社会通念であり、逆に言えば、予知ができない地震科学は意味がないとさえ考えられているのである。

もちろん、大震法以外の重要課題もたくさんある。例えば、原発の地震・津波対策の見直し、研究体制の在り方、観測データの公開の仕方などが挙げられるが、これらの解決にはその前提としてまず大震法及びその関連体制の廃止が欠かせない。

### 4. 研究者の認識のリセット

3.11後、国民及びマスコミは地震について非常に敏感になった。研究者はこのことを真剣に受け止め、地震活動に関する情報を提供するに当たっては、十分な科学的根拠をもって真摯に行うべきである。

しかしながら3.11後でさえ、残念ながら数々の「予言」発表が、無責任な形でなされていることには危機感を覚える。例えば、2011年秋に北海道大学の研究者たちは異常電波を観測し、1～2か月以内にM8級の地震が発生するといったような発表を行った。また、2012年1月に東京大学の研究者たちが、首都圏にM7内陸地震が4年以内に70%の確率で発生すると発表したことも記憶に新しい。

これらはいずれも、査読はおろか、確立された手法に基づいたものでもなかった。詳細は省略するが、どちらの「予言」も日本における地震防災に建設的貢献を成したとは言いがたい。

研究者は研究結果をマスコミに情報提供する前に、少なくとも学術雑誌に論文を投稿し査読くらは受けてほしいものである。一方、言論の自由は正当な権利であるが、マスコミも報道の内容については、真剣に検討することが望ましいだろう。

そして情報提供の在り方を真剣に考えて貰いたいのは政府機関も同様である。3.11が起こった後も、政府機関は、いわゆる東海地震について30年以内の発生確率は87%である、と発表し続けている。マスコミがその数字を垂れ流した結果、この数字は日本国内では、ほとんど確定的な事実のごとく受け取られている。

しかしながら、本稿の読者には周知の事実と思うが、この数字は科学的に検証すらされていない予測モデルに基づいたものである（Stein et al., 2011）。しかも、3.11の前に福島市役所における今後30年以内に震度6弱以上の揺れの確率は



0.9%としたのは、まさにこのモデル<sup>2</sup>であった(地震調査委員会, 2010, 12頁)。結果として、政府機関は東海地方(及びその近辺)のリスクを過剰に見積もり、一方で他の地域のリスクを過少に見積もってしまった。政府機関が3.11後にもそのような発表を続けるのであれば、発表する確率の不確実性も定量的に見積もり、それも具体的に発表すべきである。また、政府機関が利用している手法は単なる報告書だけでなく、査読付の学術雑誌にも発表すべきである。

## 5. おわりに

上述のリセットは、当然、既存の組織の予算カッターにつながる可能性もある。しかしながら、我々研究者は自らの利益よりも、国民の安全を優先的に考慮すべきである。地震予知研究は、地震科学のごく一部にすぎない。地震科学は、ありえない地震予知に拘泥するのではなく、その多様な研究成果をほかの分野に提供することで、社会に大きな貢献ができる可能性を秘めた重要な研究分野である。3.11が、そして1995年の兵庫県南部地震の事例がはっきりと指示しているように、不意打ちの地震の災害をどのように軽減できるかは、防災面における非常に重要な課題である。

さらに純粋研究においても、地震発生の新パラダイムの構築こそが、最優先課題に位置付けられるべきである。なぜならば、地震発生メカニズムについての基礎的な理解があつてこそ、震災軽減のための適切な方策を考えることができるのであり、地震科学の成果は防災計画の策定に必要不可欠なものである。

一方、これまで50年にわたって一部の地震科学研究者が、予算獲得のために予知研究の応用性を過大に喧伝してきたことは事実である、そして地震科学のコミュニティもこれを黙認してきた。今こそこれまでの誤りをはっきりと認め、それとの決別を宣言する必要がある。痛みを伴う変革ではあるが、これこそが実施すべきリセットの第一歩である。

## 文献

- Geller, R.J., 1991, Shake-up for earthquake prediction, *Nature*, **352**, 275-276.  
ゲラー, ロバート, 1994, 地震予知再考, 地震予知研究シンポジウム, 131-140.  
Geller, R.J., 1997, Earthquake prediction: A critical review, *Geophysical Journal International*, **131**,

<sup>2</sup> いわゆる東海地震(「固有地震」)の30年以内の発生確率(87%)と福島市役所における30年以内の震度6弱以上の揺れの確率(0.9%)は、ともに推本の予測モデルによる推定値であるが、その性格は異なっており、直接比較できないことに留意されたい。

425-450.

Geller, R.J., 2011a, Shake-up time for Japanese seismology, *Nature*, **472**, 407-409.

ゲラー, ロバート, 2011b, 『日本人は知らない「地震予知」の正体』, 双葉社.

Geller, R.J., D.D. Jackson, Y.Y. Kagan, and F. Mulargia, 1997, Earthquakes cannot be predicted, *Science*, **275**, 1616-1617.

地震調査委員会, 2010, 「全国地震動予測地図」の更新について, 平成22年5月20日, 地震調査研究推進本部

[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10\\_yosokuchizu/100520yosokuchizu.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10_yosokuchizu/100520yosokuchizu.pdf).

額額一起, 2011, 地震の科学の行方は?~ 東日本大震災から1ヶ月, 地震学者は何を思うか, エルゼビア・ジャパン, 特集: 研究者インタビュー第8回,

[http://japan.elsevier.com/publishing/interviews/2011\\_04\\_interview.pdf](http://japan.elsevier.com/publishing/interviews/2011_04_interview.pdf).

Nöggerath, J., R. J. Geller, and V. K. Gusiakov, 2011, Fukushima: The myth of safety, the reality of geoscience, *Bulletin of the Atomic Scientists*, **67**(5), 37-46.

Stein, S., R.J. Geller, and M. Liu, 2011, Bad assumptions or bad luck: Why earthquake hazard maps need objective testing, *Seismological Research Letters*, **82**, 623-626.

# M9を想定するために何が欠けていたのか？ 今後どうすれば良いのか？

東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター 松澤暢

今回のM9の地震が「想定外」となってしまったのは、主として(1)固着強度が弱い沈み込み帯で大きな地震が起こるはずがない、(2)海溝近くで大きな滑りが起こるはずがない、という二つの思い込みがあったからである。また、アスペリティ・モデルを単純化しすぎてしまっていたことも問題であった。今後はより柔軟にありとあらゆる可能性を検討し、思い込みではなくデータからすべてを検証していく、という愚直なやり方しか展望は開けない。地震学は本質的に時間のかかる学問であることを社会に粘り強く訴えていくことが重要である。

## 1. はじめに

今回のM9の地震の発生可能性を予見できなかったことは、地震予知研究を推進してきた者の一人として大きな責任を感じている。ここでは、今回の地震を事前に想定することができなかったのは何故か、また、正しく想定するためには何が足りなかったのか、どこで間違えたのか、といった点について、現時点までに得られている情報を元に整理し、この反省を元に、今後どうすべきかについて私見を述べさせていただきたい。

なお「想定」という用語は、本来、理学にはなじまない。しかし、減災における理学者の重要な役割の一つは、将来どのような地震が発生しうるのかを十分に検討し、防災・減災関係者が「想定」すべき地震を明確にすることにあつたはずである。社会が今回のような地震を想定して対策を講じることができなかったのは、理学の実力不足であるとの反省のもと、あえてこの用語を使うことにする。

## 2. M9を想定できなかった理由

今回の東北地方太平洋沖地震では、宮城県沖の海溝近くのプレート境界が50m程度以上滑り、それによって南北約500m、東西約200kmの広大なプレート境界が滑って、M9に至ったことが明らかになっている(例えば、Iinuma et al., 2011)。このことから、M9を想定できなかった主たる原因は以下の2点に集約されると考えられる。

### 2-1. 固着状況の過小評価

東北地方の東方沖ではプレート境界の固着強度が小さく、大きな滑り欠損は蓄積できないと考えられていた。その判断の根拠は、(1)沈み込むプレートが古く冷たい(Kanamori, 1977; Ruff and Kanamori, 1980)、(2)約100年の測地測量結果では東北地方に短縮歪は蓄積していない(橋本, 1990; 石川・橋本, 1999)、(3)中規模以下の地震活動が極めて高い、(4)大きな余効滑りを伴う地震が多い(例えば、Suito et al., 2011)、(5)小繰り返し地震が活発に発生している(Igarashi et al., 2003; Uchida et al., 2003)、等による。

特に、海溝近くは沈み込んで間もなくの場所であり、そこでのプレート境界に大きな滑り欠損を生じうるほどの強度があるとは思えなかった。今回の主破壊域で長期に渡って地震活動が低調であったことは本震発生前に気が付いていたが、プレート境界の強度が弱すぎて小さな地震すら起こせないのだと誤解していた。

### 2-2. アスペリティ・モデルに内在していた問題

現在の建議に基づく地震予知研究においては、アスペリティ・モデルの進展により、プレート境界型地震についてはある程度の長期予測は可能になったと考えられていた。しかし、今回の地震については長期予測はおろかポテンシャル評価すら完全に間違えていた。それはアスペリティ・モデルにおいて以下の問題があったためと考えられる。

今回の地震は、主破壊域での強度が強くなり、それが長い間強く固着していたために生じたとする考え方がある(Kato and Yoshida, 2011)。この仮説が正しい場合には、M9の想定ができなかった最大の理由は、100年程度のデータでアスペリティのかなりの部分は同定可能と考えたことに起因することになる。

一方、条件付き安定領域が広大であったために、広域に破壊が及んだのがM9となった主たる原因とする考え方がある(Hori and Miyazaki, 2011)。この仮説が正しい場合には、もともとBoatwright and Cocco (1996)のCoupled Asperity Modelを元にしていただけなのに、それよりもっとモデルを単純化して条件付き安定領域を無視してしまったことが一番の問題であったことになる。

また、滑り速度が大きくなった時にさらに摩擦抵抗が小さくなったり(Shibasaki et al., 2011; Mitsui and Iio, 2011)、滑りが地表を突き抜けたこと等により滑りがovershootした(Ide et al., 2011)のがM9となった本質であるとする考え方もある。これらが正しい場合には、アスペリティでの滑り挙動が毎回同じであると考えたことが問題であったことになる。

### 3. 何故大きな滑り欠損を蓄積できたのか？

上記のように、今回のような巨大な地震が発生した理由を説明するモデルがいくつか考えられている。いずれのモデルであっても、大きな滑り欠損が生じていなければ M9 の地震が発生し得ないことは自明である。一方、この領域では、プレート境界の強度が小さくて、大きな滑り欠損は蓄積できないと考えていたわけだが、今回の地震後の応力テンソルインバージョンによる解析 (Hasegawa et al., 2011) でも、プレート境界の強度は 20MPa 程度であったことが判明しており、固着強度が小さいとした当初の判断は間違っていなかったように見える。

これについて飯尾・他 (2011) は、今回の地震は断層の幅が広いので、20MPa 程度の強度があれば 80m を越える滑り欠損も蓄積しうることを示した。つまり、今回の地震は普通の地震と違って、蓄積された全滑り欠損を解放してしまったので大きな滑りとなった (Ide et al., 2011; Hasegawa et al., 2011; Yagi and Fukahata, 2011) と考えられるが、断層の幅が 100km スケールなら、それだけの滑り欠損を蓄積するのに、それほど大きな強度は必要としないのである。さらに、今回の地震の最大滑り域は海溝近くにあるが、このような地表に近いところでは、断層よりも浅い側からのローディングが弱いので、深部よりも滑り欠損を蓄積しやすい (Hori and Miyazaki, 2011)。また弾性定数が小さければ小さいほど、大きな滑り欠損を蓄積できることになる。もちろん短波長の不均質性が存在するので、局所的にはもっと早く強度を上回るが、その場合には破壊も限定的な領域でしか生じないし、全滑り欠損を解消することもない。現状では、これがもっとも矛盾なくデータを説明できそうに思える。

### 4. M9 を想定するために何が欠けていたのか？

今回の地震について上記のような研究成果が出てきて、ようやく、M9 の地震を想定するために何が欠けていたのかが明らかになってきたと思う。

#### 4-1. 観測データの問題

観測データとしては、何よりも、海溝付近の滑り欠損のデータが不足していた。沈み込んですぐの海溝近くが強く固着しているはずがないという思いこみと、海溝近くの観測の技術的困難さの両方が相まって、これまで十分な観測ができなかったことが問題であった。

地質学的データも不足していた。貞観地震の状況は 2010 年頃にはかなり明らかになっていたが、残念ながら貞観以外の時期の地震の状況が良くわからなかったために、再来間隔の推定に慎重になってしまっていた。今から考えれば、再来間隔がわからない (つまり発生確率がわからない) 場合でも、過去の地震像を示すだけでも意味があっ

たと思う。しかし当時は、(少なくとも私は) 確率の明示なしに公表して「明日にも来るかもしれない」と捉えられてしまった過去のいくつかの事例が頭をよぎり、必要以上に慎重になりすぎたかもしれない。

海底地殻変動観測の技術的問題については克服しつつあり、これからようやくプレート境界の固着分布が海底観測から明らかになると期待されていた。津波堆積物の研究からも貞観地震を踏まえて、極めて大きな津波をもたらす地震が東北地方南部にも発生する危険性を広く広報しようとしていた。そのような矢先に今回の地震が起きてしまったことは極めて残念でならない。

#### 4-2. 研究者の姿勢の問題

研究者の姿勢としては、沈み込み帯の地震の全体像を把握するためには、もっと長期間のデータが必要であると認識しつつも、結論を急ぎすぎたことが問題であった。

福島沖ではアスペリティ・モデルが成立していないとわかっていたにもかかわらず、ここは間隙水圧の時間変化が大きい場所であると判断してしまい、もっと長い時間・空間スケールでの階層を深く考えなかった。間隙水圧の時間変化を認めてしまうと大抵のことは説明できてしまうため、その導入には慎重になるべきではあると自戒はしていた。しかし、福島県沖で普段の地震活動は極めて活発なものにも関わらず M7 以上の地震がごくまれにしか発生しないことを説明するには、間隙水圧の時間変化しか当時は思いつかなかった。背景としては、前述のとおり、現状ではプレート境界の固着は弱くて今の状態が続く限り大きな地震は起こせないという思い込みがあった。

地震の長期予測を実現するには、地震の 1 サイクル以上を経験することが本来必要である。しかし、大地震はその再来間隔が長いため、当面は、中規模以下の地震のサイクルを観測してモデル化し、大地震についてそのモデルを適用して予測せざるをえない。未経験の地震を予測する以上、間違える危険性は高く、それは純粋科学としては当然である。しかし、災害科学として向き合っている以上、間違えた場合の社会に及ぼす影響についてもっと深く考え、あらゆる仮説はもちろん「常識」をも疑い、最悪の事態として何が考えられるのかを徹底的に検討すべきであった。

これまで、長期予測の規模の推定が過大評価である可能性については論じられることがあっても、過小評価である可能性については、内陸の活断層の見えない領域以外は、ほとんど議論されてこなかった。比較的良好にわかっていると思いついていたプレート境界型地震についても、最大規模の推定については、もっと大胆な発想に基づく予想をも俎上に載せて検討を行うべきであった。

アスペリティ・モデルは予測可能性を示すモデ

ルである。我々はアスペリティ・モデルで説明できる地震を多数発見したことにより、地震の予測可能性が前進したことを喜んだが、逆にそのために、単純なアスペリティ・モデルに思考が規定されていた面があったことは否めない。

## 5. 今後どうすべきか？

以上の議論を踏まえて、今後どうすべきかについて私見を述べる。

### 5-1. 今回の地震像の明確化

何よりもまず、今回の地震がどのように発生したのかを明らかにする必要がある。モデルによって余効変動の出かたが異なるため、余効変動を調べることによってモデルが絞り込めると期待される。

特に今後、陸域深部のプレート境界で余効すべりが大きく生じるのかどうかを明らかにすることは、普段の海岸の沈降の原因を理解するためにも極めて重要である(池田, 2011)。一方、全体像を明らかにするには海底下の余効すべりを精度よく推定することが必要であり、そのためには海底下の地殻変動観測が欠かせない。

また、深海における地形調査、構造探査、ボーリング等によって、過去の履歴を明らかにしていくことも必要である。

さらに他の地域の M9 の地震と比較検討することが、総合的理解に繋がると期待される。今回の地震が M9 の地震の典型である保証はどこにもなく、今回の地震だけで M9 の地震を理解したようなつもりになることは危険である。

また、誘発された地震・火山現象を詳しく調べ、活動が誘発された場所の特徴を抽出するとともに、東北地方太平洋沖地震による応力・歪変化と地震・火山活動変化との関係を明らかにすることが、内陸とプレート境界の相互作用を理解するうえで決定的に重要であり、内陸地震の地震発生モデルの高度化にも役立つと期待される。

### 5-2. 減災に貢献するために必要なこと

観測データについては何よりも海底地殻変動観測を充実させ、少なくとも現時点で滑り欠損を生じていて、将来大きな地震を起こす可能性のある領域の分布を、観測データから明らかにする必要がある。ただし、これらはスナップショットにすぎないという自覚のもと、その解釈にはありとあらゆる可能性を考慮せねばならない。たとえば、福島県沖では滑り欠損レートが小さいという結果が出ていた(Matsumoto et al., 2008) が今回の地震時は大きく滑ったことを忘れてはならない。

また、地震予知に頼らない減災に理学者はもつと貢献していく必要がある。

具体的には、まず地震発生後の地震動と津波の予測の高度化がある。特に津波については、オンライン海底津波計を用いた津波予測システムの高度化に寄与することが重要である。

さらに将来の最悪の地震のシナリオを構築することも重要である。海溝軸近傍等、現状のデータでは把握困難な場所を明確にしたうえで、安易に「ありそうな大きさ」を仮定するのではなく、現状のデータを説明できる最大のすべり欠損に基づき、将来の最悪の地震像を示す必要がある。

そのような地震像を提示されても、その頻度が不明では社会に役立てにくい。当面は、地震時の滑り量を断層の幅から見積もり、その滑り量と現在の滑り欠損レートから頻度を概算するしかない。ただし、滑り欠損レートは時空間的に変動するので、レートが低いからといって安心情報とならないように十分に注意する必要がある。

これと並行して、過去にどのような地震がどのくらいの頻度で起こってきたのかを、古地震学的調査から明らかにしていく必要がある。複数の推定結果があれば、そのうち、より「不都合」な推定のほうを当面は採用し、それをまずは広く社会に伝える努力をすることが重要である。たとえば、津波堆積物を調査して浸水域が広大であることがわかっていても、海岸付近でどの程度の高さの津波が来襲したのかを推定することは難しい。このため、津波の高さとしては「最低でも00m」、という言い方がなされてきたが、今後は最悪の場合の推定とその公表もできる限り行う必要がある。

一方、社会に情報を伝える際には、謙虚に、我々の実力に見合った程度の確度で伝えるべきである。どんなに科学が進んでモデルが構築されても、すべては仮説であり、幾多のデータから仮説が検証されて、初めて信頼度の高い予測ができるようになる。残念ながら巨大地震は発生頻度が低いため、その検証には膨大な時間がかからざるをえない。そのことは正直に粘り強く、社会に伝えていかなければならない。

### 5-3. 研究者の姿勢の変革と議論の充実

釜石沖アスペリティの階層性の発見(Uchida et al., 2007)とそのモデル化(Hori and Miyazaki, 2010)、貞観の地震のモデル化(佐竹・他, 2008)、海底地殻変動観測の発展(例えば Matsumoto et al., 2008)、と我々は今回の地震に迫りつつあったと思う。ただ、思い込みが邪魔をしていたので、このまま進めていても、今回の地震の発生可能性を思い至るには、なお道は遠かったと思う。これを打破するためには、幅広い分野からの視点で予知研究の状況を常に検証してもらうことが必要だろう。これまで予知研究は、閉鎖的という批判を受けて、広範な研究者に参加を求め、徐々に参加者を増やしてきた。しかし、それは結果的に、予知研究者と予知に関心を持たない研究者という二極分化をもたらしたのかもしれない。

地震予知研究は、1995年の阪神淡路大震災後に大きく変わり、仮説検証型のプロジェクトとすることを目指してきた。このような仮説検証型の

プロジェクトでは、まず、コミュニティモデルとしての仮説の提示があり、参加メンバーは個々の意見の違いを留保したうえで、このモデルの検証と高度化を推進することが求められる。この当初設定した仮説よりも優れた仮説が見つからない限り、当初の仮説を否定する結果よりも肯定する結果を前面に出しがちである。そこに思考停止の温床がある。予知研究を健全に進めるためには、予知研究に関心を持ちつつも、プロジェクトからは距離を置き、不十分な点については的確に批判してくれる研究者を大切にすることが極めて重要となる。この意味で、学会員の方々には、折に触れて批判的なご意見をくださるようお願いしたい。

また、学会においても予知研究に関する論争を起すセッションを自らが企画することが必要だろう。1995年の阪神淡路大震災のあと、このような試みがいくつか行われたが、やがて廃れてしまった。そのようになってしまった理由の一つは、予知研究という狭い範囲で議論をしていたことにあるかもしれない。むしろ「地震発生の物理」をさらに発展させ、新しい仮説の提示を奨励するセッションにして、より柔軟なモデルを作り上げることを目的として設定すれば、より生産的で長続きすると思う。

今回の地震について、前述の通り、摩擦構成則を用いた再現の試みがいくつか行われている。現在のアスペリティ・モデルは摩擦構成則をバックボーンに持ち、それを単純化したものに過ぎない。現状の摩擦構成則やそれを用いたシミュレーションを過信することはもちろん危険であるが、アスペリティ・モデルよりも高い次元で地震のモデルを作り上げ、それを観測で検証しながら長期予測に生かすことが今後必要だと思う。そのためには、まずはできる限り多様なモデルを考え、それから、全体を統合化していくことが必要である。

そして、いずれかのシミュレーション結果が、予測の難しさを示す場合には、その可能性を謙虚に受け入れて、そのうえで思考停止せず、何ができるのかを考えることが必要である。

## 6. 終わりに

筆者は、地震・噴火予知研究協議会の長期広域部会の部会長を務めている。現建議の計画がスタートする際に、筆者が掲げたスローガンは、「木を見る前に森を見よ」ということであった。三宅島の噴火のように、我々が周期性があると思っている現象のその上の階層が存在する可能性に留意せよと自分で述べていながら、M9の地震の発生の可能性にはまったく思い至っていなかった。宮城沖については、いつも発生しているM7級よりも一回り大きなM8級が起こる可能性については常に心配していたが、それよりさらに大きな地震が起こるとは思っていなかった。

結局、我々は短い期間のデータから考え出したことに縛られて、間違った前提条件のもとに将来を推定していたのである。そのことについて深い反省を行わなければならない。

これからの日本列島は、数十年間は我々の知らない日本列島になる可能性がある。余効変動も含めて今回の地震の全体像が明らかになるのも、おそらく数十年かかるだろう。長い時間がかかるが、被災者の方々も、これから生活が元に戻るまでに長い年月がかかると覚悟しておられるはずであり、地震学者も同様の覚悟をして取り組まなくては、亡くなられた方々にも、被災者の方々にも申し訳がない。

社会が望んでいることは、地震学や地震の予測の研究を止めることではないだろう。安易な約束をしてはいけませんが、長い年月がかかっても愚直に取り組み、少しずつ前進していくことしか、我々にできることはないと思う。

## 参考文献

- Boatwright, J., and M. Cocco, 1996, Frictional constraints on crustal faulting, *J. Geophys. Res.*, **101**, 13,895-13,909.
- Hasegawa, A., K. Yoshida, and T. Okada, 2011, Nearly complete stress drop in the 2011 Mw9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth Planets Space*, **63**, 703-707, doi:10.5047/eps.2011.06.007.
- Hori, T., and S. Miyazaki, 2010, Hierarchical asperity model for multiscale characteristic earthquakes: A numerical study for the off-Kamaishi earthquake sequence in the NE Japan subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, **37**, L10204, doi:10.1029/2010GL042669.
- Hori, T., and S. Miyazaki, 2011, A possible mechanism of M9 earthquake generation cycles in the area of repeating M7-8 earthquakes surrounded by aseismic sliding, *Earth Planets Space*, **63**, 773-777, doi:10.5047/eps.2011.06.022.
- Ide, S., A. Baltay, and G. C. Beroza, 2011, Shallow dynamic overshoot and energetic deep rupture in the 2011 Mw9.0 Tohoku-Oki earthquake, *Science*, **332**, 1426-1429, doi:10.1126/science.1207020.
- Igarashi, T., T. Matsuzawa, and A. Hasegawa, 2003, Repeating earthquakes and interplate aseismic slip in the northeastern Japan subduction zone, *J. Geophys. Res.*, **108**, doi:10.1029/2002JB001920.
- 飯尾能久・松澤暢・佐藤まりこ, 2011, 海底地殻変動データから推定される東北地方太平洋沖地震前の固着状態, 日本地震学会講演予稿集 2011年度秋季大会, 161, P1-14.
- Iinuma, T., M. Kido, Y. Osada, D. Inazu, M. Ohzono, H. Tsushima, R. Hino, Y. Ohta, S. Suzuki, H. Fujimoto, S. Miura, and M. Shinohara, 2011, Coseismic Slip Distribution of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake Deduced from Land and Seafloor Geodesy, Abstract of AGU 2011

Fall Meeting, G51A-0853.

- 池田安隆, 2011, 東北日本弧-海溝系における歪みの蓄積-解放過程と超巨大歪解放イベントの可能性, 地震予知連絡会会報, **86**, 687-698.
- Kanamori, H., 1977, Seismic and aseismic slip along subduction zones and their tectonic implications, in "Island Arcs Deep Sea Trenches and Back-Arc Basins" ed. by M. Talwani, and W. C. Pitman III, 163-174, American Geophysical Union, Washington, D.C., USA.
- Kato, N., and S. Yoshida, 2011, A shallow strong patch model for the 2011 great Tohoku-oki earthquake: A numerical simulation, *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L00G04, doi:10.1029/2011GL048565.
- Matsumoto, Y., T. Ishikawa, M. Fujita, M. Sato, H. Saito, M. Mochizuki, T. Yabuki, and A. Asada, 2008, Weak interplate coupling beneath the subduction zone off Fukushima, NE Japan, inferred from GPS/acoustic seafloor geodetic observation, *Earth Planets Space*, **60**, e9-e12.
- Mitsui, Y., and Y. Iio, 2011, How did the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake start and grow? The role of a conditionally stable area, *Earth Planets Space*, **63**, 755-759, doi:10.5047/eps.2011.05.007.
- Ruff, L., and H. Kanamori, 1980, Seismicity and the subduction process, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **23**, 240-252.
- 佐竹健治・行谷佑一・山木滋, 2008, 石巻・仙台平野における869年貞観津波の数値シミュレーション, 活断層・古地震研究報告, **8**, 71-89.
- Shibazaki, B., T. Matsuzawa, A. Tsutsumi, K. Ujiie, A. Hasegawa, and Y. Ito, 2011, 3D modeling of the cycle of a great Tohoku-oki earthquake, considering frictional behavior at low to high slip velocities, *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L21305, doi:10.1029/2011GL049308.
- Suito, H., T. Nishimura, M. Tobita, T. Imakiire, and S. Ozawa, 2011, Interplate fault slip along the Japan Trench before the occurrence of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake as inferred from GPS data, *Earth Planets Space*, **63**, 615-619, doi:10.5047/eps.2011.06.053.
- Uchida, N., T. Matsuzawa, A. Hasegawa, and T. Igarashi, 2003, Interplate quasi-static slip off Sanriku, NE Japan, estimated from repeating earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, **30**, doi:10.1029/2003GL017452.
- Uchida, N., T. Matsuzawa, W. L. Ellsworth, K. Imanishi, T. Okada, and A. Hasegawa, 2007, Source parameters of a M4.8 and its accompanying repeating earthquakes off Kamaishi, NE Japan: Implications for the hierarchical structure of asperities and earthquake cycle, *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L20313, doi:10.1029/2007GL031263.
- Yagi, Y., and Y. Fukahata, 2011, Rupture process of the 2011 Tohoku-oki earthquake and absolute elastic strain release, *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L19307, doi:10.1029/2011GL048701.

# アスペリティ・連動型・地震予知

東京大学大学院理学系研究科 井出哲

本稿では地震研究者のあるべき姿勢を、3つの言葉を軸に考える。近年アスペリティ、連動型という言葉は、曖昧な定義のまま過剰に使われたし、直前予知と長期予測をまとめて地震予知としてきたのも現在の視点からは問題といえる。これらは、社会からの要請に対して直線的に応じようとしたために陥ったローカルミニマムのようなものである。本来の研究はもっと純粹好奇心、独創性、批判精神に富んだものであるべきだ。地震研究の意義は地震予知のみにあるのではなく、むしろ原点はわからない現象への不安を取り除くことにある。すなわち地震現象を説明する能力を磨くことであり、予測可能性の議論はその延長線上にある。

## 1. はじめに

東北地方太平洋沖地震（以下東北沖地震と略す）の甚大な被害を前にすれば、もっと何とか出来たはずと感じる気持ちは人として自然だろう。但しこの気持ちには認知バイアスの一種である後知恵バイアスが強く入っている。望ましくない結果を前に、それに至るプロセスを否定的にとらえる傾向である。この地震が想定できたはずだ、という意見はその典型的な例だろう。現時点で当時の判断を客観的に議論することは非常に難しいが、なるべく理性的に、バイアスに注意しながら、それでも検討に値する問題が地震の研究コミュニティにあったか考えてみたい。

なぜ超巨大地震が想定出来なかったか？この問いに何らかの答えを与えることは難しい問題ではない。簡単にいえば研究活動の限界が及ばなかったものであり、具体的には海域での観測が十分でなかった、沈み込み帯の理解が足りなかった、古地震学的情報を生かせなかった、あたりに絞られるだろう。これらの問題は明らかな分、対策も立てやすい。理解が及ばないことに忸怩たる思いはあるが、誰かの責任を問う問題ではない。むしろこれらは明らかな今後の研究の方向性を示している。しかし、何かそれと異なる種類の問題があったのではないか？さらに考えたい。

一見関係ないことかもしれないが、日本地震学会が議論を活発にする学会かという点には、やや疑問がある。毎年学会で多くの発表がなされるが、様々な研究成果について真剣に議論しているだろうか？既存の枠組みを無批判に追認するだけの研究が多くはないか？そんな中で、定義が曖昧だったり、誤解を招く言葉がまかり通っていることに気がつく。本稿では、そんな言葉を3つとり挙げる。アスペリティ、連動型、そして地震予知である。

## 2. アスペリティと連動型

「アスペリティ」の岩石摩擦に基づく定義は明快である。岩石の表面にあって、いわゆる真実接触面積を作る凸凹であり、さらに細かく言えば微視的に短距離で電磁氣的な力を及ぼし合っている

部分である。

一方地震研究では「アスペリティ」は少なくとも3ないし4通りの異なる定義を持つ。①「プレート境界の固着部分」はインターフェイスミックな定義、②「破壊時に生じた大きなすべり域」はコサイミックな定義、③「摩擦法則の a-b が負の部分」または「海山などのでこぼこ」は時間に依らない定義といえる。厳密に定義して使う人もいるが、本人すらきちんと説明できないイメージのままに語っているように見受けられる人も多い。①～③は本来違うものを指しており、場合によっては全く異なる。但し、すべての定義が自然につじつまの合うような特殊な場合がある。それが固有地震的「アスペリティモデル」である。

「なめらかにすれ違う断面面に一箇所、形状か摩擦特性の異なる部分があって、そこは長期間ロックしていて地震発生時に大きくすべる」。これくらい単純にすると先ほどの異なるアスペリティの概念すべてと矛盾しない。あまりに単純であるが、これこそ地震学における最新の知見、といわれるアスペリティモデルの最大公約数であり、地震調査研究推進本部の長期予測の基礎となっている概念である。多くの地震研究者がアスペリティに対する曖昧なイメージを持ちながら、このような単純なモデルに囚われていたようである。

こう考えるのも後知恵バイアスの結果か？そうでない地震像は提案されていた。例えば破壊エネルギーと不均質サイズに基づく階層型動的破壊モデル[Ide and Aochi, 2005]はその一例である。これを、階層型アスペリティモデルと呼ぶことは可能であるが、この場合のアスペリティという言葉には不均質スケールに依存した破壊エネルギーを持つ領域という定義があり、固有地震的アスペリティモデルと対をなすエンドメンバーと考えられる。地震が複雑でべき法則に従う現象である以上、このような階層的モデルの検討も重要である。同様の考察が他にも提案されていた[Hori and Miyazaki, 2010]が、残念ながら東北沖地震以前には十分に議論が進まなかった。

東北沖地震に固有地震的アスペリティモデルが適用できないのは明らかだが、地震後にそれに

代わる説明として「連動型地震」という言葉をしばしば聞くことになった。しかし、ほとんどの場合、何が連動するのか明らかにされない。その答えが、定義の曖昧なアスペリティでは何も言っていないに等しい。

確かに地震は時間と場所の離れた破壊すべりが次々におきる現象であり、大地震の地震波形は多くの場合複雑なパルスからなる。これを昔はサブイベントと呼んだりした[e.g., Kikuchi and Kanamori, 1991]が、最近では単に時間空間的に離れたすべり領域までアスペリティと呼ぶこともある。先に挙げた②の定義である。実際にはM7を超える大地震にも、中小の地震にも、M1程度の超微小地震にも[e.g., Yamada et al., 2005], 複雑なパルスがあり、破壊すべりの発生場所はいくつかの場所に分かれる。いうなればほとんどすべての地震は連動型地震なのである。

大小様々かなり多くの地震が連動型といえる状況で、特に連動型地震という言葉を用いて説明するものは何なのか、冷静に考える必要がある。曖昧な概念の上に曖昧な概念を積み重ねるのはやめたい。

注意していただきたいが、私は曖昧な言葉を使うこと自体を否定しているのではない。科学の発展の途中経過として曖昧な部分が存在するのは、ある意味当然である。地球科学では確立したと考えられるプレートテクトニクス理論でも、厳密に考えればプレートという概念には曖昧さが残る。ほとんどすべての科学のフロンティアには曖昧な概念が存在するだろう。重要な点は、曖昧な物事が曖昧であると分かっているかによる。近年の地震研究におけるアスペリティや連動型という概念は、かくも曖昧だったにも関わらず、それに基づいた地震発生確率予測までが行われ、政府によって公表されていた。曖昧な概念が、確立した科学的知識のようにみなされていたのである。一部の研究者を除き、それに対する真剣な批判がなかったことは研究者コミュニティの問題といえよう。

### 3. 地震予知

アスペリティや連動型という言葉が基本的には研究者が主導して使っている言葉なのに対して、「地震予知」は百年以上昔から社会で広く使われている言葉である。

「地震予知の科学」という本がある[日本地震学会地震予知検討委員会, 2007]。この本では地震予知、という言葉をごく最近のことだからである。地球科学では確立したと考えられるプレートテクトニクス理論でも、厳密に考えればプレートという概念には曖昧さが残る。ほとんどすべての科学のフロンティアには曖昧な概念が存在するだろう。重要な点は、曖昧な物事が曖昧であると分かっているかによる。近年の地震研究におけるアスペリティや連動型という概念は、かくも曖昧だったにも関わらず、それに基づいた地震発生確率予測までが行われ、政府によって公表されていた。曖昧な概念が、確立した科学的知識のようにみなされていたのである。一部の研究者を除き、それに対する真剣な批判がなかったことは研究者コミュニティの問題といえよう。

いるという意味で地震予知なのである。

地震を予測しているという意味で地震予知、という言葉の回しに違和感を覚えるのは私だけではないだろう。なぜ地震予測ではないのだろうか。そのような大きな誤差を伴ったものは地震予知ではない、という感覚に共感する人も多いだろう。もちろん私は社会が何を地震予知と考えているか正確に把握していないし、そもそもこの答えを知ることは、ほとんど絶望的である。しかし、この本の著者たちも自らの定義に無理があると考えたからこそ、一見不自然なこのような記述になったことは想像に難くない。つまり、一般的には地震予知はもっと狭く、いわゆる直前予知として使うことを想像しつつも、自分たちの実現可能なレベルの予測も地震予知の一つだ、と定義したのである。

言葉は生き物であり、社会に広く普及した言葉に対して、このように一方的に専門家が定義を与えるというのは僭越な態度であろう。ただ、自分で書きながら、これについては私も後知恵バイアスの影響を感じずにはいられない。このような定義が不適切であったことが認識されてきたのはごく最近のことだからである。

地震予知と社会、この問題は2009年のラクイラ地震で国際的に注目を集めることになった。科学者が裁判で訴えられるという衝撃的な展開に対して国際的な地震学者による「地震予測に関する国際委員会」が、地震予知の現状と今後の目指すべき方向について報告書をまとめた[Jordan et al., 2011]。この報告書の作成には日本地震学会地震予知検討委員会を代表して山岡耕春氏が参加しており[山岡, 2011]、この報告書がIASPEIにおいて支持された際には日本地震学会IASPEI委員会委員長、佐竹健治氏が参加し、報告書を提出している[佐竹, 2011]。作成から国際的承認まで日本地震学会として関わっている報告書であり、その内容については、報告書がIASPEIで支持されたという事実以上に日本地震学会として尊重すべきものである。

報告書には明確な2つの定義が貫かれている。Earthquake prediction とは決定論的なもので、警報の発令までを含む。それに対して Earthquake forecast とは確率論的なもので、これが十分高確率になったら prediction へ採用されるようなものと説明されている。ラクイラ地震の訴訟が起きた根元には、研究者が頑張っても確率的にしか言えないものを、社会は0か1かで受け取るという矛盾があり、誤解に基づく不幸を防ぐには明確な定義を心がけるのが有効だろう。ちなみにこの報告書では Earthquake prediction に関しては、多くの事例を踏まえたうえで、はっきり現在不可能としている。「東海地震を除いて」というような記述はない。Prediction, forecast は英語なので日本語へ



訳さなければならないが、文脈から前者は地震予知、後者は予測または予報というべきものと判断される。

このように、厳密な区別が必要ということが認識されてきたのがごく最近なのだから、「地震予知の科学」が企画・執筆された時点で、その定義に関する違和感は、現在ほどはっきりしていなかった。もちろん批判の声も大きくなかったが、それを問題とすべきでもない。しかし、今後は別である。地震予知＝直前予知と中期・長期の予測を混同してはならないし、その恐れのある使用は控えるべきである。

「地震予知」という言葉の使用に強くこだわる人は3タイプに分かれる。①社会は地震予知という言葉に慣れているから使いたいという人々。誤解を与え続けることが、深刻な結果を招く可能性があることをラクイラ地震からの教訓と考えるべきである。②予算獲得には「地震予知」が都合良いと公言する人々。確かに予知というか、予測というか、今まではグレーな部分があった。しかし、この点が明らかに認識されるようになった以上、今後意図的に混乱した使用をするのであれば強く批判されても仕方ない。③自分の過去を否定されるのがつらいという人々。地震予知という言葉のとらえ方が世代によって大きく異なるのは仕方がない。過去と異なるとらえ方をすることは、全体的な認識が変化することによるものであり、世代間の優劣という問題では全くない。私も後に続く世代として、過去の判断は判断として尊重するように気をつけたい。

なお、ここでは地震予知＝直前予知という言葉を否定しているのでも、研究を中止せよと言っているのでもない。言葉の混同を注意しているのであって、研究としては可能性のある限り、様々な試みがなされるべきである。

#### 4. 地震研究は何を目指すべきか？

それでも地震予知を掲げなくては社会の要請に答えられない、という声はまだ残るかもしれない。確かに社会に地震予知への期待はあり、それに答えられないのは残念である。しかし、地震研究は予知ができなかったら、全く価値のないものだろうか。

大きな地震が発生した後、地震情報を公開しているサーバーは大変混雑する。例えば防災科学技術研究所のHi-netのサーバーのアクセス数はまるで余震の増加減衰を見るように急激に増加しゆるやかに減少する[防災科学技術研究所, 2004]。Hi-netはかなり専門的な情報源だが、もっと一般的情報源、例えばYahooなどでも地震後即時に情報を公開する。またテレビや新聞は多くの地震研究者のコメントを報道する。これらの中にはほとんど地震予知に関する情報は含まれておらず、報道されているのはむしろ起きた地震について

の状況説明である。社会は予知でなくても正確な地震の情報を探している。

地震研究は地震予知のみを目的として進められてきたのではない。その根源にあるのはわからないことに対する不安である。東北沖地震の後、後知恵バイアスの中でほとんどの行為の正の側面は過小評価されているが、地震直後に研究者がほぼ正確に何が起きているかを説明出来たということは、地震後の社会を安定化させる上で相当の効果があつたと考える。わからない、から不安になる。わかること、を増やすことこそ昔から変わらない重要な地震研究の責務である。そして科学的に正しい理解ができれば、程度の問題はあれ正確な予測につながる。

科学的な真理の探究と社会からの要請へ応えること。この2つは現代の科学研究にとってどちらも欠かせない。真理の探究というのは例えれば絶対にたどりつかないグローバルミニマムに向かって超非線形問題の最適解を一生懸命探すようなものである。このような非線形問題にはローカルミニマムがたくさんあり、そしてある方向を定めて最適解を探すとあつという間にローカルミニマムに落ち込むこともよく知られている。本稿で問題にした言葉、アスペリティ、連動型、地震予知はどれも社会的要請にこたえようとしたあまりに地震研究コミュニティが落ち込んだローカルミニマムといえるかもしれない。社会的要請へ応えることと同じように、あくなき好奇心、独創的発想、批判的議論が科学には必要であり、長期的なグローバルミニマム探索に必要な多様性を保証するものである。月並みであるがバランスが大事なのである。

真理の探究のために向かうべき方向は様々であり、それを指し示すことは私の能力を超える。但しヒントはいくつかあるように思う。固有地震的アスペリティモデルはその欠陥を明らかにしたが、これが地震現象の一面の真実であるのもまた事実である。釜石沖のリピーターが固有地震的アスペリティモデルで良く近似できるという事実まで否定することはできない。一方でこれまであまりに軽視されてきた地震現象の階層性は真剣に考えるべきであろう。アスペリティも定義を明確にし、より拡張的に考えることで物理的に考える助けになる。このような方向性は先に挙げた「地震予知の科学」の内容と矛盾しない。さきに地震予知の定義の問題で批判的にとり挙げたが、それ以外の点で、この本はむしろ良書と考えている。この本が訴えていることは地震現象を物理的に理解し、将来の予測性能向上を目指そうというものである。その点で今後の地震研究の目指す方向を比較的良く表している。但し、そうであれば書名は例えば「地震の科学」であるべきだったが。

東北沖地震以降、地震研究に対する批判の多く

は後知恵バイアスから来ていると考える。しかし、それに気をつけながら、それでもバイアスを越えた問題があるのでは、と3つのキーワードを挙げて論考してきた。実際のところ過去のある時点の判断について成功・失敗を議論するのは非常に難しい。しかし現在から未来に向かってはそれではいけない。科学の研究は山のような提案に対し、議論し批判し、多くの失敗作の上に、それでも生き残ったものを認めていく作業である。健全な批判精神を磨いて研究を進め、地震現象の説明能力を高めていくべきであり、地震の予測はその延長にある。

#### 参考文献

- 防災科学技術研究所, 2004, 紀伊半島南東沖の地震特集, <http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/se-off-kii040905>.
- Hori, T., S. Miyazaki, 2010, Hierarchical asperity model for multiscale characteristic earthquakes: a numerical study for the off-Kamaishi earthquake sequence in the NE Japan subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, **37**, L10304, doi:10.1029/2010GL042669.
- Ide, S., and H. Aochi, 2005, Earthquakes as multiscale dynamic rupture with heterogeneous fracture surface energy, *J. Geophys. Res.*, **110**, B11303, doi:10.1029/2004JB003591.
- Jordan, T. H., Y.-T. Chen, P. Gasparini, R. Madariaga, I. Main, W. Marzocchi, G. Papadopoulos, G. Sobolev, K. Yamaoka, J. Zschau, 2011, Operational earthquake forecasting. State of Knowledge and Guidelines for Utilization, *Annales Geophysics*, **54**, 4, doi: 10.4401/ag-5350.
- Kikuchi, M., and H. Kanamori, Inversion of complex body waves-III, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **81**, 2335-2350, 1991.
- 日本地震学会地震予知検討委員会, 2007, 地震予知の科学, 東京大学出版会.
- 佐竹健治, 2011, IASPEI, IUGG 総会報告, 日本地震学会ニュースレター, 23-3, 49.
- Yamada, T., J. J. Mori, S. Ide, H. Kawakata, Y. Iio, and H. Ogasawara, 2005, Radiation efficiency and apparent stress of small earthquakes in a South African gold mine, *J. Geophys. Res.*, **110**, B01305, doi:10.1029/2004JB003221.
- 山岡耕春, 2011, 2009年ラクイラの地震と実用的地震予測に関する国際委員会, 日本地震学会ニュースレター, 23-3, 26-28.

# 地震学研究者・地震学コミュニティの社会的役割 —行政との関わりについて

東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター 長谷川 昭

3. 11 東北沖地震で多くの教訓を得た。それを今後に生かし、2 度とこのように多くの犠牲者を出すことがないようにしなければならない。地震学研究者の一人ひとりが、そのことを念頭に置いて行動する必要がある。一方で、地震学コミュニティとしても、教訓をどう生かすか、具体的な対応が求められる。研究成果が社会で適切に活用されるために、また健全な学問の発展のために、学界での合意した声と多様な意見/考え方の共有が重要である。そのためには、学界（地震学コミュニティ）で合意を形成し、かつ合意水準を高めるよう努め、それを適切に発信すべきである。

## 1. はじめに

地震災害国の日本では、地震学は、地震による悲惨な災害の軽減・防止を目指して進められてきた歴史を持つ。その意味で、日本の地震学は社会とのつながりが極めて深く、社会的な要請がその発展の大きな原動力になってきた。得られた知見が地震災害軽減に少なからず貢献してきたことは確かである。一方、社会的な影響が大きいことを考えると、地震・津波について、地震予知の可能性も含め、的確な情報を、地震学コミュニティが責任を持って発信することが重要である。しかし、地震学の科学としての進展の度合いに応じて適切に社会に説明できていたかについては、改善すべき点がある。

本稿では、地震学コミュニティの行政との関わり観の観点から、これまでの経緯、成果と問題点を整理し、将来に向けての方策について考える。

## 2. 地震学と社会とのつながり — その歴史

日本の地震学の歴史を振り返ると、悲惨な災害をもたらした大地震を契機として、そのような災害を軽減しようと新たにつくられた組織と密接に関わって発展してきたことがわかる。ここでその歴史のあらましをみてみよう。

### 2.1 1995 年兵庫県南部地震以前

地震学会が創設されたのは、1880 年のことである。これは、その年の 4 月に発生した横浜地震 (M5.4, 犠牲者 2 名) を契機として、在日英国人教師のミルンが中心となって結成したもので、世界で最初の地震学会となった。これにより、地震研究が実質的にスタートした。1892 年には、震災予防調査会 (文部省) が発足した。これは、前年の 1891 年 10 月に発生した濃尾地震 (M8.0: 犠牲者 7273 名) を契機につくられた組織であり、それまでの地震学会は一旦解散し、地震に関する調査研究は、この震災予防調査会に引き継がれた。

現在、日本の地震学研究の中心的拠点となっている東京大学地震研究所は、約 10 万 5 千人という日本の歴史上最大の犠牲者を出した 1923 年 9

月 1 日関東地震 (M7.9) を契機に、翌々年の 1925 年 11 月に、時の東京帝国大学に付設されたものである。地震に関する諸現象の科学的研究、地震に起因する災害予防・軽減方策の探求をその設置目的とし、それまでの震災予防調査会の活動も引き継いだ。さらに、1929 年 1 月には地震学会が再設立された。地震学及び震災軽減を目指した研究は、これを機に大きく進展することになる。

戦後の 1962 年 1 月には、「地震予知 — 現状とその推進計画」(通称、ブループリント) が公表され、地震予知研究への機運が盛り上がった。これを受けて、1964 年 7 月に、「地震予知研究計画の実施について」が、時の文部省測地学審議会 (現在の文部科学省科学技術・学術審議会測地学分科会) から建議された。翌 1965 年 4 月から、地震予知研究計画 (第 1 次 5 か年計画) が開始された。この 5 か年計画の途上の 1968 年 5 月 16 日十勝沖地震 (M7.9) の発生を受け、1 年を残して第 2 次 5 か年計画に移行し、名称も「研究」の 2 字がとれ、「地震予知計画」として推進されることになる。以降、第 7 次 5 か年計画 (~1998 年度) まで、地震の発生場所と規模を探る長期予知と発生時期を探る短期予知、それに基づく地震予知の実用化を目標として、推進されてきた。

この地震予知計画の下、1978 年 12 月には、大規模地震対策特別措置法 (通称、大震法) が施行され、東海地域が地震防災対策強化地域に指定された。翌 1979 年 8 月には、地震防災対策強化地域判定会が気象庁に設置され、東海地震予知のための観測・監視体制がとられることになった。以降、現在まで続く東海地震予知体制は、結果として、予知の可能性について社会に過大な期待を与えることになった。

戦後の地震学の社会貢献は、1965 年に始まったこの地震予知計画を軸におこなわれてきた。地震予知計画は、観測網の全国的な整備を通して、地震学の発展に貢献した。しかし、研究が進むにつれて、前兆現象検出の難しさ、そして地震予知の困難さが明らかになり、1995 年兵庫県南部地震を契機として、我が国の地震予知体制の大きな

変革が行われた。

## 2.2 1995年兵庫県南部地震以降

甚大な被害を及ぼした1995年1月17日兵庫県南部地震(M7.3:犠牲者6437名)の発生を受けて、同年6月に、地震防災対策特別措置法が制定された。この法律の下、翌7月に地震調査研究推進本部が総理府(現在の事務局は文部科学省)に設置された。それまで進められてきた地震予知計画で、地震予知の困難さが明らかになったこと、東海地震予知体制に象徴される特定の地域に偏した観測体制への反省とから、日本全国を対象として、地震被害軽減のための地震調査研究の推進をその目標とした。この目標の下、日本全国に基盤観測網を整備するとともに、当面推進すべき施策として、1)長期予測および強震動予測、それに基づく地震動予測地図の作成、2)緊急地震速報・津波警報などの地震情報早期伝達を掲げ、以降、その推進に努めてきた。これは、それまでの地震予知計画のように地震予知を目標とするのではなく、その時点における地震学の研究成果を社会に役立て、被害軽減に資することを主たる目標とするものであった。

一方で、地震予知計画は抜本の見直しが行われ、基礎研究として進める現在の計画へと改められた。すなわち、測地学審議会が、それまでの地震予知計画の抜本の見直しと総括的評価を行い、それを基に新しい計画の推進を建議した。1999年から5か年計画として始まった「地震予知のための新たな観測研究計画」がそれであり、地震予知の実用化を目指したそれまでの地震予知計画の方針を根本的に改めた。そして、1)地震発生に至る地殻活動の一連の過程を理解し、その理解に基づいて地殻活動をモデル化する。さらに、2)地殻活動をモニタリングし、モデルに基いて地殻活動の推移予測を行う、ことを新たな目標として掲げた。現在では、この地震予知研究計画は、上記の地震調査研究推進本部の活動のうちで、基礎研究の部分を担当する計画として位置付けられている。

また、日本地震学会でも、1995年9月に将来検討委員会を発足させ、地震学の研究成果を世の中のためにどう生かすかについて検討を行い、社会貢献を目的とする3つの委員会すなわち、広報委員会、学校教育委員会、強震動委員会を新設した。これらの委員会の活動の下、社会への情報発信を強化するための広報誌「なるふる」の発行、啓蒙ビデオの制作、定期的な記者懇談会の開催、教育関係者ネットワーク構築、強震動ワークショップの開催などの対応を行っている。

以上ざっと振り返ってみたが、地震学の社会貢献という点から言うと、1995年兵庫県南部地震を契機として、それまでの地震予知計画体制から、

現在の地震調査研究推進本部を中心とする体制へと大きく変わった。そのような中で、昨年3月11日に東北沖のプレート境界で東北地方太平洋沖地震が発生した。世界の多くの地震学者がそうであったように(例えば、Nature 471, 274 (2011年3月17日号), doi:10.1038/471274a), この地域でM9の地震が発生することは想定していなかった。そのことを一地震学者として、特にこの地域を研究対象の一つとしてきた地震学者として反省している。地震災害軽減を目指して行われてきた地震調査研究推進本部による長期予測であったが、この地域でM9を想定できなかったことが被害を大きくすることにつながった側面も否定できない。何故M9を想定できなかったのか、地震学としてきちんとした検証が必要であるのは勿論であるが、地震学研究者・地震学コミュニティの行政との関わりについても、これまでのあり方に対して検証が必要であろう。

私は、地震調査研究推進本部の政策委員会、同調査観測計画部会の委員として、基盤観測網の構築や地震情報早期伝達システム開発などの審議、さらには地震被害軽減を目指した地震調査研究推進本部の諸施策の審議に関わってきた。また、中央防災会議の日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会で、今回の地震の震源域を含む領域における地震被害想定などの審議にも関わってきた。それらの経験に基づいて、一地震学者としてこの問題について考えてみたい。

## 3. 地震調査研究推進本部の施策

地震調査研究推進本部の目標とするところは、地震による被害の軽減に資する地震調査研究の推進であり、以下の5つの役割を持つ。

- ① 地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進について総合的かつ基本的な施策を立案すること
- ② 関係行政機関の地震に関する調査研究予算等の事務の調整を行うこと
- ③ 地震に関する総合的な調査観測計画を策定すること
- ④ 地震に関する観測、測量、調査又は研究を行う関係行政機関、大学等の調査結果等を収集し、整理し、及び分析し、並びにこれに基づき総合的な評価を行うこと
- ⑤ ④の評価に基づき、広報を行うこと

同本部は、設置後すぐの1996年1月に、1)地殻活動の現状把握・評価及び監視能力の向上、2)地震発生の可能性の長期的な評価、3)強震動予測の高度化、4)津波予測の高度化、5)地震に関する情報の早期伝達(緊急地震速報・津波警報)のためのデータ提供を目的として、基盤的調査観測計画の推進を掲げた(同本部「当面推進すべき地震に関する調査観測について—基盤的調査観測の推進—」)。基盤的調査観測としては

- 1) 陸域における地震(高感度・広帯域・強震動)観測
- 2) 陸域における GPS 連続観測
- 3) 陸域及び沿岸域における活断層調査
- 4) ケーブル式海底地震・津波観測
- 5) 海域における地形・活断層調査
- 6) 地殻構造調査

の6項目を掲げた。ただし、上記の4)以降は予算の状況をみながら実施するということになり、結果として現在まで、ごく一部を除いて予算化されることはなかった。1)~3)については、その年から順次予算化され、現在では1200点を超える高感度地震観測網、約80点の広帯域地震計網、1400点を超えるGPS観測網が整備され、また全国110の主要活断層を対象として活断層調査が実施され、活断層の位置・長さ・形状・活動履歴等が系統的に調べられてきた。

地震調査研究推進本部では、1999年4月に、「地震調査研究の推進について—地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策—当面推進すべき地震調査研究」をまとめ、その中で、当面推進すべき地震調査研究として、1)長期予測と強震動予測に基づく全国を対象とした地震動予測地図の作成、2)地震情報の早期伝達(緊急地震速報および津波警報)を掲げ、以降その推進を図ってきた。そして、前者は、2005年3月に一応の完成をみた「確率論的地震動予測地図」として実現した。以降、この予測地図は毎年更新され、社会に向けて発表されている。後者については、地震調査研究推進本部の研究プロジェクトとして組織的に研究が推進されてきた。そして、2006年には試験運用が開始され、現在地震が発生する度に気象庁から発表されるようになった「緊急地震速報」として結実した。

なお、後者のうちで緊急地震速報は、上記のように、オールジャパン体制で組織的に研究開発が行われてきたが、一方で、津波警報については結局そうはならなかった。それは、基盤観測として位置付けられたケーブル式海底地震・津波観測であったが、一部を除いてその予算化が見送られたことによる。結果として、津波警報システムの開発については、地震調査研究推進本部としての組織的な取り組みが行われることはなかった。今回の東北沖地震による悲惨な津波災害のことを考えると、誠に残念であり、今は力が足りなかったことを反省している。

#### 4. 中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」報告

国の施策として、被害軽減のための地震調査研究は地震調査研究推進本部が担当するが、より広く防災対策全般については中央防災会議の担当である。HPによれば、「中央防災会議は、内閣

の重要政策に関する会議の一つとして、内閣総理大臣をはじめとする全閣僚、指定公共機関の代表者及び学識経験者により構成されており、防災基本計画の作成や、防災に関する重要事項の審議等を行っている」とある。中央防災会議は、災害対策法に基づいて内閣府に設置されたもので、主な事務は、1)防災基本計画、地域防災計画の作成及びその実施の推進、2)非常災害の際の緊急措置に関する計画の作成、3)内閣総理大臣、防災担当大臣の諮問による防災に関する重要事項の審議(防災の基本方針、防災に関する施策の総合調整等)、4)防災に関する重要事項に関し、内閣総理大臣及び防災担当大臣への意見具申、である。

中央防災会議では、専門的事項を調査させるため、その議決により専門調査会を設置することができる」とされている。これまでに設置された専門調査会は、調査審議中のものが、地方都市等における地震防災のあり方に関する専門調査会など、合わせて3つ、一方、調査審議が終了したものが、東海地震に関する専門調査会など合計14である。

今回の地震の震源域を含む領域を対象として審議したのが、そのうちの「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」である。同調査会は2003年に設置され、そこで、足掛け3年にわたって、日本海溝・千島海溝沿いの海溝型地震の被害想定に関して調査審議が行われ、2006年1月に報告書をまとめた。この報告書の中で、被害想定を検討対象とする地震は、繰り返し発生認められる地震とされ、地震動については、1) 択捉島沖の地震(M8.4)、2) 色丹島沖の地震(M8.3)、3) 根室沖・釧路沖の地震(M8.3)、4) 十勝沖・釧路沖の地震(M8.2)、5) 三陸沖北部の地震(M8.3)、6) 宮城県沖の地震(M7.6;陸側)の6タイプの地震を想定した。津波については、1) 択捉島沖の地震(M8.4)、2) 色丹島沖の地震(M8.3)、3) 根室沖・釧路沖の地震(M8.3)、4) 十勝沖・釧路沖の地震(M8.2)、5) 500年間隔地震(M8.6)、6) 三陸沖北部の地震(M8.4)、7) 宮城県沖の地震(M8.2;連動)、8) 明治三陸タイプ地震(M8.6)の8タイプの地震を想定した。そして、防災対策を検討するため、これらの地震を対象として被害想定を行った。

ただし、防災対策の検討対象としないが、留意すべき地震として、1) 869年貞観三陸沖地震、2) 1611年慶長三陸沖地震、3) 1677年延宝房総沖地震、4) 1933年昭和三陸地震をあげている。これは、繰り返し発生が明らかとは言えないが、過去に大きな被害が生じたことから特に留意すべきとしてリストアップされたものである。

#### 5. 東北沖地震の教訓と課題・今後の方向

現在の地震学は、地震発生予測という点からみればまだまだ未熟であり、今回の地震でそのこと

をまざまざと見せつけられた。そのように未熟な段階で発生予測の情報を社会に発信するには、それなりの注意と工夫が必要である。しかし、そのための努力が足りなかった。発生確率という数値を出すためにはそうするしかなかったことは理解できるものの、地震調査研究推進本部で行ってきた長期予測の前提、すなわち、ほぼ同じ場所でほぼ同じ規模の地震がほぼ一定の間隔で繰り返し発生するという前提は、単純化し過ぎていた。余儀なく、そのように単純化するのであれば、それに加えて、予測の不確かさの指標をどうつけるか、あるいは予測の限界をどう伝えるか、それなりに注意し工夫して発信する必要がある。そのような特別な取り組みがあつて然るべきで、それが足りなかった。

また、不確かさをより少なくするための系統的な取り組みも足りなかった。この地域にM9を想定できなかった原因としては、長期予測が、高々過去100年程度という、地震発生サイクルからみたら余りにも短い期間の地震発生履歴データに基づいていること、海域での観測、特に地殻変動観測データが決定的に不足していたことがあげられる。地震調査研究推進本部では、海底地殻変動観測手法の開発、津波堆積物調査などの重要性を認識して研究プロジェクトを立ち上げ、その推進を図ってきた。残念なことに、その成果が得られ始めた（たとえば、澤井・他、2007；穴倉・他、2007；行谷・他、2010；佐藤・他、2008）ばかりの段階で今回の地震が発生し、結果としてM9の推定までには至らなかった。今後は、より長期間の地震発生履歴データを充実させるための歴史地震資料の調査、津波堆積物調査などの地質学的調査、および海域での地殻変動観測をさらに充実させていく必要がある。

一方で、そもそも地震学では、使える情報が不十分なのは、ある意味で宿命なことである。不十分な情報をつなぎ合わせ、想像力を駆使して如何に適切に推定していくかは常に心すべきことであり、その点でも努力が足りなかった。GPSデータのボックスリップインバージョンにより、プレート間カップリングの大きい領域が宮城県沖から福島県沖にかけて広く分布することが明らかになってきた（例えば Suwa et al., 2006; Nishimura et al., 2004; Hashimoto et al., 2009）。Kanamori et al. (2006) は、この領域の滑り遅れを解消するため、いずれは、ゆっくり滑りイベントか、あるいは大地震が発生する可能性を指摘していた。我々は、後者の可能性についてもう少し検討しておくべきであった。

今回の地震による犠牲者の殆どは津波による。地震後の調査で明らかになったことの一つが、地震後すぐに避難した人の割合が少なかったことである。もっと多くの人たちが地震後すぐに避難

していたら、これほどまでの犠牲者の数にはならなかったのと思うと誠に残念である。避難した人の割合が少なかった原因はいろいろあろう。そのうちの一つに津波警報の精度の問題がある。津波警報の精度を、社会に、より役立つレベルにまで上げることは恐らく可能だった。それにも拘らず、できなかった。それは、そのことを目標とした組織的・系統的な取り組み、例えばMの即時推定・ケーブル式沖合津波計網の展開・高信頼度の津波警報システムの開発等の努力が足りなかったからである。

中央防災会議の日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会での検討審議では、過去の繰り返し発生がはっきりしている地震だけを防災対策の検討対象とした。結果として、869年貞観三陸地震は対象外となった。審議の中で、仙台平野の内陸深くまで津波が遡上し大きな被害を及ぼしたこの地震が過去に起こっていることから、防災対策上注意する必要があるという地震学者の主張は、検討対象地震ではなく「留意する地震」として部分的に取り入れられた。しかし「留意する地震」では、沿岸域の予測津波高に反映されず、従って社会にアピールできず、結果として被害軽減のために役に立たなかった。防災計画であれば、繰り返し発生したことがはっきりしている地震だけではなく、予想される最大地震も検討対象とすべきであり、そのための努力が足りなかった。

今回の地震で多くの教訓を得た。それを今後に生かし、このように多くの犠牲者を出すことが、2度と起こらないようにしなければならない。地震学研究者の一人ひとりが、そのことを念頭に置いて行動する必要がある。一方で、地震学コミュニティとしても、教訓をどう生かすか、具体的な対応が求められる。

社会に影響を与えるということを考慮すれば、地震学の成果については、学問的に合意が得られている知見と、そうではなく不確実なことを、きちんと分けて社会に説明する必要がある。しかも、量的に不確かさの指標をつけて。現状は、学会等でこのような説明を行う仕組みは存在せず、研究者個人の判断・努力に委ねられている。地震調査研究推進本部の各種委員会での審議検討の際にも、研究者個人の判断・努力に依っている。

健全な学問の進展のために、さらにまた、研究成果が社会で適切に活用されるためには、学界での合意した声（吉川、2011）と多様な意見／考え方の共有が重要である。そのためには、学界（地震学コミュニティ）で合意を形成し、かつ合意水準を高めるよう努め、それを適切に発信すべきである。すなわち、学界として一致して社会に伝える必要がある。それはまた、学界の中で社会貢献を目指した研究を振興することにもつながるは

ずである。

それを実現するために、学会（地震学会 or 地球惑星科学連合）で組織的・系統的な検討を行うことを提案する。それは、専門・所属・考え方の異なる、広範囲で多様な、かつ多数の人々による自由な議論・討論に基づく検討となり、多様な意見／考え方の共有につながる。それはまた、個々の地震学研究者の意識の持ち方を変えることにもつながると期待される。

一方で、地震学は災害科学としての側面を持ち合わせており、理学だけに閉じずに、工学・社会科学と連携することも必要である。従って、上記のことを実現するために、例えば学会の中に（あるいは他学会と連携した）常置の専門委員会を設置し、学会の特別セッションなど可能なやり方で、定期的にシンポジウム・討論会を開催するなどして、合意形成に努めるのが有用と考える。

#### 参考文献

- Hashimoto, C., A. Noda, T. Sagiya, and M. Matsu'ura, 2009, Interplate seismogenic zones along the Kuril-Japan trench inferred from GPS data inversion, *Nature geoscience*, doi:10.1038/NGEO421.
- Kanamori H., M. Miyazawa, and J. Mori, 2006, Investigation of the earthquake sequence off Miyagi prefecture with historical seismograms, *Earth Planets Space*, 58, 1533-1541.
- 行谷佑一・佐竹健治・山木滋, 2010, 宮城県石巻・仙台平野および福島県舘戸川河口低地における 869 年貞観津波の数値シミュレーション, 活断層・古地震研究報告, No.10, 1-21.
- Nishimura, T., T. Hirasawa, S. Miyazaki, T. Sagiya, T. Tada, S. Miura, and K. Tanaka, Temporal change of interplate coupling in northeastern Japan during 1995-2002 estimated from continuous GPS observations, *Geophys. J. Int.*, 157, 901-916.
- 佐藤まりこ・木戸元之・田所敬一, 2008, GPS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測～観測成果と新たな取り組み～, 測地学会誌, 第 54 巻, 第 3 号, 113-125.
- 澤井祐紀・穴倉正展・岡村行信・高田圭太・松浦旅人・Than Tin Aung・小松原純子・藤井雄士郎・藤原治・佐竹健治・鎌滝孝信・佐藤伸枝, 2007, ハンディジオスライサーを用いた宮城県仙台平野（仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町）における古津波痕跡調査, 活断層・古地震研究報告, No.7, 47-80.
- 穴倉正展・澤井祐紀・岡村行信・小松原純子・Than Tin Aung・石山達也・藤原治・藤野滋弘, 2007, 石巻平野における津波堆積物の分布と年代, 活断層・古地震研究報告, No.7, 31-46.
- Suwa, Y., S. Miura, A. Hasegawa, T. Sato, and K. Tachibana, 2006, Interplate coupling beneath NE Japan inferred from three dimensional displacement

fields, *J. Geophys. Res.*, 111, B04402, doi:101029/2004JB003203.

吉川弘之, 2011, 緊急に必要な科学者の助言, 科学技術振興機構研究開発戦略センター, <http://crds.isl.go.jp/output/pdf/11xr01.pdf>.

# 「地震学会は国の施策とどう関わるか／地震学研究者・コミュニティの社会的役割とは何か」についての私見

神戸大学名誉教授 石橋克彦

災害科学としての地震学の研究者・コミュニティの社会的役割は、社会が認識できない震災ポテンシャルを的確に指摘することだろう。その際、地震科学が未解明の点も丁寧に説明する必要がある。政治的要素が強い問題には中立を守るといって沈黙していると、結果的に非常な政治的態度になることが多い。研究者は研究成果に忠実であることこそが中立と言える。組織である地震学会は、国の施策に直接関わるべきではないだろう。また、個々の学会員の社会的活動にも干渉すべきではない。ただし、地震現象が大きな影響をもつと考えられる社会的重要課題に関しては、学会がシンポジウムを主催するなどして自由な科学的討論を活性化するのがよい。公的研究者が、社会的影響の大きい私企業の研究委員会に参加したり研究費を受けたりすることに関しては、学会の倫理規定や行動規範で一定の規制をかけ、地震学界の社会的中立性・信頼性を確保する必要があるだろう。

## 1. はじめに

筆者は、2011年10月15日に静岡大学で開かれた日本地震学会の特別シンポジウム「地震学の今を問う—東北地方太平洋沖地震の発生を受けて—」において、セッション2「地震学会は国の施策とどう関わるのか—地震学研究者・コミュニティの社会的役割とはなにか—」の問題提起を依頼され、話題提供をおこなった。以下は、概ねそのとき話したことである。

## 2. 地震学会は国の施策とどう関わるのか

本セッションのメインタイトル「地震学会は国の施策とどう関わるのか」(A)と、サブタイトル「地震学研究者・コミュニティの社会的役割とはなにか」(B)とは、問題設定としてかなり距離があるのではないかと思われる。

図1に示すように、個々の地震学研究者の集合が、実体のないコミュニティ(学界)である。それに対して地震学会は、その中の組織化された機関だから、さまざまな問題に関して、多様な考え方を具体的に調整する必要が生じて、Aの答も簡単ではないだろう。少なくとも筆者は、簡単には答を出せない。

ただし総論的に言えば、筆者は、地震学会は国の施策に、肯定的にも批判的にも、直接関わらないほうがよい(問題によっては関われない)と思う(これは、どちらかと言えば「浮き世離れた」理学の研究を指向した伝統的な地震学会の感覚かもしれない;工学系の学会では、あたかも下請けのごとくに国の施策に積極的に関わっているところもある)。

現実には、かなりの地震学会会員が、社会的に重要な学会外の活動に参加しているが、ほとんどは地震学会を代表して出ているわけではないから、学会はそれに対して基本的に干渉すべきではないだろう。なお、学問的にも社会的にも、学会権威主義は厳に戒めるべきだと思う。

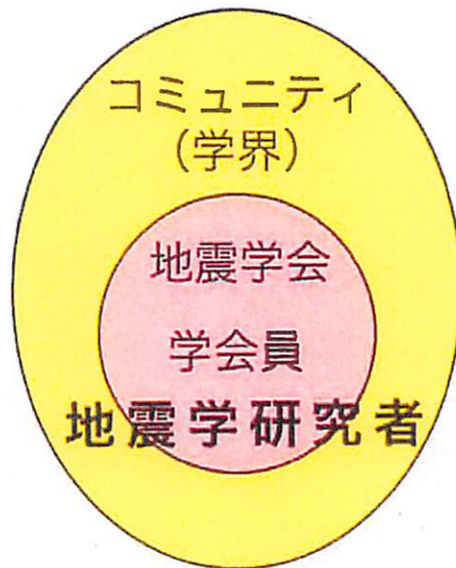


図1 地震学研究者と学界と学会

## 3. 地震学研究者・学界の社会的役割とは何か

標記に関しては、筆者は考えを述べやすい。

実は、日本地震学会2000年度秋季大会の特別セッション「21世紀の地震学が目指すもの：地震学の現状と将来展望」において、筆者はこの問題に関して一般応募講演をおこなった[石橋(2000)]。今回の東日本大震災と福島原発事故を経験しても、そのとき述べた考えは基本的に変わっていないので、おもな点を再論する。

まず、災害科学としての地震科学という捉え方をしたとき、これまで日本で欠けていたのは、震災を未然に防ぐ社会を構築するための批判精神であったように思われる。

現在の日本社会では、地震科学からみて非常に問題のある施策が国家・地方自治体・民間の各レベルで大規模に進められ、大災害の危険性が増大



しつつある。その危険性を認識できるのは地震研究者だけという場合が少なくないので、地震学界にはそれを指摘して注意を喚起する責務があるだろう（最終的に選択するのは社会だが）。しかし現実には、そのような努力は微弱だった。

石橋（2000）は、地震科学的に見過ごせない社会的問題として、「都市の耐震性」「原子力発電所の耐震安全性」「高レベル放射性廃棄物の地層処分」の3事例を挙げた。これらのうち「都市の耐震性」について若干述べておく。

\* \* \* \* \*

「都市の耐震性」にはいろいろな要素があるが、いまは「(やや)長周期強震動」による超高層ビル等の耐震安全性の問題に限定する。容積率緩和（2003年）や「都市再生」政策（2002年6月に特別措置法施行）によって、東京はじめ全国で、地盤のよくない場所にも固有周期の長い超高層ビルが激増してきた。最近では制震装置や免震構造が取り入れられているが、発生が近づいている東海・南海巨大地震などによる長周期強震動に十分耐えられるかどうかはわからず、とくにバブル期（1980年代後半～90年代初頭）などに建てられたものが安全かどうかは疑わしい。しかし地震学では、Kanamori（1973）が「太平洋岸の巨大地震（南海地震や関東地震）と内陸大地震（鳥取地震や福井地震）の地震波スペクトルは、それぞれ長周期成分と短周期成分が強調され、この違いは地震工学的に将来の重要な研究課題だ」と指摘した頃から、プレート間巨大地震による長周期強震動は常識になってきたと思われる。このことをいち早く社会に説明すべきだったと思うが、学界からの組織的な発信は、2003年十勝沖地震（Mw8.3；長周期地震動による苫小牧の石油タンク火災が注目を集めた）の後の土木学会・日本建築学会（2006）による共同提言までおこなわれなかった。（シンポジウム当日のフロアからの入倉孝次郎氏の発言によると、この提言に地震学会が加わるのは控えるという理事会の判断によって、地震学会の強震動研究者らが個人的に土木学会・建築学会に働き掛け、委員会に参加して提言をまとめたという）。2011年東北地方太平洋沖地震によって東京や大阪の50階超の超高層ビルが10分以上にわたって最大3mも揺れたために、国土交通省は耐震基準を見直すというが（2012年2月11日NHKニュース）、学界からの説明がもっと早くからあるべきだったろう。

\* \* \* \* \*

上記の3事例では、地震学が沈黙している限り社会は真実を知ることができず、日本社会全体が大きな潜在的危険を不条理に背負い込んでいく。

研究者たちは、研究の世界では健全な批判的・懐疑的精神を武器に真実に迫ろうとしているわけだが、本質的に社会的存在である災害科学にお

いては、研究成果が社会でどのように使われているか、適切に活かされているか、についても当然批判精神を発揮して目配りすべきである。

筆者は、「福島原発震災」の根底的な原因は、日本列島の地震・津波情勢を軽視して原子力発電所を増やしてきた日本社会全体の所為にあると考えているので〔石橋（2012）〕、非常に残念ながら、上記の指摘の失敗例と言わざるをえない。石橋（2000）では「災害が起これば、注意を喚起しなかったこと責任は阪神・淡路大震災のとき以上となり、いかに反省しても取り返しがつかないことを銘記すべきであろう」と書いたが、それが現実になってしまった。

前記の3事例のような問題は政治的側面が強いから科学は直接関係すべきではなく、中立を守るべきだという意見があるかもしれない。しかし、中立を守るといって沈黙をきめこむことが結果的に非常な政治的態度になる（国民の安全を損ねる過った施策を容認する）ことを注意したい。少なくとも科学的にわかっていることに関しては、その成果に忠実であることこそが、科学者の中立的姿勢といえるだろう。

東北地方太平洋沖地震の発生によって白日のもとに晒されたように、地震科学がまだ解明していない地震現象がたくさんある。日頃から、わかっていることを社会に丁寧に説明することも非常に重要である。

なお、言うまでもないが、地震科学の研究者がすべて災害軽減のための社会的発信をすべきだというわけではない。

#### 4. 地震学会が実行するとよいこと

2で、学会は国の施策に直接関わらないほうがよいと書いたが、国の施策か否かに拘わらず、地震現象が大きく係わると考えられる社会的重要課題に関しては、学会員の問題意識や現状認識の高揚を図る場を学会が組織的に提供するのがよいだろう。地震科学の視点で自由な討論をおこなうシンポジウムの開催などである。その場合、学術大会のセッションがコンビナー制で、どちらかといえば方向性を意識しているのに対して、趣旨が偏らない設定にすることが大事だろう（理事会からの提案や、学会員からの提案を理事会が調整するなど）。

テーマとしては、地震防災行政と地震科学の関係性という基本的問題〔例えば、石橋（2011）〕、日本列島における高レベル放射性廃棄物地層処分の地震科学的基礎、地震・津波と原子力発電所の安全性、などが考えられる。

#### 5. 地震研究者の行動規範の一端

国立大学法人の大学研究者や独立行政法人の研究所職員が、社会的影響の大きい私企業の検討

委員会の委員を務めるなどして、国民の安全という公共の利益と抵触しかねない事例が地震科学関係でも目につくようになってきた。

一例として、東京電力柏崎刈羽原子力発電所に関係した委員会がある。これは、2007年新潟県中越沖地震によって全7基の原子炉が停止した同発電所で、耐震安全性の未解決問題〔例えば、石橋(2009)〕を先送りして7号機の運転再開を強行した際に、東京電力が地元の疑義に対して約束した作業〔東京電力株式会社(2009)〕の一環として設置された委員会(実質的に東京電力の社内委員会的なもの)である。すなわち、地元から出されている疑問・懸念(科学的にもホットな論争課題)について、運転再開後も引き続き調査・検討をおこなって知見の拡充を進め、安全性向上に反映していくとして、「柏崎地域の地形及び地質構造の形成過程に関する検討委員会」と「長岡平野西縁断層帯の活動性評価に関する検討委員会」が設けられた。

両委員会には地震科学界の錚々たる研究者が名を連ねている一方、中立的な公的研究委員会が別にあるわけではない。したがって、二つの検討委員会の見解ないし結論(東京電力に不利なものが出るとは思えない)が、それぞれの課題の第一線研究者による科学的最新知見とされて、東京電力の主張を支えるものとなる可能性が高い。しかし、科学研究からみれば、それは一方に偏って、地元住民や国民の安全・安心と相反するものとなる恐れもある。

筆者は、新潟県の「地震、地質・地盤に関する小委員会」の委員として、両委員会についての東京電力の説明を何度か聞いており、私企業がそのような委員会を設けるのは仕方ないことのように思っていた。しかし、福島原発震災を目の当たりにしてみると、このような私的委員会に公的研究者が参画し、私企業の行為にお墨付きを与える働きをすることは、やはり大きな問題だと考える

ようになった。

シンポジウム当日、会場から、原子力事業者から研究費をもらっている大学研究者もいるという発言があったが、地震科学の社会における中立性・公平性を確保し、国民からの信頼を高めるために、これらの行為には学会の倫理規定や行動規範を通じて、一定の歯止めをかけるべきではなかろうか。一般的・理念的な事項が謳われている「地震学者の行動規範」〔日本地震学会(2008)〕に、より具体的で踏み込んだ規定を盛り込むことが検討されてもよいように思われる。なお、この「行動規範」は学会ホームページでは見当たらない。

#### 参考文献

- 土木学会・日本建築学会, 2006, 海溝型巨大地震による長周期地震動と土木・建築構造物の耐震性向上に関する共同提言, <<http://www.jsce.or.jp/committee/kyodai-jishin/kyodoteigen061120.pdf>>, (参照 2012-1-31).
- 石橋克彦, 2000, 災害科学としての地震学のあり方—大災害を未然に防ぐ批判精神を, 日本地震学会講演予稿集 2000 年度秋季大会, A64.
- 石橋克彦, 2009, 科学を踏みにじった政府の柏崎刈羽原発「耐震偽装」, 科学, 79, 463-468.
- 石橋克彦, 2011, 地震防災行政と自然科学, 科学, 81, 969.
- 石橋克彦, 2012, 原発震災—警鐘の軌跡, 七つ森書館, 334pp.
- Kanamori, H., 1973, Mode of strain release associated with major earthquakes in Japan, Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 1, 213-239.
- 日本地震学会, 2008, 地震学者の行動規範, 日本地震学会ニュースレター, 20, No.3, 9-10.
- 東京電力株式会社, 2009, 柏崎刈羽原子力発電所7号機運転再開ご了承時にいただいた事項への対応状況について, <<http://www.tepco.co.jp/cc/direct/images/090703a.pdf>>, (参照 2012-1-31).

# 地震学の知見を防災に生かす

京都大学防災研究所 山田真澄

2011年東北地方太平洋沖地震は、地震学が防災・減災にいかに関与できるか、ということを確認するための大きなきっかけとなった。近年の地震学が防災に貢献する大きな成果の一つは、地震の揺れが始まる数秒前に、地震の発生を知らせることができるようになったことである。本稿では、2011年東北地方太平洋沖地震における緊急地震速報のパフォーマンスと明らかになった問題点、さらには地震学と地震防災に関する将来的展望について私見を述べる。

## 1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震（以下東北地震と略す）は、地震学が防災・減災にいかに関与できるか、ということを確認するための大きなきっかけとなった。これまで、地震学では地震がどのようにして発生するかというメカニズムの解明に重点が置かれ、地震被害の軽減に資する研究という観点は軽視されてきたように思われる。例えば、日本地球惑星連合大会などの学会のプログラムを見ても、地震災害や地震防災に直接的に関連しているセッションは、地震学全体の1-2割程度である。

しかしながら、地震防災に直接関わる研究を重視してこなかったからといって、決してこれまでの地震学が地震防災に貢献しなかったわけではない。今回の東北地方太平洋沖地震においては、残念ながら2万人近くの犠牲者が出たが、同規模の2004年スマトラ地震の犠牲者と比較すると犠牲者の数は約10分の1であった。犠牲者をより減らすために今後最大限努力し続けることは研究者として当然であるが、しかしながら、これまでの地震学の成果を過小評価するべきではないと考えている。

地震学の大きな成果の一つは、地震の揺れが始まる数秒前に、地震の発生を知らせることができるようになったことである。これは、ここ100年足らずの間の地震学の発展と、情報技術の進歩によって可能となった。本稿では、東北地震における緊急地震速報のパフォーマンスと明らかになった問題点、さらには地震学と地震防災に関する将来的展望について私見を述べる。

## 2. 緊急地震速報と2011年東北地方太平洋沖地震

気象庁によって提供される緊急地震速報と津波警報は、世界で最も優れたリアルタイム警報システムの一つである。緊急地震速報は、地震が発生した後数秒間で、強い揺れの情報を提供するシステムである。2007年10月に一般市民への提供が始まって以来、10以上の大地震に対して、携帯電話やテレビ、ラジオ、市町村の防災無線によって緊急地震速報を提供してきた（気象庁、2012）。

緊急地震速報システムは、東北地震においても、

正しく地震発生を検知し、震源近傍の地域の住民には最初のP波検知後約8秒後に警報を発表した（気象庁、2011、Hoshiya et al., 2011）。気象庁の発信状況によれば、S波到着後に速報が発信された地域はなく、伝送遅延を考慮しなければすべての地域で速報はS波到達に間に合った（図1参照）。この地震は、陸から150kmほど遠方で発生した海溝型地震であり、S波到着が早い内陸型地震とは異なって速報の配信には有利な条件であった。早期地震検知システムによって、この地域で営業していた27本の新幹線は、脱線することなく停止した（毎日新聞、2011）。3分後には、大津波警報が岩手・宮城・福島県に発表され、15-20分後には大津波が最も近い海岸に到達した（気象庁、2011b）。

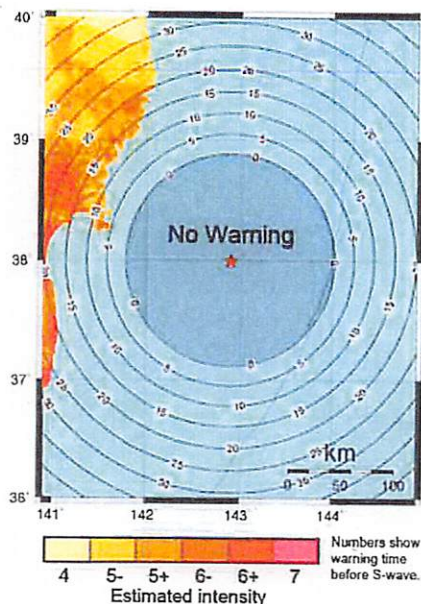


図1 緊急地震速報が発信されてから主要動が到達するまでの猶予時間（白抜き数字。単位：秒）

しかしながら、警報システムは全体として十分に機能したとは言えない。特に、これまでの運用では明確に認識されなかった2つの大きな問題が発生した。1点は、予測震度を過小評価したために、震源から離れた関東地方で緊急地震速報が配信されなかったことである。図2は、地震発生

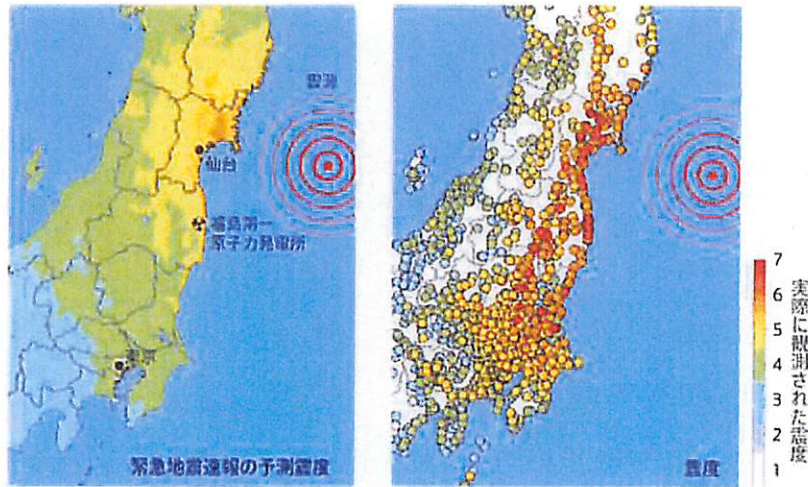


図2 緊急地震速報の予測震度（左）と実際に観測された震度（右）（Yamada, 2011）

約2分後に発表された最終報の予測震源(M8.1)に基づいて計算した推定震度分布と観測された震度分布である。(第1報の速報配信に利用した予測震度はこれよりもさらに過小評価であった。)特に関東地方において、予測震度の誤差が大きかったことが分かる。この主な原因は、巨大地震の震源域は数十キロから数百キロにも及んでいるが、現在の気象庁のシステムでは地震はある一点で発生すると仮定する震源モデルを採用しているためである。人口の多い関東地方では、強い地震動を受けて深刻な被害をもたらし、多数の住民に大きな混乱を与えた。ただ、この問題点は技術的には改善可能であり、様々な手法も提案されている(例えば、Yamada et al., 2007、堀内、2011)。時々刻々と増えるデータを追加して情報をアップデートすることによって、システムを改善することができる。

もう1つの問題点は、余震に対する誤報である。巨大地震の発生直後は、当然のことながら広域にわたって余震が多発し、地震波検出が難しくなることから、緊急地震速報が適切に発表できないことがあった。特に、本震後2-3時間の間は全く緊急地震速報が発表されず、3つのM6.5以上の余震を見逃した。図3は2011年4月28日までに発生した余震に対する緊急地震速報の誤報の割合を示している。2011年3月以前には、一般向けに発表された緊急地震速報のうち、予測震度が2以上過大評価した誤報は約3割であった。これに対し、本震以降は誤報が6割以上に増加した。誤報が発生した主な理由は、複数の地震が同時に発生したために震源決定が混乱し、マグニチュードを過大評価してしまったことである。これらの同時多発地震に対するアルゴリズムの強化は早急な課題である(Yamada and Mori, 2011)。

システムが想定していなかった巨大地震の数々の特性によって、緊急地震速報はうまく作動しないことがあった。しかしながら、巨大地震に

対応したアルゴリズムを組み込むことによって、システムは次の大地震(例えば東南海・南海地震など)ではうまく動くように改善することができる。地震予知が十分に機能していない現在においては、緊急地震速報は地震動よりも早く情報を伝える可能性がある唯一のシステムであり、今後もさらに継続・発展していくことが望まれる。

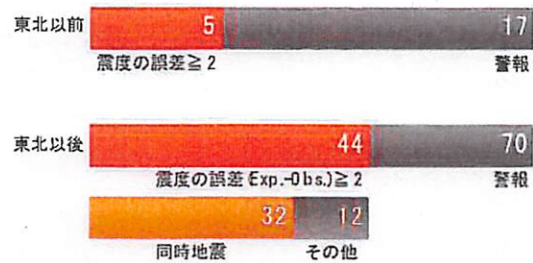


図3 2011年3月以前と以後の、予測誤差が大きかった速報の割合。誤報のうち大部分が、複数地震が同時に発生したことに起因するものだった

### 3. 地震学と地震防災の将来

東北地震の発生後に、私が一番強く感じたことは、地震学者が一般市民の求める情報を全く提供できないことによる無力感だった。多くの余震・誘発地震が発生し、火山活動が活発化して大きな不安感が広がったが、それに対して有益な情報を提供することができなかった。地震学は、得てして起こってしまった現象の解明には優れた力を発揮するが、残念ながらこれから起こる事象の予測にはまだまだ不十分であるのが現状である。地震の発生メカニズムや破壊現象の解明が学問として重要なのは言うまでもないが、一般市民が真に求めている情報は、地震がいつどこで起きるの

か、ということである。地震学者が現時点で持ちあわせている知識は、一般市民が知りたい事とは大きなギャップがあることを自覚しておくべきだと思う。東北地震の以前も、そして今現在も、地震の現象解明が地震予知につながるという主張は強い。しかしながら、そのつながりについて科学的な根拠があるわけではなく、実際に地震予知が可能かどうかは地震学者でもよく分かっていないのが現状である。

地震学は、地震工学とも密接に関わる応用物理学であり、国家プロジェクトにも組み込まれている以上、実社会と無縁でいることは不可能である。2章で紹介した警報システムも決して万能ではないが、地震予知が十分に機能していない現在においては、緊急地震速報は地震動よりも早く情報を伝える可能性がある唯一のシステムであり、1人でも多くの研究者が協力して、さらに改良・発展させていくべきだと考えている。

最後に、将来の地震学者の置かれている危機的な状況についてコメントしたい。大学院重点化によって博士を持つ研究者の数は増加したが、卒業後の就職先の間口は変わらなかったために、終身雇用のポストの需要と供給のバランスが崩れた。また、最近の研究費の予算申請がプロジェクトベースになっており、短期間で成果を出すことを求められている。その両方の解決策として、プロジェクトの資金で雇用するポストクが、あふれた博士の受け皿となった。その結果、短期間で成果の出やすいテーマに若い研究者が集まり、長期間のモニタリングを要するテーマや論文になりにくいテーマには敬遠される方向にある。このことは、地震学だけの問題ではなく、科学分野全体に共通して言えることである(元村, 2009)。新しい人材の育成なくして、地震学の発展はありえない。若い研究者に対する安定した就職ポストの供給は喫緊の問題であり、今後積極的に改善されることを望む。

#### 参考文献

気象庁, 2011, 緊急地震速報の内容

[http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/kaisetsu/joho/20110311144640/content/content\\_out.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/kaisetsu/joho/20110311144640/content/content_out.html) (最終アクセス: 2012年1月16日)

気象庁, 2011b, 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震以降の緊急地震速報(警報)の発表状況について

[http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/29a/ew\\_hyouka.html](http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/29a/ew_hyouka.html) (最終アクセス: 2012年1月16日)

気象庁, 2012, 緊急地震速報の発表状況

<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/kaisetsu/joho/joho.html> (最終アクセス: 2012年1月16日)

<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/kaisetsu/joho/joho.html> (最終アクセス: 2012年1月16日)

Hoshiba M., K. Iwakiri, N. Hayashimoto, T. Shimoyama, K. Hirano, Y. Yamada, Y. Ishigaki, and H. Kikuta, 2011, Outline of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Mw 9.0)—Earthquake Early Warning and observed seismic intensity—, *Earth Planets Space*, Vol. 63 (No. 7), pp. 547-551.

堀内茂木, 2011: 巨大地震対応緊急地震速報システムの開発, 地震研究所研究集会「地震動の瞬時解析と直前予測」

<http://www.weic.eri.u-tokyo.ac.jp/viewdoc/yure2011/> (最終アクセス: 2012年1月16日)

毎日新聞, 2011, 東日本大震災: 新幹線30~170キロ減速 宮城で地震早期検知 被災エリア無事停車 (2011年5月20日朝刊)

<http://mainichi.jp/select/weathernews/news/20110520ddm001040045000c.html> (最終アクセス: 2011年5月28日)

元村有希子, 2009, 大学院重点化は一体なんだったのか

<http://www.chemistry.or.jp/kaimu/ronsetsu/ronsetsu0908.pdf> (最終アクセス: 2012年1月16日)

Yamada, M., T. Heaton, and J. Beck, 2007, Real-Time Estimation of Fault Rupture Extent Using Near-Source versus Far-Source Classification. *Bulletin of the Seismological Society of America*, No.97-6, pp.1890-1910.

Yamada, M. 2011, Rebuilding seismology, *Nature* 473, 146-148.

Yamada, M. and J. Mori, 2011, Future Developments for the Earthquake Early Warning System following the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, AGU fall meeting, San Francisco, US.

# 物証にもとづく想定津波の検討を

千葉工業大学惑星探査研究センター 後藤和久

2011年東北地方太平洋沖地震津波がどのようなものだったのかを、西暦869年の貞観津波の研究と合わせて津波堆積物研究者の視点で紹介する。今後、最大クラスの巨大な地震・津波を想定していく必要があるが、津波の地質学的痕跡を防災計画に活用するためには、津波堆積物からわかることや課題を社会に説明すること、他分野と協力し堆積物から津波遡上域をより正確に推定する技術開発を行うこと、津波堆積物研究を防災に活用するまでの道筋作りを行うこと、そして何より人材育成を行うことが重要である。

## 1. はじめに

津波堆積物を専門とする私が、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震津波（以下、2011年津波とする）を目の当たりにして最初に感じたのは、「西暦869年の貞観津波の再来ではないか」というものであった。おそらく、多くの津波堆積物研究者が同様の印象を受けたのではないだろうか。

2011年津波が本当に貞観津波の再来だったのかはまだ議論の余地があるものの、これだけの巨大津波の東北地方太平洋岸への襲来が約1100年前の貞観津波以来であることは、おそらく間違いない。そして、2011年津波は、津波堆積物研究から過去の巨大津波があらかじめ知られていた場所（図1）で大きな被害が生じた。これは、津波堆積学の分野でも初めての事例である。そのため、国内外で津波堆積物研究の重要性が再認識されたという特徴がある。

本稿では、津波堆積学分野から見た2011年津波とはどのようなものだったのか、そして今後どのような研究が必要で、将来の津波災害にどのように備えるべきかを議論する。

## 2. 西暦869年貞観津波の研究

まず、後藤ら(2011)のレビューに基づき、2011年津波前に行われていた貞観津波の研究がどのようなものだったのかを解説する。古文書の『日本三代実録』には、貞観11年5月26日（西暦869年7月13日）に発生した地震と津波（以下、貞観津波）についての記述が残されている（吉田, 1906; 渡邊, 1998）。それによれば、仙台平野において地震による被害だけでなく、津波が広範囲に浸水した様子が記録されている。さらに、貞観津波に関する伝説や伝承も、宮城県気仙沼市から茨城県大洗町にかけて残されており、特に仙台平野から福島北部で大津波を示唆するものが多い（渡邊, 2001）。

貞観津波やそれ以前の巨大津波の地質学的証拠も数多く報告されてきた。箕浦(1990)、阿部ら(1990)、Minoura and Nakaya(1991)らの先駆的な研究により、貞観津波やそれ以前の津波堆積物が見出され、およそ800年の間隔で巨大津波が

仙台平野に襲来した可能性があることが、1990年代前半に明らかにされた。その後、2000年代初頭の研究で、福島県相馬市などでも貞観津波やそれ以前の津波堆積物が見出された（Minoura et al., 2001; 菅原ら, 2001）。こうした研究に基づいて、貞観地震のマグニチュードは8.3、津波による浸水範囲は2.5-3 km、津波再来間隔は約800-1100年間隔だと推定された。

2000年代後半には、産総研のグループを中心に、仙台平野や石巻平野の広範囲をカバーするように複数地域で調査が行われ（澤井ら, 2006, 2007, 2008; 宍倉ら, 2007; Sawai et al., 2008）、従来調査された以外の場所でも浸水範囲が数キロメートルにおよぶこと、津波の再来間隔が500-1000年程度と見積もられることが明らかにされた。そして、地形学的研究にもとづき、仙台市における浸水域は、当時の海岸線（現在より約1 km内陸側）から少なくとも1.0~3.0 kmと推定された（澤井ら, 2008; 菅原ら, 2010）。

そして、津波堆積物の分布範囲を少なくとも説明しうる津波遡上が起きる断層モデルを推定するために数値計算が行なわれ、佐竹ら(2008)や行谷ら(2010)は貞観地震のマグニチュードを8.3~8.4、菅原ら(2010, 2011)は底面掃流力も評価材料に用いて、マグニチュードを8.35と見積もっていた。

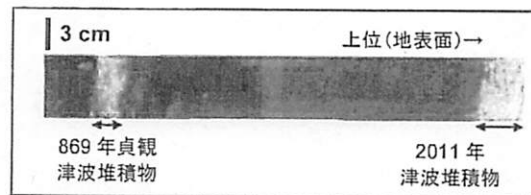


図1 仙台平野での2011年津波堆積物と869年貞観津波堆積物（Goto et al., 2011を改変）。

## 3. 津波堆積学から見た2011年津波

では、2011年津波は、我々の知識をはるかに超えた想定外のものだったのだろうか？貞観津波堆積物は、三陸地方では確たる証拠はまだ発見されていない。しかし、岩手県の被災地をまわると、2011年津波と1896年明治三陸津波の浸

水範囲や遡上高には大差がないことに気がつく(後藤ら, 2012)。一方, 仙台平野での2011年津波堆積物の分布範囲などは, 貞観津波堆積物と特徴が非常に類似している(後藤ら, 2011; Goto et al., 2011; 宍倉ら, 2011; Sugawara et al., 2012)。こうした結果から, マグニチュード9.0の地震は想定していなかったとしても, 結果として発生した津波は, 少なくとも津波堆積物研究者の知識をはるかに超えたものだったとは言えない。つまり, 津波に関して言えば, 今回特別なことが起きたわけではないということになる。

#### 4. 何が問題だったのか?

貞観津波堆積物研究が防災に十分活かされていなかった一つの理由として, 後藤ら(2012)が述べているように, 「貞観津波堆積物の候補」が「貞観津波堆積物」として複数の地質学者に認められ, 防災に生かす段階に至るまでに20年もかかったことが挙げられる。

津波堆積物の認定を行い, 防災に生かすだけの情報を収集することは容易ではない。これは, 高波や洪水でできる堆積物との明確な識別方法がまだ確立していないことや, 津波堆積物が見つかったとしても, 複数地点の掘削を行い, さらに当時の地形を復元しなければ, 古津波の規模や再来間隔などを議論することは難しく, こうしたデータの収集にはどうしても時間がかかるからである(後藤ら, 2012)。

その中でも, 貞観津波堆積物研究は, 質・量ともに世界的にも進んでいたと言える。その理由として, 複数の独立した研究グループが合計で約600地点を調査し(図2), 層厚分布や堆積学的特徴などの結果から津波堆積物と認定していたこと, 約1000年前の地形が復元され, 海岸線の位置が今より約1km内陸だったことが明らかにされていたこと, そして想定浸水域, 断層モデルとも, 複数グループがほぼ同じ結論にたどり着いたことなどが挙げられる(後藤ら, 2012)。

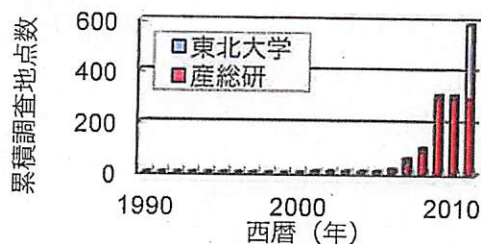


図2 主な研究グループによる貞観津波堆積物の調査地点数の推移

#### 5. 津波堆積物研究の課題

津波堆積物研究の現状を考えると, 貞観津波堆積物から推定されていたマグニチュード(約8.4)

は, 過小評価であった可能性が考えられる。貞観津波堆積物の場合, 目視で観察できる厚さ数ミリメートル以上の砂層の内陸の分布限界を, 津波の最低遡上距離とみなして遡上計算を実施し, 砂層の分布範囲を説明できる断層モデルが提案されていた。ただし, 目視で観察できる砂層の分布限界と津波の遡上限界は必ずしも一致しない。実際に, 2011年津波堆積物の両者の関係を調べると, 場所によっては遡上距離の6割程度の範囲にしか砂層が分布していないことがわかっている(阿部ら, 2011; 後藤ら, 2011; Goto et al., 2011)。そのため, 従来の手法では, 浸水域を過少評価していた可能性がある。

一方, 砂層の分布限界より内陸側には, 遡上限界付近まで泥質の津波堆積物が分布している(図3, Goto et al., 2011)。泥質堆積物は, 肉眼で地層中から識別するのは困難であるが, そこに含まれる海水由来の元素の異常農集や海洋プランクトン遺骸の混在などによって, 津波堆積物だと認定できる可能性がある(例えば, Chagué-Goff et al., 2011; 箕浦, 2011)。こうした研究がさらに進めば, 津波堆積物から遡上限界をより正確に決められるようになるかもしれない。津波堆積物から津波の遡上限界を推定する研究は, 今後の最重要課題の一つだといえる。

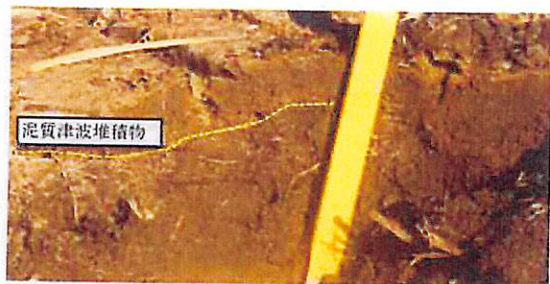


図3 仙台平野に分布する泥質津波堆積物。

さて, 津波堆積物から津波の浸水範囲を推定できるようにになれば, 浸水範囲を説明する断層モデル(またはマグニチュード)を, より精度よく推定することが可能になると考えられる。ただし, 海岸線に沿う方向に広範囲に調査を行わなければ, 断層の長さを推定できない。さらに, 通常は経験則に基づいて断層のサイズやすべり量を決めるが, こうした方法では2011年地震のような局所的かつ極めて大きなすべり量を仮定するのは難しい。そのため, 津波堆積物から遡上範囲を求める研究とは別に, 津波の遡上範囲から断層モデルを推定する研究も並行して進めなければならない。

一方で, 後藤ら(2012)が述べているように, 断層モデルが正確にわからなくても, 津波堆積物研究に基づいて過去の津波の浸水履歴図を作り, 防災計画に活用することは可能である。実際に,

貞観津波堆積物研究と並んで研究が進んでいる北海道（道東）の「500年間隔地震・津波」を対象に、このような浸水履歴図が作成された経緯がある（佐竹・七山，2004）。

津波は地震のみが原因で発生するわけではないことを考えても（たとえば海底地すべりや海底火山噴火などによっても発生する），津波防災計画立案においては，地震の想定にこだわらず，津波を想定するという考え方も積極的に取り入れていくべきである。

#### 6. 最大クラスの地震と津波を想定するために

2011年地震・津波を受けて，中央防災会議の報告に「今後、地震・津波の想定を行うにあたっては、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである」という文言が盛り込まれた（中央防災会議，2011）。その中には，津波堆積物を活用した防災計画の見直しも含まれている。そして，想定見直しの動きは全国に広まり，従来の想定をはるかに上回る巨大地震・津波発生の可能性も指摘され始めた。

しかし，他地域では，北海道（道東）を除けば貞観津波堆積物研究ほど研究が進んでいない。想定地震・津波を過小にも過大にも評価しないよう，その幅を制約できるのが歴史，地質記録などの物証で，物証に基づく信頼性の高い地震・津波を想定するのが，災害に携わる研究者の責務だと言える。今必要なことは，複数グループの検証を経ながら，「津波堆積物」と認定できる事例を増やすことであろう（後藤ら，2012）。

ただし，5章で述べたように，現時点では津波堆積物を用いた古津波，古地震の規模の推定は，過小評価気味になるという問題がある。また，津波堆積物が地層中に常に残るとは限らず，津波堆積物が見つからないからといって，その地域に津波が過去に来襲していないとは言えない。そのため，ある地域での過去の地震・津波の上限規模の制約は，津波堆積物を用いても現状では難しい。

一方，国内ではまだあまり注目されていない津波の痕跡として，直径数メートル大の津波石と呼ばれる巨大岩塊がある（図4）。筆者は，津波石に加え台風の高波で沿岸に打ち上げられた岩塊など，沿岸に分布する巨礫群には過去に起きた津波の最大規模を推定することができるポテンシャルが秘められていると考えている。

津波石は，1771年明和津波が来襲した沖縄県の先島諸島に広く分布している（例えば，河名・中田，1994；Goto et al., 2010）。また，2011年津波に伴い，宮古市撰待（山田ら，2011）や塩竈市の寒風沢島などで，巨大な岩塊が津波により内陸へと運搬された。和歌山県の串本町でも，1707年宝永津波により一部が移動したと考えられる巨礫群が橋杭岩周辺に堆積している（例えば，行谷ら，2011；宍倉ら，2011）。一方，奄美諸島や

沖縄諸島の太平洋岸には，過去に発生した台風の高波によりリーフ上に打ち上げられた巨礫が数多く堆積している（図5，たとえばGoto et al., 2009）。



図4 沖縄県の先島諸島に堆積する津波石。

重要なことは，これらの巨礫は，過去（現在～数千年前）のある時期に津波か台風の高波で打ち上げられ，その後も繰り返し発生した津波や台風の高波の作用を受けて移動を繰り返しながら，現在の位置に最終的に堆積している点である。言い換えれば，たとえば奄美・沖縄諸島のリーフ（礁嶺）上に堆積している数千年前に台風の高波で打ち上げられた巨礫を，数百メートル内陸の海岸付近まで移動しうるような波力を持つ大波は，この石が打ち上がって以降，津波を含めてこの地域で発生していないことになる。

こうした地質学的痕跡の活用法として，例えば地震学の側から過去の地震を対象とした断層モデルが提案され，津波数値計算を実施した場合に，各所に現在堆積している巨礫（年代測定などで，対象とする津波か，それより前に打ち上がったと確認できるもの）を，計算上はるか内陸まで移動させ，その分布を大きく変えてしまうようであれば，そのような規模の津波は少なくとも過去に発生していないということが出来る。つまり，過去に発生した最大規模の津波（地震）を制約できる可能性があるということになる。沿岸に堆積する巨礫の研究事例はまだ極めて少ないが，今後研究の進展が大いに期待される分野である。



図5 奄美大島のリーフ上に堆積する台風の高波起源の巨礫群



## 7. おわりに

2011年津波前の津波堆積物研究を取り巻く状況や課題は、以下のように整理できる。

(1) 複数の地質学者が認める成果でも、防災研究者や関係者の理解を十分得るに至らなかった。

(2) 津波堆積物研究を防災に活かす道筋が十分に確立していなかった。

(3) 津波そのものの浸水範囲や流動特性よりも、断層モデルの推定が重視されていた。

(4) 津波堆積物研究が諸学会に分散しており、幅広い議論が行われてこなかった。

(5) 津波堆積物研究は、防災に生かすことができる段階まで進展するのに長い時間を要した。

そして、今後の津波堆積物研究の方向性として、次のような点を考慮すべきだと考えられる。

(6) 津波堆積物研究は高い専門性を要する学問分野であり、そこから引き出せる情報を他分野の研究者や防災関係者に有効に活用してもらうためにも、津波堆積物を用いて現状でできることとできないことを丁寧に説明する必要がある。

(7) 「津波堆積物の候補」ではなく、「津波堆積物」と複数のグループが認めるものを防災計画に反映させる体制づくりが必要である。

(8) 津波堆積物研究(認定と活用法)の質の向上が不可欠である。そして、国や自治体の防災計画に組み込むまでの道筋の確立が必要である。

(9) 断層モデルの正確な推定にこだわらず、津波堆積物から「津波」そのものを想定する手法の検討が必要である。

(10) 防災に生かせるレベルの研究成果が、貞観津波研究でかかった20年から、3~5年程度で出せる体制を構築する必要がある。

後藤ら(2011)が述べているように、日本各地で津波堆積物調査を今後行い、低頻度巨大津波のリスクの再評価を迅速かつ慎重に行う必要がある。しかし、日本において津波堆積物を専門とする研究者は非常に少ない。そのため、津波堆積物研究を専門とする地質、地形学に精通した研究者および技術者の育成を早急に行う必要がある。

## 参考文献

- 阿部壽, 菅野喜貞, 千益章, 1990, 仙台平野における貞観11年(869年)三陸津波の痕跡高の推定, 地震(第2輯), 43, 513-525.
- 阿部朋弥, 後藤和久, 菅原大助, 2011, 仙台平野における津波遡上距離と砂層分布限界の関係. 日本堆積学会 2011年長崎大会講演要旨集, 53-54.
- Chagué-Goff, C., Schneider, J.-L., Goff, J.R., Dominey-Howes, D., Strotz, L., 2011. Expanding the proxy toolkit to help identify past events: lessons from the 2004 Indian Ocean Tsunami and the 2009 South Pacific Tsunami. *Earth-Science Reviews*, 107, 107-122.
- Goto, K., Okada, K., Imamura, F., 2009, Characteristics and hydrodynamics of boulders transported by storm waves at Kudaka Island, Japan. *Marine Geology*, 262, 14-24.
- Goto, K., Kawana, T., Imamura, F., 2010, Historical and geological evidences of boulders deposited by tsunamis, southern Ryukyu Islands, Japan. *Earth-Science Reviews*, 102, 77-99.
- Goto, K., Chague-Goff, C., Fujino, S., Goff, J., Jaffe, B., Nishimura, Y., Richmond, B., Suguwara, D., Szczucinski, W., Tappin, D. R., Witter, R., Yulianto, E., 2011, New insights of tsunami hazard from the 2011 Tohoku-oki event. *Marine Geology*, 290, 46-50.
- 後藤和久, 西村裕一, 菅原大助, 阿部朋弥, 中村有吾, 藤野滋弘, 原口強, 2011, 仙台平野を中心とする津波被害実態と堆積物調査報告. 東北地方太平洋沖地震津波に関する合同調査報告会予稿集, 57-62.
- 後藤和久, 西村裕一, 宍倉正展, 2012, 地質記録を津波防災に活かすために—津波堆積物研究の現状と課題. *科学*, 82, 215-219.
- 河名俊男・中田高, 1994, サンゴ質津波堆積物の年代からみた琉球列島南部周辺海域における後期完新世の津波発生時期, *地学雑誌*, 103, 352-376.
- 箕浦幸治, 1990, 東北日本における巨大津波の発生と周期, *歴史地震*, 6, 61-76.
- 箕浦幸治, 2011, 津波痕跡の化学的検出, 日本堆積学会 2011年長崎大会講演要旨集, 18.
- Minoura, K., Nakaya, S., 1991, Traces of tsunami preserved in inter-tidal lacustrine and marsh deposits: Some examples from northeast Japan, *Journal of Geology*, 99, 265-287.
- Minoura, K., Imamura, F., Sugawara, D., Kono, Y., Iwashita, T., 2001, The 869 Jogan tsunami deposit and recurrence interval of large-scale tsunami on the Pacific coast of northeast Japan, *Journal of Natural Disaster Science*, 23, 83-88.
- 行谷佑一, 佐竹健治, 山本滋, 2010, 宮城県石巻・仙台平野および福島県請戸川河口低地における869年貞観津波の数値シミュレーション, 活断層・古地震研究報告, 10, 1-21.
- 行谷佑一, 前杵英明, 宍倉正展, 越後智雄, 永井亜沙香, 2011, 和歌山県串本町橋杭岩周辺の漂礫分布の形成要因, 地球惑星科学関連学会 2011年合同大会予稿集, SSS035-12.
- 佐竹健治, 七山太, 2004, 北海道太平洋岸の津波浸水履歴図.
- 佐竹健治, 行谷佑一, 山本滋, 2008, 石巻・仙台平野における869年貞観津波の数値シミュレーション, 活断層・古地震研究報告, 8, 71-89.
- 澤井祐紀, 岡村行信, 宍倉正展, 小松原純子, 松浦旅人, Than Tin Aung, 藤井雄士郎, 2006, 仙台平野の堆積物に記録された歴史時代の巨大津波—1611年慶長津波と869年貞観津波の

- 浸水域一, 地質ニュース, 624, 36-41.
- 澤井祐紀, 宍倉正展, 岡村行信, 高田圭太, 松浦旅人, Than Tin Aung, 小松原純子, 藤井雄士郎, 藤原治, 佐竹健治, 鎌滝孝信, 佐藤伸枝, 2007, ハンディジオスライサーを用いた宮城県仙台平野(仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町)における古津波痕跡調査, 活断層・古地震研究報告, 7, 47-80.
- 澤井祐紀, 宍倉正典, 小松原純子, 2008, ハンドコアラを用いた宮城県仙台平野(仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町)における古津波痕跡調査, 活断層・古地震研究報告, 8, 17-70.
- Sawai, Y., Fujii, Y., Fujiwara, O., Kamataki, T., Komatsubara, J., Okamura, Y., Satake, K., Shishikura, M., 2008, Marine incursions of the past 1500 years and evidence of tsunamis at Suijin-numa, a coastal lake facing the Japan Trench, *The Holocene*, 18, 517-528.
- 宍倉正展, 澤井祐紀, 岡村行信, 小松原純子, Than Tin Aung, 石山達也, 藤原治, 藤野滋弘, 2007, 石巻平野における津波堆積物の分布と年代, 活断層・古地震研究報告, 7, 31-46.
- 宍倉正展, 前杵英明, 越後智雄, 行谷佑一, 永井亜沙香, 2011, 潮岬周辺の津波石と隆起痕跡から推定される南海トラフの連動型地震履歴, 地球惑星科学関連学会 2011 年合同大会予稿集, SSS035-13
- 宍倉正展, 澤井祐紀, 行谷佑一, 藤原治, 谷川晃一郎, 楢原京子, 木村治夫, 岡村行信, 宮下由香里, 小松原純子, 藤井勇士郎, 奥田泰雄, 2011, 産総研による日本海溝沿いでの津波痕跡調査, 東北地方太平洋沖地震津波に関する合同調査報告会予稿集, 74-76.
- 菅原大助, 箕浦幸治, 今村文彦, 2001, 西暦 869 年貞観津波による堆積作用とその数値復元, 津波工学研究報告, 18, 1-10.
- 菅原大助, 今村文彦, 松本秀明, 後藤和久, 箕浦幸治, 2010, 過去の津波像の定量的復元—貞観津波の痕跡調査と古地形の推定について, 津波工学研究報告, 27, 103-132.
- 菅原大助・今村文彦・松本秀明・後藤和久・箕浦幸治, 2011, 地質学的データを用いた西暦 869 年貞観地震津波の復元について, 自然災害科学, 29-4, 501-516.
- Sugawara, D., Imamura, F., Goto, K., Matsumoto, H., Minoura, K., 2012, The 2011 Tohoku-oki Earthquake Tsunami: Similarities and Differences between the 869 Jogan Tsunami on the Sendai Plain. *Pure and Applied Geophysics*, DOI10.1007/s00024-012-0460-1 (published online).
- 中央防災会議, 2011, 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告, 47pp.
- 渡邊偉夫, 1998, 日本被害津波総覧. 第二版, 東京大学出版会, 238pp.
- 渡邊偉夫, 2001, 伝承から地震・津波の実態をどこまで解明できるか—貞観十一年(869年)の地震・津波を例として—, *歴史地震*, 17, 130-146.
- 山田昌樹, 藤野滋弘, 後藤和久, 巨礫の位置・大きさから分かる津波の挙動と陸上礫質津波堆積物の関係. 日本堆積学会 2011 年長崎大会講演要旨集, 55-56.
- 吉田東伍, 1906, 貞観十一年陸奥府城の震動洪溢, *歴史地理*, 8, 1033-1040.

# 学校の地震防災指導・防災管理の現状と課題

全国学校安全教育研究会会長・板橋区立高島第一小学校長 矢崎 良明\*

地震を想定した避難訓練は過去何十年も変わらないままであり、実際の地震発生時に即していない。今までの避難訓練を改善するとともに、緊急地震速報の報知音による避難訓練を導入する。また、震災時の子どもの保護者への引き渡しや、学校が避難所となる場合についての課題を改善した。さらに、校舎が耐震化されている一方で、大地震の旅に天井や壁、照明器具等の落下や、書棚やテレビ、ロッカーなどの転倒による被害が必ず起きている。それら非構造部材の耐震化対策についても以下に述べる。

## \*1. 地震発生時の避難（避難訓練）

### (1) 従来の避難訓練

- ① 放送機械に設置されている緊急放送のサイレン「ウー」を鳴らす。
- ② 「避難訓練。地震です。皆さんは机の下に隠れましょう」
- ③ 各教室で子どもは机の下に隠れる
- ④ 「ゆれが収まったようです。」「校庭に避難しましょう」

### (2) 従来の避難訓練の問題点

・ 放送より先に揺れがきている・・・実際の地震では、放送する前に揺れがきている。ゆれを感じてから放送したのでは、手遅れになる場合がある。「放送をよく聞いて避難しましょう」と指導するが、放送が地震の揺れより後になっている。

・ 揺れが大きいと放送できない・・・実際の大地震で震度6強や震度7では、立つこともできず、放送機械のところまで職員がたどりつけない可能性がある。

・ 「机の下に隠れましょう」・・・子どもが教室にいる場合はよいが、地震はいつ起きるかわからない。廊下、階段、トイレ、特別教室など様々な場所にいる場合、机がない場所にいることも想定しなければならない。いつも「机の下に隠れましょう」では、様々な状況に対応できない。

・ 校庭に避難・・・いつも校庭に避難できるとは限らない。平成23年の東日本大震災では、雪まじりの寒さの中、校庭に避難して、あまりにももの寒さで体育館に入った場合や、校庭が液状化になり避難できなかった場合などがあつた。台風のとくに地震が起こる場合もある。いつも「校庭に避難」という訓練では実際に即さない場合がある。耐震化された校舎であれば、校舎が倒壊することはまず想定しなくてよいのではないか。すなわち、あわてて校庭に避難するよりも、校舎内にとどまっても十分安全が確保されていることも考えておく必要がある。

### (3) 改善した避難訓練

緊急地震速報の報知音を用いた避難訓練である。合言葉は「落ちてこない」「倒れてこない」である。すなわち、どこにいても地震の揺れを感じたら子供が自ら「上から物が落ちてこない場所」「横から物が倒れてこない場所」にすばやく身を寄せることである。その場所とは、たとえば廊下では、太い柱のそばや、ガラスなどの落下物のない壁面であり、校庭では建物が近くにない場所である。このような場所を地震の揺れを感じたら、子供が瞬時に探し身を寄せるのである。このことは「自ら危険を予測し、自ら回避できる子供を育てる」安全教育のねらいに合うものである。

- ① 放送で、緊急地震速報のサイン音「ティロンティロン」を流す。
- ② 子どもは、どの場所においても、瞬時に「落ちてこない」「倒れてこない」場所を探し、その場に身を寄せる。
- ③ 地震の効果音を放送で流す。
- ④ 揺れがおさまったら、子どもの安全確認をする。(そのときの状況に応じて、教室または校庭に集合する。)

この訓練を授業中、休み時間、清掃時間、クラブ活動中など様々な場合を想定して実施する。

### (4) 緊急地震速報による避難訓練の効果

・ 子どもがどのような状況においても「落ちてこない」「倒れてこない」場所を瞬時に判断し、安全を確保する能力が身につく。

・ 緊急地震速報は、学校のみでなく、家庭や外出先でも応用されている。いつでもどこでも身を守る習慣がつく。

・ 震源が近い場合は、緊急地震速報のサイン音より地震の揺れの方が先にくる場合がある。しかし、後からサイン音を聞いたとしても、不安が解消されるのに効果がある。

・ この訓練を繰り返すことにより、緊急地震速報が鳴らなくても、地震の揺れを感じた瞬間に避難行動がとれるようになる。

\* 現所属 板橋区立志村第一小学校長

## 2. 子どもの保護者への引き渡し

### (1) 現状

東京では、想定東海地震の「予知情報（警戒宣言）」が発令されたときの学校の対応についてはマニュアル化されている。しかし、大地震発生時については、学校は子どもの安全を確保し、必要に応じて保護者へ引き渡すこととなっている。詳細については各学校で定めることになっており、突発的に発生する大地震での対応については検討されていなかった。また、東日本大震災では、携帯電話やメールなどの通信手段が遮断され、学校と保護者の連絡がとれず、下校した子どもが家庭で一人で過ごす、あるいは、学校で待機させたものの、引き渡しは深夜になる場合があった。

### (2) 改善策

上述のことをふまえ、本校では、事前に保護者とルールを決め、当日の混乱を防止することにした。

- ① 校を含むエリアの震度が「5弱」以上の場合は、子どもは学校で待機させ、保護者に引き渡す。
- ② 震度が「4」以下の場合は原則として、子どもは集団下校させるが、交通機関に支障が生じていることが報道された場合、予め届け出た家庭の子どもは学校で待機させる。届け出は年度当初に引き取りカードにその旨を記入する。

## 3. 地域住民が主体となった避難所開設訓練

地震が発生した場合、学校は避難所としての役割を担っていることが多い。この場合避難所を開設し運営していく場合、学校とともに地域が主体的にかかわっていくことが大切である。なぜならば、地震発生時に学校の役割は、まず子供の安全管理であるからである。

### (1) 大規模な地震災害が発生時の学校の役割

#### ① 子どもの安全管理と安否確認

在校時に地震が発生したときは、子どもの安全を確保し管理する。在宅時は、子どもへの被害状況や所在を調べ、連絡手段を確認する。

#### ② 授業再開の準備

施設、設備の被害状況や避難所としての役割等を考慮しながら、授業再開の計画と準備をする。

#### ③ 避難所運営への支援

### (2) 今までの避難所開設の課題

#### ① 実態

大規模な被害地震が発生するたびに、避難所を開設し運営するときの課題が繰り返されている。避難民が学校に押し寄せ、学校職員が対応に追われ、子どもの管理が十分にできなくなる場合も少

なくない。東北地方太平洋沖地震(2011.3.11)でも、避難所を開設した被災地のある学校では、「毛布が足りない」「食料が不足している」などと避難民に責められたり、トイレの詰まりを手袋をして手で掻き出し、プールの水をくみ流したり、泥酔者が入り込んでからまれ、警察に排除要請したりしたという事例がある。また、学校防災マニュアルで避難所の責任者（避難所長）が校長になっていることもある。職員が帰宅している間に地震が起こる可能性は非常に大きく、職員が学校に駆け付けるには相当の時間がかかる。途中の交通機関がマヒしていたり、火災などに巻き込まれたりして、職員が学校に来られない場合も考えられる。学校にいつも職員がいるわけではない。職員が学校にいる時間よりもだれもない時間のほうが多いのである。

#### ② 学校に職員がいる時間の計算

地震が発生したとき、学校に職員がいる時間割合は次ぎのように計算できる。

・年間で地震が発生する可能性のある時間は、365日いつでも地震は起きるわけであるから次のように計算できる。

$$365日 \times 24時間 = 8,760時間$$

・年間で職員が勤務している時間は、休日などを除いた職員の出勤日数に、1日の勤務時間の8時間をかけた時間でつぎのように計算できる。

$$245日 \times 8時間 = 1,960時間$$

・したがって、地震が発生したときに学校に職員がいる時間の割合はつぎのように計算できる。

$$1,960 \div 8,760 = 0.223 (22.3\%)$$

・1年間のうち子どもが学校にいる時間は、年間授業日数に1日の在校時間をかけた数で次のように計算できる。小学校高学年児童の平均的在校時間で計算すると次のようになる。

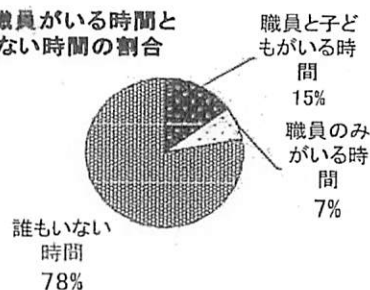
$$200日 \times 6.75時間 = 1,350時間$$

・したがって、1年間の総時間数のうち、子どもが学校にいる時間の割合は、次のように計算できる。

$$1,350 \div 8,760 = 0.154 (15.4\%)$$

これらの結果をグラフにすると、次のようになる。

学校に職員がいる時間と誰もいない時間の割合



すなわち、地震はいつでも発生する可能性があるが、そのうち、学校に職員が勤務している時間に発生する確率は、約22%であり、学校に誰もいない時間に発生する割合は78%であることがわかる。

兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）以後、東北地方太平洋沖地震までに震度6弱以上の地震は全国で20回発生している。そのうち学校に職員がいる時間帯に発生している地震は2回しかない。たとえ職員がいる時間でも、ほとんどは子どもが在籍している時間であり、職員がフリーになれる時間はたったの7%しかない。また、職員不在の時間帯に地震が発生し、職員が学校に駆けつけるまでには相当の時間を要すること。これらのことから、地震が発生し、避難所を開設、運営することを学校職員に依存することはできない。したがって、このことを地域住民が十分認識し、地域住民自らが避難所を開設し運営していかななくてはならない場合があることを認識していることが重要である。

### ③現状の防災訓練

今まで多くの防災訓練では、次のような内容の訓練をしている。防災倉庫の見学、炊き出し訓練、仮設トイレの設置、消火訓練、起震車による揺れの体験、避難所宿泊訓練などであった。これらは、避難所が設置されてから必要なことであるが、学校の門を開け、校舎の避難所を開設する訓練が実施されている場合は少ない。学校の門や玄関のカギは、住民の代表に預けてあるが、門や校舎のカギを開けたことがない。

### ④今後の避難所開設訓練

次のように町会の会合や地域防災連絡会に出席して、学校のカギを開け、体育館に避難民を誘導するまでを地域住民の手で実施することを提案した。

（町会役員会に出席）

多くの地震が、学校に職員が誰もいないときに発生していることと、職員がいても、子供の安全管理が優先することを説明し、地域住民が自ら避難所を開設する訓練の実施が必要であることを説明した。避難所開設について、町会役員の防災意識の高揚を図った。

（第1回地域防災連絡会）

学校における防災計画と、地域住民による避難所開設の必要性を解説。質疑応答、意見交換。地域住民の意識を高める。

（第2回地域防災連絡会）

避難所開設のシミュレーションを示し、個々の役割を説明し、役割分担をした。

（第3回地域防災連絡会）

役割分担をもとにして、実際の現場で人員配置や訓練当日の動きをシミュレーションした。

【人員配置】避難民受け入れのために、避難民を校庭に整列させるところから、体育館内に収容するまで、次のような役割を分担した。・校庭整理 ・受付までの誘導 ・受付カードの配布 ・受付 ・受付カード記入説明 ・体育館受付 ・受付名簿の作成（受付カードをエクセルに入力） ・体育館内誘導

### 【訓練の実際】

- ① 「休日の午前9：00震度5強の地震発生。学校には職員がいません。避難所開設が必要になる」という想定で訓練が始まった。
- ② 地域防災担当者が学校に集合
- ③ 9：15 門、玄関の鍵を開ける。避難民受け入れ態勢の準備をする
- ④ 地域では町会ごとに一次集合場所に集合 ⇒ 避難民が学校に向かう
- ⑤ 学校の校庭に避難民が集まり始める。門の入り口と校庭で避難民の整理をする。
- ⑥ 受付に誘導 ⇒ 受付カードの記入
- ⑦ 体育館受付にカードを提出。体育館内で誘導・整理
- ⑧ 避難民収容後、地震防災について担当より説明。

当日一緒に参加した学校職員は、学校内の体育館以外で避難所として開放できるスペースの案内や受付テーブルの設置の支援などを行った。まとめになるが、この訓練は、初回の訓練では、学校側が細かい計画を作り、地域住民に指示しながらの実施であったが、2回目以降は、学校側からの指示なしで地域住民が中心となり訓練が実施できるようになった。地震発生時の学校職員の仕事は、まず子どもの安全確保であり、避難所の開設運営は地域住民が主体的にかかわることを理解し、実践することができるようになった。

### 3. 施設・設備の点検

学校で地震から子どもたちを守るために、建物の構造体の耐震化が急速に進められている一方で、大きな地震で、天井や照明器具が落下したり、壁がはがれたり、いわゆる「非構造部材」の落下や転倒による被害が多く発生している。これらを防止するために、各学校で、安全点検を強化し、修理や補強などの対策をとることが重要である。また、学校の施設は、子供たちの活動の場であるとともに、災害発生時には地域住民の避難場所としての役割も果たす。

(1)非構造部材とは

学校では次のようなものがあり、それらを非構造

部材という。天井、外壁、内壁、照明器具、放送器具(スピーカーなど)、窓ガラス、建具、書棚、ロッカー、薬品棚、体育器具(バスケットゴールなど)、空調機、テレビ、ピアノなど

## (2)点検及び対策

これらの物が落下や転倒しないように、日常から点検をすることが大切である。学校できる点検と、専門家による点検が必要なものがある。

### ① 学校でできる点検

- ・天井・・・天井にひび割れや水漏れなどがないかどうか点検する。また、照明器具周辺に破損やゆがみがないか。
- ・照明器具・・・体育館や教室の照明器具に変形や腐食などの以上がないか点検する。体育館の照明は、大型で高所に取り付けがあるので落下した場合は大変危険である。可動式で下に降ろせる場合は、取り付けのボルトや電球などのゆるみがないかも点検できる。
- ・テレビ・・・吊りテレビでは、取り付けであるボルトにゆるみがないか。きちんと固定されているかなどを点検する。棚置きテレビは、ベルトなどで固定されているか。薄型テレビは、ストラップ式や粘着マットなどで固定されているか点検する。
- ・書棚やロッカーなど・・・取り付け金具で壁や床に固定しているかどうか点検する。棚を二段に重ねている場合は上下の連結を金具で固定する。

壁に固定する場合は、壁下地の柱などに固定してあるかどうか。壁のボードに固定してあっても、十分な強度が得られない。

- ・ピアノなど・・・転倒や移動する可能性がある。グラウンドでは脚部に防震用ゴムをつけたり、アップライトでは床面積の広い板に固定したりするなどの耐震対策をする。
- ・薬品棚とその収納物・・・書棚・ロッカーなどと同じような転倒防止対策をしているかどうか。収納してある薬品などが転倒したり棚から飛び出したりしないような対策をしてあるかどうか点検する。
- ・ドアや窓枠など・・・窓ガラスにひびがないかどうか。窓ガラス周辺にガラスに衝突するようなものが置かれてないかどうか。ものが地震の揺れで移動し、ガラスを破損する可能性がある。クレセントがかかるようになっているかどうか。クレセントがかかっていると窓が枠ごと落下する可能性がある。

### ② 学校設置者による点検

学校では、目視による点検が主となるが、天井や壁の点検や器具の取り付け方法などは、学校設置者(教育委員会、専門家)が点検する必要がある。学校の点検で異常が認められた時場合も、修理や補強の対策は専門家に依頼することになる。専門家は、目視、打診、触診、図面などにより詳しく点検する。

# 理科の地震学 社会科の地震情報

日本テレビ放送網 報道局 谷原和憲

地震研究では、わかったことは直ぐに防災に活かされ、警報などの災害情報として社会の制度となる。しかし防災に活かすことは、これまで地震研究者の手を離れたあとの話で、地震研究者は常に「次の未知なる部分」と格闘していた。新たな災害はその最中に起きる。なので地震研究者は「まさに研究中だった」と理学的説明をするが、一般の人は“地震研究＝防災”という社会科的活用が当たり前なので、「研究中」には納得出来ない・・・ この溝はどうすれば埋まるか？ 地震研究者には是非、従来からの理学的才能だけでなく、「人に地震の“わからない”を説く」社会科的才能も磨いて欲しい。災害時にひとりでも多くの命を救うために。

## 1. テレビが地震情報を放送する理由

日本のテレビ局は、NHK・民放を問わず、地震や台風といった大災害が起きると、通常の番組を変更して災害特別番組を放送する。テレビは、なぜ災害報道に力を入れるのか？ それはテレビが「事態の変化と同時進行で“いち早く”、現場の映像と音声により“生々しく”、ナレーションや文字情報で“わかりやすく”、不特定多数の人に同時に、情報を提供できるメディア」だからである。

このようなテレビの特性は、災害報道、とりわけ東日本大震災のような大規模災害の発生直後の地震災害情報の伝達において、次の3つの情報を扱う場面で力を発揮する。

### テレビが伝える地震災害情報

- 速報メディアだから  
→ 被災地の「**生命を守る**」ための情報発信
- 多くの人が使うメディアだから  
→ 被災地の「**生活を守る**」ための情報発信
- 地震多発国ニッポンだから  
→ 地震の「**知識の共有化**」が次の防災へ

#### ①被災地の「生命を守る」情報

緊急地震情報や津波警報、震度情報など、地震発生直後に気象庁が発信する地震津波情報。

場所によっては「生命を守る」防災情報となるため、発表からタイムラグなく伝えられることが有効とされ、速報メディアとしてのテレビに伝達が期待されている。

#### ②被災地の「生活を守る」情報

いわゆる、電気・ガス・交通・通信といったライフライン情報。

テレビが多くの人が使っている情報ツールなので、多くの人に同時に、最新情報を更新しながら伝えることが期待されている。

#### ③地震の「知識の共有化」につながる情報

起きてしまった災害の教訓を次の防災に活かすための情報。

テレビが日頃から映像と音声で、子供でもお年寄りでもわかるように伝えるメディアゆえに期待されている。

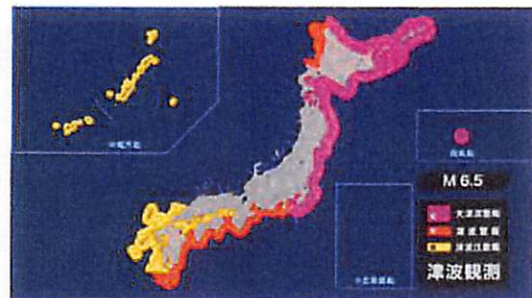
このような3つの災害時のテレビの役割のうち、地震研究者に関係が深いのは、<①被災地の「生命」を守るための情報>と言える。

## 2. 地震防災情報と地震学の関係

それでは、地震研究者とは、一般の人たちからどんな集団だと思われているのだろうか？ 筆者は、これまでに取材という形で多くの地震研究者から話を聞く機会を頂いた。その積み重ねから知った地震研究者の姿には、独断的ではあるが、次のような共通点があると思う。

(1) 基本、理系である (2) 研究するのは「わからないことを、わかるようにするため」 (3) 社会に役立つこともあるが、それだけが目的でない (4) 求められれば答えるが、情報発信がメインではない・・・

誤解を恐れずに敢えて書けば、地震研究者の皆さんは「世間から拍手喝采を受けるために、地震を研究しているわけではない」と思っているのではないだろうか。



【津波警報を知りたいのは「生命を守るから」】  
(上図は津波警報発表時のサンプル画面)

その一方で、一般の人が地震学とつながりを持つのは、「役に立つ情報が知りたい！」からである。大地震発生時、一般の人たちが緊急地震速報や津波警報といった①被災地の「生命を守る」ための情報を知りたいと思うのは「地震学の英知を結集した情報を聞けば、自分がどういう行動をすれば良いかわかるはず！」という期待感からである。この時、一般の人にとって、地震学は「生命を守る」防災行動指示情報を支える研究であり、それを担ってくれるのが地震研究者となる。

### 3. 地震研究者への期待

2011年3月11日、東日本大震災が発生した。この日から約一週間、テレビは震災報道一色となり、多くの地震研究者がテレビに生出演して、キャスターからの質問にリアルタイムで答えた。ニュース番組のキャスターというのは、専門家の話を聴く際には「テレビを観ている多くの視聴者の代表」となることを意識する。なので、地震研究者がキャスターの質問に答えたのは、「震災直後、一般の人から地震研究者が直接質問を受けた」と同じと言える。

では、一般の人たちは、地震研究者に何を教えて欲しかったのだろうか？ 筆者は次の2つの質問に集約されるのではないかと考える。

#### (1) 何でこんな事が起きたのか？

ただし地球の内部で何が起きたのか？の説明を求めているわけではない。一般の人にすれば、大きな揺れや津波に襲われ恐怖を感じたことを、自分に納得させるための知識が欲しかったのではないだろうか

#### (2) 次はどうなるのか？

これも余震や誘発地震の起き方という物理現象の解明に興味があるわけではない。当面、安心して暮らせるのは何処なのか？それが知りたいのだ

そして、一般の人たちは、地震を専門に研究している人たちは答えがわかっているだろうと考え、テレビに出る地震研究者の発言に耳を傾け、新聞に出るコメントを読み漁った。テレビや新聞で専門家と呼ばれるのは、「なぜ起きたか？次はどうなるか？」がわかっているからだと思い込んでいた。「わからないことがあるから研究している」という答えが返ってくることなど、まさに想定外なのだ。

また、震災が起きたあと、「わかる／わからない」とまで白黒がはっきりしていないが、「過去の痕跡調査から、今回のような津波の可能性があった」と報道されたケースもあった。あれだけの被害が出たあとなので、一般的な第一印象は、どうしても「可能性であっても、もっと早く教えて

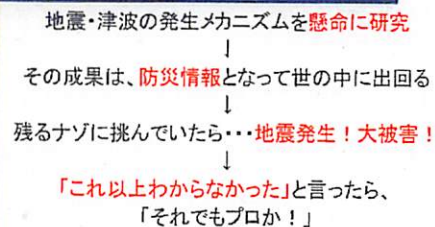
くれたら良いのに・・・」というトーンになる。しかし、その同じ研究成果の反対側の側面、「過去に起きたので、また起きるかもとは言えるが、いつ起きるかまではわからない」という事まではなかなか考えが及ばないし、そう説明しても受け入れてもらえるとは限らない。

研究者は理科としての地震学と向き合う日々過ごしてきた。そこには当然「わからないから研究する」という側面がある。これに対し、一般の人たちは、地震や津波の情報は「生命を守るために、いち早く伝えられる」という社会の仕組みを習ってきた。警報が出るくらいだから、何が起きるかわかっているんだ、と受け止めていた。

### 4. 地震研究者の「不幸の連鎖」

地震研究者の考え方と一般の受け止め方に、このような溝が生じてしまうのは、なぜだろうか？ 筆者は地震研究では、地震学と防災が裏表の関係にあるので、研究者には次の図のような「不幸の連鎖」が起きてしまうのでは、と考える。

#### 地震学者の不幸の連鎖・・・



では「不幸の連鎖」の一例を、緊急地震速報で考えてみよう。

研究者は地震がどのように起きるのか？を調べるために、多くの観測点を設置し、24時間のデータを集め、分析を続けた。集めた波形を詳しく見ていくと、主要動が大きな地震では、初期微動も大きい傾向があることがわかった。この研究成果は、うまく初期微動をとらえて発信すれば、大きな揺れが到達する前に揺れを知らせる防災情報になる可能性があった。一般の人のなかには、以前から「大きな地震（揺れ）の前に、地震（揺れ）が起きることを知りたい」というニーズがあった。なので研究成果が情報となり発信されることは、社会に歓迎された。

しかし、初期微動から推定した揺れの大きさは、あくまで推定であり、推定の震度と実際の震度に誤差が生じる場合もあった。緊急地震速報が出たので鉄道をストップしたら、たいして揺れず、ダイヤが乱れた分、かえって混乱するという事態も



生じた。その時、研究者が「まだ、そこまで正確に予測出来ない」と釈明すると、一般からは「緊急地震速報は使えない」という烙印を押された・・・

津波警報も同様だ。1993年・北海道南西沖地震の津波被害のあと、社会は「とにかく警報を早く出す」ことを求めた。それから18年、警報の迅速化では相当の進歩があったが、同時に世の中から期待された「津波の高さの推定」に関しては、同じような精度の成果は得られなかった。結果として東日本大震災では、予想高さは実際の高さに追いつけなかった・・・

地震研究では、最初は一般のニーズとは無関係のところ、すなわち理科的な興味から始まったとしても、その過程で生まれた新たな知見が、特に「生命を守る」ことに直結する可能性がある場合には、それは単なる研究成果でとどまてはいない。可能な限りすみやかに防災システムに取り込まれ、「生命を守る」情報に変身する。研究者が好むと好まざるにかかわらず、研究成果は即座に社会に還元され、社会は「わかっているなら防災にしっかり活かそう」と制度を作る。制度になってしまえば、一般の人にとって、それは当り前のことであり、そこに研究者の姿は必要とされない。研究者の方も、知見として提供したものが、制度となって世の中に受け入れられれば、そこは「一丁あがり」と受け止め、新たな未知に挑む。

そこで大地震発生！ 一般の関心は、制度があったからこその効果よりも、なぜ未知の部分が残っていたのか？ に傾く。それに対し、研究者は「(わかった部分は制度になっているので) わからないことを研究していたが、まだ解が得られなかった」と答えるしかない。

地震学の新たな研究成果は、防災という制度に活かされた時から、研究者の手を離れ、社会の財産となる宿命にあった。

## 5. 地震研究者はスーパーマンじゃない

東日本大震災のあと、多くの地震研究者の方が、防災とのかかわりについて、反省の言葉を口にするのを聞いた。次に向けて真摯な態度だと感じるが、時に「一体これまでの研究は何の役に立ったのか・・・」という議論にまで至るケースに接すると、部外者としては、そこまで自虐的にならなくても良いのでは、と感じてしまう。

地震研究者はスーパーマンではない。ひとつの研究成果が防災につながったら、すぐまた別の成果が出るという打ち出の小槌を持っているわけでもない。

そして大災害はいつ起きるかわからない。だとすれば「わからないを研究中」に新たな災害に遭遇するのは当然かも知れない。

エースは求められればマウンドに立つしかない。気力で三振を取ることもあるが、投げ続けるほど撃たれるヒットの数もふえる。

## 6. 地震研究者を社会が活かす

大きな地震が起きたあと、さらに新たな知見を求めるのも必要だが、すでに防災という制度に組み込まれていた防災情報は、本当に十分に理解され使われたか？ を検証することも必要だ。

### 防災地震情報を、誰が普及するのか？

- 緊急地震速報や津波警報を誰が教えるべきなの？

もともと地震学だから、理科の授業？  
世のなかの制度なんだから、社会の授業？  
生命を守るから、体育の授業？

↓  
これが決まらないと、地震研究者は、  
役者なのか？ 脚本家なのか？ 何すりゃいいか？

東日本大震災の例で言うならば、3月11日の時点で、津波警報は「到達予想時間に関しては一定の精度はあるが、高さ予想については倍半分ほどの誤差もある」ことを、一般の人ほどだけ正しく理解していただろうか？

防災という制度に組み込まれたあと、誰がそれを普及するのか？ この点では、曖昧な部分が残っていたのではないか。

例えば、学校教育のなかで防災を誰が、どの科目の授業のなかで教えるべきか？ という問題がある。授業の科目で言えば、理科なのか？ 社会科なのか？ はたまた体育なのか？・・・東日本大震災の前に、この議論に明確な答えは出ているのだろうか？

いま改めて考えた時、地震研究者は、自らが教え手となるにしても、あるいは教え手を支える立場になるにしても、「知見の生みの親」として、まだまだ求められる役割がある。

## 7. まとめに代えて ～ 地域を支える

さらに、「知見の生みの親」としての地震研究者を求めているのは、教育現場だけではない。日本の至る所で地震の被害が起きる可能性があり、どこの海岸も津波に襲われるおそれがある。

ならば、地域に暮らす人々に、既にわかっていることを理解してもらうために時間をかけるのも、極めて重要だ。「災害から守る生命の数をふやす」という観点からは、新たな研究を進めるより、効果が大きい場合もあるかもしれない。

## でも、さらに長い眼の話をするなら・・・

- いまは職域を広げる時代！  
防災情報を歌って！ 避難行動を踊れる！  
地震研究者を目指して欲しい！！
- これも言い過ぎですが・・・  
医者の世界に地域医療があるなら、  
地域(貢献)地震学もあり？ (参勤交代でも・・・)  
大学(研究)と地域(防災)を行き来することは無理？

ここまで素人が勝手放題で本当に申し訳ないが、最後にもうひとつだけ書かせて頂きたい。

地震研究の臨床は、観測点を置いて地面と向かいあうだけだろうか。研究者同士が交代でも良いから、人と向かいあうことにも挑んで欲しい。地震を一番知っているのは、やっぱり皆さん達なのだから。

## 2. 一般募集論文

- ・ 何故、後予知なのか・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・松村正三
- ・ やらなければいけなかったことやってよかったこと・・・・・・・・小山順二
- ・ トランスサイエンスとしての地震予知・長期予測・・・・・・・・川勝均
- ・ 研究テーマに見落としは無い？-潮汐トリガー研究の重要性-・・・・・・・・末芳樹
- ・ 2011年東北地方太平洋沖地震後における地震の予知・予測研究への批判について・・・・・・・・小泉尚嗣
- ・ 耐震安全関連指針の策定と地震学の最新知見・・・・・・・・柴田碧
- ・ 地震研究者コミュニティの社会との関わり方について・・・・・・・・今川一彦
- ・ 海溝型地震発生予測の課題-連動型地震モデルと海底活断層の矛盾-・・・・・・・・鈴木康弘
- ・ 日本の地震学の二重構造における学術団体としての責任とは？・・・・・・・・蓬田清
- ・ 地震科学の目標・目的と説明責任・・・・・・・・橋本学
- ・ 世紀の難問「地震予知」に挑む・・・・・・・・深畑幸俊
- ・ 北海道における地震津波防災に対する取り組みと今後の課題・・・・・・・・高橋浩晃・定池祐季・谷岡勇市郎
- ・ 学術学協会および学術学協会会員の社会貢献と研究のあり方-学術学協会と教育、教育研究との関係を例として-・・・・・・・・根本泰雄
- ・ 地震学のコンセンサス・・・・・・・・宮澤理稔
- ・ 確率論的地震危険度解析に過度の期待が寄せられることへの危惧・・・・・・・・野津厚
- ・ 観測網は役にたっているのか？・・・・・・・・飯尾能久
- ・ 地震学の知見の広報・教育活動・・・・・・・・村越匠
- ・ 確率論的な地震予知では何も進まない・・・・・・・・岩田孝仁
- ・ 狭い「地震学」から脱却するために、啓発活動に参画を・・・・・・・・中川和之
- ・ 相手は自然だとあきらめていませんか？-東日本大震災に思う-・・・・・・・・岡田弘
- ・ 地震発生予測研究のこれから・・・・・・・・福島洋
- ・ 地震学のアウトリーチ-社会との信頼の構築-・・・・・・・・大木聖子

# 何故、後予知なのか

科学技術政策研究所客員研究官 松村正三

今回の東北地方太平洋沖地震に関して、いくつかの先行現象に基づいた予知研究結果が報告されている。当然ながらそれらは全て、いわゆる「後予知」である。本論では、報告された手法の中から、田中佐千子による背景地震活動の潮汐依存性時間変化モニターの手法を取り上げ、「事前予知」の可能性があったかどうかを検証する。さらに、こうした手法の存在を前提としたとき、「後予知」から脱却するために必須と考えられる組織的枠組みの構築に関し、現在の地震予知連絡会が果たすべきと期待される役割について論ずる。

## 1. はじめに

日本地震学会 2011 年秋季大会では、総数 500 件余の研究発表が行なわれ、その 3 割の約 170 件が 2011 年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0, 以下では、今次大地震) に関する内容であり、そしてその 1 割弱が前兆現象に関するものであった。件数の多寡はともかく、超巨大地震にしては、実地的な地震予知として使えたかもしれない研究がきわめて少なかったと言えよう。

これらの中で筆者が注目したのは、事前の背景地震活動に見られる潮汐依存性の時間変化を調べた田中佐千子の研究手法である (田中, 2011)。ここでは、田中の研究の概要を紹介するとともに、これが地震予知として役立つ可能性があったとしても、今回もまた地震発生後の調査であり、いわゆる「後予知」から脱却できなかつた要因について考察し、今後の研究枠組みの組織化についての提言を行なう。

## 2. 背景地震活動の地球潮汐依存性の調査

図 1 は、田中 (2011) が調査対象とした領域を示す。太実線長方形は、今次大地震の震源域全体を囲んでいるが、この中で注目する領域は、前震と本震、それぞれの震源 (図の星印) を中央に置いた破線正方形である。田中が行なった解析は、領域内の M5 以上の地震数十個を採り出して、それらの発生時刻分布が示す地球潮汐への依存度を調べることであった。依存性の強弱は、潮汐を基準にとった位相角分布に対し、Schuster の方法 (Schuster, 1897) に基づき、依存性がないとする帰無仮説が棄却される危険率「p 値」の大小で判断する。p 値が小さい場合は、依存性があることを意味する。

図 2 は、 $T=3000$  日 (8.22 年) の時間枠を  $\Delta T=500$  日 (1.37 年) ずつずらしながら、M9 地震の発生に向けて p 値がどのように変化していったかをプロットした結果である。図から、1980 年頃からほぼ 20 年にわたって一貫して p 値は 60% 前後の高い値を保ち、すなわち潮汐依存性が見られない状態が続いた後、2011 年の M9 地震の数年前から低下し始め、顕著な依存性を示すようになっていったことが分かる。震源周辺の応力が破

壊限界にまで近づいた段階で初めて、背景地震活動の起き方に地球潮汐が影響を持ち始めたということである。その場の応力レベルが臨界に至った時点で、その数十分の一という僅かな潮汐応力が破壊開始のきっかけを支配し始めたという具合に解釈することになろう。なおこの場合、潮汐による応力レベルのパーターベーション分そのものは僅かではあるが、その変化速度は、永年蓄積速度を超えている。

## 3. 宮城県沖地震の事前予測

2000 年代初頭の時点で、宮城県沖のアスペリティでは、1978 年の M7.4 を直近として M7.5 前後の地震が約 37 年の周期をもって繰り返すことが知られていた。この事跡に基づいて政府の地震調査委員会は、2000 年からの 30 年以内に 90% 以上の確率で次の宮城県沖地震が発生すると警告していた (地震調査研究推進本部, 2000)。その後の 2005 年 8 月、実際に所定の場所に M7.2 の

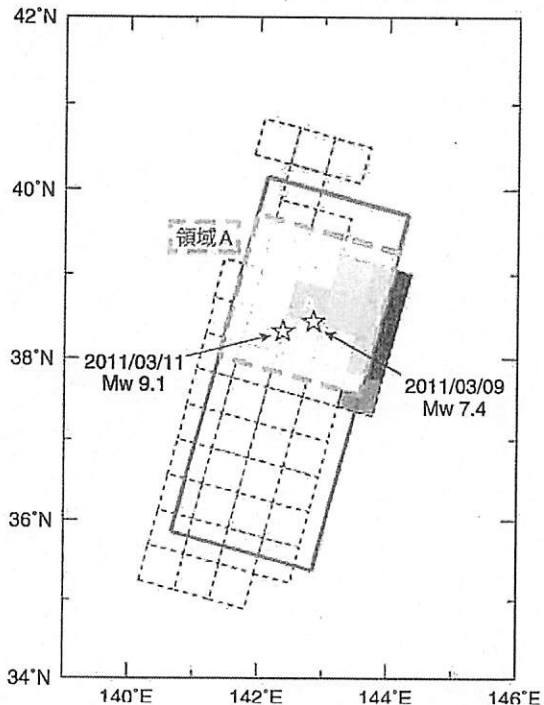


図 1 調査対象領域 (田中, 2011)

地震が発生した。当初は一旦、これが予測された地震かと思われた。がしかし、その規模が過小であり、本来のアスペリティの一部しか破壊しなかったとして、本命地震の発生を警戒する状況が、そのまま継続された。一方で地震調査委員会は、このアスペリティの東隣に別セグメント「三陸沖南部海溝寄り」を想定し、より大きいM7.7前後の地震が2040年までに80~90%の確率で発生するとした予測を公表していた(地震調査研究推進本部, 2011)。結局のところ、2011年3月11日の今次大地震は、これらの予測を遥かに凌駕するM9規模の超巨大地震となってしまったわけであるが、しかしその破壊起点が「三陸沖南部海溝寄り」セグメントの内部から始まっていたことは、上記予測が全くの見当外であったわけではないことを物語っている。

#### 4. 事前予知の可能性

地震調査委員会による2000年初頭の予測を前提として田中の手法を適用したとすると、どのような推移を辿ることになっただろうか。ここで、時間を遡っての思考実験を試みよう。

対象領域としては、「宮城県沖」、「三陸沖南部海溝寄り」の両セグメントを囲むエリアを選択する。図1の破線正方形がほぼこれに該当するが、実際の調査エリアは、田中がやったように正方形枠を細かくずらしながら、今次大地震の震源域を含むより広い範囲を掃引することになる。

領域の絞り込みができれば、次には時間変化をモニターすることになる。T=3000日と選んだ時間枠を $\Delta T = 500$ 日ずつずらしながらp値の変化を追っていく。図2に従うと、2000年以降から、2005年8月M7.2宮城県沖地震の発生直後(2005年9月時点)まで、p値は60%前後のレベルを若干のゆらぎをもって上下するだけであった。しかし、500日後の2007年1月の時点では、p値は約10%と一挙に低下する。ただ、さらに500日後の2008年6月では20%まで反転上昇するため、この時点で異常と言い切ることは無理である。しかし、次の2009年10月では、5%を切り、さらなる2011年3月の今次大地震直前には、0.5%以下と明確な異常値に至る。現実のモニタリングでは、500日よりもっと小刻みにp値変化を追うはず

であり、より差し迫った切迫度が感じられたのではと想像される。

#### 5. 後予知からの脱却

事前予知と後予知を隔てる重要なポイントは、全てを知った後に執行する後予知においては、肯定的な結果を得るために、最適パラメーターが恣意的に選択されてしまう、という問題である。大雑把には、事後に選ぶ最適パラメーターを用いた結果は、事前にパラメーターをアプリオリに選んだ場合に比して成功率を数倍に増幅させる効果をもたらすことになる(Matsumura, 1993)。田中の手法に関して言えば、選択する任意パラメーターは、エリアの幅、時間枠T、掃引間隔 $\Delta T$ 、といったところである。なお、1回の調査に用いるM5地震の数に下限を設けるとしても、エリアの幅と時間枠Tの選択にはトレードオフが存在する。

田中は、今次大地震に適用する以前に、M8~M9の11個のプレート境界地震に対してその手法を試しており、それらの内、2004年スマトラ沖地震(Mw9.0)を含む8個に対して、肯定的結果を得ている(Tanaka et al., 2002; Tanaka, 2010)。こうした先行経験から、必要な任意パラメーターに対しても既に一定の選定基準を築いていたものと推察される。従って、前述の「後予知」と「事前予知」の間にある手法適用効果の差もそれほど大きなものではなかったことが期待できる。

では何故、宮城県沖地震を対象とした「事前予知」を試みなかったのだろうか。その時点において田中の手法は、Nature誌で取り上げられるなどにより(Research Highlights, 2005)、既に学界で一定の評価を受けていたのである。筆者には、田中の業績を知って、宮城県沖に取り組むことを勧めた記憶がある。田中自身もある時点で、そのことを意識したことがあったのではと想像される。しかし、現実問題として事前予知に取り組むことには、いくつもの関門がある。例えば、「後予知」とは違って、実際に「事前予知」に取り組んだ場合、その行為だけでは研究成果とみなされない。予知の対象とした地震が現実起きるまでは、折角の努力が認められないのである。結局、研究者にとっては、検証事例の積み重ねを通じて実績を

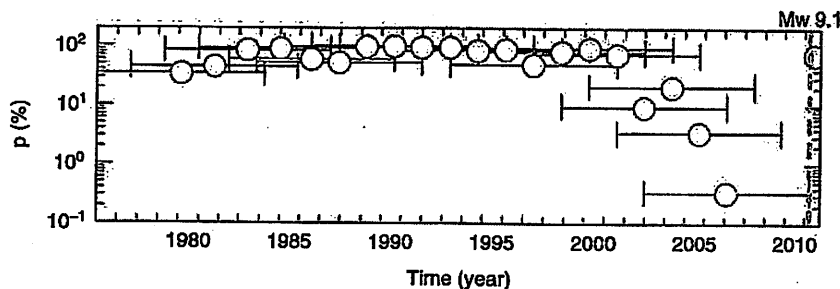


図2 潮汐依存性の推移(田中, 2011)

挙げるという研究の基本姿勢に背を向けるなどは、無理難題ということになる。

しかしながら、事後の検証に終始している限り、実際的な地震予知に到達する機会は今永劫やってこない。いつかの時点で、後予知からの意図的な脱却を図ることが必要なはずである。そしてそれを、研究者個人の判断に委ねてしまうことには無理がある。ならば、個人的得失を超えた何らかの組織的後ろ盾が必要なのではないか。結論から言えば、筆者は、それは、地震予知連絡会こそが担うべき役割であると考えている。

## 6. 予知研究の組織的な取り組み

現在、我が国で、地震発生の予測に関わる公の組織は、文部科学省地震調査研究推進本部の地震調査委員会（以下、「地震調査委員会」）、気象庁の地震防災対策強化地域判定会（以下、「判定会」）、及び、国土地理院の地震予知連絡会（以下、「地震予知連絡会」）の3つである（内閣府の中央防災会議も該当機関であるが、「防災」を主眼とするという意味で、ここでは対象外とする）。

「地震調査委員会」は、1995年の阪神・淡路大震災を契機として設立された。学会等で議論されてきた地震研究の成果が国民に十分には報知されてこなかったという反省点に立脚して立ち上げられた組織である。地震調査委員会の役割は、日本の地震活動の現状を分析報告すること、及び、長期的な意味で（例えば、今後30年間）、大地震の発生予測とそれによる地震動の予測を行なうことである。中でも、後者の長期予測が主たる課題とみなされており、今次大地震が想定外だったことも含め、その予測結果にはマスコミ等からの厳しい批判がつけつけられている。同時に一方では、その明確な目標設定が国民から受け容れられ、組織としての存在基盤は既に確立されたと言えよう。ここで行なう予測は、地震発生の統計的性質に基づいた確率予測であって、何らかの先行異常現象に基づく、いわゆる地震予知とは一線を画す。さらに言うならば、「当り外れ」といった二者択一的な情報提示に含まれる不確定さの存在は、行政ルートを介しての情報公開にはなじまない。従って、本論で議論する予知研究の組織的取り組みの対象機関として地震調査委員会は適切でない。

「判定会」は、実質的に想定東海地震のみを対象とした世界的にも稀有な地震予知実証機関である。ただし、異常検知に基づいた本来の判定会が召集されたことは一度もなく、これまで行なわれた判定会は全て、資料検討会に該当する。一方、30年にわたる毎月の資料検討会で異常判定がなされなかったということは、実際に東海地震が発生していないという事実と相俟って、いわば「裏」の意味で予知が成功してきたものということもできる。「後予知」からの脱却という本来の目的

から言えば、東海地震以外の地震についても判定会同様の組織が設置されることが望ましい。しかしながら、昨今では、30数年前に提示された東海地震説へのその後の異論が続出したこと、予知の根拠とするプレスリップへの疑いが芽生えたことなどから、判定会の在り方自体を疑問視する声も少なくない。また、判定会には法律的反盾があり、そのことがかえって状況に応じた柔軟な対応の幅を狭めてしまっているとも言える。以上のことから、筆者が望むような組織立ては、やはり判定会とはその性格を異にする。

「地震予知連絡会」は、その名の由来から見ても、本論の目的にふさわしい組織である。地震調査委員会が立ち上がる以前は、特定観測地域や観測強化地域の指定など、現在の地震調査委員会の役割を包含してさらには地震予知の領域にまで踏み込んだ活動を指向する存在であった。判定会の「母体」となったという経緯も存在する。

阪神・淡路大震災以後、地震学界は、それまでの予知偏重研究を離れ、地震発生機構の物理的解明という基礎研究に立ち戻るといった路線の切り替えに踏み切った。同時に、地震予知連絡会もその指向性を転向したように見える。「予知」という看板は降ろさないうまでも、実際の議論は、地殻活動の現状報告と折々の話題に関する勉強会が主体となっている。筆者は、この方向転換が誤りであったというつもりはない。しかし、社会とのパイプ役を地震調査委員会に譲り渡してのち、地震予知連絡会の目は学界の内輪だけに向いてしまったという印象が否めない。

田中が提示したような手法研究を「後予知」から「事前予知」へと昇華させるためには、組織的な枠組みがどうしても必要である。筆者は、その枠組みを是非とも地震予知連絡会の中に用意してもらいたいと思う。田中の手法はあくまでも一例でしかない。現行の地震予知連絡会の場合にも予知手法に関する話題が登ることがある。こうしたさまざまな手法を取り上げ、現実の場に適用することを図るための作業部会を地震予知連絡会の中に立ち上げるのである。手法を公募する必要はない。提案される予知手法は千差万別であり、玉石混交である故、担当委員の独断で選考すればよい。具体的な適用作業は手法の発案者に委ねればよい。判定会と違い、結果を予知情報として世間に流すことを義務づけるものでもない。仮に何らかの公表をする場合でも、研究レベルであるとの注釈を付すことになるだろう。重要なことは、はてしなく続く「後予知」からの意図的な脱却である。そのためには、「事前予知」への挑戦を、手法の発案者や研究者の自由意思に任せるのではなく、地震予知連絡会の組織的枠組みとして推進し、研究者個人の研究成果という縛りから解放することである。判定会を産み、地震調査委員会の

予測事業を先駆けたという歴史的経緯から見ても、これは地震予知連絡会にのみ期待できる役割である。この枠組みを産み育てることは、地震予知連絡会の第3の変革となろう。その結果として、その名が称するところの真の意味の“予知連絡会”となってくれることを筆者は切望する。

## 7. おわりに

「地震予知」が本当に地震防災に役立つのか？、という議論がかわされている。仮に予知そのものが正しい情報であったとしても、そうした情報を出すことが反って災害を増大させるかもしれない、という議論につながっていく。筆者自身もこうした問題に心を惹かれ、考えを揺さぶられる。しかし、ここではそれを問題としない。真に役立つかどうかは別にして、地震研究に携わる者が単純に心惹かれる課題としての「地震予知」を取り上げている。あえて言うならば、それが、国民の地震研究に期待するところ、と感じるからである。「後予知」も予知研究の一部と言うことはできる。しかし、その成果がどれほどにマスコミを賑わすものであるとしても、そのままでは、国民の期待を担うものから程遠いと言わざるを得ない。

今次大地震は、大勢の被災者を生み、国民生活に甚大な損害を与え、その惨事をまのあたりにした地震学界全体を震撼させる大事件であった。地震予知連絡会は、これを従来からの姿勢と指向性の在り方を省み、脱却を図る契機となすべきであると、筆者は考える。

## 参考文献

- 地震調査研究推進本部, 2000, 宮城県沖地震の評価, [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou\\_pdf/miyagi.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/miyagi.pdf).
- 地震調査研究推進本部, 2011, 活断層および海溝型地震の長期評価結果一覧, [http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/fichiran\\_past/ichiran20110111.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/fichiran_past/ichiran20110111.pdf).
- Matsumura, S., 1993, Optimization of earthquake prediction efficiency in a "Post-Prediction" state, *J. Phys. Earth*, **41**, 41-43.
- Research Highlights, 2005, Shocking tides, *Nature*, **463**, 712, doi:10.1038/463712b.
- Schuster, A., 1897, On lunar and solar periodicities of earthquakes, *Proc. Roy. Soc.*, **61**, 455-465.
- Tanaka, S., M. Ohtake, and H. Sato, 2002, Spatio-temporal variation of the tidal triggering effect on earthquake occurrence associated with the 1982 South Tonga earthquake of Mw 7.5, *Geophys. Res. Lett.*, **29**(16), 1756, doi:10.1029/2002GL015386.
- Tanaka, S., 2010, Tidal triggering of earthquakes precursory to the recent Sumatra megathrust earthquakes of 26 December 2004 (Mw 9.0), 28 March 2005 (Mw 8.6), and 12 September 2007 (Mw 8.5), *Geophys. Res. Lett.*, **37**, L02301, doi:10.1029/2009GL041581.
- 田中佐千子, 2011, 2011年東北地方太平洋沖地震に先行する地球潮汐の地震トリガー作用, 日本地震学会 2011年度秋期大会講演予稿集, C21-05.

# やらなければいけなかったことやってよかったこと

北海道大学理学研究院自然史科学部門 小山 順二

やらなければいけなかったことは、巨大地震の発生とサブダクションゾーンの位置づけを2004年スマトラ地震発生後に再考しなかったことです。それは、スマトラ地震が従来受け入れられてきたサブダクションゾーンの進化論では、発生しえない・説明できない地震だったからです。やってよかったことは、地震学の新しい知識が社会に取り入れられ、国土の安全が図られていることです。しかし地震学の知識だけでは災害により強い国土の構築は難しく、他の災害科学との相互理解が欠けていたこと、その知識も工学的にきちんと応用されなければいけないことも、今度の地震は浮き彫りにしました。わくわくするような学問の進展こそ、次世代の地震学が担う国土防災のためにもどうしても必要です。

## 1. はじめに

地震学会秋季大会で特別シンポジウム「地震学の今を問う - 東北地方太平洋沖地震の発生を受けて -」と題する特別シンポジウムが開催されました。3月11日に発生した地震とそれに伴う津波は、我々が知る日本周辺での最大であり、1923年関東大震災以来の大きな災害をもたらしました。地震学会がこの機に、地震予知研究・それを支える国の施策や研究体制・津波防災や安全教育の現状などを、広く多義にわたり集中的に議論する場を設けたことは、地震研究の羅列に終始しがちな大会とは異なり、大変有意義なものでした。今後地震学会の運営も各テーマごとの縦割りの大会発表ばかりではなく、このような関連する横のつながりの発表も企画することが望まれます。

いろいろな議論の中には、新たに知る内容もあり、また、地震予知の観測を薄氷の思いで続けている関係機関のご努力もありました。そのような広い議論の深まりの中で、自悔も含めて、自らを納得させることが出来なかった議論の内容が2点あります。それらはやらなければいけなかったのにやらなかったこととやってよかった、日本の底力はすごいぞと感じたことです。

## 2. やらなければいけなかったこと

地震予知の指導原理、もしそんなものがあるとすれば、それはなんでしょう。一番に挙げられるのがプレートテクトニクス理論でしょう。二番目は転位論に基づく断層破壊理論、三番目は岩石実験から得られた安定すべりとスティックスリップの知識、そして四番目はアスペリティーモデルではないでしょうか。

アスペリティーとは何か？それは、断層面上で周りより多く滑った場所、周りより大きな応力解放があった場所、ですか？その“多く・大きな”という言葉を定量的・物理的に定義できますか？長周期・短周期の地震波解析から、我々は準リアルタイムの震源プロセス(菊地, 2003)を知ることができます。しかしその結果得られた結果から、アスペリティーという断層の性質をどう定量化するのでしょうか。多くの日本人が関わり育んでき

たアスペリティーモデル、我々は言葉のひびきに酔い、物理的にあいまいなものにあまりにも強く依存していたのではないですか？

岩石実験は高々数十cmのサンプルを用いた実験です。自然地震の断層面上には様々なスケールの様々な強度の不均質が存在し、それらが低周波のすべりや高周波の地震動の励起に強くかかわっています(Obara, 2002; Koyama, 1997)。数百kmから千kmをこえる大断層の破壊がそのような小さなサンプルの破壊現象で本当に見通せるのでしょうか。

サブダクションゾーンの進化論(Kanamori, 1977; Uyeda and Kanamori, 1979)は地震学的知見やプレートテクトニクスの知識を巧みにまとめあげた美しい理論です。それは若いプレートが沈み込むときはプレートの浮力が大きくサブダクションゾーンの固着が強い。拡大速度が速いサブダクションゾーンでは、圧縮場でチリ型の巨大地震が発生する。プレートが古くなるにつれ沈み込むプレートの摩擦熱で、サブダクションゾーンの固着はだんだん弱くなる。それがさらに進み、背弧海盆の拡大が早くなると、沈み込むプレートでは固着が極端に弱くなり、大きな地震が発生することがないような伸張場のマリアナ型のサブダクションに成長するというものでした。

2004年スマトラ・アンダマン海でMw9.3の巨大地震が発生し、破壊的な津波がインド洋周辺国家を襲いました。23万人を超える犠牲者と想像を絶する被害をもたらしました。私たちは、少なくとも私は、この地震がサブダクションゾーンの進化論では説明できないことを知っていました。スマトラ・アンダマン海に点在するスンダ列島・ニコバル諸島付近では、インド・オーストラリアプレートが斜め衝突しています。その進化論で考えている正面衝突のサブダクションゾーンではないからです。また、その進化論によれば、スマトラ・アンダマン海付近でのインド・オーストラリアプレートの年代と沈み込み速度では、このような巨大地震は発生しないのでした。私たちはこの時に巨大地震はチリ型だけではない、もっといろいろな巨大地震の発生様式があるのだと気付



くべきでした。サブダクションゾーンの進化論だけでは様々な巨大地震の発生を説明できないことをそれぞれが自ら認識すべきだったのです。

チャンスは2004年スマトラ地震だけではありませんでした。2010年チリでMw8.8のマウレ地震が発生しました。1960年チリ地震Mw9.5の北に発生しています。1928年M8.3, 1835年M8+の震源域を一度に破壊した連動型の巨大地震です。良く調べると、1960年はUnilateral, 2010年はBilateralの破壊伝播をしています。それをのぞけば、この2つの地震は互いに非常によく似ています。この時気づくのも遅くはなかった。2010年のマウレ地震は、地震前に seismic gap が指摘され、集中したGPS観測が展開されていました。そして seismic gap と地震前の固着域が観測から見出されていました(Moreno et al., 2010)。

図1を見てください。1970年から2008年までの気象庁一元化震源の中で震源の深さ60km以下、マグニチュード5.0以上のものをプロットしてあります。太い線は海溝やトラフと思しき場所、コの字型の区分は地震調査研究推進本部が行った2010年主な海溝型地震の長期評価に用いられた地震活動の区分です。それぞれの地震区分の範囲で地域的な歴史地震が発生しています。2011年東北沖の巨大地震は南北に三陸沖から茨城沖、東西方向に太平洋海岸沿いから日本海溝に至る約500km x 200kmの領域を一度に破壊しました。多くの地震区分を一度に破壊した連動型の地震です。それらの地震区分で特徴的なのは、東北地方の陸よりの区分域では今回の巨大地震の前に地震活動は活発ですが、日本海溝沿いには活動は見られないことです。つまり、沈み込み方向に2重の地震活動帯の区分になっているのです。それに比べ、東海・東南海道・南海道で区分された地域を見ると、ここでは全域にわたって、この期間(この期間だけではなく)地震活動は不活発です。つまりこれは、地震活動区分が海溝沿いにただ並んでいるだけです。このように異なる地震活動様式は、1964年アラスカ地震の前後でも東北沖地震と同様の活動が見いだされ(Yomogida et al., 2011)、1960・2010年チリ地震の前後では、南海道・東南海道と同様の活動が見いだされます(Koyama et al., 2011)。

この地震活動の違いは、1964年アラスカ地震と2011年東北沖地震では強い固着域が海溝沿いだけに存在するのに対し、1960・2010年チリ地震や南海道・東南海道では固着域がサブダクションゾーンの浅い部分全体に広がっているためであると考えられます。つまり私たちは、虚心坦懐に、1960年チリ地震と1964年アラスカ地震の地震活動を精査していれば、2011年東北沖地震を、少なくとも、その発生を疑うことはできたはずとす。巨大地震はチリもアラスカも同じであるとす

るサブダクションゾーンの進化論は斜め衝突で発生したスマトラの巨大地震ばかりではなく、ここでも破綻していたのです。自分の頭で考えていないから、それを認識していなかったのです。

### 3. やってよかったこと

2011年3月11日最大震度7の激震が、そして怒涛の津波が東北地方の太平洋海岸沿いをおそいました。地震発生一分後には東北新幹線の全線が緊急停止をしています。地震発生時、上下合わせて27本の東北新幹線が営業運転中でした。最高時速275kmに近い速度で走行していた列車もあったはずですが、しかし、全列車は無事減速し脱線もせずに停車しました。東北新幹線はそのまま不通になり、車中泊を余儀なくされた乗客もいましたが、一人の犠牲も出ませんでした。これは主に、JR東北が採用している地震の早期検知システムが確実に機能したためであると考えられています(AERA, 2011)。

東北地方には海岸線を走るローカル線も数多くあります。地震後の津波で流され脱線転覆した車輛ばかりではなく、プラットホームだけが残り跡形もない駅舎や使い物にならなくなった線路もあります。すべてのローカル線で翌朝までには、すべての乗客の安全が確認されました。これも緊急の列車停止が機能したためであると考えられます。

鉄道に関しては早期検知システムで送電を停止することで済みます。一般社会はもっと複雑で、電気・ガス・水道・その他すべてのライフラインを安全に停止そして、再起動することはできません。しかしそのなかでも、何よりも心強く感じたのは、緊急地震速報です。世界に誇る優れたリアルタイム警報システムです。稠密な地震観測点、それを支える安定した電源と通信、高速の観測データ解析ソフト、そして得られた情報を即座に一般社会に提供する通信網、これが緊急地震速報システムです。今回発生した地震がシステム全体を駆動するような大きなものであったため、時々刻々増える観測情報を補足し、正確な規模の評価に時間を要しましたが、今後巨大地震の発生過程に対応したアルゴリズムでシステムの改善を図ることが可能ですから、このシステムはさらに自己進化します。

ただ残念なことは、どれだけ進化した緊急地震速報であっても、津波警報の発令に有効に活用されていなかったことです。それは気象庁が後に発表している東北沖巨大地震後にとった対応の時系列(気象庁, 2011)を見ればわかります。津波警報は南海道・東南海道地震に対する地震警戒宣言と同様に法律上の拘束力を持つ社会に対する指示です。それに自らが持つ現代的で有効な科学情報が反映されていなかったのは残念です。また、発表された津波警報も、20世紀型の気象庁の観

測管区の区分けに固執している点も、稠密で多彩な観測が可能となっている時代に即しているとは思えません。情報網・通信網が張り巡らされた今の時代、緊急性の高い地域での津波警報にはそれなりの対応が必要だと考えます。限られた地域の津波高は、GPS 波浪計や海底水圧計などの実測技術でわかるのですから、それらを用いた地域的なより詳細な警報は可能なことだと考えます。

今回の地震後、気象庁では多くの改善がされていますが、こういう時こそ、第三者機関による検証が重要で、それが国民により一層の安全と安心を保證します。またそれが責任ある関係機関の態度かと考えます。勉強会などではなく、自主的にもきちんとした検証が必要だと考えます。

1995 年神戸大地震の後、中国に行く機会があり、その時出来て間もない関西空港のターミナルビルで用いられた免震構造について、低くて大きな建造物の耐震に有効であると、各地で講演しました。中国ではまだ珍しかったのか、自分の複雑な震源過程の話より、そちらに質問が集まりました。耐震構造について知識があっても免震構造については、理解が浅かったのでしょう。その後高い建物の免震技術は格段進歩し普及してきました。免震構造のマンションなどそれをうたい文句に販売されています。東北沖大地震では、東京中心部で震度 5 強を記録したにもかかわらず、建設途中の東京スカイツリーには被害も損傷もなかったとあります。それはスカイツリーが持つ制震構造の力であるものの本には書いてあります（日経ビジネス、2011）。制震構造にはアクティブとパッシブがあると言いますが、スカイツリーの場合は、五重塔に昔から使われてきたパッシブな制震構造です。うすく高い建物をアクティブに制震する技術、それを装備した建築構造物については理解していたのですが、スカイツリーのパッシブな制震でも揺れを 50% 程度軽減できるそうです。

今回の地震でもまた新潟中越地震の時も、震源から遠く離れた地点での、長周期振動が問題になりました。高層ビルのこういった長周期振動にも、地震学の知識を工学的に利用し、それを実際に応用した耐震設計・制震技術が将来なされるでしょう。地震先進国日本の耐震設計の 15 年間の進化を見る思いです。

#### 4. まとめ

やらなければいけないことが、それは自分の頭で考えることでした。これは違うぞ、と思ったことは自ら責任もって、解決しなければならぬし、だれもやってはくれないのでした。美しい言葉に酔い、解ったような気になるのではなく、自らが気づいた問題点を自らの力で理解できるまで、考えつづけなければいけないのでした。それは計算だけからではできないことなのです。その

機会を我々は、2004 年スマトラ地震の時に、そして 2010 年マウレ地震の時に逃していたのでした。やってよかったこと、それは地震学の知識や理解が社会一般に敷衍して、国民に安心を与え、災害に強い国土を一步一步構築していることです。

地震予知の組織論では、のどを潤すことも腹を満たすこともできません。今ある地震予知体制を批判的に顧みることが出来なければ、今回の失敗を乗り越えることはできないと思います。一度 Fail した組織が抱え込んでいる問題をそのままにして、体制の立て直しを考え、観測や組織を再生産しても意味のないことだと考えます。私たちは、今回の失敗を将来の確実な教訓にすべきであり、そのためにはやぶさかに前に進むのではなく、今までなされてきたこの国における地震予知、その観測体制に関して、きちんとした科学的な検証が必要であると考えます。自戒を含めてここに書き記しますが、それは単に地震予知に関係した観測・研究を行ってきた人たちだけでの問題ではなく、地震予知・それに関係する研究から距離を置いていた人にも言えることです。

そのような反省の中、地震学の発展は心をわくわく動かし、その新しい知識や理解が国民の安全と安心に寄与するのです。それは、半分沈み込んだ海山の発見、深発地震面の二層構造、常時地球振動、スロースリップ・低周波微動の発見だったかもしれません。どれをあげても、我々は心躍らせながら、強い興味を抱いたものでした。長年学生に地震学の講義をしても、自分自身がわくわくした思いを伝えることがなければ、何も知らない学生は興味を抱いてくれません。それでは地震学を次に支える若者を育てることはできません。3 で述べましたが、今回の地震で日本という国は本当に底力のある国だと再認識しました。しかし、日本が持つ高度に進んだ技術だけが、国民の安全を保障するものではありません。自らの命は自らの力で守る、そういう態度も必要です。三陸には、ツナミテンデコ、という言葉があるそうです。津波が来る時には、家族や周りを心配するより先に、まず自分だけでも逃げなさい、という意味だそうです。今回、多くの犠牲があったのですが、それを守るために国土全部を鉄の要塞にすることはできません。津波が来るときはとにかく逃げることを初等教育の基礎として、繰り返し繰り返し教えることも重要である、と考えます。そのような新しい国づくり、新しい基礎教育のスタートに我々は今立っていると認識しています。地震学は未知の自然現象に取り組んでいる若々しい学問であり、その学問の成果が確実に社会に反映されることも今回の地震は図らずも示してくれたと考えます。しかし同時に地震学の知識だけでは自然災害により強い国土の構築は難しく、

関連する自然災害科学との相互理解に欠けていたこと、その知識も工学的にきちんと応用されていなければ何にもならないことも、この地震は浮き彫りにしました。このことを心に強く記憶し、後世に語り継がねばいけないと考えます。

今回の地震で犠牲になられた多くの方々のご冥福をお祈りし、自らをふくむ被災した皆様が力強く前に進むことを祈念いたします。

参考文献

AERA, 2011, 震災と鉄道・全記録, 朝日新聞出版, 東京, 162pp.  
 Kanamori, H., 1977, Seismic and aseismic slip along subduction zones and their tectonic implications, *Island Arcs, Deep Sea Trenches and Back-arc Basins*, Maurice Ewing Series, I, edited by M. Talwani and W.C. Pittman, AGU, Washington, D.C., 163-174.  
 菊地正幸, 2003, リアルタイム地震学, 東京大学出版会, 東京, 223pp.  
 気象庁, 2011, <http://www.jma.go.jp/jma/menu/jishin-portal.html>

Koyama, J., 1997, *The Complex faulting process of earthquakes*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 194pp.  
 Koyama, J., K. Yomogida, K. Yoshizawa and M. Tsuzuki, 2011, Variability of Megathrust Earthquakes in the World, AGU Fall Meeting, San Francisco, S11A-2196.  
 Moreno, M., M. Rosenau and O. Oncken, 2010, 2010 Maule earthquake slip correlates with pre-seismic locking of Andean subduction zone, *Nature*, **467**, 198-202.  
 日経ビジネス, 2011, <http://business.nikkeibp.co.jp/article/topics/20110721/221595/>  
 Obara, K., 2002, Nonvolcanic Deep Tremor Associated with Subduction in Southwest Japan, *Science*, **296**, 1679-1681.  
 Uyeda, S. and H. Kanamori, 1979, Back-arc opening and the mode of subduction, *J. Geophys. Res.*, **84**, 1049-1061.  
 Yomogida, K., K. Yoshizawa, J. Koyama and M. Tsuzuki, 2011, Along-dip segmentation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake and comparison with other megathrust earthquakes, *Earth Planets Space*, **63**, 697-701.

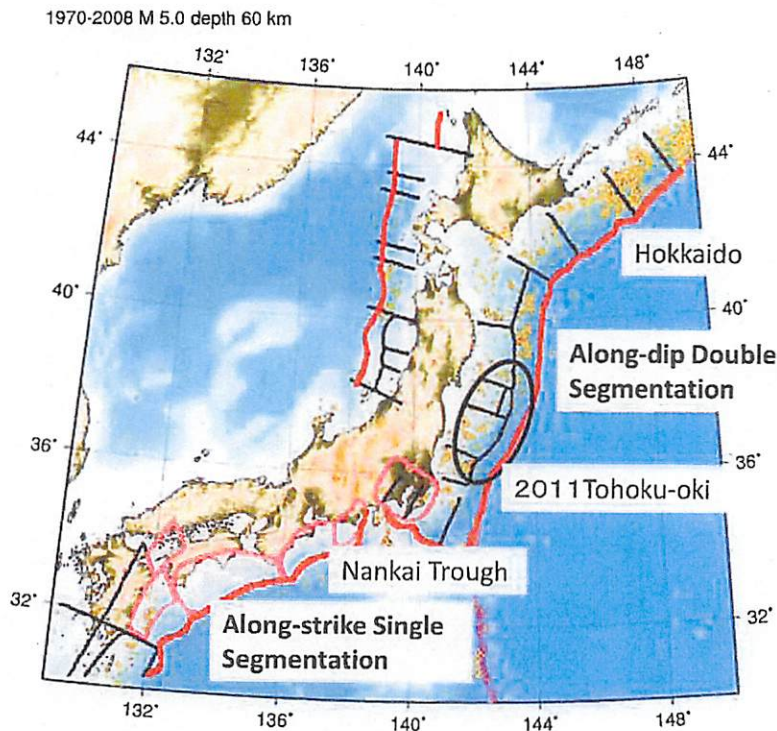


図1 震源分布と地震活動区分。1970年から2008年までの気象庁一元化震源のうち、震源の深さが60 km以浅、マグニチュード5.0以上のものをプロットした。太い線は海溝・トラフ、コの字型の枠は地震調査研究推進本部2010年主な海溝型地震の長期評価に用いられた地震活動の区分 ([http://www.jishin.go.jp/main/p\\_hyoka02\\_kaiko.htm](http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka02_kaiko.htm))

# トランスサイエンスとしての地震予知・長期予測

東京大学地震研究所 川勝 均

2011年東北太平洋沖地震を含む近年の地震研究であきらかになった地震の複雑性を考えるとき、地震の直前予知・長期予測はどちらも極めて難しい。また難しさは科学的にそうであるだけでなく、社会にその情報をいかに伝えるかについてもかかっている。地震発生予測の学術を社会とのつながりまで含めて考えるとき、地震予知・長期予測を「トランスサイエンス<sup>1)</sup>」領域の問題としてとらえ直す必要があるのではないかと考えた。

今後数十年内に西南日本を襲うと考えられる南海トラフ沿いの巨大地震（いわゆる“東海・東南海・南海地震”）は、東北太平洋沖地震と同様に、直前に予知されることなく発生するであろう。またこの間に“首都直下地震”を含む甚大な被害を引き起こす地震が日本列島の他の地域で発生する可能性も高い。今後数十年の日本社会のあり方を考えるとき、上に述べたような地震発生の可能性は「境界条件」としてとらえるべき事象である。このような境界条件のもと、日本の未来はもとより、地震学と社会の関係を考える必要がある。

地震発生予測の学術は、過去に起きた地震を調べ理解し、今後どのような地震が起こりうるかを推測・想像するといった、経験科学の段階を超えてはいない（計算機上でのシミュレーションはいくらでも出来るが、本質的には経験科学以上のものはない）。そのようなレベルの科学をもとに社会に有用な予測的情報を発信しようとするならば、受け手側には科学の現状・限界が正しく伝わる必要がある。ひとたび大被害が起こる地震が起きれば、万を超える桁の人的損失、兆を超える桁の経済的損失（さらに原発震災のような複合災害の場合は、把握することすらできない未来世代への人類的損失、最低数十年単位の国土の損失）に及ぶ可能性があることを考えると、大きな不確実さをもった科学に基礎を置く情報を社会がどのように使っていくかは、科学（者）だけの議論からは結論が出ない問題であろう。このような「科学に問うことはできるが、科学だけでは答えを出せない問題群」は「トランスサイエンス」的問題と呼ばれるらしい。トランスサイエンス的問題に立ち向かうには、「科学の共和国」の住人だけの議論でなく、「トランスサイエンスの共和国<sup>2)</sup>」まで出かけた双方向の議論が必要であるというのが、1970年代以降の科学コミュニケーション分野で培われた知見である[1][2]。

「地震発生予測の学術」を「地震予知・長期予測」と読み替えることで明らかなように、「地震予知・長期予測」という問題は、トランスサイエンス的問題ととらえるのが正しいのではないだろうか。トランスサイエンス的問題における科学者の役割は、提唱者のワインバーグによると、

「科学とトランス・サイエンスの境界線を明確に示すこと」ということである[1]。地震発生予測の学術にともなうトランスサイエンス的性格は、小林[1]や平川[2]の著作に登場する様々なトランスサイエンス的分野（BSE、遺伝子組換え、原発）と多少異なっていると考えられるが、地震の科学を防災・減災に生かすための科学コミュニケーションのあり方として、「地震予知・長期予測」がトランスサイエンスの領域にあることを、それに関わっている専門家（すなわち地震学者）が認識することは重要なことに思われてならない。

地震発生予測の学術は、関わっている地震学者の認識をよそに、ある時点（地震予知計画の開始点、または神戸地震後の推本体制以後？）からトランスサイエンスの領域に大きな一歩を踏みだしたのではなからうか。我々は今、そのことをハッキリと認識する必要があるのではないだろうか。トランスサイエンスの領域にいながら「科学で解決できる」と信じてことに当たっていることに、研究者・地震学界の苦悩（例えばシンポジウムにおける長谷川氏、松澤氏の講演および要旨）の始まりがあるのではなからうか。

「地震予知・長期予測」がトランスサイエンスの領域にあるとして、地震学界は何をすべきであろう。ワインバーグによれば、科学者は「可能な限り、トランス・サイエンスの問題をサイエンスの問題として解決できるように研究を進める」「科学技術によって明確に解答が出せない場面では、どこまでが科学技術によって解明でき、どこからは出来ないか（中略）を示す」べきとある[1]。すなわち問題解決のための（基礎）研究を進めつつ、科学の限界を明確に社会に提示するということになるであろう。これが地震学界の今後進めるべき科学コミュニケーション・アウトリーチの一つの方向であろう（もちろんこれまでどおりの科学の楽しさや何がわかったかを伝える「欠如モデル<sup>3)</sup>」的アウトリーチ[1][2]も進めつつ）。それ以外でも科学コミュニケーション分野で培われたトランスサイエンスに関わる様々なアプローチは有効かもしれない。また今回のシンポジウムで議論された「大震法の問題」（グラー氏の講演）も「原発の耐震安全性等の問題」（石橋氏の講演）もこのような文脈でとらえられるべきで

あろう。「地震学が沈黙している限り社会は真実を知ることができず、日本社会全体が大きな潜在的危険を不条理に背負い込んでいく」(石橋氏の講演要旨)というのは、元の文意を超えて理解されるべきであろう。

このような科学コミュニケーションが適切におこなわれたとき、「(地震予知の)呪縛」から解放され(武村氏の発言)、バイアスのかからない(井出氏の講演)地震発生予測の学術の健全な発展が期待できるのではなかろうか。その結果として「科学の共和国」のことで「地震予知の科学」が語られる日が来るかもしれない。しかしながら地震学界のこのような活動が実を結んだとしても、はじめに挙げた日本社会を取り囲む境界条件は変わらない。「科学の共和国」のアプローチにより地震学を社会に役立てていく必要がある(山田氏、後藤氏の講演)。またトランスサイエンス領域での他分野との協働作業も必要となる。

注：

\*1) 「科学によって問うことはできるが、科学によって答えることが出来ない問題群」(小林[1])。平川[2]によれば、「科学知識の不確実性が大きく、政治的・経済的利害関係や倫理的問題と深く関わっているため、一見すると科学で答えが出せそうでも、実は答えが出せない問題。あるいは出そうとしてはならない問題を扱うのがトランスサイエンスである」。

\*2) 「科学の共和国」の住人、つまり専門家だけでなく、当該問題の利害関係者に加えて、これに関心を持つ多様な市民、すなわち専門家以外の多様な人々を含む協働体(小林[1])。

\*3) 平川[2]によれば、「『一般市民が科学技術に対して不安や抵抗感を感じるのは、科学の正しい理解が欠けているからであり、正しい理解を広めれば不安はなくなる』という考え方」をよぶ。また小林[1]によれば、「一般市民を『正確な科学知識の欠如した状態』にあるものとして捉え、彼らに知識を注入することを(科学)コミュニケーションの目的とみなす発想のこと」。

参考文献：

[1] 小林 傳司, 2007, トランス・サイエンスの時代-科学技術と社会をつなぐ, NTT 出版(ライブラリーレゾナント), 288pp.

[2] 平川秀幸, 2011, 3・11以降の科学技術コミュニケーションの課題-日本版「信頼の危機」とその応答, 菊池 誠他編, 「もうダメされないための「科学」講義」所収, 光文社(新書), 254pp.

# 研究テーマに見落としは無いのか？ —潮汐トリガー研究の重要性—

末 芳樹

本意見は地球潮汐による地震のトリガー、所謂、潮汐トリガーに関する研究のすすめである。地震研究者の多くは気付いておられないと思うが、何故にか地震研究者はこの問題を避ける傾向が大変強い。その結果、以前から地震発生に対する地球潮汐の有意な関与が少なからず報告されているにもかかわらず、現在もこの問題に取り組む研究者が大変少ないという現実がある。主として地殻の挙動を研究する地震研究者には恐らく自覚されていないそのような認知バイアスが存在することを念頭に置いて、一度この問題を検討いただきたい。

## 1. はじめに

平成 23 年 10 月 15 日、静岡大学で特別シンポジウム「地震学の今を問う—東北地方太平洋沖地震の発生を受けて—」が開催された。セッション 1 では「東北地方太平洋沖地震は何故想定できなかったのか—これからの地震学にむけた問題点の洗い出し—」として失敗原因および今後の方向性に関する議論があった。なされた議論に対するコメントは無いが、日頃疑問に感ずる処として、はたして現在の地震学が地震発生に関与する全ての要因を研究課題としてカバーし、それぞれ十分な研究を行なっているか、即ち、研究テーマに見落としや偏りが無いかである。

本論のテーマである潮汐トリガーに関しては、同じ大会に於いて 2011 年東北地方太平洋沖地震でも 2004 年スマトラ島沖地震等これまでの大地震同様、地球潮汐によるトリガー作用の影響が顕著であった旨の報告がなされている（田中, 2011）。さらに余震活動にも著しい影響が見られるという報告もある（Datta and Kamel, 2011）。このように潮汐トリガーは地震活動に有意な影響を与えていると考えられる。

## 2. 潮汐トリガーの影響

### 2. 1 研究の歴史及び現状

潮汐トリガー研究は 19 世紀より現在まで 100 年以上に亘り続いており、この間、主として存在の有意性に関する多様な研究がなされている（宇津, 1999）。その有意性については賛否両論存在するが、嘗ては否定的な結論が多く、一方近年では肯定的な結論が多いという報告がある（Cadicheanu et al., 2007）。因みに潮汐トリガーは小領域では顕著であるが、広域になると発震機構との対比の難しさから明瞭さを欠く場合が多い。しかし近年、世界の 44 万個以上の地震を調べ有意な結果が得られたと報告されている（Métivier et al., 2009）。

日本においては地震学の先駆者である大森・今村を初めとして時々の研究者による報告がなされてきたが、近年の長期に亘る継続的研究により

解析手法の確立や存在の証明が報告されるに到っている（鶴岡・大竹, 2002; Tanaka et al., 2004）。しかしながら学会総体では、この問題の研究者は大変少ない。以下に潮汐トリガーに関し報告されている事象を挙げる。

### 2. 2 地震活動への影響

西南日本で顕著である低周波微動の活動が地球潮汐の影響を受けている事が報告されている（Nakata et al., 2008）。北米大陸太平洋沿岸の Cascadia 領域での低周波微動でも同様の観測結果が得られている（Rubinsein et al., 2008）。

静岡県西部の地震活動（宮岡・上垣内, 2008）やサンアンドレアス断層の微小地震（Thomas, et al., 2009）でも同様の観測結果が得られている。因みに南カリフォルニアでの大きな地震が潮汐の影響を受けているとの報告は以前よりある（Kilston and Knopoff, 1983）。浅発地震ばかりか深発地震も影響を受ける Vrancea（ルーマニア）の事例も報告されている（Enescu and Enescu, 1999; Cadicheanu et al., 2007）。

### 2. 3 先行現象としての存在及び地震予知への展開

地震発生時に存在を示す潮汐トリガーであるが、大地震では発生に数年より 10 年近く先行して現れる。この挙動の監視による地震前の異常領域探知の可能性が指摘されている（Tanaka, 2010）。

Load-Unload Response Ratio(LURR)法は、ある領域に加わった外力に対する応答の様子によりその領域の塑性化の度合いを測る方法であり、幾つかの地震で臨界状態を地震発生前に検出した事が報告されている。領域に加わる力として地球潮汐力が用いられる（Yin et al., 2002）。LURR 法は、中国での地球科学分野に於けるスーパーコンピュータ利用プログラムの一つである（Chi et al., 2006）。

### 2. 4 発生時刻の偏り

領域毎に発生した地震の時刻を調べると年・

月・日・時に関する偏りが見られる。これは発生が周期性を有する潮汐トリガーの影響を受けた結果と思われる。以下にこれらを示す。

a. 年

地震発生数に月軌道の地球周回周期である18.6年の周期性が見られるという報告が複数の研究者によりなされている。環太平洋のいくつかの領域についての報告もある (Petukhin and Gusev, 2007)。

b. 月

地震発生の多い月・少ない月 (季節性) に関する調査が古くから行なわれている。例えばフィリピン海プレート北西縁の地震が8月から2月に限られるとの報告 (Ohtake and Nakahara, 1999) があるが、現在まで理由は不明である。潮汐トリガーの影響は研究されていないが、太陽との位置関係を示す太陽暦での偏り故、調べられて良い。

c. 日

比較的小さな領域毎に発生時の月の位相 (黄経差) に特有の偏りがあるという報告がある (末, 2008)。2011年東北地方太平洋沖地震でもこの領域で先行した1896年明治三陸地震や1933年昭和三陸地震とほぼ同じ月の位相であった事が報告されている (末, 2011a)。因みに月の位相は太陰暦の日にちと概ね等しく、これは太陰暦での日にちの偏りを意味する。

d. 時

月の位相に対応した時 (Hour) の偏りを示す報告がある (末, 2011b)。幾つかの地震は月の子午線通過時刻前後での発生であり、潮汐に於けるM2分潮の影響を想起させる。尚、時に関する報告は複数の研究者によりなされている (宇津, 1999)。

## 2. 5 規模に対する影響

潮汐トリガーは地震発生における「最後の一押し」と推測されているが、「一押し」の瞬間のみならず、滑りが生じている全期間に於いて滑りを助ける方向から力が加わり続ける。地球潮汐力と地震規模 (マグニチュード) に関係性が見られると言う報告がある (Li, 2006)。

## 3. 提言

以上述べた様に、潮汐トリガーは低周波微動などの地震活動に影響を与える。大地震では先行して出現する為、地震予知への適用可能性が指摘されている。さらに発生に際しては時刻や規模に影響を与える。従って潮汐トリガーは十分に研究されるべき課題と考えるが、有意性の検証に長い時間を要した問題であり今後の研究に際しても種々の困難が予想される。これらに関し論者の考えをいくらか述べたい。

a. 現象のメカニズム解明が難しい問題である事

について

有意性に関する議論が100年を超えてなされてきたのは、一言で述べれば、事象を捉えづらることによる。大地震を例にとると、田中 (2011) に示される如く、潮汐トリガーの影響が明瞭になるのは100年単位の周期性を持つ地震の発生前の高々10年という短い期間であり、しかも破壊開始点近くの領域に限られる。さらに先述の低周波微動などの地震活動への影響に関する報告に示される如く、影響の度合いも時間的に一様でなく、月と太陽の運行により周期的となる。即ち、潮汐トリガーの影響は、時間・空間的に均一でない。検証に際してはこれらに留意し、データセットや解析方法を工夫する必要がある。

b. 今後の取組みについて

次に今後の取組みであるが、以下に示す二つのアプローチが重要と思われる。

第一に、ここに示した複数の研究と同じ手法を用いて検証事例を増やすことである。特に現在は地震の活動期にあり、大地震の発生に係わる先行現象としての潮汐トリガーの理解がとりわけ重要と考える。また、検証の手法としては、広く用いられている地球潮汐と地震発生との統計的検証方法である Schuster 検定法が良いと思われるが、今や有意性の認識がなされているので、より簡便な方法も研究されて良いと考える。具体的には、小領域に於ける地震発生の周期性の問題であるので、周期性を検証する方法が試されて良い。検証事例が増えることにより潮汐トリガーの影響がより明瞭となる。

第二に、研究の再評価である。前述の宇津 (1999) には多くの研究事例が紹介されているが、潮汐トリガーの影響が認識される前に評価が成されたため、それぞれの論文における取り扱い事例が少なく定量性に欠けるという理由があったにせよ、否定あるいは保留という判断がなされているケースが多い。現在の新たな見地から、これらに対する再評価がなされて良いと思われる。ここで再評価の対象として重要なのは、潮汐トリガーの有意性に関する全体論でなく、小さい領域における各論である。なぜなら、今後同じ領域で地震が発生する場合には、同様の活動様式と成りうるからである。これらの研究は、経験的で科学性に欠けるように見えるかもしれないが、時々研究者が見出した潮汐トリガーの影響が強く現れているデータセットである可能性が多分にある。データの追加あるいは地球潮汐によるクーロン破壊応力変化の考察を加えることで新たな知見を加えられる可能性がある。

存在を示す報告はあるので現象の存在は間違いないであろう。一方、これまで広く研究がなされていないため取組みにより得られる知見は多いと期待される。本テーマは十分に研究されるべ

きと考える。

#### 参考文献

- Cadicheanu, N., M. van Ruymbeke, and P. Zhu, 2007, Tidal triggering evidence of intermediate depth earthquakes in the Vrancea zone (Romania), *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 7, 733-740.
- Chi, X., Z. Lu, S. Liu, G. Shan, 2006, Supercomputing project in CAS and its applications in earth sciences, GEON Cyberinfrastructure Workshop, 講演スライド, [http://www.geongrid.org/workshops/beijing2006/slides/Xuebin\\_CHI.ppt](http://www.geongrid.org/workshops/beijing2006/slides/Xuebin_CHI.ppt).
- Datta, A. and Kamal, 2011, Triggering of aftershocks of the Japan 2011 earthquake by earth tides, arXiv:1106.2938v1.
- Enescu, D. and Enescu, B. D., 1999, Possible cause-effect relationships between Vrancea (Romania) earthquakes and some global geophysical phenomena, *Natural Hazards*, Kluwer Academic Publishers, 19(2-3), 233-245.
- Kilston, S. and Knopoff L., 1983, Lunar-solar periodicities of large earthquakes in southern California, *Nature*, 304, 21-25.
- Li, Y., 2006, An examination of the correlation between earthquake, positions of solar system bodies and solid tide, *Science in China (Series G)*, 49(3), 367-376.
- Métivier, L., de Viron, O., Conrad, C. P., Renault, S., Diament, M., & Patau, G., 2009, Evidence of earthquake triggering by the solid earth tides, *Earth and Planet. Sc. Lett.*, 278, 370-375.
- 宮岡一樹, 上垣内修, 2008, 静岡県西部の地震活動における地球潮汐の影響について, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会予稿集, S143-009.
- Nakata R., N. Suda & H. Tsuruoka, 2008, Non-volcanic tremor resulting from the combined effect of Earth tides and slow slip events, *Nature Geoscience*, 1, 676-678.
- Ohtake, M. and H. Nakahara, 1999, Seasonality of great earthquake occurrence at the northwestern margin of the Philippine sea plate, *Pure and Appl. Geophys.*, 155(2-4), 689-700.
- Petukhin, A. and A. Gusev, 2007, Timing of large earthquakes - Statistical test for the perturbation of stress accumulation by the 18.6-year lunar cycle: 大地震のタイミング - 月の 18.6 年サイクルによる応力蓄積過程の変動に関する統計的な検討 -, 日本地震学会講演予稿集 2007 年度 秋季大会, P2-103.
- Rubinstein, J. L., La Rocca, M., Vidale, J. E., Creager, K. C. & Wech, A. G., 2008, Tidal modulation of nonvolcanic tremor, *Science*, 319, 186-189.
- 末芳樹, 2008, 三陸沖中部で発生した地震に於ける月の位相, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会予稿集, S145-P004.
- 末芳樹, 2011a, 三陸沖で発生した甚大被害地震の太陰暦発生日の近接 - 地球潮汐の影響 -, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会予稿集, MIS036-P87.
- 末芳樹, 2011b, 南海トラフでの巨大地震の発生記録に見られる地球潮汐の影響, 日本地震学会講演予稿集 2011 年度 秋季大会, D31-11.
- Tanaka, S., M. Ohtake, and H. Sato, 2004, Tidal triggering of earthquakes in Japan related to the regional tectonic stress, *Earth Planets Space*, 56(5), 511-515.
- Tanaka, S., 2010, Tidal triggering of earthquakes precursory to the recent Sumatra megathrust earthquakes of 26 December 2004 (Mw 9.0), 28 March 2005 (Mw 8.6), and 12 September 2007 (Mw 8.5), *Geophys. Res. Lett.*, 37, L02301, doi:10.1029/2009GL041581.
- 田中佐千子, 2011, 2011 年東北地方太平洋沖地震に先行する地球潮汐の地震トリガー作用, 日本地震学会講演予稿集 2011 年度 秋季大会, C21-05.
- Thomas, A. M., R. M. Nadeau, and R. Bürgmann, 2009, Tremor - tide correlations and near-lithostatic pore pressure on the deep San Andreas fault, *Nature*, 462, 1048-1051, doi:10.1038/nature08654.
- 鶴岡弘, 大竹政和, 2002, 地震発生における地球潮汐の影響 - 数値シミュレーションによるアプローチ -, 地学雑誌, 111(2), 256-267.
- 宇津徳治, 1999, 地震活動総説, 東京大学出版会, 489-506 及び 692-699.
- Yin, X. C., P. Mora, K. Peng, Y. C. Wang, and D. Weatherley, 2002, Load-unload response ratio and accelerating moment/energy release critical region scaling and earthquake prediction, *Pure and Appl. Geophys.*, 159(10), 2511-2523.



# 2011年東北地方太平洋沖地震後における地震の予知・予測研究への批判について

産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター 小泉尚嗣

2011年東北地方太平洋沖地震後に起こった、地震の予知・予測研究への批判における問題点を述べる。同地震についての事前の規模予測を過小評価してしまったことは、地震学界にとって大きな衝撃だったが、地震の科学的な長期予測抜きに、的確な地震防災対策を取ることは不可能である。今回の地震予測の結果を十分に検証した上で、さらなる長期予測は続けるべきであるし、地震予知（短期予知）への試みも続けるべきである。人々を地震災害から救うために生まれた日本の地震学がその初心を忘れてはならない。

## 1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震（M9、死者・行方不明者は約2万人）の発生で、この場所の地震の長期予測における規模予測（最大でM8程度と予測）は過小評価であったことが明らかになった（地震調査研究推進本部，2002；2009）。この規模予測の過小評価が、東北地方太平洋沖地震による震災（東日本大震災）の一因になったことは間違いないが、それがどの程度被災状況に影響を及ぼしたのかは明らかになってはいない。また、東北地方太平洋沖という場所を限定したときの長期予測における時間予測についてどの程度当たっていたのか（どの程度外れていたのか）ということも議論不十分である。さらに言えば、津波被害に比べて地震動による被害が少なかったことが知られているが、規模予測の過小評価が、東北地方太平洋沖地震前に発表されていた地震動予測地図（地震調査研究推進本部，2010）にどの程度影響を与え、それが地震動による被害にどの程度影響を及ぼしたのかという点もよくわかっていない。

本来ならば、少なくとも地震学界（地震学者集団）の中においては、上記のようないくつかの課題について、科学的な評価が行われた上で、地震の長期予測に対する評価や批判が行われるべきであるし、その次に、特定の場所（具体的には東海地域）における長期予測の規模予測に依存して行なわれている短期予知（地震予知）に対して批判が行われるべきであろう。しかしながら、実際には、上記の手順をすべて後回しにして地震予知研究批判が学界内で行われてきたように思う。この事が、当初から、2011年東北地方太平洋沖地震後に巻き起こった学界内での地震予知研究批判に対して筆者が違和感を抱いてきた理由である。以下では、学界内で行なわれてきた、地震予知研究批判および地震の長期予測研究批判に対する問題点について論じる。

## 2. 東北地方太平洋沖では「地震予知」は行われていない。

地震予知に対する議論を行うときに、議論が噛み合わない大きな要因の一つに各自の地震予知の認識が異なることがある。1990年頃から活発な地震予知研究批判を行なってきたグレー（1994）は、この問題を解決するために、地震予知とは「場所と規模を狭い範囲で指定して数日以内の地震発生を事前に示すこと」という趣旨のものであるときわめて限定的に定義した。この定義は、地震予知研究に対しては、グレーとは反対に推進の立場にある石橋（1994）の定義とほぼ等しく、大規模地震対策特別措置法（大震法）に基づく東海地震予知の内容（気象庁，2012）とも重なるので地震予知の定義としては妥当なものだろう。この定義に基づくと、東北地方太平洋沖では、そもそも地震防災対策として「地震予知」は行われていない。地震予知を前提とした法律である大震法は東海地域のみ適用されていて、東北地方太平洋沖を含む東海以外のすべての地域に対して適用されていないからである。地震予知が行われていない以上、その成功も失敗もなく、東北地方太平洋沖地震発生後において、前述の手順を踏まずに地震予知に関する議論が行われる事そのものがおかしいのである。にもかかわらず、グレー（2011）は、上記の自らの定義に何ら言及することなく、「地震予知」が何であるかをきわめて曖昧にしたまま、地震予知および地震予知研究についての批判を行なっている。それは、科学者として非常にアンフェアな態度であろう。

## 3. 大震法に対する誤解

大震法は地震予知を前提とした法律である。しかし、地震防災対策を「地震予知」だけに頼った法律ではない。大震法の主たる適用地域である静岡県では、大震法に基づいて地震対策事業が非常に進んでいる。また、大震法が適用されたことから、静岡県では地震防災に関する専門の部局が早

くから作られ、住民に対する広報・啓発活動を行なってきた。このような地震防災におけるソフト面の充実も大震法のもたらしたものである。

静岡県では2001年に東海地震の被害想定を行っている(静岡県, 2001)。それによれば1978年に大震法が施行されてから2000年までに、静岡県に投入された地震対策事業予算は1.4兆円に登る。その時点での静岡県に投入された地震予知関係予算がどの程度の金額かは不明であるが、ゲラー(2011)が指摘する、国全体で、1965年度~2006年度に投入されてきた予算の総額: 3000億円という金額(文部科学省, 2007, 地震に関する基本的な調査研究を行なう予算も含まれている額)を採用したとしても、静岡県1県の2000年度までの地震対策事業予算よりはるかに小さいことがわかる。同被害想定によれば、耐震対策による被害の軽減額は4.8兆円(30.9兆円→26.1兆円)で死者の軽減数は2,300名(8,100名→5,900名)であるが、予知が成功した場合は、さらに2.6兆円の被害が軽減し(26.1兆円→23.5兆円)、死者は4,400名軽減する(5,900名→1,500名)となっている。地震予知に成功すれば、投入された金額に比較して遙かに多くの人命・財産を救えるのである。

明治以降に近代的な観測が始まって以来、初めて発生する駿河トラフの巨大地震(東海地震)を予知しようというのであるから、それが「成功するかどうか」は事前に作った東海地震発生シナリオ=前兆すべりモデル(気象庁, 2003)に全く依存する。このシナリオ通りに東海地震が発生すれば予知できるし、そうでなければ予知はできない。このことがきちんと住民に認識されていれば、上述の地震予知の効果を考えた場合、たとえ、予知の成功確率は低くても、地震対策事業に加えて地震予知を試みる意義はあると考える。なお、静岡県民に対するアンケート調査によれば(静岡県, 2009)、静岡県下で「全く出来ないとは思わないが、予知は難しいと思う」という人は59.3%に達している。少なくとも、静岡県の住民は、地震予知に過剰に期待しているわけではない。

4. 日本固有の地震防災対策があってしかるべき  
よく知られているように地震の発生する地域は、地球上でごく限られた地域である。日本は、地震国で経済規模が大きく(したがって震災リスクも大きく)科学技術も発達しているという、世界でも稀な特徴をもっているのだから、地震防災対策に関して日本固有の措置が取られるのは当然だろう。地震のほとんどない国々や地域が大半である欧米の平均的な地震防災対策と日本のそれとを比較することそのものが無意味である。

「地震予知を通常の基礎研究で行い、予知ができることがわかってから防災対策に組み込め。」という主張がなされることがあるが、これは一見

筋が通っているように見えて、地震予知研究及び地震防災対策の実情を無視している。被害地震の発生頻度は低いので、通常の基礎研究レベルでは、いつまでたっても、地震予知できるかどうかはわからず、地震予知を実際の防災に組み込むことは、事実上不可能になってしまう。

よく知られているように、東海地震の想定震源域の深部延長では、前兆すべりに酷似した短期的ゆっくり滑りが、数ヶ月に1回の頻度で発生し(小林・他, 2006)、それが気象庁によってリアルタイムでモニターされている。もし、この短期的ゆっくり滑りが想定震源域にまで入り込んで東海地震を誘発すると判断されれば、即座に地震予知情報が出される体制ができています。このような体制ができていますのは世界でも日本だけだろう。このシステムは、通常の基礎研究の延長では決して作り得ないシステムであり、大震法と地震予知研究によって可能になったシステムである。繰り返しになるが、地震予知以外の地震防災対策を行なった上で、さらに、上述のシナリオ通りに物事が進んだ場合、地震予知情報を出す体制「も」とすることは、通常の地震防災対策では救えない命を救おうとすることにつながり、地震防災の戦略として理にかなったことであると考える。

#### 5. 「地震予知に頼らない地震防災」というパラダイム転換は1995年に行なわれている

1995年兵庫県南部地震で、地震防災対策において地震予知に頼れないことが周知されると、国は、地震防災対策特別措置法を1995年に設立させ、地震調査研究推進本部の行う地震の長期評価と耐震対策をセットにした地震防災対策を各自治体と協力して行うこととなった。したがって、国の地震関連政策の根幹は、東海地方にしか適用されていない大震法ではなく、地震防災対策特別措置法であり、この1995年にパラダイム転換が図られたことになる。洪水に備えて堤防やダムを造るときに、その場所をおそう洪水の規模や頻度に関する情報(長期予測)が必要なように、ある場所で地震防災対策を行うためには、その場所の地震についての具体的な長期予測が必要である。地震防災対策に使える予算が有限である以上、防災対策の内容や優先順位を決めるための指標となる長期評価が必要である。「日本全国どこでもM9の地震が起こり得る。」などという予測は、科学的には正しい部分もあるかもしれないが、防災的には、ほとんど役に立たない情報である。

被害地震は低頻度でしかおこらないから、その長期予測が困難なのは当たり前で、困難だからこそ、専門家である地震学者に対する期待も大きい。社会に向き合うというのは、その困難さを理解しつつも、社会の要求にできるだけ答えるべく努力することだろう。一度失敗したからといって、あ

るいはそれで批判をあびたからといって、長期予測の精緻化から手を引くというのは、社会に向き合っているのではなく逃避だろう。むしろ、何度批判を浴びても、歯を食いしばって長期予測の精緻化を図ろうと努力し続けることが「社会に向き合う」ことだと考える。

## 6. 地震学者が最も反省すべき事

地震調査研究推進本部(2002;2009)によれば、福島県沖のプレート境界地震の発生確率は30年以内に7%以下とされ、他の東北地方太平洋岸の各県沖合におけるプレート境界地震の発生確率に比べて著しく低かったため、福島県が地震に対して安全であるという間違っただけの情報を与えることになった。「30年以内に7%以下」という予測の信頼性が最低ランクのDとなっていたことは(地震調査研究推進本部,2009)周知されなかったのである。他方、東北地方太平洋沖で発生する津波地震については、地震調査研究推進本部(2002)で、科学的知見に基づいて的確な予測がされていたのに、それが防災に反映されることはなかった。島崎(2011)が主張しているように、この津波地震の予測に基づいて、対策が取られていれば、震災被害の大半を占める津波災害は相当部分軽減されたはずである。

ごく一部の研究者を除いて、地震調査研究推進本部が発表した長期予測結果がどのように防災対策に反映されたかということについて我々は無関心であった。地震学者はこの点を最も反省すべきではないだろうか？

2011年10月の特別シンポジウム「地震学の今を問う-東北地方太平洋沖地震の発生を受けて-」においても「いかに正しい地震予測をするか。」という観点から、「地震の予測には不確実性がある。それをいかに伝えるか？」といった議論には重点が置かれたが、「その予測がいかに防災対策に活かされるか？」ということについては議論が深まらなかったように思う。そこには、「正しい地震予測さえすれば後は知らない。」という地震学者の傲慢さ・無責任さが潜んでいるというのは考えすぎだろうか？当たり前だが、地震防災対策に活かされない地震予測など価値はない。地震予測には2つの評価軸があり、科学的評価(どの程度正しいか)と社会的評価(どの程度役に立つか)の両方でそれなりの価値を持たなければならないからである。

## 7. 今後の地震学界の進む方向について

2011年東北地方太平洋沖地震は、想定されていた宮城県沖地震の震源域付近で破壊をスタートさせ、海溝に向けて破壊を進行させ、海溝付近で大きく拡大して滑り量も50m以上になってM9に達したというのが、現時点での大まかな断層滑りの概要と考えられる(東北大学・海上保安

庁,2011)。30年間で99%の発生確率と、地震調査研究推進本部の長期予測の中で最大の数字を示していた宮城県沖で(地震調査研究推進本部,2011)破壊がスタートしたということは科学的に評価されるべきだと思う。また、宮城県沖からさらに海溝軸付近まで滑りが大きく拡大したのは、偶然なのか必然なのか？宮城県沖で破壊が止まる可能性はなかったのか？もし止まっていたら、地震の規模はどの程度におさまったのか？この答えによっては、宮城県沖地震の規模予測(M7.5程度、連動すればM8程度)についても、一定の評価ができる可能性がある。また、津波に比べて地震動による被害が小さいことが知られているが、海溝付近で大きく滑っても、内陸での地震動に大きな寄与をしなかったとすれば、地震の規模を過小評価していたものの、それに基づく地震動予測についても防災上では一定の評価ができる。さらに、宮城県沖では、2005年にM7.2の地震が発生したが、その後のGPS等の観測から、想定されていた震源域のアスペリティー付近では、なお固着が続いているとの解析結果を得て、引き続き宮城県沖地震に対して警戒を続けるべく評価を変えなかった事も事実である(地震調査研究推進本部,2009)。

このように、事前の地震の長期予測については、科学的にも防災的にも積極的に評価すべき点があったと考えられるが、特別シンポジウムも含めた2011年10月の秋季地震学会でそのことは十分に議論されなかったように思う。東日本大震災の被害の大きさとそれによる批判の前に地震学者の方がすくんでしまって、評価軸の中のマイナスの部分ばかりに言及し、プラスの面については議論することを自粛してしまったように思う。専門的な見地から地震防災対策に貢献しようと思うのなら、勇気を持って予測結果の肯定的な面について議論すべきであったし、外部にも表明すべきであった。外部に対して、ただ反省しているだけの地震学会というイメージを与えたことは残念であった(日本経済新聞,2011)。

今後の方向性を決める上で必要なのは、「地震の長期予測が震災軽減にどのように役立たなかったか」や「我々は何がわかっていないか、いなかったか」に加えて、「地震の長期予測が震災軽減にどの程度は役だったか」「今何がわかっているか」である。我々は専門家集団であり、世間が求めている我々にしかできないことは、**有効な科学的知見の提供**である。地震防災対策を行う上では、地震の長期評価が必須であり、その長期評価に科学的根拠が必要なのも明らかである。2011年東北地方太平洋沖地震とその長期予測の結果について科学的・社会的の両面で十分に検証した上で、地震の長期評価を引き続き行い、場所によっては地震予知の試みも行なうことが、社会に向

き合うことであると思う。

日本の地震学の黎明期に重要な役割を果たしたミルンは、初期の地震学会において「地震学総論」という講演を行なった、その中で「・・而シテ余輩幸ニ此國ニ住スレバ、桔据黽勉地震ヲ研究シ以テ地震學ノ蘊奥ヲ究極セント欲ス。若シ之ヲ究極スルニ至ラバ、竟ニ此人類ヲシテ彼ノ不測ノ災厄ヨリ救済シ、遂ニ其安居ヲ得セシメント決シテ難キニ非ザルナリ。是レ余ガ諸君ニ向テ最モ希望スル所ナリ。」(和訳)と述べている(ミルン, 1884)。しかるに、その後の地震学の歴史は、学理探求に傾倒し、地震防災に関係する部分を捨てていく歴史でもあった(武村, 2010)。地震学草創期の精神に立ち戻るなら、そして本当に社会に向き合うつもりなら、地震学者は、軽々しく地震の予知・予測の試みを捨てるべきではないと筆者は考える。

## 8. 将来に向けて

東北地方太平洋沖地震後に行なわれている地震予知研究批判、地震長期予測研究批判の問題点について述べた。地震学界として社会に向き合うとは、社会に迎合することではなく、時には勇気を持って、社会の常識とは異なる科学的知見を社会に対して発し、必要に応じて社会の側の認識を変えようとするのであろう。今回の地震予測の結果を十分に検証した上で、地震の長期予測への科学的貢献は続けるべきであるし、地震予知(短期予知)への試みも続けるべきであると筆者は考える。それと同時に、地震の予知・予測の限界について十分に周知する努力も忘れてはならない。

## 参考文献

グレー・ロバート, 1994, 地震予知再考, 地震予知研究シンポジウム(1994), 131-140.  
グレーロバート, 2011, 日本人は知らない「地震予知」の正体, 双葉社, 190pp.  
石橋克彦, 1994, 「地震予知計画」の解体・再編成—新しい地震予知研究計画と地震災害軽減計画の提案—, 地震予知研究シンポジウム(1994), 121-130.  
地震調査研究推進本部, 2002, 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価について, [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou\\_pdf/sanriku\\_boso.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/sanriku_boso.pdf)  
地震調査研究推進本部, 2009, 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(一部改訂), [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09mar\\_sanriku/sanriku\\_boso\\_2\\_hyoka.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09mar_sanriku/sanriku_boso_2_hyoka.pdf)  
地震調査研究推進本部, 2010, 全国地震動予測地図 2010年版, [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10\\_yosokuchizu/index.htm#tizu](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10_yosokuchizu/index.htm#tizu)  
地震調査研究推進本部, 2011, 今までに公表した活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧,

[http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/ichiran\\_past/ichiran20110111.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/ichiran_past/ichiran20110111.pdf).

ジョン・ミルン, 1884, 地震学総論, 日本地震学会報告第一冊, 1-30.

気象庁, 2003, 東海地震に関する新しい情報発表について, <http://www.jma.go.jp/jma/press/0307/28a/20030728tokai.pdf>

気象庁, 2012, 東海地震の予知について, [http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/tokai/tokai\\_eq4.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/tokai/tokai_eq4.html)

小林昭夫・山本剛靖・中村浩二・木村一洋, 2006, 歪計により観測された東海地域の短期的スローリップ(1984年~2005年), 地震2, 59, 19-27.

文部科学省, 2007, 地震予知計画の各次における予算額推移, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/kaihatu/005/shiryo/07112918/006/001.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/kaihatu/005/shiryo/07112918/006/001.htm)

日本経済新聞, 2011, 反省だけでは困る地震研究, 2011年10月20日付け朝刊.

島崎邦彦, 2011, 予測されたにもかかわらず, 被害想定から外された巨大津波, 科学, 81, 1002-1006.

静岡県, 2001, これまで22年間の地震対策事業と被害軽減効果, <http://www.e-quakes.pref.shizuoka.jp/shiraberu/higai/soutei/pdf/shiryu3.pdf>

静岡県, 2009, 平成21年度東海地震についての県民意識調査, [http://www.e-quakes.pref.shizuoka.jp/shiraberu/higai/toukei\\_kenmin/index.html](http://www.e-quakes.pref.shizuoka.jp/shiraberu/higai/toukei_kenmin/index.html).

武村雅之, 2010, 歴史的視点から見た地震学と社会, 北海道大学地球物理学研究報告, 73, 1-22

東北大学・海上保安庁, 2011, 東北地方太平洋沖地震に関する検討(その3), 第193回地震予知連絡会資料, <http://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/activity/193/image193/025.pdf>.

# 耐震安全関連指針の策定と地震学の最新知見

東京大学名誉教授（専門領域：機械工学）

柴田 碧

要旨 永年、プラントの耐震安全に係る仕事を工学サイドから行って来て、今回のような自然現象（災害）に出会うと、今後の指針でのハザードのレベルをどのように（どのモデルによって）決めたらよいか、迷うばかりである。

## 1. はじめに・耐震設計用加速度の決定法

著者は、1960年代より、原子力発電所をはじめ、各種プラントの耐震（安全）設計の基準・指針などの作成に従事して来た。当時は建築基準法の、いわゆる、0.2G設計が全ての根元であった。この0.2Gの導入については、よく知られている通り、今村式強震計による本郷の記録から、工学者の内藤多仲が加速度値を推定、それによって決めたもので、1923年関東地震以後、しばらくの間の工学的地震学（Engineering Seismology）の全ての結果であった。その後、SMAC（強震計）の開発、断層地震起原説の確定、プレート・テクトニクスの成立などによって、地震加速度の推定への道が開けた。それに基づいた原子力発電所の耐震設計基準、JEAG4601が出来たのは1970年であって、日本最初の東海1号発電所は、いわゆる3C<sub>0</sub>（建築基準法の0.2G設計の3倍）であって、想定震源などによる設計ではない。また、今回、3.11で悲劇的結果となった福島1号機なども、この静的設計地震動が主体で、動的地震動の根拠は、150gal基準の1.2倍の180galである。その後、1987年版の作成で、内田原子力安全委・委員長の下、金井東大名誉教授ら地震学者と耐震設計に係る土木・建築・機械の工学者で、2年にわたる議論の結果、M-Δ基準（マグニチュード・震央距離）の設計用地震加速度の設定法が決まった。このようになった当初は、単純

に、プラント周辺の過去の地震の震源位置と規模（マグニチュード）から計算した加速度を基準に設計加速度を決めていた。今回、問題となっているM=9.0に近いと云われる、Alaska地震（1964）についても、加速度の記録は皆無であり、チリ地震津波の地震についてもその巨大地震としての性格・挙動についての地震学的データは乏しい。

## 2. 東北地方太平洋沖地震と地震学的研究成果

この地震と津波についての地震学的研究は急速に進み、いろいろ、工学者であるわれわれもその結果を知ることが出来る（文献(1)）。しかし、このような研究は、今回の出来ごと以前にも、多くの研究が行われて来ており（例えば文献(2)）、われわれ工学者として、追従しきれないのが実情である。津波、巨大地震として、インド洋津波（2004）が至近にあるが、この状況について、基準などに取り込むことには、全く至らなかったのが、現状である。この地震後、2005 M=8.6などに引き続いて、2010年までに、M7クラスの地震が近くで、いくつか起きている。たとえば、このような余震活動についての地震学者の研究成果を調べても、定説（その分野で確定したもの）は未だない。それと同様に今回の地震・津波について、文献(1)にあるように、いろいろな考え方があるのは、まだ、発生後、1

年にならない今としては、当然であると思われる。

### 3. 設計基準としての各説の選択

実際の設計にあたって、また、基準の起案にあたって、工学者として迷うのは、どの考え方を採用すべきかと云う事である。耐震設計については、世界的に、Beyond the Design という概念があつて、自然現象を対象としての設計では、それを超えた場合の対処法を決めて、そのような事態が起きたときに備える、となっている。しかし、わが国では、最近の耐震指針の改定に際して、最も厳しいレベルを見出して、それを設計に用い、さらにそれを超えるリスク“残余のリスク”を評価するとした。これを超える場合の対処法については、議論されていない。原則、それを超えることは、工学的にないとしたので、“考える必要はない”との、了解であったと記憶する。そのことの是非は別として、3.11を経験した現在、「最も厳しいレベル」とは、どのように決めるかが問題となる。地震ジャーナルで述べられている、“諸モデル”をいかように選択するのであろうか。諸説の内、最も厳しいものを採るのであろうか？研究者の意見の差は、本質の差、バラツキとは異なるので、“最も厳しい”を選択の理由とするのは、平均をとると同様、おかしい。その、理論構成などを調べて、一番、尤もらしい説をとるのであろうか。その選択は誰が行うのか。著者は、地震学会の会員ではあるが、地震学を専門としているのではない。文献(1)の記述で、八木のモデルが、自分としては、尤もらしく見えるとしても、それを採用する論拠にはならない。この論文に記載された二つのモデルの選択をいかようにするのか、基準の案を作成

して居て、常に迷う問題である。

### 4. まとめ

基準を作成する立場の工学者として、迷ってばかりしては居られないので、地震学者が集めたデータ、また、それに基づいた思考過程を学び、結局は、どの論文の学説をとるか、自分で判断をせざるを得ないのが現状である。ある地震学者の意見を取り入れるとしても、それをどのように受け止めるかの選択は、矢張り自分の判断となる。結局、地震学者の仕事、門前の小僧ならぬ、地震学好きの工学者が行うこととなる。アメリカ(カリフォルニア州)の道路交通法規に、“Do your own risk”の思想が見られる。理学者は、自分の考え(説)を主張する。しかし、地震学のように試行が行えぬ領域のことについては、結論を出し得ない。工学側で委員会を組織して討議しようとしても、学会等でのその分野の人達の会合以外の場で、そのような議論を行うことについては、一部の人を除いては、理学者は否定的である。最近、“社会が理学に判断を求める傾向が出て来た”と記した新書が出ているが、この点については、ここでは触れない。工学者が自己責任で処理するのが工学者の責務で、これも工学倫理に沿った行為ということなのであろうか(専門外のことについて、判断すると云う事が)。結論のないまとめである。

### 参考文献

- 1) 地震ジャーナル No.52, Dec.2011, : 八木勇治: 東北地方太平洋沖地震の諸モデル, p.1~9
- 2) 岩波書店: 科学, Vol.75, No.8, Aug.2005 : 特集, “日本の地震メカニズムが見えてきた”

# 地震研究者コミュニティの社会との関わり方について

同志社中学校・高等学校 今川 一彦

日本列島の地震活動が活動期に入り大きな被害を出し続けている現在、地震研究者のコミュニティは戦後長く続いてきた静穏期における牧歌的な姿勢と発想を克服し、数千人から数万人の死者を出す現象を研究対象にしていることの自覚に立って、新たな社会との関わり方を模索しなければならない。

## 1. はじめに

昭和の東南海・南海地震、さらに1948年福井地震以降1995年兵庫県南部地震まで、日本列島の地震活動は極めて低調であった。この地震活動の静穏期と呼ばれる期間、地震研究者のコミュニティは、社会にいかに関与できるかという観点を保持はしていたものの大きなプレッシャーを受けることは無く、誠実に研究にいそしみ、研究成果を社会にアピールさえしていれば、自然に社会に貢献できるはずだと、漠然と信じていることが可能であった。

しかし1995年兵庫県南部地震を境に日本列島は地震活動の活動期に入り、2011年東北地方太平洋沖地震が発生して死傷者が2万人に及ぶに至り、もはや静穏期のような牧歌的な考え方は許されるはずもなく、地震という現象を研究対象にする以上、本来突き詰めて考えておかなければならなかった社会との関わり方について、改めて根本から考え直さざるを得ない状況になっている。

## 2. 地震活動静穏期の牧歌性

戦後の静穏期にも地震は発生して被害が出ている。そのたびにマスメディアに地震研究者が登場し解説をしていたが、しばしば「この地震は起こるべくして起きた地震である」という発言があって問題を感じていた。研究者は研究成果がすべてであるため、予め分かっていたこともあるのだとアピールしたくなる習性があることは理解できる。しかし人的・物的な被害が出ている以上、被災者の感情に配慮するならば、別の言い方を工夫すべきであった。被災者にしてみれば「分かっていたのになぜ教えてくれなかった!？」という感情がわき起こるのは必定だからである。しかし被災者の数がまだそれほど多くなかったためであろう、このことが社会的に大きな問題になることはなかった。地震活動静穏期における牧歌性の一側面である。死者が数千から一万人を超えたその後の地震では、こうはいかない。地震活動の活動期に入った現在、静穏期にのみ許されていた発想や空気はもはや通用するはずもない。

## 3. 社会に対する研究成果のアピールの場合

学会の場では少々大胆すぎる仮説を提唱しても他の研究者からの厳しい批判にさらされ、時の試練に耐えた説だけが生き残り、耐えられなかつ

たものは捨てられていく。これは学会のような場では極めて健全なことであり、こうして学問・研究は進んで行く。ただ、よく分かっている人たちの間ではかなり大胆なことを言っても大過無いが、非専門家に流すときにはそれ相応の配慮が求められる。自分の主張している説の精度はどの程度か、良い点は何か、不十分な点は何か、他の研究者による異説としてはどのようなものがあるか、といった「メタ」な情報を積極的に付帯させる必要がある。

## 4. 研究成果の防災への応用の場合

アスペリティ・モデル(モデルと呼べる水準にあるかどうかはおくとして)以外の頼れるモデルが現時点で無いのならば、アスペリティ・モデルがどの程度まで現象を説明でき、どの程度説明できないのかを意識し、周知させながら防災の前提となる予測に使うしか無い。専門外の人に対してはむしろ、モデルの不十分な点を強調し、前面に押し出すべきである。自分の研究の「優れた点」を売り込み、研究成果が注目され引用されるのを喜ぶのが研究者の習性であるが、そういった研究者のナイーブさは研究者のコミュニティの外では有害にはたらくことがあり得る。研究成果が防災に利用される場合には「不十分な点」を強調することこそ求められる。そうすることがその研究成果を下敷きにした防災施策の「不十分さの可能性」に思いを至らせ、研究成果や防災施策を上手に利用することのできる市民的スキルを陶冶するための前提となる。

## 5. 結論

地震研究者は地震という現象を究めることが本分であり、この点は疑う余地はない。しかし近距離で大きな規模の地震が起きると多くの人命や財産が失われる。こういう現象を研究の対象として選び、それも私費ではなく公費で研究する以上、地震研究者には社会から特別な期待と要請が寄せられる。地震活動が活動期に入って大きな被害を出しており、今後も出し続けるであろう現在、地震研究者にはその点についてこれまで以上の強い自覚が求められている。地震研究者コミュニティとしてもどのように社会と関わっていくのか、懸命な模索を続けていかなければならない。

# 海溝型地震発生予測の課題 —連動型地震モデルと海底活断層の矛盾—

名古屋大学減災連携研究センター 鈴木康弘  
広島大学名誉教授 中田 高  
東洋大学社会学部 渡辺満久

地震発生予測が東日本大震災の防災・減災に活かせなかった背景には、予測研究そのものの不備と、ハザード情報を受け取る社会の側の認識の甘さがあった。これからの地震予測は、複雑さや曖昧さを十分に把握して説明することにより、社会を減災に向けて動かすに足る信頼性を高める必要がある。改めて震源域周辺の海底活断層を精査すると、単一の震源断層面を想定する現状の海溝型地震モデルはこれと整合しない。海底活断層から地震発生 of すべてが予測できるわけではないが、海底活断層を説明し得ない地震発生モデルには問題がある。従来の「単一断層面・連動地震型（アスペリティ）モデル」に対して「複数震源断層面・固有地震型（海底活断層）モデル」を新たに提唱する。

## 1. はじめに

東日本大震災を受け、社会全体の従来の体制や体質が総点検され、パラダイム変換が求められている。ここでは地震研究における反省点について論じた上で、次なる大震災として注目が集まる南海トラフの巨大地震の予測の問題点と、これからの地震研究・地震発生予測のあり方を論じる。

## 2. 意識改革の必要性

東日本大震災の被害軽減に現状の地震学が十分役立たなかったことを猛省する意見が、既に多くの研究者により述べられている。単に研究が不足していたということではない。地震研究者の意識の中に、サイエンスを防災より高次とする価値観が横行してきたことや、防災・減災を単なる口実にした研究が多かったことを問題視する意見も多い。

こうした反省を一過性のものにしないために、真摯に社会と向き合う研究スタイルに改革する必要がある。防災・減災を意識しすぎると自由な発想に基づく基礎研究が妨げられるとの批判もあるかもしれないが、基礎から防災につながるロードマップに関する説明責任は、各研究者において常に求められるという緊張感が重要である。著者らは基礎的な活断層学を専門とするが、防災・減災のために何が重要かという視点で研究を行い、様々な提言や提案も繰り返してきた。

研究者の価値観や論理の立て方は、分野ごとにも異なり、長年培った伝統もあるため、一朝一夕に変更することは難しいが、社会全体のパラダイムの変更が必要と言われている中で、地震研究における意識改革も必要であろう。防災・減災のためには、いくら物理モデルとして面白くても事実から乖離しては意味がない。逆に、モデル化できなくても、一片の真実が重要なことは多い。内陸部に残る津波堆積物や、重要構造物近傍の活断層の存在はその典型である。

無論、津波堆積物や活断層から地震のすべてがわかるわけではない。しかし、これらを説明できない地震モデルには明らかに欠陥がある。このことは今回の大震災が提示した最重要の教訓である。研究分野間の連携の重要性も示唆している。

事実と乖離したモデル論争を回避するためには、「事実認定」の後の「考察」はワンステップのみ許されるという歯止めが必要である。帰納的事実の積み重ねを重視する研究分野においては、従来から厳しく戒められている。他者の「考察」を「事実」と読み替えて、それに基づく論理を積み上げることは、防災・減災をミスリードしかねないため、危険である。モデルが依拠する事実根拠の不確実性を慎重に自覚して、たとえそのことがモデルの信憑性を低下させることになっても（そのような場合はなおさら）、社会に対して正直に言わなくてはならない。

## 3. 東北地方太平洋沖地震に関する2つのモデル

2011年東北地方太平洋沖地震は、従来の地震発生モデル（アスペリティモデル）ではうまく説明できない。固着域と考えられていた場所以外でも大きなずれが生じ、比較沈み込み学も一部破綻した（島崎,2011）。これを受け、日本海溝沿いならどこでも大規模な地震が起こりうることを前提としたモデル（地震調査調査研究推進本部,2004）が再評価され、複数のアスペリティが連動する新たなモデルも提唱されている。しかし、新たなモデルにおいても、震源断層面はあくまで一面であり、地震ごとに震源断層面上におけるずれ方が異なるという考えが踏襲されている。これを「単一震源断層面・連動地震型（アスペリティ）モデル」と呼ぶことにする。

一方、中田ほか（2011a）は、日本海溝付近の海底活断層を変動地形学的に検討した結果、三陸沖～茨城県沖の海溝陸側斜面に、400～500kmの逆断層を認めた（図1）。分布の特徴からみて、



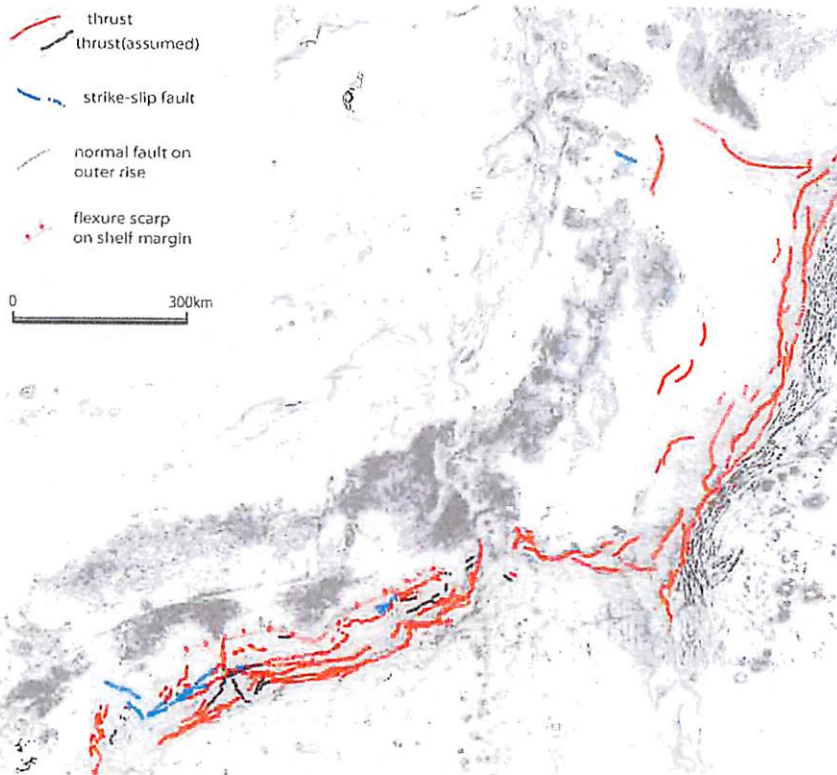


図1 日本海溝と南海トラフ周辺の海底活断層 (中田ほか,2011a)

この逆断層は今回の震源断層の海底への現れ(地震断層)である可能性が高く、その変位の累積性から、同様の超巨大地震を繰り返し発生させてきたと考えられる。なお、この逆断層は、一般に海溝軸より陸側にあることから、仙台沖の海溝軸付近に地震断層が現れた (Fujiwara et al. 2011) という観測事実と調和しないという見解もある。しかし、この海域では上述の逆断層も海溝軸付近を通過しており、中田らの説が否定されることはないのである。

日本海溝沿いの他の場所では、海溝沿いに累積的な断層変位が認められない。また、海溝沿いにおいて、今回の震源域の北限および南限に何ら不連続構造がなく、そこで変位が止まった理由も説明できないため、地震断層が海底に突き抜けた位置は、海溝ではなく、上述の海底活断層沿いと考える方が妥当である。内閣府中央防災会議(2012)の津波波源モデルも、隆起軸を海溝よりも陸側に推定しており、整合的である。海底の隆起軸の分布は今後精査されることとなるが、少なくとも現段階で日本海溝沿いであると断定することは適当でない。

一方、さらに陸側には長さ100~200kmの海底活断層も数多く分布し、その南北方向の広がりにおいて、最近の歴史地震の推定震源域のそれと大変良く一致している。歴史地震をすべてこれらの海底活断層と関連づけることには異論も強いが、この一致は偶然とは思えない。そもそも海域の震

源決定において深さ情報の精度が悪いことも念頭に置くと、震源断層が単一であることは事実確認がとれているわけではない。スラブ引っ張り力がプレートの沈み込みの主因であるとすれば、破壊面は海洋プレート上面の一枚のみではなく、これと平行して陸域プレート内に生じても不思議でない。

中田ほか(2011a)による地震発生モデル(図2)においては、震源断層面は複数であり、それぞれの断層面が固有の地震を起こすことを想定している。海溝付近の400~500kmの海底活断層が

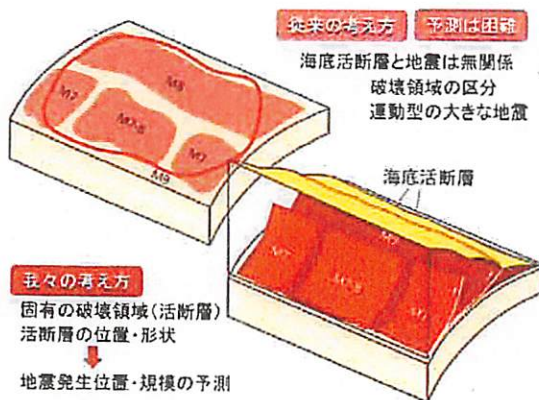


図2 新たな海溝型地震モデル (中田ほか,2011a) (従来説を「単一震源断層面・連動地震型(アスペリティ)モデル」、新説を「複数震源断層面・固有地震型(海底活断層)モデル」と呼ぶ。

M9 地震の震源断層面であり、M7 や M8 の震源断層面の連動ではないとする考えであり、「複数震源断層面・固有地震型（海底活断層）モデル」と呼ぶことができる。

#### 4. 南海トラフ大地震への示唆

次の南海トラフの地震は、東海・東南海・南海地震が連動した3連動地震が想定されている。これに対して、日向灘やトラフ近傍に仮想される震源断層面を加えて、4連動・5連動を主張する意見もある。連動地震には2つの意味がある。ひとつは、(a)歴史地震の地震像の地理分布をイメージして、それらが同時に起きるという意味（歴史地震の連動）であり、もうひとつは、(b)震源断層面を複数想定して、それらが連動破壊するという意味（震源断層の連動）である。両者は混同されがちだが、前者は地震発生の空間的な地理分布を強くイメージするのに対して、後者は断層面を予め特定している点に違いがある。

前節で日本海溝に沿う地震は、複数震源断層面からなる固有地震型である可能性を述べたが、南海トラフ沿いにおいてはこの特徴がより顕著であり、海底活断層は複雑に分布する（図1）。すなわち、3連動の典型として位置づけられる宝永地震は、東海・東南海・南海地震とは震源断層面の位置が全く異なる可能性がある。もしそうであれば、連動型という用語を上記の(a)（＝歴史地震の連動）という意味で使うことは辛うじて許されるとしても、(b)（＝震源断層の連動）の意味で使うことは適当でない。まして4連動とか5連動とかという表現は避ける必要がある。

南海トラフに沿う海底活断層は、①トラフ沿い、②トラフから20～30km程度離れた「分岐断層」、③トラフから60～100km離れた遠州灘・熊野灘撓曲に沿うものの大きく3列があり、これらの地下推定断面を描くと、一般に強い地震波を生じるとされる地下10～30kmの断層面は明らかに1枚ではあり得ない。過去の地震がそれぞれどの面上で起きていたかは定かではないが、昭和の東南海地震・南海地震は③付近で起き、宝永地震は①もしくは②で起きている可能性が高いという考えもある（中田ほか,2011b）。

震源断層面が単一でないとすれば、既存モデルの多くを見直さなくてはならず、観測時代における経験が生きないことになるため、理学的にも工学的にも非常に厄介な話である。しかしその可能性があるのであれば、社会に対して正直に言わなければ、冒頭にも述べた今回の東日本大震災の教訓を生かすことにならないのではなからうか。

#### 5. おわりに

従来は、「わからない」と言うことは工学や対策立案上も有用ではないとして、地震学を初めとする理学にはわかったことを積極的に言うこと

が求められてきた（鈴木,2011）。理学系研究者もわかったことを中心に見解を述べたい気持ちもあり、その価値が疑われることはなかった。成果をそのまま鵜呑みにするのは、「使う方（対策者側）の不勉強」とすらしてきた感もある。しかし、今回、地震予測が外れたことで被害を大きくしたことを目の当たりにして、結論の不確実性を抜きに、わかったことだけ宣伝することは、今後は許されないということを肝に銘じたい。南海トラフ地震の防災・減災に向けた地震予測はその試金石である。

#### 参考文献

- Fujiwara, T., S. Kodaira, T. No, Y. Kaiho, N. Takahashi and Y. Kaneda, 2011, The 2011 Tohoku-Oki Earthquake: Displacement Reaching the Trench Axis, *Science*, vol. 334, no. 6060 p. 1240, DOI: 10.1126/science.1211554.
- 島崎邦彦, 2011, 超巨大地震, 貞観の地震と長期評価, *科学*, 81(5), 397-402.
- 鈴木康弘, 2011, 東日本大震災の「想定外」問題について, *日本の科学者*, 46, 1347-1353.
- 中田 高・後藤秀昭・渡辺満久・鈴木康弘, 2011a, 日本海溝と南海トラフの海底活断層にもとづく地震特性の比較, *日本地震学会 2011 年秋季大会 予稿集*, P1-72.
- 内閣府中央防災会議, 2012, 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の津波断層モデルについて, 南海トラフの巨大地震モデル検討会第 12 回会合, 参考資料 1. [http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai\\_trough/12/sub\\_1.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai_trough/12/sub_1.pdf)
- 中田 高・後藤秀昭・渡辺満久・鈴木康弘・徳山英一・佐竹健治・隈元 崇・西澤あずさ・伊藤弘志・松浦律子, 2011b, 新しい海底活断層図からみた南海トラフの地震像, *日本地球惑星科学連合予稿集*, SSS035-15.

# 日本の地震学の二重構造における学術団体としての責任とは？

北海道大学院理学研究院 蓬田清

地震防災という社会の強い要請から、予算も含めて官僚機構と深く結びついた国家プロジェクト体制が日本の地震学には歴然して存在する。学会員の多くがこれに参画している現状の下で、学術団体として地震学会がどのように社会への使命を果たすべきかを論じる。国家プロジェクト体制に関わる会員が専門家である地震学会員へその考えを發表し、学術的な立場で学会員が自由に議論できる特別セッションを秋季大会で毎回開催し、査読付の關係論文を發行することを具体的に提案する。互いの緊張感と意識を高めることで、結果的に防災關係の学会員も含めた多面的な新しい道が開けるであろう。

## 1. はじめに

私が学生だった時、ある学生が修士論文の發表後の質問で「もっと大きな地震が起これば、よくわかるのですが」と答えた。当時の大学ではそういった發言は許される雰囲気ではあったが、私はやはり違和感を感じざるを得なかった。その後、科学者に「社会への貢献」を求める風潮が高まり、今回の大震災の後ではこんな發言は許されない、いや、普通の感情の人間ならば自然とそんな気持ちにはならないだろう。しかし、先日、海外の著名な地震学者がそういった發言をしたので、冒頭の記憶が蘇ったわけである。

研究者というプロであれば、感情を押し殺してこの地震をきっかけに、地震学の一層の發展を目指すべきかもしれない。しかし、素直にそうなれない学会員が現実には多くいるから、今回の企画の聲が挙がったのだと思う。自らの学問への姿勢の純粋な反省からかもしれないし、日本の地震研究の組織や学会のあり方の改革を痛感したからかもしれない。

個人の想いは簡単に書き尽くせないし、この出版を今後引き継ぐ役には立たないと判断した。私が考える「地震学会」という組織のこれまでの問題点と今後の提言という、実用的な考察のみに本稿は絞ることにする。

## 2. 日本の地震学の二重構造

静岡でのシンポジウムでは個人の意見の發表が多く、地震学会という組織の問題点の指摘や今後に対する具体的提言がほとんどなかった。残念というよりは、組織として何か体系だった事業や聲明を出そうとしない、いやそういう動きがあると反発の声すら上がるという、他の学術団体と比較して際立った特異性が地震学会にはあり、私はそんな反応を事前に予想していた。特に、震災後、いち早く聲明や見解を發表しようとした日本学術会議や地球惑星科学連合に対して、地震学会会長は「まずは個人の研究成果に専念することが先決」と主張し、学会HPでも何一つ触れなかった見事なまでの対照が、私には極めて印象的だったからである。この地震学会の特異性とその背景を十分理解せずに、今後の学会のあるべき姿を議論

しても無意味である。

多くの学会は対外的な活動が活発であり、そこに属する研究者にとっては学会こそが社会への公的な窓口である。これは私自身には当てはまるが、地震学会の多くの学会員、それも影響力のある方にはそうではない。科研費などの予算配分やその分野を代表する巨大プロジェクトは各学会が指導的な役割を果たすのが一般的だが、地震学会は違う。ミルン・大森時代からか、関東大震災で東大地震研が創設されてからか、詳しくはわからないが、1970年代の東海地震説の頃から、地震研究が国家の防災計画と特に密接に關係づけられた。日本周辺を研究対象とする気象学者には気象庁の観測データは必須であるが、研究計画立案体制と予算配分は明らかに地震学とは違う。地震予知連絡会から形・名称を変えながらも、今でも国家プロジェクトとしての日本の地震研究は、メンバーが固定された組織が中心となって進められ（以後、国家プロジェクトと略す）、研究者なら誰でも参加できる地震学会が中心的組織とはならなかった。社会が取り上げる学説や主要な研究計画も、地震学会から発信された例は、私の記憶にはない。

一部の地震学会員はこのような体制を、特に今回の大震災をきっかけに批判しているが、日本の社会の特質から次の新たにより強力な体制を具体的に提示しない限りは、私はこのままでよいと思う。先進国の中で、地震防災が一大課題である国家は日本だけであり、すべての地震研究者に対してもそういった意識を要求されてしまう事実（それは学問の自由とは時には軋轢を生むが）は、日本の地震研究者の宿命である。つまり、国家プロジェクトとしての地震防災（それを地震予知やら予測と偽る低いレベル議論はここでは触れない）を推進する組織と地震学会が別個に存在する点が、これまで、そして未来の日本の地震学の組織体制を論じる上で、スタートポイントである。

この二つの組織の存在を認めた上で、地震学会として今後どうすべきかを考える。国家プロジェクト側への意見は、この企画の目的ではないと私は捉え、ここでは議論しない。実際にこの組織の中にちょっと呼ばれた経験があるが、自分の思う

ことをどんどん発言する私のような研究者は再び呼ばれないから、ここで議論するのはそもそも意味がない。それよりも、地震学会側からすぐに実行できることを考えることが現段階で最も効果的である。

今回の大震災で私が痛感したのは、私が不勉強であったのかもしれないが、国家プロジェクトとして示されてきた地震研究からの提案が、地震学会での多くの研究発表の内容とは、著しく異なる場合もあるということである。例えば、地震調査委員会が出した長期的地震発生予測は、地震学会で発表され議論もされてきたとは思ふ。しかし、震災後にたびたび指摘された「宮城沖でM7クラスの地震が起こる確率は、今後30年で99%」はまともな感覚では「絶対に発生する数字」なので、私も含めて多くの地震学会員は同意できない表現である。そして、このような提案から現実の防災計画が策定されたこともショックだった。

地震学会では多様な意見を尊重する機運があり、実際の防災対策などに具体的な提案を行うための詳細なコンセンサスを得ることは極めて難しい。他の学会では「学会が公認した学術的な成果・学説」を公表する事例が多くあるが、過去に地震学会でそのような提案があった場合、強い反対の声が上がったと聞いている。公認した内容は必然的に社会への責任が伴い、自由な研究発想とは相容れないし、その時の多数意見に従わざるを得ない。現実的に見ると、日本の国民は例え（今回のように）誤りがあったとして、地震防災に対しての何らかの「専門家として現時点で最良の判断」を地震学者に求めてくる。この状況下では、特定の研究者が優遇される代わりに責任を負って具体的な提案を示す国家プロジェクト体制の機能を全面的に否定し、それに代わる新たな組織形態の提案は現状では極めて困難である。

### 3. 地震学会の新たな活動への提案

本当の問題は、国家プロジェクトからの内容が十分に一般の研究者に説明されず、かつ、責任の所在があいまいだという点である。国家プロジェクトに関わる地震研究者は、同時に地震学会で一般の研究発表等に従事している。そこでは、自由な発想で研究成果を示す権利があり、またそれこそが真に地震学を発展させる原動力である。大震災後、私が非常に違和感を感じたのは、国家プロジェクトという責任ある立場と、地震学会を通して自由な研究を行う立場とが、都合よく使われてしまっている点である。国家プロジェクトとして今回の大震災は誰が見ても「失敗」であり、しかし、その責任を地震学会における「学問の自由」を理由に逃げてしまう傾向にある点に、私は苦言を呈したい。

しかし、私のような地震学会しか関係していな

い研究者にも、責任の一端はある。地震学会では「学問の自由」ばかり強調して、国家プロジェクトでの責任から暗に目を背けていた。この点は、地震学会員すべてが大震災を機会に大いに反省しなくてはならない。

既に指摘したように、地震学会が国家プロジェクトのような公式見解を社会に示す必要はないし（ただし、複数の組織が複雑に共存しており、それが責任の所在の曖昧さを可能にする温床となっている点を今後厳しく議論すべきだが）、相反する学説が主張されるだろうから、むしろ逆効果である。国家プロジェクトと地震学会の二重構造を前提とした上でどのような相互関係であるべきか、本稿で一番強調したい問題提起である。しかし、これは一朝一夕で解決できず、皆で時間をかけて知恵を出し合うべき難問であり、相互の立場を明確とした上で議論の場を特別に設けることが喫緊の課題である。

地震学会秋季大会では、国家プロジェクト側がその内容を発表することを目的とした特別セッションが企画・実行されたことはあった。これに対して、本稿で提案するものは、上に示した明確な前提の下で学術的な視点で目的を明確化し、国家プロジェクトに参画している地震研究者が（官僚、マスコミ、そして社会全般でなく）「専門家である地震学会員に対して発表する」意義を認めていただき、学会員がこれを通してその内容を理解し、かつ意見を交換する場を作ることを明確に意味付けた企画である。先に述べたように、それは国家プロジェクトの決定には何らかの公的な制約は果たさなくてよい。しかし、多くの「専門家」の前で発表することは、官僚やマスコミへの通常の説明とは全く異質な「緊張感」が発表者に伴うはずであり、これこそが最も欠けていた点と痛感する。国家プロジェクトに参画している研究者を招待講演として、一般の会員から自発的に意見したい方がおられたら同時に発表をさせ、最後には少しは総合討論の時間も取る形がよいであろう。

日程的に三日間の秋季大会をこれまで以上に拡大することは地震学会員にとっては現実的に難しいと思うので、このような企画を組み入れるためには、特別セッションでこれに類するものは極力遠慮していただく、さらにプログラム編成段階で拒否できるルールを定め、重複を避ける（予稿締め切りの前に行われるから、審議の時間的余裕はあろう）。私が提案するセッションでの議論はいくら時間があっても足りない部分もあるから、毎秋に半日くらいの長さで定期的に繰り返す行うことが大切と考える。

国家プロジェクトについては多数の複雑な組織が乱立していることも、責任の所在をあいまいにしている一因である。まとまった内容のセッションを毎回企画するのは負担が大きいので、むし

る「研究者」に的を当てて、国家プロジェクト関係の計画立案に参加している研究者として、順番に(中心的な役割を演じている方には頻度を増やすことは当然だが)計画立案の元となったご自身の学術的考察を発表していただければ、上の目的には十分である。先に触れたように意見交換が目的であり、決定するのは地震学会での議論ではなく、その研究者が学会での議論をいかに受け取るかに制約は付けない。むしろ、科学的立場のみからお互いに自由に発言していく場が大切と考える。もしそういった議論すら拒絶する研究者があれば、地震学会員にはいわゆる「御用学者」と自然に見なされるであろう。

秋季大会での意見交換だけならば、都合により不参加の会員等には内容が知らされないし、学術的に曖昧さが残る。発表者には「専門家向け」にその立場をわざわざ説明していただくのだから、それを査読付のレビュー論文の形で執筆していただき、ご自身の研究成果としてもらう。そして、特別セッションに参加し、意見したいと感じた方には自由に個人の意見も執筆してもらう。そういった論文の形で毎回残すことで、あとは読者に判断を委ねることが学術団体としての地震学会の基本的なやり方である。(そういった意味では、今回のシンポジウムをこのような形で残すことを提案された臨時委員会には、敬意を表する次第である。) 具体的な出版物については、関係する他の問題点も含めて次節で論ずる。

国家プロジェクトの計画・遂行に当たる方は、報告書などの冊子で意見をまとめていると思うが、それは学術論文とは違う。専門の知識を持つ研究者向けに自らの考えを査読付きで執筆する機会は、その研究者にとっても極めて有益である。

#### 4. 地震学会として止めるべき活動

新たな目的を持つ秋季大会での特別セッションとそれを論文集にまとめる企画を、前節で提案した。しかし、昨今の地震学会の活動を振り返ると、法人化以来の問題点の整理なしでは、新たな企画は中途半端に終わってしまうと、私は予想する。地震学会は従来の学術活動以外に多岐に渡る役割を強調したばかりに膨大な作業に多くの学会員が従事せざるを得なくなり、それが結果として、本来の学術活動や今回問題になっている真の意味での地震学の長期的展望に立った社会との関係が希薄になったと、私は感じる。さらに、地震学に興味を持つ若者は激減していることもあり、学生会員から始まって、学会員数は減少の一途を辿るから、財政的に苦しい。これ以上の事業を増やすことは現実的でなく、むしろ不要と思われる項目は廃止・統合を直ちに積極的にしなくてはいずれこの面でも破綻する。

前節で提案した特別セッションは今後の地震

学会の存在意義にとって必須と考えるが、ある程度の作業が上乘せされ、学会員の負担が増えて上の問題点と矛盾するように思える。この点について、表題にあるように、日本の地震学の研究体制の特異性を考えれば、これまでの多くの地震学会の機能が不要である、いや阻害している面があることが明確となる。

国家プロジェクトとして社会に対して公的に指針を示す強固な組織が既に複数存在しているのだから、地震学会は自由な学術の場に特化しても、極言すれば全く構わない。つまり、他の学会では大切な社会との関係の大部分は必要ではない。もちろん、啓蒙や教育といった視点は、国家プロジェクト側にはごくわずかだから、地震学会がその役割を担う必要があるが、それは純粹に学術的な観点からだけで構わない。むしろ、これまで「社会への貢献」と銘打ったけれど不十分な活動に留まったばかりに、逆に何人かの学会員は二重構造の二つの立場を都合よく使い分けて、責任逃れに利用してきた点を、私は強調したい。

すなわち、今後は、学術活動のみに学会員が通常は専念し、私が提案するような特別セッションなどを通す形で、国家プロジェクトと全員が意識して向きあうことこそが、社会に対する学会員全員が真摯に貢献できるという、逆説的な提案である。国家プロジェクト側が十分な責任を果たしていない場合には、特別セッションがその追求をする場と定義する。そして、多くの現存する委員会等を廃止・再編すれば、その余力を二重構造の一翼を担う任務に学会員がより専念できる。両方の体制に所属する学会員もかなりの数にのぼるわけだが、地震学会の通常の活動が学術活動のみとなれば、自らの立場を明確にせざるをえない。

具体的には、地震予知検討委員会は上述の考えから直ちに廃止する。災害調査委員会や倫理委員会は常設を止め、臨時で素早く理事会が招集できる形式にするだけでよい。教育・普及・学校関係の委員会も統一し、防災関係の部分は極力、簡略化する。また、広報委員会については、東京大学地震研究所などの主要大学・研究機関では専門に携わるポストを近年では設置したので、地震学会では廃止、あるいはこれらの方が委員となって、日本全体という視点で(ポストそのものはあくまで所属機関の広報であって、他機関のために働く必要はないかもしれないが、この点は理解していただけるものと思う)兼任する形で運営していただく。

また、前説の提案については、理事会で企画するか、毎年臨時委員会として特別セッションと出版物のみを担当する。出版物であるが、なるふる、ニュースレター、「地震」、EPSの現4部門はあまりに負担が大きい。上述の目的からすればEPSと「地震」のみとして、既に配布が始まっている

メール連絡だけでも十分かもしれない。むしろ、理事からの投稿すらほとんどなく投稿数が激減している「地震」は、ニュースレターに和文論文が掲載可能にする形で統合することがより適当である。なみふるも今ではその役割はニュースレターに多くは一括できるし、学会員以外の配布が適当と思われる記事のみ、web や単独の刊行物で広報する形が、今ではより有効である。

ニュースレターに和文論文を掲載可能した上で、特別セッションの論文集を毎年の年末号に掲載するのが適当であろう。該当する論文は、オープンアクセスにして会員外にも自由に閲覧可能とすれば、進行中および計画段階の地震関係のプロジェクトがどのように専門家間で評価されているかを社会に示すことになり、これこそが学会としての社会への真の貢献であろう。ここで再度強調するが、地震学会では統一した見解を出すことを目的にせず、多様な意見がどのように交わされているかを示せばよい。国家プロジェクト側に携わる研究者はその中で自ら正しいと判断する指針を基に進めていけばよい。その評価は我々やマスコミや社会一般がするのではなく、自ずと時間が経てば自然そのものが評価してくれる。それが自然科学としての地震学の本来の姿である。

出版体制も含めて、地震学会の活動全般を再構築しないと、私の提案だけでなく、他の提案も実現できない点を、本企画の目的は若干外れることを覚悟で、敢えて主張させていただいた。つまり、地震学会は学会員の人的負担と財政負担を緊急に再編する必要に迫られている。

##### 5. 科学的視点：規則性と複雑性のバランス

本稿では地震学会という組織がこれまで何を怠り、何を新たに始めるべきか、できるだけ具体的な提案に絞った。個人的に具体的な研究上の論点を示したいのだが、多くの筆者がそれぞれの意見を記していると思い、この節では最も象徴的なテーマを簡単に触れるだけにする。今回の企画でどのような意見が正しいかを判断しようとせず、繰り返し議論する場を地震学会が設けることこそが重要であることは、ここで再び強調する。

大震災後に多くの方が指摘・批判したように、国家プロジェクトの中でも最も発言力が強いと思われる地震調査委員会の地震発生確率の賛否は、その中でも一番重要な点である。地震学会の予知検討委員会が発行した（この著者名を使用するなら地震学会から発行すべきはずだが）「地震予知の科学(2007)」の内容とも合致しているが、海溝型地震においては「同じ場所で同じ規模の地震が似たパターンで繰り返し発生する」という指導原理からの結論である。1970年代の東海地震説、いやそれ以前の地震学から脈々と伝えられてきた（信仰されてきた）考えである。この長く信

じられてきた指導原理の是非をめぐり、大震災後の地震学者間では大きな受け止め方の違いが鮮明となり、地震学会でも新たな取り組みが必要ではないかという声が数多く上がった一因と、私は理解している。

しかし、一部の狂信的な研究者を除き、この指導原理に限界があることは、大震災前でも広く認識されていた。例えば、これから最も議論的となる南海トラフ沿いの大地震の発生では、何らかの規則性は見いだせないわけではないが、極めて複雑な振る舞いも同時に存在する。このことは最先端の手法の基礎（断層理論、プレートテクトニクス、波動伝搬など）が確立された当時から既に強調されてきた（Ando, 1975）。日本の地震研究はどうしても社会からの直近の実用的な要請に応えようとするため、規則性だけに目が行ってしまい、議論を深めていくうちに複雑性の側面をすっかり忘れてしまう。（大震災後に、今度は手のひらを返したように「大地震はどこでも起こる」と、複雑性だけを強調する一部の研究者が現れたのは、これもまた滑稽ではあるが。）

加えて、地震研究では観測データはいつでも「不十分」なので、多くの仮定に基づくモデル（a priori と Bayesian など呼び方は様々だが）がないと定量的な解釈ができない。この点も百も承知なはずなのに、これまた議論を深めていくと、そういった仮定をすっかり忘れて、それから導かれる結論を妄信してしまう。陸上 GPS 観測だけでは海溝付近の歪み蓄積状態が全くわからないが、大震災前には疑問の声がほとんど出なかったのは象徴的である（西村, 2011）。

自然の複雑性について、大学入学や学科進学の新しく迎え入れる学生に挨拶を頼まれる折、私は以下のような内容を含むようにしている：

「複雑な自然現象の一部を巧みに取り出し問題を単純化させた上で、普遍的な法則を次々と発見してきた物理学は、現代社会の基盤となった。しかし、そのようなやり方は 20 世紀後半に行き詰まってきた。カオス・複雑系といった考えや、複雑な現象の観測データから基礎的な法則を見いだそうとする宇宙物理学的手法が勢いを増した。しかし、地球物理学という学問は元々そのようなやり方で発展してきたから、時代を先取りしたこれからの学問だ」と。1970 年代にノーベル物理学者の故朝永振一郎先生は、故竹内均先生の話を引用し、その将来性に羨望の念までいただいていた（朝永, 1979）。複雑な自然現象を漠然と観察するだけならよく分からないが、「上手に聞けば少なくとも、そうだとかそうではないかということに答えてくださる」と。

前節までに日本の地震学の組織としての二重構造を強調したが、地震発生現象はこれに呼応するように規則性と複雑性という二面性がある。だ

からこそ、地震学が抱えるこの二面性の程よいバランスを認識するためにも、本稿で提案した真剣な議論の場は益々重要となってくる。国家プロジェクトを推進する側は、規則性を提唱し、それを高度な内容に持っていきたい気持ちになる。さらに、規則性だけを取り出して、上でも指摘した「多くの仮定」に基づくモデルによる研究は、学会発表も論文執筆にもびったりだ。従って、国家プロジェクトに参画するシニアな研究者ばかりでなく、若手研究者もそちらに流れてしまう。とりわけ、最近の若手研究者は直近の研究業績を求められるので、その勢いが加速し、いつの間にか高度なシナリオができ上がる。前提となる「規則性」や「仮定」は、今回の大震災のような強烈な実例が起らないと、顧みられない。この事情は、「原発は絶対安全」として進められてきた国家プロジェクト体制とそれを取り巻く研究者組織と本質的に何ら変わらなかった点は、私自身も含めて学会員は深く反省すべきである。

確固とした研究業績に結びつかない地震現象の複雑性への考察や、一見すると強固な拠り所がある仮定へ疑問を呈することは、それこそ研究者個人の度量と真の能力を試されることであるが、学会全体の「雰囲気」はやはり重要である。先に触れた南海トラフは自明と思われている規則性が広く知られているので、むしろ格好の作業例であろう。地震調査委員会では3つのセグメントを用いた発生確率の数字の詳細を震災後でも議論しているが、Ando (1975)に限らず、最低5つの細分化されたセグメントの存在は多くの研究から明らかである。1944年と1946年の震源域の拡がりとは異なる。また、より大きな1707年の地震では、東側の「推定東海地震」のセグメントが連動した確かな証拠は見当たらない。「東側が最初に発生し、トリガーされる形で西側のセグメントでも発生する」という有名なシナリオに対しても、1707年の地震ですら証拠はないに等しく、それ以前に起こったとされる大地震では、規則性は見いだせない。発生の時間間隔もやはり1707年以前のデータは根本的な不確かさを有する。

このような過去の大地震からの長期的な発生予測には古文書と地層（活断層や津波堆積物）の研究が欠かせない。しかし、その手法は最先端の観測機器と計算機による研究成果とは、必然的に異質な面が多い。お互いが専門外であるわけで、単純な研究会の繰り返しだけではその総合化はなかなか達成されない。専門性が高まるばかりの現在の研究環境では、上に触れた「自明な仮定への疑問」はなかなか生じない。その意味でも、本稿で提案した特別セッションは、学会員が確立されたかに思えるシナリオに「健全な疑問」を抱ききっかけを与えると考える。

## 6. まとめ

大震災による原発事故以来、「御用学者」と「原子力村」という言葉が頻繁に取り上げられ、批判的になってきた。ここでは国家プロジェクトと研究者集団がまさに馴れ合って、お互いが努力を止めてしまった。地震学はどうであろうか？「私たちは違います」と堂々と言えるだろうか？

地震学会は「いい加減」「無責任」と言ってもよい自由な雰囲気があり、これを非難する人も多いし、時には私もがっかりした。しかし、上の疑問には、これはまさしく希望の源だ。学生だろうが偉い先生に議論を挑み、ちょっと首をかしげる発表をしても特に咎められない。しかし、今回の大震災により、それだけでは不十分なことがわかった。国家プロジェクトという組織とその使命を否定できない日本の地震学研究において、地震学会は学術団体としての本来の目的を自覚し、国家プロジェクトと学会のwin-win関係への大転換を図ることこそが、真の社会への貢献であろう。その第一歩として、特別セッションとその出版という具体的な提案を本稿では強調した。

なお、本稿では地震発生そのものに直接関与する研究を中心に論じたが、地震学会は防災や教育といった研究者の活動の場でもある。このような研究者は通常は国家プロジェクト側との接触を持たざるを得ない。本稿の提案が実現されれば、想定されるシナリオすらも様々な不確定さがあることを具体的に認識できることになり、今回のような通称「想定外」への対応も万全とは言えないまでも心のどこかに置いておくだけでも、実際的な効果は絶大である。

以上のように、本稿で提案した企画は多面的に地震学会員の今後の知見・活動レベルを高めるはずである。そして、大震災後でも学生には地震学は人気がなく、地震研究そのものが将来的に危機的な状況である点についても、魅力ある学問へと変貌できる第一歩になると思う。

## 謝辞

二人の査読者と鷲谷威さんには貴重なコメントをいただき、感謝いたします。

## 参考文献

- Ando, M., 1975, Source mechanisms and tectonic significance of historical earthquakes along the Nankai trough, Japan, *Tectonophys.*, **27**, 119-140.
- 朝永振一郎, 1979, 物理学とは何だろうか(下), 岩波書店, pp. 236.
- 西村卓也, 2011, 測地的に推定されたプレート間カップリングと東北地方太平洋沖地震により明らかになった課題, 日本地震学会 2011年度秋季大会予稿集, C31-04.
- 日本地震学会地震予知検討委員会, 2007, 地震予知の科学, 東京大学出版会, pp. 227.

# 地震科学の目標・目的と説明責任

京都大学防災研究所 橋本 学

阪神・淡路大震災以降に整備された列島規模の高密度観測網のおかげで、基礎科学としての地震科学は大きく進歩したことは間違いない。しかし、観測網の整備は「地震災害軽減」を謳い文句に進められて来たものであるため、地震科学コミュニティはその投資に対して、基礎科学の成果とは異なる説明責任を負う。一方、地震災害軽減は国土利用計画、各種インフラストラクチャの整備、教育も含めたソフト対策の充実がいずれも不可欠で、地震科学はこの一翼を担うにすぎない。その研究・開発は、地震災害軽減に向けたベスト・ミックスの観点から、ダーウィン進化論的な淘汰にさらされるべきである。

## 1. はじめに

2011年10月15日のシンポジウムでの筆者の発言がメディア関係者に反響を呼んだようで、以後何度か取材を受けている。「阪神・淡路大震災以降数百億円もの投資がなされたが、これに対してどんな成果が得られたかきちんとしないと駄目」という発言である。メディア側から見ると、地震科学コミュニティ内部からの発言としては極めて異例らしいのであるが、筆者にはその感覚がわからない。一方、地震科学コミュニティからはほとんどコメントも批判も聞かれない。これもまた異様ではないか？この異様な感覚・雰囲気こそ、地震科学のコミュニティに潜む病根があるのではないかと考えてみた。

## 2. 発言の意図

まず、筆者の発言の意図を説明する。上記の発言は、シンポジウムのセッション1「東北地方太平洋沖地震は何故想定できなかったのか—これからの地震学に向けた問題点の洗い出し」中に行ったものである。このセッションにおいては、海域の観測が不可欠であるために、どのような観測網を展開すべきか、に議論が集中していた。確かに、海域の観測網は陸域に比べはるかに劣っており、東北沖地震の震源域に関する情報を得ることができなかったことが大きな問題点であることは間違いない。したがって、海域の観測網の議論に集中しやすい状況であったことは理解できる。しかしながら、極めて重要な2つの論点が欠けていると感じた。それらは、

- 1) 目標・目的は何か？
- 2) 目標・目的を達成する能力はあるか？

の2点である。

筆者には地震科学コミュニティの中では、目標・目的が極めて曖昧に議論されていることに危惧を感じていた。地震科学の目標・目的の第一は、基礎科学としての地震現象の側面からの地球史の理解であろう。これについては、地震科学研究者の間に異論はないであろう。しかし、その理解に基づいた地震災害軽減という、社会からの強い期待・要請が常にあり、社会の中のコミュニティ

としてこれに応えることもまた目標・目的となる。

第一の立場からは、地震現象をより近傍で観察するという目的が明確である。科学者の集まりでは、自明の目的であるため、これに集中する傾向が強いことはやむを得ない。問題は、この2番目の目標・目的を達成するための手段として、1962年の「地震予知のブループリント」以来、地震発生の予測が中心に据えられ、研究の目的そのものになっている感があることである。どのような地震発生の予測が、どのように災害軽減に寄与するか、という観点で十分な議論がなされてきたとは、筆者には思えない。精度よく予測できれば、住民や自治体はその予測に従って合理的に行動し被害を軽減できるであろう、との極めて楽観的な思い込みはなかったのだろうか？その一方で、地震科学のコミュニティ内部では、阪神・淡路大震災前後から、「地震の予測可能性」に関する議論が延々と続いている。しかし、筆者には「原理的に」地震の予測が可能であるかどうかについての両極端の主張が平行線のまま20年以上も続くこの教条主義的な議論が、地震災害軽減にポジティブな効果をもたらして来たとは思えない。地震災害軽減に向けては、国土利用計画、各種インフラストラクチャの整備、教育も含めたソフト対策の充実のすべてがバランス良くミックスされなければならない。それに如何に寄与するかが、最も重要である。例えば、地震・津波研究の成果として津波ハザードマップがある。東日本大震災では津波ハザードマップで浸水予想地域外に避難した人々が、想定を超える津波から避難できずに被災した。このことから、ハザードマップの浸水予想地域外にあったことが安心情報として捉えられ、被害を拡大したのではないかと、という指摘がある[関谷, 2011]。地震科学は、これらハザードマップの持つ不確実性を的確に指摘した上で、いかにハザードマップを利用すべきか、コミュニティ内外を巻き込んだ議論をすべきであった。

海域の観測網のデザインについては、津波防災は何を守ることを優先するのか、そのためにはどこまでの精度を追求するのか、という議論が欠落している。海域の観測網設置により津波波高予測



の精度が向上しても、それが住民の避難行動につながらなければ意味はない。逆に安心情報と捉えられる危険性はないのか？また、高度経済成長期に整備されたインフラが20年後には50年を超えるものが50%を超え（国土交通省、2011）、すでに経年劣化を起し始めたものもある。避難に必要な道路・橋梁などのインフラが地震動により破壊されてしまえば、津波予測も意味がない。

さらに重要な点は、このようなシステムの整備により、住民がこれに過度に依存し、自らの判断能力が低下することがないように配慮することである。東日本大震災における「釜石の奇跡」のように、自らの判断能力を高めることが、災害軽減に最も重要であることは間違いない。地震科学は、地震災害軽減という社会全体の大きな目標・目的に対して、どのような寄与ができるかを考え、そしてできることとできないことを明確に訴えて行くべきである。

次に、達成能力に関して議論しよう。阪神・淡路大震災以降 Hi-net、GEONET などの高密度・高精度の観測網が整備され、これらが生み出す膨大なデータが、この16年間の地震科学の進歩の根源であったことは間違いない。一方、地震科学の研究は、ほとんど国費によっている。阪神・淡路大震災以降、地震防災対策特別措置法に基づいて、基盤的観測網としての Hi-net、GEONET などの高密度・高精度の観測網が展開された。これらは、地震防災に寄与することを目的にすべて国費により整備された。今後新たな観測網を展開するのにも、当然国費が投入されることは間違いない。その際、地震科学は投入される費用に対して、いかなる成果を提供しうるか、説明できなければならない。例えば、我々が住宅などを購入する場合ローンを組むが、その際必ず返済能力の有無に関する審査がある。これと同様に、地震科学が新しい投資を求める場合、十分な“返済能力”を有することを示す必要がある。それをちゃんとしているのか、と言うのが筆者の意図であった。

「防災」を掲げて予算を獲得した以上、基礎研究ではなく、防災への寄与を明確に示すべきである。緊急地震速報の導入や津波速報などの高度化が、この20年での進歩には目覚ましいものがある。しかし、確率論的強震動予測地図を含めた長期評価は成功しているとは言いがたい。長期評価に基づいて、地方の防災対策が進んだことは事実である。しかし、2005年福岡県西方沖地震以降一連の内陸地震が長期評価の対象外の活断層で発生した事実は、やはり厳しく総括されなければならない。

一方、基礎科学としての地震科学の成果はどうか？2007年中越沖地震や2008年岩手・宮城内陸地震を代表とする、近年発生した内陸地震の断層運動について、果たして地震科学のコミュニテ

ィ内に、十分なコンセンサスを得るまでの成果が示されているかは、必ずしも明確ではない。

これらの観点から、新しい計画を立てる前に真摯に総括することが、地震科学の責任であると考ええる。

### 3. 「イデオロギー」からの脱却を

上記のような筆者の思いとは全く関係なく、日本海溝沿いにケーブル式の海底地震・水圧計の観測網を設置する予算が認められた。阪神・淡路大震災時のように、「地震防災に貢献する」という謳い文句を掲げれば、大きな予算がついて来た流れの延長上にある。前記のように、津波対策全般の中での意義についての広範な議論があるべきであったと考える。しかし、この予算編成に対して、地震科学のコミュニティ内では、ほとんど議論されていない。海溝型地震の基礎研究をさらに進めることができると、無条件に歓迎しているのであるか？そうではないことを、筆者は信じた。

フリーマン・ダイソン(1997)は、「イデオロギーに推し進められた科学技術は失敗する」と述べている。ここでいう「イデオロギー」は、権力のメンツや国策として進めることなどの意味である。ダイソンは、イギリスの飛行船や航空機の開発など、当時の政権の公約を守るために十分技術開発に時間とコストをかけず、悲惨な結末を迎えたことを例に挙げている。さらに、イデオロギーに推し進められた科学技術は、失敗が許されないため、ダーウィン進化論的な淘汰の対象とならない、という点に問題があると指摘する。

ダイソンの上記の観点から地震科学の現状を眺めると、地震科学をとりまく状況は極めて異常であることに気付く。例えば、東日本大震災の発生を受け、中央防災会議や地震調査研究推進本部では早々と有識者を集めての議論に基づいて、総括と次の対策を打ち出している[例えば、中央防災会議、2011a；地震調査研究推進本部、2011]。2011年末には南海トラフの新しい「想定断層モデル」まで出されている[中央防災会議、2011b]。筆者もこれらの活動のいくつかに参加しているが、政府・行政側のスケジュールに合わせることに優先され、十分な議論、根源的な問題の掘り起こしまで至っていないと感じている。また、官僚の「無謬神話」も根強く、「わからない」あるいは「不可知」、「科学の限界」といった表現はこれらの報告書には、ほとんど用いられていない。ダイソンがいう、「イデオロギーに推し進められた」状況にあると判断できる。

ダイソンの主張に従うならば、地震科学も科学技術のダーウィン進化論的な淘汰の対象にならなければならない。上記の施策もまた、その対象である。地震科学は、これら国の施策に対して、常に厳しい目を向け、正すべきことは臆せず指摘

し、社会に知らせる責務を負う。その覚悟が必要である。

陥穿, 「大震災後の社会学 (遠藤馨編著)」, 237-271, 講談社。

#### 4. 結論

東日本大震災以降, 諸学会・学界において, 広範な議論が展開され, 多様な意見表明がなされている。例えば, 建築の分野では, 「一住宅=一家族」の原則の有効性に対する疑問が披瀝されている [三浦・藤村編, 2011]。さらに, 確率論的ハザード評価に対する転換を迫る主張 [加藤, 2011] や, 科学技術に関わる不確実なものに対する「予防原則」の主張 [池内, 2011] まで, 科学や防災に関わる多くの言論が展開されている。しかし, 残念ながら, 地震科学のコミュニティからの発信は極めて限定的であり, 今のところ目立った動きがないのが残念である。

10月15日のシンポジウムは, 多くの地震学会員が参加し, メディアの注目も高いものがあった。これは地震学会からの発信への期待の現れと受け止めたい。今年以降, 原子力発電所の再稼働問題, 核燃料最終処分の問題, さらに, 東海・東南海・南海地震の震源域見直しに引き続くであろう「大震法」の適用拡大の問題など, 地震科学が社会から回答を求められる時が必ずやってくる。それらに向けて, 地震科学はどのような準備ができるのか? 今こそ, その実力が問われている。

#### 参考文献

- 池内了, 2011 科学と人間の不協和音, 角川 One テーマ 21, 角川書店, pp.224.
- 加藤尚武, 2011, 災害論 安全性工学への疑問, 世界思想社現代哲学叢書, 世界思想社, pp.197.
- 中央防災会議, 2011a, 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告,  
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinihon/houkoku.pdf>.
- 中央防災会議, 2011b, 南海トラフにおける巨大地震モデル検討会中間とりまとめ,  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/naikai\\_trough/chukan\\_matome.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/naikai_trough/chukan_matome.pdf).
- 地震調査研究推進本部, 2011, 「新たな地震調査研究の推進について」の見直しにかかる検討について,  
<http://www.jishin.go.jp/main/seisaku/hokoku11n/sg24-2.pdf>.
- 国土交通省, 2011, 国土交通白書 2011,  
<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h22/hakusho/h23/index.html>.
- フリーマン・ダイソン, 1997, *Imagined Worlds*, Harvard University Press, (邦題「科学の未来」(はやし・はじめ, はやし・まさる共訳), みすず書房, 197pp., 2005年12月)
- 関谷直也, 2011, 第6章 日本の防災システムの

# 世紀の難問「地震予知」に挑む

京都大学防災研究所 深畑幸俊

地震予知は、問題としては容易に理解できる一方、その解決は非常に難しい。このように意識されながらも長い間解決されなかった問題として、永久機関の発明や錬金術、フェルマーの定理の証明などを挙げることができる。これらは否定的に解決されたものも含め、数百年にわたって人類の挑戦をはねのけてきた世紀の難問であり、このような問題に取り組むことにより科学・技術の発展が促されてきた。地震予知も世紀の難問の一例と捉えることができ、長期的視点で問題を考えることが重要である。同じく人間の生命・財産と密接に関連した世紀の難問、経度問題の紹介も交えて、地震予知の将来について展望する。

## 1. はじめに

本稿では、地震予知という科学上の問題が、どのような特徴や性質を持つものなのかを考える。そのような検討を行うことにより、今後どのように研究を進めていくのか、その見通しが良くなると考えるからである。特別シンポジウムでは、むしろ防災に力点が置かれていたが、本稿では防災の問題は脇に置き、地震予知という問題の理学的側面に焦点を当てる。もちろん防災というものは独自の構造を持つ重要な分野ではあるが、理学の発展があってこそその防災でもあるからである。

「地震予知」という言葉について、私も井出氏と同じくほとんどの場面で「地震発生予測」という言葉に置き換えるべきと考えているが、本稿では敢えて最終的に到達すべき目標として、つまり短期的に高い確度で決定論的に地震の発生を予測するという意味で、「地震予知」という言葉を用いる。しかし、「地震予知」は常識的には「地震発生予測」の高度化によって実現されるものであり、両者を厳密に区別して用いることは必ずしも容易ではない。ここでは、「地震予知」という言葉が狭義の「地震予知」を主として念頭に置いたものであるとしても、「地震発生予測」の意味もしばしば含む曖昧なものであることについて了解頂きたい。

## 2. 世紀の難問

1880年の横浜地震を契機に世界で最初の地震学会が日本で設立されたが、その地震学の黎明期から地震予知は研究者の念頭にある問題だった。地震学会の設立に主導的役割を果たしたジョン・ミルンや、地震学講座の初代教授（大森房吉の前任者）である関谷清景もその頃既に地震予知に関する論文等を残している（泊，2008）。以来、百数十年の時間が経過し、地震学は大いに進歩・発展したが、地震予知は未だに未解決の大問題として残っている。地震予知の問題が実質的に解決するまでには、これから更に100年、200年といった時間が必要のように思われる。

このように、学問的課題として認識されて以降、その解決に非常に長い時間を要する問題という

のは、もちろん地震予知が初めてではない。例えば、数学では高次方程式の解の公式やフェルマーの定理の証明、物理学では永久機関の発明、化学では錬金術といった問題を挙げることができる。これらはいずれもその解決に数百年ないしはそれ以上の時間を要した「世紀の難問」と呼ぶことができる。医学における癌の特効薬の開発も、未だ解かれていない世紀の難問として挙げることができるだろう。

世紀の難問というのは、いくつか共通の特徴を持つ。まず、問題の設定は高校生やおそらくは中学生でも理解できる平易なものである一方、その解決は恐ろしく難しいということである。このギャップが大きい故に、世紀の難問たり得るとも言える。次に、問題の解決は肯定的になされることもあれば否定的になされることもあるが、多くの場合豊かな副産物を伴い、人類の進歩への多大なる貢献に繋がるということである。上記の問題の解決のために、群論の創始や熱力学の構築あるいは元素概念の確立などが促された。また、面白い共通点として、専門家から見て怪しげな解決法が数多く提案されるということもある。フェルマーの定理の証明のように、相当な数学的知識が必要なのは問題でも、アマチュアの愛好家から解答がしばしば数学者に送られてくるそうである（藤原，2002）。こういった特徴から、例えば飛行機の発明は技術の分野における世紀の難問と呼ぶことができるが、アポロが実現した月旅行は世紀の難問ではない。月旅行が現実的問題として認識されたのは、おそらくは20世紀半ばのことであり、それから数十年を待たずに解決されてしまったからである。

世紀の難問を考える上では、やはり問題解決に時間がかかるという要素が重要である。人間の一生と比較して十分に長い時間が必要なために、例えば問題解決に実際以上に近付いたとか、或いはその問題の解決は不可能であるといった誤認が生まれ易い。前掲書（藤原，2002）によれば、フェルマーの定理も1970年代には、解決が不可能なのではないかという風潮が少なからずあったという。後述する経度問題でも、18世紀初頭に

執筆されたスウィフト作「ガリバー旅行記」に、もしも不死身ならば「経度、永久運動、万能薬など、偉大な発明の瞬間に立ち会えるはずだ」とガリバーが話す場面がある（ソベル、1997）。要するに、経度問題の解決は、当時一般にはほとんど不可能と考えられていたわけである。

地震予知は、現代における世紀の難問と言えるだろう。世紀の難問の解決に時間がかかるのは、多くの場合当該分野のみならず周辺領域まで含めた総合的な科学・技術の進歩が必要なためである。数十年にわたって予算や人員が投入されてきたにも拘わらず地震予知の問題が解決しないのは、地震学者の努力や能力が十分でなかったという側面はあるだろうにせよ、基本的には問題が極めて難しい厄介なものであるからと考えられる。また、かつて比較的近い将来に地震予知が実現するかのような言説がなされたのは、地震予知という問題の難しさに対する認識が十分でなかったためと言えるだろう。いずれにせよ、長期的視点で地震予知という問題を考えることが大変重要であるように思われる。

### 3. 経度問題

前節では、地震予知が世紀の難問として捉えられることを述べた。そのような世紀の難問である地震予知の特徴として、人間の生命・財産に直結する社会的な問題でもあるという点がある。そこで本節では、同じく人間の生命・財産と直結する世紀の難問であった経度問題について紹介し、地震予知を考える上での一助としたい。なお、本稿で述べる経度問題についての私の知識は、その多くないしはほとんどをデーヴァ・ソベル著「経度への挑戦 - 一秒にかけた四百年」（原題：Longitude）に依っていることをあらかじめお断りしておきたい。

#### 3.1 経度問題とは何か

経度問題とは、当該地点の経度、より正確には、ある基準となる地点からの経度差をどのようにして知るかという問題である。現代では、小型のGPS受信機が一台あれば誰でも簡単に自分がいる場所の経度を知ることができるが、大航海時代が始まって以降数百年にわたって、経度問題は船乗りのみならず、為政者や科学者、技術者を悩ます世紀の難問だった。

例えば、東京から北海道へ旅行すると、北極星の位置が高いことに驚かされる。六分儀といった専門的な道具がなくとも、分度器と鉛直を測る簡単な道具さえあれば、精度に多少問題があるにせよその地点の緯度を容易に知ることができる。あるいは、正確な太陽の運行表があれば、その南中高度から緯度を知ることできる。しかし一方、日本からアメリカへ旅した場合、時差に悩まされるとしても、一体どれだけの経度差があるのかを

知るのには難しい。もちろん、地図があればその地点の経度は分かる。あるいは日本時間に合わせた正確な時計があれば太陽の南中時刻などから割り出した現地の時刻と比較することにより経度差を知ることができる。しかし、島影一つ見えない大洋では地図は役に立たないし、この頃の時計というのは一日に何分もずれるのが普通であり、激しく揺れるしかも寒暖の差も大きい船の上で、正確に動く時計というのは望むべくもなかった。

船上で経度が分からなくなるというのは、自分の現在位置が分からなくなるということであり、それがために、船が暗礁に乗り上げてしまったり水草のある島に辿り着けなかったりという遭難が多発した。また、経度が分からなくても安全に航行できる大洋航路というのは限られてくるので、そこは海賊の狙うところとなった。

かくして、海上で正確な経度を知る方法というのはヨーロッパ各国において重大な社会問題となり、懸賞金までかけられる事態となった。中でも有名なのが、1714年に制定されたイギリスの経度法で、イギリス-西インド諸島間の航海において1度以内の誤差で経度を測定する方法を発見した者に1万ポンド、1/2度以内なら2万ポンドの賞金を与えるなどと定めた。2万ポンドというのは現在の価値に直すとおよそ数億円、国王の身代金に相当する額であったという。

#### 3.2 主な解決方法

経度問題は、基本的に二つの大きく異なる方法によって解決された。一つは正確な時計の製作である。ジョン・ハリソンという天才的な時計職人が、当時の常識を超越する正確さを持つ海上時計を作ることにより、まず本質的に経度問題の解決がなされた。ハリソンがH-1と呼ばれる最初の精巧な海上時計を作ったのが1735年、その後改良を加え彼が決定版として世に送り出したH-4が作られたのが1759年である。

二つ目の解決方法は月距法（lunar distance method）と呼ばれるもので、天体、特に月の運行を詳しく調べることにより、月と太陽の角距離などから正確な経度を知るといったものである。この方法の進展については次小節で詳述する。

それ以外の科学的方法としては、偏角など磁場の測定に依るものもあった。精度的には前二者に及ばなかったが、海上での安全航行が強い動機となって精力的に測定されたため、地磁気永年変化など豊富な観測データが残されている（例えば、小玉、1999）。

その他現代からみるとおかしな方法というのは山ほど提案されたようである。例えば、1kmおきに船を停泊させておき、定時になるとリレー式に大砲を鳴らして周囲に（例えばロンドンの）正確な時刻を知らせるといった類である。共感の粉と呼ばれる怪しげなものを用いる方法もあつ

た。犬を傷つけ包帯を巻き、その包帯を港に残す一方犬は船に乗せる。そして、例えば毎日イギリス時間の正午に包帯に共感の粉を振りかけると、それは魔法の粉であるので遠く離れた船上の犬が傷の痛みを感じてキャンと鳴き、それによって船上とイギリスとの時刻差が分かるという寸法である。このようなばかばかしく見える方法も広く用いられたようで、私がグリニッジ天文台を訪れた時にも H-1 や H-4 などと同じ部屋に犬がキャンと鳴く仕掛けが展示されていたし、船内に傷付いた犬が出てくる当時を舞台にした小説もある (エーコ, 1999)。

### 3.3 天文学的方法の進展の経緯

古来、日食や月食を正しく予測することは、天文学者の重要な役割だったが、そういった現象が観測できれば、その地点の経度が割り出せる。もちろん、日食や月食は滅多に起こらないが、その状況を劇的に変化させたのがガリレオ・ガリレイである。彼は、1610年ガリレオ衛星と呼ばれる木星の衛星を発見してひたすら観測し、年1000回も衛星の食が起こることを見出した。経度測定に道を拓いたとしてガリレオはオランダ政府から金鎖を送られている。17世紀半ば過ぎには木星の衛星の食の予測値を基に、測量技師らは地図を精度良く描き直すことに成功した。まずは、陸上の経度を正確に知ることができるようになったのである。ルイ14世は、敵ではなく天文学者に多くの領土を奪われたと嘆いたという。食の予測が正確になると、ちょっとした誤差にも目がいくようになる。ローエ・レーメルは、衛星の食が、木星と地球が近付いているときには予測よりも早く、遠ざかっているときには予測よりも遅く起こることに気付き、1676年に世界で初めて光の速さを算出した。しかし、木星が夜空に輝く期間は限られる上、揺れる船上から衛星の食を正確に観測することは困難だった。

一方、月は夜だけでなく昼間も観測できる。月の出は毎日50分ほどずつ遅くなるので、地球の裏側では約25分ずれる。経度差1度に対しては約8秒、角距離にしておよそ2分の違いであり、月の運行を精密に予測することができれば経度を割り出すことができる。しかし、月の軌道面は地球の赤道面に対し18.6年周期で変化するなど、月の運行の精確な予測は難題だった。こういった状況を受けて、フランスは1667年パリに、イギリスは1675年グリニッジにそれぞれ天文台を建設し、国家事業として天体観測を推進した。月距法の基盤となる天文学的データの蓄積が、より組織的かつ継続的に進むようになったのである。グリニッジの二代目の天文台長(1720~1742)がエドモンド・ハレーで、昼夜月を観測すると共に、古代からの記録の発掘にも務めた。その結果、月が地球の周囲を回る速さが時代と共に速くなっ

ていること、恒星がゆっくりと移動していること(固有運動)などを突き止めた。

17世紀後半にはアイザック・ニュートンが万有引力の法則を確立し、1750年代後半にはトビアス・マイヤーがレオンハルト・オイラーの協力も受けて、角距離1.5分以内の精度を持つ月の運行表を作成するに至る。1766年に「航海暦と天体暦」第一版が当時のグリニッジ天文台長ネビル・マスケリンの監修で出版され、月距法はほぼ完成した。その後、月の天体暦は1907年まで、航海暦は現在でも出版が続いているという。「航海暦」は当然のことながらグリニッジを経度の基準としており、世界中の船乗りがその「航海暦」を用いることにより、グリニッジを通る経線が本初子午線として採用されることとなった。

## 4. 地震予知の将来

将来を予測することは難しい。ニュートンでさえ経度問題に関して、「正確な時計を使うという方法がある。(中略)そのような時計はいままで作られたことがないし、これからも出現する可能性は低い」と書いた。ハリソンがH-1を作製するわずか20年ほど前のことである。しかし、たとえ難しくとも将来に思いを巡らすことは意味があるだろう。本節では地震予知の将来について考察する。

### 4.1 地震予知の問題設定

地震予知はできる、いや不可能だといった議論がよくなされる。しかし、そのような問題設定は全く適切でないように思われる。

地震予知という言葉を広い意味で用いた場合には長期予測も含む。まず、長期予測に関しては、我々は全くの無知でないことは明らかだろう。問題は、狭義の地震予知だが、もしも理想的な状況、つまり全ての物理的・化学的法則及びあらゆる物理的・化学的パラメータが分かっているならば、地震予知が実現できることもまた異論がないだろう。従って、この理想的な状況が実現できるか否か、実現できないならば何が原理的困難として立ちだかるのかを明らかにすることが地震予知の根本的問題と言える。なお、理想的な状況を目指すにあたって、現在の状況を基準にして難しいと言っても意味がない。100年前にはノートパソコンやGPSは想定し得なかった。例えば50年後には極微少のロボットが地中に潜って断層をモニタリングするなどといったことも起こるかも知れない。しかし、原理的に不可能なことは実現しないのである。

歴史を紐解くと、高次方程式の解の公式のように、不可能であると証明されていないものについては、長い年月のうちには解決がなされてきたものが多い。経度問題の場合には、非常に正確な時計や非常に正確な天体の運行表があれば解決で

きることは初期の頃より知られていた。つまり、原理的に可能ではあっても実用上不可能だったため、解決に長い時間がかかったのである。

まとめると、地震予知は可能か不可能かではなく、いったい原理的にどこまで可能なのか、そして原理的に可能である範囲について、それはどのようにしたら実現できるか、というように問題設定をすべきである。例えば、短期の天気予報はカオスのために2週間先までが限界であると聞く。このような限界を明らかにすることが本質的に重要である。

#### 4.2 予知研究の今後の展望

前小節で原理的にどこまで可能かを明らかにすることが地震予知の根本的な問題だと述べた。しかし、その問題に満足な解答が与えられるようになるのは、当分先のことになるだろう。本小節では、もっと現実的なレベルで地震予知の問題を考える。

予測とは一般に、適当な観測データに何らかの理論モデルを適用することによってなされる。釜石沖地震は、釜石沖での地震の繰り返しデータに地震は周期的に繰り返すという非常にシンプルな理論モデルを用いて、比較的精度の良い地震の発生予測を行えた幸運な例である (Matsuzawa, et al., 2002)。伊豆半島東方沖の群発地震の場合には、理論モデルはもう少し複雑になるもののマグマの移動という分かり易い物理現象が核となっており (Morita, et al., 2006)、これまた意味のある予測ができる例と言えるだろう。このようにそれなりの予測が行える例は、今後徐々に、そして後には飛躍的に増えていくように思われる。このような地震予知は、ある特定の地域の過去のデータを基に、当該地域のみにも有効な予測を経験的に行うものであり、私は観天望氣的地震予知と呼んでいる。CSEP (<http://www.cseptesting.org/>) などで行われている地震予測モデルのコンテストは、この観天望氣的地震予知を統計的に洗練された形で行おうとしているものと第一義的に理解できる。

この観天望氣的地震予知は有用ではあろうが、外れてしまうこともまた珍しくないだろう。例えば、20世紀前半以降、三宅島は約20年おきに中規模程度の噴火を繰り返していたが、2000年の噴火があのように大規模なものになることは予測できなかった。予測の精度を高めるには、もっと幅広いデータに基づいたより一般的な理論モデルが必要となる。

いわゆる決定論的な地震予知を行うためには、ひずみ、応力、温度などの地下のモニタリング、摩擦法則の確立、摩擦パラメタの決定の3つの要素が必要である。このうち地下のモニタリングは、飛躍的に解像度を上げてきた地上データからの推定も含め、着実に進歩していくだろう。ひずみ

や応力は、その絶対レベルの推定が長年にわたり課題だったが、2011年東北地方太平洋沖地震のような特殊なイベント(ほぼ全ての応力が解放されたと考えられる: Hasegawa et al., 2011; Yagi and Fukahata, 2011) で得られた値を水圧破砕法など従来の方法と組み合わせることにより、光が見えてくるかも知れない。

摩擦法則は実験室レベルではそれなりのものが確立されてきているが、それがどこまで自然地震に対して有効であるかは明らかでない。しかし、法則というのは一般性を持つので、ある特定の性質の良い地域を対象に、摩擦法則を検証ないしは新たに確立して、それを拡張するような形で一般の地域に適用するといった研究は、今後数十年のうちには大きく進歩するのではないかと考えられる。

地震予知を一般的に行う上で、おそらく最も難しい課題が摩擦パラメタの推定であろう。もちろん、地震を頻繁に起こす断層については、摩擦パラメタの推定と摩擦法則の確立が相俟ってなされるであろう。しかし、例えば南海トラフにおける海溝型大地震の繰り返し間隔は約100年であり、内陸の活断層についてはもっとずっと長い。摩擦パラメタがどこでも比較的一定の値をとるならば救われるが、そうである保証はないし、時間変化する可能性さえある。断層が動かずとも摩擦パラメタの値が推定できるのか私には分からないが、仮にそのようなことが可能であるとしても、相当先のことになるだろう。そういった意味で、たまにしか動かない断層が活動するのは貴重なデータ取得の機会であり、例えば2011年東北地方太平洋沖地震において、破壊過程でさえ研究者間の相違が大きくともに決まらないというような状況(例えば、深畑他, 2011)は改善していかなければならない。

なお、地震予知のような難問を解決するためには、前述の通り周辺領域まで含めた総合的な学問の進歩が必要である。地震は、地球の歴史から見ればほんの瞬きにも及ばないような短い時間の、また地球表層の変動から見てもその一部を担う現象に過ぎない。地球の営み全体の中に地震を位置付けると共に、伝統的な地震学・地球物理学だけでなく、地質学や計算機科学さらには他の領域も含めた幅広い学問分野の進展もまた図っていく必要がある。

#### 5. 結び

地震予知は今後、部分的な成功と数多くの失敗を繰り返すことだろう。しかし、失敗をしたとしても過度に悲観する必要はない。そもそも地震予知は、どのような解があるかさえ分かっていない世紀の難問なのである。しかし、問題が難しいからといって地震学者が手をこまねいて良いということには全くならない。現代の地震学者のすべ

きことは、地震予知をすぐに実現することではなく、その実現に向かって観測データを着実に積み上げ、理論を少しずつではあっても進歩させていくことである。地震予知の問題に真剣に取り組むことにより、思いもよらない科学上の成果も数多く生み出されることだろう。地震国日本が中心となって地震予知の研究を進歩させていくことは、同様の問題に悩まされる各国の人々から深く感謝、尊敬される行為であり、比類のない国際貢献と言える。各国の利害や駆け引きにより決まることの多かった本初子午線が、現在グリニッジを通るように引かれていることは、そのことを何よりも雄弁に物語っているように思える。

#### 謝辞

柳澤孝寿氏からは有用な情報を頂き感謝します。福島洋氏、飯尾能久氏ら防災研の方々との議論も有益でした。

#### 参考文献

- ウンベルト・エーコ (藤村昌昭訳), 1999, 前日島, 文藝春秋, 541pp.
- 深畑幸俊・八木勇治・三井雄太, 2011, 2011年東北地方太平洋沖地震による絶対弾性歪みの解放: 遠地実体波インバージョン解析と動的摩擦弱化, 地質学雑誌, 投稿中
- 藤原正彦, 2002, 天才の栄光と挫折-数学者列伝, 新潮選書, 253pp.
- Hasegawa, A., K. Yoshida, and T. Okada, 2011, Nearly complete stress drop in the 2011  $M_w$  9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth Planets Space*, **63**, 703-707.
- 小玉一人, 1999, 古地磁気学, 東京大学出版会, 248pp.
- Matsuzawa T., T. Igarashi, and A. Hasegawa, 2002, Characteristic small-earthquake sequence off Sanriku, northeastern Honshu, Japan, *Geophys. Res. Lett.*, **29**, doi:10.1029/2001GL014632.
- Morita, Y., S. Nakao, and Y. Hayashi, 2006, A quantitative approach to the dike intrusion process inferred from a joint analysis of geodetic and seismological data for the 1998 earthquake swarm off the east coast of Izu Peninsula, central Japan, *J. Geophys. Res.*, **111**, doi:10.1029/2005JB003860.
- デーヴァ・ソベル (藤井留美訳), 1997, 経度への挑戦—一秒にかけた四百年, 翔泳社, 205pp.
- 泊次郎, 2008, 明治初期の地震予知研究-ミルンと関谷清景, 日本地震学会 2008年度秋季大会講演要旨, 44.
- Yagi, Y. and Y. Fukahata, 2011, Rupture process of the 2011 Tohoku-oki earthquake and absolute elastic strain release, *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L19307, doi:10.1029/2011GL048701.

# 北海道における地震津波防災に対する取り組みと今後の課題

北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター  
高橋浩晃・定池祐季・谷岡勇市郎

北大地震火山センターが関係している北海道における地震津波防災への取り組みについて紹介する。札幌管区気象台・国土地理院北海道地方測量部・北総研地質研究所・北大地震火山センターにより毎月開催されている地震活動検討会の概要を説明する。北海道庁では迫り来る500年間隔巨大津波に対する防災強化を打ち出し現在浸水予測図の見直し作業中であるが、想定を実際の減災行動にどのように生かすかが大きな課題である。火山災害で培われてきた事例を踏まえつつ、科学的な情報を実効的な減災に結びつけるため社会科学の知見を取り入れる活動を始めたことを紹介する。最後に、地震学会がその成果を社会に生かすために、社会との関わりをより強く志向するための道程について考察し、一試案を紹介する。

## 1. はじめに

北海道は過去に幾度も地震津波や火山噴火による災害を被ってきた。このため、これらの災害に対する行政や住民の意識は非常に高い。このような背景もあり、北海道庁では以前から防災会議を通じて積極的に防災に対する施策を実施してきた。たとえば、1968年十勝沖地震では道内において特に地盤災害が顕著であったために防災会議が「北海道における特異地盤に対する地震緊急対策に関する研究」を実施し報告書を取りまとめている。火山噴火災害対策の基本として防災会議は「北海道における火山に関する研究報告書」を発行し、道内の活動的な火山における火山地質・噴火史・活動の現況などのデータを網羅的にとりまとめた。北海道大学では、このような道庁の施策に対し当時から専門家として積極的に協力を行ってきている。これらの報告書が発行されたのは今を遡ること20-40年前にもなるが、現在でも充分通じるような科学的知見がふんだんに盛り込まれていることに驚きを禁じ得ない。このように、北海道庁が独自の政策的予算により地震火山防災に対して特にソフト面の先進的な取り組みを行ってきていることは高く評価できる。しかし一方で、1995年の阪神淡路大震災以降の国主導による防災施策の強化が地域の防災力を低下させているという指摘もある。

地震津波災害は確実に今後も北海道で起こる。地震学界では、学術講演会や国内外の雑誌などに日々新しい学術的成果が発表され続けている。政府等が政策的に実施する各種調査研究からも新たなデータが次々と得られている。筆者らは、地震津波に関する最新の学術的知見を収集し北海道の地震津波防災に活用していくことは、北海道大学理学研究院附属地震火山研究観測センター（以下北大センター）に籍を置く研究者の教育や研究観測業務に並ぶ責務であり、その役割を社会から付託されている組織であると考えている。本論では、北大センターがこれまで行ってきた地震津波防災に関する活動と今後の方向性について報告する。特に、近い将来発生が予想されている「500年間隔巨大津波」にどう対応していくのか、まだ確固たる道筋はないもののそれに対する

取り組みについて報告したい。

## 2. 月例北海道地震活動検討会

現在の地震活動や地殻活動データについて随時検討を行うことは、防災のみならず学術の面からも最も基本的かつ重要な作業である。しかし、これらの検討作業自体は学術の成果になりにくい。学会のような学術の場では行えない。一方、地震調査委員会や地震予知連絡会は全国を検討対象としているため、詳細かつ腹を割ってざっくりと本音で意見交換を行うことは実質上困難である。

北海道大学と札幌管区気象台では、全国に先駆けて機関間の地震波形データリアルタイム交換を1996年10月から開始した。これを機に、道内の地震関係の機関が定期的に集まり地震や地殻変動データの検討やそれらに関する情報交換を行う会が設けられた。この会は「月例地震活動検討会」と命名され、1996年から現在まで16年間ほぼ毎月開催されている。参加機関は震源決定を含め道内の地震津波監視業務を行う札幌管区気象台、地殻変動監視を行う国土地理院北海道地方測量部、北大センターである。その後、道内の活断層調査研究を進めている北海道立総合研究機構地質研究所も加わり、地震活動・地殻変動・活断層など北海道の地震に関する総合的な検討ができる体制となった。重要なのは、この会がボランティアベースで運営されており、関係者なら誰でも参加できる点にある。

札幌管区気象台では、定型フォーマットに従って前月の地域別および深さ別の地震回数積算、震源分布、時空間分布、メカニズム解、震度分布、活動度変化などの説明を行う。注目すべき地震があった場合には、その地震のメカニズムや過去の地震活動、余震の推移、観測点限定や観測点補正などを施した震源再決定結果、波形の特徴などについても報告を行う。国土地理院北海道地方測量部では、GPS観測による1ヶ月、1年、および数年から十数年にわたる北海道の水平上下地殻変動、各観測点の座標時系列データについて説明を行う。特に注目すべき地震があった場合にはそれによる地殻変動についても報告されることがあ



る。北大センターでは、注目すべき地震があった場合には臨時観測点を入れた震源決定の結果やその地学的背景などを報告するとともに、学会や論文で発表された研究の紹介や、地震調査委員会や地震予知連絡会で話題になったトピックスの紹介なども行う。また、新たな観測点設置の場所の検討など実務的な作業も行っている。

これらの資料の説明のあと、ざっくばらんに腹を割って意見交換を行う。地殻活動を検討するには、少なくとも過去数100年以上の地震活動履歴や地殻変動データを既知情報として把握している必要がある。これらのいわゆる「勉強」をひとつの機関で継続的に行うことは意外と困難である。しかし、道内の関係者が一同に会して上記のような情報を交換していくなかで、自然と知識が身につくとともに関係者間でそれらに対する共通認識が得られる、いわば勉強会的な側面も持つ。実際の参加者構成であるが、気象台では地震情報官や地震火山課長などの管理職から波形処理を行う現業職員までが参加し、北大センターからは技術職員や博士研究員も参加している。実際の波形観測を行い、それについての誤差や観測状況を誰よりも良く知っているメンバーが参加することはデータの検討を行う上で欠かせない条件であるが、それを満たすような会は意外と少ない。

この会を通じて、各機関の関係者が腹を割って話せる「顔の見える」関係になっていることを特に強調したい。これは、いざというときの連携に非常に効果的である。たとえば東北地方太平洋沖地震や内陸で発生した被害地震の際には連携して効率的に津波などの現地調査を行なうことができた。余談だが、毎年秋には機関対抗野球大会も開催されている。この会で得られた共通認識や共有情報は、後述する北海道防災会議等の地域防災行政の場においても有効に活用されている。このような「顔の見える関係」の構築は後ほど紹介する「減災のテトラヘドロン」を考える上でひとつの重要なポイントとなる。

この会の根底に流れている理念は、機関の垣根を超えて北海道に現在あるデータや情報を最大限に利用する、という考えである。従前、北海道では、たとえば地震観測点の密度にしても、また、関連するスタッフ数においても、本州以南の地域と比べて、対象とする面積の広さにもかかわらず絶対的かつ相対的に少ないと言わざるを得ない。このため、ひとつの機関だけで監視・観測・研究を一元的に行うことは困難であり、特に地震火山の分野では関係する機関が協力しながら相補的に役割を分担してきた歴史的経緯がある。

もちろん、このような活動の目的は道内の地震火山防災に資することであることは言わずもがなである。月例北海道地震活動検討会は、北海道の地殻活動を常時監視し、何か異常があれば現在持ち合わせているあらゆる知見を持ってそれを検討することで、防災に対する何らかのヒントを得ることがその最大の目標である。

### 3. 北海道防災会議地震専門委員会の最近の活動

各都道府県には法令により防災会議が設置されているが、北海道防災会議地震専門委員会の最近の活動を紹介する。東日本大震災を受け、専門委員会では平成23年6月1日に北海道太平洋側の津波浸水予測図の見直しを行うことを決め、ワーキンググループ(WG)を設置し2012年3月の公表に向けた作業を開始した。これは、北海道庁が国の指示を受ける前に独自の政策予算での実施を判断したものであり、その対応の迅速さにおいて大きく評価できる。

見直しを行う直接的なきっかけは東日本大震災での津波被害の甚大さであるが、その根底にあるのは後ほど紹介する「500年間隔巨大津波」の存在である。北海道は、津波想定にとって最も重要かつ決定的な情報である津波堆積物の調査が日本で最も進んでいる地域であるが、それがこの数年で更に進展してきたこともある。このWGは地震・津波のほか津波堆積物、地質、耐震建築の専門家も参加しており、多方面からの知見を総動員して見直し作業を進めている。

想定作業に掛かる津波シミュレーションを行うにあたりもっとも重要視していることは「津波堆積物」という物証(事実)をきちんと説明することである。断層モデルの設定はスケール則に照らし合わせて著しく問題ない程度しか考慮していない。武村(2011)が指摘するような「厳格なまでの震源へのこだわり」はない。想定で最もキーとなる津波堆積物に関しては、WGのメンバーでもある平川一臣北大特任教授が全力を挙げて全道で精力的に調査を続行しており、その結果をリアルタイムに取り込んで津波波源や浸水域の想定作業を行っている。このデータはもちろんまだ学会でも発表されていないが、WGで現地視察会を実施するなどできるだけ複数の研究者による相互確認を行えるよう配慮しつつ、シミュレーションによる波高や浸水域の結果とイタレーションを行ってその信頼性の確保に努めている。津波堆積物はすべての地点において残されるものではなく、また、堆積物はあくまで浸水高の最小値である。これらの点も考慮して、シミュレーション結果や津波堆積物、過去の津波で実際に記録された波高分布など、現在入手できるすべてのデータを照らし合わせながら想定作業を進めている。

予察的な結果では、いままでの津波浸水予測は過小評価である可能性が極めて高いことが明らかになりつつあり、3月の発表に向け想定を取りまとめを可級の速やかに行っているところである。

### 4. 500年間隔巨大津波と浸水域想定

北海道太平洋沿岸の海岸段丘上において、北海道大学大学院地球環境科学研究科(当時)の平川一臣教授が巨大津波によるものと考えられる堆積物を発見し学会で発表したのは1998年であった。15mを超える波高にはじめは驚いたが、その意味するところを実感することになったのは2004年スマトラ地震津波である。そして、東日

本大震災により、それはより現実的なものとして北海道に住む我々に突きつけられた。

津波堆積物の地道ではあるが着実な調査が続けられた結果、この巨大津波が過去 6500 年に 15 回繰り返し発生しその間隔は 300-500 年であること、テフラによる年代同定から前回のイベントが約 400 年前であること等が次々と明らかにされた（たとえば、平川・他、2000）。衝撃的だったのは、現在は前回のイベントから既に 400 年が経過しており、次の巨大津波はいつ起こってもおかしくない状況にあるという事実である。

これを受けて、中央防災会議の専門調査会では津波高さの推計を行い、北海道庁も津波浸水予測図を作成した（中央防災会議、2006、北海道庁、2007）。しかし、東日本大震災発生前の段階でこれらの想定が市町村レベルでの防災計画に充分生かされてきたとは言いがたい。これは、巨大津波に対して正直なところ現実味がなかったことも大きな要因であろう。しかし東日本大震災を目の当たりにして意識は大きく変わった。

中央防災会議や北海道庁が策定した津波高さや浸水域の想定は約 10 年前のデータでなされていた。一方、近年の精力的な調査によって、これまでの想定浸水範囲よりもより内陸で浸水を示す堆積物が続々と確認されてきている。このため、北海道庁は防災会議地震専門委員会を通じて浸水想定の見直しを始めることとした。想定結果は北海道庁より 2012 年 3 月中に公表される。

しかし、最も重要なのは、なされた想定を市町村レベルの地域行政、そして実際に被害を受ける住民の防災へどう生かすかという点である。北大センターでは、これまでも震源モデルの設定とそれによる津波シミュレーションまでは各種委員会を通じて地震学という専門的見地から関わることはあった。しかし、それが社会（行政・住民）へどのように伝えられ利用されているかという点にはほとんど関心を払ってこなかった。

しかし、それは地震学の成果が社会で適切に生かされているのか確認することを怠ってきたことを意味するのかもしれない（石橋、2011）。たとえば、地震の専門家は、想定はあくまである場合を「想定」したものであり、過大評価や過小評価があり、実際には完全にパラメータ化できない不確実性（想定断層モデルや海底地形モデルの不確実性）があることは当然であると考えている。つまり、科学には限界があることを自然と自認している。

しかし、社会は提示された想定を唯一無二の絶対的なものであるように受け止めることが多い。科学者は、科学の限界やわかっていないことをきちんと説明することが必要であるし、それは地震学者でしかできないことである。もちろん、それらをどのように受け入れるかを判断するのは社会である。そして、科学者はその判断はできないし、するべきでないことも、きちんと社会へ伝えるべきである。

我々は、科学や科学者の限界、その不確定さをきちんと社会に説明してこなかった。これを反省

し、どのようにすれば上記のことを社会にきちんと伝えることができるのか、また、それを知って頂いたうえで科学の知見が社会で生かされるためには何が求められるのかを検討する必要があると考えた。北大センターでは、これらの課題に対応するため、理学的な科学的成果に人文社会科学的な知見を加えた上で地域防災に生かす手法を模索することを目指し地域防災情報支援室を設置することとした。

## 5. 地域防災情報支援室と減災のテトラヘドロン

北大センターでは、2006 年度に地震火山地域防災情報支援室（以下支援室）を発足させ、2009 年度より総長裁量経費による流動定員 1 名が措置されている。支援室の業務は、資料の整理や広報活動もさることながら、理学・工学・情報学・社会学などを融合した防災情報学分野の開拓を模索することである。北大センターでは、支援室を中心に地震津波災害の軽減に向けた市町村等との相互協力協定をはじめとする普及啓発活動や学校教育・生涯学習、人材育成を積極的に実施している。北海道は面積が広く、自然・社会環境も地域によって大きく異なることから、その場所にあわせた防災活動が必要となる。支援室では、このような地域性を考慮した防災広報や教育プログラムの開発も行っている。

支援室の喫緊の課題は「500 年間隔巨大津波」の事実を、浸水予測図や防災計画とともにどのように社会に知らせればよいか、また、どのようにすれば住民の実際の避難行動につなげることができるのかを検討することである。先に述べたように、津波浸水予測の想定は進みつつある。しかし、いくら浸水予測図や防災計画があっても、住民自身が避難行動をとらない限り津波災害の軽減は達成し得ない。

岡田・宇井（1997）は火山災害の軽減のために必要な社会的なしくみを提唱している。この中で、科学者は以下のように定義されている。「自然の一番の理解者である。（中略）難解で厳密な理学の述語や論理を駆使して、限度のない知的欲求を追い求める。（中略）しかし、科学者は自分が理解し論文に仕上げると、次の仕事に没頭し、とすれば象牙の塔にこもりがちである」。これは科学者の特性を良く言い当てていると感じる。一方、減災を勝ち取るためには、科学者の社会的な活動が必要不可欠としている。岡田・宇井（1997）は災害当事者である住民を支えるしくみとして、行政・マスメディア・科学者からなる減災のテトラヘドロン（正四面体）構造を提案している。現象を最も理解しているはずの科学者、防災施策の行動力をもつ行政、そして啓発と情報発信を受け持つマスメディアという役割分担と、その共同作業により具体的な減災が達成される可能性が出てくるとした。一方、これらが有機的に連携しない限り、減災は絵に描いた餅に終わるとしている。そして、それをうまく機能させるためにはこの三者が平常時から情報交換等を行うことによって「顔の見える関係」を構築しておくことが条件と

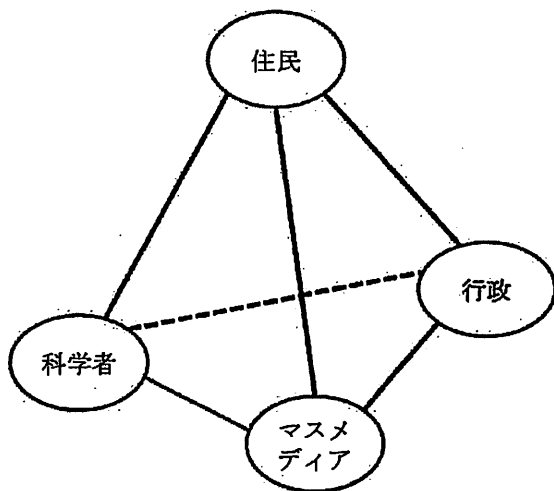


図 減災のテトラヘドロン（正四面体）構造（岡田・宇井，1997）。災害当事者の住民を行政・マスメディア・科学者が支える。四者間は平常時から顔の見える関係になっている必要があり，全体の機能を常に考えておくことが減災達成の基礎である。

なるとした。これらの三者は時には利害が背反するものの、平常時から顔を合わせて相互の特性を理解しておくことでお互いの無理解に起因する無用な雑音（風評）がかなり解消される可能性を指摘している。ここで注意しなければならないことは、テトラヘドロン構造はそれぞれのパーツ同士が必然的に関係を作っていく中で自然とそれが成し遂げられるべきであり、始めからそれ自体を目標とすることでは効果がない点である。つまり、住民を含めた四者が必然的にそれぞれの関係を構築していく中で、自然とテトラヘドロン構造が形成されていく、という道筋でなければならない。また、これが真に機能するためには、それぞれの関係には緊張感も必要であることも自明である。そして、何よりも自然に学ぶという態度を忘れてはいけない。

支援室では、これらの考えを参考に住民・行政（北海道庁や市町村）・マスメディアそして研究者が普段から良い関係を作れることを目指して活動を行っている。そして、少しずつ「顔の見える関係」が作られつつある。今後は、その関係を活用し 500 年間隔巨大津波に具体的にどう対応していけばよいか、協同的実践による地域防災力の向上を目指し引き続き努力していきたい。防災は一日にしてならず、である。しかし、最近よく見られるような頻繁な担当者の異動などにより、せっかく構築されたテトラヘドロン構造もいとも簡単に崩壊してしまう。このような現実にもどのように対処するのかも大きな課題である。

以上のように、支援室では理学的アウトプットである「不確定さを含んだ」津波現象そのものの特性をきちんと理解したうえで、「正常化の偏見」（廣井，1997）のような社会心理学的特性や社会科学の知見を加え、どのようにすれば実のある

減災が達成できるのかを目指した事例研究を展開しつつ、それを同時に地域防災にインプリントしてゆく方法について模索を行っている。廣井（1997）は、アカデミックな意味で適切だということと、防災の意味で適切だということとは決して同じではないとした。そして、住民にアカデミックな情報をそのまま提供しても、それを十分理解してくれるとは限らないとした。支援室ではこのような点も考慮しながら、知識と情報の伝達方法についても検討を行っている。

津波被害は太平洋沿岸全域から津軽海峡までの広い領域に及ぶことが予想される。しかし、このような広域的な減災問題にどのように取り組めばよいのか明快な手法は確立していない。今後、いかにしてこの難題を乗り越えていけるかが北海道の津波減災の実のある物とするために必要であると考えている。

ここでひとつ提案がある。東日本大震災でも明らかになったが、被災すると必ず復興計画が必要になる。これまでの地域防災計画は災害対応までを含んでいるものが主流であり、復興までのフェーズを念頭に置いたものが少なかった。しかし、津波浸水予測図などを作り避難がうまくいったとしても、その後に必ず待ち受けるのは復旧・復興である。このため、今後の防災計画には、災害発生前の平常時から復興までの長期的な時間軸を見据えた計画を策定することを提案したい。

## 6. 地震関連研究の多様性を理解し評価しあえる環境を

特別シンポジウムの開催趣旨には「特に災害科学という側面において（中略）社会に果たしてきた貢献が甚だ不十分であったと言わざるを得ません」とあり「どのように社会と関わっていけば良いのでしょうか」と問題設定がされている。長谷川（2011）にあるように、地震学は地震による悲惨な災害を軽減・防止することを目指して進められてきたはずである。そこには、泉谷・他（2011）にあるように「地震や津波で人が死ぬ現実」があり、地震学は今回の震災を始め地震により亡くなった方々の上に成り立っている面があることは否定できない。

しかし、現在の学会で「災害科学」としての地震関連研究を積極的に行うのはかなり困難ではないか。ある分野の健全な運営には、多様性の担保が本質的に重要である。川勝・他（2011）にあるように、現在の地震学会は理学的な部分が占める割合がかなり大きい。理学というくくりで見れば、地震学会の構成は多様性についてある程度考慮されてきたと考えられなくもない。しかし、地震関連研究と言うもうひとつ大きなカテゴリーでみた場合には、その会員構成が多様性を持っているとは言えないであろう。

学会がいままでのように理学重視のままであるのもひとつの選択肢である。しかし、もし学会が広く社会一般が理解している「地震学」というものをその範疇とすることを標榜するならば、一般社会の理解においては日本では地震学が災害

科学であることをきちんと自己認識することが必要である。一般社会が地震学会に期待している最大のものは地震災害の軽減のための研究であるし、学会は当然それに関する研究活動を主に行っていると考えている。特別シンポジウムでは、研究者の一部が用いる「地震予知」という言葉が社会の理解から乖離していることが指摘されたが(井出, 2011), 「地震学会」についても同様な状況にあるのかもしれない。確かに、地震学会はこれまでも地震現象の理解というアプローチで地震災害の軽減に大きく貢献してきた。しかし、一般社会の学会に対する期待に応えるためには、更に一步踏み出す必要があるのではないか。

地震学会にとって地震現象の解明を目指す理学的な研究が重要であることは自明である。しかし、学会が社会との関わりをより志向するならば、理学地震学の成果を利活用する周辺分野の研究や活動に対しても理学同様の理解をもって評価できるシステムをもつことが必要ではないのか。そうすれば、理学に興味がある会員は今にも増して研究活動を進めることができ、理学以外の分野を得意とする方々もより地震学会に関心を示すようになるのではないだろうか。そして、それらの相互作用により、理学の成果がより社会で役立てられる道筋が見えてくるかもしれない。

研究者が研究を行う目的は、自己が現象を理解し査読というシステムを通して論文として評価されることにある。地震学会が社会との関わりを志向するならば、社会と関わる活動をきちんと評価するシステム作りが必要であろう。地震学会の発行する雑誌「地震」は、主に自然科学的なオリジナリティを基準に審査が行われている。学会が社会との関わりまでその範疇を広げるのならば、これに加えてその周辺領域をもきちんと扱い評価できるような何らかのシステムが必要であろう。たとえば、火山関連研究では火山や噴火が地域社会に与えるインパクトを主な対象とした Journal of Applied Volcanology が Springer 社から刊行された。これも、ひとつの参考になるかもしれない。そして最も重要なのは、社会に関する活動をも地震学会の重要な活動として理解し評価できる人材を育成することである。

北海道大学では理学研究院自然史科学専攻に科学コミュニケーションという講座がある。この講座のホームページによると、これからの理学(科学)は、社会とのコミュニケーションを通じて科学研究の成果を多くの人々に理解してもらい、研究の意義や目的についても理解を深めてもらうことと同時に、研究者も人々が科学の研究や科学者に何を期待しているのかを理解することが必要であるとしている(北海道大学大学院理学研究院自然史科学専攻科学コミュニケーション講座 HP, 2012)。この北海道大学の事例は、地震学会が社会との関わりをより強く志向することが時代の必然であることを暗示しているのかもしれない。

謝辞 笠原稔氏, 大島弘光氏には北海道の地震火

山防災の歴史と経緯について御教授頂いた。

#### 参考文献

- 中央防災会議, 2006, 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門委員会報告書。  
長谷川昭, 2011, 地震学研究者・地震学コミュニティの社会的役割—行政との関わりについて, 特別シンポジウム「地震学の今を問う」講演予稿集, 日本地震学会。  
平川一臣・中村有吾・越後智雄, 2000, 十勝地方太平洋沿岸地域の巨大古津波, 月刊地球, 号外 31, 1-7。  
廣井脩, 1997, 火山情報の伝達と避難行動, 火山噴火と災害, 東京大学出版会, 219pp。  
北海道大学大学院理学研究院自然史科学専攻科学コミュニケーション講座, <http://sc.sci.hokudai.ac.jp/>, 2012/1/15 参照。  
北海道防災会議, 1968-1971, 北海道における特異地盤に対する地震緊急対策に関する研究。  
北海道防災会議, 1971-1993, 北海道における火山に関する研究報告書。  
北海道庁, 2007, 津波浸水予測図。  
井出哲, 2011, アスベリティ, 連動型, そして地震予知, 特別シンポジウム「地震学の今を問う」講演予稿集, 日本地震学会。  
石橋克彦, 2011, 「地震学会は国の施策とどう関わるのか—地震学研究者・コミュニティの社会的役割とはなにか—」についてのコメント, 特別シンポジウム「地震学の今を問う」講演予稿集, 日本地震学会。  
泉谷添男・武村雅之・西村裕一, 2011, 地震学会と地震・津波防災—「防災」のために何が足りなかったのか, 「防災」と如何に向き合うべきか—, 特別シンポジウム「地震学の今を問う」講演予稿集, 日本地震学会。  
川勝均・鷲谷威・橋本学, 2011, 地震学会は国の施策とどう関わるのか—地震学研究者・コミュニティの社会的役割とは何か—, 特別シンポジウム「地震学の今を問う」講演予稿集, 日本地震学会。  
岡田弘・宇井忠英, 1997, 噴火予知と防災・減災, 火山噴火と災害, 東京大学出版会, 219pp。  
武村雅之, 2011, GPSの観測結果と歴史資料—東日本大震災でなぜ役立たなかったか?—, 日本地震学会 2011年講演予稿集, 105。

# 学術学協会および学術学協会会員の社会貢献と研究とのあり方 —学術学協会と教育，教育研究との関係を例として—

桜美林大学自然科学系 根本泰雄

本論の目的は、公益社団法人日本地震学会および本学会の会員が、自治体や国等の施策とどの様に、どの程度かかわるべきかを論じる前段階として、本学会が範疇とする研究分野が何であるのかを明確にする必要があると明示することである。あわせて、地震教育、地震防災・減災教育の研究に焦点をあて、他の学術学協会の動きを概観することを通して、後進となる研究者、教育者を育て、地震科学コミュニティを成長させるためにも、地震に関係する全研究分野が本学会の範疇であると認定することが必要であることを示す。

## 1. はじめに

大学、大学院（附置研究所や短期大学、高等専門学校等の準学士課程等も含む）、国立や独立行政法人である研究所に属する研究者（以降、研究者と略記する）、および初等・中等教育機関（小・中・高等学校等）に属する教育者（以降、教育者と略記する）は、自身が所属する学術学協会の会員として、どのような形でどの程度、自治体や国の施策への関わりも含め社会貢献活動をする必要があるのか。このことは21世紀となった今、各研究者、各教育者、各学術学協会へ突きつけられている喫緊の課題の一つである〔例えば、閣議決定(2006)〕。例えば、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の発生、本地震によって引き起こされた東日本大震災を受け、公益社団法人日本地震学会（以降、地震学会と略記する）、および地震学会の会員である研究者および教育者は、地震災害の軽減のために社会とどの様に関わりを持つべきであるのか、平成7年(1995)年兵庫県南部地震の発生、本地震によって引き起こされた阪神・淡路大震災以降の取り組みを省みて、さらに新たな道を模索する必要性が生じている〔日本地震学会(2011)〕。

この、新たな道を模索するため、教育を含む自治体や国の施策にどの様に関わるべきかを考えるためには、研究に取り組んでいる立場や分野が社会貢献活動を必要としているか否か、を明らかにする必要がある。なぜならば、各研究者の研究内容が社会と接点を持ち得ず、あくまでその研究者の知的興味・関心でその研究者の私財によって研究されている場合と、研究内容が社会と接点を持つ場合と、研究が公費にて研究されている場合とで、社会貢献の仕方が異なると考えられるからである。研究内容を地震と関係する分野に限定し、学術学協会を地震学会に限定して考える。すると、教育を含む自治体や国の施策との関わりを含め、社会貢献活動の必要性を論じる前に、地震学会会員の、本学会会員としての研究分野が、地震学会が取り扱うべき研究内容に即しているかどうか、すなわち、地震学会が地震学を含むと

考える研究分野は何かを明確にする必要がある、ということが出来る。なぜならば、地震学会が研究分野と認定しない分野にて地震学会の会員である各研究者、各教育者が国等の施策に関わることは、各個人の裁量に任される部分であり、地震学会としての見解とは無関係であるからである。

地震学会会員が地震学会会員として取り扱う研究分野には何があるのだろうか。片尾(1997)は、地震学会の会員が本学会会員として取り扱っている研究内容をマンガとしてまとめている。このマンガからは、地震学会の会員が研究対象とする分野が多様であると読みとれる。しかしながら、片尾(1997)のマンガからは、記されている研究分野の研究結果・成果を、どのように社会へ還元することが必要であるかを読みとることは難しい<sup>(注1)</sup>。一方、地震学会の定款には、「地震学に関する学理及びその応用についての研究発表、知識の交換、及び内外の関連学会との連携を行うことにより、地震学の進歩・普及を図り」〔日本地震学会(2010)〕と記されており、地震と関連するあらゆる学理についての研究を含むと解釈できる文言「その応用について」や、社会貢献活動を行う必要性があると解釈できる文言「地震学の進歩・普及を図り」が記されている。それでは、片尾(1997)のマンガに記されていない社会貢献活動のあり方等に関する研究は、地震学会の会員が地震学会の会員として行うべき研究内容となり得るのであるだろうか。

著者は2003年に、共著者も含め著者が全て地震学会会員である地震教育に関わる研究論文を地震学会学会誌「地震 第2輯」へ資料論文として投稿した経験を有す。この論文は査読を受けることもなく掲載拒否となった。当時の「地震」編集委員会から示された掲載拒否（査読拒否）の理由は2点あり、1点目は“pureな地震学の内容では無い。地震学や地球惑星科学の学術論文誌へ地震教育に関する研究論文は相応しくなく、前例も知らない。”ということであった。相応しくないと考える理由に関する説明は皆無であった。ちなみに、2点目の理由は、査読意見として改善可能

である内容であったこと、および本論の趣旨とは無関係な内容であることから、ここでは触れない。

ところが、掲載拒否となった直後の2003年にSSA(Seismological Society of America)が発行しているSeismological Research Letters(SRL)にて地震教育の研究に関する特集が組まれ[SSA(2003)],本特集には日本人著者による日本での地震教育に関する研究論文も掲載されていた[Yokoi and Suetsugu(2003)]. すなわち、世界の流れは、地震教育に関する研究など、各分野の研究者・教育者が社会貢献活動に関する研究も行い、学術論文としても公表する方向で進んでいるといえる。

日本国内に目を転じて、(社)日本地質学会や日本第四紀学会などが、それぞれ「地質学雑誌」誌、「第四紀研究」誌などにて地球科学教育に関する研究の特集を組む[日本地質学会(2008)][日本第四紀学会(2011)]などを含め、地球科学教育に関する研究論文が少数ではあるものの、数十年前から国内の学術論文誌に掲載されてきている[例えば、粉川(1967);府川・他(1985);岩松(1991)].

そこで本論では、地震学会および本学会会員が社会貢献活動をどの様に、どの程度行うべきかという議論を始める前に、地震学会および本学会会員として各会員が地震学として取り扱うべき研究範囲を明確にする必要があると示すことを目的とする。また、社会貢献活動のうち地震教育の研究に焦点をあて、地震学会および本学会会員が、地震教育の研究へも多くの会員が興味・関心を持つ必要があり、地震教育の研究へ取り組む会員が増加する必要があると示すことも目標とする。

## 2. 地震学会以外の学術学協会の取り組み

地震学会も加盟している公益社団法人日本地球惑星科学連合(以降、JpGUと略記する)の定款には、JpGUの目的として「社会への情報発信、関連分野の研究発表及び情報交換を行い、学術及び科学技術の振興等に寄与する」と記されており、事業として「(2)地球惑星科学に関わる研究成果の刊行及び教育普及」と記されている[JpGU(2011)]. すなわち、振興等に寄与するため教育普及を行うことを社会貢献活動の一つとして明確に示し、教育普及はJpGUが行う活動の柱の一つとして記されている。残念ながら、JpGUには2012年1月時点で自前の学術論文誌が無いため、地球惑星科学教育に関する研究論文を学術論文誌に掲載を認めるか否かは定かではないが、先述した様に、例えば、(社)日本地質学会や日本第四紀学会など、JpGUに加盟している他の地球惑星科学系のいくつかの学術学協会では、各学術学協会から出版されている学術論文誌に当該分野の教育に関する研究論文が掲載され、時に特集も組まれていることを考えると、JpGUも同様の方向に向かう可能性は高いといえる。

目を地球惑星科学から転じ、理数系学会教育問

題連絡会に加盟している学術学協会の現状を、いくつかの学術学協会を例として眺めてみる。なお、理数系学会教育問題連絡会(設立当初の名称は、数物系学会教育問題連絡会)とは、1998年から活動を開始し[浪川(1998)],地震学会が加盟しているJpGUもメンバーとなっており、表1に示した学術学協会から構成されている。活動内容は、初等・中等教育(小・中・高等学校等での教育)における「算数科」、「数学科」、「理科」、「技術・家庭科」、「情報科」の課題・問題を共有し、文部科学省等への意見や提言を共同して作成し提出すること、および後期中等教育段階(高等学校等)と大学との連携に関わる理数系教科・科目の課題・問題を共有し、文部科学省等への意見や提言を共同して作成し提出することである。

表1 理数系学会教育問題連絡会を構成する学術学協会(順不同)

(社)日本数学会	日本数学教育学会
日本応用数理学会	(社)日本物理学会
(公社)応用物理学会	日本物理教育学会
(公社)日本化学会	日本化学会 教育・普及部門 (旧 日本化学会化学教育協議会)
(社)日本植物学会	(社)日本動物学会
生物科学学会連合	日本生物教育学会
日本進化学会	(社)日本生化学会
(公社)日本地球惑星科学連合	
日本統計学会	(社)情報処理学会

表中の(社)は一般社団法人、(公社)は公益社団法人を意味する。

(社)日本物理学会では、「日本物理学会誌」誌にて、2011年には「<シリーズ>物理教育は今」として複数の論文を掲載し[例えば、兵頭(2011)],大学を中心として、その多様な教育界に対応することを目標として1994年からは「大学の物理教育」誌を刊行し、主として大学および高大接続に関わる物理教育に関する研究等を推進している。

(公社)日本化学会では、1953年に「化学教育シンポジウム」誌を刊行、1962年に「化学教育」誌へと発展し、1987年に「化学と教育」誌へと改称して現在に至っている。また、1975年に化学教育部を発足させ、1976年には化学教育賞を制定、1987年に教育会員制度を新設し、1988年に化学教育委員会を設置、1997年に日本化学会化学教育協議会を発足させ、2011年に教育・普及部門へと発展的解消を遂げ現在に至っている[例えば、下井(2011)]. 教育・普及部門の部門長は日本化学会の副会長が務め、同部門の下に学校教育委員会、普及交流委員会、化学と教育誌編集委員会、グランプリ・オリンピック委員会が設けられ、化学教育に関する研究等の成果が「化学と教育」誌にて公表できる体制が組まれている。

(社)情報処理学会では、1991年から情報処理教育委員会を設置している。学術論文誌である情報処理学会論文誌「論文誌ジャーナル」では、情報処理教育に関する研究論文の掲載が1980年頃か

ら現れ始め [例えば、島崎・他(1980)], 教育に関する特集を時折組んできている [例えば、中森(2007)]. 現在も、2012年3月19日投稿締切にて「教育とコンピュータ」特集への論文を募集するなど、教育の研究へ積極的に学会として取り組んできている。

海外に目を転じて見ても、先述した様に2003年SRLでの特集号の発行があり、4年毎に開催される万国地質学会議(IGC: International Geological Congress)では、1996年の第30回IGC(北京)にてGeoparkやgeotourismをテーマにしたoutreachなどの知識普及に関係するセッションの開催、2004年の第32回IGC(Florence)にて地学教育と地学倫理(Geoscience Education and Geoethics)セッションの開催、2008年の第33回IGC(Oslo)にて地学教育と倫理(Geoscience Education and Ethics)セッションを開催するなど、各学術学協会に関連する分野の教育に関わる研究を取り込む様になってきている。

地震学会も秋季大会にて「学校教育と知識普及」セッション<sup>(注2)</sup>を2002年秋季大会から設置するなど社会貢献活動の研究への動きを起しているが、発表件数などから[日本地震学会(1991-2011)], 地震学会全体の活動として会員間に浸透しているとは思われない。

### 3. これからの学術学協会とその会員のあり方

初等・中等・高等教育(小・中・高等学校等や大学等)での教育内容の策定を、一部の教育者や教育行政に任せ、研究者は自身の勤務校での授業以外に関与しなくて良いといえるであろうか。

初等・中等教育機関(小・中・高等学校等)での教育内容は文部科学省が作成する学習指導要領によって規定されており、この学習指導要領は約10年毎に見直しが行われている。1998年に告示され2003年から実施されている高等学校学習指導要領[文部省(1999)]では、教科「理科」の履修を表2の様に行うこととなった(例えば、主として生物および地学の分野からなる「理科総合B」と「地学I」とを履修することで卒業要件を満たす)。また、この課程で履修した生徒は、2006年度から大学入試センター試験、いわゆるセンター入試を受験することとなった。「理科」は2005年度まで2科目までの受験であったが、高等学校学習指導要領による「理科」の最低限の履修単位数とはかかわりなく、2006年度から3科目受験することが可能と制度が変更された。これは、1989年に告示された高等学校学習指導要領[文部省(1989)]では、高等学校で理科を「2科目」しか学ばずとも卒業要件を満たしたことから、大学入試でもこの2科目以下に向けた受験勉強を行う受験生が大多数となったことにより、いわゆる理系学部へ入学する新入生に履修科目の偏りによる学力不足が生じ、特に医学部で、高等学校

等で「生物」を学ばずに入学する学生数が増加する事態となり、大学での学習開始に支障が生じる現実を引き起こしたためである[例えば、大久保(2007)]. そこで、日本医師会等から大学入試センターへ意見が出され、このことが引き金となって2006年度からの大学入試センター試験は理科3科目受験を課せる形に修正された[大学入試センター、2004年私信]。医学部の学生の多くは医師になることを目指していると考えられることから、日本医師会の立場から眺めると、後進の育成と直接関係する課題に対し、研究者も含め教育へ、社会へ、意見を発信したこととなる。

表2 平成10年告示の高等学校学習指導要領による「理科」の履修方法

科目	単位数	科目	単位数
理科基礎	2		
理科総合A	2	理科総合B	2
物理I	3	物理II	3
化学I	3	化学II	3
生物I	3	生物II	3
地学I	3	地学II	3

単位数: 1単位時間を50分とし、35単位時間の授業で1単位。

履修方法: 「理科基礎」、「理科総合A」、「理科総合B」、「物理I」、「化学I」、「生物I」及び「地学I」のうちから(「理科基礎」、「理科総合A」及び「理科総合B」のうちから1科目以上を含め)2科目以上履修する。

すなわち、社会貢献活動の一部は、研究者・教育者が後進を育てる動きにも直結しているといえる。確かに、「地球物理学」としての「地震学」を大学以上に学ぶ場合、大学入学時まで必要とされる「理科」での科目分野は「物理」と「化学」であるかもしれない。しかし、大学入学時まで「地学」を学ばなかったことで「地球惑星科学」への興味・関心が引き起こされなかったとしたら、大学入学後に「地震学」を学ぼうと思う学生増には結びつかなくなる可能性が高いといえる。実際、後期中等教育段階(高等学校等)にて「地学」の履修率は低く、地球市民としての科学的リテラシー育成に向けても課題・問題となっている[日本学術会議 第三部 地球惑星科学委員会 社会貢献分科会(2009)]。

こうした課題・問題に対して、日本学術会議 第三部 地球惑星科学委員会 社会貢献分科会(以降、SCJ 社会貢献分科会と略記する)は取り組みを始め[SCJ 社会貢献分科会(2009)]、地球市民としての科学的リテラシーの育成をどの様に図るかの検討を行ってきている。こうした取り組みを真面目に行うためにも、SCJ 社会貢献分科会のメンバーが教育をもある程度は知っている必要がある。すなわち、これからの時代、こうした分科会のメンバーになってから面前に横たわる教育の課題・問題を認識するのではなく、研究者となった段階から常に関心を持っておくことが求めら

れる。つまり、こうした課題・問題にも取り組める人材を増やしていくことが、学術学協会の役割の一つになってきているといえる。

それでは、研究者が面前に横たわる教育に関わる課題・問題を認識し、解決に向けた動きができる力を培えるようになるため求められる方策は何であろうか。大きく分けると、次の3方法が考えられる。

- (1) 生涯教育、生涯学習として、教育に関わる学習・研究を各研究者が行う。
- (2) ○△教育学会（例えば、日本地学教育学会）等の会員となり、自身の研究と関連する分野の教育に関わる学習・研究を各研究者が行う。
- (3) 研究者自身が所属する分野の教育に関わる研究を、自身が所属する学術学協会で行える学術学協会の体制とする。

研究費を私財以外で賄っている研究者は、研究を自身の知的興味・関心だけで進め、その結果・成果を自己満足の世界で閉じる訳にはいかない[例えば、内閣府(2010)]。すなわち、研究の説明責任が各研究者に課され、outreach活動の積極化も求められる時代になっているといえる。例えば、日本の科学研究費補助金に相当するアメリカのNSF(National Science Foundation)では、Integration of Research and Educationとして、獲得した研究費による研究成果をoutreach活動や教育・知識普及活動に使うことが1998年の文章にて義務として記されている[NSF(2011)]。こうした活動は、今後、避けては通れない時代である。それでは、outreach活動や教育・知識普及活動を行うため、先述した(1)~(3)の方法のどれが取り組みやすい方法といえるであろうか。(1)および(2)は、各研究者個人に依拠した方法であり、個人が必要性を認識してアクションを起こすなど、各個人が努力を重ねない限りは達成され得ない。(3)の方法が体制化されているならば、同じ分野の他の研究者がoutreachや教育・知識普及活動に対してどのような研究を行い、どのような活動を行っているかの把握が容易にできるようになり、同一研究分野内における知識の共有化を図ることも(1)や(2)と比較して容易である。

(3)の方法の体制化に関しては、すでに地震学会でも一部行われ出している。例えば、教員免許状更新講習の開催などが該当する[根本・他(2011)]。しかし、現時点では、教員免許状更新講習講師を引き受けた各会員の力量にその講習内容は任されているのが現状であり、情報の共有化も、個々の会員同士による個人的なつながりに主として任されている。もし、教員免許状更新講習講習を行っている会員が、その講習に向けて実施した地震教育の教材研究等の成果を地震学会の学術学会誌に研究論文として出すことができるならば、会員相互の地震教育に関する知識の共

有化を広く図ることが可能となろう。

地震学会の枠を越えた取り組みとして、IT強震計研究会の取り組みや、関西地震観測研究協議会(CEORKA)の取り組みなどが存在している。IT強震計研究会では、会則の第3条(4)にて「IT強震計とそのネットワークの、建築・土木・環境・教育・防犯などの分野における応用技術の研究開発の推進」と記しており[IT強震計研究会(2006)]、教育における応用技術の研究開発にも焦点を当て研究に取り組んでいる。CEORKAでは、2011年に地震防災教育WGを設置し[関西地震観測研究協議会(2011)]、地震の研究だけではなく、地震教育、地震防災・減災教育の研究、研究者から教育界への橋渡しも行い始めている。

すなわち、世界の流れを鑑みても、地震学会として地震教育に関する研究も地震学会が網羅する研究分野の一つとして加え、その研究成果をSSAや(社)日本地質学会、第四紀学会、(社)情報処理学会のように学術学会誌へ掲載していく、または(社)日本物理学会や(公社)日本化学学会のように「地震と教育」誌のような学術論文誌を創刊していくことが、研究者の説明責任を果たす上でも、outreach活動を行う上でも必要な時代になっているといえる。地震教育に関していえば、先駆的に地震学会学会誌「地震第2輯」に地震教育の研究論文を掲載できたかも知れない機会を逸し、SSAの動きと比して約10年遅れのスタートとなってしまう点は残念であるが、地震学会が網羅する研究分野の一つとして、地震教育、地震防災・減災教育、地震の知識普及・outreachに関わる研究も認知すべき時が訪れていると考える。同様の考え方をすれば、片尾(1997)のマンガで抜けている地震に関係した全研究分野、例えば、地震災害心理学、地震ボランティア学、地震行政学など、地震に関係する全ての分野の研究を地震学会が取り扱う研究分野として認知すべきである。その結果として、少なくとも、地震教育、地震防災・減災教育、知識普及、outreachに関する研究を地震学会が範疇とする研究分野とすることで、後進の育成、地球科学コミュニティの発展にも繋がることとなる。

この様に、地震学会が範疇とする研究対象を明らかにすることで、地震学会と社会との接点が明確化されることとなり、ようやく地震学会および本学会会員は、どの様に自治体や国の施策と関わるべきかの議論を開始することが可能となる。

さらに述べるなら、他の学術学協会の動きを鑑みても、極一部の、私財により社会と無関係な地震学の研究を行っている研究者を除けば、間違っても象牙の塔に回帰するような学術学協会のあり方は時代遅れである。社会との接点を増やし、地震学の研究が重要であると認識されることは、結果として地震研究の推進が図られることに繋



がることから、地震学会の新たな道を定めるために、まず地震学会が範疇とする研究分野の共通認識を深め、その上で自治体や国の施策とどのように関わっていくかの議論を行うべきである。

#### 4. 結論

地震学会および本学会会員が、教育を含め自治体や国の施策とどのように関わりを持つべきかを議論するために、その前段階として地震学会が範疇とする研究対象を明確にする必要があることを示すため、教育に焦点をあて、他の学術学協会の動向を概観し考察を行った。

その結果、地震教育、地震防災・減災教育など、地震に関わる全研究分野を地震学会が範疇とすべきであり、このことは後進の育成、地震科学コミュニティの発展にも繋がること示された。

#### 謝辞

理数系学会教育問題連絡会の委員から、JpGU加盟前の本連絡会の経緯について教えて頂きました。ここに記して感謝します。

#### 参考文献

- 府川宗雄・羽鳥謙三・小林忠夫・小勝手夫・倉林三郎・黒田一武・増田孝一郎・中島啓治・仁科良夫・野村哲・斎藤靖二・竹越智・渡辺隆, 1985, 地学教育の諸問題, 地質学論集, 25, 495-518.
- 兵頭俊夫, 2011, これからの理科教育について<シリーズ>物理教育は今, 日本物理学会誌, 66, 8, 625-628.
- IT強震計研究会, 2006, IT強震計研究会 会則.
- 岩松暉, 1991, 大学地学教育と地質調査業, 応用地質, 32, 4, 184-187.
- 閣議決定, 2006, 学協会の活動の促進, 第3期科学技術基本計画, 第3章 3(6).
- 片尾浩, 1997, 地震学会はこんな研究をカバーしています, なみふる, 1, 見開きイラスト.
- 関西地震観測研究協議会, 2011, 第1回地震防災教育WGの資料・議事録(案).
- 粉川昭平, 1967, 宅地造成地の水害と地学教育, 地学研究, 18, 5・6, 126-129.
- 文部省, 1989, 高等学校学習指導要領, pp.225, 大蔵省印刷局.
- 文部省, 1999, 高等学校学習指導要領, pp.388, 大蔵省印刷局.
- 内閣府, 2010, 川端内閣府特命担当大臣記者会見要旨 平成22年6月22日, [http://www.cao.go.jp/minister/1001\\_t\\_kawabata/kaiken/2010/0622kaiken.html](http://www.cao.go.jp/minister/1001_t_kawabata/kaiken/2010/0622kaiken.html) Retrieved on 16 January 2012.
- 中森真理雄, 2007, 特集「情報教育～理念・理論・実践～」の編集にあたって, 情報処理学会論文誌, 48, 8, 2735.
- 浪川幸彦, 1998, 物理系学会との教育に関する情

報交換会開催, 日本数学会会報, 90, 8章.

National Science Foundation, 2011, Report to the National Science Board on the National Science Foundation's Merit Review Process Fiscal Year 2010, National Science Board/National Science Foundation, 21.

根本泰雄・上西智紀・斎藤誠・岩田孝仁・中川和之・小山真人・美澤綾子・荒井賢一・宮嶋敏・南島正重・中島健・伊東明彦・数越達也, 2011, (公社)日本地震学会主催教員免許状更新講習の講座で求められる教育内容, (公社)日本地震学会2011年秋季大会講演予稿集, C22-11.

日本地球惑星科学連合, 2011, 公益社団法人日本地球惑星科学連合 定款, 第2条・第5条.

日本地質学会, 2008, <特集>21世紀の地学教育の深化に向けて, 地質学雑誌, 114, 4, 147-186.

日本第四紀学会, 2011, 「学校教育で地学は生き残れるか?—学会と教育現場との連携に向けて」別冊号, 第四紀研究, 50, S1-S178.

日本学術会議 第三部 地球惑星科学委員会 社会貢献分科会, 2009, 総合的基礎教育の確立への道—大学進学基礎学力認定試験の創設—, 日本学術会議「記録」SCJ第20期 200915-20520500-019.

日本地震学会, 1991-2011, 日本地震学会秋季大会講演予稿集.

日本地震学会, 2010, 公益社団法人日本地震学会 定款, 第2章 第3条.

日本地震学会, 2011, 特別シンポジウム「地震学の今を問う—東北地方太平洋沖地震の発生を受けて—」講演予稿集, 1.

大久保 教, 2007, 高校大学7年間を通した科目履修実態調査(自然科学系科目・社会科学系科目), 大阪市立大学『大学教育』, 7, 2, 45-48.

Seismological Society of America, 2003, Special Issue on Education and Outreach, Seism. Res. Let., 74, 5, 489-653.

島崎真昭・林恒俊・北澤茂良・古谷俊二・渡辺正子・渡辺勝正, 1980, 情報工学科におけるプログラミング実習の一例, 情報処理学会論文誌, 21, 2, 83-90.

下井 守, 2011, 教育・普及部門の発足(化学教育徒然草), 化学と教育, 59, 3, 117.

Yokoi, T. and D. Suetsugu, 2003, Across the Borders: Present, Past, and Future of the Training Courses for Developing Countries Held by the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), Seism. Res. Let., 74, 5, 536-544.

(注1) 片尾(1997)には、「ここに挙げたのはほんの一例にすぎません。」とあり、社会貢献活動も図外に含ませていた可能性は存在する点に注意が必要である。

(注2) 日本地震学会秋季大会にて2002年から始まった「学校教育と知識普及」セッションは、2009年大会から「地震教育・地震学史」セッションとなっている。

# 地震学のコンセンサス

京都大学防災研究所 宮澤理稔

日本地震学会は、地震学の発展のために大きな役割を果たしてきた。しかし地震学における最新の成果とは、複数の科学的解釈が存在する限り必ずしもコンセンサスの得られた物とは限らず、自然の理の理解に到達していないかもしれない。このような成果に対して十分な検証が行われないうまま、研究者の多数意見というだけで地震ハザード等の評価を推進するようなことがあれば、科学のあり方として憂慮すべきである。地震学を研究する者やこれを防災や減災に役立てようとする者は、もっと自然の摂理に対し謙虚に向き合う必要がある。

## 1. はじめに

公益社団法人日本地震学会（以降、「地震学会」と呼ぶ）は、地震学の進展を図る事で学術の発展に寄与する事を目的としている。2011年東北地方太平洋沖地震の発生に伴い、地震学会において地震学のありかたについて議論されている意味は極めて重たい。拙論では、地震学とそれに関する分野という限定された視点から、東北沖の地震発生を受けて開催された先の特別シンポジウム（平成23年10月15日開催）において、時間の都合で不十分であった議論の続きを行う。特に、地震学会における地震学のコンセンサスという点を中心に、地震学会の現状、地震学に欠いていたこと、またこれからの地震学のあり方を論じていく。

## 2. 地震学会の構成員

地震学会は、入会や活動にあたり自由が担保された会員により構成されており、極度に学術に偏重した組織となっていないという特徴がある。例えば社会に対して責任のある医学の学術組織等には、医療の現場にガイドラインを提示する体制ができており、会員となるにも制限が設けられている。地震学会はこの様な学術組織とは異なり、学会の構成員たるに特別な制限が設けられていない。具体的に、地震学会の正会員とは「地震学に関する研究者または、地震防災に関する学識経験を有する個人」（日本地震学会定款第5条）であり、入会にあたっては理事会の承認が必要（同第6条）とされているに過ぎない。このため本学会には、大学や研究機関の所属者に留まらず、地震学に関心のある誰もが基本的に会費を納付すれば参加する事ができ、非常に参加者の裾野が広い学術組織である。社会から見ると、学会とはひとくくりにその学術界において権威のある組織であり、その構成員は遍くその分野の専門家であると思われかねないが、地震学会は必ずしもそうではない学会の一つである。この結果、様々な考えに基づく研究成果が秋季大会等を通じて発表され、またその要旨は予稿集としても地震学会から発行されている。

## 3. 学会内の多数意見

地震学は、新たな現象の発見や解明により、日進月歩の発展を遂げつつある。それらは学会の場や学術誌上で発表され、一定の評価を受けている。しかし多くの新たな解釈や知見については有力であってもまだ仮説に過ぎず、その正当性を完全に主張することは難しい。多くの研究者は、そのような先行研究と自身の行う研究との関連を模索し発展させる。そのため、ある現象について複数の仮説が存在する中で、一つの有力な仮説が多く研究者によって受け入れられた時、それがあたたかも関連する現象を説明することのできる特別な学説として一人歩きをしてしまうという危険性をはらんでいる。例えば、あるモデルの有用性が認められた途端に、モデルの提唱者の意図を逸脱し、普遍的なモデルへの発展へと応用されることもあり得る。しかしこのことは、その仮説の真偽のほどを別として、その特定の分野に関して理解を深めることに貢献することができる。

多数意見がどのような意味を持っているか考えてみる。例えば、国の発表する地震の調査研究や評価には、地球科学での多数意見が色濃く反映されている。これを担う地震調査研究推進本部では、地震調査委員会とその部会等で総合的評価を行うにあたり、多くの地震学者が学識経験者である委員として参加しているためである。これらの評価は委員の見解に基づくことになるが、学識経験者として地震学の最新の主流な成果を取り入れることは寧ろ当然の事と思われる。つまり、地震学の多数意見が常に国による地震の評価の根幹をなしている訳である。

## 4. 検証と少数意見

一方で主流な仮説や多数意見は、十分な検証を経ない限り、尤もらしいということに過ぎないことに留意する必要がある。地震の現象についての議論は、観測と経験による所が大きい。ある仮説やモデルが学会発表、講演、論文等で頻繁に肯定的に引用されれば、まだその検証が不十分であっても主流な考えとなり得る。先に述べたように、このこと自体その学術分野の理解を深めることに繋がるため、研究を進めるにあたり適当であ

るかもしれない。しかし学問としての地震学から離れて、それを社会的責任が求められる地震ハザード等に活用しようとした時に、多数意見というだけでその不確実性を定量的に評価しないまま、その考えを採用してしまう事は危惧すべきである。実際、ある現象についての最新の仮説について、今なおコンセンサスが得られていない例は枚挙に遑がない筈だ。常にそこには、科学的にその可能性が排除しきれない少数意見がある。それは同一研究者からの複数意見の場合もある。またごく限られた少数研究者が取り組む研究の場合、学术界での注目度合いは低いにしても、他にはない新たな切り口による重要な発見がなされていることもある。しかし、少数意見や少数研究者による研究の成果は、多数意見が主流となる場においては、議論のテーブルに上がったとしても、結果的に等閑に付されてきた。

例えば、国が進める確率的地震ハザードマップ作成の基礎には、地震アスペリティを巡る研究により、その特化した固有地震的地震発生予測モデルを用いて地震発生の予測ができるという判断があったと思われる（地震調査委員会、2005a）。地震アスペリティを採用した考え方は、特定の領域において現象をある程度良く説明することができており、大多数の地震学者が支持していたことは確かである。一方で、これに相容れないその他の排除できない可能性は適切に組み入れられていないと思われる（e.g. 宮澤、2011）。これは主流な多数意見を取り入れることが目的であれば、妥当なのかもしれないが、その正当性が十分検証されない限り、地震の評価に用いられることは拙速であると言わざるを得ない。実際、それまでの多数意見に基づく見解だけでは、東北沖でのM9クラスの地震発生を想定する事はできていなかった。今後、仮に現行モデルを発展させることで再評価するにしても、例えば階層的な地震アスペリティモデルを導入したり、海嶺付近でのプレートの地震性滑りを考慮したりする必要がある。もしその必要があるとすれば、それは、国がこれまでの評価手法を粗忽にも採用してしまっていたことを認めた事を意味している。また個々の地震アスペリティにおける地震破壊の再来期間を評価しても、それらの相互作用を考慮しない限り、確率的にも物理的にも十分であるとは言えないことは明白である。現在の地震学の見識をもってしても、震源域で破壊が始まった時に、それが最終的にどのようなメカニズムとなり、どの程度の規模まで広がるかは決定論的に分かっていない。従って、地震ハザードではむしろシナリオ地震を中心に評価すべきなのかもしれない。

結局、モデルの十分な検証が行われぬ限り、それを利用した地震ハザードマップは意味のある物とはなり得ない。869年貞観地震を巡る研究

に関して、データを蓄積することでこの地震を詳細に検討し、ハザードマップに組み込むのに十分時間的猶予がなかったと思われる。当然この研究成果が予めモデルとして評価の中に組み入れられていたとすれば、大きく地震・津波ハザードに関する見解は異なっていたはずである。このような、歴史や経験に基づくモデルの検証を十分行っていないという問題点に関して、米国のUSGSによる地震ハザードマップについても科学的に信憑性が薄いものであると、一部の統計学者によって厳しく批判されている（Freedman and Stark, 2003）。

最新の地震研究に現れている様々な見解は未だ混沌としている。実際の地震ハザード評価に用いるに耐えないと言う認識は、古典的な地震学を除けば、近現代的な地震学が発展途上中の未成熟な学問であることを認めざるを得ないことを意味している。

## 5. 地震学のコンセンサス

現在のこのような地震学の状況下で、地震学会の活動の方向について考えてみる。

地震学会の会員でもある地震学者が、国の委員会に学識経験者として参加して、個人の見識に基づき研究成果を代弁していることは、委員会のあるべき姿として適切である。しかし検証を経ない地震学上の見解までもが多数意見として国の委員会等で評価に利用されている事に鑑み、地震学会が日本の地震学における権威となり、国の事業や社会に対して総意をもって提言を行うべきか？という疑問が生まれる。地震学会は地震学の発展に大きな役割を果たしてきていることに間違いはないからだ。だが、これはそうあるべきではない。総意を持ってしまうと、地震学会に於いて研究発表が自由に許されるという体制が制限されてしまう。このような寛容さは、地震学を多角的に発展させて行くに必要不可欠である。そこで得られる少数意見が科学的に誤りでない限り、これを崩してはならない。また、諸説紛々ある中で、そもそも学会として、両論・複数論併記であっても一つの見解を出すことは不可能であり、全ての学会員が社会的に責任のある立場にない限り、このような活動を行う組織であってはならない。

最新の地震学の知見や見識について、コンセンサスを得ることは極めて困難である。それゆえ、地震学会として学説をとりまとめる必要はないにしても、より多くの研究成果についての見識や仮説が共有でき、レビューされる組織になる事が望ましい。例えば、秋季大会において多少の発表数の減少を甘受しても、科学的に評価されるべき少数意見の発表が、多くの参加者に聞いてもらえるセッション構成がなされれば良いと思う。その一方で、発表する機会の奪われる研究が出てくる

ため、多くの見識や仮説を共有すべきという考えに矛盾しないよう、調整が必要である。いずれにしても、様々な学術的アイデアを発表できる事や、拙論のような意見論文が学会の出版物に掲載されるような、地震学会の寛容さは維持されるべきである。

国の委員会等では、専門的な研究内容について一般的にコンセンサスが得られていない場合は、複数の見解が客観的に述べられるべきで、多数意見に偏るべきではない。2005年に宮城県沖でM7.2の地震が発生した時に、地震調査委員会(2005b)は、想定していた宮城県沖地震ではないと結論付けた。この判断には、想定宮城県沖地震ほど規模が大きくないため、まだ歪みが十分解放されていない事を考慮し、想定規模の大地震発生に対して予断を許さない状態であることを主張する意図があったと思われる。しかし、そもそもこのような判断がされていた事自体、想定宮城県沖地震がほぼ間違いなく起きるとい多数意見に基づいていたわけであり、M9の地震が発生した今では長期評価が十分であったとは思えない。結局、専門知識を有する地震学者がこのような委員会で果たすべき役割は、独立に存在する複数の仮説が科学的に排除できないのであれば、一つの考え方に留まらず、全てを評価に組み込むべきである。場合によっては、全ての考えがどれをとっても不十分であることもあり得る。その際は現在の学識では判断できないと結論付ける勇気が必要である。

## 6. 地震の予知

日本で近代的な地震学研究が開始して以来、多くの研究者が、いつ、どこで、どれくらいの規模の地震が発生するかという意味の、地震発生の予知・予測を目標に掲げてきたと思われる。例えば世界のどこで地震が起きるかという点に関しては、ほぼ議論の余地はない。しかし小繰り返し地震等の発生予測を除けば、今の地震学は短期予知といった国民のから期待させられている地震予知には程遠いレベルであることは明らかである。これまでに述べてきた様に、まだ様々な現象が完全に解明されておらず、実際に何が起きているのかという理解が不十分であるためである。

地震予知に直結する研究を継続し、また開拓することも重要であるが、大いに推奨すべきは、地震予知という枠に捕われず自然の摂理に謙虚に向き合い、地震とそれに関する現象の理解を深めるための研究を推進することであろう。仮に正しい理解の基に、規模の大きな地震の発生は予知できないという最終的な結論に至ったとしても、それは社会還元という意味において無駄に終わるわけではなく、啓発活動等を通じて十分に防災や減災に役立てて行く事はできる。

## 7. これからの地震学

地震学の未熟さを述べてきたが、それでも近現代地震学の内容は決して悲観するものではなく、地震学は地震の理解を通じて防災や減災にも貢献してきている。そこで地震学の将来を展望し、その学術の発展における役割を期してみたい。

学問が発展し続ける限り、現役の世代だけでは到底地震学をまとめることはできない。その学問の発展には、30年後と言わず100年やそれより先を見据えた長期的な研究戦略を意識することも必要である。日本人は欧米人に比べてこうした長期戦略を描くのが苦手であるからこそ、目先の研究に捕らわれずよく考えなくてはならない。例として以下に、研究内容についていくつか具体的な提案を挙げるが、似たようなアイデアが既に出されているのであれば、二番煎じをご容赦いただきたい。

- ・長期的観測研究の継続：現在の観測の延長であるが、観測点を永く使い続け記録を後世に伝える事である。全く同じ場所で記録をとり続けることは、過去の記録との比較が可能であることなどの意義がある。同一点における継続観測は、例えば雑微動を利用した地震波干渉法の改良により、長期の地下構造変化のモニタリングを可能とする。

- ・観測技術の革新：SAR衛星の発展版として、例えば日本列島の上空に静止衛星を飛ばし、常時面的に地表の変動を捉えることが実現すれば、GPSや地震計による観測はもはや必要となくなり、時空間ともに理想的な究極の観測ができる。また地球上のあらゆる陸域観測に適用可能である。巨大地震が発生する海域の沈み込み帯の観測には利用できないが、ここで旧来の観測を行うにしてもプレート境界の震源域を掘削し物理量を測るなど、より直接的観測方法を用いる。

- ・地震の制御：寧ろすべきでないということである。例えばM6クラスの被害が出ない規模の地震を1000回発生させれば、M8の地震1回分に相当する歪みエネルギーの解放となり、巨大地震の発生を未然に阻止することができるかもしれない。しかし実際に人工的に地震を誘発することができるのか、規模を制御することができるのか、それらが完全に解決されない限り制御できる筈がない。人類による巨大エネルギーの安全な制御に関する問題は、ケースが異なるにしても福島第一原子力発電所事故で学んだことである。従って、自然現象に対し謙虚に向き合うのであれば、人類がこのようなことを実践することはあってはならないという後世への忠告である。

## 8. まとめ

地震学に限らず、学術を発展させてゆく新たな学説とは、検証という試練の上に成り立っている。これを経ずしてその結論を、多数意見というだけで科学的にコンセンサスの得られた物とみなす

事はできない。しかし未検証であるものに学術的価値がないと言っている訳ではなく、我々は地震学の発展のために、それらを一定のレベルの学識に基づき科学的に判断していかなければならない。同時に、複数の少数見解も存在するということが、そしてどこかに真実があるというわけではなく、全て誤りである可能性もあることも念頭に入れる必要がある。

拙論は、未検証の多数意見を推奨する特定の組織や個人を非難している訳ではない。地震を巡る自然の摂理とは、地震学者が思いつく程単純な物理法則だけで支配されておらず、我々の観測期間が地球の長い歴史に比べて極めて短いことを考慮すれば、地震という現象はより客観的に捉えられるべきである。地震学を研究する者は、このことを謙虚に受け止めるべきである。

#### 参考文献

Freedman, D. A., and P. B. Stark, 2003, What is the chance of an Earthquake?, in Earthquake Science and Seismic Risk Reduction, F. Mulargia and R. J. Geller (Editors), NATO Science Series IV: Earth and Environmental Sciences, Vol. 32, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 201-213.

地震調査委員会, 2005a, 全国を概観した地震動予測地図。

地震調査委員会, 2005b, 宮城県沖の地震活動の評価。

宮澤理稔, 2011, ひずみの収支が示唆していた巨大地震, 科学, 81, 1068-1070.

# 確率論的地震危険度解析に過度の期待が 寄せられることへの危惧

独立行政法人港湾空港技術研究所 野津 厚

日本の地震学のホームグラウンドとも言える日本海溝で、M9の地震が発生してもおかしくない程度に応力とひずみが蓄積していることに、数十年の間、誰も気付かなかった。このことは、確率論的地震危険度解析の現時点での実力を如実に示すものと言わざるを得ない。内陸に目を向けてみても、同じように、大地震が起きる直前の状態になっているにも関わらず、われわれ人間がそれに気付いていない場所はかなりあるだろう。現状の確率論的地震動予測地図で危険度が低いとされている場所でも、本来は赤い色に塗られるべき場所は少なくないはずである。

## 1. はじめに

本論文集の主旨は、2011年東北地方太平洋沖地震の発生を受けて、地震学が自らの進むべき方向性をもう一度見定めようとするところにあると理解している。著者は地震学会の会員ではあるが、地震学の教育を受けた人間ではない。従って、著者が地震学について何か発言すれば、それは自己批判ではなく外部からの批判ということになりかねない。それでは、この論文集の趣旨にそぐわないのではないかと考えた。それにも関わらず、あえて書かせていただくのは、自由にものが言える雰囲気を作ることが、日本の地震学のため、ひいては日本のために良いと考えるからである。

## 2. 2011年東北地方太平洋沖地震について

今から振り返って考えてみると、2011年3月11日の時点で、宮城県沖から茨城県沖にかけての日本海溝には、M9の地震がいつ発生してもおかしくない程度に応力とひずみが蓄積していたことになる。この応力とひずみは、一朝一夕に蓄積されたものではない。少なくとも500年程度の長い時間をかけて蓄積されたものである。従って、少なくともここ数十年程度は、宮城県沖から茨城県沖にかけての日本海溝では、M9の地震がいつ発生してもおかしくない程度に応力とひずみが蓄積した状態が継続していたと考えられる。

「M9の地震がいつ起きてもおかしくない程度に応力とひずみが蓄積している」ことに、数十年の間、(著者を含め)誰も気付かなかった。しかも、日本の地震学のホームグラウンドとも言える日本海溝で。

このことは、確率論的地震危険度解析の現時点での実力を如実に示すものと言わざるを得ない。我々は地球内部に現時点で作用している応力の分布、および、岩石の強度の分布を把握していない。

## 3. 内陸地殻内地震について

内陸に目を向けてみても、同じように、大地震が起きる直前の状態になっているにも関わらず、われわれ人間がそれに気付いていない場所はか

なりあるだろう。つまり、現状の確率論的地震動予測地図で危険度が低いとされている場所でも、本来は赤い色に塗られるべき場所は少なくないはずである。

2007年新潟県中越沖地震は、柏崎刈羽原子力発電所の近傍で発生した地震であり、この発電所の設計では考慮されていない地震であった。この地震が発生した後で、知り合い(確率論的地震危険度解析の専門家)と立ち話をしていた時に、「今回は低確率の事象が発生してしまいました」ということであった。著者も「その通りですね」とその場では同意した。しかし、本当にその通りだったのだろうか？

2007年新潟県中越沖地震の発生前夜を想像していただきたい。断層面にはすでに十分大きなせん断応力が作用し、せん断強度をまさに超えようとする状態であった。この時点で我々がそのことを知っていれば、「中越沖地震の発生確率が高い」と評価していたはずである。中越沖地震の震源周辺では、確率論的地震動予測地図は赤い色に塗られていただろう。つまり、中越沖地震は、「低確率の事象が発生した」のではなく、「確率が高いことを我々が知らなかった」に過ぎないのである。同じように、2005年福岡県西方沖の地震が発生したとき我々は驚かされたが、この地震の発生前夜において、震源周辺では、確率論的地震動予測地図は本来赤い色に塗られるべきであった。

## 4. 複数のパラダイム

このように書いてくると、「著者の主張は一般的な確率論的地震危険度解析の考え方から逸脱している」というお叱りを受けそうである。もちろん、著者も、現在一般的に用いられている確率論的地震危険度解析がどのようなものであるかは重々承知している。その上で、あえて上のような議論を展開したのは、確率論的地震危険度解析にも複数のパラダイムがあり得るという点にスポットライトを当てたからである。

遠い将来、科学が今よりはるかに進歩し、地球内部に作用している応力の分布、および、岩石の

強度の分布を人類が把握できているという状況を想像して見ていただきたい。そして、これらの情報に基づいて行われる確率論的地震危険度解析をパラダイムIIとする。それに対して、現在の標準的な確率論的地震危険度解析をパラダイムIとする。パラダイムIIを2007年新潟県中越沖地震発生前夜に遡って適用すれば、柏崎周辺では地震危険度は高いと評価される。2011年東北地方太平洋沖地震についても同様である。パラダイムIIが実現した際には、全国地震危険度の分布は、現在とは全く異なる形をとって我々の前に現れてくるはずである。このとき、パラダイムIの地震危険度解析で危険度が低いと評価されている地域の中にも、危険度が高いことが判明する地域が少なくないものと考えられる。

このことをもう少しわかりやすく説明するため、あえて地震の話題を離れ、交通荷重を受ける橋の例を考える(図1)。橋に作用する荷重は、走行する車両の条件等に応じて橋毎に異なっている。また、橋の強度も、経年劣化等の状況に応じて橋毎に異なっている。これらを考慮して橋の破壊確率を計算する方法をパラダイムIIとする。劣化が進んでおり、かつ交通量の多い橋では破壊確率が高いと算定されるであろう。

ところが、何らかの事情により、個別の橋の荷重と強度を見ずに破壊確率を評価せざるを得なくなったとする(断層に作用する応力と強度が不明の場合に相当)。この時は、何らかの代替手段(これをパラダイムIとする)で破壊確率を評価せざるを得ないが、それにより得られる破壊確率は、パラダイムIIの破壊確率とはかなり異なるものとならざるをえないだろう。

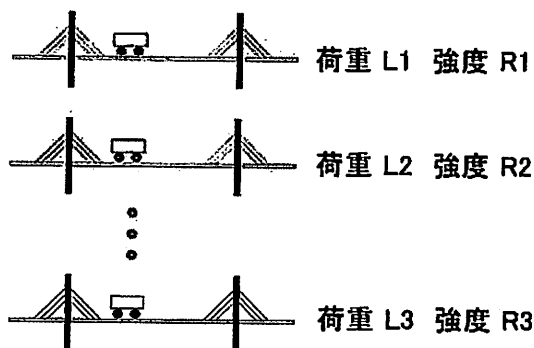


図1 交通荷重を受ける橋の破壊確率

## 5. 当面どうするか?

パラダイムIIの確率論的地震危険度解析は当面実現しそうにない。そこで、当面どうすべきかを、解析結果の公表と利用の両面から考えてみる。

まず公表の方法について。国の行う調査研究の成果は基本的に公表されるべきであるが、公表の方法は、研究の完成度や、社会にどのような影響を与えるかを考慮して決定すべきである。現在の

公表方法では、地震危険度が低いと公表された地域で地震対策に遅れが生じる恐れがある。それらの地域で本当に地震危険度が低いのであれば問題ないが、確率論的地震危険度解析の結果は、将来のパラダイムシフトに伴い大きく変動する可能性がある。現在の解析による結果が真値に対する近似(または真値を包絡するもの)となっていれば良いが、必ずしもそうとは言い切れない。そこで、少なくとも、確率論的地震危険度解析結果の公表に当たっては、「今後の研究の進展に伴い結果は大きく変動する可能性があり、現在危険度が低いと評価されている地域でも、今後、危険度の評価結果が上昇する可能性がある」とような注釈を付けて公表すべきである。

一方、解析結果の工学的利用については次のように考えられる。

すでに他の所で書いたことであるが(野津, 2010)、地震発生確率の評価結果をダイレクトに耐震設計に用いると、たまたま近くに活動度の高い活断層がある場所とそうでない場所では、設計荷重に著しく大きな差が生じてしまう。これは好ましいことではない。

繰り返すまでも無いが、兵庫県南部地震以降、被害を与えた内陸地殻内地震をしてみると、2000年鳥取県西部地震、2005年福岡県西方沖の地震、2007年能登半島地震、2007年新潟県中越沖地震、2008年岩手・宮城内陸地震など、いずれも、事前には専門家の間で活断層との認識が共有できていなかった場所で発生している(唯一2004年新潟県中越地震は事前に都市圏活断層図に明記されていた小平尾断層に対応)。

これらのことから、地震発生確率の評価結果をダイレクトに設計に反映させることは適切では無い。この点では、むしろ、地域間で設計荷重を劇的に変化させない伝統的な工学分野における地震荷重設定法の方が、むしろ、地震という現象の不確実性にうまく対処できているように思う。土木学会第3次提言(土木学会, 2000)では、近くに活断層がない場所でも、少なくともM6.5程度の直下地震をレベル2地震動の評価に用いることを求めている。M6.5という数字の是非はともかくとして、少なくともこれは、地域間で設計荷重を劇的に変化させないための知恵であると著者は受け止めている。

## 参考文献

- 野津 厚, 2010, レベル2地震動の評価はなぜシナリオ型地震動評価に基づくべきか, 日本地震工学会誌, 12, 19-22.
- 土木学会, 2000, 土木構造物の耐震基準等に関する提言「第三次提言」解説, <http://www.jsce.or.jp/committee/earth/propo3/index.html>

# 観測網は役に立っているのか？

京都大学防災研究所 飯尾能久

阪神淡路大震災の後大きな予算を投じて整備された観測網からのデータ解析等により、地震現象の理解はそれまでに比べて飛躍的に進歩した。問題は、その進歩が、期待されるレベルから見るとまだまだ不十分なものであり、東北地方太平洋沖地震による被害の軽減には役に立たなかったことである。役立つためには、さらなる努力が必要であると考えられるが、観測データはこれまでと同様に、大きな貢献を果たすものと期待される。

## 1. はじめに

特別シンポジウム「地震学の今を問うー東北地方太平洋沖地震の発生を受けてー」の議論の中で、阪神淡路大震災の後大きな予算を投じて整備された観測網は、防災にどのように役立っているのかというものがあつた。毎日新聞の社説には、「大きな予算は純粋研究につけられているわけではない。観測網などに数百億円かけた結果、何がわかったのかを考えなくてはいけない」という問題提起がなされたとまとめられている。筆者にとっては意外な問いかけであり、会場では適切な返答をすることが出来なかつた。そこで、本小文において、その後考えたことを含めてこの問題について議論したい。

最初に結論を要約する。災害軽減のためにはハザードの把握が重要であり、地震災害においては、直接的には強震動や津波の予測、間接的にはそれを起こす地震断層運動の予測が重要となる。上記の観測網は、地震現象の解明による地震断層運動の予測のために重要な役割を果たしている。

なお、本小文はタイトルの問題に特化したものであり、東北地方太平洋沖地震による大災害に関する地震科学の問題点を包括的に議論するものではない。また、観測網からのデータによる地震現象の解明という視点で議論するが、これらのデータは緊急地震速報など気象庁の業務に使用されており、実際に被害軽減に役立っていることに注意されたい。

## 2. 観測網からの成果

ここで問題となっている観測網とは、いずれも千点規模の観測点を有する、1) 陸域における高感度地震計による地震観測(Hi-net)、2) 強震観測(K-net, Kik-net)、3) G P S 連続観測(GEONET)を指している。これらの目的等については、地震に関する基盤的調査観測計画(地震調査研究推進本部、1997)等に詳しいが、「地震による被害の軽減に資するため、このような調査観測を推進する必要がある」とまとめられている。

筆者にとってタイトルの問いかけが意外だったのは、以下のように、これらの観測網からのデータの解析等により、阪神淡路大震災の後、地震断層運動の予測へ向けて、地震科学が飛躍的に進

歩したと思っていたからである。筆者は、内陸地震の発生過程の研究を主に行ってきたが、それ以前には、内陸地震がどうして起こるのかは全くと言ってよいほどわかつていなかったが、現在では、控えめに述べたとしても、作業仮説が提案されるころまで達している(例えば、飯尾能久、2009; 2010)。

プレート境界型地震についても、アスペリティモデルが提唱され、東北地方太平洋沖では、ずるずるすべっている領域や固着している領域の空間分布が推定出来るようになったと考えられていた(例えば、松澤、2001; 2009)。一部の地震(釜石沖小繰り返し地震や 2003 年十勝沖地震 Mw8.2)に限れば、アスペリティモデルに沿って、位置と大きさおよび発生時に関する長期的な予測も成功したと言って良いだろう。岩手沖では、中規模の地震が発生し、それによって余効すべりが引き起こされ、その余効すべりが次の中規模地震を励起し、さらに余効すべりが発生するという、カスケード的なプロセスが発生したことまで、観測データから説得力を持って示された(Matsuzawa et al., 2004)。

筆者は、この進展を、プレート境界の断層の様子が手に取るように分かってきたのだと感慨深く見ていた。これが大きな問題だったのだが、多くの関係者は同様の認識を持ち、地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について(建議)(科学技術・学術審議会、2008)においても、以下のようにその当時の現状が記述されている。長くなるが関係する部分を引用する。「地震予知研究の目標は、地震の発生とその準備過程を理解し、モデル化に基づいた予測シミュレーションとモニタリングを総合化したものとして、「総合予測システム」を構築し、「地震がいつ、どこで、どの程度の規模で発生するか」の定量的な予測を可能とすることである。さらに、予測の精度を、防災・減災に役立つように高めていくことを目指す。現在の地震予知研究はこの目標への途上にある。第2次新計画では、プレート境界地震について、地震発生とその準備過程の理解とモデル化が進み、予測シミュレーションモデルの原型が完成し、過去の巨大地震発生サイクルの特徴が再現された。その結果、地震発生場所と地震の規模の予測



に一定の見通しが得られたが、モニタリングに基づく実時間データを用いて地殻活動を予測するシステムの構築には至っていない。」

既に言い尽くされているが、一番の問題は、「地震発生場所と地震の規模の予測に一定の見通しが得られた」という部分であり、宮城沖においてM9を予測していなかったことである。

### 3. 地震現象の本質的な理解による被害の軽減

筆者がタイトルの問いかけに違和感を持った背景には、予知研究に関する、東北地方太平洋沖地震に関する最大の問題は、規模の予測において大きな間違いを犯したというサイエンスの問題であると考えていたことも挙げられる。つまり、地震断層運動の予測のために必要な、地震の発生場と発生過程への理解が足らなかったことが大災害となった原因の一つであるのに、これまで、その理解のために大きく貢献してきた観測網がどうして問題になるのだろうと疑問に思ったわけである。ただし、得られた成果には大きな間違いが含まれていたわけであるが、それは、観測網やそれから得られたデータの問題ではなく、研究体制や研究者の問題であると考えられる。

被害の軽減のために第一に重要なことはハザード(被害をおこすもの)の把握であると考えられる。地震の場合、これは直接的には、強震動や津波の予測であるが、間接的には、それを起こす地震断層運動の予測である。今回、地震断層運動の予測において大きな間違いを犯したわけであるが、何が問題だったかを真摯に議論し、今後同じ失敗を繰り返さないために、何が必要かを考えなければならない。

この問題に関する科学的な議論にはここでは立ち入らないが、地震現象をこれまで以上に深く理解することが、第一に重要であると筆者は考えている。阪神淡路大震災の後、地震現象の解明において大変重要な役割を果たしてきた観測網は、この目的のために、今後も同様な役割を果たすものと期待される。その理由は、これらの観測網およびその他の項目も含めた臨時観測等から得られた約17年間の成果を簡単に要約すれば、地震はガラスの破壊のようなものではなく、相対的に「やわらかい」ところがゆっくりと変形し、それによるひずみが(地震を起こす)断層に加わって発生するというものだからである。例えば、近年発生した内陸大地震に関してこれまで得られた成果が一般的に成り立つものならば、内陸大地震は下部地殻の「やわらかい」部分の直上で発生し、その大きさは「やわらかい」領域のサイズに依存する可能性がある。これらのことは、地震断層運動の予測可能性を強く示している。我々は、大きなそして決して取り返しのつかない間違いをしたが、それでも長い目で見れば、この約15年間における地震現象の理解の進展は、目標達成へ向

けた大切な一步となると思われる。問題は、それ以前に比べた進歩の度合いは大きかったのだが、目標とするレベルからみて、その進展は極めて不十分だったということである。

これまでは定常的な観測網について議論したが、その解明のためには、臨時的な観測を含めた観測データの充実だけではなく、理論・実験・数値シミュレーションなどを含めた総合的な取り組みが必要であることは多くの議論でなされているとおりでである。特に、今回の地震や津波被害の予測に少なくとも部分的には成功していた地質学的な手法による研究を一層進展させることが大変重要であろう。

### 4. おわりに

最後に個人的なことで恐縮だが、筆者は、野島断層を対岸に見ながら大きくなったにも関わらず、そこで大地震が迫っていることを全く予想していなかったが、今回、再び同じような間違いを起こしたわけである。今後も間違いを繰り返すのかも知れないが、もしも許されるのなら、地震現象の本質的な理解のために、決定的な観測データを得る努力を続けたいと考えている。特に、内陸地震の発生過程の解明においては、上記の定常観測網のデータだけでは不十分であり、より稠密な観測が必要とされている(例えば、飯尾,2011)。その道のりは困難なものかも知れないが、地道な努力が必ず身を結ぶものと信じている。

### 参考文献

- 飯尾能久, 2009, 内陸地震はなぜ起こるのか?, 近未来社.
- 飯尾能久, 2010, 飛躍的に進んだ内陸地震研究 阪神・淡路大震災からの15年, ないふる, 77, 2-3.
- 飯尾能久, 2011, 次世代型地震観測システムの開発と運用: 満点(万点)を目指して, 京都大学防災研究所年報, 54(A), 17-24.
- 科学技術・学術審議会, 2008, 地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について(建議), [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/20/07/08071504/002.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/20/07/08071504/002.htm).
- 松澤 暢, 2001, 地震予知の戦略と展望. 地学雑誌, 110 (6), 771-783.
- Matsuzawa, T., Uchida, N., Igarashi, T., Okada, T. and Hasegawa, A., 2004, Repeating earthquakes and quasi-static slip on the plate boundary east off northern Honshu, Japan, Earth Planet Space, 56, 803-811.
- 松澤 暢, 2009, プレート境界地震とスペリティモデル. 地震2, 第61巻特集号, S347-S356.
- 地震調査研究推進本部, 1997, 地震に関する基盤的調査観測計画, <http://www.jishin.go.jp/main/houkokukaigi/chousakansoku.pdf>.

# 地震学の知見の広報・教育活動

防衛大学校地球海洋学科 村越匠

特別シンポジウムのテーマの一つである「教育の現場やメディアで地震学の知見をどう伝えるのか」をふまえ、個人や小グループ単位だけではなく日本地震学会などを主体としてそれを広めていく方向性について提案した。メディア活用においては、SNS や動画配信など対象規模はまだ小さくても新しいメディアの運用案と、テレビ・新聞における一部地域では定期配信がされている週間地震情報のような定期的な地震情報の配信についてその可能性と提案を行った。また、地震防災教育においては、地震学の研究者自身の視野の広がりや向上やその活用についても提案を行った。

## 1. はじめに

2011年10月15日の特別シンポジウム「地震学の今を問う-東北地方太平洋沖地震の発生を受けて-」において、平原和朗・日本地震学会長から「若手に期待したい。批判もいい。どんどん出してほしい。ただし一方的に批判するのではなく代替案もほしい」という発言があった。その言葉に触発され、地震学の学問的な観点での方向性や改善案は持ち合わせてはいないが、地震学の一般向けの情報発信については多少とも提案ができるのではと考えている。地震学の教育研究に携わる一人として、また高校を卒業するまで静岡県で育ち、子供の頃から東海地震の発生に備えて防災頭巾というものを小中高と常に学校に備えるなど他の地域よりは地震防災に関する情報も多かった地域出身の一人として、教育や生活に密接した地震学に関連した情報の発信について考えてみたい。

地震防災行政に関連した意見として石橋(2011)は「地震学界は、予測の確度の向上につながる基礎研究に邁進すると同時に、地震科学の基本的常識と未解明の点をもっと丁寧に説明して、日本社会の地震に対する基礎体力を高める努力が必要」と述べている。この地震学の研究のあり方や説明の重要性について同意するが、その日本社会の地震に対する基礎体力向上の方法をどのようにするのか考えてかつ実践していく必要がある。荒巻(2005)では火山防災に関する記載の中ではあるが、「日本における平均的理科教育の内容は地球科学の分野が特に貧弱であることが顕著」と述べられていて、これは地震防災にもあてはまる。その防災教育の必要性は改めて書くまでもないが、今回の東北地方太平洋沖地震発生時の成果の具体的な事例として、田中(2011)による仙台市立八木山中学校における報告などをあげることができる。また、2011年10月15日の特別シンポジウムの中では、地震学の知見を一般の人にどのように伝えてきたのかという現状と今後どのように活用していくのかという視点での講演が東京都板橋区立高島第一小学校校長の矢崎良明氏、日本テレビの谷原和憲氏の両氏からあり、小学校で実際に行われている防災教育の一例や、テレビ

での大規模な地震時の報道の実態について紹介された。また、日本地震学会が主体となった学校教育での地震学の普及活動も行われている。たとえば、静岡県立静岡高等学校において地学の授業と関連させて、高校OBである防災科学技術研究所の功刀卓氏が講師となり最新の地震観測の講義を実施した事例がある[美澤(2011)]。本論文では、地震学の知見の広報や教育活動に関して、新規の提案というよりは上記のような活動やアイデアとして既出であっても個人や一部でのみの活用にとどまっているようなものについて、日本地震学会を主体としてそれを広めていく方向性について提案していきたい。

## 2. 広報・教育の展開

日本地震学会の一般向けの情報として学会ホームページ(<http://www.zisin.jp/>)の地震に関するFAQや年4回発行の広報誌「なみふる」、なみふるメーリングリストがある。広報誌「なみふる」は写真や図が多く説明も丁寧にされているが、発行頻度や有料であることもあり対象が限られている。なみふるメーリングリストは、目的は地震研究者と一般の方々との地震に関する知識の交換・普及活動の一環として行うこととなっているが、現状では活発な情報交換の場にはなっていない。ホームページは、学術団体として一般的な構成であり学会関係者に必要な情報はあがるが、地震に関することを知りたいと思った一般の方にとって必要な情報が揃っていたり、何度も閲覧しにくるような構成にはなっていない。情報発信の対象に合わせた内容自体の選択も大事であるしメディアの活用と使い分けも有効になる。

最近利用者が増えているインターネット上のメディアにFacebookやTwitterで代表されるソーシャル・ネットワーキング・サービス(SNS)がある。その活用も一般向けの広報の手段の一つとして有用だと考えている。地震学に関連したところでは日本地球惑星科学連合やAmerica Geophysical Union(AGU)ではTwitterやFacebookによる情報の配信・交換を行っている。国内の地震学に直接関係あるものでは、TwitterにおいてOnetopi「地震」(@jishin\_1topi)が2011年7月に

開始されている ([http://ltopi.jp/jishin\\_ltopi/](http://ltopi.jp/jishin_ltopi/)). これは東京大学地震研究所出身の大木裕子氏がコーディネーターを担当している。Twitter の仕組みとして一回あたりの配信の情報量が 140 文字までの制限はあるが、地震情報や新聞・雑誌等で報道された地震学関連の記事や出版物の紹介や、地震関連の講演会の案内など簡潔にがされていく情報の入り口としてわかりやすい。

インターネット上のツールとしては Ustream やニコニコ動画、YouTube などの動画配信サイトも活用できる。防災科学技術研究所の防災科研チャンネル <http://www.youtube.com/C2010NIED> では、東北地方太平洋沖地震の概要や津波に関する報告会の様子を見ることが出来る。日本建築学会東北地方太平洋沖地震調査復興支援本部主催の平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震および一連の地震 緊急調査報告会 (2011 年 4 月 6 日) は Ustream を使ったリアルタイム配信も行われている。また強震モニターによる日本列島の揺れの可視化が Ustream でリアルタイム配信される試みもあり、東北地方太平洋沖地震の余震の様子に興味のある相当数の視聴者があったことが報告されている [東・他 (2011)]。

SNS、動画配信ともテレビや新聞のようなマスメディアに比べると現状での利用者は桁が異なるくらい少なくなるが、それぞれに適した用途があり一般向けに情報を配信する適材適所な道具として有効だと考えられる。Twitter の場合は人選と配信内容が問題となるが、まずはイベント情報の配信や地震に関する FAQ の受付・回答から始めていくことは日本地震学会としても可能だと思われる。適している理由に、一方的な配信ではなく、フォロワーと呼ばれる情報受信者側からの情報の訂正や関連情報の追加、他の方への転送による宣伝などが容易な点もあげられる。動画配信に関しては、他学会の活用例も参考にして、学会の招待講演やシンポジウムなどで試してみようことを提案する。録画の場合は何度も閲覧ができてしまうため講演者などからの賛同を得るのが難しいかもしれないが、リアルタイム配信のみであれば比較的敷居を低くできる。会場から遠く参加できない方や会場広さの問題で入場できない人たちなどへのニーズはあると思われる。例えば 2011 年 10 月 15 日の特別シンポジウム「地震学の今を問う-東北地方太平洋沖地震の発生を受けて-」は出席者が多く会場の席数では足りなかったが、リアルタイム配信があればかなりの視聴があったのではないかとと思われる。試験運用としても使い慣れていないと、東北地方太平洋沖地震のような非常時になって急に情報配信を始めようとしても困難が伴うことが予想される。費用・人選や技術的な問題があるが、日本地震学会の中の経験者などのご協力を頂きながら試してみる

ことを提案する。

インターネットの活用は今後の可能性広げるという意味で有用であるが、より広く伝えるという点でテレビ・新聞等のマスメディアの活用が重要となる。最近では緊急地震速報のテレビ・ラジオでの配信も行われているが、基本的には地震発生後の震度や被害に関する地震情報が主な配信になる。東田 (2009) では、地震情報という言葉の種類と内容の整理、およびその地震情報の提供方法の現状と課題について詳しく述べられている。その中では、地震情報と類似の防災情報である天気予報との比較も紹介されている。天気予報や天気図は新聞・テレビ・ラジオ・携帯電話などで毎日目にしているが、地震情報は普段は目にする機会がほとんど無い。広報誌「なみふる」には 3 ヶ月ごとに日本周辺のおもな地震活動の掲載があるが購読者は限定される。防災科学技術研究所・地震観測網ポータル (<http://www.seis.bosai.go.jp/>) やスマートフォンの専用アプリケーションの利用などで最近の地震活動を見ることはできるが、インターネットで積極的な情報収集をされる方に限定されてしまう。地震の予知のことがどうしても注目されてしまうが、その可否にかかわらず自分の住んでいる地域での地震、火山などの活動状況や被害の可能性については普段から注意しておくことが大切であるのに地震活動の情報を日にする機会は非常に少ない。そのため、マスメディアには大地震発生後の限られた期間だけではなく、普段から地震に関連した情報を提供して頂き、一般の方が地震情報に定期的に触れる機会を増やして頂けないかと考えている。

静岡県の場合であるが、静岡県の地方新聞である静岡新聞では、1995 年の兵庫県南部地震より以前の 1993 年 11 月 6 日から週間地震情報が毎週掲載されている (図 1)。図 1 の例にあるように地震活動の分布図とその期間の活動の主な特徴が解説されていて、広報誌「なみふる」の 3 ヶ月ごとの地震活動の週間かつ地域版に相当している。



図 1 週間地震情報 [静岡新聞 (1993)]



図 2 週間地震情報 [中日新聞 (2011)]

他紙では愛知県に本社がある中日新聞の静岡県版にも週間地震情報の掲載が行われている(図2)。またテレビでのニュースについても、毎週金曜日の夕方にNHKの静岡県の地方ニュースとして週間地震情報が報道されている。他県について調べてみたところ、宮城県でもNHK仙台放送局が一週間分の地震の解説を行っている。

地震情報が地域限定で時間帯や媒体の限定があっても、テレビ・新聞で毎週情報配信されているという現状はあまり知られていないのではないかと。特別シンポジウムで日本テレビの谷原和憲氏の講演があったが、日本地震学会員やその関係者の方にメディアの中の方もいる。ゼロから始めるのは難しいかと思うが、週間地震情報という内容であればすでに一部の地域での実績もあり、新聞では20年近く定期掲載がされている。個人の声では難しくても、日本地震学会や研究機関・大学としてなんらかの声を上げれば、静岡県や宮城県限定から地域が広がり、情報を配信する媒体や枠も少しずつ広がることは十分に期待できる。このように日常の地震情報を十年、二十年と継続していくことが、地震防災への意識の向上と継続につながっていくと考えている。兵庫県南部地震の時に関西では地震が起きないと思っていたというような声もあったかと思うが、日々の情報への接触が身近な地域の地震活動に関する正しい理解へとつながると思われる。

教育については、一般向けのものでは日本地震学会秋季大会に開催している一般公開セミナーや大学や研究所による定期的な一般公開などがあり、学校を対象にしたものでは大木・他(2008)の小学校での地震防災授業や美澤(2011)の高校地学での出前授業の取り組みなどがある。どちらにおいても、対象となる地域や人数、期間も限定されてしまっている。これも動画配信の活用により対象を広げることが可能になる。それと並行して一般向けの効果的な情報発信を行うことができる人を増やしていくことも大切だと思われる。各自の専門分野を深めるのに加えて、地震防災や教育にも視野も広げられないかと特別シンポジウムの山田真澄氏の講演などで実感した。それにより、上記の出前授業の例では、開催地域や回数を増やせることになる。関連学会の方とも共同で行うこともできれば地震学だけでなく地球科学に関するより多くの教育活動になり得る。ただ、

私も含めて地震学一般とは別に地震教育・地震防災に関しての関心があっても、その知識や経験の少なさから責任を持って積極的に情報発信できる方は少ないのではないかとと思われる。地震防災教育に関して、関連学会や日本地震学会内からの専門の方の招待講演、専門のセミナーの定期開催やニュースレターの中での記事の比率を高めるなど実現可能なことから始めて、日本地震学会の中からの意識と知識の向上も進めていけないかと考えている。

### 3. 結論

本論文では、地震学の知見に関する広報活動でのメディアの活用と教育活動について述べてきた。SNSや動画配信などの新しいメディアの活用や、新聞・テレビによる週間地震情報のような定期的な情報配信について、その可能性と提案を行った。また、地震防災教育における地震の研究者自身の向上やその活用についても提案を行った。特に週間地震情報のような地震情報の広報については、数年後には現状より進んでいることを願っている。

### 謝辞

東北地方太平洋沖地震臨時対応委員会委員長の鷲谷威氏には本稿の修正にあたり有益なご指摘を頂きました。ここに記して感謝致します。

### 参考文献

- 東宏樹, 青井真, 功刀卓, 中村洋光, 早川俊彦, 藤原広行, 2011, 余震・誘発地震のもたらす強震モニタの非専門家への広がり 動画クラウドサービを用いた強震サーバの負荷分散を通じて, 日本地球惑星科学連合2011年大会, MIS036-P174.
- 荒巻重雄, 2005, 火山ハザードマップ-火山防災戦略の一環として, 火山, 50, S319-S329.
- 石橋克彦, 2011, 地震防災行政と自然科学, 科学, 81, 969.
- 大木聖子, 辻宏道, 瀧澤一, 田中淳, 矢崎良明, 2008, 文部科学省委託事業防災教育地域事業: 高島平を中心とした首都直下地震防災教育と避難所設営シミュレーション, 地域安全学会梗概集, 23, 53-54.
- 静岡新聞社, 1993, 週間地震情報, 静岡新聞 1993年11月6日朝刊1面.
- 田中礼治, 2011, 「防災教育」と「3.11での成果」, 日本地震工学会誌, 15, 85-88.
- 中日新聞社, 2011, 週間地震情報, 中日新聞静岡版 2011年11月26日朝刊県内総合17面.
- 東田進也, 2009, 地震情報の現状と課題, 地震2, 61, S575-S589.
- 美澤綾子, 2011, 高等学校地学での地震教育, 日本地震学会講演予稿集 2011年度秋季大会, C22-10.

# 確率論的な地震予知では何も進まない

静岡県危機管理部 岩田孝仁

地震学の成果を人命の安全に生かすための大きな目標の一つが地震予知であると考えられる。しかし確率論的な地震予知に留まると地震予知によって人の命を助けることは困難である。地震学の成果を生かし地震予知により人命の安全を図るのであれば、地震学の研究の英知を結集し決定論的な地震予知を目指すべきである。

## 1. はじめに

1881年に日本地震学会が創設された時、多くの研究者の思いはその前年に起きた横浜地震の惨状を見て地震による被害を何とか軽減し犠牲者を少しでも減らすことができないか、ということであったと理解している。その研究目標の一つが地震予知であり、その思いは1892年設立の震災予防調査会に引き継がれ、1929年に再設立された現地震学会にも当然息づいていると考える。

1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災から16年が経過した2011年3月11日に、またしても固有名詞で大震災と呼ばれる東日本大震災が発生した。マグニチュード9.0という規模は日本列島の周辺で歴史記録に残る地震の中では最大の地震であったことや、このクラスの地震が日本近海で発生することを地震研究者の多くが現実的課題として警鐘していなかったことなどから、マスメディアだけでなく研究者の中でもこの地震を指して「想定外」という言葉がしばしば使われている。

また、地震学の研究者にも、従来から提唱されていたプレスリップモデルによる前兆現象が今回の地震では十分に観測できなかったことから、本来であればまずは観測網の不足を論じるべきであるにも関わらず「想定外」で片付けられてしまう場面もある。地震災害から少しでも多くの人命を守るという地震学の大きな目標の一つとして地震予知をもう一度きちんと研究対象に位置づけ、しっかりとした研究体制を構築すべきと考える。

## 2. 地震予知は確率で論じるものではないはず

自然界の現象は基本的に揺らぎのある現象であり、物理現象として論じる場合には確率で論じることが正しいのかもしれない。しかし実社会の対応は確率で評価できるものではない。特に一人ひとりの行動は、決して確率ではなく stop or go である。すなわち白か黒で、決してグレーの行動ではない。多くの集団をマスとして見た場合には確率として評価されるものが確かに存在する。しかし、個々の人間の行動を命の安全という視点で見た場合には決して確率的な現象として論じるべきではない。

地震予知を論じる場合に確率論と決定論には

大きな違いがある。すなわち、地震予知は理論を目指すのか、それとも実社会において地震による犠牲者を何とか減らすことを目標に据えるのかの違いである。理論は途中の成果でしかなく、地震予知は実社会に適用されて初めてその成果が評価されるべきである。

地震発生確率が高いと人は安全確保の行動を起こすのであろうかという疑問が起きる。現実にも政府の地震調査研究推進本部が出している地震発生確率があるが、果たして発生確率の高い地域において実社会の人間の行動にはどのように反映されているのであろうか。例えば、参考値であるが想定東海地震の今後30年の発生確率は88%(2012年1月1日現在)と示されている。88%という発生確率は一般常識としては非常に高い確率であるが、東海道新幹線は日常的に東海地震の震源域の北端に位置する富士川河口断層帯の上を横断してピーク時には数分間隔で千人オーダの乗客を乗せた高速列車が走行している。1854年の安政東海地震では富士川河口付近の地表で上下に1丈2尺(約3.5m)の変位が出現したことが当時の記録に残っている(静岡県2001)。

地震発生に備えてきちんとした安全措置を講じるためには確率ではなく白黒、もしくはグレーであっても黒が予見できる決定論的な情報発信が必要である。それが実用的な地震予知であると考えられる。地震発生については、確率が高くてもすぐ起こらない場合もあるし、低くてもすぐ起こることもあるのも事実であり、そう考えるとやはり確率論的な地震予知(予測)では実社会の防災行動には結びついていかない。このような考え方が正しいのか間違っているのかではなく、現実であると認識する必要がある。

## 3. 結論

地震に起因する様々な現象を予測し人命の安全を図るための最も大きな成果を発揮できるのは地震予知であると考えられる。地震予知を実社会で生かすためには決定論的な地震予知を目指し、少しでも実用化の近づけるべきである。

1944年の東南海地震では地震発生の前日から地面の異常な揺らぎが静岡県森町付近で当時の陸軍陸地測量部が実施していた水準測量の際に

現れていたとの報告がある(越山敏郎 1976). 1946年の南海地震では地震発生の前日から高知の浜で潮が異常に引いていたとの地元の人の証言もある(重富國宏・他 2005).

1944年の東南海地震発生当日午前中までの測量往復誤差はプレスリップが議論できる精度でないとの考察はあるものの(鷺谷威 2004), もし, 現代の地震研究者がこれらの現象を観測したならばどのように解析し情報発信を行うのであろうか. 研究成果を研究だけに終わらせず, 人命の安全につなげる意味で最も期待される地震学の分野が地震予知であると考え. 地震学の研究者の総意でこの課題の解決を目指すことが, 端的に人々の安全に直接結びつく学問としての地震学になるものと考え.

#### 参考文献

- 静岡県, 2001, 第3次地震被害想定報告書, 6.  
越山敏郎, 1976, 東南海地震時の水準測量, 国土地理院時報, 100, 7-8.  
重富國宏・梅田康弘・尾上謙介・浅田照行・細善信・近藤和男・辰巳賢一, 2005, 資料・証言に見る南海地震前の井戸涸れ及び異常潮位, 京都大学防災研究所年報, No48B, <http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/dat/nenpo/no48/48b0/a48b0p21.pdf>.  
鷺谷威, 2004, 1944年東南海地震前後の地殻変動再考, 月間地球 26, 746-753.

# 狭い「地震学」から脱却するために、啓発活動に参画を

静岡大学防災総合センター客員教授（時事通信社山形支局長）中川和之

19世紀に世界で初めて地震の学会が日本で誕生した際や、東京大学地震研究所の設立時には、地震の研究によって被害軽減を図ることが目的とされた。1995年の兵庫県南部地震は、地震学の研究者にとって、いつか起きてでも不思議ではない地震だったが、その研究成果が十分社会と共有されていなかったことが問題視され、日本地震学会でも社会的責任を果たすために法人化して多様な活動を展開し、著者は広報委員会、将来検討委員会、普及行事委員会に関わってきた。定款にある「地震学の普及」活動に取り組んできたが、それが広く学会内で共有するに至っていないことが、10月のシンポジウムを通じて分かった。ここで改めて、普及すべき「地震学」とはどういうことを含むのか、その役割とは何かを、95年以降の取り組みを振り返りながら考察する。

## 1. はじめに

人々が地震という際には、古来、「ない」（大地）が「震（ふる）う」「なみふる」という言葉が使われ、地震動まで含めて地震と考えられてきた。一方、著者が科学記者として、地震学の研究者から「我々の言う『地震』とは、地下の震源断層の運動のことであって、それによってもたらされる『地震動』と混同せず、被害などについては地震学の対象ではない」と聞かされ、記事などでも受け売りしていたこともあった。しかし、地震研究者が「地震」を震源断層でズレが生じる過程を指すと限定すること自体、社会から遊離した考え方ではないだろうか。

兵庫県南部地震後に発刊した地震学会の広報紙のタイトルが「なみふる」とされたのは、広い視野を持って地震をとらえる決意であろう。残念ながら、兵庫県南部地震後のさまざまな活動について、学会内でその意義が共有されていなかったことが、今回の特別シンポジウムで明らかになった。それは、活動に関わった著者らの取り組み方にも問題があり、学会内に十分な広がりをもてなかった。

## 2. 阪神大震災後、多様に展開された社会活動

日本地震学会は法人改革の中で、公益社団法人になることを選択した。あえて面倒な手間をかけたのは、この学会の活動に高い公益性があるという自覚があるからなのとは言うまでもない。それは、定款に地震学の研究と同時に普及が含まれていることから当然と言える。学会大会を開催し、研究発表する場を用意し、査読者を確保して権威ある論文集を出すと言うだけなら、他学会のように公益社団法人にならなくてもできる。なぜ、そのような選択をしたかという、例えば高い公益性があるが故に、一つ一つの研究のための予算措置などがなされていることの意味を、会員が理解しているからでもあろう。また、研究対象とする「地震」という現象が、例えそれが災害に至らなくても、いきなり安定しているはずの大地が揺れるという意外な現象故に、多くの人々の好奇心の対象になる学問であり、単にその分野の研究者の

みが狭い範囲の好奇心を働かせている学問と異なるということもあるだろう。

ただ、実際に学会内の各種委員会活動や、理事会に関わっていない会員にとって、公益の意味と、果たすべき学会会員としての役割が実感として伝わっていないのも確かだろう。

天文系の学会が中心に2004年2月に開かれた「学術成果の広報と報道に関するシンポジウム」で、地震学会が広報紙「なみふる」などの一方的な広報だけでなく、年2回の記者懇談会や、「なみふるメーリングリスト」を運用して社会と双方向コミュニケーションをしていることに驚きの声があがった。天文系の学会のほうが、手法としては優れた取り組みがあった。だが、その目指す目的が、どちらかと言えば、学問側に利益をもたらす方向ではなく、社会の側に利益をもたらす方向を意識している地震学会と姿勢の違いが、最も関心と呼んだ点だったのではないかと、シンポの参加者としては感じている。

広報委がメンバーを一部交替しながら、取り組みを続けていることで、参画する学会員にとっては、公益活動に我が事として取り組んだ経験を学会内に広げている役に立っているだろう。

学校教育委員会から将来検討委員会、普及行事委員会と担当が移り変わっていった「地震火山こどもサマースクール」の共催学会は、当初からの日本火山学会に加え、2011年から日本地質学会も参画した。地震や火山の最先端の研究と眼前の風景をつなぎ、歴史や風土にしみこんでいる地震や火山の意味をこどもたちと再発見する活動をしてきた。2004年に六甲山で実施した際の参加者が、六甲を「山並みが壁っぽい」と表現したが、日本の都市周辺にある活断層地形を表現するのに相応しい言葉だろう。単純な原理から最先端の研究も反映しながら、こどもたちとともに「地震」を見つめ、再発見してきたことは、地震学会の共通の財産にしていかなければならない。

学校教育委員会は、学会員である各地の地学教師たちを中心に活動を続け、実験や授業案などの情報交換などのほか、地震火山こどもサマースク

ールの初期の担い手ともなった。学会内の教員を対象にしたサマースクールは、こどもサマースクールとも連動したりしながら実施し、2009年から教員免許更新講習も兼ねて開催している。最新の地震学を、学会員以外の現場の教師に伝え、それがさらにこどもたちに伝わるという循環につながっている。

### 3. 公益活動に欠けた学会内部への広がり

しかし、その普及行事委員会も、学校教育委員会も、発足からコアメンバーは大きく変わってはならず、行事以外の場での研究者の巻き込みには成功していない。96年発足の学校教育委員会は、委員長が交替して3人目だが、03年発足の普及行事委は委員長が著者のままだ。地震火山こどもサマースクールの報告は、行事の性格上、外部向けの広報紙「なみふる」誌上で行われているだけで、全会員が読むニュースレターでは短い理事会報告だけだったのも、学会内の情報共有の少なさにつながった。

08年から、日本でジオパークの本格的な活動がスタートし、日本ジオパーク委員会に著者が地震学会からの委員として参加している。さまざまなジオ的な特徴を持つ日本列島が形作られてくる過程で、地震は大きな役割を果たしてきており、重要なジオパークの要素となる。しかし、日本ジオパーク委員会委員長の尾池和夫名誉会員が、ニュースレターでのジオパーク特集で、「日本地震学会は全体的に他の学会に比べて、ジオパークの活動に対する関心度が低いのではないかと懸念を示されているように、全市町村の1割近くがジオパークの活動に参画しつつあるのに比べて、地震学者の顔は見えてこない。

このため、12年度から普及行事委内に、ジオパーク支援のワーキンググループを設置して、尾池委員長もメンバーとなって、学会内への働きかけの方策を探ることにしている。

2007年に金森博雄名誉会員が受賞した京都賞の賞金の一部を、地震災害後の被災地・被災者のために学会が社会活動を行う資金に充当する目的での寄付を元にした「社会活動基金」があるが、2008年の岩手・宮城内陸地震の発生1カ月の段階で両県の2箇所地元住民セミナーを開催したにとどまっている。地震学者も解釈に悩んだ地震で、セミナーでどんな質問が飛んでくるか、戦々恐々だったが、実際に出された質問は、いずれも的を得たものばかりで、講師を務めた研究者を驚かせた。参加してくれた住民の方に、地震の正体が十分、分かってはいないことを伝えることができた。同じように正体が分からない地震だった2011年の東北地方太平洋沖地震では、もっと積極的に同種の活動が行われるべきだっただろうが、未だに開催されていない。

これらの行事は、多くの学会員が感心を持つ研

究的な側面がないようにみえることも、一因かも知れない。将来検討委員会として関わった2002年の三重県での地震教育の報告を、「地震」に投稿してリジェクトされたのは、理由は投稿者に委員会名が共著者で入っているという形式論だったが、背景には地震教育は「地震」に相応しくないという考え方があったと言わざるを得ない。

本来、「地震」という現象を、どのように伝えていくかというサイエンスが、地震学会の研究でなくはないと考えるが、この不採用後、地震への投稿は試みられていない。同種のテーマを扱える学術誌がある事も理由だろうが、「地震」へのチャレンジも必要ははずだ。春の連合大会では、教育や啓発、ジオパーク、高校生のポスター発表などの広がりを持ったテーマが取り上げられているが、学会単独の秋の学会大会では、ほんのわずかの発表しかない。せつかく、各地にでかけているのだから、その地元の教育やジオパークの関係者、防災関係者が参画して、学会員と意見を交わすようなプログラムを作っていくことで、研究の分野も広がりが出てくるだろう。

これらの活動に対する評価と課題を整理し、どうやったらもっと多くの学会員がかかわれるようにすべきなのか、議論を交わすことも必要だ。

### 4. 閉じこもらずに「分からなさ」の共有を

東海・東南海・南海地震の連動性評価研究のプロジェクトでは、自治体の防災担当者が主体的に参画している地域研究会で、研究最前線と現場の防災をつなぐ試みが行われ、研究の限界と、防災対策の限界が率直に語られて、その中から被害を軽減する方策が探られている。

研究者にとっては、「分からない」ということは、ある意味で研究課題であり、それこそが大事なのだが、マスコミも含めて社会に対しては「〇〇が分かった」という伝えられ方になってしまう。それによって、本来は十分分かっていなかったことが、研究者ですら分かったことになってしまうとも言え、アスペリティは、その一例ではなかったか。社会との間で、「分からない」ことの程度をどうやって共有するかは、地震学にとって大きな課題であるのは言うまでもない。

こどもサマースクールでも、ジオパークでも「分からない」ということは、「ナゾ」であり、楽しく解いていくテーマでもある。センスオブワンダーは、普通の人でも共有できるのだ。一方で行政も、人間相手に簡単には解けない課題を扱ってきており、地震にだけすべて「分かった」ことを求めるのは無理がある。

研究者コミュニティでは、「分からない」ことを前提に、分かったことを議論するが、「分からない」と言いながらも、一定の共通認識はある。そこをどう社会と共有するか、そのためには、さまざまな啓発活動への参画が重要だと考える。



# 相手は自然だとあきらめていませんか？・・東日本大震災に思う

北海道大学名誉教授・NPO 環境防災機構 岡田弘

天災だから、もう済んだことだからと、諦めてはいませんか？人がいないところで災害は起こらない。脆弱な社会システムが問われる故に、徹底的な原因究明により次を繰り返さない確実な道を歩みたいものだ。今回学んだはずの減災指針を次に確実に生かすことに尽きるはずだ。

## 1. 大災害の度に考える

「この災害は、新技術がまだ開発されていないからでもないし、既存技術に重大な欠陥があったからでもないし、現象が、歴史上の事例や予測をはるかに超えたばかりでかすぎる規模だったわけでもなかった。また、たまたま運の悪い出来事が次々と連鎖して発生してしまったからでもなかった。

このすさまじい悲劇は、極めて明快かつ単純な理由で発生した。ヒューマンエラーが重なり合った結果だった。判断の間違い、優柔不断さ、指示待ち、先見のなさなど、人間が犯しがちな誤った行動の累積結果だった。・・・この教訓は、決して新しいものではない。（「アルメロの教訓」より、米国ペンシルベニア大学バリー・ボイド博士（Voight,1990）による、一部入手）」

なんと多くの自然災害はその本質が似ていることだろう。「災害はないものだ、自分たちは大丈夫だ、不確定なことには備えようがない、相手は自然だから逆らえない」。人間がつい無自覚的にとりがちな行動規範を大前提とした備えが必要だった。あるかもしれない災害には、備える以外に道はないという単純明快な大原則が、安全神話のもとでなぜか忘れ去られていた。

社会心理学で、「正常化の偏見」と呼ばれる課題がある。自然災害の研究最前線にいる多くの科学者たちにとってさえ、「何もそこまで危険だといわなくても、パニックになってしまうかも、充分に分かっているはずだから」と、社会の脆弱性（ぜいじゃくせい＝もろさ・よわさ）に対して、自分たちがまさに逆効果の行動をとりがちなことを自覚していないことさえ少なくない。

## 2. 想定外だったか？

東日本大震災の当日から、「想定外」という言葉が多用された。初めは、発生確率が低い巨大津波を想定しなかった「甘すぎた想定」に対する反省の弁のはずだったが、たちまちの内に原発震災の弁明や開き直りへと、大きく変質していった。

マグニチュード9クラスの巨大地震の経験は人類にとって初めてではない。マグニチュード8.5以上の巨大地震は、世界で最近約100年間に16回も発生しており、9以上も今回が6回目となる。そのほとんどが太平洋プレートが潜り込む太

平洋のリングオブファイア「ring of fire=火の環(わ)」で発生していた。日本列島はまさにその大変動帯の上に位置している。

従って、マグニチュード9クラスの巨大地震が日本で発生する可能性があることは、2004年のインド洋大津波以降、各方面で論じられ始めていた。政府の中央防災会議でも、今振り返ると結果的に余りに甘すぎた想定だったとはいえ、2006年には連動型大地震を三陸沖・道東沖および西日本の三地域で想定しており、津波堆積物による道東沖や貞観大津波の解明も進んでいた。

2006年の専門調査会報告では、将来の明治三陸沖型の地震再来の場合の死者は約2,700人と想定した。実際の明治三陸と比べて一ケタ少ない被災想定だった。その理由として、専門調査会は、「堤防など津波防護施設の整備が進み、警報で避難行動がおこなわれるから」とその根拠をあげていた。結果として甘すぎた想定だった。

そして、相次ぐ津波警報に人々は動かなかった。2010年のチリ沖地震の大津波警報でも、避難行動は限られたものだった。河田恵昭(2010)は、痺れを切らして岩波新書の「津波災害」の序文でこう言い切った。「こんなことでは、とんでもないことになる」。そしてその数か月後、3.11を迎えた。

巨大地震・津波に関する知識は一般社会へも伝えられていた。青少年向け科学雑誌ニュートンは、連動して発生する巨大地震の特集を2008年1月号で組んだ。その第一ページはM9超巨大地震で始まっている。そして、更に2010年6月号で再び、「日本でも起こりうる、スマトラ級の超巨大地震」の特集を組んだ。

一方、米国では、本土北西沿岸を襲ったM9の1700年カスカディア大津波を徹底的に解明し、2005年以降M9地震の総合対策に真剣に取り組んでいた。インターネットで入手できる日米両政府の情報を紐解く限り、2004年インド洋津波を他人ごとと思わなかった米国と、「あれは途上国のことだから仕方なかった、日本は違う」と教訓を学ぼうとしなかった日本の危機感のない、甘すぎた「ひとごと対応」との対比に、愕然とせざるを得ない。

## 3. 日本はどういう国か？

世界の大都市が抱えるリスクが、ドイツの「ミュンヘン再保険」会社によって長年評価され公表されている。震災後、雑誌ニュートンの誌上でも紹介された。この会社は商売上本音でリスクを評価せざるを得ない。自然災害の発生確率、都市の脆弱性、そして経済活動の波及規模の三点を数値化して世界の大都市のリスク評価を比較している。

世界最大の都市リスクを抱えるのはもちろん東京横浜圏である。世界第3位のロサンゼルスLos Angelesのリスクを100ポイントとすると、東京横浜圏は710ポイントで、世界第2位のサンフランシスコの167ポイントをはるかに超えている。関西の大都市圏も92ポイントで世界第4位を占める。日本人はこういう本音の真実を果たしてどれだけ知らされ、そして本気で備えているだろうか？

近年10人以上が犠牲となった日本の震災統計を一目見ると、震災での犠牲者を確実に減らす原理は実に単純明快である。過去の人的災害は、 $M=7.0\pm 0.3$ 程度の直下型地震と、 $M8$ 級以上の海域地震によるものがそのほとんどを占めている。それ故に、それら二点の的確な対策で死なせないことに尽きる。

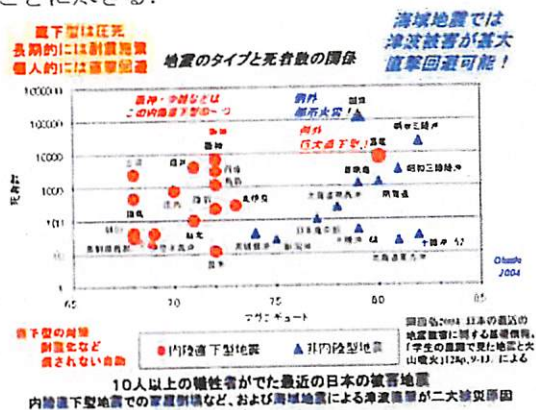


図1 「つぶされない」と「津波回避」が生存の二条件

直下型地震によるほとんどの犠牲者は、圧死である。阪神、福井、中越などが好例である。対策は、耐震化以外にない。お金と時間がかかる。もちろん、三分の一程度の時間は寝ているのだから、落下物が頭を直撃しないように、体が倒壊物に挟まれないようにするなど、家庭でも効果的な対策が今すぐできる。誰かがやってくれることではない。直下型地震の実用的な直前予知は不可能なのだから、今日からでも備えよう。

多くの犠牲者をもたらす  $M=8$  級以上の海域の大地震の場合、死因は圧倒的に津波直撃が原因である。明治三陸、昭和三陸、南海道、東南海、北海道西方沖、日本海中部などがこのグループである。従って、津波の直撃を避ける行動以外に犠牲者を減らすことはできない。大地震発生から津波

直撃までの時間をどう使ったかが最終的に明暗を分ける。

#### 4. 東日本大震災の初動対応

大地震発生時に、あの強い揺れ、長い周期で長時間続く大震動を体験して、果たしてただならぬ事態と直ちに認識できたであろうか。過去の経験や近代科学が十分生かされたであろうか。どこに課題があったのか、簡単に当日の経過をたどってみよう。

地震発生は14時46分、直前に緊急地震速報も出された。3分後気象庁は、岩手・宮城・福島に一回目の大津波警報を発令、その一分後の14時50分には  $M7.9$ 、予測波高が宮城6m・岩手・福島3mの津波情報を発表した。これを受け、政府は14時50分官邸対策室を立ち上げ、岩手県知事は14時52分自衛隊の災害派遣を要請した。これらの初動体制は迅速かつ的確であった。阪神淡路大震災で大問題になった国の初動体制の遅れの教訓は生かされたかのように見えた。

しかしながらその直後からの経過は、多くの救えるはずの者たちを救えなかった悔やみきれない展開となった。「ドーナツ化現象」をまたしても繰り返してしまった。大災害の場合、災害中心域はインフラも行政も機能不全、取りに行かない限り情報は得られない。待っていて得られるのは、インフラや行政が破壊されていない周辺情報に限られる。

阪神淡路大震災で、「こちら広島です」「こちら金沢です」とメディアは伝え続けた。これが「情報のドーナツ化現象」である。速報された初期の推定震央値とマグニチュードだけで、専門家であれば六甲や淡路島の活断層が動き都市型大災害が懸念されると即断し、助言できたはずだった。今回も、周辺各地の状況、お台場の火災、九段の天井落下などのニュースが続いた。そして、帰宅難民や原発震災が追い打ちをかけた。

幸い、暗くなるまでに何時間もあつたし、天候も最悪ではなかった。緊急の現状把握と救出・救援をどんな範囲でどんな規模で展開すべきか、分からなかったはずはなかったし、そのための人材や機材がなかったわけでもなかった。

#### 5. 津波警報をめぐって

気象庁は14時59分、大船渡で20cmの津波を初めて観測したと津波情報で速報した。メディアは15時00分頃から、鮎川50cm、大船渡・釜石20cmと観測値を伝え続けた。「ああ、やっぱり津波は来ないのだな」、警報通りの津波がこない経験を何度も繰り返してきた多くの人たちは、一瞬安どの念を抱いたときえ言う。

しかしその頃、東京大学地震研究所の岩手沖の海底津波計TM1は、15時00分に5.1mの津波を、続いて陸寄りのTM2が、15時04分にやはり5.2

mを記録した。更に、15時12分に釜石沖と宮古沖のGPS津波計が6.8mと6.3mを記録した。海岸に近づけば水深が浅くなり、速度が遅くなるので後続波が追いつき、波高は3倍以上に増幅されることがあることも過去のデータから分かっていた。気象庁は15時14分、宮城10m以上、岩手・福島6mと急遽波高予測を切り替え、二回目の津波警報で伝えた。10m以上という聞きなれないカーラジオの大津波警報にハッとして、ぎりぎり高台避難に間に合った方もいた。

大津波が沿岸を襲う約15分前から、海底津波計は大津波が陸を襲うことを示していた。振り切れない多くの地震計も、ただならぬ巨大地震だったことを示していた。必死で最大警戒を呼び掛け続けるべきだった。まだ間に合ったはずだった。技術はあったのだ。悔しい限りだった。沖合の海底津波計のデータに基づき、最大警戒を呼び掛け続けることが技術的に可能な時代に入っていた。データ共有が進んでいる時代なので、地震研究所の海底津波計のデータは気象庁へリアルタイムで提供されていたという。だが、事実関係についての丁寧な説明がいまだなく、国民は詳細な事実関係を知らされていない。

テレビが伝えた津波来襲時の各地の監視映像は、災害の深刻さを伝え続けた。15時15分釜石港で浸水開始、そしてその直後から次々と車や漁船が各地で流され始めた。津波が名取川沿いを遡上し、平野一面に広がり、次々に民家を呑み込んでいく様子を、NHKのヘリコプターのカメラがとらえた中継映像が、全国へ15時51分から実況された。気象庁からの解説が直接テレビ映像で全国へ流れ始めたのは、16時からであった。ただならぬ事態と自覚するまでに何十分も要してしまった。

## 6. 希望のほし

研究者の一端として慙愧に堪えない多くの教訓を学んだ一方で、明るい話題がなかったわけではない。この未曾有の災害から生き延びた方々の証言によると、危機感をもって行動した多くの方々が助かっていたからである。

災害時の要援護者であり、それゆえ災害弱者の最たるものと考えられていた保育園や幼稚園の多くの園児たちが、津波から助かっていた。少数の保育士たちの努力だけでは、こんなに手のかかる、こんなに多くの子供たちを、迅速に避難させることなんてとうていとうていできっこない。その危機感をもって備え、訓練を積み上げ、大地震発生時にためらわず直ちに避難行動に踏み切ったことが、生き延びた理由である。

訓練を繰り返し、改善を積み重ねていたからです。下の舗装道路へ出て、高台の避難地へ向かうのは時間がかかりすぎると、裏の農家のおじさんと直接交渉して、畑の中を横切って高台へ上がる

ことを了承してもらって、訓練を繰り返していました。

また、別な園では、散歩で使う手押しバスケット車を3台に増やし、訓練を繰り返し備えていました。その時、子供たちをバスケットに放り込み、必死で押し上げたと言います。その時はやるしかないと決意していたので、あの大きな揺れを感じて、ピンときたのでしょうか。今直ちに避難するしかない。そう思って行動を起こしたことが奇跡を生みました。

## 7. 生かされた防災教育…わが町を知るは「お作法」

同様に注目された奇跡の避難は、釜石市の小中学生たちであった。長年指導に当たってきた群馬大学の片田敏孝教授によると、ハザードマップで安全域に位置していた釜石東中学校と隣接する鶴住居小学校にいた子供たちは、いつもの訓練のように地震発生とともに、第一避難所へ。更に第二、第三の高台へと迅速に避難を行い、学校にいた全員が助かったという。釜石市では、2004年から津波防災教育を続けていた。

初めは防災講演会を開いた。だが、集まる大人は少数でいつも同じ顔ぶれ。これではだめと、学校での防災教育に切り替えた。初めに子供たちに質問した。「もし、一人で自宅にいて、大きな地震があったら、あなたはどうしますか?」。ほとんどの子供は、「お母さんに電話する、お母さんの帰りを待つ」と答えた。子供の回答を親に見せ、親に質問した、「あなたのお子さんは生き残れると思いますか?」。

危機意識が芽生え、親子での避難訓練や防災マップづくりへとつながった。子供たちは親に向かってこう語った。「お母さん、大地震の時は逃げてね。僕は絶対逃げるから。心配して探しに来て死なないでね」。学校防災教育を進めていた釜石市では、小中学生のいる両親の生存率が高かったそうである。子供を通じて、親や祖父母たちまでもが生き残れる効果が生まれ始めていたのだ。

片田氏によると、津波避難では、(1)想定にとられるな、(2)最善を尽くせ、(3)率先避難者たれを、三原則としたという。あまりに多くの大人たちが、ハザードマップで浸水しないはずの地で犠牲となった。より早く、より高所へという鉄則を生かせず、安全なはずという与えられた想定にとられ過ぎたからだろう。釜石では、津波に備えるのは当たり前という文化、お作法が学校から社会へと広がろうという矢先だった。

## 8. アンソニーちゃんとティリーちゃん…インド洋大津波での子供たちの大活躍

2004年のインド洋大津波では、約23万人が犠牲になった。震源域から40kmのインドネシアのシムルー島を、10~30分後に大津波が襲った。

だが、8万人の住民のうち犠牲者は7人とどまった。1907年の津波教訓が生かされ、高台避難が間に合った。11歳のアンソニーくんは、海辺でいつものようにフットボールで遊んでいた。島が壊れるようなひどい揺れに、「大地震の時はすぐ高台へ駆け上がれ」とおばあちゃんから聞いていたのを思い起こし、高台へ急いだ。「家も物も全て失った。だが、今も家族や兄弟がいる」と語った。

一方、クリスマス休暇をタイのプーケット島で過ごしていた、イギリスの10歳の少女ティリーちゃんは、その時家族4人で泳いでいた。海が泡立ち、遠くの船が上下に揺れるのを見て、「お母さん、これ津波だよ、すぐ陸に上がらなくちゃ」と叫んだ。お父さんが周りに声をかけ、ここでは奇跡的に約百人が生き延びた。休暇の直前、ティリーちゃんは、学校でハワイを襲った津波を学んでいた。

国連の被災一周年記念に招かれたティリーちゃんはこう語った。「お母さんは海辺で何が起こったのか分からなかったの。津波って知らなかったから、どうすればよいか分からなかったの。だから、世界中の子供たちみんなが、津波とか自然災害を学んでおくことは、とっても大事なことで私は思うの」。

## 9. まとめにかえて

アンソニーくんも、ティリーちゃんも、釜石の子供たちも、決して特別の子供たちだったわけではない。普通の子供たちが、ただ、学び、備え、行動したことが、自分を、家族を、そして周りの人々を救った。素晴らしいことをやってのけたのだ。

火山災害でも状況は極めて似ている。2000年有珠山噴火で死傷者なしの事前避難が成し遂げられたのは、決して気象庁が緊急火山情報(=警報)を出したからでもなければ、地元にもホームドクターがいたためでもなかった。公的情報や専門家の解説を、理解し、行動できる広範な人々が地元で育っており、彼ら自らが自発的に安全行動に踏み切っていたからである。

人がいないところで、災害も事故も起こらない。人間が自ら築いた社会の脆弱性(=もろさや弱点)を厳しく見つめなおし、リスク軽減に向けて学び、備え、行動できる地域社会を粘り強く築き続けること。平凡だが、安易な他の道はない。地球をよく知り、地球と仲良く。それは21世紀を生き延びる灯である。

## 参考文献

荒牧重雄, 1991, アルメロの悲劇とその背景・火山災害のケースヒストリー。「資料解析に基づく防災ポテンシャルの変遷に関する研究」(水谷伸治郎編, 科研費自然災害の予測と防災力, 名大),

505-523.

片田敏孝, 2011, 群馬大 災害社会工学研ホームページ

<http://dsel.ce.gunma-u.ac.jp/modules/staff1/index.php?id=2>

片田敏孝, 2012, 想定外を生き抜く力を育む防災教育・岩手県釜石市の防災教育に携わって。廣井賞受賞講演(岡田弘採録・編集記録, 非公式版, 16p).

岡田弘(編), 2004, 学生目で見えた地震と火山噴火(暫定版, ver.040507), 128p.

岡田弘, 2005, 多発する自然災害と減災支援科学・火山災害からの回顧。学術の動向, 2005-6, 47-51,

岡田弘, 2008, 有珠山 火の山とともに。北海道新聞社, 326p.

岡田弘, 斎藤祥司, 小山内幸治, 浦野晃司, 佐々木信裕, 2011, 防災力を強めるためには(座談会), 雑誌プラクティス(北海道市町村振興協会), 2011秋 No.7, 18-25.

Voight, B., 1990, The 1985 Nevado del Ruiz volcano catastrophe: anatomy and retrospection. J. Volcanol. Geotherm. Res., 44, 349-386.

# 地震発生予測研究のこれから

京都大学防災研究所 福島 洋

物理モデルに基づく地震発生予測の研究は、将来の地震災害軽減に貢献できると考えられるが、どのような形で貢献できるかは明白でない。これは、地震現象に対する我々の理解が不足しているからであり、結局は基礎的な研究に腰を据えて取り組んでいくしかない。そのためには、長期的な研究戦略を立てることと同時に、持続的な研究活動をおこなっていくための環境づくりが大事である。活発な研究コミュニティを実現させるため、個人ベースで自発的に参加できる公募制の研究プロジェクトの導入と、海外研究者と積極的な交流を図るための枠組みを提案する。

## 1. はじめに

2011年10月15日に静岡大学で開催された地震学会特別シンポジウム「地震学の今を問う—東北地方太平洋沖地震の発生を受けて—」では、地震学と社会との関わりが主要なテーマのひとつとして取り上げられた。地震学は、学問としての一般的な社会貢献以外に、災害軽減を通して国民の命や財産を守ることに貢献できるが、確かに地震学のうち理学的な研究が災害軽減にどのように貢献できるかは、入力（知見）と出力（災害軽減の度合い）の関係が不明瞭な部分があるため、難しい問題である。しかし一方で、理学的な研究が災害軽減に貢献することも事実である。

本稿では、地震学、特に地震発生の予測に関する基礎的な研究を災害軽減に役立てていくために、どのような方向に進むべきか、ということについて、多くの方と議論を重ね、自分で考えてきたことについてまとめたい。

## 2. 何が問題か

「地震予知は不可能である」という意見がある（ゲラー、2011）。また、対極的に、「研究を進めていけば地震は予知できるようになる」という意見がある。地震学は未解決のことが多い若い学問であるので、これらの意見のどちらが妥当であるかは、現時点で判断できず、そのような論争は不毛である。より正確に述べると、地震の発生予測は0か1かの問題ではない。地震には、規則性と複雑性、線形性と非線形性、決定論的側面と統計論的側面があり、どこかに予測可能なプロセスと予測困難なプロセスの境界があるはずである。この境界は、短期予測、長期予測、規模の予測、場所の予測のそれぞれの問題について別々にあるはずである。この境界がわからない、つまり、地震の発生メカニズムに対する理解が浅いため、予測の研究が地震災害の軽減にどのように役立てるか、ということ自体があまりよくわかっていない。

我が国では、歴史資料の分析が進み、また、トレンチ調査・津波堆積物・古墳に残る噴砂跡など、地質学的・考古学的な地震の活動履歴のデータが得られている。このようなデータは、地震が発生した事実を記録しているわけなので、2011年3

月の東北沖地震の発生以降再確認されているように、貴重な価値がある。しかし一方で、過去の地震に関する記録だけでは将来を予測するうえで限界があるのも事実である。歴史的文献記録や地質学的なデータには、見逃しの危険性が常にあるし、遡れる年代にも限りがある。さらに、履歴を詳細に調べることができた場合でも、地震の周期や規模にばらつきが相当あった場合に、次の地震がどうなるかを予測する術がほとんどない。

活動履歴データとは対照的に、地震波や地殻変動などの観測データは、データが蓄積されている期間が短いという欠点がある代わりに、その時点での地下の物理プロセスを忠実に記録している。地震調査研究推進本部の地震調査委員会では、このような観測データも参考にしながら、今後の地震発生可能性の長期評価をおこなっていくことが検討されている（[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/11jun\\_chouki/taiou.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/11jun_chouki/taiou.pdf)）。つまり、単に過去に起こった地震の履歴からだけでなく、観測データから将来的に発生する地震の規模等を拘束することを目指している。これは、東北沖地震に関し、観測データを長期評価に生かせなかったことの反省に基づく方針で、妥当な考え方だと思う。しかし、観測データを使って信頼できる長期評価をおこなうためには、相当な困難が予想される。データの解釈には、仮定（モデル）が必要であるが、地震が起こるたびに新たな発見があり、それまでの常識・思い込みが覆されるような状況で、確信を持った仮定などできるものではない。完璧な予測はあり得なく、「想定できない」状況は仕方のないものとして諦めるしかないと思うが、よほど注意深く思考を積み重ねていかないと、また地震学者が「反省」しなければならない状況に陥りそうである。

特別シンポジウムの場でも重ねて発言があったと記憶しているが、結局、現在の観測データを将来の予測に活かしていくほどには、地震現象への理解が進んでいないのである。上で述べた通り、長期発生予測だけでも（あるいは、「規模」だけの予測でも）、相当ハードルは高い。ではどうすればいいかと言うと、多くの方が発言されているように、地道に観測・研究を続けていくしかない

のである。

よって、物理に基づく地震発生予測を社会に役立てていくためには、長期戦を覚悟せねばならない。地に足の着いた研究を持続的にこなしていくためには、どうすればよいのだろうか。研究課題をしっかりと見定め、長期的な研究戦略を立てることも当然大事であるが、私はしっかりと研究を続けていくための環境・雰囲気づくりのほうをむしろ重視する。なぜなら、「マグニチュード9の地震を予測できるチャンスがあったのに見逃した」のは、立ち止まって考え直す余裕や、他の研究者の成果を批判的に見つけ徹底的に議論するというようなことがしにくい研究環境に根本的な原因があると思うからである。

### 3. 望ましい研究推進環境

#### 3.1. 地震発生予測研究の枠組み：現状と展望

我が国では、1965年にはじまった「第1次地震予知研究計画」以来、いわゆる地震予知研究計画に基づく全国的なプロジェクトが組織的に行われてきたわけであるが、1995年の兵庫県南部地震の発生を契機として、地震現象を科学的に解明し、予測シミュレーションとモニタリングを総合化した「総合予測システム」の実現を目指す方向に舵が切られた。現在は、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画(H21年度～25年度)」に基づいたプロジェクトが進行中である。

予知研究計画では、「効率的かつ調和的に予知研究を推進する」ための研究推進部会が設置されており、東京大学地震研究所内に置かれた企画部が中心となって計画全体がとりまとめられている (<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/>)。そして、「予測システムの開発」が大きな核となって研究計画が体系づけられている。

ところで、結局は基礎研究を地道にやるしかないと前述したが、基礎研究においては、知的探究心が大事である。ところが、合目的・効率的・調和的なアプローチは、知的探究心の追求と必ずしも相性が良くなく、ブレークスルー的な研究成果や批判精神を阻害する要因となり得る。実際、東北沖地震に関する反省点として、目標に向かって急ぎすぎた結果、広い視野を失ってしまったという反省がある。基礎研究を発展させるのは、様々な動機を持つ様々な立場の研究者が、自由な発想を持ち、相互作用・切磋琢磨するような研究コミュニティであろう。地震発生予測の研究コミュニティも、このような性質のものに変えていくのが望ましいのではないかと。

このような理想に近づけるためには、公募制を導入し、個人ベースで自発的に参加できる環境を整えるのがよいように思う。公募制には、公平性・透明性が担保され自由な競争が促進される、新たなニーズに対する柔軟性がある、といったメリットもある。このようなシステムを導入するの

が簡単ではないのは承知しているが、この機会に根本的なところまで立ち戻って徹底的に議論をする意義は大いにあると思う。もちろん、単にシステムを変えればよいという問題ではなく、理想的な状況に近づけることを常に念頭に置いた、注意深い検討が必要である。このような議論は、地震予知研究計画の枠を超えたところでおこなわれるのが望ましいと思う。

#### 3.2. 国際的研究拠点の提案

前述の通り、1995年の兵庫県南部地震のあとに転換期があったが、その後15年間の研究環境の大きな変化として、国際化が著しく進んだということが挙げられる。しかしながら、アメリカ地球物理学連合(AGU)の秋季大会などの状況を見てみると、お客さんの的に参加するといった表面的な交流の仕方が多いように見受けられる。海外研究者との交流を増やすことにも、公募制の導入と同様に、大きなメリットがあると考えられる。

国際交流のためのひとつのアイデアとして、日本を「沈み込みプレート境界域の地震研究に関する国際的拠点」とする、ということ提案したい。横ずれ型プレート境界に関しては、米国のサンアンドレアス断層帯がある。カリフォルニア州内の大学・アメリカ地質調査所(USGS)・南カリフォルニア地震センター(SCEC)等で、古くから日本も含めた国際的な交流が活発に行われている。プレート発散型境界については、アイスランドで火山と地震の研究が盛んである(アイスランドの状況は下で紹介する)。残るはプレート収束帯で、日本をプレート沈み込み帯の地震(火山)研究の国際的な中心地として積極的な国際交流を図り、研究を活性化させてはどうか、というのが提案の趣旨である。

このようなことを考えるうえで、アイスランドの事例は参考になるであろう。アイスランド大学に北欧火山研究所(Nordic Volcanological Institute)があるが、この研究所は、他国からの研究者を積極的に受け入れるための組織として設立された経緯があるようで、ホームページ上でも実際上でも、海外研究者を歓迎する姿勢が謳われている([http://www2.norvol.hi.is/page/nordvulk\\_informati](http://www2.norvol.hi.is/page/nordvulk_informati))。私は、二度ほどアイスランドを訪れたことがあるが、この北欧火山研究所に限らず、アイスランドの研究者が皆、国際共同研究に対して大変積極的であることに驚いた。規模の小さい国なので、自国だけではやっていけないという事情はあるのだが、積極的な人的交流は、彼らの研究レベル向上に非常に役立っていると感じた。また、研究資金獲得の面でも、共同研究の合意が得られれば、海外からの研究資金により研究が進められるし、国内あるいはEUの予算枠での予算獲得もやりやすくなる。

アイスランドの事例を踏まえると、日本を国際

的研究拠点とすることには、以下のようなメリットが考えられる。1) 海外研究者との意見交換を活発にすることで、多様な考え方に触れる機会が自然と増え、視野を広く保つことができる。2) 日本人研究者の競争意識が高まり、研究レベル向上が期待できる（なお、これは意識上の問題である。現状でも日本の基盤観測データは多くの海外研究者にも利用され、実質的にはすでに競争にさらされている）。3) 観測システムの整備などを海外の機関と共同で行うことで、限られた予算でも大規模な観測ができる可能性がある。4) 日本の地震に取り組む研究者人口が増えるので、それだけ日本の地震に関する理解が進む。5) 学生・ポストドクレベルでの交流も促進されることにより、留学生・ポストドクの確保、日本人学生・ポストドクの海外留学の機会増、国内の学生への刺激と、人材育成にも効果があることが期待される。

具体的には、上で触れた共同観測以外に、日本の研究予算に対して海外からの使用申請を受け付けたり、「国際夏の学校」を開催し世界の学生に研究フィールドとしての日本を知ってもらったり、国際ワークショップを開催したり、といった取り組みが考えられる。研究予算に関しては難しいことも多いだろうが、うまく日欧米等の間の枠組みをつくり、（例えば USGS など）共同出資するようなことも可能かもしれない。日本は元より地震学にとって魅力的なフィールドであるが、過去の知見や質の高いデータが蓄積されているし、今は特に東北沖地震により世界的な関心は高いので、このような提案を積極的におこなえば、実現の芽はあるのではなかろうか。

#### 4. おわりに

アカウンタビリティが求められる時世の中、社会の関心が大きいこのテーマで腰を据えた研究を継続していくためには、社会の理解が必須である。本稿で述べた通り、地震発生予測の研究は災害軽減に貢献できると思うが、どのような形でどのくらいできるかは不明瞭である。このような研究にどのくらいの予算を「投資」すべきかは、最終的には国民が決めるべきことである。研究者側は、その時々状況と将来の見通しについて、正確に理解してもらうための努力や、わかりやすい研究推進体制をつくるための努力をしていくべきである。これらは、自分たちのためでもある。

本稿が、今後、地震研究のグランドデザインを考えるうえで何らかの役に立てば幸いである。

#### 参考文献

ゲラー・ロバート (2011) 日本人は知らない「地震予知」の正体、双葉社。

# 地震学のアウトリーチ —社会との信頼の構築—

東京大学地震研究所 大木 聖子

地震学の災害科学としての側面を社会の中で位置づければ、その目的は被害の軽減に資することである。一方で社会からは、地震予知研究に大きな期待が寄せられており、その実現可能性については地震学が现阶段で持つ実力とはかけ離れた認識がなされている。このような社会とコミュニティとの関係において、地震学のアウトリーチの目的は、両者の信頼関係を長期的に維持できるように構築していくことにある。そのためには地震予知研究への過剰な期待をそのままにせず、地震学の等身大を伝えることが不可欠である。

## 1. はじめに

研究で得られた知見をコミュニティ内にとどめず、ひろく一般へと伝える、いわゆるアウトリーチ活動は、地震学会をはじめ、個人や研究機関、政府機関、非政府組織、教育機関などで活発に行われている。地震学会の活動については、本論文集の[中川, 2012]や巻末の資料集にも詳しい。地学教育や防災教育などについては、[根本, 2012], [矢崎, 2012]が挙げられる。また、[村越, 2012]はこういった活動を効率よく行う方法について論じている。例年、地球惑星科学連合や地震学会では、地学教育やアウトリーチのセッションが設けられ、個別の事例については多くの情報が得られる環境となった。組織が行うアウトリーチ活動としての位置づけについては、[大木, 2011]に示されている。

地震学のアウトリーチにおいて、報道機関による知識や情報の普及の効果も有力である。2011年3月11日からしばらくの間、報道各社は特別体制になった。被害状況や生存者情報などの他に、地震や津波のメカニズムに関する情報も発信され、余震や誘発地震に対する注意喚起などもなされた。その後もたくさんの特別番組や特集ページが制作され、東日本大震災がさまざまな観点から取り上げられている。[谷原, 2012]は、地震学の社会からの視点を、地震学の学術分野としての存在意義を十分に踏まえた上で、両者のより良い関係のあり方について論じている。

2011年秋に実施された地震学会員を対象としたアンケートでは、地震学と報道、地震学と防災教育との関係についての設問が用意された。報道への関心は、「非常にある」46.5%、「かなりある」35.7%、と合計で82.2%にのぼった。防災教育に対しても、「非常にある」33.8%、「かなりある」35.7%、と合計で69.5%になり、学会員の関心は高い。同アンケートの自由記述においても、防災教育や地学教育への積極的なアプローチや、人材育成などの必要性が指摘されていた。

本稿では地震学の災害科学的側面におけるアウトリーチを論ずる。個別のアウトリーチ活動の

事例を取り上げることや、アウトリーチの方法を論じることはしない。ここでは、なぜアウトリーチ活動が必要なのか、何を目的として行うのかを、社会の中での災害科学の位置づけを再確認しながら記述し、災害科学としての側面を持つ地震学は、今後どのような方向性でアウトリーチを行うべきなのか論じた。なお本論文は、東北地方太平洋沖地震対応臨時委員会報告をまとめる作業の中で考察した内容を、個人の立場として意見論文にまとめたもので、委員会において他の論文と同様のチェックが行われ、掲載にふさわしいと判断された。

## 2. アウトリーチの位置づけ

1999年、ハンガリーの首都ブダペストで世界科学会議が開かれた。UNESCO(国連教育科学文化機関)およびICSU(国際科学会議)が共催し、ブダペスト会議と呼ばれている。この会議では、「Science for the Twenty-First Century – A new Commitment」がテーマに掲げられ、研究機関や教育機関、政府機関や非政府機関、マスコミ一般市民などを含む約2000名が参加した。日本からは学術会議の代表団らが参画している。

ブダペスト会議の成果のひとつ、「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」(UNESCO, 1999)の前文では、科学が我々にもたらした恩恵の大きさに触れると同時に、自然科学が招来する恐れのある負の効果や、社会に対する影響、社会との関係を理解する必要性について述べられている。そして科学者コミュニティと政策決定者は、科学に対する一般社会の信頼と支援をさらに強化することを目指さなければならない、と表明した上で、21世紀の科学の責務として以下の4つの概念を打ち出した。

1. 知識のための科学 (進歩のための知識)
  2. 平和のための科学
  3. 開発のための科学
  4. 社会における科学, 社会のための科学
- 災害科学は主に、上記の1と4とに関わって



くるだろう。そして災害科学のアウトリーチは、災害科学に対する一般社会の信頼と支援を得ていくための活動と位置付けられよう。

### 3. アウトリーチが生まれた背景

アウトリーチのあり方を述べる前に、そういった概念の必要性がうたわれるようになった背景を記す。直接的な事例として挙げられるのが、1980年代に発覚した牛海綿状脳症（BSE、狂牛病）である。1986年、最初のBSE感染牛がイギリスで確認されると、イギリス政府はBSEがヒトや動物の健康にどのような影響を与えるか検討することを目的として、専門家からなる委員会を招集した。委員長の名前を取って、サウスウッド委員会と呼ばれている。

当時、伝達性海綿状脳症に関する科学的知見にはかなりの不確実性があった。原因について80年代には諸説あり、特定されたのは90年代に入ってからである（この業績は、1997年にノーベル医学・生理学賞として称えられた）。当時の不確実な知見に頼りながらもサウスウッド委員会は、肉骨粉を反芻動物に供与することの禁止や特定危険部位のベビーフードへの使用禁止などの有用な提言を行い、政府はそれに基づいて規制勧告を実施している。一方で、既に知られていたヒツジの伝達性海綿状脳症は種を越えて伝染しないというのが定説だったこともあり、BSEのヒトへの感染について、“the risk of transmission of BSE to humans appears remote”，すなわち「人間への感染の危険性はありそうにない」と報告した。これを受けてイギリス政府は牛肉安全宣言を行い、報告書で書かれている以上に安全を強調するキャンペーンをさまざまに展開した（小林，2007）。

ところが1996年にはBSEのヒトへの伝達を示す変形型クロイツフェルト・ヤコブ病が確認され、BSEはヒトに感染するということが明らかになった。発病すれば半年以内で自発運動がほとんどできなくなり、1～2年で全身衰弱・呼吸麻痺・肺炎などで死亡する（難病情報センター，2011）。厚生労働省によると、2008年7月までにイギリスで167例、フランスで23例など、世界で208例の感染者が認められている（厚生労働省，2010）。

サウスウッド委員会の報告書には、「（ヒトに感染しないだろうという）我々の公算の評価が誤っていれば、結果は大変深刻なものとなるであろう」と記されていた。しかし、「人間への感染の危険性はありそうにない」と報告したことによって出された安全宣言が、結果的に人の命を奪ってしまったため、科学者や政府への人々の信頼は大きく失墜した。未解明の、しかも既に事態が進行している現象に対して、大きな不確実性を伴う知見しかない中、国民のために尽力した科学者たち

は、最終的には国民から非難を浴びることとなったのである。

こういった事態を受けて、国民の科学者への信頼回復、社会の科学への信頼構築のために、科学者の側からも国民の側からも求められた双方向の活動、それが科学コミュニケーションであり、研究者が研究の現場を出て（out）、人々に届く（reach）活動を行うことがアウトリーチである。日本では、2006年度からの第3期科学技術基本計画で本格的に導入された。同計画の「社会・国民に支持される科学技術」と題された章では、「科学技術に関する説明責任と情報発信の強化」と「国民の科学技術への主体的な参加の促進」が明文化され、いくつかの大学や科学館において、実践的な活動が始まっている。

アウトリーチの概念を理解するうえで重要な出来事を、もうひとつ挙げておきたい。アウトリーチが、国民と科学者との信頼構築のための活動となる前、1980年代半ばにイギリスで展開された、科学理解増進のための活動である。王立協会の特別委員会（ボドマー委員会）によって「公衆の科学理解のために、科学者は一般市民とコミュニケーションをとることを学びなさい、そうすることを喜び、そうすることを専門家としての義務と思いなさい」と報告され（The Royal Society, 1985.）、非専門家に科学を理解してもらうための活動や、その手法の改善を目指す研究が推進され、一定の効果をおさめた（Bodmer, 2010）。

ところが90年代に入ると、遺伝子組み換え農作物をめぐる激しい論争や、先述のBSE事件が起き、政府や科学者への信頼は崩壊し、社会と科学との関係はかえって悪化した。国民の科学理解増進のための活動の、いったい何がいけなかったのか。端的には、科学者による上から目線の態度に対する市民の反発と言えるだろう。たとえば、遺伝子組換え技術や原子力発電所などに反対意見を示す人は、正確な科学知識が不足している人々であり、そうした人々に対する処方箋は正しい科学知識の注入・普及であり、これが実現すれば人々の不安や反対は解消される、という理屈である。非専門家の科学理解を空のバケツに例え、そこに科学の事実を注ぎ込めばよいという考え方、すなわち、一般市民を「正確な科学知識の欠如した状態」にあると捉える考え方に基づいた、このような活動は、「欠如モデル」あるいは「トップダウンモデル」と呼ばれている（小林，2007；磯崎，2007）。つまり、国民の科学理解の増進には、専門家と非専門家の知識量の差を埋める活動だけでは不十分であることが示されたのである。

アウトリーチ活動は、社会と科学、あるいは国民と科学者との信頼関係を構築するための活動であって、専門家が非専門家へ知識を流し込むことで完成されるものではない。このような観点を

踏まえながら、次節ではブダベスト会議で示された「4. 社会の中の科学、社会のための科学」と、アウトリーチ活動の役割を述べていく。

#### 4. 社会の中の災害科学、社会のための災害科学

社会の中での災害科学、特に地震学の位置づけがあらためて問われたのは、1995年の阪神・淡路大震災以降だろう。地震の発生予測に関する研究については、それまでの地震予知計画体制から地震調査研究推進本部を中心とする体制へと変わった（長谷川、2012）。したがって、1995年以降の地震学の社会の中での位置づけは、第一義的には地震調査研究推進本部を通して見えてくるはずである。地震調査研究推進本部では、被害の軽減に資する地震調査研究の推進のため、地震発生長期評価やそれを基にした地震動予測地図の継続的な作成などが行われてきた。このほかにも、個々の研究者が、地震学コミュニティの一員として、地方自治体の防災計画の策定やハザードマップの作成、あるいは中央防災会議などの委員として地震被害の想定に尽力することで社会の中に位置づけられたということもあるだろう。また、緊急地震速報や津波警報などのリアルタイム情報の研究に取り組んでいる研究者もいる。社会の中で災害科学は、防災や減災に資する努力をしてきたし、一定の成果も確かにあげてきた。

一方で、「社会のため」を考えるならば、社会からの需要にはどういったものがあるのか把握する必要がある。上述のような国や自治体からの需要ではなく、より一般的な、国民ひとりひとりのレベルの意見を反映しているものとして、筆者が共同研究者のひとりとして実施した社会調査の結果を紹介する。インターネットでの調査会社に登録しているモニタ 1049 名を対象として、2009年3月に、地震に関するアンケート調査を行った。設問のひとつ、「あなたが地震の研究者に最も期待することは何ですか」という問いに対しては、「地震発生の予測（地震予知）」が52.5%、「住んでいる地域の揺れ・被害の予測」が20.8%、「被害の軽減方法の開発」が20.3%、「地震に関する基礎研究」が5.2%との結果を得た（上記4択のほか、その他1.1%）。地震予知研究は、被害予測や被害の軽減方法の開発よりもはるかに期待されていることがわかる。

これを裏付ける資料として、[中谷内・島田、2010]が調査した日本人のハザードへの不安を挙げたい。この研究では、多種多様な51種類のハザード（例；地球温暖化、ガン、新たな伝染病、交通事故、年金問題、異常気象、脳・心臓疾患、食品表示偽装、薬の副作用、原発事故、テロ、アスベスト、たばこ、紫外線、外国のミサイル、エイズ、自殺など）の中で、日本人にとってどれが一番大きな不安かを調査しており、最も大きいのは地震であるという結果を得ている。地震学が、

国民のもっとも大きなリスク認知に携わる学問であることを踏まえれば、地震予知への期待が大きくなることは容易に理解できる。

地震予知研究を含む現在の地震研究は、基礎研究の段階であることは多くの地震学者が認めるところであり、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について」にもそのように記されている（科学技術・学術審議会、2010）が、先述のインターネット調査によると、基礎研究そのものへの期待はわずかに5.2%である。いや、調査対象者の過半数が期待する地震予知のために基礎研究を行っているのだから、この営みはすでに地震予知研究だ、という説明もあろうし、実際に地震学コミュニティは長くこうした説明を行ってきた。

ここで、国民と地震学との信頼関係を長期的に築いていくためのコミュニケーションについてもう一度考えたい。国民からの期待が特に大きい地震予知研究に対して、地震学コミュニティが用意すべき答えは「基礎研究もまた、地震予知研究である」で十分と言えるだろうか。地震学と社会との信頼関係を築いていく上で、われわれ専門家がまずすべきことは、等身大の地震学を示すことではないだろうか。地震学ではわからないことが多く存在すること、わかってきたことにすら大きな不確実性が含まれていること、現段階の地震学の抱える限界、こういったことを示すことは、長期的な信頼関係の構築ばかりではなく、結果的に被害の軽減にもつながるだろう。逆に言えば、過剰な期待を抱かせるような情報発信や、誤解を与えるような行為は、コミュニティ全体に対する社会からの信頼を損なわせるものであり、社会からの不信感を後輩たちへのツケとして残していく行為である。

#### 5. 社会からの信頼を構築する方策

社会からの地震学への期待が、地震学の等身大からかけ離れている場合、等身大を伝えるという行為は、社会のその時点での期待に答えられないと表明することでもある。たとえば、日時を高精度に予測する地震予知は非常に困難で、その見通しも立てられませんと伝えて、続いてその理由も説明したとしよう。自分が生きている間に高精度な地震予知を実現することを期待していた人はショックだろうし、期待を裏切られたと反発を覚えるだろう。

これは一見、社会との信頼を構築すべく行っているアウトリーチ活動そのものが、地震学のネガティブキャンペーンとなっているかのようである。現に筆者はそのような指摘や非難を、コミュニティ内から受けている。同様のことは、生活習慣を改善することで薬の投与量を軽減できることを伝えるヘルス・コミュニケーション活動においても見られている。その活動の担当者は、一部

の薬学分野や製薬会社から非難を浴びるようになったという (Ford, 2012). しかし研究者が最終的に目指すべきものが国民の健康であるならば、ヘルス・コミュニケーション活動は評価されるべきものはずだ.

さらに、たばここと肺がんの因果関係について、アメリカで見られた現象を紹介したい. 今では多くの人が、副流煙は主流煙よりも多くの有害物質を含んでおり、副流煙を浴びていれば喫煙者ではなくても発がんのリスクが高まることを知っている. 1970年代にこれが明らかにされた時、たばこ産業界は知名度の高い生物統計学者をコンサルタントとして雇って反論を行わせ、「非喫煙者の発がんリスクについて科学者が反論」という状況をまず作った. そして「一般の人たちの間でも科学者の議論の場でも、たばこの煙についての論争を維持すること」(Keep Discussing)を第一の目標と掲げて、議論されている間は産業が維持されるという巧妙な手段を実行した (Oreskes and Conway, 2011). 似たような現象は、同国の地球温暖化への懐疑論でも展開されている (Oreskes, 2004). "global climate change"をキーワードに挙げる 928本の科学論文のすべてが IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 気候変動に関する政府間パネル)の掲げる地球温暖化と矛盾しない内容であるにもかかわらず、政治や経済の場から人間活動によるかどうかは定かではないといった報告書を提出することで懐疑論へと持ち込み、議論を継続させる. その間、国民には今は何も行動する必要はなく、今後の問題はテクノロジーが解決してくれると説き、政府は研究を助成する以外、何もする必要がないと思込ませたのである (Oreskes and Conway, 2011).

話を地震学に戻そう. 今の地震学の実力では、国民の期待する地震予知には応えられない. ところが、地震予知の可能性については、阪神・淡路大震災以降 20年近くも議論が続いている (橋本, 2012). このまさに Keep Discussing の状況を、東日本大震災を経てもなお続けていることは、はたして本当に「社会のため」であろうか. 時が経って結果が誰の目にも明白になったとき、社会からの信頼を失った地震学コミュニティは、立ち直れないような事態に至らないだろうか. あるいは、すべての人に明白になる前に、コミュニティ外の第三者によって実態が明瞭に示された場合も、致命的な事態にならないであろうか. もしかしら、2011年3月11日以降すでに、信頼は失われ始めているのかもしれない. 一度失った信頼を取り戻すのは容易なことではなく、若い人々に負の遺産を抱えている研究分野だと見なされれば、優秀な人材が集まらなくなっていくことも考えられよう. 地震学が安定的に存続するためには、より

長期的な視点での信頼関係を優先するべきであり、そのためにまずは、地震学の等身大を伝えることである. 特に国民からの期待の大きい地震予知に対しては、その過剰な期待を解消する活動を、コミュニティとして行わなければならない. そしてこれは、冒頭に書いたように、ブダペスト会議で採択された 21世紀の科学の責務である.

最後に、社会からの需要と地震学との実力が見合っているケースを紹介したい. 上述したインターネット調査では、地震学への期待をいくつかの方法でたずねている. たとえば、「大地震の直後に、地震の専門家のコメントがテレビや新聞に出ることがあります. どのようにお感じですか」という設問に対しては、複数回答を許しながら、「一般的な話が多くあまり役に立たないことがある」と回答したのは 34.3%、「被災した方々への配慮が必要である」は 24.5%であり、「余震や津波などの防災上の注意喚起は役立つ」が 55.3%、「地震の素性についての解説を聞くと安心できる」が 25.0%と得られている (上記の他に、「時間や紙面の制約から必要な情報が得られないことがある」21.1%、その他 2.9%). この調査から、地震学は、起きた地震について人々が期待する程度の精度をもって解説できている学問であり、その解説をすることで人々を安心させる一定の効果があること、さらに、余震や津波などの情報については有用であることが示唆される. 社会からの需要と地震学の実力とが見合っているケースは、このように既に存在している. 地震予知だけが期待されているわけではないこと、予知ができなかった被害地震の解説であっても、一定の評価が得られていることは、社会の中での災害科学、社会のための災害科学としての役割を果たしている事例と言えよう. こういったものに目を向け、等身大の情報発信を積み重ねていくことこそが、社会との信頼関係を強くしていくはずである.

## 6. まとめ

本稿では、個別のアウトリーチ活動の事例紹介や、具体的な活動報告などについては触れていない. 個人や研究組織、政府組織、教育機関、非政府組織などさまざまなレベルで活発なアウトリーチ活動が展開されていることや、今後の取り組みへの示唆などは、本報告書の他の論文で紹介されているとおりである (中川, 2012; 根本, 2012; 村越, 2012; 矢崎, 2012; 谷原, 2012).

アウトリーチ活動に従事していると、なぜアウトリーチが必要なのか、という問いをしばしば受ける. その答えは、社会とコミュニティとの信頼関係を構築し、維持することで、地震学からの不確実性の大きい情報発信であっても社会へ最大限生かすことができるようにするためである. この活動はまた、研究分野を安定的に存続させることにもつながるだろう. このような、社会におけ

る科学の位置づけと社会のための科学の役割については、ブダペスト会議での「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」や、科学への信頼が失墜した他国の事例などを挙げて述べた。

また、社会から地震学への期待と地震学の持つ実力との乖離をあらためて示した。この乖離、特に社会からの地震予知に対する過剰な期待をそのままにせず地震学の等身大を理解してもらう活動は、社会とコミュニティとの長期的な信頼関係の構築には不可欠であり、何よりも、被害の軽減に資するコミュニケーションとなる。

歴史を振り返れば、世の中が良い方向に変革したのは、一部あるいは全部の構成員が少しずつの我慢を甘受したときである。東日本大震災を踏まえて日本の地震学が真に変革するためには、我々は自省に基づいて短期的にはこれまでよりも我慢をし、長期的には等身大の地震学そのもので社会との信頼関係を構築するという方策を取るべきである。

#### 参考文献

中川和之, 2012, 狭い「地震学」から脱却するために, 啓発活動に参画を, 本論文集所収。

根本泰雄, 2012, 学術学協会および学術学協会会員の社会貢献と研究のあり方—学術学協会と教育, 教育研究との関係を例として—, 本論文集所収。

矢崎良明, 2012, 学校の地震防災指導・防災管理の現状と課題, 本論文集所収。

村越匠, 2012, 地震学の知見の広報・教育活動, 本論文集所収。

大木聖子, 2011, 災害科学と科学コミュニケーション, Japan Geoscience Letters, Vol.7, No.3.

谷原和憲, 理科の地震学 社会科の地震情報, 本論文集所収。

UNESCO, 1999, World Conference on Science, DECLARATION ON SCIENCE AND THE USE OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE, Science for the Twenty-First Century –A new Commitment.

[http://www.unesco.org/science/wcs/eng/declaration\\_e.htm](http://www.unesco.org/science/wcs/eng/declaration_e.htm)

小林傳司, 2007, トランス・サイエンスの時代, NTT 出版ライブラリーレゾナント。

難病情報センター, 2011, プリオン病クロイツフェルト・ヤコブ病 (CJD)

<http://www.nanbyou.or.jp/entry/80>

厚生労働省, 2010, 変異型クロイツフェルト・ヤコブ病に関する Q&A,

<http://www.mhlw.go.jp/qa/kenkou/vcjd/>

The Royal Society, 1985, The Public

Understanding of Science, The Royal Society.

Bodmer, 2010, Public Understanding of Science, The BA, the Royal Society and COPUS, Notes & Records of The Royal Society,

doi:10.1098/rsnr.2010.0035.

磯崎哲夫, 2007, イギリスにおける科学的リテラシーに関する歴史と現状, Science Literacy for all Japanese.

長谷川昭, 2012, 地震学研究者・地震学コミュニティの社会的役割—行政との関わりについて, 本論文集所収。

科学技術振興機構, 2006, 技術予測調査,

<http://jvsc.jst.go.jp/shiryo/yosoku/>

中谷内一也・島田貴仁, 2010, 日本人のハザードへの不安とその低減, 日本リスク研究学会誌, 20(2): 125-133.

科学技術・学術審議会, 2008, 地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について,

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/20/07/08071504/002.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/20/07/08071504/002.htm)

Judy Ford, 2012, Personal Communication.

Oreskes N. and Conway E. M., 2011, 世界をだまし続ける科学者たち (下), 楽工社。

Oreskes N., 2004, The Scientific Consensus on Climate Change, Science, 306, 10.1126/science.1103618

橋本学, 2012, 地震科学の目標・目的と説明責任, 本論文集所収。

### 3. 臨時委員会報告

- ・ 地震学への提言―臨時委員会における議論の総括― 鷺谷 威
- ・ 東北地方太平洋沖地震をなぜ想定できなかったのか―これからの地震学に向けた問題の洗い出し― 堀高峰・松澤暢・八木勇治
- ・ 地震学会は国の施策とどう関わるのか―地震研究者・コミュニティの社会的役割とは何か― 川勝均・鷺谷威・橋本学
- ・ 地震学と地震津波防災 泉谷恭男・武村雅之・西村裕一
- ・ 災害科学のアウトリーチ―教育現場・報道との接点― 大木聖子・山田尚幸

# 地震学への提言 —臨時委員会における議論の総括—

東北地方太平洋沖地震対応臨時委員会（委員長：鷲谷 威）

東北地方太平洋沖地震対応臨時委員会では、2011年7月以降、東日本大震災に対する学会としての対応について議論を重ねてきた。これまでの地震学研究者コミュニティに何か欠けていたとすれば、それは健全な批判精神や学会の内外におけるコミュニケーションの欠如ではないだろうか。個々の研究者の自由や個性を認めつつ、社会的活動までを学会活動の一環として捉えることが必要である。コミュニティ内では何事も科学の基礎の上に真摯に議論する姿勢を貫き、さらに学会内外でのコミュニケーションを見直すことで、地震学の発展と社会への貢献が両立可能である。

## 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波は、福島第一原子力発電所の事故などの複合災害を引き起こし、死者・行方不明者18,926人、負傷者6,027人、建物の全・半壊合計385,141戸、全半壊281戸（警察庁による。2012年4月11日現在）、経済被害16兆円から25兆円（内閣府による）という甚大な被害をもたらした。津波や原発事故の被災地では、震災から1年が経過した今も多く多くの住民が自宅を奪われたままであり、本格的な復興への道のりは長く険しいものとなるだろう。

こうした地震・津波に起因する国家的危機とも形容される事態に地震の学術に携わる我々日本地震学会はどう向き合うべきか、こうした重い問いに関する検討を目的として、理事会の呼びかけに応じたメンバーによる臨時委員会が組織された。本論文集は、これまで臨時委員会で9ヶ月にわたって議論を重ねてきた活動のまとめとして編集したものである。本稿では、これまでの当委員会の活動を振り返るとともに、そこでの議論を総括し、学会に対する提言を提示する。

## 2. 臨時委員会の活動概要

当委員会では、理事会の呼びかけに対して自薦・他薦により集まった11名（泉谷恭男、大木聖子、川勝均、鷲谷威、武村雅之、西村裕一、橋本学、堀高峰、松澤暢、八木勇治、山田尚幸、以上五十音順）と理事会リエゾン2名（加藤副会長、篠原大会企画委員長）で構成された。2011年7月26日に最初の会合を開催し、東日本大震災に関連した地震学会の様々な問題について意見交換を行うとともに、静岡での秋季大会に合わせた特別シンポジウムの構成および各自の担当について議論した。続いて8月12日に第二回会合を開催し、シンポジウムの詳細や講演要旨集について打ち合わせ、8月25日には特別シンポジウムの情報を会員に向けて発信した。また、当委員会では、シンポジウム開催に先立ち、会員の意識調査を目的としてWebによるアンケートを実施した。1

週間という短期間の調査だったが、627名もの回答が寄せられた。秋季大会期間中の10月12日に開催された第三回委員会では、アンケート集計結果について議論を行うとともに、シンポジウムの最終打合せを行った。秋季大会最終日の10月15日には静岡大学で特別シンポジウムを開催した。当日は悪天候にも関わらず約500名の参加者があり、活発な議論が行われ、メディアにも大きく取り上げられた。

当委員会では、こうした議論の盛り上がりを一過性のもので終わらせることなく、議論を継続してその結論を学会の活動に反映させるために学会に対する提言をまとめることにし、また、委員会やシンポジウムで議論された内容を後世にしっかりと伝えることが重要であると考え、シンポジウムの内容を含む論文集を作ることを決めた。意見論文募集では、シンポジウムの招待講演者に加えて一般会員からも意見論文を募集し、さらに委員会における議論のまとめも加えた形で一つの冊子とすることにした。11月11日に開催した第四回会合では、シンポジウムの反省および意見論文に関する議論を行った。意見論文募集の案内は11月15日に会員向けにメールで告示された。意見論文は、招待論文を含めて32件の応募があった。各意見論文は、委員会メンバーが分担して内容を精査し、うち2件については、学術誌において検討すべき内容と判断して掲載を見送った。その結果、本論文集には合計30件の意見論文が掲載されている。さらに、委員会における議論に基づいて、本稿の後に続く4つの意見論文をまとめた。本総括を含む5論文が、当委員会から地震学会に対する「提言」の内容となる。

当委員会やシンポジウムで議論された内容は、簡単に結論が出るようなものではなく、引き続き会員間で継続的に議論を続けて行くことが肝要である。こうした考えから、2012年5月の日本地球惑星科学連合大会にユニオンセッション「地震学への提言」を提案し、開催が認められた。5月22日に開催予定のこのセッションでは、当委員会の議論のまとめの報告を軸に、他分野からの

招待講演や一般講演を丸一日行う予定である。本論文集を参考資料とした議論の時間も十分設ける予定なので、できるだけ多くの地震学会員に参加して欲しい。

委員会としての会合の回数はさほど多くなかったが、委員会のメンバー間ではメーリングリストを用いた議論が活発に交わされ、メール数は9ヶ月間で682に及んだ(2012年4月12日現在)。以上が当委員会における1年間の活動のまとめである。次節では委員会で行われた議論の内容を総括する。

### 3. 議論のまとめ

当委員会では、東北地方太平洋沖地震以後の様々な出来事を通して明らかになった日本の地震学の問題点を以下の4つの論点にまとめた。これらは、10月15日のシンポジウムにおける各セッションのタイトルそのものだが、委員会としての問題意識はここに集約されている。

- 1) 東北地方太平洋沖地震は何故想定できなかったのか
- 2) 地震学会は国の施策とどう関わるのか—地震学研究者・コミュニティの社会的役割とはなにか—
- 3) 地震学会と地震・津波防災—「防災」のために何が足りなかったのか、「防災」と如何に向き合うべきか—
- 4) 教育の現場やメディアで地震学の知見をどう伝えるか

最初の論点は、理学研究としての地震学やその研究体制に何が足りなかったか、という問いである。ことM9地震の発生可能性の見逃しに関しては松澤(2012)が詳細な考察をしているが、井出(2012)によって研究姿勢に潜む本質的な問題点が指摘されている。堀・松澤・八木(2012)によるまとめでも、見逃しの原因は単に観測データの不足に押しつけられるものではなく、経験科学としての限界や、理論の不確かさに加え、既存の理論に過度に依存した「思い込み」があったのではないかと指摘している。また、今後の進むべき方向として、視野を広げて議論を活発化させることを求め、地震の「切迫度」の評価へ向けた研究の方向性を提示している。

第二の論点は、地震研究と国の施策に関わるものである。研究者個人および研究者コミュニティとしての地震学会が、社会の中でどのような責任を負うか、また、その責任をどのように果たしていくべきかについて考察がなされた。川勝・鷲谷・橋本(2012)によれば、自由に自然界の真理を追究する研究者個人とは別に、地震学研究者コミュニティとしては社会との関わりが不可避であり、実際これまでも様々な努力がなされてきて

いる。そうした関わりの中で地震学が取り組んできた問題には、地震学の科学としての未熟さや扱う問題の困難さゆえ、地震学だけでは解決できない問題が非常に多い。そうした状況を解消していくためには、研究者コミュニティ内部で健全な批判精神を持つこと、また社会との議論を通して適切な着地点を探す努力が求められている。

第三の論点は、地震学と防災の関わりについてである。歴史を振り返れば、日本の地震学は災害科学として発達してきたことが明らかであるが、近年は学問分野の細分化や工学諸分野における防災問題への意識の高まりもあり、地震学の研究コミュニティにおける防災に対する問題意識は全体としては高くなかった。泉谷・武村・西村(2012)は、社会との関わりを意識すること、自分の専門分野の研究をしっかりと行うこと、分かっていることに加え分からないことも伝えること、他分野と連携して知を融合すること、という4つが地震学を防災に生かしていく上で重要だと結論づけている。いずれも当然と言うべき内容ではあるが、それが必ずしもきちんとしていかなかったという認識を持つことが重要であろう。

最後の論点は、教育現場、メディア等を通じた知識普及に関する内容である。地震の発生メカニズムに関する研究が地震学や地震災害対応の上流だとすれば、下流、末端には一般市民に生命を守る情報を伝え、児童・生徒に正確な科学の知識を伝える学校やメディアの現場がある。地震研究者の意識は往々にしてこうした末端まで行き渡らず、自分達の研究成果が最先端の現場にどのように伝わり、どのように使われているかについて、あまりに無自覚、無邪気であったと言わざるを得ない。情報は末端まで意図した通りに届いて始めて意味を持つ。どうすればアウトリーチの目的が達せられるかを真剣に考える必要があるが、まずは教育や報道の現場に関心を持つことの重要性が指摘されている。

こうして委員会における議論のまとめを見ると、今後の地震研究者およびそのコミュニティに求められることとして、期せずして似たような結論にたどり着いていることに気付く。その結論とは、我々研究者が、健全な批判精神を持って研究を取り巻く現状を正確に認識すること、および、学会の内外におけるコミュニケーションを深めること、の2点である。ともに改めて言われることではないようにも感じるが、こうした基本的な部分の問題が様々な経緯を経て、現在の困難な現状をもたらしているのではないだろうか。

たとえ原因が単純なものだとしても、それによって生じている様々な問題の解決策が単純とは限らない。そこで、地震学会および学会員を対象に、今後へ向けての提案を以下に述べる。

敢えて言うまでも無いことであるが、地震学会

における研究活動の基本は、学会員がそれぞれの発想に基づいて自由に研究を進めることである。地震学は国や企業とも深く関係するが、そうした関係が研究の自由を侵すことの無いよう十分に注意する必要がある。

現在、研究者、とりわけ若手研究者を取り巻く状況が厳しくなり、落ち着いて研究に集中できる環境に無く、自由な発想が妨げられているという指摘がある（例えば福島，2012）。現在の研究体制が理想的と言いきれないことは事実であり、その中で若手の自由な発想が妨げられている面もあるだろう。ただ、こうした体制の不備をあげつらうだけでは何も変わらない。問題のある体制を変えるための戦略を立て、実行に移してこそ、批判精神が正しく発揮されたと言える。

一方、個々の研究者には、研究環境に左右されずに自由な発想に基づく研究を強力に推進する資質が求められる。地震学会において、学会内における議論は必ずしも盛んでないという指摘がある（井出，2012）。地震学の内容にしても、社会との関わりにしても、議論すべき内容には事欠かないはずであるが、そうした状況が現にあるとすれば、それは個々の研究者の資質や学会全体の体質にも関わる重大な問題である。研究の自由を謳歌することはもちろん大切であるが、学問の発展や成果の社会への還元を進めるために活かされてこそ研究の自由の価値がある。自由と裏表の関係にある研究者としての責務をはっきりと自覚し、真摯に議論する姿勢が個々の学会員には求められる。

さらに、学会員に対しては、本職である研究以外でも、地震防災やアウトリーチに対する意識改革を呼びかけたい。地震学と社会とを結びつける。こうした取り組みに、より多くの研究者が関わることが望ましいが、自ら参加しないまでも、そうした取り組みを正当に評価し、敬意を払うべきである。

研究者コミュニティとしての地震学会は、その組織を上手に活用することで、地震学を取り巻く様々な状況を改善できる可能性を持っている。そうした可能性を引き出すための方策として、以下の取り組みを提案する。

#### ・ 会員間の議論の場や機会を設けること

本論文集からも明らかなように、場や機会さえ与えられれば、意見表明する会員は多数存在する。これまで、秋季大会や雑誌「地震」は純粋な研究発表の場とされ、ニュースレターは情報交換のメディアとしては良いが、意見交換の場として十分に機能を果たしてきたと言いきれない。出版物の性格付けを見直し、秋季大会では定期的にシンポジウムを開催するとともに、会員間で議論するための情報

インフラ（ML，掲示板，etc.）を整備するなど、様々な方策が考えられる。

#### ・ 地震・津波防災に関連する他学会との連携の枠組み作り

これまで、大規模な地震災害が発生すると、災害調査委員会が学会の窓口になり、学会間の調整機能を果たしてきた。しかし、特に工学系の諸学会との意思疎通が十分なされていたとは言えず、学会間連携の仕組みが機能していたとは言えないのではないだろうか。地震津波防災において、地震学の果たす役割は必要不可欠であるが、一方で地震学が防災の中心にいる訳ではないことを常に意識し、他学協会との連携のあり方を模索していくことが必要である。

#### ・ 委員会構成の再検討

学会に設置された様々な委員会は、地震学や学会が抱える問題を解決するために設置されている。本稿で指摘してきた様々な問題の解決や、上記二つの提言を具体化するため、委員会構成の再検討および各委員会の機能強化を提案する。出版や大会関係の委員会では議論活性化のための連携した取り組みが必要であるし、災害調査委員会には他学会との連携強化など、委員会機能の充実が求められる。また、本提言で触れてきたように、政府等の地震関連施策に関して独立した見地から批判的検討を行う機能、地震学の研究成果の社会に対する情報発信や防災教育を含めたアウトリーチのあり方について検討する機能を学会として持つべきである。上記に関連して、地震予知検討委員会については、「地震予知」を井出(2012)に倣って「決定論的直前予知」と厳密に定義すれば、名称や設置目的を含めた抜本的見直しが必要である。

以上の提案は、あくまでアイデアの段階であり、その実現にあたっては、理事会等における具体案の検討が必要である。今後こうした提案が迅速に実現されることを期待する。

#### 4. 終わりに

当委員会の意見や提言は、そもそも学会員の意見全体を反映したものではない。実際には委員会内部ですら様々な意見の相違がある。当然、提言の内容について会員からの異論も多いと思われる。当委員会から提言を出す意図は、我々の方針に従うことを求めるものではなく、学会内の議論を始めるためのたたき台を提示することにある。地震学会が研究者コミュニティとしての機能を発揮するには、個々の学会員が研究者コミュニティを構成する一員であることを自覚し、機会をとらえて自らの信ずるところを忌憚無く述べ、また、



異なる他のメンバーの意見を良く聞き、互いに納得のいくまでとことん議論することこそが重要である。そうした雰囲気がかれまでの地震学会には欠けていたのではないかと、というのが当委員会の見解である。従って、我々の提言そのものは学会員に対して何ら強制力を持つものではなく、また、地震学や地震学会に関する何かを決めたものでも無い。重要なのは、今後どうやって議論を深めていくかである。そのスタートにあたり、当委員会の提言がお役に立てば、我々は十分に与えられた役割を果たしたと言えるだろう。会員の皆さんには、ぜひ、賛否を問わず様々な意見を出して頂き、また今後行われる議論に積極的に参加して頂きたい。そうすることによって日本の地震学および地震学会はこの難局を乗り切っていけるものと信じる。

地震学は、地球のダイナミックな姿を実感できる大変魅力的な学問であり、地震現象の理解やその科学的予測は、科学的に見ても第一級の課題である。その一方、大地震は時として甚大な災害を引き起こす要因でもあり、地震学は災害科学としての側面も持ち合わせる。地震学の発展は、我々地震研究者の大きな目標であるが、防災やアウトリーチ活動を通じた社会貢献にもつながる。臨時委員会の活動や本論文集が、今後の地震学の発展のために少しでもお役に立てば幸いである。

最後になるが、世間の注目が集まった特別シンポジウムで招待講演の大役をお引き受け下さった皆さん、貴重な時間を割いて意見論文を投稿して下さい下さった皆さんに深く感謝する。特別シンポジウム開催にあたっては、生田領野氏を始めとする静岡大学 LOC に大変お世話になった。また、加藤照之副会長には、理事会と臨時委員会との連絡役をして頂き、時には盾となって我々の議論を守って頂いた。以上の方々に、ここで改めて感謝の意を表したい。

#### 参考文献

- 福島洋, 2012, 地震発生予測研究のこれから, 本論文集.
- 堀高峰・松澤暢・八木勇治, 2012, 東北地方太平洋沖地震をなぜ想定できなかったのか—これからの地震学にむけた問題の洗い出し—, 本論文集.
- 井出哲, 2012, アスぺリティ・連動性・地震予知, 本論文集.
- 泉谷恭男・武村雅之・西村裕一, 2012, 地震学と地震津波防災, 本論文集.
- 川勝均・鷺谷威・橋本学, 2012, 地震学会は国の施策とどう関わるのか—地震研究者・コミュニティの社会的役割とは何か—, 本論文集.
- 松澤暢, 2012, M9 を想定するために何が欠けていたのか? 今後どうすれば良いのか?, 本論文集.

大木聖子・山田尚幸, 2012, 教育の現場やメディアで地震学の知見をどう伝えるか, 本論文集.

# 東北地方太平洋沖地震をなぜ想定できなかつたのか

## —これからの地震学に向けた問題点の洗い出し—

海洋研究開発機構地震津波・防災研究プロジェクト 堀高峰

東北大学地震・噴火予知研究観測センター 松澤暢

筑波大学生命環境系 八木勇治

[著者は五十音順]

「東北地方太平洋沖地震をなぜ想定できなかつたのか」、防災・減災とのつながりを意識して、あえて想定という用語を用い、その原因について検討した。M9地震を想定できなかつた直接的な原因は地震学の実力不足であるが、学会員のアンケートからは、地震学の枠にとらわれ、東北沖の地震や津波に関わる他分野の知見を踏まえた研究や分野を横断した議論が不十分だった実態が浮かび上がってきた。地震や津波による被害想定に対して、地震学だけでは実力不足であるにも関わらず、現在の日本では地震学的知見に偏った想定が行われている。この状況を改めるためには、地震学者がまず地震学の実力不足を認め、関連する他分野と連携して、実力に相応しい役割を果たす必要がある。例えば、現時点では社会が求める時間精度で地震の切迫度は評価できないが、どのような地震・津波が起こりうるかというポテンシャル評価であれば、他分野と連携すれば、かなりの情報を提供できるはずである。今後は、地震・津波とその被害に関わる様々な分野と連携して、総合的に学問を発展させることで、現時点で提供できる情報を改善していくとともに、それを防災・減災に活かすために、情報を受ける側と十分なやり取りをする必要がある。また、現時点ではなく将来社会に役立てようとする研究課題は、そのことを社会に対して明確に示した上で取り組む必要がある。一方、地震学の中に閉じこもらずに、他分野と積極的に連携して総合的に学問を発展させることは、基礎的な地震学の実験・観測にとっても非常に重要である。異分野との交流は、基本的な仮定や理論の適用妥当性等を意識せざるを得ないという意味で、新たなパラダイムを切り開く鍵になると期待される。

### 1. はじめに

東北地方太平洋沖地震のような M9 クラスの巨大地震やそれに伴う大規模な津波が日本海溝沿いで発生する可能性について、事前に科学的な検討が十分なされなかつたのはなぜか、これまでの地震学のどこに問題があつたのか、今後の地震学をどう発展させていくべきか。臨時委員会では、こうした疑問について、何をどのような切り口で研究するかという科学的側面に加え、研究を行う体制も含めて議論することを目的として、表題の問題提起を行った。この問題を考えるために、学会員を対象としたアンケートを実施し、シンポジウムでは2件の招待講演を依頼した。また、意見論文募集に対して、上記の問題提起に関連する内容の意見も多数寄せられた。本稿では、これらを踏まえて、提起した問題に答えるべく考察を行う。

アンケートやシンポジウムの質疑応答では、上記の問題設定そのものに対して疑問や意見が寄せられた。まずは、それらに対して答えながら問題提起の意図を説明する。

まず、「想定」という用語は理学にはなじまないという指摘があつた。ここでは、「減災における理学者の重要な役割の一つは、将来どのような地震が発生しうるのかを十分に検討し、防災・減災関係者が「想定」すべき地震を明確にすることにあつたはずである。社会が今回のような地震を想定して対策を講じることができなかつたのは、理学の実力不足であるとの反省のもと、あえてこ

の用語を使うことにする。」(松澤, 2012) という立場に準じて用いる。

また、「想定できていた」と主張する記述も多数存在した。これらの主張は、複数の論文で、宮城県沖やその周辺における大きなすべり欠損、地形や歪みの記録から、東北沖における M9 クラスの巨大地震の可能性が指摘されていた点を根拠にしている。しかし、その可能性について、多くの地震学者が、社会に発信すべきといった切迫感を持っていなかったのは確かであり、その原因について検討する必要がある。

一方、今回のような津波による災害の軽減のために、想定すべき地震(断層モデル)を明確にする必要がそもそもあるのか、という指摘が、シンポジウムや意見論文でなされている(後藤, 2012 など)。実際、津波は海底地すべり等、他の原因でも起こりうる。しかし、国の地震・津波の被害想定や防災対策の中心である内閣府の中央防災会議では、まず地震を想定するところからスタートする。地震が想定されない限り、国として対策が講じられないのが日本の現状である。今回の地震は現にそのような状況の中で起こり、東北沖での M9 クラスの地震を想定できなかつたために、十分な対策が講じられず、被害が大きくなった(長谷川, 2012)。その意味でも、想定できなかつた原因を検討しておく必要がある。ただし、国の被害想定のある方は確かに今後見直すべきであり、本稿の後半で言及する。

以下ではまず、アンケートの自由記述を、想定できなかった原因は何かという観点を中心にまとめる。それを受けて、想定できなかった原因に関する筆者らの意見を述べる。次に、地震や津波による被害想定を今後見直す上で、現在の地震学や関連する他分野の知見を含めて、現時点でどのような情報を社会に提供できるのか、逆に、出せない情報は何なのかについて議論する。出せないというのは、そこが現時点の科学の限界であり、科学の進歩を必要とするという意味においてである。最後に、想定のある方の見直し、ならびに、今後の地震学をどのような方向に発展させていくべきかについて、体制を含めて意見を述べる。

なお、上記の通り、本稿では「想定」に関わる内容を主に取り上げる。これは防災・減災のための情報のうち、地震発生前のものであり、地震発生予測やそれに伴う被害予測に関わる内容が中心となる。これを主に取り上げるのは、筆者らの専門に近いこともあるが、現在の地震学の抱える多くの問題がここに含まれるためである。

一方で、防災・減災を目的として、地震時および発生直後の情報発信もされている。この中には、緊急地震速報や津波警報のような予測情報もあれば、震度分布や震源情報等、実際に何が起きたかを伝える情報もある。これらをより有効なものにするには、既存の知見の応用のみならず、基礎的な研究も必要である。それらを進めることが今後の地震学の進むべき方向の一つであることは、我々が改めて述べるまでもない。その重要性や具体的な課題は、井出(2012)や山田(2012)でも取り上げられている通りである。

## 2. アンケートの自由記述

まず、アンケートの自由記述での問い「東北地方太平洋沖地震が想定できなかったことについてご意見があれば、自由にお書きください」に対する回答を以下にまとめる。

すべての自由記述の意見を取りまとめることはできないが、主要な意見は、以下に示すようないくつかのカテゴリーに分類することが可能である。これらはいずれも自由記述を整理したものであり、執筆者の意見を述べたものではないことを予めお断りしておく。

### 2-1. 経験科学としての限界

地震学は経験科学であり、地震発生場の数値シミュレーションで得られる結果も経験科学の枠内を超えるものではない。したがって、観測データ不足による限界からは逃れられない。理論も、その多くが経験則の一般化によって作られるので、データ不足による限界から逃れられない。結局のところ、実際に起こった地震以上のことは、我々は検証することはできず、そのような地震について科学的根拠のある予測をすることは困難である。つまり、地震学の枠内で今回の巨大地震を想

定するには、経験が少なすぎた。

### 2-2. 観測データの質の問題

観測網が陸地に偏っていた。海底の観測点は少なく、宮城沖に莫大な歪みが蓄積しつつあることは判明していても、すべり欠損の分布を精度良く求めることは難しい。一方で、過去の地震や津波に関するデータが、断層モデルを完全に決定できるほど揃っていなかった。今回の地震を想定することは可能であったと思われるが、大多数の人にその想定を認めさせるには、観測データの質が低かった。また、理論的に起こりうるとは言えても、想定シナリオとしては説得力を持たない。

### 2-3. 震源の物理的理解不足

震源過程の理解、地震発生予測理論が未熟な状態にあり、震源過程の研究は、観測結果の定性的解釈やモデルのパラメータの定量的解釈に留まっている。また、巨大地震はまれにしか発生しないために、巨大地震の震源過程は良く理解されていない。震源過程を理解する上で重要な摩擦や破壊の力学はよく分かっておらず、このような状況では、信頼できる予測をするのは困難である。

### 2-4. 既存の理論が正しいと思いついていた問題

沈み込むプレートの年齢等から、「東北沖ではM8クラスの地震が最大で、M9クラスは発生しない」という思い込みに支配されて思考停止していた。2004年スマトラ島沖地震以降、プレートの年齢や沈み込み速度と最大規模の相関はそれほど高くないと指摘した論文があった(Stein and Okal, 2007)にも関わらず、東北沖に関して十分に検討されてこなかった。

地震波から得られたM7クラスのアスペリティの周辺では、ゆっくり滑りで歪みが解放されてきたと安易に考えていた。プレート沈み込み速度とアスペリティによる地震時すべりの収支が合っていなかったにもかかわらず、蓄積したすべり欠損が余効すべりによって解放されると考えて、莫大な歪みが蓄積していることを無視してきた。

常識として定着した学説を無批判で受け入れてしまい、その検証がおろそかになっていた。ロジックがどんなに正しそうでも、それは十分なデータで検証されるまでは仮説にすぎない。

### 2-5. 地球科学一般の知識の欠如、専門の細分化による弊害

地震学者が近代計測を重視するあまり、他分野の研究の関心が低く、他分野を理解していない。信頼度や精度の高い近年の解析結果を重視するあまり、その解析結果から導き出したモデルを、他分野のデータで検証するといったプロセスがなかった。多くの研究では、地震学における「常識」にそぐわないデータや解析結果が他分野の研究から出て来た際、十分に検討されることなく信頼性や精度が低いことを根拠に無視されてきた。

また、地震災害を想定する委員会には、各専門

分野から第一人者が参加しているため、異分野の専門家が示すデータは基本的に正しいものとして理解する傾向があり、結果として、それぞれのデータの信頼性に関する相互理解が不十分なまま、総合的な評価になったのではないか。

### 2-6. 研究体制の問題

短期評価や研究プロジェクト体制によって、最も鋭気のある時期の若手研究者が、より困難な研究課題に取り組むことが阻害され、自由な発想にもとづく研究をすることができなくなっている。また、評価の際に、基準が明確なため、研究の質よりも論文数が主な評価対象になっている。研究資金の獲得、論文数を稼ぐために、短期的なデータでは検証が困難な研究が敬遠されがちになり、結果的に、再来間隔の長い超巨大地震のような研究がおろそかになった。

また、地震の長期評価においては、一つのコンセンサスにたどり着くことを重視しすぎていたのではないか。

### 3. 想定できなかった原因

以上のアンケート記述に加えて、シンポジウムでの議論、本意見論文集の意見を踏まえて、想定ができなかった原因に関する筆者らの意見を述べる。

#### 3-1. 科学的側面

想定ができなかった原因の科学的側面については、シンポジウムでの講演ならびに意見論文で詳しく議論されており（松澤，2012）、アンケートでも 2-1「経験科学としての限界」・2-2「データの質の問題」・2-3「震源の物理的理解不足」に示されているが、いくつか重要と思われる点を指摘しておきたい。

まず、2-1「経験科学としての限界」と2-2「観測データの質の問題」について、データに限界があるのは自明である。ここで問題なのは、この回答をした地震学会員が、意識的かどうかはわからないが、近代観測以降のデータしか考慮に入れておらず、津波堆積物等の地質学的データや隆起・沈降等の地形学的データを考慮に入れていないことである。つまり、これらの回答自体が、2-5「地球科学一般の知識の欠如、専門の細分化による弊害」を端的に示している。

また、2-2「観測データの質の問題」については、さらにひと言述べておく必要がある。シンポジウムで、海域のデータの重要性は自明であって議論の余地がないとの意見があった。しかし、仮に海の観測データが十分にあり、すべり欠損分布がより詳細にわかっていたとしても、東北沖で M9 を経験していなかったことや 2-3「震源の物理的理解不足」から考えて、すべり欠損を地震性すべりで解消する必然性があるという結論を導くことは、やはり難しかったのではないだろうか。したがって、データの質は、本質的な原因とは言

えない。

#### 3-2. 研究者の姿勢や体制面

研究者の姿勢の問題は、アンケートでは、2-4「既存の理論が正しいと思い込んでいた問題」、2-5「地球科学一般の知識の欠如、専門の細分化による弊害」に示されている。これらについては、同様な指摘が、意見論文でもいくつかなされている（小山，2012；松澤，2012；後藤，2012）。

一方、シンポジウムでの講演ならびに意見論文で、井出（2012）はあえて研究者の姿勢に焦点を絞って議論している。「様々な研究成果について真剣に議論しているだろうか？既存の枠組みを無批判に追認するだけの研究が多くはないか？」という問題提起をした上で、「定義が曖昧だったり、誤解を招く言葉」として「アスペリティ」「連動型」「地震予知」を挙げている。特に前者 2 つが、今回の地震を想定できなかった原因の科学的側面に密接に関わっている。

一方、想定できなかったことについて意見を求めた欄で、体制に言及する回答も多かった（2-6）。研究者、特に若手研究者の置かれている環境に改善すべき点があることは、山田（2012）も指摘している通りである。しかし、研究者（少なくとも若手を除く）の姿勢として、たとえ短期的な成果が求められる環境であっても、並行して長期的な重要課題に取り組んだり、他分野の知見を学んだりすることは必要不可欠なはずであり、そうした研究者としての基本の欠如を外的要因に帰すべきではない。

最後に、一つのコンセンサスにたどり着くことを重視し過ぎていたという記述に触れておきたい。宮澤（2012）も意見論文でコンセンサスの問題を取り上げている。これについては、今回の地震以前から、少なくとも活断層の長期評価においては、複数のシナリオを総合的に評価するように手法改良が進められていた（地震調査委員会，2010）。したがって、宮澤（2012）の懸念する状況は緩和する方向に向かいつつあり、今後は、それを実際の想定に反映させていく必要がある。

以上のことを踏まえると、地震学者の多くが東北沖において M9 地震を想定できなかった原因は、震源の物理について理解不足、つまり実力の不足が第一であると考えられる。さらに、近代観測以降のデータを重視し過ぎ、その裏返しとして、東北沖の地震や津波に関わる他分野の知見を踏まえた研究や分野を横断した議論が不十分だったために、M9 地震の可能性について事前に十分な検討がなされなかったと思われる。これは、地震学が未熟な学問であるということに対する認識不足が根底にあると我々は考える。

### 4. 想定のある方を見直すために

「1.はじめに」において、現在の国の想定のある方には問題があると述べた。それは、被害想定

において、地震学の知見が、現時点での実力を越えて重視され過ぎている点にある。したがって、想定の見直しを考えるには、地震学の知見に偏らないことを前提とした上で、地震・津波やその被害に関わる様々な分野の科学的知見にもとづいて、「現時点で」どのような情報が出せないのか、出せるのはどのような情報なのかを明確にしておく必要がある。

#### 4-1. 科学の限界から出せない情報

まず、地震学だけでなく他の関連分野を含めても、現在の科学的知見では、出すことのできない、あるいは困難な情報について述べる。

現時点の科学的根拠にもとづく限り、社会が求める精度(数十年以内)や確度で地震の「切迫度」を評価することは、下記の一部の例外を除いてはできない。ここで「切迫度」というのは、地震の発生時期が近いことを漠然と表現したものであり、野津(2012)のパラダイム II に相当する確率論的地震危険度解析をするために必要になるものとも言える。

地震発生予測の一つである長期評価の「30年確率」は、社会が発生時期について30年程度の精度を要求したために設定された枠組みである。しかし、平均再来間隔に依存する現在の長期評価の手法を用いる限り、平均再来間隔自体が30年程度以内の場合を除いて、30年確率は、30年以内の精度での「切迫度」の意味を、絶対値としても相対値としても持たない。

したがって、30年以内の精度で切迫度を評価するためには、現在の長期評価以外の方法で地震発生時期を予測する必要がある。それは、地震発生予測における研究の中心的課題の一つであって、逆に言えば現時点では実現していない。

もう一つ、出せないと言えないが、非常に慎重になるべきなのが、「経験科学の限界」を越えた情報である。地震科学における予測は、原則として、観測事実と矛盾しないものでなければ科学的根拠に基づいているとは言えない。地震科学は物理を応用する科学であり、用いる物理が適用対象にとって妥当なものが常に問われるからである。適用妥当性は、厳密には、適用した場所で予測した通りのことが起きてはじめて検証可能である。

したがって、理論や数値計算に基づく予測を、観測事実の枠を越えて地震・津波の想定や防災・減災に持ち込む場合は注意を要する。可能な限りの手段でその適用妥当性について検討するとともに、情報を受け取る側に対して、使われている手法や前提条件の妥当性を極力理解してもらうとともに、情報の不確かさに関する理解を徹底させる必要がある。

具体的な例として、前兆すべりに基づく東海地震予知(例えば、上垣内・東田, 2006)が該当す

る。これは、過去の観測事実にもとづくというより、「経験科学の限界」を越えて実験や理論を根拠にした情報の例と考えるべきであろう。したがって、この問題を扱う場合には、上記のような観点での科学的検討や防災・減災担当者との議論が必須と言える(橋本, 2012; 岩田, 2012)。

#### 4-2. 科学的根拠にもとづいて出せる情報

4-1では、社会の求める精度の高い切迫度評価が現時点では困難であると述べた。しかし、精度が低ければ現時点でも評価は可能である。例えば、貞観の津波(869年)と同様なものが500~1000年の間隔で繰り返し襲来していたことは、今回の地震以前からわかっていた(後藤, 2012)。しかし、こうした情報は、社会の求める精度を有した切迫度の情報ではないという理由で、今回の地震を含めて、防災・減災に十分に活かされてこなかった。4-1で述べたように、現時点では高い精度での切迫度評価はできない。そのことをきちんと社会に伝え、わかる情報にもとづいて、可能な限り防災・減災対策を実施していく必要がある。

上記の時間精度の低い切迫度の情報に加えて、どのような規模・性質の地震や津波が各地域で発生し得るか、というポテンシャル評価であれば、「経験科学の限界」があることを認めた上で、かなりの科学的知見があると思われる。特に、今回の地震の発生によって、経験の限界が相当緩和されたことも忘れてはならない。例えば、今回の地震を経験したことで、海域での観測データによって、すべり欠損分布がより詳細にわかれば、今後はそこで地震性すべりが起こりうると言える。

ここで、防災・減災を目的とした被害想定のために、地震や津波のポテンシャル評価をする際に注意すべきことがある。それは、泉谷・武村・西村(2012)や後藤(2012)などが指摘している通り、防災・減災のための一次情報は断層モデルではなく、歴史資料や地質学的データに刻まれている、揺れの被害や津波浸水域や遡上など、過去に実際に起きた被害や地殻変動等の地学現象だということである。断層モデルや津波波源モデルを検討するのは、本来、それらのデータを取り込んだ上で、より包括的な被害想定を行うための手段である。したがって、情報が不十分で断層モデルが設定できない、4-1で議論した再来間隔が推定できない、等の理由でこれらの一次情報が防災・減災に活かされないようでは本末転倒である。したがって、地震学および他分野の知見として得られる、過去の被害や地殻変動等の一次情報をまずは各地域に伝え、防災・減災に活かす工夫が必要である。その際、過去の経験の一部のみが強調され、例えば津波は引き波だと思ってしまうような誤解を避けることも重要である。

もう一つポテンシャル評価をする上で注意すべきことがある。それは上記の過去の経験にとら

われないこととも関係するが、シナリオを一つに絞らないことである。我々が次の地震や津波の起こり方を一つに絞れるだけのデータや知見を持っていないのがその理由だが、一方で、地震や津波の起こり方の多様性についての知見をそれなりに持っているということでもある。そうした知見を総動員して、起こり得る地震や津波による被害を想定し、それに備える必要があるだろう。備えを実際に役立つものにするためには、情報を受ける側の防災担当者等とのやり取りが重要である。情報の持つ限界・曖昧さを伝えるのはもちろんのこと、情報の精度が低くても防災・減災に活かすあり方を一緒に考える必要がある。

以上は、地震学や他分野の知見を防災行政に役立てるために心がけるべきことである。一方、地域住民の側では、行政だけに頼らず、想定に縛られずに、自分の命を主体的に自分で守ることが重要である(片田, 2012)。そのことを、科学的な知見とともに個人に対して伝えることも、我々の重要な役目である。

## 5. 今後の地震学をどのような方向に発展させていくべきか?

### 5-1. 科学的側面

最後に、これまでの議論やシンポジウム等を受けて、地震学を今後どのような方向に発展させていくべきかについて述べる。

まず、科学的側面についていえば、地震学者が地震学の実力を自覚した上で、その枠の中に閉じこもらずに、地震・津波やその被害を扱う様々な学問分野と連携して、総合的に学問を発展させていく必要がある。それは、これまで述べてきた防災・減災という目的のために必須である。ただ、そのような取り組みが今回の地震の前に皆無だった訳ではない。アンケートを含めて批判的な扱いをされがちな国のプロジェクト研究において、大地震の震源過程から建物の揺れや津波の遡上まで含めた研究を実施し、地域の防災担当との議論を進めている事例もある。もっとも、そうした取り組みが地震学会員にすら知られていないことは、今後ぜひ改善すべき点の一つだろう。

地震学の枠に閉じこもらず、他分野と連携して、総合的に学問を発展させることは、防災・減災とは直接つながらない基礎研究としての地震学の発展にもつながる。異分野の研究者と交流するには、基本的な仮定や理論の適用妥当性等、狭い分野に閉じていると忘れがちな根本的な部分を意識する必要が生じる。そうすれば、井出(2011)が指摘したような概念や用語法の曖昧さを排除することにもつながる。「既存の理論が正しいと思いつく」まずに、新たなパラダイムを切り開いていくきっかけは、こうした所にあると思われる。

今回の地震を受け、地震学におけるパラダイム転換の必要性が叫ばれているが(例えば、ゲラー、

2012)、プレートテクトニクスでプレート境界地震の発生を理解するという基本的な枠組みに変更の必要はないだろう。「既存の理論が正しいと思いつく」や「地球科学一般の知識の欠如、専門の細分化による弊害」に注意しながら、着実に「観測データの質」を向上させ、「震源の物理的理解」を高め、プレート境界で進行している地震の準備過程をとらえ、過去の地震・津波発生履歴と組み合わせることで、ポテンシャル評価や切迫度評価の精度向上に活かす研究を進める必要がある。なお、こうした研究はすぐに役立つものではなく、将来の防災・減災に役立つための研究であることをきちんと社会に伝える必要がある。

さらに、切迫度の評価の精度を上げるためには、大地震の繰り返し発生とは全く別の観点での基礎研究が必要となる。それは、現在観測される物理量に基づいて、大規模な破壊のための準備が整ったことを判断するという観点である。これは、現在の科学では実現しておらず、将来的に実現するかどうか現時点では分からない。

しかし、今回の地震は、こうした観点について、いくつかの手がかりを与えていると思われる(例えば Tanaka et al., 2012; 松村, 2012 でも紹介されている大地震前に現れる小地震の潮汐相関)。ただし、そうした事象と本震との因果関係はまだ不明であり、最も地震学に身近な地震活動の変化(静穏化、 $b$ 値低下、潮汐相関)ですら、その解明のためには、新たなパラダイムが必要である。すなわち、地震活動について、我々はいくつかの統計則を知っているが、その性質をもたらす「地震活動の物理」は未解明のままであり、新たに構築することが必要である。そこでは、リソスフェアをどのような力学モデルで表現するかという、固体地球科学の最も基本的な問題の解決も必要となるはずである。

### 5-2. 体制面

体制面では、蓬田(2012)は、国のプロジェクト研究についての発表を学会の特別セッションで行い、科学的に議論をすることを提案している。こうした取り組みは、シンポジウムや意見論文の多くで指摘されたように、学会における議論を活性化するためにも、また国のプロジェクトを学会員に伝えつつ、健全に進めていくためにも、有効だと思われる。その際、地震・津波やその被害に関わる様々な分野の研究者や学協会と積極的に協力することも重要である。

また、川勝・鷺谷・橋本(2012)に提案されているような、国の施策等に関するオープンな議論の場において、4-1で指摘した科学的側面についての根本的な議論も合わせて行うことが重要と思われる。

さらに、5-1で述べた基礎科学を進めるための

体制も重要である。橋本(2012)の指摘にあるように、目的や方針を明確にしないまま、防災に役立つという名目で予算を要求することは慎むべきである。一方で、現時点では防災・減災に役には立たないが、将来的にそれを目指す長期的な課題を、サイエンスプランを明確にした上で、地震調査研究体制の中にきちんと位置付ける必要がある。それと同時に、若い研究者が、自由な発想で長期的な展望を描いて基礎研究を行うことができる流れを作っていく努力も必要であろう。

## 6. 終わりに

本稿では、なぜM9を想定できなかったのかをあえて問題としてかかげ、科学的側面と研究者の姿勢、体制面の問題を整理し、今後の方向性について、アンケートや意見論文を参照しつつ、著者らの意見を述べた。

はじめに触れたように、防災・減災のためには、地震の想定は本来必要条件ではない。しかし、現在の日本では、地震の想定を出発点とした被害想定・防災対策の流れが厳然と存在している。そのような状況を改め、本稿や後藤(2012)・泉谷・武村・西村(2012)が指摘したように、過去に実際に起きた被害や地殻変動などの一次情報から独自に津波を想定し防災・減災対策に活かすのは、たとえ政府の委員会に参画していようが研究者個人の努力で解決できる問題ではない。日本地震学会が関連学会と協力し、具体的な改善策を提案していく必要があることを強調しておきたい。その際に重要になるのは、社会からの要求に対する地震学の実力不足を認め、実力に相応しい役割を、他分野として協力しながら果たしていく姿勢である。また具体的な改善策を提案するためには、津波堆積物研究について後藤(2012)が述べているように、各分野の研究で「国や自治体の防災計画に組み込むまでの道筋の確立」に向けた努力が必要であろう。

研究者の姿勢として、シンポジウムや意見論文で、学会やコミュニティとしての議論の重要性が多く指摘されており、そのための方策も提案されている。そのことは確かに重要ではあるが、それは大前提として、それぞれが自分の研究に対して、きちんと批判的な視点を持っていることが必要であることを忘れてはならない。そのような研究者が集まって、はじめて、学会やコミュニティとして意味のある議論が展開できるようになり、新たなパラダイムを切り開いていくことができるようになるはずだということを、自戒をこめて最後に指摘しておきたい。

## 参考文献

- ロバートゲラー, 2012, 防災対策と地震科学研究のあり方: リセットの時期, 本論文集所収  
後藤和久, 2012, 物証にもとづく想定津波の検討

を, 本論文集所収.

- 長谷川昭, 2012, 地震学研究者・地震学コミュニティの社会的役割—行政との関わりについて, 本論文集所収.  
橋本学, 2012, 地震科学の目標・目的と説明責任, 本論文集所収.  
井出哲, 2012, アスペリティ・連動型・地震予知, 本論文集所収.  
岩田孝仁, 2012, 確率論的な地震予知では何も進まない, 本論文集所収.  
泉谷恭男・武村雅之・西村裕一, 2012, 地震学と地震津波防災, 本論文集所収.  
地震調査委員会, 2010, 「活断層の長期評価手法(暫定版)」報告書, [http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/katsu\\_hyokashuho/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/katsu_hyokashuho/index.htm).  
上垣内修・東田進也, 2006, 気象庁の東海地震短期直前予知戦略と新たな情報体系, 地震2, 59, 61-68.  
片田敏孝, 2012, 人が死なない防災, 集英社新書.  
川勝均・鷲谷威・橋本学, 2012, 地震学会は国の施策とどう関わるのか—地震研究者・コミュニティの社会的役割とは何か—, 本論文集所収.  
小山順二, 2012, やらなければいけないことやってよかったこと, 本論文集所収.  
松村正三, 2012, 何故, 後予知なのか, 本論文集所収.  
松澤暢, 2012, M9を想定するために何が欠けていたのか? 今後どうすれば良いのか? 本論文集所収.  
宮澤理念, 2012, 地震学のコンセンサス, 本論文集所収.  
野津厚, 2012, 確率論的地震危険度解析に過度の期待が寄せられることへの危惧, 本論文集所収.  
Stein, S. and Okal, E.A., 2007, Ultralong Period Seismic Study of the December 2004 Indian Ocean Earthquake and Implications for Regional Tectonics and the Subduction Process, Bull. Seism. Soc. Am., 97, S279-S295, doi: 10.1785/0120050617.  
Tanaka, S., 2012, Tidal triggering of earthquakes prior to the 2011 Tohoku-Oki earthquake ( $M_w$  9.1), Geophys. Res. Lett., 39, L00G26, doi:10.1029/2012GL051179.  
山田真澄, 2012, 地震学の知見を防災に生かす, 本論文集所収.  
蓬田清, 2012, 日本の地震学の二重構造における学術団体としての責任とは?, 本論文集所収.

# 地震学会は国の施策とどう関わるのか —地震研究者・コミュニティの社会的役割とは何か—

東京大学地震研究所 川勝 均  
名古屋大学減災連携研究センター 鷺谷 威  
京都大学防災研究所 橋本 学  
[著者は五十音順]

地震科学は、地震現象の理解とそれに基づいた地震災害軽減への貢献を目的とする。社会は特に後者に大きな期待を寄せ、さらに国等は地震科学の成果を施策に活かすべく研究者のコミットメントを求め、地震科学研究者は誠実にこれらの期待・要請に応えようとして来た。しかし、東日本大震災は、地震科学の未熟さと、その未熟な科学が提供する「指導原理」に基づく施策の危うさを白日の下にさらした。日本地震学会 2011 年秋季大会特別シンポジウムでの議論の結果、このような状況に陥った大きな原因は、研究者コミュニティ内部の批判精神の欠如である、との反省に立ち至った。この反省に立って、研究者個人の自由は尊重しつつ、コミュニティとして緊張感のある関係を行政や社会との間に築くことが重要である。地震学会はそのための開かれた場を用意し、活発な議論を絶やさないことが、東日本大震災を経験した今とるべき再出発への第一歩である。

## 1. はじめに

我々は、2011 年 10 月の地震学会秋季大会特別シンポジウムにおいて表記のセッションを主催した。地震科学は災害科学でもあることから、防災行政に対する貢献が常に期待され、多くの研究者が行政の施策に関わっている。特に、大規模地震対策特別措置法（以下「大震法」）以降の諸々の地震防災対策は、地震科学の成果により端緒が開かれたと言っても過言ではなからう。こうした国を初めとする行政機関や企業などの施策や事業と地震研究者・コミュニティの関わり方について考えるのが本稿のテーマである。

1965 年から開始された「地震予知計画」は、日本の地震科学研究者の大半が参加する希有の国家プロジェクトとなった。しかし、地震予知の実現を通して社会に貢献しようとした方向性は 1995 年兵庫県南部地震の発生を受けて見直され、それまで不足していた「研究成果の社会への還元」を旗印に、地震調査研究推進本部による地震活動の長期評価や強震動予測が推進された。しかし、今回は、長期評価で想定されていた規模を大きく上回る地震が発生して東日本大震災を引き起こし、地震科学とそれに基づく地震発生予測の未熟さが明白となった。自らが関わる科学の未熟さを目の当たりにし、またそれが大規模災害に直接関わる科学であることを思うとき、地震科学のあり方とそれに期待をいさぐ社会との関係を見直す必要があるという強い思いが個々にあり、500 名にも及ぶシンポジウムの参加者になったと考えられる。

石橋(2012)が指摘するように、このセッションのスコープは複数のものが複雑に絡み合っていて、解きほぐす必要がある。すなわち、個々の研究者としての国・社会との関わりと、地震学会あ

るいはコミュニティとしての対応とを切り分けて考えなければいけない。こうした整理が不十分だった点は主催する側としての反省点である。本報告では、この点に十分注意して、国等の施策との関わり、地震研究者・コミュニティの社会的責任、そして、地震学会として取るべきアクション、の順番でまとめる。

## 2. 国等の施策との関わり

我が国における地震防災・減災は、主として国をはじめとする「公」の仕事である。地震科学研究者の多くは、地震防災・減災を目的とした、またはそれに役立つ研究を行うことで、必然的に「公」と関わることになる。シンポジウムに先立って行われたアンケートでは、約 60%の研究者が国の施策に一定のレベルで関わるべき（「かなりそう思う」または「そう思う」）と考えるものの、実際は 50%程度の方々は今まで余り関わってこなかったという現実が見えた。

中央防災会議や地震調査研究推進本部をはじめとする国や自治体等の防災対策に関する諸委員会には、多くの地震学会員が委員として参画し様々な施策に関与している。また、1965 年以降大学・国研（現独立行政法人）の研究者を実施主体とする「地震予知計画」が国家プロジェクトとして遂行されてきた。

このように、地震科学研究者はかなりの割合で国の施策の中に位置づけられているが、個々の研究者が国の施策に関わるかどうかは基本的に各個人に委ねられている。この根底には、研究の自由をまず守るべき価値として尊重するというコンセンサスがある。研究者コミュニティである学会は、こうした個人の意志を尊重することが求められ、その自由を損なうようなことはあってはな



らない(石橋, 2012)。

実際, 学会として国の施策に組織的に関わることは控えるべき, という考えが学会内では支配的である。アンケートの自由記述においても, 「自由」こそ研究の進展に不可欠であり, これを曲げることはあってはならないという意思表示が多くなされている。

一方, 研究者が所属する研究組織については研究者個人の場合とは事情が異なり, 様々な研究組織が地元の自治体等の行政機関と協力している。高橋・他(2012)はそうした取り組みの重要性を指摘し, 北海道の地震・火山防災に関する行政機関と大学・研究機関との情報交換・交流活動の経験に基づき, 行政との間に「顔の見える関係」を築くことが重要であると説く。地震防災は, それぞれの土地の地学的歴史的背景に依存するローカルな問題であり, 地震科学の最新の動向を把握した研究者コミュニティがそれぞれの地域でホームドクター的役割を果たすことが望ましい。

国や地方の様々な場面で地震研究者個人や研究組織が行政に関与している実態がある。しかし, そうして進められている行政の施策が科学的妥当性を有するとは限らない。ゲラー(2012)が指摘する大震法の問題などはその一例と言えよう。研究者が直接間接に関わった施策と研究の現場が乖離し, 専門家によるチェック機能が十分果たされていない状況を, 蓬田(2012)は「日本の地震学の二重構造」として批判している。こうした事態にどう対処するかは, 個々の研究者にとって, また研究者コミュニティとしての地震学会にとって科学者倫理にも関わる重要な問題である。

こうした状況が生まれる背景として, 行政を含む社会の地震学に対する期待と, 実際の我々の実力の間に埋めがたいギャップが存在することがあるのではないだろうか。そうした例の一つとして地震予知を挙げることができる。現在も近い将来も実用的な地震予知が困難であることは, 地震科学研究者の共通認識と言って良いと思うが, 社会の側ではそれに対する強い要請が現実存在する。岩田(2012)は, 地方自治体の防災担当者として, 確率論的な予測ではなく, 大震法が要求するような決定論的予知を求めている。これは, 東海地震の危険性が言われている静岡県で実際に地震防災の重責を担っている立場からの切実な声である。科学の実力が防災の現場の要請に十分答えられていないことは否めず, 後述するようなトランスサイエンス問題(科学に問うことはできるが, 科学だけでは答えを出せない問題)だと言える。

この状況に対し, ゲラー(2012)は, 地震予知は不可能との立場から, 大震法の即時撤廃を主張する。長谷川(2012)も, 大震法が予知への過剰な期待を呼び起こしたことを認めている。一方, 小泉

(2012)は大震法が地震防災対策を促進してきた効用を認め, それに付加する形での地震予知の寄与をポジティブに捉えようとしている。

地震学の研究者コミュニティとしては, 今後, 様々な経緯で生じた「ボタンの掛け違い」を正す努力が必要である。これがトランスサイエンス問題であることを踏まえれば, こうした取り組みの際に, もう一方の当事者である防災の実務担当者との議論を深めることが必要不可欠である。我々は既に国の施策に組み込まれてしまっており, 自らの判断だけでは物事を変えられない状態にあることも自覚する必要がある。地震学会にはこうした状況を変えていくための組織的な取り組みが必要であろう。

ところで, ゲラー(2012)は「多くの地震学者は大震法の存在・存続についてほとんど関心を持っていない」と指摘している。小泉(2012)は「国の地震関連政策の根幹は(中略)大震法ではなく, 地震防災対策特別措置法であり(以下略)」と述べている。両者があえて上述の指摘をせざるを得ないところに, 地震科学研究者の国の施策に対する無関心が示されており, また両者の苛立ちも感じられる。長谷川(2012)は, 地震防災と地震予知研究の歴史を簡潔にまとめているが, ここで日本海溝での地震・津波防災対策を担当する組織として登場する中央防災会議専門調査会という組織を初めて耳にする研究者も多いのではないだろうか?

複雑な地震防災関連の組織と法体系を十分に理解している研究者は, 極めて限られるであろう。しかし, ここを理解できないと国の施策との関わり方を間違ふ。実は, 本セッションの主催者側の意図の一つは, この点にあった。谷原(2012)も指摘するように, 研究成果が一定のレベルに達し, 社会に制度として実装されると, 研究者の関心は次の課題へと移り, 制度がどのように運用されて行くかには関心が払われなくなる。地震学に関連する施策の問題点は, 社会へと引き継がれた研究成果が, サイエンスとしては解決済みであっても, 社会への実装という点で甚だ不十分なレベルだったということだろう。このような状況を是正する努力は研究者コミュニティ全体の課題であるが, そうした取り組みの下支えとなるのはコミュニティを構成する個々の研究者の自覚や社会に対する関心である。中川(2012)は, 兵庫県南部地震以降に地震学会の社会に向けた取り組みが会員間で広がらなかったことについて反省の弁を述べており, 社会に向き合う意識の変化が限定的であったことが分かる。我々としては学会員に対してより積極的に社会と向き合うような意識改革を呼びかけたい。

ここまでは主に国を初めとする行政と研究者コミュニティの関係について述べてきたが, 石橋

(2012)は、私企業への協力については、学会として行動規範を定め一定の歯止めをかけるべきであると主張する。研究者が私企業の不平等な利益追求の片棒を担ぐようなことがあってはならないのはもちろんである。ただ、企業にもその公益性に様々なケースがあり、どこに線を引くかは難しい問題である。行動規範を考えるのであれば、石橋(2012)も指摘するように、個々の研究者が科学的成果に対して忠実であることに尽きるであろう。このことは研究者と行政との関わりに関してもそのまま当てはめることができる。

### 3. 地震研究者・コミュニティの社会的責任

研究において「自由」が必要不可欠なことは、多くの学会員の支持を得られるところである。しかし、社会において「自由」を享受するためには「責任」が伴うことを忘れてはいけぬ。本報告集にある報告やアンケートの自由記述において、科学の限界をきっちりと伝えることの重要性を指摘する声が多い。今川(2012)は、高度経済成長期にたまたま地震活動が不活発であったことから研究者に染み付いた「牧歌的な」姿勢と発想を克服し、新たな社会との関わり方を模索すべきだと訴えている。石橋(2012)は、「政治的側面が強い課題に対して中立を守るといって沈黙することは非常な政治的態度になる」と指弾する。「少なくとも科学的にわかっていることに対しては成果に忠実であることが中立的姿勢である」との指摘は重い。

今回のシンポジウムは、奇しくも「東海地震」の想定震源域直上に位置し、中部電力浜岡原子力発電所のある御前崎市からも遠くない静岡市で開催された。我が国において地震科学と社会の関係を考える上でこれ以上の場所は他に思い浮かばないが、「目の前にある問題」にまで議論がおよばなかったことは主催者側として心残りである。ここで問題意識を提示し、今後の学会内での議論に期待したい。

東海地震予知の現状を説明する気象庁の Web ページには、「どのくらいの確率で前兆現象をとらえることができるのかは、残念ながら『不明』」「前兆すべりが生じるとする考え方が誤りであった場合(中略)情報発表がないまま地震発生に至る」と記されている。これは地震発生予測の学術の現状をある程度正確に反映している正直な記述である。わからない物理現象に対して、観察・観測を通して現象の理解を深め、予測可能なモデルがあればそれを試すのは科学的にはまっとうなアプローチであり、普通は実験的アプローチとよばれる。気象庁の Web ページに記載されていることは、ふつうの科学の言葉を使えば、「実験」的作業と呼ばれるべきものなのではなかろうか。そのことを公言することを憚る体質が我々のコミュニティに無いか改めて自問してみる必要

がある。そうした体質を石橋(2012)は「批判精神」を欠くと評した。批判精神の欠如は、社会に多大な期待をいだかせる「地震予知」という言葉の使い方にも現れているかもしれない(井出, 2012)。今後検証していく必要があるだろう。

一方、浜岡原発の存在も「プレート境界直上という地球上もっとも過酷な環境下でも日本の原発技術は安全である」ことを示すための「実験」的作業と逆説的に見ることも可能だ(例えば Economist, 2012)。残念ながら日本列島ではどこでも M7 クラスの地震が起こりうるので、原発の立地は多大な困難をとまうが、その中でも浜岡の立地の特殊性は、プレートテクトニクスを理解した地震研究者にとって自明のことであろう。それにも関わらず、地震学コミュニティからは、石橋克彦氏や茂木清夫氏を除けば発言が殆ど無い。浜岡原発の再稼働の可能性が残されている中、「研究者コミュニティとしての地震学会が果たすべき責任は何か」を考える必要があると思われる。

上記以外にも行政や企業によって地震防災等を目的とした様々な施策・事業が進められている中で、地震科学の研究成果がその限界を越えて用いられていないかチェックすることは、我々地震科学研究者が果たすべき社会的責任の一部であろう。そうした施策・事業に直接関わる研究者が、他の研究者よりもこうした責任を強く自覚する必要があることは言うまでも無い。

### 4. 地震学会がとるべきアクション

では、専門家集団としての地震学会は、どのようなアクションを取るべきだろうか? 現状のまま問題ないとする人はいないであろう。複数の研究者が、成果を社会に活用する施策について、科学の立場から議論することの重要性を説いている。長谷川(2012)や石橋(2012)、さらに蓬田(2012)は、国の施策や社会的な重要課題などに関する議論をオープンに行う企画を提案している。松村(2012)は、いわゆる「後予知」から脱却するために地震予知連絡会の変革を求めているが、これは国の組織の中における科学的な機能を強化する提案である。

蓬田(2012)はさらに、地震学会の会員数の減少、予算規模等を考慮した上で、地震予知検討や広報などの諸活動のスクラップが不可欠であると踏み込んでいる。長谷川(2012)は、学界での合意形成とその水準の向上、さらに適切な社会への発信を提案する。その一方で、宮澤(2012)は、科学の最先端においてはコンセンサスを得ることは困難で、多数派の意見が常に正しいとは限らず、複数の意見を排除すべきでないとする。学会がもつ「自由」な伝統に基づけば、社会的な課題に対してもオープンに多様な意見を表明し合い、相互批判し合う活動を継続することが重要である。

ところで、川勝(2012)の「地震発生予測の学術は、関わっている地震学者の認識をよそに、ある時点からトランスサイエンスの領域に大きな一歩を踏み出したのではなかろうか」という認識は重要である。地震災害に関する予測、原発の安全性などトランスサイエンスの領域の問題解決のために、地震科学研究者は、今後社会の広範な分野と共同作業を行うことが求められる。それ故、高橋・他(2012)は、他分野との共同作業による成果を地震科学のコミュニティ内における成果として正当に評価できるシステムの必要性を説く。しかし、地震学会には、残念ながらこのような活動を正当に研究として評価するシステムが存在しない(根本, 2012)。したがって、学会の改革の第一歩として、pureな科学以外の他分野との共同作業の評価システムの構築がなされるべきであるが、そうしたシステム以前の問題として、社会との共同作業の重要性が認められるような学会員の意識改革が必要だろう。

## 5. まとめ

2011年度地震学会秋季大会特別シンポジウムのセッション2「地震学会は国の施策とどう関わるのか-地震研究者・コミュニティの社会的役割とは何か-」における議論と、報告集に寄せられた関連の意見論文をまとめた。浮かび上がってくる課題は多いが、特に地震学会がこれから行うべきこととして、

- (1)国の施策や社会的重要課題に関するオープンな議論の場の設定とその的確な発信、
  - (2)他分野との共同作業と、これに対する正当な評価システムの構築、
  - (3)地震科学研究者の社会リテラシーの向上、
- が浮かび上がった。とはいえ、地震学会として、できることに限りがある。何を優先すべきか、学会員の真摯な議論に基づいて、少しでもよい方向へ再出発できることを願う。

最後に、小泉(2012)の「東北地方太平洋沖で『地震予知』はなされていない」という指摘は、事実としては間違っていないし、国の制度の理解として正しい。しかし、近刊の外岡(2012)においてすら、『地震予知』の失敗」という表現が使われていることに、筆者の一人は立ちすくんでしまった。たとえ、行政や関係する研究者が制度について説明したところで、この国に長く定着したイメージは払拭し難いことが、ここに垣間見える。地震科学が新たな飛躍を行うためには、飛び立つ足場をしっかりと固める必要があるだろう。

## 参考文献

- ゲラー・ロバート, 2012, 防災対策と地震科学研究のあり方: リセットの時期, 本報告集。  
長谷川昭, 2012, 地震学研究者・地震学コミュニティの社会的役割-行政との関わりについて,

本報告集。

石橋克彦, 2012, 「地震学会は国の施策とどう関わるか/地震学研究者・コミュニティの社会的役割とは何か」についての私見, 本報告集。

今川一彦, 2012, 地震研究者コミュニティの社会との関わり方について, 本報告集。

岩田孝仁, 2012, 確率論的な地震予知では何も進まない, 本報告集。

The Economist, Blow-ups happen, March 10, 2012  
<http://www.economist.com/node/21549095>

川勝均, トランスサイエンスとしての地震予知・長期予測, 本報告集。

小泉尚嗣, 2012, 2011年東北地方太平洋沖地震後における地震の予知・予測研究への批判について, 本報告集。

気象庁 WEB, 地震予知について,

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownow/faq/faq24.html>

松村正三, 2012, 何故、後予知なのか, 本報告集。

宮澤理稔, 2012, 地震学のコンセンサス, 本報告集。

外岡秀俊, 「2012, 3・11 複合被災」, 岩波新書, 285pp。

高橋浩晃・定池祐幸・谷岡勇市郎, 2012, 北海道における地震津波防災に対する取組と今後の課題, 本報告集。

谷原和憲, 2012, 理科の地震学 社会科の地震情報, 本報告集。

蓬田清, 2012, 日本の地震学の二重構造における学術団体として責任とは?, 本報告集。

# 地震学と地震津波防災

信州大学工学部 泉谷恭男  
(株)小堀鐸二研究所 武村雅之  
北海道大学大学院理学研究院 西村裕一  
〔著者は五十音順〕

地震や津波は自然現象であると同時に災害要因でもある。災害要因を研究対象とする地震学は、自然現象の理解という純粋な理学の枠内に留まっていることはできず、防災ということを通して社会と密接に関係している。我々は地震や津波のデータを使って物理モデルを構築することを目標とするだけでなく、研究成果に基づいて社会に向かって発信する情報が本当に防災に役に立っているのかについて、常に省みる必要があるだろう。例えば、巨大災害を防ぐことを第一の目的とするなら、多くの仮定に基づく地震の発生確率を公表するよりも、その地域で発生し得る最大規模の地震や津波の調査にもっと努力が向けられるべきではなかったか。更に、より直接的に社会に貢献するためには、他分野の考え方や手法を吸収し連携することも大切だったのではないだろうか。地震学者が防災に貢献するために何が必要かについて改めて考察すれば、1) 社会にとって何が必要かという想像力を持つこと、2) 自分の守備範囲の研究をきちんと行うこと、3) わかったことと共に、わからないこと（わかっていることの限界）もきちんと伝えること、4) 他分野と連携して「知」を融合すること、という、至極当然のことに帰着する。我々はもう一度、この原点から出直す必要がある。

## 1. はじめに

2011年10月15日に静岡市において開催された特別シンポジウム「地震学の今を問う—東北地方太平洋沖地震の発生を受けて—」に先立って、日本地震学会会員に対するアンケート調査が行われた。「地震学の知見が防災に役立つか？」という問いに対しては、82%余りの人が、「非常にそう思う、または、そう思う」と回答している。しかし、「実際に役立てられていると感じるか？」という問いに対しては「非常に役立っている、または、役立っている」と回答した人は40%程度に過ぎなかった。この大きなギャップに、2011年東北地方太平洋沖地震の際に何故もっと多くの人を救うことが出来なかったのだろうかという、地震学者の苦悩が現れているように思う。

地震や津波は自然現象であると同時に災害要因でもある。災害要因を研究対象とする地震学は、好むと好まざるとに関わらず、防災ということを通して社会と密接に関係している。例えば長谷川(2012)は日本の地震学を、「地震災害国の日本では、地震学は、地震による悲惨な災害の軽減・防止を目指して進められてきた歴史を持つ。その意味で、日本の地震学は社会とのつながりが極めて深く、社会的な要請がその発展の大きな原動力になってきた。」と位置づけている。また橋本(2012)は、「地震科学の目標・目的の第一は、基礎科学としての地震現象の側面からの地球史の理解であろう。これについては、地震科学研究者の間に異論はないであろう。しかし、その理解に基づいた地震災害軽減という、社会からの強い期待・要請が常にあり、社会の中のコミュニティとしてこれに応えることもまた目標・目的とな

る。」と述べている。このように、地震学の目的が地震という自然現象の理解であると共に地震津波災害軽減という社会からの強い要請に応えることにもある、ということに関しては、多くの方が賛同されるであろう。「地震学の知見が防災に役立つ」と回答した人が80%を超えていることから、そのことが伺える。

それでは、地震学の研究成果をどのように防災に役立てれば良いのであろうか。アンケートの自由記述意見やシンポジウム会場での発言には、「研究成果を公表しておけば、防災関係者が必要に応じて使ってくれる。」というものから、「地震学者は防災現場にまで出向いて指導すべき。」というものであった。研究成果を公表していれば勝手に役に立つと考えるのは無責任であり、防災関係者に高度な地震学の知識を要求することも現実的ではない。逆に、防災現場で直接指導すべきだと言われても、それは大多数の地震学者の能力を超えている。

我々は自分の能力の限界をもまた、きちんと自覚すべきである。本稿では、地震学者としての守備範囲を「防災に役立つ科学的情報の発信」と定め、防災に貢献したいと願う地震学者にとって何が必要かについて考察する。

日本地震学会には地震学者ばかりでなく、防災工学者、教育者、メディア関係者、その他いろいろな立場の方が居られるのは承知している。しかし本稿では、上で定義した地震学者の守備範囲に限って議論することをお許しいただきたい。それ以上を論じることは、著者の能力を超えている。

## 2. 防災のための情報

現在、地震学者の側から社会に向けて発信されている防災のための情報にはいろいろなものがあるが、ここではそのうちの、「地震予知」、「確率論的な地震発生予測と地震動予測」、「津波警報」、「地震警報」について論じる。

## 2.1 地震予知

「地震予知は防災に役立つ」という言葉は、厳密には、「地震予知が可能なら、それは防災に役立つ」と書くべきであろう。1975年に海城地震の発生が予知され、人的被害が最小限に食い止められたと言われている(中国地震考察団, 1976)。確かに、「地震予知が可能」なら防災に役立つことは間違いない。しかし、現時点での防災を考える時に重要なのは、「現時点で地震予知が可能かどうか」である。「現時点において、かなり高い確度で地震予知が可能」と考えている地震学者の数は、おそらく全体の1割にも満たないであろう。

「将来、地震予知が果たして可能になるか、それとも不可能か?」という議論をここで取り扱う気はない。また、誤解の無いように付け加えれば、「地震予知研究の継続は大切」という意見(例えば、深畑, 2012; 小泉, 2012)に異議を唱えるつもりもない。もし将来において地震予知が可能になれば、現時点での防災には役立たないが、将来の防災には非常に役立つであろうから。

さて、現状における地震予知の実力を考えると、現時点での防災に役立つことはあまり望めそうにない。防災に役立ちそうにないばかりでなく、地震予知が可能であるかの如き幻想が社会にかなり広まってしまっていることは非常に大きな問題である。もし、「地震予知は可能」という前提に立った防災対策がとられているとしたら、それは危険極まりない。地震学者はこのことをきちんと認識できなければならない。そして、地震予知の現時点での実力を社会に対して丁寧に説明して、「現時点で地震予知は可能」という幻想を打ち壊す努力をする必要があるだろう。幻想を広めてしまったのが地震学者である以上、地震学者にはそれを打ち壊す責任がある。

## 2.2 確率論的な地震発生予測と地震動予測

菅直人前首相が浜岡原子力発電所の運転停止を要請した時、地震調査研究推進本部が公表している「長期評価(地震発生の確率予測)」をその判断の根拠としたことは広く知られている。それに対して、地震調査研究推進本部から「どう使うかは使う側の判断」という旨のコメントが出された(asahi.com, 2011)。確かに菅前首相のような使い方は誤っている。長期評価は、次に何処で地震が起こるかについての切迫性を評価したものではない。しかし、情報を発信した側のコメントがこれでは、余りに無責任ではないか。

菅前首相のような誤解が何故生じたのかについては、よく考えてみる必要がある。この誤解は、「地震調査研究推進本部が防災に役立つとして公表している確率予測」と「社会が防災のために必要としている情報」との間に非常に大きなギャップが存在する、ということを示している。つまり、情報を発信する側に、何が防災に役立つかということについての想像力の欠如がある。

確率論的な評価は防災に役立たないという指摘もある。防災の現場は、確率ではなく決定論的な情報を求めている(岩田, 2012)。また、確率の低い地域には地震が起きないという誤った安心情報を与えているという指摘もある(野津, 2012)。これでは、防災の役に立たないばかりでなく危険でさえある。

確率論的地震動予測地図についても同様である。近年の大地震は確率の低い地域でばかり起きているという指摘(Geller, 2011)があるが、これも上で述べたとおり、確率論的地震動予測地図が切迫性を表したものでないことを考えれば、必ずしも正しい指摘とは言えない。しかし、この指摘が社会の要請を代弁していることは確かであろう。

もっと根本に戻って、そもそも地震発生が確率的に予測できるのだろうか。確率は非常に多くのサンプル(多数回の試行)から得られる経験的なものである。地震発生の確率予測のために用いられているサンプル数は非常に少ない。それでもって次の一回の地震の起きる可能性を予測しようという、非常に危険なことをしている。さらに、固有地震が定期的に繰り返すという仮定そのものが、2011年東北地方太平洋沖地震の発生によって覆されてしまった。

今までの確率論的な評価は根本的に見直すべき時期に来ている。藤原(2011)は現在の確率論的地震動予測地図を、低頻度の巨大地震に対応すべく改良することを提案している。巨大な災害を防ぐことを第一の目的とするなら、地震の発生確率よりも、その地域で発生し得る最大規模の地震や津波の調査にもっと努力が向けられるべきではないだろうか。

## 2.3 津波警報

2011年東北地方太平洋沖地震の発生後約3分で気象庁マグニチュードが決定され、津波警報が発令された。それによって非常に多くの人命が救われたことは間違いない。ただ、地震規模の過小評価が津波波高の過小評価につながり、もっと救えるはずの多くの命を失ったことは非常に悔やまれることであった。

今回の津波警報に関して地震学者として反省すべき第一の点は、この地震規模の過小評価であろう。気象庁マグニチュードが巨大地震に対して

飽和現象を起こすということは、地震学では常識であった (Aki, 1967; Kanamori, 1977). それ故、国内外の広帯域地震記録を即時的に解析して、地震発生後 10 分程度でモーメントマグニチュードを推定するシステムも、既に開発されていた (西前ほか, 2002; 仲底ほか, 2003). また、気象庁マグニチュードに頼るのではなく、断層面の広がりや地震発生直後に推定して津波警報に役立てようという研究も、既に行われていた (例えば、Izutani and Hirasawa, 1987; 今村ほか, 1991). しかし、それらの研究成果は津波警報システムに組み込まれなかった. その大きな理由は、「日本付近ではマグニチュード 8 を大きく超える地震は起きない」という誤った思い込みがあり、気象庁マグニチュードを基にした津波警報で十分という考え方があったためと推察される. また、波高に関する情報よりも警報の迅速性に重点が置かれていたこともあるだろう.

[付記: 日本国内には、津波警報を目的として、モーメントマグニチュード推定のための広帯域地震計も設置されていた. しかし、大多数の地震計の記録が振り切れたため、実際の役には立たなかった. ただ、「何十秒間も振り切れたのだからマグニチュードは 8 を大きく超えた」という判断に至らなかったことが、非常に悔やまれる.]

マグニチュード 9 の地震と悲惨な津波被害を体験し、津波警報の見直しが進められている (気象庁, 2012). 広帯域地震計記録の即時解析からマグニチュードが 8 を超えたと判断した時の警報の発令の仕方に、今回の苦い体験から得た工夫が見られる. また、近年急速に発達した強震観測網を利用して、震源断層の大きさを即時的に推定して津波警報に役立てようという新しい研究も見られる (例えば、青木ほか, 2011; 堀内・堀内, 2011). 更には、海底に水圧計を多数設置して、実測波高に基づいて津波警報を発令する計画も進められつつある. これらの試みは直接的に津波防災を目指したものであり、今後は実用化を図り、将来の地震に対する津波警報発令のために役立たせていかなければならない.

## 2.4 地震警報

1983 年に旧国鉄のユレダスシステムによって開始された列車に対する地震警報システムは、防災のために目覚ましい実力を発揮した (中村, 1996). 2004 年新潟県中越地震の際には、震央近くを走行中の上越新幹線車両が、緊急停止指令を受けて減速中に強い地震動を受けて脱線した. しかし、死傷者は無かった. また、他の列車も地震警報により停止したため、脱線事故現場に侵入する列車は無く、大惨事が未然に防がれた (中村, 2005). 2011 年東北地方太平洋沖地震の際にも、新幹線の列車は安全に停止した.

一方、2007 年に運用が開始された気象庁の緊急地震速報 (一般国民向けの地震警報) は、2011 年東北地方太平洋沖地震の際にも防災に役立ったことが報告されている (例えば、小山, 2012; 山田, 2012). ただ、気象庁マグニチュードの過小評価に伴う震度の過小評価が見られた. また、余震多発に伴う誤報という問題点もあった. これらについてはシステムの改良が行われつつある (例えば、干場, 2011).

このように、明らかに防災に役立ったという実績を持つ地震警報ではあるが、気象庁の緊急地震速報には、内陸で地震が発生した場合、震央近くの大被害が予想される地域では警報が間に合わないという大きな問題が残されている. 安価な地震計を多数設置してローカルな警報を発令することによってこの問題の解決を図ろうとする試みには気象庁は関与しておらず、現在のところ個々の研究者の努力に委ねられている (例えば、Horiuchi, 2009; Nakamura, 2009). 震源から離れたところでの震度の正確な予測も勿論大切ではあるが、人命を救うという面から考えると、震央近くの大被害を受けるであろう地域に対する地震警報をより迅速に発令するための研究に、もっと力が向けられるべきであろう.

## 3. 他分野に学ぶ

防災に関して地震学が連携すべき他分野となると途方もなく広い. そして自然科学だけでは対処しきれない (例えば、川勝, 2012). ここでは、第 1 章で述べた地震学の守備範囲と密接に関連し、現在特に注目されている津波堆積物研究との関連に的を絞って述べてい.

地震学の大きな柱は物理学に基づいて地震の震源を明らかにすることである. 地震学者に防災を委ねれば「物理的な震源予測」が大前提となることは当然の流れである. よって津波防災についても、原因となる地震の発生間隔や規模、震源の広がりや想定することを基本として議論が進められてきた. しかしながら、2004 年のインド洋津波や 2011 年の東北地方太平洋沖地震に伴った津波 (以下、「2011 年東北津波」と呼ぶ) の発生によって、地震学の知見に基づく予測や想定には限界があることを改めて思い知らされた. したがって、津波防災のあり方を再検討する必要があるのは明らかである.

地震学の現状のレベルは、地震発生後に震源で何が起こったかを説明することはできるようになったが、事前に物理モデルに基づいて震源を予測し、揺れや津波をある程度正確に評価できる段階には至っていない. 津波といえはあたりまえに目にするシミュレーションもまた、多くの問題を含んでいる. 2011 年東北津波の発生直後から震源域を仮定した数値計算が多くなされ、アニメー

ションも作成されてメディアでも頻繁に取り上げられた。しかし、すべての数値計算結果は三陸沿岸での 30m 超の津波を再現できていなかった。それでも、津波のアニメーションはいかにも尤もらしく見えてしまうのである。地震学者はこうした難点や限界を、当然ながら知っていたはずである。単純化した断層面上のスリップ量をメートル単位で議論していながら、実際の津波の高さは 10m も合わない場所があってもいいと思うのでは、やはり防災への意識や被災者への配慮が欠けていると指摘されても仕方ない。

近代科学が打ち立てる自然現象に対するモデルは、その範囲では合理的で矛盾は無いし、一定の観測データに裏打ちされている場合も多いが、問題は、合理的でなければならないという制約から、知らず知らずのうちに説明がつかない事象に目を瞑っているということが無いからである。地震のように科学的な理解が十分進んでいない分野ではその危険性が一層高いとみななければならぬ。科学的モデルを打ち立てようとする研究の世界では、データはモデルのためにあると考えてもよいかもしれないが、こと防災の世界では、あらゆる事象が主体で、足らざるところを補間し外装するのが科学的モデルでなければならない。例えば、断層モデルが正確にわからなくても、津波堆積物研究に基づいて過去の津波の浸水履歴図を作り、防災計画に活用することも可能である(後藤, 2012)。極論を言えば、不確かな物理モデルに頼る現状よりも、余程まとめた防災対策が出来るかもしれない。

2011 年東北津波を受けて、史実でない津波を把握すること、すなわち津波堆積物研究の重要性が高まった。仮定が多いモデルに頼るのではなく、史実や物証を防災に活かそうとする動きである。津波は堆積物を必ず残すとは限らないし、地質時代に発生した規模以上の津波は今後も起きないという保証はない。しかし事実は事実として、それがモデルで説明できないとしても防災の拠り所になるはずである。その意味で、津波堆積物の調査は慎重に行われ、検証を繰り返し、誤差や限界も示しながら公表されるべきであろう。津波は地震以外でも発生するので、すべてを単純化した地震のモデルで説明しようとする必要がないことも認識すべきである。津波堆積物は「地震波形」や「震源分布」のような基礎的な一次データである。怪しいデータに基づいて地震活動や地震発生モデルを構築しようとすることに意味がないのは明白である。その意味で、まずは信頼できるデータを得ることが最重要なのである。

地震津波防災においては、様々な分野の研究者が「人間社会を持続させる」ということを目的に、一つの枠組みの中で実効的に研究する「知」の融合がなければならない。東日本大震災は我々に、

てんでばらばらでは学問の成果を十分生かせないという事実を突きつけていると言えよう。

#### 4. 不確かな根拠に基づいた情報と防災

2011 年東北地方太平洋沖地震の後、地震学者の安易な言動がマスコミを賑わすことが多いのは、防災に役立とうとして、自分の能力を超えて背伸びをしすぎているせいではないだろうか。現在の地震学には、特に「予測」に関しては、不確かな部分が非常に多い。不確かな根拠に基づいていながら、さも確かな科学的根拠に基づいているような印象を与える言動は「科学」とは言い難く、地震学者にとって許される態度ではない。また、「防災に役立つためには、地震規模や震度を大きめに言っておけばそれで良い」という考え方も無責任である。不確かな根拠に基づいていながら「それにさえ備えておけば安全」と錯覚させるような情報の出し方をしてきたことが、2011 年東北地方太平洋沖地震による被害を大きくした原因の一つであることを、忘れてはならない。

「防災」は地震学者が単独で行うことではない(例えば、川勝, 2012)。地震学者に求められているものは、「予測結果」と共に、「それがどの程度確かな根拠に基づいているのか」についての正確な情報の発信である。「わからない(わかっていることの限界)」を伝えることは非常に大切である(例えば、長谷川, 2012; 橋本, 2012; 今川, 2012; 鈴木ほか, 2012; 谷原, 2012; など、多くの人が指摘している)。不確かな根拠に基づいた情報を安易に発信することは社会を混乱させ、また、地震学に対する社会の信頼を大きく損なう。悪くすれば政治に都合良く利用され、地震学を政治の下僕としてしまい兼ねない。

群馬大学の片田敏孝氏が釜石市の小中学生に「想定にとらわれるな」と指導したことは広く知られている。「想定」とは、「地震学の知見に基づいて立てられた防災計画」である。それにとらわれるなという指導を受けた多くの小中学生が津波被害から免れた。逆に、津波の想定浸水域外とされた地域の避難所で、多くの方が被災された。この事実は、防災に関する限り、地震学が不確かな根拠に基づいた情報しか出せていなかったこと、更に、不確かな根拠に基づいた情報をそのまま信じ込んでしまったために被害が拡大したことを示している。「研究成果が防災に利用される場合には『不十分な点』を強調することこそが求められる。そうすることがその研究成果を下敷きにした防災施策の『不十分さの可能性』に思い至らせ、研究成果や防災施策を上手に利用することのできる市民的スキルを陶冶するために前提となる。」という今川(2012)の指摘は、非常に重要である。

不確かな根拠に基づいていながら情報の発信

を急ぐことは、防災に役立たないばかりではない。社会に害を及ぼし、更に「本物の地震学」を圧迫する。現在、プロジェクト研究に縛られてテーマを強制され、また、不安定な期限付きポストに置かれている若い研究者も多い（例えば、山田，2012；福島，2012）。国家によって主導されるプロジェクト研究は、「防災」を掲げることで予算が付き易い。そして、こうしたプロジェクト研究では短期間で成果を上げることが求められ、防災に役立たないことを証明したり、研究に時間を要することに言及したりすることは歓迎されていない。柔軟な思考を持つ若い研究者の長期的視野に立った自由な研究が、もしも「防災」を標榜したプロジェクト研究によって阻害されているとすれば、地震学にとっても社会にとっても、その損失は計り知れないくらいに大きい。

## 5. おわりに

地震学者が防災に貢献するために必要なことは、

- 1) 社会にとって何が必要かという想像力を持つこと、
- 2) 自分の守備範囲の研究をきちんと行うこと、
- 3) わかったことと共に、わからないこと（わかっていることの限界）もきちんと伝えること、
- 4) 他分野と連携して「知」を融合すること、という、ごく基本的な姿勢であろう。

これらのことは、チームの勝利に貢献したいと願っているサッカー選手に求められることと、非常に良く似ている。チームにとって何が必要なのかを考え、できる事とできない事を理解し合い、自分の役割をきちんとこなし、仲間と連携して戦う。省みれば、今までの地震学者は、味方にパスすることなく相手ゴールに向かって闇雲に突き進むプレーヤーに似ていた。

地震学者が失った信頼を回復するための道程は厳しいであろう。しかし我々はもう一度この原点に立ち帰って出直す必要がある。それ以外に地震学者が防災に貢献できる道は無い。

## 参考文献

- Aki, K., 1967, Scaling law of seismic spectrum, *J. Geophys. Res.*, 72, 1217-1231.
- 青木重樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 2011, 強震動の継続時間から見た破壊伝播の特徴, 日本地震学会 2011 年秋季大会, P2-42.
- asahi.com, 2011, 地震の長期予測見直しへ 東海地震発生確率の根拠, asahi.com HP (2011.5.11 22:07).
- 中国地震考察団, 1976, 中国地震考察団講演論文集, 地震学会, 83pp.
- 藤原広行, 2011, 地震動予測地図の改良に向けての考察, 日本地震学会 2011 年秋季大会, B12-06.

- 深畑幸俊, 2012, 世紀の難問「地震予知」に挑む, 本論文集所収.
- 福島洋, 2012, 地震発生予測研究のこれから, 本論文集所収.
- Geller, R. J., 2011, Shake-up time for Japanese seismology, *Nature*, 472, 407-409.
- 後藤和久, 2012, 物証にもとづく想定津波の検討を, 本論文集所収.
- 長谷川昭, 2012, 地震学研究者・地震学コミュニティの社会的役割—行政との関わりについて, 本論文集所収.
- 橋本学, 2012, 地震科学の目標・目的と説明責任, 本論文集所収.
- Horiuchi, S., 2009, Home seismometer for earthquake early warning, 2<sup>nd</sup> Int. Workshop Earthq. Early Warning at Kyoto Univ.
- 堀内茂木, 堀内優子, 2011, 巨大地震の震度予測, 津波警報のための震源域リアルタイム推定, 日本地震学会 2011 年秋季大会, B22-11.
- 干場充之, 2011, 実時間モニタリングを用いた緊急地震速報の地震動予測手法の構築—広域同時多発地震と震源域の拡がりへの対応—, 日本地震学会 2011 年秋季大会, B22-10.
- 今川一彦, 2012, 地震研究者コミュニティの社会との関わり方について, 本論文集所収.
- 今村文彦, 泉谷恭男, 首藤伸夫, 1991, 断層パラメータ即時推定法による津波数値予報の精度—1944 年東南海地震を例とした応力降下量に違いのある 2 枚の断層の場合—, 地震第 2 輯, 44, 211-219.
- 岩田孝仁, 2012, 確率論的な地震予知では何も進まない, 本論文集所収.
- Izutani Y. and T. Hirasawa, 1987, Rapid estimation of fault parameters for near-field tsunami warning, *Nat. Disast. Sci.*, 9, 99-113.
- Kanamori, H., 1977, The energy release in great earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 82, 2981-2987.
- 川勝均, 2012, トランスサイエンスとしての地震予知・長期予測, 本論文集所収.
- 気象庁, 2012, 津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する提言, (<http://www.jma.go.jp/jma/press/1202/07a/teigen.pdf>).
- 小泉尚嗣, 2012, 2011 年東北地方太平洋沖地震後における地震の予知・予測研究への批判について, 本論文集所収.
- 小山順二, 2012, やらなければいけなかったことやってよかったこと, 本論文集所収.
- 中村豊, 1996, 研究展望: 総合地震防災システムの研究, 土木学会論文集, No. 531/I-34, 1-33.
- 中村豊, 2005, 早期検知と脱線, 土木学会第 28 回地震工学研究発表会論文集, Paper No. 115



1-11.

Nakamura, Y., 2009, Earthquake early warning and realtime earthquake disaster prevention, 2<sup>nd</sup> Int. Workshop Earthq. Early Warning at Kyoto Univ.

仲底克彦, 西前裕司, 岡田正実, 2003, 遠地地震のモーメントマグニチュードを STS2 地震計を用いて即時推定するための経験式 (II), 気象庁精密地震観測室技術報告, 20, 27-35.

西前裕司, 仲底克彦, 岡田正実, 2002, 遠地地震のモーメントマグニチュードを STS2 地震計を用いて即時推定するための経験式, 気象庁精密地震観測室技術報告, 19, 57-79.

野津厚, 2012, 確率論的地震危険度解析に過度の期待が寄せられることへの危惧, 本論文集所収.

鈴木康弘・中田高・渡辺満久, 2012, 海溝型地震発生予測の課題ー連動型地震モデルと海底活断層の矛盾ー, 本論文集所収.

谷原和憲, 2012, 理科の地震学 社会科の地震情報, 本論文集所収.

山田真澄, 2012, 地震学の知見を防災に生かす, 本論文集所収.

# 災害科学のアウトリーチ —教育現場・報道との接点—

東京大学地震研究所 大木 聖子  
気象庁仙台管区气象台 山田 尚幸

自然災害の多発する日本において、災害科学は他分野に比して社会との接点が多く、また社会からの需要も大きい。ところが、学校現場において災害発生時に用意されているマニュアルは、東海地震の予知情報が出た場合だけという地域も多く、また、年に数回実施される避難訓練は形骸化していて、現実起こる災害に対応しえない。このような教育現場での実態を地震学コミュニティは知ることすらなく、研究が営まれてきた。一方で報道機関に対しては、時間や紙面の制約、多くの人に伝えるための情報の簡素化などによって、その内容に批判的な意見を持つ研究者が多い。報道機関も、社会から求められる情報と地震学コミュニティから得られる情報との乖離をどう埋めるか苦心している。災害科学の社会の中での役割、すなわち防災や減災を考えたとき、我々に求められているのは、最先端の知見や予知に関する情報ではなく、教育の現場や報道のその先にある社会へと関心を向けることである。

## 1. はじめに

豊かな水や森、そして海に恵まれる日本は、自然災害に遭うことも避けられない国である。アジア防災センターの2007年のデータによると、世界をアジア・アメリカ・ヨーロッパ・アフリカ・オセアニアの5つに分類したとき、自然災害の約35%がアジアで起きている。死者数に換算すると約60%、被災者数では90%を超える（アジア防災センター、2008）。このような国で災害科学のひとつである地震学を営んでいくことは、他分野に比べて社会との接点が多く、また社会からの需要の大きい環境にコミュニティが置かれていることを意味している。

研究で得られた知見をコミュニティ内にとどめず、ひろく一般へと伝える、いわゆるアウトリーチ活動は、地震学会をはじめ、個人や研究機関、政府機関、非政府組織、教育機関などで活発に行われている。活動が行われる場によって、役割も変わってこよう。国や自治体の有識者委員となる場合もあれば、学校で出前授業や防災授業を行う場合もあるだろう。あるいは報道番組への出演や新聞への取材に応じる場合もあるし、講演活動などで直接市民に語りかける場合もある。

地震学会には、広報委員会や学校教育委員会、普及行事委員会があり、地震学の普及のための活動が行われている。「なみふる」の発行、「地震火山こどもサマースクール」や教員免許更新講習の実施、岩手・宮城内陸地震での地元住民セミナーの開催など、質の高い先進的な活動が、継続的に取り組まれてきた。中川(2012)はこれらの活動を紹介しつつ、一部の学会員によってのみ維持されてきたことや、より多くの学会員によって評価や課題の整理がなされる機会がなかったことを指摘している。

有識者の立場で、国や自治体へ知見を伝えるこ

とについては、川勝・他(2012)が国の施策とどう関わるのかといった観点からまとめている。出前授業や防災授業などの個別のアウトリーチ活動については、毎年の地震学会秋季大会や地球惑星科学連合大会などにセッションが設けられ、多く報告されている。村越(2012)はこういった個別の活動をより効率的に普及する方法について提案している。また、大木(2012)は地震学の災害科学としての側面に着目し、社会とコミュニティとの信頼関係の構築という視点からアウトリーチの役割を捉え直している。

本稿では地震学コミュニティはその知見をいかに伝えてきたのか、今後いかに伝えていけばいいのかについて、アウトリーチとしての学校教育やメディアとのかかわりにしぼって考察し、シンポジウムでの発表とその後の質疑、シンポジウムに先立って実施されたアンケート結果などからまとめる。地震学にはさまざまな側面があるが、ここでは防災に生かされる知見や情報についてのみ扱うこととする。

## 2. 学校との接点

2011年秋に地震学会の全会員を対象として行われたアンケートでは、「防災教育が教育現場でどうなされているかに関心はありますか」との問いに、「非常にある」33.8%、「かなりある」35.7%、と合計で69.5%になり、学会員の関心が高いことが示された。ところが、「児童や生徒（幼・小・中・高校生）を対象に防災教育や防災講演をしたことがありますか」との設問には、「ない」と回答した人が65.8%に及び、1~3回の経験を持つ人ですら20%に及ばなかった。「4~9回」が8.7%、「10回以上」が6.8%という結果からは、ある程度決まった人が、繰り返し対応していることも示

唆される。

同様に、「安全指導や防災担当者（学校教員・自治体職員など）を対象に防災講義をしたことがありますか」との設問にも、「ない」が66.2%であった。震災後、こういった講演の需要は増えているにもかかわらず、学会員の半数以上が防災講演の経験を持っていない。「1～3回」が16.2%、「4～9回」が8.2%、「10回以上」が9.3%であった。

アンケートの自由記述では、こういった活動ができる人材の育成が必要であるとの意見が挙げられていた。また、そもそも教育現場での問題点として、地学教育を受けた経験のある人の数が少ないことも指摘されており、発災時の状況判断にかかわるのではないかと懸念も示されていた。

では地震学会員は、地震学の知見が防災教育の現場にどのくらい生かされていると感じているのだろうか。アンケート結果によれば、「非常に感じる」3%、「かなり感じる」14.3%と低調であり、「やや感じる」37.6%、「あまり感じない」38.6%、「まったく感じない」6.5%となっている。

学校現場での防災教育の実態については矢崎(2012)が、その課題も含めて紹介している。たとえば年に数回実施されている避難訓練は、「地震です。机の下に隠れましょう」と放送することで始まる。つまり、地震が起きてから放送されることが前提となっている。また、揺れが収まったあとは放送で避難を呼びかけることになっており、強い揺れによって停電が起きることが想定されていない。そもそも揺れが強ければ放送機材のある場所まで行くことができないだろうし、仮に行けたとしても、放送が終わるころには揺れも終わっていて、被害が出ている可能性もある。

発災時のための地震防災マニュアルについては、たとえば東京都では、東海地震の予知情報が出された場合しか用意されておらず、突然の大地震に対しては検討されてこなかった。

こういった状況を踏まえて、2011年3月11日、首都圏の多くの学校ではどういった状況に陥ったかを、地震学会学校教育委員会によるアンケートや聞き取り調査から振り返る（伊東・他、2011）。まず、地震発生直後、避難訓練と同様の放送は流せず、教職員がその場で口頭によって安全確保を指示した。揺れが収まってから、訓練通りに校庭に集合したものの、いつまで校庭にいればいいのか判断がつかなくなったり、そもそも校庭が液状化によって立ち入れない状態になっていたりと、混乱する場面もあった。地震発生時から直後を振り返るだけでも、形骸化した避難訓練の問題点が浮かび上がる。

さらに混乱をきたしたのは、保護者への児童の引き渡しである。首都圏の多くの学校の引き渡し訓練では、「東海地震が予知されて警戒宣言が発

令されたので近々地震が起きる、については児童を迎えに来るように」という連絡が緊急連絡網で伝えられることで実施される。地震が起きていないので、停電もしておらず、電話も日常通りにつながるという前提で、十年以上にわたって訓練が繰り返されてきたのだ。東北地方太平洋沖地震発生の当日、東京では停電は免れたものの、多くの保護者が帰宅困難者となり、また、通信網が途絶えたために、学校と保護者との疎通はほとんど叶わなかった。児童生徒を学校教職員が安全に自宅まで届けた場合も、子供が余震におびえて泣きながら帰宅困難となった保護者を待っていたことが報告された。これを受けて、各自治体の教育委員会や学校は、引き渡しについて、連絡が取れないことを前提とした新たな基準を制定している。

地震学に携わる者であれば、ここに挙げた避難訓練や引き渡し訓練の事例はいずれも、現実に行き起こる地震災害に見合ったしくみになっていないことに気づくだろう。筆者のひとり、形骸化した避難訓練からの脱却に2008年度から取り組んできた(大木, 2010)。この取り組みが東北地方太平洋沖地震発生時に効果を示したことから、文部科学省は、防災に詳しくない教員でも指導ができるように、小中学校の防災訓練モデルと教師向け指導カリキュラムを作成した(文部科学省, 2012)が、大きな犠牲を払ったあとだったことが悔やまれる。効果のある防災教育プログラムができて、災害が起きる前に、それを多くの学校に取り入れてもらうには、個人の働きかけでは限界がある。ここに地震学会の果たせる役割があったのかもしれない。

一方で、引き渡し訓練については思いも及ばず、改善されることがないままに震災当日を迎え、混乱をきたしてしまったことは大きな反省点である。

このような事例が他にはないのか。学校が被災地になる前に、少しの工夫で子供たちの安全と家族の安心のために改善できるものが他にはないのか。シンポジウムでの発表で矢崎は、必要なのは専門家のサポート、と話を結んだ。現場での指導ではなく、地震予知に関する情報でもなく、学会員の関心と協力があれば、学校での防災教育は進展する。シンポジウム全体を通して、各自の狭い研究対象以外に関心を示さなかったことが反省点として多く聞こえてきた。教育現場へのアウトリーチの第一歩として、たとえば家族や親戚・友人の子供の通う学校のようなすを聞いてみたり、同僚などから他校の取り組みを聞いたりすることから、始めたい。

### 3. 報道との接点

2011年3月11日からしばらくの間、報道機関各社は特別体制になり、被害状況や生存者情報、地震や津波のメカニズムに関する情報を発信し

続けた。専門家による、余震や誘発地震・津波に対する注意喚起なども、報道を通じて行われる。災害発生直後は、報道による情報伝達量が格段に増えることから、災害科学と報道との接点は他分野に比して大きく、また、報道機関による知識や情報の普及の効果も有力であると言えよう。

震災後に取材の機会が増えた人もいるだろう。報道機関からの取材を受けたことがある学会員の比率は、「まったくない」が42.1%、「過去1～3回」が25.0%、「4～9回」が13.8%、「10回以上」が19.1%となっており、30%程度の学会員が、繰り返して取材に応じていることが示唆されている。

アンケート結果で顕著だったのは、学会員の報道への関心の高さである。「地震や防災に関する報道がどうなされているかに関心はありますか」との問いに、「非常にある」46.5%、「かなりある」35.7%、と合計で82.2%にのぼり、「まったくない」と「あまりない」は合計しても2.7%と、学会員の関心の高さがあらわれている。自由記述にも報道に対するコメントは多く、研究者からは、報道への取り上げられ方や、説明や理解の不足に対する批判的な意見が目立った。実際、地震学の知見が報道に生かされていると感じるかについては、「非常に感じる」5%、「かなり感じる」18.4%、「やや感じる」41.7%、「あまり感じない」27.3%、「まったく感じない」7.4%となり、知見が確実に生かされていると感じている学会員は少ないようだ。

シンポジウムでの質疑では、社会への情報の伝え手としての立場を越えて、ジャーナリズムとして研究のあり方や知見を批判するべきだといった意見も出た。その一方で、地震学者が社会に目を向ける努力がたりなかったことや、報道の努力を知るべきだ、という意見や、そもそも地震学は報道や教育に生かせるほどの知見を持っているのか、生かせるのは地震工学や土木分野の知見ではないか、といったコメントも自由記述に得られている。

報道への関心は高い一方で、報道された内容や報道機関のスタンスについては批判的な意見が目立つこのような状況は、地震分野に限らずよく聞かれることだ。報道関係者は地震報道ばかりをやっているわけではない上に、一般市民の代表としての質問をぶつけるので、取材を受ける側がストレスを感じることも理解できる。また、時にはストーリーを決めてきていて、その通りに答えてほしいと暗に要求されたり、答えた内容が巧みに予定原稿の中に置かれてしまったりすることもある。

一方で、研究者は報道を「わたしの広報コーナー」と捉えているのではないかと疑問に感じることもある。新聞は「私の広報紙」ではない。思う

とおりに報道してほしいのなら、自分でコストをかけて広報紙を作ったり、手間をかけてウェブサイトを作ったりするべきであって、気に入らない情報としてアウトプットされる度に苦情を言っているのは、報道との健全な関係は築いていけないだろう。

このような、個別の取材を受けた人に存在するジレンマではなく、もっと全体的な、社会と地震学コミュニティとの情報のやり取りにおけるすれ違いについて谷原(2012)は、社会が求めるものと地震学者の立場との双方を理解した上で、報道機関に従事する立場から状況を論じ、両者にとってのより良い関係を模索している。コミュニティと報道(=視聴者)のすれ違いの根底には、地震学が自然の理を探求するスタンスであるのに対し、報道は命を守るのに役立つ情報を求めていることにある。被害地震発生後は特にこれが顕著になり、社会が求める情報を提供できない地震学へは批判が寄せられる。大木(2012)は社会と地震学コミュニティとの信頼構築のために、このすれ違いを解消すること、そのためにはまずは地震学の等身大を伝えること、を提案している。谷原(2012)が記すように、地球とだけではなく、人と向かい合うことの重要性も理解した地震学者となることが求められている。

#### 4. 知見・教育・情報をもたらした悲劇

東日本大震災では、地震学の知見が十分に生かせなかったからではなく、知見が及ばなかったこと、すなわち、なぜ東北でM9.0が起こることを想定できなかったのがコミュニティ内外から問われた。こういったことの科学的な側面については、堀・他(2012)をはじめ、ゲラー(2012)、松澤(2012)などが論じている。また、想定や発生予測などの側面だけにとらわれず、社会に生かす災害科学としての側面については、泉谷・他(2012)がまとめている。

シンポジウムでは取り上げなかったが、教育と情報とを扱う本稿で触れずにおけないのは、研究で得られた知見・それをもとにした教育・震災当日の情報が、かえって人々を危険に陥れた事例である。

気仙沼市では、津波避難訓練を繰り返し行っていた地域の死者の60%が、指定避難場所で発見されている。この地域は日本で最初の津波避難訓練を行ったことで知られているそう(田中, 2012)。地震学からの知見によって得られた被害想定、それをもとにした防災教育、そして発災時の津波情報。このそれぞれに、大きな不確実性があることを、平時と緊急時に繰り返して伝えていけば、守ることのできた命であったはずだ。指定避難場所へ、津波到達時刻よりも早く到着し、安全を確保したはずだった犠牲者は、迫りくる津波に何と思っただろう。この無念を二度と起こさな

いために、地震学会員ができることは何だろうか。

別の事例として、震災後から続く記録的な津波高さの情報が、来るべき西日本での巨大地震による津波被害を拡大する可能性があることを示した研究を紹介する。大木・中谷内(2011)は、西日本の住民を対象に、危険と思う津波高さを回答してもらい、東日本大震災前のデータと比較した。3m未満の津波を危険と判断する人は震災前には70.8%いた。一般に人は、直接的な経験がなくても、映像を見た、身近に感じる人が亡くなった、などの間接的な経験からリスク認知は高くなる

(Vastfjall et al., 2008)。東日本大震災の発生以降、日本人は津波の恐ろしさを目の当たりにして、津波に対するリスク判断をいっそう厳しい方に変化させたはずである。ところが結果は、45.7%と大きく下がっていた。つまり、今では西日本の住民の半数以上が、3mの津波を危険と思っていない。この結果は、居住地域が沿岸部か山間部かに依存していない、より一般的なものである。あれだけの被害に遭って日本人は、かえって津波に対して無防備な状態となってしまったことが示唆されている。この原因は、たまたま見聞きした数字を基準となる値として捉えてしまうという、アンカリング効果 (Tversky and Kahneman, 1974) によると考えられる。記録的な津波高さ「30m 超え」などの情報が繰り返されたことにより、危険と思うべき津波高さが、高い方へとシフトしてしまった。東日本大震災の津波の脅威を伝えるはずの情報が、次の震災が想定されている地域へ新たな油断をもたらすという皮肉な結果となった。

こういったことの打開策は、関係省庁や報道機関で進められている。たとえば、NHKは津波情報を出す際には、ていねいな表現を改め、避難を促すような命令調とすることとした(井上, 2012)。これは、4mの津波に襲われながらも一人の死者も出していない茨城県大洗町が行った防災行政無線放送の呼びかけ「緊急避難命令、大至急、高台に避難せよ」を参考にしたものである(井上, 2011)。また気象庁も、津波警報の発表基準や情報文のあり方についての勉強会を開き、改善案を提言している(気象庁, 2012)。

2012年に入って、今後起こりうる地震についての新たな想定が公的機関や研究者から次々と発表されている。これまでよりも大きなマグニチュード、強い揺れ、高い津波、高い発生確率。先の研究例で示した通り、極端な数字を繰り返すことは、その数字の周辺でのアンカリングを起し、それよりも小さい数字への感度を鈍くさせる。東日本大震災での記録的な津波高さの数値に加え、南海トラフでの最大の津波予測高さが情報発信されたことで、西日本の住民の津波に対するリスク判断をさらに緩めてしまったのではないかと

懸念される。

筆者らは、この打開策として、基準となる数値も発表することを提案する。平時はもちろん、緊急時の津波情報においても、「3mの津波では木造家屋は全壊」「50cmであっても人は立っていない」などの情報を発信することで初めて、巨大津波の本当の恐ろしさがメッセージとして伝わるのではないだろうか。そしてこの情報発信には、報道の協力が不可欠である。メディアを通して知見がひろがれば、教育の現場でも活用されるようになるだろう。現段階で地震学が持っている知見を生かしながら、報道や教育現場と協力することで、次の災害を大きく軽減する方策があるはずだ。

## 5. おわりに

被害の軽減を目的としたとき、地震学会やその構成員は、教育現場や報道とどのようにかかわっていけばいいのか。ごくシンプルには、関心を持つこと、と結論できる。たとえば教育現場では、地震学が「理科」としてどう教えられているかに関心を示すだけでなく、子供たちの命を預かる場として目を向けていただきたい。専門家として自分が当たり前に持つ知見に照らして違和感のある活動が、特段の理由もなくパターン化して行われていけば、そこには危険が潜んでいる可能性がある。その改善や是正については個人だけで行う必要はない。学会という場を活用して、社会へと働きかけていくことができる。

報道に関しては、報道される内容そのものへの関心は高いものの、報道の先にある社会への関心が希薄であることが浮き彫りになった。一方で、社会からの地震学コミュニティへの関心は、特に東日本大震災以降、高まっている。このギャップを意識せずに情報発信を行うことは、社会の混乱を招き、それを繰り返せばコミュニティへの信頼は失われる。あるいは、ギャップを知った上であえて情報を発信しているとすれば、それは研究者としての倫理に関わる問題である。本論文集でも多くの方が指摘しているように、発信されるべきは結果だけではなく、その結果に含まれる不確実性である(泉谷・他, 2012; 今川, 2012など)。社会からの関心が高い学術分野に携わっていることを意識して、自らに高い倫理観を課せるコミュニティでありたい。

次の地震災害での被害を軽減するために地震学コミュニティに求められるのは、最先端の知見ではなく、ましてや地震予知に関する情報でもなく、今ある知見を生かそうと、ひとりひとりが社会に目を向けることだ。それぞれのできる範囲で、身近なところから社会に関心を持ってほしい。そして互いが社会に目を向けていることを尊重し合えるコミュニティでありたい。

## 参考文献

- アジア防災センター, 2008, 自然災害データブック 2007,  
[http://www.adrc.asia/publications/databook/DB2007\\_j.html](http://www.adrc.asia/publications/databook/DB2007_j.html)
- ゲラーロバート, 2012, 防災対策と地震科学研究のあり方: リセットの時期, 本論文集所収.
- 堀高峰・松澤暢・八木勇治, 2012, 東北地方太平洋沖地震をなぜ想定できなかったのか—これからの地震学に向けた問題点の洗い出し—, 本論文集所収.
- 今川一彦, 2012, 地震研究者コミュニティの社会との関わり方について, 本論文集所収.
- 井上裕之, 2011, 大洗町はなぜ「避難せよ」と呼びかけたのか—東日本大震災で防災行政無線放送に使われた呼びかけ表現の事例報告—, 放送研究と調査
- 井上裕之, 2012, 命令調を使った津波避難の呼びかけ—大震災で防災無線に使われた事例と, その後の導入検討の試み—, 放送研究と調査
- 伊東明彦・根本泰雄・大木聖子・教越達也・真下典久, 2011, 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震発生時の学校の対応に関する調査, 2011年日本地震学会秋季大会
- 泉谷恭男・武村雅之・西村裕一, 2012, 地震学と地震津波防災, 本論文集所収.
- 川勝均・鷺谷威・橋本学, 2012, 地震学会は国の施策とどうかかわるのか—地震研究者・コミュニティの社会的役割とは何か—, 本論文集所収.
- 気象庁, 2012, 津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する提言について,  
[http://www.jma.go.jp/jma/press/1202/07a/tsunami\\_keihou\\_teigen.html](http://www.jma.go.jp/jma/press/1202/07a/tsunami_keihou_teigen.html)
- 松澤暢, 2012, M9を想定するために何が欠けていたのか? 今後どうすればよいのか?, 本論文集所収.
- 文部科学省, 2012, 学校防災マニュアル(地震・津波災害)作成の手引き,  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/24/03/1318204.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/24/03/1318204.htm)
- 村越匠, 2012, 地震学の知見の広報・教育活動, 本論文集所収.
- 中川和之, 2012, 狭い「地震学」から脱却するために, 啓発活動に参画を, 本論文集所収.
- 大木聖子, 2010, 科学コミュニケーションの防災教育への導入, 災害情報, 8, 25-26.
- 大木聖子, 2012, 地震学のアウトリーチ—社会との信頼の構築—, 本論文集所収.
- 大木聖子・中谷内一也, 2011, 東日本大震災の巨大津波がもたらしたリスク判断への皮肉な効果, 日本リスク研究学会投稿論文
- 田中淳, 2012, 私信.
- 谷原和憲, 理科の地震学 社会科の地震情報, 本論文集所収.
- Tversky A, Kahneman D. (1974) Judgment

under uncertainty: Heuristics and biases. Science, 185:1124-1131.

Vastfjall D, Peters E, Slovic P. (2008) Affect, risk perception and future optimism after the tsunami disaster. Judgment and Decision Making, 3(1):64-72.

矢崎良明, 2012, 学校の地震防災指導・防災管理の現状と課題, 本論文集所収.

## 4. 資料集

- ・ 特別シンポジウム「地震学の今を問うー東北地方太平洋沖地震の発生を受けてー」講演予稿集
- ・ アンケート集計結果
- ・ 日本地震学会の活動 (1995-2011)
- ・ 地震学に関連するできごと (1995-2011)

特別シンポジウム

「地震学の今を問う ー東北地方太平洋沖地震の発生を受けてー」

講演予稿集

日時： 2011年10月15日（土） 8:50～16:30 （開場 8:30）

（開始時刻は、会場の都合で変更になる場合があります。）

場所： 静岡大学 大学会館（静岡市駿河区大谷 836）

主催：日本地震学会東北地方太平洋沖地震臨時対応委員会



**特別シンポジウム**  
**「地震学の今を問う -東北地方太平洋沖地震の発生を受けて-」開催案**

日時：2011年10月15日(土) 8:50～16:30 (開場8:30)  
(開始時刻は、会場の都合で変更になる場合があります。)  
場所：静岡大学 大学会館(静岡市駿河区大谷836)

主催：日本地震学会東北地方太平洋沖地震臨時対応委員会

**開催趣旨**

本年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波は、1923年の関東大震災以来となる甚大な被害をもたらしました。日本の地震学は、これまで幾多の大地震の経験から多くのことを学んできましたが、今回の被害を見るにつけ、特に災害科学という側面において、地震研究者コミュニティが社会に対して果たしてきた貢献が甚だ不十分であったと言わざるを得ません。我々が進めてきた地震研究の何がいけなかったのでしょうか。これから我々はどのような方向性で研究を進め、どのように社会と関わっていけば良いのでしょうか。我々地震学会員一人一人が、こうした問題を自らのこととして考える必要があります。今回は、そのような議論を学会全体で始めるきっかけとして、このシンポジウムを企画しました。学会員の皆様におかれましては、シンポジウムへの参加と活発なご議論をお願いいたします。地震・津波災害に強い日本社会を実現し、明日の地震学を魅力あるものとするために。

**プログラム**

8:50	挨拶 趣旨説明	日本地震学会会長 東北地方太平洋沖地震対応臨時委員会委員長	平原和朗(京都大学) 鷺谷 威(名古屋大学)
9:00	特別講演「地震科学と災害対策:リセットの時期」		ロバート・ゲラー(東京大学)
9:20	セッション1 東北地方太平洋沖地震は何故想定できなかったのか -これからの地震学にむけた問題点の洗い出し-		
10:35	休憩		
10:45	セッション2 地震学会は国の施策とどう関わるのか -地震研究者・コミュニティの社会的役割とは何か-		
12:00	昼食		
13:00	セッション3 地震学会と地震・津波防災 -「防災」のために何が足りなかったのか、「防災」と如何に向き合うべきか-		
14:15	セッション4 教育の現場やメディアで地震学の知見をどう伝えるか		
15:30	総合討論	司会 大木聖子(東京大学)・橋本 学(京都大学)	
16:30	終了予定		

## セッション1： 東北地方太平洋沖地震は何故想定できなかったのか －これからの地震学にむけた問題点の洗い出し－

コンピーナ(五十音順)： 堀 高峰(海洋研究開発機構)・松澤 暢(東北大学)・八木勇治(筑波大学)

講演者：

- 1) 松澤 暢(東北大学)
- 2) 井出 哲(東京大学)

趣旨説明：

東北におけるM9地震の短期予知はおろか、その発生可能性を事前に指摘することすらできなかったことは、地震予知研究者はもちろん、地震学全体の大きな敗北である。地震学に対する国民の信頼を取り戻すために、これまで地震予知研究に距離を置いてきた研究者も含め、従来の研究の方向性や実施体制等の問題点について真摯に議論し、今後どうすべきかを考える必要がある。

このセッションは、現在までの地震学のあり方を上記のような観点で見直すとともに、今後の地震学の方向性について皆で構想する場としたい。そのため、松澤暢氏からは、これまでの地震予知研究に欠けていたものが何か、当事者としてレビューして頂き、井出哲氏には、M9地震の発生を受け、今後地震学が進むべき方向性についての議論の口火を切って頂く。

## セッション2： 地震学会は国の施策とどう関わるのか －地震学研究者・コミュニティの社会的役割とはなにか－

コンピーナ(五十音順)： 川勝 均(東京大学)・鷺谷 威(名古屋大学)・橋本 学(京都大学)

講演者：

- 1) 長谷川昭(東北大学)
- 2) 石橋克彦(神戸大学)

趣旨説明：

日本地震学会における研究活動の主たる関心は理学的な研究に向けられてきたが、現在の社会において、地震研究者は理学研究以外の面でも多大な期待が寄せられている。その一方で、「地震予知研究」などを通して自らその期待をあおってきた面も否定できない。これまで、国の地震防災や原発の安全対策、放射性廃棄物処理などについて、一部の研究者が中央防災会議や地震本部、原発関係など国の施策に委員会等に参画してきたが、学会そのものは積極的に関与することを避けてきた。今回の東日本大震災では、起こり得る災害を想定できなかったことが批判されているが、そこでは、想定外を生じた行政だけでなく、「見て見ぬふり」をしてきた研究者の側の姿勢も問われている。本セッションでは、地震防災や原発といった国の施策に対して、研究者コミュニティとして今後どのように関わるべきか、またより広くいえば地震学者・コミュニティの社会的役割とはなにかについて、自分達の置かれた立場を再認識した上で、皆で考えたい。

これまで中央防災会議や地震本部の取り組みに関与されてきた長谷川昭氏と、そうした体制の外側から発言を続けてこられた石橋克彦氏から問題提起をして頂き議論を行う。

### セッション3：地震学会と地震・津波防災

#### ー「防災」のために何が足りなかったのか、「防災」と如何に向き合うべきかー

コンビーナ(五十音順)：泉谷恭男(信州大学)・武村雅之(小堀鐸二研究所)・西村裕一(北海道大学)

講演者：

- 1) 山田真澄(京都大学)
- 2) 後藤和久(千葉工業大学)

趣旨説明：

「防災は大切」と口では言いながら、私達は「地震や津波で人が死ぬという現実」や「原発を停止するかどうかの判断」と「私達の研究」との関係について、真面目に考えてきたらどうか。例えば、津波警報に使うためには0.1の精度で $M_w$ を求める必要は無い。何らかの手段によって、 $M_w$ が8を大きく越えたことが即座にわかっていたら、巨大な津波が起きると予測できたのではないだろうか。また、巨大な災害を防ぐことを第一の目的とするなら、地震の発生確率よりも、その地域で発生し得る最大規模の地震や津波の調査にもっと努力が向けられるべきではなかったか。更に、理学としての地震学(自然現象の理解)を進めるだけでなく、他分野の考え方や手法を吸収することも大切だったのではないだろうか。自分達の研究と防災との関係について、私達はもう一度真摯に考え直す必要がある。

こうした議論を始めるきっかけとして、地震発生直後の警報に関する研究をされている山田真澄氏と、津波堆積物や津波石といった物証を想定震源やシミュレーションの妥当性評価に用い、防災に活かすための研究をされている後藤和久氏に講演をお願いした。

### セッション4：教育の現場やメディアで地震学の知見をどう伝えるか

コンビーナ(五十音順)：大木聖子(東京大学)・山田尚幸(気象庁)

講演者：

- 1) 矢崎良明(東京都板橋区立高島第一小学校校長・全国学校安全教育研究会会長)
- 2) 谷原和憲(日本テレビ放送網報道局ネットワークニュース部長)

趣旨説明：

このセッションでは、地震学会は地震学の知見を如何に一般の人に伝えてきたのか、今後どのように伝えていけばよいのか、アウトリーチとしての学校教育やメディアとの関わりについて考えたい。

地震学の知見は、一般市民の暮らしの場において、いかに受け止められ、活用されているのだろうか。我々の多くは、その実態に関心を持つことすらなく研究活動を続けている。例えば小学校においては、理科の授業で地震を扱うことが義務化されたのは今年度からである。防災の授業が持たれる回数は非常に少なく、避難訓練は形骸化して災害発生時の現実とはかけ離れている地域もあるだろう。

一般市民への懸け橋となるメディアはどうだろう。学会員の中には、多くの市民を対象にものごとを正確に伝えることの難しさを知る人もいるだろう。それを職務としているメディアは、何を最も尊重して伝えようとしているのか。そのためにどのような努力をしていて、そこにはどのような制約があるのか。

学校現場にて理科教育と安全教育に携わってきた、東京都板橋区立高島第一小学校校長の矢崎良明氏は、地震を理科の単元に入れることに長く努力をされてきた。また、日本テレビの災害報道に長く携わってこられた谷原和憲氏は、研究の現場も理解しつつ、いかにして命を救う情報を出せるかに取り組んでこられた。両氏の講演から、地震学会の研究成果や知見が社会でいかに活用されているか、その実態を知るきっかけとしたい。

## 特別講演

### 地震科学と災害対策：リセットの時期

ロバート・ゲラー（東京大学大学院理学系研究科）

今後、地震科学（earthquake science：すなわち地震学を含むがより広い分野）研究はどうあるべきかを議論するために、まず「予知ブループリント」発表後のこれまでの約50年の歩みの総括が必要である。そのため、以下の3点を考察する：(1)地震発生の物理過程、(2)国の地震・津波防災対策、(3)地震科学コミュニティの組織的課題など。

「ブループリント」に見られる初期予知研究の基本パラダイムは以下の2つの前提に基づいている：(1)地震発生は（概ね）周期的であり、(2)大きな地震の発生前には識別可能な“前兆”現象が存在する。したがって、十分な観測網さえ設置すれば直前予知が可能である、というものであった。しかしながら、このパラダイムは、とりわけ3.11後、観測データが肯定するものではないということがはっきりと示された。このことは、観測データに即した新しいパラダイムを構築する必要性を強く示唆するとともに、旧パラダイムに基づく国の政策の抜本的な改正を迫るものである。新しいパラダイムは、ミクロスケール過程（リソスフェアにおけるエネルギー蓄積）とマクロスケール過程（地震によるエネルギー解放）をともに解明し、G-R法則と調和するものでなければならない。

国の地震関連政策の根幹は、1978年に施行された「大規模地震対策特別措置法」（以下、大震法と呼ぶ）である。これは、いわゆる“東海地震”の実用的直前予知を目指したもので、まさに先に述べた旧パラダイムに基づくものであった。施行当時においてもその科学的根拠には疑問を持たれていたが、旧パラダイムの正当性がほぼ失われた現在、まず行うべきことは、地震科学の知見と大きくかけ離れた非現実的な大震法及び直前予知体制をリセットすることである。

そのため、地震科学コミュニティは、大きな意識変革が求められよう。予算やポストを獲得するためとはいえ、地震予知の可能性を喧伝した一部の研究者は、国民に過剰な期待を持たせてきたと言わざるを得ない。今後、研究者は、先ず、正直に、真の科学的知見を国民に示すべきである。地震科学が前進するためには、大震法及びそれをめぐる体制と、はっきり決別することが欠かせないのである。

【参考文献】 ゲラー、日本人は知らない「地震予知」の正体、双葉社、2011。

## M9 を想定するために何が欠けていたのか？今後どうすれば良いのか？

松澤暢（東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター）

●はじめに。M9 の地震の発生可能性を予見できなかったことは、地震予知研究者として痛恨の極みであり、予知研究を推進してきた者の一人として大きな責任を感じている。ここでは、M9 の地震が想定できなかったのは何故か、正しく想定するためには、何が足りなかったのか、どこで間違えたのか、といった点について、現時点までに得られている情報を元に、私見を述べさせていただきたい。

●プレート境界の固着強度は大きいのか？ 東北地方の東方沖で M9 の地震を想定できなかったのは、この地域ではプレート境界の固着強度が小さいと判断していたからである。そのような判断の根拠は、(1) 沈み込むプレートが古く冷たい、(2) 約 100 年の測地測量では東北地方に短縮歪は蓄積していない、(3) 中規模以下の地震活動が極めて高い、(4) 大きな余効滑りを伴う地震が多い、(5) 小繰り返し地震が活発に発生している、等による。今回の地震後の応力テンソルインバージョンによる解析でも、プレート境界の強度は大きくなかったことが判明しており、当初の判断が間違っていたようには見えない。

●何故 M9 となったのか？ 様々な研究成果を総合すると、海溝に近い狭い範囲で極めて大きな滑りが生じ、また、プレート境界の剪断応力を全て解放するような滑りが広域に生じたらしい。

●どこで間違えたのか？ 固着が弱いという状況証拠と 100 年程度のデータからせいぜい M7~8 程度の地震しか起きないと判断してしまった。断層の幅は極めて広いので、固着強度が小さくても、広域に剪断応力を完全に解消するような地震が起きれば大きな滑り量の地震となることに思い至らなかった。また、海溝付近の地震が起きていない領域は、全て非地震的に滑っていると思い込んでしまっていた。

●何が欠けていたのか？ 観測データとしては、海溝付近の滑り欠損のデータが不足していた。

研究者の姿勢としては、沈み込み帯の地震の全体像を把握するためには、もっと長期間のデータが必要であると認識しつつも、結論を急ぎすぎた。また、東北地方北部沖の大地震の繰り返しと小繰り返し地震の再現性に目を奪われて、アスペリティ・モデルが成立していない場所は間隙水圧の時間変化が大きい特殊な場所であると判断してしまい、もっと長い時間・空間スケールでの階層を深く考えなかった。

地震の長期予測を実現するには、地震の 1 サイクル以上を経験することが本来必要である。しかし、大地震はその再来間隔が長いので、当面は、中規模以下の地震のサイクルを観測してモデル化し、大地震についてそのモデルを適用して予測せざるをえない。未経験の地震を予測する以上、間違える危険性は高く、それは純粋科学としては当然である。しかし、災害科学として向き合っている以上、間違えた場合の社会に及ぼす影響について、もっと深く考えるべきであった。これまで、長期予測の規模の推定が過大評価である可能性については論じられることがあっても、過小評価である可能性については、内陸の活断層の見えない領域以外は、ほとんど議論されてこなかった。比較的よくわかっていると思い込んでいたプレート境界型地震についても、最大規模の推定に関して本来もっと慎重に行うべきであった。

アスペリティ・モデルは予測可能性を示すモデルである。我々はアスペリティ・モデルで説明できる地震を多数発見したことにより、地震の予測可能性が前進したことを喜んだが、逆にそのために、単純なアスペリティ・モデルに思考が規定されていた面があったことは否めない。

●今後どうすべきか？ 釜石沖アスペリティの階層性の発見、貞観の地震のモデル化、海底地殻変動観測の発展、と我々は今回の地震に迫りつつあったと思う。ただ、思い込みが邪魔をしていたので、このまま進めていても、M9 の可能性を思い至るには、なお道は遠かったと思う。これを打破するためには、幅広い分野からの視点で予知研究の状況を常に検証してもらうことが必要だろう。これまで予知研究は、閉鎖的という批判を受けて、広範な研究者に参加を求め、徐々に参加者を増やしてきた。しかし、それは結果的に、予知研究者と予知に関心を持たない研究者という二極分化をもたらしたのかもしれない。

予知研究に限らず、仮説検証型のプロジェクトは、それに代わる仮説が見つからない限り、当初提示した仮説を否定する結果よりも肯定する結果を前面に出しがちである。そこに思考停止の温床がある。予知研究を健全に進めるためには、予知研究に関心を持ちつつも、プロジェクトからは距離を置き、おかしなことについては的確に批判してくれる研究者を大切にすることが極めて重要となる。この意味で、学会員の皆様には、折に触れて批判的なご意見をくださるようお願いしたい。もちろん、予知研究グループ内部でも「論争」を推奨し、少数意見に耳を傾けることが重要なことは言うまでもない。

今回の地震について、摩擦構成則を用いた再現の試みがいくつか為されている。現在のアスペリティ・モデルは摩擦構成則をバックボーンに持ち、それを単純化したものに過ぎない。現状の摩擦構成則やそれを用いたシミュレーションを過信することはもちろん危険であるが、アスペリティ・モデルよりも高い次元で地震のモデルを作り上げ、それを観測で検証しながら長期予測に生かすことが今後必要だと思う。そして、いずれかのシミュレーション結果が、予測の難しさを示す場合には、その可能性を謙虚に受け入れて、そのうえで思考停止せず、何ができるのかを考えることが必要である。

## S1-2)

アスペリティ、連動型、そして地震予知

井出哲（東京大学大学院理学系研究科）

東北地方太平洋沖地震はなぜ想定できなかつたのか。海域での観測が十分でなかつた、沈み込み帯の理解が足りなかつた、地質学的年代スケールでの情報を生かせなかつた。これらの問題は明らかな分、対策も立てやすい。しかし本当の問題は学会全体に蔓延する健全な批判精神の薄弱又は欠如だろう。その一つの表れが言葉に対する鈍感さである。本講演ではそれが端的にあらわれた言葉として「アスペリティ」「連動型」そして「地震予知」を考える。

「アスペリティ」はいろいろな定義のある言葉であり、定義抜きの使用は控えるべきである。ただ、固有地震的な地震の繰り返しではほとんどの定義が矛盾しない。定義を曖昧にした結果、固有地震的アスペリティモデルが普及したが、それを用いて場所と規模すら予測できなかつた。固有地震的アスペリティモデルを完全に否定する必要はないが、多様な地震の起こり方を説明するモデルとして不十分なのは確かである。特に地震の破壊過程の複雑さが説明出来ない。そこでアスペリティの曖昧さを保ちながら複雑な巨大地震を説明するために東北沖地震の後「連動型」という言葉がはやりだした。しかし地震はM1でもM9でも複雑な破壊過程を持つ。ほとんどすべての地震を連動型と言える状況で、連動型地震という言葉は何を指すのだろうか。曖昧な言葉の上に曖昧な言葉を重ねるのはやめた方がよい。

このような曖昧な言葉使いやそれを無批判に使用することが多い現状は、我々が「地震予知」という言葉を使い続けていることと無関係ではないかもしれない。地震予知検討委員会が出版した「地震予知の科学」という本は良書だが、「地震予知」という言葉を自己流に定義するという決定的間違いを犯している。言葉は生き物である。専門家であれ、社会に根付いた言葉を都合良く定義することは出来ない。すでにラクイラで地震予測に関する国際委員会が提言したように（直前）「予知」と（長期）「予測」ははっきり区別しなければならない。「地震予知」という言葉の奇妙な使用法を否定出来ずに、健全な批判精神が育つわけがない。

現在地震学が社会に貢献出来ることは、残念ながら地震予知ではない。それは地震現象を科学的に理解し、説明能力を向上させ、確率的にでも予測能力を上げていくことである。「地震予知の科学」が本当に提唱したかった内容ではないか。科学は批判し、失敗し、その中からより正解に近いものを見つけていく作業である。批判する力が弱く、曖昧な言葉によりかかったのは反省すべきだが、一度の失敗に懲りてはいけぬ。地震予知の呪縛を解き、健全な批判精神を磨いて、これからの地震学を学問的に発展させることで、社会的にも意義のあるものとしなければならない。

## S2-1)

### 地震学研究者・地震学コミュニティの社会的役割—行政との関わりについて 長谷川昭（東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター）

地震学は、地震による悲惨な災害を軽減・防止することを目指して進められてきたという歴史を持つ。地震学は、その意味で社会とのつながりが極めて深く、社会からの要請がその発展の大きな原動力の一つとなってきた。そして、地震学は地震災害軽減に少なからず貢献してきた。一方で、社会とのつながりがあまりにも密接であるがために、科学の進展の度合いに応じて適切に社会と関わり社会に貢献することの困難さが常に付きまとう。我が国では、1965年に始まった地震予知計画が7次計画まで続き、その間、地震学の社会貢献は地震予知計画を軸に行われてきた。それは地震学の発展にも貢献する一方で、予知の可能性について社会に過大な期待を与えることにもつながった。

このような我が国の地震予知研究体制は、1995年兵庫県南部地震を契機として変わった。新たに設置された地震調査研究推進本部は、日本全国に基盤観測網を整備するとともに、当面推進すべき施策として長期予測および強震動予測、それに基づく地震動予測地図の作成、緊急地震速報・津波警報などの地震情報早期伝達を掲げ、以降、その推進に努めてきた。これは、それまでのように地震予知を目標とするのではなく、その時点における地震学の研究成果を社会に役立てようとするものであった。一方で、地震予知計画は抜本的見直しが行われ、基礎研究として進める現在の計画へと改められた。また、日本地震学会でも社会貢献を目的とした3つの委員会を新たに立ち上げるなど、研究成果を社会にどう役立てるか、検討を進めた。

そのような中で、本年3月11日に東北沖のプレート境界で東北地方太平洋沖地震が発生した。この地域でM9の地震が発生することは想定していなかった。そのことを一地震学者として、特にこの地域を研究対象の一つとしてきた地震学者として反省している。地震災害軽減を目指して行われてきた地震本部による日本全国を対象とした長期予測であったが、この地域でM9を想定できなかったことが被害を大きくすることにつながった側面も否定できない。何故M9を想定できなかったのか、地震学としてきちんとした検証が必要であるのは勿論であるが、地震学研究者・地震学コミュニティの行政との関わりについても、これまでのあり方に対して検証が必要であろう。

私は、地震本部の政策委員会、同調査観測計画部会の委員として、上記の基盤観測網の構築や地震情報早期伝達システム開発などの審議、さらには地震被害軽減を目指した地震本部の諸施策の審議に関わってきた。その経験に基づいて、一地震学者としてこの問題について考えてみたい。

「セッション2：地震学会は国の施策とどう関わるのか  
—地震学研究者・コミュニティの社会的役割とはなにか—」についてのコメント

石橋 克彦 (神戸大学名誉教授/地震学)

筆者は、日本地震学会2000年度秋季大会の特別セッション「21世紀の地震学が目指すもの：地震学の現状と将来展望」において、一般応募講演「災害科学としての地震学のあり方—大災害を未然に防ぐ批判精神を—」を行なった。本セッションの副題「地震学研究者・コミュニティの社会的役割とはなにか」に関する筆者の考えは、東日本大震災・福島原発事故後の現在も、その予稿に書いたことと基本的には変わらないので（科学として非力だったことは別問題）、主要部分を以下に再掲する。

\* \* \* \* \*

●21世紀の地震学の自然災害科学の側面に注目したとき、どんな研究を追求すべきかというサイエンスの中味の検討とともに、社会のなかでどんな姿勢をとるべきかが本質的に重要である。〈中略〉

●日本において、災害科学としての地震学に大きく欠けている姿勢は、震災を未然に防ぐ社会を構築するための批判精神だと思われる。小山（1999, 科学3月号）が強調した地震・火山文化の形成（教育を含む）は基本的に重要だが、現実の日本社会では、地震科学からみて明らかに問題のある施策が大規模に進められ、悲惨な大災害のポテンシャルがどんどん高まっているから、地震学には、それを指摘して改善させる重大な責務がある（最終的に選択するのは社会だが）。ところが現実には、そのような努力は皆無に近い。地震学的に見過ごせない社会的問題はいろいろあるが、末尾に三つの具体的事例を示す。これらの事例では、地震学が沈黙している限り社会は真実を知ることができず、日本社会全体が大きな潜在的危険を不条理に背負い込んでいく。災害の要因は、地震学の係わりについて言えば、地震学が未熟だからというよりは地震学の知見が生かされないからだといえよう。〈中略〉研究者たちは、研究の世界では健全な批判的・懐疑的精神を武器に真実に迫ろうとしているわけだが、本質的に社会的存在である災害科学においては、研究成果が社会で適切に生かされているか否かについても、当然批判精神を発揮すべきである。まして災害が起これば、注意を喚起しなかったこと責任は阪神・淡路大震災のとき以上となり、いかに反省しても取り返しがつかないことを銘記すべきであろう。なお、後の例のような問題は政治的側面が強いから科学は直接関係すべきではなく、中立を守るべきだという意見があるかもしれない。しかし、中立を守るといって沈黙をきめこむことが結果的に非常に政治的態度になることを注意したい。少なくとも科学的にわかっていることに関しては、その成果に忠実であることこそが、科学者の中立的姿勢といえる。21世紀には、真実を正確にわかりやすく市民に説明し、問題点を明快に批判する科学者集団こそが、社会的信用を得られるに違いない。日本の地震学に批判精神が横溢し、市民からいつそう信頼されるとともに、大地震のない平常時にこそ、災害ポテンシャルの低減に大きく貢献することを望みたい。

〈都市の耐震性、原子力発電所の耐震安全性、高レベル放射性廃棄物の地層処分の3事例は省略〉

\* \* \* \* \*

筆者は、「福島原発震災」の根底的な原因は、日本列島の地震・津波情勢を軽視して原子力発電所を増やしてきた日本社会全体の所為にあると思うので、上記の指摘が当てはまると考えている。

地震学研究者・コミュニティを組織化した地震学会が具体的にどう活動すべきかは、簡単な問題ではない。特に「国の施策とどう関わるのか」という問題設定は、やや唐突な感じがする。また、個々の研究者が政府や自治体の委員会等で活動するのは、基本的に学会が関知することではないだろう。

ただし、国の施策か否かに拘わらず、地震現象が大きな影響をもつと考えられる社会的重要課題に関しては、学会が独自の地震学的見地から、シンポジウム等で自由な討論を積極的に行なったほうがよいと思われる。国の地震防災行政の基本的問題（例えば、石橋, 2011, 科学10月号）などについても、学会で自由に議論できる雰囲気があるとよい。なお、私企業の利害に絡む研究委員会等で実質的な社会的影響が大きい可能性のあるもの（例えば、東京電力の柏崎刈羽原子力発電所がらみの各種委員会）への公的研究者の参加などに関しては、学会の倫理規定や「地震学者の行動規範」などを通じて、地震学の社会に対する中立性・公平性を確保する必要があるのではなかろうか。



S3-1)

## 地震学の知見を防災に生かす

山田真澄（京都大学防災研究所）

気象庁によって提供される緊急地震速報と津波警報は、世界で最も優れたリアルタイム警報システムの一つである。緊急地震速報は、地震が発生した後数秒間で、強い揺れの情報を提供するシステムである。2007年10月に一般市民への提供が始まって以来、10以上の大地震に対して、携帯電話やテレビ、ラジオ、市町村の防災無線によって緊急地震速報を提供してきた。

緊急地震速報システムは、2011年東北地方太平洋沖地震においても、正しく地震発生を検知し、震源近傍の地域の住民には最初のP波検知後約8秒後に警報を発表した。早期地震検知システムによって、この地域で営業していた27本の新幹線は、脱線することなく停止した。3分後には、緊急地震速報の予測結果を利用して大津波警報が岩手・宮城・福島県に発表され、15-20分後には大津波が最も近い海岸に到達した。

しかしながら、警報システムは全体として十分に機能したとは言えない。これは、破壊が比較的小さい振幅で始まったこと、破壊過程が複雑であったことによるものである。システムは地震動や津波高さを過小評価したため、関東地方には警報を出さなかった。ところが、関東でも強い地震動を受け、大きな被害をもたらした。ただし、時々刻々と増えるデータを追加して情報をアップデートすることにより、システムを改善することは可能である。

余震に関しては、強い揺れに対する緊急地震速報が70回以上発表されている。システムはこういった小さい地震には概ね良く機能したが、多くの地震が同時に発生することによって震源決定が混乱し、マグニチュードの推定に大きな誤差をもたらした。

システムが想定していなかった巨大地震の数々の特性によって、緊急地震速報はうまく作動しないことがあった。しかしながら、巨大地震に対応したアルゴリズムを組み込むことによって、システムは次の大地震（例えば東南海・南海地震など）ではうまく動くように改善することができる。地震予知が十分に機能していない現在においては、緊急地震速報は地震動よりも早く情報を伝える可能性がある唯一のシステムであり、今後もさらに継続・発展していくことが望まれる。

## S3-2)

### 物証にもとづく想定津波の検討を

後藤和久（千葉工業大学惑星探査研究センター）

岩手県の被災地をまわると、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波と1896年明治三陸津波の浸水範囲や遡上高には大差がないことに気がつく。一方、仙台平野で津波堆積物の分布範囲や層厚変化を調べると、869年貞観津波の堆積物のものとほとんど同じである。こうした結果から、マグニチュード9.0の地震は想定していなかったとしても、結果として発生した津波は我々の知識をはるかに超えたものだったとは思えない。

2011年の地震・津波以降、想定見直しの動きが全国に広まり、従来の想定をはるかに上回る巨大地震・津波発生の可能性も指摘され始めた。想定地震・津波を過小評価していた場合、発災後に大きな責任を伴う。しかし、過大評価していた場合、社会に不必要な対策を強いることになる。想定地震・津波を過小にも過大にも評価しないよう、その幅を制約できるのが歴史、地質記録などの物証で、物証に基づく信頼性の高い地震・津波を想定するのが、災害に携わる研究者の責務だと考える。そして、上述のように、津波に限って言えば歴史上特別なことが今回起きたとは考えにくく、今回の津波をもとにして、他地域でも特別規模が大きい津波が起きるかもしれないと物証無しに考えるのは論理に飛躍がある。地震よりも津波の被害が大きくなると考えられる地域においては、住民や自治体の立場から考えれば、震源を正確に想定できなくても、歴史・地質記録にもとづいて津波の浸水範囲や遡上高を推定できれば対策を講じることは可能であろう。今すべきことは、地震発生メカニズムの解明と並行して、千年を越える歴史記録を丹念に見直し、そして地質学的調査を行なって物証を着実に増やすことではないのだろうか。特に、古文書記録が不十分な江戸時代以前の津波について、津波堆積物調査にもとづいてイベントごとに浸水エリアを明らかにしていくことが重要である。

一方、震災後、地質学的研究への過大な期待と誤解があるのも事実である。津波堆積物が、過去の津波の発生時期や浸水域（または波源）の推定に有効であることは確かであり、特に歴史記録が不十分な江戸時代以前から先史時代にかけては、極めて重要な物証となりえる。津波石と呼ばれる沿岸巨礫群も、津波の発生時期や規模の推定に有用である。しかし、津波堆積物や津波石の認定は地質学者でも難しい場合が多々あり、現場でたやすく判断できるものではない。また、「津波堆積物や津波石がないから津波が起きていない」とは言えないし、層厚や粒度の情報がそのまま津波の規模を表しているわけでもない。そのため、再来周期や規模を推定するには、相当数の地点で調査を行なって総合的に判断せねばならず、1~2年で結果が出るものではない。

中央防災会議の専門調査会では、今後の防災対策として「疑わしきも対策対象に」という方針で検討されているが、複数の研究グループによりくり返し検証され認められていた貞観津波堆積物研究が「疑わしい」部類に入っていたとすれば、注意が必要である。貞観津波の研究は、沿岸低地が続く堆積物研究に適した環境だったため、古文書に残る津波災害の記録を津波堆積物研究で補い、津波の浸水域まで推定できた数少ない成功例の一つだったからである。その他の地域の堆積物は、台風の高波などで運搬された可能性が排除できないなど、地質学者が疑いを持つものや、複数グループにより検証されていない事例が含まれる。こうした事例まで対象にするようなことがあれば、今後の防災対策は収集がつかないものになる恐れがある。

今後、日本各地で津波堆積物調査を行い、低頻度巨大津波のリスクを再評価する必要がある。しかし、日本において津波堆積物を専門とする研究者はごく限られており、関連する諸分野の研究者、技術者の協力が不可欠である。また、津波堆積物が持つ過去の津波の発生履歴や規模などの情報を正しく理解してリスク評価を行い、適切な手順で行政や一般社会に結果を還元するためにも、津波堆積物研究を専門とする地質、地形学に精通した研究者および技術者の育成が急務である。

## 学校の地震防災教育・防災管理の現状と課題

矢崎 良明 (全国学校安全教育研究会会長・東京都板橋区立高島第一小学校長)

### 1. 地震発生時の避難(避難訓練)

#### (1) 従来の避難訓練:

- ① 放送でサイレンを鳴らして「訓練、地震です。児童の皆さんは机の下に隠れましょう」とアナウンス。
- ② 「揺れがおさまりました。校庭に避難しましょう」と通知。

#### (2) 従来の訓練の問題点:

- ① アナウンス前に地震の揺れがきている
- ② 机がある場所に子供がいるとは限らない
- ③ 校庭への避難の是非、など。

#### (3) これらを改善した本校の取り組み:

本校ではこういった問題点を解決するため、緊急地震速報を活用した避難訓練を実施した。報知音を合図に、「上から物が落ちてこない」「横から物が倒れてこない」場所にすぐに身を寄せる。これを、授業中、休み時間、清掃中など、教育活動の様々な場面を想定して実施した結果、学校以外での応用や、報知音が鳴らない場合への応用がきく子供たちが育っている。

### 2. 子供の保護者への引き渡し

#### (1) 従来の引き渡し訓練:

- ① 東海地震の「予知情報(警戒宣言)」が発令されると想定
- ② 保護者へ連絡ののち、引き取りを開始

これはマニュアル化されているが、突発的に発生する大地震での対応については検討されていなかった。

#### (2) 3月11日の混乱:

東京では保護者が帰宅困難になり、下校した子供が家庭で一人で過ごす、あるいは、学校で待機させたものの、引き渡し完了が深夜になった、などさまざまな混乱が生じた。

#### (3) 本校での改善策:

- ① 学校をふくむエリアの震度が「震度5弱」以上の場合は、子供は学校で待機させ、保護者に引き渡す。
- ② 「震度4」以下の場合は原則として子供は下校させるが、交通機関に支障が生じていることが報道された場合、予め届け出た家庭の子供は学校で預かる。

### 3. 避難所開設・運営

#### (1) 従来の地域防災訓練:

炊き出し・防災倉庫の見学・宿泊体験などに終始し、地域住民が避難所を開設し、避難住民を受け入れる訓練はあまり行われていなかった。これは、学校に避難すれば誰かが世話をしてくれる、という発想に基づくものである。

#### (2) 発災時に教職員は学校にいるのか?

学校に職員がいる時間を計算すると、年間ではたったの22%に過ぎない。つまり、78%は誰もいない時間に地震が発生するわけであり、避難所の開設および運営は地域住民でできなければならないことが強く示唆される。加えて、教職員にとっては子供の安全管理が最優先であり、避難所の開設と運営は最優先事項ではない。

#### (3) これらを改善した本校の取り組み:

- ① 地域住民が来校し、体育館に収容するまでの役割(校庭での住民の整理・受付けへの誘導・受付けカードの配布・体育館受付け・名簿の作成・エクセルへの打ち込みなど)を分担
- ② 9時に地震が発生したと想定し、地域防災担当者が学校に集合、解説訓練の開始。

本講演では、学校教育現場での防災対策や防災教育の現状をお伝えしたい。

## S4-2)

### 理科の地震学、社会科の地震情報

谷原 和憲（日本テレビ放送網報道局 ネットワークニュース部長）

災害報道に限らずテレビ報道は常に、事実、つまり起きた事を「早く」「正確に」「わかりやすく」伝えることを目的にしている。特に災害報道、なかでも地震災害報道では、被害の事実を伝えるのとは別に、次の3つの情報伝達を意識している。

- ① 被災地の人の「生命を守る」ための情報
- ② 被災地の人の「生活を守る」ための情報
- ③ 災害多発国ニッポンで「教訓の共有化」のための情報

代表的な例は、①は気象庁が発表する緊急地震速報や津波警報・注意報、自治体が発表する避難勧告・指示。②は電気・ガス・水道・交通などのライフライン情報。そして、③は、その時々地震の特徴、被害の特徴、そして似た地震は起きるのか？などについての研究者のコメントがそれにあたる。

同じ地震をめぐる情報でも、①と③では、ちょっと様相が違う。気象庁が発表する地震情報・津波情報は、現在の地震学の知見に基づいて地震監視の現業の立場から出されているが、出された情報は「防災行動に役立てる」ことが前提となっている。なので、その情報の内容に曖昧さ（推定誤差）が含まれることはあっても、「わからない」という情報発信は基本的にありえない。わかっているから情報を出すのだから「逃げろ」、それが防災のルール、仕組みになっている。行動指示を伴うのだから「想定外」は前提となっていない。学校の授業で教えるなら、道徳ではないものの、理科の時間よりは社会ではないか。

一方、地震学会の会員が多くかわるのは③の方だろう。大きな地震が起きると、マスコミから電話が入りコメントを求められる・・・というケースだ。また企画や特集を作るからと取材されることもある。このような場合、多く聞かれるのが「なぜ、そういう地震が起きるのか？」についてではないか。理科の授業でならった延長線の話、そこには、これまでの研究でわかっている部分もあるが、まだ未解明の部分もある。ただ平時のうちは「わからない」と答えても、それはなかなか記事やニュースにはならない。多くの場合、被害が起きて、そこに教訓を求める時だけ、研究者の「可能性はあったが、いま起きるかどうかわからなかった」が次の防災に活かすという大義名分の下に情報価値を持ってくる。

今回の東日本大震災では「想定外」という言葉が使われた。「想定外」を「想定内」、つまり広く知れ渡っていることにするには、研究者は一般の人たちに何を伝えればいいのか？ その伝える場としてふさわしい場所（情報伝達ツール）はどこか？ いまの地震情報の枠組だけで出来るのか？ 媒体としてテレビが向いているのか？ ぜひ皆さんと一緒に考えさせて頂きたい。

## 特別シンポジウム

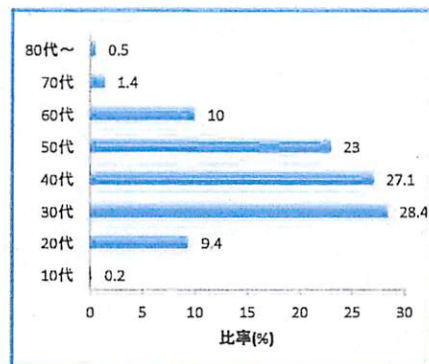
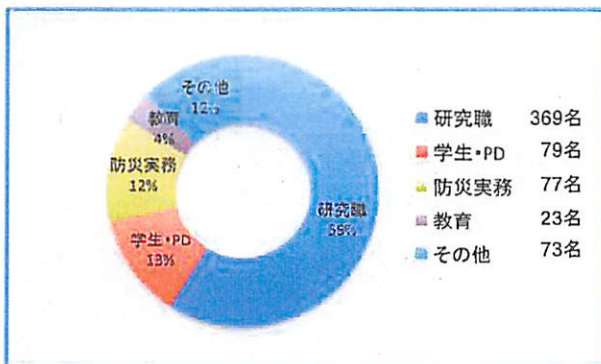
### 地震学の今を問う

—東北地方太平洋沖地震の発生を受けて—

## アンケート調査結果

- ・ 調査期間： 9月30日～10月8日
- ・ 対象： 地震学会員
- ・ 手段： ウェブ調査（Googleスプレッドシート）

## 回答者全627名の職種と年齢



この設問のみ回答必須.

# 東北地方太平洋沖地震は なぜ想定できなかったのか

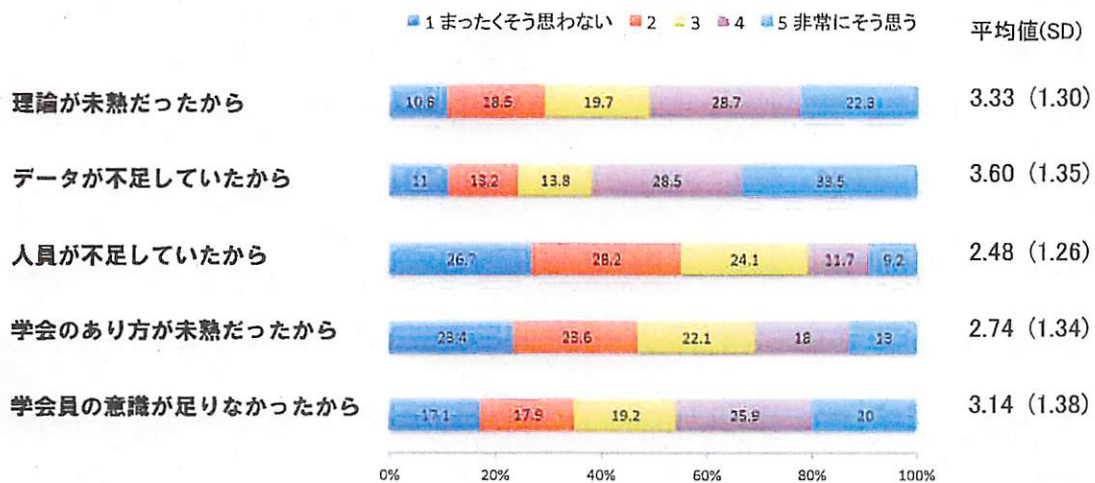
質問1. 地震学者は、東北地方太平洋沖地震をなぜ想定できなかったと思いますか。

以下の5つの小問に、「1：まったくそう思わない」「2：あまりそう思わない」「3：ややそう思う」「4：かなりそう思う」「5：非常にそう思う」の5段階から1つお選びください。「わからない」という回答の場合は、何も選択せずに次の小問へお進みください。

比率および平均値は無回答を除く。  
以降のすべてにおいて同様の処理。

3

質問1. 地震学者は、東北地方太平洋沖地震を  
なぜ想定できなかったと思いますか。



4

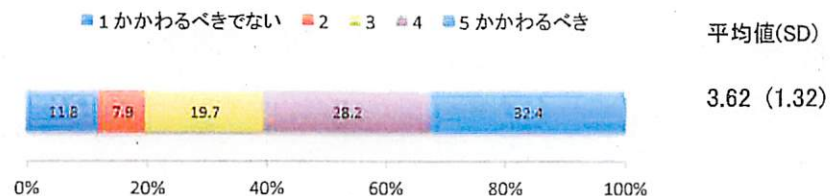
# 地震学会は国の施策と どう関わるのか

質問2. 地震学会と国や自治体の施策（地震調査研究推進本部や中央防災会議などの地震防災、あるいは原発安全対策など）との関係についてたずねます。

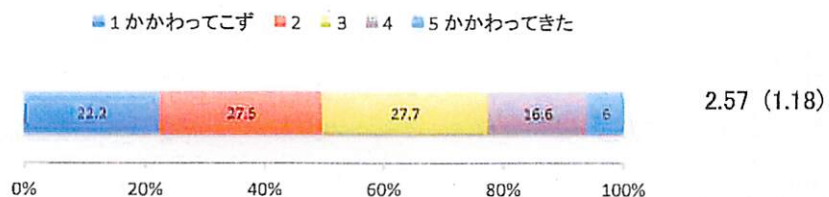
以下の2つの小問にお答えください。「わからない」場合は、何も選択せずに次の小問へお進みください。

5

質問2-1. 地震学会は国や自治体の施策にかかわるべきだと思いますか。



質問2-2. 地震学会は国や自治体の施策にこれまで十分にかかわってきたと思いますか。

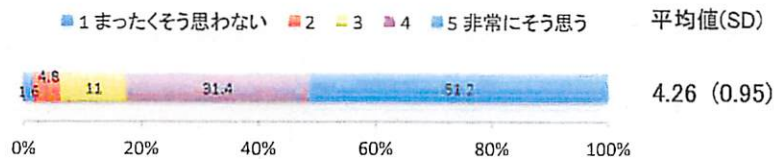


# 地震学と防災

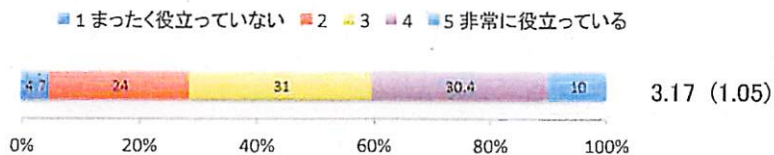
## 質問3. 地震学と防災についてたずねます。

以下の4つの小問にお答えください。(次ページにも続きます。)「わからない」場合は、何も選択せずに次の小問へお進みください。

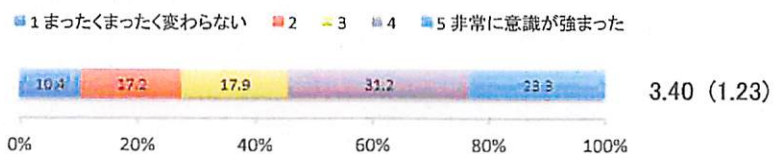
### 質問3-1. 地震学の知見は防災に役立つと思いますか。



### 質問3-2. 防災に役立つような地震学の知見が、実際に役立てられていると感じますか。

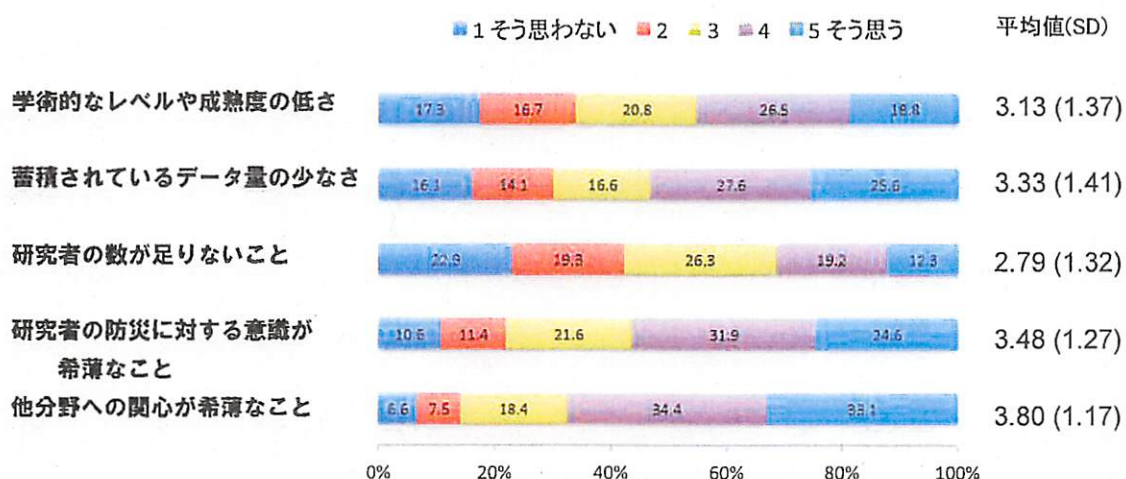


### 質問3-3. 地震学と防災との関連を震災前より意識するようになりましたか。





### 質問3-4. 地震学の知見を防災に役立てるうえで、次にあげる要素が障壁となっていると思いますか。

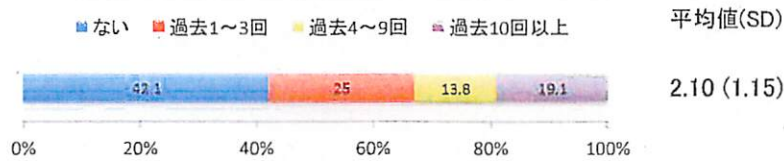


## 教育の現場やメディアで 地震学の知見をどう伝えるか

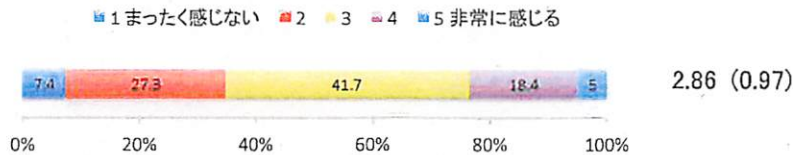
質問4-1. 地震学と報道についてたずねます。  
以下の3つの小問にお答えください。

質問4-2. 地震学と防災教育についてたずねます。  
以下の4つの小問についてお答えください。

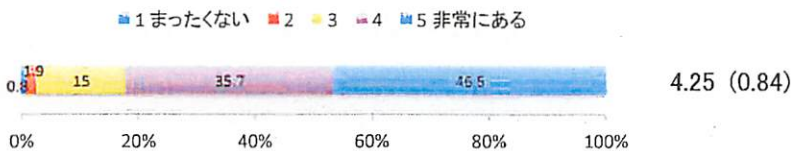
質問4-1-1. 報道機関から取材を受けたことがありますか.



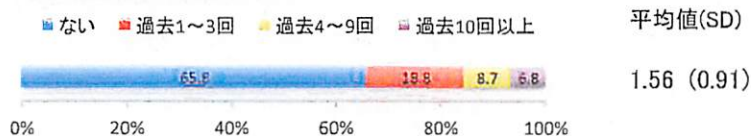
質問4-1-2. 地震学の知見は報道に活かされていると感じますか.



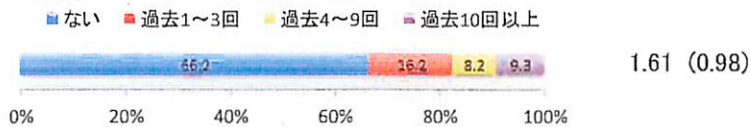
質問4-1-3. 地震や防災に関する報道がどうなされているかに関心はありますか.



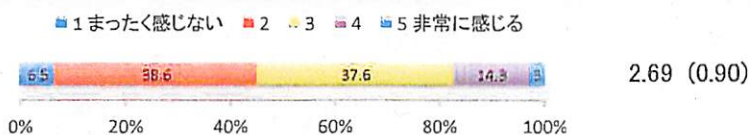
質問4-2-1. 児童や生徒(幼・小・中・高校生)を対象に防災教育や防災講演をしたことがありますか



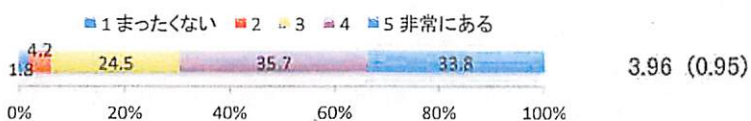
質問4-2-2. 安全指導や防災担当者(学校教員・自治体職員など)を対象に防災講義をしたことがありますか.



質問4-2-3. 地震学の知見は防災教育の現場に活かされていると感じますか.



質問4-2-4. 防災教育が教育現場でどうなされているかに関心はありますか.



	研究発表会・講演会等の開催		学会誌・その他の刊行物の発行		研究の奨励及び研究業績の表彰		内外の関連学術団体との協力・連絡	その他	特記事項
	学術講演会	一般講演会・講習会等	学会誌	その他	表彰	海外遠征助成			
1995(H7)	地球惑星科学国際連学会合同大会(東京) 日本地震学会1999年度秋季大会(静岡)	公開講座「東海地震 予知と防災」 若手育成企画「地震学夏の学校」(草津:60名)	学会誌「地震」 英文学術誌「Journal of Physics of the Earth」(第43巻5号) Seismology in Japan	会員情報誌「(社)日本地震学会ニュースレター」(135頁)	表彰 8名	(資料未収)			「将来検討委員会」発足
1996(H8)	地球惑星科学国際連学会合同大会(大阪) 日本地震学会1999年度秋季大会(水戸)	「85夏のミーティング」(第一回:東京:30名) 若手育成企画「地震学夏の学校」(鳴子)	学会誌「地震」 英文学術誌「Journal of Physics of the Earth」(第44巻4号) 兵庫県南部地震特異号 part1(第44巻5号) 兵庫県南部地震特異号 part2(第44巻6号) J-array)	会員情報誌「(社)日本地震学会ニュースレター」(169頁) 学会広報誌「なみふる」(創刊準備号発行)	表彰 10名	(資料未収)	ホームページの開設 第一回記者懇談会(3月、以後定例)	Memorial Conference in Kobe 「地震動委員会・広報委員会・学校教員委員会・大会・企画委員会」の設置 「地震調査研究推進本部」への要請書提出(97年2月7日) 地震学会啓蒙ビデオの作成	
1997(H9)	地球惑星科学国際連学会合同大会(名古屋) 日本地震学会1997年度秋季大会(弘前) シンポジウム「強震動予知による地震災害の軽減をめぐって」(東京) シンポジウム「大地震の長期予測はどの程度可能か」(東京)	一般公開セミナー「地ふるとまー地震と災害」(弘前) 「97夏のミーティング」(神戸) 若手育成企画「地震学夏の学校」(京都)	学会誌「地震」 英文学術誌「Journal of Physics of the Earth」(第45巻2号) 兵庫県南部地震特異号 part3) 英文学術誌「Earth, Planets and Space」	会員情報誌「(社)日本地震学会ニュースレター」(165頁) 学会広報誌「なみふる」(創刊(6号))	表彰 4名	(資料未収)	ホームページの管理・運営 なみふるメーリングリスト(nfmf)の運用(1997年11月~1999年3月) 記者懇談会・説明会(3回)	Journal of Physics of the Earth (JPE)が1999年1月よりEarth, Planets and Space (EPS)となる	
1998(H10)	地球惑星科学国際連学会合同大会(代々木) 日本地震学会1998年度秋季大会(福井)	一般公開セミナー「福井地震から50年」(福井) 「98夏のミーティング」(つくば) 若手育成企画「地震学夏の学校」(つくば)	学会誌「地震」 英文学術誌「Earth, Planets and Space」	会員情報誌「(社)日本地震学会ニュースレター」(135頁) 学会広報誌「なみふる」(6号)	表彰 5名	(資料未収)	ホームページの管理・運営 なみふるメーリングリスト(nfmf)の運用(1997年11月~1999年3月) 記者懇談会・説明会(3回)		
1999(H11)	地球惑星科学国際連学会合同大会(代々木) 日本地震学会1999年度秋季大会(山形)	第一回防災火山子どもサマースクール(伊豆) 「99夏のミーティング」(宇治) 若手育成企画「地震学夏の学校」(大津) 研究討議会「上野原噴火と精度の高い強震動予測を目指して」(東京)	学会誌「地震」 英文学術誌「Earth, Planets and Space」	会員情報誌「(社)日本地震学会ニュースレター」 学会広報誌「なみふる」(6号)	表彰 9名	(資料未収)	ホームページの管理・運営 なみふるメーリングリスト(nfmf)の運用(2000年1月~) 記者懇談会・説明会(3回)	学術用図集「地震学図集」の発行 法人化準備 学会事務局を移転(現大津京町一丁目NSビル)	
2000(H12)	地球惑星科学国際連学会合同大会(代々木) 日本地震学会2000年度秋季大会(つくば) WPGM(代々木)	第二回防災火山子どもサマースクール(伊豆) 「00夏のミーティング」(宇治) 若手育成企画「地震学夏の学校」(伊豆) 一般公開セミナー「21世紀の地震予知」(東京:200名) 「2000夏のミーティング」(札幌) 若手育成企画「地震学夏の学校」(伊豆:68名)	学会誌「地震」(22件) 英文学術誌「Earth, Planets and Space」	会員情報誌「(社)日本地震学会ニュースレター」 学会広報誌「なみふる」(6号)	表彰 10名(前期)	(資料未収)	ホームページの管理・運営 なみふるメーリングリスト(nfmf)の運用 記者懇談会・説明会	「社団法人」の申請と認可(12月4日付) 「地震予知検討委員会」の設置 「災害調査委員会」の設置	
2001(H13)	日本地球惑星科学国際連学会合同大会(代々木) 日本地震学会2002年度秋季大会(鹿児島) 強震動ネットワークに関するシンポジウム「21世紀の強震動ネットワークとそのデータ流通をデザインする」(鳥取) 鳥取県西部地震・予知地震の検証を踏まえて」(東京:111名)	一般公開セミナー「南九州・南西諸島の地震と防災」(鹿児島:130名) 第一回強震動講習会「強震動予知の基礎と応用」(東京:43名) 2001防災火山子どもサマースクール(伊豆:210名) 若手育成企画「地震学夏の学校」(鳥取:37名) 強震動ネットワークに関するシンポジウム「21世紀の強震動ネットワークとそのデータ流通をデザインする」(鳥取)	学会誌「地震」(41件) 英文学術誌「Earth, Planets and Space」	会員情報誌「(社)日本地震学会ニュースレター」(141頁) 学会広報誌「なみふる」(6号、47頁)	表彰 4名	協賛(5件)・後援(4件) IUGG札幌大会準備への支援	ホームページの管理・運営 なみふるメーリングリスト(nfmf)の運用 記者懇談会・説明会(2回) 地震学FAQ		
2002(H14)	日本地球惑星科学国際連学会合同大会(代々木) 日本地震学会2003年度秋季大会(横浜) 第11回日本地震工学シンポジウム(代々木)	一般公開セミナー「地震予知の市民防災への活用」(横浜市から発信するこれからの防災」(横浜:約250名) 第二回強震動講習会「強震動予知—その基礎と応用」(東京:51名) 若手育成企画「2003年地震学夏の学校」(京都:88名)	学会誌「地震」(55件) 英文学術誌「Earth, Planets and Space」	会員情報誌「(社)日本地震学会ニュースレター」(135頁) 学会広報誌「なみふる」(6号、47頁)	表彰 6名	共催(1件)・協賛(9件)・後援(5件) 上野原社会福祉協議会主催「めだかの学校」への協力	ホームページの管理・運営 なみふるメーリングリスト(nfmf)の運用 記者懇談会・説明会(2回) 地震学FAQ		
2003(H15)	日本地球惑星科学国際連学会合同大会(千葉) 日本地震学会2004年度秋季大会(京都) 第23回IUGG総会(札幌)	一般公開セミナー「関西の地震と防災」(京都:約200名) 第三回強震動講習会「強震動予知—その基礎と応用」(大阪:39名) 防災夏の学校(京都) 第一回防災火山子どもサマースクール「活火山のふしひつ」(静岡:21名) 若手育成企画「2003年地震学夏の学校」(静岡:42名)	学会誌「地震」(48件) 英文学術誌「Earth, Planets and Space」	会員情報誌「(社)日本地震学会ニュースレター」(134頁) 学会広報誌「なみふる」(6号、各8頁)	表彰 14名	共催(2件)・協賛(9件)・後援(5件) IASPEIへ国際要請	ホームページの管理・運営 なみふるメーリングリスト(nfmf)の運用 記者懇談会・説明会(2回) 地震学FAQ	ロゴマークの作成 JPEの特許取得 国立科学博物館特別展「17世紀地震—関東大震災200年—」開催(8月1日~10月26日・国立科学博物館)	
2004(H16)	日本地球惑星科学国際連学会合同大会(千葉) 日本地震学会2004年度秋季大会(京都) 第24回IUGG総会(東京・神戸)	一般公開セミナー「熊本県の地震・活断層とその防災」(熊本:110名) 第四回強震動講習会「強震動予知—その基礎と応用」(東京:39名) 防災夏の学校(大阪:31名) 第五回防災火山子どもサマースクール「Alt. Rokkoのふしぎ」(神戸:21名) 若手育成企画「2004年地震学夏の学校」(岡山:54名) 2004年強震動中核地質調査・検討会(東京)	学会誌「地震」(45件) 英文学術誌「Earth, Planets and Space」	会員情報誌「(社)日本地震学会ニュースレター」(140頁) 学会広報誌「なみふる」(6号、各8頁)	表彰 8名	共催(5件)・協賛(12件)・後援(9件) ASC第5回総会(アルメニア・エレバン)への代表派遣 WPGM2004ハワイ大会の共催 AOGS2004(シンガポール)大会の共催 アジア地震学会ピュローメンバー(平原:2004-?)	ホームページの管理・運営 なみふるメーリングリスト(nfmf)の運用 記者懇談会・説明会(3回) 地震学FAQ 「メト」号地震・津波への対応—国際メーリングリストの立ち上げ—		
2005(H17)	日本地球惑星科学国際連学会合同大会(代々木) 日本地震学会2005年度秋季大会(札幌)	一般公開セミナー「北海道の地震・火山・津波災害とその防災」(札幌:111名) 第五回強震動講習会「強震動予知—その基礎と応用」(東京:54名) 防災夏の学校(東京・沼津:38名) 第六回防災火山子どもサマースクール「霧島火山のふしぎ」(宮崎) 若手育成企画「地震学夏の学校2005」(草津:58名)	学会誌「地震」(42件) 英文学術誌「Earth, Planets and Space」	会員情報誌「(社)日本地震学会ニュースレター」(123頁) 学会広報誌「なみふる」(6号、各8頁)	表彰 7名	共催(2件)・協賛(8件)・後援(5件) サンフランシスコ100年シンポジウムの共催(SSA) Earthquake Summit開催への参加 IASPEI(ギリ・サンチアゴ)に開催されたASCへの代表派遣 ASPEIへ国際メーリングリストの立ち上げ	ホームページの管理・運営 なみふるメーリングリスト(nfmf)の運用 記者懇談会・説明会(2回) 地震学FAQ スマトラ沖地震・津波への対応—国際メーリングリスト—	日本地震学会名簿の改訂と配布	

	研究発表会・講演会等の開催		学会誌・その他の刊物の発行		研究の奨励及び研究業績の表彰		内外の関連学術団体との協力・連絡	その他	特記事項
	学術講演会	一般講演会、講習会等	学会誌	その他	表彰	海外出張助成			
2006(H16)	日本地球惑星科学連合 2006年大会 日本地震学会2006年度 秋季大会(名古屋) 第12回日本地震工学会 ポシウム(東京)	一般公開セミナー「南海 トラフの巨大地震を解き 明かす」(名古屋:180 名) 第6回防災動議研究会「強 震動予測—その基礎と 応用」(東京:56名) 教員サマースクール(長 野:10名) 第7回地震火山こどもサ マースクール「南海ひら つかプレートテクトニクス (ストーリー)」(平塚:31 名) 若手育成企画「地震学 員の学校2006」(松山: 52名)	学会誌「地震」(30件 /372頁) 英文学術誌「Earth, Planets and Space」 (第59巻12号:2005年 宮城県沖の地震及び 2005年福岡県西方沖の 地震) 国際学術会議「地震学 の国際化」(東京:31 名) 若手育成企画「地震学 員の学校2006」(松山: 52名)	会員情報誌「(社)日本 地震学会ニュースレ ター」(105件) 学会広報誌「なみふ る」(16号:各8頁)	学会論文賞(2 回)及び若手学 術奨励賞(3名)	8名	共催(2件)・協賛(12 件)・後援(16件) WPGM北京大会の共 催(AGU) ASG大会(バンコク) への代表派遣 シンポジウム100回 年シンポジウムの共 催(ISA) IASPEIの国際地震記 象保存館のプロジェクト への寄付募集 アジア地震学会 ビューローメンバー (平塚:2004-?)	ホームページの管理・運 営 記者懇談会・説明会(2 回) 地震学FAQ スマトラ沖地震・津波への 対応—国際メーリングリス ト—	JAXAへのベネトレータ 地震計の開発発注の要 望書提出 月刊地球特号「日本の 地震学の10年」に広報 委員会の活動を紹介。
2007(H17)	日本地球惑星科学連合 2007年大会(千葉) 日本地震学会2007年度 秋季大会(仙台)	一般公開セミナー「宮城 県沖地震研究の最新 情報」(仙台:136名) 第7回防災動議研究会「強 震動予測—その基礎と 応用」(東京:49名) 教員サマースクール(三 宅島:38名) 第8回地震火山こどもサ マースクール「箱根ひら つかプレートテクトニクス 」(箱根:30名) 若手育成企画「地震学 員の学校2007」(小樽: 59名) 若手育成企画「地震学 員の学校2007」(坂 本:15名) 2007年能登半島地震速 報委員会(東京)	学会誌「地震」(28件 /252頁) 英文学術誌「Earth, Planets and Space」 (第60巻10号:2007年 能登半島地震(その 2))」(第62巻11号: 2007年新潟県中越沖 地震)	会員情報誌「(社)日本 地震学会ニュースレ ター」(111件) 学会広報誌「なみふ る」(16号:各8頁)	学会論文賞(3 回)及び若手学 術奨励賞(3名)	7名	共催(2件)・協賛(13 件)・後援(20件) IASPEIの国際地震記 象保存館のプロジェクト への寄付(会員か ら889,000円)を基金 アジア地震学会 ビューローメンバー (平塚:2004-?)	ホームページの管理・運 営 なみふるメーリングリス ト(nfm)の運用 記者懇談会・説明会(2 回) 地震学FAQ スマトラ沖地震・津波への 対応—国際メーリングリス ト—	「地震予知の科学」出版
2008(H18)	日本地球惑星科学連合 2008年大会(千葉) 日本地震学会2008年度 秋季大会-ASG総会(つく ば)	一般公開セミナー「宮城 県沖地震研究の最新 情報」(仙台:136名) 第8回防災動議研究会「強 震動予測—その基礎と 応用」(東京:54名) 教員サマースクール「東 海の地震に迫る」(京 浜:18名) 第9回地震火山こどもサ マースクール「箱根ひら つかプレートテクトニクス 」(箱根:30名) 若手育成企画「地震学 員の学校2008」(茨城: 69名) 住居地震セミナー(東京: 150名—1回20名)(※ 「社会活動基金」による)	学会誌「地震」(20件 /214頁) 英文学術誌「Earth, Planets and Space」 (第60巻10号:2007年 能登半島地震(その 2))」(第62巻11号: 2007年新潟県中越沖 地震)	会員情報誌「(社)日本 地震学会ニュースレ ター」(130件) 学会広報誌「なみふ る」(16号:各8頁)	学会論文賞(3 回)及び若手学 術奨励賞(2名)	8名	共催(1件)・協賛(1 2件)・後援(15件) ASCとの連携、ASC 総会の開催及びASC 基金の創設 四国大地震を契機とし た「四国大地震復 旧技術支援連絡会 」の設置(協議5回 )と研究推進 日本ジオパーク推進 活動の支援 アジア地震学会 ビューローメンバー (平塚:2004-?)	ホームページの管理・運 営 なみふるメーリングリス ト(nfm)の運用 記者懇談会・説明会(3 回) 地震学FAQ スマトラ沖地震・津波への 対応—国際メーリングリス ト—	協議委員会規約の制定 「社会活動基金」の創設
2008(H19)	日本地球惑星科学連合 2008年大会(千葉) 日本地震学会2008年度 秋季大会(京大)	一般公開セミナー「東海 地震予知の最新情報」 (東京:44名) 教員サマースクール「東 海の地震に迫る」(京 浜:18名) 第9回防災動議研究会「強 震動予測—その基礎と 応用」(東京:54名) 教員サマースクール「東 海の地震に迫る」(京 浜:18名) 第10回地震火山こどもサ マースクール「箱根ひら つかプレートテクトニクス 」(箱根:30名) 若手育成企画「地震学 員の学校2008」(茨城: 69名) 住居地震セミナー(東京: 150名—1回20名)(※ 「社会活動基金」による)	学会誌「地震」(21件 /255頁) 英文学術誌「Earth, Planets and Space」 (第60巻10号:2007年 能登半島地震(その 2))」(第62巻11号: 2007年新潟県中越沖 地震)	会員情報誌「(社)日本 地震学会ニュースレ ター」(127件) 学会広報誌「なみふ る」(16号:各8頁) 「日本地震学会メール ニュース」発行(毎月)	学会論文賞(2 回)及び若手学 術奨励賞(3名)	8名	共催(3件)・協賛(10 件)・後援(17件) 「四国大地震復旧技 術支援連絡会」への 参加 日本ジオパーク活動 の支援 「日本地震工学会 ポシウム実行委員会」 への参加 日本地球惑星科学 連合の学術委員会 議長(平塚:2009- 2010) アジア地震学会 ビューローメンバー (平塚:2004-?) アジア地震学会会長 (平塚:2009-2011*)	ホームページの管理・運 営 なみふるメーリングリス ト(nfm)の運用 記者懇談会・説明会(3 回) 地震学FAQ スマトラ沖地震・津波への 対応—国際メーリングリス ト—	イタリアで開催された地 震予知に関する国際委 員会に山内地震予知 財団員が委員として参 加。同委員会は、9カ国 の委員によって構成さ れ、地震の予知・予報の とりよめについて現状を とりよめレポートを作成し た。
2010(H22)	日本地球惑星科学連合 2010年大会(千葉) 日本地震学会2010年度 秋季大会(広島) 第12回日本地震工学会 ポシウム(つくば) 2010WPGM(台北)	一般公開セミナー「広島 周辺の地震地帯—これ からこれから」(広島: 90名) 第10回防災動議研究会「強 震動予測—その基礎 と応用」(東京:56名) 教員サマースクール第 一部「西南日本のテクト ニクスと地震活動—地 球教育への応用—」(高 知:13名) 若手育成企画「地球 科学の未来—宇宙科学 と防災—」(高知:15名) 教員免許更新講習 (高知・琉球・宇都宮・松 本)の各大学:27名) 第11回地震火山こどもサ マースクール「箱根ひら つかプレートテクトニクス 」(箱根:30名) 若手育成企画「地震学 員の学校2009」(茨城: 78名)	学会誌「地震」(13件 /143頁) 英文学術誌「Earth, Planets and Space」 (第63巻3号: Earthquake Forecast Testing Experiment in Japan 01)」(第62巻11 号:The 2008 Wenchuan Earthquake)	学会情報誌「(社)日本 地震学会ニュースレ ター」(127件) 学会広報誌「なみふ る」(16号:各8頁) 「日本地震学会メール ニュース」発行(毎月)	学会論文賞(2 回)及び若手学 術奨励賞(3名)	海外出張助成2 名 ASC出張助成4 名 第一回日本学術 振興会賞(3名) 平成20年度文部 科学大臣表彰若 手科学者賞(3名)	共催(3件)・協賛(15 件)・後援(8件) 「四国大地震復旧技 術支援連絡会」への 参加 日本ジオパーク活動 の支援 「日本地震工学会 ポシウム実行委員 会」への参加 ASC2010/ハイ大会 へ開催補助を要請 日本地球惑星科学 連合の学術委員会 議長(平塚会長: 2009-2010) アジア地震学会 ビューローメンバー (平塚:2004-?) アジア地震学会会長 (平塚:2009-2011*)	ホームページの管理・運 営 なみふるメーリングリス ト(nfm)の運用 記者懇談会・説明会(3 回) 地震学FAQ スマトラ沖地震・津波への 対応—国際メーリングリス ト—	公益社団法人の認定を 受ける(11月)
2011(H23)	日本地球惑星科学連合 2011年大会(千葉) 日本地震学会2011年度 秋季大会(静岡)	一般公開セミナー「東 日本大震災に学び東海地 帯に迫る」(静岡) 第11回防災動議研究会 「強震動予測—その基 礎と応用」(東京:46名) 教員サマースクール東 海免許更新講習「地 震・火山を学校でどう教 えるか—伊豆半島の地 震科学的特徴と地学教 育」(伊豆) 教員免許更新講習(静 岡)の他、全国各地) 第12回地震火山こどもサ マースクール「箱根 ひらつかプレートテクト ニクス」(箱根:30名) 若手育成企画「地震学 員の学校2011」(京 浜)	学会誌「地震」 英文学術誌「Earth, Planets and Space」	学会情報誌「(社)日本 地震学会ニュースレ ター」(127件) 学会広報誌「なみふ る」(16号:各8頁) 「日本地震学会メール ニュース」発行(毎月)	学会論文賞(2 回)及び若手学 術奨励賞(3名)	共催(3件)・協賛(12 件)・後援(6件) 日本ジオパーク活動 の支援 アジア地震学会 ビューローメンバー (平塚:2004-?) アジア地震学会会長 (平塚:2009-2011*)	ホームページの管理・運 営 なみふるメーリングリス ト(nfm)の運用 記者懇談会・説明会 地震学FAQ スマトラ沖地震・津波への 対応—国際メーリングリス ト—		

年月日	地震活動等	地震学会の活動	学術会議の活動	政府の動き	その他の動き	観測網設置	防災情報関連
1995年1月17日	兵庫県南部地震発生						
				非常災害対策本部設置(本部長:村山善博)			
				地震予知連絡会臨時会議(国土地理院)			
1995年1月18日				「今後もマグニチュード6クラスの余震が発生する可能性がある」とのコメント発表			
1995年1月25日				地震予知連絡会			
1995年1月30日				及木予知連絡会長被災地視察(非公表:~31日)			
1995年2月14日				地震予知連絡会			
		地球惑星間連学会合同大会 ※日大(~30日)					
1995年3月27日		兵庫県南部地震に関する緊急 報告会開催(28日)					
				測地学審議会「第7次地震予 知地震予知計画の見直しにつ いて」			
1995年4月20日				地震防災対策特別措置法施 行			
1995年7月18日				地震予知推進本部廃止			
1995年9月27日		地震学会 静岡大(~29日)		地震調査研究推進本部設置			
		地球惑星間連学会合同大会 ※大阪大(~28日)					
		「現在の地震学と兵庫県南部 地震(大内敏・伊藤潔・石川有 三)」					
		「兵庫県南部地震後の地震科 学:これからの震災軽減に向 けて(石橋克彦・伊東敬佑・住 友剛彦・橋本孝・平田道)」					
1995年3月26日		防災検討委員会設置					
1995年3月30日			地震予知小委員会@平塚				
1995年3月						K-net観測開始	
1995年4月1日						GEONET観測開 始	
1995年4月							震度計による震 度観測(体感の感 止)
		シンポジウム「大地震の長期 予測はどの程度可能か?(石 橋克彦・池田安隆・佐竹健路・ 平田道・松浦亮宏)」(~4日)					
1997年3月3日			地震予知研究シンポジウム@ 学術会議				
1997年3月5日							
		地球惑星科学間連学会合同 大会@名古屋(~28日)					
		「南海トラフ沿いの巨大地震と 内陸地震:その発生予測と災 害軽減に向けて(安藤善幸・平 原和朗・倉本真一)」					
1997年3月25日		広相委員会、学会情報誌編集 委員会、推進委員会、学校 教育委員会設置					
1997年4月							
1997年6月27日				測地学審議会「地震予知計画 の実施状況等のレビュー」			
1997年7月12日					「有志の会」第一回会合		
					新地震予知研究計画に関する メンバーリストが立ち上がり、 議論が始まる。		
1997年7月30日							
				地震調査研究推進本部(基盤 観測関係)「地震に関する基盤 的調査観測計画」			
1997年8月29日							
1997年9月13-14 日					地震予知研究に関するシンポ ジウム@地震研		
1997年11月						F-net観測開始	
1998年1月16日				総務庁「震災対策に関する行 政監察」			
1998年3月20日					「新地震予知研究」(月刊地球 No.20)発行		
1998年4月1日					地震研究所に企画部発足		
1998年5月6日					「新地震予知研究計画」発表 (「有志の会」)		
1998年8月5日				測地学審議会「地震予知のた めの新たな観測研究計画の推 進について」建議			
					「地震予知のための新たな観 測研究計画」に基づく地震予 知研究事業開始(2004年3月 31日まで)		
1998年4月1日							
				地震調査研究推進本部「地震 調査研究の推進について—地 震に関する観測、調査及び 研究の推進についての総合的 かつ基本的な施策—」			
1999年4月23日							豊的津波予報開 始
1999年4月							
1999年8月20日		地震・火山予知サマースク ール@丹那(学校教育委員会)					
1999年8月31日	トルコ・イズミット地震発生						
1999年9月21日	台湾・集集地震発生						
2000年8月26日		地震・火山予知サマースク ール@有珠(学校教育委員会)					
2000年10月6日	鳥取県西部地震発生						
		普及行事委員会設置					
		地震学会秋季大会@つくば 特別セッション「21世紀の地震 学が目指すもの:地震学の現 状と将来展望(橋本孝・平田 道・松浦亮宏)」(22日)					
2000年11月20日							
2000年11月27日				地震調査委員会「宮城県沖地 震の長期評価」発表			
		災害調査委員会設置					
		地震予知検討委員会設置					
2001年1月6日				省庁首脳			
2001年6月19日				中央防災会議東海地震の新た な想定震源版			

年月日	地震活動等	地震学会の活動	学術会議の活動	政府の動き	その他の動き	観測網関連	防災情報関連
2001年7月20日		地震・火山子供セミナー伊豆大島(学校教育委員会)					
2001年9月27日				地震調査委員会「南海トラフの地震の長期評価」発表			
2002年7月26日				東南海・南海地震特別措置法公布(2003年7月15日施行)			
2002年7月31日				地震調査委員会「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価」発表			
2002年8月26日				地震調査研究推進本部(基礎観測関係)「地震に関する基礎的調査観測等の結果の流通・公開について」			
2002年10月5日		三重県上野市社協「めだかの学校」@伊賀上野(将来検討委員会)					
2003年4月1日					地震研究所にアウトリーチ推進室発足(2010年広報アウトリーチ室に)		
2003年5月		普及行事委員会設置					
2003年5月29日				中央防災会議 地震防災対策強化地域の見直し 「東海地震対策大綱」制定			
2003年7月24日				科学技術・学術審議会「地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)の推進について」建議			
2003年8月2日		地震・火山子供サマースクール@富士山(学校教育委員会)					
2003年9月26日	十勝沖地震発生						
2004年1月							東海地震関連情報の体系見直し
2004年4月1日				国立大学法人化 第1期中期目標・中期計画スタート 「地震予知のための新たな観測研究計画(その2)」スタート(2009年3月31日まで)			
2004年4月2日				日本海溝・千島海溝地震対策特別措置法(2005年9月1日施行)			
2004年8月5日		地震・火山子供サマースクール@神戸(普及行事委員会)					
2004年9月5日	紀伊半島南東沖地震発生						
2004年10月23日	新潟県中越地震発生						
2004年12月26日	スマトラ-アンダマン地震発生						
2005年3月23日				地震調査委員会「全国を縦横した地震動予測地図」公表			
2005年1月15日		メモリアルカンファレンス@神戸 X					
2005年3月23日		地球惑星間連学会合同大会@幕張 「地震学—この10年、これからの10年(橋本孝・植竹富一・百村孝志)」(28日)					
2005年8月19日		地震・火山子供サマースクール@福島(普及行事委員会)					
2005年8月30日				地震調査研究推進本部「今後の重点的調査観測について」			
2006年8月12日		地震・火山子供サマースクール@平塚(普及行事委員会)					
2007年3月25日	能登半島沖地震発生						
2007年5月18日				「地震予知の科学」発刊			
2007年7月16日	新潟県中越沖地震発生						
2007年8月4日		地震・火山子供サマースクール@沼根(普及行事委員会)					
2007年10月							緊急地震速報の一般提供開始
2008年2月18日				地震予知連絡会特定観測地域・観測強化地域の指定を解消			
2008年5月12日	中国・四川地震発生						
2008年6月14日	岩手・宮城内陸地震発生						
2008年7月17日				科学技術・学術審議会「地震及び火山噴火予知のための新たな観測研究計画の推進について」建議			
2008年8月23日		地震・火山子供サマースクール@京都(普及行事委員会)					
2009年3月9日				地震調査委員会「日本海溝沿いで発生する地震の評価」改定			
2009年4月1日				「地震・火山噴火予知のための観測研究計画」開始(2014年3月31日まで)			
2009年4月21日				地震調査研究推進本部「地震調査研究の推進について」			
2009年8月8日		地震・火山子供サマースクール@秋(普及行事委員会)					
2009年11月26日		地震火山こどもフォーラム@東京					
2010年1月12日	ハイチ地震発生						
2010年2月27日	チリ・マウレ地震発生						
2011年3月11日	東北地方太平洋沖地震発生						
2011年5月20日		地球惑星科学連合2011年大会@幕張(～25日) ユニオンセッション「東日本大震災 今、地球惑星科学のありかたを問える」(25日)					
2011年10月12日		地震学会秋季大会@静岡(～15日) 特別シンポジウム「地震学の今を問う」(15日)					