

南海トラフ巨大地震モデルと地震科学の限界

Gigantic Earthquake Model along the Nankai Trough and Limits of Earthquake Science

橋本学

Manabu HASHIMOTO

Synopsis

The provisional damage estimates based on the gigantic earthquake model along the Nankai trough shook the society. As a member of the Committee for this model, I am afraid that we should have examined the scientific validity of the model through serious discussion of the community of the earthquake science. We must recognize the limit inherent in the nature of earthquake and finite resources for observation. Peer review of earthquake hazard estimates by the community may be the way to recover reliability of earthquake science and ultimately contribute to disaster reduction.

キーワード: 南海トラフ巨大地震, 地震科学, 科学的妥当性, 社会的妥当性, 科学の限界

Keywords: Great Nankai trough earthquake, earthquake science, scientific validity, social validity, limit of science

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、死者・行方不明者計18,559名(警察庁, 2013年5月10日)にのぼる、我が国の近代史上まれに見る大災害であった。この災害の直後より、地震防災関係の専門家などの発言として「想定外」という言葉が飛び出し、社会から強い批判を受けることとなった(例えば、池内, 2011)。このような事態を受け、政府の中央防災会議はじめ関係組織・機関は、「想定外」をなくすことを旗印に、これまでの地震・津波対策全般の見直しを始めた(内閣府, 2011a)。

筆者は、中央防災会議および地震調査研究推進本部、あるいは日本地震学会などの複数の会議に委員として参画し、議論に加わって来た。2年を経たいくつかの会議は終了し、答申あるいは中間報告の形でその議論のまとめが世に出ている。中

でも、中央防災会議による南海トラフの最大クラスの地震による震度・津波高の想定結果は、社会を大きく揺るがした(内閣府, 2012a)。反響の大きさに、改めてその責務の重大さを認識する一方、大きな違和感が残ったことは否めない。

本稿において、震災から2年を経過した現時点で、この間の地震防災、特に筆者の専門分野である地震科学にまつわる議論について振り返ってみたい。現在、国や学会など多くの組織やセクターにおいて、将来に向けた前向きな議論がなされている。しかし、ともすればスピードを優先し、議論を深めることができたかどうか、疑問が残る。いくつかの方向性が示されたこの時点で、2年間の考察をまとめることにもそれなりの意義は有るだろう。近年の科学技術社会論の議論なども援用して、この違和感の元を探ってみたい。

2. 南海トラフ巨大地震想定見直し

東日本大震災の甚大な被害に鑑みて、中央防災会議は2011年4月に「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」（以下、「教訓調査会」）を設置し、地震・津波対策の総点検を開始した。そして、6月26日には早くも中間とりまとめを行い、今後の津波対策の基本的考え方について提言を行った（内閣府，2011a）。この内、本論の議論において重要な「1. 地震・津波想定のある方について」全文を引用する（下線は、筆者加筆）。

1. 地震・津波の想定のある方について

(1) これまでの地震・津波防災対策では、過去に繰り返し発生し、近い将来同様の地震が発生する可能性が高く切迫性の高い地震・津波を想定してきた。しかしながら、今般の東北地方太平洋沖地震はこの想定を大きく上回り、甚大な被害を発生させた。今後、地震・津波の想定を行うにあたっては、これまでの考え方を改め、津波堆積物調査などの科学的知見をベースに、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。なお、一度想定した地震・津波についても、最新の科学的知見を取り入れて適宜見直すことが不可欠である。

(2) 上記の考え方にに基づき、今後、各地域ごとに地震・津波の想定を早急に検討すべきである。今回の被災地の対策を講ずるにあたっては、今般の東北地方太平洋沖地震を基本とする。

この中間取りまとめの提言に沿って、中央防災会議は2003年に発表した東南海・南海地震による被害想定（内閣府，2003）の見直しを、2011年8月に着手した。「南海トラフの巨大地震モデル検討会」（以下、「モデル検討会」）が、この任に当たっている。

この見直しにおいては、まず津波堆積物調査や新たに収集された史料等、最近の科学的知見を集積し、南海トラフにおいてこれまで考えられていたよりも規模の大きい地震・津波が発生した可能性を検討した。この過程において、主として津波堆積物調査結果に基づいて、約2000年前に1707年宝永地震を上回る規模の地震津波が発生した可能性を認め、内閣府（2003）による既往最大地震の規模を上回る地震を考えるべきであることが確認された。続いて、震源域を設定するために、海底地形、フィリピン海プレートの形状、地下構造、低周波地震・微動の発生状況等を検討した。特に、

東北地方太平洋沖地震においては、海溝軸近傍のプレート境界面浅部まで極めて大きいすべりが生じたことが推定されていることから（例えば、国土地理院，2012；Iinuma et al., 2012）、南側の境界は南海トラフのトラフ軸とした。四国・紀伊半島下のプレート境界面深部では、低周波地震が発生していることから、カップリングは0ではなくひずみ蓄積がなされていると考え、北側の境界を低周波地震の分布の北限とした。東側の境界は、地体構造を考慮して、駿河湾奥の富士川断層付近とした。西側の境界は、沈み込むフィリピン海プレートの構造に変化がある、日向灘沖の九州-パラオ海嶺が沈み込む付近とした（Fig.1）。



Fig.1 Provisional source model of the maximum-sized Nankai trough earthquake by the Cabinet Office (2011b). Gray area delineated by thick black line is the source area of the strong ground motion and tsunami. Pink area is zone of large and huge slip zone added for the calculation of tsunami. Yellow lines are the boundaries of the previous source model by Cabinet Office (2003).

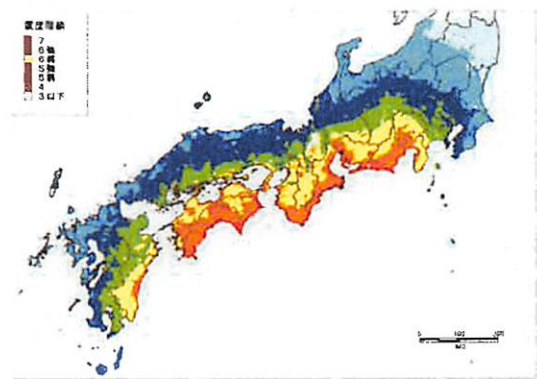


Fig.2 Distribution of calculated intensity for maximum-sized Nankai trough earthquake (Cabinet Office, 2012b). The highest intensity at each point among those for 4 models with different distribution of strong motion generation areas and that calculated with the empirical relationship is selected.

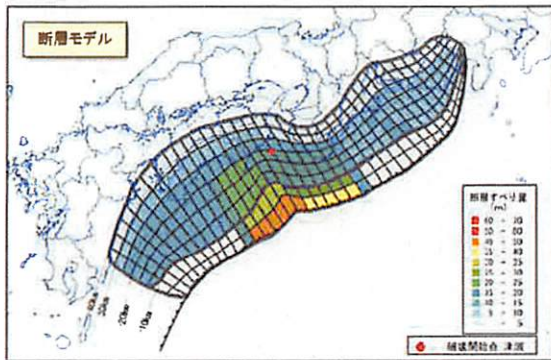


Fig.3 Assumed slip distribution for the calculation of tsunami height: Case 3 by Cabinet Office (2012b). Large (green to yellow) and huge (orange) slip zones are assumed off the Kii channel on the shallow portion of the plate interface.



Fig.4 Distribution of calculated tsunami height at the high tide for maximum-sized Nankai trough earthquake in Fig. 3 (Case 3) (Cabinet Office, 2012b).

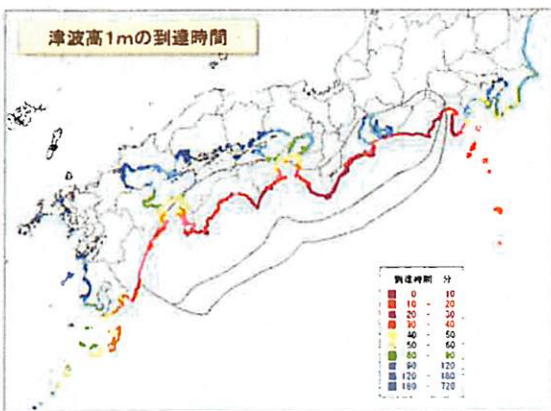


Fig.5 Distribution of calculated arrival time of the 1 m high tsunami in Case 3 (Cabinet Office, 2012b).

この震源断層面上に強震動生成域を配置し、強震動を計算した。基本的には内閣府（2003）の手法を踏襲し、最新の地盤構造データや地下構造モデルを用いた。強震動の計算には、強震動生成域の分布を仮定しなければならない。内閣府（2012a）では、内閣府（2003）の強震動生成域の分布パターンに倣ったモデルを基本モデルとし、これを東・西・北側へ移動させた3つのモデルの、合計4モデルについて強震動計算を行った。さらに、Fig.1の強震動震源域と観測点の距離を用いて、距離減衰式を用いた経験的手法により震度を推定した。結局、4モデルによる強震動計算と経験的手法による1ケースの、合計5つの震度分布の推計結果の内最大値を各地点の震度として、1枚の地図にまとめた（Fig.2）。この結果、東海地方から九州に至る太平洋岸に震度6強～7の強い揺れが予想されている。

一方、津波に関しては、前述のとおりトラフ軸に近いプレート境界浅部に大きなすべりが起きることを仮定して、計算を行っている。ただし、駿河湾から日向灘にいたる全域で大きなすべりが生じることは仮定せず、5つの領域に分割し、それぞれが大きくすべるケース、2つの領域が同時に大きくすべるケース、さらに分岐断層が同時にすべるケースの全11ケースについて津波高および浸水域を計算した。Fig.3には、近畿地方に最も高い津波をもたらす紀伊水道沖に大すべり域があるケース（ケース3）のすべり分布を示す。Fig.4は沿岸での津波高分布である。紀伊半島から四国の太平洋岸に10m、一部では20m以上の大津波が予想される。また、Fig.5は1mの波高の津波の到達時刻の分布を示す。駿河湾沿岸、紀伊半島南部および四国南部では、10分以内に1mの波高に達すると予想される。なお、四国沖に大すべり域があるケースなど、場合によっては最大30mを越えることも予想されている。

3. 生じた疑問

筆者は、2011年8月から始まった断層モデルの検討はじめ、いくつかの関係する会議に参加して来た。大震災直後の異常な状況の中では早急に対策を打ち出すことが必然のように捉えられたが、時間を経て振り返ってみるといくつかの疑問が生じる。いくつか指摘してみたい。

まず、「最大クラスの地震」の定義がある。そもそも「最大クラスの地震」とは、どのような地震なのだろうか？過去に起きた地震の中で最大のもの

のを指すのか？それとも、南海トラフに理論的に蓄積可能なひずみエネルギーを一気に解放する地震なのだろうか？

ついで、モデルの科学的妥当性（藤垣，2003）がある。これをどのように担保するか？できるのか？公表直後には地元自治体の首長による「科学的根拠を示せ」といった発言もあった。

では、そもそも「科学」あるいは「科学的」とはどういうこと・状態を示すのだろうか。また、教訓専門調査会の答申にあるように、「あらゆる可能性を考慮する」ことは可能なのか？モデル検討会の報告に記載されたモデルは、強震動については5、津波については11にすぎない。これで「あらゆる可能性を考慮」したといえるだろうか？根源的な疑問も湧いて来た。

一方、行政から最大クラスの地震の発生確率を求める声もあり、研究者の一人として戸惑いを隠せない。地震調査委員会長期評価部会海溝型分科会の結論は、「最大クラス」の地震について定量的な評価は困難、というものであった（地震調査委員会，2013）。これまで起きていない地震の評価はできない、ということである。しかし、2013年5月28日に公表された中央防災会議（2013a）の最終報告では、今後の検討事項として「最大クラスの発生確率」が挙げられている。

残念ながら、これらの問題は、現在の我が国の地震科学コミュニティでは未だ議論されていない。このような言説を、コミュニティでの議論を経ずして、防災の現場に適用することに躊躇するのは著者一人ではないだろう。「越えてはならない一線を踏み越えた」のではないか、という懸念がある。でも、なぜこのように地震科学の議論に防災施策が先行する状況になったのか？そこには、何か大きな問題が隠れているに違いない。

とはいえ、その前に、現状の地震科学の限界はどこにあるのか、検討してみよう。

4. 地震科学の限界

科学の限界については、20世紀の半ばから議論されている（例えば、ホーガン，1996；高橋，2008）。地震科学は、現象の特質—低頻度かつ長時間スケール—に由来する限界を有する。これは裏返せば、統計的な扱いが極めて困難、と言うことである。すなわち、確率密度関数を推定することが困難である。また、いかなる予測にしても、それを検証するのに長い時間を要する。したがって、地震発生予測を社会に適用するとしても、検証が可能な

い手段を使わざるを得ない、ということ認識する必要がある。また、現在の地震科学は物理的な観測データに依拠している。物理的な観測データの蓄積は、100年に満たない。歴史史料ですら1500年程度の期間の記録しか無い。津波堆積物も5000年程度の期間の記録である。津波堆積物調査などにより、過去の歴史を掘り起こすことは、重要であるが、その精度・密度は現在の物理観測の結果と到底比肩しえない。

研究の進展に伴って、数値シミュレーションにより地震や関連する現象を理解する試みが盛んになされ、脚光を浴びている。天気予報と同じように、将来地震の数値予測に結びつくと言う期待がある。しかし、地震は破壊という非線形の現象であり、さらに動的・静的な相互作用も無視できない。このような地震現象を支配する非線形性に基づいて、地震の発生予測不可能性を主張する議論も多い（例えば、グラー，2012）。これに対しては、大地震はいわゆる「固有地震」あるいは「時間予測モデル」的な振る舞いをするため、予測は可能であるとする反論も強い（例えば、島崎・長浜，1995）。

地震発生物理の原理的な問題以上に重要な観点には、有限密度かつ地表近傍限定の観測網の制約から、地殻及びマントル内で発生している現象を、高空間・時間分解能で捉えることができない、という点である。現時点で世界でも最高の空間分解能を有する連続観測網 Hinet, GEONET を持ってしても、地表面で10~20km以下のスケールの現象を捉えることはできない。空間分解能に関してはSARが飛び抜けて高いが、時間分解能が格段に劣る。地下深部については、現時点での最深の観測点は約3kmであり、通常の地震が発生する深さにまで達していない。このため、地下深くでは、さらに分解能が落ちる。もちろん、海域の観測網は、陸域の観測網に遠く及ばない。一方、非線形力学の教えるところは、決定論的予測のためには無限小の時間空間間隔で物理量に関する情報が必要である（なお、ここでいう「決定論」は、ラプラスのいう「ある瞬間に宇宙のすべての原子の位置と速度を知ることができれば、未来永劫にわたって宇宙がどうなるかを知ることができる」（高橋，2008）というものをいう）。したがって、前述のような数値モデルに取り込んで決定論的予測を行うためには、決定的に情報が不足していることは容易に理解できる。

筆者はさらに、財政的限界というもう一つの限界が迫っている、と考える。Fig.6に我が国の歳

部の大きいすべりは、いかにして発生したのか？これについては、マスター・アスペリティ・モデル (Kato and Yoshida, 2011)、階層型アスペリティ・モデル (Hori and Miyazaki, 2011)、破壊のオーバーシュート (Ide et al, 2011)、摩擦熱による間隙圧上昇 (Mitsui and Iio, 2011) などいくつもの提案がある。この内、オーバーシュートの場合、プレート境界でのひずみ蓄積は必ずしも必要でない。もしオーバーシュートのモデルが否定できなければ、いくらひずみの蓄積を計測したところで、プレート境界浅部での大すべりの可能性を否定できない。

では、このモデルが最大と言えるか、という論点はどうか？内閣府 (2011b) では、西端の境界を日向灘の構造不均質に求めた。しかし、Miyagi et al.(2009)は、2007年ソロモン諸島の地震では、破壊が構造不均質 (沈み込んだ海嶺) を乗り越えたことを示した。したがって、南海トラフで始まった破壊が、日向灘の構造不均質を乗り越えて琉球海溝へ伝わる可能性は残る。

以上、例として3つの論点を示した。もちろん、内閣府 (2011b) の「最大クラス」の地震は起こらないという論拠もあり得るだろう (例えば、深部低周波地震発生域を震源域に含むことの可否など)。いずれにせよ、現在の科学的知見では、内閣府 (2011b) のような地震の発生可能性を排除することはできず、さらに琉球海溝まで破壊が及ぶ、より大きい地震の発生可能性すら排除できない。

上記の議論に鑑みて、「教訓委員会」の提言はどう評価されるだろうか？内閣府 (2012a,b) で取り上げられたモデルは、強震動 5 ケース、津波 11 ケースに過ぎない。これならば、「あらゆる可能性」を考慮したとせず、「東北地方太平洋沖地震と同様な地震が、もし南海トラフで起きた場合の強震動と津波を評価した」とすべきであった。もし、地震科学に対する信頼を回復するために、このような表現を入れざるを得なかったとしたら、これは地震科学にとって極めて危険な行為である。

6. 地震科学者は防災・減災にどのように向き合うべきか？

6. 1 科学的妥当性と社会的妥当性

「科学的妥当性」に関して大きな問題は、科学の最先端 (藤垣 (2003) や平川 (2010) では「作動中の科学」) においては、「科学的妥当性」は時とともに揺らぎ、その境界が定まるまでに相当の時間を要することである。一方で、行政はじめ社

会には、科学は常に正解を与えてくれるものとの誤解がある。この誤解は、「技術官僚モデル」(藤垣, 2003) あるいは「完全無欠幻想」(平川, 2010) と呼ばれている。地震科学の現状に照らして考えてみると、上記の誤解は極めて危険である。石橋 (2011) も警鐘を鳴らしている。

地震科学は経験科学であり、長期間の観測・調査データに基づいて、その得られた知見の妥当性を定めていく。大地震が低頻度の現象であるため、データ蓄積速度は人間社会の変化の速度に比べて極めて遅く、限られた歴史の中では未経験の現象もありうる。東北地方太平洋沖地震はその端的な例である。また、実験室内での制御実験が不可能であり、地域特性の影響が大きく、限られた数の大地震で得られた知見を普遍化することは危険ですらある。すなわち、地震科学においては「科学的妥当性」は簡単には確立しない。ましてや、政府の委員会が「科学的妥当性」を決めることはあり得ない。

「防災施策が地震科学の議論に先行する」という状況は、これまでも同様な過程を経て積み上げられて来たものではないか、と筆者は考える。すなわち、地震科学は、これまでも防災が最優先されることで、「社会的妥当性」に「科学的妥当性」を合わせることを強いられて来た、ないしは、合わせて来た、のではないだろうか？その端的な例が、大規模地震対策特別措置法に伴う「東海地震の予知体制」であろう。茂木(1996)は、当時の最前線の研究者が慎重な意見を述べているのに対して、政府側の積極的な答弁があり、その結果法律の成立が決定的になった経緯を示している。まさに「社会的妥当性」に「科学的妥当性」を合わせた例と言える。1995年阪神・淡路大震災後始められた地震調査研究推進本部による長期評価も、同様な文脈で捉えられるだろう。

「防災への貢献」という言葉の前では、「科学的妥当性」は吹き飛んでしまうのかもしれない。前記のように、地震科学の知見の「科学的妥当性」を定めるためには長い時間を要するが、社会は待ってくれない。そこに地震科学研究者の深い悩みがある。しかし、ダイソン (1997) は、「イデオロギーに押し進められた科学技術は失敗する」と述べている。外的な (特に政治的な) 要因により、科学技術が押し進められる時に、惨めな失敗に終わることをダイソンは指摘している。

地震科学も他の科学と同列に、国から予算を獲得し、研究を進めている。その学術分野の特性から企業における研究開発になじまないため、公的

な予算に多くを依存する。予算要求に際しては、その時点までの達成点を高らかに謳いつつも、足りない点・不足する点を指摘し、希望的な未来像を示すことができ、ようやく予算を獲得することができる。決まった期間で実施するプロジェクト研究では、さらにこの傾向が強いであろう。また、時として政治的な背景から大きなプロジェクトが始まることもある。予算要求は官僚が中心に行う仕事であるため、前述の官僚の科学に対する「完全無欠幻想」と融合した時に、「イデオロギーに推進された」状況が出現することを危惧する。我々は、科学史的ないしは社会学的な観点からこれまでの地震科学の歩みを点検し、その結果を受けて、改めて防災と向き合うべきであったらう。今からでも、決して遅くはない。

地球温暖化問題を議論している IPCC は、アメリカ国内の反規制派の科学者からの批判に応えるために、苦勞しているという（オレスケス・コンウェイ、2010）。しかし、IPCC は、国際的なピアレビューをすることで、科学としての正当性を保とうとしている点で優れているとする。科学が培って来たこの仕組みを、南海トラフの巨大地震モデルなどの施策に適用してはどうか？

残念ながら、南海トラフの巨大地震モデル検討会の中間取りまとめ（内閣府、2011b）以降、この検討会の報告を祖上に挙げた研究発表は少ない（例えば、宮腰・他、2012）。蓬田（2012）は、地震学会において、政府の委員会が提出した報告等について、議論する場を設けるべき、と主張している。もっと多くの研究者が自身の問題として捉える必要がある。一握りの「権威」の言説を放置するのではなく、コミュニティの広範な議論により、誤りを排除するという観点からチェックすることが、地震科学の信頼を回復し、長い目で見て防災・減災に貢献することと考える。

6.2 科学者の政策決定への参加のあり方

この2年間に筆者が参加した会議における検討結果は、今後の地震防災の在り方を大きく左右するものとなった。特に、「南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性調査部会」においては、5名の地震研究者とともに議論を進め、「決定論的な予測は困難」という結論に至った（ここでいう「決定論的な予測」は、「ある現象が観測された場合、確実に地震が発生するという前提で予測する」ことをいう）。2013年5月28日に公表された報告（内閣府、2013b）は、大きな反響を呼び、新聞各紙も大規模地震対策特別措置法の改廃について言及す

る事態となった（例えば、産経新聞、2013；日本経済新聞、2013）。学会などでは、地震の決定論的な予測に対して否定的な見解は多数示されて来た。しかし、科学者の意見表明と国の報告書では、メディアの扱いが全く異なり、あらためて政府の報告のインパクトの大きさを認識している。

事務サイドの尽力には敬意を表しつつも、果たして我々6名の議論に基づいて大きな政策決定がなされるのが妥当かどうか、という点が懸念として残る。審議会や私的諮問機関の在り方は、かねてから問題視されている（西川、2007）。委員の選任・兼任の問題（特に下部の委員会等）、透明性・公開性、答申の法的拘束力などが問題とされている。実際、筆者を含む6名の研究者は、原子力規制委員会の活断層専門家のように学会から推薦されたのではなく、事務局からの依頼を受け参加し、議論を行って来た。他の委員会の委員も同様である。すなわち、委員選定にあたって透明性の問題があり、そのため議論の結果の正当性にも疑義が生じる。

上記調査部会の検討結果も、未だコミュニティの議論を経たものではない。2009年イタリア・ラクイア地震を受け、イタリア政府が設けた「市民防護のための地震予測に関する国際委員会」の報告書（International Commission on Earthquake Forecasting, 2011）などを参考に議論が進められたが、6名の科学者の見解、と限定的に捉えることもできる。やはり科学コミュニティによる広範な議論に基づいて、「科学的妥当性」を評価することが不可欠だ。その結果を踏まえて、政策決定がなされることが望ましい。

一方、最近の会議では、事務局もしっかりと議事録を残すよう努力されていることは評価したい。ただし、発言者の氏名は伏せて、しかも会議終了からかなりの期間が経過してから公開されると聞いている。なお、予測可能性調査部会は例外的に、委員の間の議論により、発言者の氏名も公開することとした。一方、地震調査委員会関係の会議議事録は、ほとんど公開されていない。これでいいのだろうか？

ウルリヒ・ベック（1984）は、科学の「サブ政治化」という言葉で、科学に関する重要な決定が民主的手続きを経ずに行われることに対して警鐘を鳴らしている。平川（2010）や松本（2012）らも異口同音に、科学技術のガバナンスの問題を取り上げ、開かれた意思決定のシステムを提案している。地震科学も、これらの社会科学や科学技術社会論の知見に耳を傾けるべき時が来ていると考

える。

7. おわりに

東日本大震災から2年間、政府は矢継ぎ早に今後の防災対策に関する方針を打ち出している。筆者もこれに関する議論に専門家の一人として参加した経験に基づいて、問題点を指摘した。まとめると、

- 1)地震発生予測には、限界がある。
- 2)「南海トラフの最大クラスの地震」の科学的妥当性は不確定である。また、地震科学コミュニティの議論も不足している。
- 3)地震科学は「社会的妥当性」に「科学的妥当性」を合わせて来た歴史がある。
- 4)専門家として政府の政策決定に参加するにあたって、正当性に懸念がある。

このため、今後地震科学コミュニティとして成すべきこととして、

- 5)誤りを排除することを優先する。
 - 6)政府の施策に関して、広範なピアレビュー
 - 7)開かれた意思決定のシステムの導入
- を提案した。小文が、地震科学と防災のあり方について議論の活性化を促すことになれば、幸いである。

謝辞

鷲谷威氏、福島洋氏、泉谷恭男氏、松澤暢氏には、原稿を改善するにあたって貴重なご意見をいただいたことに感謝致します。

参考文献

- 池内了(2011):専門家の社会的責任,世界 SEKAI, 第817号,2011年5月,pp.53-60.
- 石橋克彦(2011):地震防災行政と自然科学,科学,第81巻,pp.969.
- オレスケス・ナオミ,コンウェイ・エリック・M.(2010):世界を騙し続ける科学者達(福岡洋一訳),楽工社,上巻311pp.,下巻325pp.
- 警察庁(2013):平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置,平成25年5月10日,
<http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf>.
- 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,日本地震学会

モノグラフ,第1巻,pp.5-13.

国土地理院(2012):東北地方の地殻変動,地震予知連絡会会報,第87巻,pp.106-153.

財務省主計局(2012):我が国の財政事情(平成24年度予算政府案),

http://www.mof.go.jp/budget/budger_workflow/budget/fy2012/seifuan24/yosan004.pdf.

産経新聞(2013):南海トラフ地震 予知への幻想を断ち切れ,2013年5月30日,

<http://sankei.jp.msn.com/affairs/news/130530/dst13053003270001-n1.htm>.

地震調査委員会(2013):南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)について,2013年5月22日,

http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/index.htm.

島崎邦彦・長浜裕幸(1995):地震波でたために起こっているのか?地震の集団的性質と個別的性質,科学,第65巻,pp.241-256.

高橋昌一郎(2008):理性の限界-不可能性・不確定性・不完全性,講談社現代新書,274pp.

ダイソン・フリーマン(1997):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.

内閣府(2003):東南海・南海地震に係る被害想定結果,平成15年4月17日公表,平成15年9月17日一部修正,

http://www.bousai.go.jp/jishin/tonankai_nankai/pdf/higaisoutei/gaiyou.pdf.

内閣府(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」中間とりまとめ~今後の津波防災対策の基本的考え方について~,平成23年6月26日,

<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/tohokuyokun/pdf/tyuukan.pdf>.

内閣府(2011b):南海トラフの巨大地震モデル検討会中間とりまとめ,平成23年12月27日,

http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/chukan_matome.pdf.

内閣府(2012a):南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について(第一次報告),平成24年3月31日,

http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/1st_report.pdf.

内閣府(2012b):南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告),平成24年8月29日,

http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829_2nd_report01.pdf.

- 内閣府 (2013a) : 南海トラフ巨大地震対策について (最終報告) 本文, 2013年5月28日,
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130528_honbun.pdf.
- 内閣府 (2013b) : 南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会 (報告), 2013年5月28日,
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130528_houkoku_s3.pdf.
- 西川明子 (2007) : 審議会等・私的諮問機関の現状と論点, レファレンス, 平成19年5月号, pp.59-73,
http://www.ndl.go.jp/jp/data/publication/refer/200705_676/067604.pdf.
- 日本経済新聞 (2013) : 南海トラフ地震対策は予知から減災へ, 2013年5月29日,
<http://www.nikkei.com/article/DGXDZO55585640Z20C13A5EA1000/>.
- 深掘技術分科会,
<http://www.japt.org/html/iinkai/drilling/seikabutu/fukabori/fukabori.html>, <2013年6月10日アクセス>
- 藤垣裕子 (2003) : 専門知と公共性 科学技術社会論の構築に向けて, 東京大学出版会, 224pp.
- フラー・スティープ (1997) : 科学が問われている ソーシャル・エビステモロジー (小林傳司・調麻佐志・川崎勝・平川秀幸訳), 産業図書, 247pp.
- 平川秀幸 (2010) : 科学は誰のものか 社会の側から問い直す, NHK 出版生活人新書, 254pp.
- ベック・ウルリヒ (1986) : 危険社会 新しい近代への道 (東廉・伊藤美登里訳), 法政大学出版局, 472pp.
- ホーガン・ジョン (1996) : 科学の終焉 (筒井康隆監修, 竹内薫訳), 徳間書店, 490pp.
- 宮腰淳一・渡辺莉奈・護雅史・福和伸夫 (2012) : 南海トラフ巨大地震の断層パラメータの違いが名古屋地域の地震動に与える影響, 日本自然災害学会平成24年度学術講演会, 1-3-2.
- 松本三和夫 (2012) : 知の失敗と社会 科学技術は何故社会に取って問題か, 岩波人文書セレクション, 岩波書店, 331pp.
- 茂木清夫 (1996) : 「東海地震」予知情報の問題点, 月刊地球, 号外 No.14, pp.150-158.
- 森田邦久 (2012) : 科学哲学講義, ちくま新書, 202pp.
- 文部科学省 (2011) : 総合科学技術会議評価専門調査会「日本海溝海底地震津波観測網の整備を及び緊急津波速報 (仮称) に係るシステム開発」評価検討会 (第1回資料), 平成23年10月25日,
<http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/hyouka/haihu89/siryoe3-3-1.pdf>.
- 文部科学省, 平成25年度文部科学関係予算 (案) のポイント,
http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/icsFiles/afiedfile/2013/02/01/1330426_2.pdf.
- 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?, 日本地震学会モノグラフ, 第1巻, pp.68-72.
- 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, Vol. 63, pp. 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, Vol. 332, pp. 1426-1429, doi:10.1126/science.1207020.
- Iinuma, T., R. Hino, M. Kido, D. Inazu, Y. Osada, Y. Ito, M. Ohzono, H. Tsushima, S. Suzuki, H. Fujimoto, and S. Miura (2012): Coseismic slip distribution of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku earthquake (M9.0) refined by means of sea floor geodetic data, J. Geophys. Res., Vol. 117, B07409, doi:10.1029/2012JB009186.
- International Commission on Earthquake Forecasting (2011): Operational Earthquake Forecasting State of Knowledge and Guidelines for Utilization, Annuals of Geophysics, Vo. 54, No. 4, doi:10.4401/ag-5350.
- Kato, N., and S. Yoshida (2011): A shallow strong patch model for the 2011 great Tohoku-oki earthquake: a numerical simulation, Geophys. Res. Lett., Vol.38, L00G04, doi:10.1029/2011GL048565.
- 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, Vol. 63, pp. 755-759, doi:10.5047/eps.2011.05.007.
- Miyagi, Y., T. Ozawa and M. Shimada (2009): Crustal deformation associated with an M8.1 earthquake in the Solomon Islands, detected by ALOS/PALSAR, Earth Planet. Sci. Lett., Vol. 287, pp. 385-391.

(論文受理日: 2013年6月11日)