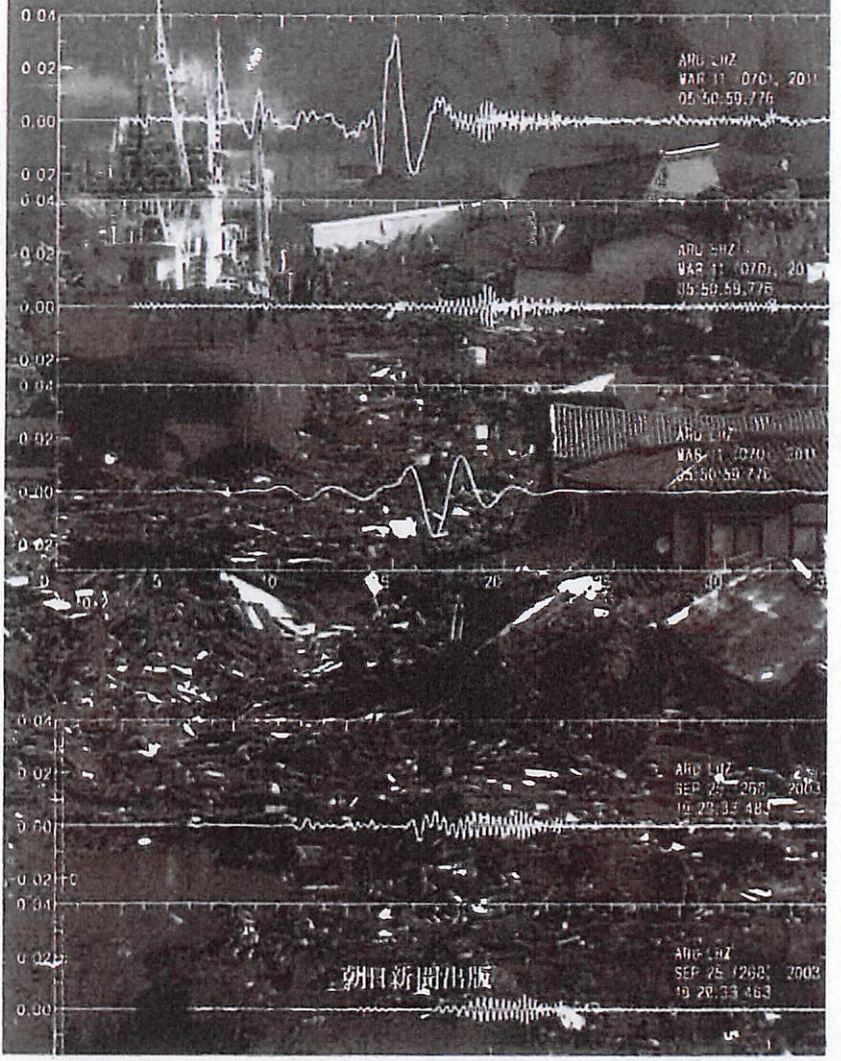


# 巨大地震の 科学と防災

金森博雄

構成 瀬川茂子/林能成



朝日新聞出版

### ●地震予知

地震学は進歩しましたが、予測についてはまだおおざっぱなことしかいえません。地震が始まってからですら、最終的な地震規模がどうなるかはわかりません。科学の中でも、地震学には大きな不確定さが伴います。特に短期間の予測は難しく、それをいきなり防災に結びつけることは難しいと思います。多くの場合、社会は明日、地震が起こるかどうかに興味があり、社会のニーズと地震学の實力には大きなギャップがあるといわざるをえません。しかし、地震学の進歩とともに、のちに述べるように、現在の知識とモデルを使って、地震活動の長期間の傾向をある程度予測することはできるようになり、そのような予測は長期の防災対策を立てるうえで有効に使われています。

2012年秋の日本地震学会で、地震予知研究計画の原案、いわゆる「ブループリント」について考えるシンポジウムが開かれました。私はそこで話をすることになり、初めてブループリントを読みました。

ブループリントができたのは1962年。私は当時、大学院生で、その存在を知ってはいませんが、詳しく読んだことはなかったのです。今読んでみると、地震の前後に地震活動や地殻変動を長期間にわたって観測して地震の物理をよく理解しましょう、というきわめて科学的な計画です。実的な予知ができるかどうかについて10年後に答えが出せるとしていました。その見通しもその時点では妥当なものだったと思います。50年たち、その回答ははっきりしていません。

いまだに実用化できるかどうかはわからないのです。少なくとも現時点で実用化はできていません。わかったことは、地震発生の過程は多様で、非常に複雑で、地震予知が簡単にできるようなものとは思えないということです。

ここでいう地震予知は、いつ、どこで、どの規模の地震が発生するかを数時間から数週間前に予測する「短期予知」です。地震予知といったとき、普通の人が思い浮かべる「警報」が出るようなイメージに近いと思います。

阪神・淡路大震災後、日本では多数の地震計、GPSなどの観測網が飛躍的に充実しました。こうした観測網により、ひずみの溜まり方は不均一であること、プレートがゆっくり動く地震があることなど、昔は考えられなかったことがわかるようになりました。沈み込み帯の地震のしくみは非常によくわかってきたといわれています。

一方、地震予知につながる前兆現象については、はっきりした変化が観測されないことが確かめられました。あつたとしても非常に弱いことがはっきりしました。

このようなことをいうと、いや、大地震前に井戸が涸れた、空が光った、動物が騒いだなど、いろいろな報告があると反論されることがあります。それらは「異常現象」だと考えます。地震の前にふだんと違う異常なことがたくさんあつたかもしれない。しかし、同じ事が起こっても、そのあとで地震が起こることもあれば、起こらない場合もあります。地震と関係があるかどうか不明です。異常現象と前兆現象を区別せずに使う人もいますが、地震の前に必ず起こる異常現象を前兆現象とよぶことにします。

### ●地震の前兆はあるか

前兆現象として、大地震の前に断層がゆっくりすべる「スロースリップ」が起こるといって考

えがあります。地震は断層が急激にずれ動く現象ですが、その前に断層のまわりがゆっくりすべり始めるスロースリップが起こるとい説です。スロースリップが起これば、地殻がわずかに伸びたり縮んだりするはずですから、これを「ひずみ計」という装置で観測できると期待されました。

米国でも地震前の微小なひずみ変化を見つけようとしたが、成功しませんでした。1989年のロムプリエータ地震( $M_w$ 6.9)、1992年のランタース地震( $M_w$ 7.3)でも、ひずみは地震で大きく変化するだけで、地震前に観測にかかるような変化はありませんでした。現段階で、スロースリップを観測し、大地震の前兆であると判断して予知に使った例はありません。

日本では、1944年の東南海地震の前に地殻変動があり、ひずみ変化があった可能性があり、想定東海地震の予知のための観測網が整備されています。1944年の観測はデータがはっきりしないので、いくら議論してもらちがあきません。

2008年の福島県沖地震( $M$ 6.9)の前にゆっくりした地殻変動が国土地理院のGPS観測でとらえられました。前兆現象の例かもしれませんが、その前にマグニチュード6の地震が起こっているのです、その地震の影響による変動とも考えられます。なにが前兆で、なにが引き金なのか区別できません。

2011年の東日本大震災を起こした地震でも、前兆現象と断言できるものはありませんでした。

GPS観測データによれば、福島県沖でプレート境界の固着が2010から2011年に弱まっているように見えます。前兆現象だったかもしれません、同じ現象が、ほかの地震では起こらないかもしれないし、起こっても見つからないかもしれません。

ある地域の地震活動を調べ、活発化や静穏化といった現象から、大地震の予測をする試みもあります。たとえば、東北沖で地震活動が低いと指摘されていた場所が2011年3月11日の震源域に重なっているという報告があります。「地震前に静穏化があった場所だった」とわかったのは、残念ながら大地震が起こったあとです。大地震の前にこの情報を使って予知することはできません。

3月9日には三陸沖でマグニチュード7.3の「前震」もありました。これも大地震のあとから見れば、常識的に考えて、前兆現象だったといえますが、9日の時点で2日後にマグニチュード9の地震が発生すると予測はできませんでした。別の地域で同じことが起こったとしても、2日後に大地震が起こると予知することはできません。

しかし、予知につながるかどうかは別にして、観測を続けていくことは、地震の発生のおしくみを調べるために必要です。地震予知の難しさは、それが地震学だけの問題ではないからです。

大きな地震の前になんらかの異常現象(たとえば前震)が観測される場合があることは、多くの地震学者が認めるところだと思えます。ただ、地震現象の複雑さのために、それがいつも同じようには現れないので、普通の意味での予知には使えないのです。しかし、考えている地域の社会構造が比較的簡単な場合、あるいは地震の発生が社会的にきわめて重大な影響をもつ場合、あたらないことがある程度、覚悟の上で予知を出すという考えも成り立つとは思えます。ようするに、あたらない場合の損害が比較的少ないか、あるいは、もしあつた場合には甚大な被害を軽減することができるというような場合です。

これは、短期的な予知だけでなく、長期的な予知でも考える必要があります。ある地域で将来、どんな地震が起こりうるかを考えるとします。一般に大きな地震ほど発生確率は低いと考えられます。逆に確率をどんどん小さくしていけば、考えられる地震はどんどん大きくなります。そんなに小さい確率まで考えてもしかたない、と思う人もいるでしょう。6500万年前に恐竜を絶滅させたような、隕石の落下現象を想定するようなもので、なにも対策できないのだから、考えてもしかたないという見方です。しかし、もし発生した結果が莫大な影響を与えるのであれば、まったく考慮しないわけにはいかないのではないのでしょうか。たとえば常識を超えるような地震が原子力発電所を襲ったらどうなるのか、その結果を受容できるのかどうかまで考えると、たとえ確率が低くても、起こりうることは考慮しておくべきではないでしょう。

か。その判断をする上には、質の高い、地震学、測地学的な観測や世界中に起こる地震を幅広く調べることが重要になると思えます。

さらに、このようなことにどう向き合うかは理学だけでなく社会が判断することですが、理学は判断材料を提供する必要があると思えます。

### ● 予測モデル

地震予知が難しい原因は、地震発生に影響を与える要素が多いからです。蓄積されたひずみの量、岩石の強度など、すべての要素が観測でわかれば予知できるという人がいるかもしれませんが、常識的に考えると、すべてを知ることができないでしょう。

ただし、大ざっぱなことはいえます。地震を起こすプレート境界の幅はわかります。プレートが1年にどのくらい動いて、どのくらいひずみを溜めていくかも、大まかにはわかるようになります。100年に1回、マグニチュード8級の地震が起こる可能性がある領域、といったくらいのはわかるのです。ところが周辺の地震の発生や、地震ではないゆっくりしたすべり、水の移動など、さまざまな要素で規則性が乱されるのです。

地震は、規則的で予測できる物理現象と、不規則でまったく予測できない現象が合わさった

ものと考えたほうがいいでしょう。まったく不規則だと決めつけることはないと思います。

南海地震を例にとつてみましょう。

1928年、東京大学の今村明恒教授は紀伊半島や四国沖で起こった地震を古文書で調べて、そのあたりでは大きな地震が1498、1605、1707、1854年に発生していると推定しました。津波の被害がどこでどれくらいあった、揺れて家がつぶれたといった記録から、震源はこのへんではないかとあたりをつけていく研究です。はっきりはわかりませんが、だいたいこのあたりではないかと推定しました。整理してみると、だいたい100〜120年間で大地震が発生していると考えられました。1854年に100を足すと1954ですから、20世紀の半ばくらいには、大地震が起こるかもしれないと考えて観測を始めました。すると1944年に東南海地震が起こりました。

その後、ほかの研究者がさらに古文書を調べたり震源域を推定したりして、次第に、南海トラフでは同じような大地震を繰り返すという概念ができてきました。

大局的に見れば、プレートが一定の速度で沈み込むことで次第にひずみが溜まり、耐えきれなくなつて地震が発生します。それだけ考えると規則的に地震が起こりそうです。しかし、実際には隣で地震が起これば、ひずみの溜まり方が変わるでしょう。断層に水が入つて断層の強

度が弱くなり、溜まっているひずみがそれほど大きくななくても地震を起こすかもしれません。地震の起こり方はいろいろな要素で変わるのです。地震の大きさも発生間隔もばらつきがあります。

1854年の安政地震と1707年の宝永地震の断層の長さは約500キロ、静岡沖から四国沖まで続いています。1944年の東南海地震と1946年の南海地震の断層の長さはそれぞれ150〜200キロ程度です。複数の震源域が同時に活動すると、小さいものの足し合わせでなく、もっと大きな地震になります。大局的に見れば大地震を繰り返しているが、よく見れば毎回少しずつ違うのが自然現象です。グラフにするとこのような感じですが(図7-1)。

ひずみを溜め、溜まりきると解放し、また溜めて解放するというギザギザのグラフです。プレートが沈み込む速さは一定なので、おおざっぱな規則性はあるが、周辺との相互作用などによって、溜めるひずみの量も時間間隔も少しずつ違う、乱れたグラフになります。自然現象にはどうしてもばらつきがあります。

地震の相互作用はまだまだ解明途上です。ふだんはゆっくりすべっているように見える、ある領域で、急にひずみが集中すると地震が起こります。ある場合はゆっくりすべり、ある場合は急激にすべるのです。2011年3月11日の地震で、東北沖がそのような場所であることがよくわかりました。

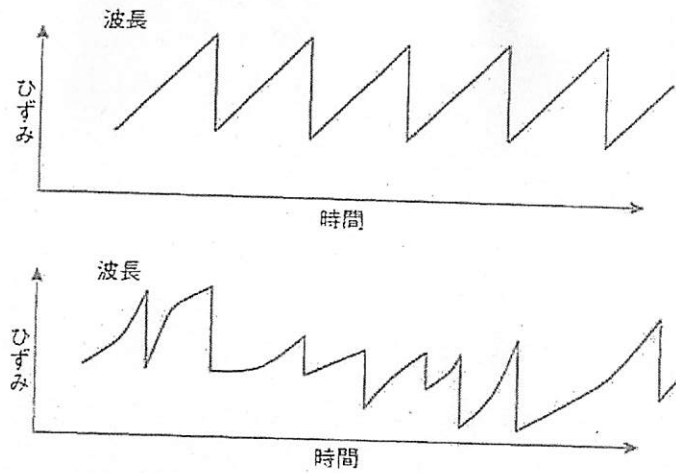


図7-1 地震の規則性  
プレートにひずみが溜まり、解放するというプロセスはある程度規則的だが(上)、周辺の地震などの影響で、間隔も大きさも乱れる。

コンピュータシミュレーションで地震予測をする研究がはやっています。コンピュータの中に仮想のプレート境界をおき、ある地震が起こってから、次の地震、さらに次の地震と、長い期間に一定の領域で発生する地震を予測する研究です。計算に必要な数値は、観測や実験でわかっているものもありますが、仮定しているものがとても多いので、仮定を少し変えると、いろいろな答えが出てしまいます。ほんとうにモデルが正しいかどうかを、検証することは難しいと思います。

### ● 長期予測

日本では、阪神・淡路大震災のあと、短期的な地震予知をめざした研究から、長期予測をめざす研究にかじを切ったといわれています。政府の地震調査研究推進本部は、海溝型や活断層の地震について、今後30年間に何パーセントで発生する、といった確率予測を発表しています。長期評価をもとに、各地点が今後30年に震度6強の揺れに襲われる確率を推定した地図も発表されました。こうした長期予測に必要な情報を出すために、観測調査研究のプロジェクトがた

くさん続いています。米国でも長期予測の研究があります。確率的な地震動予測地図もあります。日本と事情は同

じで、米地質調査所(USGS)は政府機関として報告書を出し、それをもとに防災対策がとられています。地震保険の料率決定にも使われています。これが必要だという人と、長期予測はできない、意味がないという人がいて議論になっています。

ここで問題になるのは、普通の人には地震発生確率がなにを意味するのかよくわからないことです。数字を示されたときにどう対応したらいいのかがわからないので、地震発生確率が示された地図をもらっても困ると思います。地震の相互作用があるため、精密な地震の発生予測はできません。相当な不確かさがあり、限界があることを忘れてはいけません。正確に地震が予測できないと考えたときに、ではなにをしたらいいのか、と考えることが大切です。

### ●地震学の成果

ある地域でどのような地震が発生する可能性があるかは、だいたいわかってきました。発生する可能性がある地震の複数の「シナリオ」を作っておくことは、防災計画の策定、長期的な土地利用計画、建築基準の設定などに役立ちます。

可能性のある地震発生のタイプについては、過去にその場所で起こった地震が最も参考になります。地震のような長い時間間隔で起こる現象に対して、近代観測の記録はわずかです。古

文書や地質に残された記録も参考になります。地震は日本だけでなく世界で起こっているのですが、ほかの場所をよく調べて学ぶことも必要です。インドネシアのスマトラ島沖で1907年に起こった地震や、2010年のメンタワイの地震は、2011年の東北地方太平洋沖地震と似た性質をもっていました。このような地震のことを知っていたならば、東北沖で同じことが起こってもおかしくないと推定できたと思います。研究成果をそのまま防災に組みこむことは難しいかもしれませんが、なんらかの形で生かす道はあるのではないのでしょうか。

たとえば、GPS観測や、基礎研究の結果をもとに行われた長期的な予測通りに地震が発生した例が出てきました。

2010年にチリ地震が発生しましたが、フランス、チリ、ブルガリアの研究者のグループはこの地域の地震発生を予測した論文を2009年に発表しました。

175年前に地震が起こった場所でひずみが蓄積し続けていることをGPS観測で見つけたのです。プレートが年間に沈み込む速さの170年分をかけると約10メートルでした。近い将来に地震が起こると10メートルすべると予測されました。10メートルすべるとすると、このすべりの起こっている地域の大きさから考えてマグニチュード8・5程度の地震発生のおそれがあると推定しました。2010年にはほぼ予測どおりに地震が発生しました。



金森博雄 (かなもり・ひろお)

1936年東京生まれ。理学博士。59年東京大学理学部物理学科卒。同大学院進学ののち、66年東京大学地震研究所助教授、70年同教授。72年米カリフォルニア工科大学教授、85年米国地震学会会長、90年カリフォルニア工科大学地震研究所長(～98年)。おもな著書に『地震の物理』(岩波書店)がある。米国地震学会賞(92年)、朝日賞(93年度)、日本学士院賞(2004年度)、文化功労者(06年)、京都賞(07年、基礎科学部門)など受賞多数。

[構成]

瀬川茂子 (せがわ・しげこ)

AERA 編集部副編集長。1985年東京大学理学部卒。米マサチューセッツ工科大学科学ジャーナリズムフェロー、科学朝日編集部員、朝日新聞科学医療部員などを経て現職。共著に『脳はどこまでわかったか』(朝日選書)、『IPS 細胞とはなにか』(講談社)、『IPS 細胞大革命』(朝日新聞出版)など。

林 能成 (はやし・よしなり)

関西大学社会安全学部准教授。理学博士。1991年北海道大学理学部卒。JR 東海勤務を経て、2001年東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。独立行政法人防災科学技術研究所、名古屋大学災害対策室助手、静岡大学防災総合センター准教授等を経て現職。専門は地震学、地震防災。

朝日選書 912

## 巨大地震の科学と防災

2013年12月25日 第1刷発行

著者 金森博雄  
構成 瀬川茂子／林 能成

発行者 市川裕一

発行所 朝日新聞出版  
〒104-8011 東京都中央区築地5-3-2  
電話 03-5541-8832 (編集)  
03-5540-7793 (販売)

印刷所 大日本印刷株式会社

© 2013 Hiroo Kanamori, The Asahi Shimbun Company, Yoshinari Hayashi  
Published in Japan by Asahi Shimbun Publications Inc.  
ISBN978-4-02-263012-4  
定価はカバーに表示してあります。

落丁・乱丁の場合は弊社業務部(電話03-5540-7800)へご連絡ください。  
送料弊社負担にてお取り替えます。