

第3章

東日本大震災を踏まえて

第3章 東日本大地震を踏まえて

はじめに

地震調査研究推進本部（地震本部）が発足してから20年が経ちます。本資料集は、主に最近10年間について取りまとめたものではありませんが、地震調査研究の発展は10年という時間で区切られるものではありません。この特集では、これまで様々な調査研究に実際に取り組んで来た方々に、10年という時間に捉われることなく、その一部を紹介していただきます。

また、最近10年の間に代表される地震として、東北地方太平洋沖地震がありました。これまでに経験したことのない大災害をもたらしたこの地震により、地震本部は深い反省を迫られるとともに、多くの教訓を得ました。地震の調査研究に携わる者一人一人にとっても、その使命を改めて考えるきっかけになりました。

ここでは、地震本部の委員会の委員の方々をはじめ、幅広い分野の方に、各々の立場で、地震調査研究に対する思いを述べていただきました。この特集が、今後の地震調査研究の更なる発展を考える契機となることを期待します。

※各著者の思いを最大限尊重するため、原則として各著者から寄せられた原稿をそのまま掲載しております。そのため、これから御紹介する内容は、地震本部及び同事務局の見解と異なる場合があります。

座談会	地震調査研究推進本部20年の資料集における座談会	
寄稿1	地震学の知見の一般社会への伝達と還元	カリフォルニア工科大学 名誉教授 金森 博雄
寄稿2	東北地方太平洋沖地震前後の日本地震学会の取組	(公社)日本地震学会 会長 加藤 照之
寄稿3	地震調査研究推進本部は覚悟を持とう	(独)産業技術総合研究所地質調査総合センター 活断層・火山研究部門 総括研究主幹 小泉 尚嗣
寄稿4	最新の科学の知見で防災を進化させる	(株)危機管理教育研究所 代表 国崎 信江
寄稿5	緊急地震速報の過去・現在・未来	気象庁地震火山部管理課 地震津波監視システム企画調整官 東田 進也
寄稿6	海上保安庁の海底地殻変動観測	海上保安庁海洋情報部技術・国際課 地震調査官 石川 直史
寄稿7	地震調査研究推進本部地震調査委員会の抱える課題と今後の展望	京都大学防災研究所 准教授 宮澤 理稔
寄稿8	間違った学説に頼るな	東京大学大学院理学系研究科 教授 ロバート・ゲラー
寄稿9	地震調査研究推進の20年に寄せて	静岡県危機管理監 岩田 孝仁
寄稿10	20年間を振り返って	京都大学防災研究所 教授 中島 正愛

座談会

地震調査研究推進本部 20 年の資料集における座談会

東日本大震災の教訓を生かし、 原点に立ち返り調査・研究の守備範囲を拡大

地震本部の発足から 20 年という機会に、地震本部を長く強く支えてこられた 5 名の委員にお集まりいただき、座談会を開催しました。日頃の会議等では聞くことのない大変貴重な御意見や思いをお話いただきました。

●開催日：平成 27 年 3 月 4 日

●出席者

長谷川 昭	東北大学名誉教授。政策委員会委員（総務部会長）、地震調査委員会委員。
阿部 勝征	東京大学名誉教授。前地震調査委員会委員長。
本藏 義守	東京工業大学名誉教授。地震調査委員会委員長、政策委員会委員。
河田 恵昭	関西大学社会安全研究センター長。政策委員会委員。
平田 直	東京大学地震研究所教授。政策委員会委員、地震調査委員会委員。

阪神・淡路大震災と東日本大震災

【長谷川座長】今日の座談会は、20 年を振り返って、特に直近の 10 年にフォーカスしていただければと思います。ここ 10 年の間には、東日本大震災がありました。我々はどうのように反省すべきか、教訓をどう生かしていくかという点について、お話ししたいと思っています。

【阿部】まず、我々にとって大変衝撃的だったのは、20 年前の阪神・淡路大震災でしょう。関西の人の間では、関西には大地震は起きないという思い込みがありました。しかし、地震の研究者としては、関西にも大地震は起こると言ってきたという思いがありました。それが関西の人に伝わっていなかったのです。そのギャップを埋めなければいけないというのが、一番大きな原点だったと思います。そのために地震本部ができて、政府として一体となって取り組んでいくことになったわけです。

例えば、地震の観測のために基盤的地震観測網として、地震計や、GPS (GNSS) の整備が進み、日本に各 1,000 点ずつできるという、国際的にもこれまでにないことが日本で起きたわけですね。それにより、地震や地殻変動の研究が大いに進められてきました。数々の新しい現象も分かってきました。例えば地下で起こる、ゆっくり滑るような現象は現在も観測されているわけですが、そのようなデータから、将来的には、地震の予知、予測という研究につながっていく可能性も見えてきています。そういう意味では、大変大きな成果がありました。

【本藏】地震本部ができる前に比べたら格段に進歩しましたよね。それまでは主として、国のプロジェクトとしては地震予知研究計画によって、いろいろな観測網の整備や観測を行っていました。

【阿部】阪神・淡路大震災以降は、地震本部関連において、「予知」という二文字が全て「調査研究」という四文字に置き換えられてしまいました。これは私も含めて、当時の地震研究者にとっては、大変衝撃的なことでした。そして、震災以降の地震調査研究の大きな動きとして、「長期評価」という長期的な視野に立った地震の確率評価や、「強震動評価」といった揺れの強さを評価することに重点を置いて、地震本部が調査研究を進めてきていることがあります。また、余震の発生確率は出せるようだから、それを国としてまとめられないかということで、私が「余震確率評価手法検討小委員会」の主査になって取りまとめたりもしました。現在もそのような手法で、地震を評価しているわけです。



(写真：左から、阿部先生、本藏先生、長谷川座長、河田先生、平田先生)

【平田】もう一つ、「活断層」が阪神・淡路大震災の後、非常に重要な概念になりましたね。それまでは、地震の研究の間では、ほとんど使われない言葉でした。一般の地震学者は、地震は地下で起きるものであり、ときには地表に現れることもある、という程度にしか思っていないませんでした。しかし兵庫県南部地震では、六甲の断層系と淡路島の断層が明確に動いたということが分かり、活断層の研究が地震の研究にとって非常に重要であるということが認識されました。地震本部の基盤的調査観測研究の中でも、活断層の研究が大きく取り上げられました。

【本藏】地震本部ができてからは組織的に調査を始め、阪神・淡路大震災の後は活断層についても国民に広く伝わりましたね。その意味でも、この地震本部の果たした役割は非常に大きいと思います。

【平田】それが最終的にハザードマップとなるわけですが、**地震動予測地図**にまとめられたというところは、やはり地震本部ができたからこそだと思います。

【阿部】そして2011年3月11日に、東日本大震災が発生しました。しかし、このとき地震本部では、反省や教訓を得ようといった動きがなかったように思います。それはなぜか。ほかの防災機関は、防災対策を立てて国民に情報を提供している一方で、地震本部は、防災という考えが前面には出てきていないためではないでしょうか。個々の研究者が反省するのは当然ですが、その上に、その研究者により成り立っているのが地震本部ですので、全体としては反省する必要がないということだと、私は理解していました。今後の検討に生かしていけばそれで良いという考えがあったのではないかと思います。しかし、やはり防災、減災ということを目指している地震本部としては、今回の地震を受けて大きく反省をして、そこに教訓を生かしていかなければならないだろうと、私は考えています。地震本部としては、東日本大震災のような大規模な災害を予測できなかったということが反省であり、そうであってはいけないということが教訓です。国として防災の一翼を担っているという気概を持って、今後進めていかなければならないと思います。

【本藏】地震本部の反省として、東日本大震災までは津波はほとんど検討されていなかったことがありました。地震調査委員会にも、長期評価と強震動評価についての部会がありますが、津波評価の部会はありませんでした。それが決定的に欠けているというのが東日本大震災を受けた教訓です。そこで、海底観測の強化によって、津波に備えようと、津波評価部会ができたのですが、まだ目立った成果は出ておらず、もう少し待っていただくしかないかなと思っているところです。また、海溝型地震の長期評価が適切ではなかったことも、我々にとって痛切な反省です。ただ、海底ケーブルの津波計を使った予測や、GNSS観測網を使った震源域の広がり予測が、津波の即時予測という形で進み始めています。まだ始まったばかりということになるかもしれませんが、今後、それらは更に進むだろうと思っています。地震本部発足から20年たちましたけれども、やはりこの法律ができたおかげでここまで来たのかなと思います。

【長谷川座長】それでは工学的な側面から河田さん、どう見えたでしょうか。

【河田】今から35年ほど前、ちょうど私が津波の計算を始めたころですが、災害対策基本法で地域防災計画を作るときに対象になる災害というのは、明治以降大きな被害のあった災害が中心でした。ですから、例えば大阪府や兵庫県、あるいは大阪市、神戸市の地域防災計画の対象となる災害に、1946年の昭和の南海地震は入っていませんでした。

当時は、東海地震説があり、東海、東南海、南海が連動するということは誰も言っていませんでした。関



阿部先生

西の人は、地震が起こるとしたら東海地震であるという認識でいましたので、阪神・淡路大震災が起こったときに、なぜ関西で起こったのかと思ったわけです。

京大防災研究所が昭和 25 年にできてから、随分長い歴史はあったのですが、やってきた研究成果が難し過ぎて、全然自治体の人に理解されていなかったのです。それまでずっと、住民にその情報を分かりやすく伝えるという努力はやっていませんでした。英文誌に論文を出すことが研究目標になっていましたから。

【平田】 理学においても、兵庫県南部地震が起きたとき、全国の研究者が集まって研究をしたのですが、皆が整合的に協力してできたかという

と必ずしもそうではなかったですね。普通の研究と同じで、一種の競争になりました。特に理学の研究者は、阪神・淡路大震災ではなく、あくまで兵庫県南部地震の研究をしていると思っていた人がほとんどでした。

その頃、神戸では防災活動上非常に重要なイベントが幾つもあり、当時も話として聞いてはいましたが、私も実態については無頓着でいました。地震が起きたらすぐに機材を持って観測をするという教育を受けていたので、その準備はしていましたが、それが災害であり、被害を少なくするにはどうすべきかについては、深く考えていませんでした。

【河田】 阪神・淡路大震災が起こった後、防災研究の国際化として、アメリカと共同で大きなプロジェクトを始めたのですが、そこに地震をやっている理学関係の方たちが加わり、初めて双方向の交流が始まったというのが現実です。私のテーマは都市災害でしたから、地震本部も、私の研究の中心にあるというより、ハザードとしての地震をしっかり総合的に取り扱ってくれるところがあったという思いでした。

それから、緊急地震速報の話もありますね。運用開始の 3 年前に、文科省のフロンティアの研究で出てきたのです。私は当時、文科省の科学技術・学術審議会の防災部会の委員をしていましたが、そのとき、社会での活用方法がしっかり考えられていなかった。だから、初めからユーザー側の意見も反映して開発するようにと、開発と同時に利用するための協議会が立ち上がりました。そうして、緊急地震速報が開発されるとともに、鉄道会社や保険会社、百貨店や病院など、様々な人にどう使うかを一緒に考えていただいたので、すぐに実用化に入り、急激に普及していきました。

その後も随分改良されていますが、本当に実社会の中で、例えば避難訓練にこれを使うなど、いろいろな形で応用されていますので、使う側のことを考えて開発されたインパクトのある成果として、緊急地震速報は非常に良い例だと思います。私は地震本部ができて、何が一番社会に貢献しているかというところ、この地震の特性を生かした測器を開発して、それを実社会のいろいろなところで使ってもらっているというところにあると思います。

【平田】 そういうことをしっかり検証する仕組みが必要だと思います。河田先生がおっしゃったことに私も賛成で、緊急地震速報を技術として開発すると同時に、それをどう使うかということも検討されたということが重要だったのであり、地震動予測地図や長期評価など、地震本部がやっている様々な研究がどう社会に使われるかということ、同時にやっていくということは非常に重要なことです。

20 年を振り返ってみると、地震の調査に関する総合化が、やはり地震本部ができたことによって成し遂げられたと思います。ただ、それには限界があるというのは阿部先生の御指摘のとおりです。日本では、地震の研究というと地震そのものを研究することが重要だと思われています。東大地震研究所の設立の経緯を考えても、震災の被害を少なくすることは非常に重要なモチベーションではありましたが、研究者は、防災・減災に地震学が役に立つということを本気で考えていなかったというのが、正直なところ。不十分ながら、少しずつそういう方向になってきたのは、この組織ができて、オールジャパンで研究をしていくところがあったからだと思います。

地震動予測地図を 10 年かけて作ると地震本部が最初に約束をして、北日本限定版がちょうどできた後に、平成 15 年の十勝沖地震がありました。このとき、当時確率の高かったところで十勝沖地震が起きました。そ

これは私にとっては衝撃的で、10年かけてやる価値があったと思ったわけです。実際に海溝で地震が起きるということ、一定のデータに基づいて国として言えたということは、特筆すべきことだと思います。その後しばらくは、実例となる海溝型地震が、その1個しかなかったという問題はありませんでしたが。また、緊急地震速報に代表される社会への活用方法の検討が、やはり少し足りなかったということはあると思います。もちろん不十分なことはまだいろいろありますが、これがなかったことと比べればはるかに進展したと思います。



河田先生

地震本部の役割と関係機関との連携

【本蔵】地震本部が発足した当初から、政策委員会などの場でよく言われていた一番の問題は、地震本部の所掌範囲というのはいくつどこにあるかということです。地震防災対策特別措置法には詳しく書かれておらず、地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進とあります。これを狭く読むと、いわゆる地震観測や地殻変動観測、活断層の調査をやることと見えますが、地震防災対策特別措置法ですから、それだけであるはずがありません。具体的な防災にどう寄与していくのかという点が背後にあるのは当然ですが、その背後たるものが、どこまでなのかを、20年ずっと悩み続けてきました。

地震本部の活動全体を規定しているのは、「総合的かつ基本的な施策」（総合基本施策）です。しかし、この総合基本施策が公表されたのが平成11年4月。特別措置法が制定されたのが平成7年6月ですから、何をやるのかについて、議論に4年間を要したということだと思います。憲法に相当する総合基本施策がまずあって、そこからいろいろな法律（計画）を作っていくのが普通の流れなのですが、そのような形になっていなかったわけです。これに先行して、「総合的な調査観測計画」の策定が行われました。最初の「基盤的調査観測計画」の報告が出されたのが、平成9年。措置法の制定から2年を出しているわけです。つまり、狭い意味の地震に関する観測、測量、調査、研究を受けたものが先行して動き出したということです。

【平田】阪神・淡路大震災の当時は、それぞれの大学あるいは機関が別々に調査や研究を行うという状況でしたが、地震本部ができた後に、Hi-netあるいはGEONETが国の基盤観測としてできて、大学の地震観測がそれと相補的に研究ができるようになったことは一番重要な点です。1965年からやっていた地震予知研究計画の中では到底実現できなかったことが、地震本部の施策によって実現できたということです。

【本蔵】総合基本施策の策定から10年後に見直しがあり、基盤観測計画についても見直しがありました。そして、東日本大震災の後にも再度見直しを行ってきたわけですが、基本的には最初に作った総合基本施策から大きくは変わっていません。これは、最初に作ったときに、相当いろいろな角度から検討しており、非常にうまくまとめられたということです。

最初にできた総合基本施策には、地震に関する観測、測量、調査、研究だけでなく、地震調査研究の推進とその基盤整備、広範なレベルにおける連携・協力の推進、地震防災工学研究の推進と地震調査研究の連携促進、成果の活用にあたって必要とされる国民の理解のための広報の実施、あるいは地震調査研究の成果の活用による国の役割と地方公共団体の役割への期待という形で広く盛り込まれており、地震防災対策側からの要請で地震調査研究を推進するという形にもなっていますが、とても全てを負うことはできません。普通の学術的な意味での調査、観測、研究だけで済む話ではないのは当然で、成果がどこかに橋渡しされて、それが生かされなければいけないわけです。例えば中央防災会議が司令塔で、地震防災に関する全てのことを取り仕切って、その全体像の中で調査研究部門が地震本部であり、その成果がこのように伝わっていくという姿を描けると、我々としても非常にうれしいのですけどね。

【阿部】我々として気を配らなければいけないのは、気象庁や内閣府のように、地震防災に関した機関がほかにもあるということです。気象庁では阪神・淡路大震災以降に計測震度を導入し、2007年には緊急地震速報を出すようになりました。それに基づいて、まずは身の安全を守ろうという防災の動きもありました。東日本大震災後には、地震の規模が決まらないくらい大きな地震が起きた場合の、津波警報の発表方法を変えまし



本藏先生

た。

内閣府の防災担当は、2001年の省庁再編によって誕生したわけですが、地震モデルを設定して被害予測をするという方向を決めるとともに、被害を減らすためには、防災対策を講じなければいけないので、防災・減災対策大綱や地震防災戦略を作り、期間と目標を掲げて、例えば10年で死者を半減させるにはどのような戦略をとったら良いかを検討すると決めたわけです。そして、まずは想定東海地震を行い、次に南海トラフ地震や首都直下地震、日本海溝で起きる地震というように、日本全体の被害予測を進めていきました。東日本大震災の後は、科学的に考え得る最大クラスの地震を想定し、その被害予測を行って、想定外をなくするという方針を打ち出しています。

【河田】内閣府ができ、中央防災会議の下に専門調査会が発足し、私はその委員を15年やっています。決して排他的ではありませんでしたが、地震本部の取組とのマッチングは全く行われませんでした。地震本部とは別に、内閣府で独自に評価をやっていたわけです。

そのような中、一番反省したのは、東日本大震災でした。今では、中央防災会議の専門調査会の動きは、事前に地震本部の結果と調整するという作業が当たり前になっていますが、東日本大震災が起る前は、地震本部はハザードをどう精緻化するかというところに特化し、専門調査会の方は防災・減災で、被害をどう減らすかというところにありました。東日本大震災の後、2つの組織の動きはマッチングしている状態になったと考えています。今は結構うまくいっているのではないのでしょうか。

【阿部】たしかに、以前は連携が全然よくありませんでしたが、東日本大震災が起きる直前から、連携を取り始めました。例えば、国土交通省が日本海の津波対策のために地震モデルを作るときに、内閣府と文科省が加わりました。最大クラスの地震と津波を想定するときには、内閣府と文科省は手を組みました。このような連携がもっともっと深まり、国のために良くなるような方向で進んでいただければ。

【河田】今はそういう方向ですよ。

【阿部】ええ、大変良いことだと思います。

【本藏】地震本部と内閣府が同じことをやるというのは意味がないので、互いに協力してやるべきですね。内閣府には被害想定など力を入れるべきところがあるはずなので、地震本部としてもできるところは協調したい。例えば共通の地震モデルを持ちながら、内閣府は防災対策に向けてそのモデルから進んだ方が良いと思います。

【長谷川座長】20年前に比べるといろいろな意味で良くなっていると思います。地震本部と内閣府の問題もそうでしたが、当時は同じように、地震予知研究計画と地震本部の関係も、相互に受け入れられないという状況がありました。両方の会議に同じ委員が出ているというケースもよくありましたが、それぞれで議論したことに全く調整がなかったですね。特に典型的な事例として、予測のデータあるいは被害予測データが全く別個に出てくるという状況があったのですが、20年たってようやく良くなってきました。

一方で、地震本部の役割や守備範囲が、中央防災会議の中において明確に位置付けられていれば、地震本部はその明確なミッションに基づいて検討を進めていくことができると思いますが、まだそういう形には至っていませんね。

地震調査研究の成果の普及について

【長谷川座長】次に、成果普及についてもお話を伺いたいと思います。これは地震本部の5つのミッションのうちの一つであり、20年前に比べると非常に進展してきたと思いますが、阿部さんが永遠の課題とおっしゃるように、地震本部の中にまだ多くの課題があります。

【阿部】一番大事なのは、国民から地震本部というものがあると知ってもらい、知名度を上げることだと思います。今でも、地震調査委員会があるにもかかわらず、世の中の人々は地震予知連絡会が言っていることと思

っています。それほど地震予知連絡会というのは社会に染み渡っているのです。それを変えていくことが大事だと思います。

政策委員会のメンバーは、社会学や工学、その他様々な分野から、非常に幅広く人選しています。そこでの議論は、決まるものは決まるけど、決まらないものは決まらないと思っています。そこから生まれたのが総合部会だと思うので、総合部会の役割は非常に大事です。

地震本部には広報担当がいませんが、20年前の原点に戻って、国民に普及するためにどのような啓発活動をするべきかを、広報担当を中心に、マスコミのニーズに合った広報体制をとってはどうかと考えています。



平田先生

【本蔵】 成果を社会に活かす部会や総合部会などで議論を聞きましたが、専門的などころは地震調査委員会です。地震調査委員会の委員は、率先して、地震本部の外に出ていけると思うのです。一般向けというよりは、自治体の防災力を高めるための、広い意味で人材を強化する必要がありますし、そういったところに向けて、我々が持っている知識を普及していくことです。先日も内閣府の防災スペシャリスト養成研修で講師をやったのですが、なぜ確率評価なのか、確率とはこういうものであると伝えれば、分かってくれる、そういう感触を得つつあります。

我々が出す防災情報は、一方的な受け身で受けてもらう種類のものではないと思います。それをどうするかは受けた側が主体的に考えなければいけません。避難をすべきか否かということまでは我々の情報だけでは言えません。しかしそれでも情報を出す。そのときに、情報を受ける側と、情報を出す側のコミュニケーションが必要だということが、私の印象です。

一方で、地震本部の活動によって、どこまで地震防災、津波防災に貢献しているのかという点については、正直申し上げて、少し不安な面が残っています。これは地震本部の出している成果をどう活用していくのかということについて、具体的にそれを国民レベル、自治体レベルにおろしていく機能が、私にもよく見えていないからです。一言で言うと、連携が不十分だということだと思うのですが、ただ連携すれば良いというものでもないですから。具体的にどのように成果が活用されていくのかを、そろそろ本格的に検討しなければいけない時期に来ているのかなというのが、私の印象です。

【河田】 例えば国土交通省にはリバーカウンセラーというのが一級河川ごとにいます。地震本部でも、地区ごとに、地元のことを説明できる委員を地震本部で指定するのはどうでしょう。そうすればメディアも、あの先生に聞いたら良いと分かり、共通の理解ができますから。

【阿部】 地方の委員は地方に責任を持つように、体制を作るということが大事でしょうね。

【河田】 そうすると地方と地方につながりますね。私は今、大阪府や兵庫県の防災対策の委員長をしているのですが、国や県によって算出される値が違うのです。それを説明するために、地方の先生方にその地方の担当になっていただくのが良いと思います。

【本蔵】 地震本部の広報も一つの目的ですよという意識はしっかり持ってもらいましょう。

【長谷川座長】 ところで、南海トラフの地震が起きたとき、あるいはその前に、地震本部としてどのような対応ができるかという議論をしていました。東日本大震災が起こる前のことです。

【阿部】 重要な観点ですね。

【長谷川座長】 その中で、東南海地震だけが起きて南海地震が連動して起きなかった場合、つまり未破壊領域が残っているという状況において、地震本部として対応できることがあるのではないかと議論をしていました。もういつ起こってもおかしくないという状況だということは言えるかもしれませんが、問題はいつ起きるのかです。しかし、予測するには実力ははるかに及ばないということでした。一方で、従来だったら、地震が起きて、次の地震が起きるまでは、小さい地震がどのように起こったかという程度の情報しかありませんでしたが、今ではDONET（地震・津波観測監視システム）とかS-net（日本海溝海底地震津波観測網）というケーブル式の観測網もできてきて、地震後の余効すべりなど、プレート境界におけるゆっくりすべりの時空間発展の様子が恐らく分かるようになります。そこに地震学は近づいてきた気がします。予測は難しい



長谷川座長

にしても、現状がどうなっているかが分かれば、心の準備はできるようになると思います。すぐには予測できないわけですので、現状を少し詳しく説明する、そのようにすれば多くの人たちが興味を持ってくれる気がします。

【阿部】調査委員会は、データを一元化したわけですから、想定東海地震は起きましたけれども、西側の地下の状況はこうですという現在の状況を、丁寧に発表していく役割を持っているのではないかと私は思います。

【本蔵】そうであれば良いのですが、どの情報をどのような形で出すのかについては、我々には不慣れです。しかも、極めて曖昧な情報で、それを受け取った側には、そんな曖昧なことでは困ると必ず言われます。し

かし、本当に防災をやるとすれば、我々も、国民や自治体もその状況に慣れるしかありません。そのような体制をまず作っていかねばなりません。

【長谷川座長】国民が安心するために、やはり情報は必要ですので、そのときにどのように対応するかという議論をしてきたわけです。今は、現状が分かるようになってきているので、そういう情報をどう出したら良いかという検討を始めた方が良いのでは、という気がします。

【本蔵】賛成です。やり始めるということですね。

【平田】それを情報として本当に出せるかどうかという研究は、まだまだ不十分です。政策委員会や総合部会、あるいは調査委員会で、今の研究の最先端がどこまであるかというところを把握した上で、世の中にそれをどう使うと良いかという、総合的な研究もしなければいけない。それも地震本部のやるべき研究です。

【河田】地震本部から出す情報も、確定ではなく、リスクを持っていることを前提とすれば、自治体の防災担当者も、その情報をどう使うかという立場で考えていただけるはずで。情報の受け手が、それをどう使うかは本人の責任だという方向に、これから持っていくべきだと思います。

【長谷川座長】実際、今の学問でどこまでいけるのかも含めて、調査委員会系と政策委員会系と両方で議論を進める必要がありますね。もう少し踏み込んだ情報が出せるかは、いずれ東南海、南海のときに問われると思います。東日本大震災が起きて、学問として未熟であるのは反省すべき点ではありますが、東日本大震災が起きて理解が進んだわけです。そういう中で、次の東南海、南海を見据えたとき、地震本部としてどのように進めていくかをもう一度考えて、具体的に検討するという方向ができれば良いと思います。

【河田】今後、首都直下地震や南海トラフの地震が仮に起こったとき、起こった後にどうするかを考えておかないといけないですよ。起こることだけが地震本部の成果ではありません。起こったからの推移について、地震本部がどのように情報を出していくのかをあらかじめ考えておかないと。

【長谷川座長】東日本大震災の教訓を生かし、原点に立ち返って、特にその辺りを、審議を重ねて準備をしておくことですね。次の地震が来てからでは遅いからです。

地震本部の目指すべき方向

【平田】少し違う観点からお話しますと、津波については、我々は2004年にインド洋大津波も経験していたわけですね。しかしあのときは、それほど真剣には考えなかったという事実があります。地震本部はやっぱ国内だけに固執しすぎているように思います。もう少し世界に目を向けるということが必要で、その仕組みを少し考えていくべきです。例えば米国地質調査所や、ヨーロッパで類似の研究している機関との組織としての交流が必要だと思います。

【本蔵】あるいは、地震調査委員会の記者会見を外国記者クラブでやったらどうかと思います。

【長谷川座長】検討したら良いのではないのでしょうか。国際化も重要であると思います。

【河田】少し新しい取組も紹介したいと思います。国でやっている防災研究がばらばらなので、効率的な枠組みにできないだろうかということで、内閣府でワーキンググループが立ち上がり、私が座長を務めています。

これは地震本部の成果普及にも関わる話で、地震本部がどの部分を担うのか、どの研究成果をいつ使ってもらえるのかということの合意を得ておかないといけないのだと思います。もちろん最終的には地震防災、被害を少なくするということになるのですが、地震本部の成果がそこに直接結びつくというのは難しいと思います。ですから、知識とか教訓として地震本部から出す情報が、防災・減災のどの部分を担うのかということは、少しコンセンサスが要るのではないのでしょうか。

【本蔵】 私も(独)科学技術振興機構でプログラムオフィサーなどを務めるなかで、見えてきた一つの姿があります。大抵の人は自分たちの調査研究が目的ですが、それを社会実装せざるを得ないとすると、例えば洪水ならば国土交通省といったように、関係する省庁や自治体などとコンタクトを取らなければできません。そのとき、基本となるのはやはりハザードであり、まず評価ですが、それで終わらずに、避難訓練に使う、あるいは関連する施策に生かすというように、やらなくてはいけなくなっています。それを皆がやり始めれば、ひな型ができて、自然と所掌を、徐々に感じるようになっていきます。それを体系的にやるということに、私は大変期待したいのです。そうしてプロジェクトごとに動き出しているのを見たときに、地震本部としてはどうあるべきかという部分を、ずっと悩んできました。

1つの解決策ですが、地震本部が防災に少しずつ手を伸ばしていき、ほかのところも同じように手を広げていけば、全体として、その姿が見えてくるのではないかという期待があります。

【長谷川座長】 プロジェクト研究であれば、そういうところでどうするかというのは、かなり参考になりますね。

地震本部として、今まで良くなってきましたが、どうやればこの先更に良くなるかという観点からいかがでしょうか。

【平田】 日本の地震学は1965年から、あるいはもっと前からの地震予知研究計画に基づく蓄積がありました。それまでの蓄積があって、地震本部の施策、基盤的な調査観測などが成立したのだと思います。

地震本部の最終成果である全国地震動予測地図は、東日本大震災を起こした地震に適用できなかったという強い批判があり、その後、考えを大きく変えて改訂したのは事実ですが、やはり20年たって、基本的な知識の蓄積を、簡単に言えば使い尽くしてしまったわけですね。それを補うためには2つの方法が必要だと思います。一つは、基礎的にちゃんと地震や津波のことについて研究を進めることです。もう一つは、我々のそもそもの目的が何なのかに立ち戻って、今ある知識をどう防災に役立てるかというところで、調査・研究の守備範囲を広げることです。防災にもっと近いところの研究と、連携を強化するための研究をもっと明示的に進めることです。今の地震本部でも、社会科学系の研究も含めたプロジェクトがいくつかありますが、より強化する必要があると思います。

地震本部は、国の要請に基づいた研究をしなければならず、国の要請に基づいてその応用研究までを担うのですが、基礎研究のところも強化する必要があると思います。これまでは、測地学審議会や測地学分科会でやっていた地震予知研究が、その役割を担っていたわけですが、今の新総合基本施策では、それを基礎研究として位置付けて、それを利用することが明示されているので、ここをもう少し組織的にやって強化していくことが必要だと思います。また、中央防災会議やその他の防災組織や災害科学の機関と連携する方法を、もう少し組織的にやっていく必要があります。やはり20年たったところで相当変えていく必要があると思っています。

【長谷川座長】 守備範囲の問題があり、中央防災会議、地震本部あるいは地震予知研究計画をやっていた測地学分科会が、違う組織として成り立っていました。それらをうまく全体の枠組みの中にはめようという努力があって、20年かけてそれぞれの役割分担や所掌範囲が今の姿になったということでしょう。

基本は組織にあって、政府の組織がこうなっているために各組織の中で動いているということだと思うのですが、それを一体化した方が良くということであれば、そういう方向に持っていくために意見を言うということは重要だと思います。現に20年かけてここまで来たのですから、良い方向に持っていくために皆で声を上げていきましょう。

寄稿 1

地震学の知見の 一般社会への伝達と還元



カリフォルニア工科大学
名誉教授 金森 博雄

1. 最近の進歩

ここ 50 年ほどの地震学の進歩には目覚ましいものがある。GPS や衛星観測によって、地殻ひずみがある地域にどの程度たまってきたかが分かるようになった。ただし、ひずみの絶対値は測れない。また、広帯域地震観測により大地震の際にひずみが時間、空間的にどのように解放されたかが分かるようになった。ひずみの蓄積と解放は地震現象の基本的な過程であるから、これがわかれば地震の予測ができそうに思えるが、実際には、地震のような自然現象は非常に多くの要素の間の相互作用で支配されているので、いかにモデルや観測が進んでも、そのような予測には、大きな不確定さがあることは避けられない。ある意味では最近の地震学の進歩によって、どうして不確定さが大きいかがより良く認識されるようになったともいえる。

2. 地震の予測

プレート運動が早く、プレート境界の構造が比較的簡単などころではかなり正確な予測ができた場合もある。例えば、2010 年のチリー地震については、フランスのグループなどが優れた論文を発表している¹⁾。彼らは GPS 観測によって、チリー西海岸の 175 年前に地震が起こった場所（ダーウインギャップ）で、ひずみが蓄積し続けていることを見つけた。GPS の結果から 12m のすべりが「蓄積」していることがわかり、このすべりが近い将来に一度で起これば M8.5 程度の地震が発生する可能性があるとして 2009 年の論文で予測した。実際は少し大きかったが、Mw8.8 の地震がほぼ予測通りの場所とメカニズムで 2010 年 2 月 27 日に発生した。また最近起こった 2012 年のコスタリカの地震についても同様な予測が行われた。ここでの、ひずみのたまり方から、Mw7.5 以上の地震が起こる可能性があるとして 2004 年ごろから 2012 年にかけて予測された^{2) 3)}。実際に 2012 年 9 月 6 日に Mw7.6 の地震が、予測されたとおりに起こった。しかし、この場合でも、その不確定性を定量的に知ることは困難である。

もう一つの困難は、地質現象や地震現象のタイムスケールと我々の生活のタイムスケールが大きく違うことである。最近の地球科学の進歩により、例えば日本列島近辺での地震がどのような物理過程によって起こっているかはかなりよく分かってきたので、地質学的タイムスケールでの予測はできても、地震のような突発的な現象を我々の生活のタイムスケールで正確に予測することは困難である。これは、長期的な天気予報はかなり正確にできても、何時何分何秒に雨が降り始めるかを正確に予測するのが難しいのと同じことである。

3. 予測の評価

このような予測には不確定さが示されていないので、成功か不成功かを定めることができないので、意味がないという考えもある。しかし自然現象は複雑であり、いつも簡単に白か黒と判断できるわけではない。重要なことは、これらの研究が、しっかりした科学的方法によって行われ、多くの科学者が納得のいくような経過で物事が進行したということで、必ずしも全ての人が成功と思う必要はない。実際に、2014 年 4 月にペルーとチリーの境界付近で起こった地震 (Mw8.1) は、多くの地震学者が考えていたよりずっと小さかった⁴⁾。この近辺では 1868 年と 1877 年に Mw9 に近い地震が起こっていたので、最近の GPS などの観測によって、それに近い大地震が起こると考えられていた。この場合は、「白黒」的評価では不成功と考えられるが、私は、地震発生の多様性が学問的によく認識できたという意味で重要な出来事と考える。要するに、地震現象は複雑な要素の間の相互作用によって支配される現象である、という物理的な理解に基づけば、地震現象を単純に「白黒」で判断することはできないので、個々の地震について「成功」か「不成功」を議論するより、このような不確定性と、多様性を受け入れ

た上で地震の全体像を把握し、最も有効な地震防災対策を考えるのが建設的なやり方だと思う。

ひずみ蓄積の速が遅く、プレート境界の構造が複雑なところでは（例えば、地殻内地震）予測に伴う不確定さが大きいので、有効な予測は極めて困難と考えられる。

4. 確率の意味

学界での議論では、この不確定さは一般によく理解されていると思うが、これを一般社会に正確に伝えることは極めて難しい。地震ハザードを表すのに確率がよく用いられる。確率は本来厳密な数学的方法によって計算されるもので、予測の不確定さを正確に伝えるには良い方法と考えられる。しかし、地震現象のような複雑な自然現象を確率という一つの量で正確に表せるかどうかは、甚だ疑問である。多くの場合、非常に長い（数百万年）タイムスケールから非常に短い（数秒）タイムスケールの現象を同時に扱わねばならないので、極めて不完全なデータに基づいて確率を計算せざるを得ない。

したがって、ここで得られる“確率”は普通の意味の数学的な確率ではなく、多くの専門家の判断が入ったかなり主観的な“確率”である⁵⁾。そのように理解した上で確率を長期の防災対策に使うのであればそれでもよいが、一般人にはそのような確率の理解は難しく、与えられた確率に対してどのような行動をとればよいかかわからないと思う。専門家であってもよく理解できないことが多い。そこで、一般人に地震ハザードを伝えるのに“確率”を用いるのが有効かどうかを真剣に考えるべきと思う。例えば、大きな地震が起こった後に余震の確率が発表されることがある。これなどは比較的わかりやすい例かもしれないが、過去に起こった同様な地震を例にとって、余震活動とそのバラツキ（より大きな地震が起こった例も含めて）を普通の言葉で説明したほうがわかりやすいかもしれない。

5. 地球科学の特殊性

もう一つの問題は地球科学では多くの場合実験ができないことである。したがって、一つの研究方法は、限られたデータで作業仮説を立て、それに従って将来の予測をすることである。仮説は、新しい観測結果が得られるたびに改訂されるべきものである。仮説を立てることは研究者にとって重要な知的活動でありそれがときには当たらないからといって非難されるべきものではない。私は、仮説を立てずに漫然と観測をするより、たとえ時々間違えがあっても、はっきりした作業仮説を立てて、観測をしながら進むやりの方が、地球科学においては、はるかに魅力的、生産的であり、そこに、地球科学研究の特殊性があるように思う。しかし、仮説はあくまで仮説であって、それを直接防災に用いることは危険で、仮説を防災に用いる場合、特にその社会的影響が大きい場合には、その意味を不確定性を含めて正確に理解した上でほかの仮説も考えあわせて用いることが重要である。要するに、仮説の修正は、学界では、日常茶飯のことであっても、一般社会に発表する予測は、その社会的影響を考えて、慎重に行うべきと考える。

もう一つの困難は、地震データが地質現象のタイムスケールと比べて極めて短い期間でしか得られていないことである。これを補うためには地質学的なデータを加えるとともに、世界に目を広げて、日本だけでなく世界中の地震について経験を積むことである。世界中の地震活動を見れば、いろいろなテクトニックな構造のもとに起こっている地震を理解できるので地震のデータベースを有意義に広げることができる。例えば、東北沖地震は日本だけで見れば想定外であってもスマトラまで考えれば必ずしも想定外ではない。

6. 社会への貢献

我々の生活のタイムスケールでの正確な予測が難しいとすれば、突発的な地震に対して我々にできる最も有効なことはリアルタイムの技術を用いて、津浪、地震の警報システムを構築することである。これは、今までにも行われていることでちっとも新しいことではなく、当たり前のように思えるかもしれないが私が強調したいのは最新の技術を用いた総括的な研究が大学などで今もって十分になされていないということである。例えば、津波予測について言えば、最近の地震学やGPSの進歩によって、地震発生後数分以内にかかなりの精度で地震の大きさやメカニズムを決めることができるようになったので、しかるべきシステムを導入し、それに伴う教育と訓練をすれば人命の被害を極めて少なくすることができると思われる。

一方、地震警報については、まだ多くの困難がある。有効な地震警報は、地震後数秒に出す必要があるが、大地震の震源過程は数分続くこともあり、数秒間のうちに地震の全体像をつかむことは難しい。したがって、警報が不正確であったり、誤りであったりすることがありうる。また、そのような短時間の間に適切な行動をとることは普通の人には難しい。したがって、そのような警報を有効に使うためには、新幹線やエレベーターなどで使われているような自動制御システムを開発する必要がある。このような包括的なシステムを開発するには、地震学だけでは無理で制御工学、コンピューター科学や社会科学との共同作業が必要不可欠と思う。

7. 結論

地震学と測地学の進歩により、地震活動の大体の傾向を長いタイムスケールで予測できるようになった。しかし、使われるデータや我々の知識には限りがあるためそのような予測には大きな不確定性が伴う。また地震現象のような破壊現象に伴う確率的揺らぎのため決定論的な予測は困難である。従ってこのような予測は普通に考えられている予知とは異なる。言い換えれば、このような予測は長いタイムスケールの現象を理解するには役に立っても、“今日何が起こるか”というような非常に短いタイムスケールの出来事についてははっきりとしたことはいえない。この違いを正しく世間一般に伝えるコミュニケーションが大切である。

また地震学者はこのことをはっきり認識して、地震学の研究結果を、その不確定性を頭において、有効に防災に生かすよう努力すべきと思う。また、複雑な自然現象では、まれなイベントが想定外の大きな被害を及ぼすことが多い。これに対処するためには、リアルタイムの方法を発展させることが必要不可欠である。もう一つ強調したいのはリアルタイム防災は、地震の基礎研究と密接な関係を持って進められるべきことである。地震がどのように起こって、どのような不確定性があるかを知ってこそ初めて有効なリアルタイム防災を行うことができる。教育研究活動の強化と独創的かつ柔軟な考え方のできるリーダーの養成、研究結果と社会の要請のタイムスケールの違いを認識したコミュニケーションと長期防災対策の改善、及びリアルタイム地震学の手法の開発を三つの柱とした研究で地震学は社会の要請に答えるべきと思う。

文献

- 1) Ruegg, J. C. et al. (2002): "Interseismic strain accumulation in south central Chile from GPS measurements, 1996–1999." *Geophysical Research Letters* 29(11): 12-11-12-14.
- 2) Feng, L. et al. (2012): "Active deformation near the Nicoya Peninsula, northwestern Costa Rica, between 1996 and 2010: Interseismic megathrust coupling." *J. Geophys. Res.* **117**(B6): B06407.
- 3) Iinuma, T. et al. (2004): "Inter-plate coupling in the Nicoya Peninsula, Costa Rica, as deduced from a trans-peninsula GPS experiment." *Earth. Planet. Sci. Lett.* **223**, 203-212.
- 4) Lay, T. et al. (2014): "1 April 2014 Iquique, Chile, Mw 8.1 earthquake rupture sequence.", *Geophysical Research Letters* 41, Issue 11, 3818–3825.
- 5) Stark, P.B, and Freedman, D. (2003): "What is the chance of an earthquake? ", in *Earthquake Science and Seismic Risk Reduction*, Eds. Mulargia, F., and Geller, R.J., Kluwer, Dordrecht, pp. 201–216.

金森 博雄 (かなもり ひろお)

カリフォルニア工科大学ジョン・E &ヘイゼル・S・スミッツ地球物理学名誉教授。

1959年、東京大学理学部物理学科卒業。1961年、同大学院数物系研究科修了。1964年、理学博士。

1962年、東京大学理学部地球物理学科助手。その後、カリフォルニア工科大学研究員(1965年～66年)、東京大学地震研究所助教授(1966年～69年)、マサチューセッツ工科大学客員助教授(1969年)、東京大学地震研究所教授(1970年～72年)を経て、カリフォルニア工科大学教授(1972年～89年)。

1990年から98年にかけて、カリフォルニア工科大学地震研究所長を務めた。

1989年、カリフォルニア工科大学ジョン・E &ヘイゼル・S・スミッツ地球物理学教授。2005年より現職。

寄稿 2

東北地方太平洋沖地震前後の
日本地震学会の取組(公社)日本地震学会
会長 加藤 照之

1. はじめに

日本の地震学は、明治初期に英国から来日したジョン・ミルンが中心となって1880年の横浜地震を契機として、日本地震学会が設立されたことに始まると言ってよいだろう。その後、1891年濃尾地震や1923年関東地震など大きな地震が発生するたびに地震研究の体制が大きく変えられてきた。第二次世界大戦後で地震研究にとって最も大きな体制の変更は今から20年前の1995年1月に発生した兵庫県南部地震においてであろう。この地震が契機となって、日本政府は総理府内に地震調査研究推進本部（地震本部）を創設（現・文部科学省に設置）して、日本列島の地殻活動の現状を国民に知らせ、地震や関連する現象に対する理解を深めるために、世界でも類を見ないほどの稠密な高感度地震計及び強震計とGPSの観測網を設置した。それと共に、内陸活断層や海溝沿いに発生する地震の長期評価や、予測される地震に基づく地震動予測地図（いわゆるハザードマップ）の作成などの事業を開始した。

2. 最近の地震学の発展

地震本部が主導して構築されたこれらの地震・地殻変動観測網は地震学にとっても極めて重要かつ詳細なデータをもたらすことになり、日本の地震学は大きく発展した。この成果として、例えばプレート境界では“ゆっくりすべり”（あるいはsilent earthquake）などと呼ばれる、地震波を放出しない低速度の断層すべりやプレート境界の35-40 kmほどの深さで発生する深部低周波微動という現象が発見された。こうした研究の進展から、地震発生のモデルとしてプレート境界などの断層面上の一部が固着していて、そこが強度の限界を超えた場合に地震が発生するという、いわゆるアスペリティ仮説が芽生えてきた。

このアスペリティ仮説は地震研究者に広く受け入れられ、プレート境界のアスペリティ分布がわかれば地震の発生源を知ることになり、発生時刻の予測は困難であるにしても発生場所と大きさについてある程度予測できるのではないかと期待を持たれるに至ったと考えられる。

一方、政府の地震本部による長期評価では主要な活断層や海溝沿いのセグメントごとに、過去に発生した地震の記録や活断層の掘削調査などに基づいて30年以内に発生する地震の確率を算出した。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の直前の時点では、宮城県沖のセグメントではM7.5前後で30年以内の発生確率は99%、また、周囲の福島沖や三陸沖から房総沖の海溝寄りのセグメントでは前者でM7.4前後の地震が30年以内に7%以下、後者でM8.2前後の地震が30年以内に津波地震の場合は20%程度、正断層型の場合は4~7%と公表されていた（図1参照）。

3. 2011年3月11日東北地方太平洋沖地震

実際に発生した地震は、破壊開始点（震源）はほぼ想定されていた宮城県沖の領域付近にあったものの、日本の歴史上最大となるマグニチュード9.0となり、震源断層面はこのセグメントを含んで南北に500 km、東西200 km程度と想定をはるかに超える大きさとなってしまった（図1参照）。

この領域では津波堆積物や歴史地震の研究から過去にマグニチュード8を超える大きな地震が発生していたことが少し前から知られていたため、政府の地震本部で長期評価の見直しが行われていた。また、前述のGPS観測網のデータに基づいて三陸沖での巨大地震の発生について懸念を示していた研究者もいたのであるが、こうした情報が地震前には国民に十分伝達されず、これらの情報に基づく被害想定や防災体制の強化の実現には至っていなかった。このような経緯もあって、地震の後、地震学会の内外で地震学のありかたについていろいろな批判や

議論が巻き起こってきた。

そこで、地震学会では、学会内部に「東北地方太平洋沖地震対応臨時委員会」を設け、当面実施すべき行動について検討を行うこととした。まず、同年秋の研究発表会である秋季大会において「地震学の今を問う」と題した特別シンポジウムを開催することになった。このシンポジウムでは地震研究や地震学会のありかたを含め、幅広い観点から多くの議論があり、それらは引き続き臨時委員会で議論されると共に、モノグラフを創刊してその中に意見をとりまとめるなどの活動を行った。この臨時委員会の活動は、翌2012年5月の日本地球惑星科学連合2012年大会において総括のためのユニオンセッション「地震学への提言」を企画・開催して終結した。

この連合大会のセッションでは、地震学会に対して多くの提言がなされた。これらの提言に対応するため、理事会では、地震学会としての今後の活動についての具体的な実行計画を策定し、「日本地震学会の改革に向けて：行動計画2012」として2012年10月に会員に向けて公表した。ここには10項目からなる様々な行動指針が掲げられている。詳細は地震学会のホームページを参照いただきたいが、地震学会の役割として、地震学の推進については当然のこととしつつ、地震学会として重要な課題について常に議論できる場や機会を設けること、地震・津波防災に関する他学会との連携や国家プロジェクトに関する議論の場の提供、などのほか、喫緊の取組として、社会に対して“等身大”の地震学の現状を伝えていくための体制整備や地震予知への取組の見直し、などが取り上げられた。

地震本部による活断層の長期評価や地震動予測あるいは中央防災会議による地震被害想定などの国家によるプロジェクトに対しては、学会としては、関連する事項について学会内での議論の場を継続して提供していくことが重要と考えて学術大会などにおけるセッションの提案を継続して企画することを提唱している。国家プロジェクトには会議や委員会に多くの地震学会員が専門家として参画しており、これらの会員のサポートを行う上でも、また最新の知見を想定等に反映させるうえでも有益であろうと考えている。

社会に対して地震学の現状を伝えていく活動に関しては、学会内のアウトリーチに関連する5委員会からの代表及びホームページ担当と地震予測・予知担当を加えたメンバーによる「地震学を社会に伝える連絡会議」を創設して、活動を強化していくこととした。

4. “地震予知”に対する取組について

大きな地震があると必ずと言ってよいほど地震予知ができなかったということに対する批判が聞かれる。これは、ある意味では地震予知への期待とも言えるのではないかと思われるが、現在の地震学の実力では本来の意味での地震予知は極めて困難である、という現状が国民によく理解されていない、と言うこともできるのではないだろうか。“地震予知”への対応をどうするか、という課題に対しては、20年前の兵庫県南部地震のあとも学会内で議論があり、「地震予知検討委員会」が設立されて検討されてきた。また、「広報委員会」では会員外からの関連する質問や意見に対する対応に加え、学会ホームページに地震予知の考え方についてのFAQを作成して対応してきた。また、研究発表会などで予知に関連するセッションを企画して、学術的な議論も行ってきた。こうした活動を踏まえ、2007年には地震予知に関するそれまでの知見を総括して研究の現状を社会に伝えるために「地震予知の科学」（東京大学出版会）と題する啓発本を出版した。

東北地方太平洋沖地震後においても、やはり地震予知には学会内外から多くの批判と議論があった。こうした

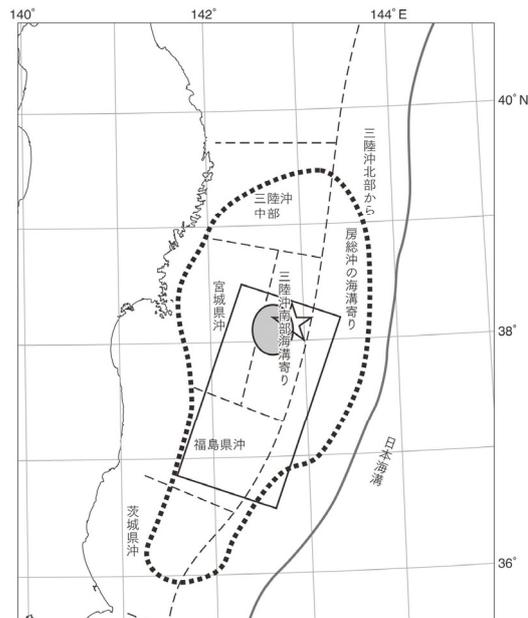


図1：長期予測の対象地域と2011年東北地方太平洋沖地震の震源域（国土地理院によるモデルに基づき、断層ずれの量が4m以上の地域を太い点線で、24m以上を網掛けで表示）。矩形は行谷・他(2010)のモデル10の震源域。星印は破壊の開始点を示す。（出典：島崎邦彦（2011））

ことから、学会においても、上述したように行動計画の策定において地震予知に対する対応について協議を重ねた。特に重要視されたのは地震予知が可能か不可能かということよりは、“地震予知”という言葉が様々な意図で用いられ、多くの議論がかみあわないままに時間が費やされていく実態をなんとか変えなくてはならないのではないかと、という点であった。このことについて「行動計画2012」では、IASPEI（国際地震学及び地球内部物理学協会）が出した報告に基づき、“地震予知”（earthquake prediction）は決定論的な予測（すなわち、場所、大きさ、時間を明確に指定して予測すること）であり、それ以外の確率論的な予測は“地震予測”（earthquake forecast）と呼ぶようにしてはどうか、という提言としてとりまとめることとなった。例えば、大きな不確実性を含む確率論的な予測まで地震予知と称して“地震予知はできる”というように社会に対して情報を発信することは誤解を与えるのではないかと、ということである。この考え方に基づいて、「地震予知検討委員会」もそのあり方を見直すこととなり、社会に対して“決定論的な地震予知”の実現が困難である現状を丁寧に伝えていくことにその活動の重心を移していくこととして、同委員会を解散したうえで「地震学を社会に伝える連絡会議」に活動を統合することとした。一部メディアには、委員会の解散のみを取り上げる形で“地震学会が地震予知をやめた”と報道されて誤解を招くこともあったが、地震予測・予知に関する研究そのものを否定したわけではなく、地震予測・予知の研究の現状を社会にありのままに伝えることを学会としての使命と考えている。

5. その他の活動

地震学会はこの他にも、いくつかの新たな取組を行っている。例えば、地震学の視野を広げるために他の関連する学会との連携を積極的に行うことが必要と考えられ、公益社団法人日本地震工学会とは地震防災に関する一般向け防災講演会などの共同企画を行ったり、ジョン・ミルンの没後100周年に伴ういくつかの共同企画も実施した。

また、東北地方太平洋沖地震にともなって発生した原子力発電所事故をきっかけとして、学会としても原子力発電に関わる機会が多くなった。それまで、学会としては原子力発電には積極的にはかかわらず、原子力発電所の立地に関して政府の委員会等に出席して専門的な見地から意見を述べるなどの活動は会員が個別に行ってきた。東北地方太平洋沖地震後、会員の一部有志は、2013年の日本地球惑星科学連合大会において関連するセッションを企画し、原子力発電と地球科学の関わりに関する議論を行った。また、政府は原子力発電所の立地に関して第三者的立場から規制を行うために原子力規制委員会を設立し、地震学会員も委員として参加した。ここでは、原子力発電所の敷地内にある破砕帯が断層であるか否か、について現地調査等を行うための有識者会合に他の関連3学会と共に地震学会に対しても専門家の推薦を依頼され、これに対応した。今後、原子力発電や放射性廃棄物の地層処分などに関連して学会が関わりを深める必要に迫られる機会が増えるといっていよう。地震活動が世界の中でも活発な日本列島において原子力発電をどのようにしていくのか、国民の中にも大きな議論がある中で学会としても対応を迫られることになるが、学会として重要なのは、純粋に地震学などの学術の立場から学会内での関連する議論を活発に行い、関連する事柄に対して科学的な立場から広く意見を求め、理解を深めておくことがまず第一に必要であると考えている。

6. おわりに

最後になったが、筆者は今地震学会の会長を務めているため本稿を起草したが、その内容は、地震学会の総意に基づくものではなく、経緯の取りまとめと、それに付随した個人的な意見であることをお断りしておく。

文献

- 島崎邦彦 (2011): 超巨大地震, 貞観の地震と長期評価, 科学, **81**, 397-402.
 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.
 日本地震学会 (2012): 地震学の今を問う, 日本地震学会モノグラフ.
http://zisin.jah.jp/pdf/SSJ_final_report.pdf
 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.
 日本地震学会理事会 (2012): 日本地震学会の改革に向けて: 行動計画2012.

<http://www.zisin.jp/pdf/SSJplan2012.pdf>

加藤 照之 (かとう てるゆき)

東京大学地震研究所 (地球計測系研究部門) 教授。

1980 年 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専門課程修了 (理学博士)。

2012 年より (公社) 日本地震学会会長。

専門分野は、固体地球物理学、主として GNSS を用いた地殻変動の研究。最近は GNSS ブイを用いた津波計の開発など。

寄稿 3

地震調査研究推進本部は覚悟を持とう



(独)産業技術総合研究所地質調査総合センター
活断層・火山研究部門 総括研究主幹
小泉 尚嗣

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災、以降、3.11地震）前から、貞観地震・津波（869年）の研究に基づき、東北地方太平洋側における地震・津波災害の危険性を指摘していた岡村（2014）は、「このような社会に不都合な研究成果を受け入れ、具体的な防災対策に反映していただくの覚悟が、研究者にも、行政にも、社会にも足りなかったのだと思います。」と述べている。地震の調査・研究成果を震災軽減に生かす使命を帯びた地震調査研究推進本部（以降、地震本部）も例外ではない。地震本部に「覚悟が足りなかった」ことの自覚はあるだろうか？そして、今後の覚悟はできたのだろうか？多くの研究者にも覚悟が足りなかったことは明らかで、今後の覚悟ができているかどうか不明だが（例えば、日本地震学会，2012）、とりあえずその問題は棚上げにして、地震本部の「覚悟」について考えてみたい。なお、下記では、「地震予測」という言葉を「地震の場所・規模・発生時間を推定すること」全般に使い、「地震予測の中でも確度が高く地震発生前の警報に使えるもの」を「地震予知」という意味で使っている（日本地震学会理事会，2012）。

2. 3.11地震後の地震調査研究への批判の矢面に立つ覚悟がなかったこと

東日本大震災が複合的な要因によって生じたということについては、震災後4年以上が経過した現時点ではかなりの人が了解していることだと思われる。しかし、震災発生直後は、大きな災害に対してわかりやすい原因を求める人間の常として、いくつかの単純な「原因」が取りざたされた。その中の1つが、「地震予知に依存した地震防災対策」であった。

このような「地震予知に依存した地震防災対策」という言葉が出てきて、それが東日本大震災の原因と社会一般に信じられること自体、地震本部の敗北であろう。20年前の1995年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）で、地震防災対策において地震予知に頼れないことが明らかになって、地震防災対策特別措置法が1995年に制定され、「地震予知に依存しない地震防災対策」を進めるために生まれたのが地震本部であり、同本部の行う地震の長期評価（長期予測）とそれに基づいて政府（中央防災会議）・自治体が行う地震防災対策が、国の震災軽減策の根幹となったからである。「地震予知」が地震防災対策の一環として取り込まれているのは、（想定）東海地震対象地域のみであり、東北地方太平洋側も含めて、東海地域以外に、「地震予知に依存した地震防災対策」など存在しない（更にいえば、東海地域も地震予知は地震防災対策の一部に過ぎない）。したがって、地震本部に覚悟があるのなら、「地震予知に依存した地震防災対策」が東日本大震災の原因とされた時点で、「地震予知に依存した地震防災対策」など東北地方太平洋側には存在しないし、それが原因ではあり得ないということをきちんと国民に説明すべきであった。もちろん、国民には批判されるだろうが、地震調査研究の成果の社会への還元（地震防災への貢献）の責任については、第1義的に地震本部にあることがわかり、地震予知に依存しない地震防災対策が、1995年以降、国によって進められてはきたものの、まだ不十分な点があるという事実が国民の前に明らかになったからである。それによって、東日本大震災の原因解明がより速やかに進んだであろう。しかし、実際は、地震本部がそのような説明をすることはなかった。一般及び（上記の事情を知らない）学識経験者からの批判は、学術研究である「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」（2009-2013年度対象、文部科学省科学技術・学術審議会，2008）に向かうこととなった。地震本部に寄せられるべき批判を反映して新たにできた研究計画「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（2014-2018年度対象、文部科学省科学技術・学術審議会，2013）の地震に関する調査・研究部分は、内容的に地震本部の目指すもの（例えば、地震調査研究推進本部，2012）と非常に似通う結果となっている。それ自体は必ずしも悪いことではないが、地震本部は、本来、自身に向かうべき

批判が他に流れたことで、存在自体が軽くなってしまったことに気づいているだろうか？

付言すれば、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の地震側の計画の前身である「地震予知のための新たな観測研究計画」（1999-2003年度対象、文部省測地学審議会、1998）も、1995年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）の反省をうけて、従来の「地震予知計画」（例えば、文部省測地学審議会、1993）という直接地震予知を目指した計画から、「地震予知のための」というように地震予知を将来の目標とした計画に変更されていたのである。地震予知を将来の目標として行われていた学術計画に対し、現時点で地震被害が生じたからといって批判が寄せられるという異常事態が生じていたことになる。

3. 宮城県沖地震の長期評価の正しい部分を主張する覚悟がなかったこと

一般の国民にとって、地震の予知と予測を区別するのは困難であろう。「地震予知批判」が、実際は地震本部の長期評価に寄せられたものであることを認識した上で、地震本部は堂々と論陣を張るべきであった。3.11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すべり量も50m以上になってM9に達したというのが、大まかな内容と考えられる。30年間で99%の発生確率と、2011年1月1日時点で地震本部の長期評価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、宮城県沖で破壊が止まる可能性はなかったのか？もし止まっていれば、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）についても一定の科学的評価ができる。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「30年間で99%」という評価を変えなかった事も事実で（地震調査研究推進本部、2009）、これは科学的にも防災的にも一定の評価ができる。

科学も防災もいくつかの失敗を重ねながら進歩していくものであり、足りなかったところは率直に認める一方で、評価できる部分についてはきちんと評価し反論しないと、次につなげていくことができない。「結果が全てだから言い訳するようになるのは格好悪い」というのは、日本の文化として美学かもしれないが、科学や防災の発展のためには、課題が明瞭にならないという点でむしろマイナスである。地震本部がきちんと抗弁しなかったことは非常に残念であった。

4. 津波地震の危険性を主張する覚悟がなかったこと

上述の貞観地震・津波の研究成果は、3.11地震前に、地震本部の長期評価へ反映されるには至らなかったが、東北地方太平洋沖の津波地震の危険性については、2002年に反映されていた（地震調査研究推進本部、2002）。それが、地震本部の事務局自身によって表現を弱められ、社会に受け入れられなかった経緯については島崎（2011）に詳しい。3.11地震は「貞観地震+津波地震」とも考えられ、津波地震に対する対策をとっていれば福島原発事故は防げたかもしれない（島崎、2011）。単純にいえば、地震本部に覚悟が足りなかったことが、福島原発事故の遠因になった可能性があるということである。

5. 今後に向けて

以上、地震本部の過去における覚悟の足りなさをあげつらって来たわけであるが、大切なのは今後である。大～超巨大地震は低頻度でしか起こらないから、その長期予測が困難なのは当たり前で、外れて批判されるケースが生じるのも当たり前だろう。そのたびに、きちんと社会の批判に向き合って議論し、地震の長期予測の課題と今後の改善点を明瞭にする一方、地震の長期予測の困難さを説明し、地震予知に頼れない以上、地震の長期予測とそれに基づく地震防災対策以外に着実な震災軽減はできないことを繰り返し伝えるべきである。それによって、行政・社会（国民）の地震現象に対する理解も向上し、将来的には、国民個々の判断によって、確率的地震動予測地図等が正しく利用できるようになる可能性も出てくる。地震本部には、そのための覚悟を決めてほしい。研究者の覚悟も、上述のように甚だ怪しいが、地震本部が覚悟を持てば、それは研究者の覚悟にもつながってくると考える。

参考文献

- 文部科学省科学技術・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/shingi/gijyutu/gijyutu6/toushin/1218060_1933.html (2015年3月確認).
- 文部科学省科学技術・学術審議会 (2013) : 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画,
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu6/toushin/1341559.htm (2015年3月確認).
- 文部省測地学審議会 (1993) : 第7次地震予知計画の推進について (建議),
<http://zisin.jah.jp/pdf/dai7ji.pdf> (2015年3月確認).
- 文部省測地学審議会 (1998) : 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),
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/old_gijyutu/sokuchigaku_index/toushin/1313549.htm (2015年3月確認).
- 日本地震学会 (2012) : 地震学の今を問う、日本地震学会モノグラフ,
http://zisin.jah.jp/pdf/SSJ_final_report.pdf (2015年3月確認).
- 日本地震学会理事会 (2012) : 日本地震学会の改革に向けて : 行動計画2012,
<http://www.zisin.jp/pdf/SSJplan2012.pdf> (2015年3月確認).
- 岡村行信 (2014) : 5年間を振り返って、活断層・地震研究センターニュース, **51**, 1-2,
https://unit.aist.go.jp/actfault-eq/katsudo/aferc_news/no.51.pdf (2015年3月確認).
- 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**, **10**, 1002-1006.
- 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 (2015年3月確認).
- 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
- 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 (2015年3月確認).
- 地震調査研究推進本部 (2012) : 新たな地震調査研究の推進について,
<http://www.jishin.go.jp/main/suihon/honbu12c/suishin120907.pdf> (2015年3月確認).

小泉 尚嗣 (こいずみ なおじ)

(独)産業技術総合研究所地質調査総合センター 活断層・火山研究部門 総括研究主幹。理学博士。

京都大学大学院理学研究科博士後期課程地球物理学専攻単位取得退学。

京都大学防災研究所助手、工業技術院地質調査所主任研究官、(独)産業技術総合研究所地質調査総合センター地震地下水研究グループ長等を経て現職。

研究分野は、地下水の調査・観測による地震予知研究。

寄稿 4

最新の科学の知見で防災を進化させる

(株)危機管理教育研究所
代表 国崎 信江



1. 防災を時代合わせ 進化させていく

地震調査研究推進本部の設置のきっかけとなった阪神・淡路大震災は、私にとりましても、異分野の防災に関心をもつきっかけとなりました。防災については知識もほぼゼロベースでしたが、地震や防災に関連するあらゆる書籍を読み、防災を研究してきました。学術的な防災ではなく実践者として取り組んできたなかで、近年の地震災害の被害と地域や家庭で実施されている対策が見合っていないと感じるようになりました。端的に要点を述べると「科学的な知見が防災に反映されていない」ということです。我が国を震撼させた東日本大震災以降、多くの方が防災に関心を持つようになりました。このタイミングにどのような知識を得るかでその後の対策に大きく影響してきます。

例えば、防災の書籍や冊子では大きな揺れを感じたとき、「机やテーブルなどの安全な場所で身を守る」行動を紹介しています。しかし、建物が倒壊したことで多くの命が奪われた阪神・淡路大震災の被害を鑑みれば、「建物の耐震性があるなら外へ避難するより机やテーブルに潜り身を守る」というように丁寧に条件を説明する必要があります。誰もが同じ行動をして身を守れるものではなく、その場の環境や状況に応じて対応しなければなりません。そこに気付いてもらうには、科学的な知見に基づく情報が必要です。耐震性の低い戸建てであれば、『上階と屋根部分の重さが1階に加わった際の重さがどれほどであるか』、『その重さに対して、一般家庭で使用されている机やテーブルはその材質、形状や脚の数等の条件に影響されず、どれであっても耐えうるのか』、そうでないなら、『頑丈な机やテーブルとはどのような基準や規格で定義されているのか』等について情報を伝えることができたなら、自宅の安全性について自己評価し、「建物の耐震性を無視して机やテーブルに潜っても身は守れない」ことを理解することができると思うのです。

物理学者で地震学者の寺田寅彦氏の「文明が進めば進むほど、災害は激烈さを増す」という言葉にあるように、文明の発展とともに社会構造や環境が変化すれば、災害の様相が変わるというのは至極当然のことです。災害が発生した事実こそがその時代を反映した教訓でありながら、防災がその変化に対応せず進化しきれていないことに憂いを感じています。

一般に普及している防災は、大正12年の関東大震災後に、現在の東大である東京帝国大学の今村明恒氏が、死者・行方不明者10万5千余人、全半壊家屋20万余棟、焼失家屋21万余棟を出した被害を鑑み、このような悲劇を繰り返してはならないと、著書「星と雲・火山と地震」(1930年)に「地震に出会ったときの心得」として10箇条をまとめ全国で提唱され、それが今日の防災の礎となっています。

- 一 最初の一瞬間に於いて非常の地震なるか否かを判断し機宜に適する目論見を立てること、これは多少の地震知識を要す。
- 二 非常の地震たるを覚えるものは自ら野外に避難せんとつとめるであろう、数秒間に広場へ出られる見込みがあれば機敏に飛び出すが良い、但し火の元用心を忘れざること。
- 三 二階建、三階建等の木造家屋では階上の方却って危険が少ない、高層建物の上層に居合わせた場合には野外への避難を断念しなければなるまい。
- 四 屋内の一時避難所としては堅牢なる家具の傍らが良い、教場にては机の下が最も安全である。木造家屋内にては桁、梁の下を避けること、又洋風建物内に於いては張壁、暖炉用煉瓦煙突等の落ちてきそうな処を避け、止むを得ざれば出入り口の枠構の直下に身を寄せること。

- 五 野外に於いては屋根瓦、壁の墜落あるいは石垣、煉瓦塼、煙突等の倒潰し来るおそれある区域から遠ざかること、特に石灯籠に近寄らざること。
- 六 海岸に於いては津波来襲の常習地を警戒し、山間に於いては崖崩れ、山津波に関する注意を怠らざること。
- 七 大地震に当り、凡そ最初の一分間を凌ぎ得たらば最早危険を脱し得たものと看做し得られる。余震恐れずに足らず、地割れに吸い込まれることは我が国にては絶対に無し、老若男女全て力の有らん限り災害防止につとむべきである。火災の防止を真っ先に人命救護をその次とすること、これが人命財産の損失を最小にする手段である。
- 八 潰屋からの発火は地震直後にも起こり十二時間の後にも起こる、油断なきことを要する。
- 九 大地震の場合には水道は断水するものと覚悟し機敏に貯水の用意をなすこと。
- 十 余震はその最大なるものも最初の大地震の十分の一以下の勢力である、最初の地震を凌ぎ得た家屋は多少の破損傾斜をなしても余震に対して安全であろう、但し、地震でなくても壊れそうな程度に損したものは例外である。

一、六、八、九のように、いくつかは社会の変容に影響されず、現社会においても通じるもので、しっかりと伝承していかなくてはならない心得もあります。しかし、それ以外の項目においては、それが平成の社会環境においても正しい行動であるのかを科学的知見をもって検証する必要があります。

この時代に絡む防災が進化していない事例として、主に関東や東海地域の園や学校において普及している「防災頭巾」があります。防災頭巾は、素材が難燃性であれば火災時に役立つでしょうが、地震災害によるコンクリート片やガラス片などの飛来落下物は、綿やウレタン樹脂素材の防災頭巾では衝突時の衝撃から頭部を守ることができません。「防災頭巾」がどれほど有効であるのか、地震発生時の物体の飛来落下状況に即した実証実験をすることもなく、科学的な知見も無いまま子供は防災頭巾を被らされています。

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会防災分野の研究開発に関する委員会において、平成21年7月から22年5月まで「地震防災研究を踏まえた退避行動等に関する作業部会」が設置され、これまでの地震発生時の退避行動について社会構造や生活様式の変化、新たな研究成果等を踏まえた有効性を検証し、課題を抽出するとともに、どのような行動をとるのが望ましいか等の検討を行いました。そして、平成22年5月に公表された「地震防災研究を踏まえた退避行動等に関する作業部会報告書」の巻末では、防災頭巾について以下の通り触れています。

「現在の小学校で広く用意されている防災頭巾については、戦時中の防空頭巾の名残りとして今もなお使用されているものと推定されるが、そもそも戦前の今村の提言では火災の炎から身を守るために、座布団を水に浸して利用することを勧めているため、地震時の落下物から頭部を守る目的で提言を行ってはいないことに留意すべきである。」

私は、防災頭巾は火災を目的に使用されていて、地震時の想定をしていないという事実や、防災頭巾よりヘルメットの方が実証実験からも飛来落下物から頭部を保護することに適していることを、科学的な裏付けをもって訴え続けることができた結果、社会が変わったと感じています。

私が研究を始めたころは、一般向けの子供用のヘルメットは開発・市販されておらず、入手できない状況でした。私は、子供用の防災ヘルメットを具現化するために、社会に訴え続け私の考えに賛同して下さったヘルメットメーカーの協力を経て、ようやく子供用のヘルメットを日本に誕生させることができました。現在では、多くのメーカーから子供用ヘルメットが市販され、特に東日本大震災以降、急速に園や学校でヘルメットの導入が進められています。

さて、防災頭巾のような製品だけでなく、進化していない防災は訓練にも色濃く残されています。その典型が「火災の訓練におけるハンカチ」です。火災は炎より煙が恐ろしいと言われる理由の一つは、煙には一酸化炭素などの有毒成分が含まれているからです。この有毒ガスは当然のことながらフィルター機能のないハンカチでは防げません。ところが、火災の訓練では「濡らしたハンカチを鼻と口に当てて避難」という指導がなされています。ハンカチがあれば安心という「感覚的」ではなく、煙に含まれる有毒ガスに対してハンカチがどの程度役に立つのかについて科学的な裏付けがあった上で指導するべきです。そこで、私が当時委員を務めていた総務省消

防庁の消防審議会の場でこの疑問を投げかけました。そして、私の提言を受けて消防庁消防研究センター（2014）で「タオルやハンカチ等の除煙効果に係わる実験」を実施しその効果を検証してくださいました。この結果はWEBでも公開されています。「煙中の避難時にタオル・ハンカチで口や鼻を覆うことで、煙粒子や刺激性のガスを吸いこむことを低減すると同時に吸気温度を下げ、生理的な負担の軽減が期待できる。しかしながら有毒ガス（一酸化炭素）の除去は期待できないものであるし、当然ながら酸素欠乏に対応できるものではない。このことから、タオルやハンカチ等の使用は、避難時に姿勢を低くし煙の吸引をできるだけ避けるのと同様に、とっさの場合の緊急措置として用いられるものである。あくまでも、自動火災報知設備や住宅用火災警報器で火災を早期に覚知し、避難を開始することが重要である。濡らすと除煙効果は低下し息苦しい。」という新事実が明らかになりました。つまり、タオルやハンカチでは有毒ガスは除去できず、濡らすと息苦しく、タオルやハンカチを気にするよりも火災警報器で覚知したらすぐに避難を開始することが、火災発生時の望ましい行動として新しく示されたのです。

木造から鉄筋コンクリートへ学校の校舎も耐火構造が進み、消防法により消防設備の設置が義務付けられた環境にあっても、訓練は進化せず内容を見直されることなく繰り返されてきました。指導する側、教育する側に、防災に対する関心がなければ、「社会環境の変容に伴い災害も変化する」ということにも気付かず、思考停止状態でただ前年度と同じ内容の訓練を繰り返すことになります。

多くの方が常識と位置付けているものに疑問を呈し、納得するまで解を追求し、新しい考えを伝えていくことの壁は厚く大きいのですが、誰かがそれを追求しなければ、防災は進化も向上もしません。先人の思想や知見を大切にしながらも、これまでの防災の概念にとらわれず、感覚的な不安定な要素ではなく、国や公的機関による科学的に裏付けられた根拠と信頼をもって防災を伝えていくことの重要性を感じています。その点からも、地震調査研究推進本部の存在意義は高く、必要不可欠な組織であり、今後の成果に大きな期待を寄せています。

2. Eーディフェンスの知見 活用促進で防災強靱化

我が国の防災科学技術は、世界で防災先進国と評されるように世界最高水準ですが、日本人の自然災害に対する危機意識の低さに憂慮しています。阪神・淡路大震災から今日に至るまで日本各地で大規模な地震が起り、尊い命が奪われてきました。

大規模な災害が起きると一時的に防災意識が上がり、そのタイミングで様々な防災が講じられる傾向があります。しかし、危機管理アドバイザーとして全国で防災の重要性やその対策を普及してきたなかで思うのは、「新しい科学の知見が家庭・地域・職場などの防災対策に生かされていない」ということです。ハザードマップや被害想定などで震度6クラスの揺れがその地域で想定されていても、実践している訓練や対策のレベルが震度4や5弱程度と感ずることも少なくありません。防災は、「とりあえずやればよい」ではなく、やるからには実践で役立つように、科学の知見を取り入れてリアリティのある条件設定をしなければ、被害は軽減できません。

地震調査研究推進本部では、20年間に防災に利活用できる様々な知見を蓄積してきました。それらの知見は、我が国の防災力向上に寄与していますが、なかなか国民の皆様これまでの防災科学技術がどのように防災力向上に寄与しているのかについて十分に伝えきれていないと感じます。

我が国が世界で唯一保有しているEーディフェンスによる実証実験の知見は、数ある調査研究のなかでも直接的に家庭や職場の環境改善に生かせる有益な情報であり、防災力向上に資するものです。実際に、私が全国で実施される講演会でEーディフェンスの実験の様子を紹介すると、多くの方がその映像に惹きつけられ、新しい科学の知見を得られたことに満足されます。その手応えからも、Eーディフェンスの知見がより一層、広く利活用されることを望んでいます。国民の皆様Eーディフェンスの知見をいかに活用してもらうか、その普及啓発が課題です。

自然災害に対する国土強靱化を目指すには、調査研究で得られた知見を社会に還元し、国民の防災力強化を意識した課題を設定し、社会に利活用される実装可能な成果を目指すこと、研究科学の知見を対象者別に理解しやすい言葉で伝えていくサイエンスコミュニケーションが求められます。ただ、その前に地震調査研究本部の存在

や活動内容、さらにその成果がどのように社会に生かされているのかを国民に普及していくことも重要です。

地震調査研究推進本部では、この点について、地震調査研究成果の普及展開方策に関する調査や、成果普及展開事業を実施しています。地震の長期評価や緊急地震速報などの予測研究に焦点を当てながら、地震調査研究推進本部の取組を紹介したパンフレット「地震本部 予測研究の最前線」や、子どもを対象にしたパンフレット「地震をみてみよう」や、中学生・高校生以上を対象に、地震によって起こる現象や被害、最先端の地震研究、減災・防災対策を紹介しているパンフレット「地震を正しく恐れる」などを新たに作成したり、HPの大幅な改定に取り組んでいます。これらの広報資源を活用しつつ、一時的な普及施策にとどまらないよう、関係機関との連携を図りながら普及活動を継続して実施いくことを期待しています。

3. 科学的知見に基づく防災製品の評価で防災力向上を目指す

私自身もまた、地震調査研究推進本部の委員の一人として、我が国の科学の知見をどう社会に生かすことができるのか、そのために私に何ができるだろうかと常に思い続けてきました。そして、今年1月に長年の夢であった『一般社団法人防災機器検査協会』を設立しました。E-ディフェンスを含むこれまでに得られた知見を活用し、防災製品の評価や品質基準をつくらうと考えています。

我が国には様々な防災資材があり、防災関連の展示会では毎年多種多様な防災製品がお披露目されています。しかし、市販品のほとんどは、各メーカーが独自に評価しているだけで、防災製品の性能を評価する基準や規格が曖昧なために、「他社製品との比較」や「価格と性能が見合っているか」などを判断しにくい現状があります。

第三者評価機関が市販の防災製品を科学的な基準で評価し、その評価を認証する仕組みがあれば、生活者に多くの情報を提供できます。生活者が家具の固定器具を選ぶ際には居住形態や階層、壁や天井の強度、固定対象物の重量や形状など様々な条件を踏まえて何が適しているかを知る指針になればと思っています。その情報に基づいて適切な防災資材を選べるようになれば、防災意識の向上のみならず、業界の健全な発展という意味でも大きな意味をもつと考えます。今後起こりうる巨大地震災害から被害を軽減できるよう、この活動を通じて防災科学技術研究所や諸先生方の御協力を仰ぎながら社会に貢献して参りたいと考えています。

文献

今村明恒 (1930): 星と雲・火山と地震, 日本児童文庫.

消防庁消防研究センター (2014): タオルやハンカチ等の除煙効果に係わる実験.

<http://nrifd.fdma.go.jp/news/20140304/handkerchief.pdf>

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会防災分野の研究開発に関する委員会地震防災研究を踏まえた退避行動等に関する作業部会 (2010): 地震防災研究を踏まえた退避行動等に関する作業部会報告書.

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/sonota/1294461.htm

国崎 信江 (くにざき のぶえ)

横浜市生まれ。危機管理アドバイザー。危機管理教育研究所代表。

女性として、生活者の視点で防災・防犯・事故防止対策を提唱している。地震調査研究推進本部政策委員会、防災科学技術委員会などの国や自治体の防災関連の委員を務める。現在は講演活動を中心にテレビや新聞などのメディアに情報提供を行っているほか、被災地での支援活動を発生直後から継続的に行っている。

寄稿 5

緊急地震速報の過去・現在・未来

気象庁地震火山部管理課
地震津波監視システム企画調整官
東田 進也



1. はじめに

社会において「地震」という語は、原因である「断層の破壊現象」と結果である「地震動」とを峻別することなく用いられてきた。近代的な地震学の発展とともに、研究者はこの二つを区別するべきであると主張してきたものの、社会では区別して使われることはまれである。これは社会の側の理解不足と言うよりは、我々自身、揺れに襲われた瞬間、「地震だ!」と叫ぶことから分かる通り、地震現象の原因と結果は渾然一体のものとして普段から総称されているからだろう。このような背景のもと、社会の側は「自分がいつ地震に襲われるかを教えて欲しい」という素朴な願い、言い換えればニーズを持ち続けている。このニーズに応える科学技術の一つが緊急地震速報である。

2. 緊急地震速報の歴史

まず、緊急地震速報の研究開発史について簡単に述べてみよう。なお、揺れの予測情報である「緊急地震速報」は、この名称が決まるまでは「ナウキャスト地震情報」や「リアルタイム地震情報」等と呼ばれていたこと、また現在、法的には「地震動警報」、「地震動予報」と定義されていることもあって様々な呼称があるが、本質的には同じものであることとお断りしておく。

緊急地震速報のアイデアが初めて記述されたのは1868年であるとされている。サンフランシスコの夕刊紙上においてクーパーは、「地震の強い揺れを観測した際、それを電信（有線通信）によって伝え、シティホールの鐘を鳴らすことで強い揺れの到来を予め知らせる」と言う萌芽的なアイデアを述べている（中村，1996）。また1880年に発生した横浜地震を契機として、我が国では世界で初めて地震学会（第1期）が創設されるが、その開催に当たり、ミルンはクーパーと類似のアイデアに言及するとともに、「地震を前知できないと断言する人々の迷夢を破りたい」と述べている（図1）（ミルン，1884）。1800年代前半に有線通信が発明されていることから、この頃は揺れの予測法が有線通信を用いた技術革新に関する「夢」の事例の一つとしてよく語られたようである。その後も「10秒前大地震警報システム」（伯野・高橋，1972）のように同様のアイデアは繰り返し提案されてきている。しかし、コンピュータが高性能化する以前、そして通信が高額であった頃、これらのアイデアの具現化は容易なことではなかった。

我が国では1965年に「地震予知研究計画」が始められた。この計画に基づき、大学等研究機関や気象庁において地震観測の高感度化、隔測化が順次進められることとなる。微小地震の発見や1970年代から1990年代にかけてコンピュータの小型化や通信の高速化、あるいはこれらの廉価化が急激に進んだことで、地震波形の伝送や処理のデジタル化、あるいは震源やマグニチュード決定処理のシステム化、及びその自動化に関する研究開発が競って進められた。これらの研究開発は、緊急地震速報の実現を直接の目的としないものであったが、その基礎となる科学技術を数多く生み出したという点で重要であった。

この趨勢とは別に、より明示的かつ切実に揺れの予測の具現化を目指したのが鉄道分野であった。被害地震がたびたび発生する我が国において、高速で走行する新幹線の安全を確保するには、地震による揺れをいち早く予測して列車を制御する科学技術が必須と考えられたからである。鉄道技術研究所で1980年代に始められた研究開発は、その後「ユレダス」として結実することになる（中村，1996）。ユレダスは、単独の地震観測点の3秒間の加速度波形と速度波形の比から地震波の卓越する周期を求めてマグニチュードを推定し、振幅の減衰から距離を、地動の卓越方位から震源方向を求め、該地点の揺れを予測するという当時としては画期的なアルゴリズムを持つシステムであった。一方、メキシコにおいては、太平洋沿岸に地震観測点を列状に設置し、複数の地震観

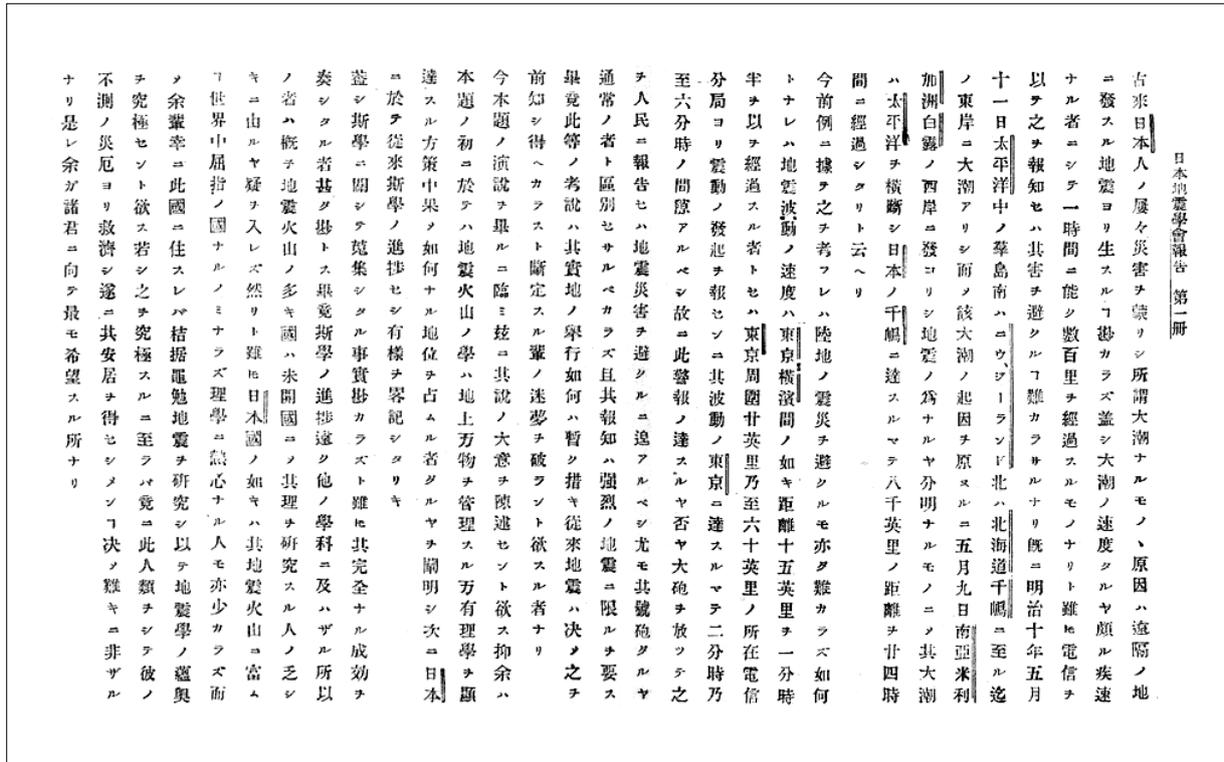


図1:地震学会(第1期)の発足時に行われたミルンによる挨拶の一部(邦訳を画像化した)

測点で地震波を検出することによって首都等に強い揺れを予告する SAS システム (Espinosa-Aranda et al., 1995) が開発された。これらの先駆的なシステムは 1990 年代に相次いで実用化されている。

1990 年代になると、オンラインかつリアルタイムで入手可能となった広域の地震観測網の波形を用いて、全国を対象とした揺れの予測を目指す様々な動きが興った。例えば、1992 年には (財) 日本気象協会と (株) 三菱総合研究所が「地震緊急情報・緊急対応システムの調査研究」を実施した。また 1997 年には、土木学会の下にリアルタイム地震防災研究小委員会が設置され、様々な議論を行っている。これらの議論がすぐさま具現化に結びつかなかったのは、全国に対して揺れの予測情報を出すためには、密度の高いリアルタイム地震観測網を全国で運用する必要があったためであろう。当時からこのような観測網を保有していた気象庁では、1994 年の気象審議会 19 号答申において地震発生直後の即時的情報の高度化が、2000 年の気象審議会 21 号答申では揺れの予測情報である「ナウキャスト地震情報」の提供についてが、それぞれ提言されている。これとは別に 1999 年、地震調査研究推進本部は「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－」の中でリアルタイムによる地震情報の伝達の推進について言及している。

2000 年、気象庁と (財) 鉄道総合技術研究所は共同で、揺れの予測情報を発表するアルゴリズムの開発に着手した。2001 年には (独) 防災科学技術研究所において特定プロジェクト「リアルタイム地震情報の伝達・利用に関する研究」も始まった。2003 年からは (独) 防災科学技術研究所と気象庁等が新たに「高度即時的地震情報伝達網実用化プロジェクト」を実施し、揺れの予測情報に関する解析アルゴリズムから利活用の仕方まで種々の研究開発が行われた。これらの成果をもとに、ナウキャスト地震情報は「緊急地震速報」と名付けられて気象庁から発表されることとなり、2006 年 8 月から特定向けに先行的な提供が開始された。緊急地震速報をテレビやラジオ、携帯電話等を通じて一般に提供するか否かについては、当初、情報を受信した際の不適切な行動による混乱や事故等についての議論があったが、政府一体となった集中的な周知啓発 (内閣府, 2007) を 1 年間行った後、2007 年 10 月から一般に向けて運用が開始されることとなった。その後、2007 年 12 月に緊急地震速報は気象業務法上の地震動警報、地震動予報と位置付けられ現在に至っている (表 1)。

表 1 緊急地震速報研究開発の歴史

1868年～	クーバー(1868)、ミルン(1880)、伯野・高橋(1972)によるアイデアの提案
1980年～	鉄道技術研究所のユレダス、メキシコのSAS等、揺れの予測システムの先駆的研究開発
1990年	東海道新幹線においてユレダスの限定使用を開始
1991年	メキシコのSAS、試験運用を開始
1992年	東海道新幹線においてユレダスの実運用を開始
1992年	地震緊急情報・緊急対応システムの調査研究(日本気象協会、三菱総合研究所)
1994年	気象審議会19号答申:地震発生直後の即時的情報の高度化
1994年～1997年	気象庁の津波地震早期検知網の整備、兵庫県南部地震の発生、防災科学技術研究所Hi-net 高感度地震観測網等の整備
1998年～2000年	リアルタイム地震防災研究小委員会の活動(土木学会)
1999年	地震調査研究推進本部:「地震調査研究の推進について」リアルタイムによる地震情報の伝達の推進
2000年	気象審議会21号答申:ナウキャスト地震情報の提供
2000年～2004年	気象庁と(財)鉄道総合技術研究所による「将来型早期地震警報システム」共同研究
2001年～2005年	「リアルタイム地震情報の伝達・利用に関する研究」(防災科学技術研究所)
2003年～2007年	「高度即時的地震情報伝達網実用化プロジェクト」 (文部科学省、防災科学技術研究所、気象庁、リアルタイム地震情報利用協議会、日本気象協会)
2004年2月	情報名を緊急地震速報とする。緊急地震速報の試験提供の開始(関東から九州東岸にかけての地域)。
2005年3月	緊急地震速報の試験提供範囲を拡大(北海道・東北地方)
2005年6月	緊急地震速報と防災科学技術研究所Hi-net 高感度地震観測網を利用したリアルタイム地震情報との統合情報提供開始
2005年11月	「緊急地震速報の本運用開始に係る検討会」第1回開催(気象庁)
2006年3月	緊急地震速報の試験提供範囲を全国に拡大
2006年5月	「緊急地震速報の本運用開始に係る検討会」(気象庁)、中間報告とりまとめ
2006年8月	特定向けに緊急地震速報の先行的な提供を開始
2007年3月	「緊急地震速報の本運用開始に係る検討会」(気象庁)、最終報告とりまとめ
2007年3月	「緊急地震速報の周知・広報及び利活用推進関係省庁連絡会議」設置(内閣府) 政府一体となった周知・広報、利活用の推進、関係機関における準備
2007年10月	一般向けに緊急地震速報の提供を開始
2007年12月	改正気象業務法施行(緊急地震速報の予・警報化)

3. 現在の緊急地震速報の原理

さて、緊急地震速報に用いられているアルゴリズムでは、地震波の検出から緊急地震速報の発表までを数秒程度で実行するが、実はこれは地震学的に見て微妙な問題を取り扱っている。巨大な地震はその断層の“ずれ”が数十秒を超えて継続することがある。観測した地震波の冒頭部の数秒を見るだけで地震波を生じさせている断層がどこまでずれるのかを予測するという、現在、地震学的にそれが可能か否かの結論が出ていない問題に対して情報発表の閾値を与えなければならないからである。このため気象庁では、まず地震の震源を先に求め、マグニチュードは時々刻々更新するという戦略をとっている。

一般に、揺れを予測する手法にはオンサイト(現地処理)型とネットワーク(中枢処理)型の2つが存在する。気象庁の「地震活動等総合監視システム(EPOS)」で行われている現行の緊急地震速報処理は、オンサイト型とネットワーク型を組み合わせたものであり、主として「震源およびマグニチュード決定処理」、「震度予測及び主要動到達予測時刻算出処理」、そして「情報発表処理」の3つの部分からなっている。処理の概要を述べると、まずP波の到着時や観測された地震波の初動部の特徴から地震の震源を求め、観測中の地震波形の振幅からその時点でのマグニチュードを推定し、それらの結果から距離減衰式を用いて該地点の揺れを予測、これが閾値を超えた場合に情報を発表するという仕組みである。詳しくは気象庁地震火山部(2008)、Allen et al., (2009)、あるいは東田・他(2010)等を参照されたい。

緊急地震速報は現在、気象庁の観測点において100galが観測されるか、またはマグニチュード3.5、あるいは最大震度が3以上と予測された際に「緊急地震速報(予報)」が発表される。この予報は、震源、マグニチュード、予測震度が閾値以上変化するか、あるいは一定時間経過ごとに第1報、第2報、…、第n報と順次更新される。気象庁が発表する予報の震源情報を用いて、予報事業者はユーザーが必要とする地点の震度や強い揺れの到達時刻を予測し、専用回線等でユーザーに提供する。ユーザー側では、緊急地震速報の利点や限界を十分理解した上で、機器制御や館内放送等に予報を活用している。インターホンに組み込まれる例や専用端末、パソコンで受信する様子を御覧になった方もいるだろう。また最近では、スマートフォンやタブレットで予報を受信できるアプリケーションの利用が広がっている。一方、2地点以上の観測点で地震波が検出され、かつ震度5弱以上が予測された時に、震度4以上の揺れが予測される地域に対し、広く一般の人々を対象として原則1回発表される

ものが「緊急地震速報（警報）」である。警報はテレビやラジオ、携帯電話（エリアメール／緊急速報メール）、防災行政無線等を用いて一般市民に伝達されている（図2）。

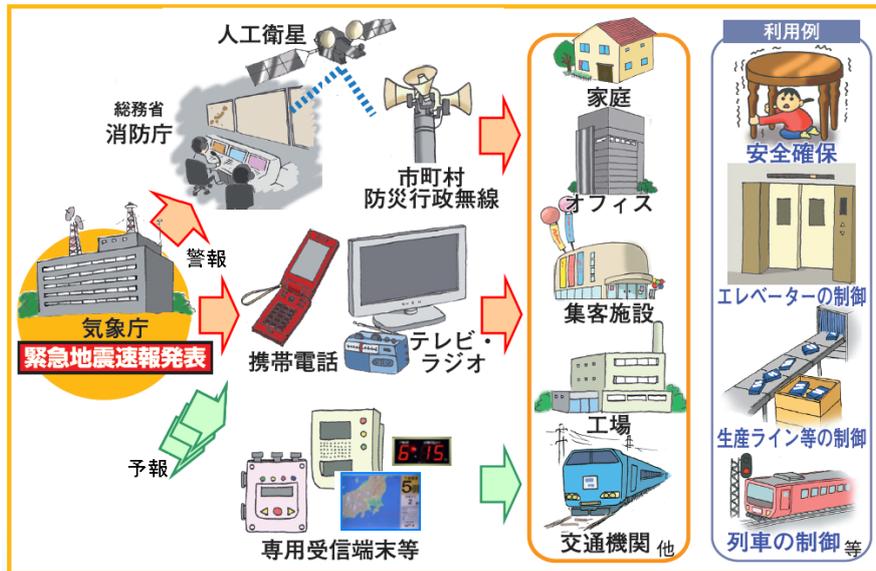


図2 緊急地震速報の伝達

4. 緊急地震速報の現状

緊急地震速報は、2007年10月から一般提供を開始したことは既に述べた。2015年2月までの7年余りに発表された警報は146回となっている。このうち、警報を発表し、実際に震度5弱以上の揺れを観測したものは75回、警報対象地域全域で観測された震度が2以下だったもの（いわゆる空振り）は31回となっている。また、震度5弱以上の揺れを観測したが警報を発表できなかったもの（いわゆる見逃し）は55回となっている。空振りの多くは東北地方太平洋沖地震以降、時空間的に近接して発生した多数の余震により、複数の地震を分離できず、単一な大きな地震として処理してしまったことによるものである。また、見逃しについては、東北地方太平洋沖地震、及び余震による連続的な揺れの中で後続の大きな地震のP波を検知できなかったものが13回ある。残りの42回は、予報は発表したものの、最大震度を4以下と予測したために警報を発表できなかったものである。なお、予報も含めれば緊急地震速報は2015年2月までに9137回発表しており、そのうち震度4以上を観測または予測したのについて、その予測震度が震度階級で観測震度の±1階級以内であったものを適切な予測であったとすれば、東北地方太平洋沖地震後の2010年度末から2011年度にかけて一時的に精度が低下したほかは、概ね70%の精度で揺れを予測している（図3）。

緊急地震速報は、球技等でパスされることを予め知らされてボールを投げられるか、いきなりボールを投げられるかでその後の身のこなしが全く違うのと同様、頭で理解するというよりは体で覚える情報といっても過言ではない。緊急地震速報の提供開始以来、周知啓発に努めたことに加え、緊急地震速報を見聞きしてから揺れるという体験を積んだ方が増えたこともあって、2007年5年には約36%と低かった認知度については2012年には約77%に達している（気象庁、2013）。また2007年当初、緊急地震速報は最も被害が大きな場所では強い揺れには間に合わず、役に立たない情報であるという部分が強調されて声高な批判を受けることが多かったが、地震波を検出後に処理を行って発表する、つまり原理的に震央周辺では緊急地震速報は強い揺れに間に合わないことを理解した人が増えてきたことで、このような批判は少なくなりつつある。東北地方太平洋沖地震後に行われたアンケートでは緊急地震速報が役に立っている、どちらかといえば役に立っているという回答は合わせて全体の8割を超えている（気象庁、2012a）。2011年の東北地方太平洋沖地震以降、特に東日本ではその利点と限界を含め、緊急地震速報は社会から概ね理解が得られつつあると言えよう。



図3 震度4以上を観測または予測した緊急地震速報についての精度の経年変化。2010年度から2011年度にかけては東北地方太平洋沖地震(2011/3/11)の余震多発により精度が大きく低下した。

2007年10月以来、EPOSで処理された最も大きな地震は、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」である。この地震の際、気象庁は地震波検出の5.4秒後に予報を、同8.6秒後に岩手県と宮城県、及び福島県、山形県、秋田県の一部に対して警報を発表した(気象庁, 2012b)(図4)。テレビの画面に緊急地震速報のテロップが表示されてから、あるいは携帯電話で緊急地震速報を受け取ってから強く揺れた体験をされた方も少なくないと思う。緊急地震速報を受けて人々が防災行動をとった状況は、例えば宮城県庁(2012)、東京メトロ(2011)等で見ることができる。一方、本震時に関東地方に対して警報の続報を発表しなかったこと、また、その後発生した通信回線の途絶や活発な余震活動等によって揺れの予測精度が低下するという課題が生じた。これらの成果、課題を含めた姿が現状の緊急地震速報の実力である。現在、明らかになった課題を改善するための研究開発が続けられている。

5. 緊急地震速報の未来

緊急地震速報の一般提供が始まって以後、緊急地震速報に関わる研究開発はひとまず終わったという見方があるが、果たしてそうだろうか。これまでの運用を受けて気象庁に寄せられる緊急地震速報に対する要望は主に二つに集約される。一つはより迅速な情報提供、もう一つは揺れの予測精度の向上である。

まず、緊急地震速報はそもそも迅速性が本質的な要素となる予測情報であるが、P波を検知した後、これを解析してS波が到着するまでに予測情報を出すという原理上、情報提供を揺れの到着より分単位で早くすることは科学的にはほぼ不可能である。僅かでも早く緊急地震速報を早く発表するためには、出来るだけ震源域に近い場所に地震計を設置する以外にない。このため、海域で発生する地震については、現在、(独)防災科学技術研究所や(独)海洋研究開発機構が沿岸から数十~数百km沖合に設置している海底地震計を、陸域で発生する地震については(独)防災科学技術研究所が首都圏に設置している大深度地震計をそれぞれ利用することで、従来よりも1~30秒程度猶予時間を確保する予定になっている(なお、これらの観測点は地震波形の品質検証終了後から順次EPOSに導入する予定である)。

次に予測精度の向上については、現在整備中の次期EPOS(2015年度に運用開始予定)ではIPF法とPLUM法という新たなアルゴリズムを搭載する計画になっている。IPF法は時空間的に近接して発生する地震の識別を従来よりも精度よく行うことで、複数地震を分離できずに揺れの予測精度が低下する事例を減らすことが期待されている(溜瀧ほか, 2014)。またPLUM法では、迅速性はやや落ちるものの、揺れの観測事実から周辺の揺れを予測し、より確実に情報を発表することが期待されている(小寺ほか, 2014)。両手法は次期EPOSでの評価が終了次第、運用が開始される予定になっている。

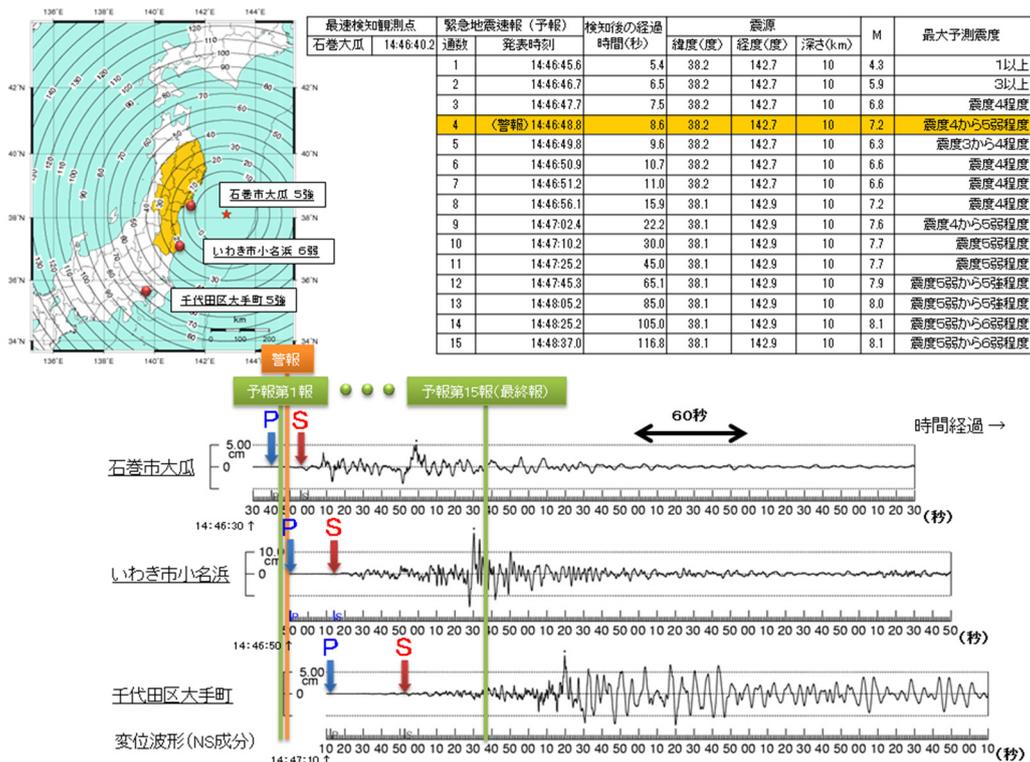


図4 東北地方太平洋沖地震における緊急地震速報の発表状況。左上は警報の発表範囲と猶予時間、右上は緊急地震速報の発表状況、下は宮城県石巻市と福島県いわき市、及び東京都千代田区で観測された地震波形と緊急地震速報の発表タイミングをそれぞれ示したもの。

一方、PLUM法をさらに発展させ、震源やマグニチュードを推定することなく、観測されている揺れのみを用いて輻射伝達理論による揺れの予測を定常的に行うというアイデアが提唱されている(例えば Hoshiba & Aoki, 2015)。この手法は、湖面に広がる波紋を観察しながらその後の拡がりの様子を常時計算することによって該当地点の揺れを予測するというイメージに近いものである。また、スマートフォンに内蔵されているセンサによって計測された揺れや投稿記事などのビックデータを利用して揺れの予測を行うアイデアも登場している。将来、揺れの予測は高性能な地震計で計測しないと詳しいことは分からないと言う発想自体が古い考え方になる日も来るかもしれない。

6. 結び

本稿では緊急地震速報の過去、現在、未来について述べてきた。地震学会(第1期)で緊急地震速報が「地震の予知をする夢」として語られたことは既に述べたが、地震学やコンピュータ、測器及び通信技術の成果、そして科学者と技術者、あるいは放送・通信メディアとの協力によって、我が国では日々発生する地震による揺れの予測情報が即時に個人に届けられるという、世界でも類を見ない仕組みが日常的に存在するようになった。クーパーやミルンたちの夢は100年余りかけて実現したといつてよいだろう。

ところで「地震予知と緊急地震速報は異なる。緊急地震速報は結果を早く伝えているだけだ」という言説を聞くことがある。これは処理のリアルタイム性に考えが至らないための誤解だと私は感じている。緊急地震速報の研究開発にとってある種不幸だったのは、緊急地震速報の要素となる科学技術は一見、地震学によって既に解明済み、あるいは開発済みの科学技術の応用、つまり科学ではないと見られてしまったことではないだろうか。

地震学的な研究開発のほとんどは「地震現象が全て終了した後には得られる、ノイズを取り除いた完全なデータセット」を用いた「結果の解析」であるのに対し、緊急地震速報に関わる研究開発のほとんどは「地震現象自体が終了しておらず、ノイズも含まれる不完全なデータセット」を用いた「即時の解析と予測」である。震源を求めるにしてもマグニチュードを求めるにしても、あるいは前処理でフィルタをかけるにしろ、現象終了後の完全

なデータセットに適用するものとは別の手法を開発しなければならない。更に言えば、科学技術が進歩して処理が現象の進行に追いついたがゆえに、時系列グラフの右側が途中から見えていないデータに対して、最終結果が分からない時点で重大な災害の起きる恐れを警告するための科学技術に取り組まなければならなくなったのだ。

東北地方太平洋沖地震の後に、地震予知の可能不可能論が十年一日のごとく繰り返されたり、地震学者は必ずしも人の命を助けるために研究をしているわけではないことが殊更強調されたりすることがあった。私はこのような議論には与しない。我が国では地震予知の夢と挫折の葛藤によって予測を目的とした科学に関わることに拒否反応があったり、前述のように一見枯れたように見える科学技術には関心がなかったりで、そもそも地震学が目標としていた夢の実現には遠回りをしたように個人的には感じている。現象の進行中に観測されたデータを使って将来を予測するという気象、地象、水象にかかわらず最先端の科学技術なのである。今後も緊急地震速報がより一層高度化して一人でも多くの人々の命を救い、被害を少なくすることができるよう願ってやまない。本稿をまとめるにあたり、資料、コメントを頂いた皆様に感謝します。

参考文献

- 中村豊 (1996): 総合地震防災システムの研究, 土木学会論文集, **531**, 1-33.
- 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.
- 伯野元彦・高橋 博 (1972): 10秒前大地震警報システム, 自然, 74-79.
- Espinosa-Aranda, J., A. Jimenez, G. Ibarrola, F. Alcantar, A. Aguilar, M. Inostroza and S. Maldonado (1995): Mexico City seismic alert system, Seismological Research Letters, **66**, 42-53.
- 内閣府 (2007): 緊急地震速報の周知・広報及び利活用推進関係省庁連絡会議.
http://www.bousai.go.jp/jishin/eew/eew_top.html
- 気象庁地震火山部 (2008): 緊急地震速報の概要や処理手法に関する技術的参考資料.
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/nc/katsuyou/reference.pdf>
- Allen, M. A., P. Gasparini, O. Kamigaichi and M. Bose (2009): The status of earthquake early warning around the world: An introductory overview, Seismological Research Letters, **80**, 5, 682-693.
- 東田進也・堀内茂木・山本俊六 (2010): 揺れの予測情報と地震災害低減への活用, 平成22年電気学会電子・情報・システム部門大会, OS7-3.
- 気象庁 (2012a): 「緊急地震速報の利活用状況等に関する調査」結果, pp. 171.
http://www.jma.go.jp/jma/press/1203/22c/23manzokudo_data.pdf
- 気象庁 (2013): 「緊急地震速報評価・改善検討会 (第4回) の概要について」参考資料1 緊急地震速報の現状について, pp. 15.
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/eew-hyoka/04/sankou1.pdf>
- 気象庁 (2012b): 平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震調査報告, pp. 477.
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/gizyutu/133/gizyutu_133.html
- 宮城県土木部 (2012): 東日本大震災 職員の証言 (想い)「そのとき、それから、これから あの目を忘れない」、2012宮城県土木部, pp. 320.
<http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/42268.pdf>
- 東京メトロ (2011): 東京メトロの地震対策と東北地方太平洋沖地震への対応について, pp. 2.
http://www.tokyometro.jp/safety/prevention/safety_report/pdf/anzen2011_2.pdf
- 溜瀧功史・山田真澄・S. Wu (2014): 緊急地震速報のための同時多発地震を識別する震源推定手法, 地震, **67**, 41-55.
- 小寺祐貴・山田安之・平野和幸・森本雅彦・干場充之・中村雅基 (2014): 実時間地震動予測を併用した緊急地震速報, 日本地球惑星科学連合2014年大会, SSS28-02.
- Hoshiba, M. and S. Aoki (2015): Numerical Shake Prediction for Earthquake Early Warning: Data Assimilation, Real-time Shake Mapping, and Simulation of Wave Propagation, Bull. Seism. Soc. Am., Accepted.

東田 進也 (つかだ しんや)

気象庁地震火山部管理課 地震津波監視システム企画調整官。

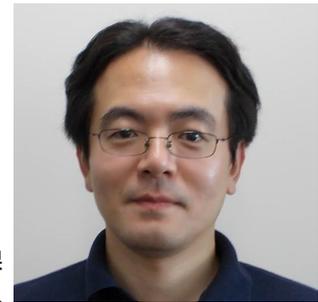
平成2年 金沢大学理学部地学科卒。

平成7年 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻博士課程修了。博士(理学)取得。専門は地震学。

平成7年11月 気象庁入庁。地震津波監視システムや緊急地震速報の開発運用等に従事。(財)鉄道総合技術研究所出向、東京大学地震研究所准教授、福岡管区気象台勤務等を経て平成24年から現職。

寄稿 6

海上保安庁の海底地殻変動観測

海上保安庁海洋情報部技術・国際課
地震調査官 石川 直史

1. 海上保安庁による海底地殻変動観測網の構築

二十世紀後半における宇宙技術を用いた精密測地計測の進展により、人工衛星や天体からの電波を利用して地球規模の地殻変動を高精度に測定することが可能となった。特に、国土地理院のGNSS連続観測システム(GEONET)に代表される、陸上の稠密な観測網によって、日本周辺におけるプレートの衝突に起因する地殻変動の詳細が明らかにされてきた。

沈み込みプレート境界における応力の蓄積・解放の過程を明らかにし、地震にいたる地殻変動の詳細を理解することが、海溝型巨大地震に対する防災上の重要課題となっているが、プレート境界の大部分は海底にあり、陸域の地殻変動観測のみでは、地殻変動の全貌を明らかにすることは困難である。そのため、海底において地殻変動を測定することが重要となってくる。

しかしながら、海中では電波が著しく減衰するため、深海底では陸上と同様の宇宙測地技術を用いた観測は行うことはできない。その困難を克服し、海底における精密な測位を実現するための手法が、海上のGPS測位技術と海中の音響測距技術を組み合わせるGPS-音響測距結合方式(以下、GPS-Aと呼ぶ。)である。この測位手法は、最初に米国のScripps海洋研究所のSpiessらのグループによって、1980年台にアイデアが提唱され、その後、米国と日本の研究グループが海底地殻変動観測の実現のための研究開発を進めてきた。現在、日本では海上保安庁のほか、東北大学、名古屋大学などの研究機関において、観測及び研究開発が行われている。

海上保安庁では、科学技術庁(当時)の科学技術振興調整費「南海トラフにおける海溝型巨大地震災害軽減のための地震発生機構のモデル化・観測システムの高度化に関する総合研究(平成8~12年度)」によって、GPS-Aの観測装置の開発を行った。熊野灘の水深2,000mの海底に第1号となる海底基準点を設置し、平成12年2月に最初の観測を開始した。

地震調査研究推進本部が平成13年に「地震に関する基盤的調査観測計画の見直しと重点的な調査観測体制の整備について」として、平成9年策定の基盤的調査観測計画の見直しを行った際には、それまでの海上保安庁や大学におけるGPS-Aの研究開発が進展した結果、精度の向上などの課題はあるものの、観測の有効性が示されたとして、「基盤的調査観測の実施状況を踏まえつつ、調査観測の実施に努めるもの」として計画に盛り込まれることとなった。

この計画では、「海上保安庁において、海岸線に平行して100km間隔で観測点を整備し、想定震源域をカバーするように、日本海溝、相模トラフ、南海トラフ、南西諸島海溝、千島・カムチャツカ海溝、日本海東縁部において整備を進める」とこととされた。

これを受けて、海上保安庁では、まずは日本海

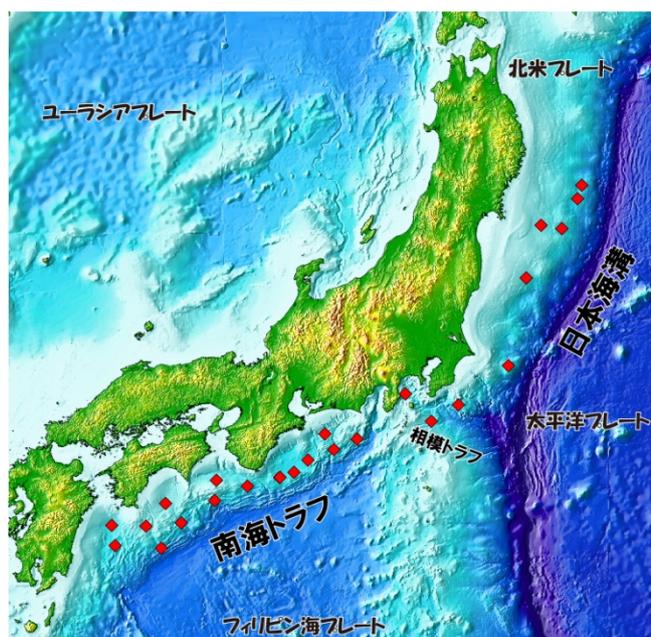


図1 海上保安庁の海底基準点配置(平成26年度時点)

溝、次いで南海トラフに基盤観測網としての観測点を順次展開していき、定期的に観測を実施してきた。平成 26 年度時点での海上保安庁の海底基準点の概略位置を図 1 に示す。

2. GPS—音響測距結合方式による海底地殻変動観測の概要

GPS-A による海底地殻変動観測は、海上局と海底局の 2 つのシステムから構成される。観測は船に設置された海上局によって行われ、あらかじめベンチマークとして海底に設置した海底局の位置をセンチメートルの精度で測定する。観測の概念図を図 2 に示す。

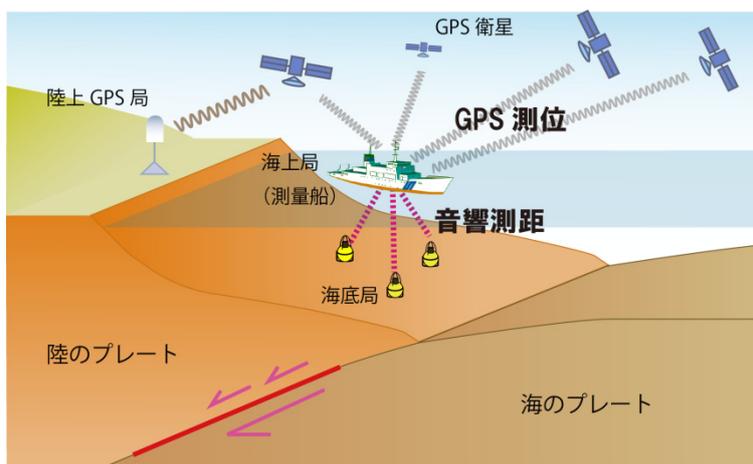


図 2 GPS—音響測距結合方式による海底地殻変動観測システムの概要

海底局は、海上局から発信された音波を、受信した後に同じ信号を返信する機能を持つミラー方式トランスポンダーと呼ばれるもので、数千mの深海底に設置されている。1つの海底基準点は、4台の海底局から構成され、その海域の水深を半径とする円周上の東西南北に設置されている。毎回の観測で、4台の重心位置を求め、その位置の変化から地殻の変動量を測定する。

海底局の位置は、海上局を介して測定される。海上局は、測量船に設置されており、海上を移動する海上局の位置を測定するための GPS アンテナ、海底局との音響測距を行うための音響送受波器、両装置の位置を関係づけるための動揺計測装置からなる。海上局は、海上の GPS 測位と、海中の音響測距を結合する役割を担っており、これにより、深海底に設置した海底局の位置座標を GPS の座標系に準拠した形で求めることができる。

3. これまでの観測成果

現在、海上保安庁では、図 1 に示した各海底基準点において、年間 2～3 回の頻度で定期的な観測を行っている。得られた観測成果は、随時、地震調査委員会や地震予知連絡会等において報告を行っている。

3.1. 東北地方太平洋沖地震前の観測成果

地震調査研究推進本部は、平成 17 年に「今後の重点的調査観測について(—活断層で発生する地震及び海溝型地震を対象とした重点的調査観測, 活断層の今後の基盤的調査観測の進め方—)」を策定し、特定の地域の特定の地震をターゲットとする重点的調査観測の考え方を示した。同文書が策定される以前の平成 14 年に、その時点で重点地域と指定されることが明らかであった宮城県沖の海域において、他地域に先駆けてパイロット的な重点的調査観測を実施するためのプロジェクトである「宮城県沖地震に関するパイロット的な重点的調査観測 (平成 14～16 年度)」が文部科学省によって開始された。

海上保安庁もこのプロジェクトに加わり、平成 16 年には、新たに「宮城沖 2」海底基準点を設置するとともに、既設点も含めて宮城県沖の重点的な観測を実施した。新設の海底基準点は、それまで基盤観測網として整備していた「宮城沖 1」海底基準点 (平成 13 年設置) から陸側約 40 km の海底に設置した。これは、プレートが沈み込んでいる海溝から陸に向けてのプレート沈み込み方向に対する地殻変動量の変化を把握するためである。

重点的に観測を実施した「宮城沖1」海底基準点では、平成17年4月までの観測データからユーラシアプレート安定域に対して、年間8.5 cmの速度で西北西に移動しているという結果が得られた (Fujita et al., 2006)。これは、海上保安庁の海底地殻変動観測として、地殻の変動速度を捉えた最初の事例となった。

平成17年8月16日には、宮城県沖でM7.2の地震が発生したが、パイロットプロジェクトで新設した「宮城沖2」海底基準点の設置場所は、偶然にもこの地震の震央の近傍であった。地震前後の観測データを比較した結果、この地震によって、基準点が東に約10 cm移動していたことが判明した (Matsumoto et al., 2006)。このコサイスマミックな変動は、陸上のGEONETの観測データから推測される矩形断層モデルによる計算値と概ね一致する値であった。

その後も観測は継続して行われ、平成18年末頃から年間5.3 cmの速度で西北西への移動が再び開始したことを示唆するような動きが検出された (Sato et al., 2011b)。これは、地震によるひずみの解放から余効変動を経て、再びひずみの蓄積が開始されるまでの過程を示唆しており、海底地殻変動観測によってこのような一連の過程を捉えたのは世界でも初の事例であった。

「宮城沖1」海底基準点においても、余効変動の影響が無くなったと思われる平成18年末以降のデータを用いて年間5.5 cmの速度での西北西方向への移動が測定された。この値は、平成17年以前に得られていた年間8.5 cmという速度に比べて小さいが、この間には観測機器や解析手法において大きな進歩があったため、より正確な値を捉えられるようになったと考えられる。

また、「福島沖」海底基準点では、年間約2 cmという宮城沖と比べ有意に小さい速度が検出され、場所によって移動速度が異なるということが分かってきていた (Matsumoto et al., 2008)。

東北地方太平洋沖地震前に得られた海底基準点の変動速度を図3 (a) に示す。

3.2. 東北地方太平洋沖地震時の観測成果

平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震では、M9という規模の巨大さから、日本全域において地殻変動が観測された。特に宮城県の牡鹿半島のGEONET観測点では、東南東に約5 mというそれまでに観測されたことが無いような大きな変動が検出された。

海上保安庁では、地震で被害を受けた港湾の調査を行っていた測量船の回航時等を利用して、海底基準点において海底局の被害調査を実施した。3月末から4月にかけての調査で得られた位置と地震前の観測結果を比較することで得られた地震による変動を図3 (b) に示す。

震央のごく近傍 (東方約10 km) に位置する「宮城沖1」海底基準点では、地震発生直前の2月の観測結果と比べて、東南東に24 m移動し、3 m隆起していることが測定された。そのほか、北北東約70 kmに位置する「釜石沖1」海底基準点においても、東南東への23 mの移動が観測されるなど、震央付近の領域下で大きなすべりが発生したことが明らかになった (Sato et al., 2011a)。

この観測で明らかになった海底の変動は、陸上の観測データから推定されていた変動量よりもはるかに大きく、驚きを持って迎えられた。この結果は、東北地方太平洋沖地震の研究における貴重なデータとなり、それまで以上に海底での地殻変動観測の重要性が認識されることとなった。

3.3 東北地方太平洋沖地震後の観測成果

大きな地震の後には、断層周辺に生じた力を解放する緩和過程である余効変動が続くため、すぐには地震前の状態には戻らない。余効変動は一般に地震の規模が大きいほど長期間継続し、実際に、東北地方太平洋沖地震による余効変動は現在も続いている。また、2004年のスマトラ島沖地震 (M9.1) では、発生5年半後にM7.5の余震が発生したという例もあり、今後もM7クラスの大きな余震が発生する可能性がある。そのため、地震後も引き続き観測を継続することが重要となる。

海上保安庁では、地震後も定期的に観測を実施し、地殻変動の推移を監視している。その結果を図3 (c) に示す。地震時のすべり量が比較的小さかった「福島沖」海底基準点では、陸域のGPS観測点と類似するような時間とともに減衰する東南東向きの変動が捉えられた。一方、地震時に大きくすべった震源近傍の「宮城沖1」海底基準点では、ほぼ一定速度での西北西方向に移動しているという陸上とは逆向きの結果となった。さらに、「宮城

沖 2」海底基準点では南向きの変動になっているなど、陸上の GPS 観測点から推測される余効すべりに伴う変動とは全く異なる結果が得られている (Watanabe et al., 2014)。

このように、海底の観測からは、陸の観測から推測することができない非常に複雑な地殻変動分布が検出されており、現在これらの過程を説明するためにマンツルの粘弾性の緩和過程などを考慮したモデルなどが盛んに研究されている。

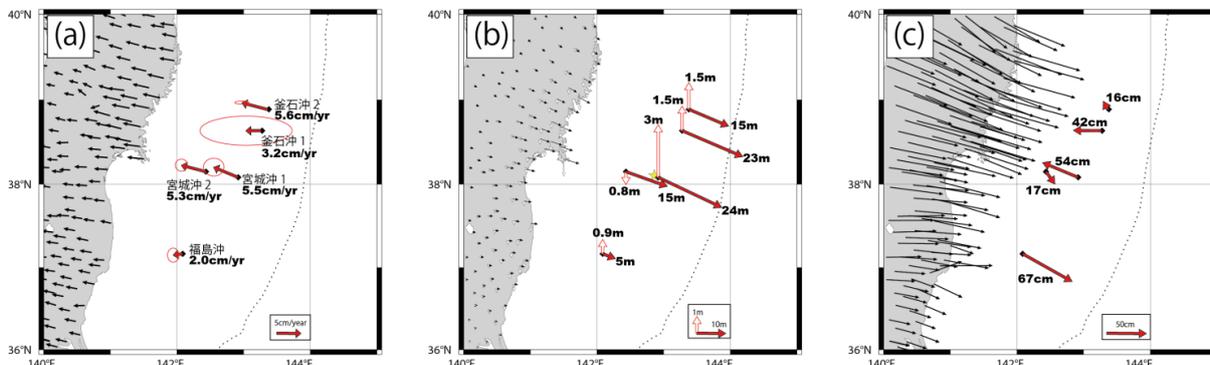


図 3 東北沖における海底地殻変動観測結果。陸上の結果は国土地理院 GEONET による。(a) 東北地方太平洋沖地震前の変動。ベクトルはユーラシアプレート安定域に対する 1 年あたりの変動量を、楕円はその 95% の信頼区間を示す。(b) 東北地方太平洋沖地震時の変動。ベクトルは地震前後の観測値の差から求めた地震時の変動量を示す。(c) 東北地方太平洋沖地震後の変動。ベクトルは北米プレート安定域に対する 2011 年 4 月から 2014 年 8 月までの累積の変動量を示す。

4. 今後に向けて

東北地方太平洋沖地震の余効変動のような複雑な過程の詳細を把握するためには、さらに観測点の密度を高めることが重要となる。また、東北地方太平洋沖地震では、海溝軸付近が巨大な津波の発生源となったことを受けて、これまで手薄であった海溝軸付近における海底地殻変動観測の必要性も明らかになった。

こうした課題を受け、日本海溝沿いの観測点密度を高めるため、平成 24 年には、東北大学を中心とするグループが海溝軸付近の大深度域や沈み込む太平洋プレート側も含め、新たに 20 点の観測点を設置した。大学グループによって新設された観測点は、海上保安庁の観測システムとも互換性があるため、現在、海上保安庁と東北大が共同で観測を実施している。

さらに、将来の巨大地震の発生が予想される南海トラフ沿いにおいても、防災の観点から地殻変動をより詳細に把握することが重要となるため、観測網の充実が強く望まれるようになった。海上保安庁では、南海トラフ沿いの海底において東北地方太平洋沖地震前に整備を行っていた 6 点に加え、南海トラフ巨大地震の想定震源域全体をカバーすべく新たに 9 点の観測点を平成 23 年末から平成 24 年初頭にかけて設置し、観測を実施している。

現在陸上では、GEONET に代表される GPS 地殻変動連続観測点が 1400 点以上設置されている。そこでは、24 時間 365 日の連続観測が実施され、ネットワークで繋がった各観測点からデータを収集・処理することによって、数時間ごとの座標値を求めることが可能になるなど、セミリアルタイムともいえる観測が実現されている。一方で、GPS-A による海底地殻変動観測は、大学が設置している点も含めて 50 点程度である。観測も測量船で現場に行きデータを取得するスタイルであり、1 観測点あたりで年に数回程度の観測にとどまっている。また、測量船から持ち帰ったデータを陸上で解析処理することで結果を求めており、観測を行ってから結果が出るまでに 1 ~ 2 週間の時間を要している。

プレート境界周辺での詳細な地殻変動の把握のためには、さらに空間的にも時間的にも密な観測が望まれるが、測量船で観測の都度現場に行くという観測スタイルでは、観測時間に制限があるため、観測時間の短縮による効率化が必要になってくるが、それにも限界がある。陸上のような連続観測やセミリアルタイムでの解析を実現するためには、常設の係留ブイや無人機による観測装置の開発や海上から陸上へのデータ伝送技術の開発が必要となり、現在、大学等の研究機関において将来の実現へ向けての研究開発が進められている。

参考文献

- Fujita, M., T. Ishikawa, M. Mochizuki, M. Sato, S. Toyama, M. Katayama, Y. Matsumoto, T. Yabuki, A. Asada and O. L. Colombo (2006): GPS/Acoustic seafloor geodetic observation: method of data analysis and its application, *Earth Planets Space*, **58**, 265-275.
- Matsumoto, Y., M. Fujita, T. Ishikawa, M. Mochizuki, T. Yabuki and A. Asada (2006): Undersea co-seismic crustal movements associated with the 2005 Off Miyagi Prefecture Earthquake detected by GPS/Acoustic seafloor geodetic observation, *Earth Planets Space*, **58**, 1573-1576.
- 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.
- Sato, M., T. Ishikawa, N. Ujihara, S. Yoshida, M. Fujita, M. Mochizuki, A. Asada (2011a): Displacement above the hypocenter of the 2011 Tohoku-oki earthquake, *Science*, **332**, 1395, doi:10.1126/science.1207401.
- Sato, M., H. Saito, T. Ishikawa, Y. Matsumoto, M. Fujita, M. Mochizuki and A. Asada (2011b): Restoration of interplate locking after the 2005 Off-Miyagi Prefecture earthquake, detected by GPS/acoustic seafloor geodetic observation, *Geophysical Research Letters*, **38**, L01312, doi:10.1029/2010GL045689.
- Sato, M., M. Fujita, Y. Matsumoto, T. Ishikawa, H. Saito, M. Mochizuki and A. Asada (2013): Interplate coupling off northeastern Japan before the 2011 Tohoku-oki earthquake, inferred from seafloor geodetic data, *Journal Of Geophysical Research: Solid Earth*, **118**, 1-10, doi:10.1002/jgrb.50275.
- Watanabe, S., M. Sato, M. Fujita, T. Ishikawa, Y. Yokota N. Ujihara and A. Asada (2014): Evidence of viscoelastic deformation following the 2011 Tohoku-oki earthquake revealed from seafloor geodetic observation, *Geophysical Research Letters*, **41**, 5789-5796, doi:10.1002/2014GL061134.

石川 直史 (いしかわ ただし)

海上保安庁海洋情報部技術・国際課地震調査官。

金沢大学大学院自然科学研究科数物科学専攻修了。

2004年海上保安庁入庁、海底地殻変動観測業務に従事。文部科学省出向、海上保安大学校准教授等を経て、2014年4月より現職。

寄稿 7

地震調査研究推進本部地震調査委員会の抱える課題と今後の展望

京都大学防災研究所
准教授 宮澤 理稔



地震調査委員会では地震調査研究の成果を基に、我が国における地震防災対策に資する地震の総合的評価を行ってきている。具体的には、大地震の長期評価とそれに関連するハザード評価が挙げられ、「確率論的地震動予測地図」や「震源断層を特定した地震動予測地図」として様々な媒体を通じて広く公表されており、社会的にも強い影響力を持っている。このような評価をまとめる過程に関して、一研究者として過去 10 年間の地震調査研究を振り返り、今後必要とされる研究についても私見を交えて展望する。

1. 長期評価の手法について

大地震の発生予測に関し地震調査委員会は、固有地震と定義される大地震が同一のアスペリティ領域を繰り返し破壊しているように見える現象に着目し、独自の固有地震モデルを提唱することで、数値的な予測を可能としている。したがってこのモデルの仮定自体が、観測から得られるモデルパラメータと共に、決定的な役割を果たしている。

過去 10 年間の地震活動と長期評価を振り返ってみると、2005 年 8 月 16 日に宮城県沖のプレート境界で発生した M7.2 の地震をめぐる議論が、地震発生モデルの複雑さを顕在化させた。当時地震調査委員会は、宮城県沖における 1978 年宮城県沖地震 (M7.4) と同規模の地震の発生について、30 年発生確率を 99% と高い値で評価していた (「全国を概観した地震動予測地図」報告書 平成 17 年 3 月 23 日)。「宮城県沖地震の長期評価」(平成 12 年 11 月 27 日) では、「宮城県沖地震であると評価した地震」にそれ以前に発生した同規模の 6 地震を挙げ、それらの平均活動間隔が 37.1 年であることと 1978 年の最新活動からの経過時間を基に、次の想定される宮城県沖地震の発生時期を確率的に予測する根拠を示していた。その規模は M7.5 前後と予測され、日本海溝寄りの海域の地震と連動した場合には M8.0 前後になる可能性も指摘されていた。2005 年の地震が発生した際、地震調査委員会は、その規模がやや小さいことから「想定している宮城県沖地震の震源域の一部が破壊した」と評価し、「引き続き地震調査委員会が想定している宮城県沖地震の発生可能性がある」とまとめた (「宮城県沖の地震活動の評価」平成 17 年 9 月 14 日)。この評価は限られた情報しかない状況下において、その時点では妥当であったと思われる。

その後、過去の地震記録を用いた地震波形解析 (Kanamori et al., 2006)、余震活動解析 (Umino et al., 2006)、震度解析 (武村・神田, 2006) 等の研究が行われ、2005 年の地震は、1978 年の地震より一つ前の 1936 年の活動と酷似していることが分かった。そして 1978 年の地震の破壊域はより広く、平面的には 1936 年とその前後 (1933 と 1937 年) の地震発生域をも包括しているように見えた。これにより、宮城県沖では単純に一つのアスペリティが繰り返し破壊しているわけではないという共通の結論が得られた。更に固有地震モデルに基づいて、宮城県沖には複数のアスペリティが存在し、あるときはその全てが、また別のときはそのうちの一部が破壊しているかもしれないという解釈が与えられた。従って地震調査委員会としても引き続き「想定」宮城県沖地震に備えることが意識され、その発生確率も高いまま変更されなかった。その一方で、地震調査委員会が 1936 年を宮城県沖地震と評価していたのであるから、それに酷似した 2005 年をほぼ想定していた宮城県沖地震と呼ぶ方が理にかなっている。しかしこれは想定宮城県沖地震がもう当分起きないことを示唆することにはならない。その理由として、そもそも固有地震モデルの適用の正当性が揺らいでいるためである。例えば先に述べた 1930 年代の地震のうち 1937 年の地震は、波形を見比べる限りにおいて 2011 年 4 月 7 日のスラブ内地震 (M7.2) に場所も規模も似ており、プレート境界型と呼ぶには震源が深すぎるため、1978 年の地震の破壊域の一部には相当しないと考えられる。これらの研究結果から、少なくとも宮城県沖は固有地震モデルだけを使って長期評価できるほど単純な地震活動様

式を見せる場所ではないことは明らかであり、今後も「想定宮城県沖地震」を考慮した評価を固有地震モデルだけで行うことは適当でないことが分かった。

2. 東北地方太平洋沖型の地震の評価について

2011年東北地方太平洋沖地震（以下、東北沖地震）発生前に、東北沖では津波や地震活動記録から大きな津波被害をもたらすような地震が過去に存在していたことは地震調査研究から知られており（例えば、宍倉ほか、2007）、また GPS による観測結果からプレート境界が広域で固着していることが推定されていた（例えば、Nishimura et al., 2004）。そして長期間大地震が起きていない領域が広い事を踏まえれば、そのような東北沖での広域のひずみの蓄積は、巨大地震、津波地震、スローイベント等で解放されなければ収支が合わないことも推察されていた（Kanamori et al., 2006）。これらの研究はその後の2011年に東北沖地震が発生したことに対して矛盾しておらず、つまり東北沖地震が発生する理由が理解可能な状態まで地震調査研究が進んでいたと思われる。しかし学術界でコンセンサスを得ることは一般に難しく、プレート境界の状態に関する概念を共有し得なかったことは、大いに反省すべき点である。

地震調査委員会は東北沖地震発生域における長期評価の見直しを行い、広い浸水をもたらす津波を伴う過去5回の東北沖型の地震の活動履歴から、その発生確率を暫定的に見積もっている（「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価（第二版）」平成23年11月25日）。しかし東北沖型の地震に限らず、想定宮城県沖地震や他の地震活動の評価についても、少ない回数の発生履歴に対し BPT モデル（Brownian Passage Time 分布と呼ばれる確率密度関数に基づくモデル）を当てはめて確率値を推定しており、その妥当性の検証をするには記録が十分とは言えない。

3. 南海トラフの地震活動予測モデルの曖昧さ

東北沖地震のような巨大地震の発生を的確に評価できていなかったことも鑑み見直された「南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）」（平成25年5月24日）において、将来発生すると考えられている南海トラフの巨大地震の規模と確率が発表されている。これらには大きな不確実性を伴い、特に発生確率に関しては最も意見が分かるところである。その詳細を記した説明文では、採用するモデルによって値に大きなばらつきがあることが明記されており、主文の値が公表値として絶対でないことは明らかである。それまで南海トラフで用いてきた時間予測モデルが不十分であることを認識しつつも、見直し後の評価でも引き続き採用した経緯は、このモデルを完全に否定するだけの情報がないため既存の概念を踏襲するという論理によっている。これには政策委員会の参考意見も反映されており、発表された情報を使うユーザーも考慮したまとめとなっている。しかし自然科学の視点から見れば、説明文に指摘されているとおり時間予測モデルの正当性を主張するに足るデータが不完全であることにより、これを南海トラフの巨大地震の予測に当てはめることに疑問が持たれる。説明文にはそれ以外のモデルを用いた場合についての確率値が掲載されているが、ハザード評価には反映されない。

このような経験的にも検証が十分になされていないモデルに基づくハザード評価は、適当ではないと判断される（Freedman & Stark, 2003）。

4. 地震調査委員会委員の本分

以上、この10年の活動で浮かび上がった問題点の一部を挙げることとなったが、人間の意志決定が自然現象の評価に関わる限り、どうしても不十分な点が残ることは仕方がない。しかし地震調査委員会は地震防災に資するためにそれらを補ってでも、科学的根拠に基づいた様々な研究概念を用いて評価を行わなければならない。このためにも地震調査委員会では様々な意見を持った委員が、グローバルな研究成果をレビューして客観的に議論することが望ましい。そして無批判に評価案が受け入れられず議論されることが、学問を基礎とする委員会の会議として正常な姿である。しかし地震に関する広い学術分野の中の一握りの委員の知識と事務局の努力だけでは、それらを完全に網羅することは困難である。ましてや専門家たる研究者が参加する限りにおいて、彼らの信念に基づき委員の職務を全うするほど、社会に対して結論を示す必要がある委員会では、知識として知っているだけの他説を擁護することは難しく、意見に偏りがでてくることは避けられない。現状では、辛うじて報告書の中に

少数意見が書き込まれているが、この少数意見とそれの示唆する可能性は、評価文の公表後も報道されることはないため殆ど社会に知れることはない。審議内容に多少の疑義があったとしても、公表するという責務を負っている限りある段階で妥協をせざるを得ない委員としての立場と、概念を無批判に受け入れない科学者としての立場との間の葛藤に苛まれている委員も少なくないと思う。

幅広い研究成果に基づく評価という事に関して、例えば「新たな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―」（新総合基本施策）（改訂）では、「科学技術・学術審議会測地学分科会における議論の上で、策定された学術的な観測研究計画（略）等に基づく大学等における基礎的研究の成果を取り入れて推進していくことが必要である」と記されている。つまり現5か年計画である「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（科学技術・学術審議会 平成25年11月8日建議）も含めた研究成果を合理的に判断して評価に繋げていく必要性が明示されている。地震本部が進める地震調査研究に限らず、このような研究成果がより一層適切に評価に取り込まれなければならない。

諸説ある中で、特定の意見に偏ることなくより客観的評価に近づくためには、公開の専門委員会の開催が考えられ、これには特に長期評価の手法、発生領域や確率についての議論が含まれる。会議の議決権は委員に委ねられるままであったとしても、委員会の公開によって、他分野研究者から異なる観点についての有益なコメントが寄せられる可能性もあり、また市民が会議を傍聴できることによって地震防災に対する意識を高めることができる。劇的な評価の見直しが予想され社会的影響が極めて大きいとき程慎重に議論すべきであるが、日本のように国土に限られた国では会議の公開によって情報が先に流布することは望ましくないことの方が多く、実際には個別の会議の公開の判断には課題を抱える。

5. 長期評価手法の見直しとそれを必要としないシナリオ地震の充実

現在も行われている長期評価の手法の検討を通じて、固有地震モデル以外のモデルは相当数提案できるであろう。しかし大地震の発生事例に関して少数の記録しかない限りにおいて、モデルの検証は十分にできない。そして現在の地震調査委員会の状況からすると直ちに固有地震モデルに代わるモデルはないかもしれない（しかし少なくとも宮城県沖では複数のモデルを試すべきであると分かっている）。今後も固有地震モデルを採用し続けるにしても、階層的アスペリティ構造を考慮するなどの工夫も必要であるかもしれない。また実際に予測領域で大地震が発生したときに、過去のアスペリティの割れ残り領域において次の地震が発生する可能性を指摘し続けるのかどうかは、議論の余地がある。前に紹介した宮城県沖の地震を巡る問題のように、極めて主観的な判断の問題を孕んでおり、地震調査委員会の役割は重い。

一つの評価手法に絞りきれないのであれば、多様性を尊重し複数のモデルを用いた検討を行うことにより、モデル選択による評価の不確実性を示すことが実直である。しかし問題点として、複数のモデルを適用してしまうと確率計算ができなくなるという弊害がある。このためモデルの選択によるハザードのばらつきや不確実性を評価する研究が望まれる。複数のシナリオやモデルによる結果のばらつき公表については、例えば気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の気候変動予測でも行われており、その最大値のみが着目されることになったとしても一般に馴染みやすいかも知れない。

手法の検討にはまだ時間が要する上に、そもそも一枚の確率論的地震動予測地図では平均地震発生間隔の長さ依存した切迫情報をユーザーに対して適切に与える事が難しく、これを適切に利用できるのは一部の自治体や再保険会社等のみに留まってしまう恐れがある。このため長期評価の発生時期の概念とは独立した複数のシナリオ地震によるハザード評価（震源断層を特定した地震動予測地図）を充実させた方が、社会にとって受け入れやすいかもしれない。

6. 今後の地震調査研究について

長期評価の手法について新たなブレークスルーがない状態では、上述したとおり「モデルの不確実性の評価」と「確率評価とは独立したシナリオ地震によるハザード評価の充実」が、ハザードマップの改良において当面望まれることである。この他に今後の地震調査研究の発展に寄与できると考えられる基礎研究の一部を、私見に基づいて挙げてみる。

・地震間の相互作用

自然界において、地震活動がポアソン過程に従い互いに独立してランダムに発生するという仮定が成り立つことは、本震に対する広域余震活動が存在するという例からしても考えにくい。地震は孤立した領域で独立に発生しているのではなく、様々な時空間スケールで相互に関係を持っていると考えられる（図参照）。つまり、ある地震が発生することで周囲に静的・準静的・動的応力変化が伝播し、将来起きるかも知れない地震の発生状況に影響を及ぼす可能性がある。しかしこの影響がどの程度の時空間スケールをもって広がっているのか、未解明である。

地震間の相互作用をめぐる様々な研究がなされている。例えばこの十余年の間に2004年スマトラ島沖地震を始め、M8からM9クラスの巨大地震が立て続けに発生したため世界規模の大地震の関連性が疑われたが、これを否定する統計学的研究が多く報告されている（例えば、Shearer & Stark, 2012）。しかし有限の地球上において、それらの大地震の発生が完全にランダムであると仮定すること自体無理がある一方、相互作用に関する物理も不明であるので、実際のところは分からない。大規模地震後にその周辺で発生する地震活動についても、静的クーロン破壊応力変化（静的 Δ CFF）によりその発生を説明する研究が非常に多く報告されているが、地震活動の静穏化が期待される領域で大きな余震が誘発されるなど現象を説明できない場合も存在し、また本震による動的応力変化の影響も大きいという可能性も指摘されているため、完全には理解されていない（例えば、Parsons et al., 2012）。大規模地震による小規模地震の遠地動的誘発については古くから概念が存在していたが、観測網の充実等によってその現象の存在が裏付けられており、最近は大規模地震発生後には世界規模で地震活動が活発化することも報告されている（Velasco et al., 2008）。東北沖地震の際も、大振幅の地震波が日本列島各地で地震を動的に誘発しながら広がったことが発見されている（Miyazawa, 2011）。一方でM5を超える地震が遠地誘発されていないという報告もあるが、限られた期間の震源カタログのみを用いた議論であり、データ不足の可能性もある。

このような研究状況を鑑みれば、同一の場所で繰り返し発生する大地震について、その繰り返し間隔のみを用いて長期予測することは、物理的に無理がある。固有地震モデルに基づく個々の固有地震の活動が、他の領域とは独立であるという仮定が成り立たない可能性が高いためである。しかし近地あるいは遠地で発生する地震の影響も考慮したくても、我々はまだその物理を理解していない。このため地震間の相互作用や地震の誘発作用（潮汐誘発作用を含む）の研究を進め、領域を分け隔てることなく、例えば世界の中の日本の地震活動と捉えることが必要である。

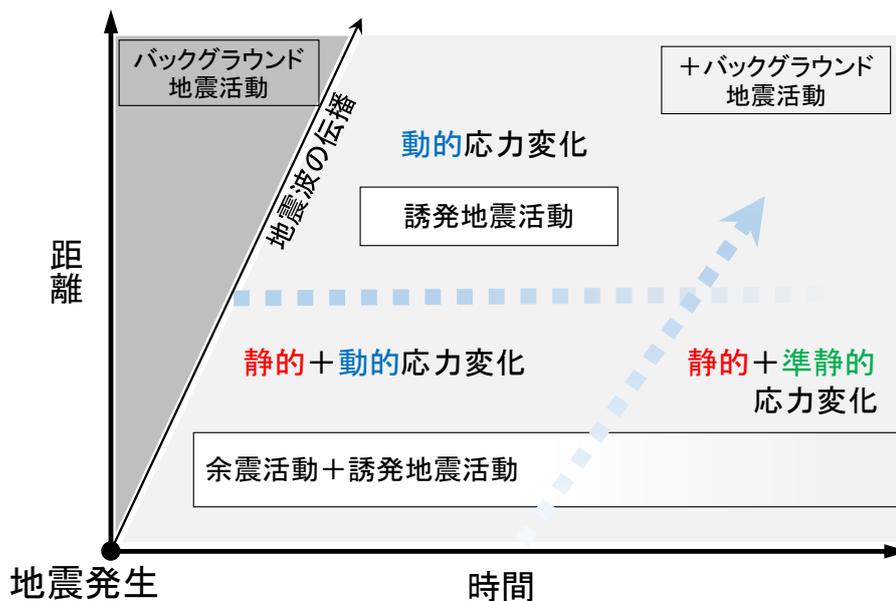


図 地震の誘発作用の概念

・地震波干渉法の地震調査研究への適用の可能性

これまで長期評価についての記述が殆どであったが、活断層の存在や地下構造を明らかにする必然性も言うまでもない。特に人口の多い都市部ほど活断層等の調査の必要性が迫られている。一方でそのような場所では人工ノイズが日中程強いいため、従来の探査では比較的ノイズの少ない夜間等に限られるほか、探査規模も制約されている。そのような人工ノイズがあることを逆手に取り、ノイズを解析記録に利用した地震波干渉法が、都市部での探査に有効であるかもしれない。地震波干渉法は、複数のセンサーが設置されたとき、ある物理条件下でそれらが観測点にも擬似的な震源にもなり得る解析手法で、センサーを設置してノイズを観測するだけで、詳細な地下構造を探査できる可能性がある。従って人工震源を必要としない地下探査手法として、近年物理探査の分野を中心に注目を集め、積極的に研究が進められてきている。地球科学への応用も多く、火山が噴火に至る過程における地下構造の時間変化のモニタリング(Brenguier et al., 2008)や、強震動による地下速度構造の時間変化の抽出(例えば、Nakata & Snieder, 2011)にも成功している。またすぐに実用可能とするにはまだ解決すべき問題が残されているが、海域等の沈み込み帯で多項目観測を行い同手法も活用することで、プレート境界状態を常時モニタリングできる可能性を秘めている。

7. おわりに

地震調査委員会が現在公表する成果には、検証が不十分なモデルに基づかざるを得ない結果が含まれている。この問題は地道な調査により改善されることが期待され、特に過去の地震記録を読み解くことが第一に重要である。一方でユーザーは、長期評価や確率論的地震動予測地図の(超過)確率値の大小に一喜一憂することなく、災害に対する日頃の備えを怠らないよう注意する習慣を身につけることが、地震国日本で生きていくための当面のすべであるかもしれない。そのためにも、地震調査委員会が最新の学術成果を取り込んでいることを自負した上で、地震に関する情報を社会に対し発信し続けることには十分意味があるように思える。そしてこれらはいくまで科学的根拠に基づいて行われるべきである。科学的議論をするプロセスを等閑に付し、国民の防災意識を高めておくことを目的に高い確率を出しておけば良いというものではない。このためにも、より開かれた地震調査委員会であることが望まれる。

文献

- Kanamori, H., M. Miyazawa, and J. Mori (2006): Investigation of the earthquake sequence off Miyagi prefecture with historical seismograms, *Earth Planets Space*, **58**(12), 1533-1541.
- Umino, N., T. Kono, T. Okada, J. Nakajima, T. Matsuzawa, N. Uchida, A. Hasegawa, Y. Tamura, and G. Aoki (2006): Revisiting the three M~7 Miyagi-oki earthquakes in the 1930s : Possible seismogenic slip on asperities that were re-ruptured during the 1978 M7.4 Miyagi-oki earthquake, *Earth Planets Space*, **58**(12), 1587-1592.
- 武村雅之・神田克久 (2006) : 宮城県沖で 2005 年 8 月 16 日に起こった地震(M=7.2)の震度分布の特徴と短周期地震波発生域, *地震*, **59**, 147-158.
- 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.
- Nishimura, T., T. Hirasawa, S. Miyazaki, T. Sagiya, T. Tada, S. Miura, and K. Tanaka (2004): Temporal change of interplate coupling in northeastern Japan during 1995–2002 estimated from continuous GPS observations, *Geophysical Journal International*, **157**, 901–916.
- Freedman, D. A. and P. B. Stark (2003): What is the chance of an earthquake?, *NATO Science Series IV*, **32**, 201-213.
- Shearer, P. M. and P. B. Stark (2012): Global risk of big earthquakes has not recently increased, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **109**(3), 717-721.
- Parsons, T., Y. Ogata, J. Zhuang, and E. L. Geist (2012): Evaluation of static stress change forecasting with prospective and blind tests, *Geophysical Journal International*, **188**, 1425-1440.
- Velasco, A. A., S. Hernandez, T. Parsons, and K. Pankow (2008): Global ubiquity of dynamic earthquake triggering, *Nature Geoscience*, **1**, 375-379.
- Miyazawa, M. (2011): Propagation of an earthquake triggering front from the 2011 Tohoku-Oki earthquake,

- Geophysical Research Letters, **38**, L23307.
- Brenguier, F., N. M. Shapiro, M. Campillo, V. Ferrazzini, Z. Duputel, O. Coutant, and A. Nercessian (2008): Towards forecasting volcanic eruptions using seismic noise, *Nature Geoscience*, **1**, 126-130.
- Nakata, N. and R. Snieder (2011): Near-surface weakening in Japan after the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Geophysical Research Letters*, **38**, L17302.

宮澤 理稔 (みやざわ まさとし)

京都大学防災研究所准教授。博士 (理学)。

2003年 京都大学大学院理学研究科博士後期課程修了後、京都大学防災研究所 PD 研究員・助手、コロラド鉱山大学 PD 研究員、東京大学地震研究所准教授等を経て、2011年より現職。2012年から地震調査委員会委員。専門は地震学。地震の誘発作用、波動伝播や地震ハザードに関する研究を行っている。

寄稿 8

間違った学説に頼るな



東京大学大学院理学系研究科
教授 ロバート・ゲラー

1. はじめに

私は 1984 年、東京大学理学部（当時）に東大初の任期無し外国人教員（助教授）として着任した。それ以来、30 年以上にわたり、政府の地震対策を観察してきた。1991 年には英国科学雑誌ネイチャー掲載の「ゆらぐ日本の地震予知」ⁱと題する小論文で日本の予知計画等を批判し、1994 年の国内シンポジウムⁱⁱではさらに予知可能性への疑問を提示した。

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災（以下、3.11 と呼ぶ）直後、再度ネイチャー誌ⁱⁱⁱで政府の地震対策を批判し、同年書籍「日本人は知らない『地震予知』の正体」（双葉社）を上梓した。また、啓発活動の一環として新聞・テレビの取材・出演依頼にも応じ、「地震学の現状と限界—想定外を想定しよう」と題した講演を年に数回行っている。

本論文集は、地震調査研究推進本部（以下、推本と呼ぶ）の設立 20 年の節目に当たり、これまでの活動を振り返る企画であるときいている。推本関係者だけでなく、私のような批判者にも原稿を依頼した編集方針は評価したい。だが、文科省に声をかけられたのは、東大着任以来、実は今回が初めてである。遅いな、という気もしないわけではない。

2. 阪神・淡路大震災前のこと

推本の約 20 年にわたる活動を的確に評価するためには、溯って推本設立前の経緯についての議論をする必要がある。また、現行の地震対策に関連するいくつかの政府機関についても考察しなければならない。

「地震予知研究計画」は 1965 年にスタートした。「第 2 次地震予知計画」（“研究”という 2 文字が計画の名称から消えている点、留意されたい）は、1969 年にスタートし、その後、順に 5 か年計画が実施され、1994 年に第 7 次地震予知計画がスタート。この間、1978 年には「大規模地震対策特別措置法」（以下、大震法と呼ぶ）が施行され、これによって気象庁はいわゆる「東海地震」の 24 時間観測体制をスタートさせた。大震法と東海地震の実用的予知体制は現在も存続している。

図 1 は 1991 年時点での予知体制の組織^{iv}を示す。その中心機関は旧科学技術庁（以下、科技厅と呼ぶ）内に設置された「地震予知推進本部」であった。現在の推本の前身である。地震予知推進本部のタスクは、①地震予知研究の推進、②測地学審議会の建議の具体化、であった。

「地震予知」というのは、警戒宣言を発令するための精度と信憑性を持って、場所、発生時刻、大きさを前もって察知することである。130 年ほど前から研究者の間で議論され、以来多くの試みがあったが、幅広く認められた成功例は皆無である^v。それではなぜ、日本の一部の地震学者は予知計画を実施したのか。私の見るところ、彼らは皆予知の困難さを良く知っており、本気で予知を目指しているわけではなかった。「予知」は、彼らにとって予算を引き出すための“打ち出の小槌”のようなものであった。^{vi}

3. 「予知」から「調査研究」への“一括置換”

1965 年から 1995 年 1 月 17 日の阪神・淡路大震災（死者・不明者計 6,437 名）までの間は、予知に対して国民的期待が最も高まった時期と言えるだろう。予知関係者の過剰な宣伝もその要因の一つだったかもしれない。しかし、阪神・淡路大震災後、マスコミ、政治、世論の全てが、予知関係者に対して非常に厳しい態度をとった。政界の批判の急先鋒は当時の科技厅長官田中真紀子氏だった。

地震予知の体制・観測研究の分担

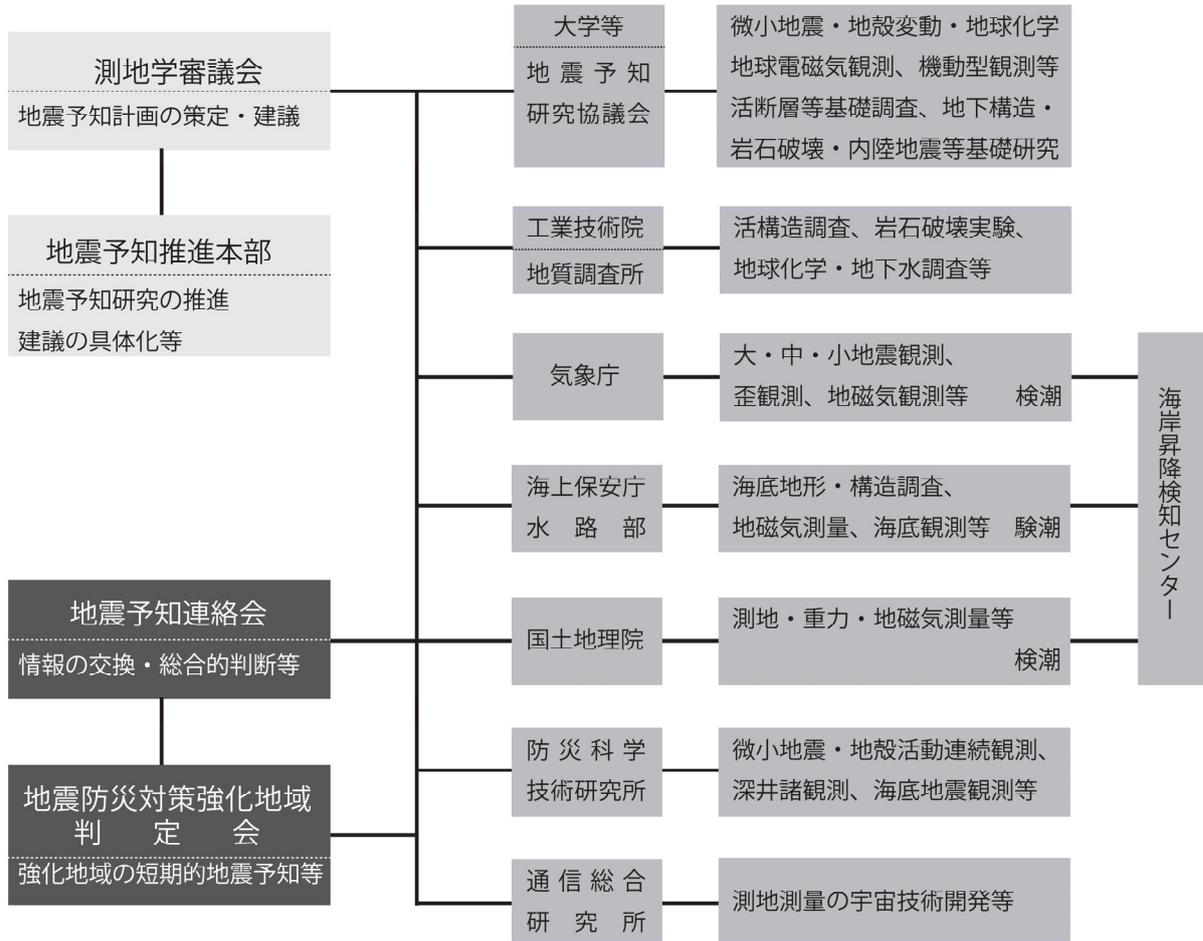


図1 1995年までの地震予知体制（引用文献ivより、オリジナルに忠実）。

予知に対して批判が高まる中、「地震防災対策特別措置法」が1995年7月18日から施行され、推本が誕生した（図2）。形式的には、推本は新設の機関であったが、実質的には旧「地震予知推進本部」の名称が「地震調査研究推進本部」に置換えられただけである。同様に、下部組織（例えば、防災科学技術研究所の「地震予知研究センター」は同研究所の「地震調査研究センター」に改組されたが、幹部及び構成員のほとんどは交代することはなかった。つまり、新体制と旧体制の実質的な違いは、唯一名称だけである。この20年前の推本の設立過程には、2つの不備を指摘することができる。

- (1) 旧地震予知体制は突然消えてしまったが、総括もけじめもなかった。30年頑張ったわけだが、結局予知の実現に近づくことはなかった。しかし、その失敗の原因を考察することも、今後生かすべき教訓を洗い出すことも無いまま、単に過去に蓋をしたのであった。予知体制のリーダー達や関係官僚がしかるべき責任を果たしたとは到底認め難い。
- (2) 政府は実質的に予知にタオルを投げたわけだが、大震法と気象庁の東海地震予知体制は今も残っている。これは大きな矛盾であると言わざるを得ない。自然科学の常識では、東海地方とその他の地方において物理法則が異なることはない。つまり、どこでも予知ができる、或いはどこでも予知ができない、のいずれかであり、東海地方だけが予知可能であるという政府のスタンスには控えめに言っても無理がある。したがって、大震法と気象庁の東海地震予知体制の廃止は必須であると思われるが、その理由は、2012年の日本地震学会の特別シンポジウムとその後出版されたモノグラフに記載しているので^{vii}、ここでは詳細を省略する。

地震防災における各行政機関の連携図

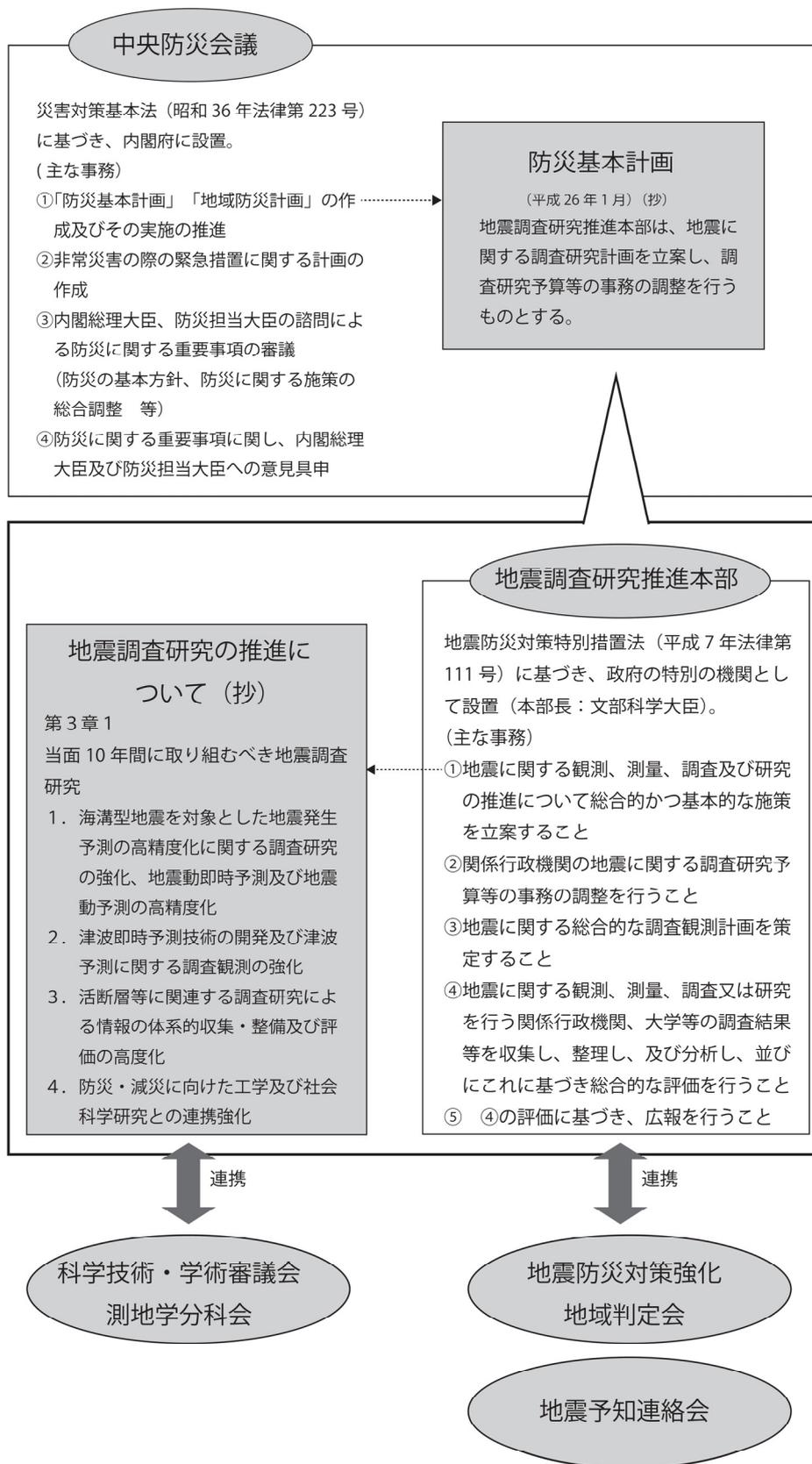


図 2 現在の地震調査研究体制（推本提供）

4. 推本の活動

図2に示すように、推本の主要事業項目の一つは観測業務である。推本とその関連機関が運用する地震・地殻変動・津波等の観測網は世界トップレベルにあり、これらの観測データを解析した結果（震源パラメタの推定・地震速報・津波警報等）は行政だけでなく、国民にも非常に役立つ重要な情報となる。また、この観測データは、当然のことながら、多くの国内海外の研究（私達のグループを含めて）に欠かせない貴重な資料である。推本の観測業務は様々な分野に有益な結果をもたらすものとして高く評価ができるが、今後の発展・改善・向上も期待したい。特に①津波警報・地震速報の精度向上、②部外者へのデータ公開の簡略化が課題であろう。

さて、推本のもう一つの主要事業項目は地震動等の予測である。こちらは、問題だらけと言わざるを得ない。まず、推本のHPに掲載されている例^{xiii}から考察してみよう。マグニチュード（M）8～9クラスの「南海トラフで発生する地震」がこれからの30年間で発生する確率は「70%程度」、というものである（曖昧すぎるので、予測ではなく「予言」とでも呼ぶべきだろう）。例えば明日でも、あるいは30年後でも、M8～9規模の地震が南海トラフ付近で発生したならば、予測が成功したと自己評価するのであろう。しかしながら、その場合でも、予測を導いた計算式が正しかった、予測と関係なく偶然たまたま起きた、のどちらの可能性も認めない。したがって、統計学ではこのような曖昧な予測はほとんど無意味であると考えられている^{ix}。

また、推本の確率的地震動予測は一定の計算式に基づいているものだが、その計算手法は未だに検証されたものではない。物理学ノーベル賞受賞者の故R. P. ファインマン氏が指摘したように、「物理学の基本原則は、どんなに素晴らしくみえる理論であっても、観測データと合わないなら、その理論はNG」ということである。3.11直後にネイチャーに公表した論文で、私は1978年（大震法施行）から3.11までの33年間に発生した死者10名以上の地震を推本の予測地図と比較した（図3）。東日本大震災を含めて多くの震災は危険とされていなかった場所に起きている一方、危険とされた南海・東南海・東海地方には何もなかった。本来、このような検証は、推本自体が厳密な統計学的解析に基づいて自ら行うべきであるが、今回の簡易な検証であっても推本の予測は地震活動と合わないことが明らかである。したがって、予測手法がNGである可能性は非常に高いといわざるを得ない。きちんとした反論がなされない限り、推本が公表する地図は“ハザード・マップ”ではなく、“外れマップ”とも呼ぶべきものだろう。

3.11の前に推本は南海・東南海・東海の高危険度を煽って、マスコミはそれを垂れ流した。この情報はほとんど誰も疑わずに何回も繰り返された。しかし、M9地震は南海・東南海・東海ではなく、東北地方で発生した。3.11によって、推本の予測とリアリティが大いに異なっていることを誰もが認識したはずである。そうであれば、本来、推本の予測は3.11以降、誰も相手にしなくなるはずである。そして、推本に所属する研究者も官僚も予測手法には致命的不備があり、抜本的に見直すべきであると気付くはずである。しかしながら、あれだけの外れの後にも、推本とその関連研究者、担当者は従来通りの活動を継続し、マスコミも推本の予測を疑うことなく以前と同様、引き続き垂れ流している。こういった合理的に説明できない状態を、心理学者は「認知的不協和」と呼ぶ。裸の王様の童話を思い出すのは私だけであろうか。

5. 世界規模の学術論争

推本の予測手法は日本で独自に開発されたものではない。主に米国で開発された手法であり、多くの国で採用されている。北アフリカ、ハイチ、中国…。しかし、いずれの国のハザードマップも外れてばかりである。失敗は決して日本だけではない。これらの失敗例を集めて、私は米国の2名の研究者と一緒に2011年^xと2012年^{xi}に世界のハザードマップの諸問題について論文を公表した。

簡単にいうと、ハザードマップ作成を裏付けるのは以下の2つの仮定である。

- (1) 弾性反発説（ひずみは一定のレートで蓄積して、限界を超えると地震が発生する）。
- (2) 固有地震説（地域ごとにはほぼ同じ最大地震は繰り返して発生する）。

この2つの仮定は、直感的には納得しやすいものだが、データからは否定されている^{xii}。最近の論文^{xiii}で、私と共著者は上述の2つの仮定をやめて、新しい地震発生のパラダイムの構築に取り組む必要があると論じた。地震学の進歩によって、地震のような自然現象は非常に多くの要素の相互作用に支配されていること、したがって、いかにモデルや観測が進んでも、予測にはどうしても不確定性が大きいことが認識されるようになってきている^{xiv}。

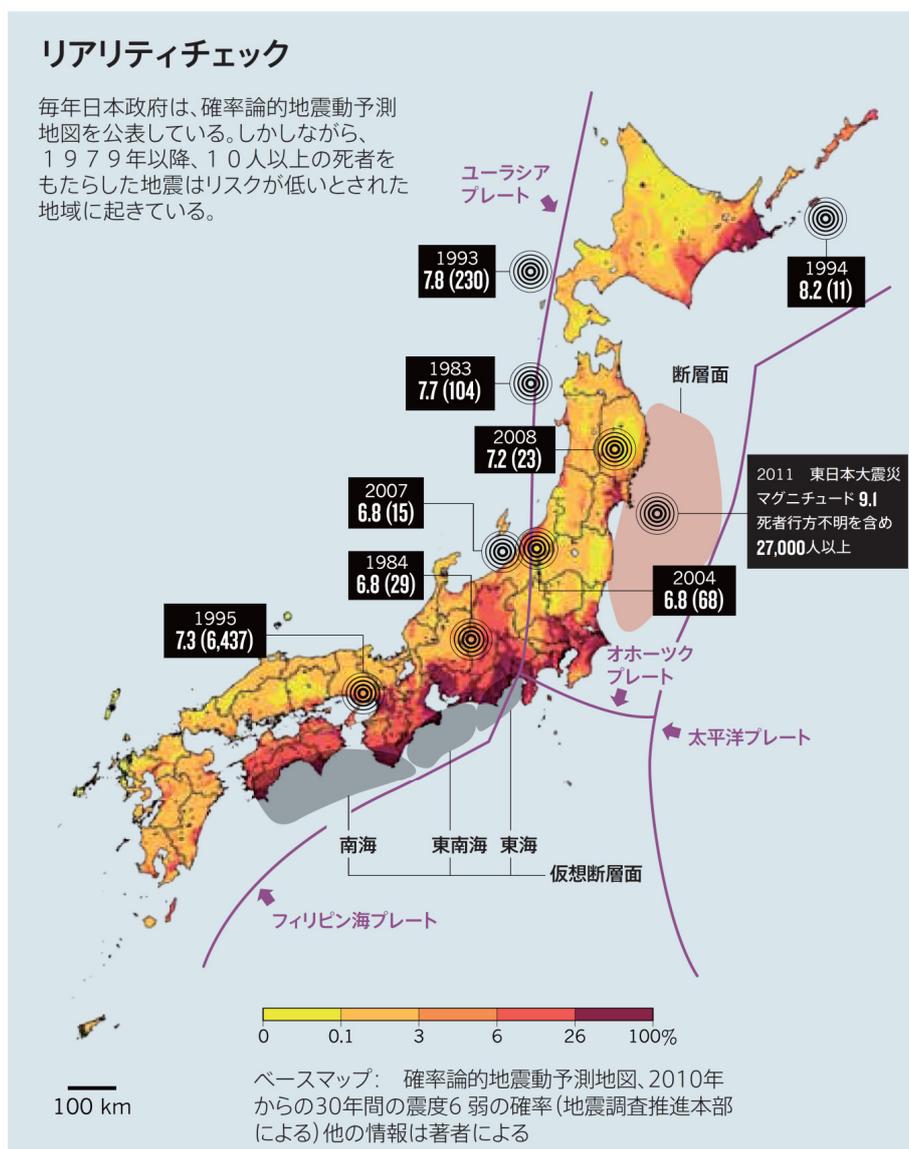


図3 1979年以後の地震活動（10名以上の犠牲者）と政府のハザードマップの比較（引用文献iiiより）

ハザードマップに対する私達の批判に対して、守旧派は反論した。米国地質調査所のフランケル氏^{xv}は、米国のハザードマップは6年をかけて数百名の関係者のコンセンサスに基づいて作成したものであると論じた。もし、科学的仮説の合理性が関係者の人数と議論にかけた年数で得られるものであればフランケル氏は正しいかもしれない。また、コンセンサスを得ることが科学にとってどの程度重要なものなのか。全員が間違えることだってありうるのだ。私達は以下の通り、フランケル氏の批判に回答^{xvi}した。科学の判断基準は唯一データであり、データと合わない学説はNGである、と。ただし、フランケル氏の批判の内容はさておき、責任者が実名で学術雑誌に反論したことは、学問の掟としても礼儀正しい行為であった。

6. 終わりに

推本は行政機関であり、地震予測を業務として行っている。しかしながらその予測は、データと合わない学説に基づいて行われている。このように科学的な信憑性に欠ける地震予測を、国民の血税を投入しながらいつまで継続するのか。

現時点では、地震を予知する科学的方法は存在しないのである。そして、日本は地震大国であり、地震はいつでもどこでも起こりうる。この現実を直視し、客観的な事実に基づいて防災計画を立て直すべきである。「南海・東

南海・東海」は特に危ないといった科学的根拠のない煽りは、即刻中止すべきである。他の地域も危ないことにはかわりはないのだから。

一方、推本や研究者がやらなければならないことは多い。地震発生メカニズムを解明する研究は、防災、減災のためにも、どうしても必要なものである。そして、そのために現在推本が行っているデータ観測は不可欠のものであり、継続して行われなければならない。地震予測については、今後の研究の進展によって明らかになっていく部分もあるかもしれないが、現在の推本の手法の改善といったことではなく、白紙から、客観的データと科学的論拠に基づく理論を構築していくべきであろう。

文献

- ⁱ Geller, R. J. (1991): Shake-up for earthquake prediction, *Nature*, 352, 275–276.
- ⁱⁱ ロバート・ゲラー (1994): 「地震予知再考」, 地震予知研究シンポジウム論文集, 日本学術会議地震学研究連絡委員会・日本地震学会, 131–140.
- ⁱⁱⁱ Geller, R. J. (2011): Shake-up time for Japanese seismology, *Nature*, 472, 407–409.
(公式和訳版: www.natureasia.com/ja-jp/nature/specials/contents/earthquake/id/nature-comment-041411)
- ^{iv} 東京大学地震研究所・地震予知研究協議会 (1991): 「地震予知は、いま」.
- ^v Geller, R. J. (1997): Earthquake prediction: a critical review, *Geophys. J. Int.*, 131, 425–450.
- ^{vi} ロバート・ゲラー (1994): 「地震予知の大いなる幻影」, 新潮 45, 1994年2月号, 184–191.
- ^{vii} ロバート・ゲラー (2013): 「避けて通れない出口戦略」, 地震学会モノグラフ第2号, 19–21.
- ^{viii} <http://www.jishin.go.jp/main/yosokuchizu/chubu/chubu.htm> (2015年3月15日閲覧)
- ^{ix} Savage, J. C. (1993): The Parkfield prediction fallacy, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 83, 1–6.; Stark, P. B., and D. Freedman, (2003): What is the chance of an earthquake?, in *Earthquake Science and Seismic Risk Reduction*, NATO Science Series IV: Earth and Environmental Sciences, 32, edited by F. Mulargia and R. J. Geller, pp. 201–213, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.
- ^x Stein, S., R. J. Geller, and M. Liu (2011): Bad assumptions or bad luck: Why earthquake hazard maps need objective testing, *Seismol. Res. Lett.*, 82, 623–626.
- ^{xi} Stein, S., R. J. Geller, and M. Liu (2012): Why earthquake hazard maps often fail and what to do about it, *Tectonophysics*, 562–563, 1–25.
- ^{xii} Kagan, Y. Y., D. D. Jackson, and R. J. Geller (2012): Characteristic earthquake model, 1884–2011, R.I.P., *Seismol. Res. Lett.*, 83, 951–953.
- ^{xiii} Geller, R. J., F. Mulargia, and P. B. Stark (2015): Why we need a new paradigm of earthquake occurrence, AGU Monograph, edited by G. Morra et al., in press.
- ^{xiv} 金森博雄 (2015): 「地震学の知見の一般社会への伝達と還元」, 地震調査研究推進本部 20年の資料集, 100–102.
- ^{xv} Frankel, A. (2013): Comment on “Why earthquake hazard maps often fail and what to do about it,” *Tectonophysics*, 592, 200–206.
- ^{xvi} Stein, S., R. J. Geller, and M. Liu (2013): Reply to comment by Arthur Frankel on “Why earthquake hazard maps often fail and what to do about it,” *Tectonophysics*, 592, 207–209.

Robert Geller (ロバート・ゲラー)

東京大学大学院理学系研究科 教授。専門は地震学。63歳。

カリフォルニア工科大学卒 (学士=1973年、修士=75年、博士=77年)。

1977年、カリフォルニア工科大学研究員。

1978年、スタンフォード大学助教授。

1984年、東京大学理学部 (当時) 助教授。

1999年、現職に至る。

主要研究テーマ: 地震波動論、地球の内部構造推定、地震予知・予測研究の問題点の分析

著書: 日本人は知らない「地震予知」の正体 (双葉社、2011)

寄稿 9

地震調査研究推進の 20 年に寄せて



静岡県危機管理監
岩田 孝仁

はじめに

地下の岩盤の一瞬の破壊が大地を激しく揺すり都市が瓦解する。1995 年の阪神・淡路大震災に遭遇した神戸市を見て、誰しものがこんなことが現実起きるのかと、強く考えさせられたと思う。それから 16 年、2011 年には東日本大震災の発生を見る。東北地方の太平洋沿岸を襲った巨大な津波はいとも簡単に防潮堤を乗り越え市街地を根こそぎ破壊し尽くした。日本列島はこの 20 年の間に 2 度の大地震に遭遇した。それぞれ激しい揺れ、巨大な津波と特徴は異なるが、自然科学に携わる研究者の多くがきちんと指摘してこなかった規模の災害が現実起きてしまった。犠牲になられた方も極めて多く、建物や都市インフラの破壊が激甚かつ広域に及ぶため、人々の復興がなかなか進まないことも大きな課題となっている。このような災害を 2 度と繰り返さないという強い思いを、自然災害の研究や防災行政に関わる多くの関係者は持っているはずである。

最近では、地震や津波現象によって起こされる被害やその影響について、様々なシミュレーションが可能となってきた。阪神・淡路大震災を契機に兵庫県三木市に整備された巨大な実大 3 次元震動実験施設（Eーディフェンス）などはその好例である。実物大の建物など構造物を大型震動台の上で直接加振し、破壊の仕方や揺れの最中の挙動などを詳細に再現し対策の執りようなどを検証できるようになってきた。しかし、これはあくまで入力正しいという前提での検証であり対策である。その地域でどのような地震を想定すべきかを決めるのはなかなかの難題である。

静岡県では

静岡県では、1976 年にいわゆる東海地震説が出されたことを受け大規模地震への対策に取り組んできた。地震対策は理学・工学と人文・社会学の総合的知見を結集させる必要がある。当時の乏しい知見ではあったが、各分野の最先端の研究者の知見を、それこそかき集めて地震対策の基礎をつくってきた。発生地震に関しては対象とする大規模地震が直下で起きる M8 クラスの東海地震であるという明瞭な目標が設定できたため、ほぼ確定的に東海地震をターゲットにした対策を検討し施策として実施することができた。

近年では、東日本大震災を受け想定外をなくすという視点から、さらに大きなクラスの地震・津波として政府の中央防災会議が示す南海トラフ及び相模トラフの巨大地震を対策の前提にするため、これらの地震を対象に地震被害想定を見直した。新たな想定に基づき地震・津波対策アクションプログラム 2013 を示し、10 年間で犠牲者を 8 割減少させることを数値目標とした各分野の具体的な対策を展開している。

対象地震の明確化

対策を執るべき対象となる地震が明確であればあるほど、具体的な対策を誰がどのように執るのかなどについて、行政と住民や関係機関が具体的に検討を行い実行することができる。そのような意味でも基礎的な地震調査研究には、対象となる地域でどのような地震がどの程度の頻度で発生するかなどを分かり易く明快に示すことが期待される。特に行政施策や住民生活にとって、対策などある行動をとるための中期目標は概ね 10 年、長期目標であっても数十年である。更に将来を見据えての視点で百年、数百年という議論はあるが、地震発生頻度に関しては、このような目標管理の視点にも答えられるような検討が必要である。

市民目線で活断層を知る

1980 年代に伊豆半島の付け根にある丹那盆地で活断層のトレンチ調査が行われた。この場所は 1930 年に北伊

豆地震が発生した際、丹那断層の断層変位が盆地を南北に横断した場所であり、現在でも盆地周辺には断層変位の痕跡が多く残されている。農閑期を狙って田んぼの一角に大規模なトレンチが掘られ過去の断層変位の詳細な調査が行われた。その結果、丹那断層は概ね700年から1000年に一度繰り返し活動してきていることが判明した。このことは、1930年の活動があったことから当面の将来はこの断層は活動することがないことを説明するものでもあった。この時の成果は、地震調査研究推進本部が中心となって進めてきた活断層の活動度の評価、さらには現在の地震動予測地図にもつながってきている。

地震調査研究の一環として、静岡県も産業技術総合研究所の活断層研究センターと分担して1996年に富士川河口断層帯の一角の活断層調査を実施した。大規模なトレンチを掘削し断層露頭を直接出現させての調査は圧巻であり、一方で直接現場を目の前にしての公開説明は多くの住民への理解につながるものであったと実感している。阪神・淡路大震災を契機に、全国で活断層の詳細な分布や活動度の調査が精力的に行われるようになった。この結果、微地形など地形的に確認できる活断層については詳細な調査がかなり進みその成果は目覚ましいものがある。一方、伏在的な活断層についての調査研究はまだまであることが、2014年11月に長野県白馬村を襲った神城断層地震の活動などからも指摘される。また、陸域から海域につながる活断層も、断層の連続性や活動度などをシームレスに解明する必要がある。特に相模湾北部の相模トラフと陸域の国府津・松田断層、駿河湾北部の駿河トラフと富士川河口断層帯などは海陸プレート境界の活動が陸域に及んでいる地域でもあり、連続性や活動度などのさらなる解明が必要である。



富士川河口断層帯活断層調査（芝川町羽鮒地区トレンチ調査）

これらの活断層調査の成果を一步進めて防災につなげるためには、活断層周辺の土地利用はどうあるべきかなど、社会的な制度に組み入れる必要がある。そのためには、単に分布や活動評価にとどまらず、断層活動によって生じる影響を分析し科学的に示すことも必要である。

今後に向けて

地震調査研究推進本部の成果として、将来の地震活動の予測として単なる地震の発生確率でなく、強い揺れに見舞われる確率がどの程度かを示す、全国を概観した地震動予測地図が作成されている。地域全体が地震発生に対して将来どの程度のリスクとして対策を執るか、また、いわゆる揺れ易さの目安としての活用が期待されている。しかし、まだまだ不確実性が多く含まれていることなどから、決定論的にこれだけに頼ることは避けなければならない。このような観点からすると、地域防災の中では各地域の個々の防災対策に直結して活用される機会は少ない。しかし、これらの成果は地震の起き易さや発生する地震の特徴、さらには地域ごとの地盤の揺れ易さなどに関する基礎的なデータであり、基礎教育や住民啓発、企業啓発などにもっと積極的に活用できるはずである。具体的に活用できるよう、これらの成果を活用した教育ツールや啓発グッズの開発が進むことが望まれる。現在、全国沿岸の津波予測についても同様の調査が進んでいる。新たな津波予測に関しても調査研究と併せて教育啓発ツールの開発を進め、全国の防災対策の底上げにつなげることを期待している。

現在の地震調査研究は将来予測という分野が主になっている。もう一つの視点で地震の発生の直前予測すなわち地震の短期予知という観点での調査研究も国民の大きな関心事であるが、現在の調査研究分野ではその扱いはほとんど見られない。東日本大震災においても本震発生前に地殻内での様々な異常現象が出現していたとの報告

寄稿 9 地震調査研究推進の 20 年に寄せて

も散見する。基礎的な調査研究として断層の破壊課程や破壊に至る直前での様々な現象についても基礎的な調査研究を蓄積し、これらも含めることにより、さらに国民の期待する総合的な地震調査研究につながるものと考え

る。

地震調査研究推進本部は、地震に関する政策検討から調査研究に関して幅広い知見が取り込めるよう日本の英知が結集され、一定の成果を示してきた。今後もエンドユーザーである国民や企業にその成果がどう生かされるのかという視点を常に持ち、幅広く各界の意見を取り入れながら、調査研究活動を精力的に展開することを期待している。また、全国を概観する一方で、地域の個々の課題などについても掘り下げ、一層の調査研究に望むことを期待する。

阪神・淡路大震災や東日本大震災のような惨事を二度と繰り返さないという強い思いは国民が皆共通である。

岩田 孝仁 (いわた たかよし)

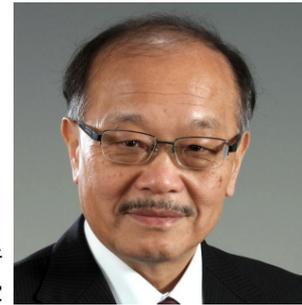
静岡県危機管理監 兼 危機管理部長。

静岡大学理学部卒業後 1979 年に静岡県庁。主に地震や火山防災対策など防災部門を担当。1983 年の日本海中部地震をはじめ国内外の地震や火山災害等の調査を実施。1995 年には阪神・淡路大震災直後の大阪府で防災計画の策定を手がける。中央防災会議の専門調査会や内閣府火山防災エキスパート、気象庁などの各種委員を務める。2005 年に防災情報室長、2008 年に危機報道監、2014 年に危機管理監。

2011 年の東日本大震災では静岡県の第 1 次支援隊長として岩手県に入る。

寄稿 10

20年を振り返って



京都大学防災研究所
教授 中島 正愛

私は耐震工学を専門とし、特に建物の耐震設計や耐震性の高い建物の技術開発に関わる研究に従事してきました。本稿では、阪神・淡路大震災から20年にわたる耐震工学の歩みの一端を、Eーディフェンスと称する大型振動台を用いた研究開発の流れという視点から、なぞってみたいと思います。なお私は、この振動台を管理運営する(独)防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センターの初代センター長を、2005年～2011年にわたって務めました。

今でも多くの方が鮮明に覚えておられるように、1995年の兵庫県南部地震によって引き起こされた阪神・淡路大震災では、数え切れないほどの構造物が破壊するという大被害が白日の下にさらされました。近代国家日本にこのような事態は今後絶対にあってはならず、そのためには何をなすべきかが、当時の耐震工学における最大の課題と位置づけられました。大震災直後から、官民を挙げてこの課題に取り組み、とりわけ既存不適格構造物(構造物の耐震性に対する当時(1995年)の基準を満たさない、主として古い構造物)の耐震改修を中心に、新技術の開発や法改正が行われました。また、より高い耐震安全性を確保するための新しい技術(その代表例が免震や制振)開発とその実践への適用も、この大震災後に激増しました。これら一連の取り組みのなかの一つに、実物大の構造物の破壊現象を人工的に現出させて、そこから得られるデータを吟味することから、構造物がもつ真の耐震性能を検証しようという一大研究開発事業が立ち上げられ、その実行のために、世界に類を見ない規模をもつ実大三次元震動破壊実験施設(図1)が、大震災から10年を経た2005年に開設されました。この施設(愛称:Eーディフェンス)に設えられた振動台は、台の寸法が20m×15mで、最大1,200トンまでの構造物を、阪神・淡路大震災で記録された最も強烈な震度7の揺れを持って揺らすことができます。開設後のEーディフェンスでは、人工的な破壊の現出という主旨に沿って、木造住宅、鉄筋コンクリート造建物、鉄骨造建物、道路橋脚等様々な構造物に対する破壊実験や、地盤の液化化・側方流動等に関する実験が実施されました(*1)。

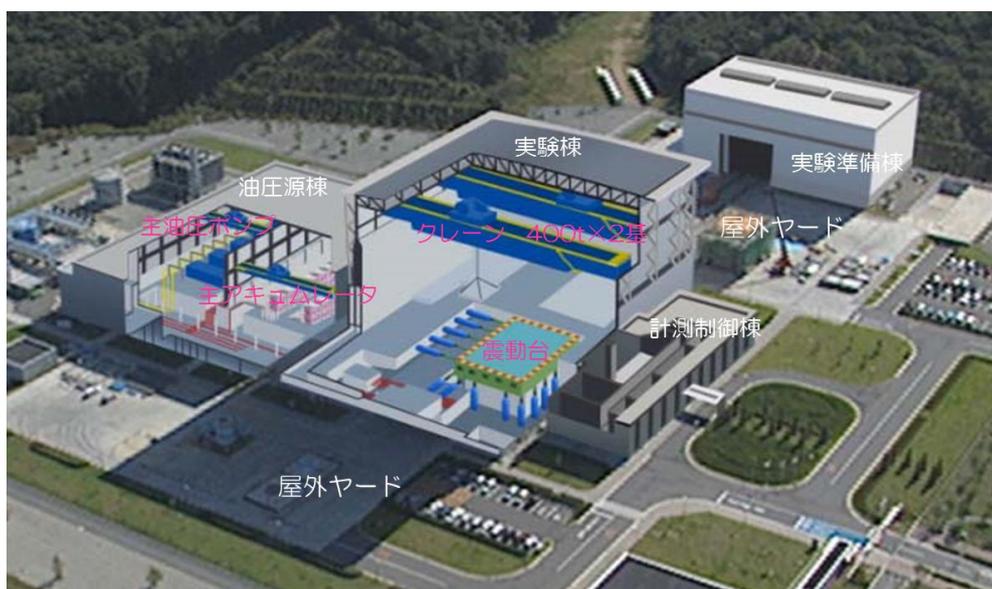


図1 Eーディフェンス全景図

最初の破壊実験は、1974年に実際に建てられた同一仕様の2棟の木造住宅に対して実施されました。兵庫県明石市に実在した2棟のそれぞれを複数のパーツに分割し、トラックでパーツを順次Eーディフェンスに運び、それをもう一度組み立て、その2棟を同時に振動台に乗せた後、阪神・淡路大震災で記録された最も強烈な揺れを与えました。全く同じ仕様をもっていった2棟ですが、そのうちの1棟には、阪神・淡路大震災後に定められたガイドラインに沿った耐震補強工事を施しました。実験では、補強しなかった住宅では1階が破壊し完全に潰れたのに対し、耐震補強を施した住宅は、強烈な揺れを受けたにもかかわらずしっかりと立ち続けることができました。実験当日の夜のテレビニュースでは、この実験の様子が日本中に放送され、大きな反響を得るところとなり、「人命保護という観点から、耐震改修がいかに効果的であるか」に対する強烈なメッセージを社会に発信することができました。これに続く一連の実験でも、破壊の恐ろしさ、耐震改修の効果、新しい技術による耐震能力の飛躍的向上等を、耐震工学に関わる専門家や一般社会に訴えています。

Eーディフェンス開設からしばらくの間は、上に述べたような破壊実験が主たる課題でしたが、南海トラフの巨大地震に代表される海溝型大地震への懸念が高まるなか、海溝型地震特有の長周期地震動への対策や、命を守るための安全性のみならず生活の質や事業継続の確保等に対する研究開発が組み入れられるようになってきました。その一環として、長周期地震動を受け高層建物の揺れの実態把握や、大地震時においても医療施設の機能継続性を確保するための免震技術に関する振動台実験等(*2)が実施され、その成果は、高層建物への耐震改修の促進や、免震医療施設の機能保持能力の評価等にも反映されるようになりました。またこれらの研究開発から、特に機能保持という観点において、非構造部材(間仕切りや天井等)や家具什器(机、本棚、照明施設等)が重要な役割を担い、いくら構造物がしっかりしていても、家具什器が倒れてしまっただけでは元も子もないことへの認識が高まりました。

Eーディフェンス開設から6年を経た2011年には、東北地方太平洋沖地震が発生し、対策への意識がどちらかと言えば薄れつつあった津波が未曾有の大災害(東日本大震災)をもたらしました。この地震による建造物の被害については、阪神・淡路大震災とは異なり、現行の耐震設計施工に則って造られた建造物は、震度6強を記録した仙台においても、破壊のような人命に関わる重大な被害に至ることは全くなく、その安全性が確認されました。とは言え、約400km×200kmにわたる巨大な断層破壊は、多くの研究者の想定範囲を超えたことから、「想定外地震」への対応が重大な課題として浮かび上がりました。耐震工学に関連してもう一つ浮かび上がった課題が、震源からはるか離れた首都圏での揺れとその後の混乱でした。首都圏では震度5強を上限とする揺れであったにもかかわらず、特に高層建物が長時間揺れたことから、建物の安全性に対する不安を在館者に与え、安心な生活や事業の継続という面において、現状の技術が必ずしも万全でないことが露見しました。これらの教訓から、将来その襲来が確実とされる南海トラフの巨大地震や首都直下地震への備えとして、特に高層建物等の重要建造物がどのように揺れ、いつその機能を失い、そしてどの程度の想定外地震において破壊してしまうかを、できるだけ正確に把握することが大切であると認識されました。また首都圏で露見した混乱を避けるためには、建造物がどれほど健全であるか、どの程度の損傷を受けているか、余震によって破壊することはないかなど、建物の在館者や建造物の管理者が地震直後に一番知りたい情報を、即時に発信するシステムの開発に関わる研究も重要であるとの認識が高まってきました。Eーディフェンスにおいても、高層鉄骨造建造物が、耐震設計で想定する地震動を超える地震動で最終的に破壊するまでの状態を再現する実験や、建物内にセンサーを配置してその健全度を素早くチェックする方法を検証する実験が実施されています(*3)。

阪神・淡路大震災から20年を経て、また4年前には東日本大震災を受けた我が国の耐震工学は、これから何をなすべきでしょうか。私の思いは次の通りです。その発生が懸念される南海トラフの巨大地震や首都直下地震によって、我が国の広汎な地域が大きな揺れを受けることとなります。先の東日本大震災からも明らかのように、現行耐震基準を遵守した建造物は、震度6強を上回る強震時においても、人命保護においては十分な安全性を、また機能の確保という面からも一定以上の性能を有しています。しかし、室内空間や内外装を含めた建造物全体としての損傷の進行については、なお十全の配慮が施されているとは言えません。とりわけ我が国産業のBCP



図2 高層ビルの耐震性能評価のためのモニタリング技術開発の実験（文部科学省実施）

（Business Continuity Plan：事業継続性）を考えると、大地震を受けても被害は最小限に留めつつ、事業を継続することができる環境の整備、つまり一層高い耐震能力を担保できる新たな技術の開発と普及は、耐震工学にとって焦眉の課題です。また上にも記した、地震直後に構造物健全度を即時に判定しそれを関係者に周知する仕組みの開発と普及もまた、最優先されるべき課題の一つです。いずれの課題においても、それを実現する技術は、現時点で皆無であるわけではありませんが、残念ながら、現在の市場から見て許容しにくいコスト増を伴います。今、耐震工学に強く求められるのは、より高い耐震性能を実現しつつも、そのための投資が最小限で済む汎用的かつ実践に速やかに受け入れられる技術の開発です。

以上、私の専門である耐震工学に関わって、阪神・淡路大震災から20年にわたる耐震工学の歩みの一端を振り返ってみました。私は、平成24年から、地震調査研究推進本部（地震本部）に設置されている政策委員会の委員長を務めています。地震本部は、地震に関する調査研究成果を国民や災害機関等に適切に伝達する体制がなかったという、阪神・淡路大震災後の反省の下に、行政施策に直結する地震調査研究の責任体制を明らかにし、政府として一体的に地震調査研究を推進するために設立されました。設立後から十数年の間、我が国の地震防災・減災の推進という緊喫の課題に対して、地震本部は一定以上の成果を挙げてきたとの評価を受けてきました。しかし、2011年に発生した東日本大震災では、地震やその予測に関わる研究には未解明な部分が少なくないことを思い知らされました。地震本部においても、もう一度原点に立ち返って、地震調査研究のあり方を再考するとともに、その実行に向けて一層の努力を払わねばならない、との思いを新たにしているところです。またその過程においては、地震調査とその成果を使って防災・減災の実践に取り組む耐震工学との間での、より密接なコラボレーションは必須です。国民の皆様からの御支援をいただきつつ、地震本部は、我が国の地震防災・減災の成就に向けて、精一杯の貢献を果たしたいと存じます。

注記：

- (*1) これら破壊実験は、産官学による多岐にわたるプロジェクト群によって遂行されていますが、特に、文科省科学振興費：大都市大震災軽減化特別プロジェクトによる実験が多数を占めています。
- (*2) 主として、文科省科学振興費：首都直下地震防災・減災特別プロジェクトによって遂行されました。
- (*3) 主として、文科省科学振興費：都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクトによって遂行されています。

中島 正愛 （なかしま まさよし）

京都大学防災研究所教授。

1981 年、米国ペンシルバニア州リーハイ大学大学院土木工学専攻博士課程 修了 (Ph. D.)。

建設省建築研究所主任研究員、神戸大学工学部環境計画学科助教授、京都大学防災研究所助教授などを経て現職。2004 年～2011 年に(独)防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センターのセンター長を兼務したほか、2011 年～2013 年に京都大学防災研究所長を務めた。また 2014 年から内閣府プログラムディレクター (SIP : レジリエントな防災・減災機能の強化担当) を務めている。

専門は建築耐震工学。

2012 年より、地震調査研究推進本部政策委員会委員長。