日本地震学会モノグラフ
Monograph of the Seismological Society of Japan No.9
2026 年 11 月 第 9 号

「兵庫県南部地震から 30 年」

（モノグラフ「兵庫県南部地震から 30 年」編集委員会）

公益社団法人 日本地震学会

目次

はじめに・・・・・・加藤 愛太郎・室谷 智子・加納 靖之・中原 恒・田所 敬一・篠原 雅尚・
馬場 俊孝（モノグラフ編集委員会） 1

1）特別シンポジウム「兵庫県南部地震 30 年特別シンポジウム 地震本部設立から 30 年―地震学の知見がどう「地震の評価」に活かされてきたのか」（2025 年 7 月 5 日）

地震本部の長期評価―30 年間の変遷・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 佐竹 健治 2
地震本部の強震動評価 30 年・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 岩田 知孝 6
地震調査研究推進本部 30 周年―津波評価部会の歩みと今後―・・・・・・・・ 谷岡 勇市郎 10
地震・津波ハザード評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 藤原 広行 14
地震動即時予測：緊急地震速報の社会実装とその後の進展・・・・・・・・・・ 干場 充之 18
パネルディスカッション・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・ 地震学を社会に伝える連絡会議 特別シンポジウム企画運営 WG 23

2）2025 年地震学会秋季大会 特別セッション「兵庫県南部地震から 30 年：内陸地震研究・ハザード予測の進展と展望」（2025 年 10 月 21-22 日）

1995 年兵庫県南部地震以降の活断層・古地震研究に基づく長期評価の進展と課題
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 近藤 久雄 34
測地データを用いた内陸地震の長期予測に向けて・・・・・・・・・・・・・・・ 西村 卓也 39
満点（万点）計画―内陸地震の発生予測を目指して―・・・・・・・・・・・・・ 飯尾 能久 42
3 次元断層形状の動的破壊過程に与える効果とコミュニティ断層モデル整備の重要性・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 安藤 亮輔 46
阪神・淡路大震災から学んだ地震防災研究のあり方・・・・・・・・・・・・・・ 入倉 孝次郎 50
地震動予測モデルのための強震動情報共通基盤の構築・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・ 森川 信之，岩城 麻子，松本 雄馬，今井 隆太，藤原 広行 55

3）一般原稿

兵庫県南部地震から我々は何を学び，何を学んでいないのか・・・・・・・・・・・ 川瀬 博 59
関西地震観測研究協議会の設立と 1995 年兵庫県南部地震・・・・・ 香川 敬生，岩田 知孝 66
地震鉛直衝撃波に関する研究と対策の必要性・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 前原 博 70
地震ハザード予測の高度化と社会的役割－企業リスクマネジメントと防災教育の観点から－・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 竹村 考弘 74

４）関連資料
「兵庫県南部地震 30 年特別シンポジウム 地震本部設立から 30 年―地震学の知見がどう「地震の評価」に活かされてきたのか」（2025 年 7 月 5 日）
プログラム・開催概要ほか・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 78
アンケート結果（抜粋）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 80
兵庫県南部地震後 6 年間の日本地震学会および日本学術会議の動向
―日本地震学会ニュースレターの情報をもとに―・・・・・・・・・・・・・・・・ 久家 慶子 82

2025－2026 年度 日本地震学会「地震学を社会に伝える連絡会議」委員名簿・・・・・・ 101

はじめに

「地震学を社会に伝える連絡会議（以下、連絡会議）」は、地震学の現状（いわゆる「等身大の地震学」）を社会に伝えるとともに、社会からの要請を受け止めて学会活動へと還元することを目的として活動しています。近年は、地震現象に対する科学的理解と社会的意思決定との関係が密接になっており、地震学と社会との対話の重要性は一層高まっています。

日本地震学会では、兵庫県南部地震の発生から 30 年という節目を迎え、2025 年 7 月に「兵庫県南部地震 30 年特別シンポジウム　地震本部設立から 30 年―地震学の知見がどう『地震の評価』に活かされてきたのか」を開催しました。また、2025 年度日本地震学会秋季大会では、特別セッション「兵庫県南部地震から 30 年：内陸地震研究・ハザード予測の進展と展望」を実施しました。本モノグラフ第 9 号は、これらの企画で提供された話題や意見、議論に加え、企画の中では十分に紹介できなかった論点も含めて記録するものです。関連企画に基づく論文 11 編と一般原稿 5 編の、計 16 編を収録しています。

収録論文では、この 30 年間における日本の地震調査研究とハザード予測の進展、ならびに今後の課題を多角的に論じています。地震調査研究推進本部の発足後、活断層および海溝型地震の長期評価は、定性的な判断から、今後 30 年間の地震発生確率に基づく定量的な評価へと発展しました。さらに、基盤的地震観測網、地下構造モデル、強震動予測レシピ、全国地震動予測地図、J-SHIS などが整備され、地震ハザードに関する知見の蓄積と社会への情報提供が進められてきました。東北地方太平洋沖地震後には、巨大地震の多様性と科学的な不確実性を考慮した評価手法の検討が進み、津波レシピや確率論的津波ハザード評価が整備されるとともに、緊急地震速報も社会を支える防災情報として高度化してきました。

一方、主要活断層以外で発生する大地震への対応、活断層の連動性や三次元形状の解明、測地・地震活動データの地震発生確率評価への活用、地盤および構造物被害の再現、確率情報の社会への伝え方、企業の事業継続計画（BCP）、防災教育など、今後取り組むべき課題も多く残されています。また、兵庫県南部地震後の 6 年間における日本地震学会および日本学術会議の動向についてまとめられています。さらに、特別シンポジウムの開催概要やアンケート結果なども資料として収めました。これらは、地震学と社会との対話の歩みを記録するものであり、今後の継続的な活動に向けた重要な基盤となるものです。本モノグラフが、日本地震学会会員のみならず、地震学や地震防災に関わる多様な分野の皆様にとって有益な資料となり、地震学と社会とのより良い関係の構築に寄与することを期待しています。

日本地震学会・地震学を社会に伝える連絡会議・モノグラフ第 9 号編集委員会

【モノグラフ第 9 号編集委員会】
加藤 愛太郎・室谷 智子・加納 靖之・中原 恒・田所 敬一・篠原 雅尚・馬場 俊孝

地震本部の長期評価―30 年間の変遷

國立中央大学（台湾）　　佐竹健治

1995 年に設立された地震本部では，内陸の活断層と海溝型地震を対象に長期評価が行われてきた．初期の評価は定性的なものであったが，確率評価が導入され，今後 30 年間の発生確率（%）で表現されるようになった．およそ 100 の主要活断層帯と太平洋側の海溝・トラフ及び日本海東縁部を対象とした初期の評価は，2005 年までに一通り終了し，その結果は全国地震動予測地図に反映された．2011 年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）を契機として，海溝型地震の評価手法は見直され，各海溝について改訂版が公表されている．一方，内陸の活断層については，より小規模な活断層まで含めた地域評価が行われている．さらに日本海側の海域活断層を対象とした評価も行われている．

１．はじめに

1995 年の兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）をきっかけに政府の地震調査研究推進本部（以下では地震本部と略称する）が設置された．地震本部には政策委員会と地震調査委員会がある．政策委員会では，総合基本施策の立案・調査観測計画の策定・関係行政機関の予算等の調整が行われる．地震調査委員会は，毎月定例会を開催して地震活動を総合的に評価するほか，被害地震などが発生した場合には臨時会を開催し，地震活動の現状等の評価を行っている．地震調査委員会の下には，長期評価部会・強震動評価部会・津波評価部会が設けられている（図 1）．本稿では，過去 30 年間の長期評価部会の活動について，簡単に説明する．

長期評価部会は，長期的な観点から地震発生の評価手法の検討及び評価等を行うため，1995 年（平成 7 年）12 月に設置され，過去 30 年にわたって，主に海溝型地震と活断層で発生する地震の長期評価を行ってきた（図 1）．活断層に関しては，活断層分科会（北日本・中日本・西日本）が，海溝型地震に関しては，海溝型分科会が設置され，それぞれの評価を行っている．また，長期確率評価手法検討分科会や活断層評価手法等検討分科会では，評価手法の検討を行ってきた．

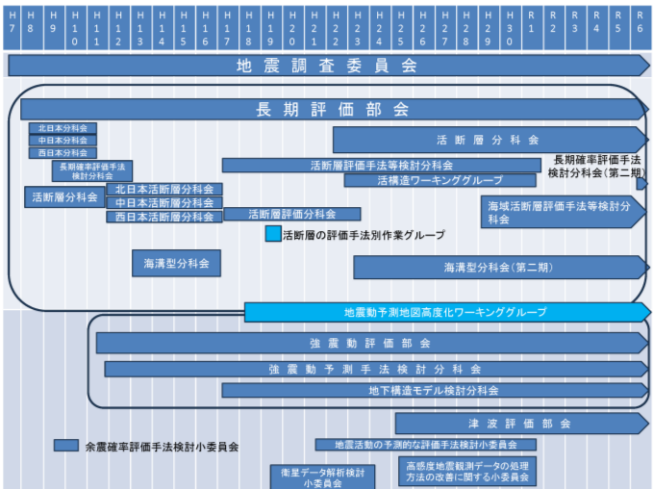


図 1．過去 30 年間の地震調査委員会関連の部会・分科会の変遷．1）に加筆．

２．主要活断層帯の長期評価

2.1 主要活断層帯の変遷

地震本部の設置当初に策定された「地震に関する基盤的調査観測計画」では，高感度地震観測網（Hi-net）・広帯域地震観測網（F-net）・強震観測網（K-NET, KiK-net）・GPS 連続観測網（GEONET）とともに，活断層調査が掲げられ，98 の主要活断層帯が決定された[2)]．これらは，確実度が I（確実）または II（推定），活動度が A 級（1 m 以上/千年）または B 級（0.1～1 m/千年）で，原則として長さ 20 km 以上の活断層とされている．主要活断層帯は，表 1 に示すような変遷を経て，現在は 114 となっている．

表 1　主要活断層帯（長さ 20 km 以上）の変遷[3)]

1997 年	主要活断層帯（98 断層）決定
2005 年	一通りの評価を終了
2005 年	12 断層帯追加（110 断層）
2010 年	110 断層帯の調査終了
2015 年	主要活断層帯の整理（110→97 断層帯）地域評価が公表されるごとに追加する方針を決定
2017 年	中国地域の地域評価に伴い 主要活断層帯 97→113 断層
2018 年	別府－万年山断層帯の評価に伴い 主要活断層帯 113→114

2.2 初期の長期評価

最初の長期評価は，1996 年に公表された「糸魚川－静岡構造線活断層系の調査結果と評価について」[4)] であり，その中では，将来の活動について，以下のように評価している．

「牛伏寺断層を含む区間では，現在を含めた今後数百年以内に，マグニチュード（M）８程度（M 7 1/2～８1/2）の規模の地震が発生する可能性が高い．しかし，地震を発生させる断層区間（場所）がどこまでかは判断できない」

この評価は，将来発生する地震の場所（牛伏寺断層），規模（M8 程度），時間（現在を含めた今後数百年以内）について言及したものではあったが，特に発生時期について表現が曖昧，対策に結び付

かない，という批判があった．

最新の評価（2026 年 1 月 1 日現在）によると，糸魚川－静岡構造線断層帯（中北部区間）では，M 7.6 程度，今後 30 年間に発生する確率は 14～30 %，地震後経過率 1.0～2.0，我が国の主な活断層における相対的評価では、S*ランク（最も高い）に位置づけられている [5]．

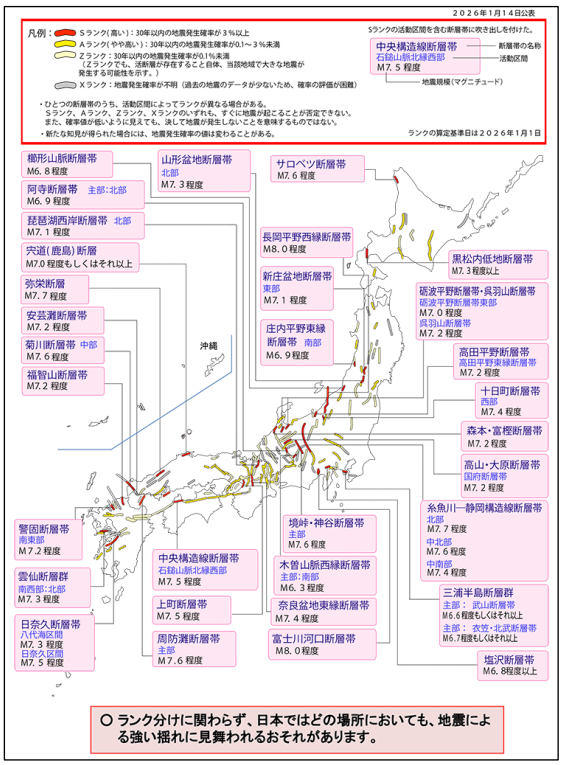


図 2　主要活断層帯．S ランクの活動区間を含む断層帯に吹き出しが付けられている．

2.3　確率評価の導入

前節で紹介した定性的な評価から定量的な評価へ進展させるため，長期評価部会の下に設置された「長期確率評価手法検討分科会」（図 1）において検討が重ねられ，2001 年（平成 13 年）に報告書「長期的な地震発生確率の評価手法について」が公表された [6]．

ここでは，利用可能なデータに応じて，次の三つの評価手法が提示されている．第一に，最新活動時期を含む発生履歴が判明している場合には，発生間隔が BPT（Brownian Passage Time）分布に従うと仮定する更新過程モデル（BPT モデル）を用いる．第二に，発生履歴に加えて断層のずれ量が既知の場合には，時間予測モデルによって算出される次の地震までの間隔を平均発生間隔とする BPT 分布を用いる．第三に，最新活動時期が不明な場合には，平均発生間隔のみからポアソン過程を用いて確率を算出する．陸域の活断層については，活動（地震発生）間隔のばらつきとして，共通の値 α =0.24 を暫定的に適用することが妥当であるとされた．この枠組みは，その後の多くの海溝型地震や活断層地震の長期評価において基礎となった．

なお，2024 年（令和 6 年）に「長期確率評価手法検討分科会（第二期）」が設置され，長期確率評価について，見直しを開始した．その検討の一部は，2025 年（令和 7 年）に「長期的な地震発生確率の評価手法について（追補）」として公表され，モンテカルロ法，ベイズ推定，すべり量依存 BPT モデルが紹介されている．

2.4　活断層の地域評価

主要活断層帯の長期評価は，社会的・経済的に大きな影響を与えると考えられ，M 7 以上の地震を起こす可能性のある断層が対象であった．その後，M7 未満の地震や主要活断層帯以外の地震によっても被害が出ていることから，地域ごとの地震危険度を検討するために，個別の活断層とともに，総合的な評価が必要であるとされた [6]．それに基づき，2013 年（平成 25 年）から活断層の「地域評価」が実施されている．地域評価では，M6.8 以上の地震を引き起こす可能性のある活断層を対象としている．具体的には，長さ 20 km 未満の断層，また，陸域に加えて沿岸海域の活断層も含めている．さらに，小地域ごと（各地域はさらに幾つかの区域に細分されている）に，今後 30 年間に地震が発生する確率を，活断層調査ならびに地震活動からそれぞれ算出している．

たとえば，2016 年 4 月 16 日の熊本地震（M7.3）の震源断層である布田川断層帯（布田川区間）について，2013 年の地域評価では，30 年以内に M7.0 程度の地震が発生する確率はほぼ 0～0.9 %（やや高い）と評価していた．また，布田川断層帯を含む九州中部区域では，30 年以内に M6.8 以上の地震が発生する確率は，活断層調査からは 18～27%，地震活動からは 11%と評価していた．

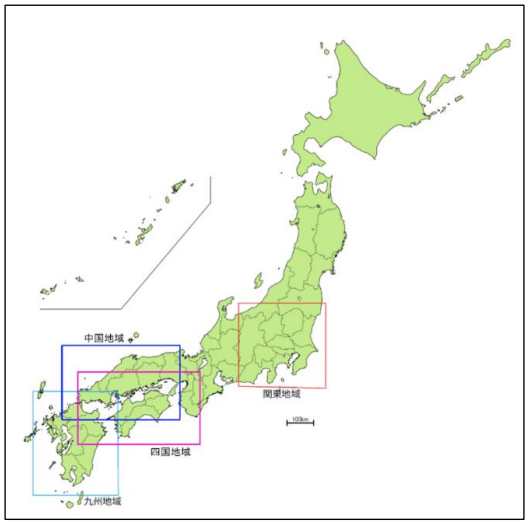


図 3　活断層の地域評価．これまでに九州・中国・四国・関東の 4 地域について評価が公表されている．近畿地域については 2026 年に公表予定．

2.5　ランクの導入

前述のように，布田川断層帯（布田川区間）における地震の 30 年発生確率は，ほぼ 0～0.9 %と評価され，これは全国の主要活断層帯の中では相対的に「やや高い」とされていた．しかしながら，0～0.9 %という値は非常に低いことから，逆に安心情報と捉えられていた，という指摘もある．2016 年の熊本地震後の住民へのアンケート [8] によれば，約半数が，活断層があることは知っていたが，大きな地震が発生するとは考えていなかったと回答している．

この教訓を踏まえ，住民や防災担当者に活断層のリスクを正しく理解してもらうため，相対的なランク付けを行うことになった．活断層の地震については，S ランク，A ランク，Z ランク，X ランク（不明（すぐに地震が起きることが否定できない））に分類した（表 2）．また，海溝型地震についても同様に，I ランク，II ランク，III ランク，X ランクに分類した（表 3）．上記の 30 年確率による分類に加え，地震後経過率（最新の地震からの年数を平均発生間隔で割ったもの）が 0.7 を超えるものには＊を付けた．

表 2　主要活断層帯のランク分け

S*ランク	高い	30 年確率 3%以上 経過率 0.7 以上
S ランク	高い	30 年確率 3%以上
A*ランク	やや高い	30 年確率 0.1～3% 経過率 0.7 以上
A ランク	やや高い	30 年確率 0.1～3%
Z ランク	活断層存在	30 年確率 0.1%未満
X ランク	不明	

表 3　主な海溝型地震のランク分け

III*ランク	高い	30 年確率 26%以上 経過率 0.7 以上
III ランク	高い	30 年確率 26%以上
II*ランク	やや高い	30 年確率 3～26% 経過率 0.7 以上
II ランク	やや高い	30 年確率 3～26%
I ランク	活断層存在	30 年確率 3%未満
X ランク	不明	

2.6　海域活断層の長期評価

海域にも活断層が存在しており，これらが活動した場合も地震動や津波により被害を及ぼす可能性がある．主要活断層帯及び沿岸海域の主要活断層帯の選定基準や陸域への地震・津波被害を踏まえ，M7.0 以上の地震を引き起こす可能性のある断層長さ 20 km 程度以上の海域活断層を主な評価対象とし，対象とする海域ごとに「海域活断層の長期評価」を実施している．

2022 年（令和 4 年）に日本海南西部（九州地域・中国地域北方沖）の海域活断層の長期評価を公表したのち，日本海中南部（近畿地域・北陸地域北方沖）の海域活断層の評価を検討中に 2024 年（令和 6 年）能登半島地震（M7.6）が発生した．そこで，同年に発生確率を除く暫定版を公表し，引き続き，2025 年に発生確率を含めた第一版を公表した．引き続き，東北地方及び北海道の日本海沿岸の海域活断層の検討を行っている．

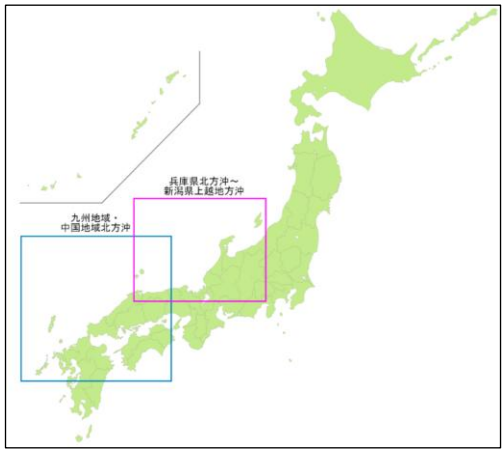


図 4　海域活断層の長期評価．九州地域・中国地域北方沖（日本海南西部），兵庫県北方沖～新潟県上越地方沖（日本海中南部）の評価が公表済．

3．海溝型地震の長期評価

3.1　2010 年までの評価

長期評価では，海溝・トラフ付近で発生するプレート間地震に加え，スラブ内地震も含めて，海溝型地震と呼んでいる．2000 年に宮城県沖地震の長期評価を公表してから，表 4 に示す各海溝・トラフについて長期評価を行い，2004 年までに一通りの評価を終え，その結果は，地震動予測地図へ反映された．なかでも千島海溝については，2003 年 3 月に長期評価を公表した約半年後に 2003 年十勝沖地震（M 8.0）が発生したことから，翌年（2004 年）に第二版を公表した．

なお，日本海東縁部については海溝型地震として長期評価を公表したが，今後 2.6 で述べた海域活断層の評価によって置き換わる予定である．

表 4　主な海溝型地震の長期評価の変遷

	第一版	第二版	第三版
千島海溝沿い	平成 15 年 （2003）	平成 16 年 （2004）	平成 29 年 （2017）
日本海溝沿い	平成 14 年 （2002）	平成 23 年 （2011）	平成 31 年 （2019）
相模トラフ	平成 16 年 （2004）	平成 26 年 （2014）	
南海トラフ	平成 13 年 （2001）	平成 25 年 （2013）	
日向灘～南西諸島海溝	平成 16 年 （2004）	令和 4 年 （2022）	
日本海東縁部	平成 15 年 （2003）		

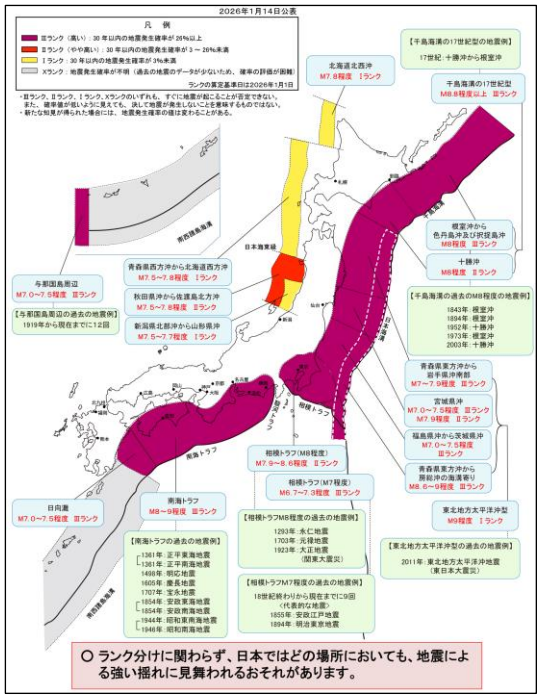


図 5　主な海溝型地震の長期評価.

3.2　2011 年以降の評価

2011 年東北地方太平洋沖地震は, 2002 年に公表した日本海溝の長期評価では想定されていなかった．そこで，同年に海溝型分科会（第二期）が設置され，以下のような新しい方針を立てた．

（1）固有地震モデルではなく，発生しうる地震の多様性を考慮した評価を行う．

（2）不確実性が大きなデータでも防災に有用な情報は，科学的知見の限界を述べ，評価に活用する．

（3）データの解釈について議論の分かれるものは，両論併記する．

また，評価文を主文と説明文とに分け，前者は主な評価をなるべく平易な表現で述べ，後者は科学的知見の不確実性，問題点など専門的な要素を含むこととした. そして 2013～2022 年にかけて，各海溝・トラフの長期評価を改訂した（表 4）.

4．まとめと今後の問題点

本稿では，地震本部設立から 30 年間の長期評価の変遷を振り返った．長期評価は，初期の定性的な表現から定量的（確率）表現へと進化し，その結果は全国地震動予測地図において活用されるとともに，国や自治体における防災対策でも利用されている [9]．一方で，低い確率の値が安全情報と受け取られてしまったこともあり，確率値を相対的に分類し，ランク分けが行われた．

また，確率の計算方法としては，時間予測モデル・BPT 分布・ポアソン過程が採用されてきた．2011 年以降は，津波堆積物などのより不確定性の高いデータも用いられ，モンテカルロ法などが導入されてきた．さらに，南海トラフについては，2025 年にすべり量依存 BPT モデルが導入された．

BPT 分布のばらつきを表すパラメーター（α）については，活断層では，0.24 に固定されているが，海溝型地震については，過去のデータから最尤推定されている．

このように，全国の活断層・海溝型地震について 2005 年までに一通りの長期評価を終えたあとも，最新の知見を含めて更新されている．ただ，活断層の地域評価については，当初は 4～5 年で一巡する見込みであった [7] が，まだ全国の半分程度しか終えていない．日本海沿岸の海域活断層についても，東北地方沖と北海道沖までの評価を終えるには，まだ数年程度かかる見込みである．

今後の課題としては，長期評価手法の再検討・ベイズ推定など最新の手法の採用，パラメーターの見直し，地域評価で行われているような地震活動も含めた将来の発生確率の算定，などが挙げられる．さらには，地殻変動や地震活動などの現状評価と長期評価の融合，領域間の相互作用（クーロン応力変化：ΔCFF），巨大地震後の時間変化などの中長期的課題も挙げられる．

また，長期評価結果を社会に正しく伝えるためには，確率値の相対的なランク分け以外の方法も検討する必要があろう．

参考文献

1）地震調査研究推進本部　20 年の資料集
https://www.jishin.go.jp/about/20years_shiryoshu/
2）地震に関する基盤的調査観測計画
https://www.jishin.go.jp/main/houkokukaigi/chousakansoku.pdf
3）地震に関する総合的な調査観測計画における調査対象活断層について
https://www.jishin.go.jp/main/seisaku/hokoku18b/k81-2.pdf
4）糸魚川－静岡構造線活断層系の調査結果と評価
https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/41_42_44_itoigawa-shizuoka.pdf
5）活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧
https://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/ichiran.pdf
6）長期的な地震発生確率の評価手法について
https://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/01b/chouki020326.pdf
7）「活断層の長期評価手法（暫定版）」報告書の公表について
https://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/katsu_hyokashuho/101125katsu_hyokashuho.pdf
8）Kimura, R. et al. *J. Disaster Res.*, 12(6), 1117-1138, 2017
https://kimurareo.com/images/2021/07/17JDR126_Reo.pdf
9）地震本部の成果の活用事例（自治体向け）
https://www.jishin.go.jp/database/case_study_municipality/

地震本部の強震動評価 30 年

岩田知孝

大地震が発生すると震源域を中心に強い揺れに見舞われ，揺れによる被害を引き起こす．将来起きる大地震時にどのような強震動が生じるかを評価するため，地震調査研究推進本部（地震本部）地震調査委員会の下に平成 11 年（1999 年）8 月に強震動評価部会が設置され，主要活断層帯やプレート境界地震を対象として強震動評価手法の確立，強震動評価の実施を行い，長期評価部会と連携して全国地震動予測地図の作成を進めてきた．また，実際の被害地震の再現を通じて強震動評価手法の検証を行ってきている．本稿では，これまでの強震動評価部会の活動を振り返り，研究コミュニティの将来展望を記載する．

１．はじめに

神戸をはじめとする阪神間, 淡路北部の現代都市に未曾有の被害を与えた 1995 年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）をきっかけとして，地震調査研究推進本部（以下では地震本部と略称する）が設置された. 地震本部地震調査委員会に設置された部会構成については，佐竹(2026)の図 1 に示されているため，ここでは記載しないが，全国地震動予測地図を長期評価と支える強震動評価について，成り立ちとこれまでの活動状況，そして将来展望を記載する．

２．1995 年兵庫県南部地震の教訓

1995 年兵庫県南部地震では，気象庁の現地調査により，建物被害に基づいて，震度 7 の領域が阪神間, 淡路島北部で認定された. 1948 年福井地震後に，家屋倒壊率 30%以上の地域を「震度 7」と定義したが, その後実際の地震に初めて適用された例となった（気象庁，1997）．図 1 に震度 7 の領域を示す．「震災の帯」とも呼ばれたその地域は，六甲山で縁取られる大阪平野（あるいは大阪盆地）の盆地端部に沿って，盆地端部よりやや離れたところで平行に細い帯状に広がっていた．多くの研究者がこの「震災の帯」の成因解明を進めた．

都市の直下で起きた地震であったことから, 神戸・阪神間では強震観測記録が得られていた．その速度記録は，10 秒にも満たない震動継続時間で, 見掛け周期 1 秒程度の数個のパルス波で構成されていた. 強震記録を用いた震源インバージョンにより，明石海峡下から開始した断層破壊は，淡路島側と神戸・阪神側に拡がり，神戸市域の下で主として２つの大すべり域があることが求められた．神戸・阪神側は破壊が進展する方向にあったことから, 破壊前方において波が近い時間に集まることによる強いディレクティビティパルス波が生じていたこと（例えば Sekiguchi et al., 1996）,そのパルス波が神戸市域の盆地端部構造により盆地端部からやや離れた地域で下方から上昇する実体波と盆地端部から盆地内に回折する波の増幅的干渉が起きることにより, 盆地端部からやや離れた地域で揺れが大きくなることが示された（Kawase, 1996）．

のちに，神戸地域の地盤構造モデル（現在の言い方をすれば，深部地盤構造モデル）が構築されて, 震源モデルと地下構造モデルに基づく強震動シミュレーションも行われた（例えば Pitarka et al., 1998）．このモデリングは周期 1 秒程度に限られていたが,「震災の帯」内を含む余震観測（例えば Iwata et al., 1996）により得られた記録を用いて, 震源インバージョンで求められた不均質震源断層すべりモデルをいくつかの矩形パッチで表現し, 経験的グリーン関数法を用いた広帯域強震動シミュレーションにより, 観測記録の再現および震災の帯内のより大きな揺れの事後評価も行われた（例えば Kamae and Irikura, 1998）．これらの結果は, 極当たり前のことではあるのだけれども, 震源断層モデルおよび地下構造モデル特に地震基盤より浅い構造モデルを与えることにより, 被害に直結する強い揺れの評価が可能であるということを認識することとなった．

３．強震動評価部会の発足と活動

1995 年阪神・淡路大震災を踏まえて地震調査研究推進本部が設立され，1999 年 4 月に地震調査研究の基本的施策をとりまとめた「地震調査研究の推進について」が出された．ここには，全国の地震危険度を示す「全国を概観した地震動予測地図」の作成が謳われた．

全国を概観した地震動予測地図は, 全ての地震の位置，規模，発生確率に基づき，ある場所がどの程度の確率でどの程度の揺れに見舞われるかを示した「確率的地震動予測地図」と，対象とする活断層等から想定される震源断層が活動した場合に, 周辺にどのような揺れをもたらすかを示した「震源断層を特定した地震動予測地図」で構成される. これらの地震動予測地図の構築のため, 地震調査委員会下に長期評価部会と強震動評価部会が設置され，強震動評価部会（1999 年 8 月設置）は, 地震が発生した際の強い揺れ（強震動）の予測手法検討とそれに基づく強震動評価を担当した．

強震動評価部会は，特定の断層帯を対象として震源断層を特定した強震動予測手法の検討を進めるため，1999 年 11 月に部会下に強震動予測手法検討分科会を設置し，手法検討を進めた．部会では，震源断層を特定した強震動評価の手始めとして，「糸魚川―静岡構造線断層帯（北部、中部）の地震を想定した強震動評価手法について」を取りまとめ、地震調査委員会の審議を経て、同委員会から 2002 年 10 月に公表した．その後、海溝で発生する地震に対する強震動評価も含め，これまで 16 の地震を対象に強震動評価を行った．

2005 年に「全国を概観した地震動予測地図」が公表されたが，上記の地震を想定した評価結果は「全国を概観した地震動予測地図」の「震源断層を特定した地震動予測地図」となった．強震動評価部会は強震動評価に必要な全国レベルの地下構造モデルの高度化を目指して，2005 年 3 月に地下構造モデル検討分科会を設置し，検討を進めた．加えて，長期評価と強震動評価の両面から地震動予測地図の高度化を図るため，長期評価部会と強震動評価部会の下に地震動予測地図高度化ワーキンググループを 2006 年 2 月に設置した．

「震源断層を特定した地震動予測地図」の強震動評価は，震源断層モデルとして「特性化震源モデル」(入倉・三宅, 2001)が用いられた．この「特性化震源モデル」は，1995 年兵庫県南部地震を含む不均質断層モデルを震源断層全体面積とすべりの大きい領域（当時はアスペリティ）面積に着目した特性化を行うと，前者のみならず後者も地震規模依存しているという研究成果（Somerville et al., 1999）に基づいている．図２に，Irikura and Miyake(2011)の，アスペリティ面積の地震規模依存性，および震源断層全体面積とアスペリティ面積の比較を示した．これらの経験式に基づくモデルパラメータ設定方法を，様々な状況下の対象地震に対する評価に適用させることで，パラメータ設定方法の標準化を進めた．

そこで得られた知見に基づく手法論の整理を行って，震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）として 2009 年 12 月に公表した．これらの検討を踏まえて，2009 年，主要活断層帯および海溝型地震および日本海東縁部の地震を対象とした地震動予測地図を含めた「全国地震動予測地図」が発表された．この地図作成の様々な要素は藤原・他(2009)に詳しい．

時間は前後するが，強震動評価に密接に関係する強震観測網と地下構造調査の取り組みを紹介する．1995 年阪神・淡路大震災での激甚被害地域である「震度 7 の帯」内では強震記録がわずかであったことから，大被害を引き起こす揺れの解明のため，全国均一密度で約千点の地震観測網 K-NET（全国強震観測網）が科学技術庁防災科学技術研究所（当時）により整備され，1996 年 6 月から運用された．加えて同研究所で整備された地中高感度地震観測網（Hi-net）の地中および地表に強震計が併設され，KiK-net（基盤強震観測網）として 2000 年 8 月よりデータ公開がはじまった．

また，「震災の帯」の成因に密接に関係した地震基盤以浅の地盤構造のモデル化を進めるため，文部科学省は，地下構造調査手法の有効性の確認と，合理的かつ効率的な調査法の組み合わせを確認することを主な目的として，1998 年度から2004 年度に，地方公共団体に地震関係基礎調査金を交付して主要な堆積平野の地下構造調査を促した．13の都府県市がそれぞれの立地する平野，盆地の地盤調査を行い，反射法探査，ボーリング調査，地震動評価に必要とされる S 波速度構造推定のための微動アレイ調査が実施され，堆積盆地速度構造モデルの構築が進んだ（地震調査委員会，2005）．また，当時既に，大規模堆積盆地等での S 波速度構造を推定するために活用されていた微動アレイ調査が様々の地域で実施されることで有効性が示され，こののちも S 波速度構造調査の標準ツールとして活用されている（例えば岡田，2008）．

こういった強震観測網の充実と，強震動評価のための地下構造モデルの構築が進んだことにより，震源断層を特定した強震動評価の一環として，地震本部発足以降に生じた被害地震について，得られた強震記録を対象とした強震動評価手法の検証を行っている．これまで，2000 年鳥取県西部地震，2003 年十勝沖地震，2005 年福岡県西方沖の地震，2016 年熊本地震等の手法検証が行われ，妥当性や将来課題を整理している（地震調査委員会，2022）．

全国地震動予測地図では，地震ハザードとして震度，つまり一般構造物の被害に関係する指標を対象としている．一方，2003 年十勝沖地震における苫小牧の石油タンクのスロッシング被害は，巨大地震と大規模堆積平野（この場合は勇払平野）の組み合わせにより発達した長周期地震動の周期と，長大構造物の固有周期が一致し共振現象が起きて被害が生じた．また 2004 年に想定東南海地震の震源域に近いところで発生した紀伊半島沖地震により，濃尾平野，大阪平野，関東平野において長周期地震動が観測され（例えば，岩田・浅野，2005），次の東南海地震や南海地震によるさらなる長時間で強い長周期地震動に襲われる可能性が懸念された．これらを踏まえて，強震動評価部会では，長大構造物の地震ハザードに資する長周期地震動予測地図の作成を行ってきている（例えば地震調査委員会，2009）．この際には，対象地震がプレート境界地震等も含まれることから，地震基盤以深のプレート形状も含む速度構造モデル（全国一次地下構造モデル，Koketsu et al., 2008）が構築された．

加えて，さらなる工学的利活用を進めるため，地震動予測式を用いた（Morikawa and Fujiwara, 2013），応答スペクトルの地震動ハザード評価を行った（地震調査委員会・強震動評価部会，2022: 土肥・他，2024）．現代社会を支える多様な構造物への入力地震動評価に資すると考えている．これらの地震動予測地図は現在まで試作版，あるいは中間報告にとどまっているが，モデルの高度化やユーザからの要望を踏まえ，より利用しやすい地図への展開を目指している．

2009 年に公開された全国地震動予測地図では，全国を網羅する評価を行うため，地震基盤より工学的基盤の間の深部地盤構造モデルを作成し，工学的基盤より表層までの地震動増幅は微地形区分と AVS30（地表から 30m までの深さの平均 S 波速度），および AVS30 値と PGV（Peak Ground Velocity）増分，それぞれの経験式を組み合わせて地表における震度を評価していた．

地震動増幅や震動継続時間の伸長に密接に関係する地盤構造モデルは，反射法探査，ボーリング調査，重力探査，微動アレイ探査といった各種地球物理学的探査によって得られた情報から構築されているが，探査地点が限られていることから，モデルは内外挿されて構築されている．その後も地震本部が関係した様々な研究プロジェクト等によって実施された新たな地下構造調査や対象地域を絞った地下構造モデルが作成されると，それらを取り込むことによってモデルはアップデートされてきている．強震動評価の信頼度を高めるため，強震動評価部会では地下構造モデル検討分科会を中心として，地下構造モデル構築の手法論をガイドラインの形としてとりまとめた（地震調査委員会，2017）．

また，工学的基盤以浅の地盤構造（浅部地盤構造モデル）も深部地盤構造モデルと同様に多数の均質速度層で表現されるモデルとするため，多数のボーリング情報や小サイズの微動アレイ探査を実施した．このような浅部・深部統合地盤構造モデルは，現在までに関東地域，および東海地域のものが公開され，今後も全国展開を予定している．浅部の速度構造モデルおよび地質情報は，強震動を受けた時に地盤が非線形化して，地盤特性である卓越周期が長周期化するといった強震時の地盤震動特性を把握することにも利用されることが期待される．これらのモデルデータの多く，および関係する報告書は，防災科学技術研究所 J-SHIS や地震本部の HP サイトからダウンロードでき，研究にも多数活用されている．

４．将来に向けて～まとめに代えて

全国地震動予測地図の強震動評価を行うため，地震本部地震調査委員会の下に作られた強震動評価部会のここまで約 30 年の活動を，関係する強震観測網や調査を概観してきた．「全国地震動予測地図」の強震動評価を行うため整備されてきた，全国規模の強震動評価のための地下構造モデルは本文でも記載してきたように，それぞれの時点においての調査結果を踏まえて作成されているが，調査が十分でない地域もまだまだあるのは事実であるので，地震学会のような研究コミュニティに所属される研究者は，公開されている地下構造モデルを参照しつつ，ぜひ鍛えていただければと考えている．

本稿で示してきたように，「特性化震源モデル」は 1995 年兵庫県南部地震の「震災の帯」の解明に主として基づいており，多くの研究者が指摘している通り，地表地震断層を伴う 2016 年熊本地震本震の震源近傍強震動は，地表近くの断層すべりの近地項が卓越した記録が得られており，「特性化震源モデル」の汎用化も検討していく必要がある．これらの推進には震源近傍強震動記録が必要であり，各機関の強震観測網の維持に加えて利活用を推進していく必要がある（例えば防災科学技術研究所，2025）．国内外の研究コミュニティに広く利用されている強震観測網などの波形データもどしどし利用していただき，強震動評価にも資する新たな発見を期待したい．

最後になったが，これまでに強震動評価部会及び関係分科会，ワーキンググループの活動に参画された方々，関係する地震本部の事務局関係者には感謝いたします．なお，紙面の都合により，十分な数の引用文献を示していないことをお詫びする．

参考文献

防災科学技術研究所，2025，地震動予測モデルのための強震動情報共通基盤の構築（GMM Project in Japan; GMM-PJ） https://www.j-shis.bosai.go.jp/gmmpj（2026 年 3 月 31 日閲覧）．

土肥裕史・重野伸昭・森川信之・藤原広行・能島暢呂・岩田知孝, 2024, 応答スペクトルに関する地震動ハザード評価の検討, 日本地震工学会論文集，**24-1**, 124-147.

藤原広行, 河合伸一, 青井真, 森川信之, 先名重樹, 工藤暢章, 大井昌弘, はお憲生, 若松加寿江, 石川裕, 奥村俊彦, 石井透, 松島信一, 早川譲, 遠山信彦, 成田章, 2009, 全国地震動予測地図作成手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料, **336**, 415 pp.

入倉孝次郎・三宅弘恵，2001，シナリオ地震の強震動予測，地学雑誌，特集号「地震災害を考える―予測と対策」, **110**, 849-875.

Irikura, K., and H. Miyake, 2011, Recipe for predicting strong ground motion from crustal earthquake scenarios, Pure Appl. Geophys., **168**, 85-104.

Iwata, T., K. Hatayama, H. Kawase, and K. Irikura, 1996, Site amplification of ground motions during

aftershocks of the 1995 Hyogoken-nambu earthquake in severely damaged zone - Array observation of ground motions at Higashinada Ward, Kobe city, Japan -, J. Phys. Earth, **44**, 553-561.
岩田知孝・浅野公之，2005, 2004 年 9 月 5 日紀伊半島沖・東海道沖の地震による地震動，地震第 2 輯, **58**, 273-279.
地震調査委員会，2005，交付金による地下構造調査，https://www.jishin.go.jp/database/project_report/chousakansoku02kozo/（2026 年 3 月 31 日閲覧）
地震調査委員会，2009，長周期地震動予測地図 - （2009 年試作版），https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/lpshm/（2026 年 3 月 31 日閲覧）
地震調査委員会，2017，地下構造モデル作成の考え方，15pp，https://www.jishin.go.jp/evaluation/strong_motion/underground_model/（2026 年 3 月 31 日閲覧）
地震調査委員会，2022，強震動評価，https://www.jishin.go.jp/evaluation/strong_motion/（2026 年 3 月 31 日閲覧）
地震調査委員会・強震動評価部会，2022，応答スペクトルに関する地震動ハザード評価（試作版）https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/sh_response_spectrum/（2026 年 3 月 31 日閲覧）
Kamae, K. and K. Irikura, 1998, Source model of the 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake and simulation of near-source ground motion, Bull. Seism. Soc. Am., **88**, 400-412, 1998.
Kawase, H., 1996, The cause of the damage belt in Kobe: "The basin-edge effect", Constructive interference of the direct S-wave with the basin-induced diffracted/Rayleigh waves, Seismological Research Letters, **67**, 25-34.
気象庁，1997，平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震調査報告 - 災害時自然現象報告 - ，気象庁技術報告，119，160pp.
Koketsu, K., H. Miyake, H. Fujiwara, and T. Hashimoto, 2008, Progress towards a Japan integrated velocity structure model and long-period ground motion hazard map, Proc. 14WCEE, Paper No.S10–038.
Morikawa, N. and H. Fujiwara, 2013, A New Ground Motion Prediction Equation for Japan Applicable up to M9 Mega-Earthquake, Journal of Disaster Research, **8**, 878-888.
岡田廣, 2008，微動探査の現状と課題，物理探査，**61**, 445-456.
Pitarka, A., K. Irikura, T. Iwata, and H. Sekiguchi, 1998, Three-dimensional simulation of the near-fault ground motion for the 1995 Hyogoken-nanbu, Japan, earthquake, Bull. Seism. Soc. Am., **88**, 428-440.
佐竹健治, 2026，地震本部の長期評価 - 30 年の変遷ー，兵庫県南部地震から 30 年，日本地震学会モノグラフ第 9 号，2-5.
Sekiguchi, H., K. Irikura, T. Iwata, Y. Kakehi, and M. Hoshiba, 1996, Minute locating of faulting beneath Kobe and the waveform inversion of the source process during the 1995 Hyogo-ken Nanbu, Japan, earthquake using strong ground motion records, J. Phys. Earth, **44**, 473-487.
Somerville, P. G., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, A. Kowada, 1999, Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, Seism. Res. Lett., **70**, 59-80.

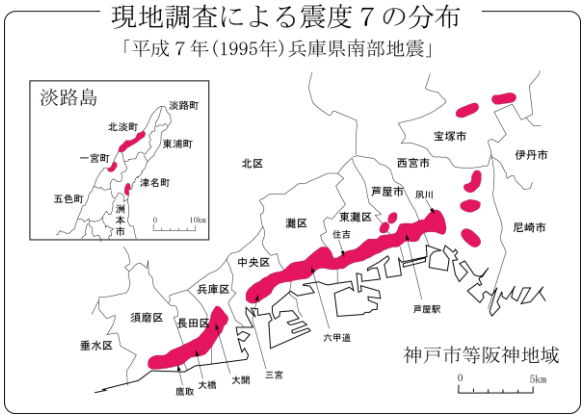


図 1　1995 年兵庫県南部地震時の震度 7 の分布（ https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/1995_01_17_hyogonanbu/data.html より）

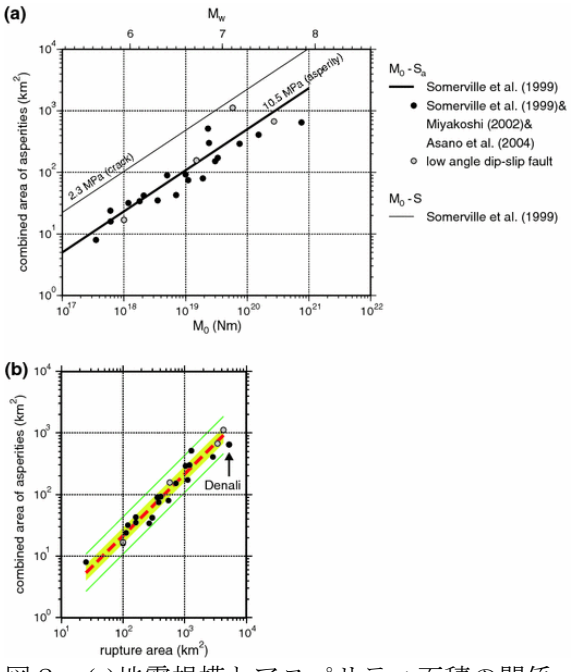


図 2　(a)地震規模とアスペリティ面積の関係，(b)破壊面積とアスペリティ面積の比較．Irikura and Miyake (2011)より引用.

地震調査研究推進本部 30 周年
― 津波評価部会の歩みと今後 ―

北海道大学広域複合災害研究センター　　谷岡勇市郎

地震調査研究推進本部では，平成 23 年 3 月 11 日東日本大震災の発生を受けて，強震動評価だけでなく，沿岸地域での津波評価の重要性が認識され，津波評価部会が組織された．それに伴い，全国の津波を統一的・客観的に評価するため，「波源断層を特性化した津波の予測手法」いわゆる（津波レシピ）の作成を急いだ．東北地方太平洋沖巨大地震の震源解析等から，M9 クラスの超巨大地震では強震動生成域と大津波を励起する波源は大きく違う事が明確になり，津波を評価するためには M9 クラスの地震による津波の波源モデルを特性化することが重要課題となった．それを含め多くの課題を解決し，平成 29 年「波源断層を特性化した津波の予測手法」（津波レシピ）が公表された．現在はプレート境界型巨大地震による津波だけでなく，津波地震・アウターライズ地震・スラブ内地震による津波も評価できる「津波レシピ」の作成に取り組んでいる．

１．はじめに

地震調査研究推進本部は平成 7 年 1 月 17 日の阪神・淡路大震災の発生を受けて，震災の経験を活かし，地震に関する調査研究を政府として一元的に推進し，社会に分かりやすく還元するために設置された．その経緯から，大地震の長期評価及びそれらによる強震動評価に重点が置かれた．その中で，平成 23 年 3 月 11 日東日本大震災が発生し，強震動評価だけでなく，沿岸地域での津波評価の重要性が認識された．準備期間を経て平成 25 年に津波評価部会が設置され，津波評価のための議論が開始された．

本稿では，これまでの津波評価部会の活動を紹介した後，現在進行中の活動及び今後について議論する．

２．東北地方太平洋沖超巨大地震

強震動評価部会では強震動評価を統一的に実施するための予測手法やその考え方をまとめた「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」いわゆる（レシピ）を作成し，それを基礎として全国の強震動評価を実施していた．それに倣い，津波評価についてもまず，統一的・客観的に評価するために，「波源断層を特性化した津波の予測手法」いわゆる（津波レシピ）を作成する事とした．

ここでは，まず津波評価の重要性を認識するきっかけとなった平成 23 年東北地方太平洋沖巨大地震とその津波の重要な部分について記載する．平成 23 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖で M9.0 の海溝型超巨大地震が発生し，地震により励起された大津波により，東日本沿岸は大災害に見舞われた．直後の痕跡調査により最大 40m の津波が東北沿岸に押し寄せていた事が明らかになった (Mori et al., 2011)．また，釜石沖のケーブル式海底津波計において，長周期の津波に短周期の津波が乗った非常に特徴的な津波第 1 波が観測された(Maeda et al., 2011)．この観測津波波形を説明するためには広い範囲のプレート境界でのすべりに加えて，海溝極近傍のプレート境界での超大すべりが必要であることが明らかになった．さらに，Satake et al. (2013)は上記ケーブル式津波計でとらえられた津波波形に加えて，日本沿岸の検潮記録や GPS 津波計，太平洋に設置された海底圧力計（DART, NOAA）で観測された多くの津波波形から，インバージョンにより地震時のすべり量分布を推定し，やはり海溝極近傍で 60m を超える超大すべりがあった事を明らかにした（図１）．この結果は今後津波を評価するにあたり，海溝極近傍の超大すべりが重要であることを示す．加えて Gusman et al. (2012)は津波波形とともに GNSS で観測された地震時地殻変動データを同時に解析し地震時の震源過程を推定し，海溝極近傍の津波励起は付加体の非弾性変形が関わっていることを示した．それらに加えて，グローバルな広帯域地震波形記録から解析した震源過程も海溝極近傍に非常に大きなすべりがあった事が明らかになっていた (Ide et al., 2011)．

それに対して，Asano and Iwata (2012)は震源域近傍で観測された強震動波形を解析し，強震動による被害を評価するために重要な強震動生成域を推定した．その結果，推定された 4 つの強震動生成域はいずれも震源域のダウンディップ側（陸側）に位置している事をつきとめた（図１）．つまり，津波波形，地殻変動解析，広帯域地震波形解析で推定された海溝極近傍の非常に大きなすべりは東日本の強震動には大きくは影響していない事を明らかにした．さらに北側の２つの強震動生成域（図１）は 1936 年，1937 年，1978 年の宮城沖地震の震源域に位置していることが分かった．また，南側の 2 つの強震動生成域は 1938 年に発生した一連の房総沖地震の震源域近傍に位置していることも分かった．つまり，東北地方太平洋巨大地震では M8 クラス地震の強震動生成域が複数破壊したことにより強震動が励起されたこととなる．

これら東北地方太平洋沖巨大地震の震源過程

解析の結果は M9 クラスの超巨大地震では強震動を発生させる場所と大きな津波を励起させる場所が大きく異なることを明らかにした．Lay et al. (2012)はこの結果を M9 クラスの超巨大地震の特徴として一般化した．この特徴が「波源断層を特性化した津波の予測手法（津波レシピ）」を考える上で重要な課題となる．強震動の評価では M9 クラスの超巨大地震についても，M8 クラスと同様に特性化を実施できるが，津波を評価するためには最も被害が大きくなる M9 クラスの超巨大地震波源の特性化は，強震動とは違う方法を用いる必要があることを意味する．

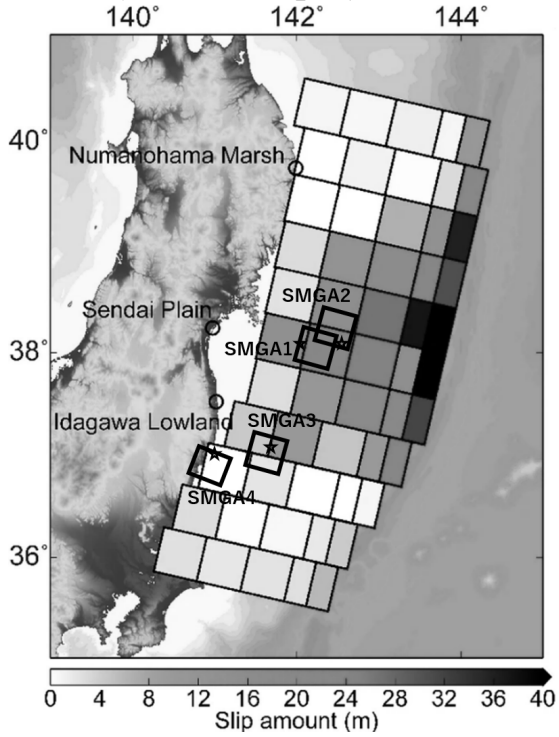


図１．平成 23 年東北地方太平洋沖巨大地震の津波波形から推定されたすべり量分布(Satake et al., 2013)と Asano and Iwata (2012)による強震動生成域（SMGA1, 2, 3, and 4）

３．津波レシピの作成

上記で示したとおり，M9 クラスの超巨大地震の津波を計算するために，その震源モデルを特性化する方法を開発することが「津波レシピ」を策定する上で重要となる．そのため，まず，津波記録から推定された M9 クラスの地震のすべり量分布を収集した．それらは，1952 年カムチャツカ巨大地震（Mw8.8）(Johnson and Satake, 1999)，1960年チリ巨大地震（Mw9.2）(Fujii and Satake, 2013)，1964 年アラスカ巨大地震（Mw9.2）(Johnson et al., 1996)，2004 年スマトラ島沖巨大地震（Mw9.1）(Fujii and Satake, 2007)，2010 年チリ巨大地震（Mw8.8）(Lorito et al., 2011, Fujii and Satake, 2013)，2011 年東北地方太平洋沖巨大地震（Mw9.0）(Satake et al., 2013，杉野・他, 2013，内閣府, 2012，Gusman et al., 2012，Romano et al., 2012)である．これら巨大地震の津波解析による（津波を説明できる）小断層毎のすべり量分布より，まずあるすべり量以上の断層面積が全体の震源域に占める割合を計算する．その後そのすべり量を各すべり量分布の平均値で規格化する．図２上に上記全ての超巨大地震のすべり量分布から求めた結果を示す．これらの結果からすべり量分布を特性化することを考える場合，超大すべり域を平均すべり量の 4 倍で断層域全体の 10%，大すべり域を平均すべり量の 2 倍で断層域全体の 20%（超大すべり域を合わせると断層域全体の 30%）とすることが適切であるとの結論を得た．図２上の黒太線が特性化されたすべり量分布である．この場合背景領域のすべり量は平均すべり量の約 0.29 倍となる．次にこの超大すべり域を設置する位置を特性化する．東北地方太平洋沖巨大地震等の震源過程から，超大すべり域は大すべり域内の海溝沿いに設置することとした．また，大すべり域が海溝まで達しない場合には超大すべり域は設置しない（超大すべり域は存在しない）とした．図２下に大すべり域と超大すべり域の設置例を示す．

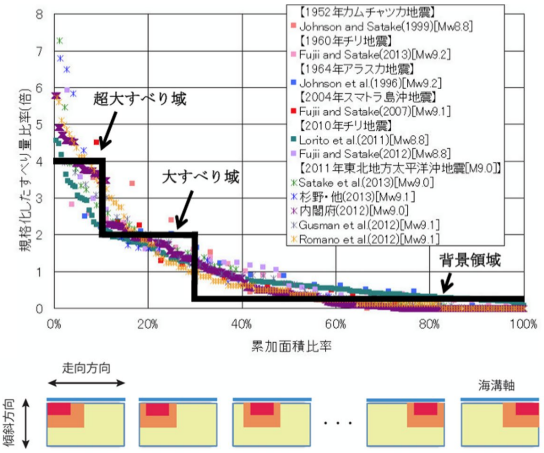


図２．上）超巨大地震（M9 クラス）の規格化したすべり量比率と累加面積比率の分布．様々なシンボルは 6 つの超巨大地震に対する 10 個のすべり量分布による．黒太線は特性化した震源モデル．下）超大すべり域・大すべり域の設定例．赤（超大すべり域）橙（大すべり域）黄（背景領域）．地震調査研究推進本部・地震調査委員会 (2017)より．

次に超大すべり域が存在しない M9 クラスより小さな地震の場合についてもすべり量分布の特性化を考える．そのため，4 つの日本で発生した巨大地震の津波データから推定されたすべり量分布を収集し，超巨大地震の場合と同様にあるすべり量以上の断層面積が全体の震源域に占める割合を計算し，そのすべり量を平均すべり量で規格化した．用いた巨大地震は 1944 年東南海巨大地震（Mw8.2）(Tanioka and Satake, 2001a), 1946

年南海巨大地震（Mw8.4）(Tanioka and Satake, 2001b)，1952年十勝沖巨大地震（Mw8.2）(Satake et al., 2006)，2003年十勝沖巨大地震（Mw8.0）(谷岡・他, 2004)である．図３に 4 つの巨大地震のすべり量分布から求めた結果を示す．これらの分布から特性化した大すべり域を考える．超巨大地震の場合と同様に大すべり域を平均すべり量の2倍で断層域全体の30%とすることで問題ないとの結論を得た．図３の太黒線が特性化されたすべり量分布である．この場合背景領域のすべり量は平均すべり量の約0.57倍となる．大すべり域の位置は断層域全体のどこに置いても良いこととした．

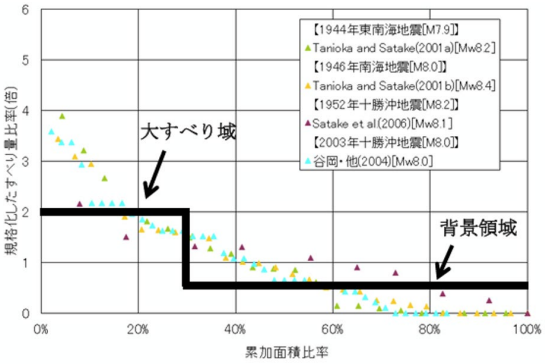


図３．巨大地震の規格化したすべり量比率と累加面積比率の分布．様々なシンボルは４つの巨大地震のすべり量分布による．黒太線は特性化した震源モデル．地震調査研究推進本部・地震調査委員会 (2017)より．

その他，断層モデルを設定するための経験則やスケーリング則，さらに津波を数値計算する手法など，「波源断層を特性化した津波の予測手法」としてまとめられている（地震調査研究推進本部・地震調査委員会，2017）．これらの成果（津波レシピ）は今村文彦（前津波評価部会長）のもと津波評価部会で議論され公表された．「南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価（令和2年公表）」は上記で作成された「津波レシピ」を基礎として最初に津波が評価された成果である．

４．津波レシピの拡張

上記で作成された「津波レシピ」は沈み込み帯でのプレート境界型巨大地震による津波を評価する手法を記述したものだ．これは，南海トラフ沿いの巨大地震による津波の評価には十分だが，日本海溝・千島海溝沿いの津波を評価するためには，大幅な拡張が必要である．日本海溝・千島海
溝沿いでは，1933 年昭和三陸巨大地震（M8.2）のように海溝外側のアウターライズで発生する正断層型巨大地震による大津波によっても沿岸で大災害を引き起こす．また，1896 年明治三陸津波地震（Ms7.2, Mt8.6-8.2, Mw8.0, Tanioka and Seno, 2001）では，地震の揺れの規模は小さいにもかかわらず，津波が異常に大きくなり，三陸沿岸で津波による死者 2 万人の大災害となった．さらに 1994 年北海道東方沖巨大地震（Mw8.1）は沈み込むプレート内で発生した巨大地震であったが，大津波が発生し千島列島沿いで大きな被害となった．

これらの津波を評価するためには，海溝外側のアウターライズ地震，海溝極近傍のプレート境界で発生する津波地震，沈み込むプレート内で発生するスラブ内地震により励起される津波の評価に対応できる「津波レシピ」に拡張する必要がある．

アウターライズ地震の場合，断層面積と規模のスケーリング則を修正する必要（応力降下量の修正等）がある．また，プレート内の地震発生層の厚さ（深さ）についても最新の研究成果を考慮する必要がある．津波地震の場合，典型的なプレート境界型地震のスケーリング則から津波を再現できるすべり量を決めることは困難だ．津波地震の規模に対応した津波波源としての震源断層モデルの構築を考える必要がある．沈み込んだスラブ内で発生する巨大地震の場合，事例が極端に少なくスケーリング則の修正を考慮するのも難しい．現在，津波評価部会はこれら全ての巨大地震に対して津波を評価する手法を記述する「津波レシピ」の拡張をほぼ終了し，最終的なチェックを行っている．「日本海溝・千島海溝沿いで発生する大地震の確率的津波評価」は拡張された津波レシピを基礎として実施される予定である．

５．津波評価の今後

２章で示したように，津波の確率的評価の精度を上げるには，超巨大地震（M9 クラス）の発生場所，最大規模，発生頻度の把握が重要になる．これらを把握するためには，その発生頻度の低さから，地質学的調査結果，特に津波痕跡調査の成果をどのように津波の評価手法の中に取り込むことができるかが重要となる．

津波地震についても，津波地震による津波の発生メカニズムを考慮したスケーリング則に従った評価手法を開発することが望まれる．

最後に，実際に確率的津波評価を実施しながら，想定できていない問題点を解決するために「津波レシピ」の改善に取り組むことが重要であろう．

６．まとめ

平成 23 年東北地方太平洋沖巨大地震による津波大災害の経験から，津波評価の重要性が認識され，統一的に評価を実施するために，「波源断層を特性化した津波の予測手法」いわゆる（津波レシピ）を作成する事となった．そのために，重要な課題となったのは，M9 クラスの超巨大地震の震源モデルを特性化することであった．世界中の超巨大地震に対して，津波を再現できるすべり量

分布を解析した文献を収集し，それらを調査することで特性化を試みた．その結果，平均すべり量の 4 倍のすべり量を持つ「超大すべり域」を断層域全体の 10%の断層面積とし，その「超大すべり域」を海溝軸沿いに配置し，平均すべり量の 2 倍のすべり量を持つ「大すべり域」は「超大すべり域」を内在し，断層域全体の 20%（超大すべり域を合わせると断層域全体の 30%）とする事で特性化した．それらを含めて 2017 年に「津波レシピ」が完成した．

現在，典型的なプレート境界型巨大地震だけでなく，津波地震・アウターライズ巨大地震・スラブ内巨大地震による津波も評価できるよう「津波レシピ」を拡張中である．

参考文献

Asano, K., and Iwata, T. (2012), Source model for strong ground motion generation in the frequency range 0.1–10 Hz during the 2011 Tohoku earthquake. *Earth Planet Space*, **64**, 1111–1123, doi:10.5047/eps.2012.05.003.

Gusman, A.R., Tanioka, Y., Sakai, S., and Tsushima H. (2012), Source model of the great 2011 Tohoku earthquake estimated from tsunami waveforms and crustal deformation data, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **341**–**344**, 234–242, doi:10.1016/j.epsl.2012.06.006.

Fujii, Y. and Satake, K. (2007), Tsunami Source of the 2004 Sumatra–Andaman Earthquake Inferred from Tide Gauge and Satellite Data, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **97**, S192–S207, doi:10.1785/0120050613.

Fujii, Y. and Satake, K. (2013), Slip Distribution and Seismic Moment of the 2010 and 1960 Chilean Earthquakes Inferred from Tsunami Waveforms and Coastal Geodetic Data, *Pure Appl. Geophys.*, **170**, 1493–1509, doi:10.1007/s00024-012-0524-2.

杉野英治・呉長江・是永真理子・根本信・岩渕洋子・蛯沢勝三（2013），原子力サイトにおける 2011 東北地震津波の検証，*日本地震工学会論文集*，**13**，2_2-2_21, doi:10.5610/jaee.13.2_2.

Ide, S., Baltay, A., and Beroza, G. (2011), Shallow Dynamic Overshoot and Energetic Deep Rupture in the 2011 M_w 9.0 Tohoku-Oki Earthquake, *Science* **332**,1426–1429. doi:10.1126/science.1207020

Johnson, J.M., Satake, K., Holdahl, S.R., and Sauber, J. (1996), The 1964 Prince William Sound earthquake: Joint inversion of tsunami and geodetic data, *J. Geophys. Res.*, **101**, 523–532, doi:10.1029/95JB02806.

Johnson, J.M. and Satake, K. (1999), Asperity Distribution of the 1952 Great Kamchatka Earthquake and its Relation to Future Earthquake Potential in Kamchatka, *Pure Appl. Geophys.*, **154**, 541–553, doi:10.1007/s000240050243.

Lay, T., Kanamori, H., Ammon, C.J., Koper, K.D., Hutko, A.R., Ye, L., Yue, H., and Rushing, T.M. (2012), Depth-varying rupture properties of subduction zone megathrust faults, *J. Geophys. Res.*, **117**, B04311, doi:10.1029/2011JB009133.

Lorito, S., Romano, F., Atzori, S., Tong, X., Avallone, A., McCloskey, J., Cocco, M., Boschi, E., and Piatanesi, A. (2011), Limited overlap between the seismic gap and coseismic slip of the great 2010 Chile earthquake, *Nat. Geosci.*, **4**, 173–177, doi:10.1038/ngeo1073.

Maeda, T., Furumura, T., Sakai, S., and Shinohara, M. (2011), Significant tsunami observed at the ocean-bottom pressure gauges at 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake, *Earth Planets Space*, **63**, 803–808, doi:10.5047/eps.2011.06.005.

Mori, N., Takahashi, T., Yasuda, T., and Yanagisawa, H. (2011), Survey of 2011 Tohoku earthquake tsunami inundation and run-up, *Geophys. Res. Lett.,* **38**, L00G14.

内閣府（2012），南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）津波断層モデル編－津波断層モデルと津波高・浸水域等について－，100pp.

Romano, F., Piatanesi, A., Lorito, S., D'Agostino, N., Hirata, K., Atzori, S., Yamazaki, Y., and Cocco, M. (2012), Clues from joint inversion of tsunami and geodetic data of the 2011 Tohoku-oki earthquake, *Scientific Reports*, **2**, 385, doi:10.1038/srep00385.

Satake, K., Hirata, K., Yamaki, S., and Tanioka Y. (2006), Re-estimation of tsunami source of the 1952 Tokachi-oki earthquake, *Earth Planets Space*, **58**, 535-542, doi:10.1186/BF03351951.

Satake, K., Fujii, Y., Harada, T., and Namegaya, Y., (2013), Time and space distribution of coseismic slip of the 2011 Tohoku earthquake as inferred from tsunami waveform data, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **103**, 1473–1492.

地震調査研究推進本部・地震調査委員会，（2017）波源断層を特性化した津波の予測手法（津波レシピ），https://www.jishin.go.jp/main/tsunami/17jan_tsunami-recipe.pdf

Tanioka, Y. and Satake K. (2001a), Detailed coseismic slip distribution of the 1944 Tonankai earthquake estimated from tsunami waveforms, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 1075–1078, doi:10.1029/2000GL012284.

Tanioka, Y., and Satake, K. (2001b), Coseismic slip distribution of the 1946 Nankai earthquake and aseismic slips caused by the earthquake, *Earth Planets Space*, **53**, 235–241, doi:10.1186/BF03352380.

Tanioka, Y., and Seno, T. (2001), Sediment effect on tsunami generation of the 1896 Sanriku tsunami earthquake. *Geophys. Res. Lett.*, **28** (17), 3389–3392.

谷岡勇市郎・平田賢治・日野亮太・金沢敏彦（2004），津波波形から推定した詳細な 2003 年十勝沖地震のすべり量分布，*地震第 2 輯*，**57**，75–81.

地震・津波ハザード評価

防災科学技術研究所　　藤原広行

地震調査研究推進本部による全国地震動予測地図の作成に資するため，防災科学技術研究所では，確率論的地震動予測地図作成手法の研究及び震源断層を特定した地震動予測地図作成のための強震動予測レシピの高度化，表層地盤モデル及び 3 次元深部地盤モデルの構築，物理モデルに基づいたシミュレーション手法の研究，情報公開のための地震ハザードステーション（J-SHIS）の開発などを実施してきた．さらに，東北地方太平洋沖地震以降は津波ハザード評価に関する検討も行ってきた．地震・津波ハザード評価の研究の進展を振り返るとともに今後の課題について報告する．

１．はじめに

防災科学技術研究所（以下では防災科研と呼ぶ）では，地震本部による「地震動予測地図」の作成に資するため，地震動予測地図の作成に必要な技術的な検討及び地図の作成作業を行ってきた．以下では，それらの取り組みを振り返るとともに今後の課題について考察する．

２．地震動予測地図とは

地震動予測地図は，地震災害の軽減に資するため，将来日本で発生する恐れのある地震による強い揺れを予測し，その結果を地図として表したものであり，兵庫県南部地震の教訓を踏まえ発足した国の地震調査研究推進本部により作成されている．「全国地震動予測地図」は，地震発生の長期的な確率評価と強震動の評価を組み合わせた「確率論的地震動予測地図」と，特定の地震に対して想定されたシナリオに対する強震動評価に基づく「震源断層を特定した地震動予測地図」の 2 種類の性質の異なる地図から構成されている．

３．確率論的地震動予測地図

地震の発生及びそれに伴う地震動のハザード評価は，現状では数多くの不確実な要素を含んでいる．こうした不確実性を定量的に評価するための技術的枠組みとして有力と考えられているのが，確率論的地震ハザード解析と呼ばれる手法である．確率論的地震動予測地図を作成するために，確率論的地震ハザード解析が採用されており，その大まかな手順は以下に示す通りである．

・地震調査委員会による地震の分類に従い，対象地点周辺の地震活動をモデル化する．

・モデル化した地震について，地震規模，震源域，地震の発生確率を評価する．

・地震規模と震源域が与えられた場合の地震動強さを推定する確率モデルを設定する．モデル化された各地震について，対象期間内にその地震により生じる地震動の強さがある値を超える確率を評価する．

・上記をモデル化した地震の数だけ繰り返し，それらの結果を足し合わせることにより，全ての地震を考慮した場合に，対象期間内に生じる地震動の強さが，ある値を少なくとも一回超える確率を計算する．

以上の手順で地点毎にハザード解析を実施し，地震動の強さ・期間・確率のうち 2 つを固定して残る 1 つの値を求めた上で，それらの値の分布を示したものが「確率論的地震動予測地図」である．地震動の強さとしては，工学的基盤における最大速度に基づき地表での震度が評価されている．

防災科研では，確率論的地震動予測地図の作成に資することを目的とし，2001 年に確率論的予測地図作成手法検討委員会（委員長　翠川三郎）を立ち上げ検討を開始した．その検討を踏まえ，2002 年には，山梨県地域を対象とした確率論的地震動予測地図の試作版（地域限定）が公表され，2003 年には，確率論的地震動予測地図の試作版（地域限定－北日本），2004 年に確率論的地震動予測地図の試作版（地域限定－西日本)が公表されるなど検討が進み，2005 年に「全国を概観した地震動予測地図」が完成した．その後，毎年度，新たな長期評価結果や知見を取り込むことにより「全国を概観した地震動予測地図」の更新が行われてきた．2009 年には，それまでの 10 年間の検討の取りまとめとして，大幅な改良が加えられた（藤原・他，2009）．さらに名称も変更され，「全国地震動予測地図」として公表された．

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震 (M9.0) は，日本周辺で発生した地震としては有史以来最大規模のものであった．この地震は，「全国地震動予測地図」において考慮することができていなかった．この教訓を踏まえ，地震動ハザード評価の改良に向けて，特に確率論的な評価に関する検討が進められ，2012 年及び 2013 年に「今後の地震動ハザード評価に関する検討」として公表された．それらの検討を踏まえて改良された「全国地震動予測地図 2014 年版」が公表された（藤原・他，2015）．地震調査委員会による活断層の地域評価および海溝型地震の長期評価の公表を受けて「全国地震動予測地図 2016 年版」，「全国地震動予測地図 2017 年版」，「全国地震動予測地図 2018 年版」，「全国地震動予測地図 2020 年版」が公表された．また，耐震設計等における工学的利用に資することを目的として地震

動の応答スペクトルに関する地震動予測地図の作成に向けた検討が進められており（藤原・他, 2023），2022 年には「応答スペクトルに関する地震動ハザード評価（試作版）」が公表された.

４．震源断層を特定した地震動予測地図

発生確率が海溝型の地震と比較して小さな値となる活断層の地震に対する対策として, 主要な活断層帯で発生する地震については, 確率論的な地震ハザード評価に加えて, あるシナリオを想定し, 詳細な強震動評価手法を用いた「震源断層を特定した地震動予測地図」が作成されている.「震源断層を特定した地震動予測地図」の作成においては, 詳細な強震動評価手法としてハイブリッド法と呼ばれる地震波形の合成法が用いられている. ハイブリッド法は, 複数の要素技術の組み合わせからなる複雑な波形合成法であるが, この手法を標準化し, 誰が計算を実施しても同じ結果が得られることを目標とした手法の検討が行われ,「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」が，地震調査委員会により作成されている.「レシピ」の開発に当たっては，文部科学省科学技術振興調整費「地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究」（研究代表者：入倉孝次郎，2000 年度～2004 年度）により, 構造物の被害に直結する周期 1 秒前後のやや短周期域を含む広い周期帯域で強震動を高精度に予測するための震源像を, 高精度化された地震波伝播特性に基づいて確立することを目的とし, 新しい震源像の確立と定量的伝播特性モデルを統合化した強震動予測・被害予測のための方法論（強震動予測マスターモデル）の構築がなされた．防災科研では，「レシピ」に従い個別断層帯ごとの強震動評価によるシナリオ地震動予測地図作成を，糸魚川－静岡構造線断層帯（北部, 中部）の地震), 南海トラフの地震, 宮城県沖地震, 森本・富樫断層帯の地震など特に発生確率が高いとされる主要断層帯の地震について実施してきた．さらに，2003 年十勝沖地震，2005 年福岡県西方沖の地震，2016 年熊本地震を対象とした強震動予測手法の検証が実施されている.

2009 年には, 全国の主要活断層帯（110 断層帯）の「震源断層を特定した地震の地震動予測地図」を一括して作成することを目的として, 長期評価による活断層の地表長さから，従来の「レシピ」の過去の地震記録や詳細な調査に基づき断層面積から地震規模を設定する手法（(ア）の手法）に加えて, 一部の震源断層パラメータを簡便に設定する手法（(イ）の手法）が追加された．これに基づき, 全国の主要活断層帯に対して強震動評価が実施された.

その後も「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」は，新たに得られた知見に基づき改訂が継続的になされている．2016 年には，長さが約 80km を超える長大な活断層に関する手法の一部見直しやスラブ内地震のための手法の新たな追加が行われ, 活断層で発生する地震に対して（ア）及び（イ）の手法の位置づけの説明が修正された. 2017 年には, 関東地方を対象にした浅部・深部統合地盤構造モデルの構築に伴い, そのモデルに対応させるためレシピの地下構造モデルに関する記述の更新がなされている. また, 2020 年には，地盤増幅率に関する改定と計算式の修正がなされた．さらに,「レシピ」の今後の改善に資するため, 2022 年には, 熊本地震の検証に関する中間報告が公表されている.

５．強震動評価のための地盤モデル

強震動評価を物理モデルに基づいて行うためには, 地下構造の物性値に関する情報が不可欠となる．強震動評価のためには，弾性波速度構造, 特に S 波速度構造を知ることが重要である. 地下構造に関する情報の種類や多寡を反映して, 強震動評価の観点からは, 地下構造を大きく 3 つの領域，上部マントルから地震基盤（S 波速度 3km/s 相当層）までの地殻構造，地震基盤から工学的基盤（S 波速度 400m/s～700m/s 相当層）までの深部地盤構造, 工学的基盤から地表までの浅部地盤構造に分けたモデル化が進められてきた.

特に，深部地盤構造は，地震動の比較的長周期部分（周期 1 秒程度以上）の特性に大きな影響を与える地下構造であり, 差分法や有限要素法によるシミュレーションなどの決定論的手法により扱える周波数領域での地震動の計算において重要となる．浅部地盤のモデル化では，表層地質データやボーリングデータを用いて地盤モデルを作成することが基本となる. 浅部地盤構造は局所的な変化が大きいため, モデル化には膨大なデータ収集が必要となる．現状では，広域での面的な評価が必要な場合には, 簡便な表層地盤増幅率の評価法として, 微地形分類データベースを利用した手法が用いられる場合も多く, 全国を網羅した地形・地盤分類 250m メッシュマップの作成も行われている.

強震動評価に必要とされる各種データを収集しモデル化するために, 防災科研では様々なプロジェクト研究を実施してきた. 文部科学省科学技術振興調整費「統合化地下構造データベースの構築（2006 年度～2010 年度，代表者：藤原広行）では，産業技術総合研究所，土木研究所，社団法人地盤工学会，東京工業大学，東京大学の協力の下で，地下構造に関する情報を，国民共有の国家財産として位置づけ，データの散逸を防ぎ，誰もが利用可能なデータベースを構築することで, 地下構造・地質情報に関する情報公開を促進し，これまでの調査による成果を広く社会に還元することを目的とし, 表層から地球内部構造に至る地下構造の地球物理学的情報, 地質学的情報を統合

的に収集・管理し，広くデータ利用可能な仕組みとして，統合化地下構造データベースの構築に取り組んだ．

こうした様々な機関の取り組みを踏まえ，地震本部の地下構造モデル検討分科会において，全国を対象とした深部地盤モデルの作成が進められるとともに，それらを活用した長周期地震動予測地図の作成が試みられた．2009 年 9 月には，「長周期地震動予測地図」2009 年試作版とともに，「レシピ」の中に，地下構造モデルの作成法の記述が加えられ，2012 年 1 月には，「長周期地震動予測地図」2012 年試作版とともに，全国 1 次地下構造モデル（暫定版）が公表された．

さらに，関東地域を対象として，微地形区分に基づいて計算されていた表層地盤増幅率に代わるものとして，ボーリングデータの収集及び多数の微動探査を加えた手法による浅部・深部統合地盤モデルの研究が実施された．特に，SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）のレジリエントな防災・減災機能の強化として実施された「リアルタイム被害推定・災害情報収集・分析・利活用システム開発（2014 年度～2018 年度），研究代表者：藤原広行」では，地表から工学的基盤付近までの浅部地盤モデル，工学的基盤付近から地震基盤及び大深度構造までの深部地盤モデルを統合し，長周期から，建物等の被害に直結する主要な周期帯域（0.5～2 秒）までの動的特性を説明できる 250m メッシュの広域地下構造モデルの構築が，関東地域及び東海地域において実施された．地盤のモデル化においては，既往の地下構造情報に加え，高密度の微動探査データが使用された．地盤構造の動的特性を精度良く得るため，微動探査（単点及びアレイ探査）が高密度に実施され，大量の微動観測データを安定的かつ効率的に管理するため，クラウド型解析システムが開発された．

これら取り組みにより得られた知見を踏まえ，関東地域を対象とした強震動評価のための浅部及び深部の地盤モデルの改良が行われ，2016 年 10 月に，「長周期地震動評価 2016 年試作版－相模トラフ巨大地震の検討－」と併せて，関東地域の浅部・深部統合地盤構造モデルの検証などが実施された．それらを踏まえ，2017 年 4 月には，「地下構造モデル作成の考え方」及び「関東地方の浅部・深部統合地盤構造モデル（2017 年版）」が公表された．さらに，2021 年 3 月には「防災科研技術説明資料　関東地方の浅部・深部統合地盤構造モデルの構築」と併せて「関東地方の浅部・深部統合地盤構造モデル（2021 年版）」が公表されている（先名・他，2023）．

６．地震ハザード情報の利活用

「全国地震動予測地図」は，地震本部が実施してきた地震動ハザード評価の成果の集大成として位置づけられるものであり，地震活動モデルや震源断層モデル，及び地下構造モデル等の地図の作成に必要なデータまで含めると膨大な量の情報を含んでいる．防災科研では，地震動予測地図の利用に関する検討の一環として，「地震動予測地図工学利用検討委員会」（委員長：亀田弘行）を設置し検討を行ってきた．本委員会がまとめた報告書（地震動予測地図工学利用検討委員会，2004）では，「地震動予測地図」を最終成果物としての地図そのものだけでなく，その作成の前提条件となった地震活動・震源モデル及び地下構造モデル等の評価プロセスに関わるデータも併せた情報群としてとらえることにより，「地震ハザードの共通情報基盤」として位置づけるべきとの提言がなされた．この提言を実現するために，防災科研では「地震動予測地図」の公開システムの開発を実施し，同報告書により提案された名称を採用し，「地震ハザードステーション J-SHIS」として，2005 年 5 月より運用を開始した．J-SHIS の運用を開始した後にも，WEB による地図情報の配信技術は急速に進歩してきた．2009 年には，新たな技術を取り入れ，「全国地震動予測地図」として新たに整備された 250ｍメッシュの全国版「確率論的地震動予測地図」，主要断層帯で発生する地震に対する詳細な強震動予測に基づく「震源断層を特定した地震動予測地図」，それら計算に用いた全国版深部地盤モデル，250m メッシュ微地形分類モデルなどを一元的に管理し，背景地図と重ね合わせて，わかりやすく提供できるシステムを開発した．さらに，地点ごとのハザード情報をまとめた「地震ハザードカルテ」の作成機能の追加や API サービスの提供を含めたポータル化など，地震動ハザード情報の総合的な情報基盤としての位置づけを目指して J-SHIS 機能の向上に向けた開発が続けられている．

７．地震ハザード情報の国際展開

Global Earthquake Model（GEM）は，国境を越えた地震ハザード・リスク評価基盤を構築する国際的な非営利プロジェクトとして，2009 年に OECD の主導で設立された GEM 財団により運営されている．2012 年 9 月に防災科研は日本の公的機関の代表として，GEM 運営委員会メンバーに正式に加入し，現在も活動を継続しており，「全国地震動予測地図」で培った確率論的地震ハザード評価の知見を GEM のグローバルモデルへ統合・整合させる役割を担っている．

GEM に参画しているメンバーが中心となって，関連する国・地域と連携し，地域ごとの地震ハザードモデルを作成しそれらを組み合わせることにより世界全体を覆う地震ハザードモデルの構築が進められ，2018 年 12 月に公表された．その後も改良が進んでいる．これらモデルは地域ごとに格差があり，統一的な基準に基づいて作成され

たものとはなっていないために，グローバル・モザイクモデルと呼ばれている．グローバル・モザイクモデルの日本地域での地震ハザードモデルとしては，地震本部が公表している全国地震動予測地図の作成で用いられている確率論的地震ハザードモデルが実装されている．

８．津波ハザード評価

2011 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震による津波の甚大な被害を踏まえ，2013 年 2 月に津波評価部会が設置された．津波評価部会では，地方公共団体等による避難計画や施設整備等の津波防災対策の検討に資するため，科学的知見に基づき，津波の予測や評価のための手法の検討とそれに基づく津波ハザード評価を実施している．防災科研では，津波ハザード評価に資するための手法の検討と津波評価作業を実施してきた．

不確定性を考慮した上で，津波を発生させる地震の断層（波源断層）の特性を主要なパラメータで表した多数の波源断層モデルを設定し，それらに基づいた津波の予測や評価の手法が検討され，2017 年 1 月に「波源断層を特性化した津波の予測手法（津波レシピ）」として公表されている．

津波レシピによる津波ハザード評価の大まかな流れは以下のとおりである．

① 地震の発生可能性の評価
どこでどのような地震が発生するか想定する．地震調査委員会による長期評価結果や背景的な地震活動のデータに基づき，地震の発生確率を評価する．

② 波源断層モデルの設定
津波の波源となる断層面の位置・形状，地震規模等を設定する．すべり量の不均質性を考慮した波源断層モデルを用いる．

③ 海底・陸域地形のモデル化
海底および陸域の地形をモデル化する．津波は海底地形の影響を強く受けるため，最新の測量・調査に基づき，適切に作成する．

④ 津波の高さの評価
波源断層モデルによって生じる地殻変動量から初期水位を計算する．この初期水位および地形モデルを用いて津波伝播遡上計算を行い，津波の高さを評価する．

⑤ ハザードカーブの作成
ある評価地点における津波の高さの推定には，地震の発生位置や震源メカニズムの不確かさや津波伝播遡上計算の誤差など，様々な不確定性が内在している．確率モデルを用いて，個々の波源断層モデルによって発生する津波に対して不確定性を考慮し，対象とする期間内にその地震によって津波の高さがある閾値を超える確率（超過確率）を評価する．それらをすべての地震に対して確率論的に統合することで，対象とする期間内に津波がある閾値を超える超過確率を計算する．

津波レシピに基づき，2020 年 1 月に「南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価」が公表されている．津波ハザードに関する情報は，防災科研が開発・運用している津波ハザードステーション J-THIS（https://www.j-this.bosai.go.jp/）から公開されている

９．今後の課題

地震調査研究推進本部が設置され，30 年間に実施されてきた地震・津波ハザード評価に関する取り組みを振り返った時感じることは，長期評価，強震動評価を実施するための主要活断層帯に対する活断層調査や平野部の地下構造調査をはじめとした組織的な取り組みが着実に積み上げられてきたということである．こうした組織的な取り組みは，日本全国を一律に評価するための基盤情報の整備として極めて重要な役割を果たしてきたと考えられる．今後の発展に向けて，組織的な検討が必要と思われる課題を以下にまとめる．

① 認識論的不確定性の評価
ハザード評価において不確実性を，自然現象として本質的な不確かさとしての「偶然的ばらつき」と，知識やデータの不足に起因する「認識論的不確定性」に分けることがあるが，特にこれまでのハザード評価においては，「認識論的不確定性」の評価が不十分であり，今後の組織的な取り組みが期待される．

② 地下構造に関する共通情報基盤の整備
地下構造に関する情報は，様々な目的に対して多数の機関により取得されている．これら情報を共通の基盤情報として活用できる環境の整備が望まれる．

③ 地震観測データの利活用基盤の整備
全国的な地震観測網により取得され蓄積されている観測データのさらなる活用のための情報基盤整備が望まれる．

参考文献

藤原広行・他，2009，全国地震動予測地図作成手法の検討，防災科学技術研究所研究資料，**336**．
藤原広行・他，2015，東日本大震災を踏まえた地震動ハザード評価の改良，防災科学技術研究所研究資料，**399**．
藤原広行・他，2023，東日本大震災を踏まえた地震動ハザード評価の改良（その 2），防災科学技術研究所研究資料，**489**．
先名重樹・他，2023，強震動評価のための浅部・深部統合地盤構造モデルの構築，防災科学技術研究所研究資料，**498**．
地震動予測地図工学利用検討委員会，2004，地震動予測地図の工学利用　－地震ハザードの共通情報基盤を目指して－，防災科学技術研究所研究資料，**258**．

地震動即時予測：緊急地震速報の社会実装とその後の進展

気象庁気象研究所　　干場充之

緊急地震速報は，強く揺れることを事前に知らせることを目的に，2007 年から本格的な運用が始まった．今日では，多くの人が知る情報であり，地震防災の柱の 1 つとみなされるようになった．また，地震調査研究推進本部の歴代の基本施策でも述べられており，現在の第 3 期総合基本施策（2019 年～）でも，今後　10　年で取組むべき地震調査研究として，その高度化が取り上げられている．本稿では，緊急地震速報の研究開発期，運用開始時，東北地震での経験とその対応，そして，その後の進展について述べる．

１．はじめに

地震動即時警報は世界各地で研究され，いくつかの国や地域では既に社会実装もされている．わが国でも，全国を対象とした即時警報は，2007 年から気象庁からの「緊急地震速報」として発表されている．今日では，地震防災の柱の 1 つとみなされるようになった（中央防災会議，2024）．本稿では，緊急地震速報の研究開発と社会実装，その後の進展について紹介する．

なお，「緊急地震速報」とは気象庁が発する情報名でありいわば固有名詞である．他国で運用されている同様なものなどを含めて一般的に呼称する場合には，地震動即時警報，あるいは，地震動即時予測，が使われることも多い．

本稿は，干場(2025)をもとに，加筆や補足等を行い執筆したものである．

２．地震本部の基本施策での記述

地震調査研究推進本部（以下，地震本部）から 1999 年 4 月に出された総合基本施策には「…また，遠隔地で発生する地震による主要動をその到達前にとらえ，重要施設等における緊急な対応を可能とするリアルタイム地震防災システムの研究開発を進める．」との記述がある．現在の緊急地震速報に相当するものであろう．ただし，この時点では，一般向けは想定していなかったことがうかがえる．その後，2007 年に緊急地震速報の本格的な運用が始まったが，2009 年（東北地震後の 2012 年改訂）の新総合基本施策では，重点的調査観測の 1 つとして「地震動即時予測及び地震動予測の高精度化」が，また，2019 年の第 3 期総合基本施策では，“当面 10 年間に取り組むべき地震調査研究”として，「地震動即時予測及び地震動予測の高度化」が述べられており，地震本部としても，重点的に進める研究テーマとして位置づけている．

３．黎明期から研究開発期，そして運用へ

地震の発生をいち早く検知して警報を発すれば強く揺れる前に知らせることができる，という概念は，100 年以上前の 1800 年代の後半には既にあったようである（Nakamura and Saita, 2007; 東田, 2023）．ただし，当時の最新の通信技術は電信なので，実用化は難しかった．その後，1970－80 年代には，コンピュータを用いた自動震源決定とその早期伝達のアイデア等が提唱され，1990 年代になると，新幹線用のユレダスや，メキシコでは太平洋側で起こった地震を対象にメキシコシティに警報をだす SAS の運用が開始された．

一方，気象庁では 1994 年に全国の地震計が通信回線で結ばれ，また，1995 年の阪神・淡路大震災後には，高感度地震観測網（Hi-net）の整備が防災科学技術研究所（以下，防災科研）により進められるなど，全国の地震観測をリアルタイムで行える環境が整ってきた．

2000 年頃から，気象庁と鉄道総合技術研究所で「ナウキャスト地震情報」というフレーズの共同研究が行われ，また，これとは独立に，防災科研でも「リアルタイム地震情報」という名の研究開発が行われた(Horiuchi et al., 2005)．それぞれ，気象庁の地震観測網と防災科研 Hi-net からのデータを用いている．ともに，震源位置とマグニチュード（以下，M）を即時に推定し，地震動予測式で各地の揺れを予測するという考えに則っている．その後，社会実装は気象庁が担うことになり，防災科研で開発された手法も含めて運用することになった（情報名も，「緊急地震速報」に）．ただし，この段階では，両者のルーチンをそれぞれ独立に走らせておき，出力（震源位置と M）を比較してより妥当な方を選択する，という方式がとられた．

技術開発が進み，社会実装が見えてきたところで，緊急地震速報をどうやって伝えるか，の検討や，緊急地震速報を受け取った時に取るべき行動の周知，などの広報活動も本格化した．2007 年 3 月の中央防災会議における首相発言「今後は，各所管分野において緊急地震速報を有効に利活用するための方策について検討を進めていただくとともに，政府一体となって，国民への普及・啓発に取り組んでいただくよう御協力をお願いしたい」（中央防災会議，2007）もあり，社会実装には気象庁ばかりでなく他省庁や関係機関も含めて強力に推進された．現在，緊急地震速報は

TV やラジオで放送され，また，携帯電話やスマホからの報知音で見聞きする場合が多いが，これらはこの時に関係各機関が積極的に進めた結果である．全国の学校でのパンフレットの配布や，運転免許証の更新時での周知など，多くの政府機関も巻き込んで進められ，NHK や携帯電話会社ではあの独特の報知音を工夫し，さらに携帯電話会社ではその地域にある携帯電話器に一斉通知が可能なメールの運用を始めた．もちろん，気象庁自身も全国の気象官署を動員し講演活動や街頭でのビラ配り，そして地方紙／地方局を含めたマスコミにも協力してもらって周知活動を行った．「気象庁の歴史上，最も大きな広報キャンペーン」と聞いたこともある．また，緊急地震速報の種類も，一般向けとして，予測震度が 5 弱以上の時に発せられる「警報」と，高度利用者向けとして，Mが 3.5 以上または予測震度が 3 以上の時に発せられる「予報」の 2 種類で発表することが決まった．TV，ラジオ，携帯電話，スマホで報じられるのは「警報」である．なお，当時は，TV，ラジオが主たる「警報」の伝達媒体で携帯電話（当時，スマホはあまり普及していなかった）は従たる媒体と考えられていたが，その後，むしろ携帯電話さらにはスマホが主媒体と考えられるようになっていく．

周知が図られるとともに，法的位置づけも明確化された．2007 年 10 月の運用開始からやや遅れて 12 月に気象業務法が改正され緊急地震速報は「地震動の警報・予報」とされ，警報・予報の 1 つに加えられた（気象業務法，2007）．これにより，自治体や公共機関で施策を推進する根拠が明確となり，とくに自治体等では議会に予算を要求する強い理由になった．なお，現在，気象業務法では特別警報も位置づけられているが，震度 6 弱以上を予測する場合（および，後述の長周期地震動階級 4 を予測する場合）が該当する．

４．運用開始後，東北地方太平洋沖地震まで

2004 年 2 月からの試験提供や 2006 年 8 月からの先行提供を経て，2007 年 10 月 1 日から一般提供が開始された．その後，半年ほどは震度 5 弱以上を予測する地震が発生しなかったため，最初の警報は，2008 年 4 月 28 日の宮古島近海の地震（M5.2） で報じられた（ただし，実際に観測した最大震度は 4 である．また，これより前に 2008 年 1 月 26 日に能登地方の地震（M4.8）で震度 5 弱を観測したものの，予測震度は 4 だったので警報は報じられていない）．さらに，同年 5 月 8 日の茨城県沖の地震（M7.0）や 6 月 14 日の岩手・宮城内陸地震(M7.2)およびその余震などと続いていく．

2009 年 8 月 25 日の千葉県東方沖の地震で震度 5 弱を予測し警報が報じられている．しかし，M は 4.1 で観測された震度は 0 である．強い揺れどころか揺れ自体を感じる人もほぼいなかった．つまり完全な誤報と言える（気象庁，2009a）．これは，前日（24 日）に観測点でのソフトウェアの改修を行ったものの振幅のパラメータの設定が不適切で，人為的に誤って増幅させてしまったことによる．人為的ミスによる誤報のため，気象庁は関係機関に謝罪するとともに報道発表を行い幹部は頭を下げた．当日や翌日の TV や新聞では，この時の様子が放送／掲載されることになる．

その後，東北地方太平洋沖地震（以下，東北地震）の直前の 2011 年 2 月までの 41 か月の間に，17 地震に対して警報を報じている（Hoshiba, 2014）．（これらは基準の震度 5 弱以上を予測したのだが）17 地震のうち実際に 5 弱以上を観測したのは 10 地震，震度 4 が 5 地震，震度 3 が 1 地震，震度 0 が 1 地震（上記の 2009 年 8 月の M4.1）である．一方，警報を発していないが，実際には震度 5 弱以上を観測したのは 7 地震である．ただし，この 7 地震では，全て震度 4 を予測し実際の観測は震度 5 弱である．この時期には，（2009 年 8 月の M4.1 を除いて）極端な過大／過小予測はなかった．

このように，（極端ではないけれど）多少の過大／過小予測があり，1 つの地震では誤報を報じているが，この時期の最大の課題は，このような技術的な事柄というよりも，むしろ，周知広報にあったと言えよう．気象庁が 2008 年 12 月に行ったアンケート調査（気象庁，2009b）でも，「緊急地震速報を知っていますか」との問いに，「知っている」との回答は全国平均で 66%である．「緊急地震速報を知っていますか」と聞いても，「何ですかそれ？」という回答が多かった印象がある．

５．東北地方太平洋沖地震

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地震（M9.0）とその余震は，緊急地震速報の技術的な弱点をあらわにした．広い震源域への対応と，連発する地震の判別である．2007 年の運用開始時にも，これらの弱点があることは分かっていたものの，それらの解決は後の技術開発にゆだねられていた中での巨大地震の発生である．

最初の観測点で地震波を検知後，5.4 秒後に最初の予報を発している．この時は M4.3 と推定している．さらに，8.6 秒（最初の観測点で地震波検知後，以下同じ）で M7.2 と推定し予測震度が 5 弱の地点があったため東北地方に警報を発している．この時点では，S 波はまだ陸域に達しておらず，また，揺れの大きさもいずれの地点でも震度２程度以下である．なので，東北地方には想定通りの機能を発揮したと言えるだろう．

その後，破壊の進展を追うように推定される M も徐々に大きくなり，105.0 秒後に M8.1 と推定し，116.8 秒後に一連の処理を終了している．しかし，この地震は M9.0 なので過小推定であり，

また，後の解析により，破壊継続時間が 3 分（180 秒）前後あったことが分かっており，それから考えると，処理を終了するのが早すぎたと言える．

（比較的 M の大きな地震に対しては）気象庁のMは伝統的に周期 6 秒の変位計相当の最大振幅から推定されるので，周期が長い地震動が卓越する地震の規模を正確に見積もれない（いわゆる” M の飽和”．M8.4 程度が上限と言われている）．ちなみに，M9.0 というのは，モーメント M で，伝統的な気象庁 M の推定方法とは異なる（伝統的な手法で推定したMは 8.4）．この M の過小推定に伴い，震源域の広さも過小推定した．このため，関東地方から見ると震源域の端は実際よりも遠くに推定し，地震動予測式での断層最短距離を過大に見積もった．関東での予測震度は４であり，警報は報じられていない．実際には，茨城県や栃木県で震度 6 強を，また，東京都 23 区内でも震度 5 強を観測しており警報をだすべき強さであ った．

本震の後数週間，かなり活発な余震活動が続いた．余震でも予測震度が５弱以上であれば警報が発せられる．2011 年 3 月の一か月間に 45 地震， 4 月に 26 地震に対して出されている．東北地方や関東地方に住んでいる人は，一日に何回も TVや携帯電話からあの警報音を聞くことになった．前述のように東北地震前の 41 か月の間に全国で17 回の警報であったことと比べると，かなり多い．余震活動はとても活発だったので，２つあるいは３つの余震が同時に発生することも度々あ った．それも，震源域が広いゆえに離れた場所で発生した．単発の地震では，Ｐ相とＳ相の時間がはっきりわかる場合でも，そのＰ相とＳ相の間に別の地震のＰ相やＳ相が重なると，どの地震のどの相かが判別しにくくなる．間違えるとまったく見当違いのところに震源を決めてしまう．また， 2 つの小さな地震を１つの大きな地震として処理してしまうこともある．これらの場合，Mの推定もうまくいかない．例えば，震度 5 強と予想して警報を発したものの，実際にはM1.3 の地震であり，観測された震度は 0 という場合もあった． 4 月 28 日までの 49 日間で，70 地震で警報を発しているが，観測された震度が 2 以下のものは 17地震に及ぶ．４節で触れたように，東北地震前の41 か月では 17 地震に対して１地震（それも，人為的ミス）だったことと比べると，かなり多くの地震で過大な警報を出していたことになる．

さて，認知度については，東北地震からほぼ 1年が経過した2012 年2－3 月に行った気象庁のアンケート調査（気象庁，2012）によると，緊急地震速報を「知っている」という回答が 87%となっている（前述のように，2008 年の調査では 66%）．（誤報を含めてではあるものの）実際に緊急地震速報を体験したということで，認知度が向上した面はあるだろう．このアンケートでは東北地震以降で最も印象に残っている地震についても尋ねている．東北地方では，2011 年 4 月 7 日 23 時 32 分の宮城県沖の地震（M7.4）で最大震度 6 強を観測しており，多くの人にとっては印象に残っている地震だろう．「その時，何をしていましたか」の問いで，「寝ていた」と回答した人のうち，どのように緊急地震速報を見聞きしたかを尋ねたところ，62%の人が「携帯電話から」と答えている．これは，TV の 7%に比べて圧倒的に多い．寝ているときには TV の電源を落とすものの，携帯電話は電源を入れたまま枕元に置く人も多いと思われる．ちなみに，独立した調査（朝日新聞の 2011 年 6 月 4 日の記事．調査は 2011 年 3 月 23－25 日に首都圏で実施）によると，利用できて良かった携帯電話のサービスとして，1 位がメール（58.4%）で 2 位が緊急地震速報（24.8%）であった（以下，ワンセグ放送が 22.5%，ソーシャルメディア 17.0%）．このような背景もあり，この頃から緊急地震速報の通信媒体として，TV やラジオよりも携帯電話（その後はスマホ）がより重要視されるようになっていったと思う．アンケートでは，さらに「速報は役に立っているか」とかなりストレートに尋ねており，東北地方では「役に立っている」が 47%，「どちらかと言えば役にたっている」が 43%で合わせて 90%を超える．また，その理由として，「身を守れる」46%，「身構えることが出来る」85%，に加えて「安心できる／心構えができる」も 44%と多く，実際の行動に結び付かないとしても，”心の準備”ができることで有益と捉えられていることがうかがえる．

６．東北地震以降今日まで

東北地震以降，防災科研によってケーブル式海底地震計網（S-net や N-net など）の設置が進められ，これらのデータは緊急地震速報の処理にも用いられている（たとえば，気象庁，2025a）．沖合で発生した地震の検知がより迅速になった．

データ処理の面では，東北地震やその余震活動であらわになった 2 つの課題，地震が連発する場合であっても正確な震源と M の推定，および広い震源域の場合の震度予測，への対応がその後の研究開発の柱と位置づけられることになった．これには２つのアプローチがはかられた． １つは，従来の戦略の発展形，①たとえ地震が多発していても適切に震源と M の決定ができるようにする，というアプローチと，もう 1 つは新しい考え方，②（震源と M を介さずに）揺れから揺れを直接予測する，というアプローチである．

この①についての改善点で重要な特徴の１つは，震源決定にも振幅情報を用いるようにしたことである．従来は，P 波の着震時を用いて震源を推定し，その震源位置からの距離と観測された振

幅を用いて M を推定する，といういわば 2 段階であった．これを，震源決定にも振幅を用いて 1 段階で行おうとするものである．これにより，振幅の小さなところに震源位置を誤推定してしまうことを避けることが出来る．この方法，IPF 法（溜渕・他，2014），は，2016 年 12 月に気象庁の運用システムに導入された．さらに，2023 年には，新しい IPF 法（拡張 IPF 法）の運用が開始された．３節で述べたように従来は，気象庁観測網の約 270 観測点（2007 年の運用以降，さらに防災科研の海底地震計網等の約 220 点が追加され計約 490 点）からのデータを用いているルーチンと Hi-net（約 780 点）からのデータを用いる防災科研で開発されたルーチンが独立に走っており，それぞれの震源位置と M を比較してより妥当なほうを選択する，という方式であった．拡張 IPF 法では，これらの気象庁観測網や防災科研海底地震計網等，それに Hi-net の計 1300 点からのデータを入力値として統一的に処理している．

また，②では，現時点での波動場を即時推定しそこから未来の波動場を予測する，という強震動の伝播に注目した考え方を用いている．気象での数値予報の考え方を倣ったような方法である．この考え方を簡易的に適用した PLUM 法（Kodera et al., 2018）は 2018 年 3 月に運用を開始した．気象庁の震度計の約 670 観測点を用いている．PLUM 法では，予測点の近傍の複数の観測点（現在は，予測点から 30 ㎞以内）のいずれかで強い揺れが観測されると警報を報じる（この際に地盤増幅率は考慮している）．簡単に言えば，隣町に強い揺れがあったので我町にも間もなく来るだろう，という考え方である．S 波速度が 3km/s 程度であり，近傍 30km しか見ないことから，最大でも強い揺れの 10 秒前での警報となり猶予時間は少ない一方で，過小予測（いわゆる見逃し）は極めて少ない．また，震源位置や震源域の大きさ，破壊過程には依存しないので，東北地震の時の関東での震度の過小予測を回避できる．実際，2018 年 9 月 6 日の北海道胆振東部地震（M6.7，最大震度 7）では，地震動予測式では震度 7 を予測できないが，PLUM 法により予測出来ている．さらに，2022 年 3 月 16 日の福島県沖の地震（M7.4，最大震度 6 強）では，その 2 分前に発生した M6.1 の影響で M をうまく推定できなかったものの，PLUM 法により震度 6 強を予測した．

2023 年 2 月には，緊急地震速報の発表基準に長周期地震動階級が追加された．長周期地震動階級で 3 以上（減衰定数 5%の絶対速度応答スペクトルの 1.6 から 7.8 秒の間のいずれかの周期で，50cm/s 以上に相当）が予測される場合も緊急地震速報が報じられるようになった．なお，現在，長周期地震動の予測では，震源位置と M から地震動予測式を用いる方法（Dhakal et al., 2015）で行われているのみで，PLUM 法のような“揺れから揺れ”を予測する考え方は，まだ使われていない．

このように現在の運用では，①による震源位置とMの即時推定の方法で震度5弱以上，②による“揺れから揺れ”の方法で震度5弱以上，そして，長周期地震動階級で3以上，のいずれかひとつでも予測された場合に警報が発表され，TV やラジオ，スマホを介して報じられる．

７．おわりに

世界を見回してみると，日本の緊急地震速報のように一般向けに発するものは，1990 年代から始めているメキシコのほか，台湾では 2014 年から，米国西海岸では 2018 年から開始された．そのほかに，中国，韓国も始めており，インドネシア，トルコ，イスラエル，EU 諸国などでも公的機関が動いていると聞いている．大なり小なり 2007 年から始めている日本の経験を参考にしているといっても良いだろう．

さて，３節で述べたように 2007 年の運用開始前後にはかなり大掛かりな周知活動を行ったものの，実際に認知が高まったのは，東日本では 2011 年の東北地震，西日本では 2016 年の熊本地震が契機と思われる．2024 年 8 月 8 日の日向灘の地震（M7.1，南海トラフ地震臨時情報が出された地震）の後の調査（気象庁，2025b）では，「音や映像で緊急地震速報であるとすぐに認識できたか」の問いに対して，92.8%が「はい」と回答している．運用が始まってから 20 年近くが経ったこともあり，「経験は最善の教師」の例だろう． TV やラジオでは，「緊急地震速報が発表されました」の後に，かつては“緊急地震速報とは何か” の解説があったが，今ではほとんど聞かなくなった．多くの人が知っている情報である．また，日向灘の地震後の調査の中では「緊急地震速報は間に合わないこともあるので役に立たないと思う」との問いもあり，12.1％の人が「はい」と答え，逆に 71.5％の人が「いいえ」と答えている．緊急地震速報は役に立っていると捉えている割合がかなり多い．運用開始後 20 年近くを経た現在，地震防災のための公共インフラ的な地位を確立したと言えるだろう．

参考文献

中央防災会議，2007，中央防災会議における内閣総理大臣発言（平成 19 年 3 月 20 日），https://www.bousai.go.jp/jishin/eew/dai1kai/20070328besshi_sorihatugen.pdf (参照 2026-3-26).

中央防災会議，2024，防災基本計画 令和 6 年 6 月，https://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon_basicplan.pdf (参照 2026-3-26).

Dhakal, Y. P., Suzuki, W., Kunugi, T., Aoi, S., 2015, Ground motion prediction equations for absolute velocity response spectra(1-10s) in Japan for

earthquake early warning, Journal of Japan Association for Earthquake Engineering, **15**, 91-111.
Horiuchi, S., Negishi, H., Abe, K., Fujinawa, Y., 2005, An automatic processing system for broadcasting earthquake alarms, Bull. Seismol. Soc. Am., **95**, 708-718.
Hoshiba M., 2014, Review of the Nationwide Earthquake Early Warning in Japan during Its First Five Years, in Earthquake Hazard, Risk and Disasters, Elsevier, Oxford, UK, 505-529.
干場充之, 2025, 緊急地震速報の社会実装とその後の進展, 日本地震工学会誌, **54**, 20-23.
気象庁, 2009a, 緊急地震速報（警報）の誤報について（第２報）, https://www.jma.go.jp/jma/press/0908/25b/200908251700.html (参照 2026-3-26).
気象庁, 2009b, 地震及び火山に関する防災情報の満足度調査調査結果, https://www.jma.go.jp/jma/press/0903/11a/20manzokudo_kekka.pdf. (参照 2026-3-26).
気象庁,2012,「緊急地震速報の利活用状況等に関する調査」結果について, https://www.jma.go.jp/jma/press/1203/22c/manzokudo201203.html. (参 2026-3-26).
気象庁, 2025a, 緊急地震速報に活用する海底地震観測点の追加について ～「南海トラフ海底地震津波観測網（N-net）沖合システム」の活用開始 ～, https://www.jma.go.jp/jma/press/2510/08b/20251008_N-net.html . (参照 2026-3-26)
気象庁, 2025b, 2024 年 8 月 8 日 16 時 42 分頃の最大震度 6 弱を観測した日向灘の地震での緊急地震速報に関するアンケート調査, https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/jishin/eew/shiryo/20240808_hyuuganada_summary.pdf. (参照 2026-3-26)
気象業務法, 2007, https://laws.e-gov.go.jp/law/327AC0000000165/#Mp-Ch_3 (参照 2026-3-26).
Kodera, Y., Yamada. Y., Hirano, K., Tamaribuchi, K., Adachi, S., Hayashimoto, N., Morimoto, M., Nakamura, M., Hoshiba, M., 2018, The Propagation of Local Undamped Motion (PLUM) method: a simple and robust seismic wavefield estimation approach for earthquake early warning. Bull. Seismol. Soc. Am., **108**, 983-1003.
Nakamura, Y. and Saita, J., 2007, UrEDAS, the earthquake warning system: today and tomorrow, in Earthquake early warning system, Springer Berlin Heidelberg, New York, 249-281.
溜渕功史, 山田真澄, Wu, S., 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 2, **67,** 41-55.
束田進也, 2023, アイデアは 150 年以上前に誕生！緊急地震速報実用化への道のり, Grasp, 2023, https://www.magazine.mlit.go.jp/interview/vol46-b-1/ (参照 2026-3-26).

兵庫県南部地震 30 年特別シンポジウム
地震本部設立から 30 年
地震学の知見がどう「地震の評価」に活かされてきたのか
パネルディスカッション

地震学を社会に伝える連絡会議 特別シンポジウム企画運営 WG

兵庫県南部地震 30 年特別シンポジウムでは，5 名の講師をパネラーに迎えてパネルディスカッションを実施した．久家慶子会長がモデレータを務めた．以下はその議論の内容をまとめたものである．

加藤愛太郎（以下，加藤）: それでは時間になりましたのでパネルディスカッションの方を開催させていただきたいと思います. それでは，モデレーターの久家会長, よろしくお願いいたします.

久家慶子（以下，久家）: はい．会長を務めております, 京都大学大学院理学研究科の久家慶子と申します. パネルディスカッションの進行を務めさせていただきます. どうぞよろしくお願いいたします．さて，まず，皆さんの方から事前質問, それからチャットの方に質問をいただいておりますので, そこから抜粋してお答えしていくという時間をいただきたいと思います．最初に，事前質問でいただいている中に，2024 年能登半島地震の断層帯の評価についてご質問があったので, お答えいただこうかなと思うんですが, 佐竹さん, いかがでしょうか？

佐竹健治（東京大学名誉教授．以下，佐竹）: はい．能登半島地震について，どういう質問でしたっけ？

久家 :「能登半島地震の評価には至らなかった点もあると考えますが, その振り返りがあるとよいのではないでしょうか？」という質問をいただいたんですが, 能登半島地震のことはお話にならなかったので，ちょっとだけお願いできますか.

佐竹 : 先ほどお話したように, 海域の活断層というのが，今，評価を進めていまして，それで，日本海の南西部はだいぶ前に発表していて, 能登半島のところ（日本海中南部）も，評価は進めていたところだったんです．ですが，実際， 2024 年の能登半島地震の前には発表できていなかったということで, 昨年の夏に，暫定的なものを発表しました. ただその時は断層の位置とか規模はあったんですけど, 確率までは入ってなかったので, 確率に関してはもう実際起きてしまった後なんですけれども, その他の地域を含めた確率については，つい先月に発表をしたところです．だから全くの不意打ちというわけではなかったということで, ただ，ちょっと時間的には間に合わなかったというようなことかなと思います. 以上です.

久家 : ありがとうございます．岩田さん，なにか補足ありますか？

岩田知孝（京都大学名誉教授．以下，岩田）: 強震動評価についても同様に, 先月末の長期評価に合わせて, 揺れの分布を簡便法で公表しています. 一方で, そういう現実に起きたことと比較すると，十分な点，不十分な点っていうところを，今後，強震動評価部会でも検証していく予定にはしております.

久家 : はい，ありがとうございました．それからもう一つ，事前質問の中からお願いしたいです. 遡上津波についてご質問があったんですけれども，この言葉がお話に入ってなかったので，谷岡さんか藤原さんの方からどんな状況かご説明いただけないでしょうか？

谷岡勇市郎（北海道大学名誉教授．以下，谷岡）: えっと，私の方からでいいですかね． 南海トラフの？

久家 : はい，そうです.

谷岡 : 基本的には，遡上までは計算してるんですけど, 今示してる場所は海岸での値を示してます. なので, 先ほど説明したように 5 m 以上の, 30 年確率が 20%以上とかなってるところは，5 m 以上ということはそれなりの遡上はすると．で，10 m になると非常に大きく遡上しちゃうので, そういうところは標高 10 m ぐらいのところまでは遡上しちゃうので. 計算はちゃんとしてますし, まだ, そういう本当の計算っていうのは各ハザードを考える時に各自治体が計算したりもしてますので, そういうふうに役立てていただければなと思います．藤原さん，なにかありますかね.

藤原広行（防災科学技術研究所研究主監．以下，

藤原）：それで十分と思います．

久家：はい．ありがとうございました．それからいただいている質問で，これ行こうかな．干場さんにいただいている質問．マグニチュードの頭打ちの問題の質問ですね．「PLUM 法も馴染み深いのですが，どうしても補完要素としての印象があります．マグニチュードの頭打ち問題といった課題があると思うのですが，今後，従来の緊急地震速報自体の向上などはご検討されていますか？」

干場充之（気象研究所主任研究官．以下，干場）：津波の方でもありますけど，PLUM 法も結構，なんというか，簡易的な手法なので，揺れから揺れを予測するにも，例えばデータ同化をいれて，そこから未来の波動場を予測するというのは，長期的スパンとしては，研究の中で今やってるところです．ですので，揺れから揺れを直接予測することになりますので，マグニチュードの頭打ちというのはあんまり関係ないというか，揺れが強ければそのまま揺れが強いというふうに予測するということですね．だからこの方向だけに強い揺れがいっていれば，そういうふうに予測するとかいうことができるように，まあ将来的にはしていきたいなと思っているところです．

久家：はい，ありがとうございます．あとまだ時間ありますね．谷岡さんに質問します．「津波の即時予測に誤報があった場合，東北地方太平洋沖地震の教訓として，多くの命に影響を及ぼしました．現在の津波の即時予測の多くがモデルを基に計算した予測値で，実測は地震後の水圧計データのみです．このような状況で南海トラフ地震が発生した時に，再び同じような誤報で多くの命が失われる可能性があるのではと思います．もう少し実測（例えば DAS，Distributed Acoustic Sensing）を用いた手法の研究を進めるべきではないのでしょうか？」というご質問をいただいてるんですけど．

谷岡：ありがとうございます．そういう意味で実測を用いる，今まで地震で決めたマグニチュードを使って予報を出してたものを，圧力波形で観測される津波波形を使って，そのまま予測をできるように，先ほど干場さんも言っているんですけど，データ同化みたいな手法を使って予測をする方向に今向かっている．まあそれでも足りないのじゃないか，もっとたくさんのデータが使えるのじゃないかということで，いろんなデータが実はあって，ハイドロフォンのデータとか，TEC とか．データはどんどんどんどん開発されている．最近使われだしたのが DAS です．DAS についてもちょっと短周期ではありますが，津波を捕まえたっていう研究が JAMSTEC の方で出てきています．もうちょっと長周期側まで伸ばせれば DAS も有力な手法になってくる可能性はあると．ありがとうございます．

久家：ありがとうございました．あと，ちょっと細かいご質問かもしれないんですけれど，岩田さんにお答えをお願いしたいんですが．「浅部地盤構造に関するスライドで工学的基盤の記載がありましたが，この定義に疑問があります．工学基盤 S 波速度が 700～800 m/s と工学的基盤 S 波速度が 400 m/s とは根本的に異なるもので，前者は地盤震動的観点から定義された基盤，後者は工学的に建物を支持する地盤（基盤）です．両者を完全に区別すべきものと考えますが，いかがでしょうか．」お答えいかがでしょう？

岩田：質問ありがとうございます．利用させていただいた資料に，工学的基盤 S 波速度としては 300 m/s から 700 m/s という記述のものを使いましたけども，ご指摘の通り，地盤震動的っていうのは，いわゆる波動論的な地震波動を考えたという意味というものに近いと思いますが，そのような定義で使っています．一方で，工学的基盤というのはその建物の支持層という意味で，Vs がいくらということよりかは，どのくらい硬いかどうかっていうところで決まったような形で使われている言葉であることは事実です．で，私の立場というか，地震波動の計算に使うことができるようなモデルという意味においては，浅部・深部統合地盤構造モデルという形になればですね，その方便として使っている工学的基盤，いくつかの意味がある工学的基盤面というようなことは，抜いた形で使うことはできると思いますけれども，現時点では，それがオンゴーイングで進んでいるところですので，今のところはそんな形のことで，いくつかダブルミーニングというか，それぞれの業界もしくは研究分野で，少し違った用法をしていることは，理解した上で，皆さんにもある程度共通に理解していただくことを想定した上でのあの説明となっているということをご理解いただくとともに，速度構造モデルという形ですべてが丸く収まるようになれば，いずれ我々は使う必要がなくなるというふうに考えています．

久家：はい，どうもありがとうございました．それではもう一つ，佐竹さん，回答をお願いしたいです．二つの質問が来ているんですが，まとめて全般的にお答えいただければと思います．まず一つは長期評価で，「南海トラフで起きる最大級の地震はマグニチュード 9.1 となっており，内閣府などの被害想定はこれに基づいて公表されていると理解しています．防災行政に関わる役人にとって被害想定は大きければ大きいほど仕事を進める上で都合がいい，マスコミもそれをそのまま

社会に流しています．しかし，多くの研究者のマグニチュード9.1の可能性に対する認識とは大きな開きがあると思います．社会が関心を持ってくれる方が，研究を進める上で都合が良いかもしれませんが，発生可能性について社会と研究者の間で認識のギャップがあることは好ましくないと思いますが，いかがでしょうか？」というのが一つ．もう一つ別の方からのご指摘は，「大地震の発生確率が小さくても，起きてしまう地震動が小さいわけではない．極めてまれに起きる地震でも，明日どこかで起きてしまうかもしれない．この知見を考慮すると，構築に長い年月を要する都市で我々が土木構造や建築構造の設計施工を考える時，大地震の発生確率とは関係なく，日本の豊かさと活動を守り得るレベルの地震動の大きさを考慮すべきと考えます．これを踏まえた上で，この30年間の地震学の研究の進展を，社会や工学分野にどのように活用するべきでしょうか？」というご質問を伺っています．この二つを考慮した上で，佐竹さんの方から答えていただくこと，できないでしょうか？

佐竹：はい．まあ，この二つの質問はですね，ある意味全く違う立場から，まあ多分最初の方は理学系，地震学の方からですね．例えば南海トラフのマグニチュード9.1っていうのは，可能性は非常に低いんじゃないかということで，2つ目の方は工学系ですよね．確率は低くても，起こることを考えれば，それに非常に備えるべきでないかというようなことかなと思って．で，ある意味二つの違う立場，全く違う立場なので，そういうバランスをどうとっていくかっていうところが，ある意味難しいのかなと思います．南海トラフに関して言えばですね，最大クラスというのは，東日本大震災の時にですね，想定外というような言葉を使われましたけれども，少なくとも長期評価では，全く想定されていなかった，それは確かです．ですから，その後に，最大級の，起こり得る最大のものは何か？　というようなことを，長期評価の方でも，あるいは中央防災会議の被害想定でも，考慮してですね，想定外をなくすということで，入れられたものです．一方でそれがちょっとその大きすぎるんじゃないかっていうようなことも，確かにあるのかもしれませんけれども，想定外をなくすと，あるいはその一旦起きるとですね，東日本大震災の反省という意味では，そういうのが入ったっていうことが，経過なので．繰り返しになりますけども，このような，理学的な考え方，あるいは工学的な考え方について，どうバランスをとっていくかっていうのが，やっぱり一番難しいところかなと思います．多分，藤原さんもなにか一言あるんじゃないかと思う．

久家：そうですね．後でもう少しまた議論しましょうかね，この点は．それではここでいただいた質問については一区切りとして，議論の方に進めさせていただこうと思います．5名の方にお話いただいたんですが，もう一度，各評価における30年間の地震学的知見の総括および進化したことについて，ポイントを順番にまとめていただこうと思います．では，佐竹さんからまずお願いします．

佐竹：はい，長期評価については最初，私の話の中でもありまして，最初の頃はですね，本当に，例えば，今後，今を含めた数百年間に起こる可能性が高いというような，定性的な表現だったのが，確率という，数字を使ってというふうになってきた．それについても，いろいろ批判はあるんですけども，少なくとも統計的な手法について，いろんな手法が出てきて．で，それを更新しながら，取り入れながらやってきたと．で，今まだやってないんですけれども，今後は，例えば先ほど言ったように，そのベイズ的な手法とかですね，統計的な発展に基づいた，そういうのはやっぱりあの入れていくべきかと思います．長期評価というのは，基本的には過去に何が起きたか，過去に起きたものに基づいて，将来を予測するということをやっています．それで手法について今言ったんですけども，過去の履歴という意味では，活断層調査では，この30年間というか，最初の10年ぐらいの間に100を超える断層の調査，まず活断層調査っていうのが非常に精力的に進められました．それで大量のデータが得られて．で，それは陸上だけでなく，先ほど能登の話でもありましたけども，海域にも進んでいって，大量のデータが取られていると．それから海溝型についてもですね，これは地震学的なデータに加えて，歴史地震ですとか，あるいは地質学的な津波堆積物だとかの手法も取り入れて，海溝型については先ほどもお話ししましたが，少なくとも各海域について2回り，二巡っていうか，2回はあのやってる，2回やってるっていうか，1回アップデートはしてる．そのアップデートするっていうのは，最近の地震学的な知見も積極的に取り入れて，アップデートしているというようなことをやってきています．はい，以上です．

久家：はい．ありがとうございます．次は，強震動評価で岩田さん，お願いします．

岩田：ただ今の件については，今日お話ししたように，神戸の地震の後に，数年かけて，一応強震動の評価の枠組み，まずプロトタイプですね，ができて，それをやり始めたところで，被害地震が，その後もいくつか起きて，今日も話題になってたように，熊本地震，東北地震もそうですが，また能登半島の地震というふうに被害地震が起きて

います．で，そういう被害地震の検証を今ある我々のツールというか，やり方で，十分な点，まだ不十分な点を確認していて，それぞれ精度を上げていくことによって，将来の予測を高度化していこうというふうな枠組みが進んでいるというふうに理解しています．以上です．

久家：ありがとうございました．それでは次は津波評価，津波即時予測ということで谷岡さん，お願いします．

谷岡：はい．津波評価の方は今，佐竹さんとか岩田さんがご説明されたよりはだいぶ後から出発していまして．2011 年の東北地方太平洋沖地震後ということで，強震動評価に比べるとまだまだ評価手法も固まっていないというところがあって，レシピを作成して評価できるように活動してきました．そこで，南海トラフ巨大地震の津波評価をするために，一般的な典型的な海溝型巨大地震に対する津波評価レシピが完成しています．ただ，津波地震とか，アウターライズの巨大地震に対する津波レシピがまだできていないということで，その辺を改良していくという段階にあります．すべての評価手法をまずは完成させるということが，今，大事じゃないかなというふうに認識しています．それを使って，日本海溝，千島海溝などをやっていければなというふうに考えているところです．ちなみに即時予測については，やはり東北地方太平洋地震の後，観測網が非常に充実したために，手法についても非常に進展していて，研究の分野でも進展して，まだまだ，いろんなデータの使い方なんかの研究が進んでますし，一部では実用化されている部分もあるということで，今後も，どんどんどんどん進展していくというふうに期待しているところです．以上です．

久家：はい，ありがとうございました．それでは地震津波ハザード評価で，藤原さんお願いします．

藤原：過去 30 年間，組織的な取り組みが本当に進んだ 30 年間だと思います．ただ，多くの個別に見れば，本当にたくさんの課題を積み残しにしたまま，日本一律の全体の評価の枠組みを作るというところを優先して行った部分が否めないか，というふうな感じもしておりまして，そこの良し悪しはあろうかと思いますね．私自身も，国の評価を進めるための方法論を本当に割り切って，とりあえず確立し，それで全体の計算を行うっていうことなども多数やってきましたけれども，その積み残しの細かな部分を一つ一つ，もう 1 回解決するのと，あとはまだまだ残っている不確実な部分，そうしたものをどうしていくのか，ということが今後の課題になっているような気もしております．以上です．

久家：はい，ありがとうございました．それでは最後に，地震動即時予測の側面で干場さん，お願いします．

干場：はい．やっぱり 30 年前と観測網を比べればもう全然違う話で，例えば気象庁にしても 30 年前の震度観測点って 150 点しかなかったのが今 4400 点あるわけですから，もう観測網が全然違う．それから，防災科研で，Hi-net，KiK-net，K-NET が整備されて．例えば，震源とマグニチュードを早期決定するという方法でも，もともと自動震源決定という，地震学でずっと取り組んできた方法があるんですけど，それを下地にしながら，リアルタイムで処理しなきゃいけないということを新たに付け加える，というのが出てきたと．それから，強震動の方でも震度をリアルタイムで処理しなきゃいけないということで，功刀さんがリアルタイム震度のフィルターを作ったりしたということがあって．で，それがあったので，それが下地になって，PLUM 法(Propagation of Local Undamped Motion の略，プラム法)ができるようになったということがあります．ですので，技術開発としていうことであれば，一つは，観測網の充実ということがあるのと，それとやっぱり自動震源決定，あるいは地震動予測と下地があって，それをリアルタイムで処理しなければいけないというところを，考慮しながら，だんだん発展してきたのかなというところを思うところです．

久家：どうもありがとうございました．この 30 年間の知見の総括，進化ということで，5 名の方にまとめていただきました．それではそういう 30 年間を踏まえた上で，今後への課題ということで，これから意見を聞いていこうかと思います．まず地震本部の役割としては，評価することというのが一つの重要な任務になってるかと思うんです．この評価ということでは，一つは起こった地震の評価，起こった地震による津波や地震動の評価，それから，もう一つは将来に起こることへの評価ということがあると思うんです．これらのことについて，課題となることがあるかと思うんですが，まず谷岡さんの方から何か意見いただけますでしょうか．

谷岡：はい．ありがとうございます．基本的には，今，久家さんがおっしゃられたように，起こった地震津波の評価から，将来に対する評価をするっていうスタンスで，ずっとやっていると思います．当然，まあそれしかやりようはないわけですが，とはいえ，先ほど佐竹さんがおっしゃったように，その想定外は無くそうということで，どこが一番大きな被害，どれぐらいの被害が本当に最大なのかということが，問題になってくると思うのです

よね．そうした時に，例えば津波の場合は，津波堆積物があって．何千年ぐらいのオーダーでは一体どこまで津波が来たという証拠はあります．しかし，その津波堆積物があったとして，そこに津波がきたっていう証拠にはなるのですが，一体どこまで遡上したか，その地域では，本当に過去数千年の間にどこまで津波遡上していたかが分かるような形で調査できる場所は，津波堆積物調査ではなかなかないわけです．というのは，津波堆積物が見つかるところっていうのは，人が住んでない場所であって，本当に人が住んでるところの堆積物っていうのはないわけで，そういうのを統一的に，例えば北海道とかなら，測線を引いて，津波堆積物が一体どういうふうに変化していくっていうのが分かれば，最終的にどこまで遡上をしてたんだろうっていうのは予測できるんですけど，そんなデータがあるところはもう限られていて，三陸地方とかに行くと，もうとたんになくなっちゃうと．そうした時に，一体どこまで最大津波が来たのかというのを分かるためには，もっともっとなにか違う方法，その津波堆積物の解析手法自体を良くしていくようなことを考えないといけないのかなと思っています．そういうのがこう出てくると，地震とかに戻らなくても一体どこまで遡上するんだろう，最大は一体どこまでなんだろう，とかいうのが議論できるようになるんじゃないかな，というのを私は期待しているという状況です．いかがでしょうか．

久家：最大をどうやって捉えるか，ですね．さて，ほか何かご意見ある方はいますか．最大を捉える難しさっていうことですね．

佐竹：さっき出たその想定外をなくすというか，起こり得る最大っていうものと，それから実際に，津波堆積物など，過去のデータから最大の，過去のデータっていうのは，津波堆積物なんかも入れた数千年というオーダーで過去のものをたどるっていうことだと思っていて，ちょうど日本海溝とか，例えばこれは地震本部じゃないんですけども，内閣府のモデル検討会の方では，日本海溝・千島海溝では基本的に過去の津波堆積物に基づいてやってるんですけども，一方南海トラフの方は起こりうる考えうる最大，先ほどちょっとスライドでやりましたけども，南海トラフのトラフ軸まで行くとかですね，深い方も，低周波微動が発生しているところとかっていう，最大クラスでその面積を決めてやってると，実際のデータに基づいているわけではないっていうところで，テクトニクスとか地震学的に考える最大っていうのと，それから一方ではあの過去のものに基づいているっていうので，ちょっと違いはあるんですけども，そういう方法でやるのかなと．ただ，そうするとですね，確率っていうのを出すのは非常に難しくなりますね．

久家：確率，確率が難しいですね．またね．さらに．

佐竹：確率を出すためにはやっぱり過去にその実際に起きていないと．それがいつ起きたかっていうことがある程度わかっていないと出せない．

久家：そうですね．ああ，なるほど．地震動はどうなんですかね．地震動的にみると，最大っていうのは．

岩田：まず私の理解する限りは，やっぱり痕跡はないので，難しいと思うので．私が喋ってよかったですか？

久家：いいですよ．

岩田：遺跡での液状化とかっていうのは，一つの指標になるかもしれませんが，それぐらいしか過去にどのぐらいの強い揺れがあったかどうかっていうのは分からないということになると思います．現実に，どのぐらい強い揺れが震源から出てくるかっていうのも，幅はあるんだと思うんですけども，我々は，特に精度の高いデータがある情報とすれば，　20 年，　30 年，数十年のデータでしか言えないので，その中で地殻内地震だとどのぐらいの応力降下量のものがあって，それだとどのぐらいの強さの揺れがあるかっていうぐらいのことはおぼろげにはわかってると思いますが，例えばそれの何倍の揺れがないかと言われるとわからない，っていうところが，難しいところだと思います．モデルがあるので，倍の応力降下量にしたらどのぐらいの揺れになるかとかっていう見積もりはもちろんできますけども，それが結局，津波とかと一緒で，そこまででかいのになるのかっていう話は，確率ですか，発生頻度に向けられるかどうかということになると，なかなか難しい．それを一つ，先ほど藤原さんの方からお話だったような．例えば強震動データベースみたいなもので，頻度分布みたいなものを経験的に押さえていってですね．つまり小さい揺れのデータは沢山あるので，そのバラツキが強い揺れでも似ているとしたら，そのデータでバラツキが押さえられる可能性があるかもしれないなと思います．そういうような検討は進められると思い，データの蓄積とともに継続的に研究する必要があるというふうに考えています．以上です．

久家：ありがとうございます．で，ちょっと今話していることに関わることなんですが，事前質問として，「想定外にどこまで対応するか」というご質問をいただいているんです．こういう最大を

押さえるのが難しいというところで, 想定外にどこまで対応したらいいかということについては, 何かご意見ある方はいますか？ 「最大を押さえられない状況で, どこまで考えましょうか？」という問題はつきまとうと思うんですけど.

谷岡 : 多分, 答えにはなってなくて, 答えることはできてないんですけど. 地震学とか, 津波の研究とかやってる学者はやっぱりどこまで想定できるのか. 想定外が起こったときにどう対応するのか？という答えは, 理学的にはもう難しい話で, もう少し違うところで対応してもらうしかないと思います. 対応できるのは, 想定内にできる限りすべて収めるにはどうするか. さっき言ったのと同じで, 最大起こるのが一体どれぐらいなのかというのを正確に見積もるところを, 高度化していくということしかできないような気はしますが, いかがでしょうか.

久家 : ああ, はいはい. そこは科学としてできることはですよね.

谷岡 : はい.

久家 : そうすると, ちょうど次の質問, 次の議論につながると思うんですが, この地震本部の「評価する」ということの一つの難しさというか, 課題になるのは, 研究者が行う科学的な評価というものの他に, 地震本部は防災行政的な評価というものを求められる, ということだと思うんです. やはりこの違いというのが結構シビアになってくるんじゃないかと思うんですが, ちょうどこの話題のことがあったので, 佐竹さん, どうですかね.

佐竹 : はい, そうですね, 一つ科学的な評価と防災的な評価の, 違いって言ったらおかしいんですけど, あるのはですね, 科学ってのはやっぱりどんどん進化するわけですよね. ですから, この 30 年間でも相当進化してきたし, もちろんその科学が進化してきたら, それは防災的にも反映させるべきなんですけれども, ただ一方ですね, 科学的には, 結構コロコロ変わる, コロコロって言ったらおかしいですけども, 昨年まで正しかったものが間違いがでてくるというようなことがあって, それがじゃあすぐにそのまま, その科学で見つかるような, 新発見のようなサイクルで, それをそのまま防災に活かせるかというと, なかなか難しいところがあるかなという気がします. もう一つはですね, その評価っていうのは, 例えば地震本部なんかでやってると, 全国的に評価するわけです. 活断層なんか先ほども言ったんですが, 地域評価というのはもう 10 年以上やってるんですが, 日本の半分も終わっていない. そうするとこれが全部全国終えるには, あと 10 年以上かかる. 海域の方もですね, 数年前からやってるんですけども, 能登の辺りまでしかやってなくて, まだ新潟県からあの北海道, 秋田, 東北沖, 北海道の方っていうのは 多分数年, ひょっとすると 10 年近くかかるかもしれないっていうことで. そうするとですね, その間に一方で新しい方法, それからパラメーターなんか知識が変わってくるんですけども, じゃあそれをそのために生かしていくと, これ全国均一でなくなってしまうわけですよね. その辺を, どう全国均一っていうか, 統一に評価するっていうのと, それから新しい知見をどう生かしていくかという, 科学的な知見をどう反映していくかっていうのと, 防災的, 全国的に, 行政的にとか, 一律にするかっていうところも難しい. そのバランスかなというふうに思います.

久家 : どうもありがとうございます. 岩田さん, どうですかね？

岩田 : はい. 佐竹さんの言い方, ちょっと, ひどすぎるって言い方おかしいな. なんていうか, 大げさすぎるというか. 昨日まで黒だったのが, 明日は白っていうほどは変わらないとは思うんですけれども. もちろん本質的におっしゃったことは正しくて, 科学的な評価っていうものは, 科学的な知見, もしくは観察事実も含めてなんですけども, 日々更新されるわけです. で, それに基づいて, 将来を今我々は予測あるいは評価しているということになれば, それが変わるっていうことあるわけですよね. だから, それを完全に, 教科書だって多分我々が学生だった時の教科書しか知らないんだけども, 10 年違う人の教科書は違うわけですよね. それと同じように, それでも別にあんまり暴動が起きないのはなぜかよくわかりませんが, やっぱりこういう評価っていうものが, あまりに時間的に変化するものではいけないとは思っています. つまり, 学界での各論に対して, 左に行ったり右に行ったりっていうのが激しいのはよくないと思いますが, それは多分, こういう委員会構成をすることによって, そのブレが非常に大きくなることを防いでるという組織体系, 良い悪いはありますけど, それも踏まえた上で, 新たに良くなっているところが導入されて, 評価が変わった時にどういうふうに受け取ってもらうべきかっていうところも, 我々は注意して発信しないといけないのかと思います. また同時に, やっぱり聞き手のほうも, なんで今日は黒くなったんですか？なんていうことだけを尋ねるのではなくて, どういうことでそのような評価になったか, ということをうまく, 共通項を認識しながら, つまり, 差し出し側と受け取り側がうまくコミュニケーションしていく必要があるんじゃないかなというふうに思います. 以上です.

久家 : そうですね. 発表の中でもどなたかがおっしゃっていましたけれど, 基盤になっている情報ですね, 結局はそれが集まったことが結構重要だったというお話をされてたと思います. 本当は, そこからどういうふうに評価が出てくるかということも理解した上で, というのが多分理想なんですよね. 他, 評価するということに関して, 何か他ご意見ある方がいたらどうぞ. よろしいですか？　では, 次, 少し話題を変えまして, 地震本部はこの 30 年間, 社会に対していろいろな情報を出してきたのですが, それを踏まえて, 伝え方ということ, どういうふうに伝えるかということを, ちょっと議論していこうかなと思います. まず, これに大きく関わってる藤原さん, いかがでしょうか.

藤原 : この伝え方, 本当に難しいなとずっと感じ続けてきております. まず, 最初に, 我々, やってきたことは, 長期評価, 強震動評価, 津波評価もそうですけれども, その評価っていうのが専門性が非常に高くて, 背景となるデータも非常に多岐に渡るっていうこと, そうしたものがある中で, まずきちんと, それらを整理して, 多くのものを共有し, 検証できるような形で情報を提供するっていうことがまず第一であろうかと思ってるんですね. そのための, 様々な, 共通の基盤システムみたいなものを構築するっていうこと. これだけでも 大変な労力がかかっていて, それが分かりやすいかどうかっていうよりは, まず客観的に, 本当に専門的な観点から, 我々の活動が, 今後将来評価できる, 検証できるような形のものを残していくことがまずは大切だと思ってます. その上で, それらをどう伝えるかっていうことで, この伝え方になると, それを伝えられる側も多様な人たちがいて, 一言でいうと, 専門家の側ですらわからない. 確率を用いているというのは結局わかんないから, それをどう表現すればいいのかっていうところで, 苦労しているような情報群を, 分かりやすく伝えるっていうことに, そもそももう原理的に問題, 課題があるのかなっていうふうに感じるところもありますね. あとは, 確率の値を伝えるっていうこと以上に, そもそも, 意見が分かれていたり, 南海トラフの確率の問題もそうですけれども, そもそも, 一つにまとまっていないようなものを, 受け手側が混乱する可能性があるから, できるだけ一つの見解にまとめて伝えてほしいとか, そういうふうな方向も非常に強いところはあるんですけども, 本当に科学的で, まだわからない情報を, ハザード情報やリスクに関わる情報の伝え方として, わかりやすく単純にまとめるっていう方向で, 日本が今後進んでいていいのかなっていうところも, 私自身, 個人的にはそうなのかな？　っていうところに疑問を持っております. わからないこと自体を, 本当に, 伝えられる側と専門家が共有をして, 立場の違いを超えて一緒にものを考えられるような場を作っていくことが大切なんじゃないのか, とも思っているんですね. そのための基盤的な整備と, 伝え方はやっぱり信頼のおける関係のもとでのコミュニケーションをもっとしっかりできる場を作っていくことかな, というふうに感じています.

久家 : 非常に重要な問題だと思いますね. 他に意見を言いたい方いらっしゃらないですか？　いるんじゃないですか？　非常に難しい問題だけど.

佐竹 : はい, ちょっと藤原さんがおっしゃってた. 認識論的な不確定性っていうんですかね, まさにそういうことで, 例えば, ものによってはですね, 地震学者に聞いたら, 多分 8 割, 9 割が同じ, 賛成するってこともあると思うし, やっぱり地震学者の中でも完全に意見が分かれるってこともあると思うので, その辺の意見分布っていうか, 幅ですね, 不確実性の幅みたいのを, 合わせて伝えていく. 例えば確率でしたら, 幅, 数字で出すのだけがいいのかどうかわかりませんけども, 数字の幅で広げるとか, あるいはまさに両論併記的にするとかですね, その辺を専門家の中でも意見が分かれているんだっていうことが, あるいは専門家の中で一致してるのかと, そういう情報も合わせて伝えていく必要があるのかなというふうに思います.

久家 : 他ご意見ある方ありますか？　あと, 確率ということに対してはどうですか. さっき佐竹さんの話の中には, 確率からランクにするという話もされてたと思うんですけど. 確率で出すということに関しては.

佐竹 : 確率はランクで出してることになってるんですけど, 結局は確率の方が一人歩きしてしまっているというのは事実で. 例えば, 南海トラフでもですね, 例えばもう 70 から 80 だったのが, 今年 80 になったとか. それは, BPT でいくと毎年本当に少しずつ上がっていくんですけども, それは 10%とかで丸めるとですね, 突然上がっちゃうようになるんですけども, 前回の南海トラフの地震から時間が経つにつれて, 確率が高くなってるっていうことを伝える意味では, それはいいのかなと思うんですけども, じゃあ確率が本当 10%違う, 30 年確率の 10%違いってのは, 何を意味してるのかとかですね. その辺になると, あんまり確率の数字に, 発生可能性に関してはですね, こだわるのはどうかなと思って, むしろランクの方がいいのかなと思いますが. ただ, 強震動なんかの計算をするのには当然確率がないと生かして

もらえないので, そういう意味で数字を出す必要があると思うんですけども, それをそのまま, 発生確率を一般の人に認識してもらう時には, あんまり数字にこだわらない方がいいのかなっていう気もします.

久家 : なるほど. そうですね. 確率で出すことについては, 実務に必要なのかどうかという事前質問も伺っていましたけれども, やっぱり確率で出した方が役立つとか, そういうようなことはあるんですか？ 出してほしいとか, そういう要望とか. あ, 岩田さん, お願いします.

岩田 : 必ずそれでまた左行って右行くんですけど, つまり, 予測地図としての確率分布ですね. だから震度 6 弱以上がどうのこうのっていうやつですけども, 例えばああいうやつでわからないという話になった場合に, 私も, そんなに多く実務担当者というか, 自治体のあのステークホルダーと話すチャンスはそう多くないですけど, 私が話した限りにおいては, それがよくわからないというときには, 私は必ずそのシナリオ地震 (震源断層を特定した地震) も見てくださいとお伝えします. じゃ, この下, ここを黄檗断層が走ってるよって. それが動いたらすごく揺れるよっていう話をします. でも, そうしたら「いつ動くんですか？」って尋ねられて・・・堂々巡りなわけですよ, 必ず. で, それが非常に確率はよくわかってないとか低いっていうことになると, ケアしないっていうことになってしまうわけですけど, でもこれは藤原さんが言ったように, やっぱりこういう低頻度だけども, 一旦起きたら社会へのインパクトが強いことに対しての社会的な合意というか, 個人個人も含めてなんですけども, その熟成というか, まず理解がですね, ここだけの話では終わらないけれども, やっぱり少しずつ何か, 検討しないといけないというふうに僕は思います. そういうことを感じます. で, そのためにはやっぱり一かゼロかじゃなくて, こういうこともあるんだ, ああいうこともあるんだ, そういうこともあるんだっていうことを, 我々サイエンティストはそういうことを言わざるを得ないっていうふうに思いますし, そういうものの理解を進めていくような努力も必要かなというふうに思います. 以上です.

久家 : どうもありがとうございました. 大変ですよね. さて, 少し話を進めて, 伝え方ということに関しては, 干場さんも今日随分といろいろなデータを出してくれましたけれど, どうでしょうか. これからの伝え方の課題になるもの.

干場 : はい, そうですね. 今日お話ししたように, 20 年前に緊急地震速報が始まったんですけども, その時から基本的な情報の中身っていうのはあまり変わってなくて, テキストベースで出すということがベースになっています. 当時, やっぱりテレビやラジオ, 特にラジオということを考えたら, まあ音声で伝えるしかないということがあったんで, テキストメッセージなんですけど, 今やもうスマホを皆さん持ってる時代になったんで, そうした時に, もうちょっとなにか図的な情報みたいのを出せるか, というようなことも考えていかなきゃいけない時代なんだろうなというふうには思います. 例えば, 揺れから揺れの予測ですと, 波が広がってくる様子をそのまま流すとかということもできるようになるでしょうし. ただ一方で, それを見入ってしまったら, かえって見入って行動を起こしてくれないじゃないかというような意見もあって. そこはちょっとどういうふうなバランスをとるかというところが, また必要になってくるんじゃないかなとは思います.

久家 : そうですね. 見入っちゃったら困りますね. どういうふうに見せるかという問題に対してはどうですか？ 佐竹さん, これから伝え方が問題だという課題をお話の中で挙げてらっしゃいまして, 「じゃあどういう風に伝えるんですか？」という質問も出てるんですけれども. 何か伝え方について, 具体的にアイディアなんかあるんですか？

佐竹 : 私は, さっき言ったその確率, 数字を出すのはランクがいいのかっていう話ですかね. 見入っちゃうってことは多分ないとは思うんです, 緊急地震速報とは違うので. でも, さっき干場さんの話を聞いてて思ったのは, やっぱり緊急地震速報がこれだけ受け入れられているのは, 失敗してもですね, 数秒後には間違いだってわかるので. それはやっぱり, すぐ間違いだと分かれば, 多分世の中許してくれると思うんですよね. それがすごいことが起きてから時間がかかるとかですね, やっぱり間違いだということがわかるのに時間がかかると, なかなかそれを受け入れてもらえないのかなっていう気がしました. だから, そういう意味では, 間違えても本当にすぐ間違いだってわかれば受け入れてもらえるのかなっていうふうに, なんか聞いてて思いました.

久家 : [話者 3 50:19]
あ, なるほど. 干場さん, そうですか, 今の.

干場 : 間違えて許されるかどうかちょっとよくわからないんですけど, ただ, 皆さんと違って, 我々はすぐ次のチャンスがあるというか, 挽回するチャンスがすぐある, というところは, ちょっと皆さんのと違うかなと思います. たとえ 1 回失敗しても, 次にまた地震が起こって, そこでうまくやればそれはそれなりに評価してもらえるのかな

というところは，ちょっと皆さんの時間のかかる予測とは違うとこかなと思いますけど．

久家：そうですね．何千年に 1 回，とはちょっと違うという感じになるかとは思うんですけれどもね．そうですね．伝え方は難しいと思うんですけれどね，やはり．じゃあちょっと進みまして，事前質問で，「これから先，さらに地震に対する理解を含め，大規模地震が発生したときの減災，速やかな復興を目指すには，どのようなテクノロジーが必要になりますか？」というご質問があったんです．今回，皆さんにいろいろお話ししていただいたんですが，皆さんそれぞれにどのようなテクノロジー，どんな技術がこれから役に立つだろうというふうに思っているのか，お聞きしていいですかね．佐竹さんから．

佐竹：どのようなテクノロジーね．ちょっとすぐには出てこないんだけども．基本的に，さっきお話しました長期評価っていうのは，基本的には過去に起きたことを調べて，それから長期的に予測するということなんですけども．そこは例えば現状評価だとですね，今起きてる何が起きてるかっていうのからですね，予測するわけなんで，その辺を統一していくっていうかな，過去に起きたものに基づくのと，それから現状，あるいはその物理ですね，シミュレーションとかなんかでやって，そのへんを統合していくっていうのが必要なのかなというふうに思っております．

久家：はい，ありがとうございます．岩田さん，どうでしょう．どんなテクノロジーがあるといいですか？

岩田：なかなか．難しいですけど．何を言えばいいかなあ．あったらいいと思うのは，干場さんが例えば予測してるようなものが見えたらいいわけですよね，例えば．私がその学生の頃に，学生じゃないかサバ読みましたすみません．教員になってましたが，その頃に 2004 年のバンダ・アチェの地震，津波がありましたけども，沖合の波が GPS 観測で見えたっていうのをなんか見たことがあって．もちろん衛星で飛んでるので，そこのラインでの波だけなんですけど，海の高さが変わってるっていうのは，論文で見たことがあって．で，その後，今は InSAR とかあって地殻変動が見えたりしますけども，もうちょっとああいういわゆるリモセン技術が進めば，強震計 1 点 1 点で見なくても，日本の上から見ていたら，それこそ NHK スペシャルとかでよく出てくるイメージ図がありますけども，ああいうものが見えていいわけですよね．ああいうのが見えると，緊急地震速報とか，津波速報にはもううってつけなわけですよね．そのぐらい技術があれば，私は避難という意味ではいいのかもしれないというふうに思います．で，揺れっていう点においてはですね，実際には被害地震，これはやっぱり建築とか土木の方々，もしくは日本の方々の努力により，建物被害はどんどん減っていると，相対的に減っているというふうに私は認識していて．そうすると，ただ，藤原さんの発表にもあったように，今まで人が住みにくかったところに人が住んでしまっていることによって，地盤災害も含む，大変なことが起きる，地震リスクを増大させている可能性もまだはらんでいることがある一方で，建物の強さ自体は，実は，どんどん更新されていったら，良くなっていってるので，私はその点については，やっぱりそれこそ耐震補強であるとか，そういうものが丁寧に進んでいけばですね，いずれ，震度 6 強の揺れがあっても，何も起きないような街もできていくんじゃないかというふうに，非常に楽観しています．津波はちょっとまた別問題があると思うんですけども．

久家：津波は谷岡さんに聞きましょう．ありがとうございます．谷岡さん，お願いします．

谷岡：はい，ありがとうございます．質問ありがとうございます．実際ですね．私が津波の即時予測の部分で最後に示しましたけど．SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）の，防災科研も関わっていますが，SIP の事業で進んでるのは今，越村さんがやってるところなんですけど，私が担当しているところは，本当に一番下層（ハザードの予測）です．その上で，上層の研究はどういうことを実施してるかっていうと，例えば携帯電話はみんな持っていると思いますが，皆さんの携帯電話の位置情報のデータがあります．津波が来た時に一体どこにどれぐらいの人がいて，警報が出た時に，一体人がどこに逃げて，どこで逃げ遅れているかという情報が，ビッグデータとして入ってきます．そういうデータを使いながら，こういう津波が来て，こういう情報が出た時，どういう風に人が逃げていて，どれぐらいの人が避難所に行って，どれぐらいの人が津波に巻き込まれた，みたいな情報まで予測までできるようなシステムを今作ろうとしています．その後は，自治体には救急車や消防車など緊急車両，または救急のための船など，高知だと船があります，そういう設備が一体どれぐらいあって，人員がどれぐらいいて，大地震が発生した時の状況で，一体どこに緊急車両等を出せば人命を一番たくさん救助できるのかっていう最適解をリアルタイムで推定する手法の開発を実施しています．その手法は量的アニーリングといって，その手法で計算して，最適解を割り出して，救助に行くと，人命が一番救える．そこまで計算できるようなシステムも構築しようとしています．まだまだ夢の段階を一歩一

歩進んでいるような段階ですけど, そういうところまでできるようなシステムづくりを目指しています. そういうテクノロジーの進歩っていうのは, 非常に大きなものがあって, これからもどんどんどんどん進んでいくと私は思っています. そういうのができてくればどんどん役立ってくると思うんですよね. 復興っていう意味ではなかなか難しいんですけど, やっぱり事前準備というのが大事だと思ういうふうに感じてます.

久家 : はい, ありがとうございます. 藤原さん, どうでしょう.

藤原 : テクノロジーというか, 今年の防災白書の第 1 章の第 1 節のところの最初のところに, 危険な場所に住まないとか, 安全な地域に住みましょう, 変えましょうとか, そういうのが, 国の文章の中で初めて書かれたっていうことで. じゃあ, どういう根拠をもとにそれができるのかっていうところの情報, 私も長年ハザードマップ作りに関わってるんですけども, 今のハザードマップはやはりぼやっとしてて, ピンポイントでの意思決定にはまだ十分でなくて. 今後必要なテクノロジー, 地震がどこで起こるかっていうのは非常に難しいですけれども, 地盤がどこだったら相対的に安全かとかっていうのは, 本当ピンポイントで情報が提供できるような社会を作れば, もっと最適居住ができるようになるんじゃないのかと思っておりまして. そういうの, 興味あります.

久家 : はい. ありがとうございます. では干場さん, どうでしょう？

干場 : はい, さっき岩田さんも話されたような話になってくるんですけども. 気象の分野とちょっと比較してみると, 私, 気象研究所というところで働いていながら, 気象のことは全然素人なんですが, ただ, 彼らが違うのは, やっぱりレーダーとか, 衛星とかを持っていて, もう場としてわかってしまうと. 精度はそれほど高くないのかもしれないですけども, 場を全部把握してしまうことができるというのは, やっぱり地震と違うと. 地震はやっぱり今のところどんなに頑張っても点の情報を集めているしかないので, それをやっぱりこの場というか, リモートセンシングで捕まえてしまうことができれば, だいぶ違ってくる. 地震学としても, 点の情報から, 空間の分解能をもっと高めることができるので, 発展してくるのかなと思うんで, そういうことができると, 地震動即時予測も次の段階に行くのかなというふうには思います. ですので, おそらく今, DAS というのが, 今皆さん一生懸命やっていらっしゃるんですけども, もしかすると, それが突破口になるかもしれない. まだ DAS は線ですけど, 面に行く第一段階前として DAS が使えるのかなというのは期待しているところではあります.

久家 : はい, ありがとうございます. 四次元データですよね. それが集まればっていう, そういうところですね. はい. それでは時間が迫ってきましたので, 最後に一言ずつだけ. 地震研究や地震学研究者に皆さんは今後何を期待するか, お願いします. 一言でお願いします. 佐竹さんから.

佐竹 : はい. 地震の評価に生かすためにはですね, 地震学の, さっきから出てますけども, 最新の知見っていうのが重要, あるいは新しい方法というのが重要なので. それについては, 新しいデータあるいは手法なんかは, 査読付きの論文にぜひ書いて. それで引用, 使えるように査読付きの論文でどんどん発表していただくということが重要かと思います. 一言です.

久家 : はい. ありがとうございます. 強震動の岩田さん.

岩田 : はい, ありがとうございます. 強震データが非常に豊富にあるっていうところ, また参照できる地下構造モデルっていうのも, あの J-SHIS の方などで作ってきていただいてますので, 地盤, 震度及び震源とか強震動に関する研究を進めるには非常に良い環境になっていると私は思っています. どしどし, 解析をやってですね, この地下構造モデルは不十分だというところをご指摘いただければ大変幸いです. よろしくお願いします. どうもありがとうございました.

久家 : ありがとうございます. じゃ, 津波の方で谷岡さんお願いします.

谷岡 : はい. 津波の評価という面では, 先ほどから言っているように, やっぱり地質, 地質学的な研究者と, 数値計算的な研究, または化学的な研究, そういうのをトータルしたような研究を進めるような地盤を作るっていうのが大事で, やっぱり地震学会も地震学会だけに閉じずに, いろんなところとインタラクティブに進めるっていうのが大事なんだなというふうに思っています. 津波の即時予測では, いろんな手法が出てきているし, だから AI なんかを使って津波の即時予測をしようとか, ハイドロフォンのデータを使うとか, 今さっき言ったように DAS でも使える, 捕まえられるようになってるとか, いろんなテクノロジーも出てきてますので, そういうのを総合して使えるように発展していければな, というふうに思っています.

久家 : はい, ありがとうございます. それでは次

はハザード評価ということで，藤原さん，お願いします．

藤原：新しいテクノロジーをどんどんもう意欲的に取り込んでいくっていうことが大切で，私も最近 DAS に興味があっていろいろやってるんですけど，そういったことと，あともう一つは，個人でも先端的な研究をやるのに加えて，組織的，みんなで力を合わせて，本当にコミュニティが力を合わせて大きな取り組みやる，そういう企画力を持ってほしいなと思っています．

久家：ありがとうございました．それでは最後に干場さん，お願いします．

干場：はい．今年，地震本部 30 年ということが一つテーマだったんですけども，30 年前と比べるとやっぱり観測点がすごい密になって，我々結構データを持ってて， 30 年前はちょっと思い出してみると，取れたデータをいかに大事に使うかというので，大事に大事に使っているような感じではあったんですけど，だんだん時代が変わってきて，大量のデータをいかにうまく処理するかということが，そういうふうな時代になってきたのかなと思います．で，多分，地震動即時予測の方も大量にデータがあるということを前提にして，うまく解析することで，次の段階に行く可能性もあるかなというふうには思ってるとこです．

久家：どうもありがとうございました．本日は貴重な講演をいただいた上に，このパネルディスカッションで貴重な意見をいただきまして，5 名の皆様，本当にどうもありがとうございました．ちょうど時間となりましたので，これにてパネルディスカッションを終わりとさせていただこうと思います．本当にありがとうございました．それでは加藤さん，戻します．

加藤：はい．久家会長と 5 名の先生方，大変ありがとうございました．いくつか重要な視点とかですね，議論のポイントもありましたので，今後，ぜひ検討を続けていきたいと考えております．最後に閉会の挨拶ということで．地震学会の副会長の室谷さんよろしくお願いします．

室谷：地震学会副会長を務めさせていただいております，国立科学博物館の室谷と申します．本シンポジウムは，兵庫県南部地震の発生から 30 年ということで企画いたしました．地震学の知見がどう地震の評価に活かされてきたのか，ということをテーマに，様々な視点からの地震の評価について，5 名の先生方からお話をいただきました．ありがとうございました．兵庫県南部地震やその後に起きた大地震を教訓として，この 30 年間に行われてきた地震観測や地震研究，また社会への情報発信などに加えまして，今後の課題についてもまとめていただきました．また，最後のパネルディスカッションには多くの時間をとっていただきまして，評価することの課題や伝え方，受け取り側の課題，コミュニケーションの取り方，また今後必要な技術の課題ということについても，さらに深く踏み込んだご意見をいただきました．なかなか解決することは難しいと思いますが，本日の議論が次の 30 年に向けて，どのように研究を推進して，どのように社会に伝えていくのが良いかということを検討する一助になれば幸いです．最後に，本日ご講演いただきました佐竹さん，岩田さん，谷岡さん，藤原さん，干場さん，そしてパネルディスカッションを進行してくださった久家会長，司会進行していただきました加藤副会長，その他支えてくださった地震学会スタッフの皆様，そして本日は 300 名を超える皆様にご参加いただきました．長時間にわたり，ありがとうございました．それではこれで本シンポジウムを終了させていただきます．ありがとうございました．

注：以上のテキストは，当日の動画から Azure Speech Services を用いて文字起こししたものを，モデレーター・パネリストが修正したものである．編集は加納靖之が担当した．

1995 年兵庫県南部地震以降の活断層・古地震研究に基づく長期評価の進展と課題

国立研究開発法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門　　近藤久雄

1995 年兵庫県南部地震は，我が国の活断層・古地震研究と地震発生の長期評価を大きく転換させた．地震調査研究推進本部の設立以降，主要活断層帯を対象とする体系的な調査により，活断層の位置形状，活動履歴，変位量，地下形状に関する知見が急速に蓄積された．本稿では，活断層図，高精細地形データ，トレンチ調査，年代測定，連動型地震評価の進展を概観し，個別断層帯評価から地域評価へと発展した長期評価の到達点と課題を整理する．

１．はじめに

1995 年兵庫県南部地震は，既に活断層として認識されていた六甲・淡路断層帯の一部で発生し，神戸市街地を含む都市域に甚大な被害をもたらした．この地震は，内陸活断層から生じる大地震が社会に与える影響の大きさを改めて示すとともに，活断層・古地震研究の成果を地震防災・行政へと接続する制度的枠組みを大きく変えた．地震後，政府の特別な機関として地震調査研究推進本部（以下，地震本部）が設置され，地震調査委員会のもとで主要活断層帯の長期評価が開始された（地震調査研究推進本部地震調査委員会，1996）．

兵庫県南部地震以前にも，「日本の活断層」および「新編日本の活断層」に代表される全国的な活断層図の整備や，個別断層を対象とするトレンチ調査は先駆的に進められていた．しかし，調査対象や精度には地域差が大きく，長期評価に資する活動履歴や平均活動間隔が不明な活断層がほとんどであった．1995 年以降は，全国の主要活断層帯を対象とした基盤的調査観測が集中的に実施され，得られた情報は地震本部による長期評価，強震動評価，全国地震動予測地図などへ反映されるようになった．

この 30 年間における最大の進展は，活断層・古地震研究が個別事例の記載にとどまらず，内陸地震の発生可能性や規模を評価するための手法整理や，共通データ基盤として整備されてきた点にある．2018 年までの活断層調査研究の進展については，堤ほか（2018）に詳しく記述されている．本稿では，まず活断層・震源断層の位置形状に関する進展を整理し，次に古地震研究と年代評価手法の進展，さらに長期評価手法の高度化について述べる．最後に，連動型地震，地震発生確率が不明な活断層，海陸境界の活断層など，今後の課題を展望する．表１にこれまでの調査研究と長期評価の進展についてまとめた．

２．活断層・震源断層の位置形状

内陸の大地震に関する長期評価の根幹をなす基礎情報は，活断層および震源断層の位置形状である．1980 年代から 1990 年代前半にかけては，活断層研究会による全国図が主要な基礎資料（活断層研究会編，1980; 1991）であり，その後，国土地理院の都市圏活断層図や活断層詳細デジタルマップ，産総研活断層データベースなどにより，活断層情報の高精度化と電子化が進んだ（表１）．これらの成果により，研究者だけでなく，地方公共団体，防災担当者，民間事業者，一般住民が活断層情報へアクセスできる環境が整備された．

特に 2000 年代以降の高精細数値標高モデルの普及は，活断層地形の認定と変位量計測に大きな変革をもたらした．航空レーザー測量，UAV 写真測量，地上レーザー測量などにより，森林域や都市域に残された微小な低断層崖，撓曲崖，横ずれ地形を詳細に抽出・認定できるようになった．従来の空中写真判読では人工改変や植生によって不明瞭であった断層変位地形も，高精細 DEM を用いることで定量的に評価可能となっている．

また，反射法地震探査やボーリング調査による地下構造情報の蓄積により，地表の活断層トレースと地下の震源断層形状との関係が具体的に議論できるようになった．特に，逆断層帯では，地表で認められる撓曲崖や低断層崖が，地下の断層形状や断層関連褶曲とどのように対応するかが詳しく明らかにされつつある．横ずれ断層帯においても，地表トレースの分岐，ステップ，プルアパート構造などが，連動破壊や破壊停止条件を検討する上で重要な幾何学的要素となっている．

一方で，長期評価で公表される個別断層帯の位置図は，社会的利用に比べて縮尺や表現が十分とは言えない場合がある．断層長や，断層不連続を用いた活動区間の境界の認定は，地震規模や変位量の推定に直接影響する．今後は高精細地形データ，地下構造探査，地震活動，第四紀以降の地質構造を統合した三次元断層モデルを継続的に更新していく枠組みも必要である．

３．古地震研究と発生確率評価

活断層から生じる地震の長期評価において，活動間隔と最新活動時期は地震発生確率を算出する最も重要な情報の１つである（地震調査研究推

表1　活断層・古地震研究と長期評価に関する主要な進展

項目	1995年頃	現在
活断層図	「日本の活断層」「新編日本の活断層」が主要資料。紙媒体中心。基図は，主に1/20万地勢図。	活断層詳細デジタルマップ，都市圏活断層図，活断層データベースなどが整備され，GIS上で利用可能。基図の縮尺は１万～2.5万分の１程度まで大縮尺。
地形データ	空中写真判読が主体。森林域や都市域など､判読困難な地域が存在。	LiDAR，高精細DEM，UAV写真測量などにより微小な断層変位地形の抽出が可能。定量的な変位・変形，地震前後の計測も可能。
地下構造調査	活断層調査を目的としたものは，限られた反射法地震探査結果のみ。	反射法地震探査，ボーリング，地震観測データの蓄積，モデル化の発展により，三次元的な断層形状の把握が進展。
古地震調査	トレンチ調査事例は，先駆的な事例に留まり限定的。ほぼ全ての主要活断層帯で活動履歴が不明。	全国の主要活断層帯で体系的なトレンチ調査が実施され，活動履歴データが大幅に蓄積。三次元的なトレンチ調査も実施。
年代測定	液体シンチレーションカウンターによる放射性炭素年代測定が中心。測定誤差は100～500年程度。	AMS法による年代測定の普及により高精度化。測定誤差は数十年程度まで向上。
年代モデル	個別年代値の1σもしくは2σ範囲が主体。	OxCal等を用いたベイズ推定年代モデルにより，イベント年代を確率分布として推定可能。
地震規模評価	断層長との経験式に基づく評価。	断層面積との経験式や，地震時変位量，活動区間，地下構造，断層面の三次元形状を統合した評価も可能。
発生確率評価	今後数百年以内に発生可能性が高いなど，定性的評価が中心。	BPTモデルやポアソン過程を用いた，今後30年以内の定量的な発生確率評価などを実施。ランク表記（S, A, Z, X）の定性表現と併せて公表。
連動型地震評価	固有地震や連動型地震の概念的議論が中心。	AMS法による年代測定の普及により高精度化。測定誤差は数十年程度まで向上。
評価対象	個別活断層・個別断層帯が中心。	個別断層帯評価に加え，活断層の地域評価へ発展。
社会実装	研究成果の防災利用は限定的。	長期評価，強震動評価，全国地震動予測地図などを通じて，防災・減災施策や地方公共団体の防災計画，民間事業者の基礎資料として活用。

進本部地震調査委員会，2001）．兵庫県南部地震以降，全国の主要活断層帯ではトレンチ掘削調査を中心とする活動履歴調査が集中的に実施された．トレンチ壁面では，断層による地層の切断，変形，崩積堆積物，液状化痕跡などを手がかりとして，過去の地震イベント層準が認定される．これにより，平均活動間隔，最新活動時期，一回変位量などの具体的な評価パラメーターが飛躍的に蓄積された．

年代測定技術の進歩も古地震研究を大きく発展させた．1995 年当時，放射性炭素同位体年代測定は，液体シンチレーションカウンターを用いた計測が主流であり，測定値の誤差は100～500年程度であった．その後，AMS 測定の急速な発展と普及や試料選別の高度化により，現在では測定誤差で 30 年程度までの高精度な年代拘束が可能となった．さらに OxCal などを用いたベイズ推定を用いた年代モデル（Bronk Ramsey, 2009）により，個々の年代値の確率分布と層序関係を同時に扱い，イベント年代を確率密度分布として推定する方法が国際的に広く用いられている．

地震本部の長期評価では，評価手法の一貫性を保つ必要があるため，個別イベント年代や活動間隔は，1σの年代範囲として一定の基準に基づいて整理されてきた．しかし，研究レベルでは複数地点のイベント対比や歴史地震との対応を確率論的に検討することが可能になっており，今後はベイズ推定による年代値や確率密度などの成果を評価手法へ，いつどのように反映するかが課題となっている．

このような古地震学的調査データに基づく地震発生確率の算出や評価は，アメリカ・カリフォルニア州や世界の各国で国際標準的な手法として広く実施されている．それらは，評価後に実際の地震で検証される時代に移行しつつある．例えば，トルコで生じた 2023 年カフラマンマラシュ地震では，東アナトリア断層系に沿って大規模な地表地震断層が出現し，2014 年に調査されたトレンチ地点が地震時変位を受けた（近藤, 2024a）．2023 年地震直後には，2014 年トレンチの再掘削を中心として，2023 年地震前に可能であった長期予測と実際の地震像を比較する国際緊急共同研究（JST J-RAPID）の一環として実施された．その結果，活動間隔，最新活動時期，歴史地震との対比を総合し，2023 年地震発生前に遡って評価した場合，30 年以内の地震発生確率は最大35%と試算可能であったことが検証された．これは，必要十分な古地震データが事前に得られていれば，地震発生前に高い地震発生可能性を評価できたことを示す稀少な事例である．

日本においても，今後発生する活断層地震に伴い，既存のトレンチ調査地点が地震時に再活動する事例が蓄積されていくと考えられる．そのような事例は，既往の古地震調査に基づく長期評価を実際の地震によって検証する貴重な機会となる．その結果は，既往の活動履歴や発生確率評価手法の妥当性を検証･改良する上で重要な役割を果たすものとみられる．

４．長期評価の発展：個別断層帯から地域評価へ

地震本部による活断層の長期評価は，当初，全国の主要活断層帯 98 を個別に評価する形で開始

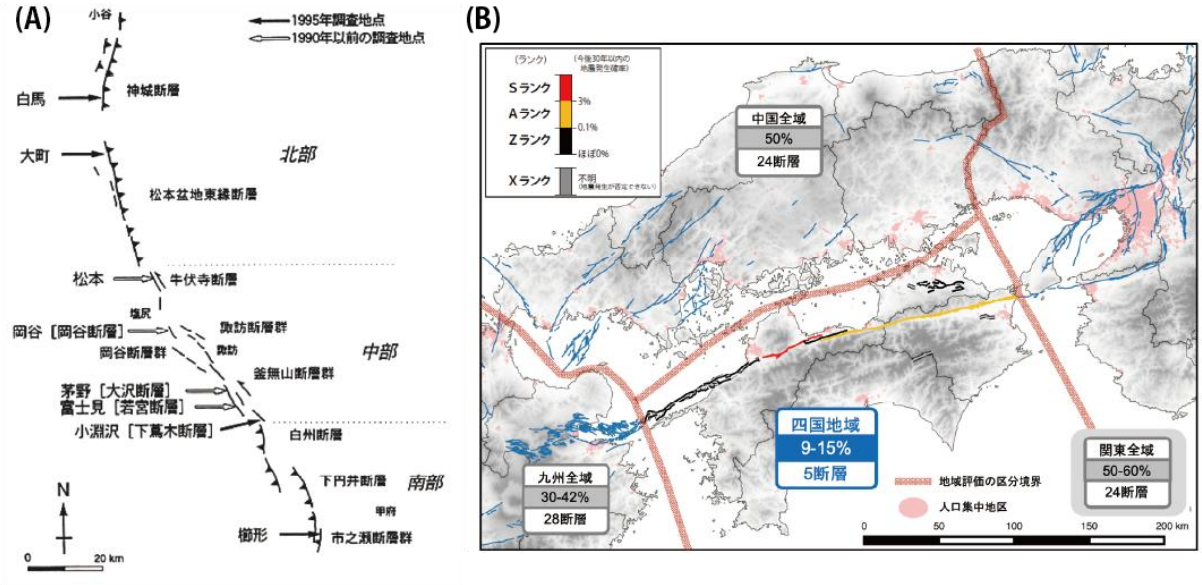


図１　地震本部による活断層の長期評価．(A)1996 年に初めて評価が公表された糸魚川―静岡構造線断層帯の長期評価（地震調査研究推進本部地震調査委員会，1996）．活断層の名称，位置形状の概略と，それまでのトレンチ調査地点の図示に留まっている．(B)2013 年以降，地震本部で公表された活断層の地域評価（四国の例）（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2017）．地域および区域境界，それぞれの領域における M 6.8 以上の地震発生確率，個別断層帯の地震発生確率とランクが明示されている．

された．最初の評価は糸魚川－静岡構造線断層帯であり，断層長，平均変位速度，活動履歴，最新活動時期を基に，将来の地震発生可能性が定性的に評価された（図１A）．その後，発生確率算出手法の進展に伴い，一定期間内の地震発生確率が BPT モデルとポアソン過程により算出されている．この枠組みは，内陸活断層地震を事前に評価し，防災施策へ反映するための基礎として大きな意義を持った．

一方，個別断層帯ごとの評価だけでは，短い活断層や主要以外の活断層，沿岸海域の活断層，複数断層の連動や相互作用を十分に扱うことが難しい．2000 年代以降に生じた内陸地震の多くが，主要活断層帯の評価対象外あるいは想定と異なる破壊様式を示し，地域全体として地震ハザードを評価する必要性を明確にした．このため，2010 年代以降には「活断層の地域評価」が開始され，短い活断層や沿岸海域の活断層，地震活動による発生確率を含めた総合的な評価へと発展している（図１B）．

地域評価の意義は，個別断層の確率値を単に並べることではなく，地域内の活断層の分布，活動度，調査精度，未評価断層の存在を俯瞰的に示し，地震活動による発生確率の評価と総合して提示する点にある．これにより，調査データの不均質や，今後優先的に調査すべき活断層を明確化できる．同時に，評価結果を住民や自治体が理解しやすい形で提示するためには，確率値だけでなく，活断層の位置，想定される揺れ，地表変位の可能性，調査の信頼度も統合的に漏れなく伝える工夫も求められる．

５．連動型地震の評価の試み

長大な活断層帯では，複数の区間が同時に破壊する連動型地震が最大の地震規模を規定する．しかし，連動型地震は発生頻度が低く，発生履歴を直接認定することが難しい．そのため，従来の長期評価では定量的な連動確率の算出が十分に行われてこなかった．これは，地震発生可能性が高い断層帯で生じる次の大地震が単独区間なのか，あるいは複数区間による連動型地震へと発展するのかという問いに答えられないことを意味する．そこで，糸魚川－静岡構造線断層帯を対象とした平成 29～令和元年度の文科省委託事業では，北部から中南部区間を主な対象として，変位履歴，精密震源決定，三次元有限要素法，動的破壊シミュレーション，統合断層モデルを組み合わせた連動性評価と連動型地震の発生確率算出手法等の開発がおこなわれた（文部科学省研究開発局・国立研究開発法人産業技術総合研究所，2017）．

この事業では，活断層の変位履歴調査から得られた地震時変位量の実測値と断層長のスケーリング則から，地震イベントごとの活動範囲を限定した（図２）．その結果，北部区間と中北部区間が連動したイベントについては，連動範囲約 120 km，地震規模 M 8.0 程度もしくはそれ以上，連動間隔約 3100～3300 年，今後 30 年間の連動確率 0.9～1.0%と初めて試算された．また，北部区間

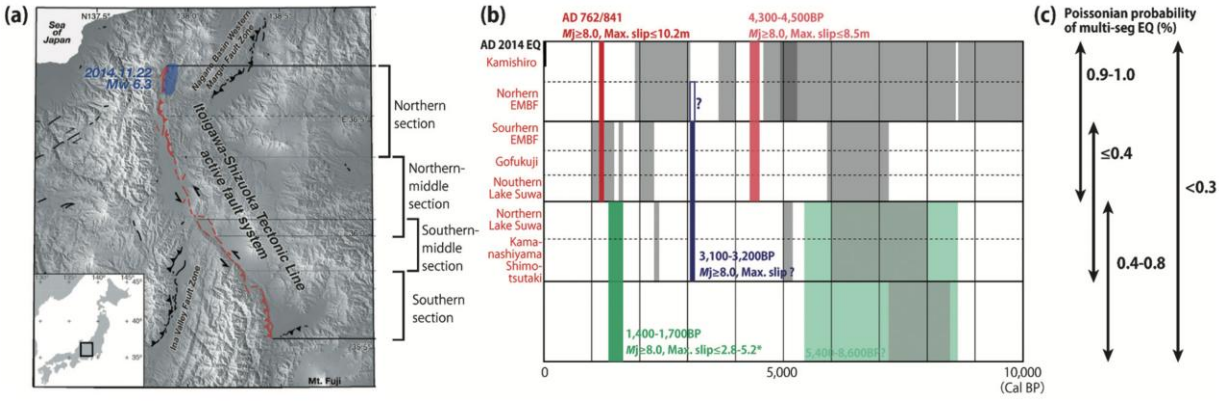


図２　糸魚川―静岡構造線の連動型イベント履歴と発生確率
(a)断層帯の活動区間．(b)過去約１万年間の連動型イベントの時空間分布．赤色，青色，緑色のボックスが地震時変位量等にも基づく連動型イベントとその推定範囲，灰色のボックスが地震調査研究推進本部地震調査委員会（2015）に基づく区間単独のイベントと年代推定幅．(c)連動履歴と発生間隔に基づく，今後 30 年間のポアソン過程の連動型地震発生確率．近藤（2024b）

から中南部区間に及ぶイベントや断層帯全体の連動イベントの各パターンについても，ポアソン過程に基づく連動確率が試算された．

この成果の重要性は，過去の変位履歴から連動型地震を判別し，連動間隔を推定した上で，ポアソン過程を用いて連動確率を初めて定量化するプロトタイプを示した点にある．個別区間の BPT モデルによる発生確率評価とは異なり，連動型地震では事例がまだ少なく，更新過程で評価することが難しい．そのため，まずはポアソン過程による試算として連動可能性を評価する手法は，今後の長大活断層帯評価における重要な出発点となる．

ただし，連動型地震の評価には依然として多くの課題が残る．セグメント境界付近で破壊が停止する条件，応力場や断層形状が破壊伝播に与える影響，歴史地震や古地震イベントの対比の不確実性などは，確率値へ直接反映される．今後は，古地震調査による変位履歴の高度化に加え，動的破壊シミュレーションや三次元断層モデルを組み合わせることで，連動範囲と連動確率の不確実性を改良していく必要がある．

６．今後の課題と展望

今後の課題は大きく４つに整理できる．第一は，陸域の長大活断層帯における連動型地震の評価である．陸域の連動型地震は，複数の地方公共団体や広範囲に被害を生じるとともに，誘発される他の災害も多岐にわたると想定されるため，調査研究や評価の優先度が高い．糸静断層帯の事業によりプロトタイプは示されたが，連動間隔の推定には古地震イベント対比と変位量評価の不確実性に課題がある．破壊シミュレーションや断層面形状モデルと古地震データを融合して，将来の連動範囲の確率分布を評価する方法等の検討も必要である．

第二は，地震発生確率が不明な活断層，いわゆる X ランクの活断層の問題である．全国には，位置や長さは知られているものの，活動履歴，平均変位速度，最新活動時期が十分に解明されていない活断層が残されている．高精細 DEM，浅層物理探査，ジオスライサー，群列ボーリング，宇宙線生成核種年代測定など，新旧の効果的な調査手法を組み合わせて，限られた予算と人材の中で効率的にデータを取得していく必要がある．

第三は，海溝型巨大地震と内陸活断層地震との関係である（図３）．南海トラフ巨大地震の前後には内陸地震活動が変化する可能性が指摘されている．2011 年東北地方太平洋沖地震の前後でも，2004 年中越地震から 2011 年４月の福島県浜通り地震まで，明白な時間的集中期がみられる．しかし，例えば次の南海トラフの地震前に，西南日本弧のどの活断層で，どの程度発生可能性が高まっているのかを示すことは，現時点では容易ではない．長期評価の時間スケールと，海溝型地震前後の応力・歪み変化に伴う短期～中期的な変化をどのように接続するかが課題となる．

第四は，海陸境界付近および沿岸海域の活断層評価である．陸域と海域の活断層図では，調査手法と解像度が異なるため，海岸線付近で断層の連続性を正確に評価することが難しい．浅海底レーザー測量やナローマルチビーム測深などにより，沿岸域の海底地形は解明されつつあるが，地質調査による直接的な活動履歴が現実的には得にくい．また，陸域と異なり地震観測データの位置，深さ精度にも課題がある．地形・地質・物理探査・海底地形データを統合し，陸域から海域へ連続する震源断層を評価する枠組みが求められる．

７．おわりに

兵庫県南部地震から 30 年の間に，我が国の活断層・古地震研究は質量ともに大きく発展した．

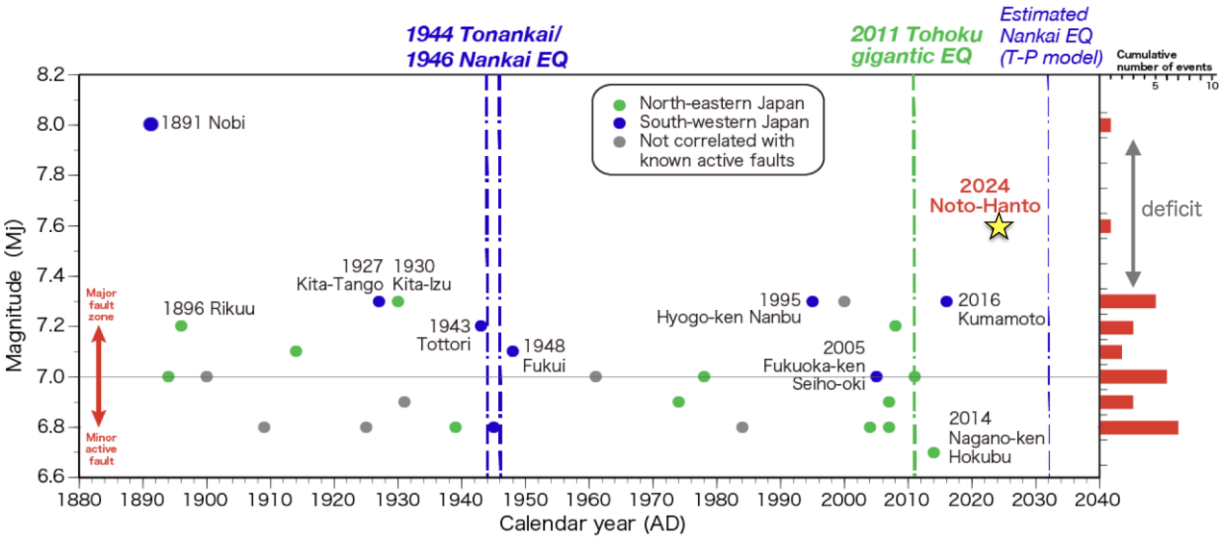


図３　海溝型巨大地震・超巨大地震と内陸大地震との関係．緑色字が東北日本弧，青色字が西南日本弧で生じた主な 1891 年濃尾地震以降の内陸被害地震．赤色で示す地震個数は実数．近藤ほか（2017）に加筆・修正．

活断層図の高精度化，高精細地形データの導入，トレンチ調査と年代測定の精緻化，地下構造探査の進展により，長期評価に必要な基礎情報は飛躍的に充実した．これらの成果は，主要活断層帯の個別評価から，短い活断層や沿岸海域を含めた地域評価へと長期評価手法の発展とともに，急速に拡大している．

兵庫県南部地震以降に整備された活断層調査と長期評価の枠組みは，世界的にも例を見ない体系的な地震ハザード評価システムへ大きく貢献・発展した．活断層図の整備から古地震調査，長期評価，さらには地域評価へと展開してきた一連の取り組みは，活断層・古地震研究の成果を継続的に防災・減災へ結び付ける仕組みとして，現在も機能している．今後は，連動型地震の評価やX ランクの活断層調査，海陸境界断層や海溝型巨大地震との統合的評価など，残された課題に着実かつ迅速に取り組む必要がある．そのためには，調査研究を担う人的資源も含めて，調査観測データの持続的な蓄積とともに，調査・観測・シミュレーション・リスクコミュニケーション等を統合した次世代の長期評価へと発展させていくことが期待される．

参考文献

Bronk Ramsey C., 2009, Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates. Radiocarbon, **51**, 337-360.

地震調査研究推進本部地震調査委員会，1996，糸魚川－静岡構造線活断層系の調査結果と評価について，10p.

地震調査研究推進本部地震調査委員会，2001，長期的な地震発生確率の評価手法について，46p.

地震調査研究推進本部地震調査委員会，2015，糸魚川-静岡構造線断層帯の長期評価（第二版）．60 p.

地震調査研究推進本部地震調査委員会，2017，四国地域の活断層の長期評価（第一版），57p.

活断層研究会編，1980，日本の活断層−分布図と資料，東京大学出版会．

活断層研究会編，1991，新編日本の活断層−分布図と資料，東京大学出版会．

近藤久雄・岩切一宏・谷　広太・佐竹健治，2017，活断層による大地震のクラスタリングを考慮した発生確率と更新過程による評価，日本地震学会講演予稿集 2017 年秋季大会，S10-P01.

近藤久雄，2024a，地表地震断層に切断されたトレンチ：2023 年トルコ・カフラマンマラシュ地震前の長期予測，日本地球惑星科学連合ニュースレター，**20-1**，16-17.

近藤久雄，2024b，糸魚川-静岡構造線断層帯における連動型巨大地震の発生可能性評価，第四紀研究，**63**，77-90.

文部科学省研究開発局・国立研究開発法人産業技術総合研究所，2017，「活断層帯から生じる連動型地震の発生予測に向けた活断層調査研究」平成 29～令和元年度成果報告書，1-383.

堤　浩之・近藤久雄・石山達也，2018，我が国における活断層研究の最近 25 年の成果と今後の展望，地質学雑誌，**124**，741-757.

測地データを用いた内陸地震の長期予測に向けて

京都大学防災研究所附属地震災害研究センター　　西村卓也

兵庫県南部地震以降，地震調査研究推進本部による活断層の長期評価に代表されるような内陸地震の長期予測が進められてきたが，主要活断層以外で M7 を超える大地震が発生するなど，長期予測における課題も指摘されている．世界的には活断層・地震活動・測地の 3 つのデータを総合的に用いた長期予測モデルの構築が行われており，近年では我が国でも測地データを用いた長期予測手法の研究も進められるようになってきた．複数のデータに基づく予測モデルを組み合わせることにより，長期予測の性能が向上することが海外の研究から示されており，日本でも総合的な予測モデルの開発が望まれる．

１．はじめに

日本列島は，４つのプレートが相互作用するプレート境界域に位置し，過去に多くの大地震とそれによる災害が発生してきた．1995 年 1 月 17 日に発生した兵庫県南部地震（M7.3）は，大陸プレートの地殻内で発生した「内陸地震」であり，都市の直下で発生する内陸地震による災害の深刻さを如実に示した地震であった．兵庫県南部地震では，淡路島でそれ以前に知られていた活断層（野島断層）に沿って地表地震断層が現れた．これにより，内陸地震の原因として活断層が社会的にもクローズアップされ，地震調査研究推進本部（以下，地震本部）の設立と地震本部による活断層調査に基づく地震の長期評価が開始されるきっかけとなった．

本稿では，内陸地震の長期予測の現状を簡単にレビューするとともに，GNSS などの測地データを用いた内陸地震の長期評価手法について，今後の展望を述べる．

２．内陸地震の長期予測の現状

現在，地震本部では内陸地震に関して，主要活断層帯の長期評価と活断層の地域評価という２種類の長期評価を実施している．これらの評価は，基本的に地質・地形学的手法を用いて活断層の活動度と過去の地震発生履歴を推定したデータに基づいて行われており，主要活断層帯の長期評価と海溝型地震の長期評価を統合して作成された大きな揺れに見舞われる確率（確率論的地震動予測地図）は，地方公共団体の防災対策等に活用され，一定の成果を上げている．一方，地震本部の内陸地震の長期評価には，いくつかの課題も指摘されている．地域評価では地震活動を用いた評価も併用されているものの，基本的にこれらは，活断層調査に基づいた評価であるため、既知の活断層から離れた場所や地表で明瞭な痕跡がない断層で発生する地震については，十分に評価することができない．すなわち，現状では活断層で発生し，地表地震断層を生じさせるような内陸地震のみが評価されており，内陸地震全体に対する評価が行われていない．また，活断層の活動度の評価ができないため，発生確率が不明な主要活断層帯も存在しているほか，活断層の長さに基づいて固有地震規模を推定しているため，固有地震より規模の小さい地震についても評価ができていない．2000 年以降に発生した M7.0 以上（気象庁による）の内陸地震のうち，地震本部による長期評価の対象となっていた主要活断層帯で発生したものは，2016 年の熊本地震（M7.3）のみであり，2000 年鳥取県西部地震（M7.3），2008 年岩手・宮城内陸地震（M7.2），2011 年福島県浜通りの地震（M7.0）は，それ以外の断層で発生している．また，現状の地域評価での対象地震規模（M6.8）より小さい M6 程度の地震であっても、2018 年大阪府北部地震に代表されるように、人口密集地に発生すれば大きな被害をもたらす可能性があり，活断層以外のデータも用いて，全ての内陸地震を対象とした長期予測を実施することが望まれている．

３．測地データを用いた内陸地震の長期予測

世界的には，Bird et al.(2010)に代表されるように，GNSS データから計算されるひずみ速度分布を用いて大地震の長期予測モデルを開発する研究は多数行われている．また，米国やニュージーランドでの公的な地震の長期評価においては，活断層だけでなく，地震活動や測地（GNSS）データを組み合わせた評価が行われている（Petersen et al., 2023; Gerstenberger et al., 2024）．これらの長期予測では，グリッド毎の地震発生確率を地震活動データや測地データから計算するだけでなく，活断層のすべり速度の推定にも測地データが使われており，活断層評価にも測地データが使われているという特徴がある．

日本では，GNSS を用いた稠密地殻変動観測網（国土地理院の GEONET）が 1990 年代に整備され，現在の地殻変動（ひずみ速度）分布が明らかになった（例えば，Okazaki et al., 2021）が，それを内陸地震の長期予測に応用した研究は比較的少ない．その中で，Triyoso and Shimazaki (2012)は，GNSS データから得られたひずみ速度分布を用いた内陸地震の長期予測モデルを検討したが，過去 400 年間に発生した M6.8 以上の内陸地震の分

布との整合性を比較して，GNSS データを用いた予測モデルは1801-1925年に発生した内陸地震の分布とは整合するものの，過去 400 年間でみると日本全国どこでも内陸地震の発生確率は均一であるとした予測モデルと同程度の予測性能であることを示した．そのため，現在の GNSS データは過去の大地震の余効変動などの影響を受けており，予測モデルとして用いることには否定的な見解を示している．一方，Nishimura (2022)では，GNSS データから得られた西日本のひずみ速度分布から，プレート沈み込み帯におけるプレート間固着による弾性変形を除去することで，日本全国どこでも内陸地震の発生確率は均一であるとした予測モデルよりも過去に発生した内陸地震の分布をより良く説明できることを示した．しかし，GNSS 観測に基づくひずみ速度分布から単純に換算した地震モーメント速度に対し，過去の歴史地震によって解放された地震モーメント速度は，13-20%程度であることが示された．歴史地震の解放モーメント速度が小さいことは，GNSS によって観測されている地殻変動の大半が非弾性変形であることを意味し，非弾性変形の空間分布を推定することが，測地データを用いた長期予測の高度化において，重要な課題であると言える．Nishimura and Shishikura(2025)は，Nishimura(2022)と同じ手法を全国のGNSSデータに適用し，30年間にM6以上の内陸地震が発生する確率を0.2°四方のグリッド毎に計算している（図１）．新潟−神戸ひずみ集中帯や九州内陸部，伊豆半島周辺，東北脊梁山地などでは，地震発生確率が1%を超えており，日本列島の中でも二桁程度の地震発生確率の違いがあることがわかる．

４．まとめと今後の展望

1995 年兵庫県南部地震の発生以降，内陸地震の長期予測は，地震本部による活断層の長期評価という形で，進められてきた．一方で，地震本部の長期評価の限界と内陸地震全般の長期予測における課題も明らかになってきた．地震本部政策委員会調査観測計画部会(2024)「内陸で発生する地震の新たな調査観測について」では，現状の内陸地震長期評価の課題がまとめられており，　①地震観測網により得られた地震活動データ，②　歴史・考古資料の調査に基づく地震活動履歴等の情報，③活断層調査で得られる地震の発生履歴等の情報，④測地観測・測量データ（GNSS，InSAR等）などの情報を活用して地震の長期評価手法を高度化する必要性が説かれている．複数データを組み合わせることで地震の長期予測の性能が向上することが海外では示されており（例えば，　Strader et al., 2018），国内でも活断層・地震・測地データを総合的に評価することにより，内陸地震の長期予測手法を高度化することが期待されている．近年では，災害軽減のための地震火山観測研究計画や地震本部の委託研究の中でこれらの

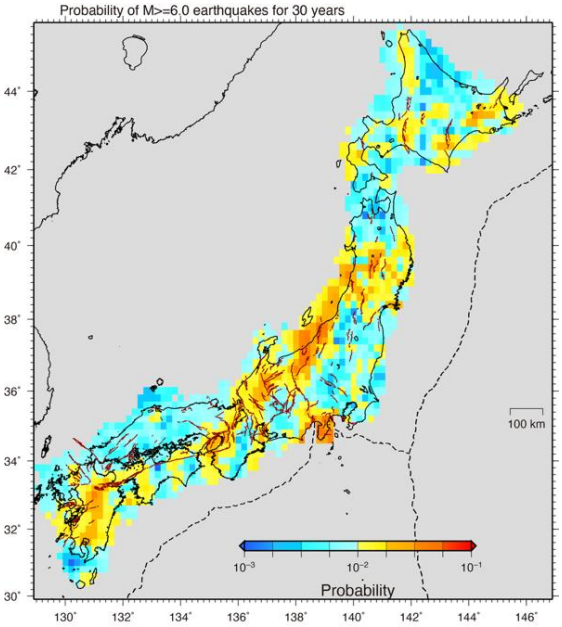


図１　GNSS データから計算した M6 以上の内陸地震の 30 年間発生確率（Nishimura and Shishikura, 2025）．

手法の研究が実施されており，今後の進展が待たれるところである．

参考文献

Bird, P., C. Kreemer, and W. E. Holt, 2010, A Long-term Forecast of Shallow Seismicity Based on the Global Strain Rate Map, Seismological Research Letters, 81(2), 184-194.

Gerstenberger, M. C., R. Van Dissen, C. Rollins, C. DiCaprio, K. K. Thingbaijim, S. Bora, C. Chamberlain, A. Christophersen, G. L. Coffey, and S. M. Ellis, 2024, The seismicity rate model for the 2022 Aotearoa New Zealand national seismic hazard model, Bull. Seismol. Soc. Am., 114(1), 182-216.

Nishimura, T., 2022, Time-independent forecast model for large crustal earthquakes in southwest Japan using GNSS data, Earth, Planets Space, 74(1), doi:10.1186/s40623-022-01622-5.

Nishimura, T., and M. Shishikura, 2025, Chief research achievements of the earthquake long-term forecast panel during 2019-2023, J. Dis. Res., 20, 125-132.

Okazaki, T., Y. Fukahata, and T. Nishimura, 2021, Consistent estimation of strain-rate fields from GNSS velocity data using basis function expansion with ABIC, Earth, Planets Space, 73(1), doi:10.1186/s40623-021-01474-5.

Petersen, M. D., A. M. Shumway, P. M. Powers, E. H. Field, M. P. Moschetti, K. S. Jaiswal, et al. 2023, The 2023 US 50-State National Seismic Hazard Model: Overview and implications, Earthquake Spectra, 40(1), 5-88, doi:10.1177/87552930231215428.

Strader, A., M. Werner, J. Bayona, P. Maechling, F.

Silva, M. Liukis, and D. Schorlemmer, 2018, Prospective Evaluation of Global Earthquake Forecast Models: 2 Yrs of Observations Provide Preliminary Support for Merging Smoothed Seismicity with Geodetic Strain Rates, Seismol. Res. Lett., 89(4), 1262-1271, doi:10.1785/0220180051.
Triyoso, W., and K. Shimazaki, 2012, Testing various seismic potential models for hazard estimation against a historical earthquake catalog in Japan, Earth Planets Space, 64(8), 673-681, doi:10.5047/eps.2011.02.003.
地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会, 2024, 内陸で発生する地震の新たな調査観測について, https://www.jishin.go.jp/main/suihon/honbu24b/nairiku20240809.pdf

満点(万点)計画―内陸地震の発生予測を目指して―

阿武山地震防災サイエンスミュージアム・京都大学防災研究所・東北大学理学研究科
飯尾能久

兵庫県南部地震の発生前には不明だった内陸地震の発生過程を説明するために提案された Weak zone model の概要と課題，課題解決のために開始された満点計画の概要と得られた成果をまとめた．断層の深部に関しては，有馬高槻断層帯の深部延長を地震学的な手法でとらえることが出来た．断層の両端に関しては，鳥取県中部地震の断層両端において，地震前に差応力が小さかったことを見出した．

１．はじめに

本稿では，兵庫県南部地震後の約 30 年の期間の後半における、内陸地震の発生過程についてのモデルの深化とそれに寄与した満点計画について簡単に紹介する．

１－１．内陸地震の発生過程の第一世代のモデル

兵庫県南部地震が起こったとき，内陸地震がなぜ，いつ，どこで起こるのかという本質的なことについては，ほとんど不明であることがよく分かった．例えば，断層に加わる応力が断層の強度に「達する」と断層がすべるとよく言われるが，内陸の断層に加わる応力がなぜ増加するのかはよく分かっていなかった．以前は，海溝型の巨大地震の発生過程のモデルを流用して，沈み込む海洋プレートの「押し」により内陸でひずみが増加するために内陸地震が発生するとよく言われていた．しかし，この単純なモデルでは，海溝型の巨大地震の発生によりひずみがリセットされるため，より長期間にわたって，内陸の断層に加わる応力を増加させることは出来ない．

そこで，既存の知見を総合することにより，新しい考え方が提唱された．それは，内陸地震の断層直下の下部地殻に，周囲より「やわらかい」領域が存在し，そのゆっくりした変形(非弾性変形)により，直上の断層の応力が増加するというものである．この考えに基づいた、単純ではあるが定量的なモデル(Weak zone model)により，海溝型の巨大地震の発生下でも長期間にわたって内陸の断層に加わる応力が増加し，内陸地震が繰り返し発生することが示された(例えば，Iio et al., 2004)．「やわらかい」領域の変形による隣接領域での応力増加という概念的なモデルが定量的なモデルとなったわけである．その背景、鍵となる知見や観測事実を含めて，この間の経緯は，飯尾(2010)に簡潔にまとめられている．

１－２．第一世代のモデルの課題

飯尾(2010)では，解明すべき課題も述べられている．一つ目は，下部地殻の Weak zone の実体である．それが断層の深部延長に局所化されているのか(localized)，断層直下の幅の広い領域に広がっているのか(distributed)という問題である．かつて下部地殻内にあった断層(延性せん断帯)を調べている地質学者は，その幅が数 km 以下であることを明らかにしているが(例えば，Wernicke, 1981)，地球物理学的な手法による地殻深部の空間分解能は低く，その実体はまだ十分には捉えられていない．二つ目は，不均質構造の 3 次元的な把握である．上記のモデルは断層の深部延長に着目した 2 次元モデルであり，断層の走向方向の違いは考慮されていない．2004 年新潟県中越地震の余震の深さ分布の下限がお椀型をしていること(Iio et al., 2009)から，断層の走向方向における Weak zone の「やわらかさ」の空間変化の可能性が指摘された．また，下限がお椀型となるより直接的な説明として，断層の両端において，上部地殻の深部に地震が起こらない非弾性変形する領域があった可能性も考えられる．

お椀型の分布は，その頃に発生した他の内陸地震でも系統的に見られたことから，断層の両端部の特性が注目された．図 1 のように，断層の直下だけでなく，断層の端付近にも「やわらかい」領域があり，その変形による応力集中が発生する可能性が考えられる．

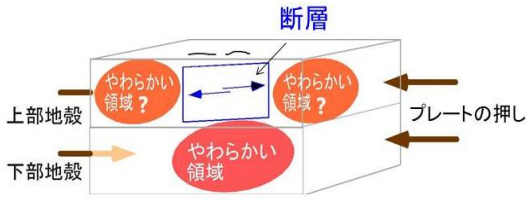


図１　断層周辺の「やわらかい」領域

１－３．課題の解決のために必要なこと

Weak zone model は 2 次元モデルであり，3 次元へ拡張する必要がある．これにより，内陸地震の発生過程全体をモデル化することが可能となる．3 次元なので，内陸地震の断層の走向方向の特徴，特に断層の端の実体について明らかにすることが必要である．内陸地震の断層はマグニチュード 7 クラスでも 30km 程度と小さく，その詳細を調べるとなると，より空間スケールの小さな現象が対象となる．したがって，上記の目的を達成するためには，観測点間隔を狭めた稠密観測による大量のデータが必要不可欠となる．

それまで行われていた内陸大地震の合同余震観測においては、稠密な観測網が設置されたとしても，観測期間は 1 か月半程度が多かった．断層の周り，特にその深部を高い空間分解能でとらえるには，余震だけではなく遠地で起こる地震も記録する必要があり，長期間の稠密観測が重要となる．そして，数 km おきに観測点を配置しようとすると，商用電源の無い場所にも設置することが必要な場合が出てくる．ところが，2000 年代半ばには，商用電源なしで数か月以上の長期間にわたって無理なくデータを記録できる稠密観測用の装置はほとんどなく，年単位の長期間にわたる稠密多点の地震観測は，全くと言ってよいほど行われていなかった．そのため，以下のように，装置開発から開始した．

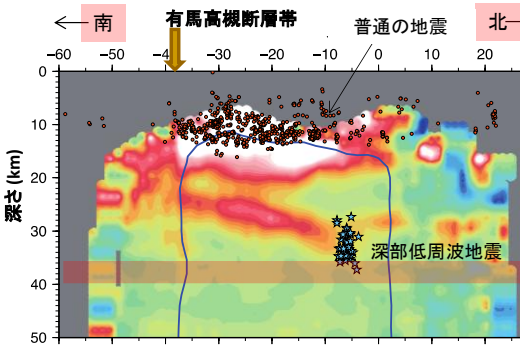


図２　有馬高槻断層帯に直交する南北断面に投影した S 波の反射強度(赤が強い)(Aoki et al.(2016)に加筆)．黒実線が有意な範囲。茶色の太線はレシーバー関数解析により推定されたモホ面．

２．満点システムの開発と観測網の展開

商用電源なしで半年以上連続してデータを収録できる記録装置の開発を，京大防災研や九大理学研究院など大学関係者と近計システム(株)など中小企業のグループが中心となって行い，単一乾電池 24~32 本で半年以上，1 秒間に 250 点の 3 成分波形を連続で記録することが可能となった．固有周波数 2Hz の小型軽量の速度型地震計も同時に開発した．これにより，小型軽量で設置や維持管理が容易な観測システムが出来上がった(例えば，三浦・他, 2010; 飯尾, 2011; 飯尾, 2017).

2008 年から設置を開始し，長野県西部，近畿地方中北部，山陰地方の地震帯，ニュージーランド南島北部の 4 か所において，それぞれ，数十点～130 点規模の観測を 2022 年まで継続した(三浦・他, 2010, 2014; Iio et al., 2017; 飯尾・他, 2017). ニュージーランド南島北部については，東北大理学研究科を中心とするグループにより現在も継続中である．加えて，2008 年岩手宮城内陸地震，2016 年鳥取県中部地震，2017 年島根県西部地震，2018 年大阪府北部の地震などの余震観測にも活用された．鳥取県中部地震以降では，満点システムに加えて，満点の記録装置をさらに小型軽量化した 0.1 満点システム(松本・他, 2018)も用いられている．

３．得られた成果

以下では，満点計画によってこれまでに得られた成果から，断層の深部延長と両端に関するものについて紹介する．これらは，先行研究で示唆されていた構造や応力状態を，大量かつ高精度なデータに基づいて，より明瞭に捉えたものである．

３－１．断層の深部延長

有馬高槻断層帯の北側に，顕著な S 波の反射面があることが知られていた(片尾, 1993)．図２に，満点および周辺の定常点のデータを用いた解析により得られた，断層帯に直交する南北断面上の S 波反射強度分布を示す(Aoki et al., 2016)．この解析では，水平な反射面を仮定し，目視により反射波が確認された 182 個の地震波形を深さ方向に変換したうえで，各点における振幅を重ね合わせ，平滑化することで S 波反射強度分布を求めている．星印は，気象庁により深部低周波地震とされている地震である．反射強度の大きな領域は，モホ面近傍に位置する深部低周波地震の震源域から有馬高槻断層帯へ向かって，南上がりに分布している．一方，この南上がりの高反射強度域は，深部低周波地震の北側には続いていない．ただし，有馬高槻断層帯の南側における構造については，この解析からは明瞭には確認されなかった．

さらに，加藤 (2023) は，機械学習を活用して，約 14 万トレースにおよぶ大量の波形データを解析し，反射面の傾斜の影響も考慮することで，より明瞭かつ信頼性の高い S 波反射強度の空間分布を推定した．反射強度の大きな領域は，深部低周波地震の震源域から南上がりで有馬高槻断層帯へ向かって扇形に広がっていること、および，その領域は断層帯の少し北側までしか伸びていないことが確認された．また、レシーバー関数解析によりその領域の幅が 5km 以下であることも分かった。これらの結果から，S 波反射面は，有馬高槻断層帯の深部延長をとらえたものと考えられる．下部地殻内の weak zone の実体はほとんど不明だったが，これらの地球物理学的解析により，その解明が初めて大きく進展したといえる．

３－２．断層の両端

2000 年鳥取県西部地震の断層の南端付近で，地震前に差応力が小さかったことが報告されていた(Yukutake et al., 2007)．そこで，2016 年鳥取県中部地震では，京大防災研・九大・東大地震研により，両端部に着目した余震観測網が展開された．その結果，断層の両端付近ではそれ以外の領域に比べて，地震前に差応力が小さかったことが見いだされた(Iio et al., 2021, 2022)．図 3 に，臨時点と周辺の定常点を用いて得られた解析結果を示す．余震は断層付近に幅広く分布していること

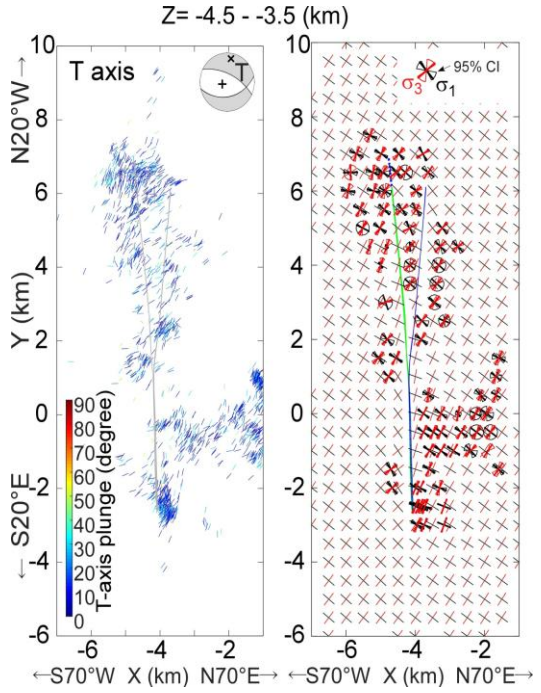


図３　鳥取県中部地震の余震のメカニズム解の T 軸(左)と応力逆解析で推定された最大圧縮応力(σ 1)と最小圧縮応力(σ 3)の方位分布(Iio et al. (2022)の図を修正). 深さ 4km の平面に投影. 枝分かれした線は T 軸の方位の急変から推定された断層面.

がよく分かる. 水平方向の震源決定精度は数十 m 程度であり, 他の内陸地震でも系統的に見られているように, この分布は誤差により拡がっているのではない. T 軸の方位分布をよく見ると, 断層付近を境に急変していることが分かる. 実は, この方位の急変を活用して, 図 3 に示された断層の位置が推定されている. これは, 断層面の 3 次元的な形状が, 観測データに基づいて初めて精度よく推定されたものである. 断層端の位置も複数の手法を併用して精度よく推定されている.

図３右に応力場の空間分布を示した. 推定された断層面を境に応力場が空間変化していることがよく分かる. 背景に示されているのが, 地震による応力変化と地震前の差応力から計算された応力場である. 差応力は摩擦係数 0.2 相当で均一を仮定している. 断層端以外では, 計算結果は観測データをよく説明しているが, 詳細に検討すると, 断層端付近においては, 差応力を小さく仮定する必要があることがわかった. つまり, 図４に模式的に示されているように, 断層端付近においては, それ以外の領域に比べて, 地震前に差応力が小さかったと考えられる.

断層端付近では, 地震前に応力緩和が発生して, 差応力が低下していたことが示唆される. その場合, 断層端以外では逆に, 応力集中が発生することが予想される. 図５は, Abaqus を用いた有限

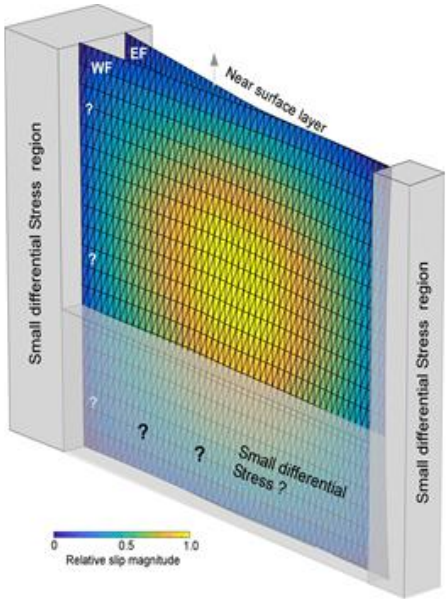


図４　鳥取県中部地震の推定断層面と断層端に推定された低差応力の領域(Iio et al., 2022).

要素法により計算した応力場である. 一定の応力の下で, 断層端付近における応力緩和により, 断層上で差応力が増加していることがよく分かる. 図では, 断層端とモデルの端の間でも差応力が増加しているが, これは, モデルの端の影響があると推定される.

断層端における応力緩和は, 断層への応力集中を起こすとともに, 地震の破壊伸展を止めること, また, 地震後の断層端での応力集中を減らして, そこで大きめの余震を起こりにくくする効果もあると推定される. これらのことは, 地震の破壊はなぜ止まるのか？, 大地震後の余震活動はどうなるのか？という問題にも関係する重要な知見である. この例以外でも, 2017 年の長野県南部の地震(M5.6)の断層の下端においても, 地震前に差応力が小さかったことが見出された(Iio et al., 2025).

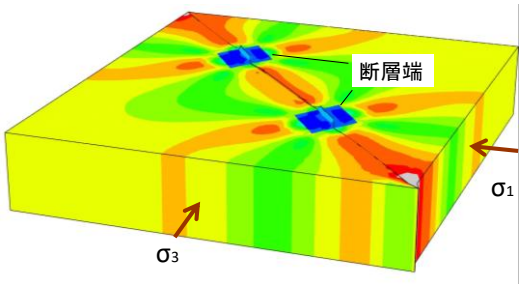


図５　断層端における応力緩和と周辺の応力場. 有限要素法(Abaqus)により計算された Von Mises 応力(赤っぽいほど差応力が大きく、青っぽいほど小さい). 鉛直な断層の両端に直方体の粘弾性領域をおいて、応力緩和させている(それ以外の領域は弾性体).

４．おわりに

本稿では、満点計画による断層の周りの「やわらかい」領域に関する成果を紹介した。これらはまだ限られた数のケーススタディーであるが, 内陸地震の発生予測のために非常に重要な知見であり, 今後さらに観測結果を積み上げていく必要がある．断層端の非弾性変形は、比較的温度の低い上部地殻内の現象であり、その有無やどういう場合にそれが起こるのかが重要な課題となる。

満点計画では, 内陸地震の断層周辺の高分解能の速度構造, 地殻や沈み込む海洋プレートの構造など, 内陸地震の発生場に関する知見も得られ始めている(例えば，Suemoto et al., 2020)．また，応力場や断層強度の不均質性や断層強度の絶対値など(例えば，Iio et al., 2017)，より基礎的な知見も得られている．今後、得られたデータの解析がさらに進み、内陸地震の発生過程の解明や発生予測に資する成果が得られることが期待される．

参考文献

Aoki, S., Y. Iio, H. Katao, T. Miura, I. Yoneda, M. Sawada, 2016, Three-dimensional Distribution of S-wave Reflectors in the Northern Kinki District, Southwest Japan, Earth Planets Space, **68**, 107, DOI 10.1186/s40623-016-0468-3.

Iio, Y., T. Sagiya, Y. Kobayashi, 2004, What controls the occurrence of shallow intraplate earthquakes? EPS, **56**,1077-1086.

Iio, Y., Shibutani, T., Matsumoto, S., Katao, H., Matsushima, T., Ohmi, S., Takeuchi, F., Uehira, K., Nishigami, K., Miyazawa, M., Enescu, B., Hirose, I., Kano, Y., Kohno, Y., Tatsumi, K., Ueno, T., Wada, H., and Y. Yukutake, 2009, Precise aftershock distribution of the 2004 Mid-Niigata prefecture earthquake—Implication for a very weak region in the lower crust, Phys. Earth Planet. Inter., **172**, 345-352.

飯尾能久, 2010, 内陸地震の発生過程の解明, 自然災害科学, **28-4**, 284-298.

飯尾能久, 2011, 次世代型地震観測システムの開発と運用 ： 満点(万点)を目指して,京都大学防災研究所年報, **54(A)**, 17-24.

飯尾能久, 2017, 地震観測システムの小型化・軽量化・低コスト化、日本地震工学会誌, 32, 8-12, .

飯尾能久・米田　格・澤田麻沙代・伊藤喜宏・片尾 浩・冨坂和秀・長岡愛理・松本　聡・宮崎真大・酒井慎一・加藤愛太郎・林　能成・山品匡史・大久保慎人・野口竜也・香川敬生, 鳥取県西部地域における満点地震観測、防災研究所年報、**60 B**, 382-389.

Iio, Y., Yoneda, I., Sawada, M., Miura, T., Katao, H., Takada, Y., Horiuchi, S., 2017, Which is heterogeneous, stress or strength? An estimation from high-density seismic observations. Earth, Planets and Space, **69(1)**, 144. https://doi.org/10.1186/s40623-017-0730-3

Iio, Y., S. Matsumoto, Y. Yamashita, S. Sakai, K. Tomisaka, M. Sawada, T. Iidaka, T. Iwasaki, M. Kamizono, H. Katao, A. Kato, E. Kurashimo, Y. Teguri, H. Tsuda, T. Ueno, 2021, Stress relaxation arrested the mainshock rupture of the 2016 Central Tottori earthquake. Commun Earth Environ, **2**, 156. https://doi.org/10.1038/s43247-021-00231-6

Iio, Y., S. Matsumoto, Y. Yamashita, S. Sakai, K. Tomisaka, M. Sawada, T. Iidaka, T. Iwasaki, M. Kamizono, H. Katao, A. Kato, E. Kurashimo, Y. Teguri, H. Tsuda, T. Ueno, 2022, Spatial change in differential stress magnitudes around the source fault before intraplate earthquakes, Geophy. J. Int., **233**, 1279–1295, https://doi.org/10.1093/gji/ggac521.

Iio, Y., Katoh, S., Tomisaka, K., Sawada, M., Noda, S., 2025, Stress field near the fault edges of a medium-sized earthquake-Possibility of stress relaxation occurring before the earthquake, Tectonophysics, **910**, https://doi.org/10.1016/j.tecto.2025.230825.

片尾 浩, 1993, 近畿地方の微小地震活動域直下に存在する顕著な地殻内反射面, 地震予知連絡会会報, **50**,512-515.

加藤慎也, 2023, 地震波自動処理への深層学習の適用とそれによる有馬高槻断層帯深部の地震波反射体の研究, 京都大学博士論文.

松本　聡・飯尾能久・酒井慎一・加藤愛太郎, 2018, 0.1 満点地震観測による地殻構造の可視化に向けて, 可視化情報, **38,** 149, 7-10.

三浦 勉・飯尾能久・片尾 浩・中尾節郎・米田格・藤田安良・近藤和男・西村和浩・澤田麻沙代・多田光弘・平野憲雄・山崎友也・冨阪和秀・辰己賢一・加茂正人・澁谷拓郎・大見士朗・加納靖之, 2010, 近畿地方中北部における臨時地震観測, 京都大学防災研究所年報, **53B,** 203-212.

三浦勉・飯尾能久・Sibson, R. H.・岡田知己・松本 聡・ Pettinga・ J.・ Bannister・ S.・ 平原・ 聡・中山貴史・中元真美・山田真澄・大見士朗・米田格・濱田勇輝・高田陽一郎・深畑幸俊・小菅正裕・Townend, J.・Reyners, M.・Ghisetti, F., 2014, ニュージーランド南島北部における地震観測．京都大学防災研究所年報, **57,** 94-101.

Suemoto, Y., Ikeda, T., Tsuji, T., Iio, Y., 2020, Identification of a nascent tectonic boundary in the San-in area, southwest Japan, using a 3D S-wave velocity structure obtained by ambient noise surface wave tomography, Earth Planets Space, **72,** 15. https://doi.org/10.1186/s40623-020-1139-y

Wernicke,B., 1981, Low-angle normalfaults in the Basin and Range province:nappe tectonics in an extending orogen.Nature, **291**, 645-648.

Yukutake, Y., Y. Iio, H. Katao, and T. Shibutani , 2007, Estimation of the stress field in the region of the 2000 Western Tottori Earthquake: Using numerous aftershock focal mechanisms, J. Geophys. Res., **112**, B09306, doi:10.1029/2005JB004250.

3 次元断層形状の動的破壊過程に与える効果と コミュニティ断層モデル整備の重要性

東京大学　理学系研究科　　安藤亮輔

最近の物理シミュレーションと大地震の観測データを用いた系統的な研究の進展により，断層形状の非平面性が，地震の動的破壊過程を強く支配していることが確認されるようになってきた．このことは，1995 年兵庫県南部地震を契機に進んだ全国の活断層の理解と情報整備を，地表での 2 次元のものから，地下での断層の 3 次元的非平面性を考慮したものに深化させることの重要性を示している．

1．はじめに

1995 年兵庫県南部地震（M7.3）を契機として，日本国内では活断層の位置や形状，その活動性について，地形学・地質学的手法による網羅的な調査研究が推進された（*岡田*, 2008; *松田*, 2008）．このような調査研究によって，大地震を起こすポテンシャルを持った活断層の地表での幾何形状が 2 次元的に地図としてまとめられ（例えば，*活断層研究会*, 1991; *宮内 他*, 2026; *今泉 他*, 2018），地震発生履歴と統計，経験則に基づいて活断層の長期評価が実施されてきた．

その一方，最近のおよそ 10 年間で，実際に発生した大地震を対象にして，地下の断層の 3 次元非平面形状を考慮した動的破壊シミュレーションの研究事例が急速に蓄積されてきた（例えば，*Ando et al.*, 2017; *Ando and Kaneko*, 2018; *Ando et al.*, 2024; *Aochi and Fukuyama*, 2002; *Jia et al.*, 2023; *Lozos and Harris*, 2020; *Oglesby et al.*, 2004; *Taufiqurrahman et al.*, 2023; *Ulrich et al.*, 2019; *Urata et al.*, 2017）．これには，世界的な大型計算機の整備とともに境界積分方程式法や不連続ガラーキン法などを用いた非平面断層形状を比較的容易かつ高精度，高効率に扱えるソフトウェアが普及してきたことが大きい．また，観測の面では，合成開口レーダ（SAR）などで取得された高空間分

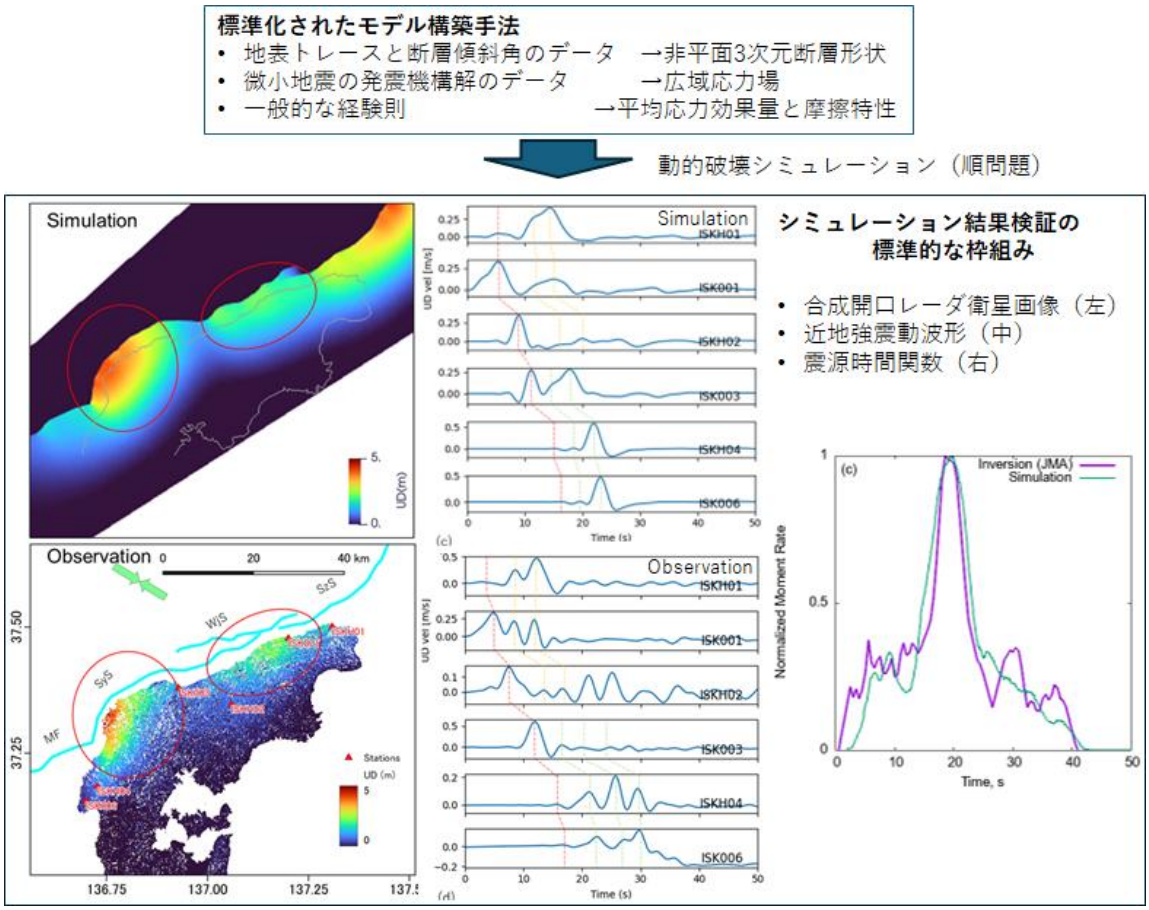


図 1．観測データを用いた物理モデル構築とシミュレーション結果検証の標準化された枠組み．2024 年能登半島地震の事例を示す．　Ando et al. (2025)を改変．

解能を持つ観測データが，地震発生後に迅速に提供される体制が各国で整い，事前の地形・地質学的調査によって記載された活断層地表トレースとの整合・不整合の度合いが多くの事例で定量的に評価できるようになってきたことが重要である．さらに，広範な地域で広域応力場が推定されるようになったことで，単なる地表での幾何形体に基づいた解釈や経験則化ではなく，物理学，破壊力学に基づいた理解が得られるようになってきた．

本稿では，まず動的破壊過程での非平面 3 次元断層形状の効果を明らかにした最近の物理シミュレーション研究について，要点を整理する．さらに各国で進められている 3 次元断層形状モデル構築を概観して，その重要性について述べる．

２．動的破壊過程に与える 3 次元非平面断層形状の動力学的効果の理解

実際に発生した大地震を対象とした動的破壊シミュレーションとは，当該の地震発生前の観測データで拘束される広域応力場と断層形状の初期・境界条件を考慮して，順問題として破壊過程や地表の地震時変形を求めるものである．最近では，モデル化と検証の手順に，一定の標準化がなされるようになってきた（図 1）．広域応力場は，その地域での微小地震の発震機構解を逆解析して求め，断層形状は地表トレースと地下構造探査，地震活動などの結果を総合して仮定される．例えば，2024 年能登半島地震の事例研究（*Ando et al.*, 2025）では，応力場は *Uchide et al.*（2022）の日本全国の応力場推定結果を用い，3 次元断層形状を与えるために事前に図示された活断層地表トレース（*岡村*, 2019）と断層傾斜角（*国土交通省*, 2014;*佐藤 他*, 2021）が参照された（図 1）．これら事前情報の整備の重要性を端的に示す例であろう．

近年の稠密，高解像度観測の発展により，順問題であるシミュレーションの結果を地震時観測データとの比較によって検証する精度が格段に向上した．図 1 に示すように，SAR と近地強震動（例えば，防災科学技術研究所，2019）の観測，さらに断層滑り逆解析の結果を用いた検証の枠組みが適用できるようになってきた．断層形状の非平面性を捉えるには，従来の地表踏査に加えSAR による数 10m 以下にもなる高空間分解能が不可欠である．シミュレーションと観測の一体的な発展が，従来の経験則に物理的理解を与え，地震発生物理学の急速な進展をもたらしたと言える．

非平面断層形状が動的破壊過程に与える顕著な効果は，まずは断層面上の応力分布に非一様性を与える（図 2 上）ことであり，さらに地震時滑

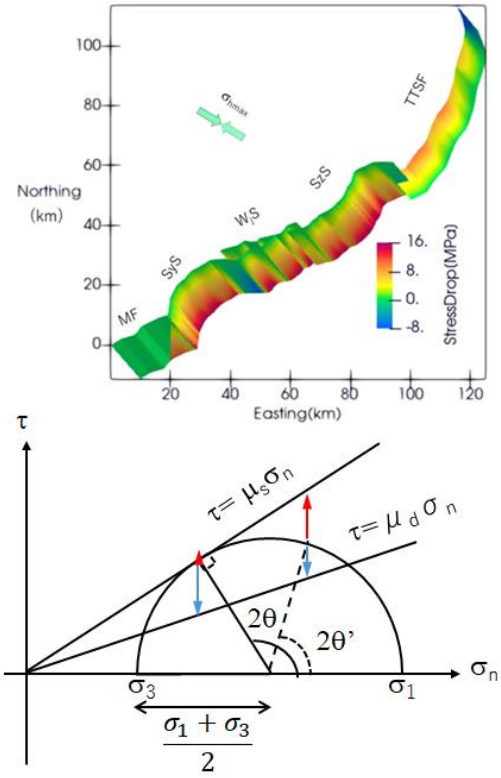


図 2．非平面断層形状と広域応力場．（上）一様な広域応力場のもとでの断層面上の応力降下量分布；局所的な断層走向変化により非一様分布となる．両矢印は最大水平圧縮応力方位．2024 年能登半島地震の例．Ando et al. (2025)を改変．（下）2 次元モール・クーロン図による主応力軸と断層面のなす角とせん断応力τと法線応力σ_nの関係．下向き青矢印と上向き赤矢印は，それぞれ応力降下量と強度超過量．なす角θとθ'では，前者の応力降下量が大きく強度超過量が小さいため，破壊しやすく滑りやすい．

りによる静的・動的応力変化にも影響する．それらが断層に非平面性としての個性を与える．広域応力場と断層面の方位と破壊過程を関連づけるメカニズムは，図 2（下）に示したモール・クーロン図を参照すれば，容易に理解できる．断層面上の応力降下は破壊伝播を駆動し，摩擦強度とせん断応力の差（強度超過）は破壊を抑制する．

このような多数の事例研究によって，地震規模や断層連動性，さらに断層滑り量や破壊伝播速度の時空間分布などの動的破壊過程の特徴量は，第一には断層形状によって支配されていることが確認されつつある．摩擦パラメタや初期応力分布を逆問題的に詳細チューニングせずとも，実データと直接的に比較可能なほどの再現性が実現された実例が注目される．今後は，モデルパラメタへの感度や観測的パラメタ拘束も含めた不確実性について，系統的な検証の実施が重要である．

３．コミュニティ断層モデルの整備

このような最近の進展は，従来の平面断層形状と不均質な応力･摩擦特性からなる理解の体系の限界を乗り越える，大きな可能性を与えるものである．すなわち，断層面上の応力や摩擦を観測的に拘束することは現状で非常に難しいのに対して，断層形状の推定は容易ではないものの見込みがある．特に，プレート内の大断層は走向方向に長いので，走向方向の幾何学的特徴を代表する断層地表トレースのデータは実に重要である．

3 次元非平面断層形状モデルを構築する組織的な取り組みは，Southern California Earthquake Center (SCEC)によるコミュニティ断層モデル（Community Fault Model: CFM）として南カリフォルニア地域を対象に開始された（*Plesch et al.*, 2007）．CFM の重要な特徴は，完璧なモデルを構築することを目的とするのではなく，ハザード予測を含む様々な応用に必要なモデルの構築を目的としていることである．また，コミュニティの協力によって新たな知見を反映させるモデル更新を前提としている．SCEC の Statewide California Earthquake Center への改組を経て，2026 年 3 月現在では北中部を含むカリフォルニア州全体のモデルを含む Version 7.0 へと発展している（https://zenodo.org/records/13685611）．

CFM の断層形状モデルとしての特徴は，地表トレースから地下の断層面まで 3 次元的に整合的に表現されていることである．構築過程の特徴は，SCEC に参画する研究者コミュニティでのオープンな検討に基づくことであり，新たな知見を踏まえて活発に更新される．また，データの不足により単一の断層モデルへの集約が難しい場合は，両論併記され，Ver. 7.0 では Preferred model として 556 断層，Alternative model として 39 断層が収録されている．米国における同様な 3 次元断層形状モデルは，SCEC CFM を直接的，間接的に参照し，より均一的でより単純化（断層傾斜角を深さ方向に不変とするなど）された USGS National Seismic Hazard Model（NSHM）（*Petersen et al.*, 2024）や UCERF3（*Field et al.*, 2014）などがあり，確率的地震ハザード予測（Probabilistic Seismic Hazard Analysis；PSHA）にも使用されている．

ニュージーランド（NZ）の CFM は，NSHM（*Gerstenberger et al.*, 2024）に用いる目的で構築され，Ver. 1.0 が最近公開された（*Seebeck et al.*, 2024）．さらに，CFM の応用事例として地震サイクルシミュレーションを用いた地震発生長期予測などの野心的なもの（*Howell et al.*, 2023; *Shaw et al.*, 2022）があり，古地震に関する観測データに質と量ともに制約がある下で計算結果の妥当性を検証する方法論が次なる課題となっている．日本においても，全国規模での 3 次元断層形状のモデル化は進んできた．その中でも J-SHIS（*防災科学技術研究所*, 2019）のモデルは，強震動励起シナリオ構築のため，地震本部の認定した主要活断層帯を網羅したものであるが，各断層を地表トレースの端点を機械的に結んだ数 10km 以上の長さの矩形で近似するようなものであった．そのため，活断層の地表トレースや断層周辺の地形・地質構造との整合性，地下の断層形状表現に大きな課題がある．

このような状況に対応すべく，日本国内においても諸外国の CFM の考え方や構築基準に則ったモデル構築が進行している（詳細は，*安藤*, 2025）．ここでは，NZ CFM で開発された CAD 技術を用いた断層形状作成手法を採用することで，従来困難な作業であった地表トレースと整合する非平面な断層形状モデルの作成を，大幅に効率化することができた．本稿の執筆時点で全ての主要活断層帯を網羅する 3 次元断層形状モデルの試作版が概ね完成した（図 3）．今後，研究コミュニティの公開の場において断層モデルを評価検討し，必要な修正を行った上で，一般への公開が予定されている．

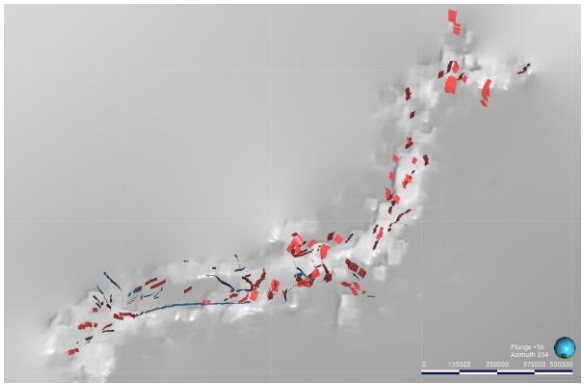


図 3．日本版コミュニティ断層モデル(試作版)の 3 次元表示．赤系と青系色の面は断層，背景のグレースケールは地震発生層下限を表す．

４．結論

最近の稠密･高空間分解能な観測と物理シミュレーションの発展により，非平面断層形状が動的破壊過程に与える重要性が，定量的に示されるようになってきた．地震発生や地震ハザードの予測において従来の経験的手法を高度化するには，顕著な力学的支配因子である断層形状の 3 次元モデルを広範に整備することが重要である．

謝辞　日本版 CFM の構築にあたっては，筆者と吾妻崇氏が共同でワーキンググループを主導した．作業実務は青山都和子，前原誠也，綿貫元起，赤井東，高橋宗重，江守真由子の学生諸君が担当し，文部科学省による「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第 2 次，第 3 次）」の支援を受けた．形状モデル作成には Andrew

Howell 氏が開発した CFMtoolbox を使用し，3 次元断層モデルのメッシュは Timothy McLennan 氏の協力により CAD ソフト Leapfrog（Bentley Software© Bentley Systems, Incorporated）を用いて作成した.

参考文献

安藤 亮輔 (2025), コミュニティ断層モデルの構築と公開 : 3 次元非平面断層モデルのもたらす地震研究の新展開, 月刊地球, 47(4), 195-202.

Ando R., Fukushima Y., Yoshida K., Imanishi K. (2025), Nonplanar 3D fault geometry controls the spatiotemporal distributions of slip and uplift: evidence from the Mw 7.5 2024 Noto Peninsula, Japan, Earthquake, Earth Planets Space, 77(1).

Ando R., Imanishi K., Panayotopoulos Y., Kobayashi T. (2017), Dynamic rupture propagation on geometrically complex fault with along-strike variation of fault maturity: insights from the 2014 Northern Nagano earthquake, Earth Planets Space, 69.

Ando R., Kaneko Y. (2018), Dynamic Rupture Simulation Reproduces Spontaneous Multifault Rupture and Arrest During the 2016 M-w 7.9 Kaikoura Earthquake, Geophys. Res. Lett., 45(23), 12875-12883.

Ando R., Pinar A., Kalafat D., Ozener D., Yalcinkaya E., Yamamoto Y. (2024), Tectonic and Dynamic Controls in the 2023 Kahramanmaras and Ekinozu, Türkiye, Earthquake Sequence Illuminated by Physics-based Simulations, ESS Open Archive.

Aochi H., Fukuyama E. (2002), Three-dimensional nonplanar simulation of the 1992 Landers earthquake, J. Geophys. Res., 107(B2).

防災科学技術研究所 (2019): J-SHIS Japan Seismic Hazard Information Station, https://www.j-shis.bosai.go.jp.

防災科学技術研究所 (2019) 防災科研 K-NET, KiK-net, 防災科学技術研究所. https://www.doi.org/10.17598/NIED.0004.

Field E. H., et al. (2014), Uniform California Earthquake Rupture Forecast, Version 3 (UCERF3) - The Time-Independent Model, Bull. Seismol. Soc. Amer., 104(3), 1122-1180.

Gerstenberger M. C., et al. (2024), The 2022 Aotearoa New Zealand National Seismic Hazard Model: Process, Overview, and Results, Bull. Seismol. Soc. Amer., 114(1), 7-36.

Howell Andy, et al. (2023), Comparison of Ground‐Shaking Hazard for Segmented versus Multifault Earthquake‐Rupture Models in Aotearoa New Zealand, Seism. Res. Lett., 95(1), 186-200.

今泉 俊文, 宮内 崇裕, 堤 浩之, 中田 高 (2018): 活断層詳細デジタルマップ [新編], edited, p. 154p, 東京大学出版会.

Jia Z., et al. (2023), The complex dynamics of the 2023 Kahramanmara, Turkey, 7.8-7.7 earthquake doublet, Science, 381(6661), 985-990.

国土交通省 (2014): 日本海における大規模地震に関する調査検討会, 海底断層ワーキンググループ報告.

Lozos J. C., Harris R. A. (2020), Dynamic Rupture Simulations of the 6.4 and 7.1 July 2019 Ridgecrest, California, Earthquakes, Geophys. Res. Lett., 47(7).

松田 時彦 (2008), 活断層研究の歴史と課題, 活断層研究, 2008(28), 15-22.

宮内 崇裕, 堤 浩之, 石山 達也, 楮原 京子, 金田 平太郎, 後藤 秀昭, 田力 正好, 廣内 大助, 松多 信尚 (2026), 日本の活断層総覧, 東京大学出版会.

Oglesby D. D., Dreger D. S., Harris R. A., Ratchkovski N., Hansen R. (2004), Inverse kinematic and forward dynamic models of the 2002 Denali fault earthquake, Alaska, Bull. Seismol. Soc. Amer., 94(6), S214-S233.

岡村 行信 (2019), 日本海における活断層の分布と今後の課題, 地震 第 2 輯, 71, 185-199.

岡田 篤正 (2008), 日本における活断層調査研究の現状と展望, 活断層研究, 2008(28), 7-13.

活断層研究会 (1991), 新編日本の活断層.

Petersen Mark D., et al. (2024), The 2023 US 50-State National Seismic Hazard Model: Overview and implications, Earthq Spectra, 40(1), 5-88.

Plesch A., et al. (2007), Community fault model (CFM) for southern California, Bull. Seismol. Soc. Amer., 97(6), 1793-1802.

佐藤 比呂志, 石山 達也, 橋間 昭徳, 加藤 直子, 野 徹, 石川正弘, 松原 誠, 越谷, 信, 豊島 剛志, 小林 健太, 小菅 正裕 (2021), 断層モデルの構築,令和 2 年「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書, pp. 275-303.

Seebeck H., et al. (2024), The New Zealand Community Fault Model - version 1.0: an improved geological foundation for seismic hazard modelling, New Zeal J Geol Geop, 67(2), 209-229.

Shaw B. E., Fry B., Nicol A., Howell A., Gerstenberger M. (2022), An Earthquake Simulator for New Zealand, Bull. Seismol. Soc. Amer., 112(2), 763-778.

Taufiqurrahman Taufiq, Gabriel Alice-Agnes, Li Duo, Ulrich Thomas, Li Bo, Carena Sara, Verdecchia Alessandro, Gallovič František (2023), Dynamics, interactions and delays of the 2019 Ridgecrest rupture sequence, Nature, 618(7964), 308-315.

Uchide T., Shiina T., Imanishi K. (2022), Stress Map of Japan: Detailed Nationwide Crustal Stress Field Inferred From Focal Mechanism Solutions of Numerous Microearthquakes, J. Geophys. Res., 127(6).

Ulrich T., Gabriel A. A., Ampuero J. P., Xu W. B. (2019), Dynamic viability of the 2016 Mw 7.8 Kaikoura earthquake cascade on weak crustal faults, Nat Commun, 10.

Urata Y., Yoshida K., Fukuyama E., Kubo H. (2017), 3-D dynamic rupture simulations of the 2016 Kumamoto, Japan, earthquake, Earth Planets Space, 69.

阪神・淡路大震災から学んだ地震防災研究のあり方

愛知工業大学地域防災センター　　入倉孝次郎

1995 年兵庫県南部地震は, 阪神地域に直接死者・行方不明者約 5,500 名など 1923 年関東地震以降初となる,大震災を生じた。この地震を契機として, 地震防災を進めるためには, 地震学, 地質・地形学, 建築・土木工学, 都市工学などの科学技術的側面だけでなく, 人文科学・社会科学的側面の両面からの行動計画の必要性が提起された. ここでは阪神・淡路大震災から 30 年の時点で地震防災研究の総括のため, 地震学の 1 分野である強震動地震学を通して, 他分野との連携など地震防災研究の問題点および今後の研究のあり方について議論する.

１．はじめに

1995 年兵庫県南部地震（Mw 6.9, Mj 7.3）は, 1923 年関東地震 (Mj 7.9) 以降, 地震に関しては比較的穏やかだった日本に, 住家全壊約 10 万 5 千棟, 直接死・行方不明約 5 千 5 百人などの大被害をもたらした（防災白書, 2023）. このような被害地震は, 阪神地域では「寝耳に水」のような形で起こったものではないことは, 地震直後に明らかになった. 神戸市は, 1972 年神戸地域における地震対策のための調査を地質学や地震学の研究者に委託して, 1974 年にその調査報告「神戸と地震」をまとめた. 報告には, 神戸市周辺地域は活断層が複雑に走っており, 将来これらの断層で大地震が起こるとして地震対策を考えなければならない, と記されていた。「神戸と地震」は「活断層」という言葉が初めて記された行政の報告書と言われている（尾池和夫談, 神戸新聞, 2026. 03. 20）.

この報告が出された直後の 1974 年 5 月に地元紙の神戸新聞で「神戸にも直下地震の恐れ」という報道がなされたが, その後,兵庫県南部地震が起こる 1995 年までの 21 年間一部の専門家以外には地元でも大きな話題にはならなかった,という. 「なぜ貴重な報告が災害軽減に活かされなか　ったか」は, 阪神・淡路大震災を受けて, 大震災の再来を防ぐための地震防災のあり方を検討する上で重要な課題を突き付けた.

問題の１つは､活断層の存在で大地震発生の可能性を指摘しても, それによりどのような揺れが引き起こされるか, 異なる揺れに対して建築・土木構造物はどのような影響をうけるか, さらに災害発生時の避難誘導や避難場所をどうするかなどなど､災害を軽減するための取り組みの検討のため, いろいろな分野の研究者との連携協力について, 十分な検討がなされてなかった可能性が指摘される. 地震学の分野に限っても活断層の存在、地震発生、強い揺れの事前評価、さらにどうしたら災害軽減できるかなど多様な課題がある.

本報告では, 阪神・淡路大震災から学んだ地震防災研究のあり方として, 強震動地震学の構築およびその成果の社会への還元としての全国地震動予測地図（地震調査推進本部, 2020）について紹介する.

２．強震動地震学の提唱とその発展

地震現象は, 地質学・地形学・地球物理学等純理学的研究として検討されると同時に、建築学・土木工学による応用的研究など多くの分野にまたがる学際的研究で解明されてきた. なかでも未曾有の死傷者や前代未聞の経済的被害をもたらす“大震災”にかかわる研究は理工学研究だけでなく心理学、経済学など人文・社会科学も巻き込む総合科学的研究が必要とされる.

最近の 3 つの大震災, 1923 年関東大震災, 1995 年阪神・淡路大震災, および 2011 年東日本大震災は, それぞれ全く異なる特徴を示している. 関東大震災では最も大きな被害は火災による焼死, 阪神･淡路大震災では揺れによる建物の崩壊による圧死, 東日本大震災では津波による溺死であった.そのため, 関東大震災の経験からは火災による被害が強調され, 阪神・淡路大震災については強震動の被害が強調され, 東日本大震災の後は津波による被害が強調されるなど, 個別の被害が一面的に強調されすぎるため,“大震災”を防ぐには, 総合科学としての取り組みが最も重要なことが忘れられてしまうのは大きな問題である.

3 つの大震災で最も被害が大きかったのは当時の日本の GDP の 37%の経済的被害を受けた“関東大震災”である（“東日本大震災”と“阪神・淡路大震災の経済的被害はそれぞれ日本の GDP の約 3 %と約 2 %であった. 令和 5 年版防災白書:特集 1 関東大震災による被害の様相, 2023）. 1923 年関東地震（M 7.9）は, 住家被害約 29 万棟, 死者･行方不明者約 10 万 5 千人（内焼死約 9 割）など広大な災害を引き起こし, 地震学および関連科学の研究者に無力感を感じさせる出来事の 1 つであった. この大震災を目の当たりにして, このような災害の再来を防ぐために, 地震学の総合的な発展が必要と考え, 東京大学に地震研究所を設立した末広恭二博士は地震防災研究の先駆者であった. 彼は Engineering Seismology を提唱し, 地震による被害を防ぐには, その元であ

る揺れを正しく計測することが不可欠と考えた.

関東地震の起こった 1920 年代には, 震源から遠くの観測点で揺れを記録できる地震計はすでに開発され, 数は少ないが東京大学や地方気象台など全国に設置されていた. しかしながら, 震源に近い東京大学では揺れは飽和して記録が取れなかった. 末広博士は, 地震による被害を防ぐには, 地震時に被害が生じた場所での揺れを正確に測れる強震計の開発が不可欠と考え, 関係機関に働きかけたが, 日本ではすぐには実現しなかった. 米国の地震工学者 John R, Freeman 博士は末広博士の Engineering Seismology の考えに共鳴して末広博士に米国での講演を依頼した. 1931 年秋, 末広博士は, スタンフォード大, MIT などの大学や米国地震学会等で講演を行い, Engineering Seismology を進めるために強震計の開発が必要なことを訴えた(Suehiro, 1932). 米国では、末広博士の提言を受けて, 直ちに強震計を開発し, 観測を始め, 1933 年のロングビーチ地震に対して被害地での揺れの観測に成功したことは有名な話である. 末広博士は帰国後間もない 1932 年 4 月急逝した. 日本で強震計が開発されたのは 1953 年になってからである. 末広博士により提唱された地震現象の“観測”を基本にした地震学の構想は, 地震の関連研究者に浸透し, その後の２つの大震災, 揺れによる大被害を受けた阪神･淡路大震災や大津波による大被害の東日本大震災の軽減に多少とも役立ったと考えられる.

日本と米国の両方で地震学の発展に貢献した Kei Aki 博士は, 地震による被害を軽減するためには, 純粋地震学と地震工学を結び付ける地震学を発展させる必要があるとして, 強震動地震学を提案した（Aki, 2003）. この強震動地震学は“地球科学からの地震情報と地震被害を軽減するための工学的実践の間の有効な架け橋”であるとして, 日本と米国の地震工学者, 末広恭二と John R, Freeman によって創始された, と記している. Aki 博士は震源ごく近傍で得られた地震波形記録を用いて, 地震発生のメカニズムの研究や地震のスケーリング則など. 強震動地震学の重要な研究成果を残している.

強震動地震学をさらに前進させたのは, 米国の Iwan 博士による高密度強震動群列観測の提案である. 彼は地震防災のために強震動群列観測を国際的に普及する必要があるとして, 1978 年強震動群列観測に関する国際ワークショップを UNESCO と国際地震工学会の共催で開催した (Iwan, 1978). このワークショップでの提案を受けて米国ではカリフォルニア州の活断層の周辺に高密度観測網を構築し, その後, 他の州の地震頻発地域に観測網が徐々に広げられた.

日本でもワークショップの議を受け, 高密度観測網の必要性に関して日本学術会議の勧告が出されたが, 小規模の強震計観測網が東京大学地震研究所や建築研究所などに作られただけだった. 当時は地震研究や防災対策の関心は地震予知に集まっていて「東海地震」など南海トラフの海溝型地震の対策の強化は進められたが, 強震動観測のための予算化は遅れていた。強震観測の推進とデータの収集と公開を目的として、地震および地震工学研究者が集い, 1967 年に強震観測事業推進連絡会議が科学技術庁国立防災科学技術センター（防災科学技術研究所の前身）に設けられ, 1988 年に日本全国に約 1,000 点からなる高密度強震観測網の具体的提案がなされていた。しかしながら, この計画は, 1995 年の地震以前には全く予算化されなかった.

事態を一変させたのは, 1995 年兵庫県南部地震であった. この地震は阪神・淡路地域に揺れによる大きな被害をもたらした. 震度 7 に相当する被害の集中した「震災の帯」やその周辺では, 公的機関による強震動データはわずか数点でしか得られなかった. この地震の発生時に, 被災地の震度情報の収集に時間がかかり、政府の初動対応が遅れたなどの社会的問題が生じた. この大震災を契機として、総合的な地震防災対策を推進するため, 地震調査研究推進本部が総理府に設置された（その後文部科学省に移管）.

同本部は, 1988 年の強震観測事業推進連絡会議の提案以来、宙に浮いたままになっていた計画案を全国強震動観測網 K-NET として整備し, さらに, 高感度地震観測網 Hi-net に併設する形で地表と地中の 2 箇所に強震観測センサーをもつ KiK-net も構築された. この日本の強震動観測網は世界に冠たるもので, 現在得られるデータは国内のみならず海外にも広く公開され、研究および実務に供されている.

３. 阪神・淡路大震災と強震動予測研究

1995 年兵庫県南部地震以前の強震動地震学に関係する研究として, 地震は断層運動で引き起こされること, 地震による揺れは, 震源となる断層面でのすべり分布, 震源から観測点までの伝播経路の地層構造, それに観測点直下の地盤構造によって理論的に評価できることはすでに地震研究者の間ではよく知られていた. さらに, 震源を取り巻く地域で地震動の精密な観測がなされれば、地震時の断層面でのすべり分布はインバージョン手法により評価可能であることもよく知られていた（例えば、Hartzell and Heaton, 1983）. しかしながら、インバージョンのために必要不可欠な高密度強震動観測は 1995 年以前に日本では殆どなされてなかった.

一方で, 超高層建物, 長大橋, 大規模オイルタンク, 原発, などの重要な構造物は, 大地震によ

る強い揺れでも決して壊れないことが要求されており，国際的にも重要構造物の設計のためには強震動予測が必要不可欠とされるようになっていた．しかしながら，日本の地震工学者の間では強震動の物理学的評価は当面困難という考えが支配的で，大地震のときに別の場所で観測された強震動の統計的な解析やランダムな波の重ね合わせで作られる“模擬地震動”など物理モデルに基づかない解析法を用いて，　設計用の強震動が評価されていた．米国のカリフォルニアでは大地震を引き起こす活断層の存在が良く知られているところがあったため，断層近傍に強震計を設置して，　実際に観測に成功し，　断層運動に依る強震動の生成に関して先駆的研究が試みられていた．

1995 年兵庫県南部地震は上記のような時代背景の下で生じた．先に述べたように，この地震が発生した時、日本における強震動の観測体制は極めて貧弱な状態だった．しかし，神戸・大阪という大都市の近くで生じたため，公的機関に依る強震動観測は少なかったが，民間による強震動観測が少なからずなされていた．なかでも，民間会社や大学研究者の集まりである関西地震観測研究協議会（関震協）は 1994 年末に大阪・神戸地域に 10 台の速度型強震計を設置し観測を開始していた．その中の 1 つ神戸大学観測点は六甲断層系の極近傍にあり，1995 年 1 月 17 日の地震の強震動の測定に成功した．実際に断層近傍で得られた強震計記録は，これまで強震記録として日本国内で出回っていたような複雑なものではなく，極めて単純なパルス形状の波形であった．阪神地域では，デジタルの強震計は極めて少なかったが、数台のアナログ強震計が設置されていた.これらの記録は紙ベースのものだったが，個人的努力でデジタル化され，強震動記録を用いた震源インバージョン解析が日本で初めてなされ，きわめて興味ある結果が得られた．

我々はそれまでになされていた世界中の内陸地殻内地震の震源インバージョンの結果を収集して，断層全体の破壊域だけでなく強震動を生成する断層すべりの不均質性の客観的評価を試みた．その結果，これまで知られていた断層破壊域と地震モーメントの巨視的断層パラメータのスケーリング則に加えて，断層内のすべり分布の不均質性の統計的解析で断層内にもう一つの不均質破壊域（強震動生成域、SMGA と呼ばれる）が発見され，微視的断層パラメータとしてそのスケーリング則の存在が確かめられた．これらは強震動を評価するための基礎となる情報を提供する．すでに開発されていた断層モデルに基づく強震動評価手法（例えば，経験的グリーン関数法）と震源インバージョンで得られた断層震源のスケーリング則を結びつけ，実用的な強震動評価法が考案された．この実用的強震動評価法は強震動予測レシピと名付けられた（入倉・三宅，2001；Irikura and Miyake, 2011）．

強震動予測レシピは，2 種類の不均質性（断層全体の巨視的破壊域と強震動生成の微視的破壊域）のスケーリング則を相補的に用いて震源モデルを構築し、それによる強震動を評価するための方法論である．断層モデルは，地質学的フィールド研究の成果を取り入れて巨視的断層パラメータの推定と強震動の評価のための微視的断層パラメータで構築される．予測された強震動の検証には工学的に作られてきた距離減衰式が用いられる．

強震動予測レシピが提案された時点では，内陸地殻内地震で Mw 6.8 より大きい地震は 1995 年兵庫県南部地震（Mw 6.9）のみであったが，その後，2016 年熊本地震（Mw 7.1），さらに 2024 年能登半島地震（Mw 7.6）など 1995 年兵庫県南部地震をはるかに上回る大地震が発生し震源近傍で密な強震動記録が得られた．これらの強震動記録を用いて，レシピの改良がなされ，そのレシピの方法論の有効性が確かめられてきた．レシピで用いているスケーリング則については，川瀬・他（2025）で 1989~2024 年の地震を対象に有効性が確かめられている．

強震動予測の方法論の信頼性を高めるには，日本国内のみならず海外の大地震の精度良いデータを収集し，有効性の検証が必要である，さらに，　国際的な評価や批判を受ける必要がある．　米国カリフォルニアの　SCEC (Statewide California Earthquake Center) に構築されている広帯域地震動プラットフォームは、ユーザー自身が Verification と Validation（手法検証と結果の妥当性確認）が行えるシステムづくりを目指している．

米国で開発された GP 法(Graves and Pitarka, 2010)と日本のレシピによるシミュレーション結果が比較検討されている．GP 法は，断層面内のすべりの空間分布が k^{-2} の形状の波数スペクトルで表されるランダム震源モデルで，破壊速度やライズタイムも一定のバラツキで与えられる．これらの 2 つの方法(日本のレシピと米国の GP 法)は，震源モデルは一見大きく異なってみえるが，シミュレーション結果と観測波形の適合度 (goodness of fit): *ln obs/sim* (自然対数)は 1σ （標準偏差）の範囲内でよく一致している（Pitarka et al., 2017）．　この結果は，レシピで採用している特性化震源モデルと GP 法のすべりの空間分布に一定の共通性があることを意味していると考えられる．今後さらなる方法論の展開で，　強震動評価に関して，認識論的不確実性や偶然的不確定性に対する信頼性の高い方法論の導入が期待される．

４．地震研究成果の社会への還元

阪神・淡路大震災の経験から，政府は「地震に関する調査研究の成果が国民や防災を担当する機関に十分伝達され活用される体制になっていなかった」との反省に基づき，地震防災対策特別措置法を制定し，地震調査研究を一元的にすすめるため，1995 年 7 月に地震調査研究推進本部（地震本部）を設置した．この組織は、科学技術的側面を支える専門家だけでなく，調査研究の成果を社会へ還元するための人文・社会科学的検討の両面から，地震防災の実現を目指しているところに特徴がある．

地震本部は，まずはじめに，基盤的観測網として，陸域の高密度かつ均質な高感度地震観測網（Hi-net）に加えて，強震動観測網（K-NET, KiK-net），少し遅れて海底地震・津波観測網（DO-NET, S-net, N-net）などの整備を行った．並行して主要活断層帯で発生する地震や海溝型地震の長期的な発生可能性の確率評価および震源を特定した強震動評価，それらを統合した全国地震動予測地図の作成等の活動を行っている．これらの活動の科学的成果の 1 つは，先に記したように、強震動を評価するため，強震動記録・遠地地震記録を用いた震源インバージョンの結果を収集して地震・地震動のスケーリング則を構築し，それらの成果に基づく強震動予測レシピを用いた強震動評価の実装があげられる（地震調査委員会，2017）．

一方で、残念ながら 2011 年の東日本大震災までは，阪神・淡路大震災のような被害の軽減を目指す調査研究が中心で，津波を想定した被害対策の検討は遅れていた．地震調査委員会の下に津波評価部会が設置されたのは東日本大震災の後の 2013 年であった．せっかく地震調査研究を一元的にすすめるための組織をつくったはずなのに，津波対策が後追いになってしまっていることを露呈してしまった．津波評価に関しても，津波評価部会ができた後，海溝型地震の長期評価に基づき将来の津波高や発生確率を予測する「津波レシピ（波源断層を特性化した津波の予測手法）」を策定・公表し，日本沿岸の地震ごとの 30 年以内の津波発生確率などの評価を行い，防災・減災への活用をめざしている．

５． おわりに

末広博士の 1931 年の被害地での強震動観測の重要性の提言，さらに Iwan 博士の 1978 年の地震防災のための高密度強震動群列観測の提案による地震被害地での強震動観測は，日本では阪神大震災を契機として設置された地震本部の基盤的観測網の構築で 1996 年以降になってようやく実現した．神戸市の 1974 年の活断層調査に基づく先駆的な地震防災対策も地震本部の全国強震動予測地図の形で実現しつつある．一方で，2016 年熊本地震（Mw 7.0）では震源となった活断層の範囲が過小評価されていたり，地表断層に伴う長周期パルス生成による被害など新たな課題が出てきたり，2024 年能登半島地震では，海底活断層の調査結果が強震動評価に反映されてないなど、地震被害の軽減のために新たに検討すべき問題が明らかになっている．

2011 年東日本大震災の経験から，津波被害の元となる津波データの観測の不備が露呈された．防災科学技術研究所は，2011 年の大震災までに整備された陸域において約 2,000 点の地震観測網を 16 の火山活動の監視に加え，海域においても地震と津波の早期検知・情報伝達を目的として観測網を整備・展開し，これらの観測網を合わせて「陸海統合地震津波火山観測網（MOWLAS）」を 2017 年に運用開始した．さらに南海トラフ地震想定震源域の観測空白域に観測網（N-net）を構築し，2024 年運用開始したのは極めて重要である．

1923 年関東大震災以降の２つの大震災や最近の内陸の被害地震（2016 年熊本地震、2024 年能登地震）の被害の経験から，日本における地震防災は、被害の元となる強震動や津波を可能な限り AI など新たな技術の活用も含めて科学的に信頼性の高い予測を行い，緻密な防災対策を立てることが基本となっている．ただし，予測はあくまでも予測でその通り再現するわけではない．大地震発生時に、緊急地震速報および緊急津波速報を活用した避難の実施など、複数の多様な防災対策の検討が重要と考える。地震研究の成果を社会に還元するには，想定内の現象だけでなく，想定外の問題に対して fail-safe 的な対応の検討が必要であろう．

参考文献

尾池和夫談, 2026, 神戸新聞, 2026/03.20.

入倉孝次郎・三宅弘恵, 2001, シナリオ地震の強震動予測，地学雑誌，**110**, 6, 849-875. https://doi.org/10.5026/jgeography.110.6_849

震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）, 2017, 地震調査推進本部・地震調査委員会，2017 年 4 月. https://www.jishin.go.jp/main/chousa/17_yosokuchizu/recipe.pdf

川瀬 博・仲野健一・入倉孝次郎, 2025, 内陸地震に対する気象庁マグニチュードと地震モーメントの関係の再評価とそれに基づくスケーリング則の提案，日本地震工学会論文集, b25-11. https://doi.org/10.5610/jaee.25.11_57

全国地震動予測地図 2020 年版, 2021, 地震調査推進本部・地震調査委員会, 2021 年 3 月. https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/shm_report_2020/

防災白書, 2023, 特集 1, 図表 1-1 関東大震災，阪神・淡路大震災，及び東日本大震災による被

害状況等の比較. https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/pdf/r5_tokushu1_1.pdf

Aki, K., 2003, A perspective on history of Strong Motion Seismology, *Phys. Earth Planet. Inter.* , **137**, 1-4, 5-11. https://doi.org/10.1016/S0031-9201(03)00004-9

Graves, R. W, and A. Pitarka, 2010, Broadband ground motion simulation using a hybrid approach, *Bull. Seismol. Soc. Am.* , **100** (5A), 2095-2123. https://doi.org/10.1785/0120100057

Hartzell, S. H. and T. H. Heaton, 1983, Inversion of strong ground motion and teleseismic waveform data for the fault rupture history of the 1979 Imperial Valley, California, earthquake, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 73 (6A): 1553–1583. https://doi.org/10.1785/BSSA07306A1553

Irikura, K. and Miyake, H., 2011, Recipe for Predicting Strong Ground Motion from Crustal Earthquake Scenarios, *Pure Appl. Geophys*. , **168**, 85-104. https://doi.org/10.1007/s00024-010-0150-9

Iwan, H. D., 1978, Strong-Motion Earthquake Instrument Arrays, *Proc Int'l WS on Strong-Motion Earthquake Instrument Arrays*, Honolulu, Hawaii. https://nehrpsearch.nist.gov/static/files/NSF/PB290112.pdf

Pitarka, A., Graves, R., Irikura, K., Miyake, H., & Rodgers, A., 2017, Performance of Irikura recipe rupture model generator in earthquake ground motion simulations with Graves and Pitarka hybrid approach. *Pure Appl. Geophys*., **174**, 3537-3555. https://doi.org/10.1007/s00024-017-1504-3.

Suehiro, K., 1932, Engineering Seismology, Note on American Lectures. *Proc, ASCE*, **58-4**, 110pp.

地震動予測モデルのための強震動情報共通基盤の構築

防災科学技術研究所　　森川信之・岩城麻子・松本雄馬・今井隆太・藤原広行

日本では豊富な強震動観測記録に基づいた多くの地震動予測モデルが提案されている．ただし，それらは共通のデータセットに基づいていないため，モデル間の差異が大きく同一条件での比較も困難になっている．そこで，共通の強震動データセットに基づいて複数の地震動予測モデルを構築し，モデルの精度，特性，性能を比較する手法および指標の確立を目指すとともに，日本の強震動記録や関連情報を最大限に活用することを可能にする強震動情報共通基盤の構築を推進する「地震動予測モデルのための強震動情報共通基盤の構築」プロジェクトを開始した．

１．はじめに

日本の強震観測は 70 年以上の歴史がある．特に 1995 年兵庫県南部地震以後には，震度情報ネットワークなど高密度に整備された強震観測網によって、量・質ともに世界最大級の記録が得られるようになった．これらの強震動記録は国内だけでなく海外でも大いに活用され，経験的に求められるいわゆる地震動予測式（距離減衰式）を含む強震動予測だけでなく，震源過程や地下構造の推定など，様々な研究の発展に貢献してきた．しかしながら，様々な機関で取得，公開された書式の異なるデータから各ユーザーがそれぞれ必要とする情報を抽出することに少なからぬ労力が割かれていたことに加え，同一の地震，観測点の記録であってもモーメントマグニチュードや震源距離などの指標値が異なることが生じていた．その結果，データがほとんど得られていない断層ごく近傍（断層最短距離 2km 以内）やマグニチュード 9 クラスの超巨大地震を対象とした強震動予想結果に大きなばらつきが生じ，地震ハザード評価結果に大きな不確実さが残されている．このような不確実さを低減するため，共通のデータセットに基づく地震動予測モデルの構築が必要とされている（亀田ほか，2020，地震調査研究推進本部地震調査委員会強震動評価部会，2022）．

一方，震度情報ネットワークの機器更新と機能強化が多くの地方公共団体において実施され，消防庁および気象庁に波形データが伝送されるようになった．これを契機として，防災科学技術研究所では，「強震動観測データ利活用検討委員会」を設置し，特に日本最大の観測点数を有する震度情報ネットワークのデータ利活用促進に向けた検討・議論を行い，「強震動情報共通基盤構築」の提言がなされた．

防災科学技術研究所ではその提言を受けて，「地震動予測モデルのための強震動情報共通基盤の構築」プロジェクトを開始した．本稿では，その概要と，高密度な強震観測網によって飛躍的に増大し続ける強震動観測データ活用の今後の展望について述べる．なお，「地震動予測モデル」は本来波形シミュレーションも含むものであるが，本稿では断りのない限り，従来の「地震動予測式」を指すこととする．

２．強震動記録数の飛躍的な増加

1995 年兵庫県南部地震以後に設置された強震観測網により，観測点数，記録数が飛躍的に増大した．国や地方公共団体などの公的な機関による観測点は，図 1 に示すように 1995 年以前は約 300 点であったが，2025 年 4 月時点では約 5600 点と 30 年間で 20 倍近く増えている（気象庁，2025，港湾空港技術研究所，2025，地震調査研究推進本部，2025）．図 2 は，（a）Kanno et al. (2006) の地震動予測式構築に用いられた強震動記録のうち 1995 年末までのデータ，（b）2024 年末までの K-NET・KiK-net 強震動データ，（c）K-NET・KiK-net データに気象庁のホームページから公開されている強震動波形データを追加したデータのモーメントマグニチュード（Mw）と断層最短距離に関する記録数の分布である．Kanno et al. (2006) のデータは一部公的機関以外も含まれるが，断層最短距離 10km 以内は 1995 年兵庫県南部地震のみである．K-NET・KiK-net で断層に近いデータが増えているが，気象庁および地方公共団体の震度計データによってさらに増えることが分かる．

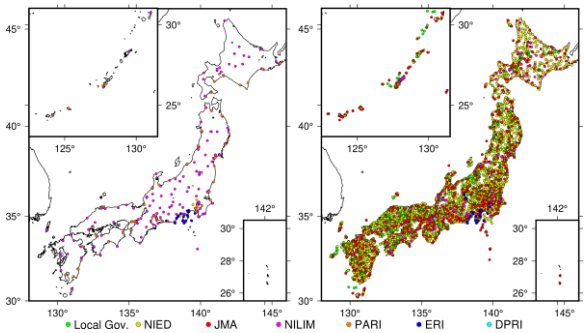


図 1　公的機関による強震観測点分布（左：1995 年末，右：2025 年 4 月，気象庁，2025，港湾空港技術研究所，2025，地震調査研究推進本部，2025 に基づく）

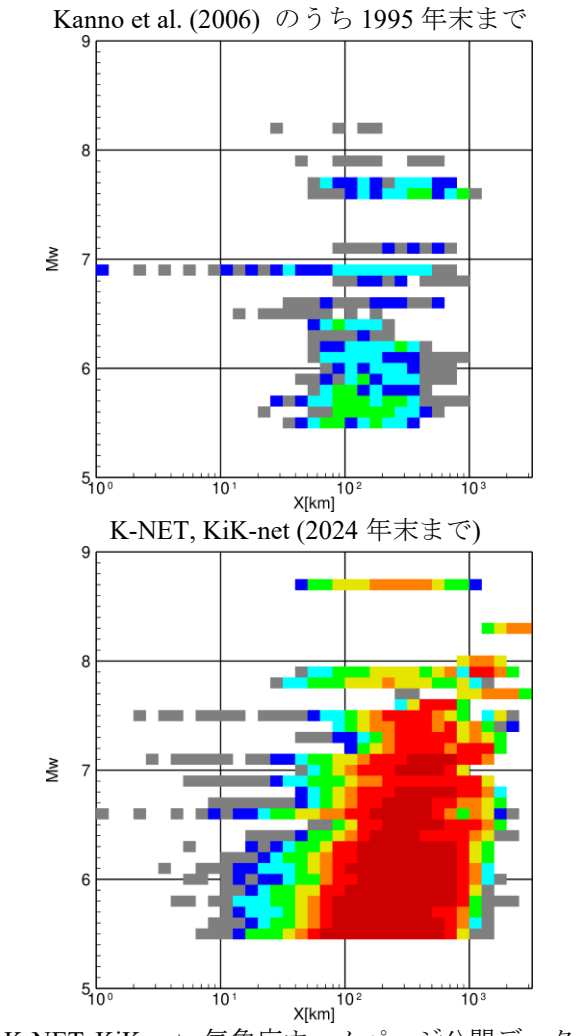


図 2　強震動記録のモーメントマグニチュード（Mw）－断層最短距離分布の比較

3. 地震動予測モデルのための強震動情報共通基盤の構築

2003 年十勝沖地震は，1000 点以上の強震動記録が得られたマグニチュード 8 クラスの初めての地震であった．この地震の記録を用いた地震動予測式が，日本国内でも多く提案された（例えば，Kanno et al., 2006，片岡ほか，2006，佐藤，2010，内山・翠川，2006，Zhao et al., 2006）．亀田ほか（2020），藤原ほか（2022）では，確率論的な地震ハザード評価がこれらの式を含むロジックツリーでモデル化されている．これらの式は元となるデータセットも異なっているものの，観測記録が比較的多くある「Mw6.0，断層最短距離 50 km，観測点の地盤条件を表す指標の一つである表層 30 m の平均 S 波速度（AVS30）400 m/s」の条件では倍半分以内に収まる予測値となる一方で，Mw9.0，断層最短距離 1 km あるいは AVS30＝2700 m/s のようなデータが極めて少ない範囲になると予測値のばらつきが 1 桁程度まで大きくなっている．亀田ほか（2020）では地震ハザード評価における地震動予測モデルに関する今後の課題として，共通のデータセットに基づく複数のモデルの構築が示されている．また，地震調査研究推進本部地震調査委員会強震動評価部会（2022）でも地震動予測モデルの精度と地震ハザード評価の信頼性向上のため今後取り組むべき課題として，強震観測データの拡充と観測網の継続的な維持，共通のデータセットに基づく複数モデルの活用，地盤構造情報などの観測点情報の充実，が挙げられている．

一方，防災科学技術研究所に設置した「強震動観測データ利活用検討委員会」は，国内の最大の観測点数を有する震度情報ネットワークをはじめとした強震動観測データの利活用促進のため，強震観測網に係わる関係機関が連携し，観測の維持とデータの将来にわたる適切な保存を促す「強震動情報共通基盤構想」が提言された．提言では，事前の地震防災・減災対策と準リアルタイム地震防災に資するデータの利活用が想定されている（図 3）．

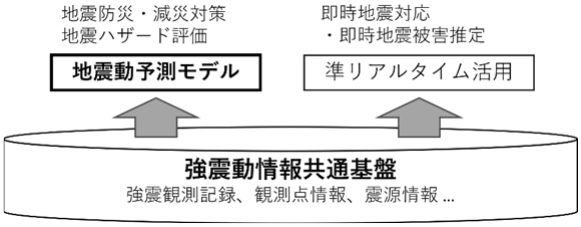


図 3　強震動情報共通基盤構想

以上の背景のもと，この強震動情報共通基盤構想の一部として，「地震動予測モデルのための強震動情報共通基盤の構築」プロジェクトを 2025 年度より開始した．当プロジェクトは，3 年間で共通のデータセットに基づく複数の地震動予測モデルの開発，地震動予測モデル間の比較のための手法や指標の開発，複数の地震動予測モデルを

活用した地震ハザード評価事例の提示を行う. 具体的には，以下の 3 つのサブテーマを実施する.

① 地震動予測モデルの構築と分析

強震動指標値，Mw 等の震源パラメータ，観測点直下の地盤情報等を共通のフィルターやオフセット処理により算出し，紐づけした「フラットファイル」を用いて，複数の研究グループでそれぞれ地震動予測モデルを構築する. 研究コミュニティから公募した有識者から成るワーキンググループを組織し, 地震動予測モデルの仕様とそれに必要となるフラットファイルに含める指標値や構築されたモデル間の比較方法について検討を進めている.

構築する地震動予測モデルは，「全国を対象とした面的な地震ハザード評価に用いるためのモデル」および「地震ハザード評価に関する課題解決に向けた新たなモデル」の二種類を提示して作成者を研究コミュニティから公募した. 後者については, 特定の地域や地点に特化したモデルも対象としている.

② 強震動データベースシステムの構築

国内の多様な機関・事業者等によって得られている強震観測記録を将来にわたって継続的に管理し利活用することが可能な強震動情報共通基盤構想の実現を目指し，本プロジェクトでは，地震動予測モデルの開発をはじめとする地震ハザード評価の高度化に必要な情報と機能を持つデータベースシステムおよび利活用システムを開発する. データベースシステムでは，公開されている強震観測データの地震動指標や地震計・観測点・震源情報などのメタデータの一元化とデータ処理の標準化の機能を開発する. 利活用システムでは，データ検索・抽出・可視化機能等のユーザーインターフェースを備えた機能を整備する. データ提供機関やユーザーの拡大に伴い, 多様なニーズを踏まえた機能を拡充することを目指している.

③ 観測点情報の整備

地震動予測モデルにおいて, 観測点固有の地盤震動特性の把握は不可欠である. 地盤に関する直接的な測定情報であるボーリングや PS 検層データ, 観測された強震動記録や微動記録の分析結果, さらには公開されている面的地質情報・地下構造モデル等（例えば, 産総研地質調査総合センター, 2025，防災科学技術研究所，2019），揺れやすさや周期特性と関連する情報を収集・整理し，地震動予測モデルの開発と高精度化に活かす. このような地盤震動特性に関わる情報を, 観測点に関する基本情報と合わせて強震動情報共通基盤の一部として整備し活用することは, 地震ハザード評価における不確実さの低減に資するだけでなく, 将来にわたり強震観測記録と関連情報を保管し活用することにもつながると考えられる.

４．結論

高密度な観測網による強震観測がはじまって約 30 年が経過するが，甚大な地震被害が生じる断層ごく近傍やマグニチュード 8 クラス以上の巨大地震の観測記録は依然として少ない. 今後発生する地震において, 記録を確実に取れる状況を継続することが必要であり，そのためには，少なくとも現状の観測点密度が維持されることが望まれる．本プロジェクトは産学官の連携のもと，研究コミュニティからワーキンググループメンバーやモデル作成者を募り, 共通のデータセットを用いた国内初の取り組みである. 複数のアプローチによる地震動予測モデルの構築と活用により地震ハザード評価, 強震動予測の不確実さ低減と信頼性向上を目指している. この取り組みを拡張し, 強震観測とそのデータ利活用に関わる様々なステークホルダーと広く連携・共創することにより, 強震観測の始まりから半世紀以上にわたり蓄積されてきた日本の豊富な強震動観測記録を将来にわたって適切に保持・活用可能な仕組みの構築のきっかけとなるとともに, 強震観測網の維持・管理, 機器更新の支援となることを期待する. また, 現時点では地震動強さ指標の予測モデルを対象とするが, 波形シミュレーションによる予測への拡張にもつなげる.

謝辞

これまでの強震観測，運用，データ公開に携わってこられたすべての方に謝意を表します. また, 本プロジェクトは「強震動観測データ利活用検討委員会」（委員長：翠川三郎東京科学大学名誉教授）の提言に基づいており，議論いただいた委員の皆様にも感謝いたします.

参考文献

防災科学技術研究所, 2019, 地震ハザードステーション J-SHIS, https://doi.org/10.17598/nied_0010.

藤原広行，蛯沢勝三，香川敬生，司宏俊，古村孝志，三宅弘恵，森川信之，塩田哲生，小川裕，松崎伸一，宮腰淳一，酒井俊朗，亀田弘行, 2022, SSHAC レベル 3 ガイドラインに基づく伊方サイトでの地震動特性モデルの構築，日本地震工学会論文集, **22(2)**, 61-87, https://doi.org/10.5610/jaee.22.2_61.

地震調査研究推進本部, 2025, 地震観測施設一覧（2025 年 4 月 1 日現在、地震調査研究推進本部調べ），https://www.jishin.go.jp/database/observation_station/spots/ (参照 2026-4-1).

地震調査研究推進本部地震調査委員会強震動評価部会, 2022, 応答スペクトルに関する地震動ハザード評価（試作版），https://jishin.go.jp/main/chousa/22_response_spectrum/ (参照 2026-

4-1).
亀田弘行, 隈元崇, 藤原広行, 奥村晃史, 佃栄吉, 堤義明, 堤啓之, 遠田晉次, 徳山英一, 蛯沢勝三, 香川敬生, 司宏俊, 古村孝志, 三宅弘恵, 森川信之, 奥村俊彦, 宮腰淳一, 2020, 伊方 SSHAC プロジェクト最終報告書, https://www.yonden.co.jp/energy/atom/safety/sshac_project/inde.html (参照 2026-4-1).
Kanno, T., A. Narita, N. Morikawa, H. Fujiwara and Y. Fukushima, 2006, Bulletin of the Seismological Society of America, **96(3)**, 879-897.
片岡正次郎, 佐藤智美, 松本俊輔, 日下部毅明, 2006, 短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式, 土木学会論文集 A, **62(4)**, 740-757.
気象庁, 2025, 気象庁震度観測点一覧表（令和 8 年 3 月現在）, https://data.jma.go.jp/eqev/data/kyoshin/jma-shindo-html (参照 2026-4-1).
港湾空港技術研究所, 2025, 港湾地域強震観測, https://mlit.go.jpkowan/kyosin/eq.htm (参照 2026-4-1).
産総研地質調査総合センター, 2025, 20 万分の 1 日本シームレス地質図 V2,オリジナル版, https://gbank.gsj.jp/seemless/ (参照 2026-4-1).
佐藤智美, 2010, 日本のスラブ内地震とプレート境界地震の水平・上下動の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, **647**, 67-76.
内山泰生, 翠川三郎, 2006, 震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, **606**, 81-88.
Zhao, J. X., J. Zhang, A. Asano, Y. Ohno, T. Oouchi, T. Takahashi, H. Ogawa, K. Irikura, H. K. Thio, P. G. Somerville, Y. Fukushima and Y. Fukushima, 2006, Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period, Bulletin of the Seismological Society of America, **96(3)**, 898-913.

兵庫県南部地震から我々は何を学び，何を学んでいないのか

（一財）日本建築総合試験所　　川瀬　博

1995 年兵庫県南部地震が我々に与えた影響，特に強震動地震学・地震工学・耐震工学の進展に与えた影響は非常に大きい．ここではその中でも特に「震災の帯」の生成に直結した３つのポイントについて，研究成果として得られている客観的事実と，その特定分野の専門家ではない研究者や実務者に受け取られている普遍的な（しかし正しくない）認識とのギャップについて考察する．このギャップが意味していることは，我々はどのような事実も過去から積み重ねられた経験という名のフィルターを通してしか認識できない，という現実である．これは今後の防災を考える上で大きな課題と言える．

１．はじめに

1995 年兵庫県南部地震は，神戸市内から芦屋市・西宮市・宝塚市に掛けて，六甲断層系の盆地境界から 1km ほど海寄りに離れた場所に幅 1~2km，長さ 20km 以上の震度 7 の領域，いわゆる「震災の帯」を生成させ，多くの構造物被害・人的被害を生じせしめた. 淡路島側でも野島断層沿いの狭い領域で震度 7 が生じたが, 幸いにして被害の質・量とも神戸側の比ではなかった.

この「震災の帯」の生成メカニズムには重要な３つの物理的プロセスが寄与していることを震災後の比較的早い段階で我々は明らかにしてきた（例えば Kawase, 1996; 林・川瀬, 1996; 川瀬, 1998; 川瀬, 2000; 松島・川瀬, 2000）. しかし今般, 震災の発生から 30 年という節目を迎えたことを契機として開催された多くのシンポジウムや記念出版・特集号などにおける総括的な論文や報告において, 兵庫県南部地震が我々に教訓として残してくれた最も重要なこの「震災の帯」の生成メカニズムに関する知見について, 的確かつ過不足なくレビューされた講演や記事が一つもなかったことに著者は大きな衝撃を受けた. これまでの調査・研究で「震災の帯」の生成原因として指摘されている３つの物理的プロセスについては, 広く認知・共有されている知見もあれば, 必ずしも広く認知されていない, あるいは誤って認知されてしまっている知見もあると感じている. 本報告ではその「震災の帯」の生成原因について得られている知見とそれが拡散する過程で歪んでしまった, あるいは欠落してしまった重要なポイントについて著者の見解を提示したい.

２．震源の影響：アスペリティ・パルス

兵庫県南部地震から我々が学んだ最も重要な震源破壊過程に関する知見は, その起震断層面上の滑り量の空間分布はある共通の特性を有する不均質性に支配されており, その不均質性によって震源域の強震動特性は決定されているということである. この地震時の滑り量が大きかった領域はアスペリティと呼ばれ, そこから発生した地震波が破壊の進行方向においては短時間に重なり合って一つのパルスに成長する「フォワード破壊ディレクティビティ」によって震源域の強震動の主要部が形成されることは, 今では広く受け入れられている. このアスペリティとディレクティビティによって生成される地動速度はパルス状の波形になるので, これを「ディレクティビティ・パルス」と呼ぶ研究者もいるが, そのパルスの特性は後述のようにアスペリティの性質によってコントロールされているので,「アスペリティ・パルス」と称すべきだと著者は考えている.

それはさておき, 兵庫県南部地震に対する震源破壊過程の波形インバージョンあるいはフォワード・モデリングは複数の研究者グループによって行われているが, ここではそのレビューはそれを専門とされている方に期待し控えたい. 重要なポイントは主要なアスペリティ（あるいはその総和）のサイズは断層全体のサイズと高い相関を有していることで, 具体的にはその総面積は内陸地殻内地震の場合全体の 22%を占めることが Somerville et al. (1999)によって明らかにされ，その後の多くの研究でもそれは支持されている（例えば Miyakoshi et al. 2019; 長嶋・ほか, 2021）. そして, 兵庫県南部地震以降の日本の内陸地殻内地震の震源インバージョンの結果を整理して, 入倉孝次郎京大名誉教授とそのチームは, 強震動予測手法を「レシピ」として取りまとめ（入倉・三宅, 2001; 入倉, 2004; Irikura and Miyake, 2011），そのレシピは地震調査研究推進本部の強震動予測手法（「レシピ」）としてシナリオ型強震動予測地図の作成における詳細法（ハイブリッド合成法）の計算スキームの根幹に採用されたのであるが（地震調査研究推進本部, 2001），現在のレシピはその後の Murotani et al. (2015)の長大断層における平均滑り量の頭打ちを考慮した 3 ステージ・モデルに改良されている（地震調査研究推進本部, 2020）. なお，この地震調査研究推進本部の「レシピ」では, 断層面積 S からスタートする方法と断層長さ L からスタートする方法が併記されているが，後者については 1 ステージ・モデルとなっており，両者に不整合が生じていた. その点を改良するため, 最近の断層情報に基づいて後者も前者と整合性が保たれるように 3 ステージ化したスケーリング則も提案されている（川瀬・ほか, 2025）.

ここで特筆すべき点は，これらのレシピにおいては未だ発生していない地震の強震動予測に向けて，アスペリティを複数の矩形の強震動生成領域 SMGA に集約した「特性化震源モデル」を用いていることである．実際には極めて複雑な震源破壊過程を第一次近似として矩形の SMGA に特性化した意図は，本章の前段で述べた断層近傍での構造物被害に直結する「アスペリティ・パルス」の再現にあった．この点が，同じように震源の複雑な破壊過程を表現するのに，広域において統計的な意味で妥当と思われる（バイアスがゼロで変動幅が小さい）強震動を生成できるように，ランダムな滑り量空間変動モデルで表現してそれで良しとしている米国のスキーム（例えば Graves and Pitarka, 2010）とは対極をなしている．

この特性化震源モデルを基礎とした強震動予測レシピについては，少なくとも国内では広く認知されており，例えば建築学会でもレシピ活用を前提とした設計用入力地震動作成の指針案が出版され実用に供されている（地盤震動小委員会, 2009）．しかしながら特性化震源モデルの SMGA と震源域のアスペリティ・パルスとの関係において，十分に理解されているとは言い難い点が一つ残されているので指摘しておきたい．

それは SMGA が震源直上に大きな振幅のアスペリティ・パルスを生成するためには，そのアスペリティ(SMGA)内の滑り速度が十分に高速である必要があるということである．このことを明らかにしたのは SMGA 内の滑り速度関数をフォワード・モデリングで同定した松島・川瀬(2000)が，著者の知る限り，兵庫県南部地震については最初の検討結果だと思われる．もちろん「レシピ」においては動的破壊シミュレーションの結果を参照した中村・宮武(2000)の滑り速度関数を SMGA 内では適用することが提案されており，それを用いている限り，予測時には問題はないのであるが，アスペリティ(SMGA)の抽出が Somerville et al. (1999)のクライテリアでは最終滑り量に依拠しているために，滑り量の大きな領域があれば直ちにそれは震源直上のアスペリティ・パルスに寄与するものとする表面的解釈が一部の研究者でなされているのには問題がある．

例えば図 1 に示したのは，モデルとして応力降下量にランダムな揺らぎとアスペリティに対応する正方形の高応力降下量領域(HSDA)を置いた長さ 25km の長方形鉛直横ずれ断層の応力降下量分布（★は破壊開始点）と，それを用いて動的破壊シミュレーション解析(Kawase et al., 2021)によって求められた最終滑り量分布であるが，滑り量分布で見ると確かに HSDA に対応した場所でアスペリティが形成されているように見えるものの，得られた滑り量と滑り速度関数のピーク値を，破壊開始点深さ(8km)の走向方向の直線上で比較すると，図 2 に示したように，滑り量分布に比べて滑り速度分布の方が HSDA の範囲に近く，滑り量はそれに比べてずっと緩やかに変化する（染み出しが大きい）ことがわかる．これは，我々がこれまで SMGA として抽出してきた短周期生成領域は，実は HSDA あるいは高速滑り域(HSVA)であった可能性を示唆している．それを明らかにするためには，これまで運動学的モデルによって震源過程インバージョンを地震発生の都度実施し，長年に渡ってその成果を蓄積してきた内陸地殻内地震の震源破壊過程を，動的破壊モデルによって HSVA として抽出し直す必要がある．

いずれにしても，拘束圧（直応力）が小さいことから大きな応力降下量を取り得ない深さ 2～3km 以浅の断層浅部領域にまで HSDA の上端が食い込むことは物理的に考え難く，浅部に大きな最終滑り量が生じたとしても，それは図 1 に示されているように，その直下の HSDA 内の破壊によって受動的に生じたものであり，その滑り速度関数は滑らかで HSVA になるとは想定し難い．

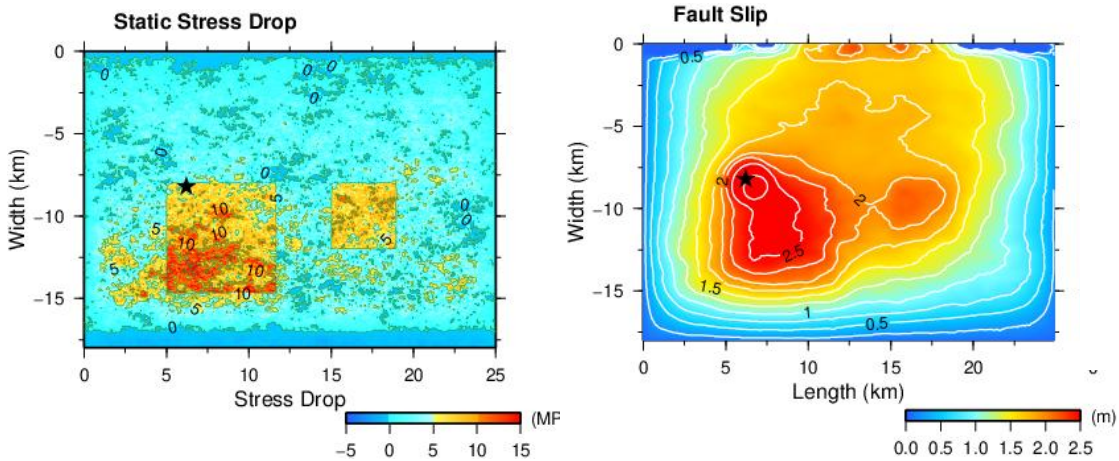


図 1　Kawase et al. (2021)のパラメトリック解析で例示された HSDA の上端深さが 8km で 2 個の HSDA 間距離が 3.4km の場合の仮定した応力降下量分布（左）と計算された最終滑り量分布（右）

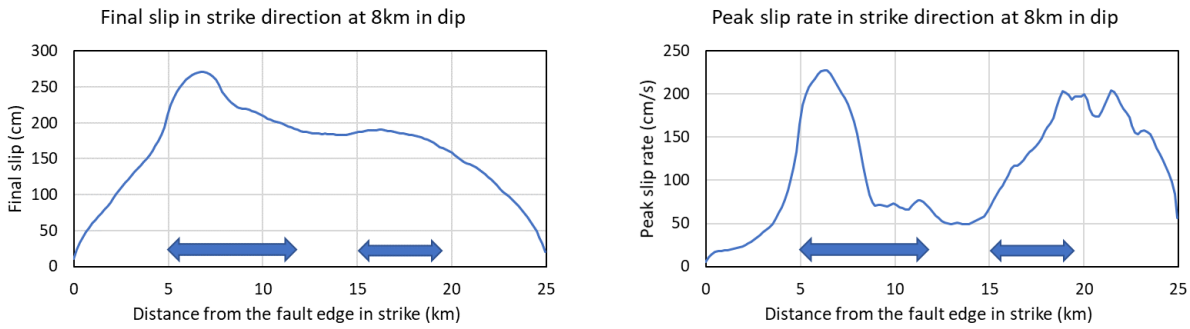


図２　図１の解析結果から求められた深さ 8km の水平方向直線上で見た最終滑り量分布（左）と滑り速度関数のピーク値分布（右）．矢印は設定した高応力降下量領域 HSDA の範囲．

３．深い盆地構造の影響：エッジ効果

前章で見てきたように，断層面上の SMGA 内の高速滑りによって生じたアスペリティ・パルスが断層直上の地表面に達したとして，そのままでは兵庫県南部地震の神戸側において「震災の帯」は生じ得なかった．これはなぜそう断言できるかというと，観測記録から「震災の帯」では地動速度 PGV で 100cm/s 以上，地動加速度 PGA で 800cm/s^2 以上の揺れが必要だったと考えられるのに，神戸大学の六甲断層付近のトンネル内の記録ではそれぞれ 50cm/s・300cm/s^2 しかなかったからである．しかし，神戸大学の記録は地震基盤での記録ではないので，川瀬・林(1996)は，神戸海洋気象台の記録から 2 次元盆地構造の大阪盆地端部のモデルを作成して地震基盤波（入射波）を求めるという，いわゆる剥ぎ取り解析を行って，地震基盤波を求めたが，そのレベルもこの神戸大学の記録と同程度であることを示した．

ではなぜその入射波振幅が大被害を生じさせるには到底届かない小さなレベルに過ぎなかったのに，それが神戸市西部から芦屋・西宮・宝塚に至るまで長さ 20km 以上の帯状の「震災の帯」が形成されたのか？それは既に冒頭に記した３つの物理プロセスのうちの一つである，盆地端部における「エッジ効果」に起因しているというのが答なのであるが（Kawase, 1996; 林・川瀬, 1996; 川瀬, 1998, 川瀬, 2000, 松島・川瀬, 2000），エッジ効果が「震災の帯」の原因であると推察したのは我々の研究チームだけではなく，平行して複数の研究チームが同じ結論に達したのであり，その意味ではエッジ効果原因説は広く受け入れられていると言える．ただ，そのエッジ効果によって，盆地端部から 1km ほど離れた地点で最大の速度振幅となるという大振幅速度パルスの生成メカニズムに対しては，盆地内をゆっくりと伝播してくる直達 S 波と，盆地端部の上端に先に達した岩盤側の S 波が盆地内に射出されて生じる盆地生成回折波＋表面波が増幅的干渉を起こすことによることを，早い段階で定量的に明らかにしたのは川瀬・ほか(1998)である．

強震動予測の観点で見たとき，この盆地のエッジ効果において重要な点は，深部地下構造を如何に精度よく把握するかということである．この点についても兵庫県南部地震以降のこの 30 年間の我が国における研究の進展とデータの蓄積には目を見張るものがある．その発展の経過については，再び地震調査研究推進本部の活動を例として示しておきたいが，地震調査研究推進本部では，深部地下構造モデルを防災科学技術研究所のサイトで J-SHIS V1 として 2010 年に公開し，平行して 2012 年には全国一次地下構造モデル（暫定版）を地震本部のサイトで公開した．その後何度か改訂がなされ J-SHIS モデルの最新版は V4 (2021)で，東海地域と関東地域では深部・浅部統合地盤モデルとなっている．作成方法の詳細は地震調査研究推進本部(2017)を参照されたい．

このように，地震基盤から上の深部地盤の重要性についてはよく認知されていると言ってよいと思われるが，問題が２つ残されている．一つは実地盤で硬質岩盤が露頭していれば地表面に地震基盤が存在していると安易に考える研究者が後を絶たないことである．仲野・ほか(2019)が一般化スペクトル分離解析(GIT)で日本の K-NET・KiK-net・JMA 震度計ネットワーク・JMA87 型強震計・CEORKA ネットワークの強震観測データから，S 波速度 Vs で 3 km/s 以上の地震基盤を基準として求めた水平動サイト特性で，0.3Hz～15Hz の周波数帯域においてフラットで，かつ増幅率が 1 に近い観測点は一つもない．どんなに硬い岩盤が露頭していようとも，必ず存在する浅部風化層の影響を剥ぎ取らない限り，地震基盤相当のスペクトルは得られない．図３には GIT の分離対象としたサイトのうち表層 30m の平均 S 波速度 Vs30 が 1 km/s 以上となる 35 地点中 26 地点の水平動サイト特性とその幾何平均（赤線）を示したが，1 Hz 以上の広い周波数帯域で平均的に 2 倍近い増幅があることを示している．この増幅を含むある地点のスペクトルを地震基盤上だと見なしてω^{-2} の理論震源スペクトルを当てはめると応力降下量の見積が 3 倍以上過大となる．なお，我が国の KiK-net 観測点中で最大の Vs30 は 1.9 km/s で，3.0 km/s に達する地点はない．

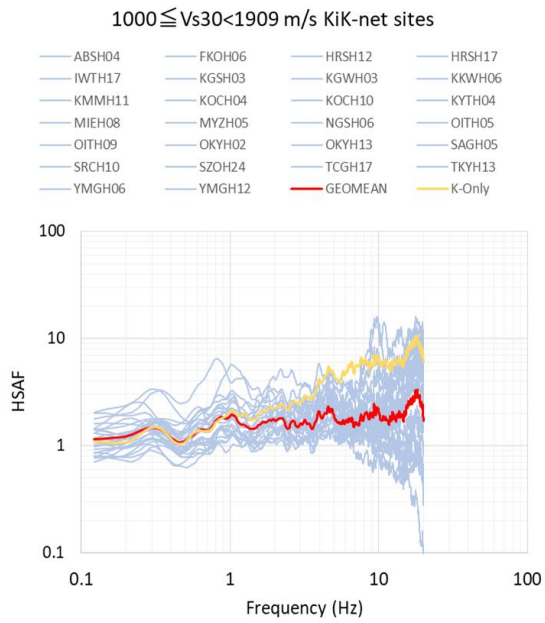


図３　GIT で求めた KiK-net サイト 26 地点の地震基盤に対するサイト増幅率（薄青線）とその幾何平均値（赤線）．オレンジは K-NET サイト 9 地点の幾何平均値．

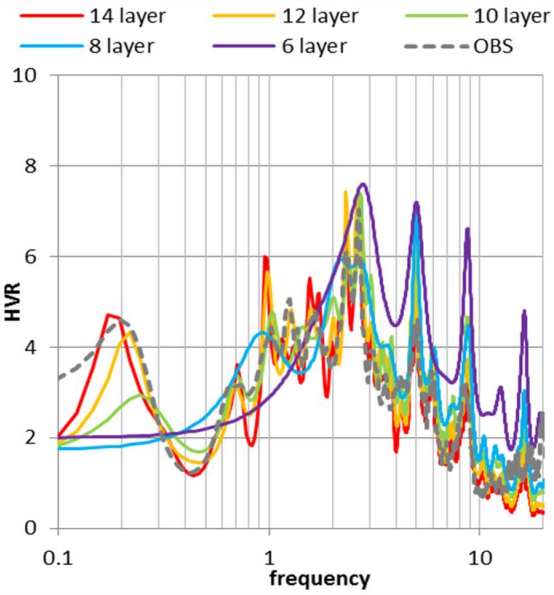


図４　MYG006 における観測 EHVR(破線)とそれをターゲットに Nagashima et al. (2017)が同定した 14 層構造の理論 EHVR(赤)，およびその層数を下部から 2 層ずつ減らした浅部限定モデルの理論 EHVR.

もう一つは浅部地盤と深部地盤を分離して評価できると安易に考える研究者が後を絶たないことである．つまり，長周期（低振動数）域のサイト増幅特性の評価には地震基盤までの深部の速度構造が影響を与えるが，短周期（高振動数）域のサイト増幅特性は浅部の速度構造だけ把握されていればよく，深部の速度構造とは切り離して評価できるという根拠なき思い込みである．図４に示したのは Kawase et al. (2018)が MYG006 地点の水平上下比 EHVR による拡散波動場理論による速度構造インバージョン結果(Nagashima et al., 2017)を基準に，その地震基盤から上の 14 層の速度構造に対して下層部から順に 2 層ずつ取り除いていった時の理論 EHVR を比較したものであるが，観測をよく再現していた同定速度構造から浅部の構造だけを抽出していくに従って，低振動数域のピークが消失するだけではなく，高振動数域の周波数特性も変化してしまうことを示している．

実は地震波（この場合は専ら S 波）は，周波数の如何にかかわらず，地震基盤から上の堆積盆地構造全体を行ったり来たりする（重複反射する）結果として，観測されているサイト特性のピーク振動数が生じるものなのであって，浅部と深部を人間の都合で分離して取り扱えるものではない．もちろん，浅部が非常に軟弱でその直下に相当硬い工学的基盤が存在し，その工学的基盤の下には厚い堆積岩層が存在するというような，極めて特殊な速度構造を考えれば，第一次近似として分離が可能な盆地構造も存在し得るだろう．しかし通常の工学的基盤は Vs で 350m/s から 400m/s の洪積層であり，その層から地震基盤までの層構造も漸次速度が増大するような構造をしている場合がほとんどであり，地震基盤から上の全層を総体として取り扱う以外に適切なサイト特性の評価方法は，残念ながら，ないのである．

４．構造物の非線形応答特性：力とエネルギー

ここからは構造物被害と強震動特性との関係になる．震源でアスペリティ・パルスが生成され，それが盆地端部のエッジ効果で増幅されて盆地端部に沿って大振幅速度パルスの帯状の分布が生じたという客観的事実が理解されたとしよう．ではなぜその速度パルスがあれほど甚大な構造物被害をもたらしたのか？それについては複数の答があり得る．初期の段階では林・川瀬(1996)の降伏耐力をアプリオリに仮定した一自由度系の非線形応答解析の結果もその答の一つであった．

その後，著者らのグループは松島・川瀬(2000)の三次元有限差分法による理論的な速度波形の面的再現解を用いて，神戸市灘・東灘区の観測被害率（大破・倒壊率）が再現できるように，構造種別・階数・建設年代ごとの降伏耐力モデルを構築した（長戸・川瀬, 2001; 2002a; 2002b）．これら鉄筋コンクリート造・鉄骨造・木造用の被害予測モデルにおいては，その非線形特性はそれぞれの当時建築学会において確立された構成則に基づいてモデル化しているが，降伏点を超えた後の挙動においては，非線形解析の数値不安定化（発散）

を避けるため，剛性は降伏時点の剛性の 1/100 を保持し続けるものとし，耐力低下は考慮しないモデルとしていた．それでも十分に被害が再現できると判断した理由は，被害率を再現できるように，降伏耐力の対数正規分布の平均値をチューニングしたからである．従って得られた降伏耐力の平均値はモデル依存であり，過小評価されている．

このように，被害率再現用の非線形応答解析モデルは現実の建物の大変形挙動に比べてはるかに粘り強いモデルとしたにもかかわらず，計算波形を入力すると，特に兵庫県南部地震では振幅レベルの大きかった断層直交方向において，到来した大振幅速度パルスによって一旦変形が限界を超えると．いわゆる進行性破壊（塑性流動）を引き起こし，一方向に変形が生じ続ける現象が多くの計算例で観察された．もしも自重の効果，いわゆる P-Δ効果を考慮すれば，変形の増大に伴って自重によって変形が促進され耐力は急激に低下するので，この片押しの被害性状はより先鋭化したはずである．

このことは，大変形を余儀なくされた非線形状態では，構造物は繰り返し揺らされるわけではないので共振現象も起きず，大振幅速度パルスの振動数（あるいは繰り返しの周期）は最早意味を持たず，一方向に押されてその変形が限界を超えるか超えないかで，最終的に生き延びられるか壊れてしまうかが決まったことを意味している．我々はこの多数の非線形モデルの応答解析結果に基づいて，大振幅速度パルスの周期が一般建築構造物の大変形応答に対して重要であるとすれば，構造物の応答特性が非線形化によって長周期化したためではないと考えている（もちろん入力レベルが危険域の境界値付近の場合には非線形化した状態で繰り返し振動することも有り得るがそれは一般的な事例ではない）．ちなみに中低層の鉄筋コンクリート構造物ではその弾性時の固有周期は 0.25 秒～0.8 秒，低層鉄骨造では 0.5 秒前後，木造では 0.1 秒～0.2 秒である．

ではなぜ神戸市内の震災の帯の中に生じた大振幅速度パルスであれほどの大被害が生じたのであろうか？それを理解するために作ったのが最大加速度―等価卓越振動数ダイアグラムである（川瀬, 1998）．図 5 に示したものがそれで，縦軸は観測波形の PGA，横軸はその等価卓越振動数で PGA を PGV で割って等価卓越円振動数にしてさらに 2π で割って等価卓越振動数(Hz)にしたものである．入射波の最大値が同じサイン波で生じているとすればその卓越振動数に相当する．等 PGV 線は右上がりの斜めのラインになる．この図では震度 7 相当の大被害が生じる閾値を，1995 年兵庫県南部地震の観測地動最大値と「震災の帯」の被害を参照し，PGA で 800 cm/s^2(Gal)，PGV で 100 cm/s として二本の線を引いている．

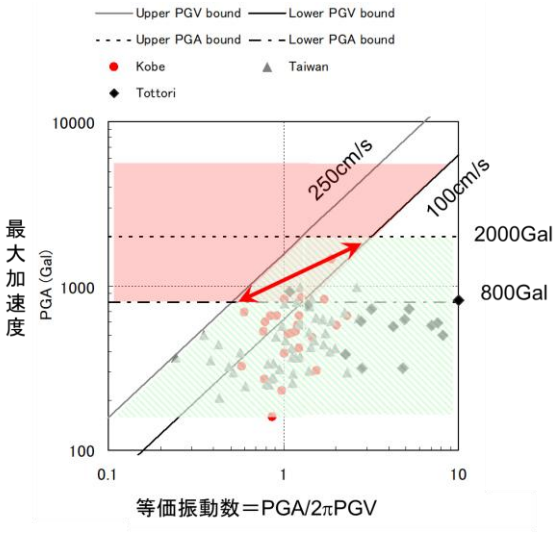


図 5　加速度－等価卓越振動数ダイアグラム．横軸は等価卓越振動数(Hz)で縦軸は地動最大加速度 PGA，斜めの線は等速度線で，それぞれ下側の線は震度 7 相当の大被害が出る閾値(神戸の実測から 800 Gal と 100 cm/s)，上側の線は物理的な上限値（既往最大から 2000 Gal と 250 cm/s）．シンボルは 1995 年兵庫県南部地震・1999 年台湾集集地震・2000 年鳥取県西部地震の観測値．

そのラインより上の赤い領域が危険な領域ということである．もしもそれだけなら大被害を発生させる大振幅速度パルスの周波数帯域に制限は付かない．しかしここで PGA と PGV の物理的上限を考える．例えば図 5 で等価卓越振動数が 10 Hz の時 PGV が 100 cm/s になるためには PGA は 6,280 cm/s^2(Gal)が必要である．逆に 0.1 Hz の時 PGA が 800 cm/s^2(Gal)になるためには PGV は 1,274 cm/s 必要となる．そんな現象は到底起こりそうにない．地動の物理的最大値を決めることは容易ではないが，それをこの図を作成した 2000 年時点での既往最大値で置換すると，PGA で 2000 cm/s^2(Gal)，PGV で 250 cm/s となる．つまりそれよりも下側の緑でハッチした領域しか実際には実現しないということである．

結局のところ，その 4 本の直線に囲まれた平行四辺形の領域（赤矢印）が構造物にとって危険な周波数帯域ということであり，それは（切りよく丸めて）0.5Hz～2Hz の周波数帯域であることがこの図からわかる．これを周期帯域に直すと 0.5 秒～2 秒の周期帯となり，我々はこれを「やや短周期域」と名付けた．残念ながら 1998 年にこの説を提示して以降これまで 30 年弱に亘ってそれを言い続けてきたが，この「やや短周期パルス」という，一般構造物に取って最も危険な地動の特徴を的確に表現した用語は何故か未だに定着せず，「パルス性地震動」という正体不明な用語が

定着しかかっているのは誠に嘆かわしい.

ここで，構造物を大破・倒壊に至らせしめるのに，PGA だけではなく PGV も大きな値である必要があるのは，PGA は構造物に発生するせん断力を生み出すので, 少なくとも構造物を降伏させるに足るだけの大きい値である必要があるが，PGVは降伏後に変位だけが増大する塑性流動状態になった際に大変形を生じさせるに足るだけの大きなエネルギーを持っている必要があるからである．ただし，これはあくまで構造物がある程度の変形に耐えられる「靭性」が与えられている場合に限った話で, わずかな変形しか許容できない構造物，例えば無筋の煉瓦造などの「脆性」構造物では, 降伏耐力に達した後の許容変形量がほとんどないので, PGA だけで大破・倒壊が決まる.

ここで構造物被害について, まだ広く一般に理解されているとは言い難い, 重要なしかし当然の論理的帰結である知見について指摘しておきたい．上述のように，構造物の大被害とは，つまるところ大きな水平変形が生じることによって柱が自重を保持することができなくなって大破・倒壊に至る現象である. 故に倒壊した建物の倒壊後の状態を見れば，必ず柱は土台から抜け，あるいは柱が座屈・折損し，基礎は杭から抜け出ているのである. そうした状況は大変形の結果として生じたものであって，それらが P-Δ効果を招いた水平大変形の生成原因だったわけではない. 構造物が倒壊したら, 柱や杭は抜け出たり, 座屈したり，折損したりせざるを得ないのであって, つまりそれは倒壊の結果であって，決して原因ではない．従って柱や杭が抜け出たりしないように補強するのは，しないよりもましだとは言えるが，倒壊防止策としては全く意味をなしていない. 倒壊に至ってしまえばどんなに補強したとしても, 柱や杭は抜け出たり，座屈したり，折損したりせざるを得ないからである.「アスペリティ(SMGA)」と「盆地エッジ効果」で PGA も PGV も大きくなった「やや短周期パルス」に抵抗して構造物の大破・倒壊を防止するには, 水平方向の変形性能とエネルギー吸収能力を増大させる, つまりは粘り強い構造体にするほかはない.

５．おわりに

1995 年兵庫県南部地震によって「震災の帯」が出現し，それに大きな衝撃を受けて以来 30 年が過ぎ, 改めて我々が広く正しく認識していると思われる「学んだ」ポイントと，必ずしもあまねく正しく把握されているとは言い難い「まだ学んでいない」と思われるポイントについて，著者の見解を述べた. 後者についてはいずれのポイントも，つまるところ我々は事実を事実としてありのままに受け入れることはできず, 過去から積み重ねられた各人固有の経験という名のフィルターを通してしかそれを認識できない, という現実を明らかにしている．しかしそのルールは当然，著者の見解にも当てはまる．つまり上述の「まだ学んでいない」とされたポイントもまた著者の独断と偏見に基づいた一見解に過ぎない. さはさりながら，これもひとえに，あの 6,343 人の尊い犠牲が教えてくれている教訓を, 二度と同じ被害を出さないために一つ残らず学んでおきたい, 学んでもらいたいという一心で著者とそのグループが積み上げてきたものである. この一文が読者にとって災害防止に役立つ何らかのヒントになれば幸いである.

参考文献

Graves, R. W., and A. Pitarka, 2010, Broadband ground-motion simulation using a hybrid approach, Bull. Seismol. Soc. Am. 100, 2095–2123, doi: 10.1785/0120100057.

林康裕, 川瀬博, 1996, 1995 年兵庫県南部地震における神戸市中央区の地震動評価，日本建築学会構造系論文集, 481, 37-46.

入倉孝次郎・三宅弘恵, 2001，シナリオ地震の強震動予測，地学雑誌, 110, pp. 849-875.

入倉孝次郎, 2004，強震動予測レシピ―大地震による強震動の予測手法―，京都大学防災研究所年報，47 A，25-46，https://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/nenpo/no47/nenpo47a.html.

Irikura, K. and H. Miyake, 2011, Recipe for predicting strong ground motion from crustal earthquake scenarios, Pure Appl. Geophys., 168, 85–104.

地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2001，糸魚川－静岡構造線断層帯（北部、中部）の地震を想定した強震動評価について（中間報告），https://www.jishin.go.jp/main/kyoshindo/pdf/20010525itoshizu.pdf.

地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2017，地下構造モデル作成の考え方，https://www.jishin.go.jp/main/chousa/17apr_chikakozo/model_concept.pdf.

地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2020，震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）, https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20_yosokuchizu/recipe.pdf.

地盤震動小委員会, 2009，最新の地盤震動研究を活かした強震波形の作成法，日本建築学会..

Kawase, H., 1996, The cause of the damage belt in Kobe: "The basin-edge effect", Constructive interference of the direct S-wave with the basin-induced diffracted/Rayleigh waves, Seismol. Res. Letters, 67, 25-34. doi: 10.1785/gssrl.67.5.25.

川瀬博，林康裕, 1996，兵庫県南部地震時の神戸市中央区での基盤波の逆算とそれに基づく強震動シミュレーション，日本建築学会構造系論文集, 480, 67-76.

川瀬博, 1998，震源近傍強震動の地下構造による

増幅プロセスと構造物破壊能, ―1995 年兵庫県南部地震での震災帯の成因に学ぶ―, 第 10 回日本地震工学シンポジウム, パネルディスカッション資料集, 29-34.
川瀬博, 松島信一, R.W. Graves, P.G. Somerville, 1998, 「エッジ効果」に着目した単純な二次元盆地構造の三次元波動場解析－兵庫県南部地震の際の震災帯の成因－, 地震, 第 2 輯, 50, 431-449.
川瀬博, 2000, 3.3 節 震源近傍における入力地震動評価, 震源近傍の強震動と設計用入力地震動―トルコ・コジャエリ地震, 台湾・集集地震の経験を踏まえて―, 第 28 回地盤震動シンポジウム, 日本建築学会地盤震動小委員会, 85-96.
Kawase, H., Y. Mori, and F. Nagashima, 2018, Difference of horizontal-to-vertical spectral ratios of observed earthquakes and microtremors and its application to S-wave velocity inversion based on the diffuse field concept, Earth, Planets and Space, 70:1, doi: 10.1186/s40623-017-0766-4.
Kawase, H., J. Sun, A. Pitarka, L. Dalguer, E. Ito, and F. Nagashima, 2021, Dynamic Rupture Simulations of a Vertical Strike-Slip Fault with Heterogeneous Stress-Drop Distribution, Proc. of 17th World Conf. Earthq. Eng., September 27-October 2, 2021, Sendai, Japan, [1b-0010].
Kawase, H., K. Nakano, and E. Ito, 2023, Averaged S-wave site amplification factors for sites with Vs30 ≧760 m/s derived from GIT analysis of K-NET and KiK-net ground motions and its consequence for ground motion modeling, 2023 Seismological Society of America Annual Meeting, April 14-18, 2023, https://seismosoc.secure-platform.com/a/gallery/rounds/31/details/9335.
川瀬博, 仲野健一, 入倉孝次郎, 2025, 内陸地震に対する気象庁マグニチュードと地震モーメントの関係の再評価とそれに基づくスケーリング則の提案, 日本地震工学会論文集, Vol.25, No.11, 11_57-11_80, doi: 10.5610/jaee.25.11_57.
松島信一, 川瀬博, 2000, 1995 年兵庫県南部地震の複数アスペリティモデルの提案とそれによる強震動シミュレーション, 日本建築学会構造系論文集, 534, 33-40.
Miyakoshi, K., K. Somei, K. Yoshida, S. Kurahashi, K. Irikura, and K. Kamae, 2019, Scaling relationships of source parameters of inland crustal earthquakes in tectonically active regions, Pure and Applied Geophysics, Vol. 177, 1917–1929, doi: 10.1007/s00024-019-02160-0.
Murotani S., S. Matsushima, T. Azuma, K. Irikura, and S. Kitagawa, 2015, Scaling relations of source parameters of earthquakes occurring on inland crustal mega-fault systems, Pure and Applied Geophysics, 172(5), 1371-1381.
中村洋光・宮武 隆, 2000, 断層近傍強震動シミュレーションのための滑り速度時間関数の近似式, 地震 2, 53, 1-9.
仲野健一, 川瀬博, 松島信一, 2019, 1988 年から 2016 年までに観測された強震記録から分離したサイト特性に関する研究, 日本地震工学会論文集, Vol. 19, No. 2, p.2_1-2_24.
Nagashima F., H. Kawase, and S. Matsushima, 2017, Estimation of horizontal seismic bedrock motion from vertical surface motion based on horizontal-tovertical spectral ratios of earthquake motions. In: 16th World Conf. Earthq. Eng., No. 3685, 9–13 Jan 2017, Santiago.
長嶋史明, 川瀬博, 伊藤恵理, 2021, 海外内陸地震のインバージョン結果データベースを用いたスケーリング則の検討, 日本地震工学会論文集, 第 21 巻, 第 5 号, 5_140-5_160, doi: 10.5610/jaee.21.5_140, 2021.
長戸健一郎, 川瀬博, 2001, 建物被害データと再現強震動によるRC造構造物群の被害予測モデル, 日本建築学会構造系論文集, 544, 31-37.
長戸健一郎, 川瀬博, 2002a, 鉄骨造建物群の被害予測モデルの構築, 日本建築学会構造系論文集, 559, 101-106.
長戸健一郎, 川瀬博, 2002b, 観測被害統計と非線形応答解析に基づく木造建物被害予測モデルの構築と観測強震動への適用, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 2002.11.
Somerville, P., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D.J. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, and A. Kowada, 1999, Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, Seismol. Res. Lett., 70(1): 59-80, https://doi.org/10.1785/gssrl.70.1.59.

関西地震観測研究協議会の設立と 1995 年兵庫県南部地震

鳥取大学工学部　　香川敬生
京都大学名誉教授　岩田知孝

1991 年 12 月に設立された関西地震観測研究協議会は，1994 年 4 月から阪神地域において強震観測を開始した．リモートで記録を収集して情報発信するシステムを整えていたが，1995 年 1 月 17 日発生の兵庫県南部地震では電話回線の輻輳が起きたため現地に赴いての記録回収を行ったことや，振り切れ記録への対応などの紆余曲折を経て，1995 年 2 月上旬には強震観測記録を公開することができた．本論では，これらの観測点の選定・設置，データ収集システムの構築と地震時の状況について，筆者らによる当時の体験を交えて紹介する．

１．はじめに

近畿圏を対象に地震防災に資することを目的として独自の強震観測をおこなうため，産学官協働で設立された関西地震観測研究協議会（以後，「関震協」と略記）は，1995 年兵庫県南部地震（M_J7.3，M_W6.9）において震源断層極近傍をはじめとする貴重な強震記録を得ることができた．その波形記録は，強震動生成の理解や土木・建築構造物の被災要因の検討に広く活用された．また，人口集中域を含む高密度な強震観測の必要性が認識されたことが，気象庁強震観測点の増強，(国研)防災科学技術研究所による強震観測網の整備や（当時の）市町村に 1 点の自治体震度計の配備に繋がったと考えている．

本論では，関震協の設立時に現場担当者として観測網およびデータ回収システムの構築に関わった者として，1995 年兵庫県南部地震前後の体験を執筆することで，当時の状況をアーカイブとして遺しておきたいと思う．

２．大阪平野における関震協以前の強震観測

大阪平野の強震観測は，大阪市中央区道修町の日本板硝子旧本社ビルに設置された SMAC-B 型強震計に始まり，1963 年 3 月 27 日に発生した福井県沖の地震（M_J6.9）による最大加速度（PGA）25.0cm/s^2 の 15 秒間（50Hz サンプリング）の記録が大阪での建築耐震設計に活用された．その後，大阪工業大学の鳥海勲教授（当時）を中心に８点での加速度観測が 1970 年代から行われ（通称「鳥海ネット」），20Hz サンプリングのデータが公開された．残念ながら大部分は NS 方向一成分のみであったが，主要動（S 波）の到達後 20 秒ほどに振幅の大きいやや長周期の波群が見られ，大阪の「あとゆれ」として研究者に注目された．この「あとゆれ」は平野端部の山地境界で励起された盆地生成表面波と考えられ，大阪の地下構造を把握するための調査が 1980 年代後半から精力的に実施され，筆者らはその渦中に研究者としてのキャリアを始めることとなった．

当時の阪神地域は地震活動が低く，都市における人間活動に起因する振動ノイズの影響が大きくトリガレベルを下げられない加速度計による「鳥海ネット」の観測には限界があり，近い将来この地域で被害地震が発生した際に，それを分析する強震記録が得られない懸念もあり，新たな観測網の構築が求められていた．

３．関震協の設立と強震観測体制の整備

そのような中，京都大学工学部の土岐憲三教授（当時）と(財)大阪土質試験所（現(一財)GRI 財団）の岩崎好規所長（当時）の発案で，有志企業の出資による協議会方式で強震観測をおこなう組織の立ち上げが企画された．発案者らの尽力により，会員 14 組織，賛助会員 13 組織に大学研究者らを加えた体制で，1991 年 12 月から関西地震観測研究協議会を発足して活動を始めることができた．

地震観測網の設置計画は京都大学防災研究所の入倉孝次郎教授（当時）を代表とする分科会に託された．必ずしも地震活動が活発ではない当時の阪神地域で記録を蓄積することを念頭に，大阪平野に特有の長周期地震動を小振幅でも捉えることができ，交通振動などの短周期ノイズに影響されずにトリガレベルを下げることができる速度型強震計を採用すること，プレトリガでデジタル記録し，電話回線によるデータ収集が可能であることを前提に，(株)東京測振の強震計 VSE-11，12 と記録計 CV-901 を採用した．

観測点の大まかな構想は，六甲山系から生駒山系に向けて直線上に観測点を配置して「あとゆれ」の生成と伝播を捉えることができるよう，予算的に可能な範囲の点数を設定することとした．具体的な選点と現地交渉は，入倉研究室の助手（当時）であった岩田と，関震協の事務局となった(財)大阪土質試験所の所員（当時）であった香川を中心に行った．六甲山系では神戸大学工学部都市安全工学センターが管理していた地下トンネル内を岩盤観測点とし，生駒山系に入倉研究室が設置していた岩盤観測点（石切）や東大阪の地盤観測点を結ぶ測線上で，大阪管区気象台，当時(財)大阪

土質試験所が設置・管理していた西宮埋立地の観測点も活用するように，6 点を選定した（図 1 の 1 から 6）．また，この測線と直交するように，大阪市から関震協に管理を委託された点を含めて 4 点を選定した（図 1 の 7 から 9 と 11）．また，大阪平野南に岩盤点（図 1 の 10）を加えた．なお，予算的に用意できた強震計は，最大測定限界が 100cm/s のものが 2 台，40cm/s までのものが 8 台となり，より精確な観測が求められる岩盤 2 点（図 1 の 1 と 10）に限界 100cm/s の方を配備することにした．

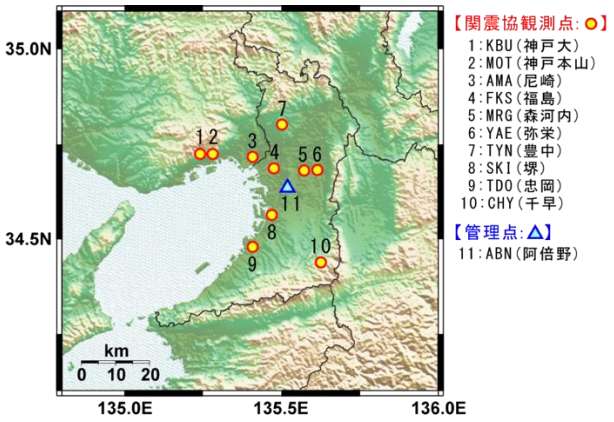


図 1　1994 年当時の観測点配置

これらの現地交渉と電源・電話回線工事，必要に応じて観測小屋と基礎の新設を終え，地震計を設置して観測を開始したのが，関震協設立から 2 年 4 ヶ月を経た 1994 年 4 月となった．記録の収集は事務局から電話回線を繋いで行うこととし，経費節約のため事務局の機材を用いて独自のソフトを開発した．ただし，当時の速度型強震計は温度変化などで零線が変化する弱点があり，現地に出向いてのメンテナンスを頻繁におこなう必要があった．

この年（1994 年）1 月に米国ロサンゼルスで Northridge 地震が発生し，カリフォルニア工科大学の金森博雄教授（当時）らが構築した CUBE システムが，地震波形の準リアルタイム取得に基づく余震の把握など地震記録の新たな活用が始まりつつあった．このため，関震協のシステムでも，各観測点の最大速度（PGV）を早期入手して通知，波形記録のダウンロード後に可能であれば震源位置を推定して通知する機能を追加した．当時は現在のようにインターネットも十分に普及しておらず，常時接続回線も予算的に使えないため，事務局の 1 つの電話回線から観測点を順番にモデムで繋ぐ仕様で，一巡して情報を発信するまでには時間を要していた．また，情報発信もポケベルに記号で送信する仕様で，メールでの送信となったのは随分後のことだった．これらのプログラムは全て事務局の香川が開発を担当し，Fortran のメインルーチンに，モデムなどのシステム制御は C のサブルーチンを呼び出す方式を採った．通常業務の合間をみて半月ほどの突貫作業で構築した割には，安定したシステムとなった．図 2 には，RS-232C 接続可能なポケベルで，受信情報を PC に表示している様子を示す（Umehara, 1995）．とはいえ，ポケベルでの情報受信は当時としては行き過ぎだったのか，関震協に参加した会員，特に使って欲しかった自治体には普及しなかったのが残念である．

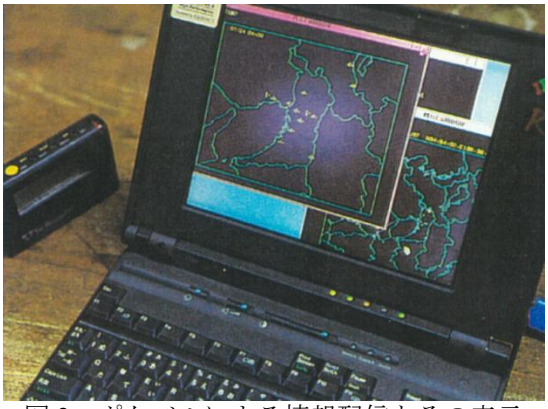


図 2　ポケベルによる情報配信とその表示（Umehara, 1995）

1994 年から阪神地域とその周辺でもマグニチュード 5 程度の地震が発生するようになり，1994 年 10 月の北海道東方沖地震（M_J8.2）など遠地の大地震をはじめ，速度計の利点を活かした記録の蓄積が順調に行われた．そのような中，関震協の幹事会が 1994 年 12 月に開催され，同年の Northridge 地震のように世界的にも重要な観測記録がこのネットワークで得られた場合にどうするかが話し合われ，波形プロットは即時公開というルールが決められた．この会議が奏功し，共同出資の閉じた協議会であったにも関わらず，以下に述べる 1995 年兵庫県南部地震のデジタル記録を迅速に世界に発信することができた．

４．1995 年兵庫県南部地震

そして 1995 年 1 月 17 日 5 時 46 分 51.86 秒に兵庫県南部地震（M_J7.3，M_W6.9）が発生した．筆者の香川は当時大阪市西区にあった(財)大阪土質試験所の事務所へ自家用車で向かった．途中の 6 時 23 分に手持ちのポケベルに通報が入り，神戸市内の本山（図 1 の 2）は電話回線が不通，尼崎（図 1 の 3）で地震計記録が振り切れ，という状況を把握することができた．なお，当時の神戸大学（図 1 の 1）は手続きができていなかったため電話回線がまだ繋がっていなかった．事務所に着いた時点で，電話回線でデータが入手できた観測点の波形プロットがプリンタに自動出力されていた．当日から日米都市防災会議が大阪で開催

されており，関震協初代座長の京都大学工学部土岐憲三教授（当時）に波形プロットを届け，集まった研究者に披露されたところ，迅速な対応に皆が驚いたと伺っている．

その後，17 日当日はどう試みても神戸市内の本山観測点には繋がらず，神戸大の記録も現地回収する必要があるため，翌 18 日に当時事務局の新入所員だった赤澤隆士氏（現(株)阪神コンサルタンツ）が自転車で神戸に向かい，電気が通っている場所まで記録計を移動させ深夜までかけて波形データの取り出しを行った．翌日に神戸在住の別の所員がデータの入ったフラッシュ・メモリを事務所に持ち帰り，全観測点のデータ回収を終えることができた（Toki et al., 1995, 入倉・香川, 1999）．

1994 年 12 月の関震協幹事会で波形プロットの即時公開は合意していたが，貴重な記録であることを考慮して，デジタル波形も実費程度の有償で公開することを臨時の幹事会で決定し，2 月上旬には国内外の研究者に配布を始めた．

なお，計測限界 100cm/s の機器を置いていた岩盤の神戸大学観測点では，最大水平速度 55cm/s が記録され，上下動は零線の移動により測定範囲が狭くなっていたため振り切れ波形となっていた．また計測限界が 40cm/s であった神戸本山および尼崎でも振り切れ現象が生じていた．そのままでは研究に使えないため，地震計メーカーと共同で VSE-11，12 が振り切れる際に生じる現象について解析を行った．その結果，振り切れ量に応じて零線がシフトする応答を示すことを利用して，振動系の機械的な応答とフィードバック回路の電気的な応答を組み合わせた運動方程式を構築し，振り切れ挙動をシミュレーションすることができた．これを利用して，振り切れ波形を出力する入力波形をほぼ再現することができ，振り切れたオリジナル波形とともに公開波形に加えることができた（Kagawa et al., 1996）．

また，豊中観測点（図 1 の 7）については，当日の混乱の中でデジタルデータを逸失してしまい，プリントアウトのみが残された．これについては，東京工業大学の年縄巧助教授（当時）の協力でデジタイズ再現を行った（年縄・他, 1997）．これら補正・復元記録を含めた波形プロットを図 3 に示す（Kagawa et al., 2004）．

なお，観測振幅範囲の広いタイプの地震計をより岩盤地点に設置したこと，震度 7 となった地点も候補としながらも，神戸市街の観測点をノイズの少ない閑静な地点としたことは，観測屋の性ではあるものの，筆者らの中には一抹の悔いとして残っている．

ここまでのオフィシャルな内容に加えて，筆者 2 名の個人的な体験についても以下に記録しておく．

【香川の体験】

当時，私は阪急淡路駅（大阪市東淀川区）近くの賃貸マンションの 6 階に住んでおり，揺れで飛び起きてすぐに S-P 時間を測り始めたものの，いつ目を覚ましたかが分からないので，実際よりも遠い山崎断層あたりの地震かと思ったことを記憶している．部屋の本棚は一部が倒れ，マンションの給水槽が破損して屋上から水が降って来た．このため水道が止まり風呂に水を溜めることができず，停電したためテレビからの情報も入手できなかった．強震観測ネットワークが気になったため，妻を残して自家用車で(財)大阪土質試験所の事務所（大阪市西区）に向かった．（妻を独り残すことになったものの，停電復旧後のテレビ番組録画などの情報収集や当面必要な物資の買い出しなどの対応でサポートしてくれた．感謝）道中一部の信号は停電で機能していなかったものの，市内に大きな被害は出ていないように見えた．事務所に着いた時点で，泊まり込みで仕事をしていた先輩に早朝出勤して来た上司（発光現象を目撃）と，連休明けの早朝に出勤者が居たのは当時

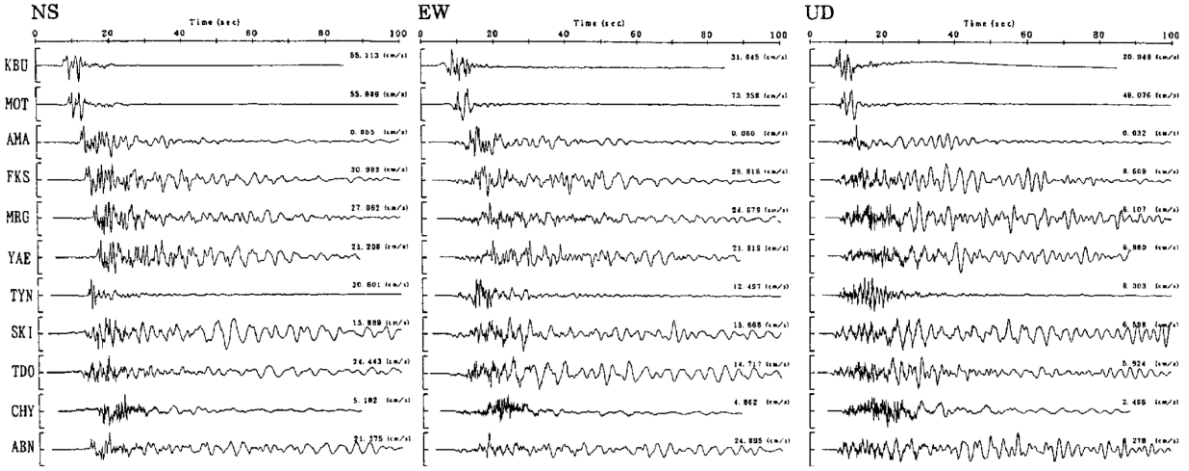


図 3　関西地震観測協議会による 1995 年兵庫県南部地震の観測記録（Kagawa et al., 2004）

のコンサルタントならではと思える.

私の机周りは棚が倒れていて資料が取り出せない状況となっていたが, 電算室のプリンタには波形プロットが自動出力されており, 関震協座長の京都大学工学部土岐憲三教授（当時）に届けることができた.

事務所のテレビ情報で神戸の被害が把握されつつある中，17 日は神戸市内の観測点にはモデムが繋がらず, 長期戦を想定して一旦自宅に戻り, 当時通勤用にも使っていた自転車（MTB）を取って来て，翌 18 日に新入所員の赤澤隆士氏に神戸に向かうことを依頼した. まだ観測点周辺でも火災があった中，(株)阪神コンサルタンツの横田裕部長（当時）の自宅マンション（神戸市東灘区）には電気が通っているとの連絡を受けていたため, 停電中の観測点から記録装置をそこに移設してデータの回収を試みて貰った. 当時普及し始めた携帯電話が連絡手段として活躍した. この時点で深夜になっていたが，同行取材していた NHK がパソコンに表示された波形をいち早く報道し，今でも特集番組等に使われている.

私はしばらく事務所で研究者やメディアへの情報発信を続け, 現地の状況把握に赴いたのはほぼ 1 週間後の 1 月 25 日だった．被災状況を目に焼き付けつつ, 主に関震協や気象台の地震観測地点の状況を確認して歩いた.

【岩田の体験】

京都大学防災研究所の近くに住んでいた私は，1984 年長野県西部地震（M_J6.8）時より強い揺れを感じた．まだ暗い中，30 分ほどで研究室に着き，TV を付けたが，日の出前のため，現地の情報は得られていなかった. 夜が明けて取材ヘリからの, 阪神高速３号神戸線の倒壊やあちこちで火の手があがっている, 現在でもアーカイブとなっている映像がライブで放送され，息を飲んだ.

入倉孝次郎教授（当時）を含め，研究室のメンバーが集まったので, 余震観測を行うということで，機材の準備をはじめた．また，この時点においては被害の全容がもちろんわかっていなかったが, 神戸市は六甲山地の南に狭い平地が拡がりすぐに海になるため，南北（あるいは北西―南東方向）に観測点を置くことや, 関震協の神戸大学, 神戸本山観測点などを基準として設置することを考えていた. 加えて，連絡をいただいた清水建設の川瀬博主任研究員, 東京大学地震研究所の工藤一嘉助教授, 北海道大学理学部の笹谷努助教授（所属はすべて当時）らとも観測点の調整を行った. 私はこれらの連絡調整を行うため，数日は研究室で電話とファクスの連絡当番をしていた. 私も現地入りしたのは，1 月の末頃，設置した観測点の保守（データ吸い上げ）で行ったと記憶する. 結果として，後日「震度７の帯」と称される甚大な建物被害の地域内にも余震観測点を設置することができた. これらのデータを用いた研究成果の概要は岩田（2026）に紹介している.

５．おわりに

阪神地域に強震観測点が少なく，大地震発生時に観測記録を遺せないことを憂えて設立された関西地震観測研究協議会の，1995 年兵庫県南部地震前後の経緯について述べた. この観測成果が, 日本の強震観測網充実の契機になったものと考えられる.

その後の関震協は，出資会員の増加による観測点の増強, 独自の観測用サーバーの導入と速度型強震計へのオートレベル機能追加を経て, 電話回線からインターネットを利用したリアルタイム波形取得と公開へとシステムの順次更新がなされている. 強震計 VSE-11, 12 は現在も稼働中で，2018 年 6 月 18 日大阪府北部の地震（M_J6.1）でも貴重な記録を得ている（赤澤・岩田, 2020）．これら一連の成果が認められ，関震協は 2023 年度日本地震工学会功績賞を受賞している．今後は，近い将来に発生が懸念される南海トラフ地震による長時間長周期の地震動を確実に記録して後世に遺すため，活動を続けたい.

参考文献

赤澤隆士・岩田知孝, 2020, 関西地震観測研究協議会の強震観測, 日本地震学会ニュースレター, **73**, NL-4-9-NL-4-11.

入倉孝次郎・香川敬生, 1999, 関西地震観測研究協議会（CEORKA）日本地震学会ニュースレター, **11(4)**, 28-30.

岩田知孝，2026，地震本部の強震動評価 30 年, 日本地震学会モノグラフ, **9**.

Kagawa, T., Irikura, K., Yokoi, I., 1996, RESTORING CLIPPED RECORDS OF NEAR-FIELD STRONG GROUND MOTION DURING THE 1995 HYOGO-KEN NANBU(KOBE), JAPAN EARTHQUAKE, J. Natural Disaster Science, **18**, 43-57.

Kagawa, T., Iemura, H., Irikura, K., Toki, K., 2004, STRONG GROUND MOTION OBSERVATION BY THE COMMITTEE OF EARTHQUAKE OBSERVATION AND RESEARCH IN THE KANSAI AREA (CEORKA), J. JAEE, **4(3)**, 128-133.

Toki, K., Irikura, K., Kagawa, T., 1995, STRONG MOTION RECORDS IN THE SOURCE AREA OF THE HYOGOKEN-NAMBU EARTHQUAKE, JANUARY 17, 1995, JAPAN, J. Natural Disaster Science, **16**, 23-30.

年縄巧・赤澤隆士・香川敬生, 1997, 1995 年兵庫県南部地震の際大阪府豊中市で観測された強震記録の復元，地震 2, **50**, 337-340.

Umehara, T., 1995, 有効な強震観測網づくりのため産官学の横断的ネットワークを，提言 1.17 明日に駆ける都市(Vol.12), DODA, **38**, 表紙.

地震鉛直衝撃波に関する研究と対策の必要性

地球システム総合研究所　　前原　博

兵庫県南部地震は都市直下型の大地震でしたので，現地では構造物の衝撃破壊の現象が多く見られました．しかし，地震衝撃波は普通の地震計では観測できないため，構造物の衝撃破壊現象は無い状況に収められました．震災直後の社会的な混乱もありましたが，当時の不自然な状態は見直されていません．構造物の衝撃破壊現象は他の地震でも見られ，兵庫県南部地震以来 30 年がたっても，この地震衝撃波に対する理解はあまり進んでいません．そこで状況をかいつまんで振り返ってみます．

１．はじめに

衝撃波は地震学的には無いものと言われていますが、工学的な分野では衝突，打撃、爆発現象等に関連して，それぞれの事柄に応じて○○衝撃波としてよく使われる言葉です．そこで，地震による突上げ力を受ける場合を想定して，本文では単純に地震衝撃波と呼ぶことにします．

土木学会関西支部での調査研究[1,2]と他の活動等[3-7]で，この衝撃波の現象とその被害の存在が明らかになりました．新たに入手した資料[8,9]も含めて，本文では本震の前と後で生じる代表的な事柄を顧みて，地震鉛直衝撃波を特徴づける３特性（高周波，局在波，威力波）について，橋脚の破壊事例を基にその要点を述べます．

そして，現在もなおこの現象が良く理解されていない原因について，重要な資料を紹介して，研究と対策が必要なことを述べます．

２．100 年程前の事柄から（本震前の重要事例）

図 1 は関東大震災の時に，藤沢の鵠(くげ)沼海岸に居られた阿部良夫氏が体験された地震波の絵です[8]．その第 1 図初震部に描かれた絵は，本震前に「はげしい強い上下動が 1 回あった」と説明されています．同様の体験は東北地方太平洋沖地震の本震の直前に，郡山市内で佐藤栄佐久氏（元福島県知事）が体験されています[9]．この本震前の衝撃波の存在の確認ができたことで，後述する発生原因の真実味が増したと判断しています．

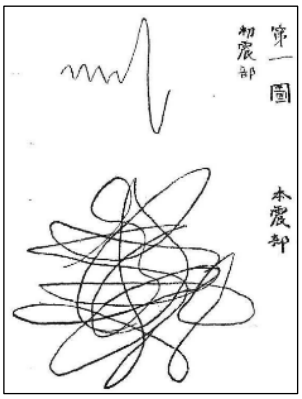


図 1　関東大震災(1923 年)の鵠沼海岸での体験．阿部氏の描画[8]

表 1 は関東大震災の年に作られた，ジーベルグの海震の震度階表（6 段階）です[1-3,5-7]．この表の説明文の中に衝突，衝撃，跳び出し，跳ね上げという言葉があります．最上位階級では沈没に至ることも述べてあり，海震の波が衝撃的で破壊力を持つことは知られていたと推察されます．なお，この表の 25 年前にルドルフの海震震度階表（10 段階）が作られています[1-7]．

表 1　ジーベルグの海震震度階表[1-3,5-7] (1923 年)

震度	説　　明
1（軽震）	海が静かなとき，船室の中でわずかに震動し隔壁が軽くきしむ程度。
2（弱震）	底触れまたは船体が岸壁を擦るときのような，あるいは錨鎖を急遽に繰り出すときのような震動を感ずる。船腹や構造物の震動がはっきりわかる。
3（中震）	砂州，岩礁または暗礁に乗り上げたとき，衝突したときのような激動，あたかも甲板上に重量物を投げ出し，または樽を転がすような，あるいはスクリュウの翼が折れたときのような衝撃を感ずる。吊り下げ物が甚だしく揺れる。索具や船体構造物が鳴動する。
4（強震）	前記の状況がさらに強くなり船は縦横に動揺し，操舵員は舵輪を握る手に衝撃を感ずるようになり，帆桁、デリック棒が鳴動し，座りの悪い器物は転倒転落する。
5（烈震）	船上に立つことが困難となり大きい物体も位置がずれたり転倒したり，台から跳び出したりする。マスト，甲板構造等全船鳴動し，構造の弱い部分は弛んでぐらぐらするようになる。船の航行が困難になることもある。
6（激震）	船体が海中から跳ね上げられることもあり，継ぎ目が離れたり、帆桁，マスト，甲板構造物に損害が起こる。このため浸水して，甚だしいときは沈没に至るときもある。

３．明石海峡付近の体験例（本震後の強い衝撃）

明石海峡付近での海震の体験記録の調査が，地震の被害は本震時の地震動の大きな揺れによるとする，従来の固定的な解釈を打ち破る契機になりました[1,2]．それは次の通りです．

兵庫県南部地震が発生した未明の 5 時 46 分の 5 時・6 時台はフェリーにとってはラッシュアワーの時間帯で，明石海峡付近には多くのフェリーがいました．その中の「あさぎり丸」(千ﾄﾝ級)と「クィーンダイヤモンド号」(九千ﾄﾝ級)の 2 隻は海震を 2 度受けています[1,2,4-7]．なお当日の朝は無風状態でした．

両船の船長の証言では，後からの衝撃の方が大きいことを伝えています[1]．そこでクィーンダイヤモンド号の船長の証言の，「2 度目の衝撃は本船が大きな波に翻弄された時に受けた」ことを基に，2 回目の衝撃迄の時間を推定してみました[1]．

初めの衝撃は本震の鉛直疎密波による衝撃と考え，2 度目の衝撃は本震で海岸が揺れて，起きた海面の波が本船に伝わり翻弄させた時と想定します．この地震による波源域の研究文献[10]から

表面波の波速は約 0.7km/分が得られ，クィーンダイヤモンド号の離岸距離は約 2km なので，2 度目の衝撃は約 3 分後に起きたと推定されます.

この時間間隔は，あさぎり丸の船長による「エンジンを止め，乗組み員が機関と船の周辺を点検し，異常なしの報告を受けて，エンジンを始動させようとした時に，2 度目の衝撃を受けた」との証言の時間間隔と大まかに整合します.

本震の後に，それも分単位で，より強い地震鉛直衝撃波が起きていました．さらに，近隣の船では 2 度目を受けた証言が無く，2 度目の衝撃波は疎らに起きていることが想定されます.

なお播磨灘にいた「フェリーおおさか」(震央距離約 23km)では，シャンデリア 2 基が落下する被害が出ました [1].

ところで陸上の地震では，強い地震波を出す地震が本震になるので，より強い地震波を後から受けることはないのに，海震ではより強い地震波を後から受けているのです．これは地震波の性質が異なることを示唆しています.

後述の橋脚の損壊事例により，その破壊は本震の後で起きたと判断しており，本震の後から起きる強力な鉛直衝撃波を「後発鉛直キラーパルス」と便宜上名付けました [2].

なお，海震の調査時に船舶工学の専門家から，「海震で船舶が損壊する時の地震波は，疎密波であることは常識である」との指摘を受けました．この「海震の常識」が陸上の地震学や耐震工学の関係者と、長年共有されてこなかったことが，大きな欠陥（問題になる地震波の観測記録が未だに取れていない）の原因の一つです.

４．跳び石現象の代表事例

地震鉛直衝撃波と縁が深い現象に跳び石現象があり，その代表的な事例を紹介します.

図 2 は兵庫県南部地震（1995，M7.3）の時に民家の庭から石灯篭の笠石が塀を超えて，外の駐車場の車の後部に当たっている写真です [1-7]．そのお屋敷は潰れ住民の方は亡くなられました．周辺の家には被害は少なく，地震衝撃波が局所的に起きています．この写真は地震鉛直衝撃波の存在を証拠立てており，しかも分かり易い大変貴重な写真です.



図 2 兵庫県南部地震の際に庭から跳び出した笠石 [1-7]

次に長野県西部地震（1984，M6.8）の時に，大きな岩(約 5 トン)が埋った所から跳び出した事例があります [2-7]．この事例は跳び石現象として，写真が伝わっていて，内容が明確な資料の内で最も重量が大きい物の事例です.

そして、熊本地震（2016，M7.3）では益城町の辻が峰に作られた慰霊碑の石碑(約 3 トン)が，台上から 5.8m 程跳んだ事例があります [2-7]．写真がある跳び石現象として最大の飛距離の事例です．初速は地形の影響もありますが，5～7m/sec と推定され，初速の試算値の中の最大級の値です．構造物に被害を及ぼす初速度は 0.5m/sec といわれ，それよりはるかに大きい値です.

５．コンクリート橋脚の典型的な破壊事例

図 3 はコンクリート（RC）柱の 2 本が独立して，上部の横桁を支える橋脚の断面図で，柱の天端に支承が 1 個あります [1,2,4-7].

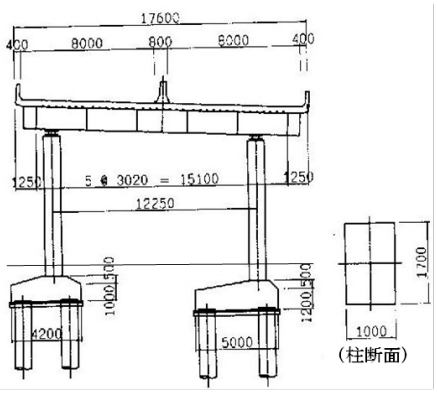


図 3　RC 橋脚と柱の断面 [1,2,4-7]．RC 独立二本柱で支える橋脚 (延長約 650m)

図 4，5 は柱上部に典型的な引張型の破壊が起きた写真で，図 4 では鉄筋が籠状に露出し，内部のコンクリートがなくなり，向こうが透けて見えます [1-7]．支承の下側は鉄筋籠の中にありました [1]．図 5 の柱鉄筋の一部は裸で直立しており [1,3-7]，図 4 も同様で柱鉄筋が直立しています．これは，この破壊に水平慣性力は作用してなく，破壊の後からも作用していないことを表します.

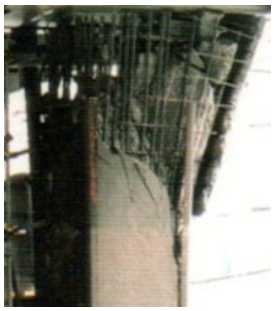


図 4　P465 山側柱の破壊 [1-7]
鉄筋籠内のｺﾝｸﾘｰﾄの跳び出し．高周波の証拠（引張型破壊）.

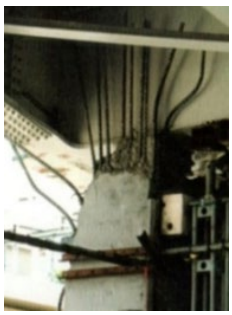


図 5　P472 海側柱の破壊 [1,3-7]
柱上端の鉄筋が直立（引張型破壊）．主震動の後の破壊を表す.

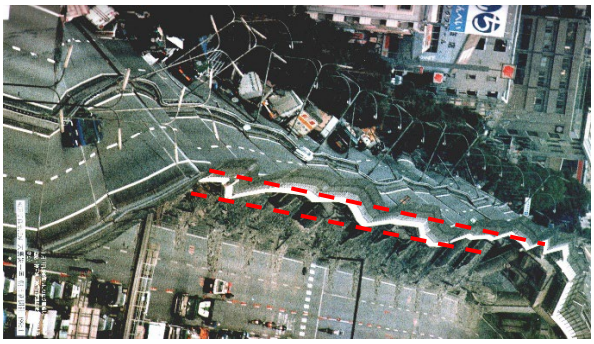


図 6　倒壊ピルツ橋区間 [11]（西からの縦方向写真を横に見る）．写真中央部の窪んだ場所 3 ヵ所に着目，倒壊柱長が短い．

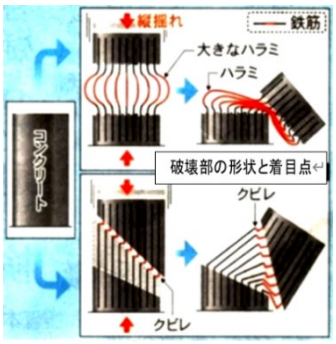


図 8　座屈状破壊と斜めズレ破壊の説明図 [12]

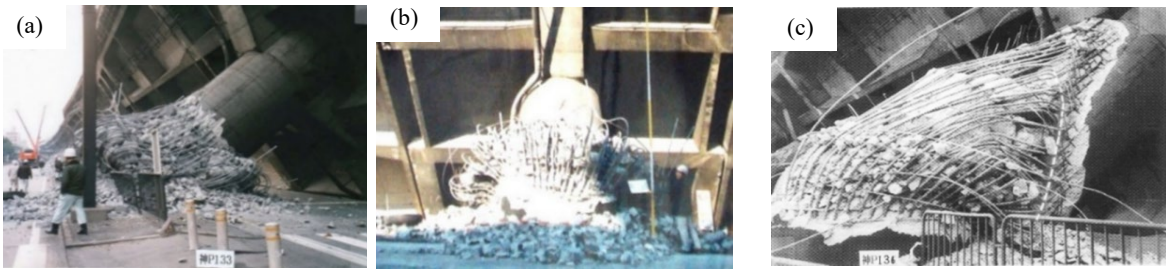


図 7　柱が圧縮型の破壊をした痕跡がある典型例 [1-7]（P は橋脚番号，数字の差は離れを表す）．
(a) P133 柱の座屈状破壊（東面），　(b) P133 柱の座屈状破壊（南面），　(c) P136 柱の斜めズレ破壊（東面）．
P133 柱は主鉄筋が全周の外側に向けて座屈破壊，P136 柱の主鉄筋では斜めクビレが全幅に分布．

すなわち，この破壊は主震動の後から起きていることを表します．他にも鉄筋が直立した破壊橋脚は 4 基あります [2]．さらに図 4 の柱上部のコンクリートがなくなっている状況は，短時間で内部コンクリートが跳び出しており，高周波の波が作用して [1-7]，柱の揺れでなく衝撃波動の現象で破壊したことを表します．

図 6 は倒壊ピルツ橋の区間を西側から低空で撮った写真 [11]を横にしたものです，写真の中央部に大きく窪んだ箇所が 3 ヵ所あり，赤色破線を付けて分かり易くしています．白色の線は高さ 1m の高欄の側面で，窪みの深さは約 3m あり，その分倒壊柱長が短くなっています．単に倒壊した柱は隣よりこれ程短くなりません．

図 7 は 3 ヵ所の窪みにある柱 4 本の内、典型的な圧縮型の破壊を示す柱 2 本の破壊状況の写真です [1-7]．図 7a,b は柱の下部が座屈破壊（提灯座屈）をした状況の 2 方向の写真です [1-7]．柱の鉄筋が全周の外向きに座屈しています．図 7c は柱の鉄筋がクビレを伴って斜めズレ破壊をした状態を示し，クビレの部分に白破線を付けています [1-7]．クビレは斜めの全断面に分布しています．こうした破壊が図 6 では 3 ヵ所に分散して，衝撃波動による破壊として起きています．

図 8 は両破壊の起き方を模式的に説明しています [12]．倒壊区間の高架上の走行者の証言では，横揺れの後に縦揺れがあり倒壊しています [1]．他の場所で落下を免れたスキーバスの運転手の証言にも同様の証言があります [1]．

ピルツ橋脚の破壊は工事誌の解析 [13]によると，鉄筋の塑性率が 3 程度になるので，鉄筋が降伏するとコンクリートの剪断力の抵抗性が低下して，倒壊するとの説明がされています．しかし，柱の中部や下部が塑性率 3 程度以上の損壊状態でも，直立している橋脚はたくさんありました．

すなわち図 4，5，7 の橋脚の破壊は，主震動の後から場所的に分散して起きています．一方，連続して壊滅的に破壊した橋脚がある場所もあり，場所毎に同時期的に起きた破壊状況のように見られます [2,4-7]．それはこの衝撃波（後発鉛直キラーパルス）がその場所で連成して起きているのです．こうした波の全体を「局在波」と呼ぶことにしました．

その波の一つ一つは局所的に作用する高周波の衝撃的な鉛直波と考えられます．その衝撃波は，“30m 程先で，ダーン，ダーンと飛び跳ねるトラック(4 ﾄﾝ車)を見ているタクシーの客 [1]”には伝わって無く，横には伝わりにくい性質を持っています．これは重要な伝播特性です．

図 9 は以上に述べた現象から想像される，地震鉛直衝撃波のイメージに近い図柄 [14]を引用したものです．発生原因としては，堅い地塊が動かされる時，境目の隙間が開くと間隙の圧力が急降下して，亜臨界～超臨界状態の流体（たとえば水など）が爆発的な相変化をする（水蒸気爆発に似た）状態を予想しています [5]．

このように考えると，発現から破壊までの各現象の多様な事例と整合します．この発生原因の地

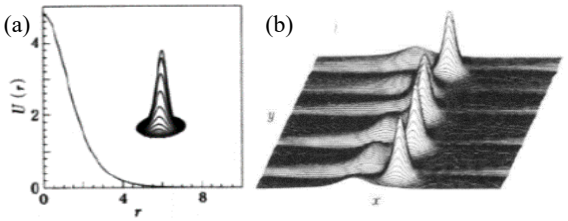


図 9 釣鐘型孤立波の例(ソリトン)[14)]
(a) 切断図と立体図　　(b) 連成する波

震鉛直衝撃波は，３特性（高周波，局在波，威力波）を持ち，普通の地震計では観測されにくく，正確な波形が取れない訳です.

６.「神戸の地震」と幻の調査会の報告書

神戸市の委託により作られた「神戸の地震」の報告書（昭和 49 年 11 月）の報道[15)]が，昨年の１月にありました．当時の微小地震等の調査結果から，壊滅的な被害の大地震を指摘していました．しかしこの報告書は公表されず，市役所内でも伝えられていません．調査を担当された尾池和夫先生のコメントには，「この報告書が伝わっていれば，もう少し人が死なずにすんだかもしれない」とあります[15)].

図 10 に示す報告書は兵庫県南部地震が起きた直後に，新年度から活動しようとしたが，できなくされた幻の調査会の報告書です[16)].


平成８年度　科学技術庁委託

平成８年度　科学技術庁調整費

材料・構造物の衝撃的破壊現象と
その防止に関する調査

報告書

平成９年３月

財団法人　地震予知総合研究振興会

図 10　幻の調査会の報告書[16)] (1997.3)

表題は「材料・構造物の衝撃的破壊現象とその防止に関する調査」で，「衝撃的破壊現象」が調査研究の対象です[16)]．しかしこの調査会は一度も正式には開催されていません．調査に賛同した方々が個別に行った平成 7 年度の活動資料を集め，世話役の方々が苦労して，平成８年度に当時の科学技術庁の委託として纏められた物です[7)].

詳しい事情や経緯は分かりません．ただ，同時期に起きた震災訴訟に対して，訴訟対応は当時の建設省本省の訟務課が担当しました．すると，構造物の破壊原因は地震の大きな横揺れとする主張が強く働く状況になり，構造物の各管理者は関連資料を不開示とする隠蔽とも考えられる動きもありました．この破壊現象の調査会の活動を抑圧したのは国と私は推測していますし，「地震の衝撃的破壊現象」については，他の状況も勘案[7)]し，国がないことにしてきたものと考えています.

防衛省仕様の艦船は船底下 10m 程で爆発する魚雷に耐えるように造られます．構造物として最も高い安全性を持つべき原発施設には，まずこのレベルの衝撃耐震性が求められます[6,7)].

現在地震の活動期に入っており，原発施設に対して地震衝撃波の調査研究と，その安全対策を速やかに取る必要があります.

参考文献

1) 土木学会関西支部 平成 27-28 年度共同研究グループ，直下地震における耐震問題に関する研究成果報告書， p 4-25，平成 29 年 5 月，https://www.jsce-kansai.net/wp-content/uploads/2017/05/kyodo_chokka_h27-28.pdf
2) 土木学会関西支部 平成 29-30 年度 調査研究委員会，都市直下地震での鉛直方向の免震構造に関する調査研究 成果報告書，p1-28，平成 31 年 3 月．https://www.jsce-kansai.net/wp-content/uploads/2019/06/chosa_chokka_2017-2018.pdf
3) 前原博，いまどき海震の話が注目されているとは！ 日本船長協会誌 Captain 第 456 号，p33-41，2020.5.
4) 前原博，海震と強烈な衝撃的鉛直地震動に関する考察―新しい地震観の構築に向けて―，日本船長協会誌[船長]第 138 号, p 48-86，2021.1.
5) 前原博，海震と強烈な衝撃的鉛直地震動に関する考察　抄録・観測できていない強烈な鉛直地震波動と発生原因，立命館大学，第 10 回 RCS サスティナビリティ評価研究会，R4. 1. 31.
6) 前原博，観測できていない強烈な衝撃的鉛直地震波動，月刊地球特集号，p249-258，Vol.44，2022.5.
7) 前原博，観測できていない強烈な衝撃的鉛直地震波動，第 16 回地震工学シンポジウム，Day2-G417-07，2023.11.
8) 寺田寅彦，阿部理学士調査関東大震災 特に鵠沼別荘地に於ける状況，震災予防調査会報告第百号(甲)， p 333-338， 1925.3.
9) 佐藤栄佐久，福島原発の真実，平凡社新書，p9-10，2011.6.
10) 鳥羽徳太郎，1997，1995 年兵庫県南部地震津波の規模および波源域，地震 2，49，p461-466.
11) 朝日新聞社，報道写真全記録 大震災一年，p4，1996.1.
12) 神戸新聞，阪神・淡路大震災で新説報告，縦揺れ「必ず存在する」，朝刊，2015.10.28.
13) 阪神高速道路公団，大震災を乗り越えて－震災復旧工事誌―，p187-192，平成 9 年 9 月.
14) 川原琢治，ソリトンからカオスへ，－非線形発展方程式の世界－，朝倉書店，p161，1993.5.
15) MBS テレビ報道記事 (2025.1.28 放映)，昭和 49 年に大地震を指摘していた報告書【阪神・淡路大震災から３０年】.
16) 地震予知総合研究振興会，材料・構造物の衝撃的破壊現象とその防止に関する調査 報告書，平成９年３月.

地震ハザード予測の高度化と社会的役割
－企業リスクマネジメントと防災教育の観点から－

ユナイテッド・インシュアランス株式会社　　竹村考弘

本稿では，兵庫県南部地震以降の地震ハザード予測の高度化とその社会的影響を整理し，企業リスクマネジメントおよび防災教育の観点から課題と対策について考察した．地震リスクをはじめ企業を取り巻く災害リスクは多様化しているが，地震学の知見は，地震保険加入の増加や防災教育の体系化を通じて，社会行動や企業リスク低減に具体的な効果をもたらしてきた．一方で，BCP 策定の実効性不足や世代間の防災知識の格差が課題として残る．今後は，官民学連携による研究成果と防災実務の共有，および企業研修や情報更新を通じた防災教育の強化が重要であり，ハザード予測を含む地震学を意思決定支援へと拡張することで，企業および社会全体のレジリエンス向上に寄与することが期待される．

1.　はじめに：兵庫県南部地震から 30 年

1995 年 1 月 17 日に発生した兵庫県南部地震は甚大な被害をもたらした．建物の倒壊や火災，交通網や物流の寸断，ライフラインの長期停止など，社会経済活動への影響は広範に及んだ．この災害は，日本社会における地震防災の重要性を再認識させる契機となり，制度面や社会のリスク認識に大きな変化をもたらした．

例えばリスクマネジメントの観点から，社会全体における地震への備えの必要性が広く認識されるようになった．保険制度においては，建物構造に応じた地震保険料率の見直しや国の再保険制度の整備が進められ，現在の地震保険制度の基礎が形成された．その後，地震保険の加入件数は増加しており，その過程においては，地震動予測や地震の発生確率評価といった地震学的知見に基づいて作成されたハザードマップが，住民のリスク把握に活用されてきた．また教育分野では，学習指導要領の改訂を通じて，児童生徒の発達段階に応じた防災教育が体系的に導入されるなど，地震防災に関する知識の普及が進められてきた．

一方で，兵庫県南部地震から 30 年を経た現在においても，社会全体のリスクマネジメントには課題が残されている．特に企業の防災対応においては，事業継続計画（BCP）の実効性が十分に確保されていない懸念がある．令和 4 年度版防災白書（内閣府，2022）によれば，「被災時に BCP が役に立った」と回答した企業は 14.4%にとどまっており，「毎年必ず見直している」とする企業も 25.8%に過ぎないことが示されている．これは BCP が策定されていても，PDCA サイクルが十分に機能していない実態を示しているといえる．「国土強靭化アクションプラン 2016」では，2020 年までに BCP 策定率を大企業で 100%，中堅企業で 50%とする目標が掲げられていたが，近年の計画では策定率そのものは主要な評価指標として明示されなくなっている．これは大企業や中堅企業での策定率が目標水準に近くなったということもあるが，BCP の策定だけではなく，訓練や見直しを含めた実効性が重視されるように重点が変わってきたことが考えられる．

さらに，「帝国データバンク」の調査（帝国データバンク，2025）によれば，中小企業を含めた企業全体の BCP 策定率は 20.4%にとどまっている．地域差も大きく，南海トラフ地震による被害が想定される沿岸地域では比較的高い一方で，内陸部では低い傾向がみられる．また，BCP 策定の必要性を感じていないと回答した企業は，大企業で 12.6%，中小企業で 19.2%，全体では 18.7%にのぼっており，我が国の企業における地震を含めた災害リスクの認識には依然として課題が残されている．

このように，地震学の進展によりハザード情報の整備が進み，社会制度や個人の防災意識には一定の成果がみられる一方で，企業におけるリスクマネジメントの実効性には課題が残されている．特に，企業活動に大きな影響を及ぼす間接的被害への対応や，リスク認識といった問題は十分に解決されていない．本稿では，兵庫県南部地震以降の地震防災の進展を背景に，地震ハザード予測の高度化が社会にどのような影響を与えてきたかを整理する．その上で，企業リスクマネジメントおよび防災教育の観点から，今後の地震学に期待される社会的役割について検討する．

2.　ハザード予測の功績

まず地震学の成果の一つであるハザード予測が社会に与えた影響について，主として地震保険の加入動向に基づき検討する．本稿におけるハザード予測とは，ある地点において想定される地震動の強さや発生確率を評価するものであり，地震リスクを空間的かつ定量的に把握するための基盤となるデータとする．

地震保険は 1966 年に制度が創設されたが，兵庫県南部地震発生直前の 1994 年時点における契約件数は約 400 万件にとどまっていた．しかし，

1995 年の兵庫県南部地震以降，契約件数は増加に転じ，現在では 2,100 万件を超える水準に達している．図 1 は 1990 年以降の地震保険加入件数の推移を示したものであるが，1995 年には 500 万件を超え，新潟県中越地震後の 2005 年には 1,000 万件，東北地方太平洋沖地震後の 2012 年には 1,500 万件をそれぞれ上回っている．

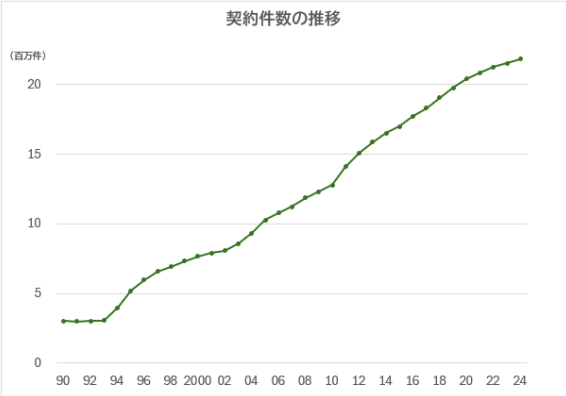


図 1　地震保険契約件数の推移（出典：損害保険料率算出機構（2025）を基に筆者作成）

こうした加入件数の増加は，保険会社や代理店による周知活動の影響もあると考えられるが，その意思決定を支える要因として，ハザード予測の担った役割が大きい．従来のような「将来大地震が発生する可能性がある」といった抽象的な情報に対し，ハザード予測は，地域ごとに想定される震度や発生確率を具体的に示すことが可能である．（図 2）は地震保険を周知するチラシの一部であるが，こうした情報提供により地震リスクは個々の居住地や事業所に即した「自分ごと」として認識されやすくなり，保険加入といった具体的行動につながったと考えられる．

この点は，ハザードマップの活用状況からも裏付けられる．損害保険料率算出機構（2025）の調査によれば，「地震危険に対する備え」について，地震保険加入者に行ったアンケートでは「ハザードマップを確認した」と回答した割合が 39.5%と最も高い結果となっている．自治体が作成するハザードマップはハザード予測に基づいており，これらの情報が住民のリスク認識に直接的に影響を与えていることが示唆される(注 1)．

以上より，ハザード予測は地震リスクの可視化を通じて個人や企業のリスク認識を高め，保険加入などの行動変容を促す上で重要な役割を果たしてきたといえる．一方で，こうしたハザード情報は主として物理的被害の把握に焦点を当てたものであり，企業活動に大きな影響を及ぼす間接的被害の把握には必ずしも十分に対応していないという側面もある．

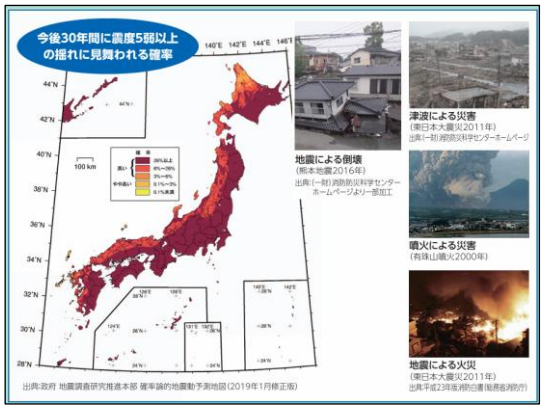


図２　日本地図：内閣府（2023）『今後 30 年間の地震発生確率に関する資料』から引用
災害写真：防災科学技術研究所（年不明）「災害写真データベース」から引用

3.　地震リスクと企業の備え

次に，企業における地震リスクの特徴とその対応について整理する．企業の地震対策としては避難訓練が代表的であり，これは人命を守るための最優先の取り組みである．しかし，企業が直面する地震リスクは人的被害にとどまらず，建物や設備の損壊，さらには事業活動全体への影響など多岐にわたる．

本稿では，地震による企業被害を「直接的被害」と「間接的被害」に区分して検討を行う．直接的被害とは，地震動によって生じる建物の倒壊，設備・備品の損傷などの物理的損害を指す．これに対し間接的被害とは，地震を契機として発生する経済的・社会的損失であり，ライフラインの停止や従業員の出勤困難による業務停滞，取引先の被災による収益減少，サプライチェーンの寸断，さらにはブランドイメージの低下などが含まれる．

直接的被害については，ハザードマップの活用や設備・什器の固定といった対策により，自社内のリスクとして比較的把握しやすく，対策も講じやすい．一方で，間接的被害は影響範囲が広く不確実性も高いため，具体的な想定が難しく，結果として対策が後回しにされやすい傾向がある．帝国データバンクの調査によれば，BCP を策定できていない理由として「策定に必要なスキル・ノウハウがない」が 42.7%と最も多く，さらに「策定する必要性を感じていない」とする回答も 18.7%にのぼっている．これらは，リスクの把握や評価に関する能力の不足に加え，間接的被害に対する認識が十分でないことを示唆している．

また，企業における防災投資や BCP 策定は，意思決定者のリスク認識に大きく依存する．しかし，現行のハザード予測は主として地震動や直接的被害の想定といった物理的側面の把握に有効である一方で，企業活動に重大な影響を及ぼす間接的被害の評価には必ずしも十分に対応していな

い．このことが，企業における地震リスク対策の不十分さの一因となっている可能性がある．

こうした状況を踏まえ，企業は直接的被害と間接的被害の双方に対応したリスクマネジメントを構築する必要がある．具体的には，耐震化や設備の固定などによる直接的被害の低減に加え，代替生産拠点の確保や優先復旧業務の選定などにより，間接的被害の影響を最小化する取り組みが求められる．特に中小企業においては，資金や人材が限られることから，BCP の策定や初動対応訓練を通じて被害の拡大を防ぐことが重要である．

さらに，地震リスクへの対応にはリスクファイナンスの視点も不可欠である．地震保険は有効な手段の一つであるが，法人契約においては補償範囲や支払限度額が制約されるケースもあるため，保険のみでリスクを十分にカバーすることは難しい．したがって，企業はリスク評価に基づき，耐震化，BCP，保険といった複数の手段を組み合わせた総合的なリスクマネジメントを行う必要がある．

以上のように，企業の地震リスクは間接的被害の影響が大きいにもかかわらず，現行のリスク認識や対策は必ずしもこれに十分対応しているとはいえない．この点は，今後，ハザード予測が社会的役割を検討する上で重要な課題である．

4. 防災教育の進展と世代間ギャップ

兵庫県南部地震以降，日本の学校教育における防災教育は徐々に整備されてきた．1995 年当時は避難訓練や災害時の行動指針が学校ごとの自主的取り組みに留まっていたが，兵庫県南部地震後の 1990 年代後半の改訂により，防災教育が段階的に組み込まれるようになった．表 1 では，1995 年～2010 年代までの地震防災に関する学習指導要領の防災教育内容の推移を簡易的に示した．学習指導要領の防災教育は，東日本大震災以降，内容や実施頻度が大幅に強化された．2008 年改定の小・中学校学習指導要領，2009 年改定の高等学校学習指導要領では，防災教育が従来の知識中心から行動・判断中心に転換され，教科横断的・地域連携的な学習や，主体的に危険を予測して安全を確保する力の育成が制度化された．このため，1997 年 4 月 2 日以降に生まれた世代は，体系的な防災教育を受ける機会を得ている(注2)．

一方，1997 年 4 月 1 日以前に生まれた世代は，各学校の独自取り組みに依存していたため，防災知識や行動習慣に地域・学校ごとの差が生じていると考えられる．また，地震初動対策に関しても，「地震だ！火を消せ！」という標語による対応は 2000 年頃まで用いられていたが，現在では身の安全の確保が最優先対応となっている(注3)．このように，災害時の対応は時代とともに変遷しており，知識の更新は個人の自主的努力に依存せざるを得ない．

以上のことから，企業の BCP 策定や実効性が伸び悩む背景には，世代間の防災教育格差や知識の更新状況によるリスク認識の差が一因となっていると考えられる．ハザード予測をはじめとした地震学の社会的意義を最大化するためには，科学的知見の提供に加え，教育や制度を通じて知識を具体的な行動に結びつける仕組みを整えることが重要である．

表 1　年代による学習指導要領の内容の簡易まとめ

年代	内容
1995年頃 （阪神淡路大震災以前）	学習指導要領の改訂:1989年 学習指導要領の内容: ①「地震＝自然現象」
2000年頃	学習指導要領の改訂:1998年・1999年 学習指導要領の内容: ①「理科（自然現象）から社会との関連を意識へ」 ②「教科横断が視野に入り始める」 ③「知識から行動教育へ」
2010年代頃	学習指導要領の改訂:2008年・2009年 学習指導要領の内容: ①「教科横断」 ②「地域連携」 ③「安全教育の中核として位置づけ」

5. 防災状況・防災教育と企業リスクマネジメント

ここまでで整理した通り，世代間で防災教育の機会や知識更新状況に差があることは，企業における BCP 策定や実効性の課題の一因と考えられる．こうした背景を踏まえ，地震学の知見を企業活動や従業員教育に効果的に結びつける仕組みの構築について，防災教育と企業リスクマネジメントの相互作用を踏まえ，官民学の連携も視野に入れた具体的な取り組みについて検討する．

5-1. 防災教育の必要性

地震学は地域ごとの地震発生確率や被害想定などの科学的データを提供できるが，これらの情報が企業の意思決定に十分に活用されているとは言い難い．その要因として，情報の専門性の高さや企業側での理解不足が挙げられる．

こうした課題に対して，国は専門家派遣等の支援を行っているものの，予算や人員に限りがあり十分な広がりを見せていない．専門家に頼ることも重要であるが，従業員自身が学び，自社の防災対策を自主的に進める方が，組織全体の防災力向上に直結する．

特に，体系的防災教育を受けていない世代への教育機会の提供は重要である．企業研修や継続的な教育を通じて知識・行動の格差を埋めることで，組織全体の防災力を底上げすることや，災害対応手法や知識は時代とともに変化するため，定期的な知識更新の仕組みを確保することが必要であ

る．

5-2. 企業のリスクマネジメント

企業のリスクマネジメントでは，地震による直接的被害と間接的被害の両方に対応することが重要である．直接的被害は，建物や設備の損壊，火災などの物理的損害であり，ハザードマップの確認や設備の固定といった自社内対策である程度管理可能である．一方，間接的被害は，ライフラインの停止や業務停滞，取引先の被害による収益減少，サプライチェーンへの連鎖的影響，ブランドイメージの低下など多岐にわたり，想定や対策が難しい．

こうした多様なリスクに対しては，地震学の知見だけで全てのリスクを網羅することは困難である．むしろ，企業の既存の取り組みに対して科学的知見に基づく評価やアドバイスを提供することが現実的である．想定される被害の範囲や対策例を提示することで，企業は自社のリスクを把握し，対策もしやすくなる．また，同業他社やサプライチェーン企業の取り組みを参考にすることで，間接的被害への対策の検討にもつながる．

さらに，こうした評価やアドバイスを広く「見える化」した情報提供の仕組みづくりが，企業のリスクマネジメントの精度向上に資するだけでなく，社会全体のレジリエンス向上にも寄与する．

5-3. 官民学の連携

地震学の知見を企業リスクマネジメントに効果的に活かすためには，官民学の連携が重要である．具体的には，研究者が地震発生確率や被害想定などの最新データや知見を提供し，情報提供を受けた保険会社，保険代理店，商工会議所などの支援企業が，それらの情報をリスクマネジメント支援が必要な企業に周知し，防災教育やBCP策定支援を担うことで，企業は自社リスクの把握や対策立案を効率的に行うことができる．

また，企業から得られた災害対策や現場での知見を研究者にフィードバックすることで，地震学の知見と防災実務の双方向的な情報交換となり，さらに防災対策が精緻化され，間接的被害への対応も強化されることが期待できる．

すでに一部では，こうしたプラットフォームによる情報共有が始まっており(注4)，このような場を通じて、より広い情報共有や支援が一層加速することが望まれる．情報周知には，企業のウェブサイトや資料配布だけでなく，企業現場への直接訪問や研修の活用も効果的であるが，人的・予算的制約もある．支援の裾野を広げるためには，災害対応や防災教育に近い民間企業のリソースを活用することが有効である．官民学の連携により，地震学の知見を予測から意思決定支援へ転換し，社会全体のレジリエンス向上に貢献することが期待される．

６． おわりに

本稿では，兵庫県南部地震以降の防災教育の進展と企業リスクマネジメントの現状を整理し，課題と対策を考察した．企業を取り巻くリスクは多様化しているが，災害現象の中で最も研究実績のある研究分野の一つである地震学の知見は，企業のリスク低減や社会全体のレジリエンス向上にさらに大きく寄与する可能性がある．ハザード予測による地震保険加入の増加や，防災教育の体系化による世代間の知識差の把握は，科学的知見が社会行動に結びつく具体例である．今後は，企業の意思決定支援や官民学の連携を通じて，具体的な行動に結びつける仕組みを整備することが，持続可能な防災社会の構築に不可欠である．

注

（１）もっとも本調査では地震保険未加入者に対しても同様の質問を行っており，こちらも38.2%と最上位の回答結果を得ている．本調査では未加入の理由についても触れており，「住居と家財の両方に加入すると保険料が高くなるから」(16.9%)，「具体的な保険料の高いイメージがあったから」(20.5%)，「具体的な保険料を見た，または計算した結果，保険料が高かったから」(13.9%)など，保険料が高いことが原因で地震保険への加入を断念しており，未加入者に対してもリスク認識を高めた可能性がある．

（２）2008～2009年改訂の学習指導要領に基づく教育が完全実施されたのが2012年度であることから，小学・中学・高校のいずれかの段階で3年以上，防災教育を受けることができた世代を体系的な防災教育を受けた世代とした．

（３） 日野宗門，2011，「地域防災実戦ノウハウ(67)-地震時の防災活動のポイント その3-」『季刊消防科学と情報（104）』(P56)

（４） 中小機構では簡易版BCPである事業継続力強化計画の取組み支援や取組み事例の紹介を行っている．(https://kyoujinnka.smrj.go.jp/)

参考文献

文部科学省，1996，「学校等の防災体制の充実について（第二次報告）」https://www.mext.go.jp/a_menu/shisetu/bousai/06051221/002/003.htm

文部科学省，2020，「学校における防災教育の取組：教職課程・教員研修における防災教育」

内閣府，2022，『令和4年版防災白書』

損害保険料率算出機構，2025，「消費者の地震危険意識と住居建物属性の調査(2024年の調査)」

帝国データバンク，2025，「事業継続計画（BCP）に対する企業の意識調査（2025年)」

兵庫県南部地震30年特別シンポジウム　地震本部設立から30年―地震学の知見がどう「地震の評価」に活かされてきたのか　Event

開催概要

日時

2025年7月5日（土）13時～17時

場所

Zoom

内容

1995年兵庫県南部地震の発生を機に、同年7月に地震本部が設立されて以降、地震学の知見を地震の評価へと反映させる取り組みが継続的に進められてきました。本シンポジウムでは、この30年間における地震学的知見の深化と地震本部による評価との相互関係を俯瞰し、今後の連携のあり方について議論を深めます。講演およびパネルディスカッションを通じて、地震学と防災施策をつなぐ今後の展望について検討します。

主催

公益社団法人日本地震学会

企画

地震学を社会に伝える連絡会議 特別シンポジウム企画運営WG

申込方法

参加申し込みサイト　の「チケットを申し込む」ボタンからチケットを選択してください。
当日までに接続に必要な情報をお送りします。
先着500名。日本地震学会会員に限らず、どなたでもご参加いただけます。

参加費

無料

スケジュール

13:00-13:05	趣旨説明 加藤 愛太郎
13:05-13:35	講演① 長期評価 佐竹 健治（東京大学 名誉教授）
13:35-14:05	講演② 強震動評価 岩田 知孝（京都大学 名誉教授）
14:05-14:35	講演③ 津波評価・津波即時予測 谷岡 勇市郎（北海道大学 名誉教授）
14:35-14:45	休憩
14:45-15:15	講演④ 地震・津波ハザード評価 藤原 広行（防災科学技術研究所 研究主監）
15:15-15:45	講演⑤ 地震動即時予測 干場 充之（気象研究所 主任研究官）
15:45-15:50	パネルディスカッションの準備
15:50-16:55	パネルディスカッション（久家 慶子、講演者5名）
16:55-17:00	閉会の挨拶 室谷 智子

連絡・問い合わせ先

日本地震学会事務局
TEL：048-782-9243
E-mail：zisin@tokyo.email.ne.jp

主催・協賛・後援行事（過去分）へ戻る

過去の行事 へ戻る

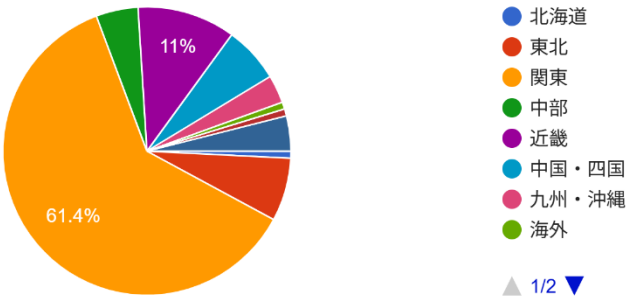
兵庫県南部地震 30 年特別シンポジウム

地震本部設立から 30 年―地震学の知見がどう「地震の評価」に活かされてきたのか

（2025 年 7 月 5 日）アンケート結果の抜粋（回答数 127）

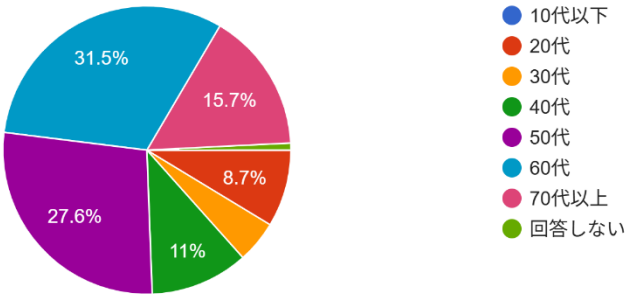
Q1. お住まいの地域を教えてください.

127 件の回答



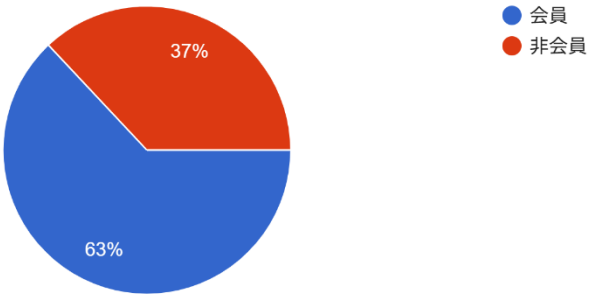
Q2. 年代を教えてください

127 件の回答



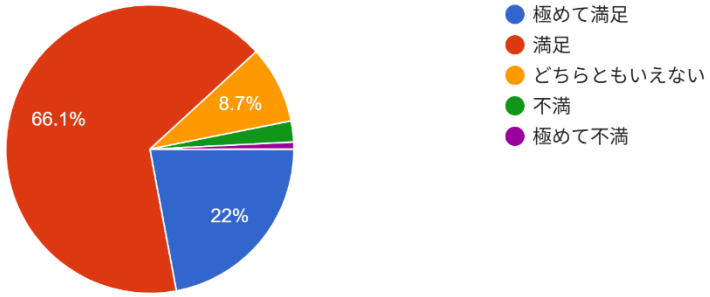
Q3. 日本地震学会の会員ですか？

127 件の回答



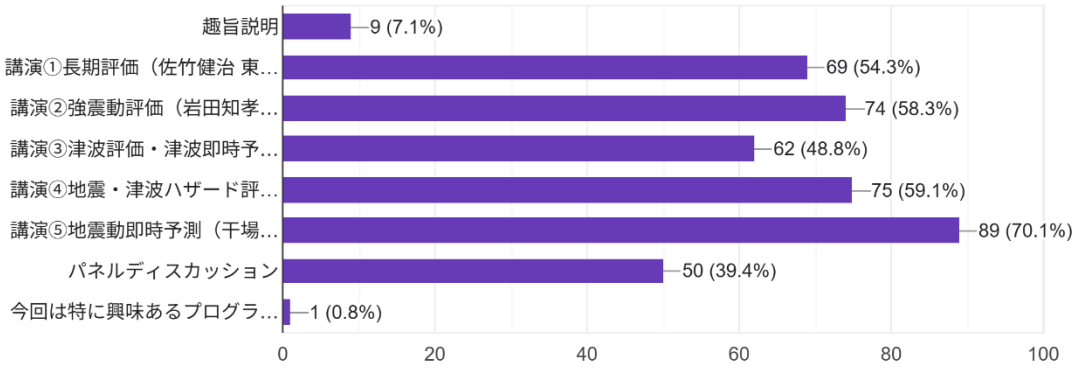
Q4. 今回のシンポジウムに対する満足度を教えてください

127 件の回答



Q5. 特に興味を持った（満足した）講演を教えてください（複数回答可）

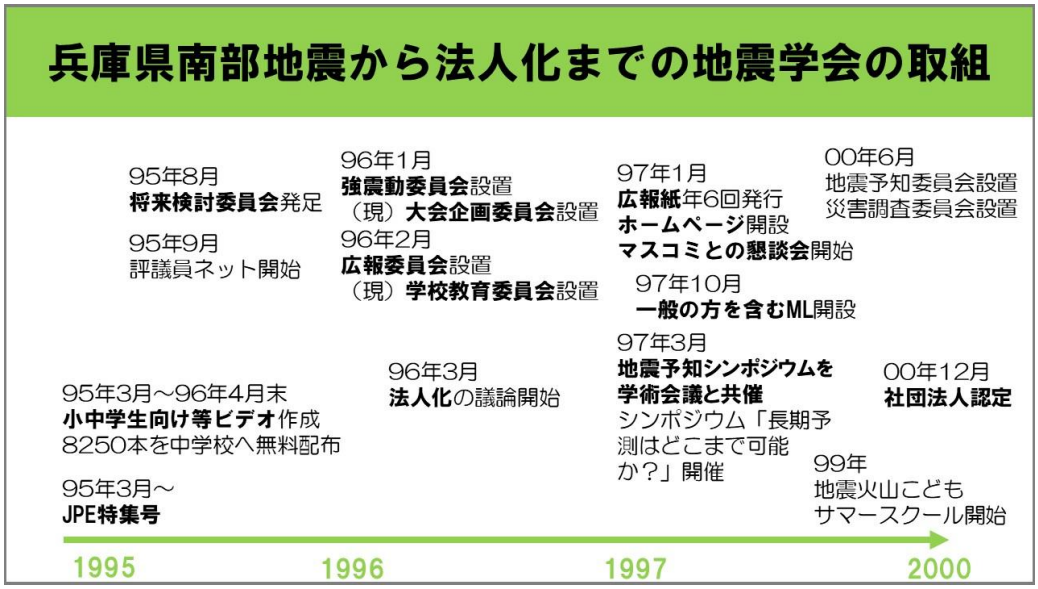
127 件の回答



兵庫県南部地震後 6 年間の日本地震学会および日本学術会議の動向
―日本地震学会ニュースレターの情報をもとに―

京都大学大学院理学研究科　久家慶子

1995 年兵庫県南部地震は日本地震学会に大きなインパクトを与えた．この地震を機に日本地震学会の活動と組織は大きく変わり，現在の体制の礎が築かれた．その改革の過程は，日本地震学会ニュースレター（NL）の中に，当時の活動の熱気とともに残されている．ここでは，兵庫県南部地震によって露呈した様々な問題に対する対応を中心に，法人化までの 6 年間にわたる日本地震学会（主に理事会や将来検討委員会）および日本学術会議（主に地震学研究連絡委員会）の動向を，NL から抜粋してまとめる．なお，NL に記載がない事項は含まれていないことに留意されたい．また、抜粋内容には作成者の関心が強く反映されている．



★1995 年 1 月 17 日兵庫県南部地震の発生

■1995 年 2 月 22 日　理事会　議事録（NL7-1 1995 年 5 月号 P10）（深尾会長）
兵庫県南部地震についての学会対応として
小中学生を対象とした学習目的のビデオを作成する
地震，JPE に特集号をつくる
学会員の意識調査のためのアンケートを実施する

■1995 年 2 月 27 日　日本学術会議地震工学研究連絡委員会　議事録（NL7-2 1995 年 7 月号 P41）
兵庫県南部地震の関西地震観測研究協議会のデータ頒布について

■1995 年 3 月 22 日　地震工学研究連絡委員会　議事録（NL7-2 1995 年 7 月号 P42-43）
兵庫県南部地震の地震動記録を一元化して公表するように呼びかけの要望

■1995 年 3 月 30 日　日本学術会議地震学研究連絡委員会　議事録（NL7-1 1995 年 5 月号 P10-11）
1 月に地震予知小委員会（安藤雅孝委員担当）とグローバル小委員会（深尾良夫委員担当）の設置が認められたとの報告
学術会議内で部を横断する特別委員会を設置
学術会議，地震学会共催でシンポジウムを計画
入倉委員より，地震学者の強震観測に対する認識への誤解が多い，得られたデータの公開はほとんどされていないとの問題提起

■1995 年 3 月 27 日　理事会　議事録（NL7-1 1995 年 5 月号 P11-13）（ここから石田会長）
地震での特集号は内容の重複から断念し，JPE の特集号に集中
未決定である場合，北淡町の断層保存への要望書の提出を決定

◎土木学会，建築学会等との共同作成の阪神・淡路大震災調査報告書の編集委員会の設置（NL7-2 1995 年 7 月号 P18）

◎1995 年 5 月に建議「第 7 次地震予知計画の見直し」（NL7-4 1995 年 11 月号 P34 の地球物理学研究連絡委員会議事録内にあり）

■1995 年 6 月 8 日　地震学研究連絡委員会　議事録（NL7-3 1995 年 9 月号 P31-32）
学術会議を横断する形で発足した阪神・淡路大震災特別委員会の構成委員と議事内容の報告
この委員会に対して，地震庁の設置，活断層法の制定，強震観測網の整備を政府に勧告することを検討中，地震予知研究の見直しと充実についても検討を進めていると報告
防災科研の 1000 台の強震計全国配置計画の概要紹介
気象庁の 144 台の震度計展開計画の紹介
議員立法による「地震防災対策特別措置法案」の説明

地震予知小委員会のメンバー紹介，第８次地震予知計画に向けた新しいブループリントの作成を目指すとの報告

★1995 年 6 月 16 日公布・7 月 18 日施行　地震防災対策特別措置法の制定

■1995 年 7 月 25 日　地震学研究連絡委員会　議事録（NL7-3 1995 年 9 月号 P32）

強震観測網の整備に関する勧告の原案を一部修正のうえ提起

地震防災対策特別措置法についての意見交換

地震庁構想や活断層法については検討を進める

■1995 年 8 月 2 日　理事会　議事録（NL7-4 1995 年 11 月号 P35-36）

将来検討委員会（仮称）の設置を承認

ビデオの作成に NHK エンタープライズ 21（株）の技術協力をえられることになった一方で，ビデオ製作費 1000 万円のスポンサー問題が発生．小中学校への配布は文部省初等中等教育局が協力

■1995 年 9 月 25 日　日本学術会議地球物理学研究連絡委員会　議事録（NL7-6 1996 年 3 月号 P34-35）

阪神・淡路大震災調査特別委員会報告として，特に要望の強かった２つの１つが，地震の強震観測の整備であるとの報告．特に強調されたことは，岩盤に直接地震計を設置する，地下も含めて 3 次元アレイを考える，データのスムーズな流通（この時点で阪神・淡路大震災のデータが未だ公開されていないという問題）

■1995 年 9 月 27 日　理事会　議事録（NL7-4 1995 年 11 月号 P36-37）

ビデオの制作費を科学技術庁が出すことに決定，ただし小中学生向けと一般向けの 2 種を作成することが条件．

> 【補足】科学技術庁が制作費を出したが，最終的に，地震学会が任意団体であったために資金を直接受け取れなかった．その結果，地震学会はビデオの著作権と版権を持てなかった．法人化への背景の一つ．

地震学会ホームページを作成する提案があり，庶務委員会で検討することに．

■1995 年 9 月 28 日　評議員会　議事録（NL7-4 1995 年 11 月号 P37－38）

社会への対応について，将来検討委員会の設置提案に対して，政治的対応は好ましくない，学会として見解を示す必要はない，社会への還元ができてない，もっと情報提供をすべきである等の意見が述べられた．

評議員へ情報を流す連絡網のみとして評議員ネットを作る

◎将来検討委員会の発足（NL7-4 1995 年 11 月号 P13）

8 月 2 日理事会，9 月 28 日評議員会の承認を得て発足（委員長は山下輝夫）

構成委員は

安藤雅孝，飯田昌弘，石田瑞穂（会長），石橋克彦，入倉孝次郎，川勝均，菊地正幸，島村英紀，武村雅之，平田直，藤井直之，本蔵義守，山下輝夫（副会長）以上 13 名
委員会は地震学会員に公開

■1995 年 9 月 28 日　第 1 回将来検討委員会　議事録（NL7-4 1995 年 11 月号 P38）
教育・普及活動を実施するべきという認識で一致
社会に対する責任をこれまで軽視してきた．学会としての見解を示すかどうか議論が必要．
兵庫県南部地震に対する対応は後手に回ってしまった．予め対応を議論しておく必要がある．

■1995 年 11 月 15 日　第 2 回将来検討委員会　議事録（NL7-5 1996 年 1 月号 P36）
（1）地震学会の内部機構を整備する必要がある―現在の学会は存在感が希薄であり，他方，学会員は多様化している
A　バランスのとれた学会の活動方針を打ち出すべきではないか
B　そのための議論の場を必要に応じて提供することや，諸活動のバックアップ体制の整備が必要でないか
（2）組織としての地震学会の責任を考えるべきである―他学会との協調，実社会への貢献をするためには何をすべきか
A　関連分野の人々に役立つ，報告書の作成や啓蒙活動が必要である．特に防災には必要ではないか
B　被害地震時の調査団派遣，説明会開催，報告書作成を実施してはどうか
C　地震予知研究について学会で議論を活発に行い，地震予知計画に反映させる努力をするべきではないか
（3）教育・普及活動を実施すべきだ―地震学会でしかできないことがある
A　一般人・子供向けなど，さまざまなレベルの出版活動を行いたい
B　図表資料の出版は大切である
C　シンポジウムや講演会をもっと開催する必要がある
D　貴重なデータや資料の保存を考えるべきだ．歴史地震，活断層，地震計などがこれに当たる．
E　教育機関・報道機関などへアピールするべきことはしていこう

■1995 年 12 月 18 日　第 3 回将来検討委員会　議事録（NL7-6 1996 年 3 月号 P22）
（1），（3）は第 2 回委員会の項目に相当
（1）組織としての地震学会の責任についての議論
委員会の設置具体案を次回までにまとめる
テーマ・委員は公募制にすべきではないか
社会的貢献であり，抜けている分野を埋めるものである
研究発表やシンポジウムとは目的が異なる
依頼に対する具体的なアドバイスをしたり，相談窓口にもなったりしてはどうか
地震学会による提言を実施してはどうか
地震関連には組織が多く，それに対する配慮は必要
科学的事業を実施する時に行政主導なのは問題，研究だけでなく社会的責任を果たすべき vs 科学の

発展や個人の研究の妨げになる
マスコミなどに個人的な発言をされると迷惑な場合がある vs 学会が個人の意見を統制する権力組織になるおそれがあり危惧する
（3）教育・普及活動についての議論
編集委員会を設けるべきではないか
タイミングが重要であり，やや長期的に考えるべき
採算（財源）を配慮すべき
内容については，最先端の研究とパンフレットを埋めるもの，柔軟性のあるもの，副読本的なものがよい

■1996 年 1 月 9 日　理事会　議事録（NL7-6 1996 年 3 月号 P35－36）
ビデオは小中学生向け，一般向け．一般向けの英語版の 3 種に．3 月末の合同大会で小中学生向け版の試写を目指す．

◎震度階級の改訂（NL8-1 1996 年 5 月号 P11－13）
平成 8 年（1996 年）10 月 1 日から，震度 5，6 に強弱．それ以外は，平成 8 年 4 月 1 日から．

■1996 年 1 月 23 日　第 4 回将来検討委員会　議事録（NL8-1 1996 年 5 月号 P18）
新規作成する委員会は将来計画委員会で提案するとともに NL で公募する．
社会的貢献を目的として，強震動委員会（仮称）（武村，入倉担当）の設置．
研究活動推進を目的として，大会プログラム委員会（仮称）（平田担当）の設置．

■1996 年 2 月 26 日　第 5 回将来検討委員会　議事録（NL8-1 1996 年 5 月号 P18－19）
社会的貢献を目的として，広報委員会（仮称）（平田担当）および学校教育に関する委員会（仮称）（桑原担当）の設置．
出版に関する議論として，必要に応じて出版が実施できる受け皿をつくる，学会員以外も対象にする，シンポジウムの論文集のような中途半端なものはやめる，販売を事業化するかどうかは検討が必要との意見がでた．

◎「地震予知研究への提言に向けて：地震予知小委員会からの中間報告」（NL7-6 1996 年 3 月号 P3-8）

■1996 年 2 月 26 日　理事会　議事録（NL8-1 1996 年 5 月号 P25）
ビデオの最終シナリオほぼ完成．3 種で合計 2000 本程度を作成．

■1996 年 3 月 25 日　第 6 回将来計画委員会　議事録（NL8-2 1996 年 7 月号 P25）
法人化の議論開始

■1996 年 3 月 26 日　理事会　議事録（NL8-1 1996 年 5 月号 P25）

ビデオ 2000 本が 4 月末に完成する予定.

■1996 年 3 月 29 日　第 7 回将来計画委員会　議事録（NL8-2 1996 年 7 月号 P25－26）
強震動委員会，広報委員会，学校教育に関する委員会，大会企画委員会が 3 月 26 日理事会，3 月 27 日評議員会，3 月 28 日総会で承認され，発足との報告.
シンポジウムに関する議論．大規模地震特例法についての議論にしたらどうかの意見.

◎日本地震学会の会費の値上げ（NL8-1 1996 年 5 月号 P3-4）
正会員 6000→9000 円、学生 3000→4000 円、賛助会員 1 口 20000→50000 円、購読会員 10000→15000 円。さらに大会参加費（2000 円）の徴収。2 月 26 日理事会、3 月 27 日評議員会，3 月 28 日総会で承認。

◎仮称「強震動委員会」について（NL8-1 1996 年 5 月号 P20－21）
強震動委員会の設置が，1996 年 1 月 23 日将来計画委員会，3 月 27 日評議員会，3 月 28 日総会で承認

◎ビデオ「地震はなぜ起こる？－地震のなぞを探ってみよう―」（NL8-2 1996 年 7 月号 P6-7）
この NL の表紙がビデオの写真！

◎『「学校教育に関する委員会」（仮称）発足のお知らせ』（NL8-2 1996 年 7 月号 P11-12）

◎「大会・企画委員会の発足について」（NL8-2 1996 年 7 月号 P12-13）

◎「学会の社団法人化についての検討経緯について」（NL8-2 1996 年 7 月号 P10-11）

■1996 年 4 月 22 日　1996 年度第 1 回将来計画委員会　議事録（NL8-2 1996 年 7 月号 P26）
４委員会の状況報告，法人化の議論.

■1996 年 5 月 17 日　1996 年度第 2 回将来計画委員会　議事録（NL8-3 1996 年 9 月号 P20）
法人化の議論

■1996 年 6 月 7 日　理事会　議事録（NL8-2 1996 年 7 月号 P41）
秋季大会期間中に「法人化に関する説明会」を設けることを決定

■1996 年 6 月 25 日　地震学研究連絡委員会　議事録（NL8-3 1996 年 9 月号 P37－39）
阪神・淡路大震災特別委員会の審議状況の報告
強震観測の充実は報告がだされ急速に進んでいるが，岩盤設置の強震計は少ない，3 次元観測の取り組みは不十分などの問題点がでた
地震予知小委員会のこれまでの成果としてまとめられた冊子「地震予知研究への提言」が配布された

■1996 年 7 月 2 日　1996 年度第 3 回将来計画委員会　議事録（NL8-4 1996 年 11 月号 P64－65）
地震予知研究や事業の在り方について議論
科学的視点や観測の目的を明確にすべき
地震予知研究の現状を，専門分野のみならず，一般の研究者（学会員）に理解してもらうことを考えるべき
単に地震予知研究体制や研究動向の情報を流すだけでは不十分
地震予知研究の現状を知ってもらうために，シンポジウムを企画しよう
地震予知研究体制や研究動向を検討するための学会の受け皿を作って，継続的に取り組みをすべき

■1996 年 9 月 2 日　1996 年度第 4 回将来計画委員会　議事録（NL8-4 1996 年 11 月号 P65）
広報委員会の役割を合意
長期予測・基盤観測に関するシンポジウムの開催を計画
地震調査研究推進本部の委員会で討論され決められた計画に関する情報が，大多数の地震学会員に提供されていないこと，学会にそれらに対して議論する場がないことが問題であるとの指摘．これらを補うシンポジウム．

◎地震調査研究推進本部の設置についての記事掲載（NL8-3 1996 年 9 月号 P10－17）
地震防災対策特別措置法が制定され，平成 7 年（1995 年）6 月 16 日公布，同年 7 月 18 日施行．

◎JPE の兵庫県南部地震特別号の購読申し込みの記事（NL8-4 1996 年 11 月号 P27）

◎「日本地震学会の社団法人化について」の将来計画委員会の記事（NL8-4 1996 年 11 月号 P30－33）

◎「広報委員会発足のお知らせ」の記事（NL8-4 1996 年 11 月号 P61－63）
1996 年度第 1 回広報委員会議事録に，地震学会ホームページの開設を了承した旨あり．

■1996 年 9 月 25 日　地震学研究連絡委員会　議事録（NL8-5 1997 年 1 月号 P46-47）
地震予知小委員会の最終報告が 11 月頃にまとまる予定
1997 年 2 月半ばに，地震学会との共催でシンポジウムを開催

■1996 年 9 月 26 日　理事会　議事録（NL8-4 1996 年 11 月号 P69－70）
教育用ビデオが 6500 本追加で複製され，各都道府県の教育委員会を通して中学校に無料配布．これまでに配布した教育用ビデオは 8250 本．
地震学会シンポジウム「大地震の長期予測はどこまで可能か？」の開催について
地震学研究連絡委員会地震予知小委員会作成の冊子「地震予知研究への提言」の印刷について

■1996 年 9 月 27 日　評議員会　議事録（NL8-4 1996 年 11 月号 P70－71）
地震学会シンポジウム「大地震の長期予測はどこまで可能か？」の開催の決定

地震予知小委員会作成の冊子「地震予知研究への提言」の印刷を予算内で処理できる範囲で援助

■1996 年 9 月 28 日　1996 年度第 5 回将来計画委員会　議事録（NL8-5 1997 年 1 月号 P38）
法人化への反対が少なく，支持がえられたと判断．春の評議員会，総会への提案へ．
広報委員会の仕事の検討．広報紙の発行，ホームページの開設，その他の広報活動の検討企画．

■1996 年 10 月 28 日　1996 年度第 6 回将来計画委員会　議事録（NL8-5 1997 年 1 月号 P38）
マスコミとの関係について議論
ここ数十年間の新聞記事の特徴は基本的に変わらず，地震学は地震予知であると思われている．マスコミ側からみると，研究者から個人的に情報を得るしか方法がなかった．マスコミと研究者の相互理解や交流を深め，改善できる点は改善していく．

■1996 年 12 月 3 日　1996 年度第 7 回将来計画委員会　議事録（NL8-6　1997 年 3 月号 P31）
法人化の主務官庁を文部省にする．法人化の時期は 1999 年 3 月を目安．
将来検討委員会を次年度も継続することで合意．
地震調査研究推進本部の委員会で決められた計画等に対して，学会で議論する場がないという指摘あり．行政的判断は必要であるが，学会はこうした問題に関して，今後はもう少し見解を出した方がよいのではという意見多し．

■1996 年 12 月 18 日　1996 年度第 3 回広報委員会　議事録（NL8-6　1997 年 3 月号 P35）
■1997 年 1 月 22 日　1996 年度第 4 回広報委員会　議事録（NL8-6　1997 年 3 月号 P35－36）
広報紙を年 6 回発行，学会内の顔がみえるように，記事は筆者氏名明記，所属機関もできるだけ記す．
ホームページの開設を広報紙第ゼロ号の発行時に目指す．
マスコミとの懇談会を 3 月初旬に気象庁で開催する方向で準備

■1996 年 12 月 12 日　地震学研究連絡委員会　議事録（NL8-6　1997 年 3 月号 P38－39）
活断層法に関して，阪神・淡路大震災特別委員会の第 2 次報告書の中で土地法の関連で提言を行うことになったとの報告
地震予知小委員会の報告書の取り扱い
3 月 5 日に研連と地震学会の合同主催で地震予知シンポジウムを開催
当日資料として報告書を配布．印刷費用は地震学会負担．
学術会議としての「対外報告」等にまとめる作業は，シンポジウムで提出された意見等を集約したのちに継続して行う

■1997 年 1 月 10 日　1996 年度第 8 回将来計画委員会　議事録（NL9-1 1997 年 5 月号 P42）
広報紙の名称は「なゐふる」に決定．
2000 年 WPGM に関する議論．受け入れは地球惑星関連学会連絡会．

■1997 年 2 月 25 日　1996 年度第 9 回将来計画委員会　議事録（NL9-1 1997 年 5 月号 P42）
社団法人化の準備作業について．資金の積み立て，定款案の作成．
基盤観測に関する要望書提出に対する今後の対応について．

■1997 年 2 月 25 日　1996 年度第 5 回広報委員会　議事録（NL9-1 1997 年 5 月号 P45－46）
2 月 28 日までになゐふる第ゼロ号を印刷．第 1 号からは奇数月 1 日に発行．
初めての記者懇談会を 3 月 3 日 18 時から気象庁で開催．懇親会も開催．
ホームページが 3 月 3 日開設．

◎1997 年 3 月 3・4 日日本地震学会シンポジウム「大地震の長期予測はどこまで可能か？」（科学技術館サイエンスホール）（NL9-1 1997 年 5 月号 P31，P93-94）
◎「地震」特集「大地震の長期予測はどこまで可能か？」論文募集記事（NL9-1 1997 年 5 月号 P3）

◎1997 年 3 月 5 日　地震学研究連絡委員会・地震学会共同主催「地震予知研究シンポジウム」
この内容報告は広報紙「なゐふる」第 1 号（1997 年 5 月発行）（NL9-1 1997 年 5 月号 P78-79）にあり

◎「基盤的調査観測の推進により整備される地震観測網の計画についての要望書」の提出について（NL8-6　1997 年 3 月号 P3-5）

◎広報紙「なゐふる」創刊準備第ゼロ号が発行されました（NL8-6　1997 年 3 月号 P6，P42-47）

◎日本地震学会のホームページができました（NL8-6　1997 年 3 月号 P6-7）

◎強震動地震学基礎講座の連載開始（NL8-6　1997 年 3 月号 P9-11）

◎JPE 兵庫県南部地震特集号 Part 1～3 の発行
1996 年　Journal of Physics of the Earth Vol.44 No. 4 P255-427 特集号 Part 1
1996 年　Journal of Physics of the Earth Vol.44 No. 5 P429-653 特集号 Part 2
1997 年　Journal of Physics of the Earth Vol.45 No. 2 P73-165 特集号 Part 3

■1997 年 3 月 25 日　1997 年度第 1 回理事会　議事録（NL9-1 1997 年 5 月号 P50－52）
■1997 年 3 月 26 日　1997 年度第 1 回評議員会　議事録（NL9-1 1997 年 5 月号 P52－53）
■1997 年 3 月 27 日　1997 年度第 1 回総会　議事録（NL9-1 1997 年 5 月号 P53－56）
なゐふる第ゼロ号を 3 月 10 日に発行．ホームページ開設．3 月 3 日「マスコミ関係者との懇談会」を開催．
「基盤的調査観測の推進により整備される地震観測網の計画についての要望書」の提出．
「学校教育委員会」の名称の報告．
法人化のこれまでの経緯の報告．

■1997 年 4 月 25 日　1997 年度第 1 回広報委員会　議事録（NL9-2 1997 年 7 月号 P51）
非常時（大地震発生時）における学会および各委員会の対応について，委員会間で混乱をおこさないように，理事会に検討を申し出ることとなったとの記載あり．

■1997 年 5 月 13 日　1997 年度第 2 回理事会　議事録（NL9-2 1997 年 7 月号 P55－56）
地震調査研究推進本部政策委員会の意見の募集は，報告書の内容についての意見を求めているので，理事会の意見は，学会広報紙等を通じて行い，直接「意見の募集」に応じない．理事会の合意事項は
１　学会は，基盤的調査観測の推進により整備される地震観測網の計画とその実施については，先に提出した要望書の観点から，今後とも強い関心をもって地震の専門家として意見を示していく
２　基盤観測網の計画実施にあたっては，実施状況やその結果の評価を行ったり，最新の科学の成果を計画に取り入れたりしていく必要が考えられる．このためには，地震調査研究推進本部政策委員会の下に，地震調査観測に関する専門家からなる部会が必要である．学会はこうした部会の委員と協力して，最新の科学的成果を施策に反映させていく

◎広報紙「なゐふる」第 1 号の最終ページに 1997 年度時点の委員会構成あり．当時会員数は約 2300 名．

■平成 9 年（1997 年）6 月 6 日　地球物理学研究連絡委員会　議事録（NL9-4 1997 年 11 月号 P51－53）
阪神・淡路大震災特別委員会が最終報告をまとめ，近く公表の予定で，この中に，地震予知の基本的考え方，地震火山庁の設置の必要性，活断層法の制定などについて提言，との記述あり．
※　阪神・淡路大震災特別委員会の最終報告の第 1 章（地震学に関わる部分）は，NL9-4 1997 年 11 月号 P55－60

■1997 年 6 月 24 日　第 3 回理事会　議事録（NL9-4 1997 年 11 月号 P49－50）
大地震時の地震学会としての広報・見解等のルール化について，広報委員会，強震動委員会から検討すべき課題として，大地震時の地震現象，強震動の状況等に関する広報について提案．
推進本部の意見公募に対する理事会の対応と今後の行動の件，推進本部の部会報告に対する意見の公募が行われたが，理事会は意見の公募には直接は応ぜず，ニュースレター，広報紙等，学会の媒体を通じて意見表明を行うこととした．
地球電磁気学会からの「学会連合」の呼びかけ．

◎「JPE から新ジャーナルへ」（NL9-2 1997 年 7 月号 P16－17）

■1997 年 7 月 11 日　地震学研究連絡委員会　議事録（NL10-1 1998 年 5 月号 P40－41）
地震予知小委員会の正式報告書を，学術会議名の対外報告等にすることは今期中断念，次期に引き継ぐことを決定．
特別委員会報告書の内容について，多少独走気味で地震学研究連絡会を踏み越えているのではないか

との議論あり.
次期から，学術会議の改組により，地震学研連が専門委員会となる方向との記述あり.
グローバル地震学小委員会の総括として，国際的には，日本に対して FDSN への定期的なデータ提供の希望が高まりつつあり，IASPEI を通じて国際的にデータセンターをインターネットで結ぼうという構想への参加が呼びかけられるなど，日本の国際貢献に対する要請が強まりつつある．グローバル地震学小委員会を継続し次の事項でのリーダシップを.
・海半球と全地球ダイナミクスのデータセンター整備，連携，国際貢献
・上記観測網と国の基盤的広帯域地震観測網の連携，両者のデータの有効利用
・データセンターに関する IASPEI 構想への対応

◎第 3 回記者懇談会報告（NL9-4 1997 年 11 月号 P44－45）
秋季大会期間中 1997 年 9 月 24 日 18 時から弘前大学で実施の記者懇談会の報告.
ここで，マスコミと研究者の間の了解のとれたメンバーで構成する新しいメーリングリスト（ML）をつくってはどうかということになった．一方で，マスコミ関係者に対して地震学会会員になることへの呼びかけも行われた.

■1997 年 10 月 15 日　第 4 回広報委員会　議事録（NL9-5 1998 年 1 月号 P20－21）
「なゐふる ML」の開設，運営方針，管理体制等を決定.

◎1997 年 11 月　なゐふるメーリングリスト（nfml）の運用開始（NL9-5 1998 年 1 月号 P66）

◎法人化に向けてⅠ（NL9-4 1997 年 11 月号 P3－5）

■1997 年 11 月 14 日　第 5 回理事会・第 2 回将来検討委員会　議事録（NL9-5 1998 年 1 月号 P20）
学会連合について検討．法人化準備委員会の設置を決定.

■1998 年 1 月 27 日　地震学研究連絡委員会　議事録（NL10-1 1998 年 5 月号 P35）
学術会議に，地震予知小委員会，グローバル小委員会の継続的設置を要望との記述あり.

◎1998 年 Earth, Planets and Space (EPS) 開始（NL10-1 1998 年 5 月号 P7-8）

◎1998 年 5 月 25 日　地球物理学関連学会会長懇談会の開催（NL10-1 1998 年 5 月号 P9）

■1998 年 4 月 16 日　1998 年度第 1 回理事会　議事録（NL10-2 1998 年 7 月号 P46－47）
1998 年度の委員会委員長の割振りがあり，1998 年度も将来検討委員会，法人化準備委員会あり.

■1998 年 5 月 27 日評議員会，5 月 28 日総会（NL10-2 1998 年 7 月号 P2）
法人化実施決議の承認．今後，基本財産 2000 万円を準備する.

◎1998 年 9 月号 NL から，印刷経費節減のため，なゐふるの掲載を中止（NL10-3 1998 年 9 月号 P41）

◎平成 10 年（1998 年）も地震学研究連絡委員会のもとにグローバル地震学小委員会，地震予知小委員会あり（NL10-3 1998 年 9 月号 P39－40）

■1998 年 9 月 22 日　1998 年度第 4 回理事会　議事録（NL10-4 1998 年 11 月号 P27）

■1998 年 10 月 26 日 1998 年度第 5 回理事会，10 月 27 日　1998 年度第 2 回評議員会　議事録（NL10-5 1999 年 1 月号 P38）

1999 年度以降刊行の掲載記事，論文等の著作権委譲の承認

■1998 年 10 月 28 日　1998 年度第 1 回将来検討委員会　議事録（NL11-1 1999 年 5 月号 P39）

「地震」の発行体制，学会連合（主として EPS について），社団法人化以降の体制について

■1998 年 12 月 1 日　地震学研究連絡委員会地震予知小委員会　議事録（NL11-1 1999 年 5 月号 P39－40）

1997 年夏からの有志による議論を踏まえて，月刊地球特集号，新地震予知研究計画（ニューブループリント），地震予知のための新たな観測研究計画の推進について（新建議）が出されたが，どのように予算化され，どのようなグループで実行されるか，不明確．この問題を踏まえ，地震予知小委員会は，「地震予知研究計画に対する公平で開かれた評価ができる体制の整備」を主目的とした活動を行う．「モデリング（地殻活動シミュレーション）」にテーマを絞った第 1 回公開パネルディスカッションを開催．また，2000 年 6 月に地震予知研究シンポジウムを開催する．

◎学会刊行物搭載の論文・記事等の著作権委譲について（予告）（NL10-5 1999 年 1 月号 P4－6）

◎日本地震学会の社団法人化のための募金のお願い（NL10-5 1999 年 1 月号 P7）

■1999 年 3 月 10 日　理事会　議事録（NL11-1 1999 年 5 月号 P43－44）

法人化準備状況等

■1999 年 3 月 29 日　地震学研究連絡委員会地震予知小委員会　議事録（NL11-1 1999 年 5 月号 P40－40）

地震予知研究シンポジウムについて検討．5 月 26 日に，モデリングではなくプレート境界型地震予知を対象にしたパネルディスカッションを開催．

■1999 年 4 月 20 日　新旧合同　理事会　議事録（NL11-2 1999 年 7 月号 P48－49）

ここから入倉会長．1999 年度も将来検討委員会あり．

◎日本地震学会事務所移転のお知らせ（地震研究所から東京 RS ビルへ）（NL11-1 1999 年 5 月号 P3）

■1999 年 6 月 8 日　地震学研究連絡委員会地震予知小委員会　議事録（NL11-2 1999 年 7 月号 P54）
5 月 29 日第 1 回パネルディスカッションの報告と反省．今後も年 2 回程度のペースで継続．地震予知研究シンポジウムの開催は断念．

■1999 年 6 月 9 日　理事会　議事録（NL11-3 1999 年 9 月号 P46－47）
将来検討委員会については，「会長の要請に基づき，地震学会のこれからにかかわる問題，特に連合や国際会議に関わる問題について幅広く話し合っていく運営方針」との記述あり．

■1999 年 6 月 9 日　地震学研究連絡委員会グローバル地震学小委員会　議事録（NL11-3 1999 年 9 月号 P49－50）
基盤観測網については，FDSN に参加するつもりとの記載あり．

■1999 年 7 月 5 日　1999 年度第 1 回将来計画委員会　議事録（NL11-3 1999 年 9 月号 P55－56）
春の合同大会ならびに国際会議に対して地震学会がとるべき基本姿勢ならびに具体的な対応についての意見書をまとめることが使命．

■1999 年 9 月 3 日　第 2 回将来計画委員会　議事録（NL11-4 1999 年 11 月号 P48－50）
合同大会，WPGM2000（東京），IUGG2003（札幌）に関連して，IUGG2003，地震学会と地震学研連について NL に記事の執筆を依頼し掲載．

■1999 年 9 月 16 日　理事会　議事録（NL11-4 1999 年 11 月号 P48－50）
突発災害調査委員会の設置の検討．笹谷・武村理事で検討．

◎大学の新しい地震予知研究体制について（NL11-4 1999 年 11 月号 P23－27）

◎地震学会と地震学研連（NL11-4 1999 年 11 月号 P32－34）
IASPEI に属する FDSN にはグローバル地震学小委員会が加盟という記述あり

■1999 年 11 月 17 日　理事会　議事録（NL11-5 2000 年 1 月号 P33－34）
笹谷・武村理事から災害調査委員会（仮称）の設置について．予算や事務局の人数を考えると地震学会から研究者を派遣するのは大変との意見．災害調査委員会準備検討会（島崎副会長，武村・笹谷理事）で更に検討．

■1999 年 12 月 3 日　第 3 回将来検討委員会　議事録（NL11-6 2000 年 3 月号 P32－35）
合同大会問題について

■2000 年 3 月 9 日　理事会　議事録（NL12-1 2000 年 5 月号 P28－29）
会長の任期 2 年に合わせて，理事の任期を 1 年から 2 年にする提案．継続審議へ．

■2000 年 4 月 18 日　理事会　議事録（NL12-2 2000 年 7 月号 P55－56）
2000 年度も将来計画委員会あり.
災害調査委員会，地震予知委員会を設置する方向で引き続き議論.
理事の人数を 10 名以内から 20 名以内にすることを評議員会へ提案することを決定.

■2000 年 6 月 25 日　理事会，6 月 26 日　評議員会，6 月 27 日　総会（NL12-4 2000 年 11 月号 P41－45）
法人化に向けた定款案の修正
「第 1 回地震火山こどもスクール」（1999 年）の報告
「地震予知委員会」と「災害調査委員会」の新設
地震学会創立 60 周年記念事業基金の設置
ニュースレターに「賛助会員のコーナー」の新設

◎「賛助会員のコーナー」の設置（NL12-2 2000 年 7 月号 P75-76，NL12-3 2000 年 9 月号 P78-79，NL12-4 2000 年 11 月号 P92）

◎2000 年 10 月　社団法人化へ向けた代議員選挙（NL12-3 2000 年 9 月号 P3－4）

■2000 年 9 月 22 日　理事会　議事録（NL12-4 2000 年 11 月号 P45－46）
2001 年 1 月地震工学会設立の報告
大会・企画委員会から一般公開セミナーの準備状況の報告あり

■2000 年 11 月 20 日　理事会　議事録（NL12-5 2001 年 1 月号 P30－32）
将来検討委員会で，法人化後の代議員選挙を検討との報告あり
地震学会地震予知委員会と地震学研連地震予知小委員会はそれぞれに組織することを決定
鳥取県西部地震の災害調査委員会の立ち上げを了承．今後，災害調査委員会の立ち上げは会長承認事項とする.

◎2000 年 12 月 1 日　社団法人の認定（NL12-5 2001 年 1 月号 P3－9）

◎一般公開セミナー「2000 年鳥取県西部地震」（米子）「21 世紀の地震学―地震学はこれから何を目指すのか」（東京）開催される（NL12-6 2001 年 3 月号 P4-5）

【参考】

■1994 年度理事
深尾良夫（会長），岡田義光（副会長），佐藤利典（庶務），吉田茂生，藤井直之，篠原雅尚，金嶋聡，平田直，末広潔，川勝均

■1995 年度理事

石田瑞穂（会長），山下輝夫（副会長），山野誠（庶務），飯田昌弘，本多了，西澤あずさ，宮武隆，久家慶子，谷本俊郎，川勝均

■1996 年度理事

石田瑞穂（会長），山下輝夫（副会長），武尾実（庶務），片岡俊一，角田寿喜，小泉尚嗣，坪井誠司，佐竹健司，中西一郎，菊地正幸

■1997 年度理事

石田瑞穂（会長），菊地正幸（副会長），平田直（庶務），植竹富一，鈴木貞臣，山岡耕春，佐竹健治，末広潔，入倉孝次郎，桑原央治

■1998 年度理事

石田瑞穂（会長），菊地正幸（副会長），纐纈一起（庶務），植竹富一，吉川澄夫，西村太志，森田裕一，末広潔，笹谷努，平田直，山下輝夫，桑原央治

■1999 年度理事

入倉孝次郎（会長），島崎邦彦（副会長），飯高 隆（庶務），吉田真吾，飯尾能久，西上鉄也，小菅正裕，小泉尚嗣，武村雅之，平田 直，笹谷 努，桑原央治

■2000 年度理事

入倉孝次郎（会長），島崎邦彦（副会長），篠原雅尚（庶務），金嶋聡，笠原稔，熊谷博之，鷺谷威，小泉尚嗣，平田直，笹谷努，武村雅之，桑原央治

※法人化前（2000 年 9 月以前），理事は 1 年任期だった．

※法人化前は，会長（任期 2 年）と評議員（任期 2 年）（50 名のうち 25 名ずつ改選）を選挙で選出し，評議員選挙の結果をもとに会長が理事を委嘱した（NL12－2 2000 年 7 月号 P55-56 の 2000 年度第 1 回理事会議事録に関連する記載あり）．

※副会長が誰かに関する記載がニュースレター（含む議事録）にはなく，上記は「地震」の表紙裏の情報から取得した．

1995年兵庫県南部地震後4年間の日本地震学会の将来計画委員会、理事会および日本学術会議の動向

年	月	SSJ将来計画委員会	SSJ理事会	SSJ学会行事	日本学術会議	その他
1995	1					
	2		2月22日（深尾会長） 小中学生向けビデオ作成決定 JPE，地震の特集号作成決定			
	3		3月27日（ここから石田会長） 地震の特集号は断念		2月27日地震工学研連 関西地震観測研究協議会のデータ頒布について 3月22日地震工学研連 地震動記録を一元化して公表する呼びかけの要望 3月30日地震学研連 地震予知小委員会（安藤担当）とグローバル小委員会（深尾担当）の設置報告 阪神・淡路大震災に関連し部を横断する特別委員会の設置 地震学会と共催のシンポジウムを計画	
	4					
	5					建議「第7次地震予知計画の見直し」
	6				6月8日地震学研連 学術会議を横断する形で発足した阪神・淡路大震災特別委員会の構成委員と議事内容の報告 地震予知小委員会のメンバー紹介、第８次地震予知計画に向けた新しいブループリントの作成を目指すとの報告	
	7				7月25日地震学研連 強震観測網の整備に関する勧告を提起	7月18日 「地震防災対策特別措置法」施行
	8		8月2日 将来検討委員会（仮称）の設置を決定 ビデオ1000万円スポンサー問題が発生			
	9		9月27日 ビデオ費用は科学技術庁が支出 地震学会ホームページの作成を検討		9月25日地球物理学研連 阪神・淡路大震災調査特別委員会報告として、特に要望の強かった２つの１つが、地震の強震観測の整備であるとの報告	
	10	9月28日1995年度第1回 将来計画委員会開催（8月2日理事会、9月28日評議員会で発足承認）委員会は地震学会員に公開				
	11	11月15日1995年度第2回 （1）地震学会の内部機構を整備する必要 （2）組織としての地震学会の責任を考えるべき （3）教育・普及活動を実施すべき				
	12	12月18日1995年度第3回 第2回の（1）（3）の内容を議論				
	1	1月23日1995年度第4回 委員会は将来計画委員会で提案するとともにNLで公募する社会的貢献を目的として、強震動委員会（仮称）（武村、入倉担当）の設置 研究活動推進を目的として、大会プログラム委員会（仮称）（平田担当）の設置	1月9日 ビデオは小中学生向け、一般用、英語版の3種を作成			

	2	2月26日1995年度第5回 社会的貢献を目的として、広報委員会（仮称）（平田担当）および学校教育に関する委員会（仮称）（桑原担当）の設置	2月26日 ビデオの最終シナリオほぼ完成。3種で合計2000本程度を作成			
	3	3月25日1995年度第6回 法人化の議論開始 3月29日第7回 4つの新委員会（強震動委員会、広報委員会、学校教育に関する委員会、大会企画委員会）の発足が3月27日評議員会、3月28日総会で承認との報告 シンポジウムに関する議論	3月26日 ビデオ2000本が4月末に完成する予定			
	4	4月25日1996年度第1回 4委員会の状況報告 法人化の議論		会費の値上げ（正会員6000→9000円、学生3000→4000円、賛助1口20000→50000円、購読10000→15000円） 大会参加費2000円の徴収		4月1日 震度階級の改訂
	5	5月17日1996年度第2回 法人化の議論				
1996	6		6月7日 秋季大会期間中に「法人化に関する説明会」開催を決定		6月25日地震学研連 阪神・淡路大震災特別委員会の報告 地震予知小委員会のこれまでの成果としてまとめられた冊子「地震予知研究への提言」の配布	
	7	7月2日1996年度第3回 地震予知研究や事業の在り方について議論 地震予知研究の現状を知ってもらうためのシンポジウムの企画				
	8					
	9	9月2日1996年度第4回 広報委員会の役割を合意 長期予測・基盤観測に関するシンポジウムの開催を計画 9月28日1996年度第5回 法人化への反対なく、春の評議員会、総会へ提案決定 広報委員会の仕事として、広報紙の発行、ホームページの開設、その他の広報活動の検討企画	9月26日 教育用ビデオが6500本追加で複製され、各都道府県の教育委員会を通して中学校に無料配布 シンポジウム「大地震の長期予測はどこまで可能か？」の開催 地震予知小委員会作成の冊子「地震予知研究への提言」の印刷について	NL9月号 「JPEの兵庫県南部地震特別号の購読申し込み」 「日本地震学会の社団法人化について」	9月25日地震学研連 地震予知小委員会の最終報告が11月頃まとまる予定 1997年2月半ばに、地震学会との共催でシンポジウムを開催	
	10	10月28日1996年度第6回 マスコミとの関係について議論				10月1日 震度5，6への強弱区分の導入
	11					
	12	12月3日1996年度第7回 法人化の主務官庁を文部省委員会を次年度も継続 地震調査研究推進本部の委員会で決められた計画等に対して、学会で議論する場がないという指摘			12月12日地震学研連 3月5日に地震学会との合同主催で地震予知シンポジウムを開催 当日資料として地震予知小委員会の報告書を配布、印刷費用は地震学会負担	
	1	1月10日1996年度第8回 広報紙の名称は「なゐふる」				
	2	2月25日1996年度第9回 社団法人化の準備作業について、資金の積み立て、定款案の作成。 基盤観測に関する要望書提出への今後の対応について。				

	3		3月25日理事会、3月26日評議員会、3月27日総会 なゐふる第ゼロ号を3月10日に発行。ホームページ開設。3月3日「マスコミ関係者との懇談会」を開催。 「基盤的調査観測の推進により整備される地震観測網の計画についての要望書」の報告。 「学校教育委員会」の名称の報告。 法人化のこれまでの経緯の報告。	3月3・4日日本地震学会シンポジウム「大地震の長期予測はどこまで可能か？」（科学技術館サイエンスホール）	3月5日 地震学研究連絡委員会・地震学会共同主催「地震予知研究シンポジウム」	
	4					
	5		5月13日1997年度第2回 地震調査研究推進本部政策委員会の意見の募集は、報告書の内容についての意見を求めているので、理事会の意見は、学会広報紙等を通じて行い、直接「意見の募集」に応じない			
1997	6		6月24日 大地震時の地震学会としての広報・見解等のルール化について。 推進本部の意見公募に対する理事会の対応と今後の行動。 電磁気学会からの「学会連合」の呼びかけ。		6月6日地球物理学研連 阪神・淡路大震災特別委員会が最終報告をまとめ、近く公表の予定。この中に、地震予知の基本的考え方、地震火山庁の設置の必要性、活断層法の制定等について提言あり。 ※阪神・淡路大震災特別委員会の最終報告の第1章（地震学に関わる部分）はNL9-4 1997年11月号P55－60にある。	
	7				7月11日地震学研連 地震予知小委員会の正式報告書を、学術会議名の対外報告等にすることは今期中断念、次期に引き継ぐことを決定	
	8					
	9			9月24日第3回記者懇談会を開催。ここで、マスコミと研究者の間の了解のとれたメンバーで構成する新しいMLをつくってはどうかという提案。		
	10					
	11		11月14日 学会連合について検討。法人化準備委員会の設置を決定。	なゐふるメーリングリストの運用開始		
	12					
	1				1月27日地震学研連 学術会議に地震予知小委員会、グローバル小委員会の継続的設置を要望	Earth, Planets and Space 開始
	2					
	3					
	4		4月16日 1998年度の委員会委員長の割振りがあり、1998年度も将来検討委員会、法人化準備委員会あり。 将来検討委員会の方向性は、地球電磁気・地球惑星圏学会から呼びかけのあった学会連合について。			

1998	5		5月27日評議員会、5月28日総会で法人化実施決議の承認			
	6					
	7					
	8					
	9		9月22日 1999年度以降刊行の掲載記事、論文等の著作権委譲について			
	10	10月28日1998年度第1回 地震、学会連合（主にEPS)、法人化後の体制について				
	11					
	12					

2025－2026 年度 日本地震学会「地震学を社会に伝える連絡会議」委員

議長　　加藤 愛太郎（東京大学地震研究所）
副議長　室谷 智子（国立科学博物館）
委員　　吾妻 崇（産業技術総合研究所）
　　入江 さやか（松本大学）
　　内田 直希（東京大学地震研究所）
　　加納 靖之（東京大学地震研究所）
　　桑野 修（海洋研究開発機構）
　　酒井 慎一（東京大学大学院情報学環）
　　篠原 雅尚（東京大学地震研究所）
　　武村 俊介（東京大学地震研究所）
　　田所 敬一（名古屋大学）
　　土井 恵治（土佐清水ジオパーク推進協議会）
　　中川 和之（時事通信社）
　　中原 恒（東北大学）
　　西田 究（東京大学地震研究所）
　　馬場 俊孝（徳島大学）
　　久田 嘉章（工学院大学）
　　深畑 幸俊（京都大学防災研究所）
　　山岡 耕春（原子力規制委員会）
　　※五十音順

特別シンポジウム企画運営 WG
加藤愛太郎（主査）、室谷智子、山岡耕春、酒井慎一、内田直希

モノグラフ第 9 号編集委員会
加藤愛太郎（主査・編集担当）、室谷智子、加納靖之、中原恒、田所敬一、篠原雅尚、馬場俊孝