

夢と現の地震予知

Dream and Reality of Earthquake Prediction

橋本 学⁽¹⁾⁽²⁾

Manabu HASHIMOTO⁽¹⁾⁽²⁾

(1) 京都大学名誉教授

(2) 東京電機大学理工学研究科

(1) Professor Emeritus, Kyoto University

(2) Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Denki University

Synopsis

The Large-Scale Earthquake Countermeasures Law was put into effect when I started my career as an earthquake scientist. During my early career, I was devoted to administrative jobs related to the Tokai earthquake prediction. However, I had been skeptical of this program, because I have watched several evidence that cast doubt about its expected outcome. Thus, it may be my destiny that I took part in the abolition of the Tokai scheme. On my retirement, it is not a bad idea to present my experience as a government official and professor of Kyoto University; dream and reality of earthquake prediction. Based on my 30-year long experience, I would like to advise that it causes a trouble to establish a system using immature science.

キーワード: 地震予知, 東海地震, 南海トラフ地震, 地震防災行政

Keywords: earthquake prediction, Tokai earthquake, Nankai Trough earthquake, earthquake disaster managements

1. はじめに

退職の機会に、複数の講演の機会を提供いただいた。本当にありがたいことである。ならば、「毎回同じ話をするのは申し訳ない。それぞれ異なるテーマの話しよう」と思い立った。工学系の先生方の中には何人かおられるが、理学系の教員で震ヶ関勤務の経験者は皆無であろう。ひょっとして面白いかと思ひ、これを柱にして一つの話を組み立て、防災研の研究発表会の特別講演で話すことにした。すべての講演を聞かれたという先輩からは、この話が一番面白かった、とのメッセージをいただいている。ここに簡潔にまとめておきたい。地殻変動の研究のまとめについては、橋本(2022)を参照されたい。

2. 始まりは南海地震

私は、1957年に和歌山県海南市に生まれた。両親・祖母は1946年の昭和南海地震の経験者で、小さい頃からその時の揺れや津波被害の様子を聞かされて育った。実際、海南市では津波の被害が大きかったという。自宅近くの海岸から和歌浦湾を眺め、津波が襲う様子を想像したこともある (Photo 1)。南海地震は、私の原点だ。

1975年に地元の高校を卒業し、京都大学理学部に入学した。自由な学風の京大の中でも、理学部はとりわけ自由度が高い。なにしろ必修科目がなかった。とはいえ、2回生も半ばになると、専門課程の進路を一応決めないといけない。もともと宇宙に興味があ

ったし、また素粒子物理も魅力を感じていた。しかし、宇宙では飯が食べそうもないし、素粒子物理は難しい。大いに迷った。



Photo 1. Present view of the Waka'ura Bay from Shimizu'ura, Kainan City. The Awaji Island is on the back.

帰省中のある日、夜中に2度も地震で起こされた（実は3回あったが気づかず、翌朝周囲から笑われた）。和歌山北部は地震の巣であるが、こんなことは珍しい。両親から聞かされた話が蘇り、地震の研究をしてみようと思い立った。ちょうど1975年中国・海城地震の予知成功のニュースで、世界の地震学界が沸き立っていた頃である。日本でも石橋克彦先生による「駿河湾大地震説」が発表され[石橋, 1976]、地震対策の充実が叫ばれていた。生協で見つけた力武常次先生のブルーボックスを読むと、安藤雅孝先生の関東地震や南海地震の断層モデルが紹介されていた[力武, 1976]。地震現象も物理的に理解されつつあることがわかり、ワクワクした。もちろん「南海地震」が私の琴線に触れたのだろう。地震予知が大きな夢を与えてくれそうに見え、地震学の道に進むことにした。

3. 阿武山と宇治での研究

3回生では西村敬一先生の指導の下、地震計の基礎原理と観測の実際を学んだ。その縁で、1978年1月に発生した伊豆大島近海地震の調査に梅田康弘先生が行かれるのに同行させていただいた。伊豆稲取の国道135号線の地震断層などを見て、初めて地震のすごさを実感した。

4回生の課題研究で三木晴男先生の指導を受けることになった。毎週土曜日に阿武山観測所に行って、セミナーとデータ処理などの実習をした。初めての三木先生とのセミナーで、「こんな法律ができたのですよ」と、あるペーパーを示された。「大規模地震対策特別措置法（以下、大震法）」（案）であった。

その時、胸の内はわからないが、先生は微笑んでおられたように思う。事の重大さをわからない若造には「はい」とうなずくしかなく、それが自分の人生に大きな影響をもたらすものとは思っても寄らなかった。

当時、三木先生は地震予知の検証に熱意を持って取り組まれていた。それで、私を含めて3名の学生に、「地震学会予稿集、地震予知連絡会会報、新聞記事から、地震予知（をしたとする）記事を集めて、それらの検証をしなさい」という課題を与えられた。これが課題研究のテーマとなった。私は地震予知連絡会会報の担当となった。

地震予知連絡会（以下、予知連）は1969年に発足し、10年の節目を迎えようとしていた。予知連会報といっても、現在のように500ページを超える大部ではなく、その1/3程度の薄いものである。図が多いので、文章そのものは大した量ではない。それ故、約10年分とはいえ容易く読み終え、19のレポートをピックアップした。ただ、それらの多くは「推移を注目」や「注意深く見守る」といった慎重な言葉遣いで締めくくられていて、断定的な表現は皆無であった。

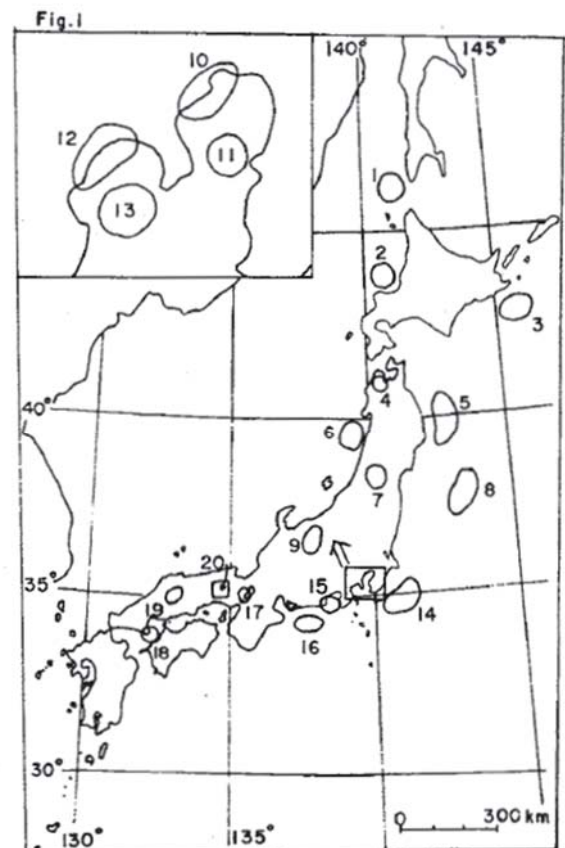


Fig. 1 “Alerted” areas in the Report of the Coordinating Committee for Earthquake Prediction during 1970 – 1978 [Hashimoto, 1979]. Earthquake occurred only in the Nemuro Oki (#3) during this period.

さて、これらの「予知・予測」の結果がどうなったかという、予測どおりに地震が発生したのは、わずかに1例(図中3番の根室半島沖)に過ぎなかった(Fig. 1)。正直、拍子抜けした。このような現象を追跡・記述する研究よりも、地震に関する基本的な物理の研究をしたいと思い、大学院進学時には防災研の三雲健先生の研究室を希望した。

なお、この課題研究のレポートは三木先生が予知連会報に投稿され、私の名前で掲載されている[橋本, 1979]。本人が気づいていなかったが、実はこの報告が私のデビュー作である。

翌春から、防災研の三雲健先生の研究室(地震予知計測部門)の院生となった。当時は学生定員も少なく、地震分科には各学年1名程度であった。その学生を岸本研(微小地震部門)、三雲研と阿武山の三木研でふりわけののだが、三雲研究室にはほぼ各学年に1名の院生(宮武隆氏(元東大地震研究所准教授)、石川有三氏(元気象庁)、平原和朗氏(京大名誉教授)、三上直也氏(元気象庁))が揃っていた。私の後も今川一彦氏(元同志社高校教諭)、関口渉次氏(防災科学技術研究所)、金嶋聡氏(九州大学教授)、吉岡祥一氏(神戸大学教授)と続いた。教官は、三雲先生以下、田中寅夫先生、加藤正明先生、安藤雅孝先生、土居光先生が、技官には小泉誠さん、細善信さん、小泉律子さん、津嶋吉男さんがおられ、充実した陣容だった(Photo 2)。



Photo 2. Members of Prof. Mikumo taken after welcome party of Prof. Zhu in 1980. From the left in the front row, Mr. Tsushima, Prof. Mikumo, Prof. Kato, Prof. Zhu, Ms. Koizumi, Prof. Ando, and Prof. Tanaka. On the back, Dr. Hirahara, Prof. Doi, Dr. Mikami, Mr. Imagawa, Mr. Hoso, Hashimoto, Mr. Koizumi, and Dr. Ishikawa from the left.

私は宮武さんの勧めで、三次元有限要素法を用いて西南日本の応力場の成因をさぐる、という研究を始めた。やはり南海地震にこだわっていたと思う。ちょうど大型計算機センターに有限要素法のプログラムが導入された頃で、これを用いているんこと

ができるかもしれないと期待して始めた。ところが、出来合のプログラムはやはりうまくいかない。メモリやディスクアクセス回数の制限をクリアできず、ニッチもサッチもいかない。仕方なく自分で全てのプログラムを書くことにした。半年間奮闘して、ようやくともに動くプログラムが完成し、それなりの結果が出た。三雲先生はじめ周りの方々の励ましもあって、学会発表、さらには「地震」での論文発表までたどり着けた[橋本, 1980]。修士論文は当然その結果をまとめたわけだが、三雲先生の勧めにしたがって英語で書いた。慣れぬタイプライターで英文を打ち、勇んでTectonophysics誌に投稿したところ、幸運にも掲載された[Hashimoto, 1982] (Fig. 2)。とはいえ、自由度7,000前後の稚拙なモデルである。40年前だからこそ掲載されたのだろう。

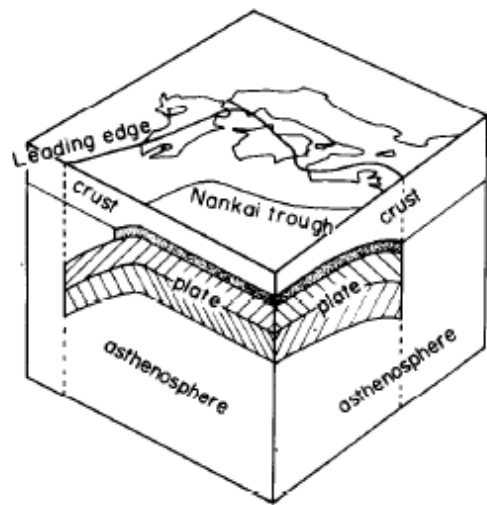


Fig. 2 Schematic view of the three-dimensional finite element model of southwest Japan

4. 国土地理院時代前半: 測量と東海地震

三雲研究室で3年間博士後期課程を過ごし、1984年4月に国土地理院に就職した。応力場のシミュレーション研究で学位を取ろうとしていたのだが、やはりデータそのものを知る必要があると認識し、国土地理院を選んだ。残念ながら、就職までに博士論文提出は間に合わなかった。幸い勤務先が大阪の近畿地方測量部になったので、週末に枚方の寮から宇治まで出かけて論文執筆を行うことができた。そして、1984年7月に公聴会開催にこぎつけ、11月に学位を頂いた。おかげで給料が3号俸上がった。

大阪での仕事は、主として三角点の新設・移転や水準測量作業である(Photo 3)。ここで測量の「いろは」を学んだわけだが、慣れない山登りや枝払いのための木登り、あるいは夏の日差しの下での路上作業など、体力的にきつい作業が多かった。しかし、

その年も後半になるとそれなりに体力もついて、30kgの三角点の柱石を軽々と持てるようになった。測量も面白い、と思い始めたころである。



Photo 3. Practice of leveling survey with Wild N3.

1985年4月に筑波の本院へ異動した。できれば地殻調査部に行きたかったが、配属先は測地部の天文係である。恒星を観測して地上の位置を決定する測量の担当である。地殻変動や地震とはまったく関係のない部署で、少なからずがっかりした。ただ、この時勉強した天体の位置計算の知識が、後々GPS測位の理解に役立つのだから、わからないものである。日頃からあまり熱が入っていないのをご覧になっていたのか、ある日地殻調査部地殻変動解析室の多田堯室長が「これを断層モデルで計算してみて」と、北海道の三角測量の結果を持ってこられた。喜んで断層モデルの計算をして結果を返したところ、「論文を書いてみて」ということになり、「地震」に投稿した

[橋本・多田, 1988]。そして、そのまま翌1986年春から、地殻変動解析室の所属となった。

地殻変動解析室は、まさに私が希望していた三角測量などのデータ解析を担当している部署である。地理院が実施する測量データの解析を行ない、その結果を地震予知連絡会をはじめ関係の会議に提出することが主たる任務であるが、多田室長が自由に研究することを奨励してくれた。

着任後すぐ、最新の三辺測量のデータ解析を任せられた。明治以来の三角測量のデータも整理されて保存されている。当然、解析理論やデータ処理方法も学んだ。それらの解析は実に楽しかった。当時の解析室の大きな仕事は、「日本の地殻水平歪」を作成することであった[多田, 1987]。光波測量による日本列島全域の三辺測量が前年に完了したので、明治以来約100年間にわたる歪のデータが、統一した形で得られることになった。その結果を1/20万の地勢図上に重ね書きし、1冊の書物として刊行するというプロジェクトである。私は、全国版の歪図の作成を任せられた (Fig. 3)。前任者の関谷氏が明治の測量データの解析のためのジョブデックを作成されていたが、なぜかうまく解析できなかったという。ところが、私の番になって試してみると、うまくいった。理由はわからない。これに味を占めて、昭和の三角測量など他の測量データも解析して、測量ごとの三角点の座標を決定した。この結果が、平均的な歪速度など後々の研究のネタになっている [橋本, 1990 ; 石川・橋本, 1999]。

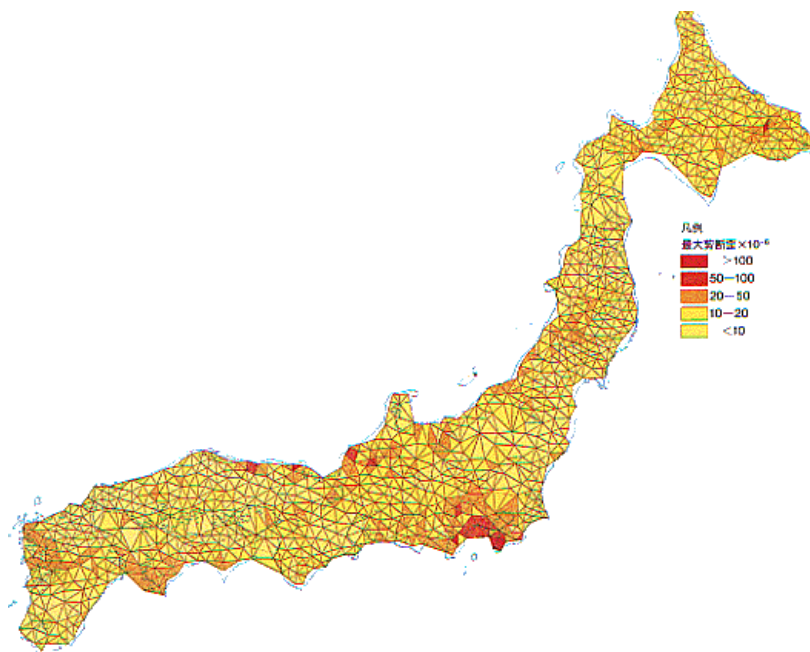


Fig. 3 Map of maximum shear strains in Japan during 1883 – 1985 derived from nation-wide triangulation and trilateration surveys [Tada, 1987]. Red area corresponds to source area of large earthquakes such as 1923 Kanto EQ.

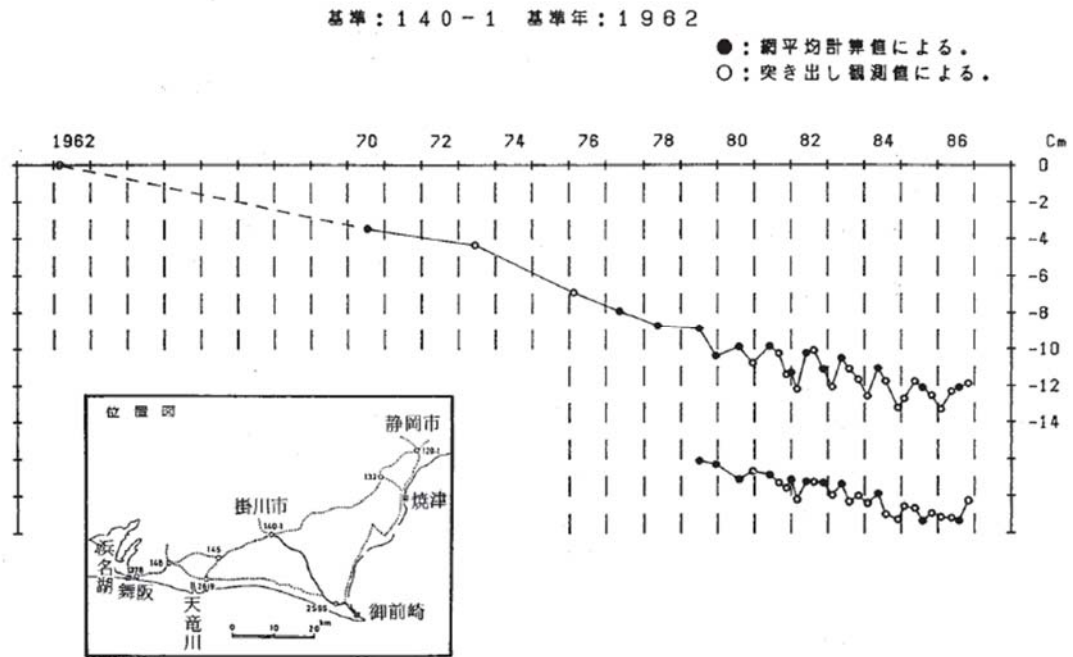


Fig. 4 Temporal changes of the relative height of BM2959 in Hamaoka to BM140-1 in Kakegawa. Top curve is the raw data. Change with correction of annual variation is shown as a bottom curve. About 11 mm uplift was detected in October, 1986. Inset is the map of benchmarks and leveling routes. [Geographical Survey Institute, 1987].

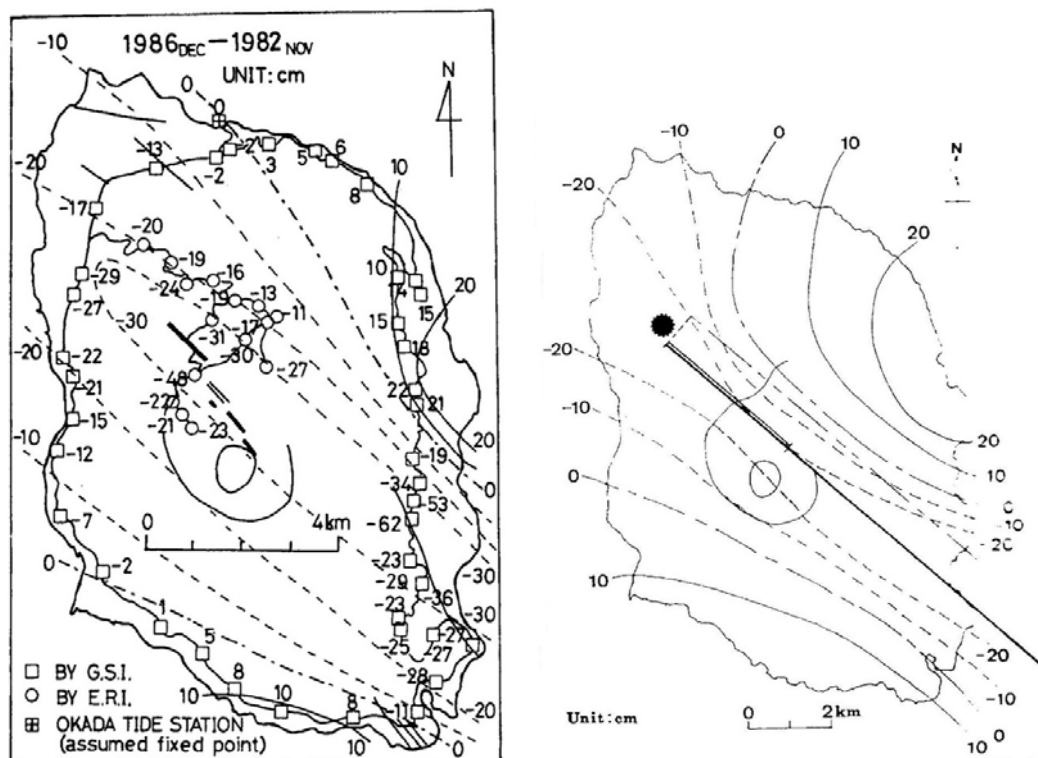


Fig. 5 Vertical deformation associated with the 1986 eruption of Izu Oshima Volcano and its tensile fault model [Hashimoto and Tada, 1990]. (Left) Observed deformation. About 30 cm subsidence was detected in a zone from NW to SE of the island. (Right) Theoretical deformation due to 2.7 m opening of a 12 km long vertical tensile fault.

さて、この頃の注目のデータは、御前崎の上下変動であった。想定東海地震の震源域の真上にある御前崎は、プレスリップが発生するとそれまでの沈降から隆起に転じると考えられている。1944年12月の東南海地震の際に、陸地測量部の測量班が水準測量を行なっていて、地震発生直前に「異常隆起」を検出している。これが、東海地震予知の根拠とされていた [例えば、茂木, 1982]。1982年頃から、掛川と御前崎の間の測量は、年4回実施されていた。このデータを係員が輪番で解析する。年4回測量することにより、上下変動に年周変化があることがわかり、sinカーブを当てはめて補正している [例えば、国土地理院, 2021]。当時は、N88BASICのプログラムで解析していた。リソースが少ない時代に、精緻なプログラムを不自由な言語で作った先輩たちには、本当に頭が下がる。

1986年10月、私がこのデータの解析を初めて担当することになった。早速、現地から送られてきたデータをPCに入力し、解析を開始した。程なくX-Yプロッタのペンが生き物のように動きはじめる。いつもこれをおもしろく眺めていたが、最後になって予想外の動きをした。御前崎側が約11mm跳ね上がったのだ (Fig. 4)。多田室長に見せたところ、当然入力データの再チェック。しかし、何度チェックしても間違いがない。そのまま11月の地震予知連絡会に提出された。当然予知連でも議論になったが、決定的な意見もなく、結論は「注意深く見守る」ということになった [国土地理院, 1987]。このくらい顕著な変化を検出しても、この程度の結論しか出せないことに、愕然とした。本当に地震につながる変化を検出した場合、有効なメッセージを出せるのか？大きな疑問を持った。なお、その後も「東海地震」は起きていないので、本当の地殻変動だったかどうかとも疑わしい。これ以降も正体不明の変動が幾度も起きているが、これらの原因はいまだに謎のままである。

本来ならばセンセーショナルな事件になりそうな話であった。ところが、直後に伊豆大島三原山が噴火し、全島民避難という大事件が勃発したため、社会はすっかり大島一色になってしまった。地理院内でも緊急測量班の派遣などで、大騒ぎであった。私は前述の歪図作成の仕事と並行して、大島の測量データ解析を行った。火山のことは初めてだったが、やってみるととても面白い。御前崎の変動などに比べて、桁違いに大きいのだ。この噴火に伴って、島を北西から南東に貫く沈降帯が出現するなど、見たことのない現象に興奮した。とはいえ、その解釈が大問題。これまでよく使われてきた茂木モデル [Mogi, 1958] では説明できない。幸いなことに、防災科学技術研究所 (以下、防災科研) の元理事長の岡田義光氏

から、氏が前年に米国地震学会誌BSSAに発表された論文の別刷をいただいていた [Okada, 1985]。その論文中の式をプログラム化し、開口割れ目モデルによる地殻変動を計算したところ、うまく説明できた。この変動はマグマ溜まりの収縮では説明できず、山体直下にマグマが北西-南東方向に貫入して島を押し広げた結果である。火山学会などで発表した後、論文をPhysics of Earth and Planetary Interiors誌に発表した [Hashimoto and Tada, 1990] (Fig. 5)。

開口割れ目モデルはとても便利で、当時活発だった伊豆半島東部の変動や桜島大正噴火時の変動なども説明することもできた [Tada and Hashimoto, 1991; Hashimoto and Tada, 1992]。大変重宝したので、岡田さんには、いくら感謝しても仕切れない。

1989年秋、科学技術庁派遣長期在外研究員として、アメリカに留学する幸運に恵まれた。行き先は、University of California, Los Angeles (UCLA) の Department of Earth and Space Sciencesである。ここのDavid Jackson教授が東大の松浦充宏先生と地殻変動のインバージョン手法を開発されていた [Matsu'ura et al., 1986]。1988年のハワイで開催された日米地震学会合同大会で、カリフォルニアの地殻変動への適用例を発表された。その発表を見て、私が持っている日本列島の地殻変動データを是非解析してみたいと思った。連絡をとったところ、快く受け入れてくれた。勇躍、妻と二人で海を渡った。

当時のJackson教授のグループは、オーストラリア、ロシア (当時ソ連)、中国、そしてヨーロッパからの研究者や大学院生で構成されていた (Photo 4)。そこに日本人の私が加わったわけで、まさに“多国籍軍”といえる陣容だった。大学院生の大部分は中国からの留学生だった。この中には、現在グローバルに活躍している者もいる。Leon Knopoff先生という伝説的な地震学者もいて、すごいところに来たものだと実感した。

さっそく、プログラムの勉強をはじめ、持参したデータをそれに合わせて整理した。震源分布や活断層分布などを参考にしながらモデルを作り、解析した。ところが、いろいろモデルを変えて計算してみたところ、どうしても伊豆半島をフィリピン海プレートから切り離さないとうまくいかない。そうすると、駿河トラフでのプレート収束速度がそれまで考えられた値の半分程度になる。Jackson教授とも議論して、これで行こうということになり、米国地球物理学会 (AGU) の春の総会で発表した。この論文は、AGUの雑誌Journal of Geophysical Researchに投稿し、1993年秋に掲載された [Hashimoto and Jackson, 1993]。Jackson教授と私がこだわったのは、この南海トラフ沿いのプレート収束速度の分布で、結論として「南

海トラフ沿いのプレート収束速度が、駿河トラフ沿いより速いので、地震発生リスクはこちらの方が高い」とまとめた。これまでの経験も合わせて、「東海地震」よりも南海トラフ沿いの地震の方が重要と確信するに至った。



Photo 4. Members of Prof. Jackson's group of UCLA as of Sept. 1990. Prof. Jackson on the third left. To the right, Dr. Yang Kagan, Hashimoto, Prof. Paul Davis. On the right, three Chinese students, Peng Fang, Xiaobin Gu, and Zheng-Kang Shen.

5. 震ヶ関の経験：地震予知行政の舞台裏

1年間のUCLAでの研究生活を終えて筑波に戻って半年後、震ヶ関に出向を命じられた。科学技術庁（以下、科技庁）に行ってお務めを果たせ、ということだ。このため、筑波から松戸へ引っ越した。出向先の研究開発局防災科学技術推進室は、地震予知推進本部の事務局をやっている、地震予知に関する予算や事業の調整や、科学技術振興調整費による研究の企画・推進、その他総合調整を行っていた。全員で5名の部署で、室長が通商産業省（以下、通産省）、補佐の一人が国土地理院、係員が気象庁からの出向者。もう一人の補佐が科技庁プロパーの方で、あと一人専門職として防災科研の研究者が1年交代で出向していた。私と気象庁から出向の係員と二人で地震予知推進本部の仕事の切り盛りしていたのである。何ができたかは、推して知るべしである。

科技庁出向中の2年間は、私のキャリアの中でも正直しんどい時期だった。まず、全く経験のない予算説明から始まる。千円単位の金額の数え方を間違えて、大蔵省の係長に苦笑される始末。この大蔵省説明や国会対応その他で、終電に間に合わずタクシーで帰宅することも度々あった。当時この言葉はなかったが、はっきり言ってブラックな職場であった。

1990年秋、雲仙普賢岳が噴火を開始し、科技庁の主導で科学技術振興調整費による緊急研究が実施された。活動は1991年春になってますます活発になっ

てきた。しかし、緊急研究の予算は1991年3月末までだったので、参加機関は年度を超えて継続することを要望した。ところが、大蔵省は年度当初ということで首を縦に振らない。科学技術振興調整費による研究課題は、予算内示の段階で予算総額しか決まっていなくて、実行する段階で予算配分について大蔵省に説明し（「実行協議」という）、了解を得なければならないのだ。室長が先頭に立って交渉するが、なかなか埒があかない。新聞には「雲仙の研究費、使えない」といった記事を書かれ、ますます大蔵省の態度が硬化する始末。ところが、1991年6月3日の大規模火砕流で犠牲者が出る事態になり、ようやく大蔵省もGOサインを出してくれた。総額約6,000万円の予算がついた[科学技術庁研究開発局, 1992]。ただ、このあおりを受けて、別の科学技術振興調整費の総合研究「首都圏」の予算を削られた。そちらの研究者からはクレームを多くいただいたが、ひたすら謝ることしかできなかった。

秋になって、突然行政管理庁から電話があった。前任者から引き継いだ記憶がなかったが、地震対策に関して行政監察をやっていたという。先方の担当官は、地震予知推進本部と科学技術庁に対して、次の4つの項目について回答を要求してきた。

- ① 観測点の重複を地震予知推進本部で調整せよ、
- ② データの流通を図れ、
- ③ 首都圏の観測網の整備を進めろ、
- ④ 地震予知連絡会を法的裏付けのある組織にせよ。

③については、防災科研で深井戸観測施設の整備を進めているところだったので、むしろ歓迎だった。一方、①と②は所掌地震予知推進本部がやるべき仕事であるが、全く何もできていなかった。東海地方には気象庁・防災科研・大学の地震観測網が展開され、統合するとかなり高密度の観測網となる。納税者の立場から見ると当然の要求といえるが、事は単純ではない。それぞれの機関が独自の研究目的を持って運営しているので、相互乗り入れは難しい。すでに稼働している観測点を動かして、他機関のものを融通するというわけにはいかないの、とりあえず「これから新設する観測点について調整する」というところで折り合った。データの流通については、システムそのものが研究テーマとなっているなど研究との切り分けが難しい、ということでもなんとか納得してもらった。最後の予知連の位置付けの問題は、国土地理院に対応してもらった。予知連は国土地理院長の私的諮問機関であり、法律上の裏付けがない。役人の観点からすると、全て法律・政令レベルで位置付けられないと気持ち良くないのだろうが、まだまだ科学として成熟していない研究段階の事柄を扱うので、このような位置付けになった歴史的経

緯がある。かなりハイレベルで手打ちがされたらしく、最終報告には項目そのものが消えていた〔総務庁行政監理局，1992〕。

国会が開催されると、科技庁では原子力と防災に必ず待機がかかる。ほぼ毎回質問があるので、質問1つに加えて想定質問も2〜3準備し、それらの答弁案を作成する。通常、委員会の前々日に質問を予定している議員に事前説明に伺い、それを受けて議員が1日考える。そして前日に議員から質問事項を受け取って、答弁案を考えるという流れである。事前レクなしの議員もよくあった。答弁案は一字一句検討される。作成した答弁案は、答弁者次第で上司のみならず大蔵省の了解を得る必要があり、深夜まで作業が続く。私が作成した答弁を前に、上司らが助詞の使い方について、夜遅くまで議論していたのを記憶している。助詞一つを変えることで意味が変わることに気付かされたのは、貴重な経験だった。

ところで、答弁には基本原則がある。大臣答弁の場合、トップの言葉は変更できないので、「努力します」だけにとどめる。そして、観測網整備などの予算獲得につながる要求には、「しっかりやります」と答える。予警報など実務の問題については、気象庁へ振る。また、答弁には枕詞を必ずつける。「予知は最大の防災」、「予知と防災は車の両輪」、あるいは「東海地方を除いて予知は困難」といったもの。これまでの研究の経験からして、東海地方も危ういぞと考えていた私にとっては、踏み絵を踏まされるような気持ちで作業したのを覚えている。

国会の委員会室にも何度か入室した。テレビでよく見る壁際に座っている連中の一人として、である。国会の議論のほとんどは、予算と制度の議論だ。当然、議員たちに地震学の専門的な知識はない。多くの科学技術はグレーの部分が多いのだが、この場では白か黒かの上っ面だけの議論になってしまう。したがって、この部分を科学技術の専門家がしっかり支えないと、おかしいことになることを認識した。

そんなある日、どんな成り行きか覚えていないが、庁舎の廊下で上司の一人が私に向かって、「橋本君、警戒宣言なんて出せないよ」と宣った。その方も通産省の出身者だったが、どうやら通産省の役人達は大震法には批判的だったようだ。それなら、彼らが率先して改正する方向に声を上げてくれればいいのに、と思ったが、そこはお役人だったのでしょう。

6. 国土地理院に戻って：変革の嵐の中で

1993年4月に国土地理院に戻った。もとの地殻変動解析室の室長として、である。この年には、1月に釧路沖地震、2月に能登半島沖の地震、4月に御嶽山で

の地震、5〜6月は伊豆半島東方沖の噴火未遂事件、そして7月には北海道南西沖地震、とまるで私の復帰を待っていたかのように地震が頻発した。多忙を極めたが、充実した日々だった。

予知連も発足から20年経ったので、これまでの観測データを地域ごとにまとめた報告集を作成するというプロジェクトが立ち上がっていて、その責任者を任された。このため、仙台・東京・京都へと、3日連続日帰り出張をしたこともあった。先生方の協力を得て、編集作業は順調に進み、1994年11月に地震予知連絡会特定地域部会報告3部作として刊行することができた〔国土地理院，1994a,b,c〕。この報告集を持って、年明けに自治体への説明に幹部が手分けして出張することが決まった。私は北海道の担当になったので、一度乗ってみたいと思っていた寝台特急北斗星の予約をした。青函トンネルを通るのを楽しみにしていたが、1995年1月17日、阪神・淡路大震災が発生し、全てキャンセルになってしまった。その後、青函トンネルを通る機会は巡ってこない。



Photo 5. Collapsed houses near the Sannomiya Station, Kobe (taken on February 2, 1995, by M. Hashimoto).

阪神・淡路大震災は、妻の実家も被害にあったので我が事である。幸いにもみんな無事だったのでひとまず安心。そんな中、予知連会長の茂木清夫先生のためへの希望で、1月末に現地視察に行くことになった。新幹線が新大阪〜姫路間で不通だったので、空路岡山に入り、新幹線とJRを乗り継いで兵庫駅まで行き、そこから三宮駅まで神戸の街を歩いた。それまで茂木先生と長時間お話しする機会はほとんどなかったので、貴重な経験であった。茂木先生のご専門は岩石破壊実験とそれに基づく地震発生メカニズムの研究だが、「地震研究者は、地震被害の現場を見ないといけない」と言う言葉が耳に残っている。また、予知連会長あてに抗議の手紙も届いたと伺った。社会の予知連や地震予知研究に対する認識のギャップに苦悩されていたと思う。私にとってもこの視察は大きな経験で、意識の中で何かが変わったの

は間違いない。あの日の神戸の惨状は脳裏に焼き付いていて、今も神戸の街に出かけると、あの日の風景が蘇り、立ち止まってしまう (Photo 5)。

さて、阪神・淡路大震災を受けて、政府の制度が大きく変わった。議員立法で「地震防災対策特別措置法」が提案され、半年足らずの議論で成立した。7月に地震予知推進本部は廃止され、かわって地震調査研究推進本部 (以下、地震本部) が発足した。新しい地震本部は、(1)政府として責任ある計画・広報体制、(2)全国に東海地方並みの観測体制の整備、(3)責任ある評価体制、の3つを柱としていた。よく見ると、私が科技厅時代に苦勞させられた行政監察の要求があったりクリアされているではないか。その後、世界に冠たる地震観測網(Hi-net)、強震観測網(K-/KiK-net)、そして地殻変動観測網(GEONET)が整備され、1997年からは気象庁にデータが集約されて震源決定が一元的にされるようになった。一体、あの時弁解がましい対応を強いられたのは、何だったのか？

国土地理院も科技厅・気象庁と共同事務局を務めることになった。だが、地震本部の事務局は科技厅を本拠としたので、共同事務局とはいえ他省庁の関係職員は科技厅に出向することになった。地理院から出向される方が、「これまでの予知連とは違う目玉が欲しいのだが、何かないか？」と相談にみえられた。私がUCLAにいたころから、Jackson教授らがカリフォルニアの確率論的地震ハザード地図のプロジェクトを進めていたのを知っていた。前年のNorthridge地震の調査団としてUCLAを再訪した時、その成果である一枚のマップを頂いていた。その研究論文がちょうどBSSAに発表されたので、「こんなのはいかがでしょうか？」と紹介した [Working Group on California Earthquake Probabilities, 1995]。これが受け入れられたようで、現在「確率論的地震動予測地図」は地震本部の目玉商品になっている。もちろん、これについては多くの批判もあることを存じている。このような経緯から、私も責任の一端を負っていることを自覚している。

7. 京大防災研での研究生生活

1997年4月京大防災研地震予知研究センターの助教授として採用された。形の上は、建設省から文部省への出向であるが、もう戻ることはない。12年間の関東生活も終わり、家族の住む関西で暮らすことができる。やはり関西の空気は私の体によく馴染む。

正直なところ、防災研で何を期待されていたかはわからないが、地理院とのリンクを期待する向きがあったのではないかと。しかし、地理院から飛び出してきた人間なので、できる限り地理院に頼らず自分

の力で頑張ろう、と心に決めていた。そこで、自分なりの地震活動シミュレーションや、防災研独自あるいは大学連合と共同でGPSの繰り返し観測をやったわけである。目を見張る成果はあまり挙げられなかったが、高知大学の田部井隆雄氏らと共同でおこなった四国の中央構造線の観測や、2004年のスマトラ・アンダマン地震後の余効変動の観測などは、少しは胸を張れるかと思う [Tabei *et al.*, 2002; Hashimoto *et al.*, 2006; 片木・橋本, 2010]。

2006年に宇宙航空研究開発機構 (JAXA) が陸域観測技術衛星「だいち」を打ち上げた。この機会に、古屋正人氏 (現北海道大学教授)、小澤拓氏 (防災科学技術研究所) らが主宰する合成開口レーダー (SAR) の研究グループから誘われて、参加することにした。幸運にも福島洋氏 (現東北大学災害科学国際研究所准教授) をセンターに迎えることができ、二人三脚で防災研でのSAR研究を立ち上げることにした。大学院生も複数迎えられた。さらに、JAXAや地理院の研究グループにも加えていただいた。地理院のグループでは、顕著な地震が発生すると取得した観測データが提供され、休日関係なくデータ解析をした。2007年能登半島沖地震を皮切りに2008年の中国・汶川地震、2010年ハイチ地震など国内外の大地震の観測を行い、その断層運動の複雑さに目を見張った [Fukushima *et al.*, 2008; 榎本・他, 2010; Hashimoto *et al.*, 2010; Hashimoto *et al.*, 2011]。この頃が最も充実していたと思う。

とはいえ、防災行政と全く離れたわけではなく、地震本部の長期評価部会や地震予知連絡会の委員も務めた。特に記憶に残ることが、2つ。一つ目は、2006年頃の予知連で地理院が報告した、室戸岬の水準測量結果である (Fig. 6)。これを見ると、1946年の南海地震後の室戸岬近辺の水準点は、安芸市に対して年間7mm程度で沈降している。地震を挟んだ期間の隆起量は115cm程度なので、これを解消するまで160年ほどかかることになる。そうすると、次の地震は21世紀末になってしまう。席上このことに気がつき、その旨質問した。当時の会長は島崎邦彦先生で、地震本部の長期評価部会長もされていた。地震本部は南海トラフ沿いの次の地震の発生確率を40~50%と発表したばかりであった。これは島崎先生らの時間予測モデル [Shimazaki and Nakata, 1980] に基づいて計算された再来間隔約90年を用いている。しかし、水準測量の結果ではこんな短い再来間隔にはならないので、どこかがおかしいと感じた。残念ながら、島崎先生からは特段のコメントもなく、議論は深まらなかった。

二つ目は、やはり地理院が2011年2月の予知連に提出したデータである (Fig. 7)。東北の太平洋沿岸の

GPS観測点の東西成分の時間変化を追跡すると、2000年前後から西向きの動きが減速し、これが続いている、という。2005年頃から、宮城・福島沖ではM6+クラスの地震が相次いで発生している、これらの余効変動も顕著であった。そのため、「M6クラスにしては大きいし、長く続いているな」という程度の感想しか持たなかった。しかし、これこそプレート境界がM9の地震に向けて動き始めていることを示すシグナルだった。残念ながら、私にはそれを見破る力量がなかったことを認めざるを得ない。今も悔いている。

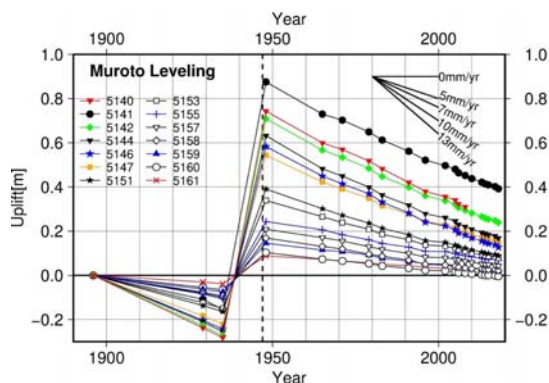


Fig. 6 Temporal variation of relative height of benchmarks around the Muroto Point to the benchmark 5163 in the Aki city. Surveys were made by the Geospatial Information Agency (2015) [Hashimoto, 2022b].

8. 東日本大震災以降：大波に揉まれて

2011年3月11日、東日本大震災が発生した。地震が起きた時は防災研教授会の最中で、当時研究教育担当副所長であった私は、次年度の共同利用研究課題の採択結果の説明をしていた。急に目眩に襲われた感じがして、ひょっとして体に異常をきたしたかと不安に襲われた。しかし、どなたかが「地震だ」と叫ばれたので我に帰った。説明を終えて着席して、携帯電話の地震情報のメールを確認する。画面には震度情報のリストの最後尾から表示されるため、多くの地名がずらずらと出てくる。肝心の震源要素の情報に辿り着くまで、画面を何回繰ったのだろうか？やっと見つけた震源要素は、宮城県沖M8.7であった。これは大きい。想定されていた宮城県沖地震はM7クラスだったので、俄には信じられなかった。

この教授会で任期を終えられる岡田憲夫所長は、ご自分の挨拶もそこそこに切り上げ、みんな情報収集に努めるよう伝えて教授会を閉じられた。研究室に戻ると誰もがテレビの前に集まって、釜石を襲う津波の映像に見入っていた。これは只事ではない。

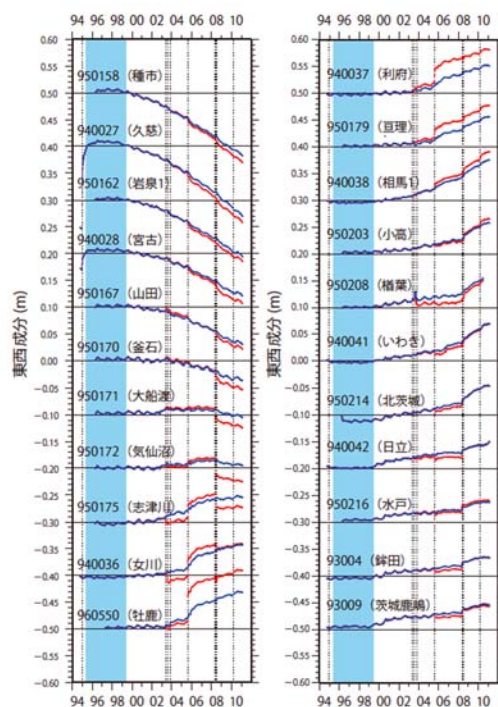


Fig. 7 Temporal variation of E-W component of reduced displacement of GEONET sites along the Pacific coast of eastern Japan [Geospatial Information Authority, 2011].

岡田所長の指示で、執行部を中心とする対策本部が立ち上がり、所長室で情報収集と外部との対応、さらには調査に赴く教職員との連絡の確保に努めることになった。案の定、多くのメディアからの取材攻勢が始まった。交通整理が必要と判断した岡田所長は、地震に関する取材は私に、津波に関する取材は間瀬肇先生に集約させた。その夜私は、複数の在京ラジオ局に電話出演した。仙台はもちろん東京の研究者たちも捕まらなかったのだろう。ちょうどコメディアンサンドイッチマンが気仙沼を訪れていて、私の番の直前に現地の火災の様子を伝えていた。その話を聞いて気が滅入るばかりであったが、何とか対応した。当然地震の特徴などについて話したのだろうが、何を喋ったか記憶にない。翌12日は土曜日だったが、執行部全員朝から所長室に詰め対応にあたった。すでに現地調査に出発した者もあり、彼らの行動も把握しないといけない。ところが、15時過ぎ福島第一原発爆発のニュースが飛び込んできた。「とにかく全員戻せ」ということになったが、なかなか連絡がつかず、大いに心配した。幸い程なく連絡が取れ、問題がないことを確認し、全員安堵した。

最終的に2週間で防災研対策本部も解散したが、すぐ新年度が始まる。4月からは中島正愛先生が所長である。私は引き続き研究・教育担当副所長を務めることになったが、早速中島先生から宿題を与えられ

た。「共同利用・共同研究拠点としてできることを考えろ」というのである。共・共拠点としてできることで、研究コミュニティに喜ばれることといえば、共同研究しかない。とはいえ、研究予算は限られている。この時科技庁時代の雲仙の緊急研究の経験を思い出し、所内向けの拠点研究の予算を大幅に削り、東日本大震災のための「特別緊急共同研究」を立ち上げることを提案した。中島先生は賛同され、拠点委員会の委員も全員賛成していただいたので、即座に公募を始めた。多くの方にご応募いただいたが、残念ながら全て採択することはできなかったのは申し訳なく思う。一方、拠点委員会の先生方には、大変な状況の中でその審査の労を執っていただいた。改めて感謝したい。結局、11件採択し、夏頃には研究費を支給できた。それぞれ立派な成果を挙げられ、担当者として嬉しい限りである[京都大学防災研究所, 2012]。拠点研究を当てにしていた所内の方々には申し訳なかったが。

中島執行部の時代に、もう一つ大きな問題が持ち上がった。「地震・火山噴火予知のための観測研究計画」の扱いである。これは東京大学地震研究所が差配しているプロジェクトで、地震予知研究センターはじめ地震・火山研究グループにとって要の事業であった。しかし、東日本大震災を受けて厳しい批判にさらされ、存続の危機にあった。共同利用・共同研究拠点制度とのからみもあって、東大地震研と京大防災研で協議するように文科省から指導が入ったのである。文科省としては、共同利用・共同研究拠点を大きくしたい、特に複数拠点によるネットワーク型拠点の構想を持っていて、その端緒となることを目論んでいたのではないかと何度か東京に出向いて協議し、地震研と防災研との間で拠点間連携共同研究という新たな枠組みを立ち上げるようになった。私はこの道筋をつけるところで任を終えたが、詳細な制度設計を行なった川瀬博教授ら後任の副所長は大変だったと思う。この場を借りて感謝申し上げる。現在も若干形を変えながら続いている。うまく使っていれば幸いです。

9. 南海トラフ沿いの最大クラスの地震と臨時情報

同じ頃、中央では大きな動きが始まっていた。東日本大震災が「想定外」の出来事であったので、「想定外」をなくすべく被害想定から防災計画まで全て見直すことになった。6月には中央防災会議の「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」が、中間報告を出した[内閣府, 2011a]。これには、「地震・津波の想定を行うにあ

たっては、これまでの考え方を改め、津波堆積物調査などの科学的知見をベースに、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである」と書かれていた。これを受けて、まず南海トラフの地震について見直しが始められ、私もそのための「巨大地震モデル検討会」に呼ばれた。平行して、地震本部でも長期評価の見直しをすることになって、「海溝型地震分科会(その2)」が設けられた。こちらにも委員として参加した。そのため、東京と京都を何度も往復する羽目になった。

ご承知の通り、Mw9.1の巨大地震モデルができ、これに基づいて、極めて大きい津波も想定された[内閣府, 2011b, 2012] (Fig. 8)。あまりにも高い津波の想定が「3・31ショック」を引き起こした[例えば、矢守, 2016]。一方、長期評価については、沈降速度と「隆起」速度の矛盾はじめ、数多くの問題点が明らかになったものの、それまでのやり方が踏襲された[地震調査委員会, 2013]。なお、モデル検討会の議論の結果は橋本(2013)、長期評価の改訂に関する問題点はHashimoto(2022a,b)にまとめているので、詳しくはそちらをご参考いただきたい。

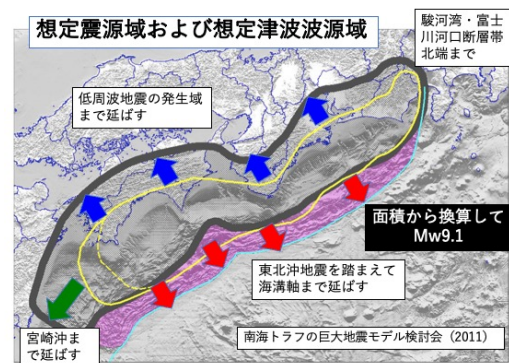


Fig. 8 Modeled source area of the Possible Largest earthquake along the Nankai Trough modified from Cabinet Office (2011b)

南海トラフの新しい被害想定ができたので、当時の東南海・南海地震対策特別措置法の改正が、タイムテーブルに乗った。だが、最後のピースが埋まらない。それは、同法の第4条の扱いである。この条文は、「科学技術の向上により東南海・南海地震の予知が可能となって、大震法の地域指定がされると、同法の地域指定を外れる」というものである。そのため、「予知ができるかどうか」が定まらないと次に進めない。誰がその任に当たるのか紆余曲折の結果、内閣府は「南海トラフ沿いの巨大地震の予測可能性調査部会」を立ち上げ、私を含む6名の研究者が招集された。表題は南海トラフとついているが、我々は「東海地震予知」も含めた検討と理解していた。我々がこの世界に入ったのと時を同じくしてスタートし

た「東海地震予知」の死命を制するかもしれない。運命的なものを感じたのは私だけではなかったのではないか？部会では、1944年東南海地震直前の「異常隆起」や東日本大震災前のいろんな現象、さらにはシミュレーション研究の成果などについて議論した。その結果、2013年5月には「確度の高い予測は困難」とする報告書をまとめた〔内閣府，2013〕。これで私のお役目も終わったと思った。

2013年の報告書では、「南海トラフは前駆的すべりが発生する可能性が高いかもしれないし、「ゆっくりすべりが進行している時は、平常時に比べて地震発生の可能性が高まっているとみなせる」と記載がある。これらについては、否定することは難しくこう書かざるを得なかった。「それでもいろんな場合があるので予測は困難」と結論しているとはいえ、この文章が次の火種になる。

2016年夏になって、内閣府からもう一度「予測可能性調査部会」をするから、と連絡があり、また同じメンバーが集められた。わずか3年しか経っていないのに、何を議論するのか、と全員訝っていた。実は、2013年の報告書に「平常時に比べて可能性が高まっているとみなせる」などと書き残したのだから、防災側の「どんな情報でもいいから」という主張を受けて、いろんな具体的なケースについて検討しろ、ということである。そのケースというのが、①南海トラフの東西いずれかでM8クラスの地震が発生した場合、②南海トラフのどこかでM7クラスの地震が発生した場合、③東日本大震災前のようにいろんな「異常現象」が観測された場合、④東海地震で想定されている前駆すべりが観測された場合、である。最初の案ではシミュレーションで可能性の高まりを予測した場合、があったが、流石にそれは無理、ということで、この4つになった。しかし、③のケースも数日スケールの短期の予測情報としては使えないので、対象外とした。結局、残る3つのケースでどんな情報が出せるか、という議論になった。これが今巷を騒がしている「臨時情報」となる。詳細は別の場に譲るが、例えばM8クラスの地震が起きた場合、隣接地域でM8以上の地震が7日以内に発生した例は、世界で103事例中わずか7事例に過ぎない。M7級の地震の場合は、1437事例中なんと6事例しかない。まさに万馬券を買うようなものである。もちろん前駆すべりなどいまだ観測したこともないので、いずれのケースも確かなことは言えない〔内閣府，2017〕。この結果を踏まえて、気象庁は2017年11月から、東海地震に関する情報提供をやめて、「南海トラフ地震に関する情報」を出すことにした〔気象庁，2017〕。

しかし、内閣府はこれをさらに推し進めて、7日を目安として避難するようなガイドラインまで作成し

た〔内閣府，2018〕。ただし、この「7日」という目安は、地震学的に決められたものではなく、我慢できる限度についての住民アンケートの結果導き出されたものである。地震学からは7日経てば大丈夫、などとていえない。この点が、これまでの制度と根本的に異なる特徴だ。個人的には、このような制度ができることで、人々が常に何らかの情報が出るものと誤解することを恐れる。また、南海トラフのみならず首都圏や日本海溝・千島海溝の地震のニュースがよく取り上げられるが、これらを強調するあまり、これら以外の地域の地震に対する備えが疎かになりやしないかと危惧している。阪神・淡路大震災前、「東海地震」が喧伝されたがために、「関西には地震は来ない」という神話が生まれた。その轍を踏んではいけない。

最近、仲間の研究者とこの臨時情報についていろんな角度から議論しているが、これまでにないタイプの情報で、本当に扱いが難しいことをひしひしと感じる。それもこれも地震科学の未熟さと科学に対する行きすぎた期待が原因だ。その未熟さを認識しながら、このような扱いの難しい制度を後世に残してしまったことに忸怩たる思いがある。地震学者の間で大きな批判のあった「東海地震予知」の制度を、一旦ではあれ、幕引きさせるのに40年近い歳月を要した。この「臨時情報」の制度の賞味期限がどの程度かわからないが、今若い人たちがいずれこの制度の見直しに駆り出されることは間違いない。そんな宿題を残してしまったことをお詫びする。

10. おわりに

京都大学で地震学を学び、その後国土地理院、科学技術庁、そして京大防災研と地震予知に係る行政・実務・研究の世界で生きてきた。私がこの世界に入ったのと時を同じくして、大規模地震対策特別措置法に基づく「東海地震予知」の体制がスタートした。その頃の地震学は、夢一杯で輝いていた。しかし、行政の現場でのやりとりや観測で得られた生のデータなどに触れるにつけ、それは現実とはかけ離れたものと感じるようになってきた。

阪神・淡路大震災を経て、我が国の地震防災政策は大きく変革を遂げたが、強い批判があったにも関わらず、「東海地震予知」体制は揺らがなかった。しかし、東日本大震災後の南海トラフ沿いの地震の被害想定の見直しに伴って、ついに「東海地震予知」にもメスが入った。検討の結果、この体制もひとまず終焉を迎えることになった。これらの変革に微力ながら携わることになって、運命的なものを感じる。これはこれで誇りに思いたい。しかし、その結果残

された「臨時情報」は大きな不確定性をはらんだ情報であり、社会の対応のあり方はこれからの議論に委ねられている。一連の経験から、「未熟な科学に基づいて、拙速に制度を作ると、後々が大変」と言いたい。将来、研究者達にとって、この制度が大きな負荷とならないことを祈る。

謝 辞

諸先輩、同僚研究者、指導学生はじめ多くの方々のご支援・励ましのおかげで、ここまで来ることができました。改めて感謝申し上げます。中でも、大学院時代にご指導いただき、その後も変わらずに励ましを頂いている三雲健先生、国土地理院で地殻変動解析室に引っ張っていただき、私に地殻変動研究の面白さを教えていただいた故多田堯氏、そして、UCLAでのホストで、今も家族ぐるみの付き合いをしていただいているDavid Jackson教授に感謝申し上げます。また、度重なる引越しに付き合い、私を支えてくれた妻と娘にも感謝します。

参考文献

- 石川典彦・橋本学 (1999)：測地測量により求めた日本の地震間の平均的な地殻水平ひずみ速度 (II)，地震，52, 299-315, doi:10.4294/zisin1948.52.2_299.
- 石橋克彦 (1976)：東海地方に予想される大地震の再検討－駿河湾地震の可能性－，地震予知連絡会会報，17, 4-13, http://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihou17/04_13.pdf.
- 榎本真梨・橋本学・福島洋・深畑幸俊 (2010)：ALOS/PALSAR データを用いた 2008 年汶川地震に伴う地殻変動解析，測地学会誌，56, 155-167, doi:10.11366/sokuchi.56.155.
- 科学技術庁研究開発局 (1992)：平成 3 年度科学技術振興調整費「雲仙岳のマグマ活動に伴う諸現象に関する緊急研究」成果報告書，科学技術庁，80pp.
- 片木武・橋本学 (2010)：三次元有限要素法を用いたスマトラ-アンダマン地震の余効変動の粘弾性緩和によるモデル化，測地学会誌，56, 73-85, doi:10.11366/sokuchi.56.73.
- 気象庁 (2017)：南海トラフ地震の予測可能性の現状と「南海トラフ地震に関する情報」の運用開始に至る経緯 <https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/nteq/forecastability.html>.
- 京都大学防災研究所 (2012)：京都大学防災研究所平成 2 3 年度共同研究報告，<https://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/nenpo/no55/ronbunA/a55a0p10.pdf>
- 国土地理院 (1987)：東海地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，37, 271-286, https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihou37/05_03.pdf.
- 国土地理院 (1994a)：地震予知観測の成果 (1)－北海道・東北地域－，地震予知連絡会地域部会報告第 4 巻，平成 6 年 11 月，日本測量協会，246pp.
- 国土地理院 (1994b)：地震予知観測の成果 (2)－関東・中部地域－，地震予知連絡会地域部会報告第 5 巻，平成 6 年 11 月，日本測量協会，338pp.
- 国土地理院 (1994c)：地震予知観測の成果 (3)－近畿・中国・四国・九州・沖縄地域－，地震予知連絡会地域部会報告第 6 巻，平成 6 年 11 月，日本測量協会，310pp.
- 国土地理院 (2011)：東北地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，86, 184-272, https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihou86/03_34.pdf.
- 国土地理院 (2015)：中国・四国地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，93, 336-343, https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihou93/09_03.pdf.
- 国土地理院 (2021)：東海地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，106, 226-255, https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihou106/06_01.pdf.
- 地震調査委員会 (2013)：南海トラフの地震活動の長期評価 (第二版) について，平成 25 年 5 月 24 日，https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/sagami_2.pdf.
- 総務庁行政監察局 (1992)：震災対策の現状と問題点 総務庁の都市防災に関する調査結果からみて，大蔵省印刷局，422pp.
- 内閣府 (2011a)：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会中間取りまとめ～今後の津波防災対策の近本的考え方について～，平成 23 年 6 月 26 日，<https://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/tohokukyokun/pdf/tyuukan.pdf>.
- 内閣府 (2011b)：南海トラフの巨大地震モデル検討会 (中間とりまとめ) 平成 23 年 12 月 27 日，https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/chukan_matome.pdf.
- 内閣府 (2012)：南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について (第一次報告) 平成 24 年 3 月 31 日，https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/1st_report.pdf.
- 内閣府 (2013)：南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性調査部会 (報告) 南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について 平成 25 年 5 月，https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/yosoku/pdf/20130528yosoku_houkoku1.pdf.
- 内閣府 (2017)：南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について 平成 29 年 8 月，https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/tyosabukai_wg/pdf/h290825honbun.pdf.
- 内閣府 (2018)：南海トラフ沿いの異常な現象への防災対応のあり方について (報告) 平成 30 年 12 月，<https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taiowg/pdf/h301225honbun.pdf>.

- 多田堯 (1987) : 日本の地殻水平歪図, 国土地理院時報 (国土地理院技術資料 A5), 68, 38-41.
- 橋本学 (1979) : これまでに“要注意”が指摘された場所について, 地震予知連絡会会報, 22, 225-231, https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihohou22/07_04.pdf.
- 橋本学 (1980) : 西南日本に沈み込むフィリピン海プレートの形状と三次元応力分布 (序報), 地震 2, 33, 465-478, doi:10.4294/zisin1948.33.4_465.
- 橋本学 (1990) : 測地測量により求めた日本列島の地震間の平均的な地殻水平歪速度(I):本州 四国 九州, 地震 2, 43, 13-26, doi:10.4294/zisin1948.43.1_13.
- 橋本学 (2013) : 南海トラフの巨大地震と地震科学の限界, 京都大学防災研究所年報, 56B, 157-165, <https://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/nenpo/no56/ronbunB/a56b0p18.pdf>.
- 橋本学 (2022) : 荒ぶる大地の素顔に迫る - 「大地動乱の時代」の測地学 -, 京大知球会 (京都大学地球物理学教室同窓会) 特別講演・講演要旨, <https://www.kugi.kyoto-u.ac.jp/dousoukai/pdf/2022-Hashimoto.pdf>.
- 橋本学・多田堯 (1988) : 北海道地方の水平変動とテクトニクス, 地震 2, 41, 29-38, doi:10.4294/zisin1948.41.1_29.
- 茂木清夫 (1982) : 1944 年東南海地震直前の前兆的地殻変動の時間変化, 地震, 35, 145-148, doi:10.4294/zisin1948.35.1_145.
- 力武常次 (1976) : 巨大地震 発生メカニズムと予知への挑戦, ブルーバックス, B295, 講談社, 269pp.
- 矢守克也 (2016) : 防災・減災のためのリスクコミュニケーション, 国土政策研究所講演会発表資料, JICE Report, 25, 24-34, https://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/tech/reports/29/jice_rpt29_04.pdf.
- Fukushima, Y., T. Ozawa, and M. Hashimoto (2008): Fault model of the 2007 Noto Hanto earthquake estimated from PALSAR radar interferometry and GPS data, *Earth Planets and Space*, 60, 99-104, doi:10.1186/BF03352768.
- Hashimoto, M. (1982): Numerical modeling of the 3-dimensional stress field in southwestern Japan, *Tectonophysics*, 84, 247-266, doi:10.1016/0040-1951(82)90162-7.
- Hashimoto, M. (2022a): Is the long-term probability of occurrence of large earthquakes along the Nankai Trough inflated? – conflict between science and risk management-, *Seismological Research Letters*, 93(4), 1971-1973, doi:10.1758/022022068.
- Hashimoto, M. (2022b): Is the long-term probability of occurrence of large earthquakes along the Nankai Trough inflated? – scientific review -, *Seismological Research Letters*, 93(4), 2311-2319, doi:10.1785/0220210152.
- Hashimoto, M., and T. Tada (1990): Crustal deformations associated with 1986 fissure eruption of Izu-Oshima volcano, Japan, and their tectonic significance, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 60, 324-338, doi:10.1016/0031-9201(90)90272-Y.
- Hashimoto, M., N. Choosakul, M. Hashizume, S. Takemoto, H. Takiguchi, Y. Fukuda, and K. Fujimori (2006): Crustal deformations associated with the great Sumatra-Andaman earthquake deduced from continuous GPS observation, *Earth Planets and Space*, 58, 127-139, doi:10.1186/BF03353369.
- Hashimoto, M., M. Enomoto, and Y. Fukushima (2010): Coseismic Deformation from the 2008 Wenchuan, China, Earthquake Derived from ALOS/PALSAR Images, *Tectonophysics*, 491, 59-71, doi:10.1016/j.tecto.2009.08.034.
- Hashimoto, M., Y. Fukushima, and Y. Fukahata (2011): Fan-delta uplift and mountain subsidence during the Haiti 2010 earthquake, *Nature Geoscience*, 4, 255-259, doi:10.1038/NGEO1115
- Hashimoto, M., and D. D. Jackson (1993): Plate tectonics and crustal deformation around the Japanese Islands, *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 98, B9, 16149-16166, doi:10.1029/93JB00444.
- Hashimoto, M., and T. Tada (1992): A model for crustal deformations associated with the 1914 great eruption of Sakurajima volcano, Kagoshima, Japan, *Tectonophysics*, 205, 427-436, doi:10.1016/0040-1951(92)90446-D.
- Matsu'ura, M., D.D. Jackson and A. Cheng (1986): Dislocation model for aseismic crustal deformation at Hollister, California, *Journal of Geophysical Research*, 91, 12661-12674.
- Mogi, K. (1958): Relations between the Eruptions of Various Volcanoes and the Deformations of the Ground Surfaces around them, *Bulletin of Earthquake Research Institute, University of Tokyo*, 36(2), 99-134, doi:10.15083/0000033924.
- Okada, Y. (1985): Surface deformation due to shear and tensile faults in a half space, *Bulletin of Seismological Society of America*, 75, 1135-1154.
- Shimazaki, K., and T. Nakata (1980): Time-predictable recurrence model for large earthquake, *Geophysical Research Letters*, 7, 279-282.
- Tabei, T., M. Hashimoto, S. Miyazaki, and Y. Ohta (2003): Present-day deformation across the southwest Japan arc: Oblique subduction of the Philippine Sea plate and lateral slip of the Nankai forearc, *Earth Planets and Space*, 55, 10, 643-647, doi:10.1186/BF03352471.
- Tada, T., and M. Hashimoto (1991): Anomalous crustal deformation in the northeastern Izu peninsula and its tectonic significance - tension crack model, *Journal of Physics of the Earth*, 39, 197-218, doi:10.4294/jpe1952.39.197.
- Working Group on California Earthquake Probability (1995): Seismic hazards in Southern California: Probable earthquakes, 1994 to 2024, *Bulletin of Seismological Society of America*, 85(2), 379-439, doi:10.1785/BSSA0850020379.

(論文受理日 : 2022年7月29日)