

地震

ジャーナル

75

2023年 6月

関東地震100周年特集号

- エッセイ 地域の防災力 ● 保家 力——1
「関東地震100周年特集号」について ● 加藤照之——2
関東大震災の遺産：30年間の研究を支えたもの ● 武村雅之——3
地球科学の発展と関東地震発生メカニズムの解明 ● 松浦充宏——22
1923年関東地震の東京・本郷での地震動 ● 翠川三郎——34
関東地震の火災被害に関する教訓とそれから100年後の
現代都市に与える示唆 ● 廣井 悠——43
震災復興と旧都市計画法 —池田 宏の足跡を追って— ● 北原糸子——53
震度観測などから見た1923年関東地震前後の地震活動 ● 浜田信生/
津村建四朗——65
1923年関東地震の測地データが地震学にもたらしたもの ● 鷺谷 威——71
令和4年（2022年）東京都地震被害想定 ● 平田 直——78
● 書評——87
● 新刊紹介——90
● ADEP情報——91
- 囲み記事 今村明恒著「地震の征服」（南郊社，1926）について
津村建四朗——62

地震予知総合研究振興会

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREDICTION

地域の防災力

保家 力

東京都には11の有人離島があり、都の行政機関として、大島・三宅・八丈・小笠原にそれぞれ支庁が置かれている。平成20年に、私は三宅支庁に赴任し、日々の業務の中で防災と向き合うことになった。

三宅島は、平成12年の噴火で全島避難となったが、平成17年に避難指示が解除されて帰島が始まり、私が赴任したときは、しだいに生活にも落ち着きが見られ始めた頃であった。しかし、火山ガスの影響はまだ色濃く残っており、二酸化硫黄の濃度がレベル3(2ppm)で注意報が発令され、レベル4(5ppm以上)になると「避難」のサイレンが鳴るといった状況だった。また、降灰・噴石や火山ガスにより、多くの樹木が立ち枯れたため、治山ダムや砂防堰堤の整備が着実に進められていたものの、大雨時には、土砂崩れの発生などが懸念された。

噴火や風水害など厳しい自然条件の中で、島を守ってきた大きな力として、住民の防災意識の高さと、お互いの助け合いがあげられる。

昭和以降、三宅島では4度の大きな噴火を経験しているが、昭和37年、58年、平成12年は、いずれも死者ゼロである。昭和58年の記録を見ると、避難に際して近所の人の避難を助けたり、地元消防団員らが適切な避難誘導を行ったりしたことが窺われる。また、このときは、噴火の約1カ月前に住民参加の総合防災訓練を実施しており、その経験が役立った面もあったようである。

私は、平成29年には大島支庁に赴任したが、大島においても、昭和61年には噴火により全島避難を経験している。記録などによれば、このときも、地元消防団が、避難指示の伝達や避難誘導、高齢者や病人などの介護・搬送、地区内の防犯・防火活動、避難所での住民の世話など多岐にわたる活動を行っている。そして、この噴火を契機に、「地域住民の協力を得て、地域全体の安全確保体制を確立する」という趣旨のもと、各地区に隣住民で班編成された自主防災組織が結成され、現在も発災時の避難や、避難所の運営などにおいて重要な役割を担っている。

このように、両島とも、地域的な結びつきが強く、災害時において有効に機能してきたといえるが、本土で首都直下地震のような大規模災害が発生した場合にも、共助の力は欠かせないものである。

1923年の関東大震災のときには、たとえば神田和泉町・佐久間町では、周囲に神田川や耐火建物があるなど地理的条件に助けられた面はあったものの、消防組(今でいう消防団)や事業所の自衛消防隊など区内住民による消火活動が功を奏し、延焼を食い止めている。

また、この震災では、町内会や青年団による炊出しが行われたり、個人宅で、親戚・知人だけでなく顔見知りではない人まで含めて被災者を受け入れ、食料などを提供したような例も見られる。さらに他府県から来援した救護団や、学生による救護班が自発的な支援活動を行うなど、被災者の救援という点でも、共助が大きな役割を果たしている。

今年は、関東大震災発生から100年の節目に当たる。社会状況の変化により、地域における住民同士の関係も当時とは異なるが、町会、自治会などの自主防災組織をはじめ、地元の企業や学生などが連携し、いざというときには、みんなで地域を守るという機運を高めていくことが重要である。

行政としても、この機会を十分に活かし、地域防災力のさらなる強化に取り組んでいきたいと考える。

[ほけ ちから]

現職 東京都総務局総合防災部長

略歴 1970年生まれ。1993年、入都。2008年、東京都三宅支庁総務課長。2011年、東京都総務局総合防災部震災対策担当課長。2018年、東京都大島支庁長。2022年より現職

「関東地震 100 周年特集号」について

地震ジャーナル編集長

加藤照之

1923 年（大正 12 年）9 月 1 日に相模湾付近を震源とする M7.9 の大地震、すなわち関東地震が発生しました。この地震では神奈川県下で激しい地震動による大きな被害のほか、東京や横浜で大規模な火災が発生し、家屋の倒壊等によるものと併せて 10 万人以上の死者を出しました。この死者数は現在までも日本における歴史上最大の地震となっています。この地震からちょうど百年にあたる本年に、「地震ジャーナル」では 1 つの節目として特集号を企画しました。

関東地震は地震に関連する日本の学術にとって大きな影響を与えたといえるでしょう。日本の地震研究は明治初頭に英国から招聘された John Milne を中心として創始されました。その後、1891 年濃尾地震を契機として震災予防調査会が設置され、国家的事業として地震の研究が開始されました。それからわずかに約 30 年で関東地震が発生したのです。このため、地震の発生に関する科学は未熟であり、事前に多くのことがわかっているわけではありませんでした。そこで、関東地震を契機として、震災予防調査会は解散し、地震に関する研究をいっそう進めるため東京大学に地震研究所が付置されるなど、地震の学術的な進展が進むきっかけとなりました。一方、明治以来の地震観測や測地測量の導入により、関東地震は多くの学術的に貴重な資料を世界に先駆けて後世に残すことができました。その後、太平洋戦争および戦後という、地震学の発展にとって逆風となるような苦しい時代がありましたが、1960 年代後半頃にスタートした地震予知計画（当初は地震予知研究計画）を契機としてふたたび日本の地震学

が大きく進展することとなりました。もちろん、地震学は地震予知の分野だけではありませんが、関東地震が日本の地震学の発展にとって大きな意義をもっていることは疑いがないでしょう。しかも、その際に取得されたデータは現在に至るまで繰り返し解析や調査に用いられ、また、新たな資料も発掘されるなど、いまでも地震学の発展に寄与していると言ってよいのではないのでしょうか。

今回の特集号では、関東地震に関して研究をされてこられた理学・工学・社会学のさまざまな分野の方々にご執筆をいただきました。当ジャーナルは他の学術専門誌とはやや異なり、一線級の研究者の方々へ最近の研究成果やプロジェクトの紹介などを他の分野や若手研究者の方々にも理解していただけるようわかりやすく解説いただくことのほか、研究に関する周辺の話題なども自由にご執筆いただいています。このような観点から、本特集号では関東地震に関してこれまで研究をされてこられたさまざまな分野の先生方からそれぞれのお立場での関東地震との関わりや関連する話題について自由にご執筆いただくことになりました。それぞれの研究分野における関東地震に関する取組のレビューやそれらの分野における意義、あるいは最近の話題としての首都直下地震関連の話題など、多彩な角度から関東地震を概観することを試みることにしました。読者の皆様には、“関東地震から 100 年”という節目において、来し方を振り返り今後の地震学の発展ややるべき首都直下地震あるいは次の関東地震に向けてわれわれがどう取り組んでいけばよいのか、考えていただくきっかけとしていただければと考えています。

関東大震災の遺産：30年間の研究を支えたもの

武村雅之

1. はじめに

1923（大正12）年9月1日11時58分に関東地震（ $M=7.9$ ）が発生してから100年が経過した。その間多くの地震学的・地震工学的研究が行われてきたが、それらは大まかに3つの時期に分けることができる。第1期は言うまでもなく地震発生直後の約10年間で、そこでの成果や資料は震災予防調査会報告100号の甲-戊をはじめ多くの論文にまとめられている。また、地震被害の特徴をまとめた調査報告書や震災誌もこの時期に数多く発刊されている。

次に、関東地震についての研究がさかんに行われた時期は発生後約50年が経過した1970年代前半頃である。この時期が第2期である。この間地震の正体が地下で動く断層であること、さらにその断層運動の性質を決めるのに地球を取り巻くプレートの運動が大きな関わりをもっていることがわかってきた。関東地震に関しても、相模トラフから日本列島下に潜り込むフィリピン海プレートの動きと関連させて震源断層およびその動きが明らかにされ、多くの断層モデルが提唱された。

その後約20年が過ぎ、発生から70年後の1990年代に入り再び関東地震についての研究がさかんに行われるようになった。第3期の特徴は関東地震による強震動を解明し地震工学的研究に結びつけようという点にある。地震被害についての研究は地震発生直後にも数多く行われたが、地震の正体もよくわからない時代であったため、震源断層と地震被害の関係を詳細に結びつけるところまでにはいたらなかった。

私は第3期のはじまりとともに、関東大震災の研究に着手し、第3期の研究にそれなりの貢献をし、第3期が収束する2005年以降も調査・研究

を続けて今日に至っている。それらの研究を支えてくれたのが第1期に多くの人々の努力によって残されたさまざまな資料であった。本稿では関東大震災の遺産ともいべき資料を手掛かりに、私の研究30年を振り返ってみる。

2. 地震・地震動に関する資料

関東大震災当時、地震の正体を突き止めるまでには至らず、解明にはその後相当の年月を費やす必要があったが、残された資料はその後、地震・地震動の解明になくはならないものとなった。それらは大きく3つに分けられる。一つ目は、震度を評価するのに欠かせない人や建物の被害の数量を調査した結果、二つ目は、今村明恒も注目した地震前後の測量による地殻変動に関する記録、三つ目は、日本の国内外で地震計によって観測された揺れの記録である。

2.1 被害資料

人や建物の被害の数量を調査した結果はいわば国民が犠牲になって得た資料である。多くの資料があるなかで、地震後、東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県、山梨県、静岡県、茨城県、長野県、栃木県、群馬県など、被災地域のほぼ全域にわたって行政や警察が市区町村ごとに集計したものとして2つの資料をあげることができる。「震災予防調査会報告」第100号甲にある松澤（1925）の資料と「大正震災志」上巻（内務省社会局、1926）にある資料である。「大正震災志」上巻には「叙説」として、臨時震災救護事務局が独自に国勢調査方式で直接国民にアンケート調査を行い、市郡単位で被害の数量を集計した資料もある。

われわれは、他の資料も含めて集計値が異なる資料でもすべてが正しいと考えたときにどう解釈できるかに挑んだ。その結果、資料間の集計値の

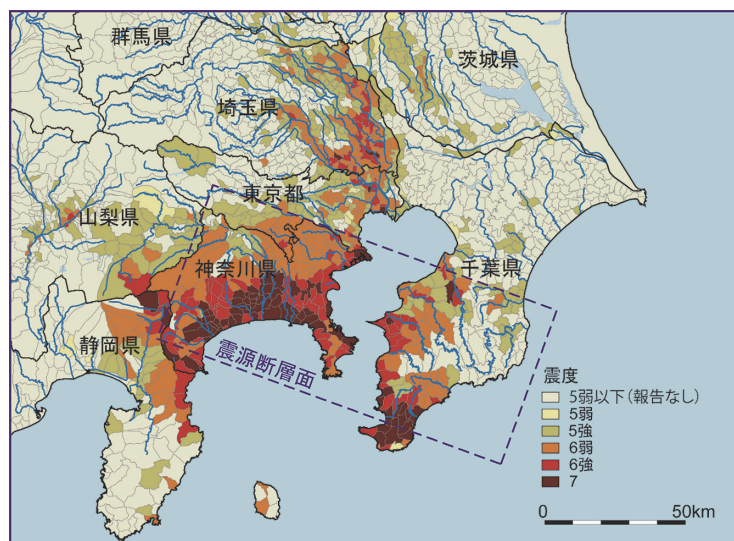


図 1 関東地震の震源断層と木造住家の全潰率から求められた震度分布（諸井・武村，2002 に加筆）

差の多くがたんなる資料の誤りや信頼性の低さを現わしているのではなく、棟数と世帯数などの集計単位の違いや住家・非住家の区別の有無、さらには都市部における長屋など集合住宅の存在や焼失区域での全半壊家屋の取り扱い方の違いなど合理的な理由によることがわかってきた。このことは、今まで集計値が資料間で異なることで信頼性が疑われていた資料が、逆にわれわれにさまざまな情報を与えてくれる可能性を秘めていることがわかった。

その結果、被害の数量データを用いて東京市では当時の町丁目ごとに、その他の地域では当時の市町村ごとに木造住宅の全潰率から詳細な揺れの強さの分布、すなわち震度分布が評価できた（諸井・武村，2002；武村，2003a）。図 1 は関東全域にわたる結果である。関東地震当時の全国の市町村数は 12,000 余りもあった。これは現在の数倍にあたる。そのぶん、集計の単位が細く詳しい震度分布を得ることができた。

一方、それまで関東大震災の死者数は約 14 万 2 千人といわれていたが、われわれの調査によって約 10 万 5,000 人と結論付けられた。ただし、地震直後には死者数を 10 万余と書いたものが多く、死者数には身元不明の遺体数が含まれる一方で、行方不明者数は主に捜索願の出された人の数

であり重複している可能性があるとの指摘もなされていた（竹内，1925）。2004 年ころまでよく用いられていた上記の死者数は、理科年表の編集者が不用意に死者数と行方不明者数を足し合わせた結果生まれた値であることも判明し、元資料に立ちかえることの重要性を改めて痛感した。

2.2 陸地測量部の資料

次は地震前後の測量によって得られた地殻変動の記録である。測量はもともと正確な地図を作るために行われるもので、日本では 1888 年に参謀本部陸地測量部（現在の国土地理院）が発足し、それ以前から行われてきた測量事業を統合して関東大震災までには一万分の一や五万分の一の精密な地形図が作製されていた。測量には垂直変動を測る水準測量と水平方向の移動を図る三角測量がある。三角測量は水準測量に比べて手間がかかるため地震による地殻変動調査にはまず水準測量が行われた。その最初が 1891 年の濃尾地震である。今村（1932）によれば、それ以来 1931（昭和 6）年までに 17 の地震に対し測量によって地殻変動が確認されている。関東地震もそのうちの 1 つで三角測量が本格的に行われた最初の地震でもある。

この資料は関東地震の震源断層の解明に大きく貢献し、Ando（1974）は測量結果をもとに関東地震の断層モデルを提案している。また第 3 期には

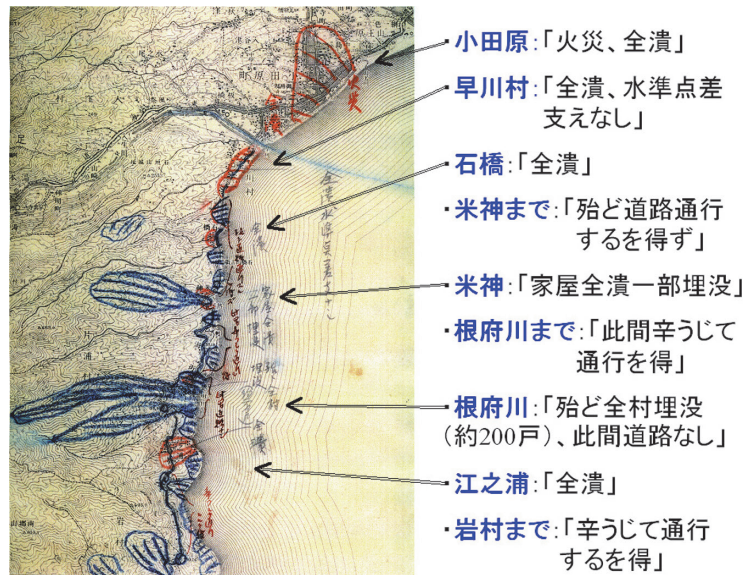


図2 震災地応急測図原図の小田原図幅に記された熱海線沿いの被害(国土地理院所蔵に加筆)。地図中の記述を外に書き出した

Wald and Somerville (1995) がインバージョン解析によって断層すべりの分布を求めている。結果は小田原付近と三浦半島付近に2つのアスペリティがあるというものである。Wald and Somerville (1995) は、遠地実体波記録を同時にインバージョンしているが、結果は測量結果によるところが大きい。

陸地測量部の残した資料の中で、私が深くかかわったのは別の資料であった。1997年から1998年ころ私は、茨城県の鹿島にあった郵政省通信総合研究所のIERS(International Earth Rotation Service)技術開発センターのVLBI(Very Long Baseline Interferometry)の委員会で、国土地理院の測地部の方と知り合いになった。その方からその資料が倉庫から見つかったので価値があるものかどうか見てほしいと依頼されたのである。さっそくつくば市の国土地理院にいくと、関東大震災による被害がびっしりと書き込まれた関東一円の地形図があった。当時、由来も何もわからなかったが、見てすぐに貴重なものだと直感して、けっして廃棄するようなことがないようにとお願いした。

次に私とその地図に出会うのはそれから約10

年が過ぎたころである。当時、歴史地震研究会の会長だった北原糸子先生に関東大震災85周年にちなんで国土地理院から「地図にみる関東大震災」という展示をやりたいので協力してほしいとの依頼があった。当時私は歴史地震研究会の副会長であり、当然一緒に協力することになった。そこで再び対面したのが上記の地形図である。その地図は震災地応急測図原図といい、関東地震直後の9月6日から15日にかけて、陸地測量部が94名の要員を配して作成した63枚の地図である。図には関東地方の主要道路・鉄道の被害、沿線の集落の被害や地形変状などが書かれており、中には当時秘図地域として、軍事上地図を一般に発行してはいけない地域については秘図から書き写した写図が使われている。

図2はそのうちの小田原付近の5万分の1の図幅の一部である。小田原の火災や米神、根府川の土砂災害の様子が描かれている。この地図はそれ以来日本地図センターでコピーを購入できるようになり、私もすべて購入したが中身を読み解く作業は一部しかできていない。

同じように、思わぬところから見つかった資料が廃棄されないよう駆け付けた経験は他にもあ

る。2004年3月に当時長野地方気象台勤務の大沼啓人氏（後述）から電話が入り、1892年からの地震記録が階段下の資料庫から見つかったので、大切さを台長に説明してほしいと頼まれたのである。これらの記録によって長野地方気象台の地震観測史が大きく書き換えられることになった。

2.3 地震計の記録

(1) 国内外の観測記録

測量結果や津波記録と並んで重要な資料は地震計による揺れの記録である。関東地震に対しては国内外の地震計がその震動をとらえていた。国外の主な地点をあげると、オーストラリアのリバビュー、アメリカのバークレイ、スウェーデンのウプサラ、フランスのストラスブール、エジプトのヘルワンなどがあげられる。リバビュー天文台はシドニー郊外にあり、ちょうど東京帝国大学の地震学教室の教授であった大森房吉が国際学会参加の途中で天文台を視察の最中に関東地震が発生した。大森房吉はウィーヘルト式地震計の記録を見て東京付近の地震と知り、東京の地震をめぐって助教授の今村明恒と確執があったこともあり愕然としたと伝えられている。元東大地震研究所教授の宮村撰三先生から原寸大のコピーをいただいたものを武村（2003b）に収録している。

一方国内ではすでに地震計を設置している測候所が60余りにのぼり、さらに東京、京都、東北等の帝国大学でも地震観測が行われていた。当時のわが国には、世界的に見て最も密度の高い地震観測網が敷かれていたのである。地震計は1898年頃に大森房吉によって連続観測が可能な大森式地動計が開発され、震源決定に必要なP波初動を含む初期微動を完全に記録できるようになっていた。関東地震当時、国内で用いられていた地震計の主力は大森式地動計、微動計、簡単微動計等であり、そのうち最も数が多いのが簡単微動計（改良型も含む）であった。簡単微動計は、倍率は10~100倍、固有周期は5秒前後の地震計で、関東地震に対する記録は振り切れてしまったものがほとんどであったがP波初動はほぼすべてがとらえられていた。

1994年のはじめに気象庁の浜田信生氏から、

関東地震に対する全国の測候所での記録紙の写真がアルバムになって当時の気象庁地震津波監視課の倉庫に保管されているので調査しないかと誘われた。アルバムは2冊に分かれ、のべ96枚の写真が掲載されていた。写真の記録紙はすべて測候所のものであるが、唯一例外として東北帝国大学の向山観象所のものが含まれていた。関東地震のときの地震掛だった中村左衛門太郎が、1924年10月に東北帝国大学地球物理講座の担当教授として転出しているからかもしれない。アルバムの制作者については不明であるが、中村左衛門太郎のあとを継いで地震掛となった國富信一によるものではないかと推察される。図3はそのうち写真が比較的鮮明でトレースができた記録を集めたものである。

私はこれらの記録からP波の波群が大きくなり始める位置が2カ所あることを見つけ、それぞれの位相の時間差から断層破壊の時間的な推移を以下のように推定した。震源位置の松田付近で始まった小さな破壊は、3ないし5秒後小田原付近で第一の大きな破壊（第一イベント）になり、その後東に移って10秒から15秒後に三浦半島付近で第二の大きな破壊（第二イベント）を発生させた。この結果はWald and Somerville（1995）の結果を支持するものである。

簡単微動計の観測が主力だったこともあり、関東地震の揺れの記録は国内ではほとんどすべて振り切れたものしかなく波形が満足に使えるものはないなどという認識が当時一般的であった。ところが私たちが1990年の初頭以来はじめた調査によって、各地の気象台に意外に多くの振り切れていない記録があることがわかってきた。そのような記録のほとんどすべてが今村式2倍強震計により観測されたものであった。ここからは、多くの貴重な記録を残した今村式強震計と70年後にそれらを発掘した私たちの調査の経緯を紹介することにしよう。

(2) 今村式2倍強震計記録

今村式強震計は倍率2倍で、その名のとおり今村明恒が1911年に考案したものである。今村は翌年に中央気象台発行の「気象集誌」に「地震不

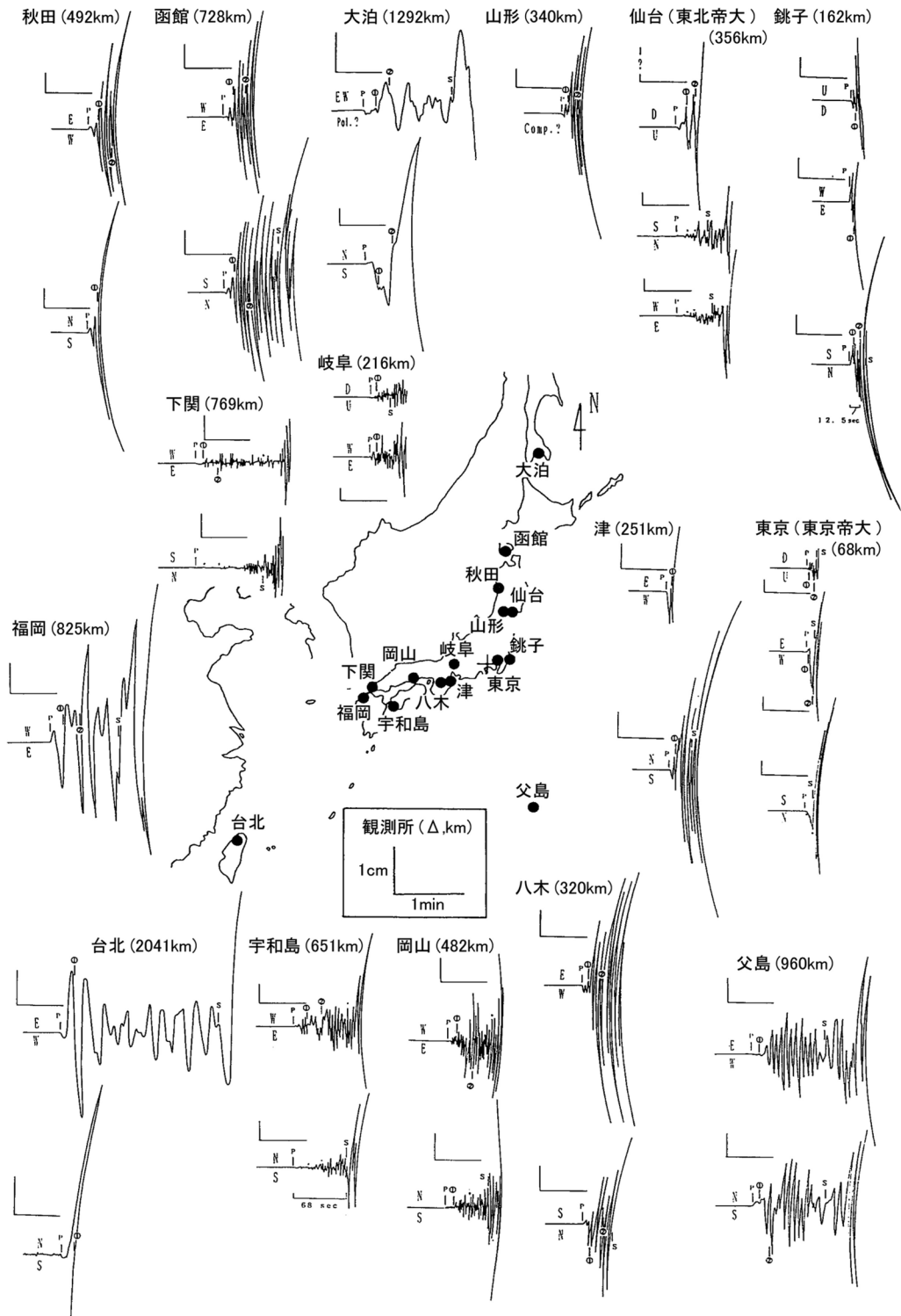


図 3 写真アルバムにある関東地震の記録のトレース (武村, 2003b). Δ は観測点の震央距離

断観測の価値」と題して今村式強地震計の普及を測候所に計るために行った講演の内容を残している（今村，1912）。不断観測とは常時観測のことである。

それによれば、在来の GME (Gray-Milne-Ewing) 普通地震計はトリガー式のために初期微動が正確に測れないので震源を決定するのに困る。また大森式地動計や大森式簡単微動計は性能の良い地震計ではあるが「器械が甚だ精巧なるが為^{ため}に素人用には不便であり、又故障が出来ても之を見付け出す事が困難で職工でも居れば時々手を入れることも出来ますが、平常手の足りない測候所では到底十分に其本能を發揮せしむることは出来ません。又設備も仲々掛ります。」さらに倍率が数十倍と比較的高いので強震（震度 5）以上では大抵針が外れ時には破損して記録ができない。そこで「故障を除き、又観測し易く、又安価なる、簡易なものが出来はせぬかと考えて、今回の地震計を案出しました。」と述べられている。

関東地震に対する今村式 2 倍強震計による記録として最も有名だったものは、今村自身が観測した東大本郷の地震学教室での記録である。この記録は水平動 2 成分と上下動成分とからなり、そのうち強い揺れによって南北動成分と上下動成分は P 波初動から約 10 秒後に針がドラムからはずれ記録が欠落しているが、東西動成分は途中長時間の飽和した状況が続いているものの連続した記録が得られている。横田ほか（1989）は振り切れた部分を修復し、さらに国立科学博物館に残る現物を調査して、計器特性を検討している。

一方、関東地震の地震計による観測記録で昔から振り切れていないことで有名なものとしては、仙台の東北帝国大学向山観象所で観測された今村式 2 倍強震計による記録がある。水平動 2 成分からなる記録で、上下動成分はなくその代わり時間を示す分マーク専用の記録が入っている。向山観象所は 1912 年に設立され教授の^{くさかべ}日下部四郎太の下で翌年より観測が開始された。^{くさかべ}日下部は雑誌「現代」の大正 12 年 10 月号でこの記録に触れ、「今回の歴史的な大地震を^{えが}斯くの如く完全に画いたものは外に類は有るまいと信ずる。」と述べてい

る（日下部，1923）。言葉どおり完璧に揺れを記録したもので、私が東北大学の学生だった時代、向山観象所の後継である東北大学理学部付属青葉山地震観測所（現在は東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター）の玄関に額に入れて飾ってあったような記憶がある。

では今村が設置をすすめた測候所での成績はどうだったのだろうか。気象庁に残る古い大地震の記録を系統的に整理した文献としては「^{えん}験震時報」にまとめられた「日本における大地震の記録」がある（気象庁，1957）。この資料には対応して同名の 5 巻のマイクロフィルムがあり、それぞれに記録紙（記象紙）の写真が収められている。これらがまとめられたのは気象庁が中央気象台から昇格した翌年の 1957 年 9 月で、初代気象庁長官の和達清夫の下でのことであった。対象は 1923 年から 1956 年までに気象官署で観測された大地震の記録紙である。その中で関東地震に対する振り切れていない観測記録として、徳島測候所（現在の徳島地方気象台）の水平動 2 成分の今村式 2 倍強震計による記録を見つけることができるが、それ以外に関東地震に対する振り切れていない観測記録は収録されていない。

気象庁は現在、全国の気象台に残る地震記録をすべてマイクロフィルムに納めているが、そのための系統的な記録の整理事業が始まったのは 1990 年頃からで、それまでは測候所ごとに記録が保管され整理は現地に任されていた。このため記録の全貌は東京の本庁でもつかんでおらず、個人がお目当ての記録を捜すことなど至難の業であった。そんな中で私と関東大震災との運命の出会いが訪れたのである。

（3）岐阜測候所での出会い

それは 1991 年の冬のことであった。きっかけは当時鳥取大学におられた野田 茂氏から気象庁の古い記録紙のマイクロフィルムをお借りしたことであった。マイクロフィルムは全部で 7 巻ありそのうちの 5 巻は先に紹介した「日本における大地震の記録」のもので、ほかに「永久保存の地震記象紙 1923 年 9 月 1 日関東大地震」と「同 1933 年 3 月 3 日三陸沖の地震」という題の 2 巻があっ

た。後年気象庁にも同じ2巻のマイクロフィルムがあることを知ったが、気象庁に保管されているものには記録紙ごとに縮尺を示すスケールが入っているが、そのときみせていただいたものにはそれが入っていなかった。

当時、私が勤めていた鹿島建設小堀研究室で借りてきたマイクロフィルムをすべて印画紙に焼き付けてみた。ほとんどの記録は振り切れたものばかりで画像も悪く、観測された地震の名前はわかるが、それだけでは地震計の型式はおろか時間の特定すらむずかしいものばかりであった。そんな中で「永久保存の地震記象紙1923年9月1日関東大地震」の中に見つけたのが今村式2倍強震計によると見られる岐阜測候所（現在の岐阜地方気象台）での関東地震の記録であった。この記録があとで述べるように岐阜測候所の職員にも気づかれずに眠っていた理由はわからないが、そのために「日本における大地震の記録」の編纂から漏れてしまったのだろう。この巻には山形測候所（現在の山形地方気象台）の今村式2倍強震計記録も掲載されていた。

幸運にもマイクロフィルムで記録に出会ったものの、問題はスケールが抜けていたことと解像度が悪く画像からはどうしても時刻（分）を刻むタイムマークを見つけることができなかった。そこで岐阜測候所に現物が保管されていないかを調べようと決心した。その際にお世話になったのが当時気象庁地震津波監視課長だった内池浩生氏で、同氏は私の大学の先輩でもあり、その縁で岐阜地方気象台に取り次いでいただいた。岐阜に出かけたのは1992年12月15日のことで、会社の同僚で当時一緒に地震動の研究をしていた池浦友則君も同行した。

岐阜地方気象台では、当時岐阜大学教育学部におられた村松郁栄教授の教え子で気象台職員の大沼啓人氏がすでに関東地震の記録を探しておられた。ところがそんな記録は見かけたことがないとのことであった。当時の岐阜地方気象台の観測室には多くの記録紙が箱に入れて雑然と山積みになった状況だった。岐阜測候所は1881年に創立された由緒ある観測所で、1891年の濃尾地震の

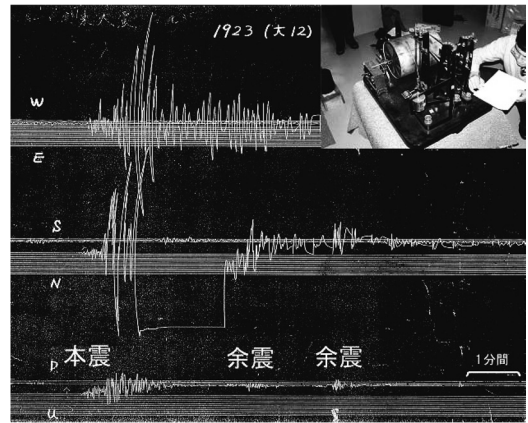


図4 岐阜測候所における関東地震の記録と観測に用いられた今村式2倍強震計（武村，2009）

揺れも GME 普通地震計で観測した実績がある。また今村式2倍強震計による観測は1915年から開始されていた。

そんな歴史のある気象台の中で、大沼氏を頼りに目的の記録を半日かけて探してみたが結局見つけることができなかった。そろそろ諦めて帰ろうかと藤沢台長にお礼と御挨拶にうかがった後のことだったと思う。大沼氏がふと別の心当たりを思いついたのか、もう一度探してみますかと観測室に降りていかれた。その後についていった私達は大沼氏がある箱をとり出して開けた瞬間、“これだ！”と確信した。

そこにはマイクロフィルムで見た本震の記録紙があった。真っ黒な紙に思っていたよりもずっと鮮明に関東地震による揺れが記録されていた。当時の地震記録は煤を一様に塗った紙を木製のドラムに巻き付け、振り子に連動したペンで引掻いて揺れを記録するという煤書き記録が一般的であった。記録が終わると紙をドラムからはずし煤が乱されないようにニス塗りで定着させる。記録の鮮明度は紙に煤を塗る作業や定着の作業に大きく関わる。目の前にある記録は相当に高い技術をうかがわせる鮮明なものであった。

箱からはさらに連続して4枚、次々に起こる余震を9月3日の朝9時頃まで記録した記録紙が見つかった。あのときの興奮は今でも鮮やかによみがえってくる。さっそくコピーを取らせてもらお

うと記録紙の箱を抱えて許可を得るためにふたたび台長室に戻った。そのときの藤沢台長の驚きは相当なもので、目を丸くして記録紙を見られ「こんなすごい記録があったなんてまったく知らなかった。私にも一枚コピーをください。」と興奮気味におっしゃったように記憶している。夕日が差し込む気象台の部屋で、今観測されたばかりかと思えるほど鮮明な記録のコピーを一枚一枚取らせていただいたときのことは、今でも忘れられない思い出である。もちろんタイムマークも上下動成分の中にはっきりと確認できた。

その夜は岐阜市内で、村松教授と翌日同行を約束していた東京大学地震研究所の工藤一嘉氏が、われわれのためにお祝いの宴を開いてくれた。今村式2倍強震計は1952年まで現役として稼働し、その後は岐阜県立博物館に移管されていた。このため翌日の12月16日に工藤氏とともに地震計の調査を行うことになっていたのである。図4は本震の記録と岐阜県立博物館での今村式2倍強震計の写真である。

(4) 岐阜の記録からわかったこと

私は、まずこれらの記録を用いて本震直後の余震活動を明らかにしようとした。この場合、一観測点の記録であるため観測原簿類に比べてデータ数ははるかに少ないが、データが均質であること、本震直後から正確に余震活動をながめることができること等利点も大きい。また波形の性質も考慮して震源の推定ができる利点もある。また地震計についても水平動の固有周期は4.5秒、減衰定数は17%であること、これに対して上下動は固有周期1秒、減衰定数5%とかなり短周期であることもわかった。

上下動に注目すると、9月1日の11時58分頃に発生したとされる本震（第一震）の直後に2つの余震（第二震と第三震）が見える。比較的長周期成分を記録している水平動では、本震の後続波に隠れて見えないが、上下動では2つの余震の最大振幅値を読み取ることができた。12時01分頃と12時03分頃に発生した余震である。最大振幅値からマグニチュード M は7.2および7.3と推定された。今までに存在が明らかになっている記録

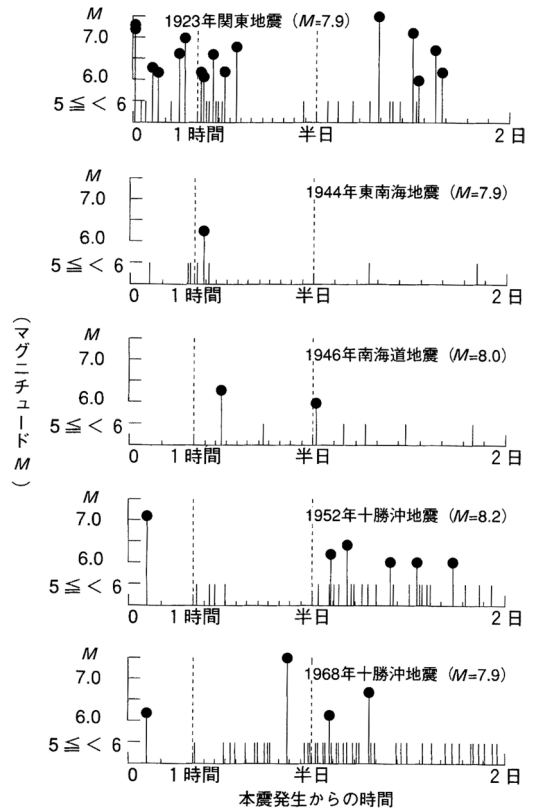


図5 M8クラスの地震の本震直後2日間の余震活動の比較（武村，2003b）

のうちで、これら本震直後の余震を正確にとらえたものは岐阜測候所のこの記録しかない。関東地震の本震直後に大きな余震が発生したらしいということは、以前から言われていたが、マグニチュードまで評価できたのは、これが初めてであった。

図5は岐阜測候所の今村式2倍強震計記録から検測できる本震発生後2日間に起こった余震を時間軸上にプロットしたものである。日本周辺で発生したマグニチュード $M8$ クラスの巨大地震の場合と比較すると、関東地震は他に比べて $M6$ 以上の余震の数が非常に多く、16回にもものぼることがわかる。このうち $M7$ 以上の余震は5回、翌年に発生した丹沢の余震を加えると、 $M7$ 以上の余震は実に6回にもなる。一方、浜田ほか（2001）は気象台に残る原簿類や本郷に残された観測メモ等を整理し、関東地震後半年間に発生した余震約

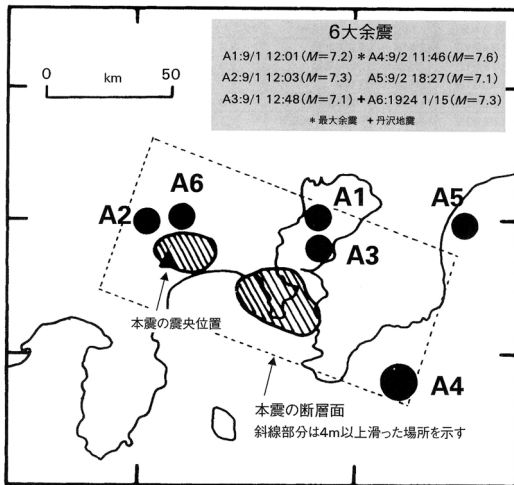


図6 関東地震本震の震源断層で大きく滑った部分とM7以上の6大余震の震源位置(武村, 2003b). 大きく滑った部分はWald and Somerville(1995), 本震の震央は浜田(1987)による

400個の震源の決定を試みているが、本震発生直後のM6クラスの地震のいくつかはデータの混乱で震源決定ができなかったと述べている。

図6は岐阜の記録に後で述べる各地の記録や体験談などの資料を総動員してM7以上の6つの余震の推定震源位置とマグニチュードをまとめたものである(武村, 2003b). 図には浜田(1987)による本震の震源位置やWald and Somerville(1995)により求められた本震のアスペリティの位置も示されている。

最後に岐阜測候所における今村式2倍強震計の調査の際についでにわかったことなどを2, 3付け加えておく。岐阜県立博物館で調査した今村式強震計の台座には製造者のプレートが貼られていた。プレートには「日本・東京、浅草区七軒町式番地 教育品製造合資会社」と書かれていた。これは今村明恒が考案した地震計が販売されていた証拠である。今村(1912)の中で「安価となる事にも苦心致しましたが是で百五十円位だ相であります。」と述べている。現在の価格で50~100万円くらいかと思われる。

また、教育品製造合資会社は調査当時地震計のトップメーカーの一つであった(株)明石製作所の前身であることもわかった。明石製作所の設立

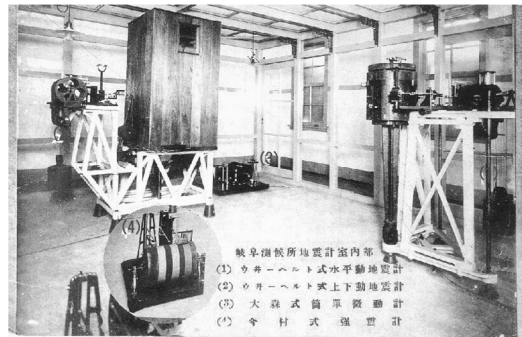


図7 今村式2倍強震計による観測が行われていたころの岐阜測候所の地震計室(浜松音蔵氏蔵に加筆)

者は^{かづえ}明石和衛で、1913年に東京帝国大学工学部機械工学科を恩賜の銀時計をもって卒業し、教授から大学院での研究生活を勧められたが、自ら実社会に出て1916年に小工場を経営することになった(蓮沼, 1979). この小工場こそが明石が親戚などの出資によって浅草七軒町にあった教育品製造会社を工場、従業員とともに肩代わりして買い取った会社である。岐阜測候所での今村式2倍強震計による観測開始はその前年ということで辻褄が合う。自社製の地震計が歴史的な大地震の記録を逃すことなく観測したとして、岐阜測候所における記録の発見は当時の明石製作所の関係者にもたいへん喜ばれた。

もう1つ思い出されるのは、今村式2倍強震計の計器特性など地震計のことをおうかがいしたいとすでに気象庁OBだった浜松音蔵氏の家を訪ねたときのことである。その際浜松氏が古い地震計の写真など多くのコレクションをお持ちだということを知った。岐阜測候所の今村式強震計は異例で、ほとんどの古い地震計は使用済みになると廃棄され、写真や設計図なども散逸してしまうのが通例である。幸い気象庁の浜田氏にお話したところ、浜松氏のコレクションと自らの調査結果をまとめて「地震計の写真に見る中央気象台・気象庁の地震観測の歴史」という題名でCD-ROMの資料にまとめられた(浜田, 2004). 図7は浜松氏のコレクションの中にあつた今村式2倍強震計が活躍していたころの岐阜測候所の観測室の写真は

がきである。

なお、1995年6月15日の毎日新聞夕刊の一面トップで、「関東大震災 岐阜の地震計記録」[5分内にM7余震2回]と報じられた。これには、気象庁の関係者も含めて驚いた。その後ろの記事には当時世間を騒がせていた麻原彰晃の顔写真があった。

(5) その後の調査

岐阜測候所の記録に続いて仙台の向山観象所の記録の調査を工藤氏らと共同で行った。一方、先に紹介した気象庁地震津波監視課の倉庫にあった写真アルバムには新潟県の高田測候所の今村式2倍強震計の記録が写っていた。写真が不鮮明でその時点ではっきりとは結論できなかったが、記録は水平動2成分と上下動成分で、上下動は確実に振り切れず水平動は一部飽和しているようでもあるがほぼ完全な記録が得られているようであった。

そこで現物を調査するために、1994年5月17日と18日に高田測候所を訪れた。水平動2成分は予想どおりわずかに振り切れていたが、上下動成分は完全な記録が得られていた。記録紙は岐阜測候所とは対照的に全体に茶色っぽく、肉眼でやっと記録が確認できる程度であった。高田測候所の歴史を見て驚いたことには、今村式2倍強震計による地震観測の開始が何と大正12年9月1日であったことである。観測が始まるや関東地震の揺れが記録されたのである。さぞや当時の職員も驚いたに違いない。高田測候所は1921年12月27日創立である。このように歴史のある高田測候所も2007年10月1日をもって効率化を理由に無人化され廃止されてしまった。地元上越市はもとより周辺自治体や市議会からも存続要望書が出された。地域に気象情報や地震情報などを伝える拠点として長年親しまれてきただけに残念でならない。

余談ではあるが、岐阜大学の村松教授は長年関東大震災の振り切れていない記録を探されていたが、お生まれは高田で、皮肉にもお膝元の岐阜だけでなく、生まれ故郷にあった高田測候所でもわれわれが当該記録を見つけてしまった。

この他に、山形地方気象台へは1995年に調査

を訪れた。また本震の記録が大正12年の長崎測候所発行の年報に掲載されているというので、1997年には長崎海洋気象台を訪れた。山形測候所の記録は現存し、水平動2成分の今村式2倍強地震計のうち南北動は途中記録が途切れているが、東西動は完全な記録が得られていることがわかった。一方、長崎海洋気象台には本震の記録紙はすでになくなっていたが、長崎測候所が発行した「大正十二年長崎地震年報」に、たしかに今村式2倍強震計の本震記録のコピーを見つかることができた。「大正十二年長崎地震年報」を見ると、破壊的大地震という表題で関東地震が取り扱われている。また「無感なりしも本所据付の器機観測の成績に據れば、発震時は九月一日午后零時零分三十秒にして、其後二分三秒にして主要動に入るや大森式微動計（百二十倍）同地動計（二十倍）にありては倍率の関係上「スケールアウト」したり、依って今村式強震計（二倍）の記録を以て補足調査せしに、初動の方向は南八十二度西に向い、初期微動継続時間二分三秒にして九百三十軒（キロメートル）となり小田原付近に相当し、…」

当時は初動の向きと初期微動継続時間を計測し、測候所ごとに震源位置が推定されていたことがわかる。ここでは小田原付近と推定したようである。また他の地震計が振り切れてしまって使いものにならず、震源の決定に今村式2倍強震計の記録を用いたということで、今村式はあくまで大森式の補助として使われていたこともわかる。

最終的には、岐阜、仙台、高田、山形、長崎に加え、本震の記録はないが最大余震の観測記録が残っていた秋田測候所の合計6地点の本震および余震の記録を調査し、コンピュータでの計算に使えるようにデジタル化した。

本震の他にデジタル化の対象にできた余震は9つあり、いずれもマグニチュードMは6以上で、中には1923年9月2日の11時46分に房総半島の勝浦沖で発生した最大余震（M=7.6）、同18時26分に九十九里沿岸で発生した余震（M=7.1）、1924年1月15日5時50分に神奈川県西部で発生した丹沢地震（M=7.3）など、単独で発生しても大きな被害が生じる可能性があるM7級の余

震が3つ含まれている。このうち丹沢地震は発生時期が本震から約半年後で、本震との被害が区別できることから、死者19名、重軽傷者639名という被害が記録されている（宇佐美ほか、2013）。

また、9月2日の18時26分の地震（ $M=7.1$ ）は、1987年12月17日に千葉県東方沖で発生した $M=6.7$ の地震と、岐阜、仙台、高田、秋田で観測記録を比べると、振幅は多少大きい波形がたいへんよく似ていることがわかった。震源位置が同じで起こり方が同じ地震は同一観測地点で見ると波形がよく似ていることから、1987年の地震とほぼ同様の地震が、関東地震の本震に誘発されるかたちで発生したものと思われる。ちなみに1987年の地震では千葉県東部を中心に死者2名、重軽傷者123名を出す被害が出ている（宇佐美ほか、2013）。同じ9月2日に発生した勝浦沖の最大余震は1703年の元禄地震との関連で注目される地震である。

以上の調査のすべてにおいて気象庁の職員の方々にたいへんお世話になった。1990年代も後半になるとマイクロフィルム化の事業も進み、それに伴って地方气象台や測候所の記録の整理も進んだために、事前に本庁から地方の气象台へ記録紙の有り無しを問い合わせてもらうことも可能になった。たとえば、関東地震の発生時に今村式2倍強震計が設置されていたことがわかり、記録の存在が期待された長崎県対馬の巖原測候所の場合には、該当する日付の今村式^{いずはら}の記録で判別できるものがないとの情報を事前に得ることができた。

2.4 揺れに関する体験談

(1) 本震の揺れ

関東地震による各地の強震動の時間的推移を検討するためには、体験談も有力な資料である。私は東京、神奈川、千葉、山梨、静岡、埼玉の主に県立図書館の郷土資料室の資料から南関東地域一円の体験談約3,000にあたり、そのうち地震時の揺れの様子が詳しく書かれた548を収集整理し、揺れに関する記述をそれぞれ時間順に箇条書きで整理した。そのうち、藤沢、小田原、館山は、いずれも震度7の強震動に見舞われた地域であり、それぞれの地域の揺れの特徴を体験談からまとめ

ることができた。

たとえば、神奈川県藤沢市の藤沢小学校には地震直後に書かれた教師の体験談が残っている。体験談の内容は一般に曖昧さが避けられないが、ここでは約30名の教師が同じ学校内で地震を体験しており、複数の体験談から共通点を探すことによって曖昧さを減らすことができる。また地震直後で書いた人が一般人に比べ文章表現能力が勝るとされる教師であるという利点も見逃せない。これらの体験談から、本震の揺れが始まってからの様子を大きく以下の5段階に分けることができた。

- ① 初期震動はじまり
- ② 強烈地震動襲来
- ③ 校舎到壊
- ④ 本震震動終了
- ⑤ 直後の余震

すべての体験談に5段階に対応する記述があるわけではないが、②の強烈な地震動に至るまでに多少時間をかけた緩い揺れがあったことがわかった。また②の強烈な揺れになったときに強い上下動が襲ってきたとの記載もある。このような特徴は藤沢だけでなく三浦半島周辺での体験談に共通したものである。

さらにその次の③の段階では、校舎が倒壊する。その後震動は静まり、やがて④本震震動終了に至る。S波、P波の走時計算を試みると、揺れを感じ始めてしばらくしてから起こり校舎を倒壊させた強烈な地震動は、先に指摘した三浦半島付近の第二イベントによるS波であろうと解釈できる（図6）。あわせてその前にある上下動は同じ第二イベントによるP波の影響ではないかとも思われる。

比較のために小田原付近での体験談を調べると、これらの体験談では、第一イベントの影響をまず受けるため、突然に強い揺れが襲ってきた様子が良くわかる。このように突然襲った強い揺れには、強い上下動が含まれていたことも指摘できる。

一方、第一、第二イベントからやや離れ、破壊の進行方向にある館山では、走時計算によれば、

P波を中心とした初期微動が数秒続き、第一イベントと第二イベントによるS波がそれほど時間を置かずには到達する。体験談でも、初期にやや弱い震動を一定時間感じている。ちなみに「国府村震災誌」は初期微動の時間は数秒であると指摘している。またある体験談では最初の震動で飛び出し家に戻り再度飛び出しており、このことも初期のやや弱い震動が一定時間続いたことをうかがわせる。このような揺れの特徴は小田原付近と大きく異なっている。

以上のように体験談からわかる震源域での揺れの時間的推移は場所によってかなり異なっている。これは関東地震の断層面が南関東地域の直下に大きく広がり、断層破壊が強震動の特性に与える影響が、地点ごとに異なるためであると考えられる。

(2) 余震活動

体験談は、余震活動についてさらに重要な情報を与えてくれた。余震活動に関して興味深い情報を与える日記が残されている。日記を残したのは富士浅間神社の^{まかん}主典を勤めた河合清方という人で、現在の静岡県富士宮市東町(旧大宮町)の自宅で地震に遭遇した。たいへん筆まめな人で正確で几帳面な内容をもつ日記を書き続けていた。こうした日記の第17輯に「大地震の記」があり、地震発生当日の9月1日から12月31日までの記録が残されている。本震発生直後3日間はあまりの余震の多さに、余震ごとの記載ができなかったようで、9月1日は「5分、10分毎に動揺し、震動数十回」、2日は「夜来大小の震動連続し自他の人々手に職を執るものなく」、3日は「前夜来震動数十回。時には飛び出さんかと思わるもの数回あり」などと書かれているが、4日目以降は揺れごとに記述がある。はじめて揺れを感じなかった日は9月21日のことであることもわかる。時刻をもとに浜田ほか(2001)が再決定した余震リストと比較すると、大宮町に影響が強いと思える山梨県、神奈川県、東京府ならびに相模湾で発生したとみられるマグニチュードM5以上の余震のほとんどすべてが記載されている。この情報を浜田氏に提供したところ、自らの震源決定が抜け

なく精度よく行われていることの証でもあると喜んでいただいた。

一方、体験談は本震直後の余震の震源を明らかにする上でも非常に役立った。先に指摘したように本震発生後約3分と約4.5分にマグニチュード7.2と7.3の大きな余震が立て続けに発生している。もちろんこれらの余震に対する強震記録はなく、震源位置を決めるための地震学的データも岐阜測候所の上下動記録しかない。

そこで体験談を整理すると、東京では、本震を含め3回強い揺れを感じたとか、2回強い揺れを感じたとかいう体験談が多数残されていることがわかった。そのうち3回揺れたという体験談を見るといずれの体験談も本震の揺れ(第一震)とそれに引き続き起こった2度の強い揺れ(第二震と第三震)とが完全に区別されている。強さについては2度目の揺れの強さを1度目にも勝るとするものが多く、一方で案外早くおさまったと継続時間が1度目に比べて短かったことをうかがわせる記述も残されている。また、揺れの最中に立っていられたかどうかを調べると、調査したほとんどすべての体験談では立ってられない状況だったと述べられ、中央气象台が関東地震の際の東京での揺れを震度6と評価しているのと整合する。第一震の揺れがそれを上回ることはないので震度6と仮定すれば、体験談から推定される第二震の揺れの強さはそれと同程度、つまり震度6であったと考えられる。

岐阜側候所の記録の解析と以上のような検討を踏まえて3分後の余震の震央は東京に近い、東京湾北部であると推定できた(武村, 1999)。この結果の妥当性は最近震度インバージョン法を図1の震度分布のデータに適用し、求められた短周期発生域の位置からも証明されている(神田・加藤, 2019)。このことは同時に図1の震度分布が3分後の余震と4.5分後の余震の影響を受けたものであることも示している。

3. 資料を残す

以上のように、私の2005年ころまで、つまり

地震学・地震工学的研究の第3期における活動のすべては震災直後に蓄積された資料に支えられたものであった。震災直後の人々がここまで関東大震災に関する資料を残そうとしたのはなぜなのか。後半では、まずはその点から考えてみたい。

3.1 震災予防調査会報告100号の序

「自分は其事務に携わることの光栄を有して居るがために、上梓前に各委員から提出せられた原稿を閲覧することが出来、万感を禁ずることが出来なかった。特に自分が感激に堪えなかったのは夫の物資欠乏の際、斯程までに徹底した調査を能く強行せられたことである。惟うに各委員は印刷費の窮乏を察せられて、今回の報告は事実の忠実な蒐輯に重きを措かれ、論議推究の割愛せられた所も多いことであろうが、それでも其材料は予定の三倍以上にも達したので、事務員としては此点につき愉快と感謝との念が湧出すると同時に一種の苦痛を感ずる次第であった。然しながら其内容の重大な独創的価値を顧みるとき、此等の報告は一言半句も削減することなく、如何なる困難を侵しても完璧として出版しなくてはならぬと固く決心した次第である。斯くして本報告第百号は吾人が後世子孫に遺すに足るべき唯一の大震災災誌であり得ると思うのである。」

これは、震災予防調査会報告100号甲の冒頭、大森房吉亡きあとに、震災予防調査会会長となった今村明恒の「発刊の辞」の一部である。

100号の出版は、1925年3月31日に甲、乙、戊の3冊がまとまったが、前年度以降国からの予算削減の動きがあり、その後、震災予防調査会が1925年11月に廃止、「震災予防調査会報告」の出版は震災予防評議会に引き継がれ、いっそうの予算削減が行われた。震災予防評議会に割り当てられた印刷費では到底100号報告の出版を完了できないということで、今村は幹事名で内務省社会局長官に掛け合って協力を得た。つまり100号報告が復興事業に有益な材料を与えることを強調して、丙上下（建築編）と丁（土木編）の買い取りを要請したのである。また一説には、自ら東奔西走して篤志家に寄付を仰いだとも言われている（武村、2012a）。苦勞の末、1926年10月13日に

なってやっと残り3冊の出版が完了した。

このように、先人が苦勞して残してくれた資料をわれわれは大切に保管し活用しているのだろうか。私は2003年に初めて単著で関東大震災についての著作を書いた（武村、2003b）。その最終章で、岐阜地方気象台に残されていた記録など、昔の地震計で記録した煤書きで真っ黒な記録紙を取り上げて次のように述べている。「専門家さえあんな古くて解像度の悪い記録は、使い難く役に立たないと思う人がいるらしい。また、被害に関するデータは地震当時の日本人の生活様式など、複雑な要素とも関連し、簡単には解析できないと思う人も多い。全くもっともな事である。しかしながら、そのような意見を持つ人は、常に現在の自分達の能力を基準にもの事を考えている。つまり、自分達の能力が足りないことを棚に上げて、データを見ていることにはならないだろうか。」さらに「これら過去の記録の価値は、記録が取られた時が最低で、その後の学問や技術の進歩によって、価値がどんどん上がってゆくという視点が、日本では、学者も含め国民全体に欠けているように思われる。地震国日本であれば、“地震博物館”を創り、地震関連のデータを系統的に整理保管し、国や地方自治体が進める地震危険度マップ作成など要請があれば、すぐに活用できるような体制づくりを一刻も早く始める必要がある。」とも述べている。私が関東大震災についての研究の前半の15年を終えて、最も感じたことはこの点であった。

3.2 手記や体験談

以上のようなことも頭におきつつ、私は残された資料を発掘してそれを解析し新しいことを発見していこうという研究の方向性を多少修正して、残されたものを調査し、再整理して後世に資料として残したいと思うようになった。そこでまず目に付いたのは、手記や体験談だった。

2005年に2冊目の単著である「手記で読む関東大震災」（武村、2005）のまえがきに次のように記した。「震災の体験談は震災を経験していないものにとって心打たれる部分はあっても、情緒的で、特に昔のこととなると、生活様式や時代背

景が異なり、容易に理解しがたいこともある。科学的な研究の成果は、理性的で納得はできても心打たれることはめったに無く実感も湧かないことと対照的である。震災が時代を超えて伝えられるためには両者が有機的に結びついて語られなければならないのではなからうか。そんな思いから本書を企画した。」さらに続けて「本書の構成は二部構成である。第一部では、まず現在わかっている関東大震災のことを解説する。その中には、当然、後で取り上げる手記や日記の筆者の紹介やその中に語られた現象や彼らを取り巻く社会的環境など、書かれた内容を理解するために必要な事項が含まれる。そしていよいよ第二部で、手記や日記など生々しい体験談を紹介する。」

本書で対象としたのは3人の方の手記であった。一人目は私が今まで目にしたのものの中で最も感動した松本ノブさんの手記である。彼女は東京の本所において親子4人で幸せに暮していた魚屋の若いおかみさんである。突然の地震で夫を亡くし、幼子2人を連れて業火の中を逃げ惑う様子、さらに震災後の辛かった思いや、その中で巡り合った人々の心の温かさが、せつせつと手記「大正大震災遭難之記」で語られている。まさに震災の渦中にいた人の記録である。なお、この手記は震災100年を機に（公財）東京防災救急協会の企画で、筆者が監修して映画化された。

次は河井清方氏である。先にも紹介したが静岡県富士郡大宮町、現在の富士宮市に暮していた言わば街の御隠居さんの日記である。東京方面にいる肉親の安否を気遣いながらも冷静な眼差しで、震災地から伝えられてくる情報やどこからともなく沸き起こるデマ、さらには日々の余震の様子などを克明に日記に書き記している。題して「大地震の記」である。

そして、最後は地震学者の今村明恒である。この日記は科学知識普及会、現在の（公財）日本科学協会の会誌「科学知識」の大正12年10月号と11月号に「大地震調査日記」ならびに「大地震調査日記」（続）として掲載されたものである。

震災当時、地震学の第一人者であった大森房吉が病に倒れ地震の2カ月後に亡くなってしまふ。

そんな中で、大森の下で長年確執を抱えながら研究を続けてきた今村明恒にトップの座が急に回ってきた。日記からは、責任の重さを痛感しながら精力的に活動する今村の姿がよくわかる。また、当時の地震学の最先端にあった今村の考えも記述され、科学史的にもたいへん興味深い資料である。

今村は、日記の中で関東大震災の被災者の様子に触れ次のように述べている。「かかる世界開闢かいびやく未曾有の大震災に遭遇しても、わが東京市民いな帝国臣民は老幼男女いささかも秩序をみだすことなく、沈着にこれをしのいだ。自分は実際今日まで喪神そうしんし或いは号泣した人を見ないばかりか、罹災者は何づれも平日以上に緊張している様に見える。」現在にも通じる大変興味深い記述である。

「手記で読む関東大震災」以降、2008年には、「天災日記」と題して、私が務めていた鹿島建設（株）に残された当時の鹿島組の副社長であった鹿島龍藏の同名の日記を同じような形式で世に出した（武村、2008）。

その間、2006年5月に「手記で読む関東大震災」をご覧になった日高ていさんというご婦人から自らの震災体験を話したいという連絡をいただいた。震災当時20歳で、連絡をいただいたときはすでに102歳になられていたご婦人であった。一人暮らしで、目黒の自宅を尋ねた際には4時間近くも震災時のお話をうかがった。お話の内容はその際にいただいた手記とともに武村（2009）に掲載している。その後2015年11月に111歳でお亡くなりになるまで9年間もお付き合いさせていただいた。私が最も感銘を受けたのは、111年間どこまでも凜とした態度で誠実に生きてこられたていさんの人となりであった。

これ以外にも、関東大震災にかぎらず、多くの体験談を聞いたり、読んだりしてきた経験からわかったことは、人の記憶は時間が経つと変質するという事。その方が人に話せば話すほど変質するという事である。私も講演活動をしているから経験があるが、話してみても聞き手がよく反応してくれる部分はどうしても次回は強調したくなり、そうでない部分はしだいに萎んでゆく。また外部からの情報も記憶を変質させる要因ともな

る。世の中には「語り部」と称する体験者がおられるが、できるだけ早いうちに記憶を文章にして書き残し、記憶の変質を防いでいただきたいと思う。また、体験談をはじめておうかがいすると、普通はすぐには理解できない。体験された状況を合理的、客観的に知ってこそ後世の人々の心に響く体験談になる。私は著書を通して、話の「裏を取る」ことも含め、その部分は自ら補って体験談を紹介するように心がけてきた。これはけっして体験談を自己流に解釈するという意味ではない。人間は私も含め自分が経験したことのない話を聞いても、合理的で客観性のある周辺状況をまず理解しないかぎり、なかなか頭に入らないのである。この点は災害体験の伝承を進めておられる方にぜひお願いしたいと思う点である。

3.3 各地に残る慰霊碑、記念碑、遺稿

(1) 神奈川県

次に私が取り組んだのは、世の中に無数に存在する慰霊碑、記念碑、遺構などの調査である。震災に関する文書などは公文書館や図書館や資料館で保管されているが、巷に佇むこれらの関連物を系統的に調査されたものは少なく、また調査されているものでも、そこに書かれた碑文などが完全に記録されている例は少ない。このままでは朽ち果てるのを待つだけになりはしないか。私が残すべき資料はこれだと思った。

最初に調査したのは神奈川県平塚市に残る関東大震災の慰霊碑で、2010年のことである(武村・篠原, 2010)。地元のひらつか防災まちづくりの会の篠原憲一氏にお手伝い願って実現した。

その後、私は2012年の3月に今まで勤めていた鹿島建設(株)ならびに(株)小堀鐸二研究所を退職し、4月から名古屋大学減災連携研究センターに移り、より研究に打ち込める環境になっていた。それを機に、関東地震の震源直上に位置する神奈川県全域(静岡県東伊豆地域を含む)の徹底調査をすることにした。調査は2012年から4年にわたり、結果として県内455カ所で634件を対象とした。石碑については極力全文を記録しよう心がけた。調査結果は武村ほか(2013~2015)の3冊、全458ページの資料集としてまとめた。

それらの内容を単行本としてまとめたのが武村(2017)である。冒頭、「本書の試みは、関東大震災復興100年の歴史を住民目線で明らかにしようとするものである。」と書いた。関東大震災の復興といえば当時の東京市と横浜市を対象として主に国と市ですすめられた帝都復興事業が取り上げられることが多いが、ではそれ以外の地方(多くが農村部)はどのようにして復興したのか。震源直上の神奈川県では住家全潰率が100%に達する村もあり、土砂崩れも多数発生して農地は壊滅状態であった。住民の復興に対する公的支援としては、皇室からの御下賜金以外に目立ったものがなかった当時、どのようにして住民は農地を復興できたのか。その答えは震災関連の「耕地整理」の碑にあった。私は調査の途中から路傍に立つ「耕地整理」の碑が非常に多いことに気づき、他の碑同様に片っ端から、碑文を記録した。図8はそのうちの三碑で、いずれも山間や農村の道端に人知れず立っているものである。

その結果わかったことは、神奈川県では、県の農務課長であった草柳正治の指示の下で、被災した村々に耕地整理組合の設立を促し、耕地整理法を準用して公的支援を行い農地の復興を成し遂げたということである。耕地整理法は農地の生産性向上のために1899年に制定された法律で、農地の所有者が交換分合などにより、分散所有地の集団化、一枚一枚の田畑の区画の正形化や広域化、さらには道路の直線化等を進めるためのものであったが、関東大震災のころには灌漑・排水事業や開墾に伴う道路堤塘の整備などにも適用範囲が



図8 道端に立つ震災復興時の耕地整理完成記念碑(武村ほか, 2013~2015より作成)

拡大されていた。

調査の結果、通常の耕地整理組合の場合を平均すると、総工費は5万から13万円（現在の貨幣価値で推定約3億から7億円）程度で、耕地整理法に基づく公的な補助（県補助金、開墾助成、低利融資等）の率は平均で50%程度、地主一戸当りの負担額は、500から900円（250万から450万円）となることがわかった。補助を受けたと言っても農民の負担額はかなりのものである。この他に神社や寺院の復興碑から同じ住民が神社では氏子として平均で20から60円（10万から30万円）、寺院では檀信徒として平均で40から120円（20万円から60万円）の負担を強いられていたこともわかった。

（2）愛知県など非被災地

先に述べたように、私は2012年の4月から名古屋で生活をはじめた。暮らしはじめてすぐのこと、意外な事実を知った。名古屋市千種区の日泰寺にったいに関東大震災の供養堂と慰霊碑があるというのである。なぜ、被害がほとんど出ていない名古屋市に慰霊施設があるのだろうか。

調査の結果、関東大震災で被害を受けた首都圏からの震災直後の避難者は、100万人に達し、2カ月余りあとの調査でも全国に約77万人が被災地を離れて避難民として他の地域へ移動していた

（武村，2018）。愛知県でも同じ時期、2万3千人の避難者がいたことがわかる。日泰寺の供養堂まえの由来碑にも、「毎日名駅頭に派し流浪せる避難民を收容宿泊せしめ救済に務めたり」と書かれている。調査の結果、日泰寺には供養堂の他に慰霊碑が2基、さらに名古屋市東区の照遠寺にも慰霊碑が1基あることがわかった。さらに調べたところ、長野市の善光寺、兵庫県加古川市の安楽寺、同県西宮市の神呪寺かんのうにもあることがわかり、現地調査を試みた。建立の経緯の詳細は細部では異なっているが、多くは被災者に対し、全国各地で温かい眼差しが向けられていた証であることがわかる。

さらに、私は名古屋から私鉄で約30分の愛知県犬山市にある博物館明治村で思わぬものを見つけた。妻が自宅のある東京から訪れた際のことである。村内で見覚えのある橋を見つけたのである。その名は「新大橋」。関東大震災で火災のために多くの犠牲者を出した隅田川に架かる橋のうち、焼失地域の中で唯一火災を免れ、1万人あまりの人々の命を救ったとされる橋である。人呼んで「人助け橋」、新大橋は1977年に新しい橋に架け替えられ、現在の橋の主塔に旧橋のレリーフがある。「人助け橋」の姿を偲ぶにはそれ以外ないと思っていた私にとって、橋の実物が存在するこ

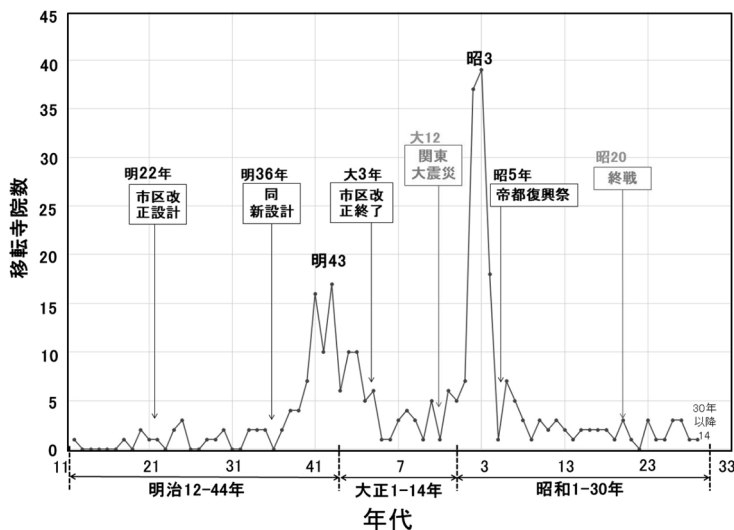


図9 明治以降の郊外各区への移転寺院数の経年変化（武村，2023）

と自体、夢のような出来事であった。

それがきっかけとなって村民登録をし、明治村を隈なく歩いてこの目で確かめた結果、村内の建造物のうちの三分の一以上が関東大震災をくぐり抜けていたことがわかった。同時に、それらの建造物に震災体験を語らせたいという思いが募り周辺の資料を調べ、2018年に上記の供養堂や慰霊碑の資料とともに著書としてまとめた。

(3) 東京都 23 区

死者数でも経済的被害でも最大の被災地は当時の東京市である。東京市 15 区内での慰霊碑、記念碑、遺構などの調査は名古屋大学に転職する前から暇を見つけては調査し、2012年に著書としてまとめていたが、肝心の資料集をまとめておらず、ずっと気になっていた(武村, 2012b)。神奈川県が終了した後の2017年ころから震災 100 周年を目指して都内の徹底調査を行おうと計画し、こちらも4年にわたり行い、2021年までに調査結果を3冊、全608ページの資料集としてまとめた(武村, 2019~2021)。

神奈川県の場合と同様に、慰霊碑、記念碑、遺構を調査したが、特に、帝都復興事業で作られ、今も現役で活躍する道路、橋梁、公園、学校などすべてを調査した。その結果、現在の東京都中心部の都市基盤は今でも帝都復興事業の遺産によって支えられていることがわかった。さらに帝都復興事業で当時の東京市 15 区(主に現在の都心 8 区)から、郊外(郊外 15 区)へ移転した寺院の全数調査も行った。調査にあたっては、明治以降に移転した寺院も含めてまずは文献調査によって移転の経緯、時期、所在地などを特定した。その結果、震災前の市区改正などによるものは 124、震災後の帝都復興事業の区画整理などによるものは 181 寺院に達することがわかった。図 9 は移転寺院数の変化である。明治 36 年からの市区改正(新設計)の直後と関東大震災の直後にピークがあることがわかる。さらに震災後の移転寺院については、対象とする寺院をすべて訪れて、歴代住職墓、主要檀家の墓の調査を行い、その一部で住職からの聞き取りならびに関連資料の提供を受け、その結果はすべて資料集に反映した。これら

の調査も含めて最終的に東京都 23 区内での現地調査は 547 地点にのぼった(武村, 2019~2021)。

私は長年関東大震災において、震源域から離れた東京がなぜ最大の被害を出したのかということが最大のなぞであると考えてきた。東京での被害は、地震火災が最大の原因であるが、従来は昼時の火を使う時間帯であり、おりしも台風崩れの低気圧の影響で強風が吹いていたことが要因としてよく指摘される。しかしながら、横浜市や横須賀市など大火が発生した他の市町村はすべてが震源域の真上で震度 7 の強烈な揺れに見舞われたところばかりであるにもかかわらず、東京の揺れはそれほど強くない(諸井・武村, 2002)。また、江戸・東京は江戸時代から 3 度の大地震に見舞われているが、その中で関東大震災の被害は破格に大きい。

一方、調査を通じて最も感じたことは、二度と同じ過ちを繰り返してはいけないと、耐震・耐火に加えて首都としてふさわしい街づくりを目指し生まれ変わったはずの東京が、今なぜ首都直下地震の恐怖に怯えなければならないのかという疑問である。この 2 つの問いに自分ながらの答えを出すべくまとめたのが 2023 年出版の著書である(武村, 2023)。

私は名古屋に来てすぐに、東京在住のときと比べて各段に住みやすいと肌で感じていた。まちづくりの歴史を調べてわかったことは、名古屋市の街づくりが帝都復興事業を見習ってはじめられ、戦後復興で完結したということである。一方、東京では帝都復興事業の遺産を食いつぶしながら、いまだに戦後復興が完結していない状況にある。現在の日本のなかで、帝都復興事業で後藤新平らが思い描いた街にいちばん近いのは名古屋市ではないか。そんな思いも込み上げてきた。街づくりの目的の第一は、観光でも経済でもない。市民にとっての住みやすさではないか。著書の最後は「関東大震災から 100 年目を、これからの東京を考える元年とできればよいと思う。」と結んだ。

4. ま と め

私の関東大震災研究30年を資料というキーワードのもとに振り返ってみた。研究を長く続けてこられたのは、資料の発掘や資料の蓄積が重要であることを身をもって私に教えてくださった諸先輩方がおられたからである。近年、過去の災害について講演したり取材を受けたりすると、そこから得る教訓は何かとよく問われる。その割には現在のことも含めて過去の歴史的真相を後世に伝えていこうとする人が少ないように思う。真相を一次資料と読み替えてもいいが、真相がそこにあるからこそその時代に応じた教訓も生まれる。まずは真相を後世にどのように残し伝えていくかを考えることが第一ではないか。あまりに教訓が教訓がと言われると、自分たちのことしか考えないこの時代のあさましさを見ているようで言葉に詰まってしまう。

最後に、資料の発掘などでお世話になった気象庁や大学、さらには図書館や博物館の関係者に感謝するとともに、当時(株)システムアンドデータリサーチにおられた宮村撰三先生や(財)地震予知総合研究振興会におられた茅野一郎先生、さらには気象庁OBの濱松音蔵先生から貴重なアドバイスをいただいたことを思い出し、深く感謝したい。さらに、一緒に協力して研究活動を行った仲間にも感謝したい。また最後に、関東大震災から100年目を迎え、本稿執筆の機会を与えていただいた(公財)地震予知総合研究振興会にも心より感謝する。

参 考 文 献

Ando, M. 1974. Seismo-tectonics of the 1923 Kanto earthquake. *J. Phys. Earth*, **22**, 263-277.
浜田信生. 1987. 1923年関東地震の震源深さについて. *験震時報*, **50**, 1-2号別冊, 1-6.
浜田信生. 2004. 地震計の写真に見る中央気象台・気象庁の地震観測の歴史. 気象庁研修資料(Ver. 2004. Oct.), 気象庁地震火山部地震予知情報課編集(CD-ROM).

浜田信生・吉川光一・西脇 誠・阿部正雄・草野富二郎. 2001. 1923年関東地震の余震活動の総合的調査. *地震*, **54**, 251-265.
蓮沼 宏. 1979. 明石和衛博士とその時代. *精密機械*, **45**, 765-768.
今村明恒. 1912. 地震不断観測の価値. *気象集誌*, **31**, 171-180.
今村明恒. 1932. 地震に先駆する地形変形に就いて. *地震第1輯*, **4**, 416-433.
神田克久・加藤研一. 2019. 震度インバージョン解析による首都直下の歴史地震の強震動生成域と短周期レベル. *日本地震工学会論文集*, **19**, 91-104.
気象庁. 1957. 日本における大地震の記録. *験震時報*, **22**別冊, 139 pp.
日下部四郎太. 1923. 仙台にて観測した大地震. *現代*, **大正12年10月大震災大火災号**, 101.
松澤武雄. 1925. 木造建築物に依る震害分布調査報告. *震災予防調査会報告*, **100**甲, 163-260.
諸井孝文・武村雅之. 2002. 関東地震(1923年9月1日)による木造住家被害データの整理と震度分布の推定. *日本地震工学会論文集*, **2**, 35-71.
内務省社会局. 1926. 「大正震災志」上巻. 1236 pp.
武村雅之. 1999. 1923年関東地震の本震直後の2つの大規模余震—強震動と震源位置. *地学雑誌*, **108**, 440-457.
武村雅之. 2003a. 1923年関東地震による東京中心部(旧15区内)の詳細震度分布と表層地盤構造. *日本地震工学会論文集*, **3**, 1-36.
武村雅之. 2003b. 関東大震災—大東京圏の揺れを知る. 鹿島出版会, 139 pp.
武村雅之. 2005. 手記で読む関東大震災. 古今書院, 190 pp.
武村雅之. 2008. 天災日記—鹿島龍蔵と関東大震災. 鹿島出版会, 302 pp.
武村雅之. 2009. 未曾有の大災害と地震学—関東大震災. 古今書院, 209 pp.
武村雅之. 2012a. 震災予防調査会報告 第100号の今日的意義. *首都圏形成史研究*, **創刊号**, 55-76.
武村雅之. 2012b. 関東大震災を歩く—現代に残る災害の記憶. 吉川弘文館, 304 pp.
武村雅之. 2017. 復興百年誌—石碑が語る関東大震災. 鹿島出版会, 295 pp.
武村雅之. 2018. 減災と復興—明治村が語る関東大震災. 風媒社, 248 pp.
武村雅之. 2019~2021. 東京都における関東大震災の慰霊碑・記念碑・遺構 その1-3. 名古屋大学減災連携研究センター(研究報告書), 608 pp.

武村雅之. 2023. 関東大震災が造った東京一首都直下地震へどう備えるか. 中公選書, 244 pp.

武村雅之・篠原憲一. 2010. 神奈川県平塚市での関東大震災の跡—慰霊碑巡礼の記録. *歴史地震*, **25**, 91-100.

武村雅之・都築充雄・虎谷健司. 2013~2015. 神奈川県における関東大震災の慰霊碑・記念碑・遺構 (その1-3 編). 科研費 JSPS KAKENHI 25350496, 458 pp.

竹内六蔵. 1925. 大正十二年九月大震災火災に因る死傷者調査報告. 震災予防調査会報告, 第100号 (戊), 229-264.

宇佐美龍夫・石井 寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子. 2013. 日本被害地震総覧 599-2012. 東京大学出版会, 605 pp.

Wald, D.J. and Somerville. P.G. 1995. Variable-slip rupture model of the Great 1923 Kanto, Japan Earthquake: geodetic and body-waveform analysis. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **85**, 159-177.

横田治彦・片岡俊一・田中貞二・吉沢静代. 1989. 1923年関東地震のやや長周期地震動—今村式2倍強震計記録による推定. *日本建築学会論文報告集*, **401**, 35-45.

武村雅之

[たけむら まさゆき]

現職 東海国立大学機構名古屋大学減災連携研究センター・特任教授, 理学博士

略歴 東北大学理学部地球物理学科卒業, 同 大学院理学研究科博士課程修了, 鹿島建設(株) 技術研究所研究員, 同 小堀研究室プリンシパルリサーチャー, (株)小堀鐸二研究所副所長, 名古屋大学減災連携研究センター教授を経て現職

研究分野 地震学, 歴史地震学, 地震工学

地球科学の発展と関東地震発生メカニズムの解明

松浦充宏

1. はじめに

1923年（大正12年）9月1日に発生した関東地震は、首都圏に甚大な被害をもたらした。この地震は、フィリピン海プレートが北アメリカプレートの下に沈み込む相模トラフ沿いのプレート境界地震で、相模トラフ北西端から房総半島南端にかけての長さ100km×幅50kmの領域が平均で5mほど右横ずれ逆断層運動したものと認識されている。相模トラフに沿っては1703年（元禄16年）にも類似の震度分布・地殻変動分布を持つ巨大地震（元禄地震）が発生している。相模トラフ沿いの北アメリカ-フィリピン海プレート境界には三つの固着域が分布しており、大正期の地震では北側と中央の固着域が、元禄期の地震では中央と南側の固着域がすべったと理解される。この地域では、大正型または元禄型のプレート境界地震がおよそ350年ごとに発生し、その4回に3回は大正型、1回は元禄型と考えられる。

関東地震が発生した当時は、いわゆる大森地震学の真っ只中にあり、地震の原因は断層運動でダブルカップルの力のシステムと等価であるとか、地球の表層を構成するいくつものプレートは互いに相対運動しており、それがプレート境界で繰り返す巨大地震発生の原動力であるなどといった、現代の共通認識はまだ形成されていなかった。つまり、冒頭に述べた関東地震発生の全体像は、すべてその後100年の地球科学の発展に基づくさまざまな研究を通じて明らかになったものである。本稿では、そのことを年代記風に概説する。

2. 地震の原因についての論争と共通理解

関東地震が発生するまでの地震学は、事実を丹

念に記載してそこから何か経験則を見出そうというもので、その代表的な成果が良く知られている余震の減衰公式（Omori, 1894）であり、初期微動の継続時間（今で言うS-P時間）と震央距離を関係づける公式（Omori, 1918）である（宇津, 1999）。関東大震災を契機として、地震という自然現象を理学的に研究する必要性が強く認識され、1923年12月には東京大学理学部に地震学科が設置され、1925年11月には地震研究所が設立された（萩原, 1982）。とは言え、地震の原因ということになると、当時の地震学者にとっては雲をつかむような話であったにちがいない。

地震の原因を科学的根拠に基づいて考察したのは、おそらくReid (1910) が最初であろう。彼は、1906年のサンフランシスコ地震に関する綿密な調査と解析を通じて、この地震がサンアンドレアス断層の横ずれ運動によって生じたことを明らかにし、弾性歪みの経年の蓄積と地震時の解放という弾性反発説を唱えた。それもあって、米国では地震の原因は断層運動にあるという考え方が支配的であった。ところで、断層をずらすにはその面に互いに逆向きの一対の力（シングルカップルの力）を加えれば良さそうに思える。しかし、Honda (1962) は、実際に観測される地震波（特にS波）の放射パターンを説明するには、大きさが同じで符号が逆の2つのシングルカップルを重ね合わせたダブルカップルの力源でなければならないことを理論的に示した。1950年代から1960年代にかけてのいわゆるシングルカップル-ダブルカップル論争は、実のところ「地震の原因は断層運動であるから震源に働く力はシングルカップルでなければならない」という思い込みと「震源に働く力はダブルカップルであるから地震の原因は断層運動のように単純なものではない」という思い込みが衝突した論争であった。この喧

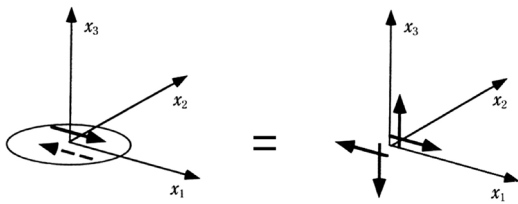


図 1 地震の震源の変位による表現 (左) と力による表現 (右)

み合わない論争は、1960年代半ばに Maruyama (1963) と Burridge and Knopoff (1964) が日米でほぼ同時に断層での変位の食い違い (ディスロケーション) とダブルカップル力源の等価性を数学的に示したことで終止符が打たれ、地震の原因である断層運動はダブルカップルの力システムとして表現されるという現代の共通認識が確立された (図 1)。

こうした力による震源の表現は、その後 Backus and Mulcahy (1976) によって厳密な定式化がなされ、弾性物体内で自発的に生ずる非弾性変形過程はすべてモーメントテンソルを用いて統一的に表現できることが示された。なお、モーメントテンソルの物理的意味と地震発生論的意義については Matsu'ura *et al.* (2019) を参照されたい。

3. プレートテクトニクスというパラダイム

地震の原因は断層運動であるという共通認識が確立されたのは1960年代半ばであるが、くしくもそれと同時期に、旧来の地質学的地球観を一変させるプレートテクトニクスというパラダイムが誕生した。この地球科学の革命については、科学史家のロバート・ウッドが、その歴史的背景も含め、彼の著書 (Wood, 1985) に詳しく紹介しているので一読されたい。

プレートテクトニクスの基本的考え方は、以下のとおりである。地球の最外殻を構成する弾性的リソスフェアは、7つの主要なプレート (太平洋、ユーラシア、アフリカ、北アメリカ、南アメリカ、インド・オーストラリア、および南極の各プレート) と多数の中小のプレート (ナスカ、ココス、

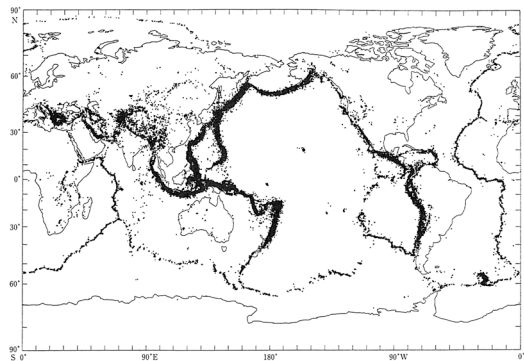


図 2 地震活動分布が描き出すプレート境界 (宇津, 1999)。1968年から1995年の間に深さ100 km 以浅で発生したマグニチュード4.5以上の地震の震央が点で示されている。たとえば、中央の黒い点で囲まれた広大な領域は太平洋プレートを表す

カリブ、アラビア、フィリピン海などの各プレート) に分割されており、これらのプレートは非常に流動性の高いアセノスフェアの上を1年間に数センチメートルから十数センチメートルの速度で相対運動している。水平運動するプレートの内部はほとんど変形を受けないが、強い力学的相互作用が働くプレート境界とその周辺域では活発な地震・火山活動や造山運動が生ずる。

プレートテクトニクスは、地球表層部で生起する多様で複雑な諸現象を統一的に理解するための枠組みを与えてくれる。たとえば、何の脈絡もなく発生しているように見える地震も、実はプレート間の力学的相互作用が作り出す剪断応力を突然の断層すべり運動によって解放する過程であると考えれば、地震活動がプレート境界とその周辺域に集中することは容易に理解できるであろう (図 2)。また、プレート境界で発生する大地震のすべりベクトルの方向がプレート相対運動の方向と調和的であることも当然期待される。プレートテクトニクスを背景とするこうしたグローバル地震学の考え方は、アイザックス・オリバー・サイクス (Isacks *et al.*, 1968) によって提唱され、1970年代から80年代にかけての地震学界の主流となった。

4. 関東地震の断層すべりモデル

こうして必要な概念と手法が整い、地震波記録や地殻変動データからどうにか断層すべりモデルが推定できるようになったのは、関東地震発生から半世紀近く経った1960年代終わりのことである。言い換えれば、それまでの半世紀は関東地震の発生メカニズムを解明しようにもなすべがなかったのである。

関東地震の最初の断層モデルは、Kanamori (1971) および Ando (1971) が、それぞれ地震学的データおよび測地的データに基づき、ほぼ同時に提示している。Kanamori (1971) は、P波初動の押し引き分布からN20°E方向に34°傾いた面での右横ずれ逆断層運動(すべり角168°)として、余震分布から断層面の拡がりを130×70 km²と見積もり、遠地の表面波の振幅から地震モーメント(∞断層面積×平均すべり量)を7.6×10²⁰Nmと求めている。これに対して、Ando (1971) は、N45°E方向に45°傾いた断層面を仮定し、地震前後の測地測量結果から得られた地殻変動データに基づき、その拡がりを130×65 km²、すべりベクトルの右横ずれ成分を6m、逆縦ずれ成分を3mと求めている。もう少し詳しく説明すると、これらのパラメータ値は、Maruyama (1964) の理論式を用いて計算したいくつかのケースの断層すべりによる地表変位のパターンをMiyabe (1931) の垂直変位データおよびMuto (1932) の水平変位データと比較して得られたものである。その後、Ando (1974) は、同様ではあるがより詳細な解析を行い、断層モデルをN45°E方向に30°傾いた長さ85 km×幅55 kmの面での右横ずれ逆断層運動(横ずれ成分6m、縦ずれ成分3m)と修正している。Ando (1971) の断層モデルとの主な違いは、断層の傾斜を低角にしたこと、断層面積の縮小に伴って地震モーメントが1.9×10²¹Nmから1.1×10²¹Nmへと小さくなったことである。その結果、Kanamori (1971) が地震学的データから求めた断層モデルとの不一致はかなり解消された。

ところで、Ando (1971, 1974) が解析に用いたMuto (1932) のデータは、陸地測量部(国土地理院の前身)の復旧三角測量の結果(Military Land Survey, 1930)を三角点の水平変位に変換したものである。復旧三角測量の場合、その結果を水平変位に変換するには、三角網の少なくとも1つの辺の方位と長さの変化が既知でなければならない。佐藤・市原(1971)の詳細な調査・研究によれば、陸地測量部は、相模野基線の改測値を与件とし、晃石山の位置座標と同点から筑波山を望む方位角(図3参照)を不動と仮定して、復旧三角測量結果を水平変位に変換している。Muto (1932) は、この陸地測量部による変換結果を、三角網全体に1.5×10⁻⁵の辺長誤差があると仮定して補正している。実際には、晃石山-筑波山の基準辺は、関東地震に伴う地殻変形により、その長さも方位も何がしか変化したであろう。そうすると、いずれの場合も、変換された水平変位にはそれらに起因する系統誤差が含まれていることになる。

この問題をMatsu'ura *et al.* (1980) に従って整理すると、次のようになる。まず、関東地震の断層運動は周辺域の三角点の位置座標を何がしか変化させる。したがって、復旧三角測量結果を水

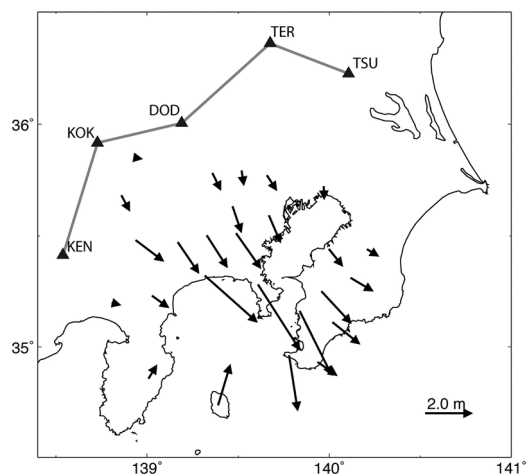


図3 復旧三角測量結果を三角網北西端の5つの三角点を不動と仮定して変換した水平変位(佐藤・市原(1971)のTable IIIを基にMatsu'ura *et al.* (2007)が作成)

平変位に変換する際に適当に選んだ基線（三角網の辺の1つ）の方位と長さも何がしか変化する。この基線の方位と長さの変化は、真の断層モデルが分かっていたら直接計算できるが、分かっていないのでゼロと仮定して復旧三角測量結果を変換する。こうして得られた各三角点の水平変位は、断層運動に起因する変位と不変と仮定した基線の方位と長さの変化（両端点の位置座標の変化）に起因する変位をベクト的に足し合わせた、見かけの変位ということになる。

Matsu'ura *et al.* (1980) は、佐藤・市原 (1971) が毛無山、国師岳、堂平山、晃石山、筑波山の5点を不動として復旧三角測量結果を変換した各三角点の水平変位 (図3) と復旧水準測量結果 (Military Land Survey, 1930) を東京水準原点の標高変化分だけ補正した各水準点の垂直変位をデータとして、矩形断層モデルを規定する9つのパラメータ (断層上端点の深さと水平位置座標、走向、傾き、長さ、幅、すべりの方向と大きさ) と不動と仮定した5つの三角点の水平位置座標の変化 (水平変位) を同時推定する逆問題を解き、関東地震の最適断層モデルとして MODEL-II (上端の深さが1.9kmでN24°E方向に25°傾いた長さ95km×幅54kmの面での4.8mの右横ずれ逆断層運動) を得ている。この逆解析に用いられた手法は、地殻変動データから最適断層モデルを推定するために Matsu'ura (1977) が開発したもので、モデルパラメータの変化とそれに対応する地表変位の変化を関係づける線形の観測方程式を構築し、その係数行列の特異値分解を途中で打ち切って実効的な擬似逆行列を構成する方法によっている。

その後、1980年代から90年代にかけて、地震学的データや測地学的データの解析手法に飛躍的な進歩があった。そうした解析手法の進歩を背景に、Wald and Somerville (1995) および Kobayashi and Koketsu (2005) は、Kanamori (1971) のモデルと Matsu'ura *et al.* (1980) の MODEL-II に基づいて設定したN20°E方向に25°傾いた断層面を小断層に分割し、Matsu'ura *et al.* (1980) が用いた地殻変動データに前者の場合は遠地実体波

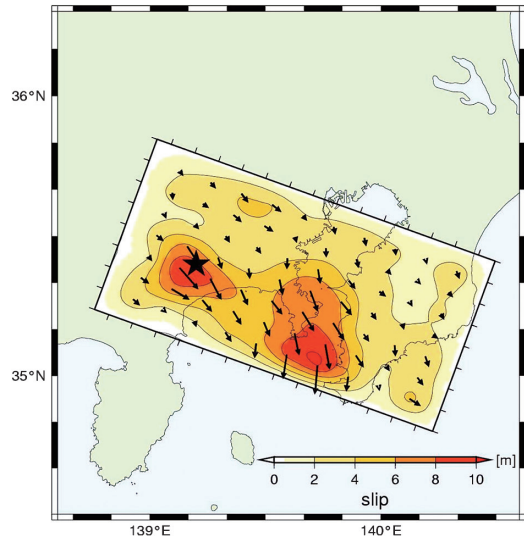


図4 測地学的データと地震学的データの同時逆解析で推定された関東地震の最終すべり分布 (Kobayashi and Koketsu, 2005)

データ、後者の場合はさらに強震動データを加えて逆解析し、地震すべりの時間的・空間的分布を推定している。いずれの場合も、北西部で開始した地震すべりは南東方向に伝播し、最終的には相模トラフ北西端の二宮付近と三浦半島沖に2つのすべりのピークを持つ分布が得られている (図4)。震度分布から推定した震源位置が研究者ごとに大きくばらついているのはこのためであろう。

ちなみに、Matsu'ura *et al.* (1980) は、MODEL-II を初期モデルとして2連結矩形断層を用いた地殻変動データの逆解析を試みているが、その結果 (MODEL-III) は Wald and Somerville (1995) や Kobayashi and Koketsu (2005) の結果と調和的である。ただし、北西部のすべりのピークに対応する断層の走向はN75°Wで、南東部のすべりのピークに対応する断層の走向 (N64°W) とは有意に異なる。これは、相模トラフの走行の変化を反映していると思われる。

5. 関東・東海地域のプレート境界面形状

日本列島の北海道・東北沖では、東太平洋海膨で生まれて北西進してきた太平洋プレートが北ア

メリカプレートの下に沈み込んでおり、そこでは1952年十勝沖地震、1968年十勝沖地震、1973年根室半島沖地震などのマグニチュード8クラスの衝上断層地震が発生している。また、西南日本沖では、フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込んでおり、ここでも1944年東南海地震や1946年南海地震などのマグニチュード8クラスの衝上断層地震が発生している。いま問題にしている関東地震もマグニチュード8クラスの地震であるが、それはどのようなテクトニック環境の下で発生したのだろうか。

Kanamori (1971) は「この地震は相模トラフを境とする2つの地塊のずれによるもの」と結論づけているが、このことから当時は相模トラフをプレート境界と認識していなかったことが分かる。その後、Seno (1977) がユーラシアプレートに対するフィリピン海プレートの回転ベクトルを特定したことで、1980年代に入ると関東地震は相模トラフ沿いのプレート境界で発生したと考えられるようになった。しかし、肝心のプレート境界面の形状は、1990年代になってIshida (1992) が地震活動分布に基づく合理的な等深度線を描いてみせるまで不明であった。図5は、宮崎と松浦が、関東・東海地域のテクトニクスを理解するために、Ishida (1992) の等深度線図を参考に造った粘土模型である。この図から分かるように、フィリピン海プレートは、本州と衝突している伊豆半島の西側では駿河トラフでユーラシアプレートの下に沈み込み、東側では相模トラフで北アメリカプレートの下に沈み込み、その東端は太平洋プレートの上に乗っている。

1990年代の終わりに、超並列計算機「地球シ

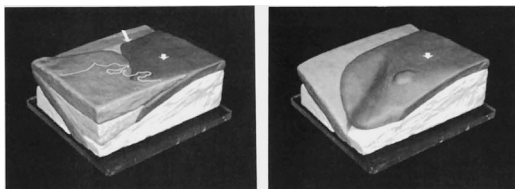


図5 フィリピン海プレートの形状を示す粘土模型 (Yoshioka *et al.* (1994) の Fig.2 を修正)。右図は左図の上盤プレートを剥ぎ取ったもの

ミュレータ」開発の国家プロジェクトがスタートした。それと同時に固体地球変動の大規模並列シミュレーションのためのソフトウェア開発も推進され、その一環として日本列島域の地殻活動シミュレーション・システムが開発された (Annual Report of the Earth Simulator Center, 2002-2010, JAMSTEC). Hashimoto *et al.* (2004) は、ISC (国際地震センター) の地震震源分布データおよび海底地形データに基づき、このシミュレーション・システムの基盤となる日本列島域の3次元プレート境界モデルを作成している。

このモデルの特徴は、固体地球表面からプレート境界面までの深さが双3次元B-スプラインを重ね合わせた緯度・経度の連続関数として表現されている点である。図6は、Hashimoto *et al.* (2004) のモデルに基づいて作成した、関東・東海地域のフィリピン海プレート上面 (太線) および太平洋プレート上面 (細線) の等深度線である。太平洋プレートに乗り上げているフィリピン海プレートの東端 (灰色の太破線/元図に加筆) は、かつて太平洋プレートに沈み込まれていた頃のフィリピン海プレートの先端だったのだから、図6の太線のコンターと細線のコンターはフィリピン海プ

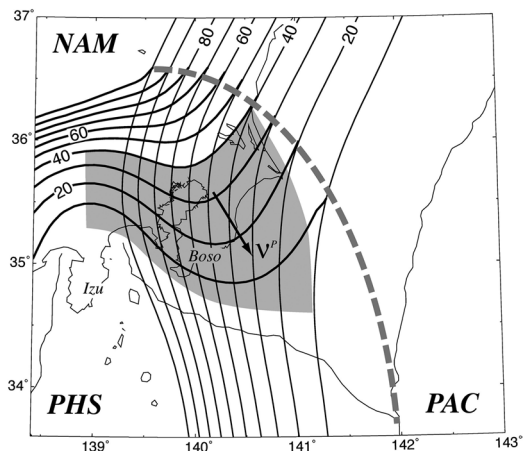


図6 関東・東海地域の3次元プレート境界面形状 (Matsuura *et al.*, 2007). 黒矢印は、グローバル・プレート運動モデル NUVEL-1A (DeMets *et al.*, 1994) による、フィリピン海プレートに対する北アメリカプレートの相対運動ベクトルを示す

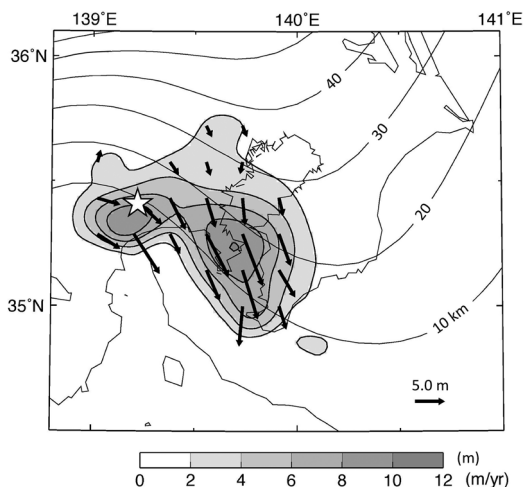


図7 北アメリカ-フィリピン海プレート境界面上の関東地震のすべり分布 (Matsu'ura *et al.* (2007) の Fig. 5 を一部加筆修正). 星印は地震すべりの開始点, 黒矢印は各点でのすべりベクトルを表す

プレート東端で連続的につながっていただければならない。ちなみに、Ishida (1992) の等深度線図では、両コンター間に東端で 30 km (フィリピン海プレートの厚さ分) の段差が生じている。

Matsu'ura *et al.* (2007) は、このフィリピン海プレート上面の影を付けた部分をモデル領域とし、Matsu'ura *et al.* (1980) と同じ地殻変動データを逆解析することで、図7に示すような関東地震の断層すべり分布を求めている。面白いことに、三浦半島付近のすべりのピークが深さ 10~20 km にあるのに対し、相模トラフ北西端の二宮付近のすべりのピークは深さ 0~10 km にある。これは、伊豆半島が相模トラフ北西端で本州と衝突していることを示唆しているのかもしれない。

ちなみに、Matsu'ura *et al.* (2007) が用いたのは、Yabuki and Matsu'ura (1992) の逆解析手法をさらに発展させたもので、すべり分布の滑らかさに関する間接的先験情報とすべりベクトルの方向に関する直接的先験情報の両方を観測データと合体させてベイズモデルを構築し、そのモデル構造を支配する超パラメータの最適値を赤池のベイズ情報量規準 (ABIC) で決めるという方法である。

6. GPS 観測とプレート間すべり遅れ分布

関東地震の地殻変動データは、垂直変位に関しては水準測量、水平変位に関しては三角測量によるものであった。しかし、第4節で述べたように、三角測量結果を水平変位に変換するには基準となる辺の回転と伸縮が不明という問題がずっと付いて回る。そこで、1970年代に入ると三角測量は三辺測量に取って代われ、さらに1990年代には衛星測位が主流となった。日本では1996年に全国規模のGPS観測網 (GEONET) が整備され、以後日本列島の地殻変動を面的に常時モニターすることが可能になった (Sagiya *et al.*, 2000; Sagiya, 2004)。

GPS (全地球測位システム; 現在はより包括的なシステム GNSS の一部) は、その名のとおり、対象とする地点の位置座標 (緯度、経度、標高) を常時測定するシステムである。したがって、大地震前後のGPS観測結果を比較すれば、地震時の垂直変位や水平変位をただちに知ることができる。もっと重要なのは、地震間のGPS観測結果から地殻の変形レートを直接推定できるようになったことであろう。GPS観測システムが導入されるまで、永年的な地殻変動の解明は、平均海水面という絶対基準がある垂直変動データに頼ってきた。しかし、GPS観測データが蓄積されるにつれて、その主役は水平変動データに取って代わられるようになった。ここで注意すべき点は、すでに Tsuboi (1932) が示しているように、3点の水平変位が与えられれば、その3点が囲む領域の平面歪みは一意的に求まるということである。

隣接しているプレート同士は、長期的には一定のレートで相対運動している。プレート境界面には部分的に摩擦強度の高い領域 (アスぺリティ) が分布しており、その領域がすべり遅れることで周辺域には剪断歪みが蓄積される。こうして蓄積された剪断歪みは、限界に達すると地震すべりによって一気に解消される。これは Reid (1910) の弾性反発説のプレートテクトニクスの解釈であるが、その妥当性は Hashimoto *et al.* (2009, 2012)

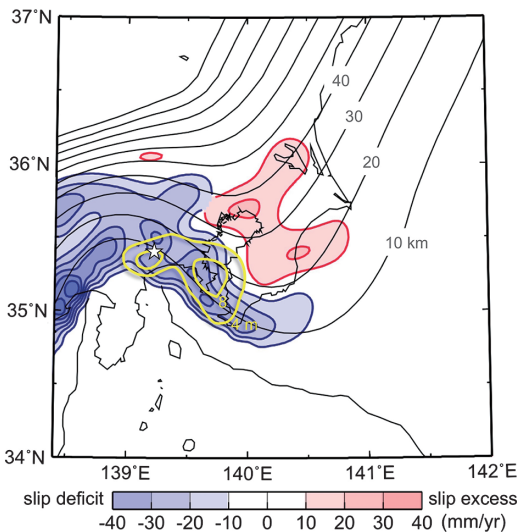


図 8 北アメリカ-フィリピン海プレート境界での地震間すべり遅れレートの分布 (Noda *et al.* (2013) の Fig. 7 に加筆). 黄色コンターは図 7 の関東地震時のすべり分布を表す

による 2011 年東北沖地震発生前と発生時の GPS データの逆解析結果を比較することで確認された。

関東地震の場合、発生時の地殻変動については水準および三角測量によるデータに限られるが、地震間の変動については GEONET 整備以降の GPS データが存在する。Noda *et al.* (2013) は、関東・東海地域の GPS 観測点の水平変位レートを観測網を構成する三角要素の平面歪みレートに変換し、それをデータとして逆解析することで、北アメリカ-フィリピン海プレート境界およびフィリピン海-太平洋プレート境界での地震間のすべり遅れレート分布を推定している。図 8 に示すのは北アメリカ-フィリピン海プレート境界でのすべり遅れレート分布である。この図から相模トラフに沿って房総半島南端から伊豆半島付け根の衝突帯へと延びる帯状のすべり遅れ領域の存在が見てとれる。黄色のコンターで示した関東地震時のすべり分布 (Matsu'ura *et al.*, 2007) は、北西部および中央部のすべり遅れ領域とは重なるが、南東部のすべり遅れ領域とは重ならない。つまり、南東部のすべり遅れは、1923 年の関東地震では解消されないまま現在に至っているということである。

7. 房総半島の定常隆起と海成段丘面の形成

日本列島太平洋岸の沖に突き出た半島や岬には、後期更新世 (126~11.7 kyr BP) から完新世 (11.7 kyr BP~現在) にかけて形成された一連の海成段丘面が広く分布している。房総半島南部には沼 I~IV 面と呼ばれる完新世の海成段丘面が分布しており、その最低位の沼 IV 面は 1703 年の元禄地震の際に離水したことが Matsuuda *et al.* (1978) によって確かめられている。それもあつてか、地形学の分野では、大地震による隆起の一定割合が元に戻ることなく残留して地震時に離水した平坦部を押し上げ、一連の海成段丘面が形成されると考えられてきた。そこで、四国の室戸から坂出に至る水準路線の測量データ (1893~1983) から 1946 年の南海地震に伴う 1 サイクル 120 年間の垂直変動パターンを実際に復元してみると、地震 1 サイクル完了後のパターンと地震時のパターンは似ても似つかず、上述の残留隆起という考え方を完全に否定する結果となった (Fukahata *et al.*, 1996)。

このことは、Matsu'ura and Sato (1989) の理論的研究で以下のように説明される。図 9 は、重力的平衡状態にある弾性-粘弾性層構造モデルを考え、プレート沈み込み境界で発生する大地震 1 サイクル間の垂直変動を理論的にシミュレーションしたものである。地震時および地震間の隆起・沈降パターンは、プレート境界のどの部分が地震間に固着し、地震時にすべるかによって大きく異なる。しかし、1 サイクル完了後に残る隆起・沈降パターン (Cumulative) は、固着/すべり域の分布に関係なく、プレート境界面の形状とすべりベクトルの方向のみによる。結局、長期的に見れば、海洋プレートの定常的な沈み込みそのものが、海溝軸から一定距離範囲の陸側プレートを隆起させ、そこに位置する半島や岬の波打ち際で形成された平坦面を一定レートで押し上げていくことになる。

後期更新世の海面が最も高かった時期 (125 kyr BP) に形成された段丘面は下末吉面と総称され、

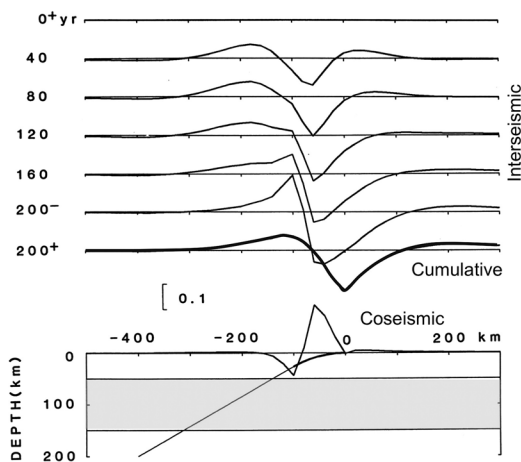


図 9 沈み込みプレート境界での大地震に伴う地殻変動サイクル (Matsu'ura and Sato (1989) の Fig. 5 に加筆). 地震間の変動は前の大地震発が発生した直後 (0⁺) を基準としている. また, 200⁻ は次の大地震が発生する直前, 200⁺ は直後を表す

日本列島の多くの地域に分布している. 関東地域の下末吉面の分布は貝塚 (1987) によって詳しく調べられているが, 不思議なことに, 南に向かって高度を増す下末吉面が房総半島南部に至ると突然消失してしまう. そして, 代わりに完新世中期の縄文海進の時期 (7~6 kyr BP) に形成された沼 I 面が, 最高位段丘面として現れる. しかし, 下末吉面および沼 I 面の現在の高度からそれぞれ見積もった平均的な陸の隆起速度分布に不連続は見られない. このことは, 房総半島南部の激しい隆起と地表浸食のため, かつて存在していた下末吉面が消失してしまったことを示唆している. 図 10 は, 後期更新世と完新世でテクトニックな環境に違いがないとして, 旧汀線の現在の高度データから推定した関東地域の隆起速度分布である. この図から見てとれるのは, 房総半島南端を中心とする激しい隆起と東京湾の穏やかな沈降である. このような隆起速度分布は, 第 5 節で述べた関東地域の複雑なテクトニック環境を反映するもので, 理論的には太平洋プレートの定常沈み込みによる垂直変動とフィリピン海プレートの定常沈み込みによる垂直変動の重ね合わせとして説明できる (Hashimoto *et al.*, 2004).

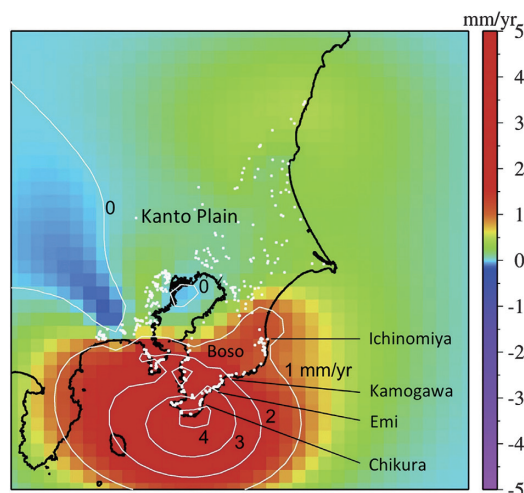


図 10 旧汀線高度データから求めた後期更新世-完新世の関東地域の隆起速度分布 (Noda *et al.*, 2018). 白い点は旧汀線高度の調査箇所を示す

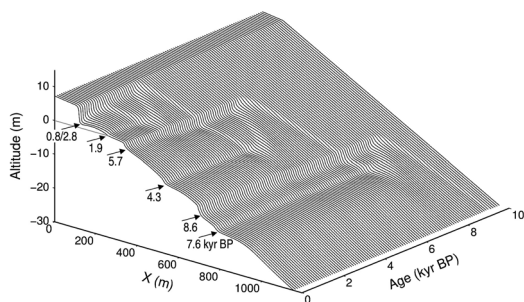


図 11 後氷期の海面変動による海岸地形発達シミュレーション (Noda *et al.*, 2018). 一番奥が 10 kyr BP の初期地形, 一番手前が現在の地形を表す

波浪によって海岸が浸食され, その浸食で生じた細粒物質が沖合に運ばれて堆積すると, 海食崖と平坦面から成る L 字型の地形が形成される. Noda *et al.* (2018) は, こうした物理過程を微分形の発展方程式として記述することに成功した. 図 11 は, その数理モデルを用い, 後氷期の海面変動 (Umitsu, 1991 ; Siddall *et al.*, 2003) による海岸地形の発達をシミュレーションした例である. 図の細く曲がりくねった溝は後氷期の海面変動の軌跡であるが, その軌跡が極大/極小となる時期, つまり海面が停留している時期に, 海食崖

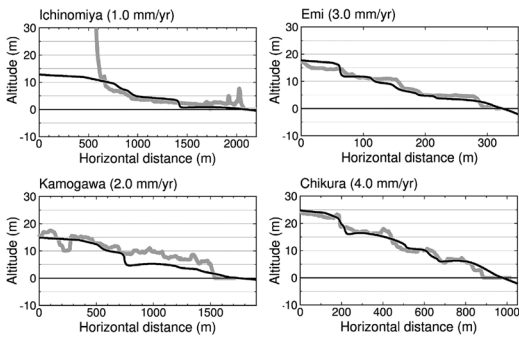


図 12 後氷期の海水準変動による海岸地形発達シミュレーション (Noda *et al.* (2018) の Fig. 13 を改変). 各図の黒の太線はシミュレーション結果、灰色の太線は実際の地形プロファイルを表す

と平坦面からなる L 字形地形が形成される。

房総半島南部のように陸が一定レートで隆起し続けている場合、海岸地形の発達過程を支配するのは、海面変動そのものではなく、陸に対する海面高の変動（海水準変動）であることに注意する必要がある。Noda *et al.* (2018) は、図 10 に示した 4 つの代表地点について、隆起レートを考慮した海岸地形発達シミュレーションを行い、各地点の現在の地形プロファイルが上手く再現できることを示した（図 12）。つまり、大地震発生に伴う海岸の隆起・沈降はプレート沈み込みに起因する長期的地殻変動のエピソードにすぎず、それは房総半島南部に発達する一連の完新世海成段丘面の形成に不可欠な要素ではないということである。

8. 相模トラフ巨大地震の繰り返し発生間隔

相模トラフの巨大地震として記録されているのは、1923 年の関東地震と 1703 年の元禄地震だけである。関東地震については、第 4 節で紹介したように、1970 年代から 80 年代にかけて主に測地測量データに基づくさまざまな断層モデルが提示されたが、最終的には合理的な全体像が形成されている。一方、元禄地震については、被害記録に基づく震度分布から房総半島南端の館山の沖合を震源とする関東地震と似たタイプの地震とされてきた。しかし、こちらも 1970 年代に入ると、地

震時に離水した沼 I 面の現在の高度データから元禄地震の断層モデルを推定する試みが行われるようになった。たとえば、Matsuda *et al.* (1978) は、沼 I 面の現在の高度データから関東地震時の隆起量を差し引き、元禄地震直後から現在までの非地震性変動分を補正したものが元禄地震による隆起量であるとして、それを説明する断層モデルを提示している。この断層モデルは、元禄地震も相模トラフ沿いのプレート境界で発生した地震であるという現在の認識からすれば、複雑怪奇と言わざるを得ない。それはともかく、この場合、関東地震時の隆起量については確かなデータがあるが、元禄地震から関東地震まで 220 年間の非地震性地殻変動については不確かなデータしかない。そこで、残留隆起の考え方に従い、どの調査地点でも元禄地震時の隆起量の 1/3 程度が非地震性地殻変動で元に戻ったとしている。その後、実倉 (2003) は、新たなデータを加え、よりシンプルで合理的な断層モデル (Ando (1974) の関東地震の断層モデルに房総半島南端の N15° W 方向に 20° 傾いた面での 12m の逆断層すべりを加えたもの) を提示しているが、ここでも元禄地震時の隆起量の一定割合が非地震性地殻変動で元に戻ったと仮定している。

地震時隆起の一定割合が非地震性地殻変動によって元に戻る（逆に言えば、地震時隆起の一定割合が元に戻ることなく残留する）という考え方は、第 7 節で詳しく述べたように、まったく不合理である。沈み込みプレート境界での大地震に伴う地殻変動サイクルは、簡単に言えば、地震時の震源域での突然のすべりによる弾性変形と地震間の震源域以外での定常すべりによる粘弾性変形とからなる（図 9 参照）。もし、相模トラフ沿いのプレート境界で発生する巨大地震が大正型だけなら、プレート境界面の形状やすべりの方向、地震時のすべり分布、地震間の固着域でのすべり遅れレートが分かっているので、後は繰り返し発生間隔さえ仮定すれば、この地域の地殻変動サイクルを理論的に計算することができる。つまり、繰り返し発生間隔を変えたさまざまなケースを計算し、その中で長期的な地殻変動データと最も調和

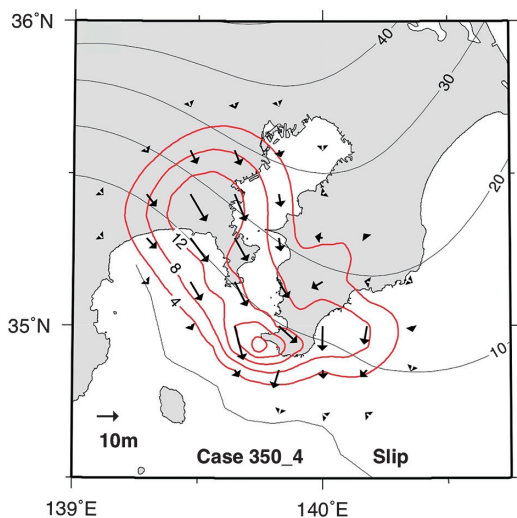


図 13 元禄地震の断層すべり分布 (Sato *et al.*, 2016). 赤コンターは北アメリカ-フィリピン海プレート境界面のすべり分布, 黒矢印は各点でのすべりベクトルを表す

的なものを選べば, それが繰り返し発生間隔の最適な推定値ということになる。

ところが実際には, 相模トラフ沿いのプレート境界大地震には大正型と元禄型の2つのタイプがあり, それらがどんな順序でいつ発生するのか分かっていない。そこで, 問題を簡単にするために, 相模トラフ沿いのプレート境界では, 大正型あるいは元禄型の地震が一定間隔 T で発生するものと仮定し, そのうちの n (≥ 2) 回に1回が元禄型地震, ($n-1$) 回が大正型地震とする。つまり, 相模トラフ沿いのプレート境界では, この n 個の大地震のセットが一定間隔 nT で繰り返すものとする。重要なのは, この n 個の大地震のセットの繰り返しに対しても上述のような理論的地殻変動サイクルが計算可能であるという点である。ただし, この場合の未知量は, T と n と元禄型地震のすべり分布である。こうした考えに基づき, Sato *et al.* (2016) は, T と n のさまざまな組み合わせについて, 房総半島南部の沼I面およびIII面とそれに対応する三浦半島の野比I面およびIII面の現在の標高をデータとし, 逆解析手法を用いて元禄型地震のすべり分布の候補を求めた。その候補の中で最適なもの (他のさまざまな地殻

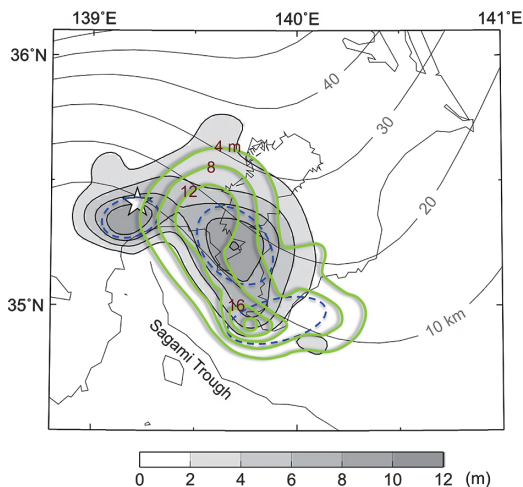


図 14 プレート間の固着域と大正型および元禄型地震のすべり分布 (Sato *et al.*, 2016). 青い点線の楕円はプレート境界面上に分布する3つの固着域, 灰色のコンターは関東地震のすべり分布, 緑色のコンターは元禄地震のすべり分布を表す

変動データを最も良く説明するもの) を図 13 に示す。ちなみに, この場合の T は 350 yr, n は 4 である。つまり, 元禄型地震の繰り返し発生間隔は 1400 年で, 次の元禄型地震が発生するまでに大正型地震が 350 年間隔で 3 回発生するということである。

図 14 は, 元禄地震のすべり分布 (図 13) を関東地震のすべり分布 (図 7) に重ねたものである。この図から分るのは, 元禄地震のすべりは関東地震のときにすべった相模トラフ北西端までは及んでいないということ, 代わりに関東地震のときにすべらなかった房総半島南東部に及んでいるということである。つまり, 相模トラフ沿いのプレート境界面には3つの固着域が分布していて, 大正型地震ではそのうちの北と中央の固着域が, 元禄型地震では中央と南の固着域がすべると考えられる。

9. おわりに

この 100 年間の関東地震発生メカニズム解明に向けた研究を振り返ってみると, 最初の 40 年は何の道標もなく未知の広野をさまよっていた時

代、次の30年はプレートテクトニクスに導かれた予定調和の旅が行く手を崖に阻まれてしまった時代、そして最後の30年はその崖を何とかよじ登って新たな広野を見渡している時代と言えるかもしれない。この新たな広野に確かな道標を立てるには、固体地球表層部で生起する諸現象を弾性ポテンシャルエネルギーの蓄積・解放という視点で理解し直すことが不可欠であろう。

謝辞

編集長の加藤照之氏には、本稿執筆の機会と有益な助言をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- Ando, M. 1971. A fault-origin model of the great Kanto earthquake of 1923 as deduced from geodetic data. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **49**, 19-32.
- Ando, M. 1974. Seismo-tectonics of the 1923 Kanto earthquake. *J. Phys. Earth*, **22**, 263-277.
- Backus, G. and Mulcahy, M. 1976. Moment tensors and other phenomenological descriptions of seismic sources—I: Continuous displacements. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, **46**, 341-361.
- Burridge, R. and Knopoff, L. 1964. Body force equivalents for seismic dislocations. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **54**, 1875-1888.
- DeMets, C., Gordon, R.G., Argus, D.F. and Stein, S. 1994. Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions. *Geophys. Res. Lett.*, **21**, 2191-2194.
- Fukahata, Y., Honsho, C. and Matsu'ura, M. 1996. Crustal movements in Shikoku, southwest Japan, inferred from inversion analysis of levelling data using ABIC. *Tectonophysics*, **257**, 239-252.
- 萩原尊禮. 1982. *地震学百年*. 東京大学出版会.
- Hashimoto, C., Fukui, K. and Matsu'ura, M. 2004. 3-D modelling of plate interfaces and numerical simulation of long-term crustal deformation in and around Japan. *Pure Appl. Geophys.*, **161**, 2053-2068.
- Hashimoto, C., Noda, A. and Matsu'ura, M. 2012. The M_w9.0 northeast Japan earthquake: total rupture of a basement asperity. *Geophys. J. Int.*, **189**, 1-5.
- Hashimoto, C., Noda, A., Sagiya, T. and Matsu'ura, M. 2009. Interplate seismogenic zones along the Kuril-Japan trench inferred from GPS data inversion. *Nat. Geosci.*, **2**, 141-144.
- Honda, H. 1962. Earthquake mechanism and seismic waves. *J. Phys. Earth*, **10**, 1-97.
- Isacks, B., Oliver, J. and Sykes, L.R. 1968. Seismology and the new global tectonics. *J. Geophys. Res.*, **73**, 5855-5899.
- Ishida, M. 1992. Geometry and relative motion of the Philippine Sea plate and Pacific plate beneath the Kanto-Tokai district, Japan. *J. Geophys. Res.*, **97**, 489-513.
- 貝塚爽平. 1987. 関東の第四紀地殻変動, *地学雑誌*, **96**, 51-68.
- Kanamori, H. 1971. Faulting of the great Kanto earthquake of 1923 as revealed by seismological data. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **49**, 13-18.
- Kobayashi, R. and Koketsu, K. 2005. Source process of the 1923 Kanto earthquake inferred from historical geodetic, teleseismic, and strong motion data. *Earth Planets Space*, **57**, 261-270.
- Maruyama, T. 1963. On the force equivalents of dynamical elastic dislocations with reference to the earthquake mechanism. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **41**, 467-486.
- Maruyama, T. 1964. Statical elastic dislocations in an infinite and semi-infinite medium. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **42**, 289-368.
- Matsuda, T., Ota, Y., Ando, M. and Yonekura, N. 1978. Fault mechanism and recurrence time of major earthquakes in southern Kanto district, Japan, as deduced from coastal terrace data. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **89**, 1610-1618.
- Matsu'ura, M. 1977. Inversion of geodetic data. Part 1: Mathematical formulation. *J. Phys. Earth*, **25**, 69-90.
- Matsu'ura, M., Iwasaki, T., Suzuki, Y. and Sato, R. 1980. Statical and dynamical study on the faulting mechanism of the 1923 Kanto earthquake. *J. Phys. Earth*, **28**, 119-143.
- Matsu'ura, M., Noda, A. and Fukahata, Y. 2007. Geodetic data inversion based on Bayesian formulation with direct and indirect prior information. *Geophys. J. Int.*, **171**, 1342-1351.
- Matsu'ura, M., Noda, A. and Terakawa, T. 2019. Physical interpretation of moment tensor and the energetics of shear faulting. *Tectonophysics*, **771**, 228228. doi:10.

1016/j.tecto.2019.228228

- Matsu'ura, M. and Sato, T. 1989. A dislocation model for the earthquake cycle at convergent plate boundaries. *Geophys. J. Int.*, **96**, 23-32.
- Military Land Survey. 1930. Re-survey of the Kwanto district after the great earthquake of 1923. *Bull. Imp. Earthq. Invest. Comm.*, **11**, A1-A6.
- Miyabe, N. 1931. On the vertical earth movement in Kwanto districts. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **9**, 1-21.
- Muto, K. 1932. A study of displacements of triangulation points. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **10**, 384-392.
- Noda, A., Hashimoto, C., Fukahata, Y. and Matsu'ura, M. 2013. Interseismic GPS strain data inversion to estimate slip-deficit rates at plate interfaces: application to the Kanto region, central Japan. *Geophys. J. Int.*, **193**, 61-77.
- Noda, A., Miyauchi, T., Sato, T. and Matsu'ura, M. 2018. Modelling and simulation of Holocene marine terrace development in Boso Peninsula, central Japan. *Tectonophysics*, **731-732**, 139-154.
- Omori, F. 1894. On the after-shocks of earthquakes. *J. C. Sci. Imp. Univ. Jpn.*, **7**, 111-200.
- Omori, F. 1918. On the relation between the duration of the preliminary tremor and the epicentral distance for near earthquakes. *Bull. Imp. Earthq. Invest. Comm.*, **9**, 33-39.
- Reid, H.F. 1910. The mechanism of the earthquake, In: *The California Earthquake of April 18, 1906, Report of the State Earthquake Investigation Commission*, Vol. II, Washington, D.C., Carnegie Institution, pp. 1-92.
- Sagiya, T. 2004. A decade of GEONET: 1994-2003—The continuous GPS observation in Japan and its impact on earthquake studies—. *Earth, Planets Space*, **56**, xxix-xli.
- Sagiya, T., Miyazaki, S. and Tada, T. 2000. Continuous GPS array and present-day crustal deformation of Japan. *Pure Appl. Geophys.*, **157**, 2303-2322.
- 佐藤 裕・市原 満. 1971. 関東震災復旧三角測量について. *測地学会誌*, **17**, 178-186.
- Sato, T., Higuchi, H., Miyauchi, T., Endo, K., Tsumura, N., Ito, T., Noda, A. and Matsu'ura, M. 2016. The source model and recurrence interval of Genroku-type Kanto earthquakes estimated from paleo-shoreline data. *Earth, Planets Space*, **68**, 17. doi:10.1186/s40623-016-0395-3.
- Seno, T. 1977. The instantaneous rotation vector of the Philippine Sea plate relative to the Eurasian plate. *Tectonophysics*, **42**, 209-226.
- 宍倉正展. 2003. 変動地形からみた相模トラフにおけるプレート間地震サイクル. *地震研究所彙報*, **78**, 245-254.
- Siddall, M., Rohling, E.J., Almogi-Labin, A., Hemleben, Ch., Melschner, D., Schmelzer, I. and Smeed, D.A. 2003. Sea-level fluctuations during the last glacial cycle. *Nature*, **423**, 853-858.
- Tsuboi, C. 1932. Investigation on the deformation of the earth's crust in Idu Peninsula connected with the Idu earthquake of Nov. 26, 1930. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **10**, 435-448.
- Umitsu, M. 1991. Holocene sea-level changes and coastal evolution in Japan. *Quat. Res.*, **30**, 187-196.
- 宇津徳治. 1999. *地震活動総説*. 東京大学出版会.
- Wald, D.J. and Somerville, P.G. 1995. Variable-slip rupture model of the great 1923 Kanto, Japan, earthquake: geodetic and body-waveform analysis. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **85**, 159-177, 1995.
- Wood, R.M. 1985. *The Dark Side of the Earth*. Allen and Unwin, London (谷本 勉 邦訳. 2001. 地球の科学史. 朝倉書店).
- Yabuki, T. and Matsu'ura, M. 1992. Geodetic data inversion using a Bayesian information criterion for spatial distribution of fault slip. *Geophys. J. Int.*, **109**, 363-375.
- Yoshioka, S., Yabuki, T., Sagiya, T., Tada, T. and Matsu'ura, M. 1994. Interplate coupling in the Kanto district, central Japan, deduced from geodetic data inversion and its tectonic implications. *Tectonophysics*, **229**, 181-200.

松浦充宏

[まつうら みつひろ]

現職 東京大学名誉教授, 理学博士

略歴 東京大学理学部卒業, 同 大学院理学系研究科博士課程修了. 東京大学理学部助手, 同 講師, 同 助教授を経て, 1994年から2009年まで東京大学大学院理学系研究科教授, 2009年から2011年まで統計数理研究所特任教授

研究分野 理論地震学, 逆解析理論, 地震発生物理学, 地殻ダイナミックス

著書 地球連続体力学 (岩波書店), 地震発生の物理学 (東京大学出版会) など

1923年関東地震の東京・本郷での地震動

翠川三郎

1. はじめに

1923年関東地震は東京を始めとする首都圏に莫大な被害を及ぼした。そこで、首都圏での地震防災対策を考えるうえで、関東地震の東京での地震動を理解しておくことは重要である。当時東京には複数の地震計が設置されていたものの、激しい揺れによって振り切れてしまい、完全な記録は得られていない。そのため、東京での地震動については不明の点が多い。しかし、その手掛かりとなる記録がいくつか残されている。ここでは、東京・本郷での地震記録や関連する研究を紹介し、関東地震の東京での地震動について考えてみたい。

2. 東京・本郷での今村式2倍強震計の記録

関東地震の東京での記録で最も有名なものは東京・本郷での今村式2倍強震計（固有周期10秒弱）の記録であろう。その原記象（今村，1925）を図1に示す。この記録のNS成分およびUD成分は主要動到達直後に描針が飛んで波形を描いていない。しかし、EW成分は、振り切れて波形が欠落する部分もあるが、その後も振幅が飽和し続けながら長時間記録されている。振幅が飽和するのは実振幅で3cm程度をこえるとダンパー部で衝突が起りストッパーとなるためである。

図1に示した原記象は細かいところがみえにくいので、今村が読み取った主要動開始部の波形を図2の左側に、それから描いた水平動の軌跡を図の右側に示す（Imamura, 1937）。図にはピークの発生順にaからgの記号がつけられている。今村（1925）は、振り切れる直前の部分を地震動の最強部とみなし、「（振り切れる直前の）最後の地動fgは全振幅8.86cm、全周期1.35秒となる

から、この部分を単弦振動と仮定すると、加速度は毎秒毎秒97cmとなり、これがおそらく地震動の最大加速度に相当するものであろう。また、最後の地動であるde、fe、fgの平均方向は器械据付方向の偏差を加えてS33°Eとなるので、これがおそらく最強地動の概略の方向を示すものであろう。」と東京・本郷での最強部の加速度と卓越方向を推定している。これから、東京の山の手での加速度は0.1g程度とされている。さらに今村（1925）は、振り切れ後も変位振幅は増大し、最強部の2倍半すなわち全振幅で20cmに達したであろうと推測している。

一方、石本（1935）は、この記録を見直し、「記録不能直前の小周期振幅を採り、此が0.3秒の周期であったとすれば約250galの震動は已に存在した事になる。此等の事から想像するに東京本郷における地震動加速度は300gal程度だったと思われる。」と述べている。記録不能直前の小周期振幅が具体的にどこを指すのかは不明であるが、図2をみると、EW成分のcとdの間に短周期の動きがみられ、ここでの片振幅を約6mmと読み、本郷での卓越周期である周期0.3秒を仮定すると加速度は約250galとなる。

この他、東京・本郷での加速度に対するコメントとして、武藤（1969）は、自らの主導により開発されたSMAC型強震計で観測された加速度記録を踏まえて、「昨年（1968年）7月1日の熊谷地震では、中震程度で被害がなかったのに、東京山の手の地表で震度（工学的震度のことで、重力加速度に対する加速度の比）0.1を示している。こうしてみると、関東地震の山の手は震度0.1というのは明らかに過小評価であり、震度0.2以上というべきである。この機会に訂正しておきたいと思う。」と述べ、関東地震の本郷での加速度は0.2g以上だったと推定している。

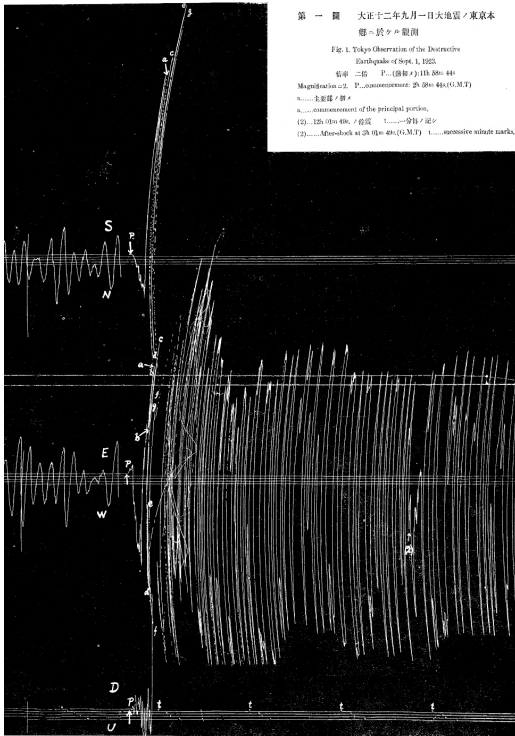


図 1 今村式 2 倍強震計による記象、今村 (1925) による

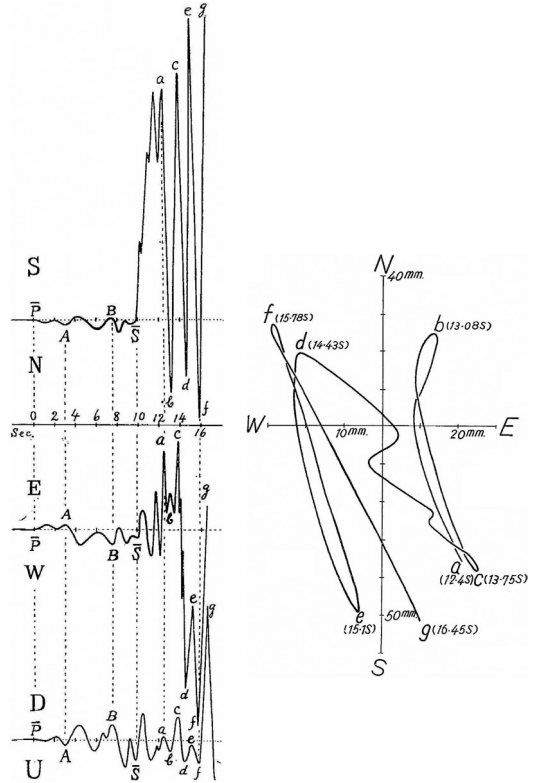


図 2 今村式 2 倍強震計による記象の読取波形 (左) と水平軌跡 (右)、Imamura (1937) による

3. 東京・本郷でのその他の地震計による記録

東京・本郷では、この記録以外にも他の地震計で記録が得られている。末広は、同地点で得られたものとして、大森式地震計およびユーイング強震計による記録を紹介している (Suyehiro, 1932)。図 3 に示す大森式地震計 (固有周期約 30 秒) の記録 (NS 成分) について、末広は「最大動到達以前で振り切れているが、主要動の初動ですら約 17cm の全振幅を示していることは特記すべきことである。振り切れた後の揺れはこれ以上のものであったらう。」と述べている。なお、EW 成分は S 波初動直後に地震計の針が飛んで記録が欠落している。

末広はユーイング強震計の記録も紹介している。これは、末広の依頼により、1931 年 5 月に那須が大地震の地震記録を調査した際に見つかったものである。那須は、これを丹念にトレース

した図を作成すると同時に、地震計の特性を測定し、固有周期 6 秒、減衰定数 4.5%、記録円盤の回転時間 120 秒としている (那須・森岡, 1979; Morioka, 1980b)。

図 4 に示すように、この記録は回転する円盤上の記録紙に描かれており、円盤の中心に近いところの波形が SW-NE 成分で、その外側が SE-NW 成分で、さらに外側が UD 成分である。この地震計は描針が記録紙からはみ出しながらも主要動部分の波形を描き続けている。

図 5 は記録開始部の拡大図で、SW-NE 成分が実線で、SE-NW 成分が点線で示され、さらに記録円盤が 1 回転 120 秒とした場合の 1 秒ごとの描針の円弧が破線で示されている。実線で示した SW-NE 成分は記録開始から約 20 秒後に 15cm 弱の振幅を示した後に描針が記録紙からはみ出し (図の A)、その約 4 秒後に記録紙に復帰してい

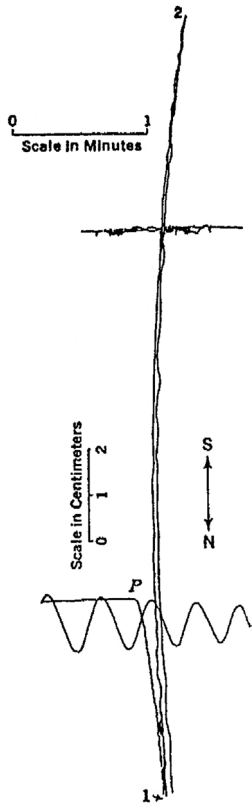


図 3 大森式地震計による記象. Suyehiro (1932) による

る (図の B)。末広は、この記録について、「この地震計にはタイムマークがないこと等いくつか欠点がある。これらの欠点を無視して、この記録の主要動の振幅と周期から単弦振動と仮定して大雑把に加速度を計算すると約 $0.12g$ となる。」と述べている。

なお、末広は「最大加速度は、特に激しい地震の場合、大変位の部分で発生するわけではなく、大変位の上に重なった 2 次的な動きないし主要動が複雑に繰り返す部分で生ずる。このような加速度やその周期を通常の変位記録から正確に読み取ることは不可能ではないとしても難しい。この事実を、工学のための地震観測に適切に設計された加速度計を用いる必要性を確信させるものである。このことや地震計が完全なものではなかったことから、(変位記録から) 計算された地震動の強さは構造物の設計に必要なデータとしては受け

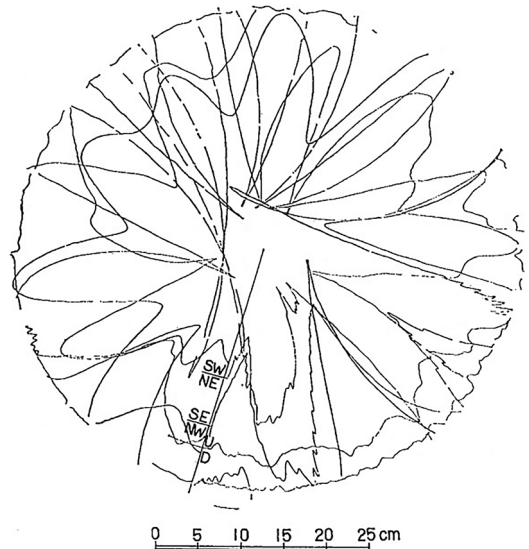


図 4 ユーイング強震計による記象. Morioka (1980a) による

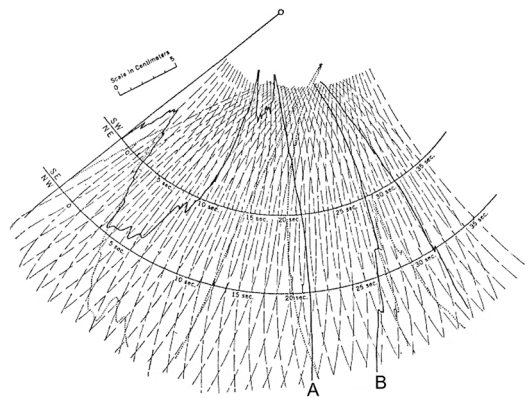


図 5 ユーイング強震計による記象の拡大図. Suyehiro (1932) による

入れられない。」と、今村の推算値には問題があり、加速度計の開発とそれによる観測が必要であることも指摘している (Suyehiro, 1932)。

これら以外に普通地震計 (倍率 5 倍) および 1 倍強震計による記録もある (今村, 1924)。前者は S 波到達後に振り切れ描針が飛んで主要動部を描いていないが、後者は主要動も部分的に記録している。この 1 倍強震計は教室強震計とも呼ばれ、固有周期は 4 秒とされている (今村, 1926)。この記録は従来ほとんど引用されていなかった

が、その理由は紙送りの速度にむらがあったためと推測される。しかし、この記録を数値化して、今村式2倍強震計や大森式地震計の記録と比較すると対応がよく、信頼性のあるデータと考えられる(翠川・三浦, 2020)。図6に示すように、EW成分やUD成分は主要動到達直後に地震計の描針が飛んで記録が欠落しているが、NS成分は主要動の途中まで記録されており、振り切れる直前では片振幅約13cmを示している。これらの記録から、東京・本郷での地震動の変位振幅は片振幅で10数cmを大きく上回るものだったものと考えられる。

4. 振り切れた記録からの地震動の復元の試み

以上示してきた関東地震の東京での記録はいずれも振り切れているが、振り切れた記録からの地震動の復元の試みもなされている。横田ほか(1989)は、今村式2倍強震計の記録の飽和した波形(EW成分)を可能な限り修復するとともに地震計の周期特性の補正を行って、関東地震の際の東京の長周期地震動の特性を推定することを試みている。図7の最上段に示す読み取った波形が3cm程度で飽和しているのに対して、2段目に示した衝突部を復元した波形は約25cmの最大振幅を示している。これに地震計の特性補正を行って得られた変位波形、速度波形および加速度波形が図の3~5段目である。最大変位は約15cm、最大速度は約25cm/s、最大加速度は約200cm/s²となっている。ただし、速度および加速度波形を算出する際には周期2秒以下の成分がカットされている。

同様の検討として、Morioka(1980a)はユーイング強震計の記録の振り切れた波形(SW-NE成分)を修復し地震計の特性を補正して地動を推定している。図8の最上段に修復した波形を示す。図のA、DおよびFが地震計の描針が記録紙をはみ出した区間で、この区間の波形は前後の波形から復元されている。図のB、CおよびEは波形がかすれているために補完した区間である。図の2~4段目は、地震計の特性補正を行って得

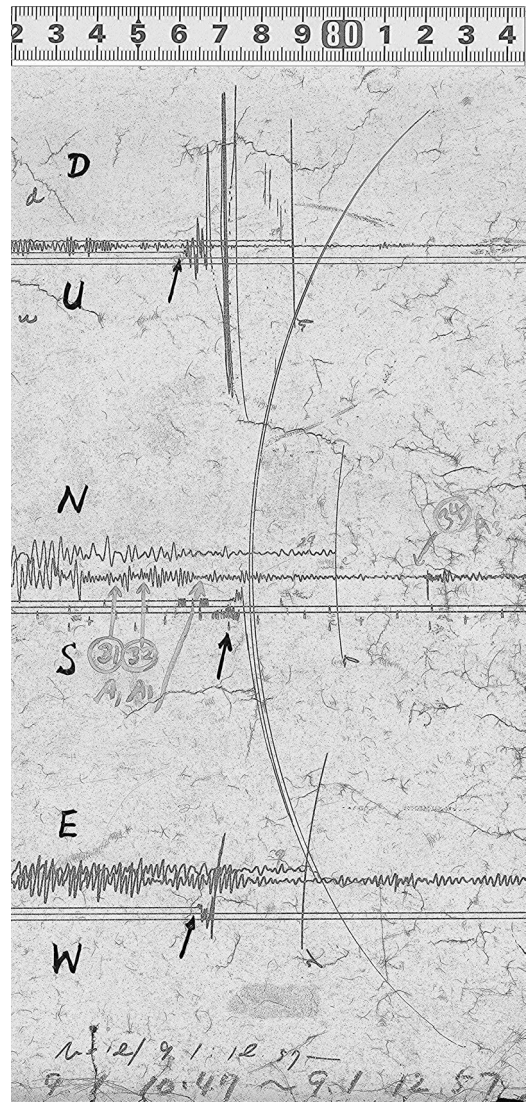


図6 1倍強震計による記象。翠川・三浦(2020)による

られた加速度波形、速度波形および変位波形である。最大加速度は約400cm/s²、最大速度は約40cm/s、最大変位は約50cmとなっている。

この結果と前述の横田ほか(1989)の結果は大きく異なる。この原因として、Takeo and Kanamori(1992)は、今村式強震計の記録は主要動部に波形の欠落部分があることや振子が激しい衝突をしたことにより正確な修復は非常に困難であること、ユーイング強震計の記録は地震計の固体摩擦の影響が大きく正確に修復されていないこと

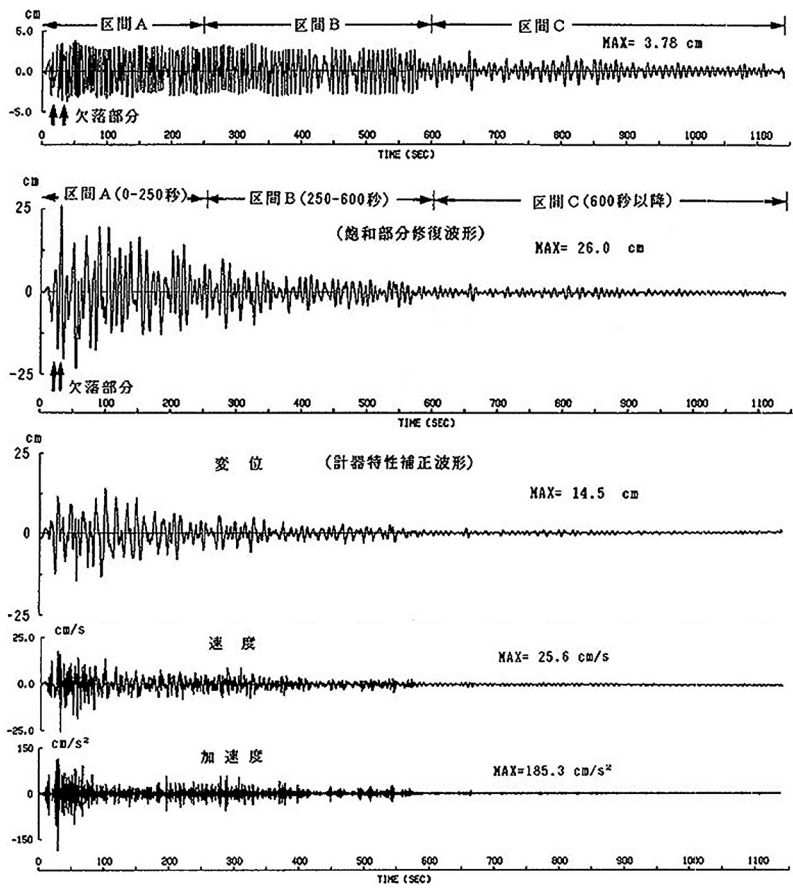


図 7 今村式 2 倍強震計による記録の復元波形. 上から, 読取波形, 衝突修復波形, 地動変位, 速度, 加速度. 横田ほか (1989) による

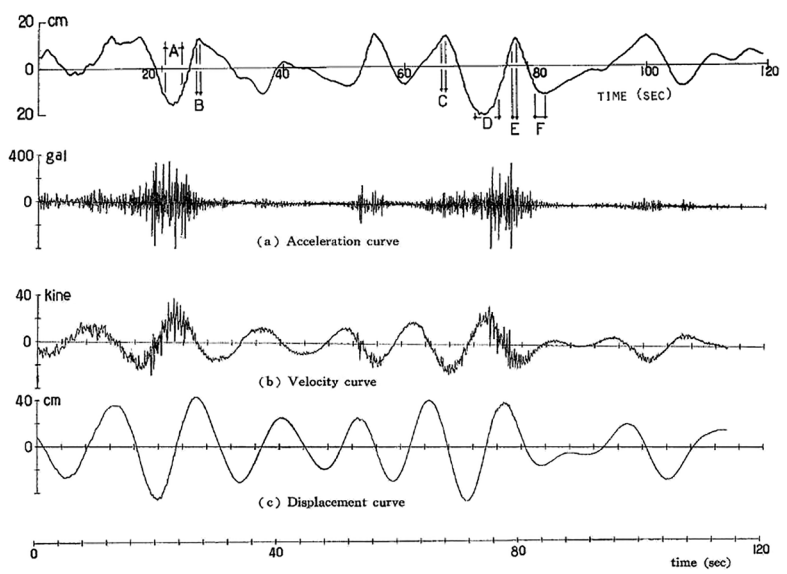


図 8 ユーイング強震計による記録の復元波形. 上から, 読取波形, 地動加速度, 速度, 変位. Morioka (1980a) による

を指摘し、両者の修復結果には問題が残されていることを示唆している。

そこで、翠川ほか (2022) は、ユーイング強震計の記録を再検討している。まず地震計の特性について再検討し、1) この地震計の固体摩擦の値が通常地震計とは異なり 5 cm 程度と大きいものと推定されること、2) 記録円盤の回転時間は時期により変動し、関東地震時には、1931 年に那須により測定された 120 秒とは異なり、40~70 秒と短かったものと推定されること、を示した。

そのうえで、原記象を読みとり、波形の振り切れた部分を前後のデータから外挿して求め、振子が衝突したと考えられる部分はその影響を補正して、読取修復波形が作成されている。以下に示すものは回転時間を 70 秒とした場合のものである。

ユーイング強震計の読取修復波形を前述の他の地震計の記録と比較して図 9 に示す。ユーイング強震計の振子の方位が南北、東西から 45 度ずれているので、座標変換し南北、東西の波形にしている。図で横に引いた点線は、地震計のストッパーにより波形が飽和したと考えられる箇所を示している。それぞれの地震計の固有周期が異なるために、波形には多少の違いがみられるものの、ユーイング強震計の波形と飽和するまでの他の地震計の波形とはおおむね対応している。また、他の地震計の記録が飽和した後もユーイング強震計は波形を記録し続けていることが確認できる。

翠川ほか (2022) では、さらに読取修復波形に対して地震計の特性を補正して地動の加速度、速度、変位が求められている。図 10 および 11 はそれぞれ SW-NE 成分および SE-NW 成分に対する結果で、上から読取修復波形、特性補正して得られた加速度波形、速度波形、変位波形を示す。図には、横棒で、波形が振り切れて外挿された区間や大振幅の区間も示されている。図 10 に示す SW-NE 成分については、最大変位は 40 cm 程度、最大速度は 40 cm/s 程度、最大加速度は短周期成分の精度が低いことから参考値ではあるが 300 cm/s^2 程度の値となっている。

図 11 に示す SE-NW 成分は振り切れた区間が多数あり、SW-NE 成分に比べて原波形に不完全

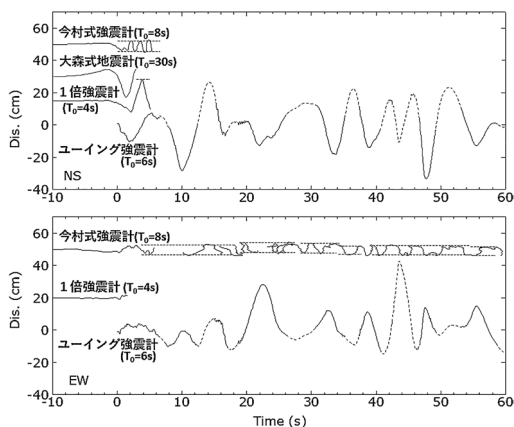


図 9 ユーイング強震計による波形と他の地震計による波形の比較

な部分が多い。また、読み取った振幅が 30 cm をこえる大振幅部があり、SW-NE 成分に比べて振幅が大きい。地震計の特性補正をして得られた最大変位は 60 cm 程度、最大速度は 60 cm/s 程度となる。なお、復元された波形を見ると 45 秒前後の時刻で波形がぎくしゃくとして不自然に見える。この時刻は図の最上段に示す読取波形で振幅が 30 cm をこえる大振幅部で、読み取った波形もスムーズではない。この原因として、振子の性能限界をこえて振子が複雑な挙動をしたことが可能性として指摘されている。

復元された記録の応答スペクトル ($h=0.05$) を図 12 の実線で示す。ピークは、SW-NE 成分では周期 10 秒弱に、SE-NW 成分では周期 4~5 秒および 10 秒強付近にみられる。周期 2~10 秒でのスペクトル振幅は、SW-NE 成分では 30~80 cm/s 程度、SE-NW 成分では 60~100 cm/s 程度の値を示し、SE-NW 成分のほうが大きい。この結果は、図の点線で示す Morioka (1980a) の復元結果や横田ほか (1989) の今村式 2 倍強震計からの復元結果に比べて大きなものとなっている。

図には、2011 年東北地方太平洋沖地震で東京・本郷で観測された記録の応答スペクトルも一点鎖線で示している (鹿嶋ほか, 2012)。この記録の応答スペクトル ($h=0.05$) は周期 0.2~10 秒でおおむね平坦で、翠川ほか (2022) による結果の 1/3 ないし 1/2 程度の 20~40 cm/s の値を示して

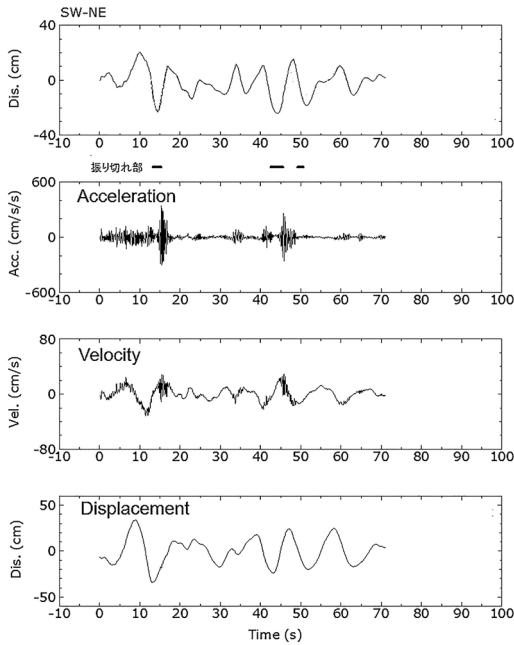


図 10 ユーイング強震計による記録のSW-NE成分の復元波形。上から、読取波形，地動加速度，速度，変位。翠川ほか（2022）を改変

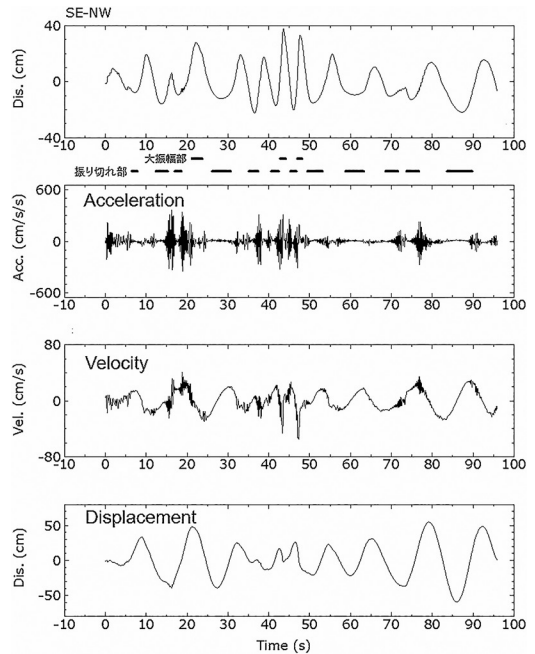


図 11 ユーイング強震計による記録のSE-NW成分の復元波形。上から、読取波形，地動加速度，速度，変位。翠川ほか（2022）を改変

いる。この地震での東京・大手町の計測震度は5.1で、関東地震での東京（中央气象台）の震度はVIであり、東北地方太平洋沖地震での揺れは関東地震での揺れのおよそ1/3程度の大きさだったと考えられる。このことは翠川ほか（2022）による復元記録の妥当性を支持している。

なお、以上は記録円盤の回転時間を70秒とした場合について示したが、推定される回転時間には40~70秒と幅がある。そこで、回転時間を40~70秒にした場合の応答スペクトルの変化を図13に示す。周期1~5秒程度の範囲では回転時間を短くするとスペクトル振幅は増大する傾向があり、図10~12に示した回転時間70秒の場合より地震動は大きかった可能性もある。なお、回転時間40秒の場合より70秒の場合の結果のほうが今村式2倍強震計の記録と整合性が高いこと（翠川ほか，2022）から、70秒や60秒の場合の結果に重みをつけて平均したスペクトルも参考までに図のグレーの破線で示してある。

この復元結果には、地震計の特性や振り切れ部の推定に確定的でない点があること等から、不確

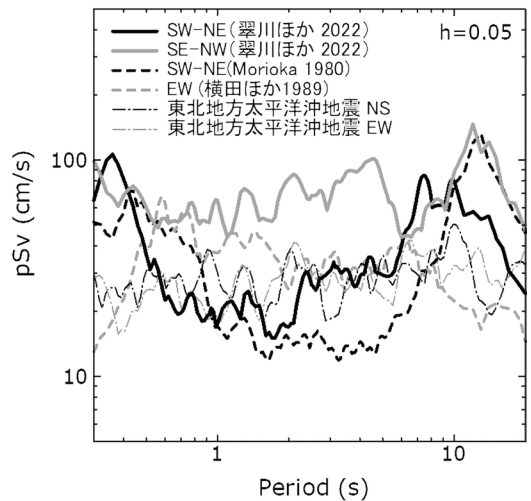


図 12 復元記録の速度応答スペクトル。実線は翠川ほか（2022）による結果，点線はMorioka（1980a）および横田ほか（1989）による結果，翠川ほか（2022）を改変

定性を含むものではあるが、関東地震での東京・本郷での地震動は、オーダー的に、最大速度で50 cm/s程度，最大変位で50 cm程度，周期1~

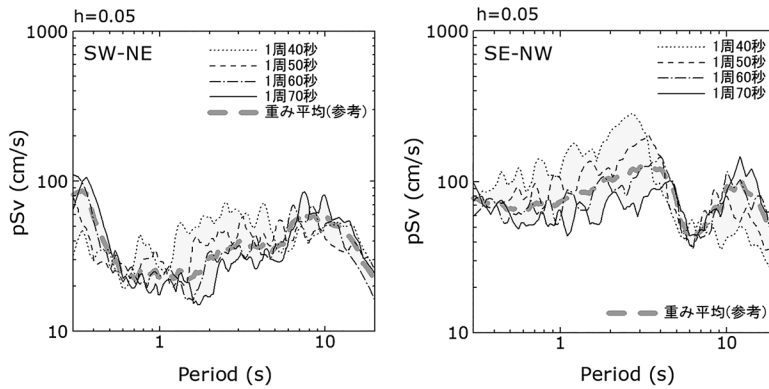


図 13 記録円盤の回転時間を変えた場合の復元記録の速度応答スペクトル。翠川ほか（2022）を改変

10 秒の速度応答スペクトル振幅 ($h=0.05$) で 100 cm/s 程度の強さであったとざっと考えてもよさそうである。これは、建築基準法での耐震設計用スペクトルと同程度ないしやや大きいものである。また、前述の横田ほか（1989）や Morioka（1980a）による結果は過小評価の恐れがあることを示唆している。

5. おわりに

これまで述べてきたように、関東地震の東京・本郷での振り切れた地震記録から地震動の強さの推定が行われてきた。当初は、今村式 2 倍強震計による記録の振り切れる直前の変位振幅と周期から 0.1 g という加速度が推定され、振り切れ後は変位は全振幅で 20 cm にも達したであろうとの推測もなされた。

その後の検討や同地点での他の低倍率地震計の記録から、地震動の振幅はより大きかったとの指摘がなされた。さらに、振り切れた記録から地震動を復元する試みがなされ、波形やスペクトルが推定された。このように振り切れた古い記録の分析が進み、その特性についての理解が深まっている。

大地震の発生頻度は低く、その記録は稀にしか得られない。そこで、古い大地震の記録を見直すことの重要性は以前から認識されており、古い地震記録の整理が進められてきた。しかし、その分

析は十分には進められていないのが現状である。武村（2003）も指摘しているように、過去の記録の価値は、その後の学問や技術の進歩によって上がってゆく。今後、複雑な波形の数値化技術や欠落部の修復技術などの高度化が進めば、古い地震記録の解析がより容易となり、大地震時の地震動に関する分析がさらに進んでいくことを期待している。

謝辞

図の作成に際し、広島大学三浦弘之准教授のご協力をいただいた。

参考文献

- 今村明恒. 1924. 大地震調査日誌. 地震講話, 岩波書店, 135-291.
- 今村明恒. 1925. 関東大地震調査報告. 震災予防調査会報告, 第 100 号 (甲), 21-65.
- 今村明恒. 1926. 地震計測整備の一斑. 東京大学地震研究所彙報, 1, 7-25.
- Imamura, A. 1937. Analysis of seismograms. Theoretical and Applied Seismology, Maruzen, pp. 265-269.
- 石本巳四雄. 1935. 大正 12 年関東地震の震害. 地震とその研究, 古今書院, pp. 111-113.
- 鹿嶋俊英・小山 信・大川 出. 2012. 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震における建物の強震観測記録. 建築研究資料, 135, 145 pp.
- 翠川三郎・三浦弘之. 2020. 1 倍強震計による東京・本

- 郷での1923年関東地震の地震記象. 日本地震工学会・大会—2020梗概集, 論文番号B-5-5.
- 翠川三郎・三浦弘之・山田 眞. 2022. ユーイング円盤記録式強震計による1923年関東地震の記象の解析その2 地震計の特性の検討に基づく地動の推定. *日本地震工学会論文集*, **22**, 16-35.
- Morioka, T. 1980a. The ground motion of the great Kwanto earthquake of 1923. *日本建築学会論文報告集*, **289**, 79-91.
- Morioka, T. 1980b. Investigation of the ground motions of past major earthquakes from the viewpoint of the earthquake engineering. *早稲田大学博士論文*, 119 pp.
- 武藤 清. 1969. 震災と構造学の発展, *建築年報* 1969年, 3-6.
- 那須信治・森岡敬樹. 1979. 関東大地震の地動を追跡して, 「関東大震災時の地動波形による一戸建民家の振動実験」資料. 3-5.
- Suyehiro, K. 1932. Engineering seismology, Notes on American lectures. *Proc. Am. Soc. Civil Eng.*, **38** (4), 9-110.
- 武村雅之. 2003. 関東大震災—大東京圏の揺れを知る. 鹿島出版会, 139 pp.
- Takeo, M. and Kanamori, H. 1992. Simulation of long-period ground motions for the 1923 Kanto earthquake ($M=8$). *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **67**, 389-436.
- 横田治彦・片岡俊一・田中貞二・吉沢静代. 1989. 1923年関東地震のやや長周期地震動—今村式2倍強震計による推定. *日本建築学会構造系論文報告集*, **401**, 35-45.

翠川三郎

[みどりかわ さぶろう]

現職 東京工業大学名誉教授

研究分野 地震工学

略歴 東京工業大学大学院博士課程修了, 同 助手, 同 助教授, 同 教授, チリ・カトリカ大学客員教授, 2018年4月より現職

著書 地震動(地盤工学会), 都市震災マネジメント(朝倉書店), 強震動(朝倉書店)など

関東地震の火災被害に関する教訓と それから 100 年後の現代都市に与える示唆

廣井 悠

1. はじめに

いまから 100 年前の 1923 年 9 月 1 日に発生した関東大震災は 105,000 人にも及ぶ人的被害が出たと推定されており、犠牲者の大部分は火災によるものであった。その具体的な被害は、内閣府による「災害教訓の継承に関する専門調査会」報告書に詳しい（内閣府、2006）。たとえば表 1 は関東大震災時の住家被害数や死者数を示したものだが、これをみると東京市や横浜市における建物被害の多くは火災によるものであり、特に死者・行方不明者はほとんどが火災に伴って発生している⁽¹⁾。このなかで特に大きな被害を呈した東京市の死者・行方不明者および焼失面積を区別に示したものが表 2、3 である。これらを見ると、たとえば日本橋区は 100% 燃えているが、麻布区は 0.04% しか焼失していないなど、同じ東京市でも地域による差がきわめて大きい。そして、このように延焼被害が甚大であった場所では死者・行方不明者がとりわけ多く、特に本所区は飛び抜けて犠牲者が多い。これらのデータからも、当時の東京市 15 区の東部地域は燃え尽くされ、それによって少なくない人的被害が発生したということがわかる。

この災害から今年で 100 年が経つ。この間、関東大震災後の帝都復興計画をはじめとして、わが国では特に広域火災への対応を考えながら市街地整備が継続的に行われたことは多くの人の知るところであり、地震時を除いた平常時の都市大火⁽²⁾は、1976 年の酒田大火を最後に発生していない。それでは建物の耐火性能も向上し、不燃の橋や避難場所も確保され、そして近代的な消防組織を有

するわが国の現代都市で、関東大震災のような甚大な火災被害は今後発生するのであろうか。実は、この問いに対して確定的に答えることは専門家でもやや困難といえるかもしれない。これは地震火災予測技術に伴う大きな不確実性が主たる理由となる。一般に、地震火災による被害は地震発生時の時刻や季節、気象条件などのパラメータに大きく依存することが知られている。ところがこのようなパラメータは、現代の技術では容易に事前予測することが困難である。つまり、地震火災による被害は本質的に多くの不確実性を含む。また地震火災被害の事前予測は、再現期間の長さに伴う課題も同時に有している。上記のように地震火災による被害の様相は、時刻や気象条件によって大きく異なる。しかしながら、地震火災による甚大な被害事例はその不確実性の高さゆえ、関東大震災、福井地震、阪神・淡路大震災、東日本大震災などごくわずかにすぎない。たとえば筆者らの調査によれば、東日本大震災では 398 件の地震火災が発生しており、その内訳は電気による火災が多く、大規模延焼は少なく、人的被害はごくわずか、という傾向が見られた（津波火災を除く）（日本火災学会、2016）。しかしながらここで得られた被害様相が「現代都市」における地震火災被害の特徴なのか、それとも「東北地方」という地域性に伴う特徴なのか、あるいは「春かつ昼間で風速が遅い」という時刻・季節・気象条件による特徴なのかを切り分けるのは困難である。他の災害研究者と同じく、われわれ地震火災を研究する立場においても災害調査は重要であるが、事前の被害予測を行う際には、このように偏った、またかなり昔のものも含めた、そしてごくわずかなデータ群を参考に、不確実性の高い現象を予測し

表 1 関東地震による住家被害棟数および死者数の推計

府 県	住家被害棟数							死者数(行方不明者含む)				
	全潰	(うち) 非焼失	半潰	(うち) 非焼失	焼失	流失 埋没	合 計	住家 全潰	火災	流失 埋没	工場等 の被害	合 計
神奈川県	63577	46621	54035	43047	35412	497	125577	5795	25201	836	1006	32838
東京都	24469	11842	29525	17231	176505	2	205580	3546	66521	6	314	70387
千葉県	13767	13444	6093	6030	431	71	19976	1255	59	0	32	1346
埼玉県	4759	4759	4086	4086	0	0	8845	315	0	0	28	343
山梨県	577	577	2225	2225	0	0	2802	20	0	0	2	22
静岡県	2383	2309	6370	6214	5	731	9259	150	0	171	123	444
茨城県	141	141	342	342	0	0	483	5	0	0	0	5
長野県	13	13	75	75	0	0	88	0	0	0	0	0
栃木県	3	3	1	1	0	0	4	0	0	0	0	0
群馬県	24	24	21	21	0	0	45	0	0	0	0	0
合 計	109713	79733	102773	79272	212353	1301	372659	11086	91781	1013	1505	105385
(うち)												
東京市	12192	1458	11122	1253	166191	0	168902	2758	65902	0	0	68660
横浜市	15537	5332	12542	4380	25324	0	35036	1977	24646	0	0	26623
横須賀市	7227	3740	2514	1301	4700	0	9741	495	170	0	0	665

内閣府 (2006) および諸井・武村 (2004) より引用。

表 2 東京市各区および東京都の死者・行方不明者数

区	竹内六蔵							緒方惟一郎							内務省	
	死者数				行方不明者数			死者数				行方不明者数			死者数	行方不明者数
	男	女	不詳	計	男	女	計	男	女	不詳	計	男	女	計		
麹町区	71	33		104				71	33		104	214	92	306	95	42
神田区	356	391	96	843				360	392	96	848	144	90	234	1055	464
日本橋区	153	115	41	309				173	131	42	346	181	215	396	788	401
京橋区	160	100	36	296				170	100	36	306	101	103	204	584	335
芝区	165	82	23	270				165	82	23	270	9	10	19	361	133
麻布区	13	22		35				13	22		35				140	45
赤坂区	27	49		76				27	49		76	1		1	112	30
四谷区	2	2		4				2	2		4	3		3	68	35
牛込区	19	34		53				19	34		53	4	4	8	150	53
小石川区	164	52		216				164	52		216	106	74	180	191	63
本郷区	30	15	10	55				30	15	10	55	20	46	66	218	102
下谷区	114	83	11	208				114	83	5	202	55	51	106	577	314
浅草区	284	715	1245	2244				421	863	1242	2526	1372	1121	2493	2597	1070
本所区 ^{*)}	4503	3856	40134	48493				4403	3856	40134	48393	12453	13419	25872	48393	6105
深川区	1137	1101	593	2831				1139	1091	527	2757	3687	2719	6406	2775	1364
水上	1104	1262	17	2383				1104	1262	17	2383					
東京市計	8302	7912	42206	58420	17352	17469	34821	8375	8067	42132	58574	18350	17944	36294	58104	10556
郡部	759	1019		1778	2458	2025	4483	787	1059		1846	174	166	340	1489	348
東京都計	9061	8931	42206	60198	19810	19494	39304	9162	9126	42132	60420	18524	18110	36634	59593	10904

*うち被服廠跡の死者:男2574,女2179,性不詳39277,合計44030(竹内)

内閣府 (2006) および諸井・武村 (2004) より引用。

表 3 東京市各区分別焼失面積

	全面積(m ²)	焼失面積(m ²)	焼失割合(%)
麹町	8,159,015	1,810,714	22.19
神田	3,073,898	2,885,732	93.88
日本橋	2,964,390	2,964,390	100.00
京橋	4,545,296	3,905,223	85.92
芝	9,389,808	2,236,403	23.82
麻布	3,971,544	1,544	0.04
赤坂	4,226,030	305,385	7.23
四谷	2,771,597	60,152	2.17
牛込	5,211,590	3,084	0.06
小石川	6,494,823	265,283	4.08
本郷	4,827,547	851,375	17.64
下谷	5,045,018	2,406,063	47.69
浅草	4,807,498	4,613,160	95.96
本所	6,076,846	5,759,124	94.77
深川	7,933,421	6,596,618	83.15
計	79,498,321	34,664,251	43.60

内閣府（2006）および緒方（1925）より引用。

なければならない。もちろん地震火災研究分野においても、被害データを用いた経験的な手法（たとえば出火件数予測でいえば、河角式、水野式、難波式など）のみならず、実験などを経た演繹的な手法（たとえばミクロレベルの出火確率を積み上げて火災危険度を評価する東京消防庁の方法など）などを用いて予測を行う取り組みはある。しかしこれは、必ずしも十分な検証がなされたものではない。そしてこのような限界を前提としたり、あるいは、ある仮想的なハザードや時刻・気象条件を想定しながら生み出されたものが、被害想定で明らかにされる数字である⁽³⁾。したがって、火災被害において被害想定とまったく同様の被害が発生すると信じきっている専門家はおそらく皆無といえるだろう。このため、被害想定などで現代都市の火災安全性能を「大学入試の模擬試験的に」確認する作業と同じく、過去の災害における教訓を把握し、相対的な評価に基づいて現在都市への示唆を得ようとする行為は、地震火災被害を考える上で重要な作業に違いない。

さて、原稿執筆時において直近の市街地火災事例としては、2016年12月に強風下の新潟県糸魚川市で発生した大規模火災があげられる。この火災は死者こそ発生しなかったものの、結果として約4haの焼失被害に至ったものであり、わが国の市街地にはいまだ大規模火災のリスクが残り続けていることが示唆された。ただ、地震時の火災

はこのような平常時の火災に比べて、出火件数から対応の困難性まで状況はより深刻となる。それでは直近の大規模な地震火災事例はどうであろうか。代表的な例としては、1995年に発生した阪神・淡路大震災や2011年に発生した東日本大震災がある。しかし阪神・淡路市大震災時は風速が遅く、東日本大震災の主な被災地はそこまで都市・人口が集積している地域とはいえない。このため、上記の大規模火災や地震火災のみをもって、東京や大阪、名古屋などが国の大都市における地震火災被害を論じる行為には不安が残る。

したがってここでは、あえて100年前における関東大震災時の市街地と現代市街地を火災リスクの観点から比較することで、現代都市で約10万人が亡くなったといわれる関東大震災に匹敵するくらいの人的被害は発生するかどうかを論じることとしたい。なお、地震火災の被害量は「出火」、「延焼」、「消火」、「避難」の4変数で決まると一般に考えられている。そのためここでは、この4変数を関東大震災時の市街地と現代の市街地において比較することで、地震火災リスクという視点から、両時代の市街地における火災安全性能を比較してみることにしたい。

2. 地震による「出火」件数は増えているのか

地震火災の被害量を規定する最初の変数は「出火」である。一般に、地震時は火源（電気の火花等）と着火物（漏れているガス等）が同一空間内で重なりやすく、出火しやすいことが知られており、関東大震災時も数多くの火災が発生している。表4は東京市各区の出火件数を示したものである。文献によってその数は多少異なるが、たとえば東京震災録のデータだと東京市全体で134件の出火が発生しており、そのうち42.5%が初期消火されているとはいえ、消防力を超えた火災が発生している⁽⁴⁾。さて、このときの出火原因は竈、七輪、火鉢などであるため、現代都市における対策の参考にはしにくい。数による比較は重要である。たとえば内務省社会局（1926）によれば、当時の東京市の世帯数は483,000世帯であるか

表 4 東京市各区の出火件数

		麹町	神田	日本橋	京橋	芝	麻布	赤坂	四谷	小石川	牛込	下谷	浅草	本郷	本所	深川	計
東京震災録	発火場所	10	12	2	10	9	1	4	1	7	5	12	23	10	17	11	134
	延焼せしもの	7	10	2	3	2		3	1	2	1	4	19	2	13	8	77
	即時消し止めたもの	3	2		7	7	1	1		5	4	8	4	8	4	3	57
震災予防調査会	発火場所	6	7	2	8	4		2	1	3	5	6	26	4	12	12	98
	延焼せしもの	6	6	2	2	2		2	1	3	1	1	22	2	12	9	71
	即時消し止めたもの		1		6	2					4	5	4	2		3	27

内閣府（2006）、井上（1925）および東京市（1926～1927）より引用。

ら、東京市における1万世帯当たりの出火件数（以降ではこれを出火率と定義する）は2.77となる。他方で、近年の地震における出火率は震度6強以上の地域を抽出しても、東日本大震災で出火率0.44（津波火災以外）（廣井，2015）、熊本地震で出火率0.24となる（廣井ほか，2020）。出火件数は発災の季節や時間帯によって大きく異なるため、このデータのみで出火率の多寡を断定することは慎重になるべきだが、やや減少傾向にあると見ることもできる。これは火気使用環境の大きな変化はもとより、火気器具における転倒出火防止措置のみならず、マイコンメータや感震ブレーカーの普及が進んでいるためと考えられる。

一方で、割合ではなく件数の比較となると、やや状況は異なる。たとえば、関東大震災時に東京市全体で134件であった総出火件数は、阪神・淡路大震災では285件、東日本大震災では398件が報告されており、また首都直下地震の被害想定でも何百件クラスの出火件数が想定されるなど、出火件数の絶対値が大きく減じることはない。この理由は現代都市の曝露量が増加していること、つまり100年前の市街地と比べて、人口や規模が爆発的に増えているためと推察される。たとえば関東大震災時の東京市の人口は約250万人といわれるが、現在の東京都は当時よりも市街地が連坦しており、人口も2022年時点で1,404万人と5.6倍以上である。図1は筆者が東日本大震災時の地震火災データを一般化線形混合モデル（GLMM：Generalized Linear Mixed Model）にあてはめて出火件数予測式（廣井式）を作り（廣井，2015；日本火災学会編，2018）、確率論的地震動予測地図（J-SHIS）のデータを用いて、2次メッシュ内

で30年の間に地震火災が発生する確率を計算した地図である（津波火災は除く）。東日本大震災のデータを用いているため「春かつ昼間で風速が遅い」「建物倒壊に伴う大規模延焼はあまりない」といった偏りのあるデータを集計したものにすぎないが、これまで直近で多くの地震火災があった場所に比べ、東京・名古屋・大阪を代表とした大都市は出火リスクが非常に高いことが確認できよう（廣井，2015）。つまり世帯当たりの出火率はたとえ減ったとしても、曝露量が激増している現代都市においては、単位面積当たりの出火件数が増加していることも十分考えられる。

また、関東大震災時には、飛び火によって火災が道路や市街地あるいは河川を跨いで延焼している。このように、飛び火で何百mも先に延焼する事例は静岡大火、鳥取大火、能代大火など、過去にも多く発生している。このリスクは、建築物の不燃化（特に屋根材）がある程度すすんだことで、だいぶ減少したと一般には思われていた。しかしながら、前述した糸魚川市大規模火災では出火点が一点であったにもかかわらず、強い南風という気象条件もあいまって多数の飛び火が発生し、10m前後の幅員を有する道路を越えて延焼した形跡も確認された。地震時は建築物の開口部等が損傷する、屋根瓦が大きくずれることなどを考えると、このような飛び火による出火リスクも、いまだ現代都市は克服し尽くせていないと考えるのが自然であろう。

以上の点からも、「出火」という変数に限っては、現代都市の地震火災リスクは、関東大震災時よりも大きく改善しているとはいえない状況が確認できる。

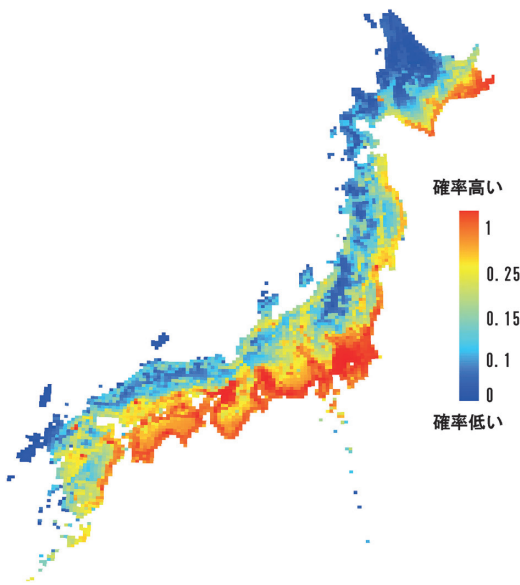


図 1 確率論的地震出火予測値図 (30 年以内に 2 次メッシュ内で地震火災が 1 件でも発生する確率)

3. 現代都市の「燃えやすさ」はどう変わっているのか

つぎの変数は延焼、つまり都市の「燃えやすさ」である。関東大震災当時の都市構造を概説すると、建築物はほとんどが木造であり、また橋も多くが木造であるか、鉄橋であっても敷板に木材を使ったものもあったため、後者は特に避難行動の大きな阻害要因になっている。さて、100 年前の関東大震災時と比べて現代都市は不燃化が進んでいるが、わが国にはまだまだ広域火災が懸念される地域が数多く残されている。たとえば 2012 年に国土交通省は住生活基本計画（全国計画）において「地震時に著しく危険な密集市街地」約 6,000 ha を公表し、2020 年度までにこれらをおおむね解消するとの目標を定めていたが、いまだ数少ない数の密集市街地が残されている。それでは、このような密集市街地における「燃えやすさ」はどの程度変化しているのか、量的な比較をしたい。一般に建蔽率や木造建物率などの市街地性能から延焼速度を求める式は延焼速度式と呼ばれ、浜田

式などがよく知られている。ここでは簡単のため、東京消防庁が開発した東消式 2001 を用いて、過去と現在の密集市街地を比較する。さて、この延焼速度式のもとでは、風速 6m/s の条件下では、関東大震災前の浅草の市街地（建蔽率 55%、道路率 15%、木造率 90%、防火造率 10%、準耐火率 0%、耐火率 0%）は火災の初期段階において約 60m/h という延焼速度が導ける。一方、現在の京島の市街地指標（建蔽率 50%、道路率 15%、木造率 15%、防火造率 60%、準耐火率 10%、耐火率 15%）から同じく延焼速度を計算すると、約 42m/h という数値が得られる。つまりこの計算から、現代市街地の燃えにくさは、関東大震災時から「三分の二くらいの延焼速度になった程度」という評価ができそうである。ここで 2016 年末の糸魚川市大規模火災を思い出してみたい。この火災の焼失範囲は、道路なども含めるとヘクタールあたり 40 棟ほどの建物密度であることが分かっている。他方で国土交通省は密集市街地を「ヘクタールあたり 60 棟以上で老朽住宅棟数率 50% または木造住宅棟数密度がヘクタールあたり 50 棟以上の地区を基本とした防災上危険と判断される市街地」と定義しており、これらは東京や大阪をはじめとしてわが国にまだ数多く残されている。すなわち、わが国には糸魚川市大規模火災の被災エリアを上回る密度で、なおかつ関東大震災時から三分の二くらい燃えるスピードが遅くなっただけの「燃えやすさ」を持った密集市街地がいまだ数多く存在しているという事実が浮かび上がってくる。

一方で密集市街地での延焼以外にも、地震時における新たなタイプの被害が顕在化しつつある。筆者らの調査によれば東日本大震災時、揺れに伴う建物火災の約 4 割が 4 階以上の建物内で発生していることがわかっている（廣井、2015）。他方で仙台市の調査によれば、東日本大震災時の仙台における中高層建築物のうち約 50% のスプリンクラーに、また約 30% の防火戸が機能不全を起こしていたことが判明している（日本火災学会、2016）。つまり大規模地震発生時には、平常時にわれわれを建物火災から守ってくれる防火設備・

表 5 熊本地震と大阪府北部地震および東日本大震災の初期消火率

	震度	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7
熊本地震	初期消火成功	-	-	-	0	0	1	0
	消防活動	-	-	-	2	1	5	1
	自然鎮火	-	-	-	0	3	0	0
	初期消火成功率	-	-	-	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%
大阪府北部地震	初期消火成功	-	-	3	1	-	-	-
	消防活動	-	-	2	1	-	-	-
	自然鎮火	-	-	0	0	-	-	-
	初期消火成功率	-	-	60.0%	50.0%	-	-	-
東日本大震災	初期消火成功	2	0	5	6	9	4	-
	消防活動	0	0	13	30	20	12	-
	自然鎮火	0	1	2	4	2	1	-
	その他(不明など)	0	1	18	15	22	8	-
	初期消火成功率	100.0%	0.0%	25.0%	15.0%	29.0%	23.5%	-

消火設備が揺れによって機能不全を起こしてしまう、万一そこで火災が発生してしまうと、千日デパートビル火災などに代表される過去のビル火災が震災時に再現されてしまうという可能性も考えられる。筆者はこれを「震災時ビル火災」と呼んでいるが、いずれにせよ 100 年前の市街地と現在の市街地を「延焼」という切り口から比較した場合、燃えにくさは多少改善されたものの、延焼速度が多少遅くなった程度であり、また震災時ビル火災のような新しいリスクも顕在化しつつあり、いまだ予断を許さないという現状が示唆される。

4. 地震火災時の「消火力」は どれだけ上がったのか

3つめの変数は「消火」であるが、この能力は 100 年前と比べて大幅に向上している。特に、わが国が消防の常備化率を飛躍的に向上させた 1970 年前後以降に都市大火は激減している。このことから、平常時の都市大火が酒田大火以降約 50 年発生していない主な理由は、市街地の不燃化よりむしろ公設消防の充実によるところが大きいと考えられる。しかしながら、都市部における大規模地震時は同時多発火災となる可能性が高く、現代消防においても火災の同時多発に十分対応できる資源が準備されているわけではない。さらに大都市部においては、東日本大震災時における東京と同じように、帰宅困難者が自動車で一斉帰宅を試みる、多くの人が都心部へ家族を自動車で迎えに行くなどで車道の深刻な交通渋滞が発生し、消防の現場到着時間も大幅な遅延が予想され

る⁽⁵⁾。したがって、平時は常備消防の充実によって大火は激減したが、地震時にはそのかぎりではない。

このような状況のなかでは初期消火にその解決策を求めたくなるものの、地域住民などが行う初期消火についても、地域コミュニティの機能不全などにより、関東大震災時よりも効果的に働くとは言いにくい。たとえば筆者は近年の地震火災に関する初期消火を継続的に調査しているが、この結果を見るかぎり、地震時に初期消火ができた事例は実際にはごくわずかである。表 5 は東日本大震災（津波火災は除く）と熊本地震（前震もしくは本震に起因して発生したもの）、および大阪府北部地震の調査データを用いて、全体の火災件数（不明は除いたため、初期消火成功と消防活動と自然鎮火の和）のうち初期消火に成功した火災の割合を初期消火成功率と定義し、まとめたものである（日本火災学会編、2018）。大阪府北部地震においては自衛消防組織が初期消火に成功しているものの、これを見るかぎり、強震時における自助・共助による初期消火は継続的な訓練を行わないかぎり、現実には難しいものとみることができよう。

5. 地震火災からわれわれは逃げる ことができるのか？

最後の変数は「避難」である。100 年前の関東大震災時から得られる避難に関する教訓はさまざまであるが、代表的なものとしては 2 種類の教訓があげられる。1つは避難方法に関する教訓であり、関東大震災の猛火から家財道具を持って避難した人が多かったため、これが延焼を助長して甚大な被害に繋がったというものである⁽⁶⁾。もう 1 つの教訓は避難場所の安全性に関する教訓である。関東大震災の主な死者発生パターンとしては、地震発生直後の逃げ遅れのみならず、9 月 1 日 15 時くらいから深川区・本所区などで広域火災に挟まれて逃げ場を失い多数の人が亡くなったことがわかっている（内閣府、2006）。特に後者については、本所区本所横網町の陸軍本所被服廠

表 6 関東大震災時の東京で100人以上の死者が発生した場所

番号	場所	焼死者数	所轄警察署
1	本所被服廠跡	44,030	相生
2	浅草区田中小学校敷地内	1,081	日本堤
3	本所区太平町1丁目46番地先横川橋北詰	773	太平
4	本所区錦糸町駅	630	太平
5	浅草区吉原公園	490	日本堤
6	深川区東森下町109番地先	237	西平野
7	深川区伊予橋際	209	扇橋
8	本所区枕橋際	157	向島
9	本所区緑町3丁目1番地竖川河岸	125	相生
10	深川区東大工町566番地丈六原	113	扇橋
11	神田区神田駅	108	錦町

内閣府，2006；中村，1925.

跡（現在の墨田区横網町公園ほか）での約4万人にも及ぶ人的被害や，17時くらいには神田駅を東西に挟まれて避難した人が亡くなり（神田駅での死者は108人），他にも錦糸町駅（死者630人），吉原公園（490人）など，多くの人が避難した場所で多数の人が亡くなっている（表6）．被服廠跡で発生した火災旋風はよく知られているが，頻繁に報道される火災旋風という現象の恐ろしさよりむしろ，被服廠跡のような多くの人が集まった場所で火災旋風が発生したという点こそが問題と考えられる．



図 2 東京都における避難場所指定（東京都都市整備局，2023）

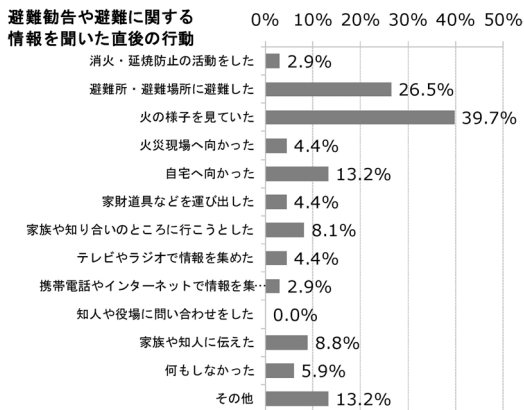


図3 避難勧告や避難の呼びかけを聞いた直後の行動 (N=136, MA) (廣井ほか, 2019)

さて、このような甚大な被害と引き換えに得られた教訓をもとに、わが国では100年の間、火災から命を守る避難場所の整備と、それとともに不燃の橋、広幅員かつ不燃化された避難路などのハード整備を精力的に行ってきた。特に避難場所については、周囲を全面火災に囲まれても計画人口を輻射熱から守るような工学的根拠を基にして設計されており、たとえば東京都は図2のように、緑地確保施策とセットで避難場所を整備して安全性を向上させてきた。このためわが国の都市では、市街地火災からの避難に関するハード性能は劇的に改善された。

しかしながら、避難に関するソフト性能に目を向けてみると、現代都市では高齢化も進んでいるうえ、広域火災からの避難行動に関するリテラシーはかなり衰えている。また風水害や津波の避難と比べて、広域火災からの避難に関する経験もなければ、防災教育はほとんど行われていないという現状もある。たとえば図3は筆者が糸魚川市大規模火災後に避難勧告対象地域で行った避難行動調査の結果であるが(廣井ほか, 2019)、ここでは出火から約2時間後に避難勧告が出たにもかかわらず、火の様子を見ていて避難をしなかった人が避難勧告対象地域の4割にものぼり、また避難をしたとしても多くの人が避難場所ではなく路上の交差点など視界が確保できる場所で待機している。これに対して、何らかの火災対応をしてい

た人や、要援護者の支援をしていた人はそれぞれ1割程度と、ごくわずかであることが判明した。糸魚川の事例は、地震火災時とは異なり平常時の大規模火災であるため、必ずしも火災発生後すぐに避難することが最善の行動とは言いきれず、要援護者の支援や火災対応などに従事する余裕も残されているはずだが、それでもこういった状況である。もし地震火災であっても糸魚川のように火の様子を見て避難しない人が多いとしたら、関東大震災のように、強風下では風向が変わることで飛び火による同時多発状態となり火災に囲まれ多くの人的被害が発生する可能性も捨てきれない。このように、避難に関するソフト性能については関東大震災時よりもだいぶ劣っている可能性もあり⁽⁷⁾、いくらハード性能が改善したとはいえ、避難行動についても地震時を対象とするかぎり、100年前と比べて磐石となっているとはいえない現状がある。

6. おわりに

本稿では、現在の被害想定で考慮されていない点も含め、現代都市の地震火災時における火災安全性能について、それぞれ出火、延焼、消火、避難という4変数から関東大震災当時の比較を行った。紙幅の制限で言及できていない点も多々あるが、これらを個別に単純比較しただけでも、現代都市がまだまだ潜在的に大きな地震火災リスクを有している、つまり近い将来の首都直下地震等においても条件が悪ければ、甚大な被害が発生する可能性があることがわかる。消防力の充実によって平常時の大火を経験することのないわれわれは、ともすれば都市火災リスクを根絶させたような錯覚に陥るが、この100年で都市の火災安全性能が飛躍的に高まっている、というわけでは決してない。市街地の難燃化がますます進み、密集市街地も減りつつあるなかで、典型的なLPHC (Low Probability High Consequences: 低頻度大規模) 型災害である地震火災被害を今後どのように減じていけばよいかはなかなかの難題であるが、目標とする安全水準の再定義も含めた新しい

リスク低減に関する計画論の提案が必要とされよう。

ところで、地域の地震火災リスクは上記の4変数を掛け合わせることで一意に算出されるが、防災まちづくりの立場からはその逆問題を解く、つまり地域の実情に合わせて火災リスクも含めた都市の魅力をも最適化する作業となる。地震火災対策はともすれば甚大な被害量となりうるため、全国の木造密集市街地をゼロにしよう、木造建築物をできるだけなくそうという方向に議論が向かいがちであるが、たとえ木造密集市街地が「延焼」という変数で脆弱であったとしても、「出火」、「消火」あるいは「避難」という別の変数の性能を高めることで補うことが可能である。これはあらゆるリスクに共通と言えるが、過度の安全至上主義にならないよう注意したうえで、最適な4変数のバランスを地域の事情に応じて実現する作業が求められる（中島ほか、2018）。

補注

- (1) より細かくは、東京市の全世帯数のうち73.4%が被害を受けており、うち火災によるものが84.9%となっている。また、横浜市では同様に95.9%の世帯に被害が及んでおり、そのうち火災によるものは66.0%となっている。つまりこの両市では、全世帯の約6割が全焼、総死者の9割が焼死だったことがわかる（内閣府、2006；内務省社会局、1926）。
- (2) 一般に、33,000m²（1万坪）が延焼した市街地火災を「大火」と呼ぶことが多い。
- (3) たとえば、2013年12月に公表された中央防災会議の被害想定によれば、都心南部直下地震による人的被害は、冬の夕方、風速8m/sのケースで約16,000～23,000人と報告されている（中央防災会議、2013）。またこの内訳としては建物倒壊における死者が約6,400人、急傾斜地崩壊による死者約60人、地震火災による死者は約8,900～16,000人であり、幅が大きい。
- (4) たとえば浅草区では19件の延焼火災が発生している一方で、それに対処する消防署の部隊は7隊であったことが知られている。
- (5) 熊本地震では「震災による出勤途上の道路の崩壊で迂回しながら現場へ向かい大幅な時間のロスをした」という消防活動上の影響を報告した火災が

存在するが、この火災は火元建物が全焼し、熊本地震で隣棟延焼に至った2件のうちの1件であった。

- (6) 当時の東京での建物所有形態は借家が多く、命と家財さえ守られれば次の日に新しい家を確保して被災前と同様の生活を送ることが可能であった。また、江戸時代は家財道具の運び出し（当時は車長持）が幕府によって規制されていたが、関東大震災当時はこの危険性が忘れられており、大八車に荷物を積んで家財と一緒に避難する記録が残されている。結果としてこれが避難路をふさぐとともに燃え草となって被害が拡大したものともみられている。
- (7) 筆者は10年前に、被服廠跡で生き残った方に話をうかがったことがあるが、当時は火災発生時の避難場所を家族や親戚などで事前に申し合わせを行っておくほど、市街地火災のリスクは身近であったという。他方で現在は、家族間で火災時の避難場所を確認する家族もそこまで多くなく、市街地火災からどのようにどこに逃げればよいのか、住民のみならず、避難情報を出す市区町村であっても、十分な被害イメージを持っているとは言いがたい状況がある。

参考文献

- 中央防災会議。2013。首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）。
- 廣井 悠。2015。階層ベイズモデルを用いた地震火災の出火件数予測手法とその応用。地域安全学会論文集，27，303-311。
- 廣井 悠・岩見達也・高梨成子・樋本圭佑・北後明彦。2020。2016年熊本地震に伴って発生した地震火災に関する調査。火災学会論文集，70，27-33。
- 廣井 悠・松原 龍・上園智美・渡辺竜之。2019。糸魚川市大規模火災における住民の避難行動調査。都市計画論文集，54，1101-1108。
- 井上一之；震災予防調査会。1925。震災予防調査会報告。帝都大火災誌，第100号戊，135-184。
- 内閣府。2006。災害教訓の継承に関する専門調査会。1923関東大震災報告書。
- 諸井孝文・武村雅之。2004。関東地震（1923年9月1日）による被害要因別死者数の推定。日本地震工学会論文集，4（4），21-45。
- 内務省社会局。1926。大正震災志（上）。
- 中島直人・村山顕人・高見淳史・樋野公宏・寺田 徹・

廣井 悠・瀬田史彦. 2018. 都市計画学—変化に対応するプランニング—. 学芸出版社.

中村清二. 震災予防調査会. 1925. 大地震による東京火災調査報告. 震災予防調査会報告, 第100号戊, 81-134.

日本火災学会. 2016. 2011年東日本大震災火災等調査報告書(完全版).

日本火災学会 編. 2018. 火災便覧第4版. 共立出版.

緒方惟一郎. 震災予防調査会. 1925. 関東大地震ニ因レル東京大火災. 震災予防調査会報告, 第100号戊, 1-80.

東京市. 1926~1927. 東京震災録. 前中後別輯全5冊.

東京都都市整備局. 2023. 震災時火災における避難場所及び避難道路等の指定. 東京都ホームページ. (2023年1月13日閲覧)

廣井 悠
[ひろい ゆう]

現職 東京大学教授

略歴 慶應義塾大学大学院理工学研究科修士課程, 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻・博士課程を経て同研究科・特任助教, 名古屋大学減災連携研究センター・准教授等を経て2021年8月より現職. 内閣府「首都直下地震帰宅困難者等対策検討委員会」座長等も務める

研究分野 都市防災, 都市計画

震災復興と旧都市計画法

—池田 宏の足跡を追って—

北原糸子

1. はじめに

池田 宏（1881～1938）は都市計画法を作った人物として周知されているだけに、彼の業績は都市計画法公布にいたる苦勞にみちた経過とともに語られる場合がほとんどである。しかしながら、関東地震発生直後に内務大臣後藤新平に指名され、内務省社会局長官として震災緊急対策にあたった仕事の内容にはあまり言及されていない。ここでは、池田の都市計画者としての側面だけではなく、まずは、社会局長官として関東大震災の緊急・応急対策の責任を担った人物としてなにを成し得たのかを軸に関東大震災の応急対策、復興課題がどう展開したかを追ってみようというのである。そして最後に上海の都市計画に関わった事実を通して、彼が抱いた都市計画がどういう意味をもたらしたのかも考えてみたい。

2. 「帝都復興ノ議」を巡って

関東大震災で後藤新平（1857～1929）が手掛けた「帝都」復興事業の手始めはどんなものであったのか、まずは震災発生の翌日9月2日から6日までの彼の日記（奥州市後藤記念館蔵）からうかがうことにしよう。

後藤の日記は各種あるがいずれも当該日の行動記録のメモ的なものが多い。以下は、そのうちの震災発生直後の部分である。

- (九月二日) 午後六時青山東宮御所ノ御茶屋
ニテ親任式 鮮人ノ報起ル
- (九月三日) 昨夜亀戸ノ殺傷起ル

(九月四日)

復興議起案

次官 総監任命ノ議午前十一時
半即決 社会局後任モ決定
直上奏裁可ヲ頼タリ

(九月五日)

(九月六日) 内閣員 復興議ヲ内示ス

以上の記述を当時の状況に合わせて読み解くと、地震発生から一日を経た9月2日の夜、山本権兵衛内閣の内務大臣に就任した後藤新平は震災で電気も通じないなか、他の閣僚とともに東宮御所（現赤坂離宮）の庭の四阿（あずまや）で病氣療養の大正天皇に代わり若き摂政官（後の昭和天皇）から親任を受けた。その後引き続き夜遅くまで新旧閣僚が集う場で当面の緊急事態について話し合いが続き、横浜から発生したという朝鮮人の殺傷事件を聞き及んだ。翌日には労働運動家平澤計七や、南葛飾の組合活動家など十名が亀戸署に拘引、殺害された亀戸事件を耳にしている。こうしたなか、後藤新平は9月4日の閣議に対して、朝鮮人1万5千人を陸軍千葉習志野および下志津演習場廠舎に収容すること、避難民への糧食調達などの緊急対策とともに、震災復興の根本方針を認めた復興議案を提案した。さらに同日には内務次官（塚本清治）、警視総監（湯浅倉平）を即決させ、社会局長官であった塚本の後任を池田 宏とする裁可を受け、意の通じる人物で大臣の身辺を固めた。

9月6日にはいわゆる「帝都復興ノ議」を閣議に請議した。後藤の日記の文面からは、内閣員が復興議を内示したと記されているところから、私は当初、この内閣員とは後藤新平が東京市長になる前からその下で都市研究会を組織し、都市計画

法を成立させた池田 宏ではないかと推測した。しかし、この推測は間違っていたことに気づいた。少なくとも震災発生後の9月1日から数日の間、池田は在京ではなかったことが明らかにされていたからであった。池田 宏の後妻となる池田民子が戦後になって、当時京都に滞在していた池田 宏宛の9月5日付後藤書簡の存在を明らかにした(池田, 1932)。京都にいた池田 宏宛の後藤書簡には「即時内務省へ御出頭下されたく候、実は昨日即けつ(9月4日)貴兄を社会局長に任用の事昨夜御裁可を経て本日辞令交付(9月5日)の事に相成候」とある(筆者()内注記)。後藤からの社会局長官任命の書簡に、池田が東京に舞い戻るにしても後藤が翌6日に閣議に提案する「帝都復興ノ議」の素案に直接関わる時間的余裕などはまったくないことは明らかだ。では誰なのかという疑問は残る。

吉川 仁によれば、内務省都市計画課第一技術課長山田博愛であったという(中央防災会議, 2009)。この点については、『都市公論』帝都復興祭の記念号に山田博愛が帝都復興に関する具体的な事実経過を記している(山田, 1930)。山田博愛(1880~1958)は当時内務省都市計画局第一技術課長であったが、第一技術課の担当領域は水陸交通施設、上下水道、地下埋設物整理、塵芥処分などの技術的業務であったという。山田は、9月5日に復興計画作成を踏まえ、内務省が丸焼けになり失われた都市計画の書類や図面を関連部署として保管している東京市の地理課にいき、図面などを借り受け、9月6日に第一技術課の打合せ、翌9月7日には都市計画局会議開催となる。ここに、社会局長官となった池田 宏、建築家佐野利器なども出席した。この会議においては、帝都復興の根本方針として、①帝都復興省を設置し、②復興費は内外国債で調達し、帝都復興は国費により、③帝都以外の復興費は無利子で国費の貸付によるとする基本三項目を内務大臣を通して総理大臣へ建議したと記されている。

以上見たように、都市計画局の7日の会議に池田が出席した事実からして、彼は後藤の書簡を受け、ただちに京都から東京へ舞い戻ったことが確

認できる。

さて、時を少し遡って、以下の経緯はよく知られた事実である。池田は、後藤が東京市長に就任した1920年12月17日、永田秀次郎(1876~1943)、前田多門(1884~1962)とともに、請われて内務省社会局長から東京市の助役に引き抜かれ、いわゆる八億円計画の「東京市政要綱」など、後藤の下で都市計画法に基づいて東京改造へ向けた仕事に邁進していた。ところが、後藤がロシアとの交渉を続ける上で東京市長の職に就いたままでは不都合という本人の強い意向で、1923年4月27日突然東京市長を辞職し、その跡の東京市長は永田秀次郎が引き継ぐことになる。この事態によって池田も東京市助役を退任(1923年6月8日)後は内務省に戻らず、古巣の京都大学で研究に没頭しようとしていた時期であった。そして、池田はふたたび後藤に呼び戻され、震災復興に関わることになった。この間わずか3カ月あまりであった。

3. 社会局長官としての池田 宏の仕事 (1923年9月5日~1924年12月14日)

池田は社会局長官として内務省に戻り、大混乱のなか、震災復旧・復興、被災地救済の行政サイドの任務のすべてに責を負う立場に置かれることになった。当面為すべきこととして、後藤に進言した池田の親書の内容を再検討して、池田の進言のうち、いずれが応急対策として実現したのか見よう(北原, 2023)。

この書簡には日付はなく、後藤に宛てた「大震災直後処理に就いて池田 宏氏の進言せしもの」とする異筆の保存封書が添えられている。

以下は、震災復旧救護事務についての六項目に亘る進言書である。要約すると次のようである。

1. 全体方針を確立するために参謀本部的部署を特設の必要
2. 避難者の民籍(戸籍)を急速に作成する。その方法として、①官公庁に収容中の避難者、②個人の民家に避難する者には建物の占有者が戸籍を作成、③宮城、外苑、公園、広場に避難した者については東京市

が調査する、④移動する場合に備え、直ぐに準備を図る

3. 家屋の収用は速やかに断行
4. 以上の件は、警察署員だけで実施するのは困難だから、救護事務担当以外の東京市の職員を出動させる
5. 災害地の片付け
 - (1) 死亡者の処理 (①死亡者の遺骸処理に就いては回向院などを造営し共同の納骨堂を造営、②関係記録を集め過去帳を作成)
 - (2) 焼跡の片付け (①個人の力では困難、計画的に公で実施、②専用鉄道敷設し、塵灰焼残りの土石木材を搬出して東京湾の埋築事業を市営で実施)

6. 糧食の配給

- (1) 明日にも食糧が届く。市民一同が飢餓状態、糧食の争奪の修羅場の予想される状態。公に組織的に配給を実施するためには、先に提案した民籍を作成し、それに沿って市内を数区にわけ、さらに数十の小区に分割して配給所設置、要員を配置する
- (2) 副食物、栄養価ある食品、毛布、消毒薬、薬品類等の備え必要あり

以上にあげられている項目が震災応急策のなかでどう実現されたかをみておく。

- (1) 臨時震災救護事務局官制(勅令397号)が9月2日に発令され、総裁内閣総理大臣、副総裁内務大臣、参与は各省庁の次官、社会局長官、警視総監、東京府知事、東京市長、9月17日には神奈川県知事、横浜市長を参与に加え、行政機関の長からなる震災対応の参謀本部となるべき組織が形成された。当初500人規模で全省庁の職員が本職在任のまま震災事務の担当とされ、この組織は池田着任前にすでに発令されていた
- (2) 避難者の戸籍作成は、全国へ散った避難

者について、震災の年の11月15日午前零時を期して行われた国勢調査規模の「震災避難者調査」によって実施された

(3)と(5(2))池田が東京市助役として関わった「東京市政要綱」の一部の実施要望が含まれる

(5(1))は池田とともに東京市助役であった永田秀次郎が再度の東京市長(1930年5月~1933年1月)時、1931年震災記念堂として建設された(現東京都慰霊堂)

(6(1),(2))の状況から推して、避難民の多くが市中で糧食の欠乏に喘いでいるものの、一方では東京市の公設バラックに避難者の収容が始まり、避難者集団への衛生面の配慮が必要と判断された

以上にあげたように、その後の状況から判断して、池田が提案した緊急・応急策はほとんど実施されたとみられる。後藤宛のこれら震災緊急対応策を進行する池田書簡は、遺体の火葬処理が終了し(9月10日頃)、東京への出稼ぎ労働者の大半がほぼ地方の実家・知己の許へ避難するピークを迎える9月7日~10日の間頃ではないかと推定される。ちなみに、ここに後藤が9月4日の閣議に請議した朝鮮人対策に関する課題が登場していないが、この問題は臨時震災救護事務局に設けられた11部署のうち、警備部および情報部が「治安ノ維持ハ陸海軍警察相協力シテ之ニ当ルコト」とされ、池田が社会局長官として任務に就いた時点では、すでに後藤文夫警保局長を中心に組織的対応がなされた段階と推定される(臨時震災救護事務局、1923)。

なお、9月16日に内務大臣後藤の閣議への義捐金処理、および9月3日に示された天皇の1千万円の恩賜金処理に関する請議の内容からも、この頃には救済行政事務の大枠が定まり、実施段階であったと判断される。後藤内務大臣の閣議へのこれら2件の請議は、義捐金が9月15日段階ですでに270,004,758円余の応募実績を踏まえ、これらの資金はすべて「震災救助基金法」の規程に基づいて処分されるというものであった。9月3日の天皇の御沙汰書の1千万円の恩賜金(御下

表 1 「東京市政要綱」8 億円構想の各項目
予算（都市計画協会，1986）

No	費目	金額（万円）
1	教育費	1,560
2	社会事業費	430
3	都市計画街路	14,360
4	道路舗装	6,400
5	塵芥尿尿処分	500
6	上水道拡張	1,150
7	改良下水	8,600
8	街路占用工作物処理	20,000
9	既設公園改良、新設	2,000
10	港湾修築・水運改良	13,350
11	葬場費	800
12	市場及賭冊屠殺場	600
13	庁舎	1,200
14	田園都市	4,800
	計	75,750

賜金）処理の請議では、内務大臣から内外を問わず被災者（死者、全焼、全壊、半焼、半壊、負傷者）に現金で配分するとして、遅れて9月19日に裁可された。この配分ははまだ全体の被災者数が確定していない段階のため、比率を以て示された。以上の2件の閣議への請議には「社会局」の罫紙が使われている点も注意しておきたい。さらには、恩賜金処理の請議案の最後に「罹災者ノ決定ニハ相当困難ヲ感ズベキモ結局罹災者ヲ知ルコトハ必スシモ不可能事ニハ非ス」と暗示的な一行が加えられている。この一行は、池田 宏の後藤宛書簡にあった避難者の民籍作成を指すものと推定されるが、10月初旬には各県知事宛に震災避難者調査の件が通達されはじめていた。これがすでに述べた各地域へ震災避難者の戸籍造りともいえる11月15日午前零時を期して行われた震災避難者調査であった。

こうした事実を踏まえれば、震災から半月後の9月半ばには、初期の緊急対応が一段落したと推定できる。さて、次なる事態は、9月12日、天皇による帝都は移転せずに東京を帝都として復興させるとする詔書によって、帝都復興問題が課題となる。

4. 都市計画法に基づく東京改造案 「東京市政要綱」と池田 宏

震災が発生したからといって、中心部43%を焼失した東京の再生案が4日や5日でできるわけではない。震災復興の元となる原案は、市区改正条例による東京の改正を目論み立ち上げられた東京市区改正委員会（1914年）、都市研究会の機関紙『都市公論』（1918年4月創刊）など徐々に都市計画の啓蒙活動を通じて周知を図り、ようやく公布された都市計画法（1919年4月）を踏まえ、1920年1月に六大都市（東京、大阪、京都、神戸、名古屋、横浜）に都市計画法が施行されたことが前提となる。いうまでもなく、第一次大戦後の日本の景気好転が都市化の波をいっそう促進させ、都市に集中する人々の住宅難が深刻化、大都市が抱える固有の問題への解決策が必定なものとなっていた。この間、1918年7月、富山に発生した米騒動が全国の都市に波及したことをきっかけに、内務省地方局救護課は社会課となり（1919年12月24日）、翌1920年3月24日に社会局になる。池田はこの初代社会局長（1920年8月26日）になったが、先に述べたように東京市助役に引き抜かれて、4カ月後には社会局長を退任、後藤の元で「三田」「さんた」といわれる永田、前田、池田の三助役を中心に、東京の改造計画「東京市政要綱」が作成される。8億円となる各項目の詳細は省略して金額だけを示すと、表1のようになる。これら各項目を実現することが東京の大改造に繋がるという目論みであった。

さて、これらの東京改造計画、つまり都市計画法の実施となる前提には、池田 宏が周到に準備してきた調査・研究があった。雑誌に発表され池田の都市問題関係論文の数は200件近く、それらを検討した渡辺俊一によれば、池田の都市計画に関わる内務省における立場と連動しているという（渡辺，1933）。

雑誌『斯民』

内務省入省（1905年）～欧米各国出張から帰朝の9年間

『京都市法学会雑誌』

～～内務省大臣官房都市計画課長
(1918年5月)

『都市公論』

～～内務省都市計画局廃止(1924年
12月)

『都市問題』

～～市政調査会研究担当理事(1935
年/1936年)

社会教育・国策関係

晩年～死去(1939年1月7日)

著作は、『都市計画法制要論』(都市研究会刊, 1921年), 『都市計画法制』(都市研究会刊, 1922年), 『都市計画講習録』(都市研究会刊, 1922年), 『都市経営論』(都市研究会刊, 1922年)と都市計画法公布後の1, 2年の時期に集中している。

ここでは、最初の都市計画法が成立した1919年4月5日から5カ月を経て刊行された『現代都市の要求』, 2年後の『都市計画法制要論』(1921年10月), ついで翌1922年8月刊行の『都市経営論』などから、池田が構想した都市計画とはどのようなものであったのかを簡単にみておくことにしたい。いずれも、出版は毎月刊行の『都市公論』と同じ都市研究会によるものであった。

『現代都市の要求』の序文には、第一次大戦後、欧米列強に伍して地歩を固めたわが国の都市は欧米に比べ劣っている点が問題であり、国勢の赴くところ、都市の改善、市政の刷新が必要であり、都市問題の解決に資することを願うとする。しかしながら、序文には、わが国は地方の改良には官民協調するが、都市問題にはきわめて冷淡な情勢であると、内務省内における都市への関心の低さを批判している。

本書は、東京への人口集中がもたらす周辺町村へ「タコ足状」の拡大は、一日対策が遅ればそれだけ統制のとれない土地開発が進行するとする強い危機感を述べ、後半では、その解決法としてようやく発令された都市計画法・市街地建築物法によって、土地政策、地域制、周辺町村へ延伸される統制された都市化が行われることになると解説する。

2年後の『都市計画法制要論』の序文では、都市計画法成立から2年を経過しても法にそった実施事実がないと、池田は現状批判を述べる。本書の意図は、都市計画法が六大都市に適用された1920年から3年後の1923年には25都市に拡大される傾向を踏まえ、都市行政に関わる行政マンに対する解説書として意味を兼ねていた。平易な言葉で、パリ、ドイツ、イギリス、アメリカの各国の都市計画法のあり方を簡単に紹介しつつ、日本の都市計画がどうあらねばならないかを示そうという意図に貫かれている。

それと比較すると、初版1922年8月刊行の『都市経営論』(都市研究会刊)は、都市計画法に基づいて、歴史を踏まえたわが国の都市をいかにして近代都市として存立させるかを論じるものであった。本書は、本格的な都市論として多くの読者を獲得した模様で、まずは欧米諸国の都市形成史から必然的に生成されてきた仏(パリ)、独(ベルリン)、英(ロンドン)、米(シカゴ、ニューヨークなど)のそれぞれの都市の特徴を反映する都市法の詳細な解説と批判、その上で歴史を踏まえたわが国の都市のあるべき姿を論じ、最後には、「帝都の復興」の章が追加され、改訂版として出版されている。この最後の章の内容は、1923年9月12日の東京は移転せずとする詔書から始まり、帝都としての東京をどう復興させるかを論じ、多額の復興費を要する帝都復興論に対する「地方を犠牲にするのか」という根強い批判、あるいは復旧か復興かなどの論争に対して、焼土全部買上げ、用途地域を確定し、街路幅員24間などを前提に、後藤の帝都復興論にたいする弁護論的立場に立つものであった。いまだ、帝国議会第47議会においてこれら三基本策が否決される以前、1923年11月頃までに追加原稿が執筆されたと推定される。後藤の帝都復興案はまだ敗北せず、内閣総辞職もない段階の都市計画法を踏まえた震災復興への期待がかかる一書であった。

5. 都市計画法の実現—震災復興

さて、その後の政府と帝都復興策について設け

られた帝都復興審議会、帝都復興評議会、参与会における審議の経過は周知の事実であるから、ここでは省略して、池田の足跡を追うために先を急ぐことにしたい。帝都復興策は第47議会（12月11日～12月23日）で否決、帝都復興院の事務費も削減されるという事態を迎える。1923年9月27日公布された帝都復興院の計画局長池田もその職を解かれた。12月27日、さらなる衝撃的事件が山本権兵衛震災内閣を襲う。第48通常議会開催の開院式へ向かう摂政官を難波大助という青年が狙撃したため、内閣総辞職となったのである。これによって後藤新平の内務大臣在任期間はわずか4カ月で終止符を打たれた。年が明けた1924年の1月7日に貴族院議長清浦圭吾による新内閣が成立し、帝都復興事業は、2月25日内務省の外局と位置付けられた復興局によって着手されることになる。被災者の救済を担った臨時震災救護事務局も当初の予定どおり、3月31日をもって閉鎖された。内務省社会局長官の任にあった池田は臨時震災事務局閉鎖後日を置かず、被災者への住宅供給を目的に震災義捐金1千万円を以て5月23日に設立・認可された同潤会の初代理事長に就任した（宮澤，1993）。また、同時に、10万余の東京市中の被災者収容の予定で建てられた公設バラックでは、徐々に退去者も出たものの、ゆく先も見出せずにバラックに居続ける入居者に対して、社会局は1924年6月には公設バラックの撤退作業に入った。東京市に管理を委託した公設バラックの撤退作業については、池田の次の発言が記録されている。「国家が多数国民に対して無償の居住を与ふるが如き政策は未だ何れの国に於いても採らざる」として退去への強い勧告を發した（北原，2022）。そして、公設バラックでは遂に1925年4月に残留者を強制退去されることになるが、その前年の1924年12月15日に池田は京都府知事に転任した。

6. 池田の地方長官時代

6.1 京都府知事（1924年12月15日～1926年9月）

京都府会は、池田 宏を京都府知事として迎えるにあたって、次のように判断したとされる。池田は根っからの政党嫌いの生粋の官僚であること、池田の岳父大森鐘一は、震災当時大正天皇妃貞明皇后の皇后宮大夫であり、かつて京都府知事であったことなどによって、その義理の息子池田宏が府知事として赴任することを府会は是とした（京都府会史事務局，1951）。当時の政治情勢は1924年6月護憲三派内閣が成立し、京都府会においても第15回総選挙の結果、護憲三派が勝利し、京都市は憲政会、郡部は政友会と互いに対立が激しさを増す時期であった。郡役所廃止に伴う市部と郡部の財政負担問題から府会は京都市中の議員と郡部の議員との政治相克がはげしく議長不信任問題で紛糾した。これが尾を引き、1926年6月の臨時府会においては知事弾劾にまで発展し、知事不信任決議は立ち消えとなったものの、不信任決議案も提出されかねない経験をした。

6.2 神奈川県知事時代（1926年9月28日～1929年7月5日）

京都府知事を退任した後、池田は神奈川県知事に赴任することになった。1926年9月29日の『横浜貿易新報』は、前任者の堀切善次郎が復興局長官に栄転したと伝え、同じ紙面で、「都市計画方面の最高の権威者で行政手腕に富む」池田 宏の知事赴任を報じた（横浜貿易商組合，1923）。1926年から1929年にかけての県知事の仕事は震災復興事業の途上であり、京都府知事時代とは異なる手腕が問われるところであった。特に震災復興の事業年度が終了となる1929年度予算編成の1928年10月に震災貸付金の利子補給の打ち切りが通告され、内務省の利子補給2カ年延期の決定を大蔵省が認めないという事情が判明し、ときに池田知事はこれでは「横浜市も破産の外はあるまい。県の明年度予算など、新税をいくら取り立てても間に合ふものではない」として、無い袖はふれな

いのだから、内務省を後援として極力大蔵省へ運動する外あるまいと語ったと報じられている。

1929年7月5日、民政党濱口雄幸内閣が成立すると同時に、池田は依願免職し、知事を退いた。神奈川県知事時代の功績として評価されている点は、1927年4月三部経済制度（府県、市制、町村制の自治体間の行政権と財政権の分割・負担問題）の廃止に伴い、県税の横浜市への分賦方式を廃し一本化したことと、都市計画区域設定では横浜市と連携し、鶴見・保土ヶ谷などの横浜市合併を促進したことなど、都市計画法に関わる問題群の処理などがあげられている。なお、知事在任中の1928年3月新県庁舎が落成した（神奈川県、1983）。

7. 晩年の池田 宏—上海の都市計画へ

年譜によれば、地方長官を退いた後の池田は、学究生活に戻る決意をし、専修大学、大阪商科大学、京都大学において都市計画に関わる教育活動に従事した。また、その間、社会事業関係の評議員なども数多く歴任している。しかしながら、1937年には国民精神総動員中央聯盟評議員につくなど、戦時体制下の精神面での活動に関与するようになる。そして、翌1938年5月には上海都市建設参画のため中国へ出張し、陸軍省の事務嘱託となり、9月には上海の都市計画修了後、四度の中国出張を終えたと記録されている（池田 宏遺稿集刊行会、1940a）。

池田が上海都市計画に関与した時期は、現地軍部が日中戦争において和平工作を打ち切り、蒋介石率いる国民政府を相手にせずとして、占領した上海の復興を検討し始めた時期に当たる。越沢明によれば、この時期に現地日本軍から内務省へ都市計画技術者派遣の要請があり、1938年5月～9月に、石川栄耀技師などを含む12名が派遣されたという（越沢、1985）。まさにこの時期に池田の上海出張が重なる。

都市計画家池田 宏の軌跡を追って、これまでの研究のいくつかを見ておきたい。まずは、『都市計画のパイオニアの歩み』（都市計画協会、

1986）である。本書は内務省都市計画課の池田の後輩6人へのインタビュー、「池田宏伝記」、内務省都市計画課の官僚であった飯沼一省による「都市計画私史」の三部構成と都市計画関係年表が付されている。

第二部の「池田宏伝記」は池田の都市計画法公布への道程が内務省内の四面楚歌の環境下、いかにきびしい状態で行われたかを指摘するとともに、さらに池田の身辺事情も詳しく紹介している。池田が父池田忠一への敬愛がいかに強かったかをいくつかのエピソードで語る。池田家は幕臣の出であったが、祖父は維新に際して帰農、しかしながら父忠一は1869年（明治2年）、徳川家達が率いる静岡藩へ復籍を願い静岡へ移住し、池田宏も静岡で生まれた。父忠一は報徳思想に心酔し静岡では身を以て実践、県内各地の郡長を勤めたという。息子宏の出世街道にたえず忠告と励ましを与え、池田自身も進んで父に助言を求める父子関係にあったとされる。この点は都市計画法が標榜する理念的革新性とは異なる一面が池田の内なる思想に早くから胚胎されていたことをうかがわせる。

池田の都市計画に関する思想について、実践を伴わない上からの官僚的発想に基づくとしてきびしく批判する高寄昇三は、池田が同時期大阪に革新市政を敷いた関 一などと異なり、伝統的日本社会への回帰思想を持っていたこと、政党嫌いから発する政治工作の無策が政策の実現を阻む結果になり、結局のところ、政策が実現されずに精神論に行き着いたことなどを指摘した（高寄、1990）。一方、池田の著作全般に詳しく検討を加えた渡辺俊一は、池田の晩年の変節ともいえる国家思想への傾倒について、「暗闇のなか」と評した（渡辺、1933）。

おわりに

1938年9月上海から帰国して四カ月後の1939年1月7日、池田は死去した。池田の遺骨は多磨霊園に眠る。この池田家墓地にある宏自身が建立した「敬親碑」には、1934年85歳で死去した父

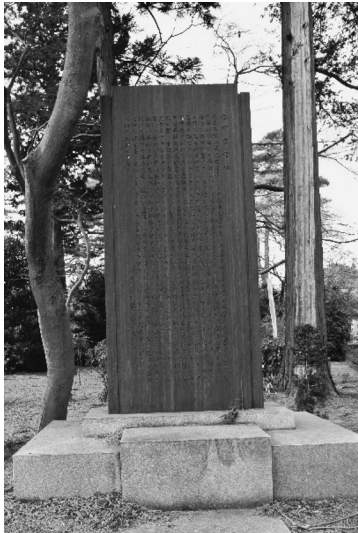


写真 多磨霊園の池田 宏君碑

忠一の儒学思想に支えられた社会への公正謹厳な奉仕と、その後を追うように100日後に死去した母須末子の慈愛を称える文言が刻されている。

多磨霊園は後藤新平東京市長の許に内務省から招致された池田を含む東京市助役ら三人を中心とする東京改造案「東京市政要綱」のうち、先の表1による12番目の予算項目にあたる葬式場・納骨堂・墓地・火葬場の新設費の実現であった。1919年に作成された東京市の墓地計画案は、将来の人口増加に備え30～50年間の市有墓地の所要坪数100万坪ほどとし、東京の東、北、西の郊外地に各30万部ほどの適地を選ぶ買収案が残されていたという。このうちの西にあたる多磨霊園（開設当時は多磨墓地）は、他の予定適地に先駆けて1919年に多磨村を墓地予定地とし、1920年8月東京都市計画事業多磨共葬墓地の認可を受け、正式に発足したという。まさに、池田が構想した都市計画事業の一環であった（村越，1981）。

1939年1月の池田の死去後4月15日の追悼会の席上、遺稿集を刊行することが提案され、永田秀次郎を会長に遺稿集刊行会が結成され、『池田宏都市論集』が翌1940年4月に刊行された。遺稿集刊行会の決算報告（池田宏遺稿集刊行会，1940b）によれば、募金額5,504円余、出版費用などを差し引いた残金800円が「墓碑維持費とし

て池田家へ寄託」とある。多磨霊園正門入り口近くのロータリーに沿う空地には、写真に示すように、縦250cm、横120cm、厚さ10cmほどの巨石の「池田 宏君碑」が建てられている。池田の生涯とその功績を称える内容で、「昭和十五年一月七日」と刻され、男爵一木喜徳郎の筆になる頌徳碑である。しかしながら、遺稿集刊行会報告には、墓碑を建立したという記録がなく、墓碑の維持費として800円が池田家に寄託されたという記事のみである。時期的にみて、あるいは、池田家に寄託された800円が建碑の費用であったのかもしれない。ちなみに、多磨霊園には著名人の墓地があることが紹介されているが、池田 宏の頌徳碑はそのなかにあげられていない。

最後に、晩年の池田についての評価について考えておきたいと思う。先に述べた高寄の池田への批判、あるいは晩年の池田についての渡部俊一のコメントなどは戦後世代が共有する視点ではあると思う。しかし、池田が関東大震災の社会局長官として大量の住宅困難者の処遇に苦慮した体験などは、都市計画法実現に至る過程で自ら説いた理念優先の政策が現場で簡単に通用するものではないことを実感することにもなったのではないかと私は推測する。その一種の無力感がやがては、国策研究会や国家総動員法聯盟委員などに関与することにより強い力を期待することに繋がったのではないかと。この点ははまだ震災以後の池田の思索の跡を辿って得た結論ではない。しかしながら、震災での救済対策の責を担う都市計画法の第一人者に、都市の現実が与えた震災体験がどれほど深刻なものであったのかを考えておく必要があると思っている。

謝辞

本稿をなすにあたり、東北大学大学院工学系研究科窪田亜矢教授に多くのご教示をいただいた。ここに記して感謝の意を表しておきたい。

参考文献

中央防災会議。2009。災害教訓の継承に関する専門調

査会編「1923 関東大震災報告書」第3編。
池田宏遺稿集刊行会。1940a. 池田宏都市論集 付録年譜。
池田宏遺稿集刊行会。1940b. 会計決算報告書。
池田民子。1932. 池田宏氏の追憶。『新都市』11, 26-28。
神奈川県。1983. 『神奈川県史』別編1, 人物。
北原糸子。2022. 関東大震災と民衆。山口輝臣・福家
崇洋(編)。『思想史講義【大正篇】』, ちくま新書所収。
北原糸子。2023. 震災復興はどう引き継がれたか。藤
原書店, pp. 411-414。
京都府会史事務局(編)。1951. 『京都府会史』第1巻(大
正時代総説)。423 pp。
越沢 明。1985. 日本占領下の上海都市計画(1937~
1945年)。第20回『都市計画学会学術研究論文集』。
宮澤小五郎(編)。1993. 同潤会十八年史。青史社,
221 pp。
村越知世。1981. 多磨霊園。東京公園文庫15, 郷学舎,
150 pp。
臨時震災救護事務局。1923. 「震災被害状況並救護施設

概要」大正12年11月30日調。
高寄昇三。1990. 都市経営思想の系譜。勁草書房, 695 pp。
都市計画協会。1986. 都市計画のパイオニアの歩み。
245 pp。
渡辺俊一。1933. 都市計画の誕生。柏書房。
山田博愛。1930. 復興計画を顧みて。『都市公論』13,
22-50。
横浜貿易商組合。1923. 横浜貿易新報。1923年11月9日。

北原糸子

[きたはら いとこ]

現職 立命館大学歴史都市防災研究所客員研究員

略歴 1939年山梨県生まれ。津田塾大学, 東京教育大
学院修士課程修了, 博士号(文学)取得。神奈川大学
歴史民俗学研究科特任教授, 立命館大学特別招聘教授
などを経て現職。

研究分野 日本災害史

今村明恒著「地震の征服」(南郊社, 1926)について

1923年9月1日に発生した関東地震は、死者・行方不明者約10万人というわが国史上最大の被害(関東大震災)をもたらした。毎年9月1日前後には、テレビでもこの震災に関する番組が放送され、この震災を警告した今村明恒とそれを打ち消した大森房吉との論争がよく取り上げられる。

この震災から2年余り経った1926年1月に今村はここに紹介する「地震の征服」を刊行した。

本書の緒言で、今村は、地震を生命・財産を奪う敵になぞらえ、これを征服するには、国民すべてが地震や地震防災についての理解を深めることが最も必要であると述べている。

同じ趣旨のことは、本書の本文の中でも次のように述べられている(以下、漢字・仮名遣い、句読点は現在風に直した)。

「地震国民が当然持たなくてはならない地震に対する理解をどうにかして国民全般に徹底させなくてはならない。それについて自分は民衆と最も関係の深い新聞記者および新聞社からして地震を理解するところの我々の味方を得たいものだと思っている。なおまた最近、自分の具体案としては、地震に関する一般知識を平易に書いては、小学校諸兄の読み物とし、彼らを通じて小学生徒に理解を与えてもらいたい。かくのごとくすれば、今後20年ないし30年経過したとき、地震を理解してくれる中堅の国民ができるわけだ。また自分一生の事業としても、地震の恐怖すべきでないことを徹底的に理解するまで説いてゆく覚悟である。」

本書は、このような目的で、震災後、各種の調査研究に多忙な中、一気に書き上げたものと思われる。

本書は、第1篇～第4篇の4部構成になっている。以下、各篇の概要を紹介する。

第1篇 地震国民の地震に対する理解

今村は雑誌「太陽」の明治38年9月号に「市街地に於ける地震の損害を軽減する簡法」という論説を投稿した。その真意は「地震災害は、火災によって人的、物的被害が何倍にも大きくなる。地震火災対策が最も重要である」ということであったが、その前段の「統計的に見れば、東京は50年以内に大地震に見舞われる可能性があり、適切な地震火災対策が行われない場合、10万人から20万人の死者が出る恐れがある」という部分を、ある新聞が「東京をすぐにも大地震が襲い、大災害が発生する」と今村が警告したかのように伝え、その後やや強い地震があったり、デマが流れたりしたので、一挙に社会的不安を巻き起こした。これを鎮静化するため、上司にあたる大森房吉は、これを「今村の浮説」とする雑誌への投稿や講演を行った。

次に起こった大森・今村論争は、大正4年11月に発生した房総半島東岸付近の群発地震に関するもので、今村は、記者発表で注意を呼びかけたが、大森は「前震はそれ自体の余震を伴わない」として不適切な対応であったとして批判した。そして、約10年後に関東大震が発生して、今村の予想したとおりの大災害となった。

この日の今村の日記は、発震の約30分後には、震源が相模湾であることを推定して、記者たちに説明したことなど、震災当日の今村の行動を詳細に記録している。

このとき、大森はオーストラリアで開催された国際会議に出張中で、10月4日に帰国した。大森は帰国途上、病が重くなっていたが、横浜港に着岸した船で見舞った今村に対して、大森は、「今回の震災につき、自分は重大な責任を感じている。譴責されても仕方がない」と話している。

以上のような経過の詳細は、今村自身が本書

に書き残したことにより伝えられているのであって、今村の伝記、テレビのドキュメンタリー番組などの原典となっている。

第2篇 最近大地震の概況

関東地震と但馬地震についての今村の研究結果が詳しく解説されている。

関東地震の前兆については、三浦半島油壺験潮場の潮位変化から、ずっと続いてきた沈下が直前3年間は隆起に転じたのではないかと考えている。

1900年頃までに諸外国で作られた世界の大地震の分布図は、被害地震の分布図で、人口の多い地域に偏っていた。1900年以降、世界各地で地震計による観測が行われるようになり、今でいうマグニチュードの大きい地震は、世界中均質にとらえられるようになった。今村は、これを考慮して世界の大地震の分布図を作成している。図は、その図のコピーで、1900年以前と以後で震源を○と●で区別している。この図には、今でいう大西洋中央海嶺にも数個震源がプロットされており、今村はそれにも言及し

ている。

第3篇 地震研究所

今村が構想した「地震研究所案」が、あまりに大規模だったために実現せず、寺田寅彦らの別の構想の地震研究所が1925年に設立されるまでの経緯が記述されている。

第4篇 雑録

本篇は今村の地震に関するさまざまな考察についての研究ノートや雑感などが24節にまとめられている。中には他所で書かれたものも集録されているようである。以下では、これらの中から4つほどを紹介する。

「津浪と海嘯」では、津波について、その基礎知識を説明し、次の言葉で結んでいる。

「精巧なる地震計を用いるときは、単独なる観測点に於ける地震記象より、震央の位置および振動の大小を推定することが出来る。地震を感じてから津波が海岸に到達するまでは、たいてい10分以上の時間があるから、これらの材料よりして津波襲来を予報することは、困難な事業ではなからうと思われる」(気象庁が全国

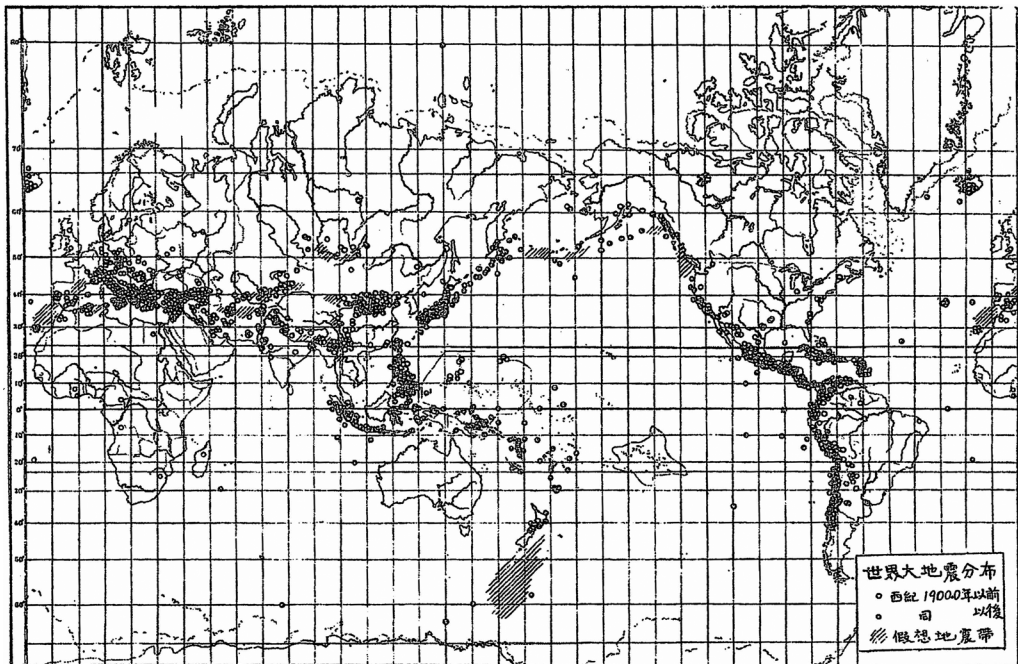


図 地球上における大地震分布

的な津波予報業務を開始したのは1949年)。

「外側地震帯」では、過去の外側地震帯の大規模な地震の発生履歴について詳しく解説した上、関東地震の次の大地震は、その西方のどこかである可能性がある、しかし発生時期の予測は難しい、と述べている。今村はこの後、南海地震の予知研究と防災啓蒙に取り組むことになるが、太平洋戦争と戦後の混乱のため観測が中断した時期に、1944年東南海地震、1946年南海地震が発生してしまった。

「地震帯の搜索」では、内陸の大地震の再来期間は数百年、数千年と長いので、未知の地震帯があると考えられ、精密な地震観測、地形地質調査や精密な測地あるいは天体観測を行うことによってそれを発見できる可能性がある、と述べている。1995年阪神淡路大震災を契機に活断層帯についての調査が大規模に行われるようになったのは、これから約60年後であった。

「地震の避難に対する注意」では、強い地震に見舞われた際に、各個人がどう行動すればよいかを丁寧に説明しており、まず「火を消す」ことの重要性を説いている。これを徹底すれば、「地震を征服できる」と考え、今村が、読者の理解を最も深めかったことだと思われる。

後記：「地震の征服」は、国立国会図書館のHPから入手することができる。

URL：<https://www.amazon.co.jp/%E5%9C%B0%E9%9C%87%E3%81%AE%E5%BE%81%E6%9C%8D-%E5%9B%BD%E7%AB%8B%E5%9B%B3%E6%9B%B8%E9%A4%A8%E3%82%B3%E3%83%AC%E3%82%AF%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3-E4%BB%8A%E6%9D%91%E6%98%8E%E6%81%92-ebook/dp/B01B5XMFW6>

津村建四朗

震度観測などから見た 1923 年関東地震前後の地震活動

浜田信生・津村建四朗

1. はじめに

1923 年関東地震から今年が百年目にあたる。大正の関東地震と 1 つ前の元禄の関東地震の間隔は約 200 年である。南海地震、東南海地震の再来間隔は 120 年前後と考えられている。これらのプレート間地震は、毎回の震源域、破壊過程は同じとは限らないと考えられているが、本震、余震、その後の地震活動がどのような変化を見せるかは、何らかの地震活動の予測に役立つかどうかは別としても興味深い問題である。わが国では、気象庁により 1919 年以降についての百年あまりの期間の地震カタログが整備されており、震源の分布や地震の発生回数の変化を見ることができる。ここでは、関東地震前後の地震活動の時間変化について、地震カタログと、震度の観測データから考察してみた。

2. 地震カタログと震度データベースの利用について

気象庁の地震カタログは最近 1919 年から 1922 年までの地震が追加され（気象庁、2020）、1919 年以降現在まで百年以上の震源が記載されるようになった。このカタログの内容については、最近岡田（2020）により、「地震月報」100 年という丁寧な解説記事が地震ジャーナルに掲載された。地震カタログの内容は質、量ともに時間的に変化していくので、その利用に当たっては注意が必要であるが、岡田（2020）にはそのへんの事情も詳しく解説されている。本来なら気象庁の職員が自

ら率先して紹介すべき内容であり、そのような動きがなかったのは残念である。

気象庁からは 1919 年以降の震度のデータベースもホームページで公開されている。その内容は地震月報に記載された震度情報をまとめたものである（石垣・高木、2000）。さらに明治・大正時代の震度観測の結果は石垣（2007）によりデータベース化が行われているが、公開されている気象庁震度データベースにはその結果は反映されていない。地震カタログがカバーする関東地震直前の期間はわずか 4 年半にすぎず、地震発生前の地震活動の変化を評価することは困難である。ここでは明治大正時代の震度観測については、津村（1998）がまとめた資料を利用した。

3. 震度観測からみた関東地震前後の関東地方の地震活動

1923 年当時の関東地方周辺で震度の観測が行われていた気象官署を図 1 に示す。地震カタログの内容は、地震計の性能の向上や時代が進むにつれ整備が進んできた観測網の拡充などの影響が直接反映される。それに比べ震度の観測は時間的には均一性の高いデータが期待できるはずではあるが、有感地震には広い範囲の地震活動が含まれるので、特定の地域の地震活動の様子を正確に反映するとは限らない。また古い時代の観測結果は、不完全な部分も見受けられ、データの時間的均一性が保たれているかは、解釈を行う上で注意を払う必要がある。たとえば関東地震前後の時期では、1923 年 9 月の東京の震度観測データは存在しない。また被災した横浜など震源に近い周辺の

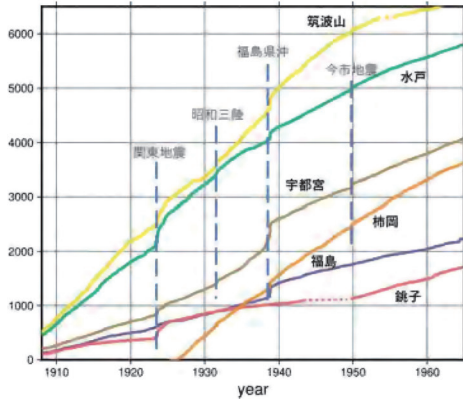


図 5 1903～1965年，関東地方北部，福島で観測された有感地震の累積回数変化。点線部分は，データの欠落があると見られる期間

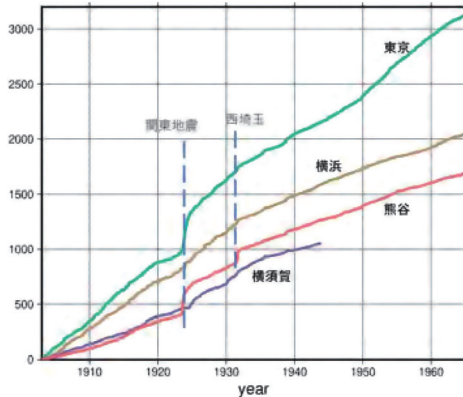


図 6 1903～1965年，関東地方中部周辺の観測点で観測された有感地震の累積回数変化

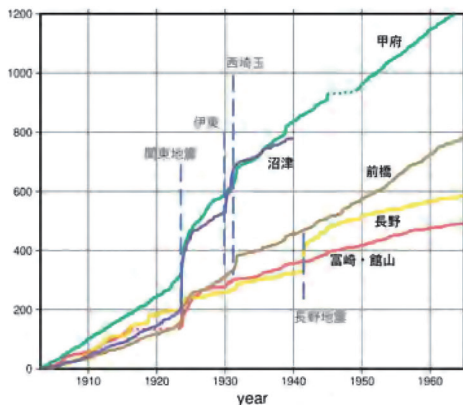


図 7 1903～1965年，関東地方南部や周辺の観測点で観測された有感地震の累積回数変化

測候所の観測による。東京帝国大学地震学教室による本郷の有感地震回数は、保田・小平（1938）による。地域により累積有感地震数の総数には大きな違いがあるが、1920年前後を境に有感地震数の発生が減少する傾向が、筑波山、水戸、東京、本郷、横浜、またわずかに福島などの観測点で認められる。一方、熊谷、甲府、沼津、長野、横須賀などでは、累積地震数そのものが少ないこともあり同様の傾向は認めがたい。またほとんどの観測点で1922年10月に発生した龍ヶ崎地震の影響でその後の傾向が変化したことが認められる。これらの結果は関東地震の震源域の山梨県東部を中心とした地域の地震活動には変化が認められないが、関東地方では地震活動が活発な千葉県、茨城県など東部沿岸での地震活動の一時的な低下があったことを示唆している。

次に関東地震の前後を挟んだ長期間の地震活動を見るために1965年までの累積有感地震回数の変化を図5～7に示す。

図5の北関東の観測点では、累積有感地震回数に、関東地震のあと、1933年の三陸地震、1938年の福島県沖（塩屋岬沖）地震、あるいは1949年の今市地震の影響が認められる。図6では、東京は本震直後の1カ月の震度データが抜けているにもかかわらず、累積有感地震回数の地震後の増加が顕著であるが、横須賀や庁舎が被災した横浜では観測の中断やデータの欠落があることを示している。図7の関東南部や震源域周辺の観測点では内陸で発生した被害地震による累積有感地震回数の増加も認められる。いずれの図でも関東地震後、弓なりに上に凸の累積有感地震回数の増加が認められ、すくなくとも1940年頃までは余震活動の影響が続いたように見える。1923年以前との比較で見ると、水戸、熊谷、横浜、などでは、累積地震回数の増加が最近のほうが緩やかに見える。図8は震度観測が体感から計測震度計による観測に置き換えられる1990年代までの、比較的データの欠落が少なく、庁舎などの環境変化が少ないと考えられる観測点の変化を示す。百年の時

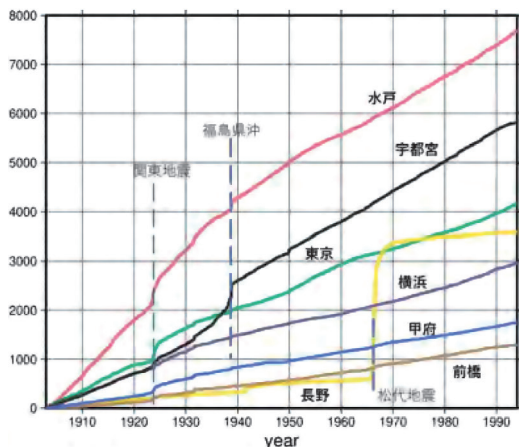


図 8 1903 年から 1994 年までの長期間にわたって比較的欠測が少なく安定した観測が続けられた観測点での観測された有感地震の累積回数変化

間スケールで見ると有感地震の発生頻度は最近落ち着いているように見える。計測震度計は体感観測を引き継いだことにはなっているが、今回のように長期間の観測データとして見る場合にはさまざまな検証が必要であろう。

4. 地震カタログから見た関東地震以降の関東地方の地震活動の変化

1919 年以降の地震の震源が掲載されている地震カタログから 1923 年以前と以降の地震活動を比較することは、以前の期間がわずかでありほとんど不可能である。また時刻の精度などの制約から、今後も過去に遡っての震源カタログの延長にも限界がある。ここでは 1919 年から 2017 年までの地震カタログに掲載された M 4.0 以上深さ 70 km 以浅の地震の震央分布を図 9 に示す。図に表示した地震の中から、赤い枠で囲った山梨県東部を中心とした関東地震の震源周辺での地震活動の累積地震回数分布を図 10 に、関東地方で最も活発な活動を続けている茨城県南西部の地震活動の累積地震回数分布を図 11 に示す。いずれもそれぞれ M 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 以上の地震の累積地震

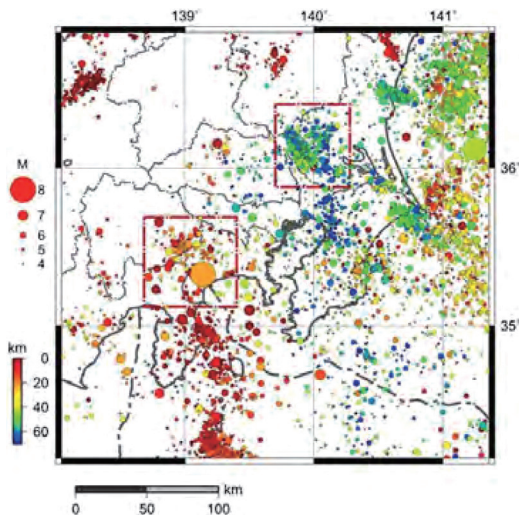


図 9 1919 年から 2017 年までに関東地方で発生した M 4.0 以上、深さ 70 km 以浅の地震の震央分布、山梨県東部や、茨城県南西部の赤い枠は図 10、図 11 で累積地震発生回数の変化を調べた範囲を示す

回数の変化を示す。観測網が整備され地震検知能力が向上すると、小さい地震の震源決定数が時間とともに上向きに増加するはずであるが、M 3.5, 4.0 でもそのような傾向は認められない。このことは、早い時期から M 3.5 以上の地震の震源がほとんど検知され震源が決められてきたことを示唆している。あるいは本震直後の時期は余震の発生が多いので検知能力の低いことが埋め合わされて見えない可能性もある。図 10 の山梨県東部周辺の地域では、余震活動の影響が 1940 年頃まで認められるが、その後は累積地震発生回数は、やや上向きの勾配の増加傾向を示すものの、2011 年の東北地方太平洋沖地震の影響で 2011 年以降は変化が認められるものそれまでは地震発生数はほぼ一定の割合で推移してきたものと見られる。一方、図 11 の茨城県南西部では山梨県東部ほどの余震活動の影響は認められないが、2011 年までは累積地震発生数は上に凸のやや減少の傾向を示している。東北地方太平洋沖地震の発生が、今後数十年の関東地方の地震活動へどのような影響

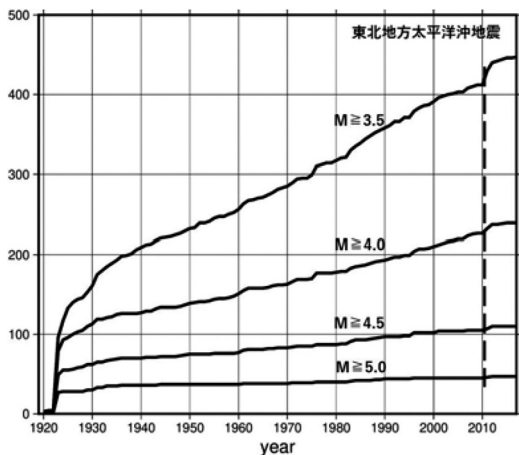


図 10 山梨県東部における、1919 年以降 2017 年までの各マグニチュード以上の地震発生回数の累積変化

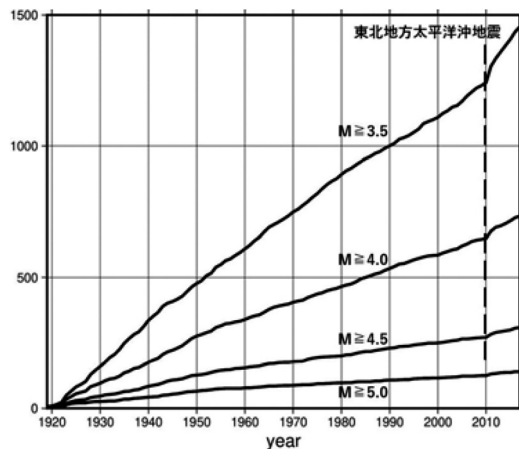


図 11 茨城県南西部における、1919 年以降 2017 年までの各マグニチュード以上の地震発生回数の累積変化

を与えるか注目される。

5. ま と め

関東地震の前後百年あまりの関東地方の地震活動の推移を、各観測点の累積有感地震回数、震源カタログから範囲を限定した地域における累積の地震発生回数で調べて見ると、水戸、筑波山、東京、横浜など関東地方の観測点で、1920 年頃から地震活動が低下したことが認められる。関東地震の影響は、有感地震数、山梨県東部における地震活動などから 1940 年頃までには終息したと認められる。その後は地震活動は定常的な状態に移行し、2011 年東北地方太平洋沖地震の発生までは、目立つ変化は見出しがたい。1923 年前後の地震活動に関する情報を得るには、震度観測など精度の低いデータについても丹念に収集、整理を続け公開活用できる体制を整えることが望まれる。

謝辞

震度、震源などのデータの分析には気象庁で作成された資料を利用した。図の作成には、Generic Mapping Tools (Wessel and Smith, 1998) を用

いた。

参考文献

- 石辺岳男・佐竹健治. 2021. 江戸・東京における有感地震回数の変遷—歴史時代の地震活動解析へ向けて—。地震ジャーナル, **72**, 1-14.
- 石垣祐三・高木朗充. 2000. 気象庁震度データベースの整備及び活用例について。験震時報, **63**, 75-92.
- 石垣祐三. 2007. 明治・大正時代の震度観測について—震度データベースの週及—。験震時報, **70**, 29-49.
- 気象庁. 2020. 1919 年から 1921 年の震源決定の概要。令和 2 年 1 月 15 日報道発表資料。
- 岡田義光. 2020. 「地震月報」100 年。地震ジャーナル, **70**, 25-31.
- 津村建四朗. 1998. 明治時代の地震資料のデータベース化に関する研究。科学研究費補助金研究成果報告書, 60 pp.
- 保田柱二・小平孝雄. 1938. 東京地震観測 (明治 5 年 9 月-大正 12 年 12 月)。震災予防評議会, 107.
- Wessel, P. and Smith, W.H.F. 1998. New, improved version of Generic Mapping Tools released. *EOSTrans., AGU*, **79**, 579.

浜田信生

[はまだ のぶお]

略歴 昭和 47 年東京大学大学院理学研究科修士課程修了，理学博士。気象庁入庁観測部地震課火山係配属，地震観測所（松代），気象研究所，地震火山部，仙台管区气象台，札幌管区气象台等で勤務，平成 20 年地震火山部長を最後に定年退職，平成 20 年 5 月より平成 21 年 5 月まで国際協力機構長期派遣専門家としてインドネシア気象気候地球物理庁において，津波早期警戒システム構築のための技術協力に従事

研究分野 日本列島の地震活動，地震カタログの改良

著書 地震の事典（共著，朝倉書店）

津村建四朗

[つむら けんしろう]

略歴 京都大学理学部地球物理学科卒業，理学博士。東京大学地震研究所助手，同助教授，気象庁地震予知情報課長，同地震火山部長，山形大学理学部教授，（公財）地震予知総合研究振興会副首席主任研究員などを歴任。地震調査研究推進本部地震調査委員会委員長に 3 期 6 年就任

研究分野 地震学

1923年関東地震の測地データが 地震学にもたらしたもの

鷺谷 威

1. はじめに

関東地震は今からちょうど100年前の1923年（大正12年）9月1日に発生した。この地震は、明治維新以降に経済や文化の面でめざましい発展を遂げた近代日本において、その中枢である首都東京およびその周辺が経験する初めてかつ最大規模の大災害であった。地震学の観点から関東地震を考えると、1880年代に開始された地震学による観測データや知見が蓄積して体系化されている中で発生した大地震であり、それ以前の地震と比べ残されている情報量が圧倒的に豊富である。本稿で扱う測地測量データに関しても、関東地震は1880年代から整備された近代的な測量網が巨大地震に伴う地殻変動を詳細に記録した最初の例であった。この測地測量データは、地震学の理論的發展に伴って大地震に関する重要な知見をもたらすこととなる。本稿では、それらの研究を振り返りながら、関東地震の測地データが地震学的發展に果たした意義について考察してみたい。

2. 日本の測量網と震災復旧測量

明治維新以降、日本では、国土情報を正確に把握して地形図を整備する目的で西洋式の測量技術が導入された。1880年代に入ると陸軍陸地測量部が全国的な三角測量網および水準測量網を設置した。北海道から九州にいたる三角測量網は明治42年までに、水準測量網も大正2年には測量が

終了し、国土の位置および高さに関する基盤的情報が整備された（国土地理院、1970）。しかし、地殻変動が活発な日本列島においては、大地震や火山噴火などが発生するたびに周辺地域で基準点の位置や高さが大きく変化する。基準点の変位が生じると測量網としての整合性が失われてしまう。こうした問題を解決するため、測量成果の更新を目的として復旧測量が実施された。復旧測量により得られた成果を地震前の測量成果と比較すると地震に伴う地殻変動の様子が明らかとなる。復旧測量が行われた最初の例は1891年（明治24年）の濃尾地震であるが、この地震は初回の三角測量が進行しつつある中で発生したため、復旧測量が行われたのは主として震源域の南西側の濃尾平野だけであり、地震に伴う地殻変動の全容を捉えるにはいたらなかった。一方、岐阜市から関市にいたる水準路線などでは地震に伴う上下変動が明瞭に捉えられており、断層運動推定の根拠とされた（Mikumo and Ando, 1976）。次の復旧測量は1914年（大正3年）の桜島噴火について実施された。水準測量によって捉えられた錦江湾周辺の沈降を示すデータは、火山のマグマだまりの表現として知られる茂木モデル（Mogi, 1958）の根拠とされた。関東地震後に行われた測量はこれらに続く第三の震災復旧測量であったが、発生した地震の規模の大きさを反映し、関東全域におよぶ広範囲が再測量され、この大地震に伴う地殻変動の全容が明らかにされた。

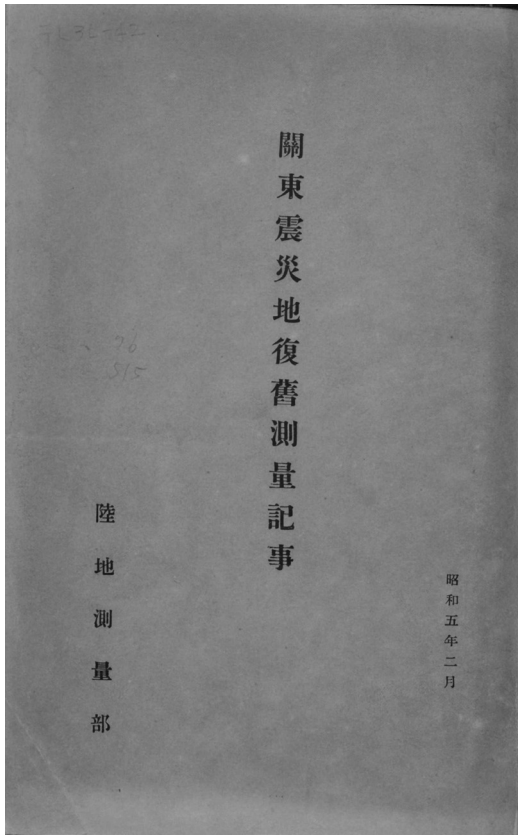


図 1 関東震災地復旧測量記事（陸地測量部、1930）の表紙（国立国会図書館デジタルライブラリーより）

3. 関東震災地復旧測量

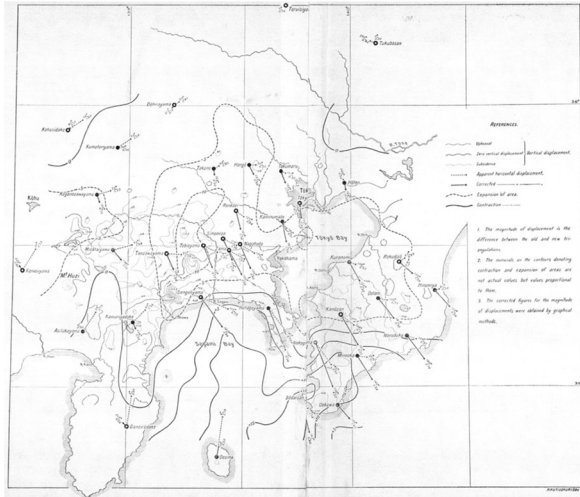
関東地震後に実施された復旧測量については、陸地測量部（1930）が詳細な報告を残している（図 1）。この資料は、現在、国立国会図書館オンライン（<https://ndlonline.ndl.go.jp/>）に収録されており、オンラインで閲覧可能である。復旧測量は一等から三等までの三角測量網、三角測量網のスケールを定義する基線（相模野基線）、一等および二等の水準測量路線について実施された。実施された復旧測量の全容は表 1 に示すとおりである。

一等三角測量網の改測は万城山，毛無山，国師

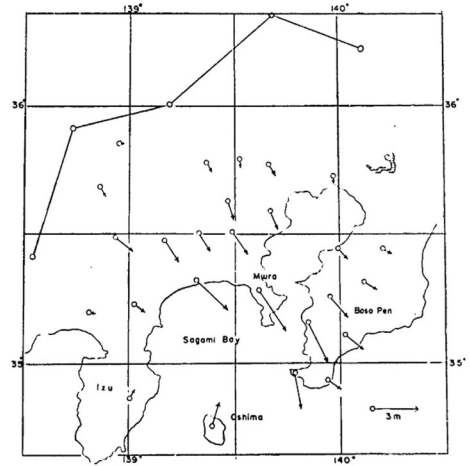
表 1

復旧測量の対象	改測点数
基線	1
基線網	6
一等三角本点	12
一等三角補点	20
二等三角点	138
三等三角点	673
一等水準点	2,622 km
二等水準点	231 km

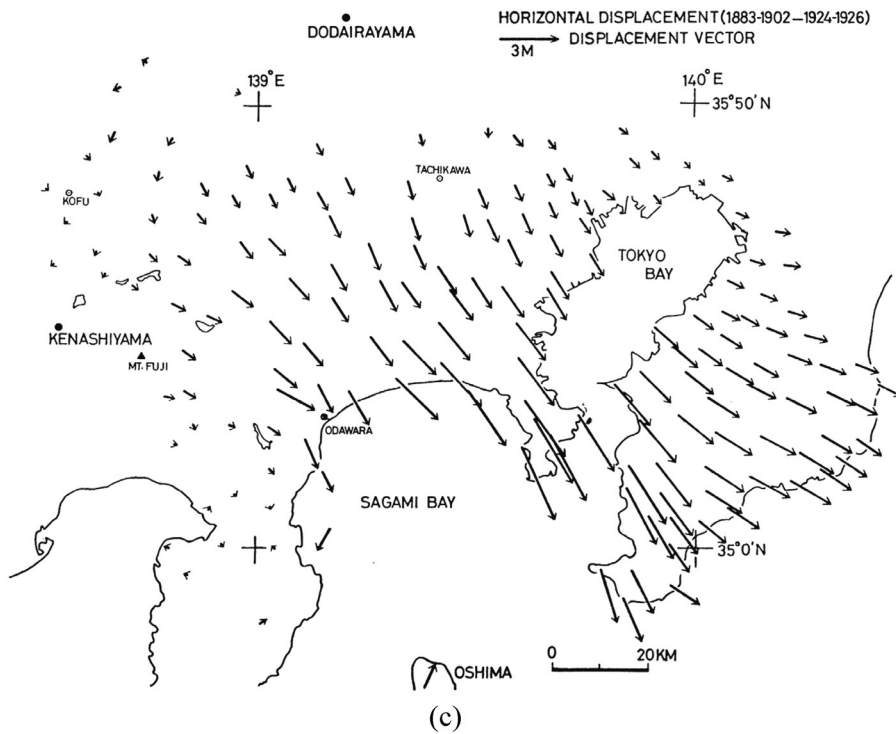
岳Ⅱ，堂平山，晃石山，筑波山，六地藏，鹿野山，房大山を外周とする 12 の一等三角本点について実施され，その後，東京・神奈川を中心に静岡県，山梨県，埼玉県，栃木県，茨城県，千葉県にまたがる広範囲で三角測量網が改測された。また，相模野基線（距離 5,209.9669 m：1910 年測量結果）では 0.2456 m の伸びが検出された。実際には，上記の外周の三角点でも関東地震の影響は無視できないことが後の検討で明らかになっており，解析上の考慮が必要となった。陸地測量部は 2 とおりの計算方法で一等三角点の変位を推定した。いずれの方法でも最大で 2 m を超える変位が得られたが，用いる仮定によって変位分布は大きく異なっていた。Muto（1932）はこの結果を再検討して新たな変位ベクトル図を示した。この結果は後の断層モデル解析で使用されることになる（図 2a）。なお，Muto（1932）では一等三角点および補点の変位のみが計算されているが，陸地測量部（1930）の報告では二等および三等三角点についても変位が記載されている。その後一等三角点については佐藤・市原（1971）が，二等三角点の変位については中根（1978）が再計算を行い，変位ベクトルを示している。Muto（1932）は神奈川県から房総半島にかけて最大 4 m 程度の南東向き変位を推定したが，佐藤・市原（1971）は従来の測量計算の問題を慎重に検討した上で再計算を行い，関東地震に伴う変位は関東北部の一等三角点 5 点を不動と仮定して計算した。その結果，房総半島での変位は Muto（1932）より 1 m



(a)



(b)



(c)

図 2 復旧測量により得られた三角点の変位分布. (a) Muto (1932) による一等三角点の変位. 晃石山の座標およびそこから筑波山の方位角を不変と仮定. (b) 佐藤・市原 (1971) による一等三角点の変位. 実線で結んだ毛無山, 国師岳, 堂平山, 晃石山, 筑波山の5点を不動と仮定. (c) 中根 (1978) による一等および二等三角点の変位. 毛無山, 堂平山, 筑波山の3点を不動と仮定

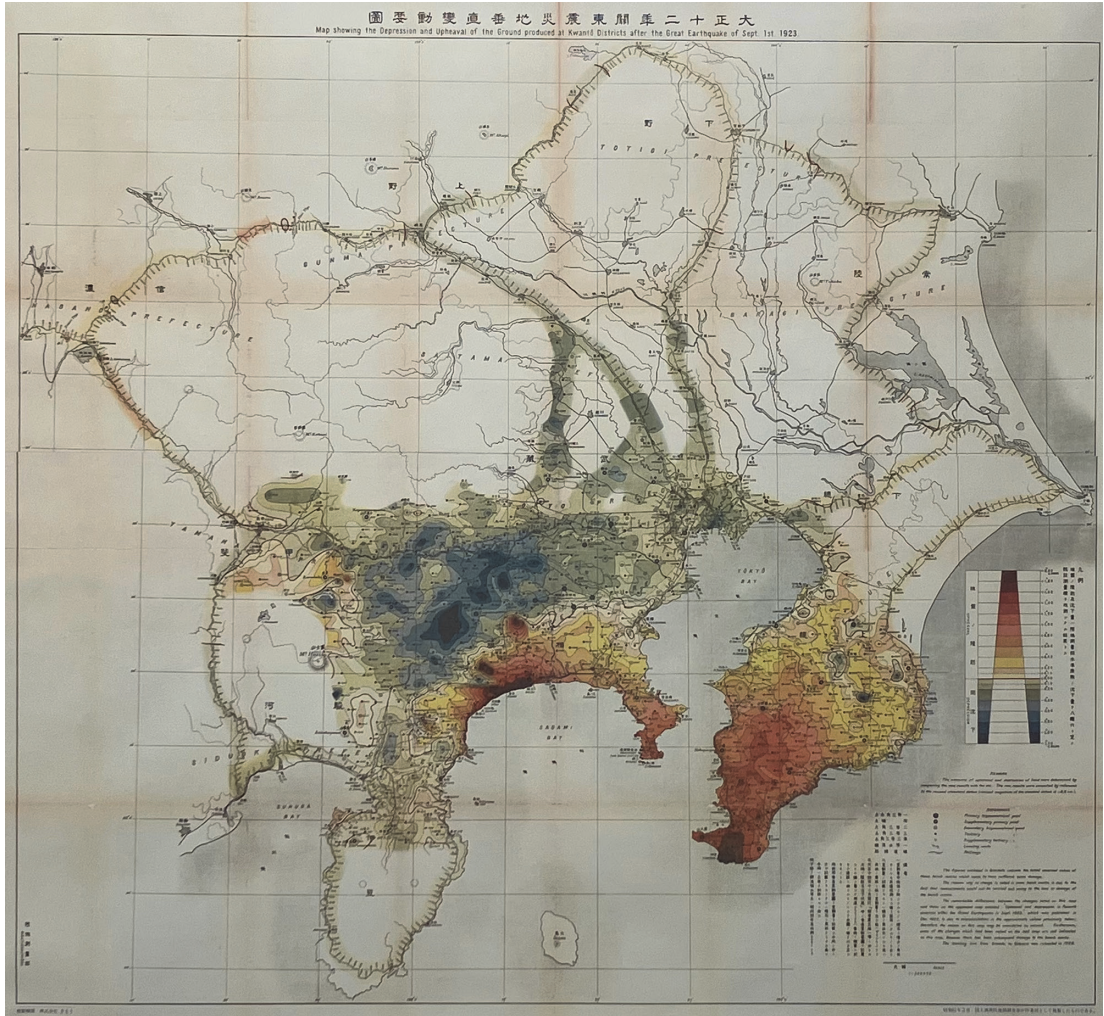


図3 大正十二年関東震災地垂直変動要図（国土地理院が複製した資料を筆者撮影）

ほど小さく推定された（図2b）. 中根（1978）の結果は高密度の三角点が総合的に最大3m程度の南東向きの変位を示しており、関東地震の地殻変動の大きさとともに、測量結果が高い精度を有することを示している（図2c）. ここで示した例は、それぞれ変位計算において異なる仮定に基づいており、同じ測量データでも測量計算の違いによって大きく地殻変動の様相が大きく変わる点に注意が必要である.

水準測量は、関東一円の一等水準測量網2,622 kmについて改測が行われた. 水準点の標高は東

京湾の平均海水面を基準に求められた水準原点（東京都千代田区）の標高が与えられていたが、復旧測量および油壺における潮位観測の結果、東京都千代田区にある日本水準原点の標高は86 mm沈降したと推定され、その標高値は24.5000 mから24.4140 mへと改められた. 陸地測量部は、水準測量に加えて三角点の標高変化も考慮して上下変動分布を求め、色刷りの垂直変動要図としてまとめられている（図3）. 相模湾北岸から三浦半島、房総半島南部にかけて最大2m程度の隆起が生じた一方、丹沢山地では最大1m程度の

沈降が生じている。

復旧測量により得られた測量成果は、マグニチュード8クラスの巨大地震に伴う震源域周辺の地殻変動の全容を世界で初めて克明に捉えた貴重な記録である。関東地震の前にも、日本国内では1891年濃尾地震について、国外ではカリフォルニアの1868年ハイワード地震 (Yu and Segall, 1996) や1906年サンフランシスコ地震 (Thatcher, 1975; Thatcher *et al.*, 1997), イタリア南部で発生した1908年メッシーナ地震 (Pino *et al.*, 2009) などについて地震に伴う地殻変動を記録した測量データが存在する。しかし、地震の影響が顕著な領域全体にわたって、高い空間密度で、水平方向および上下方向の地殻変動の全容を捉えたと言える記録は1923年関東地震以前には皆無であった。特に、海溝型巨大地震として、1923年関東地震は地殻変動に基づいて定量的な解析が行える世界初の事例である。

関東地震の復旧測量によって得られた地殻変動分布は、地震に伴う地殻変動の実例を多く知り、それが断層モデルで説明可能であることを知る現代の科学者にとって、横ずれ成分を含む低角逆断層のずれに伴う地殻変動パターンの典型例であり、物理的な解釈を与えることは容易である。しかし、そうした理論がまだ存在していなかった当時、この地殻変動が地震に伴って生じたことは理解されても、正しい解釈をすることは困難であった。Imamura (1930) は、地殻ブロックの回転や傾動による地殻変動の解釈を試みていた。一方、Miyabe (1931) は地質断層との関係に注目し、地質断層付近において上下変動の変化が顕著に大きいことを指摘していた。しかし、このデータの意味が正しく理解されるまでにはその後長い時間を要した。

4. 関東地震の断層モデル

1960年代になって震源の理解が進み、Chinnery (1961) や Maruyama (1964) は有限の広がりをも

持つ矩形断層によって半無限弾性体の表面に生じる変位分布の解析的な表現を与えた。こうした新しい知見を用いて大地震に伴う地殻変動データの解釈が可能となった。Chinnery (1961) が与えたのは鉛直横ずれ断層に関する式で、そこで扱われたのは1927年丹後地震、1930年北伊豆地震、および1906年サンフランシスコ地震の測量結果であった。逆断層については、Maruyama (1964) の表式を用いて1964年アラスカ地震の地殻変動を検討した Press and Jackson (1965) が先駆的な事例である。

関東地震の断層モデル化を初めて行ったのは Ando (1971, 1974) である。Ando (1971) は、Muto (1932) による三角点の変位、Miyabe (1931) による上下変動分布を1枚の矩形断層モデルによる地表変位の計算結果と比較して断層の位置やすべりの大きさを検討し、45度の傾斜で長さ130 km、幅65 kmの断層が横ずれ6 m、縦ずれ3 mのずれを生じたと推定した。剛性率を30 GPaと仮定すると、地震モーメントは 1.7×10^{21} Nm、モーメントマグニチュードは8.1となる。地震学的な解析結果との比較を通してモデルの妥当性が検討され、結果の解釈にはプレートテクトニクスの観点も取り入れられていた。Ando (1974) ではモデルの見直しが行われ、断層の長さ85 km、幅55 km、傾斜角30度とやや小さくなり、地震モーメントは 9.4×10^{20} Nm、モーメントマグニチュードは7.9となった。

その後もいくつかの矩形断層に基づく関東地震の断層モデルが提案されたが、最も重要なものは Matsu'ura *et al.* (1980) による結果だろう。この研究では測地データの逆解析手法を用いて、市原・佐藤 (1971) による三角点の水平変位および水準測量による上下変位と断層モデルによる計算値の残差を最小化する最適なモデルが推定された。また、三角点の変位を求める際に固定した点の変位をモデルに基づいて考慮することで測量データのバイアスを除去することに成功した。Wald and Sommerville (1995) や Kobayashi and

Koketsu (2005) は測地データと世界各地で観測された地震波形のジョイントインバージョンを行い断層のすべり分布を推定した。Pollitz *et al.* (1996) は、明治時代の最初の三角測量から1923年の地震発生までに生じた地震間地殻変動の補正を行った上で断層運動を推定し、三浦半島から房総半島の先端部を横切る横ずれ断層の変位が存在したと主張した。ここまで紹介した研究における三角測量データは、いずれも一等三角点のみの変位をデータとして用いていた。Nyst *et al.* (2006) は、それまで断層モデル推定に使われてこなかった二等三角測量のデータを使用し、また三角点の変位ではなく、地震前後での角度変化をデータとして断層モデル推定を行った。得られた結果は従来の他の研究と大きく異なるわけではないが、二等三角測量のデータについては、一等三角測量に比べて残差が大きくなっている。データの不均質な空間分布や地震間地殻変動の補正が原因として議論されているが、まだ検討の余地は残っている。

5. 余効変動と地震間変動

関東地震の余効変動については、Matsu'ura and Iwasaki (1983) による先駆的な研究があり、弾性-粘弾性の水平成層構造を仮定して断層モデルを与えることにより粘弾性緩和による地殻変動を計算し、油壺の潮位記録や地震後の水準測量結果との比較を行った。最近ではPollitz *et al.* (2006) が検討を行っている。しかし、関東地震の余効変動と明確に解釈できるような地殻変動は、筆者が知る限りこれまで報告されていない。関東地方ではプレート間固着による地震間の地殻変動が大きく、また関東地方の地下にはフィリピン海プレートや太平洋プレートが深さ100km付近まで存在しており、世界に類を見ない複雑さを呈している。ここでどのような余効変動が生じるかはたいへん興味深く、引き続き検討が必要である。

一方、1990年代以降に整備された電子基準点網は、関東地方における地震間地殻変動を明瞭に

捉えており、そのデータ解析からプレート間固着分布が推定された (Sagiya, 2004; Nishimura *et al.*, 2007; Noda *et al.*, 2013)。これらの結果を1923年の関東地震の断層モデルと比較することで、1923年に破壊した震源域が現在は固着してひずみを蓄積していることが分かる。地震時のすべり分布と地震間の固着分布の対応については世界各地の沈み込み帯で同様な指摘がなされている (たとえば2010年チリ・マウレ地震, Moreno *et al.*, 2010)。ここでは地震間地殻変動が将来の大地震の震源域を示唆するという重要な知見が、関東地震の震災復旧測量によるデータによって得られていることを改めて強調しておきたい。

6. まとめと残された課題

本稿では、1923年関東地震後に行われた震災復旧測量についてまとめ、そこで得られたデータがその後の地震学にどのように貢献したかを振り返ってきた。この復旧測量は関東地震により生じた地殻変動の全体像を詳細に記録したが、今日にいたるまで、このような記録が残された事例は世界を見渡してもきわめて限定的である。そのため、この測量記録は、関東地震という重要なイベントの歴史的な資料にとどまらず、今日の地震科学においてもいぜんとして重大な意義を有しており、その点においてまことに稀有なデータだといえる。こうした貴重なデータを後世に残すため、震災発生直後から復旧測量作業に従事した関係者の努力については言うまでもないが、地震発生前に基準点が整備され、正確な測量成果が存在していたことの重要性を指摘しておく。これらの測量作業が実施された当時は、大地震と地殻変動の関係についても、ましてや測量結果が世界中から注目される貴重なデータとなることも十分認知されていなかったはずである。発生した現象を十分な解像度と正確性をもって記録し漏れなく後世に伝える愚直な努力を今後も続けていくことは重要である。

一方、こうして現在のわれわれがひき継いだ貴重なデータを十二分に活用してきたかと思われる、いくつか残された課題があることに気づく。1例として、三角測量成果については、三等三角点の変位については、これまで十分な整理や検討が行われた形跡がない。また、断層モデルの推定において、上下変位のデータとして断層モデル推定に用いられたのは水準測量データだけである。図3に示されている上下変動の面的な分布では三角点の高さ変化のデータも含まれており、後者の情報はいずれの断層モデルにも寄与していない。こうした未使用のデータを考慮することで断層モデルの再検討が可能である。また、余効変動についても、複雑なプレート構造を仮定した上で計算を試み、観測データとの比較を行うことは必要だろう。

南関東地域は、相模トラフで発生する大地震に加え、いわゆる首都直下地震の危険性などが懸念される地域であり、地殻変動の観点からも地殻活動を注意深く監視し、また将来発生し得る地震像を明確にすることが求められる。そうした取り組みにおいては、実際に発生した1923年関東地震の震源像を可能な限り追求することがたいへん重要であることは言をまたない。地震発生から100年が経過しようという現在、改めてこの貴重なデータと向き合う必要性を強く感じている。

参考文献

Ando, M. 1971. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **49**, 19-32.
Ando, M. 1974. *J. Phys. Earth*, **22**, 263-277.
Chinnery, M. A. 1961. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **51**, 355-372.
Imamura, A. 1930. *Pub. Earthq. Investigat Comm.*, **25**, 1-143 (in Foreign Languages).
Kobayashi, R. and Koketsu, K. 2005. *Earth Planets Space*, **57**, 261-270.
国土地理院. 1970. 測量・地図百年史. 673 p.
Maruyama, T. 1964. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **42**, 289-

368.
Matsu'ura, M. *et al.* 1980. *J. Phys. Earth*, **28**, 119-143.
Matsu'ura, M. and Iwasaki, T. 1983. *Tectonophysics*, **97**, 201-215.
Mikumo, T. and Ando, M. 1976. *J. Phys. Earth*, **24**, 63-87.
Miyabe, N. 1931. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **9**, 1-21.
Mogi, K. 1958. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **36**, 99-134.
Moreno, M. *et al.* 2010. *Nature*, **467**, 198-204.
Muto, K. 1932. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **10**, 384-392.
中根勝見. 1978. *測地学会誌*, **24**, 214-225.
Nishimura, T. *et al.* 2007. *J. Geophys. Res.*, **112**, B05414.
Noda A. *et al.* 2013. *Geophys. J. Int.*, **193**, 61-77.
Nyst, M. *et al.* 2006. *J. Geophys. Res.*, **111**, B11306.
Pino, N. P. *et al.* 2009. *Seismol. Res. Lett.*, **80**, 243-259.
Pollitz, F. *et al.* 1996. *Geophys. J. Int.*, **126**, 882-892.
Pollitz, F. *et al.* 2006. *J. Geophys. Res.*, **111**, B05408.
Press, F. and Jackson, D. 1965. *Science*, **147**, 867-868.
陸地測量部. 1930. 関東震災地復旧測量記事. 78 p.
Sagiya, T. 2004. *Pure Appl. Geophys.*, **161**, 2327-2342.
佐藤 裕・市原 満. 1971. *測地学会誌*, **17**, 178-186.
Thatcher, W. 1975. *J. Geophys. Res.*, **80**, 4862-4872.
Thatcher, W. *et al.* 1997. *J. Geophys. Res.*, **102**, 5353-5367.
Wald, D. J. and Sommerville, P. G. 1995. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **85**, 159-177.
Yu, E. and Segall, P. 1996. *J. Geophys. Res.*, **101**, 16101-16118.

鷺谷 威

[さぎや たけし]

現職 名古屋大学減災連携研究センター教授

略歴 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻博士課程中退。国土地理院勤務を経て2003年より名古屋大学大学院環境学研究科助教授。2012年より現職

研究分野 地殻変動学。GNSS等の測地学的手法による地殻変動観測を行うとともに、そのデータを用いて地震やテクトニクスを研究している

著書 日本海東縁部の活断層と地震テクトニクス(分担、大竹政和他編)、図説地球科学の事典(分担、鳥海光弘他編)など

令和4年（2022年）東京都地震被害想定

平田 直

1. はじめに

東京都は10年ぶりに地震被害の想定を修正し、令和4年（2022年）5月に新しい想定を発表した（東京都防災会議，2022）。国、自治体、企業等は、地震などの自然現象による被害対策のための計画を定期的に見直している。対策計画の前提となるのが、地震被害想定である。

想定を行うには、科学的根拠のある合理的な推定が必要である。しかし、被害想定はたんなる推定ではない。対策計画を作るための前提を科学的な予測に基づいて設定するのが被害想定である。科学的な根拠があると言っても、予測はいろいろな条件によってさまざま異なる、予測の幅とも言える不確実性がある。最終的には、どんな被害が発生するかをあらかじめ設定（前提）して、それに対する対応策を定めることになる。この前提が被害想定である。被害の予測と想定は、似た概念であるが区別する必要がある。

2. 国や自治体の被害想定と防災計画

昭和34年（1959年）の伊勢湾台風を契機に、総合的で計画的な防災行政の整備と推進を図るため、「災害対策基本法」が昭和36年（1961年）に制定された。この法律で、国、都道府県・市町村は、防災計画を作ることが定められている。

国は、「防災基本計画」を作る。この計画は、わが国の災害対策の根幹をなすものであり、災害対策基本法第34条に基づき中央防災会議が作成する。「防災基本計画」は、防災分野の最上位計

画として、(1) 防災体制の確立、(2) 防災事業の促進、(3) 災害復興の迅速適切化、(4) 防災に関する科学技術と研究の振興、(5) 自治体などが作る防災計画で重点をおくべきことについて、基本的な方針を示すことが定められている。この「防災基本計画」に基づき、指定行政機関および指定公共機関は「防災業務計画」を、地方公共団体は「地域防災計画」を作成している。これらの防災計画を作る前提となるのが、被害想定である。

東京都が具体的な災害対策を行うための地域防災計画を策定するには、専門的な予測に基づいた定量的な被害の想定が重要である。これが、今回公表された東京都の地震被害想定である。定量的に人的・物的被害、経済損失を予測し、それを想定としてまとめ、具体的な対策を講じるのである。

一方、市民一人一人の災害対策でも、科学的な根拠に基づく客観的な災害予測が必要である。自分の身に何が起きるかを確かな根拠に基づいて判断し、対応策を考えて準備することが求められる。このためには、東京都内全域といった、ある地域全体の定量的な被害というよりは、自分の周りで何が起きるかをイメージできる情報が必要である。これは、災害シナリオというべき想定である。災害シナリオは、「定性的な被害想定」の1つである。今回の東京都の被害想定では、この定性的被害想定を充実させ、災害シナリオとして提示したことが大きな特徴である。

3. 前回の東京都地震被害想定

平成23年（2011年）東日本大震災の翌年、平成24年に、東京都は、平成18年（2006年）5月

に公表した「首都直下地震による東京の被害想定」を修正した（東京都防災会議、2012）。この修正は、東京都で東日本大震災のような大災害が発生する可能性を検討し、適切な防災対策を進めることが大きな目的であった。特に、東日本大震災で発生したような津波被害への対策を考えることが1つの動機になっていた。

そこで、地震学や災害科学の最新の知見を反映させた現実的な災害予測に基づいた被害想定を行った。当時の地震学の新しい知見として、想定すべき地震の発生場所についての新知見が得られていた。

首都圏では、MeSO-net（首都圏地震観測網）が2007年から東京大学地震研究所等によって整備され（酒井・平田、2009）、地下の構造が明らかになりつつあった。これまで、平成18年（2006年）被害想定等では、首都機能に最大の被害が発生する地震として「東京湾北部地震（マグニチュード（M）7.3）」が考えられていた。この地震は、関東の下に相模トラフから沈み込むフィリピン海プレートの上面（プレート境界）で発生する地震で、東京湾北部の海底下で発生する。MeSO-netを使った新しい研究によると、フィリピン海プレートの上面の位置が従来考えられていたより約10km浅くなることが分かっていた。そこで、平成24年（2012年）想定では、平成18年（2006年）の想定より地震の位置が浅くなると想定した。その結果、強い揺れとなる面積が増えた。たとえば、震度6強の面積は平成18年の想定では約305km²だったものが約444km²に増えた。区部の面積の約7割が震度6強の揺れに見舞われると想定された。この結果として、最悪の条件での死者が、6,100人から7,900人に増えた。フィリピン海プレートの形状に関する新しい科学的な知見に基づいた被害想定の見直しであった。

一方、津波については、東京湾の形状によりたとえ外洋で高い津波が発生しても東京湾の中では、津波高が抑えられることが確かめられた。それでも、たとえば1923年関東地震（M7.9）のよ

うな巨大地震が発生すると、最大で約2.6m（品川区）の津波が発生することが予測された。しかし、東京湾の内湾には防潮堤があるので、それが地震で倒壊しなければ、内陸部へ被害は少ないとされた。

4. 新しい被害想定

4.1 特徴と留意点

10年ぶりの修正では、定量的な被害想定と、定性的な想定を包括的に検討して、被害の全体像を明確にすることが留意された。これは、東京都の防災行政を具体的に進めるための定量的な想定と、都民が自分のこととして災害対策を進めるための災害のシナリオがともに重要であるからである。

新しい想定では、東京都の都市状況を十分に反映させるとともに、最新の科学的知見を踏まえることが留意された。具体的には、この10年間の防災対策の進展、人口構造の変化など、大都市東京の実情が反映された。この10年間で、湾岸地域などで、大規模超高層ビルが増加し、都市の構造が大きく変化した。令和2年（2020年）度時点で、都内には、高層建築物（高さ45mを超える建築物）は約3,500棟で、10年前と比較し、約1,000棟増加した。その大半が区部に分布している。

地震学的な知見の進展としては、平成24年（2012年）の想定で用いた「東京湾北部地震」から「都心南部直下地震」に想定断層が変更されたことが大きい。前回の東京都の被害想定は、東日本大震災発生翌年に発表されたが、中央防災会議が首都直下地震の被害想定を見直したのは、さらにその翌年の平成25年（2013年）であった。この見直しで、従来考えられていた「東京湾北部地震」は以下の理由により想定されなくなった。“新たなプレートの形状に基づいた大正関東地震の再現計算により震源断層域を推定した。その結果、前回（中略）「東京湾北部地震」および「多摩地震」を想定した領域は、大正関東地震の断層すべりによりすでに応力が解放された領域にある

と推定され、このタイプの地震（引用者注：プレートの上面の地震）の想定は、茨城県南部および茨城・埼玉県境付近の領域に限定して検討することが妥当と考える。”（内閣府首都直下地震モデル検討会（2013）、p. 21～22 より引用）

つまり、新しい地震学的な知見により、プレート境界の東京湾北部地震がプレート内部の都心南部直下地震に変更されたのである。東京都の新しい被害想定では、この中央防災会議の変更を取り入れて震度の予測を行った。

もう1つの地震学的な新しい知見は、表層地盤のデータが増えたことにより、より空間的に詳細な評価が可能になったことである。

震災対策の効果、人口・社会構造の変化を考慮することが、今後の震災対策を進めるうえで重要である。超高層ビルの増加と、都民のライフスタイルの変化が災害の程度や対応で考慮すべきことである。

4.2 定量的被害想定

4.2.1 想定地震

定量的に被害想定を行うために、まず、想定すべき地震を選定した。基本的には、平成25年（2013年）に中央防災会議が設定した地震であり、東京都の区部と多摩部に影響の大きい地震を含んで8つの地震による揺れや津波の高さの評価を行った（表1）。このうち5つの地震について被害の予想を行った。8つの地震としては、具体的

には、M7クラスの首都直下地震を6つ（このうち、5つはフィリピン海プレート内（スラブ内）のM7クラスの地震（図1）であり、1つは立川断層帯（図2）で起きる地震）、および、M8～9の地震として大正関東地震（M8クラス）（図3）と南海トラフ地震（M9クラス）を選定した。

4.2.2 地盤モデル

次に、重要なデータは地盤のモデルである。地表の揺れの強さ（震度）を推定する方法として、この被害想定では、まず、工学的基盤で波形を計算し、そこでの震度を求め、さらに、表層地盤での揺れやすさに対応する震度増分を用いて、工学的基盤での震度から地表の震度を推定する手法がとられた。ここで、工学的基盤とは、地下の岩石の地震波のS波の速さが300～600m/sの部分を使い、それより浅い部分を浅部地盤、それより深く、かつ、S波の速さが3,000m/s以上になる地震基盤より浅い部分は深部地盤と言われる。つまり、浅部地盤、深部地盤と、地震基盤以深の地殻構造の3つの地震波の伝わりやすさ、揺れやすさを表現する地盤モデルが必要となる。

表層地盤の揺れやすさの指標となる浅部地盤モデルは、50mメッシュの空間的に詳細なモデルが新規に作成された。これには、50mメッシュ微地形区分データ、ボーリング等の地盤データおよび微動アレイ観測データが用いられた。深部地盤モデルは地震調査研究推進本部・地震調査委員

表1 令和4年（2022年）東京都地震被害想定で対象とした地震

	地震規模 (M)	地震の種類	被害想定
M7クラスの首都直下地震			
① 都心南部直下地震	7.3	スラブ内地震	○
② 多摩東部直下地震	7.3	スラブ内地震	○
③ 都心東部直下地震	7.3	スラブ内地震	○
④ 都心西部直下地震	7.3	スラブ内地震	○
⑤ 多摩西部直下地震	7.3	スラブ内地震	○
⑥ 立川断層帯地震	7.4	活断層で起きる地震	○
M8～9クラスの海溝型地震			
⑦ 大正関東地震	8クラス	プレート境界地震	○
⑧ 南海トラフ巨大地震	9クラス	プレート境界地震	○

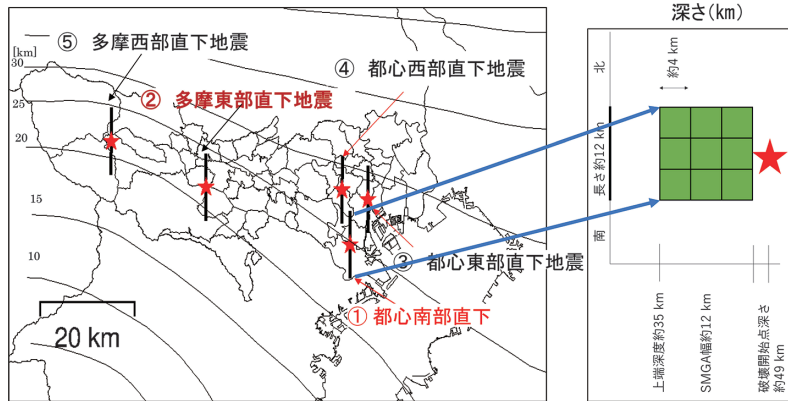


図 1 想定した「プレート内地震」の震源モデル（東京都の資料による）。都心南部直下地震断層は、鉛直断面を右図に示す。赤い星は、震源（破壊開始点）

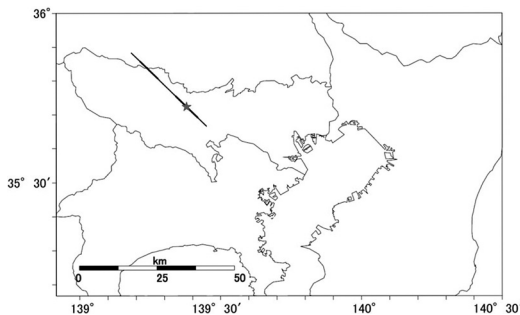


図 2 ⑥立川断層帯地震の震源断層モデルの位置

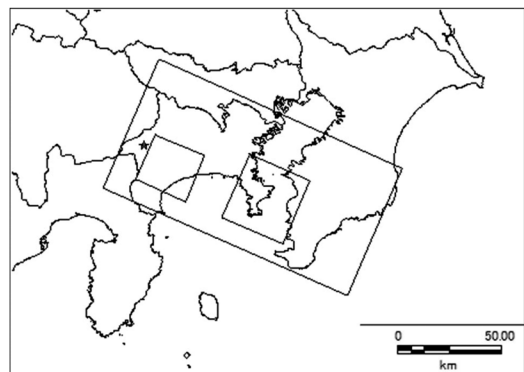


図 3 ⑦大正関東地震の震源断層モデル（図中の小さい2個の四角は強震動生成域を示す）

会（2021）を使用し、地震基盤以深の地殻構造モデルは内閣府公表モデル（平成 27 年）（内閣府・南海トラフの巨大地震モデル検討会・首都直下地震モデル検討会，2015）が用いられた。

これらの地盤モデルのうち、浅部地盤モデルは近年の調査により精度が向上した。前回 2012 年の東京都の被害想定で使われたモデルと、今回のモデルを比較すると、区部東部で表層での増分が増え、区部西部、多摩部で増分が減少した（図 4）。この変化は、自然現象として地盤構造が変わったのではなく、調査・研究が進み、自然に対する認識が進歩した結果である。

4.2.3 揺れ（震度）の分布

震度が推定された想定地震のうち、被害が最大になるのは都心南部直下地震である。やや詳しく

揺れの分布（図 5）について見てみよう。この地震では、東京都内全体で、震度 6 弱の面積は約 604 km²、震度 6 強の面積は約 388 km²、震度 7 の面積は約 14 km² である。これを東京都の面積と比べると、区部で震度 6 弱以上になるのは約 98% であり、6 弱以上になる面積は 58%、7 以上は 2% となる。

つまり、区部東部、区部南西部を中心に、区部の約 6 割が震度 6 強、区部のほぼ全域で震度 6 弱以上の強い揺れになるのである（図 5）。震度 6 弱の揺れは、耐震化されていない木造家屋は、倒壊の可能性がある強い揺れである。

多摩部の代表的な地震として、多摩東部直下地

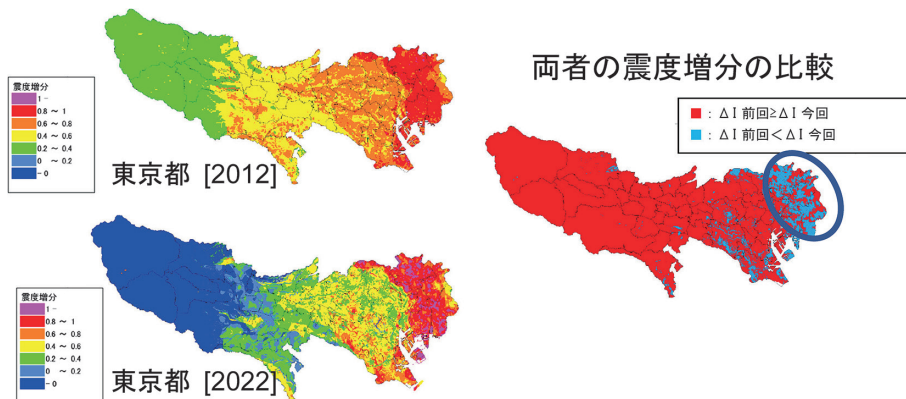


図 4 2022 年想定と 2012 年想定での浅部地盤モデルの震度増分の比較。区部東部で、前回の想定モデルより、震度増分が大きくなった（○印）。東京都非公開資料（2021 年）より平田が作成

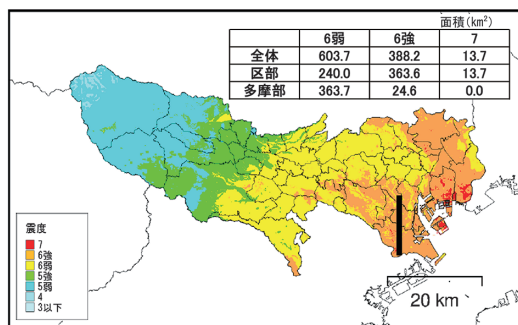


図 5 都心南部直下地震（M7.3）の震度分布。太い実線が想定される震源断層の位置。鉛直の断層

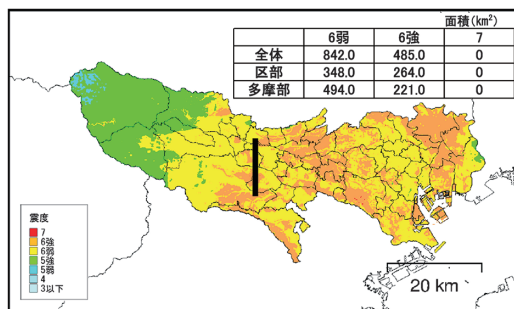


図 6 多摩東部直下地震（M7.3）の震度分布。太い実線が想定される震源断層の位置。鉛直の断層

震が想定された。この地震では、多摩部の約 6 割が震度 6 弱以上、区部でもほぼ全域で震度 6 弱以上となり、震度 6 強以上の地域は、多摩部の約 2 割、区部の 4 割に及ぶ（図 6）。

この他の地震についても震度の予測結果が公表されているので、ぜひ、東京都のウェブサイト参照されたい。

次に述べる物的・人的被害を推定するためには、揺れのみだけでなく、液状化と急傾斜地崩壊の可能性についても評価する必要がある。ここでは、紙幅の関係で割愛するが、この情報も公開されているので、参照されたい。

4.2.4 物的被害

建物などの物的被害を定量的に見積もるには、

対象とする領域の建物の種別・量と分布を把握する必要がある。まず、都内における木造、非木造別・築年区別の建物棟数とそれらの分布が調べられた。都内には、島しょ部を除いて約 2.8 百万棟の建物がある。このうち昭和 56 年（1980 年）以前に建てられた木造建物は、全体の建物の約 25%、非木造の 80 年以前の建物は全体の約 6% で、全体の約 1/4 が旧築年・中築年と分類されている。これらが、耐震化されていなければ、大きな被害となる可能性がある。

東京都の建物の耐震化率は、この 10 年間で進展があった。令和 2 年（2020 年）の東京都のデータで、戸建て住宅の 86.9%、共同住宅の 93.8%、全体として 92.0%（住宅戸数の割合）が耐震化さ

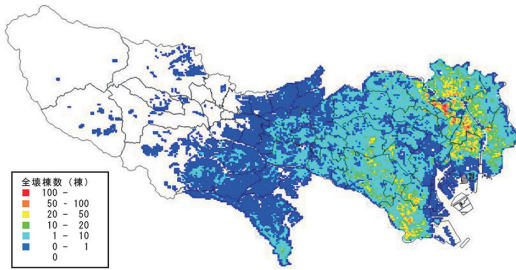


図 7 都心南部直下地震による全壊棟数分布

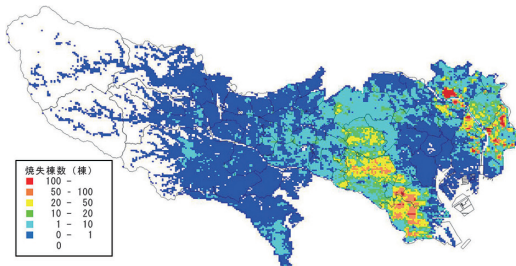


図 8 都心南部直下地震による焼失棟数分布

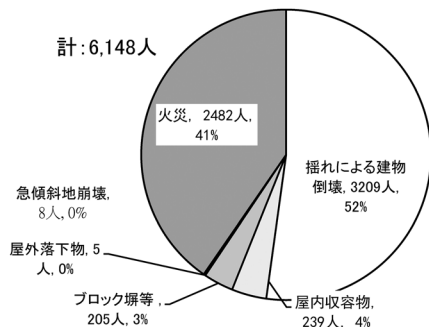


図 9 都心南部直下地震の死者数。冬の夕方、風速 8m/s 時

れている。全国平均が約 87% であることに比べると優れている。ただし、ここで言っている耐震化とは、昭和 56 年（1981 年）の基準であることに注意する必要がある。

これらの情報に基づいて、揺れによる建物被害が推定された。揺れによって全壊する建物は、都心南部直下地震で最大となり、80,530 棟（木造：68,938 棟、非木造：11,593 棟）と推計された（図 7）。このうち、全壊する建物の約 8 割は旧耐震基

準の建物である。液状化による全壊被害も都心南部直下地震で最大で、1,549 棟となった。急傾斜地崩壊による全壊被害は多摩東部直下地震で最大となり、469 棟となった。揺れ、液状化、急傾斜地崩壊を加えた全壊棟数は、都心南部直下地震で 82,199 棟、多摩東部直下地震で 70,108 棟となった。これらの数字が被害として想定する被害棟数である。

次に、火災による被害について見てみよう。火災被害も、都心南部直下地震による被害が最大となる。火気器具や電気器具等から火災が多数発生し、最大 915 件と推定される。一部では、居住者等による初期消火がなされるが、初期消火できない火災は、そのうち、最大で 623 件となる。この結果、冬の夕方、風速が 8m/s であるときに都心南部直下地震が発生すると、118,734 棟の建物（島しょ地域を除く東京全体の建物の約 4%）が焼失する（図 8）。倒壊した建物で火災により焼失する建物もあるため、焼失した建物から揺れ・液状化による被害数を除くと 112,232 棟である。この数字に、揺れなどによる全壊棟数を加えた全壊・焼失棟数 194,431 棟が、東京都の被害想定である。

4.2.5 人的被害

人的被害を評価する前提は、東京都の人口の推移である。平成 22 年（2010 年）と令和 2 年（2020 年）の東京都の人口を比較すると、夜間人口は 13 百万人から 14 百万人に、昼間人口は 14 百万人から 16 百万人に増えている。このうち、高齢化率は 20.1% から 22.1% に増加している。日本全体としては人口が減っているにもかかわらず、東京都の人口が増えていることに注意する必要がある。

人的被害が最大となるのは、都心南部直下地震における冬・夕方・風速 8m/s のケースであり、6,148 人の死者、93,435 人の負傷者（うち、13,829 人が重傷者）が発生する（図 9）。

揺れ・建物倒壊等による人的被害が最大となるのは、多くの人が住宅に滞留している早朝であり、都心南部直下地震で、4,916 人の死者、75,612



東京マイ・被害想定 を作りましょう！


①想定入力 ▶ ②結果(概要) ▶ ③結果(詳細)

あなた自身やご家族について


Q1 あなたの年齢を選択してください。(必須)

年齢 -- 選択してください --

Q2 家族構成を選択してください。(必須)



单身



2人以上

ご自身または家族が以下に当てはまれば選択

- ・高齢者
- ・乳幼児
- ・妊婦
- ・日常的に医療・介護が必要な人




図 10-1 「東京マイ被害想定を作りましょう」最初のページ

東京マイ被害想定

首都直下地震が起きたら、あなたの身の回りでは…

65歳以上             

①想定入力 ▶ ②結果(概要) ▶ ③結果(詳細)

被害の状況・身の回りの様相と取るべき行動

■ 被害の状況・身の回りの様相 (概要)

 強い揺れに襲われる	 家具類等の移動・転倒が発生	 広域的な停電が発生	 不通エリアが発生	 断水が発生	 トイレが使用不可
 避難所が混雑化	 多数の帰宅困難者が発生	 多くの場所で火災が発生	 道路寸断等による通行困難化	 鉄道が運行停止	 EVでの閉じ込めが発生
 液状化が発生					<p>時間の経過によって被害状況が悪化するなど、身の回りの様相は変化していきます。アイコンをクリックして、状況を確認しましょう。</p>

図 10-2 東京マイ被害想定。被害の状況

人の負傷者（うち、7,831 人が重傷者）が発生する。家具の転倒など屋内収容物の移動・転倒による人的被害が最大となるのは早朝であり、都心南部直下地震で、275 人の死者、6,579 人の負傷者（うち、

1,425 人が重傷者）が発生する。急傾斜地崩壊による人的被害が最大となるのは早朝であり、多摩東部直下地震で、42 人の死者、52 人の負傷者（うち重傷者 26 人）が発生する。

■取るべき防災行動

自分自身や家族の身の安全を守りましょう！

平時

- ▶ 家具類の転倒や落下を防ぐため、家具等の固定など事前に対策を取りましょう。
- ▶ 懐中電灯や携帯充電器などを準備しておきましょう。
- ▶ 飲料や携帯トイレなど、必要な備蓄については、東京備蓄ナビで確認しましょう。
- ▶ 感震ブレーカーの設置など、火災を防ぐ取組をしておきましょう。
- ▶ 火災が発生した時に備えて、消火器の設置や風呂水の貯め置きなどをおきましょう。

発災直後

- ▶ 激しい揺れを感じたら、すぐに身の安全を確保しましょう。
- ▶ 揺れがおさまったら、家族の安否を確認しましょう。
- ▶ 揺れがおさまったら、火の元を確認し、出火した際には落ち着いて消火しましょう。
- ▶ 自宅の安全が確認できれば在宅避難に努めましょう。
- ▶ 無理な帰宅は控え、一時滞在施設で待機しましょう。

図 10-3 東京マイ被害想定. とるべき防災行動

火災による人的被害が最大となるのは夕方であり、都心南部直下地震で風速 8m/s の場合に 2,482 人の死者、9,947 人の負傷者（うち、2,778 人が重傷者）が発生する。

ブロック塀の倒壊などの屋外転倒物および看板の落下などの屋外落下物等による人的被害が最大となるのは夕方であり、都心南部直下地震で、205 人の死者、7,057 人の負傷者（うち、2,752 人が重傷者）が発生する。

以上の人的被害の想定と、前回の想定とを比較すると、約 3~4 割減少している。

4.3 災害シナリオ

東京都は、東西に細長く、標高 2,000m を越える山地から海拔ゼロメートルの平地までの高低差がある。内陸部は山地、丘陵地、台地、低地に区分され、太平洋西部には伊豆諸島や小笠原諸島などの島しょ地域が存在する。また、木造住宅が連なる地域や高層ビルが立ち並ぶオフィス街、湾岸部には高層マンションが立ち並び、東部低地帯では地盤が満潮位よりも低い地域特性がある。これらのさまざまな特性に応じて、災害時に身の回りで発生する出来事を、時系列で示すことで、都民一人一人が、災害をわがこととして身近に感じ、災害への準備を行う必要がある。

東京都の被害想定では、災害の原因や地域特性に応じた、災害のシナリオを提示している。

ここでは、一例として、耐震化されてる住宅でのライフラインの影響を例に災害シナリオを見てみよう。発災後当面の間は、ライフラインが寸断するなど、被災生活に大きな支障が生じる。

発災直後から 1 日後程度では、たとえ耐震化されている住宅でも、液化化地域では住宅の傾斜など継続的な居住や日常生活が困難になる。また、高層住宅等では、長周期地震動で固定されていない本棚が転倒したり、家具、ピアノ、大型のコピー機などが大きく移動し、人に衝突して怪我をしたりする。本や食器、窓ガラスが飛散し、ストーブ等の火気器具が転倒する。揺れや停電で住宅やビルのエレベータは停止する。

3 日後程度から 1 週間後まででは、停電・断水などライフラインの停止が続き、空調やトイレが使えない状態が続く。コンビニ等でも飲食料等の生活必需品の確保が困難になる。

1 週間後になっても、ライフラインの途絶が続く地域が残り、一部の住居・オフィスでは、空調やトイレが使えない状態が続く。電力が復旧しても、保守業者による点検が終了せず、エレベータが使えない状態が長期化する可能性がある。過剰な購買や買い占めにより、生活必需品の品薄状態が続く。1 カ月後になっても、住宅の再建や修繕を望んでも、業者や職人等の確保が困難な状態が続く。

つまり、発災後当面の間は、ライフラインや公共交通機関など、身の回りの生活環境に大きな支障が生じるとともに、被害が甚大な場合は、その復旧が長期化するおそれがある。このための備え、特に、非常水・食料、常用薬、災害トイレを、各自が備蓄することが必須である。

東京都は、ウェブページ「東京マイ被害想定」（東京都、2023）を公開して、一人一人の災害シナリオを読み取ることができる。ウェブサイトからの入力例を示す（図 10-1, 2, 3）。ぜひ、ご覧になっていただきたい。

5. 今後の取り組み

東京都は、令和4年(2022年)の「地震被害想定」の改訂を受けて、「東京都地域防災計画 震災編(令和元年修正)」の修正に着手した。令和5年(2023年)1月31日に、東京都防災会議幹事会が「東京都地域防災計画震災編(令和5年修正)素案」を公開し、都民の意見を募集した。令和5年度の早期を目途に計画が修正される予定である。

修正案の素案の本文は、900ページを超える大部の資料である。都民の生命・身体・財産を保護し、都市の機能を維持するために、東京都の防災力向上を目指し、地震災害の予防対策、応急・復旧対策、震災復興を実施して、東京都や都民が実施すべき震災対策が、予防と応急・復旧の段階ごとに具体的に記載されている。

具体的な内容については、別の機会に紹介することになるが、関心のある方は、都のウェブページに概要と本文全文が掲載されているので、ご覧になっていただきたい。修正される計画の本文は、東京都防災会議(2023)、その概要は東京都防災会議幹事会(2023)に掲載されている。

私たち市民の防災行動については、「東京マイ被害想定」や地震被害の災害シナリオへの対応策を参照していただき、市民一人一人が自らの防災に積極的に取り組む必要性を再度強調して、文章を締めくくる。

参考文献

地震調査研究推進本部・地震調査委員会。2021。関東地方の浅部・深部統合地盤構造モデル(2021年版)。 https://www.jishin.go.jp/evaluation/strong_motion/underground_model/integration_model_kanto_2021/(2023年4月28日閲覧)

内閣府・南海トラフの巨大地震モデル検討会・首都直下地震モデル検討会。2015。南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告 図表集(平成27(2015)年12月) <https://www.bousai.go.jp/jishin/>

nankai/pdf/jishinnankai20151217_02.pdf(2023年4月28日閲覧)

内閣府首都直下地震モデル検討会。2013。首都直下のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書。平成25年12月。 https://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/shutochokkajishinmodel/pdf/dansoumodel_01.pdf(2023年4月28日閲覧)

酒井慎一・平田直。2009。首都圏地震観測網の設置計画。地震研究所彙報, 84, 57-69。

東京都。2023。東京マイ被害想定。 <https://www.higai.soutei.metro.tokyo.lg.jp/mydmgpred.html>(2023年4月28日閲覧)

東京都防災会議。2012。首都直下地震等による東京の被害想定 報告書(平成24年公表)。 <https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/taisaku/torikumi/1000902/1000401.html>(2023年4月28日閲覧)

東京都防災会議。2022。首都直下地震等による東京の被害想定 報告書(令和4年5月25日公表)。 <https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/taisaku/torikumi/1000902/1021571.html>(2023年4月28日閲覧)

東京都防災会議。2023。東京都地域防災計画 震災編(令和5年修正)[本冊]素案。 https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/006/101/20230131/02.pdf(2023年4月28日閲覧)

東京都防災会議幹事会。2023。東京都地域防災計画震災編(令和5年修正)素案の概要。 https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/006/101/20230131/01.pdf(2023年4月28日閲覧)

平田直

[ひらた なおし]

現職 東京大学名誉教授、中央防災会議専門委員、地震調査研究推進本部地震調査委員会委員長、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会会長、東京都防災会議専門委員地震部会長、理学博士

略歴 東京大学理学部卒業、同大学院博士課程退学、東京大学理学部助手、千葉大学理学部助教授、東京大学地震研究所助教授、同教授、同所長、国立研究開発法人防災科学技術研究所参与(兼)首都圏レジリエンス研究推進センター長を経て現職

研究分野 観測地震学、地殻構造論、地震防災

著書 首都直下地震(岩波書店)、巨大地震・巨大津波—東日本大震災の検証—(分担)(朝倉書店)など

■ 書 評 ■

● 地震発生過程の全体像を 統一的に理解する

大中康譽・松浦充宏 著
地震発生の物理学 改訂版

評者 加瀬祐子

地震破壊はどこでどのように始まり、どのように伝播して、どのようにして終わるのか。また、どのような条件下で強震動が生成されるのか。このような地震の発生予測を視野に入れた地震発生サイクル全体を統一的かつ定量的に理解・記述しようとする「地震発生物理学」は、1990年代に目覚ましい発展を遂げた。この分野を牽引してきた著者らが、その1つの到達点として2002年に著した同名の書籍の改訂版が本書である。

地震発生サイクルの全過程を統一的に理解するためには、プレート相対運動と、それに起因するテクトニック応力の蓄積、そして、断層の破壊と摩擦すべりを支配する法則（構成則）を記述すればよい、と著者らは述べる。本書では、まず、地震力学の基礎として、1章では、プレートテクトニクスと、地震と断層についての解説、2章では、弾性体力学、食い違い弾性論、破壊力学の基礎についての解説がなされる。3章以降が本書の主題で、著者らの提案する「すべりと時間に依存して発展する構成則」により、地震発生サイクル全体が統一的に記述されていく。3章では、岩石実験の結果に基づいて剪断破壊の構成則が定式化され、断層面の摩擦と凝着も考慮したすべりと時間に依存する構成則へと拡張される。ここで著者らが重視しているのは、たんなる破壊基準ではなく、破壊に固有な物理量のスケールリングを可能にする、より普遍的な構成則として記述することである。4章の前半では、岩石すべり実験での破壊の核形成から高速破壊伝播に至る遷移過程が取り上げられ、後半では、この実験結果を、3章で記述された構成則を導入した理論モデルに基づく数値シミュレーションで再現し、岩石実験と高速不安定破壊としての自然地震とが同じ方程式で説明できることが示される。5章では、3章で記述された構成スケールリング則により、実験室規模の破壊現象から巨大地震に至るまでが、統一的かつ定量的に理解できることが示される。破損領域や破壊核形成領域の臨界サイ

ズのスケール依存性のみならず、すべり加速度や加速度スペクトルの高域遮断周波数など強震動生成に関連する震源パラメータに関する物理量のスケール依存性や、震源核形成領域の臨界サイズと地震規模との間のスケール則までが、構成則の当然の帰結として導かれる展開は美しい。6章では、大地震の発生サイクルが、テクトニック応力の蓄積-解放過程として議論される。初めに断層への応力蓄積過程について定量的に考察され、地震規模と断層長さや面積とのスケールリング則までが説明される。その後、前述の応力蓄積過程と3章で記述された構成則を用いた地震発生サイクルシミュレーションについて説明される。さらに、地震サイクル内での地震活動の変化や地震の先行現象について議論されるが、標準的な地震を対象とした議論に留まり、定量的な評価には至ってはならず、シミュレーションと観測との相互のフィードバックを含めた研究の充実を志向する言葉で結ばれる。

本書には多くの数式が登場するが、個々の数式の詳細な導出は省かれている。しかし、そのことがかえって議論の見通しをよくしており、著者らの考え方を理解しやすくしている。地震という現象そのものに興味のある方、地震の予測可能性に関心のある方はもちろん、スケールリング則は経験的に知っているし、使ってもいるけれど、理論的な裏付けを考えたことはなかったという方や、これから本格的に地震発生物理学を学び始めようという方も、まずは数式の意味を考えることに集中して全体を読み通してみることをお勧めする。

ただし、実は、地震発生サイクルシミュレーションでは、本書で扱われている「すべりと時間に依存する構成則」よりも、「すべり速度と状態に依存する構成則」が使われる傾向にある。しかし、著者らの主義は、すべり速度ではなく、すべりこそが構成則を記述すべきパラメータであるというものであるから、本書では後者の構成則についてはほとんど触れられていない。後者の構成則については、“The Mechanics of Earthquakes and Faulting, 3rd edition” (Scholz, C.H., 2019. Cambridge University Press. 第2版は柳谷 俊・中谷正生 訳『地震と断層の力学 第二版』として古今書院より出版されている) に詳しいので、そちらも合わせて読むことで理解が深まると思われる。

また、本書は「改訂版」であって「増補版」ではないため、初版が刊行された2002年以降の研究の進展は反

映されていない。この間、観測網の充実と計算機科学の発展は著しく、蓄積されたデータを入力としたシミュレーションや、データ同化などの研究も進んでいるので、これらの成果が盛り込まれていないのは残念である。もちろん、改訂にとどまったことには事情があったと推察するが、評者としては、深部低周波微動や短期的・長期的ゆっくりすべり、2011年東北地方太平洋沖地震の地震発生サイクル上の位置づけなどが、著者らの地震発生サイクルモデルでどのように説明されるのか、読んでみたかったと思うのである。

<東京大学出版会、2022年5月、A5判、388頁、6,400円+税>
[かせ ゆうこ 産業技術総合研究所活断層・火山研究部門主任研究員]

● 第2フェーズの活断層 地震対策に向けて

鈴木康弘・竹内裕希子・奈良由美子
編著

熊本地震の真実 語られない「8つの誤解」

評者 宮内崇裕

災害関連死を含め200人以上の人命が失われ、40,000戸以上の建物が破損・倒壊した2016年熊本地震から7年が経った。1995年阪神・淡路大震災を教訓として、推し進めてきた活断層調査と地震予測の高度化、建造物の耐震化、防災対策・教育は熊本地震に対して有効であったのか、その方向性ははたして適切であったのか？そのような問いかけに対し、本書は8つの疑問（誤解）を設定し検証を試みている。

本書は放送大学の番組として制作された「科学」からの招待状『熊本地震6年目の真実と教訓』（前編・後編）を母体とし、研究者、報道関係者の総勢19名が著者として参加し、8つの疑問（誤解）に対する解を導く。本書が熊本地震の備忘録となり、活断層防災対策が第2フェーズへ進展する契機となることを謳う。以下、各章の内容を紹介する。

第1章「活断層地震の予測と防災の課題」では熊本地震の謎を活断層と地震の関係、および強震動の観点から紐解く。とくに二度の震度7は既知の布田川-日奈久断層北部が立て続けに2度の地震を起こした結果であると解く。震度7を経験した益城町には地震断層が出現し、活断層を見落としていたことを反省する。建物被害から知られる「震災の帯」は、地震の揺れが地震断層近傍の浅い部分からも発生することを示唆し、その発生要因の解明が待たれる。地震断層の直上にあった東海大学旧校

舎が断層のずれにより大破した様子も紹介される。これらを通して、震災の帯はきわめて局地的であることがわかる。第2章「熊本地震から学ぶ大地震との向き合い方―“できるしこ”―」では、被災した研究者が共助と災害伝承の手法を模索するために立ち上げた活動（デジタルアーカイブ「ひのくに災史録」とましきラボ）と、アンケートや聞き取りによる意識調査の結果が紹介される。地震前に布田川-日奈久断層の存在を周知していた回答が約6割、大地震はまず起こらないという回答が約6割、地震対策を実施していなかった回答が約7割であった。熊本地震は「寝耳に水」ではなかったが備えていなかったということである。防災対策・教育においては、主体的に活動した自治会長の声を通して、“できるしこ”（熊本弁で、できることをできるだけ無理をしないでやる）をベースにした共助を復興に結びつけていくことの重要性に触れる。

第3章「熊本地震を詳しく知ろう」は17の節からなり、アラカルト的ではあるが、それぞれが話題性のあるトピックをもつ。熊本地震の地学的背景や専門用語などの解説と課題、活断層地震対策の現状と課題、住民アンケートの詳細分析、熊本復興支援プロジェクトの全容、8K空撮の実効性、防災番組の役割などの多角的な視点から熊本地震を洞察する。第4章では国土地理院の活断層図を用い、地震断層の見所が生々しい現地写真とともに紹介される。地震断層が活断層にほぼ沿って出現した事実は、活断層の位置を正確に知ることが地震防災上きわめて有効であることを改めて示す。

8つの疑問（誤解）に対する本書の解をまとめると、

- 1) 熊本地震の前震と本震は布田川-日奈久断層北部が二度活動したことによる。
- 2) 不確かなデータに基づく地震発生の事前予測はたまたま当たった。
- 3) 住民の備えが不足したのは備えるための十分な情報提供がなかったから。
- 4) 被害が大きくなったのは2度の震度7のためではない。
- 5) 地震断層（活断層の浅い場所）に沿って強震域が発生した可能性がある。
- 6) 活断層地震対策は震度7を伴う「震災の帯」の局地性に留意した第2フェーズへ進むべきである。
- 7) 被災者を災害からいち早く立ち直させる活動は共助である。
- 8) 災害伝承は身近な大切な人を守るためのものである。

放送番組をベースとしているので全体として平易な文章で書かれており、一般読者でも読みやすい。建物被害分布図、ハザードマップ、アンケート集計図などはカ

ラー印刷にしたほうが理解を助けたと思う。本書の主張や解に対してはいろいろな意見や議論があろう。防災対策に完全な正解はないので、一読し自分自身の問題として読者なりの見解を深めてほしい。

<明石出版、2022年8月、A5判、182頁、1,600円+税>
[みやうち たかひろ 千葉大学大学院理学研究院教授]

● 活断層・地震災害を フィールドで体感する

熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター減災型社会システム部門 編 熊本地震の痕跡からの学び

評者 石山達也

本書は2016年に発生した熊本地震(M7.3)およびその前震(M6.5)に際して広汎に生じた地表地震断層や地すべり・斜面変動等の地表変状・被害について、調査後の詳細な調査研究の結果をもとに、豊富なカラー写真・イラストや詳しい解説を地点ごとにまとめたものである。表紙に「この本を持って出かけてみよう」とあるように、読者がこの本を手に取りながら現地を見て回ることを想定して作成されている。本の大きさもコンパクトで持ち運びやすい。また、各地点の詳細な位置情報や地図のQRコードが掲載されており、読者は各地点に容易にアクセスすることができるように配慮されている。図面・写真はカラーで美しく、ページを眺めるだけでも十分に知的興味を満たす本である。本書の著述は、地震以降に調査研究を行った研究者・技術者を中心に、専門的な知見を踏まえて行っており、研究者・一般読者がともに参考書として活用できる内容となっている。特に多くの露頭写真は、復旧の過程で行われた工事で出現したもので、地元をはじめとする大学の研究者や技術者の貢献によるところが大きい。

内容を簡単に振り返る。I「地震と断層のきほん」では、熊本地震の地震学的な背景や、活断層との関係、地震と断層岩の関係が解説される。熊本地震では、震源分布やメカニズムなどから破壊した断層面の詳細な形状や広域応力場との関係が明らかにされた。また、顕著な地表地震断層が出現したほか、InSARで詳細な地殻変動が捉えられ、それ以前の地震に比べて遥かに詳細で複雑な地表変位の実態が明らかになった。これを踏まえて、地震直後から大学・研究機関によって多くのトレンチ調

査が行われ、過去の断層活動や地震時の破壊範囲などが明らかになった。このような最新の研究成果を取り入れながら、熊本地震の背景がまとめられている。II「熊本地震の痕跡」では、阿蘇地区、大津・西原・益城地区、熊本市内・県南地区に大別され、合計35カ所の地表地震断層や天然・構造物の災害の痕跡と災害の背景となる地質等が紹介されている。上述のように読者自身が痕跡を自ら訪れて実感できるような内容と構成である。阿蘇地区では、地震前には顕著な活断層が認識されていなかったが、阿蘇カルデラ内に地表地震断層が出現したほか、外輪山やカルデラ内のスコリア丘を始めとして、火山地域の地形・地質条件に特徴的な斜面災害が多数発生した。このように熊本地震は火山地域で発生したことが大きな特徴である。これを反映して、解説には地表地震断層やトレンチ調査に加えて火山地質の情報が多くの資料とともに盛り込まれており、地震災害の複雑な様相を理解できるようになっている。また、博物館の被災の様子や、断層変位による被害を軽減する工法を取り入れた新阿蘇大橋も丁寧に紹介されるほか、神社の被害や水前寺池の水涸れ、益城町市街地を通過する活断層など身近な現象や、地震前後における住民の災害の取り組みや変化など、自然災害と人間活動の関わりや課題を読者に考えさせる内容となっている。

このように、本書は多数の研究者・技術者の調査研究の成果を簡潔にまとめた良書である。何よりも、変動地形学を専門とする立場としては、本書は巡検案内書としてたいへん優れている。多く掲載された地形・地質の写真は貴重な研究資料でもある。惜しい点としては、本のサイズの関係からか、文字が小さく読みにくいものが散見されることである。この点を割り引いても、熊本地震の地形・地質学的な痕跡を肌で実感するための有用なツールとして、一般の読者や研究者が本書を活用することをおすすめする。地表地震断層や断層などの地質露頭は復旧の過程で速やかに消失することがつねである。このことは当然のこととして、自然現象・災害の実相や教訓を伝えていくとの立場からすれば、理想と現実の間でつねに思い悩む課題である。編者・執筆者は、復興が進行する中での調査研究を通じてさまざまな葛藤を経験された上で、本書の内容や形態を採用したものと想像する。本書の取り組みは1つの答えとして十分に成功していると感じた。

<熊日出版、2022年3月31日、A5判、164頁、1,800円+税>
[いしやま たつや 東京大学地震研究所
地震予知研究センター准教授]

●新刊紹介

江戸遺跡研究会 編

災害と江戸時代 (オンデマンド版)

吉川弘文館, 紙版, 2022年10月, A5判, 242頁, 8,500円+税

鎌田浩毅 著

揺れる大地を賢く生きる 京大地球科学教授の最終講義

KADOKAWA, 紙版・電子版, 2022年10月, 新書判, 288頁, 940円+税

神沼克伊 著

地震と火山の観測史

丸善出版, 紙版・電子版, 2022年10月, A5判, 168頁, 3,000円+税

古田 均・北原武嗣・野村泰稔・宮本 崇・一言正之・伊藤真一・広兼道幸・高橋亨輔 著

AI×防災 データが紡ぐ未来の安心・安全

電気書院, 紙版, 2022年10月, B5判, 209頁, 2,500円+税

鈴木浩三 著

地形で見る江戸・東京発展史

筑摩書房, 紙版, 2022年11月, 新書判, 292頁, 1,000円+税

電子版, 2022年11月, 850円+税

立木茂雄 著

災害と復興の社会学 増補版

萌書房, 紙版, 2022年12月, A5判, 298頁, 3,500円+税

鎌田浩毅 著

知っておきたい地球科学 ビッグバンから大地変動まで

岩波書店, 紙版・電子版, 2022年11月, 新書判, 268頁, 880円+税

松岡俊二・阪本真由美・寿楽浩太・寺本 剛・秋光信佳 著

未来へ繋ぐ災害対策 科学と政治と社会の協働のために

有斐閣, 紙版, 2022年12月, 四六判, 316頁, 2,700円+税

北原糸子 著

震災復興はどう引き継がれたか 関東大震災・昭和三陸津波・東日本大震災

藤原書店, 紙版, 2023年1月, A5判, 512頁, 5,300円+税

吉田晶樹 著

大陸はどのように動くのか 過去と将来の大陸移動

技術評論社, 紙版・電子版, 2023年2月, 四六判, 216頁, 2,200円+税

佐伯琢磨 著

はじめての災害学

神戸学院大学出版会, 紙版, 2023年3月, B5判, 92頁, 1,800円+税

酒井治孝 著

ヒマラヤ山脈形成史

東京大学出版会, 紙版, 2023年3月, B5判, 240頁, 7,200円+税

『科学』編集部 編

富士山噴火に備える

岩波書店, 紙版, 2023年2月, B5判, 160頁, 2,900円+税

電子版, 2023年3月, 160頁, 2,900円+税

石井正己 著

震災を語り継ぐ 関東大震災の記録と東日本大震災の記憶

三弥井書店, 紙版, 2023年3月, A5判, 312頁, 2,800円+税

ADEP情報

公益財団法人 地震予知総合研究振興会（ADEP）の人事異動について

採用

榎原 雅治 本部地震防災調査研究部 副首席主任研究員 23. 4. 1

退職

櫻井 清人 本部事務局 参事 23. 3. 31

編集後記

今年は1923年関東地震からちょうど100年にあたることから、特集号を組むこととなった。昨年のかなり早い段階から執筆者の選考を行ったこともあって、関東地震を大きな研究テーマとして研究してこられた、日本を代表する諸先生方に執筆をしていただけることとなった。論文は5編、寄書が3編で、これに加えて囲み記事を1編の合計9編となった。また、東京都総務局総合防災部長の保家 力氏から巻頭のエッセイをいただいた。論文では、まず関東地震をライフワークとして取り組んでこられた武村雅之先生に30年以上に及ぶご研究の集大成としての関東地震について総合的なお立場からご執筆いただいた。松浦充宏先生からは理学のお立場から、関東地震の断層モデルに関する研究のレビューとプレートテクトニクスに基づくさまざまな研究の展開について、また、翠川三郎先生からは工学のお立場から東京・本郷での地震動記録に関する最近の研究成果をご紹介いただいた。廣井 悠先生からは関東地震の火災災害について、各種の統計資料などに基づいて現代に通じる教訓や課題についてご執筆いただいた。また、北原糸子先生には社会的なお立場から関東地震のあとの復興の過程を、復興事業に尽力した池田 宏氏の足跡を追う形で、ご執筆いただいた。これらの論文に続いて、津村建四朗先生には関東地震の少し後に今村明恒によって書かれた「地震の征服」という著書を囲み記事としてご紹介いただいた。寄書

には関東地震に関連して取得された地震のデータについて浜田信生先生・津村建四朗先生から、また測地データについて鷺谷 威先生から、それぞれのお立場で関東地震のデータの意義についてご紹介していただいた。最後に、現在の話題としての首都直下地震に関連して平田 直先生から最近発表された東京都の首都直下地震の被害想定についてご紹介いただいた。

次の関東地震はまだしばらく先のこととして、現時点ではまだそれほどの緊迫感は生じていないようであるが、首都圏の防災という観点からすると今からでも来るべき関東地震を見据えた長期的視点での防災力向上に努めていく必要がある。次の関東地震が襲来したときに“もっと早くから対策を取っておくべきだった”と後悔しないように、早めに“南関東を襲う M8 クラスの地震”への備えを、次第に声を大きくして取り組んでいく必要があるだろう。

さて、本題のほかにも、本誌が今号より J-Stage に掲載を開始したことをご報告したい。J-Stage というのは科学技術振興機構 (JST) が運営する電子ジャーナルプラットフォーム「科学技術情報発信・流通総合システム」のことである。日本地震学会の雑誌「地震」や日本測地学会の雑誌「測地学会誌」なども掲載されているので、本誌の読者の多くはおなじみであろう。J-Stage への掲載で重要なのは掲載された記事に対して DOI (Digital Object Identifier) が付与されることである。こちらも本誌の読者にはおなじみの方が多い

と思うが、論文などの学術文献等に付与される固有の識別子である。本誌はすでに印刷後すみやかに振興会のホームページ上で公開されているが、DOI が付与されることにより、本誌に掲載される記事は検索や引用等が容易になり、より多くの方々に読んでいただけるようになることと期待される。ささやかではあるが、ご多忙の中記事を執筆くださった諸先生方のためにも少しでも多くの方に記事を読んでいただければと期待している。

最後になったが、74号で「全球統合測地観測システム (GGOS) 社会と科学を支える位置の基礎」をご執筆くださった宮原伐折羅先生が、この GGOS の活動に対して日本測地学会から今年度の坪井賞 (団体賞) を受賞された。まことにおめでとうございます。

(T.K.)

地震ジャーナル 第75号

2023年6月20日 発行

発行所 ☎101-0064
東京都千代田区神田猿樂町 1-5-18
公益財団法人
地震予知総合研究振興会
<https://www.adejp.jp>
TEL : 03-3295-1966
FAX : 03-3295-3136

発行人 金沢敏彦

編集人 加藤照之

本誌に掲載の論説・記事の一部を引用される場合には、必ず出典を明記して下さい。また、長文にわたり引用される場合は、事前に当編集部へご連絡下さい。

●製作/一般財団法人学会誌刊行センター

☆ 本誌は、地震予知総合研究振興会のホームページにおいて閲覧およびPDFのダウンロードができます。
☆ 「地震ジャーナル」冊子の新規配布、配送先変更、配送停止については当振興会までご連絡ください。