



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	1923年関東地震の再現をふまえた強震動研究とデータ分析に関する一考察
Author(s)	諸井, 孝文; MOROI, Takafumi; 武村, 雅之 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 73, 101-116
Issue Date	2010-03-19
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.73.101
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/44462
Type	departmental bulletin paper
File Information	73_10_p101-116.pdf



1923年関東地震の再現をふまえた強震動研究と データ分析に関する一考察

諸井 孝文・武村 雅之

鹿島小堀研究室

(2009年12月25日受理)

Discussion about strong ground motion research and data processing based on examinations of the 1923 Kanto earthquake.

Takafumi MOROI Masayuki TAKEMURA

Kobori Research Complex, Kajima Corporation

(Received December 25, 2009)

Datasets of structural damage and regional damage due to past earthquakes are not only useful to know the actual state of each event but also effective for strong ground motion predictions and damage mitigations of future earthquakes. In this paper, several considerations are illustrated concerning strong ground motion research and data processing analysis. Especially, the activity to make research results contribute to society is discussed based on three examples of earthquake damage data analysis. The examples shown here describe that the well known notion in general, what is called common knowledge, does not necessarily have high reliability, and that the lack of confirmation of the data accuracy misleads the conclusion of research results beyond common sense. From these examples, the importance of an empirical research policy as well as a reasonable research policy is discussed. And it is pointed out that the information exchange among the researchers in various fields will be very effective for the development of the strong ground motion research.

I. はじめに

大正12年(1923年)9月1日に生じた関東地震は、近代化した首都圏を襲った唯一の巨大地震である。初秋の正午前に発生したこの一瞬の自然現象は、わが国のその後の進路を決定づけるまでに最大級の震災をもたらした。それとともに今日までの構造物の耐震設計や地域防災計画などにひとつの大きな基準を与える地震ともなった。われわれは現在でも、この巨大地震の震源や強震動の特徴について、残された多くのデータから探索することが可能である。関東地震のような過去の大地震の被害データは、その地震によって生み出された震災の実態を知るために役立つ

かりでなく、将来の地震の強震動や被害の予測に極めて有効な情報となり得よう。こうしたことは、これまでの強震動研究などですでに明らかにされた事実であるが、これからも広い方面にわたって正確に認識されていく必要がある。

筆者らはこれまで、過去の地震の被害データをできるだけ多く収集した後に、それぞれのデータの基本的性質を理解した上で慎重に整理し、地震動強さの検討や被害分析に有用なデータベースを構築するように試みてきた。本稿ではそのうち関東地震などのデータ分析で得られた3つの事例を紹介し、それらの結果に基づいて強震動研究に関する多少の考察を述べてみたい。ここにあげる例題は、いわゆる通説として一般に広く知れわたっている事象が必ずしも常に高い信頼性を有しているとは限らないこと、あるいはデータの使い方によっては通説と理論的に相反する場合があります。物理的にも矛盾する結論を導く危険性があることを示すものである。このような検証結果は、過去の被害事例を現実に役立てるためにはデータの原点に立ち返る重要性を示唆する実例とも言える。ここではこうしたことをふまえ、強震動研究を実社会へ合理的に適応させるために何が必要とされるのかを考えてみたい。

II. 被害データの分析と検討

1. 1923年関東地震による死者発生のプロセス

関東地震の人的被害といえば、旧東京市本所区の被服廠跡に代表される火災被害がよく知られている。地震当時、約2万坪の被服廠跡は運動公園として造成中であり、周辺から約4万人の住民が大量の家財とともに避難した。約2万坪に避難民4万人ということは1人あたり畳1枚の窮屈さであり、そこかしこに積み上げられた荷物や大八車が避難をさらに混乱させ、極限状態となったことは想像に難くない。このような状況を火災が襲い、強烈な旋風まで巻き起こって約4万人の避難民のほとんどが焼死を遂げた。

この被服廠跡の惨状があまりにも有名であるため、関東地震による人的被害の大半は火災によって生じたものと一般に認識されている。実際、この地震の死者数（以降、死者数に行方不明者数を含める）の約86%は旧東京市と旧横浜市で生じた大規模火災の犠牲者と考えられており、また焼失率が80%を超える地域の死者数は火災がない場合の20~30倍という急増傾向も推定されている（諸井・武村，2004）。このように関東地震による人的被害の根本要因が火災であることに間違いはないが、その一方でデータに基づいて火災被害自体の根源を調べると震度分布と火災被害に有意な関係が認められる。すなわち揺れによって火災が拡大し、それが原因となって巨大な人的被害に至ったことが以下のように導かれる。

関東地震によって生じた旧東京市における町丁目単位の震度分布と被害要因別死者数を重ねてFig. 1に示す（諸井・武村，2006 a）。震度分布は武村（2003）に基づいており、また被害要因別死者数は震災予防調査会報告書に収録された番地単位の死者調査表（竹内，1925）を町丁目で集計している。このように震度分布と焼死者数や溺死者数を見比べると、両者は明らかに関係づけ

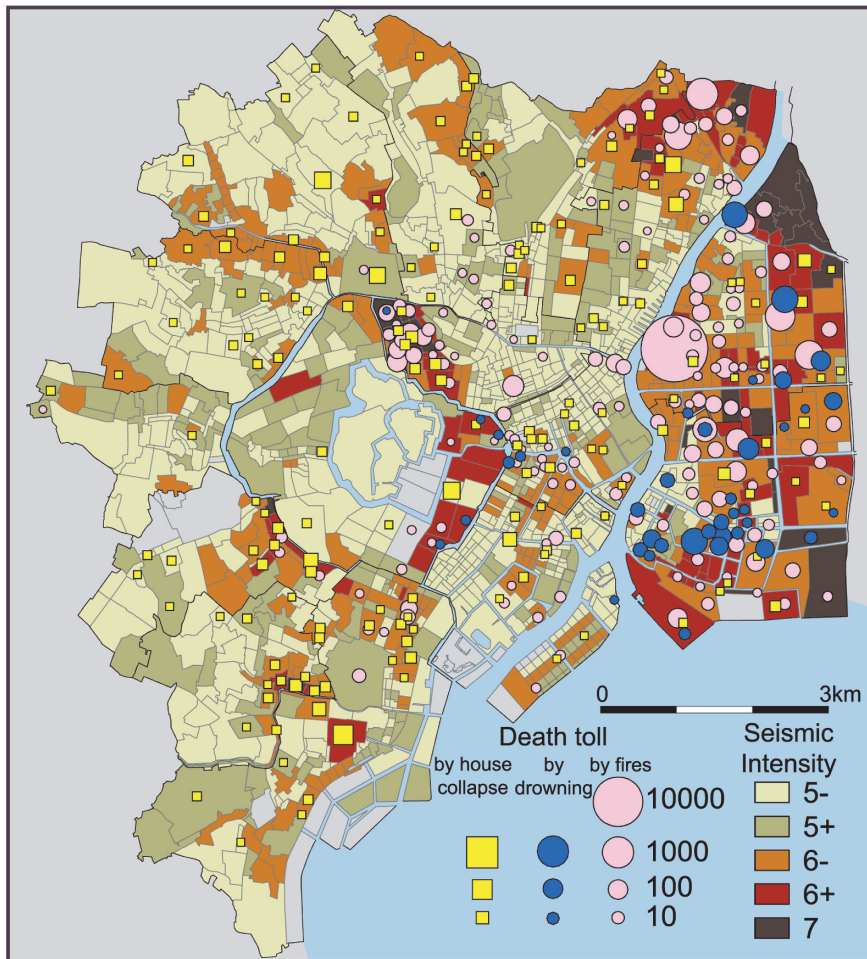


Fig. 1. Distribution of seismic intensity and death toll by causes in Tokyo metropolitan area due to the 1923 Kanto earthquake (after Moroi and Takemura, 2006 a).

られるという興味深い傾向が見えてくる。ひとつの町丁目の焼死者数は被服廠跡のある本所区横網町が圧倒的であるが、溺死者を含めてその他の本所区各地や深川区、浅草区北部および神田区の神保町から三崎町にかけての地区での被害が目立って大きく、人的被害は大規模火災地域に集中しているものの震度との相関も認められる。つまり焼死者の発生は圧死者と同様に震度との関連性が見出され、関東地震による火災被害が本質的には、強震動もしくは倒潰家屋によって拡大した可能性が高いものと推定される。なお、ここでの溺死は火災から避難する途中の河川・池沼での水没死などが考えられるので、死亡要因としては焼死と同種の火災の犠牲者と見なしている。

震度と死者数の相関関係は、Fig. 2のように震度階ごとに集計した人口と圧死者数、焼死者数の関係（諸井・武村，2006 a）を見るとさらによくわかる。このうち焼死者数は震度6強の被服廠跡の44,030名が支配的であるため、この値を除いた割合も示すことにした。震度6弱以上となった地域の人口は全体の半数に満たない約44%であるが、圧死者の約62%がこれらの地域で

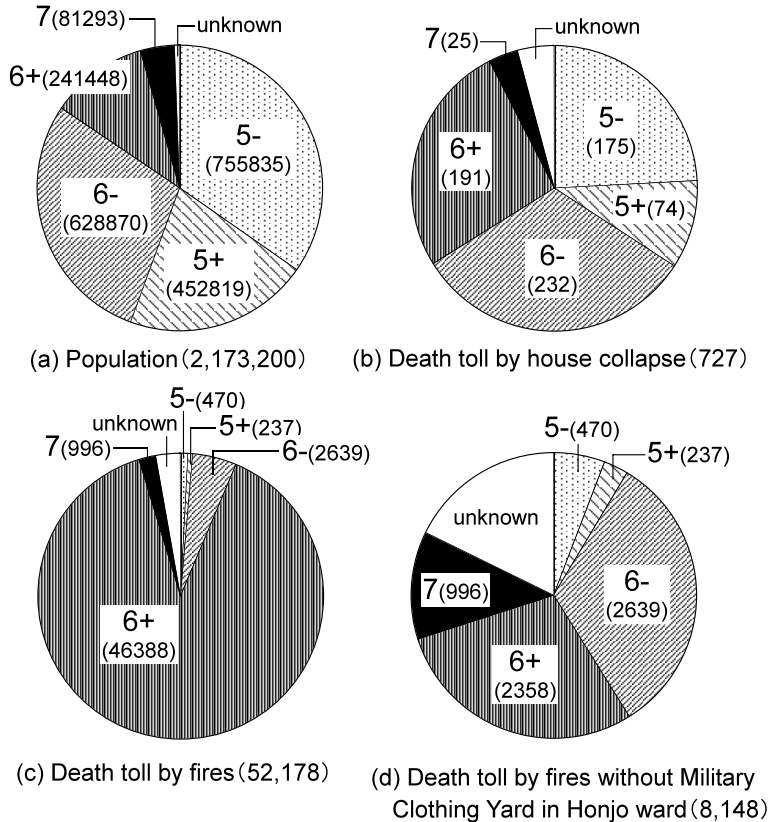


Fig. 2. Population and death toll of each seismic intensity zone in Tokyo metropolitan area due to the 1923 Kanto earthquake (after Moroi and Takemura, 2006 a).

発生したことがわかる。焼死者ではこうした傾向がさらに顕著であり、約96%が震度6弱以上の地域に集中している。被服廠跡の死者を除いた場合でも、震度6弱以上の地域の焼死者は約74%にのぼる。目黒(2003)は旧東京市における出火点と震度との関係を調べ、震度の高いところで延焼火災に発展した出火件数が多かったことを見出した。Fig. 2はこの指摘を人的被害の面から支持する結果と言える。

一般的に、住家倒潰とそれに伴う圧死者の発生と異なり、火災や焼死者と震度との相関関係は低いように思われる。しかしながら旧東京市においてはFig. 1あるいはFig. 2のように確かな関連性が認められた。諸井・武村(2006 a)は旧東京市の被害状況を安政江戸地震と比較し、両地震で家屋倒潰数および出火件数や出火点の分布に特徴的な違いは見られないにも関わらず、延焼面積が極端に異なることを指摘した。その原因は関東地震時の風速10~15 m/sという強風(藤原, 1924)にあり、それが安政江戸地震に比べ約20倍という関東地震の焼死者数につながっている。それと同時に震度の高い地域で家屋の倒潰が延焼火災を発生させたという事実を考えると、この地震の人的被害の主要因は根本的には住家倒潰によって引き起こされた火災であり、それが強風によって広範囲に拡大されたために巨大災害につながったと考えることが合理的であろう。

これらをふまえ諸井・武村（2006 a）は、関東地震による人的被害の発生プロセスを次のように結論づけている。

- ① 高震度地域で多数の家屋が倒潰し、
- ② 地震直後の出火が次々と倒潰家屋に燃え移り、
- ③ それが台風の余波による強風に煽られて大規模火災に発展し、
- ④ 圧死者に加えて極めて大量の焼死者が発生した。

このような関東大震災の現実的な再現性を調査するには、強震動と強風の同時発生確率などの検討が必要であろう。さらに現代の住宅は耐震性、耐火性とも関東地震当時より格段に向上しており、このような巨大災害がそのまま再現されることは考え難い。しかしながら関東地震の大規模火災は強風と同時に倒潰家屋によって生じており、家屋の耐震性を高めることが今日でも根本的な対策であることに何ら変化はない。耐震性の向上は圧死者の低減に留まらず、結果的に火災による人的被害の抑制につながるものと期待される。

2. 地震動強さと住家全潰率の関係

地震動と建物被害についての研究は古くから行われており、1891年濃尾地震から近年の地震に至る様々な地震の墓石の転倒震度（地動加速度と重力加速度の比）と住家全潰率の関係が報告されている（諸井・武村，1999）。このような地震動強さと被害率レベルの研究は大量の倒潰建物が発生した1995年兵庫県南部地震を契機として一層活発化した。以下では①1923年関東地震の被害率曲線、②1948年福井地震と1995年兵庫県南部地震の被害率曲線の比較、③1995年兵庫県南部地震での被害率曲線のばらつき、について示す。

(1) 1923年関東地震による地震動強さと住家全潰率の関係

今村（1925）は関東地震による旧東京市の地震動強さ（墓石の転倒震度）を評価し、その値が1割内外から2割5分内外となる範囲を図示した分布図を表した。それによると転倒震度 K は、概して山の手の洪積台地上で $K=0.1$ 、台地間の谷筋および下町の沖積地盤上で $K=0.15 \sim 0.2$ 、深川区の埋立地や神田区、本所区、浅草区の一部で $K=0.25$ と推定されている。これらの分布は、本郷の東京帝国大学理学部地震学教室に設置された今村式2倍強震計の記録を基準とし、それに各地の地盤増幅を考慮して評価された結果である（今村，1925）。そのうち地盤増幅は、余震の巡回観測によって求められた地震学教室に対する各地点の加速度応答倍率（那須，1925）が用いられており、現在でもほぼ合理的と判断される増幅率の範囲にある。ところが一方で、基準とされた地震学教室の本震記録は振幅の飽和部分が多い不完全な記録であった。本郷の転倒震度 K は、今村（1925）によってその記録から推定された結果である。すなわち地震学教室の記録から主要動のオービットを描くと、最大変位は両振幅で8.86 cm、周期1.35秒と読み取れる。この値から単純に地動加速度を計算すると 97 cm/s^2 すなわち $K=0.1$ が得られる。

このような今村（1925）の評価結果から旧東京市各区の平均的な転倒震度を読み取り、住家

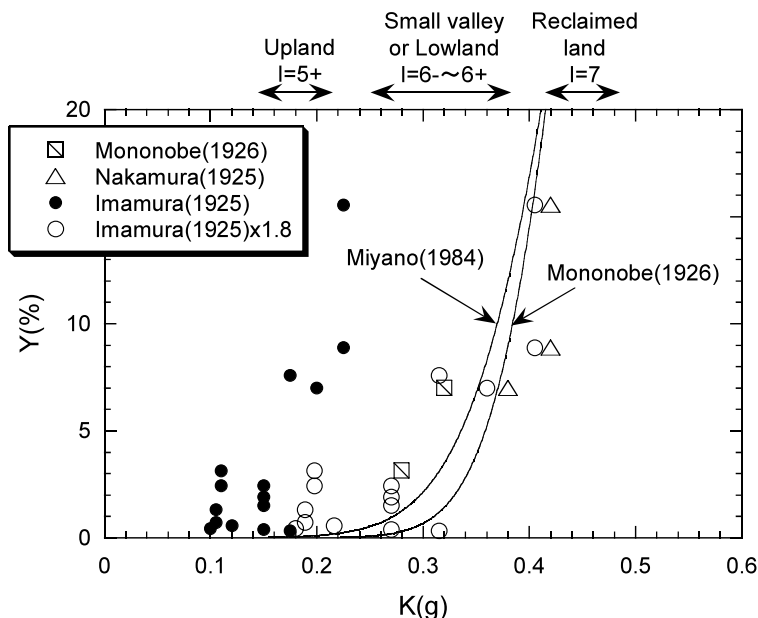


Fig. 3. Relationship between overturning acceleration of tombstones K (g) and collapse rate of wooden houses Y (%) for the 1923 Kanto earthquake (after Moroi and Takemura, 2001). The distribution of seismic intensity I is also estimated.

全潰率 Y との関係プロットすると Fig. 3 の黒丸の関係となる (諸井・武村, 2001). 図にはその他に物部 (1926) および中村 (1925) が報告した墓石の転倒震度 K をそれぞれ四角と三角で示し, さらに旧東京市ばかりでなく広範囲の墓石などの転倒物と住家全潰率 Y の調査から求められた K - Y 関係を実線で表している. 今村 (1925) 以外の K - Y 関係はよく一致しているが, 今村 (1925) の分布図から読み取った転倒震度 K は, 物部 (1926) や宮野 (1984) の評価式に比べ半分程度に小さいことがわかる. これは前述したとおり, 飽和した不完全な記録から求められた本郷の最大加速度 97 cm/s^2 ($K=0.1$) が全域の K の基準となっているためと考えられる.

そこで, 本郷の $K=0.1$ は信頼性が低いと考えてその値を基準とせず, 図の白丸のようにすべてのデータの K を 1.8 倍して右側にシフトした. このようにすれば, データ全体が物部 (1926) や中村 (1925) のプロットデータ, さらに物部 (1926) および宮野 (1984) の評価式によく一致することがわかる. これは本郷の転倒震度を $K=0.18$ としたことに相当する. 一方, 横田・他 (1989) は本郷の飽和記録を理論的に復元し, やや長周期帯域の最大加速度を 190 cm/s^2 と推定している. ここでの $K=0.18$ はこの最大加速度と比較して多少小さめであるが, 動的な地動加速度は墓石の転倒震度に比べて数%~十数%高くなるという一般的な傾向 (望月・小林, 1976) を考慮すると, この評価結果はそれほど無理のない推定値と言える. 以上より, 墓石の転倒震度と住家全潰率の関係に基づく旧東京市の震度 K は, 山の手洪積台地上で $K=0.18$, 台地間の谷筋および下町の沖積地盤上で $K=0.27 \sim 0.36$, 深川区の埋立地などで $K=0.45$ 程度と推定された. さらに住家全潰率を介することで気象庁震度も推定でき, 山の手で 5 強以下, 谷筋・

下町で6弱～6強となり、埋立地では7に達したものと評価された。

ところで関東地震による旧東京市の地震動強さは、その後の耐震設計において入力地震動レベルの基礎となった重要な値である。ところがこれまで述べてきたとおり、その地震動強さを完全にとらえた観測記録はなく、また最も代表的な地震動分布図と思われる今村（1925）の震度分布図はやや小さめに評価されている可能性が高い。耐震設計における地震力規定の詳細な根拠はあまり明確ではないが（中央防災会議，2006），今村（1925）による下町の最大値 $K=0.25$ を丸めて $K=0.3$ とし、その値が旧東京市の最大 K と見なして設計用地震力の基準としても、Fig. 3ではさらに $0.1\sim 0.15$ 程度大きい値が実際の最大 K のように推定される。しかしその一方で、関東大震災を教訓として規定された設計用地震力の歴史的意義が大きいことも事実である。すなわち、設計用地震力などの耐震規定が建築物の耐震性能の向上に重要な役割を果たすことと、地震力規定の物理的根拠がそれほど明解でないことの両者がこれまで共存しつつ、結果的にわが国の耐震設計が進歩してきたことは紛れもないと言えそうである。

(2) 1948年福井地震と1995年兵庫県南部地震の地震動—全潰率関係の比較

Fig. 4は墓石の転倒震度 K と住家全潰率 Y の関係について、1948年福井地震（高橋，1951；谷口・他，1951；宮野，1984）と1995年兵庫県南部地震（諸井・武村，1999）を比較する。福井地震に比べて兵庫県南部地震の K — Y 関係は明らかに右にシフトし、かつ傾きが緩やかになっていることがわかる。実はこの背景には1950年の建築基準法の施行があり、近年の建物の高い耐震性能を全潰率の点から評価したものと考える。つまり気象庁震度7の従来の定義は福井地震

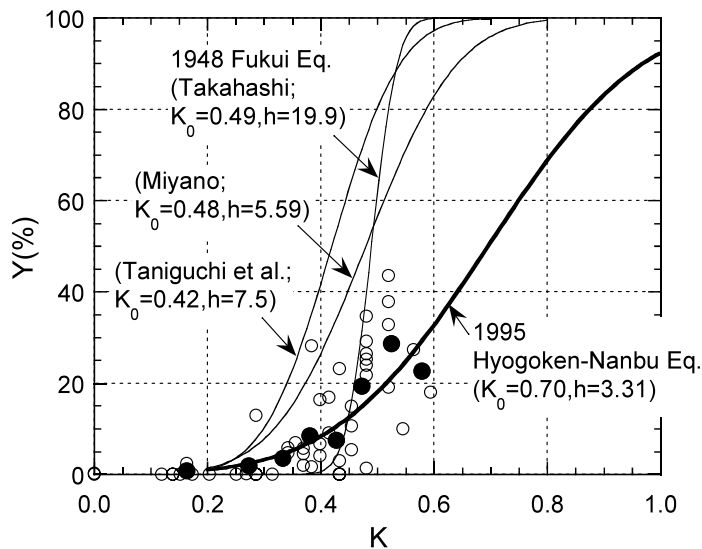


Fig. 4. Relationship between overturning acceleration of tombstones K (g) and collapse rate of wooden houses Y (%) for the 1995 Hyogoken-Nanbu earthquake, and comparison with the relationships estimated for the 1948 Fukui earthquake (after Moroi and Takemura, 1999).

当時の全潰率 30%以上であるが、兵庫県南部地震による同程度の地震動強さでの全潰率は、耐震性能の向上を反映した結果として3分の1程度まで低減したことが具体的に現れている。さらに傾きが緩やかになった傾向は、現状の住家群に内在する耐震性能のばらつきの大きさを表すものと理解できる。

気象庁震度7は1948年福井地震の被害をふまえてその翌年の1949年に新たに追加された最高位の震度階級であり、「家屋の倒壊が30パーセント以上に及び、山崩れ、地割れ、断層などを生じる」と定義づけられていた(気象庁, 1996)。しかしその制定後の1950年に建築基準法が施行されたこともあり、木造住家の耐震性能が時代とともに飛躍的に向上したことは容易に想像できる。このことから同程度の地震動強さで発生する住家全潰率は1950年を境として低減しているはずであり、住家全潰率を基準とする震度7の定義はそれに応じて修正されるべきものである。諸井・武村(1999)はこのような視点から、1995年兵庫県南部地震の*K-Y*関係を過去の地震に対する既往研究と比較した。その結果、地震ごとのばらつきは小さくないものの明確な特徴が評価され、建築基準法に則した住家の普及以前と考えられる1952年十勝沖地震までは*K-Y*関係がほぼ同様の傾向であるのに対し、1995年兵庫県南部地震の*K-Y*関係には住家の耐震性能の向上が明らかに認められた。またFig. 4によれば兵庫県南部地震の震度7の住家全潰率は約10%以上と推定されるが、気象庁から発表された震度7の範囲の全潰率を調べると概ね10%以上であることもわかっている(諸井・武村, 1999)。ただしこれまでの検討でわかるとおり、この震度7で生じる全潰率は住家群の耐震性能の分布特性に依存する値であり、地震の地域や時代によって再度調査が必要となることは言うまでもない。

(3) 1995年兵庫県南部地震による様々な地震動-全潰率関係式

兵庫県南部地震の被害率曲線は前の図で理解できたとおりであるが、これに反して被害データが有する被災度基準の不統一という問題点が指摘されており、その例をFig. 5に示す(諸井・武村, 2003)。図には合計8本の被害率曲線が表されているが、明らかに2種類に分離される。一方は自治体の罹災証明に基づく被害率曲線(図では「Life obstruction」すなわち生活支障)、もう一方は構造的な被害率曲線(同じく「Structural damage」すなわち構造被害)であり、前者は後者に比べ極めて大きな被害率が評価されている。地動速度100 cm/sを気象庁震度7の下限相当と見なすと、そこでの全壊率は構造被害で約10%であるのに対し、生活支障では50~60%にまで達している。震度7の定義から考えても、このような高い全壊率は構造的被災度として許容されるべき数値ではない。このように、兵庫県南部地震では2種類の被害率関数が提案されている。自治体の被害認定は、復旧・復興支援の必要性という、いわば生活環境に対する被害を定義した被災度と言える。すなわち、全壊という同じ被害ランク名称が用いられているとしても、一方が構造的な全壊であるのに対し、他方は生活の継続不可能という別種の被害を意味することに注意が必要である。このように種類の異なるデータを不用意に用いると、1948年福井地震時に比較して1995年兵庫県南部地震時の住家の耐震性能は格段に劣るといふ論外な結論が導かれ

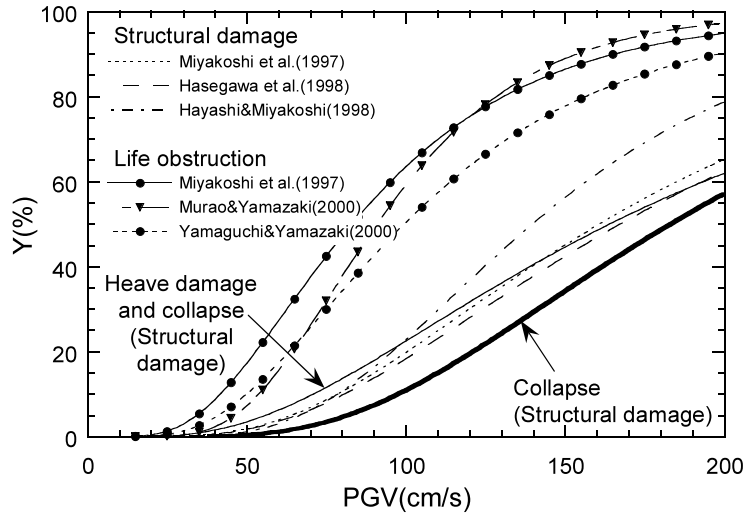


Fig. 5. Comparison of fragility curves estimated by structural damage data or the local government inspection data for the 1995 Hyogoken-Nanbu earthquake (after Moroi and Takemura, 2003).

る場合があることを十分に留意すべきであろう。

さて、住環境やライフスタイルが過去より進化した現代において、居住状態に多少の不具合が生じても被害と見なされることは、生活安定性の確保から考えて当然であろう。つまり兵庫県南部地震における自治体罹災証明の「全壊」が、過去の地震で共通した全潰の定義である「修復不可能なほどに崩壊した被害」より大幅に軽微なものであっても不思議ではない。神戸新聞の1998年1月の連載記事は判定業務に携わった自治体職員の話を紹介し、全壊・半壊の境界線上の判断が難しかったことや、当初の判定内容が被災者の不服から修正された事例も少なくないことを述べている。村尾・山崎（1999）も同様に、被害判定自体の曖昧さとともに家屋内被害を考慮した再調査を行った事実をあげている。生活の復興支援など被災度判定の目的が異なれば被害ランクに差異が生じることは当然である。しかしながら、被害データを解析に用いる場合にデータの諸元をできる限り明確にし、地震動と構造被害の関係を調べる際には、生活の継続不可能という別種の被害データは取り除かれるべきであろう。

3. 木造住家と土蔵の被害の逆相関説に対する疑問

関東地震による地盤と建物被害の関係として、旧東京市の下町と山の手における木造住家と土蔵の被害の逆転現象が半ば定説のように伝えられてきた。つまり木造住家の全潰は下町に多く、土蔵の倒潰は逆に山の手に多いという説であり、建物の固有周期の概念を述べるために恰好の事例であった。これは齋田（1935）が北澤（1926）のデータを用いて旧東京市の木造2階建住家の全潰率と土蔵の被害率を各区ごとに比較し、両者が逆の相関関係にあることを示したのが発端である。

これに対し武村（2004）は北澤（1926）のデータを改めて見直し、齋田（1935）が示した土蔵の被害率は、総土蔵数に対する非焼失区域のみの被害率であることを指摘した。武村（2004）による結果を Fig. 6 に示す。破線の折れ線は関東地震を挟む 1922 年 12 月と 1923 年 12 月との間の土造建物数の減少率を表しており、北澤のデータによる土蔵被害率とまったく逆の傾向を示している。ここで土造建物数の減少率のうち、関東地震に関わる値は全半潰と焼失の両方が原因と考えられる。従って、Fig. 6 が示すように関東地震による下町の土蔵の被害率がほぼ 0% であったことが事実であり、かつ 1922 年末から 1923 年末に至る土蔵の減少率が 100% に近いとすれば、下町のほとんど全ての土蔵は火災のみで消滅したことになる。このことについて武村（2004）は、本来燃えにくく造られていたはずの土蔵が震災によらず火災のみで失われたことに不自然さを指摘している。下町で多くの木造住家が全潰したにも関わらず、土蔵がほとんど倒潰しなかったとは考えづらいが、やはり 1855 年安政江戸地震では Fig. 6 と異なり、木造住家と共通して下町でも多数の土蔵が壊れたことが伝えられている（武村，2004）。さらに 1948 年福井地震においても、母屋と土蔵の倒潰率はほとんど正の相関関係で結ばれている（竹山・他，1951）。これらを考えると武村（2004）の指摘どおり、齋田（1935）の結論は不自然と言わざるを得ない。

いずれにしても、関東地震の土蔵の被害データはこれ以外に知られていないので、下町での被害

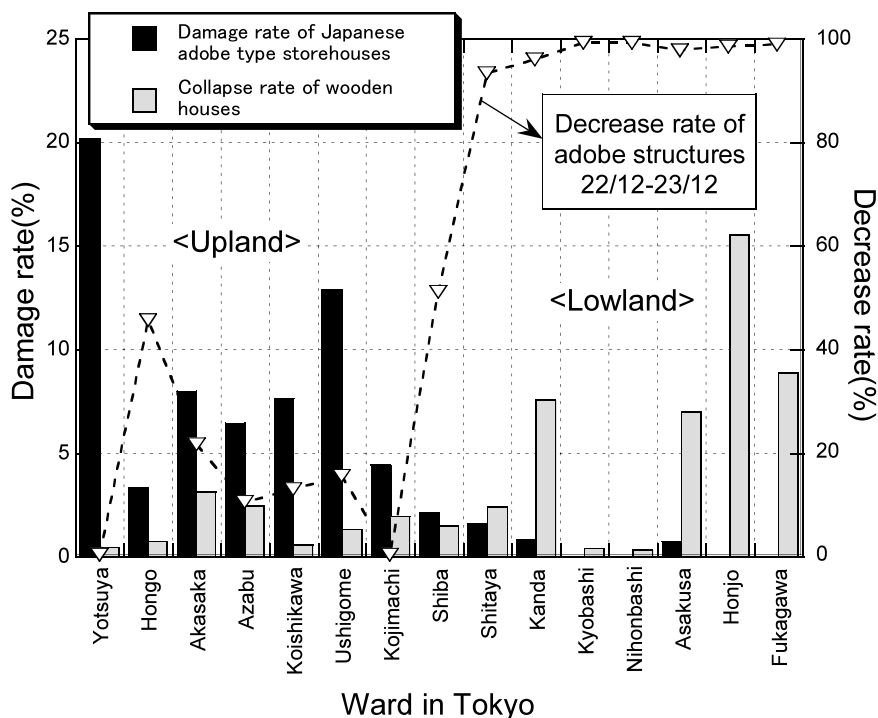


Fig. 6. Evaluation result by Saita's conclusion (1935) which indicates inverse correlation between the regional distribution of house collapses and Japanese storehouse damage, and decrease rate of adobe structures estimated by annual statistics data (after Takemura, 2004).

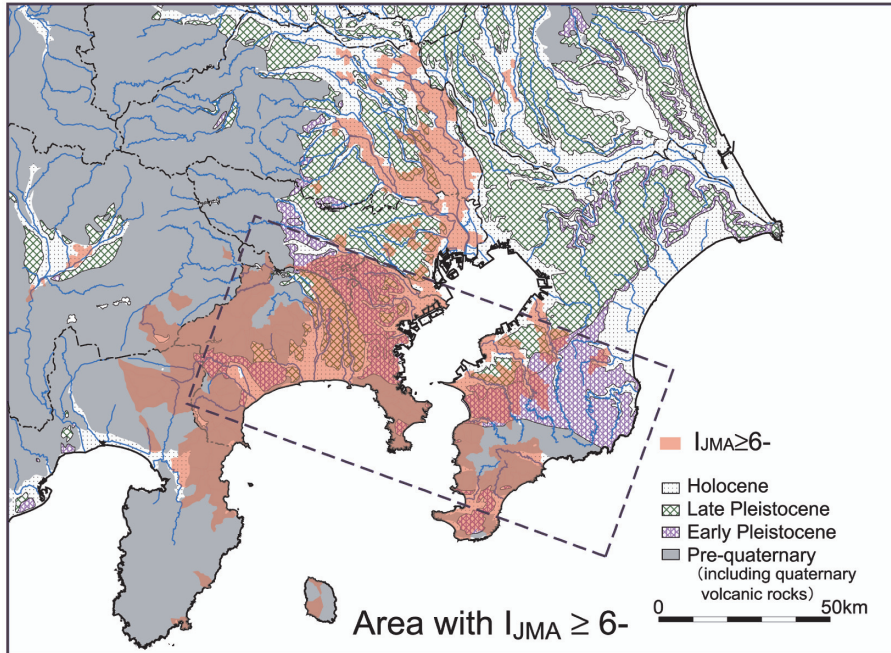


Fig. 7. Area with seismic intensity of more than 6 lower during the 1923 Kanto earthquake and surface geology in southern Kanto district (after Moroi and Takemura, 2006 b). Broken lines indicate surface projection of the fault plane after Kanamori (1971).

状況については推測の域を出ない。しかしながら、ほとんどが焼失区域となった下町の土蔵被害が求められていないことはほぼ確実で、木造住家と土蔵の被害の逆転現象は疑わしい。こういったデータの再調査は、いわば常識として広く知れわたった事柄といえども、元々のデータに立ち返って事象の確認を行う必要性を指摘したものと言える。

Ⅲ. 考 察

これまでの検討で、2つの事柄が明らかになった。その1点目は、いわゆる通説として知れわたっている事象と言えども、データに基づいた信頼性の確認作業が欠かせないということである。この検討例のひとつは関東大震災の正体であった。通説の火災に間違いはないが、火災の根源を調べると揺れに伴う住家倒潰が本質的な被害要因であることがわかった。もうひとつは“土蔵の話”であった。従来言われている地盤の卓越周期と構造物の固有周期との関連性が否定されるデータは何もなく、その重要性に何ら変化はないが、“土蔵の話”の根拠となっている斎田(1935)の図は元々のデータに戻ると甚だ疑問であった。また2点目の事柄は、データを十分に精査せず用いると、常識的に許容されない結論が導かれる場合があることである。この検討例は兵庫県南部地震の2種類の被害率関数であった。被害の定義が異なるデータをむやみに用いれば、古い建物より現在の建物の方が耐震性能は低いという無謀な結果が示されることがわかった。

これらの問題点は、強震動研究を考える時にそのまま当てはまるのではないだろうか。例えば、真実を追究して理論的な研究を推し進めることに何ら問題があろうはずはないが、時として研究成果のイメージが強すぎれば間違った方向に進む危険性も考えられる。このことは先の1点目の事柄に共通しており、通説の信頼性を確認するような、固定観念にとらわれない柔軟な研究姿勢が求められよう。また2点目の事柄との関連としては、分析に耐えうる精度のデータを整え、かつデータが語る真実をできる限り客観的につかむことが何よりも重要ということである。さらに個々の事象に内在する現実的な変動レベルをデータに基づいて正確に評価し、それが社会に及ぼす影響度を過不足なく判断できれば、強震動研究の社会への反映が極めて的確に進むものと考ええる。

過去の地震に学び、教訓を活かして次の災害に備えるには、まずその地震本体を知り、さらに地震が生み出した事実を正確に捉えておく必要がある。実地震の記録として残されたデータが自然現象を表現することはいわば当然の帰結であるが、評価結果が常に順当な論理を導くために、こうしたデータは何度も尊重されるべきである。そのひとつを実感できる文書が、関東地震の罹災資料原本として埼玉県立文書館に残存している。ここでは、まず関東地震による震度分布について、表層地質（地質調査所、1995）との関係を Fig. 7 に、約千年前の水脈想定図（吉田、1910）との関係を Fig. 8 に示す（諸井・武村、2006 b）。震度分布は震源からの距離とともに表層地盤

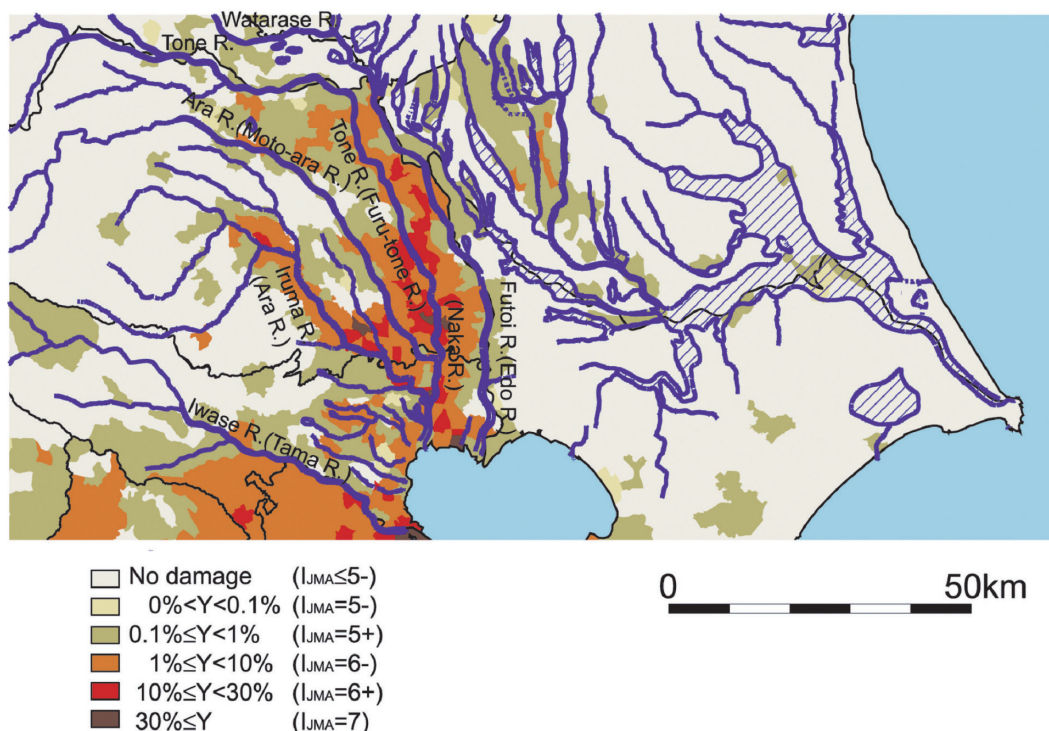


Fig. 8. Relationship between the seismic intensity due to the 1923 Kanto earthquake and the river flows of about 1000 years ago (after Moroi and Takemura, 2006 b).

の影響を強く受け、震源から離れた埼玉県東部においても中川低地や荒川低地などの沖積低地で震度 6 弱以上の高震度地域が広がっていることが Fig. 7 からわかる。こうした大宮台地に接する沖積低地は最近まで大川が集合する地域であり、関東地震による高い震度の広がりがかこれら古い大川と密接な関係があることも Fig. 8 から理解できる。このように地盤条件の地震動への直接的な関与が手に取るようにわかるのは被害データの貢献であるが、その実物を Fig. 9 に見ることができる。右から震災予防調査会から埼玉県あての調査依頼書、北足立郡長から埼玉県内務部長あての調査報告の行政文書、住家被害数の統計一覧表である。左端の被害統計一覧表は震災予防調査会報告第 100 号に収録された被害データ（松澤，1925）の原典であり、われわれが地震動や被害の分析のために今なお頻繁に用いるデータである。これらの報告書の時間経過を調べると、被害統計一覧表は各郡が埼玉県から調査指示を受けた後の 1 週間から 1 ヶ月半程度という驚くべき速度で集中的に調査された結果であった。ここにあげた図は、すべてのデータは人間の手で作られたものであるということ、すなわち様々な研究の根底に人間の存在があることをあらためて感じさせられる恰好の資料と言うことができる。

極めて短期間のうちに作られたという意味で共通する貴重なデータとして、陸軍陸地測量部が関東地震の発生後の 2 週間で被災状況を調査し、その成果を地形図に描いた震災地応急測図がある（中央防災会議，2006；歴史地震研究会，2008）。中央防災会議（2006）によれば、応急測図の目的に関する具体的な解説は見当たらないが、震災に伴う地形地物ならびに交通網の変化、さらには東京市と近郊に関する測図と推察されている。それらは 1 万分の 1 から 20 万分の 1 の地形図がベースとなっており、極めて大がかりなフィールドノートと言って良い。その中に書かれた赤ペンや黒ペンによる被災状況の細かな説明は、震災の現実を今もなお生々しく伝えている。



Fig. 9. Damage investigation materials of the 1923 Kanto earthquake remaining in Saitama Prefectural Archives.

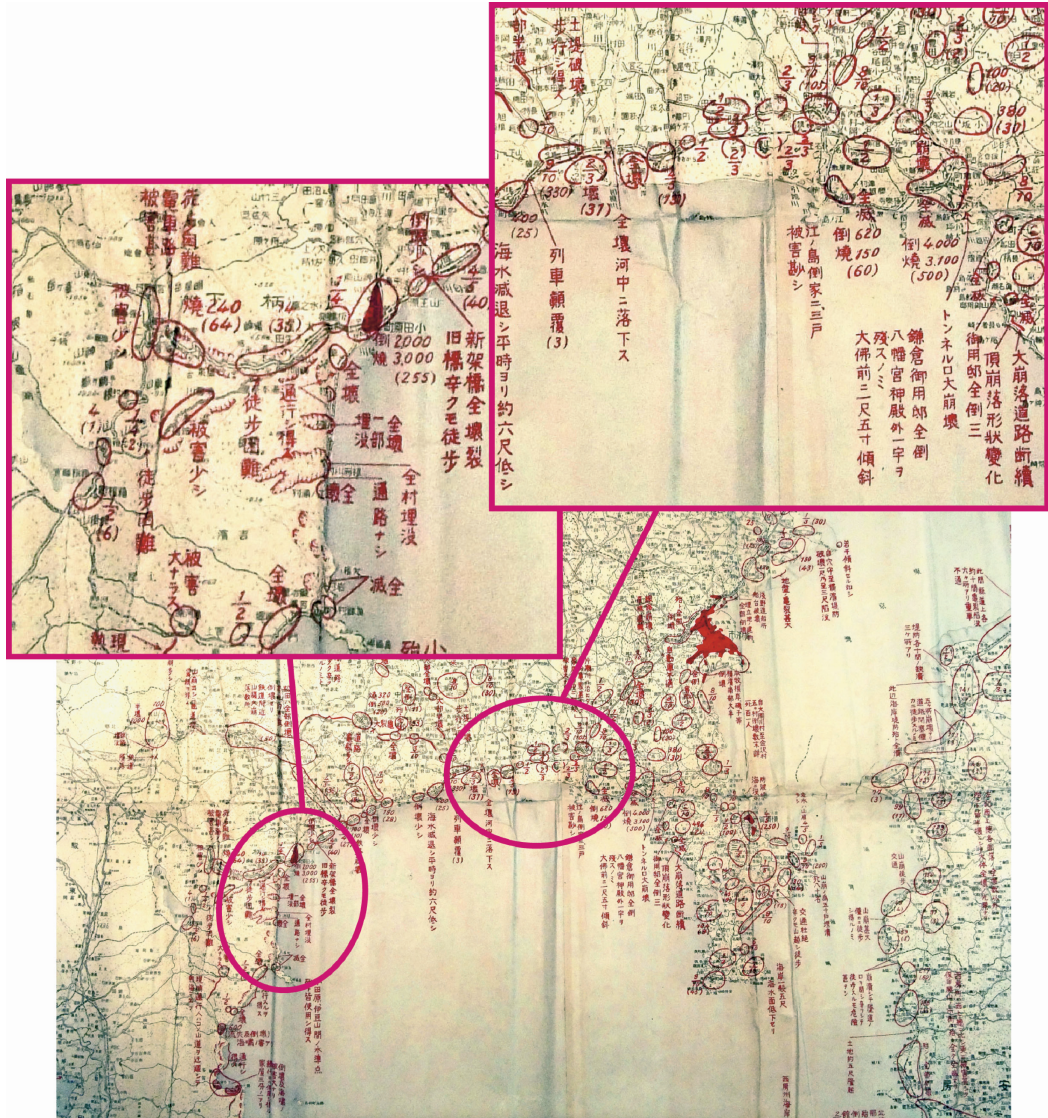


Fig. 10. Map of current state of damage in Tokyo and its neighboring prefectures during the 1923 Kanto earthquake.

これらの原図は国土地理院に保管されているが、概要版は中央防災会議のホームページで閲覧することができる。Fig. 10はその震災地応急測図とは異なるが、よく類似した地図であり、Fig. 9と同じく埼玉県行政文書の中に残存している。この地図には大正12年11月15日付で関東戒厳参謀長阿部信行から埼玉県庁あての送付状が備えてある。また地図の中には「本図は五万分の一地形図を以てせる調査の大要を綜合略記せるものなり」と明記されており、震災地応急測図を清書したものである可能性が高い。送付状を見る限り埼玉県ばかりでなく、関東全域の府県あてに送付されたものと想像される。

さて、これまで述べてきた考察をまとめると、地震災害の軽減ないし防止を目的とするので

あれば、過去の地震災害の経験を役立てるべくデータの活用に十分注意を払う必要がある。その際に重要な点は、単にデータを大切に取り扱い、あるいは保管するというばかりでなく、データに対して常に厳しい態度で臨むべきであろう。これまで見てきたとおりデータは人間の手が介されたものであるため、統計調査の作業主体や作業目的によって性格が異なり、また作業時期によって明らかに精度が違う場合もあり得る。さらに個々のデータの単位や集計範囲が統一されているとは限らないことにも注意が必要である。データを使用する場合にこれらを十分念頭に置くことが、すなわちデータを大事にすることにつながるものと考えられる。一方、成果を重要視するあまり、研究分野を細かく絞り込んだ極端に合理主義的な研究の方向性が長く続くと、それは強震動研究を実社会に役立てる足かせになってしまう危険性をはらんではいないだろうか。災害に強い社会を築いていくためには、社会に対する役割を常に意識しながらある程度経験主義的に研究を進めていくことも必要であろう。それを効率よく推し進めていくには、他分野との連携が極めて有効な手段であり、実際に各方面で学会規模の連携が図られている。様々な分野の研究者が有機的な関係を持ち、相互に情報交換することが可能となれば、それぞれの研究成果をスムーズに社会へ還元することが期待できよう。すなわち、学会や研究機関の連携ばかりでなく、研究者個人レベルの交流を深めることが社会に有益な作用をもたらすものと考えられる。分野を超えた個人の繋がりの中で自由闊達に繰り広げられる具体的な議論が、形式的な連携への硬直化を防ぎ、研究対象の多様性・多元性を許容した研究の方向づけを導くものと期待される。それが結果的に、真理追求と社会還元の両立を兼ね備えた研究の根幹を形作っていくことも十分に考えられよう。

IV. ま と め

本稿では関東地震などの被害データ分析で得られた3つの事例に基づき、強震動研究に関するひとつの考察を試みた。強震動研究と種々のデータとの関わりは、歴史的と言えるまでの長い期間と極めて広い分野に及び、必ずしも簡単な議論を受け付けるものばかりではない。ここではその中からごく一部を選び出し、強震動研究を社会に活かすには、①データ分析をより重要視するとともに、データ自体の信頼性に十分注視する必要があること、②学術的課題が主要な研究対象であることは言うまでもないが、それ以上に個々の事象が社会に及ぼす影響度を過不足なく判断することが重要であること、という2つの内容を中心にして考えを述べた。

さらに付け加えるならば、これまでに経験した地震現象を将来にわたって正確に伝えるために、地震関連のデータ・アーカイブスを格段に充実させるべきと考える。その際にデータは加工されたものではなく、できるだけ生の記録に近いデータを残すようにしたい。その方が強震動研究への貢献に寄与する効果が大きいことが期待されよう。

文 献

- 地質調査所編, 1995. 100 万分の 1 日本地質図第 3 版 CD-ROM 版, 地質調査所
中央防災会議, 2006. 1923 関東大震災報告書 [第 1 編], 災害教訓の継承に関する専門調査会, 242 pp.
藤原咲平, 1924. 関東大震災調査報告 (気象篇), 中央気象台, 161 pp.
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, 21-140.
Kanamori, H., 1971. Faulting of the great Kanto earthquake of 1923 as revealed by seismological data, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **49**, 13-18.
気象庁, 1996. 震度を知る, ぎょうせい, 238 pp.
北澤五郎, 1926. 木造被害調査報告, 震災予防調査会報告第 100 号丙上, 1-53.
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第 100 号甲, 163-260.
目黒公郎, 2003. 地震後の消防活動に与える耐震補強対策の効果, 消防防災, **5**, 71-79.
宮野道雄, 1984. 墓石の転倒および木造建物の被害に基づく地動加速度の推定に関する研究, 東京都立大学学位論文, 133 pp.
望月利男・小林計代, 1976. 単体の運動から地動加速度を推定するための研究—単体の動的挙動の解析—, 日本建築学会論文報告集, **248**, 63-70.
物部長徳, 1926. 土木工事震害調査報告, 震災予防調査会報告第 100 号丁, 1-66.
諸井孝文・武村雅之, 1999. 1995 年兵庫県南部地震による気象庁震度と住家全壊率の関係, 地震 II, **52**, 11-24.
諸井孝文・武村雅之, 2001. 1923 年関東地震に対する東京市での被害データの相互比較と地震動強さ, 日本建築学会構造系論文集, **540**, 65-72.
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**, 3, 35-71.
諸井孝文・武村雅之, 2003. 被害率関数のばらつきと被害の解釈—構造被害と生活被害—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 II, 21-22.
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.
諸井孝文・武村雅之, 2006 a. 1923 年関東地震における死者発生のプロセス—1855 年安政江戸地震との比較をふまえて—, 歴史地震, **21**, 47-58.
諸井孝文・武村雅之, 2006 b. 関東地震の震度分布と地盤条件, 第 2 回地震防災シンポジウム「首都圏の地下構造と地震防災」講演概要集, 物理探査学会地震防災研究会, 65-68.
村尾修・山崎文雄, 1999. 兵庫県南部地震における建物被害の自治体による調査法の比較検討, 日本建築学会計画系論文集, **515**, 187-194.
中村左衛門太郎, 1925. 関東大地震調査報告, 震災予防調査会報告第 100 号甲, 67-140.
歴史地震研究会編, 2008. 地図にみる関東大震災, 財団法人日本地図センター, 67 pp.
那須信治, 1925. 土地の震動性能調査報告, 震災予防調査会報告第 100 号甲, 313-332.
斎田時太郎, 1935. 耐震及び耐風家屋, 防災科学第二巻震災, 岩波書店, 283-323.
高橋龍太郎, 1951. 福井地震概説, 昭和 23 年福井地震震害調査報告, 北陸震災調査特別委員会, 1-22.
武村雅之, 2003. 1923 年関東地震による東京都中心部 (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, 1-36.
武村雅之, 2004. 1923 年関東地震による旧東京市内での各種構造物の被害と震度—“土蔵の話”は本当か?—, 日本建築学会構造系論文集, **577**, 153-159.
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.
竹山謙三郎・竹之内清次・大崎順彦・亀田泰弘・木村蔵司, 1951. 福井平野周辺部に於ける被害率分布について—主として地盤と木造建物の被害との関係—, 昭和 23 年福井地震震害調査報告, 北陸震災調査特別委員会, 29-66.
谷口忠・小林啓美・坂井辰郎, 1951. 物体の転倒建造物の倒壊より推察した福井地震の地動, 昭和 23 年福井地震震害調査報告, 北陸震災調査特別委員会, 23-29.
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, 日本建築学会構造系論文集報告集, **401**, 35-45.
吉田東伍, 1910. 利根治水考, 日本歴史地理学会, 254 pp. (復刻版, 1974, 嵩書房)