

1944年東南海地震 ($M7.9$) の震度分布

—発生直後に行われたアンケート調査資料の再検討—

原田智也^{1)*}・佐竹健治¹⁾・古村孝志¹⁾・室谷智子²⁾

¹⁾ 東京大学地震研究所

²⁾ 国立科学博物館

Seismic Intensities of the 1944 Tonankai Earthquake ($M7.9$)

— Re-examination of the Original Documents of the Questionnaire Survey Conducted just after the Earthquake —

Tomoya Harada^{1)*}, Kenji Satake¹⁾, Takashi Furumura¹⁾ and Satoko Murotani²⁾

¹⁾ Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

²⁾ National Museum of Nature and Science

Abstract

We estimated the seismic intensity distribution of the 1944 Tonankai earthquake ($M7.9$) based on an examination of the original sheets of a questionnaire survey conducted by the Earthquake Research Institute (ERI) of the University of Tokyo. ERI conducted questionnaire surveys for significant earthquakes from 1943 to 1988. In these surveys, the 12-class seismic intensity scale (I_K), which is similar to the Modified Mercalli intensity scale (MMI-scale), was used. Survey results for earthquakes after 1950 were investigated and published, but the survey results for earthquakes in the 1940s have not been published and the original sheets of the surveys were considered to be missing. In addition to 199 original questionnaires and summary sheets discovered in recent years, we discovered an additional 91 original sheets. In this study, we examine the 289 original questionnaire sheets, excluding one without location information. Because multiple intensity values are obtained for various kinds of damage and detailed human behaviors at each survey point, representative values of seismic intensities at a point are necessary to make a seismic intensity distribution map. In previous studies, the mean value of seismic intensities was used as a representative value, but the mean value saturates at I_K 8-9 (corresponding to V on old JMA's intensity scale) because of a larger reported number of lower intensities. The mean of the top five seismic intensity reports hardly saturates and its distribution is similar to that reported by the Central Meteorological Observatory (CMO), as well as the distribution of slight house damage. While the number of newly estimated seismic intensities is less than 60% of the CMO's seismic intensities, the new seismic intensity distribution map clarifies some characteristics of 1944 seismic ground motions. (1) High intensities (I_K 6-9) are estimated not only in the northeastern region of Biwa Lake in Shiga Prefecture, but also in the entire prefecture around the lake. (2) High intensities (I_K 6-7) are estimated in the Ina Valley in Nagano Prefecture where two previous Tokai earthquakes also caused damage. (3) Seismic ground motions are strongly amplified (I_K 7-8) in the Fukui Plain, which is more than 200 km from the 1944 source. (4) Seismic intensities along the Pacific coast of Tokushima Prefecture are high (I_K 6-7). (5) Significantly higher seismic intensities (I_K 8) are estimated in the eastern part of Saitama Prefecture than those in the surrounding region. In this region, other earthquakes such as the 1854 Ansei Tokai earthquake ($M8.4$) and the 1923 Kanto earthquakes ($M7.9$) also caused abnormally high seismic intensities, while the cause of such high intensities has not been clarified yet.

Keywords: 1944 Tonankai earthquake, Seismic intensity, Questionnaire survey, Kawasumi's intensity scale, Old and new JMA's intensity scales

* e-mail: haratomo@eri.u-tokyo.ac.jp (〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1)

1. はじめに

国内で発生した1943年鳥取地震 ($M7.2$) から1988年東京都東部の地震 ($M5.8$) までの55地震について、東京大学地震研究所の河角廣、佐藤泰夫、茅野一郎らを中心に、震度、振動方向、地鳴りなどに関する通信アンケート調査が行われてきた(茅野, 1990)。調査票には、地震時の体感、諸現象、被害に関する質問項目があり、これらの回答に基づいて震度が評価されている。ここでは、旧気象庁震度階ではなく、河角(1943a, 1943b)によって導入された改正メルカリ震度階(MM震度階)に準じた12階の震度階が使用された。アンケート調査のうち、1950年代以降の地震についてはその詳細な震度分布が、例えばKawasumi and Sato (1968)、茅野・佐藤(1974, 1975)、茅野・小牧(1977)などによって公表されている。しかしながら、第二次世界大戦中およびその直後に発生した地震については、震度と震央距離との関係(Sato, 1950, 1955)や地鳴りの方向に関する研究(佐藤, 1948, 1955)などの幾つかを除き、アンケートによる震度の詳細分布などの結果は公表されていない。さらに、調査票などのアンケート調査資料もすでに散逸したと考えられていた。

その後、津村・他(2010)は、第二次世界大戦中および戦後に発生した5つの被害地震(1943年鳥取地震 ($M7.2$)、1944年東南海地震 ($M7.9$)、1945年三河地震 ($M6.8$)、1946年南海地震 ($M8.0$)、1948年福井地震 ($M7.1$))に対して行われたアンケート調査の資料(回答済みのアンケート調査票、震度の集計表、分析結果など)を東京大学地震研究所において発見した。西田・他(2013)は、発見された資料のうち、1943年鳥取地震のアンケート調査票(1952点)から、河角(1943a, 1943b)による震度階に基づく稠密な震度分布図を作成した。さらに、中村・他(2014)と香川・他(2015)は、アンケート調査票に記載された地震時の諸現象や被害と現行の気象庁震度との対応を検討し、気象庁震度階による震度分布図を作成した。また、香川・他(2015)は、鳥取地震のアンケートによる震源断層近傍の震度を説明するような震源破壊モデルの推定も行った。

本研究の目的は、第二次世界大戦中により情報が十分ではない1944年東南海地震 ($M7.9$) について、その発生直後に行われたアンケート調査結果に基づいて各観測地点の震度を評価し、稠密な震度分布図を作成するとともに、この地震の震度分布の特徴について明らかにすることである。1944年東南海地震においては、地震計記録、測地記録、驗潮記録が存在し、震源断層モデルの推定に使用されてきたが、戦時中の地震ということもあり、

記録の質・量ともに十分とは言えない。この地震の震度分布については、中央気象台(1951)による、東北地方から九州地方にかけての気象台と区内観測所507点における旧気象庁震度階による震度分布(図1)が示されており、また、飯田(1977)、武村・虎谷(2014, 2015)により被害のあった地域において、その統計に基づく震度分布が報告されている。今回評価した震度の観測地点数は、これら既往研究による震度の報告数を量的に上回るものではないが、調査票には震度が大きく被害が生じた地域だけでなく、被害に至らなかった地域についても諸現象や体感などが記録されており、震度が小さくても具体的にどのような現象が生じていたのかを知ることできる。さらに、既往研究による震度分布と本アンケート震度分布図を用いて、広域の詳細な震度分布を総合的に理解することによって、この地震の震源断層モデルの推定などの高度化が期待できる。

2. 1944年東南海地震のアンケート調査資料

2.1 津村・他(2010)により発見された資料

津村・他(2010)によって発見されたアンケート調査資料には、回答が書き込まれた27都府県における199枚のアンケート調査票(山形県1枚、福島県5枚、群馬県3枚、栃木県4枚、茨城県1枚、埼玉県4枚、東京都40枚、神奈川県6枚、山梨県13枚、長野県25枚、静岡県21枚、新潟県8枚、富山県2枚、石川県16枚、岐阜県1枚、三重県6枚、滋賀県13枚、奈良県4枚、和歌山県10枚、京都府1枚、兵庫県2枚、岡山県4枚、鳥取県3枚、島根県1枚、香川県1枚、徳島県1枚、高知県2枚、観測地点不明1枚)と、不完全ではあるが市町村名と震度が記載された集計表が含まれる。図2に、発見されたアンケート調査資料における観測地点の分布を白丸で示すが、被害が甚大であった愛知県と岐阜県のほぼ全てと三重県の大部分、福井県の全てではアンケート調査票が未発見である。しかしながら、集計表にはこれらの地域の市町村名と震度が不完全な形で記載されている(図2の十字)。また、大阪府、京都府、兵庫県や四国地方の大部分でも、アンケート調査票が未発見で、集計表にもこれらの地域における震度の記載はない。

原田・他(2014, 2015)は、津村・他(2010)によって発見されたアンケート調査資料について、観測地点不明の1枚を除く198枚のアンケート調査票と集計表とを用いて236観測地点の震度を評価し、震度分布図を作成した。その際には、アンケート調査票に記された震度の平均値と集計表に記載された震度がそのまま用いられたが、集計表における震度評価の方法が不明であり、アン

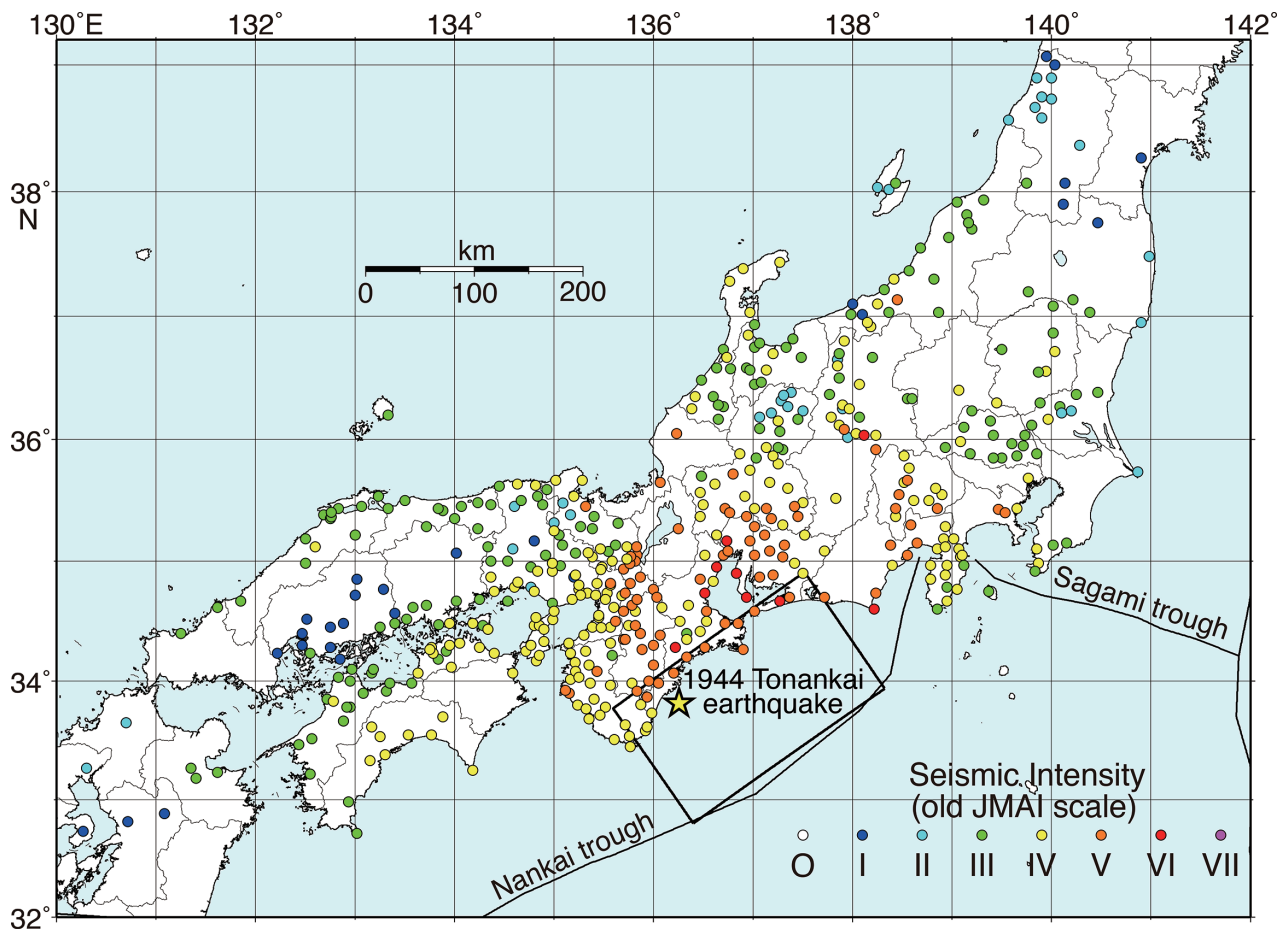


Fig. 1. Distribution of seismic intensities on the old Japan Meteorological Agency's (JMA) intensity scale (old JMAI scale) for the 1944 Tonankai earthquake ($M7.9$) reported by the Central Meteorological Observatory (CMO) (1951). Star and rectangle are epicenter after JMA and fault plane after Ichinose *et al.* (2003) of the 1944 earthquake, respectively. Thick solid lines indicate plate boundaries after Bird (2003).

ケート調査票による震度と集計表に記された震度との間に系統的な差が生じている可能性があった。

2.2 新たに発見されたアンケート調査資料

その後、筆者らが再び東京大学地震研究所内の調査を行ったところ、1944年東南海地震に関するアンケート調査資料を、調査票を含めて新たに発見することができた(図3)。発見されたアンケート調査票は、岐阜県15枚、福井県13枚、愛知県21枚、三重県17枚に加え、大阪府6枚、京都府3枚、兵庫県3枚、徳島県3枚、香川県5枚、愛媛県3枚、高知県2枚の計91枚である。図2に、新たに発見されたアンケート調査票に記載された観測地点の分布を灰丸で示すが、岐阜県の1点(岐阜県揖斐郡徳山村, 現岐阜県揖斐郡揖斐川町)を除き、集計表に震度が記載されているすべての観測地点のアンケート調査票が発見されたことが分かる。なお、Sato (1955) が作成した1944年東南海地震についての震央距離とアンケート調査による震度との関係を示す図には252観測地点の

震度がプロットされている。そこで使用された震度の観測地点数は、津村・他(2010)と今回発見されたアンケート調査票の合計289観測地点を下回ることから、今後、アンケート調査票が追加で発見される可能性は低い。

本研究では、津村・他(2010)によって発見されたアンケート調査票198枚(観測地点不明の1枚を除く)に加えて、新たに発見したアンケート調査票91枚を合わせた合計289枚に記載された回答から、1944年東南海地震の震度の再評価を行った。集計表に記載された震度は評価方法が不明なため使用せず、アンケート回答に立ち戻って震度を評価した。表1に、アンケート調査票に記載された全ての観測地点の住所(番地は割愛)と建物名などを示す。ただし、アンケート調査票が未発見である岐阜県揖斐郡徳山村(現岐阜県揖斐郡揖斐川町)もNo.114の観測地点として表1に含まれている。震度の観測地点数は、中央気象台(1951)による震度の観測地点数(507点)の約57%であるが、愛知県から岐阜県にかけ

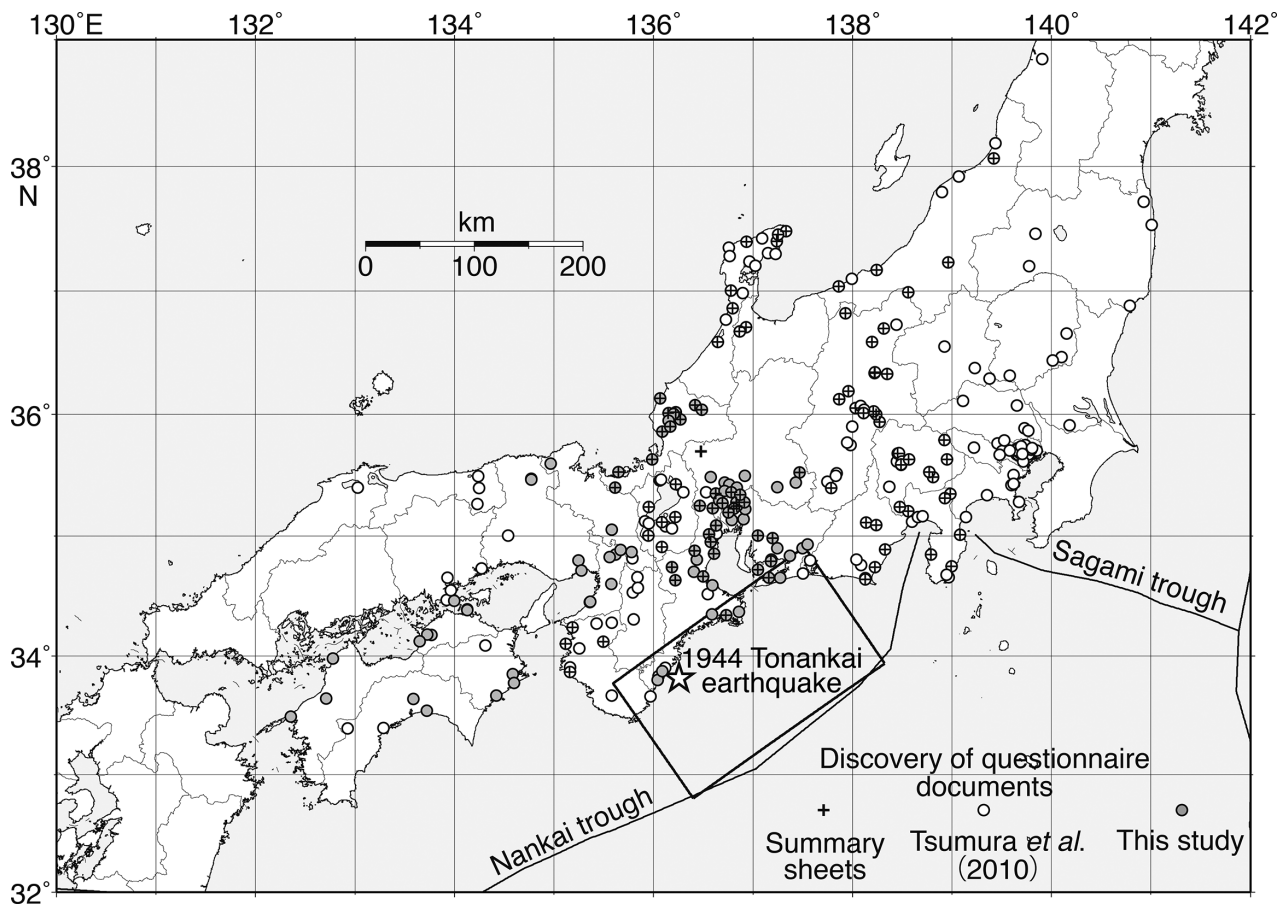


Fig. 2. Distribution of survey points of the questionnaire survey for the 1944 Tonankai earthquake ($M7.9$). White and grey circles indicate survey points recorded in questionnaires discovered by Tsumura *et al.* (2010) and those discovered in this study, respectively. Crosses indicate survey points where seismic intensities were written on summary sheets discovered by Tsumura *et al.* (2010). Other symbols are the same as in Fig. 1.

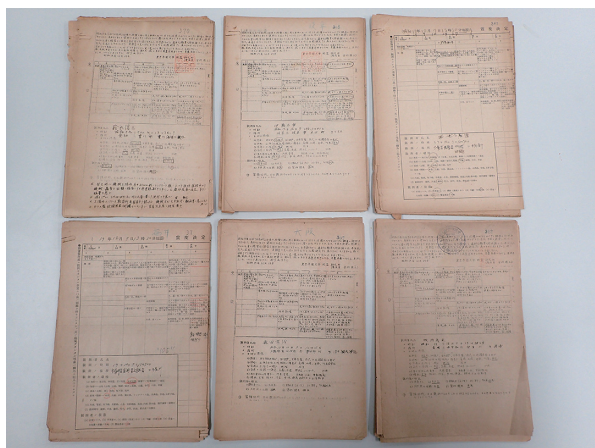


Fig. 3. 91 newly discovered questionnaires in this study.

ての地域、長野県の伊那谷（伊那盆地）、滋賀県の琵琶湖周辺、福井県や徳島県においては、中央气象台（1951）よりも観測地点数が多い（図1、図2）、これらの地域に

おける震度分布から新たな知見が得られることが期待される。

3. アンケート調査票について

1943年鳥取地震から1945年三河地震までに実施されたアンケート調査では、河角（1943a, 1943b）によって作成された、“震度決定資料観測報告”と名付けられたアンケート調査票（図4）が用いられた。この調査票は、河角（1943a, 1943b）により作られたMM震度階に準じた12階の震度階、旧気象庁震度階と、それぞれの震度に対応する人々の体感、液体動揺などの地震時の諸現象、墓石や家屋、橋梁などの建造物の被害、地割れや山崩れなどの地変（以後、これら地震時における諸現象と被害を、地震時の“事象”と呼ぶ）との対応表になっている。

図5は回収されたアンケート調査票の例（愛知県中島郡大里村（現愛知県稲沢市）、表1の観測地点No.197）である。アンケート調査票は、各市町村の国民学校に郵

old JMAI scale	O		I	II	III	IV	V	VI	VII				
KI scale	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
MMI scale	I		II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

Fig. 6. Correspondence table among seismic intensities on the old JMAI scale, on the KI scale (Kawasumi, 1943a and 1943b), and on the Modified Mercalli intensity scale (MMI scale).

送されたと考えられ、回収された複数のアンケート調査票には、「〇〇国民学校御中」の宛名が記されている。1944年東南海地震直後の調査において、本アンケート調査票が、地震の影響を受けた都府県内の国民学校すべてに郵送されたかは不明であり、アンケートの回収率も分かっていない。発見されたアンケート調査票の数や Sato (1950, 1955) に記された観測地点数から判断すると、回収率は高くなかったと思われる。また、東京大学地震研究所がある東京都では、国民学校に加え、地震研究所の教員や学生、東京大学の研究室、理化学研究所からの回答もあり、目立った被害がなかったにもかかわらず、回答数は他府県に比べて著しく多い(図2)。

3.1 アンケート調査票における震度階

“震度決定資料観測報告”では、最上段が旧気象庁震度階、2段目が河角(1943a, 1943b)による震度階で、以下の段にそれと対応する地震時の事象が記載されている(図4)。河角(1943a, 1943b)によるMM震度階に準じた12階の震度階は、広野・佐藤(1971)によって“河角震度階”と呼ばれたように、MM震度階とは厳密に一致しない。図6は、河角(1943a, 1943b)による震度階、旧気象庁震度階とMM震度階との対応を示すが、河角(1943a, 1943b)による震度階とMM震度階との不一致は明らかである。したがって、本研究においても、以後、河角(1943a, 1943b)による12階の震度階をMM震度階と区別するために“河角震度階”と呼び、 I_K と略記する。また、 I_K の震度はアラビア数字で表記する。

調査票の最上段には旧気象庁震度階が示されているが、ここでの震度VIIは河角(1943a, 1943b)による独自のものである。震度の下に書かれている加速度は各震度の境界の値であるが、河角(1943a, 1943b)は震度VIと震度VIIとの境界を800 gal (cm/s^2)とした。一方、旧気象庁震度階における震度VIIは、1948年福井地震の被害に対応するよう1949年の「地震観測法」改正により導入されたもので、震度VIとVIIの境界の加速度は400 galである(気象庁, 1996)。本研究では、旧気象庁

震度VIIは、河角(1943a, 1943b)による定義ではなく、1949年の「地震観測法」改正による定義とする。また、旧気象庁震度を I_{Jold} と略記し、 I_{Jold} の震度は0及びローマ数字で表記する。

3.2 アンケート調査票に記載された地震時の事象

アンケート調査票(図4)の3行目以降は、河角震度階に対応する地震時の事象について具体的かつ詳細に書かれており、回答者が自分の経験した事象に印を書き込むと、それに対応する震度が得られるように作られている。これらの事象は大きく15項目に分けられており、それぞれの項目は、①地震計、②人々の体感、③自動車の様子と乗っている人の体感、④電灯、シャンデリア、鐘などの吊下物や振り子時計の様子、⑤花瓶の花、樹木などの様子と被害、⑥容器内の液体、河川・湖沼の水の様子、⑦戸障子、家具の様子や被害、⑧家屋、土蔵や他の建築物の様子や被害、⑨石垣、擁壁、堤、岸壁の被害、⑩井泉の変化、⑪墓石の被害、⑫地割れや山崩れなどの地変、⑬死傷者数、⑭橋梁の被害、⑮鉄道の線路、埋設管の被害、に関するものである。アンケート調査票の回答方法については、調査票の欄外に「該箇所或ハ観測セラレタル事實ニ〇或ハ側線ヲ付ケラレタシ」と書かれてあるだけで(図4)具体的な指示がないため、回答者による回答の書き方が多岐にわたってしまい、各観測地点における震度を一意に評価することを困難にしている。さらに、回答者毎に回答量が異なり、情報量のムラが生まれるという問題もある。図7は、回答の例であるが、多くの調査票において複数の震度にまたがった多くの事象に印が付けられている。さらに、各事象について細かく印が付けられた回答(図7(a))、河角震度階と項目によって区分された事象群(事象群を仕切る長方形を、以後、“事象区分”と呼ぶ)ごとに印が付けられた回答(図7(b))、震度に直接印が付けられた回答(図7(c)の I_K 6)、震度と事象あるいは、震度と事象区分の双方に印が付けられた回答(図7(d)~(f))のように、多様な回答が存在する。図7(a)のような回答と、震度に印が付けら

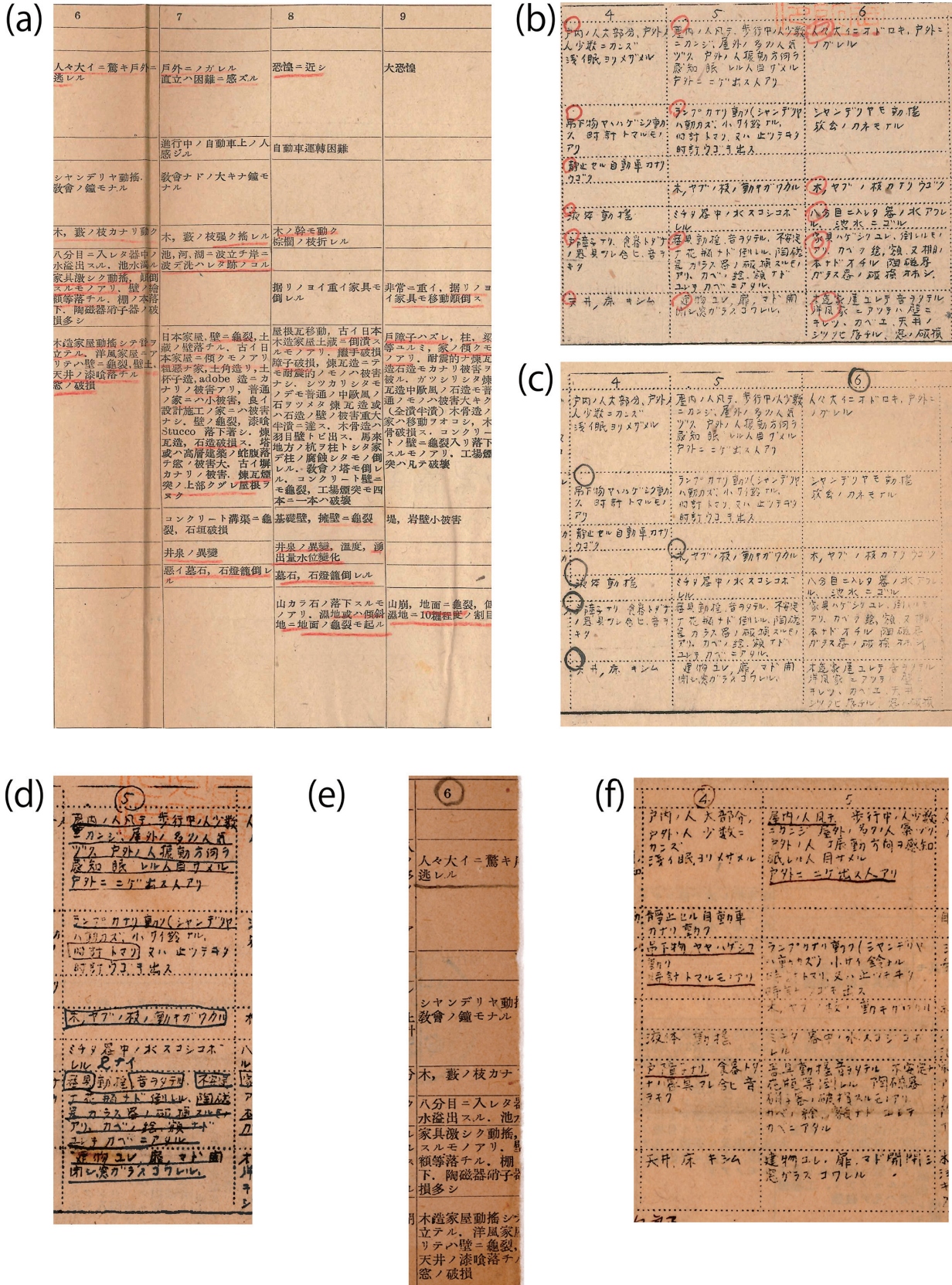


Fig. 7. Examples of ways questionnaires were answered. Some underlined descriptions (a), while some marked divisions of descriptions (b), some marked those and seismic intensity simultaneously (c), and some underlined descriptions and marked seismic intensity simultaneously (d)-(f).

れた図7(c)の I_K6 のような回答とでは、その情報量の差は歴然としており、一義的な震度評価を困難にしている。

3.3 アンケート調査票における他の質問項目

アンケート調査票では、さらに、回答者の氏名、観測の時刻(地震の発生時刻)、観測の場所、観測者の環境(地質、地形、家屋、乗り物、地震時の観測者の体勢)、観測者の状態(注意の有無、睡眠の有無、年齢、大地震の経験の有無、驚怖観念の有無)についての質問がある(図4)。これらの質問により、地震時の回答者をとりまく環境と状態とが具体的に把握できるようになっており、得られた震度と回答者周辺の環境との関係を調べる上で重要な情報となる。表1に、観測者の環境、観測者の状態を示す。また、アンケート調査票の欄外には、「其ノ他気ヅカレタル現象ハ欄外ニ記入セラレタシ」と書かれており、調査票の欄外にも「最大干満水位ノ差3m」などの情報が書かれている。

4. 各観測地点における震度の評価

アンケート調査票の回答からは、事象の数に対応した複数の震度が得られる(以後、“震度報告値”と呼ぶ)。たとえば、図7(a)では、 $I_K6\sim9$ の震度報告値が得られ、図7(b)では、 $I_K4\sim6$ の震度報告値が得られる。各観測地点において得られた複数の震度報告値について、上記のように範囲で示したり、すべてを列記したりしてもよいが、アンケート調査による震度を用いた研究を行うには扱いが不便であり、これらの代表値を求める必要がある。実際、算出方法は不明であるが、集計表には各観測地点における震度報告値の代表値が記載されており、Sato(1950, 1955)でも震度報告値の代表値が使用されている。そこで、本研究でもアンケート調査票から得られる複数の震度報告値について、その代表値を算出した。

震度報告値の代表値として、一般的には平均値や最大値を使うことが考えられる。実際、Kawasumi and Sato(1968)、茅野・佐藤(1974, 1975)、茅野・小牧(1977)などのアンケート調査結果では、各観測地点で得られた震度報告値の平均値を代表値としている。茅野(1990)は震度代表値について、①大きな震度に対応する事象の数が小さな震度のそれと比べて少なくなることから、震度報告値すべての平均値は小さな震度で飽和してしまう、②得られた震度報告値の最大値から上位数個分の平均値は、すべての震度の平均値よりも適切な代表値を与える、③震度報告値の最大値は、たまたまある一つの事象で飛び離れて大きな震度である場合もあるので、代表値としては相応しくない、と指摘した。本研究では、以上のような茅野(1990)の指摘を踏まえ、適切な震度代

表値の算出法を検討した。そのために、まずは図7のような多様な回答から客観的に震度報告値を評価する方法について検討した。

4.1 震度報告値の評価

一般に、震度のアンケート調査においては、1960年代から導入された河角・佐藤の通信調査票(佐藤, 1973; 茅野, 1990)や、太田・他(1979)によるアンケート調査票のように、一問一答の質問形式になっており、各質問項目に対する震度報告値が1つずつ得られる。そして、質問の数だけ得られた震度報告値すべてを使用して、各観測地点における震度代表値が算出される。“震度決定資料観測報告”(図4)についても、3章で述べたように大きく15の項目に分けられているので、書き込まれた印は15の質問項目に対する回答と見なすことができる。しかしながら、図7のように、アンケート調査票の元々の不備と回答方法の説明不足により、回答者は地震時の事象すべてに印を付けているので、ほとんどの調査票においては各質問項目に対して複数の回答が存在し、あるいは質問項目によっては無回答になっているものもある。したがって、このアンケート調査票を、15の質問項目とその回答と見なすことは適切でない。よって本研究では、アンケート調査票に書き込まれた回答に対する震度報告値すべてを使用して、震度代表値を1つ算出する方法をとる。しかしながら、図7のようにアンケート調査票の回答が多様であるために、この方法にもいくつか問題があり、それを避けるために以下の判断を行った。

まず、アンケートの回答には、図7(a)のように諸事象について細かく印が書き込まれた場合と、図7(b)のように事象区分ごとに印が書き込まれた場合とがあり、印の付いた事象ごとに震度を評価するのか、事象区分ごとに震度を評価するのかの判断が必要である。例えば、図7(a)の I_K8 の列において、事象ごとに震度報告値を得るならば、その数は9個、事象区分ごとに震度報告値を得るならば、その数は7個となる。回収されたアンケート調査票では、図7(b)のように事象区分ごとに印を付けている場合がほとんどなので、本研究では、事象区分を最小単位として震度報告値を得ることとした。すなわち、図4において、諸事象が書かれた69個の事象区分について印が書き込まれた区分の個数を数えることにより、得られた震度報告値の個数とする。

次に、図7(c)~(f)のように震度そのものに印が書き込まれている場合、震度報告値を何個とするかという判断が必要である。震度そのものに印が付けられているので、その震度列の事象区分すべてを数えればよいと考えられるが、図7(d)~(f)のように震度と事象の双方に印

Table 1. (continued)

(A) No.	(B) 都府県	(C) 群・市・区	(D) 町村	(E) 町名、大字・字	(F) 建物名など	(G)各震度における事象の数												(H)震度代表値				(I)観測者の環境						(J)観測者の状況				(K) 発見状況	
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	(a) 最大値	(b) 平均値	(c) 上位5個平均	(d) 集計表	(a) 地質	(b) 地形	(c) 家屋の階数	(d) 家屋の種類	(e) 接合中の乗り物	(f) 地震時の状態	(ab) 注意の有無	(c) 睡眠	(d) 年齢	(e) 大地震の経験		(f) 恐怖の概念
31	東京都	杉並区		阿佐ヶ谷				3	2	3								6	5	6		2	木		立	不		15	無	有			
32				永福寺町				4	1									5	4	4		1	木		臥			若	有	無			
33				馬橋						6								6	6	6		1	木		不			若	無	有			
34		滝野川区		滝野川町			1	1	2	2								6	5	5		1	木		臥			若					
35				滝野川町					1	4								6	6	6		2	木		掛								
36		浅草区		雷門	於仲見世				2	1								6	5	5					注					有	無		
37				田中町				3	1	2								6	5	5					不						無		
38		豊島区		目白町			1	2										5	5	5			木		立						無		
39				千川町				1	5	1								7	6	6			木		座			老	有	無			
40		京橋区			正金銀行支店			1	1									5	5	5		1	コ		掛			壮	有	無			
41				木挽町				1		3	1							7	6	6			木							有	無		
42		荏原区		平塚町					2	1								6	5	5			木		座			老	有	無			
43		中野区		野方町			1	1	1	2								6	4	5			木		座			壮	有	有			
44		目黒区		駒場町	航空研究所					M								5	5	5			コ		掛立			壮	無	無			
45		淀橋区		落合台					2	3								6	6	6			木		座					無	無		
46		赤坂区		新坂町					4	2								6	5	5			地		立			若	無	無	無		
47		麴町区		大手町					2									5	5	5			コ		静			21			無		
48		四谷区		新宿				1	1									5	5	5			木		立					有	無		
49		芝区		西芝浦					2									5	5	5			コ		掛			老	有	無	無		
50		世田谷区		北沢	松沢病院				3									5	5	5			木		立			若	有	無	無		
51				大原町				1	1									5	5	5			木		座			若	無	無	無		
52		北多摩郡	小金井町		小金井国民学校			M	M									5	5	5			木		静			壮	有	有	有		
53									3	5	1							7	6	6													
54			東村山町	野口					6									5	5	5			地		立			若	無	無	無	無	
55			清瀬村						2	2	2							6	5	5			木		立					有	有	有	
56			武蔵野町	吉祥寺			1	3	1	1								6	4	5			木		座			(中)	有	無	無	無	
57			府中町		府中国民学校			3	3	2	1	1						8	5	6			木		掛			24	無	無	無	無	
58		西多摩郡	五日市町		国民学校家事室					5								6	6	6			木		立			38	有	有	有	有	有

Table 1. (continued)

(A) No.	(B) 都府県	(C) 群・市・区	(D) 町村	(E) 町名・大字・字	(F) 建物名など	(G) 各震度における事象の数												(H) 震度代表値					(I) 観測者の環境							(J) 観測者の状況				(K) 発見状況		
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	(a) 最大値	(b) 平均値	(c) 上位5個平均	(d) 集計表	(a) 地質	(b) 地形	(c) 家屋の階数	(d) 家屋の種類	(e) 揺栗中の乗り物	(f) 地震時の状態	(a,b) 注意の有無	(c) 睡眠	(d) 年齢	(e) 大地震の経験	(f) 恐怖の観念				
146	福井県	吉田郡	上志比村	市荒川							5						6	6	6	6	6	6	火	谷	地	木		立	注		壮	無	有	新		
147		坂井郡	鷹巣村	和布	鷹巣国民学校							6					7	7	7	7	7	7		地	木		静	注		若	有	有	新			
148		大野郡	遅羽村	大袋					2	1	1	1					8	6	6	7	7	7	沖	麓岸	木		立	不			無	有	新			
149		今立郡	河和田村	西袋						4							6	6	6	6	6	6	埋	平地	木		歩	不		壮	無	無	新			
150		丹生郡	天津村	眞栗	天津村国民学校					6	3						7	6	7	7	7	7	腹麓	麓	地		静	注		36			無	新		
151			豊村	下野田						5	7						7	7	7	7	7	7										有	有	新		
152		南條郡	坂口村					3		1							6	5	5	5	5	5	麓		木		活			壮	無	無	新			
153			武生町	浪花区	武生町東国民学校			1	4	4	1	2					7	4	6	6	6	6	沖	平	1	木	掛	注		壮	無	有	新			
154		三方郡	山東村	佐田						4							6	6	6	6	6	6										無	無	新		
155		遠敷郡	奥名田村	下						6							5	5	5	5	5	5	古断		麓	1	木	掛	不		壮	無	有	新		
156		大飯郡	大島村	畑				1		1							6	5	5	6	6	6	沖	麓	地	木	掛	不		壮	無	有	新			
157		足羽郡	下文殊村	下河北							M						6	6	6	6	6	6	沖	平	2	木	掛	注		39	有	有	新			
158			麻生津村		真木国民学校付近					3	3	1					7	6	6	6	6	6	沖	平	2	木	歩	不		若	無	無	新			
159	静岡県	小笠郡	池新田町		池新田町東国民学校					2	2	5	2	2	1		10	7	8				沖	平						壮	有	有				
160			堀之内町							1	1	2					7	6	6																	
161			栗本村	初馬													8	7	8				古	山谷	地	木				老	無	有				
162		賀茂郡	下河津村	笹原					2	2	5	2					7	6	6	6.5				岸	1	木	立		若	無	無					
163			宇久須村	月原	宇久須村国民学校						1						6	6	6	6	6	6														
164			下田町		旧岡方村国民学校				1	2	3	1	1				7	5	6				沖	腹麓	2	木	活	注		壮	有	有				
165			浜崎村	須崎						3							5	5	5				火	麓	地	口	掛	注		若	無	無				
166		富士郡	芝富村	長貫						5	3	4					7	6	7	7	7	7	埋	平	(外)	木	静活				有	有	有			
167			富士町	本市場	富士町国民学校					1	3	2	6	2			8	6	7				沖	平	1	木	掛	注		壮	有	有				
168			原田村							1	3	5	4	5	1		9	7	8				埋	沖	平	(外)		活	注		壮	有	有			
169			上川根村	千頭	上川根村国民学校					2	4	3					6	5	6	5.5			古	(丘)	平	木	掛	不			有	無				
170			川崎町		川崎国民学校							6	5	1			10	9	9	9.5																
171			足柄村	竹ノ下	足柄村国民学校						5	1					7	6	6	6	6	6	埋	谷	木		不				有	無				
172			御殿場町	萩原						2	2	3	5	3			8	6	8	7.5			火	麓	(平)	木	掛	不			有	無				
173			宇佐美村	城宿	宇佐美村国民学校					M							5	5	5	5	5	5	埋	沖	麓	平	木	掛	注		壮	有	有			
174		阿部郡	大川村	日向							6						5	5	5	5	5	5	沖	麓	平	木	掛	注		若	有	有				
175																	5	5	5	5	5	5	沖	麓	平	木	掛	注			有	有				

Table 1. (continued)

- (I) 観測者の環境 (a) 地質 埋: 埋立地, 沖: 沖積層, 古: 古い地層, 火: 火成岩盤, 断: 断層その他構造線との遠近, (口): ローム層, (耕): (元)耕作地 (洪): 洪積層, (三): 第三紀層, (四): 第四紀層, (凝): 凝灰岩盤, (砂): 砂地, (岩): 岩盤
- (b) 地形 山: 山地, 頂: 山頂, 腹: 山腹, 急: 急斜面, 緩: 緩斜面, 崖: 崖線, 麓: 山麓, 谷: 谷間, 岸: 川岸, 平: 平原, (台): 台地, (盆): 盆地, (丘): 丘陵地, (扇): 扇状地, (海): 海岸・海辺
- (c) 家屋の階数 上: 上階, 地: 地階, 下: 地下階, 坑: 坑中, (平): 平屋, (外): 家屋の外, (壕): 壕内, 数字は階数
- (d) 家屋の種類 木: 木造, 土: 土蔵, 石: 石造, 煉: 煉瓦造, コ: コンクリート造, 角: 土角造, 竹: 竹造, 杯: 土杯子造, 他: その他 (鉄): 鉄骨ブリキ張り
- (e) 搭乗中の乗り物 汽: 汽車, 電: 電車, 車: 自動車, 舟: 小舟, 発: 発動機船, 帆: 帆船, 船: 汽船, 潜: 潜水艦, 飛: 飛行機, (転): 自転車
- (f) 地震時の状態 臥: 横臥, 座: 正座, 掛: 腰掛, 立: 佇立, 歩: 歩行, 走: 疾走, 静: 静止中, 活: 活動中
- (J) 観測者の環境 (a), (b) 注意 注: 注意, 不: 不注意, (c) 睡眠 眠: 睡眠中, 深: 深い睡眠中, 浅: 浅い睡眠中
- (d) 年齢 幼: 幼年, 若: 若年, 壮: 壮年, 老: 老年, (中): 中年?, 数字: 年齢のみが書かれている場合のその年齢
- (e) 大地震の経験 有: 有り, 無: 無し, (f) 恐怖観念 有: 有り, 無: 無し
- (K) アンケート調査票の発見状況 記号なし: 津村・他(2010)によって発見, 新: 本研究によって発見, 未: 未発見 ()は回答者独自の回答

The following item is written in each row: (A) Observation point number; (B) Name of prefecture or metropolis; (C) Name of county, city, or ward in Tokyo metropolis; (D) Name of town or village; (E) Name of street, large section or section; (F) Name of building *etc.*; (G) Number of answers in each reported intensity on KI scale; (H) Representative seismic intensity from the questionnaire survey; (a) maximum intensity, (b) mean intensity, (c) mean of the top 5 intensity values, (d) intensity on the summary sheets; (f) circumstances of respondent; (a) geology of observation point, (b) topography of observation point (c) floor number of building where respondent observed the earthquake (d) type of building material, (e) type of vehicle respondent rode, (f) status of respondent; (J) information on respondent; (a)–(b) attention to earthquake, (c) degree of sleep, (d) age, (e) previous experience of strong shaking, (f) fear of earthquake; (K) discovery status of questionnaire sheet. In (C) and (D), names of cities, counties, towns, villages, and wards of Tokyo metropolis are those at the time of the 1944 earthquake. Abbreviations in (I) and (J) are fully described in the footnote.

が書き込まれた場合をみると、震度に印が書き込まれているにも関わらず、その震度におけるすべての事象や事象区分に印が書き込まれている訳ではない。したがって、本研究では、震度そのものに印が書き込まれている場合は、その震度が過大に評価されないように、震度列の事象区分の半数を震度報告値の個数とした。たとえば、図7(c)の場合、3個の $I_K 6$ が得られる。また、図7(d)~(f)のように震度と事象の双方に印が書き込まれている場合は、事象区分の数をその震度報告値の個数とする。すなわち、図7(d)では5個の $I_K 5$ が、図7(e)では1個の $I_K 6$ が、図7(f)では2個の $I_K 4$ が得られる。

以上の方法によってアンケート調査票から得られた震度報告値の個数の一覧を、表1に示す。ただし、震度のみ印が書き込まれている場合、本研究ではその震度列の事象区分の半数を震度推定値の個数としたが、これは本研究における判断であり、また、事象区分ごとの回答による震度報告値の個数と区別するためにその震度報告値の個数を書かず、“M”という記号を用いた。すなわち、アンケート調査票の各 I_K に対応する諸事象が記入された区分の数は、 $I_K 1\sim 2$ で1~2個、 $I_K 12$ で3個、 $I_K 3\sim 6\cdot 11$ で5~6個、 $I_K 9\sim 10$ で7~8個、 $I_K 7\sim 8$ で9~10個であるので(図4)、“M”に対する震度報告値の数は、 $I_K 1\sim 2$ で1個、 $I_K 12$ で2個、 $I_K 3\sim 6\cdot 11$ で3個、 $I_K 9\sim 10$ で4個、 $I_K 7\sim 8$ で5個である。

4.2 各観測地点における震度代表値の算出

次に、得られた複数の震度報告値について、その代表値を算出する。まず、震度代表値として、震度報告値の平均値と最大値を求めた。表1に、平均値と最大値を記載する。図8(a)は震度報告値の平均値の分布、図8(b)は最大値の分布である。平均値の分布においては、 $I_K 10$ が最大であるが、これは震度に印が書き込まれた観測地点の震度(表1の観測地点No.195)である。その他の平均値についての最大は、 $I_K 9$ ($I_{Jold} V$ (図6))であり、図8(b)の最大値の分布と比べて有意に小さく、最大値をはじめとする上位の震度報告値が、平均値にあまり反映されていないことが分かる。さらに、中央气象台(1951)の最大震度は $I_{Jold} VI$ であるので(図1)、中央气象台の震度分布よりも平均値の最大が小さくなっている。したがって、平均値の算出において、茅野(1990)によって指摘された震度の飽和が起きている可能性が高い。そこで、震度報告値について、その最大値ごとに頻度分布図を作成した(図9(a))。図において、白色のヒストグラムはすべての観測地点における震度報告値の頻度分布、灰色のヒストグラムは2つ以上の震度区分にわたって回答された観測地点における震度報告値の頻度分布を示

す。この図から、最大値が大きくなるにつれて得られる震度報告値の範囲が広くなり、最大値が大きき場合には $I_K 6\sim 8$ に分布のピークを形成することが分かる。図中の縦点線は、震度報告値が2つ以上報告されている観測地点における震度報告値(灰色のヒストグラム)の平均値を示すが、これらは頻度分布のピーク付近に位置しており、 $I_K 8$ 付近で飽和している。一方、最大値が小さな場合は、頻度分布の広がりが小さい上に、最大値、あるいは最大値より1つ下の震度報告値が分布のピークを形成し、平均値も最大値と近くなる。図10(a)は、震度報告値の最大値と平均値との比較であるが、明らかに平均値が $I_K 8$ 程度で飽和している。平均値ではなく震度報告値の最大値を各観測地点の代表値とした場合には、たとえば能登半島において $I_K 7$ ($I_{Jold} V$)になるなど、全体的に震度代表値が過大になると考えられる(図8(b))。したがって、震度報告値の平均値と最大値は各観測地点における震度代表値としては適切でないと結論できる。

そこで、茅野(1990)による、震度報告値の最大値から上位数個分の平均を求めて代表値とすることについて検討した。本研究では、震度報告値の最大値から上位20個、15個、10個、5個、3個の平均を求めて最大値と比較した(図10(b)~(f))。図10から上位10~20個の平均では、すべての平均(図10(a))と同様に $I_K 8\sim 9$ 付近で飽和してしまうが、上位5個平均、上位3個平均では飽和がほぼ見られなくなる。したがって、最大値から上位5個以内の平均であれば震度の飽和が小さくなり、各観測地点における震度の代表値として適切であることが分かる。図9(b)は、震度報告値の最大値から上位5個(薄灰色)、上位3個(濃灰色)についての、最大値ごとの頻度分布である。図から明らかなように、平均値を算出するための震度報告値の範囲は最大値が大きくなっても狭く、その幅は最大値が小さな場合とほとんど変わらない。また、それぞれの分布のピークは、最大値と最大値より1つ下の震度報告値で構成されており、それぞれの分布の平均値は分布のピーク付近に位置するために、平均値の飽和はほとんど起こらない。

4.3 アンケートによる震度代表値と旧気象庁震度の比較

以上の検討により、震度報告値の最大値から上位5個以内の平均を代表値とすれば、震度の飽和がほぼ生じない適切な値を与えることが分かった。しかしながら、この代表値の算出方法はあくまでも震度報告値の平均の飽和回避を主眼にしたものであり、得られた代表値が、実際の震度として適切であるのかどうかは不明である。図8(b)や茅野(1990)による指摘から、震度報告値の最大

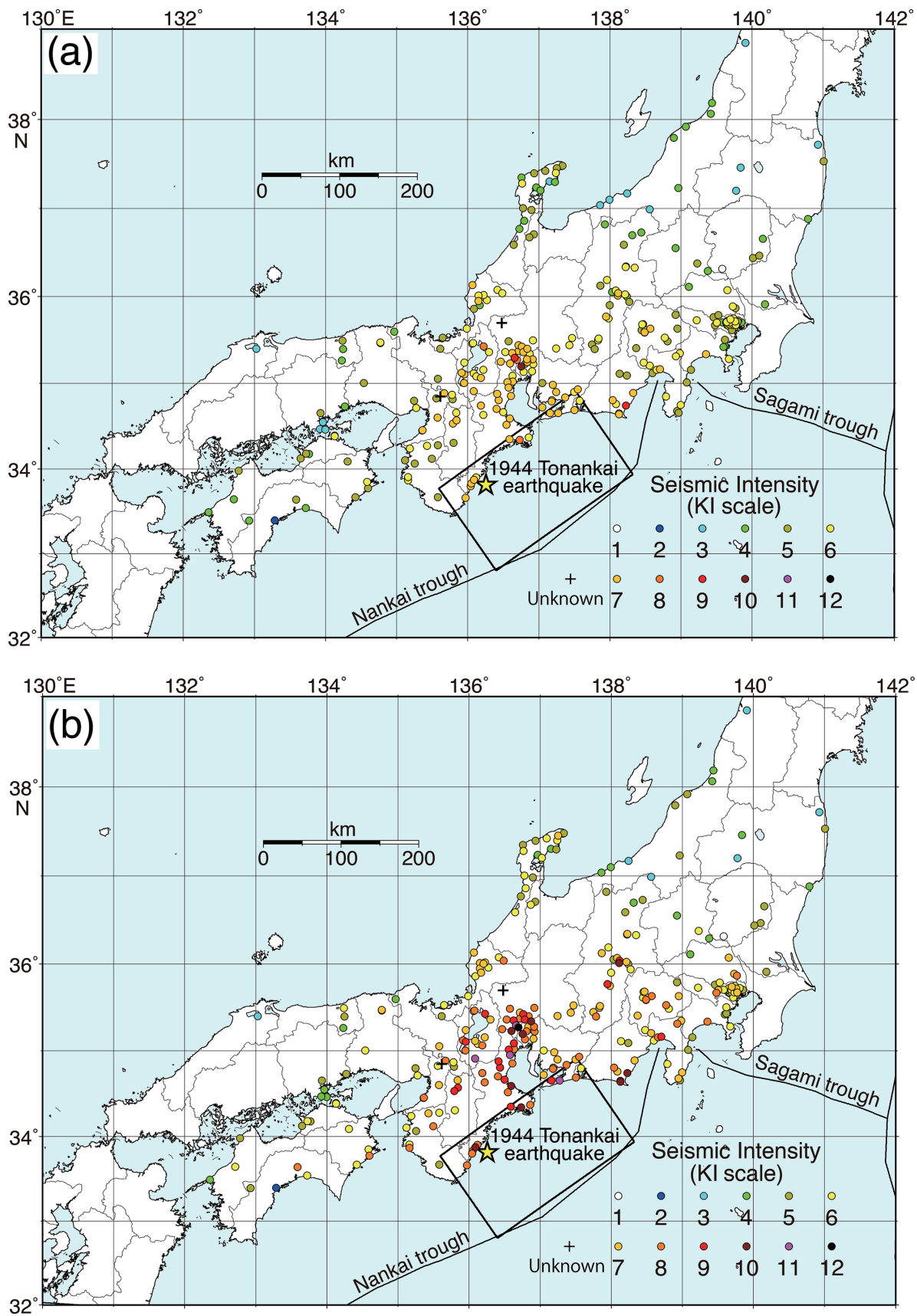


Fig. 8. Distribution of mean (a) and maximum (b) seismic intensities on the KI scale from the questionnaire survey. Other symbols are the same as in Fig. 1.

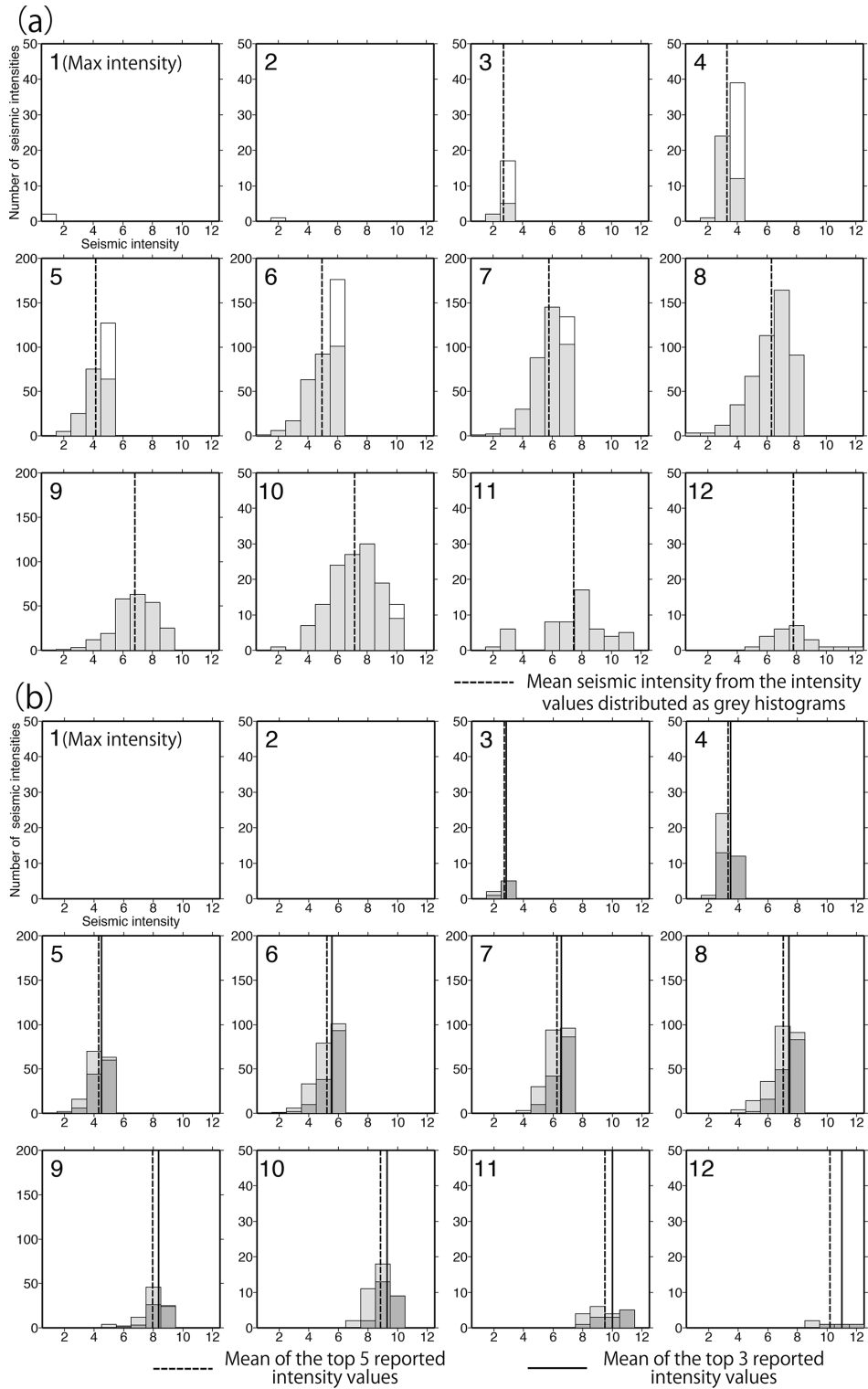


Fig. 9. (a) Frequency distributions of reported seismic intensity values on the KI scale from the questionnaire survey sorted by maximum seismic intensity on the KI scale. White and light grey histograms show reported intensity values at all locations and those at locations where multiple intensity values were reported, respectively. Vertical broken line indicates mean of seismic intensity values from multiple-intensity locations (light grey histograms). (b) Frequency distributions of top five reported intensity values (light grey) and top three reported intensity values (dark grey) from the questionnaire survey sorted by maximum seismic intensity. Vertical broken and solid lines indicate mean of the top 5 and 3 seismic intensity values, respectively.

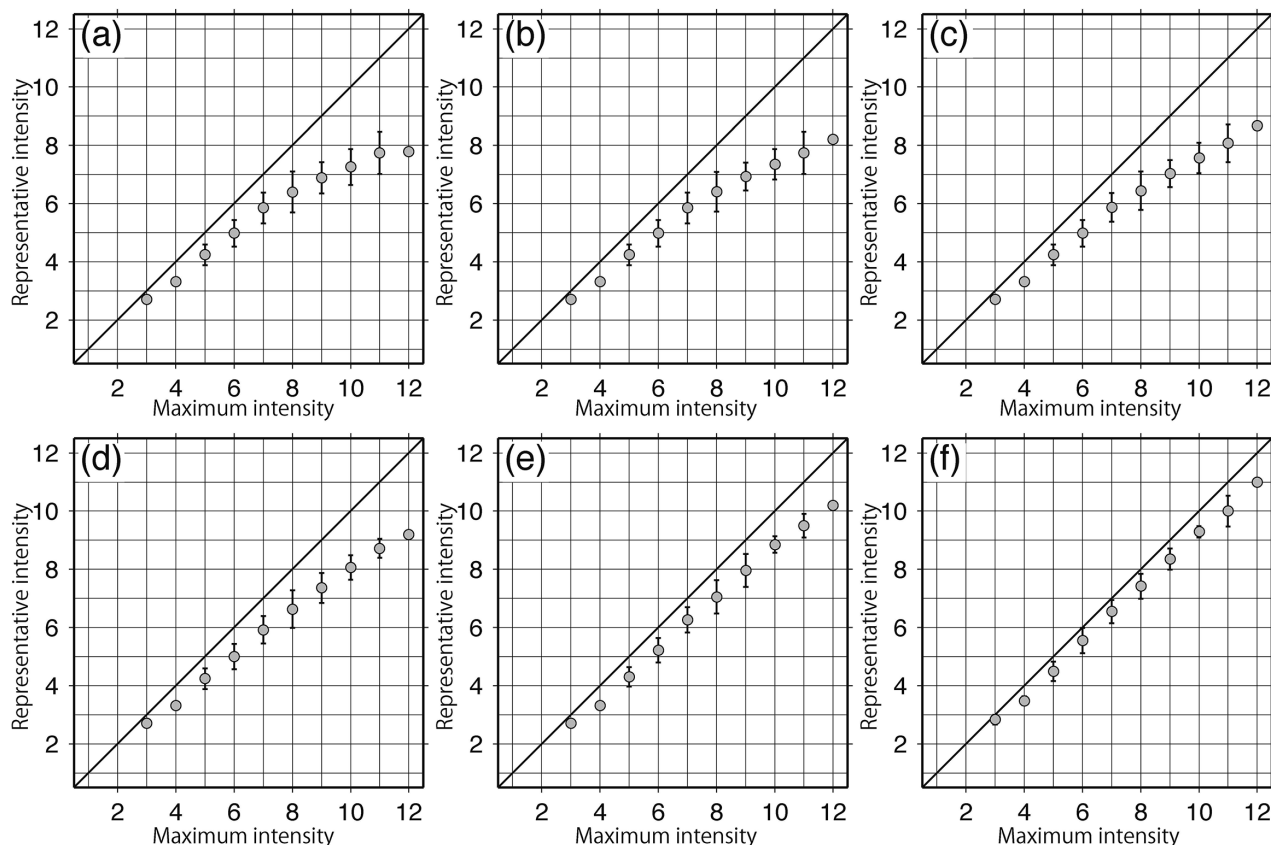


Fig. 10. Relations between representative seismic intensities on the KI scale from the questionnaire survey ((a) mean intensity, (b) mean of top 20 reported intensity values, (c) mean of top 15 reported values, (d) mean of top 10 values, (e) mean of top 5 values, and (f) mean of top 3 values) and maximum seismic intensities.

値は、実際の震度よりも過大である可能性があり、震度代表値として適切でない。その最大値に近い値をとる上位5個以内の震度報告値の平均についても同様に過大となる可能性が考えられるからである。

そこで本研究では、震度代表値として平均値、最大値、上位5個平均値、上位3個平均値を使う場合に対して、これらを旧気象庁震度に換算し、中央气象台(1951)による震度分布との比較を行った。その際に、アンケート調査票(図4)にある河角震度階と旧気象庁震度階との対応関係(図6、ただし、旧気象庁震度VIIは、アンケート調査票によるものではなく、1949年の「地震観測法」改正によるものを用いた)を用いて、河角震度階の震度代表値を旧気象庁震度階に換算した。なお、図6に示された $I_{\text{old}}0$ が $I_K 1, 2$ に跨っているように両震度階における各震度の範囲は一般に一致しないが、本研究では、 $I_{\text{old}}0, I, II, III, IV, V, VI, VII$ に対して、 $I_K 1, 2, 3 \cdot 4, 5, 6, 7 \sim 9, 10, 11 \cdot 12$ をそれぞれ対応させた。比較では、まず、Ichinose *et al.* (2003) が求めた1944年東南海地震の断層面からの断層最短距離が30~300 km

の範囲にある観測地点について、旧気象庁震度に換算した震度代表値と断層最短距離との回帰直線を計算した。同様に、中央气象台(1951)による震度についても震度と断層最短距離との回帰直線を求め、両者を比較した。

図11は、旧気象庁震度に換算した震度代表値、中央气象台(1951)による震度と断層最短距離との関係(図11(a)-(e))と、それらの回帰直線の比較(図11(f))である。図11は片対数グラフであるので回帰直線は図中において曲線になるが、曲線回帰との混同を避けるために“回帰直線”と呼ぶ。図11(f)から、震度報告値の最大値は中央气象台(1951)の震度よりも過大であり、逆に震度報告値の平均値は中央气象台(1951)の震度よりも過小であることが分かる。したがって、震度報告値の平均値と最大値は、各観測地点の震度代表値として適切でないことが改めて確認された。それに対して、震度報告値の最大値から上位5個の平均値の回帰直線は、中央气象台(1951)の震度の回帰直線とほぼ一致する。よって、最大値から上位5個の平均値が震度代表値として最も適切であると考えられる。表1に、最大値から上位5個の

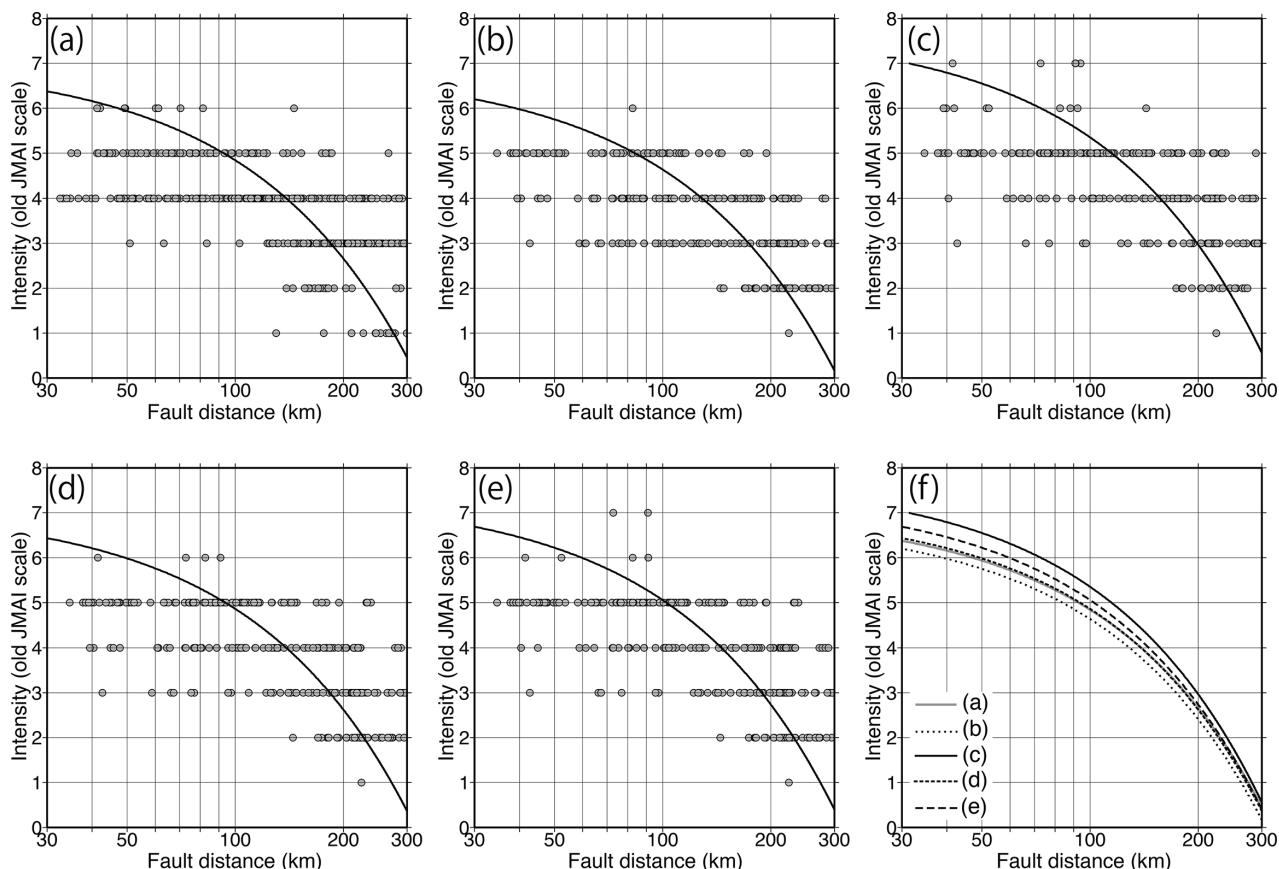


Fig. 11. Relations between seismic intensities on the old JMAI scale's ((a) CMO (1951) intensity, (b) mean intensity, (c) maximum intensity, (d) mean of top 5 reported intensity values, and (e) mean of top 3 values from the questionnaire survey) and fault distances from the 1944 fault plane by Ichinose *et al.* (2003). Curves in (a)–(e) show regression lines. (f) Comparison of regression lines in (a)–(e).

平均値を各観測地点の震度代表値として示す。図12(a)は最大値から上位5個平均(河角震度階)の分布、図12(b)はそれらを旧気象庁震度階に換算したものの分布である。図12(a)では、図8(a)のような震度の飽和はほぼ見られなくなり、伊勢湾周辺、三重県の太平洋岸、奈良盆地、諏訪盆地などにおいて I_K 9, 10といった大きな震度が分布している。また、図12(b)では、愛知県と三重県において I_{old} VIが存在することや I_{old} Vの分布する範囲が、中央气象台(1951)によるそれ(図1)とよく似た傾向にあることが分かる。新潟県や福島県南部などにおける震度は、中央气象台(1951)と比べやや過小になる傾向にあるが、これらの地域における震度報告値の最大値は I_K 3~4 (I_{old} II)であるので(図8(b))、震度換算に起因する問題ではない。中央气象台(1951)の震度とアンケートによる震度代表値との回帰直線がほぼ一致したことから、本研究における河角震度と旧気象庁震度との換算は概ね適切であると考えられ、本研究で求めた図12(b)の震度分布と中央气象台(1951)による震度

分布を合わせて使用することが可能であると思われる。しかしながら、1944年東南海地震の発生時の旧気象庁震度階は I_{old} VIが最大であったことや、現行の気象庁震度階との直接比較が難しいといった問題が残されており、今後、中村・他(2014)や香川・他(2015)が行ったように、アンケート調査票における諸事象と現行の気象庁震度との対応から、気象庁震度を直接求めた上で、その代表値を算出する必要がある。

5. アンケート震度分布の特徴

4章では、1944年東南海地震直後に行われたアンケート調査結果から、調査票が判読不能であるために震度評価ができなかった大阪府高槻市(観測地点No. 246)を除く288観測地点における震度報告値の代表値(以後、“アンケート震度”と呼ぶ)を算出した。得られたアンケート震度の観測地点数は、中央气象台(1951)の507点の60%に満たないが、滋賀県、長野県南部、福井県、徳島県、東京都、埼玉県のような、中央气象台(1951)や武

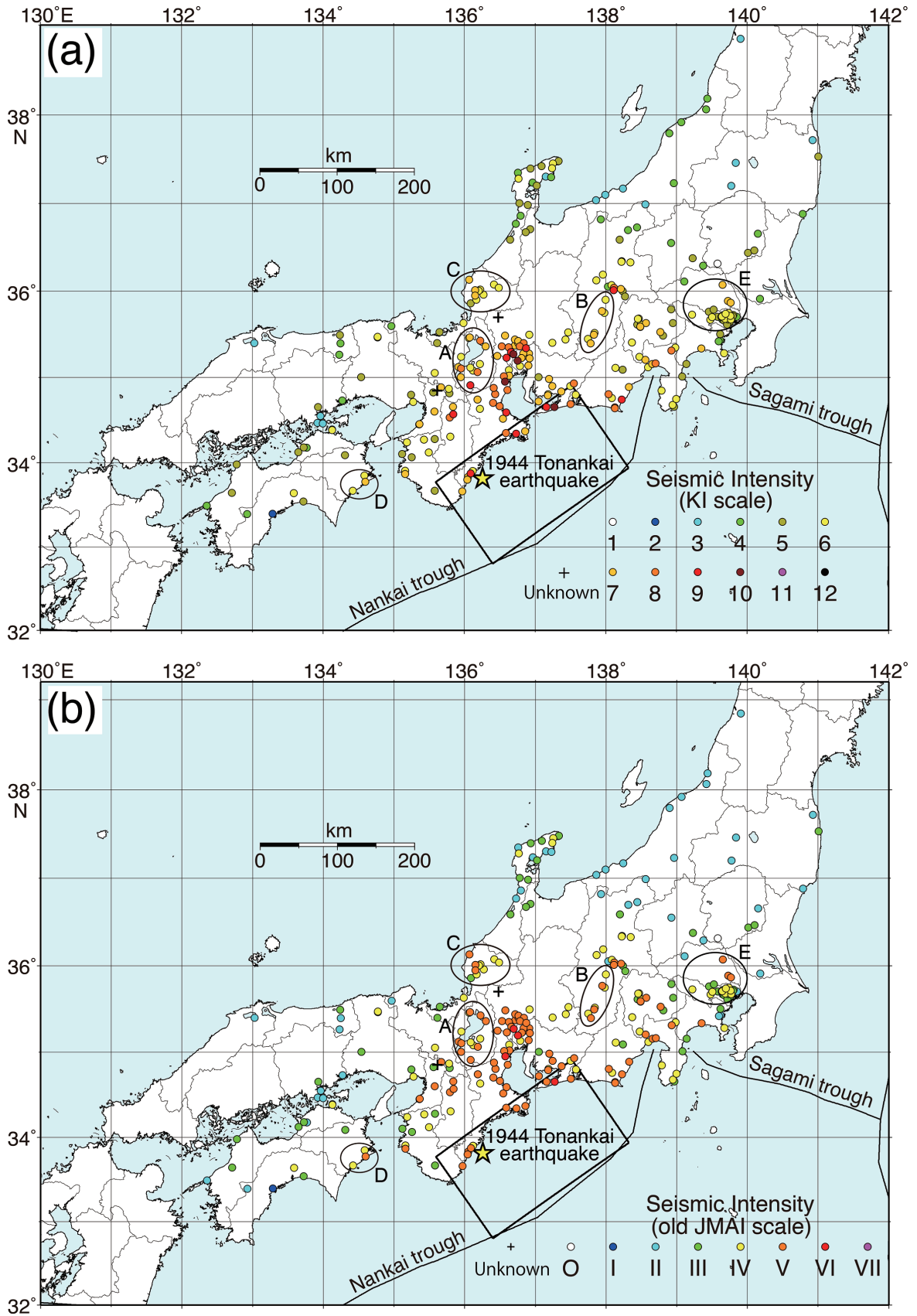


Fig. 12. Distribution of means of top five seismic intensity values from the questionnaire survey on the KI scale (a) and those on the old JMAI scale (b). Other symbols are the same as in Fig. 1.

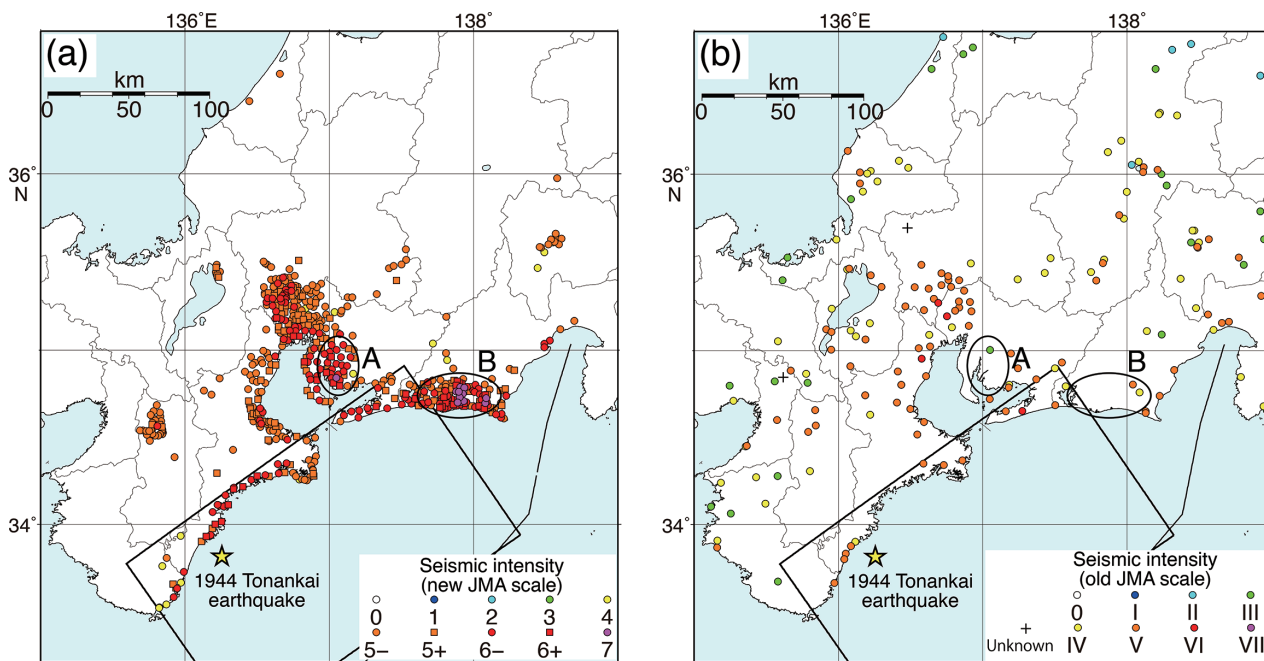


Fig. 13. (a) Distribution of seismic intensities on the new JMAI scale from statistics on house damage estimated by Takemura and Toraya (2014, 2015). (b) Distribution of means of top five seismic intensities from the questionnaire survey on the old JMAI scale. Other symbols are the same as in Fig. 1.

村・虎谷 (2014, 2015) において震度が報告されていない地域における震度分布の特徴が新たに明らかになった。この章では、それぞれの地域において明らかになった震度の特徴を詳しく検討する。

5.1 滋賀県内の震度分布

滋賀県は、琵琶湖を中心にその周辺に沖積低地、丘陵地、さらにそれらの外縁部を山地が取り囲むという特徴をもっており (太田・他, 2004), この沖積低地では、長野県の諏訪盆地と同様に1944年東南海地震による地震動の強い増幅があったと予想される。しかしながら、中央气象台 (1951) による滋賀県内の震度は、彦根市城町の $I_{\text{old}} \text{ V}$ のみであり (図1), 琵琶湖周辺の地域における震度が報告されていない。琵琶湖の北東部にあたる東浅井郡と伊香郡の一部 (現在の長浜市) においては、地震被害統計から飯田 (1977) により $I_{\text{old}} \text{ V} \sim \text{VI}$ と評価され、また、6章で議論する武村・虎谷 (2014, 2015) の現気象庁震度階による震度 (I_{new} と略記し、アラビア数字で表示する) では $I_{\text{new}} \text{ 5弱} \sim \text{5強}$ と評価されている (図13 (a))。この地域のアンケート震度は $I_{\text{K}} \text{ 8} \sim \text{9}$ ($I_{\text{old}} \text{ V}$) となっており (図12の楕円A), 既往研究の震度と同程度である。本研究では、中央气象台 (1951) や武村・虎谷 (2014, 2015) の震度分布 (図1, 図13 (a)) では不明であった、琵琶湖の北岸や琵琶湖南部の平地における震度も明らかになった (図12の楕円A)。琵琶湖北岸では

$I_{\text{K}} \text{ 7}$ ($I_{\text{old}} \text{ V}$), 琵琶湖南部の平地で $I_{\text{K}} \text{ 6} \sim \text{8}$ ($I_{\text{old}} \text{ IV} \sim \text{V}$) のアンケート震度が得られ、琵琶湖周辺の沖積低地全体にわたって強い揺れが襲ったことが分かる。また、琵琶湖周辺以外でも、滋賀県と三重県との県境付近に位置する甲賀郡雲井村 (現甲賀市, 表1の観測地点No. 234) では、 $I_{\text{K}} \text{ 9}$ ($I_{\text{old}} \text{ V}$) という大きなアンケート震度が得られたが、震度報告値の最大値 (図8 (b)) も $I_{\text{K}} \text{ 11}$ ($I_{\text{old}} \text{ VII}$) と非常に大きな値となっている。雲井村は瀬田川上流の大戸川による谷底平野に位置するために、地震動が強く増幅されたと考えられる。したがって、1944年東南海地震により、滋賀県のほぼ全域が $I_{\text{old}} \text{ IV} \sim \text{V}$ 程度の強い揺れに見舞われていたことになる。

5.2 長野県内の震度分布

1944年東南海地震における長野県の被害としては、諏訪盆地における甚大な被害が挙げられ (例えば、宮坂・市川, 1992), 中央气象台 (1951) によるこの地域の震度も $I_{\text{old}} \text{ VI}$ となっている (図1)。本研究のアンケート震度は、 $I_{\text{K}} \text{ 9}$ ($I_{\text{old}} \text{ V}$) と評価されたが (図12), 震度報告値の最大値 (図8 (b)) は $I_{\text{K}} \text{ 10}$ ($I_{\text{old}} \text{ VI}$) になっており、非常に強い揺れに見舞われたことがわかる。一方、諏訪盆地よりも震源域に近い長野県南西部の震度については、飯田市において $I_{\text{old}} \text{ V}$ が報告されているのみであり (図1), この地域における広域な震度分布は不明であった。また、この地域の被害調査もなされておらず、飯田

(1977), 武村・虎谷 (2014, 2015) でも震度評価されていない。これに対し, この地域の伊那谷 (伊那盆地, 天竜川に沿った谷底平野) ではアンケート調査が行われており, アンケート震度 $I_K 6\sim 7$ ($I_{\text{Jold}} \text{IV}\sim\text{V}$) が得られた (図 12 の楕円 B)。中央気象台 (1951) による長野県の震度は, 諏訪盆地周辺を除き, ほぼ全域が $I_{\text{Jold}} \text{IV}$ とされてきたが (図 1), アンケート震度の分布から, 伊那谷に沿った $I_{\text{Jold}} \text{V}$ の分布 (図 12 の楕円 B) を付け加える必要があると考えられる。なお, 宇佐美・他 (2013) によれば, 伊那谷における 1707 年宝永地震 ($M8.6$) と 1854 年安政東海地震 ($M8.4$) の震度は, $I_{\text{Jold}} \text{V}\sim\text{VI}$ であったと推定されており, 南海トラフ巨大地震によっていつも強い揺れに見舞われる地域であることがわかる。

5.3 福井県内の震度分布

福井県内における中央気象台 (1951) の震度は, 敦賀市と福井市の $I_{\text{Jold}} \text{V}$ のみしか報告されておらず, 県内における震度分布の特徴は不明確であった (図 1)。しかしながら, 同県内における 13 観測地点でのアンケート調査票が発見されたことにより, 詳細な震度分布推定の手がかりを得ることができた。九頭竜川とその支流の足羽川・日野川による沖積平野である福井平野では, 震源域からの距離が 200 km 以上離れているにもかかわらず, アンケート震度が $I_K 6\sim 7$ ($I_{\text{Jold}} \text{IV}\sim\text{V}$) となり, 特に, 福井市周辺と越前海岸における震度は $I_K 7$ ($I_{\text{Jold}} \text{V}$) と大きくなる (図 12 の楕円 C)。これは, 福井平野による揺れの強い増幅による影響と考えられ, 宇佐美・他 (2013) によれば, 1854 年安政東海地震でも福井藩内で潰屋 240 軒, 死者 4 人の被害があったとされている ($I_{\text{Jold}} \text{V}\sim\text{VI}$)。それに対して, 若狭湾周辺におけるアンケート震度は $I_K 5\sim 6$ ($I_{\text{Jold}} \text{III}\sim\text{IV}$) である。若狭湾周辺はリアス海岸であり, 急傾斜の山地が海岸までせまり平野が十分発達していないので, 揺れの顕著な増幅は起きなかったと考えられる。実際, 観測地点である三方郡山東村 (現三方郡美浜町, 観測地点 No. 154) と大飯郡大島村 (現大飯郡おおい町, 観測地点 No. 156) は, ともに海岸沿いの狭い平野に位置している。しかし, 同じ若狭湾沿岸の敦賀市では $I_{\text{Jold}} \text{V}$ の揺れが報告されている (図 1)。これは, 敦賀市が位置する敦賀平野は主として笙の川水系によって作られた沖積平野であるが, この平野が比較的広い平野として発達しているためであると考えられる。

5.4 徳島県内の震度分布

徳島県内における中央気象台 (1951) の震度は, 徳島市における $I_{\text{Jold}} \text{IV}$ のみが報告されているが (図 1), 同県内における 4 観測地点のアンケート震度によれば, 県南東部の海岸沿いの地域がアンケート震度 $I_K 6\sim 7$ (I_{Jold}

$\text{IV}\sim\text{V}$) であったのに対して (図 12 の楕円 D), 県北部のアンケート震度は $I_K 5$ ($I_{\text{Jold}} \text{III}$) であった。この違いは震源からの距離や, 海岸平野と山地との地盤の違いによると思われるが, 徳島県内陸部のアンケート調査結果がないので, 県内の震度分布の広域的な特徴は不明である。

5.5 東京都・埼玉県内の震度分布

アンケート震度分布から, 東京都と埼玉県内の震度分布の特徴が見えてきた。東京都内では中央気象台 (1951) の震度 $I_{\text{Jold}} \text{IV}$ が報告されているのみであるが (図 1), 都内のアンケート震度の大半は $I_K 5\sim 6$ ($I_{\text{Jold}} \text{III}\sim\text{IV}$) となる (図 12 の楕円 E)。埼玉県内の中央気象台 (1951) による震度は, 県内のほとんどで $I_{\text{Jold}} \text{III}$ であるが (図 1), 県東部の 3 観測地点で得られたアンケート震度はすべて $I_K 7$ ($I_{\text{Jold}} \text{V}$) になっており, 周辺と比べて有意に大きい (図 12 の楕円 E)。この 3 観測地点のアンケート調査票では, 大きな震度が, 体感, 樹木の様子, 井水の変化に関する質問の回答に基づいているので, 具体的な被害による震度とは異なり, 回答者の主観に大きく左右される。よって, これらのアンケート震度の信頼性はやや低いとも考えられ, 扱いには注意が必要であるが, 埼玉県東部では, 宇佐美・他 (2013) による 1854 年安政東海地震 ($M8.4$) の震度も周辺の震度より特異的に大きくなっている ($I_{\text{Jold}} \text{V}$)。また同地域では, 1923 年関東地震 ($M7.9$) でも震源域から離れた飛び地のように震度が高かった。したがって, 1944 年東南海地震で $I_K 7$ ($I_{\text{Jold}} \text{V}$) であった可能性については, この地域の地盤の揺れやすさを踏まえた検討が必要である。

6. アンケート震度分布と武村・虎谷 (2014, 2015) による震度分布との比較

1944 年東南海地震による住宅被害の調査は, 当時の自治体や中央気象台 (1945), 宮村 (1946) などによって行われていた。飯田 (1977) はこれらの資料の収集と整理を行い, 被害の著しかった愛知県, 静岡県, 三重県を中心に周辺地域も含めた広域の旧気象庁階による震度分布を, 住宅の被害率に基づいて評価している。武村・虎谷 (2014, 2015) は, 飯田 (1977) により収集された資料の再整理と不備の修正を行った上で, 住宅の被害率から現行の気象庁震度階による震度の再評価を行っている。

そこで, 本研究により評価されたアンケート震度分布と武村・虎谷 (2014, 2015) による震度分布との比較を行った (図 13)。武村・虎谷 (2014, 2015) による震度分布では, $I_{\text{Jnew}} 7$ の地域が現愛知県西尾市の一部 (図 13 (a) の楕円 A) と現静岡県袋井市周辺 (図 13 (a) の楕円 B)

に広がっている。また、 I_{Jnew} 6弱～6強の地域が静岡県沿岸、愛知県の伊勢湾岸、濃尾平野、三重県の太平洋岸と非常に広域に分布している（図13(a)）。しかしながら、アンケート震度分布では、図13(a)の I_{Jnew} 7の領域とその周辺の震度が大きな場所には観測地点がない（図13(b)の楕円A、B）。この原因として、被害が甚大な地域でアンケート調査が行えなかったか、アンケート調査票が回収できなかった可能性が考えられる。アンケート調査票の配布状況や回収率に関する記録が残っていないために、確かなことは言えないが、全壊率が30%を越えるような被災地域においては、現地の混乱や郵便機能の障害により通信調査そのものが不可能であったのではないかと考えられる。実際、1945年三河地震のアンケート調査票、1946年南海地震と1948年福井地震の震度集計表を見ると、震源域近傍の甚大な被害が生じた地域では、地震研究所の研究者が、現地調査に基づいて、自らアンケート調査票に記入しているようである。

以上のように、震度のアンケート通信調査では、被害が甚大であった地域の震度データを得ることが一般に困難である。一方、武村・虎谷（2014, 2015）などの被害統計による震度は、被害地域以外では震度の評価ができない。したがって、両者を適切に組み合わせることで、震度分布の全体像を求めることが必要であろう。

図13(a)の I_{Jnew} 7の領域の周辺とは異なり、図13(a)における I_{Jnew} 5弱～5強の範囲と、図13(b)の I_{Jold} Vの範囲とは良く対応している（観測地点数は少ないが、濃尾平野、静岡県の御前崎以東、三重県の伊勢湾岸と太平洋岸、奈良盆地、琵琶湖東北岸）。したがって、甚大な被害が生じた地域を除き、本研究によって評価されたアンケート震度は、中央气象台（1951）の震度に加えて、武村・虎谷（2014, 2015）による推定震度とも対応が良いことが確認できる。

7. ま と め

本研究では、1944年東南海地震（ $M7.9$ ）の発生直後に東京大学地震研究所によって行われたアンケート調査の資料の再検討を行った。津村・他（2010）により発見されたアンケート調査票199枚（うち、観測地点が不明である1枚を除く）と、本研究で新たに発見したアンケート調査票91枚の計289枚に記された回答から、各観測地点のアンケートによる震度代表値を算出した。このとき、各観測地点における震度報告値が大きくなる場合に生じる平均震度の飽和がほぼ無く、中央气象台（1951）の旧気象庁震度階による1944年東南海地震の震度分布との対応が最も良い、震度報告値の最大値から上位5個

の平均をその観測地点における震度代表値（アンケート震度）とした。

1944年東南海地震における、大阪府高槻市（観測地点No.246）を除いた288観測地点のアンケート震度は、中央气象台（1951）の507点の震度と比べると60%に満たないが、中央气象台（1951）による震度が報告されていない地域においてもアンケート震度が評価されており、これらの地域における震度分布の特徴が以下のように明らかになった。

(1) 滋賀県の琵琶湖周辺の沖積低地におけるアンケート震度は、 I_K 6～9（ I_{Jold} IV～V）であり、この地域で揺れが強く増幅されたと考えられる。また、滋賀県と三重県との県境付近に位置する甲賀郡雲井村（現滋賀県甲賀市）では、 I_K 9（ I_{Jold} V）であったが、雲井村は瀬田川上流の大戸川による谷底平野に位置するために特に揺れが強く増幅されたと考えられる。

(2) 既往研究に加え、本研究でも長野県の諏訪盆地のアンケート震度は I_K 9（ I_{Jold} V）であり、この地域が強い揺れに襲われたことが改めて示された。長野県の伊那谷（伊那盆地）においても、アンケート震度 I_K 6～7（ I_{Jold} IV～V）が得られた。中央气象台（1951）による長野県の震度は、諏訪盆地周辺を除き、ほぼ全域が I_{Jold} IVとされていることから、伊那谷の I_{Jold} Vの分布を加える必要がある。

(3) 福井県内における13観測地点でのアンケート調査票が発見されたことにより、やや詳細な震度分布を得ることができた。福井平野では、アンケート震度が I_K 6～7（ I_{Jold} IV～V）となり、福井平野による揺れの強い増幅のためと考えられる。対して、若狭湾周辺におけるアンケート震度は I_K 5～6（ I_{Jold} III～IV）となり、揺れの顕著な増幅は見られなかった。

(4) 徳島県南東部の海岸沿いの地域では、アンケート震度 I_K 6～7（ I_{Jold} IV～V）であり、強い揺れに見舞われたことが分かるが、県北部のアンケート震度は I_K 5（ I_{Jold} III）であった。

(5) 埼玉県内の中央气象台（1951）による震度は、県内のほとんどで I_{Jold} IIIであるが、県東部の3点で得られたアンケート震度はすべて I_K 7（ I_{Jold} V）になっており、周辺と比べて有意に大きい。県東部では、1854年安政東海地震（ $M8.4$ ）や1923年関東地震（ $M7.9$ ）の震度も周辺の震度よりも特異的に大きくなっており、地盤の揺れやすさなどの原因を含めた検討が必要である。

最後に、本研究により評価されたアンケート震度分布と武村・虎谷（2014, 2015）による震度分布の比較から、武村・虎谷（2014, 2015）による I_{Jnew} 5弱～5強の範囲

とアンケート震度 I_{fold} V の範囲は良く対応していることを確認した。武村・虎谷 (2014, 2015) による I_{new} 7, I_{new} 6 弱~6 強の地域におけるアンケート調査票がなく、甚大な被害が生じた地域では地震直後のアンケート通信調査が困難であったことが考えられる。

謝 辞

アンケート調査に関する資料は、東京大学地震研究所の古地震・古津波記録委員会を通じて閲覧させていただきました。名古屋大学減災連携研究センターの武村雅之教授から、武村・虎谷 (2014) の論文の PDF ファイルと論文中の付表 1 の Excel ファイルを提供いただきました。記して感謝致します。本稿の図の作成にあたっては、Wessel and Smith (1991) の GMT4.5.0 を用いました。本研究は、文部科学省委託研究「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」の一環として行われました。

参考文献

- Bird, P., 2003, An updated digital model of plate boundaries, *Geochim. Geophys. Geosyst.*, **4**, 1027, doi: 10.1029/2001GC000252.
- 中央気象台, 1945, 極秘昭和 19 年 12 月 7 日東南海地震調査概報, 中央気象台, 94 頁.
- 中央気象台, 1951, 7 日 13 時 35 分ごろの熊野灘 (東南海大地震) の地震 [顕], 気象要覧 昭和 19 年 12 月, **544**, 40-45.
- 原田智也・室谷智子・佐竹健治・古村孝志, 2014, 1944 年東南海地震のアンケート調査による震度分布, 日本地震学会講演予稿集 2014 年度秋季大会, S10-P08.
- 原田智也・室谷智子・佐竹健治・古村孝志, 2015, 1944 年東南海地震・1946 年南海地震のアンケート調査による震度分布, 歴史地震, **30**, 201.
- 広野卓蔵・佐藤 馨, 1971, 気象官署における MSK 震度の観測, 日本における地震観測の記録, 気象庁技術報告, **76**, 15-34.
- Ichinose G. A., H. K. Thio, P. G. Somerville, T. Sato and T. Ishii, 2003, Rupture process of the 1944 Tonankai earthquake (M_s 8.1) from the inversion of teleseismic and regional seismograms, *J. Geophys. Res.*, **108** (B10), 2497, DOI: 10.1029/2003JB002393.
- 飯田汲事, 1977, 昭和 19 年 12 月 7 日東南海地震の震害と震度分布, 愛知県防災会議, 名古屋, 120 頁.
- 香川敬生・中村真理子・野口竜也・西田良平, 2015, 1943 年鳥取地震直後のアンケートから推定される気象庁震度分布およびそれに基づく震源像, 歴史地震, **30**, 227.
- 茅野一郎, 1990, 地震に伴った諸現象・被害・震度等のグループ法による通信調査, 地震研究所彙報, **65**, 463-519.
- 茅野一郎・佐藤泰夫, 1974, 通信調査による 1974 年伊豆半島沖地震の震度分布, 地震研究所研究速報, **14**, 7-15.
- 茅野一郎・佐藤泰夫, 1975, 通信調査および現地調査による 1975 年 1 月 23 日阿蘇地震と 1975 年 4 月 21 日大分地震の震度分布, 地震研究所彙報, **50**, 281-294.
- 茅野一郎・小牧昭三, 1977, 関東地方及びその周辺に発生した主な被害地震の通信調査資料の総合整理, 自然災害科学資料解析研究, **4**, 46-60.
- 河角 廣, 1943a, 震度と震度階, 地震 I, **15**, 6-12.
- 河角 廣, 1943b, 震度と震度階 (續き), 地震 I, **15**, 187-192.
- Kawasumi, H. and Y. Sato, 1968, Intensity of Niigata earthquake as determined from questionnaires, in "General Report on the Niigata Earthquake of 1964", edited by H. Kawasumi and Editorial Committee of "General Report on the Niigata Earthquake", Tokyo Electrical Engineering College Press, Tokyo, pp. 175-179.
- 気象庁 (監修), 1996, 震度を知る 基礎知識とその活用, ぎょうせい, 東京, 238 頁.
- 宮村攝三, 1946, 東海道地震の震害分布 (その一), 地震研究所彙報, **24**, 99-134.
- 宮坂五郎・市川一雄, 1992, 戦争が消した諏訪「震度 6」昭和 19 年東南海地震を追う, 信濃毎日新聞社, 長野市, 215 頁.
- 中村真理子・香川敬生・野口竜也・西田良平, 2014, 1943 年鳥取地震直後に実施されたアンケートから導かれる気象庁震度分布, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, SSS23-23.
- 西田良平・香川敬生・野口竜也, 2013, アンケート調査資料に基づいた 1943 年鳥取地震の震度分布, 日本地震学会講演予稿集 2013 年度秋季大会, P2-43.
- 太田 裕・後藤典俊・大橋ひとみ, 1979, アンケートによる地震時の震度の推定, 北海道大学工学部研究報告, **92**, 117-128.
- 太田陽子・成瀬敏郎・田中眞吾・岡田篤正 (編), 2004, 日本の地形 6 近畿・中国・四国, 東京大学出版会, 東京, 383 頁.
- 佐藤泰夫, 1948, 地なりの方向性について, 地震 II, **1**, 4-7.
- Sato Y., 1950, Relation between seismic intensity and epicentral distance (1), *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **26**, 91-93.
- Sato Y., 1955, Relation between seismic intensity and epicentral distance (2), *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **33**, 211-220.
- 佐藤泰夫, 1955, 地なりの方向性について (続), 地震 II, **8**, 149-154.
- 佐藤泰夫, 1973, 通信調査, (河角広編)「防災科学技術シリーズ 地震災害」, 共立出版, 東京, 226-241.
- 武村雅之・虎谷健司, 2014, 1944 年 12 月 7 日東南海地震の被害統計資料の再整理—震度分布と被害の特徴—, 中部「歴史地震」研究年報, **2**, 71-91.
- 武村雅之・虎谷健司, 2015, 1944 年東南海地震の広域震度分布の再評価と被害の特徴, 日本地震工学会論文集, **15**, 2-21.
- 津村建四朗・野口和子・鷹野 澄, 2010, 地震研究所に保存されている鳥取・東南海・三河・南海・福井地震のアンケート調査資料, 歴史地震, **25**, 106-107.
- 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, 東京, 694 頁.
- Wessel, P. and W.H.F. Smith, 1991, Free software helps map and display data, *EOS Trans. AGU*, **72**, 441, 445-446.

(Received February 27, 2017)

(Accepted June 13, 2017)