

## I - 4 大分県中部地震のアンケート方式による 震度調査解析

表 俊一郎<sup>1)</sup> 三浪俊夫<sup>2)</sup> 久保寺 章<sup>3)</sup>  
吉川恭三<sup>4)</sup> 大塚道男<sup>5)</sup> 甲斐直樹<sup>6)</sup>

### 1. 研究の目的

大地震の度びに何項目かの調査項目を書いた調査票を地震被害地域及びその周辺の地域に配布して各人の体験を記入してもらいこれを回収して解析を行なうというアンケート形式による通信調査が古くからしばしば行なわれてきた。

我国のように比較的早くから気象管署及びこれに付随する通報所・連絡所の組織ができていた国においては、大地震の場合の震度分布はかなり多数の地点から中央管署に寄せられ割合に正確な震度分布が知られるのであるが、地震毎にその場所の震度を適当な中央管署に連絡するという組織のできていない国等では、この通信調査によらなければ震度分布図さえ満足にかけないという実情であったために外国<sup>1)</sup>においても、大地震後の通信調査の必要性は早くから強調されてきた。

その後特にわが国において河角は Mercalli - Sieberg 震度階にはほぼ似通った、12階級に分類された調査票を作成<sup>2)</sup>し、鳥取地震<sup>3)</sup>のときこれを配布して震度調査を行ない、これより震度が震央からの距離により遞減する有様を調べることを試みている。このような通信調査はその後多くの地震の場合に河角、佐藤により繰り返し行なわれ、佐藤<sup>4,5,6)</sup>により整理が行なわれて濃尾、鳥取、野尻湖、東南海、三河、八戸沖、南海、福井、安芸海、今市、十勝沖（1952）及び大聖寺地震の12の地震につき、夫々震度 I と震央距離  $\Delta$  との間の関係を  $I = a + b \Delta$  とおいて、常数  $a$ ・ $b$  が定められている。これらの調査が河角による  $M_k$  をきめる研究及び震度の距離による遞減式の提案のために貢献した功績は大きい。その後宇佐美、茅野<sup>7)</sup>其の他<sup>8)</sup>により更に多くの地震について通信調査が行なわれ、宇佐美等が  $I - \Delta$  の関係から河角マグニチュード  $M_k$  と気象庁マグニチュード  $M_J$  との関係の補正を行なった時にも通信調査による震度分布が有力な資料を提供している<sup>3)</sup>。

同時に又その頃、通信調査の質問事項を特殊な現象の調査に限定することにより、地鳴り、発光現象の origin など地震隨伴現象の解明又墓石転倒方向の追求、家屋倒壊方向の調査などから地震の際の地動の性質を求めようとする試みがいくつか試みられている。<sup>10,11)</sup>

1965年以降、限定された地域について詳細な通信調査を行ない、精密震度分布を求めるべくこれにより場所場所の地盤性状を推定する情報を得ることができるので、通信調査を micro-zoning 行なう有力な手法として利用するという試みが行なわれるようになった。このために太田裕<sup>12,13)</sup>と共に筆者の一人はそれ迄の調査票に更に改良を加えたアンケート票を新たに作製した。この調査票は1975年

1) 九州産業大学工学部教授 2) 福岡教育大学教育学部助教授 3) 京都大学理学部教授  
4) 京都大学理学部教授 5) 熊本大学理学部助教授 6) 九州産業大学建築学教室大学院

1月23日阿蘇山カルデラ北部地震に際し、太田の好意により久保寺章<sup>14)</sup>がこの調査票を用いて調査を行なっている。阿蘇地震の文部省科研自然災害の報告書に調査票の全文が載せられている。

太田はこの調査票を用いて、川崎に震度IVを与えた4つの地震<sup>15)</sup>についてアンケート調査を実施し、回収された調査票の結果を電算機に入れて解析を行ない何回も修正をくり返えして、調査票を解析して出てくる震度がJMA震度と一致するようなプログラムを開発し、この結果を用いて川崎市内のMicro-zoningを行なっている。更に1973年根室沖地震<sup>16)</sup>についても同じ手法で良好な結果を得ている。このようにして通信調査が行なわれた地震は我々が文献をあげができるものだけでも表4・1にみるよう25に及んでいる。

表4・1 通信調査の行なわれた主な地震

発震年月日	地震(地)名	緯度	経度	D km	M
1943 IX 10	鳥取	35.5°N	134.2°E	10	7.4
1943 X 13	野尻湖	36.8	138.2	0	6.1
1944 XII 7	東南海	33.7	136.2	0~30	8.0
1945 I 13	三河	34.7	137.0	0	7.1
1945 II 10	八戸沖	40.9	142.1	30	7.3
1946 XII 21	南海	33.0	135.6	30	8.1
1948 VI 28	福井	36.1	136.2	20	7.3
1949 VII 12	安芸海	34.0	132.5	40	6.2
1949 XII 26	今市	36.7	139.7		6.7
1952 III 4	十勝沖	42.2	143.9	45	8.1
1952 III 7	大聖寺	36.5	136.2	20	6.8
1961 VIII 19	北美濃	36.0	136.8	0	7.0
1962 IV 30	宮城県北部	38.7	141.1	0	6.5
1964 VI 16	新潟	38.4	139.2	40	7.5
1965 IV 20	静岡	34.9	138.3	20	6.1
1965 IX 18	福島	36.3	141.5	40	6.7
1968 II 21	えびの	32.0	130.8	0	6.1
1968 III 25	えびの	32.0	130.8	0	5.7
1972 I 27	山梨県東部	—	—	60	4.8
1972 II 29	八丈島東方沖	33.3	141.3	40	7.2
1972 XII 4	八丈島東方沖	33.2	141.0	60	7.3
1973 VI 17	根室半島沖	43.0	145.0	40	7.4
1974 V 9	南伊豆	34.6	138.8	10	6.9
1975 I 23	阿蘇カルデラ北部	33.0	131.1	11	6.0
1975 IV 21	大分県中部	33.2	131.3	0	6.4

今回我々は、この時の調査票とほとんど同様のものを地震直後に印刷し大被害地域はもとよりひろく震度Ⅰと0との界を限ることができる地点をカバーできる拡囲にまでこれを配ることとした。

今回の目的は上記のように精密震度分布を求めるなどを第一としたことは勿論であるが調査事項から可なり正確な震度が判定されることが予想されたので、たとえば大分市内などのような地域での地盤図の作製に役立つ資料を得ることも期待できた。更には今回のようなM=6.4程度の直下地震の場合には、明瞭な断層は出現しなくとも震度分布から潜在断層の存在につき何らかの手がかりが得られるかも知れないとの期待ももつことができた。このような観点から回収されたアンケートにつき解析が行なわれたのであるがここには整理の終った部分について報告することとする。

## 2. 調査方法

使用された調査票は34項目にわたって解答を求めている。質問事項の中で1から10までは解答者の立地条件に関する項目であり、11から32までは地震動によって生ずる種々の事柄に関する質問事項である。

調査票は14,000枚を配布して10,192枚回収している。回収率73%でかなりの成績であった。調査票配布にあたっては、大分県下特にその中でも被災町村に密に、その周辺に行くに従って次第にまばらになるようにした。最も遠い所としては南は鹿児島県、東は高知県、香川県、北西は広島、島根、長崎の各県とした。いずれも有感と無感との境のあたりは充分カバーするようにした。この中で大分県に半数以上を配布したのであったが、数が多いので郵送方式をとることができなかつた。従って大分県消防防災課が各市町村への配布の仕事を行なって下さった。宮崎県は県の建築課長の特別のお骨折で県下に広く配布していただいた。福岡県防災課長、各県の県警本部が多大の協力を調査票配布のために行なって下さった。この他電力会社その他多くの方面的関係者の非常な御協力をいただいた。これらの御協力がなければ今回の調査は全くできなかつたものであり、特に記して関係各位に深く御礼を申し上げる。

回収された調査票については太田裕のプログラムを同氏の御好意により使わさせていただいて電算機にいれ市町村別、更に細かく大字別、小字別等に夫々の地域毎の平均震度を求めた。

## 3. 調査結果の考察

### 3-1 地域別震度分布

震央付近の精密震度分布が図4・1に示されている。この図は震央付近の4つの町、湯布院町、庄内町、九重町、直入町については字別の平均震度、他の市町村については市町村単位毎の平均震度が示されている。小字別に平均された震度について大きい値を与えたものは、三浪、久保寺により求められた震央に極めて近い田伏（大分県湯布院町大字湯平小字田伏）で6.2、庄内町大字阿蘇野小字上重で6.3、九重町大字野上小字奥双石で6.3などであった。震度の差0.5毎にかかれた等震度線の形は北西—南東方向に長軸をもつ橢円となっている。これは地震直後に気象庁が与えた震度図（図4・2）の等震度線の形とくらべるとかなりに相違している。しかし今回の地震については建物被害分布、地割れ分布などから震源域についての調査が色々の角度から行なわれているが、我々の調査からここに得られている等震度線の形は後に出てくる図5・1即ち我々の調査から求められている被害分布の形とは極めてよい一致を示している。このことは特記するに値する。被害分布、地割れ分布等により震源域と考えられた地域はほぼ震度5.5以上の地域に当っている。

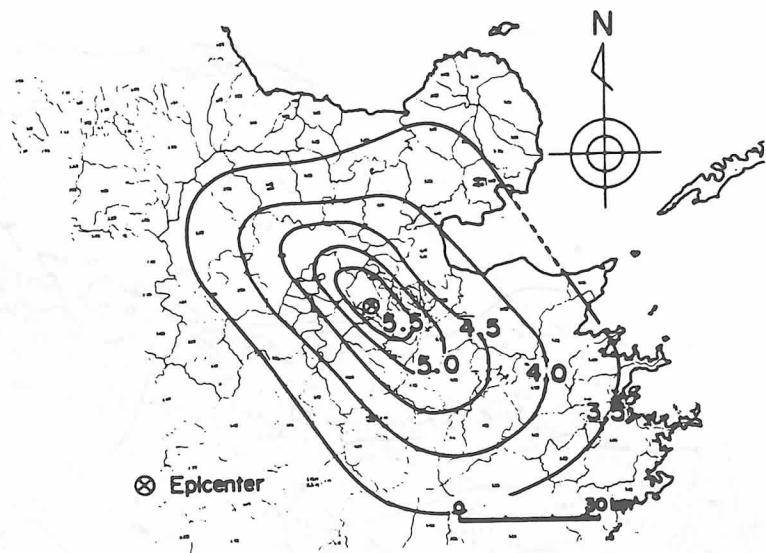


図 4・1 アンケート調査による震央付近震度分布

次に更に広い地域についてアンケート調査から得られたものを示せば、図 4・3 のようになる。図において記入されている数値は大部分については市町村単位で求められた平均の震度であるが福岡市、北九州市は区単位で平均してある。その他一部分は郡単位又震央から遠方の所では適当な広さで平均を行なっている。

図を見ると、震度分布は必ずしも簡単な等震度線の形を与えていない。特に熊本県南部から鹿児島県北部を囲む地域に震度が特に大きい地域が見られる。これらの地域はいずれも極めて小数の調査票を平均したものであるので、このような値が得られたことについては後の機会に検討を行ないたい。

等震度線の形状は震央附近においては、北西—南東方向に長軸をもつ橢円形であったがこの図においては震度の小さい所では東西に長い卵形を示している。しかし見方によっては震度 I を与えた地域が四国で特に東迄延びていたと見るべきであるかも知れない。しかし気象庁の発表でも岡山だけがとび離れて震度 I と報告せられているので、このような等震度線の分布が得られたことについては更に詳しく検討することが必要であろう。

我々のこの報告においては取急いでまとめることが必要であったため調査票の集計を市町村単位の行政区画によった。しかし特に最近これら行政区画の中には非常に大きな面積を占めるものもあるの



図 4・2 JMAによる震度分布

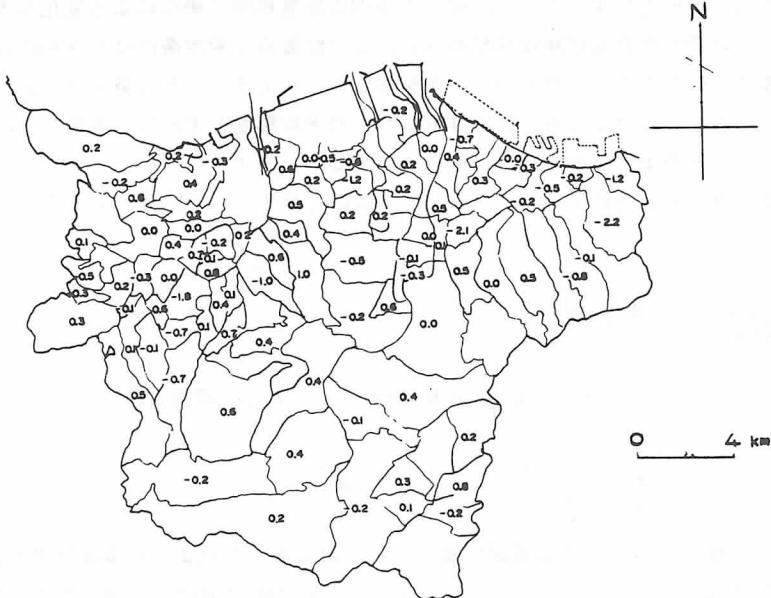


図 4・4 大分市内町別に求められた震度について平均震度からの偏差を示した図。負号のついた町は見かけ上大きな震度を与えた地域を意味する

のが含まれている。

地震災害防止の問題を考えるとき、発生する地震による加速度期待値、マイクロゾーニング及びそれに基づく地域別家屋被害予測、出火件数及び延焼推定等、理学的工学的見地に立って行なわれる被害予測の問題が先ず第一に考究されなくてはならない最も重要な項目であることに間違いないとしても、非常災害の場合、人々がこれにどのように反応し対処するかの問題は前に挙げた項目に比敵する大切な問題である。地震災害に限らず大災害を生じるのは常に群集によるパニック状態を伴うからであるとさえ言われている。従って地震時における人間行動、その時の心理状態を知ることは震害防災の問題を究めるにあたっては極めて重要な要素といわなくてはならない。

地震時におけるこのような人間工学的立場からの研究としては、1974年の伊豆半島沖地震について堀内三郎<sup>17, 18)</sup>他の貴重な研究がある。又太田裕は川崎市において行なったアンケート調査<sup>15)</sup>、根室半島沖地震調査<sup>16, 19)</sup>等の場合について解析を行なっている。我々の調査票においてこのような目的のために利用し得る項目は第[20][21][22][23]及び[27]の5項目が用意されていた。この中[20]は次の[21]と多少共通する面のある質問であり、[27]は自動車運転中の人にに関する質問で回答者数が小数だったので、以下に21～23の3項目の結果だけを述べることとする。夫々の質問項目は次の通りである。

[21] 地震に気がついたときこわさの程度はいかがでしたか。

- 1.なんとも思わなかった 2.少々こわいと思った 3.かなりこわいと思った 4.非常にこわいと思った 5.絶望的になった

[22] あなたはそのときどのような行動に出ましたか。

1. なにもする心を感じなかった
2. 意識的に身の安全を考えた
3. 意識して戸外へのがれた
4. ほとんど知らない間に戸外へとび出していた
5. 全く本能的に行動したので、よく覚えていない

[23] あなたは地震のとき火気（ガスコンロ、石油ストーブ等）をどうしましたか

1. 使用していなかった
2. 使っていたが消す必要を感じなかった
3. 危険だと思ったので消した
4. 無意識のうちに消していた
5. とても余裕がなかった

回答されたアンケートは解析を行なうことにより一枚ごとに震度が決められている。全ての震度の決められているものにつき震度を 0.1 刻みの組分けをして、上記 21, 22, 23 の項目の中の夫々の質問事項毎に集計して百分率で表示した結果が夫々の項目ごとに図 4・5, 図 4・6 及び図 4・7 に示されている。

これらの図を見ると、いくつかの極めて興味深い現象が示されていることが気付かれる。特に先に述べた太田の研究においては利用し得た最大震度が 5.5 位までであったのに対し今回の場合は 6.5 位迄の震度を感じた場所があるので、人間心理を扱う上から最も問題となる大地震に遭遇した場合というのに近い状態まで推測を行なうことができたという点は今回の調査の大きな特徴というべきであろう。

i) 恐いと思った程度を示す図 4・5においては質問事項 1 から 5 迄の程度の差が震度に応じて極めて明瞭に分類されることが目立っている。質問事項 1 では震度 1 ~ 2 でほとんど 100 % の人が何とも思わなかったと答えたのは当然としても、震度 4.5 乃至 5.0 近くまで何とも思わなかったという人がいるのに対し、一方質問事項 4 では震度 3.5 程度で非常に恐いと思ったという人がすでに数 % いることが示されている。又絶望的恐さであると答えた人は震度 4 で既に何人かいるが、震度 6.5 では殆んど 100 % の人が絶望的恐さであったと答えている点は注意するに値する。

ii) いかなる行動をとったかと質問した [22] を解析した図 4・6においては、震度 1.0 では 100 % の人が何もする必要はないと思ったのに対し、震度 5 では何もする必要はないと思った人はわずかに 2 ~ 3 %、意識的に身の安全を考えなくてはと思ったり、戸外へ逃げなくてはと考えて行動した人は震度 2 位では 10 % 足らずであるが、震度 4.0 ~ 4.5 では 100 % の人がそう考えて行動している。これに対し無意識的に外へ飛び出しちゃった、本能的に行動したのでよく覚えていないと答えた人は震度 4 に満たないうちにすでに何人かいることは驚きであるが、そのような人の数は震度の増大と共に急激に増大し震度 6.2 以上位ではほとんど 100 % の人が無意識的本能的に行動しているということが解った。人間の心理状態がこのように作用するものであるということを知ることは、震災対策を考える上からは重要であると考えられる。

iii) 火気をどのように始末したかを尋ねた [23] 項に対する結果を示した図 4・7においては解析結果は先の 2 つの場合と違ってかなり複雑な有様を呈している。このことは地震の時に火を消すということは前二者の場合と異り、かなり個人差のある問題であり、反応の状態も複雑になってくるのは当然かも知れない。又特に今回の地震は真夜中であり、火気を使ってない人が大部分であったであろうということは想像に難くない。実際 [23] 項目に解答した人の数は 564 名であって全体の 5.5 % にすぎないので、この点はこの図の解釈をするにあたっても充分考慮を必要とする事項であることを注意しておかなくてはならないであろう。

このような条件の下でこの図を見て気付かれることは震度 3 以下位ではほとんどの人が消火の必要

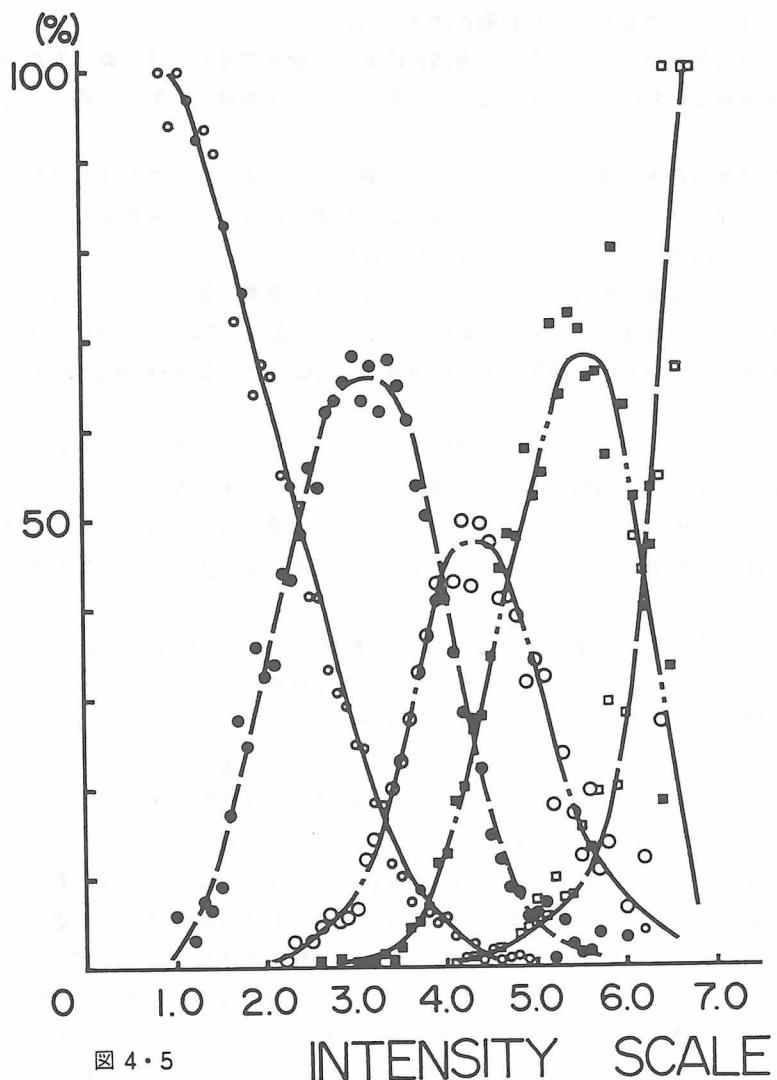


図 4・5 INTENSITY SCALE

- : なんとも思わなかった
- : 少々こわいと思った
- : かなりこわいと思った
- : 非常にこわいと思った
- : 絶望的になった

はないと考えていることが明らかに見られる。しかし震度 5 又は 5 を少し越えると消火の必要がないと考える人はほとんどなくなる。これに対し火の元を消す必要は感じても地震動のため消火不能であると答えた人は震度 4 すでに 10 %位あって、その百分率は震度と共に急激に上昇し、震度 6.0 を越すと殆んど 100 %の人が消火不能であると解答している。これに対し意識的無意識的にとにかく火元は消したという人は夫々の震度に対し 50 %前後は存在していることが示されていることは、地震防災の

上からは極めて心強いことというべきである。ただし上記消火不能と答えた人と意識的無意識的に消火したと答えた人との解釈の説明に少し、矛盾するかの如く見える表現があるが、このことは解答数が少ないので対し、震度の切り方が他のものと同じく0.1刻みであることに由来するものである。これらの点を充分考慮するならば地震後の火災を出さないための訓練指導の要領に再考を要する点があると考えられる。

以上の考察において今回地震のアンケート調査から震度6.5位の烈震域にはいる所までの人の行動の解析を行なうことができたことは今までの調査に抜けていた範囲を補うことができたものとして有用な資料を提供するものである。但し地震の起った時刻が午前2時35分であった点は、この結果を解釈するにあたっては充分考慮しなくてはならないであろう。

#### 謝 辞

今回の調査において調査票の配布に御協力いただいた各位に深甚の謝意をささげる。又解析にあたっては太田裕教授の開発されたプログラムを使わせていただいた。記して深謝の意を表する。この研究費の一部は文部省科学研究費自然災害特別研究費及び日本建築学会大分地震調査委員会に負うている。

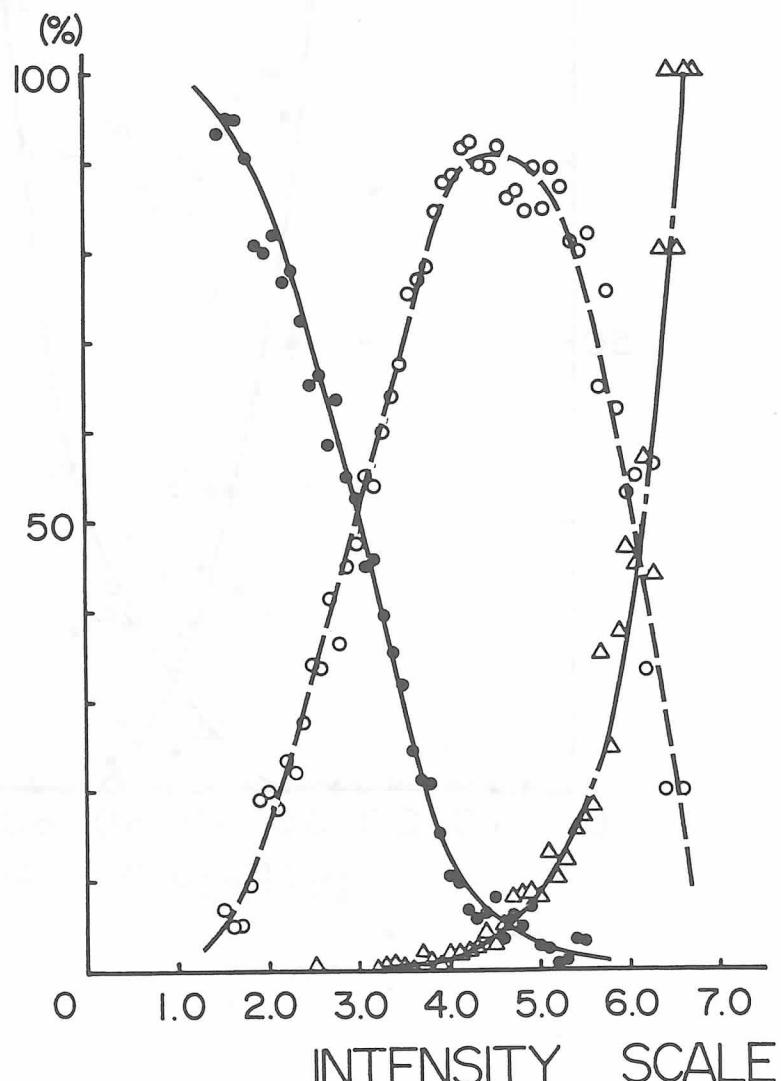


図4.6

- : なにもする必要を感じなかった
- : 意識的に行動した
- △ : 無意識・本能的に行動した

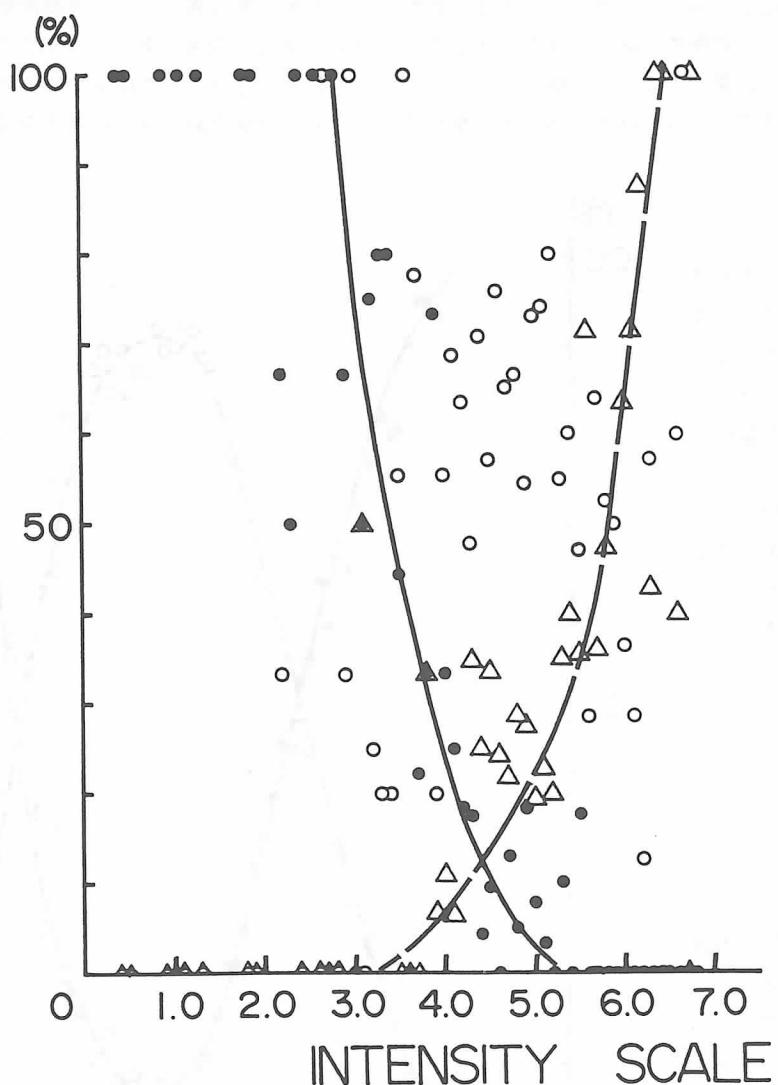


図4・7  
 ● : 消火不 用  
 ○ : 消火(意識・無意識)  
 △ : 消火不 能

#### 参考文献

- 1) Voigt, D.S. and P. Byerly: The intensity of earthquakes as rated from questionnaires. Bull. Seism. Soc. Amer. 38 (1948) pp. 21 - 26.
- 2) 河角広: 震度と震度階 1, 2. 地震 15 (1940) pp. 6 - 12, pp. 187 - 192.

- 3) 佐藤泰夫：第6章通信調査，地震災害，河角広編 共立出版社 1973 pp.226 - 241.
- 4) 佐藤泰夫：南海地震濃尾地震の通信調査について 震研談話会 第241回 昭和23年1月20日。
- 5) Satô, Y : Relation between seismic intensity and epicentral distance(1). Bull. Earthq. Res. Inst 26 (1948) pp.91 - 94.
- 6) Satô, Y : Relation between seismic intensity and epicentral distance(2). Bull. Earthq. Res. Inst 33 (1955) pp. 211 - 220.
- 7) 茅野一郎，佐藤泰夫：通信調査による1974年伊豆半島沖地震の震度分布。地震研速報 14 (1974) pp.7 - 15.
- 8) Kawasumi, H. and Y. Sato: Intensity of Niigata Earthquake as determined from questionnaires. General Report of Niigata Earthquake, Denki-Daigaku Press (1968) pp. 175 - 179.
- 9) 宇佐美竜夫，茅野一郎：河角の規模と気象庁規模との関係。地震研彙報 48 (1970) pp. 923 - 933.
- 10) 岸上冬彦，永田武，宮村摶三：昭和16年7月15日長野地震の統計的調査。地震研彙報 19 (1941) pp.628 - 646.
- 11) 表俊一郎：昭和18年3月4日鳥取地震調査報告。地震研彙報 21 (1943) pp.435 - 457.
- 12) 川崎市地震専門部会地盤地質小部会（代表者 表俊一郎）Mail SurveyによるSeismic Microzoning Mapの作成(1)調査票の作成，配布，回収のO.R. 文部省特別研究災害科学総合シンポジウム論文集第9回 (1972) p.241.
- 13) 太田裕，関口弘，三上勲，山崎捷信：同上(2)解析の手順，解析結果(中間報告) 同上 pp.241-246.
- 14) 久保寺章：1月23日23時19分の地震 ( $M = 6.0$ ) の震度調査。1957年1月阿蘇群発地震の活動と被害に関する調査研究 昭和49年度 文部省科研自然災害特別研究(1) 902036 1972年3月 pp. 47 - 50.
- 15) 太田裕：通信調査による川崎市の地震危険度図の作成。川崎市の震災予防に関する調査報告書 川崎市防災會議地震専門部会 同上 1972年3月。
- 16) 太田裕，後藤典俊：アンケートによる道内各地の震度の推定とSeismic Microzoning Map作成の試み，1973年6月17日根室半島沖地震調査報告 昭和48年度 文部省科研費自然災害特別研究(1) 802029 (代表者 酒井良男) 1974年3月 pp.302 - 325.
- 17) 堀内三郎，水野弘之，関沢愛，森下弥三郎：1974年伊豆半島地震調査報告 (その1)  
- 地震時の出火危険とその要因について -。建築学会論文報告集第233号 (1975) pp. 109 - 119.
- 18) 堀内三郎，関沢愛，森下弥三郎，水野弘之：1974年伊豆半島沖地震調査報告 (その2)  
- 地震時の行動分析 -。建築学会論文報告集第234号 (1975) pp. 51 - 60.
- 19) 太田裕：アンケートによる地震時の人間心理，行動調査。Proc. 4th Japan Earthq. Eng. Symposium 1975 pp. 51 - 58.