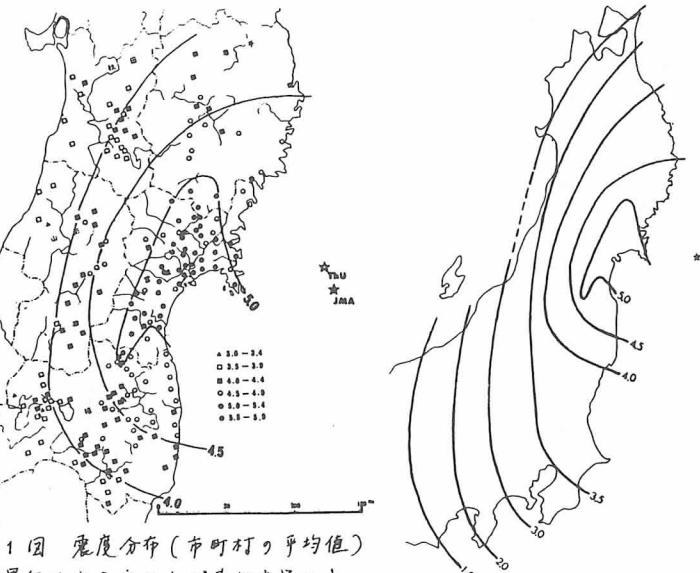


1978年宮城県沖地震の震度調査

東京大学地震研究所・村井勇・角田信子・辻村芽子

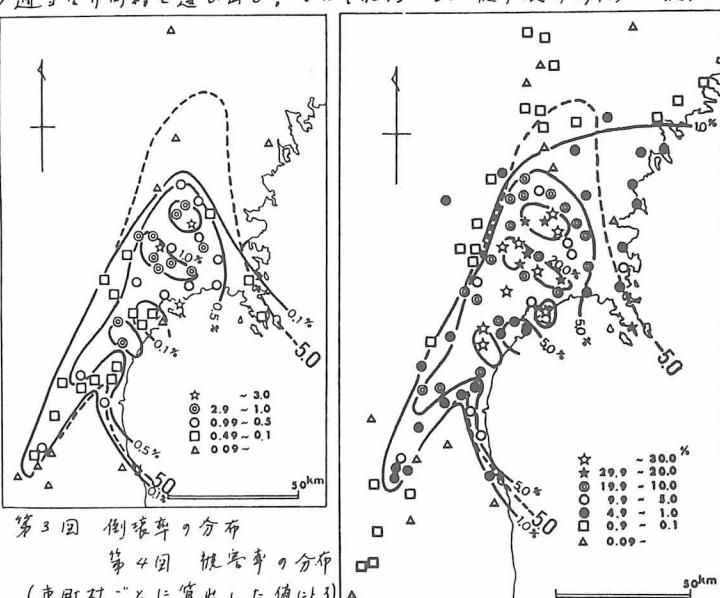
1978年6月12日午後5時14分頃、宮城県沖にM=7.4の地震が発生した。震央の位置は、気象庁によれば $142^{\circ}10'E, 38^{\circ}09'N$ 、東北大大学によれば $142^{\circ}11'E, 33^{\circ}22'N$ であった。金華山沖は、M=6.5~7.5程度の地震がしばしば発生する地域であり、1835年、1861年、1898年、1936年などに地震が起つて、仙台地方や北上川沿岸で小被害が生じた。これら地震の例によると、被害は仙台周辺と北上川流域に集中する傾向があり、今回も同様であったが、被害はかなり大きかった。

気象庁による震度は、仙台・石巻・大船渡・福島・新庄でVIであった。しかし、被害状況から見ると、場所によって震度に大きな差があるようであり、一部の地区ではVに達したと考えられる。このような場所による震度・被害の差を明らかにするために、現地調査を行なうとともに、震度アンケート調査を行なうとともに、各市町村の被害集計資料を収集した。アンケート調査は太田(1974)の方式により、被害の程度、地下水の異常、前兆現象についての質問事項を付け加えた。宮城・福島・岩手・山形・秋田の5県から適当な市町村を選び出し、それうち15~300枚、総計約10,000枚の調査票を配布・回収した。各市町村ごとに算出した震度の平均値の分布から図1に震度分布を示す。太田(1978)によれば(1978)も同じ調査票による調査を行なつてあり、293点の値は、資料数が少く震度分布の場合は±0.1程度の範囲で一致してある。震度は場所ごとにかなりの変動が認められるが、おおよそ震度線を描くことができる。表は太田(1978)の調査結果を併用して東北以東について震度分布を描くと図2のようになる。気象庁による震度VI以上の範囲は、



第1図 震度分布(市町村の平均値)

第2図 東日本における震度分布



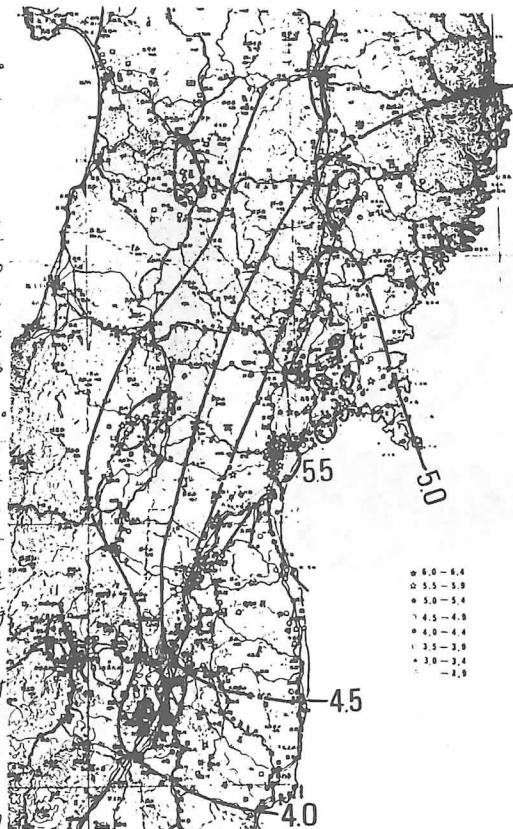
第3図 倒壊率の分布

第4図 被害率の分布
(市町村ごとに算出した値)

八戸から房総半島にまで及んでおり、アンケート調査による震度3.5の範囲もほぼ同様の範囲にある。このような日本列島の太平洋岸に沿って南北に長く伸びた震度分布は、東北地方の太平洋岸に起きた地震に共通の特徴である。震央に近い地域につれて見れば、震度分布のパターンは震央を以てか、二つでほぼ同心円状である。震度4.5, 4.0 の等震度線は余震域（金華山沖）南北約30km, 東西約80kmの外側をとり玉川形の楕円形状であり、西方への拡がりはおよそ200km, 180km 距離たった地震に連してある。この範囲の中でも、北上川流域の一部と仙台周辺で震度5.5以上に達した場所があった。太田方式によると震度の値を四捨五入したものと震度にあたると考えられてから、これらの場所では震度5.5に達したと考えてよい。このことは、仙台市・塩釜市・石巻市で地盤上および建物下層階で強震計が250ガルをこえる最大加速度を記録したことに対応する（国立防災科学技術センター, 1978）。

被害分布は震度分布によく対応を示す。市町村による被害集計資料から、各分布をまとめると第3回、第4回のようになり。家屋（住家）倒壊率（全壊数に半壊数を加えた数）と総戸数に対する比率）が0.1%以上の範囲は震度5.0以上の範囲と非常によく一致を示す。倒壊率1%以上の範囲は震度5.5以上の範囲に対応する。家屋（住家）被害戸数の総戸数に対する比率）については、5.0%, 20%以上の範囲はそれそれ震度5.0, 5.5以上の範囲に対応する。これらのことから明らかのように、震度・被害は仙台を中心とするNNE-SSWの方向に伸びた地域で特に高い。北上山地・阿武隈山地の古期岩類の基盤岩よりなる地域で震度・被害が低く、新生帶、とくに鮮断続よりなる丘陵地と冲積地上で震度・被害が高い。なお、宮城県・岩手県の県境付近に震度・割合に被害が低い傾向が認められるが、1978年2月20日宮城県沖に発生したM=6.8の地震による被害を強く受けた地区であり、その影響を示すものと考えられる。

震度の地域的変化はかなり著しいので、さらに詳しい震度分布図を作成して検討してみた。第5回は、同一立地条件を考える小範囲の地域について4ヶ以上の調査値の平均値を求め、その分布から描いた震度分布である。5.0の等震度線は第1回の場合よりさらに平野部に近づき、4.5, 4.0の等震度線も東方へ寄っている。北上川・阿武隈川沿いの低地および会津・山形・横手など山間盆地で震度が一般と高くなるのが明瞭に認められる。これらの震度の高い地域は、最近の断層運動によって形成された地形上および地質構造上の凹地であり、新しい堆積物が厚



第5回 小地域ごとの平均値による震度分布



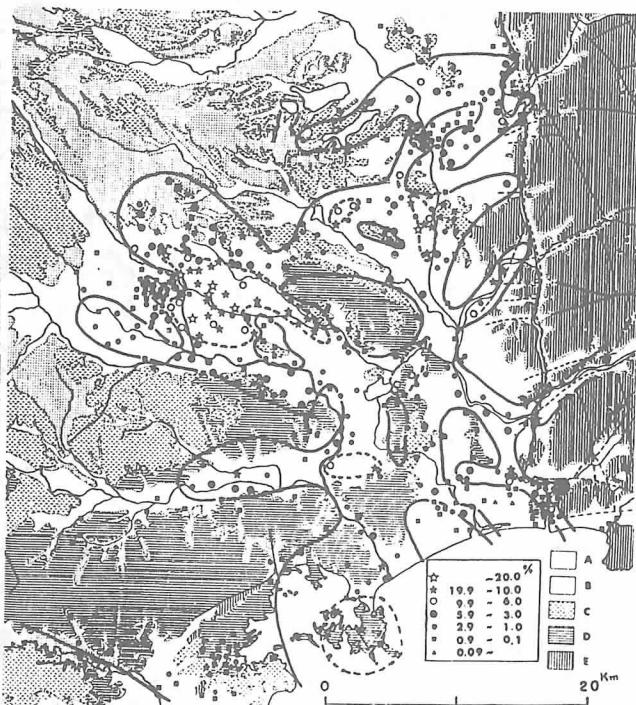
第6回 活断層分布と震度分布



第7図 北上川流域の震度分布

第8図 同上流域の被害分布
倒壊率を小地区ごとに算出し図示してある。実線は
1.0%、破壊線は6.0%にあたる線を示す。

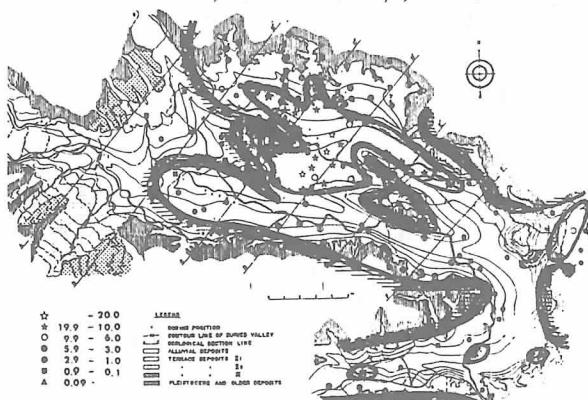
A: 沖積層, B: 混積層, C: 鮫野層, D: 中新統, E: 中・古生層



く堆積してゐる場所である。くに震度・被害の高かつた北上川・阿武隈川沿いの地帯は、東方の古期岩類よりなる地塊と西方の新第三紀造山帶との境界線上にあることは注目される。第6図に、東北地方の切岸面図(國山, 1969)上に堆積した活断層分布と震度分布を示す。兩者の分布に密接な関係があることは明瞭である。

以上のように震度・被害と地質構造・地盤との関係は極めて密接であると考えられていて、この点を明らかにするために、詳しい被害分布図を作成し、震度分布と対照して検討した。市町村の集計資料に基づいて地区ごとの倒壊率・被害率を算出し、その分布図を描いた(第7~11図)。市町村ごとに調査の精度に差があり、くに一部破損の基準は相異が大きくなるなどの点は考慮しなければならぬが、範囲を限り考へれば、市町村の集計資料は十分根拠に倣するものである。これらの分布図から、被害が特定の地区に集中しており、地質・地盤条件と被害とか極めて密接な関係にあることが一目で知られる。北上川流域は被害が最も落しかつた地域であるが、特に宮戸島一帯、江合川沿い、大崎平野中央部、追川沿いなどに被害が集中している(第8図)。このような被害集中地区と震度5.5以上を範囲とすれば対応してくる。震度、最も高かつた地区は、大崎平野中央部、江合川沿い、追川沿い、宮戸島一帯、仙台周辺部などである(第7図)。震度・被害の高い地区は北上山地の西縁部に沿つて南北に連んでおり、第三系から左丘陵地東縁に沿つて認められる境地構造上にあるよう見られる。

古川市の位置する大崎平野は構造盆地内に形成された平野で、100m以上の厚さをもつ沖積層の下に盆地形が埋没させてある。第9図 大崎平野の埋没谷(長谷, 1967)と倒壊率分布



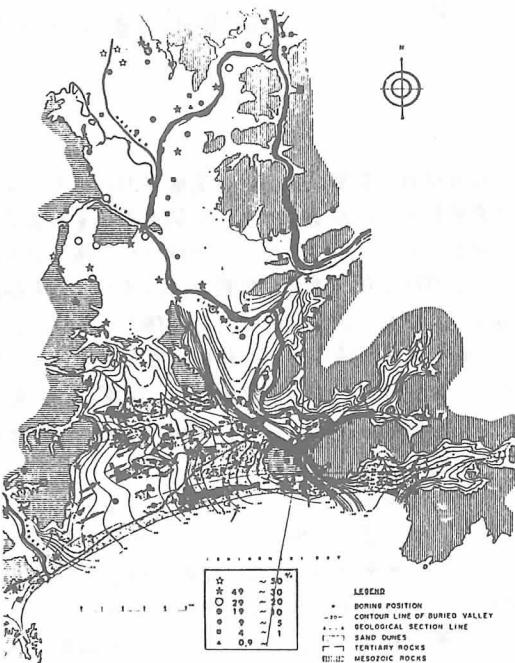
第9図は長谷(1967)による埋没谷の図上に倒壊率の分布を示す。平野中央部の埋没谷の直上、とくに現在の江合川沿いの地区で被害が著しく大きかった。倒壊率はこのようない埋没谷地形と非常によく対応を示した。震度は大崎平野中央部で5.5～6.0であったが、震度の地区ごとの差にくらべると倒壊率の変化は著しく大きかった。大崎平野の南端に沿って倒壊率がやや高い地帯が認められる。この部分にはNNW-ESEの方向に近い複雑構造があり、なんらかの關係があると考えられる。

石巻平野の下にも大崎平野と同じよう左深川埋没谷があるが、その直上ではやはり被害率が高(第10図)。しかし、石巻平野は、現在の阿賀川沿いの低湿地や河道上の地盤が特に震度地区を除けば、全般的には被害率はむしろ低く、西の方新第三系より下の丘陵地帯の方で被害率が高くなる傾向を示す。

仙台周辺では、古期岩盤の基盤、存在する多賀城市付近に震度・被害率がやや低い地区があり、該段丘上り仙台市街地も震度・被害が比較的軽微であったが、周囲の丘陵地上の新定造地上沖積平野上で震度・被害が著しく高かった。名取市以南の地域の被害率の分布を第11図に示す。倒壊率の分布もこれとは同様である。被害の範囲は震度5.0以上の範囲に付加しており、震度5.0の等震度線が阿武隈山地北端部をとりかこむようにして南へ向って下がって“S”字形極めて特徴的である。被害率の特に高い地区(第11図の破線で示す)が、福島盆地西縁断層およびその北側延長部、双葉断層の延長線上に位置し、東一岩沼断層に沿う位置にある。仙台市を横断する長町一利府線沿いで、同様な震度と震度の高くなる傾向が認められた(東北大、1979)。

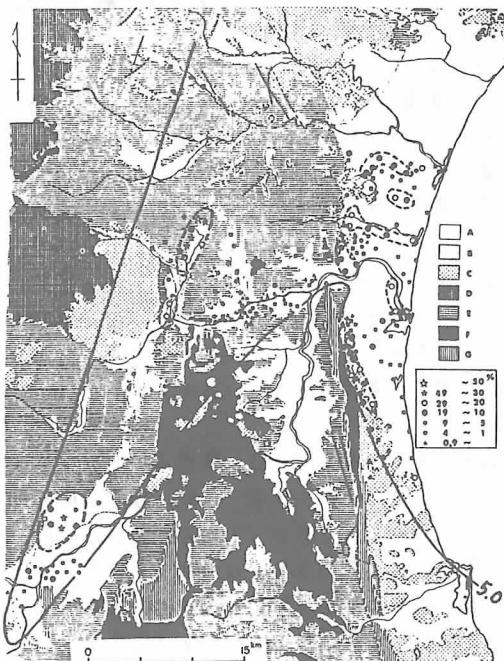
以上に述べたように、今回、震度調査および被害率資料、調査から知られることは、地質・地形・地盤・諸条件が震度・被害の程度を支配するところは概ね明確である。地盤動は烈しくて倒壊率・被害率を決める第一の要因であることはいうまでもなく、アンケート調査による震度の値と被害状況との対応は非常によい。古期岩盤の基盤地塊と新第三系の地塊の境界は沿ってくに震度・被害が高かつたりは、気のようない特徴的な構造配置と構造線の存在によると想像している。活断層・複雑構造は必ず震度・被害が高くなる傾向を示したのは、破碎構造の発達、凹地構造、谷の内部の厚い堆積層、表層の脆弱地盤などと震度が高くなりやすくなることを意味する。

(文献収集)



第9図 石巻平野の埋没谷(長谷、1967)と被害率分布

第10図 石巻平野の埋没谷(長谷、1967)と被害率分布



第11図 南部地域の被害率分布(D:新期火山岩, F:花崗岩)

宮城県沖地震のアンケート調査による震度分布について

九州産業大学工学部 表 俊一郎 福嶋秀樹
福岡教育大学地学科 ○三浪俊夫

6月12日の宮城県沖地震は宮城県内に多大の被害をもたらし、この地震の震度分布を知るために、地震直後約15,000枚のアンケート調査用紙を宮城県をはじめ北海道から南は兵庫県・和歌山県にまで配布した。このアンケート用紙は太田裕りによって開発・改良が加えられており、既に川崎市をはじめ1973年根室半島沖地震や1975年長崎県中部地震などに精緻な震度分布やSeismic Microzonning mapの作成、人間の心理・行動調査に用いられてきたものと同じものである。

今回の震度調査では、i) 精緻な震度分布図の作成、ii) 高層ビルでの各階の震度値の違いとの場に居住人々の行動、iii) 自動車運転者の地震時の行動、を重点的調査項目として選んだ。これら以外にも長崎地震時に得られた人間の心理・行動に関する結論を検証したり、震度の減衰曲線の作成のための資料収集などの目的があった。

地震の規模がM=7.2と大きかった事もあって、有感地域は北海道から近畿地方にまで及んでいたので、これら全城に渡るアンケート用紙を配布するには回収面からしても非常に大変であった。そこで、一部無感地域をも含めて約200の市町村を選び各市町村へ20部のアンケート用紙を配布した。東北地方はやや奥に位置する市町村を選んだ。なお、気象庁から震度値が発表されて、いろ市町村はもうすぐ選ばれていた。これはアンケート調査で得られる震度値を気象庁震度階に換算する式の妥当性を評価するためである。市町村単位での回答率は約82%であるが、20部全部が全部回答を得ていろとは限らないので実際の回答率はこれより悪くなる。こうして得られた震度分布図が第1図に示されている。また、宮城県内については市町村への郵送による方法以外に、特に被害が大きかった地域へは直接赴いて住民の方々にアンケート用紙への記入を依頼した。しかし、県内全域に均等に調査を行なうことは出来なかつた。また、1つの調査地域では多くは10人以上の方々に回答をお願いした。

仙台湾に面した塩竈市付近では6.9を記している。しかし、同じ湾に面した石巻市では4.9であった。仙台平野ではやはり軒並み震度は大きく、古川市から江合川に沿っては特に震度は大きくなり、牛田町中坪では震度は6.1、また田尻町では5.8となつてある。迫川、新迫川沿いの迫町、米山町でも5.5以上の震度となり、この地域の震度の大きさが分かる。仙台市は5.3で、阿武隈川沿いの白石市、角田市、岩沼市でも震度は5.9を記している。また、岩手県南部や福島県北部が震度4以上で、震度3の領域は青森県から秋田・山形・福島・猪木・埼玉・神奈川県へと広がつてある。特に、東京都、神奈川県では震度3.5となつており、高層ビルの上階でのゆれ具合を調査するのに好都合であった。糸魚川-静岡構造線の西側では震度は多くなり、有感域の西端は富山県・岐阜県・三重県あたりとなる。また、北端は北海道中部を東西

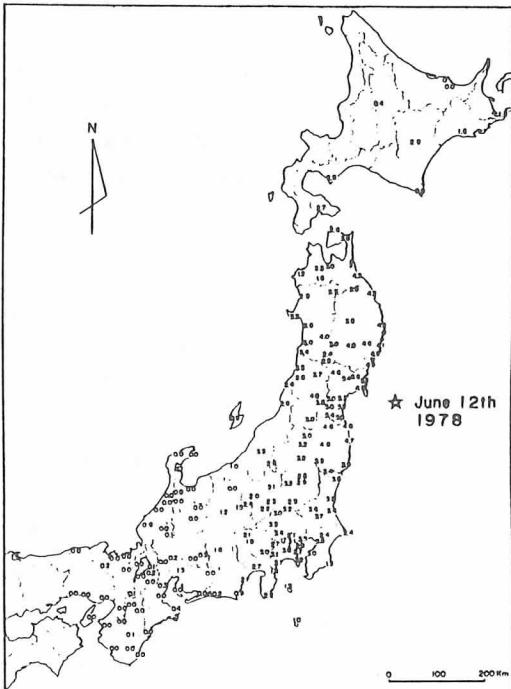


図1 通信調査による宮城県沖地震(1978)の震度分布

に横切らむなりで、ここでも震度の減り方は急激である。

アンケート用紙を配布して各市町村の地盤条件くわざいがわるので、小さい震度差く余りとらわれなければ、この圖に等震度線は容易に記入出来る。

仙台市で震度5以上、東京、川崎市では震度3~4を経験しているので、この地域にたる高層建築物の各階での震度値の変化とその場に居合わせた人々の心理・行動の調査は特に興味ある問題である。仙台市での高層ビルは市中心部から合同庁舎ビル(16階)をはじめ、市営・公団の高層アパートが市街地及びその周辺にあり、市当局、住宅公団の協力をいただき地震時に各階に居た人々の調査を行うことが出来た。調査票の配布は各建物各階20枚を原則としたが、地震発生の時刻が午後5時14分頃ということで事務所ビルでは帰宅、アパートでは賃貸の外で建物内に居た人が少ないので階当り10枚として配布した。総数4000枚の調査紙を配布し収集日後回収して結果、地震時に目的の建物に居た人々による回答は全体で約40%であり、他に地震時建物外に居た人にによる回答が約10%程度だった。後者については仙台市内の細かい震度分布を決定に利用していくと考えている。

また、東京では特に超高層ビルを中心として各階の震度を調査することを目指した。具体的には新宿西口の4棟及び池の2棟、またこれは超高層ビルではないが比較的高い段下の14階建ビルも含まれて対象とした。各階10または20枚の調査紙を3000枚、ビル管理業者または入居者に直接お願いする郵送によって配布した。他の条件は仙台市内高層ビルの場合と同じであって回収率は地震時建物に居た人による回答は約50%であった。他に地震時各建物付近を歩いていた人々による回答が7%程度有りこれによつて建物の付近の震度を求めることが出来る。

川崎市では河原町の高層住戸に対する調査を行なうことが出来たので、仙台の場合と比較すると以下より平地での震度ちうどの違いによる各階での震度値の違いなどが調査可能である。2500枚配布のはじめに回答を得たが、地震時アパート内に居た人のものは約半数であり、敷地内に居た人々の回答が25%程度であった。

自動車運転者に対するアンケート調査は、今回が初めての試みである。今までの震度調査用のアンケート用紙にも自動車等に乗つて、人にに対する質問項目はなかったが、余り多く回答を得るとは出来なかつた。そこで今回は、震度調査のアンケート用紙とはきりはなしで、全く別に自動車運転者に対する対象に地震時の行動に対する調査項目を設定し、これで、宮城県を中心とする東北地方一円に配布した。配布の方法は、私営・公営のバス営業所、タクシーや営業所に依頼して、地震時、車を運転していた人々にアンケート用紙の記入をお願いした。この時、地震時の車の居た場所のくわしい位置を記入してもらい、その場所の震度は、光示レーベン震度分布図から外検するとしている。これは自動車運転者が直接その場所の震度を見積り事は出来ないための便宜的な方法で、あら震度に対する運転者の行動を解析するには仕方のない事である。

末尾ではおろか、図面の作成・整理には九州産業大学建築学科大学院二石幸也君、4年生島田浩一君の誠意ある御協力を得た。記して感謝の意を表すを次第である。

<参考文献>

表1 一郎・三浪俊夫「大地震時にぶれる人間の心理・行動予測」科学 Vol.46 p.775~778

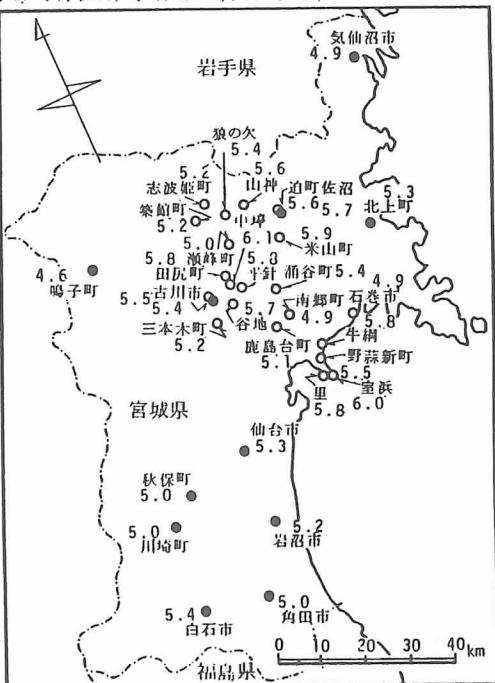


図2 通信調査による宮城県内の震度

- 調査票を郵送した市町村
- 調査票を手渡配布した市町村

アンケートによる建物階別震度の決定と大地震時の人間心理・行動の調査・解析

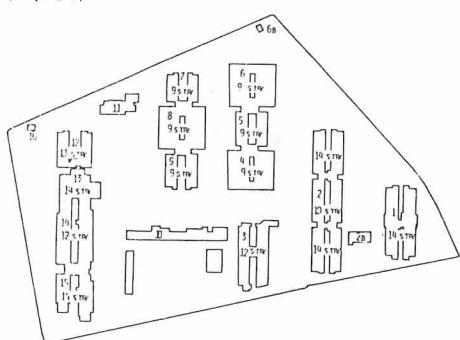
その(1) 建物階別震度の決定に関する諸問題

正会員 表 俊一郎^{*1} 同 橋橋 秀衛^{*2}

§ 1 はじめに

地震による災害の発生から拡大過程を経てその沈静化に至る云はば災害過程の中で人間の個人レベルでの行動の占める役割は、将にその地震災害の様相を決定するまでの重大な因子のひとつであると言ふことができよう。殊に高集約化された System としての大都市に於いては、震災時の人間行動が直接的災害に繋がる可能性があり、慢性化しつつある日常的都市機能の低下と合せて都市防災の立場からより一層深刻な問題として指摘されているのは周知の通りである。しかししながら、震災を含めて災害時に於ける人間の心理・行動に関する調査研究が行われた例は極めて少なく、災害過程の時間的空間的多様性を考え合わせせねばこの方面の研究は方法論を含めて総じて乏しかりであると言つても過言ではないであろう。

筆者等は地震体験者の心理・行動上の経験を調査することによって、この問題にアプローチを試みようとするものであり、特に強震時に於ける人間の心理・行動を震災過程に於ける人間心理・行動の初期条件として重視する立場を取りその解明を行つて来たものであるが、1979 年 6 月 12 日宮城県沖地震の発生を機に強震時に於ける人間心理・行動の環境による相違、車運転者の心理・行動についてアンケート調査を行い極めて興味深い結果を得たのを初め、今回使用した太田等によつて開発された震度決定のためのアンケート調査票^{2,3)}が、低層から超高层ビルに至る数々の建物の階毎の搖れの相違を有意に検出する能力があることを明らかにすることが出来た。これらの結果を本論文の(1) その(2)として報告する。



感じたほとんどの人が停車した
と答えている一方“そのまま走行”
あるいは“スピードを緩めて走行”
した人が震度5の近くまで居た
ことがかるがこれは問題である
と言わねばならない。また震度
5.0で全ての車が停車している事
実は上に述べた運転可能不可能
の臨界震度が5.0であることを一
層明らかにするものである。

また、地震後の運転の継続状況図8を見れば、如何なる理由
にしろ運転を取り止めた人は極
めて少數であり、すぐ走り始めた
人あるいは様子を見て走り始めた人の割合は震度5.0で入山する
ものの走行を始めた人が圧倒的
的大多数である。この結果はあくまで宮城県沖地震という特殊
のケースのものではあるが交通
システム機能の麻痺と合わせて
考えれば都市防災対策関係者の
心胆を寒からしめるものと言わ
ねばならない。

図-9~14に自治体及び超高層ビル
からの回答による心理・行動の
分布を示す。特に怖さの程度に
ついて両者の相違が明らかであ
り超高層ビル入居者の特殊性を
端的に表わしている。

謝辞 略

〈参考文献〉

- 1) 表、他；大分県中部地震のアンケート方式による
震度調査解釈、1975年大分県中部地震行動と
被害に関する調査研究報告、昭和51年3月、PP.25-36
- 2) 太田、後藤；アケートによる震度の推定用 Seismic
Microzoning Map の作成、1973年福井県輪之内
震度調査ヒートマップ調査報告書、昭和48年1月、PP.1-44
- 3) 太田；通信調査による川崎市地震防災地図 (Seismic Mc-
rozonning Map) の作成、川崎市地震予防に関する調
査報告書、昭和49年3月、PP.4-52。

* 1 九州産業大学工学部 教授 理博 * 2 同 助手

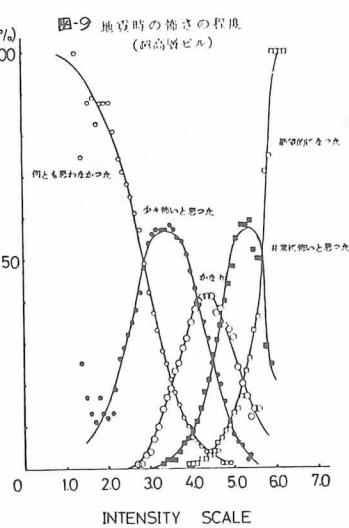


図-9 地震時の怖さの程度
(超高層ビル)

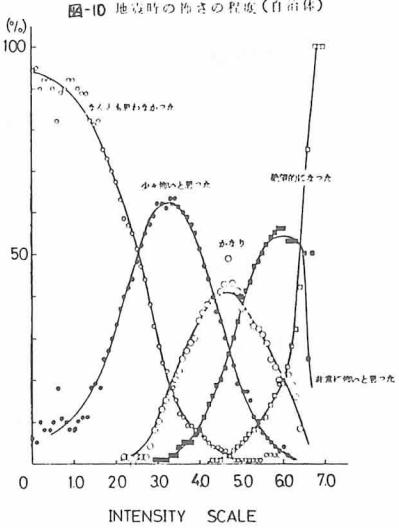


図-10 地震時の怖さの程度(自ら)

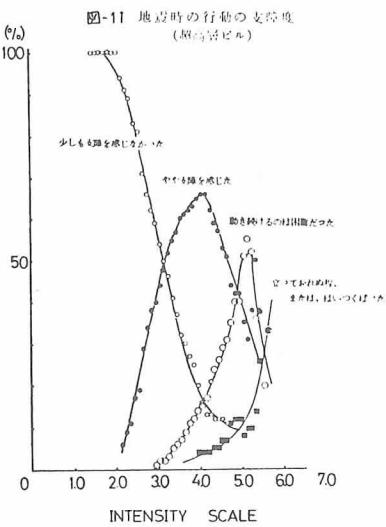


図-11 地震時の行動の支障度
(超高層ビル)

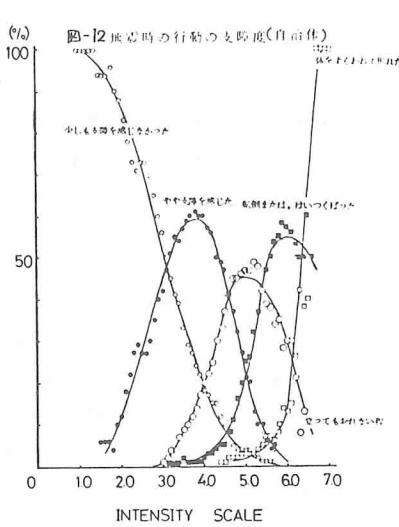


図-12 地震時の行動の支障度(自ら)

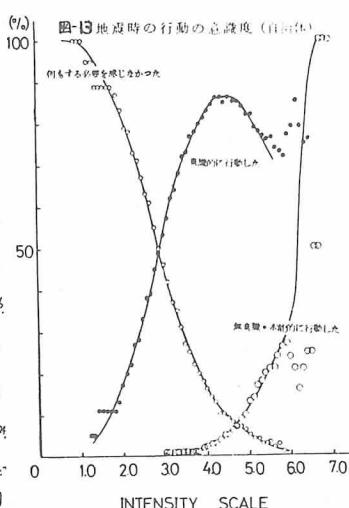


図-13 地震時の行動の意識度
(自ら)

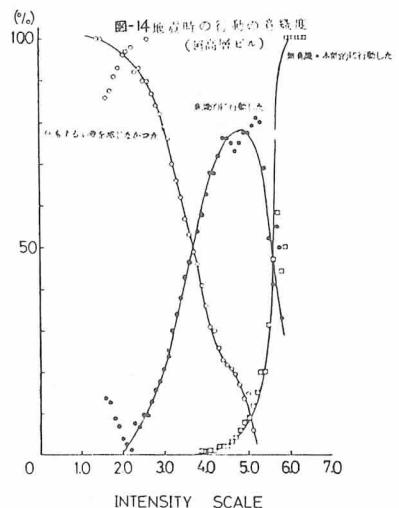


図-14 地震時の行動の意識度
(超高層ビル)

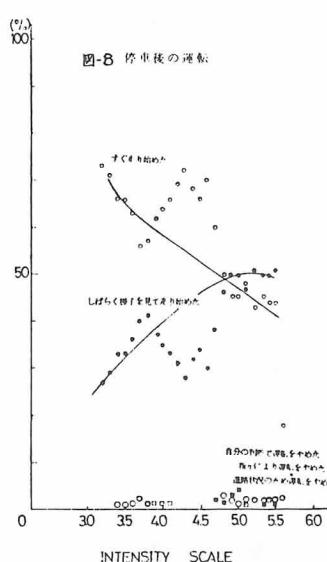
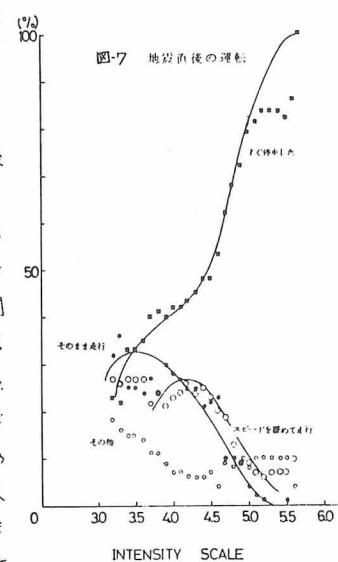
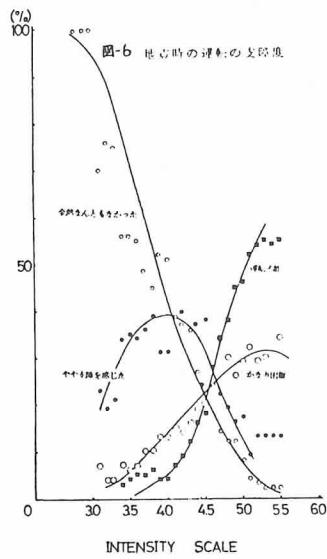
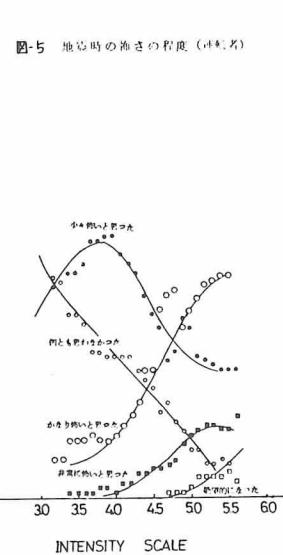
アンケートによる建物階別震度の決定と大地震時の人間心理・行動の調査・解釈

その(2) 環境と地震時人間心理・行動

○正会員 表 俊一郎^{*1}同 楠橋 秀衛^{*2}

2) 運転者のがれに於ける心理・行動

地震時車を運転中であった人に對して、その時の運転の支障度、地震直後の運転、もし停車したとすれば停車後の運転の継続情況、車の揺れ、それにによる怖さ・驚き等について質問し得られた回答から図5~8に示す結果を得た。図はすべて横軸に震度縦軸に相対頻度が取られている。車運転者の位置に於ける震度は全国震度分布図によって運転者が地震に遭遇した位置から判定している。この結果に後に示す自治体、超高层ビルからの回答ほど規則的な分布ではないが、その原因は上述の方法による震度決定に多少の不正確さがあるためと思われる。しかしながら、これらの図から地震時に於ける運転者の心理・行動の情況を十分把握することが出来る。怖さの程度図5について言えば多少の差こそあれ此の分布は後に示す自治体からの回答による怖さの程度の分布図10とほぼ同様の傾向にあることがわかる。同時に怖さの分布は運転の支障度を示す図6と密接に相關があり、「全然怖くなかった」人は全く運転に支障が無いと答えているのに對し、「少々怖い」と思った人はやや支障を感じたと答えている。さらに「かなり怖い」あるいは「非常に怖い」、「絶望的」と答えた人は運転について「かなり困難」を含めてほぼ運転不可能の状態に至ったことを訴えている。このことから運転の困難性が生じるのは震度 4.0 (IV JMA) くらいからであり、震度 5.0 (V JMA) にはねば約半数の人が運転不能となるであろうことが予想される。またこの調査における謂アロドライバーに対してもされたものであり一般的な運転者の場合、より危険な事態を予想し



なければならぬのかもしれません。尚、今後運転の支障度について走行時の速度あるいは道路状況等の影響を考慮して行ることが重要なと思われる。

次に地震直後の運転図7を見れば、「全然何ともなかつた」人及び「やや支障を感じた」人の一部を除いて支障を

ii) 初めての試みであるが仙台市内の4~17階建の公団及び他のアパート及び高層事務所ビル24棟、東京都内超高层ビル6棟、川崎市幸区河原町団地内高層アパート11棟についてその入居者を対象として階当たり20部の配布を行い各階毎の震度を決定した。高層ビル内に居住人々の震度と心理・行動の関係を求め、これと前記の一般的環境下にあつた人々の震度一心理・行動関係との比較を行うためである。

iii) さらに新たに作成したアンケート調査票を新潟県を含めて関東北部より北、青森県までのタクシー・バス営業所600ヶ所に対し各10部づつ郵送し地震時運転中であった人々に運転の支障度、心理状態、地震直後の運転等について回答を願った。

§3 結果及考察

上記の調査によって求められた結果の内全国震度分布、宮城県内の市町村の震度さらに仙台市内の地形別震度分布がそれぞれ気象台発表の震度分布、建研調べによる宮城県内の木造家屋被害率、及び関係諸機関によって調査された仙台市内の構造物・地下埋没物の被害分布等とよく対応が取れていることについては既に報告済であるので、ここでは今回初めて試みられた建物階別震度分布の決定にまつする問題点と結果についてより詳細に論ずると共に、地震時に於ける人間心理・行動について車運転者のものを含め、1975年大分県中部地震の際の調査結果と比較しつつ合わせて論ずることとする。

1) 建築物階毎の震度

河原町団地、仙台市の低高層ビル、超高层ビルに対する調査結果から求められる建物各階の震度分布を図-2,3,4に示す。超高层ビルでは建物の1階から最上階まで幾つかの節を生じつても全体として震度は一定であるが他方、仙台市内の各ビル、河原町団地の各棟では全体的には傾向として上階程高い震度となり、1次モードが励起されたことが分かる。更に詳細に見れば河原町団地内の住棟については14階建のものには4、8階に震度の減少する傾向が見受けられ、この傾向はさらに12階程度の建物でも見ることができることから、さらに高次のモードによる振動があった可能性を示唆している。これらの結果をSMAC記録による最大加速度を用いて検討すればアンケート調査による震度とのよい対応が求められると共に、節の存在を説明することが可能である。

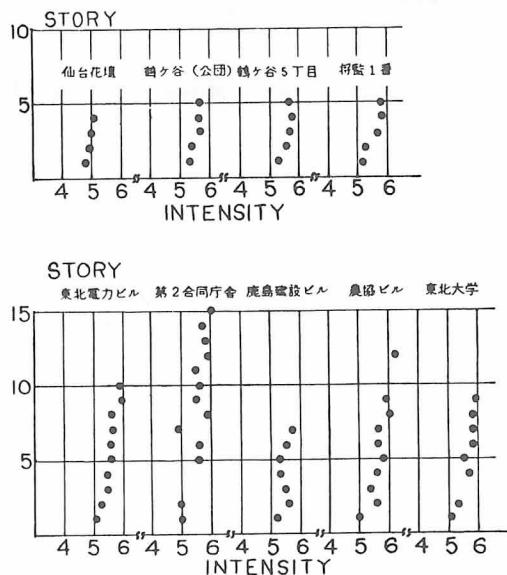


図-3 仙台市内建物の階毎の震度(一部)

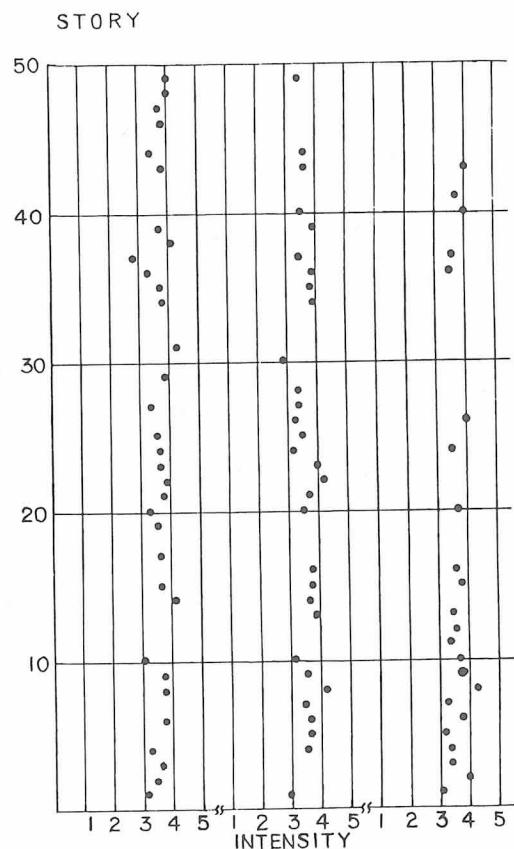


図-4 超高层ビルの階毎の震度(一部)

大地震時における人間の心理・行動予測(続)

表俊一郎*・三浪俊夫**・榎橋秀衛*

大地震時の人間の心理・行動は地震災害の軽減・防止対策に大きな影響を与える。宮城県沖地震直後アンケート法により強震動時の心理・行動を調査し、先に大分地震の場合に調べた結果と同様の傾向を示す結果を得た。さらに地震時高層ビル内にいた人々については震度の増加に伴い急激な心理・行動上の混乱が生じることが明らかにされ、また車の運転者の心理についても震度の増加と共に問題となるべき点が多くあることがわかった。

1978年6月12日午後5時14分頃仙台市東方沖約110kmの海底下に発生した1978年宮城県沖地震($M=7.4$)は東北地方各県、なかでも宮城県内に多大の被害を与えた。各地気象台の発表では大船渡、仙台、石巻、福島、新庄などで震度5の強震となっているが、仙台市や宮城県北部の被害の程度からみれば、地域によってはそれ以上の震度であったと推定される。東北各県での被害は死者28名、負傷者は1,300名以上で、建造物・船舶なども莫大な損害を被った⁽¹⁾。

筆者らは先に1975年4月の大分県中部地震の際に、大地震時の人間の行動・心理状態の調査を行ない、地震災害の防止と対策の観点から震度値と人間行動・心理状態の関係を報告した⁽²⁾。今回の宮城県沖地震についても同様の観点からアンケート調査を試みた。今回の調査では新たに中・高層ビル内で地震に遭遇した人々の心理状態や自動車運転者の地震時の行動などいくつかの新しい知見が得られた。

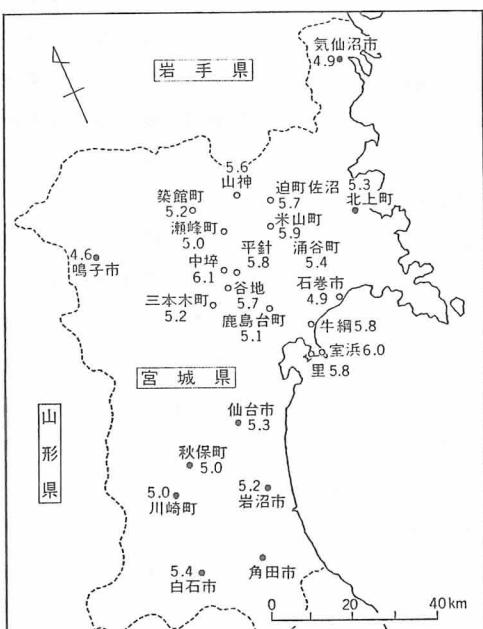
調査目的と方法

筆者らは前報⁽²⁾において“大地震時に人間がどのように対処し、行動するかを予測することなしに大地震時の対策を立てることは不可能であるといつても過言ではない”と述べ、それらを予測する資料が欠乏している現状を指摘した。この状況はそれ以後も変わっていない。大分県中部地震の調査によって大地震時の人間の心理・行動の一端が明らかにされたが、その結果は今まで考えられてきた予想をある程度裏付けるものであった。しかし一方ではそれらの予想を覆すものでもあった。震度6を超える地震動に遭遇したときの我を忘れた行動は、まさしく人間の肉体的・精神的な耐震強度が震度6であることを示し、非常に注目された。

今回の宮城県沖地震の宮城県内の震度は、大分県中部地震の震源域付近の震度とほぼ同じである。しかし地震

の発生時刻や被災地域の人口密度などの社会的状況は全く違っている。大分県中部地震が真夜中(午前2時35分)に山間部の農山村地帯に被害を与えたのに対し、宮城県沖地震は夕方(午後5時14分)人々が最も活動的な時間帯に仙台市という大都会に被害を与えており、これらの状況の違いは当然今まで得られている結果にも違いをもたらすであろうし、また都市における防災対策の面からしてもアンケート調査を行なうことがぜひ必要と思われた。今までに実施されたアンケート調査を基礎にして、今回の震度解析の目的として次の項目を設定した。

- (i) 精密震度分布図の作成。
- (ii) 地震時の人間行動・心理と震度との関係の調査。
特に高層ビル内にいた人についての調査。
- (iii) 自動車運転者の行動調査。



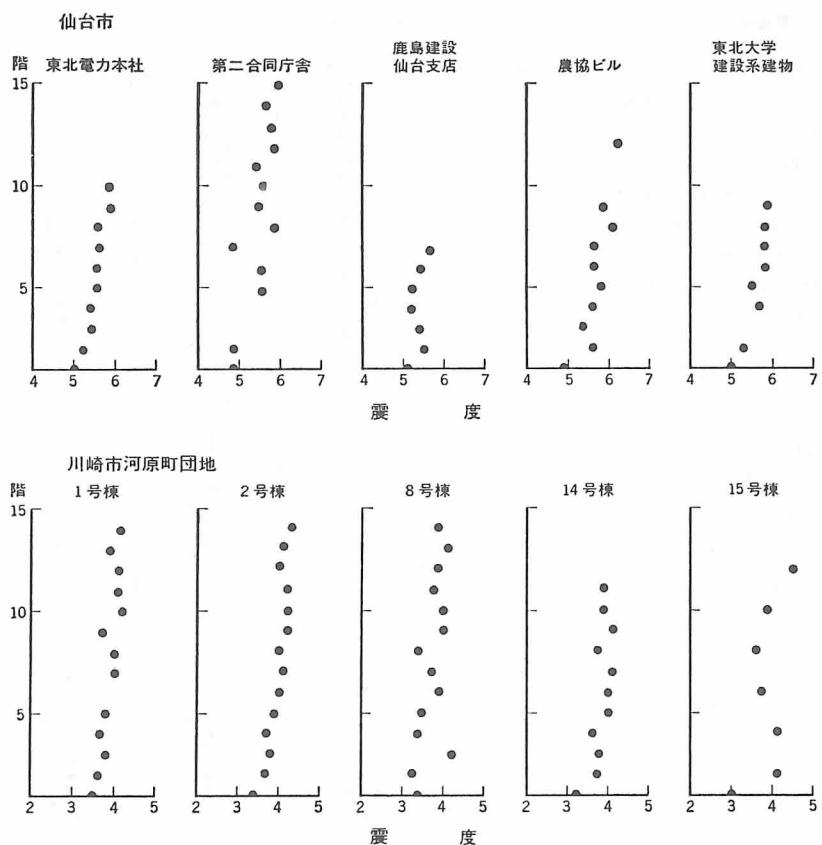


図2 仙台市内の
低・中層ビル
および川崎市
河原町団地の
中層アパート
の各階の震度.

(i), (ii)については太田裕ら⁽³⁾により開発、改良を加えられてきた調査用紙を用いたが、(iii)については独自に新しい調査票を作成した。しかしこの調査票には震度値を算出するための質問項目は準備されておらず、単に運転支障度とか地震時の行動だけが質問項目として取り上げてある。たとえどのような質問項目を準備したとしても、自動車運転者の地震動の感じ方からその場所の震度値を算出することは原理的に不可能であると判断されたので、むしろ(i)で求めた震度分布図から車が走行していた地点の震度値を推定することとした。

震度分布図の作成のためアンケート調査票は東北地方だけでなく、北海道、関東、中部、近畿地方の各県へ広く配布した。総計200市町村の役場へ各20部の調査票を郵送し、回答者の選択などは市町村の担当者の方の手を煩わせた。また、宮城県内の被害地域については現地へ出向き、住民の方々へ調査票を手渡し協力を依頼した。調査票は原則として20部を狭い地区に集中的に配布し、

また男女構成が同率となるよう配慮し、震度値の精度の向上を心掛けた。

地震時にビル内にいた人々の行動を調査するため仙台市内の23カ所のビルが、また比較的震度が低い場所として東京都内と川崎市内のビルが選ばれた。特に東京都内では6カ所の超高層ビルを選び、ビル内にいた人々の地震時の反応を調査するようにした。調査票の配布は管理者の協力を得て各階へ20部ずつの配布をお願いした。

自動車運転者への調査票は関東地方以北の各県のバス、タクシー会社600社に協力を依頼し、各社10部を地震時に車を運転していた方々へ配布していただいた。

今回の調査のため配布したアンケート調査用紙の枚数、回収枚数、回収率は次の通りである。

自治体(200市町村)

および宮城県内分：4,500枚 3,540枚 79%

ビル関係分 : 8,500枚 6,400枚 75%

自動車関係分 : 6,000枚 2,900枚 48%

震度分布

全国 200 市町村に対するアンケート調査から求められた広範囲の震度分布図によると、有感地域は北は北海道中部から西は中部地方に及んでいる。震度が特に大きかった宮城県内の震度分布図を図 1 に示してある。北部の鳴瀬川、迫川流域の市町村で震度は 5 以上で、とくに遠田郡田尻町(5.8)、小牛田町(6.1)、登米郡米山町(5.9)、桃生郡鳴瀬町(6.0)では大きな震度となっている。これらの震度値は市町村別の倒壊率、被害率⁽⁴⁾⁽⁵⁾とよい相関をもっており妥当な値といえる。

ビル各階の震度

仙台、川崎、東京の各都市に建つ低層アパートから超高层ビルまで種々の階層の建物について各階の震度をビルごとに求めた。今回用いたアンケート用紙は、震度を算出するための質問項目が一般家庭にいた人に多く回答できるよう設問されているため、ビル内にいた人々を対象とするにはかならずしも適当なものではなかった。しかし質問項目として建物の揺れ具合、揺れの時間、周囲の物体の動き方などを回答する項目が準備されており、各階ごとにかなり信頼のおける値を得た。その結果の一部を図 2, 3 に示す。

図 2 上段は仙台市のビルの例で、各ビル共 1 階での震度は 5 前後で仙台市の平均値 5.3 とよく一致している。また下段は川崎市河原町団地の中層アパートの例で、この場合も 1 階では川崎市の平均震度 3.2 とよく一致している。両者とも上階ほど震度値は大きくなる傾向がはっきり認められるが、これは建物の 1 次振動モードが励起された結果と推測される。地震発生時刻が夕方でアパートでは買物のため外出していた人も多く、回収枚数が 10 部以下となった階もあり、このような建物では上層階で不自然な震度分布となっているものもある。しかしビルごとにその構造・形状が違っているにもかかわらず、この程度の高さのビルでは上層階ほど震度は大きくなり、最上階の震度は地上より 1 度大きい。

図 3 は東京都内の超高層ビルの例である。複雑な震度分布を示し構造物の振動性状を論ずることは簡単にはできないが、中・高層ビルでみられたような上層階ほど震度が大きくなる傾向はこの場合あてはまらない。建物の各階での振動特性は強震計による最大加速度などの計測によらねばならないが、震度分布との関係もいざれ明らかとなるであろう。

地震時の怖さ・驚き

地震動を感じたとき、誰もが一瞬“地震だ”と感じ身構

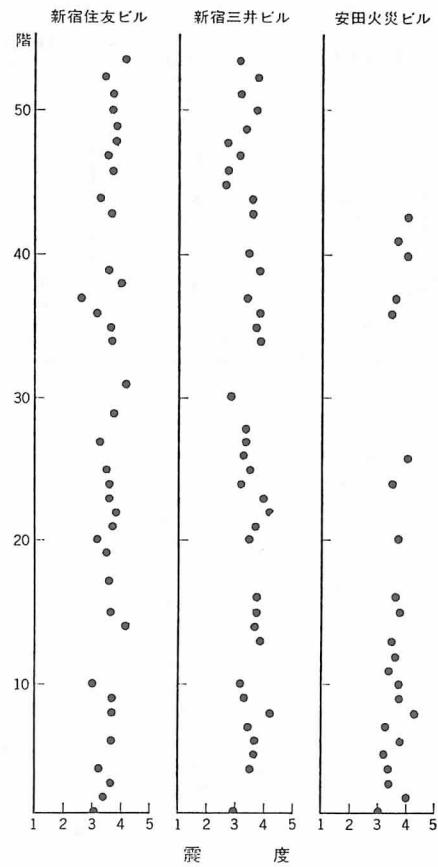


図 3 東京都内の超高層ビルの各階の震度。

える。揺れがしだいに大きくなり周りの物体が音をたてると人は身に危険を感じる。その危機感は地震を感じたとき自分がいる場所とか周囲の条件によっても大いに違ってくるであろう。

アンケート用紙には“地震の時のこわさの程度はいかがでしたか”との質問に対し、(1)何とも思わなかった、(2)少々怖いと思った、(3)かなり怖いと思った、(4)非常に怖いと思った、(5)絶望的になった、の五つの選択肢が準備されていた。この質問に対する回答曲線が図 4 に示してある。図の横軸は気象庁震度を目盛っており、縦軸には各震度値に対する回答選択肢の割合を百分率で示してある。震度値 0.1 ごとの回答選択肢の割合を記号をかけてプロットしスムーズな線で結んである。この図から震度に対して“怖さの程度”がどのように変化しているかがよく読み取れる。

震度 1 ではほぼ 100% の人が“何とも思わなかった”

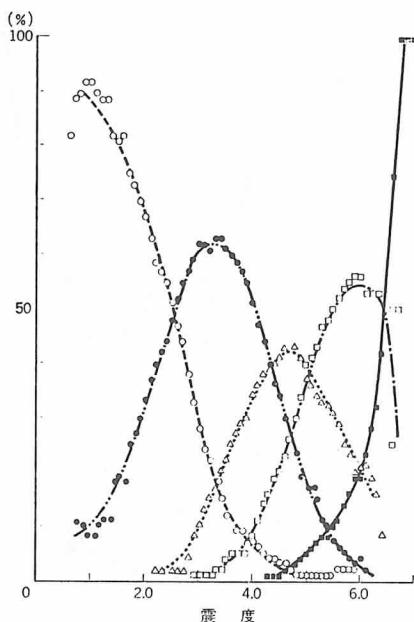


図4 地震時の怖さの程度。宮城県沖地震のもので、ビル外の一般的環境下にいた人々の結果。○: 何とも思わなかった。●: 少々怖いと思った。△: かなり怖いと思った。□: 非常に怖いと思った。■: 絶望的になった。

と回答している。“非常に怖いと思った”と回答した人は震度3あたりから増えはじめ、震度6の手前でピークに達する。また“絶望的になった”と回答した人は震度4.5あたりから徐々に増加し、震度6.5に至っては100%の人々が“絶望的”と答えている。

上に述べた結果は曲線の形も含めて大分県中部地震の際の結果と酷似している。細かく比較すると宮城県沖地震の図4の各曲線のピークの位置が大分県中部地震のそれに比べ約0.2だけ震度の大きい方(右)へずれている。この差は宮城県沖地震の発生時刻が夕方のまだ明るい時間帯であったのに対し、大分県中部地震が真夜中であったことによるものと考えられる。この程度の差しか認められないことから、“怖さの程度”は地震の発生時間帯によって大きく変わらないといえる。

地震のとき、中・高層ビル内にいた人を対象とした結果は図5に示してある。曲線の形は図4と似ているがいくつかの特徴がある。“何とも思わなかった”と回答した人の曲線は震度4以下では図5の方が図4に比べ右へずれ、その割合が50%になる点の震度は図4では2.5、図5では3.0である。このことからいえばビル内にいた人の方がむしろ安心感をもっていたことになる。しかし一方、“非常に怖いと思った”や“絶望的になった”と答えた

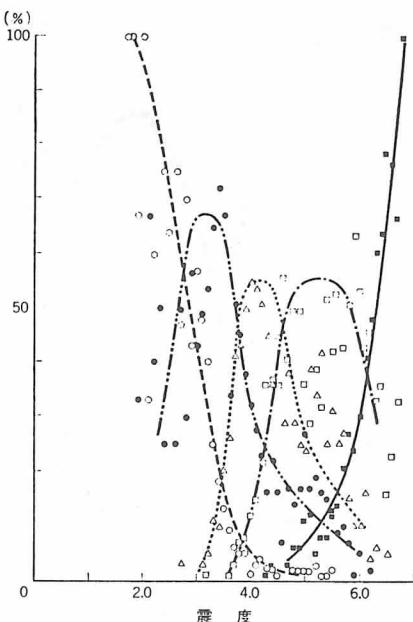


図5 地震時に中・高層ビル内にいた人々の怖さの程度。○: 何とも思わなかった。●: 少々怖いと思った。△: かなり怖いと思った。□: 非常に怖いと思った。■: 絶望的になった。

人の曲線は図5の方が図4に比べ左へずれている。これらのことから解釈すればビル内にいる人々の怖さの程度は、震度4あたりを境として“何ともない状態”から“絶望的な状態”へと急激に変化していくといえる。

地震時の怖さについて上に述べてきたのと同じことが“あなたは地震に気がついたとき驚きましたか”という質問の回答曲線の解析からもはっきりといえる。地震時の怖さ・驚きといったものは、地震に遭遇した場所によって大きく左右される性質をもっている。ビルの中にいる人々は、その閉じた空間に入る瞬間ににおいてある種の潜在的な不安感を抱き、反面、大きな鉄筋コンクリート造りの近代的なビルは“絶対大丈夫”といった安心感を同じ程度にもっている。このような潜在的な不安感と安心感の両者は、震度1~3程度の揺れに対しては安心感として表われ、震度5ともなれば爆発的に不安感が高まっていくであろう。図5はこういった事情を示していると思われる。今回の調査では地下街にいた人々については調べることができなかつたが、ビル内の人々と同じような関係が当てはまるものと考えられる。

地震時の行動

強い地震動を感じたとき、人々は身の安全を考え何ら

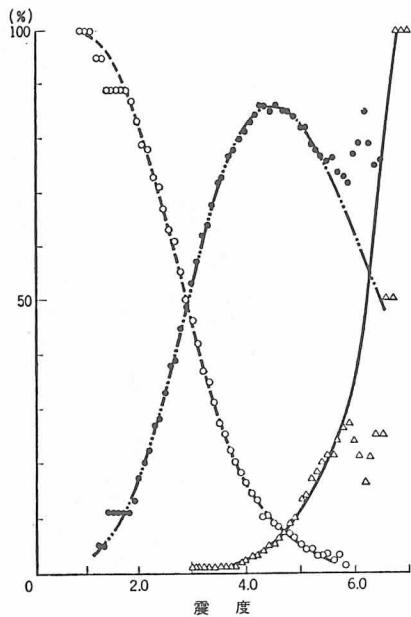


図 6 地震時の行動の意識度. ○: 何もする必要を感じなかった, ●: 意識的に行動した, △: 無意識・本能的に行動した.

かの行動をおこす。この行動は千差万別であり、たとえ同じ場所にいたとしても個人個人で全く異なっている。人々が地震時にどのような動きをしたかを調査したものとして、同じ宮城県沖地震について仙台市内のアパート内にいた人々を対象に行なった大橋・太田⁽¹⁹⁷⁷⁾の調査があり、一人一人の行動経路や動きについて興味ある結果が報告されている。しかし地震防災の面からはその行動がどの程度意識されていたか、あるいは行動をおこすのにどの程度支障があったかなどについて震度との関係で調べておくことはぜひ必要である。ここでは行動一つ一つに注目することを避け、行動をおこすことに対する意識度とその行動を思い通り行ないえたかどうかといった支障度について調査を行なった。

行動の意識度に関する質問に対しては、(1)何もする必要を感じなかった、(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だしていた、(5)全く本能的に行動したのでよく覚えていない、の五つの選択肢が準備されて、た。行動の支障度に関しては、(1)行動に少しも支障を感じなかった、(2)やや支障を感じた、(3)動きづけるのは困難であった、(4)立ってもおれないほどであった、(5)はいくばつてしまった、(6)体をすぐわれて倒れた、の六つの選択肢が準備されていた。解析の都合上、行動の

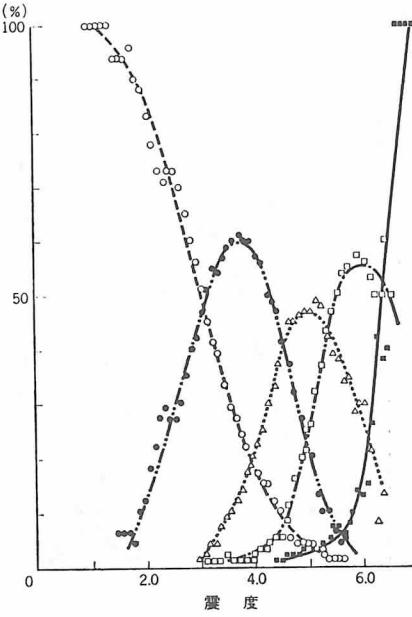


図 7 地震時の行動の支障度. ○: 少しも支障を感じなかつた, ●: やや支障を感じた, △: 動き続けるのは困難だった, □: 立ってもおれないほどであった, ■: 転倒またははいつくばつた.

意識度に関しては選択肢(1)を地震と無関係に行動、(2)と(3)を意識的行動、(4)と(5)を無意識・本能的行動の三つにまとめ、その回答曲線を図6に示す。また支障度に関しては選択肢(5)と(6)をいっしょにし、図7に回答曲線を示す。

震度1~2では大部分の人が“何もする必要を感じなかつた”のは当然であるが、震度3をこえると“意識的”に身の安全を考えて行動をおこす人が50%以上となる。この程度の揺れでは行動にやや支障を感じるぐらいで、人々は落着いて行動することが可能であろう。震度4をこえると意識的に行動をおこしている人が80%をこえるが、支障度は大きくなり“動き続けるのは困難だった”と答える人が口立ち始める。震度5ともなれば強い揺れのため自ら歩行は困難になり、行動することは大きく阻害されるようになる。しかしこの震度でも多くの人々は意識的に行動しているので、室内の安全と思われる場所へ移動したり、使用中の火気を始末することはむろうじで可能であろう。アレクシの講義によると仙台市内建物の中に入っていた人々の多くが物かけに身を寄せたり、火の始末をしたり意識的に行動している。震度5では建物 자체が大きく被害を受けることも少なく、物の下敷になったりすることはまれであるが、室内の物体は激しい音を発し大きく揺れ動き、人々はかなりの危機感を抱く。こ

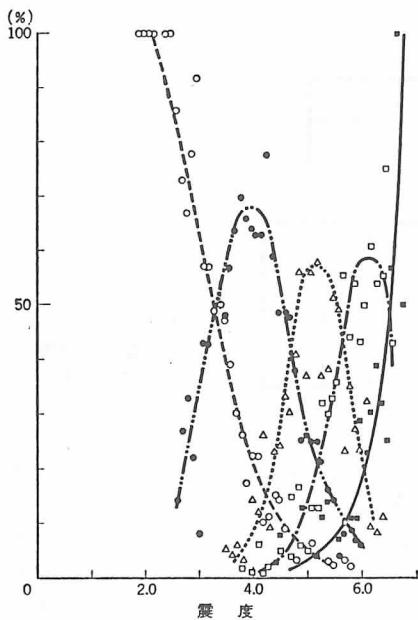


図 8 地震時に中・高層ビル内にいた人々の行動の支障度。○: 少しあらへんを感じなかつた, ●: ややあらへんを感じた, △: 動き続けるのは困難だった, □: 立ってもおれないと感じた, ■: 転倒、またはまづくばつた。

の危機感は震度 6 では現実のものとなってくる。我を忘れて“本能的”に行動する人が急激に増加し、しかもその行動は自由のきかない、激しく揺れる船中の歩行か、赤子のような四つん這いのようなものであろう。震度 6 をこえる地震動の最中に安全な場所へ逃げたり、機械・器具に何らかの操作をすることは絶対不可能で、手近にある物体に身を寄せるだけが精一杯の行動と考えられる。先にも述べたようにこの状態の中で人々は全く無意識に行動しているのであって、実は安全な場所を判断することもそこへゆきつくとも全く不可能なのである。

さてここでビル内にいた人々の行動の支障度についてみてみよう。図 8 は 4 階建て以上の建物の 3 階より上の階にいた人を対象とした回答曲線である。震度 4 より大きいところでの回答の乱れが気にかかるが、全体の傾向は図 7 とそれほど変わらない。ただ“少し支障を感じなかつた”や“やや支障を感じた”と回答した人の曲線は震度の大きい方(右)へ少しずれている。行動の支障度が揺れの大きさばかりでなく、揺れの周期や継続時間などにも影響されることを考え合せ、算出された震度のわりに曲線がずれていると考えられる。いずれにしても震度の増大と共に行動に支障を受けることにはかわりなく、震度 6 をこえるとビル内での行動も地上と同じかそれ以

上に困難となろう。

以上のことから震度 6 の烈震に見舞われたとき、“安全な場所へ避難する”とか“火の始末をする”といった動作は不可能と考えておくべきである。むしろ地震の主要動が過ぎた時点でこれらの動作・行動が始められる。“1分過ぎればもう安心”ではなく、この時点で種々の行動ができぱきと行なえるかどうかが問題である。一般家庭の日常の防災対策として、室内の倒れやすい棚やタンスなどをしっかりと固定しておくことは非常に大切である。安全だと思って身を寄せた家具が次の瞬間倒れ凶器となり、そればかりか倒れた家具類はその内容物と共に地震が過ぎた後の人々の行動の大きな障害物となる。これらによる行動の支障は、地震動による行動阻害よりももっと重大である。大橋ら⁽⁷⁾が地震後仙台市内の公団アパート(2DK)の家庭を調査した結果はこのことを如実に物語っている(図 9)。地震前には家具類は壁面に沿って配置されており、部屋内には自由空間が十分あり各部屋への通路も確保されているが、地震後は家具類の転倒などのため通行可能な空間はいちじるしく狭められ、室内は二つのゾーンに分断されてしまっている。また逃げ道としての玄関先がふさがってしまっていることも見逃すことはできない。われわれは大地震時の人間行動・心理状態の不安定さを強く認識し、大橋らの貴重な研究を基に“地震対策とは、地震防災とは何か”を問いかけていかなければならぬ。

自動車運転者の行動

自動車運転者に対する調査票には質問項目として車の種類、走行速度、路面状況、地震時の運転状態、その後の行動など 19 項目が準備してあった。これらの回答からだけでは震度値を算出することはできないので、回答者の方々には地震に遭遇した地点をくわしく記入してもらい、すでに作成済みの震度分布図によってその地点の震度を推定した。この値は局所的な異常震域を除きそれほど間違っていないであろう。

運転の支障度およびそのときの行動に対する質問と選択肢は次の通りである。

[6] 運転に支障を感じましたか。

1. 全然何ともなかつた 2. やや支障を感じた 3. かなり困難を感じた 4. 運転不能と感じた 5. 事故(道路をはずれる、ぶつかる)をおこした

[7] 地震と感じて後どうしましたか。

1. すぐ停車した 2. スピードをゆるめて走行を続けた 3. そのままの状態で走行を続けた 4. その他
- これらの質問に対する回答結果を図 10, 11 に示す。なお震度 3 以下ではほとんどの運転者が“地震を感じなか

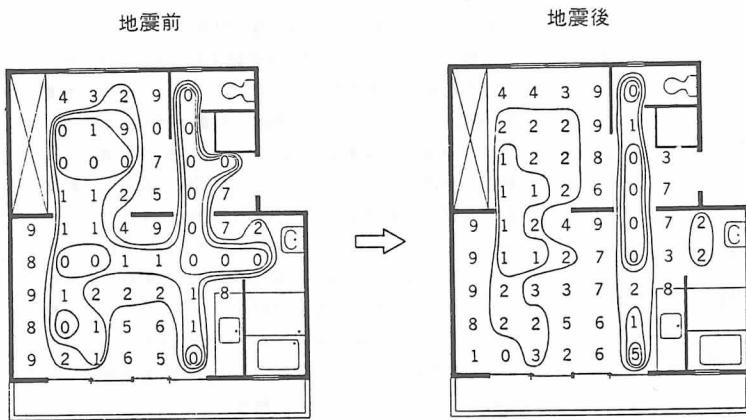


図 9 仙台市内の公団アパート
2DK 家庭内における地震前
家具配置と地震後転倒家具に
よる空間占有割合. 単位: 10%
(大橋・太田による)

った”と答えているので、横軸の震度値は 3 以上を目盛ってある。

運転の支障について“全然何ともなかった”と答えた人は震度 3 では 100% であるが、震度 4 では約 40% に減り、“やや支障を感じた”と答えた人が増加していく。この震度でも“かなり困難を感じた”と答えた人が 15% 程度あり、このあたりが運転に支障が出始める下限と考えられる。震度 5 になると様子は一変し“運転不能であった”と答えた人が 50% を越え、“かなり困難”と答えた人と合わせ全体の 80% の運転者が運転に支障をきたして

いる。地震を感じたときの運転者の対応を示した図 11 も同じ傾向を示している。全然何とも思わなかった人はそのまま走行したであろうし、支障を感じた人はスピードを緩めるか、一時停車するであろう。震度 4 では“すぐ停車した”と答えた人は約 40% であるが、その後急激に増加し震度 5 で 80%，震度 6 では全ての運転者がすぐ停車している。震度 5 ではそのまま走行を続けたり、少しスピードを緩めただけで停まらない人がいるのは問題であるが、車の種類や周りの道路状況によってもこの事情は変わってくるであろう。

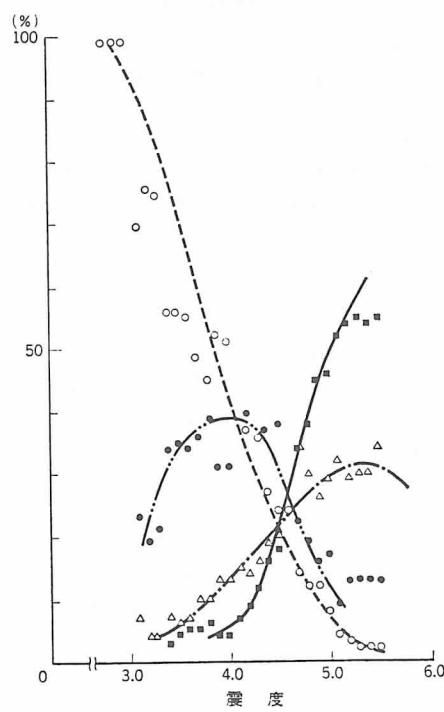


図 10 地震時の自動車運転の支障度. ○: 全然何とも
なかった, ●: やや支障を感じた, △: かなり困難を感じた,
■: 運転不能であった。

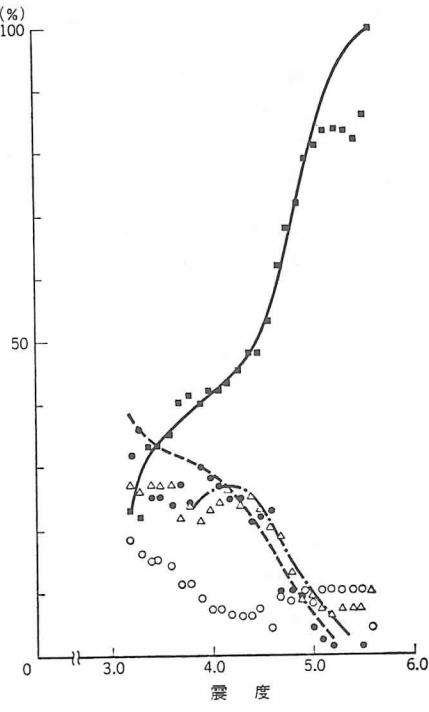


図 11 地震を感じたときの運転者の対応. ●: その
まま走行した, △: スピードを緩めて走行, ■: すぐ停車した,
○: その他。

今回の調査対象として選んだ回答者はバス・タクシーの運転者であって、上に述べたことがそのまま全ての自動車運転者に当てはまるとは思われないが、全体としての状況は悪くこそなれよくなることはないであろう。自動車運転者は常日頃から“地震を感じたらすぐ停車する”ことを心掛けるべきである。

停車した運転者がその後どうしたかを調べた結果は図示していないが、震度5までは“すぐ走行を開始した”人の割合が50%以上であるが、これをこえると“しばらく様子を見て走り始めた”と答えた人の割合が上回る。これは震度5以上の揺れが運転者には非常に危険な状態と感じられたからであって、前の項目の結果ともよく一致している。いずれにしても地震後すぐに車を走らせるることは危険が多く、何らかの情報を得た後に運転を開始すべきである。このため地震直後に車への適切な情報伝達が重要となる。この調査でもみられたように多くの運転者は強い地震に遭遇したとき危険を感じ車を停めるので、この時点での何らかの指示が必要と思われる。震災時の交通マヒといった最悪事態を回避するためにも、一刻も早くこの方面的対策に取り組まねばならない。

人間心理・行動を考慮した震災防止対策 の必要性

地震災害防止を真に有効適切に遂行することの必要性は各方面においてますます強調されてきている。幸いにしてここしばらくの間、わが国は破滅的大災害を伴う大地震に見舞われずに過ごしてきたが、このことは決して全ての建造物、都市の構造そのものが地震に対し十分強くなつたことを意味するものではない。むしろ急速な開発の促進、都市化傾向の加速、可燃物あるいは有毒薬物などの大型貯蔵槽の増加などのため、万一の事態が発生した暁には大惨事が発生する危険性は日本全体にわたって増大している。これに備えて有効な防災対策を準備する努力が続けられている。しかしこの場合、震災

防止対策とはもっぱら工学的耐震工法の達成、これに基づく避難誘導対策の強化、人命救助を適切に行なうための訓練の強化に重点が置かれているようにみえる。これらの対策の全ては実際の大地震時に、対象となる人間は正常な心理状態の下で適正な判断を行ない、整然と行動することを前提としている。しかしながら本論に述べたように、大地震時には人間心理は極めて不安定となり、したがって正常な行動がとれることを期待することは無理である。とすれば避難誘導対策一つをとってもこれらのこと十分理解し、考慮した対策でなければその対策も全く用をなさないか、計画が大きな齟齬をきたすことは明らかである。

この小論において筆者らは大分県中部地震、宮城県沖地震を調査し、地震時の人間の心理状態・行動を実例をもって明らかにした。これらの地震よりももっと大きな地震が必ず来襲するといわれているわが国において、有効な震災防止対策の策定に当っては、単に物理的条件だけを厳密、周到に計画するばかりでなく、大地震時の人間心理とこれに基づく行動予測を考慮した対策でなければ、実際の災害時には決して有効とはなりえないことを強調しておきたい。

おわりに、調査票の配布・回収に御協力いただいた関係機関およびアンケート調査に応じていただいた住民の方々に厚く感謝する。本研究の費用は文部省科学研究所に負うている。

文 献

- (1) 気象庁: 気象庁技術報告, 95, 20 (1978)
- (2) 萩原一郎・三浦俊夫: 科学, 46, 775 (1976)
- (3) 太田裕ほか: 第9回災害科学総合シンポジウム論文集, 241 (1972); 太田裕・後藤典俊: 自然災害資料解釈, 1, 14 (1974)
- (4) 建築研究所: 建築研究所報告, 86, 86 (1979)
- (5) 村井勇ほか: 第15回自然災害科学総合シンポジウム論文集, 315 (1978)
- (6) 大橋ひとみ・太田裕: 同上, 313 (1978)
- (7) 大橋ひとみ・太田裕: 地震学会講演予稿集, No. 1, 151 (1979)

地震に伴う人間行動の実態調査 (1)

—アンケートによる資料の収集と整理—

北海道大学工学部 建築工学科教室 太田 裕・大橋ひとみ

(昭和 54 年 7 月 6 日受理)

Field Survey on Human Response during and after
a Large Earthquake. Part I

—Collection of Data by Questionnaire Method
and its Tentative Analysis—

Yutaka OHTA and Hitomi ŌHASHI

Faculty of Engineering, Hokkaido University

(Received July 6, 1979)

Basic Knowledge on human behaviors under the circumstances of a large earthquake is of great importance to find out a better way of mitigating earthquake disasters, especially such serious calamity as loss of human lives and injuries.

For this purpose, by means of questionnaire and interview, a field survey was performed when the 1978 Izu-Oshima-Kinkai Earthquake attacked and then continued to a detailed one at the 1978 Miyagi-ken-oki Earthquake.

In this paper, using the data by the questionnaire survey, the relation between frequency in occurrence of various responses and the seismic intensity is investigated so as to disclose an average or general feature of human response during and after a large earthquake.

A major result obtained is a remarkable correlation of human responses to seismic intensities; when I_{JMA} increases from III to VI, (i) Psychological responses such as fearfulness become severer and passive or unautonomic behaviors increase in number, (ii) Behaviors immediately after the end of a quake become active in order to cope with damage and to prepare against aftershocks, and (iii) Undesirable effects on daily life tend to be greater and last longer.

1. はじめに

地震時の人間の心理的反応・行動に関する調査は、古くは関東地震 (1923) におけるものを始めとして最近までに数多くあるが、この種の調査研究が積極的に行われるようになつたのはおそらく新潟地震 (1964) 以降であろう。新潟地震の直後に新潟大学心理学研究室・新潟県警本部および警視庁警備心理学研究会の 3 者共同によつて行われた“地震発生時における人間行動の心理学的研究”はこの種の調査の一つの規範となるものであつた。その後、警視庁並びに

昭和 54 年 5 月 4 日発表

都庁を始めとする各行政体による調査が継続され、以後の中程度以上の地震についてはほとんど例外なく実施されている。これについての詳しい文献リストが武藤重（1976）によつて作成されている。また、これに関連する成書（安倍（1974））も刊行されている。

しかし、これらの調査は個々の地震ごとの人間行動を単に統計的に整理しているものが多く、より客観的な記載、たとえば人間の行動を地震動の強さ（震度）との関連においてみるという視点が欠け、あるいは充分でなく、単に調査の結果報告の域を出ていない。このため調査そのものは多いものの将来の地震に対する災害対策のための基礎資料としての有効適切な利用は難しい。そもそも「震度」の定義からもわかるように、人間の行動が地震の強さに応じて変つてくるのは当然であり、この観点に立つ整理が望まれる。さらに行動の原理——何故そのような行動をとつたか——について深く立ち入った考察が欲しいところである。

ところで地震防災あるいは広い意味での地震工学の目的は、地震に対して人間の生命・財産を守り、社会的諸システムの機能を保全することにあり、最悪の場合にも人間の生命だけは守る責を負っている。しかし、これまでの地震工学はどちらかといえば建築物や土木構造物をいかに耐震的に作るか、すなわち“もの”が地震時に壊れないように創意工夫するところに主な関心を寄せてきた。もし、これが充分に達成されるならば、それなりに問題はない。しかし、決して壊れないように“もの”をつくることは現段階では技術的に不可能であるばかりでなく経済的にも成り立たない。現に、毎年のように報告される地震被害を踏まえ、まだ現実化していない大都市における地震災害の惨状を憂うならば、建築や都市など、人間をとりまく環境の耐震性を狭い意味の工学にのみ委ねるのではなく、保護されるべき人間の側から評価し、条件を設定し改善を心がけていくことが非常に大切となる。すなわち耐震における諸問題はハード（構造物耐震化）における重要性はもとよりあるが、今後はよりソフト（人間の地震に対する強さ・おかけた環境との相互作用）な観点からの見直しが一層重視されるべきであろう。地震時の人間行動調査はこのソフトな意味での耐震・地震防災を考える研究の一環として位置付けられる。

ところで筆者らは、数年来アンケートによる震度調査からマイクロ・ゾーニング・マップを作る研究を進めてきたが〔太田・後藤（1974）、太田・後藤・大橋（1979）〕、この調査票には、地震時の人間心理・行動に関する質問がいくつか含まれており、震度調査の副産物としていくつかの資料を得ることができた。すなわち回収した調査票を震度と人間行動という観点から整理した結果、震度が増すにつれて、意識的行動から無意識的・本能的行動へ、消火可能から消火不能へ、自動車運転に支障なしから運転不能へと、行動が変化することがわかつてきた〔太田（1975）〕。表・他（1976）も、同じアンケート票による調査を大分県中部地震の際に実施し、

人間心理・行動への影響が震度 V~VI でとくに顕著になると指摘している。

これらの研究成果をいわば予備知識とし、さらに進んで (i) 地震時人間行動の実態把握、(ii) 行動規定要因の抽出・解明、そして (iii) 防災対策への利用へと順次進めることを意図した研究が開始された。筆者らは伊豆大島近海地震 ($M=7.0$, 1978.1.14, 12h24m) の発生に際して、人間行動に関する立ち入った現地調査を試行した。この調査では、面接によつて地震時の行動をききとるとともに、従来の震度調査票から震度を算出して両者を対応付けるという方法をとつた。この調査の整理を進めるさなかに宮城県沖地震 ($M=7.4$, 1978.6.12, 17h14m) が発生し、アンケート及び面接による本格的な調査が開始された。この報告では、宮城県沖地震を中心に調査の方法と結果を、主にアンケート資料にもとづいて述べる。

2. 宮城県沖地震におけるアンケート調査

2.1 人間行動調査票の作成

地震の発生とともに始まる、地震の人間への影響の現われ方・程度は直接には地震強さ（震度）によることは勿論であるが、また地震発生を起点とする時間経過に伴つて著しく変化することが予想される。地震発生から主震動が終了するまでの数十秒間は、激しいゆれ自体が物理的に異常な状況をつくる上に、個々の人間はそのとき居あわせた環境下で完全な孤立状態におかれる。ついで地震直後の数分間に家族・隣人・地区といった拡りをもつ接触へと状況が変化し——ときに出火・避難問題が顕在化し——、その後の生活への影響と事態は推移していく。地震の影響がときには直接の被災地域という枠を越え、広域におよぶ場合もなしとはしない。しかし、これには相当の時間がかかる。地震に伴う人間行動の調査はこのような時間変化をも加味した形で実施されることが望ましい。これは堀内・他 (1975) の考え方もある。

以上のような観点から新しい調査票は従来の震度調査票（第1部）に、時系列的に変化する人間行動を把握するための質問 18 項目を第2部として新たに加える形で作成された。時間帯は地震の「最中」（主震動継続時間—1 分間）、地震の「直後」（主震動終了後の 10 分間）、および「その後」（地震後 1~2 週間）の 3 段階に大別されている。個々の質問内容については後述する。

2.2 配布・回収

調査票の配布は、気象庁が震度 V と速報した地域、すなわち仙台・石巻・大船渡・福島・新庄の 5 市を対象として (Fig. 1)、またそれぞれの地域では気象台（測候所）所在地をとり囲む形で行つた。震度 V の地域に限定したのは、今までの調査から人間行動への影響がこれ以上の震度で顕著に現われるることが判り、さらに詳細な調査が必要とされたためである。ま

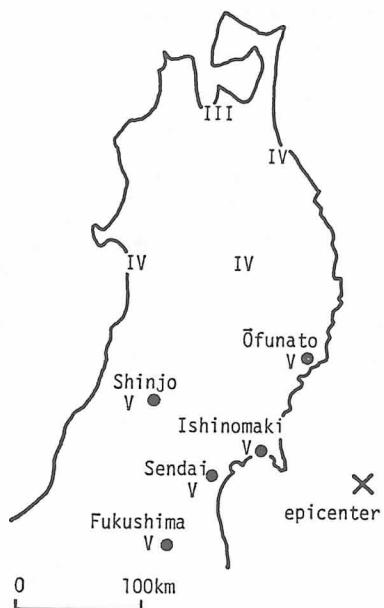


Fig. 1. Surveyed cities by questionnaire method and their seismic intensities reported by Japan Meteorological Agency at Miyagi-oki Earthquake.

た気象官署所在地を含めたのは速報された震度の確認の意味もあった。配布・回収は中学校生徒を経て父母に回答をお願いした。調査期間は6月22日から約1か月で総計3586枚(回収率83%)をえている(Table 1)。

2.3 調査地の震度・直前の状況・属性など

アンケートに対する回答のうち、第1部から求めた震度の全体および各市における頻度分布はFig. 2 のようになる。これによれば仙台・石巻・大船渡・福島の4市については平均震度をVとみてさしつかえない。しかし、新庄では他の4市に比べて明らかに震度が小さい。後に判明した各市の被害状況をみても新庄では家屋・人的被害共にほとんどないこと(Table 2)から、新庄の平均震度としてはIVを採用すべきであろう。残りの4市についても震度は微妙に違っており仙台・石巻をV⁺、福島・大船渡をV⁻のように細分してみることも可能である。なお、アンケートによる算出震度については太田・他(1979)を参照されたい。

Table 1. Distribution and collection of questionnaire sheets.

Surveyed city	Distributed	Collected (%)
Sendai	1550	1360(89)
Ishinomaki	700	610(87)
Ōfunato	550	434(78)
Fukushima	1000	708(71)
Shinjo	500	474(95)
All	300	3586(83)

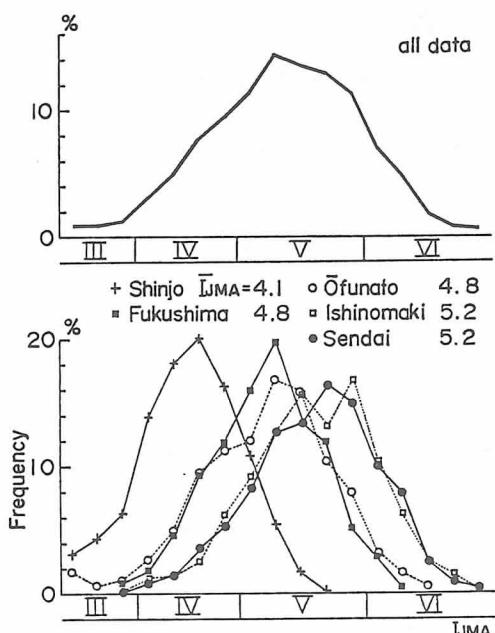


Fig. 2. Seismic intensity histograms at each surveyed city and that for the whole data.

Table 2. Comparison of seismic intensity by questionnaire method and degree of damage in each surveyed city.*

Surveyed city	I_{JMA}	Damage					
		Human beings			Houses		
		Dead	Seriously injured	Slightly injured	Totally collapsed	Seriously damaged	Partially damaged
Sendai	5.2	13	300	9000	700	3400	74000
Ishinomaki	5.2	0	4	7	18	200	481
Ofunato	4.8	0	0	2	0	0	53
Fukushima	4.8	0	2	6	5	2	0
Yamagata prefecture	4.1	0	0	1	1	0	1

* Reported by Miyagi, Iwate, Fukushima and Yamagata prefectoral governments.

Fig. 3 に回答者の属性、直前の状況を示す。回答者に 30 代、40 代の年令層が多いのは、配布の方法によるところが大きい。また、地震時に家にいた人を中心ご回答を求めているところから女性が多い。地震発生が夕方（17 時 14 分）であるため、火気使用率が 30% と高いことが今回の調査の一つの特徴となつている。

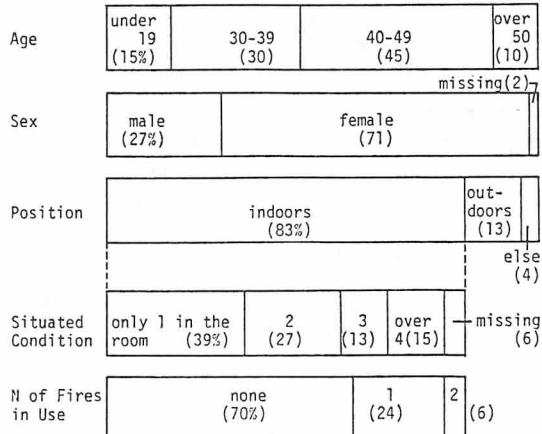


Fig. 3. Respondent characteristics such as age, sex, position (just prior to the main shock) and so on.

3. 結 果

地震時の人間行動は一般には地震動という刺激が人間という有機体としての系に作用したときの応答として理解される。人間系とそれ以外の一般機械系との著しい違いは、後者が系を指定した場合同一入力（刺激）——同一出力（応答）の関係が期待できるのに対して、人間の場合、有機体特有の媒介過程（知覚→脳↔思考・人格→意志決定など）を経て実際の行動が行われることにある〔例えば馬場・他（1978）〕。このため、同一入力に対する反応は個体差（環境、生得、履歴、生理的諸因子）に応じて複雑に変化するものと思われる。しかし、これら複雑な要因を全て考慮することは不可能であるし、また第一段整理としては得策でもない。まずは数少ない要因で人間行動をどこまで説明できるかを検討すべきであろう。そこで、ここでは予備的研究の結果にもとづき刺激（地震動）の強さに注目しこれを震度ではかる一方、出力として

は種々の人間行動の出現頻度を評価し、これを個体差を越えた、いわば平均的人間の応答とみなして両者の関係を検討することから始めてみた。

3.1 最中の行動

最中の行動に関する質問の多くは地震時に建物の中にいた人を想定して作成されている。まず、第1部（従来の震度調査票）の中に関連質問として次の6つがある。

・あなたは、地震のゆれている時間をどのように感じましたか。

1. 非常に短かつた 2. 短かつた 3. どちらともいえない 4. 長かつた 5. 非常に長かつた
6. いつ終るとも知れなかつた

・あなたは地震に気がついたとき驚きましたか。

1. 全然驚かなかつた 2. 少々驚いた 3. かなり驚いた 4. 非常に驚いた 5. このうえなく驚いた

・それでは、こわさの程度はいかがでしたか。

1. なんとも思わなかつた 2. 少々こわいと思つた 3. かなりこわいと思つた 4. 非常にこわいと思つた 5. 絶望的になつた

・あなたはそのときどのような行動に出ましたか。

1. なにもする必要を感じなかつた 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

・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. 使用していなかつた 2. 使つていたが消す必要を感じなかつた 3. 危険だと思つたので消した
4. 無意識のうちに消していた 5. とても余裕がなかつた

・地震のとき動いていた方にうかがいます。

1. 行動に少しも支障を感じなかつた 2. やや支障を感じた 3. 動き続けるのは困難であつた 4. 立つてもおれない程であつた 5. はいつくばつてしまつた 6. 体をすぐられて倒れた

また、最中の行動に関して第2部に新しく設けた質問は次の通りである。

・地震でゆれている間、あなたは何をしましたか。右の項目のうちあなたがしたと思うものすべてに○をつけて下さい。

1. ガスコンロ、レンジの火を消す 2. 湯沸器の火を消す 3. 風呂釜の火を消す 4. ガスボンベの元栓をしめる 5. 電気器具のスイッチを切る 6. 他の出火危険物の始末 7. 立ち上がる 8. 何か（家具、柱…）につかまる 9. 家具の下や物かけにかくれる 10. 押入れの中に入る 11. すわりこむ 12. ぶつかる 13. 倒れる、ころげ落ちる 14. 倒れたものの下じきになる 15. 頭に何かかかる（座布団、ぼうし…） 16. はきものをはく（スリッパ、くつ…） 17. 衣類、食料品などを持つ 18. 貴重品、現金を取り出す 19. 間仕切の戸を開ける 20. 外へ通じる戸を開ける 21. 窓を開ける 22. 部屋から部屋への移動 23. 階段をのぼる 24. 階段をおおりる 25. 通常の出入口から外へ 26. 非常口や窓から外へ 27. 家（建物）の中に入る 28. 家族、他の人を呼ぶ 29. 逃げろとか火を消せとかさけぶ 30. 子供のめんどうをみる、安全をはかる 31. 老人・病人のめんどうをみる、安全をはかる 32. 人にすがりつく、抱きあう 33. 人に物を手渡す 34. 家具・棚・建具などをおさえる 35. 落下物をかたずける 36. 倒れた家具を元に戻す 37. その他

そこでこれら質問に対する回答をもとに建物の中にいた人の各行為別の出現頻度を震度との関係で整理した。Fig. 4 は驚きや恐さ等の純粹に心理的な反応を示し、Fig. 5 は上記の 37 項

目の行為のうち、「倒れる」「けがをする」など、本人の意志とは無関係に起こりうる、いわば受身の行動をまとめたものである。なお、横軸は震度調査票からえられた有効数字2桁の震度を0.2ごとにまとめかつ気象庁震度に対応させて表示したものである。両者とも、一見して震度が強くなるにつれて、出現頻度が増す傾向にあることがわかる。心理的反応についてみると、いずれもほぼ震度IVの地震強さで反応が出始め（心理学でいう閾域下限）、震度とともに急激に増し、震度V～VIの境界値あたりで出現頻度は50%に達し、やがて100%に近づいており、出現頻度をみる限り震度との相関が非常に著しいことがわかる。なお、「驚き」が「恐さ」にいつも先行して現われる現象は既に報告してある事実である（太田・後藤（1975））。

次に、受動的な行動は心理的反応に比べて若干対応がよくないように見える。しかし、傾向そのものは非常によく似ている。閾域下限は行為種別毎に多少異つており、IV（けが）V（ぶつかる、たおれる、したじき）とみてよかろう。この震度一頻度曲線の立ち上がり点・勾配、たとえば50%の人が反応する震度（閾値）などは行動を定量的に扱う場合の重要なパラメーターとなるであろう。

一方、本人の意志にもとづいて行われる能動的な行動——質問の中には消火にかかる行為1～6）、自己の安全をはかる積極行為（7, 9, 10, 15, 19, 20, 21, 25, 26, 32, 34）、家族への配慮行為（28, 29, 30, 31）、跡始末的行為（35, 36）、その他があるが——と震度の関係は受身的な行動のそれとは違つて相当に複雑である。これらのいくつかについては i) 震度と共に

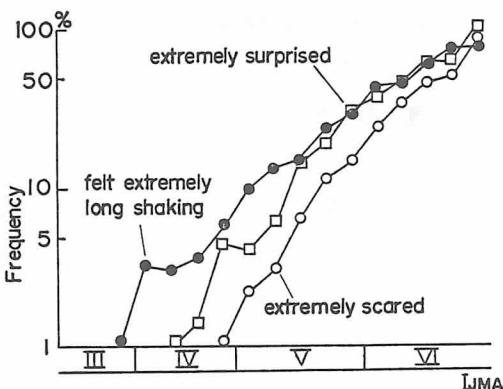


Fig. 4. Relation of various psychological responses to seismic intensity (indoors).

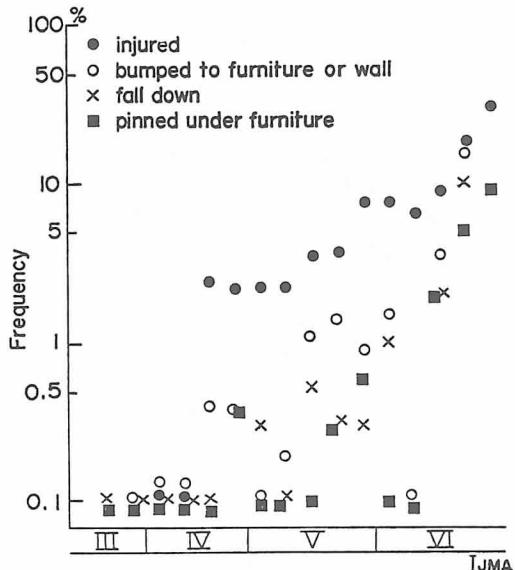


Fig. 5. Relation to seismic intensity of passive or unautonomic behaviors during shakings (indoors).

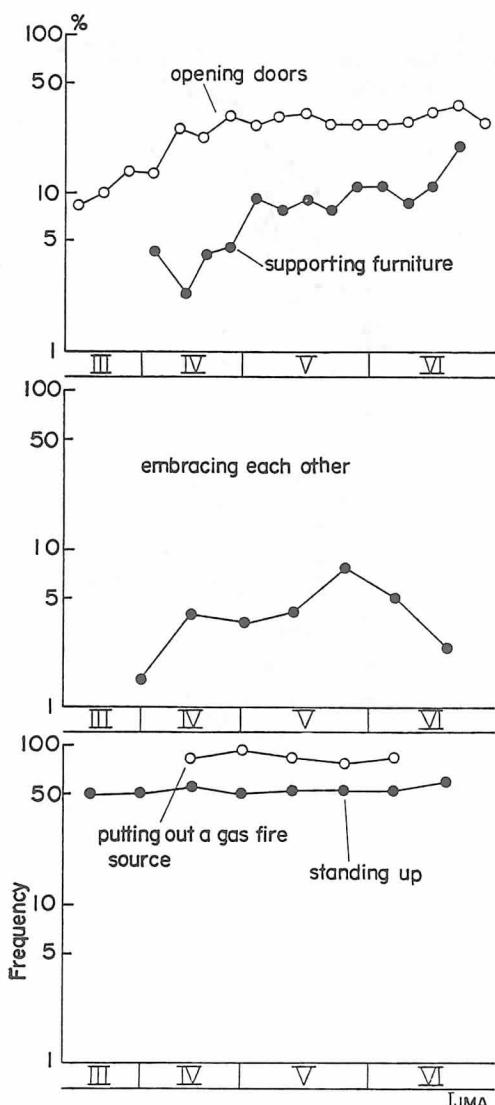


Fig. 6. Relation to seismic intensity of positive and conscious behaviors during skakings (indoors).

Fig. 6 の「だきあう」は部屋に他の人がいた場合、「火を消す」は火を使用中で、かつ他に誰もいなかつた場合、「立つ」はずわつていた場合をとつている。このうち Figs. 5, 6 においては出現頻度がかなり低いものがある。これについては若干の説明が必要である。さきにあげた質問の 37 個の選択肢は、地震の最中に単一の行為のみを行うとは考えられないことから重複回答を許しており、一般には複数の回答をえている（平均 2.5 個）。また、これらの選択肢の中に

に増す、ii) 一度増加、のち減少、iii) 震度によらず一定の 3 つのパターンに大別できる (Fig. 6)。行為種別によって何故このようなパターンに分かれるかについては充分な解釈を持つには至っていない。定性的には、能動的行動の実現には少くとも 2 つの要因（行動必要性、行動の難易——いずれも地震強さの関数）が関与しこれらの相乗作用で行動のパターンが決まるとも考えられる。しかし、ここであげた項目以外については震度との間に明瞭な関係を示さず、ばらつきの大きい分布となるものも少くない。このことは、これらの行動が震度（地震強さ）という一変量では説明しきれない要素を内在させていることを暗示している。最中の行動の中でもとくに他の人やものに積極的にはたらきかけるという種類の行為は、地震強さのほかにそのときおかれたり状況——周辺諸環境の仔細に強く依存するであろう。ところで、Figs. 4~6 の縦軸の頻度は当該質問事項（アイテム・カテゴリー）への回答結果であるが、Figs. 4, 5 および Fig. 6 の「戸を開ける」「家具をおさえる」については建物の中にいた回答者総数を分母としてとり、

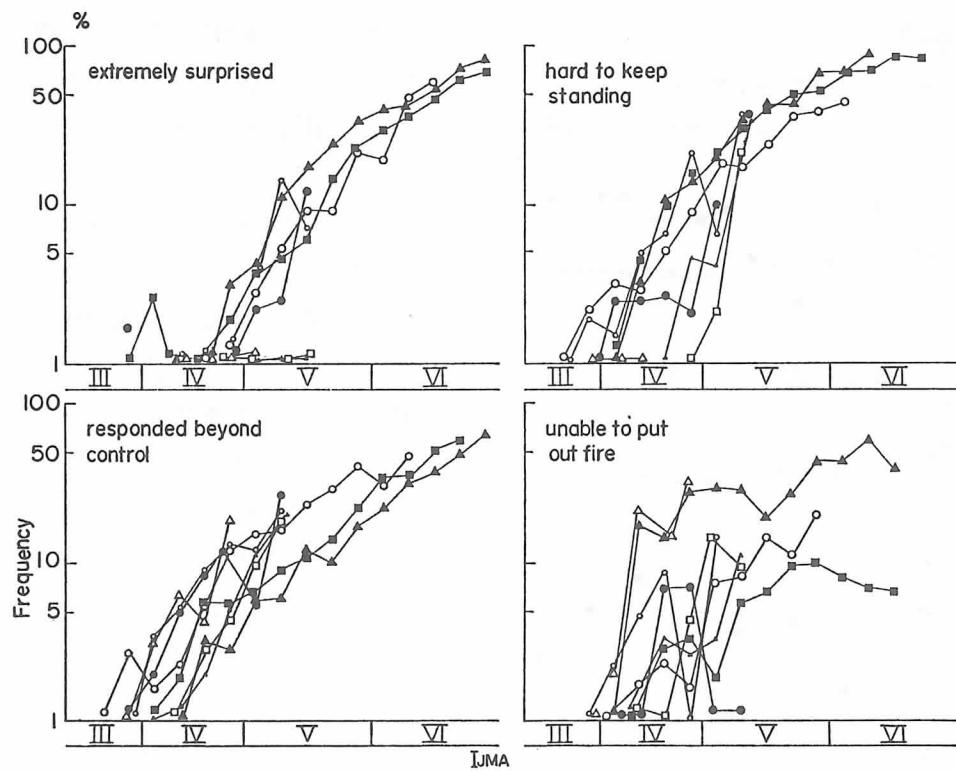


Fig. 7. Comparison in different earthquakes of various human responses during shakings.

- △ Yamanashi-ken-tobu Eq. (1972)
- Hachijo-jima-oki Eq. (1972)
- ▲ Hachijo-jima-toho-oki Eq. (1972)
- Nemuro-hanto-oki Eq. (1973)
- aftershock (a) of Nemuro-hanto-oki Eq. (1973)
- aftershock (b) of Nemuro-hanto-oki Eq. (1973)
- ▲ Oita-ken-chubu Eq. (1975)
- Miyagi-ken-oki Eq. (1978)

は恐らく連鎖的に行われるであろう行為（ぶつかる→倒れる→すわりこむ；立ち上がる→移動→外へ、など）もあれば短時間には両立し難い行為（下じきになる→戸外へ、身仕度；戸外へ→中へ、など）もあり、両者が混在している。Figs. 5, 6 は、いわばこれらの複雑な事情を無視してそれぞれの行為毎に集計しており、このためにみかけ上低い出現頻度を与えていた。

さて、これらの最中の行動と震度の関係は、地震発生の時間・地域の如何にかかわらず成立する一般関係とみてよいものなのであろうか。この疑問に答えるために、以前に行つた震度調査から山梨県東部地震（1972.1.27, 23h41m, $M=4.8$ ），八丈島沖地震（1972.2.29, 18h23m, $M=7.2$ ），八丈島東方沖地震（1972.12.4, 19h16m, $M=7.3$ ），根室半島沖地震（1973.6.17, 12h55m, $M=7.4$ ），同余震（a）（1973.6.17, 22h33m, $M=5.7$ ），同余震（b）（1973.6.24,

11h43m, $M=7.1$), 大分県中部地震 (1975.4.21, 2h35m, $M=6.4$) [表・他 (1976)] の結果を今回のもの (第1部) と比較した。結果を Fig. 7 に示す。いずれも全有効回答に対する比率である。「驚き」、「本能的行動」、「動きの困難度」などについては、地震ごと、したがつて場所による違いは小さく震度との関係は安定しているようにみえる。「消火不能」において地震による差が大きいが、これは能動的あるいは積極的行動の最たるものである消火活動が、おされた環境条件を強く反映したためであろう。たとえば、大分県中部地震の起つた深夜2時に火気を使つているのは非常に特殊なケースであるのに対し、宮城県沖地震 (夕方5時) の場合は使用中火気のほとんどが炊事用のガスコンロなどであり、かつ多くの主婦がそばにいたことでもあつて同じ震度であつても、消火はより易しかつたと考えられる。

3.2 直後の行動

地震直後の行動としては危険回避・情報察知・現状回復にかかわる行動を中心に 14 の行為を掲げ多項目選択とした。これは次の形で質問されている。

- ゆれが収まつてから地震の直後 10 分くらいのあいだに、あなたは何をしましたか。次の項目のうちあてはまると思うものすべてに○をつけて下さい。

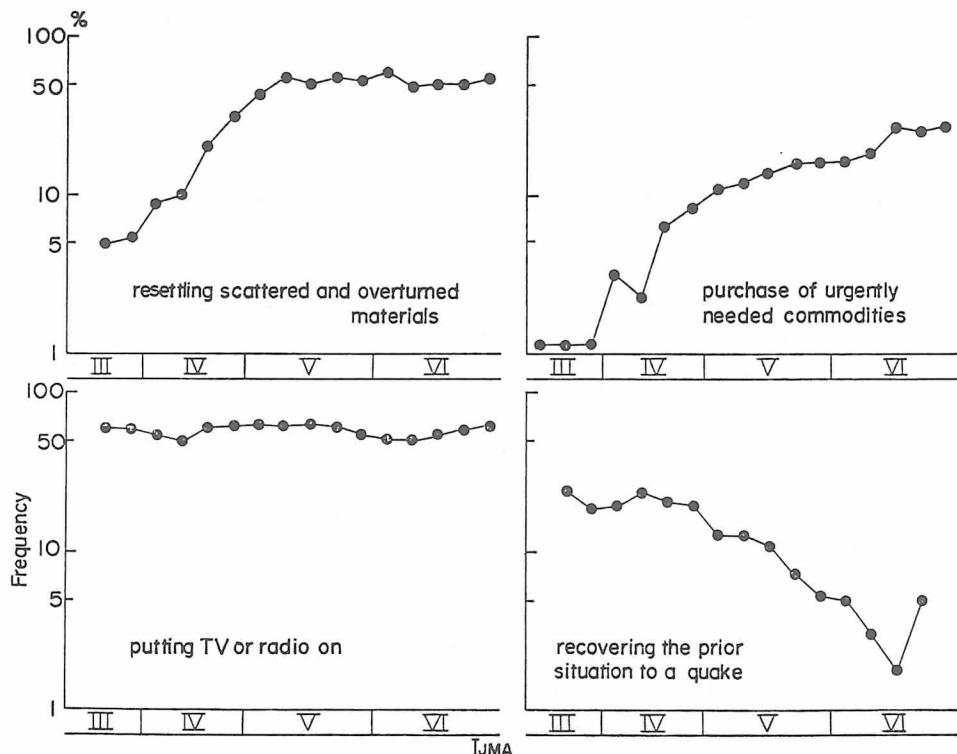


Fig. 8. Relation to seismic intensity of behaviors immediately after the shakings ceased.

1. 家の外に出る 2. 家の中に入る 3. 家のそばで様子を見る 4. 別の場所へ避難する 5. 火の始末 6. 家族を捜す 7. 電話をかける 8. 近所の人と寄り集まる 9. テレビ・ラジオをつける 10. 食料・緊急に必要なものの買い出し 11. 貴重品・荷物をまとめる 12. あとかたづけ 13. 地震が起こる前の状態にもどる 14. その他

建物の中にいた人について行為別の頻度と震度の関係を最中の行動におけると同様に検討した結果、(i) 震度と共に増す、(ii) 震度によらず一定、(iii) 震度が強くなるにつれて減少するの3つのパターンに分類された。そのいくつかを Fig. 8 に示しておく。(i) の傾向がはっきりしているのは、あとかたづけ、食料等の買い出しのほか、貴重品・荷物のまとめ、電話、火の始末などである。(ii) の傾向を示すものに、テレビ・ラジオをつける、のほか外へ出る、中に入る、様子を見る、等があり、(iii) は元の状態へ戻る、の1つだけである。なお、これらの図の出現頻度についてはさきに述べたのと同様な事情を含むことを注意しておく。それにもかかわらずテレビ・ラジオをつける人が震度によらず 50% を超えることは、情報収集の面でのマスコミに対する依存度の高さを示すものであろう。地震直後の行動は総体として、震度が強い程、現状回復のための活動、情報収集活動、危険回避行動等がより活発に行われる理解できる。

3.3 その後の生活

その後の生活への支障をあらわす指標としては、さまざまなものが考えられるが、今回の調査では次に示したように地震当日の食・住生活、健康状態、仕事への支障等に着目した。質問は以下のとおりである。

- その日は何を食べましたか。
 1. 食事が終つたあとだつた 2. ふつうに食べた 3. ありあわせのものを食べた 4. 何も食べなかつた 5. 覚えていない
- その日の夜はどこにいましたか。
 1. ふだんの寝室 2. ふだんとは違う部屋 3. 庭先の位置・テント・車の中 4. 庭先(外) 5. 避難場所(屋内) 6. 避難場所(外) 7. 避難場所(テント、車の中) 8. その他
- どのようにすごしましたか。
 1. ふだんと同じに眠つた 2. よく眠れなかつた 3. 全く眠らなかつた 4. 勤務中だつた

• 地震のために病気になつたり、体の不調を感じることはありましたか。次の中にあてはまるものがあれば、いくつでも○をつけて下さい。

 1. すいみん不足 2. 疲労 3. 風邪 4. 腰痛 5. その他

• 治るのに何日くらいかかりそうですか。

 1. 2~3 日 2. 1週間くらい 3. 10 日以上 4. わからない

• 地震のために仕事や学校を休むことはありましたか。

 1. かえつて忙しくなつた 2. 休まなかつた 3. 休んだ 4. 仕事を持つていず学生でもない

• 何故休んだのですか。1つえらんで下さい。

 1. あとかたづけのため 2. 交通機関が止まつた 3. 勤め先が休業になつた 4. その他

• 何日間くらい休みましたか

 1. 2~3 日 2. 1週間くらい 3. 10 日以上

これらの質問に対する回答をもとに震度との関係をみる一方、伊豆大島近海地震における面接調査と共通する項目についてはこれと比較した (Fig. 9)。いずれも震度とともに異常状態が増大し、かつ長期化する傾向が顕著にみられる。夕食のとり方・睡眠の程度・避難・就業状況などいずれについても影響下限（閾値）があり、前者2つは III 以下で後者は IV～V の震度にあるように見える。地震による違いは一般に小さく、ここでも震度という特性量が地震時の人間行動を説明する重要な因子となっていることがわかる。なかでも地震当日の夜の過ごし方、仕事については発生地域も時間も異なる2つの地震の結果にかなり良い一致がみられる。

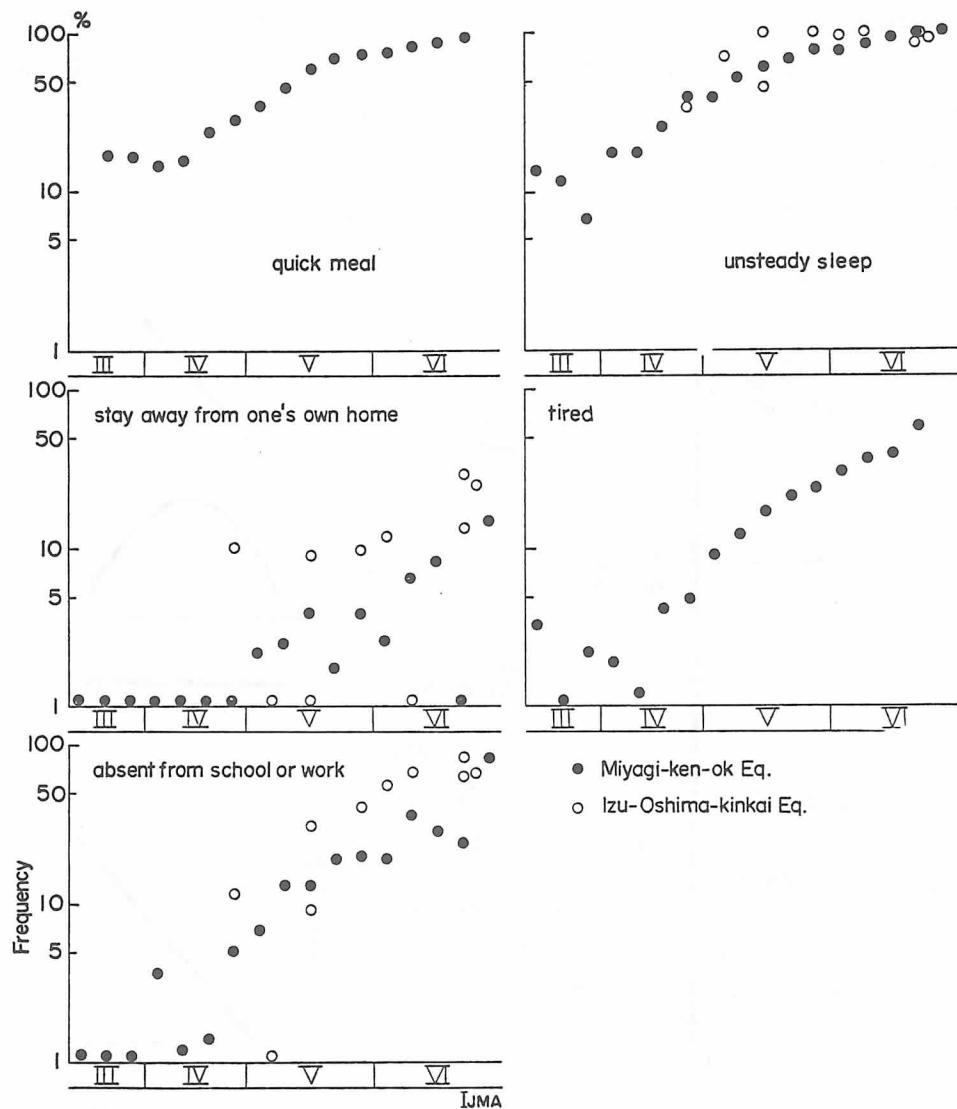


Fig. 9. Relation to seismic intensity of undesirable effects on daily life after an earthquake.

地震当日の宿泊場所についてばらつきが大きいが、これは震度以外の要因として自然環境（津波やがけ崩れの危険）が避難行動に影響したためかもしれない。伊豆の場合、これが大きいが、調査地（伊東市、東伊豆町、河津町）の多くは急崖を背にまた海岸沿いに発達した集落となつている。

4. おわりに

地震に伴う人間行動を地震発生からの時間経過にしたがつてゆれている最中の行動、地震直後の行動およびその後の生活への影響に大別し、従来の震度調査票に新しい質問項目を加えたアンケート票によつて調査・整理を進めた。この手始めとして個々の人間の行動の詳細に立ち入るよりは、まずその平均像に着目するという立場にたち、震度の強さと種々の行動の出現頻度の関係について考察するという観点から資料の整理を行つた。その結果、震度という地震動の強さをあらわす特性値によつて、多くの行動を相当程度まで説明できることが明らか

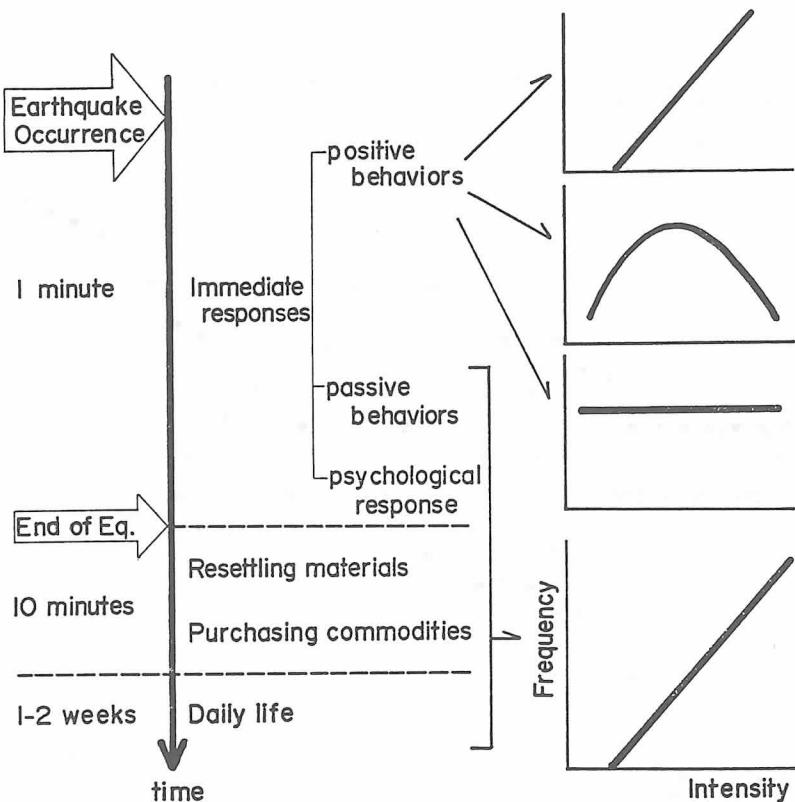


Fig. 10. Schematic representation on changes of human responses in relation to elapsed times since earthquake occurrence and to seismic intensities.

になつた。今までの成果を概念的にまとめると Fig. 10 が得られる。ここにそれぞれのグラフの横軸は震度、縦軸は行動出現頻度を表現している。この図面による総括を、この報告の結論の 1 つとしたい。なお、これは震度 III~VI の範囲の資料にもとづく結果である。最中の行動のうち、心理的反応・受身的行動は震度と共に頻度を増し、この傾向は根室半島沖地震、大分県中部地震など地震にかかわらず共通に認められる現象であり一般性が高いものとみてよいであろう。直後の行動についても、その多くは震度と共に活発化していた。一方、地震後の生活に関する項目は、いずれも震度が強いほど生活への支障が増し、また影響がながびいている。これを伊豆大島近海地震と比較した結果、両者はかなり良く一致した。

この報告では地震時の人間行動の平均像を把握することを中心に整理結果を示したが、個々の行動に深く立ち入った考察とか環境要因に着目した調査研究も当然大切である。それにはここで用いたアンケート資料の統計処理による方法では充分とはいがたい。幸い、面接による詳しい資料入手の努力が同時に行われている。面接によつてえられた資料についてはこの観点から整理をすすめ、報告する予定である。

震度という量をここでは地震動強さを代表するものとして使つているが、これを物理量と対比させ、より明確に定義してさらにその精度を向上させてゆく努力もこの研究を支える重要な意味をもつ。またアンケート、面接による調査法それ自体の改善を行い、別の地震、とくに震度 VI 以上の地域に対する調査を実施し、資料の蓄積を行うことは是非必要である。

今回の報告を、冒頭に述べた研究手順——(i) 実態把握、(ii) 要因抽出・解明、(iii) 防災への利用——に照してみると、(i), (ii) について若干の資料を得、考察をなした段階に過ぎないかも知れない。しかし、それにもかかわらず今回の成果が防災対策——とくに個人・家庭レベルでの——立案に資するところは決して少くないことを述べておきたい。

最後に、本調査研究の遂行に際しては非常に多くの方々のお世話になつた。調査票配布・回収に際しては当該市の教育委員会はもとよりのこと関係中学校教職員・生徒諸氏、回答を寄せられた市民の方々の御協力は絶大であった。これらの方々に厚くお礼申しあげたい。調査には北海道大学工学部建築工学教室耐震工学研究室の鏡味洋史・塩野計司（現在都立大学）・岡田成幸・佐藤一之・堀田淳各氏の参加・協力をえた。また後藤典俊氏との議論は本研究の進展に有効であつた。淨書は津川りゆう子嬢にお願いした。以上の方々に謝意を表したい。

なお、費用の一部は科学研究費（自然災害特別研究、課題番号 302035、代表者表俊一郎）によつたことを付記する。計算は北大大型計算機 FACOM 230-65（課題番号 1001 FC0267）によつた。

文 献

- 安倍北夫, 1974, パニックの心理, 講談社.
- 馬場昌雄・馬場房子編著, 1978, 行動の科学—心理学一, 東京教学社.
- 堀内三郎・関沢 愛・森下弥三郎・水野弘之, 1975, 1974年伊豆半島沖地震調査報告(その2)—地震時の行動分析一, 建築論文報告集, 234, 51-59.
- 武藤 重, 1976, 都市防災研究資料リスト, 都市計画, 88, 24-38.
- 太田 裕・後藤典俊, 1974, 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 根室半島沖地震調査報告, 302-325.
- 太田 裕, 1975, アンケートによる地震時の人間心理・行動調査, 日本地震工学シンポジウム論文集, 4, 51-58.
- 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, 北大工研報告, 92, 117-128.
- 表俊一郎・三浪俊夫・久保寺章・吉川恭三・大塚道男・甲斐直樹, 1976, 大分県中部地震のアンケート方式による震度調査解析, 1975年大分県中部地震の活動と被害に関する調査研究報告, 25-36.

B89

2つの地震の震度分布の比較

—八戸市内の震度調査—

八戸工業大学 坂尾直巳

1.はじめに

或る都市が地震を受けた時、それによって地盤がどの様な震動性状を行い、どの様な被害を受けかかるかを予測する事は重要な課題である。

今回は、地震動災害を予測する為の1つの資料として、2つの地震についてアンケート調査（太田方式）を実施しに結果について報告する。

2.方法・結果

調査を実施した地震は、1974年岩手県北部沿岸地震 ($M = 5.6$, $H = 40 \text{ km}$, $\Delta = 51.3 \text{ km}$) および、1978年宮城県沖地震 ($M = 7.4$, $H = 40 \text{ km}$, $\Delta = 269.4 \text{ km}$) である。八戸における震度はいずれもIVの中震である。調査は地震発生後3日以内に行った。アンケート票を市内の全小学校に配布し、学校→生徒→父母→生徒→学校→回収という手順を行った。震度分布に用いた調査票は岩手県北部沿岸地震の場合 2152枚、宮城県沖地震では 2239枚である。震度分

布を求めるに当って、まず八戸市内を $500 \text{ m} \times 500 \text{ m}$ の小地域に分割し、調査票の住所に従ってそれぞれの小地域に割り当て、各小地域の震度の平均値を求めた。しかし、各地域に入り調査票の枚数が非常に少い地域もありため、解析は $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ のメッシュで行った。ただし、メッシュ当たりの調査票の枚数が3枚以下は計算に入れなかった。図1, 2に市内の震度分布図を示す。ここでは2個の地震を比較するため、各地震についてのアンケート震度の平均値からのずれを % で示してある。なお、岩手県北部沿岸地震のアンケート震度の平均値は 3.7、宮城県沖のそれは 4.1 である。岩手県沖震度階級換算すると震度IVの中震である。図1, 2を比較すると、エゲニエード、△とともに大幅に異なり、特にこれからうす震度の大きい場所と小さい場所は大幅的に見て一致している。これをさらに距離補正を行った後、2次元の加重移動平均を行い、それを最終的な震度として平滑化分布図の作成を試みた。

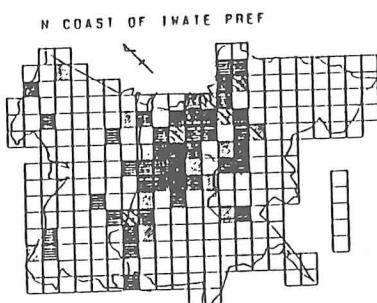


図1、岩手県北部沿岸地震の震度分布

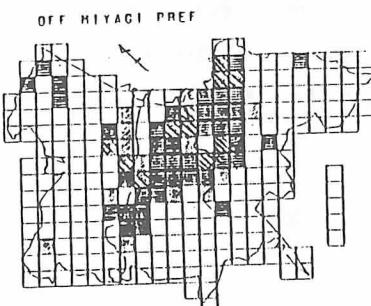


図2 宮城県沖地震の震度分布

文献

- ・太田 裕・後藤 典俊・大橋 ひとみ, 1979, 北大工学部研究報告, 92, 117-128
- ・岡田 成幸・宮川 忍子・太田 裕, 1985, 日本建築学会構造系論文報告集, 第348号 11-18

目 次

序	3
ABSTRACT	5
1 まえがき	9
2 地震および地震動	10
2-1 地震の概要	10
2-2 各地での観測地震動	12
2-3 仙台付近の過去の地震活動	16
3 仙台地域の地形・地質	22
3-1 地形	22
3-2 地質および地質構造	24
3-3 沖積平野の地盤	27
4 被害の概況	30
5 被害の実態	33
5-1 河川・橋梁関係	33
5-2 道路・鉄道関係	38
5-3 宅地造成地関係	44
6 仙台地域の地震動分布	56
6-1 墓石の調査	57
6-2 アンケート調査	59
6-3 強震計による加速度記録	67
6-4 仙台地域の地震動分布の推定	67
7 砂質地盤の液状化現象	68
7-1 噴砂地点の分布	68
7-2 噴砂の動土質特性	73
7-3 液状化の解析・検討	76
8 仙台地域の地盤と震害について	79
9 あとがき	83
参考文献	84
卷末資料：地震体験記録（株式会社応用地質調査事務所仙台事務所職員および家族）	85
付図-1：仙台市周辺の地形区分図、既往調査位置および断面線位置図	
付図-2：仙台市周辺の地質断面図	
付図-3：仙台市周辺の被害分布図（近郊の被害分布および調査ルートマップを含む）	
付図-4：仙台地域の地盤と地震動および地震災害	

6-2 アンケート調査

局地的な震度推定のために、アンケートによる調査を当社仙台事務所の職員の家庭等を対象に、31

図6-3 墓石調査結果（上左：合震度、上右：水平震度、下：転倒率）

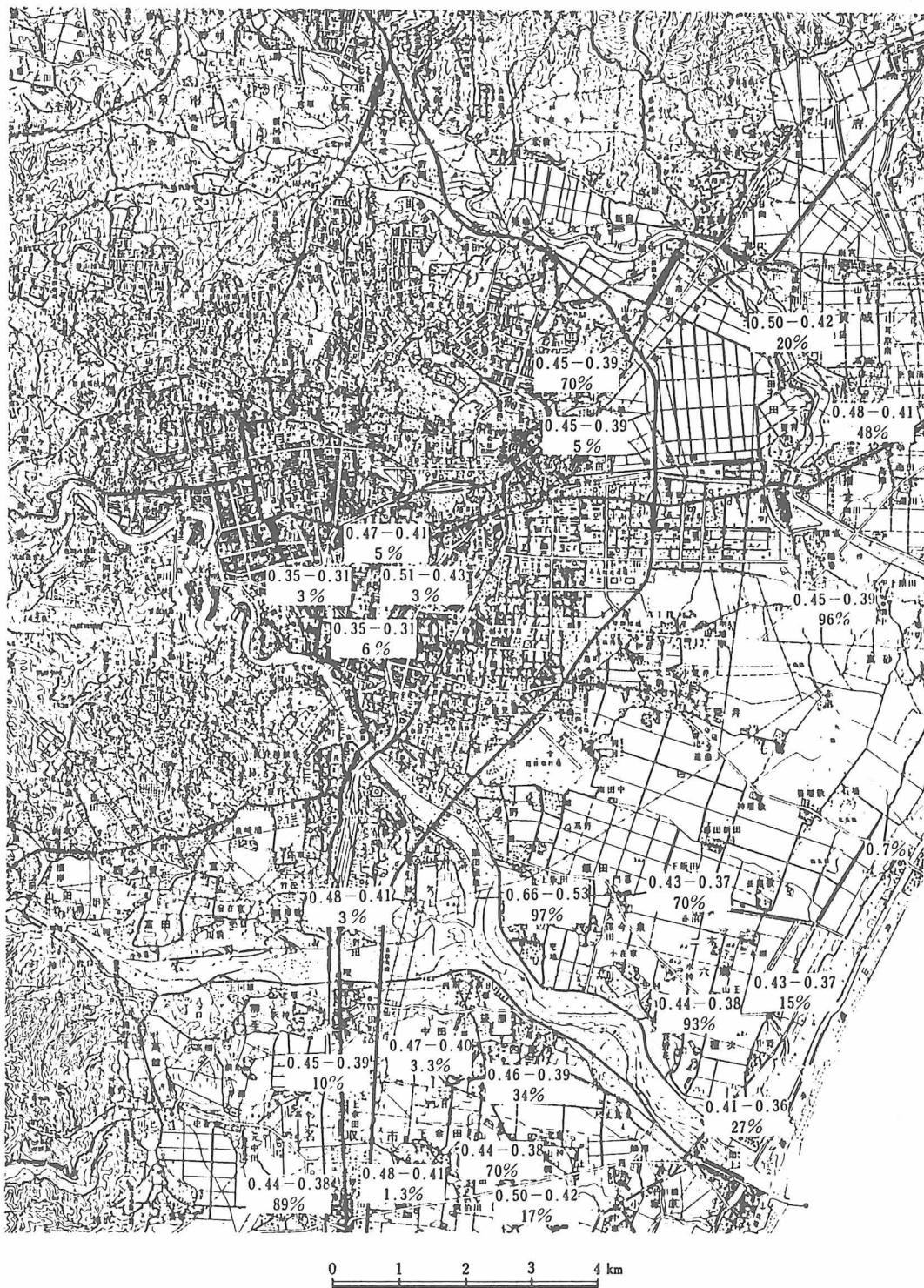


図 6-4 墓石の転倒率と震度との関係

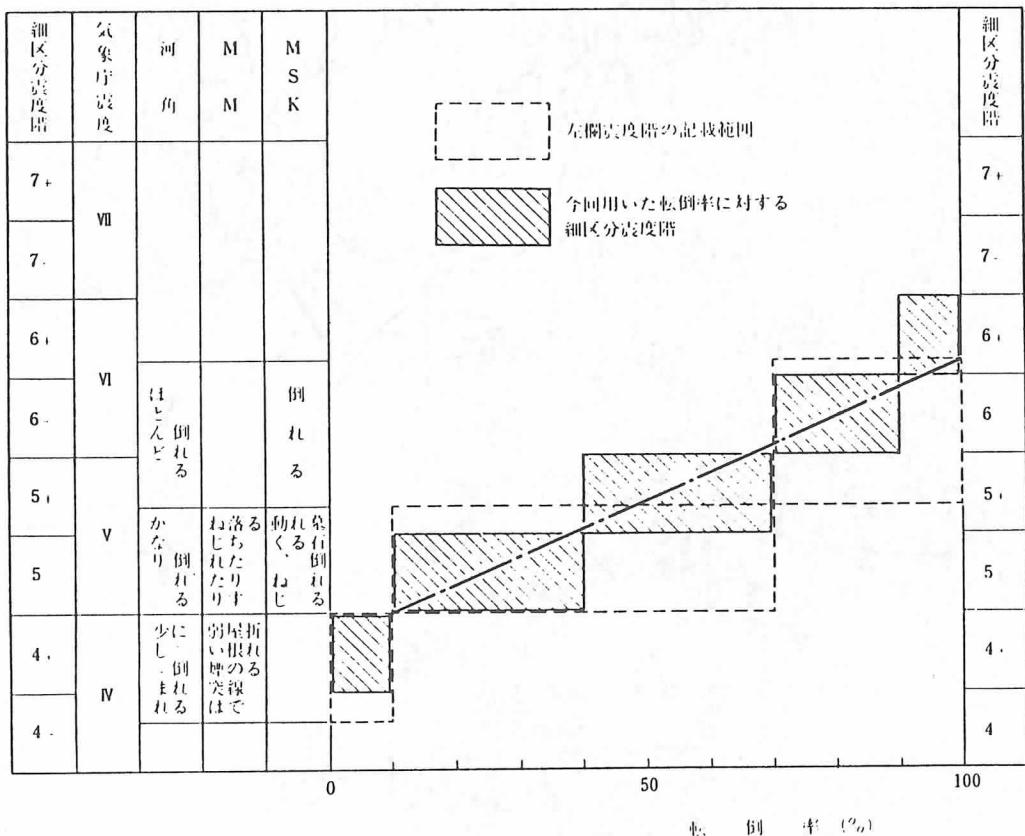


図 6-5 転倒率と合震度との関係

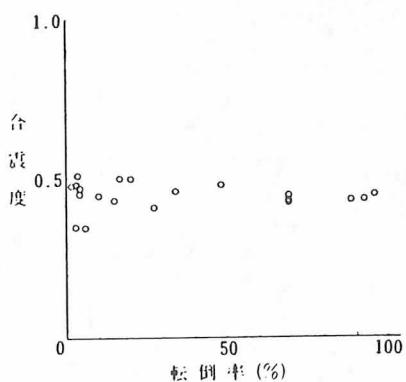


表6-2 アンケート(A) (太田等による)

記入上の注意

- 1 おのの質問には、ただ1つの答をえらんで下さい。
どれとも決めにくいときでもよく考えて、あなたの感じに近いほうの番号に○をつけて下さい。
 - 2 記入もれのないようにして下さい。
 - 3 記入に際して他の人に相談されるのは構いませんが、この地震のときあなたのみわりにいた人に限って下さい。
- [1] あなたは、この地震を感じましたか。 1 感じた 2 感じなかった
- [2] あなたはその頃、どこにいましたか。 1 家(建物)の中にいた 2 屋外にいた 3 その他()
- [3] あなたは、そこで何をしていましたか。 [1~3をえらんだ人は()内の適当な言葉を○で囲んで下さい。]
- 1 動いて(歩いて、運転して)いた
 - 2 静かにして(横になって、座って、腰かけて、立って)いた
 - 3 乗物(電車、バス、自動車、その他)に乗っていた
 - 4 ねむっていた 5 その他()
- [4] あなたは、地震の頃どこにいましたか。その場所を出来るだけ詳しく書いて下さい。
県 市・郡 町・村 大字・小字・番地(丁目)号
郵便番号(), 電話 市外局番()局番()
- [1]で[1 感じた]に○を付けた方は、以下の質問にお答え下さい。
また[2 感じなかった]をえらんだ方は、そのままお返し下さい。
- [5] その場所の地形は、次のどれにあてはまると思われますか。
1 平坦地 2 丘の上 3 斜面 4 崖の上 5 谷あいの土地 6 その他()
- [6] その場所の地盤の様子は、次のどれにあてはまると思いますか。
1 岩盤とか砂利のような、よく縮った地盤
2 シラス地盤
3 粘土、砂からなる、どちらかといえばゆるい地盤
4 埋立地、泥炭地、湿地のような軟弱な地盤
- [7] 地震のとき家(建物)の中にいた方にうかがいます。その家(建物)の構造は次のどれですか。
1 木造 2 ブロック(レンガ造) 3 鉄筋コンクリート造 4 鉄骨コンクリート造 5 その他()
- [8] その家(建物)は何階ですか。
1 平屋建 2 2階建 3 3~5階建 4 6~9階建 5 10階建以上
- [9] あなたは、地震のときどの階にいましたか。
1 地階 2 1階 3 2階 4 3~5階 5 6~9階 6 10階以上
- [10] その家(建物)が造られたのはいつ頃でしょうか。
1 最近1~2年 2 数年前 3 かなり古い 4 非常に古い
- [11] あなたは地震のとき、電灯とかスイッチのひも、カレンダーなど吊してあるものがゆれ動くのを認めましたか。
1 注意しなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 かすかにゆれた
4 かなり激しくゆれた 5 非常に激しくゆれた
- [12] 台所の洗い桶、水盤、金魚鉢等の水、又はガラスピンの中のモノの動きはいかがでしたか。
1 注意しなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 わずかに動いた
4 かなり動いた 5 激しく動いた 6 あふれる程に、激しく動いた
- [13] 食器類とか、窓ガラス・戸・障子などの動きは認められましたか。
1 気が付かなかった 2 かすかに音を立てた 3 ガタガタと音を立てて動いた
4 激しく音を立てて動いた
5 非常に激しく動き、食器、皿、ガラスなど割れたり、戸障子がはずれたものもあった
6 食器類、ガラスなどの破損が目立った 7 殆んどこわれた
- [14] すわりの悪いもの、たとえばコケシ・花びんとか、棚に置いた品物、ピン類など動きは認められましたか。
1 残り認められなかった 2 わずかに動いた 3 かなり激しく動いた
4 一部が倒れたり、ズリ落ちたりした 5 残り全部が倒れ、または落ちた
- [15] タンス・戸棚・本箱など、重い家具の動きは認められましたか。
1 動かなかった 2 わずかにゆれ動いた 3 かなりゆれた 4 少しづれ動いた
5 大きくズレたり、倒れたものもあった 6 残り全部が倒れた
- [16] 家(建物)全体としてのゆれはいかがでしたか。
1 認められなかった 2 わずかにゆれた 3 かなりゆれた 4 激しくゆれた

- 5 非常に激しくギシギシいたれた 6 倒れんばかりにゆれた
- (17) 家(建物)には、なんらかの被害がありましたか。
- 1 幸い、全然なかった 2 額がはずれたり、掛け物が傾いたりした程度 3 壁かけ、額などが落ち、または花びん・ガラス器具が割れた 4 わずかながら壁にヒビ割れが入った
 - 5 かなりヒビ割れがあり、柱の締ぎ目や隙間の鳴い違いも目につく程度 6 被害はかなり大きく、修理の必要がある 7 家の傾きが目立った
- (18) あなたは、地盤のゆれている時間をどのように感じましたか。
- 1 非常に短かった 2 短かった 3 どちらともいえない 4 長かった
 - 5 非常に長かった 6 いつ終るとも知れなかった
- (19) あなたが、地震をもっと強く感じたのは、どのようなゆれのときですか。
- 1 ドンと突き上げてくる感じのゆれ 2 かなり速い揺りかえしの横ゆれ
 - 3 ゆっくりとした横ゆれ 4 特に区別できなかった 5 その他()
- (20) あなたは地震に気がついたときは驚きましたか。
- 1 全然驚かなかった 2 少々驚いた 3 かなり驚いた 4 非常に驚いた 5 このうえなく驚いた
- (21) それでは、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 なにもする必要を感じなかった 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
- (24) 地震のとき、家(勤め先)で、ねていた方にうかがいます。
- 1 眠っていなかった(または、他に誰もいなかった)ので、答えられない 2 目覚めた人は少々
 - 3 かなりの人が目覚めた 4 殆どの人が目覚めた 5 全部の人が目を覚ました
- (25) 地震のとき動いていた方にうかがいます。
- 1 行動に少しも支障を感じなかった 2 やや支障を感じた 3 動き続けるのは困難であった
 - 4 立ってもおれない程であった 5 はいつくばってしまった 6 体をくわれて倒れた
- (26) 戸外にいた方にうかがいます。樹木とか近くに停車中の自動車の、地震による動きを認めましたか。
- 1 注意を向けなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 かすかにゆれていた
 - 4 かなり激しくゆれていた 5 音がする程ゆれていた
- (27) 自動車を運転していた方にうかがいます。運転に支障を感じましたか。
- 1 全然なんともなかった 2 やや支障を感じた 3 かなり困難を感じた
 - 4 運転不能を感じて止まった 5 事故(道路をはずれる、ぶつかる)を起した
- (28) 停車中の自動車に乗っていた方にうかがいます。
- 1 かすかにゆれを感じた 2 かなり激しくゆれるのを感じた
 - 3 音がする程ゆれていた 4 車がこわれんばかりにゆれ動いた
- (29) あなたのまわりで地震に気がついた人がいますか。
- 1 他に誰もいなかった 2 わずかな人が気がついた 3 かなりの人が地震とわかった
 - 4 残りの人が気がついた 5 全員が確かに地震だと感じた
- (30) あなたのまわりで板垣、ブロック塀、石垣、集合煙突、サイロなどの被害がありましたか。
- 1 全くなかった 2 壁のねじれ、締ぎ目に沿った割れ、石垣、煙突、サイロのゆるみなどがわずかにみられた
 - 3 壁のねじれ、割れ目、石垣、煙突、サイロのゆるみなどかなり目立ち、くずれ落ちそうなものもあった
 - 4 一部割れたり、ズリ落ちたりしたものもあった 5 かなりのものが壊れた 6 ほとんど壊れた
- (31) あなたのまわりで家屋の大きな被害(半壊、全壊)とか、地変(地割れ、地すべり、道路のキレイ)などがありましたか。
- 1 全然なかった 2 わずかにあった 3 かなり目についた 4 非常に多かった
- (32) あなたのまわりでこの地震が原因の停電・給水停止などがありましたか。
- 1 全然なかった 2 短時間あった 3 かなり長時間にわたった
- (33) あなたのお年は、いくつですか
- 1 19才以下 2 20~29 3 30~39 4 40~49 5 50~59 6 60才以上
- (34) あなたは、 1 男性 2 女性

表6-3 アンケート(B)(改正メルカリ震度階による)

(年月日) () 地震

1. 人の感じ: (1無感). (2敏感な人わずか, 3静止した人かなり, 4屋内の人多く, 5戸外の人少し, 6屋内の人すべて, 5戸外で多く, 5歩行中の人がわずか, 6すべての人に, 8直立困難に) 感ずる.
2. 眠っている人: (4いくらか, 5多く, 6すべて) 日をさます.
3. 人の態度: (5わずか, 6かなり, 7多く, 8全部) の人戸外に逃れる. (4少し, 5かなり, 6ひどく) おどろく, (8恐こうに近い).
4. 振子時計: (5わずか, 6かなり, 7ほとんど, 8全部) 止る.
5. 自転車: (5倒れる). (6乗っていてわかる, 7運転できない).
6. 電燈など: (4わずか, 5かなり, 6大きく) ゆれる.
電線(5少し, 6かなり, 7大きく) ゆれる.
電柱(7少し, 8かなり, 8大きく) ゆれる.
7. 立木など: 木の枝(5わずか, 6かなり, 7大きく) ゆれる. (8幹がゆれる).
8. 池や器の水: (4水面少しうれる), (5充ちた器, 6用水桶) の水こぼれる. (タンク, 8池) の水あふれる.
9. 家具: (4かすかに, 5かなり, 5ひどく) 音をたてる. (6まれに, 7かなり, 8坐りのよいものも) 倒れる.
10. 絵、額など: (6ゆれる), (7まれに, 7いくらか, 8たくさん) 落ちる.
11. 棚のもの: (6まれに, 6いくらか, 7たくさん) 落ちる. (ガラス, セともの) (7少し, 8かなり) こわれる.
12. 木造の家: 戸障子(3. かすかに, 3少し, 4がたがた) うごく, (5みしみしいう)
わるい家: (6まれに, 7いくらか, 8かなり, 8ひどく) いたむ. (8かたむく). (8少し, 9かなり, 11たくさん) 倒れる.
普通の家: (7まれに, 7いくらか, 8かなり, 8ひどく) いたむ. (9かたむく). (9少し, 10かなり, 11たくさん) 倒れる.
13. かべ: (6土が落ちる). (8われめ). (9ひどくいたむ).
14. 瓦: (7動くものあり). (8少し, 9かなり, 10ほとんど, 11全部) 落ちる.
15. 土蔵: (7鉢巻落ちる). (8壁くずれ落ちる. 10移動する, 10倒れる).
16. 棟瓦、石造家: (8いたむ). (10少し, 11かなり, 12たくさん) 倒れる.
17. 石燈ろう: (7まれに, 7少し, 8かなり, 9殆ど) 倒れる.
18. 磁石: (7まれに, 7少し, 8かなり, 9殆ど) 倒れる.
19. 煙突: (7まれに, 7少し, 8かなり, 9殆ど) 倒れる.
20. 堤防など: (7少し, 7かなり, 8ひどくいたむ).
21. 地なり: () の方向から () のような音がきこえた. (きこえない).
22. 津波: あり, なし 高さ() cm
 ①(気づいた, 気づかない) ②地震後() 分位してきた
 ③はじめに海水が(ひいた, おしよせた) ④何回きたか
 ⑤(岸に上った, 家屋が浸水, 家が流れた, 舟が流れた)

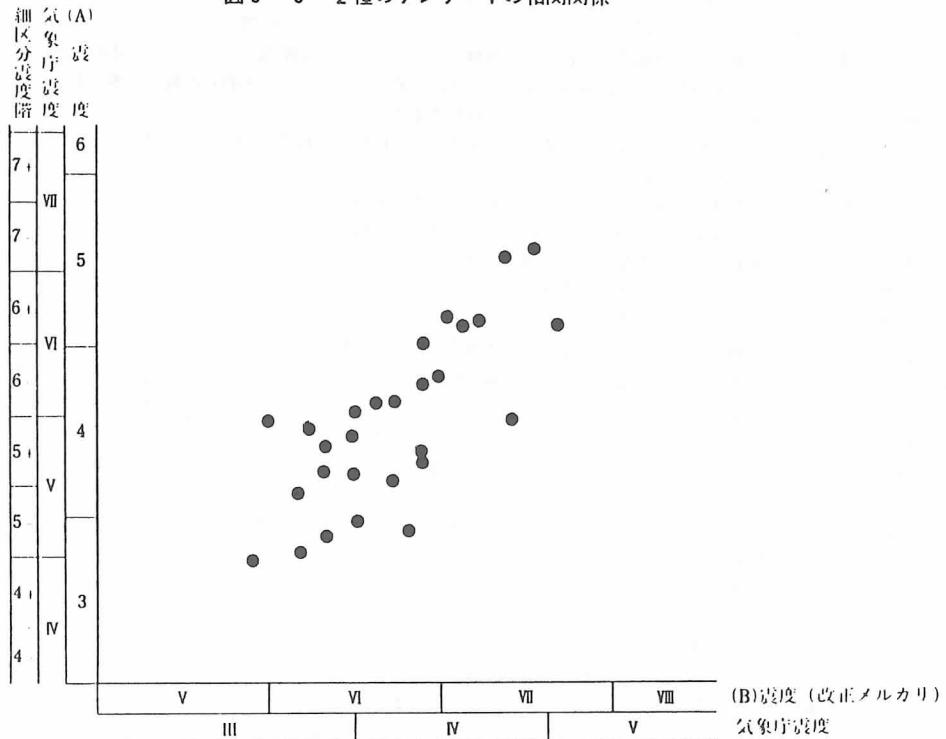
地点について地震後直ちに実施した。

アンケート形式による震度推定は古くからしばしば行われており、その方式も種々あるが、ここで
は、Seismic Microzoning Map の作成のために太田裕他が川崎市および北海道で実施した方式（以降(A)方式と称す）と、改正メルカリ震度階によるアンケート方式（以降(B)方式と称す）との2種を併用した。

なお、各々のアンケートの内容は、表6-2および3に示した。

まず、(B)方式による震度の推定について、これは回答が直ちに改正メルカリ震度階を与えるもので、今回は単純に各項目の回答の平均値をもってその地点の震度とすることにした。ただし、回答の状況をみると、質問項目13以降の大きい震度を推定する質問に対しては、ほとんどの回答者が家庭の主婦であったためか未回答が多く、したがって小さめの震度が得られていることが予想される。たと

図6-6 2種のアンケートの相関関係

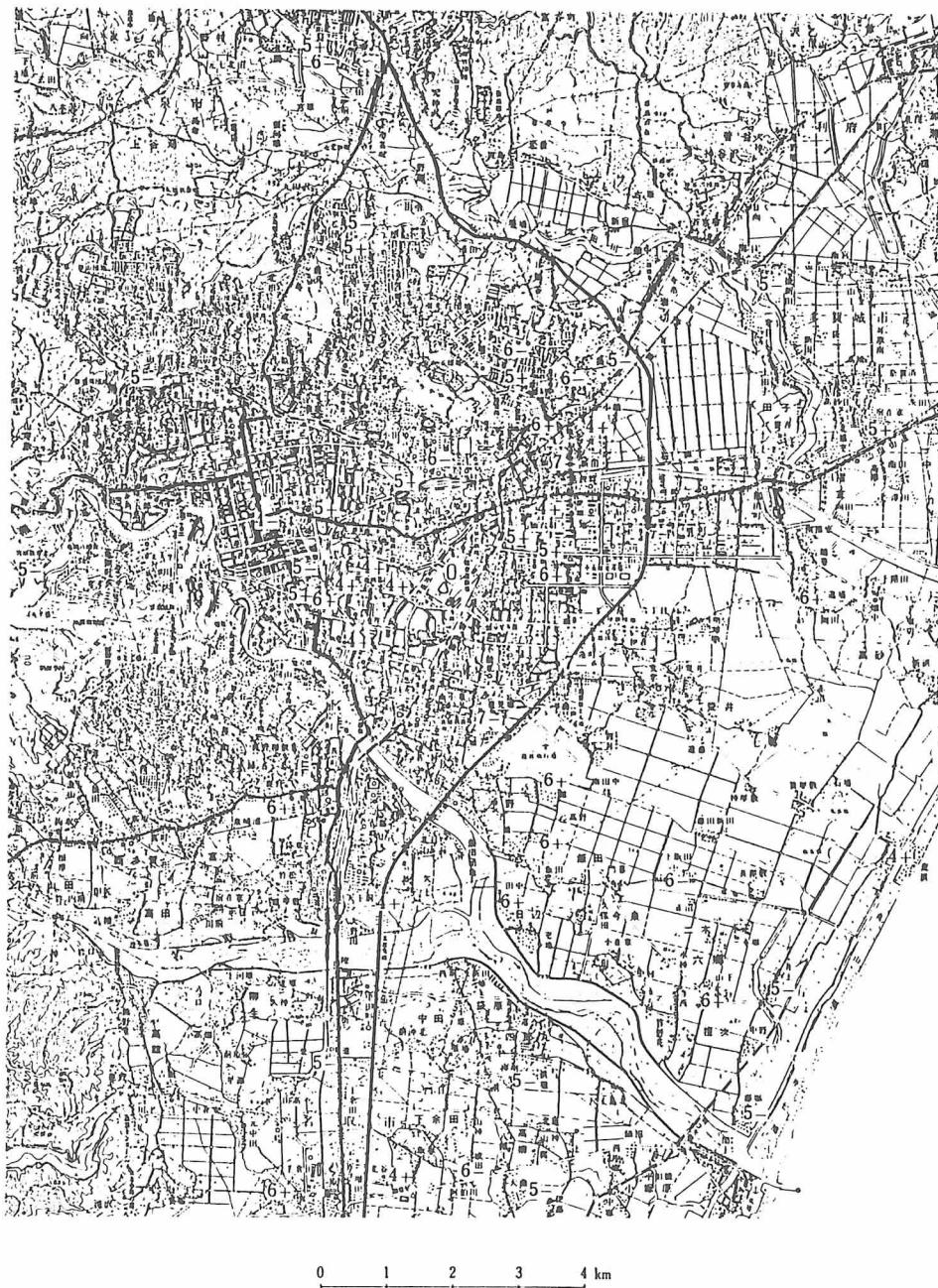


えば、表6-3のアンケートに対して、質問項目12までにすべて最大を回答した場合でも、気象庁震度階でいえばほとんどが震度Ⅶ止まりであり、単純に回答を平均すれば震度Ⅶ以下となってしまう。このアンケートから震度を推定する場合、(1)単純に平均する方法、(2)最大値を含み得る項目だけを平均する方法、(3)最大値をもって震度とする方法等があるが、今回の場合、回答の最大値をもって震度とすると、ほとんどが震度Ⅶとなり、2~3の地点で震度Ⅶを示す程度であった。

つぎに、(A)方式による震度の推定についてであるが、推定に際しては、回答者の位置づけ（室内にいる場合、建物の種類・階数・新旧の程度……）によって補正する“条件係数”と、各質問ごとの関係付けあるいは対応付けを補正するための“震度係数”を決定しなければならない。しかし今回の調査は、サンプリング数の関係から、条件係数は考慮しないことにし、さらに震度係数については、川崎市、さらには北海道で決定された値をそのまま用いることにした。したがって、ここで求められる震度は、正確にその地点の震度を表していない可能性はあるが、現時点においては、仙台地域の局地的震度として大いに役立つものと考えられる。

参考までに、今回実施した2種のアンケートの相関関係を、図6-6に示す。図には気象庁震度階もそれぞれに対応させて併記した。両者はかなり良い相関を示しているが、(B)方式によって得られた結果は、(A)方式に比べて、気象庁震度階にして、1~1.5段階程度小さめの傾向を示している。これは、当初、整理の関係で懸念していたことであったが、被害の実情からいって、(A)方式によるほうが妥当であると考え、それをもって今回の結果とした。

図 6-7 震度推定結果



6—3 強震計による加速度記録

第2章で述べた強震計観測による地震動記録は、仙台市内においては東北大学工学部1階と住友生命ビル地下2階等で得られているが、いずれも建物内の記録で、地盤上では観測されていない。この記録によると、最大水平加速度は240 galと253 galであり、気象庁震度階に置き換えると震度ⅥとⅦの境界付近にあるといえよう。

第2章では今回の地震に関して、各地の強震計によって観測された地震動の水平最大加速度と震央距離との関係が導かれている（図2—5参照）。われわれが今回対象としている仙台地域は、ほぼ震央距離にして100 km～125 kmの範囲に入っており、この震央距離に対して地盤条件や建物の影響を考慮すると加速度にして80～300 gal程度が予想され、震度になるとⅥあるいはⅦ程度ということになる。したがって地震観測データからも、気象庁発表の仙台地域の震度Ⅵは平均値としてはほぼ説明できそうである。

6—4 仙台地域の地震動分布の推定

以上、仙台地域における、墓石の調査結果、アンケート調査結果および各地の強震計記録から予想される最大加速度について、それぞれ述べた。本来、地域の詳細な地震動分布を明らかにするには、より大規模かつ綿密な調査を必要とすることはいうまでもない。われわれの上記の調査結果を総合し、仙台市域の地震動分布を描いてみると図6—7のようになる。本図は、強震計観測記録を背景として、墓石の転倒率から推定した結果とアンケートによる推定結果を、いずれも最終的に気象庁震度階に換算し重ね合わせたものである。震度階は、図6—6に示すように、1階級ごとに+1の細区分を補足した。

本図によると、仙台市域の地震動は、4～7に分布し、厳密にはかなりの誤差を有することも考えられるが、その分布の傾向はじゅうぶんにとらえており、地形・地質等の地盤条件、被害の様相と良い対応を示している。