

~~~~~  
 報 告  
 ~~~~~

1989年伊豆半島東方沖地震による震害に関する 調査的研究

北浦 勝* 宮島 昌克* 池本 敏和* 吉田 雅穂**

Damage Due to the 1989 East off Izu Peninsula Earthquake and Behavior of Inhabitants

Masaru KITaura*, Masakatsu MIYAJIMA*, Toshikazu IKEMOTO*, Masaho YOSHIDA**

Abstract

The East off Izu Peninsula Earthquake of July 9, 1989 with magnitude 5.5 on J.M.A. (Japan Meteorological Agency) scale occurred at the bottom of the Pacific Ocean off Ito City. This earthquake is the strongest in the earthquake swarm which started from the end of June 1989.

The purposes of the present study are as follows: to give an outline of damage to structures, especially lifeline systems; to estimate the characteristics of strong motion through investigation of overturned tombstones, and to investigate the behavior of furnitures and inhabitants by using the results of questionnaire survey.

キーワード：震害調査，墓石転倒，ライフライン，アンケート調査，家具類の転倒

Key words: survey of earthquake damage, overturning of tombstone, life line, questionnaire survey, overturning of furniture.

1. はじめに

1989年7月9日の午前11時9分と10分にマグニチュード5.5の地震が伊東市沖の海底で続けて起こり、網代で震度Ⅳ、三島、東京、横浜で震度Ⅲを記録した。この地震は、1989年6月下旬から始まった伊豆半島東方沖の群発地震では最大級の地震であり、この地震で家具を始めとする種々の構造物やガスなどの都市機能が被害を受けた。伊東

市役所の地下に設置されている地震計によれば、最大水平加速度は284gal (2.84m/s^2)であり¹⁾、これは震度Ⅳに相当する。さらに、この地震の4日後の7月13日の午後6時33分に突然海底火山が噴火した。今回の一連の群発地震においては、群発地震が海底火山の噴火に結びついたということで、地震学および火山学において大変興味深いものであるが、地震工学からの側面においても多くの知見を得ることができる。このような観点から著者らは、地震直後の7月12日～15日に7月9日の地震による被害調査と余震観測を、地震後約1カ月半後の9月28日～10月1日に住民へのアンケート調査を実施した。

本研究では、これらの調査の結果をもとに、今

* 金沢大学工学部土木建設工学科
 Department of Civil Engineering, Kanazawa University

** 福井工業高等専門学校土木工学科
 Department of Civil Engineering, Fukui Technical College

本報告に対する討論は平成3年8月末まで受付ける。

回の地震の特徴である震源域が浅くて近い場合の震害の特徴を探るとともに、住民の対応について考察を行う。

2. 地震と震害の概要¹⁾

図1に今回の群発地震における気象庁網代測候所での有感地震の回数を示す。同図によれば、最大規模の地震が発生した7月9日以降、震度が小さくなるとともに、回数の激減していることがわかる。7月9日の地震は午前11時9分と10分に続けて発生し、地震の規模はともにマグニチュード5.5であった。図2は、7月13日の海底火山(北緯 $34^{\circ}59.4'$ 、東経 $139^{\circ}8.0'$)の噴火時に伊東市の海岸近く(伊東市湯川2丁目8-13)において計測したN-S成分の水平加速度記録(明石製作所製、V-401で計測)である。約2秒間隔で大きな

震動が繰り返されており、最大加速度は約200 gal (2 m/s^2)となっている。

7月9日の地震による人的被害として、伊東市で22名の負傷者が出た。その内訳を図3に示す。家具類の落下、転倒によるものが全体の約45%にあたる10名と最も多い。この地方では地震に対する意識が非常に高く、家具類を固定してある家庭が比較的多いのに関わらず家具類の落下、転倒による負傷者が多かったことは注目される(本アンケート調査によると、タンスは約26%、食器棚・本棚は約19%の家庭において固定されていた)。そこで、後述する住民へのアンケート調査においては、この点に注目して考察を行うことにする。

ライフラインの被害に注目すると、まず、伊豆スカイラインの冷川~亀石間の崩土による通行止めを始めとする、落石、路肩崩土、路面亀裂など、

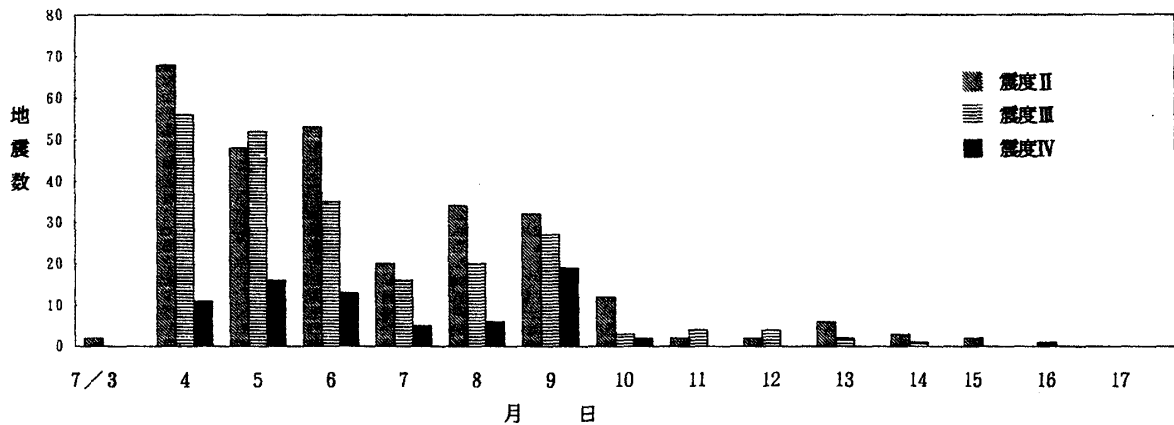


図1 有感地震の回数(網代測候所)

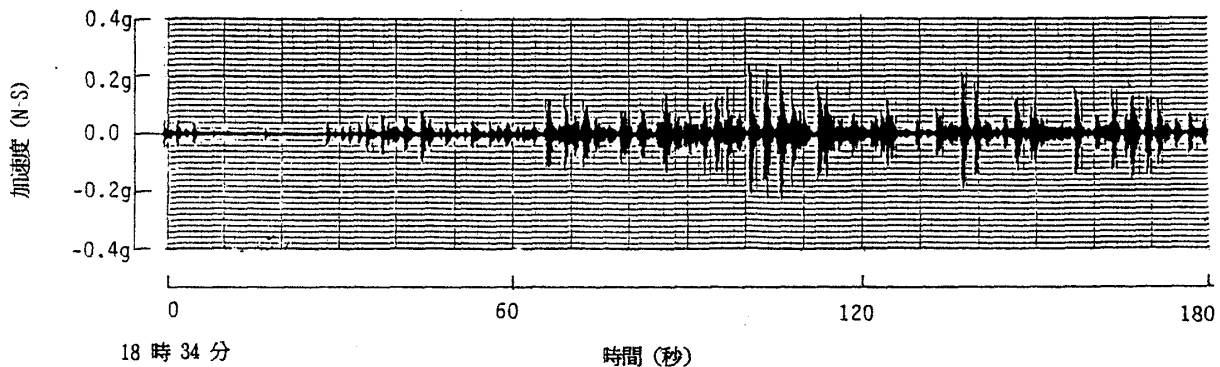


図2 海底噴火時の火山性微動の加速度記録

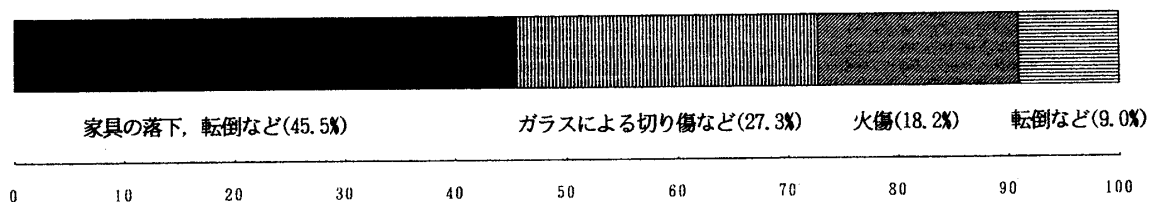


図3 負傷者22名の原因内訳（伊東市）

山間部における道路の被害が、観光地である伊東市の市民生活に大きな影響を与えた。

通信設備の主な被害は、地盤のゆるみによる電柱の傾斜が3本、土砂崩れなどによる電柱の折損が2本などであり、大きな被害は生じていないが、7月9日の地震の直後と7月13日の海底火山の噴火後には輻輳して電話がかかりにくい状態となった。これに対してNTTでは、衛星通信回線や、可搬型電話局装置、移動無線局などを伊東市に搬入し、回線数を既設の648回線にその約40%にあ

たる256回線を増設して対応にあたった。

電力関係では、7月9日の地震直後4,000世帯が停電したが、4時間30分後の15時40分に3,500世帯が、そして17時14分に残りの500世帯が復旧した。施設被害としては、引込線の障害が221件、変圧器の傾斜が25件、電柱の傾斜が37件などとなっている。

ガス、水道関係では、まずガス漏れ発生状況を表1²⁾に示す。同表によれば、比較的小さな口径のネジ継手部が破損したことがわかる。また、水

表1 伊豆半島東方沖群発地震ガス漏れ発生箇所²⁾

月日	ガス漏れ発生箇所						計
	本支管	供給管	灯外内管	灯内内管	その他	誤報	
7/4							
5							
6							
7			25φ	20φ			2
8		25φ					1
9	50φ	25φ×3	25φ×4 50φ×2	40φ 20φ	器1 栓1, M1	4	19
10	32φ		32φ 25φ	20φ×2 32φ×1	器1 M1		8
11	75φ	25φ		20φ			3
12		25φ					1
13							
	ネジ部 2 腐食部 1	ネジ部 3 腐食部 3 (側溝貫 通部)	ネジ部 8 腐食部 1	ネジ部 4 腐食部 3			

器：ガス器具 栓：ガス栓 M：メーター

道管の被害としては道路漏水が45箇所報告されているとともに、温泉管からの漏水が200件以上報告されている。

一方、家屋の損傷としては、これまでの直下型地震の際と同様に屋根瓦の損傷が多数報告されている。

以上のように、今回の地震においては構造物に大きな被害はあまり生じなかったが、道路や通信などのライフラインの機能破壊が市民生活に影響を及ぼした点が注目される。

3. 墓石の転倒調査

今回の地震においては、これまでの直下型地震の場合と同様に屋根瓦の破損とともに、墓石の転倒が顕著であった。そこで、伊東市内のいくつかの寺院において墓石転倒調査を実施した。墓石転倒率が90%を超える寺院も見られたが、伊東市の寺院のほとんどは山際の傾斜地に造られており、斜面崩壊による墓石の移動、転倒も多く見られたので、墓石転倒率から地震動の大きさを議論することはできないようである。

写真1に、墓石の転倒状況の一例を示す。この地方では「だぼ」と呼ばれる約15cmの鉄筋を、台座中央から墓石に貫通させて墓石を固定している（直径は約1cm）。それにも関わらず墓石が転倒していることから、この写真の場合には約6cm墓石がジャンプしたものと推測できる。このような例が数多く観察され、最大で10.5cmジャンプしたと考えられるものもあった。転倒した墓石の中で幅/高さの比較的大きな例を表2に示す。地震動を静的な荷重として考えると、墓石の転倒条件

式は以下のようになる。

$$\frac{k_h}{1-k_v} = \frac{B}{H}$$

ここに、 k_h は水平震度、 k_v は鉛直震度、 B は墓石の幅、 H は墓石の高さである。同式に伊東市役所で観測された最大水平加速度である 284 gal (2.84 m/s^2) を代入して鉛直震度およびその水平震度との比を求めた結果も表2に示している。同表によれば、水平方向加速度と同程度の鉛直方向加速度が作用したものと推測される。しかし、

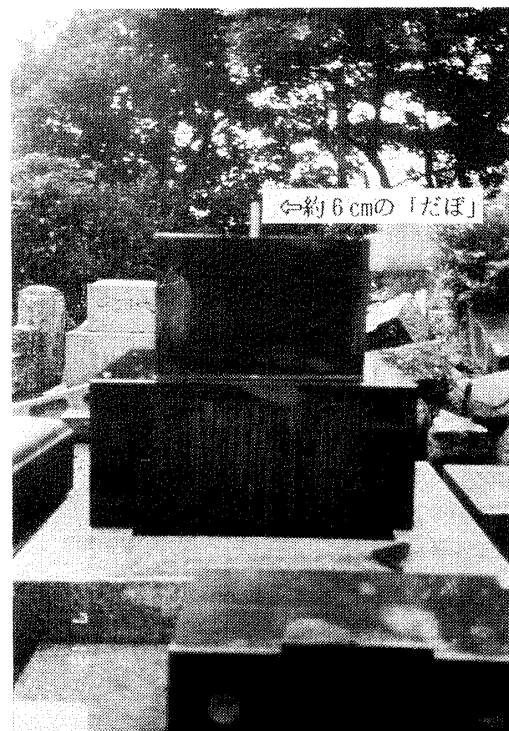


写真1 墓石の転倒状況

表2 墓石転倒調査結果 (伊東市)

墓石の幅(B) (cm)	墓石の高さ(H) (cm)	B/H	鉛直震度 k_v	k_v/k_h
28.0	71.5	0.39	0.26	0.89
23.0	55.0	0.42	0.31	1.07
36.0	80.0	0.45	0.36	1.23
35.0	76.0	0.46	0.37	1.28

この考察は「だぼ」のない墓石に関するものである。「だぼ」はセメントで台座と墓石に固定されているが、劣化やこれまでの地震によりその拘束力が全く失われていたとしても、「だぼ」が地震後に曲がっていなかったことから、墓石は数 cm ジャンプして「だぼ」から飛び出さなければ、転倒には至らないと考えられる。

震源の浅い地震によって地表物体が飛び上がったという現象は、これまでもいくつか報告されている。たとえば、1943年鳥取地震の際に神社の狛犬が飛んだり³⁾、1984年長野県西部地震の際に土中に半ば埋もれていた石や倒木が飛び出したこと⁴⁾が報告されている。また、1989年ロマ・プリエタ地震においても石が飛び上がったことが報告された⁵⁾。これらの報告によれば、水平方向加速度と上下方向加速度が等しいとして移動距離から地震動の大きさを求めた結果、地震動が1 Gを超えたと結論されているが、今回も局所的に上下方向加速度が1 Gを超えていたのではないかと推測される。しかし、これらの寺院の建物や周辺の家屋においては倒壊などの大被害が生じていない。これは、後述するアンケート結果からもわかるよ

うに、今回の地震の大加速度の継続時間が極めて短かったこと、建物は上下動に対しては抵抗強度が一般的に大きいこと、によるものと考えられる。

4. アンケート調査

4.1 調査方法および調査内容

本アンケート調査では、太田・後藤らが提案したアンケート調査票⁶⁾を基本として、アンケート調査票を作成した。太田・後藤らのアンケート調査票を基本とした理由は、同アンケート調査票を用いれば後述するアンケート震度が容易に求められるからである。本調査票では、太田・後藤らの調査項目の他に、地震に対する備えに関する質問、家具類の挙動に関する質問、防災対策への意見を問う質問を新たに加えた。調査対象地区は伊東市を中心に北部の宇佐美地区、西部の鎌田地区、そして南部の川奈地区であり、今回の地震で被害を受けた地区をほぼ網羅している。調査方法は、9月28日、29日の両日に、調査員が1軒1軒を訪問し住民に直接調査票への記入をお願いし、9月30日、10月1日に調査票の回収に回るといものである。したがって、549票を配布したのに対し458

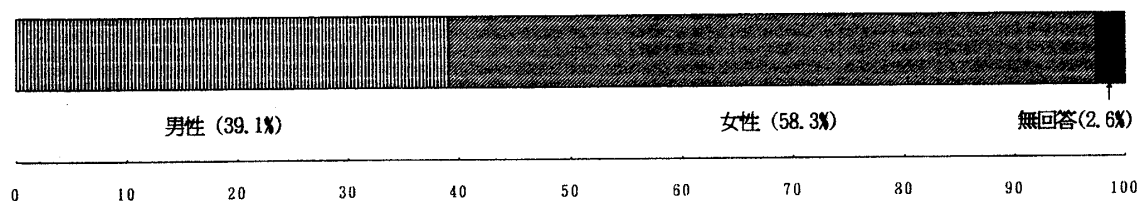


図4 問「あなたの性別は」に対する回答

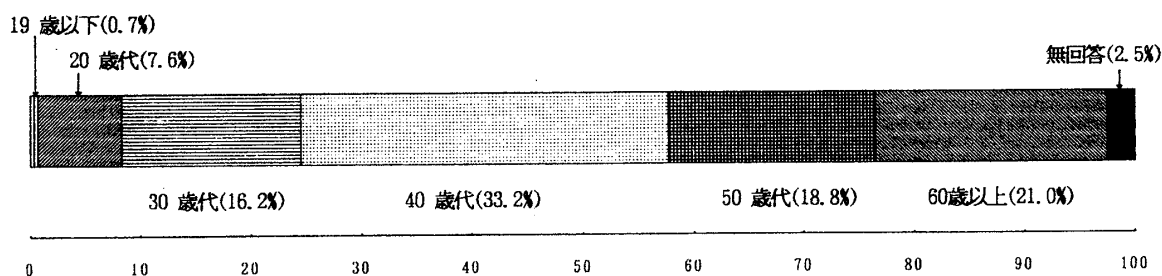


図5 問「おとしはいくつですか」に対する回答

票が回収され、回収率は約83%と非常に高いものとなった。回答者の構成を図4、図5に示す。性別、年代による偏りはあまり見られない。

4.2 アンケート震度と地盤との関係

図6に、地震を強く感じたときのゆれの種類に対する回答を示す。「突きあげてくるゆれ」が69.9%、「速い繰り返しの横ゆれ」が24.2%となっている。今回の地震は震源が非常に浅くて近いところにあったことから、上下動や短周期成分の横ゆれが卓越していたことが、同図より読み取れる。図7は、揺れている時間をどう感じたかに対する回答を示している。揺れている時間は、住民の驚きや恐さの程度によって実際よりも長く感じることが多いが、同図によれば、「非常に短かった」、「短かった」と感じた人が約40%となっており、地震動の継続時間の短かったことがわかる。

太田・後藤らの方法⁶⁾に従って、アンケート震度を算出し、伊東市中心部における町別のアンケート震度を示したものが図8である。一方、伊東市中心部の地盤種別を図9に示す。両図を比較す

ると、新第三系という固い地盤と沖積層との境目に位置する山際の地区において比較的大きな震度を示していることがわかる。このような地区には、墓石転倒調査を行った多くの寺院が存在しており、今回の地震において墓石の転倒が顕著であったことと同図はよい対応を示している。また、同図は沖積層の地盤と新第三系の地盤の挙動に違いがあったことを示唆しており、微地形が地震波の増幅特性に関係したものと考えられる。また、埋め立て地においても多少アンケート震度が大きくなっている。なお、今回の調査においては液状化の発生は観察できなかった。

以上のように、アンケート震度は地盤条件を反映しており、特に地盤特性急変部において地震動の増幅が大きかったことが示された。

4.3 家具類の地震時挙動

今回の地震においては、前述したように人的被害の最も大きな原因が家具類の落下、転倒によるものであった。これまでの地震においても、1978年宮城県沖地震の際には仙台市内の約55%の世帯

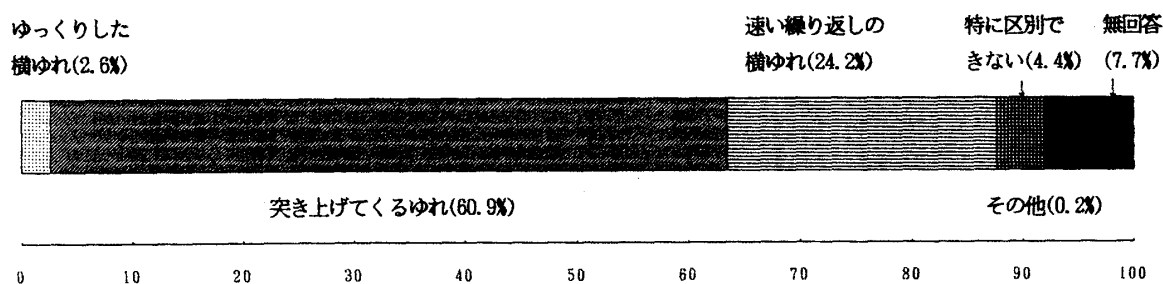


図6 問「地震をもっとも強く感じたのはどのようなゆれのときですか」に対する回答

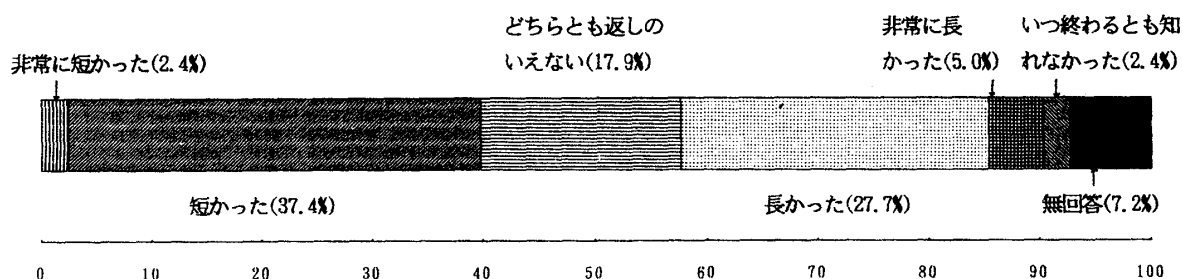


図7 問「揺れている時間をどう感じましたか」に対する回答

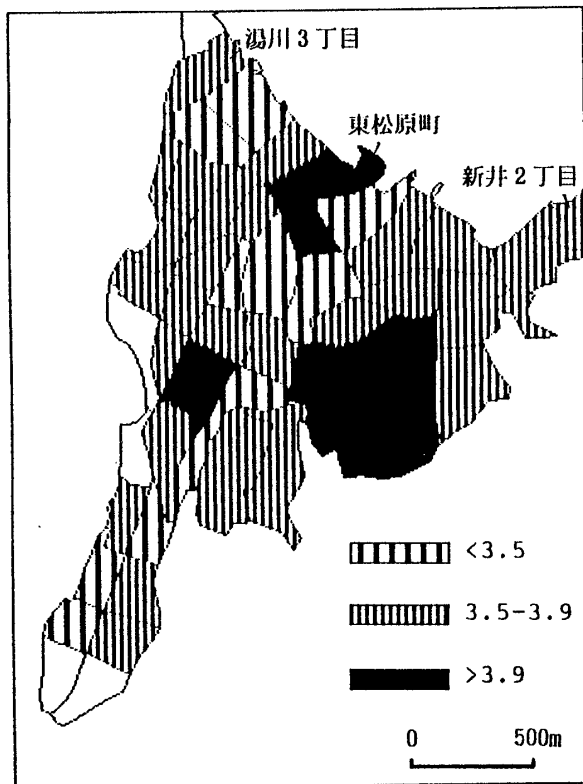


図8 伊東市中心部におけるアンケート震度

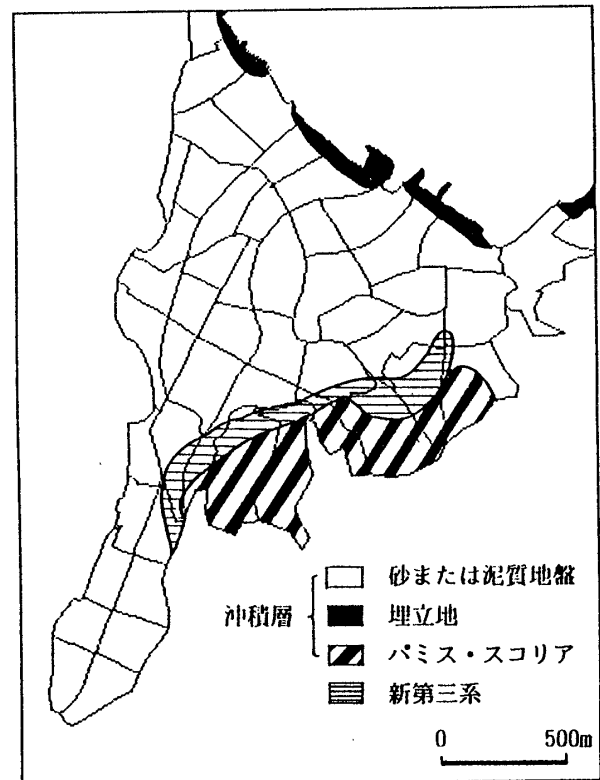


図9 伊東市中心部の地盤図

が家具類の被害を受け、ガラスによる負傷者が全体の負傷者の約23%であったのに次いで、約20%の人が家具類の転倒によって負傷している⁷⁾。また、1987年千葉県東方沖地震においても、屋根瓦などの落下物による負傷者が全体の負傷者の約30%であったのに次いで、約15%の人が家具類の転倒によって負傷したと報告されている⁸⁾。そこで本節では、地震時の家具類の挙動に注目してアンケート調査結果を考察する。

「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」、「タンス・戸棚・本棚などの、重い家具の動きは認められましたか」の問いに対する回答をそれぞれ図10、11に示す。これらの図は地震時に回答者のいた家屋の構造と階数別にまとめられている。木造に注目すると、2階の方が1階より食器類、家具類ともに挙動が激しいことがわかる。また、食器類、家具類などの挙動の様子については同じ程度激しく揺れたと考えられる。鉄筋コンクリート造に注目すると、木造と同様に2階の揺れが大きかったことがわかる。また、食

器類と家具類を比較すると、圧倒的に食器類の揺れが大きかったことがわかる。木造と鉄筋コンクリート造を比較すると、食器類の挙動は階数を問わず鉄筋コンクリート造の方が激しく、一方、家具類の方は木造の方が激しく動いたと感じている人が多い。これは、食器類は短周期な揺れであり、家具類は比較的長周期で揺れたためにこのような結果になったものと考えられる。すなわち、食器類、家具類の周期と建物の周期によって挙動の違いが現れたことがわかった。

つぎに、「家具の固定状況、地震時に転倒した家具の大きさについてお答え下さい」の問いに対する回答から、家具類の地震時挙動について検討する。家具類は墓石のように比重は一律ではないが、上述した墓石の転倒に対する式を用いて検討する。ここで、最大水平加速度として伊東市役所で観測された284 galを用い、水平最大加速度を記録したときの鉛直最大加速度が水平最大加速度と等しいとした。すると、 $(B/H) \approx 0.4$ となる。アンケート調査結果より、転倒した家具の高さ H (m)

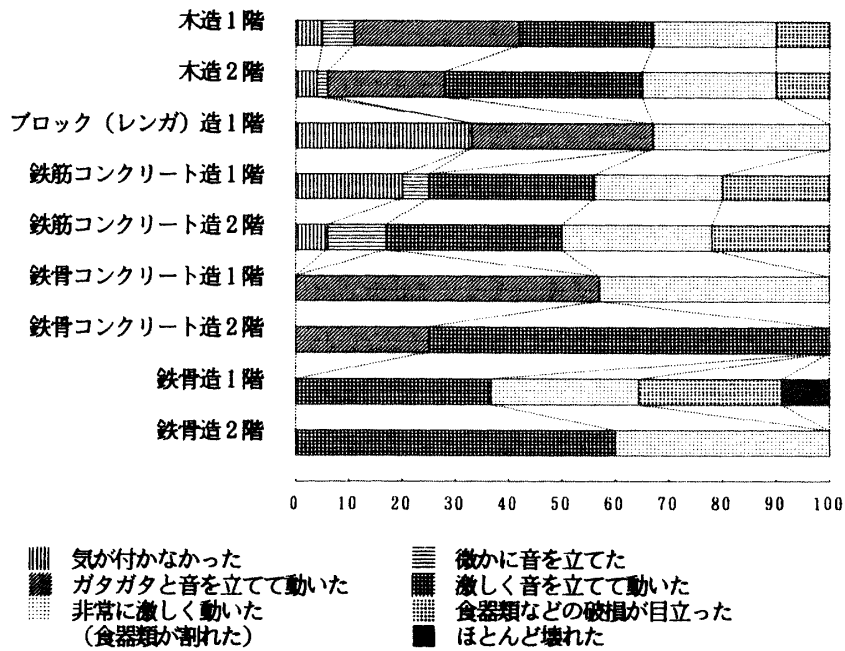


図10 問「食器類とか、窓ガラス・戸・障子などの動きは認められましたか」に対する回答

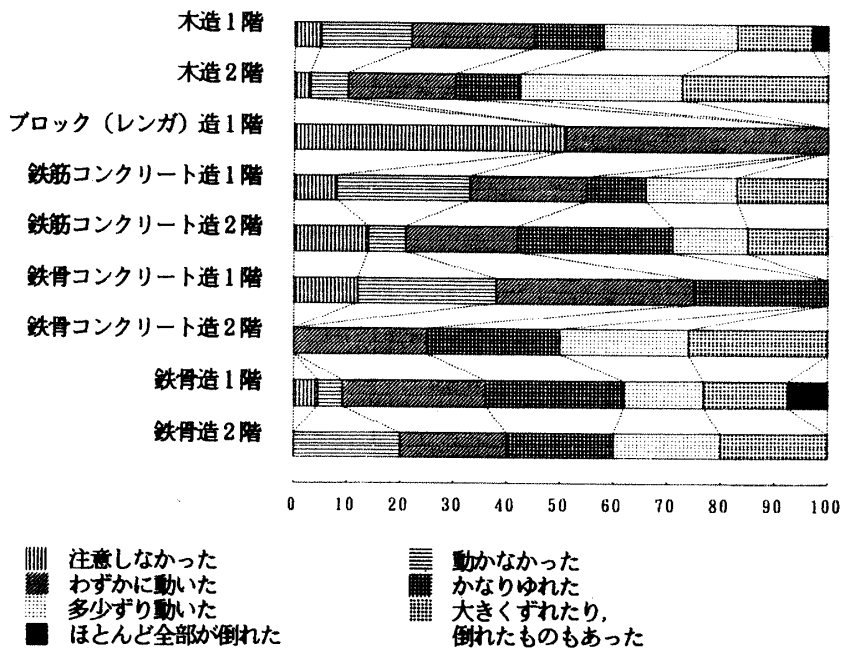


図11 問「タンス・戸棚・本棚などの重い家具の動きは認められましたか」に対する回答

と幅 B (m)との関係を示すと図12となる。図中の実線は $(B/H) = 0.4$ の直線を表す。静的な力が家具類に作用したとすれば、直線の下の部分の家具が転倒することは容易に理解することができる。しかし、転倒した家具のいくつかは直線より上にプロットされており、特に、番号を付した家具類はそれぞれ、①本棚、②茶ダンス、③机、④本棚、⑤ダンスであり、地震時に容易に転倒するとは考えにくいものである。伊東市内では家具類を固定している家庭は比較的多いが、まだのところもある。このような結果より、今回の地震のような上下動成分が卓越するような場合には、比較的安定性の高いと思われる家具類が跳躍などによって転倒することも十分に考えられるので、このような家具類、とくに重量の大きい家具類を固定し、耐震安全性を高めることが急務であると指摘できる。

4.4 住民の対応

地震時の人間行動について、「あなたはそのときどうしましたか」、「あなたは地震のとき火器をどうしましたか」の問いに対する回答をそれぞれ図13、14に示す。図13によれば、「意識的に身の

安全を考えた」と回答した人が約71%にのぼっている。ここで身の安全とは例えば、机の下にもぐる、柱などにつかまるなどの行為を指すものである。しかし一方では、「戸外へ逃れた。飛び出

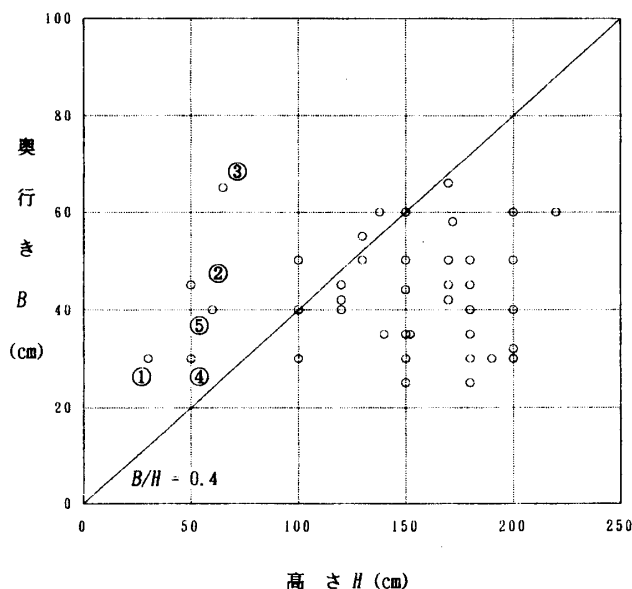


図12 家具類の転倒

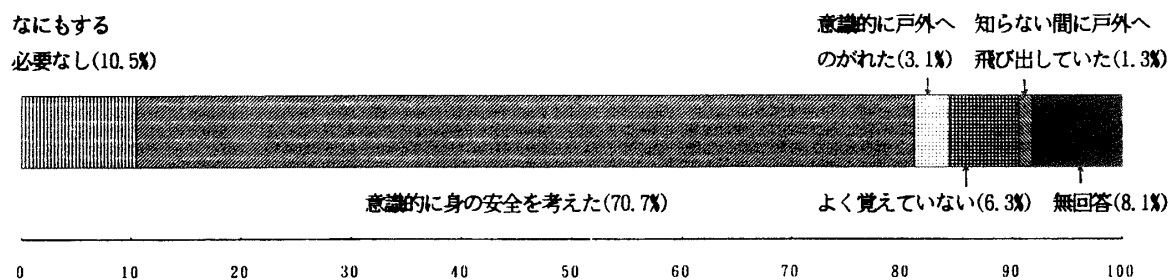


図13 問「とっさの行動」に対する回答

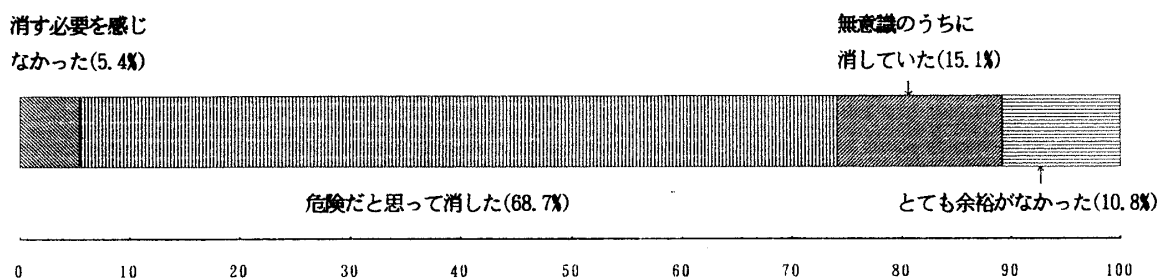


図14 問「火気の処理」に対する回答

していた」と回答した人が4.4%となっている。特に直下型地震においては、屋根瓦の落下などによって戸外の方が危険な場合がある。その数は多くないが、戸外へ逃れたと答えた人がいたことは今後の防災対策を考えて行く上で重要である。また図14によれば、地震時に火気を使用していた人の10.8%は「とても余裕がなかった」と回答している。これは、日頃から防災訓練を行っているにもかかわらず、いざ地震に遭遇したときには人間の心理状態が不安定になるため、なにがなんだかわからなくなってしまうものと思われる。このようなことを考えると地震時には自動的に停止するような耐震装置付きのガス器具を使用するとともに、主体的な防災訓練の徹底が望まれることを痛感した。

つぎに、防災意識に関する回答について検討する。ここでは、1985年能登半島沖地震(M5.9)の際に金沢市(震度Ⅱ)を対象に行った同様のアン

ケート調査⁹⁾の結果や全国の平均、人口10万人未満の市の平均の結果¹⁰⁾と対比して図15に示した。人口10万人未満を選んだ理由は伊東市の人口が約7万2千人であったためである。また、金沢市のある石川県は有感地震の頻度が全国一低い県であり、伊東市とは対称的に地震に対する防災意識が極めて低い地域であると考えられる。全体的にみると、伊東市民が「地震に対する備え」を十分に行っていることがわかる。しかし、前述したようにライフラインの機能障害により市民生活に大きな影響が生じたり、パニックが生じたりするので、さらに綿密な準備が必要であろうと考えられる。一方では、有感地震のほとんど起きない地域においては地震防災対策がないがしろにされている感が強い。我が国においては、いつどこを地震が襲っても決して不思議ではないともいえるので、全国的な地震防災意識の向上が強く望まれるところである。

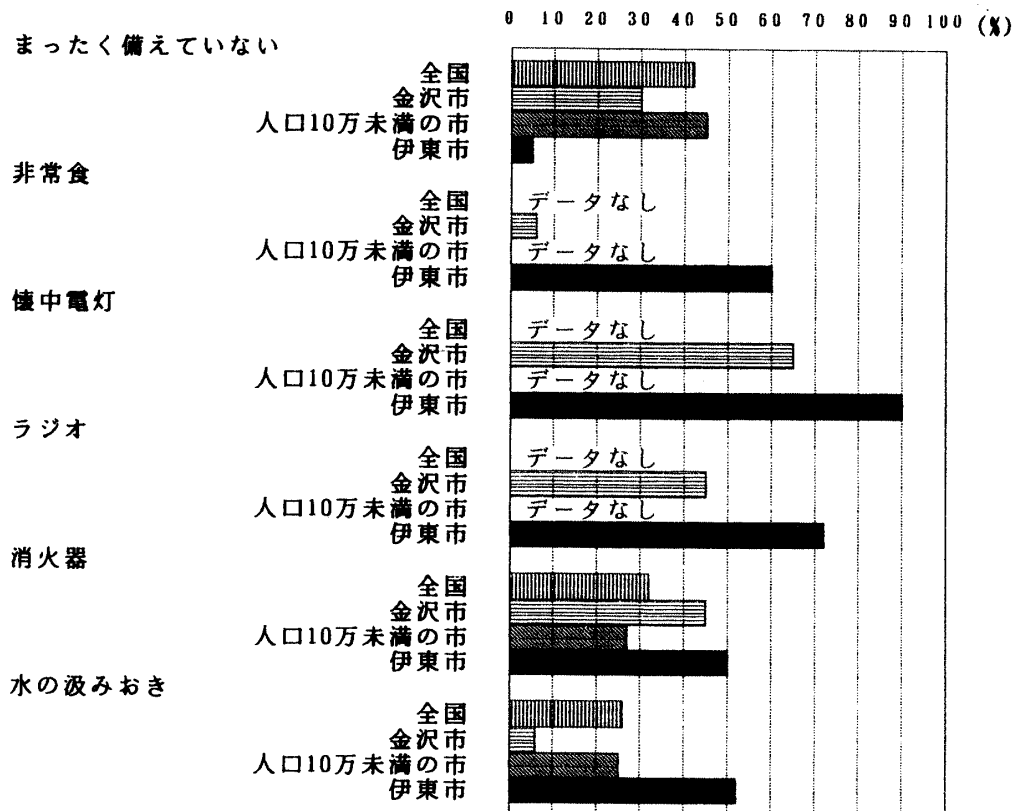


図15 災害に対する備え

5. 結論

本研究は、1989年の伊豆半島東方沖地震に関して震害調査およびアンケート調査を実施し、今回の地震の特徴である震源域が浅くて近い場合の震害の特徴を探るとともに、住民の対応について考察したものである。本地震が我々に残した課題として、地震時の上下動成分が家具類などの転倒に及ぼす影響の解明や、家具類等の転倒による人身障害の軽減策の提案、住民への防災対策の徹底などが挙げられる。なお、本研究を実施するにあたり、手間のかかるアンケート調査票を回答していただいた住民の皆様および関係省庁の方々に感謝の意を表します。また、調査票の配布と回収、データ整理に多大な労力をいただいた金沢大学防災工学研究室の学生諸氏に謝意を表します。

最後に、本研究が文部省科学研究費（一般研究（C）、課題番号 01550364、重点領域研究（2）、課題番号 02201219、研究代表者 北浦勝）の補助によって行われたことを記して感謝いたします。

10) 国土庁：昭和61年版防災白書，大蔵省印刷局，pp. 72-76，1986.

(原稿受理 平成2年8月4日
訂正受理 平成2年11月14日)

参考文献

- 1) 伊東市役所：伊豆半島東方沖群発地震および海底火山の状況等に関する主な記録，pp. 12-23，1989.
- 2) 伊東ガス株式会社：伊豆半島東方沖群発地震関係総合資料，1989.
- 3) 松澤武雄：鳥取大地震の時の狛犬の運動，東京大学地震研究所彙報，22，pp. 60-65，1944.
- 4) 伊藤 潔・飯尾能久・黒磯章夫・梅田康弘・村松郁栄：1984年長野県西部地震で加速度が1Gを越えた領域の調査，自然災害特別研究突発災害研究成果，1984年長野県西部地震の地震および災害の総合調査，研究代表者飯田汲事，pp. 89-100，1985.
- 5) 梅田康弘・M. J. Rymer：ロマ・プリータ地震で飛び上がった石の調査，地震学会講演予稿集，No. 1，p. 108，1990.
- 6) 太田 裕・後藤典俊・大橋ひとみ：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，第92号，pp. 117-128，1979.
- 7) 日本建築学会：1978年宮城県沖地震災害調査報告，1980.
- 8) 建設省建築研究所：1987年千葉県東方沖地震による建築物の被害調査報告，pp. 6-9，1988.
- 9) 北浦 勝・宮島昌克・北島 孝：1985年の能登半島沖地震に関するアンケート調査，金沢大学日本海域研究所報告，第18号，pp. 79-106，1986.