

1989年7月9日の伊東沖地震のアンケート方式による震度調査

著者	青島 晃, 県立磐田北高等学校科学部
雑誌名	静岡地学
巻	61
ページ	1-10
発行年	1990-06-17
出版者	静岡県地学会
URL	http://doi.org/10.14945/00025421

1989年7月9日の伊東沖地震のアンケート方式による震度調査

青 島 晃*・県立磐田北高等学校科学部**

1. はじめに

1989年7月9日11時09分伊豆半島伊東の沖合、手石島の近くを震源として起こった地震 (M=5.5、2回)は、海底噴火に至った一連の群発地震の中で最大の規模のものであった。気象庁の発表によると、この地震による各地の震度は図1のとおりである。伊東にいた気象庁地震機動観測班は震度Vを観測し、網代測候所では震度IVを記録した。この地震により伊東市を中心に軽傷者22名、家屋の一部破損92棟、道路21箇所の被害が生じた。大きな被害はなかったものの伊豆半島を中心に関東、中部地方にわたって大きな揺れが感じられた。しかし、伊東と網代がわずか8kmしか離れていないにもかかわらず、震度に食い違いが生じている。この原因として測候所のある地盤の違いや体感震度の曖昧さが指摘されてきた。

筆者らは、1980年以来、静岡県地震予知観測学習モデル校の活動の一環として、静岡県西部地方を中心に東南海地震(1944)をはじめ、数回のアンケート調査を行って詳細な震度分布図を作成し、震度と地盤との関係を明らかにしてきた。そこで、今回の地震についてもこれらの知見をふまえて、同様の方法でアンケート調査を行い、この地震について、詳細な震度分布図を作成し、震度と地盤や震央距離との関係、地鳴りや地震時の人間行動について調べてみた。

2. アンケート調査の方法

アンケート票は太田ほか(1979)によって開発されたものを用いた。このアンケート票は、質問総数35個からなり、回答者の位置付け(場所、環境)を知るためのもの9個(質問2~10)、震度に直接関係するもの21個(質問11~32のうち19を除いたもの)、その他5個からなる。

この調査は狭い地域の震度差を明らかにすることが目的であるため、できるだけ高密度で均質に

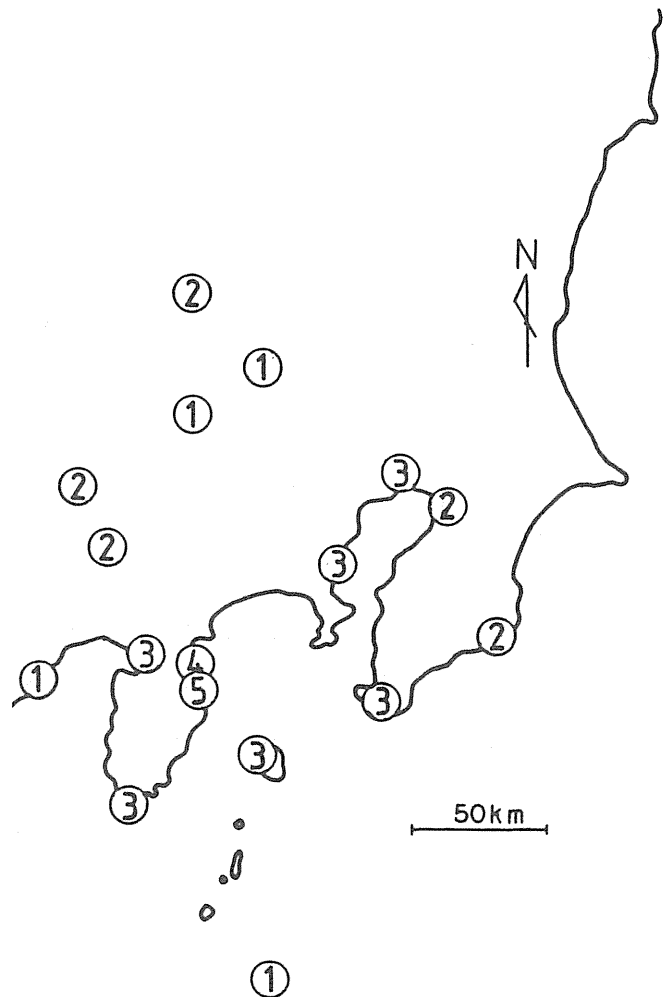


図1 震度分布 数値は気象庁震度階

* 県立磐田北高等学校 ** 鶴田吏香 原田和枝ほか22名

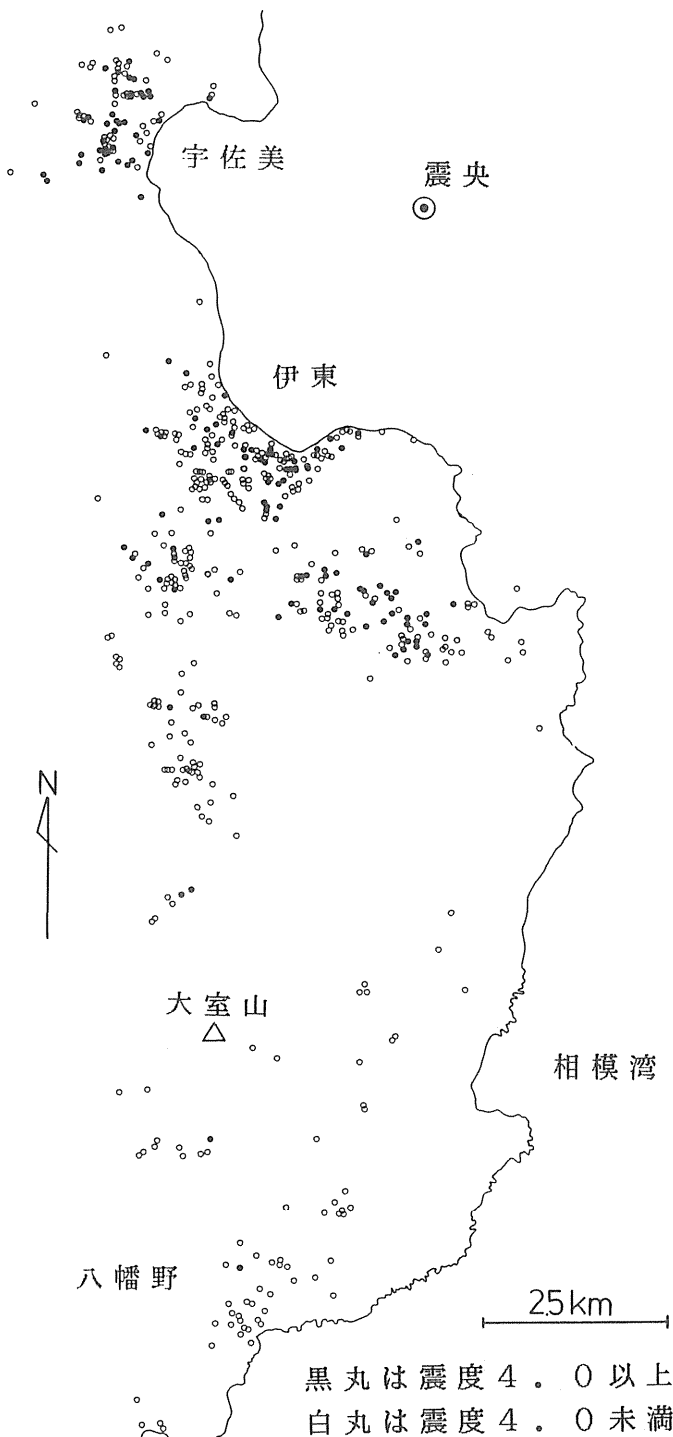


図2 アンケート回答者分布

なるようアンケート票を伊東市内の県立高校の生徒1,500人に依頼して配布した。配布枚数は1,584枚、回収枚数は1,240枚、回収率は78.3%であった。アンケート票の回収地点は、図2で示されるとおり伊東市から東伊豆町の広い範囲にわたる54地区に及んだ。この種の調査は、回答者の記憶によるところが大きいので、できるだけ早い時期を計画したが、夏休みに重なったためやむなく9月上旬に行った。

回収したアンケート票は地区別に分類してコンピューターに入力した。震度は太田ほか(1979)の方法によって1枚のアンケート票から1つの震度を次式より求めた。

$$I_Q = (\alpha / N_e) \cdot \sum_i^{N_e} m_i \beta_i \quad (m)$$

- ここで I_Q : アンケート震度
 α : 建物の構造や階数によってきまる条件係数
 m_i : 質問アイテム i において回答者が反応したカテゴリー番号
 N_e : 質問アイテムの有効回答数
 $\beta_i (m)$: m_i に対応する震度係数

である。なお、この式によって決まるアンケート震度は気象庁震度とは一致していない。太田(1974)による気象庁震度階との対応は、図3のとおりである。以下、この論文ではアンケート震度を用いる。

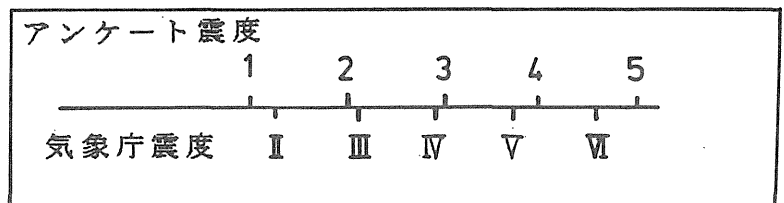


図3 アンケート震度と気象庁震度の対応
太田(1974)より

3. 震度分布

図4は上記によって求めた震度の伊東市全体の頻度分布である。ほぼ正規分布をしている。震度は1.0から5.8まで広い範囲に分布しており平均は3.45であった。また表1は地区別の平均震度をまとめたものである。このように地区によって震度がさまざまに異なる値をとることを明確にし、原因を探るのが本論の目的でもある。図2は震度4.0以上とそれ未満のものを区別して表示してある。震央に近いほど震度が大きくなるという一般的傾向がみられるが、場所によっては、震央から遠くても震度が大きいところもみられる。

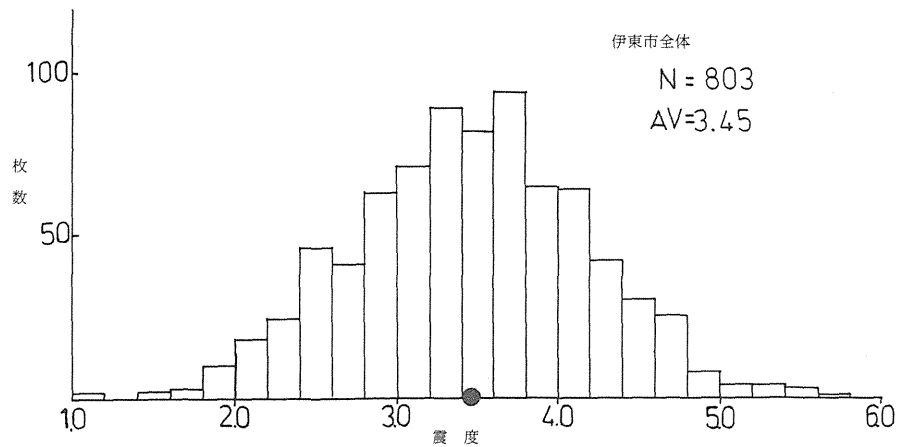


図4 伊東市全体の震度の頻度分布

表1 地区別の震度

コードNO	地区名	アンケート枚数	平均震度	コードNO	地区名	アンケート枚数	平均震度
101	赤坂	3	2.95	129	十足	9	3.21
102	赤沢	7	2.46	130	渚町	2	3.03
103	新井1,2丁目	25	3.18	131	八幡	3	2.11
104	池	12	2.69	132	富士見町	1	3.39
105	泉町	1	3.26	133	広野1-4丁目	10	3.61
106	宇佐美	110	3.93	134	東松原町	5	3.67
107	大原町1-3丁目	12	3.86	135	払	1	2.66
108	岡	18	3.43	136	馬場町	14	3.60
109	岡広町	2	3.40	137	富戸	37	2.85
110	萩	62	3.05	138	松川町	3	3.61
111	音無町	5	3.40	139	松原	12	3.36
112	鎌田	12	3.42	140	松原本町	3	3.88
113	川奈	78	3.68	141	南1,2丁目	14	3.21
114	銀座元町	4	4.22	142	八幡野	66	2.68
115	玖須美元和田	53	3.81	143	湯川	9	3.47
116	小室	35	3.57	144	湯川1-4丁目	13	3.46
117	寿町	6	3.77	145	湯田町	4	3.56
118	幸町	2	3.77	146	吉田	33	3.38
119	桜木町1,2丁目	8	3.38	147	和田1,2丁目	17	3.65
120	三の原	1	2.89	148	弥生町	6	3.19
121	猪戸1,2丁目	7	3.53	149	物見が丘	5	3.07
122	静海町	4	3.79	150	宮町	1	4.50
123	芝町	8	3.83	151	宮川1,2丁目	18	3.52
124	城星町	6	3.54	152	桜が丘1,2丁目	6	3.43
125	末広町	2	3.49	153	見晴町	2	3.57
126	竹の内1,2丁目	3	2.84	154	瓶山1,2丁目	6	3.76
127	竹の台	1	3.53	155	丸山町	2	3.54
128	中央町	6	3.73		平均		3.45

4. 震度と震央距離

図5は伊東市の震度と震央距離の関係を示したものである。この地震の場合、伊東市は震央距離が2.5 km から 17.0 km の範囲にはいる。データにばらつきはあるものの震度が距離と共に減衰する様子が読み取れる。震度が震央距離と1次の関係があると仮定して回帰直線を求めると、震度をIQ、震央距離をd、相関係数をRとすれば

$$IQ = -0.14 d + 4.36 \quad (R = -0.53)$$

となる。また、震央距離が大きくなるにつれて、分散が漸減する様子もみられる。距離0.5 km 毎の平均値、最大値、最小値を求めグラフに示したものが図6である。図5と同様に震度の減衰がみられるが、9.5 km 付近は高めの値を、10.5 km 付近はやや低めの値を示している。この原因は、後述するように地盤の影響によるものと考えられる。すなわち前者が主に十足を中心とした谷底平野の堆積物に覆われた地帯、後者は大室山周辺の溶岩地帯からなっているためであろう。

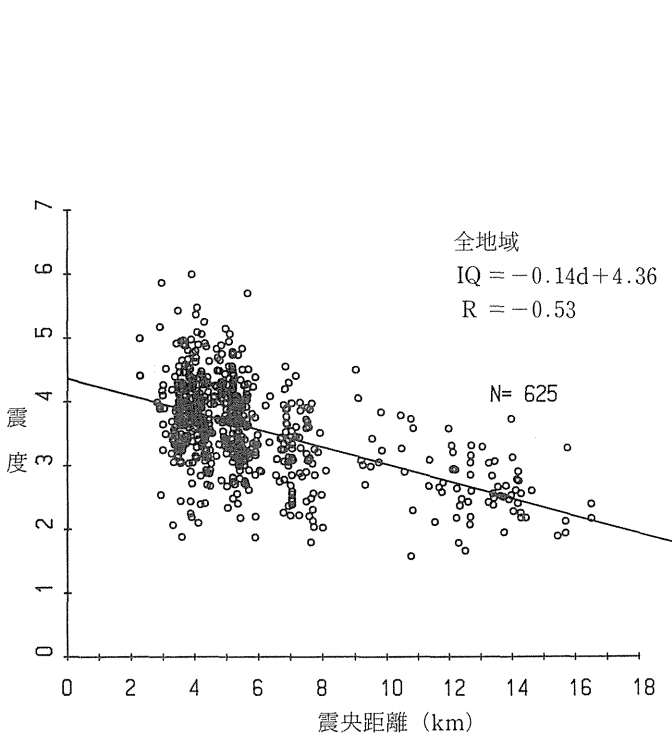


図5 震央距離と震度の関係

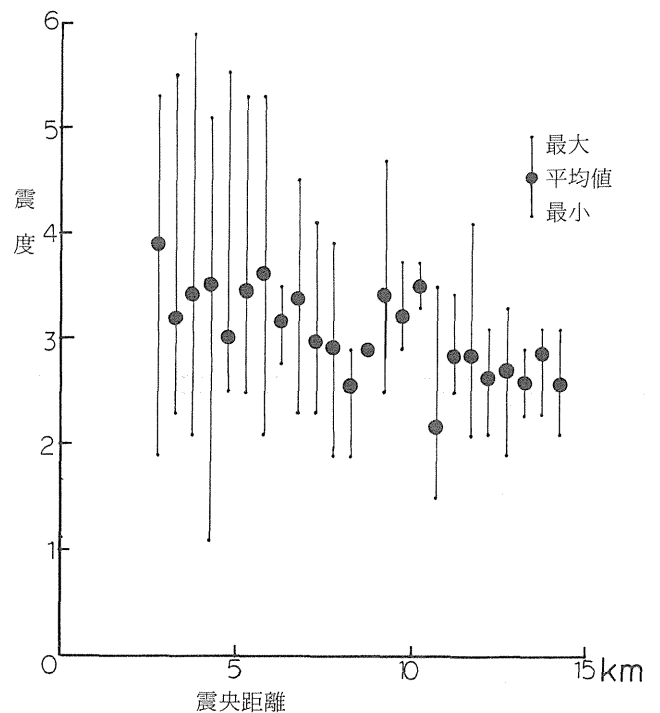


図6 震央距離と震度の関係

5. 震度と地盤

震度と地盤の関係を調べるため、まず伊東市の地盤構成を表層地質図よりまとめた。伊東市の地質をつくる基盤は第三紀中新世の火山砕屑岩を主体とする湯が島層群、白浜層群である。その上に第四紀更新世に噴出した輝石安山岩質の天城火山、宇佐美火山の溶岩、火山角礫岩、凝灰岩が覆う。さらに第四紀完新世に噴出した東伊豆単成火山群の大室山火山、小室山火山、矢筈山火山の降下火砕物、火砕流、溶岩が覆う。そして、これらの火山の間にできた谷底に砂、泥層を中心とする沖積層が堆積

した。こうしてできた沖積平野は伊東市内地区と宇佐美地区に分布する。また、北西—南東方向の断層、活断層がいくつか見られる。

これらの地質を構成する物質の物性の違いから、おおまかに火山岩地域、火山性未固結堆積物地域、沖積層地域の3つに分類した(図7)。そして、これらの地質区分ごとに震度の頻度分布を示したものが図8である。黒丸はそれぞれの平均値である。一番新しい堆積物の沖積層地域の平均震度は3.64、ローム層やスコリアなどの未固結火山碎屑物地域の平均震度は3.48、大室山などの溶岩からなる火山岩地域の平均震度は3.21であった。図からわかるとおり硬い火山岩地域は揺れが小さく、柔らかい沖

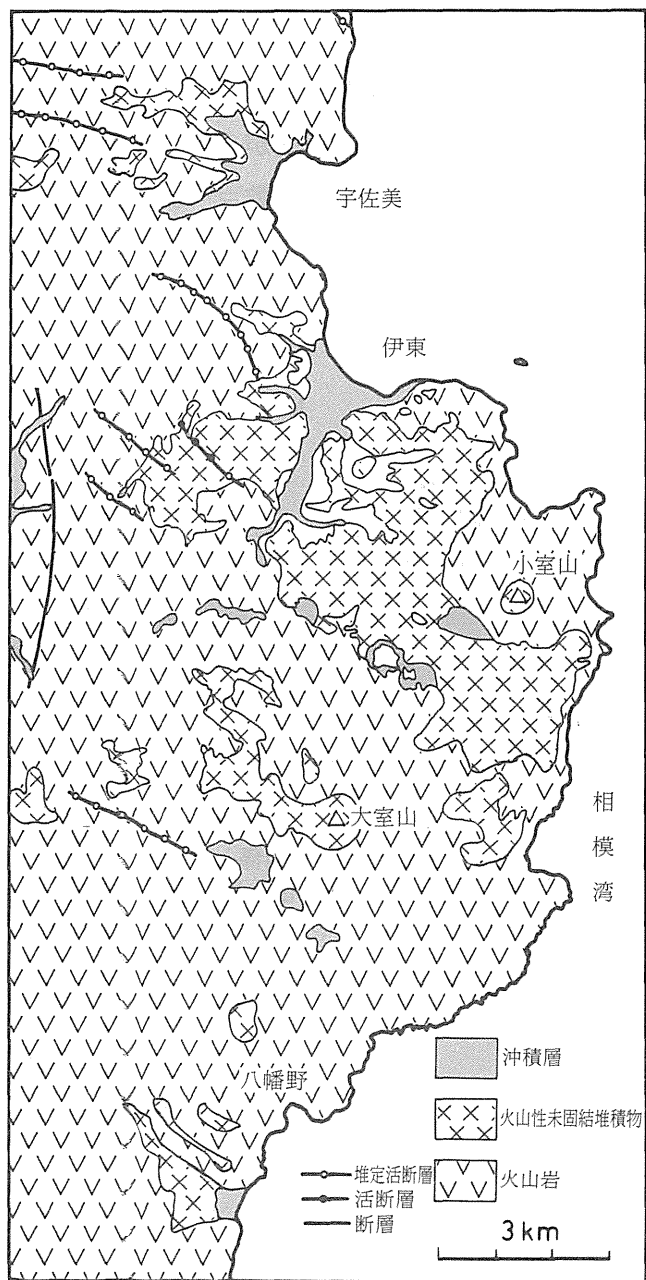


図7 伊東市の地盤区分

土地分類基本調査「熱海、小田原」(1985)
 // 「伊東・稲取」(1983)
 より編集

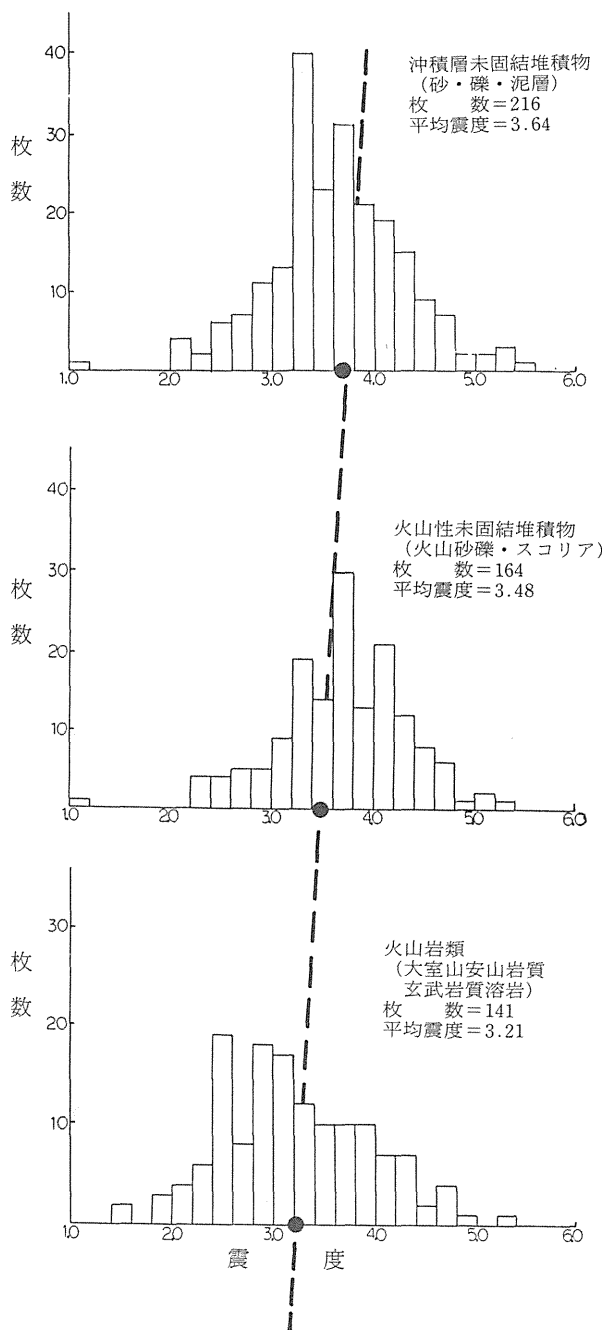


図8 地盤別の震度の頻度分布

積層分布地域は揺れが大きかったことがわかる。すなわち、表層地盤が震度分布を特徴付ける重要な地質特性要因であることがわかる。

また、地盤ごとに震度と震央距離の関係を示したものが図9である。図から地盤ごとに回帰直線を求めると

沖積層地盤 : $IQ = -0.20 d + 4.62$ ($R = -0.29$)
 火山性未固結堆積物地盤 : $IQ = -0.15 d + 4.57$ ($R = -0.42$)
 火山岩地盤 : $IQ = -0.12 d + 4.18$ ($R = -0.56$)

となる。この式から沖積層地盤では距離による減衰が大きい、火山岩地盤では距離による減衰が小さいことがわかる。すなわち柔らかい地盤ほど震央から離れるにしたがって震度が小さくなる割合が大きくなることがわかる。また、沖積地盤では震度のばらつきが大きい（相関係数=-0.29）が、火山岩地盤ではばらつきが小さい（相関係数=-0.56）という特徴もみられる。

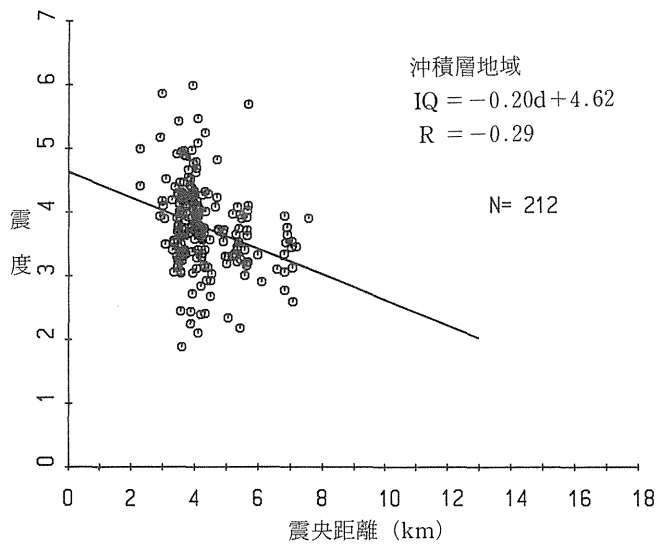


図9-a 震央距離と震度の関係（沖積層地域）

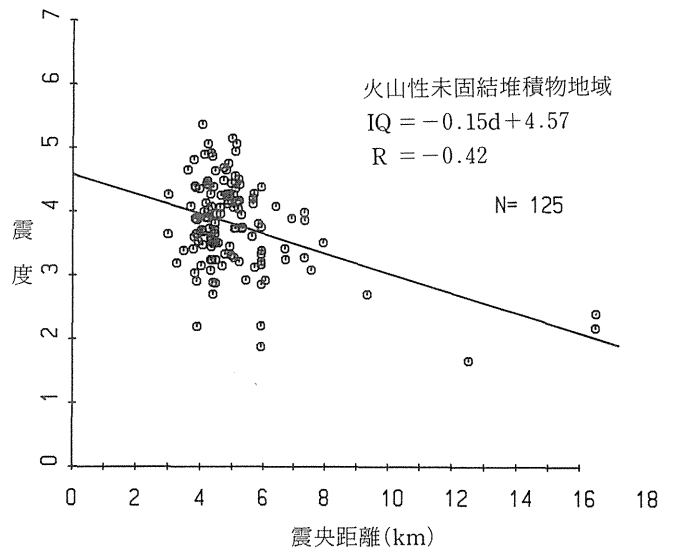


図9-b 震央距離と震度の関係
（火山性未固結堆積物地域）

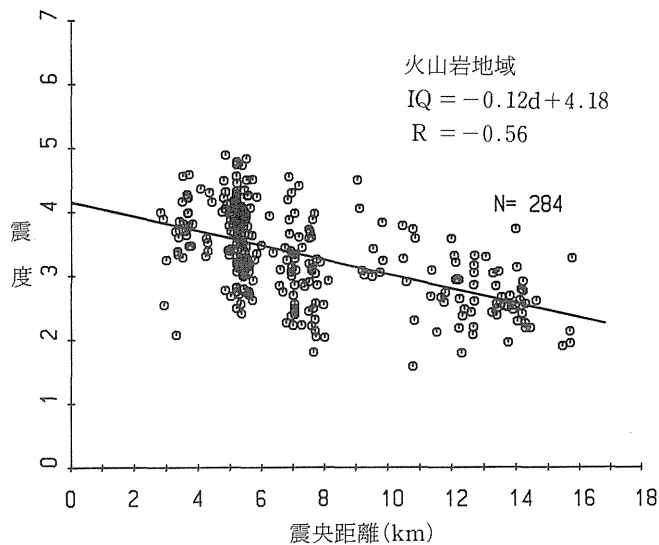


図9-c 震央距離と震度の関係（火山岩地域）

6. 震度と断裂系

地震の震度とその分布は、地下の断裂系と関係が深いと言われている（例えば角田（1988））。図10は伊東市川奈地区から玖須美元和田地区の震度分布を示したものである。図より震度4.0以上の地点が北西—南東方向に帯状に分布していることがわかる。この方向は、図7で示したようなこの地域の活断層、地震断層の一般的方向であり、東伊豆単成火山群の配列とも一致している。この地区でいえば、強震度分布域の南東方向の延長には小室山のスコリア丘があり、北西方向の延長には東伊豆単成火山群の火口や活断層がみられる。すなわち、今回の地震ではこの地域が地下の断裂系の影響を受けて帯状強震度分布域になったと考えられる。なお、このような北西—南東方向の強震度帯は、伊東市鎌田地区でも予想できる。

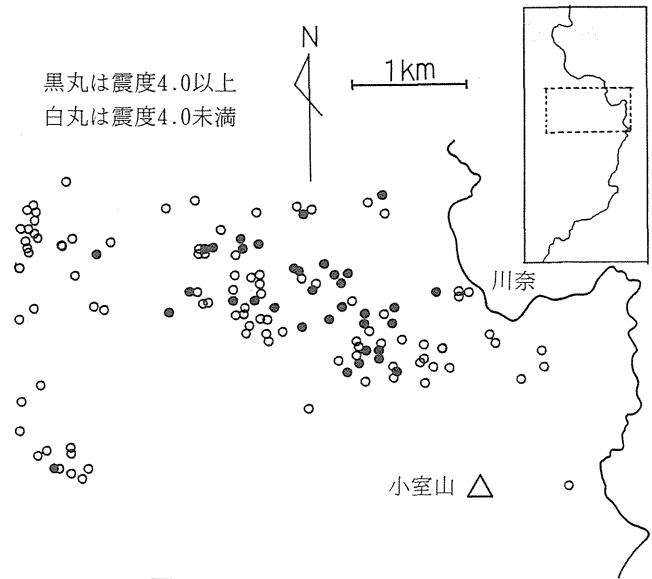


図10 川奈地区の強震動帯

7. 揺れの感じ方

揺れの感じ方について、震央距離との関係を示したものが図11である。震央に近づくほどドンと突き上げて来る揺れを感じる人が多く、また震央から遠ざかるほどかなり速い繰り返しの横揺れやゆっくりした横揺れを感じる人の割合が多くなっている。

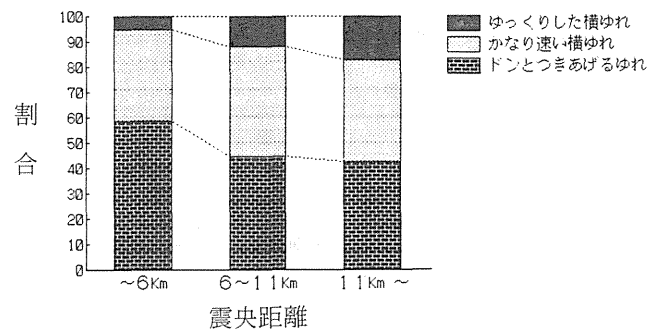
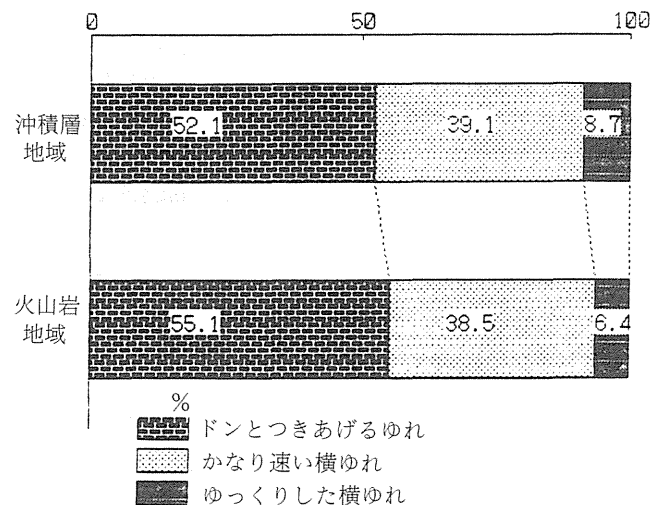


図11 震央距離とゆれの感じ方

また、揺れの感じ方と地盤との関係を示したものが図12である。軟弱な沖積層の地域では硬い火山岩地域よりゆっくりした繰り返しの横揺れを感じる人の割合が多く、ドンという突き上げて来る縦揺れを感じる人の割合が少ない。

揺れの感じ方は観測者に到達した地震波の波形の特徴と関係が深く、一般に震央に近いほど、また、地盤が固いほど短周期になり、震央から遠いほど、また、地盤が柔らかいほど長周期成分が卓越する傾向があるといわれている。今回の結果は、これら周知の事実と矛盾しない。



(注) 5 km < 震央距離 < 6 km アンケート枚数 101枚

図12 地質の違いとゆれの感じ方

8. 地 鳴 り

震央距離と地鳴りを聞いた人の割合の関係を示したものが図13である。震央に近いほど地鳴りを聞いた人の割合が増加し、これは震度と震央距離の関係と高い整合性をもつ。また、図14は震度と地鳴りを聞いた人の割合の関係を示したものである。この図より、地鳴りを聞く人の割合は震度にほぼ比例していることがわかる。図15は地盤別に地鳴りを聞いた人の割合を示した。沖積地盤の方が、火山岩地盤より地鳴りを聞く人が多いことがわかる。これは、沖積地盤の分布する地域が震源に近いため震度が大きいからだと考えられる。

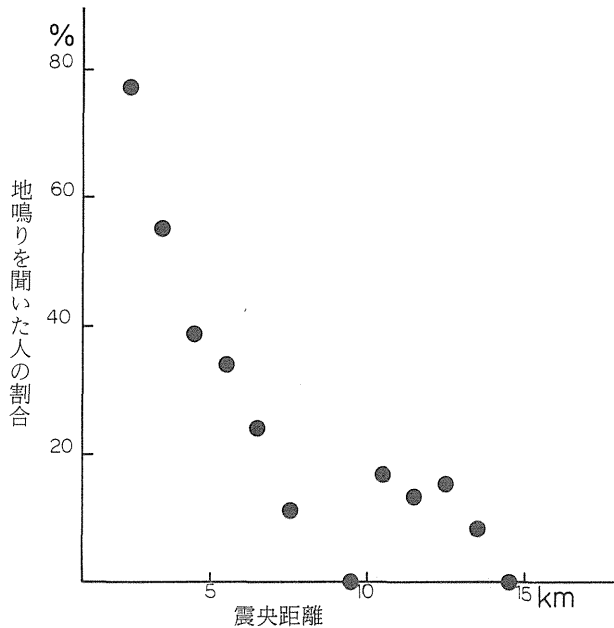


図13 震央距離と地鳴りを聞いた人の割合

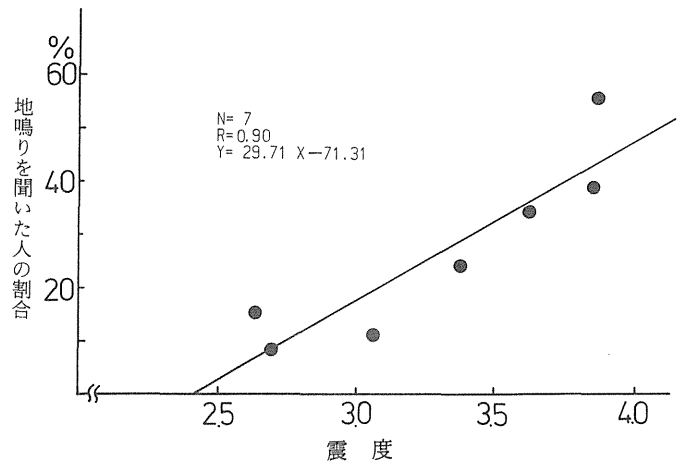


図14 震度と地鳴りを聞いた人の割合

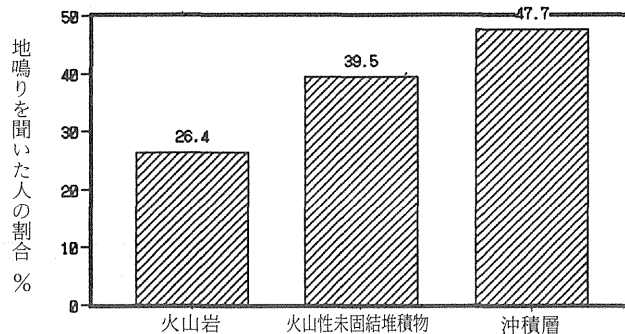


図15 地盤別の地鳴りを聞いた人の割合

地鳴りの聞こえてくる方向は、回答者の39.6%が下方からと答えた。これは、震源が近いために直接、下方からの地震波が伝搬してきたためであろう。次に地鳴りの方向性を調べるために8方位の回答者についてその方向を集計した。図16の矢印は聞こえてきた方向をベクトル合成して示したものである。この図より伊東湾を囲む地域では、多少のばらつきはあるもののほぼ震央方向を示していることがわかる。それに対して富戸、八幡野などの震源から離れたところでは、震央方向とは90°以上ずれた南西方向を示す、興味ある結果が得られている。

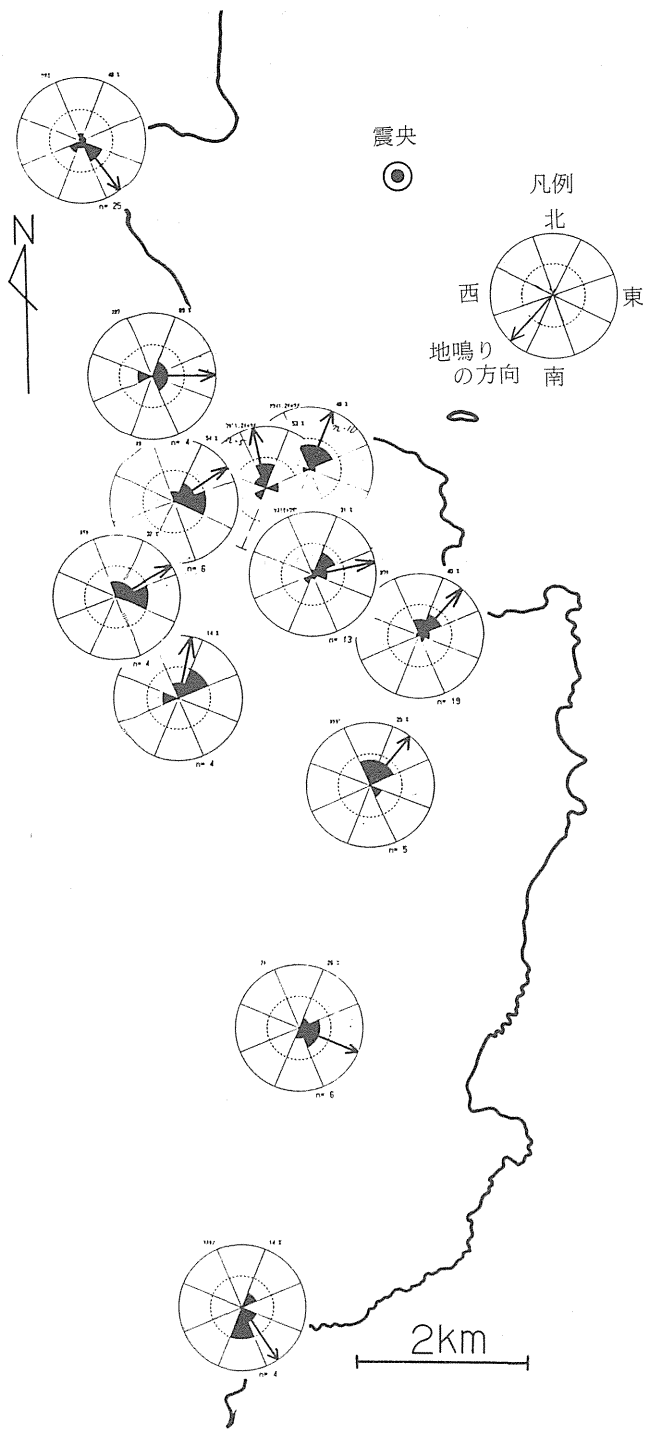


図16 地鳴りの方向

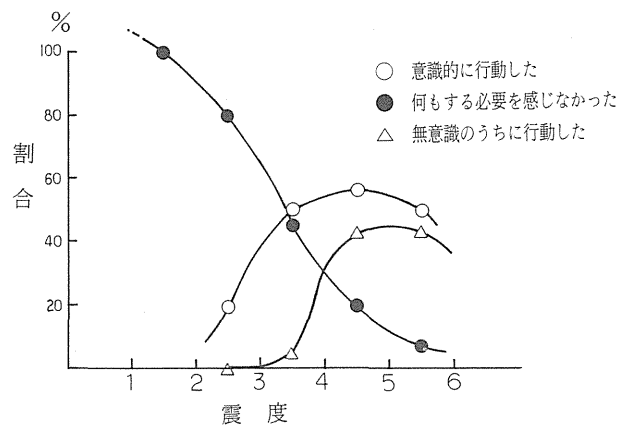


図17 震度による行動のちがい

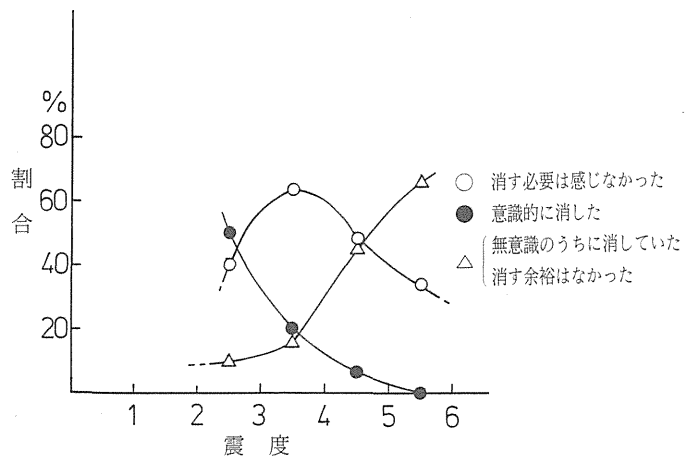


図18 震度による消火活動のちがい

9. 地震と人間行動

図17は震度と地震時の行動を示したものである。震度が大きくなると何もする必要を感じない人が激減し、意識的に身の安全を考えたり、さらに無意識のうちに戸外へ逃げだす人の割合が増加することがわかる。しかし、これらの行動は同様なアンケート調査(太田ほか1979)と比較して低い値を示す。これに対する一つの解釈として、この地震の前に群発地震の繰り返しがあり、地震の揺れに対して次第に落ちついた行動ができるようになったためと考えている。図18は震度と消火行動との関係を示したものである。アンケート震度3以上で火を消す行動をとった人が上回っている。これも他地域のアンケート調査と比較して低い値を示し、同様な理由が考えられる。

男女別の地震時における行動、驚き、恐怖感の違いは図 19、20 で示されるとおりである。予想されたとおり男子は女子に比べて驚き・恐怖感とも少なく、落ち着いて行動できることを示している。

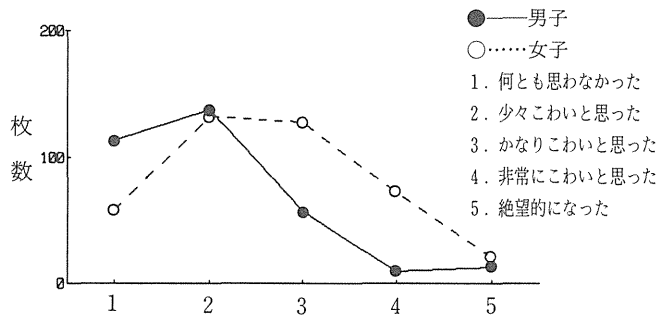


図19 男女による恐怖感のちがい

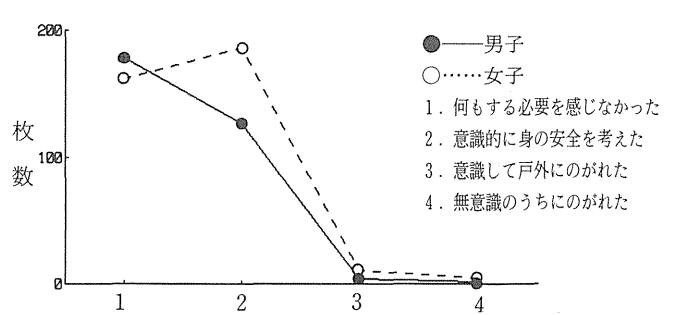


図20 男女による行動のちがい

10. おわりに

この調査を行うにあたり、多くの方々に協力をいただいた。アンケートの回答には静岡県立伊東高校、伊東城ヶ崎高校、伊東商業高校の生徒約 1,500 人に協力していただいた。またアンケート票の配布、回収にはこれら 3 校の職員の方々に大変お世話になった。東京大学地震研究所太田裕氏にはアンケート調査の手法について御教示をいただき、また粗稿を読んでいただいた。磐田北高校前校長渡瀬祥光氏にはこれらのアンケート調査の依頼に便宜をはかっていただいた。磐田北高校前教諭土屋光永氏には討論していただいた。これらの方々に、厚くお礼申し上げる次第である。

参考文献

葉室和親 (1978) 大室山火山群の地質, 地質学雑誌, 84, 433—444.

磐田北高校科学部 (1989) アンケート調査による東南海地震における静岡県西部地域の地盤と被害に関する研究, 第 31 回日本学生科学賞論文集.

太田 裕・後藤典俊 (1973) アンケート調査による道内各地の震度推定と 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, 5, 302—325.

太田 裕 (1974) 通信調査による川崎市の地震危険度図 (Seismic Microzoning Map) の作成, 川崎市の震災予防に関する調査報告書, 4—52.

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 裕・大橋ひとみ (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—, 地震, 2, 32, 399—413.

静岡県 (1983, 1985) 国土調査基本図「伊東・稲取」, 「熱海・小田原」

静岡県 (1989) 伊豆半島東方沖の群発地震および海底噴火, 地震対策資料, No.79.

角田史雄 (1988) 首都圏北部で発生する強震動の方向, 地質学論集No.31, 127—138.