

# 刊 行 に あ た っ て

国立防災科学技術センター所長 大 平 成 人

被害地震の際にその震央または地震断層のごく近辺で地盤が実際どのような震動をしたかということは、重要構造物の耐震設計法の確立に不可欠な知識であるにもかかわらず、従来信頼すべきデータがきわめて少なかった。そこで、わが国の内陸で発生したおもな地震について、震央または地震断層の近傍における最大加速度をはじめ必要な諸量を求めて当該地震時の震動の様相を明らかにするため、この研究が企画された。

その推進のため、当センターに内陸地震調査委員会が設けられた。委員会は萩原尊禮東大名誉教授を委員長とし、東大地震研究所茅野一郎氏と、当センター浜田和郎・大竹政和両室長らで構成され、昭和50年12月以来24回の会合が重ねられた。委員会の討議の中で、わが国の明治以降の内陸地震の中から地表で地震断層の確認されたものなど13個の地震と、外国の例の中から資料が豊富でこの目的に特に有用と見られる5個の地震が選定され、各地震について収集した資料を再検討し、記録に残る地震記象や被害状況などから地盤の変位・速度・加速度などの諸要目をまとめる作業が行われた。作業の主要部分は当センターの経常研究の形で実施した。

このたびおもな資料の整理が終り、報告の第一段階として便覧形式で発刊の運びになった。終始ご指導頂いた萩原名誉教授と、毎回の討議に参加され原稿の一部を執筆された茅野氏に厚くお礼申し上げる。

# 序 文

東京大学名誉教授 萩 原 尊 禮

大地震のときの地震動の特性，つまり地盤がどのように揺れ動くかについて正確な知識を得ることは，耐震工学の研究にあたりまず第一に必要とされるところである．しかし，地震動はきわめて複雑であって，地震のマグニチュードや発震機構によっても異なるし，その場所の地質・地盤の状態などの影響を大きく受ける．

わが国で強震観測の事業が進められるようになったのは，1948年の福井地震を契機として，その必要性が痛感されてからであるが，その後日本の経済力の発展とともに強震加速度計の設置台数は増して，今日では数の上ではアメリカをしのぎ，新潟地震や十勝沖地震などに際して幾つかの貴重な強震記録を得ることができた．しかし，今のところ強震計の設置場所が大都市のビルや橋梁・港湾施設などの構造物に集中しているため，比較的大きいマグニチュードの地震の震央付近での記録はまだ得られていない．この悩みは強震観測の先進国であるアメリカでも同じで，エル・セントロやタフトなどにおける強震記録のように貴重な資料を世界に提供しているものの，大きいマグニチュードの地震の震央付近での記録はない．

日本やアメリカの強震観測事業の進展によって今日では，地盤または堅い岩盤上における最大加速度が震央距離とともにどのように減衰するかについてのグラフや実験式が求められている．Seedの式や金井の式などがあり，また最近では加速度強震記録の統計解析（土研）など，これらの実験式は広く耐震工学者によって採用されているが，震央近くの強震観測資料を欠くために，適用範囲は震央距離がおよそ20kmより遠いところに限られている．

大きい地震の震央付近または地震断層付近の地震動がどのようなものであるかを知ることは，重要構造物の耐震設計基準を定めるにあたってはきわめて大切なことであるが，前に述べたように，いまだに強震計によって記録されたものがない．今後強震観測事業がさらに進展すれば，いずれは震央付近での強震記録を得ることに成功するであろうが，それまでには，かなりの年月を要することになる．それまでは何かの方法で大きい地震の震央付近の地震動の様相を推定するほかはない．

最近では地震断層について，かなり明確な知識が得られるようになり，遠方の長周期の表面波の観測から断層のパラメータや断層面に沿いどのような速さで破壊が進行したかなどを推定できるようになった．また逆に，ある断層モデルを仮定し，どのような地震波が放出されるかを計算できるようになった．しかし，これはあくまで長周期の波動についてだけの話であって，大きい加速度の地震動を与える短周期の波について適用することは難しい．

したがって，現在のところでは，墓石のような物体の転倒または家屋の横すべりなどから最大水平加速度を推定したり，木造家屋の倒壊率または被害状況から震度を推定するなど，昔から行われてきた方法に頼らざるを得ない．しかし，今日の地震学の知識を踏まえて，もう一度これまでの資料を見なおしてみたらどうか．なにか震央または地震断層付近の地震動の特性についてもう少し新しい情報が得られないだろうか．これが今回の調査を思いついた動機である．この目的をもって国立防災科学技術センターに内地地震調査委員会が設けられ，1975年12月第1回の会合が持たれた．調査の目標は，地震断層付近の地震動の様相を明らかにすることであり，原則として地表に断層変位が現われた地震を取り上げることにした．地震としては比較的調査資料の多い1891年の濃尾地震以後の13の地震を選んだ．また外国の例としてImperial Valley地震など五つの地震を選んだ．できるだけ多くの文献を集める方針としたので意外に時間がかかり，会合は24回に及んだ．集められた資料を整理して，それに基づいて断層付近の地震動の様相について委員会としての結論をまとめあげることになったが，資料整理の段階で一まずこれを便覧式の形に統一して印刷し，地震学，地震工学，耐震工学の研究者の方々のお役に立てたらと考えた．したがって，本書は前記委員会報告書の第一部ということになるが，その性質上，記載はできるだけ客観的立場で行い，主観が入ることをつとめて避けた．続く報告書第二部では委員会としての解釈見解を述べたいと思っている．

# 目 次

刊行にあたって

序 文

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 本書の構成と内容 .....                    | 1   |
| 共通文献表 .....                       | 4   |
| 各種震度階の比較 .....                    | 5   |
| 内陸に発生した地震の震害に関する調査                |     |
| 1. 濃 尾 地 震 (1891) .....           | 9   |
| 2. 庄 内 地 震 (1894) .....           | 15  |
| 3. 陸 羽 地 震 (1896) .....           | 21  |
| 4. 江 濃 地 震 (1909) .....           | 27  |
| 5. 関 東 地 震 (1923) .....           | 33  |
| 6. 北 丹 後 地 震 (1927) .....         | 39  |
| 7. 北 伊 豆 地 震 (1930) .....         | 45  |
| 8. 鳥 取 地 震 (1943) .....           | 51  |
| 9. 三 河 地 震 (1945) .....           | 57  |
| 10. 福 井 地 震 (1948) .....          | 63  |
| 11. 岐阜県中部地震 (1969) .....          | 69  |
| 12. 伊豆半島沖地震 (1974) .....          | 75  |
| 13. 大分県中部地震 (1975) .....          | 81  |
| 14. Imperial Valley地震(1940) ..... | 87  |
| 15. Kern County 地震 (1952) .....   | 93  |
| 16. Parkfield 地震 (1966) .....     | 99  |
| 17. San Fernando 地震 (1971) .....  | 105 |
| 18. Guatemala 地震 (1976) .....     | 111 |



# 本書の構成と内容

本書では、地震断層付近の地震動の様相を明らかにすることを目的とし、原則として内陸に発生し地表に断層変位を生じた地震を取り上げている。

外国の地震については、本書の目的に特に有用と考えられ資料の豊富な五つの地震を取り上げた。

各地震に関する記述はそれぞれ6ページからなり次の各項目から構成されている。

〔第1ページ〕

- ① 表題部（地震番号，地震名，発生年月日，マグニチュード）
- ② 地震概況
- ③ 要 目（発生時刻，震央位置，震源の深さ，マグニチュード，発震機構，最大震度，地動変位，地動速度，地動加速度，地震記象）
- ④ 広域震度分布
- ⑤ 被害の概況

〔第2ページ〕

- ⑥ 地震断層
- ⑦ 地震学上の特記事項

〔第3，4ページ〕

- ⑧ 断層近傍の被害及び推定地震動

〔第5ページ〕

- ⑨ 地震記象

〔第6ページ〕

- ⑩ 文献

各項目の記載内容は次のとおりである。

## ① 表 題 部

i) 地震番号 日本の地震を先に，外国の地震をあとにまとめ，それぞれ年代順に配列し，通して番号を付してある。

ii) 地震名 気象庁によって命名されたものはそれを用いた。ただし，頭記の発生年は省略した。

その他の地震については理科年表〔R〕，宇佐美〔U〕等を参照して広く使われているものを採用した。

多くの論文などで用いられている別名があるときは（ ）内に付記した。

iii) 発生年月日 現地の日付による

iv) マグニチュード 最も代表的と考えられる値を記した。

## ② 地震概況

震央位置，地震断層の名称，地震および被害の特徴などを要約して記した。

被害の規模を示すものとして死者数および全壊住家数（非住家を含む場合，含むか否か不明の場合は全壊家屋数とする）を記した。日本の地震については原則として理科年表〔R〕による。

## ③ 要 目

発生時刻，震央位置，震源の深さ，マグニチュードは原則として同一出典に拠った。日本の地震については気象庁のデータを優先的に採用した。

詳しい調査・研究によって求められた値があるときは（注）に記した。

i) 発生時刻 日本の地震については日本標準時（JST）で，外国の地震については現地時間およびグリニチ

標準時 (GMT) によって記した。

ii) 震央位置

iii) 震源の深さ

iv) マグニチュード 幾つもの機関あるいは個人によって発表された値があるときは主なものを掲げた。その他の値、実体波マグニチュード ( $m$ )、震度  $V$  あるいは  $VI$  の範囲の面積から推定されたマグニチュード ( $M_V$ ,  $M_{VI}$ ) 等は注) として記した。

震度  $N, V, VI$  の範囲の面積  $S$  とマグニチュード  $M$  については次の関係式が提出されている。

$$\log S(N) = 0.82M - 1.0 \quad 1)$$

$$\log S(V) = M - 3.2 \quad 2)$$

$$\log S(VI) = 1.36M - 6.66 \quad 2)$$

$S(I)$ : 震度  $I$  以上の地域の面積 ( $\text{km}^2$ )

$M$ : マグニチュード

v) 発震機構  $P$  波初動方向の分布等から求められた発震機構を示す。節面の最大傾斜方向 ( $A$ ) あるいは走向 ( $S$ ) と傾斜角 ( $D$ ) が示されている。傾斜角は地表面と節面のなす角度である。

地震断層面と考えられる節面のあとに断層変位の向きを次の記号で記した。

DN: 正断層

DR: 逆断層

SR: 右横ずれ断層

SL: 左横ずれ断層

例 DR + SR: 縦ずれ逆断層成分と左横ずれ断層成分を持つ場合

vi) 最大震度 気象庁 (中央気象台) の調査に基づき最大震度およびそれを記録した地点が記されている。被害状況等からみてさらに大きい震度の場所が見出された場合は、その震度 (現行震度階級による) を右側の枠内に記入した。

日本で用いられている震度階の定義は時代により異なる。今までわが国で用いられた各種震度階の比較表<sup>3)</sup>を8ページに示した。地震観測指針 [K] および宇佐美 [U] から引用した震度分布は現行の震度階級によっている。

外国の地震については改訂メルカリ震度階 (Modified Mercalli Seismic Intensity Scale, MM 震度階, 1931 年版と 1956 年版<sup>4)</sup>がある) によっている。

vii) 地動変位, 地動速度, 地動加速度 地動加速度は、地震記録から得られた値または転倒物体等から推定された値のうち大きなもの幾つかを記した。

地動変位, 地動速度については、独立の観測値があるものはそれを優先し、ない場合は加速度記録の積分等によって得られた値を記した。

記載の数値の根拠は次の記号で示されている。詳細は「断層近傍の被害及び推定地震動」の項に記載されている。

測: 観測値

換: 換算値 (加速度記録の積分によって得られた速度・変位 等)

注) 1) 勝又護・徳永規一 (1971): 震度  $N$  の範囲と地震の規模および震度と加速度の対応, 気象庁技術報告 第 76 号, 39-41.

2) 村松郁栄 (1969): 震度分布と地震のマグニチュードとの関係, 岐阜大学教育学部研究報告, 自然科学, 4, 168-176.

3) 神沼克伊・岩田孝行・茅野一郎・大竹政和 (1973): 図説日本の地震 1872-1972 年, 東京大学地震研究所研究速報, 第 9 号, 136 頁.

4) Richter, C.F. (1958): Elementary Seismology, Freeman and Co., San Francisco, 136-139.

倒：墓石等の物体の転倒

動：物体の移動

建：建築物

#### ④ 広域震度分布

#### ⑤ 被害の概況

#### ⑥ 地震断層

地表に現われた地震断層の位置，変位の向き，変位の大きさ等に重点を置いた。現地調査の結果に加えて，測地測量の資料のあるものはそれも掲げた。

#### ⑦ 地震学上の特記事項

地震断層パラメータに関する研究結果に重点を置いて記した。

#### ⑧ 断層近傍の被害及び推定地震動

地震断層の近傍に重点を置いて被害および推定加速度等の分布について詳しく記した。

日本の地震については木造住家の全潰(壊)率分布図を掲げた。“全カイ”，“半カイ”の“カイ”は古い記録，本書に即していえば福井地震(1948)までは“潰”が，以後は“壊”が使われている。これは単なる文字の置き換えだけでなく内容にも差があると考えられる。

福井地震の文献〔3〕には，“全潰”は「地震時に屋根の一部分以上が地に着いたもの，2階建にありては2階床部分が地に着いたものも之に含む」と厳密に定義されているが，それ以前，“全潰”，“半潰”という文字が使っている場合はこれと同様の定義に基づいているとみられる。

“全壊”は「修理不能の程度に破壊したもの」といわれているが，実際の適用に当たってはかなりのあいまいさを伴うようである。

古い地震の“全潰率”と最近の地震の“全壊率”を単純に比較することはできない。

建築物等の移動・転倒は地震動推定のよい手掛りを与えられるので，踏査報告に出ている例をなるべく多く挙げた。

地変，特に山崩れの顕著なものについて記した。

転倒物体，特に墓石による地動加速度の推定が広く行われている。その結果を分布図として記した。

地震動の方向の辺長(w)，高さ(h)の均質の柱状物体が地震動によって踊りを始め，あるいは転倒したときは，上下動を無視すれば少なくとも

$$\alpha = \frac{w}{h} g \quad (g \text{ は重力の加速度})$$

の水平加速度が作用したことがわかる。(West の式)<sup>1)</sup>

#### ⑨ 地震記象

地震断層(または震央)にできるだけ近い場所で得られた地震記象の例を一～二示した。

加速度記象を優先し，ない場合は，速度計，変位計あるいはサイスモスコープの記象を示した。

古い時代の地震計の特性等は不明の場合が少なくない。

#### ⑩ 文献

本書の編集にあたって引用しなかった文献でも特に有用と思われるものは挙げておいた。

各記載事項の出典は，〔3〕，〔B〕のようにアラビア数字もしくはローマ字で記されている。アラビア数字は各地震毎の引用文献を示し，ローマ字は多くの地震に共通する文献(7ページ，共通文献表参照)を示す。

原文献の文章をそのまま引用したときは「」を用いた。

---

注) 1) MILNE, John (1885): Seismic Experiments, *Transaction of the Seismological Society of Japan*, 8, 1-82.

## 共 通 文 献 表

- [C] 中央気象台(1952):日本におけるおもな地震の規模表(1885-1950),地震観測法付録12,1-85.
- [I] Ichikawa,M. (1971): Reanalyses of mechanism of earthquakes which occurred in and near Japan and statistical studies on the nodal plane solutions obtained, *Geophys. Mag.*, **35**, 207-274.
- [J] 気象庁(1951~):地震月報(月刊).
- 気象庁(1958) : 日本付近の主要地震の表(1926-1956),地震月報別冊1.
- (1966) : \_\_\_\_\_ (1957-1962), \_\_\_\_\_ 2.
- (1968) : \_\_\_\_\_ (1963-1967), \_\_\_\_\_ 3.
- 気象庁(中央気象台)(~1950):気象要覧(月刊).
- [K] 気象庁(1968) : 地震観測指針(参考編).
- [R] 東京天文台編(1977):理科年表(昭和53年版),丸善,地158-180.
- [P] United States Geological Survey, Preliminary Determination of Earthquakes.
- [S] International Seismological Center, (1964~), *Bulletin of I. S. C.*
- [U] 宇佐美龍夫(1975):資料日本被害地震総覧,東京大学出版会,1-327.

# 各種震度階の比較

| 過去の震度階 |      |                  |         | 現行の震度階                                                            |      |      |
|--------|------|------------------|---------|-------------------------------------------------------------------|------|------|
| RF     | J-1  | J-2              | J-3     | 気象庁震度階級                                                           | MM   | MSK  |
| I      |      | 0. 微震<br>(感覚なし)  | 無 感     | 0:無感<br>人体に感じないで、地震計に記録される程度<br><br>最大加速度<br>0.8 gal              | I    | I    |
|        | 微震   | 1. 微震            | I. 微震   | I:微震<br>静止している人や、特に地震に注意深い人だけに感ずる程度の地震                            | II   | II   |
| II     |      |                  |         |                                                                   |      |      |
| III    |      |                  |         | 2.5 gal                                                           | III  | III  |
| IV     |      | 2. 弱震<br>(震度弱き方) | II. 軽震  | II:軽震<br>大ぜいの人に感ずる程度のもので、戸障子がわずかに動くのがわかるぐらいの地震                    | IV   | IV   |
| V      | 弱震   |                  |         | 8.0 gal                                                           | V    | V    |
| VI     |      | 3. 弱震            | III. 弱震 | III:弱震<br>家屋がゆれ、戸障子がガタガタと鳴動し、電灯のようなつり下げ物は相当にゆれ、器内の水面の動くのがわかる程度の地震 | VI   | VI   |
| VII    | 強震   | 4. 強震<br>(震度弱き方) | IV. 中震  | 25 gal                                                            | VII  | VII  |
|        |      |                  |         | 80 gal                                                            | VIII | VIII |
| VIII   |      | 5. 強震            | V. 強震   | V:強震<br>壁に割れ目がいり、墓石、石どうろうが倒れたり煙突、石垣などが破損する程度の地震                   |      |      |
| IX     | 烈震   |                  |         | 250 gal                                                           | IX   | IX   |
|        | (劇震) | 6. 烈震            | VI. 烈震  | 400 gal                                                           | X    | X    |
| X      |      |                  |         | VII:激震<br>家屋の倒壊が30%以上に及び、山くずれ、地割れ、断層などを生ずる。                       | XI   | XI   |
|        |      |                  |         |                                                                   | XII  | XII  |

RF: ロッシーフォレル震度階(1883年)。J-1: 日本で1884年~1897年の間使用、「烈震」の上に「劇震」がある場合も見られる。J-2: 日本で1898年~1935年間使用。1908年に各震度の定義が明文化され、震度0は「無感覚地震」に変更。J-3: 日本で1936年~1948年間使用。MM: 改正メルカリ震度階(1931年)。MSK: MSK震度階(1963年)。



## 内陸に発生した地震の震害に関する調査



|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                           |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1       | 濃 尾 地 震                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1891<br>(明治24) X 28 M=8.0 |
| 地震概況    | <p>日本内陸部に起こった最大の地震。</p> <p>濃尾断層系に沿って、総延長約80 km、左ずれ最大8 m、南西側隆起最大4 mの変動を生じた。</p> <p>根尾谷断層沿い及び濃尾平野北西部では住家全潰率100%の地区が多数あった。</p> <p>死者：7,273、全潰家屋：142,177。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                           |
| 発生時刻    | 06h38m JST                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | [U]                       |
| 震 央     | 35.6°N, 136.6°E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | [R]                       |
| 震源の深さ   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                           |
| マグニチュード | 7.9 [U] , 8.0 [8]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |
| 発震機構    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                           |
| 最大震度    | 劇震：岐阜，名古屋                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | VII                       |
| 地動変位    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                           |
| 地動速度    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                           |
| 地動加速度   | 0.44 G以上：岩倉，小牧（倒）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |
| 地震記象    | <p>ミルン地震計：岐阜，名古屋</p> <p>ユースリング地震計：東京本郷</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                           |
| 被害の概況   | <p>根尾谷断層，梅原断層に沿う細長い地域と，濃尾平野北西部の広い地域で住家全潰率70%を越える被害を生じ，住家全潰率100%の地区も多数あった。南部を除く濃尾平野のほぼ全域で住家全潰を生じ30%を越える地域が多かった。</p> <p>噴砂・噴水 濃尾平野南部で噴砂・噴水が多数あった。液状化現象と考えられる〔15〕。</p> <p>火災 火災が各地で発生した。岐阜県南部（美濃地方）にある総戸数1,000戸以上の8市町のうち，震害のごく軽かった八幡，上有知，多治見を除く5市町ではいずれも全焼住家100戸を越える大火となった。総戸数1,000戸以下の町村では，岐阜に隣接する東加納（全焼住家24），笠松に隣接する田代（全焼住家96）を除けば，全て全焼住家7以下，大部分は1～2に止まった。地震に伴う火災が大都会ほど大火災になることを端的に示している。</p> <p>愛知県下では西枇杷島（総戸数1,142）と枇杷島で全焼住家56〔1〕を生じたが，その他の町村では大火災とはならずに食止めた。</p> |                           |

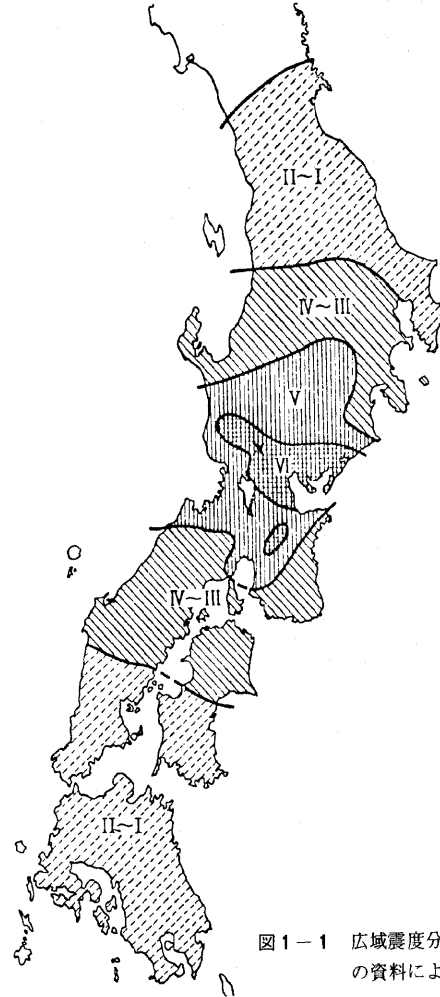


図1-1 広域震度分布（気象庁の資料による）〔U〕

## 地震断層

濃尾活断層系のうち、北から雁行状に配列する温見、根尾谷、梅原の三つの活断層が順次乗り移る形で変位した〔5〕。

- 1) 温見断層(野尻-温見) 延長20 km  
 水平変位 左ずれ最大3 m, 平均約1 m.  
 上下変位 南西側隆起 最大1.8 m  
 平均約1 m
- 2) 根尾谷断層(能郷白山-水鳥-金原-川内)  
 延長35 km  
 水平変位 左ずれ 最大8 m,  
 北部で平均約3 m,  
 南部で平均6~7 m.  
 上下変位 南西側隆起 最大4 m,  
 北部で平均約3 m,  
 南部で上下変位なし.
- 3) 梅原断層(川内-高富-関-坂祝)  
 延長 25 km  
 水平変位 左ずれ 最大5 m,  
 平均約1.5 m.  
 上下変位 南西側隆起 最大2.4 m,  
 平均約2 m.

この他黒津、水鳥大將軍、水鳥、古瀬など長さ1 km 未満の地震断層がある。

水鳥断層は水平左ずれ最大4 m, 北東側隆起最大6 mの変位を示したが、根尾谷断層の中では特異な動きであり、断層線の屈曲による圧縮力のため水鳥三角地帯が隆起したものと考えられている。

地表面で観察された断層面はほぼ垂直であった。

家屋全潰率、岐阜付近の地表の割裂、地殻変動の隆起・沈降の境界線の存在等々から、地表面に現われない潜在断層が金原付近より分岐し、南々東に延び、岐阜-一の宮-名古屋北方に達しているという考えもある〔7〕。地質学的に、また重力異常の不連続等からこの線に沿って断層があると考えられている。(〔6〕参照)

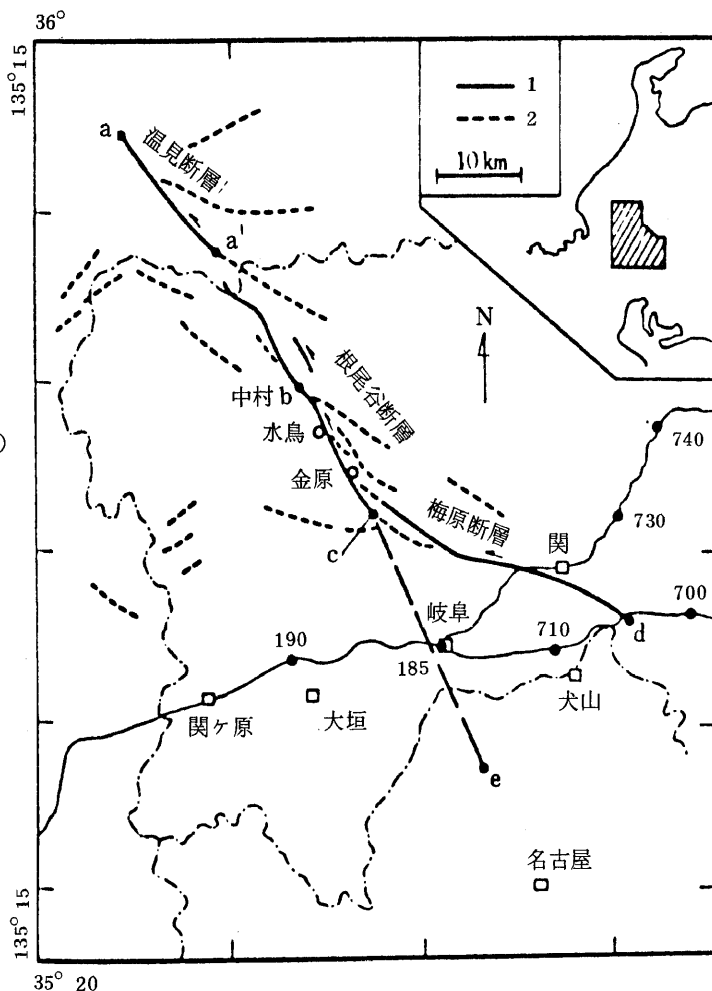


図1-2 濃尾地震の震源域、地震断層および活断層の分布〔6〕、1:濃尾地震時に変位した部分、2:既存の活断層

## 地震学上の特記事項

発生機構——破壊過程が解析的に推定されている〔6〕。

温見断層の北端付近で破壊が始まり、2.5 km/sec 以内の速度で南東方へ伝播した。伝播速度はおそらく100 cm/s以上で、根尾断層南半部ではおよそ4 sec かかって7 mの断層変位を生じた。断層は金原付近で分岐し、最初から32~38 secで全部の破壊が終了した。上記の潜在断層も動いたとした方が地殻変動をよく説明する。モーメントは $1.5 \times 10^{27}$  ダイン・cm, 平均的応力降下量は40 パールと求められるが、断層の部分による差が大きいかもしれない〔6〕。

|         |                             |
|---------|-----------------------------|
| 断層変位量   | 7 m                         |
| 地震モーメント | $1.5 \times 10^{27}$ ダイン・cm |
| 応力降下量   | 40 パール                      |
| 破壊の伝播速度 | 2.5 km/sec 以内               |
| 断層の伝播速度 | 100 cm/sec 以上               |
| 立ち上がり時間 | 4 sec                       |

## 断層近傍の被害及び推定地震動

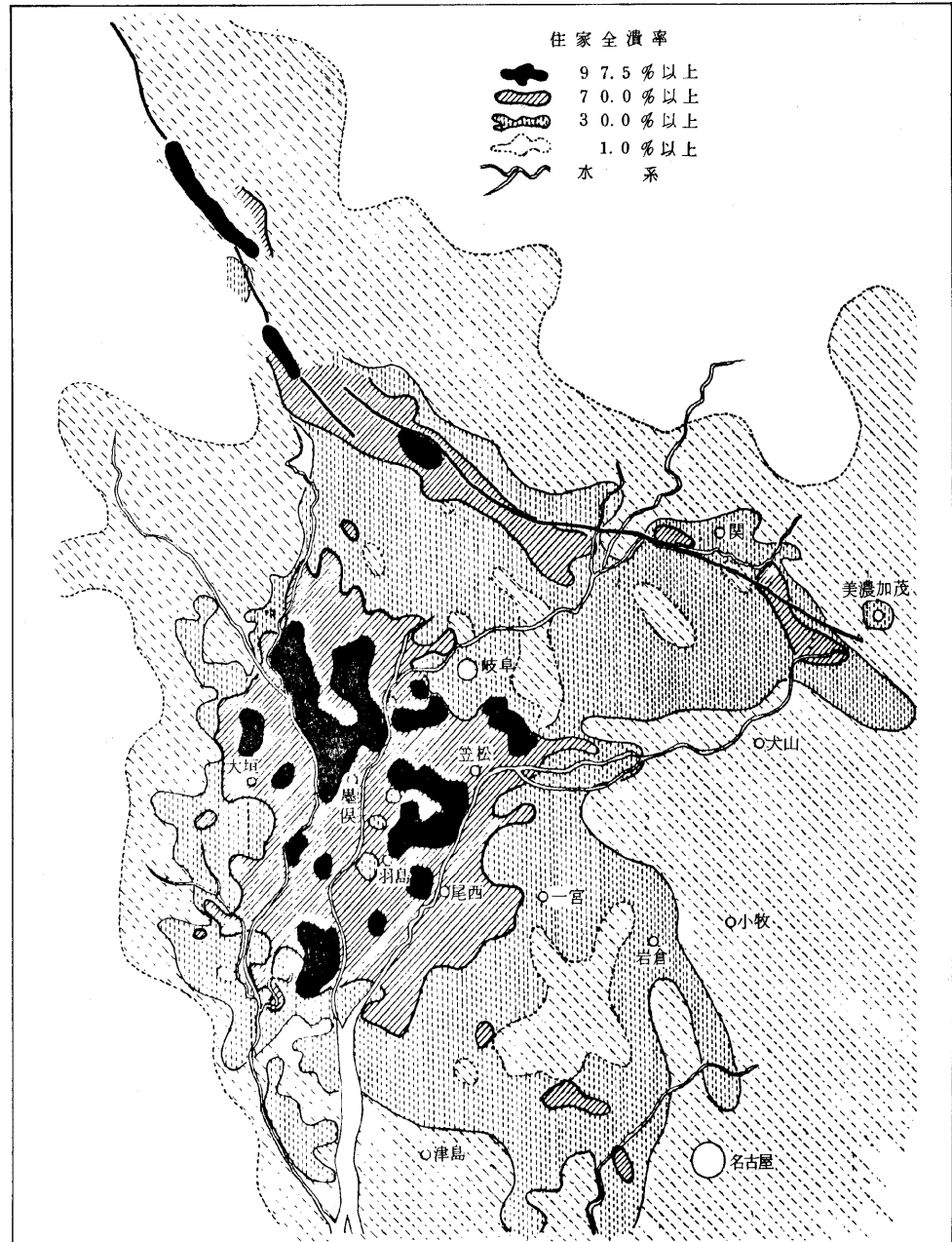


図1-3 住家全潰率の分布〔3〕〔1〕

岐阜県南部(旧美濃国)の町村別被害統計が〔3〕にある。

愛知県については、全潰・半潰を合わせ総戸数の半数以上となる町村についての被害統計と郡別統計が〔1〕にある。

住家倒潰率(全潰戸数+ $\frac{1}{2}$ 半潰戸数)÷総戸数は岐阜県羽栗郡(93%),中嶋郡(94%),安八郡(89%)本巣郡(91%)で特に大きい。

本巣郡北部山地の根尾谷断層に沿う金原,日当,板所,市場,神所,中,越卒,門脇,長嶺,天神堂,長嶋では全潰率100%であるが,根尾谷断層を離れた諸村では倒潰率60%台である。梅原断層に沿う地区もおおむね倒潰率80%を超える。

その他の本巣郡南部,安八郡,羽栗郡,中嶋郡,海西郡の一部,愛知県葉栗郡,中嶋郡等全潰率70%を超える所は濃尾平野の沖積地で地盤が悪いためと考えられるが,沖積層下の潜在断層が動いたとする考え〔7〕もある。いずれにせよ,被害の大きいところが,根尾谷断層や梅原断層に沿う地域のように線状に分布していないで面的に広がっていることは地盤の悪さを反映していると考えられる。震度と地盤の関係についての研究〔7〕があり,西濃地方の詳しい住家全潰率分布が掲げられている。

## 地動加速度

各地における地動加速度が、転倒及び不転倒石碑・石灯笼類より推定されている〔11〕。断層の直上または至近で加速度が推定されているところはない。断層に近い木知原(<.19G), 神海(>.20G), 土田(<.22G), 東帷子(>.24G)で得られた加速度が比較的小さいのに対し、濃尾平野の各地で大きな加速度が得られており、北方、別府、野寺、竹ヶ鼻、岩倉、小牧、稲葉、万場では0.4Gまたはそれ以上の値が得られている。(前の5カ所では住家全潰率75%以上、後の3ヶ所では30%以下)

## 震動方向

石碑・石灯笼の転倒方向から各地における震動方向が推定されている〔11〕。

## 建物等の移動

岐阜県大野郡榎斐町「方一間の灰部屋(瓦葺, 三面壁)原形の儘にて南へ一尺程変移。鐘堂(瓦葺)その儘にて一尺程北へ移れる……」

本巣郡市場村地内「二階屋にして北西より南東へ向け9尺移動し、正しく飛び去りたるが如く……。」

「根尾谷地方に於ては、門戸、鳥居等は明かに上下動の為突き上げられ大いに其旧位置を変ずるもの多く、而して一跳びの距離は1尺より4尺に至るものあり」

神所村「劇動の為田畑前後不規則に重り合いたるもの多し」

「市場村地内平地に於て井戸の東へ二尺余も移動したるあり」というのは地沁りによるものか。

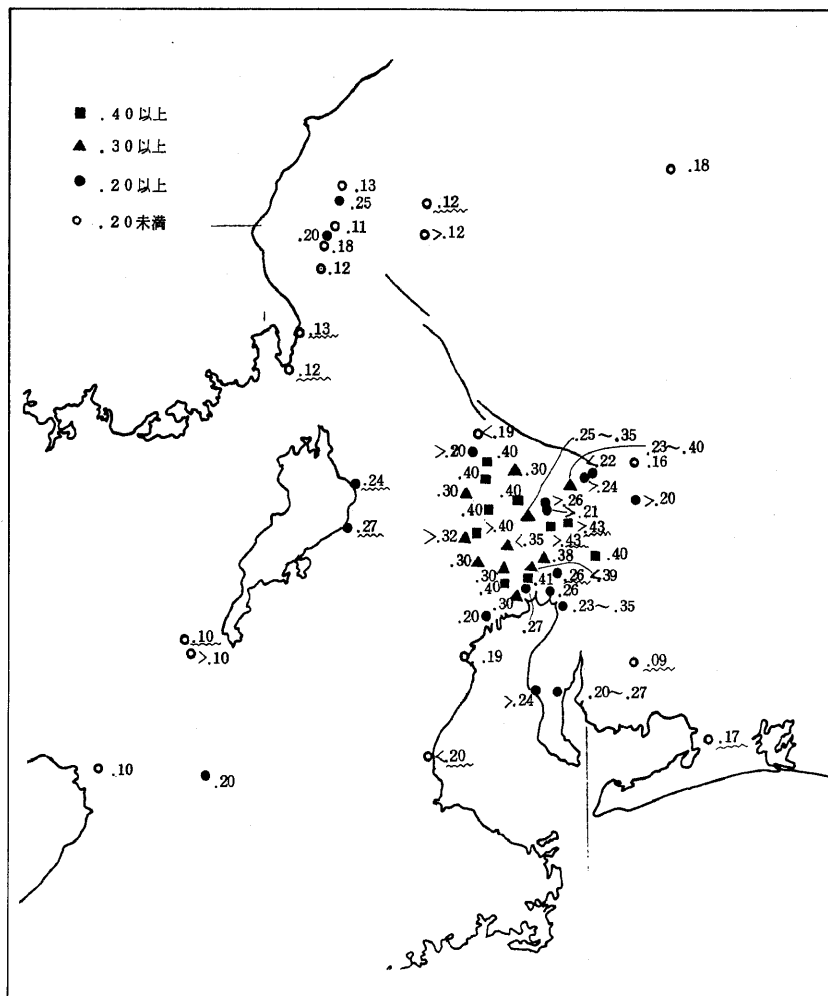


図1-4 地動加速度の分布〔11〕。単位はG。  
転倒及び不転倒石碑・石灯笼類より推定した値。  
~~~~を施した値は観察例が多く信頼度の高い値。

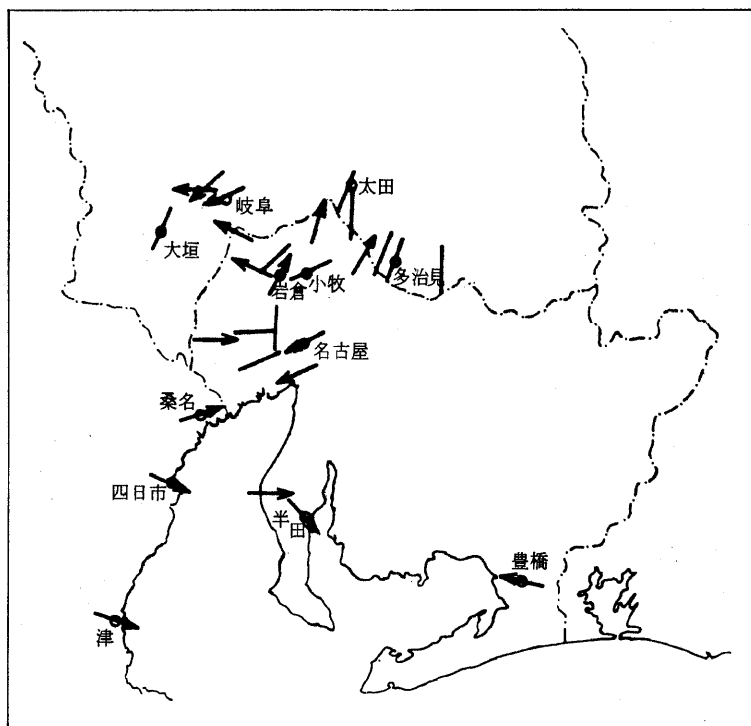


図1-5 各地における震動方向〔11〕。転倒した多数の石碑・石灯笼の観察より測定した平均。

## 地震記象

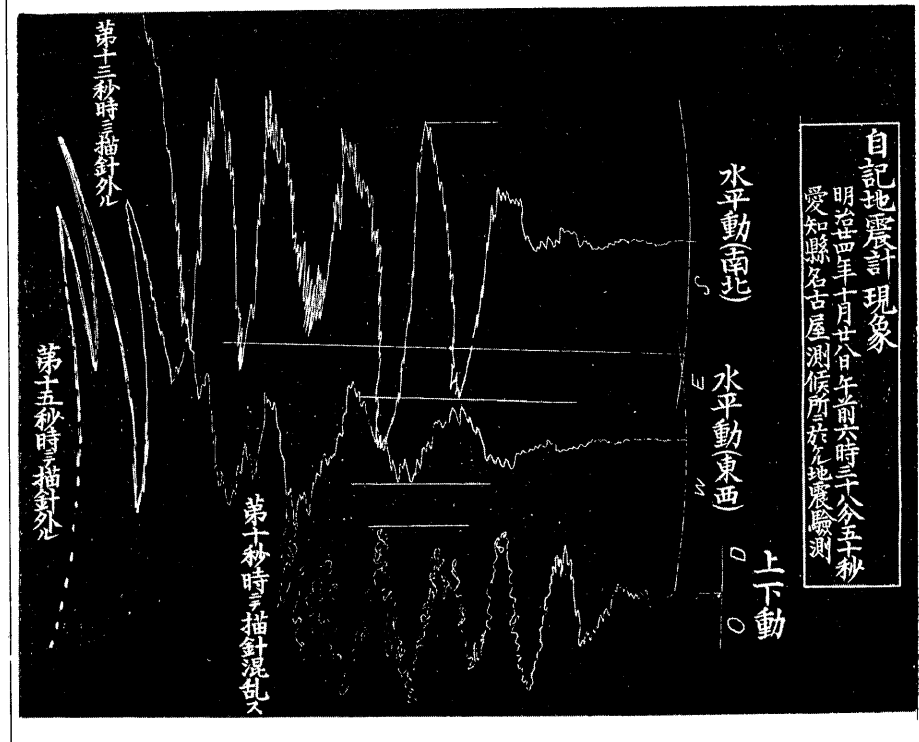


図1-6 名古屋における地震記象〔2〕

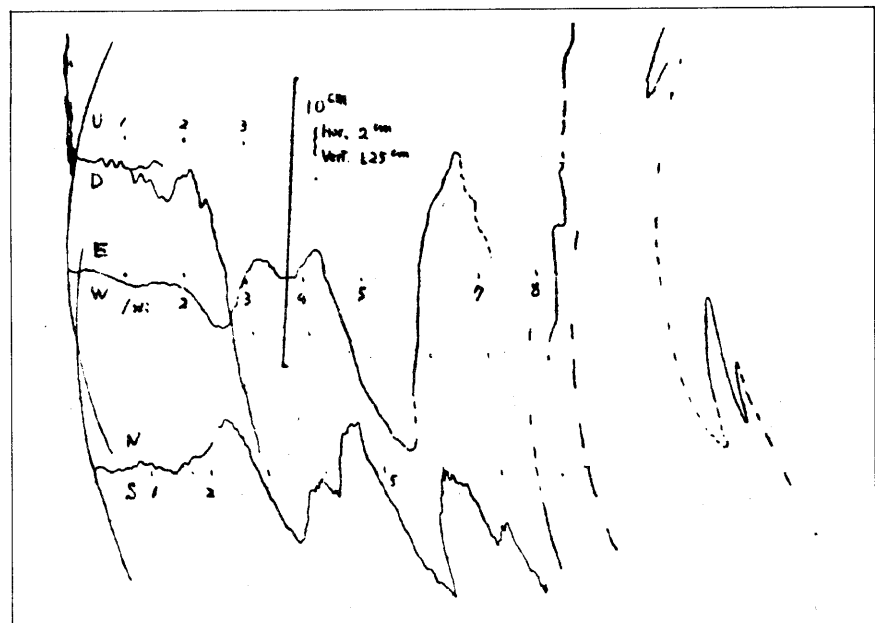
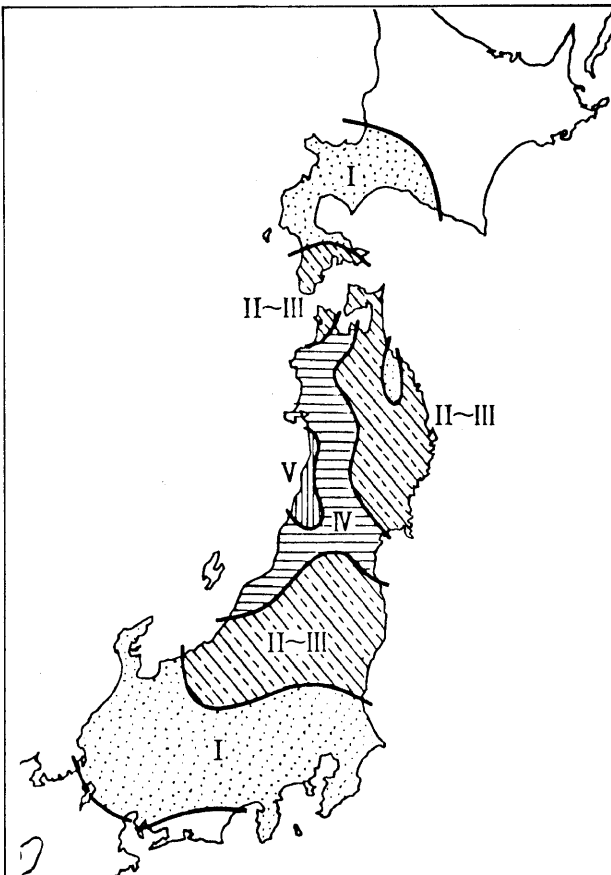


図1-7 岐阜における地震記象〔18〕

## 文 献

- [ 1 ] 愛知県警察部(1892):明治二十四年十月二十八日震災記録,1-102.(1973復刻,名古屋市防災会議).
- [ 2 ] 江森盛孝(1894):愛知県震災報告,震災予防調査会報告,2,8-69.
- [ 3 ] 岐阜県岐阜測候所(1894):明治二十四年十月二十八日大震報告
- [ 4 ] 小藤文次郎(1892):濃尾大地震ノ震源,東洋学芸雑誌,9,147-158.
- [ 5 ] 松田時彦(1974):1891年濃尾地震の地震断層,地震研究所研究速報,13,85-126.
- [ 6 ] 三雲健・安藤雅孝(1975):濃尾地震の解析的再現,科学,45,50-58.
- [ 7 ] 村松郁栄(1961):震害分布と地盤の性質との関係について——特に濃尾地方について——,岐阜大学学芸学部研究報告,2,559-569.
- [ 8 ] 村松郁栄(1962):濃尾地震のマグニチュード,地震Ⅱ,15,341-342.
- [ 9 ] 村松郁栄(1963):濃尾地震激震域の震度分布および地殻変動,岐阜大学学芸学部研究報告(自然科学),3,202-224.
- [10] 村松郁栄(1976):根尾谷断層と濃尾地震,地質学論集,12,117-127.
- [11] 大森房吉(1899):明治二十四年十月二十八日濃尾大地震に関する調査,震災予防調査会報告,28,79-95.
- [12] 大森房吉(1900):明治二十四年十月二十八日濃尾大地震ノ調査(第二回報告),震災予防調査会報告,32,67-87.
- [13] 震災予防調査会(1894):福井県震災景況,震災予防調査会報告,2,69-103.
- [14] 愛知県名古屋測候所(1897):明治二十四年十月二十八日愛知県大震記録,1-46.
- [15] 飯田汲事(1975):濃尾地震および東南海地震の被害資料の解析,自然災害科学資料解析研究,2,96-104.
- [16] 名古屋市防災会議地震対策専門委員会(1978):濃尾地震文献目録,名古屋市市民局災害対策課1-136.
- [17] MILNE, J., and William K. Burton (1892): The Great Earthquake in Japan, 1-72.
- [18] MURAMATU, Ikuei, and Tokutaro YABASHI (1960): The seismic intensity at a certain dam site, *Proceedings of the Second World Conference of Earthquake Engineering*, 109-1~16.

|         |                                                                                                                                                                                                       |     |                                                                                     |  |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 2       | 庄内地震                                                                                                                                                                                                  |     | 1894<br>(明治27) X 22 M=6.8                                                           |  |
| 地震概況    | 震央は庄内平野中央部と推定される。地震断層は庄内平野東側山地に少くとも延長1.5 kmの矢流沢断層を生じたとされる。<br>直径およそ35 kmの範囲で家屋倒潰率30%を越え、90%を越える地区もあった。<br>死者：723，全潰住家：2,777，全焼住家：1,489。                                                               |     |                                                                                     |  |
| 発生時刻    | 17h33m JST〔U〕                                                                                                                                                                                         |     |  |  |
| 震 央     | 38.9°N, 139.8°E〔R〕                                                                                                                                                                                    |     |                                                                                     |  |
| 震源の深さ   |                                                                                                                                                                                                       |     |                                                                                     |  |
| マグニチュード | 6.8〔U〕                                                                                                                                                                                                |     |                                                                                     |  |
| 発震機構    |                                                                                                                                                                                                       |     |                                                                                     |  |
| 最大震度    | V：秋 田                                                                                                                                                                                                 | VII |                                                                                     |  |
| 地動変位    |                                                                                                                                                                                                       |     |                                                                                     |  |
| 地動速度    |                                                                                                                                                                                                       |     |                                                                                     |  |
| 地動加速度   |                                                                                                                                                                                                       |     |                                                                                     |  |
| 地震記象    |                                                                                                                                                                                                       |     |                                                                                     |  |
| 被害の概況   | <p>家屋（住家）全潰を生じたのは鶴岡以南を除く庄内平野のほぼ全域にわたる。中部では家屋全潰率は30%を越えており、特に庄内平野東縁および赤川流域では70%を越え、90%を越える地区もあった。庄内平野では地割れが多く、東側山地でも地割れ、崖崩れが発生した。日本海沿岸の砂丘地帯で、地割れ、地這り、陥没、噴砂、噴水が極めて著るしかった。</p> <p>酒田では火災による被害も大きかった。</p> |     |                                                                                     |  |

## 地震断層

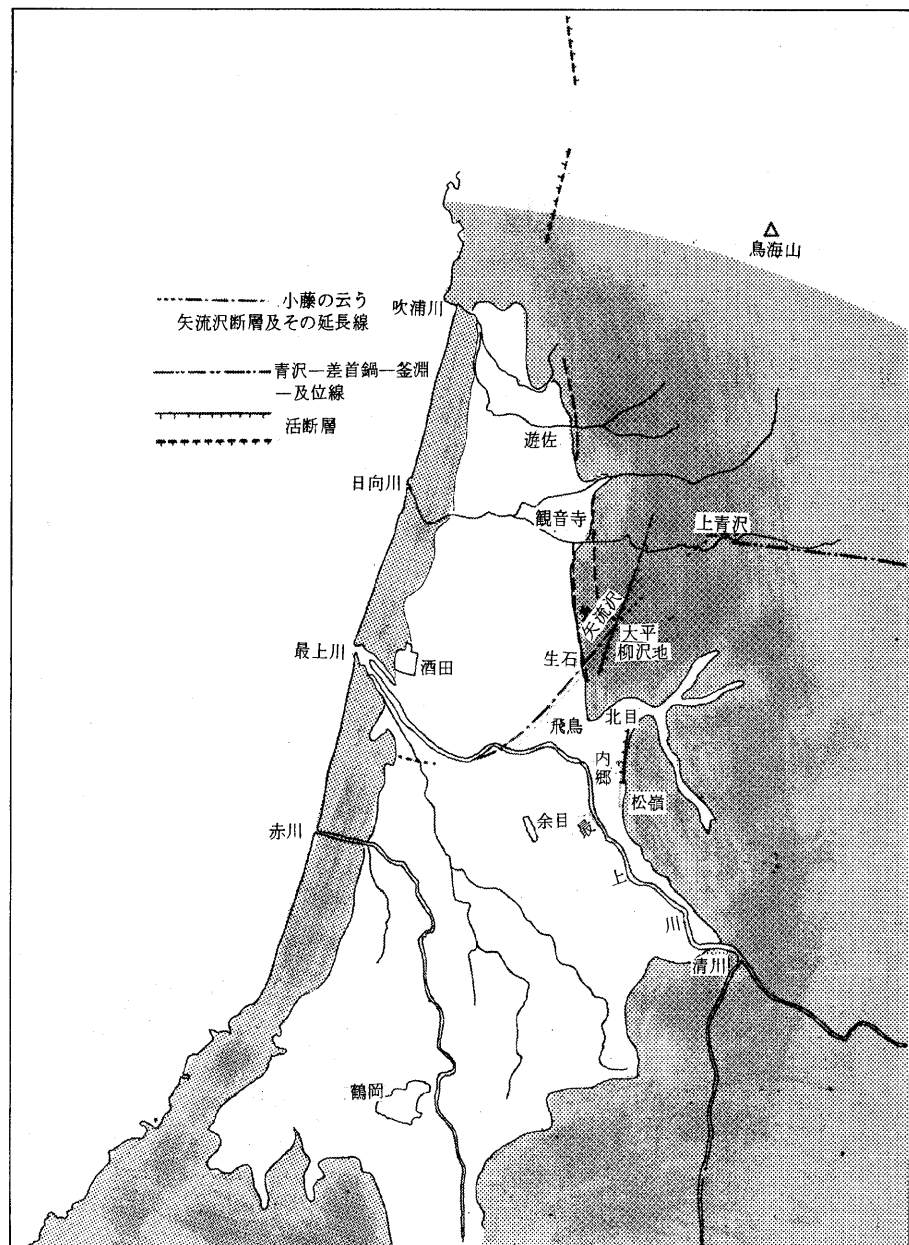


図 2-2 庄内地震の震源域、地震断層〔4〕および活断層〔5〕の分布

庄内平野東縁山麓線上の生石の南方を通り北 $55^{\circ}$ 東に走り柳沢池付近に至る（この間約 $1.5\text{ km}$ ）断層を生じた。これを矢流沢（やだれざわ）断層という。北側少し落ち、横ずれは見出されなかった。被害が多い集落および地裂の分布から、さらに北東に延び大平を経て青沢村まで「連続スル断層ヲ見ザルモ、地裂線ガ地下ヲ遮行スルモノト認メ」た。生石より南西に延長すると予想し調査した結果、「生石以西即チ平原中ノ地裂ハ原（モ）トノ地貌ト川床ノ方向ニ依リ方向随分紛雜ナルニモ係ワラズ平均方位ハ南西一東北ヲ多数トス。故ニ連続セル地裂線アリテ明瞭ニ断層所在ヲ示スニ非ザレドモ、最多ノ裂線方向ハ附合スルヲ以テ矢流沢断層ニ延長セルモノト認メ」新堀の西に至って向きを西に転じ落野目付近に達するとした〔4〕。

なお、後の調査により、矢流沢断層は上青沢よりさらに延び、差首鍋（さすなべ）、釜淵を経て「乃位（のぞき）ニ延長スル事実ヲ発見〔4〕」したというが、同論文の第14図は方位が誤って記入されており、青沢-差首鍋-乃位を結ぶ線は実際はほぼ $N100^{\circ}E$ となり、矢流沢断層の延長と見るのは無理のようである。

生石より柳沢池に至る部分及びその延長若干はともかく、その他の部分については地震断層とする信頼度は低い。

地形、地質より認められるこの地域の活断層はほぼ南北に走っており、矢流沢断層と一致するものは見出されていないが、付近には、大平を通り走行 $N20^{\circ}E$ の活断層、生石を通り走行 $N10^{\circ}W$ の山麓線に沿う推定活断層などがある〔5〕。

## 断層近傍の被害及び推定地震動

## 家屋の被害

家屋, 社寺, 学校, 板蔵類, 土蔵の全焼, 全潰, 半潰, 破壊戸数, 全戸数および死亡者, 負傷者の字別統計がある〔1〕.

庄内平野の東縁, 南北約 6 Km, 東西約 1.5 Km の範囲で家屋(住家ならん)全潰率 70% を越える被害があり, 特に堀野内, 泉興野では 90% を越えている. そのすぐ東の△54 峯のある小丘峠の周縁では下餅山を除いて全潰率 27% 止まりと小さいが, その東の細長い沖積地では全潰率 40% 以上, 最高 90% に近い.

西寄りの赤川沿いでも家屋全潰率が大きく, 福岡では 90% に達している.

全潰率 30% を越える地域は主に南北 14 Km, 東西 12 Km の範囲に含まれるが, その中央部余目周辺には全潰率 30% 以下の地域 ( $3 \times 6 \text{ Km}^2$ ) がある. 庄内平野北部にも家屋全潰率 30% を越える地域が点在する.

全潰家屋を生じたのは鶴岡以南を除く庄内平野のほぼ全体にわたっている.

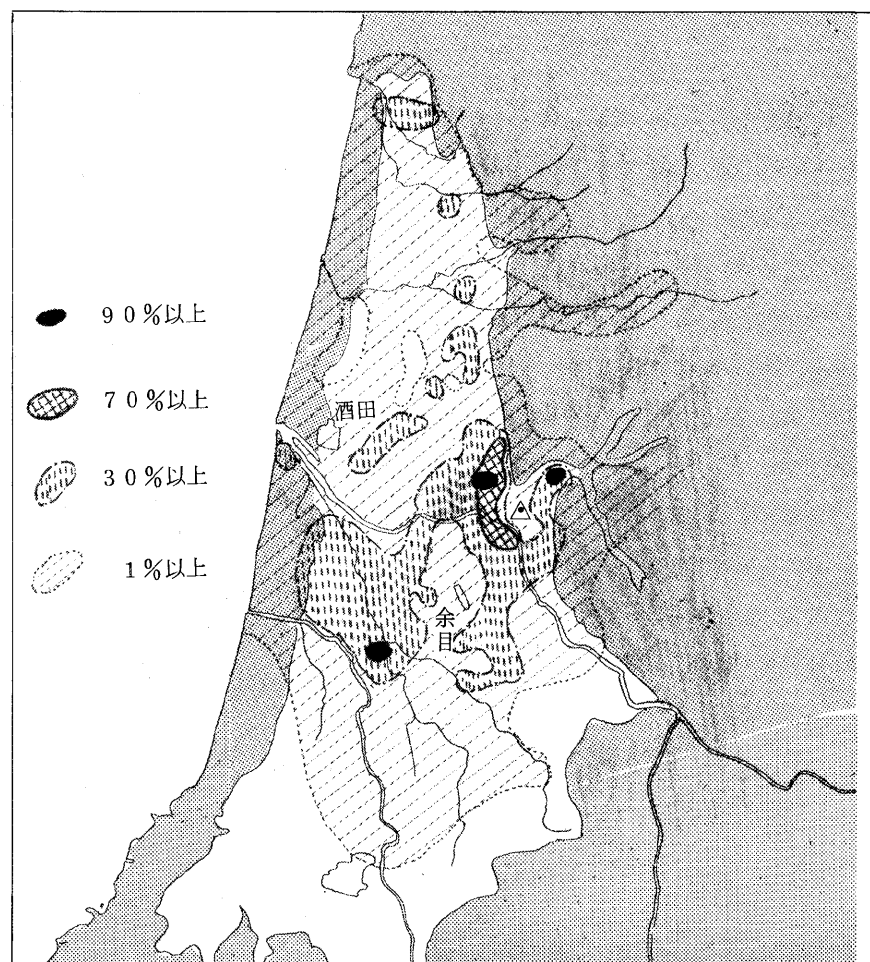


図 2-3

家屋(住家)全潰率の分布〔1〕

### 加速度の推定

墓石の転倒等から加速度を推定した結果は見当たらない。

「震央ヲ通シテ東南、北西ニ並行セル一線上ニ付キテ被害ノ多寡ヲ調査スルニ震央ヲ去ルコト十二三里ノ処ヨリ三里半乃至四里ノ処ニ近ヅク迄ハ震度ニ於テ格別ノ変化ナク而シテ家屋ノ被害ハ壁土ノ亀裂等ノコトニ止マル。震央ヨリ約三里半ノ距離ニアル清川駅ニテ震度ノ強サハ本年六月廿日強震ノ際ノ東京本郷辺ニ於ケルト同様ニシテ即チ地動ノ最大加速度ハ一秒ニ付約四五百耗(0.4~0.5 G)ナリシカ如シ、清川駅ヨリ北西ニ及ヒテハ震度急ニ増大シテ濃尾地震ノ際ニ於ケル岐阜大垣ニモ劣ラサル惨状ヲ呈スルニ至ル」〔1〕。

「此ニ由リテ見ルニ震源ノ深サハ極メテ少ニシテ一里或ハ一里半ニ過ギザリシカ如シ」〔1〕。

また、家屋倒潰率30%以上の地域の中央近くに30%以下の地域が分布していることについて「家屋其他ノ被害ハ震央ニ於テハ却テ甚カラザルハ容易ニ説明シ得ベシ。即チ震央ニ於テハ地ノ震動ハ首トシテ上下動ナレバ震動ハ急激ナルモ水平動ノ甚カラサル為メニ家屋等ノ倒潰スルコト少ナカルヘシ」〔1〕という。

### 物体の回転、移動

酒田町で鐘楼回転(時計廻り)〔1〕の図。

酒田裁判所玄関柱下端枓より抜け出し位置を転ず〔2〕。

押切小学校 柱1尺5寸いざり出したり〔2〕。

### 物体の転倒、傾斜方向

酒田町及び飛鳥村・砂越村等では、家屋の傾斜・転倒、石碑・石灯籠等の転倒の方向がほぼ一定であった〔1〕。

注)

「酒田町各所ノ石碑(截面、角ナルモノニ限ル)、石灯籠七十基ノ内ニテ四十二基ハ東南ニ近キ方向ニ倒レ、二十六基ハ西々北ニ近キ方向ニ倒レ、他ノ二基ハ南方ニ倒レタリ、同ク酒田町各所ニ於ケル家屋十八棟ノ内ニテ十六棟ハ東々南ニ近キ方向ニ倒レ或ハ傾斜シ他ノ二棟ハ各西々北及ヒ西南ニ向テ倒レ及ヒ傾斜セリ。

以上総計八十八個ノ観察ヨリ平均ヲ計算スレバ酒田ニ於ケル震動方向ハ全テ東西ナリ而シテ物体ノ最多数(三分ノ二)ハ東方ニ向テ倒レ或ハ傾斜セリ」〔1〕(図には東南東と示されている)。

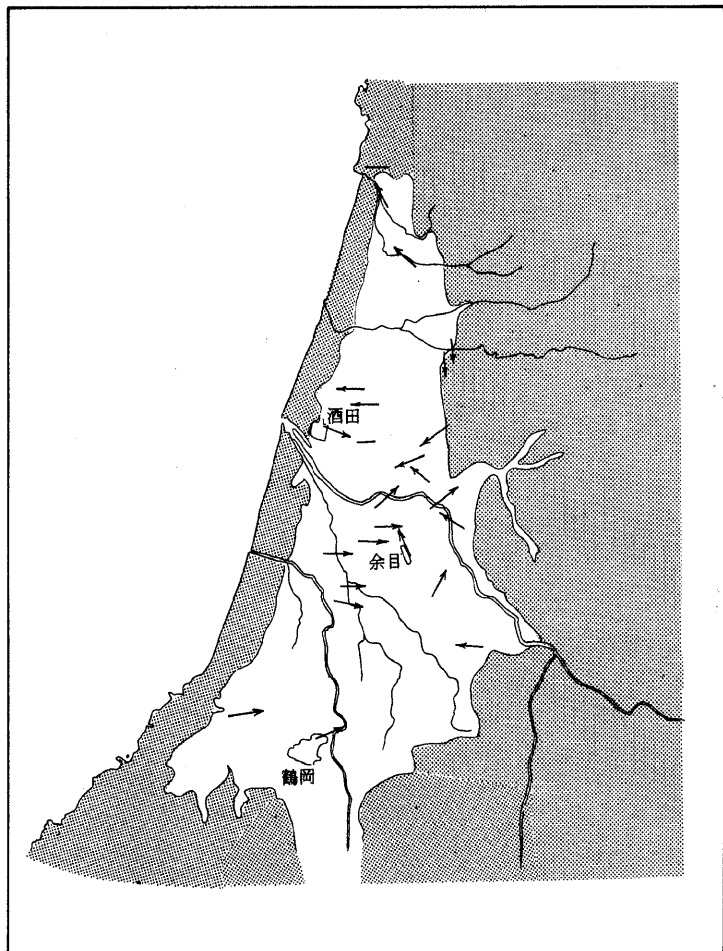


図2-4 家屋の傾斜・転倒、石碑・石灯籠等の転倒の方向〔1〕。注)

地 震 記 象

（ 未 発 見 ）

文

献

- 〔 1 〕 大森房吉(1895)：明治二十七年十月二十二日庄内地震概報告，震災予防調査会報告，**3**，79－106．
- 〔 2 〕 中村達太郎(1895)：庄内震災地巡廻報告書，震災予防調査会報告，**3**，107－116．
- 〔 3 〕 曾禰達蔵(1895)：山形県下震害家屋取調報告，震災予防調査会報告，**3**，117－130．
- 〔 4 〕 小藤文次郎(1896)：庄内地震ニ関スル地質学上調査報告，震災予防調査会報告，**8**，1－22．
- 〔 5 〕 松田時彦，私信による．

|           |         |                                                                                                                                  |                          |     |
|-----------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----|
| 3         | 陸 羽 地 震 |                                                                                                                                  | 1896<br>(明治29)Ⅷ 31 M=7.0 |     |
| 地震概況      |         | 震央は秋田-岩手県境真昼岳付近，千屋断層，川舟断層を生じた。<br>被害は横手盆地北部で著しく，住家全壊率90%を越える地区もあった。<br>山地では山崩れが多く，平野部では地割れが目立った。温泉の変化があった。<br>死者：209，全潰家屋：5,792。 |                          |     |
| 発生時刻      |         | 17h06m JST〔U〕                                                                                                                    |                          |     |
| 震 央       |         | 39.5°N, 140.7°E〔R〕                                                                                                               |                          |     |
| 震 源 の 深 さ |         |                                                                                                                                  |                          |     |
| マグニチュード   |         | 7.0〔U〕                                                                                                                           |                          |     |
| 発 震 機 構   |         |                                                                                                                                  |                          |     |
| 最 大 震 度   |         | V：秋 田                                                                                                                            |                          | VII |
| 地 動 変 位   |         |                                                                                                                                  |                          |     |
| 地 動 速 度   |         |                                                                                                                                  |                          |     |
| 地 動 加 速 度 |         | 0.39G：六郷（倒）                                                                                                                      |                          |     |
| 地 震 記 象   |         | グレイーミルン式地震計：宇都宮<br>宮 古                                                                                                           |                          |     |
| 被 害 の 概 況 |         |                                                                                                                                  |                          |     |

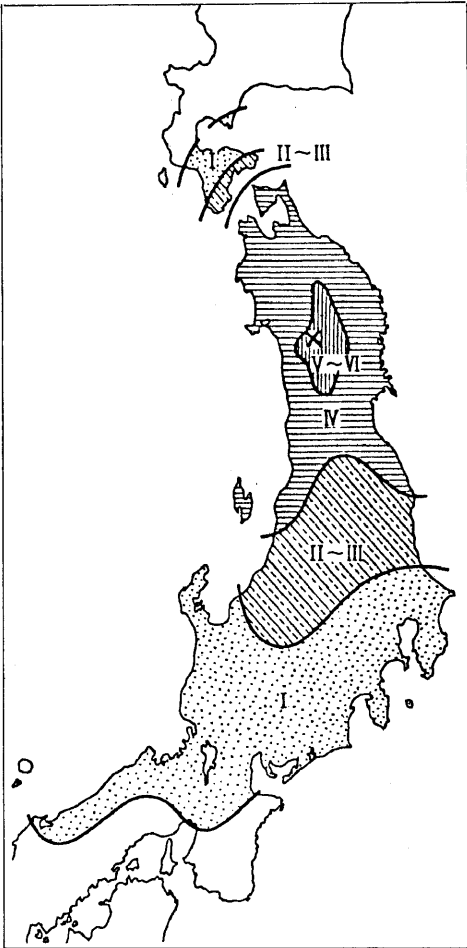


図3-1 広域震度分布（気象庁による）〔U〕

横手盆地北部の千屋断層沿い，とくにその南半部で被害が激甚であった。川舟断層沿いでは加速度はかなり大きかったと推定されるが被害はさほど大きくなかった。

真昼山地，とくに真昼岳南側および西側に山崩れが多くかなり大規模のものもあった。また生保内付近にも山崩れがあった。地割れや道路の亀裂は能代，象潟にもおよんだ。

地震が発生したとき暴風雨の最中であった。

## 地震断層

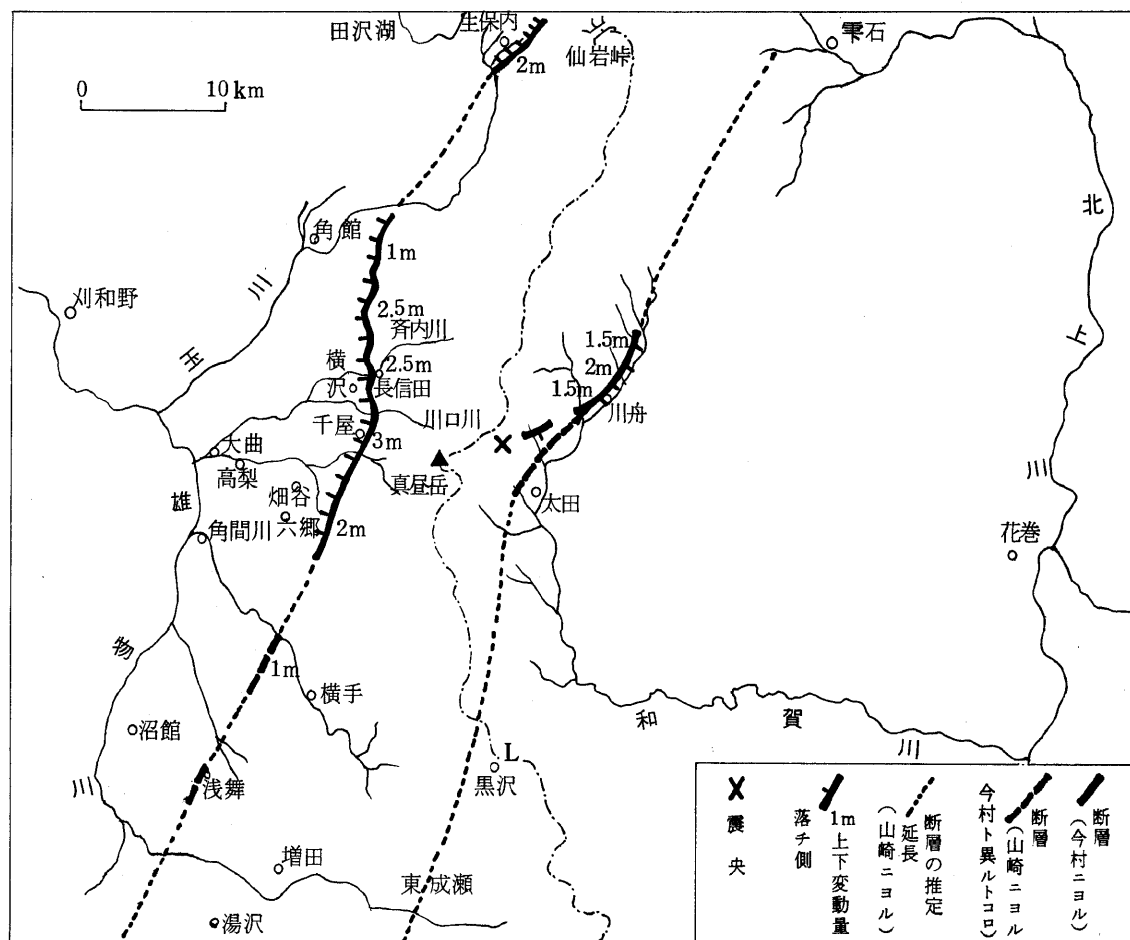


図3-2 断層の分布〔2〕,〔5〕

真昼山地の東側和賀谷に川舟断層、西縁横手盆地との境に沿って千屋断層を生じた。川舟断層は東落ち、千屋断層は西落ちで、両断層共水平変位は見出されなかった。今村〔5〕は川舟断層は南部でその走向を南西から西に変え、千屋南方で千屋断層と交り、高梨における川床の異常隆起(延長約800間)を川舟断層の延長とみる。山崎〔2〕は川舟断層は千屋断層とほぼ平行に南々西に延びていると考える。

川舟断層は西へ $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ で傾斜している逆断層で、西側が衝上している〔6〕。1897~1930年の水準変動によると、川舟断層とほぼ一致する和賀逆断層の南の延長部(L点付近)が変動しているとみられる〔6〕。

## 地震学上の特記事項

**前震および余震** 6月下旬から大郷町等で東方に鳴動を聞いた。8月23日から前震があった〔5〕。23日15時56分の地震( $M=6.0$ )は仙岩峠付近で最も強く、家屋・土蔵の壁落ち、道路にき裂を生じた〔2〕。31日8時37分( $M=6.3$ )、16時42分( $M=6.4$ )にもかなり大きな前震があった〔2〕〔C〕。余震は主に真昼岳付近で起こっていると推定される〔5〕。

**温泉・地下水等の異常** 仙北郡小友村湯元梅の湯温泉は湧出量 $\frac{1}{4}$ となり、少し濁り温度も低下したが、3年目から温度が上がり、9年目には地震前の状態にもどった〔8〕。他にも異常を認めた温泉は多い。

## 断層近傍の被害及び推定地震動

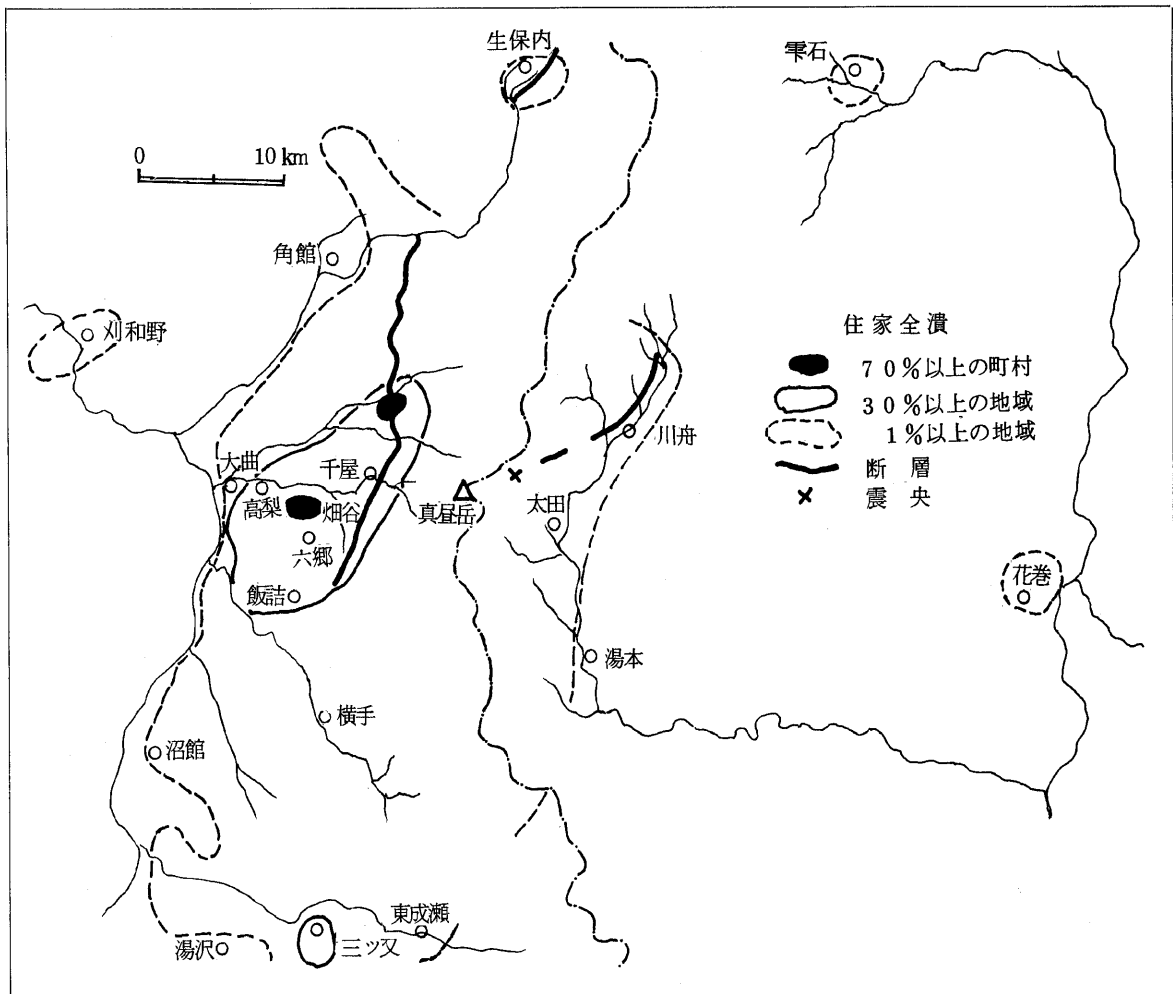


図 3-3 住家全潰率の分布〔5〕

## 家屋の被害

町村別の住家全潰数及び全戸数が〔5〕に掲載されており、また〔7〕には秋田県の町村別の詳しい被害統計が掲載されている。

千屋断層南半部に沿う長さ約20 km、幅約10 kmの地域で住家全潰率30%を越えた(震度Ⅶに相当)。中でも六郷町荒町では80戸中75戸全潰、畑屋村、長信田村では住家全潰率75%に達し、飯詰村、高梨村では60%を越えた。住家全潰率10%を越えるのはおおむね長さ約30 kmの範囲であるが、飛び離れた生保内および三ツ又付近でも10%を越えている。住家全潰率1%の範囲は横手盆地のほぼ全部を占めている。他に雫石で住家全潰8、花巻で住家全潰44(共に住家全潰率1%以上)があった。秋田市内でも建築物・煉瓦煙突の破損は多数あった。

## 地 変

真昼山地、とくに真昼岳の南側および西側に山崩れが多かった。千屋村の東、善知鳥沢の奥にある妙殿山は高さ500間ばかり、その頂より半ば崩壊、横幅は20町ばかり、一部は沢を埋め直径500間ほどの湖を生じた。この付近は山崩れが非常に多かった。斉内川、川口川の上流でも山崩れが沢を塞ぎ小さな湖を生じたところがある。

地割れ、道路の亀裂は、横手盆地に止まらず、日本海岸の北は能代から南は象潟に及び、噴砂、噴水を伴ったところも少なくない。

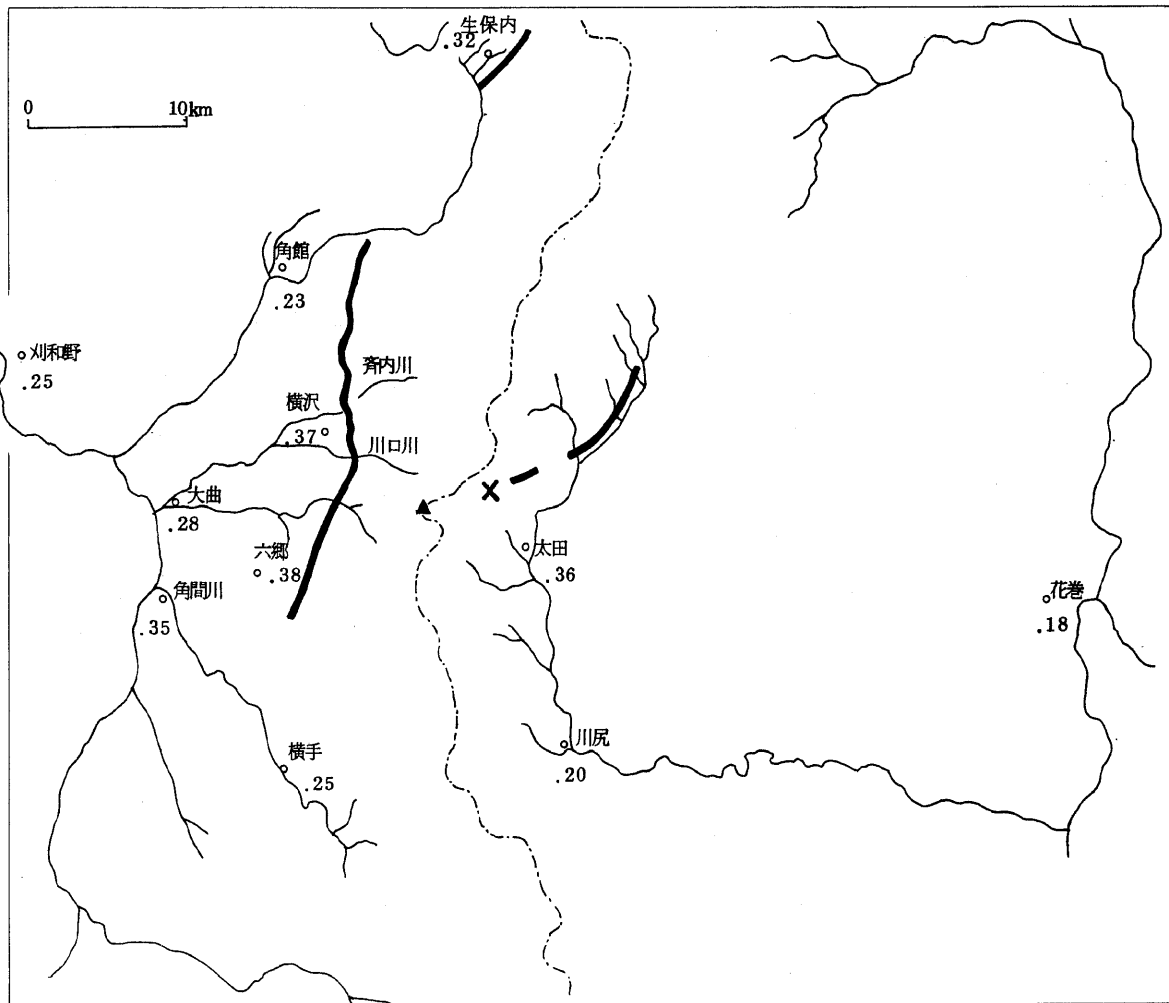


図 3-4 墓碑の転倒，家屋の破損等より得たる最大加速度〔1〕単位はG

#### 最大加速度

墓碑の転倒，家屋の破損等より求めた震動の方向及び最大加速度が〔1〕に掲載されている。

#### 大きな加速度を示すと考えられる現象

##### 川舟断層沿い

和賀郡太田村 下底に深さ3～4寸の柄を有する石碑石塔の等石が直立したまま台石と共に数尺の外に抛り出された。壁上寺鐘楼が其基礎に嵌入していた柄と柄穴を少しも破損せず抛出され，4本の柱は開き，屋根は翻転直下に墜落した〔1〕。

##### 千屋断層沿い

仙北郡六郷町 米町熊野神社鳥居直立のまま其位置より3尺余を離る（秋田測候所船山貫一郎）〔7〕。

六郷区裁判所 1尺余西へ転置。本覚寺山門東北の柱柄は抜け出て僅かに礎上に止まる〔10〕。

仙北郡豊川村 野田神社の鳥居基石より2寸余東方に位置を転ぜり（秋田測候所 山本参之輔）〔7〕。

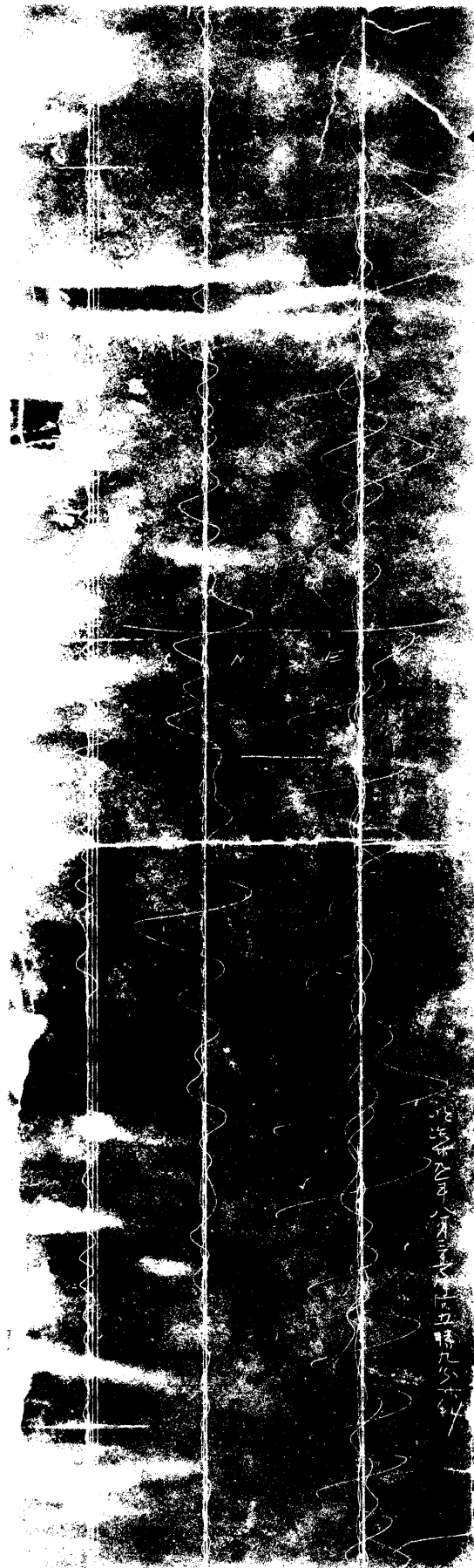


図3-5 宇都宮における ユーイング・グレイ・ミルソン式地震計による記録  
倍率等は不明だが、浜松(1966)によれば一般に水平動は周期3  
秒，倍率5倍，上下動は周期3秒，倍率10倍。

文

献

- [ 1 ] 中央气象台(1898):中央气象台气象年報第二部地震之部,明治廿九年,48-62.
- [ 2 ] 山崎直方(1896):陸羽地震調査概報,震災予防調査会報告,11,50-74.
- [ 3 ] 巨智部忠承(1896):秋田県震災概査報告,震災予防調査会報告,11,75-83
- [ 4 ] 震災予防調査会(1896):陸羽地震彙報,震災予防調査会報告,11,109-139.
- [ 5 ] 今村明恒(1913):明治29年の陸羽地震,震災予防調査会報告,77,78-87.
- [ 6 ] 大塚弥之助(1935):明治29年陸羽地震川舟断層の現況その他,地震,10,469-476.
- [ 7 ] 秋田震災救済会(1897):秋田震災誌,1-169.
- [ 8 ] 碧海康温(1915):大正3年秋田県仙北郡ニ発シタル地震ニ就キテ,震災予防調査会報告,82,31-36.
- [ 9 ] 中村達太郎(1896):陸羽震災地巡廻報告,震災予防調査会報告,11,84-91.
- [10] 曾禰達藏(1896):岩手・秋田両県下震害家屋調査報告,震災予防調査会報告,11,92-104.

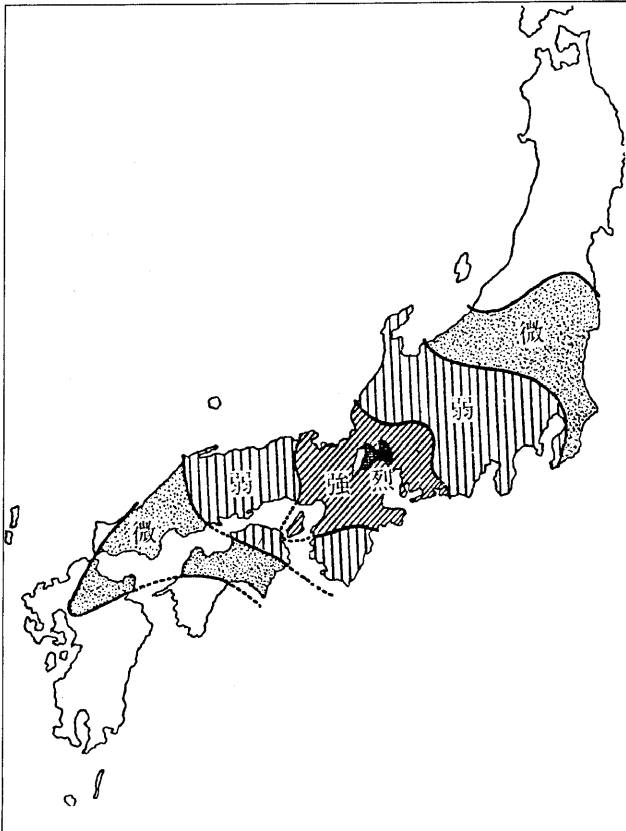
|           |                                                                                                                                                                        |   |                                                                                     |  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4         | 江 濃 地 震<br>( 姉 川 地 震 )                                                                                                                                                 |   | 1909<br>(明治42) Ⅷ 14 M=6.4                                                           |  |
| 地 震 概 況   | 震央は近江盆地北東部，地震断層は見出されなかったが，住家全潰率80％を越える地区がある。<br><br>死者：41，住家全壊：976．                                                                                                    |   |                                                                                     |  |
| 発 生 時 刻   | 15h30m JST〔U〕                                                                                                                                                          |   |  |  |
| 震 央       | 35.4°N，136.3°E〔R〕                                                                                                                                                      |   |                                                                                     |  |
| 震 源 の 深 さ |                                                                                                                                                                        |   |                                                                                     |  |
| マグニチュード   | 6.4〔U〕                                                                                                                                                                 |   |                                                                                     |  |
| 発 震 機 構   |                                                                                                                                                                        |   |                                                                                     |  |
| 最 大 震 度   | Ⅵ：彦根，岐阜                                                                                                                                                                | Ⅶ |                                                                                     |  |
| 地 動 変 位   |                                                                                                                                                                        |   |                                                                                     |  |
| 地 動 速 度   |                                                                                                                                                                        |   |                                                                                     |  |
| 地 動 加 速 度 | 0.41G：田根村小室間（倒）<br>湯田村八嶋                                                                                                                                               |   |                                                                                     |  |
| 地 震 記 象   | 普通地震計：岐阜<br>大森式地動計：東京                                                                                                                                                  |   |                                                                                     |  |
| 被 害 の 概 況 | 全潰住家を生じたのは近江盆地北部姉川下流域のほぼ10km×13kmの範囲内であるが，その中には住家全潰率80％を越える地区もあった．滋賀県下では道路，線路の破損，地割れ等は比較的少なかった．<br><br>岐阜県側では全潰家屋はごく少数であったが，軽い被害を生じたところは木曽川以西の広い範囲にわたっている．噴水，噴砂が著しかった． |   |                                                                                     |  |

図4-1 広域震度分布〔5〕による。

## 地震断層

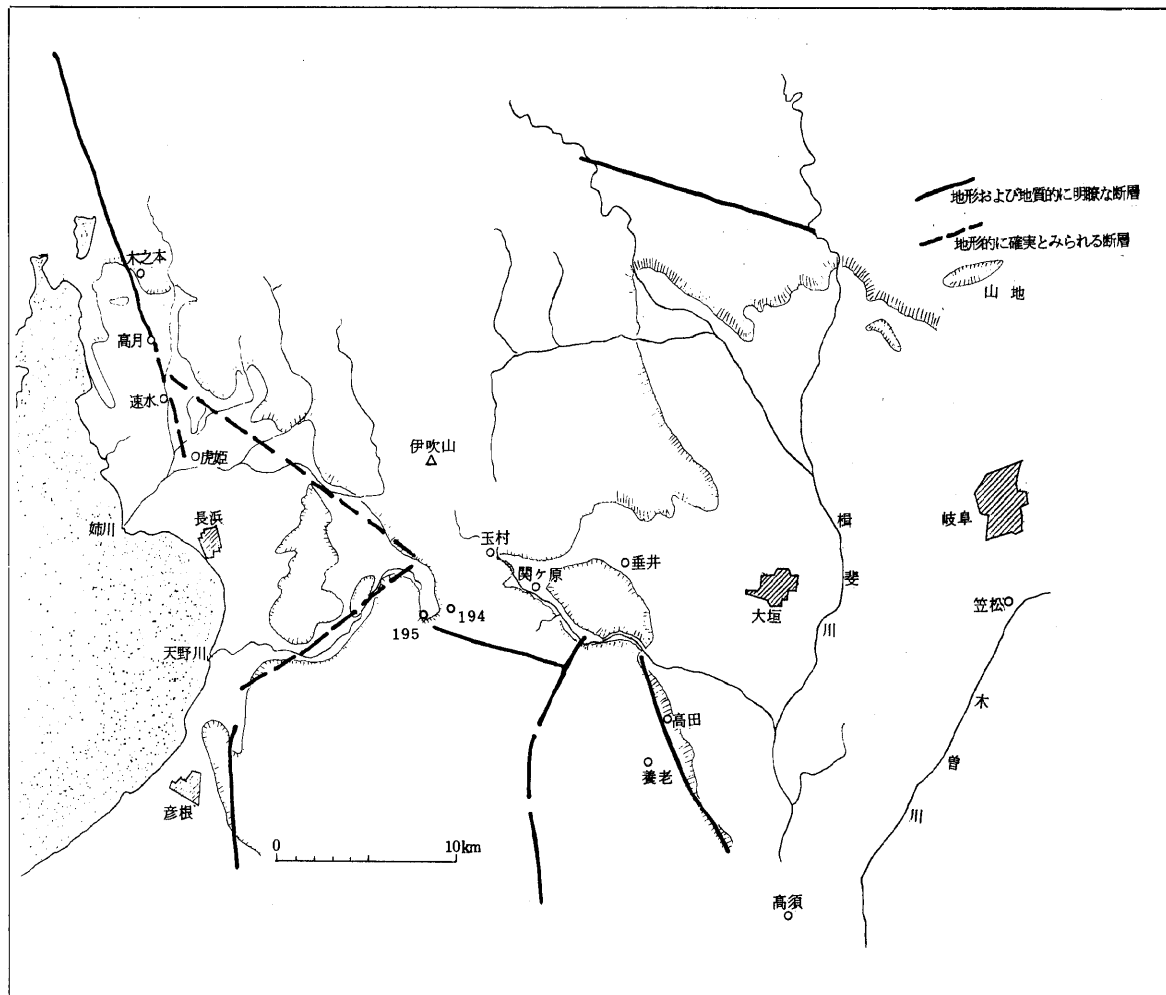


図4-2 第四紀に活動した断層〔10〕

野外調査では地震断層が発見されなかった。

地形的に確実とみられる活断層の位置と被害が最も激しかった地域とはよく一致している。また、この活断層の南東端付近を通る水準路線に沿う水準点194，195付近の上下変動は断層の運動を推定させる〔11〕。

## 地震学上の特記事項

## 琵琶湖岸の陥没

姉川川口付近の泥洲が東西200間，南北2町余大震の震動中湖水面に陥没し，湖岸に多数のき裂を生じた。これより異臭と共に5～6尺の高さに泥水を噴出し，7～8分後突然停止した。土地陥没に引続き数尺の波が押寄せた〔5〕。

## 前震

8月9日16時50分に彦根の地震計に記録された地震は前震とみられる〔5〕。

## 断層近傍の被害及び推定地震動

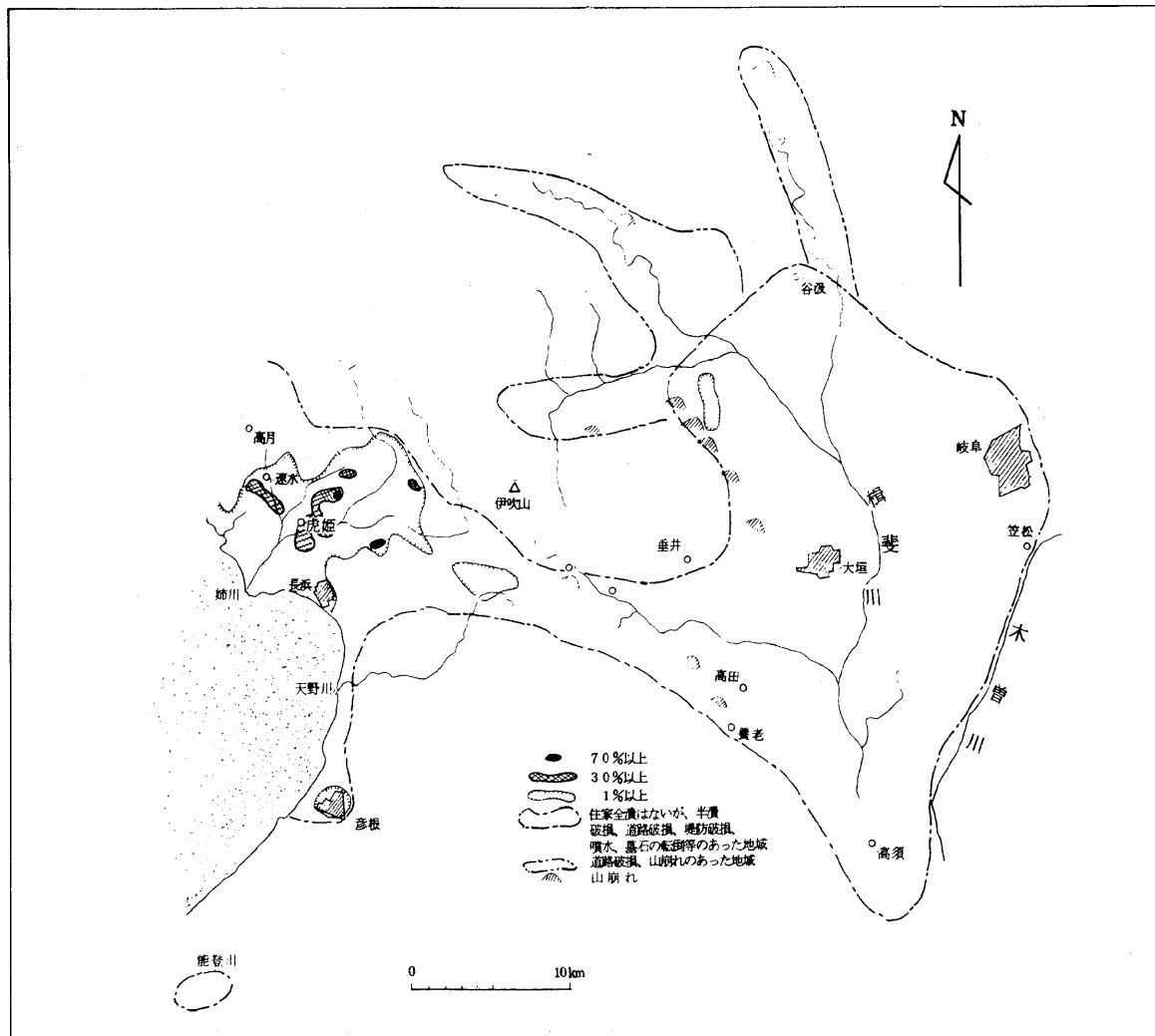


図4-3 住家全潰率およびその他の被害の分布〔1〕,〔2〕

## 被害の分布

字別の全潰住家数と総戸数は〔5〕に掲載されている。岐阜県下〔1〕および滋賀県下〔2〕の字別の詳しい被害統計があるが若干数字の相異がある。

住家全潰率30%を越えるのは姉川下流域の狭い範囲だが、80%を越える地区もあった。被害の激しい地区にすぐ近接して軽微な地区もある。

滋賀県下では道路・線路の破損、地割れ等は比較的少なかった。

岐阜県下では全潰住家はごく少数であったが、木曾川以西の広い範囲に家屋の半潰、破損、道路・橋梁の破損、堤防の破壊、噴水、墓石の転倒などが非常に多かった。

伊吹山南西面の石灰岩地が崩壊した。楢斐川、粕川、根尾川の谷で山崩れ、道路の破損があった。

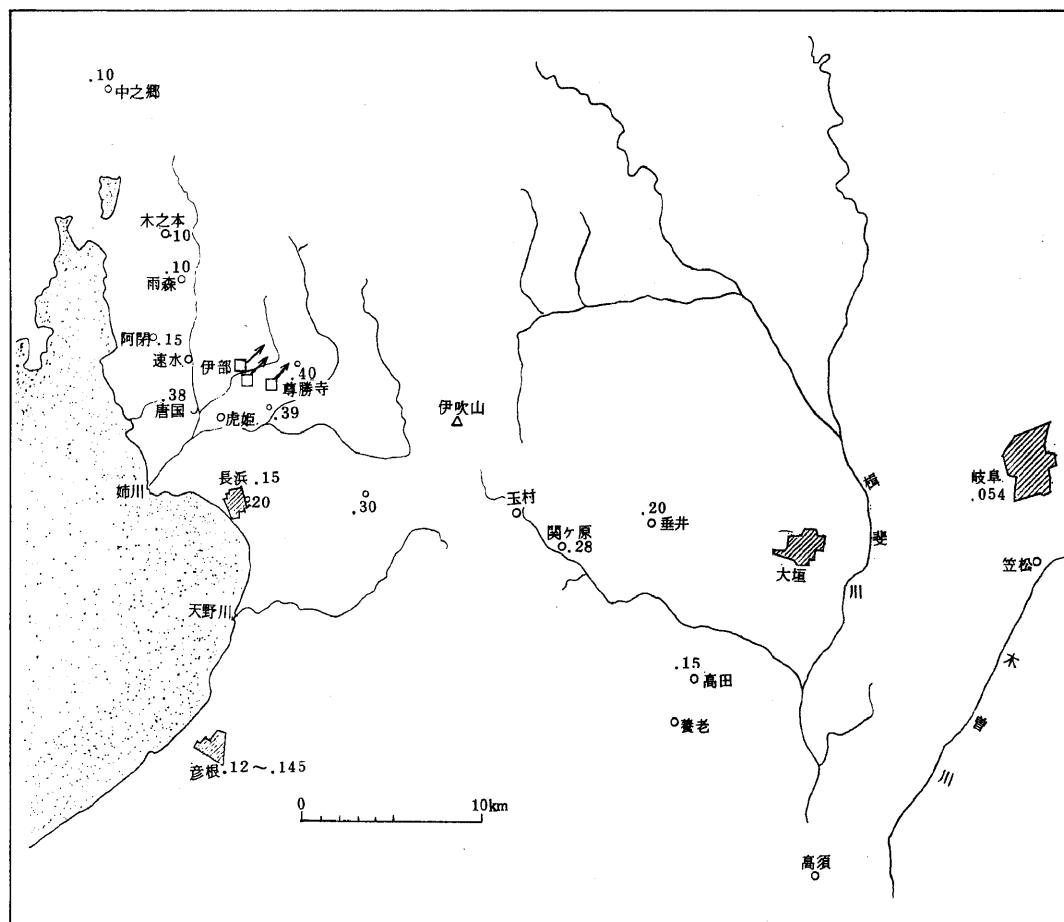


図4-4 推定地動加速度(単位はG)の分布および建築物の移動方向〔5〕

#### 加速度の推定

墓石, 石灯籠の転倒したもの, しなかったものから地動最大加速度が推定された〔5〕.

短い柱状物体の多くが倒れた方向も調べられており, 主要部の最初の震動の向きを示すものと考えられる〔5〕.

佐野〔7〕による加速度(単位はG)の推定値は

- 尊勝寺村 > 0.4
- 虎姫各村  $\geq 0.35$
- 速水村, 曾根村, 内保, 八島 0.3
- 木之本, 長浜 < 0.2
- 米原  $\leq 0.15$
- 彦根 < 0.1
- 伊吹山東及び南麓  $\sim 0.15$
- 岐阜市 < 0.1

#### 建築物の移動〔1, 2, 5〕

- 湯田村大字尊勝寺 称名寺鐘楼 北々東約1 m移動
- 慶徳寺鐘楼 北東約1 m (3尺) 一飛び
- 虎姫村大字三川 本願寺別院 北々東に約15 cm移動
- 宮部 勝円寺鐘楼 北東約60 cm (2尺) 一飛び
- 小谷村大字留目 願教寺鐘楼 北東約1 m移動

## 地震記象

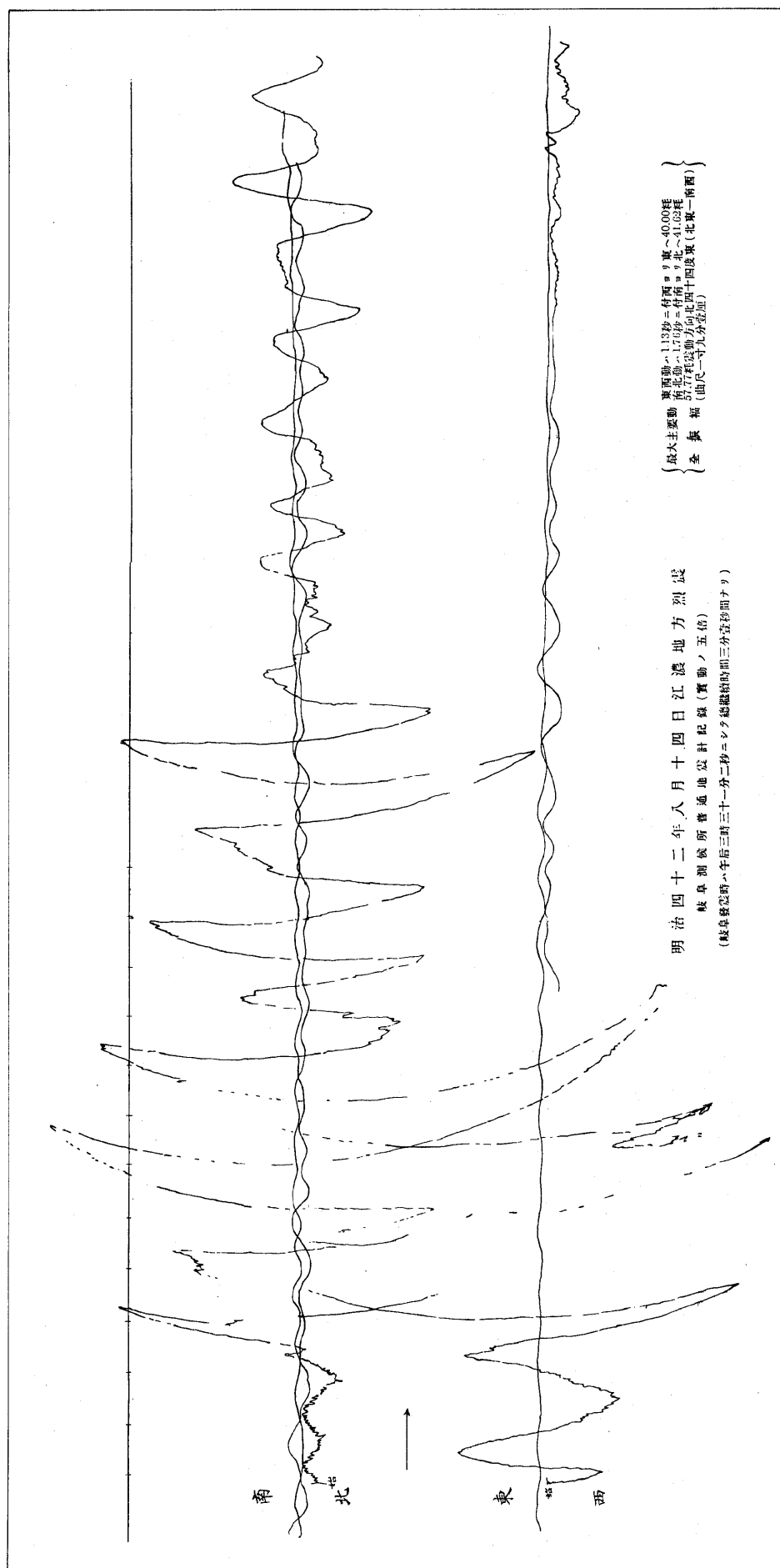


図4-5 岐阜における普通地震計の記録〔1〕

- [ 1 ] 岐阜県岐阜測候所(1910):江濃地震報告,1-186.
- [ 2 ] 彦根測候所(1911):近江国姉川地震報告,1-94.
- [ 3 ] 小藤文次郎(1910):地質学上ノ見地ニ依ル江濃地震,震災予防調査会報告,69,1-15.
- [ 4 ] 曾禰達蔵(1910):江濃震災地出張報告,震災予防調査会報告,69,17-25.
- [ 5 ] 今村明恒(1911):明治四十二年姉川地震調査報告,震災予防調査会報告,70,1-63.
- [ 7 ] 佐野利器(1911):江州地震調査報告,震災予防調査会報告,70,65-84.
- [ 8 ] 小川琢治(1910):江濃地震ニ関スル地質上ノ説,江濃地震報告〔1〕,岐阜測候所,106-107.
- [ 9 ] 中村新太郎(1910):地質学上ヨリ見タル江濃地震,江濃地震報告〔1〕,岐阜測候所,107-114
- [10] 藤田和夫(1974):第四紀地殻変動図 近畿,地質調査所
- [11] Imamura, Akitsune (1930): Topographical Changes Accompanying  
Earthquakes or Volcanic Eruptions, *Publications of the Earthquake  
Investigation Committee*, 1-143

|                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                     |  |                                |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| 5                                                                                                                  | 関 東 地 震                                                                                                                                                                                                             |  | 1 9 2 3<br>(大正 1 2) IX 1 M=7.9 |  |
| 地 震 概 況                                                                                                            | 震央は相模湾北岸付近。アジア，フィリピン海両プレートの境界をなす相模トラフの北部に発生した地震。地震断層は海底に現われたものと推定される。相模湾沿岸および房総半島南端部では顕著な地殻変動を生じ，地震動による被害もはなはだしかった。東京，横浜では地震後の大火災のため未曾有の大災害となった。<br><br>死者・行方不明：1 4 2,8 0 7，全壊家屋：1 2 8,2 6 6，焼失家屋：4 4 7,1 2 8。      |  |                                |  |
| 発 生 時 刻                                                                                                            | 1 1 h 5 8 m J S T [ U ]                                                                                                                                                                                             |  |                                |  |
| 震 央                                                                                                                | 3 5.2° N, 1 3 9.3° E 注1)<br>[ R ]                                                                                                                                                                                   |  |                                |  |
| 震 源 の 深 さ                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                     |  |                                |  |
| マグニチュード                                                                                                            | 7.9 [ R ], 8.2 [ M <sub>G</sub> ], 8.2 [ 1 ]                                                                                                                                                                        |  |                                |  |
| 発 震 機 構                                                                                                            | A=N 20°E, D=34° SR+DR<br>A=N125°E, D=80° [ 2 ]                                                                                                                                                                      |  |                                |  |
| 最 大 震 度                                                                                                            | VI：東京，横浜，他                                                                                                                                                                                                          |  | VII                            |  |
| 地 動 変 位                                                                                                            | 5 cm 以上（東京本郷） 注2)<br>(測)                                                                                                                                                                                            |  |                                |  |
| 地 動 速 度                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                     |  |                                |  |
| 地 動 加 速 度                                                                                                          | 0.5 6 G：小田原町<br>0.5 0 G：厚木町<br>0.4 9 G：金沢村<br>0.4 7 G：保土ヶ谷町 } (倒)                                                                                                                                                   |  |                                |  |
| 地 震 記 象                                                                                                            | 二倍地震計：東京本郷                                                                                                                                                                                                          |  |                                |  |
| 被 害 の 概 況                                                                                                          | <p>広域の激しい地震動もさることながら，本地震の被害で最も注目すべきは東京など大都市の大火である。とくに東京本所の被服廠跡における焼死者は3 8,0 0 0 人にのぼった〔 5 〕。これに対して，東京市内の圧死者は2,0 0 0 人余とされている〔 6 〕。沿岸各地に高さ数mの津波が来襲した。直接の物的損害だけでも総額5 5 億円〔 7 〕（当時の国家予算の1.3 年分）に達し，深刻な社会不安を引き起こした。</p> |  |                                |  |
| 注1) [ C ]によれば，震央は3 5.3° N, 1 3 9.3° E。世界中の観測データを用いた震源再決定によれば，3 5.4° N, 1 3 9.2° E（誤差± 1 5 km 程度），深さ0～1 0 km [ 1 ]。 |                                                                                                                                                                                                                     |  |                                |  |
| 注2) 二倍地震計から再現された主要動初期4 秒間の最大水平地動。これ以後は描針が外れた〔 3 〕。                                                                 |                                                                                                                                                                                                                     |  |                                |  |

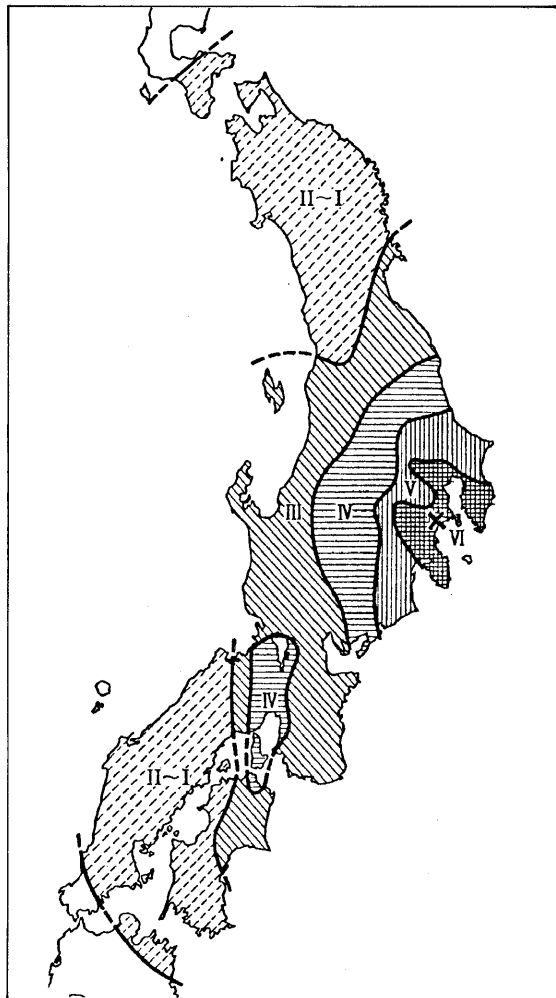


図 5-1 広域震度分布 気象庁資料による〔 U 〕。

図5-1 広域震度分布 気象庁資料による〔U〕。

地震断層

測地測量などの結果から見て、主断層は相模湾海底に現われたものと推定される（図5-2参照）。この場所は、アジアプレートとフィリピン海プレートの境界をなす相模トラフの北部にあたる。断層面は北東側に $30^{\circ}\sim 34^{\circ}$ 傾斜し、逆断層成分を含む数mの右ずれ変位を生じたものと考えられる〔2〕〔8〕。地震前後の海底地形の変化〔9〕もこの考えを支持する。主断層の北西延長部とみなされる国府津—松田断層（大磯丘陵の西限を画する活断層）では、本地震に伴う明瞭な断層変位は認められなかった。

地震に伴って陸上各地に副断層が生じた。主なものは下記の通りである〔10〕。

下浦断層（三浦半島南部）

新川断層（現横浜市南部）

延命寺断層・宇戸断層・滝川断層

（房総半島館山東方の地溝部）

初島断層（熱海湾外初島）

これらのうち、初島断層以外はすべて主断層の上盤側に位置している。

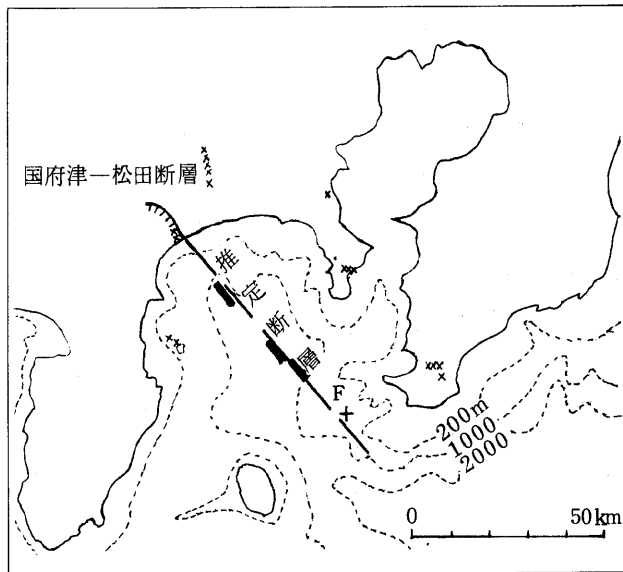


図5-2 推定断層と主要地変。

×：副断層・地裂，+：海底電線切断，  
F：死魚浮上，——：海底断層。  
〔11〕〔12〕のデータによる。

地震学上の特記事項

断層モデル

地震波および測地測量のデータからそれぞれ独立に断層モデルが求められている。両モデルの比較を表5-1に示す。断層変位量にかなりの相異が見られるが、測地データによるものの方が信頼度が高い。当時の地震計では長周期の波を十分記録することができず、解析に限界があるためである。

相模湾西部の真鶴岬や初島では本地震に伴って1mを越える隆起があったが、これは上記両モデルでは説明できない。相模湾西部を南北に走る海底断層が同時にずれ動いた可能性が強い〔13〕。

関東地震の繰返し間隔

地形学的研究および本地震前後の地殻変動の研究に基づいて、関東地震（相模トラフ北部が破壊する大地震）の平均繰返し間隔は180～400年と考えられている〔14〕。

表5-1 断層モデル〔8〕

|          | 地震データから                      | 地震データから                      |
|----------|------------------------------|------------------------------|
| 断層の走向・傾斜 | N70°W, 34°                   | 4N45°W, 30°                  |
| 断層の面積    | 130×70 Km <sup>2</sup>       | 85×55 Km <sup>2</sup>        |
| 断層変位量 {  | 横ずれ 2m                       | 6m                           |
|          | 縦ずれ 0.6.5 m                  | 3m                           |
| 地震モーメント  | 7.6×10 <sup>27</sup> dyne・cm | 125×10 <sup>27</sup> dyne・cm |
| 応力降下量    | 15 bar                       |                              |

## 断層近傍の被害及び推定地震動

## 家屋の被害

家屋全潰率の分布を図5-3に示す。東京市中心部は、焼失家屋多数にのぼるため純粋に地震動による倒壊状況は詳細不明である。主断層の上盤側の房総半島南端付近、相模川流域の厚木付近では、全潰率90%以上となっている。主断層の上陸地点に近い酒匂川河口付近にも全潰率90%を越える所が見られる。

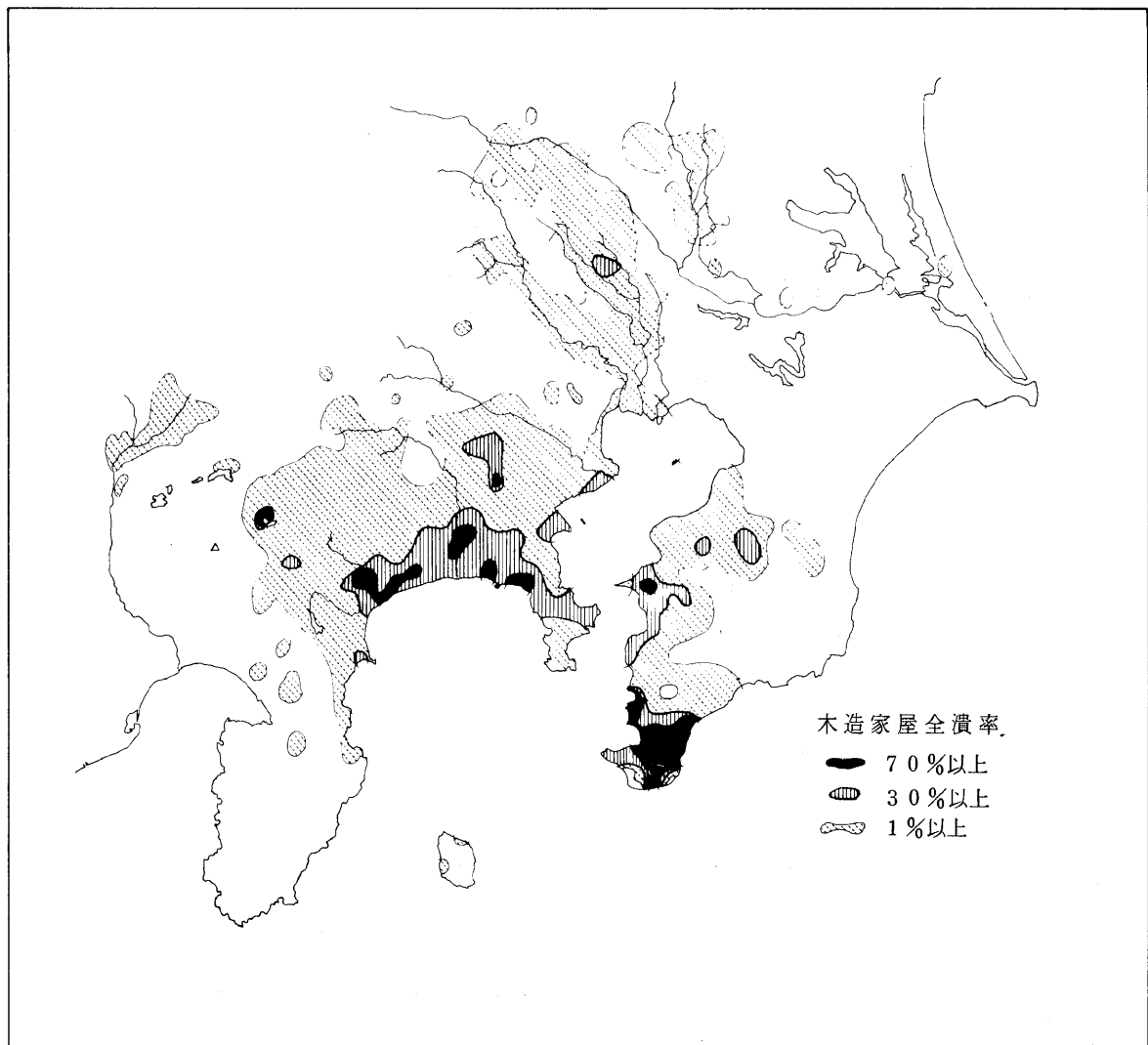


図5-3 木造家屋全潰率の分布。データは〔15〕によるが〔16〕により一部訂正。コンターは〔15〕では1, 10, 50%で引いてあるが、この図では1, 30, 70%で引いた。

## 地 変

主断層上盤側（北東側）では顕著な地盤隆起が見られた（大磯で1.8 m, 房総半島館山付近で1.6 mなど〔17〕）。図5-2に示した副断層・地裂のほか各所で山崩れ・崖崩れが多発した。とくに、小田原南方の根府川部落170余戸を全滅させた山津波は、土壌岩塊が白糸川の溪谷に沿って「恰も溪間の懸流が電奔雷馳する様に、西から東に向ひ、凡そ一里半の行程を五分内外の時間で馳せ下った」〔18〕ものであった。また、現秦野市南部には山崩れによって小湖が生じ、「震生湖」と呼ばれるようになった。

# 地動加速度

墓石など物体の転倒にもとづいて地動加速度が推定されている（図5-4）。

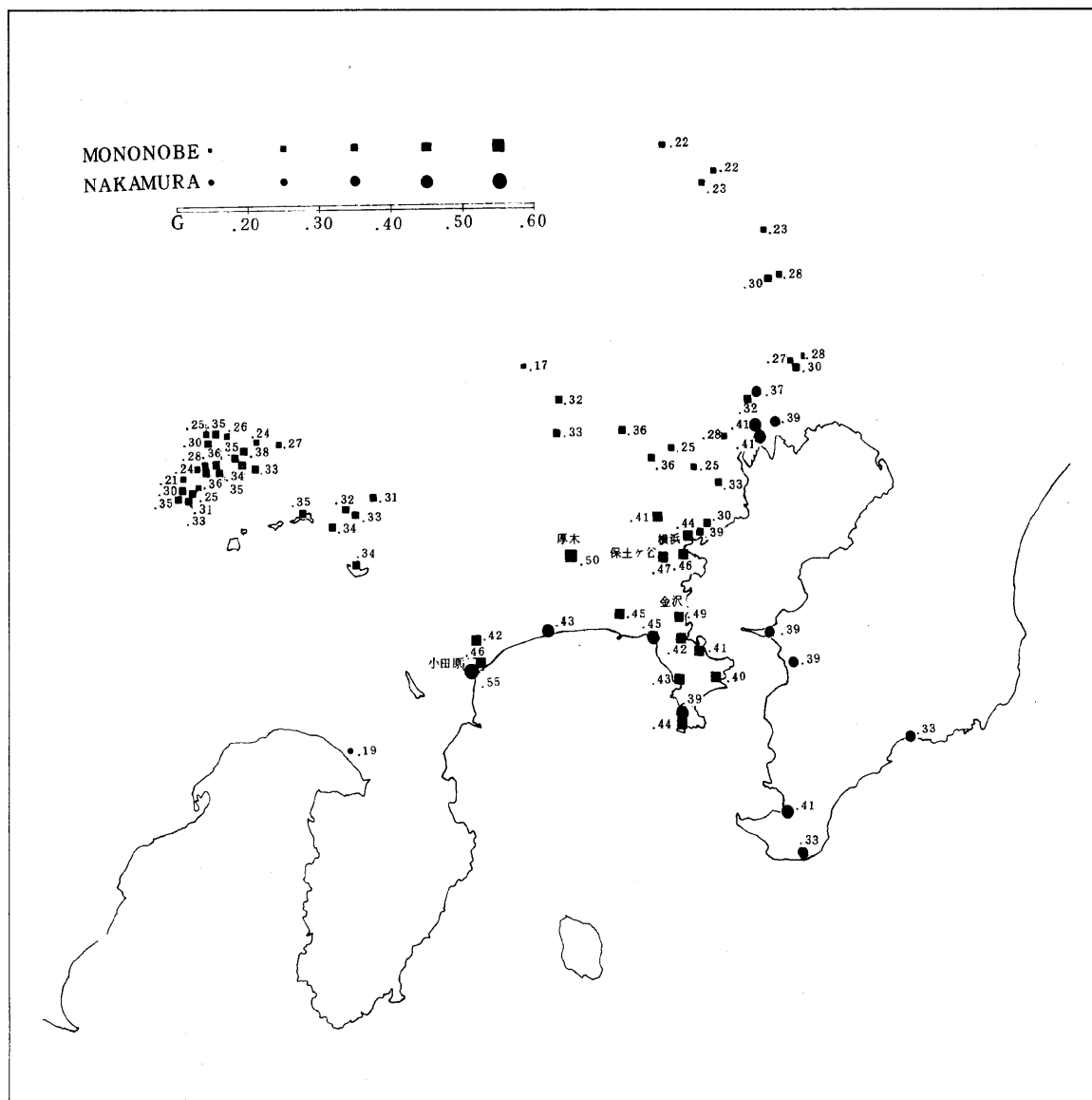


図5-4 物体の転倒から推定された水平地動加速度，〔4〕，〔6〕の資料による。

## 主要動の方向

物体の転倒方向は必ずしも一定していないが，地域ごとに卓越転倒方向を見ると図5-5のようになる．断層近傍では，地震の主要動の方向が断層の走向にほぼ平行していることがわかる．

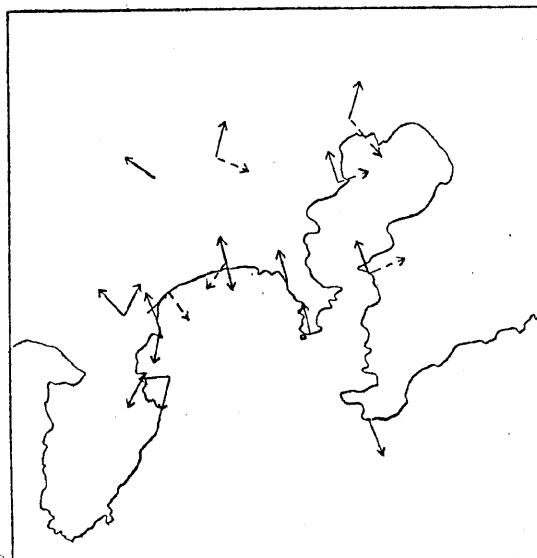


図5-5 物体の転倒方向

実線矢印は卓越方向，破線矢印は少数例の方向を示す．〔6〕

地震記象

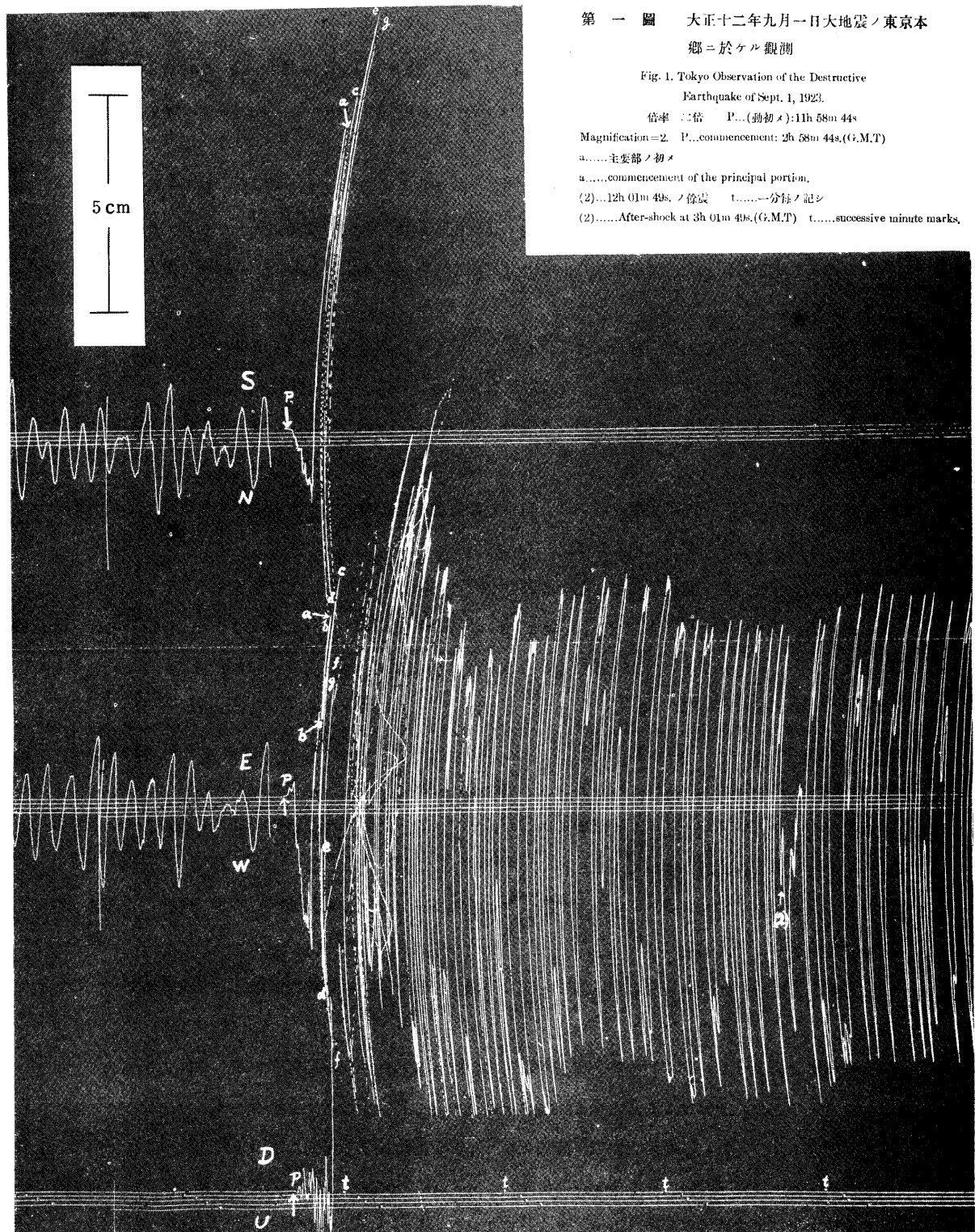


図5-6 東京本郷の東京帝国大学地震学教室における二倍地震計の記録。水平動地震計は、標記の真南・真東より反時計まわりに23°ずれた方向に設置されている。  
地震計の定数、幾何倍率：2倍、固有周期：1.0秒（水平動）、5秒（上下動）〔3〕

このほか、ユース式円盤型強震計の記録があり、これにもとづく地動の再現も試みられている〔19〕。ただし、この強震計は制振器をもっていないので、利用にあたっては注意が必要である。

- [ 1 ] Kanamori, H. and S. Miyamura (1970): Seismometrical re-evaluation of the great Kanto earthquake of September 1, 1923, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **48**, 115-125.
- [ 2 ] Kanamori, H., (1971): Faulting of the great Kanto earthquake of 1923 as revealed by seismological data, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **49**, 13-18.
- [ 3 ] 今村明恒(1925): 関東大地震調査報告, 震災予防調査会報告, **100**(甲), 21-65.
- [ 4 ] 物部長穂(1926): 土木工事震害調査報告, 震災予防調査会報告, **100**(丁), 1-65.
- [ 5 ] 竹内六蔵(1927): 大正十二年九月大震災に因る死傷者調査報告, 震災予防調査会報告, **100**(戊), 229-264.
- [ 6 ] 中村左衛門太郎(1925): 関東大震災調査報告, 震災予防調査会報告, **100**(甲), 67-140.
- [ 7 ] 東京市政調査会(監修)(1930): 帝都復興事業大観(上巻), 日本統計普及会.
- [ 8 ] 金森博雄・安藤雅孝(1973): 関東大地震の断層モデル, 関東大地震50周年論文集, 地震研究所, 89-101.
- [ 9 ] 茂木昭夫(1959): 関東大地震における相模湾の海底変動について——新精密測量資料による再検討——水路要報, **60**, 52-60.
- [10] 山崎直方(1925): 関東地震の地形学的考察, 震災予防調査会報告, **100**(乙), 11-54.
- [11] Ando, M. (1971): A fault-origin model of the great Kanto earthquake of 1923 as deduced from geodetic data, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **49**, 19-32.
- [12] Kaneko, S. (1969): Right-lateral faulting in Miura peninsula, south of Tokyo, Japan, *J. Geol. Soc. Japan*, **75**, 199-208.
- [13] 石橋克彦(1977): 1923年関東大地震の再検討(2)——「西相模湾断層」の重要性——, 昭和52年度地震学会春季大会講演予稿集, 129.
- [14] 瀬野徹三(1977): 地殻上下変動より推定された相模トラフ巨大地震の再来周期, 地震2, **30**, 253-264.
- [15] 松沢武雄(1925): 木造建築物に依る震害分布調査報告, 震災予防調査会報告, **100**(甲), 163-260.
- [16] 神奈川県防災会議(1971): 神奈川県地震対策計画作成のための初期被害想定, pp. 207
- [17] 大村斉(1925): 関東地震に伴へる陸地水準変更調査, 震災予防調査会報告, **100**(乙), 55-59.
- [18] 今村明恒(1925): 根府川方面山津波調査報告, 震災予防調査会報告, **100**(乙), 85-86.
- [19] 那須信治・竹内盛雄・古藤田喜久雄・森岡敬樹(1973): 地震波入力に関する研究(2)(大地震動の地動), 早稲田大学理工学研究所報告, **60**, 18-24.

注) 関東地震に関する調査研究を集成した「震災予防調査会報告」第100号は次の5分冊より成る

- (甲) 地震篇, pp. 353.
- (乙) 地変および津波篇, pp. 126.
- (丙) 建築物篇, pp. 210(上), pp. 401(下).
- (丁) 建築物以外の工作物篇, pp. 303.
- (戊) 火災篇, pp. 296.

|                               |                      |                                                                                                                                                                                     |                            |     |
|-------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----|
| 6                             | 北 丹 後 地 震<br>( 丹 後 ) |                                                                                                                                                                                     | 1927<br>(昭和 2) III 7 M=7.5 |     |
| 地 震 概 況                       |                      | 震央は京都府北西部，奥丹後（与謝）半島の頸部．郷村断層とそれに直交する山田断層の水平ずれを生じた．中郡峯山町など火災による被害も著しい．<br>死者：2925，全壊家屋：12584，焼失：3711．                                                                                 |                            |     |
| 発 生 時 刻                       |                      | 18h27m JST 注1)                                                                                                                                                                      |                            |     |
| 震 央                           |                      | 35.6°N，135.1°E 〔J〕                                                                                                                                                                  |                            |     |
| 震 源 の 深 さ                     |                      | 10 km                                                                                                                                                                               |                            |     |
| マグニチュード                       |                      | 7.5 〔J〕                                                                                                                                                                             |                            |     |
| 発 震 機 構                       |                      | A=N 30°W，D=90°<br>A=N120°W，D=90° SL〔2〕                                                                                                                                              |                            |     |
| 最 大 震 度                       |                      | VI：宮津，豊岡                                                                                                                                                                            |                            | VII |
| 地 動 変 位                       |                      |                                                                                                                                                                                     |                            |     |
| 地 動 速 度                       |                      |                                                                                                                                                                                     |                            |     |
| 地 動 加 速 度                     |                      | 0.42 G：峯山町 (倒)                                                                                                                                                                      |                            |     |
| 地 震 記 象                       |                      | 地動計：東京本郷<br>今村式二倍強震計：東京，鎌倉                                                                                                                                                          |                            |     |
| 被 害 の 概 況                     |                      | <p>被害は郷村（ごうむら）・山田両断層沿いの幅1～2 kmの区域に集中しており，被害分布と断層との対応がきわめて明瞭である．これらの区域では，家屋の多くは，はじめのわずか2～3秒で倒壊に至ったとみられる〔3〕．建物の倒壊・移動の方向は，主断層である郷村断層に直交するものが卓越している．なお，被害の状況については文献〔12〕に詳細に記述されている．</p> |                            |     |
| 注1) 〔1〕によれば，35°39'N，135°01'E． |                      |                                                                                                                                                                                     |                            |     |

図6-1 広域震度分布図 〔K〕

## 地震断層

郷村(ごうむら)、山田の両断層を生じた。郷村断層は走向 $N25^{\circ}W$ の左横ずれ断層で、全長 $30\text{ km}$ 以上〔4〕と推定される。北西部分は海中に没して詳細不明だが、南東部分約 $14\text{ km}$ は、雁行状に配列する数条の地割れ群として地表に現われた。断層を境にして西側が、最大 $2.5\text{ m}$ 南方に変位し、同時に最大 $0.5\text{ m}$ 相対的に隆起した。これに直交する山田断層は全長約 $9\text{ km}$ で、変位量は上下(南側沈降)・水平(右ずれ)ともに最大 $0.7\text{ m}$ 程度であった〔3〕。両断層は、同一の起震力に起因する共役な断層だと考えられている〔4〕。

なお、断層の詳細および奥丹後半島の地質構造については、〔3〕、〔5〕、〔6〕がある。

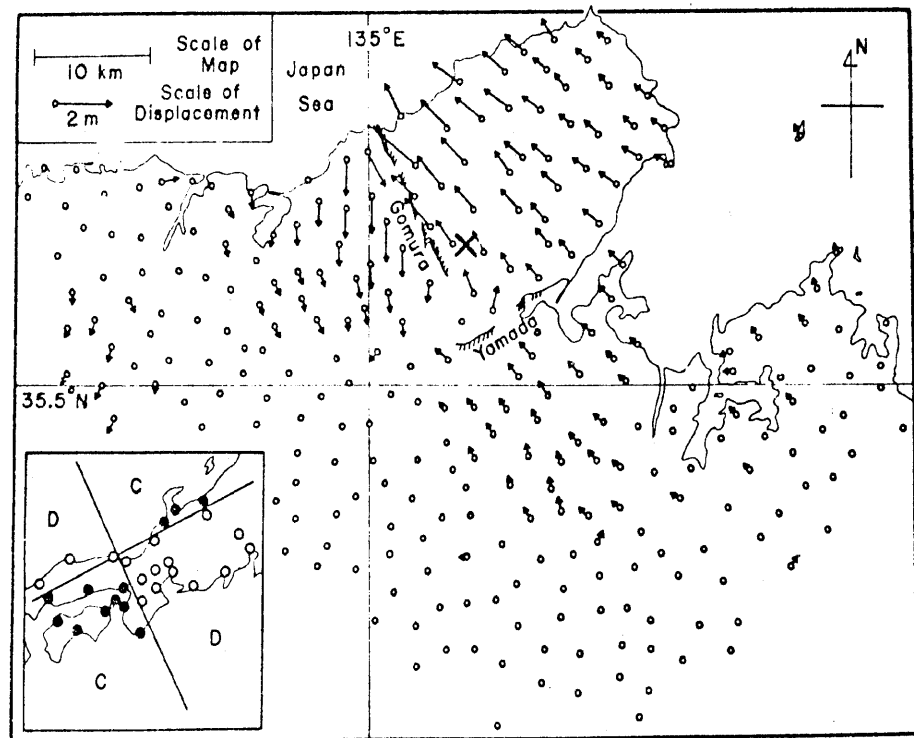


図6-2 断層・土地の水平変位および発震機構〔4〕

データは〔7〕、〔8〕、〔9〕による。×印は震央の位置、矢印は地震前後の三角点の水平変位の方向と大きさを示す。

## 地震学上の特記事項

## 断層モデル

地震波形の理論解析から右のような断層モデルが得られている。ただし、近地点の地震記録がないため、東京(震央距離 $430\text{ km}$ )で記録された波形を用いている〔4〕。

断層の面積・変位量は、地震時の地殻変動に基づく断層モデル〔10〕とよく一致している。

表6-1 断層モデル〔4〕

|         |                                                   |
|---------|---------------------------------------------------|
| 断層面積    | $35\text{ Km (長さ)} \times 13\text{ Km (巾)}$       |
| 断層変位量   | $3\text{ m (左横ずれ)}$                               |
| 地震モーメント | $4.6 \times 10^{26} \text{ dyne} \cdot \text{cm}$ |
| 応力降下量   | $100 \text{ bar}$                                 |

## 断層近傍の被害及び推定地震動

## 家屋の被害

被害の大部分は約  $150 \text{ km}^2$  の比較的狭い面積に集中した。もっとも震害の著しかったのは、北方網野町下岡から南方長善村長岡に至る約  $10 \text{ km}$ 、幅  $2 \text{ km}$  足らずの帯状部分、および南方の山田村から市場村幾地まで長さ  $4 \text{ km}$ 、幅  $1 \text{ km}$  弱の部分である。これらの部分では  $70 \sim 90 \%$  の家屋全潰率を示しており、前者は郷村断層、後者は山田断層のそれぞれ沿線にあたっている。

家屋の構造、破壊状況、倒壊率などから総合的に判断して、郷村断層沿いの郷・高橋両部落および山田断層沿いの山田村では、最大加速度  $0.4 \text{ G}$  またはそれ以上であったと推定される〔11〕。

家屋大被害の要因としては、家屋構造上の問題点も指摘されている。すなわち、普通木造住宅は、「二階の部は四壁を堅固に廻らす代り、階下は壁体少く、特に階上は雪国の習慣として重みある物品の冬季貯蔵場とする為め、耐震価値が著しく低いものになって居る。」〔1〕



図 6-3 家屋全潰率の分布。現地踏査による。〔3〕

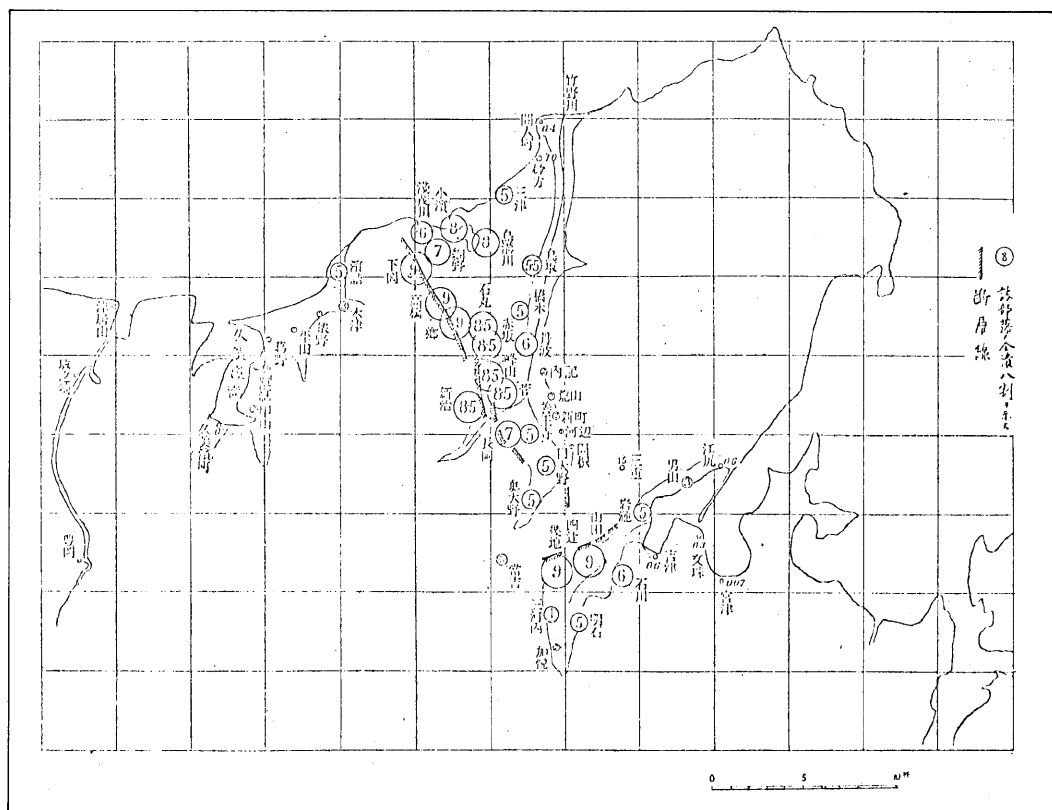
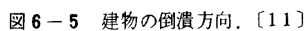


図 6-4 部落別家屋全潰率。数字は家屋全壊（単位：割＝10%）を示す。  
京都府震災救護宮津出張所調査および現地踏査による。〔11〕



激震地全域にわたる系統的な調査はないが、峯山町南方の墓地において若干の調査が行われている。それによれば、転倒墓石の縦横比は0.4 1, 0.4 1, 0.4 2, 不倒墓石の縦横比は0.4 2, 0.4 3, 0.4 3, 0.4 6である〔1〕。従って、この場所の最大加速度は0.4 2 G程度と推定される。転倒方向については記載がない。

構造物の移動・ねじれは数多く報告されているが、そのうちもっとも顕著な事例を記す。木津村中館の万松寺山門（四柱門）は、若干のねじれを伴って西微南方へ水平移動した。各柱の移動量は20～27 cmである〔3〕。この移動方向は、郷村断層の走向にほぼ直交する。

激しい地震動によって、山間部では土砂の崩壊・山津波、沖積平野部では噴砂などの地変が多発し、道路には各所に亀裂を生じた。また土地の隆起・陥没にも著しいものがあり、島津村小浜の地変はもっとも大規模なものであった。「島津村小浜では離湖（はなれこ）北端の街道が、湖中に陥没した所が二カ所あって何れも全長1町位に亘り一は家屋二戸を、他は一戸を沈没せしめた。而して沈下家屋の深さから見て約5尺位の陥没である。更に東方にては桑畑、葡萄畑等数百歩に亘り湖中に没し、更に離湖内の離島も沈下した。」〔3〕

## 地震記象

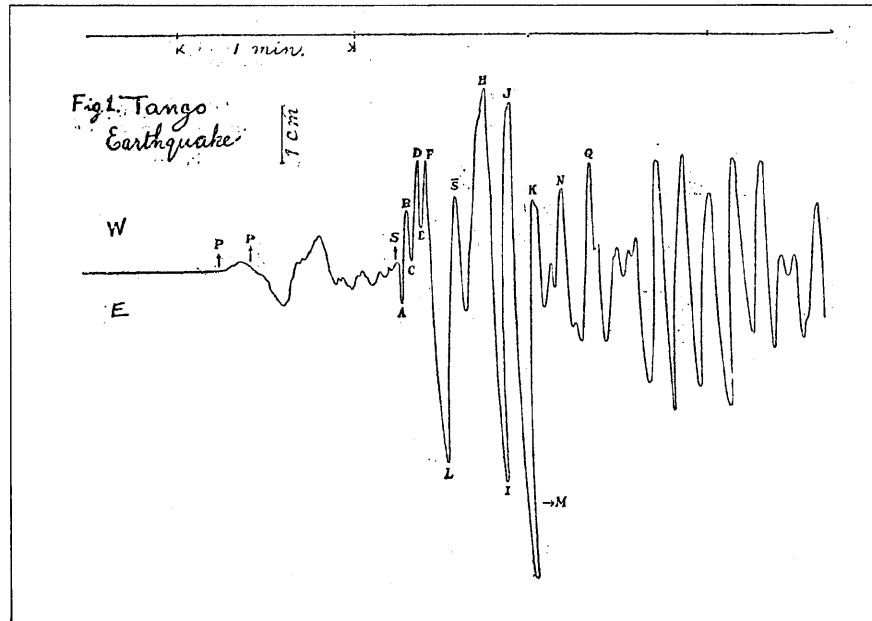


図6-6 東京本郷における地動計の記録(東西動)

地震計の定数. 幾何倍率: 1.5 倍, 周期: 3.0 秒, 制振比: 1.6. [1]

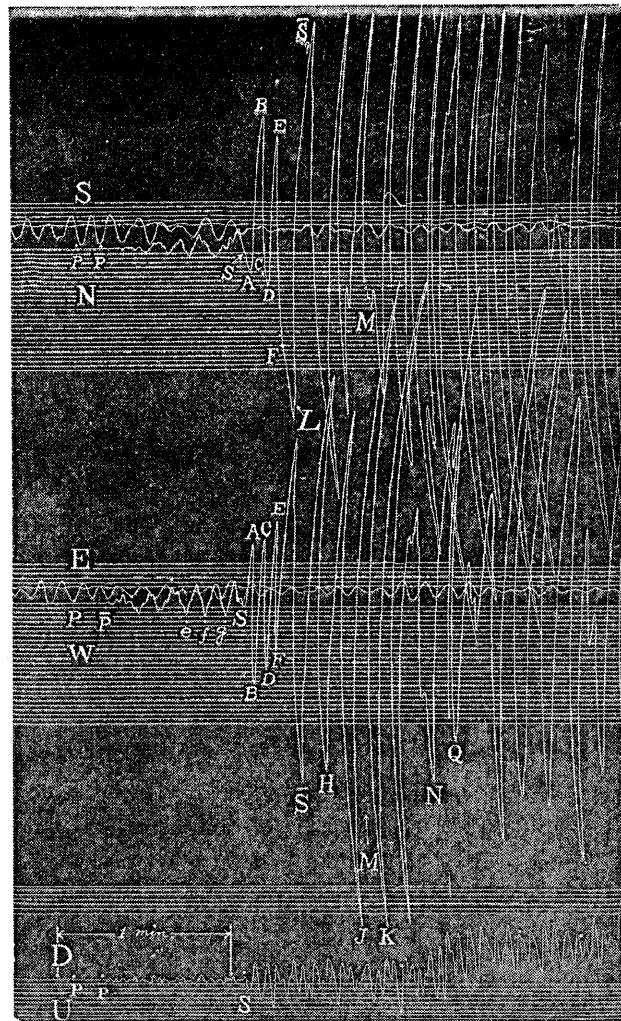


図6-7 東京本郷における今村式  
二倍強震計の記録(縮率不明)  
地震計の定数. 幾何倍率: 2 倍,  
周期: 1.0 秒. [1]

## 文 献

- [ 1 ] 今村明恒(1928): 丹後大地震調査報告, 地震研究所彙報, 4, 179-202.
- [ 2 ] Honda, H., A. Masatsuka and M. Ichikawa (1967): On the mechanism of earthquakes and stresses producing them in Japan and its vicinity (third paper), *Geophys. Mag.*, 33, 271-279.
- [ 3 ] (中央気象台北丹後地震関係報告)(1927): 驗震時報, 3, 1-209.
- 国富信一 北丹後烈震概説
- 国富信一・佐藤秀雄 北丹後地方の地質状態
- 佐藤秀雄 北丹後烈震の震度被害分布及地鳴観測
- 国富信一 北丹後烈震に現はれたる断層
- 石川高見 北丹後烈震発震の導因たるべき気圧に就きて
- 和達清夫 北丹後地震と深層地震
- 国富信一 北丹後烈震の驗震学的考察
- 鷺坂清信 北丹後烈震余震調査
- 藤原咲平・高山威雄 北丹後地震と割目の研究
- 国富信一・鷺坂清信 北丹後烈震激震区域の踏査報告
- 八鍬利助・高谷静馬・一木茂・棚橋嘉市  
北丹後大地震実地踏査概況第一報告
- 関和男・小野英男・棚橋嘉市  
北丹後大地震実地踏査概況第二報告
- 室伏万吉・山崎兵次郎 北丹後大地震実地踏査概況第三報告
- 藤原咲平・高山威雄・岩見憲逸  
北丹後地震踏査報告
- [ 4 ] Kanamori, H. (1973): Mode of strain release associated with major earthquakes in Japan, *Annual Review Earth Planetary Sciences*, 1, 213-239.
- [ 5 ] 津屋弘達(1928): 奥丹後半島の地質構造について(予報), 地震研究所彙報, 4, 139-158.
- [ 6 ] Yamasaki, N. and F. Tada (1928): The oku-Tango earthquake of 1927, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 4, 159-177.
- [ 7 ] Tsuboi, C. (1930): Investigation on the deformation of the earth's crust in the Tango district connected with the Tango earthquake of 1927 (Part 1), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 8, 153-221.
- [ 8 ] Tsuboi, C. (1933): Investigation on the deformation of the earth's crust found by precise geodetic means, *Jap. J. Astro. Geophys.*, 10, 93-248.
- [ 9 ] Honda, H. (1932): On the mechanism and the types of the seismograms of shallow earthquakes, *Geophys. Mag.*, 5, 69-88.
- [ 10 ] Kasahara, K. (1957): The nature of seismic origins as inferred from seismological and geodetic observations (1), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 35, 473-532.
- [ 11 ] 谷口忠(1927): 丹後地震に於ける建築物の被害について, 地震研究所彙報, 3, 133-162.
- [ 12 ] 京都府(1928): 奥丹後震災誌, pp 648.
- [ 13 ] 丹後地震誌刊行会(1929): 丹後地震誌, pp 465.

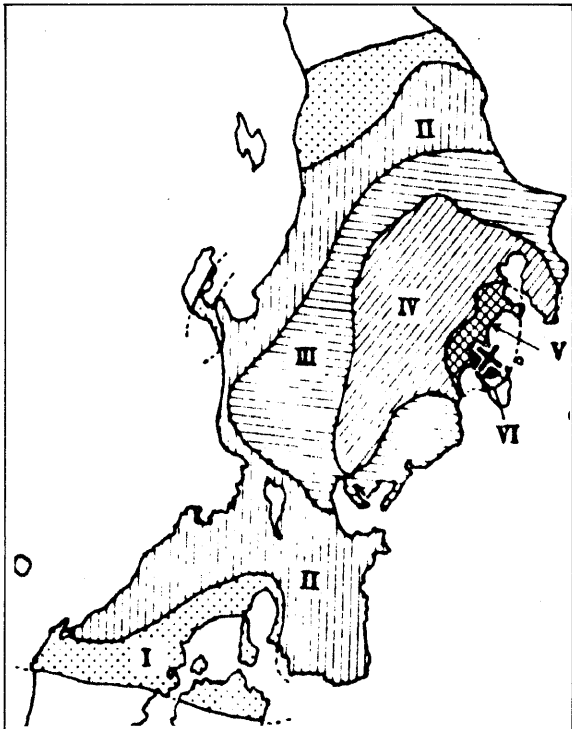
|         |                                                                                                                                                                                                    |    |                                                                                     |  |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 7       | 北伊豆地震                                                                                                                                                                                              |    | 1930<br>(昭和 5) XI 26 M=7.0                                                          |  |
| 地震概況    | 震央は伊豆半島北部の丹那盆地付近。ほぼ南北に走る丹那断層の活動による。<br>被害は伊豆半島北部でとくに著しく、山間部では、地割れ・山崩れ・崖崩れなどが目立った。<br>死者：272，全壊家屋：2165。                                                                                             |    |                                                                                     |  |
| 発生時刻    | 04h03m JST                                                                                                                                                                                         |    |  |  |
| 震央      | 35.1°N, 139.0°E [J]                                                                                                                                                                                |    |                                                                                     |  |
| 震源の深さ   | 0～5 km                                                                                                                                                                                             |    |                                                                                     |  |
| マグニチュード | 7.0 [J]                                                                                                                                                                                            |    |                                                                                     |  |
| 発震機構    | A=N 81°W, D=90° SL<br>A=N 171°W, D=90° [I]                                                                                                                                                         |    |                                                                                     |  |
| 最大震度    | VI：三島                                                                                                                                                                                              | VI |                                                                                     |  |
| 地動変位    |                                                                                                                                                                                                    |    |                                                                                     |  |
| 地動速度    |                                                                                                                                                                                                    |    |                                                                                     |  |
| 地動加速度   | 0.5 G：中大見村梅木，他 (建)<br>0.45 G以上：江間村 (動)                                                                                                                                                             |    |                                                                                     |  |
| 地震記象    | 中央気象台型強震計：千葉県布良（めら）<br>地動計・他：東京本郷                                                                                                                                                                  |    |                                                                                     |  |
| 被害の概況   | 主な被害は、箱根芦の湖から伊豆半島北部にかけて、とくに断層近傍に集中して発生している。平野部の地震と違って噴砂等の現象はほとんどなかったが、他方、山間部の山崩れ・崖崩れは各所で多発した。最大のものは、田方郡中狩野村佐野に発生した山津波である。断層のずれ動きによる建造物の傾斜・倒壊，大加速度による建造物の水平移動の例が多数報告されている。堤防の破壊や大火災による大きな二次災害はなかった。 |    |                                                                                     |  |

図7-1 広域震度分布 [K]

## 地震断層

箱根芦ノ湖の南から丹那盆地，大仁町浮橋を経て中狩野村青羽根に至る全長約30 kmの地震断層が出現した。浮橋付近までのほぼ南北に走る部分は丹那断層，それ以南の南西に延びる部分は加殿断層と称される。このほか，震源域南端部をほぼ東西に走る姫之湯断層など幾つかの副断層が確認されている。

断層の変位は，丹那・加殿断層においては左ずれ，姫之湯断層においては右ずれのいずれも水平横ずれであるが，局部的には数10 cmのたてずれ成分が見られる場所もある。丹那断層の変位量は，丹那盆地の畑で2.6 m〔1〕，当時建設中の東海道線丹那トンネル内（地表からの深さ160 m〔9〕）で2.7 m〔5〕であった。加殿断層の地表変位量としては，下狩野村田代付近で観察された2.0 m〔2〕が最大である。

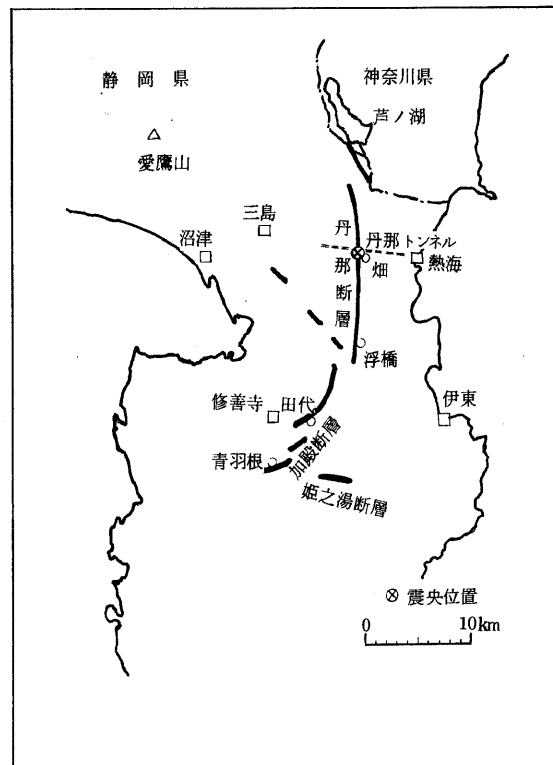


図7-2 地震断層。〔1〕〔4〕による。

## 地震学上の特記事項

## 丹那断層の累積変位

丹那断層は，最近の地質時代を通じて左ずれの水平変位が進行している第一級の活断層である。地形学的研究によれば，最近50万年間の累積変位量は1 kmとされている〔6〕。一回の大地震による変位量を2～3 mとすれば，1 kmの累積変位は300～500回の地震に相当し，丹那断層から北伊豆地震規模の大地震が発生する平均くりかえし間隔の目安としておよそ1,000年〔7〕が得られる。

## 断層モデル

右表の断層モデルが得られている。

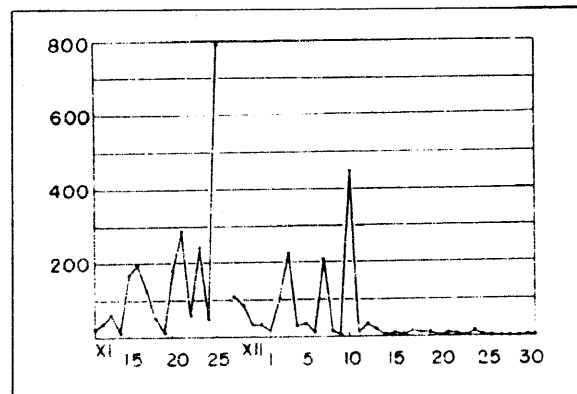
表7-1 断層モデル〔8〕

|      |                                |           |                              |
|------|--------------------------------|-----------|------------------------------|
| 走 向  | N (北半分10Km)<br>N70°E (南半分12Km) | 断 層 変 位 量 | 3 m (左横ずれ)                   |
| 断層面積 | 22Km (長さ) × 1.2 Km (巾)         | 地震モーメント   | $2.7 \times 10^{26}$ dyne·cm |
|      |                                | 応 力 降 下 量 | 54 bar                       |

## 前震および余震

地震の約20日前から顕著な前震が認められた。余震の減り方は単調でなく，地震回数の推移(図7-3)は群発型に近い。同年の2月～8月には，数km東方の伊東付近で著しい群発地震(伊東群発地震，最大M=5.8)が発生しており，北伊豆地震とこの群発地震との相互関係が注目された。

図7-3 三島における日別地震回数〔2〕



## 断層近傍の被害及び推定地震動

## 家屋の被害

静岡県・神奈川県下の家屋被害数が市町村別および字別に詳細に調査されている〔3〕。住家全潰率（ここでは全潰住家数の全世帯数に対する比率）をみると田方郡菰山村、同下大見村の2村では30%を越えており、とくに菰山村長崎では42世帯中41戸（98%）、同内中では21世帯中19戸（90%）など局部的には潰滅的な被害を受けていることがわかる。従って、本地震の最大震度はⅦと判定される。

文献〔3〕の資料によって、住家全潰率30%以上および1%以上の地域を示したのが図7-4である。被害域は全体に南北方向に細長く分布しており、住家全潰率30%以上の地域が断層とよく対応していることがわかる。

被害家屋の中には、地震動というよりも、断層または地裂線の上に立っていたために、地盤の破壊によって被害を受けたと認められるものがある。図7-5はその一例である。

なお、断層近傍ではないが、狩野川流域の駿東郡清水村的場（住家全潰率43%）などで局地的な被害が現われていることも注目される。

## 建造物の大移動

地震動によって建造物が大きく水平移動した例が文献〔3〕〔4〕に記載されている。地名、移動量、移動方向は次の通りである。

|               |       |       |
|---------------|-------|-------|
| 神奈川県足柄下郡箱根町   | 65 cm | SE    |
| 元箱根村          | 40    | SE    |
| 静岡県田方郡錦田村山中新田 | 43    | SE    |
| 菰山村菰山         | 70    | S30°W |
| 川西村埜間之上（まのうえ） | 20    | SE    |
| 函南村平井         | 70    | N 微 E |
| 北狩野村田代        | 40    | N80°E |
| 中大見村梅木        | 62    | N70°E |
| "             | 73    | N60°E |
| "             | 63    | N75°E |

大移動を示したのは、構造堅固な平屋、観音堂、四柱門などである。

図7-4に示すように、移動方向は概ね主断層の走向に平行である。また向きは、断層の西側で南向き、東側で北向きが多く、全体として断層変位の向きと一致している。これらの事実は、建造物の移動に寄与したのはS波の大加速であることを示唆している。建造物の木材と基礎の石材との間の摩擦係数を0.6と仮定して、建造物大移動のあった地域の最大加速度は0.5 G程度と推定されている〔3〕〔4〕。

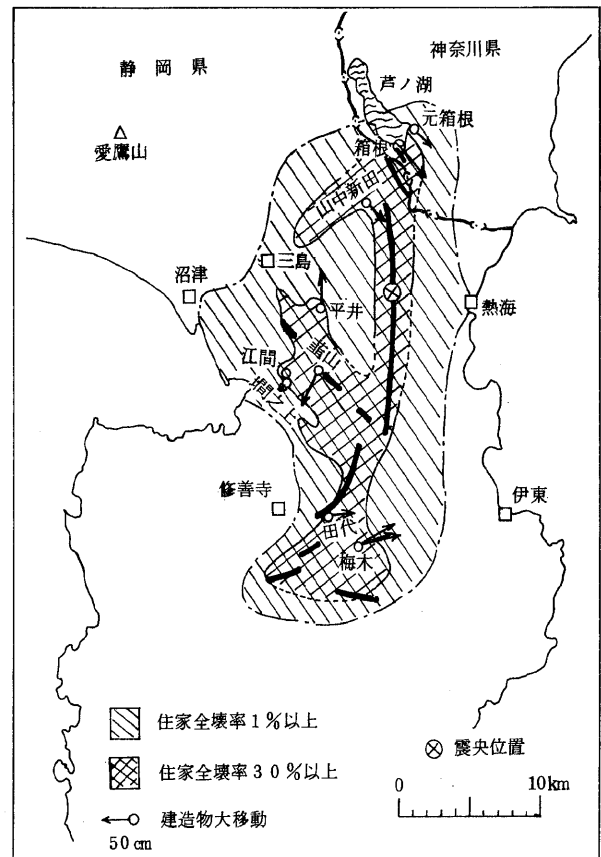


図7-4 家屋被害および構造物の大移動。  
文献〔3〕の資料による。太い実線は断層

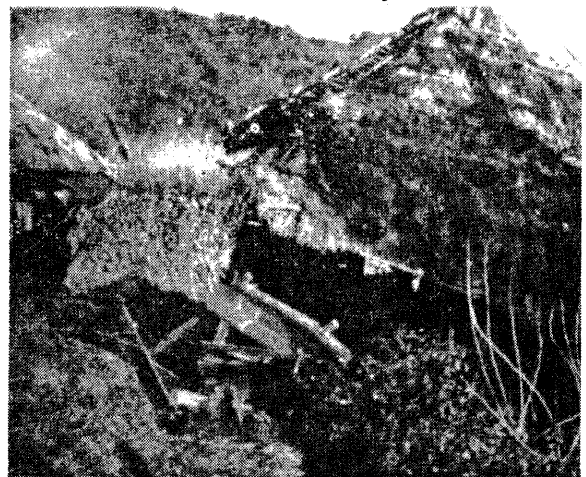


図7-5 加殿断層上の農家〔2〕

## 魚形水雷の擦痕

田方郡江間村の江間小学校庭の安山岩の台石に据えつけられていた魚形水雷の表面に、岩石の突起点による擦痕が残された(図7-6)。これは、最激震地域における天然の地震記象ともみなすべきものである。

図は、左下方から始まって1往復半の縦波があったことを示し、続いて横波に移り、4回ないし5回の一進一止をくりかえしつつ合計4.25 cmの大移動を示している。この後逆方向の大移動が起こり、再び移動方向が逆転して停止している。接触面間の摩擦係数を0.45、この場所における主要動の方向を $S 30^{\circ}W$ と仮定して、加速度は0.45 G以上との推定がされている〔3〕〔4〕。

S波のみならずP波の部分にも、魚形水雷を動かすに足る大加速度があったことは注目される。

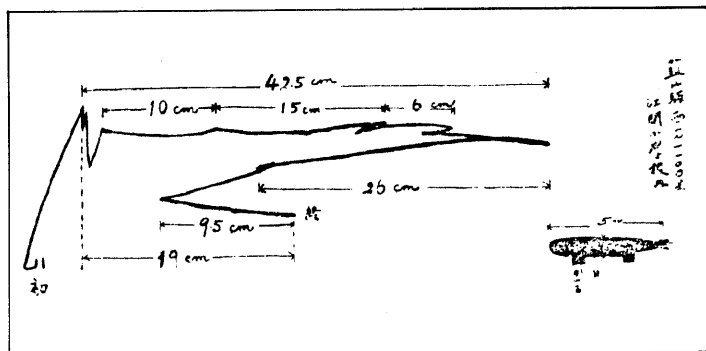


図7-6 魚形水雷の表面に残された擦痕 〔4〕

## 地 変

土地の亀裂は各所に無数報告されているが断層付近では孤立した亀裂ではなく、断続した亀裂群を形成している。

図7-7には、文献〔1〕〔2〕に報告されている山崩れ、崖崩れ、土地陥没・隆起のうちかなり顕著なものの位置を示す。これらの現象は必ずしも断層近傍に限られず、個々の場所の地震動や地質・地形条件に負うところが大きいようである。しかし、これら地変のうちとくに大規模なものは概ね断層極近傍に発生しており、地盤の破壊を直接の原因としているように思われる。以下に、とくに顕著な地変についてその状況を記述する。

## 〔佐野山津波〕

田方郡中狩野村佐野東方の奥野山南斜面の崩壊によるもので、北伊豆地震最大の地変である。この山津波は、「巾員約2町、狩野川を越え、その河原に至りて南北に拡がり巾員約10町に及び此の津浪は厚さ約20尺、ために三棟の民家を埋没し約15名の死者を生ぜしめた」〔1〕と報告されている。おそらく、加齢断層のずれ動きに起因するものであろう。

## 〔中大見村城の陥没・隆起〕

「中大見村の北部(城)の山上の略平坦なる畑地約1丁歩余り陥没し其の深さ約10間なり。而してそれに隣る谷合に隆起を生じ其の高さ2間乃至3間にして長さ約30間なり」〔1〕。

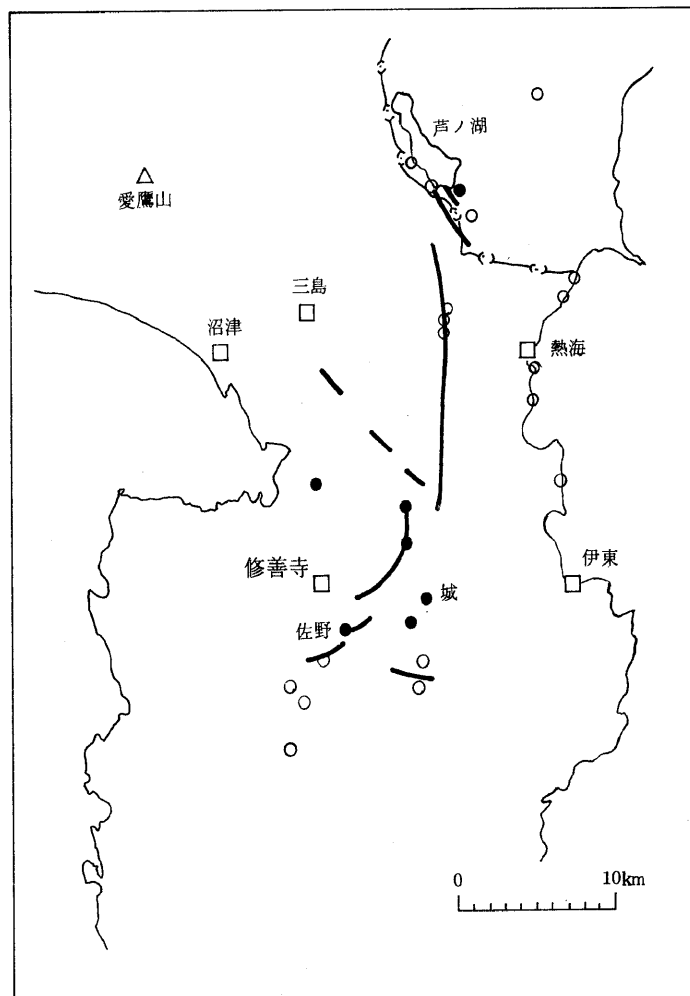


図7-7 顕著な地変(亀裂を除く)の分布。  
黒丸はとくに大規模なものを示す。  
〔1〕〔2〕の資料による。

## 地震記象

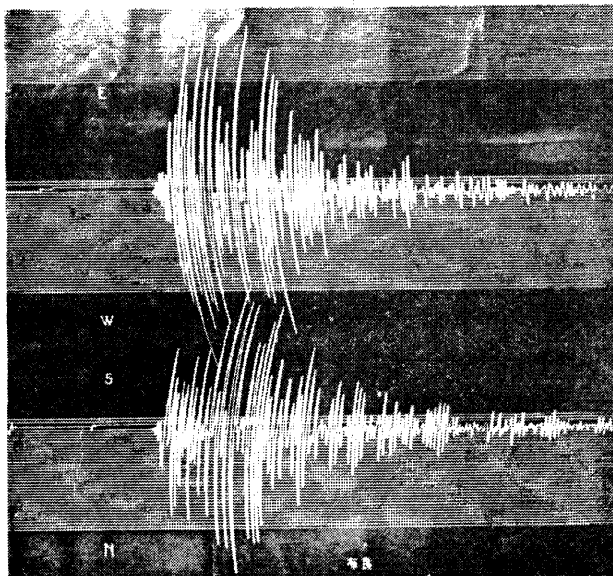


図7-8 中央気象台布良測候所における中央気象台型強震計の記録(縮率不明)  
地震計の定数. 倍率: 2倍, 周期: 3.5秒, 摩擦係数: 0.004 [2]

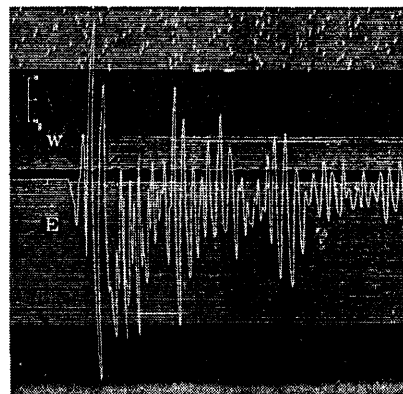
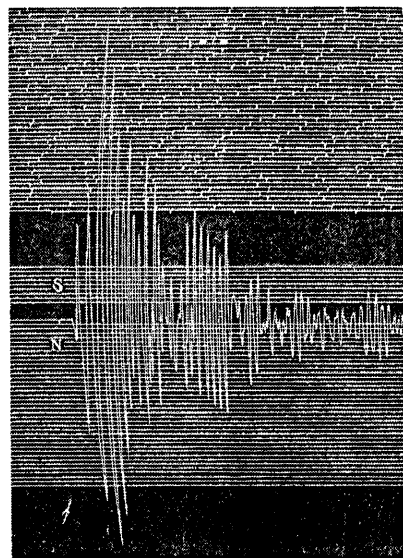


図7-9 東京本郷における地動計の記録  
地震計の定数. 倍率: 1.5倍, 周期: 3.6秒(N-S),  
4.7秒(E-W), 制動率: 2.7:1(N-S), 3.6  
:1(E-W), 記録速度: 2.8mm/分(N-S),  
3.5mm/分(E-W).  
設置方向は正確には, N13°W(N-S), N77°E(E  
-W).  
大地震を近距離(震央距離約9.5km)で完全に記録した  
初めての例と思われる。

|   |   |
|---|---|
| 文 | 献 |
|---|---|

- [ 1 ] 中央気象台(1930):昭和五年十一月二十六日北伊豆地震報告, 150 pp. (驗震時報, 4の抜刷)
- [ 2 ] 中央気象台(1931):昭和五年十一月二十六日北伊豆地震報告(第二報告), 216 pp. (驗震時報, 5の抜刷)
- [ 3 ] 今村明恒(1931):北伊豆大地震の計測学的研究, 地震, 3, 1-38.
- [ 4 ] 今村明恒(1931):北伊豆大地震の計測学的研究, 地震研究所彙報, 9, 36-49.
- [ 5 ] Takahasi, R. (1931):Results of the precise levellings executed in the Tanna railway tunnel and the movement along the slicken-side that appeared in the tunnel, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 9, 435-453.
- [ 6 ] Kuno, H. (1936):On the displacement of the Tanna fault since the Pleistocene, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 14, 619-631.
- [ 7 ] 久野久(1962):旧丹那トンネルと新丹那トンネル, 科学, 32, 397-401.
- [ 8 ] 阿部勝征(1977):伊豆半島におきた地震の発生機構, 地震学会講演予稿集, 昭和52年度, No.1, 82.
- [ 9 ] Nasu, N. (1931):Comparative studies of earthquake motions above-ground and in a tunnel, Part 1, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 9, 454-472.

|           |                                                                                                                                    |                            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 8         | 鳥 取 地 震                                                                                                                            | 1943<br>(昭和18) IX 10 M=7.4 |
| 地 震 概 況   | 震央は鳥取県鳥取市付近。吉岡と鹿野に地震断層を生じた。鳥取市における被害が大きい。地震直後市内で12カ所から出火。全焼251〔1〕。<br>死者：1,083，全壊家屋：7,485。                                         |                            |
| 発 生 時 刻   | 17h37m JST                                                                                                                         |                            |
| 震 央       | 35.5°N, 134.2°E 〔J〕                                                                                                                |                            |
| 震 源 の 深 さ | 10Km                                                                                                                               |                            |
| マグニチュード   | 7.4 〔J〕                                                                                                                            |                            |
| 発 震 機 構   | S=N80°E, D=90° SR〔2〕                                                                                                               |                            |
| 最 大 震 度   | VI：鳥 取                                                                                                                             | VII                        |
| 地 動 変 位   |                                                                                                                                    |                            |
| 地 動 速 度   |                                                                                                                                    |                            |
| 地 動 加 速 度 | 0.45G：鳥取市 (建)<br>0.5 G：浜 村 (動)                                                                                                     |                            |
| 地 震 記 象   | 佐々式大震計：京都大学阿武山                                                                                                                     |                            |
| 被 害 の 概 況 | <p>被害は、東西約50Km，南北平均10Km程度の日本海に沿った地域に発生した。鳥取市よりその南部にかけての沖積層地域において被害は最も激しい。これらの区域で、家の倒れるまでに多小時間があつたとみられる。本地震の震害分布と断層線との明瞭な関係はない。</p> |                            |

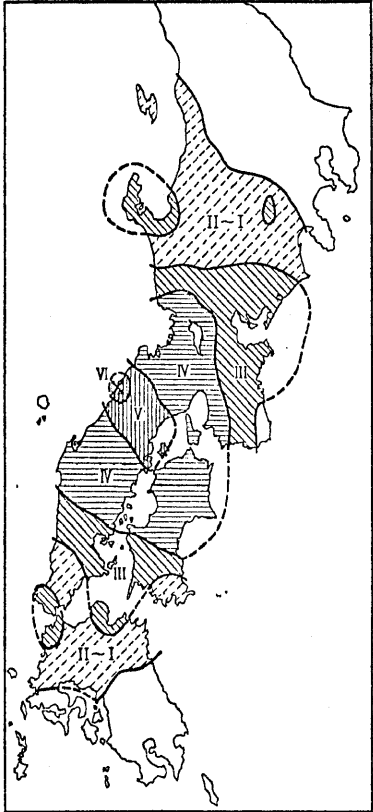


図8-1 広域震度分布図〔U〕

## 地震断層

鹿野、吉岡の両地震断層を生じた。ともに、地形並に地質的に認められる鹿野断層、吉岡断層とおよそ一致する。吉岡断層は全体としておよそ東西に走り、長さ約4.5 Kmで、断層を境に北側が最大50 cm（全般的には10～40 cm）沈下し、東方へ最大90 cm（全般的には10～40 cm）変位した。鹿野断層は走向北80°東、長さ約8 Kmで、その南西部では、断層を境に北側が最大75 cm（10～35 cm）沈下、東方へ最大150 cm（60 cm）変位し、北東部では、北側が最大50 cm（25 cm 以下）隆起し東方へ僅かに変位した。すなわち、この断層は中央辺りを軸とする蝶番断層である。両断層は変位量に関しては同程度であり、相互に雁行し、正副主従の関係はないと考えられている〔3〕。

断層の追跡結果やその付近の地質構造については、〔3〕に詳しく記載されている。

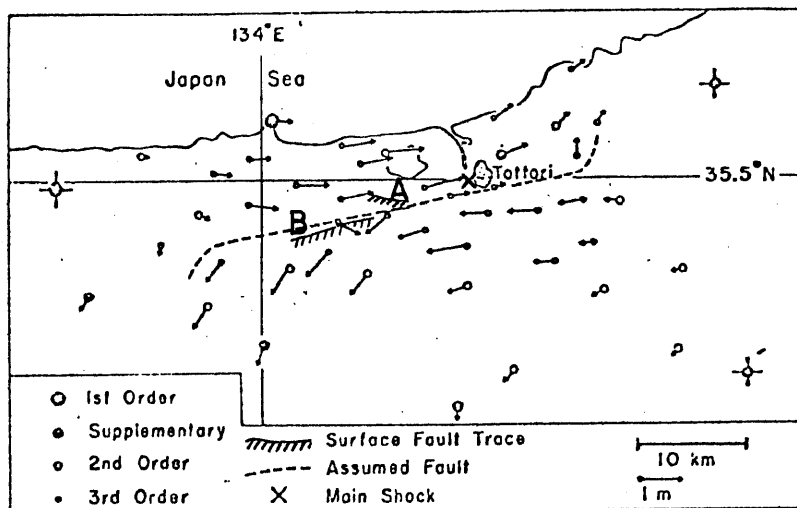


図8-2 断層・土地の水平変位〔2〕。

データは〔3〕〔4〕にもとづく。×印は震央の位置、A、Bはそれぞれ吉岡断層、鹿野断層であり、矢印は地震前後の三角点の水平変位の方向と大きさを示す。

## 地震学上の特記事項

## 断層モデル

地震波形（震央距離14.5 Km）、余震域〔5〕、三角点変動量に基づく解析から次のような断層パラメータが得られている〔2〕。

|         |                              |
|---------|------------------------------|
| 走向・傾斜   | N 80°E 傾斜90°                 |
| 断層面積    | 3.3 Km（長さ）× 1.3 Km（巾）        |
| 断層変位量   | 2.5 m（左横ずれ）                  |
| 地震モーメント | $3.6 \times 10^{26}$ dyne・cm |
| 応力降下量   | 8.3 bar                      |
| 破壊の伝播速度 | 2.3 Km/sec                   |
| 断層の這り速度 | 4.2 cm/sec                   |

## 地殻変動観測

震央距離6.0 Kmの生野鉾山にある水平振子傾斜計により地震先行現象が観測された〔6〕。地震後、鹿野・吉岡両断層において水準測量、傾斜観測がなされた〔7〕〔8〕。

## 断層近傍の被害及び推定地震動

## 家屋の被害

被害の著しい地域は、千代川流域の沖積層地域であり、第三紀層もしくは岩盤地帯に近づくに従って倒壊率は急速に低下している。断層上にまたがった農家が倒壊に至らず存在した例がある〔3〕。この事は断層そのものは、家屋の破壊を誘発する程には激しい振動を放射しなかったとも考えられる〔9〕。

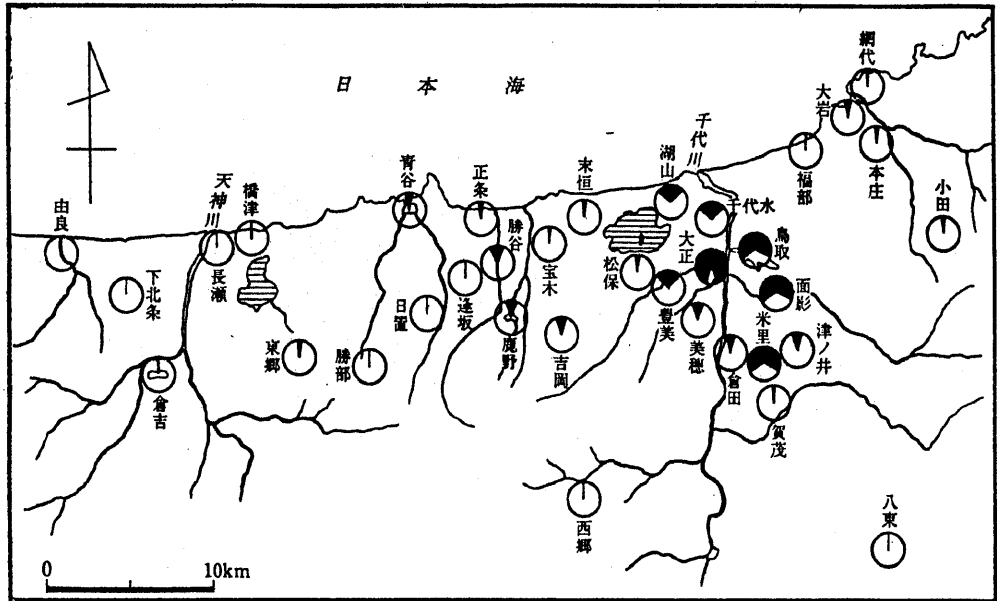


図 8-3 町村別家屋全潰率

円内の黒色扇形部の占める割合が各町村の全潰率を表わす。

鳥取市、および加茂村における余震観測から家屋・構造物の被害と地盤の固有周期との密接な関係が指摘された〔10〕。断層上の農家が倒壊に至らず存在した例について次のような記載がある。「未用（スエモチ）部落（鹿野町）の一農家の丁度中央を断層がよぎり、家屋の片側が断層の片側に乗って移動したため、家屋は甚しく揺られ、太い樺の柱が引裂かれていた。然し家屋は倒壊していない。地震のとき屋内に居合せた人達の話によると、地震が始って屋外に避難しようと上り框附近まで来たとき、床が急に持ち上りつまづいて前に倒れたという。このとき断層により家が揺られたものと想像される。そして家外に出たときは、既に家の前には断層がその後と変らぬ形で成生されているのを確実に目撃した」〔8〕。

鳥取市の家屋の倒壊が特に多かった原因として、1) 千代川やその支流袋川の流域でいわゆる軟い地盤であること。2) 家屋の構造上の問題 が挙げられている〔11〕。

残存建造物（鳥取駅）より最大加速度  $0.45G$  と推定されている〔9〕。

#### 転倒物より推定される加速度

墓石の転倒についての調査は、鳥取市内若桜町の墓地においてなされている。それによると、北西-南東方向については $0.315 \sim 0.335 G$ 、南西-北東方向については $0.392 \sim 0.427 G$ と推定される。ただし、北西-南東に倒れているもの20に対し、これに直角な方向では2であった。これより少くとも $0.3 G$ 以上の加速度が北西-南東方向に働いたことになる〔9〕。

倉田村小学校において石柱三個が転倒した。推定される加速度は $0.38 G$ である。また、同じく国安稲荷社において狛犬が座から滑動した。石の摩擦係数は $0.5$ 以上であるから、合震度 $0.5 G$ 、水平震度 $0.33 \sim 0.4 G$ と想定されている〔9〕。

浜村駅西方 $500 m$ にある神社と千代川右岸の円通寺部落にある神社とにおいて、狛犬が座から転落した。これ等から、それぞれ $400 gal$ 、 $510 gal$ の加速度が見積られている〔12〕。

#### 地 変

鉄道各線において路盤亀裂、沈下が多数あった。千代川流域では道路の地割れ多く、砂丘地域では土砂崩れが多い。鳥取市内各所や宝木、浜村で井戸や地割れから湧水した〔11〕。野坂川と千代川の合流点付近で砂の噴出孔が見られた。

## 地震記象

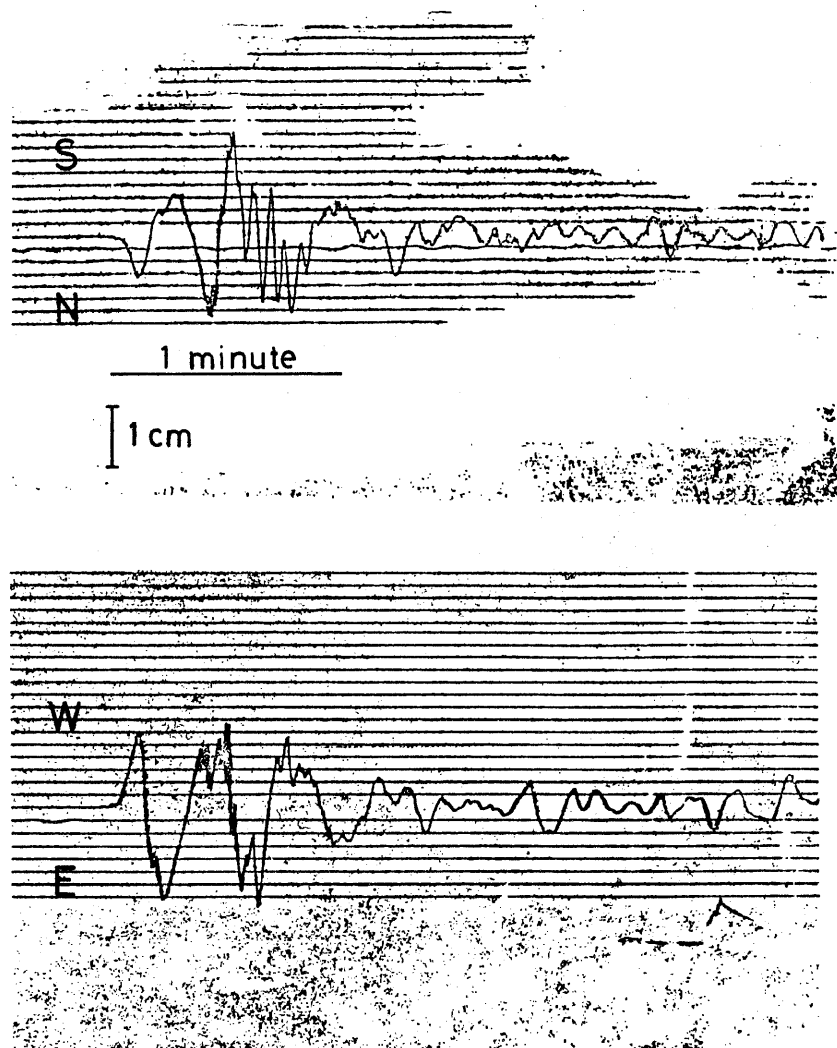
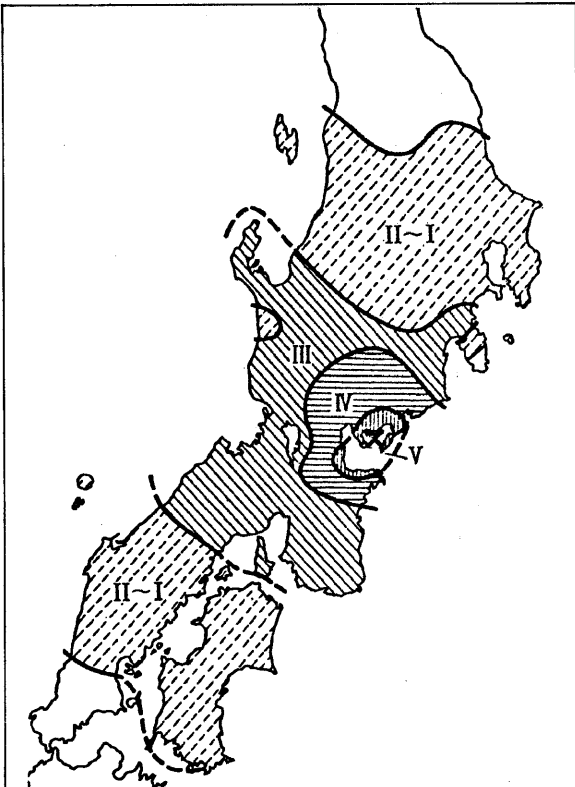


図 8—4 京大阿武山地震観測所における佐々式大震計の記録。  
 地震計の定数 倍率：1.2 倍，周期：2.7 秒，制振比：2.0  
 阿武山地震観測所提供

## 文 献

- [ 1 ] 岸上冬彦(1943):昭和18年9月10日鳥取地震の被害,地震研究所彙報, **23**, 97-103.
- [ 2 ] Kanamori, H. (1972): Determination of effective tectonic stress associated with earthquake faulting. The Tottori Earthquake of 1943, Phys. Earth Planet. Interiors, **5**, 426-434.
- [ 3 ] 津屋弘達(1943):鹿野・吉岡断層とその附近の地質,昭和18年9月10日鳥取地震に関する地質学的観察,地震研究所彙報, **23**, 1-32.
- [ 4 ] Sato, H. (1973): A study of horizontal movement of the earth crust associated with destructive earthquakes in Japan, Bull. Geophysical Survey Inst., **19**, 89-130.
- [ 5 ] 表俊一郎(1943):鳥取地震余震調査概報,地震研究所彙報, **23**, 33-41.
- [ 6 ] Sassa, K. and E. Nishimura (1951): On phenomena forerunning earthquakes, Trans. Am. Geophys. Union, **32**, 1-6.
- [ 7 ] 宮村摂三(1943):昭和18年9月10日の鳥取地震において鹿野・吉岡両断層及びその地震後の変動の精密水準測量による観測,地震研究所彙報, **23**, 49-59.
- [ 8 ] 萩原尊禮(1943):断層の動きと地表傾斜変化の観測,地震研究所彙報, **23**, 66-71.
- [ 9 ] 建築学会震災調査隊(1943):鳥取県震災調査報告,建築雑誌, **58**, 79-145.
- [ 10 ] 水上武・内堀定市(1943):微動計による鳥取余震観測(概報)特に地盤の固有振動,地震, **15**, 267-271.
- [ 11 ] 岸上冬彦(1943):昭和18年9月10日鳥取地震の被害概況,地震, **15**, 253-258.
- [ 12 ] 松沢武雄(1943):鳥取大地震の時の狛犬の運動,地震研究所彙報, **23**, 60-65.

|                                                                          |                                                                                                                                                                                      |     |                                                                                     |  |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 9                                                                        | 三 河 地 震                                                                                                                                                                              |     | 1 9 4 5<br>(昭和20) I 13 M=7.1                                                        |  |
| 地 震 概 況                                                                  | 震央は三河湾西部。深溝（ふこうず）断層と呼ばれる衝上断層型のくいちがいが地表に現われた。三河湾北方に局部的には激甚な被害をもたらし、小被害は知多半島、渥美半島のほぼ全域に及んだ。火災は小規模なもの1件のみであった。<br>死者：1,961，全壊住家：5,539，全壊非住家：6,603。                                      |     |                                                                                     |  |
| 発 生 時 刻                                                                  | 0 3 h 3 8 m J S T                                                                                                                                                                    |     |  |  |
| 震 央                                                                      | 3 4.7°N, 1 3 7.0°E 〔J〕<br>注1)                                                                                                                                                        |     |                                                                                     |  |
| 震 源 の 深 さ                                                                | 0 km<br>注2)                                                                                                                                                                          |     |                                                                                     |  |
| マグニチュード                                                                  | 7.1 〔J〕                                                                                                                                                                              |     |                                                                                     |  |
| 発 震 機 構                                                                  | A=N90°W, D=45° DR+SR 注3)<br>A=N65°E, D=58° 〔I〕                                                                                                                                       |     |                                                                                     |  |
| 最 大 震 度                                                                  | V：津                                                                                                                                                                                  | VII |                                                                                     |  |
| 地 動 変 位                                                                  |                                                                                                                                                                                      |     |                                                                                     |  |
| 地 動 速 度                                                                  |                                                                                                                                                                                      |     |                                                                                     |  |
| 地 動 加 速 度                                                                |                                                                                                                                                                                      |     |                                                                                     |  |
| 地 震 記 象                                                                  | 中央気象台型強震計等：名古屋，岐阜                                                                                                                                                                    |     |                                                                                     |  |
| 被 害 の 概 況                                                                | 被害は全般に，断層の上盤（南西）側で大きく下盤（北東）側で軽微であった。地形・地質との関係もきわめて明瞭で，断層ごく近傍を別にすれば，矢作古川流域の沖積平野部でもっとも甚しい震害を被っている。本地震は東南海地震（1944年12月7日，M=8.0）のわずか1ヵ月後に発生したため，前回地震の被害後補強工事の施されていない家屋も多く，被害が増巾される結果となった。 |     |                                                                                     |  |
| 注1） 世界中の観測データを用いた震源再決定によれば，34.8°N，137.1°E（深さ5 kmと仮定）〔1〕                  |                                                                                                                                                                                      |     |                                                                                     |  |
| 注2） 震源の深さを論じた報告がある〔2〕                                                    |                                                                                                                                                                                      |     |                                                                                     |  |
| 注3） 〔I〕にはA=N44°W，D=90°；A=N134°W，D=90°の発震機構が与えられているが，これは深溝断層の実際の運動と合致しない。 |                                                                                                                                                                                      |     |                                                                                     |  |

## 地震断層

深溝（ふこうず）断層と呼ばれる鉤の手型に屈曲した断層が地表に現われた。文献〔4〕では、この断層の南東部および北西部にそれぞれ、形原断層、横須賀断層の名称を与えている。この断層は、渥美湾に面する形原町を貫いて北上したあと三ヶ根山（さんがねさん）北東麓の深溝付近で方向を転じ、駿馬（まだらめ）付近まで西走する。ここで再び著しく屈曲し、北微西の走向で、現西尾市東北東3kmの矢作川南岸近くまで達している。

断層変位は衝上断層運動を示し、全区間にわたって、断層の南西側隆起、北東側沈降（最大垂直変位量2m）であった。ただし、かならずしも画然とした段差ではなく、いわゆる「モールトラック」状の地面の撓曲という形態を呈する個所も多い。水平変位は、断層の南北走向区間で右ずれ、東西走向区間では左ずれ（いずれも最大変位量1m）を示した。垂直・水平変位ともに、三ヶ根山を乗せた幡豆（はず）山塊が北東方向にずり上がったことを示している。地震直後の断層調査結果は〔3〕、〔4〕、〔5〕に報告されているが、その北西部については後年再調査〔6〕も行われている。

なお、地震後の海底地形調査によれば、「形原町北端付近よりやや東方に湾曲して南に走る相当明確な地盤変動の急変線」が認められ、「この北端は、陸上の断層線と続いているものと考えられる」〔7〕。変位は陸上と同じく西側隆起、東側沈降で、平均1.5m、最大1.8mのくいちがいを生じている〔7〕、〔8〕。

三河地震主断層の総延長は、陸上部・海底部合わせて約28km、ほかに副断層東西4km（図9-2参照）とされている〔6〕。しかし、深溝以南の部分のみを主断層と考えた方が地殻変動のデータと調和する〔1〕。

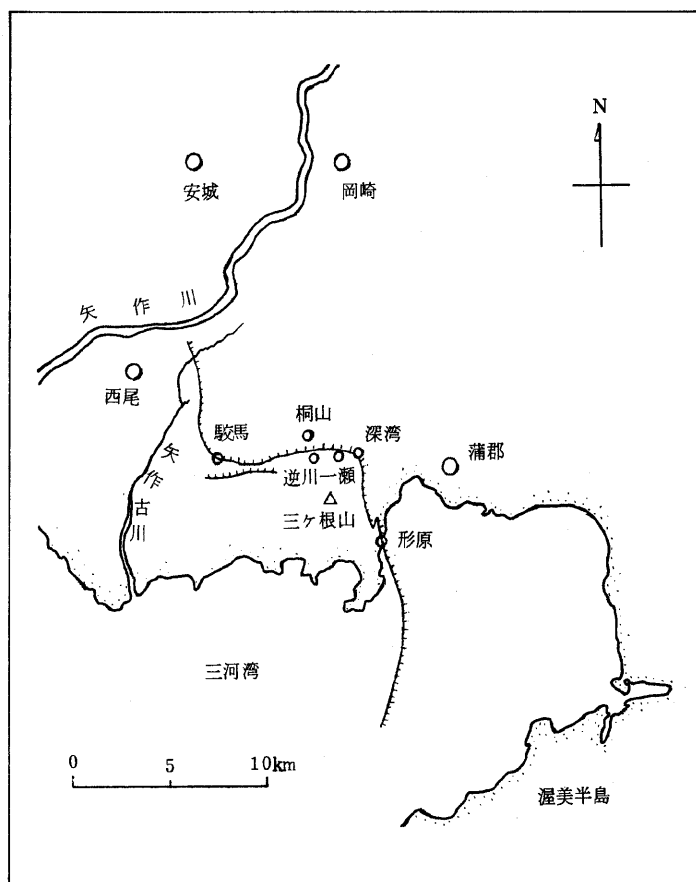


図9-2 地震断層、陸上部分は〔6〕、海底部分は〔7〕〔8〕による。

## 地震学上の特記事項

## 断層モデル

主に地殻変動のデータに基づいて右表の断層モデルが得られている。断層の走向・傾斜は地殻変動データにもっともよく適合するものを用いてあるが、地震波から決めた発震機構とやや異なっている〔1〕。

## 東南海地震との関連

本地震は、1カ月前の東南海地震（ $M=8.0$ ）の余震とする考えがある〔9〕〔10〕〔11〕。

表9-1 断層モデル〔1〕

|                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| 断層の走向・傾斜           | N-S, $30^{\circ}$ W           |
| 断層の面積              | 12km(長さ) × 11km(巾)            |
| 断層変位量 { 横ずれ<br>縦ずれ | 1m(右ずれ)<br>2m(逆断層)            |
| 地震モーメント            | $8.7 \times 10^{25}$ dyne. cm |
| 応力降下量              | 127 bar                       |

## 断層近傍の被害及び推定地震動

## 家屋被害の状況

被害調査の結果は〔4〕,〔5〕,〔12〕,〔13〕に報告されている。

表は、愛知県下碧海、幡豆、宝飯、渥美、知多、額田、豊橋、岡崎の6郡2市について字別震害率を調査した(図9-3)〔12〕。震害率Yは、

$$Y = (D + wH) / M$$

で定義されている。ここで、Mは総戸数、DおよびHは全潰および半潰戸数、wは重み係数(=0.5)である。図9-3の被害率分布は東海地震前の総戸数に拠っているが、被害分布の大勢を見るためにはこれで問題ないとされている。なお宮部〔13〕は、wは定数ではなくDの関数として扱う方がよいとの考えに基づき、「相等全潰率」の分布を計算した。これを図9-4に示す。

〔12〕によれば、比較的良好な地盤上での震害率Ycは、三河地震では、

$$Y_c = 59.8 \times \exp(-0.0986 \cdot \Delta)$$

に従うことが見出された。ここで、 $\Delta$ は震央距離(km)である。各地区の実際の震害率Yと、震央距離から計算される

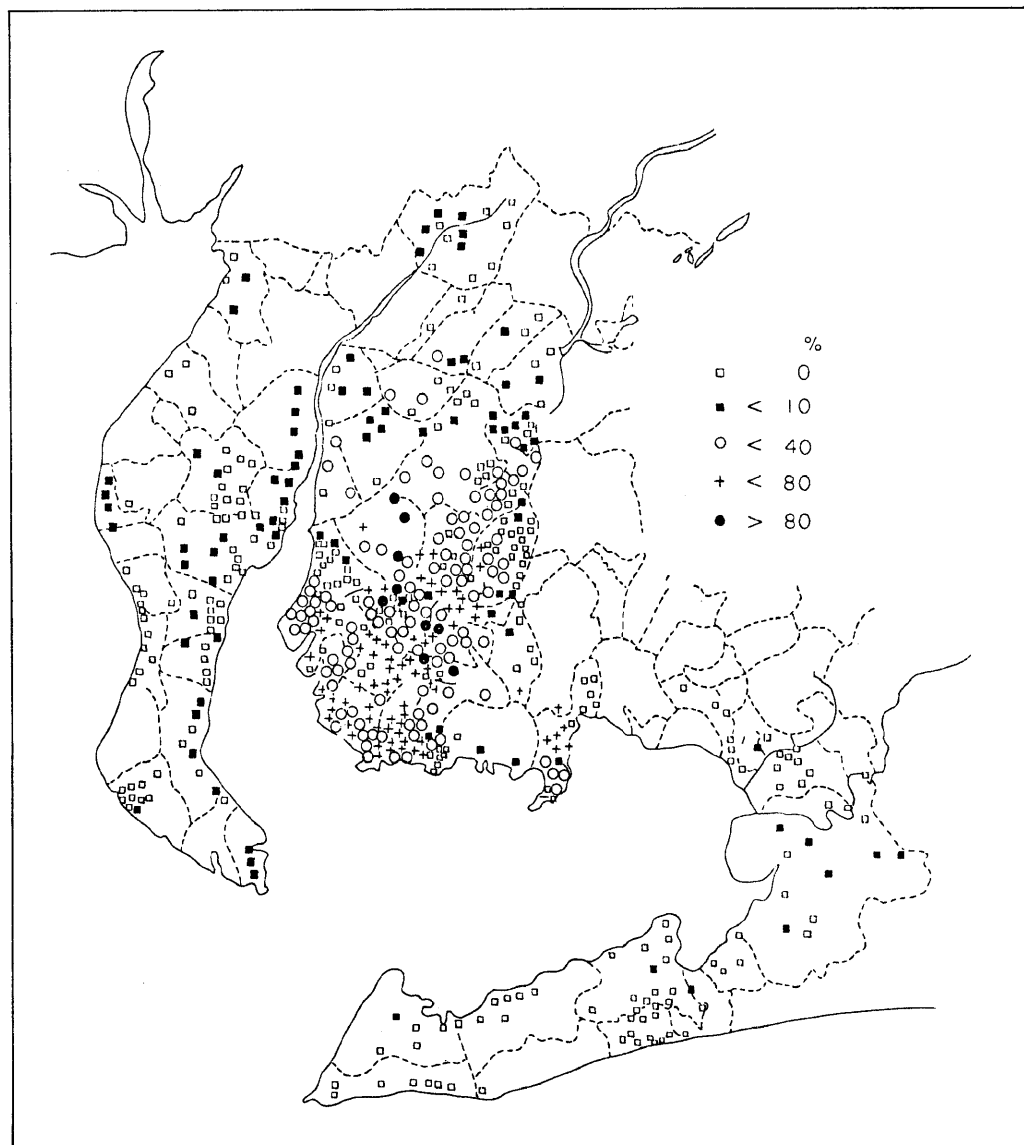


図9-3 震害率Yの分布。〔12〕の第3図をトレースしたもの。〔14〕

$Y_c$  との比,

$$S = Y / Y_c$$

が地震に対する「地盤危険率」を表わすものとして、震害と地盤との関係が論じられている。主な結論は次の通りである。

- 1) 地盤危険率の大きい地域は矢作川および矢作古川に沿う地域、ことに矢作古川の流域に集中している。矢作古川は下流改修以前の矢作川の本流であって、沖積平野としての性質は古川に沿う地域にむしろ顕著である。
- 2) 断層ごく近傍を除けば、丘陵地帯では地盤危険率は非常に小さい。
- 3) 軟弱地盤地域では、地震動の強さがある値を超えると震害が急激に増大する傾向が認められる〔12〕。

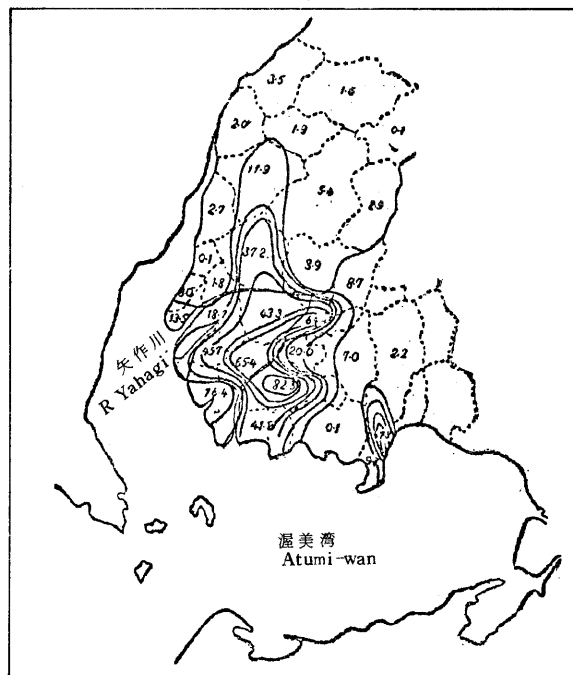


図9-4 木造家屋「相等全潰率」の分布。

(1)式で $W$ を $D$ の関数として計算したものの(%)。〔13〕

#### 断層と被害

断層沿いの地域の被害は、一般に、相対的に隆起した側（上盤）で大きく、沈降側（下盤）では著しく軽少であった〔4〕。たとえば形原では、「南部海岸沿ひの漁師町に最も被害多し、断層西側の一列は殆んど倒壊した。東側は地面傾斜のため一様に東へ傾斜し、軒並に支柱を張り、数町見事に並んでいた」〔5〕。三ヶ根山北麓部においても、「形原断層の南側の豊坂村逆川から一瀬に掛けては倒潰家屋を生じたに対して北側の桐山では被害軽微で墓石の倒れたものも見当らなかった」〔4〕。

断層の直上では地震動が比較的ゆるやかであつたらしい。形原町林光寺の墓地は、ちょうど断層上に当たったため、「多くの墓石は傾斜し8度程傾いているものもあつたが倒れているものは少なかった」〔4〕。断層がモールトラック状の地表の撓曲となって現われている所では、地面の盛り上がりにつれて建物が傾斜しており、「傾斜がはなはだしきときは破壊し、あるいはすべり落ちたものもある。傾斜の少い時は断層上にあるも被害を受けないものがある」（形原—深溝間の調査）〔5〕。図9-5に、モールトラック状の撓曲に伴う構造物傾斜の一例を示す。

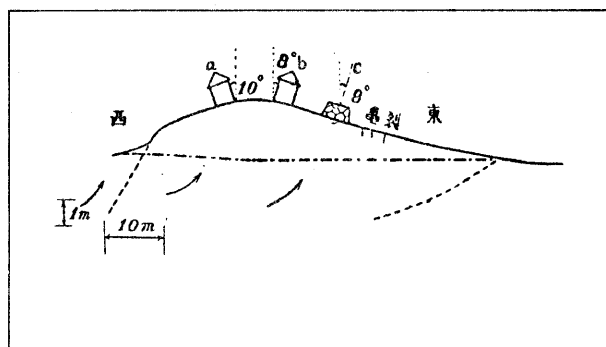
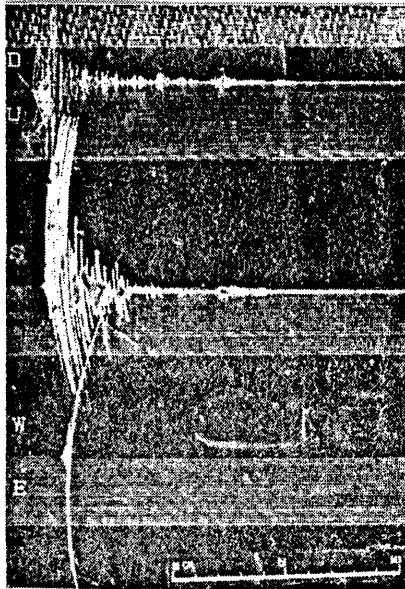


図9-5 断層直上部における地表の撓曲と構造物の傾斜（形原町）。〔4〕

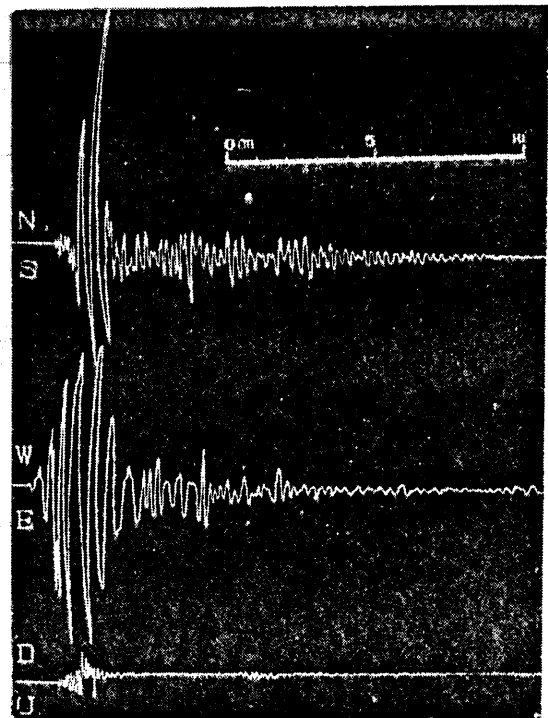
#### 震動の方向

深溝—逆川間の被害状況について深溝小学校長の談がある：「家全体を持ち上げておいてストンと落したために潰れた様な感じである。EよりややNより倒れているように思う（断層とほぼ平行の方向——編者注）」〔5〕。

地震記象



名古屋(中央気象台型強震計)

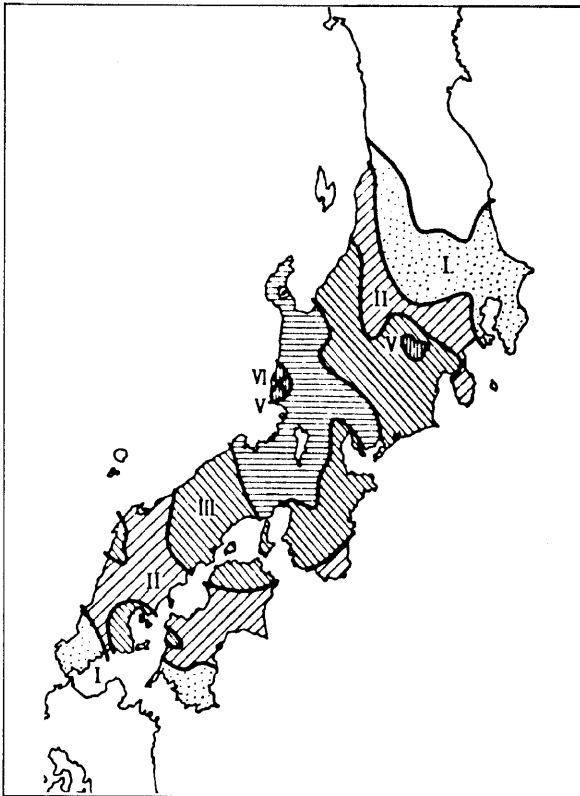


岐阜(今村式強震計)

図9-6 名古屋および岐阜における強震計の記録.  
地震計の定数 倍率: 1 倍, 周期: 5 秒, 減衰  
比: 8, 紙送り速度: 30 ミリ/分 [15]

## 文 献

- [ 1 ] Ando, M. (1974) : Faulting in the Mikawa earthquake of 1945, *Tectonophys.*, 22, 173-186.
- [ 2 ] 金沢茂夫 (1950) : 三河地震の験測結果報告, 験震時報, 14 (3/4), 56-62.
- [ 3 ] 津屋弘達 (1946) : 深溝断層 (昭和20年1月13日三河地震の際現われた一地震断層), 地震研究所彙報, 24, 59-75.
- [ 4 ] 井上宇胤 (1950) : 昭和20年1月13日の三河地震について, 験震時報, 14 (3/4), 49-55.
- [ 5 ] 広野卓蔵・本間正作・岩井保彦・野依一郎・関口宇一郎 (1951) : 三河烈震地域踏査報告, 験震時報, 15 (3/4), 12-25.
- [ 6 ] 飯田汲事・坂部和夫 (1972) : 三河地震における深溝断層の延長部について, 地震2, 24, 44-55.
- [ 7 ] 中山瑠璃夫 (1948) : 昭和20年三河地震調査報告, 三河湾の海底変化, 水路要報, 増刊号, 1-4.
- [ 8 ] 田山利三郎 (1949) : 渥美湾海底変化の地形学的地質学的吟味, 水路要報, 12, 39-46.
- [ 9 ] 今村明恒 (1945) : 昭和二十年一月十三日の渥美湾北部烈震の前徴に就て, 地震, 17, 5-7.
- [10] 水上武・内堀貞雄 (1946) : 東南海地震に就いて特に震害と余震の分布, 地震研究所彙報, 24, 19-30.
- [11] 表俊一郎 (1946) : 昭和20年1月13日三河地震余震観測 (序報), 地震研究所彙報, 24, 77-86.
- [12] 表俊一郎 (1946) : 東南海地震及び三河地震による地盤危険率の比較, 地震研究所彙報, 24, 87-98.
- [13] 宮部直巳 (1946) : 地震による木造家屋の被害度, 地震研究所彙報, 24, 135-141.
- [14] 土木学会・本州四国連絡架橋耐震研究小委員会, 1972, 昭和46年度本州四国架橋公団委託本州四国連絡架橋鋼上部構造・耐風・耐震に関する調査研究/本州四国連絡架橋耐震に関する調査研究報告書, pp 174.
- [15] 気象庁 (1957) : 日本における大地震の記録, 験震時報, 22, 別冊, 102-103.

|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |                                                                                     |  |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 10                                             | 福井地震                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     | 1948<br>(昭和23) VI 28 M=7.3                                                          |  |
| 地震概況                                           | <p>震央は福井市北々東約10kmの丸岡町付近。福井平野全域に大被害をもたらし、平野中央部では家屋全潰率100%に達した部落が多数ある。地震直後の大火災、1ヵ月後の豪雨による九頭竜川の破堤など、二次的な災害も著しかった。</p> <p>死者：3,895，全壊家屋：35,420，焼失家屋：3,691。</p>                                                                                                                                                                           |     |                                                                                     |  |
| 発生時刻                                           | 16h13m JST                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |  |  |
| 震央                                             | 36.1°N, 136.2°E [J]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |                                                                                     |  |
| 震源の深さ                                          | 20 km 注1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |                                                                                     |  |
| マグニチュード                                        | 7.3 [J]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |                                                                                     |  |
| 発震機構                                           | A=N 10°W, D=90°<br>A=N100°W, D=90° SL [I]                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |                                                                                     |  |
| 最大震度                                           | VI：福井                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | VII |                                                                                     |  |
| 地動変位                                           | 5～6 cm：福井市 (建)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |                                                                                     |  |
| 地動速度                                           | 注2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |                                                                                     |  |
| 地動加速度                                          | 0.40～0.46 G：福井市 (建)<br>0.61 G：金津町中川付近 (倒)                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |                                                                                     |  |
| 地震記象                                           | 佐々式大震計：京大阿武山<br>中央気象台型：金沢・東京・新潟<br>1倍強震強等                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |                                                                                     |  |
| 被害の概況                                          | <p>被害は、福井平野を中心とする南北40 km，東西12 kmの範囲に発生した。潜在断層（後述）と被害との関係はあまり見られず、むしろ沖積層に覆われた地域全体にわたって大被害をもたらしたのが、この地震の特徴である。木構造物のみならずRC構造物も多大な損害を被り、とくに福井市の大和百貨店（RC6階）は戦災をうけていたこともあって、ほぼ完全に崩壊した。鉄道施設、橋梁、堤防など土木構造物の被害も甚大であった。</p> <p>新震度階級の制定</p> <p>わが国の震度階級は、これまで震度VIを最高としていたが、福井地震を期に、1949年、新しい震度階級が制定され、震度VII（激震）があらたに加えられた。これが現行の気象庁震度階級である。</p> |     |                                                                                     |  |
| 注1) [1] によれば震央36°08'.15N, 136°16'.82E, 深さ33 km |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |                                                                                     |  |
| 注2) 175kineとの推定値[4]も報告されているが、過大評価の可能性が強い。      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |                                                                                     |  |

なお、この地震断層は、濃尾地震  
(1891)の際にずれ動いた根尾谷断  
層系の北方への延長とみなされる。

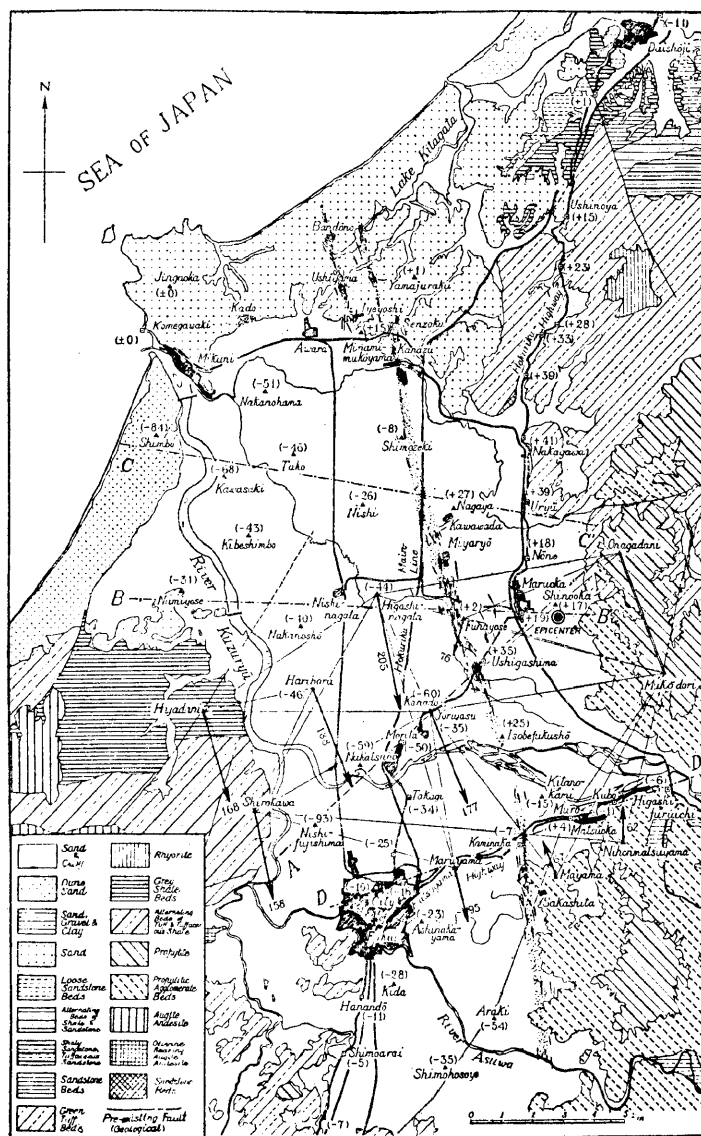


図 10-2 潜在地震断層と地割れ群〔1〕

地割れ群は主として砂目で示した帯の中に生じた。矢印は土地の水平変位（1903～06年の測量との比較）、括弧内の数字は土地の上下変位（1927年の測量との比較）を示す。

単位：cm

## 地震学上の特記事項

地震波形の理論解析から，2 個の地震が 9 秒の間隔であいついで発生したものと考えられている．断層変位量はそれぞれ 0.5 m，2 m で，後者の方が大きい．後者の断層パラメータは右表のように求められている〔9〕．

福井市和田出作町で田圃作業中の女性が地割れにはさまれて死亡したと報告されている。長さ約100mの地割れが1mあまり開口し、地震後はほぼ完全に閉じたという。わが国の地震史上このような事例はほかには知られていない。

[ 1 ]

|         |                              |
|---------|------------------------------|
| 断層面積    | 30km(長さ)×13km(巾)             |
| 断層変位量   | 2m(左横ずれ)                     |
| 地震モーメント | $3.3 \times 10^{26}$ dyne.cm |
| 応力降下量   | 83 bar                       |
| 破壊の伝播速度 | 2.3 km/sec                   |
| 立ち上がり時間 | 2sec                         |

## 断層近傍の被害及び推定地震動

## 家屋の被害

福井・石川県下の家屋被害数が市町村別および字別に詳細に調査されている〔3〕。被害区域は、南は福井県鯖江市から北は石川県大聖寺町(現加賀市)に至る南北40 km, 東西12 kmの範囲で、とくに沖積平野部の被害は甚しかった。山地に入ると被害は急速に減少しており、被害の程度と地形ないし地盤条件との間に明瞭な相関が見られる。これに対して、潜在地震断層付近でとくに被害が著しいという現象はほとんど認められない〔3〕〔4〕〔5〕〔6〕〔7〕。

文献〔3〕の表-0.2.1によって住家全潰率のとくに高かった市町村名を記せば、下記のとおりである。

福井市(79.0%), 吉田郡河合村(92.2%), 同東藤島村(96.3%), 同五領ヶ島村(90.1%), 同森田町(91.1%), 坂井郡磯部村(96.6%), 同金津町(97.2%), 同吉崎村(90.9%), 同北潟村(100.0%), 同兵庫村(96.4%), 同大関村(96.4%)。

なお、上記調査において、全潰とは「地震時に屋根の一部分以上が地に着いたもの、2階建にありては2階床部分が地に着いたものも之に含む」と定義されている。

## 残存建築物による地震動の推定

福井市内の残存木造建築物5棟について地震時の最大変位(南北成分)が調査されている〔3〕。これらの建築物の固有周期および減衰比(計算値)を用いて推測した地動(南北成分)は次の通りである。周期: 0.65~0.70 sec, 変位振幅: 5~6 cm, 水平加速度: 0.40~0.46 G。これらの数値から、速度振幅40~60 kineが得られる。

## 橋梁被害による加速度の推定

橋梁被害においては、下部構造、とくに橋脚の転倒、損傷が特徴的であった。福井市の北で九頭竜川をまたぐ国鉄橋、京福電鉄橋、道路橋(中角橋)の落橋原因について、詳しい比較検討が行われている。各橋梁の耐える最大震度は、それぞれ、0.3, 0.5以上, 0.4と計算されるので、水平震度がこれを上まわった可能性がある。しかし、上下動の影響、橋脚の共振、地盤支持力の低下などにほかに考慮すべき要素も多いので、あまり確定的なことは言えない。ただ、中角橋の鉄筋が受けた被害からみて、少なくとも0.4以上の水平震度であったと想像される〔2〕。

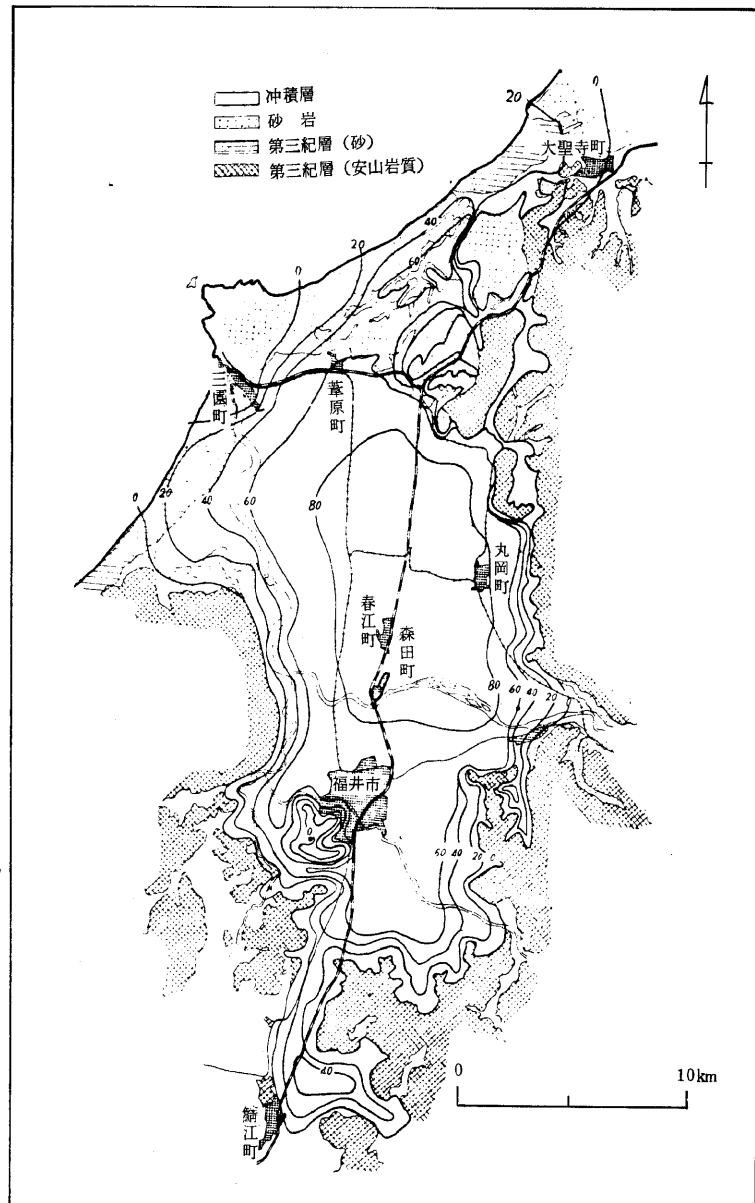


図10-3 住家全潰率および地盤の地質〔3〕

## 墓石の転倒による地震動の推定

墓石の転倒・回転に関する調査は、末広・久本・田中、河角、岸上・池上の3グループによって行われた。それぞれのグループが得た最大水平加速度は、それぞれ、0.59 G以上（現在福井市南東部の東郷二ヶ町付近）、0.61 G（現在の金津町中川付近）、0.56 G（鶉村波寄（なみよせ）——現川西町の北東部）である。末広グループの場合には、それぞれの墓地において転倒・不転倒両方の墓石を調べ両者の境界をもって地動加速度としているので、比較的に信頼度の高いデータが得られている。加速度推定の1例を図10-4に、推定加速度の分布を図10-5に示す。平野部は大加速度が分布しているようすは住家全潰率の分布とよく調和している。

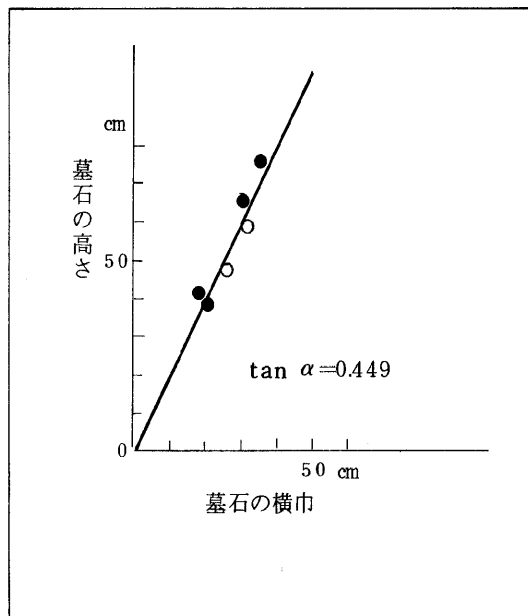


図10-4 墓石転倒による加速度推定の例。 [1]による。

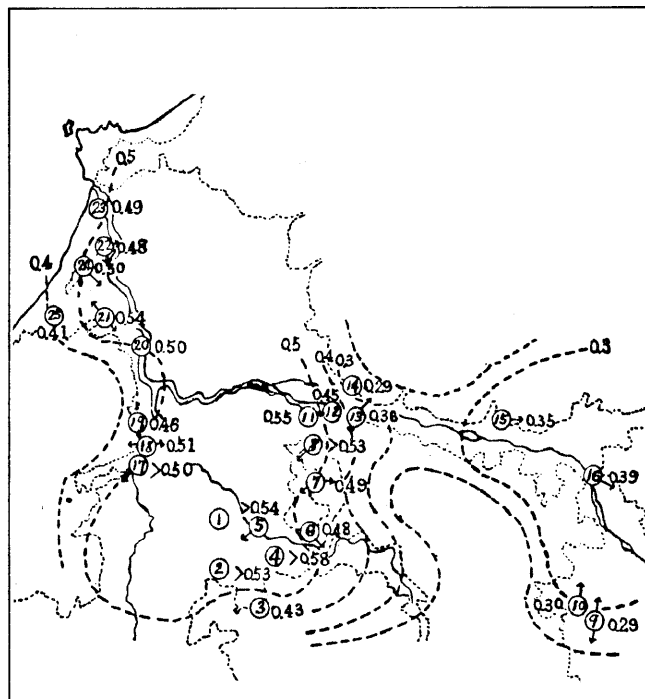


図10-5 墓石転倒から推定した水平加速度の分布 (単位: G) [1]

図10-5の⑦地点で、台石から水平方向にほうり出されたとみられる墓石が見つかった。この墓石は水平方向の衝撃で放出されたものと仮定して、地動速度175 kine が得られた。この時の加速度を500 gal とすれば、地動の周期2.2 sec, 変位振巾61 cm が得られる。加速度を600 gal とすれば、周期1.8 sec, 変位振巾50 cm となる [1][4]。

しかし、上記の考え方に従えば、墓石の滞空時間約0.5 sec は地動のおよそ1/4周期にあたり、この間に地表は50～60 cm 水平変位したはずである。従って墓石の実際の水平飛翔距離は見かけ上の飛翔距離の数分の1にすぎず、上記の地動速度推定値は過大な見積りと考えられる。

## 煙突の被害による地動方向の推定

福井市およびその近郊における煙突の倒壊・傾斜方向は明瞭な南北性を示しており、これらの煙突被害がS波によって引き起こされたことをものがたっている。なお、墓石の転倒には、このような明瞭な方向性は見られなかった。

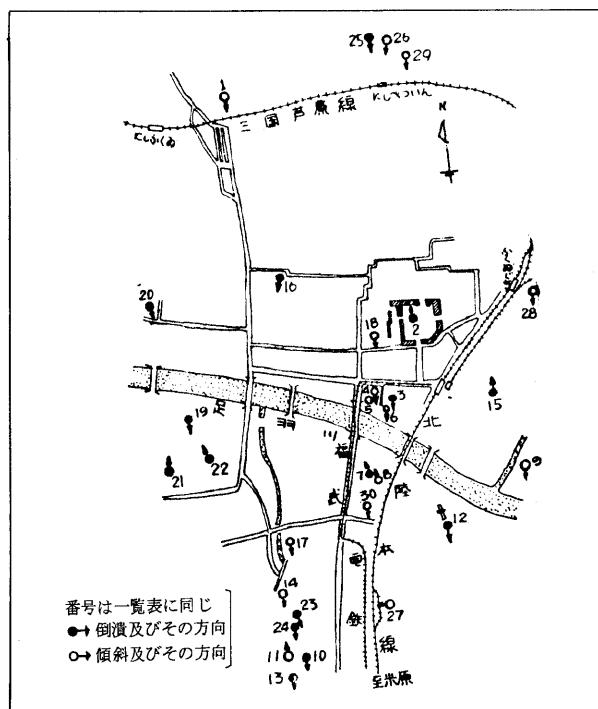


図10-6 福井市およびその近郊における煙突の倒壊・傾斜方向 [3]

## 地震記象

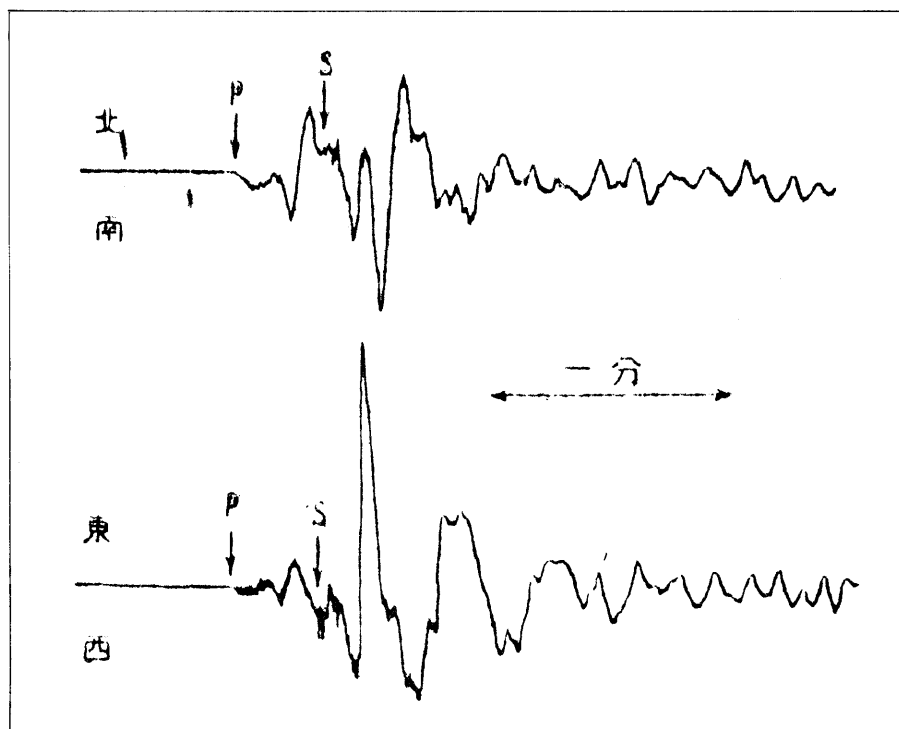


図10-7 京大阿武山地震観測所(大阪府高槻市)における佐々式大震計の記録。地震計の定数、幾何倍率:1倍,周期:2.44 sec,制振比:2.6(N-S),1.6(E-W),記録速度:4.3 mm/分。〔8〕

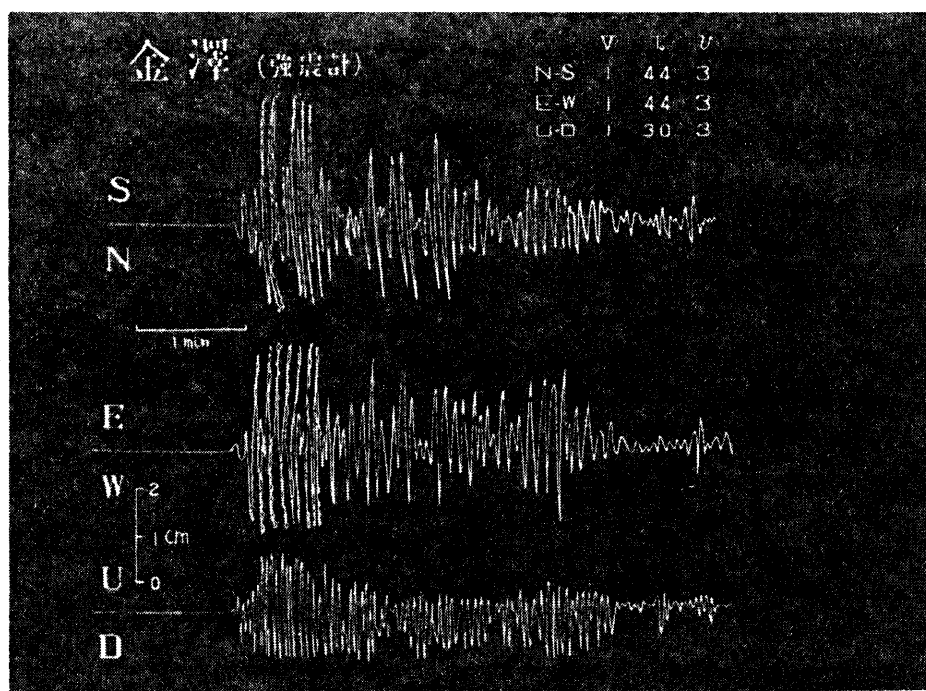


図10-8 金沢における1倍強震計の記録  
地震計の定数、幾何倍率:1倍,周期:4.4 sec(N-S, E-W), 3.0 sec(U-D), 制振比:3  
〔4〕

文 献

- [ 1 ] Tsuya, H. (ed) (1950): The Fukui Earthquake of June 28, 1948, Spec. Com. for the Study of the Fukui Earthq. 197 pp.
- Chap 1. General description (H. Kawasumi)
- Chap 2. Seismometrical features (W. Inouye)
- Chap 3. Aftershocks (S. Omote)
- Chap 4. Nature of earthquake-motions on various geological formations (T. Minakami)
- Chap 5. Crustal deformation (N. Nasu and T. Rikitake)
- Chap 6. Macro seismic features (N. Miyabe, K. Kishinouye and D. Shimozuru)
- Chap 7. Electric and magnetic features (Y. Kato)
- Chap 8. Damage to building and civil engineering structures (K. Kanai and R. Takahashi)
- [ 2 ] 北陸震災調査特別委員会 (1950): 昭和23年福井地震震害調査報告, I 土木部門, 183 pp.
- 第1章 概 説
- 第2章 鉄道の被害
- 第3章 道路の被害
- 第4章 河川の被害
- 第5章 橋梁及び構造物の被害
- 第6章 港湾の被害
- 第7章 電力施設の被害
- 第8章 上下水道
- [ 3 ] 北陸震災調査特別委員会 (1951): 昭和23年福井地震震害調査報告, II 建築部門, 288 pp.
- 福井地震概説
- 第1部 地震動と被害分布
- 第2部 構造物の被害
- 第3部 地震火災
- 第4部 研究特別論文
- [ 4 ] 中央気象台 (1948): 福井地震調査概報, 89 pp. (驗震時報, 14 別冊)
- [ 5 ] 吉川宗治 (1949): 福井地震の震害と地盤, (財)防災研究所研究報告, 12-16.
- [ 6 ] 横尾義貫・馬場善雄 (1949): 福井市地盤調査, (財)防災研究所研究報告, 17-18.
- [ 7 ] 林 聡 (1949): 地震動と地盤, (財)防災研究所研究報告, 19-22.
- [ 8 ] 小川真澄 (1949): 福井地震の地震動, (財)防災研究所研究報告, 122-123.
- [ 9 ] Kanamori, H., 1973, Mode of strain release associated with major earthquakes in Japan, *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 1, 213-239.

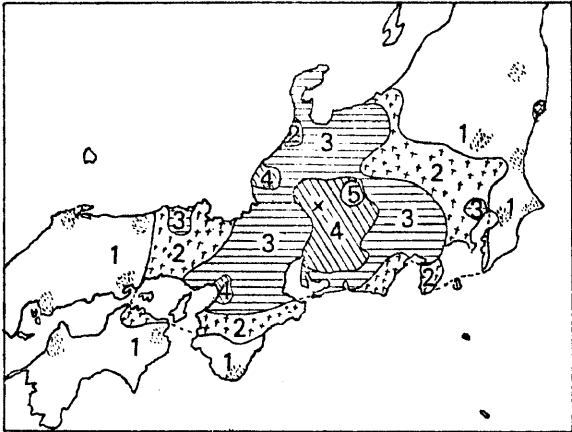
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                     |                          |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 11      | 岐阜県中部地震                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 1969<br>(昭和44) K 9 M=6.6 |
| 地震概況    | 震央は岐阜県郡上郡八幡町で阿寺断層に近い。地震動の特色は高い周波数成分を多く含む衝撃的なものであり、土蔵、落石、石垣、墓石等を破壊しているが、木造家屋のような固有周期の長いものは破壊させるに至っていない。地盤の液状化が生じた跡は認められない。<br>死者：1，負傷者：9，建物一部破損：86件。                                                                                                                                     |                                                                                     |                          |
| 発生時刻    | 14h15m JST                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |                          |
| 震央      | 35.8°N, 137.1°E [J]                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |                          |
| 震源の深さ   | 0 km                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |                          |
| マグニチュード | 6.6 [J]                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     |                          |
| 発震機構    | A=N27°W, D=90°<br>A=N63°W, D=90° [I]                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |                          |
| 最大震度    | V：奥明方・和良（岐阜県郡上郡）                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |                          |
| 地動変位    |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                     |                          |
| 地動速度    |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                     |                          |
| 地動加速度   | 0.39G：奥明方 (倒)[2]                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |                          |
| 地震記象    | 気象庁52型強震計：岐阜<br>SMAC-B2強震計：新幹線岩測変電所<br>同安城変電所                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                     |                          |
| 被害の概況   | 主な被害地域は岐阜県郡上郡八幡東方の和良村や奥明方村などの、長良川上流部左岸（東側）の山間部であった。被害の著しい集落は奥明方村を中心に北々西に延びた長軸約35kmの楕円形の範囲内にある〔2〕。<br>郡上郡八幡町役場の調査資料によると、住家には全壊はなく、林業、土木施設（特に道路）、農地に被害が多い。林業においては、山腹崩壊による樹木の損失が大きく、土木施設においては山肌を縫って走る県、林道の山腹の崩壊による通行不能と路盤のき裂、崩壊が多く見られた。構造物被害の特長は、木造家屋の被害は少なく、土蔵の壁のハク脱、石垣の崩壊、道路の損傷が目立った〔2〕。 |                                                                                     |                          |

図11-1 広域震度分布〔1〕

## 地震断層

震源域周辺は、中部日本の活断層の特徴のとおりに北西走向は左ずれであり、北東走向は右ずれである。今回の地震の発震機構から求められた方向 $N 72^{\circ}W$ 〔1〕もこれと良く一致している。地震直後の調査では疑わしい例を除けば極浅発地震であるにもかかわらず、地震断層の確実な証拠は得られなかった〔3〕。

その後の渡辺・黒磯〔6〕の精度の良い余震観測の結果と地形の情報をもとに恒石〔4〕により累積変位 $300\text{m}$ の左ずれ活断層、畑佐断層が見出された〔図11-2〕。これは岐阜県郡上郡明方村畑佐の北々西 $3.5\text{km}$ の地点から和良村下土京の南々東まで $17\text{km}$ にわたり追跡され、 $N 25^{\circ}W$ の方向をもち、余震分布と非常に良く一致している。また被害分布とも良く一致している。断層谷を横断してコンクリート製の砂防堰堤がこの度の地震で破壊されている。クラックの開口量は断層をまたいだ北側で $13\text{mm}$ 南側で $10\text{mm}$ あり、上下水平のくいちがいはみられない。

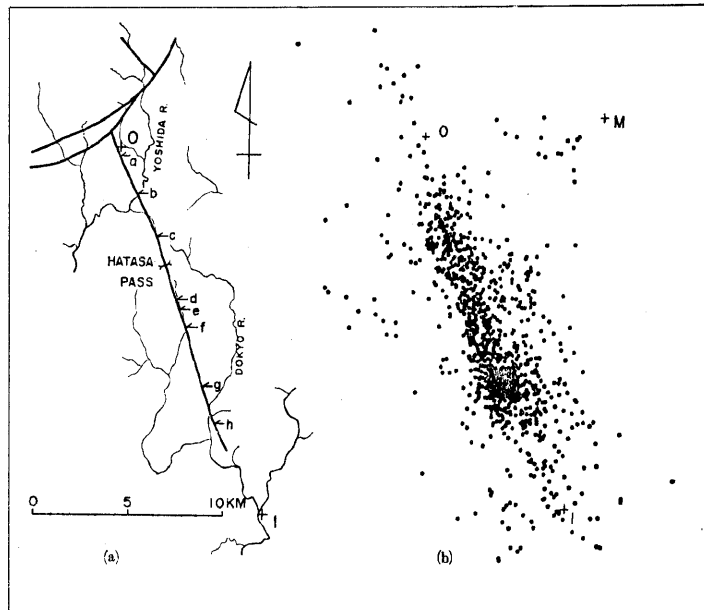


図11-2 地震断層と余震分布〔4〕

- (a) 畑佐断層の地表における位置。a～hは断層の確認地点 OとIの位置は(b)図に対応する。  
 (b) 岐阜県中部地震の余震の震央分布（渡辺・黒磯，1970による）。O，I，Mはそれぞれ奥住，岩瀬，馬瀬の観測点（一部のみ）。

## 地震学上の特記事項

気象庁による主震の発震機構は図11-3に示す。

地殻変動観測所の全国的ネットワークのデータが解析され、今度のStrain Step がほぼ理論的に期待されるものと同じ様相で起っていることが確認された〔8〕。

光波測量の結果、阿寺断層の変動は認められなかった〔7〕。

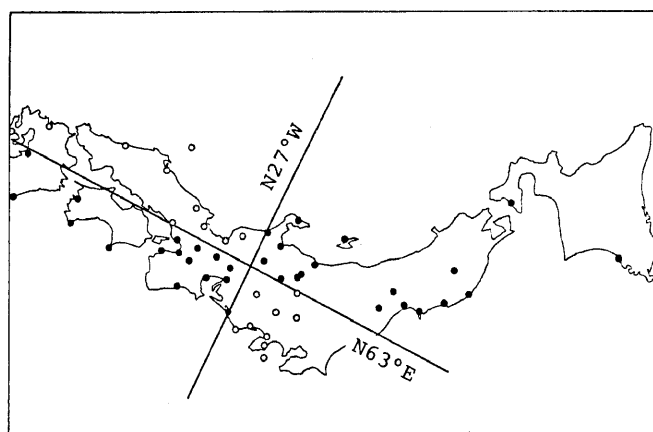


図11-3 1969年9月9日14時15分の岐阜県中部の地震のメカニズム〔1〕  
 ●：押し ○：引き

## 断層モデル

この地震の断層モデルは文献〔5〕，〔9〕で計算されている。右表は三雲のモデル〔5〕である。

表11-1 断層モデル〔5〕

|         |                                                   |
|---------|---------------------------------------------------|
| 走向・傾斜   | $N 27^{\circ}W$ ，傾斜 $90^{\circ}$                  |
| 断層面積    | $23\text{km}$ （長さ） $\times 10\text{km}$ （巾）       |
| 断層変位量   | $0.7\text{m}$ （左横ずれ）                              |
| 地震モーメント | $5.0 \times 10^{25} \text{ dyne} \cdot \text{cm}$ |
| 応力降下量   | $16 \text{ bar}$                                  |
| 破壊の伝播速度 | $2 \sim 2.5 \text{ km/sec}$                       |
| 立ち上がり時間 | $\sim 1 \text{ sec}$                              |

## 断層近傍の被害及び推定地震動

## 被害統計

岐阜県のまとめによると、被害の統計は表11-2に示す通りである。

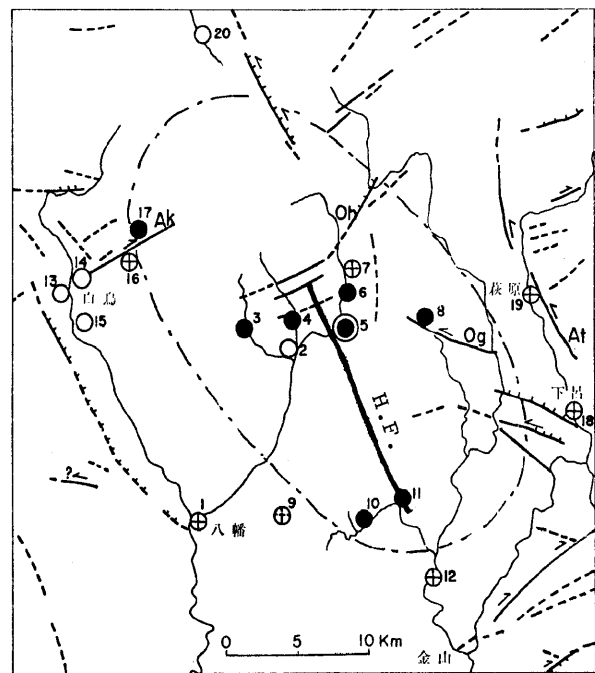
表11-2 総合被害表 岐阜県総務部消防・災課  
(昭44.10.1)

| 被害区分      | 数量    | 被害区分     | 数量         |
|-----------|-------|----------|------------|
| 被害棟数      | 442棟  | 農地       | 53.64 (ha) |
| " 人員      | 1935人 | 山地被害     | 99ヶ所       |
| 死者        | 1人    | 治山施設被害   | 1ヶ所        |
| 重傷        | 3人    | 林道被害     | 23ヶ所       |
| 軽傷        | 7人    | 河川被害     | 7ヶ所        |
| 住家全壊      | 1棟    | 砂防 "     | 25ヶ所       |
| 同上人員      | 1人    | 道路 "     | 413ヶ所      |
| 住家半壊      | 12棟   | 橋梁 "     | 5ヶ所        |
| 同上人員      | 56人   | 文教関係施設被害 | 48施設       |
| 住家一部破損    | 429棟  | 県有財産被害   | 25件        |
| 同上人員      | 1878人 |          |            |
| 非住家被害     | 145棟  |          |            |
| 社会福祉施設被害  | 7施設   |          |            |
| 医療衛生施設被害  | 15施設  |          |            |
| 商工業観光施設被害 | 38件   |          |            |
| 米 麦       | 2.6屯  |          |            |

## 被害分布

山くずれ・崖くずれが至る所で発生し、このため道路損壊などの土木被害が目立った。負傷者と家屋被害のほとんどは落石によるものである。震央付近と見られる奥明方村は県内で最も大きな被害を受け、道路途絶により小川・寒水・畑佐地区は一時孤立した。鳥居・墓石・石垣の倒壊・変位が見られるが家屋の倒壊・半壊は少なかった。奥明方村とその付近は現地の被害から震度Vと推定された〔1〕。

松田・恒石〔3〕は現地調査に基づき図11-4の被害程度分布図を作成した。顕著な被害は奥明方村の畑佐を中心とし、NW-SE方向に約35km、NE-SW方向に約20kmの楕円形の中に集中している。



●: A    ●: B    ⊕: C    ○: D

図11-4 岐阜県中部地震による被害程度の分布.〔3〕

H. F. は恒石〔4〕により推定された地震断層を現著者が書き加えたものである。

A: 被害顕著, B: 被害やや顕著, C: 被害軽微, D: ほとんど無被害

1. 八幡, 2. 上大谷, 3. 寒水, 4. 気良, 5. 畑佐, 6. 小保木, 7. 鎌辺, 8. 小鳥南部, 9. 美山, 10. 沢, 11. 下土京, 12. 祖師野, 13. 白鳥西部, 14. 白鳥東部, 15. 鳥南部, 16. 見地, 17. 阿多岐, 18. 下呂, 19. 萩原, 20. 新淵

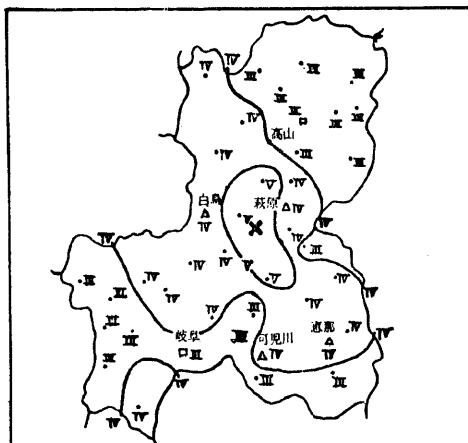


図11-5 岐阜県内震度分布図.〔1〕

上の図は気象庁による県内の震度分布を示す。

## 山崩れ被害

梶田〔10〕は人為的要素の最も少ないと思われる山崩れを被害分布の目安に選びその分布を調べた〔図11-6〕。図のように畑作峠-新田(しんでん)線上に良く分布している。しかしこの線に関連する地震断層は認められていない。

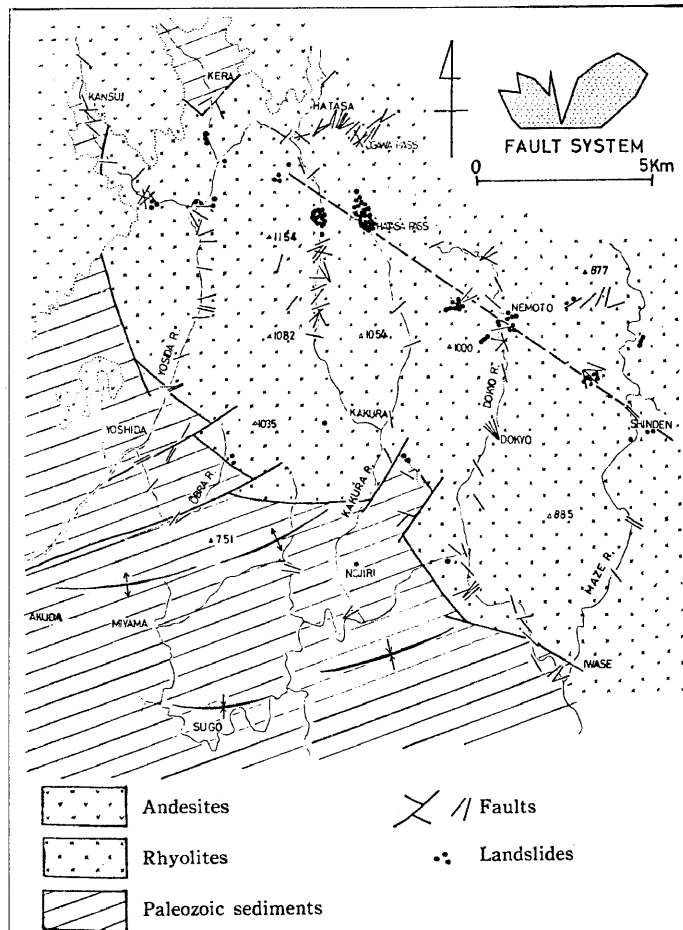


図11-6 地質図, 断層分布, 山崩れ分布〔10〕

## 墓石の転倒

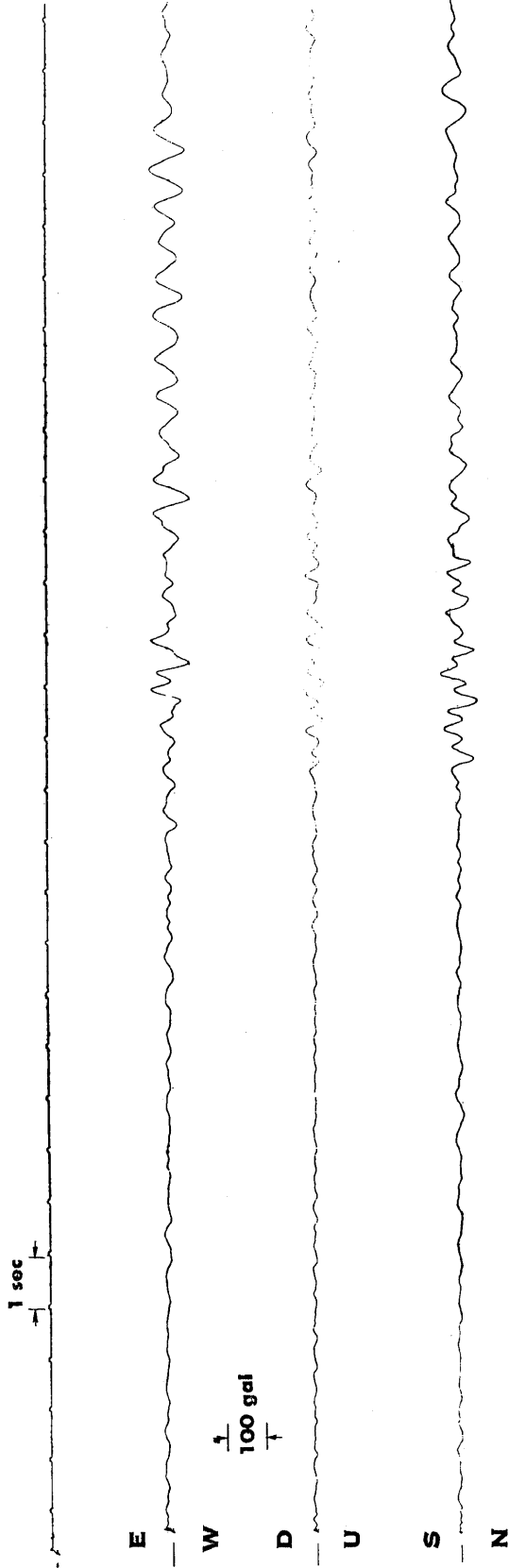
伯野〔2〕は墓石の転倒を調べている〔表11-3〕。これから単純に最大0.39Gが推定される。

表11-3 倒れた墓石の $\gamma$  (底面の長辺/高さ) の例〔2〕

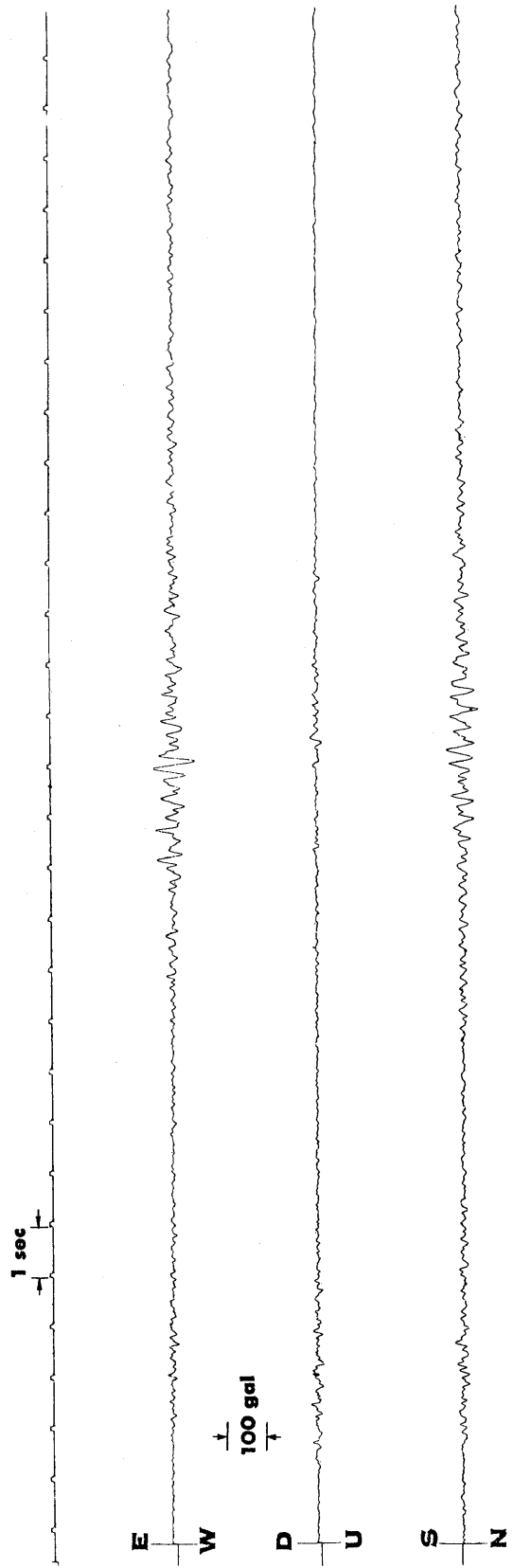
|                  |                                                                                                                           |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 奥明方村奥住<br>小学校付近  | 0.27, 0.37, 0.39<br>(16個の内9個倒れる)                                                                                          |
| 奥明方村小川<br>地区浄福寺裏 | 0.27<br>(立っていた例 0.36, 0.35)                                                                                               |
| 奥明方村畑佐<br>日洞地区   | 16/53 (.30), 22/68 (.32), 16/57 (.28)<br>21/67 (.31), 16.5/58 (.28), 15/50 (.30)<br>12/42 (.28), 16/55 (.29), 22/59 (.37) |

## 地 震 記 象

Earthquake No. 382. Sept. 9, 1969. 新幹線岩淵変電所〔日本国有鉄道〕 Ground.SMAC-B2 Accelerograph〔11〕



Earthquake No. 382. Sept. 9, 1969. 新幹線安城変電所〔日本国有鉄道〕 Ground.SMAC-B2 Accelerograph〔11〕

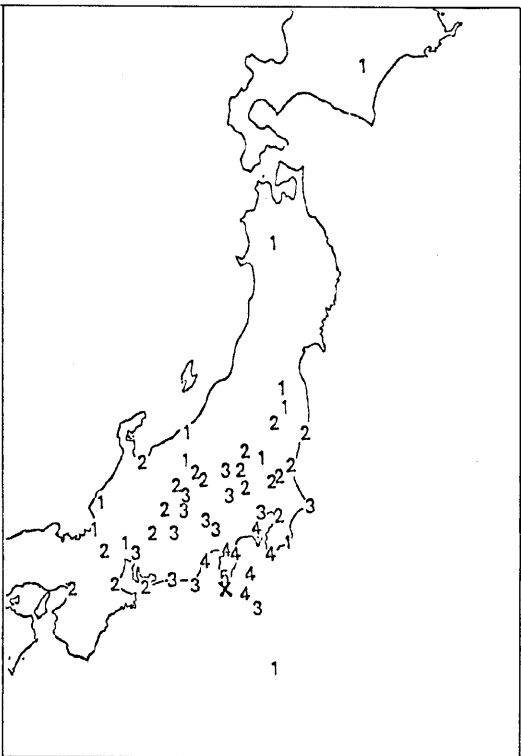


出典 ( )

図11-7 強震計記録〔11〕

## 文 献

- [ 1 ] 気象庁・岐阜地方気象台(1970):昭和44年9月9日岐阜県中部地震調査報告, 験震時報, **34**, 157-176.
- [ 2 ] 伯野元彦(1970):岐阜県中部地震-1969年9月9日-による被害調査報告, 地震研究所彙報, **48**, 1235-1240.
- [ 3 ] 松田時彦・恒石幸正(1970):岐阜県中部地震-1969年9月9日-被害調査報告, 地震研究所彙報, **48**, 1267-1280.
- [ 4 ] 恒石幸正(1976):岐阜県中部地震に関連した断層, 地質学論集, **12**, 129-137.
- [ 5 ] Mikumo T. (1973): Faulting mechanism of the Gifu earthquake of September 9, 1969, and some related Problems, *J. Phys. Earth*, **21**, 191-212.
- [ 6 ] 渡辺・黒磯(1970):岐阜県中部地震-1969年9月9日-の余震について, 地震研究所彙報, **48**, 1195-1208.
- [ 7 ] 笠原慶一・他(1970):阿寺断層地域における光波測量, 地震研究所彙報, **48**, 1235-1240.
- [ 8 ] 地殻変動連続観測ネットワーク(1970):岐阜県中部地震-1969年9月9日-による地殻歪の場, 地震研究所彙報, **48**, 1217-1233.
- [ 9 ] 金森博雄(1972):長周期強震計記録による断層パラメーターの推定, 昭和47年度地震学会秋季大会の講演予稿集, 47.
- [10] 梶田澄雄(1970):岐阜県中部地震-1969年9月9日-の地震域の地質, 地震研究所彙報, **48**, 1281-1286.
- [11] 強震観測事業推進連絡会議(1976):強震記録(英文), vol.10, 国立防災科学技術センター.

|                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 12                                                                                                                                                                                                        | 伊豆半島沖地震                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1974 V 9 M=6.9<br>(昭和49)                                                            |
| 地震概況                                                                                                                                                                                                      | <p>震央は伊豆半島南端又は沖合であり、顕著な被害が出た。この地震によって、地震断層が現われた。それは、石廊崎集落付近の海岸から入間北西に達するものが主で、その他数条生じた。いずれもほぼ北西－南東走向で右ずれである。</p> <p>死・不明：29人、傷：78人、家屋全壊：46、同半壊：125、同一部破損：711、同全半焼：7。</p>                                                                                                                                                                                                       |                                                                                     |
| 発生時刻                                                                                                                                                                                                      | 08 h 33m JST                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| 震央                                                                                                                                                                                                        | 34° 34' N 138° 48' E 注1)<br>〔J〕                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     |
| 震源の深さ                                                                                                                                                                                                     | 10km                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                     |
| マグニチュード                                                                                                                                                                                                   | 6.9 〔J〕                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |
| 発震機構                                                                                                                                                                                                      | A = N 47°W, D = 59°<br>A = N 313°W, D = 84°〔1〕                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     |
| 最大震度                                                                                                                                                                                                      | V：石廊崎                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                     |
| 地動変位                                                                                                                                                                                                      | 6 cm 以上：石廊崎（測） 注2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                     |
| 地動速度                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     |
| 地動加速度                                                                                                                                                                                                     | 0.6 G：入間（倒）〔3〕                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     |
| 地震記象                                                                                                                                                                                                      | <p>気象庁強震計：石廊崎、三島、静岡、横浜、浜松、東京、館山、甲府、SMAC-B2 強震計：沼津、新菊川〔15〕</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                     |
| 被害の概況                                                                                                                                                                                                     | <p>静岡県災害対策本部のまとめによると、死者30、行方不明8、負傷102名、家屋の被害は計379（全半壊、焼失）、道路被害86箇所、山（がけ）くずれ101箇所等である。被害は石廊崎、中木、入間、妻良（めら）、子浦の伊豆半島南岸の断層近傍に集中しており、これより内陸側では建物の倒壊率はかなり小さい。被害の主な原因は、(1)石廊崎は、断層によると見られる建物基礎の切断やずれ、それに伴う建物の被害が顕著。(2)中木地区では城畑山の山津波による。(3)入間では、建物支持地盤である砂質土の流動、又は破壊による〔3〕。</p> <p>一般には、家屋の倒壊が30％以上では、定義によって震度はⅦの激震であるが、この地震による30％以上の家屋の倒壊は、地震動によるものではなく、山津波や建物支持地盤の流動、又は破壊によるものである。</p> |                                                                                     |
| <p>注1) 余震共同観測班によれば、34° 40' N, 138° 48' E、深さ2～12 km である〔8〕。</p> <p>注2) 石廊崎測候所（34° 36' N, 138° 50.8' E）の1倍強震計は北へ約10cm 移動し、振子バネの座屈もあり解析困難であるが、変位振巾は各成分ともスケールアウトしているので、記録可能な最大変位6 cm を越えていたことが推定されている〔2〕。</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     |

## 地震断層

松田・山科〔4〕の調査による地震断層を図12-2と表12-1に示す。主な変位は本震の時生じているが、石廊崎集落ではその後少なくとも一兩日の間にさらに数cm進行したことが気づかれている。断層の出現は本震の数秒後であることを示唆する話もある。断層運動の軌跡を示す断層条線が数ヶ所の露頭で認められた。このうち複雑な波形を除くと、いずれも直線状であり、向きは断層面上で南東へ約30°傾き下っている。断層面の方位(平均N55°W, 80°S)とこの条線の方位から最大主応力軸はほぼ南北水平、最小主応力力はほぼ東西となる。これは地震波の解析結果〔1〕〔5〕とも合うし、また活断層から推定されていた第四紀後期の応力場の方向とも調和的である。活断層地形が示す向きは右ずれ南側隆起であるが、これと同じものが今回生じた。地形の示す第四紀後期の右ずれは200~300mであり、今回0.5m追加したものである。又変位地形の新鮮度から判断すると、この平均変位速度はB級(0.1~1m/1000年)である〔4〕。

## 地震学上の特記事項

図12-3は余震共同観測班による余震の分布と推定された本震の位置(白丸)で深さ2~12km〔8〕。

## 断層モデル

地殻変動のデータから長さ15km、幅8km、傾斜角75°変位量1.3mの断層モデルが求められている〔6〕。

京大防災研究所はWWSNの長周期データと気象庁の強震記録から右表のような断層モデルを求めている〔13〕。

大竹〔9〕、関谷〔14〕は前兆としての地震活動空白域を指摘している。

山崎〔7〕は震源から約100km離れた油壺で、地震の4時間前から大地比抵抗の前兆変化を観測している。

表12-1 伊豆半島沖地震の地震断層〔4〕

| Name of Fault  | Trend | Dip                                      | Length | Displacement (cm) |          |
|----------------|-------|------------------------------------------|--------|-------------------|----------|
|                |       |                                          |        | Horizontal        | Vertical |
| Irozaki-median | N55°W | 75°-90° S (main part)<br>75° N (w. part) | 5.5 km | Right, 45         | 25, S up |
| Irozaki-north  | N55°W | 80° N                                    | 1 km   | Right, 10         | 5, S up  |
| Irozaki-south  | N55°W | 87° N                                    | 1 km   | Right, 5          |          |
| Koura          | N75°W | 70° S                                    | 0.1 km | Right, 2          | 1, S & N |

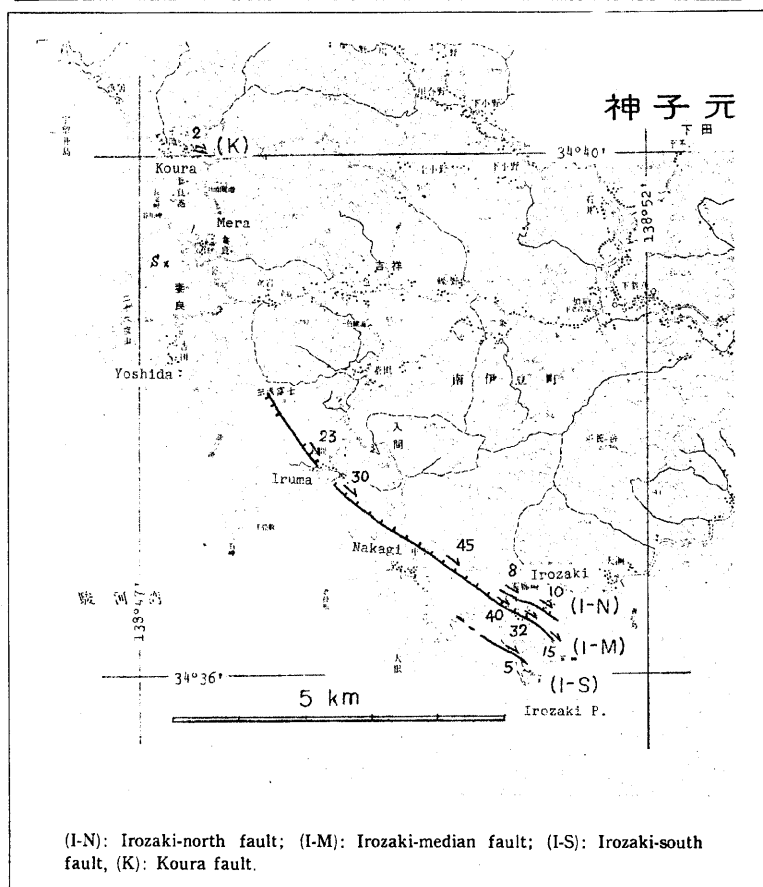


図12-2 地震断層の分布〔4〕

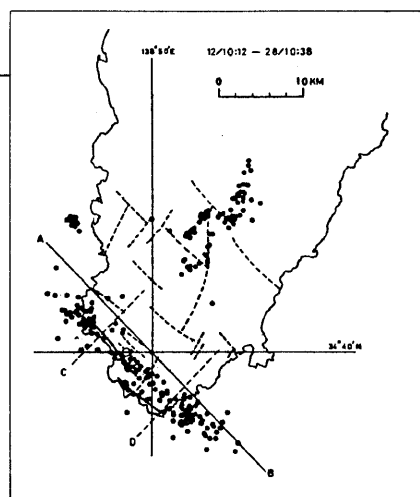


図12-3 本震の推定位置と余震分布。実線は第四紀活断層点線は新生代後期断層〔8〕

走向・傾斜

N 43°W 75°NE

断層面積

25 km (長さ) × 15 km (巾)

断層変位量

1 m (右横ずれ)

地震モーメント

 $1.1 \times 10^{26}$  dyne·cm

応力降下量

57 bar

破壊の伝播速度

25 km/sec

立上がり時間

2 sec

## 断層近傍の被害及び推定地震動

## 家屋の被害

家屋の倒壊率から見た各地の被害は、石廊崎から子浦に至る伊豆半島西海岸沿いの地区に集中し、特に、中木・入間・石廊崎の被害が大きい〔図12-4〕。但し、中木の被害は山津波によるものが大である。

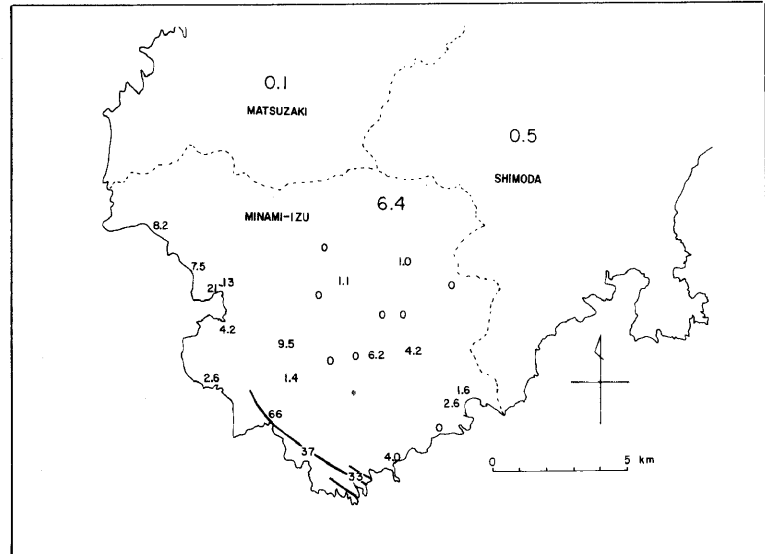


図12-4 各地区の家屋倒壊率、 $(\text{全壊棟数} + \frac{1}{2} \times \text{半壊棟数}) / \text{世帯数} \times 100(\%)$

静岡県災害対策本部の資料に基づく現著者の計算・作図

大きな数字は市・町全体の平均値。太線は地震断層

表12-2 墓石転倒率と最大加速度

| 地 区          | 墓 石 転 倒 率 | 推定最大加速度 |
|--------------|-----------|---------|
| 中 木          | 77%       | 0.4 G   |
| 入 間          | 86%       | 0.6 G   |
| 石 廊 崎        | 57%       | 0.4 G   |
| 妻良（めら）<br>子浦 |           | 0.27 G  |

転倒墓石から最大加速度が推定されている〔3〕。

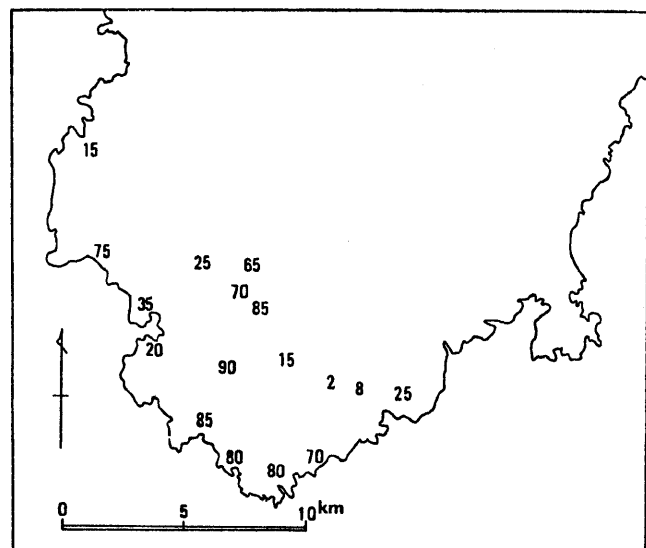


図12-5 墓石転倒率が調べられている〔11〕。

図12-5 各地の墓石転倒率（%）〔11〕

## 土木施設の被害

断層による被害は伯野等〔10〕により調べられている。断層から10mも離れると被害はほとんどない。また基礎のくい違いはひどかったが、上部に行く程軽微となっていたこと等から、断層の生じた付近が特に地盤の振動加速度が大きくはなく、被害は主に静的な地盤のくい違いによって起ったと見られる〔10〕。

全般的被害状況は、1969年岐阜県中部地震などと同様に、山間部の被害が特徴で、地入り、盛土崩壊、石垣崩れ等に代表される斜面の崩壊と土砂、岩の破壊によるものがほとんどである。図12-6は伯野等の調査結果である〔10〕。

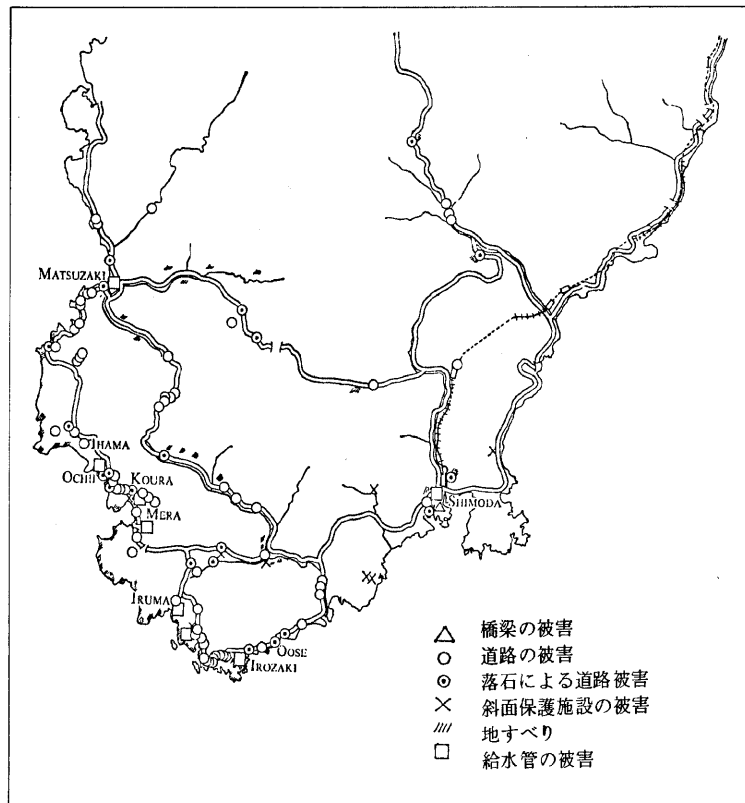


図12-6 土木施設関係の被害分布〔11〕

## 断層付近の被害

断層附近の被害調査結果は次のようにまとめられる。(1)断層両側の被害は隆起部に多い傾向がある一方、地盤構成も関係している。(2)地盤の軟弱さにより被害は異なり、N値50以下の層が層厚数mの地盤では、断層から70m程度が被害分布範囲となり、層厚20mでは断層から200m以上が被害分布範囲となることが推定された。(3)断層をまたぐ構造物はその種類に関係なく被害を受ける。(4)断層近くの造成工事は、玉石空積み、練玉石積みなどの簡単な擁壁は望ましくなく、コンクリート重力擁壁またはそれに類する構造物で、通常の静的土圧に対するものよりも多少高目の安全率を目標とすることが望まれる〔12〕。

## 地震記象

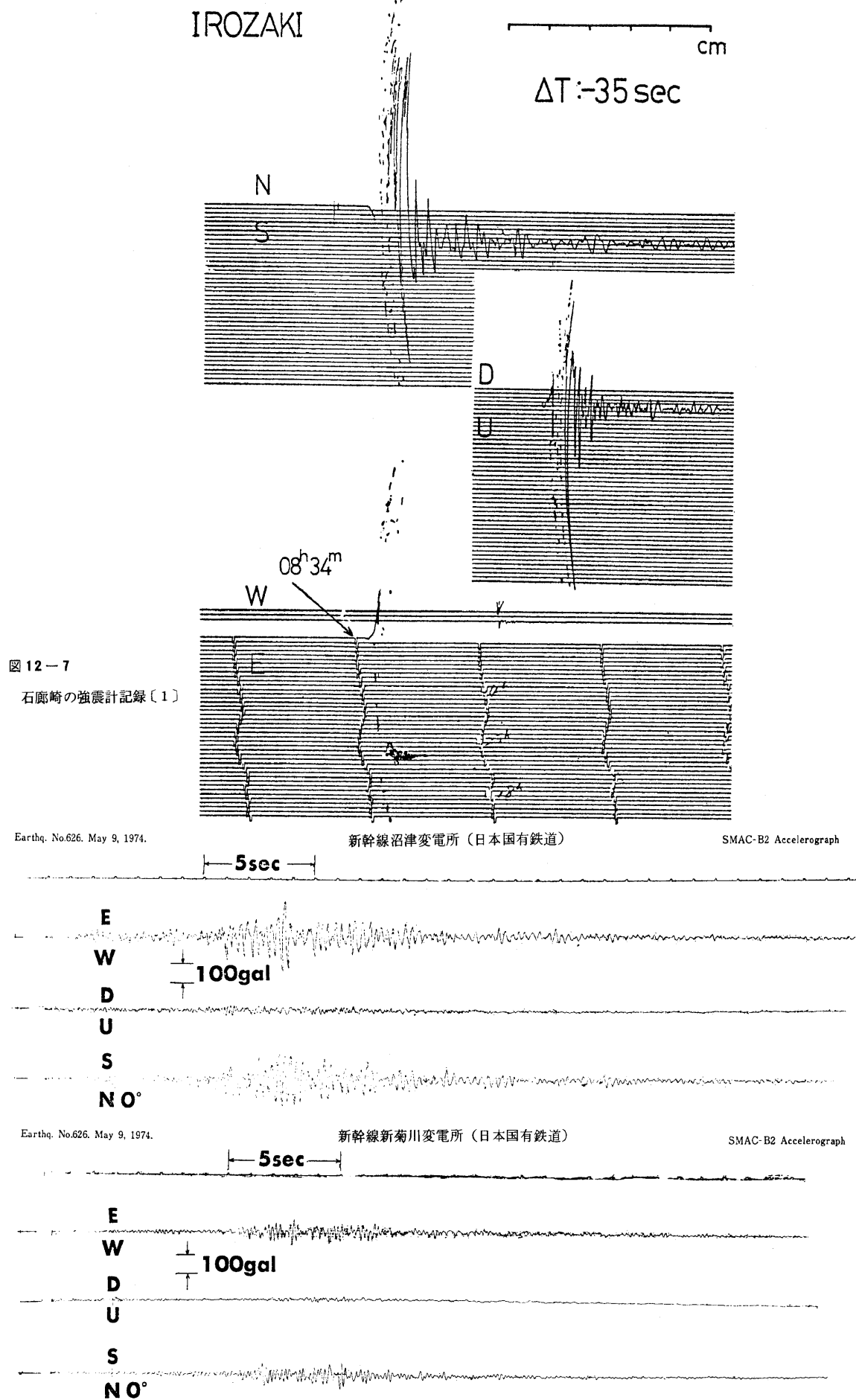


図 12-7  
石廊崎の強震計記録〔1〕

図 12-8 強震計記録〔15〕

## 文 献

- [ 1 ] 気象庁(1975):1974年伊豆半島沖地震調査報告, 驗震時報, **39**, 89-120.
- [ 2 ] 建築研究所災害調査団(1974):1974年伊豆半島沖地震震害調査報告, **68**, 1-16.
- [ 3 ] 石田勝彦・大沢 胖(1974):1974年伊豆半島沖地震による家屋の被害調査の報告, 東大地震研究所研究速報, **14**, 205-220.
- [ 4 ] 松田時彦・山科健一郎(1974):1974年伊豆半島沖地震の地震断層, 東大地震研究所研究速報, **14**, 135-158.
- [ 5 ] 牧正(1974):1974年伊豆半島沖地震のメカニズムについて, 東大地震研究所研究速報, **14**, 23-36.
- [ 6 ] 多田堯(1976):1974年伊豆半島沖地震の測地学的断層モデル, 地震, **29**, 117-126.
- [ 7 ] 山崎良雄(1974):岩石変形と電気伝導度変化(第6報)1974年伊豆半島沖地震に伴う油壺の大地比抵抗変化, 東大地震研究所研究速報, **14**, 121-134.
- [ 8 ] 余震共同観測班(1975):伊豆半島沖地震とその余震の観測, 地震予知連絡会会報, **13**, 53-58.
- [ 9 ] Ohtake, M. (1976): Search for Precursors of the 1974 Izu-Hanto-Oki Earthquake, Japan, *Pageoph*, **114**, 1083-1093.
- [ 10 ] 伯野元彦・浅野照雄・松井芳彦(1974):1974年伊豆半島沖地震被害調査報告——土木関係を主として——, 東大地震研究所研究速報, **14**, 221-240.
- [ 11 ] 村井勇・金子史朗(1974):1974年伊豆半島沖地震の地震断層, とくに活断層および小構造との関係, 東大地震研究所研究速報, **14**, 159-204.
- [ 12 ] 杉村義広(1976):1974年伊豆半島沖地震被害追跡調査報告, 建築研究資料, **11**, 1-62.
- [ 13 ] 京大防災研究所(1974):1974年南伊豆地震の発生機構, 地震予知連絡会会報, **12**, 101-105.
- [ 14 ] 関谷博(1976):地震発生前の地震活動と地震予知, 地震, **29**, 299-311.
- [ 15 ] 強震観測事業推進連絡会議(1974):強震記録(英文), Vol.19, 国立防災科学技術センター.

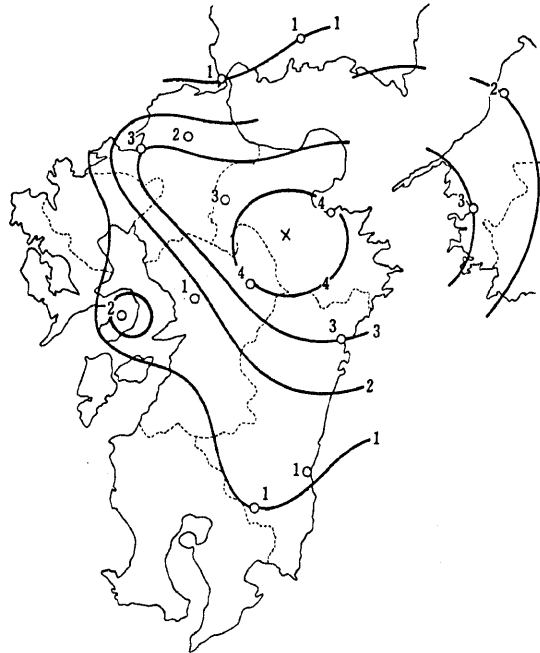
|                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |                                                                                     |  |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 13                                                  | 大分県中部地震                                                                                                                                                                                                                                                                |   | 1975<br>(昭和50) N 21 M=6.4                                                           |  |
| 地震概況                                                | 震央は大分県大分郡湯布院町付近。この地震によって大分県大分郡湯布院町、庄内町、玖珠郡九重町、直入郡直入町で局部的に大きな被害が発生した。地表に断層変位を生じた確かな例は見つかっていない〔1〕。地震後の出火は報告されていない。<br>死者：0，全壊家屋：76，半壊家屋：110。                                                                                                                             |   |                                                                                     |  |
| 発生時刻                                                | 02h 35m JST                                                                                                                                                                                                                                                            |   |  |  |
| 震央                                                  | 33° 08' N 131°20' E〔J〕<br>注1)                                                                                                                                                                                                                                          |   |                                                                                     |  |
| 震源の深さ                                               | 0 km                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |                                                                                     |  |
| マグニチュード                                             | 6.4〔J〕                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |                                                                                     |  |
| 発震機構                                                | A = N36°W, D = 56°〔4〕<br>A = N160°W, D = 50° DN+SL                                                                                                                                                                                                                     |   |                                                                                     |  |
| 最大震度                                                | N：大分，阿蘇                                                                                                                                                                                                                                                                | V |                                                                                     |  |
| 地動変位                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |                                                                                     |  |
| 地動速度                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |                                                                                     |  |
| 地動加速度                                               | 0.48G：直入町小津留（倒）<br>注2)                                                                                                                                                                                                                                                 |   | 図13-1 広域震度分布〔2〕 注3）<br>データは福岡管区気象台による                                               |  |
| 地震記録                                                | SMAC-B2：強震計別府港                                                                                                                                                                                                                                                         |   |                                                                                     |  |
| 被害の概況                                               | <p>被害を生じた範囲は限られており，とくに大きな被害を受けた地区は，西北西－東南東の方向に並んでいる。九重町寺床，奥双石（おくなめし），庄内町内山，直野，直入町塩手などの地区では全壊家屋が生じた。</p> <p>半壊以上の家屋被害を生じた範囲は，これらの地区を通る西北西－東南東の方向の線を直径とする，長径28km，短径12kmの楕円状の地域に限られ，この範囲を越えると，家屋の被害率の程度も，墓石の転倒率も急速に低下している。山崩れ，崖崩れ，落石，地割れ，道路のき裂なども，この範囲内でとくに多発している〔1〕。</p> |   |                                                                                     |  |
| 注1）久保寺，三浪によると，33°10.8' N，131°19.1' E，h = 9.3 km.〔5〕 |                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |                                                                                     |  |
| 注2）転倒，柄（ほぞ）有り墓石による推定値。                              |                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |                                                                                     |  |
| 注3）アンケート調査による震度分布を，図13-4に示す〔3〕〔5〕。                  |                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |                                                                                     |  |

図13-1 広域震度分布〔2〕 注3)  
データは福岡管区気象台による

## 地震断層

被害地域には、地表で本地震による断層変位は見つかっていない。東西の走向をもつ正断層性の活断層が多数存在していることが知られている〔8〕〔9〕。図13-2に活断層の分布を示す。これらの活断層と、被害との関係を要約すると次のようである。(1)主な被害地は西北西-東南東に延た楕円状を呈しているが、その長軸の方向は活断層群の走向とほぼ一致している。(2)これらの活断層が今回の地震で地表に変位を生じたたしかな例はみつからなかった。しかし、庄内町扇山地区で左ずれ断層変位（数 cm 以下）を示唆する地表変位が観察された。き裂や崩壊も扇山周辺山地で著しかった。(3)被害の著しい地点が散在的に分布しているが、その附近に活断層がある場合（レークサイドホテル、扇山）とならない場合（奥双石、小津留、塩手など）があった。しかし、前者の場合でもそれに沿って被害が集中的に配列しているような特定の断層は認められなかった。(4)被害の状況から推定される主要動の方向は、断層線と直交することが多かった〔11〕。

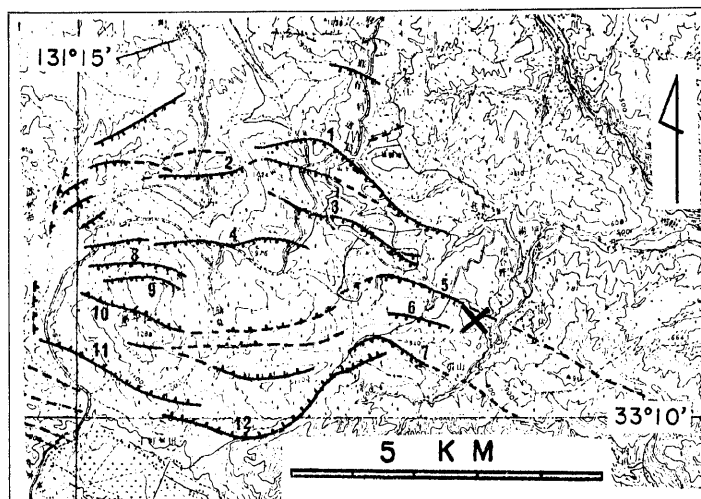


図13-2 震源および震源附近の活断層分布

- 1.立石池-山下池断層 2.寺床-山下池断層 3.山下養魚場-ゴルフ場中央断層 4.熊ノ墓断層 5.ゴルフ場南縁-田伏断層  
6.940m 峯牧場断層 7.扇山断層 8.-12. 崩平山断層群〔1〕による。×印は本震震央（〔5〕による）を示す。

## 地震学上の特記事項

## 断層モデル

震源附近における水準点変動（期間1970年2～3月 ～ 1975年5～6月）をもとにして、断層の長さ、幅、くい違い量が見積られている。

走向・傾斜：N 5° W 7° SW

断層面積：10 km（長さ）× 20 km（幅）

断層変位量：0.1 m（左横ずれ）、0.3 m（正断層）

湯布院地区における三角点辺長変化（1974年-1975年10月）と、上記断層モデルより計算される水平変動とを比べてみると、その一致は必ずしもよくない〔5〕。

## 発光現象

震央域の庄内町、湯布院町、九重町で多数の人が地震と同時に発光現象を目撃している。赤色ないしオレンジ色で、火柱が立つように見えたという〔1〕。

## 地 変

山崩れ、崖崩れ、落石、地割れ、道路のき裂など多発。地下水、温泉に変化が生じた地点が数カ所あった〔1〕〔10〕〔11〕。

## 断層近傍の被害及び推定地震動

## 家屋の被害

全壊・半壊家屋の分布を図13-3に示す〔2〕〔5〕。  
 被害率 =  $(\text{全壊} + \frac{1}{2}\text{半壊}) / (\text{全戸数})$  が30%  
 以上の部落は、九重町奥  
 双石、寺床、床内町内山、  
 直入町塩手である〔2〕。  
 地震動はきわめて衝撃的で、  
 横ゆれが長く続くという状  
 態ではなかったようである。  
 被害を受けた家屋で屋根瓦  
 が著しく落ちたり、ずれた  
 りした例がほとんどなかっ  
 たのは、このためと考えら  
 れる〔1〕。

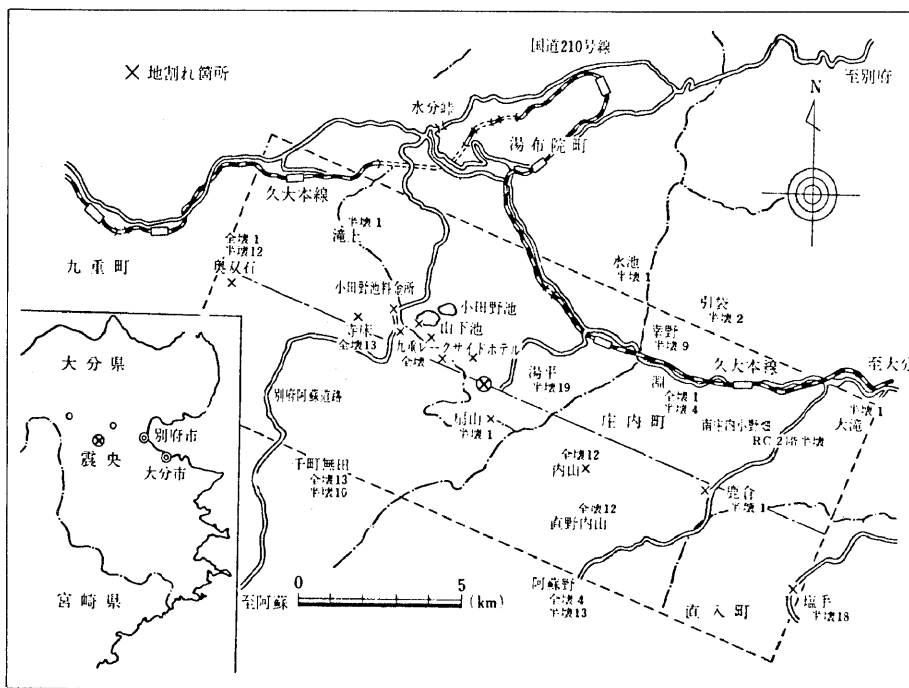


図13-3 全壊・半壊家屋の分布図〔2〕

## レークサイドホテルの被害

震源近傍に位置し、最も  
 大きい被害を受けた。客室  
 部分の崩壊という大規模な  
 災害に遭遇したにもかかわらず負傷者が少なかった  
 〔12〕。ホテル内の物体転  
 倒より加速度を推定すると、  
 腰掛スタンド（6個のうち  
 5個転倒、1個はよりかか  
 っていた。）0.44G、クラ  
 ブハウスロッカー（1/3位  
 が転倒）0.29Gとなる。  
 逆に、つい立て（0.36G）、  
 たて型灰皿（0.37G、0.82  
 G）は転倒しなかった〔2〕  
 〔5〕〔12〕。ホテル及び附  
 近の建物の変状から、この  
 付近一帯は、ほぼN10°W  
 -S10°Eの方向に卓越し  
 た地動加速度をうけたと思  
 われる〔7〕。被害の詳細は  
 文献〔2〕〔5〕〔7〕〔12〕  
 に記載されている。

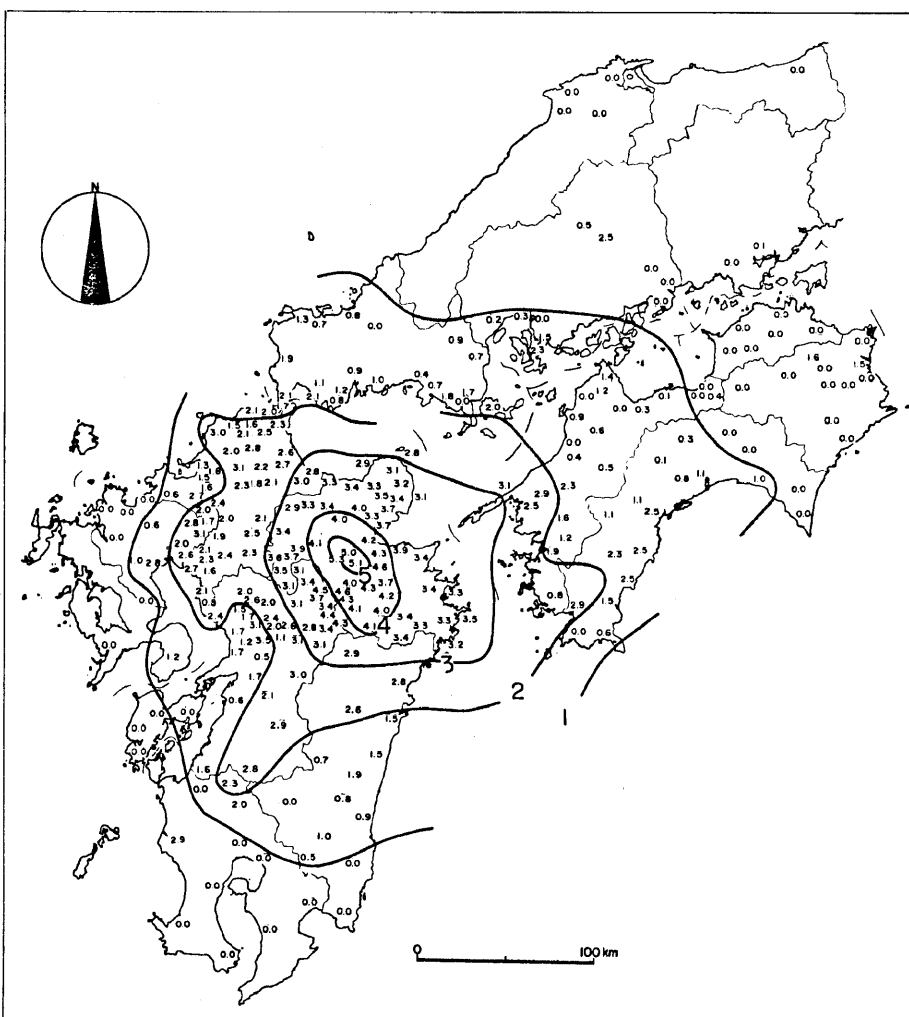


図13-4 アンケート調査による大分県中部地震震度分布〔5〕

## 墓石の転倒

震源域全般にわたる系統的な調査が行われた〔2〕〔5〕〔13〕. 墓石転倒から地動の最大加速度を推定する場合には、主要な問題点として、①繰返し振動であること、②上下動の影響の問題、③滑動躍動による竿石転落の問題が挙げられる。今回の調査においては、幾つかの墓地において柄（ほぞ）のついた墓石が見出されており、そこでは③について問題にしないでよいため、より精度の高い最大加速度の推定が行われる。墓石の底辺B高さをHとすると、推定される最大加速度（ $B/H$ ）について、

（ $B/H$ ）柄有り／（ $B/H$ ）柄無し  
の値は、0.81となる。〔2〕〔5〕.

震央を通る推定断層線からの距離と推定最大加速度との関係が図13-5に示されている。

これより、(1)推定された最大加速度値の大きさは、推定断層線をはさむ幅数 km の地域内ではある一定値以下になり、その値は420 galである。一定加速度値を示す地域の広がり、推定断層線をはさんで幅7 km 長さ約20 km の範囲となる。この地域の広がり、震源域の大きさを示す有意な大きさであると考えられる〔14〕。墓石調査

による推定加速度主方向の分布

は図13-6に示されている。この推定加速度分布図からみれば、主要な被災地及びその近接地区の墓石の転倒移動方向は、およそN-S方向である〔13〕.

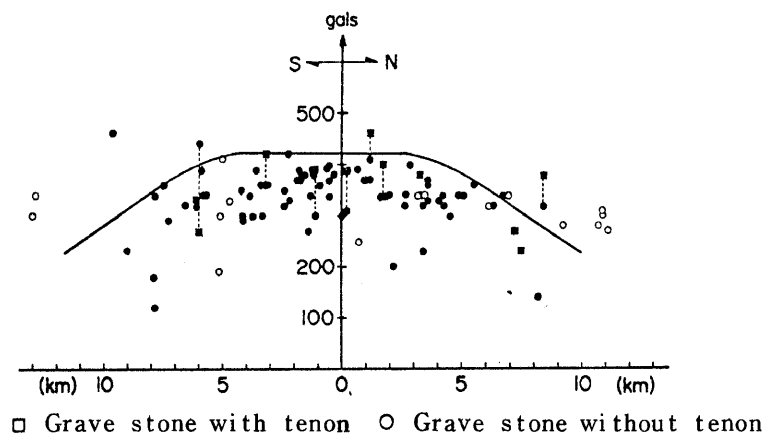


図13-5 各墓地について推定された最大加速度を推定断層線からの距離に応じて示したもの。四角印：柄（ほぞ）有り墓石のある墓地で得られた（ $B/H$ ）柄有りの値、丸印：各墓地で得られた（ $B/H$ ）柄無しの値を0.8倍したもの。白抜き印は転倒墓石1個、または2個で信頼度は小さい〔14〕.

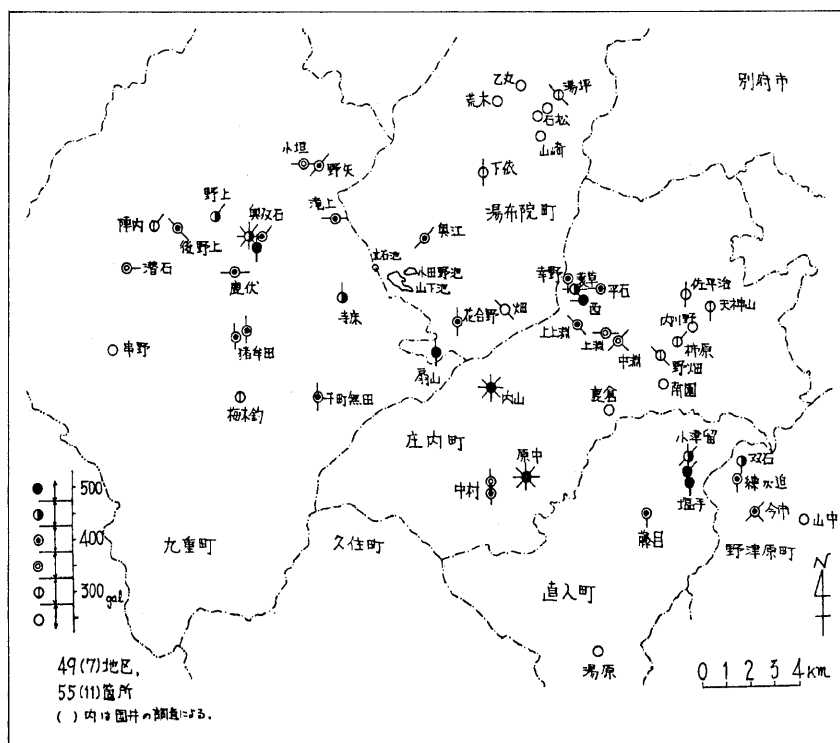


図13-6 墓石調査による推定加速度及びその主方向の分布〔13〕

## 地震記象

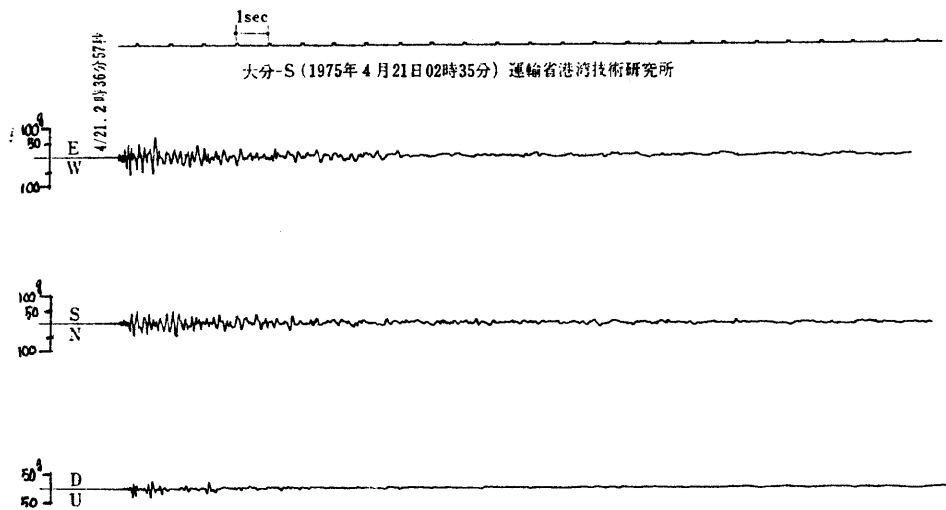


図13-7 別府港で記録されたSMAC記録〔15〕.

固有周期: 0.14秒, 感度: 12.5 gal/mm, 制動: critical damping

震央距離: 約30 km.

## 文 献

- 〔 1 〕 村井勇・松田時彦（1975）：1975年大分県中部地震の被害調査報告——とくに被害・地変と活断層との関係について，震研彙報，**50**，303-327.
- 〔 2 〕 日本建築学会（1976）：1975年大分県中部地震によるRC建物の被害調査報告——九重レークサイドホテルおよびその周辺建物の被害—.
- 〔 3 〕 茅野一郎・佐藤泰夫（1975）：通信調査および現地調査による1975年1月23日阿蘇地震と1975年4月21日大分地震の震度分布，震研彙報，**50**，281-294.
- 〔 4 〕 山科健一郎・村井勇（1975）：1975年大分県中部地震・阿蘇北部地震のメカニズムについて，とくに活断層との関係，震研彙報，**50**，295-302.
- 〔 5 〕 自然災害特別研究報告（1976）：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.
- 〔 6 〕 村井勇・金子史朗（1975）：大分県中・西部の構造地形と大分県中部地震，震研彙報，**50**，329-342.
- 〔 7 〕 伯野元彦・南忠夫・石田勝彦・松井芳彦・井上涼介（1975）：1975年大分県中部地震被害調査報告，建築・土木構造物の被害について，震研彙報，**50**，343-358.
- 〔 8 〕 松田時彦（1973）：活断層としての中央構造線，東海大学出版会「中央構造線」239-250.
- 〔 9 〕 岡田篤正（1973）：中央構造線の第四紀断層運動について，東海大学出版会「中央構造線」49-86.
- 〔10〕 京都大学理学部 阿武山地震観測所 浅田照行（1975）：1975年4月21日 大分県中部地震に伴う地下水の変動調査，予知連会報，**14**，127-128.
- 〔11〕 京都大学理学部 地球物理学研究施設（1975）：大分県中部地震に伴う温泉，地下水の変動調査，予知連会報，**14**，129-130.
- 〔12〕 建築研究所（1975）：1975年大分県中部に発生した地震震害調査報告.
- 〔13〕 宮野道雄・望月利男（1975）：大分県中部の地震における加速度分布の推定，第12回自然災害総合シンポジウム講演論文集，239-242.
- 〔14〕 Omote, S., A. Miyake and H. Narahashi (1977) : Maximum ground acceleration in the epicentral area—Field studies on the occasion of the Ohita Earthquake, Japan, of April 21, 1975—, *Bull. Intern. Inst. Seism, Earthq.*, **15**, 67-82.
- 〔15〕 強震記録 VoL. 20, 1975  
強震観測事業推進連絡会議（1975）：強震記録（英文），VoL. 20，国立防災科学技術センター

|         |                                                                                                                                                                              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14      | Imperial Valley 地震<br>(El Centro)                                                                                                                                            |       | 1940 V 18 M=7.1                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 地震概況    | 震央はカリフォルニア南部、メキシコとの国境付近。カリフォルニア州南部から、 Baja California にわたる Imperial Fault の活動によって生じた。建築物の被害よりも灌漑施設の被害およびそれに由来する農産物の被害が著しく大きかった。死者9〔8〕、El Centro で得られた強震記録は広く耐震工学の分野で用いられている。 |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 発生時刻    | 18th 20h 36m PST<br>19th 04h 36m GMT<br>〔1〕                                                                                                                                  | 被害の概要 | <p>Imperial Valley の中部および南部のすべての町で建築物に対する被害が大きかったが、大部分は弱い構造物の被害であった〔8〕。</p> <p>乾燥地帯であるため運河が縦横に走っているが、この被害が大きく、結果的には農業生産に対して大きな被害をもたらした。</p> <p>Imperial Valley では1933年以前に建てられた学校は全て多少とも被害があったが、1933年以後のField Act に従って建てられた学校は目立った被害はなかった〔8〕。</p> <p>Brawley では主な被害は21h50mごろの余震で起った〔1〕。</p> |
| 震央      | 32° 44' N, 115° 27' W                                                                                                                                                        |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 震源の深さ   |                                                                                                                                                                              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| マグニチュード | 7.1 〔8〕                                                                                                                                                                      |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 発震機構    | SR                                                                                                                                                                           |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 最大震度    | X (MM 震度階)                                                                                                                                                                   |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 地動変位    | 21 cm : El Centro (換)                                                                                                                                                        |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 地動速度    | 59 cm/sec : El Centro(換)                                                                                                                                                     |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 地動加速度   | 350gal : El Centro (測)                                                                                                                                                       |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 地震記象    | 加速度計 : El Centro 他                                                                                                                                                           |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

図 14-1 広域震度分布〔1〕

図 14-1 広域震度分布〔1〕

## 地震断層

Imperial Valley 断層を生じた。延長40マイル (65 km), 変位は最大14フィート10インチ (454 cm) (Richter〔8〕) によれば19フィート (580 cm)。南東部はほとんど一直線で, 水平変位 (右ずれ) のみで変位量が多い。北西部は曲がり, 分岐があり, 垂直変位もあり変位量が少ない。

断層の巾7km<sup>1)</sup>, 全長にわたっての平均変位量1.25 m, 長さ65 km, 主破壊に相当する部分の平均変位量2.7 m, 長さ25 km〔9〕。

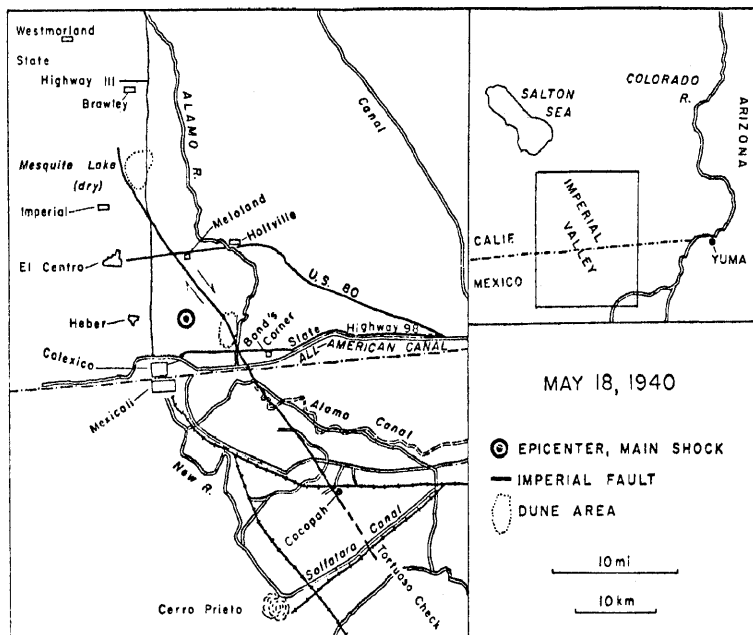
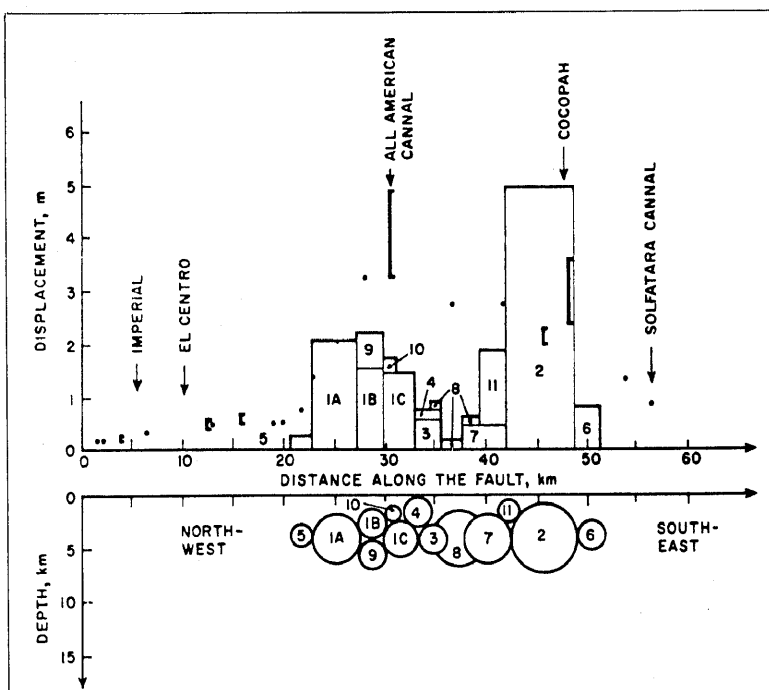


図14-2 震央と断層の位置〔8〕

図14-3上図 点及び垂直な線は現地で測定された断層変位〔12〕。

箱は強震計の解析から得られた平均変位分布〔9〕。

下図 Imperial Fault に沿う断面上の, 13の地震の分布。円の半径は強震計記録の解析から得られた震源域の大きさを表わしている〔9〕。



注1) 測地データ〔13〕と合うように推定された値。

## 地震学上の特記事項

マルチプル・ショックである。最初の25秒間に少なくとも4個, 続く5分間に9個の地震が記録されている。4番目の地震が最大〔 $M_L = 6.4$ 〕であったが, これは断層の南端付近で起った〔9〕。

地震モーメント $M_0$ は, 断層変位から $1.2 \sim 1.4 \times 10^{26}$  dyne. cm, 地震波から $1.1 \sim 1.3 \times 10^{26}$  dyne. cmと求められている〔9〕。これを総合して $M_0 = 1.0^{26}$  dyne. cmとされている〔9〕。

## 断層近傍の被害及び推定地震動

## 建築物の被害

建築物に対する重い被害は、Imperial Valley の中部及び南部の全ての町、Brawley, Imperial, Holtville, El Centro, Heber, Calexico, Mexicali (最後の2つはメキシコ) にあった。

破壊の多くは弱いレンガ造建築 (改訂メルカリ震度階 (1958年版) のC, D級) の古い構造物に限られたが、Brawley では鉄筋コンクリートのホテルがひどく破壊し、El Centroではコンクリートの倉庫がひどく割れた〔8〕。

この地方では強い日射と高温のため独特の構造の建築物がある。即ち沿道に張り出したバルコニーを持った建物が多いが、この被害が非常に多かった〔3〕。

## 各地の被害 〔3〕, 〔1〕

**Imperial** 80%の建築物が多かれ少かれ被害を受けた。ビジネス地区ではほとんど全ての建物が損傷を受け、ひどく損傷し放棄されたものもある。古い住宅はかなり損傷を受けたが、新しい住宅の損傷はごく少しいである。

**Brawley** 20h36mの地震で震度Ⅶ, 21h53mの地震で震度Ⅷであり、被害は主に後の地震による。ビジネス地区では全ての建物が損傷をうけ、その50%は放棄された。住宅の被害は25%程度。1939年建設の新郵便局はほとんど無被害。1936年建設の City Hallは1階建アドベ壁瓦屋根であったが、屋根は無傷、壁の一部が崩壊又はひどく亀裂した。

**Holtville** 損傷はあまり大きくない。ビジネス地区では壁が多少崩れたのみ。住宅地区では煙突が崩れた程度。

**El Centro** 古い煉瓦建築がひどく損傷し放棄された。被害は鉄筋の入っていない、あるいは本体に結合されていない壁や、沿道に張り出したバルコニー。

**Calexico, Mexicali** 被害はあっても大きくはない。主として壁の亀裂や落下、柱の亀裂、窓の破損。Mexicaliのホテルで電気回路のショートのため火災を生じた。

## 鉄道の被害

断層は3カ所で鉄道を横断している。線路の変曲、移動 (Meloland で18インチ, Cocopah では7フィート), 沈下を生じた。沈下は他にも多くの場所で生じており、特に河の近くで多い。

Pascualitos の東西では線路及び橋梁がひどい損害を受けた。

駅および鉄製水槽は小被害を受けたが、重大な構造上の損傷は見出されなかった。

### 運河の被害 [3]

灌漑用運河の損害は広範に生じた。最大の損害は Holtville のすぐ西の地域及び Holtville の南からメキシコ国境にかけての地域で生じた。

延長およそ 60 マイルの運河堤が損傷し、或は破壊した。

メキシコの Westside Main Canal が New River を越える所にある函樋 (断面 22 フィート×9 フィート、長さ 900 フィート、木製) が破壊した。

### 水道施設の被害 [3]

**Imperial** 100,000 ガロンの高架水槽崩壊。水道本管及び下水道に大きな損害はなかった。

**Brawley** 水道本管に多数の亀裂。鉛管破損のため数百軒で断水。

**Holtville** 高架水槽崩壊

**El Centro** 水道本管に少し破損、しかし上下水道とも實際上無被害。

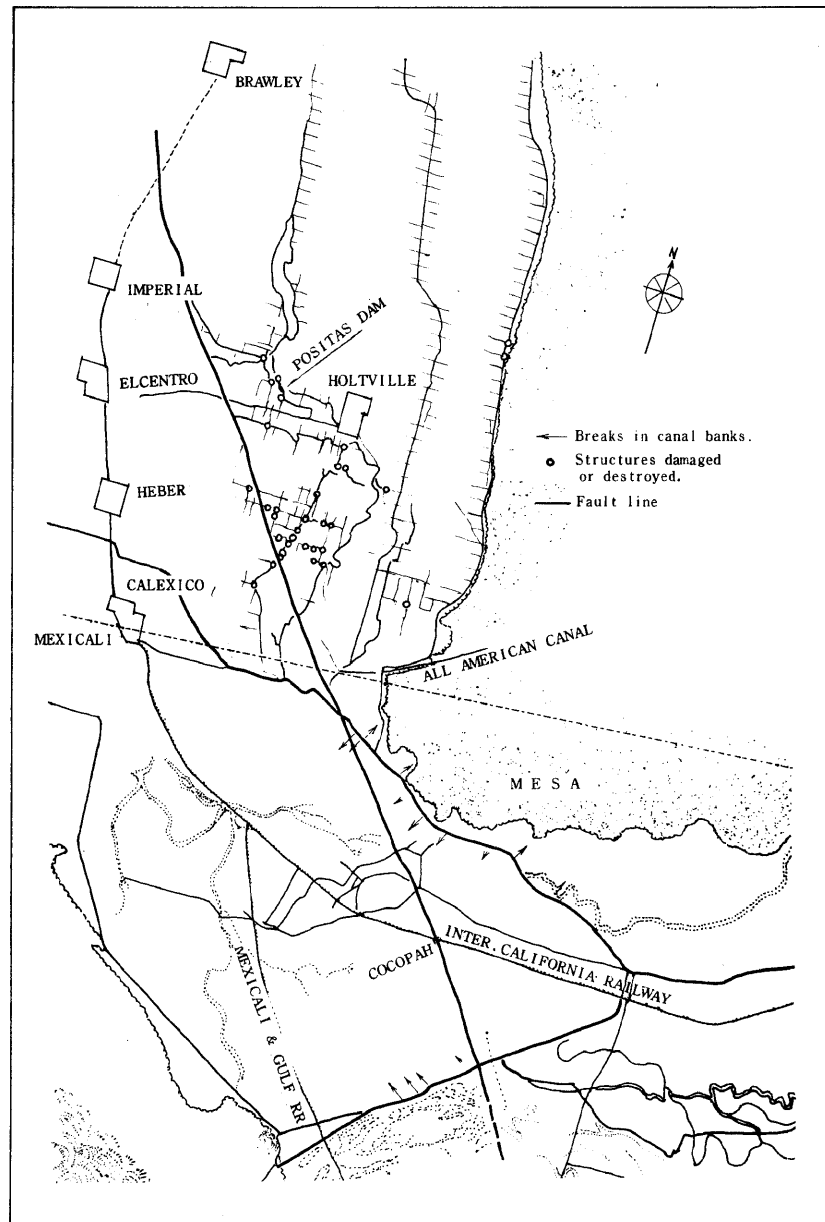


図14-4 Imperial Valley の運河網に対する被害 [3]

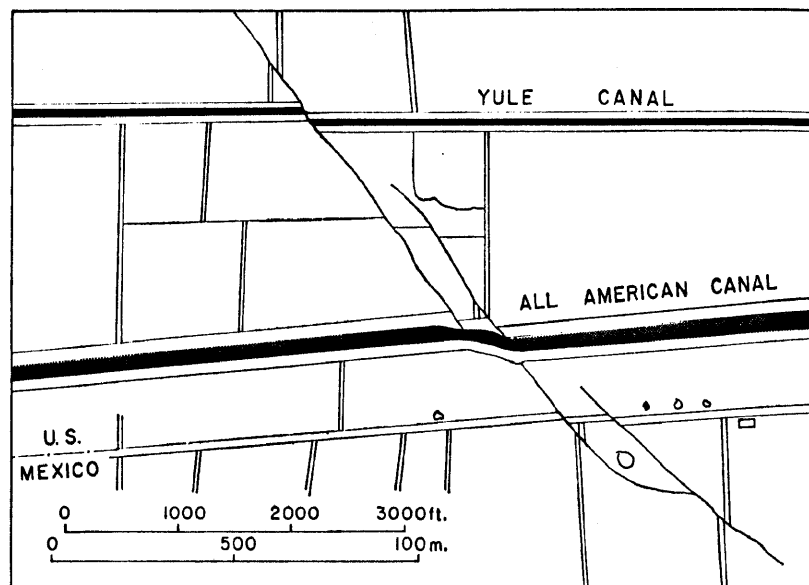


図14-5 All American Canal 付近の断層を示す [8]

## 地震記象

表 14-1 1940年5月の一連の地震について得られた強震計記録一覧

| Place                                    | Records                                                               |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| El Centro.....                           | 6 accelerograph records                                               |
| San Diego.....                           | 1 accelerograph record                                                |
| Los Angeles Chamber of Commerce Building | 8 accelerograph records. (Two instruments recorded four shocks)       |
| Hollywood.....                           | 6 accelerograph records. (Three instruments recorded two shocks each) |
| Los Angeles Subway Terminal Building.... | 2 accelerograph records. (One record from each of two instruments)    |
| San Bernardino.....                      | 1 displacement meter record                                           |
|                                          | 1 Weed strong-motion seismograph record                               |

右の記録は、「継続時間、振巾を考えると、これまで(1970年)に得られた最強の地震動」〔9〕であって、地震工学上広く利用されている。

しかし、TRIFUNAC〔9〕は、ここで最大振巾を示す部分は、最大破壊( $M_L = 6.4$ ) (図14-3の2)によるものではなく、それに先立って El Centro に最も近い部分で起った破壊( $M_L = 5.9$ ) (図14-3の1A)によるものであるとしている。

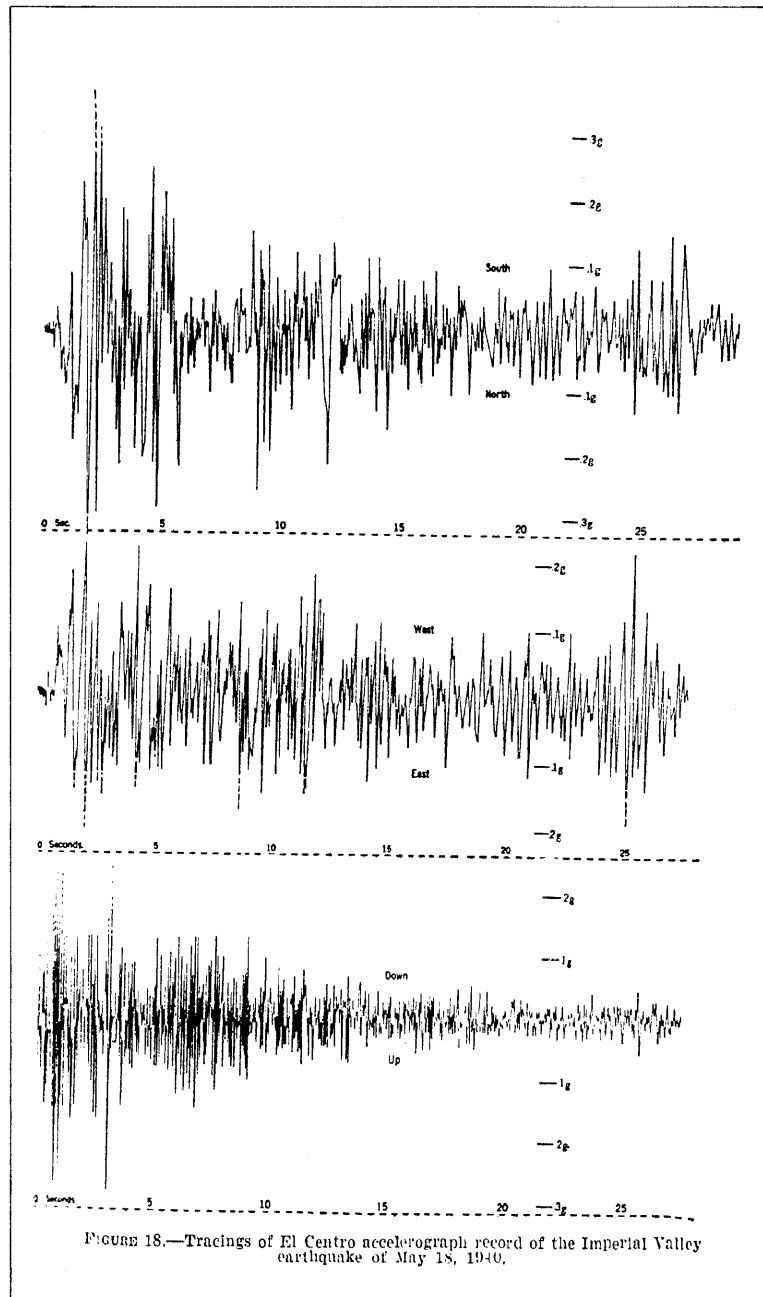


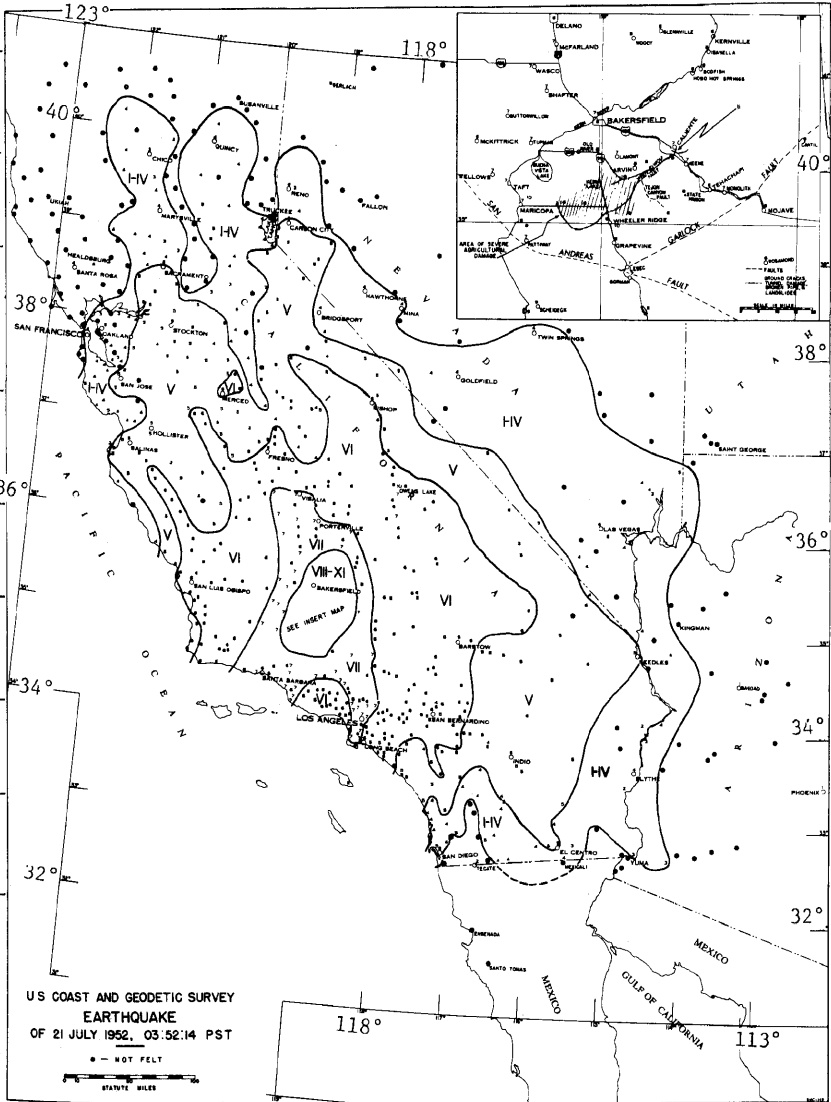
FIGURE 18.—Tracings of El Centro accelerograph record of the Imperial Valley earthquake of May 18, 1940.

図 14-6 El Centro の加速度計で得られた記録〔2〕

速度及び変位に変換された記録も〔2〕にある。

文 献

- [ 1 ] U.S.Coast and Geodetic Survey (1940) : United States Earthquakes 1940.
- [ 2 ] U.S.Coast and Geodetic Survey (1940) : Analysis of the El Centro  
Accelerograph Record of the Imperial Valley Earthquake of  
May 18, 1940, Special Report MSS-9.  
(Abstract is included in the United States Earthquakes 1940)
- [ 3 ] Ulrich, P.F. (1941) : The Imperial Valley Earthquakes of 1940,  
*B. S. S. A.*, 31, 13-31.
- [ 4 ] Buwalda, John P., and Charles F. Richter, (1941) : Imperial Valley  
Earthquake of May 18, 1940, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 52, 1944 (Abstract)
- [ 5 ] Ulrich, J. P., C.N.Dirlam and H.Colling (1940) : *Building Standard  
Monthly*, 9, No. 6.
- [ 6 ] Grunskv, Charles (1940) : The Imperial Valley Earthquake and its Effect  
on Gas Service, Reports of Technical Section of Pacific Coast  
Gas Association, 1940 Convention.
- [ 7 ] Heck, N.H., (1940) : The Imperial Valley Earthquake, *Scientific  
Monthly*, July.
- [ 8 ] Richter, Charles (1958) : Elementary Seismology, Freeman and Co.
- [ 9 ] Trifunac, Mihailo, D., and James N. Brune (1970) : Complexity of Energy  
Release during the Imperial Valley, California, Earthquake  
of 1940, *B. S. S. A.*, 60, 137-160
- [ 10 ] Trifunac, M.D., (1971) : Response Envelope Spectrum and Interpretation of  
Strong Earthquake Ground Motion, *B. S. S. A.*, 61, 343-356.
- [ 11 ] Trifunac, M.D., (1972) : Tectonic Stresses and the Source Mechanism of  
the Imperial Valley, California, Earthquake of 1940, *B. S. S. A.*,  
72, 1283-1302.
- [ 12 ] Buwalda, J.P., unpublished field notes.
- [ 13 ] Byerly, D., and J.M. De Noyer (1958) : Energy in earthquakes as computed  
from geodetic observations, *Contributions in Geophysics Internat.  
Ser. Mons. Earth Sci.* 1 (Benioff, V.H., et al eds). 17-35.

|                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                  |                                                                                     |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 15                                                                                                                                                                                                                                                                    | Kern County (Taft) 地震                                                                                                                                                            |                                                                                     | 1952 VII 21 M=7.7 |
| 地震概況                                                                                                                                                                                                                                                                  | カリフォルニアの今世紀第2番目の大地震。震央は Pasadena の北約60マイル。震央近くで2時間前に1個の前震あり。この地震は北東-南西に走る White Wolf 断層 (Bear Mountain 断層としても知られる) にそって発生した。少なくとも12名の死者と数百人の負傷者を出したが、激震地の人口密度が低かったことが不幸中の幸いであった。 |                                                                                     |                   |
| 発生時刻                                                                                                                                                                                                                                                                  | 03h 52m PST<br>11h 52m GMT                                                                                                                                                       | USCGS                                                                               |                   |
| 震央                                                                                                                                                                                                                                                                    | 35.1° N<br>118.9° W                                                                                                                                                              |  |                   |
| 震源の深さ                                                                                                                                                                                                                                                                 | 16 km<br>〔5〕                                                                                                                                                                     |                                                                                     |                   |
| マグニチュード                                                                                                                                                                                                                                                               | 7.7〔R〕                                                                                                                                                                           |                                                                                     |                   |
| 発震機構                                                                                                                                                                                                                                                                  | D=60~66°<br>A=S40°E,<br>DR+S (L)<br>〔5〕                                                                                                                                          |                                                                                     |                   |
| 最大震度                                                                                                                                                                                                                                                                  | X (MM 震度階)<br>注1)                                                                                                                                                                |                                                                                     |                   |
| 地動変位                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                  |                                                                                     |                   |
| 地動速度                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                  |                                                                                     |                   |
| 地動加速度                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                  |                                                                                     |                   |
| 地震記象                                                                                                                                                                                                                                                                  | 強震計<br>: Taft                                                                                                                                                                    |                                                                                     |                   |
| 被害の概況                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                  |                                                                                     |                   |
| 図15-1 広域震度分布〔1〕                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                  |                                                                                     |                   |
| <p>被害のひどいものはほとんど Tehachapi と Arvin の町に集中しており、特に断層から12マイルの Tehachapi の町は建物が古く弱いこともあって、被害は最もひどい。建物・塀・道路の被害の他に、ガス爆発、地すべり (Tehachapi 山脈の斜面)、石油精製所の火災、石油会社のタンク、パイプライン、ポンプの被害、灌漑井戸・運河・上水用深井戸等の被害もある。被害の報告された最も遠い地域は、震央から南東に約135マイルの Banning で、ここの被害は壁のき裂、窓ガラスの破損である〔2〕。</p> |                                                                                                                                                                                  |                                                                                     |                   |
| 注1) U. S. C. G. S. の震度分布によればXが1ヶ所だけある〔1〕、しかし、図15-6の説明〔4〕にもあるように、確かな所はXまでと思われるので、ここではXを最大震度として採用した。                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                  |                                                                                     |                   |

## 地震断層

## White Wolf断層

が今度の地震断層であるが、無数の断層の中にあつて特に注目されるものは何もなく、予想されなかった地震である〔4〕。

この断層の走向は南西で, San Joaquin

Valley南部の沖積層の下で見えなくなっている〔図15-2参照〕。地震断層は Bear Mt. の西側で落差4フィートの西落ちの崖として現われた。多くの曲折とエシェロン状のオフセットが多い〔図15-2〕。軟弱な地すべり地域で現われたので、初めはその性質が良くわからなかったが、U.S.C.G.S. の再測量により次のことがわかった。

断層の南東側の Bear Mt. のブロックが北北東に1~2フィート移動した。但し、このブロックの南西部は最大で2フィート隆起して北西に移動した。谷の側では、Arvin の南西の盆地を中心にして約1.5フィートの沈降が見られる。即ち、大局的には、左ずれ逆断層である〔4〕。

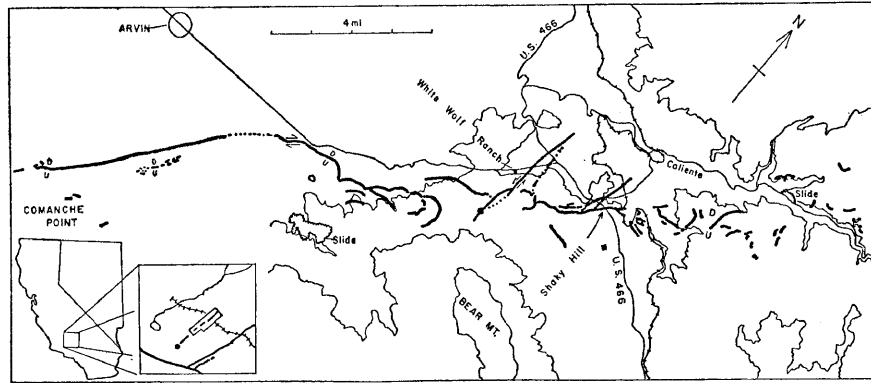


図15-2 地表の地震断層〔4〕

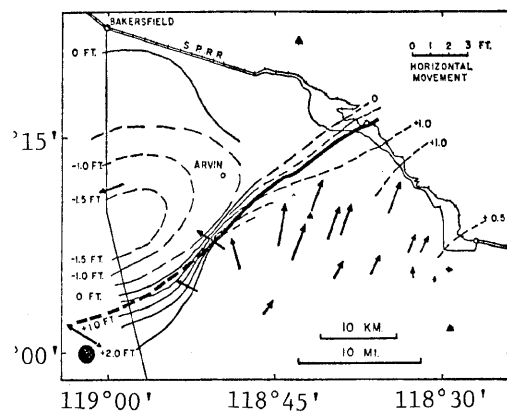


図15-3 地震による土地の変動。

黒丸は主震の震央〔4〕

## 地震学上の特記事項

## 断層モデル

E 50° S 方向に傾斜角 6 0°~6 6° のわずかに左ずれ成分をもつ逆断層が初動の解析から求められている〔5〕。

表面波の振巾から断層は震央から White Wolf断層に沿って北東方向へ進行し、その速度は表面波の速度、3~4 km/sec と推定されている〔4〕。

臨時観測等によって明らかとなった余震活動は図15-4に示されている。

Bath の余震のメカニズムによれば、断層の南では、断層に平行な走向をもつ左ずれが卓越するが、断層の北では、dip 成分をもち様々の走向をもつ右ずれのものが見られ、複雑である〔4〕。

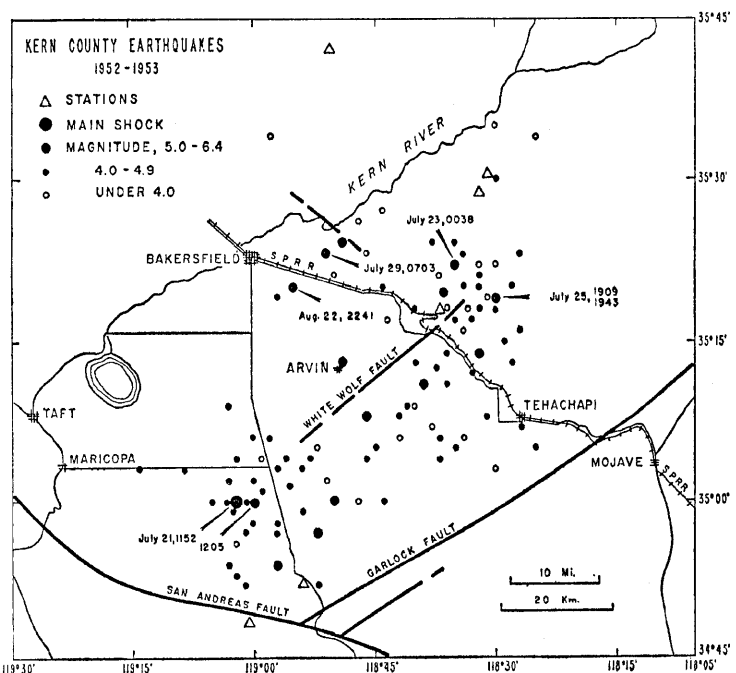


図15-4 余震分布 1952-1953.〔4〕

## 断層近傍の被害及び推定地震動

この地震の被害については、文献〔1〕に非常に良くまとめられている。表15-1は物的損害をまとめたものである。人的損害は、12名の死者と数百人の負傷者であるが、このうち10名の死者は Tehachapi の町から出ている。この町は古くて、ビジネス街は主に鉄筋の入らないレンガ・砂・モルタルで出来ており、レンガやアドベ（日干しレンガ）の被害は特に大であった。鉄筋コンクリートの建物は、どの地域でも、耐震上最もすぐれたものであったが、それでもかなりの被害を出した。被害の多くは設計・施工に欠陥のあるもので、特にコンクリートのつぎ目の弱さが指摘されている〔1〕。

表15-1 物的損害の総括表〔1〕

| a) 建物の損害                          |               |
|-----------------------------------|---------------|
| Bakersfield                       | \$ 23,000,000 |
| Kern County (Bakersfield を除く)     | 4,250,000     |
| Los Angeles, Long Beach, Pasadena | 10,000,000    |
| Santa Barbara                     | 400,000       |
| b) その他の損害                         |               |
| 石油井戸, 石油精製施設                      | \$ 2,000,000  |
| 農業                                | 6,000,000     |
| 電力・水道等公共施設                        | 600,000       |
| ダム, 道路, 橋                         | 100,000       |
| 鉄道                                | 2,300,000     |

図15-5は変圧器の被害分布を示すもので、震動の強さの地域差を最も良く表わしている。今度の地震断層、White Wolf断層の近傍で特に被害の大きいことがわかる〔1〕。

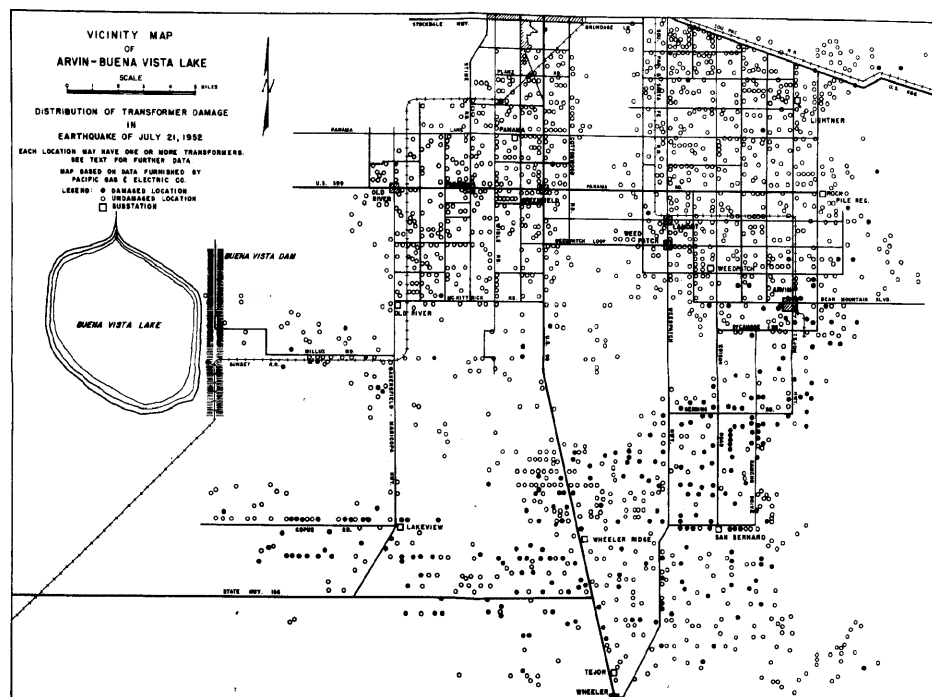


図15-5 変圧器の被害分布, 被害のあるもの(●), ないもの(○)

図15-6は断層近傍の震度分布(MM震度階)を示す。家の被害から判断すると、断層付近での極端に激しい震動のあらわれは無いのに、断層による土地の破壊から震度Ⅹというのはまぎらわしい〔4〕。震度Ⅹは断層付近では明らかに現われており、大きな地表のき裂や地下埋設管の被害から震度Ⅹは所によりある。MM震度と加速度に関するRichterの経験式〔4〕(140頁)によると推定加速度は平均値で次のようになっている。

Ⅹ 1470 gal

X 630 "

K 320 "

Tehachapiの震度が比較的大きかったことについては、断層の移動方向へ波のエネルギーが集中した結果かも知れないといわれている〔4〕。

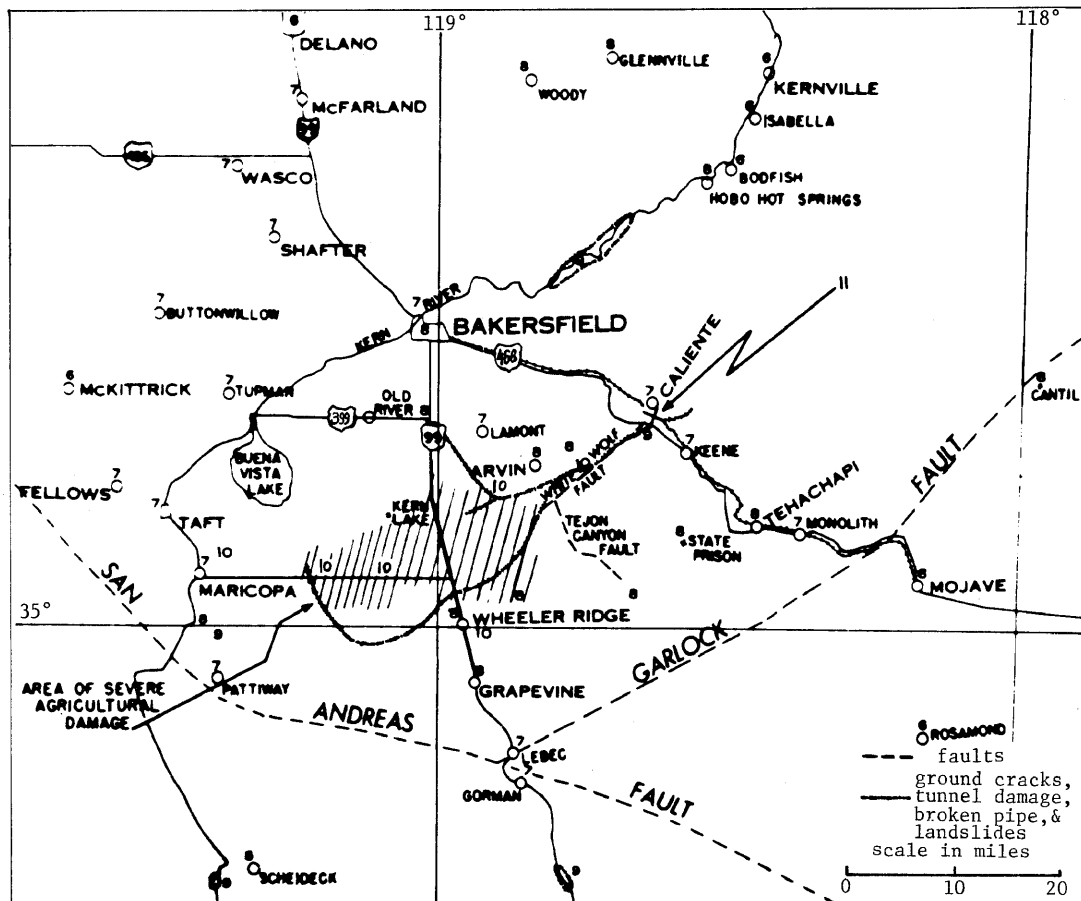


図15-6 断層近傍の震度分布〔1〕

地震記象

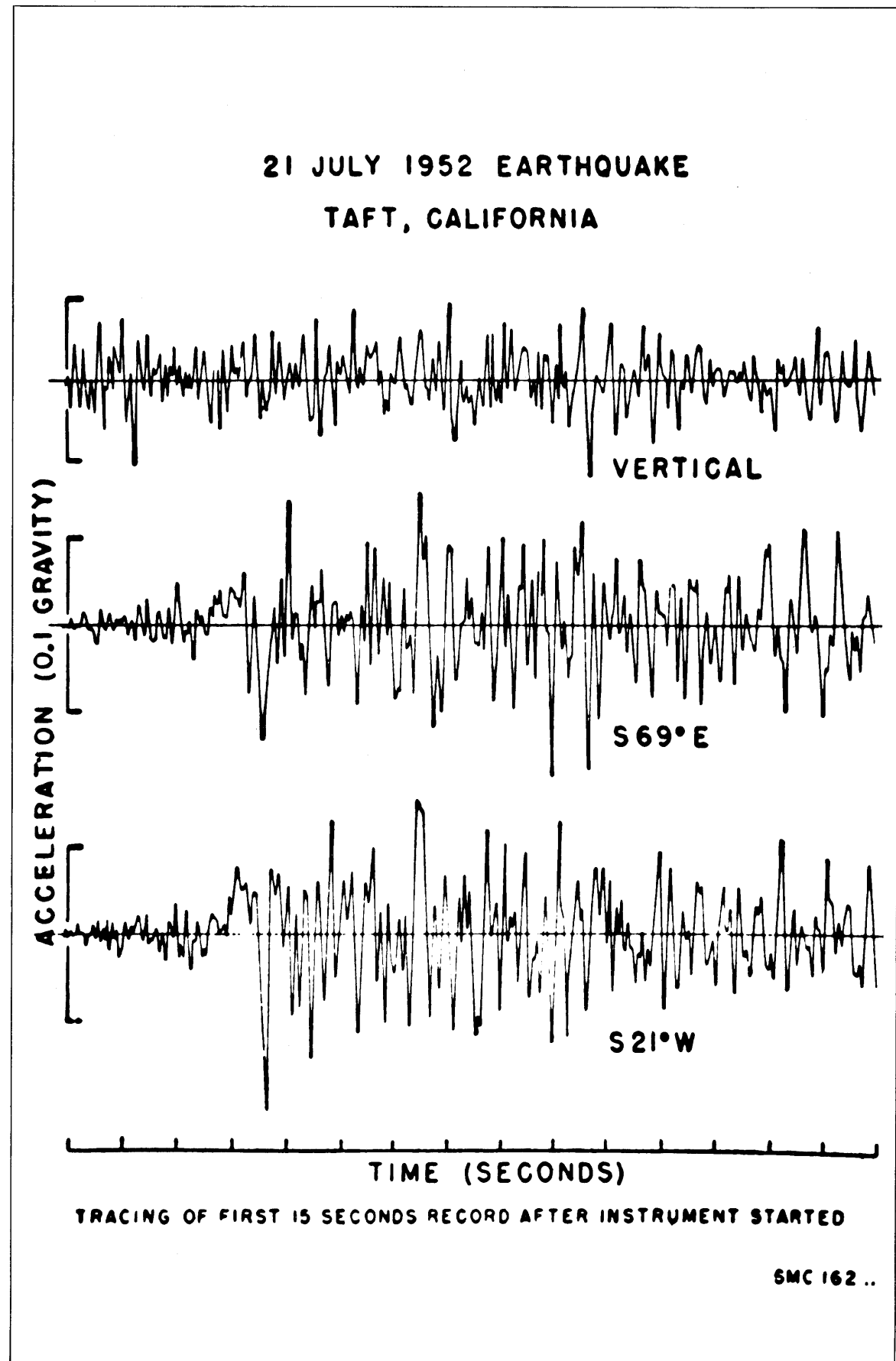


図 15-7 本震のUSCGSの強震計記録〔4〕  
震央から45kmのTaftで得られたもの

文 献

- [ 1 ] Steinbruggs, K.V. and D.F.Moran (1954) : An engineering Study of the Southern California earthquake of July 21, 1952 and its aftershocks, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **44**, 199-462.
- [ 2 ] Anonymous (1952) : Seismological notes, *Bull. Seism. Soc. Am.* **42**, 377-380.
- [ 3 ] Whitten, C.A. (1956) : Crustal movement in California and Nevada, *Trans. Amer. Geophys. Union*, **37**, 393-398.
- [ 4 ] Richter, C.F. (1958) : Elementary Seismology, *W.H. Freeman and Company*, 519-531.
- [ 5 ] Gutenberg, B., The first motion in longitude and transverse waves of the main shock and the direction of slip, State of California, Department of Natural Resources, 1955.

|           |                                                                                                                                                                                             |                 |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 16        | Parkfield 地震                                                                                                                                                                                | 1966 M 27 M=5.3 |
| 地震概況      | 震央は米国，カリフォルニア州，San Andreas 断層帯にそったParkfield。最大震度はMM震度階でⅦ，最大加速度は0.5 Gであるにもかかわらず，家屋等構造物の被害は軽微であった。地震動は，断層帯から離れるに従って，加速度が急激に減衰することとその継続時間が短いことが特徴である。この地震に対する加速度計とサイスモスコープの記録は，他のどの地震よりも豊富である。 |                 |
| 発生時刻      | M 27 20 h 26 m PST<br>M 28 04 h 26 m GMT                                                                                                                                                    |                 |
| 震 央       | 35.8° N 120.6° W〔P〕                                                                                                                                                                         |                 |
| 震 源 の 深 さ | 7 km                                                                                                                                                                                        |                 |
| マグニチュード   | 5.3〔P〕                                                                                                                                                                                      |                 |
| 発 震 機 構   | S = N62°E, D = 60°W〔1〕<br>S = N25°W, D = 86°E SR                                                                                                                                            |                 |
| 最 大 震 度   | Ⅶ（MM震度階）                                                                                                                                                                                    |                 |
| 地 動 変 位   | 25～30 cm：Cholame(換)                                                                                                                                                                         |                 |
| 地 動 速 度   | 30 inch/sec：Cholame(換)                                                                                                                                                                      |                 |
| 地 動 加 速 度 | 0.5G：Cholame(断層から80m)<br>(測)                                                                                                                                                                |                 |
| 地震記象      | USC&GSの強震計とサイスモスコープにより断層から80m～24kmの範囲にわたって良好な記録が得られた〔3〕〔6〕。                                                                                                                                 |                 |
| 被害の概況     | 墓石の転倒，家具の移動，壁の剝離，橋梁・補装・パイプ・煙突等の破損があるが被害は軽微。震度Ⅶ（MM震度階）は断層の近傍に限られている。最大加速度が0.5 Gもあるのに被害が少ない理由として，1) 最大加速度の継続時間が短いこと， 2) 地動の周期と構造物の周期の違い，が考えられている。                                             |                 |

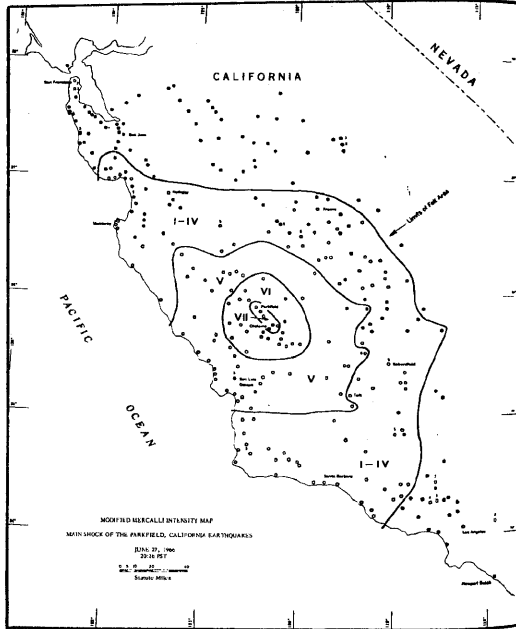


図 16－1 広域震度分布〔5〕

図 16-1 広域震度分布〔5〕

## 地震断層

Brown ら〔7〕によると地震断層は長さ37 km で北西-南東の走向をもつ, 2~3 cm の右横ずれである〔図16-2〕. Cholame の近くでルート46が断層を横切っており, Allen 等〔8〕によれば, その白線は主震の10時間後に4.5 cm の右横ずれを示していた. その後変位は更に増加し, 1ヵ月後に11 cm に達した〔9〕.

Brown ら〔7〕によると, 地震断層は長さ37 km で北西-南東の走向をもつ主断層とそれに平行な長さ9 km の副次的断層で両者とも San Andreas 断層帯の中で知られていたものである〔図16-2〕. 地震断層は主にエシェロン状のわれ目として地表に現われ, その長さは2~3インチから20インチ, われ目の開きは1~2インチでわれ目帯の方向からは時計まわりに3°傾いている. これ等地表の現象は2~3インチの右横ずれ断層を示している.

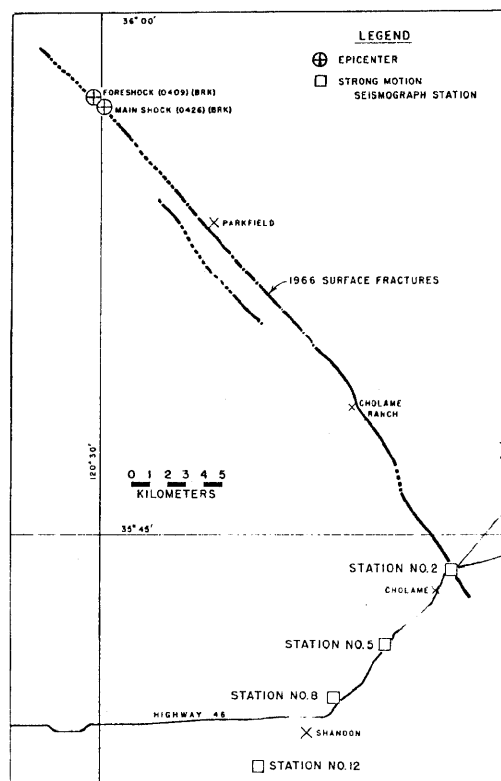


図16-2 地震断層〔7〕

## 地震学上の特記事項

## 断層モデル

地震時の変位は断層の走向と垂直な方向で1.5秒の短い幅で25~30 cm のパルス状である〔3, 4〕.

Aki〔4〕は地表の地震観測の記録から断層モデルを推定しているが, このモデルの変位量は60 cm となり, 地表の測定の約10倍となっている. Aki は地表の変位は深部の変位をそのまま表わしていないと考えており, 表層とその下の層の decoupling を考えている (Kasahara〔10〕参照). 又断層近傍の地震記録を説明するのはほとんど断層の変位量であり, 断層の長さや深さの影響は省略出来るとしている〔4〕.

Filson らはラブ波のスペクトルとメカニズムから, 断層の長さ30 km と破壊伝播速度2.2 km/sec を推定している〔11〕.

Brown ら〔7〕とAllen ら〔8〕は, ルート46を断層が切っている地点で, 路面のセンターラインのずれから, 主震後の断層変位の推移を調べている〔図16-3〕. 主震時の変位の3倍以上の変位が, 主震後ずるずると約1ヵ月にわたって生じている.

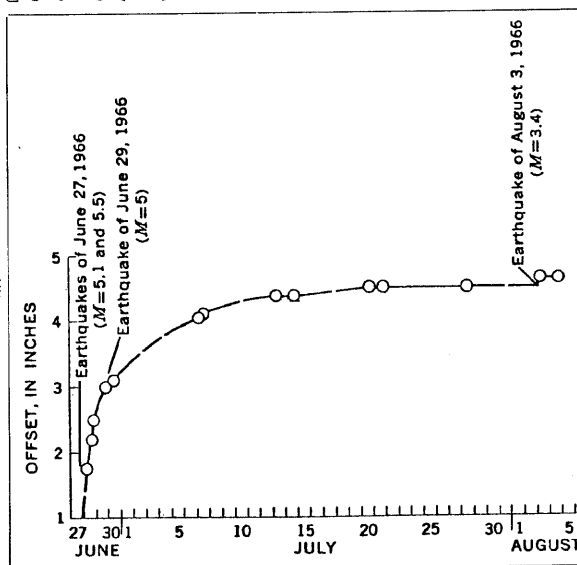


図16-3 ルート46 センターラインのオフセット, Cholame の北東0.85マイル〔7〕

## 断層近傍の被害及び推定地震動

断層近傍の被害は、最大加速度に比較して軽微である（被害の概況の項参照）。断層近傍の地震動は強震計とサイスモスコープにより見事に記録されている。

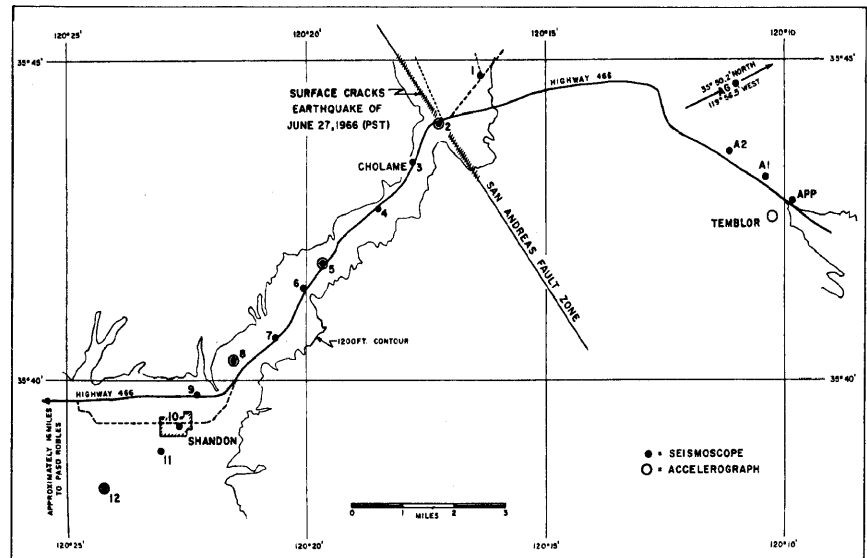


図 16-4 加速度計とサイスモスコープの配置図〔2〕

右図は Cloud ら〔2〕の加速度計の最大加速度と断層からの距離との関係を示す。

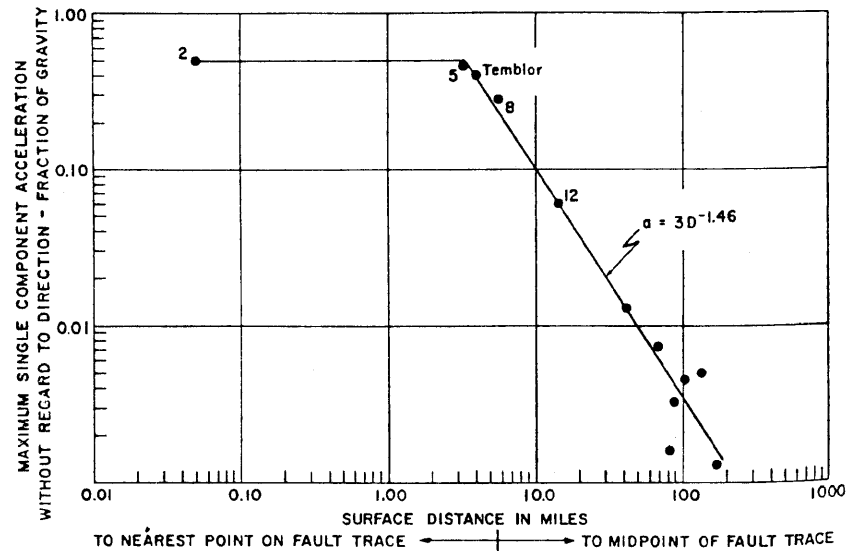


図 16-5 最大加速度と断層からの距離の関係〔2〕

右図は Hudson ら〔6〕のサイスモスコープの解析にもとづく最大変位と断層からの距離の関係を示す。

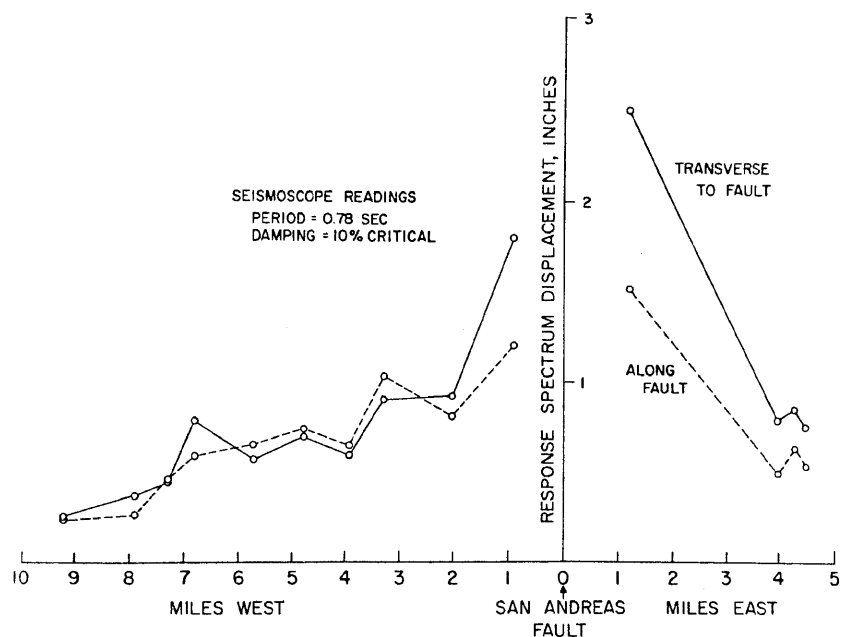


図 16-6 最大変位と断層からの距離の関係〔6〕

## 地震記象

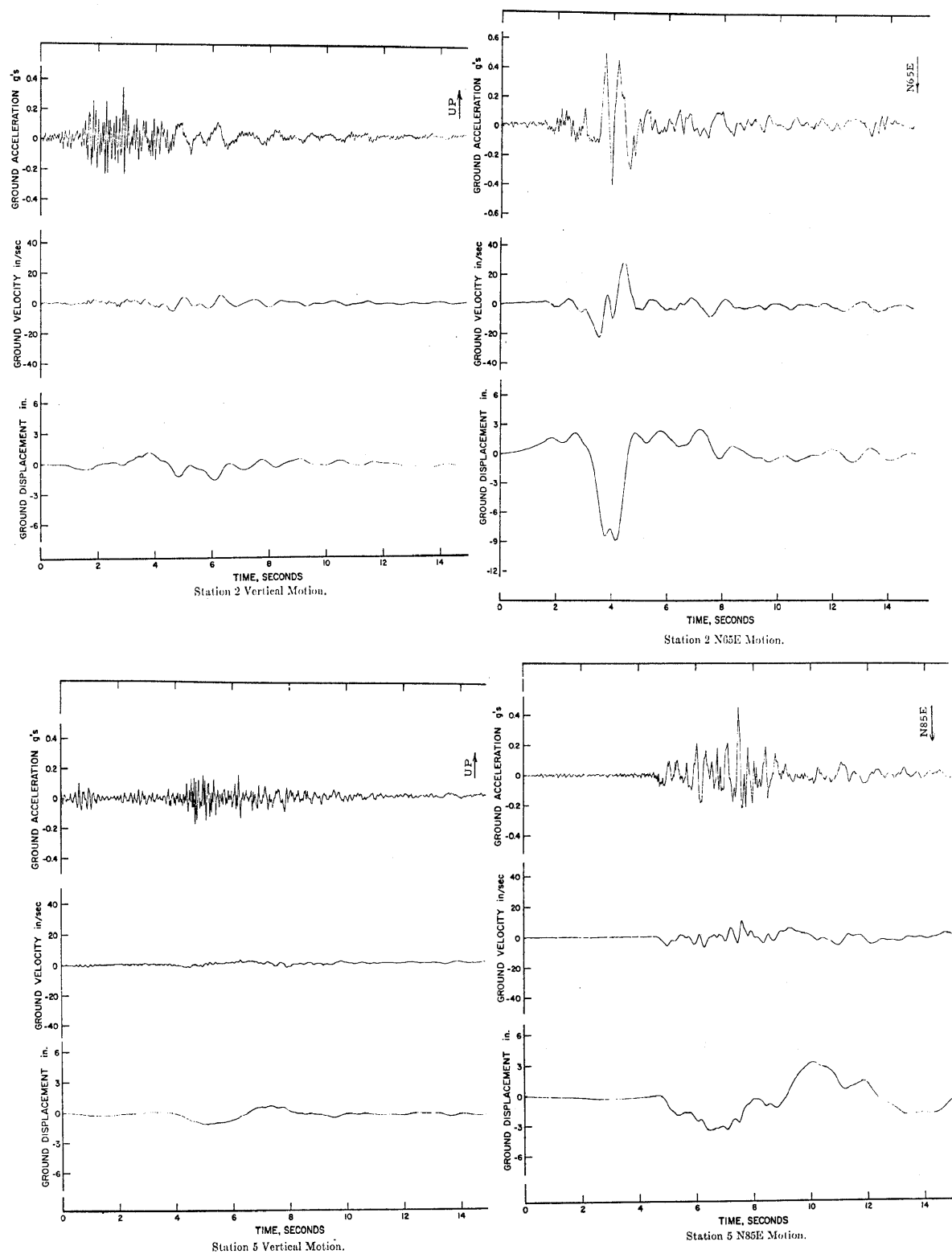


図16-7 ステーション2と5における強震記録 (図16-4参照)〔3〕

## 文 献

- [ 1 ] Harding and Rinehart (1966) : The Parkfield, California, Earthquake of June 27, 1966, *U.S. Government Printing Office*, 1-16.
- [ 2 ] Cloud, W.K. and V. Perez (1967) : Accelerograms-Parkfield Earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **57**, 1179-1192.
- [ 3 ] Housner, G.W. and M.D. Trifunac (1976) : Analysis of accelerograms - Parkfield earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **57**, 1193-1220.
- [ 4 ] Aki, K. (1968) : Seismic displacement near a fault, *J. Geophys. Res.*, **73**, 5359-5376.
- [ 5 ] Cloud, W.K. (1967) : Intensity map and structural damage, Parkfield, California earthquake of June 27, 1966, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **57**, 1161-1178.
- [ 6 ] Hudson, D.E. and W.K. Cloud (1976) : An analysis of seismoscope data from the Parkfield earthquake of June 27, 1966, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **57**, 1143-1159.
- [ 7 ] Brown, R.D., Jr. and J.G. Vedder (1967) : Surface tectonic fractures along the San Andreas fault, in the Parkfield-Cholame, California, earthquake of June-August 1966. *U.S. Geol. Surv. Profess. Paper*, **579**, 2-23.
- [ 8 ] Allen, C. R., and S. W. Smith (1966) : Parkfield earthquake of June 27-29, 1966, pre-earthquake and post-earthquake surficial displacement, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **56**, 955-967.
- [ 9 ] Wallace, R. E., and E. F. Roth (1967) : The Parkfield-Cholame, California earthquakes of June-August, 1966 - Rates and patterns of Progressive deformation, *U.S. Geol. Surv. Profess. Paper*, **579**, 23-39.
- [ 10 ] Kasahara, K. (1964) : A strike-slip fault buried in a layered medium, *Bull. Earthq. Res. Inst. Tokyo Univ.* **42**, 609-620.
- [ 11 ] Filson, J. and T. V. McEvelly (1967) : Love wave Spectra and the mechanism of the 1966 Parkfield sequence, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **57**, 1245-1257.



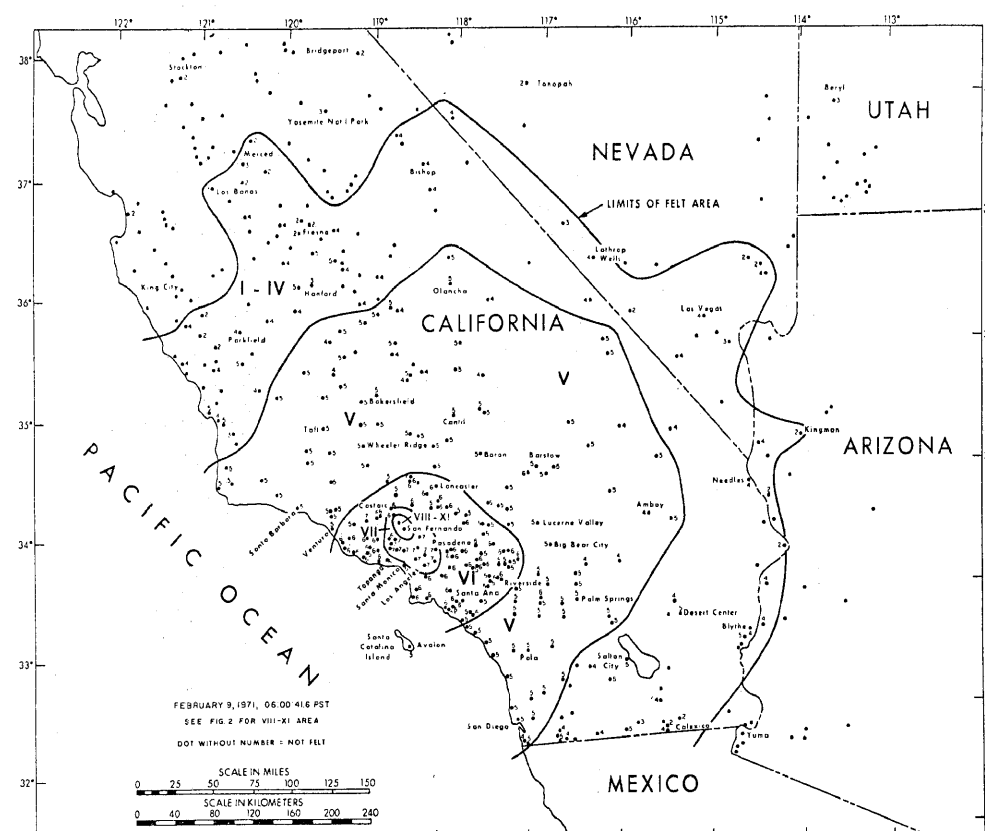
|                                                                                      |                                                                                                                                                                                                |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 17                                                                                   | San Fernando 地震                                                                                                                                                                                |  | 1971 II 9 M=6.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 地震概況                                                                                 | <p>震央は San Fernando 市北方, San Gabriel山中 (ロス・アンゼルス中心街より北西約40 km の所) . Sylmar, San Fernando 地区に地震断層を生じ, 同地区に大きな被害をもたらした. Pacoima Dam において, 最大加速度1.25 Gを記録した.</p> <p>死者: 58名, 地震による火災: 109件〔1〕</p> |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 発生時刻                                                                                 | 6 h 00m (PST)<br>14 h 00m (GMT)                                                                                                                                                                |  | 被害の概況                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| 震 央                                                                                  | 34.4° N 118.4° W                                                                                                                                                                               |  | <p>Sylmar, San Fernando 地区では高速道路, 貯水池堰堤, 電気, 水道, 高圧ガス管等の近代都市施設に大きな被害を与えた. 建築物の被害も多く, San Fernando Veterans Administration Hospital では2棟が倒壊し, 49名が下敷になって死亡したのをはじめ, Olive View Hospital, Holy Cross Hospital, Indian Hills Medical Center, San Fernando Juvenile Hall などが, 倒壊または大破壊を起こした. Van Norman 貯水池の堰堤が水面上5フィートを余しただけで上流側に迂り落ち, 漏水決壊のおそれがあるため, 下流域住民8万人が避難した〔3〕.</p> |  |
| 震源の深さ                                                                                | 13 km                                                                                                                                                                                          |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| マグニチュード                                                                              | 6.5 (Ms) 注1)                                                                                                                                                                                   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 発震機構                                                                                 | A=N 20° E, D=52° NE DR<br>A=N127° W, D=43° SW〔2〕                                                                                                                                               |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 最大震度                                                                                 | Ⅷ: northern Sylmar area (MM震度階)                                                                                                                                                                |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 地動変位                                                                                 |                                                                                                                                                                                                |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 地動速度                                                                                 |                                                                                                                                                                                                |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 地動加速度                                                                                | 1.25 G: Pacoima Dam (測)                                                                                                                                                                        |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 地震記象                                                                                 | AR-240型加速度計:                                                                                                                                                                                   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|                                                                                      | Pacoima Dam                                                                                                                                                                                    |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|                                                                                      | 注1) 6.2 (mb)                                                                                                                                                                                   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|  |                                                                                                                                                                                                |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |

図 17-1

広域震度分布〔3〕

## 地震断層

この地震により震央の南方約 12 km に延長約 12 km 走向  $S 70^{\circ} E$  の断層を生じた。断層各部分における最大変位が図 17-2 に示されている〔4〕。この断層は、左ずれ変位を含む北側上がりの逆断層で、Sylmar 断層と Tujunga 断層との二つの断層から成っている。Sylmar 断層は左ずれ変位が卓越し、Tujunga 断層では横ずれは小さく、場所によっては右ずれさえ観察されている。Sylmar 断層はおよそ 50 m の幅に広がって変形しているが、Tujunga 断層の断層崖は 2~3 m の幅で明瞭である。これは断層下の地質構造を反映していると考えられる。すなわち、Sylmar 断層は Pacoima Wash の西の沖積地に位置し、Tujunga 断層は第三紀層あるいはこれと第四紀沖積層の境界近くに位置している〔4〕。

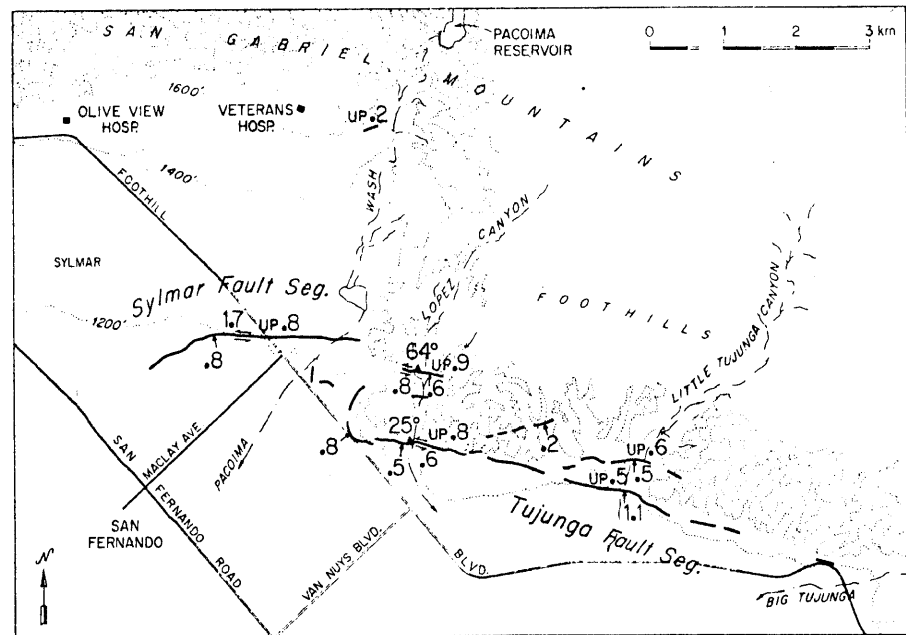


図 17-2 サンフェルナンド地震による地震断層 (太線)。

Maximum observed slip for each main fault segment is given in meters. Vertical slip component is indicated by UP on upthrown side, lateral component by half-barbed arrows, and transverse component by an arrow showing direction of movement of southern side relative to northern. Dip of fault surface is indicated opposite the solid triangles.

## 地震学上の特記事項

## 断層モデル

水準変化、水平変位、歪み変化、傾斜変化、近地震震記象や余震分布に基づいて、次のような断層パラメータが推定されている〔5〕。

|          |                                            |
|----------|--------------------------------------------|
| 断層の走行・傾斜 | $N 64^{\circ}-70^{\circ} W, 52^{\circ} NE$ |
| 断層の面積    | 19 km (長さ) $\times$ 14 km (巾)              |
| 断層変位量    | 1.4 m (逆断層)                                |
| 地震モーメント  | $1.1 \times 10^{21}$ dyne-cm               |
| 応力降下量    | 40~60 bar                                  |
| 破壊の伝播速度  | 2.0~2.5 km/sec                             |
| 応力降下量    | 40~65 bar                                  |

この他にも多数の断層モデルが研究されている〔6〕-〔11〕。

## 断層近傍の被害及び推定地震動

## 地 変

地割れは病院地域や, Sylmar 地域南西, San Fernando 地域, Van Norman 湖の西方で数多く見られる。また Van Norman 湖地域において多数のき裂噴砂にそって地すべりや沈下が発生した。最大の地すべりは Upper Van Norman 湖地域で発生し, すべての建物・施設が大きな被害を受けた〔3〕。

## 建造物の被害

Pacoima Dam. (コンクリートアーチダム) ここでは, 1 G を超える最大加速度が記録されたが, 被害は軽微で, ダム本体と右側のアバットメントにわずかな被害が, 左側アバットメントの上部に被害が発生した。記録された最大加速度は局所的なものと考えられているが, その理由として, 1) 加速度計は高く細い屋根に設置されていた, 2) 加速度計設置点近くで崖崩れがあった, 3) 大きな質量の下部から, 小さな質量の上部へエネルギーが移ることによって加速度が増加した, 4) 加速度計の設置してあるアバットメントの上部において, 地震前後で弾性定数の変化があった, などが挙げられている〔12〕。また, このダムの近くにある管理人の家屋 (木造平屋) の被害については, コンクリートの基礎に被害なし, レンガ造りの煙突に被害なし, 柱にわずかな被害あり, 天井壁と扉の上に細い割目ができ, 扉のゆがんだものはない, となっており, 被害は比較的軽微だったと考えられる〔3〕。

Van Norman earthfill dams 上下二つのダムはともに再建を必要とする大被害を受けた。特に Lower Van Norman ダムは完全崩壊に近い状態で, 下流の住民 8 万人が避難した〔3〕。

San Fernando Veterans Administration Hospital. 古いレンガ造りの建物が崩壊し, 49 名の犠牲者がでた。

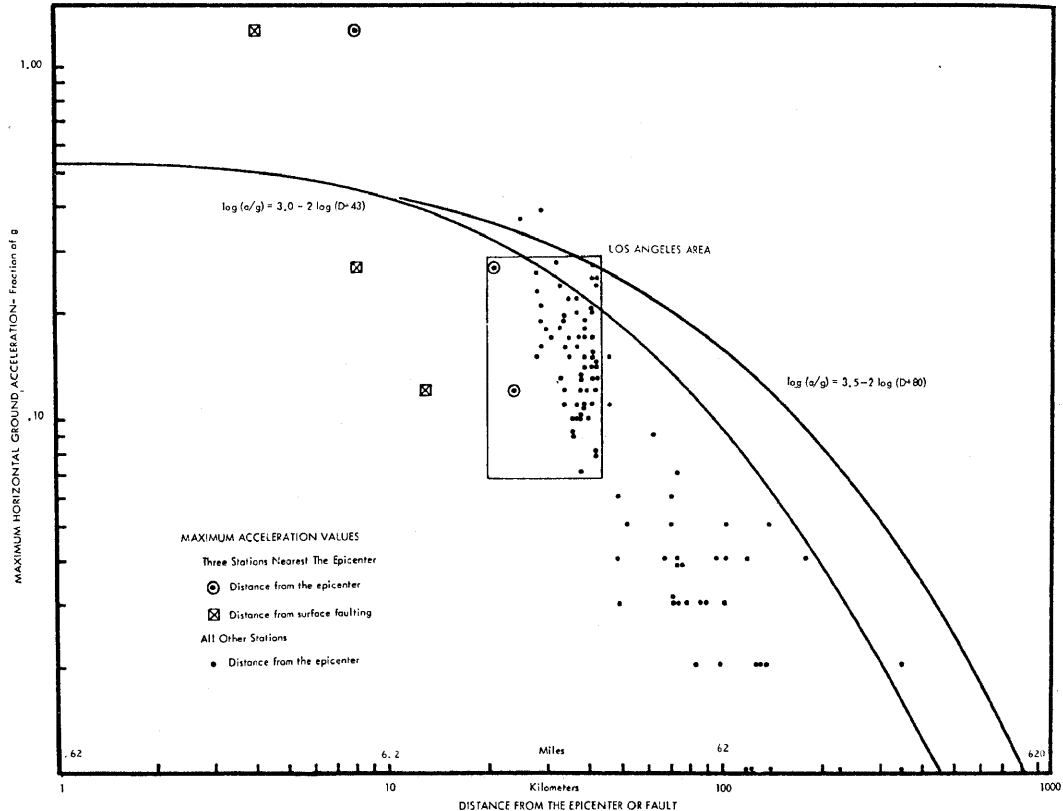


図 17-3 最大水平加速度と震央距離との関係〔15〕。図中の曲線は〔17〕による。

## Olive View Hospital

新築の鉄筋コンクリート建物で、四棟の矩形建物が巴形に連結されている。この一階の柱に大きなずれを生じ建物全体が変位し傾いた。この建物につながれていた4棟の階段用建物は離れて、3棟が倒れた。また、二階建の精神病診断所では二階部分が地階にまで崩れ落ちる大被害が生じた。ここでの被害は激しい震動によると報告されている〔3〕〔13〕。

住 居 一般家屋については、永久変位のあるところで大きな被害が発生している〔3〕。

この地震による被害の詳細は〔14〕に記載されている。

## 加速度の分布

この地震において記録された加速度の分布を図17-3、17-4に示す〔15〕。

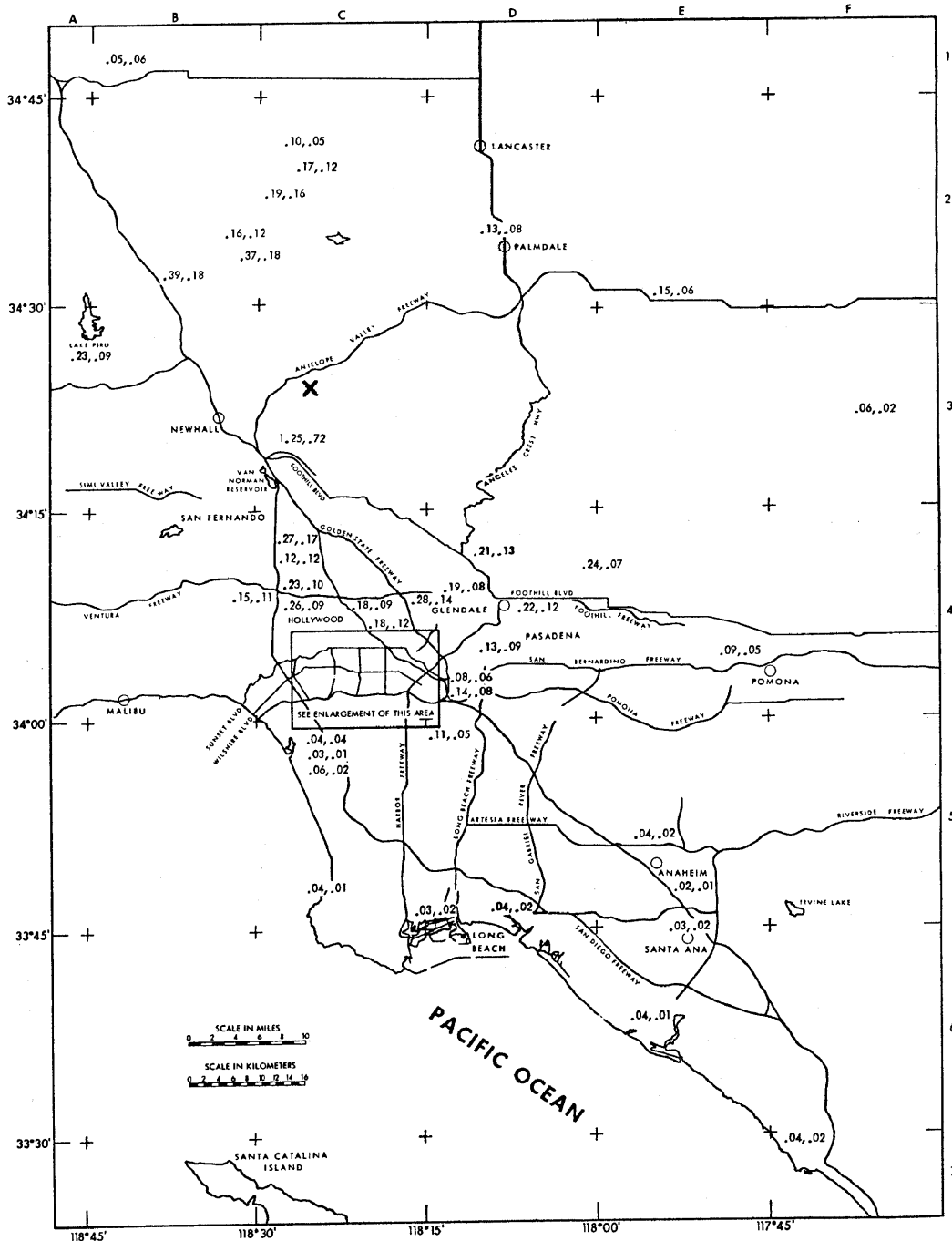


図17-4 水平および垂直加速度最大値の分布〔15〕。数字は各地点における水平方向の最大値と垂直方向の最大値が順に示されている。×印は本震震央 (ISCによる) を示す。

## 地震記象

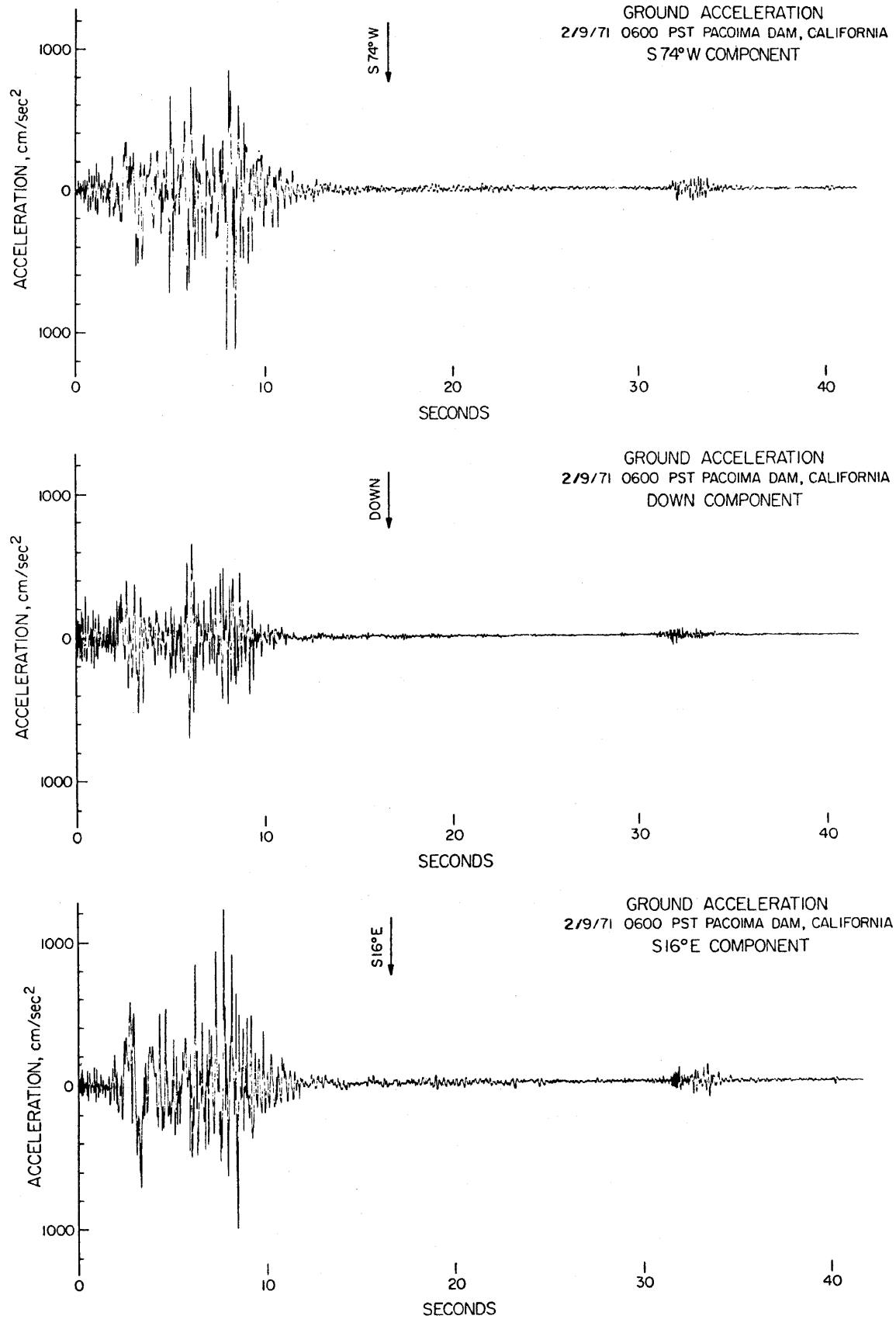


図 17-5 Pacoima DamにおけるAR-240型の記録. 固有周波数: 19Hz  
damping: 60% critical [16]

## 文 献

- [ 1 ] Olson, R. A. (1973) : Individual and organizational dimensions of the San Fernando Earthquake, in vol II [14], 259-312.
- [ 2 ] Canitez, N. and M. n. Toksöz (1972) : Static and dynamic study of earthquake source mechanism San Fernando earthquake, *J. Geophys. Res.*, **77**, 2583-2594.
- [ 3 ] Scott, N.H. (1973) : Felt area and intensity of San Fernando earthquake, in vol III [14], 23-48.
- [ 4 ] Division of Geological and Planetary Science, California Institute of Technology, (1971) : Preliminary seismological and geological study of the San Fernando, California earthquake of February 9 1971, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **61**, 491-495.
- [ 5 ] Mikumo, T. (1973) : Faulting Process of the San Fernando earthquake of February 9, 1971 inferred from static and dynamic near-field displacements. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **63**, 249-269.
- [ 6 ] Wyss, M. and T. C. Hanks (1972) : The source parameters of the San Fernando earthquake inferred from teleseismic body wave, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **62**, 591-602.
- [ 7 ] Trifunac, M. D. (1972) : Stress estimates for the San Fernando, California earthquake of February 9, 1971: Main event and thirteen aftershocks, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **62**, 721-750.
- [ 8 ] Bolt, B.A. (1972) : San Fernando rupture mechanism and the Pacoima strong-motion record, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **62**, 1053-1061.
- [ 9 ] Trifunac, M. D. (1974) : A three dimensional dislocation model for the San Fernando, California, earthquake of February 9, 1971, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **64**, 149-172.
- [ 10 ] Boore, D.M. and M.D. Zoback (1974) : Two-dimensional kinematic fault modeling of the Pacoima Dam strong-motion recordings of the February 9, 1971 San Fernando Earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **64**, 555-570.
- [ 11 ] Jungels, P.H. and G.A. Frazier (1973) : Finite element analysis of the residual displacements for an earthquake rupture: Source Parameters for the San Fernando earthquake, *J. Geophys. Res.*, **78**, 5062-5083.
- [ 12 ] Subcommittee on water and Sewerage Systems (1973) : Earthquake damage to water and sewerage facilities, in vol II [14], 75-193.
- [ 13 ] Johnston, R, G. and D.R. Strand (1973) : Olive View Hospital (24, 25, 26), in vol I [14], 255-292.
- [ 14 ] Murphy, L.M. (1973) : San Fernando, California, Earthquake of February 9, 1971, U.S. Department of Commerce and National Oceanic and Atmospheric Administration, Volume I, Effects on Building Structures, Part A, Introduction and Buildings, part B, Buildings continue Soils and Foundations, PP 841  
Volume II, Utilities, Transportation, and Sociological Aspects, PP 325  
Volume III, Geological and Geophysical Studies, PP 432.
- [ 15 ] Maley, R.P. and W.K. Cloud (1973) : Strong-motion accelerometer records, in vol. III [14].
- [ 16 ] Trifunac, M.D. and D.E. Hudson, 1971, Analysis of the Pacoima dam accelerogram - San Fernando, California, earthquake of 1971, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **61**, 1393-1411.
- [ 17 ] Cloud, W.K. and V. Perez (1969) : "Strong motion-records and acceleration", Proceedings of the Fourth world Conference on Earthquake Engineering, Santiago, Chile, January 13-18, vol. I A-2, impreso en Editorial Universitaria, Santiago, Chile, 119-132

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 18      | Guatemala 地震                                                                                                                                                                                                                                                          | 1976 II 4 M=7.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 地震概況    | <p>震央はグアテマラ東部の Los Amates 付近. 東西300 km 近い Motagua 断層と呼ばれる左横ずれのくいちがいを生じた. この断層は北米・カリブ海両プレートの境界をなすものと考えられている. 有感域は中米諸国・メキシコを含む少くとも <math>10^5 \text{ km}^2</math> の広範囲に及び, とくに Guatemala 市を含む断層西端部付近は激甚な震災を被った.</p> <p>死者: 22,868, 倒壊家屋: 254,750, 損害総額: 11億米ドル. 注1)</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 発生時刻    | <p>03h 01m 43.4s 現地時間</p> <p>09h 01m 43.4s GMT</p>                                                                                                                                                                                                                    | 被害の概況                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 震央      | <p>15.32° N, 89.10° W</p> <p>[ P ]</p>                                                                                                                                                                                                                                | <p>断層沿いの El Progreso, Chimaltenango 両州で最も大きな被害を受け, 家屋倒壊率はそれぞれ90%, 88%に達した. Chimaltenango 州の Comalapa では人口18,163人のうち3,050人が死亡し, 5,000人が負傷した. これらの被害のほとんどがアドベ造の倒壊によるものである. 地震が就寝時間中に発生したことも死者をふやす結果となった. Guatemala 市内の調査によれば, アドベ造とは対照的に鉄筋コンクリート造の被害は一般に軽少で, 構造的に完全に崩壊したものは2例のみであった. なお, 火災による被害が目立ったものはなかった.</p> |
| 震源の深さ   | <p>5 km</p>                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| マグニチュード | <p>7.5 (Ms)</p> <p>注2)</p>                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 発震機構    | <p>S = N66° E, D = 90° SL</p> <p>S = N156° E, D = 85°</p> <p>[ 5 ]</p>                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 最大震度    | <p>K : Mixco 他 (MM震度階)</p> <p>[ 1 ]</p>                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 地動変位    |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 地動速度    |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 地動加速度   | <p>0.61 G : Guatemala 市</p> <p>注3)</p>                                                                                                                                                                                                                                | <p>注1) グアテマラ国家緊急委員会による. 死者は3月3日, 倒壊家屋は2月15日現在.</p> <p>注2) mb = 6.2 [ P ]</p> <p>注3) サイスモスコープ記録による.</p>                                                                                                                                                                                                          |
| 地震記象    | <p>サイスマスコープ: Guatemala 市</p>                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

図 18-1 震度分布

## 地震断層

Motagua Valley の Quebradas から Patzaj 東方 10 km の地点に至る全長 230 km の横ずれ断層が地表に現われた。Quebradas より東方の Motagua Valley 下流域は、湖沼ないし密林地帯で調査が困難だが、余震分布から見て、断層が Honduras 湾付近まで達していることはほぼ確実と思われる。この推定部分まで加えると、断層全長は 270 km となる〔1〕。本地震断層の主要部分 (El Progreso 以東) は、今回の地震以前に Motagua 断層として知られていたものである〔2〕。ここでは、新たに西方へ破れ広がった部分も合わせて Motagua 断層と呼ぶことにする。

大部分の場所では、断層は、雁行状の地割れ群 (地割れ帯の巾 1~3 m、個々の地割れの長さ 1 m 程度) または「モールトラック」状の形態を呈している。断層変位は左横ずれで、地表における最大変位量は 325 cm (El Progreso と Chuarrancho との中間付近) であった。ところによっては上下変位も見られるが、分布は不規則であり、その変位量も水平変位量の 30% 以下である〔1〕。

上記断層のほかに、Guatemala 市西部から Mixco 市にかけて、Mixco 断層をはじめとする副断層群が現われた。各副断層とも走向は北北東-南南西で、東側落ちの上下変位が卓越している。Guatemala 市の北西 8 km の地点で、上下成分 12 cm (東側落ち)、水平成分 5 cm (右ずれ) の最大変位が測定された〔1〕。

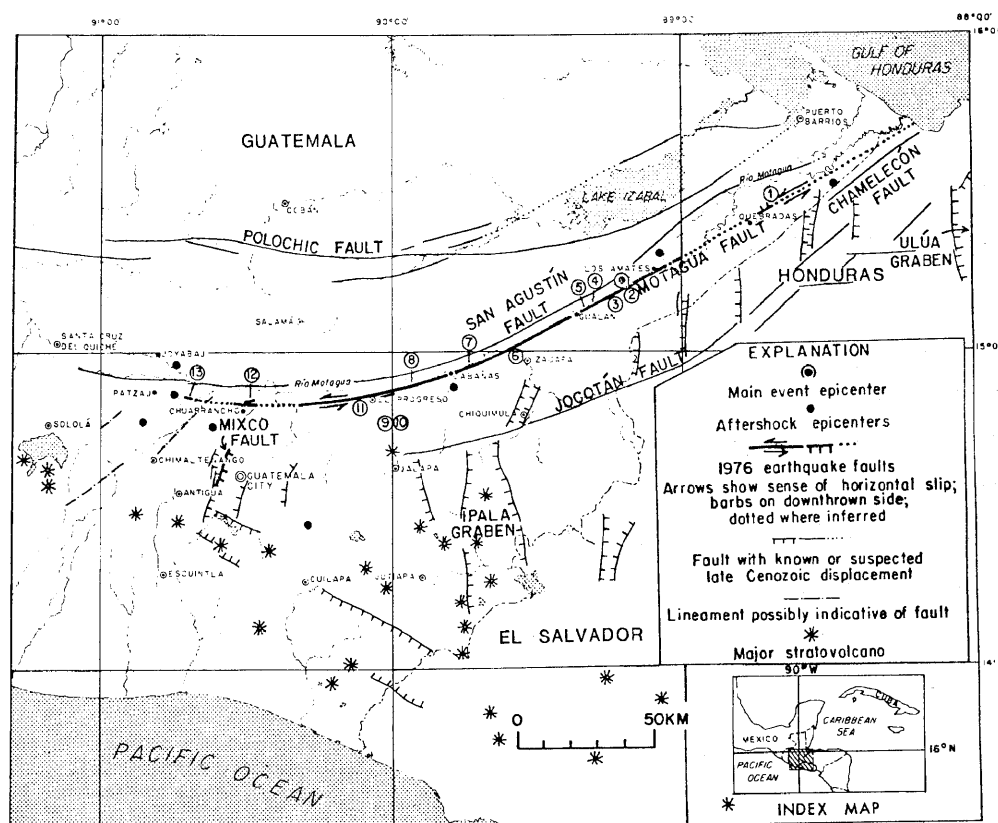


図 18-2 地震断層。数字は調査地点番号を示す。〔1〕

## 地震学上の特記事項

表 18-1 断層モデル〔5〕

## 断層モデル

右表のような断層モデルが得られている。

|         |                                |
|---------|--------------------------------|
| 断層面積    | 250 km (長さ) × 15 km (巾)        |
| 断層変位量   | 2 m (左横ずれ)                     |
| 地震モーメント | $2.6 \times 10^{27}$ dyne · cm |
| 応力降下量   | 30 bar                         |

## 断層近傍の被害及び推定地震動

## 震度分布

現地調査に基づく震度分布を図18-1に示す。震度は **Motagua** 断層に沿って東西に延びる帯状の地域で最も高く、断層から遠ざかるに従って急速に低減している。この大震度帯の中が西方ほどひろがっているのは、おそらく、断層破壊が東から西へ向かって伝播したためであろう。もっとも震動が激しかったのは震央に近い **Gualan** 付近および **Guatemala** 市北西の **Mixco** 断層北端付近で、いずれも震度 **K** (MM震度階) であった。第四紀の火山噴出物が厚く堆積している地域では、震動がとくに増巾されたように見える。各震度ごとの分布面積を表18-2に示す。

表18-2 震度別分布面積 [1]

| 震度 (MM震度階) | 分布面積                       |
|------------|----------------------------|
| Ⅵ 以上       | 3 2, 6 9 7 km <sup>2</sup> |
| Ⅶ 以上       | 6, 4 3 7                   |
| Ⅷ 以上       | 2, 4 9 5                   |
| Ⅸ          | 1 2 5                      |

## アドベ(日干しレンガ)造建築物の被害

被害を受けた建築物の大多数はアドベ造の家屋であった。グアテマラのアドベ造は、ほぼ壁体のみで水平ダイヤフラムの役割をするものがなく、かつ直交壁間の接合隅角部がほとんど緊結されていない。従って、面外方向力にほとんど抵抗できずに崩壊しているのが特徴的である[3]。

図18-3から明らかなように、アドベ造の被害が最も著しかったのは、**Motagua** 断層沿いの **Gualan** から **El Progreso** に至る帯状の地域、および同断層の西端付近一帯である。両地域の間には、東西約40kmにわたって、被害のやや少ない部分が見られる。このアドベ造被害率分布の大勢は、震度分布(図18-1)とよく調和している。

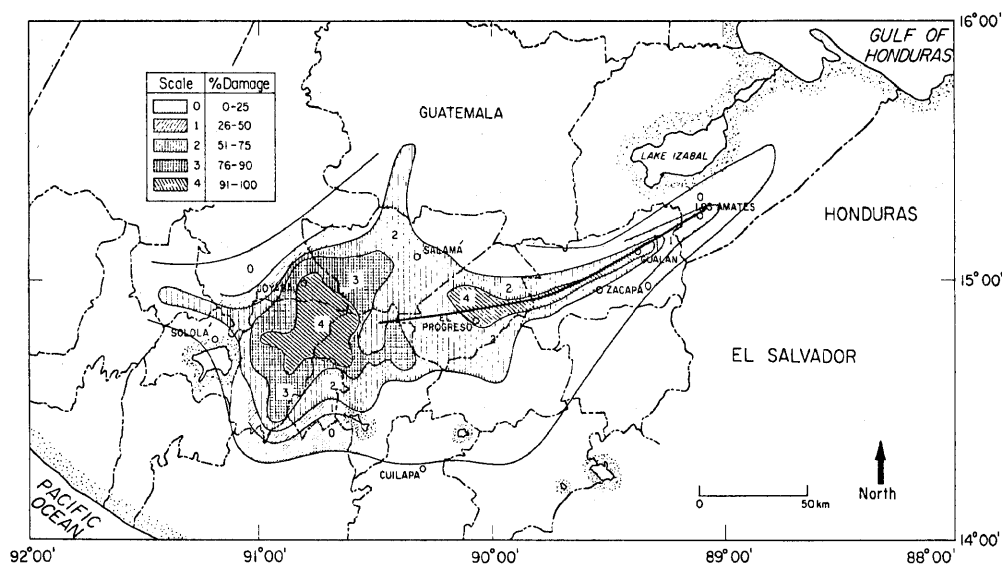


図18-3 アドベ造建築物の被害率分布。被害百分率の数字は崩壊(collapse)した棟数の割合を示す。 [1]

## 地 変

地送り, 山崩れ, 地割れ, 地盤の沈下, 液状化現象, 噴砂などの地変が各所に見られた。これら地変の発生場所は, 断層に沿った巾約50kmの地帯にほぼ限られているが, なかには遠くエルサルバドルで噴砂が見られたという報告もある。地変の地域分布(図18-4)を見ると, 地変の様相が地質地形条件に強く支配されていることがわかる。すなわち, 西部高地では山崩れ・地送りが多発し, 他方, Honduras 湾側の東部低地では地割れ・地盤の液状化現象が顕著であった。

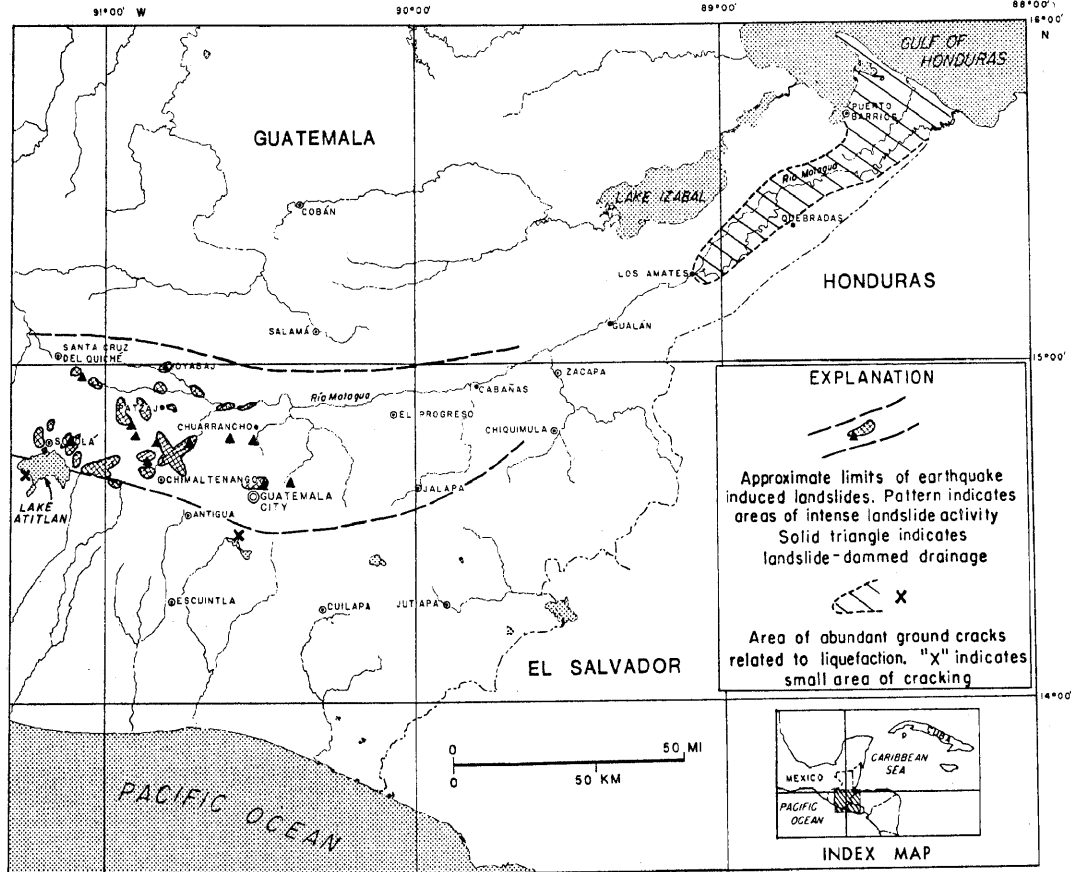


図18-4 地変の分布。地送りは地震直後の航空写真から判読。〔1〕

## 器械観測

地震当時, グアテマラには強震計2台, サイスマスコープ3台があったが, 稼動状態はきわめて悪く, 記録が取れたのはサイスマスコープ2台のみであった。これらは Guatemala 市内の San Carlos 大学管理棟(4階建)の1階および屋上に設置されたもので, Motagua 断層からの距離は30kmである。前者(1階)の記録を図18-5に, それから再現された地動加速度波形を図18-6に示す。主要動部分の地動加速度はおおむね0.2G以内であるが, 大加速度の鋭いピークが2つ認められる。図18-6から読み取った数値を表18-3に示す。

表18-3 サイスマスコープ記録による最大加速度

|         | 最大 加 速 度 |         | 周 期      |
|---------|----------|---------|----------|
|         | 南 北 成 分  | 東 西 成 分 |          |
| 第 1 ピーク | 0.61 G   | 0.29 G  | 0.15 sec |
| 第 1 ピーク | 0.18     | 0.30    | 0.15     |

なお, 地震後, U. S. Geological Survey〔1〕, ベネズエラ〔4〕などの調査団が強震計による余震観測を行った。

## 地震記象

図18-5 Guatemala

市内の San Carlos  
大学管理棟1階におけ  
るサイスモスコープ記  
録。矢印は北方向を示  
す。

計器の定数

感度:  $5.8\text{cm/rad}$ .

周期: 0.78 sec.

ダンピング: 10%



[1]

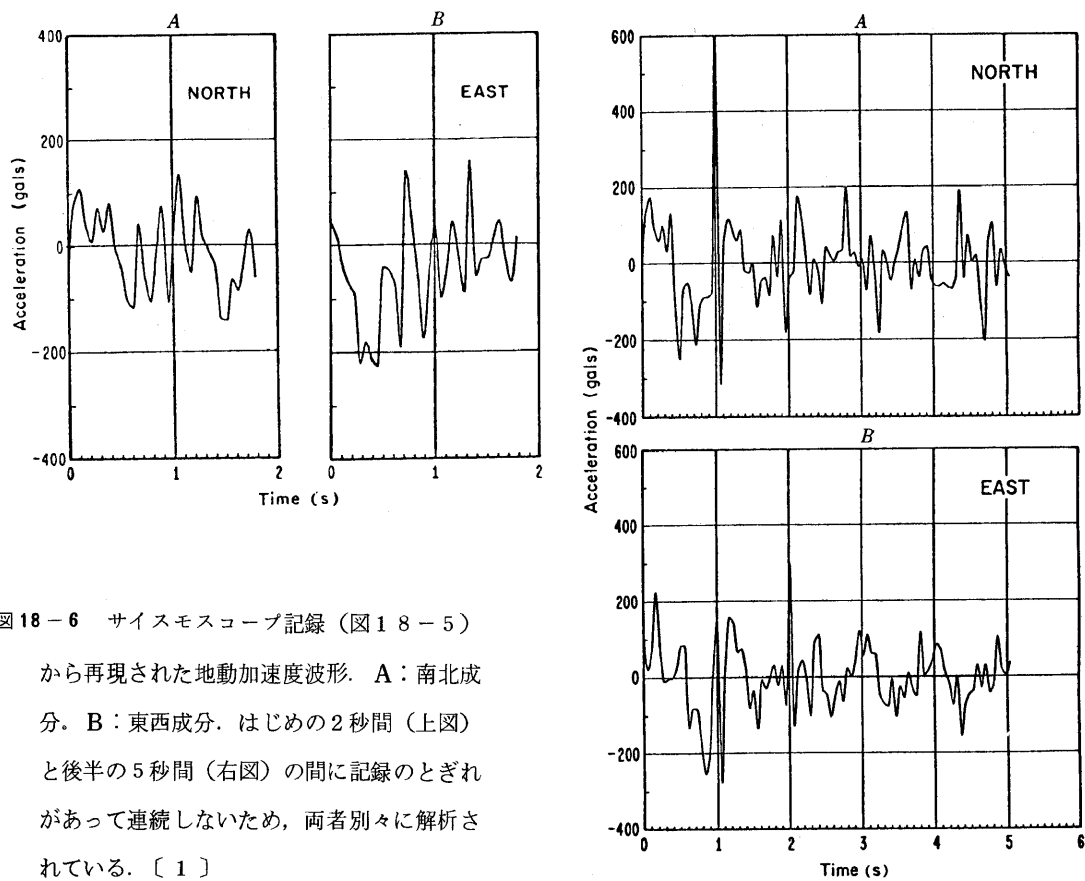


図18-6 サイスモスコープ記録 (図18-5)

から再現された地動加速度波形。A: 南北成分。B: 東西成分。はじめの2秒間 (上図) と後半の5秒間 (右図) の間に記録のとぎれがあって連続しないため、両者別々に解析されている。[1]

文

献

- [ 1 ] Espinosa, A.F. (ed) (1976) : The Guatemalan Earthquake of February 4, 1976, a Preliminary Report, *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 1002, pp. 88.
- Tectonic setting and seismicity (Spence, W. and W. Person)
- Instrumentally recorded seismic activity prior to the main event (Harlow, D. H.)
- Main event and principal aftershocks from teleseismic data (Person, W., W. Spence and W. Dewey)
- Main event source parameters from teleseismic data (Dewey, J. W. and Julian, B. R.)
- Strong-motion recordings of the main event and February 18 aftershock (Knudson, C. F.)
- Aftershocks from local data (Langer, C. J., J. P. Whitcomb and Arturo Aburto Q)
- Geologic effects (Plafker, G., M. G. Bonilla and S. B. Bonis)
- Intensity distribution and source parameters from field observations (Espinosa, A. F., R. Husid and A. Quesada)
- Damage and engineering implications (Husid, R., A. F. Espinosa and A. Quesada)
- Structural engineering observations in Guatemala City (Steinbrugge, K. V.)
- [ 2 ] Dengo, G. and O. Bohnenberger (1969) : Structural development of northern Central America, *Amer. Assoc. Petroleum Geologists Mem.*, 11, 203-220
- [ 3 ] 渡部 丹 (1976) : ガテマラ地震災害に関する報告書, 日本地震工学会ニュース, 32, 14-19.
- [ 4 ] Fiedler B., G. E. (1976) : Guatemala, the Motagua Fault Earthquake of February 4, 1976, Comandancia General de la Marina, Ministerio de la Defensa, Republica de Venezuela, pp. 73.
- [ 5 ] Kanamori, H. and G. S. Stewart (1978) : Seismological aspects of the Guatemala earthquake of February 4, 1976, *J. Geophys. Res.*, 83, 3427-3434.

# 内 陸 地 震 調 査 委 員 会

EXAMINATION COMMITTEE OF MAJOR INLAND EARTHQUAKES

委員長 萩 原 尊 禮 ( 東京大学名誉教授 )

委 員 茅 野 一 郎 ( 東京大学地震研究所 )

浜 田 和 郎 ( 国立防災科学技術センター )

大 竹 政 和 ( 国立防災科学技術センター )

井 元 政二郎 ( 国立防災科学技術センター )

小 池 幸 男 ( 国立防災科学技術センター )

( 1 9 7 9 年 1 月 3 1 日原稿受理 )