

1980年9月11日，琵琶湖地震の通信調査

長 秋雄，見野 和夫

QUESTIONNAIRE SURVEY ABOUT LAKE BIWA EARTHQUAKE ON SEPT. 11, 1980

By *Akio*, CHO and *Kazuo* MINO

Synopsis

An earthquake of magnitude 4.8 occurred in Lake Biwa on 11, Sept. 1980. The questionnaire survey was carried out on this earthquake and distribution of seismic intensity was determined from 942 answers. Seismic intensity, 3.0, was estimated in epicentral region. In epicentral distance near than 35 km, seismic intensity was larger than 2.0. Abnormally large intensity was observed in distant part, Fushimi-ku, southern part of Kyoto City. It was over 2.5.

1980年9月11日琵琶湖南部で有感地震 ($M=4.5$) が発生した。琵琶湖周辺の有感地震としては1979年10月の花折地震 ($M=4.9$) 以来1年ぶりのものであった。

我々は前年の花折地震に際して通信調査を行い，上下動を感じた人の分布と地震前に音が聞こえた人の分布に震央を中心としてある方向性がみられ，それらが花折地震の発震機構から推察されるP波の卓越方向とはほぼ一致するという結果をえた。

今回の琵琶湖地震は，前回の通信調査地域内で起ったものであり，この地震に関して前回と同様な調査票を用いて通信調査を行った。

1. 琵琶湖地震について

今回の地震は，1980年9月11日20時46分に滋賀県野州川河口沖の琵琶湖中，地下16kmでおこった。規模は $M=4.5$ である。震央を **Fig. 1** に琵琶湖中の黒丸で示す。

気象庁速報による各地気象台の震度は以下のとおりであった。

- | | |
|-----|----------------------------|
| 震度Ⅲ | 京都 |
| Ⅱ | 大阪，彦根，奈良，和歌山，敦賀，四日市，
上野 |
| Ⅰ | 福井，岐阜，舞鶴 |

Fig. 1 に気象庁地震月報より抜粋した1926年以降の琵琶湖周辺の主な地震 ($M \geq 4$) と歴史被害地震の震央分布を示す。数字を付したものが歴史被害地震であり，数字はマグニチュードを表わす。この地域は，1909年の姉川地震 ($M=6.7$) 以来70年間の被害地震にみまわれていないが，過去にいくつかの被害地震が発生していた地域である。**Fig. 8** に宇佐美 (1975)¹⁾ による1819年の地震 ($M=7.4$)

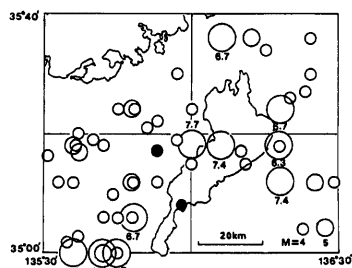


Fig. 1. Locations of epicenters of earthquakes ($M \geq 4$), occurred between 1926 and Sept. 1980, and disastrous and historical earthquakes around Lake Biwa. Solid circles are shown the earthquake occurred on 11, Sept. 1980 and 26, Oct. 1979.

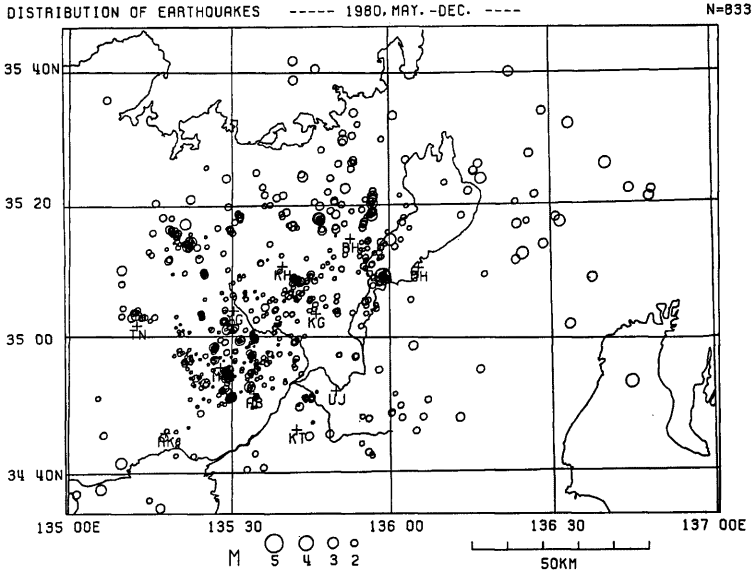


Fig. 2. Distribution of microearthquakes determined by Abuyama Seismological Observatory during a half year from May to Dec. 1980.

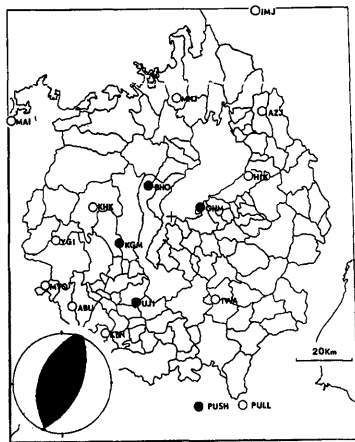


Fig. 3. Distribution of initial motions of P waves and focal mechanism.

さる9月11日(木曜)の午後8時46分に近畿地方に発生した地震について以下の質問にお答えの上、投函下さい。

- A) 地震のときにいた所(地名を詳しく)
 - ① 1. 屋内 2. 屋外
 - ② 屋内の場合 (1. 机際コンクリート 2. 未造 3. プリブ)の []階にいた。
 - B) 地震を感じたとき
 - ① ねむっていた。 ② 屋内でくまを。 ③ 横になって
 - ④ 歩いていた。 ⑤ 屋外でくまを。 ⑥ 歩いて
 - ⑦ 運動していた。
 - C) 地震のゆれのつよさについて
 - ① 感じなかった。 ② ごく少しゆれた。 ③ (1. 電灯 2. スイッチのひも 3. [])など吊り下がっているものが (1. 少し 2. かなり)ゆれた。
 - ④ 戸や障子が(1. 1かすかに 2. かなり)ゆれた。
 - ⑤ 棚の(1. 1食器 2. 花瓶 3. 人形 4. [])が(1. 少しゆれた。 2. 大きくゆれた。 3. 崩れた。)
 - ⑥ 傾んであったものが(1. 少し 2. かなり)くずれた。
 - ⑦ ⑥その他気づかれたこと
 - D) ゆれ方について
 - ① ゆれの方向は(1. 上下 2. 横 3. 上下横とも 4. わからぬ)
 - ② 横ゆれを感じた方に(1. 東西 2. 南北 3. 北東-南西 4. 北西-南東)方向にゆれた。
 - E) 地震の揺れ後にかわ。た音がありましたか
 - ① なかった。
 - ② (1. 秒・分前項に[]方向で(1. 地震)動した。 2. 地震ものがみえた)
 - F) 揺動の異常
 - ① ②その他気づかれたこと
- 回答者の氏名 _____ 年令 _____ 男/女
 住所 _____ TEL () _____
 参加力ありがとうございました。

Fig. 4. Contents of questionnaire survey.

の震度分布を示す。姉川地震では死者41名、住家全壊976の被害をだしている。

さらに今回の地震の特徴についていくつか簡単に述べる。Fig. 2 は阿武山地震観測所による1980年5月から1980年12月にかけての近畿地方北部での微小地震活動図である。今回の地震は琵琶湖西岸の微小地震活動域の東端で起っている。Fig. 3 に今回の地震の初動の押し引き分布とそれから求められた発震機構を示す。これから、今回の地震は主圧軸をほぼ東西にもつ、逆断層型の地震であった。前田ら(1981)⁹⁾は余震16個の震源決行を行い、いずれの余震の震源もほぼ西側の節面にのることを示し、変位を生じた断層面は西側の節面であると報告している。阿部(1980)⁹⁾による琵琶湖周辺のブーゲ重力異常図によれば、今回の地震の震央周辺で等重力線が密になっておりその走向が今回の地震の断層面の走向と一致している。このことは、この地点に何らかの異常構造があることをうかがわせる。

2. 通信調査の方向

今回の通信調査に使用した調査票の内容をFig. 4に示す。これは、前回同様、岸本(1974)が神戸市における震度調査において使用したものを参考にして製作した。質問内容は、地震時の所在地・状況・地動の大きさ・地動の方向・地震に伴っての異常の有無についてである。回答しやすいように選択方式で行なった。この調査票をはがきに印刷し、震央距離60km以内の116市町村区役場に各10通、震央周辺の国鉄の50駅に各3通の計1310通を郵送し、それぞれの職員の皆さんに回答の後、郵送・返却してもらうようお願いした。

通信調査によって震度分布等を調べる場合、調査票は空間的に均一に配布することが望ましいが、そのためには事前に準備がなされてなければならない。今回はその準備がなされていなかったため、便宜上市町村別による区分とした。以後の調査結果の整理も市町村別で行った。各市町村の大きさはまちまちで山岳地域ではかなり大きい市町村もある。しかし、そのような地域でも、回答者の居住地は山麓や谷あいの沖積地が主であるから、回答者の分布は各市町村で大きくても10km四方を越えることはないと思われる。琵琶湖沿岸では市町村区分が密であるから回答者の分布は山岳地域とくらべより密となる。

調査ハガキの配布日は地震発生の5日後と遅れたが、回収総数は967通(73%)と高かった。そのうち所在地が明確である942通を以下の解析に使った。

3. 調査結果

3.1 震度分布

調査票の質問項目c)での各選枝と震度との換算は、気象庁震度階に準拠して以下のようにした。

- i) : 0
- ii) : 1
- iii) 少し : 1, かなり : 2
- iv) かすかに : 2,
- v) 大きくゆれた : 3, 倒れた : 4
- vi) 少し : 3, かなり : 4

同一回答者で複数の選択がある場合は大きい方の震度を採用することにした。地震時に回答者がいた建造物による震度差は空間・岸本(1974)⁹⁾の調査ではあまりみられていないので、この調査でも建造物の違いは考慮しないこととした。

市町村別の地域震度は、各回答者の震度に対応する加速度の相加平均値を求め、その値を震度に換算したものを採用した。震度と加速度の関係は河角(1943)⁹⁾による次の式を使った。

$$\log_{10} A = \frac{I}{2} - 0.6$$

Iは震度、Aは加速度を夫々表わす。

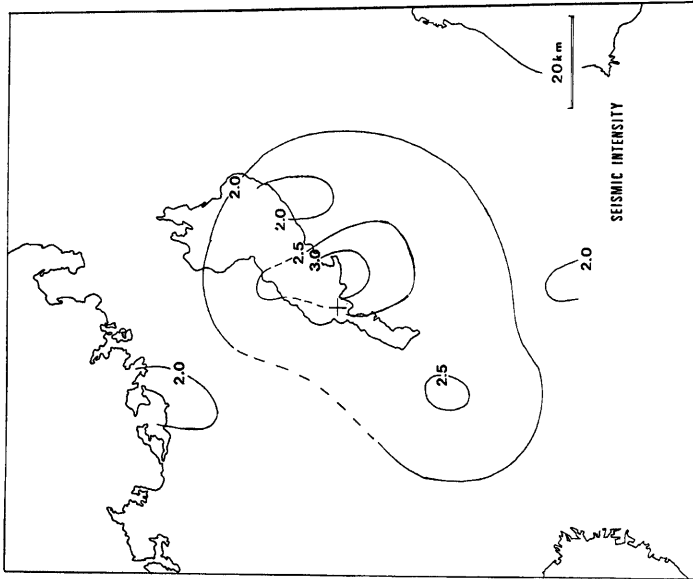


Fig. 6. Distribution pattern of seismic intensity of the earthquake on 11, Sept. 1980.

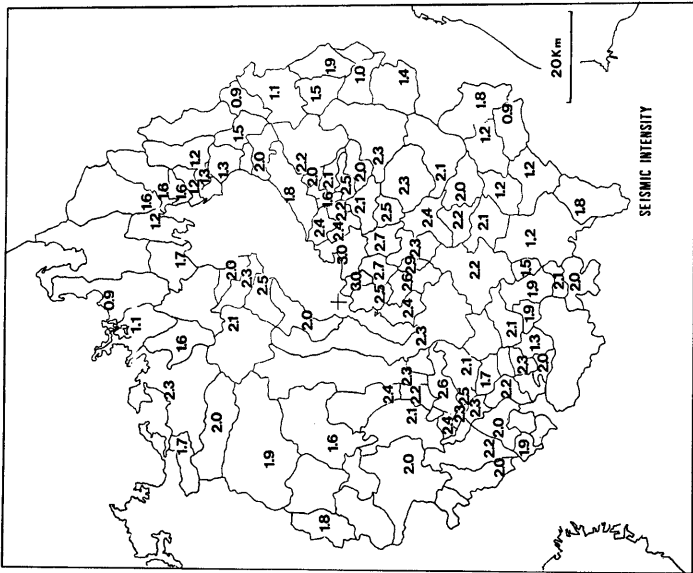


Fig. 5. Seismic intensity of the earthquake on 11, Sept. 1980.

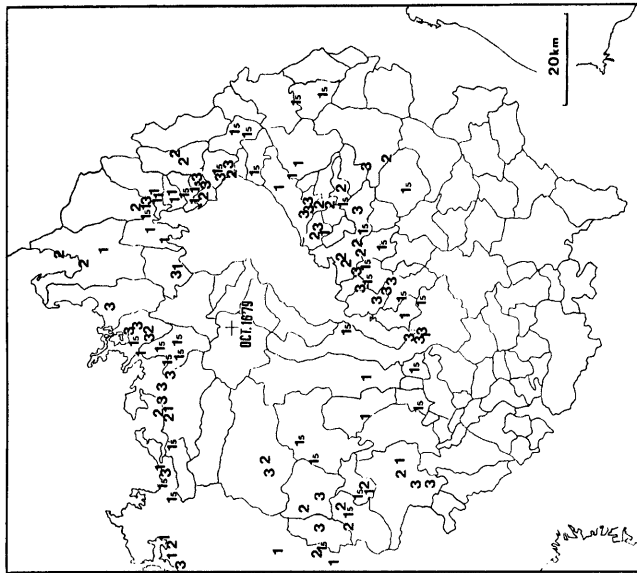


Fig. 7. Distribution pattern of seismic intensity of the earthquake on 16, Oct. 1979.

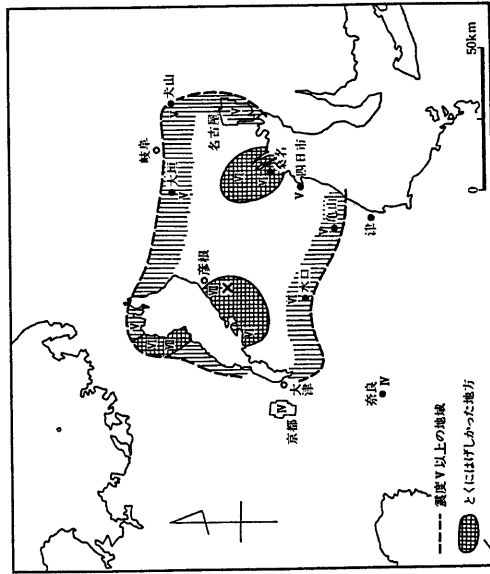


Fig. 8. Distribution of seismic intensity of the earthquake occurred on 2, Aug. 1819 ($M=7.4$). Shadow part shows seismic intensity over 5. Disastrous damage was found in the meshed region.

各回答者の震度の相対平均値は、加速度の相対平均値を震度に換算した値と等しい。したがって前者の方が後者より大きい値を与える。その差は、今回の結果では平均で0.4程度である。このような方法を採用したのは、地域別の代表震度として平均値をとる場合、物理量である加速度の平均値をとる方が好ましいと考えたからである。

こうして得られた市町村別の地域震度を Fig. 5 に示す。ここでは、返却数が5通以上の市町村の地域震度を示してある。Fig. 6 は Fig. 5 から求めた震度分布図である。

琵琶湖東岸で震央に近い地域では震度2.5を越えており、震央に近い中主町・近江八幡市では震度3.0である。これに対して、琵琶湖西岸の志賀町では震央に近いにもかかわらず震度2.0と小さい値が得られた。この違いは両地域の地盤の違いによるものであろう。東岸は沖積地であるのに対し西岸は基盤である花崗岩類が湖岸近くまで露出している。

淀川と木津川沿いの沖積地は、震央距離がほぼ等しい他市町村と比べて震度が大きい。中でも、京都市伏見区、久御山町では震度2.5以上となっている。

彦根市、愛知川町の震度はそれぞれ1.8、1.6と震央距離にくらべて震度が小さい。これは、震央距離がほぼ等しい彦根気象台と京都気象台の震度がそれぞれⅢとⅡであることと調和している。Fig. 7 に長・見野(1980)⁶⁾が1979年10月16日の花折地震(M=4.8)についての通信調査での回答者ごとの地点震度を示すが、今回と同様に、彦根市周辺が回りに比べて震度が小さい。Fig. 8 の宇佐美(1975)による1819年の地震(M=7.4)の震度分布でも彦根市の震央距離に比べて震度が小さい。

また、Fig. 8 に1819年の地震の際の被害分布を示したが、メッシュで示された被害が特にげしかった地域と、今回の震度分布図(Fig. 7)での震度2.5以上の地域とがほぼ一致する。

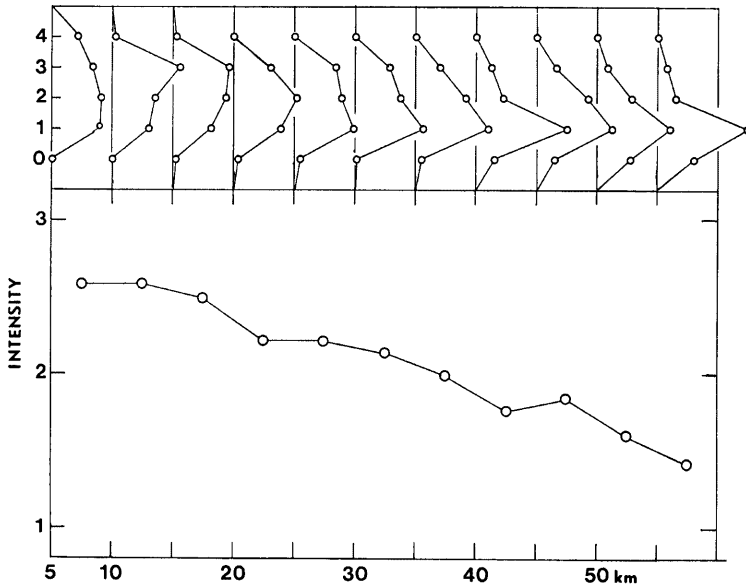


Fig. 9. Frequency distribution of seismic intensity of each 5km of epicentral distance, Uppon figure, and relation between seismic intensity and epicentral distance.

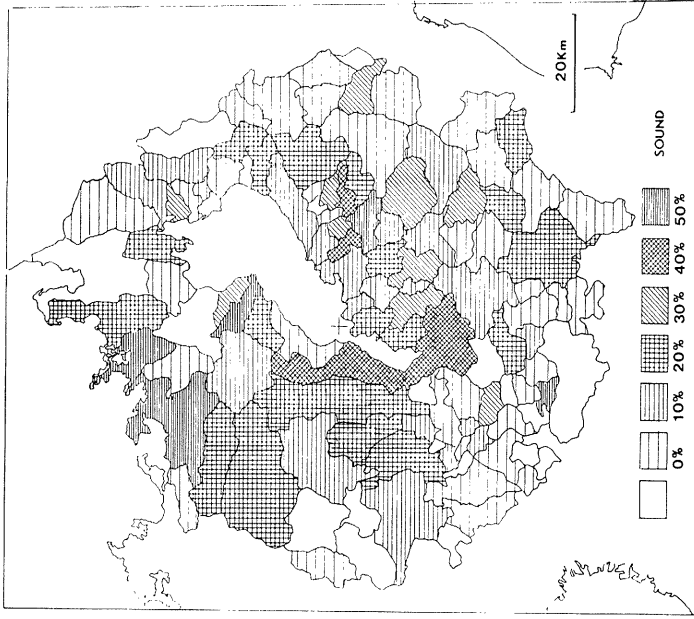


Fig. 11. Ratio of the persons heard the abnormal sound before and after the earthquake and all solvers felt the earthquake.

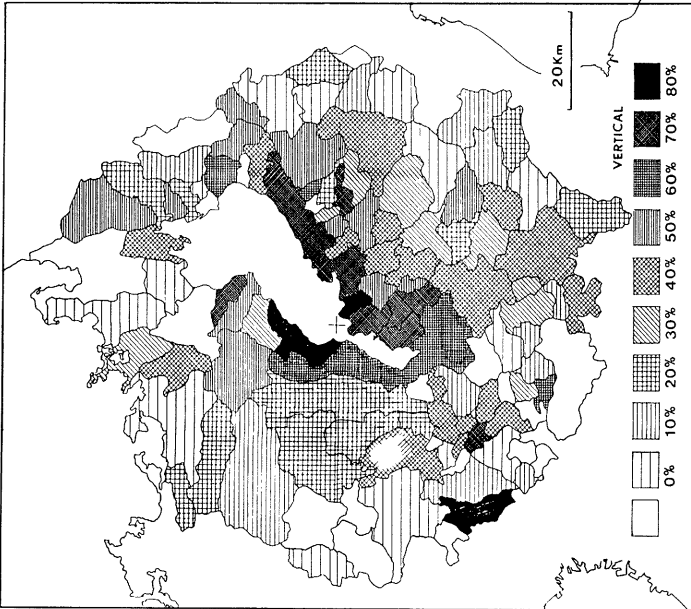


Fig. 10. Ratio of the solvers felt vertical motion and all solvers felt the earthquake.

国鉄の米原—新高機間の4変電所に設置された換震器は震度4に相当する40 gal から80 gal を記録しており、これに比べて通信調査による震度はかなり小さい。

Fig. 9 に震央距離 5 km ほどの回答者の震度の出現率と震央距離 5 km ほどの震度を示す。震央距離 5~10 km で回答者の震度の出現率が全体の傾向と異なるのは前述の志賀町の影響である。震央距離 35 km 以内の地域では震度は2.0を越える。

3.2 ゆれ方について

有感者840名中620名がゆれ方について回答しているそのうちわけは次に示す。

上下動のみ	240通 (29%)
上下動・水平動とも	80通 (10%)
水平動のみ	300通 (36%)
回答なし	220通 (26%)

Fig. 10 に各市町村ごとの地震を感じた人に対する上下動を感じた人（以下上下動有感者とする）の率を示す。震央周辺では7割を越える。これは花折地震の際の通信調査では震央周辺でも5割代であったの比べると、上下動をよりよく感じている。また、5割以上の各市町村は琵琶湖周辺に長円的に分布している。これは花折地震の際には、花折断層と斜行する4方向で率が高かったのと比べ特徴的である。これらは、今回の地震と花折地震の発震機構の差を反映していると思われる。今回の地震は逆断層型であり、花折地震はよずれ断層型であった。

3.3 地 鳴 り

有感者840名中140名(17%)の方が地震前後で地鳴りが聞こえたと回答している。これは花折地震の通信調査での37%に比べかなり小さい。ただし、台風13号が地震当日に輪島沖にいたため、調査地域北部では台風の影響がでているかもしれない。Fig. 11 に各市町村での地震を感じた人に対する地鳴りが聞こ

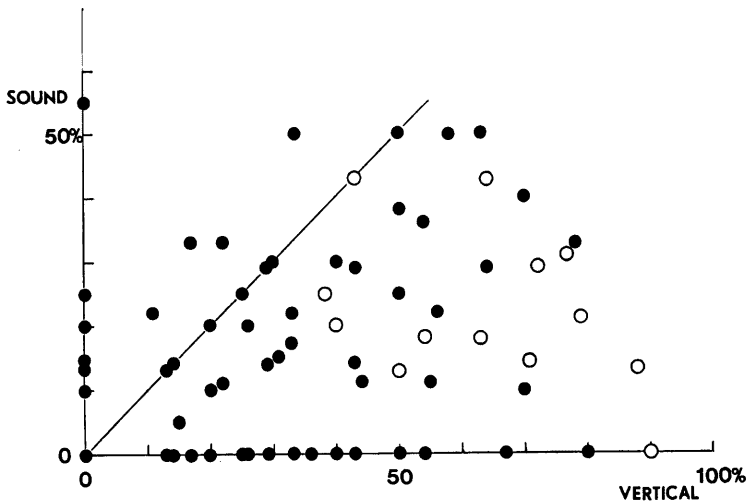


Fig. 12. Relation between ratio of the number of persons felt vertical motion and ratio of solvers heard the sound.

えた人の率を示す。3割を越す市町村は、小浜市・三方町、と琵琶湖南東の10市町（八日市市・湖東町・安土町・大津市など）が主な地域である。この2地域は、花折地震の通信調査の際にも、地鳴りが聞こえた人の頻度が高かった地域である。

花折地震の通信調査の結果から、地震前後の地鳴りはたて波によるものとした。地鳴りが聞こえた人のゆれ方の回答は、上下動のみ56人（40%）上下・水平動とも20人（14%）水平動のみ48人（34%）となる。全体とくらべてみると、上下動有感者の率は大きい、水平動のみを感じている人の率はほとんど減っていない。Fig. 12 に市町村ごとの上下動有感者の率と地鳴りが聞こえた人の率の関係を示す。両者の間には明瞭な相関はみられない。

地鳴りが聞こえた時刻については81通の回答があった。

2秒以内 43通, 5秒以内 26通, 10秒以内 8通

11秒以上 4通

地鳴りが聞こえた人の半数（49%）が地震前の5秒以内に地鳴りを聞いていることになる。

地鳴りが聞こえた方向については44通の回答があった。

Fig. 13 に地鳴りが聞こえてきた方向と震央の方向とがなす角度の頻度を示す。地鳴りが聞こえた方向は必ずしも震央の方向と一致していない。

3.4 地震前後の異常について

地鳴り以外の地震前後の異常として次のものが回答されていた。

鳥類の異常, 7通「小鳥がさわいだ（甲賀町）、キジが発生前に鳴いた（塚高石消防本部）等」

哺乳類の異常, 5通「ネコが地震前後ぐらゐ急に外へでた（安曇川町）犬が家の中へとびこんできた（中主町）

普断はネズミがさわいでいるが気のせいかな静かだった（甲良町）等」

昆虫類の異常, 2通「羽アリがとんできた。（井手町）アリが移動しているのを今夏はいくつも見た。（加茂町）」

光りもの, 1通「南西方向の空がぼんやり明るく見えた。（八日市市）

その他, 2通「むし暑かった（草津市）等」

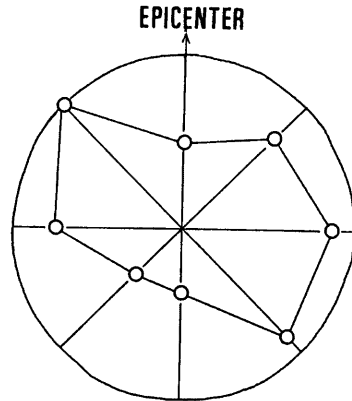


Fig. 13. Distribution of direction of the abnormal sound.

4. ま と め

1980年9月11日琵琶湖でおこった有感地震 ($M=4.5$) について震央距離 60 km 以内から得られた942通の通信調査の回答から震度分布が得られた。

気象庁震度階で、震央付近は震度3.0であり、震央距離 35 km 以内では震度2.0を越える市町村が多い。震央距離にくらべて志賀町、彦根市周辺は震度が小さく、京都市伏見区周辺では震度が大きい。

地動のゆれは、逆断層型の地震であったため震央付近では7割以上の人が上下動を感じている。

地震後に通信調査を行って震度分布を調べることはこれまで多くの研究者によってなされているが、その多くは大地震に限られていた。最近では太田ら（1974）⁷⁾ によって中程度の地震に際して中程度の都市に密に通信調査を行うことでミクロな震度分布を求め地盤特性の2次元分布を推定する試みがなされた。調査票・解析手法の研究が進むとともに、この方法の有効性が明かとなってきた。我々の今回のような簡便な通信調査でも、かなり意味のある震度分布が得られることがわかった。

防災のため、大地震時の震度分布・被害分布を予測する方法の一つとして、通信調査は廉価で有効な方法であると思われる。

謝 辞

今回の通信調査を行うにあたって快よく回答下さった各市町村役場と駅の職員の皆さんに厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 宇佐美龍夫：資料日本被害地震総覧，東京大学出版会 昭50
- 2) 前田直樹・黒磯章夫：1980年9月11日，琵琶湖でおきた有感地震 ($M=4.5$) について，地震学会講演予稿集，昭56，No 1，pp. 22.
- 3) 阿部悦郎：私信
- 4) 笠間太郎・岸本兆方：神戸と地震，神戸市総務局・神戸市土木局，昭49
- 5) 河角 広：震度と震度階，地震，第15巻第1号，昭18.1，pp. 6-12
- 6) 長 秋雄・見野和夫：1979年10月16日花折地震の通信調査について，京都大学防災研究所年報，第23号 B-1，昭55.4，pp. 87-93.
- 7) 太田 裕・後藤典俊：アンケートによる震度の推定および Seismic Microzoning Map 作成の試み，自然災害資料解析 1，昭49，pp. 14-24.