

1944 年東南海地震により発生し静岡県西部地方と 三重県南部地方で記録された地鳴りの方向性

静岡県立浜松北高等学校* 青島 晃
静岡県立磐田西高等学校** 土屋 光永
静岡県在住 中野幸子***・野嶋宏二****・松井孝友*****

Directivity of the earthquake's sound generated by the 1944 Tonankai Earthquake and heard in the western Shizuoka Prefecture area and the southern Mie Prefecture area

Akira AOSHIMA

Hamamatsu Kita High School, 1-30-1 Hirosawa-cho, Hamamatsu-shi, Shizuoka-ken, 432-8013 Japan

Mitsuhisa TSUCHIYA

Iwata Nisi High School, 2680-1 Nakaizumi, Iwata-shi, Shizuoka-ken, 438-0078 Japan

Sachiko NAKANO

36-5 Motohama-cho, Hamamatsu-shi, Shizuoka-ken, 430-0942 Japan

Koji NOJIMA

864-2 Nakano-cho, Hamamatsu-shi, Shizuoka-ken, 435-0004 Japan

Takatomo MATSUI

1223, Samejima, Iwata-shi, Shizuoka-ken, 438-0055 Japan

The sounds that were generated by the 1944 Tonankai Earthquake and heard in the western Shizuoka Prefecture area and the southern Mie Prefecture area were clarified by our questionnaire survey. The survey results show that the earthquake's sound had a remarkable direction. The direction of the earthquake's sound was to the southwest in the western Shizuoka Prefecture area, and it was to the south or the southeast in the southern Mie Prefecture area. We estimated that the origin of the earthquake's sound was located 33°20'-45'N 136°E in Kumano Nada, about 30km to the east side of Kumano-shi. It is in the seismic source region.

§ 1. はじめに

1944 年東南海地震は熊野灘を震源域として発生した M=7.9 の巨大地震で、三重県や愛知県、静岡県を中心に大きな被害を与えた。しかし、当時は第二次世界大戦末期の混乱していた時代であったため、報道管制が敷かれていたり、情報が錯綜していたりして、被害の詳細については、不明な点が多い。そこで、この地震による被害の実態を調べるために、特に被害の大きかった静岡県西部地方や三重県南部地方の海岸地域を中心に 1983 年か

ら数回に渡って、アンケート調査や聞き取り調査を行い、被害の実態の解明につとめてきた。

ところで、地震の発生する直前や発生と同時に、地鳴りを聞くことがある。この地鳴りは地震動が大気を振動させて、音波に変換したものと考えられるが、その観測装置もなく、被害に直接影響を与える現象ではないことから、多くの研究者は注目してこなかった。しかし、東南海地震のアンケート票の記載内容や地震体験者の体験談を総合すると、その聞こえ方に方向性があるらしいことがわかってき

* 〒432-8013 静岡県浜松市広沢 1-30-1

** 〒438-0078 静岡県磐田市中泉 2680-1

*** 〒430-0942 静岡県浜松市元浜町 36-5

**** 〒435-0004 静岡県浜松市中野町 864-2

***** 〒438-0055 静岡県磐田市鮫島 1223

た。

佐藤(1956)は、1946年南海地震などの14の地震について、通信調査をもとに、地鳴りと震央の関係を研究した。この結果、地鳴りの方向は震央と一致することを明らかにしたが、当時はまだ震源域と震央の関係の概念が確立していなかったため、震央を震源域の破壊開始点としてとらえて、地鳴りとその関係を考察してはいなかった。また、地鳴りの音源はある意味での震源と一致することを示唆しているが、その根拠までは言及していない。

そこで、東南海地震による地鳴りの方向性や震央との関係について、アンケート調査や聞き取り調査をもとに、詳しく検討してみることにした。なお、この研究は、筆者のうちの青島と土屋が、1982年から1987年にかけて、当時勤務していた静岡県立磐田北高等学校(静岡県地震予知観測学習モデル校)の科学部の研究[磐田北高等学校科学部(1987)]に、最近の調査結果や知見を付け加えたものである。

§2. 調査方法

調査方法は、アンケート調査を中心に、必要に応じて聞き取り調査を行った。調査地域は、震源域に面した遠州灘と熊野灘の海岸部である。こうし、遠州灘に面した静岡県西部地方の調査地域は、現在の行政区の磐田市、袋井市、湖西市、磐田郡(浅羽町・福田町・豊田町・竜洋町)、周智郡森町である。また、熊野灘に面した三重県南部地方は、伊勢市、鳥羽市、尾鷲市、熊野市、度会郡(二見町・南勢町・南島町・紀勢町)、志摩郡(浜島町・大王町・志摩町・阿児町・磯部町)、北牟婁郡(紀伊長島町・海山町)、南牟婁郡(御浜町・紀宝町)である。図1にこれらの調査地域を示す。

アンケート調査は4回に分けて行い、アンケート票の配布枚数は約88,000枚、回収枚数は39,000枚で回収率は44.3%であった。なお、アンケート調査の実施年月日と配布枚数などの詳細は、表1の通りである。これらのアンケート票の配布や回収の方法は、調査地域内の小中学校の児童生徒を通じて配布し、地震の体験者に回答して頂き、それを再び児童生徒を通して回収した。

このアンケート票の質問項目は、家屋被害、地割れや液状化などの地盤の被害、井戸水(地下水)の変化、地震動の揺れの様子、津波、前兆現象など多岐にわたったが、地鳴りについては、①地震

の時に地鳴り(海鳴り)を聞いたか聞かなかったか、②地鳴りを聞いたのは直前かどうか、③地鳴りは8方位のうちどの方向から聞こえてきたのか、の3項目について、回答して頂き、これらを集計した。

地鳴りの方向は、アンケート票に記載されている8方位を、市町村毎にローズダイアグラムで表示し、ベクトル合成を行なって、その地域の代表値を求めた。この地鳴りの代表値を求めるために集計したアンケート票の件数は、静岡県西部地方では18地区・317件、三重県南部地方では20地区・904件である。

§3. 地鳴りの聞こえ方

聞き取り調査による地震体験者の証言[静岡県中遠振興センター(1982)]や、アンケート票に記載されていた地鳴りの聞こえ方[磐田北高校科学部(1987)]を抜粋すると次の通りである。「深田(現小笠農協前)では、太平洋の海のように大きな波をうって地鳴りがして、その恐ろしさは筆や言葉では表せないほどでした。(菊川町東横地)」「稲こきをしている最中『ざざあ』というものすごい音がして、突然地面がゆれ動きました。(浜岡町比木)」「突然、西の方から山鳴りの様な、ゴォーという音がして、家がガタガタ揺れだした。(大東町土方)」「地震だった時、地鳴りとも空気のような感じのような異様な音が聞こえた。(浜岡町佐倉)」「突然ドーンという海鳴りの様な鈍い音を聞きました。直後、目眩がしたかと思うほど、立ってられなくなりました。(大須賀町大淵)」「突然ゴォーというものすごい音が後方より聞こえ『何だろう』と後ろを振りむこうとした瞬間、体がぐらぐらとして、前方の家もガタガタとゆれはじめました。(大東町西大淵)」

これらの地鳴りの聞こえ方を集計したものが表2である。ゴー(ゴーゴー)が全体の67.6%を占めて最も多く、次がドロドロ(ゴードロドロ)11.4%である。その他はドーン、ドドーが多い。地鳴りの音を言葉で表現することは難しいが、アンケート票の回答から読み取ることができる音の特徴は、ゴーやドロドロのように振動数の低い音が、長く続いていることである。

また、地鳴りを聞いた時刻は、アンケート票の回答者のうち96.5%が地震動の直前であると答えている。

図2は静岡県西部地域の14地区の地鳴りを聞いた人の割合と、その地区の全半壊率の関係を示

したものである。全半壊率が高くなると、地鳴りを聞いた人の割合が多くなり、ほぼ正の相関が見られる。

§ 4. 静岡県西部地方の地鳴りの方向性

4.1 磐田市, 袋井市, 磐田郡, 周智郡

アンケート調査対象地域: 静岡県磐田市, 袋井市, 磐田郡(浅羽町・福田町・豊田町・竜洋町), 周智郡森町

図 3 は、この地域の地鳴りの方向性を各地区について示したローズダイアグラムである。図 4 はこの地域全体の 303 件のアンケート票回答を集計したローズダイアグラムである。この地域の地鳴りの代表値は、ほぼ南西を示し、北から時計廻りに 225° であった。これは熊野灘にある震源域の方向とほぼ一致する。また、地鳴りを聞いた人の割合は、アンケート票の回答者の 31.0% であった。

図 5 は地図上に地鳴りの方向を示したものである。多少ばらつきがあるものの、どの地区もほぼ南西を示している。しかし、磐田原台地中央の解析谷に位置する大藤地区では、地鳴りの方向は南南東の方向を示している。また、周りを第三紀層の丘陵に囲まれている森地区でも、南南東の方向を示している。これらの地区では、地鳴りの方向が周りの地形や地質の影響を受けているものと予想される。

4.2 湖西市

アンケート調査対象地域: 静岡県湖西市

図 6 は、静岡県湖西市の各地区について地鳴りの方向性を示したローズダイアグラムである。また、図 7 は地図上に地鳴りの方向を示したものである。多少ばらつきがあるものの、ほぼ南南西～西南西を示している。図 8 はこの地域全体の 43 件のアンケート票回答を集計したローズダイアグラムである。地鳴りの代表値は、北から時計廻りに 226° を示し、磐田市や磐田郡, 袋井市と同様に震源域の方向と一致する。また、地鳴りを聞いた人の割合は、アンケート票の回答者の 31.0% であった。

§ 5. 三重県南部地域の地鳴りの方向性

図 9 は、三重県南部地域の地鳴りの方向性を各地区について示したローズダイアグラムである。また、図 10 は各地区の地鳴りの代表値を地図に示したものである。三重県南部地域では、地域によって

地鳴りの方向性に違いが見られた。

5.1 伊勢市, 鳥羽市, 度会郡

アンケート調査対象地域: 伊勢市, 鳥羽市, 度会郡(二見町・南勢町・南島町・紀勢町)

この地域は地鳴りの方向性が乏しく、二見町が北北西、鳥羽市が東南東というように、震源域の方向とは必ずしも一致しない地区がある。この原因として考えられることは、震源域との間に前山(529m)や朝熊ヶ岳(555m)などの中古生界の堅い岩盤からなる数百mの山地があり、これらの山塊が地震波や音波の伝搬に何らかの影響を与えたことが予想される。地鳴りを聞いた人の割合は、アンケート票の回答者の 49% であり、静岡県西部地方より高い。

5.2 志摩郡, 北牟婁郡

アンケート調査対象地域: 志摩郡(浜島町・大王町・志摩町・阿児町・磯部町), 北牟婁郡(紀伊長島町・海山町)

この地域の地鳴りの代表値はほぼ、南～南南西を示し、志摩町では北から時計廻りに 175° (南)、紀伊長島町では 158° (南南東)を示し、震源域の方向と一致する。

地鳴りを聞いた人の割合は 57% であった。

5.3 尾鷲市, 熊野市, 南牟婁郡

アンケート調査対象地域: 尾鷲市, 熊野市, 南牟婁郡(御浜町・紀宝町)

この地域の地鳴りの代表値はほぼ、東～南東を示し、尾鷲市では北から時計廻りに 117° (南東)、紀宝町では 105° (東南東)を示し、震源域の方向と一致する。地鳴りを聞いた人の割合は 58% で最も高かった。これは、この地域が、震源域に最も近いと思われる。

§ 6. 地鳴りの音源域の推定

各地区の地鳴りの代表値を、地区ごとに延長して交点を求めた(図 11 参照)。次に、直径 10 分の円を 2.5 分ずつ移動させ、その円の中に入る交点の数を求め、等値線を作成して、その密度分布より、地鳴りの音源域を推定した。図 12 はこのようにして作成した地鳴りの延長方向の交点の密度分布である。この結果、交点の密度の高い領域は、北緯 33° 20' ~ 34° 10' , 東経 136° 05' ~ 137°

00′ であり、これは宇佐美(2003)などの東南海地震の震源域とほぼ一致する。これを地震の震源域、津波の波源域に対して、地鳴りの音源域とした。また、交点の集中する箇所が、4カ所ほど見られるが、特に交点密度が最も高い場所は、熊野市の東方約30kmの熊野灘、北緯33°45′、東経136°20′付近である。これを地震の震央に対して、地鳴りの音源とした。この点が地震学的にどのような意味があるのかは今後の検討を必要とする。

§7. 地鳴りの音源域と震央の検討

このようにして求めた地鳴りの音源域がどの程度、確からしいのかを、検討してみた。

図13の通り、音源または震央をO、観測点をSとし、Sにおいて地鳴りがX方向から聞こえたとする。このとき $\angle OSX = \phi$ として、 ϕ は時計回りを+とした。次に $\phi \sim \phi + \Delta\phi$ の間の報告数を数え、極座標の頻度図に表した。調査地域はほぼ東西に広がっているので、頻度図の極大が+(-)側にある場合は、真の音源が仮定されたものより、西(東)側にあることを示している。図14は38地区の地鳴り方向の代表値を15°単位で示した地鳴りの頻度図である。(a)は地鳴りから推定した音源、(b)は茅野・宇津(1987)、宇佐美(2003)の震央(北緯33°34.2′、東経136°10.7′)をOとして求めた。極大値が0°を示す頻度図は地鳴りから推定した音源であり、茅野・宇津(1987)、宇佐美(2003)の頻度図は-15°に極大値をもつ。次に、図15は地鳴りを聞いた人の割合と、地鳴りの音源域からの距離の関係を示したものである。両辺に対数をとったグラフの相関係数は-0.88を示し、かなり高い負の相関があることがわかる。一方、図16は茅野・宇津(1987)、宇佐美(2003)の震央と地鳴りを聞いた人の割合の関係を示したもので、相関係数は-0.72であった。よって、音源は地鳴りから推定した位置が妥当であり、茅野・宇津(1987)、宇佐美(2003)の震央より東側に推定される。前述した通り音源域は震源域とほぼ一致するが、震央は震源域の断層破壊の開始点であり、震源域の中心とは必ずしも一致しない。故に音源と震央はこのように必ず一致することはないと考えられる。

ところで、地鳴りは地震動が音波に変換したもののだが、340m/s前後の音速は、数km/sの地震波速度に比べてきわめて遅い。このため、地鳴りの方向から推定した音源域から、直接地鳴りの音波が発

生し、それが熊野灘の海上の空気を震動させて、観測者までやって来たとは考えられない。しかし、震源域で発生した地震波や地表付近を伝わる地震波が、観測者に届く少し手前で音波に変換して地鳴りとなって聞こえたとすれば、地震波の伝搬する経路が、地鳴りの聞こえてくる方向と一致する可能性がある。おそらく、このような仕組みにより、地鳴りの方向と震源域の方向が一致したものと考えられる。

図12で示された音源域は、神田・他(2004)による震度インバージョン解析から求めた1944年東南海地震による短周期地震波発生域のうちの熊野灘に見られる発生域とほぼ一致している。音波と短周期地震波は発生時の仕組みや伝搬の経路は異なる。しかし、エネルギーの放出という視点から見ると、よく似た現象であることから、2つの領域が重なっていることは、東南海地震によるエネルギーの放出や地鳴りの原因を解明する点でも重要な示唆を与えているものと考えられる。

いずれにせよ、地鳴り発生の原因や仕組みは、不明な点が多く、研究も進んではいない。今後は、地鳴りの発生する仕組みや地震学的な解釈についても検討していきたい。

§8. まとめ

1944年東南海地震により発生し、静岡県西部地方と三重県南部地方で記録された地鳴りを、アンケート調査と聞き取り調査より調べた。この結果、地鳴りは著しい方向性を示し、遠州灘に面した静岡県西部地方では南西方向、熊野灘に面した三重県南部地方では南から南東方向であった。この地鳴りの方向を延長して求めた音源域は、東南海地震の震源域とほぼ一致し、その中心は熊野市東方30kmの熊野灘、北緯33°45′、東経136°20′付近である。

謝辞

アンケート票の集計には、静岡県立磐田北高等学校科学部の部員の方々に大変な労力をかけて行って頂きました。また、アンケート票の配布と回収には、静岡県教育委員会西部教育事務所、三重県教育委員会の方々及び小中学校の教職員の方々に大変お世話になりました。査読者の武村雅之氏と編集者の林豊氏には本論文の改善について、丁寧で適切なコメントを頂きました。改めて感謝

致します。

文 献

- 磐田北高等学校科学部,1987,アンケート調査による昭和 19 年東南海地震における静岡県西部地域と被害と地盤に関する研究,101-125.
- 茅野一郎・宇津徳治,1987,日本の主な地震の表,地震の事典,朝倉書店,467-552.
- 神田克久・武村雅之・宇佐美龍夫,2004,震度インバージョン解析による南海トラフ巨大地震の短周期地震発生域,地震第 2 輯,57,153-170.
- 佐藤泰夫,1956,地なりの方向性について(続),地震第 2 輯,8,149-154.
- 静岡県中遠振興センター,1982,昭和 19 年東南海地震の記録,62-223.
- 宇佐美龍夫,2003,新編日本被害地震総覧[増補改訂版 416-1995],東京大学出版会,493pp.

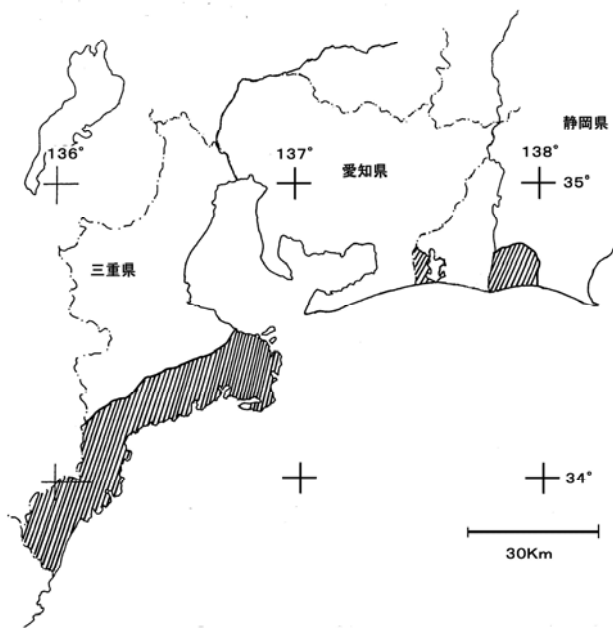


図1 調査地域

Fig.1. Location of area studied.

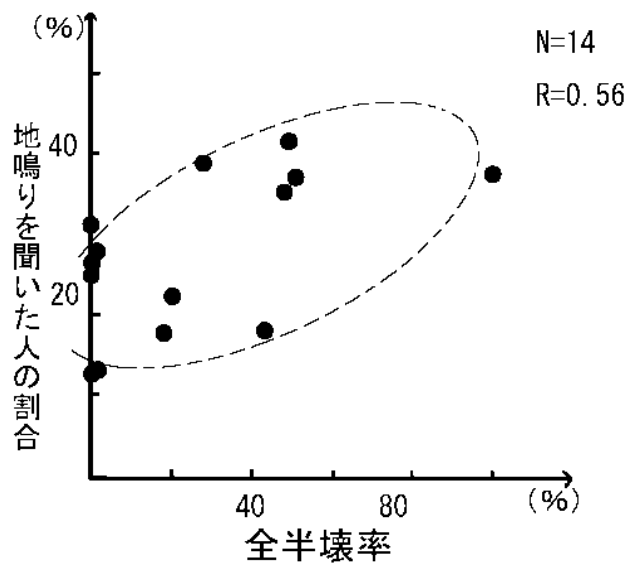


図2 全半壊率と地鳴りを聞いた人の割合の関係
Nは地区の数, Rは相関係数

Fig.2. The relation of the rate of the people who heard the earthquake sound, to the rate of total or partial destruction.

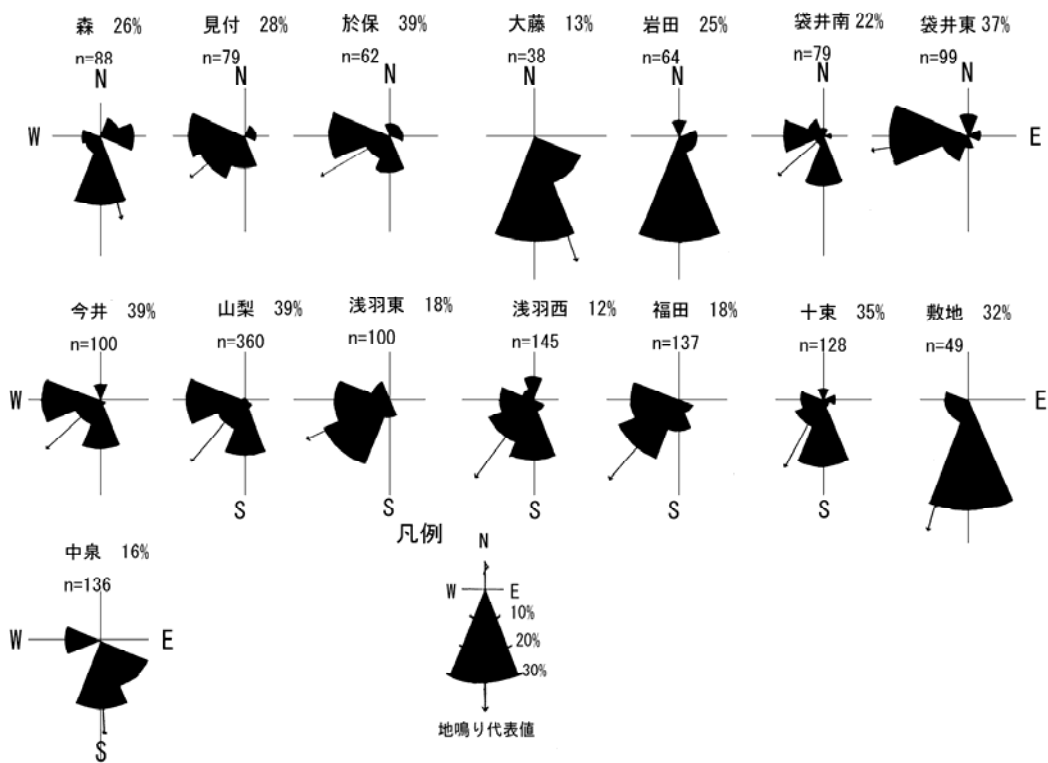


図3 静岡県磐田市,袋井市, 磐田郡における地区別の地鳴りの方向を示すローズダイアグラム
地名の右の数値は地鳴りを聞いた人の割合, nは地鳴りの報告件数, 矢印は地鳴りの代表値

Fig.3. The rose diagram which shows the direction of the earthquake's sound according to people in Iwata-shi, Fukuroi-shi, Iwata-gun, Shizuoka Prefecture.

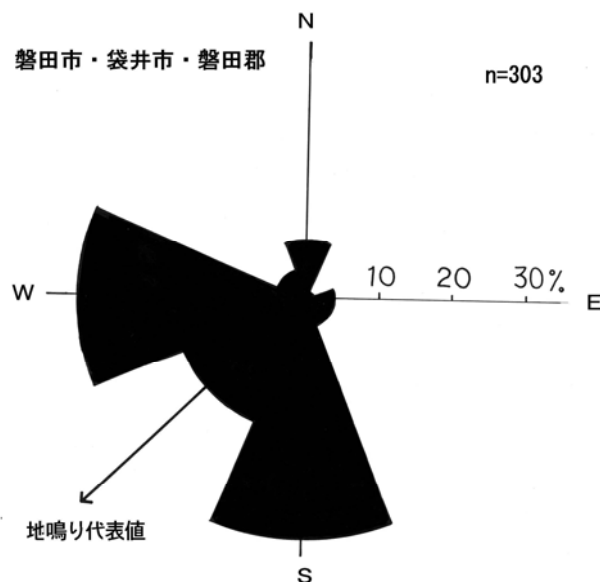


図4 静岡県磐田市,袋井市, 磐田郡における地鳴りの方向を示すローズダイアグラム
nは地鳴りの報告件数

Fig.4. The rose diagram which shows the direction of the earthquake's sound according to the people from Iwata-shi, Fukuroi-shi, Iwata-gun, Shizuoka Prefecture.

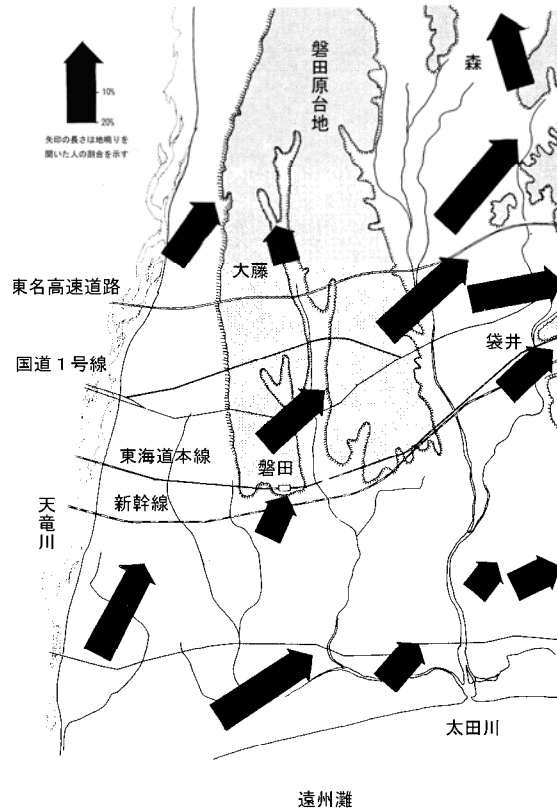


図5 静岡県磐田市,袋井市, 磐田郡の地鳴りの方向
矢印の長さは地鳴りを聞いた人の割合

Fig.5. The direction of the earthquake's sound in Iwata-shi, Fukuroi-shi, and Iwata-gun in Shizuoka Prefecture.

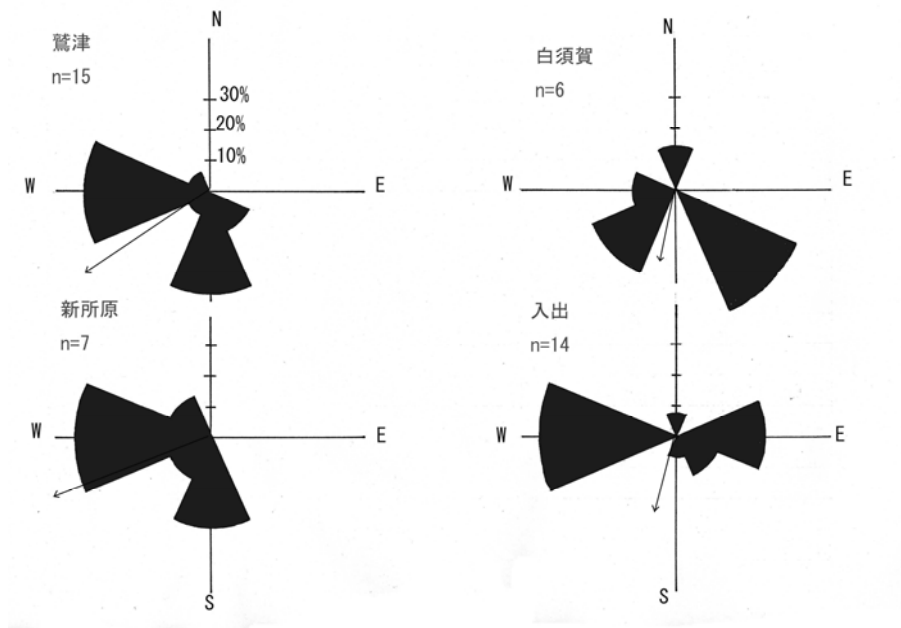


図6 静岡県湖西市における地区別の地鳴りの方向を示すローズダイアグラム
nは地鳴りの報告件数

Fig.6. The rose diagram which shows the direction of the earthquake's sound according to people in Kosai-shi, Shizuoka Prefecture.

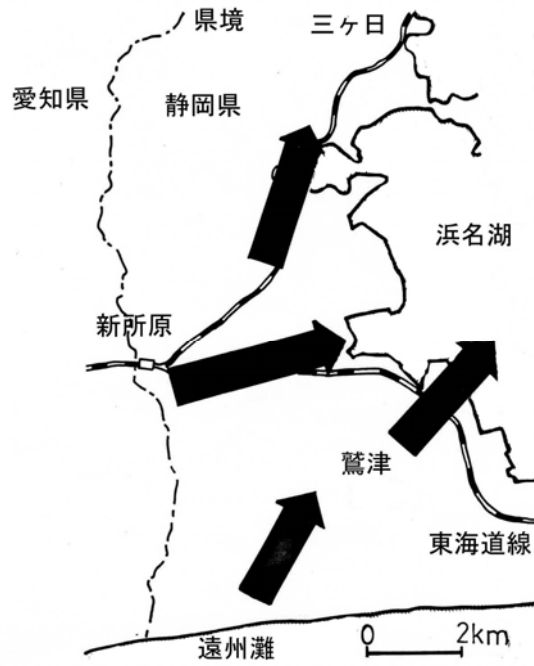


図7 静岡県湖西市の地鳴りの方向
矢印の長さは地鳴りを聞いた人の割合

Fig.7. The direction of the earthquake's sound in Kosai-shi, Shizuoka Prefecture.

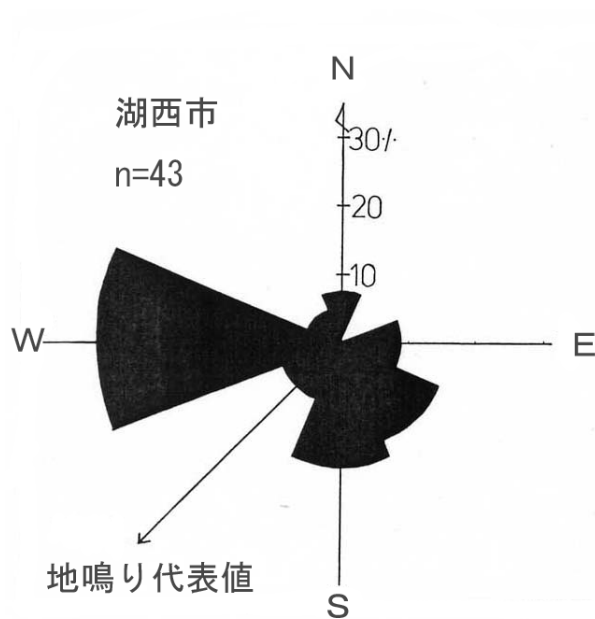


図8 静岡県湖西市の地鳴りの方向を示すローズダイアグラム
nは地鳴りの報告件数

Fig.8. The rose diagram which shows the direction of the earthquake's sound according to people in Kosai-shi, Shizuoka Prefecture.

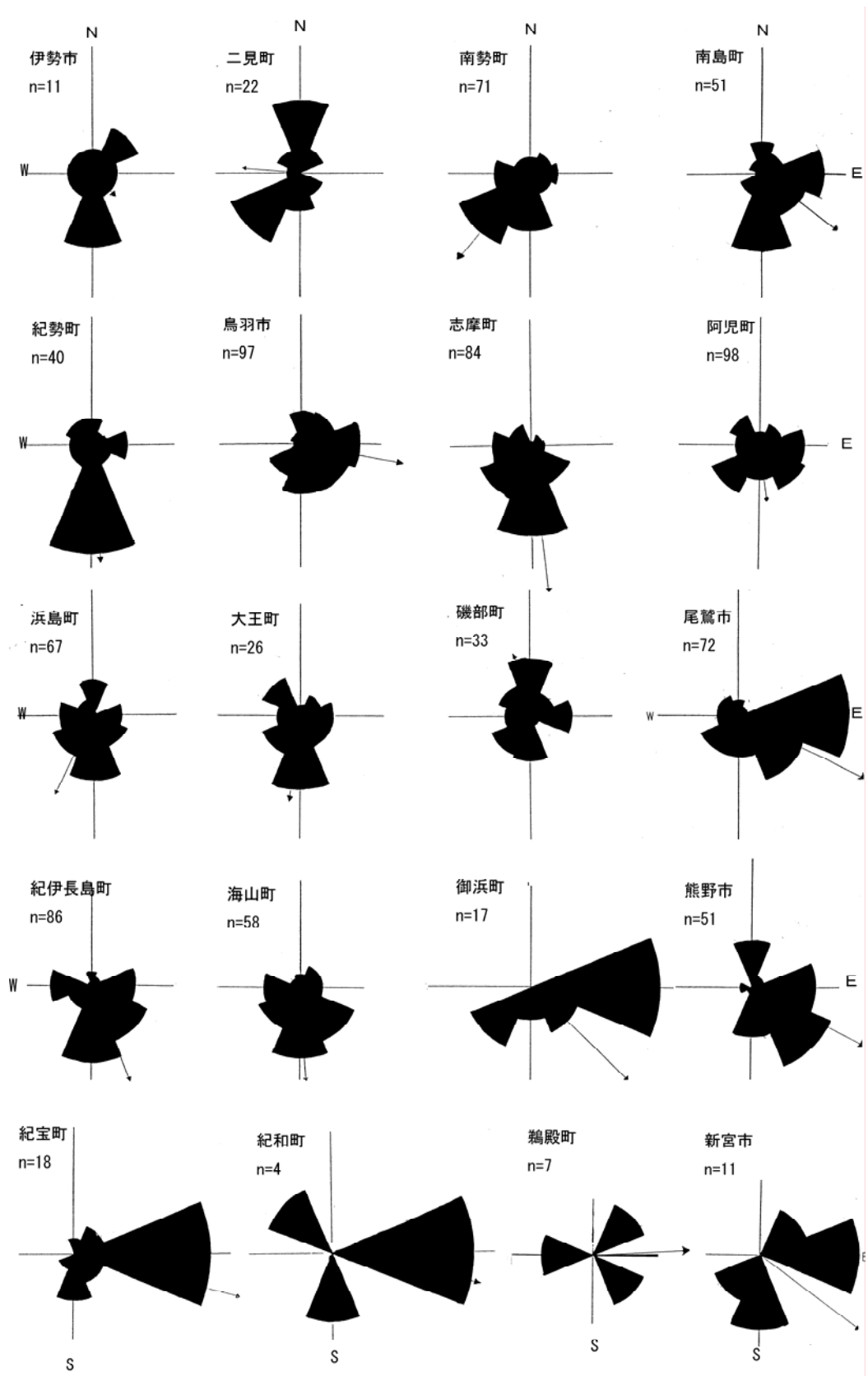


図9 三重県南部地方における各市町村の地鳴りの方向を示すローズダイアグラム
nは地鳴りの報告件数, 矢印は地鳴りの代表値

Fig.9. The rose diagram which shows the direction of the earthquake's sound in each city, town or village in the southern Mie Prefecture area.

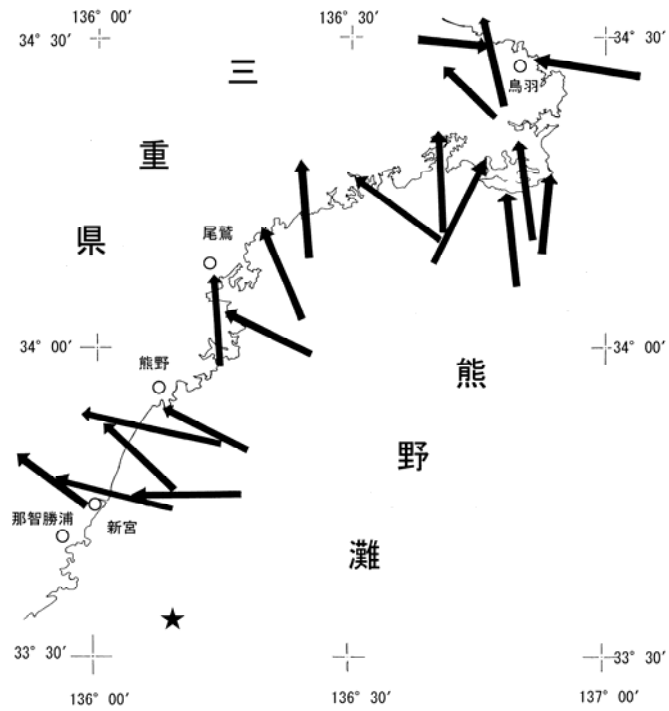


図 10 三重県南部地方の地鳴りの方向

★は茅野・宇津(1987),宇佐美(2003)による震央

Fig.10. The direction of the earthquake's sound in the southern Mie Prefecture area.

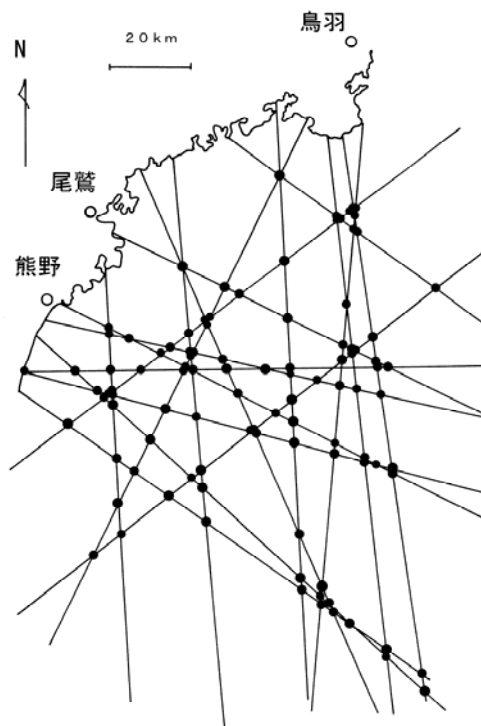


図 11 地鳴りの方向の延長とその交点

Fig.11. The elongation and the intersection of the direction of the earthquake's sound.

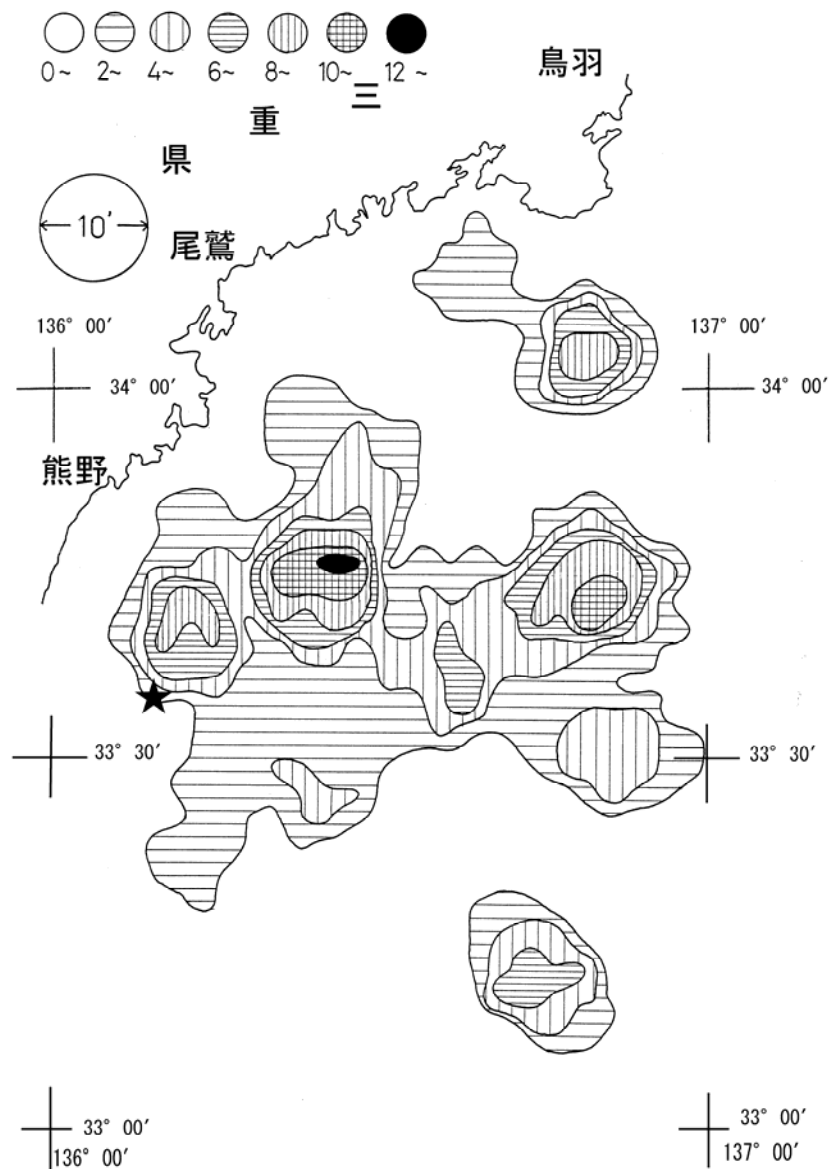


図 12 地鳴りの方向を延長した交点の密度分布

★印は茅野・宇津(1987),宇佐美(2003)による震央, 凡例の数値は直径 10 分の円を 2.5 分ずつ移動させた時に入る交点の数を示す。

Fig.12. The density distribution of the intersection and direction of the earthquake's sound.

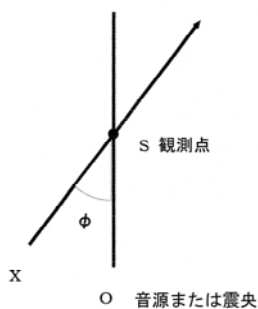


図 13 地鳴りの方向と観測者, 震央の関係

Fig.13. The relation between the direction of the earthquake's sound and the watcher or epicenter.

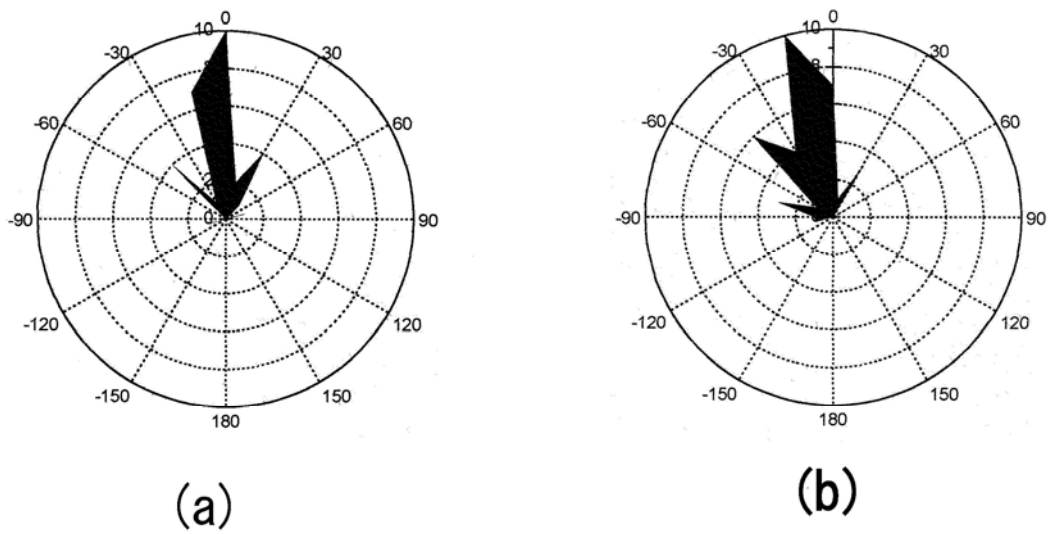


図 14 地鳴りの方向と震央の関係を示す頻度図

(a) 地鳴りの音源 (b) 茅野・宇津(1987), 宇佐美(2003)の震央, 同心円は1目盛り2地区

Fig.14. Diagrams showing the frequency distribution of the earthquake's sound.

(a) Sound source of the earthquake's sound. (b) Epicenter by Kayano and Utsu (1987), and Usami (2003)

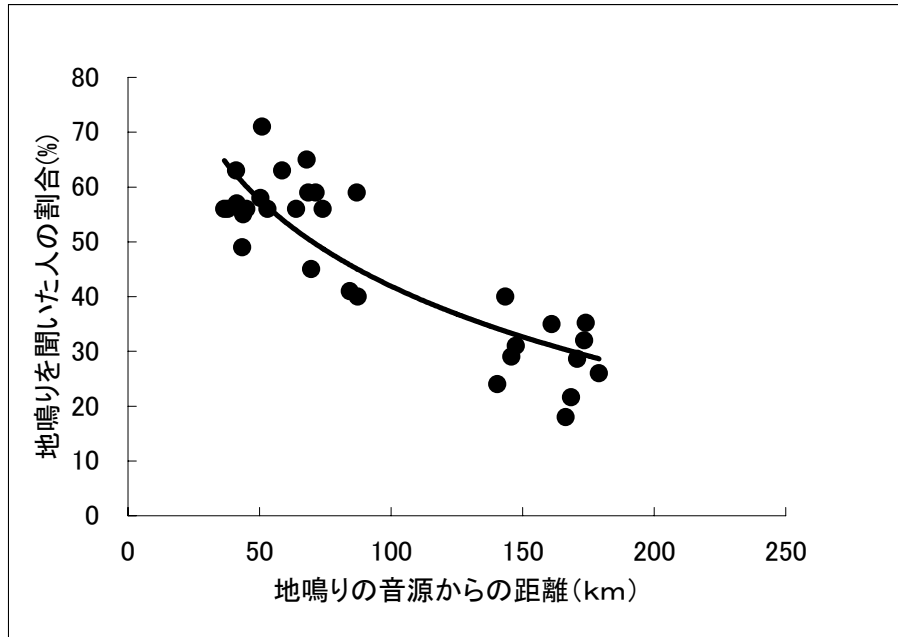


図 15 地鳴りの音源域からの距離と地鳴りを聞いた人の割合の関係

Fig.15. The relation of the rate of the people who heard the earthquake's sound, and the distance from the source area of the earthquake's sound.

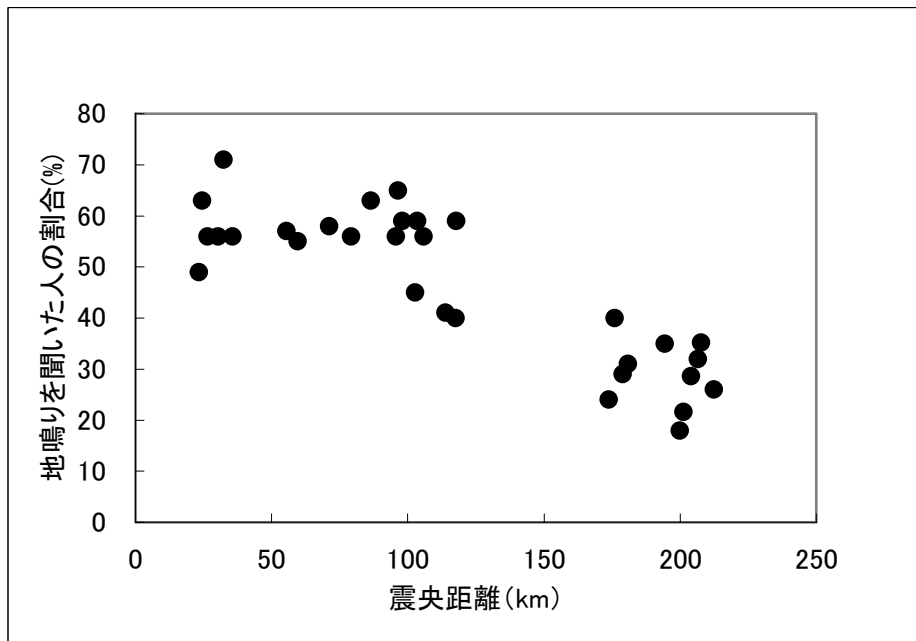


図 16 東南海地震の震央(茅野・宇津 1987,宇佐美 2003)と地鳴りを聞いた人の割合の関係

Fig.16. The relation of the rate of the people who heard the earthquake's sound, and epicentral distance (Chino and Utsu 1987, Usami 2003) of the Tonankai earthquake.

表1 アンケート調査の概要
Table 1. The outline of a questionnaire.

調査地域	磐田市・ 袋井市・ 磐田郡の町村	湖西市	浜松市・ 浜北市・ 湖西市・ 引佐郡・ 浜名郡の町村	三重県南部 地方	計
調査年月	1983年7月	1984年9月	1985年8月	1985年8月	
配布枚数	27,000	934	40,000	20,000	87,934
回収枚数	15,000	433	20,000	3,500	38,933
回収率	55.6%	46.4%	50.0%	17.5%	44.3%

表2 地鳴りの聞こえ方
Table 2. Different types of earthquake sounds heard by people.

聞こえ方	人数	割合(%)
ゴー(ゴーゴー)	148	67.6
ドロドロ(ゴードロドロ)	25	11.4
ドーン	14	6.4
ドドー	12	5.5
ドカン	9	4.1
ドスン	6	2.7
ザザー	3	1.4
ザワザワ	2	0.9