

1987年岩手県中部沿岸地震における岩手県内の 高密度震度分布と地質構造との関係

岩手大学工学部* 斎藤 徳美
日本物理探鉱(株)** 中村 操
秋田大学教育学部*** 野越 三雄

Relation between Detailed Seismic Intensity on the 1987 Iwate Chubu-engan Earthquake and Geological Structure in Iwate Prefecture

Tokumi SAITO

Faculty of Engineering, Iwate University, Ueda 4-3-5, Morioka-shi, 020

Misao NAKAMURA

Nihon-butsuri-tanko Corporation, Nakamagome 2-2-12, Oota-ku, Tokyo, 143

Mitsuo NOGOSHI

College of Education, Akita University, Tegata gakuen-cho 1-1, Akita-shi, 010

(Received January 12, 1989; Accepted March 15, 1989)

A questionnaire survey was carried out to estimate the detailed seismic intensities on the Iwate Chubu-engan Earthquake of magnitude 6.6 of January 9, 1987. 5032 questionnaire sheets were delivered to the persons living in and around Morioka City, to investigate the relation between the detailed seismic intensities at every 500 m×500 m mesh and the subsurface structure based on the boring data. Other 5122 questionnaire sheets were delivered to the persons living in another area of Iwate Prefecture. The relation of intensity attenuation with distance was deduced and the relation between the intensity deviation and general geological structure was investigated.

Obtained results are as follows:

- 1) In Morioka City and its suburban districts, the detailed seismic intensity considerably depends on the subsurface structure at the site. For example, deviations from the average intensity are $-0.1 \sim -1.0$ in the district at where base rock of granite and shalstein is exposed or covered by sediment with sand and gravel. Conversely, at place of the soft ground constituted by volcanic mudflow and loam, they are $+0.1 \sim +0.7$.
- 2) From a view point of general geological structure in the whole Iwate Prefecture, seismic intensities are $0.1 \sim 0.6$ greater than those expected from empirical formula at the valley of the Kitakami river and Toono basin where Quaternary fluvial plain deposit is widely distributed. On the contrary, seismic intensities are $0.1 \sim 0.4$ less than the average at the west of the Kitakami river where Tertiary system and Quaternary volcanic rocks are distributed, and the whole Kitakami mountains where pre-Tertiary is distributed.

§ 1. はじめに

1987年4月9日15時14分に発生した岩手県岩泉

町付近を震源とする地震により、盛岡市では震度V(気象台発表)を記録し、負傷者6名の他、岩手県内で総額2億6千万円の被害を出した。気象庁によると、この地震の震源は北緯 $39^{\circ}50.5'$ 、東経 $141^{\circ}46.8'$ 、震源の深さは約72 km、マグニチュード6.6とされている。

昭和63年4月7日発表

* 〒020 盛岡市上田4-3-5

** 〒143 東京都大田区中馬込2-2-12

*** 〒010 秋田市手形学園町1-1

筆者らは、地震発生直後に、岩手県内の小中学校を介

Table 1. Statistics of delivered and collected questionnaire sheets.

	Total			Inner part of investigation area	
	Number of delivered sheets	Number of collected sheets	Percent of collected sheets	Number of collected sheets	Percent of collected sheets
Morioka city and its suburban districts	5032	4571	90%	4281	85%
Another area in Iwate prefecture	5122	4312	84%	3758	73%
Sum total	10154	8883	87%	8039	79%

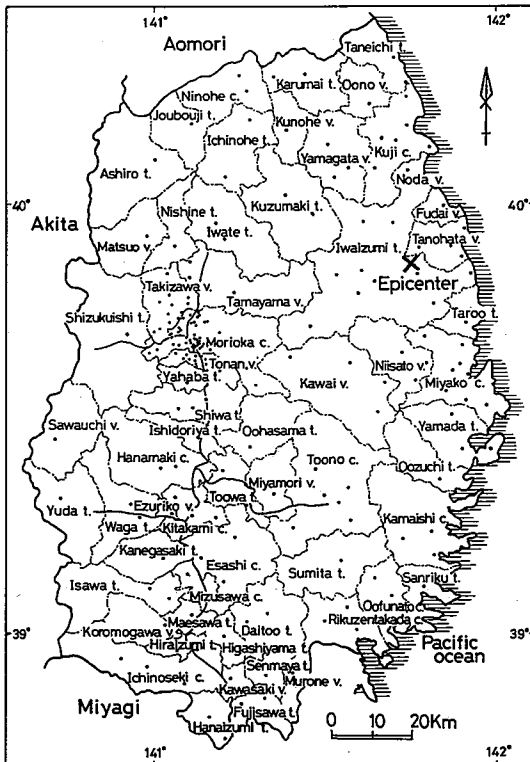


Fig. 1. Surveyed sites by questionnaire method. Small solid circles show the locations of elementary and junior high schools where questionnaire sheets were delivered. A cross shows the epicenter of Iwate Chubu-engan Earthquake of January 9, 1987.

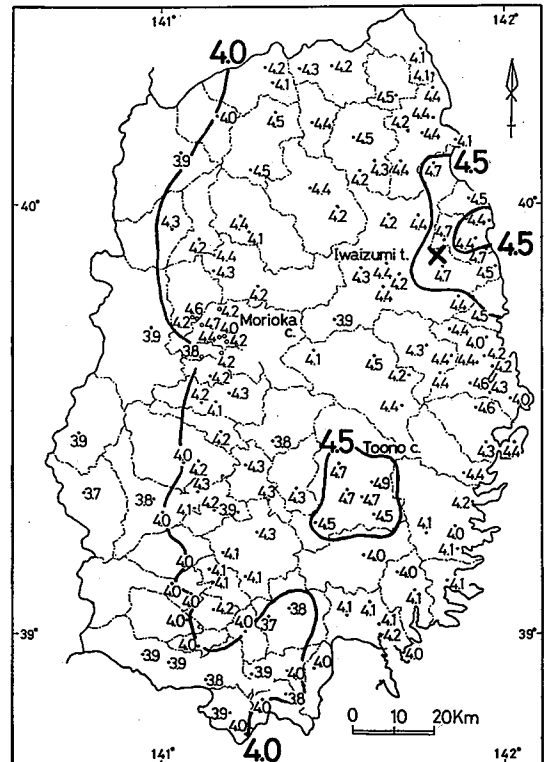


Fig. 2. Distribution of seismic intensity (JMA) in Iwate Prefecture. Numerals show the average intensities of individual schools where questionnaire sheets were delivered.

して、約1万枚の太田方式のアンケート[太田・他(1979)]を配布し、高密度震度調査を実施した。近年、アンケート方式による高密度震度調査は各地で行われるようになり、サイスミックマイクロゾーンネーション研究の展開が図られつつある[北海道地区自然災害科学資料センター(1988)]が、地震時の揺れに密接に関連する地質構造との関連について、なお多くの地域で調査研究を深

める事が必要と考えられる。

岩手県は、県中央部を縦断して流れる北上川に沿って北上低地帯、その東側には第三系、西側には第三系と異なった地盤がほぼ一様に分布している。また、集中的にアンケートを配布した盛岡市近郊では、花崗岩基盤、砂礫、軟弱な火山泥流等と著しく浅層地盤を異にしている。そこで、今回は、岩手県全域を対象として震源からの距離を考慮した震度差と概略的な地質構造との関係、

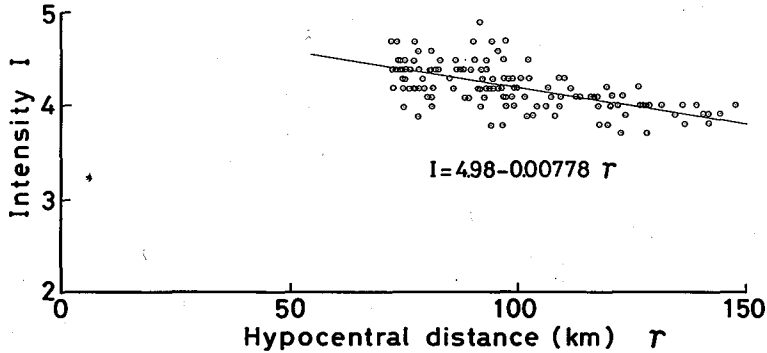


Fig. 3. Relationship between seismic intensity and hypocentral distance. Open circles show the seismic intensities by questionnaire method. A straight line represents a least squares fit.

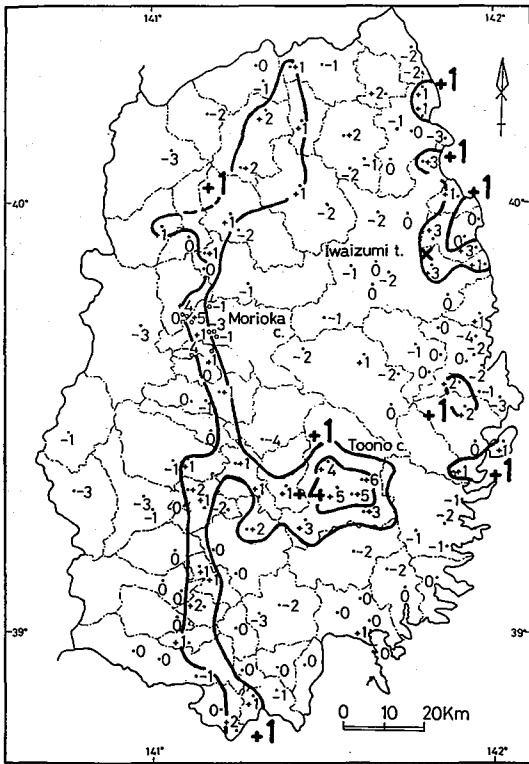


Fig. 4. Distribution of intensity deviation in Iwate Prefecture. The numbers show ten times of the intensity deviation.

及び盛岡市近郊を対象に 250 m, 500 m メッシュで求めた高密度震度分布とボーリングデータに基づく浅層地盤構造との関係について検討を行ったので、本稿ではその結果について報告する。

§ 2. 調査及び解析方法

震度調査のため使用したアンケートの内容は、現在広

く用いられている北大工学部方式(太田方式) [太田・他(1979)] をそのまま利用した。このアンケートは形式や項目が不変であり、規格化されたものと考えられるため、今回の地震において他の関係機関が実施したものと対比検討が可能である。

東北地方で、1983年日本海中部地震に際し、青森県 [田中・佐藤(1984); 田中・他(1985)], 秋田県で震度調査が実施されたが、特に秋田県では、県全域 1 km メッシュ、秋田市、能代市域 250 m メッシュで詳細な高密度震度調査研究が行われた [野越(1984), NOGOSHI (1988 a)].

そこで筆者らは、岩手県内における震度と概略的な地質構造との関係について検討すること、及び人口密集地である盛岡市近郊においては 250 m メッシュでの高密度震度分布とボーリングデータに基づく浅所地盤構造との関係について検討するという 2 つの目的を考慮し、以下のようにアンケートを配布した。

岩手県には 62 の市町村があるが、総面積約 1.5 万 km² と県としては全国一広いため、地質構造と対比検討するためには行政区画ごとの震度では不十分である。そこで、主として県内の中学校を調査対象とすることとして、所在地を勘案の上、盛岡市・都南村・滝沢村を除いた 59 市町村の 140 校に、在校生 3~10 名に 1 枚の割合でアンケート用紙を配布した。アンケート用紙は、県及び市町村教育委員会の理解を得て学校宛に郵送し、生徒を通じて父兄に配布してもらい、学校ごとに回収した。250 メッシュでの高密度震度解析の対象とした盛岡圏(盛岡市・都南村・滝沢村)を除く県内全体での配布数は 5122 枚、回収数は 4312 枚、回収率 84% と良好であったが、解答者の所在地が当該学区内に位置する区域内解答率は 73% である。

盛岡圏については、盛岡市・都南村・滝沢村の全小中学校を調査とし、市町村教育委員会を通じて配布、回収を

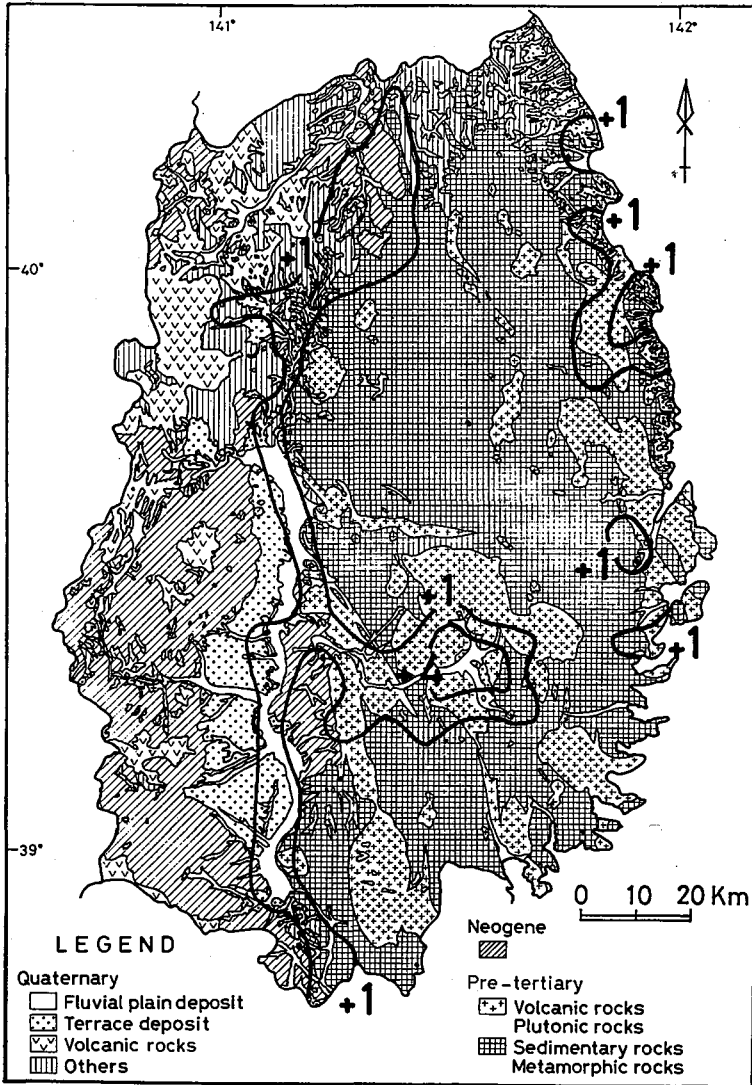


Fig. 5. Geological map of Iwate prefecture [after ONUKI *et al.* (1981)], with area of positive intensity deviation. The numbers show ten times of the intensity deviation in the same manner as Fig. 4.

行った。配布校数は77校、配布数は5032枚、回収数は4571枚、回収率90%で、解答者の住所地が盛岡圏に位置する区域内解答率は85%である。配布に際しては、盛岡市街の学校では在校生約10名に1枚、郊外の学校では2~3名に1枚と重みをつけた。しかし、盛岡圏と言っても大都市とは異なり大部分が農地及び山地のため、後述するように解答数が0あるいは1~2枚というメッシュが多く、今後の同種調査に際してはさらに配慮することの必要性が指摘された。なお、Table 1にアンケートの配布及び回収状況、Fig. 1に配布した小中学校の位置を示す。

震度は解答用紙1枚につき、各質問に対する解答ごと

に震度係数を乗じ、全質問に対しての平均震度を求めた。県内全域を対象としたものについては、配布した小中学校ごとに平均して学校単位での震度を求めたが、解答項目数が著しく少ないもの、明らかに解答内容に矛盾が認められるアンケート結果は除外した。

盛岡圏を対象としたものについては、対象区域を250mメッシュで区分けし、住宅地図をもとに解答者の位置を確定し、メッシュごとの平均震度を算出した。県内全域を対象とした場合と同様に、解答の信頼性が疑わしいものを除外し、さらにメッシュごとの平均値から標準偏差を求め、これからはずれる回答が含まれる場合は除外し、再度平均値を算出してメッシュごとの震度とした。

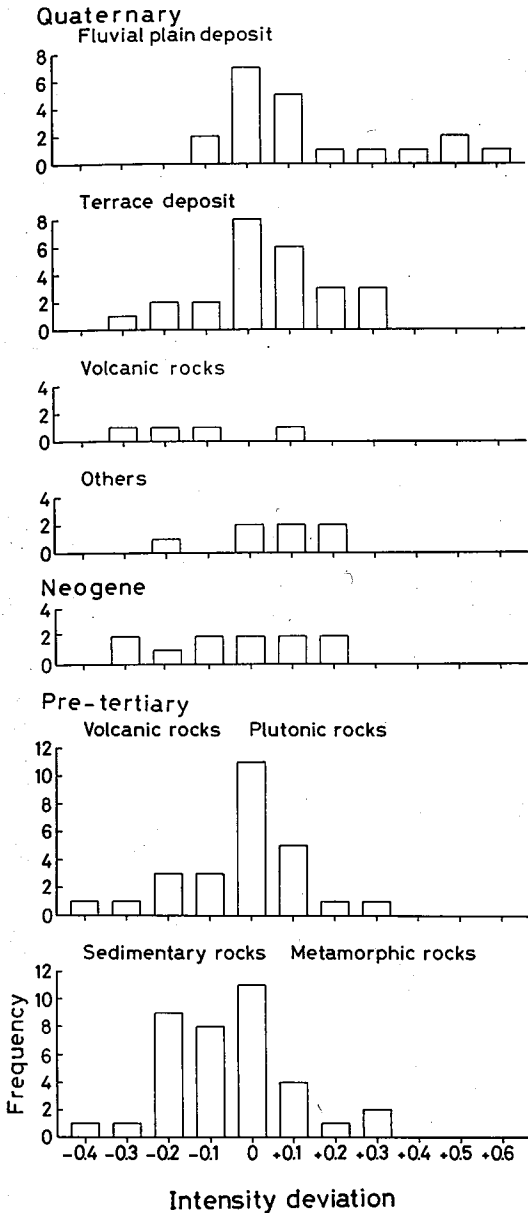


Fig. 6. Difference in histograms of intensity deviation due to geology.

なお、250 m メッシュの大きさは、近県におけるこれまでの震度調査結果 [坂尻・他(1987), 野越(1984)他] と整合性を持たせるため、緯度・経度で分けしたので、正確には東西約 267 m・南北約 230 m である。

§ 3. 解析結果

(1) 岩手県内全域

Fig. 2 にアンケートを配布した学校単位での震度 (気

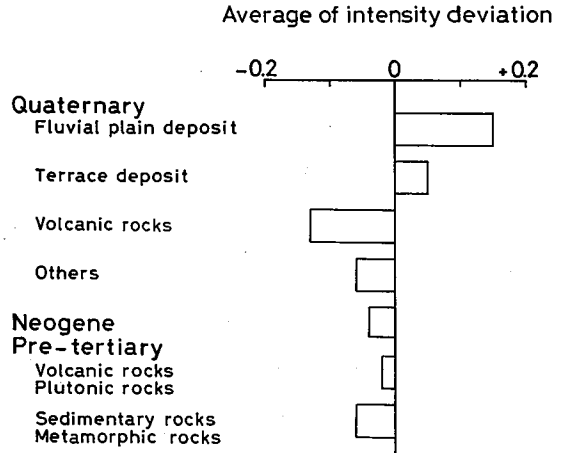


Fig. 7. Relation between average intensity deviation and geology.

象庁震度階) を示す。なお、盛岡圏については学校が多数であるので、図には 250 m メッシュにおける震度の代表的な値を記してある。得られた震度は 3.7~4.9 の範囲にあり、震源に近い岩泉町・野田村・譜代村等で震度 4.5 以上と大きな値を示す。全体的に見ると、震源から遠ざかるにつれ震度は小さくなり、北上川流域から西側一帯では 4.0 以下の値を示す。また、遠野市付近では震央から 55~70 km 離れているにもかかわらず、4.5~4.9 と震央に近い岩泉町よりも大きな震度を示していることは注目すべき事実と考えられる。なお、各地の震度を平面的に平滑化することにより、より細かなコンターを引くことができるが、小中学校単位での震度とその位置する場所での地質条件との関係を主として検討するため、ここでは震度の値をそのまま掲げることとした。

震度はその地域ごとの地形・地質条件等の影響を受けることは、これまでも指摘されていることであり、地域ごとの揺れやすさの程度を比較・検討するためには、震源からの距離による減衰を考慮し、平均的な距離減衰式からの震度差を求めて検討する必要がある [Nogoshi (1988b)].

従来、震源あるいは震央距離と震度との関係についてはいくつかの関係式が示されている。日本の浅発地震に対する震度 (気象庁震度階) I 、震央距離 Δ (km)、マグニチュード M の関係として、次の KAWASUMI (1951) の式がよく知られている。

$$I = M_k + 2 \ln(100/\Delta) - 0.00183(\Delta - 100) \quad \Delta \geq 100 \text{ km}$$

$$I = M_k + 2 \log(\gamma_0/\gamma) - 0.01668(\gamma - \gamma_0) \quad \Delta \leq 100 \text{ km}$$

$$M = 0.5M_k + 4.85$$

(1)

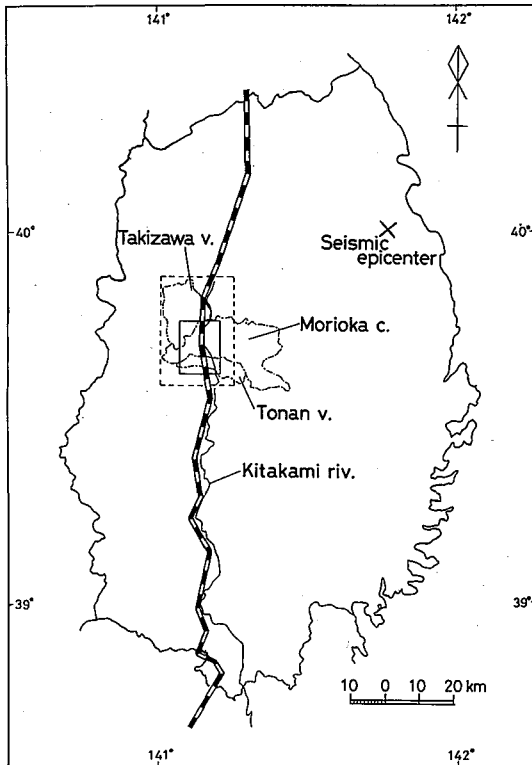


Fig. 8. Investigated area (solid rectangle) for the detailed seismic intensity study by 500 m×500 m mesh. The area of the dashed line shows the region that questionnaire sheets were concentrated.

ここで、 γ は震源距離 (km), γ_0 は $\Delta=100$ km における γ , M_k は $\Delta=100$ km における I である。

一方、最近、宇津 (1987) は、東北日本太平洋沖合の浅発地震を対象とした震度 (気象庁震度階) I と震央距離 Δ との関係式を提唱した。この式は次のように表される。

$$\begin{aligned} I &= I_{200} - b(\Delta - 200) \\ I_{200} &= 1.6M - 7.9 \\ b &= 0.029 - 0.0031M \end{aligned} \quad (2)$$

しかし、これらの関係式は多数の地震により統計的に得られたものであり、震源の深さや地下地質構造等の違いにより、すべての地震に対応するものではないため、今回の地震における震度と震源距離との関係には適用し難い。そこで、今回の地震は震源の深さが 72 km と深いことでもあり、各地点ごとの震源距離 γ と震度 (気象庁震度階) I との関係から、今回の地震における平均的な距離減衰式を求め、各地点ごとの震度差を算出することとした。Fig. 3 に示すように、両者の間には 1 次関数的

な関係が認められる。そこで、両者の関係を $I = a - b\gamma$ と仮定し最小 2 乗法で係数を求めると、

$$I = 4.98 - 0.00778\gamma \quad (3)$$

が得られる。(3) 式は岩手県内の平均的な地盤における地震の減衰直線を与えるものとみなしうるから、各地点における震度差 ΔI の正負符号が岩手県内における平均的な揺れと比較したときのその地点での揺れやすさ揺れにくさを、絶対値がその程度を示すことになる。

Fig. 4 に岩手県全域における震度差 ΔI の分布を示す。なお、図における数値の 10 分の 1 が震度差を示している。震度差は $-0.3 \sim +0.6$ の範囲にあり、分布をみると、震央から約 55~70 km 離れた遠野市付近で震度差が $+0.4$ 以上と、他の地域に比して特に大きな揺れを生じたことが示されている。また $+0.1$ 以上の区域は三陸沿岸に局部的に分布する他、北上川沿いに南北に県内を縦断して連なって分布している。一方、北上川の西側から秋田県境にかけてと北上川東側の北上山地では、震度差が -0.1 以下の部分が広く分布している。

アンケート結果に基づいて算出された震度差 ± 0.1 の差異が、どの程度の信頼性を有するかについては、震源からの距離による減衰の推定方法ともあわせてなお検討の余地があろう。しかし、Fig. 4 に示されるように、震度差の分布が不規則ではなく、带状に連なって連続的に見出されることは、この図が揺れやすさの程度の全体的な傾向を表示するものであり、かつ、震度差が地下構造等何らかの要因に支配されていることを示唆しているものと考えられる。

Fig. 5 に、小貫・他 (1980) による岩手県内の 20 万分の 1 地質図を筆者らが簡略化したものを示す。県内の地質は北上川に沿って県内を南北に縦断する北上低地帯、その西側の脊梁山脈に到る区域及び東側の北上山地に大別される。北上川及びその支流に沿っては第四系河岸野推積物が带状に分布し、また、河岸段丘が発達している。北上山地は大部分が古生層とそれを貫く白亜紀の花崗岩からなり、一部に中生層・古第三系が見いだされる。北上川の西側には新第三系のグリーンタフ等が広く分布し、八幡平・岩手山・焼岳・栗駒山等の火山活動による第四系火山噴出岩・火山岩屑が南北に連なって分布している。

Fig. 5 には簡略化した地質区分と共に、Fig. 4 に示した震度差の分布のうち震度差が $+0.1$ 以上、すなわち平均より揺れやすかった地域の分布をあわせて示しているが、 $+0.4$ 以上の区域は遠野盆地に対応し、一方、県内を縦断して南北に带状に分布する $+0.1$ 以上の区域は北上川に沿う第四系河岸野推積物の分布と対応している。

Fig. 6 にアンケート配布校の位置する地点での地質区

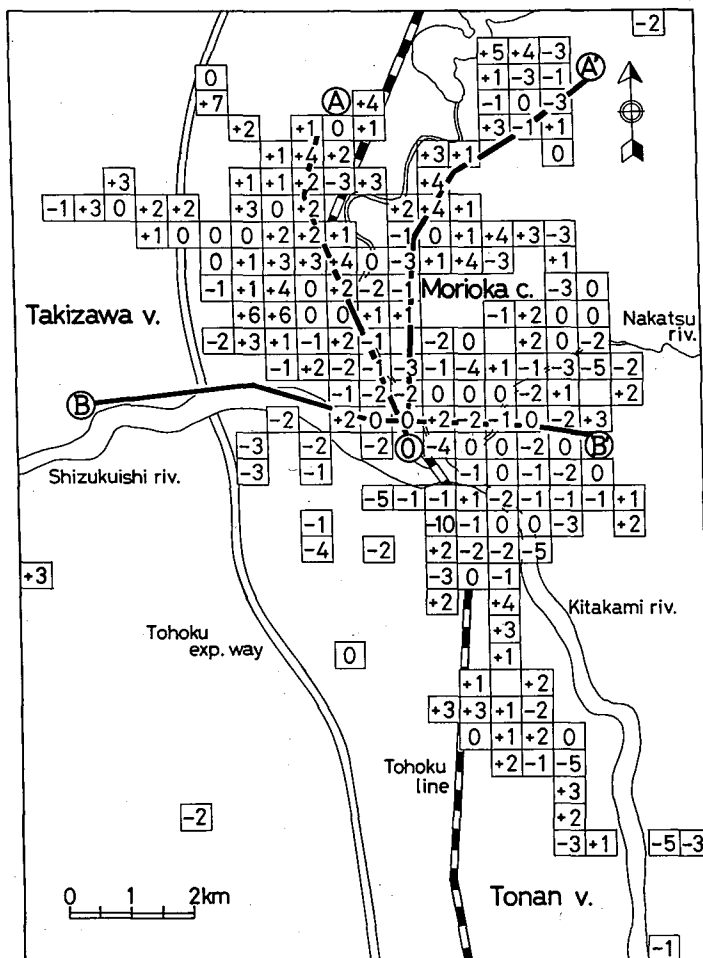


Fig. 9. Detailed intensity deviation at 500 m \times 500 m meshes in Morioka City and its suburban area. The numbers show ten times of the intensity deviation. An average intensity of this area is 4.2. A-O, A'-O and B-B' show geological profile lines.

分ごとの震度差の頻度分布を、Fig. 7に同じく地質区分ごとの震度差の平均値を比較して示す。第四系河岸平野堆積物が分布する地点では、3分の2以上で震度差がプラスの値を示し、震度差の平均値も+0.17とより揺れやすいことを示しているのに対し、第四系でも火山岩が分布する地点及び先第三系が分布する地点では、震度差の平均値がマイナスの値を示し揺れにくい傾向が明瞭で、概略的な地質構造と地震時における揺れやすさが密接に関連していることが示されている。

Fig. 5において、震度差が+0.1以上の範囲は河岸平野堆積物の分布と完全には対応していないが、これは盛岡圏を除いた配布学校数が140校と、震度差の詳細な分布を求めるには必ずしも十分でないことによると考えられる。また、学校ごとの地質区分は、便宜上校舎の位置する地点での地質をもって代表させているが、回答した

生徒の自宅の所在地は広い範囲に分散している。過疎地である多くの町村では、町村内に中学校が1~2校しか存在せず、回答者の位置する場所の地質区分と学校所在地の地質区分とが一致しない場合がある。そのため学校単位での震度差の分布と地質区分とが必ずしも対応していないものと考えられる。これらの地域で回答者の位置を割りだしかつ地質区分と対応させるには膨大な労力を要する一方、地質区分の精度にも限界があり、今回の解析は概略的な傾向を把握するに留まった。しかし、岩手県内において広範囲なアンケート調査が実施されたのは初めてのことであり、今後さらに詳細な解析を進める所存である。

(2) 盛岡圏

岩手県内における最も人口密集地である盛岡市及びそのベッドタウン化しつつある滝沢村・都南村において

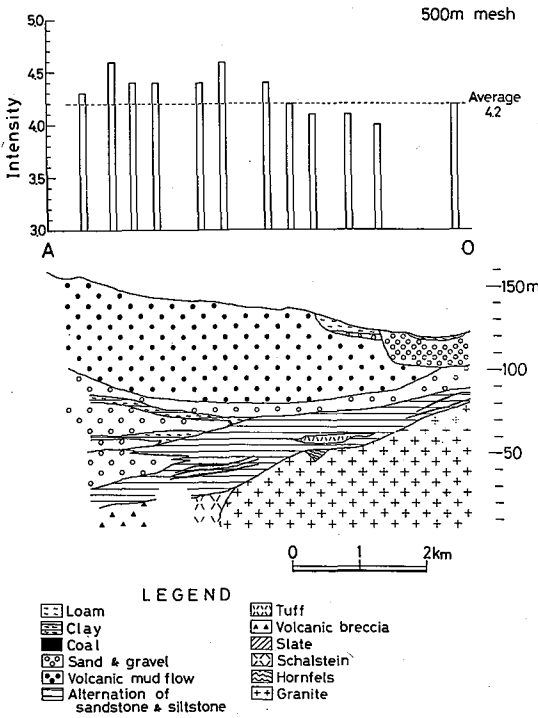


Fig. 10. Detailed seismic intensity at 500 m x 500 m meshes and subsurface structure under line A-O.

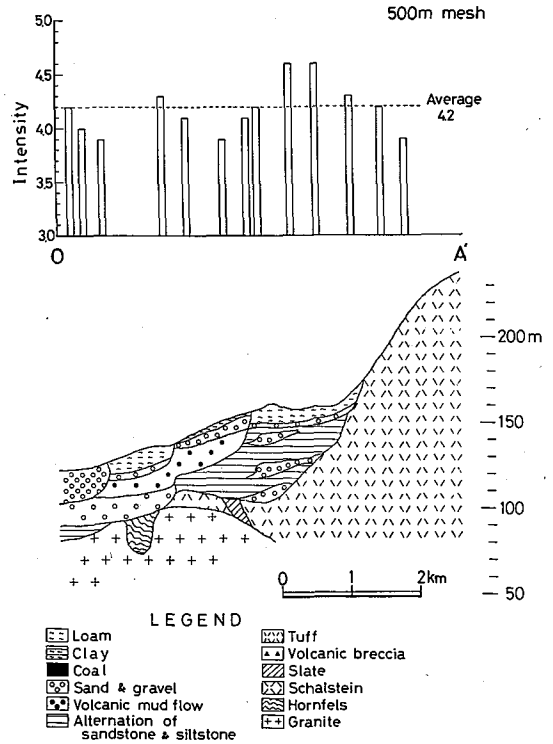


Fig. 11. Detailed seismic intensity at 500 m x 500 m meshes and subsurface structure under line A'-O.

は、250 m メッシュごとの高密度震度解析を行い、浅層地盤の局部的差異が震度に及ぼす影響等について検討を行った。

Fig. 8 に解析の対象とした区域を示す。図において、破線で示す東西 20 km・南北 30 km の範囲を対象としたが、人口密集地とはいえ、滝沢村では人口約 3 万 5 千人、都南村では約 3 万 9 千人で郊外での人口密度が小さく、山間部及び田園地帯では回答の寄せられないメッシュが多い。そのため、メッシュごとの震度を推定できたのは、図の実線で囲んだ東西 11.8 km・西北 16.6 km の範囲である。

なお、1 メッシュあたりの解答数が少ない場合の取扱いについては様々な考え方があるが、今回は 3 枚以上有効な回答が得られているメッシュの震度は信頼性が十分あるものとみなして、検討を行った。

3 枚以上有効な回答が得られた 250 m メッシュは 220 メッシュに留まり、これは全体の約 7% であり調査対象区域をカバーするには不十分である。そこで、本論文では、500 m にメッシュを拡大し、浅層地盤との関係について検討することとした。3 枚以上有効な回答が得られた 500 m メッシュ数は 195 であり、これは全体の約 25% にあたる。

当地域のアンケート結果から算出された平均震度は 4.2 で、この値は Fig. 3 で検討した震源からの距離減衰を考慮した場合の当地域の標準震度に等しい。そこで、各メッシュの震度と平均震度 4.2 との差を震度差として、その分布を Fig. 9 に示す。図において、数値の 10 分 1 の値が震度差を表す。得られた震度は 3.2~4.9 (震度差が -1.0~+0.7) の範囲にある。当地域が震央から 50~60 km 離れているにもかかわらず、震央近くの岩泉町における震度 4.2~4.7 より大きい揺れを示した区域があること、また、10 数 km 四方という狭い範囲にもかかわらず震度の幅が 1.7 と大きいことは、局部的な地盤構造が揺れに大きな影響を及ぼしていることを示している。

地域全体を概観すると、盛岡駅から東側の旧市街地一帯では震度 3.7~4.2 (震度差が 0~-0.5) と当地域の平均震度 4.2 より小さな値を示し、一方、地域北西部の盛岡市青山町・滝沢村の一部で震度 4.3~4.8 (震度差が +0.1~+0.6) と震度が大きいことが示されている。なお、本論文では浅層地下構造のほぼ解明されている断面上で震度と地質構造との関係について検討するため、震度の分布は平滑化を行わないで、メッシュごとの実震度差で

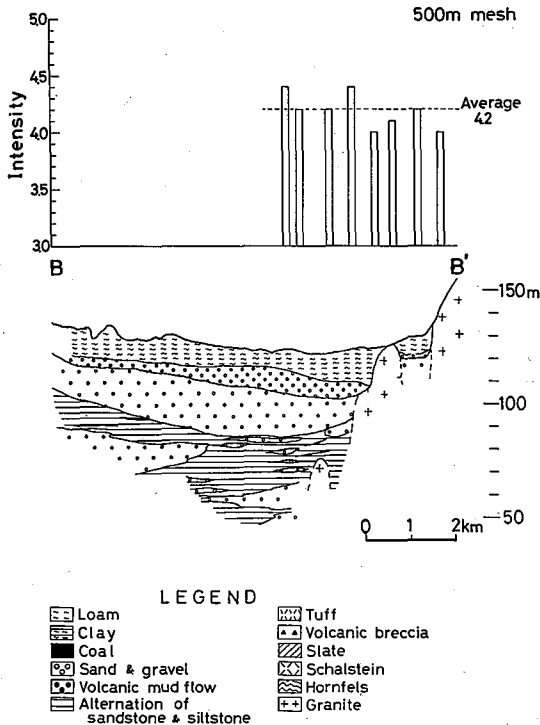


Fig. 12. Detailed seismic intensity at 500 m x 500 m meshes and subsurface structure under line B-B'.

表示してある。

地震時における揺れやすさの程度は、その地点の表層地盤の種類・層厚等に関連しており、特に、ローム・泥炭・シルト等が堆積する地点、又、基盤までの深度が深い地点で揺れが激しいことが報告されている [岡田・他 (1985), NOGOSHI (1988a)]. 当地域全域においては詳細な地盤区分・微地形区分図は作成されていないため、各单位区画で得られた震度差と表層地質との関係については検討し難い。しかし、いくつかの断面において、ボーリング資料の解析に基づく詳細な浅層地盤構造が明らかにされている [大上・他 (1977)]. そこで、Fig. 9 に示す A-O, A'-O, B-B' の 3 断面について、地質構造と震度との関係について検討を行った。

Fig. 10 に A-O 断面における震度と地質構造との関係を示す。断面の北側一帯には軟弱な火山泥流堆積物が 50 m 以上の厚さで堆積し、一方、南端の雫石川近くには砂礫層が 10~20 m の厚さで堆積している。火山泥流が厚く堆積する部分では、震度 4.3~4.7 と揺れが大きく、砂礫層の部分では 4.2 以下と比較的揺れが小さい。

Fig. 11 に A'-O 断面における震度と地質構造との関係を示す。断面の北東側では、基盤の輝緑凝灰岩が地表

まで分布しており、揺れが小さい。また、砂礫が厚く堆積する断面南端の雫石川付近では、震度 3.9~4.2 と揺れが小さいのに対し、軟弱な岩手ロームが 10~20 m と厚く堆積する部分では 4.2~4.6 と揺れが大きい。Fig. 12 に B-B' 断面における震度と地質構造との関係を示す。断面の西側一帯は田園地帯であり、500 m メッシュでも震度の値は得られていない。断面の東側部分には基盤の花崗岩が地表まで分布している区域があるが、基盤上における震度は 4.0~4.1 と小さい。これに対し、岩手ロームが 10~20 m と厚く堆積する部分では震度が 4.2~4.4 と揺れが大きい。

以上のように、盛岡圏においては、基盤の花崗岩・輝緑凝灰岩が地表付近まで分布する区域及び砂礫層が厚く堆積する区域では揺れが小さく、一方、軟弱な火山泥流・岩手ローム等が厚く堆積する区域では揺れが大きく、地震時の揺れが局部的な浅層地盤構造に密接に関係することが示された。

現在、盛岡圏については数百本のボーリングデータを収集し、詳細な土質区分と共に地下水位・N 値分布等の解析を進めつつある。あわせて、短周期微動・S 波速度等の測定を行っており、総合的な検討によりサイスミックゾーンネーション研究の展開を図る所存である。しかし、これらの調査・解析は長期の時間を要するものであり、今回は、これまで明らかにされている地質構造と高密度震度との関係について概略的な検討結果を報告したものである。

§ 4. 結 言

1987年1月9日の岩手県中部沿岸地震に際し、岩手県内を対象にアンケート方式による高密度震度調査を実施し、震度と地質構造との関係について検討を行った。

その結果、岩手県全域の概略的な地質構造との視点にたてば、第四系河岸平野堆積物の分布する北上川流域・遠野盆地等で揺れが大きく、第三系及び第四系噴出岩の分布する北上川の西側及び先第三系の分布する北上山地一帯では揺れが小さい。一方、盛岡圏を対象とした 500 m メッシュでの震度分布とボーリングデータに基づく浅所地盤構造との関係についての検討から、花崗岩・輝緑凝灰岩等の基盤や砂礫層の分布する区域では揺れが小さく、軟弱な火山泥流堆積物・ローム等の分布する区域では揺れが大きいことが示された。

今回は、概略的な地質構造に基づく検討に留まったが、盛岡圏については数百本のボーリングデータの解析、短周期微動・S 波速度等の測定を進めつつあり、これらをもとに今後サイスミックマイクロゾーンネーション研究の展開を図る所存である。

§ 5. 謝 辞

アンケート調査を遂行するうえで、主旨を御理解いただき多大なご協力を賜った岩手県消防防災課・岩手県教育委員会・岩手県内各市町村教育委員会・各小中学校並びに生徒御父兄に心から御礼申し上げる。

日本物理探鉱(株)には、アンケート用紙の作成等に便宜を図って頂いた。岩手大学資源開発工学科地下探査学研究室の当時の学生小平敏彦・佐々木啓の両君には卒業研究の一環としてデータの解析に協力頂いた。同じく、地下探査学研究室の大学院生・学生諸君には調査票の発送・回収・整理に協力頂いた。記して、感謝の意を表す。

また、本誌の査読委員の方々からは、誤りを指摘して頂き、多くの有益な御教示を賜った。深く感謝の意を表す。

文 献

- 北海道地区自然災害資料センター, 1988, 北海道地区自然災害資料センター報告(高密度震度調査報告資料集), 第2巻, 1-528.
- KAWASUMI, H., 1951, Measures of earthquake danger and expectancy of minimum intensity throughout Japan as inferred from the seismic activity in historical times. Bull. Earthq. Res. Inst., 21, 469-482.
- 野越三雄, 1984, 1983年日本海中部地震のアンケート方式による秋田県・秋田市の高密度震度調査, 1983年日本海中部地震による災害の総合的調査研究, 180-188.
- NOGOSHI, M., 1988a, The occurrence of damage and detailed seismic intensity distribution in Akita Prefecture, Akita and Noshiro Cities on the 1983 Nihonkai Chubu Earthquake, Journal of Japan Society for Natural Disaster Science, 7(2), 36-65.
- NOGOSHI, M., 1988b, Statistical evaluation between site effect of geological conditions and detailed seismic intensity on the 1983 Nihonkai Chubu Earthquake, Proceedings of the 9th World Conference on Earthquake Engineering 1, 87.
- 小貫義男・北村 信・中村久夫・長谷弘太郎, 1980, 北上川流域地質図(20万分の1).
- 大上和良・遠藤真哉・村井貞允, 1977, ボーリング資料にもとづく北上低地帯の地下地質(その1)——盛岡市付近, 岩手大学工学部研究報告, 30, 21-30.
- 太田 裕・後藤典俊・大橋ひとみ, 1979, アンケートによる地震時の震度の推定, 北大工学部研究報告, 92, 241-250.
- 岡田成幸・宮川忠芳・太田 裕, 1985, 高密度震度調査にもとづく地域内震度予測式の構成—札幌市を例として—, 日本建築学会構造系論文報告集, 348, 52-59.
- 坂尻直巳, 1987, 1987年岩手県中部・北海道日高地震の震度調査について—八戸における震度分布—, 地震学会1987年秋季講演会予講集, 516.
- 田中和夫・佐藤 裕, 1984, 青森県の震度分布, 「1983年日本海中部地震」総合調査報告書(弘前大学日本海中部地震研究会), 32-41.
- 田中和夫・太田綾優子・岡崎佳治・佐藤 裕, 1985, 1983年日本海中部地震の震度分布と表層地質及びプーゲー異常, 弘前大学理科報告, 32, 37-47.
- 宇津徳治, 1987, 震度—震央距離—マグニチュードの関係, その3. 東日本太平洋沖合の地震, 地震研究所彙報, 62, 289-296.