

アンケートによる震度の推定および Seismic Microzoning Map 作成の試み*

—— 1973年根室半島沖地震を例として ——

太田 裕・後藤 典俊
(北海道大学工学部)

1. 緒 言

地震が起ると調査票を配りその被害状況を調べ、震度分布を知りまた地震の大きさを理解しようという通信調査の方法は気象庁のほか既に多くの研究者によって実施されているが、これまでの調査の殆んどは大地震時にのみ行われ調査地域も非常に広い。我々は同種の調査をむしろ中程度の地震、かつ中程度の都市に適用しそこでの Micro な震度分布を求め地盤特性の 2 次元分布を推定し、最終的には来るべき大地震時の震度分布を予測し、起るであろう被害を軽減する地震防災計画のための基礎資料としたいと考えている。

この観点から、調査事項の検討・調査票の配布・回収の手続、さらに解析の方針についての研究を数年前から続けており神奈川県川崎市をモデル地区として実際にも適用してきた。その結果、震度の推定および Seismic microzoning map の作成にアンケートによる、この方法の有効なことが明かとなってきた。これを他の地域にも応用したい意向をもっていたところ昨年 6 月根室半島沖にかなり大きい地震が発生し北海道東部に被害をもたらした。そこで、文部省 災害科学研究 (突発災害) の一環として表題の調査研究を実施した。

この短文では、アンケートの作成・解析方法の概要を述べると共に根室半島沖地震に対する調査の実際、解析結果について簡単に報告する。

2. アンケート調査の実施

まずアンケート (調査票) 作成について若干触れておく。本質的には従来のものと変わりはないが、(i) 気象庁震度 II ~ V の地震を主な対象としていることから質問内容は物理的反応 (主に被害状況) に限定せず感覚的・心理的 (行動) 反応にまで広げたこと、(ii) 狭い地域での僅かな震度差をも明らかにしたいことから非常に多角的かつ震度そのものに鋭感な質問を用意すべきこと、(iii) 回答者の位置付けを明確にする、等の点で

* 自然災害科学資料解析シンポジウム (1974年 1 月 京大防災研) にて講演

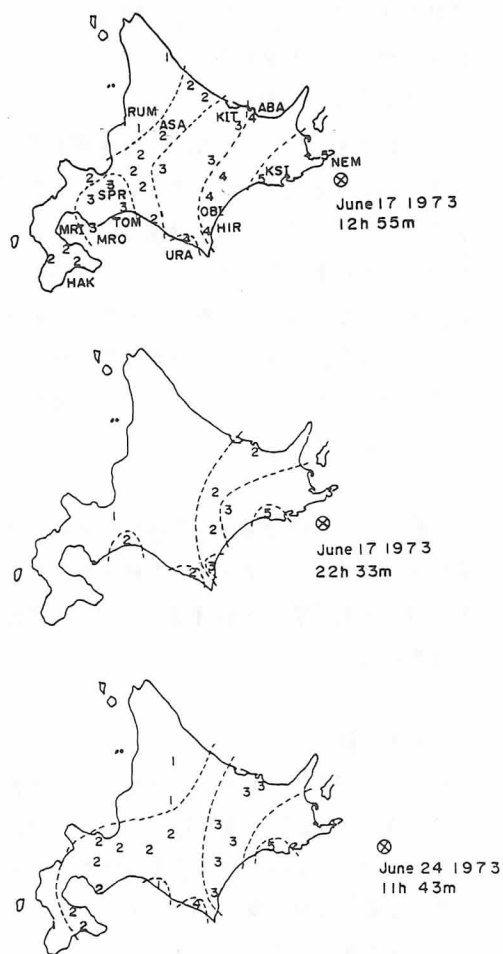


図1 根室半島沖地震の震央と震度分布
(気象庁による)

従来のものとはまた違った配慮を必要とする。

実際には気象庁震度階の表現を始めとする内外の定義を参考にしながら、それらを表 1 のように整理・細分化したのち総質問数 34 うち震度に直接関係する質問数 23, 回答者の位置を知るためのもの 9 その他となった (図 2)。

表1 震度と要因対応区分

震 度		0	I ⁻	I ⁺	II ⁻	II ⁺	III ⁻	III ⁺	IV ⁻	IV ⁺	V	以上
要 因		0.5	1.0	2.0	3.5	7.0	13.0	25.0	50.0	95.0	(gals)	
物理的	動きやすいもの			-----								
	器の中の水				-----							
	皿、窓、戸障子				-----							
	座りの悪いもの					-----						
	自動車(止)のゆれ					-----						
	家屋のゆれ						-----					
	壁のヘヤグラック							-----				
	被害								-----			
感覚的	停電 etc									-----		
	2 階以上		-----									
	平屋			-----								
	屋外				-----							
	目覚め					-----						
	自動車内(止)					-----						
	継続時間						-----					
心理的(行動)	自動車内(動)							-----				
	驚き					-----						
	恐さ						-----					
	逃げだす							-----				
	本能的								-----			
	歩行、立つこと困難									-----		
	パニック										-----	

図2 質問事項一覧(アンケート用紙)

記入上の注意

- 1 おおのこの質問には、ただ1つの答をえらんで下さい。
どれとも決めにくいときでもよく考えて、あなたの感じに近いほうの番号に○をつけて下さい。
 - 2 記入もれのないようにして下さい。
 - 3 記入に際して他の人に相談されるのは構いませんが、この地震のときあなたのまわりにいた人に限って下さい。
- 〔1〕 あなたは、この地震を感じましたか。
1 感じた 2 感じなかった
- 〔2〕 あなたはその頃、どこにいましたか。
1 家(建物)の中にいた 2 屋外にいた 3 その他()
- 〔3〕 あなたは、そこで何をしていましたか。〔1～3をえらんだ人は()内の適当な言葉を○で囲んで下

さい。]

- 1 動いて（働いて、歩いて、運動して）いた
- 2 静かにして（横になって、座って、腰かけて、立って）いた
- 3 乗物（電車、バス、自動車、その他）に乗っていた
- 4 ねむっていた 5 その他（ ）

〔4〕 あなたは、地震の頃どこにいましたか。その場所を出来るだけ詳しく書いて下さい。

市	町	丁目	番地	号
郡				
区	村			

〔1〕で〔1 感じた〕に○を付けた方は、以下の質問にお答え下さい。
また〔2 感じなかった〕をえらんだ方は、このままお返し下さい。

〔5〕 その場所の地形は、次のどれにあてはまると思われますか。

- 1 平坦地 2 丘の上 3 斜面 4 崖の上 5 谷あいの土地 6 その他（ ）

〔6〕 その場所の地盤の様子は、次のどれにあてはまると思われますか。

- 1 岩盤とか砂利のような、よく締った地盤
- 2 火山灰、赤土のような地盤
- 3 粘土、砂からなる、どちらかといえばゆるい地盤
- 4 埋立地、泥炭地、湿地のような軟弱な地盤

〔7〕 地震のとき家（建物）の中にいた方にうかがいます。その家（建物）の構造は次のどれですか。

- 1 木造 2 ブロック（レンガ）造 3 鉄筋コンクリート造 4 鉄骨コンクリート造
- 5 その他（ ）

〔8〕 その家（建物）は何階ですか。

- 1 平屋建 2 2階建 3 3～5階建 4 6～9階建 5 10階建以上

〔9〕 あなたは、地震のときどの階にいましたか。

- 1 地階 2 1階 3 2階 4 3～5階 5 6～9階 6 10階以上

〔10〕 その家（建物）が造られたのはいつ頃でしょうか。

- 1 最近1～2年 2 数年前 3 かなり古い 4 非常に古い

〔11〕 あなたは地震のとき、電灯とかスイッチのひも、カレンダーなど、吊してあるのがゆれ動くのを認めましたか。

- 1 注意しなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 かすかにゆれた
- 4 かなり激しくゆれた 5 非常に激しくゆれた

〔12〕 台所の洗い桶、水盤、金魚鉢等の水、又はガラスビンの中のモノの動きはいかがでしたか。

- 1 注意しなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 わずかに動いた
- 4 かなり動いた 5 激しく動いた 6 あふれる程に、激しく動いた

〔13〕 食器類とか、窓ガラス・戸・障子などの動きは認められましたか。

- 1 気が付かなかった 2 かすかに音を立てた 3 ガタガタと音を立てて動いた
- 4 激しく音を立てて動いた 5 非常に激しく動き、食器、皿、ガラスなど割れたり、戸障子がはずれたものもあった 6 食器類、ガラスなどの破損が目立った 7 殆んどこわれた

〔14〕 すわりの悪いもの、たとえばコケシ、花びんとか、棚に雑においた品物、ビン類など動きは認められましたか。

- 1 殆んど認められなかった 2 わずかに動いた 3 かなり激しく動いた
- 4 一部が倒れたり、ズリ落ちたりした 5 殆んど全部が倒れ、または落ちた

〔15〕 タンス・戸棚・本箱など、重い家具の動きは認められましたか。

- 1 動かなかった 2 わずかにゆれ動いた 3 かなりゆれた 4 多少ズリ動いた

- 5 大きくズレたり、倒れたものもあった 6 殆んど全部が倒れた
- 〔16〕 家（建物）全体としてのゆれはいかがでしたか。
- 1 認められなかった 2 わずかにゆれた 3 かなりゆれた 4 激しくゆれた
5 非常に激しくギシギシゆれた 6 倒れんばかりにゆれた
- 〔17〕 家（建物）には、なんらかの被害がありましたか。
- 1 幸い、全然なかった 2 額がはずれたり、掛物が傾いたりした程度 3 壁かけ、額などが落ち、または花びん・ガラス器具が割れた 4 わずかながら壁にヒビ割れが入った
5 かなりヒビ割れが入り、柱の継ぎ目の喰い違いも目につく程度 6 被害はかなり大きく、修理の必要がある 7 家の傾きが目立った
- 〔18〕 あなたは、地震のゆれている時間をどのように感じましたか。
- 1 非常に短かった 2 短かった 3 どちらともいえない 4 長かった
5 非常に長かった 6 いつ終るとも知れなかった
- 〔19〕 あなたが、地震をもっとも強く感じたのは、どのようなゆれのときですか。
- 1 ドンと突き上げてくる感じのゆれ 2 かなり速い繰り返しの横ゆれ 3 ゆっくりとした横ゆれ 4 特に区別できなかった 5 その他（ ）
- 〔20〕 あなたは地震に気がついたとき驚きましたか。
- 1 全然驚かなかった 2 少々驚いた 3 かなり驚いた 4 非常に驚いた
5 このうえなく驚いた
- 〔21〕 それでは、こわさの程度はいかがでしたか。
- 1 なんとも思わなかった 2 少々こわいと思った 3 かなりこわいと思った
4 非常にこわいと思った 5 絶望的になった
- 〔22〕 あなたはそのときどのような行動にでましたか。
- 1 なにもする必要を感じなかった 2 意識的に身の安全を考えた
3 意識して戸外へのがれた 4 ほとんど知らない間に戸外へとび出していた
5 全く本能的に行動したので、よく覚えていない
- 〔23〕 あなたは、地震のとき火気（ガスコンロ、石油ストーブ等）をどうしましたか。
- 1 使用していなかった 2 使っていたが消す必要を感じなかった
3 危険だと思ったので消した 4 無意識のうちに消していた 5 とても余裕がなかった
- 〔24〕 地震のとき、家（動め先）で、ねていた方にうかがいます。
- 1 眠っていなかった（または、他に誰もいなかった）ので、答えられない 2 目覚めた人は少数
3 かなりの人が目覚めた 4 殆んどの人が目覚めた 5 全部の人が目を覚ました
- 〔25〕 地震のとき動いていた方にうかがいます。
- 1 行動に少しも支障を感じなかった 2 やや支障を感じた 3 動き続けるのは困難であった
4 立ってもおれない程であった 5 はいつくばってしまった 6 体をすくわれて倒れた
- 〔26〕 戸外にいた方にうかがいます。樹木とか近くに停車中の自動車の、地震による動きを認めましたか。
- 1 注意を向けなかった 2 見たが動きは認められなかった 3 かすかにゆれていた
4 かなり激しくゆれていた 5 音がする程ゆれ動いていた
- 〔27〕 自動車を運転していた方にうかがいます。運転に支障を感じましたか。
- 1 全然なんともなかった 2 やや支障を感じた 3 かなり困難を感じた
4 運転不能を感じて止まった 5 事故（道路をはずれる、ぶつかる）を起した
- 〔28〕 停車中の自動車に乗っていた方にうかがいます。
- 1 かすかなゆれを感じた 2 かなり激しくゆれるのを感じた 3 音がする程ゆれ動いた
4 車がこわれんばかりにゆれ動いた
- 〔29〕 あなたのまわりで地震に気がついた人がいますか。
- 1 他に誰もいなかった 2 わずかな人が気がついた 3 かなりの人が地震とわかった

- 4 殆んどの人が気がついた 5 全員が確かに地震だと感じた
- [30] あなたのまわりで板塀、ブロック塀、石垣、集合煙突、サイロなどの被害がありましたか。
- 1 全くなかった 2 塀のねじれ、継ぎ目に沿った割れ、石垣、煙突、サイロのゆれなどがわずかにみられた 3 塀のねじれ、割れ目、石垣、煙突、サイロのゆるみなどかなり目立ち、くずれ落ちそうなものもあった 4 一部割れたり、ズリ落ちたりしたものもあった
- 5 かなりのものが壊れた 6 ほとんど壊れた
- [31] あなたのまわりで家屋の大きな被害（半壊、全壊）とか、地変（地割れ、地すべり、道路のキレツ）などがありましたか。
- 1 全然なかった 2 わずかにあった 3 かなり目についた 4 非常に多かった
- [32] あなたのまわりでこの地震が原因で停電・給水停止などがありましたか。
- 1 全然なかった 2 短時間あった 3 かなり長時間にわたった
- [33] あなたのお年は、いくつですか。
- 1 19才以下 2 20～29 3 30～39 4 40～49 5 50～59 6 60才以上
- [34] あなたは、
- 1 男性 2 女性

ご協力ありがとうございました。書き落としや書き間違いがないかどうか、もう一度見直していただきましたならば、この調査票を至急お返えくださいますようお願い申し上げます。何かお気づきの点がありましたら空欄にご記入して下さい。

このように準備されたアンケート用紙を根室、釧路、帯広、広尾、浦河の各市町に配布した。序において述べた目的から配布は、従来の同種の調査に比べて格段の高密度を必要とする。また調査地域内では均質な配布が結果の精度を一樣に保つために望ましい。他方、この方法は専ら回答者の記憶にまつところが大きく地震後早い時期に配布されるべきである。これらの諸条件を同時に充たす配布の実施はなかなか難しい。川崎市においては電子計算機利用によって解決をはかったが、今回は種々の理由から困難であったので次善の策とし

て次の手続きをとった。地震後直ちに現地にゆきその地域の教育委員会一各中学校生徒を経て父兄に届け記入後中学校で集めていただいた。地域毎の配布（正確には回収）枚数をいくらにすべきかは判断の難しいところであるが、川崎の経験から 500m×500m の拡がりに対して 5～10枚は必要と判っておりこれに準ずるように心掛けた。前記各市町の配布枚数・回収率等を表 2 に示す。平均回収率が 70% 強とアンケート調査としては格段に高いのは、中学校に頼んだこと、地震という Impact の直後の調査であったためと考えている。

表 2 配布枚数および回収率（根室半島沖地震）

	配布枚数	回収枚数	回収率	昭・48・9 現在 人口(百)	人口比 (配布)	人口比 (回収)
1973.6.17.12h55mの地震						
根 室	800	622	77.75	44,900	0.018	0.014
釧 路	1,500	1,090	72.67	204,100	0.012	0.0091
帯 広	2,000	1,545	77.25	139,500	0.017	0.013
広 尾	460	334	72.61	13,300	0.035	0.025
浦 河	600	468	78.00	20,200	0.030	0.023
〃 .6.17.22h33mの地震						
釧 路	1,500	1,169	77.93	204,100	0.0073	0.0057
〃 .6.24.11h43mの地震						
釧 路	2,000	1,237	61.85	204,100	0.0098	0.0061
合 計	8,860	6,465	72.97	830,200	0.011	0.0078

3. 震度算出の方法

回収された用紙は所定の手続きでコード化され回答者1人が1枚のカードにパンチされる。震度算出そのほかの解析は全て電子計算機を利用した。解析の考えの概要を次に述べる。

回答者毎に1つの震度を算出する。その場合、回答者の位置付けは屋内にいる場合でも建物の種類・階数・新旧の程度…(質問事項〔7〕～〔10〕)で変わってくるので、当面回答者の最も多い木造1階(最近)の位置付けに基準化した。このための補正量として条件係数を定義した。次にアンケートでは各質問毎に低震度から高震度へと項目が並べてあるが、各質問毎の関係つまりある質問を基準としたときの他の質問事項との対応関係を知る必要がある。この関係から震度係数を定義した。これらの係数の主要な部分は既にモデル地区川崎での調査から得られていたが、調査地域の建物を始めとする生活環境の違いを考え両係数の妥当性の検討・追加を行った。質問事項〔16〕を基準とした震度係数を表3に示す。なお、この係数は若干の処理を行えば震度階の改訂ともなるべきものである。

実際には、震度に関する質問〔11～32〕について質

問〔16〕に基準をおいた震度を算出しそれらの平均値をもって各回答者の震度と決めた。したがってこれはいわば相対的な値であって気象庁その他のもの(絶対震度)に直すには更に考察を必要とする。

4. 解析結果

4.1 各地域毎の震度

以上の方法によって求めた各回答者の震度を地域毎に集計して得た結果が図3(a),(b)である。ここに(a)は6月17日12時55分の地震による各地の震度の頻度分布、(b)はこの地震および余震2個について釧路に限って行ったものである。いずれも標準分布に近いことから平均値をもってそれぞれの地域を代表する震度とみることが出来るであろう。表4はこれと気象庁発表震度を対比したものである。アンケートによる震度では根室が釧路に比べて格段に大きいことは明瞭である。このことを支持する他の資料もある。表5は今回の地震による両市の被害集計であるが一見して根室が被害発生 of 著しいことが判る。しかるに気象庁発表ではいずれも震度Vとなっている。震度Vの可否の議論はさておくとしてもアンケートによる震度の方が気象庁のそれよりはるかに感度のよいことはうなずけよ

表3 震 度 係 数 一 覧

Item No. Qu.	1	2	3	4	5	6	7
11	...	0.339	1.798	3.173	4.538	...	...
12	...	1.395	2.192	2.988	3.783	4.577	...
13	...	1.943	3.102	4.260	5.417	6.574	7.731
14	...	2.329	3.269	4.205	5.139	...	...
15	2.266	3.177	4.085	4.990	5.895	6.800	...
16	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	...
17	...	4.420	6.093	7.758	9.421	11.081	12.741
18	-0.076	1.39	2.154	3.269	4.384	5.498	...
20	1.561	2.446	3.329	4.212	5.093	...	...
21	1.795	2.589	3.380	4.170	4.959	...	...
22	1.868	2.995	4.122	5.249	6.376	...	...
23	...	1.624	3.039	4.419	5.788	...	...
24	...	1.996	2.566	3.135	3.705	...	...
25	2.284	3.376	4.462	5.547	6.630	7.713	...
26	...	1.678	2.862	4.405	5.230	...	...
27	...	3.454	4.133	4.813	5.493	...	...
28	2.578	3.805	5.032	6.259	7.486	...	...
29	...	0.960	1.814	2.626	3.425	...	...
30	...	2.927	3.602	4.276	4.951	5.626	...
31	...	3.945	5.221	6.498	...	...	...
32	...	4.021	5.903	...	...	...	...

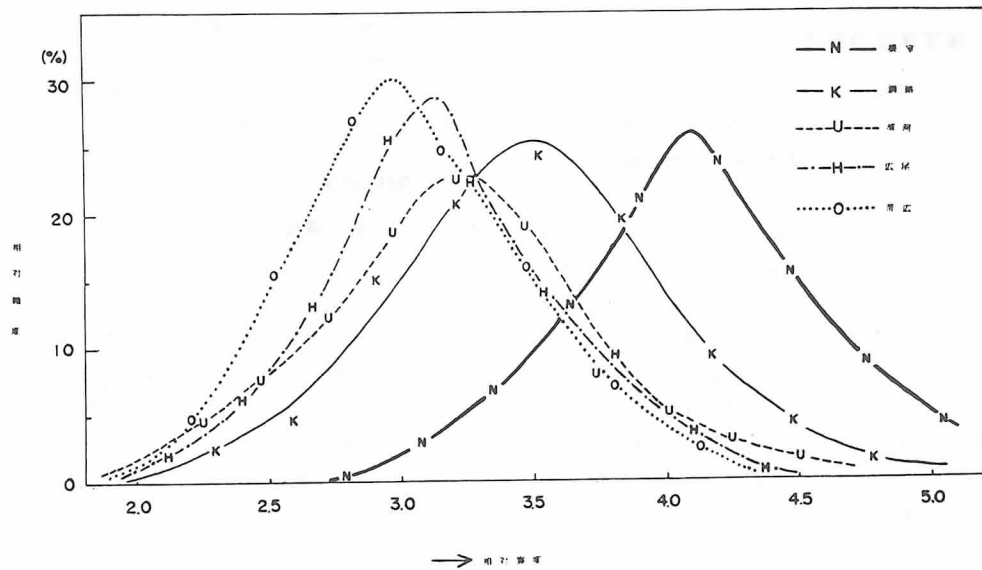


図3(a) 根室・釧路・帯広・広尾・浦河の頻度分布

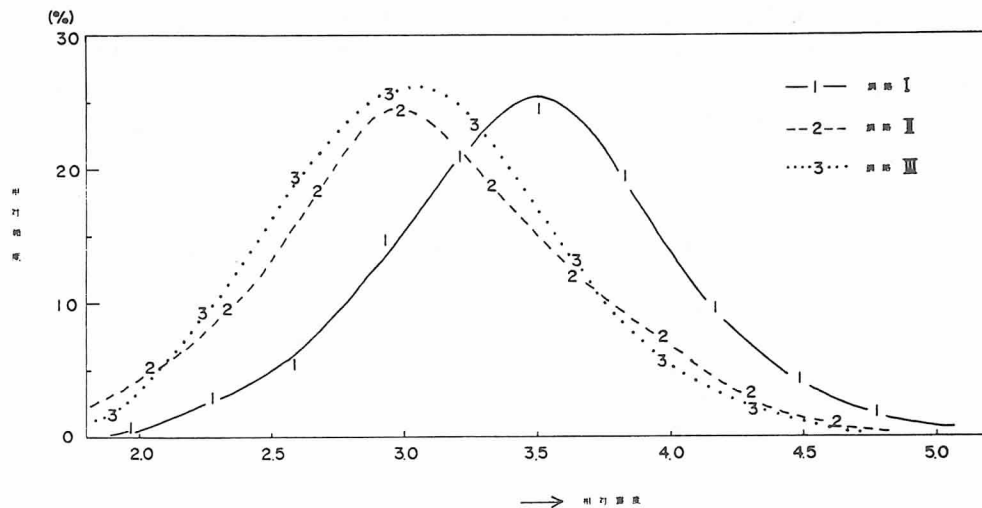


図3(b) 釧路Ⅰ, Ⅱ, Ⅲの頻度分布

表4 気象庁・アンケート(相対)震度の対比

	気象庁震度	アンケート(相対)震度	備考
根室	V	4.16	6.17.12 h 53m の地震
釧路	V	3.54	"
帯広	IV	3.10	"
広尾	IV	3.22	"
浦河	IV	3.24	"
釧路	V	3.14	6.17.22 h 33m の地震
釧路	V	3.11	6.24.11 h 43m の地震

う。次に釧路では3回共に震度Vと発表されているが、アンケートからは釧路Ⅰと釧路Ⅱ、Ⅲとでは明かに違いがある。表6の強震計による結果もアンケートの結論を支持していると判断される。なお、釧路Ⅱ、Ⅲの平均値、分布が帯広、広尾、浦河のそれにより近いことから釧路Ⅱ、Ⅲは震度をⅣと改めた方がよいと思われる。

やや一般的にいえば今回の地震においては震度Vの発表が非常に目立ったが、これまでに述べたようにいろいろと問題のあるところである。詳しい吟味をすべき時期に来ているものと考えらる。

表5 根室・釧路の被害統計

項 目		被 害 件 数		被 害 金 額 (単位 千円)		
		根 室 市	釧 路 市	根 室 市	釧 路 市	
人 的 被 害	重 傷	3	0			
	輕 傷	19	6			
住 家 被 害	全 壊(棟数)	2	0	6,500	0	
	1 部破損(")	5,034	19	390,450	3,550	
	床上浸水(")	61	0	7,400	0	
	床下浸水(")	8	1	600	0	
非 住 家 被 害	全 壊(棟数)	8	0	6,500	0	
	半 壊(")	2	0	2,400	0	
土 木 被 害	道工事 {	道 路	5	0	26,900	0
		橋 梁	3	0	1,040	0
	市町村 {	道 路	5	3	4,700	3,090
		工 事 {	橋 梁	4	0	1,250
農 業 被 害	農 地(畑)	11 ha	0	1,260	0	
	農 作 物(畑)	11 ha	0	327	0	
水 産 被 害	漁 船 {	沈 没	1隻	3,830	250	
		破 損	64隻	7,129	0	
	港 湾 施 設	6	1	491,650	3,500	
商 工 被 害	商 店	300	11	120,000	8,645	
文 教 施 設 被 害	(学 校)	23	14	5,307	3,209	
衛 生 施 設 被 害		5	1	31,100	1,030	
公 共 施 設 被 害		10	1	42,760	137	
計				1,151,103	23,411	

表6 気象庁震度, アンケート震度, 加速度の対応 (釧路)

	気象庁震度	アンケート震度	加速度
釧路Ⅰ	V	3.54	{ 425 gal (NS)
			{ 250 (EW)
釧路Ⅱ	V	3.14	{ 175 (NS)
			{ 175 (EW)
釧路Ⅲ	V	3.11	{ 173 (NS)
			{ 180 (EW)

4.2 地震時心理・行動等に関する2,3の統計

アンケート整理の過程で質問〔22〕,〔23〕,〔27〕の集計によって地震時の人間心理・行動に関する資料が震度との関係で得られる。図4(a)は行動一般について, (b)は火気の取り扱いについて, (c)は自動車運転時の状況についての回答を示している。いずれも大

勢は非常によく似ていて低震度の地震に対して冷静に行動出来る人々が震度の増大と共に次第に無意識あるいは本能的になるか, 身体を失うに至る様子が非常によく判る。特に根室の震度に対して10%強の人が「消火不能」と答えているのは恐ろしい。

今回の資料は震度の範囲もさほど幅広いものではなく, これらの結果をより高い震度の側へ外挿して大震時の火災発生, 避難・道路交通の状況予測等の基礎資料とするには多少の無理があろう。しかし地震時の災害として2次・3次災害も含めそれへの対策を考えるときこの種の資料の蓄積は重要となるに違いない。また, この方面の資料は従来の自然科学的な方法のみでは求め難たいものでもある点を強調しておく。

4.3 根室・釧路の Seismic microzoning map

調査地域のうち, やや都市部としての拡がりの大きい根室・釧路について Zoning map 作成を試みた(帯

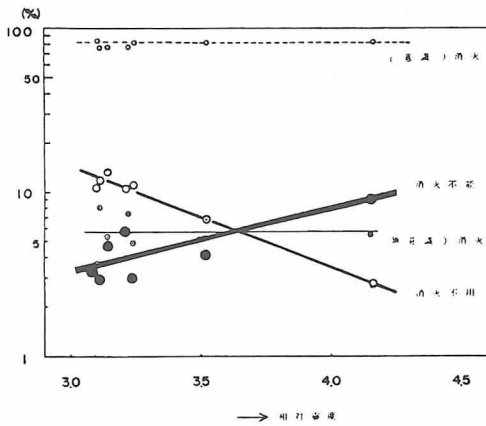
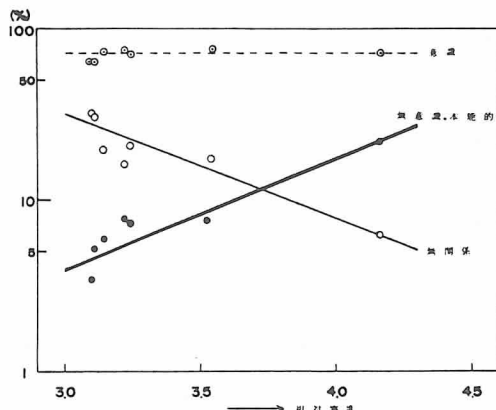
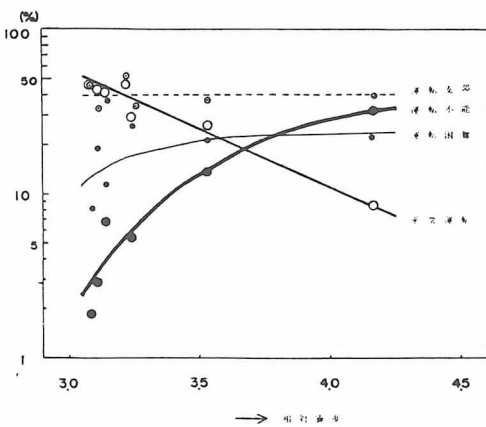


図4(a) 行動一般



(b) 火気取扱い



(c) 自動車運転

広については現在解析中)。図5(a),(b)に両地域における回答者分布を示すが、これらの回答者による結果をmapに作成するにはまず地域毎にmesh区分図を作りそれぞれのmeshに回答者を振り分ける作業から始めなければならない。両地域共に500m×500m

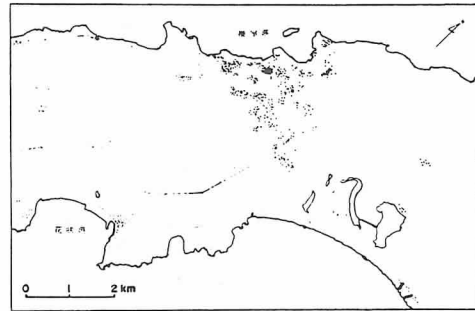
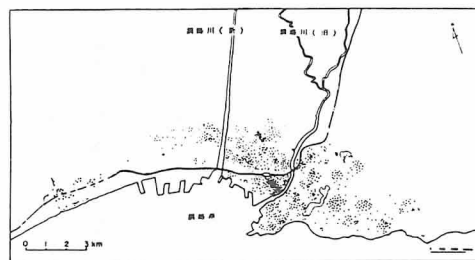


図5 回答者分布 (a) 根室



(b) 釧路(I)

の正方形を1区画とする区分としたが、回答者分布の拡がりを考慮して根室では250m×250mの区分もとりにれた(図6(a),(b))。その結果、根室では7×10 mesh (および10×10 mesh)、釧路は10×24 meshとなったがそのうちのいくつかは海岸地形の凹凸のために欠けている。図7(a),(b)はmesh毎の回答者数を示したものであるが、回答は両地域共に市の中心街・住宅街にかなり集中しているが周辺部ではmeshあたり1~2個しか回答のない地区も少なからずあり、アンケート用紙の配布に若干の問題があったと考えている。

解析は(i) mesh毎の平均値の算出、(ii) 2次元移動平均の実行、(iii) 地域の平均値(代表値)とmesh毎の値との差の計算、(iv) contour mapの作成の順で行った。(i)についてはmesh内の各回答者の有効回答数(震度に関する質問に対する回答数)を考慮した加重平均とした。(ii)の操作によって見掛け上現われる震度分布の複雑さが除去されるものと期待される。この演算後の値で各meshを代表させた。(iii)(iv)については本来 $(I_{ij}-I_0)/I_0*100$ のように震度差の%表示をとるべきであろうが、ここでは、

$$\delta I = (I_{ij} - I_0) * 100$$

を算出しcontour mapを作成した(I_{ij} : mesh番号*ij*のアンケート震度、 I_0 : 地域の代表値としてのアン

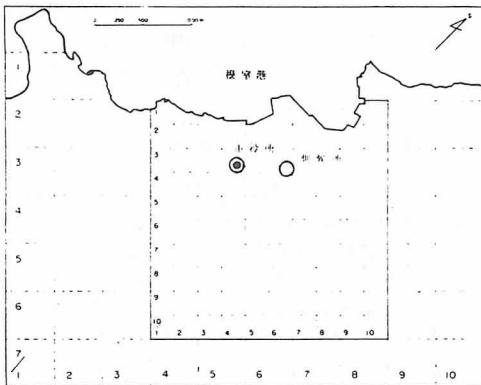
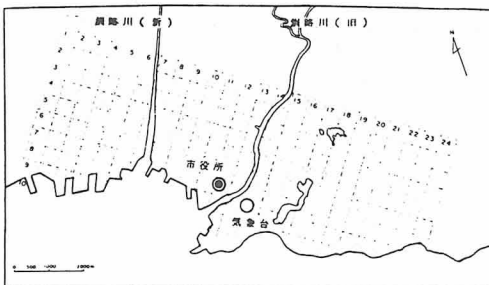


図6 mesh 区分 (a) 根室



(b) 釧路

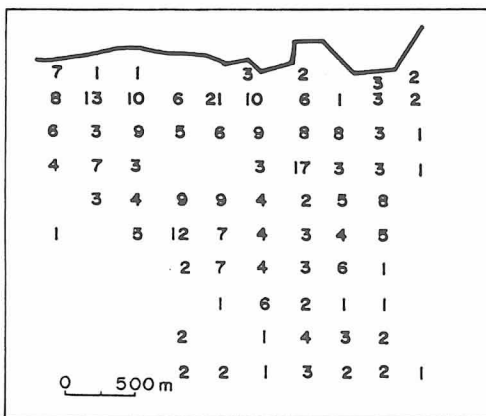
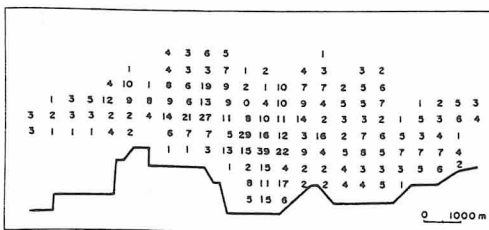


図7 mesh 毎の回答者数 (a) 根室



(b) 釧路 (I)

ケート震度, δI : 震度の偏差)。最終の結果が図8(a), (b)である。われわれはこれを Seismic microzoning map の表現の1つとして考えたい。アンケートの質問事項・解析の方針に従って、ここに得た Map を正確にいうならば“該当地域一帯に構造型式の様な木造家屋が分布していると仮定するとき、地震の到来によって生ずるユレあるいは被害発生の違いをその地域を代表する震度を基準として算出し contour map として作成したもの”であるが、地盤と構造物との相互作用等の2次の効果を見捨てる事が許されるならば、ここに得た結果の第1近似的には地盤そのものの特性を示していると考えてよいであろう。

なお、両地域共に震源からの距離に比べて地域としての広がりにはさほど大きくはない。したがって、ここに得た結果に距離効果、指向性効果といった地盤特性とは別の影響が入る心配はまずないといってよい。

根室においては、被害分布および地質的資料（ボーリング柱状図）等との対比を試みたところ今回われわれの得た Zoning map との相関性は非常に高いものと判断された。釧路については3つの地震について独立に得られた Map が大勢として互いによく似ていることから再現性を確かめた。

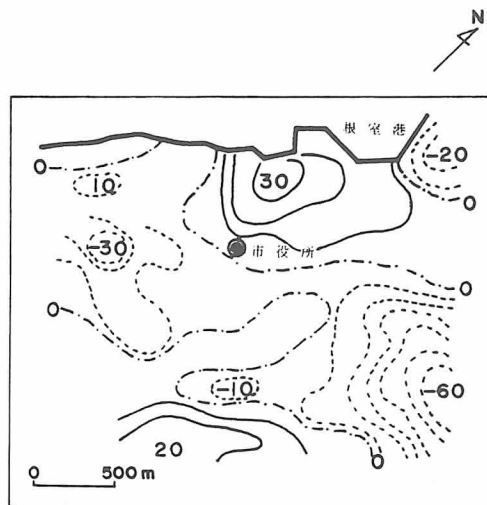
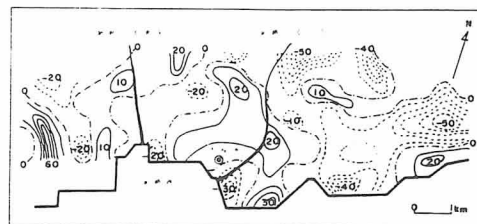


図8 Seismic microzoning map (a) 根室



(b) 釧路 (I)

5. 今後の問題

ここに述べた方法の将来への発展を考えると今後
の問題として残された点も少くない。これらのいくつ
かを挙げておく。

- (i) アンケートによる震度と気象庁等の震度の関係
を結ぶこと
- (ii) 質問事項・解析法を改善して、ユレの大きさだ
けでなく周波数特性をも抽出する可能性の検討
- (iii) 本方法を研究段階から行政体が独自に調査を実
施出来るように system 化すること

等々である。

6. 結語と謝辞

根室半島沖地震を契機としてわれわれの行ったアン
ケートの方式による北海道内各地の震度推定と根室・
釧路における Seismic microzoning map の作成につ
いての調査研究の概要を主に資料の収集とその解析の
観点から述べ、また今後に残された問題のいくつかを
挙げておいた。

最後に本調査研究の遂行にあたっては北海道庁防災
消防課・道教育委員会・根室、釧路、帯広、広尾、浦
河の各市・町教育委員会、関係各中学校の先生方はも
とより生徒諸君を通じて御父兄の方々のお世話になっ
たことを記して厚くお礼申し上げる。

文 献

- 広野卓蔵, 佐藤馨 (1972), 気象官署における MSK
震度の観測. 気象庁技術報告, 76.
- 川崎地震専門部会 (1972), Mail survey による seismic
microzoning map の作成 (1) 調査票の作成・配
布・回収のOR. 第9回災害科学総合シンポジウ
ム論文集, 241-246.
- 河角広 (1944), 震度と震度階. 地震, 1-15.
- 河角広編 (1973), 地震災害, 第6章通信調査. 共立
出版.
- 野越三雄 (1971), 秋田県東部地震の震度分布につい
て. 東北災害研究.
- 太田裕, 関口弘, 水上勲, 山崎捷信 (1972), Mail
survey による Seismic microzoning map の作成
(2) 解析の手順・解析結果. 第9回災害科学総合
シンポジウム論文集, 241-246.
- 宇津徳治 (1969), 震度階について——1968十勝沖地
震の場合—— 北大地物研報告, 21.

1973年6月17日の「根室半島沖地震」に 対する帯広およびその周辺でのアンケー ト調査

小 柳 敏 郎

(帯広畜産大学物理学地学研究室)

1974年11月20日受理

Questionnaire Survey in and around Obihiro for
“The Earthquake off the Nemuro Peninsula”
on 17 June, 1973

Toshiro KOYANAGI*

I. は じ め に

1973年6月17日13時頃、根室半島南東沖で $M=7.4$ の地震が起こった。この地震は道東各地にかなりの被害を与え、「根室半島沖地震」と名づけられた。気象庁発表の正式な資料は次のようになっている。

震 源 時 6月17日12時55分01.8秒 ± 0.5 秒

震 央 東経 $145^{\circ}57' \pm 3'$ 、北緯 $42^{\circ}58' \pm 1'$

震源の深さ 40 km

規 模 7.4

この地震の震央の位置と道内各地の震度分布を第1図に示す¹⁾。

この地震に対して、自然災害を研究する人々によってただちに調査研究が行なわれることになった。

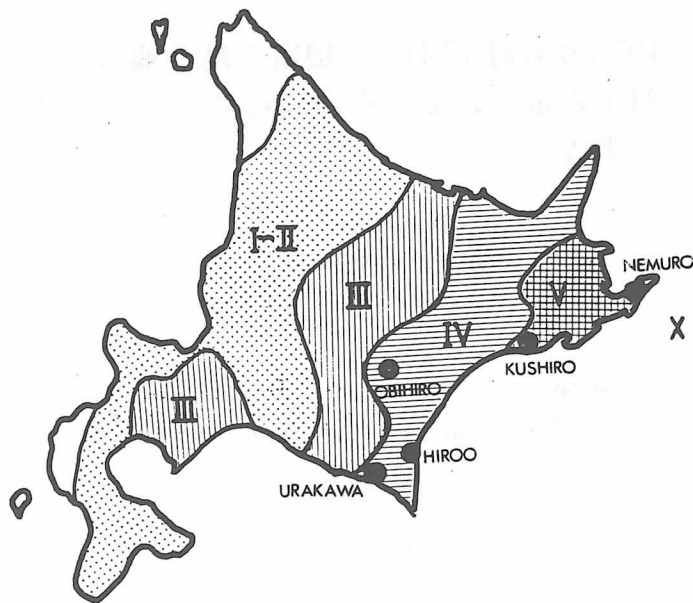
筆者は北大工学部建築工学教室の太田裕、後藤典俊とともに、この地震に対するアンケート調査を実施した。

このアンケートは次のような目的で行なった。。

第1は、各地の相対震度を決定すること。第2は、いくつかの都市における場所の違いによる細かな震度の分布（いわゆる Seismic Microzoning Map と名づける）を作成することである^{2,3)}。

アンケートは第1図に黒丸で示されている震度 V と IV の5つの地域を対象として実施

* Laboratory of Physics and Geology, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido, Japan.



第1図 震央の位置と道内の震度分布

された。すなわち、根室、釧路、帯広、広尾、浦河の5つの市町である。

このアンケートの結果の概要についてはすでに公表されており⁴⁾、その中でこのアンケートに関する詳細な方法、それに解析方法、結果の検討などについては十分に議論されている。

筆者は、帯広における Seismic Microzoning Map の作成を分担した。さらに、今回の結果と「1968年十勝沖地震」の震度調査のデータを使って同様のものを作成し、比較したのでそれらについて報告する。

II. アンケートについて

アンケートの内容は従来行なわれてきた震度調査に準じている。しかし、筆者らの目的は単に調査地域全体の震度を求めるだけでなく、特定の地域でのこまかな震度の相違までを考察する必要があるので、そのことを十分に加味して作成されている。

アンケート票を第2図に示す。質問の項目数は34、そのうち回答者の「位置」に関するものが9、「震度の判定」のためのものが23、その他である。

配布と回収は次のように行なった。

Seismic Microzoning Map は比較的狭い地域での震度差を明らかにする必要があるので、アンケート用紙はかなり高密度に、またその地域内でできるだけ均質に配布されることが望ましい。

さらに、アンケートの質問内容が回答者の記憶にたよっていることもあって、なるべく地震発生後短期間のうちに配布されることも必要である。

これらの条件を考え、今回は各地の教育委員会を通じて各中学校に全面的に協力をお願いした。

中学生を通じて、それぞれの父兄の手許に届け、記入後、この逆の手順で回収した。

各中学校ごとの配布の枚数は、なるべく均質になるよう心がけた。

なお、帯広市については、調査した他の都市と比較すると内陸部に位置し、後の地図にも見られるとおり、人口の密集地は行政区分の市の北東部に存在している。近年は住宅地域が近郊郡部に拡がっていく傾向にある。そこで、今回は、帯広市に加えてそれらの町、すなわち「帯広圏」ともいべき音更、幕別、芽室の各町にもアンケート用紙を配布した。

配布の枚数と、回収数を第1表に示す。表には回収率もあわせて示されているが、70%以上という、かなりよい率であった。

第1表 アンケートの配布および回収

地 域	配 布 枚 数	回 収 枚 数	回 収 率 (%)
帯 広 市	1521	1072	70.5
音 更 町	211	188	89.1
幕 別 町	135	133	98.5
芽 室 町	190	152	80.0
計	2057	1545	75.1

回収されたアンケートの回答はコード化されて、カードにパンチされる。

質問4は地震を感じた時の所在場所を尋ねているものであるが、その場所は後の解析のために、対象地域の地図上にいくつかの間隔の mesh をつくり、回答者の所在がそのどこの mesh の中にあたるかを決めて、それもパンチされる。

1枚のアンケートに対して1枚のカードができ上がり、その1枚毎に震度が算出される。

震度の算出の方法は、各質問に対する回答に各種の「震度係数」を乗じ、全質問の平均値をもってその震度とする。「震度係数」は質問16の家のゆれ方を基準にとってある。したがって、この算出された震度は相対的なものであって、気象庁の震度と同じものではないことに注意しなくてはならない。

調査地域の震度は、アンケートの数すべての平均値をもって代表される。5つの調査地域において、このように算出された相対震度は、根室(4.16)、釧路(3.54)、帯広(3.10)、広尾(3.22)、浦河(3.24)であった。

III. アンケートの結果

アンケートの集計結果を第2表に示す。表には、アンケートの質問事項に対する回答者の数と、その割合が示されており、これから平均震度が算出される。

第2表 回答結果の集計（全体）

質問項目	1		2		3		4		5		6		7	
質問番号	(人数)	(%)	(人数)	(%)	(人数)	(%)	(人数)	(%)	(人数)	(%)	(人数)	(%)	(人数)	(%)
1	1,490	96.75	50	3.24	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
2	999	65.55	512	33.59	13	0.85	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
3	402	26.51	1,037	68.40	52	3.43	19	1.25	6	0.39	0	0.0	0	0.0
4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
5	1,333	92.12	39	2.69	19	1.31	26	1.79	30	2.07	0	0.0	0	0.0
6	371	28.34	495	37.81	290	22.15	153	11.68	0	0.0	0	0.0	0	0.0
7	727	67.00	155	14.28	140	12.90	35	3.22	28	2.58	0	0.0	0	0.0
8	461	41.94	573	52.13	52	4.73	13	1.18	0	0.0	0	0.0	0	0.0
9	135	12.70	789	74.22	111	10.44	23	2.16	5	0.47	0	0.0	0	0.0
10	180	16.54	499	45.86	356	32.72	53	4.87	0	0.0	0	0.0	0	0.0
11	88	7.73	9	0.79	120	10.54	824	72.40	97	8.52	0	0.0	0	0.0
12	461	42.56	11	1.01	101	9.32	346	31.94	101	9.32	63	5.81	0	0.0
13	185	16.56	232	20.77	572	51.20	120	10.74	4	0.35	4	0.35	0	0.0
14	207	19.36	415	38.82	319	29.84	122	11.41	6	0.56	0	0.0	0	0.0
15	308	28.70	451	42.03	281	26.18	23	2.14	7	0.65	3	0.28	0	0.0
16	37	2.95	202	16.13	778	62.14	163	13.01	69	5.51	3	0.24	0	0.0
17	1,052	84.90	129	10.41	29	2.34	24	1.93	3	0.24	2	0.16	0	0.0
18	8	0.54	119	8.16	1,127	77.29	182	12.48	22	1.50	0	0.0	0	0.0
19	66	4.66	532	37.59	630	44.52	181	12.79	6	0.42	0	0.0	0	0.0
20	156	10.75	801	55.20	393	27.08	92	6.34	9	0.62	0	0.0	0	0.0
21	365	25.24	739	51.10	260	17.98	71	4.91	11	0.76	0	0.0	0	0.0
22	447	31.50	633	44.60	290	20.43	33	2.32	16	1.12	0	0.0	0	0.0
23	1,028	82.50	22	1.76	181	14.52	8	0.64	7	0.56	0	0.0	0	0.0
24	355	81.60	24	5.51	17	3.90	13	2.98	26	5.97	0	0.0	0	0.0
25	109	14.95	458	62.82	127	17.42	30	4.11	5	0.68	0	0.0	0	0.0
26	180	25.00	38	5.27	180	25.00	290	40.27	32	4.44	0	0.0	0	0.0
27	50	44.64	50	44.64	9	8.03	2	1.78	1	0.89	0	0.0	0	0.0
28	37	36.27	54	52.94	5	4.90	2	1.96	4	3.92	0	0.0	0	0.0
29	47	3.56	91	6.89	209	15.83	213	16.13	760	57.57	0	0.0	0	0.0
30	1,148	96.39	28	2.35	5	0.42	6	0.50	3	0.25	1	0.08	0	0.0
31	1,245	97.26	28	2.18	5	0.39	2	0.15	0	0.0	0	0.0	0	0.0
32	948	73.48	322	24.96	20	1.55	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
33	457	32.11	12	0.84	251	17.63	640	44.97	51	3.58	12	0.84	0	0.0
34	864	60.16	572	39.83	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0

第3表 回答結果の集計（市街のみ）

質問項目	1		2		3		4		5		6		7	
質問番号	(人数)	(%)	(人数)	(%)	(人数)	(%)	(人数)	(%)	(人数)	(%)	(人数)	(%)	(人数)	(%)
1	660	97.77	15	2.22	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
2	533	79.08	134	19.88	7	1.03	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
3	197	29.35	444	66.17	22	3.27	6	0.89	2	0.29	0	0.0	0	0.0
4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
5	612	94.88	14	2.17	8	1.24	4	0.62	7	1.08	0	0.0	0	0.0
6	227	38.67	119	20.27	143	24.36	98	16.69	0	0.0	0	0.0	0	0.0
7	360	64.28	76	13.57	84	15.00	27	4.82	13	2.32	0	0.0	0	0.0
8	188	33.57	324	57.85	39	6.96	9	1.60	0	0.0	0	0.0	0	0.0
9	62	11.33	393	71.84	72	13.16	17	3.10	3	0.54	0	0.0	0	0.0
10	108	19.42	268	48.20	156	28.05	24	4.31	0	0.0	0	0.0	0	0.0
11	36	6.20	2	0.34	68	11.72	432	74.48	42	7.24	0	0.0	0	0.0
12	223	40.69	5	0.91	52	9.48	192	35.03	41	7.48	35	6.38	0	0.0
13	102	17.95	131	23.06	286	50.35	48	8.45	0	0.0	1	0.17	0	0.0
14	105	19.40	209	38.63	172	31.79	53	9.79	2	0.37	0	0.0	0	0.0
15	177	32.53	226	41.54	127	23.34	11	2.02	3	0.55	0	0.0	0	0.0
16	21	3.47	95	15.70	402	66.44	68	11.24	19	3.14	0	0.0	0	0.0
17	511	86.02	60	10.10	11	1.85	12	2.02	0	0.0	0	0.0	0	0.0
18	4	0.61	70	10.72	516	79.02	55	8.24	8	1.22	0	0.0	0	0.0
19	23	3.59	235	36.77	300	46.94	78	12.20	3	0.46	0	0.0	0	0.0
20	69	10.55	356	54.43	183	27.98	43	6.57	3	0.45	0	0.0	0	0.0
21	164	25.23	337	51.84	116	17.84	30	4.61	3	0.46	0	0.0	0	0.0
22	184	28.43	301	46.52	145	22.41	12	1.85	5	0.77	0	0.0	0	0.0
23	478	80.33	9	1.51	105	17.64	3	0.50	0	0.0	0	0.0	0	0.0
24	178	86.40	10	4.85	9	4.36	2	0.97	7	3.39	0	0.0	0	0.0
25	61	16.94	235	65.27	56	15.55	7	1.94	1	0.27	0	0.0	0	0.0
26	79	28.21	17	6.07	73	26.07	102	36.42	9	3.21	0	0.0	0	0.0
27	23	50.00	21	45.65	1	2.17	1	2.17	0	0.0	0	0.0	0	0.0
28	10	24.39	28	68.29	2	4.87	0	0.0	1	2.43	0	0.0	0	0.0
29	19	3.20	43	7.25	99	16.69	102	17.20	330	55.64	0	0.0	0	0.0
30	539	98.17	7	1.27	2	0.36	1	0.18	0	0.0	0	0.0	0	0.0
31	574	98.62	7	1.20	1	0.17	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
32	377	63.46	207	34.84	10	1.68	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
33	143	22.69	5	0.79	119	18.88	325	51.58	34	5.39	4	0.63	0	0.0
34	395	62.40	238	37.59	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0

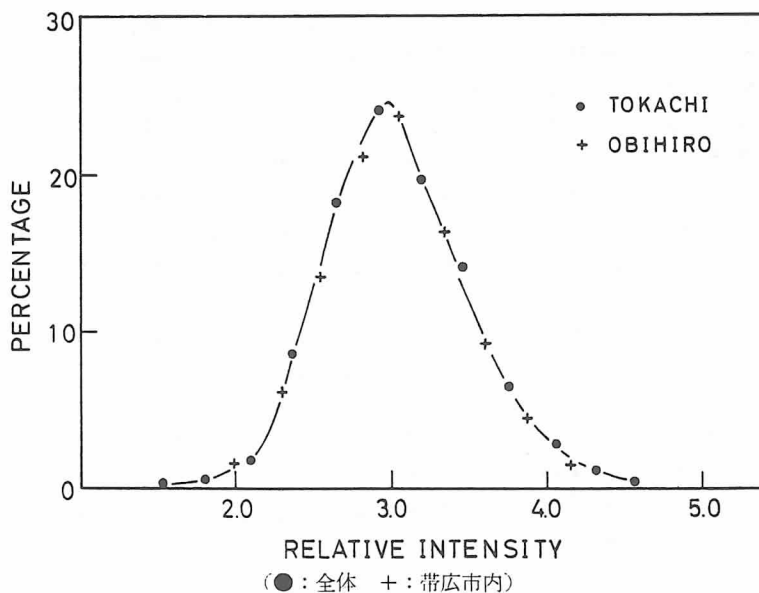
後の解析のために、この全体の回答の中から確実に帯広の市街地に所在したものを分けてみた。その集計結果が第3表である。その数は、675であって、帯広全体の約7割になってしまふ。アンケート回答欄の所在地に対して詳しく回答してくれなかった人が多く、この点を十分に注意しなかったことは反省されるべきである。

さらに、後にわかるように所在位置がプロットできる数はさらに少なくなってしまう。帯広市の町名が〇〇町となっていればおよそその位置の推定ができるが、条・丁目制のところはほとんどなので、東西南北が欠けていたり、条・丁目のどちらかが欠けていると、どこにプロットしてよいか見当がつかなくなってしまうからである。この点はアンケート用紙の改良も心がけるべきと思われる。

第3表から求めた市街地での平均震度は、3.05で全体とそう変わりはない。

第3図は回答者のカードに基づく震度の頻度分布である。パーセントで頻度をとってあるが、全体の分布と帯広市内の分布はほとんど一致し、そう変わりがないことは、この図から明らかである。

分布のグラフも、このようなアンケート調査に対してはかなりよい形をしていることに注目されたい。前に述べた平均値と、このグラフのピークとは若干のくいちがいがあるがこれは、震度の大きい方にグラフの対象性がずれていることに起因している。しかし、そのずれも0.1くらいである。



第3図 相対震度の分布

IV. Microzoning Map

次に Zoning Map の作成にとりかかった。Zoning Map の作成にあたってはまず、mesh の選択の問題にぶつかる。mesh は正方形に区切ることを原則としたが、その一辺の距離をどれくらいにするかということが大きな問題となる。

mesh を細かに、すなわち一辺の距離を小さくすれば、地理的な精度はよくなることは確かである。しかし、その反面、アンケートの回答数には限度があるので、mesh あたりの回答者数も確実に減り、したがって相対震度の算出の精度がおちてくる。このかねあいがむずかしい。今までの例では標準的な mesh の大きさを $500 \times 500 \text{ m}$ としたものが多²⁻⁴⁾い。そこで、今回は、この $500 \times 500 \text{ m}$ の mesh を用いた。mesh の座標は、第4図の Map に示されている。基準は、国道38号線と、236号線にとっている。

各 mesh における回答者数は第4表のとおりである。第4表で回答者のないところが目立つが、第4図を参照するとわかるように図の上方と右下方には十勝川と札内川があること、さらに左の方の空間は、競馬場や、自衛隊の基地、飛行場などであって、回答者はほぼ市内全域に分布していることがわかる。回答者の特に多い部分は市の中心部で、地震の起ったのが、日曜日の昼間であり、当日は快晴にめぐまれていたこともあわせ考えると、買物などのために中心地へ外出していた人が多かったと推定される。

理想的にはひとつの mesh に回答者数が5～10は欲しい。しかし、第4表ではこの条件をかならずしも満足していない。そこで、今回の解析には、1 km ごとの mesh についても同じように解析し、その両方の結果を合わせて Microzoning Map を作成した。

第4表からもわかるとおり、1 km の mesh では、表中の4つの mesh が1つの mesh に相当するので、前記の条件をかなりよく満足する。

解析の手順は、まず、各 mesh にふくまれる回答者の震度の平均を計算する。この際には単なる平均値ではなく、震度に対する質問事項の数に対する有効回答の数を考えた加重平均とした。

次に、その平均値に対しての2次元の移動平均をとる。その際はウェイトをかけ、対象とする mesh には4、その隣接 mesh は1の割合とした。このようにすると、フィルターをかけるのと同様に震度分布の見かけ上の複雑さがカットされることになる。

このようにして求められた値が、その mesh における震度となる。

さらに、その mesh の震度と全体の平均との差をパーセントで求める。その結果がプラスならば、平均より震度が大きく、マイナスならば、震度が小さいと解釈される。

それを、地図上にプロットし、contour を描いたものが Microzoning Map である。

以上の手順にしたがって求められた Map を第4図に示す。

第4表 Mesh 毎の回答者の分布 (市内)

		1 km		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
1 km	0.5 km	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1 2	2 1 1																			
2	3 4	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 4 1 2																			
3	5 6	1 8 5 2 2 3 4 9 2 3 8 8 1 8 5 3 2																			
4	7 8	12 2 2 3 5 3 1 2 22 2 6 7 21 11 7 9 11 2 1 1 1 2 1 4 37 13 15 13 4																			
5	9 10	5 2 15 9 5 7 2 9 5 5 1 3 11 6 12 4 2 6 7 10																			
6	11 12	1 2 1 4 1 5 2 3 5 5 4 3 3 4 4 4 3 7 1																			
7	13 14	3 5 6 3 4 2 2 3 4 2 3 3 1																			
8	15 16	2 1 1 1 2 3 2																			
9	17 18	1 5 2 1 1 1																			

図は平均値を0とし、5%ごとの contour としてある。実線が震度がプラス、点線がマイナスである。差は±10%であるが、この差は小さいように思えるが、けっして小さな数字ではない。相対震度の差が20%ということは、もし、震度が4のときは0.8の相違に対応し、ほぼ1にちかいことになるからである。

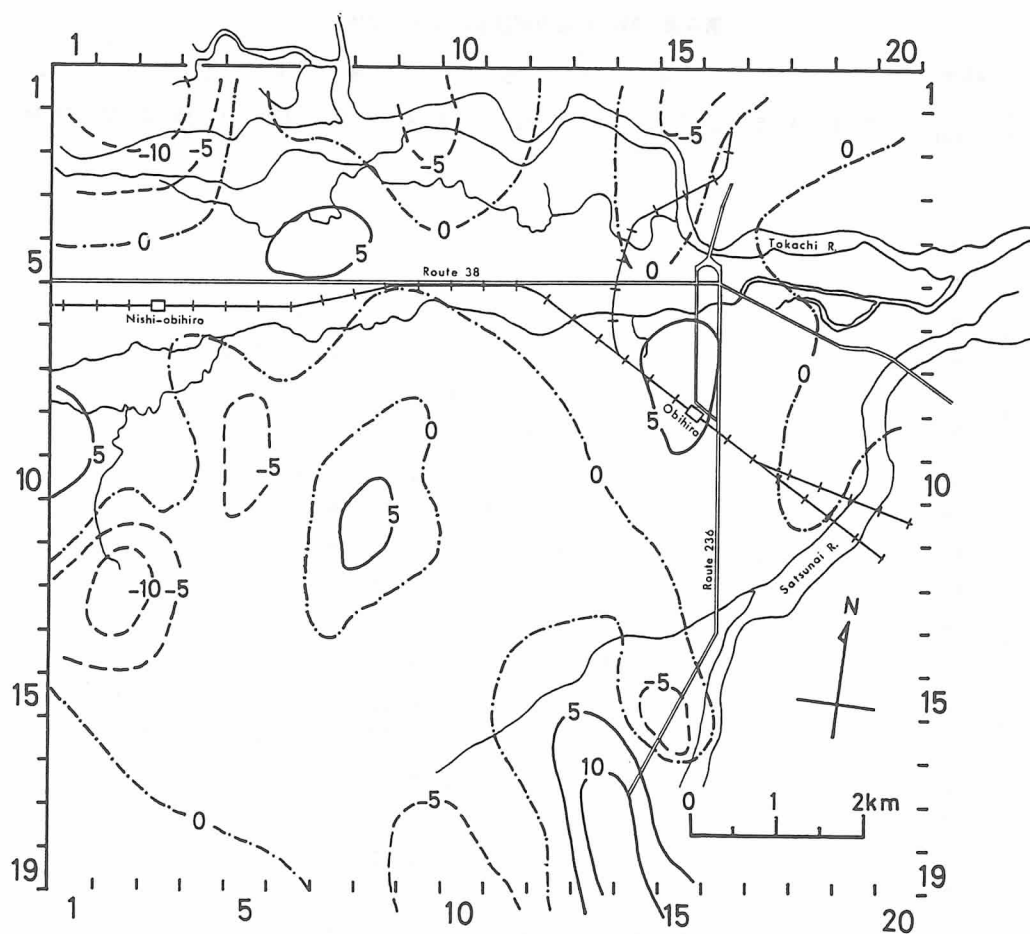
図中震度が比較的大きいところは駅の付近、工業団地、飛行場北部、稲田である。逆に震度の小さいところは、市内の南西部、北西部である。

Seismic Zoning Map とは一般的には、震度予測図であって、ある地震が起こったと想定したときに予想されるべき震度を地理的に分類したものである³⁾。

しかし、今回の目的はある都市における、地理的にも、また震度についても、より一層詳細な解析を行なっている。それが Microzoning と名づけた理由である。

第4図の東西約10 km の幅であるから、震源からの距離にくらべてきわめて小さく、したがって、この地域に入ってくる地震波のエネルギーはほぼ同一とみなすことができる。

したがって、第4図の震度の違いは、主に地盤の強弱と密接な関係があると考えられる。



第4図 帯広の Microzoning Map

すなわち、第一近似的な地盤強弱図とも解釈できる。

アンケート全体についても同様の方法を試みた。十勝地方の場合、かなり広いので mesh の幅を 2 km と 4 km の 2 種類をとり、その両者の結果を検討して Microzoning Map を作成した。

アンケートの回答者の分布は第5表のとおりである。

市内の場合以上にバラついているが、そのまま解析をすすめた。

市内の場合と同様の手順によって、最終的に得られた Zoning Map は第5図である。

この Map は、簡略化して、平均値を線で示し、プラスの部分を強調して描いてある。周辺部には、5%以上の違いもあるが、調査点も少ないので、信頼度が少ないことを考慮した。白い部分が比較的ゆれの少ない部分である。

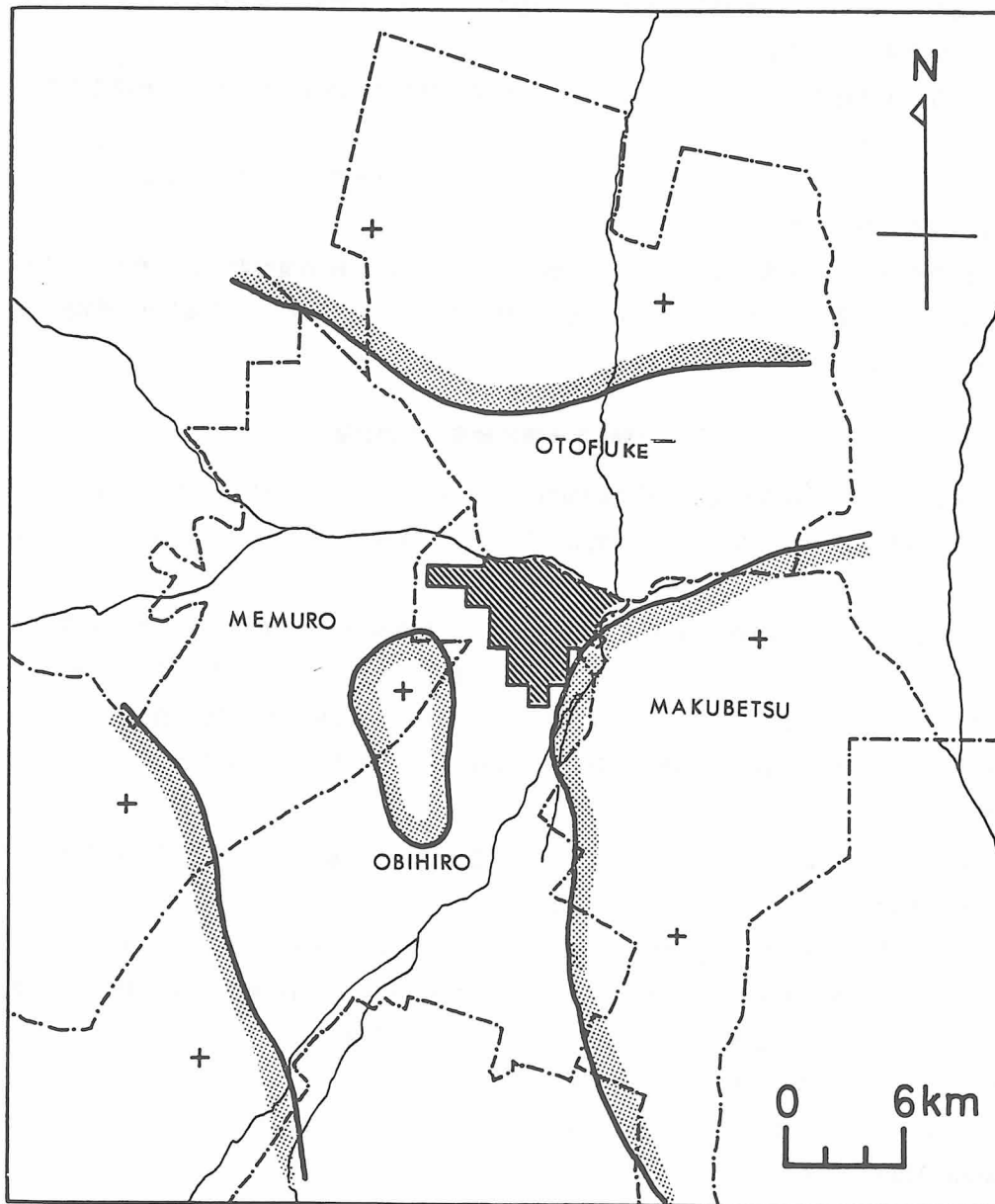
第4, 5図が1次的な地盤強弱図とすれば、なんらかの形で地質的なものと結びついてい

第5表 Mesh 毎の回答者の分布 (全体)

4 km		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4 km	2 km	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1												
	2												
2	3							2					
	4								1				
3	5									5	1		
	6					1				3	3	3	2
4	7						1		8	1	3	2	
	8							4	1	2	1	1	1
5	9								6	2	2	1	1
	10					1	1	4	1		4	1	
6	11			1			2			34	2	1	1
	12					3	1			4	3		1
7	13				2	1	2	1	1		2	1	
	14				1	2	1		1	13	15	37	2
8	15				40	7		29	20	49	146	101	
	16		1					5	3	56	72	27	1
9	17			1	1	1	1		14	20	2	2	13
	18						1			14			12
10	19					1	1	4	4	8	2	7	2
	20		26			1	1	3	1	3	11		
11	21			4		1	19	2	1	3	2	3	7
	22			1		2	1		2	2	22	10	2
12	23	1		1	3	10	1			2	2	3	4
	24			1	7	1	1	29		1	1	3	5
13	25			1		1		2	3	6	3	10	3
	26			2	1			1			1		2
14	27					1	1						1
	28					7							
15	29										7	1	
	30												

ることが予想される。

第4図の帯広市内についてみれば、地形的には、十勝川の堆積物による平野となっている。しかし、さらに細かくみれば、十勝川の北方、および、第4図の南西部は、十勝川、札内川による数段にわたる河岸段丘を形成している。第4図と、それらの地形的な関係をみれば、大局



第5図 十勝の Microzoning Map

的にみるとそれらの段丘地域は、川と近いところよりも震度がマイナスになっているといえる。

市内部の平坦部は、十勝川、およびその支流である帯広川、売買川等の河川堆積物からなっているが、現在住宅地になっているところも、昔の地図によれば、荒地であった。そして、現在の川筋も大分変更されており、地下の構造は、かなり複雑であると想像される。

現在、ボーリングの資料等を集めている段階であるが、全般的な地下構造の解明が、将来の大きな課題となるであろう。

一方、十勝地方の場合も同様であって、第6図の調査地域のほとんどが、いわゆる十勝平野に入ってしまう。

そこで、このように震度の差がでてくることは、やはり地質的なもの、および地下構造と関連があると思われる。

図の右方のプラス部分は、十勝川河口から近く、いわゆる軟弱地盤の延長と考えられるが、その他のプラス部分については、現在のところ推定できない。これについても将来の問題として残しておきたい。

V. 「1968年十勝沖地震」との比較

帯広およびその周辺地域の Microzoning Map を作ったのは今回がはじめてである。このような Map はかなり遠方の大きな地震のたびごとに作成し、それを重ねあわせることによって、より精度の良いものになりうる。

さいわいにして、1968年5月16日に起こった「十勝沖地震」($M=7.9$)の時にも震度調査を行なっている⁹⁾。大きな地震は、そう重ねては起こらないので、今回の結果と、前回の震度調査の結果とを比較してみることも意義あることであろう。1968年の震度調査は、今回と異なり、聞きこみ調査であった。調査は全道的な規模で行なわれたが、筆者はその時に帯広市内を担当した。

聞きこみ調査は、今回のようなアンケート調査と違って点数は少ないが、質の点ではかなり信頼がおける。

今回の調査区域における1968年の地震の震度調査の結果を第6図、第7図に示す。

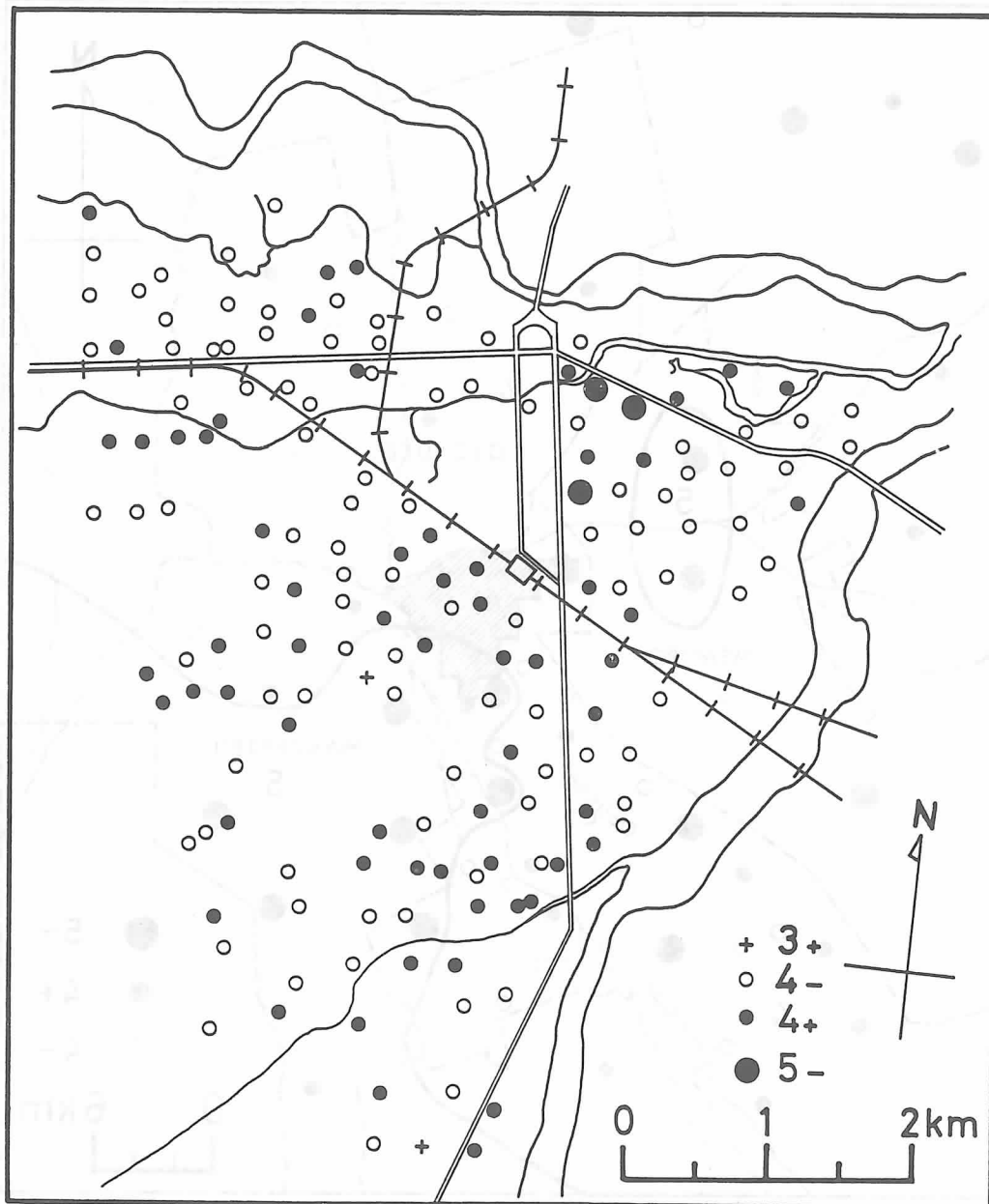
第6図は市内約270点の結果であるが、震度はほとんど4⁺(IV強)と4⁻(IV弱)であって、全体としては震度IVと判定されている。一方、第7図の十勝地方全般にわたっての約50点の結果では、IVとVの2つの場合がある。

帯広市の場合には第6図から4⁺と4⁻の境界をひくことは困難であって、これでは Zoning Map を描くことができない。

この調査における震度の判定は北大の地球物理学教室が、主として気象庁の基準を考慮して震度を決定している。

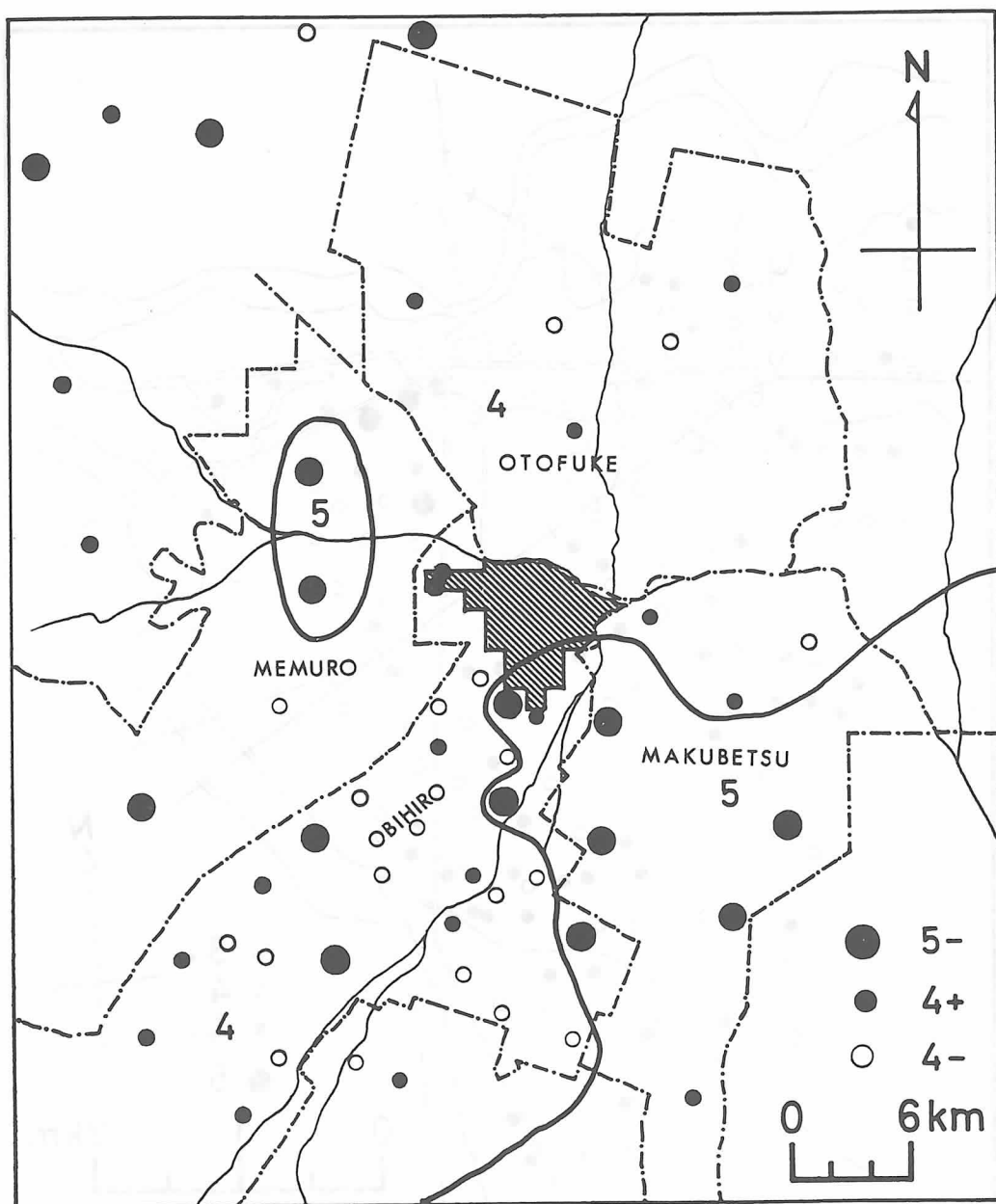
そこで、そのアンケートの結果を集計し、今回と同じように計算機にかけて、それぞれの調査点の震度を相対的に算出してみることを考えた。

同じような考え方で震度調査がなされた例がある。それは1970年10月16日に起こった秋田県南東部の地震に対する野越の調査⁷⁾である。



第6図 「1968年十勝沖地震」の震度分布(帯広)
(北大理学部地球物理学教室による)

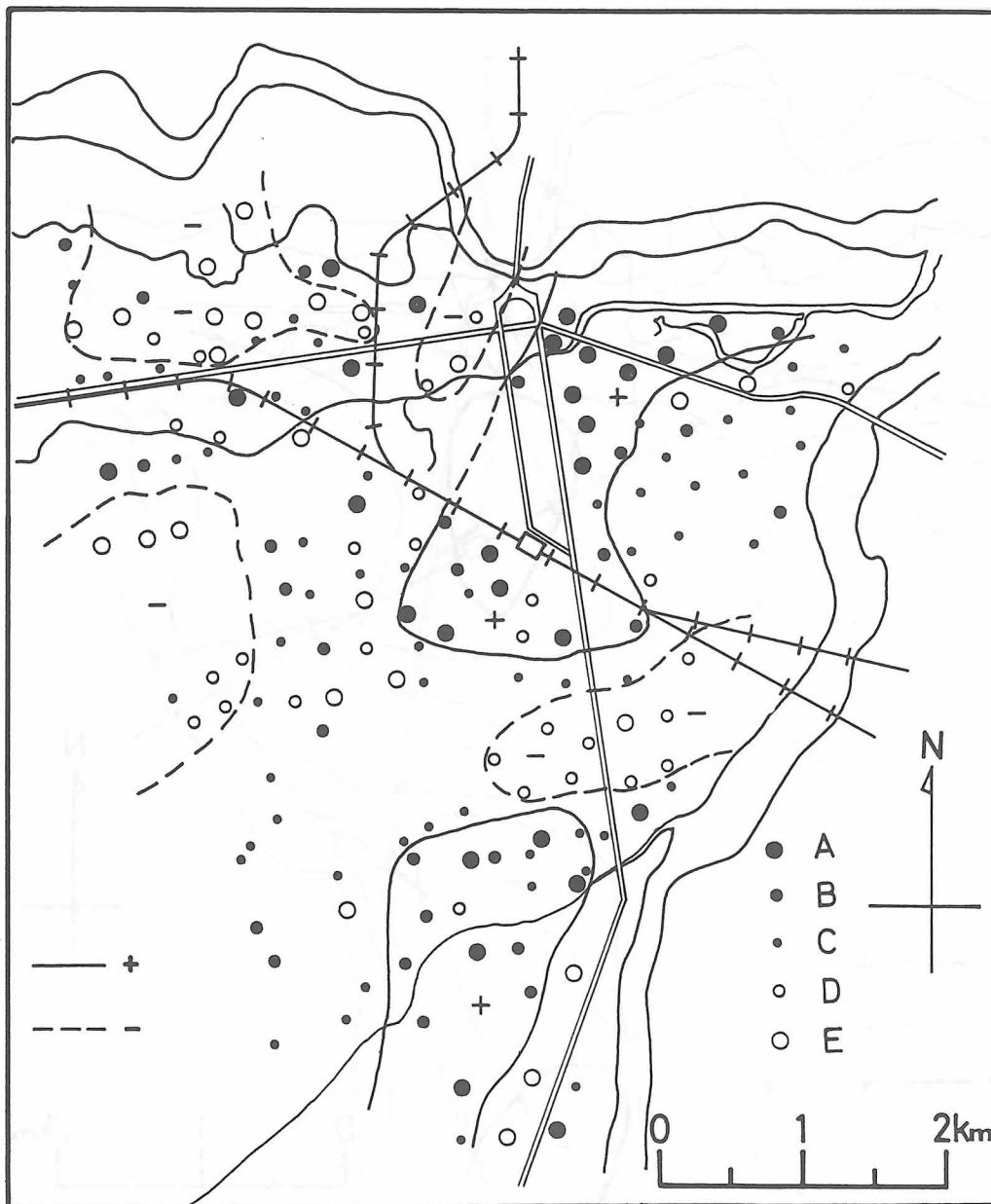
野越は「1968年十勝沖地震」の結果をまとめた宇津の報告⁸⁾を基準とし、アンケート項目に得点を与えて、その合計から震度を推定しようという、いわゆる「スコア方式」を考案した。得点と震度との対照表を作って、機械的に震度を算出するわけである。震度ではせいぜい



第7図 「1968年十勝沖地震」の震度分布(十勝)
(北大理学部地球物理学教室による)

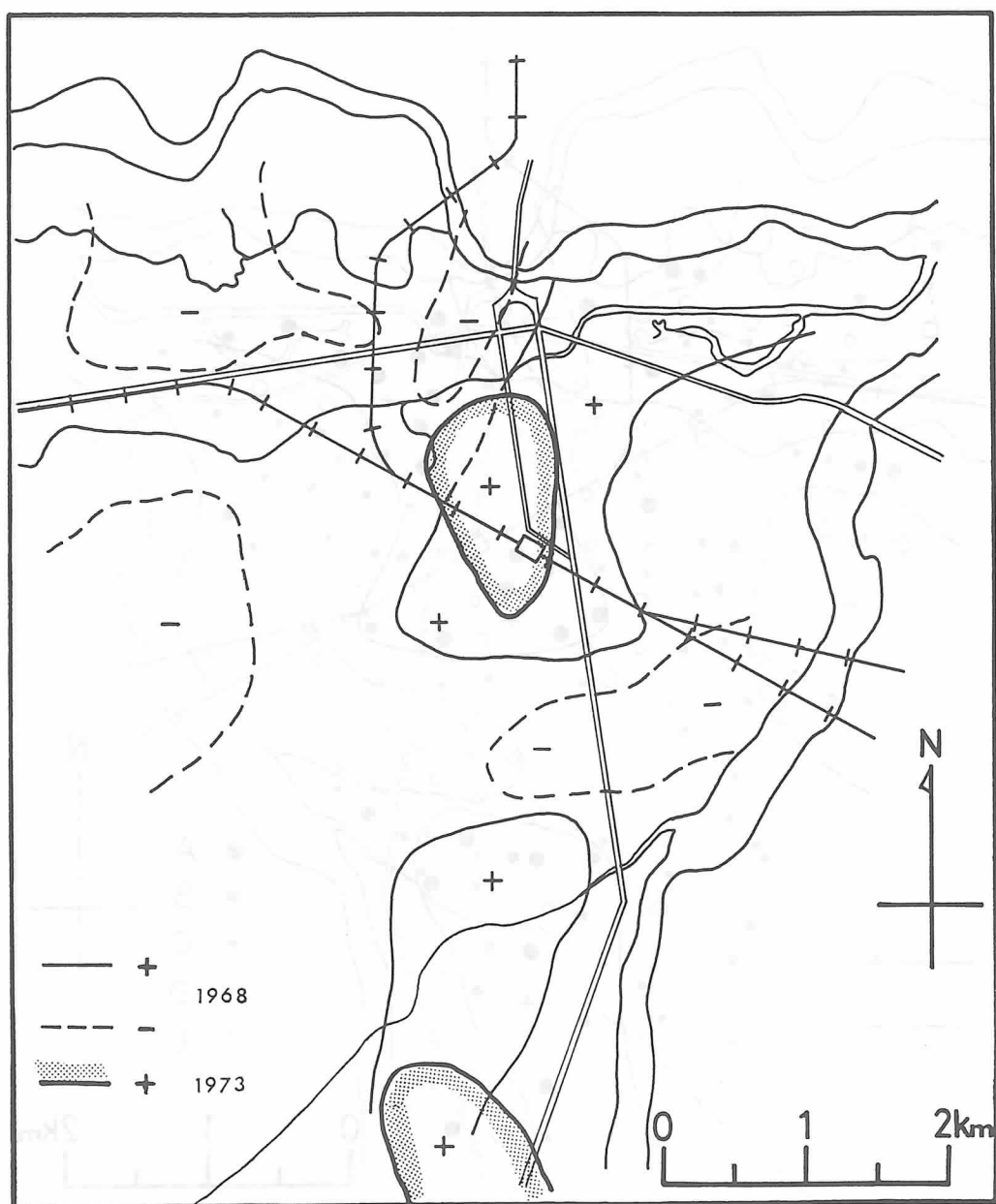
ひとつの震度に対して、強弱の2つ、0.5キザミの分解能しかない。

そこで、今回は震度を求めず、相対震度でよいのだから、その得点を直接使用することによって分解能を向上させることにした。



第8図 帯広の Microzoning Map (1968年)

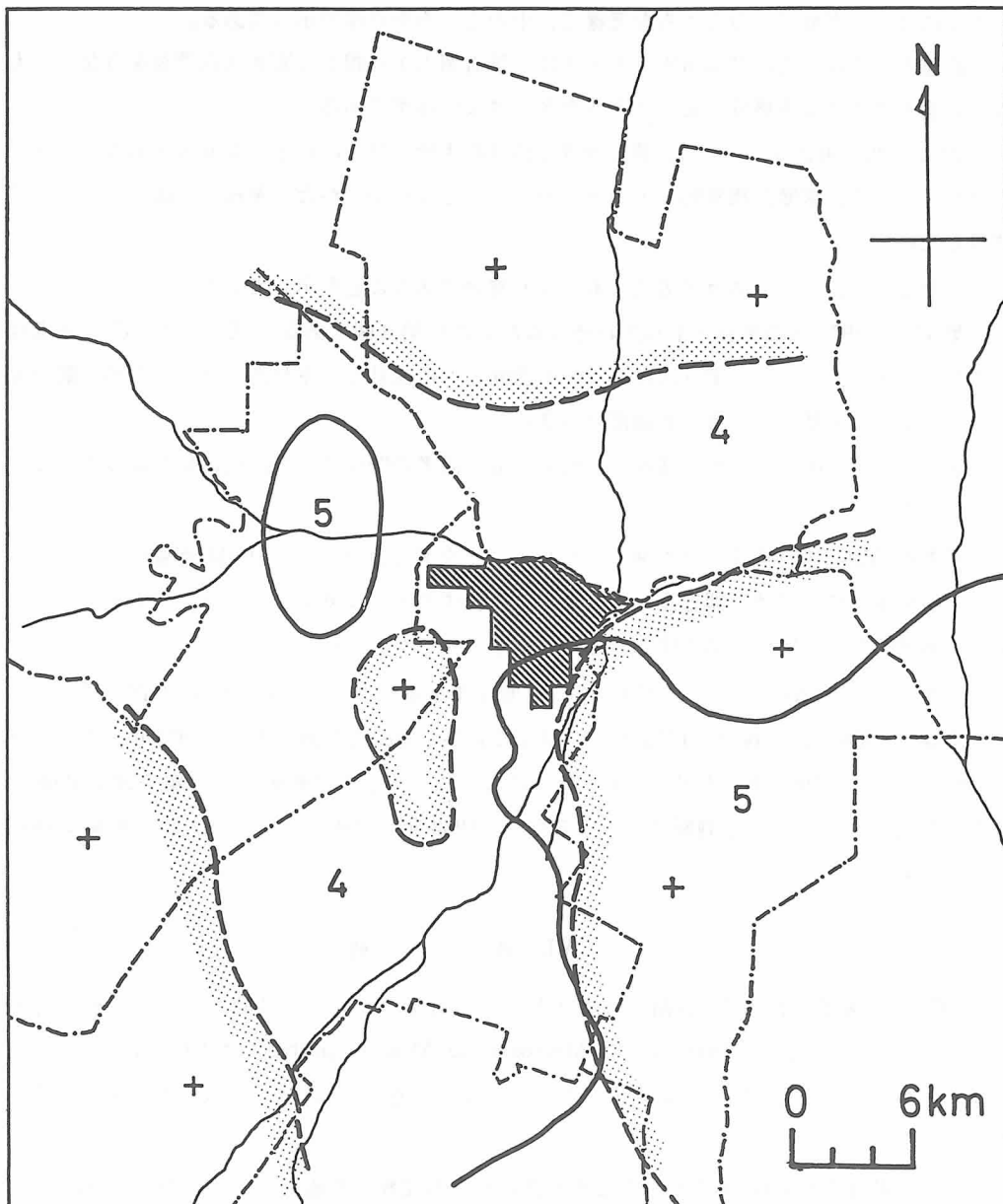
アンケート表から、回答をカードにパンチし、それぞれの質問事項の番号に対して得点を与えるわけである。この得点の決め方は、きわめて難しい。そこで、野越・宇津の震度と、質問回答番号の分布表をにらんで、与える得点を数種類かえ、その結果を重ねあわせて、得点を決めた。相対震度はA～Eの5段階とした。



第9図 「1968年」と「1973年」との比較（帯広）

ここで注意しなければならないことは、今回をも含めて、それぞれのアンケートの項目は調査毎に異なっている。しかし、この種の調査は、気象庁の震度階の基準が基本的に盛り込まれているので、内容的にはそれほど変わってはいない。

さらに、今回のいわゆる「スコア方式」は、前章のような解析方法とは思想は似ていても



第10図 「1968年」と「1973年」との比較（十勝地方）

若干異なる点に注意すべきである。その大きな相違は、アンケートの回答者の数である。アンケートの回答者が多いことは、すなわち統計的な処理が可能となる。それに反して、今回の方式は、データの質がナマのまま結果にあらわれてきてしまう可能性がある。しかし、今回はあえて、この方法を試みた。

その結果が第8図である。Cを平均としてA, Bの震度が相対的に大きく、D, Eが小さ

いことになる。震度が大のところを実線で、小のところを点線で示してある。

前述のように、この帯広市内のデータは、筆者個人が分担して聞き込み調査を行なったもので、個人の差による感覚の違いはそう大きくはないはずである。

1973 年度の場合にくらべて、調査地域面積は約半分と狭いけれど、第 6 図と異なってそうバラついていず、震度が相対的に大のところと小のところが、かなり系統的に出ていることに注目したい。

このことは、この「スコア方式」もかなり有効であることを示している。

第 4 図の 1973 年の場合と重ねあわせてみたものが第 9 図である。残念なことに、両者は必ずしも一致していない。第 9 図はプラスの部分のみに注目して重ねあわせてあるが、駅の北側の中心部や、南部等、両者の共通部分もある。

さらに、第 4 図のマイナス部分を比較しても、両者の関係は、全体的に似かよっているように見える。

両方の Map の作成データが異なっていることを考えれば、かなり相関が強い。

十勝全体については、調査点も帯広市内に比較するとかなり少なく、スコア方式でやってもそう系統的な差は出ず、第 7 図とほとんど同じであった。

十勝全体の「1968 年」と「1973 年」の震度分布を重ねあわせたものが第 10 図である。

実線は 1968 年、点線は「1973 年」の場合である。帯広市の南東部の「1973 年」の震度 V の部分がやはり「1968 年」の場合にもプラスになっていることは興味深い。第 7 図で 1968 年の場合の震度の大きい V と判断されている点が「1968 年」の場合の「プラス」の地域に存在することも注目されてよい。

VI. 考 察

1973 年の地震において、釧路では震度 V を 3 回経験した。その 3 回について、それぞれのアンケートをとり、その解析による Microzoning Map の pattern は 3 回ともほとんど大きな違いがなかったこと⁴⁾や、川崎市における異なった地震の例についても同様の結果が得られたという³⁾。

今回の場合にも 1968 年のデータと重ねあわせても比較的共通点が多い。今後、同様のアンケートを試みて Microzoning Map を作成し、それを重ねていくことによって地盤の強弱図が完成されることを確信している。

さらには、微動の測定、地下構造の解明、地質等の地盤に関する全般的な研究をおしすすめることも必要であろう。それらの相互の関係と今回の Microzoning Map との相関関係を、さらに明らかにすることも重要である。

それらによってこの Map の信頼性も高められ、将来の地震防災計画や都市計画等にとつ

て大いに有用となるであろうと思われる。

筆者らはすでに微動の測定、ボーリング資料等を集めつつあるが、その際にも今回の Map が参考になると考えている。

今回の調査は、はじめてのことでもあり、また急いで配布、回収をしなければならぬという事情もあって、いろいろと反省すべき点もあった。その一番大きな問題はアンケート配布についてである。

ひとつには、頭の中に「1968年十勝沖地震」との比較ということもあり、若干範囲を拡げすぎてしまったこと。それに、配布の数とその密度の均一性という問題である。第4表、第5表にみられるように、mesh ごとの数がかかなりバラついており、今後は配布について十分に考慮すべきことを痛感した。

第2の問題は、住所についてである。地震を感じた時の所在場所が不明である場合は、そのアンケートのデータは Map 作成において役に立たなくなってしまう。この点をはっきりと明記し、回答者に主旨を理解してもらうように工夫しなければならなかった。

地震が起こってから、なるべく短期間のうちにアンケートの配布、回収をしなければならぬという制約もあり、これらの点は十分に反省し、次回には改善するつもりである。

謝 辞

アンケートの配布、回収に関しては、十勝教育局、対象市・町教育委員会、各中学校の先生方、および生徒諸君とその御父兄の方々に大変お世話になった。これらの機関、および皆様方にお礼を申し上げる。

なお、この研究テーマは、北海道大学工学部建築工学教室の太田裕・後藤典俊と共同のものである。筆者は「帯広」のみの解析を担当したが、アンケート用紙の準備、アンケート配布の方法、それと解析手順にいたるまでに多大の協力をいただいた。ここに厚くお礼申し上げる。

また、「1968年十勝沖地震」のアンケート用紙、および地図の利用を快く許可してくれた北海道大学理学部地球物理学教室に心からお礼申し上げる。

さらに、帯広市内の各種地図、その他の資料の入手に際しては帯広市役所の陶山秀昭氏の協力を得た。図面の作成、データの整理等に関しては、当研究室の山内朱実さんにお手伝いいただいた。謝意を表する。

最後に、この研究は北海道大学工学部の酒井良男教授を代表とする文部省科学研究費・自然災害特別研究(I)による「根室半島沖地震調査」のテーマのひとつとして行なわれたことを付記する。

解析の一部には、帯広畜産大学の FACOM 270-20 を使用した。

〔付 記〕

今回のアンケート調査の震度は、論文にも述べられているように相対的なものであった。この震度が現在一般化している気象庁の震度とどのような関係になっているかということもまた興味深いことである。

これについては、ごく最近発表されたのでここに付け加えておく⁹⁾。

1974年5月9日の「南伊豆地震」の資料を従来の資料に加えて調べたところ、当面の両者の関係は、気象庁の震度を I_{JMA} 、アンケート震度を I_Q とすると、

$$I_{JMA} = 2.958(I_Q - 1.456)^{0.547}$$

となる。

この式に各地の相対震度を代入してみると根室 ($I_{JMA}=5.10$)、釧路 (4.42)、帯広 (3.88)、広尾 (4.03)、

浦河(4.06)となる。釧路を除いては、全くよく一致している。

このように多量のデータを使って、その地域の震度を代表させ、その値を0.1の精度で求めることは、地震工学的にみて非常に重要なことと思われる。

気象庁の震度はI(1.0)キザミで発表されているが、物理的にはあまり有用ではない。同じ震度IVでも今回の方法をとれば分解能を十分に上げられることを強調したい。

＜参 考 文 献＞

- 1) 横内恒雄・石黒長蔵・須賀盛典・笹川巖：1973年6月17日根室半島沖地震について。1973年6月17日根室半島沖地震調査報告，76-146，1974.
- 2) 川崎市地震専門部会地盤地質小部会：Mail SurveyによるSeismic Microzoning Mapの作成(1)調査票の作成・配布・回収のOR. 自然災害論文集，9，1972.
- 3) 太田裕・関口弘・水上勲・山崎捷信：Mail SurveyによるSeismic Microzoning Mapの作成(2)解析の手順・解析結果. 自然災害論文集，9，1972.
- 4) 太田裕・後藤典俊：アンケートによる道内各地の震度の推定とSeismic Microzoning Map作成の試み. 1973年6月17日根室半島沖地震調査報告，302-325，1974.
- 5) 地震・火山・岩石物性：共立出版，1968.
- 6) 北海道大学理学部地球物理教室：北海道内の震度分布の詳細調査. 1968年十勝沖地震調査報告，85-102，1969.
- 7) 野越三雄：秋田県南東部地震(1970.1.6)の震度分布について. 東北地域災害科学研究(昭和45年度)，177-200，1971.
- 8) 宇津徳治：震度階について—1968年十勝沖地震の場合—. 北大地球物理学研究報告，第21号，53-62，1969.
- 9) 太田裕・後藤典俊：Mail SurveyによるSeismic Microzoning Mapの作成(3)地震時人間の心理・行動に関する若干の整理. 第12回災害科学講演論文，1974.

Summary

On June 17, 1973, a big earthquake named "The Earthquake off the Nemuro Peninsula" occurred near the southeastern coast of Hokkaido. The magnitude of the earthquake was reported as 7.4 by Japan Meteorological Agency. The damage by the earthquake was remarkable in the eastern part of Hokkaido.

As soon as the earthquake occurred, about 5000 questionnaires were delivered to Nemuro, Kushiro, Obihiro, Hiroo and Urakawa areas.

The objects of the questionnaire survey were to estimate the seismic intensity and to make seismic microzoning maps at every area with the procedure of a series of calculations by an electronic computer.

About 1500 questionnaires in Obihiro and its surroundings were analyzed.

The seismic intensity of Obihiro area was determined as 3.10 relatively. The relative intensity 3.10 was equivalent to about IV of the J.M.A.'s intensity scale by using the other investigations.

The seismic microzoning map was shown by contour lines of equi-intensity. The mean intensity was adopted as the standard intensity in the contour map.

As a result of analyses, two seismic microzoning maps were obtained. One was of the city area of Obihiro, and the other was of Tokachi district including Obihiro and its surroundings.

On the other hand, when "The off Tokachi Earthquake in 1968", the investigation of the distribution of seismic intensities had carried out in all Hokkaido by members of Department of Geophysics, Hokkaido University.

In this paper, the data of the survey in 1968, in which the survey points of Obihiro area were about 300, were analyzed by a similar procedure again.

Two seismic microzoning maps in 1968 were obtained, too. The maps in 1973 and in 1968 were compared with each other and discussed with geological data.

It was concluded that the seismic microzoning maps of each earthquake were very similar on the whole.