

4.2.2 1983年日本海中部地震に伴う東北・北海道地域市町村別震度調査

北海道大学工学部 太田 裕・鏡味洋史・後藤典俊
岡田成幸・堀田 淳・大橋ひとみ

1. はじめに

1983年5月26日の日本海中部地震($M_{JMA}=7.7$)によって、北海道南部・東北地方の日本海沿岸地域を中心に少なからざる被害が発生した。これに対して、気象庁はむつ・深浦・秋田で震度V、江差・青森・八戸・盛岡・酒田で震度IVなど各地の震度を発表している。これら気象庁による震度は、地震発生直後の諸対応——発生位置・大きさの概略を知り、被害発生程度を見当付け、即応態勢を整えるなど——には極めて有用な情報となるものの、直接～間接被害の発生要因分析とか地域行政体の事後対策の妥当性評価など地震防災研究上の基礎資料として活用するにはi)震度発表地点が非常に限定されていること(県当り1～数点)、ii)震度決定精度が粗すぎる(有効数字～1桁)、など問題が多い。

この小文は、気象庁の結果を補い地震防災研究のための基礎資料を充実すべく北海道～東北地方の主要震動地域を対象に市町村を単位地区とする詳しい震度調査を実施した結果について概要を述べるものである。

2. 調査の方法

調査は筆者らの研究室で開発されたアンケートによる方法で実施した(太田・後藤・大橋(1979))。調査地点は北海道62、青森県67、岩手県62、宮城県74、秋田県69、山形県44、福島県10、および新潟県47の合計435市町村である。これによって、気象庁発表の震度III以上の地域にある殆んど全ての市町村が対象となる。

地震後に、これらの市町村に対して各25枚の震度調査票を郵送により配布し、市役所・町村役場職員の協力により回答・回収をえた。回収率は8月31日の段階で73.2%、9月27日の締切段階では77.4%に達した。市町村単位の震度は、まず回答者1人(震度調査票1枚)ずつの震度を算出し、ついで市町村ごとに平均値を求め、その結果をあてている。

なお、このようにして得られる震度は有効数字2桁に近い精度をもつものと考えられ、また四捨五入することによって気象庁震度に対応すべく数値表示を使っている。

3. 結果の2, 3

市町村別の算出震度の一覧表を表4.2.1に示す。気象庁発表の結果では、最大震度はむつ・深浦・秋田市におけるVに止まっているが、今回の詳しい調査によって実際には青森県内では鯉ヶ沢町・浪岡町など、秋田県山本町・昭和町などで震度VIに達する地域があったことが判る。

図4.2.8は、調査地域全体の震度分布の大勢を示すものであり、震度増加0.25ごとのコンターを描いた結果である。これは表4.2.1に示す資料にもとづき計算機による自動平滑化作図法(鏡味(1982))によって得たものである。平滑化に際しては、各地点から半径75kmの円内に入るデータを取り入れている。この図では平滑化されたコンターが描かれているので震度VIとなる領域は認められないが、震度Vの地域が相当広範囲に存在していることがよく判る。しかも、南北方向に長く伸びており、推定される地震断層の位置・形状とも調和的である。これ以外のコンターも同様に南北に伸びた様相を示すが、この傾向はこの地域に発生した地震の震度分布として一般的である。

4. おわりに

この報告では、関係する約400の市町村における震度調査の結果を提示するに止まっているが、この調査をもとに被害関数の経験的確立・地震災害発生マクロプロセスの解明・地域(事前・事後)地震防災対策計画の妥当性評価の実施等、地震防災上の重要研究へと発展すべく、基礎資料の充実に主眼をおいた結果でもある。今回得た結果が関連分野で活用されることを期待するものである。

最後に、震度調査の実施に際して関係地域の市町村行政機関・職員各位の多大の御協力を得たことを記し、謝意を表する。

参 考 文 献

- 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, 北大工研報告, 92, 117-128.
鏡味洋史, 1982, 空間的に分布する地震工学的データの自動化表現, 地震工学国内シンポジウム集, 6, 265-272.

表 4.2.1 市町村別算出震度一覧

* 北海道											
函館市	4.1	大野町	3.9	江差町	4.5	寿都町	2.3	泊村	1.2	壮瞥町	3.1
小樽市		七飯町	3.7	上ノ国町	4.5	黒松内町	3.6	神恵内村	2.6	白老町	3.2
室蘭市	3.1	戸井町	4.1	厚沢部町	4.5	蘭越町	3.4	積丹町	2.1	早来町	3.0
苫小牧市	3.5	尻岸内町	4.1	乙部町		ニセコ町	3.3	古平町	2.6	追分町	2.3
登別市	3.7	般法華村	4.1	熊石町	4.1	真狩村	3.5	仁木町	2.0	厚真町	3.3
伊達市	3.7	南茅部町	3.8	大成町	3.9	留寿都村	3.2	余市町	2.5	鵲川町	3.3
松前町	4.8	鹿部村	4.0	奥尻町	4.5	喜茂別町	3.3	赤井川村	3.5	穂別町	3.1
福島町	5.0	砂原町	4.3	瀬棚町	3.9	京極町	3.1	豊浦町	3.1		
知内町	5.1	森町	4.2	北檜山町	4.5	倶知安町	3.4	蛇田町	3.4		
木古内町	4.7	八雲町	3.8	今金町	4.0	共和町	2.5	洞爺村	3.4		
上磯町	4.5	長万部町	3.7	島牧村		岩内町	3.5	天塩村	3.6		
* 青森県											
青森市	4.8	平館村	4.5	西目屋村	5.0	鶴田町	5.2	下田町	4.2	名川町	4.3
弘前市	4.9	三厩村	5.3	藤崎町	4.8	市浦村	5.3	六ヶ所村	4.1	南部町	3.7
八戸市	3.5	鯉ヶ沢町	5.8	大鰐町	4.2	小泊村	5.5	川内町	4.6	階上村	4.6
黒石市	4.9	木造町	5.6	尾上町	4.8	野辺地町	4.7	大畑町	4.5	福地村	3.6
五所川原市	5.0	深浦町	5.3	浪岡町	5.5	七戸町	4.2	大間町	5.2	南郷村	4.1
十和田市	4.4	森田村	5.4	平賀町	4.7	百石町	4.3	東通村	4.6	倉石村	3.7
三沢市		岩崎村	5.2	常盤村	5.2	十和田湖町	4.2	風間浦村	4.6	新郷村	4.3
むつ市	4.7	柏村	5.4	田舎館村	4.9	六戸町	4.2	佐井村	4.5		
平内町	4.9	稲垣村	5.3	碓ヶ関村	4.6	横浜町	4.5	脇野沢村	4.6		
蟹田町	5.2	車力村		板柳町	5.1	上北町	4.7	三戸町	4.0		
今別町	5.5	岩木町	4.8	金木町	5.4	東北町	4.1	五戸町	4.3		
蓬田村	5.2	相馬村	5.0	中里町	5.4	天間林村	4.7	田子町	4.0		
* 岩手県											
盛岡市	3.3	江刺市	3.8	都南村	3.1	衣川村	3.9	大槌町		野田村	4.0
宮古市	3.4	二戸市	4.1	大迫町		花泉町	3.5	宮守村	3.4	山形村	3.3
大船渡市	2.7	雫石町	3.7	石鳥谷町	3.7	平泉町	3.7	田老町	3.4	大野村	3.7
水沢市	3.7	葛巻町	3.7	東和町	3.9	大東町	3.1	山田町	3.5	九戸村	3.8
花巻市	3.8	岩手町		和賀町	4.2	藤沢町	3.3	岩泉町	3.4	浄法寺町	4.4
北上市	4.0	西根町	4.1	湯田町	4.4	千厩町	3.5	田野畑村	2.8	安代町	4.1
久慈市	3.7	滝沢村	3.7	江釣子村	4.1	東山町	2.5	普代村	3.5	一戸町	4.1
遠野市	3.6	松尾村		沢内村	4.5	室根村	3.1	新里村	2.3		
一関市	3.7	玉山村	4.0	金ヶ崎町	3.9	川崎村	2.8	川井村	3.5		
陸前高田市	3.5	紫波町	3.7	前沢町		住田町	3.0	軽米町	3.6		
釜石市	3.0	矢巾町	4.2	胆沢町	4.1	三陸町	3.3	種市町	3.7		

太田、鉦味、後藤、岡田、堀田、大橋

*宮城県

仙台市	3.4	大河原町	3.6	大郷町	3.0	田尻町	3.7	迫町	4.0	鳴瀬町	
石巻市	2.7	村田町	2.9	富谷町	2.7	小牛田町	3.3	登米町	3.2	北上町	1.4
塩釜市	2.5	柴田町	2.9	大衡村	3.4	南郷町	3.4	東和町	2.0	女川町	2.1
古川市	3.7	川崎町	3.6	中新田町	3.9	築館町	3.7	中田町	3.5	牡鹿町	2.1
気仙沼市		九森町	1.4	小野田町	3.6	若柳町	3.7	豊里町	3.6	志津川町	3.3
白石市	2.9	亘理町	3.4	宮崎町	3.5	栗駒町	3.6	米山町	3.9	津山町	2.3
名取市	3.3	山元町	3.3	色麻町	3.6	高清水町	3.8	石越町	3.4	本吉町	2.6
角田市	3.4	伏保町	3.0	松山町		一迫町	3.6	南方町	3.7	唐桑町	3.6
多賀城市	2.4	松島町	3.6	三本木町	3.7	瀬峰町	3.3	河北町	2.5	歌津町	1.0
泉市	3.3	七ヶ浜町	2.3	鹿島台町	3.4	鶯沢町	3.7	矢本町	3.5		
岩沼市	3.7	宮城町		岩出山町		金成町	3.8	雄勝町	2.4		
蔵王町	3.5	利府町	3.7	鳴子町	3.8	志波姫町	3.6	河南町	3.5		
七ヶ宿町	2.3	大和町	3.4	涌谷町	3.7	花山村		桃生町	3.5		

*秋田県

秋田市	5.0	森吉町	5.0	五城目町	4.7	象潟町		中仙町		大森町	
能代市	5.3	阿仁町	4.7	昭和町	5.7	矢島町	4.4	田沢湖町	4.6	十文字町	4.3
横手市	4.4	田代町	4.9	八郎潟町	5.2	岩城町	4.7	協和町	4.4	山内村	3.9
大館市	4.9	合川町	5.0	飯田川町		由利町	4.7	南外村	4.3	大雄村	4.4
本荘市	4.5	上小阿仁村	5.0	天王町	4.7	西目町	4.6	仙北町	4.9	稲川町	3.8
男鹿市	5.3	琴丘町	5.1	井川町	5.3	鳥海町	4.1	西木村	4.4	雄勝町	4.2
湯沢市	4.2	二ツ井町	4.9	若美町	5.3	東由利町	4.0	太田町	4.3	羽後町	4.2
大曲市	4.7	八森町	5.2	大潟村		大内町	4.5	千畑村		東成瀬村	4.3
鹿角市	4.6	山本町	5.5	河辺町	5.0	神岡町	4.6	仙南村	4.4	皆瀬村	4.1
小坂町		八竜町	5.4	雄和町	4.7	西仙北町	4.7	増田町	4.3		
鷹巣町	5.2	藤里町	5.0	仁賀保町	4.7	角館町	4.5	平鹿町	4.3		
比内町	4.8	峰浜村	4.9	金浦町	4.2	六郷町	4.6	雄物川町	4.4		

*山形県

山形市	3.0	長井市	3.0	西川町	3.3	大蔵村	4.0	立川町	3.8	遊佐町	4.1
米沢市	3.3	天童市	3.3	朝日町	3.4	鮭川村	4.0	余目町	3.8	八幡町	4.0
鶴岡市	3.8	東根市	4.0	大江町	3.5	戸沢村	3.7	藤島町	4.1	松山町	4.2
酒田市	4.0	尾花沢市	3.4	大石田町	3.7	高畠町		羽黒町	3.6	平田町	3.9
新庄市	3.5	南陽市	3.6	金山町	3.8	川西町	3.6	櫛引町	3.6		
寒河江市	3.7	山辺町	3.7	最上町	4.1	小国町	3.4	三川町			
上山町	3.7	中山町	4.0	舟形町	3.8	白鷹後	3.6	朝日村	3.4		
村山市	3.7	河北町	3.8	真室川町	4.0	飯豊町	3.4	温海町	3.5		

*福島県

福島市	3.0	郡山市	1.7	白河市	1.6	須賀川市	2.5	相馬市	2.7
会津若松市	2.7	いわき市	2.7	原町市	2.0	喜多方市	2.7	二本松市	

*新潟県

新潟市	3.3	十日町市	2.2	両津市	3.7	豊浦町	2.7	関川村	3.3	金井町	3.3
長岡市	2.5	見附市	3.4	白根市	3.5	聖籠町	3.6	荒川町	3.3	新穂村	
三条市	3.1	村上市	3.6	豊栄市	3.6	加治川村	3.2	神林村		畑野町	3.8
柏崎市		燕市	3.2	上越市	2.6	紫雲寺町	3.1	朝日村	3.1	真野町	3.5
新発田市	3.2	栃尾市	2.5	安田町	2.9	中条町	3.4	山北町		小木町	3.2
新津市	3.0	糸魚川市	1.4	京ヶ瀬村	3.3	黒川村	3.1	粟島浦村	2.9	羽茂町	3.3
小千谷市	3.0	新井市	0.4	水原町	3.3	横越村		相川町	3.3	赤泊村	3.8
加茂市		五泉市	3.0	笹神村	3.0	亀田町	3.4	佐和田町	3.8		

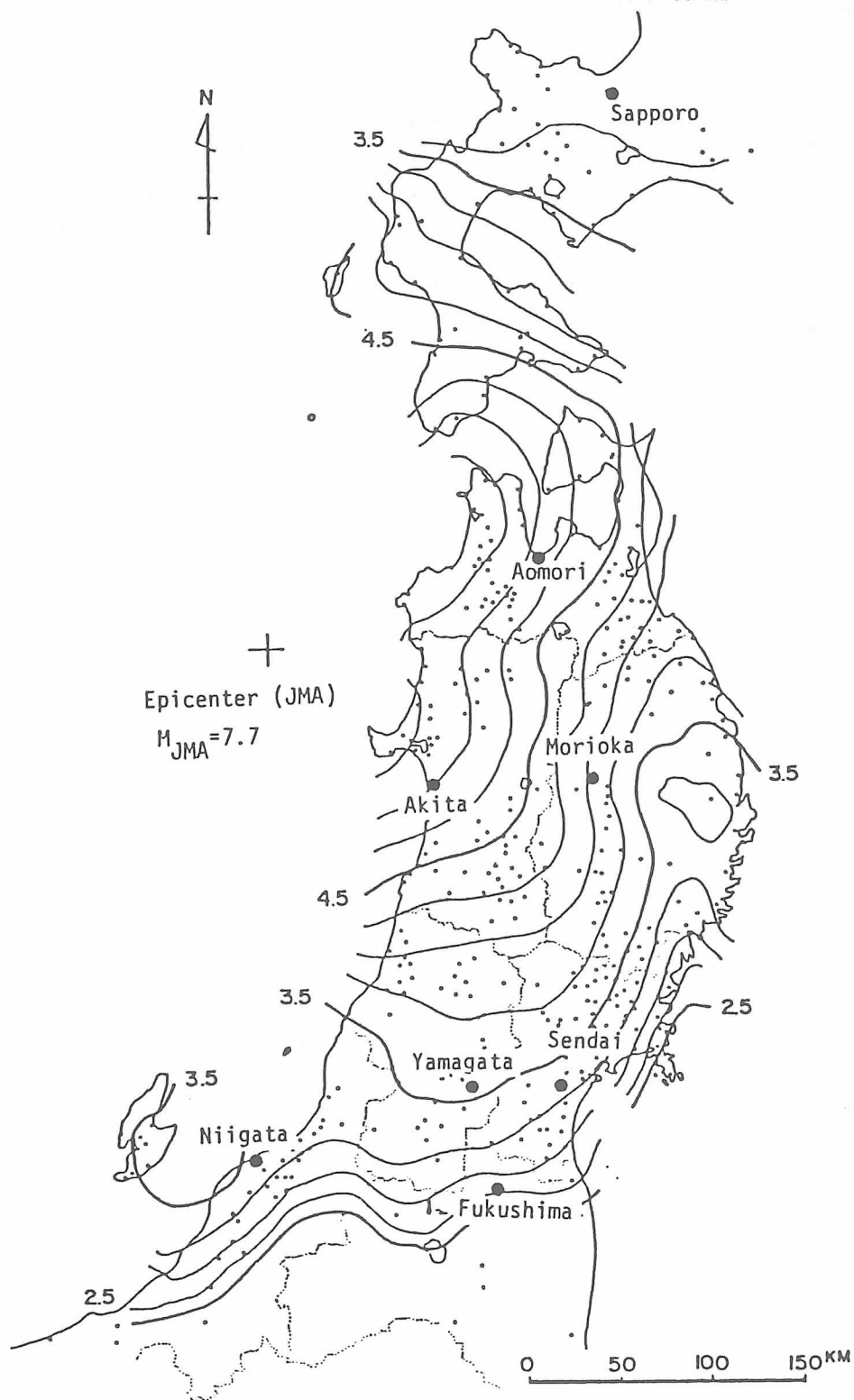


図 4.2.8 等震度線分布図。数字は 4 捨 5 入すると気象庁震度に一致する。黒丸は調査市町村の位置を示す。

1983 年日本海中部地震に伴う世帯レベルの 被災・復旧過程に関する調査

北海道大学工学部 大橋ひとみ・鏡味洋史・太田 裕

(昭和 60 年 9 月 7 日受理)

A Household Survey on Damaging and Restoring Processes due to the 1983 Central Japan Sea Earthquake

Hitomi OHASHI, Hiroshi KAGAMI and Yutaka OHTA

Faculty of Engineering, Hokkaido University

(Received September 9, 1985)

At the 1983 May 26 Central Japan Sea earthquake ($M=7.7$), dwelling and agricultural facilities were severely damaged by sandy soil liquefaction in rural town Wakami, Akita prefecture. This paper presents how each household was affected by and responded to the earthquake disaster for a considerable period of time. Waiting for 6 months after the earthquake, a questionnaire survey was performed for all the 2198 households and interviews were made supplementally for the seriously affected 161 households. The questionnaire asks characteristics of family and housing, damage to dwelling, damage to farming, fishing, shops and so on, effects on daily life after the quake, economic impact, and surrounding conditions related to seismic intensity.

The results obtained are as follows.

1) Distribution of dwelling damage along 20 km within the town, distinctly different between the northern and southern parts, is similar to those of seismic intensity and gas pipe damage. Micro topography of dune and coastal plain amplifies the damage.

2) Severe damage to rice field in the northern part of the town resulted in decrease of harvest. Damages to farm land and dwelling are economically equivalent and together amount to 60% of annual income there.

3) Methods to repair a dwelling depend mostly upon degree of damage, partially upon building age and insurance payment. Reconstruction costs ¥ 15 million in average and tends to make houses larger than before. However needy families find it difficult to get proper fund for restoration and suffer from insufficient repairing.

4) Economic loss is covered far more by public or private loans than by insurance payment. Among ¥ 2.9 billion of total direct damage to households in the town, only 18% can be paid by insurance. Economical hardship is likely to last for decades.

5) It takes from one week to one month to resettle surroundings, to recover gas supply and to return to daily lives. Repair of houses starts later and finishes 4 months after the quake in average. Repair works of dwellings scatter largely from just after the quake to late fall. Some were still waiting for the next spring. Reconstruction takes about 121 days in average and many families stay in temporary housing.

昭和 59 年 4 月 5 日発表

§1. はじめに

地震による住宅の倒壊はそれ自体が経済的損失であり人命に危害を与えるばかりでなく、住宅が失われたり機能・居住性の低下が続くことが住民生活に及ぼす障害も長期にわたり甚だ大きい。したがって物理的な破壊原因を知ると共に、修理の方法・復旧過程・代替手段等に関する実態を理解し、改善への方途を見出すことが重要である。

ところで世帯は住居と生計を共にする最小で基本的な集団であり、災害時には家族の最終的なよりどころとなる。世帯にとつての被災とは住家被害に加えて農地、店舗など生産施設の被害、ライフライン被害による生活への影響、家族の負傷・病気などが相互にからみ、複合的に作用する過程である。しかしこれまでの地震災害の調査研究においては行政の担当部課、研究者の専攻などにより対象物を分割し個別的に扱うことが多く、世帯にとつての被災・復旧の実態を総合的かつ多面的に捉えた例は少ない。

最近の試みとして、1978年宮城県沖地震の際には日本建築学会東北支部(1979)が近郊農村における各種被害と復旧過程の実態調査を行い、問題点を指摘した。また仙台市の住宅被害と復旧における問題に関するアンケート調査報告[岡本(1979)]もある。1983年日本海中部地震については片山(1984)が震災の地域社会への影響の一部として住民生活に言及している。

本調査はこれらの研究を参考にしながら、世帯における被災と復旧に関する基礎資料をできるだけ多面的に、かつ時間軸を念頭に入れて整え、その過程を規定する要因を明らかにすることを目的として計画された。その結果は世帯レベルの地震災害の具体的イメージを提供し、関連研究の重要性を指摘する一方、地域防災行政のあり方に示唆を与え、また地域住民の防災意識を高める一助となる筈である。

§2. 調査の実施

1983年5月26日の日本海中部地震(M7.7)に伴い、秋田県若美町では住家被害のみならず農業被害も多数発生した。そこで被害状況と復旧プロセスの実態を明らかにすべく、地震後6か月を経た同年12月に世帯別アンケート及び面接による調査を行った。

若美町は139.92°E, 39.95°Nの旧八郎潟西岸に位置し、南北20km、東西2kmと細長く、南北に走る県道に沿って18集落が並んでいる(Fig. 1)。面積は約40km²、人口9,135

人、世帯数2,198である(1983年現在)。産業別人口の割合は第1次産業(農林水産業)が44%、第2次産業(鉱業、建設、製造業)25%、第3次産業(小売、サービス、公務)が31%を占め農業主体の町である。

今回の地震断層との位置関係についてみると、両者は南北にほぼ平行しており、地震入力の大きさは町内全域で一樣とみられ、よつて以下に示す被災状況等の地域内変化は専ら地盤以降に主要因をもつものと考えてよいである

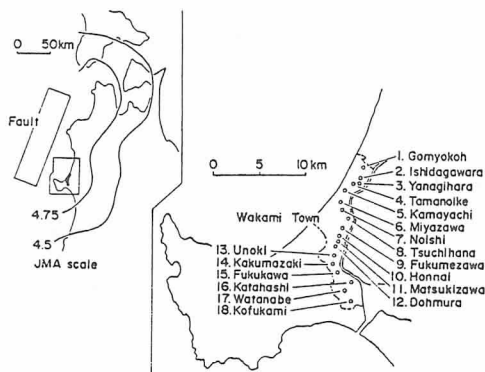


Fig. 1. Location of Wakami town surveyed.

う。なお、筆者らが行つた広域震度調査[太田・他(1984)]の結果、若美町の平均震度は 5.5 (気象庁震度の VI の下限) であつた。町内の住家被害は全壊: 75 戸 (3.4%), 半壊: 208 戸 (9.5%), 一部破損: 176 戸 (8.1%) に達し、青森県・秋田県の被災地の中でも最も顕著な被害率を示す。秋田県若美町 (1983) がまとめた被害額総計の 54 億円は町の一般会計予算の 2.4 倍に相当し、農業関係・公共土木・住家が主要な項目である。このうち、世帯が復旧の責を直接に負う私有財産等の被害は 29 億円 (世帯あたり 133 万円) となる。

アンケートは留め置き・自記式で、町内全戸 (2198 戸) を対象に配布した。町役場及び町内会の協力により 1 か月をかけて配布・回収を行い、回収率は 52% となつた。調査票は世帯と住宅の属性 (14 問)、住宅の被害 (11 問)、農・漁業、商店等の被害 (8 問)、地震後の生活 (5 問)、経済的影響 (5 問)、震度の評価 (23 問) などを尋ねている。なお質問内容と単純集計の詳細については大橋・他 (1985) に報告した。

一方、町の北部地区 (五明光・石田川原・柳原・玉の池) では建物、農業被害が特に集中した。そこで同地区の 161 戸については、被災・復旧の個別事情に関する訪問面接調査を同じ時期にあわせて実施した。調査員は 5 名、所要時間は世帯あたり 30 分~1 時間で 146 戸より回答を得た。

§3. 被害分布とその原因

3.1. 住家被害

被害は多岐にわたっているが世帯への影響としては住家被害と農業被害が著しい。ここではそれらの被害の発生・分布状況を捉え、その原因を地盤・建築系に的をしぼって探つてみる。

町内の住宅はコンクリートの布基礎 (無筋または鉄筋入り) に木造軸組による在来工法が一般的である。平屋が多く外壁は金属サイディング貼りまたはモルタル塗り、屋根は多雪地域のためトタンぶきである。

建物被害の多くは砂地盤の液状化による地盤の亀裂・不同沈下等に起因している。そのため基礎・土台部分の破損が激しいのに対して、上部構造の変形は目立つが真に倒壊という程の家屋は少ない。町内に死者発生がなくアンケートによれば負傷率も 2.6% と震度 VI の下限としては小さいことも、住家の静的な破壊を示唆している。

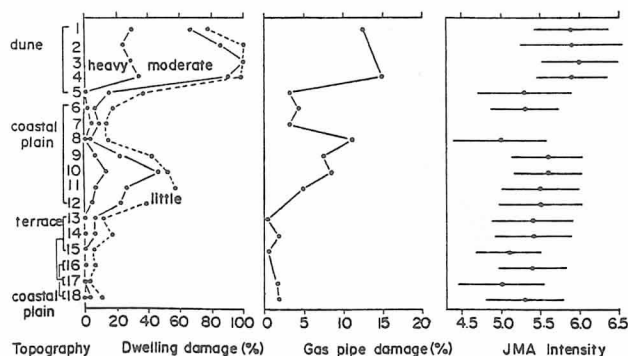


Fig. 2. Distribution of dwelling damage, gas damage and JMA intensity.

アンケート資料に基づき基礎や壁の破損程度を検討したところ、全壊とは基礎が大きく割れて土台がずれ、家の傾斜が目立ち、壁の各所にヒビ割れ・剝離が生ずる状態とわかる。一部破損とは、基礎の亀裂はわずかで建具の開閉に支障があり、外壁にわずかな亀裂をみる程度といえよう。なお被害分類（全壊・半壊・一部破損・なしの別）は、県建築士事務所協会が地震直後の6月1日～2日に行つた戸別調査結果に準拠している。

町の南北軸に沿つて住家被害率の変化をみたところ (Fig. 2), 砂丘砂の分布する北部地区 (①五明光～④玉の池) で被害率が最も高く、沖積地の一部 (⑨福米沢～⑫道村) に第2のピークがあらわれるなど、地形地盤条件との関連がうかがわれる。なお、ここでの地形分類は狩野 (1968) によつている。また都市ガス敷地内管 (径 25 mm 以下の塩ビ管) の対需要家被害率にも同様の地域差傾向が認められ、ガス管被害率は住家全壊率にほぼ匹敵する。アンケート震度も南北で0.5以上の開きがあり、住家・ガス管被害率分布をよく説明している。

ところでこの地域は 1939 年男鹿地震 (震央 139.8°E, 40.0°N, M7.0) の際にも被害が発生した。現若美町は当時の鴻西村と払戸村に相当するが、両村の 1,341 戸のうち全壊 43 戸、

半壊 174 戸を数えた [萩原 (1939)]。部落別の被害分布は Fig. 3 に示すように①五明光～④玉の池で高いなど、今回のそれ (Fig. 2) と共通する傾向が認められる。宮部・武井 (1939) の報告には玉の池付近に亀裂が生じ、水と土砂を噴出、沈下 120 cm に及ぶなどの記述があり、男鹿地震でも液状化が発生したことがわかる。

被害集中地区の住家被害を住宅地図上にプロットし、ミクロな分布を検討する。五明光では最近の 10 数年に畑を盛土した新しい敷地に被害が集中し、昔から集落のあつた北部の切土敷地での被害は少ない (Fig. 4)。石田川原・柳原・玉の池では被害が複雑に入り混じつており、敷地の切土・盛土条件との関連を地図の上だけで認めるのは難しい。

地盤条件や家屋特性等が被害に及ぼす影響を統計的に調べるため、被害の判別分析を試みる。説明変数には部落の地形区分、敷地の切土盛土条件、住宅基礎の種類、建築年、住宅増築の有無などを用いるが、これらの多くは質的なカテゴリー・データなので林

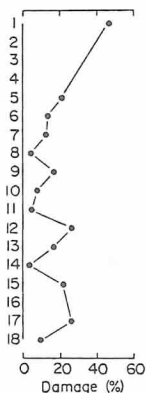


Fig. 3. Distribution of dwelling damage due to the 1939 Oga earthquake [after HAGIWARA (1939)].

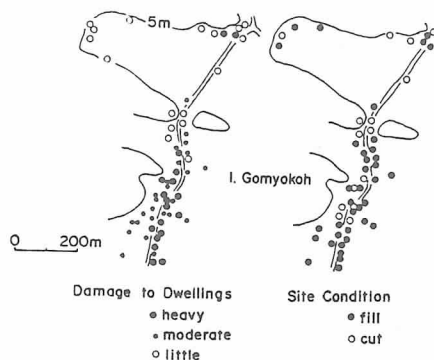


Fig. 4. Detailed map of severely damaged area.

(1957) の数量化 II 類を適用する。判別式としては

$Y = \text{地形 } X_1$ (砂丘, 沖積平野, 段丘)
 + 敷地 X_2 (切土, 盛土)
 + 基礎 X_3 (独立, 無筋コンクリート, 鉄筋コンクリート)
 + 建築年 X_4 (1964 年以前, 1965 ~ 1974, 1975 ~)
 + 増築 X_5 (なし, 1 階あり, 2 階あり)

を仮定する。

全町については小被害が多数を占めることから全半壊と一部破損以下に 2 分した。結果は Table 1 に示すが、判別の適合度を表す相関比は 0.44 と割合高い値となる。偏相関係数とカテゴリースコアの幅は各説明変数の影響度を表しているが、地形区分が最も支配的であり、砂丘砂 > 沖積地 > 段丘の順に被害が減少する。敷地の盛土は切土より被害が多く、荷重を増す 2 階の増築が不利で被害を増す傾向があるなど、妥当な結果といえよう。

被害が集中した北部地区についても同様の解析を試みたが、地区全体が砂丘に位置するので、当然説明変数から地形区分が除かれ相関比も低い。しかし敷地に関しては上述の傾向 (盛土 > 切土) が認められ、また布基礎に比べて玉石基礎の弱いことがわかる。建築年については 1975 年以降の新しいものが 65 ~ 74 年より弱いという結果になるが、新しい家は土地取得のきびしさを反映して敷地条件の悪い周辺部に建てられることが多いためであろう。

3.2. 農業被害

若美町の農家総戸数は 1,227 戸、総耕地面積は 2,613 ha (1980 年現在) である。北部の水田の多くは砂地にあり、水持ち改良のために地下約 1 m にビニール布を敷いているが、液状化により 30 ha でビニールが引き裂かれたり地表に露出する被害が発生した。その他にも隆起・埋没等の被害があり、作付不可能水田は全部で 145 ha、被害農家は 151 戸 (12%) に及ぶ。こうした農地被害により保水能力が落ちた上、用水路被害が重なり、稲が枯れるなど作物にまでも影響した。

Fig. 5 は部落ごとの水田被災世帯の割合と世帯あたりの被災面積であり、南北軸に沿つての地域分布を示している。住家の場合と同様に①五明光 ~ ④玉の池の北部地区では被害が最も著しい。柳原の被害面積はやや小さいが、これは兼業農家が多く耕地面積が少ないためである。

Table 1. Discriminant analysis on cause of dwelling damage

Data		All the town	
Class		Heavy or moderate	Slight or less
Cases		151	588
Score		1.3	-0.34
Correlation ratio		0.44	
Item	Category	Partial corr.	Category score
Topography		0.64	
	1. dune		2.29
	2. coastal plain		-0.20
	3. terrace		-0.61
Site		0.18	
	1. cut		-0.26
	2. fill		0.17
Foundation		0.06	
	1. independent		-0.11
	2. concrete		0.07
	3. R.C.		-0.02
Year built		0.06	
	1. before 1964		-0.04
	2. 1965-1974		0.07
	3. since 1975		-0.08
Addition		0.13	
	1. none		0.07
	2. 1st story		-0.28
	3. 2nd story		0.15

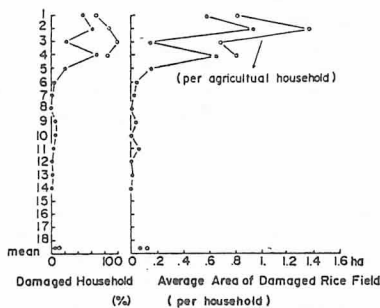


Fig. 5. Distribution of rice field damage.

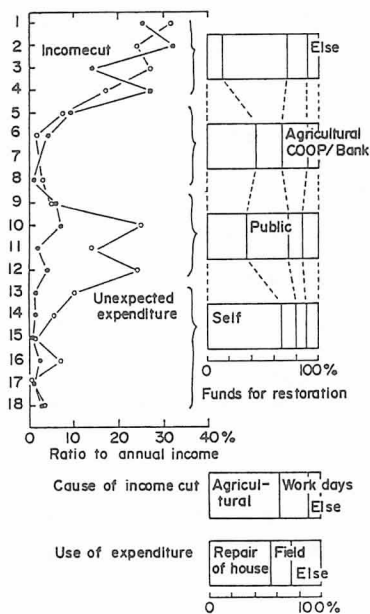


Fig. 6. Evaluation of economic impact, its cause and funds for restoration.

中部地区 (⑨福米沢・⑩本内・⑪松木沢) の水田被害が住家被害に比べて目立たないのは液状化の発生が小さいためであろう。

このような建物被害・農業被害が家計に及ぼす影響を年収に対する割合として評価すると Fig. 6 を得る。所得低下の主な原因は農業 (水田・果樹など) の収穫減を、予期しない出費の原因としては住宅の修理、田畑の修復を掲げている。したがって両者の地域分布は各々住宅被害率、水田被害面積をよく反映している。中部を除き、所得低下と不意の出費はほぼ同程度となり、北部ではあわせて平均年収の 60% にも達する。被害額の大きい地区では公的災害融資や農協・銀行の融資に頼るのに対し、被害額が 10% 以下の南部では自己資金で間にあっている。

§4. 復旧の方法と費用

4.1. 住宅修理

住宅の復旧には材料及び労力を得るための資金と時間が不可欠である。世帯の被害程度がその後の復旧内容・過程を規定することは当然であるが、さらに経済的ポテンシャルなど世帯特性、地震後の公共的対策等の果す役割も大きい。

今回の住宅被害の場合、地盤と基礎の変形が著しく、修復の方法は a) とりこわし新築, b) 基礎の打ち直し—建物をジャッキ・アップし布基礎の新築後上部を据えつける—, c) 部分的な修理に大別される。修理方法と被害程度の関係を示す Fig. 7 から両者の相関がよくわかる。全半壊にもかかわらず小修理に留めている例も少なくないが、母子家庭など経済的困難のため、家が古く修理に値しない、ブロック造なので揚げ家不可などの理由を掲げている。

修理方法の選択に関わる要因を明らかにするため、北部地区面接データ及び町役場から入手した資料を用い、判別分析を試みる。説明変数として被害程度、建物の特性、世帯の経済力などを考え、その殆んどが質的データなので前節と同様に林の数量化Ⅱ類を用いる。判別式は

$$Y = \text{被害 } X_1 \text{ (全壊, 半壊一部損またはなし)}$$

- + 建築年 X_2 (1964 年以前, 1965 ~1974, 1975~)
- + 共済 X_3 (0~50 万円, 50~200, 200~)
- + 所得 X_4 (0~200 万円, 200~400, 400~)
- + 家業 X_5 (農業専業, 農業兼業, 他)

を仮定する。

Table 2 の結果から, 被害程度の偏相関係数が最も影響力が大きく, 建築年, 共済がこれに次ぐことがわかる。被害の大きさ及び共済金の多さが大修理・新築につながるのとは当然ともいえよう。建築年の作用はやや複雑で, 20 年以上の古い住宅ではかえって修理をひかえている様子である。相 関 比 は 0.58 と比較的高いが, ケース 得点の分布から一次の解は修理なし/ありの判別に留まっており, 十分満足できる結果をえたとはいいいがたい。

ところで住家復旧費用は多分に修理方法によつて決まり, その内容を数量的に表わす指標でもある。そこで修理費用を先に述べた要因から説明すべく林の数量化 I 類による重回帰分析を試みた。(Table 3)。修理方法の寄与が最大で新築の場合は約 1,500 万円かかること, 建物共済の支払いはわずかにプラスの働きをし, 家業では農家の方が費用をかけていることがわかる。

新築または増築の場合の床面積は平均 184 m² で元の住宅の 161 m² に比べて大きくなっている。面積増加は 16 戸, 減少は 7 戸である。面積が広いのは多雪地帯にある農家の特徴である。

家屋修理のための主な公的災害融資制度として次のものがある。

住宅金融公庫の災害復興住宅資金においては年利 5.05% で以下の限度額 (万円) である。

- 建設 730+450 (土地取得) +230 (整地)
- 補修 360+230 (移転) +230 (整地)

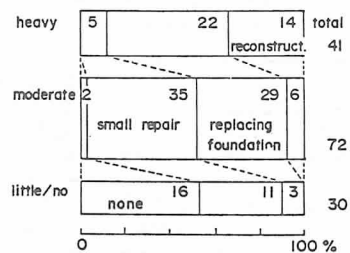


Fig. 7. Relation of damage category and method to repair a house.

Table 2. Discriminant analysis on methods to repair a house

Class	Cases	Score	
1. none	19	-1.81	
2. small repair	51	-0.10	
3. replace found.	56	0.52	
4. reconstruct	19	0.56	
Correlation ratio		0.58	
Item	Category	Partial corr.	Category score
Damage		0.66	
	1. heavy		0.76
	2. moderate		0.17
	3. slight or less		-1.47
Year built		0.36	
	1. before 1964		-0.60
	2. 1965-1974		0.24
	3. since 1975		0.05
Insurance payment(¥)		0.30	
	1. 0-0.5 million		-0.33
	2. 0.5-2 million		0.34
	3. more than 2 million		0.21
Income (¥)		0.12	
	1. 0-2 million		-0.12
	2. 2-4 million		0.03
	3. more than 4 million		0.14
Occupation		0.08	
	1. farming		0.12
	2. farming and others		0.02
	3. else		-0.09

Table 3. Multiple regression analysis on the cost to repair a house

Data	95 cases
Mean (¥ million)	3.29
Standard deviation	4.56
Correlation coefficient	0.92

Item	Category	Partial corr.	Category score
Method to repair		0.91	
1. none			-3.18
2. small repair			-1.83
3. replace foundation			0.12
4. reconstruct			11.68
Damage		0.24	
1. heavy			0.51
2. moderate			-0.42
3. slight or less			0.46
Insurance pay(¥)		0.10	
1. 0-0.5 million			-0.21
2. 0.5-2 million			0.16
3. more than 2 million			0.24
Income (¥)		0.08	
1. 0-2 million			0.04
2. 2-4 million			0.13
3. more than 4 million			-0.26
Occupation		0.24	
1. farming			0.53
2. farming and others			0.40
3. else			-0.63

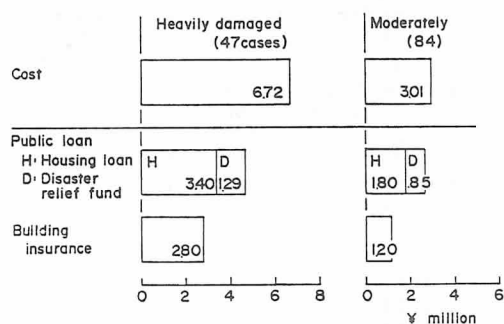


Fig. 8. Cost to repair a house.

当り 40 万円を要している。また、耕地の 1/3 で泥砂をかぶる、浮苗等の被害による減収を 2 割とみて、あわせて収獲は 3~4 割低下と推定できる。農業者への融資制度として自作農維持資金 (150 万円, 年利 4.6%, 20 年以内) があるが十分ではないため、水田の復旧には町の援助を期待している。

漁業者の場合、津波で船・網・浜小屋など生産設備を流されたが保険をかけていない世帯が多い。漁業者はほとんどが兼業で住宅や農地にも被害を受け、生計への後遺症が心配される。

災害援護資金においては年利 3% で以下の限度額 (万円) である。

180 (滅失・流失), 120 (全壊), 80 (半壊)

また若美町など農村地帯では農協建物更生共済への加入が多い。

家屋被害による経済的損失を評価するために修理費用を調べる (Fig. 8)。全壊修理費は平均 672 万円, その 40% を建物共済の給付金がまかない, 半壊は 301 万円, その 30% を共済がカバーする。小修理の場合は不十分でも金利の低い公的融資の範囲内びという意図がみえる。

平均的には、建物共済や災害融資を利用してとりあえず住宅の修理をすませ、新築の場合には床面積の増加など居住性の改善を進めている。しかし老人・母子家庭など福祉対象者の復旧事情を個別に追ってみると (Table 4), 細々と修理しており全・半壊でも新築世帯はない。彼らの税込所得は平均 127 万円と一般世帯の 305 万円に比べて非常に少なく、建物共済・保険等に加入する余裕もなく、災害特別融資等の救済措置も受け難い。公的復旧対策の不平等が問題となるところである。

4.2. 農漁業被害の復旧

農漁業関係の損害金額 (復旧費用) と復旧資金の出所を北部地区について示したのが Fig. 9 である。平均耕地面積 3 ha の 1/3 で陥没・隆起が生じ収穫皆無となり、復旧には 10 アール

Table 4. Damage and difficulty in recovery of needy families

Household			Income ¥thousand	Dwelling		Cost to repair and fund for it
Member	Age	Occupation		Damage	Repair	
Y.H. 3	-	farming	2206	moderate	small	¥1400 thousand
S.I. 1	62	handicaped injured before eq.	977	moderate	none	still hospitalized
E.S. 2	44	mother and child	0	heavy	demolished but not rebuilt	disaster housing
K.A. 1	67	pensioner	0	heavy	replace foundation, public loan not available due to age	
M.S. 1	70	pensioner	?	slight	none	
M.I. 7	-	farming+fishery	1250	moderate	replace foundation, ¥3000	
R.K. 3	-	handicaped	4300	heavy	small	
K.I. 1	53	fishing	1088	moderate	small	¥1200, big damage to boat, plan to work away from home
S.M. 5	-	pensioner	0	moderate	small	¥500 thousand
T.O. 1	60+	pensioner	1461	heavy	small	¥600
M.H. 2	77	pensioner	1380	moderate	small and urgent	¥200
T.I. 5	-	employee handicaped	2557	heavy	small	by their son

被害・復旧状況を個別にたどると天災資金の額が大きいので一応の修理はできているが、収入減を訴える人が多い。負債を返すべく今後 10~20 年の困難が思いやられる。

4.3. 経済的損失の総合評価

地震による不時の出費と収入の低下をあわせると北部地区では年収の60%に及ぶ。1 世帯あたりの建物更生共済給付金と公的機関からの融資額の地域分布を比較したところ (Fig. 10), 借入金は給付金を大きく上回り、特に北部では平均融資額が 300 万円をこえる。銀行・農協等からの個人的負債の実態は不明であるが、これを含めると負担はさらに増すであろう。現行制度では地震保険金額は主契約の保険金額の30~50%に相当する額の範囲内で定められ、かつ1,000万円が限度となっているため復旧費用を十分まかなうことができない。

Table 5 は被害総額と世帯を対象と

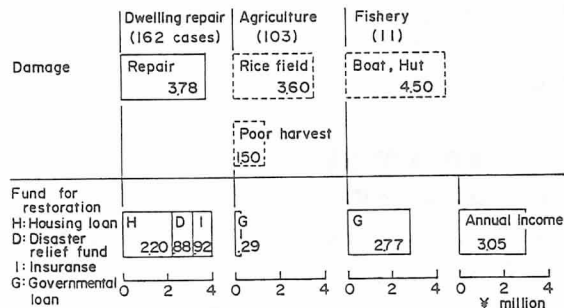


Fig. 9. Loss to dwelling, agriculture and fishery and fund for restoration.

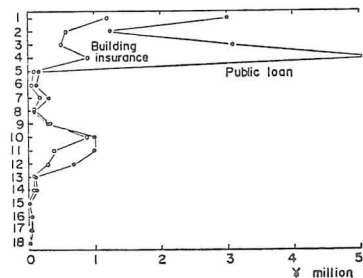


Fig. 10. Distribution of insurance payment and public loan per household.

Table 5. Comparison of total loss and fund for restoration in Wakami town.

	Item	Cases	Sum (¥thousand)	%
Outgo	Public damage		2,544,530	
	Private damage		2,893,100	
	Sum		5,437,630	
Income	Building insurance	332	365,720	13
	Agricultural mutual aid	41	23,620	
	Relief contribution	283	102,480	
	Tax reduction	-	22,630	5
	Disaster relief fund	204	276,500	
	By housing loan corp.	118	575,700	
	Fund for a farmer	57	60,000	
	Fund for a fisherman	43	146,500	37
	Sum		1,573,150	54

% = Ratio to private damage

した経済的救済措置，保険，融資の総額をリストしたもので，町全体としての経済収支を示す。世帯の直接負担になる被害額 29 億円 (133 万円/世帯) のうち，返済不要の給付金は 18% をカバーするにすぎず，公的融資を含めても 54% に留まっている。長期にわたる経済的困難が容易に推察されよう。

§5. 復旧の時間経過

5.1. 日常生活への復帰

停電はなく，簡易水道の被害はわずかで同日夜には復旧した。都市ガスの供給も被害の小さい南部では 3~4 日で回復した。しかし北部地区ではガス低圧本支管（塩ビ管）の継手折損・破損により砂がつまつたため管の総入れ替えとなり，供給再開に 1 か月を要した。

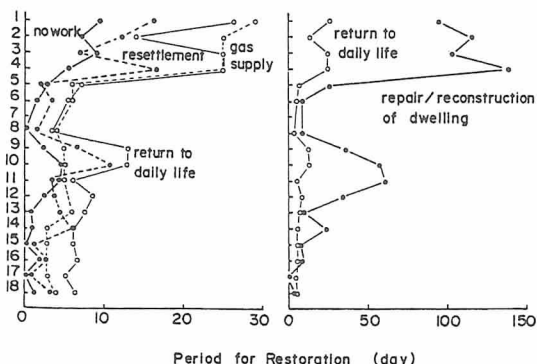


Fig. 11. Period necessary for restoration.

休業，あとかたづけ，日常生活への復帰，ガス供給や住宅修復などを復旧の指標とし，地域分布を比較してみる (Fig. 11). 北部地区に第 1 のピーク，中部に小ピークがあり，家屋被害の傾向とよく似ている。復旧の順序としては仕事をしばらく休んで (10 日未満) あとかたづけをし，その間にガス供給が再開し，普段の生活に戻るのに 1 週間~1 か月を要した。家屋の修理ははるかに遅れ，北部では平均 4 か月かかっている。



Fig. 12. Start and end of reconstruction works.

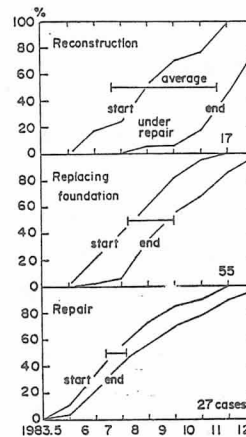


Fig. 13. Cumulative curve of start and end of repair works.

災害の応急・復旧に関連して町は地震後直ちに災害対策本部を設置し、約1週間で住宅被害調査を、2週間で農業被害調査を終え、1~2か月めには建設省・農林水産省の復旧査定業務に対処した。その間に住民の相談・融資の申し込み等を受け、見舞金や公共融資の現金が被災者の手に渡つたのは2~3か月めとなつた。農林災害復旧においては、農家の財政負担を軽減すべく土地改良区にかかわつて町が事業主体となり、1984年冬期に主要な工事が行われた。

5.2. 住家の復旧過程

住宅が被害をうけた場合、修理方法の検討・復旧資金の調達・大工との交渉を経て工事発注に到る。発注から着工するまでの待ち時間は地域の木工数・被災住家数・発注時期の分布・工事の優先度などによつて変化する。着工から完工までの工事期間は修理方法・大工の集中度・季節などに依存する。これらの発注期間、待ち時間、工事期間を合せたものが復旧に要する時間となる。

新築・増築の確認申請受付簿から工事期間を調べ Fig. 12 に図示する。9月頃までに着工し、工事期間は2~3か月を要し、降雪の始まる12月までに工事を終えるケースが多い。確認申請が11月にずれこむと冬期は工事が進まず春まで持ち越すことになる。

修理工事の開始と完了時期を累積頻度で Fig. 13 に示す。単純修理の着工が最も早く、基礎から、新築の順に遅れ、修理と新築には1か月の差がある。工事は6月から降雪の始まる12月まで大きくばらつくが、その理由として近在の大工が多忙による順番待ち、農作業、水田・畑の復旧優先、資金繰りなどがあげられる。かけもち工事のためか新築工事の平均所要日数121日は通常より長い。

新築世帯の88%が工事日数に相当する平均110日の仮住まいを強いられた。基礎修理は住んだままでも可能であるが、25%の世帯が平均70日間仮住まいをした。しかし季節が夏であつたこと、農家は作業所・車庫などを2棟程度持ち、敷地も広いなど仮住まいの不便をしのぎ

やすい状況にあつたといえよう。災害救助法により、若美町には2年間無償貸与のプレハブ仮設住宅(面積 23.1~33.0 m²) 27 戸が建てられたが、このうち 16 戸が北部地区にある。

§6. おわりに

住家・農漁業被害が多数発生した若美町での調査により、世帯にとつての被災インパクトの強さ、拡がり、復旧に要する資金、期間等の実態が多面的角度から示された。地震後6か月の段階でも未だ 1/3 の世帯では家屋の修理を待っているか復旧作業の途上である。また農業被害も全壊住家に匹敵するほどの経済的打撃であり、生計維持の手段という観点からは見過せない。さらに家屋、田畑の修復が済んだとしても、経営・家計・生活への影響は長期に及び複雑であること、母子家庭など社会的弱者には災害融資など既存の救済措置も利用し難いなどの問題点が明らかになった。

本研究は未だ試行的段階にあるため、地域連関性の小さい農村地域を対象として現象の理解、関連要因の抽出に努めた。一方、大都市の場合は被害数が多く復旧時間がかかること、自立的な生活基盤を持たないことなどから、異なる問題も予想される。都市域での調査も大切である。さらに今後の課題として被災から復旧に至る全過程を時系列的に記載するモデルを構築し、シミュレーションで再現する方法などを導入しながら、この問題の一層の解明を進めていきたい。

謝 辞

調査にあたっては若美町役場福祉課、町内会各位、町民各位に大変お世話になった。北海道大学工学部耐震工学研究室の方々には調査員を勤めて頂いた。ここに記して謝意を表します。

文 献

- 秋田県若美町, 1983, 昭和 58 年日本海中部地震若美町災害対策本部の記録。
 萩原尊礼, 1939, 昭和 14 年 5 月 1 日男鹿地震調査概報, 地震研究所彙報, 17, 627-637。
 林知巳夫, 1957, 数量化理論と応用例 (I, II), 統計数理研究所彙報, 5, 27-31。
 狩野豊太郎, 1968, 秋田県北部沿岸地帯の第四系, 秋田大学鉱山学部地下資源開発研究所報告, 第 36 号。
 片山恒雄, 1984, 震災の地域社会への影響—能代市の場合—, 1983 年日本海中部地震による災害の総合的調査研究, 自然災害総合科学研究班, 335-343。
 宮部直巳・武井柳吉, 1939, 昭和 14 年 5 月 1 日男鹿地震の地変に就て, 地震研究所彙報, 17, 638-649。
 日本建築学会東北支部, 1979, '78 宮城県沖地震災害の実態—住民等の対応および被害の実態調査報告—, 232-267。
 大橋ひとみ・鏡味洋史・太田 裕, 1985, 被災世帯復旧に関するケーススタディー—1983 年日本海中部地震—, 世帯を基本単位とする総合地震安全性診断システムの開発, 北海道大学, 140-164。
 太田 裕・他, 1984, 1983 年日本海中部地震に伴う東北・北海道地域市町村別震度調査, 1983 年日本海中部地震による災害の総合的調査研究, 自然災害総合科学研究班, 176-179。
 岡本友孝, 1979, 住宅被害と復旧における問題点と教訓, 宮城県沖地震災害に関する諸調査の総合的分析と評価, 仙台都市科学研究会, 157-179。

1983年日本海中部地震についてのアンケート調査及び解析

○ 正会員 表 俊一郎^{*1}
同 植橋 秀衛^{*2}
同 渡壁 守正^{*3}

§1 はじめに

人間の強震動下において如何なる心理状態となるか、またどのような行動を取り得るかをすることは地震防災対策を考える上での要件のひとつである。筆者等は1975年4月大分県中部地震以来1978年6月宮城県沖地震、1980年伊豆半島東方沖地震など幾つかの地震の際にアンケート調査を実施しこの問題にアプローチを試みて来た。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ これまでの調査研究からも各種環境下における震度と心理・行動との関係について新しい知見を得ることができたが、震度5以上の地域のデータ数は震度がそれ以下の地域のデータ数に比べて不足していることは否めない。従ってその後も規模の大きい地震が発生した際には震度の高い地域にこれまでと同様のアンケート調査を行ないデータを蓄積していくことが望まれていた。宮城県沖地震以後大きな地震の発生がなかったためにこの問題は積み残されて来たが、1983年5月26日正午に発生した日本海中部地震($M_{JMA}=7.7$)は規模が大きいため、震源断層が内陸に比較的近い(本震発生後24時間の余震活動域から推定した)ことなどの理由から上述の目的に合う地震と判断されたのでこの懸案のアンケート調査を実施した。

高震度地域から得られたデータは現在なお詳細に検討を行なっている段階であるので、本報では従来と同様の解析手法によって得られた幾つかの調査結果について概要を報告すると共に、筆者の過去の調査研究結果との比較を行なうことにする。

§2 調査目的と調査範囲

今回のアンケート調査の目的を列記すれば次の通りである。則ち、

- i) 広域・精密な震度分布を求めること。
- ii) 建築物各階の震度を求め振動性状を調べること。
- iii) 震度と人間の心理・行動の関係を調べること。

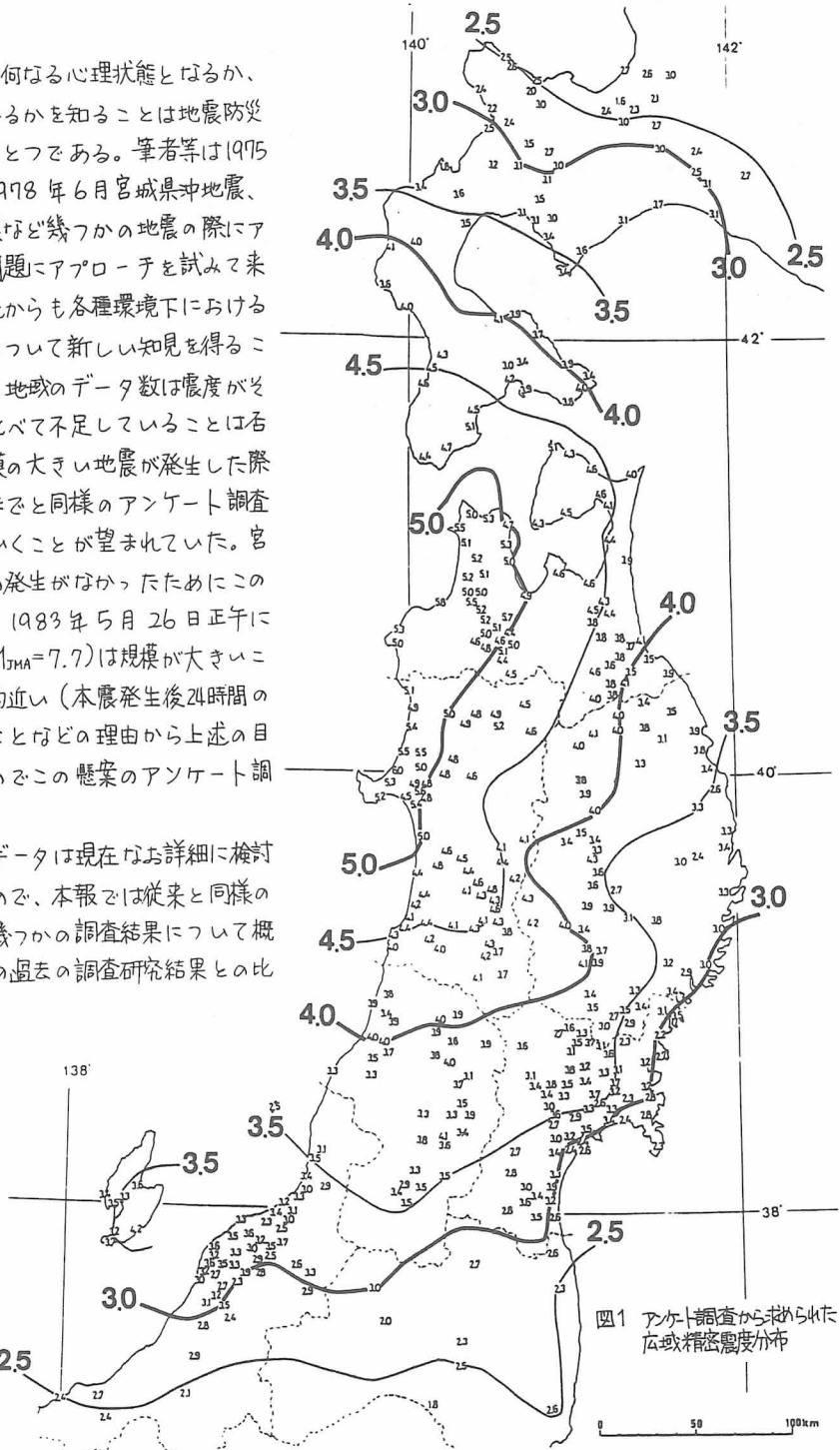


図1 アンケート調査から求められた
広域精密震度分布

iv)特に地震時自動車を運転していた人々に
いては、震度と運転の支障度などの関係
を調べること。

などである。これら全ての項目について既に
1978年6月宮城県沖地震の際に調査を行な
っている。また項目 i)及び iii)については1975
年4月大分県中部地震の際に、また項目 ii)及
び iii)については1980年6月伊豆半島東方沖地
震の際にそれぞれ調査を行なっている。従っ
て今回は高震度地域に重点を置いて項目 i)～
iv)の調査を行なう訳であるが、項目 i)の震度
分布はそれ自身地震工学上有用な情報となる
こと、また項目 iv)の自動車運転者に対する調
査は上述のように過去1度しか調査を行なっ
ていないことなどの理由から調査範囲をでき
るだけ広げることが望ましい。よって項目 i)
及び iv)については調査範囲の南限及び北限を
それぞれ福島県・新潟県北部及び北海道南部
とした。項目 iii)は項目 i)の調査に用いるアン
ケート調査票から調べられるので調査範囲は
同じである。一方、項目 ii)については高い震
度が予想される秋田、能代市内の中・低層建
物、また仙台、山形両市の高層建物を調査の
対象とした。

尚、今回の調査には宮城県沖地震の場合と
同様の2種類のアンケート調査票を使用した。
一つは太田等⁽⁴⁾によって開発された震度決定用
のもの、いま一つは筆者等が作成した自動車
運転者専用のものである。

§ 3 調査結果

3-1 広域震度分布

6月6日、上に述べた範囲にある472の市
区町村役場に対して震度決定用のアンケート
紙を各々20枚郵送配布した。回収率は全体で
85.4%と良好であった。回答に基づいて求め
られた各市区町村の平均震度を図1に示す。
また、平均震度から目視によって定めた等震
度線も合せて示している。図1より秋田市以
北の日本海沿岸から青森県北部にかけての地
域で震度5.0以上となっていることが分かる。

また、等震度の地域は南北に広く東西に狭い形状を示すこと、秋
田県と岩手県の中部に等震度線のくびれが認められることが分か
る。等震度線のくびれは震度4.5、4.0、3.5についていずれも
秋田県・岩手県の中部に顕著に見られるが、等震度線のこのよ
うなくびれについてはあまり報告され例を聞かない。日本海中部
地震は震源断層が逆「く」の字をした多重震源であったとして震
源過程研究者の注目を集めているが⁽⁵⁾このような震源側の特性に原
因するものなのか、あるいは東北日本のマクロな地下構造による
ものなのか大変興味深いところであるが、いずれにしても図1は
日本海側に発生した大規模な地震の広域震度分布を求めた数少な
い例として貴重であると言える。

3-2 建築物各階の震度

秋田市に建つ事務所ビルなど17棟、能代市に建つ病院2棟及び
仙台市、山形市に建つ高層建物3棟について、地震時これらの建
物に居た人々に対して前項と同様のアンケート調査票による調査
を行ない、建物各階における平均震度を求めて日本海中部地震に
よる各地域の建物の地震時の応答を調べた建物各階の震度を精度
よく求めるためには、過去の調査経験から各階当り20枚以上の回
答を得ることが望ましいと考えられるので、アンケート紙の配布
枚数は歩止りを見込んで各階当り30枚とし合計5,000枚を配布し
た。

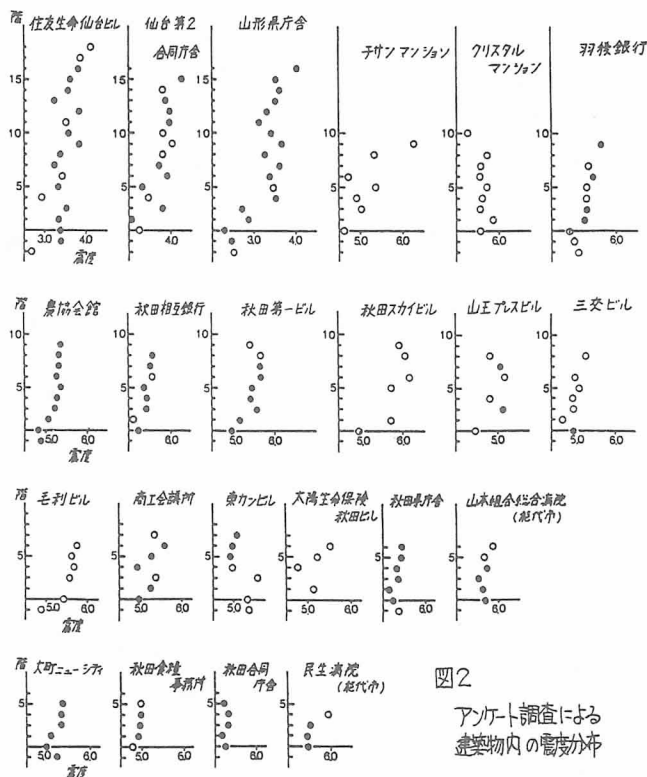


図2

アンケート調査による
建築物内の震度分布

各建物の階毎に求めた平均震度をプロットしたものが図2である。図中黒丸で示したのはその階での有効回答数が10枚以上であったことを示し、白丸はそれ以下であったことを示している。図2の内はじめに、仙台市及び山形市内に建つ住友生命仙台ビル、仙台オエ合同庁舎、山形県庁などの高層建物についての結果を見ると、建物の階数と震度の関係がかなり複雑となっていることからこれらの高層建物では高次モードが励起されたと考えられる。次に、秋田市及び能代市内に建つ中・低層建物の震度について見ると、有効回答数が10枚以上ある1階部の平均震度は秋田市内の建物で震度4.9～5.2、能代市の建物で震度5.5～5.7となっており、いずれも両市役所へのアンケート調査によって求められた数値(図1参照)とよい一致を示している。また、これらの建物では震度は階数の増加と共に漸増する傾向を示しており1次モードが卓越したことが分かる。

3-3 震度と心理・行動の関係

上に述べた2件の震度調査には本田のアンケート調査票を用いている。⁽⁴⁾このアンケート調査票は本来精密震度の推定のために開発されたものであるが、その設問の中に人間の心理・行動に関するものが幾つか含まれているのでこれらの設問に対する回答と震度との関係を見ることにより地震時における人間の心理・行動と震度との簡単な関係を調べることができる。結果の一例を図3に示す。図3は地震時においてどの程度の意識的に行動し得たかを尋ねた質問項目[22]に対する回答1～5の頻度を震度との関係で見たとものである。図の左側は自治体からの回答によるもの、図の右側は建築物内に居た人々からの回答によるものである。自治体からの回答によるもの(図3左)と建築物内からの回答によるもの(図3右)との大きな相異は、前者におい

ては震度5.0前後で「戸外へ逃れた」という回答がピークに達するのに対して、後者にはそのようなピークが見られないことである。後者においてはその分「意識的に身の安全を考えた」とする回答が増えている。これは、回答者の居かれた環境を考えれば当然の結果であるが、建築物内で地震に遭遇した人々の緊張の高まりを示す結果とも言える。

その他の心理・行動に関する設問についても震度と心理・行動との関係を調べているが、筆者等の過去の研究とほぼ同様の結果であるので省略する。

3-4 震度と自動車運転者の心理・行動との関係

広域震度推定を行なったのと同じ範囲にある498のバ

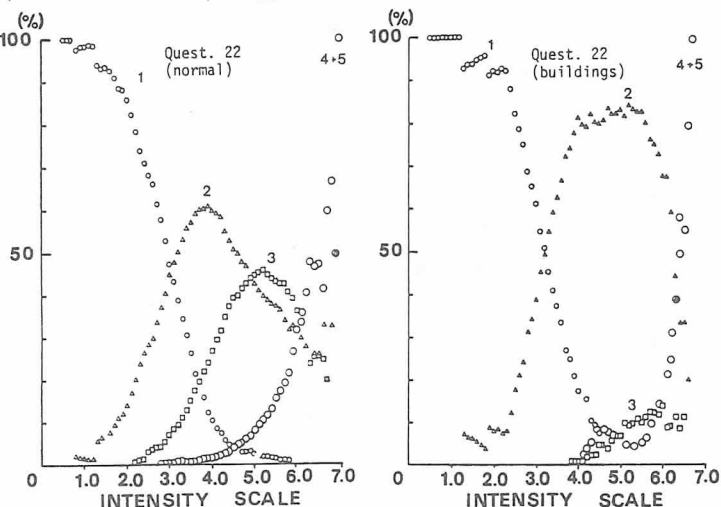


図3 質問項目[22]に対する回答(1～4)の震度による出現頻度の変化

質問[22] あなたはどのような行動に出ましたか。

1. 何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. 意識して戸外へ逃れた。 4. ほとんど知らないうちに戸外へお出していた。 5. 全く本能的に行動したのよく覚えていない。

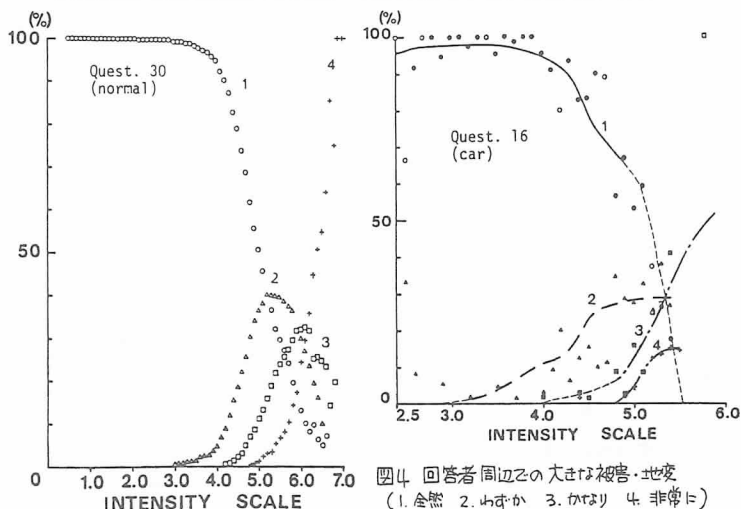


図4 回答者周辺の大きな被害・地震 (1. 全壊 2. 半壊 3. かなり 4. 非常に)

ス、トラック及びタクシー営業所に対して筆者等が作成したアンケート調査票を各20枚配布し、地震動下における自動車運転者の心理及び行動について調査を行なった。回収率は営業所数について約48%であった。筆者等のアンケート調査票は運転者を対象とするものであるからその回答によって直接震度を推定することはできないので、先に求めた広域震度分布を用いて運転者の位置から判断することにしてゐる。その場合、震度の推定には誤差を伴うことが予想されるので、運転者用のアンケート票の設問[16]を太田のアンケート票の設問[30](地震に遇った位置周辺の被害状況についての設問)と同じにして、推定した震度と被害状況との関係を見ることによって推定震度の妥当性を確認している。この結果を図4右側に示す。図4左側には自治体からの回答を用いた結果を示す。両者は全体的に傾向が似ており今回の震度推定に大きな誤りはないと言える。このようにして推定された運転者の位置における震度と運転者の心理・行動との関係を求め、図5-1～5-5に示している。これらの結果について総括すれば、自動車の運転者は一般環境下に居る人よりも揺れの感じ方は鋭いが、震度5.0を越えると車の揺れが激しくなるため心理的には混乱を起始め運転も困難と感じられるようになるという状況を示していると言ふことができる。

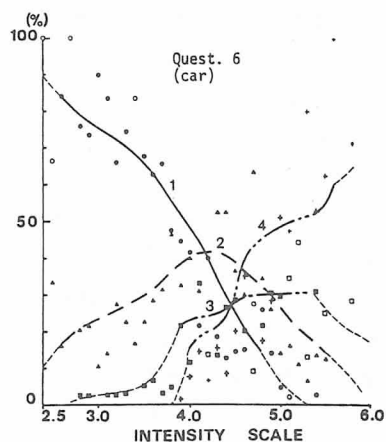


図5-1 運転の支障度
(1. 全然 2. やや支障 3. かなり困難 4. 不能 5. 事故)

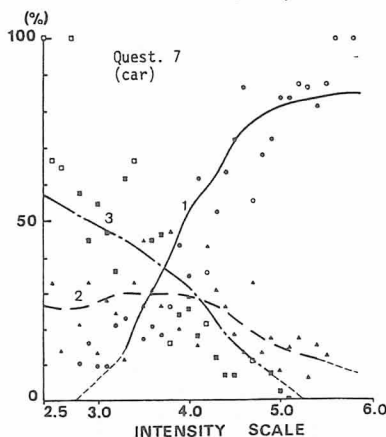


図5-2 地震直後の半断
(1. すぐ停車 2. スピード落として走行 3. ゆっくり走行)

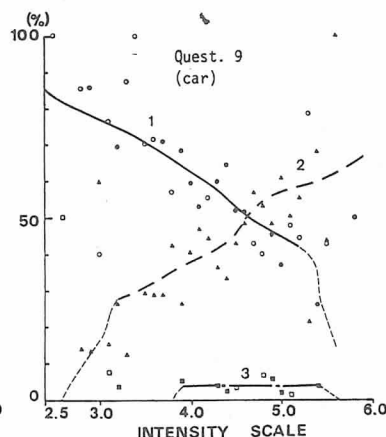


図5-3 停車後の行動
(1. 走り 2. 構うことなく走り 3. 運転取り止め 4. 指示による取り止め)

§4 おわりに

以上、日本海中部地震の際に行なったアンケート調査の幾つかの結果についてのべた。次の機会には高震度地域についてより詳細な検討を行なった結果について述べることにしたい。

尚、本研究の費用の一部は文部省科学研究費補助金(自然災害特) (1) 発第58022002、研究代表者 栗富一雄 秋田大教授) によるものである。

〈参考文献〉

- (1) 表・他; 科学 50, 363 (1980)
- (4) 太田・他; 水9回 災害科学総合シンポジウム, 211 (1972)
- (5) 明石・他; 地震学会論文集 (1983)

その他略

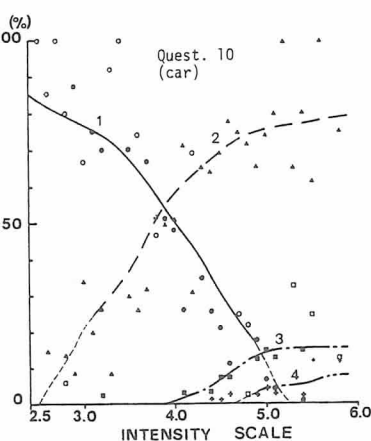


図5-4 車の揺れの程度
(1. かなり揺れる 2. かなり揺れる 3. 音がする程 4. こわれる程)

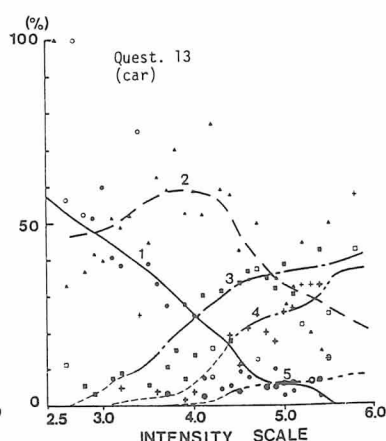


図5-5 驚きの程度
(1. 全然 2. 少し 3. かなり 4. 非常に 5. この上なく)

*1 九州産業大学 教授 理博

*2 九州産業大学 助手

*3 九州大学 大学院生

10. 1983年日本海中部地震についてのアンケート調査とその解析

表 俊一郎

檜橋 秀衛

1. はじめに

人間が強震動下において如何なる心理状態となるか、またどのような行動を取り得るかを知ることには地震防災対策を考える上での要件のひとつである。筆者等は1975年4月大分県中部地震 ($M=6.4$) 以来1978年6月宮城県沖地震 ($M=7.4$), 1980年伊豆半島東方沖地震 ($M=6.7$) など幾つかの地震の際にアンケート調査を実施しこの問題にアプローチを試みて来た。(1)(2)(3)これまでの調査研究からも各種環境下における震度と心理・行動との関係について新しい知見を得ることができたが、震度5.5以上の地域のデータ数は震度がそれ以下の地域のデータ数に比べて不足していることは否めない。従ってその後も規模の大きい地震が発生した際には震度の高い地域にこれまでと同様のアンケート調査を行ないデータを蓄積していくことが望まれていた。宮城県沖地震以後大きな地震の発生がなかったためにこの問題は積み残されて来たが、1983年5月26日正午に発生した日本海中部地震 ($M=7.7$) は規模が大きいこと、震源断層が内陸に比較的近いことなどの理由から上述の目的に適う地震と判断されたので懸案のアンケート調査を実施した。

しかしながら、後述するように日本海中部地震の場合も震度5.5を越える地域はごく限られており、上述の目標は次の機会に委ねられることになった。しかし今回の調査によって、過去の調査でも知られていた震度と人間の心理・行動との関係が再度確認されたほか、地震と津波との結びつきについての注意度に県毎の有意差のあることが明らかになるなど興味深い結果を得ることができた。

本報では日本海中部地震についてのアンケート調査によって求められた幾つかの事実を紹介すると共に人間の心理・行動上困難を生じせしめる震度の下限値といったものについて考えたいと思う。

2. 調査の目的と範囲

今回のアンケート調査項目を列記すれば次の通りである。即ち、

- (i) 日本海中部地震の広域・精密な震度分布を求めること。
- (ii) 中・高層建築物各階の震度を求めそれら建築物の振動性状を調べること。
- (iii) 上記(i)あるいは(ii)の調査を利用して震度と人間の心理・行動の関係を調べること。
- (iv) 特に地震の際自動車を運転していた人々について、(i)の結果を用いて震度と運転者の心理・行動との関係を調べること。
- (v) 津波についての注意度がどの程度あったか調べること。

などである。また、これらの項目について過去の調査実績は次の通りである。まず、1978年6月宮城県沖地震では(v)を除く全ての項目について調査を行なっている。また項目(i)及び(iii)については1975年4月大分県中部地震の際に、項目(ii)及び(iii)については1980年6月伊豆半島東方沖地震

の際にそれぞれ調査を行なった。今回のアンケート調査の目的は上記(i)～(iv)項目について特に高密度地域のデータを収集することであるが、これらの調査は次に述べる理由によって調査範囲を以下のよう定めた。

項目(i)の広域・精密震度分布はそれ自身地震工学上有用な資料となること、また今回の調査との関係から言えば広域・精密震度分布は項目(iv)の調査を行なう範囲と同じかそれ以上の範囲で実施する必要があるが、項目(iv)の自動車運転者に対する調査は過去1度しか行なっていないので今回できるだけ広い範囲について調査することが望ましいこと、などの理由から項目(i)及び(iv)については調査範囲の南・北限をそれぞれ福島県・新潟県北部及び北海道南部とした。また項目(ii)については高震度地域の高層建物を調査の対象としたかったのであるが、今回そのような例はないので震度の高い地域では秋田・能代市内の中・低層建物を、また高層建物としては仙台、山形市内の建物を対象に調査を行なうこととした。

尚、今回の調査では2種類のアンケート調査票を使用した。ひとつは太田⁽⁴⁾によって作成された震度決定用のものに津波に関する設問を加えたもので、項目(i)、(ii)、(iii)及び(iv)についての調査解析に使用した。もうひとつは筆者等が作成した項目(iv)の自動車運転者の行動・心理を調査するためのもので、宮城県沖地震の際の調査に用いたものと同じである。

3. 調査結果

3-1 広域震度分布

日本海中部地震発生10日後、上に述べた範囲の472市区町村役場に対して震度決定用のアンケート調査票を各々20枚郵送配布した。配布対象とした市区町村数に対する回収率は85.4%と良好であった。回答に基づいて求められた各市区町村毎の平均震度を図1に示す。図中には各市区町村の震度から目視によって定めた等震度線も合せて示している。図より秋田市以北の日本海沿岸から青森県北部にかけての地域でアンケート震度5.0以上となっていることが分かる。また、青森県では西津軽郡鰺ヶ沢町から小泊村にかけての日本海沿岸部、秋田県では能代市を中心とする平野部でアンケート震度が5.5を越える地域もあったようである。等震度線の形状の特徴は青森県と秋田・岩手県との県境付近で東西方向に著しくくびれを示し、それを境にして南北の等震度線が分断されているように見えることである。図1には長谷川⁽⁵⁾による本震発生後24時間での余震域（ほぼ日本海中部地震の震源域と考えてよい）を示しているが、上に述べた等震度線のくびれの位置を西方へ延長するとちょうど余震域の中の不活動域に当ることになる。このような対応についての解釈は慎重に行なう必要があるが、今回の調査によって求められた広域震度分布は日本海中部地震の震源過程を反映していると考えてよさそうである。

3-2 建築物各階震度の推定

秋田市内に建つ中・低層ビル17棟、能代市に建つ病院2棟及び仙台市、山形市に建つ高層ビル3棟に対して計5,000枚のアンケート調査票を配布し、それらの建物各階における震度を推定し振動性状を調べた。調査票の配布については各建物各階当たり20枚以上の回答を得ることが望ましいので、歩止りを考慮して各階当たり30枚とした。回答毎に定められる震度を各建物各階毎に平均

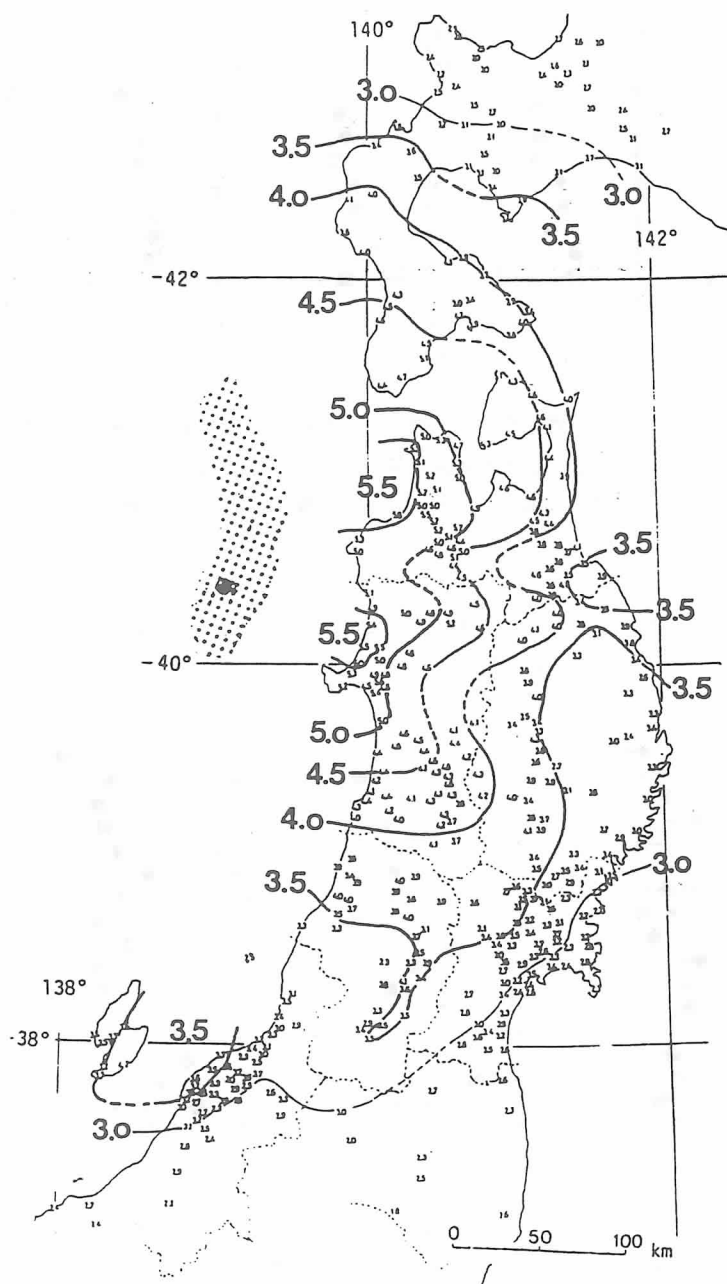


図1. アンケート調査によって求められた1983年日本海中部地震の広域震度分布

(図中  の部分は本震発生後24時間の余震域⁽⁵⁾)

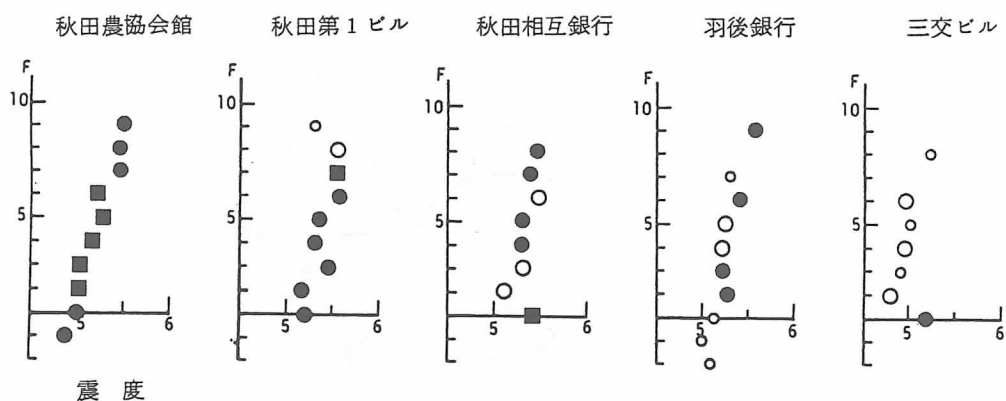


図 2-a アンケート調査によって求められた秋田市内に建つ中層建物の震度

(1983 年日本海中部地震, アンケート枚数

○ 1～5 枚, ○ 6～10 枚, ● 11～20 枚, ■ 21 枚以上)

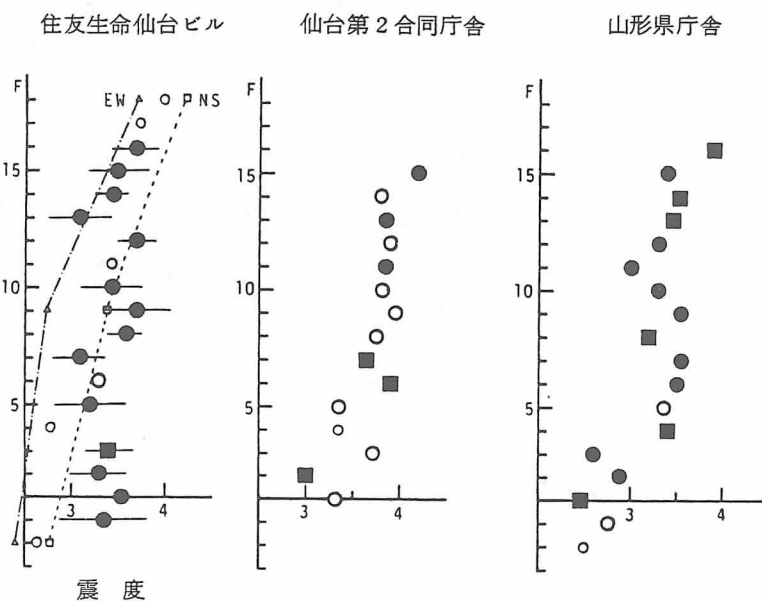


図 2-b アンケート調査によって求められた仙台市, 山形市に建つ

高層建物の震度 (1983 年日本海中部地震, アンケート枚数の表示は図 2-a と同様, △□は S M A C 型強震計による最大加速度換算値)

しその階の震度とした。このようにして求められた各建物階毎の震度をプロットしたものが図2-a及び図2-bである。両図中において各階の震度を示すマークを変えているのは、各階からの回答数を示すためであり回答数が多い程推定された震度の精度が高い。

図2-aは秋田市内に建つ中・低層建物についての結果の例であるが、各建物1階部の震度は4.9～5.2となっておりいずれも秋田市役所へのアンケート調査によって求められた5.0という値(図1参照)とよい一致を示している。また、これらの建物では震度は階数の増加と共に漸増する傾向にあり応答加速度で1次モードが卓越したことが分かる。一方、図2-bは仙台市及び山形市に建つ高層ビルについての結果であるが、これらの建物では秋田市内の中・低層ビルより複雑な応答が生じたと思われる。3つの建物の内住友生命仙台ビルでは地下2階、9階及び18階に設置されたSMA C型強震計によって日本海中部地震の記録が得られている⁽⁶⁾のでその最大加速度を震度に換算して図中に示している。仙台住友生命ビルについて得られたアンケート震度とNS方向最大加速度の震度換算値とを比較すると上記3つの階全てにおいて両者によく対応している。それ以外の階についての比較はできないがアンケート調査による各階の震度の変動はかなり複雑であり、図2-bの結果については今少し検討を行なう必要がある。尚、仙台住友生命ビル各階の震度プロット位置の左右に水平に引いた線の幅は、t検定による各階震度の95%信頼限界を表わしたものである。

3-3 市区町村役場及び建築物内に居た人々からの回答を用いた震度と人間の心理・行動の関係

上に述べた2件の震度調査には太田のアンケート調査票とほぼ同じものを用いている。この調査票は本来精密震度の推定のために開発されたものであるが、その設問の中に人間の心理・行動に関するものが幾つか含まれているのでそれらの設問に対する回答とアンケート震度との関係を見ることにより地震時における人間の心理・行動と震度との簡単な関係を調べることができる。1975年大分県中部地震の際のアンケート調査を始めとして以後アンケート調査の度にこの方法で震度と人間の心理・行動の関係を調べて来ているので、今回の調査についても同様のことを試みた。結果を図表で示すことは割愛するが総括すれば、今回の結果も過去の調査結果と同様であり地震時における人間の心理・行動上の耐震限界はアンケート震度4.5～5.0程度であることが追認されたと言うことができる。

3-4 津波に対する注意度の調査

日本海中部地震では津波による多数の死者が出たが、その原因のひとつとして日本海側では津波による被害を受けた経験がなかったことが挙げられよう。この点を明らかにするために市区町村役場に配布したアンケート調査票には津波に関する設問を追加していた。すなわち、設問32では「地震を感じた時、津波のことを考えましたか」と尋ね、1.津波が来るぞと思った、2.津波が来るかも知れないと思った、3.津波のことがちらりと頭をかすめた、4.津波については全く考えなかった、という4つの選択肢の中から回答者に1つだけ選んでもらうようにした。この回答を地域別に集計することにより津波についての注意度の地域差を調べた。

まず、設問32に対する1～4の回答の百分率を県別に示したものが図3-aである。日本海中部地震による震度が小さかった福島県を除けば、北海道、青森、岩手、宮城など太平洋に面する道

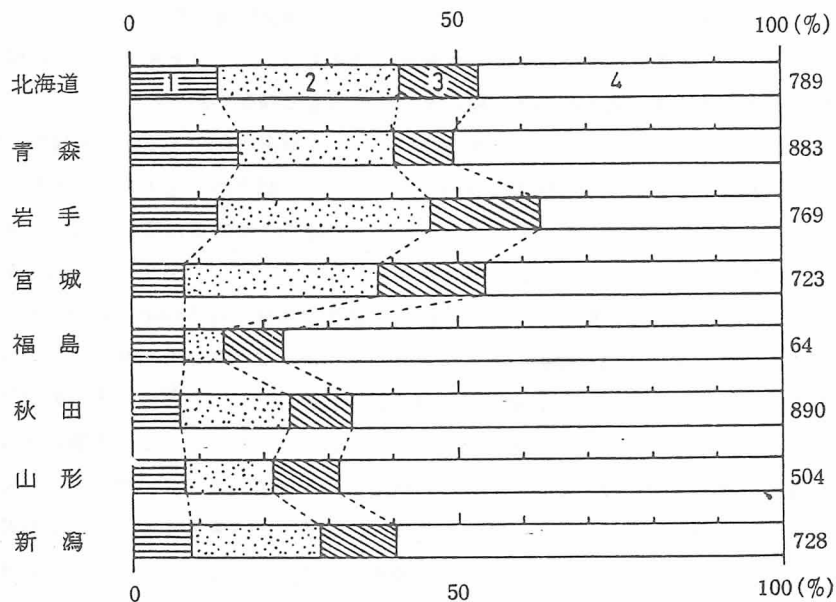


図3-a 津波に対する注意度

(県別, 1. 来るぞと思った 2. 来るかも知れないと思った
3. ちらりと頭をかすめた 4. 全く考えなかった)

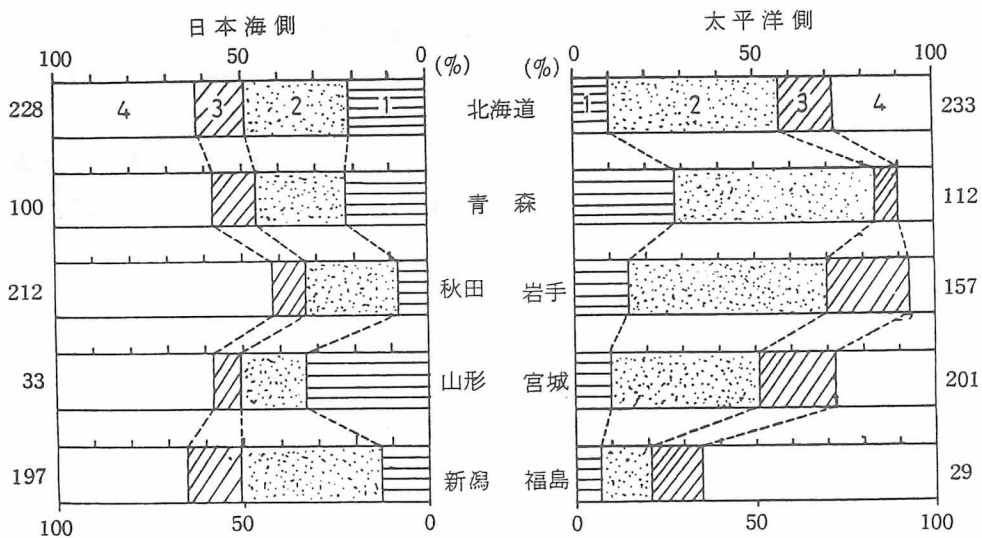


図3-b 津波に対する注意度

(沿岸別, 1~4は図3-aと同様)

県では少しでも津波のことを考えた人の割合は50%程度あり、秋田、山形、新潟など日本海に面する県でその値が30~40%となっていることと著しい差が認められる。以上の結果には各道県とも内陸部の自治体からの回答が含まれている。上述の傾向をより明確にするために次に太平洋及び日本海沿岸部の自治体からの回答のみを使って津波に対する注意度の地域差を調べた。この場合北海道及び青森県からの回答は日本海沿岸の自治体からのものと太平洋沿岸からのものとを区別して取り扱っている。結果を図3-bに示す。太平洋側及び日本海側を問わず図3-aに比べて全県で津波について多少とも考えたという回答が増加してはいるが、増加の割合は太平洋沿岸地域の方が大きい。図3-aに表われていた両者の差が一段と拡大している。また、図には示さないが震度と津波に対する注意度の相関を調べると、太平洋沿岸地域においては震度の高い地域で津波に対する注意度も高まるのに対して日本海沿岸地域にはそのような傾向が見られないという結果が得られた。以上の結果により日本海沿岸地域、特に秋田県下においては一般に言われているように津波に対する注意度が低かったものと思われる。

3-5 震度と自動車運転者の心理・行動との関係

広域震度推定を行なったのと同じ範囲にある498のバス、トラック、タクシー営業所に対して筆者等が作成したアンケート調査票を各20枚配布し、地震下における自動車運転者の対応行動や恐怖感についての調査を行なった。回収率は営業所数について約48%であった。筆者等のアンケート調査票は運転者を対象とするものであるからその回答によって直接震度を推定することはできないので、先に述べた広域震度分布に運転者の位置をプロットすることにより判断している。この

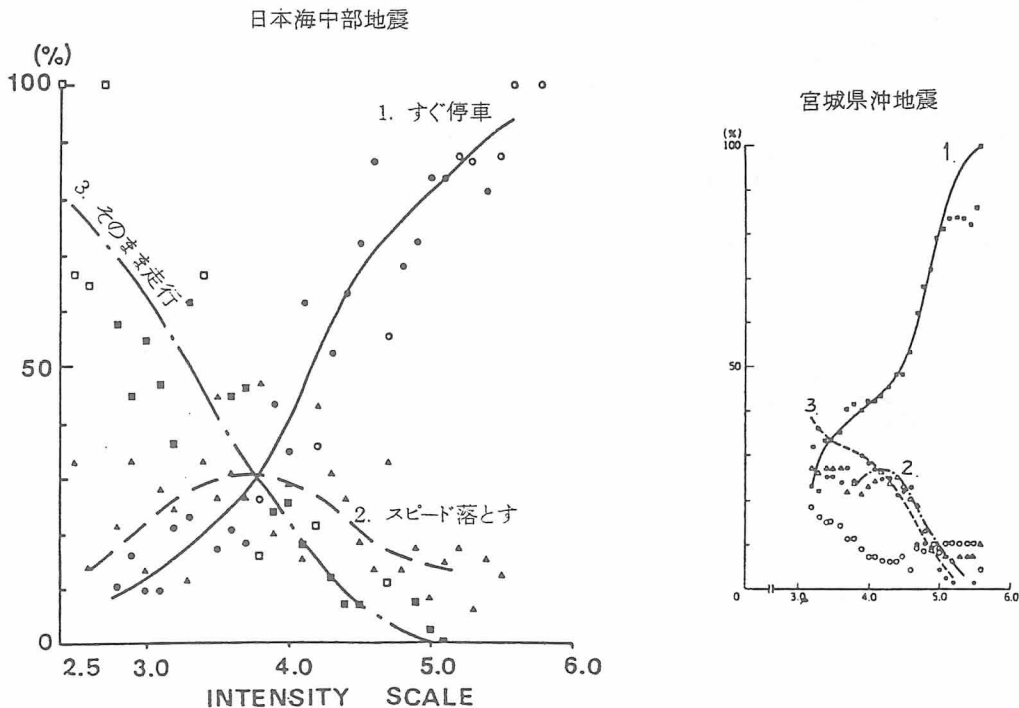


図4-a 地震を感じた後の運転上の対応
〔自動車を運転していた方にうかがいます。地震と感じた後どうしましたか。〕

ようにしても震度推定に大きな誤りは起こらない。

図4-aは地震の際に生じた運転の困難さについて震度との関係を見たものであるが、震度4.0位から運転がかなり困難あるいは運転不能と感じる人が生じ震度5.0になると約70%まで増加する。このことは自動車の運転者にとっても震度4.0～5.0の間に耐震限界のあることを示すものである。またこの結果は宮城県沖地震の際に行なった同様の調査についての結果ともよく一致しておりその再現性が確認された。

図4-bは地震を感じた直後にどのような行動を取ったかについて震度との関係を見たものである。震度5.0になるとそのまま走行し(得)た人はほぼ無くなり、すぐ停車した人が約80%にも達している。この結果からも自動車運転者の耐震限界が震度4.0～5.0の間であると考えられる。また、これも宮城県沖地震の際の調査と同様の結果となっている。

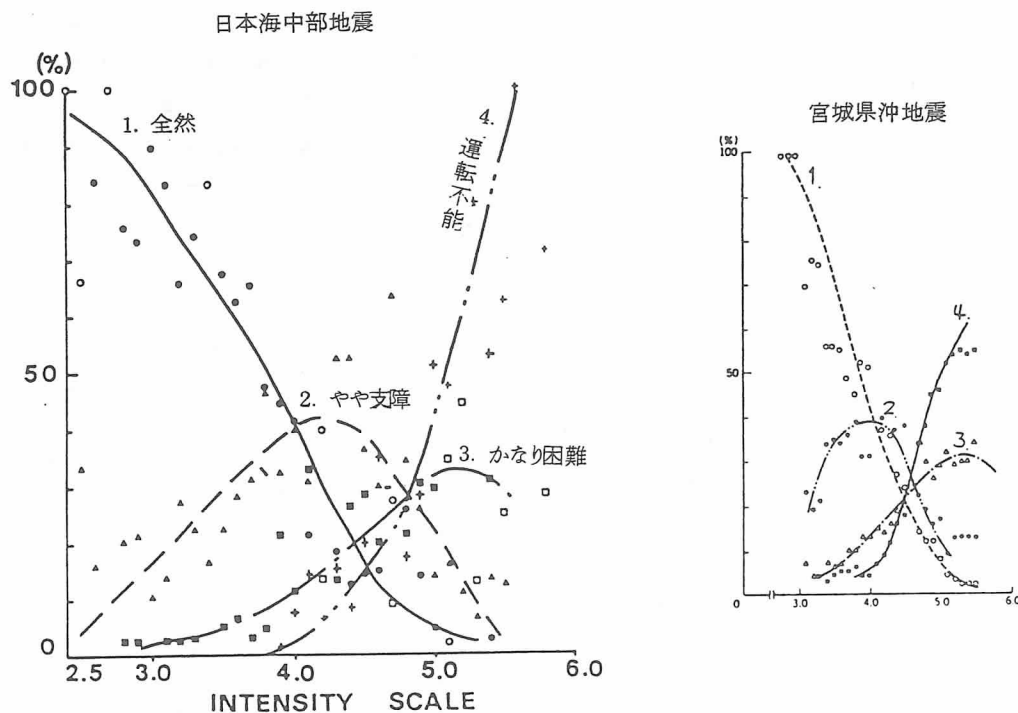


図4-b 地震時における運転の支障度

〔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。〕

4. おわりに

以上簡単であるが1983年日本海中部地震についての広域精密震度分布，建築物の地震応答震度，津波に関する注意度，自動車運転者を含めた人間の耐震限界などアンケート調査によって作られた結果について概観した。しかしながら本章第1節においても述べたようにアンケート震度が5.5を超える地域のデータは未だ数が不足している。今後はそのデータの蓄積を計ると同時に今回までの成果を防災に役立てる方途を探る必要があろう。

付．1983年神奈川・山梨県境地震による
河原町団地住棟の応答震度のアンケート調査による推定

1983年8月8日の神奈川・山梨県境地震（ $M=6.0$ ）による河原町団地住棟各階の応答震度について従来と同様の調査票を用いたアンケート調査を行なった。本論と直接の繋りはないが、ここに付録の形でその結果を報告しておくことにする。より詳細な解析については次回の報告に譲る。

今回のアンケート調査の目的は、神奈川・山梨県境地震のような中規模・近距離地震に対して河原町団地の各住棟がどのような応答を行なったかを明らかにし、1978年宮城県沖地震及び1980年伊豆半島東方沖地震によるこれら住棟の地震応答との相違及びその原因について検討することである。そこで今回調査対象としたのは、上記の2地震について同様のアンケート調査を行なった⁽³⁾際に比較的多数の有効回答を得てその地震応答性状が把握されている1, 2, 13, 15号棟の4つの住棟である。これらの住棟の各住戸について2枚の調査票が届くことを目標として約3,000枚の調査票を配布し、1,502枚の回答を得た。このうち782枚の回答が上記の調査対象住棟内で地震に遇った人からのものであったが、今回の調査ではこれらを有効回答として用いその他の回答は一応除外することにした。1, 2, 13, 15号棟各階における有効回答を付表に示す。

上述の回答を用いて住棟各階の地震応答震度を計算したものを付図に示す。付図より明らかなように各住棟1階の震度は3.0～3.2程度となっており、宮城県沖地震、伊豆半島東方沖地震の場合と比べて小さい。また住棟の高さ方向に対する震度の増幅は1, 2号棟で単調な増加傾向を示し最上階で震度4.0程度となるのに対し、13号棟では10階あたりで僅かにくびれのある形状となっており住棟により地震応答に若干の相違があったようである。しかし、13号棟の10階あたりに見られる応答震度のくびれは伊豆半島東方沖地震の際に認められたもの程極端なものではなく住棟全体についての結果はむしろ宮城県沖地震の際の結果に近いと言えよう。神奈川・山梨県境地震のような中規模・近距離地震による住棟の地震応答が上述のような結果となる原因を直ちに推し量ることはできないので、今後河原町団地近傍で得られた強震記録を用いた住棟の動的応答解析を通じて、住棟の振

付表 1983年神奈川・山梨県境地震についてのアンケート調査によって得られた有効回答数

階 \ 住棟	1号棟	2号棟	13号棟	15号棟
14	13	23	6	3
13	24	25	0	0
12	11	17	10	7
11	23	28	0	1
10	23	35	8	7
9	22	34	0	0
8	27	31	8	11
7	12	37	1	3
6	3	28	10	8
5	18	35	0	0
4	21	24	13	12
3	26	32	1	0
2	13	39	2	1
1	14	24	1	7
計	250	412	60	60

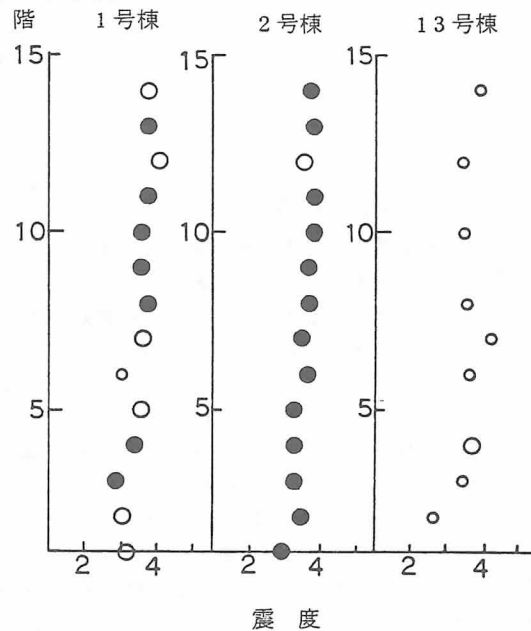
動特性、住棟直下地盤、震源特性などを考慮した検討を行なって参りたい。

<謝 辞>

調査票の配布・回収に御協力頂いた関係諸機関及びアンケート調査に応じて頂いた方々に対してここに厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

- 1) 表・他 「大分県中部地震のアンケート方式による震度調査解析」 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 pp.25-36 昭和51年3月
- 2) 表・他 「大地震時における人間の心理・行動予測(続)」 科学Vol. 50 №6 pp.363-370 1980
- 3) 表・他 川崎市の震災予防に関する調査報告書 pp. 53-63 昭和56年3月
- 4) 太田 川崎市の震災予防に関する調査報告書 pp. 4-52 昭和49年3月
- 5) 長谷川 地震学会講演予稿集 p.3 1983 №2
- 6) 強震観測事業推進連絡会議 強震速報 №23



付図 アンケート調査による1983年神奈川・山梨県境地震の際の河原町団地住棟の応答震度 (●: 回答21枚以上, ○: 11~20枚, ○: 10枚以下)

4.2.3 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

秋田大学教育学部 野 越 三 雄

1. 緒言

1983年5月26日正午頃能代沖約100kmに $M=7.7$ の秋田県地震災害史上最大級の大地震が発生し、秋田県をはじめ青森県、北海道にも多大な被害を与えた。地震直後、過去にも経験のあるアンケートによる震度分布算出を企画立案してその目的を考えて計画し、第4.2.9図のようなフローチャートによって実施された。最近高精度なマイクロゾーネーション研究を手がけている折から絶好の機会であり、この際秋田県内の詳細な高密度震度の作成を考えて、11000部のアンケートを印刷し、このうち、秋田市を対象に5000部を配布し、能代市1000部、男鹿市1700部他震央に近い方へ密にして配布した。震度計算に当っては0.1キザミの高精度の震度が算出でき、詳細な議論ができる北大太田方式(1979)を使用することにした²⁾。回収率は極めて良く秋田県全体で約85%に達した。

2. 秋田県内の震度分布

まず、概略的な秋田県内の震度分布図を作る必要から各市町村毎の行政区域での平均震度を算出した。そ

れらを県内地形図にプロットしたのを第4.2.10図に示す。ほぼ5.3, 5.0, 4.6, 4.3, 4.0の等震度線が描かれている。能代市、八竜町、若美町、大潟村が震度5.3となり、最も多くの被害をうけた地域に相当している。又、明らかに米代川流域、雄物川流域に沿った形で震度が大きいことがよく示されている。対称的に山岳地帯である森吉山、太平山周辺地域は小さく出ているのがわかる。秋田市には秋田県で唯一簡所震度を発表する気象台が存在するがそれによるとVであり、アンケートから算出された平均震度は4.8となっており、四捨五入すると気象庁震度階に一致するというこの方式に一致している。さて、今回の地震を利用して、詳細なしかも後日種々な処理をしやすいように、秋田県内をほぼ1kmメッシュに分割しそこに落ちる震度の平均値をそのメッシュの代表値として表現する形で秋田県内の震度分布を示したのが第4.2.11図である。メッシュは20488個に達するが、空白地区は勿論山岳地帯など住民のいない地域である。これをみると能代市、若美町、五明光、男鹿市協本など5.9~6.0とその周辺より大き

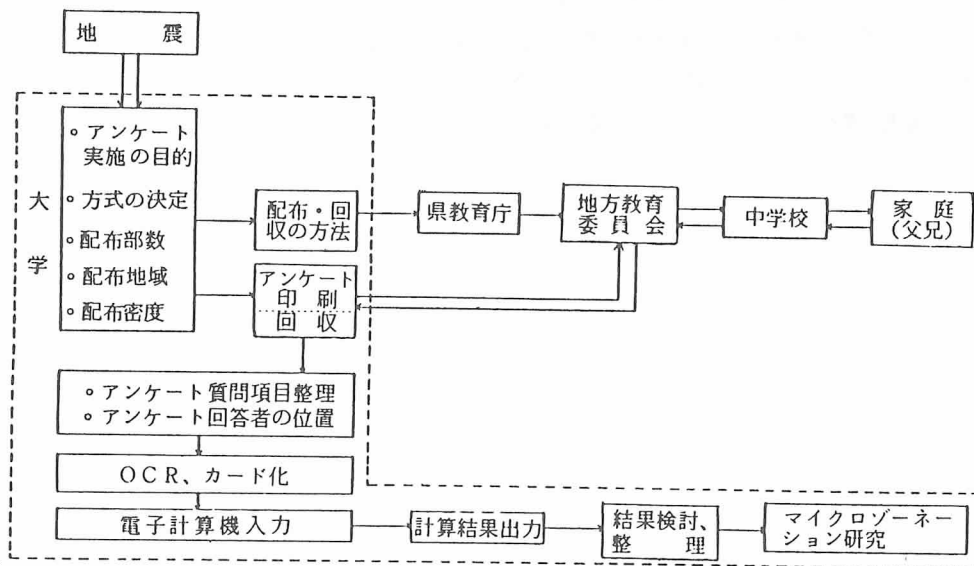


図 4.2.9 アンケートによる震度算出のフローチャート

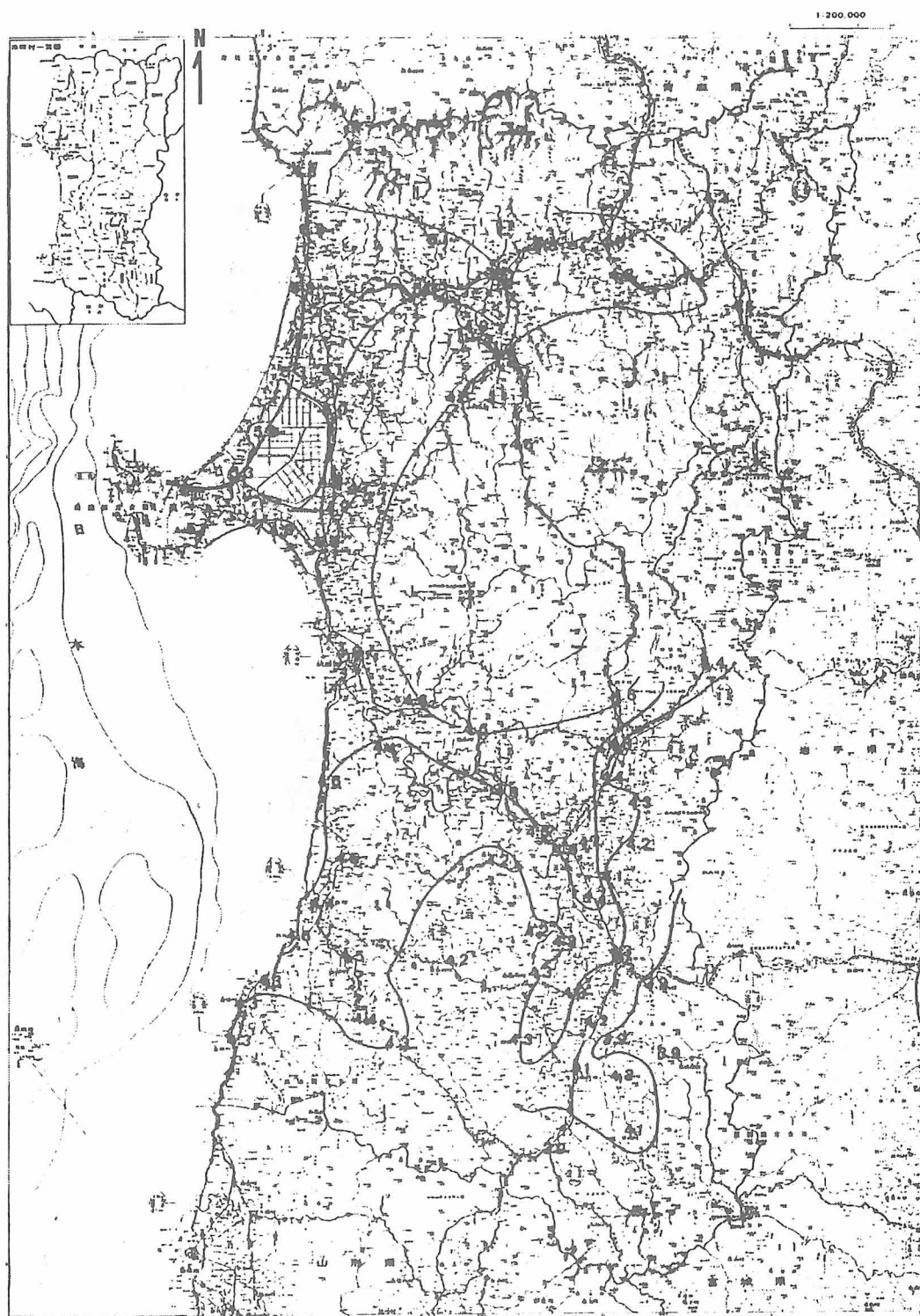


図 4.2.10 秋田県内の行政区分での震度分布

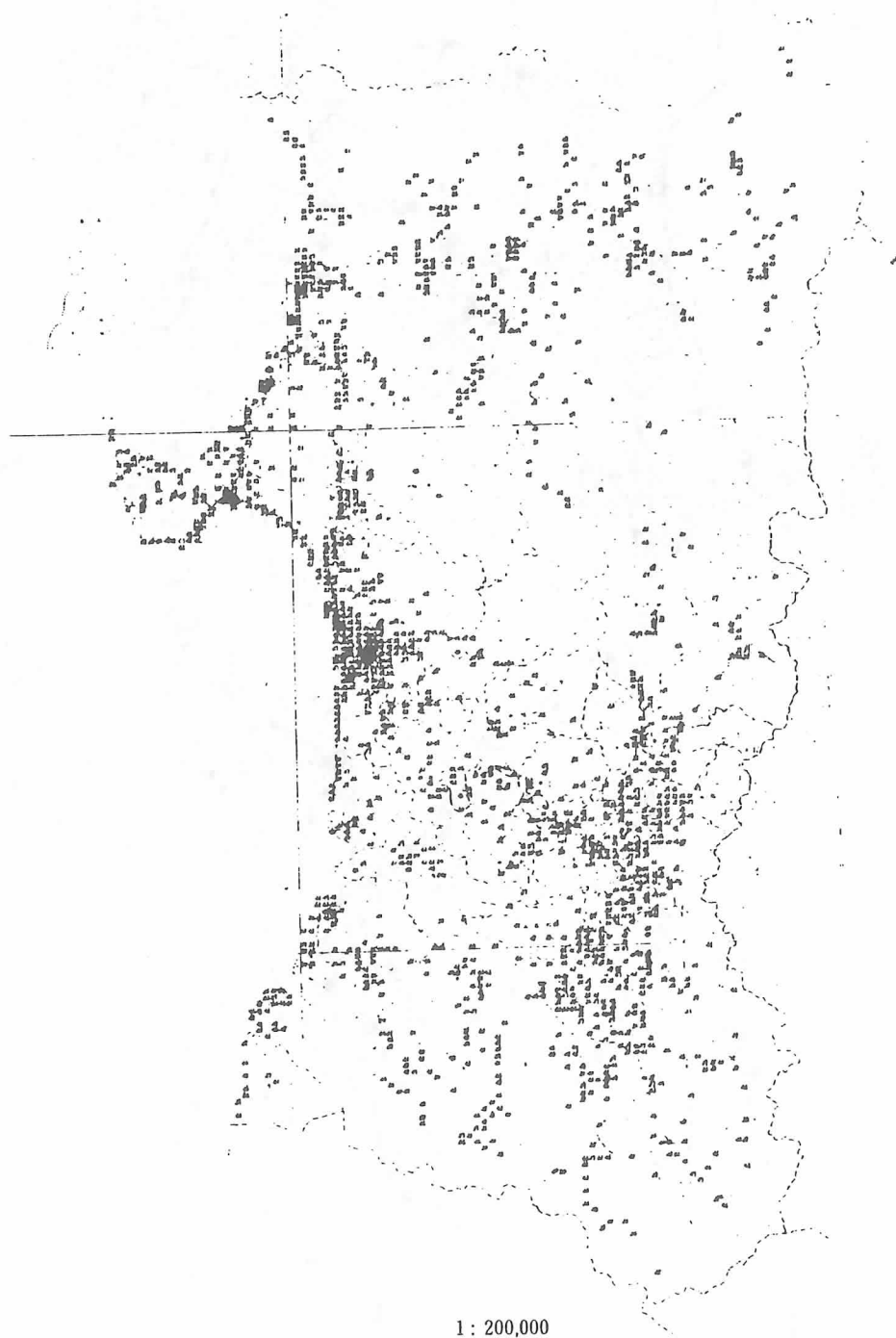


図 4.2.11 秋田県 1 km メッシュによる震度分布

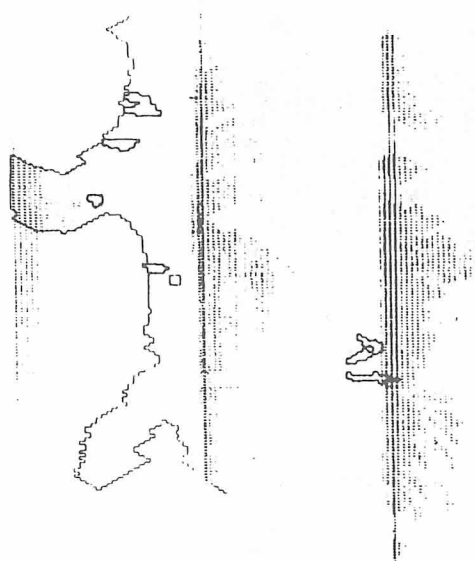


図 4.2.12 二次元移動平均による秋田県 1 km メッシュ震度分布 (電算機処理図)

な震度が算出され、その被害域ともよく一致しているのがわかる。秋田市においても局所的に被害箇所が多数存在するが後で詳述するように震度の大きい所に集中している。大まかには秋田港湾、新屋元町、新屋松美町などが入るメッシュ区域にやはり震度は大となっており、今回の地震被害の特徴としてほとんど液状化による地盤災害であることが指摘されているがその被害箇所にも周辺より相対的に大きな地震動が加わったことを示すものと思われる。それら該当するメッシュを黒くぬりつぶしてある。さらにこの生のデータを基礎にして 2 次元移動平均法によって 4 回ほど電算機で平滑化したのが第 4.2.12 図であっていわば全体的に凸凹を平均化したことに相当し、その影響が拡大していくのが示されている。図中ワク組みで示されているのが相対的に高震度を示す地域であって、前述した被害箇所、横手盆地など地域特性を示す地域に一致している。これを実際の地形図にプロットしたのが第 4.2.13 図である³⁾。これを参照することによって秋田県での地質・地形を示す地域特性と震度との関連をみることができる。将来の秋田県における高精度なマイクロゾーネーション研究へと進展していくことになる。又、この図には米代川、雄物川、子吉川という秋田県での

三大河川流域に沿って、その軟弱層による地震動の減衰をみようとして、それぞれ測線 M,N-line, A,AT-line, H-line が示されている。このような、平面で平滑した震度により約 1 km 毎という高精度の形で震央距離—震度という地震動の波動減衰が議論できることになる。その結果を第 4.2.14 図に示す。このような方法により、今後秋田県特有の軟弱層が持つ減衰係数をも定量的に算出できたと考えている。

3. 秋田市域の震度分布

前述したように、秋田市については相当以前からそのマイクロゾーニングマップ作成のために、長・短周期微動に関する研究⁴⁾、S 波速度推定のための実験式算出⁵⁾など現在も高精度なマイクロゾーネーション研究に着手している地域であるので、この地域には 5000 部配布し、約 500 m メッシュないしは約 250 m メッシュで震度分布図を高密度に作成することを考え、実施した。その約 250 m メッシュの結果を第 4.2.15 図に示す。図において凡例にあるように■が住家全壊 5 戸、■が住家全壊 1 戸を示し、○が半壊 5 戸、○が半壊 1 戸を示す。又、黒くぬりつぶしたメッシュが周辺より高震度地域を示す。前述したように秋田市においては地盤の液状化による被害地として秋田港湾、新屋元町、新屋松美町が代表とされるが、その他にも極めて局所的な被害をうけた地域が非常に多く存在する。その被害箇所と高震度地域とは密接に関連していることが示されている。新屋元町、新屋松美町には、それぞれ全壊 6 戸、13 戸というきわだった被害地域なので高精度高密度の震度を算出する目的で集中的にアンケートを配布し震度を算出した結果、両地域ともやはり大きな地震動が相対的に周辺地域より加わったことが指摘される⁶⁾。

4. 高密度震度と地下構造

気象庁震度は既に多くの地震について判定され発表され、それが浅い地盤特性のみならず深い地殻構造にも関連する異常震域の研究が行われているくらいのデータの蓄積ができています。震度が密接に地下構造と関連しているのは疑いない。今回の地震直後に弘前大田中ら (1983)⁷⁾が青森県内を対象に野越方式 (1971)⁸⁾でほぼ 0.5 キザミ震度 (V^+ , V^- などで表示) でアンケートによる震度を算出した結果、重力異常値の変化分布とよく対応していることを指摘している。震度が 0.5 の精度の場合はやや狭域でやや深い地下構造に対応してくることを示唆している。すると今回算出されたこの高密度震度は気象庁震度の 0.1 ほどの精度があると考えられ、この場合は狭域で極く浅い地下構造に影響されているものと予想され、沖積層など軟弱層の厚さ等に密接に関連しているように思われる。そこで、第

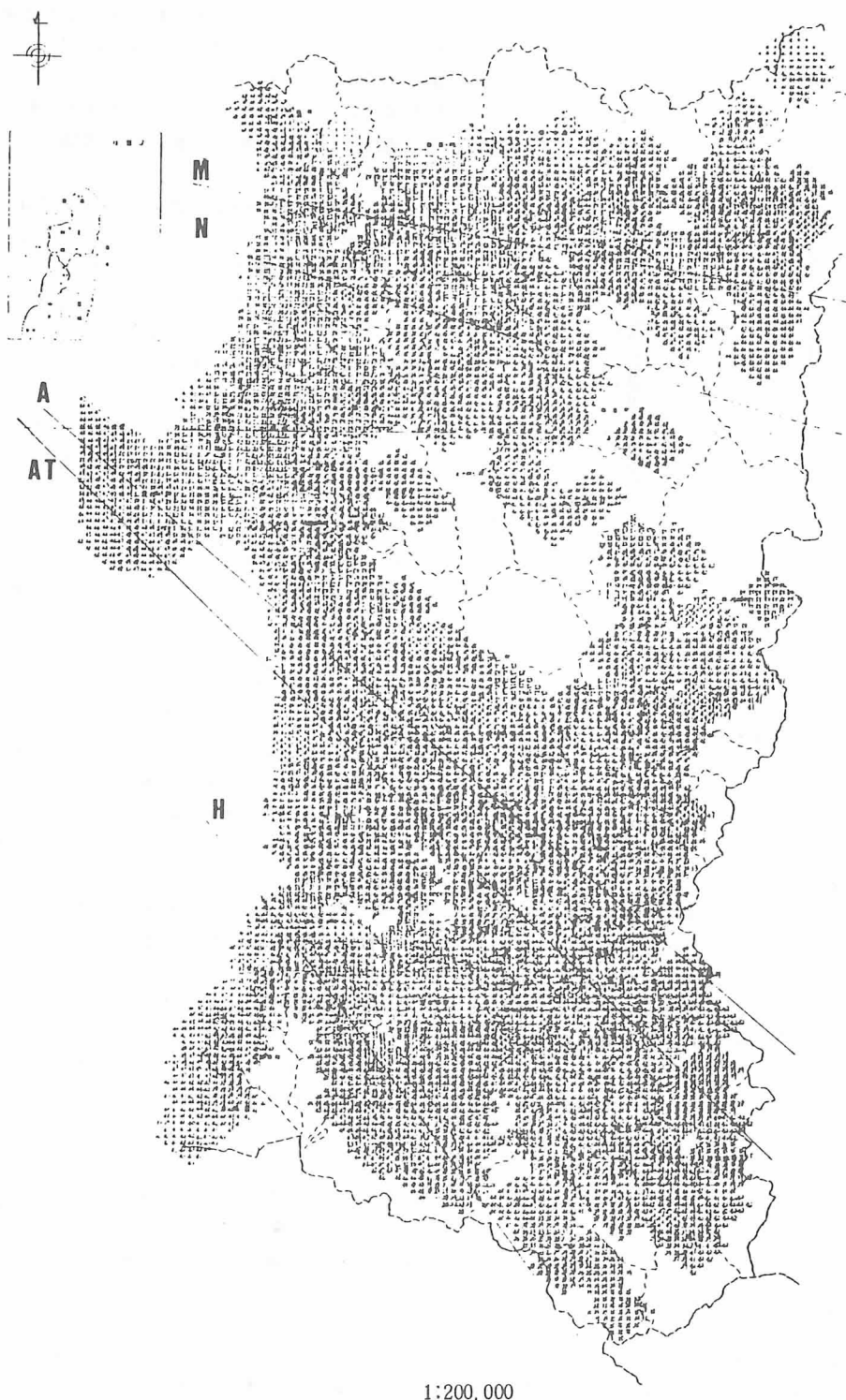


図 4.2.13 二次元移動平均による秋田県 1 km メッシュ震度分布 (池形図)

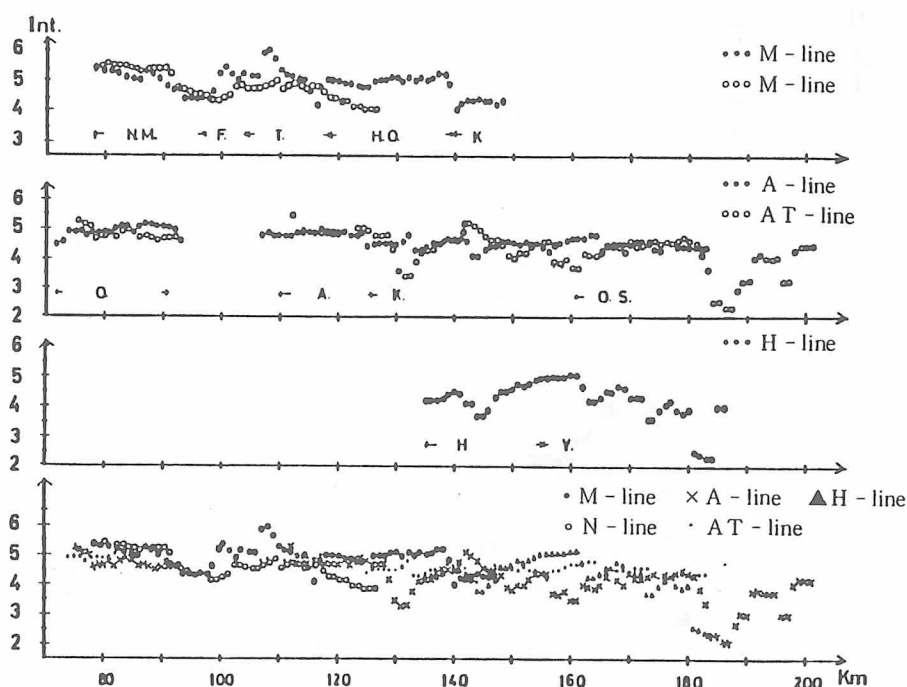


図 4.2.14 震央距離—高密度震度

4.2.15 図に C-C', D-D', G-G' 及び A-A' の測線を取り、それに沿う浅い地下構造と高密度震度との対比を行ってみた。第 4.2.16 図には C-C', D-D', G-G' 測線について、第四紀層、第三紀層に分け⁹⁾、その上の数字が高密度震度を示している。三測線とも第四紀層の厚さの大きさに対応して高密度震度も大きくなっているのが明らかであろう。又、第 4.2.17 図には A-A' 測線についてその直下の浅い地下構造と高密度震度を上部 (500 m メッシュと 250 m メッシュ) に示してある。非常によく高密度震度が第四紀層の厚さに対応しているのがみてとれる。又、そればかりでなく、ある程度第四紀層が厚くても震度の低い場合は堅い礫層などにより小さくなって算出されることを指摘できそうである。ところで、今回の地震に伴う余震を利用して、これも高精度なマイクロゾーン研究の一環としていわゆる地震波のレスポンススペクトルを算出する研究¹⁰⁾を続行中であるがこの測線上の余震観測点のレスポンスとその観測点周辺のアンケートによって算出された震度を同第 4.2.17 図に示した。地盤の増幅度ともいうべきレスポンススペクトルと震度とは非常によく対応していることがわかる。このようにして、高密度震度は詳細な地下構造との対比でさらに定量化へと進み、

増幅度、周波数まで導入した定量化へ道は震度研究に急速な進展をもたらすものと期待される。今後さらに研究を続行したい。又、この調査からはアンケート項目を利用することによって地震時における住民の心理的意識的行動を分析できる。その結果は別の機会に報告したい¹¹⁾。

最後に震度計算に御協力頂いた北大工学部後藤典俊博士に厚くお礼申し上げる。又、アンケート配布、回収に御尽力下さった秋田県教育庁、秋田県地方教育委員会の関係者、県民各位に深謝したい。アンケート整理についても非常に多くの方々にお世話頂いた。記して感謝の意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 野越三雄, 後藤典俊, 西谷忠師, 1983, 1983 年日本海中部地震のアンケート方式による高密度震度分布—秋田県内について—(速報), 地震学会講演予稿集, No. 2, 45.
- 2) 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, 241-252.

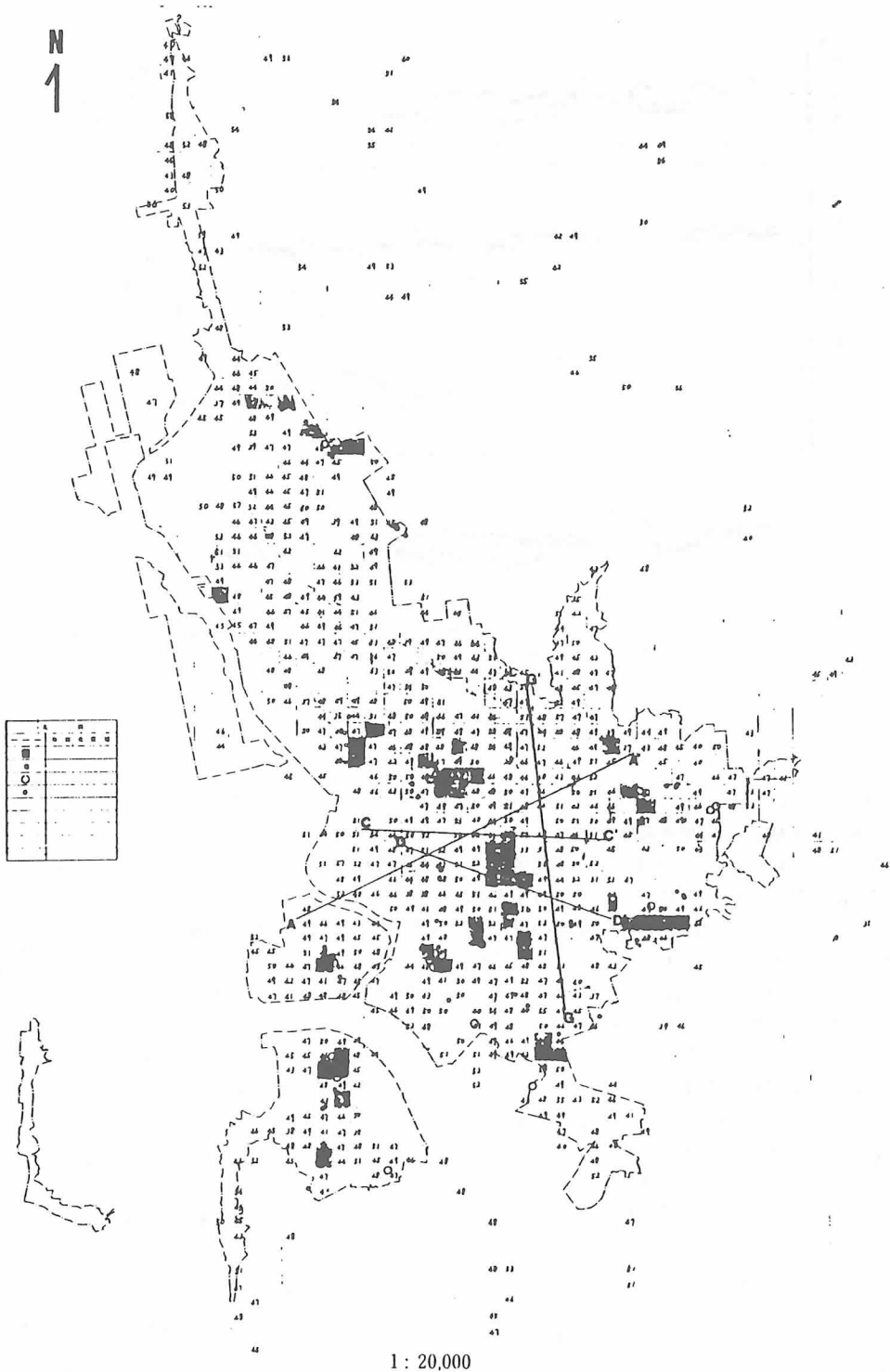


図 4.2.15 秋田市域 250 m メッシュによる高密度震度分布

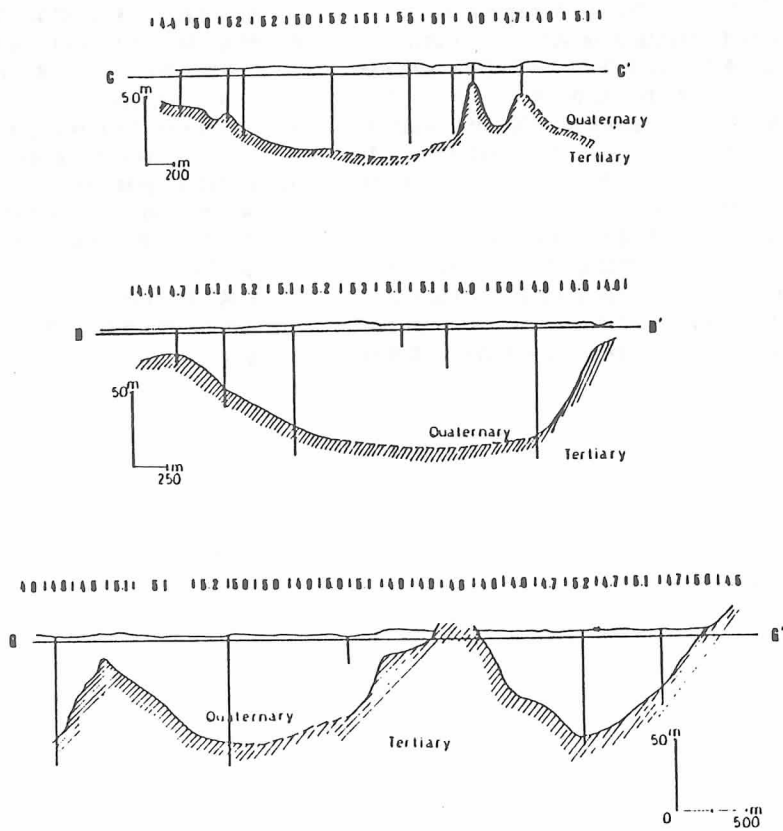


図 4.2.16 C-C', D-D', G-G' 測線の地下構造と高密度震度

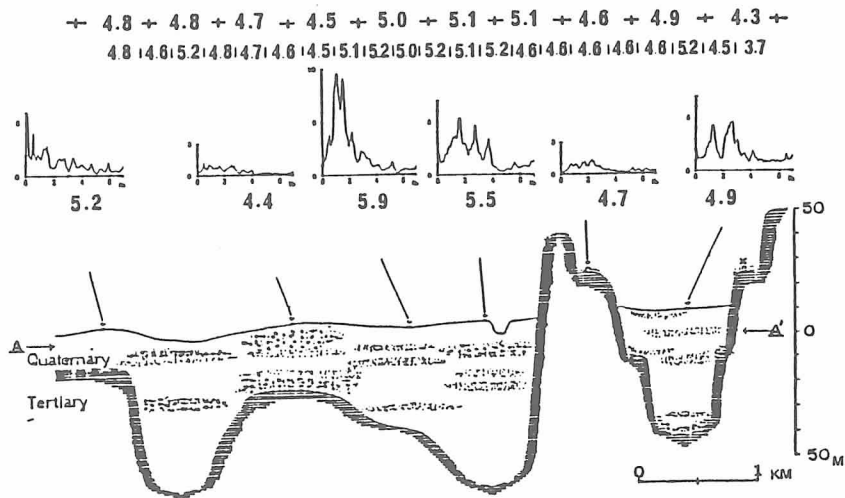


図 4.2.17 A-A' 測線の詳細地下構造と高密度震度，地震応答スペクトルと震度

- 3) 秋田県庁, 1982, 秋田県地震対策基礎調査報告書—地盤の振動特性と物的施設の耐震性に関する調査—
- 4) 野越三雄, 乗富一雄, 1979, 長・短周期微動と地下構造について, 物理探鉱, 32 巻, 第 3 号, 105-116.
- 5) 野越三雄, 中西庄一, 狐崎長琅, 1983, 秋田市域におけるマイクロゾーネーション研究—S 波速度と土質指標との関連—, 自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, 20, 184-187.
- 6) 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高密度震度調査 (I), (II), 昭和 58 年度災害科学東北地区部会研究発表会 (於秋田大学)
- 7) 田中和夫, 佐藤裕, 岡崎佳治, 1983, 1983 年日本海中部地震のアンケート調査による青森県の震度分布, 地震学会講演予稿集, No. 2, 50.
- 8) 野越三雄, 1971, 秋田県南東部地震 (1970・10・16) の震度分布について, 東北地域災害科学研究 (昭和 45 年), 177-200.
- 9) 狩野豊太郎, 1964, 秋田市街地域の地形および第四系について, 秋大地下資源研究報告, 30, 21-34.
- 10) 狐崎長琅, 野越三雄, 岡村仁, 中西庄一, 領木邦浩, 藤川真治, 1983, 日本海中部地震の余震観測による秋田市内の地盤の地震応答 (速報), 地震学会講演予稿集, No. 2, 50.
- 11) 野越三雄, 1984, 1983 年日本海中部地震時における住民の心理・意識・行動調査, 東北地域災害科学研究報告, 20, 34-38.

I-3 青森県の震度分布

弘前大学理学部 田中 和夫・佐藤 裕

Seismic Intensity Distributions of Japan Sea (Nipponkai-chubu) Earthquake
Determined from Questionnaires.

Faculty of Science, Hirosaki University

Kazuo TANAKA and Hiroshi SATO

はしがき

日本海中部地震での青森県の震度は、気象庁の発表によると、深浦、むつで震度Ⅴ、青森、八戸で震度Ⅳであった。これらは、気象官署の所在する位置での震度で必ずしも、その地域を代表するものとは限らない。震度は地盤の状態によってかなりの局地性があるからである。したがって、地震災害の詳細な分析や今後の地震対策のためには上記の震度だけでは不十分である。このため、われわれは通信調査と現地調査によって、日本海中部地震の青森県下での詳細な震度分布の調査を行った。

§1 地震の震度

震度はその地点での地震動の強さを表す尺度である。一般に、地震の揺れの大きさを表す尺度としては、地震波の変位振幅、速度振幅、および加速度振幅の3つが用いられる。変位、速度、加速度は互に時間での微分の関係にあるから、ひとつの種類の記録が得られれば、他の種類の記録を求めることができる。図I-3-1は、弘前大学地震火山観測所内で得られた日本海中部地震の加速度計の記録（N-S成分）を積分して、速度波形、変位波形を求めたものである。加速度記録では短周期で複雑な波形も、変位波形で見ると長周期の比較的単純な波形をしていることが分る。建築物等に作用する地震力は、地震動の加速度に重量を掛けたものであるし、人体の感じる地震動も加速度である。したがって、震度は地震の揺れの尺度の中で、加速度の大きさ

に対応していると考えられる。しかし、震度と最大加速度は完全に1対1に対応している訳ではない。図I-3-2は、気象庁震度階と実際に観測された加速度の大きさを示したものである。矢印の実線は各震度階に対応する標準的な加速度（河角による加速度）の範囲を示しており、黒丸はその震度の地域で実際に観測された最大加速度を示している。震度階の区分では、震度Ⅳは25galから80galになっているが、実際に観測された最大加速度は震度Ⅳで15galから200gal近くまで及んでいる。同じ最大加速度でも震度が2ランク異なることもある。したがって、最大加速度から機械的に震度を定めることはできない。このことは、人体の感じる地震動の強さや建築物の被害には、単に最大加速度の大きさだけでなく、地震動の繰り返し効果が含まれているからである。したがって、現時点では、震度は完全に定量化されたものではなく、体感や被害の状況から総合的に判断される値である。しかし、観測された最大加速度の中央値は震度階と良く対応していると言うことができるので、最大加速度の大きさは震度判定の重要なデータである。

地震の加速度は、地震の規模（マグニチュード）、震源域からの距離等に関係する他、表層地盤の状態に大きく左右される。地震の加速度に対する効果は地震動のスペクトルや地盤の状態によって単純ではない。図I-3-3に大まかな地盤と加速度の関係を示す。図中の地盤分類は道路橋の設計に用いられる地盤種別で、大雑把に言えば、1種（岩盤）、

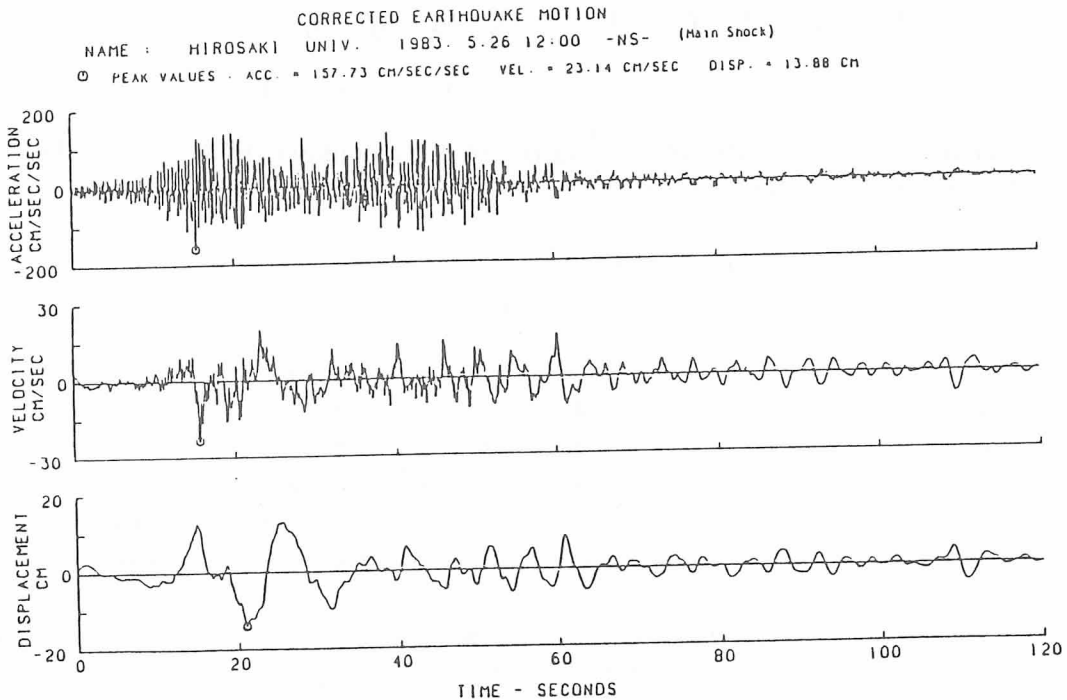


図 I - 3 - 1 弘前大学構内で観測した本震の加速度記録(上段)とそれを積分して得た速度(中段)と変位(下段)記録。

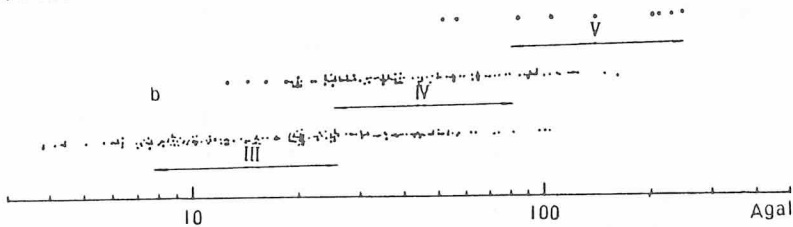


図 I - 3 - 2 震度と最大加速度〔勝又・徳永(1971)による〕。

2 種 (洪積地盤)、3 種 (沖積地盤)、4 種 (軟弱地盤) である。基盤で同じ加速度でも地盤種別によって 2 倍以上の加速度の差が地表で生ずることが分る。地震の被害、震度分布に局地性があるのはこのためである。したがって、震度分布の実体を知るには高密度の調査が必要になる。

§ 2 調査の方法

体感や建造物の破損状況等に基づく震度判定は、地震発生後短期間内に実施することが望ましい。しかしながら、広い地域にわたる現地調査を少数の調査員によって短期間内に

終了することは極めて困難である。そのため、1943年の鳥取地震以来この種の調査にはアンケート形式の調査票を配布する通信調査法が採用されている (佐藤、1973)。そこで、本論文においても、通信調査を主体とし、特に被害の大きかった津軽地方中・西部での現地調査を加えて、日本海中部地震による青森県内の震度分布を調べた。

(1) 通信調査

最近のアンケート形式の通信調査では、改正メルカリ震度階による茅野・小牧 (1977) の調査票や、気象庁震度階による野越 (1971)

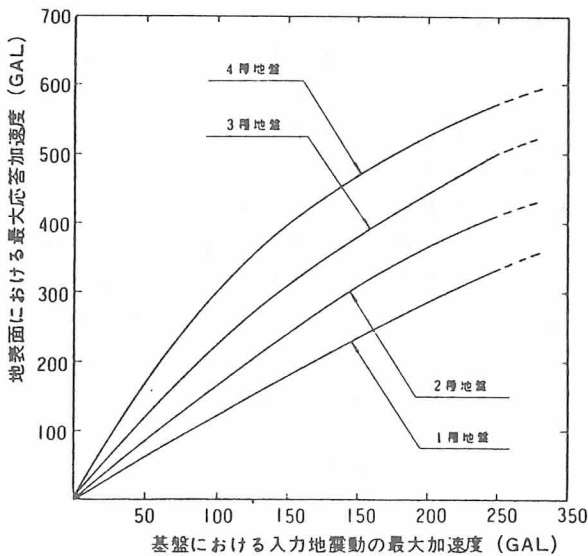


図 I-3-3 表層地盤の地震応答特性〔土木研究所地震防災部(1978)による〕。

と太田・後藤(1974)の調査票が用いられている。これらの調査では、対象とする地域が広いと、震度0(無感)から震度Ⅴ(激震)以上までの広い震度範囲をカバーするような設問構成になっている。一方、気象庁によれば、日本海中部地震による県内の震度はⅤとⅣの狭い範囲にあった。そこで、本論では県内のより詳細な震度分布を知ることが目的として、上記調査票の質問項目に取捨選択を施し、震度Ⅲ～Ⅴについて明確に区分できるように新たに調査票を作成した。この調査票の質問項目と従来のものとの主な相異点は次のようなものである。

- (a) 地震発生が正午であったので、寝臥している人に対する質問は省略した。
- (b) 県内全域がⅣ以上の震度と考えられたので、電灯等吊り下げ物についての質問を省略した。
- (c) 県内西部に多大な被害が報告され墓石の転倒が予想されたので、墓石に関する質問項目を設けた。
- (d) 数量に制限のある調査票で多くの回答を得るために、地震時自宅外に居た人に自宅の状況を答えてもらうよう配慮した。

調査票の質問項目は大別して5つの事項より成る。すなわち、人体感覚、屋内の物品の状況、建築物の被害状況、屋外の現象および墓石の状態に分かれている。これらの事項はさらにそれぞれ幾つかの細項目に分かれている。この調査票の例を後掲の資料Ⅴ-2に示しておく。

調査票の配布と回収は県教育委員会の協力を得て、県内の公立小学校522校中415校に配布し、さらに各家庭に配り、回答を学校毎に取りまとめて返送してもらう方法によった。本調査におけるアンケートの対象は、家庭ないし個人を想定していたため、通学区に重なりが無く県内全域をカバーする小学校を經由することにより広範囲な地域からの回答を期待した。配布数は児童数に応じて各校3～20部であるが、特に被害の多かった津軽地域に密になるように留意した。ただし、市内校については他地域に較べ所在が密であるため、隣接校を避けて数校のみ選んでいる。配布総数は3400余部である。

回収は配布後約1ヶ月ではほぼ完了し、352校から回答を得た。回答の得られなかった地域に対しては、後に町村役場や中学校・高等学校に協力を依頼した。後に述べる現地調査時の面接調査の分を含めて回答数2815部、回収率約80%であった。

(2) 現地調査

現地調査は、特に被害の多かった津軽地方を主とし、墓石の転倒状況や地変の状態等について行った。墓石の調査は地震発生直後の調査では、直接測定が可能であったが、後には修復されたものが多く、この場合は寺院の住職や墓地の管理人からの聞き込みにより状況を判断した。調査は墓石の転倒率の算定と加速度推定のための転倒墓石の大きさの測定である。これらの調査結果は調査票による震度判定に際して考慮されている。

§ 3 震度判定の方法

震度階には気象庁震度階や改正メルカリ震

度階等があるが、我国では一般に気象庁によるものが用いられている。このため、過去の地震による震度分布、震度と地盤や建造物の被害との関係についての調査研究は気象庁震度階によるものが多い。したがって、本論文でもこれらと比較・検討する上で有効な気象庁震度階によって県内の震度分布を表すことにする。しかしながら、同一震度にもかなりの巾があるため、Ⅲ～Ⅵの震度をそれぞれ強（＋）と弱（－）の２つに分けて表すことにした。

調査票の設問は多方面の分野にわたる項目を含んでいる。したがって、それらを総合して客観的に震度を判定するため、野越（1971）が用いたような各項目の回答の点数化後、その総合得点によって震度を判定する方法を採用した。回答の点数化は、気象庁の震度階級の説明文や東京都災害対策部（1980）による「地震の震度階級解説表」を参照して行った。回答の種類による点数及び総合得点と震度の対応を示す点数表（スコア表）は資料Ⅴ－２に示してある。

回収された調査票には、完全に回答されたものの他、２～３の項目について記入漏れのあるものや誤回答を含むものがあり、回答にばらつきが生じた。それらのうち、補正を施しても支障が無いと判断されたものについて

は補正を加え、同一基準とした上でデータとして用いた。また、建築物の中に居た人については、それが木造一階に居た人を基準にするよう点数化の際に補正を加えている。補正を施したものを含め、解析に用いた総データ数は回収総数の約80%の2497部である。

このデータは、回答者が地震時に居た住所によって分類し、各市町村の字名毎に集計を行い、その地点の平均震度とした。ただし、震度の精度に与える影響を考慮して、極めて異常と考えられる極く少数のデータは平均値算出時に除外してある。以下の本文中で引用する地名中主要なものを図1－3－4に示す。

§ 4 震度分布

前節で述べたような手続きに従って震度分布図を作成するに先立って、主要な５つの事項、人体感覚、屋内の物品、建築物、屋外の現象と墓石についてその状況をまとめた。これらは一辺約2 kmのメッシュにより表現した。結果の例として人体感覚と墓石の転倒率の分布を図1－3－5と6に示す。

人体感覚は、小泊半島から深浦町までの津軽地方西部と浪岡町全域、今別町、野辺地町の一部が「立っておられず」で、それ以外の津軽地方の大部分と下北半島で「多数が飛び出す」であった。一方、八戸を中心とする南部地方では「少数が飛び出す」であるが、八戸以南で「飛び出さず」の地域が見られる。墓石の転倒率が70%以上になる地域は、津軽地方の車力村から常盤村にかけての内陸部の地域である。69～10%の地域は70%以上の地域を囲むように分布し、さらに津軽半島の今別町、蟹田町や青森市北西部に広がっている。9～1%の地域は、津軽地方の中央部の五所川原市周辺と南部の尾上町から平賀町にかけての地域や下北半島のむつ市と夏泊半島の平内町東部に認められる。南部地方では墓石が転倒したという報告はない。

これら人体感覚や墓石の転倒率等を総合的に点数化して得た震度分布を図1－3－7に示す。この図には震度判定をした地点700余

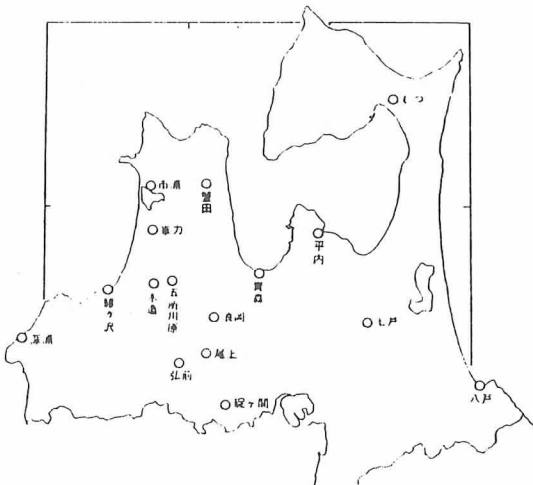


図1－3－4 本文中に引用した青森県内の主要な市町村名。

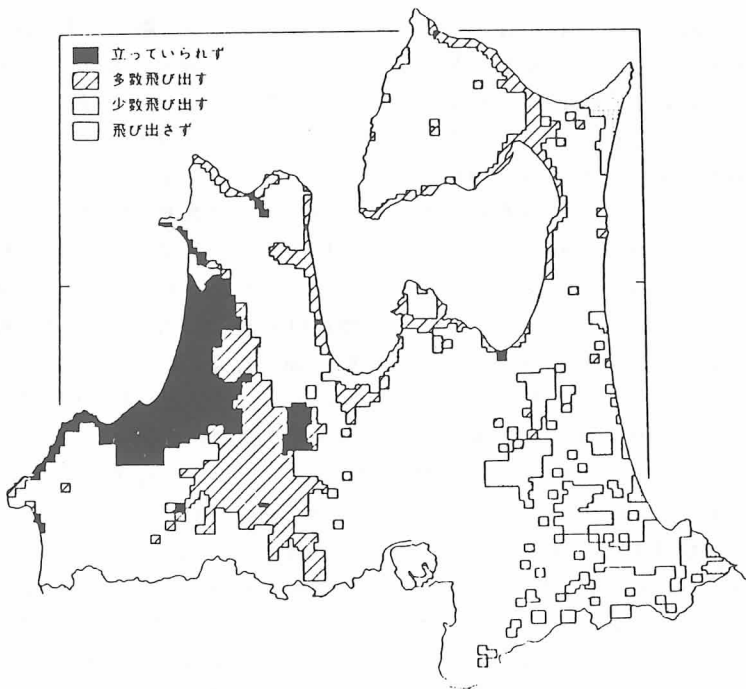


図 1-3-5 地震動の強さに対する人体感覚の差異の地域的分布

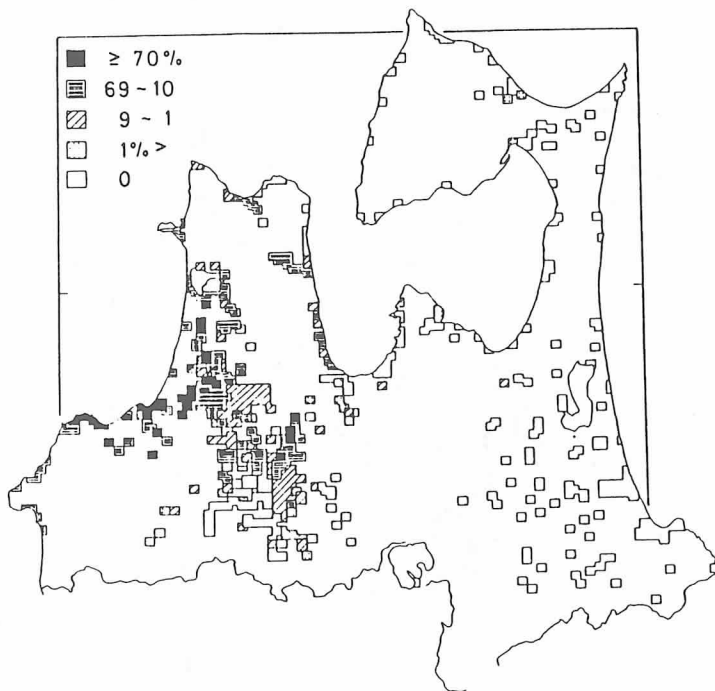


図 1-3-6 基石の転倒率の分布。メッシュは 2 km × 2 km

個所のうち、青森市街地等地点数が極めて密な地域を除き、ほぼ全地点での震度を6種類の記号によって表してある。先に述べたように、気象庁の震度階による震度をその強弱によって+と-に分け、等震度の地域の概略を等震度線によって区分した。震度分布の大勢は墓石の転倒率の分布とはほぼ同様であるが、調査地点数が多いのでより詳細な検討が可能である。

青森県内各地の震度は、日本海沿岸の市浦村から車力、木造、鰺ヶ沢の各町村で最大の震度V⁺で、局地的に深浦町、浪岡町女鹿沢、蟹田町山本付近でもV⁺であった。それ以外の津軽地方の北・中央・西部ではV⁻で、青森市から津軽地方南部および下北半島の一部でIV⁺、太平洋側の地域はIV⁻が多いが、小川原湖西岸付近でIV⁺があり、八戸市周辺では気象庁発表の震度より小さいIII⁺またはIII⁻である。このように県内の震度は地域により大きく変わり、最大V⁺から最小III⁻の範囲に及んだ。

一般に、浅発地震の震度は震央付近で最大

で、震央からの距離とともに減衰する。図1-3-7に示される震度分布にも、震源域に近い日本海側で震度が大きく、太平洋側に近づくにともない震度が小さくなる傾向が示されている。しかしながら、§1で述べたように、震度はその地盤種別の違い等によっても大きく影響され、局地的異常が現われることが多い。このため、距離とともに減衰するという傾向は単純ではなく、震央距離が同じでも震度に顕著な差がみられる。図1-3-8にはKawasumi (1956) の式から期待される標準的な震度と実際に観測された震度との差異を示してある。このような差異を萩原 (1983) は震度異常と呼び、1982年浦河沖地震の北海道での震度異常と重力の長波長ブーゲー異常との間に明瞭な相関があることを示した。そこで、本論文でも次節以下で、地盤種別やブーゲー異常と震度分布の対比により、県内の震度異常について考察を試みる。

§5 地盤種別と震度分布の関係

地盤条件を表わすものとして、§1に述べ

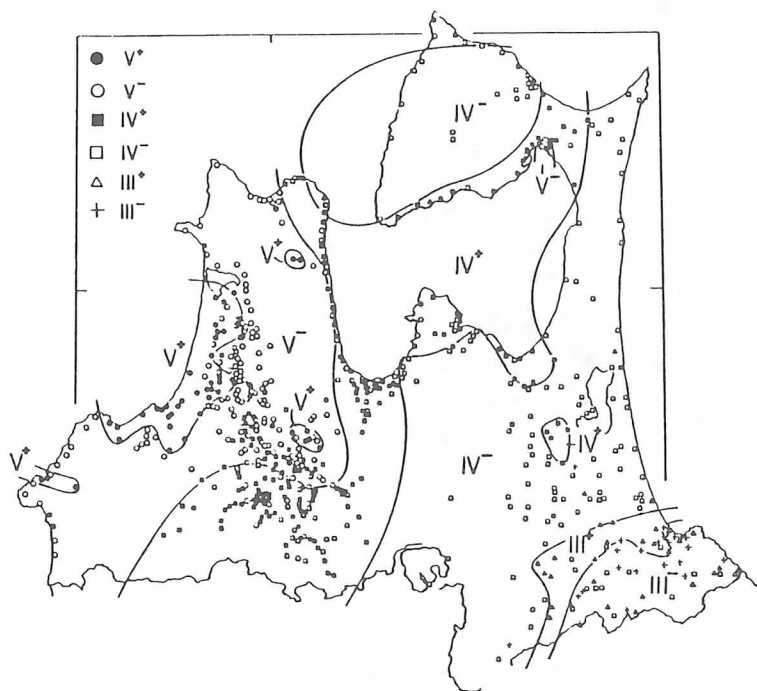


図1-3-7 青森県の震度分布。

た地質年代による種別の他に、平均N値等地盤の強度による分類や地盤の剛性もしくは地盤振動の固有周期特性による分類がある。しかしながら、N値や振動特性の資料が利用できる地点が少ないため、地質年代による地盤種別と震度を比較した。図1-3-9に青森県の地質の概略を示した。この図では地質を大別して、基盤岩および火山噴出岩、凝灰岩、火山岩屑と火山灰、沖積層に分類して示している。青森県の地質はそのほとんどが新第三系の地層によって構成されていて、先第三系は極く一部に露出している。また、第三紀末より第四紀にかけて、八甲田、十和田、恐山および岩木山の火山活動により放出された大量の火山灰が大半の地域の表面を覆って分布している（北村・岩井、1963）。第四系の堆積層は大部分が完新世に形成されたもので、河川や河口に沿って発達している。

このような地質分布との対応をつけるにあたり、現行の4種に分類された地盤種別は、個々の建築物のある場所に対しては適切な分類であっても、広域の震度分布との関係を議

論するにはやや細か過ぎると考えられる。そこで、第3種と第4種地盤を一つの種別として図1-3-9の沖積層に、第2種を火山岩屑と火山灰の層に、第一層を基盤岩および火山噴出岩と凝灰岩に読み直して震度分布と対比した。

図1-3-7や-8に示されるように、標準震度より大きい震度異常の地域は、車力村から木造町に至る地域、蟹田町、浪岡町、むつ市、七戸町等に分布する。これらの大部分は沖積層の発達した軟弱な第3種地盤である。一方、標準震度より揺れの小さかったのは深浦町から弘前市南部に及ぶ県南西部、青森市東部から平内町、下北半島西部および八戸市周辺の馬淵川流域以南の地域である。最後の地域を除けば、これらの地域はいずれも第1種地盤にあたる。このことは、§1で述べたような地盤種別と震度により相関々係があるというこれまでの地震工学士の知見と一致している。八戸市西部でIII'の地域が南に突き出した地域は図1-3-9に示される第3種地盤の突き出しと重なり、上の結果と等しい。

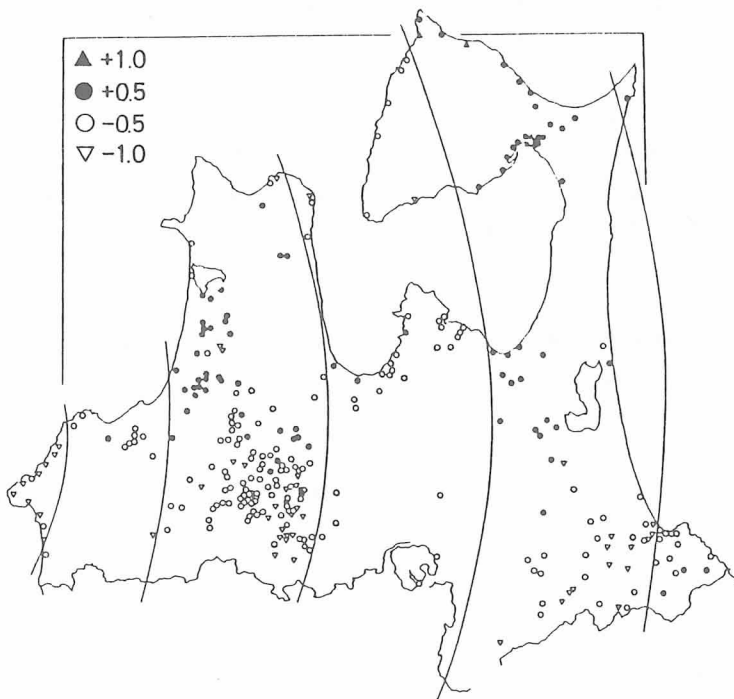


図1-3-8 震度異常の分布。+1は標準震度より1階級大きい揺れを示す。

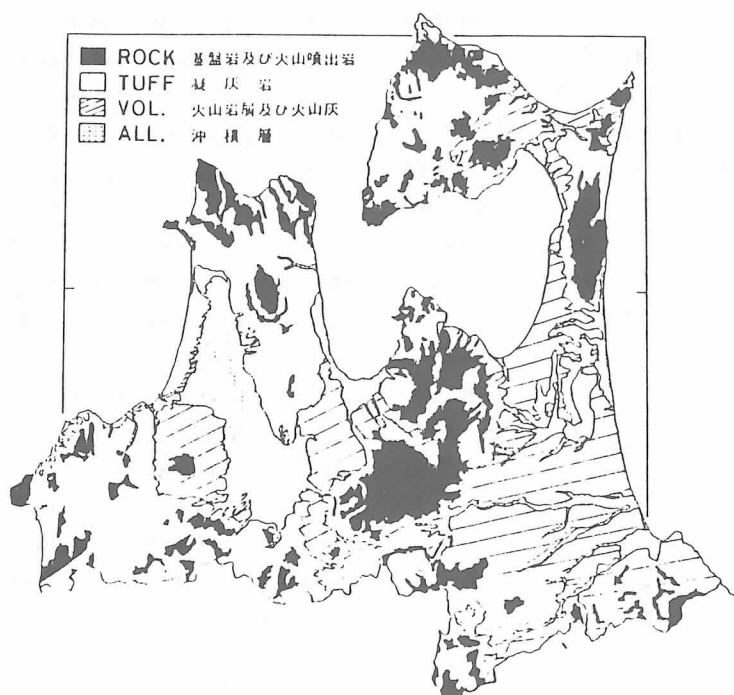


図 1-3-9 青森県の地質の概略図

しかし、この地域は全体としてⅢまたはⅣで、馬淵川流域では第3種地盤にも拘らず負の震度異常となっている。これはこの地域の第3種、第2種地盤が他の地域のそれと比べ極めて薄く（中川、1963）、また次節で述べるように、この地域のブーゲー異常が正の大きな値であることから、第3種地盤の下には高密度の岩盤が存在し、軟弱な表層による振動の増幅効果が少なかったためと考えられる。

§ 6 ブーゲー異常と震度分布の関係

重力のブーゲー異常は、ある地点で測定された重力値にブーゲー補正、高度補正および地形補正を加えた値より正規重力値を引いて得られる重力異常であり、地下構造を反映するものである。図 1-3-10 に岩佐（1962）や国土地理院によるブーゲー異常と震度分布を重ねて示した。全体的な傾向として、八甲田山系以東で高ブーゲー異常で、津軽地域で低異常である。詳細に見ると、高異常の地域は八戸市周辺、むつ市周辺を除く下北半島、

青森市東部から平内町、青森県南西部（未公開資料による）であり、先に述べた標準震度より揺れの小さかった地域とよく一致している。一方、低異常の地域は木造町、浪岡町、蟹田町、むつ市等の周辺で、標準震度以上に揺れた地域と重なっている。短波長のブーゲー異常は浅所構造、すなわち沖積層や火山岩屑、火山灰等の堆積層の厚さを反映するから、この結果は地盤種別と震度との関係と本質的には同じ事を示していることになる。

地質図からは沖積層が一様に分布しているように見える津軽平野において、浪岡町付近の震度が顕著に大きかった。この地域のブーゲー異常は楕円形の低異常で、周辺部より25 mgal程低い。岩佐（1962）は津軽地方で実施された重力探査、地震探査や試掘の結果と地質調査の結果を合わせた含油第三系の構造発達史の議論の中で、この地域の地質断面図を示した。その一部を図 1-3-11 に示す。図中陰で示した最下部は安山岩質緑色凝灰岩・凝灰角礫岩や変朽安山岩の熔岩等から成る大

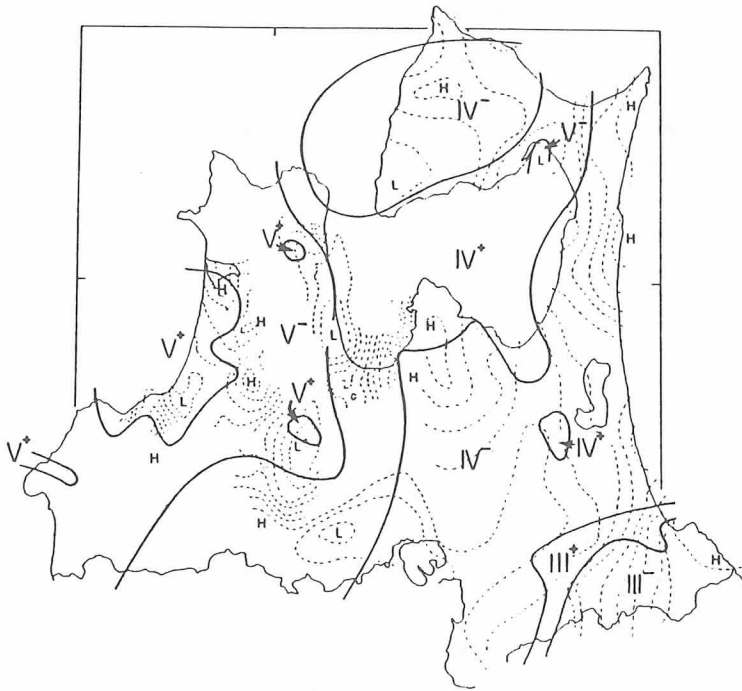


図 I-3-10 ブーゲー異常と震度分布。等重力線は津軽で5、南部で10mgal単位。

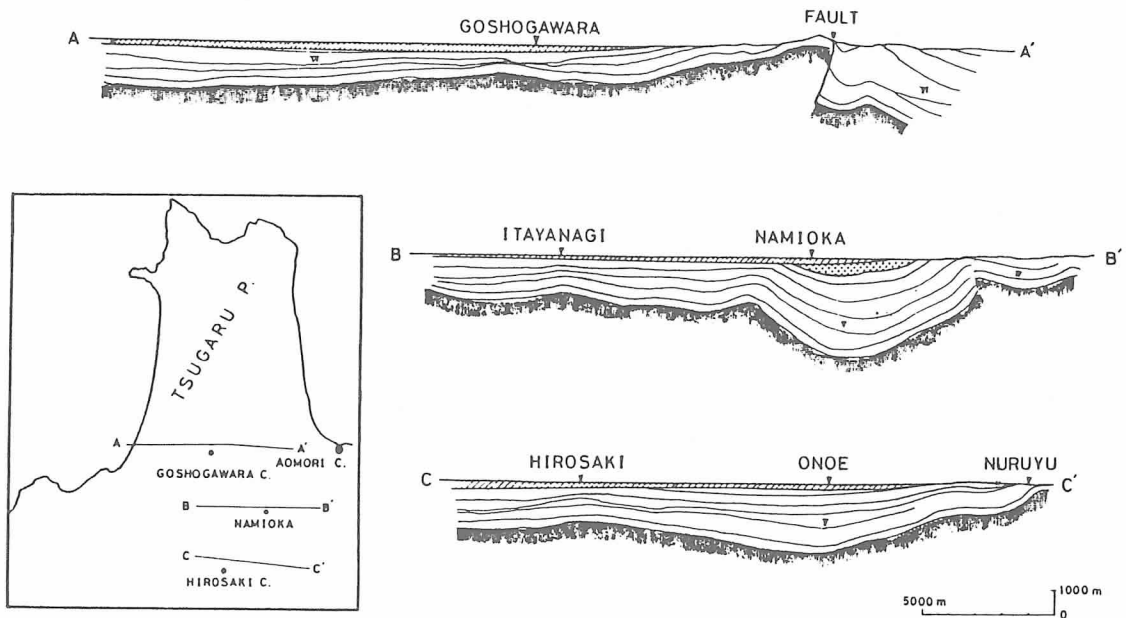


図 I-3-11 津軽地方の地質断面図。最下層が大戸瀬層群、最上層は沖積積〔岩佐(1967)による〕。

戸瀬層群で、その上部に鯨ヶ沢層群、蟹田層群と呼ばれる凝灰岩や泥岩より成る層が堆積している。大戸瀬層群までの深さは、向斜構造になっている浪岡付近で最も深く、約3700mである。このように浪岡付近が堆積盆地であり、その厚さが他地域とは著しく異っていることが、この地域に現われた局地的震度異常の原因と考える。

河野・他(1981)による、低ブーゲー異常地域での家屋倒壊率が高いという結果は、短波長領域について得られた今回の結果と一致している。このことは河野・他が指摘するように、局地的ブーゲー異常の分布が地震災害の受け易さの相対的評価に役立つことを示している。

§ 7 まとめ

アンケート方式の通信調査と現地調査により青森県の震度分布を調べた。県内の震度はⅤ'からⅢの範囲に分布するが、標準的な震度からのずれである震度異常は地盤種別やブーゲー異常とよい相関を示している。この結果は今後の地震災害に対する防災対策上有効なものとなるであろう。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、アンケート調査に対し心よく御協力下された青森県および市町村の教育委員会、県内の多数の小学校、関係町村役場、中学校、高等学校の皆様に感謝致します。また資料整理には理学部学生、岡崎佳治君の協力を得たことを付記します。

参 考 文 献

土木研究所地震防災部振動研究室「地震を特定した場合の地震動の推定法に関する研究—1854年安政東

海地震に対する適用例—」、『土研資料』, 1978, No.1389, 70p.

萩原幸男「1982年浦河沖地震の震度分布とブーゲー異常」, 『測地学会誌』, 1983, 29, 164—165.

岩佐三郎「青森県津軽地方の含油第三系とその構造発達史について」, 『石油技術協会誌』, 1967, 27, 197—231.

勝又護・徳永規一「震度Ⅳの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応」, 『験震時報』, 1971, 36, 89—96.

茅野一郎・小牧昭三「関東地方およびその周辺に発生した主な被害地震の通信調査資料の総合整理」, 『自然災害資料解析』, 1977, 4, 46—60.

Kawasumi, H., Intensity and magnitude of shallow earthquakes, Travaux Scientifique, Publ. BCSI, Ser. A, 19, 99—114.

北村信・岩井武彦「青森県の第三系」, 『青森県の地質説明書』, 1963, 3—64, 青森県.

河野芳輝・角南基亮・藤井美智子「福井平野における重力異常と福井地震災害の関係」, 『地震』, 第2輯, 1981, 34, 377—383.

中川久夫「青森県の第四系」, 『青森県の地質説明書』, 1963, 65—92, 青森県.

野越三雄「秋田県南東部地震(1970.10.16)の震度分布について」, 『東北地域災害科学研究(昭和45年度)』, 1971, 177—200.

太田裕・後藤典俊「アンケートによる道内各地の震度推定と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』, 1974, 302—325.

佐藤泰夫「通信調査」, 『地震災害(河角広編)』, 1973, 226—241, 共立出版社.

東京都災害対策部『地震の震度階解説表』, 1980, 23p.

1983年日本海中部地震の震度分布と 表層地質及びブーゲー異常

田 中 和 夫・太 田 綾優子・岡 崎 佳 治*・佐 藤 裕

弘前大学理学部地球科学科

(1985年10月30日受理)

§1 は じ め に

1983年5月26日の日本海中部地震(M=7.7)により、青森・秋田両県には多大な被害が生じた。このような大地震に対する防災対策の一環として、近年サイスミック・マイクロゾーニング・マップの作成が実施されるようになった。これはある地域の地盤構造や地盤の震動特性を明らかにし、将来発生するであろう大地震による震度を推定し、起りうる被害を最小限に止めるよう地震防災のための都市計画等の基礎的資料を作成することにある。

このため地震の主要動であるS波が増幅作用を受ける地盤構造、S波速度とN値など土質指標との関連性が調査・研究されている(例えば、太田・後藤, 1978)。一方、常時微動から卓越周期など地盤の震動特性を明らかにしたり、地下構造を推定する研究もなされている(野越・乗富, 1979)。地盤探査を高密度で実施することは困難なため、近年アンケート形式の通信調査による震度分布から、その地域の地盤の震動特性を明らかにしようとする試みがなされてきた。アンケート形式の通信調査による震度分布の調査は1943年の鳥取地震(佐藤, 1973)以来大規模な地震について実施され、最近では、1973年根室沖地震(太田・後藤, 1974)、1975年大分県

中部地震(表ほか, 1976)、1978年宮城県沖地震(茅野, 1979)、1982年浦河沖地震(茅野, 1983; 後藤ほか, 1983)、1983年日本海中部地震(茅野, 1984; 太田ほか, 1984; 野越, 1984)で実施されている。マイクロゾーニング・マップ作成を目的として高密度の震度分布の調査は太田・後藤(1974)が根室、釧路市で、野越(1984)が秋田市で実施している。

常時微動測定による青森県内各地の地盤の振動特性は鍋谷(1984)によって報告されているが、震度分布の詳細な調査はこれまで実施されておらず、1968年十勝沖地震に対し仙台管区气象台(1969)が県内各地の大まかな震度分布を報告しているに過ぎない。1983年日本海中部地震に際して、筆者らはアンケート形式の調査票を配布し、青森県内各地の震度分布を調査した。この調査方法、震度評価の基準、調査結果は田中・佐藤(1984)に報告されている。この報告では気象庁の震度階をほぼ0.5キザミにした震度分布であったため、震度分布の異常と地質学や地球物理学上の諸量との定量的な比較検討が為されえなかった。そこで本報告では、アンケートの調査票に再検討を加え、各調査地点に対し、0.2キザミの震度を推定し、面積が約1km×1kmの区域の平均震度を求めることにより、今後のマイクロゾーニング・マップ作成の資料とするとともに、震度分布と地質及び重力のブーゲー異常との対比を試みる。

* 現在、株式会社八州

§2 青森県の震度分布の概要

アンケート形式の通信調査によって得られた0.5キザミの震度分布を Fig. 1 に示す。震度は気象庁震度階の震度をその強弱によって+と-に分け、等震度域の概略を等震度線によって区分してある。青森県内各地の震度は、日本海沿岸の市浦村から車力、木造、鰺ヶ沢の各町村で最大の震度 V^+ で、局地的に深浦町長慶平、浪岡町女鹿沢、蟹田町山本付近でも V^+ であった。それ以外の津軽地方の北・中央・西部では V^- で、青森市から津軽地方南部および下北半島の一部で IV^+ である。太平洋側の地域では IV^- が多いが、小

川原湖西岸付近で IV^+ があり、八戸市周辺では気象庁発表の震度より小さい III^+ または III^- である。このように県内の震度は V^+ から最小 III^- の範囲に及んだ。

田中・佐藤(1984)は震度分布と重力のブーゲー異常分布を比較し、標準震度以上に揺れた地域と短波長のブーゲー低異常の地域が一致することを指摘した。重力のブーゲー異常はある地点で測定された重力値にブーゲー補正、高度補正および地形補正を加えた値より正規重力値を引いて得られる重力異常であり、地下浅部や深部の物質の密度分布を反映するものである。地質図からは沖積層が一様に分布しているように見える津軽平野におい

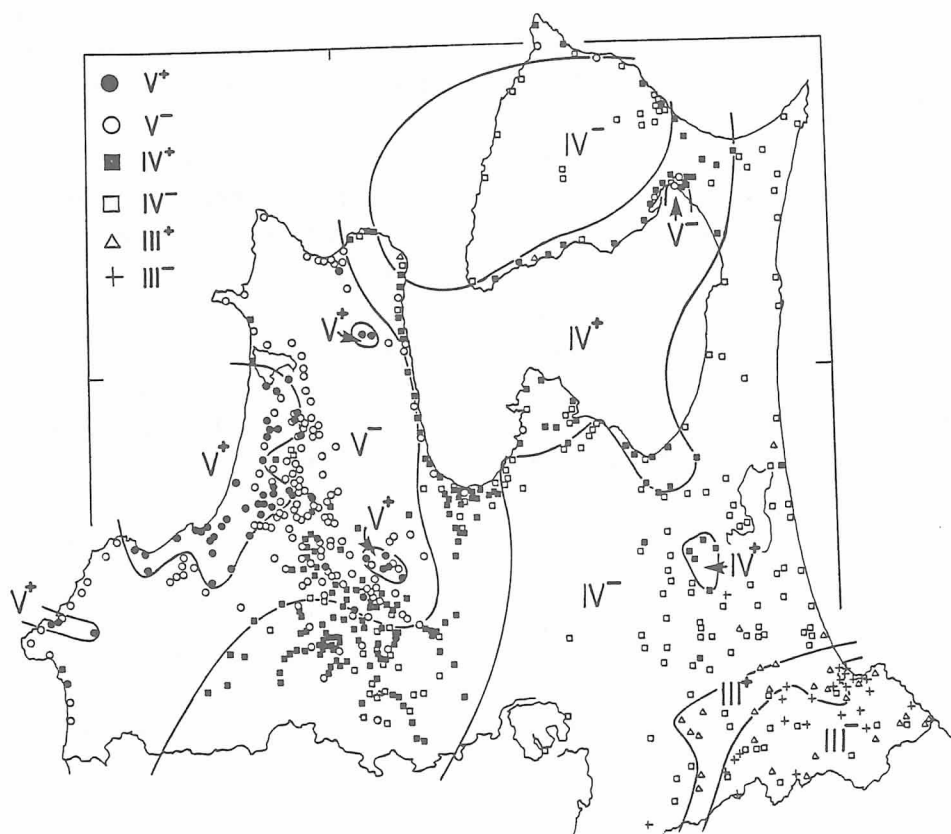


Fig. 1 Distribution of seismic intensity on JMA scale. Each seismic intensity is divided into two classes, stronger(+) and weaker(-).

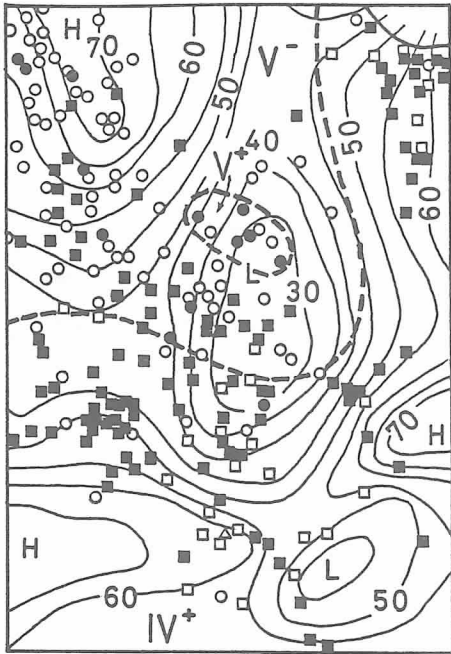


Fig. 2 Seismic intensity distribution and Bouguer anomalies. Contour interval is 5 mgal. Symbols of intensity correspond to those in Fig. 1.

て、浪岡町付近の震度が顕著に大きかった。この地域の震度分布と国土地理院によるブーゲー異常を重ねて Fig. 2 に示す。震度の等震線とブーゲー異常の等値線は概略で対応している。しかし震度がより大きい地点はブーゲー異常が最低値の地点とは必ずしも重ならず、むしろ低異常域の縁に当たっている。岩佐 (1962) によるこの地域の地質断面図 (Fig. 3) に示されるように、浪岡町付近は最下部が安山岩質緑色凝灰岩・凝灰角礫岩や変朽安山岩の熔岩等から成る大戸瀬層群で、その上部に鯨ヶ沢、蟹田層群と呼ばれる凝灰岩や泥岩より成る層が堆積した堆積盆になっている。従って、震度の高異常は堆積盆の縁に生じたことになる。

§3 震度、地質、重力のデータ

上に述べた震度分布は気象庁の震度階をほぼ 0.5 キザミで表現した分類幅の大きいものであった。本報告では震度分布や震度異常についてより詳細な議論を進めるため、アンケート調査票に再検討を加え、0.2 キザミの震度分布を得た。震度の再評価においては、記

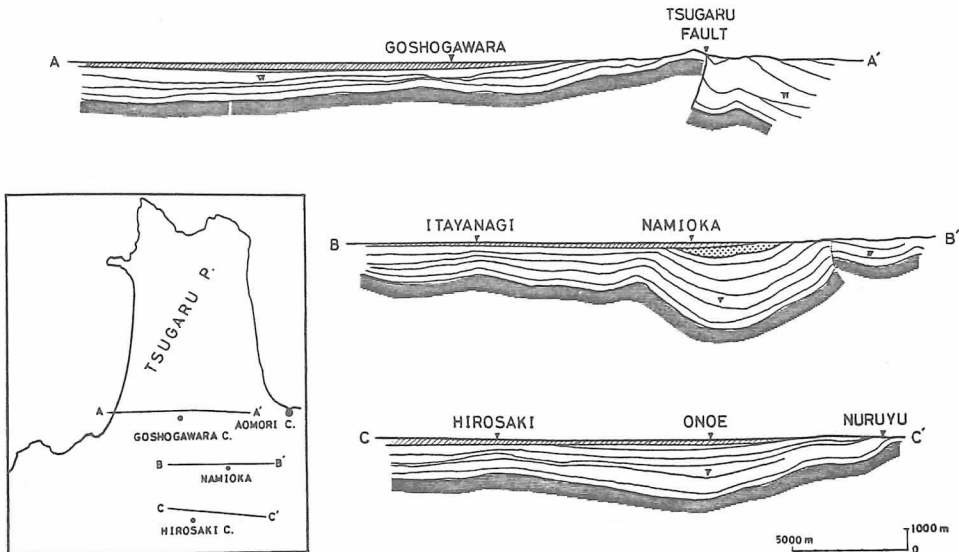


Fig. 3 Geological structure of Tsugaru Plains (after Iwasa, 1962).

Table 1 Seismic intensity and maximum acceleration.

	I _{JMA}	Intensity 1	Intensity 2	Max. Acceleration		
				NS	EW (gal)	References
AOMORI	IV	4.5	4.8	95	116	Kurata <i>et al.</i> (1983)
FUKAURA	V	5.3	5.3	224	150	Sawada <i>et al.</i> (1983)
HACHINOHE	IV	3.7	3.5	20	22	Kurata <i>et al.</i> (1983)
HIGASIDOURI	—	4.4	4.6	24	21	Sawada <i>et al.</i> (1983)
HIROSAKI	—	4.8	4.9	158	141	Tanaka <i>et al.</i> (1984)
MUTSU	V	4.6	4.7	—	—	
NAMIOKA	—	5.4	5.5	80	130	Tohoku Agr. Adm. B. (p. com.)
SYARIKI	—	5.6	—	270	245	Sasaki <i>et al.</i> (1983)

Intensity 1 : This paper, 2 : after Ohta *et al.* (1984)

入漏れの多い墓石の転倒率などを除外している。新たに得られた青森県の震度分布は Fig. 1 に示した分布と大勢において変らない。そこで後に述べる国土地理院 (1979) による国土数値情報の資料など対比するため、青森県標準メッシュ図に基づいて約 1 km×1 km のメッシュ内の数地点の震度の平均値をそのメッシュの震度として表わすことにする。青森市や弘前市などの市街地では、1つのメッシュ内で多数の震度データが得られている。一方、1個のメッシュ内に震度データが1個しか得られない場合もある。後に述べる他データとの比較に際して震度データ1個のみのメッシュは解析から除外した。1個のメッシュの震度判定データ数は平均約6個である。以上により震度の与えられたメッシュ総数は472である。気象庁震度ないし、各機関による最大加速度の報告のある市町村について本報告で得られた0.2キザミの震度の平均値を、アンケート方式の通信調査によった太田ほか (1984) の震度と共に Table 1 に掲げた。これら市町村の震度は太田ほかによる結果に似た値を示している。最も震度の大きい車力村の5.6は気象庁震度階のⅦに相当し、気象庁震度がやや大きいと思われた八戸市の3.7はⅣと合致している。平

均震度と最大加速度との間にはややずれも見られるが、勝又・徳永 (1971) が示した同じ震度Ⅳでも加速度で15~170 gal 程の違いは見られない。

国土地理院 (1979) の国土数値情報は地形や地質をはじめ地理に関する諸情報を数値化し、標準地域メッシュ毎に与えるものである。標準地域メッシュには一辺が約80 kmの第1次から、約1 km 四方の第3次メッシュまであり、後者は基準地域メッシュと呼ばれ、本報告で0.2キザミの震度を与えたメッシュに一致する。各種数値情報中、本報告では土地分類に関する国土数値情報の表層地質のデータを利用する。表層地質には岩石のかたさ (10区分) と岩石区分 (41区分) 等の分枝があるが、震度データの多い平野部に関する岩石のかたさのデータが欠落している。そこで、表層地質データとして岩石区分を採用し、次節以下で震度と比較する。岩石区分は Table 2 に示すような分類がなされているが、青森県内での震度データが無かったり、岩石区分の記載のない深成岩、変成岩等はこの表では省略してある。岩木川を含む津軽平野と青森、三沢、八戸市周辺などの平野部では、砂、泥等の未固結堆積物 (コード12, 14, 15, 16, 17)、蟹田、蓬田、金木、鱈ヶ

Table 2 Classification of subsurface geology and numerical code (after Geographical Survey Inst., 1979)

表層地質分類基準およびそのコード

岩石の区分		コード
未固結堆積物	礫	11
	砂 (シルト質砂・砂丘砂を含む)	12
〃	泥	13
	礫・砂	14
	砂・泥	15
	砂・礫・泥	16
	砂・礫・粘土	17
	上記各岩石の各互層	18
未固結堆積物	碎屑物	21
	崖 錐	22
半固結～固結堆積物	礫 岩	31
〃	砂岩 (砂岩チャートを含む)	32
	泥岩 (頁岩・粘板岩)	33
	礫砂泥	34
	珪岩質岩石	35
	上記各岩石の各互層	36
	輝緑凝灰岩	37
〃	石灰岩	38
	火山灰砂 (ローム質火山灰・スユリア)	41
火山性岩石	火山碎屑物 (火山泥流)	42
	軽石 (浮石流堆石物)	43
	シラス	44
	ローム	45
火山性岩石	集塊岩及び凝灰角礫岩	51
	凝灰岩質岩石	52
	流紋岩質岩石	53
	安山岩質岩石 (溶結溶岩)	54
	玄武岩質岩石	55

沢、西目屋、相馬及び東通りの各町村では、半固結・固結堆積物 (コード32, 33, 35, 36, 37) が分布している。火山性岩石でも軟弱な部類のコード41～45は岩木山麓と黒石、平賀、むつの各市町と南部地方の広い範囲に分布し、硬い部類のコード51～55は深浦、津軽半島北部や山岳地に見られる。

青森県内のブーゲー異常は、全体的傾向として、八甲田山系以東で高ブーゲー異常で、津軽地域で低異常である。詳細に見ると、高異常の地域は八戸市周辺、むつ市周辺を除く下北半島、青森市東部から平内町等であり、低異常の地域は木造町、浪岡町、蟹田町、むつ市等である。特に浪岡町付近が顕著な低異常域であることは前に述べた。震度や表層地質の岩石区分と同様、ブーゲー異常値をメッシュの中央に当る地点で読み取り、各メッシュの数値データとして与えた。

§4 震度と岩石区分

一般に、浅発地震の震度は震央付近で最大で、震央からの距離とともに減衰する Fig. 1 に示される震度分布にも、震源域に近い日本

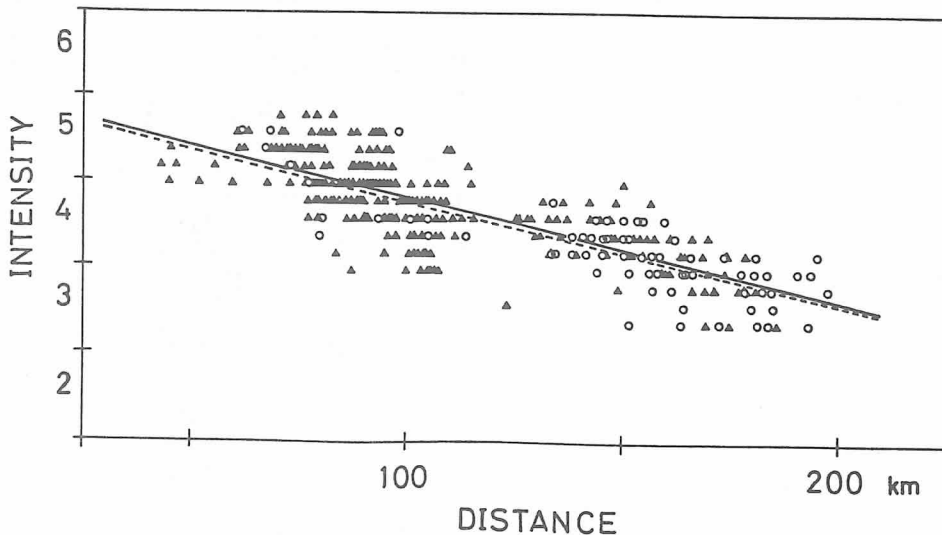


Fig. 4 Relation between seismic intensity and epicentral distance. Triangles are intensities on the subsurface of unsolidified sediments and circles those on volcanoclastic materials. Solid and dotted lines are for the sediments and materials, respectively.

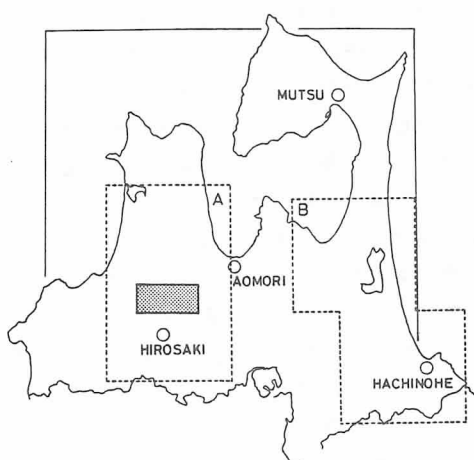


Fig. 5 Reference map of Aomori Prefecture.

海側の震度が大きく、太平洋側で小さくなる傾向が示されている。しかしながら、地殻構造や表層地盤の影響により減衰の程度に差異が生じ、震央距離が同じでも震度に顕著な差が現われる。震度と震央距離の一般的な関係についての KAWASUMI (1956) の式は

$I_{JMA} = 2M - 4.60 \log \Delta - 0.00166 \Delta - 0.32$ で与えられる。ここで I_{JMA} は気象庁震度階による震度、 M はマグニチュード、 Δ は震央距離 (km) である。本報告では、震度の岩石区分による差異の概略を知るため、上式より簡便な式、 $I = \alpha - \beta \Delta$ によって 0.2 キザミの震度と震源域の拡がり方を考慮した震央距離の関係性を岩石区分毎に求めた。得られた α 、 β の値はそれぞれ未固結堆積物については 6.04, 0.0119, 半固結・固結堆積物については 6.02, 0.0122, 火山性岩石 (コード 41~45) で 5.97, 0.0117, 火山性岩石 (コード 51~55) で 5.71, 0.0103 であった。これらのうち未固結堆積物と火山性岩石 (コード 41~45) の例を Fig. 4 に示す。これら 4 種の岩石区分について震度と震央距離の関係に大きな差異は見出せないが、未固結・半固結・固結堆積物、火山性岩石の順に震度が小さくなる傾向は示されている。この結果は道路橋などの設計に用いられる地盤種別と地震の加速度との関係に見られるような、基盤で同じ加

速度でも地盤種別によっては 2 倍以上の加速度差が地表に生ずること (土木研究所地震防災部, 1978) と調和しているが、表層での加速度差では合致していないように見える。これは本報告で用いた表層地質の岩石区分が地盤種別の分類と合致していないため、Fig. 8 に示されるように地盤種別で 4 種 (軟弱地盤) に相当すると考えられる岩石区分コード 12 の砂層の地点の震度は他コードの地点の震度より 0.2~0.6 程度大きい。震度差 0.6 は加速度では 2 倍程の差に相当する。

§5 震 度 異 常

全メッシュの震度データから得られる震度と震央距離の関係は $I = 5.98 - 0.010 \Delta$ と

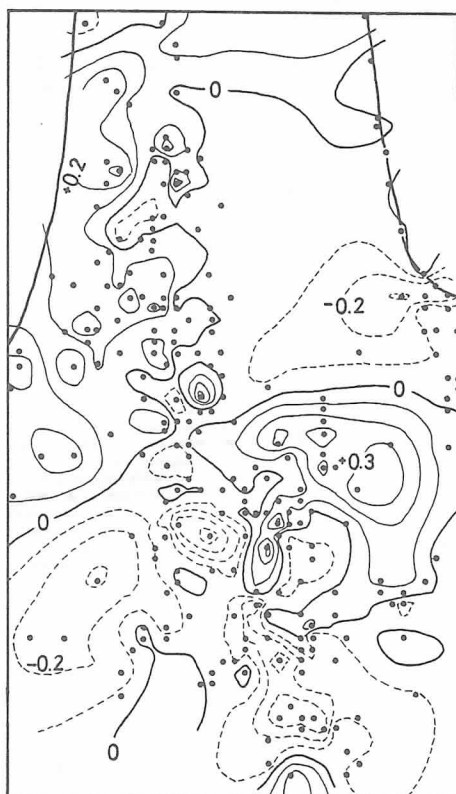


Fig. 6 Map showing of contours of seismic intensity anomalies of the region A in Fig. 5. Contour interval is 0.1 I_{JMA} . Mesh points are shown by solid circles.

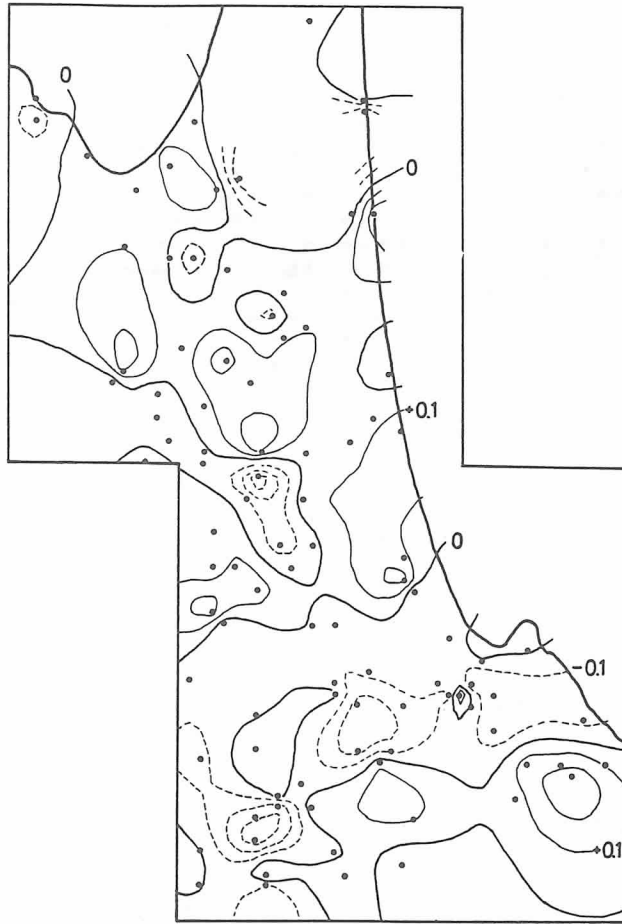


Fig. 7 Seismic intensity anomalies of the region B in Fig. 5.

る。全震度データはこの直線の ± 1.0 の震度範囲内にある。次いで、この直線上の震度を標準震度とすると、この直線からのずれは震度異常と定義できる。震度の大きい方へのずれを正の震度異常、逆を負の異常と呼ぶこととする。各メッシュの震度異常値を求め、結果の例として Fig. 5 に示す2つの地域の震度異常分布を Fig. 6 と7 に示した。図中の黒丸印はデータの得られたメッシュの位置を示し、間隔の0.1の等異常値線は BRIGGS (1974) の方法によってデータ間の内挿を行って、求めたものである。津軽平野部の震度異常分布 (Fig. 6) は極めて複雑であるが、全体的傾向としては、車力村、木造町等の日本

海沿岸部と津軽平野東部の浪岡町周辺で大きい正の異常、平野南部と弘前市一帯で負の異常となっている。一方、Fig. 7 に示される太平洋沿岸の南部地方では、データの得られたメッシュ数が少ないこともあり、等異常線はより単純である。この地域では基盤である花崗岩層が地下浅部に見出される階上村の正異常が特徴的である。図には示さなかったがこの他に正の異常は今別町、むつ市で顕著であり、負の異常は岩崎村、青森市周辺部に見出される。なおこの震度異常分布図は計算上得られた0.1キザミの等異常線で示してあるが、震度データが0.2キザミであることに留意する必要がある。

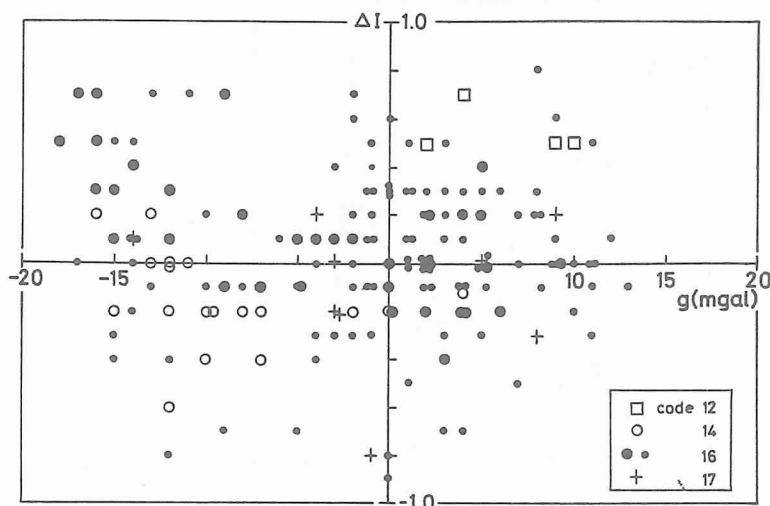


Fig. 8 Relation between seismic intensity anomalies and Bouguer anomalies of short wave-length in the region A. Numerical codes correspond to those of subsurface geology in Table 2, Large solid circles of code 16 represent the mesh point in the shaded area in Fig. 5.

§6 震度異常とブーゲー異常

東北日本の太平洋側に見られる異常震域のような長波長の震度異常は地下深部の太平洋プレートの高いQ値に起因する(宇津, 1977)。萩原(1983)は1982年浦河沖地震の北海道地方の震度異常と160 km以上の長波長ブーゲー異常との間に明瞭な正の相関があり、その原因を地下深部の高いQ値または長波長地形高度の低さによることを示唆している。一方、河野ほか(1981)は1948年の福井地震時の福井平野に於る家屋倒壊率の高い地域と超短波長の低ブーゲー異常地域が重なることを示している。これは地下浅部即ち表層付近の地盤構造と震度との関連性を示している。本報告で得られた震度異常は短波長成分に富んだものであり、地下浅部の構造に起因すると考えられる。しかしながら、現在浅部地下構造ないし地盤構造が明らかにされている地点は少なく、これらに関する情報としては地下物質の密度分布を反映する重力の短波長ブーゲー異常値が最も利用し易いものである。そこで本報告では震度異常と短波長ブー

ゲー異常との関係を調べる。調査地域は震度データの最も多い Fig. 5 に示す津軽地方である。東高西低である青森県のブーゲー異常を考慮し、各メッシュに与えられた重力データについて HANNING 型の2次元ローカット・フィルタを適用し、この地域の波長20, 40, 80 km 以下の中・短波長のブーゲー異常を得た。カットオフ波長の違いにより得られるブーゲー異常値の振幅に差は生ずるが、異常域に大差はない。ここでは振幅が最大の80 km の場合について得られた結果を Fig. 8 に示す。中・短波長のブーゲー異常の関係を明確にするために、各メッシュの岩石区分によりシンボルを変えて示してあるが、データの少ない未固結堆積物以外の岩石区分のデータは除外してある。また、未固結堆積物のコード16の砂・礫・泥の層はこの地域全体に広がっているため、Fig. 5 で示した浪岡町を含む中央部の値を大きい黒丸によって区別して示してある。未固結堆積物全体としては、ブーゲー異常と震度異常の間には何らの相関関係も見出されない。しかし岩石区分の各コード毎に見てみると、ブーゲー異常と震

度異常の間に負の相関関係が存在する。コード16の岩石区分の表層地質の場合でも、地域全体では明らかでない負の相関関係は先に述べた地域では明瞭に示されている。さらに岩石区分間の差違としては、コード12の砂層、16の砂・礫・泥層、17の砂・礫・粘土層、14の砂・礫層の順に震度が小さくなる。重力異常を無視したとき、コード12と14の表層地質間の震度差は約0.6に達している。これらの結果は、震度異常が表層地質の種類ないし地盤種別と密接な関係にあることを示すと共に、短波長ブーゲー異常が意味する地下浅所の物質密度分布ないし堆積物の層厚とも密接な関係にあることを意味する。この結果はまた河野ほか(1981)の結果と一致するものである。

§7 お わ り に

日本海中部地震に際して青森県全域に対して実施したアンケート形式の震度調査票に再検討を加えて、気象庁震度階を0.2キザミで表現した震度分布を得た。この震度と標準震度との差により表わされる震度異常は、日本海沿岸部の車力村、木造町、今別町やむつ市等で正の異常が顕著である。震度異常は表層地質によっても大きく影響され、未固結堆積物の層、特に砂層が表層である場合に大きな正異常を示す。また短波長のブーゲー異常との間に明瞭な負の相関関係が見出された。この相関関係は同質の表層地質(岩石区分)、ないし狭い地域に対しては成立するが、岩石区分が異なる場合や、やや広い地域に対しては成立しない。今後はより細分化された岩石区分ないし地盤種別毎に、0.1キザミ程度の震度分布から求めた震度異常とブーゲー異常との相関関係を明らかにする必要がある。

現在、サイスミック・マイクロゾーニング・マップ作成が最も必要とされる都市部で、地盤の震動特性を知るための地盤探査は極めて困難である。このため常時微動の測定による方法も採用されているが、本報告で見出さ

れたブーゲー異常と震度異常の負の相関関係はゾーニング・マップ作成のための有効な方法の一つを示唆している。高密度の重力測定による超短ないし短波長のブーゲー異常の分布調査は地震災害の受け易さの相対的評価に役立つであろう。

参 考 文 献

- Briggs, I. C., 1974 Machine contouring using minimum curvature, *Geophysics*, **39**, 39-48.
- 土木研究所地震防災部振動研究室, 1978, 地震を特定した場合の地震動の推定法に関する研究—1854年安政東海地震に対する適用例—, 土研資料, No. 1389, 70 p.
- 萩原幸男, 1983, 1982年浦河沖地震の震度分布とブーゲー異常, 測地学会誌, **29**, 164-165.
- 岩佐三郎, 1962, 青森県津軽地方の含油第三系とその構造発達史について, 石油技術協会誌, **27**, 197-231.
- 勝又 護・徳永規一, 1971, 震度IVの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応, 験震時報, **36**, 89-96.
- 後藤典俊・鏡味洋史・太田 裕, 1983, 1982年3月21日浦河沖地震の高密度震度調査—北海道全域の震度分布—, 1982年3月21日浦河沖地震調査報告, 昭和57年度文部省科研費 自然災害特別(1), 57020018, 135-144.
- Kawasumi, H., 1956, Intensity and magnitude of shallow earthquakes, *Travaux Scientifique, Publ. BCSI, Ser. A*, **19**, 99-114.
- 茅野一郎, 1979, 1978年宮城県沖地震の広域通信調査による被害・震度等の分布, 1978年宮城県沖地震による被害の総合的調査研究, 昭和53年度文部省科研費 自然災害特別(1), 302041, 65-74.
- 茅野一郎, 1983, 1982年3月21日浦河沖地震(M=7.1)の通信調査, 1982年3月21日浦河沖地震調査報告, 昭和57年度文部省科研費 自然災害特別(1), 57020018, 125-133.
- 茅野一郎, 1984, 震度分布と被害分布に関する通信調査, 1983年日本海中部地震による災害の総合的調査研究, 昭和58年度文部省科研費 自然災害特別(1), 58022002, 171-175.
- 国土地理院, 1979, 国土数値情報利用手引書, 402 p.
- 河野芳輝・角南基亮・藤井美智子, 1981, 福井平野における重力異常と福井地震災害の関係, 地震, **II**, **34**, 377-383.
- 倉田栄一・福原哲夫・野田節男, 1983, 昭和58年(1983年)日本海中部地震の港湾地域における強震観測, 港湾技研資料, No. 458, 372 p.

- 鍋谷祐夫, 1984, 青森県全域における地盤耐震特性の総合的研究, 第21回自然災害シンポジウム講演要旨集, 141-144.
- 野越三雄・乗富一雄, 1979, 長・短周期微動と地下構造について, 物理探鉱, 32, 105-116.
- 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, 昭和58年度文部省科研費 自然災害特別(1), 58022002, 180-188.
- 表俊一郎・三浪俊夫・久保寺章・吉川恭三・大塚道男・甲斐直樹, 1976, 大分県中部地震のアンケート方式による震度調査解析, 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, 昭和50年度文部省科研費 自然災害特別(1), 002040, 25-36.
- 太田 裕・後藤典俊, 1974, 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, 昭和48年度文部省科研費 自然災害特別(1), 802029, 302-325.
- , 1978, 横波速度を推定するための実験式とその物理的背景, 物理探鉱, 31, 8-17.
- ・鏡味洋史・後藤典俊・岡田成幸・堀田淳・大橋ひとみ, 1984, 1983年日本海中部地震に伴う東北・北海道地域市町村別震度調査, 1983年日本海中部地震による災害の総合的調査研究, 昭和58年度文部省科研費 自然災害特別(1), 58022002, 176-179.
- 佐々木康・川島一彦・宇多高明, 1983, 日本海中部地震被害調査速報, 土木技術資料, 25, 497-502.
- 佐藤泰夫, 1973, 通信調査, 地震災害(河角広編), 共立出版社, 226-241.
- 澤田義博・矢島 浩・佐々木俊二・石田勝彦・桜井彰雄, 1983, 日本海中部地震の岩盤上加速度波形について, 地震学会講演予稿集, No. 2, 41.
- 仙台管区気象台, 1969, 現地踏査報告, 1968年十勝沖地震調査報告, 気象庁技術報告, 68, 82-109.
- 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.
- ・佐藤魂夫・小菅正裕・佐藤 裕, 1985, 日本海中部地震の特性, 1983年日本海中部地震による災害の総合的調査研究, 昭和58年度文部省科研費 自然災害特別(1), 58022002, 39-45.
- 宇津徳治, 1977, 地震学, 共立全書, 286 p.

SEISMIC INTENSITY OF THE 1983 JAPAN SEA (NIPPONKAI-CHUBU)
EARTHQUAKE AS RELATED TO THE SUBSURFACE
GEOLOGY AND THE BOUGUER ANOMALY.

Kazuo TANAKA, Ayuko OHTA, Yoshizi OKAZAKI and Hiroshi SATO

*Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Hirosaki University,
Hirosaki, Aomori 036, Japan.*

(Received October 30, 1985)

Abstract

Serious damage were caused over the west coastal areas of Aomori and Akita Prefectures, northern Honshu Island, by the Japan Sea (Nipponkai-chubu) Earthquake ($M=7.7$) on May 26th, 1983. About three thousand and four hundred questionnaire sheets were delivered to study detail distributions of seismic intensity in Aomori district. A smoothed isoseismal map was made on the basis of about eighty percents of these sheets. The seismic intensity anomaly is defined by the deviation of an observed intensity from the standard curve of intensity attenuation. The areas of large positive (stronger) intensity anomaly are Shariki, Kizukuri, Namioka, Mutsu and others. Subsurface geology of these areas is found to be unconsolidated sediments. Limiting analysis within a narrow area or same subsurface geology area, it is clearly shown that the seismic intensity anomaly correlates with the short wave-length Bouguer anomaly.

4-3 アンケート調査

局地的な震度推定のために、秋田県北部、青森県西部の地域で、一般市民の方々の御協力を頂いて、アンケートによる調査を行なった。アンケート形式による震度の推定は、古くからいろいろな研究者の手により行なわれており、そのアンケート方式も様々である。ここでは、太田他が川崎市（1979）および北海道（1974）で実施した方式のものを用了。表4-4にアンケートの内容を示した。なお、津波に関する設問〔33〕は、今回に限り付け加えたものである。

太田他の震度推定の方法では、まず回答者の居た場所（室内にいる場合：建物の種類、階数、新旧など）によって補正する“条件係数”と、各質問の関係付けあるいは対応付けを示す“震度係数”を決定しなければならない。ある1人の各質問に対する回答から得られた“震度係数”の平均をとり、“条件係数”で補正することによって、1地点のアンケート震度が決まる。ここで、震度係数・条件係数は、太田他が川崎市、北海道で決定した値をそのまま用いた。なお、アンケート震度と気象庁震度との関係は図4-6に示したとおりで、両者を混同しないよう注意が必要である。

アンケート震度	1	2	3	4	5
気象庁震度	II	III	IV	V	VI

図4-6 アンケート震度と気象庁震度の関係
（太田による）

アンケートの回答数は、表4-5に示すように、合計499件であり、このうちアンケート震度の推定可能なものは354件となっている。これらの回答結果を集計し、市郡あるいは町村ごとに求めた平均のアンケート震度も表4-5に併記した。平均のアンケート震度の分布を図4-7に示した。

同じ市郡の中でも、値のバラツキは大きい。データ数の多い4つの市郡についてみれば、その平均のアンケート震度は、大きい方から西津軽郡、男鹿市、能代市、秋田市の順となる。また被害の大きかった西津軽郡車力村でのアンケート震度は4.92と際立って大きい。

次に、図4-8には、最も多くの回答が得られた秋田市について、図4-6に示した関係により、アンケート震度をよりわかりやすい気象庁震度階に変換して表現し、詳細な震度分布図として示した。同図は、地盤条件を考慮しながら、同一震度のところを統合するなどして描いたものである。

なお、気象庁震度階は図4-2でも明らかなように、加速度との対応をみた場合には、1つの震度に対する加速度にかなりの幅があり、詳細な地震動分布を表現するには粗すぎるため、ここでは各震度を+（強い方）と-（弱い方）とに2分割している。図4-8において、気象庁震度階がVIとなる地域は、秋田駅から秋田県庁にかけての地域や、新屋元町付近となっている。V+となる地域は、雄物川、旧雄物川、太平川の流域や、市街地北方の外旭川などに見られる。

表4-4 アンケート（太田等による）

記入上の注意

- 1 おおのの質問には、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 静かになって(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。
県 市・郡 町・村 大字・小字・番地(丁目)号
郵便番号 () 電話 市外局番 () 局番 ()
- (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いますか。
1 岩盤とか砂利のような、よく締った地盤
2 シラス地盤
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も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、棚に雑にいた品物、ビン類などの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は驚きましたか。
 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出ましたか。
 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（勤め先）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 目覚めた人は少々
 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 かすかにゆれを感じた 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、サイロのゆるみ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、地突（地割れ、地すべり、道路のクレツ）などがありましたか。
 1 全くなかった 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の停電・給水停止などがありましたか。
 1 全くなかった 2 短時間あった 3 かなり長時間にわたった
- (33) あなたは津波を見ましたか： 見た 見ない
 (1)高さ（ ）m位 (2)地震後（ ）分位してきた (3)はじめに海水が（ひいた おしよせた）
 (4)何回きましたか（ ）回 (5)（岸に上った、家屋が浸水、家が流れた、舟が流れた）
- (34) 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
- (35) あなたは、 1 男性 2 女性

御協力大変ありがとうございました。

表 4 - 5 アンケート回答数およびアンケート震度

県名および市郡町村名			回 答 数	震度決定可能なデータ数	平均アンケート震度	
秋 田 県	秋 田 市		238	170	3.88	
	能 代 市		91	60	4.22	
	男 鹿 市		19	17	4.36	
	本 荘 市		4	2	3.65	
	大 曲 市		3	2	4.00	
	南 秋 田 郡	五 城 目 町	8	5	3.63	3.82
		天 王 町	3	2	3.86	
		大 湯 村	3	1	4.73	
		そ の 他	9	8	3.82	
	北 秋 田 郡	鷹 巣 町	3	2	4.17	4.40
		そ の 他	3	3	4.55	
	山 本 郡	二 ツ 井 町	13	8	4.16	4.13
		山 本 町	12	10	4.03	
		琴 丘 町	8	6	4.36	
		八 竜 町	6	6	4.62	
		峰 浜 村	4	3	3.63	
そ の 他		10	8	3.87		
そ の 他		6	5			
青 森 県	弘 前 市		3	1	4.52	
	五 所 川 原 市		2	1	4.55	
	西 津 軽 郡	木 造 町	21	13	4.58	4.71
		車 力 村	12	8	4.92	
		岩 崎 村	5	5	4.51	
		鮎ヶ沢町	5	3	4.75	
		そ の 他	7	5	4.88	
他 都 道 府 県		1	0			
合 計		499	354			

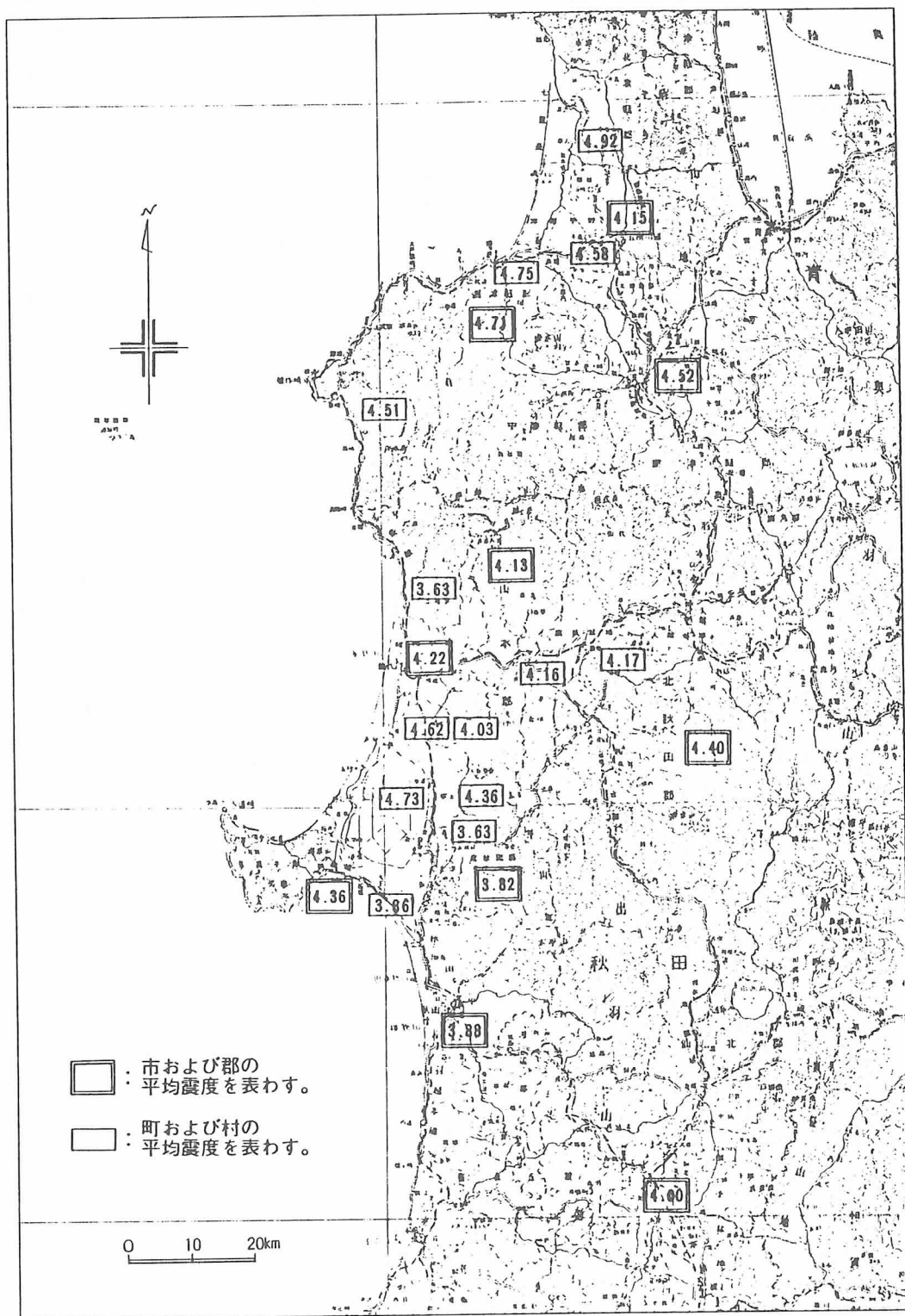


図4-7 市郡町村別アンケート震度の分布

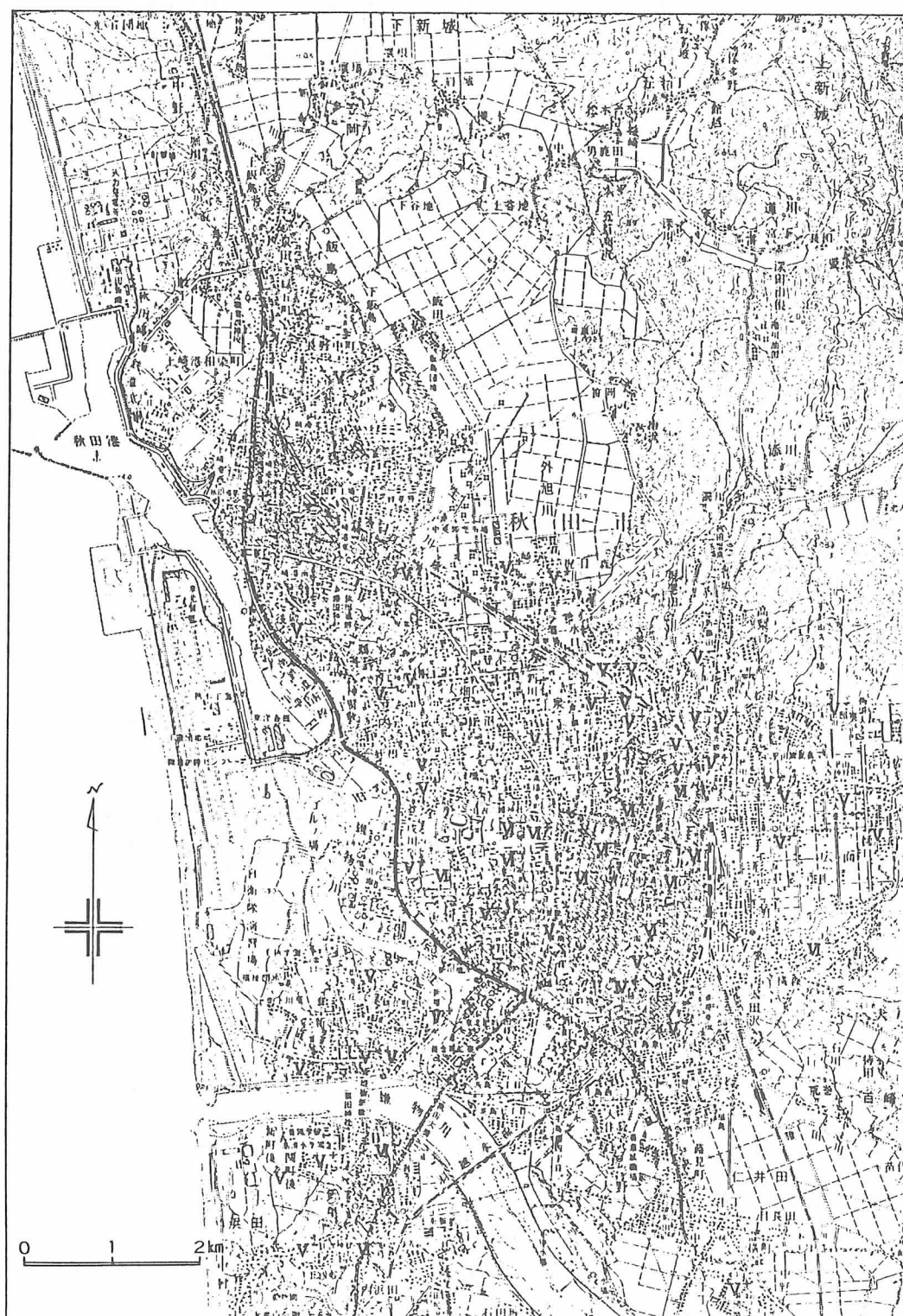


図4-8 秋田市におけるアンケート震度の分布
 (表現は気象庁震度階とし、各震度を+と-に2分している)