

## 通信調査による震度分布(1978年宮城県沖地震による宮城県内の例)

東北工業大学 正員 ○神山 達  
〃 〃 松川 忠司

### 1. まえがき

1978年2月20日および6月12日に宮城県沖を震源とするM=6.7, M=7.4の二つの大きな地震が続発して発生し、宮城県はじめ東北各県に大きな被害をもたらした(図-1)。特に、後者は近年まれに見る都市型地震として注目を集めた。一般に、同一の地震に対しても場所により震害の程度が異なること、およびその事前の予測が震災対策の上より重要であることは従来より指摘されてきたところである。この観点から、筆者らはS波重複反射理論に基づく理論的検討により宮城県を対象にサイスミック・ソーニングの作業を試みてきた<sup>1)</sup>。今回の二つの地震のうち、6月12日のものを筆者らが

想定してきた震源位置とほぼ同一点に発生したものである。一方、理論的手法によるサイスミック・ソーニングには幾多の仮定が入っており、当然のことながらその予測の妥当性については多くの議論があるところである。そこで、理論的予測の妥当性を検討する基礎資料を得るために、あわせて異なる地震による震度分布の変動を把握する目的で、上記二つの地震に対して宮城県内を対象に郵送によるアンケート調査を実施し、同県内の震度分布を明らかにすることを試みた。

### 2. アンケート調査方法

中央気象庁震度階級にみると、とともに震度階は人体感覚、物体の挙動などの諸現象から定性的に決められている。したがって、既往の震度階判定基準の諸現象を内容としたアンケート調査により、各地点の震度階はある程度まで決めることができる。この考え方から、これまで多くの地震に対して種々の内容によるアンケートが実施されている。の中には、中央気象庁震度階を基準とするもの<sup>2)</sup>、修正メカニカル震度階を参考としたもの<sup>3)</sup>など種々あるが、ここでは気象庁震度階を基準とした北大、秋田<sup>4)</sup>が実施したアンケート内容を参照した。このアンケートは主に地震学の観点から実施されたものであり、ここでは用いようとしている地震工学の面からみるといくつかの不備も指摘されるが、既往の成果との比較および結果の統一性をはかるためには、修正を加えることはむしろ好ましくない。そこで、震動の現象(震動周期、震動継続時間、震動の方向性など)に関する項目を新たに加えたことを除き、上述のアンケートをほぼそのまま準用した。なお、この方法により判定される震度階は気象庁震度階にほぼ対応し、これを細分化したものであることが過去の実施例から確かめられている。

アンケート用紙の一部を図-2に示すが、このアンケートの質問事項はA・人体感覚、B・屋内の物体、C・屋外の現象、D・建築物等の被害、E・震動の現象と大別され、さらにそれらの事項が細かく3~13項目に分かれている。これらの項目は気象庁震度階の震度判定基準の記述内容を網羅して構成されている。さらに上記の質問事項

図-1 震源位置図

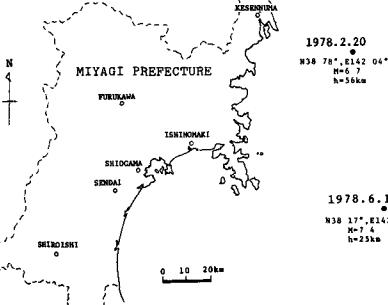


図-2 アンケート用紙の一例

A 人体感覚 (各種現象者の感覚の特徴などを記入して下さい)	
1. 震じなかった	0. 震じなかった
2. おだやかに震じた	1. 震じなかった
3. ふくらひが感じた	2. ふくらひを感じた
4. 大部分または全部ひびき感した	3. ふくらひと震じた
	4. 震じた
	5. 震じて震じた
	6. 震じて震じて震じた
	7. 震じて震じて震じて震じた
	8. 震じて震じて震じて震じて震じた
	9. 震じて震じて震じて震じて震じて震じた
	10. 震じて震じて震じて震じて震じて震じた
	11. 震じて震じて震じて震じて震じて震じた
	12. 震じて震じて震じて震じて震じて震じた
	13. 震じて震じて震じて震じて震じて震じた
B 室内の現象 (各種現象者の感覚の特徴などを記入して下さい)	
1. 風にならなかった	1. 風にならなかった
2. 風にならなかった	2. 風にならなかった
3. 風にならなかった	3. 風にならなかった
4. 風にならなかった	4. 風にならなかった
5. 風にならなかった	5. 風にならなかった
6. 風にならなかった	6. 風にならなかった
7. 風にならなかった	7. 風にならなかった
8. 風にならなかった	8. 風にならなかった
9. 風にならなかった	9. 風にならなかった
10. 風にならなかった	10. 風にならなかった
11. 風にならなかった	11. 風にならなかった
12. 風にならなかった	12. 風にならなかった
13. 風にならなかった	13. 風にならなかった
C 屋外の現象 (各種現象者の感覚の特徴などを記入して下さい)	
1. 風にならなかった	1. 風にならなかった
2. 風にならなかった	2. 風にならなかった
3. 風にならなかった	3. 風にならなかった
4. 風にならなかった	4. 風にならなかった
5. 風にならなかった	5. 風にならなかった
6. 風にならなかった	6. 風にならなかった
7. 風にならなかった	7. 風にならなかった
8. 風にならなかった	8. 風にならなかった
9. 風にならなかった	9. 風にならなかった
10. 風にならなかった	10. 風にならなかった
11. 風にならなかった	11. 風にならなかった
12. 風にならなかった	12. 風にならなかった
13. 風にならなかった	13. 風にならなかった
D 建築物等の現象 (各種現象者の感覚の特徴などを記入して下さい)	
1. 倒れなかった	1. 倒れなかった
2. 倒れなかった	2. 倒れなかった
3. 倒れなかった	3. 倒れなかった
4. 倒れなかった	4. 倒れなかった
5. 倒れなかった	5. 倒れなかった
6. 倒れなかった	6. 倒れなかった
7. 倒れなかった	7. 倒れなかった
8. 倒れなかった	8. 倒れなかった
9. 倒れなかった	9. 倒れなかった
10. 倒れなかった	10. 倒れなかった
11. 倒れなかった	11. 倒れなかった
12. 倒れなかった	12. 倒れなかった
13. 倒れなかった	13. 倒れなかった
E 震動の現象 (各種現象者の感覚の特徴などを記入して下さい)	
1. 震動がなかった	1. 震動がなかった
2. 震動がなかった	2. 震動がなかった
3. 震動がなかった	3. 震動がなかった
4. 震動がなかった	4. 震動がなかった
5. 震動がなかった	5. 震動がなかった
6. 震動がなかった	6. 震動がなかった
7. 震動がなかった	7. 震動がなかった
8. 震動がなかった	8. 震動がなかった
9. 震動がなかった	9. 震動がなかった
10. 震動がなかった	10. 震動がなかった
11. 震動がなかった	11. 震動がなかった
12. 震動がなかった	12. 震動がなかった
13. 震動がなかった	13. 震動がなかった

( 記入欄を記入して下さい )

とは別に調査地点の地形、地質、主な建築物状況の記入欄を設け、後の解析に便ならしめた。

ところで、上記の質問事項は事象が大きくなるにつれて、どの項目の前か番号の数字が大きくなるように配置されている。したがって、これらの番号の数を何らかの方法で総和すれば、震動の大きさを総合的に定量化することができます。かつこれらの総合的数値を気象庁震度階判定基準の記述内容と対応させれば、気象庁震度階に準ずる震度階級を決定することが可能となると考えられる。そこで、この方法により震度階を判定するための基準となる得点表ともいいくべきものを表-1のように作成した。気象庁震度階は震度の(無感)～震度7(激震)の8段階に分けられているが、上述の総合的数値(Total Score)を細かく分割することにより、震度3～震度7については一(弱)と十(強)とに二分割し、計13段階の震度階(Intensity Scale)を設定している。例えば、アンケート回答における各項目の番号を総和した数値が5とすれば、表-1を参照して震度5+と判定される。

今回のアンケート調査は宮城県内の全小、中、高等学校の699校を対象とした。学校を対象とした理由は比較的等間隔で分布していること、所在地が地図上に容易に探し出せること、真面目な態度で正確に記述し、結果の統一性が得られるであろうことが期待されたからである。2月20日の地震については約2ヶ月経過した4月24日に郵送し、最終的には499通(回答率約71.4%)の回答を得た。大部分が経過してからのアンケート実施ではあったが思ったより高い回答率であった。一方、6月12日の地震については発生後約一週間経過した6月20日に郵送し、最終599通(回答率約80%)と高い回答を得た。以上の二つの地震に対するアンケート調査の回答率はこれまで実施されたアンケート調査の中と比較してかなり高いものである。

### 3. アンケート調査結果

以上のような方法により6月12日の地震について求めた震度階を調査地点ごとにプロットしたのが図-3である。2月20日の地震についても同様に震度階分布を求めているが、ここでは紙面の都合で割り落とした。なお、図-3においては仙台市の分布は混みいるので省略している。仙台市についてはさらにミクロな震度階分布を別途作成した。また、図-3においては、地質状況と震度階分布との相関をみるとために、宮城県における沖積地分布<sup>5)</sup>もあわせて示してある。

ところで、図-3のようは震度階分布を種々の観点から考察するためには、まず第一に判定された震度の信頼性を検討する必要がある。ここでは、種々の角度からこれを試みたが、このうち建物構造が震度に及ぼす影響を整理したのが表-2である。この結果をみると、建物構造にはほぼ無関係に震度が分布しており、ここで判定された震度には建物構造の影響はさほど混入していないと考えられる。なお、6月12日の地震について、気象庁発表によれば仙台、石巻が各々震度5となっているが、この調査でも気象庁震度判定のほぼ同一地点が各々震度5+と判定されたり、震度判定の整合性が得られていった。さらに2月20日の地震についても同様な整合性が得られていった。

### 4. 震度階分布についての考察

図-3をみると、震度の大きさは宮城県内という範囲内でも地域によって大幅に変動していることが分かる。全体的には、県内における最低の震度階は震度4-であり、この地震の宮城県内に与えた影響の大きさを示している。中でも、石巻市、泉市一部をはじめいくつかの市町が気象庁震度階の震度7(激震)に近い震度6+が生じている。一方、震度が大きくなっている地点を地質との関連からみると、泉市を含むいくつかの地点の例

表-1 震度階判定の得点表

Item	Number	Score									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	a 1 2 3 4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	b 1 2 3 4	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	c 0 1 2 3 4 5 6 7	0	1	1	2	3	4	5	5	6	6
	d 1 2 3 4	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	e 0 1 2 3	0	0	0	0	0	1	2	2	3	3
B	a 0 1 2 3 4 5	0	0	1	2	2	2	3	3	4	5
	b 0 1 2 3 4	0	0	1	2	2	2	3	3	4	5
	c 0 1 2 3 4	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5
	d 0 1 2 3 4	0	0	1	1	1	2	2	3	4	5
	e 0 1 2 3 4	0	0	1	2	2	3	3	4	4	5
C	a 1 2 3 4	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4
	b 1 2 3 4	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8
	c 0 1 2 3	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3
	d 1 2 3 4 5	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7
	e 1 2 3 4 5	1	1	1	1	1	2	3	4	5	5
D	a 1 2 3 4 5	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5
	b 1 2 3 4 5	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5
	c 1 2 3 4 5	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4
	d 1 2 3 4 5	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4
	e 1 2 3 4 5	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4
E	x 1 2 3 4 5	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4
	y 1 2 3 4 5	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4
	z 1 2 3 4 5	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4
	aa 1 2 3 4 5	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4
	bb 1 2 3 4 5	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4
TOTAL SCORE		11	13	20	26	30	35	39	49	57	65
INTENSITY SCALE		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

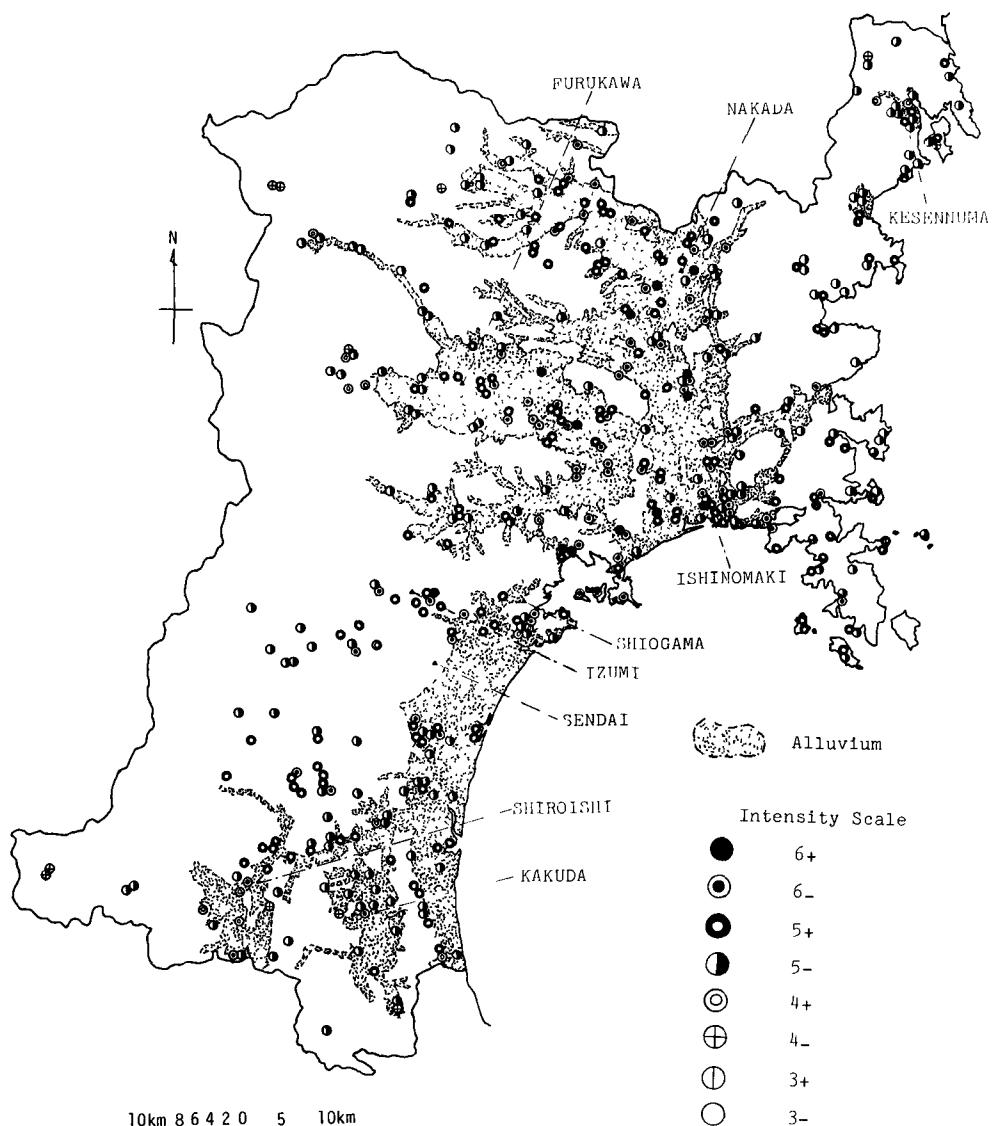
表-2 判定された震度階と建物構造との関係

Building Type	Story	4-	4+	5-	5+	6-	6+	TOTAL
		4-	4+	5-	5+	6-	6+	
Wooden	1	3	2	38	17	5		65
	2		4	10	36	36	19	107
Mortared Wooden	1				1	1	1	3
	2		1	1	11	17	10	40
Reinforced Concrete	1					2		2
	2			1	22	22	1	1
	3		2	1	69	63	25	167
	4		1	2	22	24	4	53
	5				1	2		3
	6					1		1

外を除き、ほとんど沖積地に位置していることがわかる。沖積地においては震度が大きくなるという従来の指摘がここでも示されている。さらに、沖積地における震度大となる地点を詳細にみると、沖積地と他の地質の境界に多く集中していることもわかる。このように地質が急速に変化する付近の地点で震度が大きくなるという傾向は図-3からも知ることができるが、この傾向が顕著なのが仙台市における例である。仙台市の震度階級分布は純面の都合でここでは示し得ないが、同市においては東南部の沖積地に加え、いわゆる長町-利府構造線近くで震度が大きくなる点が集中している。また、図-3において、沖積地以外で大きな震度がみられる泉市をはじめいくつかの地点は地質的にはいずれも大規模な団地造成地などの造成地盤および第四紀更新世などの比較的若い

図-3 震度階級分布(1978.6.12)

Map of Intensity Scales in Miyagi Prefecture  
during the MIYAGIKEN-OKI Earthquake of June 12, 1978



い地質に属する地点である。以上から、6月12日の地震について、大きな震度がみられる地点は沖積地、地質が大幅に変化する地点、造成地などあると結論される。この結論は2月20日の地震の結果でもほとんどそのまま受けまる。

次に、震央距離、地質および震度の関係を各々2月20日、6月12日の地震について求めたのが図-4、図-5である。なお、図-4、5における地質分類は宮城県地質図<sup>5)</sup>を参考して決定されたものであり、ここでは第四紀沖積、第四紀更新世、第三紀、中および古生代、造成地の5種類に分けている。また、図-4、5の縦軸は前述の震度判定におけるTotal Scoreで表してある。これらの図から、それをみると地震について同一の震央距離では全般的に沖積地において震度が大きくなることがわかる。また、沖積、更新世、造成地以外ではほぼ一様に震央距離の増大とともに震度が減少する傾向があるに対し、沖積、更新世などでは震度にかなりのバラつきがみられる。これから、地質分類のみならず、地盤の物性および構造などが震度に大きく関与することが知れる。

次に、2月、6月の地震の震度の関係を地質ごとに分類してプロットしたのが図-6である。同図では2月、6月の地震に対する各地点の震央距離を考慮していよいよ厳密な結論ではないが、沖積地における他の地質に比し、地震のマグニチュード増大とともに震度增加の度合がより大きくなる傾向が全般的にあるようである。

#### (参考文献)

- 1) 神山「宮城県内における地震時震度分布の推定」、S5年度土木学会東北支部技術研究発表会。
- 2) 宇津「震度階について」—1468年十勝沖地震の場合—、北大地物研究報告21(1969)。
- 3) 事野「南東地方及びその周辺に発生したおもな被害地震の通信調査資料の総合整理と解析」、第13回自然災害科学シンポジウム(1969)。
- 4) 駒越「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報告(546.3)。
- 5) 比村他「宮城県地質図」、宮城県中小企業課。

