

IV-2 1982 年 3 月 21 日の浦河沖地震の高密度震度調査

——北海道全域の震度分布——

後 藤 典 俊・鏡 味 洋 史・太 田 裕

北海道大学工学部建築工学教室

Intensive Seismic Intensity Survey on the 1982. 3. 21 Urakawa-oki Earthquake —Intensity Distribution in the Whole Area of Hokkaido—

Noritoshi Goto, Hiroshi Kagami and Yutaka Ohta

Department of Architectural Engineering

Faculty of Engineering

Hokkaido University

Abstract

The Urakawa-oki Earthquake ($M=7.1$) of March 21, 1982 caused somewhat serious damage in the Hidaka coastal area. Although the maximum intensity as high as VI was reported at Urakawa by Japan Meteorological Agency(JMA), no continuation to intensity V was reported at any affected areas. Such an unusual event is mostly due to that in Hokkaido there are only 17 meteorological stations at which the intensities are determined and reported.

Aiming at having a detailed intensity distribution, 6325 questionnaire sheets were delivered to 210 unit areas of city, town and village in Hokkaido. The returned answers which arrived at 86.5% were quite enough for calculation of the area-dependent intensity. The smoothed isoseismal map was made, and the deviations from the well-known attenuation curve of intensity were also mapped. It is confirmed that these deviations are systematic so as to be correlated closely with the regional geological structure.

1. は じ め に

1982 年 3 月 21 日 11 時 32 分、浦河西約 20 km に $M 7.1$ の地震が起り、日高沿岸地方で大きな被害を受けた(第 1 表)。気象庁発表の震度によれば、浦河が震度 VI、続いて震度 V の発表がなく、震度 IV は札幌・帯広・広尾・小樽・倶知安・岩見沢・苫小牧などとなっている。このような不自然な震度の不連続は、道内震度発表地点が 17ヶ所と少く、かつ震央域の日高管内の測候所は浦河町にあるだけということに起因している。浦河・三石を含む震央域——日高沿岸一帯の震度詳細調査は、震央附近の地震動強さ分布を知る上でも重要で

Origin time	March 21, 1982 11h 32m 05.7s	
Magnitude	7.1	
Epicenter	42.07° N 142.60° E	
Depth.	40km	
Intensity	VI	Urakawa
	V	
	IV	Sapporo Kutchan Hiroo Obihiro Otaru Iwamizawa Tomakomai Mutsu
	III	Kushiro Muroran Asahikawa Hakodate Haboro Mori Aomori Hachinohe Morioka Miyako Ichinoseki
	II	Esashi Fukaura Ofunato
	I	Monbetsu Rumoi Nemuro Akita Yamagata Sakata Mito Kofu Ishinomaki Kumagaya Mishima

第1表 気象庁発表の震源および各地の震度

ある。

また、札幌の震度はIVと発表されているにもかかわらず、市内の一部では地盤・建築物の被害、さらには停電・都市ガス、水道供給管網の被害もみられる。これらのことから、震度IVという震度の平均値（代表値）のみでは都市地震防災のための基礎資料としては不十分であり、詳細調査が要請される所以である。そこで今回の地震による震度の詳細な分布を知ることが目的として、筆者らの研究室で開発されてきたアンケートによる震度調査を実施した。これは、地震直後当該地域に多数配布し、その結果を統計的に処理する方法であり、気象庁発表震度に比べて精度の高い震度を求め、その地域的分布を調べるのに有効な方法である。その有効性は、これまでのいくつかの地震の震度調査で確かめられてきた（太田他, 1979; 太田他 1974）。

今回の地震ではアンケートによる以下の3種類の調査を実施した。

- i) 北海道全域の震度分布
- ii) 震央域の震度分布と住民の行動
- iii) 札幌市の詳細震度分布

震源の地震動強さ分布を知り、地震波伝播経路の影響を明らかにし、最終的には地域の地盤等の条件による「ゆれ」の分布を知るという一連の流れが、地震防災計画立案の第1ステップとして必要である。本報告では、上記に分類された調査のうち、全道震度分布の調査を受け持ち道内210の全市町村を調査の対象とし、今回の地震による「ゆれ」の結果としての震度の全道的分布の把握に努めた。震央域の日高沿岸の詳しい調査は大橋他(1982)、札幌市内全域の詳細調査に関しては岡田他(1982)の報告にそれぞれ述べられている。これらの調査による結果は、将来都市震害予測のための基礎資料として資する所が大きいものと確信している。

1982 年 3 月 21 日浦河沖地震の高密度震度調査

第 2 表 市町村別の有効アンケート数, 算出震度, 緯度, 経度, 震央距離

No.	CODE	NAME OF TOWN	Number of answers	I	LAT	LONG	DELTA
1)	01100	SAPPORO SHI	7525+ 238	3.8	43.0	141.3	150.4
2)	01202	HAKODATE SHI	153	3.5	41.7	140.7	167.0
3)	01203	OTARU SHI	94	3.3	43.1	141.0	176.6
4)	01204	ASAHIKAWA SHI	149	2.5	43.7	142.4	181.1
5)	01205	MURORAN SHI	86	4.0	42.3	141.0	138.1
6)	01206	KUSHIRO SHI	124	3.0	42.9	144.4	177.6
7)	01207	OBIHIRO SHI	140	3.9	42.9	143.2	104.8
8)	01208	KITAMI SHI	101	3.0	43.8	143.9	220.3
9)	01209	YUBARI SHI	37	3.4	43.0	142.0	114.6
10)	01210	IWAMIZAWA SHI	56	3.9	43.1	141.8	132.4
11)	01211	ABASHIRI SHI	47	2.0	44.0	144.2	252.1
12)	01212	RUMOI SHI	45	2.8	43.9	141.7	216.1
13)	01213	TOMAKOMAI SHI	111	4.1	42.6	141.6	102.9
14)	01214	WAKKANAI SHI	4	0.0	45.3	141.7	365.7
15)	01215	BIBAI SHI	32	3.6	43.3	141.8	151.8
16)	01216	ASHIBETSU SHI	52	2.8	43.5	142.2	161.7
17)	01217	EBETSU SHI	48	3.7	43.0	141.6	133.0
18)	01218	AKABIRA SHI	28	2.8	43.5	142.1	163.6
19)	01219	MONBETSU SHI	42	0.8	44.3	143.3	253.7
20)	01220	SHIBETSU SHI	40	1.7	44.1	142.3	226.1
21)	01221	NAYORO SHI	39	1.3	44.3	142.5	247.0
22)	01222	MIKASA SHI	44	3.9	43.2	141.9	138.2
23)	01223	NEMURO SHI	24	2.6	43.3	145.6	286.9
24)	01224	CHITOSE SHI	50	3.9	42.8	141.7	110.9
25)	01225	TAKIKAWA SHI	38	3.4	43.5	141.9	168.7
26)	01226	SUNAGAWA SHI	44	3.3	43.4	141.9	158.4
27)	01227	UTASHINAI SHI	24	3.0	43.4	142.0	155.5
28)	01228	FUKAGAWA SHI	49	3.1	43.6	142.0	176.6
29)	01229	FURANO SHI	81	3.3	43.3	142.4	137.0
30)	01230	NOBORIBETSU SHI	58	4.0	42.4	141.2	124.2
31)	01231	ENIWA SHI	35	4.0	42.8	141.6	116.8
32)	01233	DATE SHI	46	3.7	42.4	140.9	148.7
33)	01301	HIROSHIMA CHO	26	4.0	42.9	141.6	124.7
34)	01302	ISHIKARI CHO	25	3.7	43.2	141.4	160.7
35)	01303	TOUBETSU CHO	18	3.8	43.2	141.5	155.6
36)	01304	SHINSHINOTSU CHO	9	4.2	43.2	141.6	150.7
37)	01305	ATSUTA CHO	11	3.3	43.3	141.5	164.5
38)	01306	HAMAMASU MURA	14	3.3	43.5	141.4	187.6
39)	01331	MATSUMAE CHO	15	1.8	41.4	140.1	225.9
40)	01332	FUKUSHIMA CHO	16	3.1	41.4	140.3	209.9
41)	01333	SHIRIOCHI CHO	18	3.1	41.6	140.4	194.6
42)	01334	KIKONAI CHO	27	2.9	41.7	140.4	191.9
43)	01335	KAMIISO CHO	25	3.6	41.8	140.6	172.9
44)	01336	OHNO CHO	19	3.3	41.8	140.6	172.9
45)	01337	NANAE CHO	20	2.9	41.8	140.7	164.5
46)	01339	TOI CHO	16	3.4	41.7	141.0	142.3
47)	01340	SHIRIKISHINAI CHO	18	3.7	41.7	141.1	134.2
48)	01341	TODOHOKKE MURA	20	3.9	41.8	141.1	131.1
49)	01342	MINAMIKAYABE CHO	13	3.5	41.8	141.0	139.5
50)	01343	SHIKABE MURA	21	3.5	42.0	140.8	153.2
51)	01344	SAWARA CHO	13	3.5	42.1	140.7	161.5
52)	01345	MORI CHO	26	3.3	42.0	140.6	170.2
53)	01346	YAKUMO CHO	18	2.8	42.2	140.3	195.8
54)	01347	OSHAMANBE CHO	24	3.4	42.5	140.4	192.3

No.	CODE	NAME OF TOWN	Number of answers	I	LAT.	LONG.	DELTA
55)	01361	ESASHI CHO	21	2.9	41.8	140.1	214.9
56)	01362	KAMINOKUNI CHO	16	3.3	41.8	140.1	214.9
57)	01363	ASSABU CHO	25	3.1	41.9	140.3	196.6
58)	01365	KUMAISHI CHO	20	0.9	42.1	140.0	220.9
59)	01366	TAISEI CHO	19	0.7	42.2	139.8	238.2
60)	01367	OKUSHIRI CHO	20	1.8	42.1	139.5	263.4
61)	01368	SETANA CHO	17	2.5	42.4	139.8	240.2
62)	01369	KITAHIYAMA CHO	14	3.1	42.4	139.9	231.8
63)	01370	IMAKANE CHO	18	3.5	42.4	140.0	223.4
64)	01391	SHIMAMAKI MURA	16	2.0	42.7	140.2	214.6
65)	01392	SUTTSU CHO	14	2.1	42.8	140.2	218.3
66)	01393	KUROMATSUNAI CHO	22	3.2	42.6	140.3	203.3
67)	01394	RANKOSHI CHO	24	2.9	42.8	140.5	195.0
68)	01395	NISEKO CHO	25	2.7	42.8	140.7	179.7
69)	01396	MAKKARI MURA	15	3.3	42.7	140.8	167.4
70)	01397	RUSUTSU MURA	22	3.4	42.7	140.9	159.8
71)	01398	KIMOBETSU CHO	19	3.3	42.7	140.9	159.8
72)	01399	KYOGOKU CHO	19	3.2	42.8	140.9	164.8
73)	01400	KUTCHAN CHO	43	3.3	42.8	140.8	172.2
74)	01401	KYOWA CHO	15	2.5	43.0	140.6	197.6
75)	01402	IWANAI CHO	26	3.2	42.9	140.5	199.7
76)	01403	TOMARI MURA	22	0.0	43.0	140.5	204.9
77)	01404	KAMIENAI MURA	17	0.6	43.1	140.4	217.7
78)	01405	SHAKOTAN CHO	21	2.8	43.2	140.6	209.8
79)	01406	FURUBIRA CHO	21	3.4	43.2	140.6	209.8
80)	01407	NIKI CHO	20	3.1	43.1	140.8	189.8
81)	01408	YOICHI CHO	26	3.5	43.1	140.8	189.8
82)	01409	AKAIGAWA CHO	15	3.5	43.0	140.9	176.5
83)	01421	KITA MURA	14	3.8	43.2	141.7	146.1
84)	01422	KURISAWA CHO	13	4.1	43.0	141.8	123.0
85)	01423	NANPORO CHO	26	4.1	43.0	141.6	133.0
86)	01424	NAIE CHO	18	3.6	43.4	141.9	158.4
87)	01425	KAMISUNAGAWA CHO	23	3.0	43.4	142.0	155.5
88)	01427	YUNI CHO	17	3.8	43.0	141.8	123.0
89)	01428	NAGANUMA CHO	18	4.0	43.0	141.7	127.8
90)	01429	KURIYAMA CHO	21	4.0	43.0	141.8	123.0
91)	01430	TSUKIGATA CHO	21	3.9	43.3	141.7	155.7
92)	01431	URAUSU CHO	15	3.1	43.4	141.8	161.8
93)	01432	SHINTOTSUKAWA CHO	23	3.3	43.5	141.9	168.7
94)	01433	MOSEUSHI CHO	17	3.1	43.6	142.0	176.6
95)	01434	CHIPPUBETSU CHO	15	2.8	43.7	142.0	187.2
96)	01436	URYUU CHO	17	3.2	43.6	141.9	179.2
97)	01437	HOKURYUU CHO	11	3.0	43.7	141.9	189.6
98)	01438	NUMATA CHO	18	3.4	43.8	141.9	200.2
99)	01439	HOROKANAI CHO	20	2.2	44.0	142.2	216.2
100)	01452	TAKASU CHO	14	2.4	43.8	142.4	192.1
101)	01453	HIGASHIKAGURA CHO	20	2.7	43.6	142.5	169.4
102)	01454	TOHMA CHO	25	2.4	43.7	142.5	180.5
103)	01455	PIPPU CHO	18	2.0	43.8	142.5	191.6
104)	01456	AIBETSU CHO	18	0.9	43.8	142.6	191.4
105)	01457	KAMIKAWA CHO	22	1.0	43.8	142.8	192.1
106)	01458	HIGASHIKAWA CHO	19	3.0	43.6	142.5	169.4
107)	01459	BIEI CHO	19	2.5	43.5	142.5	158.4
108)	01460	KAMIFURANO CHO	17	3.1	43.4	142.5	147.3

1982 年 3 月 21 日浦河沖地震の高密度震度調査

No.	CODE	NAME OF TOWN	Number of answers	I	LAT.	LONG.	DELTA
109)	01461	NAKAFURANO CHO	15	3.7	43.3	142.4	137.0
110)	01462	MINAMIFURANO CHO	15	3.6	43.1	142.6	113.9
111)	01463	SHIMUKAPPU MURA	13	3.3	42.9	142.4	93.3
112)	01464	WASSAMU CHO	16	2.3	44.0	142.4	214.2
113)	01465	KENBUCHI CHO	16	2.9	44.0	142.4	214.2
114)	01466	ASAHI CHO	9	1.7	44.0	142.6	213.6
115)	01467	FUREN CHO	12	2.3	44.2	142.4	236.3
116)	01468	SHIMOKAWA CHO	23	0.9	44.2	142.7	235.9
117)	01469	BIFUKA CHO	16	0.8	44.4	142.4	258.5
118)	01470	OTOINEPPU CHO	19	0.0	44.6	142.3	281.3
119)	01471	NAKAGAWA CHO	15	0.3	44.8	142.1	305.2
120)	01481	MASHIKE CHO	15	3.1	43.8	141.5	212.5
121)	01482	OBIRA CHO	17	2.9	43.9	141.7	216.1
122)	01483	TOMAMAE CHO	17	1.8	44.2	141.7	247.5
123)	01484	HABORO CHO	23	2.1	44.3	141.7	258.1
124)	01485	SHOSANBETSU MURA	16	0.1	44.5	141.8	277.2
125)	01486	ENBETSU CHO	22	1.0	44.7	141.8	298.8
126)	01487	TESHIO CHO	16	0.3	44.8	141.8	309.6
127)	01488	HORONOBIE CHO	18	2.1	44.9	141.9	318.9
128)	01511	SARUFUTSU MURA	14	0.0	45.2	142.1	349.3
129)	01512	HAMATONBETSU CHO	26	0.0	45.0	142.4	325.0
130)	01513	NAKATONBETSU CHO	18	0.0	44.9	142.3	314.5
131)	01514	KITAMI ESASHI CHO	25	0.0	44.9	142.6	313.5
132)	01515	UTANOBORI CHO	21	0.0	44.8	142.5	302.5
133)	01516	TOYOTOMI CHO	18	0.8	45.1	141.8	342.2
134)	01518	RISHIRI CHO	21	0.0	45.1	141.2	355.3
135)	01519	HIGASHIRISHIRI CHO	20	0.0	45.1	141.2	355.3
136)	01541	HIGASHIMOKOTO MURA	18	3.2	43.7	144.3	230.0
137)	01542	MEMANBETSU CHO	20	2.1	43.8	144.2	233.8
138)	01543	BIHORO CHO	19	2.8	43.7	144.1	219.9
139)	01544	TSUBETSU CHO	20	2.9	43.6	144.0	206.1
140)	01545	SHARI CHO	21	3.0	43.8	144.7	260.1
141)	01546	KIYOSATO CHO	20	2.8	43.8	144.6	254.5
142)	01547	KOSHIMIZU CHO	20	2.4	43.8	144.5	249.1
143)	01548	TANNO CHO	13	2.7	43.8	143.9	220.3
144)	01549	KUNNEPPU CHO	22	3.1	43.7	143.8	206.5
145)	01550	OKETO CHO	15	2.7	43.6	143.6	188.9
146)	01551	RUBESHIBE CHO	20	2.1	43.7	143.6	198.9
147)	01552	SAROMA CHO	22	2.4	44.0	143.8	236.0
148)	01553	TOKORO CHO	26	2.5	44.1	144.1	257.4
149)	01554	IKUTAHARA CHO	15	2.0	43.8	143.5	205.7
150)	01555	ENGARU CHO	27	0.7	44.0	143.5	226.5
151)	01556	MARUSEPPU CHO	16	0.6	43.9	143.4	213.3
152)	01557	SHIRATAKI MURA	30	0.7	43.8	143.2	197.9
153)	01558	KAMIYUBETSU CHO	16	1.3	44.1	143.5	236.9
154)	01559	YUBETSU CHO	21	2.1	44.2	143.6	250.1
155)	01560	TAKINOUE CHO	8	0.0	44.1	143.1	228.5
156)	01561	OKOPPE CHO	14	2.3	44.4	143.2	262.8
157)	01562	NISHIOKOPPE MURA	12	0.2	44.3	142.9	248.1
158)	01563	OUMU CHO	22	0.0	44.5	142.9	270.2
159)	01571	TOYOURA CHO	17	2.8	42.5	140.7	167.8
160)	01572	ABUTA CHO	24	3.5	42.5	140.8	159.7
161)	01573	TOUYA MURA	20	3.4	42.6	140.8	163.2
162)	01574	OHTAKI MURA	12	3.7	42.6	141.1	139.8

No.	CODE	NAME OF TOWN	Number of answers	I	LAT.	LONG.	DELTA
163)	01575	SOUBETSU CHO	20	3.3	42.5	140.9	151.6
164)	01578	SHIRAOI CHO	23	4.0	42.5	141.4	112.2
165)	01579	HAYAKITA CHO	16	4.3	42.7	141.8	97.1
166)	01580	OIWAKE CHO	16	4.4	42.8	141.8	105.2
167)	01581	ATSUMA CHO	23	4.5	42.7	141.9	91.4
168)	01582	MUKAWA CHO	19	4.3	42.5	141.9	75.9
169)	01583	HOBETSU CHO	16	4.9	42.7	142.1	81.5
170)	01601	HIDAKA CHO	17	3.8	42.8	142.4	82.4
171)	01602	BIRATORI CHO	17	4.3	42.5	142.1	63.6
172)	01603	MONBETSU CHO	24	4.6	42.4	142.1	55.9
173)	01604	NIKAPPU CHO	16	4.8	42.3	142.3	35.9
174)	01605	SHIZUNAI CHO	170	5.2	42.3	142.4	30.6
175)	01606	MITSUISHI CHO	99	5.4	42.2	142.6	14.4
176)	01607	URAKAWA CHO	861	5.4	42.1	142.8	17.3
177)	01608	SAMANI CHO	21	4.4	42.1	142.9	25.7
178)	01609	ERIMO CHO	26	3.9	42.0	143.1	43.2
179)	01631	OTOFUKE CHO	30	3.9	42.9	143.2	104.8
180)	01632	SHIHOCHO CHO	19	3.5	43.1	143.2	124.6
181)	01633	KAMISHIHOCHO CHO	25	3.6	43.2	143.3	138.2
182)	01634	SHIKAOI CHO	18	3.7	43.0	143.0	108.2
183)	01635	SHINTOKU CHO	20	3.5	43.0	142.8	104.2
184)	01636	SIMIZU CHO	25	3.8	43.0	142.9	105.9
185)	01637	MEMURO CHO	20	3.7	42.9	143.1	101.0
186)	01638	NAKASATSUNAI CHO	21	3.8	42.6	143.2	77.5
187)	01639	SARABETSU CHO	13	3.9	42.6	143.2	77.5
188)	01641	TAIKI CHO	16	3.8	42.4	143.3	69.7
189)	01642	HIROO CHO	16	4.0	42.2	143.3	61.2
190)	01643	MAKUBETSU CHO	24	3.8	42.9	143.4	113.9
191)	01644	IKEDA CHO	18	3.7	42.9	143.4	113.9
192)	01645	TOYOKORO CHO	12	4.0	42.7	143.5	103.2
193)	01646	HONBETSU CHO	19	3.7	43.1	143.6	141.7
194)	01647	ASHORO CHO	24	3.7	43.2	143.5	146.1
195)	01648	RIKUBETSU CHO	25	3.1	43.4	143.8	178.4
196)	01649	URAHORO CHO	23	3.8	42.8	143.6	116.8
197)	01661	KUSHIRO CHO	15	3.1	42.9	144.5	184.8
198)	01662	AKKESHI CHO	17	3.0	43.0	144.8	212.2
199)	01663	HAMANAKA CHO	17	3.1	43.1	145.1	239.6
200)	01664	SHIBECHA CHO	1	3.3	43.2	144.6	209.8
201)	01665	TESHIKAGA CHO	20	3.1	43.4	144.5	217.2
202)	01666	AKAN CHO	17	3.5	43.1	144.1	170.2
203)	01667	TSURUI MURA	12	3.2	43.1	144.3	183.1
204)	01668	SHIRANUKA CHO	20	3.9	42.9	144.1	156.4
205)	01669	ONBETSU CHO	21	3.4	42.8	143.9	136.3
206)	01691	BEKKAI CHO	26	3.3	43.3	145.1	250.6
207)	01692	NAKASHIBETSU CHO	23	3.2	43.5	145.0	256.4
208)	01693	SHIBETSU CHO	18	2.9	43.6	145.1	269.7
209)	01694	RAUSU CHO	14	1.9	44.0	145.2	305.0
TOTAL			7525 + 6581				

2. 調査の方法

アンケート票の配布・回収 北海道全域の震度分布を調べる目的でアンケート調査を行った。震度調査票は、筆者らの研究室でこれまでに行われてきたものを用いた。調査地点は 9 市 201 町村あわせて 210 地点に達する。調査票は、人口 10 万人以上の都市には 100 枚、それ以外の市には 50 枚、町および村にはそれぞれ 25 枚ずつ合計 6,325 枚を配布し、行政区ごとの震度の平均値を求めた。札幌・浦河・三石・静内に関しては、他の 2 編の調査で回収された結果をも計算に用いた。調査票は市町村ごとにまとめて市役所・町村役場へそれぞれ郵送され、市町村職員の協力のもとに回答を得た。ただし、札幌および震央域の詳細調査では、別途配布・回収が行われている。回収された調査票の回答者の「地震時に居合わせた場所」の質問に対する回答から市町村にふりわけて分類した。第 2 表の調査票の回答枚数は、このようにふりわけた後の数を示すものである。したがって、配布枚数とはかなり違った回答数が得られている場合もある。とくに 3 月 21 日は連休の初日であったこともあり、他の市町村に移動していた人の数が相当数あったことがうかがえる。調査期間は地震直後から約 1 ヶ月間である。調査票の配布は、札幌市および浦河町を除いて合計 6325 枚で、このうち 86.5% の回答を得た。配布先の市町村は 208 になり、このうちの 2 つの町村を除く 206 市町村から回答を得た。これの他に、札幌市で 10,000 部（回収率 81.0%）、震央域の浦河・三石・静内で 1,700 部（回収率 72.9%）の配布・回収が行われた。

計算の方法 回収されたアンケート票は所定の手続きでコード化され回答者 1 人の回答内容が、計算機のデータカード 1 枚に対応させられデータセットに入力される。この際、調査区域の分割は市町村の行政区分に従っているため、回答者が地震時にどの市町村にいたかで分類され、市町村ごとに計算が行われる。なお、回答者 1 人につき 1 つの震度を算出し、これの集計を行って平均震度を求めている。調査票は、一地域の震度の平面的分布の違い方を明らかにする目的をもっていることから質問数も多く、その範囲が多岐にわたっており必ずしも大地震に限定されてはいない内容をもっている。したがって、気象庁発表の震度より格段に分解能がよく、また小さい震度をも算出できる設問を配慮されている。この質問票でカバーできる震度はほぼ I ～ VI であるが、重点は II ～ V におかれている。今回の道内の震度分布のように震度 0 ～ VI の範囲を調査の対象とする場合、震度 0 ～ II の算出では現段階の解析法ではやや精度が落ちている。調査票において 無感か有感かの質問は 1 つであり、無感と答えた場合それで解答は終わりであるため、従来の算出方式（太田他, 1979）のように有効回答項目数で重みをかけて平均震度を求めると、無感と答えた人の重みが小さくなってしまう。震度の小さなとき、これの影響が出てくる。したがって、今回の計算ではアンケート票 1 枚で 1 つの震度を算出し（無感の回答は震度 0）、有効回答項目数による重みはつけないことにした。このことによる影響は、今回の解析では震度 II 以上ではほとんど無視できる結果が得られている。

アンケートの解析から求められる独自の震度 I_q を気象庁震度 I_{JMA} のスケールに変換する式は、

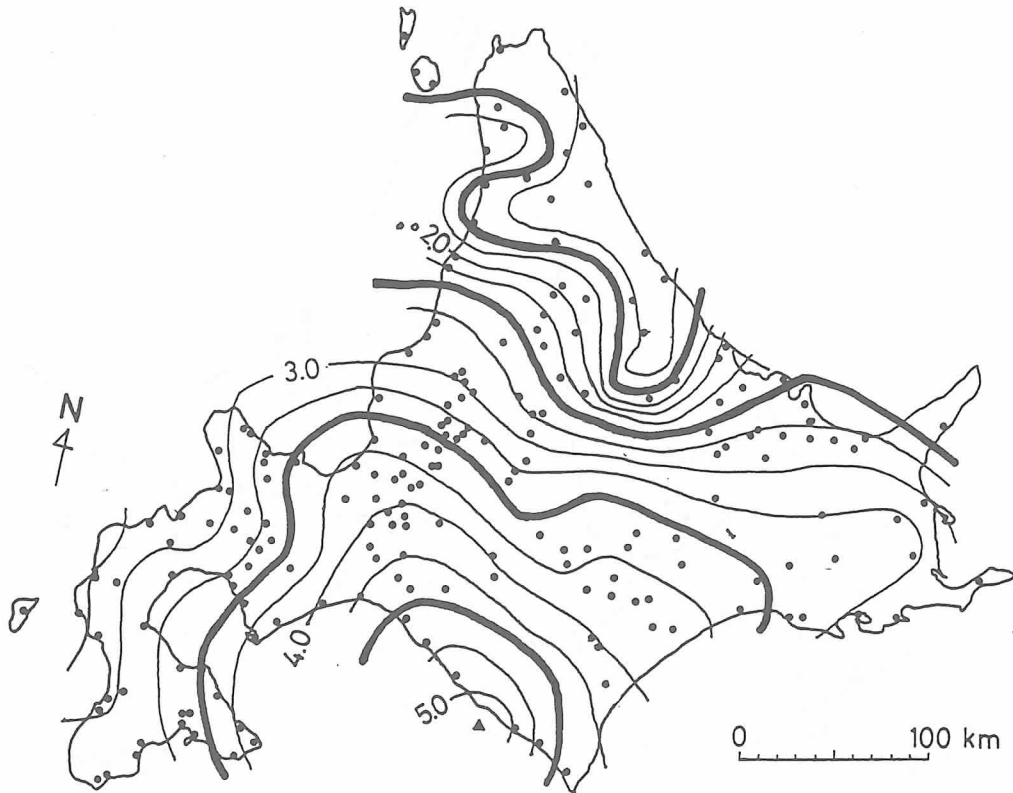
$$I_{JMA} = 2.958 \times (I_q - 1.456)^{0.547} \quad (I_q > 2.22414 \text{ の場合})$$

$$I_{JMA} = 1.506 \times I_q - 0.789 \quad (I_q \leq 2.22414 \text{ の場合})$$

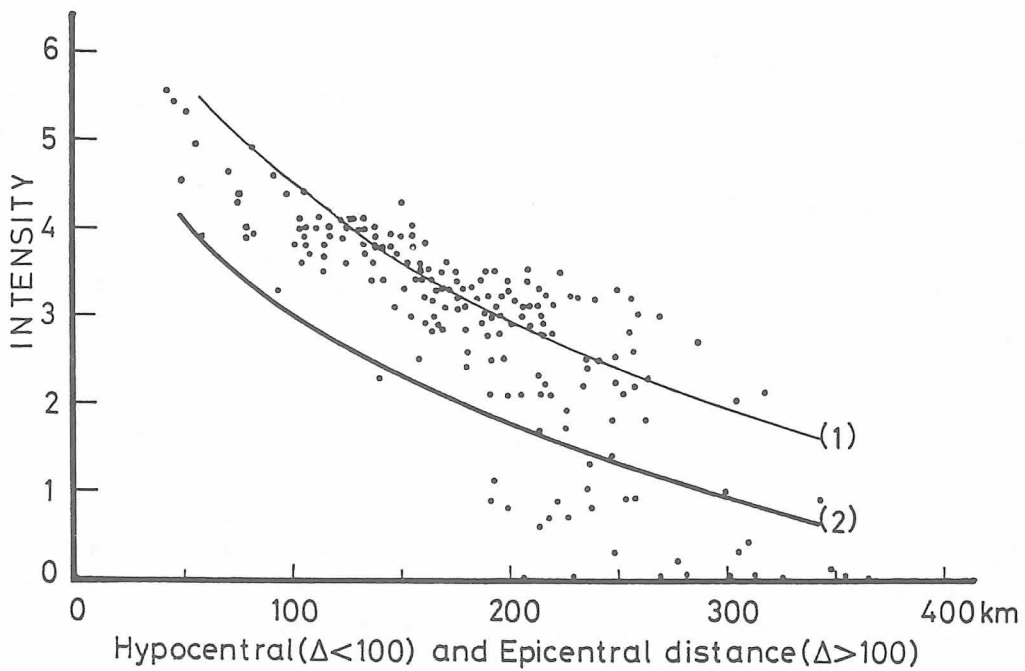
を用いた。しかし、これらの実験式に用いられている資料の震度は $2 \leq I_{JMA} \leq 5$ の範囲で、その個数は 32 である。今回の地震の調査結果をも含め、今後もデータの蓄積を待って、とくに震度 II 以下、V 以上でより精度のよい実験式への改善が期待される。

3. 結果およびまとめ

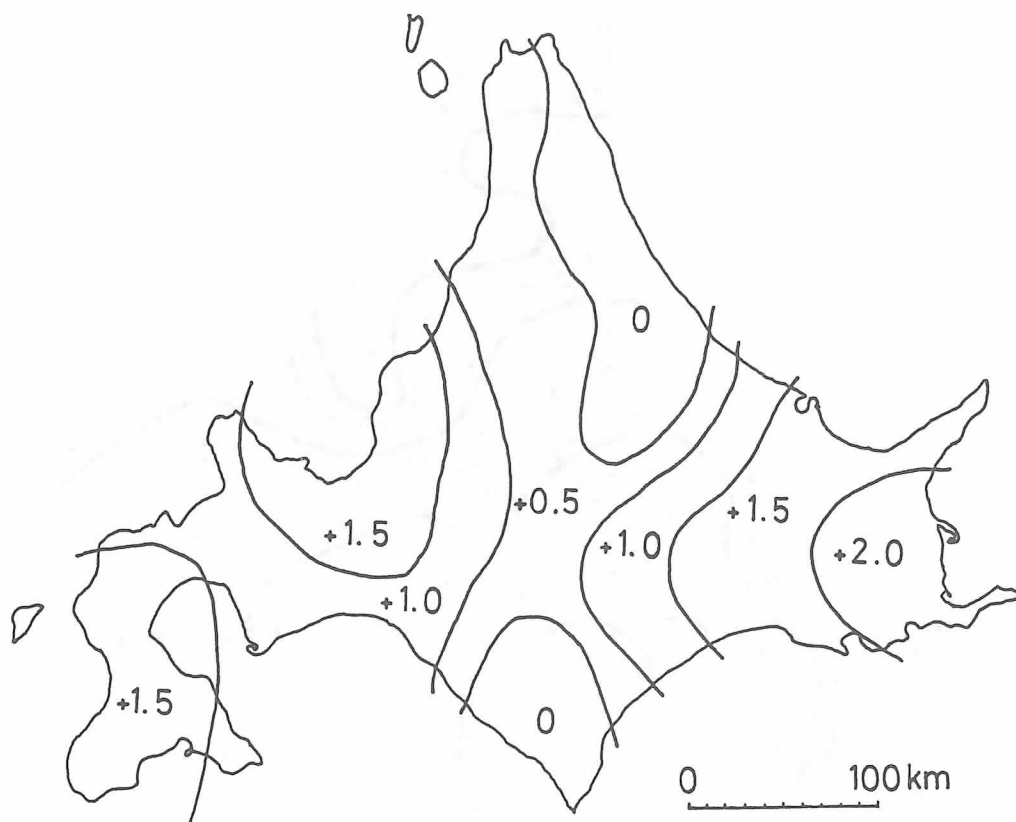
第 2 表に、市町村ごとの有効回答数 (Number of answers) ・平均震度 (I) ・緯度 (LAT.) ・経度 (LONG.) ・震央距離 (DELT, km) をまとめて載せておく。計算された震度値は小数点 2 位以下を切り捨てた値を示している。この値を四捨五入すると気象庁震度階と対応する量になる。地図上に各地の震度をプロットすると道内の震度分布が概観できる。個々の市町村での値は、それぞれ多少の大小はみられるが、これを平面的に平滑化してみると、より深い地下構造あるいは伝播経路の特性が浮かび上がってくる。第 1 図は震度の



第1図 平滑化した全道等震度分布図



第2図 震度の距離減衰、曲線(1)は $M=7.1$ のときの河角による減衰式、(2)は下限を示す曲線



第3図 各地の震度の下限値からの偏差値のコンター

コンターである。この図は各地の震度を、その地点から半径 75 km 以内のデータを取りこんで、距離による重みをかけて平均値を出し 2 次曲面をあてはめて平滑化したものを計算機によって自動的に作図させたものである (OHTA, Y. et al, 1982)。この図から、震度は距離に対して同心円的には減衰していないことが明らかである。

距離に対する減衰の様子をしらべたのが第 2 図である。各点は震央距離 (震央距離が 100 km 以下になるものについては震源距離) に対する震度のプロットである。これに対して $M=7.1$ のときの河角の震度減衰式 (Kawasumi, H., 1956) による曲線を実線で示してみた (第 2 図の曲線(1))。これは震度の距離による減衰の大勢をみる限り妥当な実験式となっているといえる。しかし、これからのズレも非常に大きく、このままではあまり立ち入った議論はできない。

そこで曲線(2)のように、与えられた震度のほぼ下限値を結ぶ減衰曲線——河角式で期待される震度から 1 引いたものにほぼ等しい——を引き、この曲線と実測値との差を求めて図示してみる。すなわち、各地の震度のゆれやすさ (偏差値) を地図上にプロットし、コンターを描かせたのが第 3 図である。これは、地震を感じた地点のゆれやすさの平面的分布と考えられる。ここでは個々の点での値を半径 100 km 以内のデータを用い第 1 図と同様の平滑化をし、コンターを描かせた。苫小牧一札幌間の地域は北海道中央部低地帯ともいわれ、泥炭層を含む軟弱地盤が広く分布しているところであり、また根釧原野もゆれやすさの目立つところである。一方、1952 年十勝沖地震 (湊正雄他, 1966)、1968 年十勝沖地震 (湊正雄, 1969) の震度調査で指摘されているように、地質的には日高層群およびそれを貫く深成岩類が広く分布している地域ではゆれ方が小さいという傾向が、今回の調査結果である第 3 図にもはっきりと見られる。すなわち西興部から滝上、丸瀬布へと大

雪山塊を含む地域でゆれの異常を示す目玉がくっきりと現われている。このように、今回の震度調査によって各市町村単位で震度の偏差値が求められた。これは各市町村の置かれている地質条件による影響を反映している量であり、将来に想定する地震に対してゆれの詳細を予測するときの基礎的なデータとなる。これまでに震度のデータは数多くあるが、震度発表地点は少数に限られた所だけである。今回の道内全市町村にわたる震度調査結果は、これまでの震度のデータを他の市町村の震度推定への足がかりとなるものであり、都市地震防災計画立案のための資料としても活用できるものと期待される。

謝 辞

この調査は約 6,000 部の調査票を 200 余りの市町村に郵送し、回収された調査票を読み取るという作業が伴った。筆者らの研究室の構成員が協力してこれにあたった。岡田成幸助手、大学院博士課程の大橋ひとみ、修士課程の宮尾俊明・大橋武一・藤林一久、事務官津川りゅう子の各氏に感謝します。

また、全道市町村の職員の各位には調査に協力していただいた。回収率が非常に高かったのは積極的に協力していただいた結果が現われたものである。とくに担当者の方々には、配布・回収・返送の労をとっていただいた。ここに記して感謝の意を表します。

なお、計算には北大大型計算機センターを利用した(課題番号 1001 FS 0234, 1001 FC 0267, 1001 MM 7056, 1001 MF 7055)。

参考文献

- Kawasumi, H. (1956) ; Intensity and Magnitude of Shallow Earthquakes, Travaux Scientifique, Publ. BCSI, Ser. A, 19.
- 湊正雄, 鈴木守 (1966) ; 北海道における地震と地盤との関連, 北海道に於ける特異地盤に対する地震緊急対策に関する研究, 第 1 編, 昭和 40 年度研究報告書, pp. 47~63.
- 湊正雄 (1969) ; 地震災害と地質構成との関連, 1968 年十勝沖地震調査報告, 1968 年十勝沖地震調査委員会, pp. 108~109.
- 後藤典俊・太田裕 (1974) ; 1973 年根室半島沖地震の道内震度分布と被害の概要, 1973 年 6 月 17 日根室半島沖地震調査報告, pp. 257~267.
- 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, pp. 302~325.
- 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, 北海道大学工学部研究報告, 第 92 号, pp. 241~250.
- Ohta, Y and H. Kagami (1982) ; An Automatic Drawing Technique of Contour Maps of Seismic Intensity and Other Spatially Distributed Earthquake Engineering Data, 3rd Intern. Earthq. Microzonation Conf. Proc., pp. 1405~1416.
- 大橋ひとみ・藤林一久・太田裕 (1982) ; 1982 年 3 月 21 日の浦河沖地震の高密度震度調査——震央域の震度分布と住民の行動——, 1982 年浦河沖地震調査報告書.
- 岡田成幸・太田裕 (1982) ; 1982 年 3 月 21 日の浦河沖地震の高密度震度調査——札幌市の詳細震度分布——, 1982 年浦河沖地震調査報告書.

1982 年 3 月 21 日 浦河沖地震調査報告 (1982)

Part IV

IV-3 1982 年 3 月 21 日の浦河沖地震の高密度調査

—— 震央域の震度分布と住民の行動 ——

大 橋 ひとみ・藤 林 一 久・太 田 裕

北海道大学工学部建築工学教室

Intensive Seismic Intensity Survey on the 1982. 3. 21 Urakawa-oki Earthquake

—— Intensity Distribution and Human Behaviors in and around the Epicentral Area ——

Hitomi Ōhashi, Kazuhisa Fujibayashi and Yutaka Ohta

Department of Architectural Engineering

Faculty of Engineering

Hokkaido University

Abstract

Intensity distribution and human behaviors during and after shaking was investigated in and around the epicentral Urakawa area by a questionnaire method. About 1200 sheets were collected and following results were obtained. (a) Along the Hidaka coastal line of 150 km, the attenuation of intensity as well as peak ground acceleration is more rapid in the east direction of harder system of rocks than in the west. (b) Correlation of intensity deviation to site soil condition is shown and the same trend is found in the 1952 Tokachi-oki and the 1974 Tomakomai-oki earthquakes. (c) Although there was no fire caused by this earthquake, 20% of households point out some potential risk of fire in Urakawa town. (d) Human response during shaking is affected by existence of fires in use and/or children. (e) Injury becomes more frequent as a person is older and as a house is smaller.

1. はじめに

震央近傍における地震動強さ分布と住民の行動は、地震工学的に、また地震防災上興味深い問題である。筆者らは 1978 年宮城県沖地震の際に、震度及び地震時の人間行動に関する詳しい調査を実施した〔太田・大橋 (1979), 大橋・太田 (1980)〕。1982 年浦河沖地震では、そこで得た知見をふまえて、震央域の震度分布と地盤・地質との関係、及び地震最中、直後の人間行動とそれに関与する要因を明らかにすることを目的とし、アンケート調査を行った。

Table 1 Comparison of damages in the surveyed towns and an outline of the survey.

	Urakawa	Mitsuishi	Shizunai
Population *	19408	6955	26235
Ordinary households *	5961	1940	7794
Seriously injured	9	3	5
Slightly iniured	73	11	33
Total of the injured	82 (0.42%)	14 (0.20%)	38 (0.14%)
Damaged dwellings **	141	67	476
Tatal loss (thousand yen) **	188040	67111	119680
Intensity questionnaires			
distributed	1049	204	300
collected	894	103	227
effective	841	80	156
Behavior questionnaires			
distributed	1049	204	300
collected	899	110	226
sum of family listed	2957	286	696
Survey period	from the end of April	April 8	April 10
	to May 6	April 12	April 20

* : 1980 Population Census of Japan

** : Hokkaido prefectural government (June 3, 1982)

Table 1 に調査の概要を示す。浦河町を主な調査対象とし、三石町・静内町にも少数ながら配布し、結果を比較した。アンケートは筆者のひとりが開発して 10 年来使用している震度調査票〔太田・他 (1979)〕1 部に、世帯の居住環境・被害・構成員各々の地震最中及び直後の行動・地震後の生活支障などを問う行動調査票 1 部を加えて、2 部をセットにして配布した。配布・回収の実作業は各町役場の職員の手による。浦河町では町内会経由としたため、町全域からかなり均質なデータが得られた。一方、三石・静内では配布部数が少ないこともあり、役場や各種団体関係者からの回答が多い。

2. 震度分布

2.1 日高沿岸の震度の減衰

日高地方の地質は海岸に沿って東が古く固く、西へ向かってより新しく軟らかくなる傾向がある (Fig. 1)。すなわち、えりも岬近くでは三畳系・白亜系・始新統の岩類が露出し、様似～浦河間は白亜系・中新統の岩類を主体として貫流する川に沿って完新統堆積物が分布する。三石・静内・新冠付近は中新統・更新統の段丘堆積物及び完新統から成る。さらに鶴川から苫小牧では完新統が面的に広がっている。

震央は三石町の南方約 15 km で、武尾・他 (1982) は、震源モデルとして長さ 20 km, 幅 30 km, 南下がり dip angle 60° の逆断層を提案している。そこでこのモデルを仮定し、Ohta and Satoh (1980) の方法で、

$$A(x, y, p) = \int_0^L D(\xi) d\xi \int_0^W \frac{d\eta}{r^p}$$

ここに、D : 変位量; L : 断層長さ; W : 幅; r : 断層の各セグメントから観測点までの距離; p : 減衰に係わるパラメータで定義される値、A を苫小牧からえりもまでの 9 点について計算した。この値は、断層面から幾何学的に予想される地動の相対的強さを示し、絶対値としての意味はない。

苫小牧からえりもに到る 150 km の海岸線に沿って震度・A 値・最大加速度〔小林・他 (1982) の調査による〕及び国土地理院の測量による隆起量の変化をプロットしたのが Fig. 1 である。A 値は断層面に最も近い

1982年3月21日浦河沖地震の高密度震度調査

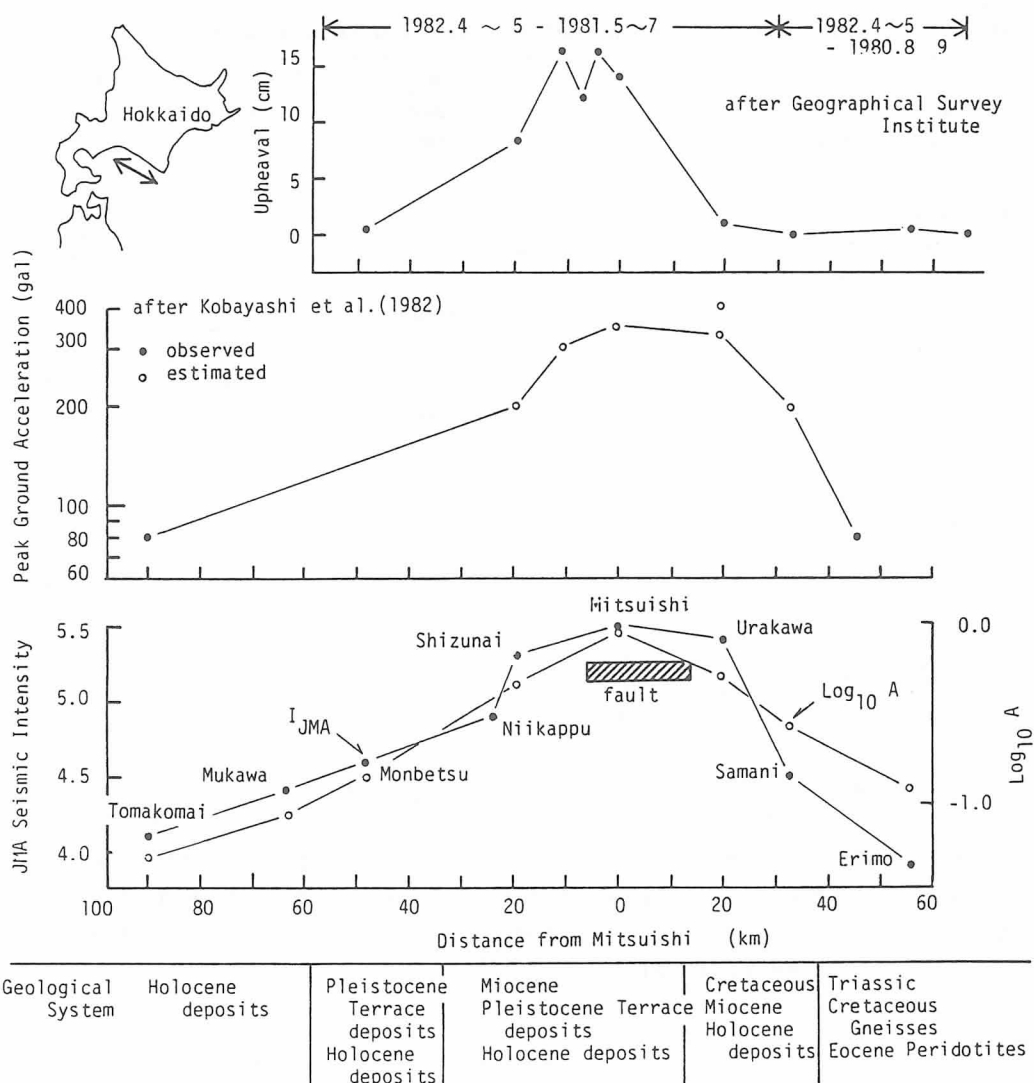


Fig. 1 Attenuation of seismic intensity, computed A-value, and observed or estimated peak ground acceleration along the Hidaka coastal line and variation of upheaval. JMA seismic intensity determined by our questionnaire method is, after rounded off, equal to the conventional one-digit intensity in Japan, and so forth.

三石を最大として、ほぼ東西対称な落ち方をしているのに対して、震度と加速度は東側（えりも方面）の減衰が著しい。この傾向はマクロな地質に由来すると思われる。

震央に最も近い浦河・三石・静内の3町について、震度の頻度分布を描くと Fig. 2 のようになる。平均震度は浦河 (5.43) と三石 (5.47) がほぼ等しく、VとVIの境界にある。静内はやや小さく 5.25 となった。

浦河町と三石町の住宅被害は 2 : 1、住戸の損害額は 3 : 1 で浦河町の方が被害は大きいという印象を受けたが、世帯数も 3 : 1 であり、両者の被害率は同程度というのが妥当な評価であろう。

2.2 震央近傍の詳細震度分布と地盤条件

回収されたアンケートを、各部落の部数を考慮したうえで静内町 4 点、三石町 9 点、浦河町 31 点に分け、

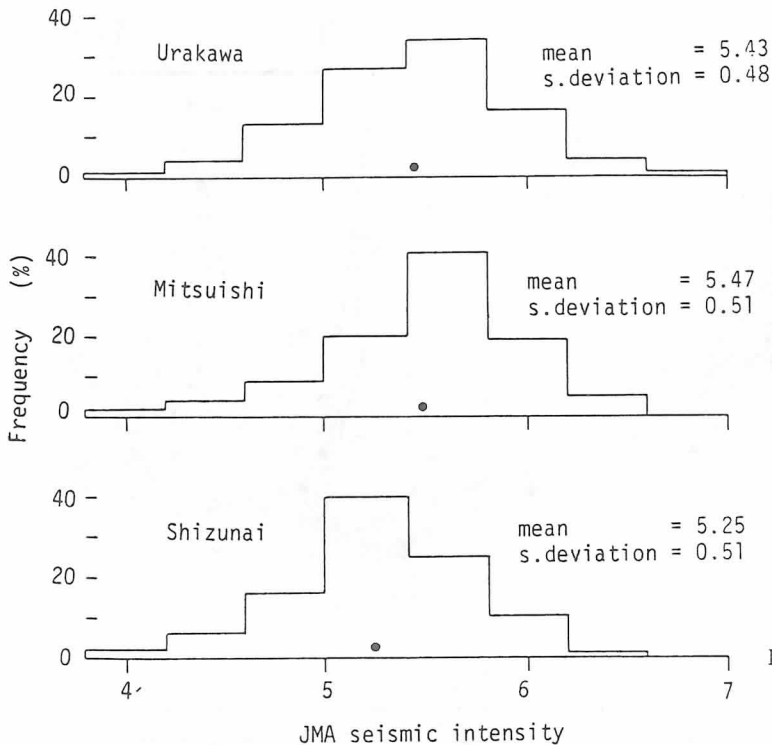


Fig. 2 Frequency histograms of JMA seismic intensity for the three towns.

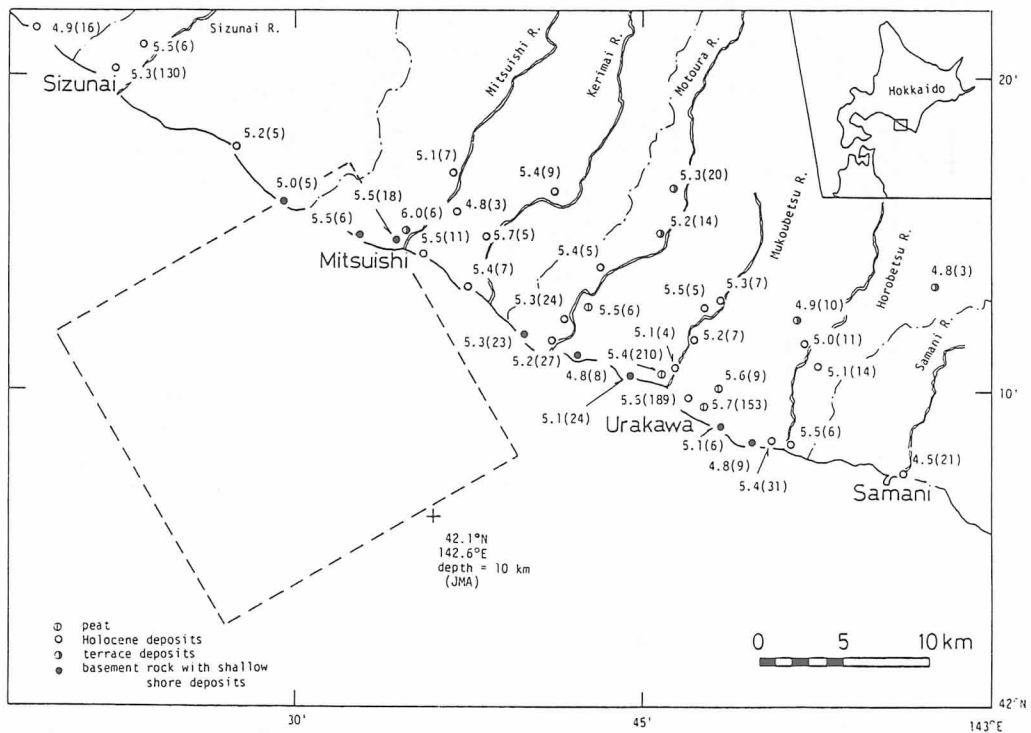


Fig. 3 Distribution of JMA seismic intensities calculated by a questionnaires method and site soil conditions in and around the epicenter. A number of questionnaires is indicated in parenthesis. A dashed rectangle is an approximate projection of a fault model (after M. Takeo (1982)).

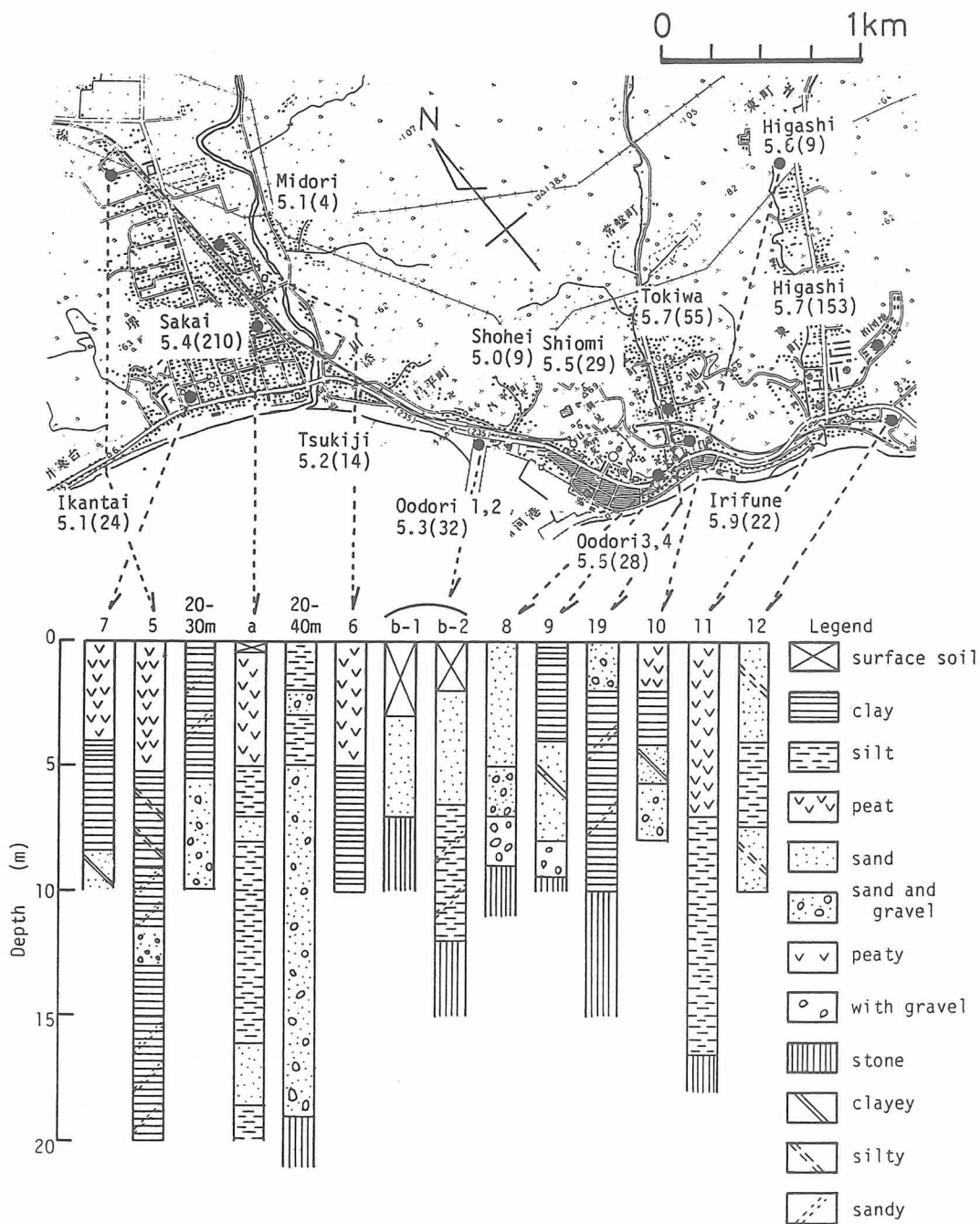


Fig. 4 Topography, soil conditions represented by geological columns of boring wells and JMA seismic intensity in the main part of Urakawa town. A number of questionnaires is depicted in parenthesis.

平均震度を求めた (Fig. 3)。また、2.5 万分の 1 地形図や 10 万分の 1 水理地質図〔道立地下資源調査所 (1978)〕, その他のボーリング柱状図〔北海道建築指導センター (1973)〕などを参考にして, 各地区を地形・地質条件から次の 4 つに分類した。

(a) 基盤：山が海岸に迫り、基盤の上に浅い砂層（5 m 以内）だけが堆積している比較的固い場所。道路に沿って線状に部露が発達していることが多い。

(b) 更新世段丘堆積物または台地

(c) 完新世堆積物：河川氾濫原で沖積層におおわれた場所。堆積層の厚さは 10 m 以上である。

(d) 泥炭：完新世堆積物の最上部に泥炭層（厚さ 2～7 m ぐらい）を有する場所。

浦河町中心部は東から乳呑川に沿った東町谷地、ウロコベツ川に沿った常盤町谷地、向別川に沿った堺町地区及び海岸沿いの大通り地区から成っている（Fig. 4）。この一帯の地盤の基底をなすのは第三紀の泥岩で、堆積層の厚さは堺町で 40 m、東町で 20 m 程度である。田治米・他（1971）によって行われた弾性波探査では、第三紀泥岩最上部で $V_s=400\sim600\text{m/s}$ 程度の S 波速度が得られている。

震度はウロコベツ川の河口にある入船町（5.9）、常盤町（5.7）、東町（5.7）で最も大きく、被害集中地区〔たとえば小林・他（1982）〕と良く一致する。堺町は泥炭地で堆積層が厚いにもかかわらず、震度が 5.4 と比較的小さいのは、最近の開発で住宅が新しいことの影響がでたためかもしれない。

次に断層上端の地上投影線から各地区までの距離と震度の関係を Fig. 5 に示す。4 つの地盤種別のうち、(a) 基盤は最も震度が小さく、距離減衰も顕著に認められる。(b) 段丘は基盤よりもやや大きい。最も点の多い (c) 完新統は基盤とほぼ同等でゆれにくい地区から、震度の増分が 1 に近い地区まで幅広くひろがり、この中にかなり多様な地盤を含むことがわかる。完新統を細分するためには、より詳細な地下構造調査が必要である。

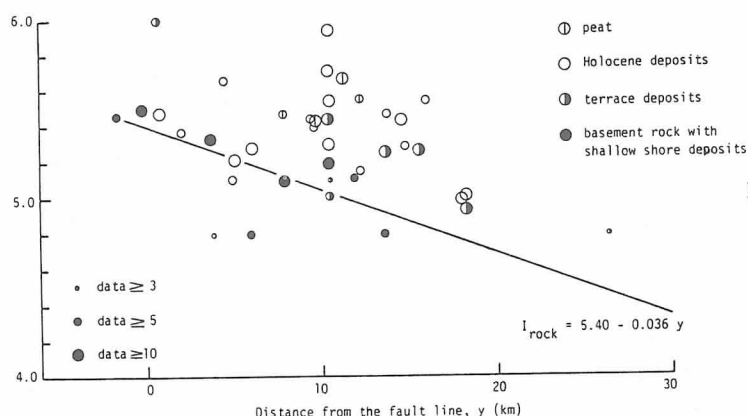


Fig. 5 JMA seismic intensity as a function of distance from a fault line which is a projected upper edge of a fault plane. A straight line represents a least squares fit for basement rock with shallow shore deposits.

2.3 過去の地震との比較

前項で地盤条件による震度の増分傾向が認められた。ある地点のゆれやすさ、ゆれにくさが異なる地震でも安定して認められるのかを確認するために、1974 年 11 月 9 日の苫小牧沖地震 ($M=6.5$) 及び 1952 年 3 月 4 日の十勝沖地震 ($M=8.1$) における浦河（いずれも気象庁発表震度は V）の震度分布を、今回のものと比較してみる。

苫小牧沖地震の際には高波（1982）によって、同じアンケートを用いた震度調査が行われ、浦河町から 311 部、様似町から 73 部が回収された。浦河の平均震度は 3.66 である。

この地震の深さは 130 km、Fig. 6 の位置関係が示すように浦河の震央距離 90 km に比べて浦河町は半径 10 km と小さいので、距離減衰は無視する。一方、浦河沖地震は基盤について最小二乗法で求めた実験式 (Fig. 5),

$$I_{\text{rock}} = 5.40 - 0.036 y$$

と観測震度の偏差をとった。両者の散布図は Fig. 7 のようになり、入船・昌平・東幌別など 2～3 点を除けば、かなり高い正相関が認められる。基盤は 2 つの地震で共通してゆれにくく、東町・常盤町はゆれやすい。

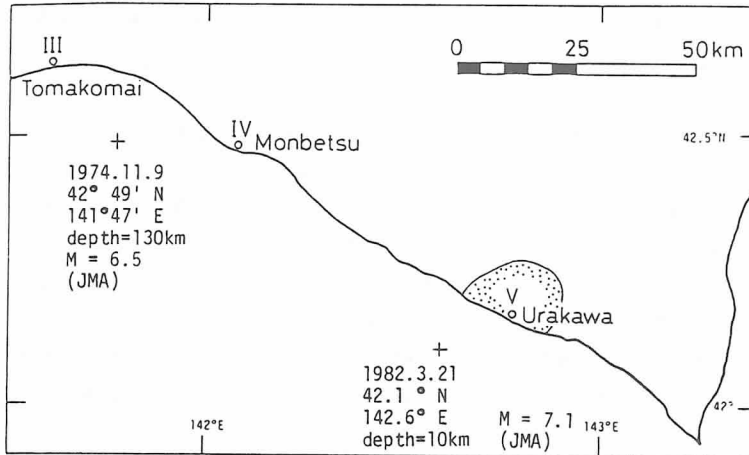


Fig. 6 Epicenter and seismic intensities reported by JMA observatories of the 1974 Tomakomai-oki earthquake. Epicenter of the 1982 Urakawa-oki earthquake is depicted as a reference. The dotted area is covered by two intensity surveys.

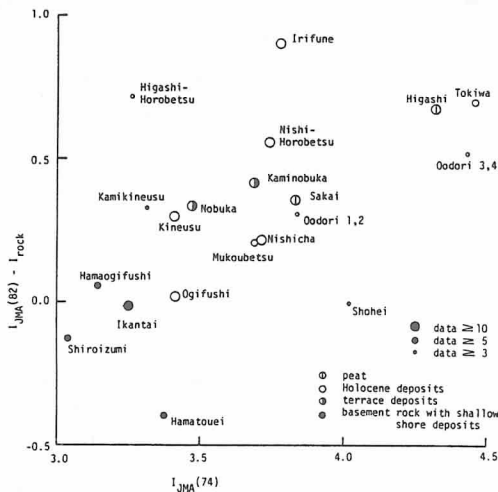


Fig. 7 Correlation between JMA intensities at the 1974 Tomakomai-oki earthquake and the 1982 Urakawa-oki earthquake surveyed by questionnaires method in Urakawa town.

1952年十勝沖地震の際に浦河では、当時の戸数2752のうち全壊105戸・半壊694戸・傷者71名の被害を受けた〔札幌管区気象台(1954)〕。浦河町中心部の被害はFig. 8にみるように、常盤町・東町の谷に集中しており〔今・前田(1954)〕、前記2地震の震度分布と調和的である。震源地・マグニチュードのかなり異なる3つの地震で、同じ場所が繰り返し被害を受けたことは、興味深い事実である。

3. 住民の行動

3.1 属性と居住環境

地震時の人間行動への影響要因として、まわりの物・人・空間を含めた環境条件や人々の属性が重要であることは、大橋・太川(1980)で指摘したとおりである。また、回答者の属性と1980年国勢調査との比較により、サンプリング・データが母集団である町全体をどの程度代表しているのかについて検討してみる。

行動アンケートは世帯単位の問いと、老人・子供を含む構成員個々に対する問いから成っている。そこで回答者(リストアップされた人全員)の年齢を国勢調査と比較した(Fig. 9)。浦河・静内では両者がかなり良く似ているのに対して、三石町では20~30代のサンプルがやや多く、60代以上の比率が少ない。

世帯の主な収入源(Fig. 10)は、給与所得者が浦河・静内で約70%、三石町で50%(国勢調査)である。サンプルの給与所得者比率は母集団より浦河町でやや少なく、三石・静内町ではやや多い。

旧地境線 前地境線 (a) after Sapporo District Meteorological Observatory (1954)

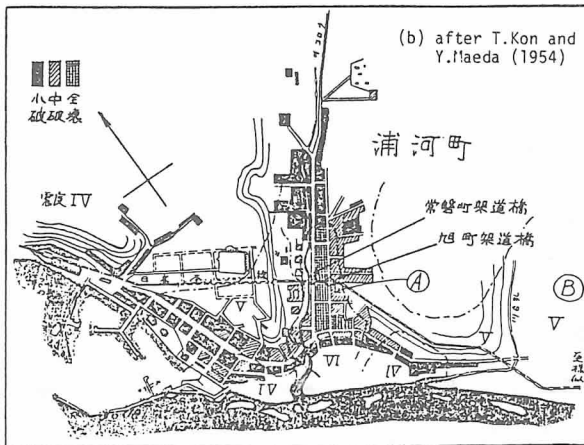
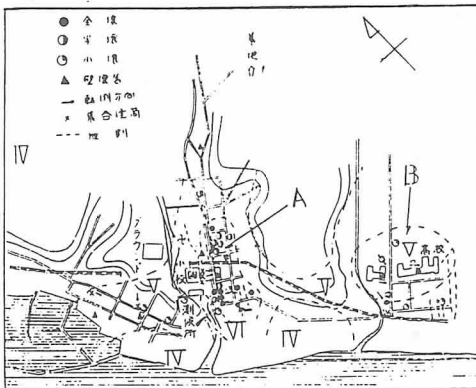


Fig. 8 Damage and intensity distribution in the main part of Urakawa town at the 1952 Tokachi-oki earthquake.

住宅の構造種別や階数は3町ではほとんど同じである (Fig. 11)。9割が1階または2階建、7割が木造、また7割が戸建て住宅なのは、町の規模が小さいためだろう。住宅の広さの指標として、居住室の数とその畳数の合計を用いた。どの町でも平均室数は4.6~4.9、畳数は31~32枚であり (Table 2)、国勢調査に近い。6畳間が5つというのが平均的な姿であるが、3室・20畳以下の世帯も20%くらい存在し、その分散が問題である。

以上のことから、本調査のサンプルと母集団の間に大きな隔たりはなく、特に回収部数の多い浦河町についてはよい結果を得たと言える。

ところで各家庭における地震防災 (備え) という面から、家具の固定や家族間の話し合いも大切である。こうした備え (Fig. 12) は、三石・静内よりも浦河の方が高い。しかしその浦河町にしても家具固定は40%で、そのうち60%があまり効果を認めていないことから、固定方法が不適当だったとの疑いが持たれる。

浦河地方は地震が多く、理科年表〔東京天文台 (1981)〕によれば、1927年から1978年までの52年間に、震度IVを24回、Vを7回経験している。住民の意識も行動もかなり地震に慣れており、平均値よりは高いことに注意すべきであろう。

Table 2 Number of dwelling rooms and Japanese tatami per household.

		Number of dwelling rooms per household		Number of tatami per household	
		Sample	1980 population census	Sample	1980 population census
Urakawa	mean	4.95	4.32	32.0	28.7
	S. deviation	2.10		15.0	
Mitsuishi	mean	4.81	5.08	31.7	35.3
	S. deviation	1.73		15.0	
Shizunai	mean	4.65	4.13	30.8	27.8
	S. deviation	1.64		13.9	

1982 年 3 月 21 日 浦河沖地震の高密度震度調査

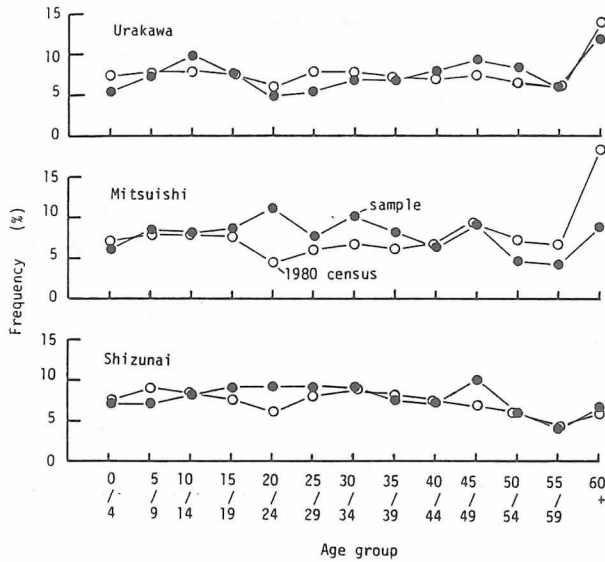


Fig. 9 Age distribution of survey samples and of total population after 1980 population census.

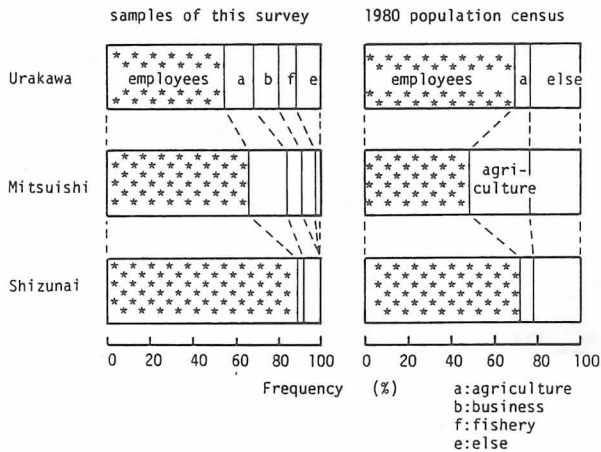


Fig. 10 Household occupation of survey samples and of total population after 1980 census.

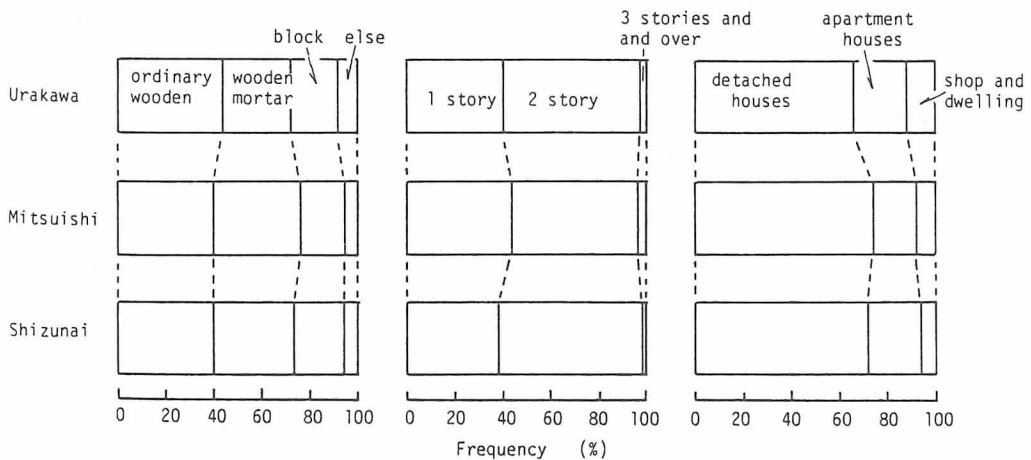


Fig. 11 Housing conditions such as type of construction, number of story and use of building of survey samples.

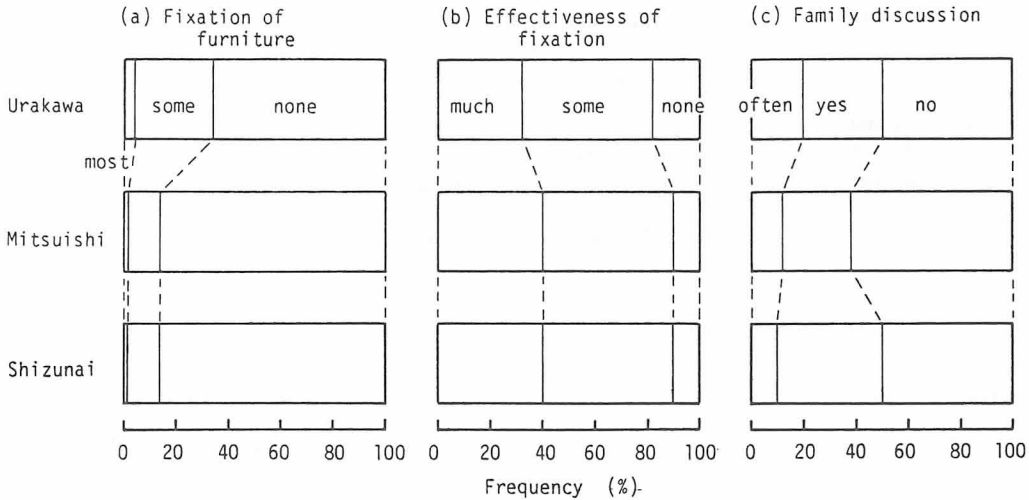


Fig. 12 Family preparedness against earthquake disasters.

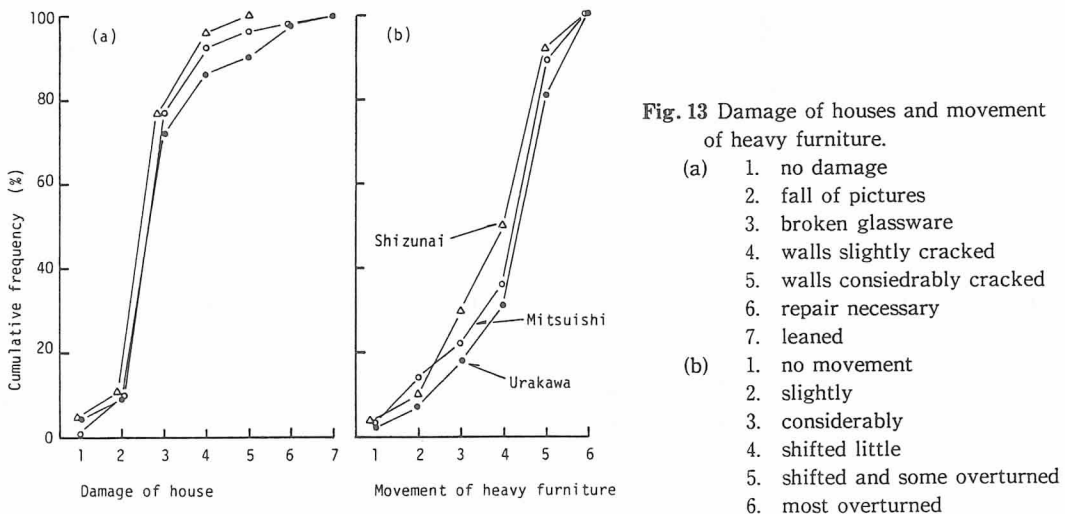


Fig. 13 Damage of houses and movement of heavy furniture.

3.2 家屋被害と出火危険度

家屋の被害と重い家具の動きは Fig. 13 に示すように静内<三石<浦河の順に著しくなる。60%の世帯で壁かけ・額などが落ち、また花瓶・ガラス器具が割れる程度の被害があった。また重い家具が大きくズレたり、倒れた世帯は50~60%であり、浦河町ではほとんど全部倒れた家も20%に達する。

地震が発生したのは3月21日曜日の午前11時32分頃で、季節柄ストーブの使用も多かった筈なのに、火災は1件も報告されていない。出火危険度については、浦河消防署(1982)が町内1771世帯に対して行ったアンケート調査があるので、以下ではその結果も参考にする。

地震の時ストーブを使っていたのは、浦河・三石・静内で85%、76%、77% (消防:95%)、ガスコンロ使用中は23%、23%、22% (消防:13%) であった。

火器種別消火不能率及び出火危険度を Fig. 14 に示す。消火不能率は町によって異なるが、最も信頼度の高い浦河町では4~5%である。対震消火装置付きの不能率は3% (装置作動が30%) に対し、装置なしの場合は12%に達する。80%以上のストーブが装置付きであるが、まき・石炭など固形燃料ストーブの危険性

1982年3月21日浦河沖地震の高密度震度調査

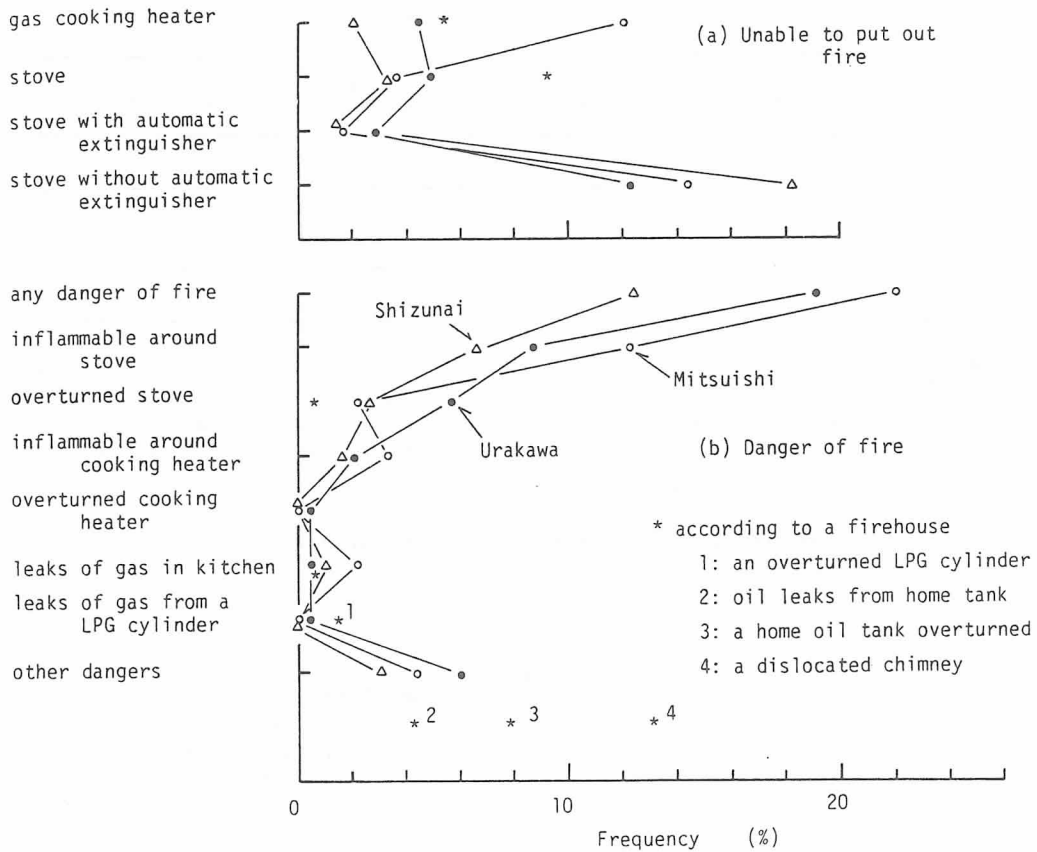


Fig. 14 Disability to put out a fire according to kind of device and various potential risk of fire.

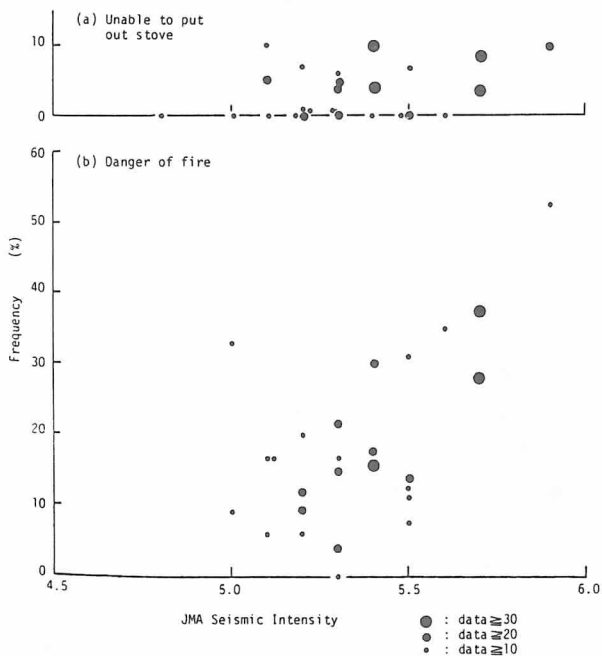


Fig. 15 Disability to put out a fire and potential risk of fire as a function of JMA seismic intensity.

はかなり高いといえよう。装置付きの場合も必ず作動するとはいえず、自分で消す努力が大切であろう。

浦河で19%, 三石で22%, 静内で12%の世帯は、何らかの潜在的出火危険(放っておけば火災になったかもしれない程度)があったと答えている。具体的に最も頻度が高いのはストーブのまわりの可燃物の散乱、ストーブの転倒である。消防署の調査では煙突がはずれた(13.3%), ホームタンクの転倒(8.2%), ホームタンクが倒れて石油が漏れた(4.5%)などが報告されている。

次に地区ごとの平均震度を横軸とし、消火不能率・出火危険度の変化をみた(Fig. 15)。消火不能率はばらつきが大きく、震度の幅1くらいの範囲(V~VI)でははっきり増えているとはいえない。平均5%という値は1978年宮城県沖地震と同程度である。

一方、出火危険度は震度と共に増加する傾向が認められる。特に震度が5.7と大きい東町・常盤町では危険度が最も高い。

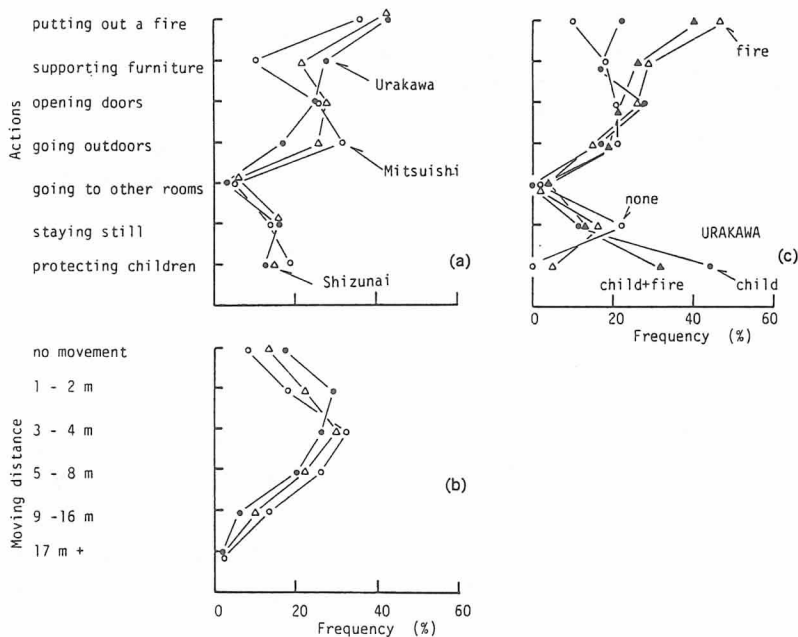


Fig. 16 Behaviors and moving distance during shaking of the people who are more than 15 years old and are at home.

(a) and (b): Comparison of 3 towns.

(c): Behavioral difference according to existence of fire in use and/or children in Urakawa town.

3.3 地震最中と直後の行動

地震時の人間は、その時いた場所・まわりの状況によってかなり影響を受けるが、自宅以外の場所は多様で自記式アンケートによる適確な把握は難しい。そこでここでは、自宅の中にいた15歳以上の人(浦河町; 2957人中1479人, 三石町; 286人中112人, 静内町; 696人中306人)について行動を検討する。

地震最中の行動(Fig. 16)で頻度が高いのは、消火・家具おさえ・戸をあける・外へ出るなどである。浦河では家具おさえが多く、外へ出る人は少なく移動距離が最も短い。三石町はその逆である。周辺環境条件のうち使用中火気と子供や老人など要保護者の存在は、影響が大きい。そこで浦河町を(a)子供も火気もなし(61ケース), (b)子供のみ(18ケース), (c)火気のみ(963ケース), (d)子供+火気(420ケース)の4つに場合分けし、行動を比較した(Fig. 16)。ここに子供とは12歳以下をいう。当然ながら、火気の使用は消火行動に、子供の存在は保護行動に結びついている。ただし、この条件による移動距離の差は認められない。

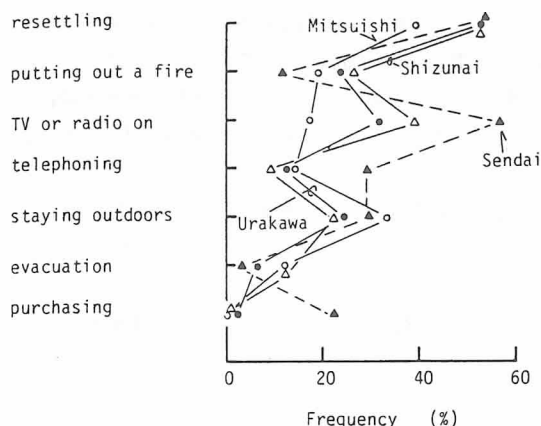


Fig. 17 Behaviors shortly after shaking (for about 10 minutes) of the people who are more than 15 years old and are at home. A Broken line represents Sendai at the Miyagi-ken-oki earthquake.

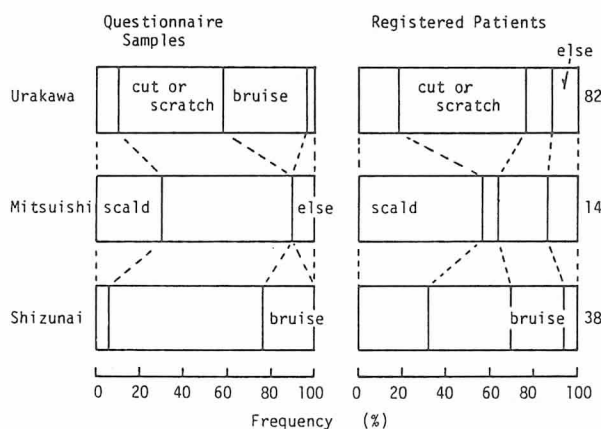


Fig. 18 Kind of injuries among questionnaire samples and among patients registered by town offices.

でも年齢が増すほど負傷率が上がる傾向は顕著である〔太田・他 (1981)〕。幼い子供の負傷率は思ったより低いが、これはおとなによる保護が届いたためであろう。

次に住宅の広さと負傷率の関係は Fig. 20 のようになり、居住室が少ないほど危険が増すことがわかる。平均値の5室で9%に対し2~3室の場合は1.5倍になる。狭い空間にたくさんの家具が置かれ、家具が倒れたとき逃げ場を失うことが負傷につながるわけである。

震度と負傷率の関係 (Fig. 21) は相当ばらつきが大きく地区による違いが著しい。1978年宮城県沖地震の負傷率の方が小さいのは、サンプル内の高齢者の比率が低いためかもしれない。

室内での事故を防ぐためには、家具の配置・固定など室内環境の整備をはかること、老人・乳幼児などの保護を考えることが大切である。

し、その他の行為への影響も頻度分布をみる限りはほとんどない。

地震直後10分間くらいの行動は Fig. 17 のようになる。宮城県沖地震における仙台の結果と比較すると、仙台ではテレビ・ラジオをつける、電話をかける、買い物に行くなどの行動が活発である。これは仙台の方が都市化が進んでいること、夕方5時12分の発生で情報収集・連絡を急いだこと、1戸から回答者（主婦や世帯主が多い）をひとりに限ったことなどによるのだろう。一方浦河沖地震は日曜の午前中で家族全員がそろっている場合も多かった。

3.4 負傷者の発生と原因

地震による人的被害は重大な問題であり、どんな環境下であるいはどんな人（属性）が負傷しやすいのかを知ることは、その防止に資するところが多い。今回の地震による負傷者（患者）は浦河82人（0.42%）、三石14人（0.20%）、静内38人（0.14%）である。一方、行動アンケートの結果、何らかの負傷をした人は浦河225人（8.4%）、三石で15人（5.9%）静内17人（2.6%）を数えた。このうち病院へ行ったのは順に10.7、10.0、13.4%であり、残りは家庭で手当てした。けがの種類は切傷・すり傷・打撲・やけどなどが多い (Fig. 18)。

Fig. 19には年齢と負傷率の関係を示す。ごく軽い傷から重傷に到るまで いずれのレベル

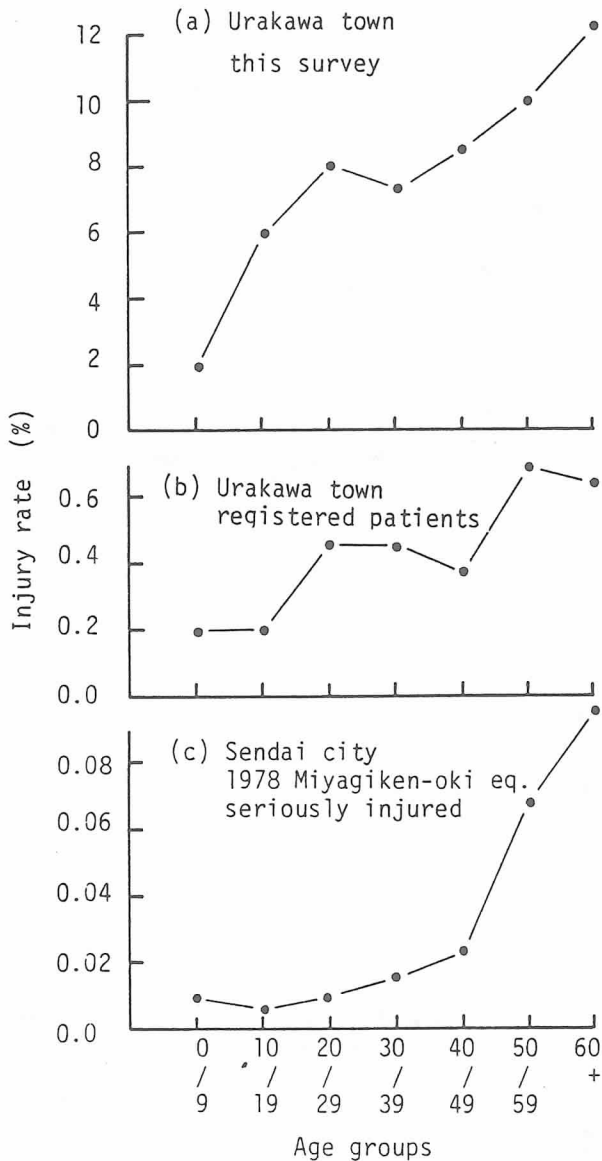


Fig. 19 Injury rate as a function of age groups.

4. おわりに

浦河沖地震の発生に際して、浦河・三石・静内の3町を対象とし、アンケートによる震度及び住民行動調査を実施した。

震度分布については、地区の地形・地質条件の影響が認められ、苫小牧沖地震・十勝沖地震における浦河町の震度分布から、ゆれやすさ、ゆれにくさの再現性・安定性を確めた。完新統という分類中の震度のばらつきは大きく、地盤の物理的性質に基づいたより細かな分類が今後の課題である。

地震による火災はなかったが、少なからぬ出火危険が潜在していたことも明らかになった。地震最中の行動には使用中火気と子供・老人など要保護者の存在がかかわっている。家が狭い程、高齢者程負傷危険が高いことも示された。

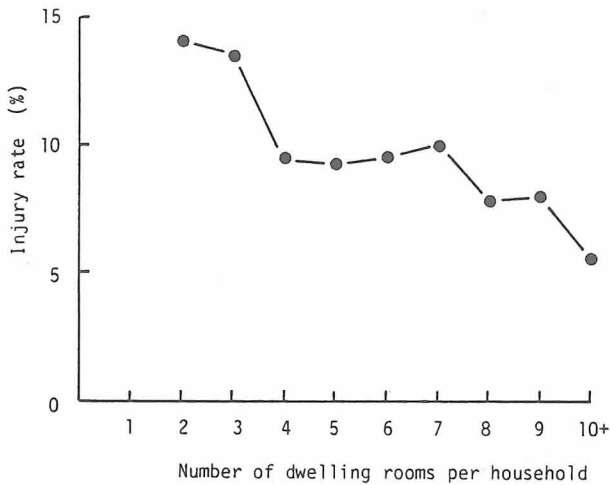


Fig. 20 Injury rate as a function of number of dwelling rooms per household.

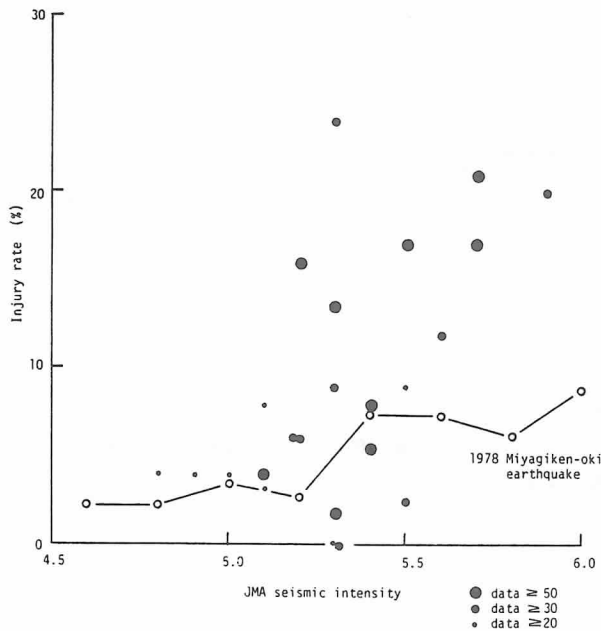


Fig. 21 Correlation between JMA seismic intensity and average injury rate in each site of Urakawa town. Variation of injury rate in the 1978 Miyagi-ken-oki earthquake is shown.

謝 辞

終わりに望み、アンケートの配布・回収に協力して下さった浦河町・三石町・静内町の役場職員の方々に深く感謝の意を表する。

北海道大学理学部地震予知観測地域センターの高波鉄夫博士は、苫小牧沖地震の震度調査資料を提供して下さいました。東京都立大学理学部松田磐余博士の助言は有益であった。あわせて感謝します。

なお計算には北海道大学大型計算機センター、HITAC M-200Hを使用し、SPSSを利用したことを付記する。

参考文献

- 北海道立地下資源調査所 (1978) : 水理地質図 , 浦河.
- 北海道建築指導センター (1973) : 寒地建築設計施工便覧, 242 P.
- 小林啓美・瀬尾和大・翠川三郎 (1982) : 1982 年浦河沖地震における震害分布について, 第 19 回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集.
- 今俊三・前田幸雄 (1954) : 橋梁の被害, 十勝沖地震調査報告, p. 437-646.
- 大橋ひとみ・太田裕 (1980) : 地震に伴う人間行動の実態調査(2)―面接による資料の収集と整理―, 地震Ⅱ, vol. 33, p. 199-214.
- 太田裕・大橋ひとみ (1979) : 地震に伴う人間行動の実態調査(1)―アンケートによる資料の収集と整理―, 地震Ⅱ, vol. 32, p. 399-413.
- 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推定, 北海道大学工学部研究報告, No. 92, p. 117-128.
- Ohta, Y. and K. Satoh (1980) : Analyses on Seismic Intensity and Earthquake Disaster in the Caldiran Earthquake, Engineering Seismological Studies on the 24 November 1976 Caldiran Earthquake in Turkey, Hokkaido Univ., p. 89-117.
- 太田裕・藤林一久・大橋ひとみ (1981) : 地震時の人間行動実態調査(4) 死者の発生と周辺環境, 川崎市の震災予防に関する調査報告書, p. 153-162.
- 札幌管区気象台 (1954) : 踏査報告 (北海道の部), 十勝沖地震調査報告, p. 50-103.
- 総理府統計局 (1980) : 昭和 55 年国勢調査報告.
- 田治米鏡二・前川博・広田知保・殿内啓司 (1971) : 弾性波による浦河町的地盤調査, 北海道における特異地盤に対する地震緊急対策に関する研究, p.38-70.
- 高橋鉄夫 (1982) : 私信.
- 武尾実・笠原稔・阿部勝征 (1982) : 1982 年 3 月 21 日浦河沖地震の発生機構, 浦河沖地震調査報告.
- 東京天文台 (1980) : 理科年表.
- 浦河消防署 (1982) : 部内資料.

高密度震度調査にもとづく地域内震度予測式の構成

——札幌市を例として——

正 会 員 岡 田 成 幸*
正 会 員 宮 川 忠 芳**
正 会 員 太 田 裕***

1. はじめに

地震時の地盤の震動性状とその地域内分布についての研究はサイスミックマイクロゾーニング関連の中心課題として地震工学上重要な位置を占めている。したがって、研究内容・方法も多岐にわたっているが、要は地盤の震動特性分布を理論的に求めるか、実験的に探っていくかのいずれかである。前者を代表するものとして、Kanai¹⁾等によって開発された、地盤を成層構造にモデル化しその地震波増幅性を重複反射理論にもとづき計算・評価していく方法があり、この方法による実施例は非常に多い^{2)~4)}。しかしながら、この方法では計算に用いる資料を整えるために多くの時間・労力を必要とすること、また地盤のモデル化にあたり地域の共通基盤の設定が難しいなど不確定要素も多く地震時地盤の震動性状を正確に算定しつくせない面も少なからずある。一方、実験的な、したがってより直接的な方法は地震動を記録し地域間相互比較を行うもので最も理想的であるが、そのためには地震計の多点配置が当該地域に事前に行われていなければならないなど、やはり相当の準備が前提となる。

この論文は、実験的立場からこれらに替わるより簡便な、しかし相当の精度をもつ方法を提案しようとするものである。すなわち、地震時の地域内の震度の分布状況をアンケートによる高密度調査によって詳しく求め、これを基礎資料として地域内震度変化の要因分析を行い、地盤構成との関係を明らかにすべく考察を進めている。具体例として、1982年浦河沖地震(M7.1)発生に伴って行った札幌市の震度調査資料にもとづき解析を進め、これを地域内震度予測式としてまとめ、その適用拡大の可能性および方法の一般適用性について検討した結果について報告する。

2. 調査の実施と震度分布図の作成

* 北海道大学 助手

** 北海道大学 大学院生

*** 北海道大学 教授・理博

(昭和59年6月4日原稿受理日、昭和59年9月25日改訂原稿受理日、討論期限昭和60年5月末日)

2.1 調査方法

気象庁発表による浦河沖地震に関する諸元は表-1のとおりである。これによれば札幌市は震度Ⅳに見舞われたことになるが、その後の調査により重傷者2名を含む人的被害17件、全壊を含む住家被害23件など震度Ⅳ程度の地震動強さにしては被害が目立ち、また発生場所に明瞭な地域差が認められた。このような現象は気象庁発表による単一の震度のみではとうてい説明しきれないし、その精度からみても地震動関連資料としての価値も十分とは言えない。この点に鑑み、市内全域の震度分布を詳しく知るための高密度アンケート調査を実施した。

用いたアンケート票は35個の質問項目からなる多枝選択式で、アンケート票1枚から1つの震度が計算される。ある小地域の震度は何枚かのアンケートによるその平均値で与えられる。詳細は文献⁵⁾を参照されたい。この方式によれば回答者が地震時に居た建物種別の違いも同時に補正され、その地域の震度を有効数字2桁に近い精度で推定できることが度重なる実施経験によって確かめられている^{6)~13)}。

信頼性の高い震度分布図を作成するためには、地震後できるだけ早い時期にかつ相当程度の高密度調査をすることが必要条件となる。実際には地震発生1週間後に札幌市全域に10,000枚のアンケート票を配布し、83%を越える回収率をみた。これらの整理は市内を一辺500mの正方形画に分割しこれを1単位として行ったが、1区画当たり平均約10枚の回収であった。回答を得た区画

表-1 1982年浦河沖地震の諸元

マグニチュード 7.1		深さ	40 km	位置	42.07°N 142.60°E
震 度	Ⅵ	浦河		Ⅲ	釧路、室蘭、旭川、函館、羽幌、森、青森、八戸、盛岡、宮古、一関
	Ⅴ			Ⅱ	江差、深浦、大船渡
	Ⅳ	札幌、倶知安、広尾、帯広、小樽、岩見沢、苫小牧、むつ		Ⅰ	紋別、留萌、根室、秋田、山形、酒田、水戸、甲府、石巻、熊谷、三島

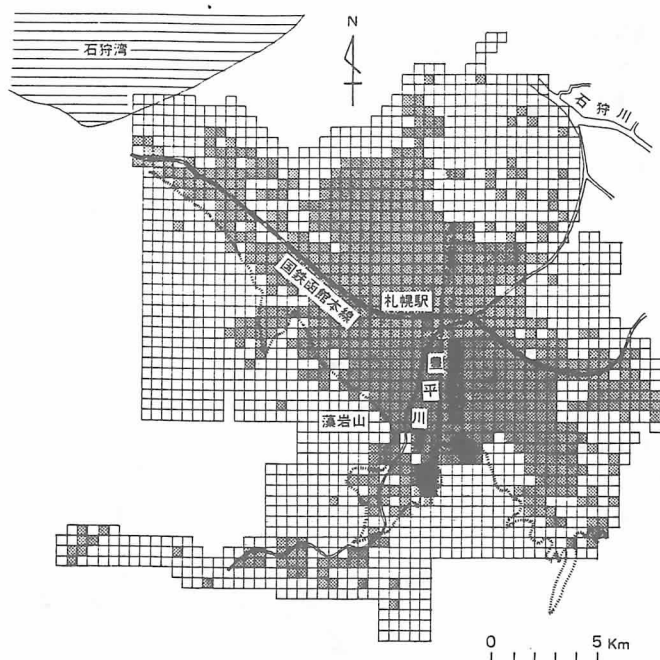


図-1 アンケートの回答分布 (■：回答を得た区画)

総数は 840 に達し面積 210 km² をカバーしている。これは札幌市の居住地域の全面積が 246.38 km² であることから、その 85 % 以上に相当し人口集中市街地はほぼ全域をカバーしたと言える。図-1 に 500 m 区画で表示された地図上の回答分布を示す。

2.2 詳細震度分布図

図-2 は回収された全資料について算出された震度の頻度分布図である。これによれば市全体の平均のアンケート震度は 3.8 で、気象庁震度階に換算*するとⅣの中程度となり、気象庁発表の震度に一致する。しかしこの平均値という単一量で市の震度を代表させるには余り

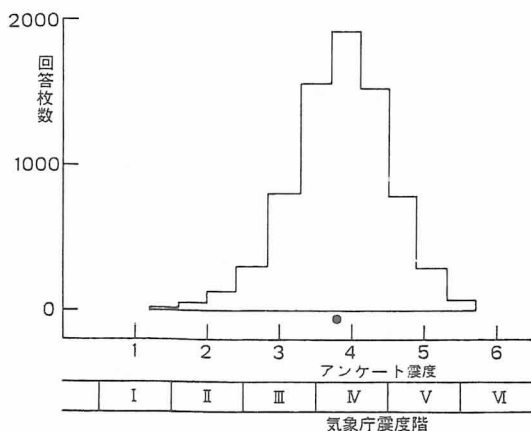


図-2 震度の頻度分布 (●：平均値)

* アンケート震度は小数点以下を四捨五入することによって気象庁震度に変換できる形に表示されている。

に幅広い分布を持っている。この点に詳しく立ち入って考察するのが本論の主要な目的である。そこで次のような操作を行った。

- i) 単位区画 (500 m × 500 m) ごとの震度の平均値の算出。
- ii) 2 次元移動平均 (区画中の有効回答枚数を重みとする) の実施。以下の解析にはこの値を区画の代表値として用いる。
- iii) 等震度線図の作成。

図-3 は震度階を 4 分割

気象庁震度Ⅲ以下 (アンケート震度 3.5 未満)

気象庁震度Ⅳ⁻ (アンケート震度 3.5 以上, 4.0 未満)

気象庁震度Ⅳ⁺ (アンケート震度 4.0 以上, 4.5 未満)、

気象庁震度Ⅴ以上 (アンケート震度 4.5 以上)

で表示した等震度線図である。市内の震度はⅢ～Ⅴと幅広く分布しており、その地域

内変化は極めて明瞭である。すなわち市南西部山側から北東平野部へ向かって震度がⅢからⅤへと系統的に移り変わっている様子が良く判る。また市を東西に横切る国鉄函館本線を境にして北側で震度が大きいことも目立つ特徴となっている。図-3 には被害分布資料も重ねて示してあるが、当然のことながら両者の相関性は非常に高い。

以下、このような震度分布をもたらした原因についてやや立ち入った考察を進めてみる。

3. 地域内震度分布の解析

一般に任意地点で観測される震度は、震源 (規模、地

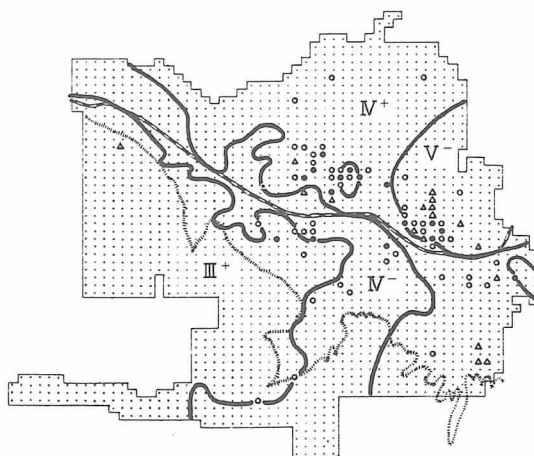


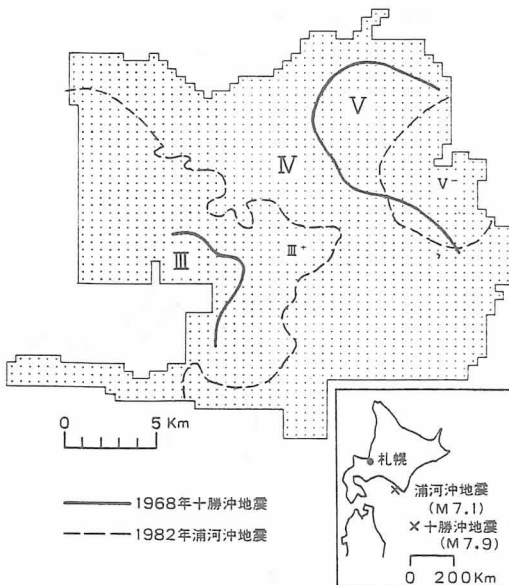
図-3 札幌市の震度分布図 (●：人的被害, ○：構造物被害, △：地盤被害)

震波射出角等), 伝播経路 (距離幾何減衰, 伝播媒質の粘性減衰特性等), 局地的地盤 (地盤増幅特性, 地形の影響等) により特徴付けられ, またこれら種々の要因が複雑に関わり合った結果として地域内震度分布が決まってくる。もしこれらの影響を分離することができるならば理学的にはもちろんのこと。工学的にもたとえば, 将来地震に対する当該地域の予想震度分布作成法開発へと発展することが期待されるなどその意義は非常に大きい。このような観点から, 今回得た震度分布について解析を試みる。

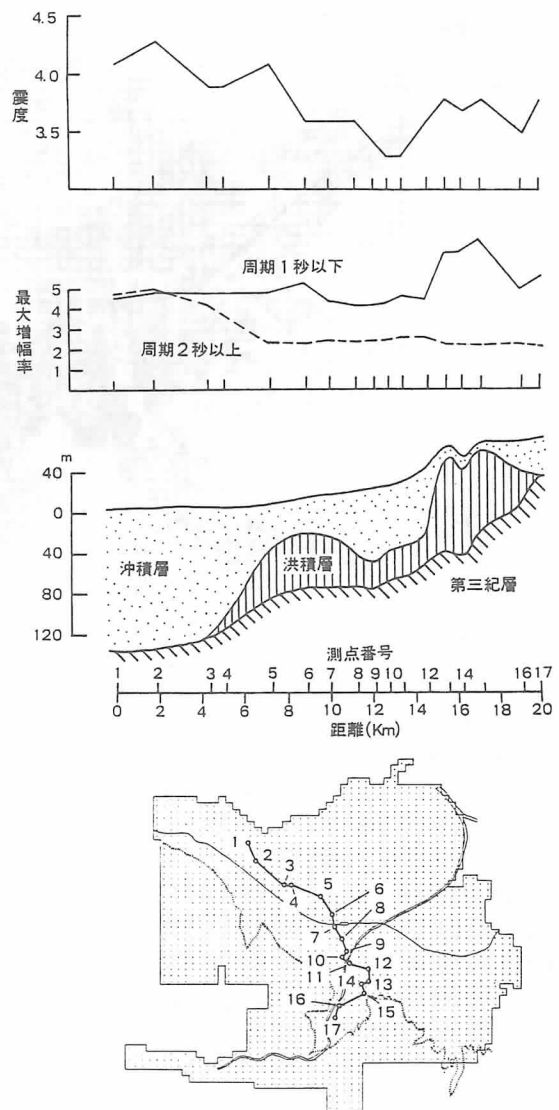
3.1 震度分布の再現性検討

まず, この地震の震源と札幌市の位置関係について考えてみる。札幌市の広がり (約 30 km) に比し震央距離 (約 150 km) がかなり大きいことから第一次近似的には震源・伝播経路による影響は市内全域でほぼ一様とみなしてさしつかえなかろう。そうだとすれば, 当市の震度分布のパターンを特徴付けたのは第三の要因, すなわち局地的地盤効果が考えられる。もしそうであるならば, 過去の地震 (震央距離>市の広がり) を充たすならば) においても同様の分布が期待される筈である。

図一4 は 1968 年十勝沖地震 (M 7.9) の直後に調査された当市の震度分布¹⁴⁾である。同図には本地震による震度分布も重ねて示してある。両分布に共通して市南西部から北東部に向かって震度の増加が見られ, 地震動強さの地域内変化に再現性が確認される。両者間のわずかな食い違いは, 1968 年の調査が今回に比べてかなり粗いものに留まっていたことが一因となっているであろう。両地震が規模・発生場所共に異なることから, 震度の地域内変化を与える主要因として局地的地盤条件を



図一4 震度分布の比較

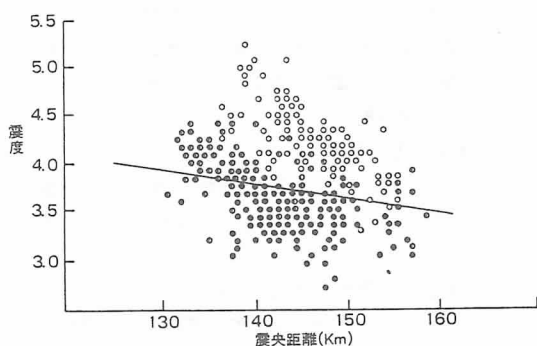


図一5 震度と最大増幅率・地質構造との比較

考えるのが最も適当と推察できる。

札幌市の地震時地盤の増幅性については, 限られた断面についてではあるが, S波の重複反射理論にもとづき求められている¹⁵⁾。これは地盤を成層構造にモデル化し, 市内のボーリング資料 (深さ, 地質年代, 地質区分) からS波速度等を推定して増幅率の最大値を計算したものである。図一5に同断面に沿った最大増幅率・地質構造および浦河沖地震における震度を示す。これから, 沖積層厚の薄いところでは今回得た震度が最大増幅率 (1秒以下の短周期) 変化の様子と良い相関を持っているのが判る。震度の地域内変化がごく表層の地盤条件によって特徴付けられたことが強く示唆されており, 先の推論を支持している。

3.2 震央距離の影響



図—6 震度と距離減衰 (○：軟弱な地盤, ◐：やや軟弱な地盤, ●：硬質な地盤, 減衰曲線はKawasumi¹⁶⁾による)

震度の地域内変化と表層の地盤条件との関係について立ち入った議論に入る前に、震度の距離減衰について若干触れておく。

図—6 は今回の資料にもとづき震央距離と震度との関係をプロットしたものである。同図にはKawasumi¹⁶⁾による震度減衰式

$$I^k = 2M - 4.601 \log \Delta - 0.00166 \Delta - 0.32 \cdots (1)$$

ここに I^k ：気象庁震度

M ：気象庁マグニチュード

Δ ：震央距離 [km]

について $M=7.1$ とした場合の曲線も示してある。この地震の場合札幌市は震央距離 Δ が 130~160 km の範囲にあり、(1) 式によれば 130 km 地点で震度 3.9, 160 km 地点で震度 3.5 となり、距離の違いによる震度差は 0.4 程度とかなり小さな値が推定されるにもかかわらず、距離減衰の傾向が同図より明らかに読み取れる。気象庁による粗い震度表示ではこの差は到底表現し得ず、今回のような高密度・高精度の震度調査で初めてこのような微妙な震度差の評価が可能となってくる。

震央距離の違いが震度に及ぼす影響を除くため

$$\delta I_i = I_i - I_i^k \cdots (2)$$

なる震度差 δI_i を導入する。ここに I_i はアンケートによる震度、 I_i^k は (1) 式から決まる震度である。 i は 500 m 区画番号を示す。周知のように、(1) 式はわが国の平均的地盤における減衰曲線を与えるものとされていることから、 δI_i の正負符号が平均的揺れやすさと比較した時のその地盤の揺れやすさ・にくさを、また絶対値がその程

度を示すものと考えられる。以下この量に注目して表層地盤条件との関係を考察する。

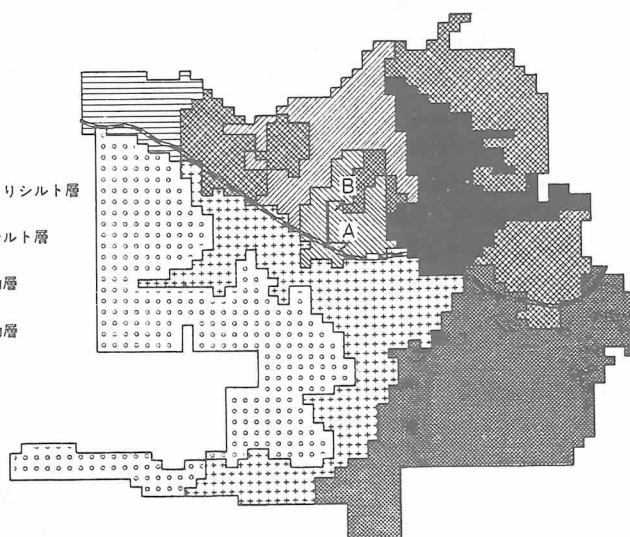
局地地盤効果に関与するであろう土質工学的資料としては地質区分、地質年代区分、地下水位、 N 値、土質密度、層厚等があるが、ここではとくに年代を勘案した地質区分と層厚を考えてみる。資料が市内全域にわたって入手しやすいこともさきながら、これらが空隙率 (void ratio)、粒子間の結合程度 (cementation) 等、土がもつ重要物理量を反映した総合特性量である¹⁷⁾ ことにもよっている。

3.3 表層地質の影響

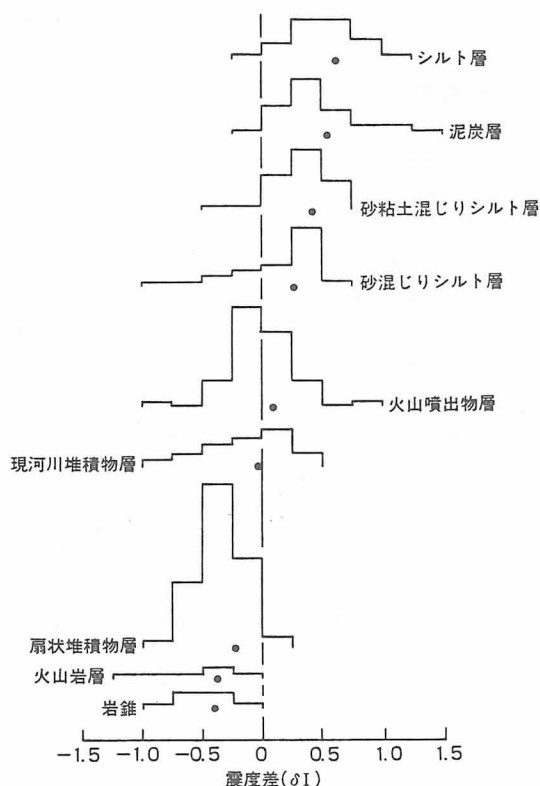
図—6 では各单位区画で得られた震度を表層地質との関係から軟弱な地盤 (泥炭層、シルト層等) および硬質な地盤 (扇状堆積層、火山岩層等) とに分類してプロットしてある。両者間で揺れの違いは明瞭である。そこでこの点をさらに詳しく見るために、まず市内の表層地盤を表—2 のように細分し、その空間分布図を作成した (図

表—2 表層地質の区分

時 代	地 質 区 分 名	構 成 物
第 四 紀	現河川堆積物層	砂・礫・粘土
	泥炭層	泥炭土
	シルト層	シルト
	砂粘土混じりシルト層	シルト・砂・粘土
	砂混じりシルト層	シルト・砂
	扇状堆積物層	砂・礫・粘土・シルト
洪 積 世	火山噴出物層	火山灰質粘土
	岩 錐	礫・砂・粘土
新第三紀	火山岩層	安山岩



図—7 表層地質分布図 (A-B 断面については「3.4 軟弱層厚の影響」の項を参照)



図—8 表層地質と震度差との関係

—7)18)~21)。

札幌市は沖積層が厚く堆積した石狩平野の南部に位置しており、市街地は石狩川支流の豊平川扇状地から北部の低湿地へと広がっている。表層地質分布(図—7)と震度分布(図—3)との相関性は高い。すなわち、揺れの大きかった市北部の地域は泥炭層あるいはシルト層の発達した非常に軟弱な地盤となっている。とくに泥炭層地域の広がりには震度Ⅴの分布に極めて良く一致している。また震度Ⅳ⁺を示す市南東部は洪積世の一部粘土化が進んだ支笏火山群による火山灰等の噴出物堆積層地盤から成っておりやや軟弱な地盤で覆われている。これらの地区では被害も目立っている。一方、揺れの小さかった市中央部は豊平川・琴似川のいわゆる扇状堆積物層地帯であり、砂礫層の比較的締まった地盤からなっている。同様に市南西部は新第三紀の火山岩の露頭をもつ硬質地盤である。揺れやすい地盤と揺れにくい地盤とが国鉄函館本線を境にして分布しているようにみえる。

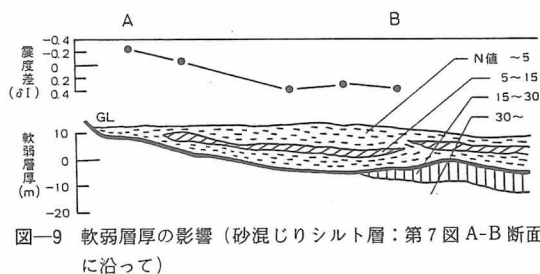
震度差 ΔI の頻度分布を各地質区分ごとに作成した結果を図—8に示す。黒丸はそれぞれの平均値である。粒径の小さい岩質のものほど、また地質年代の新しいものほど揺れやすいといういままでによく知られた事実が、ここでも明瞭に読み取れる。すなわち、表層地質が震度分布を特徴付ける重要な地盤特性要因であることが改め

て確認されたと言える。同時に、われわれのアンケートによる震度調査がこのように細かな地質区分が震度に及ぼす影響を十分に識別できるほどの分解能を有していることの一つの証拠ともなっている。

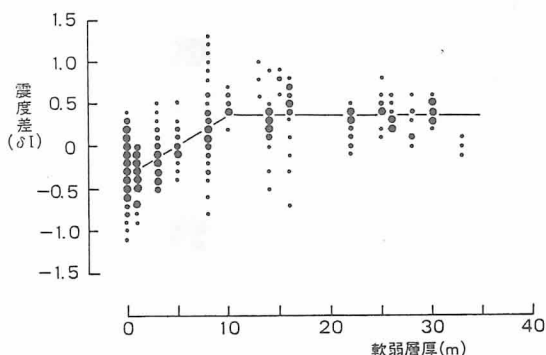
3.4 軟弱層厚の影響

図—9は市北部に広く分布する軟弱地盤である砂混じりシルト層について、図—7のA-B断面に沿ってその層厚と震度差 ΔI についてみたものである。この図から、同一表層地質でも層厚の増加と共に揺れやすくなっていることが読み取れ、表層地盤の軟弱層厚もまた震度分布決定要因の一つとなっていると思われる。市内の軟弱層厚は標準貫入試験による N 値資料²²⁾より求めた。結果的には、地表から N 値が15に達するまでの深さを軟弱層厚と仮定すると震度における層厚の影響が最もうまく表現できるようである。

図—10は全市についてこの意味での層厚を調べ、震度差 ΔI との関係を見たものである。層厚10m程度までは厚さと共に漸次揺れも大きくなっているものの、それ以上では層厚による影響はほとんどみられない。すなわち、震度が観測点直下のごく表層の地盤に強い影響を受けていることを示している。このことは先に短周期(1秒以下)の地盤増幅率と観測された震度とが相関性をものと述べたことと調和的である。



図—9 軟弱層厚の影響(砂混じりシルト層:第7図A-B断面に沿って)



図—10 軟弱層厚と震度差との関係

4. 震度予測式

4.1 予測式の構成

以上の結果を踏まえ札幌市内の任意地点における震度

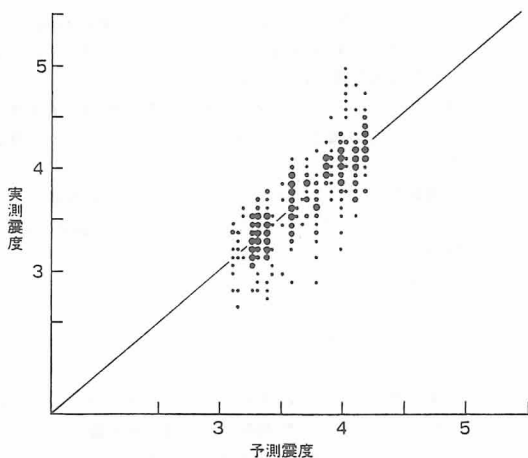


図-11 予想震度と実測値との相関

予測式導出を試みる。今回の調査による全データを使い、説明変数として震源要素（地震規模・震央距離）・表層地質・軟弱層厚を採用し、アンケート震度 I_t を目的変数とする重回帰分析を実行することにより次式が得られる。

$$I_t = f(M, \Delta_i) + \left[\begin{array}{l} 0.256 \text{ シルト層} \\ 0.182 \text{ 泥炭層} \\ 0.050 \text{ 火山噴出物層} \\ 0.040 \text{ 砂混じりシルト層} \\ -0.051 \text{ 砂粘土混じりシルト層} \\ -0.156 \text{ 現河川堆積物層} \\ -0.274 \text{ 扇状堆積物層} \\ -0.396 \text{ 火山岩層} \\ -0.406 \text{ 岩錐} \end{array} \right] + 0.040 H_i \dots\dots\dots (3)$$

表層地質

ここに $f(M, \Delta_i)$ は地震規模・震央位置と気象庁震度との既知関係式であって、当面 (1) 式を使うことにする。 H_i は軟弱層厚 (m) であるが、前述の議論から層厚が 10 m 以上ある場合超過分を無視することにする。右辺後半部 [[表層地質] + [軟弱層厚]] の項がいわゆる地盤特性評価項で、地震の受け皿 (receptor) としてみた地域特性の一つである。図-11 は (3) 式による予想震度と実測値とを比較したものである。重相関係数は 0.83 に達しており、予測実験式としてかなりの実用性が期待できよう。なお、独立変数として表層地質と軟弱層厚のレンジを比較すると、それぞれ 0.6、0.4 となり震度への影響はほぼ同程度の寄与となっていることが判る。

4.2 考 察

震度予測式 (3) は図-1 から判るように、現在住居地に該当する地域の資料より導出された

ものではあるが、市内全域で地質分布 (図-7) 等が判っているので、今回の調査範囲外である非住居地域への (3) 式の適用拡大は十分可能と思われる。予測式適用拡大の必要性は以下の事実によっている。

札幌市は周知のようにわずかに 1 世紀余りにして人口 150 万人を越える急成長をみせた都市である。必然、地震防災の観点から震度予測の対象となる市街地域も爆発的拡大をみせてきた。この経年変化を図-12²³⁾ に示す。この図から、地盤の安定した扇状堆積物層地帯に始まった市街地は次第に南西方向に延び、やがて山裾までいき着くとその後は南東部の火山噴出物堆積層地帯および北部の泥炭・シルト地帯へと広がってきている様子が良く判る。すなわち、札幌市は時と共に地盤条件の悪い地域、いわゆる地震に伴う被災危険性の高い地域へと広がってきている**。しかもその進行速度は近年とみに早まっている。また図-12 には、過去に札幌市周辺で発生した地震²⁴⁾ を黒丸で示してある。この中で最大規模のものは 1834 年石狩湾地震 (M 6.8) である。これらの地震は規模的には中程度であるが、注意すべきことはいわば都市直下型に近い性格を持っていることである。これらの地震が再び発生すれば、札幌市はとくに北部地域において震度 V~VI の大きな揺れに見舞われるであろう。

札幌市ではこのように市街地が軟弱地盤地帯へと急速

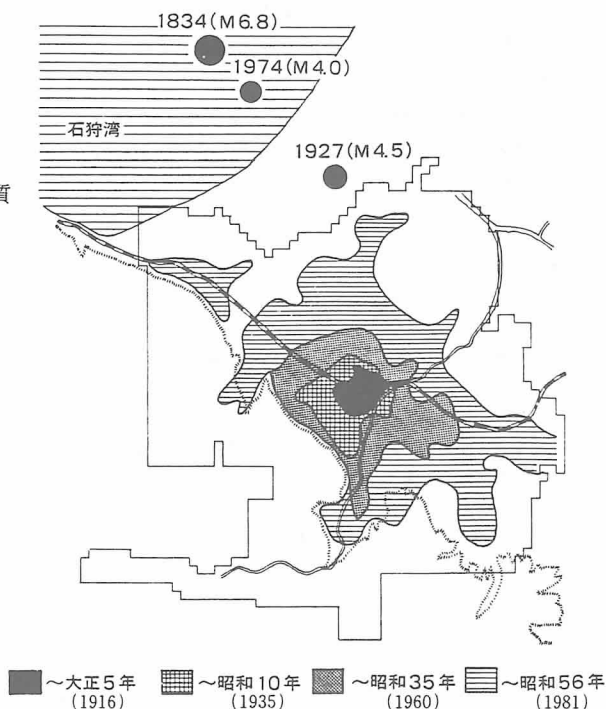


図-12 市街地の広がり周辺の地震環境

** このような傾向は札幌市に限らず、わが国の平野部に位置する都市ではかなり一般的にみられる現象でもある。

に広がってきており、またこの発展方向が懸念される地震活動域に近付くことでもあることから、現在は非住居地区ではあるが将来宅地化も予想されるこれらの地域をも含めた地震予測が、地域地震防災計画の基礎資料としてとくに必要となってくる。この意味で、札幌市全域への適用拡大が可能な(3)式は震度予測式として十分に満足できるものと言えよう。

5. おわりに

1982年浦河沖地震に際して札幌市で行った震度の高密度調査資料をもとに、局地的地盤条件が震度に及ぼす影響について定量評価を試みた。その結果、アンケート調査にもとづく本方法により識別された分布特性が、表層地質区分・軟弱層厚の土質工学的因子を導入することによって相当程度説明できることが判った。また、この結果をもとに実用性の高い震度予測・評価式を構成することができた。このことは本方法がさらに一般に他都市においても十分適用可能なことを強く示唆している。

最後に、この調査研究の遂行にあたり多くの方々への御協力を得た。アンケート用紙の配布・回収には札幌市役所市民防災課・各区役所市民課の方々に大変なお世話になった。アンケートには8,000人を越える札幌市民の方々の協力を頂いた。北海道大学理学部地質学鉱物学科の加藤誠教授には札幌市の地質資料入手に当たり有益な助言を頂いた。当研究室の鏡味洋史、後藤典俊(現室蘭工業大学)の両氏には数多くの議論をして頂いた。これら関係機関・御尽力くださった方々に厚くお礼申しあげる次第である。

アンケート資料の解析は北海道大学大型計算機センター(課題番号1001JY0156, 1001NS0376, 1001FC0267)を利用して行った。

参考文献

- 1) Kanai, K.: Engineering Seismology, Univ. of Tokyo Press, 1983
- 2) 東京都: 東京区部における地震被害の想定に関する報告書, 1978
- 3) 埼玉県: 埼玉県地震被害想定策定調査報告書, 1982
- 4) 千葉県: 昭和56年度千葉県大規模地震被害想定調査(第1次調査)報告書, 1981
- 5) 太田 裕, 後藤典俊, 大橋ひとみ: アンケートによる地震時の震度の推定, 北海道大学工学部研究報告, 92, 117-128, 1979
- 6) 太田 裕: 通信調査による川崎市の地震危険度図(Seismic Zoning Map)の作成, 川崎市の震災予防に関する調査報告書, 4-52, 1974
- 7) 後藤典俊, 太田 裕: 1973年根室半島沖地震の道内震度分布と被害の概要, 1973年6月17日根室半島沖地震調査報告, 257-267, 1974
- 8) 小柳敏郎: 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, Res. Bull. Obihiro Univ., 9, 375-395, 1975
- 9) Syun'itiro Omote, and Hidemori Narahashi: Psychology and Human Behavior at the Time of Large Destructive Earthquakes, Proc. of 7th WCEE, Istanbul 9, 337-344, 1980
- 10) 後藤典俊, 鏡味洋史, 太田 裕: 1982年3月21日の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, 135-144, 1983
- 11) 宮崎雅徳, 久保寺章: アンケート調査による地震震度と都市表層地盤地質との関係, 自然災害科学, 3, 12-21, 1984
- 12) 太田 裕, 鏡味洋史, 後藤典俊, 岡田成幸, 堀田 淳, 大橋ひとみ: 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, 秋田大学, 176-179, 1984
- 13) 野越三雄: 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, 秋田大学, 180-188, 1984
- 14) 北海道大学理学部地球物理学教室: 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, 1968
- 15) 鏡味洋史: 地表の地震動に与える地盤の影響についての一考察, 北海道大学工学部研究報告, 92, 129-139, 1979
- 16) Kawasumi, H.: Intensity and Magnitude of Shallow Earthquakes, Travaux Scientifique, Publ. BCSI, Ser. A, 19, 99-114, 1954
- 17) 太田 裕, 後藤典俊: 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, 1978
- 18) 北海道開発庁: 5万分の1地質図幅説明書, 銭函, 1953
- 19) 北海道開発庁: 5万分の1地質図幅説明書, 定山溪, 1953
- 20) 北海道地下資源調査所: 5万分の1地質図幅説明書, 札幌, 1956
- 21) 北海道地下資源調査所: 5万分の1地質図幅説明書, 石山, 1956
- 22) 北海道地下資源調査所: 北海道地盤地質図 No. 1, 札幌, 1974
- 23) 国土地理院: 都市機能図, 札幌, 1971
- 24) 札幌市市民部防災課: 札幌市およびその周辺の地震活動, 札幌市地震対策基礎調査報告書, 51-70, 1981

SYNOPSIS

UDC : 550.34.042(524 S)

QUESTIONNAIRE SURVEY FOR DESCRIBING MICROZONING CHARACTERISTICS IN TERMS OF SEISMIC INTENSITY

—A case study in Sapporo, Japan—

by SHIGEYUKI OKADA, TADAYOSHI MIYAKAWA, and Dr.
YUTAKA OHTA, Department of Architectural Engineering,
Hokkaido University, Members of A. I. J.

This paper proposes a simple but precise method to estimate the local differences of seismic intensity in an area of moderate-to-large city by an introduction of the questionnaire technique, a case study of which was performed in Sapporo city.

Immediately after a large earthquake which occurred off Urakawa, Hokkaido, on March 21, 1982, a seismic intensity survey by delivering 10,000 questionnaire sheets throughout Sapporo city was conducted and a high-precise isoseismal map was derived. By comparing with the geological data in the area it was found that the obtained intensities are well correlated with surface soil types and are in a good functional relation with soil layer thickness.

Based upon this result an empirical equation for estimating seismic intensity at any point in Sapporo city was also derived. It is

$$I_t = f(M, \Delta) + \begin{pmatrix} 0.256 & \text{silt} \\ 0.182 & \text{peat} \\ 0.050 & \text{volcanic ash} \\ 0.040 & \text{sandy silt} \\ -0.051 & \text{sandy and clayey silt} \\ -0.156 & \text{river deposit} \\ -0.274 & \text{gravel} \\ -0.396 & \text{andesite} \\ -0.406 & \text{talus} \end{pmatrix} + 0.040 H_t$$

soil type

where

$f(M, \Delta) = 2M - 4.601 \log \Delta - 0.00166 \Delta - 0.32$ (Kawasumi, 1945), and

M : magnitude by JMA

Δ : epicentral distance (km)

H : thickness of surface soil (m)

$H = H$, for $H < 10$ m

$H = 10.0$, for $H \geq 10$ m.