

令和 6 年度
東北地域災害科学研究集会
講演予稿集

開催：令和 6 年 12 月 25 日(水) ・ 26 日(木)

会場：山形大学農学部 3 号館

<第2会場>

山形大学農学部 3号館 202 講義室

第1部 12月25日(水) 13:00~14:45

(司会: 佐藤 健 先生)

第2部 12月26日(木) 10:00~12:00

(司会: 大野 晋 先生)

第3部 12月26日(木) 13:30~15:30

(司会: 水田 敏彦 先生)

R6年度東北地域災害科学研究集会 発表プログラム 第二会場（202講義室）

12月25日(水) (202講義室)	【第1部】 司会： 佐藤 健 先生			
	第1部	13:00-13:15	仙台市における帰宅困難者の避難行動に関する考察	○佐藤真真（東北大学大学院工学研究科 都市・建築学専攻）柴山明寛、佐藤健、奥村誠（東北大学災害科学国際研究所）
		13:15-13:30	応急仮設住宅の立地が子育て世代の人口動態に与える影響～宮城県名取市閑上地区、岩沼市玉浦西地区を事例として～	○服部開斗（東北大学工学部）、佐藤健（東北大学災害科学国際研究所）
		13:30-13:45	モバイル空間統計に基づく災害後外部支援者の実効滞在時間の計算方法	○澤村悠里（東北大学大学院）、奥村誠（東北大学災害科学国際研究所）、山口裕通（金沢大学）
		13:45-14:00	降積雪期における歩車混在を考慮した津波避難交通シミュレーション	○堀合紳弥（東北大学災害科学国際研究所）、奥村誠（東北大学災害科学国際研究所）
		14:00-14:15	想定長町-利府断層の地震時における仙台市内の災害拠点病院の医療需給の推定	○久保 公佑（東北大学大学院工学研究科）、佐藤 健（東北大学災害科学国際研究所）
		14:15-14:30	仙台市「杜の都防災力向上マンション認定制度」における申請者とその主体性	○佐藤 健（東北大学災害科学国際研究所）、酒井悠里（東北大学大学院工学研究科）
	14:30-14:45	被災者インタビューの質的分析から考える都市改造型復興～宮城県山元町の事例から～	○岩佐優稀子（東北大学大学院情報科学研究科）	
	14:45-15:00	休憩		
	15:00-17:10	公開講演（301講義室）		

12月26日(木) (202講義室)	9:00～9:50	地区総会（202講義室）		
	【第2部】 司会： 大野 晋 先生			
	第2部	10:00-10:15	Phase velocity of Love waves estimated from array records of rotational components of horizontal microtremors	○李偉璽（岩手大学大学院総合科学研究科）、山本英和・齊藤剛（岩手大学理工学部）
		10:15-10:30	直線アレイで観測された微動記録の共通中点相互相関解析による2次元S波速度構造の推定～陸前高田市における適用例～	中川修太、山本英和、齊藤剛、○大向歩（岩手大学理工学部）
		10:30-10:45	機械学習による東北地方の地震の即時スペクトル予測	○大野晋（東北大学）
		10:45-11:00	東北地方中部におけるHi-netの常時微動記録の地震波干渉法解析による地震波速度変化検出の試み	○田村全（岩手大学大学院総合科学研究科）、山本英和・齊藤剛（岩手大学理工学部）
		11:00-11:15	AS-netで観測された地震記録を用いた地下構造推定に関する試み～自己相関関数解析、レシーバ関数解析の利用～	○高橋優樹仁、宮也晋、山本英和、齊藤剛（岩手大学理工学部）、野口科子（地震予知総合研究振興会）
		11:15-11:30	擬似直線アレイを用いた微動探査の観測・解析方法の基礎的検討	○山本 英和、鈴木 理湖、齊藤 剛（岩手大学理工学部）
		11:30-11:45	干渉SARによる岩木山西側斜面の変位と追子森断層	○道家涼介（弘前大学大学院理工学研究科）、黒澤英樹（応用地質株式会社）
	11:45-12:00	モホの深さを可変にした震源決定の試み	○小菅正裕（弘前大学大学院理工学研究科）	
		12:00-12:45	昼食	
		12:45-13:30	ポスター発表（ポスター掲示会場：102講義室）	
	【第3部】 司会： 水田 敏彦 先生			
	第3部	13:30-13:45	東北地方内陸部で発生した小規模地震のローカルマグニチュードの不確実性	○堀井信之介（弘前大学大学院理工学研究科）、前田拓人（弘前大学大学院理工学研究科）、高野智也（防災科学技術研究所）、平野史朗（弘前大学大学院理工学研究科）
		13:45-14:00	2024年能登半島地震による能登北岸の隆起海岸における津波について	○松富英夫（中央大学研究開発機構）、鎌滝孝信（岡山理科大学）
14:00-14:15		制振間柱を用いたRC造共同住宅の応答制御設計に関する検討	○青木直哉、西田哲也（秋田県立大学）	
14:15-14:30		地震時の応答波形を用いた簡易的な木造住宅の固有周期の推定に関する検討	○田口真衣（秋田工業高等専門学校）、寺本尚史（秋田工業高等専門学校）	
14:30-14:45		教育研究用機器の地震リスク評価手法に関する研究	○吉田亘芳（東北大学大学院工学研究科）、佐藤健（東北大学災害科学国際研究所）	
14:45-15:00		立地ハザード評価と地震応答特性を踏まえた貴重図書地震リスクとその低減に関する研究～東北大学図書館を事例とした分析と評価～	○嶋田瑠美子（東北大学大学院工学研究科）、佐藤健（東北大学災害科学国際研究所）、柴山明寛（東北大学災害科学国際研究所）	
15:00-15:15		1894年庄内地震直後の地域刊行物 - 「山形県震水災概況」を中心に -	○鏡味洋史（北海道大学（名））、水田敏彦（秋田大学地域防災減災総合研究センター）	
15:15-15:30	1964年新潟地震による庄内地方の被害 - 鶴岡市と酒田市で発行された報告書 -	○水田敏彦（秋田大学地域防災減災総合研究センター）、鏡味洋史（北海道大学（名））		

12月26日(木) (102講義室)	ポスター発表 12:45-13:30		
	ポスター-1	令和6年7月下旬に発生した山形県北部豪雨災害について	○本山 功（山形大学理学部）、三辻和弥（山形大学工学部）、熊谷 誠、村山良之（山形大学地域教育文化学部）、橋本智雄、佐藤正成（中央開発株式会社）、岩田尚能、加々島慎一（山形大学理学部）、石垣和恵（山形大学地域教育文化学部）、八木浩司（深田地質研究所）
	ポスター-2	気象庁五所川原市栄町観測点の地下構造推定	○片岡俊一（弘前大学）
	ポスター-3	宮城県内の平地林の東日本大震災後の状況と課題	○横山仁、上田啓瑚、秋田寛己（防災科研）、佐藤健（東北大学災害科学国際研究所）
	ポスター-4	水素燃料電池車による避難所への電力供給の検討	○柴山明寛（東北大学災害科学国際研究所）
	ポスター-5	令和6年能登半島地震における高岡市伏木地区の液状化被害と地盤特性	○三浦篤史（山形大学）、三辻和弥（山形大学）、小國惇浩（山形大学）
	ポスター-6	令和6年7月山形県豪雨における建物・構造物の被害について	○三辻和弥（山形大学）、三浦篤史（山形大学）、小國惇浩（山形大学）、本山 功（山形大学理学部）

<第2会場 202講義室>

— 第1部 (7題) —

司会： 佐藤 健 先生

12月25日(水) 13:00~14:45

仙台市における帰宅困難者の避難行動に関する考察*

東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻 ○佐藤奨真
東北大学災害科学国際研究所 柴山明寛, 佐藤健, 奥村誠

1. はじめに

2011年3月11日14時46分に東北地方太平洋沖地震が発生し、各地で地震等の影響により公共交通機関が停止し、数多くの帰宅困難者が発生した。宮城県仙台市では、地震発生直後から通勤や通学者等の一斉帰宅行動が始まった。各駅周辺では、電車が停止した影響により帰宅ができない人で混雑し、最寄りの指定避難所に帰宅困難者が避難するなどの混乱が生じた¹⁾。仙台市では、これらの課題を受け、平成27年に仙台駅周辺帰宅困難者対応指針を策定し、帰宅困難者用の一時滞在場所の確保や企業や学校の一斉帰宅の抑制などの対策を行っている²⁾。しかし、帰宅困難者の避難誘導は十分に検討されておらず、避難行動の分析を行う必要があると考える。既往研究では、廣井ら³⁾や鈴木ら⁴⁾の研究がなされているものの、季節やイベントによる帰宅困難者数への影響を評価する研究は十分ではない。そこで本研究では、イベントや時間帯による帰宅困難者の発生エリアへの影響を分析し、避難行動について考察した。

2. 帰宅困難者人数の推定方法

本研究では、帰宅困難者人数を推定するために、仙台駅周辺滞留者の内、仙台市外の居住者かつ自家用車以外の交通手段を用いている人を帰宅困難者と定義した。滞留者人数は、モバイル空間統計の人口分布統計データ(2019年)を用いて居住地別の滞留者数を算定した。交通手段に関しては、宮城県令和4年観光客の実態に関するWEBアンケート⁵⁾より居住地別の宮城県観光時の交通手段データを用いた。宮城県内居住者が自家用車を用いる割合は83.5%、宮城県県外居住者が自家用車を用いる割合は52.4%である。モバイル空間統計のデータとアンケート結果を用いて、滞留者のうち、仙台市外の宮城県内居住者の16.5%、及び宮城県外居住者の47.6%を帰宅困難者として人数を推定した。

3. メッシュ毎帰宅困難者人数の推定結果

2019年の仙台七夕まつりの開催日8月8日(木)と、その前週の8月1日(木)の推定結果を比較した。8月1日(木)と8月8日(木)の14時台における500mメッシュ毎帰宅困難者人数の推定結果を図1、図2に示す。1日、8日ともに仙台駅及びアーケード商店街周辺の帰宅困難者人数が多く、最も帰宅困難者が発生するのは仙台駅西口のメッシュ⑬だった。メッシュ⑬の帰宅困難者人数は1日が1,686人、8日が3,470人という結果になり、イベントによる増加は1,784人だった。8日の推定エリア全体の帰宅困難者人数は19,972人であり、1日と比較すると6,877人が増加したが、その半数以上の3,835人が仙台駅及びアーケード商店街周辺のメッシュ⑧、⑬、⑱における帰宅困難者人数の増加だった。8月1日(木)と8月8日(木)のメッシュ毎帰宅困難者人数の時刻変動を表1、表2に示す。夜間と比較して昼間の帰宅困難者人数

* Study on evacuation behavior of people who have difficulties returning home in Sendai City by Shoma Sato, Akihiro Shibayama, Takeshi Sato, and Makoto Okumura

が全体的に多い。また、帰宅困難者が多く発生するエリアがイベント開催時間だけではなく夜間でも、イベントによって拡大していることが明らかになった。

4. 結論

本研究では、メッシュ毎帰宅困難者人数の推定を行った。推定結果より、仙台七夕まつりによってほとんどのエリアで帰宅困難者人数が増加し、特に仙台駅及びアーケード商店街周辺での増加が顕著であることがわかった。また、帰宅困難者が多く発生するエリアがイベント開催時間だけではなく夜間でも、イベントによって拡大していることが明らかになった。これより、イベント時の仙台駅及びアーケード商店街周辺を中心とした帰宅困難者の増加や発生エリアの拡大を考慮した避難誘導や一時滞在場所の確保などの対策を講じていく必要があると言える。

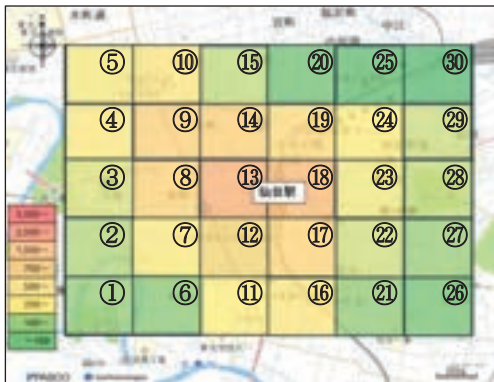


図1 2019/8/1の推定結果(14時台)

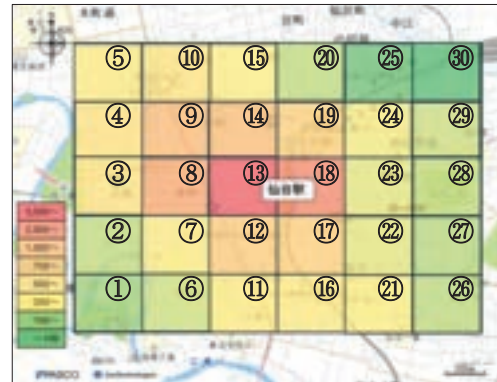


図2 2019/8/8の推定結果(14時台)

表1 2019/8/1の帰宅困難者人数時刻変動

時刻	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	㉒	㉓	㉔	㉕	㉖	㉗	㉘	㉙	㉚
0	20	20	162	385	67	50	52	208	335	90	110	378	501	328	63	139	205	404	341	92	69	147	198	150	31	91	81	116	161	32
2	75	70	109	194	106	57	86	173	295	55	131	320	584	279	40	149	416	307	271	63	115	125	190	124	25	77	106	100	143	29
4	24	36	191	167	89	33	78	176	242	86	151	364	487	291	63	179	260	428	333	78	93	63	192	130	34	87	168	111	128	20
6	49	72	125	153	151	57	88	228	246	99	111	305	469	478	48	149	385	407	344	56	72	74	175	132	53	90	88	187	149	55
8	45	120	188	231	207	83	163	440	438	283	238	488	897	512	189	253	493	859	406	50	84	190	196	184	38	83	116	124	177	35
10	51	179	267	365	348	105	309	819	668	551	346	717	1326	716	211	407	607	1020	483	133	156	204	333	180	57	81	149	124	174	26
12	119	159	190	448	317	106	367	902	859	431	277	873	1900	838	218	306	1011	1556	573	87	154	246	303	154	45	75	112	163	182	66
14	128	173	240	433	285	108	361	875	897	507	316	827	1686	927	197	466	818	1488	670	70	123	220	279	300	48	80	131	198	212	33
16	82	145	304	384	284	104	283	881	760	498	358	733	1648	822	197	369	764	1416	599	93	124	185	265	182	67	120	158	173	208	71
18	46	94	334	391	166	77	212	707	708	296	226	574	1794	788	127	248	663	1427	508	100	131	203	218	171	23	109	159	161	144	31
20	79	66	307	343	111	116	102	622	742	117	192	365	1408	670	55	245	406	954	359	44	112	131	154	189	51	87	139	117	102	47
22	30	87	229	321	70	45	73	299	658	60	240	359	785	509	110	186	319	541	339	76	129	65	159	134	65	115	89	133	121	43

表2 2019/8/8の帰宅困難者人数時刻変動

時刻	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	㉒	㉓	㉔	㉕	㉖	㉗	㉘	㉙	㉚
0	82	103	177	388	163	39	122	231	429	104	165	400	597	394	100	358	454	449	401	74	108	118	205	208	56	122	95	205	92	26
2	62	92	177	357	75	49	57	234	404	152	184	420	543	633	147	239	442	423	412	71	119	145	193	142	78	81	132	204	132	43
4	80	75	206	240	157	86	99	273	371	186	219	392	751	452	122	322	389	535	370	182	146	206	208	242	86	139	206	299	227	65
6	70	103	239	410	82	70	74	279	409	134	207	565	750	510	186	265	504	603	448	142	153	135	237	272	107	160	88	197	189	31
8	38	145	218	295	286	142	184	480	555	300	234	609	1337	680	260	397	638	944	715	147	184	209	300	210	91	209	169	267	197	87
10	165	253	406	435	384	188	384	1077	974	538	361	1086	1889	1032	303	470	784	1778	623	114	169	227	408	248	122	152	169	164	279	98
12	239	233	476	616	336	195	352	1855	1542	583	347	957	3132	1290	310	397	978	2472	939	146	166	303	338	290	165	180	119	166	214	83
14	144	195	524	570	356	214	379	1847	1467	558	397	1072	3470	1374	333	429	983	2569	944	194	292	255	279	253	64	188	177	195	198	53
16	168	273	466	511	274	173	350	1505	1256	629	346	1106	3298	1324	295	546	1153	2816	978	150	106	201	345	249	40	86	139	327	189	56
18	74	196	359	516	190	145	258	1315	1257	335	386	859	2645	1039	186	216	823	2296	842	105	152	196	272	252	61	109	154	211	141	63
20	97	142	418	509	140	98	252	892	1367	378	246	548	1937	851	208	259	561	1464	603	103	124	113	193	142	62	129	121	204	106	60
22	74	110	298	488	98	59	150	553	907	130	151	452	1093	553	149	177	497	923	567	294	120	136	319	174	75	156	148	152	141	67

参考文献

- 1) 仙台市, 帰宅困難者対策, <https://www.city.sendai.jp/anzensuishin/kurashi/enzen/saigaitaisaku/torikumi/kitaku.html>, 2024年4月23日.
- 2) 仙台駅周辺帰宅困難者対策連絡協議会, 仙台駅周辺帰宅困難者対応指針, <https://www.city.sendai.jp/anzensuishin/kurashi/enzen/saigaitaisaku/torikumi/documents/sendaikishishin0607.pdf>.
- 3) 廣井悠・関谷直也・中島良太・藁谷峻太郎・花原英徳: 東日本大震災における首都圏の帰宅困難者に関する社会調査, 地域安全学会論文集, No.15, pp.343-353, 2011.
- 4) 鈴木俊博・山下仁・寺田雅之: モバイル空間統計の防災計画分野への活用, NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル, Vol. 20, No. 3, pp.34-40, 2012.
- 5) 宮城県, 令和4年観光客の実態に関するWEBアンケート, <https://www.pref.miyagi.jp/documents/12827/r4.pdf>.

応急仮設住宅の立地が子育て世帯の人口動態に与える影響

～宮城県名取市閑上地区，岩沼市玉浦西地区を事例として～*

東北大学工学部 ○服部開斗
東北大学災害科学国際研究所 佐藤健

1. 背景と目的

2011年3月11日に起きた東日本大震災において、被災地の多くの地域で人口流出が起きたという事は周知の事実である。そして、子育て世代の人口流出はその地域の持続的な復興及び発展に大きな影響を与えるものであり、いかにしてそれを抑えるか、というのが復興まちづくりにおける大きな課題である。本研究が対象とする名取市閑上地区と岩沼市玉浦西地区は同じく沿岸集落が大きな被害を受けた地域ではある。だが、復興までの過程は異なり、人口の流出は閑上地区のほうが多く、その地区の小学校の生徒数推移の傾向も全く異なるものとなっている。今回は、被災者が初めに入居する応急仮設住宅に着目することで、名取市閑上地区と岩沼市玉浦西地区における子育て世代の人口動態の実態を明らかにし、比較を行うことが目的である。

2. 閑上地区，玉浦西地区の事例

閑上地区は震災において甚大な被害が出た地域の一つであり、閑上地区沿岸部の海岸から1km以内に立地していた家屋のほとんどが流出するなど、壊滅的な被害を受けた。住民の多くは名取市愛島地区の愛島東部団地，箱塚団地，館腰地区の植松入生団地の三つの建設型応急仮設住宅団地と、名取市の人口密集地である増田地区，増田西地区に多くある借り上げ仮設に入居しており、仙台市の借り上げ仮設に入居した住民もいる。閑上小学校は被災後、同じく被災した閑上中学校とともに、市内の不二が丘小学校に間借り移転したのち、2013年に不二が丘小学校近くの十三塚運動公園敷地内に仮設校舎を作り学校経営を続けた。玉浦西地区は岩沼市沿岸部の6つの地域が被災したため、防災集団移転促進事業（防集）を行ったことでできた地域である。この6つの地域の被災者の多くは里の杜地区できた建設型応急仮設住宅と、人口密集地である岩沼駅東側周辺の借り上げ仮設に入居したと考えられる。

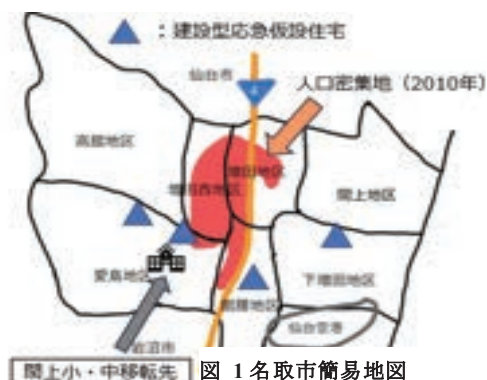


表 1 応急仮設住宅戸数

	建設型応急仮設	借り上げ仮設
名取市	889 戸	455 戸
岩沼市	384 戸	179 戸

3. 小学校の生徒数推移について

閑上小学校の生徒数に関して、震災後の2017年には53人まで減少しており、本来の傾向か

*A Study on the Influence of the Location of Emergency Temporary Housing on the Demographics of the Child-Rearing Generation: A Case Study of Yuriage District, Natori City, Miyagi Prefecture and Tamaura-nishi District, Iwanuma City, Miyagi Prefecture by Kaito Hattori and Takeshi Sato

ら予測される人数とは186人の差がある。在校生の転校はさほどなく、新入生が激減したために、ここまでの生徒数の減少となった。玉浦小学校の生徒数は、閑上小学校の生徒数推移と異なり、震災による減少がほとんどなく、防集の完了した2014年からは生徒数が大幅に増加している。震災後最も減少した2013年の312人も、本来の傾向から予測される人数とはほとんど差がなく、この二つの地域の子育て世代の人口流出量の差が大きいことがわかる。

4. 両地域の応急仮設住宅の立地比較

震災によって移転した閑上小学校付近には、応急仮設団地が存在していたものの、他の応急仮設住宅は徒歩圏内ではない。スクールバスが各応急仮設住宅の付近を回り、生徒が通えるようにはなっていた。玉浦小学校に関しては、小学校そのものは移転を行わずその場で再開され、応急仮設住宅団地は一か所にまとまっており、そこからスクールバスや集団登下校で通っていた。応急仮設住宅団地の付近に他の小学校は存在していたものの、その小学校に生徒が流れることはほとんどなかった。

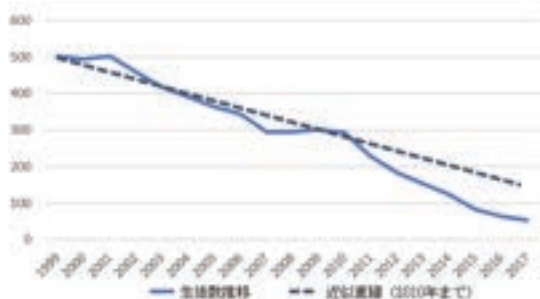


図 2 閑上小学校生徒数推移

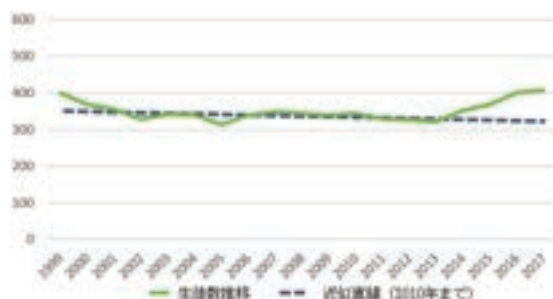


図 3 玉浦小学校生徒数推移

5. 考察

二つの小学校を比較してわかるのは、小学校に通う点で問題である距離は両校ともスクールバスで解決されており、距離がネックになっていないと考えられる。そして、異なっている点としては、小学校が移転されたかどうか。そして、閑上地区の被災者がバラバラの応急仮設住宅団地に入っている一方、岩沼市の応急仮設住宅団地は一か所にしか存在しなかったという点である。仮設住宅団地がまとまっていることで、元の地域からのコミュニティが維持され、同じ小学校に通いやすくなることが考えられる。名取市のように仮設住宅団地がバラバラに存在している場合、まとまっている場合よりもコミュニティの維持は難しくなると考えられる。借り上げ仮設に入居した場合、元の地域でのコミュニティが薄れ、入居した地域の新しいコミュニティが生まれるため、元居た地域の小学校に入学する可能性は低いと考えられる。この点を考慮すると、借り上げ仮設を少なくし、建設型応急仮設を一か所にまとめて作ることで子育て世代の人口流出は防げる可能性が高いという事が考えられる。

6. まとめ

応急仮設住宅の規模、立地、形態、小学校の被災状況が異なり、応急仮設住宅の近年の傾向として借り上げ仮設が多くなっている現状を考えると、子育て世代の人口流出対策は今後の災害復興においてよりいっそう重要になってくることが予想される。

参考文献

1) 米野史健:宮城県の借り上げ仮設住宅における入退居時の市町村間移動の実態,日本建築学会計画系論文集,第 83 巻,第 748 号,pp.1091-1098,2018

モバイル空間統計に基づく災害後外部支援者の 実効滞在時間の計算方法*

東北大学大学院 澤村 悠里

東北大学災害科学国際研究所 奥村 誠

金沢大学 山口 裕通

1. はじめに

大規模災害後の復旧・復興における外部支援者の重要性が認識されているが、令和6年元旦に発生した能登半島地震では、貧弱な道路網の寸断と復旧の遅れにより外部支援者の受け入れが困難となり「静かすぎる被災地」とも呼ばれた。復旧活動の改善を図る上では、外部支援者の受け入れ状況を早急に把握することが役立つと考えられる。本研究は現地計測や調査が困難な状況下でも時間ごとの人口分布を把握できるモバイル空間統計¹⁾を用いて、外部支援者の活動が可能な時間である実効滞在時間を、準リアルタイムに計算する方法を提案する。

モバイル空間統計人口分布データから、メッシュごとに被災地外居住者の滞在人数が1時間ごとに得られる。この全滞在者の中には、当該メッシュに到着後支援活動を行うことが可能な状態にある人（実効滞在者）のほかに、当該メッシュ以遠に移動する途中の人々（移動者）が含まれる。そのため、人口分布データを集計した全滞在時間を、実効滞在時間と移動時間に分割することが必要となる。本研究では、交通工学の累積図を拡張して両者を分割する。なお、被災地内での宿泊ができず、午前中に被災地内に流入し、日中の活動終了後に被災地外に流出するという往復の移動を行う被災地外居住者を対象とする。

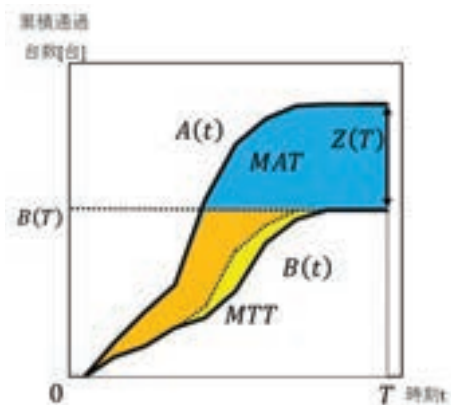


図-1 実効滞在時間が最小の分割

2. 標準的な累積図とその拡張

一方向に車両が流れる道路上で、地点を通過した累積車両台数を時間に対してプロットした図を累積図という。全車両が2地点間を通過する標準的な場合には、2つの累積曲線間の面積は地点間通過車両の総移動時間[台・時]に等しいことが知られている²⁾。

本研究では途中で移動を完了する車両が存在する場合への拡張を行う。地点ABの累積図を $A(t)$ 、 $B(t)$ とすると、両者の間の面積は、地点AB間に目的地が存在する車両が目的地到着後の実効滞在時間[台・時]と地点

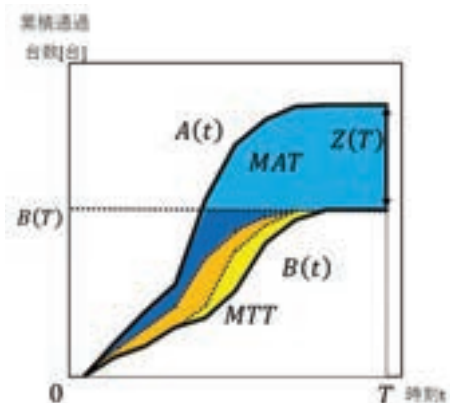


図-2 実効滞在時間が最大の分割

*A method for calculating the effective time spent by external supporters after a disaster based on Mobile Spatial Statistics by Yuri Sawamura, Makoto Okumura and Hiromichi Yamaguchi

AB間を通過する車両の移動時間 [台・時]の和となるが、その構成比は両者の車両の流入の順序に依存する。目的地が遠い車両から順に地点Aを通過する場合、累積図は図-1 のようになり、青色で示した実効滞在時間は最小となる。また、どの目的地に向かう車両も時間的に一様に出発する場合の累積図は図-2 のようになり、実効滞在時間は2つの青色で示した部分の和で表され、全車両が一方向に移動し逆行はないという仮定のもとでの最大値を与える。実効滞在時間の真の値はこれらの2つの極端値の範囲内に存在する。

3. ゾーン累積図

令和6年能登半島地震による被害を大きく受けた石川県輪島市、珠洲市、七尾市、能登町、志賀町、穴水町の6市町を対象地域として分析を行う。外部支援者数はモバイル空間統計の各メッシュの総人口から6市町居住者の人口を差し引いた値を与える。

図-3のように外部支援者の移動方向を考慮して、対象地域内の500mメッシュを2kmごとのゾーンに集約する。あるゾーンに向かう外部支援者は、その手前のゾーンの境界線を順に通過する必要があることから、単路における累積図に対応する図-4のようなゾーン累積図を作成できる。具体的には各ゾーンの存在人口を最遠ゾーンから順に積み上げ、夜間人口除去の補正と逆行除去の補正を施す。

このゾーン累積図を用いて、実効滞在時間が取りうる範囲を求めることができる。

4. おわりに

以上、時間帯別の人口分布が得られるモバイル空間統計から、災害後の外部支援者の実効滞在時間を計算する方法を提案した。計算結果は講演時に示す。

謝辞

モバイル空間統計データの使用にあたり、東北大学災害科学国際研究所、災害レジリエンス共創研究センターの支援を受けた。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) NTTドコモ：モバイル空間統計とは、<https://mobaku.jp/about/>
- 2) 桑原雅夫：交通流理論 - 流れの時空間変化をひも解く,一般社団法人交通工学研究会, 2020.

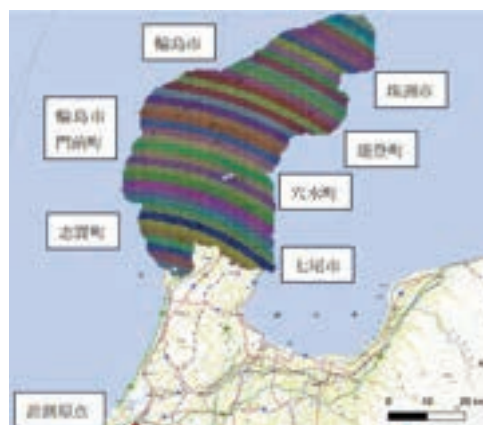


図-3 対象地域メッシュのゾーン集約

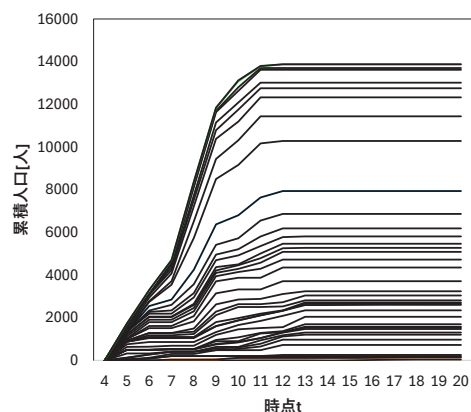


図-4 ゾーン累積図

降積雪期における歩車混在を考慮した津波避難交通シミュレーション*

東北大学災害科学国際研究所 堀合 紳弥

東北大学災害科学国際研究所 奥村 誠

1. はじめに

2011年東日本大震災以降、沿岸部の自治体では、防潮堤や避難階段などの整備によるハード面、車両避難の在り方などのソフト面の双方から、津波防災対策の見直しが求められてきた。さらには、令和2年以降、千島・日本海溝地震による浸水想定および被害想定公表を受け、地域防災計画や津波避難計画の改定が進められている。公表された被害想定では、想定海溝近辺の地域特性として、積雪寒冷地特有の課題である冬期積雪時での避難による被害想定も組み込まれている。これまで津波避難計画においては、避難可能距離や避難困難地域(図-1)¹⁾を算出し、対象とする津波が発生した際の、地域の避難行動の目安としてまとめられている。例えば、津波浸水シミュレーション結果に基づく津波到達予想時間から、避難開始時間を差し引いた移動可能時間に、歩行速度を乗じて計算された距離などを用いている。しかし、これらの避難に係る時間や距離の算出の際は、基本的には他からの交通障害は考慮せず、スムーズな交通流が可能な状態での検討が行われている。実際の避難過程においては、歩車道が分離されている道路構造の路線だけではなく、歩道が整備されていない住宅街などの街路も避難路となり、歩行者と走行車両が同一空間(路線)上に存在するため、相互を意識した歩行・走行が求められる。さらに、冬期には積雪等の発生により、平時よりも歩行者の車道利用が増加し、相互影響を無視できない状態になると予想される。そのため、円滑な交通流とは言えない動きが各地で発生することが考えられる。従って、実際の避難環境に近い条件での避難計画を検討するためには、道路空間上での歩車混在による個々の影響を十分考慮する必要がある。



図-1 地区別避難計画図の一部

2. 本研究の目的

歩車間の影響による車両の走行性の低下などマイクロな相互作用を考慮し、津波到達予想時刻での避難地点への到達を検討するための、エージェントベース津波避難交通シミュレーションモデルを構築する。また、構築したモデルにより、夏期および冬期での想定条件を設定した計算を行う。積雪や堆雪による幅員減少に伴う、歩車相互影響の増大が懸念される時期での避難条件では、全体の交通流にどのような影響が生じ、夏期想定での避難完了数に対してどの程度変化するかを、シミュレーション結果から考察する。

* Tsunami evacuation traffic simulation Considering Mixed Pedestrian and Vehicle Traffic in Snowy Season by Shin-ya Horiai and Makoto Okumura

3. 計算方法および概要

道路空間上での、歩行者と車両の個々の接近や、相互作用を表現するため、Wang et al.(2016)の避難モデル²⁾でも採用されているマルチエージェントシステム“NetLogo6.4.0”を用いて、エージェントベースでの避難交通モデルを構築する。

具体的には、計算対象とする地区内の建物立地上に居住1世帯/エージェントを表したエージェントポイントを配置していく。エージェントは歩行・車両ごとに与える避難開始時間を迎えると、順次道路ネットワークに到達し、避難を開始する。エージェントはA*アルゴリズム法による最短経路探索をしたうえで、避難目標地点を決定する。

避難中はGM追従モデル(式(1))³⁾により、先行するエージェントとの距離と速度差を計測しつつ、加減速を繰り返す、避難目標地点へと進む。目標地点は、歩行者は直近の避難施設(図-2中：赤×以外)、車両は高台や内陸部の安全地点(図-2中：赤丸)としている。これは、“やむを得ない場合の車両避難は安全な地点を目指す”，という自治体で検討が進められている実態を考慮するものである。また、冬期の市街地環境を考えた場合、路肩等への積・堆雪による幅員減少で、歩車間の相互作用は夏期に比べ、大きくなると考えられる。そのため、夏期および冬期を想定したケースを実施し、避難目標地点への到達状況について、計算・比較する。



図-2 避難経路(黒線)および避難目標地点(○印)

$$\alpha(t+T)=\lambda\Delta V(t) \quad \cdots(1)$$

ここに、

α : 加速度

t : 時間

T : 反応時間

λ : 感度定数

ΔV : 相対速度

4. おわりに

本稿では、歩車の相互作用を考慮したエージェントベース津波避難交通シミュレーションを構築し、夏期および冬期の想定条件を考慮したうえで、避難行動に対する歩車混在空間での影響を計算するものである。計算結果の詳細については、講演時に示す。

5. 参考文献

1) 八戸市役所：八戸市津波避難計画

https://www.city.hachinohe.aomori.jp/soshikikarasagasu/kikikanrika/keikaku_plan/4435.html. 2022.

2) Wang, H., Mostafizi, A., Cramer, L. A., Cox, D., & Park, H.: An agent-based model of a multimodal near-field tsunami evacuation: decision-making and life safety. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 64, 86-100. 2016.

3) T. V. Mathew: *Transportation Systems Engineering*, 2014.

4) 内閣府 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討WG：被害想定手法について。2020.

想定長町-利府断層の地震時における 仙台市内の災害拠点病院の医療需給の推定*

○東北大学大学院工学研究科 久保 公佑
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

1. はじめに

長町 - 利府断層を震源とする地震が発生すると仙台市では局地的な多数の重傷者の発生, 医療機関の被災が予測される。仙台市内での想定負傷者数は宮城県全体の約 86%であり、宮城県沖地震(連動型)の約 22%と比較しても局地的に大きな被害が予測される¹⁾。そして被災域内の災害拠点病院の医療需要と医療供給は不均衡になる。重傷者には発災から 72 時間以内の医療供給が推奨されており, 限りある医療資源の効率的な使用のための対策が必須となる。そこで事前に対象地震時での災害拠点病院の医療需給を予測することで, 効果的な対策の策定に寄与できると考える。本研究では長町-利府断層の地震時における仙台市内の各災害拠点病院の医療需要と医療供給を推計し, 負荷の大きくなる災害拠点病院と課題を明らかにした。

2. 研究手法

医療需給の評価手法に関しては一部先行研究²⁾³⁾を踏襲し, 各災害拠点病院の医療需要量を重傷者受診数[人], 医療供給量を ICU(HCU)病床数[床]と定義して推計した。医療需要量の推計では, まず災害拠点病院ごとに圏域をボロノイ分割により定め, 圏域内で発生する重傷者数を推計して災害拠点病院の重傷者受診数とした。その際, 市区町村ごとの重傷者率(想定重傷者数/推計人口⁴⁾)と, 圏域に属する市区町村の人口の積を 500m メッシュごとに計算し, 総和を重傷者数とした。医療供給量は各災害拠点病院が所持する ICU(HCU)病床数とした。その際, 災害拠点病院の被災リスクの大小も医療供給量を決定する要素であると考え, 被災状況を病院ごとに I, II, IIIの3段階で下記のように設定した。各推計値から下記の(式 1)で医療需給比を推定した。医療需給に関して, 2 パターン(河川横断可, 不可)×3 ケースの 6 通りで評価した(表 1)。

I : 医療機能停止(使用病床数 10%)

II : 医療機能低下(使用病床数 50%)

III : 医療機能継続(使用病床数 100%)

$$\text{医療需給比[人/床]} = \frac{\text{重傷者受診数 [人]}}{\text{ICU(HCU)病床数 [床]}} \cdot \cdot \cdot \text{(式 1)}$$

表 1 : 医療需給の推定の際の想定ケース

	河川横断可	河川横断不可
被災リスク固定 (全ての病院がⅢランク)	(ア)	(イ)
被災リスク変動①(断層帯近くの3病院がⅡランク,他Ⅲランク)	(ウ)	(エ)
被災リスク変動②(断層帯近くの3病院がⅠランク,他Ⅱランク)	(オ)	(カ)

*Estimation of medical supply and demand at disaster base hospitals in Sendai city assumed earthquake of Nagamachi-Rifu fault by Kosuke Kubo and Takeshi Sato.

3. 結果と考察

災害拠点病院の医療需給比の推定結果のうちケース(A), (イ), (ウ), (エ)の結果のみ抽出し図1に示した。B病院とF病院では想定ケースに関わらず、医療需給比が相対的に大きくなる事が分かる。(目安値は5.0⁶⁾) 図2から河川の横断ができない場合ではD病院への受診数は減少しC病院への受診数は増加している。断層帯近くの病院の医療機能が低下する場合(ケース(ウ), (エ))では、断層帯の近くのC, D, G病院の医療需給比も目安値の5.0を超える。

重傷者受診数の多いB病院の重傷者向け病床数は8床と比較的少なく負荷が大きくなるため、距離の近いA病院との密な連携が求められる。また断層帯近くのC, D, G病院は広域的な搬送路を事前に複数決定する必要度は高いといえる。建物の被災状況次第で災害拠点病院の負荷と生じる課題は変わるため、複数パターンでの対策を検討すべきと考える。

4. まとめと今後の課題

長町 - 利府断層を震源とする地震時において、仙台市内の負荷の大きくなる災害拠点病院と課題を明らかにできた。災害拠点病院を中心とした圏域をボロノイ分割で設定し、圏域内で発生する重傷者数を受診数としたが、今後は最短経路から圏域を設定する必要がある、加えて重傷者の分布を考慮した重傷者受診数の推計を行う必要がある。

災害時には仙台市外の病院への搬送が行われ続けるため、搬送能力も災害拠点病院の「医療供給」の評価指標に入れるべきと考える。加えて、平時の入院患者数も災害時の医療供給に影響を与えるため、実践的な推定のために考慮する必要がある。建物の被災リスクは、免震構造の有無や過去の地震時の被災状況等も検討することで「医療供給量」をより詳細に推計できる。

参考文献

- 1) 宮城県防災会議地震対策等専門部会, 宮城県第五次地震被害想定調査報告書, 令和5年11月
- 2) 森村ほか: 地域災害医療計画策定のための新たな災害医療需給均衡指標(災害医療リスクリソース比)の導入, 日本災害医学会, Vol.21, No.1, pp.10-17, 2016
- 3) 鏡味ほか: 地震時の地域分断を想定した医療施設配置のボロノイ図による評価, 日本建築学会技術報告集, No.21, pp411-414, 2005年6月
- 4) 国土数値情報ダウンロードサイト(<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>)
- 5) 各災害拠点病院ホームページより抜粋(2024/11/13現在)
- 6) 厚生労働省: 災害拠点病院指定要件, 令和5年2月28日

表2: 災害拠点病院のICU(HCU)病床数⁵⁾

災害拠点病院	A	B	C	D	E	F	G
病床数(ICU, HCU)	30	8	30	20	14	6	16

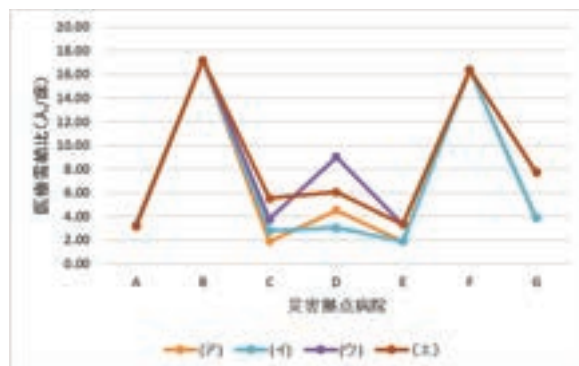


図1: 災害拠点病院の医療需給比

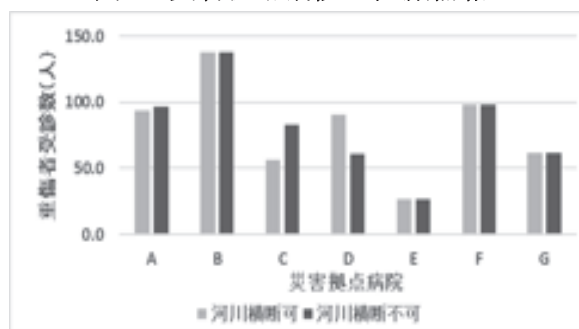


図2: 災害拠点病院の重傷者受診数

仙台市「杜の都防災力向上マンション認定制度」における申請者とその主体性*

東北大学災害科学国際研究所 ○佐藤 健
東北大学大学院工学研究科 酒井悠里

1. 背景と目的

仙台市は、「杜の都防災力向上マンション認定制度」を平成 25（2013）年度から運用している¹⁾。「防災性能」と「防災活動」に関する項目からなる認定基準によりマンションの防災力が認定される。また、継続的な活動を後押しするために、評価を段階的に高めていける制度としていることや、平常時からの「地域の避難所運営委員会事前協議等への参加」や「地域の防災訓練への参加」の評価項目を設け、単に良質な住宅ストックの形成だけでなく地域コミュニティとの連携を促進していることが東日本大震災の教訓を踏まえた特徴にもなっている。

そこで、2024 年 7 月までに認定された全 64 件のデータ分析から、現状と課題を述べる

2. 認定基準の概要

「防災性能」、「防災活動」は図 1 に示す認定基準で評価される。取り組みの内容や活動段階などにより、それぞれ星の数（最大 3）で認定され、防災性能と防災活動の全ての項目に取り組んだ場合は、最大 6 となる。なお、防災性能と防災活動は、個別に認定を受けることができる。認定マンションのインセンティブは特になく、認定証が交付される。



3. 認定マンションのデータ属性と着眼点

認定マンションのデータ属性は、以下の 15 項目から構成され、仙台市のホームページ上で公開されている。①認定番号、②防災性能の星の数、③防災活動の星の数、④マンション名称、⑤戸数、⑥構造種別および建物階数（免震構造の採否を含む）、⑦所在地（住所）、⑧防災性能に関する申請者、⑨防災活動に関する申請者、⑩建築年、⑪防災性能に関する認定日、⑫防災性能に関する計画認定日、⑬防災活動に関する認定日、⑭防災活動報告書提出日、⑮その他の防災上の取り組み。

なお、昭和 56 年 6 月 1 日以降に建築確認済みの新築マンションについては、建築工事の完了前に認定の申請ができる（⑫計画認定）。

本報告における主な着眼点は、認定マンションにおける免震構造の採否、防災性能および防災活動に関する申請者であり、その累積認定件数の年推移から認定状況を分析する。

4. データ分析結果の概要と考察

令和 4 年末時点で約 1,500 棟²⁾の分譲マンションが存在する中、制度開始から 10 年が経過し、64 件の認定に留まっている状況がメディアで指摘され³⁾、近年では認定ペースが初期との比較で鈍化していると言える。

免震構造の採否による認定件数の年推移を図 2 に示す。初期は非免震の認定件数が免震を上回り、最近ではほぼ同数となっている。

* Applicants and its subjectivity in the disaster risk reduction certification system for condominiums in Sendai city by Takeshi Sato and Yuri Sakai

図2に示した非免震の認定マンション33件について、申請者の内訳を図3に示す。申請者が不動産開発業者の場合は僅か3件である一方、30件(90.9%)がマンション管理組合または当該マンションで結成した町内会が申請者となっている。すなわち、居住者による取組の主体性が確認できる。

図2に示した免震の認定マンション31件について、申請者の内訳を図4に示す。この場合は図3の傾向とは逆に、申請者がマンション管理組合またはマンションで結成した町内会の場合は7件と少数である一方、24件(77.4%)の申請者が不動産開発業者となっている。なお、24件中、23件が建築確認申請による計画認定であり、24件中23件の防災性能が満点の高評価である一方、その24件全てで防災活動の認定が全くない状況から、居住者による取組の主体性を確認することができない。ただし、免震の認定マンションであっても、例えば「ザ・センタータウンズパラッショ小田原式番館」⁴⁾のように、マンション管理組合による取組の主体性を持つ認定マンションが増えていくことは地域社会にとって極めて有益であると考えられる。

5. まとめ

2024年7月までに認定された全64件のデータについて、免震構造の採否、防災性能および防災活動に関する申請者に着目して認定現状を分析した。免震マンションで申請者が不動産開発業者の場合は、居住者が入居する前の「計画認定」が大部分であり、認定内容は「防災性能」のみであり、入居した後に活動主体の移行が全く行われていない状況がわかった。

仙台市の「地区避難施設(がんばる避難施設)」^{5),6)}や「マンション管理計画認定制度」、マンション管理業協会の「マンション管理適正評価制度」など既存の別制度も運用されている中、それらにも防災の関連性が存在することから、複数制度の連携取組による発展可能性が考えられた。

参考文献

- 1) 仙台市：杜の都防災力向上マンション認定制度－震災に強いまちを目指して－
<https://www.city.sendai.jp/mansion/kurashi/machi/sumai/bunjo/bosai/morinomiyako.html>
- 2) 仙台マンション管理適正化推進施策検討委員会(第1回)：本市のマンションに係る現状と課題を踏まえた検討の方向性について(資料3), 令和6年4月23日
- 3) 河北新報：防災マンション認定低迷, 2022年6月8日
- 4) マンション座談会「マンションと防災：どう行動し、どう備えるか～東日本大震災などの災害の教訓から学ぶこと」
https://www.city.sendai.jp/mansion/kurashi/machi/sumai/bunjo/kanri/documents/2_zadankai.pdf
- 5) 酒井悠里, 佐藤 健：仙台市のがんばる避難施設に着目したマンション防災力の評価, 自然災害科学, Vol.41, 特別号, pp.55-64, 2022年10月
- 6) 佐藤 健：仙台市「杜の都防災力向上マンション」とマンションタイプの「がんばる避難施設」との連携効果, 令和5年度東北地域災害科学研究集会講演予稿集, 2023年12月27日

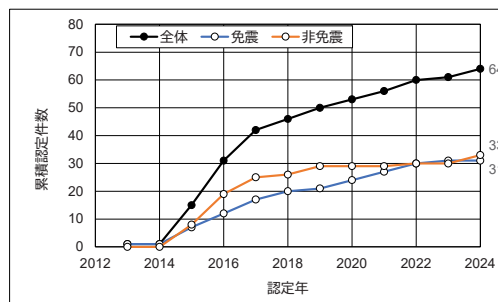


図2 免震構造の採否による認定件数

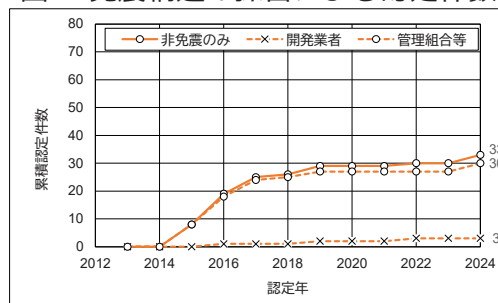


図3 非免震マンションの申請者

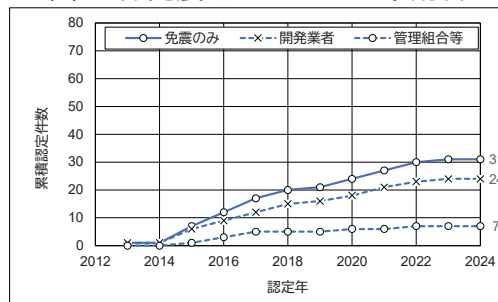


図4 免震マンションの申請者

被災者インタビューの質的分析から考える都市改造型復興*

—宮城県山元町の事例から—

東北大学大学院情報科学研究科 岩佐優希子

1. はじめに

東日本大震災は東日本太平洋沿岸一帯に甚大な被害をもたらした。特に仙台湾南部地域は津波災害の経験の少なさ故に、津波に因る大規模災害を予見できなかった地域は少なくない。各被災自治体は試行錯誤を重ねながら地域の復旧・復興に取り組み、概ね日常生活を取り戻しつつある。この経験を基に、国土交通白書(2021)では、今後起こりうる大規模災害に備えるためにハード・ソフト両面から防災・減災が主流となる安全安心な社会を目指すことが示された。災害との向き合い方が変化する契機となったこの震災の復旧復興を住民目線で捉え直すことは、地域資源を軸に据えた生活再建を検討する一助になると考えられる。

2. 研究の目的

調査地とした宮城県山元町は、集中復興期間内の都市改造型復興に取り組み、宮城県内で最も早くその復興事業を完遂した。また、当町は津波を伴う災害の経験に乏しいにも関わらず、津波常襲地に比べても早期復興を成し遂げており、その要因には単に生活再建策の良否に因らないものがあるのではないかと考えられた。そこで、地域や住民に内在していた地域資源の存在に焦点を当て、その関係性についてソーシャルキャピタル（以下、SC）理論の枠組みから検討する。

3. 調査の方法・概要

町が実施した防災集団移転促進事業による住宅再建および災害公営住宅での生活再建を経験された方を対象にインタビューを行った。調査では住宅再建までの経過や再建先の選定理由、現在の暮らしの評価などを質問。それらの回答から地域への帰還意識の構成要因の抽出を試みた。

4. 結果

山元町は住宅再建にあたり、町の方針であったコンパクトシティ化施策に則る形で、主に防災集団移転促進事業・災害公営住宅整備の2つの形態をとり、3つの移転地に集団移転を行った。インタビュー対象者の採った再建時の居住形態は表2 インタビュー対象者属性(2023年時点)を参照されたい。

表1 インタビュー調査概要

実施時期：令和5年9月～11月
対象：東日本大震災で被災し、山元町内で住宅再建を行った住民(15名)
形式：半構造化インタビュー
主な質問項目：
1)対象者の基本情報
2)発災～住宅再建に至るまでの経過
3)現在の生活
【地区の概要】
1)つばめの杜西：山下駅を中心に商業施設や福祉施設、役場などを集約。移転地の中で最大の規模。
2)坂元駅前：坂元駅を中心とし、観光客の受け入れも見据えた商業施設や金融機関が集約。移転地では2番目の規模。
3)桜塚：医療施設と隣接し、福祉の集約を掲げた地区。計画遂行時に大幅な遅れが生じ、入居者が最少。

*Urban Remodeling Type Reconstruction Based on Qualitative Analysis of Interviews with Survivors by Yukiko Iwasa

表 2 インタビュー対象者属性(2023 年時点)

	性別	年齢	居住地(震災前)	居住形態	居住地(震災後)	居住形態
A	女	60代	花巻	持ち家	つばめの杜西	災害公営住宅(町営)
B	女	80代	笠野	持ち家	つばめの杜西	災害公営住宅(町営)
C	女	70代	中浜	持ち家	つばめの杜西	持ち家
D	女	70代	花巻	持ち家	つばめの杜西	災害公営住宅(町営)
E	女	70代	花巻	持ち家	つばめの杜西	持ち家
F	女	80代	花巻	持ち家	つばめの杜西	災害公営住宅(町営)
G	女	90代	花巻	借家	つばめの杜西	災害公営住宅(町営)
H	女	70代	湯生原	持ち家	つばめの杜西	災害公営住宅(町営)
I	女	70代	磯浜	持ち家	つばめの杜西	災害公営住宅(町営)
J	女	90代	笠野	持ち家	つばめの杜西	持ち家
K	女	50代	中浜	持ち家	坂元駅前	持ち家
L	女	60代	中浜	持ち家	坂元駅前	持ち家
M	男	70代	坂元	持ち家	桜塚	災害公営住宅(町営)
N	男	70代	磯浜	持ち家	桜塚	持ち家
O	男	60代	磯浜	持ち家	桜塚	持ち家

(1) 対象者の基本情報

被災前居住地について対象者のほとんどが3世代以上続く家系であった。特に坂元駅前地区及び桜塚地区では元地主や5世代以上続く家系など、長年その土地に居住してきた実態が明らかとなった。

(2) 住宅再建先の選定理由

全地区で「山元町から離れたくなかった。」「代々続く家を絶やすことへの葛藤があった。」「地域活動に注力し“この土地を守り伝える”という使命感があった。」など、地域への愛着や歴史ある所有地を守る意思が理由にあがった。

(3) 現在の暮らしの評価

つばめの杜西地区及び坂元駅前地区では「利便性が向上した。」という声が大多数を占めた。新環境の生活再建で課題となりやすい近所づきあいも「昔の方が良かった。」との声がある一方で、「今の方が活発。」「新たに自治会を発足してゴミ拾いや草刈り、イベントをするなど定期的に集まっている。」といった新たなつながりを評価する声も聞かれた。桜塚地区では、「かかりつけの病院も車もあるから不便はない。免許を返したら大変だと思う。」といった将来に不安を抱く発言が目立った。さらに「説明会で聞いた話と違う。」という事前説明との相違について指摘する声があった。近所づきあいでは、全員から「つきあいは前に比べて今は薄くなり、プライベートが強くなった。」「昔は何でも知っていたが、今は3年間の広報配布を通じて(住民を)把握し、新しいコミュニティを築いた」など、震災前後でギャップを抱いていることがうかがえた。

5. 考察

調査結果に、受け継いできた土地やコミュニティへの愛着・帰還意識が見られたことから、山元町では住宅再建に際して、Putnam(2000)が「同質的な人々の間において特定の互酬性を補強してより連帯を生むもの」とした結束型 SC が形成され、作用していたことが示唆された。また、将来の不安が強いケースの発生からは、同質の理由で開始した住宅再建にも関わらず、現在の暮らしに抱く感情に大きな差が生じたことが読み取れる。これは、Aldrich(2012)が指摘した「結束型 SC が一部の人の復興を妨げたり、あるいは復興にかかる施策を地域の結束による抵抗が妨げることもある」が生じた状況といえ、これらのことから SC がもつ正負両面の効果が、同質かつ近接する地域内で作用していたためではないかと考えられた。今後は、発言内容のさらなる分析を進め、それぞれにどのような SC が醸成・作用したか明らかにしていく。

●参考文献

- ・Aldrich, D.P. (2012) Building Resilience: Social Capital in Post-Disaster Recovery, Chicago University Press.
- (=2015, 石田祐・藤澤由和『災害復興におけるソーシャルキャピタルとは何か―地域再建とレジリエンスの構築』ミネルヴァ書房)
- ・Putnam, Robert. (2000) The Collapse and revival of American community. New York: Simon and Schuster.
- (=2006, 柴内康文『孤独なボウリング―米国コミュニティの崩壊と再生』柏書房)

< 第 2 会場 202 講義室 >

— 第 2 部 (8 題) —

司会：大野 晋 先生

12 月 26 日(木) 10 : 00~12 : 00

Phase velocity of Love waves estimated from array records of rotational components of horizontal microtremors

Li Weixi¹, Hidekazu Yamamoto² and Tsuyoshi Saito²

1.Introduction

Horizontal microtremors contain both Rayleigh waves and Love waves, making it difficult to separate them. Therefore, it has been difficult to use Love waves in previous microtremor array surveys. However, since the rotational component in the horizontal plane contains only Love waves (Takeo and Ito, 1997), it is possible to precisely estimate the Love wave phase velocity by using the array records of the rotational component.

In this study, based on the method proposed by Yoshida et al. (2022) to derive the rotational component from horizontal microtremors using a Taylor expansion approximation, we examined the effectiveness of the method by comparing the obtained Love wave phase velocity with the model phase velocity.

2.Method

Taylor expansion approximates a function near a point using its value and derivatives. In this study, it is applied to express the spatial distribution of horizontal microtremors and derive rotational components from the obtained derivatives. These rotational components, calculated using EW and NS displacement data from seismometers, enable the estimation of Love wave phase velocity. By focusing on horizontal motion, this method effectively excludes Rayleigh waves, isolating the Love wave component.

3.Observation and Results

In this study, we used array record of microtremors observed at the Faculty of Science and Technology, Iwate University and Iioka Elementary School, using three-component velocitymeters (UP-255 seismometer).Figure 1 shows array configurations. Figure 2 shows the estimated Love wave phase velocities. The SPAC method was used to estimate the phase velocities. At the Iwate University, the phase velocities of Love waves were estimated at approximately 200 to 800 m/s in the frequency range of 3 Hz to 13 Hz. When the first-order Taylor expansion was used, there was a discontinuity at the frequency band of approximately 6 to 10 Hz. When the second-order Taylor expansion was used, the obtained phase velocities were continuous.

At the Iioka Elementary School, the phase velocities of Love waves were estimated at 200 to 600 m/s in the frequency range of 3 Hz to 7 Hz and 10 Hz to 15 Hz. When the first-order Taylor expansion was used, there was a discontinuity at the frequency band of approximately 7 to 11 Hz. When the second-order Taylor expansion was used, results were obtained even at around 10 Hz.

The phase velocities obtained are almost consistent with the phase velocities calculated from the model

¹ Graduate School of Arts and Sciences, Iwate University

² Iwate University

obtained in the previous research (Kainuma, 2007). As an advantage of higher-order expansions, the second-order Taylor expansion is expected to cover a wider frequency range.

REFERENCES

Takeo & Ito (1997). *Geophysical Journal International*, 129, 319–329.

Yoshida et al.. (2022). *Butsuri-Tansa*, 75, 70–78.

Kainuma (2007). Master's thesis, Iwate University.

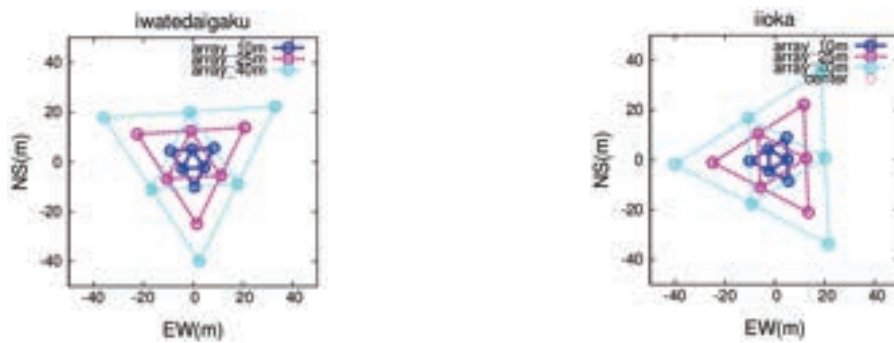


Figure 1: Array configurations.

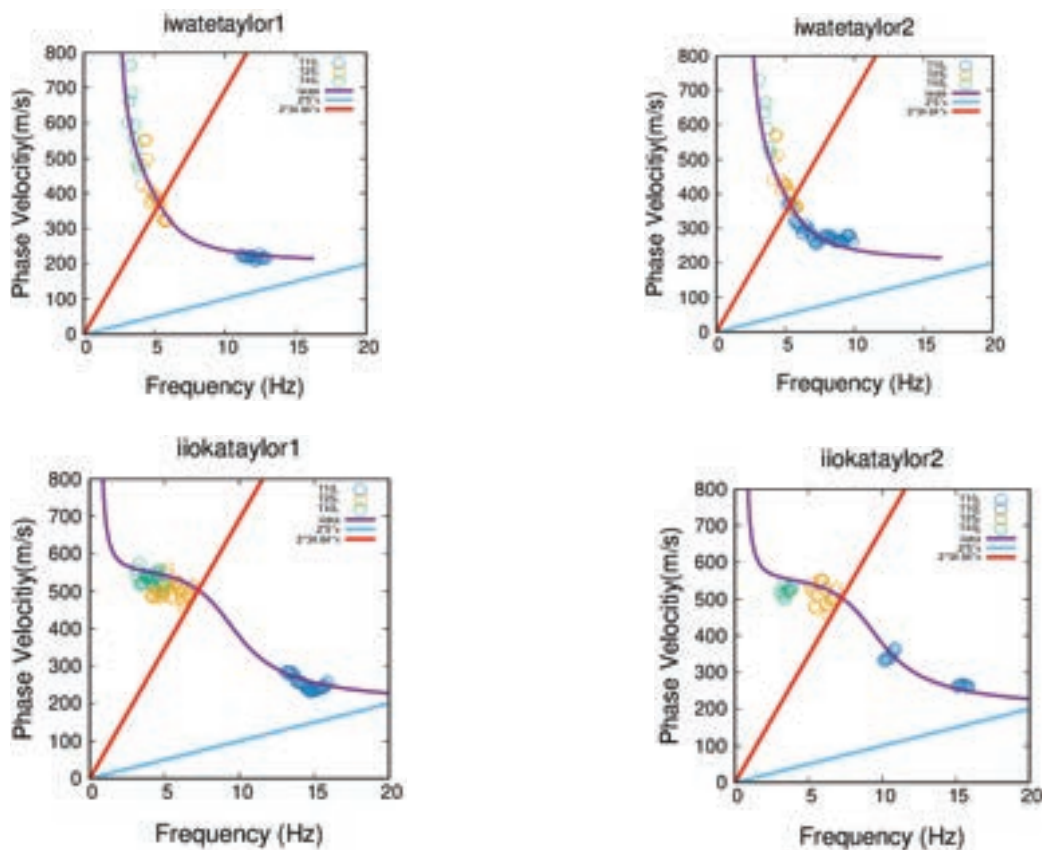


Figure 2: Estimated phase velocities of Love waves. The phase velocities of the Taylor expansion Love waves at the observation points of the Iwate University and Iioka Elementary School are shown, The purple line shows the theoretical dispersion curve of Love waves based on the S-wave velocity model (Kainuma (2007)).

直線アレイで観測された微動記録の共通中点相互相関解析による

2次元S波速度構造の推定 —陸前高田市における適用例—*

岩手大学理工学部 中川 修太 山本 英和 齊藤 剛 ○大向 歩

1. はじめに

直線アレイ微動観測は、微動の到来方向が全方位であるという仮定が成り立てば、少数の微動計、かつ一度の測定で地下の2次元構造を調べることができる。本研究では、岩手県陸前高田市において直線アレイ微動観測を実施し、共通中点相互相関(CMPCC)解析を行い、位相速度とS波速度構造を推定し、水平方向の空間変化を明らかにすることを目的とした。直線拡張SPAC法によって得られた結果と、同じ場所で過去に実施された円形アレイの研究結果(山本ほか, 2014)と比較することで、共通中点相互相関解析の実用化について検討を行った。

2. 観測及び解析

CMPCC解析は全ての起振点記録から中心位置が共通となる微動計の組み合わせを集めて処理し、表面波多チャンネル解析により位相速度を求める解析方法である。本研究では、Hayashi et al. (2015)により直線微動アレイ探査用に改良されたCMP-SPAC法を利用した。

微動観測は陸前高田市の気仙川河口付近の海岸平野で実施した。図1に観測点の位置を示す。1回の実験で9台の微動計を10m間隔で配置し、測線に沿って6回の観測を行った。比較のためにメインの測線に直交する測線での観測も行った。図2に得られた位相速度の空間変化を示す。1回の実験でCMP13点の位相速度を得た。全点で同様な形状の位相速度分散曲線を得ることができた。この位相速度から波長の3分の1を深度とした擬似S波速度構造を換算した。

3. 位相速度とS波速度構造

図3に2次元擬似S波速度構造を示す。最小地震計間隔が10mのため浅い構造の推定はできないが、推定したS波速度構造は、深さ20mで、陸側(北西側)は約300m/s、中間が約200m/s、海側(南東側)は約300m/sを示した。深さ60mでは、陸側から400m地点にかけて徐々に速度が遅くなっていき、海側になると600m/sになり、速くなっている、ということが分かった。また、直線アレイによって得られたS波速度構造(黒丸)と山本ほか(2014)による円形アレイによって得られた擬似S波速度構造(実線)とを比較してみたところ(図4)、ほぼ同様の結果であった。以上のことから、直線アレイ微動探査で得られた結果は円形アレイと同等であること、そして共通中点相互相関解析の妥当性が確かめられた。

*Estimation of two dimensional S wave velocity structures by CMPCC analysis of microtremor records observed with a linear array by Shuta Nakagawa, Hidekazu Yamamoto, Tsuyoshi Saito and Ayumi Omukai

参考文献

山本ほか (2014) 東北地域災害科学研究集会, 50, 19-24.

Hayashi et al. (2015) SEG Technical Program Expanded Abstracts 2015, 2200-2204.

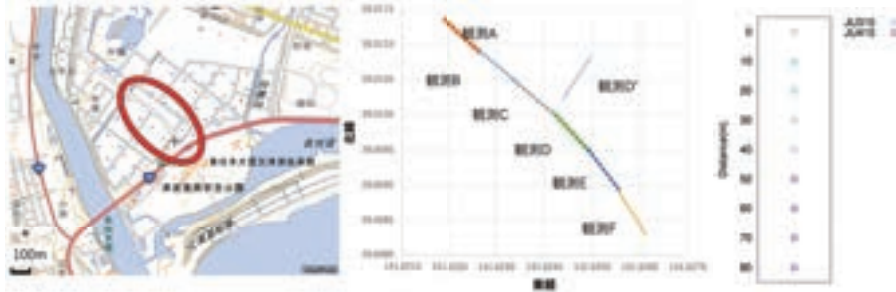


図1 測線の位置 (左図) と詳細な微動計配置 (中図) 1回の実験の微動計配置 (右図)。

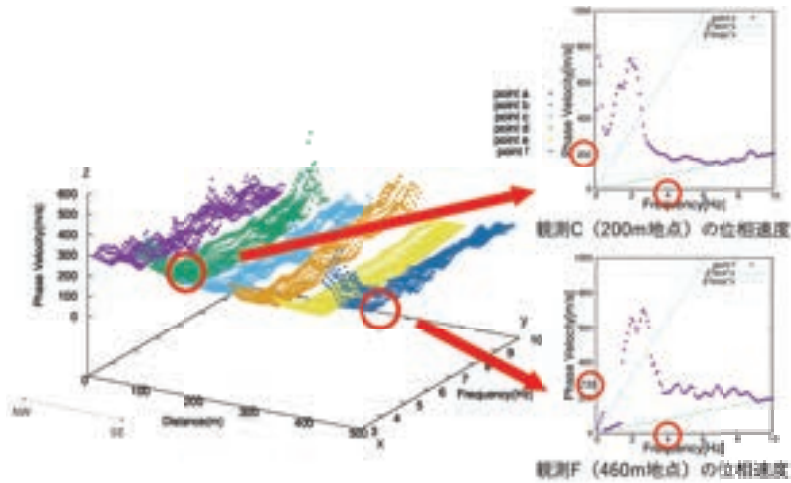


図2 全観測点で得られた位相速度の空間変化。

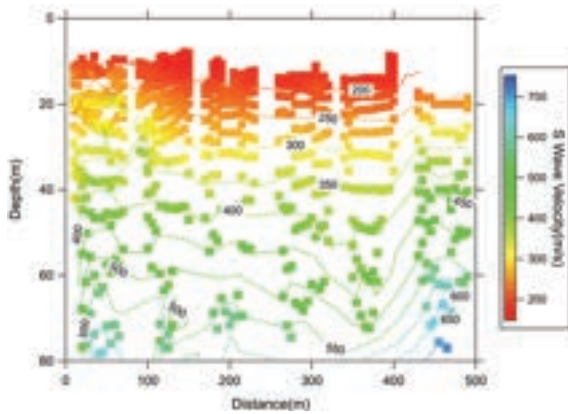


図3

図3 2次元擬似S波速度構造

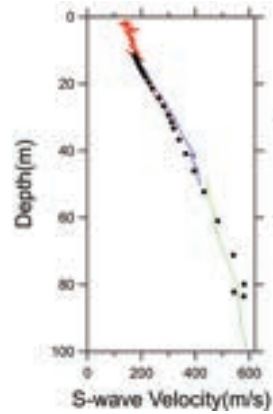


図4

図4 本研究のS波速度構造 (黒丸) と円形アレイから得た位相速度 (実線) との比較

機械学習による東北地方の地震の即時スペクトル予測*

東北大学災害科学国際研究所 大野 晋

1. はじめに

緊急地震速報に代表される早期地震警報は、震源に近い観測点での P 波検知により震源規模と位置を推定し、推定震源情報に基づいて S 波主要動の到達時刻を、地震動評価式（経験式）から S 波主要動の振幅（震度）を推定する方法と、データ同化と呼ばれる物理モデルによるシミュレーションと観測値の融合による逐次更新の手法が主なものである。

前者は早期に警報を発することができるが、震源決定と経験式両方の誤差が累積するため振幅の推定精度が低い。後者は精度の良い予測には P 波検知より時間がかかる。また、いずれも震度を対象としており、構造物の応答・被害予測には周期情報を含むスペクトルの方が望ましい。

これらの課題に対して、機械学習を用いて、震源に近い前線観測点のスペクトルから目標観測点のスペクトルを逐次的に更新推定することで、スペクトルの即時予測を行う手法を提案¹⁾しており、宮城県沖の地震に対する適用例²⁾について報告する。

2. 手法と適用例

機械学習モデルを図 1 に示す¹⁾。連続観測記録がリアルタイムで得られることを前提として、震源に近い前線観測点（複数可）と予測対象とする目標観測点を設定し、前線観測点は P 波到達以降、目標観測点は S 波到達以降について、時間窓を延長更新して、前線-目標間の各時間窓のスペクトルの関係を CNN と LSTM モデルを用いて学習させている。

図 2 は宮城県沖の地震記録を対象に学習させたモデルをトレーニングデータに含まれない地震に対して適用した例である。前線観測点は MYG011(牡鹿)、目標観測点は MOYG013(仙台)であり、前線波形が P 波区間のみ(a)(b)と S 波を含む場合(c)(d)について示している。S 波を含む方がターゲットのスペクトルの推定精度は高いが、P 波のみでも概略は予測できており、図 1 の構成で 2 点間のスペクトルの伝達特性が学習可能なことがわかる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP23K04102 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) A. Torky & S. Ohno (2024) A FREQUENCY-BASED SITE FORECASTING METHOD USING DEEP LEARNING, Proc. 18WCEE.
- 2) S. Ohno & A. Torky (2024) SOURCE DEPENDENCY OF SPECTRAL TRANSFER CHARACTERISTICS FOR REALTIME SPECTRAL FORECASTING, Proc. 18WCEE.

*Realtime Prediction of Strong-motion Spectra using Machine Learning for Tohoku Region by Susumu Ohno

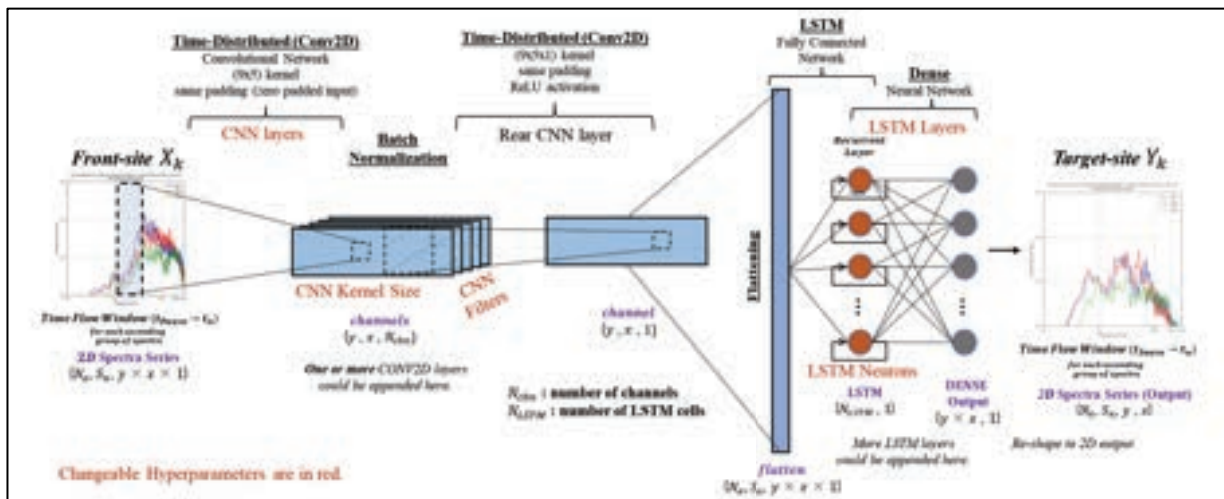
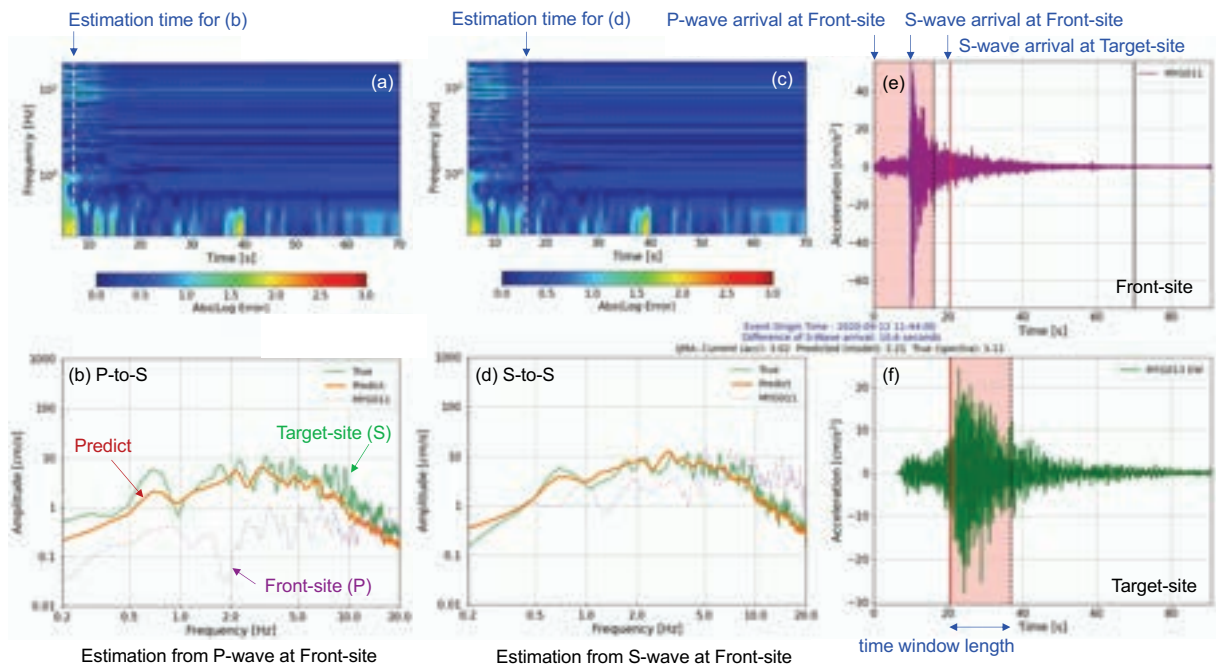


図1 CNN-LSTM構成¹⁾



(a) (b) 前線 P 波-目標 S 波ケース, (c) (d) 前線 S 波-目標 S 波ケース
 (a) (c)は予測誤差コンター, (b) (d)は前線 P or S・目標観測 S・予測 S 波のフーリエスペクトル
 (e)は前線地点波形, (d)は目標地点波形 (横軸の時刻は同期している)

図2 MYG011(前線:牡鹿)-MYG013(目標:仙台) フーリエスペクトル予測例²⁾

東北地方中部における Hi-net の常時微動記録の地震波干渉法解析 による地震波速度変化検出の試み*

岩手大学大学院総合科学研究科 ○田村全
岩手大学工学部 山本英和 齊藤剛

1. はじめに

地震波干渉法解析とは、常時微動から相互相関関数を求めて長時間重合することで、2 観測点間を伝わる地震波のグリーン関数を求めることができる方法である。Vien et al. (2018)では、首都圏の稠密な地震観測点 MeSO-net の連続記録から自己相関関数を時間方向に連続的に求め、その時間遅れの変化を調べることで地震波速度の変化を求めている。そこで本研究では、2008 年岩手・宮城内陸地震の震源周辺における Hi-net 観測点の微動データから相互相関関数を時間方向に連続的に求め、地震の発生前後で地震波速度の変化が検出されるか試みる。

2. Hi-net 観測点と解析方法

本研究では、2008 年岩手・宮城内陸地震の震源周辺における Hi-net 観測点(4 点)(図 1)で観測された常時微動記録を用いた。データ期間は 2008 年 6 月 1 日から 30 日までの 1 か月間を使用した。強震動の影響を小さくするために時間規格化を行う。また、0.1Hz 以下のローパスフィルター、0.1~0.5Hz、0.5~1.0Hz のバンドパスフィルターをかける。このようにして得られた常時微動から相互相関関数を時間方向に連続的に求め、120 分重合する。そして、2つの相関関数の相関を算出するストレッチング法を用いて、相互相関関数の時間遅れの変化と速度変化を求める。

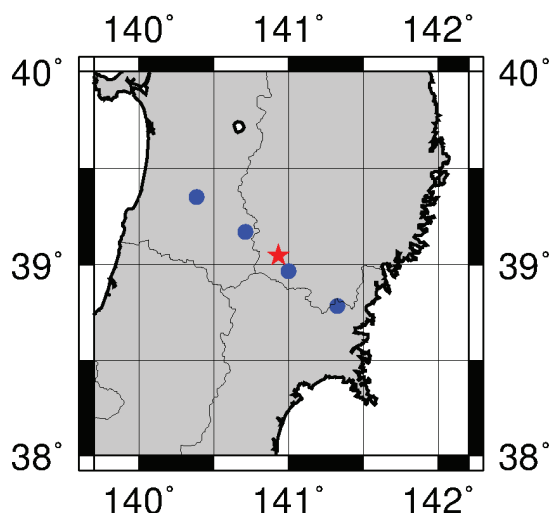


図 1 使用した Hi-net 観測点(●)と震源(★)

3. 相互相関関数の時間変化と速度変化

東成瀬(N.HNRH)—一関(N.ICEH)での相互相関関数の時間変化を示した図 2 を見ると、相互相関関数の位相が連続的であることが確認できる。6 月 1 日の 1 日重合した相互相関関数を基準とした、1 か月間の各時刻の相互相関関数の速度変化[%]を図 3a,b,c に示す。なお、相互相関関数の時刻は重合区間の先頭の時刻を表し、円の大きさは相関の大きさを示す。東成瀬(N.HNRH)

*A trial of detection of seismic velocity change by seismic interferometry analysis of microtremor records observed with Hi-net stations in central Tohoku region by T. Tamura, H. Yamamoto, T. Saito

—一関(N.ICEH)では、地震前に速度変化はあまり無いが、地震発生の6月14日8時43分(19243分)からおよそ7日をかけて速度変化が地震前まで回復していく過程(赤丸の範囲)が確認できる。他の観測点ペアでも同様の結果がわずかに確認できる。よって、地震前後の相互相関関数から地震波速度変化を求めることができた。

謝辞

(国研) 防災科学技術研究所から Hi-net の記録を提供していただきました。

参考文献

Vien et al. (2018), Journal of Geophysical Research : Solid Earth,123, 5710-5729, 2018.

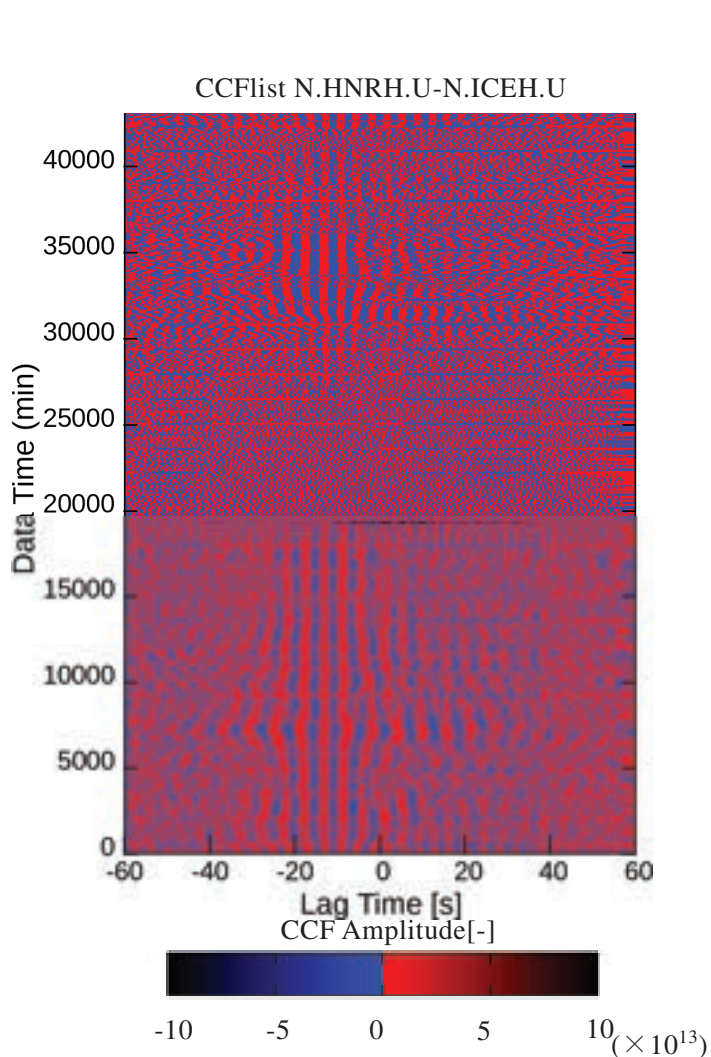


図2 N.HNRH-N.ICEH の相互相関関数の時間変化
ローパスフィルター0.1[Hz], 120分重合

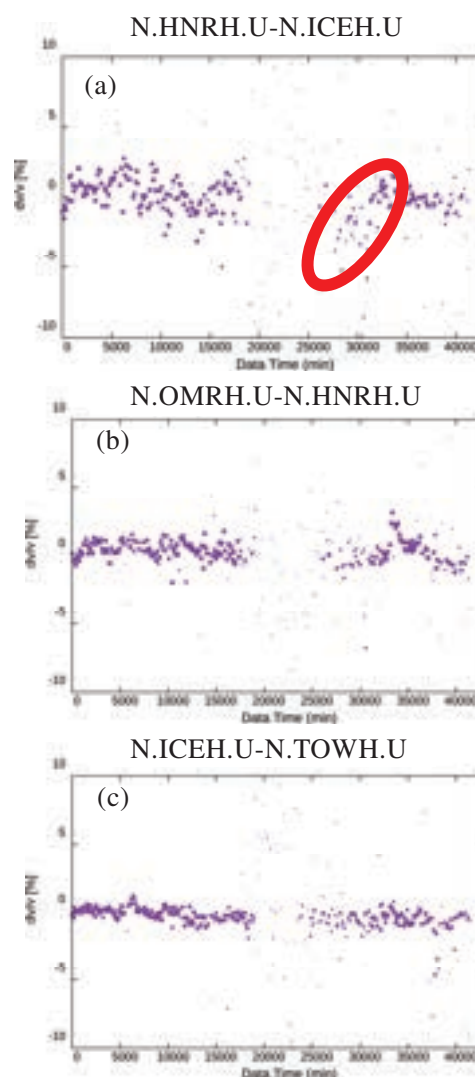


図3 相互相関関数の速度変化(dv/v)
6月1日の1日重合に対する120分重合毎の dv/v

AS-net で観測された地震記録を用いた地下構造推定に関する試み

ー 自己相関関数解析, レシーバ関数解析の利用 ー*

岩手大学理工学部 ○高橋優樹仁, 宮也晋, 山本英和, 齊藤剛
地震予知総合研究振興会 野口科子

1. はじめに

AS-net は下北半島から, 津軽半島, 北海道南西部に高密度に展開された微小地震観測網である。本研究では, 下北半島の AS-net 観測点で観測された地震記録を用いて, 観測点直下の地下構造の推定を試みる。具体的には, 堆積層と基盤の境界面での反射波を検出するために, P 波の自己相関関数, S 波の自己相関関数を計算し, 特徴的な位相の検出, 反射波の検出を試みた。また, レシーバ関数で解析することにより, 境界面での変換波の検出を試みた。

2. データと解析

下北半島の解析を対象としたため A.MENA, A.SGMR, A.OKNI, A.SRNK, A.NTRZ, A.TSTR, A.GAST の 7 つの AS-net 観測点を選定した。下方から入射する地震記録を解析するため, 以下の条件で地震記録を選定した。

- ① 対象期間 2014 年から 2023 年 7 月まで
- ② 対象範囲 東経 140.0 度~143.0 度, 北緯 40.0 度~42.0 度, 震源の深さ 50km 以深
- ③ マグニチュード M4.0 以上

上記の条件を満足する解析に用いた地震は 106 個であった。波形の描画, 回転, 自己相関関数解析には Seismic Analysis Code (SAC) を使用した。自己相関解析は, P 波は上下動の初動到達時刻から 5 秒間, S 波は transverse 成分の S 波到達時刻から 5 秒間とした。P 波初動から 10.24 秒の radial 成分のフーリエ変換と上下動成分と値の比の逆フーリエ変換からレシーバ関数を計算した。レシーバ関数解析には Water Level 法を使用し, 閾値は 0.03 とした。

3. 結果

図 2 に S 波の自己相関関数の平均値を示す。MENA では 1.4 秒 2.5 秒付近に, OKNI では 1.0 秒付近に反射波が認められる。それ以外の観測点では明瞭な反射波は認められない。図 3 に MENA, OKNI のすべてのイベントで計算されたレシーバ関数を示す。赤は正, 青は負の位相を示す。レシーバ関数解析の結果, MENA, OKNI, TSTR 観測点で明瞭な変換波が確認された。他の観測点では明瞭な変換波を示す位相の確認は困難であった。地質図などを参考にすると, 下北半島の西側では堆積層が厚く堆積することが示唆される。半島西側の観測点である MENA

* An attempt of estimation underground structure by autocorrelation and receiver function analysis of earthquake records observed with AS-net stations by Yukihiro Takahashi, Nariyuki Miya, Hidekazu Yamamoto Tsuyoshi Saito and Shinako Noguchi

や OKNI では自己相関関数の反射波やレシーバ関数の変換波を示す位相が観測されても矛盾はないと考えられる。

参考文献

Wessel and Smith (1998) EOS Trans. AGU, 79, 579.

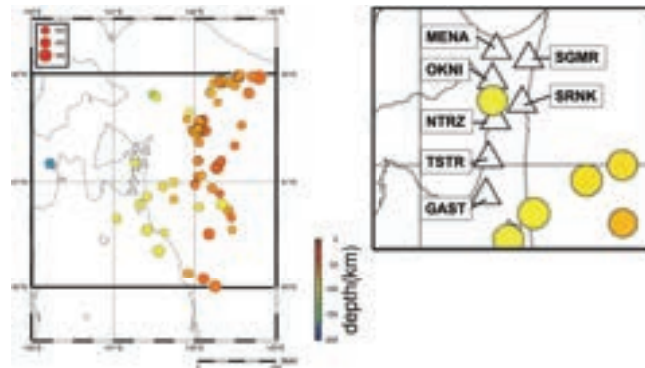


図 1 本研究で使用した AS-net 観測点と解析に用いた震央分布

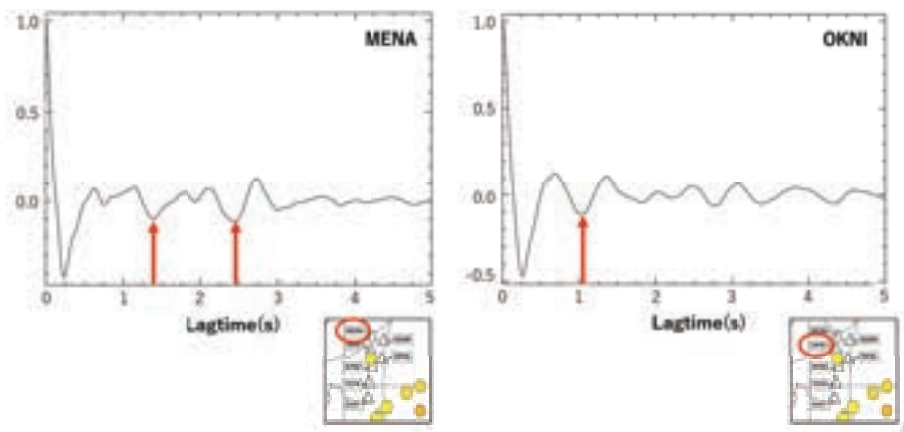


図 2 S 波の自己相関関数の平均値。矢印で示す場所に反射波位相が認められる。

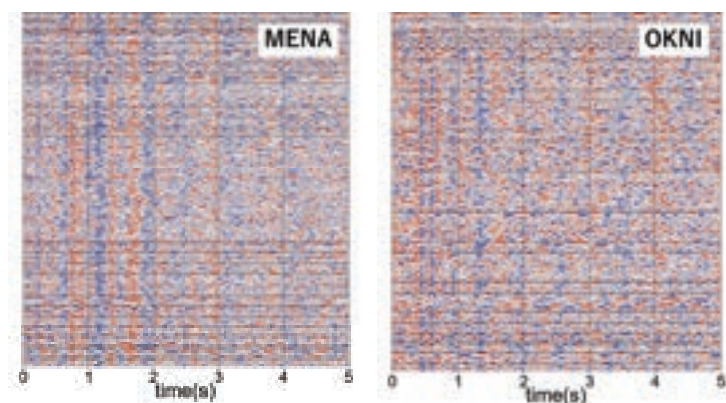


図 3 MENA, OKNI の、すべてのイベントのレシーバ関数。赤は正、青は負の位相を示す。

擬似直線アレイを用いた微動探査の観測・解析方法の基礎的検討*

岩手大学工学部 ○山本 英和 鈴木 理湖 齊藤 剛

1. はじめに

通常微動アレイ探査は、中心に1台と円周上に3台からなる円形（正三角形）アレイを使用して微動を測定し、微動に含まれる表面波の位相速度を検出し、その分散関係を満足する地下S波速度構造モデルを推定する方法である。市街地で探査を稠密に実施したいときに、三角形型の測点配置を確保することが困難である場合が多い。そこで探査場所が確保しにくい場所でも比較的対応しやすい直線アレイを用いた観測・解析方法が提案された（Kita et al., 2013）。ただし、この手法の適用には、微動が全方位から到来する前提条件が必要である。微動が指向性をもつ場合、位相速度が過大に評価されてしまう危険性がある。そこで、Liu et al. (2020) により擬似直線アレイを用いた観測・解析方法が提案された。擬似直線アレイとは従来の直線アレイの直交方向に微動計を2台以上追加して方位角範囲を補い、指向性のある微動に対応する手法である。本研究では擬似直線アレイを用いることで指向性のある微動場で位相速度の過大評価の欠点を改善することができるかどうか、野外実験データに基づいて検証を行う。解析において、周波数波数（FK）法、空間自己相関（SPAC）法の中でも、直線 SPAC 法、拡張空間自己相関（ESPAC）法などを適用して推定結果の比較検討を行い、擬似直線アレイの微動探査への適用可能性を探ることを目的とする。



図1 観測点位置図。赤丸が南北測線の観測位置。青丸が東西測線の観測位置。

2. 観測及び解析

図1に観測場所を示す。岩手県営運動公園内の道路において南北測線8ヶ所、東西測線2ヶ所で擬似直線アレイを用いた微動観測を行った。この測線は、過去にチェーンアレイ微動観測を実施した場所である（坂口ほか, 2018）。図2に微動計9台を用いた擬似直線アレイ配置を示す。同一観測点において4m, 2mと間隔を変化させた観測を実施した。

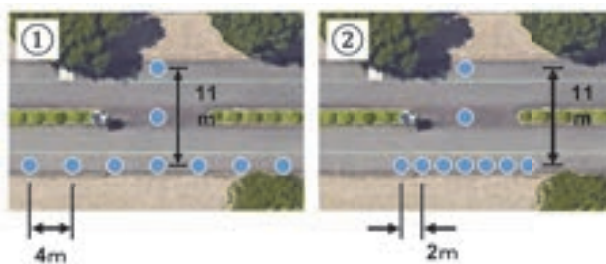


図2 擬似直線アレイ配置図。①底辺の微動計間隔4m, ②底辺の微動計間隔2mの場合。

位相速度の解析にはビームフォーミングに基づくFK法とSPAC法を用いた。SPAC法の解析は、全微動計9台を使用するESPAC法と、アレイの底辺に位置する7台のみ使用する直線SPAC（SPAC-L7）法の2種類を用いた。

*A basic discussion on observation and analysis methods of a microtremor survey by using a pseudo linear array by Hidekazu Yamamoto, Riko Suzuki and Tsuyoshi Saito

3. 位相速度と S 波速度構造

多くの地点では 3 種類の方法でほぼ同一の位相速度を得ることができた。しかし、一部の観測では直線 SPAC 法では位相速度が過大評価される例もあった (図 3 左)。この例では 2 次元配置解析の FK 法と ESPAC 法ではほぼ同様の位相速度を示しているが、直線 SPAC 法では速度が過大評価されていることがわかる。この観測記録の FK スペクトルから到来方向が等方ではないことも確認できた。同じ場所に置いて時間帯が異なる間隔 2m の観測では 3 種類の方法で同様な結果を示していることから、一時的に 4 m 間隔の観測を実施した時だけ到来方法が偏っていたことが予想される。

疑似直線アレイによる位相速度分散曲線から 3 分の 1 波長を深度とした疑似 S 波速度構造を推定した (図 4)。南北にかけての変化を見ると、深さおよそ 5 から 15m で速度の変化があることがわかる。S 波速度の変化を深さ 12m 地点で確認すると、北側は約 260m/s、南側は約 380m/s である。したがって、この南北測線では北から南にかけて深部では速度が大きくなっていることがわかる。この結果は、過去のチェーンアレイ微動観測などにより 2 次元疑似 S 波速度構造とほぼ調和的あることも確認された (坂口ほか, 2018, 石塚ほか, 2022)。

4. まとめ

直線アレイを用いた微動記録を SPAC 法で解析した場合、ほとんどの場所では広範囲かつ連続性の高い分散曲線が得られた。ただし、一部の直線アレイの前提条件を満たしていないときは、疑似直線アレイを用いた観測データを FK 法で解析した場合、直線アレイの欠点を改善することができた。疑似直線アレイは一般的な 2D アレイを用いた探査よりも探査深さが広範囲であった。これらのことから、直線アレイに微動計を 2 台追加して観測を行うことで、直線アレイによって得られた結果の照査をすることが可能である。

参考文献

石塚ほか (2022) 東北地域災害科学研究集会。

Kita et al. (2013) Proceedings of 11th SEGJ International Symposium, 18-21.

Liu et al. (2020) Geophys. J. Int, 221, 640-650.

坂口ほか (2018) 東北地域災害科学研究, 54, 229-234.

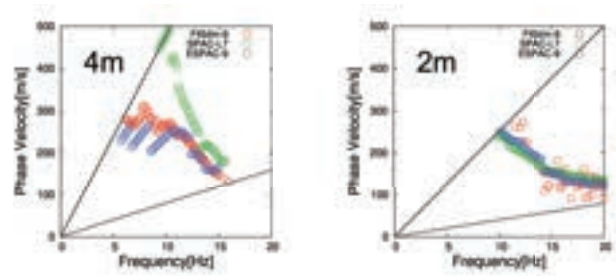


図 3 直線 SPAC 法による推定位相速度が速い例。左図は微動計間隔 4m, 右図は 2m。

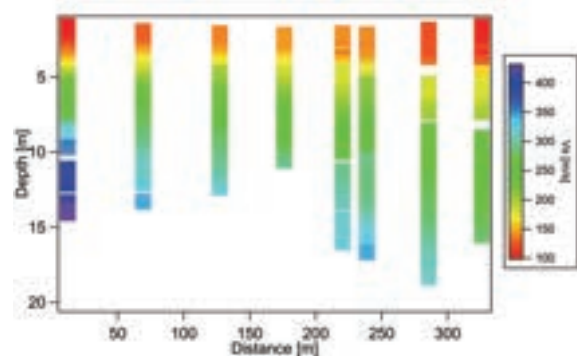


図 4 推定疑似 S 波速度構造。

干渉 SAR による岩木山西側斜面の変位と追子森断層*

弘前大学 道家 涼介
応用地質株式会社 黒澤 英樹

1. はじめに

岩木山は青森県西部津軽平野の西に位置する活火山である。同火山のマグマ噴火は、現在の山頂付近に分布する溶岩ドーム群（約 6 千～2 千年前）を形成した噴火が最後であり、それ以降は、江戸時代における 4 回の水蒸気噴火が古文書に記されている（田中，2001；小岩，2014 など）。岩木山の西側斜面には、約 20 万～3 万年前の第 2 期に噴出した溶岩流などが分布する（佐々木，2001；2015 など）が、同付近では、国土地理院による ALOS-2 データの干渉 SAR 時系列解析（火山噴火予知連資料など）により、衛星から遠ざかる変位が報告されている。本発表では、この変位について ALOS-2 データを網羅的に解析し、その発生時期と原因について考察を行った結果について報告する。

2. データおよび解析方法

Descending 右観測の Path19 (SM1) と Ascending 右観測の Path123 (フルポラ) のデータについて、直近の観測日同士の干渉ペアをとり、RINC (Ozawa et al., 2016) を用いて、差分干渉 SAR 解析を実施した。なお、岩木山では、冬季に積雪があり、干渉性が低下するため、冬季のデータは除いてペアを組んだ。加えて、約 3 年の長期ペアの解析も行った。解析はグランドレンジ 25m の解像度で実施し、解析の際には、国土地理院の 10m DEM から作成された楕円体高モデルを用いるとともに、数値気象モデルを用いた大気遅延の補正も行った。

3. 結果と考察

解析の結果、岩木山西側斜面で発生している地表面変位は、2022 年の夏ごろを挟むペアで顕著であり、それ以外の期間では殆ど観測されないことがわかった。また、この変位は、Descending のペアでは衛星から遠ざかる方向、Ascending のペアでは衛星に近づく方向に変位しており、その変位量はどちらも数 cm 程度であった。したがって、この変位は、西方向（斜面傾斜方向）への変位であり、地すべり性の変位の存在を示唆する。さらに、2020-2023 年の 3 年間のペアに対して 2.5 次元解析を行なった結果（図 1）、変位量として、西向きに約 5～7 cm、沈降量 1～2 cm が推定された。2022 年の 8 月には、近隣の河川が氾濫する大雨があり（例えば、岡田ほか，2023）、ALOS-2 の観測期間である 2014 年以降では最大の雨量を記録している。2022 年の夏を挟むペアにて、この変位が観測されたことは、異常降雨が地すべり性の変位を誘発したことを示唆する。

岩木山の西側斜面には、活断層研究会（1991）により、追子森断層と呼ばれる東西走向南落

* Displacement of the western flank of Mt. Iwaki by InSAR and its relationship to the Okkomori Fault by Ryosuke Doke and Hideki Kurosawa

ちの断層の存在が示唆されている。同断層付近で、溶岩流の面上に明瞭なリニアメントが存在するが、その後には出版された活断層図（中田・今泉編，2002）などでは、図示されておらず、テクトニックな活断層ではないと判断されたものと考えられる。今回、検出された変位の北端部は、この追子森断層と考えられる地表のリニアメントによく対応し、同断層が斜面性の変位に伴い形成された重力断層であることを示唆する。また、地形判読により、変位ブロック内に、いくつかの亀裂状の地形も認められており（図2）、地すべりの進行に伴いブロック内で変形が生じている様子を見ているものと示唆される。

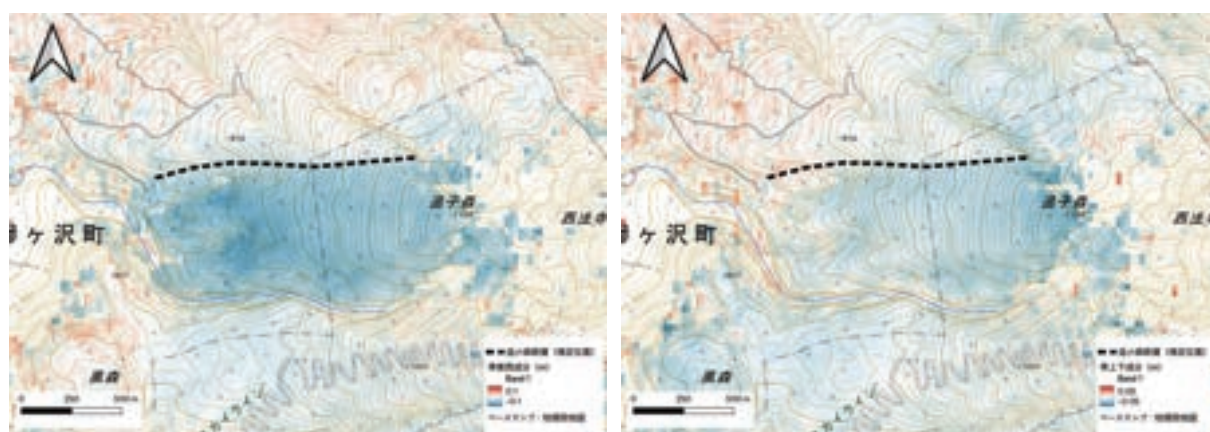


図1 岩木山西側斜面における干渉 SAR 解析結果から推定した準東西成分（左図）と準上下成分（右図）。Descending ペア（2020/7/28-2023/7/25）および Ascending ペア（2020/7/30-2023/7/27）の差分干渉 SAR 解析の結果から作成。赤が東向きもしくは上向き変位、青が西向きもしくは下向き変位を示す。追子森断層は活断層研究会編（1991）によるが、詳細な位置は本研究による地形判読に基づく。地理院地図をベースマップとして使用。

文献

- 活断層研究会編（1991）：新編日本の活断層：分布図と資料，東京大学出版会，440p.
- 小岩（2014）：岩木山の地形と歴史，「岩木山を科学する」刊行会編『岩木山を科学する』，72-80.
- 中田・今泉編（2002）：活断層詳細デジタルマップ，東京大学出版会，68p.
- 岡田ほか（2023）：津軽平野，中里川の破堤堆積物について：令和4年8月前線大雨に伴う現世イベント堆積物，応用地質，64，255-262. <https://doi.org/10.5110/jjseg.64.255>
- Ozawa et al. (2016): Crustal deformation associated with the 2016 Kumamoto Earthquake and its effect on the magma system of Aso volcano, EPS, 68. <https://dx.doi.org/10.1186/s40623-016-0563-5>
- 佐々木（2001）：岩木火山，青森県史編さん自然部会編『青森県史 自然編 地学』，179-182.
- 佐々木（2015）：岩石から見た岩木山，「岩木山を科学する」刊行会編『岩木山を科学する 2』，84-98.
- 田中（2001）：火山災害（1）岩木山，青森県史編さん自然部会編『青森県史 自然編 地学』，561-564.

モホの深さを可変にした震源決定の試み*

弘前大学大学院理工学研究科 小菅 正裕

1. はじめに

防災科学技術研究所や大学等のデータも含めて気象庁が一元的に処理し公開している震源データ（気象庁一元化震源）は、日本における公的な震源データとして、地震に関する研究の他、防災や教育など多方面において利用されている。しかし、日本海東縁部において地震観測網から離れた地域で発生した地震の震源が、マントル内に決定されている場合がある。その原因は、震源決定に用いられている地震波速度構造に地殻とマントルの境界（モホ）での速度不連続が存在しないことにあり、不連続面で屈折して速く伝わる地震波の走時を説明するために、震源が深く求められている。昨年度の研究集会においては、1次元の成層構造モデルにモホでの速度不連続を導入すると震源が浅くなることを確認した。しかし、日本海東縁部での不連続面の深さは海域で浅く陸域では深いので、その地域変化を近似できない1次元の成層構造は、広域的な震源決定には適さないことが課題であった。そこで今回は、モホの深さが地域的に変化する構造モデルでの震源決定を試みたので、その方法と結果について報告する。

2. モホの深さのモデルとそれを用いた震源決定法

モホの深さのモデルとしてCRUST1.0 (Laske et al., 2013) を用いた。これは人工震源を用いた構造探査とレーザ関数解析から得られたモホの深さをグローバルにコンパイルし、1°刻みで平均化したものである。それによると、日本海沿岸付近でのモホの深さは27 km程度で、内陸に向かって深く、日本海中央部に向けて浅くなる。

震源決定に用いられる速度構造モデルの中で、「べき乗」のモデルと呼ばれるものがある。これは地震波速度が $v=ar^b$ のべきの形で表されるもので、 r は地球中心からの距離、 a と b は定数である。東北大学などにおけるべき乗モデルを用いた震源決定では、地殻とマントル内で異なる定数を与えて速度不連続を導入しているが、モホの深さは一定としている。本研究では、震源と観測点のペア間での平均的なモホの深さをCRUST1.0に基づいて求め、ペアごとに異なるモホの深さをを用いた震源決定を試みた。

3. 震源決定結果

2003年1月～2024年1月の期間に日本海東縁部で発生した地震を対象に震源再決定を行い、気象庁一元化震源との比較を行った（図1）。断面図を見ると、再決定震源においては一元化震源で特に深い地震の数が減少していることが顕著である。それらの地震は、震央分布域の西端および北端に近い領域、すなわち観測網から遠い位置に分布している。また、断面図において震源分布の上限を見ると、一元化震源では深さの下限に対応した地域変化が見られるが、再決定震源ではそのような変化は明瞭ではない。

*An attempt to determine earthquake location using variable Moho depths by Masahiro Kosuga

2004年能登半島地震の余震については、能登半島と佐渡島の中間の海域（図の北緯38°，東経137.6°付近）での違いが明瞭である。一元化震源では深さが20 kmを超える地震が少なくないのに対し、再決定震源の深さは概ね20 kmよりも浅い。海底地震観測データを用いた震源決定によると深さの下限はおよそ18 kmである（篠原・他，2024）ので、本研究の再決定震源の深さは妥当である。

4. おわりに

本研究の方法によれば、モホの深さの地域変化を考慮しながら広域的な震源分布を簡便に求めることができる。これは3次元地震波速度構造を用いたルーチン的な震源決定が実現するまでの繋ぎに過ぎないが、当面は有用な方法と考えられる。

謝辞

本研究では気象庁一元化処理の検測値を使用した。記して謝意を表す。

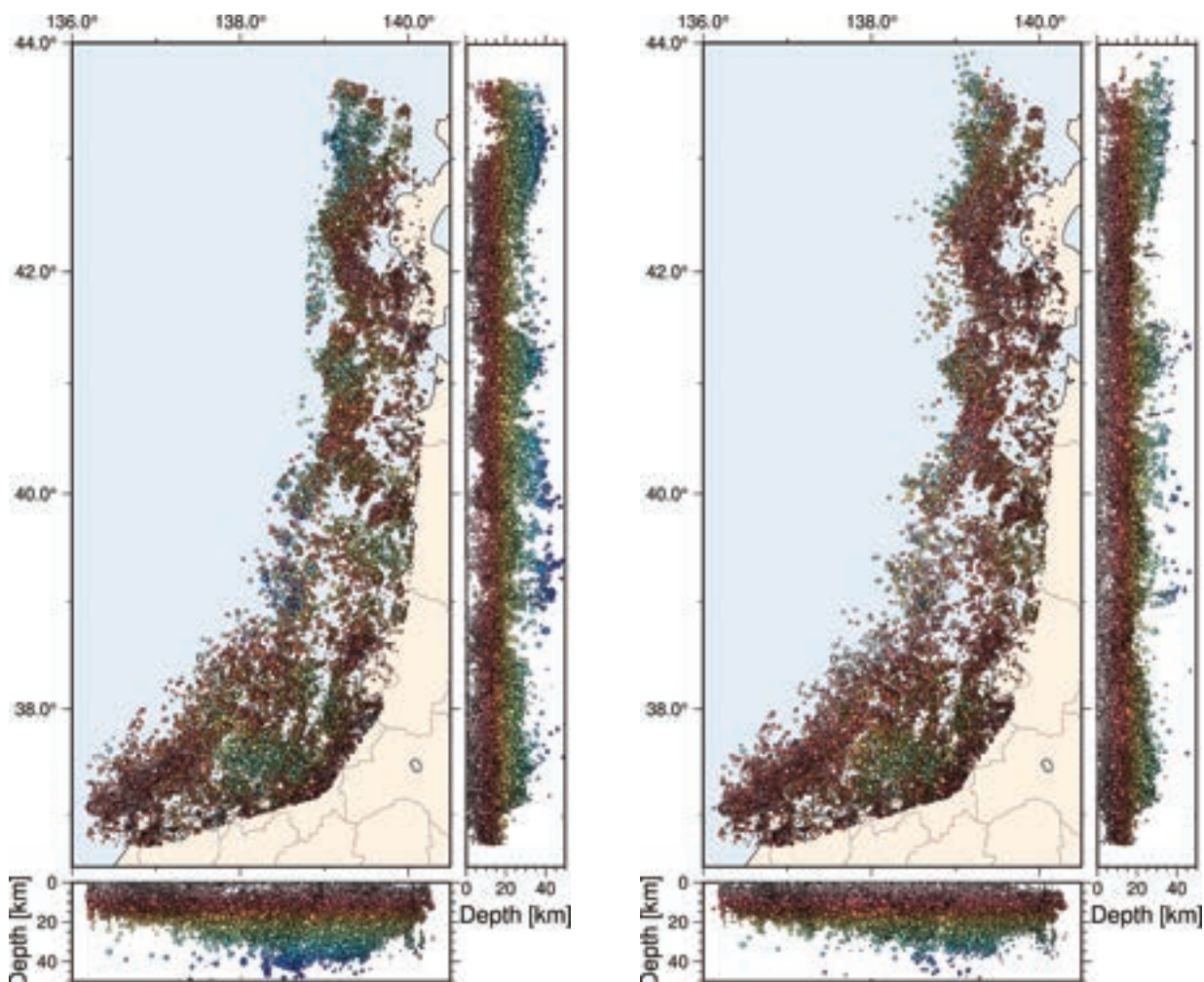


図1 日本海東縁部での震源分布。期間は2003年1月～2024年1月で、丸の色は震源の深さを表す。(左) 気象庁一元化震源。(右) 地震と観測点のペアごとにモホの深さを変えて決定した震源。

<第2会場 202講義室>

— 第3部 (8題) —

司会： 水田 敏彦 先生

12月26日(木) 13:30~15:30

東北地方内陸部で発生した小規模地震の

ローカルマグニチュードの不確実性*

¹弘前大学大学院理工学研究科, ²防災科学技術研究所

堀井 信之介¹・前田 拓人¹・高野 智也²・平野 史朗¹

1. はじめに

一般に、中小規模地震のマグニチュードは近傍の観測点で計測された地震波振幅より推定される場合が多く、これをローカルマグニチュードという。ローカルマグニチュードは、まず各観測点でマグニチュードを推定し、それらの平均を取ることで求められる。しかし、この手法では検測された観測点付近の地盤特性によって影響を受ける可能性があり、その影響はマグニチュードが小さくなる程より顕著になると考えられる。これは、大規模地震と比較して小規模地震ではマグニチュード推定に用いる観測点が減少するため、地盤特性の影響が十分に平均化されず、結果としてマグニチュードへのバイアスとなりうるためである。そこで本研究では東北地方内陸部で発生した小規模地震を対象として、速度振幅からマグニチュードを再推定し、その偏りについて検討を行った。

2. 手法・データ

本研究では、渡辺（1971）で提案された速度マグニチュードの推定式に基づき、各観測点でのマグニチュードおよび平均マグニチュードを網羅的に推定した。また、各観測点のマグニチュードから平均マグニチュードを引くことによりマグニチュード残差を計算した。マグニチュード推定は、気象庁による地震検測記録に含まれる 2000 年 1 月から 2023 年 12 月に東北地方内陸部で発生した M4.0 以下かつ深さ 30 km 以浅の地震を対象に行った。

3. 結果

マグニチュード残差には系統的な偏りが見られ、一部観測点においては一貫して残差が正または負の値になるものも見られた。この調査からマグニチュード残差はその場所固有のものであることが示唆された。しかしながら、これらの残差と表層の地盤特性を示す AVS30 及び ARV や、深層の地盤特性を示す地震基盤面深さといった指標との比較では相関が小さかった。また微地形区分や観測点標高との相関も小さかったことから、残差の要因として各観測点でのサイトの影響は小さいことが示唆された。

各観測点で検測された地震の震央とマグニチュード残差の調査をしたところ、図のように一部の観測点で震央と観測点の経路上に火山体がある地震では残差が負の値、つまりマグニチュードが過小評価されていることが分かった。このことから、地震波が火山体を通過し減衰・散乱することによってマグニチュードが過小評価される可能性が示された。

* Uncertainty in local magnitude of small inland earthquakes in the Tohoku region by Horii et al.

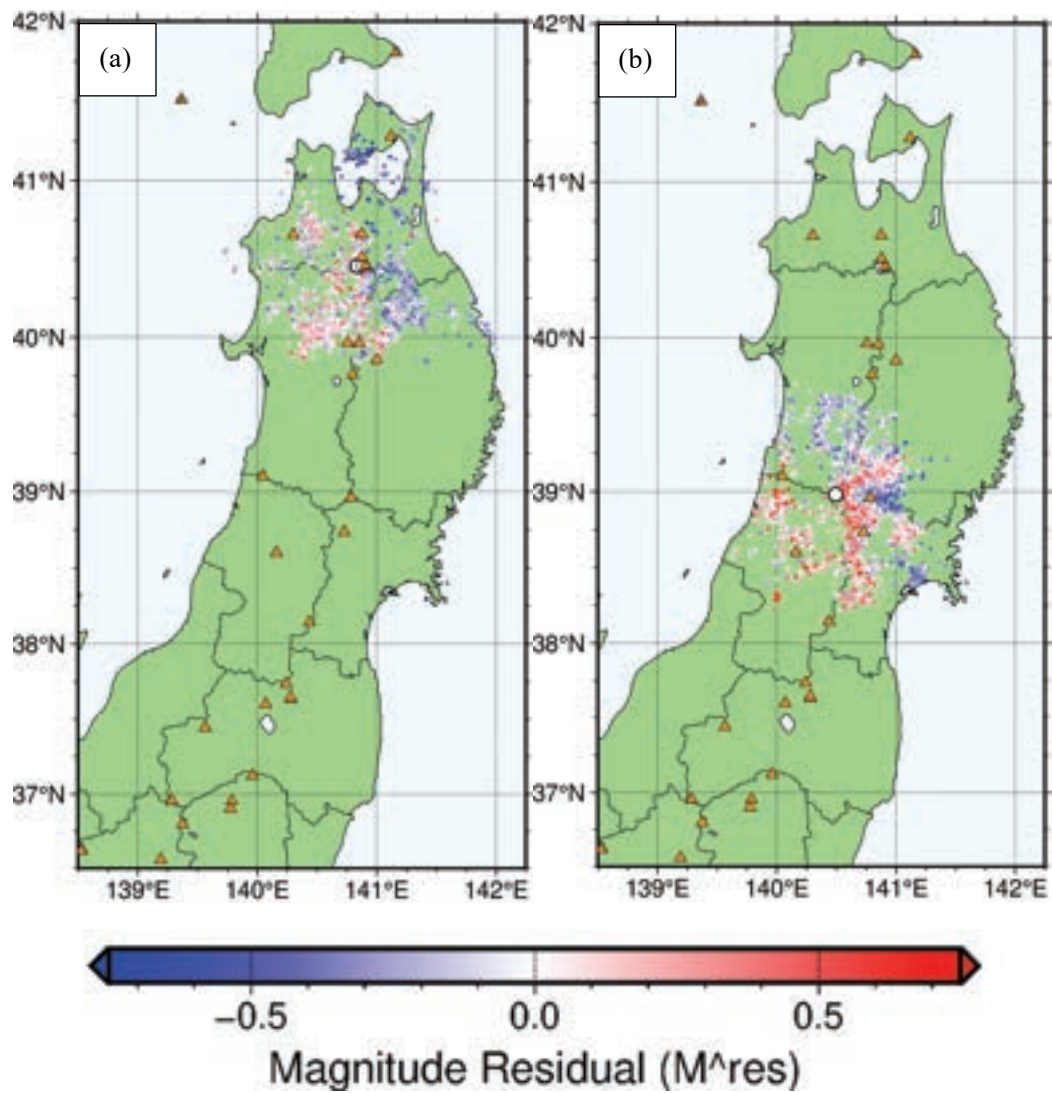


図. (a)は N.KOSH, (b)は N.OGCH で検測した地震の震央とマグニチュード残差を示す。白丸は観測点, オレンジ三角は火山, 赤点はマグニチュード残差が正の値, 青点は負の値を表す地震を示す。

2024年能登半島地震による能登北岸の隆起海岸における津波について*

中央大学研究開発機構 松富英夫
岡山理科大学理学部 鎌滝孝信

1. 研究の目的

2024年1月1日16時10分の能登半島地震 (M7.6) では顕著な津波が発生し、半島東岸の珠洲市や能登町、半島西岸の志賀町における津波の実態は現地調査によりある程度判明している。しかし、顕著な隆起海岸である半島 (輪島市と珠洲市) 北岸における津波の実態はほとんど判っていない。その理由として、(1)半島北岸では道路の損壊・埋没・消失により現地調査そのものが難しかったこと、(2)海岸隆起により、津波が海岸線より陸側に氾濫し難くなったこと、(3)津波と津波前後の冬期波浪 (沖波有義波高が4m→2m程度へと変化) の遡上高が同程度で (津波遡上には大なり小なり波浪が関与する)、両者の遡上痕跡の区別がつけ難かったことなどが考えられる。

能登半島北岸における今次津波の実態を把握することは、ひいては海岸隆起による津波発生特性を知ること、隆起海岸集落における津波の防災・減災に基礎的なことで重要である。本研究は能登半島北岸における今次津波の実態把握を試みるとともに海岸隆起による津波発生理論モデルの検討を目的とする。

2. 現地調査

現地調査は「海岸隆起量調査」と「津波遡上高調査」の2つからなり、2024年1月6日～12月1日かけて行った。

(1) 海岸隆起量調査

海岸隆起量は、地震発生時季の最低潮位を高さの基準として、白化上端位や海藻生息上端位などから総合的に評価する。評価例を図-1に示す。

(2) 津波遡上高調査

津波遡上高は、まず諸機関が撮影した航空写真などから津波痕跡とおぼしき物の地点を特定し、可能な限り住民聞き取りを含めた現地測量調査から評価した。図-2に津波遡上高の評価候補地点例を示す。

3. 理論モデルの検討

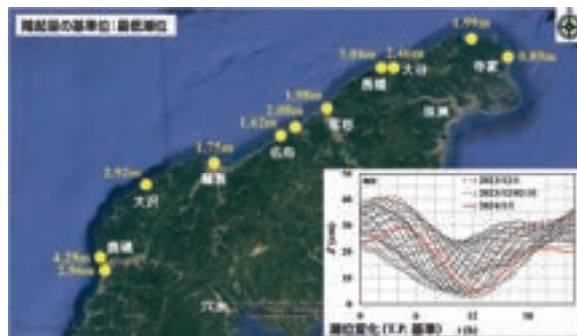


図-1 暫定的な海岸隆起量 (Google Earthに加筆)



図-2 津波遡上高の調査候補地点 (Google Earthに加筆)

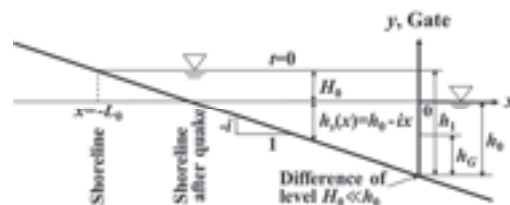


図-3 理論モデルの初期条件と諸記号の定義

海岸隆起による津波は海底や陸域の隆起により図-3に示す一様勾配 i の半無限斜面海域の隆起前海岸線から沖合へかけての有領域幅 L_0 における一様な水位上昇 H_0 に起因すると捉え、その場合の津波遡上の検討を行う。支配方程式として断面一次元の非線形浅水理論、解法として特性曲線法を採用する。

海岸隆起による津波遡上を理論評価できれば、理論と今次津波の現地調査結果を比較・検討することで、能登半島北岸における津波実態の把握につながると考えられる。

* Tsunami on the northern coast of Noto Peninsula, uplifted by the 2024 Noto Peninsula Earthquake

by Hideo MATSUTOMI and Takanobu KAMATAKI

制振間柱を用いた RC 造共同住宅の応答制御設計に関する検討

秋田県立大学 青木直哉, 西田哲也

1. はじめに

近年日本では多くの大地震が発生しており、大地震後の継続使用を可能とする建築物が重要となってきた。このような背景から中高層RC造共同住宅においてもダンパーを配した制振構造採用の機運が高まっている。共同住宅にダンパーを配置する場合には極低降伏点鋼などを用いた間柱型のダンパーが省スペースであり、動線等の建物機能を阻害することもほとんどなく、共同住宅に適したダンパーであると言える。超高層共同住宅の構造設計では高度な時刻歴応答解析に基づき大地震時の安全性検討が行われるが、中高層鉄筋コンクリート造共同住宅には高度な時刻歴応答解析は実施されないため、より簡易な手法よっての安全性・継続使用性の評価が必要になる。本研究では、制振間柱を用いたRC造共同住宅の静的増分解析および静的繰り返し載荷解析に基づく応答制御設計法の提案を目的とする。

2. 検討する設計法の流れ

図1に本研究で検討する、等価線形化法に基づく制振間柱を用いたRC造共同住宅の応答制御設計のフロー図を示す。対象建物は第2種地盤に建つ10階建て、長辺方向7.6m×8mスパン、短辺方向12m×1mスパンの中高層RC造共同住宅とした。設計は以下の流れで行う。

STEP1: 入力地震波と目標最大層間変形角を決定する。今回入力地震動はBCJ-L2波とし、目標最大層間変形角は1/150radとした。図2にBCJ-L2波の加速度応答スペクトル（減衰定数5%）を示す。

STEP2: RC造共同住宅の骨組のみのモデルを作成する。

STEP3: 制振間柱の性能を仮定し、建物の北側構面の全層全スパンに制振間柱を配置したモデルを作成する。今回使用した制振ダンパーは低降伏点鋼(LY225)で、パネルサイズ600mm×600mm、厚さ6mmである。

STEP4: STEP2およびSTEP3で作成した両モデルに対して静的増分解析を行い、一自由度系に縮約し、性能曲線を作成する。

STEP5: STEP4同様、両モデルに対して静的繰り返し載荷解析を行い、各層の骨組のみの等価粘性減衰定数 h_{eqi} と制振間柱の h_{eqDi} を求め、それからダンパーモデルの建物全体の h_{eqD} を算出する。

STEP6: STEP5で算出した h_{eqD} より応答低減係数 F_h を算出し、入力地震波の S_a 及び S_D に乗算して要求曲線を作成する。

STEP7: 性能曲線と要求曲線を重ね合わせ、応答推定を行う。

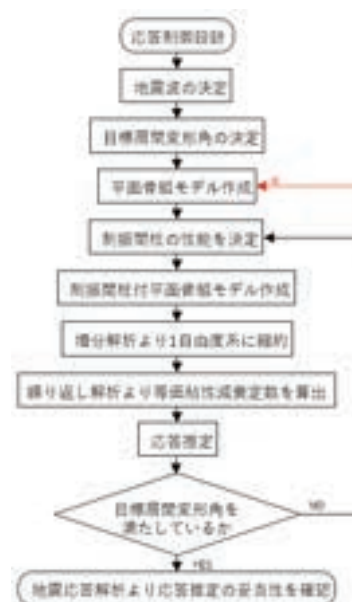


図1 フロー図

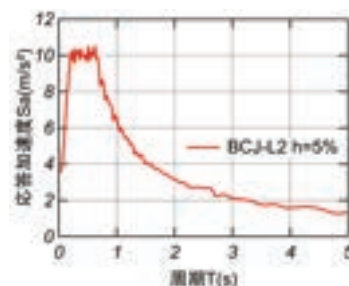


図2 加速度応答スペクトル

*A study on response control design of reinforced concrete apartment buildings using stud-type dampers by Naoya AOKI, Tetsuya NISHIDA.

3. 解析結果

ダンパーモデルについて、 h_{eqD} 曲線を図3に、 F_h 曲線を図4に、性能曲線と要求曲線による応答推定結果を図5に、本設計法による応答推定結果と時刻歴応答解析結果の比較を図6に示す。図3より建物の微小変形領域から制振間柱が早期に降伏し、等価粘性減衰定数が増加していることが分かる。図4から応答低減係数 F_h は、制振間柱の効果により等価粘性減衰定数が微小変位から増加することで微小変形領域から応答を大きく低減できることが分かる。図5からダンパーモデルの応答推定時の代表変位が0.112mとなり、代表変位に対応する各層層間変位を静的増分解析結果から求めた。図6から応答推定結果が比較のために別途実施した時刻歴応答解析の結果に近いことがわかる。これはダンパーを導入したことで建物全体の応答が降伏前の比較的安定した領域に納まるようになったことが理由として考えられる。

4. 応答制御設計法

本設計手法は、応答を目標変位に納めるための骨組とダンパー量を比較的簡易な方法で検討できるものと考えている。具体的には、応答を低減するには(i)ダンパー量を増加する、(ii)骨組の強度を増加する、の2つの方法がある。ダンパーのみを増加すると、建物全体の等価粘性減衰定数は大きくなり、応答が低減し、目標変位に近づけることができる。しかし、ダンパーだけでは目標変位を満たすことができない場合には、骨組の強度を増加して性能曲線における降伏前の領域の勾配を大きくし、さらに応答を小さくすることが必要となる。本設計手法を用いることで、合理的な制振間柱付建物の設計のためのこのような判断がより容易にできるようになると考えられる。

5. まとめ

本研究では等価線形化法に基づく制振間柱を用いた中高層RC造共同住宅の応答制御設計法の検討を行った。本設計手法を用いることで微小変形領域からの制振効果が把握でき、時刻歴応答解析より簡易な手法によって合理的な設計が可能となると考えられる。今後の検討として、より簡便に設計を進められるようにするため、静的繰り返し解析によらないダンパー量ごとの h_{eq} 算定式の作成が有効であると考えている。

謝辞 本研究の解析では、プログラム”DYNASTY-Frame2D”(藤井 賢志作成)を使用させていただいた。

参考文献 日本建築学会, 鉄筋コンクリート造建物の等価線形化法に基づく耐震性能評価型設計指針(案)・同解説, 2019

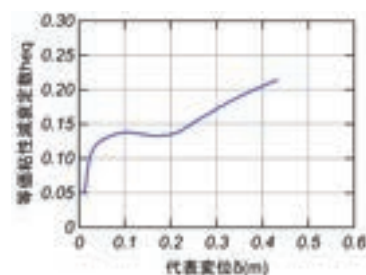


図3 h_{eqD} 曲線

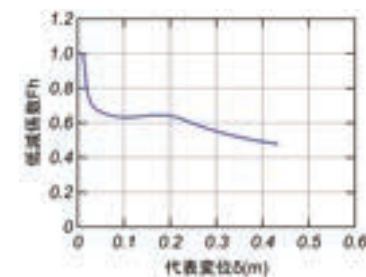


図4 F_h 曲線

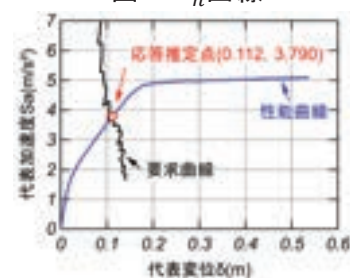


図5 応答推定結果

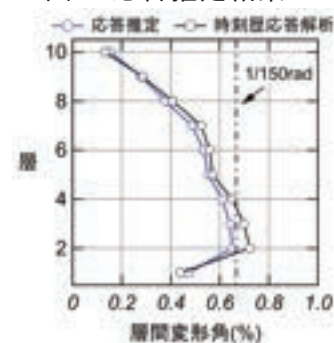


図6 最大応答値の比較

地震時の応答波形を用いた簡易的な木造住宅の固有周期の推定に

関する検討*

秋田工業高等専門学校専攻科 田口 真衣・寺本 尚史

1. はじめに

現在日本では、地震時に建物の応答データを用いてリアルタイムに損傷評価を行うヘルスマニタリングの導入が進んでおり、建物の固有周期の変化や変形から損傷を推定する方法が提案されている。しかし、これらは主に高層建築物を対象とした複雑な推定手法が多く、一般の木造住宅にも適用できるよりシンプルな推定手法の必要性が高まっている。本研究では、一質点系の振動方程式と観測された波形から非常にシンプルに固有周期を推定する手法を考案し、一質点系の水平ばねモデルや木造建物の動的応答解析結果を用いて、固有周期を推定可能かどうかの検討を行った。

2. 研究方法

図1に示す一自由度系の水平ばねモデルの場合、ある時刻(iステップ)における各応答値の差分を用いた振動方程式は式(1)のように表すことができる。

$$\Delta a_i + 2h\omega\Delta v_i + \omega^2\Delta x_i = -\Delta a_{0i} \quad (1)$$

ここで Δ は各ステップ毎の増分値とした。差分を用いたのは、建物が壊れるような非線形応答の場合の解析にも対応させるためである。この(1)式について連続する3ステップ分を用いて行列式にすると、(2)式で表される。

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2h\omega \\ \omega^2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta a_i & \Delta v_i & \Delta x_i \\ \Delta a_{i+1} & \Delta v_{i+1} & \Delta x_{i+1} \\ \Delta a_{i+2} & \Delta v_{i+2} & \Delta x_{i+2} \end{bmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -\Delta a_{0i} \\ -\Delta a_{0i+1} \\ -\Delta a_{0i+2} \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで、 a は応答加速度、 a_0 は入力加速度、 v は応答速度、 x は応答変位、 ω は角振動数、 h は減衰定数である。(2)式から角振動数 ω を求められ、これから固有周期を推定することができる。

推定に用いる動的応答解析結果には、一質点系の水平ばねモデル(図1)および木造住宅の動的応答解析とした。水平ばねモデルの復元力特性は、線形、バイリニア、トリリニアの各モデル、木造住宅の動的応答解析には wallstat¹⁾を用いた。なお、一質点系の加振前の固有周期は 0.5s とした。wallstat の解析モデルは1層とし、モデルの概要を図2に示す。入力波はいずれのモデルも JMA 神戸波とした。

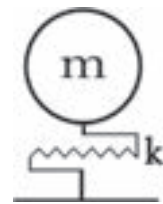


図1 水平ばねモデル

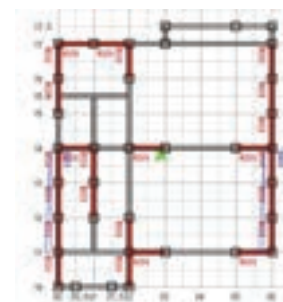
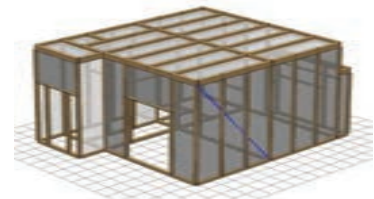


図2 解析モデル

*Simple Estimation of the Natural Periods of Wooden Houses Using Seismic Response Waveforms from Dynamic Analysis by Mai Taguchi, Naofumi Teramoto

3. 結果と考察

水平ばねモデルの推定結果を図3に示す。ここで、縦軸は構造物の固有周期の推定値を表し、加振前および加振後の固有周期も併せて示す。線形(a)においては多少のばらつきはあるものの、事前に設定した固有周期と一致した。バイリニア(b)、トリリニア(c)においても、線形状態の加振前の固有周期と推定値が一致した。また、最大変位後に固有周期が一定になり加振後の固有周期とも比較的よく一致した。次に木造住宅モデルの推定結果を図4に示す。ここで、図4(a)は損傷が少ない応答、同(b)は損傷が大きい応答のものである。損傷が少ない応答については多少のばらつきがあるものの、比較的よく一致した。一方、損傷が大きい応答はばらつきが大きかったが、8.66秒で最大変位に達した後に固有周期が大きくなっており、9~15秒を平均した固有周期が加振後の固有周期とほぼ一致した。

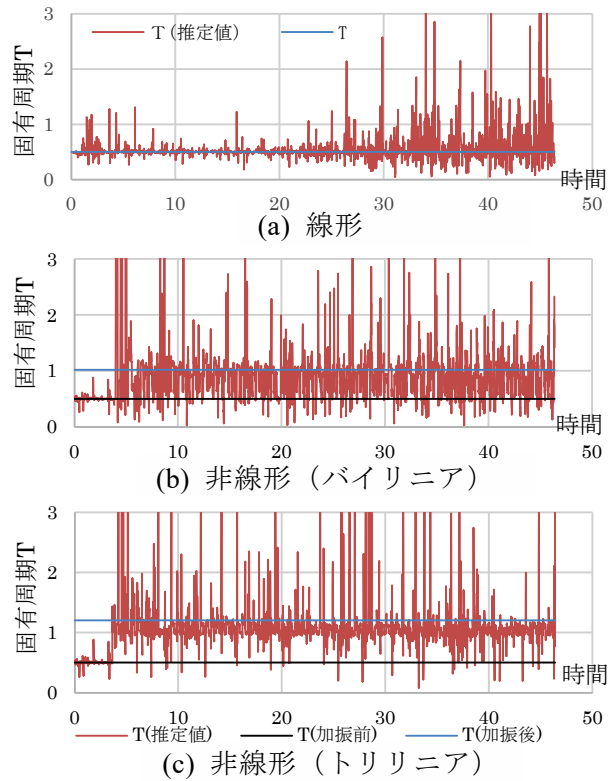


図3 水平ばねモデルの推定結果

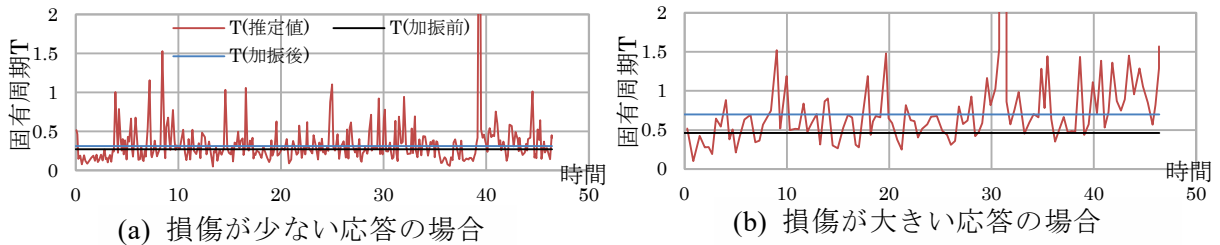


図4 木造住宅モデルの推定結果

4. まとめ

本研究では、一質点系の振動方程式と観測された波形から非常にシンプルに固有周期を推定する手法を考案し、動的応答解析結果を用いて、固有周期を推定可能かどうかの検討を行った。その結果、一質点系の水平ばねモデルにおける推定は、いずれのモデルも精度よく行うことができた。一方で、木造住宅を想定した応答データを用いた推定では、損傷が少ない応答は精度よく推定できたが、損傷の大きい応答はばらつきが生じた。今後は応答変位が大きい時間を中心に細かく検討し、より精度の良い推定を行う方法について検討を行う。

参考文献

- 1) 瀧野敦夫, 植松千陽, 中川貴文: 倒壊解析シミュレーションに基づく木造住宅の地震被害度の推定, 日本地震工学会論文集 第19巻, pp368~370(2019)

教育研究用機器の地震リスク評価手法に関する研究*

東北大学大学院工学研究科 ○吉田 亘芳
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

1. 序

東北地方太平洋沖地震時、東北大学工学研究科青葉山キャンパスでは、構造被害が軽微であった建物においても甚大な室内被害が発生し、実験装置・機器、実験材料などが落下、転倒または移動により破損した。教育研究用機器が被災した場合、機器そのものの経済的な損害だけでなく、一時的な教育研究の停止を余儀なくされ、その後の教育研究に多大な影響を与えることが示された¹⁾。一方、室内被害対策の現状は、生活家具を対象とした研究が多く、文献 2)では地震による家具の転倒調査を行い、発生した被害と地震動強さを対応付けて生活家具の耐震性を定量的に評価している。また、教育研究用機器の地震対策として、東北大学では「東北大学教育研究用機器転倒防止技術指³⁾」を策定し、教育研究機器の地震対策を行う上での課題についてまとめ、機器の重要度に応じて設計震度を定める手法を提示している。しかし、教育研究用機器の地震被害対策の現状として、大学における教育研究用機器を対象とした実際の被害データを用い、地震リスクを定量的に評価した事例はごくわずかである。そこで本研究では、東北大学工学研究科における東日本大震災の地震被害の調査データを用いて、教育研究用機器の地震リスクを評価することを目的とする。

2. 東北大学工学研究科における東日本大震災の地震被害の把握

東北地方太平洋沖地震時に発生した東北大学工学研究科の室内被害を把握するため、文献 1)で取りまとめられた室内被害の記録を用いた。文献 1)で実施された調査における調査対象は、工学研究科事業場内に所属する研究室または事務室であり、地震発生時の研究室のメンバーと管理していた部屋の状況について回答を求めた。

本研究では室内被害と地震動を対応付けて把握するため、研究室単位で回答された全 613 部屋の調査データを建物ごと、かつ、階ごとに再整理し、文献 1)の調査データを全 52 棟の室内被害の状況として再集計した。集計した結果を踏まえ、有効な回答数が得られた生活家具の被害および教育研究用機器の被害としてそれぞれ表 1 に示す被害の種類に着目した。

3. 東北大学工学研究科建物群における教育研究用機器の被害率曲線

有効な被害データ数が得られた建物で工学研究科における建物群を構成し、表 2 に構成した建物群の棟数及びデータ数を示す。次に、建物群を構成する各建物に対し、剛性比例減衰多自由度系による地震応答解析を行い、各階最大床応答加速度を求めた。本研究で用いる振動モデルは逆 3 角形の 1 次モードを持ち、質量が均等なせん断質点系とした。また入力地震動として、

* A Study on Seismic Risk Assessment Methods for Educational and Research Equipment by Nobuyoshi Yoshida and Takeshi Sato

東北大学工学研究科人間環境系研究棟 1 階で観測された東北地方太平洋沖地震の記録を用いた。

工学研究科建物群の室内被害状況と最大床応答加速度の関係について、被害率曲線を作成した。図 1(a)に発生した転倒被害に対する被害率曲線、図 1(b)に発生した落下被害に対する被害率曲線、表 1 に被害の種類ごとの被害率曲線の平均値をそれぞれ示した。図 1 および表 1 から、転倒及び落下被害について、教育研究用機器の被害率は生活家具類の被害率に比べて小さいことが示された。また大学研究室におけるコンピュータの被害率曲線について、形状は教育研究用機器の被害率曲線と概ね一致し、その平均値も近い値となった。

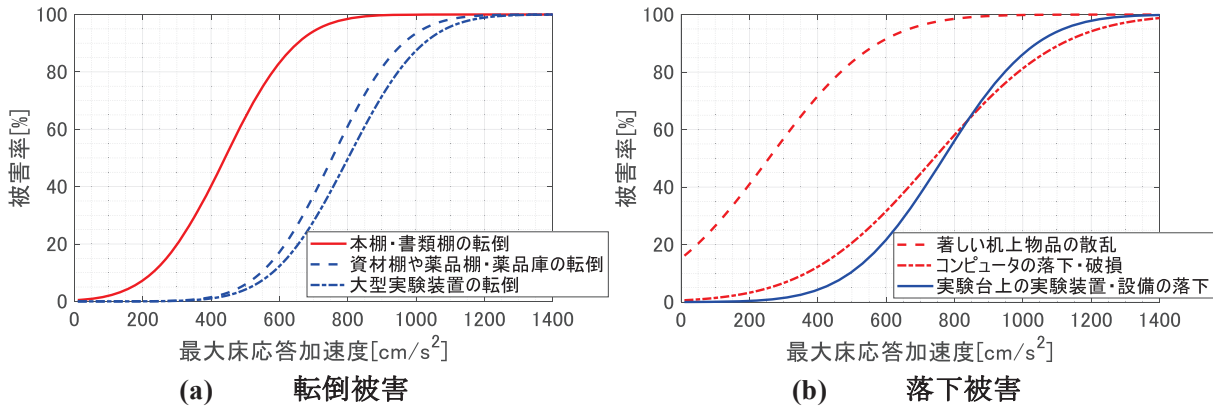


図 1 東北大学工学研究科の被害率曲線

表 1 工学研究科建物群の構成

被害の種類		平均値 [cm/s ²]
生活家具	本棚・書類棚の転倒	440.64
	著しい机上物品の散乱	257.06
	コンピュータの落下・破損	740.22
研究機器	実験台上の実験装置・設備の落下	767.21
	資材棚や薬品棚・薬品庫の転倒	754.46
	大型実験装置の転倒	801.54

表 2 工学研究科建物群の構成

総階数	棟数	データ総数
6階建て	4	139
5階建て	4	151
4階建て	2	71
3階建て	3	27
2階建て	5	37
1階建て	2	22
合計	20	447

4. 結

本研究では、東日本大震災における東北大学工学研究科の研究室を対象とした室内被害調査結果を用いて、教育研究用機器の地震リスクを被害率曲線の作成によって評価した。その結果、教育研究用機器は生活家具類に比べ、被害が発生しなかったことが示された。また、コンピュータの被害率曲線が実験台上の実験装置の被害率曲線と類似したことから、大学研究室において、コンピュータが落下した場合には実験装置も落下する可能性があることが示された。

参考文献

- 1) 東北大学工学研究科等安全衛生委員会:東北大学工学研究科における東日本大震災の地震被害報告書, 2012.3
- 2) 金子美香:地震時における家具の転倒率推定方法, 日本建築学会構造系論文集, 第 551 号, pp.61-68, 2002.1
- 3) 東北大学 教育研究用機器転倒防止ガイドライン WG:東北大学教育研究用機器転倒防止技術指針, 2013

立地ハザード評価と地震応答特性を踏まえた貴重図書の地震リスクと その低減に関する研究 ～東北大学図書館を事例とした分析と評価～*

東北大学大学院工学研究科 ○嶋田 瑠美子
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健
東北大学災害科学国際研究所 柴山 明寛

1. 研究の背景と目的

東北大学附属図書館は、本館及び4つの分館から構成されている。附属図書館群は、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震をはじめ、度重なる地震によって建物被害だけでなく、所蔵物の被害を受けてきた。現在、川内キャンパスにある本館（以降、川内図書館）には、漱石文庫を含む多くの貴重図書が2号館4階に所蔵されており、2021年2月13日に発生した福島県沖地震（以降、2021福島県沖）及び2022年3月16日に発生した福島県沖地震（以降、2022福島県沖）の両方の地震で、貴重図書が落下等の甚大な損傷が生じた^[1]。そこで、筆者は、川内図書館2号館における貴重図書の被害状況と地震対策の関連性を整理し、配架場所や地震対策の影響を調査した^[2]。その結果、階数が上がることに図書の落下が顕著になっており、図書の落下防止等の対策がなされていても地震動の影響が大きく、被害が発生していた。貴重図書は、1912年から1973年の間に片平キャンパスの史料館に所蔵されていたが、2016年以降から川内図書館1号館地下に移動し、現在の川内図書館2号館4階に保管されている。貴重書の移動の歴史は、様々な諸事情によるものであるが、災害リスクを考慮したとは言いがたい。

そこで、本報告では、同一の地震に対する異なる立地条件が建物の地震応答に与える影響を評価することとした。本研究の最終目的は、東北大学のキャンパス間における貴重図書の地震リスクの格差を明らかにし、川内図書館2号館の建物が川内キャンパス以外の別のキャンパスに立地していたとする場合に、立地ごとに異なる地震動に対する書架落下リスクを評価し、そのリスクを低減するための有効な対策を提案することである。

2. 東北大学附属図書館と地震観測記録

東北大学の4つのキャンパス（図1）に対して、定量的な地震動評価を行うために、各キャンパスの地震観測記録の調査を実施した。キャンパス内にある地震観測点は青葉山のみであったため、その他のキャンパスについては、近傍の地震観測点を用いることとした。ただし、地盤条件が異なることを前提に地震観測点を選んだ。川内図書館については、近傍の地



図1 東北大学附属図書館と地震観測点

* A Study on Seismic Risk of Rare Books and Its Reduction Based on Location Hazard Assessment and Seismic Response Characteristics
～Analysis and Evaluation of Tohoku University Library as a Case Study～. by Rumiko Shimada, Takeshi Sato and Akihiro Shibayama

震観測点も無いことから、過去の地震記録を用いて 2021 年と 2022 年の福島県沖地震の地震動を推定することとした。推定には、仙台第二合同庁舎の地震記録を用いて行った。地震動の推定に用いた記録として、1989～1995 年に観測された川内キャンパスの地震記録を用いた。地震記録は、紙媒体のみで保存されており、その中の加速度応答スペクトルのグラフを用いた^[3]。また、その他の地点については、2021 年および 2022 年の福島県沖地震における東北大学災害研と建築研究所が所有する観測記録を用いた^[4]。

3. 地震動の推定

川内キャンパスにおける 2021 年および 2022 年の福島県沖地震の応答加速度は、仙台第二合同庁舎の観測記録と過去の地震での川内図書館 2 号館の固有周期に対する応答加速度を比較し、その比率を基に推定した。

これに基づき、川内図書館 2 号館における 2021 年 2 月 13 日および 2022 年 3 月 16 日の福島県沖地震時の応答加速度を推定した。また、川内図書館 2 号館が川内キャンパス以外の別キャンパスに立地した場合の川内図書館 2 号館での床応答加速度を表 1 および表 2 に示した。

表 1 2021/2/13 各地点における床応答加速度 (*gal*)

2021年2月13日	青葉山	片平	星陵	川内
4F	539.0	593.8	555.1	809.8
3F	404.2	445.3	416.3	607.3
2F	269.5	296.9	277.6	404.9
1F	134.7	148.4	138.8	202.4
応答加速度	408.3	449.8	420.6	613.5

表 2 2022/3/16 各地点における床応答加速度 (*gal*)

2022年3月16日	青葉山	片平	星陵	川内
4F	861.2	546.2	592.5	862.7
3F	645.9	409.7	444.4	647.1
2F	430.6	273.1	296.2	431.4
1F	215.3	136.6	148.1	215.7
応答加速度	652.4	413.8	448.8	653.6

4. まとめと今後の展望

本研究では東北大学附属図書館と地震観測点について整理し、2021 年 2 月 13 日および 2022 年 3 月 16 日に発生した地震における川内図書館の地震応答解析を行い、各階における床応答加速度を推定した。また、川内図書館 2 号館が川内キャンパス以外の別キャンパスに立地した場合の床応答加速度を推定した。

今後の展望として、各キャンパス間での図書落下予測被害を比較し、キャンパスごとの立地条件が落下リスクに与える影響を明らかにすることが挙げられる。また、図書の落下を低減するための対策とその効果についての検討を進め、より安全な図書館環境の構築に資する知見を提供していくことを目指す。

謝辞

本研究の遂行にあたり、東北大学災害科学国際研究所准教授大野晋先生に災害研の強震観測記録をご提供いただき、深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 東北大学附属図書館：東北大学附属図書館における福島県沖地震対応記録, <https://www.library.tohoku.ac.jp/index.html> (2022/10/25 参照)
- [2] 嶋田瑠美子, 佐藤健, 柴山明寛：大学附属図書館における貴重図書の地震被害と実態把握, 令和 5 年度東北地域災害科学研究会講演予稿集, pp11-12
- [3] 遊佐正樹, 渋谷純一, 柴田明德：1989～1995 年『宮城県で得られた強震記録とその解析』, 地震工学研究報告, 第 3 号, 平成 7 年 3 月
- [4] 国立研究開発法人建築研究所：建築研究所の強震観測, <https://smo.kenken.go.jp/> (2024/9/20 参照)

1894年庄内地震直後の地域刊行物

— 「山形県震水災概況」を中心に —*

北海道大学 鏡味 洋史

秋田大学地域防災減災総合研究センター 水田 敏彦

1. はじめに

1894年庄内地震は山形県庄内地方に多大の被害を生じた M=7.0 の内陸地震で、1891年濃尾地震直後の大地震として多くの被害調査報告のみならず、地震に関する地元出版物も多く残されている。本論では、これらの出版物に着目し地域にとってどのような地震災害であったのか探ってみる。

2. 1894年庄内地震の直後に発刊された単行本

筆者らは、この地震について被害調査に関する文献調査を進めている¹⁾。地震の直後に地元で5冊の単行本が出版されている。表1に出版日の順に並べ比較する。庄内震災録²⁾は11月12日の発行で地震後3週間で発行されている。新聞の引用が多く、いち早く新聞記事等をまとめた内容で3銭で市販されている。新聞のダイジェスト版としての需要があったものと思われる。和綴本の東西田川飽海三郡甲午大地震記³⁾は多くの情報を収集し著者の書下ろしで再編されている。悲愴惨憺両羽地震誌⁴⁾は各種の情報を集大成したもので156頁と大部で65銭の定価が付けられている。庄内明治震災録⁵⁾は翌年2月に発刊され、販売を目的とせず知己に頒布し情報共有している。山形県震水災概況⁶⁾は飽海郡南平田村の渡辺九十九が公的資料を集大成している。山形県では同年地震のみならず、5月の山形大火、8月の飽海郡の水害さらに12月には最上川の中上流部の水害に見舞われており、それらを含め記録に残している。他の報告書、出版物にはない情報を含んでいるので、本論では内容に着目する。

表1 直後に発刊された地域刊行物の比較

文献	2)	3)	4)	5)	6)
題名	庄内震災録	東西田川飽海三郡甲午大地震記	悲愴惨憺両羽地震誌	庄内明治震災録	山形県震水災概況
発行日	11/12	12/20	12/30	翌年 2/15	2/18
発行所	山形市	鶴岡町	鶴岡町	山形市	飽海郡南平田村
著者	太田文輔	鶴廻舎主人述 菅原教敏	両羽震災取調所 編纂日向源吉編	佐藤多治郎	渡辺九十九
頁	16	53	159	48	202
価格	3銭	—	65銭	非売品	非売品
特徴	新聞記事のダイジェスト	書下ろし	集大成	知己に頒布	公的資料【含水害】集大成

*Local publications issued just after the 1894 Shonai earthquake — Focusing on the book of “Overview of the earthquake and flood in Yamagata prefecture” — by Hiroshi Kagami and Toshihiko Mizuta

3. 山形県震水災概況

著者の渡辺九十九（1852～1909）は地震当時山形県飽海郡南平田村の村長を務め当時鉄道のなかった酒田への鉄道敷設運動にも情熱を傾けていた。『山形県震水災概況』⁶⁾は付図「山形県震水災概図」に続き／明治27年山形県震災概況／山形県震災被害一覧表・外7表／上野村内相済明書／国税特別処分法を制定し山形県震災地飽海東西田川三郡罹災民を救済せられんことを請うの書／酒田私設鉄道利子補給に関する請願／最上川治水の儀に付請願からなる。これらのなかから主だったものを紹介する。

付図：山形県震水災概図：河川を詳細に記した山形県全図に水災の範囲（日光川・日向川）、（最上川支流鮭川）、（最上川中・上流）と庄内地震の劇震地（飽海郡酒田周辺・東西田川郡の一部）が詳細に記されている。欄外に酒田の市街図が掲げられ地震による焼失区域が記されている。

明治27年山形県震災概況：まず「庄内震災義捐金募集の檄」を引用し被害概要を述べている。漢語が多用されている格調高い文章である。本文では本年の県下の災害について5月の山形市の大火で2359焼失、8月の飽海郡の暴雨：鳥海山欠、月光、日向川氾濫、12月の最上郡の水害について述べている。山形は東京より遠く鉄道の便なし、戦争で国庫・民間の義捐金は少ない飽海郡では水害の後の地震で被害大であることを訴えている。

山形県震災被害一覧表：飽海郡と東西田川郡の一部の被災町村別に被害統計を詳細な被害額を含め一覧表にしている。山形市外拾郡水災被害物件調査表を始め多くの統計表が掲載されている。5月26日の山形市の大火については町別の詳細な被害統計が掲げられている。

4. まとめ

本論では、1894年庄内地震の直後に地元で出版された地震および災害に関する単行本5冊について紹介し比較した。地震発生3週間で新聞記事などの情報を取り纏めたものから、多くの情報を取り纏め翌年に発刊された大部なものまでである。本論では水害など他の災害を含む「山形県震水災概況」に着目して紹介した。5月の山形市の大火、8月の飽海郡の水害そして12月の最上川中上流部の水害も含めて詳述されている。飽海郡では8月の水害の被災域が10月の地震の劇震域と重なっており、災害を大きくしている。

なお、本年2024年7月25日、日光川、日向川流域では水害を生じている。

文献

- 1) 水田敏彦・鏡味洋史：1894.10.22 庄内地震の被害調査報告および関連資料の文献調査，日本建築学会技術報告集，17-35，407-710，2011.
- 2) 太田文輔：庄内震災録：17pp，1894.
- 3) 鶴廼舎主人述菅原敬敏編集：東西田川飽海三郡甲午大地震記，53pp，1894.
- 4) 両羽震災取調所編纂日向源吉編：悲愴慘憺両羽地震誌，159pp，1894.
- 5) 佐藤多治郎：庄内明治震災録，48pp，1895.
- 6) 渡辺九十九：山形県震水災概況，202pp，1985.

1964年新潟地震による庄内地方の被害

—鶴岡市と酒田市で刊行された報告書—*

秋田大学地域防災減災総合研究センター 水田 敏彦
北海道大学 鏡味 洋史

1. はじめに

1964年(昭和39年)新潟地震は新潟県沖で発生したM7.5の地震であり、被害は新潟県を中心として隣県の山形県や福島県などにおよんでいる。筆者らは新潟地震の新潟県以外で発生した広域の被害全般について文献調査を通じて被害の実態を明らかにしてきた^{例え1)}。また、庄内地方について地方新聞の記事を収集し被害状況を整理した²⁾。この地震は新潟地震と命名されているが、山形県庄内地方は新潟に次ぐ被害に見舞われており、特に鶴岡市や酒田市では詳細な被害報告がなされている^{3), 4)}。本報告では、鶴岡市と酒田市で刊行された報告書に着目し文献調査を行い、両報告書を比較し被害の詳細を追う。

2. 庄内地方の被害の概要

1964年新潟地震における庄内地方の被害は気象庁技術報告⁵⁾に山形県の市町村別被害一覧表が掲げられており、庄内地方のみ選び簡略化して表1に示す。被害は鶴岡市が最も多く死者6、負傷者36、住家全壊298等となっている。酒田市の被害は死者1、負傷者19、住家全壊116等であった。また、図1は震度分布図である。日本被害地震総覧⁶⁾による等震度線(VI,V)と庄内地方の当時の市町村を併せて示している。庄内地方については全域が震度Vの範囲に位置する。なお、鶴岡の震度VIは当時の委託観測点で日本被害地震総覧⁶⁾に掲載の等震度線はこれを基にしているが、気象庁震度データベース⁷⁾では鶴岡の震度VIは採用されていない。

破線は市町村界
()内は被害のない町村



図1 1964年新潟地震の震度分布

表1 1964年新潟地震による庄内地方の被害

旧市町	死	傷	住家					道路被害	鉄軌道被害	現在
			全壊	半壊	床上浸水	床下浸水	一部破損			
余目町				7			1306	1		庄内町
酒田市	1	19	116	230	16	23	8428	116	1	酒田市
遊佐町			36	57			2093	8	1	遊佐町
鶴岡市	6	36	298	696			14689	13	3	鶴岡市
温海町	2	12	26	178			1055	6	5	
計	9	67	476	1168	16	23	27571	144	10	

*A Study of earthquake damage in Shonai district caused by the 1964 Niigata Earthquake
—Reports published in Tsuruoka and Sakata cities— by Toshihiko Mizuta and Hiroshi Kagami

3. 鶴岡市と酒田市で刊行された報告書

1964年新潟地震に関する庄内地方における行政の報告として、鶴岡市が纏めた『新潟地震の記録（鶴岡市を中心として）』³⁾と酒田市が纏めた『新潟地震酒田市災害記録』⁴⁾がある。鶴岡市の報告³⁾は「第1編地震発生の状況と被害及びその対策」「第2編地震の解明と分析」「第3編問題点と今後の課題」、酒田市の報告⁴⁾は「第1編地震発生と被害復旧状況」「第2編地震の印象と記録」からなる。鶴岡市と酒田市で刊行された報告書を比較し表2に示す。

表2 鶴岡市と酒田市の報告書の比較

項目	鶴岡市	酒田市
書名	新潟地震の記録（鶴岡市を中心として）	新潟地震酒田市災害記録
発行年月日, 頁数	1965年3月20日, 176頁	1966年3月1日, 76頁
編集・発行者	鶴岡市新潟地震災害対策本部・鶴岡市長	酒田市総務課・小山孫次郎（※酒田市長）
はじめに	足立市長：明治27年以来の地震, 将来の資料, 元中学校長高橋氏に委嘱	小山市長：できるだけ詳細な記録, 今後の指針
あとがき	鶴岡市新潟地震災害対策本部嘱託高橋静夫：鶴岡市を中心とした地震記録の蒐集・編集, 東大地震研村井勇教授の校閲	資料は膨大で一部を削除, 酒田市の災害の数的なまとめと写真記録・作文を掲載
地震の発生状況	気象庁の資料	酒田測候所の資料
被害実態と復旧	84頁, 12地区別被害統計表	59頁, 13地区別被害統計表
体験記	19人（栗島2, 温海温泉1, 鼠ヶ関1, 飛島1, 鶴岡消防本部望楼見張番1, 酒田測候所検測係1, 大山小児童3, 西郷小児童4, 西郷中生徒3, 西郷小校長1, 大山小校長1）	8人（浜中小学校長1, 第二中学校長1, 西平田小児童1, 第三中生徒1, 宮野浦2, とびしま船長1, 第三中付近母子寮1）
被害地図	5万分1地形図：2枚（土木・農林関係被害図, 住家・非住家の全潰・半潰分布図）	市域全図：9枚（住家・非住家, 社会福祉・衛生施設, 農業, 土木, 小中学校, 社会教育施設, 水道, 港湾, 河川）
その他	地震の解明と分析：49頁 問題点と今後の課題：14頁	

4. まとめ

1964年新潟地震の庄内地方の被害に関して、鶴岡市と酒田市で刊行された報告書を紹介した。家屋やライフラインなどの被害について詳細な調査報告があり、また、直後の被害調査報告、学術論文、新聞には見られない新潟地震の体験談が多く残されており地震時の様子をうかがい知ることができる。

参考文献

- 1) 水田敏彦・鏡味洋史：1964年新潟地震による新潟県以外の被害に関する広域的考察，日本建築学会技術報告集，28，69，pp.1072-1077，2022.
- 2) 水田敏彦：1964年新潟地震の庄内平野における被害に関する文献調査，日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），pp.13-14，2022.
- 3) 鶴岡市：新潟地震の記録（鶴岡市を中心として），176pp，1965.
- 4) 酒田市：新潟地震酒田市災害記録，76pp，1966.
- 5) 気象庁：昭和39年6月16日新潟地震調査報告，気象庁技術報告，43，230pp，1965.
- 6) 宇佐美龍夫ほか4名：日本被害地震総覧，東京大学出版会，pp.394-400，2013.
- 7) 気象庁震度データベース検索：<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.html>（2024.11.20閲覧）