

2022年3月16日福島県沖の地震(MJ7.4)の地震動

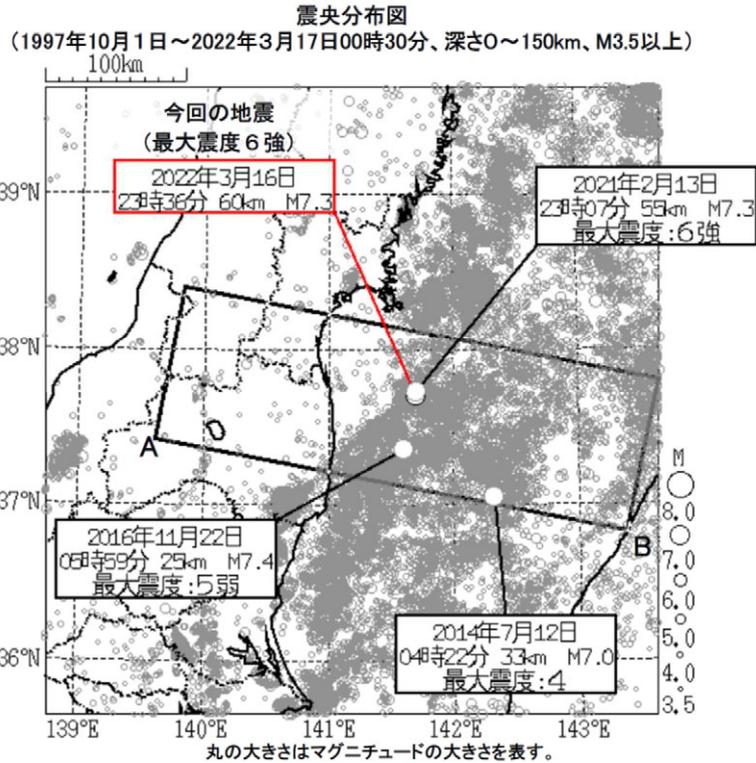
2022年3月17日
更新：2022年3月25日

2022年3月16日23時36分頃、福島県沖でMJ7.4の地震が発生した。この地震で観測された最大震度は6強で、消防庁災害対策本部^[1]によると3月24日17時現在で3人の死者（災害関連死1名含む）、25名の重傷者、全壊6棟等の被害が報告されている。また、東北新幹線は白石蔵王～福島駅での脱線等の被害による運転を見合わせており、高速道路も盛土部等での被害があり常磐道が18日12時で通行止めを解除したところである。停電、断水等も多く発生するなど社会インフラ施設で様々な被害が多く発生し、産業活動や市民生活に影響を及ぼしている状況である。本報は被害分析等を行う上での基礎となる地震動について、昨年2月の福島県沖地震と比較しつつ、速報として検討したものである。

1. 地震の概要

気象庁地震火山部^{[2][3]}によると、発震時間は2022年3月16日23時37分、震源は福島県沖の深さ57km、地震規模はMJ7.4と発表されている。震央位置を図1.1に、メカニズムを図1.2に示す。西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、沈み込む太平洋プレート内の地震であった。この地震は、2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)の余震域で発生しており、2021年2月13日には、今回の地震の震央付近でMJ7.3の地震(今回と同様の太平洋プレート内の地震)が発生している。

令和4年3月16日 福島県沖の地震
(発生場所の詳細)



注) 2022年3月16日の地震の地震規模M7.3(速報値)はM7.4(暫定値)に修正されている^[3]。

図1.1 2022年3月16日福島県沖の地震の震央位置(気象庁地震火山部^[2]を引用)

令和4年3月16日23時36分頃の地震の発震機構解 CMT解(速報)

西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型

[CMT解(速報)]

Mw=7.3

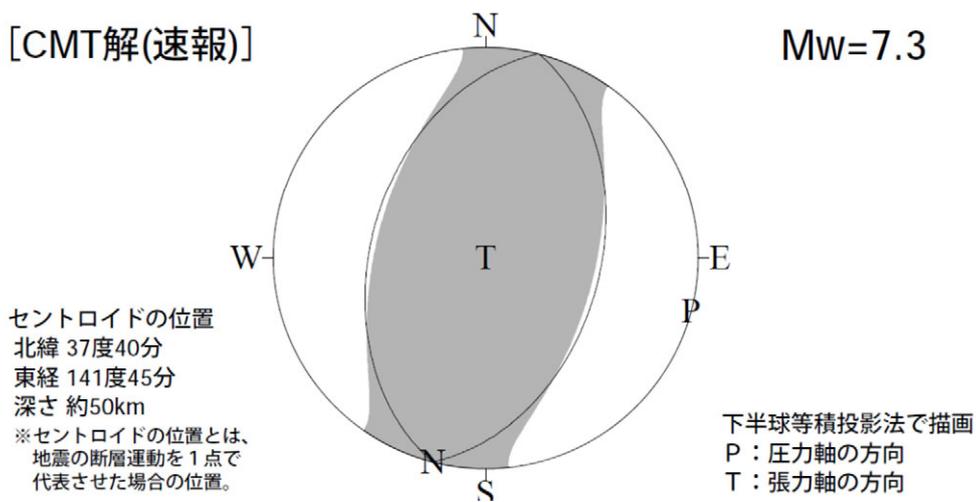


図1.2 2022年3月16日福島県沖の地震の発震機構解(気象庁地震火山部^[2]を引用)

2. 観測された地震動

気象庁^[4]により発表された震度分布を図2.1に、各地の震度階級を表2.1に示す。

現時点で公表されている防災科学技術研究所K-NET、KiK-net^[5]強震観測点および気象庁^[6]震度観測点での強震観測点における強震記録から算定した地震動指標を図2.2および表2.2に示す。KiK-net三春(FKSH18)、K-NET相馬(FKS001)、KiK-net山元(MYGH10)で震度6強相当となっている。これらの地点のボーリング柱状図を図2.3~2.5に示す。

表2.2で計測震度が大きいKiK-net三春(FKSH18)、K-NET相馬(FKS001)、KiK-net山元(MYGH10)における強震記録の加速度時刻歴波形とスペクトルを図2.6~2.8に示す。

また、これらの加速度応答スペクトル(減衰5%)、速度応答スペクトル(減衰20%)について、1995年兵庫県南部地震での代表的な強震記録^{[7][8]}と比較したものを図2.9に示す。K-NET相馬(FKS001)の加速度応答スペクトルは、建物被害に影響するとされる周期1秒付近で大阪ガス葺合と同程度となっている。

図2.10~2.12には、KiK-net三春(FKSH18)、K-NET相馬(FKS001)、KiK-net山元(MYGH10)について、2021年福島県沖の地震(M7.3)や2011年東北地方太平洋沖地震本震(M9.0)の強震記録との応答スペクトルの比較を示す。KiK-net三春(FKSH18)、K-NET相馬(FKS001)では、加速度応答スペクトル、速度応答スペクトルとも周期0.5~2秒程度では今回の地震が最も大きくなっている。KiK-net山元(MYGH10)では、速度応答スペクトルでは2021年福島県沖の地震のスペクトルのほうが今回の地震より概ね大きくなっている。

2022年03月17日00時11分発表
震源・震度情報 2報

地震の発生日時
03月16日23時36分頃
震源地名
福島県沖
深さ
60km
マグニチュード
M7.3

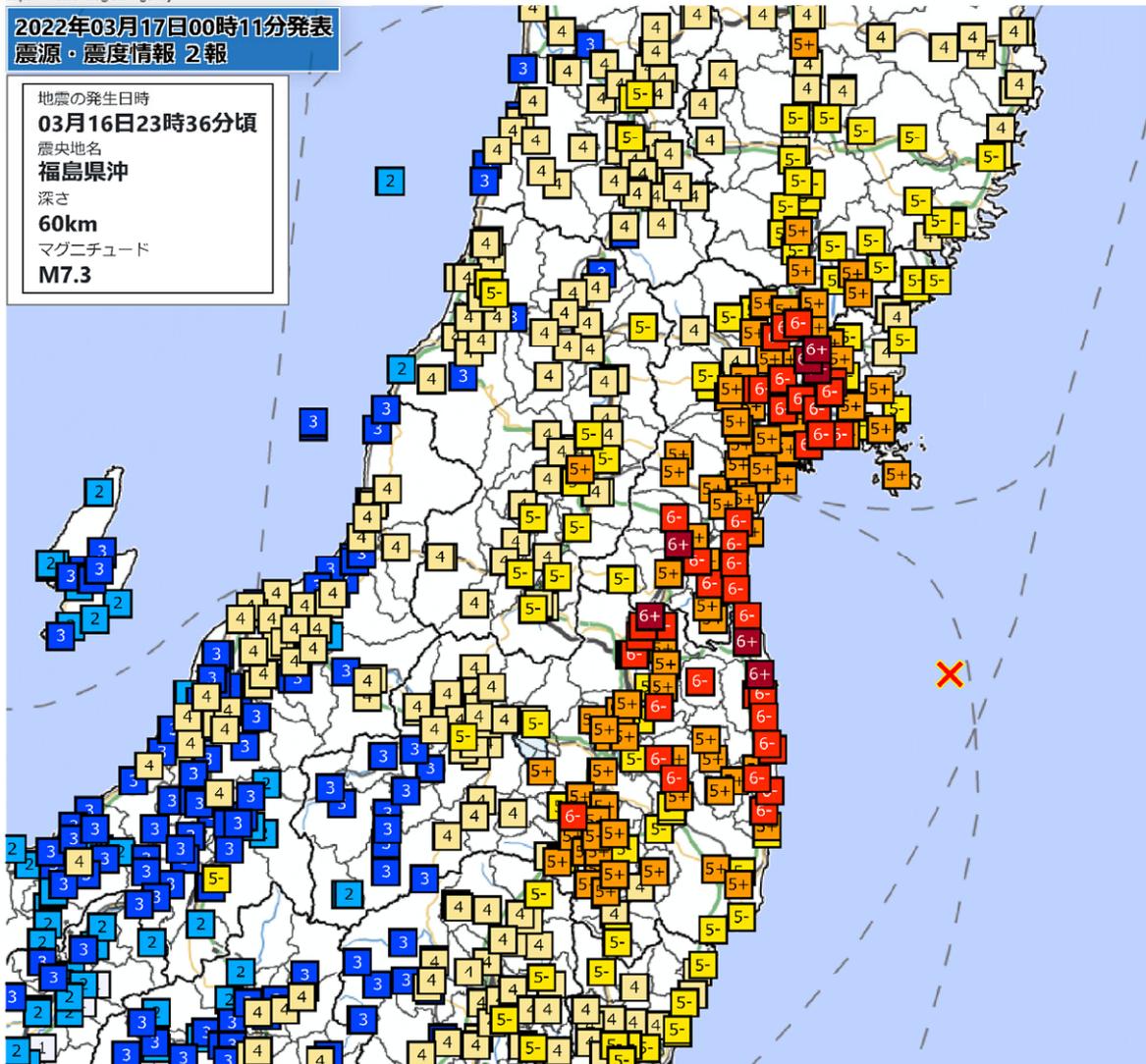


図 2.1 2022 年 3 月 16 日福島県沖の地震の震度分布(気象庁ウェブサイト^[4]を引用)

表2.1 2022年3月16日福島県沖の地震の観測震度(震度5強以上)
 (気象庁ウェブサイト^[4]による)

震度階級	県	震度観測点(*は気象庁以外の震度観測点)			
震度6強	宮城県	登米市米山町*	登米市南方町*	登米市迫町*	
	宮城県	蔵王町円田*			
	福島県	相馬市中村*	南相馬市鹿島区西町*	国見町藤田*	
震度6弱	宮城県	石巻市大街道南*	石巻市前谷地*	石巻市桃生町*	
	宮城県	名取市増田*	角田市角田*	岩沼市桜*	
	宮城県	登米市豊里町*	栗原市築館*	栗原市志波姫*	
	宮城県	栗原市若柳*	東松島市小野*	東松島市矢本*	
	宮城県	大崎市古川三日町	大崎市古川旭*	大崎市松山*	
	宮城県	大崎市田尻*	大河原町新南*	宮城川崎町前川*	
	宮城県	亙理町悠里*	山元町浅生原*	涌谷町新町裏	
	福島県	福島市五老内町*	二本松市針道*	田村市船引町	
	福島県	田村市大越町*	南相馬市原町区三島町	南相馬市原町区高見町*	
	福島県	南相馬市小高区*	福島伊達市前川原*	福島伊達市梁川町*	
	福島県	桑折町谷地*	天栄村下松本*	檜葉町北田*	
	福島県	富岡町本岡*	大熊町大川原*	双葉町両竹*	
	福島県	浪江町幾世橋	新地町谷地小屋*	飯館村伊丹沢*	
	震度5強	宮城県	仙台青葉区大倉	仙台青葉区作並*	仙台青葉区落合*
		宮城県	仙台宮城野区五輪	仙台宮城野区苦竹*	仙台若林区遠見塚*
宮城県		仙台太白区山田*	仙台泉区将監*	石巻市泉町	
宮城県		石巻市鮎川浜*	石巻市北上町*	石巻市相野谷*	
宮城県		塩竈市今宮町*	白石市亙理町*	仙台空港	
宮城県		多賀城市中央*	登米市中田町	登米市登米町*	
宮城県		登米市石越町*	栗原市栗駒	栗原市瀬峰*	
宮城県		栗原市高清水*	栗原市金成*	栗原市一迫*	
宮城県		大崎市古川大崎	大崎市三本木*	大崎市鹿島台*	
宮城県		富谷市富谷*	村田町村田*	柴田町船岡	
宮城県		丸森町上滝	丸森町鳥屋*	松島町高城	
宮城県		七ヶ浜町東宮浜*	利府町利府*	大和町吉岡*	
宮城県		大郷町粕川*	大衡村大衡*	色麻町四竈*	
宮城県		宮城加美町中新田*	宮城美里町北浦*	女川町女川*	
福島県		福島市松木町	福島市桜木町*	郡山市朝日	
福島県		郡山市開成*	郡山市湖南町*	いわき市三和町	
福島県		いわき市平梅本*	白河市新白河*	白河市東*	
福島県		白河市表郷*	白河市大信*	須賀川市八幡山*	
福島県		須賀川市岩瀬支所*	須賀川市八幡町*	二本松市金色*	
福島県		二本松市油井*	田村市常葉町*	田村市都路町*	
福島県		田村市滝根町*	南相馬市原町区本町*	福島伊達市保原町*	
福島県		福島伊達市霊山町*	福島伊達市月館町*	本宮市本宮*	
福島県		本宮市白岩*	川俣町五百田*	大玉村南小屋	
福島県		大玉村玉井*	鏡石町不時沼*	泉崎村泉崎*	
福島県		中島村滑津*	矢吹町一本木*	棚倉町棚倉中居野	
福島県		玉川村小高*	浅川町浅川*	古殿町松川新桑原*	
福島県		福島広野町下北迫大谷地原*	川内村下川内	川内村上川内早渡*	
福島県		大熊町野上*	葛尾村落合落合*		
岩手県		一関市竹山町*	一関市花泉町*	一関市千厩町*	
岩手県		一関市藤沢町*	奥州市前沢*	矢巾町南矢幅*	
山形県		中山町長崎*			

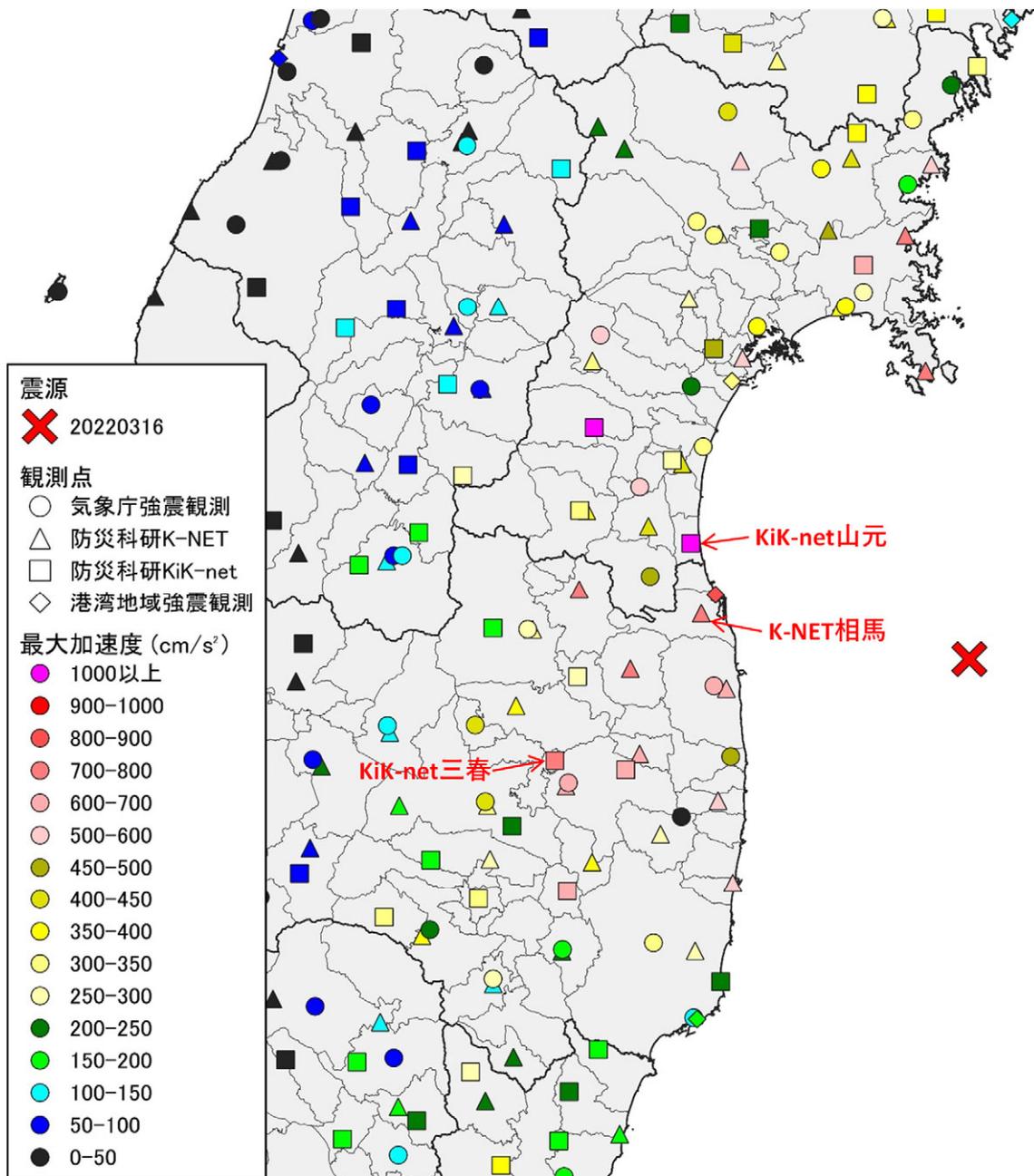


図2.2(1) 2022年3月16日福島県沖の地震の強震記録の最大加速度分布

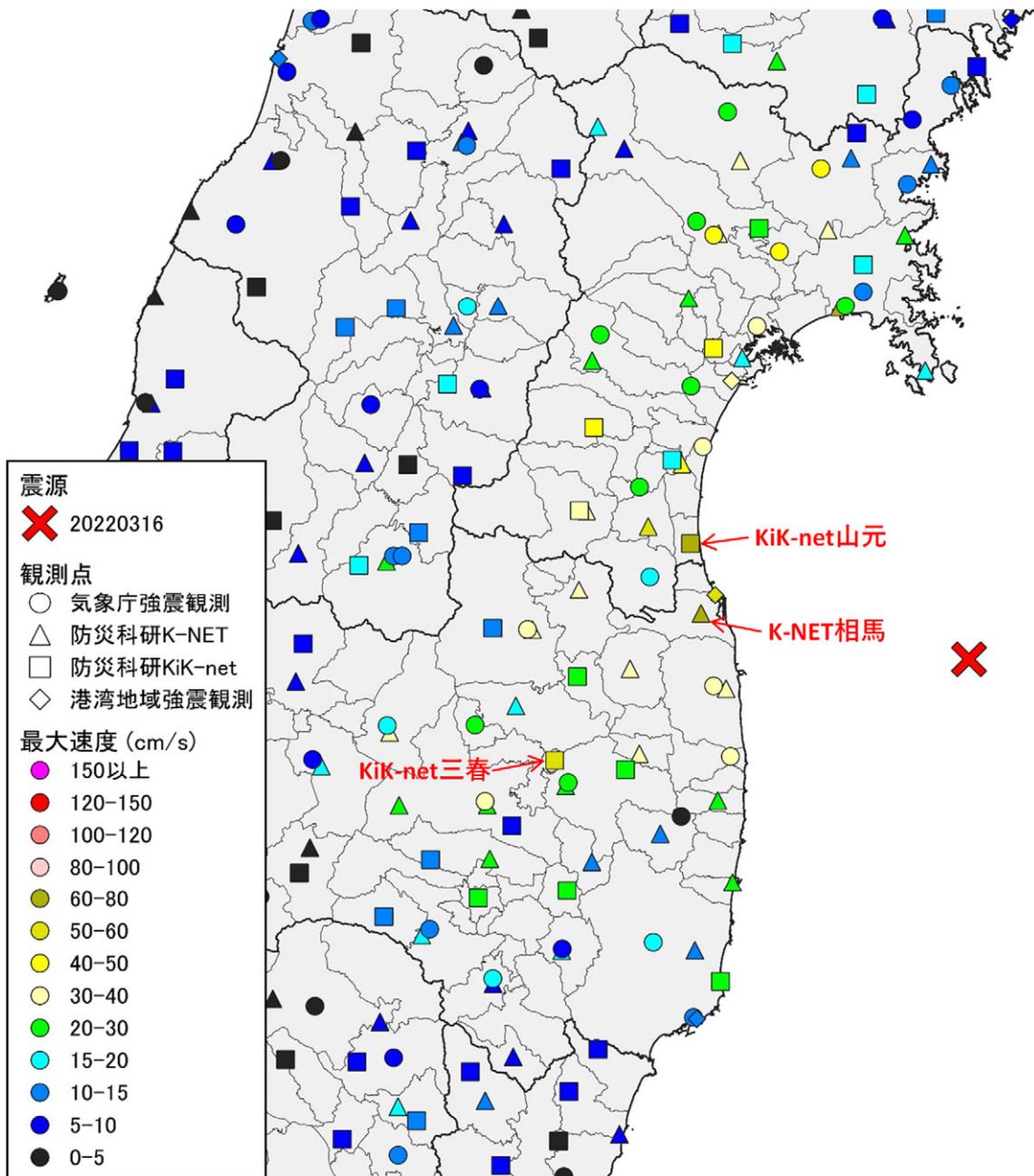


図2.2(2) 2022年3月16日福島県沖の地震の強震記録の最大速度分布

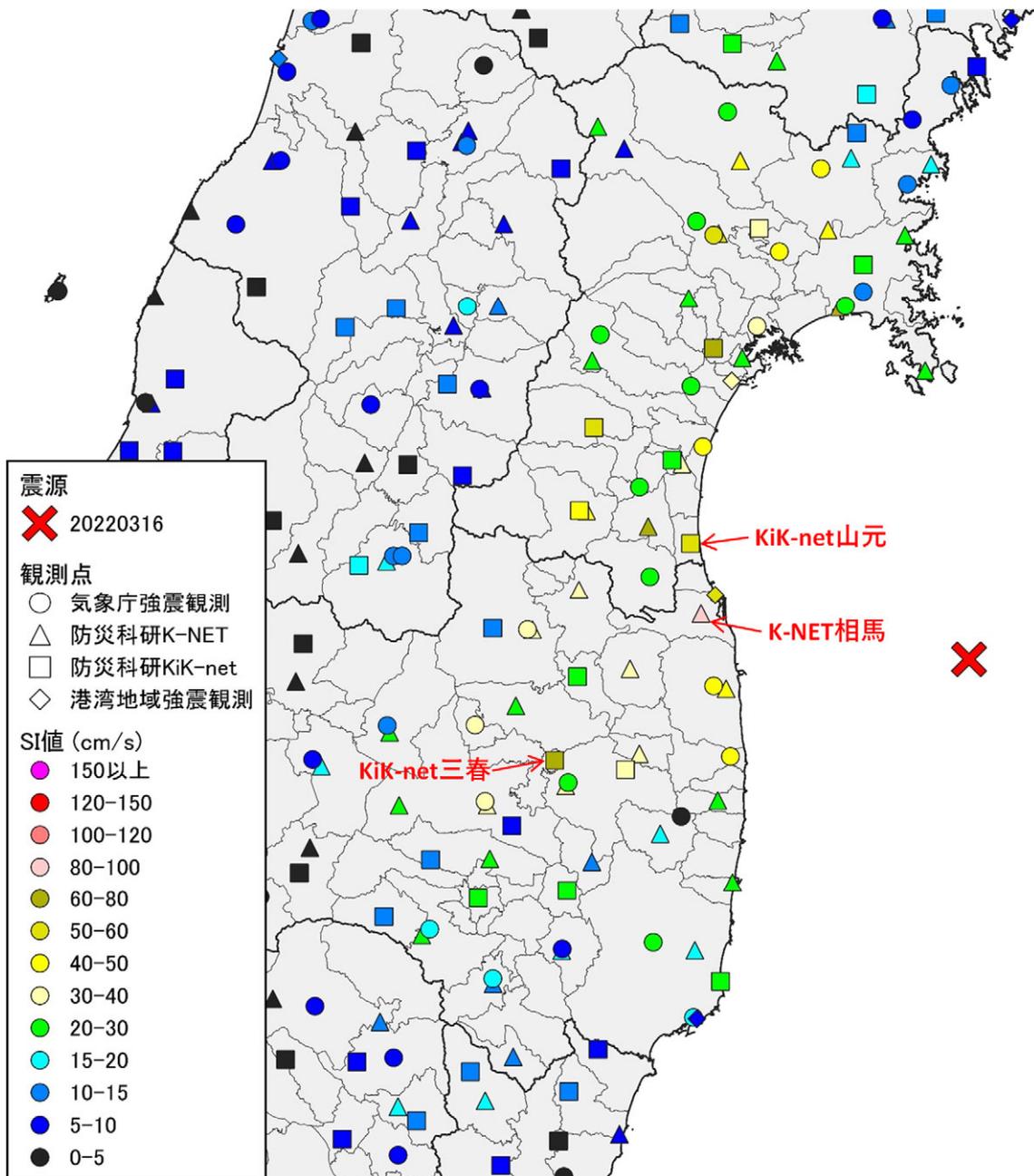


図2. 2 (3) 2022年3月16日福島県沖の地震の強震記録のSI値分布

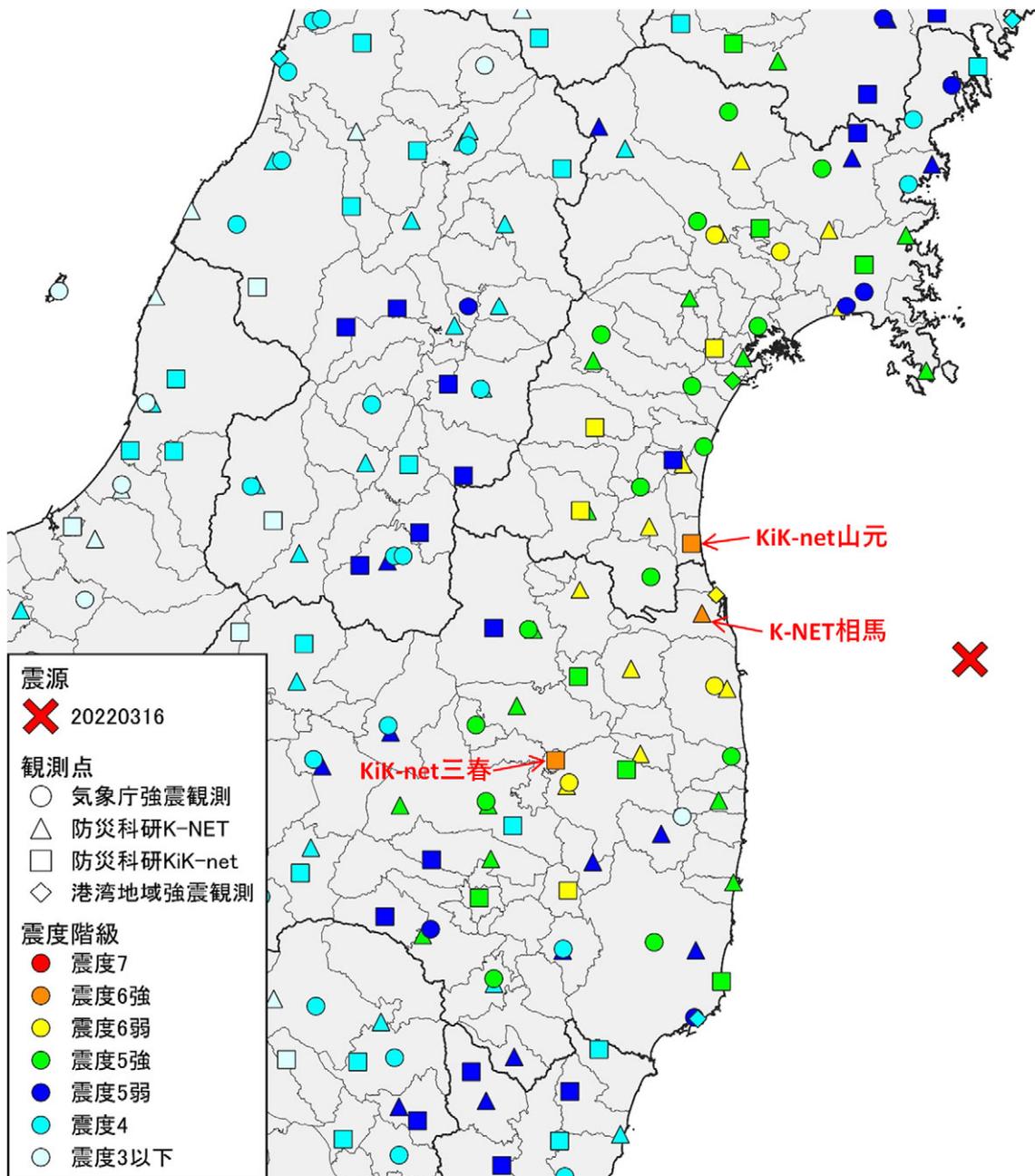
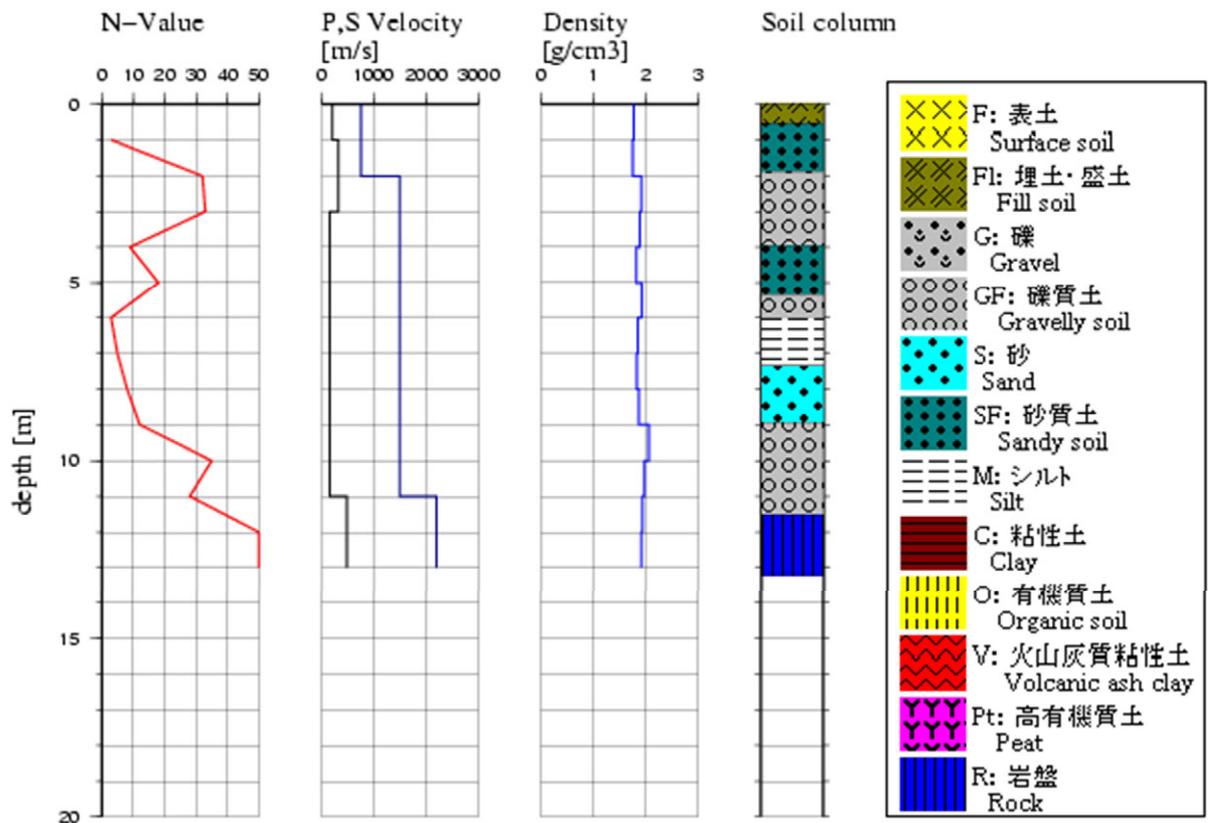


図2.2(4) 2022年3月16日福島県沖の地震の強震記録の計測震度分布

表2.2 2022年3月16日福島県沖の地震の強震記録の地震動指標(震度5強相当以上)

観測点 コード	観測点 名称	観測 機関	経度 (°)	緯度 (°)	最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)	SI値 (cm/s)	計測 震度	震度 階級
FKSH18	三春	防災科研KiK-net	140.5414	37.4864	774.74	53.96	68.12	6.2	6強
FKS001	相馬	防災科研K-NET	140.9230	37.7919	745.41	72.91	92.01	6.1	6強
MYGH10	山元	防災科研KiK-net	140.8958	37.9381	1007.08	75.46	58.78	6.0	6強
MYGH07	川崎	防災科研KiK-net	140.6439	38.1772	1232.68	48.10	50.33	5.9	6弱
MYGH14	利府	防災科研KiK-net	140.9551	38.3400	492.24	49.17	63.66	5.8	6弱
—	相馬-0	港湾地域強震観測	140.9600	37.8310	813.90	50.85	53.29	5.8	6弱
MYG010	石巻	防災科研K-NET	141.2844	38.4252	391.83	65.84	78.05	5.8	6弱
FKS006	葛尾	防災科研K-NET	140.7622	37.5000	611.76	33.36	38.27	5.8	6弱
MYG017	角田	防災科研K-NET	140.7852	37.9733	417.61	54.80	63.06	5.8	6弱
FKS004	飯館	防災科研K-NET	140.7380	37.6769	711.85	30.10	39.17	5.6	6弱
FKS008	船引	防災科研K-NET	140.5702	37.4333	664.03	26.63	33.06	5.6	6弱
MYG007	築館	防災科研K-NET	141.0252	38.7263	529.45	39.38	43.53	5.6	6弱
41209	大崎市古川三日町	気象庁	140.9561	38.5741	315.10	44.88	50.30	5.6	6弱
FKS005	原町	防災科研K-NET	140.9883	37.6355	628.89	38.06	43.91	5.5	6弱
41216	南相馬市原町区三島町	気象庁	140.9558	37.6413	654.85	34.59	42.83	5.5	6弱
MYGH09	白石	防災科研KiK-net	140.6061	38.0061	343.84	39.71	44.62	5.5	6弱
MYG006	古川	防災科研K-NET	140.9688	38.5772	283.67	39.87	50.08	5.5	6弱
FKSH12	平田	防災科研KiK-net	140.5736	37.2139	612.03	23.11	26.43	5.5	6弱
FKS002	梁川	防災科研K-NET	140.6047	37.8419	777.95	35.19	38.98	5.5	6弱
MYG007	豊里	防災科研K-NET	141.2541	38.5847	481.06	33.29	40.16	5.5	6弱
MYG015	岩沼	防災科研K-NET	140.8733	38.1019	415.71	46.82	39.88	5.5	6弱
42212	涌谷町新町裏	気象庁	141.1272	38.5401	337.93	42.47	47.41	5.5	6弱
42227	田村市船引町	気象庁	140.5765	37.4401	635.29	21.34	26.31	5.5	6弱
42228	浪江町幾世橋	気象庁	140.9997	37.4945	463.60	34.92	40.53	5.4	5強
MYG016	白石	防災科研K-NET	140.6244	38.0055	375.41	34.91	40.61	5.4	5強
FKS010	広野	防災科研K-NET	141.0050	37.2311	551.47	23.24	28.76	5.4	5強
FKSH19	都路	防災科研KiK-net	140.7261	37.4672	605.75	25.67	33.31	5.4	5強
47243	仙台青葉区大倉	気象庁	140.6602	38.3679	563.08	24.65	25.96	5.4	5強
42213	登米市中田町	気象庁	141.2357	38.7103	352.96	42.21	47.20	5.4	5強
FKS003	福島	防災科研K-NET	140.4833	37.7583	308.30	31.12	38.14	5.4	5強
47595	福島市松木町	気象庁	140.4706	37.7585	279.80	33.94	39.49	5.4	5強
—	仙台-0	港湾地域強震観測	141.0030	38.2730	303.97	32.46	34.82	5.4	5強
41215	郡山市朝日	気象庁	140.3600	37.4009	421.13	30.47	37.63	5.3	5強
47247	大玉村南小屋	気象庁	140.3338	37.5600	423.32	23.99	30.46	5.3	5強
47569	仙天空港	気象庁	140.9278	38.1379	345.27	32.16	41.24	5.3	5強
MYG008	北上	防災科研K-NET	141.4549	38.5740	737.82	22.64	29.82	5.3	5強
42211	松島町高城	気象庁	141.0691	38.3853	367.72	37.10	38.44	5.3	5強
42210	柴田町船岡	気象庁	140.7626	38.0547	576.57	20.83	21.06	5.3	5強
IWT012	北上	防災科研K-NET	141.1413	39.3180	466.13	24.43	27.98	5.3	5強
FKS018	郡山	防災科研K-NET	140.3655	37.3930	317.31	22.51	30.42	5.2	5強
FKS007	大熊	防災科研K-NET	140.9666	37.4030	533.61	27.25	29.87	5.2	5強
42214	栗原市栗駒	気象庁	140.9923	38.8266	420.93	20.35	22.51	5.2	5強
IWT010	一関	防災科研K-NET	141.1208	38.9305	309.96	22.04	26.66	5.2	5強
FKSH17	川俣	防災科研KiK-net	140.6008	37.6606	289.91	22.50	27.13	5.2	5強
FKS019	二本松	防災科研K-NET	140.4402	37.6000	366.55	19.25	22.86	5.2	5強
FKSH11	矢吹	防災科研KiK-net	140.3420	37.1976	312.90	20.24	27.81	5.2	5強
FKS016	白河	防災科研K-NET	140.1947	37.1197	396.60	17.68	21.93	5.2	5強
47013	大崎市古川大崎	気象庁	140.9112	38.6022	339.68	24.84	24.76	5.2	5強
FKS017	須賀川	防災科研K-NET	140.3722	37.2811	294.26	24.88	27.22	5.1	5強
MYGH11	河北	防災科研KiK-net	141.3456	38.5131	608.14	19.15	23.30	5.1	5強
FKSH14	いわき東	防災科研KiK-net	140.9736	37.0233	211.80	26.49	27.77	5.1	5強
MYGH06	田尻	防災科研KiK-net	141.0744	38.5878	220.45	26.09	36.95	5.1	5強
MYG014	作並	防災科研K-NET	140.6391	38.3147	341.65	21.51	22.84	5.1	5強
47374	いわき市三和町	気象庁	140.7983	37.1048	321.83	16.89	20.78	5.1	5強
MYG012	塩竈	防災科研K-NET	141.0305	38.3202	560.35	17.23	22.79	5.1	5強
47245	丸森町上滝	気象庁	140.7896	37.8692	469.32	17.92	21.79	5.1	5強
MYG009	大和	防災科研K-NET	140.8908	38.4436	290.73	24.46	26.99	5.1	5強
47590	仙台宮城野区五輪	気象庁	140.8968	38.2622	229.94	25.59	24.12	5.0	5強
TCG009	今市	防災科研K-NET	139.7188	36.7227	308.13	12.32	13.72	5.0	5強
TCGH16	芳賀	防災科研KiK-net	140.0783	36.5450	283.72	14.77	17.50	5.0	5強
FKS024	中野	防災科研K-NET	140.1358	37.3927	174.32	24.73	29.87	5.0	5強
IWTH26	一関東	防災科研KiK-net	141.0047	38.9661	413.96	15.07	20.36	5.0	5強
42226	棚倉町棚倉中居野	気象庁	140.3802	37.0292	279.58	16.64	18.59	5.0	5強
MYG011	牡鹿	防災科研K-NET	141.5077	38.2941	708.13	17.58	20.71	5.0	5強
IWTH04	住田	防災科研KiK-net	141.3944	39.1781	317.15	14.13	15.81	5.0	5強

* 最大加速度、最大速度は3成分合成、SI値は最大となる方向



NIED 独立行政法人防災科学技術研究所

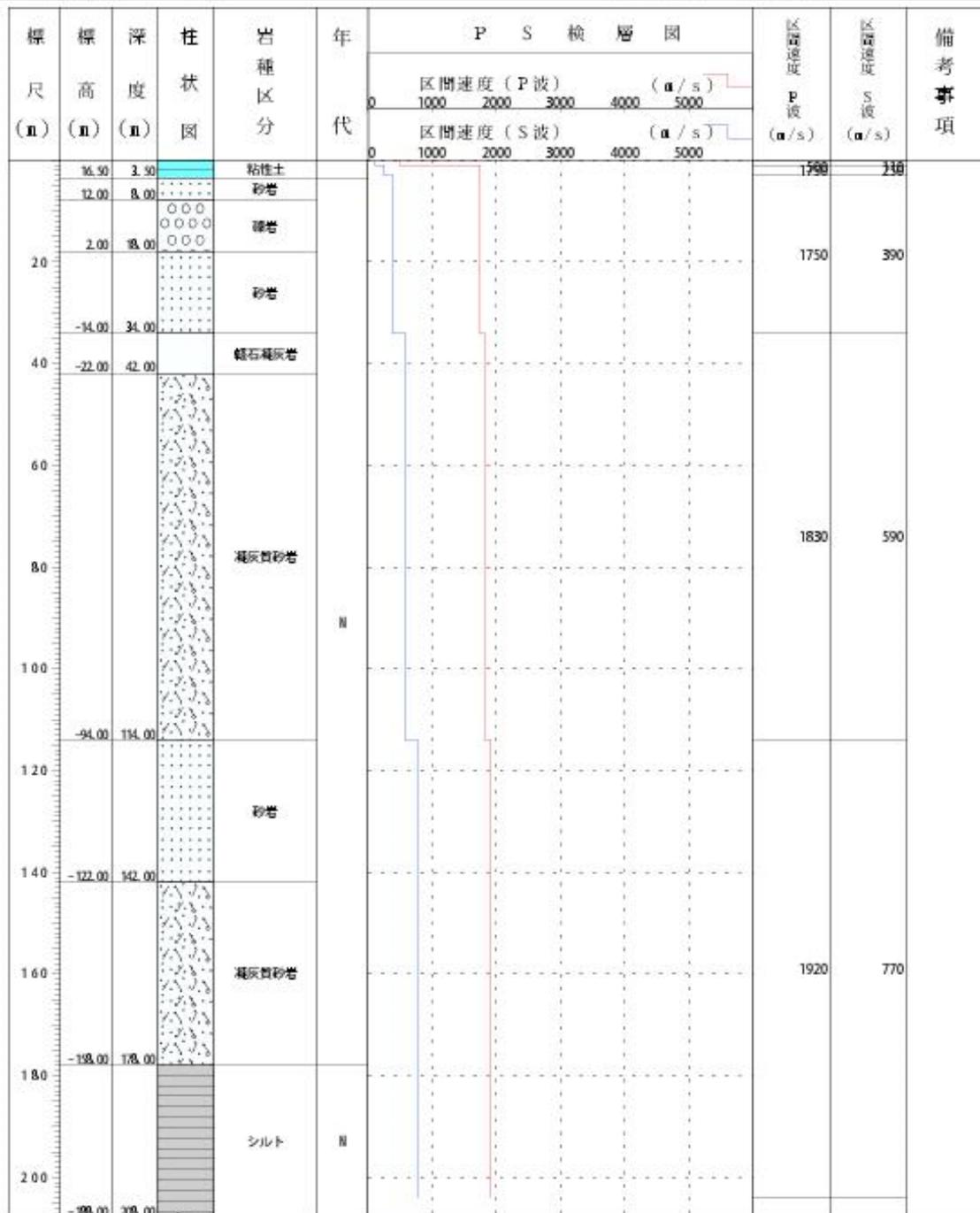
Copyright (c) National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, All rights Reserved.

図2.4 K-NET相馬 (FKS001) 地点のボーリング柱状図 (防災科学技術研究所^[5]を引用)

ボーリング柱状図(暫定版)

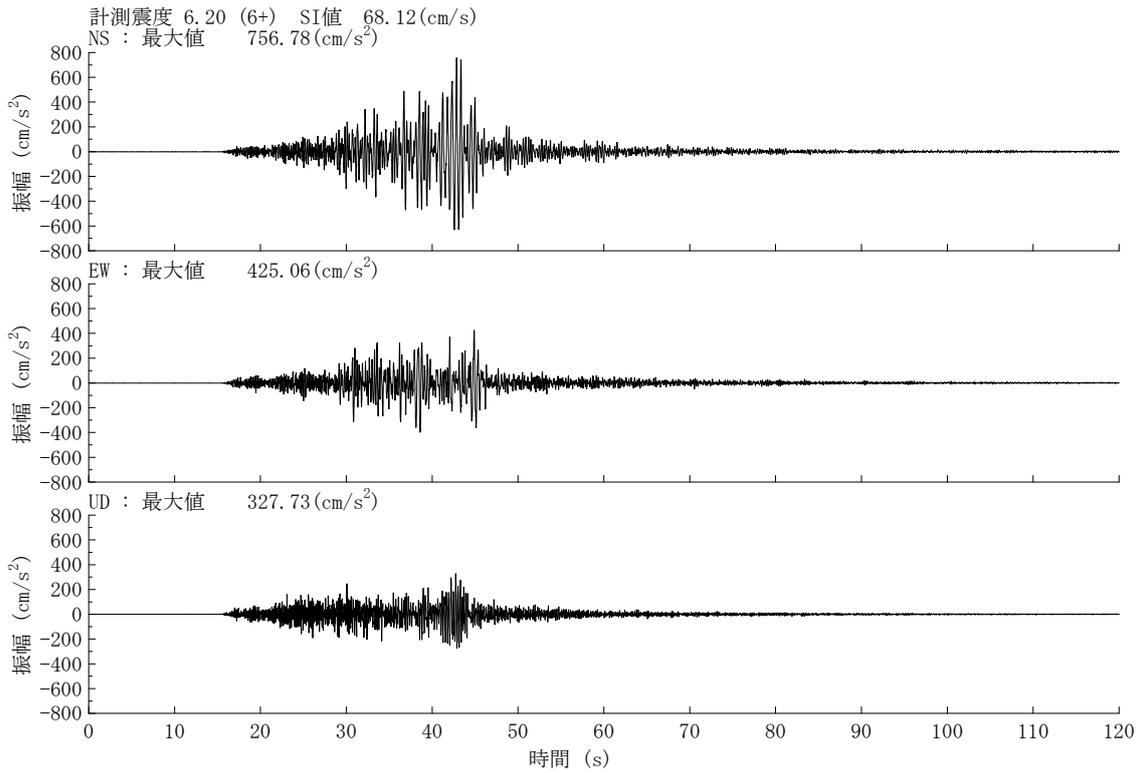
観測点名： 山元(やまもと)
 所在地： 宮城県亶理郡山元町高瀬字合戦原100-1
 緯度： 37° 56' 17.0"
 孔口標高： +20m

観測点コード： MYGH10
 経度： 140° 53' 45.0"
 総掘進長： 208.00m

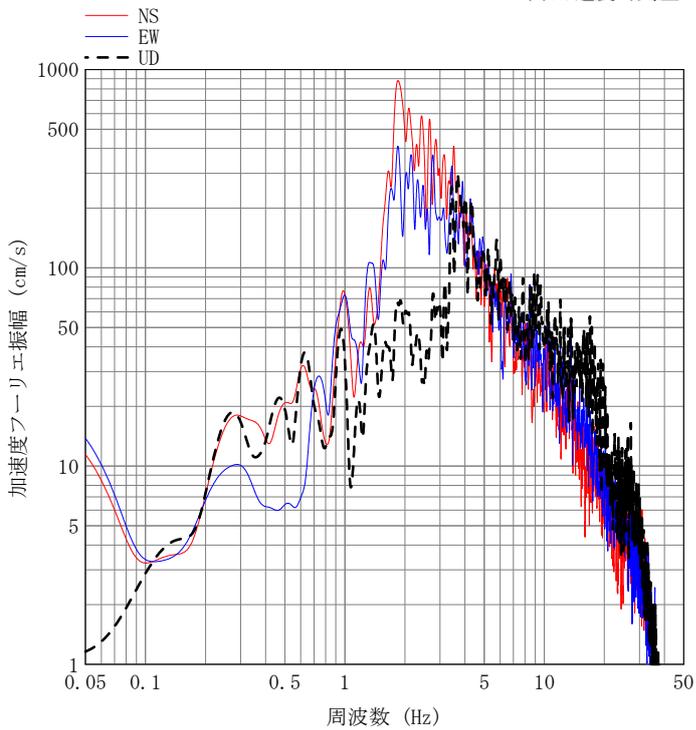


NIED 独立行政法人防災科学技術研究所
 Copyright (c) National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, All rights Reserved.

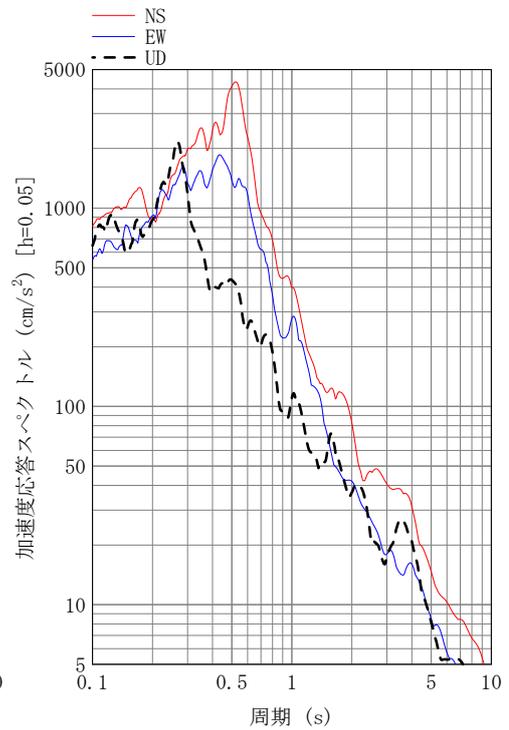
図2.5 KiK-net山元(MYGH10)地点のボーリング柱状図(防災科学技術研究所^[5]を引用)



(a) 加速度時刻歴

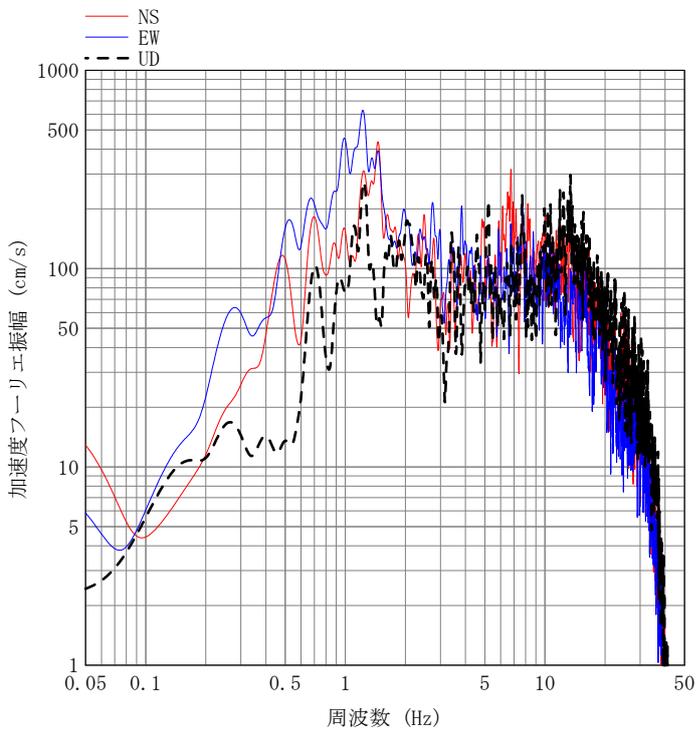
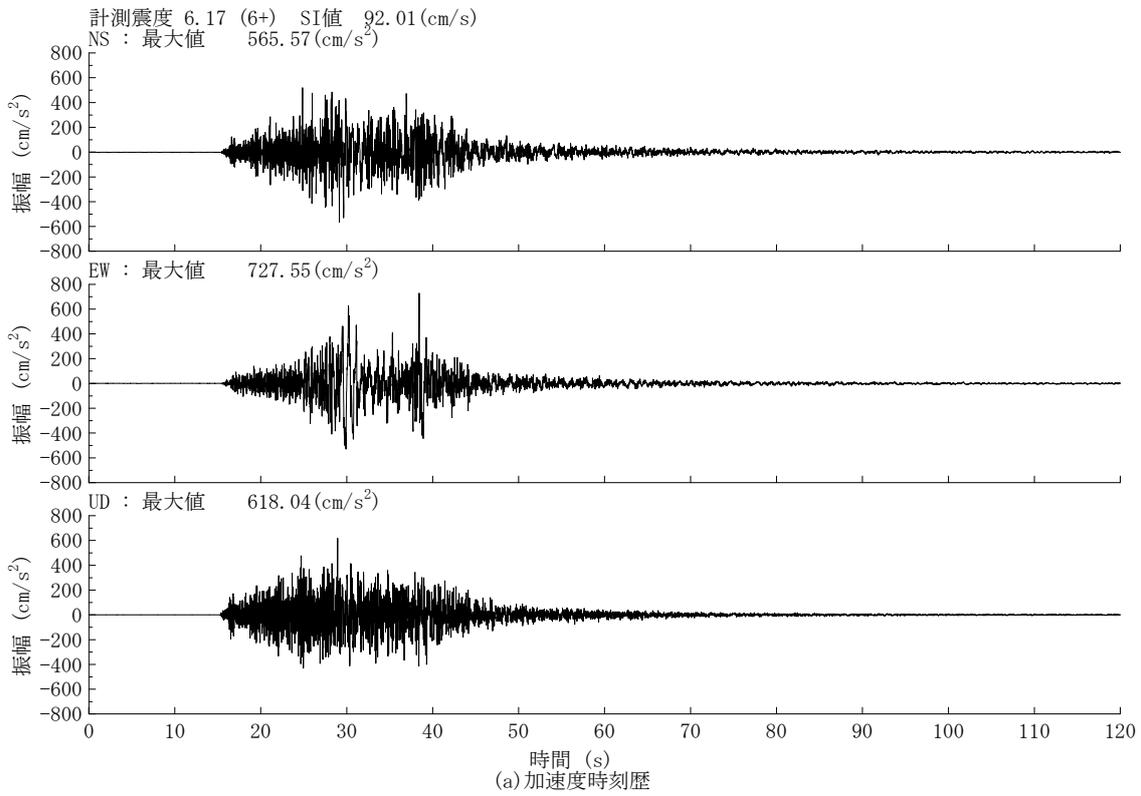


(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル

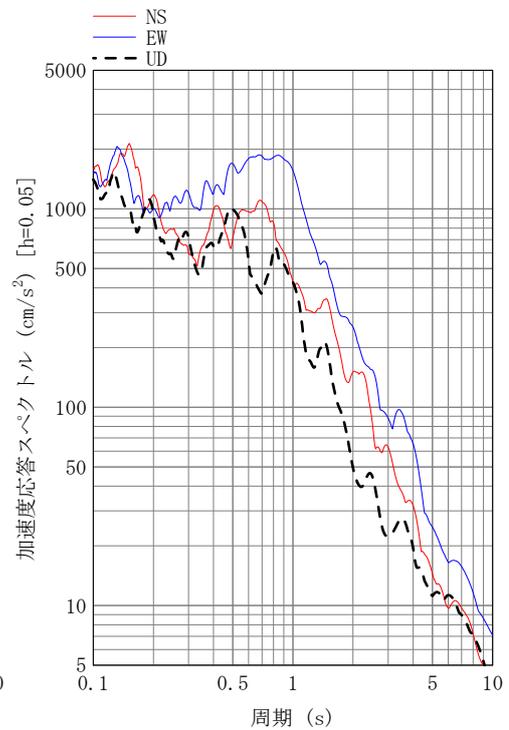


(c) 加速度応答スペクトル

図2.6 2022年3月16日福島県沖の地震によるKiK-net三春 (FKSH18) ^[5]での強震記録

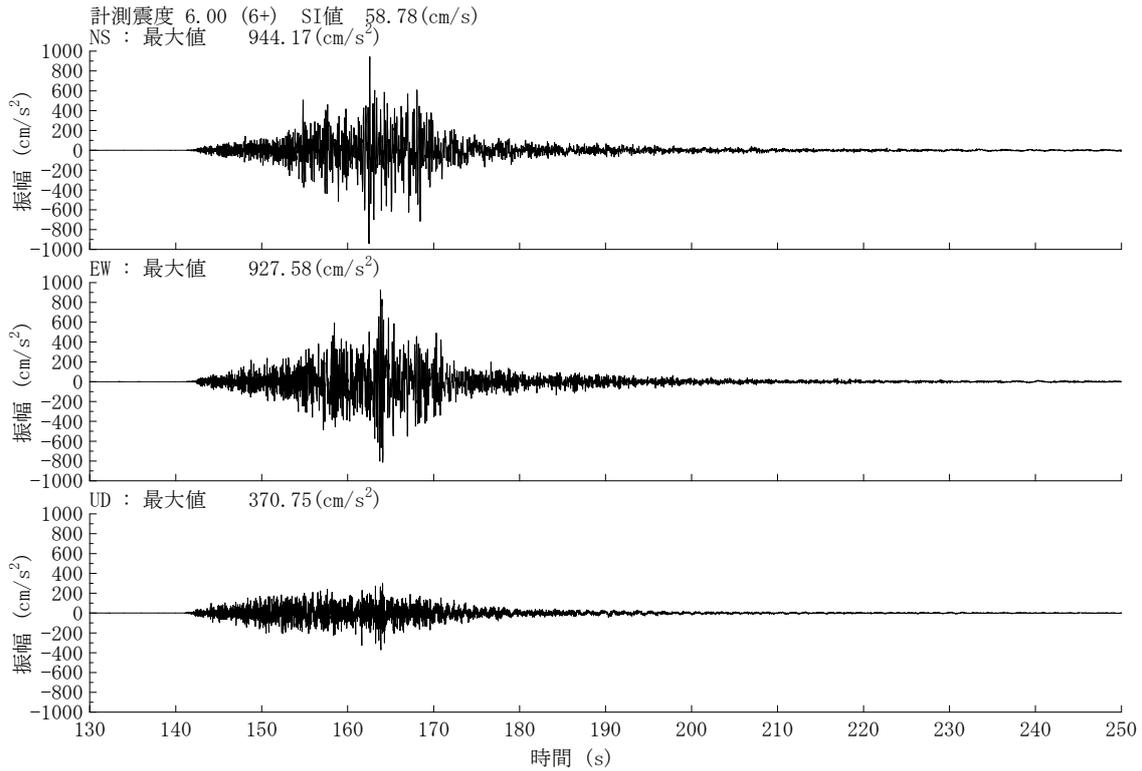


(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル

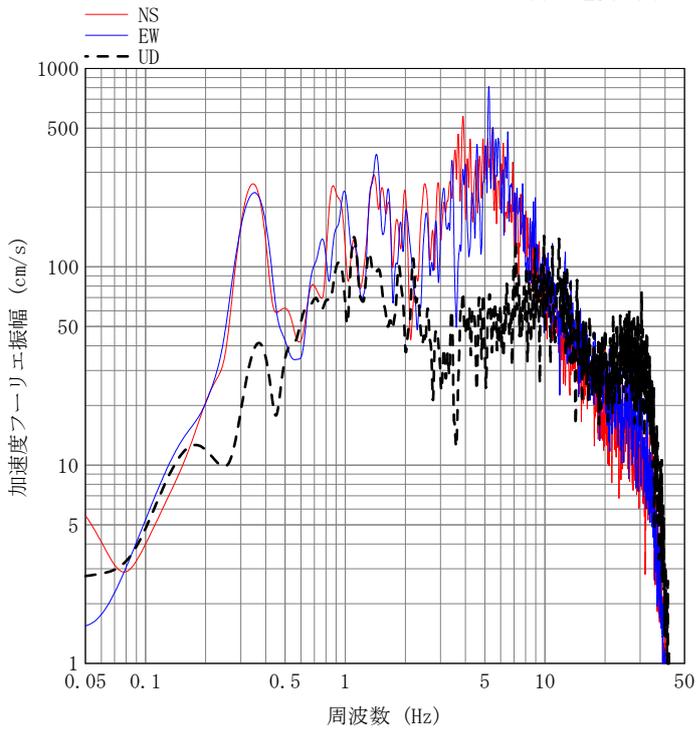


(c) 加速度応答スペクトル

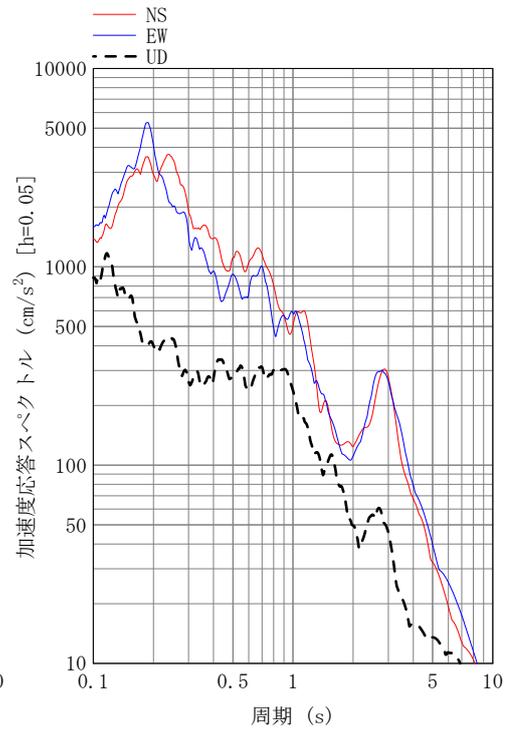
図2.7 2022年3月16日福島県沖の地震によるK-NET相馬 (FKS001) [5]での強震記録



(a) 加速度時刻歴

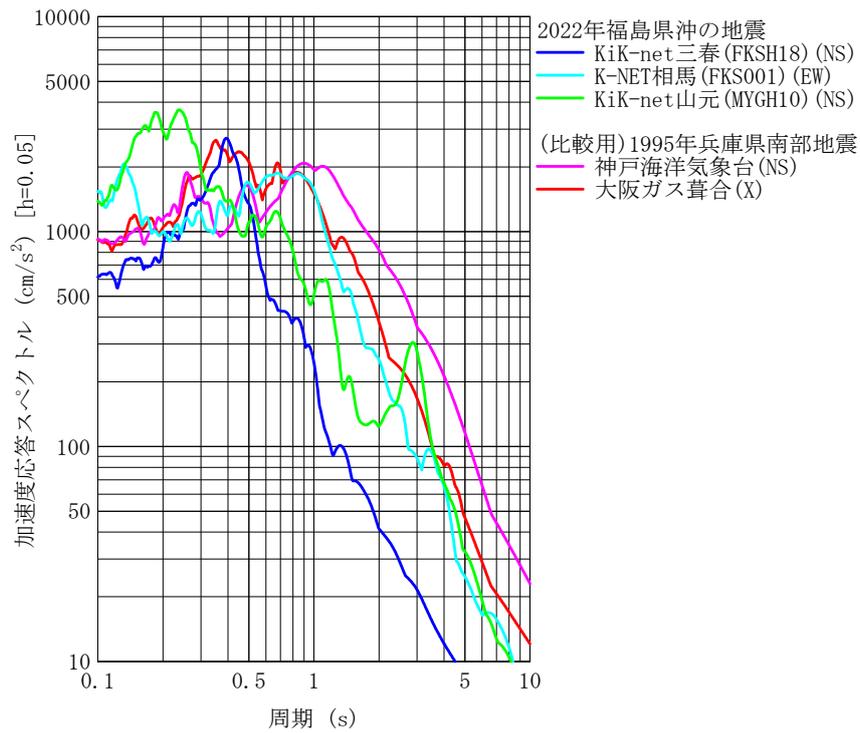


(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル

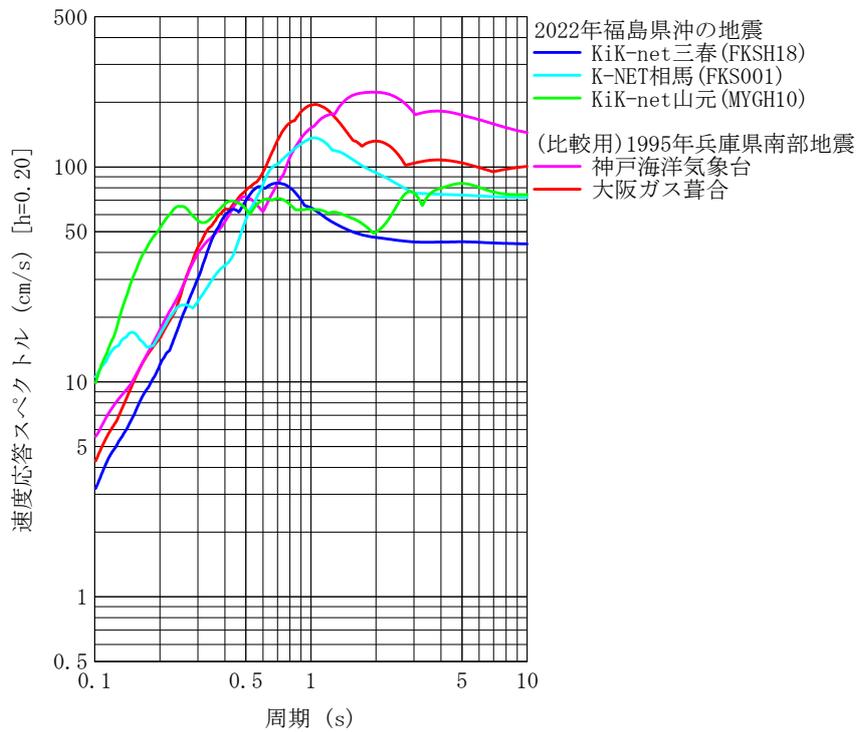


(c) 加速度応答スペクトル

図2.8 2022年3月16日福島県沖の地震によるKiK-net山元 (MYGH10) [5]での強震記録

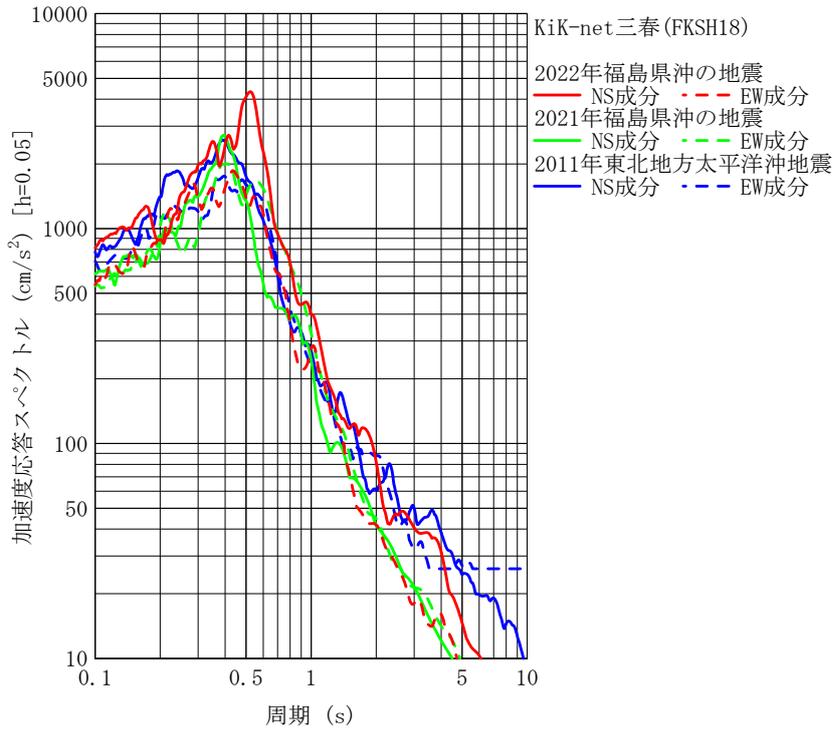


(1) 加速度応答スペクトル(減衰5%)

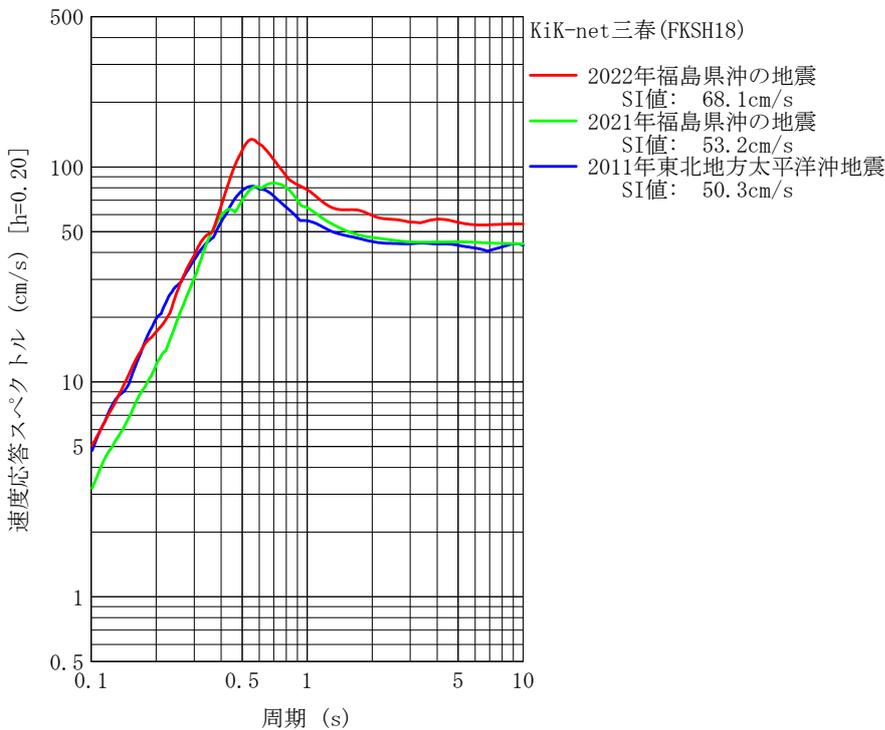


(2) 速度応答スペクトル(減衰20%) (SI値が最大となる方向)

図2.9 2022年3月16日福島県沖の地震と1995年兵庫県南部地震との応答スペクトル比較

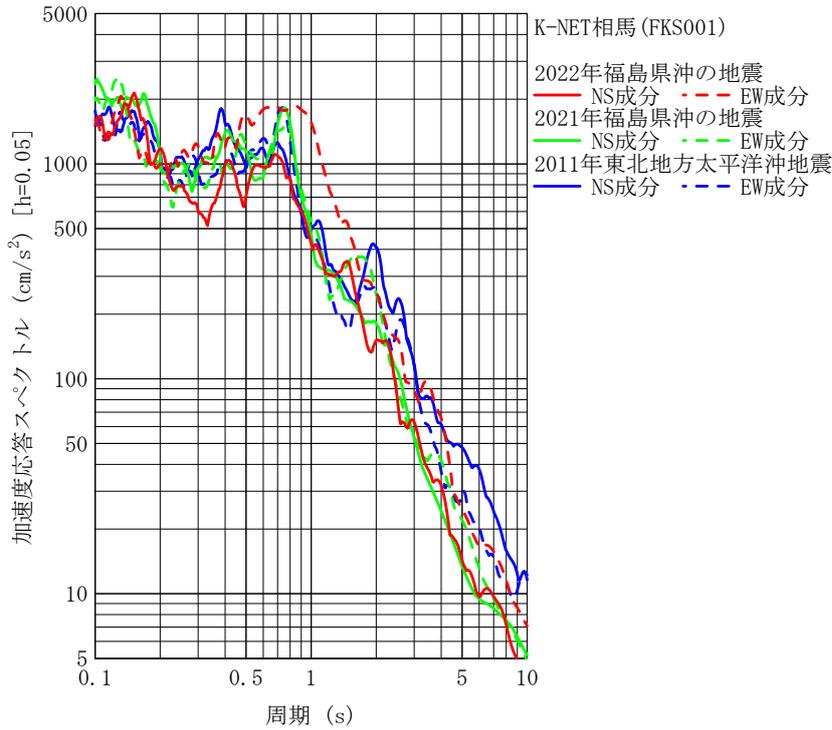


(1) 加速度応答スペクトル(減衰5%)

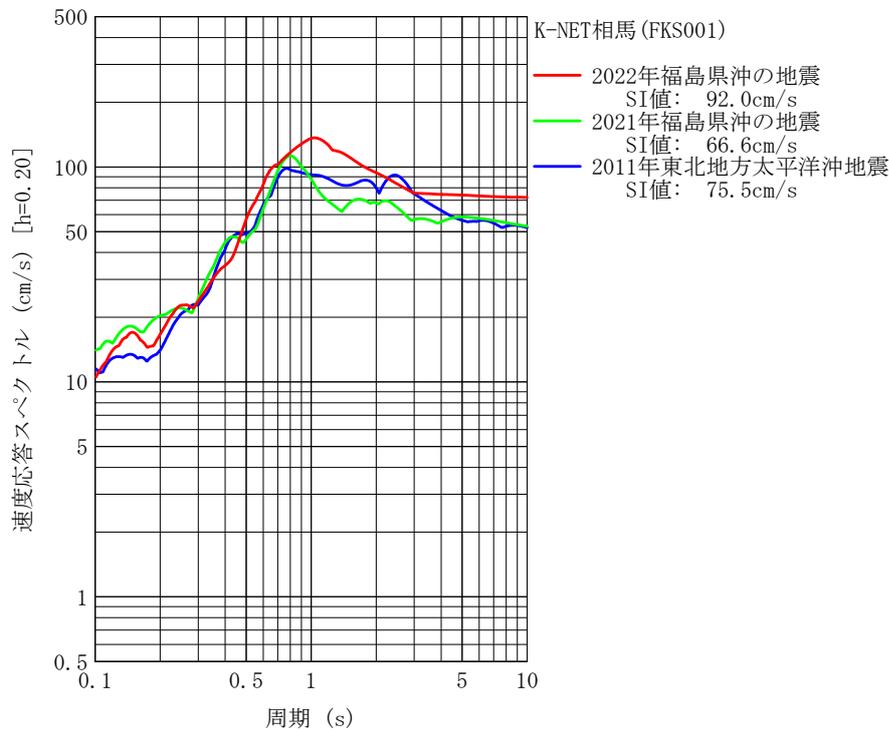


(2) 速度応答スペクトル(減衰20%) (SI値が最大となる方向)

図2.10 2022年3月16日福島県沖の地震と2021年2月13日福島県沖の地震、2011年東北地方太平洋沖地震のKiK-net三春 (FKSH18) での強震記録の応答スペクトル比較

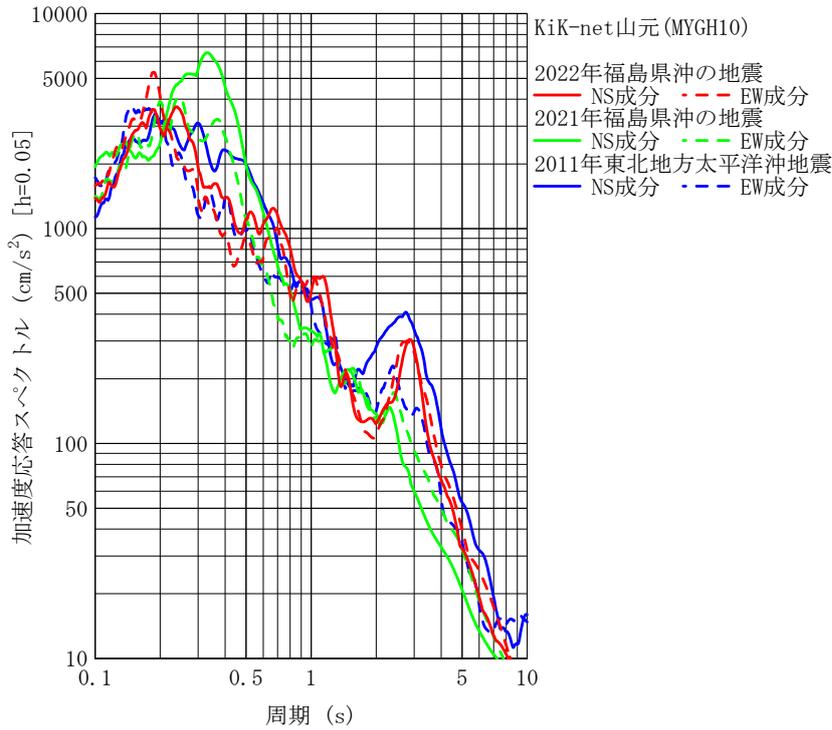


(1) 加速度応答スペクトル(減衰5%)

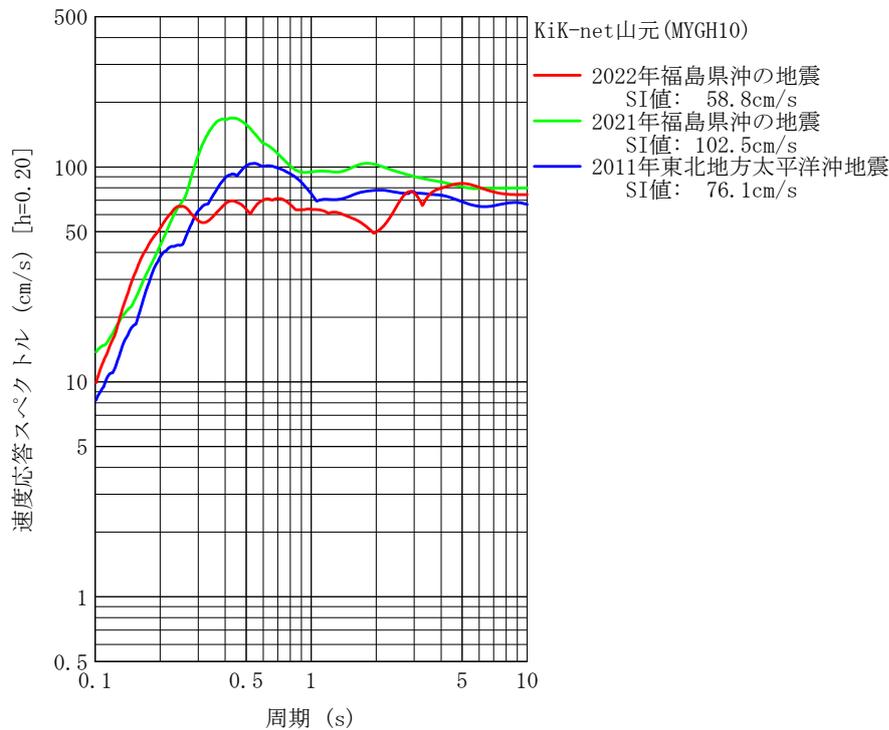


(2) 速度応答スペクトル(減衰20%) (SI値が最大となる方向)

図2.11 2022年3月16日福島県沖の地震と2021年2月13日福島県沖の地震、2011年東北地方太平洋沖地震のK-NET相馬 (FKS001) での強震記録の応答スペクトル比較



(1) 加速度応答スペクトル(減衰5%)



(2) 速度応答スペクトル(減衰20%) (SI値が最大となる方向)

図2.12 2022年3月16日福島県沖の地震と2021年2月13日福島県沖の地震、2011年東北地方太平洋沖地震のKiK-net山元 (MYGH10) での強震記録の応答スペクトル比較

3. 地震動分布推定

2021年2月の地震と今回の地震における地震動分布を観測値の補間により推定した。震度分布を図3.1と図3.2に、SI値分布を図3.3と図3.4に、最大加速度分布を図3.5と図3.6に示す。全体に似たような分布である。震度分布では、石巻市から登米市の旧北上川に沿って今回の地震の方が大きく揺れている。この傾向は、SI値分布でより明瞭にみられる。沿岸部では、2021年の地震では宮城県側の山元町付近で大きく、今回の地震では福島県側の相馬市付近で大きいなど全体傾向は似ているものの細部で違いがみられる。内陸も郡山市での揺れは今回の方が大きい。また、最大加速度では、白石市や福島県中通りで今回の地震の方が大きい。

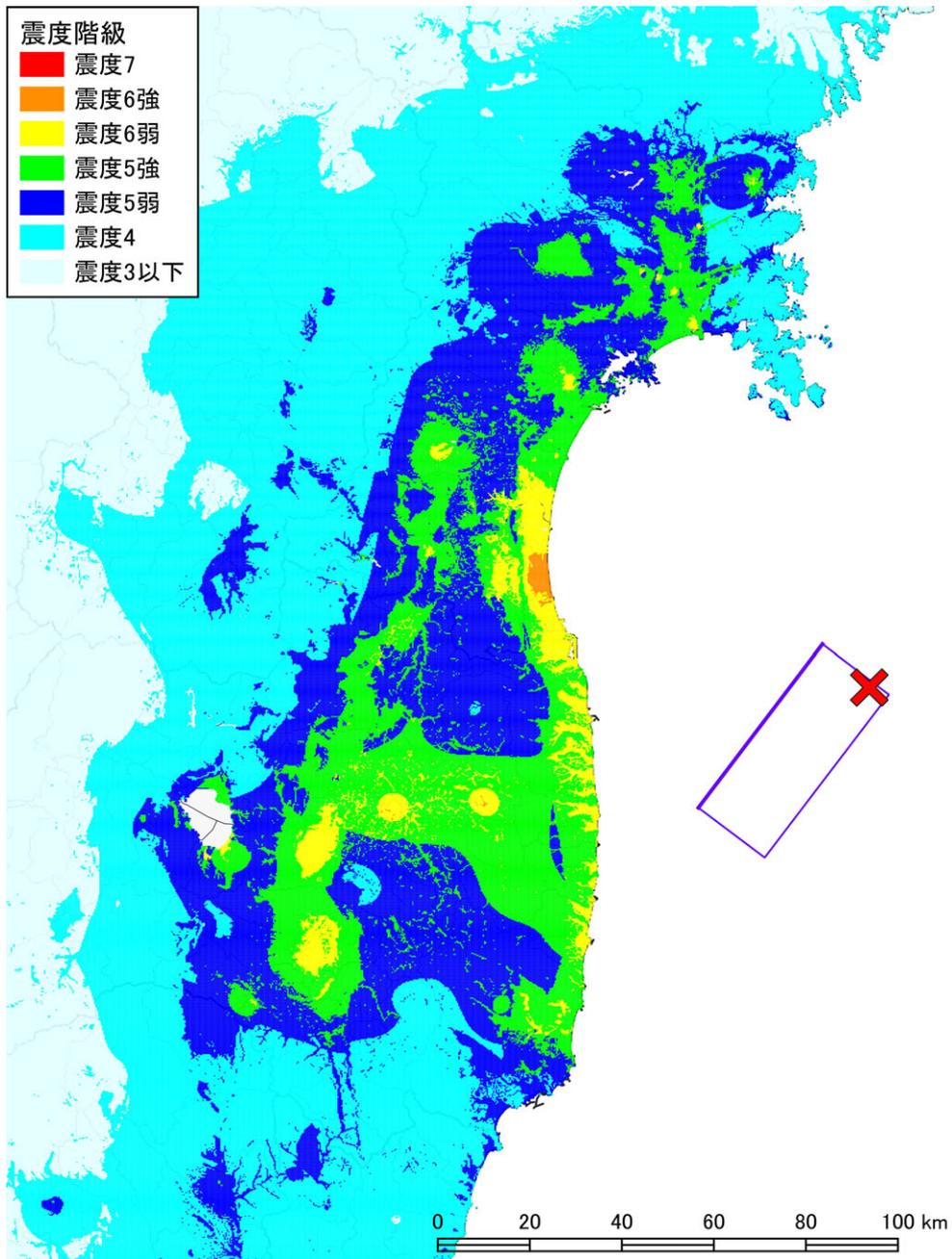


図 3.1 推定震度分布 (2021 年 2 月の地震)

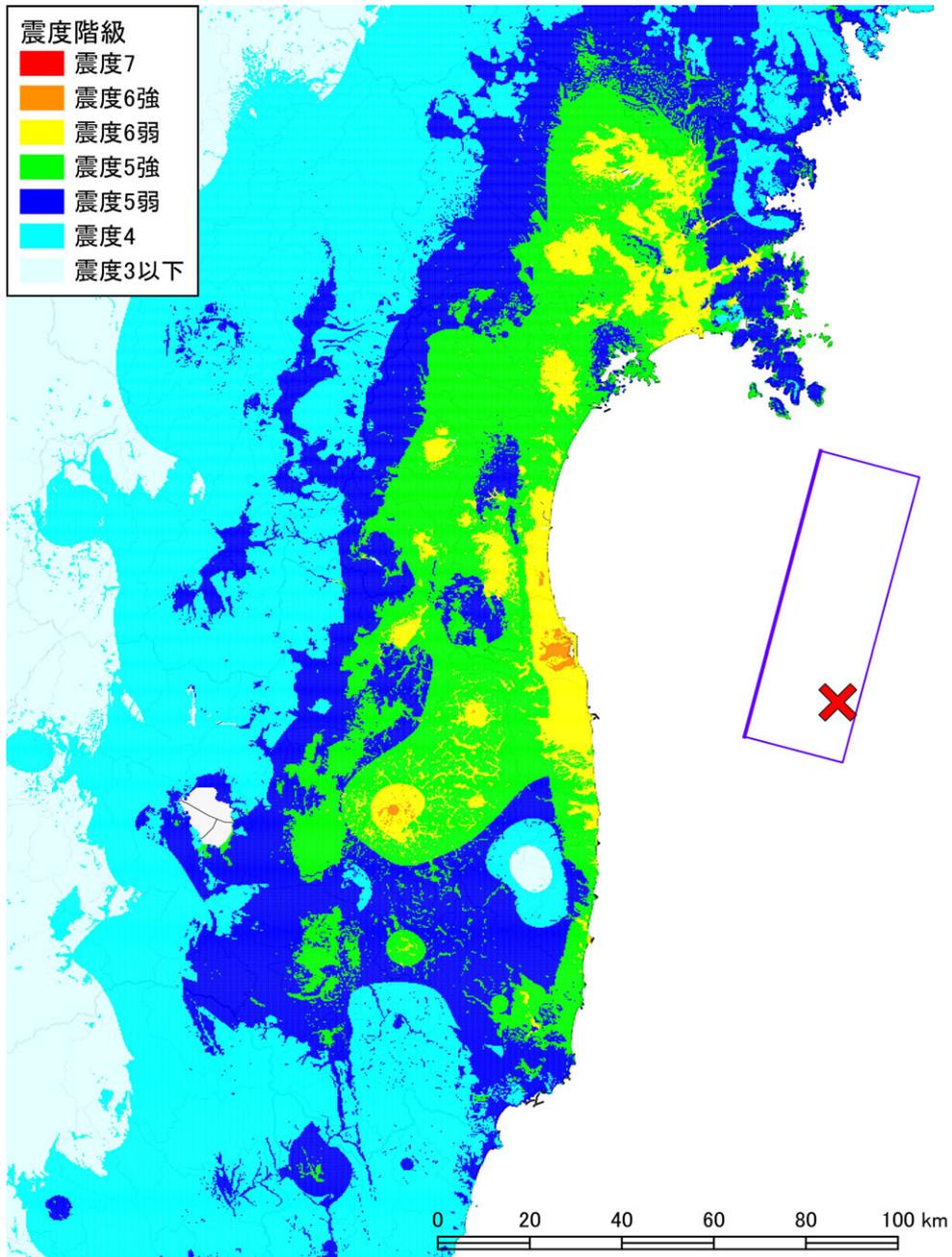


図 3.2 推定震度分布 (2022 年 3 月の地震)

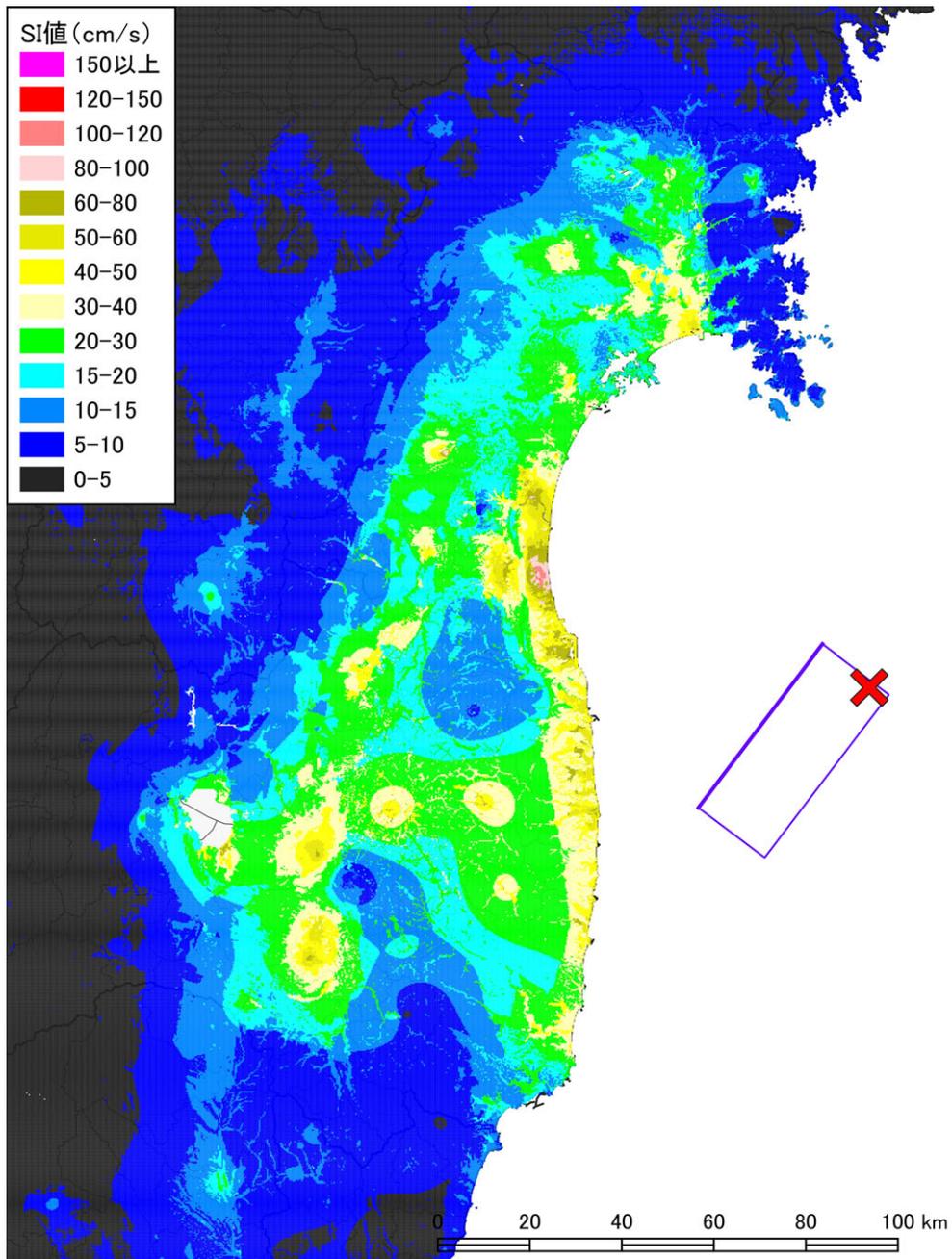


図 3.3 推定 SI 値分布 (2021 年 2 月の地震)

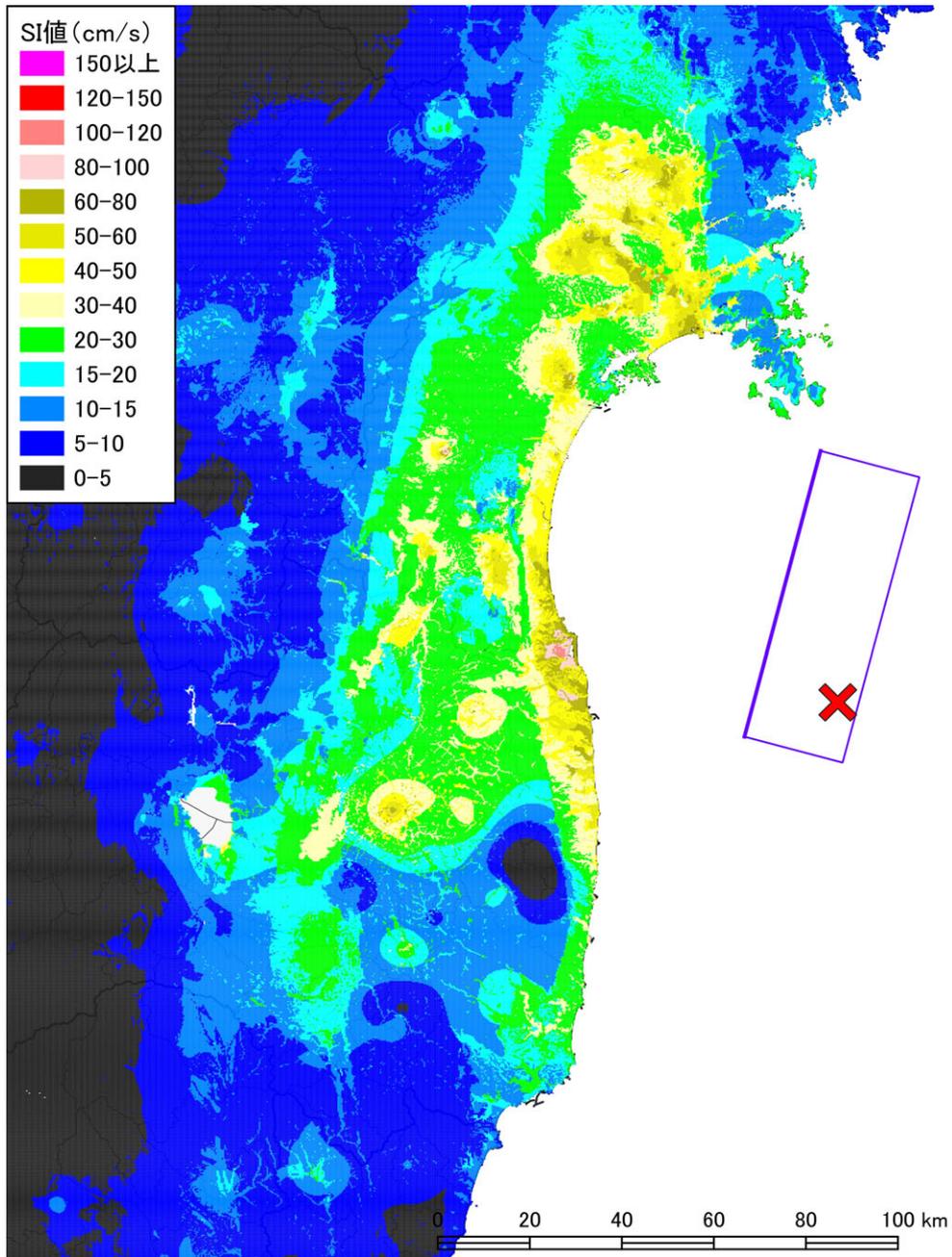


図 3.4 推定 SI 値分布 (2022 年 3 月の地震)

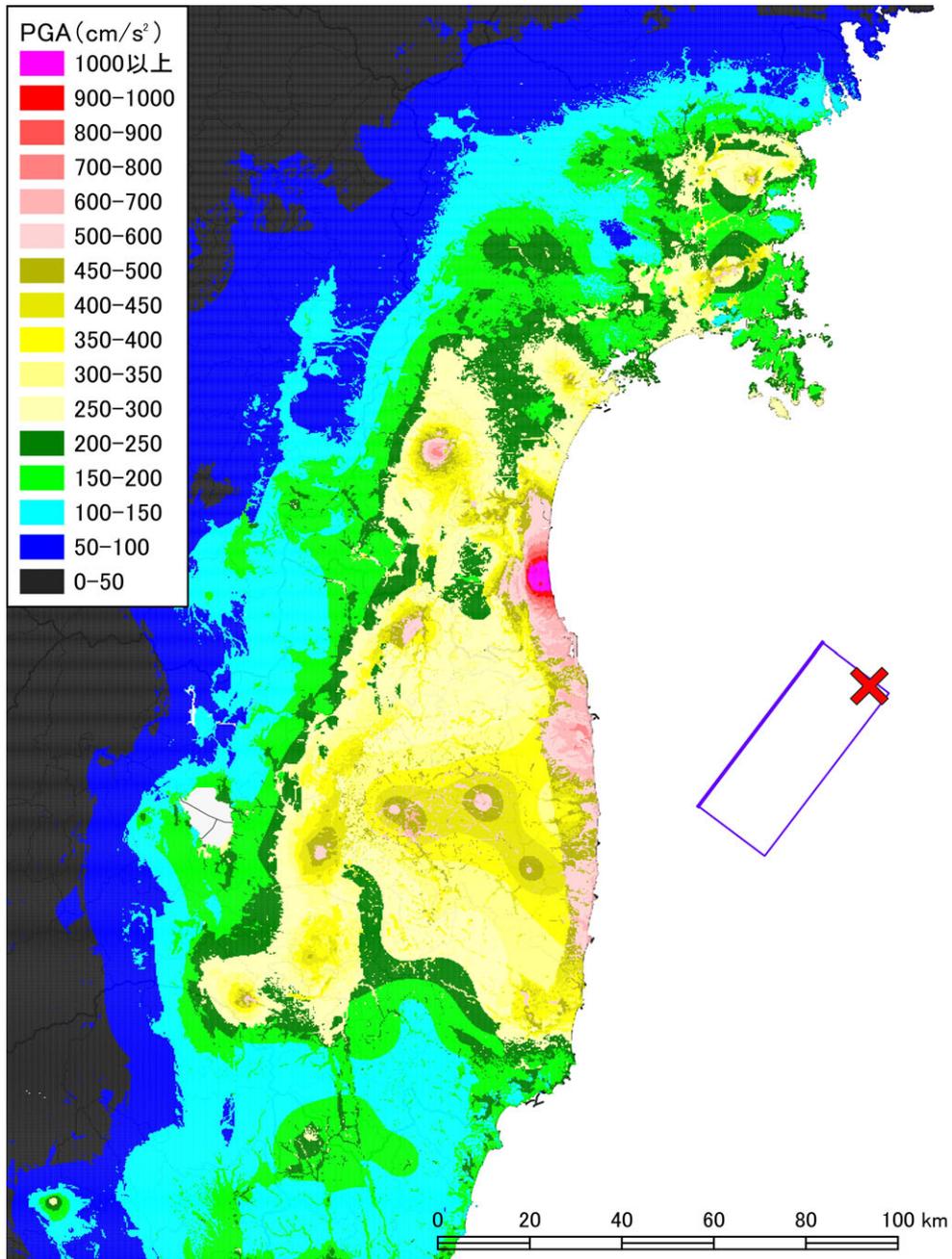


図 3.5 推定最大加速度分布 (2021 年 2 月の地震)

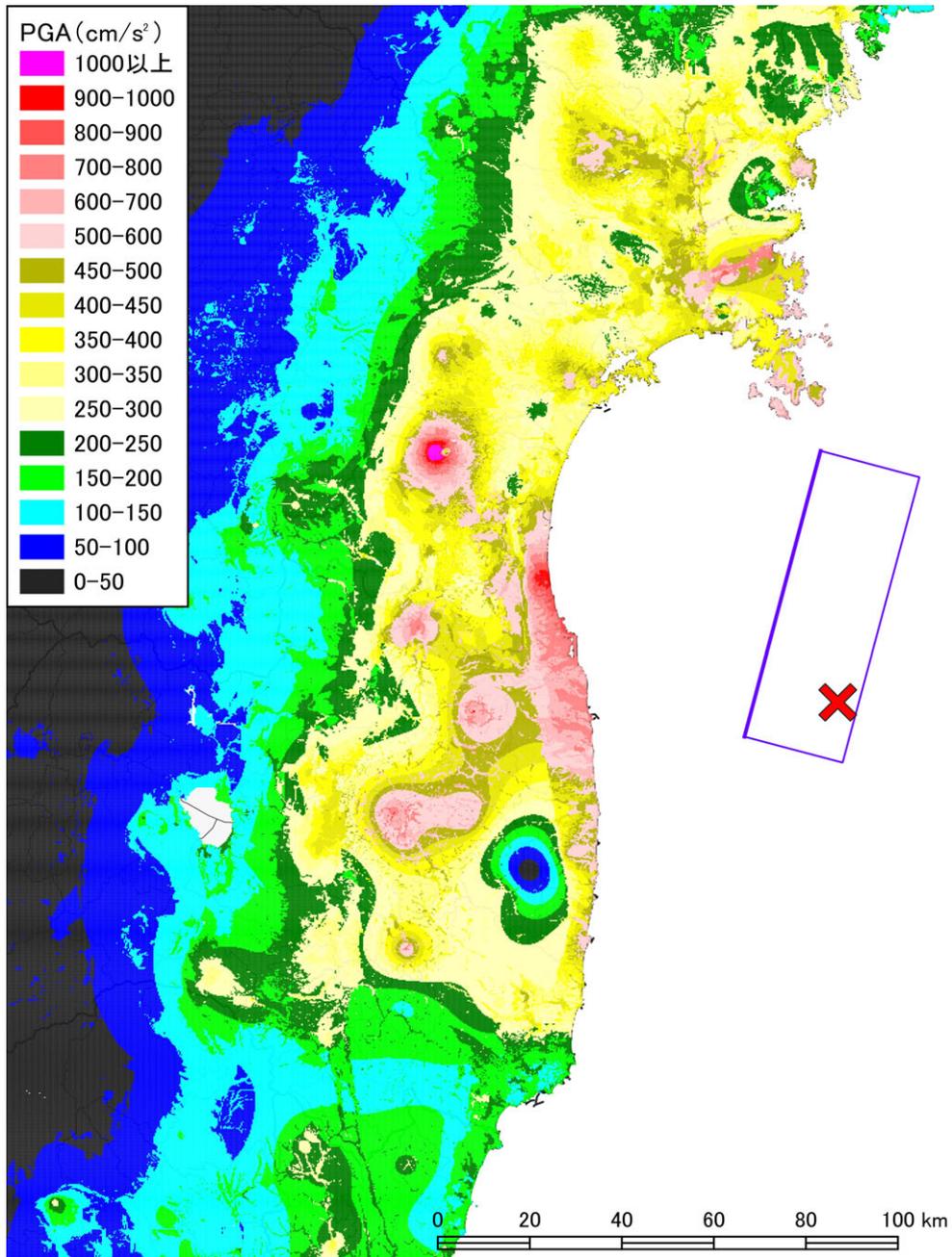


図 3.6 推定最大加速度分布 (2022 年 3 月の地震)

【補足：計算条件】

計算条件を表 3.1 と表 3.2 に示す。なお今回は速報であり必ずしも最適の計算条件ということではなく、今後精査し改善していく予定である。

2 地震での各指標の距離減衰特性を図 3.7～図 3.10 に示す。基盤値は地表での観測値を表 3.2 に示す増幅度で引き戻した値である。全体に観測値の方が距離減衰式より大きい傾向にある。

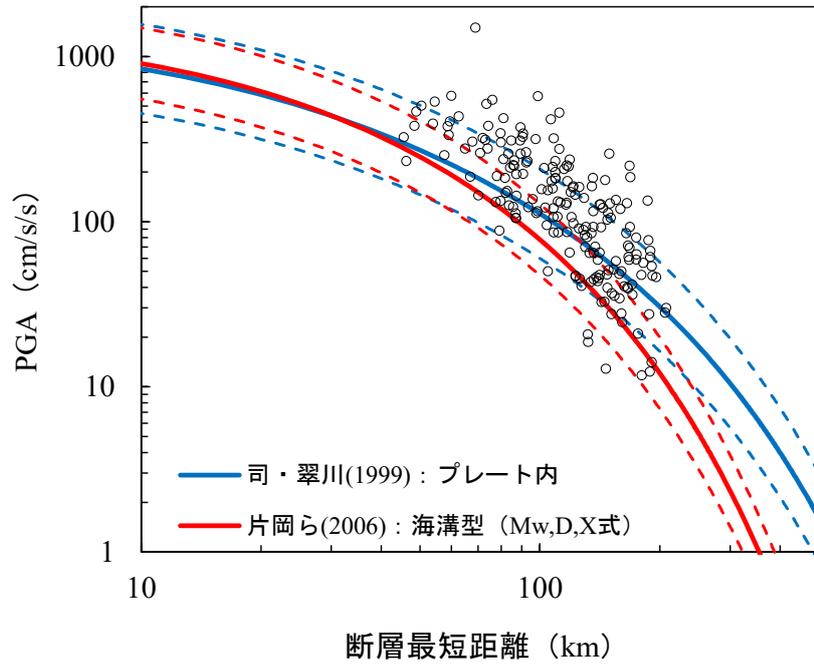
表3.1 震源情報等

項目	2021 年 2 月の地震	2022 年 3 月の地震
震源情報	気象庁	気象庁
Mw (モーメント・マグニチュード)	7.1	7.3
断層形状	国土地理院 ^[9] 南東傾斜のモデルを採用	国土地理院 ^[10] 東傾斜の暫定モデルを採用
使用した観測データ	194 地点 (防災科研 K-NET、KiK-net、気象庁直轄観測点、港湾強震観測)	276 地点 (防災科研 K-NET、KiK-net、気象庁直轄観測点、港湾強震観測)

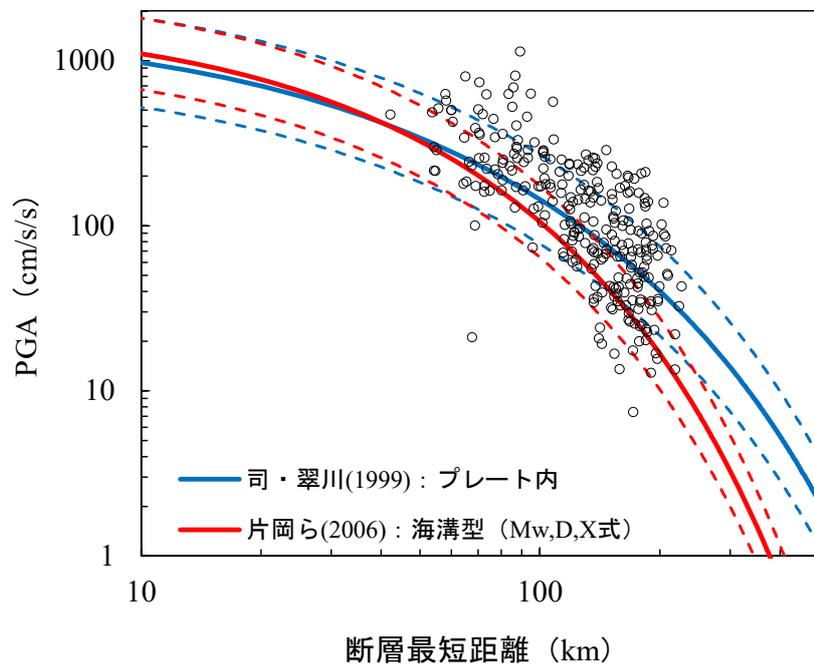
※Mw も国土地理院の断層モデルに基づく

表3.2 計算条件 (2地震共通)

補間方法	Kriging 法 (相関距離 10km)
距離減衰式 (トレンド成分)	片岡ら (2006) の海溝型 (M, D, X の式) ^[11]
表層地盤増幅度	計測震度・SI 値・最大加速度 PGA : 末富ら (2010) ^[12] により増幅度の非線形性を考慮 最大速度 PGV : 藤本・翠川 (2006) ^[13] PGV では地盤の非線形化の影響は無視できると考え線形モデルを採用
250m メッシュ Vs30 (深さ 30m までの平均 S 波速度)	末富ら (2017) ^[14] : J-SHIS の V3 微地形区分に基づく Vs30 とボーリングデータによる Vs30 を統合



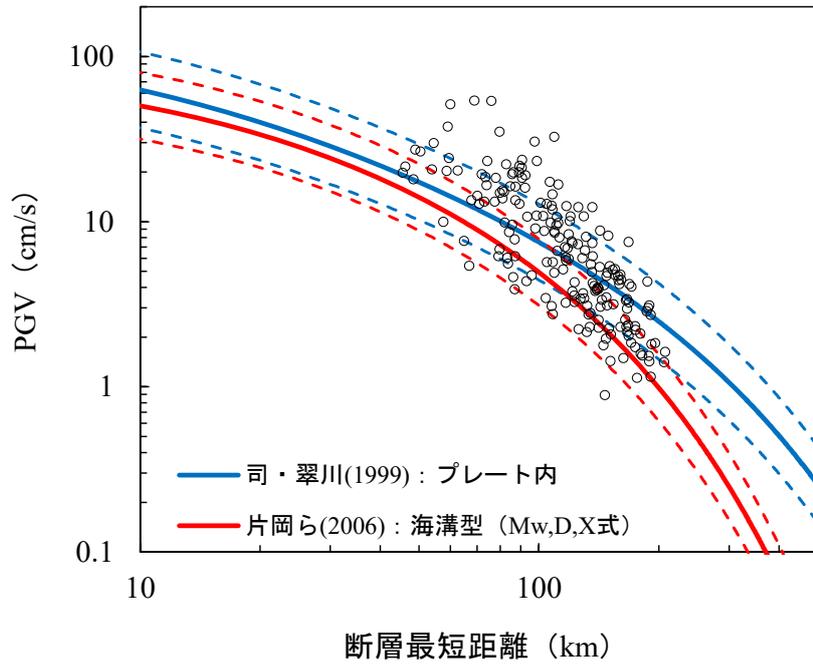
(a) 2021年2月の地震



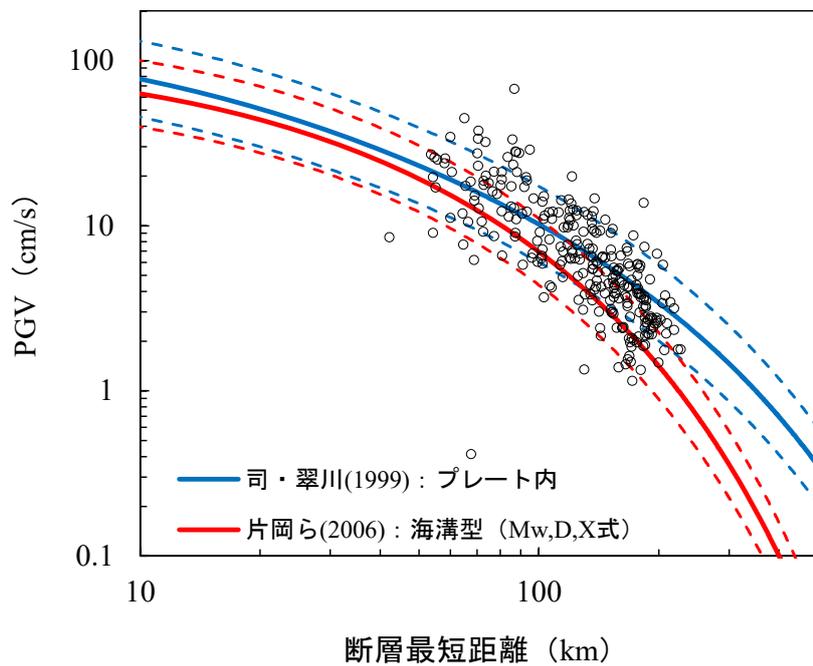
(b) 2022年3月の地震

図3.7 基盤上のPGAと距離減衰式の比較

※司・翠川(1999)は地表面最大加速度の式を1.4で除して岩盤上の値に換算

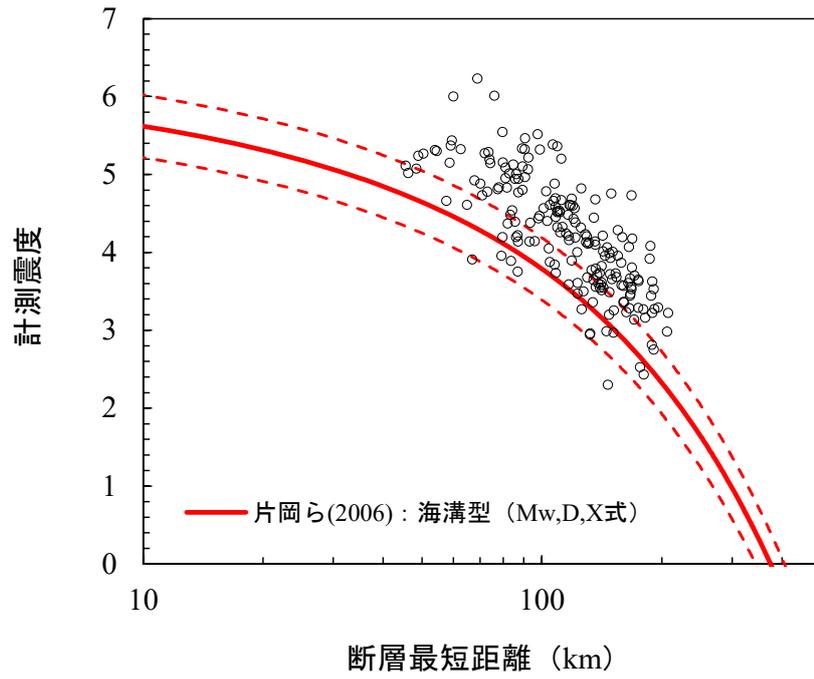


(a) 2021年2月の地震

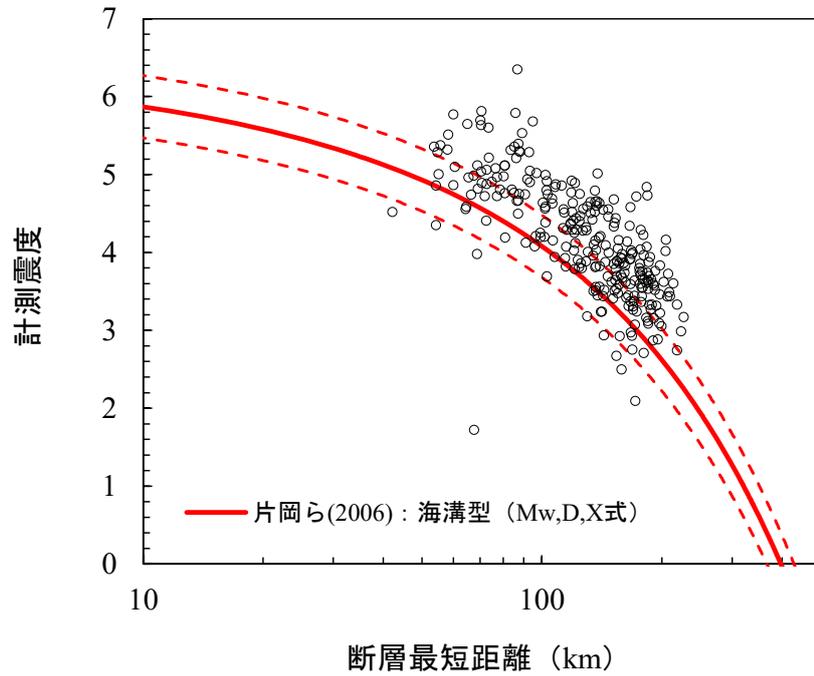


(b) 2022年3月の地震

図3.8 基盤上のPGVと距離減衰式の比較

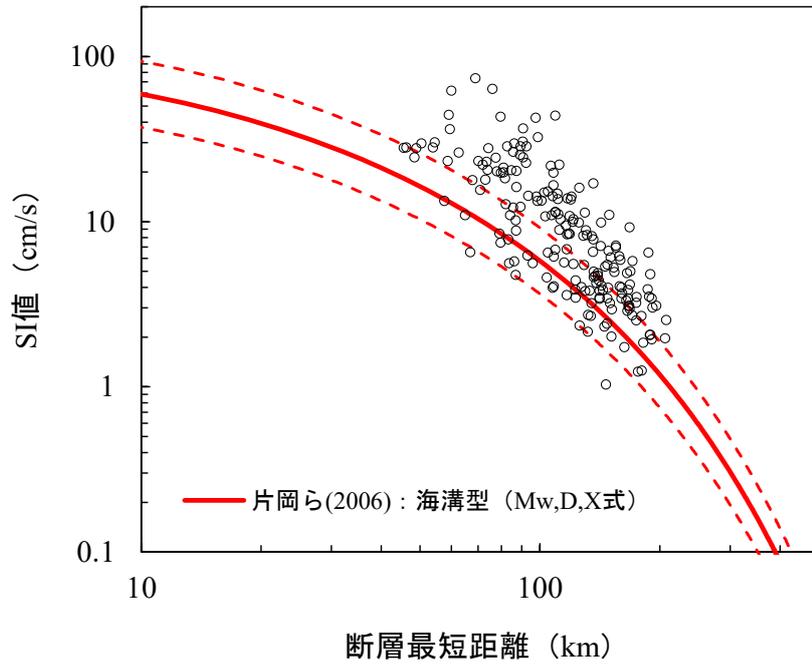


(a) 2021年2月の地震

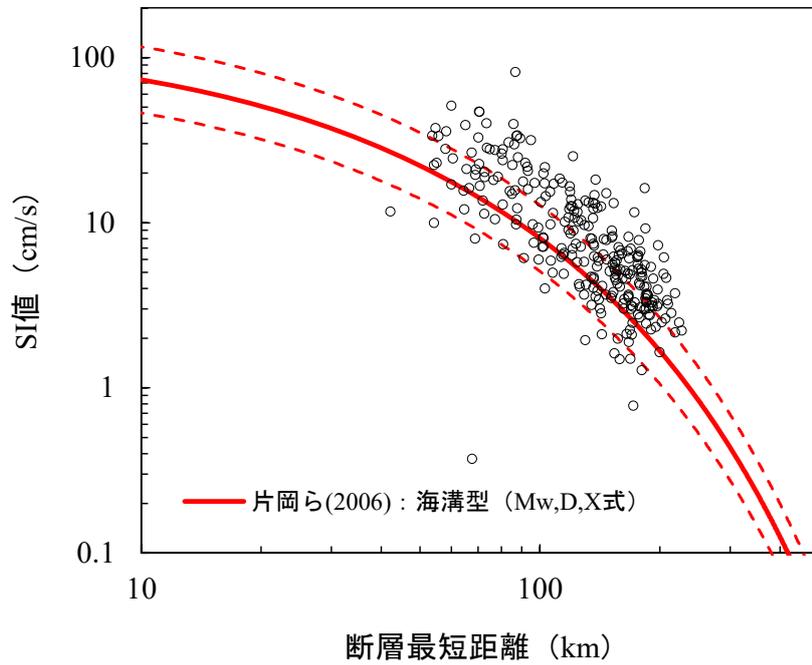


(b) 2022年3月の地震

図3.9 基盤上の計測震度と距離減衰式の比較



(a) 2021年2月の地震



(b) 2022年3月の地震

図3.10 基盤上のSI値と距離減衰式の比較

参考文献

- [1] 消防庁災害対策本部：福島県沖を震源とする地震による被害及び消防機関等の対応状況(第14報), 2022.
(<https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/20220316fukushimakenoki14.pdf>)
- [2] 気象庁地震火山部：令和4年3月16日23時36分頃の福島県沖の地震について, 2022.
(<https://www.jma.go.jp/jma/press/2203/17a/kaisetsu202203170130.pdf>)
- [3] 気象庁地震火山部：令和4年3月16日23時36分頃の福島県沖の地震の震源要素更新について, 2022.
(<https://www.jma.go.jp/jma/press/2203/17d/oshirase.pdf>)
- [4] 気象庁：地震情報(各地の震度に関する情報)
- [5] 防災科学技術研究所：強震観測網K-NET・KiK-net
(<https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>)
- [6] 気象庁：長周期地震動に関する観測情報
(<https://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/ltpgm/20220316233646/index.html>)
- [7] 気象庁：強震波形(平成7年(1995年)兵庫県南部地震)
(https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/hyogo_nanbu/index.html)
- [8] (財)震災予防協会：強震動アレー観測Vol. 3, 1998.
- [9] 国土交通省国土地理院：令和3年(2021年)福島県沖を震源とする地震に関する情報
(https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R3_fukushima_earthquake.html)
- [10] 国土交通省国土地理院：令和4年(2022年)福島県沖を震源とする地震に関する情報
(https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/20220316_fukushima_earthquake.html)
- [11] 片岡正次郎, 佐藤智美, 松本俊輔, 日下部毅明：短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式, 土木学会論文集A, Vol. 62, No. 4, pp. 740-757, 2006.
- [12] 末富岩雄・石田栄介・福島康宏：全国即時地震動分布推定のためのモデル構築に関する一検討、第13回日本地震工学シンポジウム、2010.
- [13] 藤本一雄, 翠川三郎：近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均S波速度の関係, 日本地震工学会論文集, 第6巻, 第1号, pp. 11-22, 2006.
- [14] 末富岩雄・塚本博之・福島康宏・尾茂淳平・大保直人：近年の被害地震における表層地盤のAVS30と震度分布評価に関する一検討、第37回土木学会地震工学研究発表会、2017.