

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(M9.0)の強震動について

2011年3月11日14時46分頃、三陸沖を震源とするマグニチュード9.0の地震が発生し、宮城県栗原市築館で震度7を観測したほか、宮城県、福島県、茨城県、栃木県の4県28市町村で震度6強を観測したほか、東北地方を中心に、北海道から九州地方にかけて震度6弱～1を観測している^[1]。また、東北地方の太平洋沿岸で非常に高い津波が発生した他、広い範囲で津波を観測している。この地震の津波により、沿岸の複数の自治体では壊滅的な被害を受けており、3月17日時点の報道では、死者・行方不明者は13400人以上に達している。

1. 震源

気象庁によると、震源は三陸沖の深さ24kmで、発震機構は、西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、プレート境界で発生した地震である。震源断層は岩手県沖から茨城県沖にかけての長さ約500km、幅約200kmと非常に大きな領域が破壊している。図1.1は防災科学技術研究所により推定されている震源断層のすべり分布^[2]である。

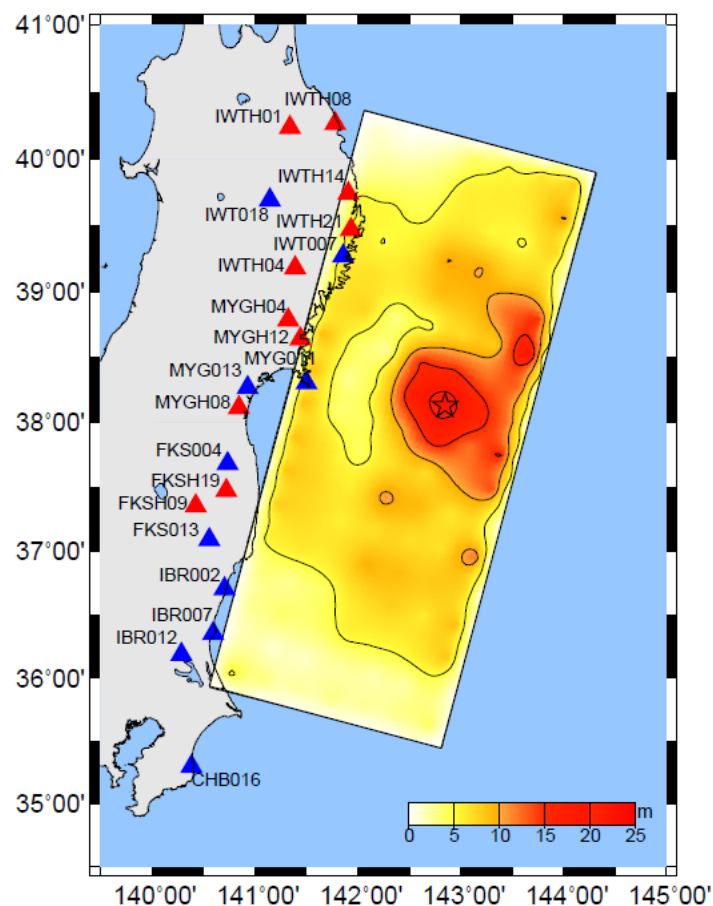


図1.1 防災科学技術研究所により推定された震源断層のすべり分布^[2]

2. 強震記録

震度観測点での震度階級は表2.1、図2.1の通りである。震度6弱以上の範囲は東北から関東の8県にまたがっている。

防災科学技術研究所のK-NET、KiK-netの強震記録は3月15日に公開されている。震度6弱相当以上となった強震観測点での地震動指標の一覧を表2.2に示す。図2.2に観測記録から算出したSI値の分布を示す。K-NET築館(MYG004)は、表2.1で震度7となっている栗原市築館震度観測点である。この観測点は、栗原市文化会館の南側にある駐車場の南の林の中にあり、駐車場と比べると少し高い場所に設置されている(写真2.1)。2008年岩手・宮城内陸地震の際も震度6弱(計測震度5.7)を観測している。この他、KiK-net芳賀(TCGH16)は、気象庁の震度発表地点ではないが、今回の地震で震度7相当となっている。

K-NET、KiK-net観測点のうち、特に震度が大きかった地点での加速度時刻歴波形とスペクトルを図2.3~2.8に示す。このうち、図2.7に示したK-NET仙台(MYG013)では1~2Hzが卓越しているが、この他の地点ではそれより高周波数が卓越した記録となっている。

謝辞

防災科学技術研究所K-NET、KiK-net強震記録を使用しました。記して謝意を表します。

参考文献

- [1] 気象庁: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- [2] 防災科学技術研究所: 強震記録を用いた平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の震源過程【暫定】, http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/TohokuTaiheiyo_20110311/nied_kyoshin1j.pdf

表2.1 震度6弱以上を観測した気象庁震度発表地点(気象庁^[1]より)

震度	県	震度発表地点
震度7	宮城県	栗原市築館*
震度6強	宮城県	涌谷町新町 登米市米山町* 登米市南方町* 大崎市古川三日町 大崎市古川北町* 大崎市鹿島台* 名取市増田* 蔵王町円田* 山元町浅生原* 仙台宮城野区苦竹* 塩竈市旭町* 東松島市矢本* 大衡村大衡*
	福島県	白河市新白河* 須賀川市岩瀬支所* 須賀川市八幡町* 二本松市針道* 鏡石町不時沼* 楡葉町北田* 富岡町本岡* 大熊町下野上* 双葉町新山* 浪江町幾世橋 新地町谷地小屋*
	茨城県	日立市助川小学校* 笠間市中央* 筑西市舟生 銚田市当間*
	栃木県	大田原市湯津上* 宇都宮市白沢町* 真岡市石島* 高根沢町石末*
震度6弱	岩手県	大船渡市大船渡町 大船渡市猪川町 釜石市中妻町* 滝沢村鶴飼* 矢巾町南矢幅* 花巻市大迫町 一関市山目* 一関市花泉町* 一関市千厩町* 一関市室根町* 奥州市前沢区* 奥州市衣川区*
	宮城県	気仙沼市赤岩 栗原市栗駒 登米市中田町 登米市東和町* 登米市豊里町* 登米市登米町* 登米市迫町* 南三陸町志津川 南三陸町歌津* 大崎市松山* 白石市亘理町* 仙台空港 角田市角田* 岩沼市桜* 大河原町新南* 宮城川崎町前川* 亘理町下小路* 仙台青葉区大倉 仙台青葉区作並* 仙台青葉区落合* 仙台宮城野区五輪 仙台若林区遠見塚* 仙台泉区将監* 石巻市泉町 石巻市門脇* 石巻市北上町* 石巻市鮎川浜* 東松島市小野* 松島町高城 利府町利府* 大和町吉岡* 富谷町富谷*
	福島県	郡山市朝日 郡山市開成* 郡山市湖南町* 白河市表郷* 須賀川市八幡山* 須賀川市長沼支所* 二本松市金色* 二本松市油井* 桑折町東大隅* 国見町藤田* 川俣町五百田* 西郷村熊倉* 中島村滑津* 矢吹町一本木* 棚倉町棚倉中居野 玉川村小高* 浅川町浅川* 小野町中通* 小野町小野新町* 田村市大越町* 田村市常葉町* 田村市都路町* 田村市滝根町* 福島伊達市前川原* いわき市小名浜 いわき市三和町 いわき市錦町* いわき市平梅本* 相馬市中村* 福島広野町下北迫大谷地原* 川内村上川内小山平* 川内村上川内早渡* 大熊町野上* 飯館村伊丹沢* 南相馬市原町区高見町* 南相馬市鹿島区* 南相馬市小高区* 猪苗代町千代田*
	茨城県	水戸市金町 水戸市千波町* 常陸太田市金井町* 常陸太田市高柿町* 高萩市安良川* 北茨城市磯原町* ひたちなか市南神敷台* ひたちなか市東石川* 茨城町小堤* 東海村東海* 常陸大宮市中富町 城里町石塚* 小美玉市小川* 小美玉市堅倉* 土浦市常名 土浦市下高津* 石岡市柿岡 石岡市石岡* 取手市井野* つくば市天王台* つくば市莉間* 茨城鹿嶋市鉢形 潮来市辻* 坂東市山* 稲敷市役所* かすみがうら市上土田* 行方市玉造* 桜川市岩瀬* 銚田市銚田 つくばみらい市加藤*
	栃木県	大田原市本町* 那須町寺子* 那須塩原市鍋掛* 那須塩原市あたご町* 真岡市田町* 真岡市荒町* 芳賀町祖母井* 那須烏山市中央 那須烏山市大金* 栃木那珂川町馬頭* 栃木那珂川町小川*
	群馬県	桐生市元宿町*
	埼玉県	宮代町笠原*
	千葉県	成田市花崎町 印西市大森* 印西市笠神*

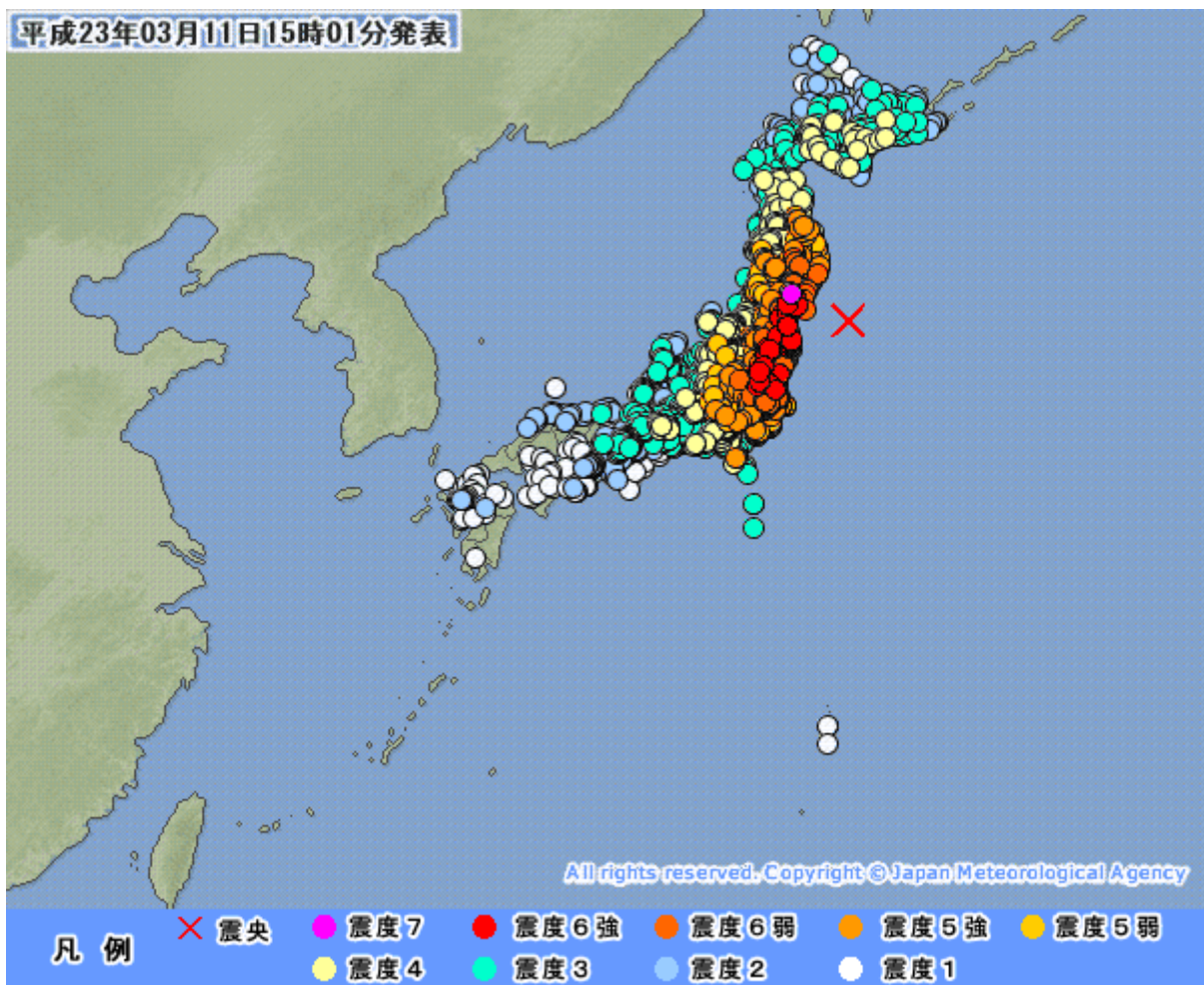


図2.1 気象庁震度発表地点での震度分布(気象庁^[1]を引用)



2008年6月撮影

写真2.1 K-NET築館観測点(MYG004、栗原市築館震度観測点)

表2.2 強震波形が公開されている観測点における地震動指標(震度6弱以上)

観測点 コード	観測点 名称	経度 (度)	緯度 (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
MYG004	築館 [K-NET]	141.0252	38.7263	2933.18	109.27	109.17	6.67	7
TCGH16	芳賀 [KiK-net]	140.0783	36.5450	1304.83	83.57	106.34	6.51	7
IBR003	日立 [K-NET]	140.6486	36.5883	1845.21	74.25	81.40	6.46	6強
IBR013	鉾田 [K-NET]	140.4925	36.1555	1762.30	71.76	81.91	6.41	6強
MYG013	仙台 [K-NET]	140.9327	38.2633	1807.85	82.81	106.47	6.38	6強
TCG014	茂木 [K-NET]	140.1775	36.5419	1291.08	64.21	84.26	6.34	6強
IBRH11	岩瀬 [KiK-net]	140.1436	36.3672	1223.85	63.78	75.10	6.24	6強
TCGH13	馬頭 [KiK-net]	140.1814	36.7311	907.50	64.31	71.37	6.14	6強
MYGH10	山元 [KiK-net]	140.8958	37.9381	1136.82	62.74	76.10	6.08	6強
MYG012	塩竈 [K-NET]	141.0305	38.3202	2018.90	64.22	63.98	6.02	6強
FKSH18	三春 [KiK-net]	140.5414	37.4864	633.18	43.43	50.32	6.01	6強
FKSH19	都路 [KiK-net]	140.7261	37.4672	914.04	64.46	74.58	6.00	6強
FKSH10	西郷 [KiK-net]	140.0963	37.1585	1335.38	40.95	45.96	6.00	6強
MYG015	岩沼 [K-NET]	140.8733	38.1019	433.56	78.07	78.72	5.99	6弱
TCG006	小川 [K-NET]	140.1330	36.7608	435.95	74.62	85.20	5.97	6弱
IBR002	高萩 [K-NET]	140.7102	36.7030	683.66	55.76	75.67	5.97	6弱
MYG010	石巻 [K-NET]	141.2844	38.4252	487.54	68.19	86.48	5.93	6弱
IWT012	北上 [K-NET]	141.1413	39.3180	627.70	51.87	60.57	5.93	6弱
IBR007	那珂湊 [K-NET]	140.5988	36.3491	584.67	50.72	58.08	5.88	6弱
FKS001	相馬 [K-NET]	140.9230	37.7919	682.84	58.49	75.47	5.87	6弱
FKS023	会津若松 [K-NET]	139.9327	37.4744	451.58	41.76	51.21	5.86	6弱
MYG017	角田 [K-NET]	140.7852	37.9733	357.86	54.35	67.74	5.83	6弱
FKSH11	矢吹 [KiK-net]	140.3420	37.1976	504.72	55.55	61.08	5.82	6弱
IBR006	水戸 [K-NET]	140.4561	36.3658	851.33	39.76	44.81	5.80	6弱
IBRH12	大子 [KiK-net]	140.3215	36.8338	782.38	34.70	41.34	5.77	6弱
TCG013	真岡 [K-NET]	140.0258	36.4336	465.33	40.26	53.79	5.75	6弱
IWT007	釜石 [K-NET]	141.8597	39.2672	741.56	29.09	40.06	5.74	6弱
IBRH15	御前山 [KiK-net]	140.3046	36.5535	1062.17	36.23	37.95	5.74	6弱
TCGH10	大田原 [KiK-net]	140.0258	36.8547	673.71	44.48	49.12	5.71	6弱
IBRH16	山方 [KiK-net]	140.4009	36.6374	666.75	29.17	39.43	5.69	6弱
MYG002	歌津 [K-NET]	141.5144	38.7233	772.44	26.28	32.30	5.68	6弱
FKSH12	平田 [KiK-net]	140.5736	37.2139	506.58	33.45	35.58	5.64	6弱
MYG011	牡鹿 [K-NET]	141.5077	38.2941	939.22	37.57	48.19	5.63	6弱
IWTH05	藤沢 [KiK-net]	141.3547	38.8625	791.29	36.02	47.81	5.63	6弱
IBR014	土浦 [K-NET]	140.1980	36.0697	533.80	44.59	46.36	5.63	6弱
IBR011	つくば [K-NET]	140.0936	36.1219	371.75	45.97	53.16	5.61	6弱
IWTH20	花巻南 [KiK-net]	141.0508	39.3406	407.92	38.19	52.55	5.61	6弱
CHB003	白井 [K-NET]	140.0597	35.7911	485.85	30.57	40.65	5.60	6弱
TCGH12	氏家 [KiK-net]	139.9875	36.6928	509.39	44.32	54.84	5.59	6弱
IBR001	大子 [K-NET]	140.3602	36.7730	454.02	35.93	37.70	5.59	6弱
MYG008	北上 [K-NET]	141.4549	38.5740	436.15	41.48	47.87	5.58	6弱
IBR010	下妻 [K-NET]	139.9686	36.1811	436.15	38.60	39.23	5.58	6弱
FKS019	二本松 [K-NET]	140.4402	37.6000	461.43	29.47	32.27	5.57	6弱
IWTH02	玉山 [KiK-net]	141.3861	39.8222	744.17	19.97	22.04	5.57	6弱
IBR012	石岡 [K-NET]	140.2902	36.1869	365.35	42.29	51.84	5.55	6弱
MYGH09	白石 [KiK-net]	140.6061	38.0061	362.27	37.60	41.89	5.55	6弱
MYG003	東和 [K-NET]	141.3141	38.7319	870.18	31.90	33.55	5.54	6弱
TCG001	黒磯 [K-NET]	140.0861	36.9386	485.71	38.95	48.03	5.53	6弱
GNM009	桐生 [K-NET]	139.3283	36.4075	415.49	30.93	36.90	5.53	6弱

注) PGA, PGVは3成分合成値、
SI値は減衰20%速度応答スペクトルの周期0.1~2.5秒での積分値が最大となる方向を採用

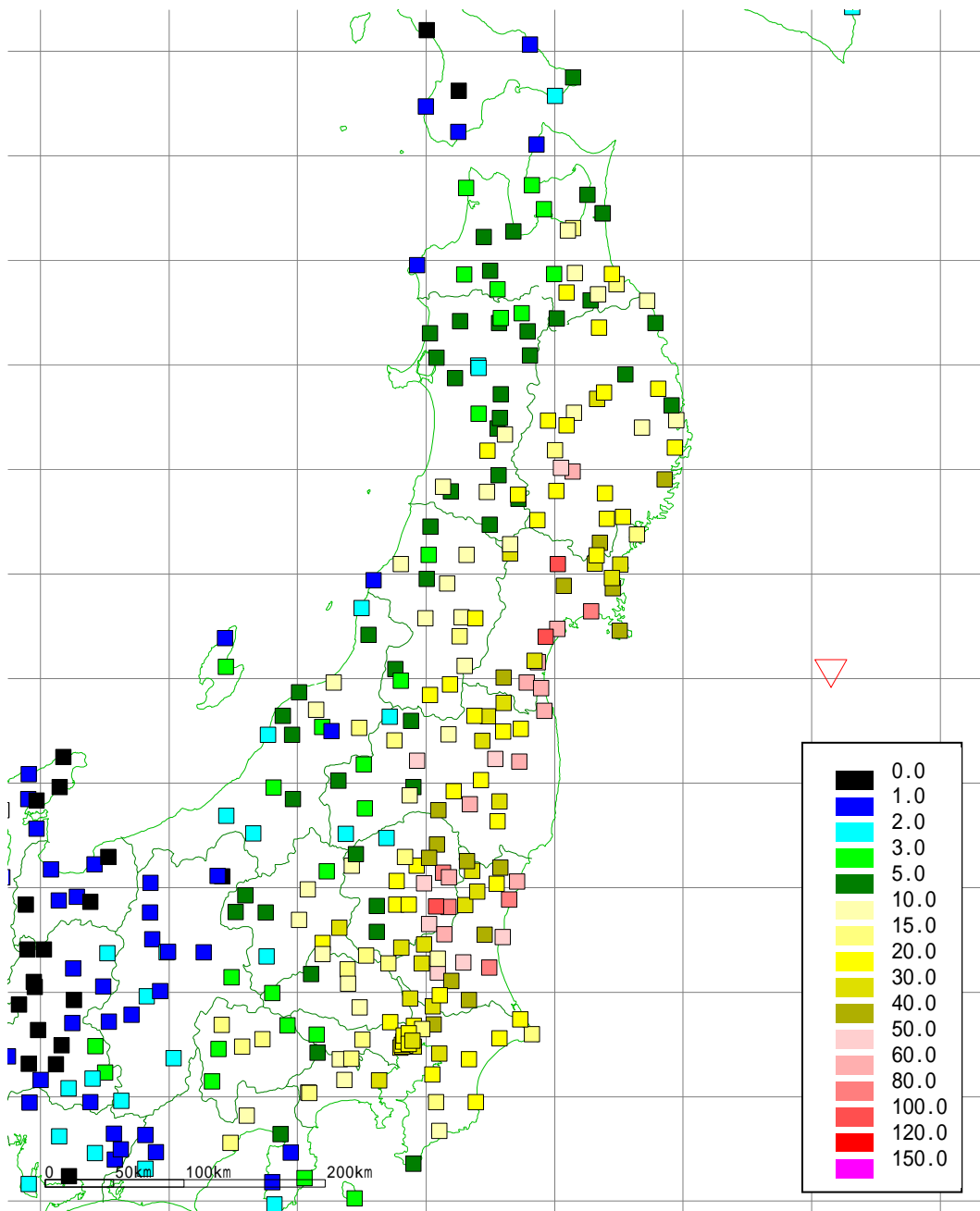
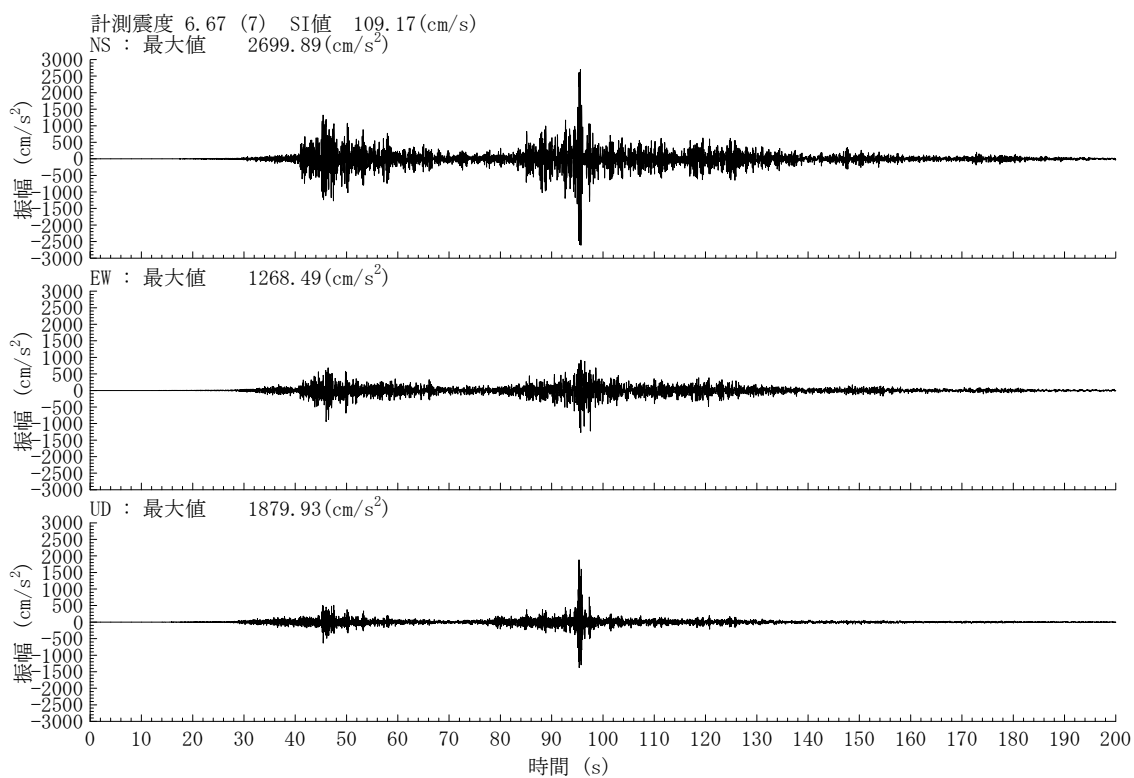
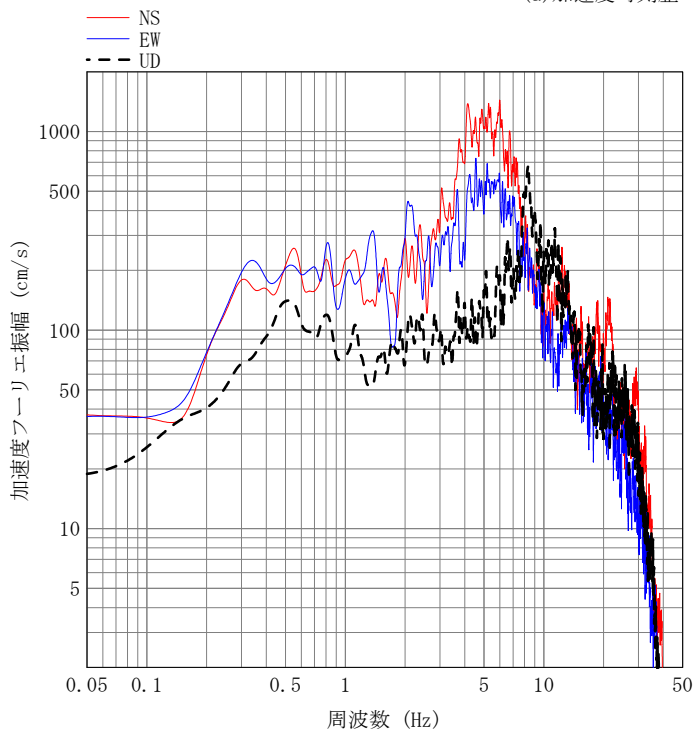


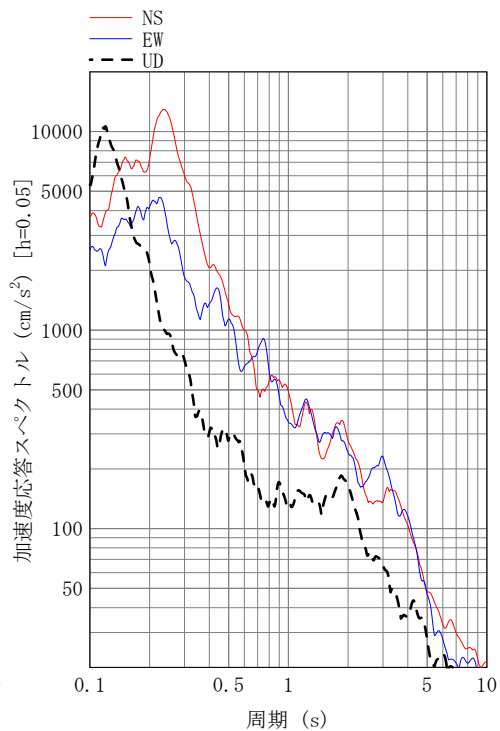
図2.2 観測SI値の分布 (K-NET、KiK-net観測データより作成)



(a) 加速度時刻歴

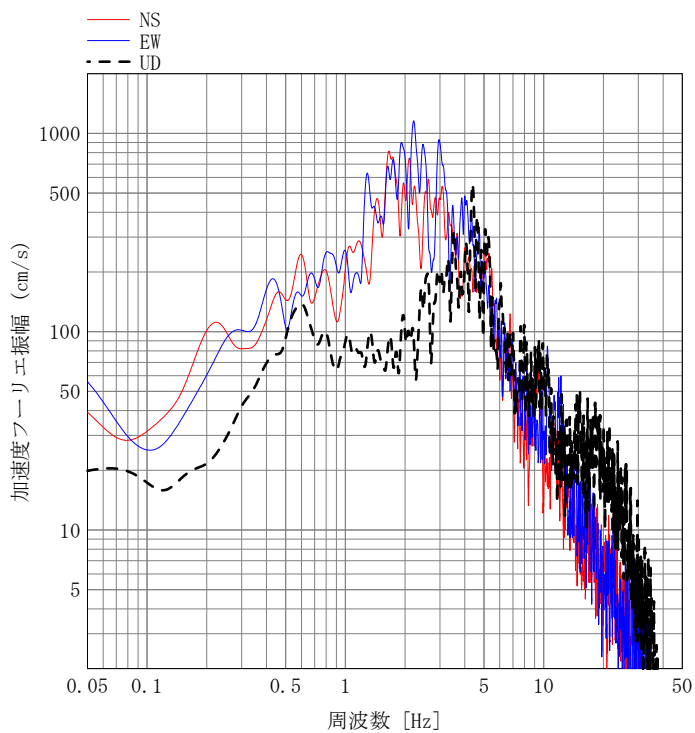
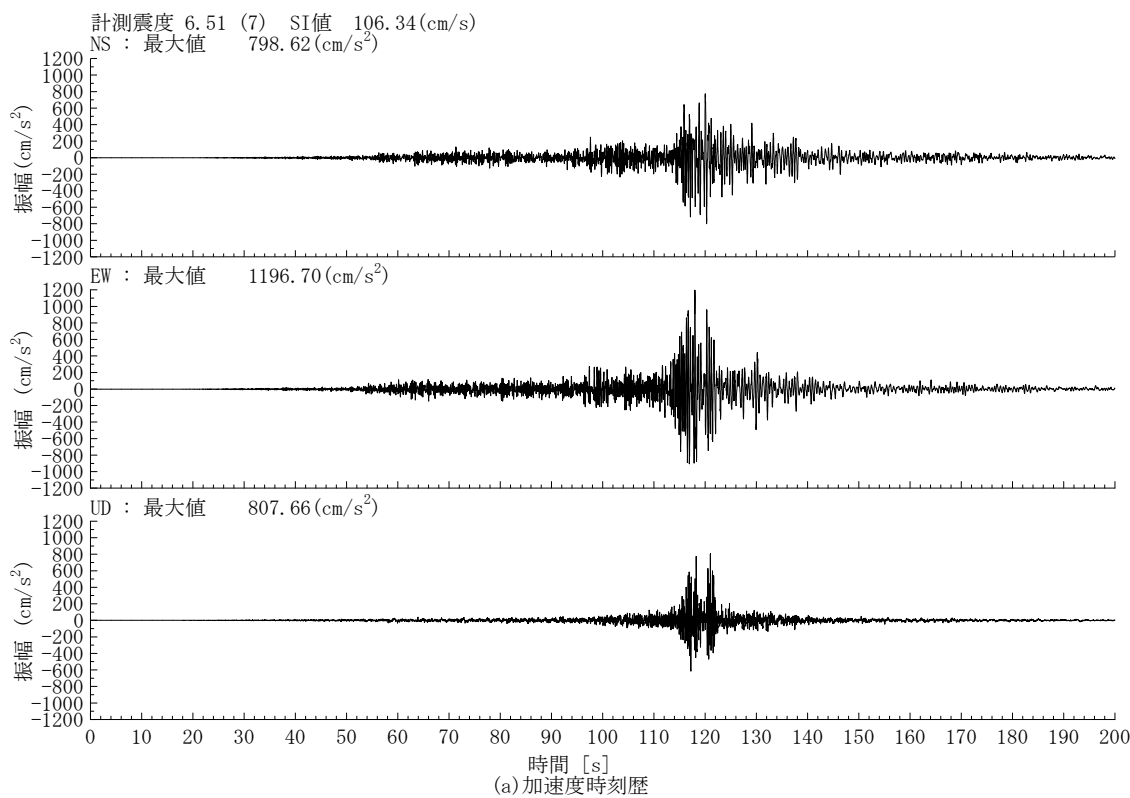


(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル

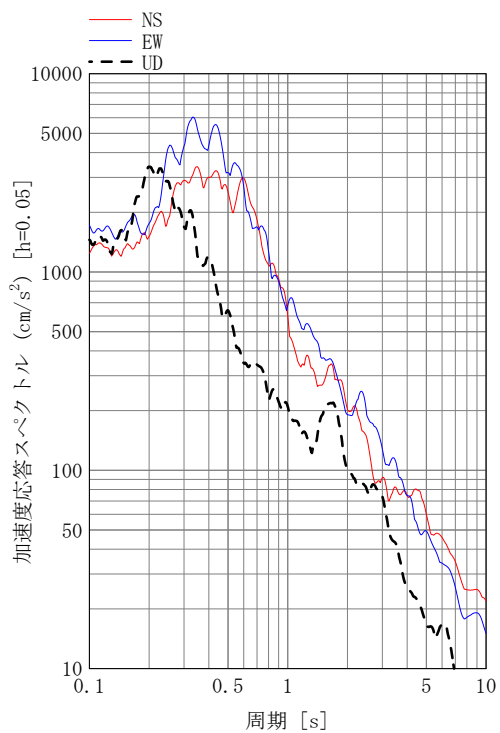


(c) 加速度応答スペクトル

図2.3 K-NET築館(MYG004)での強震記録

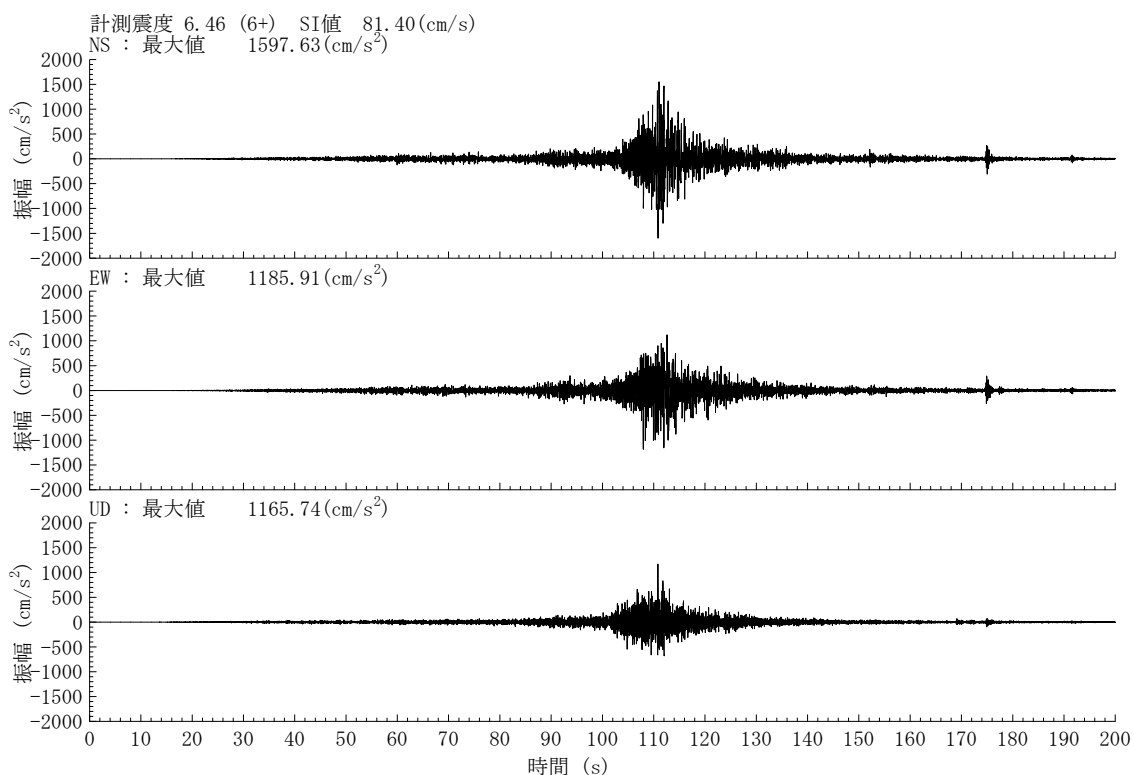


(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル

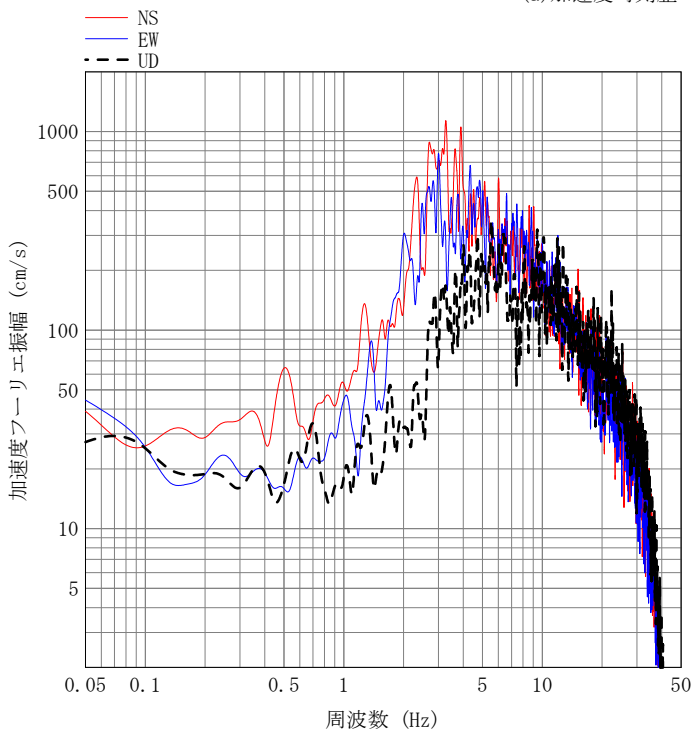


(c) 加速度応答スペクトル

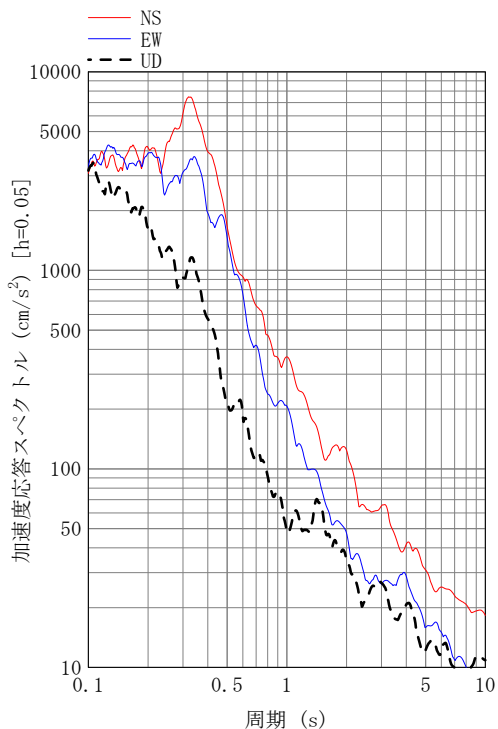
図2.4 KiK-net芳賀(TCGH16)での強震記録



(a) 加速度時刻歴

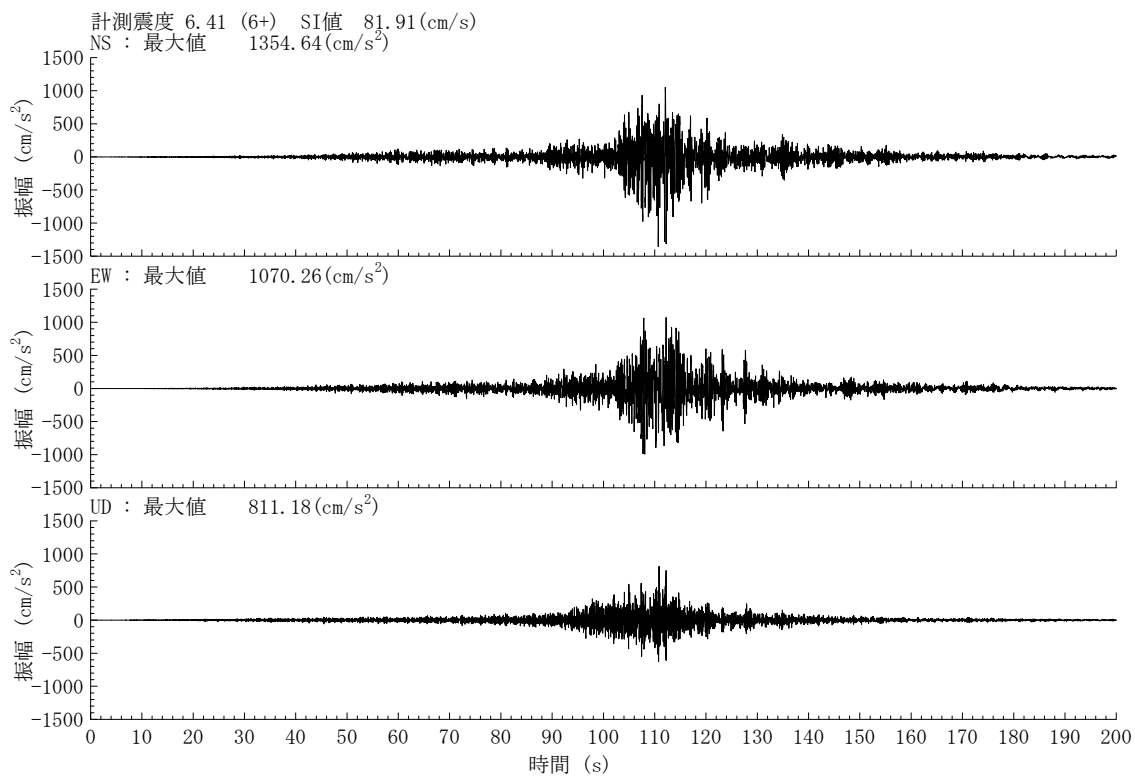


(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル

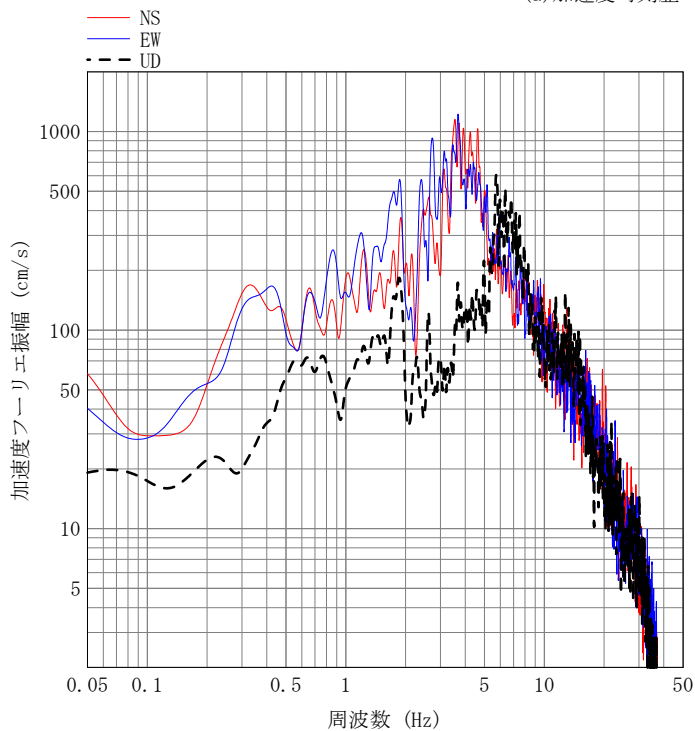


(c) 加速度応答スペクトル

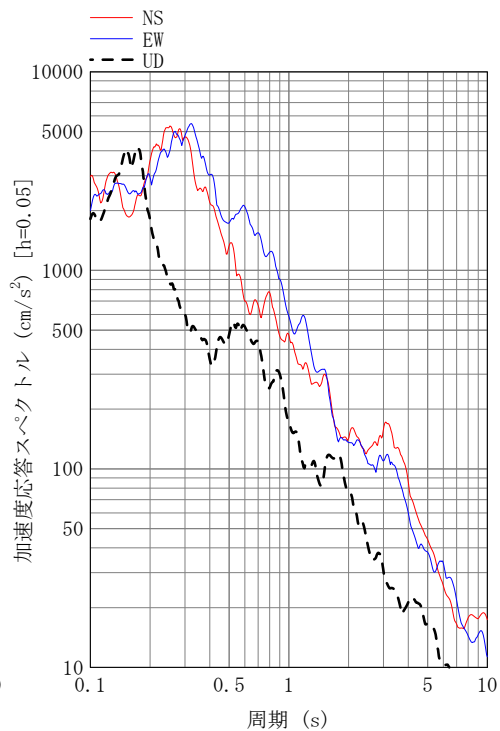
図2.5 K-NET日立(IBR003)での強震記録



(a) 加速度時刻歴

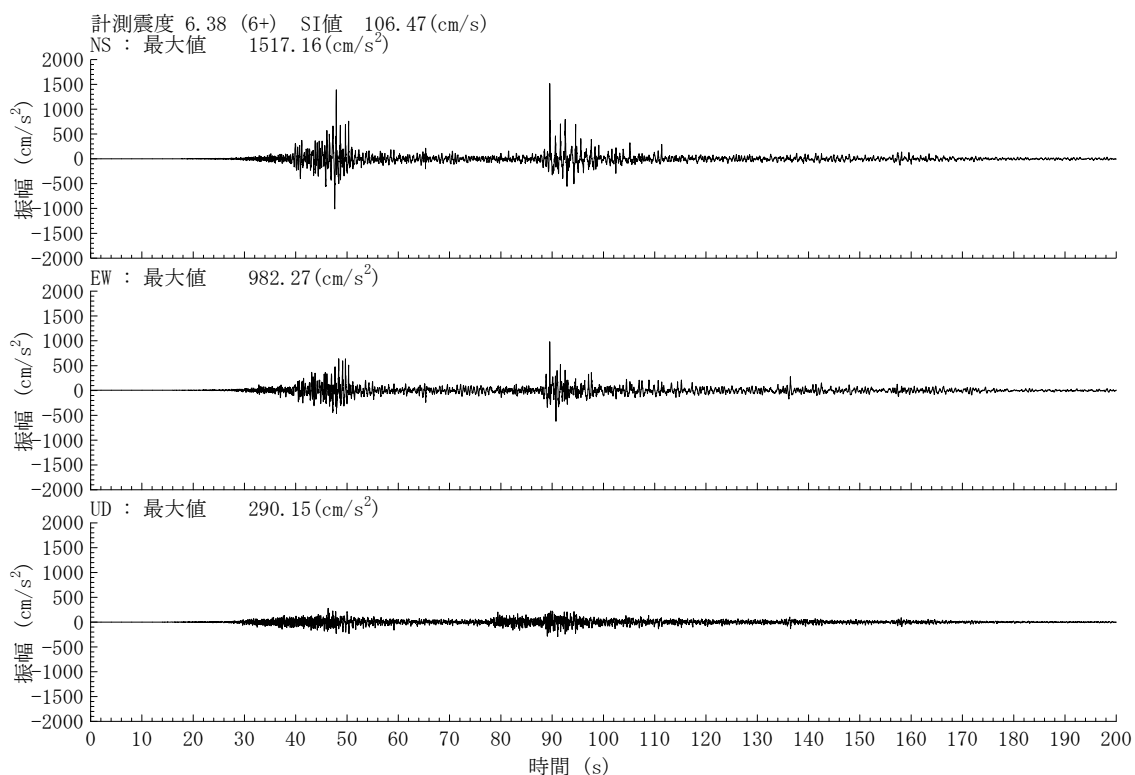


(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル

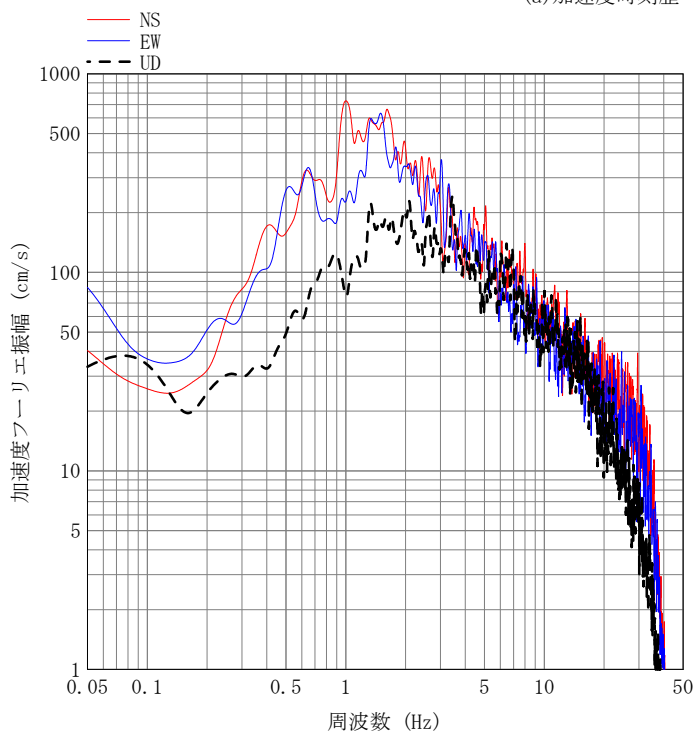


(c) 加速度応答スペクトル

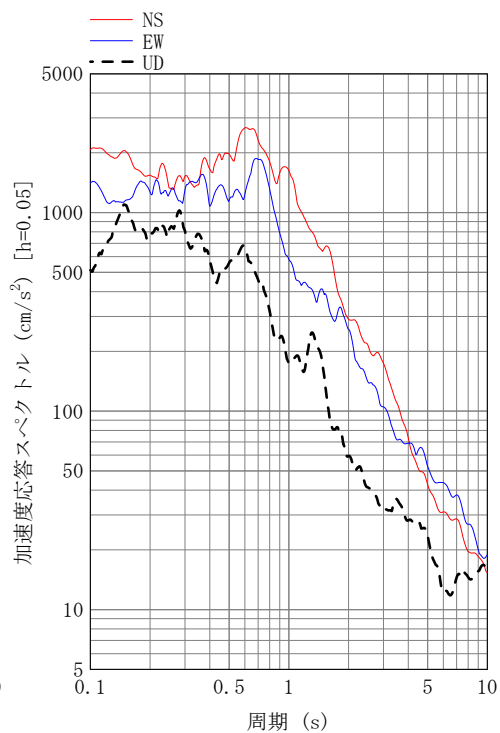
図2.6 K-NET銚田(IBR013)での強震記録



(a) 加速度時刻歴

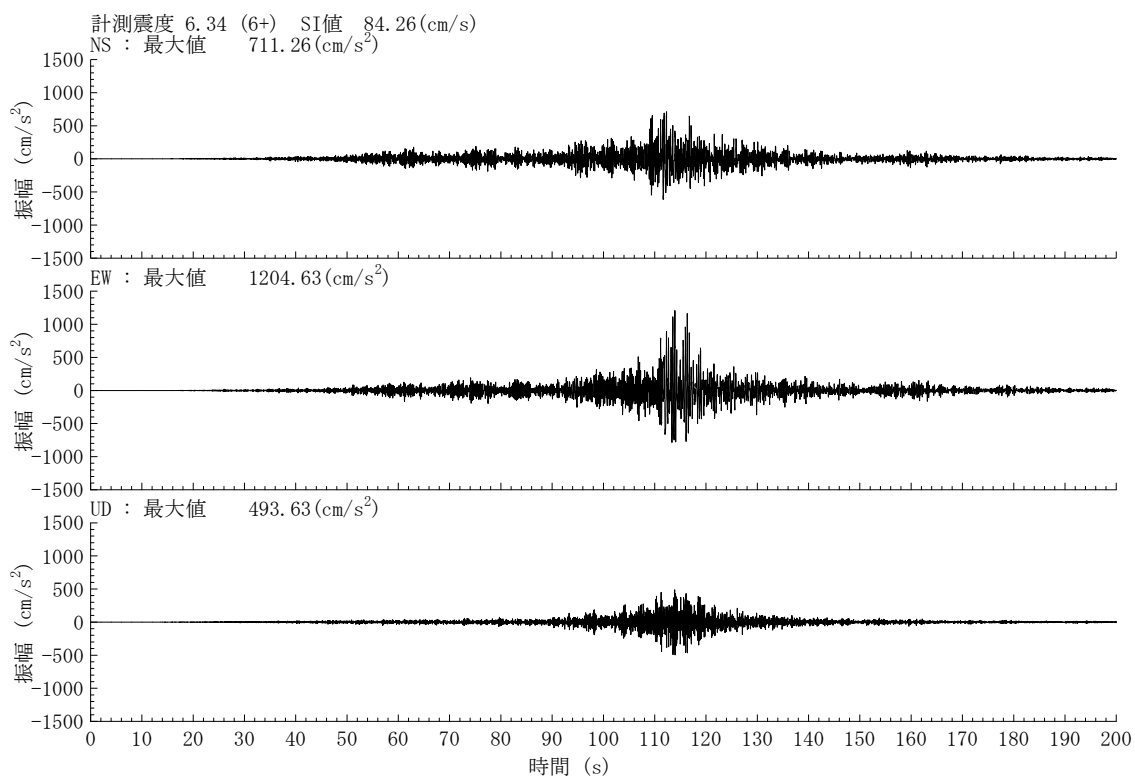


(b) 加速度フーリエ振幅スペクトル

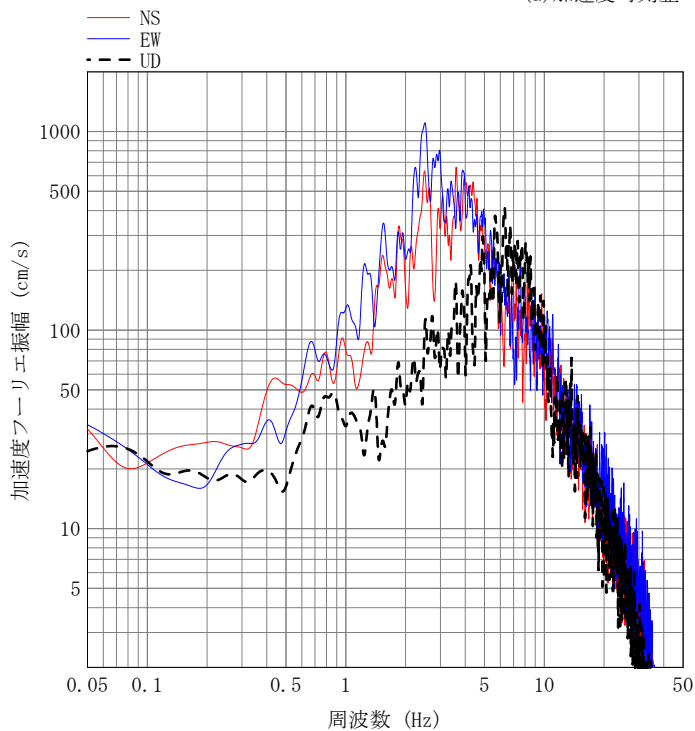


(c) 加速度応答スペクトル

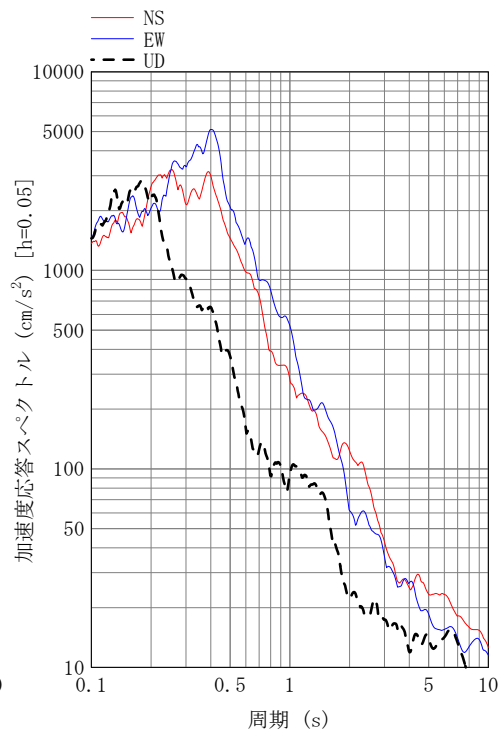
図2.7 K-NET仙台(MYG013)での強震記録



(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 K-NET茂木(TCG014)での強震記録

首都圏では、東京ガス株式会社の地震防災システム SUPREME により、約 4000 点の地震観測網が構築されている。図 2.9 は、その観測値を収集・表示している Jishin.net (会員制) による SI 値分布図である。なお、横浜市内は、横浜市ホームページの下記から、閲覧可能である。

http://www.city.yokohama.jp/me/shobo/kikikanri/jisin_jyouho.html

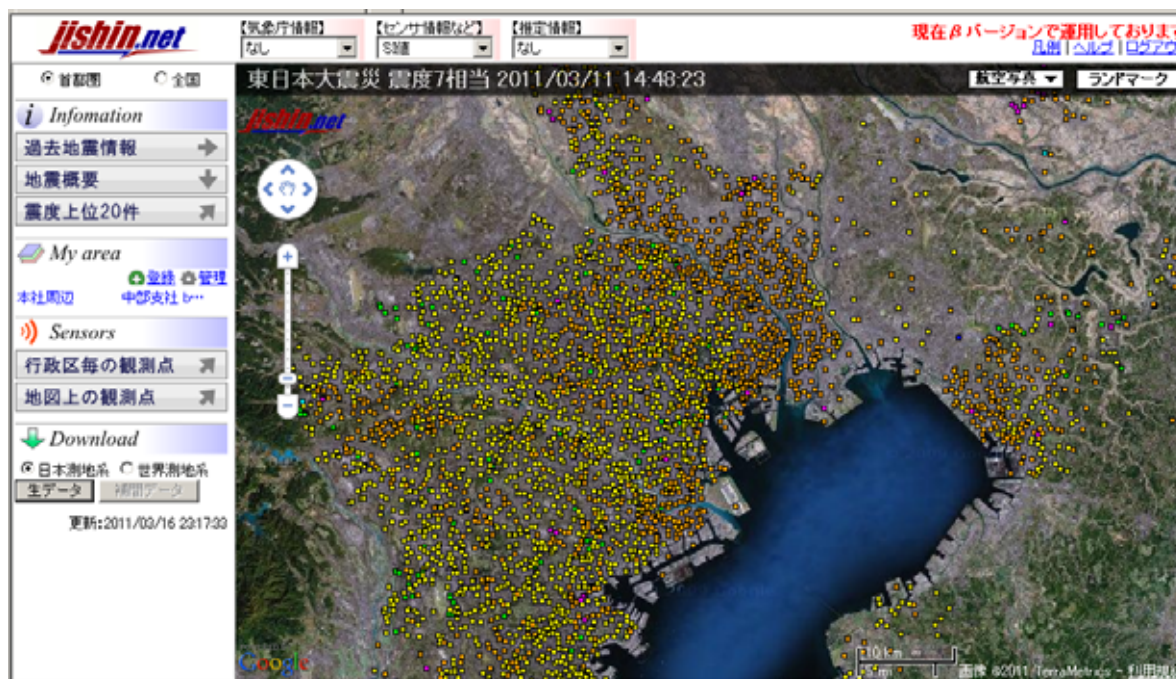


図2.9 首都圏における高密度SI値分布
(TG情報ネットワーク提供のJishin.netより)

3. スペクトル特性

2.で波形を示した観測記録の加速度応答スペクトルを重ねて図3.1に示す。また、1995年兵庫県南部地震や2007年新潟県中越沖地震など国内での主な強震観測記録との比較を図3.2に示す。いずれも、水平2成分を合成した値を示している。

地震規模が巨大であることから、周期がやや長い成分が卓越するかと思われたが、既往の主な記録と比べると周期1秒以上では小さい。一方、KNET築館の周期0.24秒で約13,000 cm/s^2 という極めて大きな最大加速度応答となっている。かつ他の観測点でも、0.5秒以下の短周期成分が著しく卓越している。

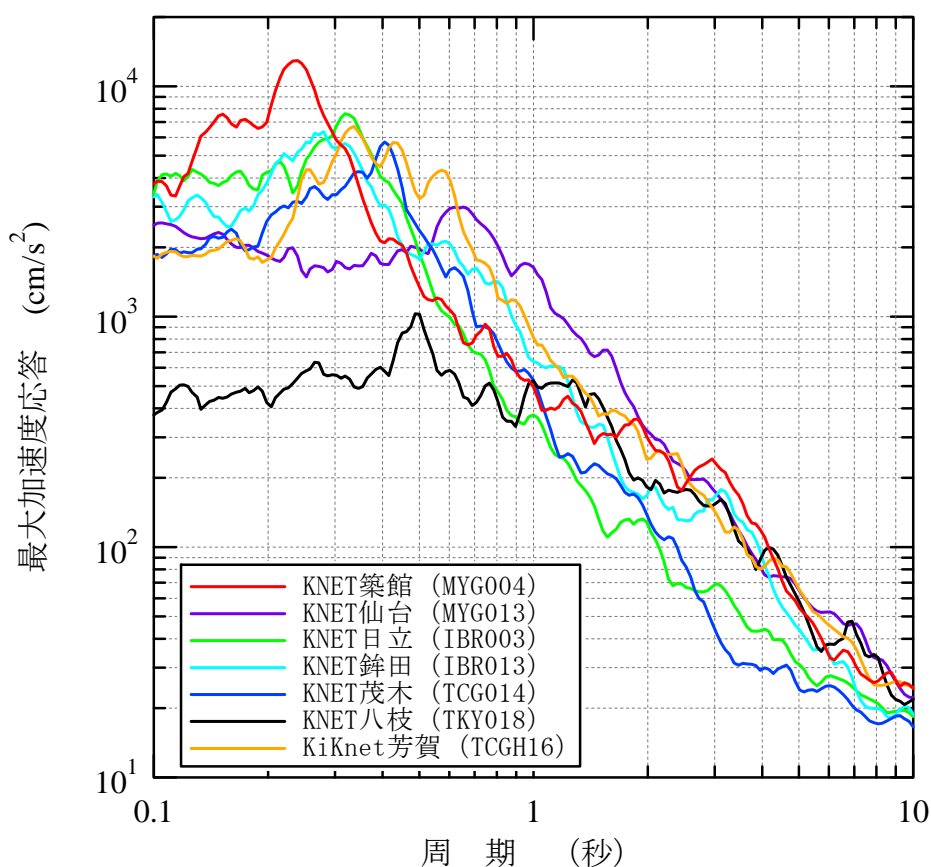


図3.1 観測記録の加速度応答スペクトル (減衰5%)

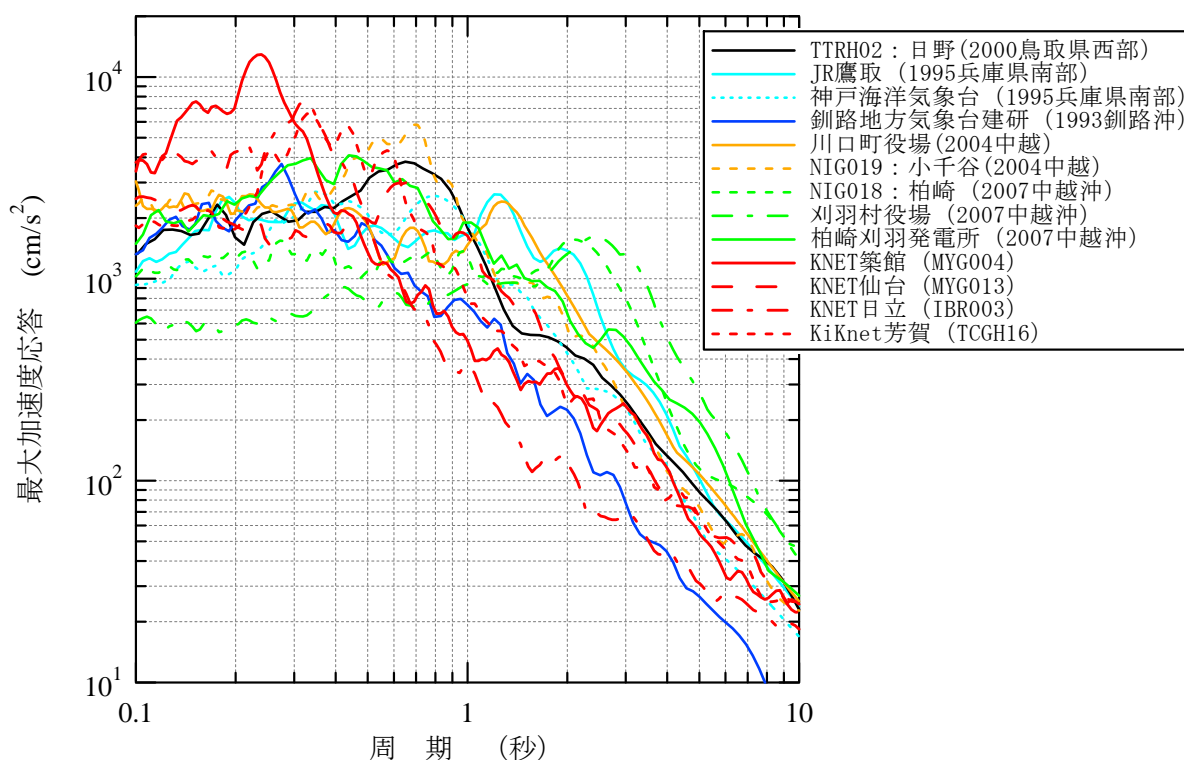


図3.2 既往地震の加速度応答スペクトルとの比較 (減衰5%)

本報告は、分析がまだ十分でない状況での速報であり、検証漏れや勘違い等が含まれている可能性がある。今後、さらに地震動分布推定や、長周期成分の伝播等にも着目しつつ精度を高めていき、また地震動に関連する被害との関連についても検討していく予定である。