

2021 年 2 月 13 日福島県沖の地震の分析

令和 3 年 1 2 月 2 2 日
原 子 力 規 制 庁

1. 経緯

令和 3 年 2 月 13 日に福島県沖の深さ約 55km の太平洋プレートの内部で気象庁マグニチュード $M_j 7.3$ (モーメントマグニチュード $M_w 7.1$) の地震が発生した(図 1)。この地震により宮城県及び福島県で最大震度 6 強を観測し、ライフライン等の被害を伴った。同年 2 月 17 日の第 57 回原子力規制委員会において、今回の地震の震源、地震動等の情報を報告するよう指示を受け、地震調査研究推進本部、日本地球惑星科学連合大会、日本地震学会大会等における報告内容の収集・分析を行った。

2. 分析の内容

(1) 地震動特性

今回の地震に伴って、宮城県山元町の観測点(防災科学技術研究所の KiK-net)の地表地震計で 1432gal (三成分合成) の大きな加速度を観測した。一方、地中地震計で観測された最大加速度値は 278gal (三成分合成) となった(表 1、図 2 及び図 3)。これは、山元町の観測点の地中地盤のせん断波速度 (V_s) が 770m/s であるのに対して、表層地盤は $V_s 110m/s$ と低速度となることから、地震動が大きく増幅されたものと考えられる。

福島第一原子力発電所(大熊町、双葉町)では震度 6 弱を観測したものの、発電所の 5 号機及び 6 号機の原子炉建屋基礎版の地震計の観測記録から、今回の地震は従来の基準地震動¹による建屋の応答加速度よりも小さく(表 2)、また、東北地方太平洋沖地震による原子炉建屋の観測記録(表 3)と比較しても小さい加速度となっている。さらに、敷地内の自由地盤系北地点で観測した加速度応答スペクトル(水平成分のはぎとり波²)は、従来の基準地震動を下回っていることを確認している(図 4)。

宮城県沖では、今回のような太平洋プレート内地震は、2003 年 5 月 26 日 ($M_w 7.0$) 及び 2011 年 4 月 7 日 ($M_w 7.1$) にも発生している(表 4)。これらの海洋プレート内地震で観測した地震動と今回の地震の距離減衰特性を比較し、今回の地震の最大加速度値(PGA)は、2011 年の地震に比べると小さめであり、2003 年の地震と同程度であることが示されている(図 5)。また、いずれの地震でも、距離減衰式による予測値に比べて、観測の最大加速度は近距離ではやや大きめ、遠方では同程度であることが明らかにされた(図 5)。

¹ 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(平成 18 年 9 月 19 日原子力安全委員会決定)に基づいて設定された基準地震動(最大加速度 600gal)。

² はぎとり波とは、観測記録から、サイトの解放基盤面以浅の地盤の影響を解析的に除いた、自由表面上の地震動である。

(2) 震源特性（短周期レベル³）

断層モデルを用いた地震動評価手法では、地震モーメントと短周期レベルとの相関を表す経験式に基づき、地震動評価への影響の大きい、震源断層の強震動生成領域(SMGA)の面積及び応力降下量を設定することとしている。このような経験式で用いられる短周期レベルのデータは、通常、地震動の再現解析を行い、観測波形に対して再現性の良い合成波形となるよう、震源モデルを構築し SMGA の面積及び応力降下量から算出する。

今回の地震において、SMGA モデルに基づいた短周期レベルのデータを収集し、これと過去の海洋プレート内地震（2003年5月26日（Mw7.0）及び2011年4月7日（Mw7.1））の短周期レベルとの比較を行った。図6に示すように、海洋プレート内地震のうち特に太平洋プレート内地震は、内陸地殻内地震（例えば、壇・他（2001））に比べて、短周期レベルが大きい傾向がある。今回の地震（図6の赤及び橙色の三角）は、過去の地震と短周期レベルは同等であり、特に、2011年の地震（図6の青色）とは地震モーメントも同等のため震源特性が類似することが推測される。

3. まとめ

福島県沖の地震の分析の結果、表層で観測された加速度は大きいですが、地中では小さく、福島第一原子力発電所での従来の基準地震動と比較しても、小さいレベルであることを確認した。また、過去に東北地方で発生した海洋プレート内地震に比べると、最大加速度値は小さめもしくは同程度となっており、震源特性の短周期レベルは同程度の値となった。これらのことから、当該地震の発生により直ちに規制へ反映すべき事項はないと考えられる。

なお、海外で起きた地震を含め、海洋プレート内地震の震源特性及び地震動特性に関しては、関連する安全研究プロジェクトで、引き続き、調査・研究を行う予定である。

³ 短周期レベルとは、観測した地震動の加速度スペクトルを震源に戻したスペクトル（加速度震源スペクトル）において、振幅レベルが一定となる短周期領域でのスペクトル値であり、耐震設計上重要な短周期帯域の振幅レベルを決める重要なパラメータである。地震調査研究推進本部で公表されている強震動予測手法（「レシピ」）では、地震モーメントと短周期レベルの経験式が用いられており、内陸地殻内地震又はスラブ内（海洋プレート内）地震の地震発生様式に応じて、異なる式を採用することとしている。

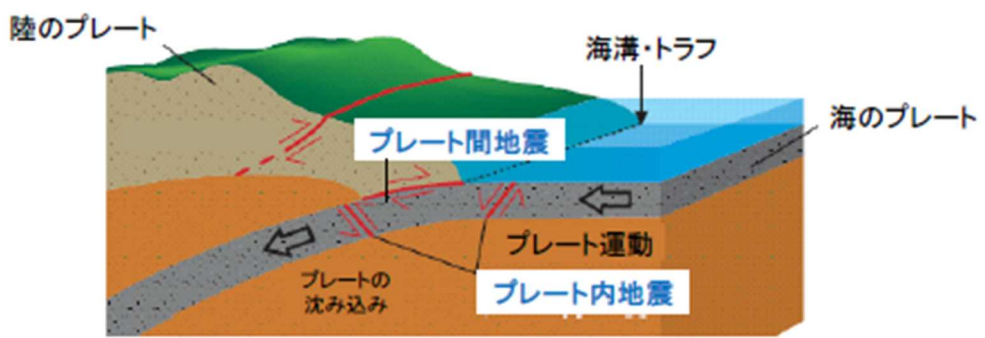
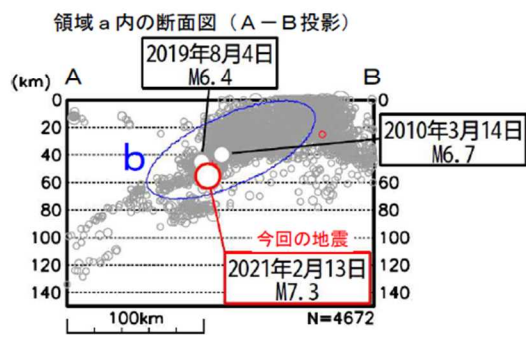
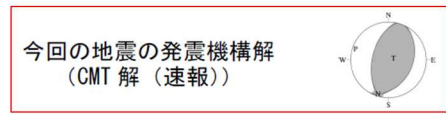
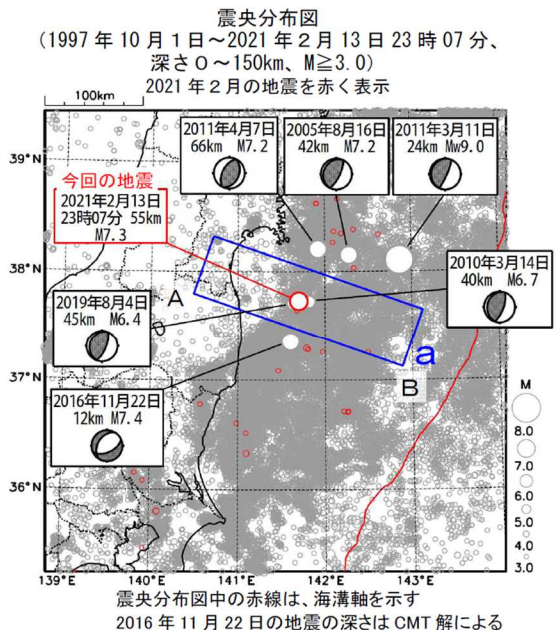


図1 今回の地震の発生域
 文献1 (地震調査研究推進本部、2021) より抜粋

表 1 山元地震観測記録

方向	NS	EW	UD	3成分合成
地表加速度(gal)	1426	1076	375	1432
地中加速度(gal)	254	189	148	278

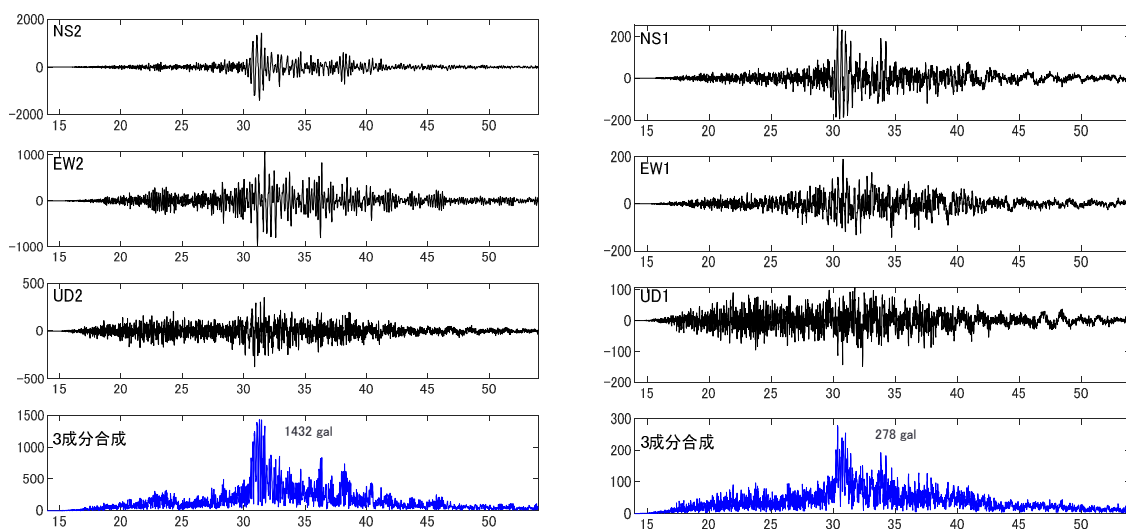


図 2 山元地震観測記録(地表面及び地中の加速度時刻歴波形)

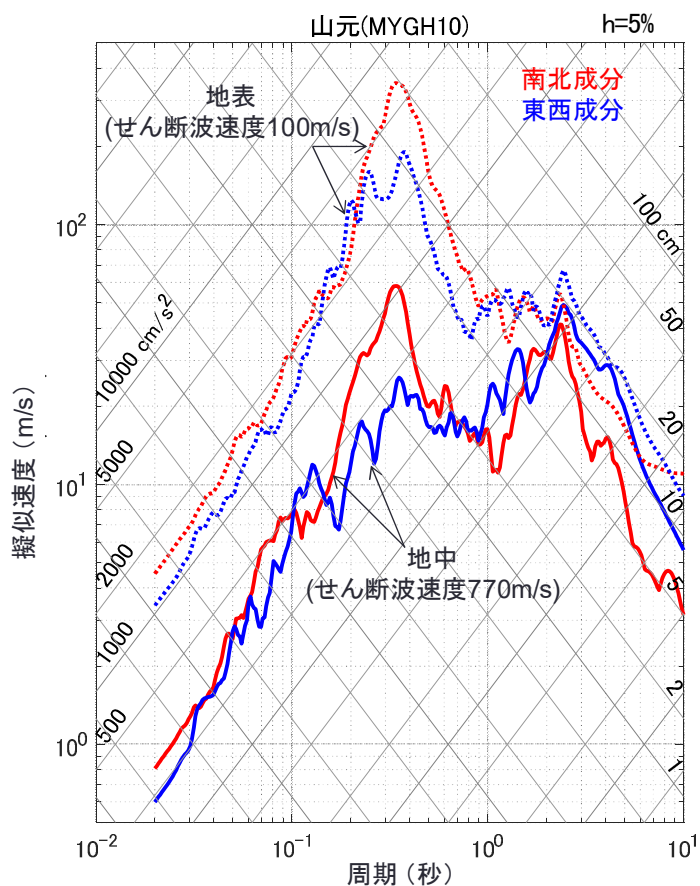


図 3 地表と地中の時刻歴波形から算出した擬似応答スペクトルの比較

表2 福島県沖の地震 福島第一原子力発電所における最大加速度値

原子炉建屋 基礎版上	今回の地震の観測記録の 最大加速度値(Gal)			基準地震動Ssに対する 最大応答加速度値(Gal)※		
	南北方向	東西方向	上下方向	南北方向	東西方向	上下方向
5号機	172	213	181	452	452	427
6号機	164	235	117	445	448	415

文献2(原子力規制委員会資料、2021)より抜粋

表3 東北地方太平洋沖地震 福島第一原子力発電所における最大加速度値

	観測記録の最大加速度値 (Gal)			従来の基準地震動Ssに対する 最大応答加速度値(Gal)		
	NS	EW	UD	NS	EW	UD
1号機	460	447	258	487	489	412
2号機	348	550	302	441	438	420
3号機	322	507	231	449	441	429
4号機	281	319	200	447	445	422
5号機	311	548	256	452	452	427
6号機	298	444	244	445	448	415

文献3(東京電力株式会社、2014)より抜粋

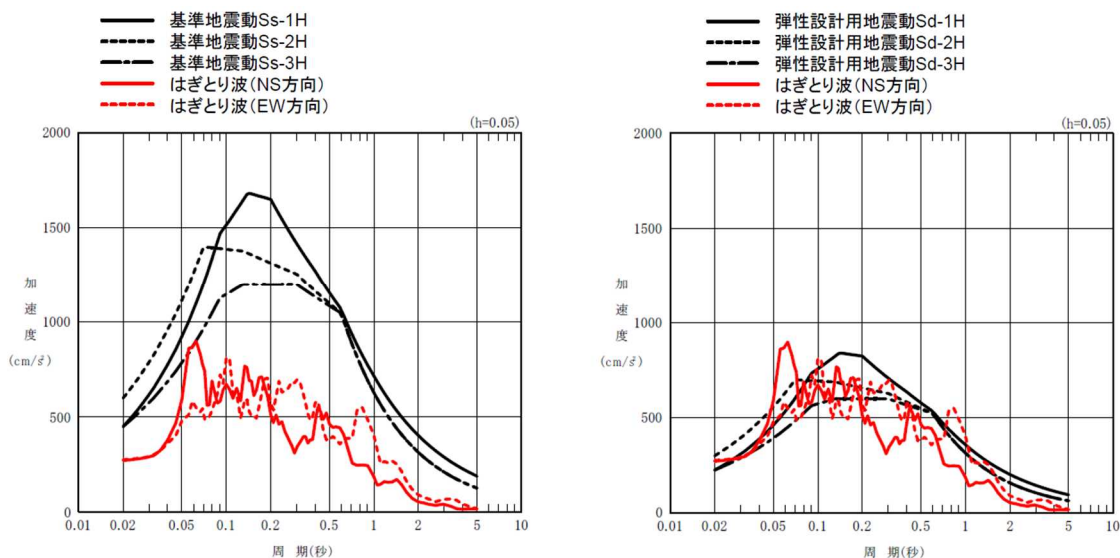


図4 福島県沖の地震 福島第一原子力発電所の自由地盤系北地点で観測した加速度応答スペクトル(水平成分のはぎとり波)と従来の基準地震動との比較
文献4(東京電力ホールディングス株式会社、2021)より抜粋

表 4 過去の海洋プレート内地震で観測した PGA* の比較

地震発生年月日	震源域	震源深さ (km)	Mw	最大観測値		
				観測点	PGA	震央距離
2003/5/26	宮城県沖	72	7.0	牡鹿	1571gal	59km
2011/4/7	宮城県沖	66	7.1	牡鹿	1496gal	38km
2021/2/13	福島県沖	55	7.1	山元	1432gal	84km

* 防災科学技術研究所の homepage からの情報に基づく

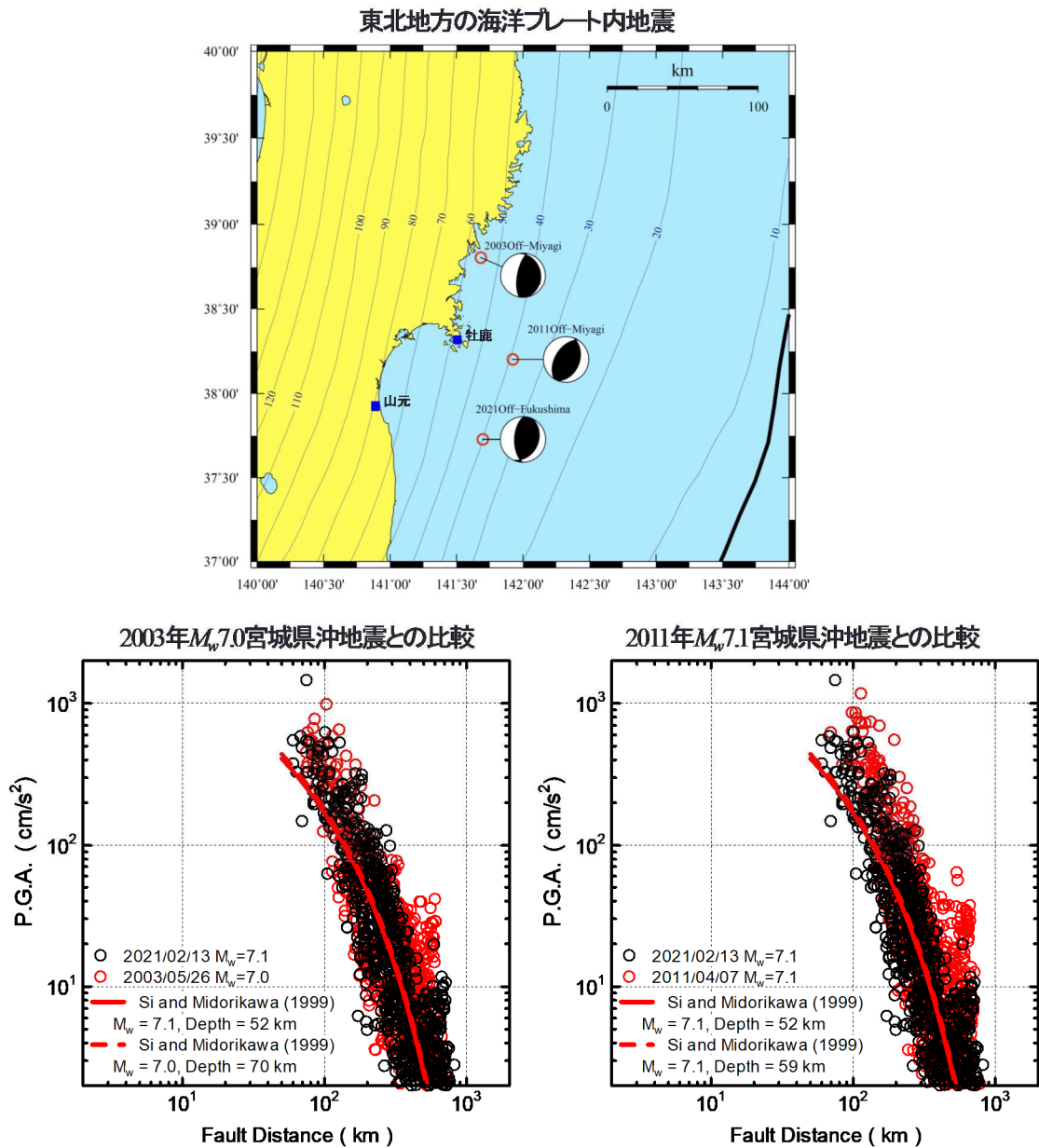


図 5 東北地方の海洋プレート内地震による地震動（最大加速度）の距離減衰特性
文献 6（司、2021）より抜粋（一部加筆）

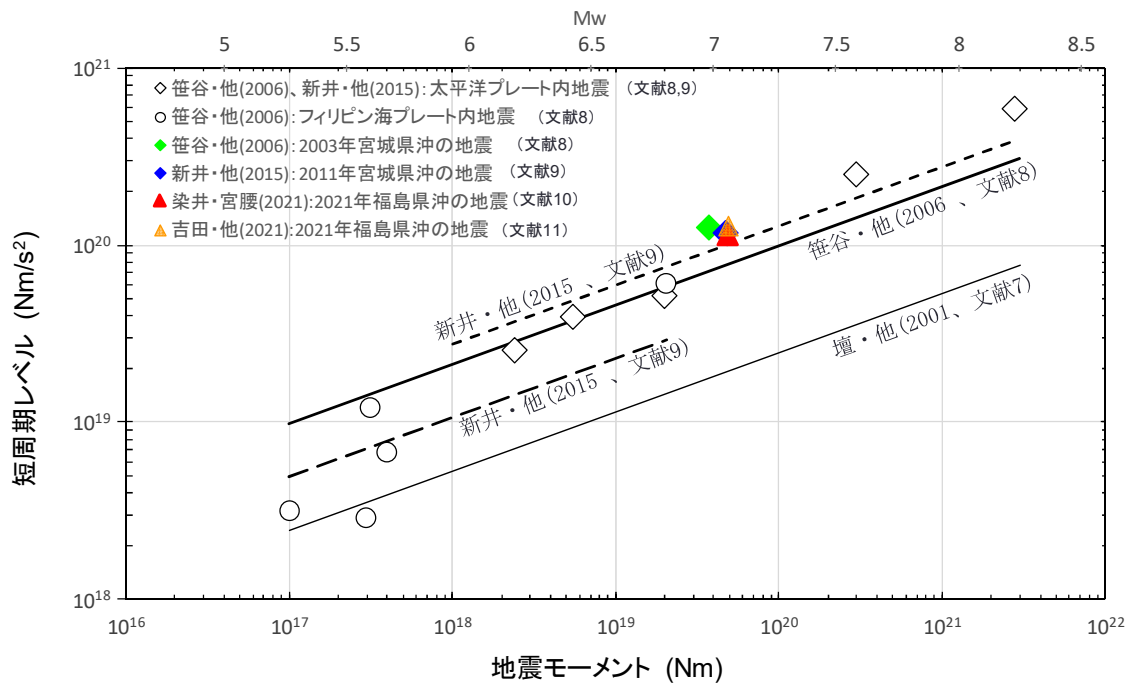


図6 海洋プレート内地震の短周期レベルの比較

《文献》

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会、2021年2月13日福島県沖の地震の評価、2021年2月14日
- 2) 原子力規制庁、東京電力福島第一原子力発電所における地震計及び波高計の設置状況等について、令和2年度第61回原子力規制委員会配布資料2、2021年3月3日
- 3) 東京電力株式会社、福島第一原子力発電所 新規制基準を踏まえた地震動評価について、2014年10月22日
- 4) 東京電力ホールディングス株式会社、福島第一原子力発電所における2月13日の地震を踏まえた今後の評価に係る面談の資料：5/27面談でのコメントへのご回答、2021年6月3日
- 5) 司宏俊・翠川三郎、断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式、日本建築学会構造系論文集、523、63-70、1999年
- 6) 司宏俊、東北地方太平洋プレート内部で発生した3つのMw7クラス地震の地震動最大値距離減衰特性について、日本地球惑星科学連合2021年大会、S-SS11-14、2021年6月
- 7) 壇一男・渡辺基史・佐藤俊明・石井透、断層の非一様すべり破壊モデルから算出される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化、日本建築学会構造系論文集、545、51-62、2001年
- 8) 笹谷努・森川信之・前田宜浩、スラブ内地震の震源特性、北海道大学地球物理学研究報告、69、123-134、2006年
- 9) 新井健介・壇一男・石井透・花村正樹・藤原広行・森川信之、強震動予測のためのスラブ内地震の断層パラメータ設定方法の提案、日本建築学会構造系論文集、716、1537-1547、2015年
- 10) 染井一寛・宮腰研、経験的グリーン関数法を用いて推定した2021年福島県沖の地震の強震動生成域モデル、日本地球惑星科学連合2021年大会、S-SS11-P24、2021年6月
- 11) 吉田昌平・津田健一・佐藤俊明、2021年福島県沖地震(M7.3)の強震記録を用いた断層破壊過程の推定その2 余震記録を用いた強震動生成域(SMGA)の推定、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、2021年9月