

2 (3) (3 - 2) 地震破壊過程と強震動

「地震破壊過程と強震動」計画推進部会長 古村孝志
(東京大学大学院情報学環／地震研究所)

地震津波観測データの解析に基づき、大地震の震源破壊過程を詳しく調べることは、大地震の発生過程と強震動の生成過程の理解を深め、将来の大地震の強震動と津波の発生予測の高度化につながる。また、断層面上の大滑り域や強震動生成域の関係や、中小地震の繰り返し発生の特性から、これらの領域の周辺の応力状態や断層の強度に関する特徴を知り、地震発生予測に向けた重要な基礎データを得ることとなる。大地震発生直後に観測データを即時解析し、震源域の広がりや破壊過程を正確に求めることは、強震動の面的広がりを把握し、そして沿岸の津波到達・浸水予測を適切に行うことができれば、適切な避難や応急対応が可能になる。

こうした目的に向け、平成25年度は2011年東北地方太平洋沖地震や、近年の大地震の震源動的破壊特性の解析、地震前後の地震活動の推移、そして強震動および長周期地震動の生成に関する調査を進めた。また、近年整備された、全国強震観測データを活用した大地震の震源過程の即時・自動解析システムの開発や、強震動分布に基づく地震規模と震源域の広がりやの推定手法の開発、沖合ケーブル津波計データを用いた津波予測手法に関する研究が進められた。

巨大地震断層の不均質性と、地震時の動的破壊特性の理解の深化に向けて、国内外で発生した大地震の震源破壊過程解析が継続的に進められ、データベース化されたことにより、中小地震から巨大地震に至る地震の相似則（スケーリング則）が確認され、加えて、強い加速度を生み出すsuper shear(S波速度を超える断層破壊伝播速度)を示す地震や、破壊伝播が遅く、強い揺れを伴わない津波地震の例など、断層破壊現象の多様性についても知見が蓄積した（東大地震研[課題番号：1422]、Poiata et al., 2012; Yokota et al., 2012）。

2011年東北地方太平洋沖地震の震源解析では、近地強震動、遠地実体波、GPS地殻変動、津波データといった、多様な観測データとその統合解析が行われた（図1、東大地震研[課題番号：1422]、横田・他, 2013）。これにより、短周期（ $T=0.1-10s$ ）地震波の観測から逆解析により求められた断層滑り域の分布と、津波やGPS地殻変動から求められた滑り域の違いが明確となり、巨大地震の断層運動における動的特性（滑り速度、応力降下量など）の不均一性が大きいことが改めて示された。強震動・津波災害予測には、震源断層の規模（ M ）といった静的特性だけでなく、その動的特性についての理解が重要である。

こうして求められた2011年東北地方太平洋沖地震の詳細な震源モデルとの比較から、プレート境界や深部の大滑り域で過去に $M7$ 地震が多発し、また小繰り返し地震も起きていたことが確認された。また、海溝軸付近の超大滑り域では繰り返し地震が起きていなかったこと、そこでの地震活動には周期性が見られ、地震発生前には増加傾向にあったことがわかった。なお、この時期はスロースリップの発生時期とも一致することから、プレート境界の固着の緩みが始まっていた可能性が指摘された（図2、東北大[課題番号1211]、Uchida and Matsuzawa, 2013; Ito et al., 2013）。こうした、繰り返し地震や微小地震活動の変化、スロースリップの発生等の総合的な分析により、プレート境界固着状況の変化と大地震の発生予測のモニタリングが可能になることが期待される。

複雑な東北地方太平洋沖地震の動的破壊成長過程が、従来からの階層パッチモデル（Ide

and Aochi, 200) で良く説明できることも示された。気象庁地震カタログに基づく地震活動解析から、大地震のパッチがG-R則におけるb値の小さな領域と対応していることが示された(図3, 東大理[課題番号:1211], Ide and Aochi, 2013)。この考えに基づいて北海道地域での地震活動の評価と巨大地震の発生可能性の議論されるなど、M9地震の想定震源域を推定するための一つの指標が示された。

プレート境界で発生する繰り返し地震や、東北地方太平洋沖地震の前震(3月9日, Mw7.3), 及び余震・誘発地震に伴う震源断層運動の詳しい調査が行われ、前震に伴う余効滑りの発生から、超巨大地震発生に至る過程が検証された。また、超大滑り域と周囲の地震波速度構造の不均質性との関連性も検討され、構造探査から事前に断層面上の不均質性と動的特性を評価できる可能性もある。地震直後より、釜石沖の繰り返し地震の発生間隔が変化しており、巨大地震に伴う応力状態の攪乱が起きていることが考えられる。モニタリングを継続することにより、プレートの固着の回復過程が明らかになる可能性がある(東北大理[課題番号:1211])。

地震断層運動の不均質性と地震波放射の関係を調べるためには、断層の近傍での強震観測が有効である。この目的に対して、南アフリカ金鉱山の大深度地下において断層から数メートルでの極近傍強震(AE)観測のための機器開発と観測点整備が進められ、ようやく強震記録が得られる段階になった。そして、M1.3地震において最大15Gを越える大加速度が記録されたが、そのレベルは従来のHaskellモデルなど等で説明できる範囲であり、断層破壊の不均質性自体は意外に小さい可能性も見えてきた(東大地震研[課題番号:1423], Naoi et al., 2013)。

東北地方太平洋沖地震はM9規模の地震であったが、その長周期地震動のレベルは過去のM8級の地震の際のものと同程度にすぎなかった。日本各地で起きた大地震の強震観測データの分析から、東北沖で発生したプレート境界地震ではいつも長周期地震動レベルが小さいことがわかった。これは、震源域が深く、長周期の表面波が発生しにくいためである(図4, 東大地震研[課題番号:1424], Furumura, 2014)。南海トラフ沿いの地震や駿河トラフ沿いの地震では、東北地方太平洋沖地震を上まわる長周期地震動が発生する可能性がある。東北地方太平洋沖地震の長周期地震動シミュレーションでは、速度構造モデルに加えて、減衰(Qs)構造の適切なモデル化の課題が示された(京大防災研[課題番号:1813], Sato et al., 2013)。

全国の高感度地震観測網(Hi-net)や広帯域観測網(F-net)、そして強震観測網(K-NET, KiK-net)によるリアルタイムデータ震源解析(発震機構やモーメント・テンソル解)を統合的に用いた震源過程解析システムが開発された。モーメント・テンソル解に余震分布を加えて断層面モデルを設定し、次に強震波形記録を用いた震源過程解析を自動的に行う即時震源過程推定システムの開発が進められた(防災科研[課題番号:3103])。また、M8を越える巨大地震の早期規模推定のために、より広い周期帯域(~周期100秒)の地震波形の最大振幅からMを推定する手法が検討され、東北地方太平洋沖地震や2010年チリ地震の解析に適用して、3分以内に適切なMが推定できることが確認された(図5, 気象庁[課題番号:7024], Katsumata et al., 2013)。

津波の即時解析に向けた研究では、沖合GPS波浪計や海底ケーブル津波計データ利用の有効性が検証された(気象庁[課題番号:7024])。また、津波警報の解除のタイミングを判断するために、津波コーダの振幅の減衰特性の評価が行われ、津波高の移動二乗平均に対して減衰式をフィッティングさせることで、津波警報の解除時刻を予告できる可能性が示された(気象庁[課題番号:7021])。

これまでの課題と今後の展望

東北地方太平洋沖地震の広い震源域のうち、強震動被害に関わる短周期～やや長周期 ($T=0.1\sim 10s$) の地震波放射は、プレート境界の比較的深い ($h=25\sim 50km$) 場所に限定された (図6, 東大地震研 [課題番号: 1424], Furumura, 2014). このため、超高層ビルなどを大きく揺する長周期地震動の発生は地震の規模に対して小さかった. 一方で、深部の地震のため、高周波数地震動の放射は強かった. なお、海溝軸付近の浅部プレート境界では超大滑り ($>50m$) が発生したが、大きな海底地殻変動と津波を起こす一方で、強震動は強く発生しなかった. こうした、本地震の震源過程の複雑な特徴は観測データ解析から良く理解されたが、この特徴がこの地震特有のもの、あるいは日本海溝の巨大地震での現象であり、南海トラフや相模トラフの巨大地震には適用できない可能性がある. 今後、南海トラフ等の沈み込み帯に条件が近い世界の他地域のM9地震についても、詳細な震源解析が必要である.

多様なデータを用いた震源解析の高度化により、大地震の震源過程において強震動と津波を生成する場所が違うことも明確となった. また、地震毎にも、大加速度を伴う極短周期 ($T<0.3s$ 程度) 地震動の強い地震 (2011年東北地方太平洋沖地震, 2008年岩手宮城内陸地震など) や、木造家屋被害に影響する、やや短周期 ($T=1\sim 2s$) 地震動を強く放射した地震 (1995兵庫県南部地震, 2007年能登半島沖地震など) など特性の違いは大きい. こうした強震動特性の多様性を生み出す動的特性 (断層滑り速度, 破壊伝播方向, 応力降下量など) の適切なモデル化と、その原因, 事前推定の可能性が、これからの強震動評価や災害予測に向けた重要な課題となる. 震源解析と平行して、断層周辺の速度構造や地震活動などの調査, そして地震発生の実験やシミュレーション研究とタイアップした統合的な検討が必要である.

東北地方太平洋沖において強震動を強く放射した強震動生成域 (SMGA) は、浅部プレート境界の超大滑りの場所とは一致せず、従来の「アスペリティ」モデル (すなわち、地震時に大きく滑り、強震動を放射する場所) の適用が困難に見える. しかし、SMGAは、東北沖で繰り返し発生したM7～8地震の「アスペリティ」に一致することが示されている (京大防災研, [課題番号: 3013], Asano and Iwata, 2012). こうした、滑り域の階層性を取り入れた、従来のアスペリティモデルの修正が必要である.

繰り返し発生する大地震に対して、これまで規則性を過度に評価してきた面があろう. たとえば、茨城県沖で約20年間隔で繰り返し起きたM7級の地震においても、1982年の地震では初期破壊から18秒後に主破壊が発生したのに対し、2008年の地震では、前震から43分後に主破壊が起きるなど、不規則性・不確実性も同様に大きいと言えよう (京大防災研 [課題番号 1812]). また、約50年で繰り返す十勝沖地震においても、1952年の十勝沖地震 (M8.2) では、震源域の東側半分で津波を発生させる滑りや先行するイベントがあったが、2003年十勝沖地震 (M8.0) にはこうした現象は起きなかった (東大地震研 [課題番号: 1422]). 大地震の発生予測と強震動津波予測では、大地震の周期性を過度に評価することなく、不規則性や不確実性についても適切に評価する必要がある.

活断層の評価では、隣接する断層での地震の連動発生の可能性について大きな問題となっている. これまでは、5km離れた断層運動は連動しない (断層間を破壊が乗り移らない) と考えることが多かった. しかし、近年の事例をみると、たとえば2011年4月11日の福島県浜通の地震 (M7.0) で井戸沢断層の動きの4.5秒後に湯の岳断層が動いた (京大防災研 [課題番号 1812]). また、2000年鳥取県西部地震 (M7.3) では、南北走行の主断層面から、共役の小

断層面に破壊が乗り移る際に、バリア破壊が原因と思われる高周波数地震動が強く放射されたことが指摘され、同様の現象は、スラブ内地震である2009年駿河湾の地震（M6.5）の際にも確認されている（九大 [課題番号：2204]）。活断層地震による強震動評価では、地震断層運動の乗り移りの条件と、その際の断層破壊の動的特性の評価が必要である。

近年、高密度地震観測網、GPS地殻変動観測網、沖合ケーブル津波計など、高精度の観測網が構築され、大地震の強震動と津波の観測をリアルタイムで伝送されるようになり、そして高速パソコンを用いたシミュレーション技術が進展した。こうして、地震発生直後に地震断層破壊過程を的確に理解し、そして強震動と津波の発生状況を把握して、津波避難等に活用できる環境が整ってきた。しかし、こうしたリアルタイム防災情報を、防災担当者や一般の方が防災行動に活用するためには情報伝達方法や受け手の受容力に関する高いハードルがある。また、地震津波研究側が提供できるデータと、避難や救急対応のために、社会が真に必要としている防災情報の内容には大きな乖離もあろう。こうしたギャップを埋めるために、地震津波研究者と防災研究者・実務者との双方の意見交換・調整が必要である。

成果リスト

- Asano, K., H. Sekiguchi, T. Iwata, W. Suzuki, S. Aoi, and T. Kunugi, 2014, Source Process of the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, in Studies on the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Natural Disaster Science and Mitigation Engineering: DPRI reports, Springer, 17-36.
- 浅野公之・関口春子・岩田知孝・吉見雅行・林田拓己・竿本英貴・堀川晴央, 2013, 大阪堆積盆地における2013年淡路島の地震（Mw5.8）の長周期地震動シミュレーション, 日本地震学会2013年秋季大会, B31-11.
- Chen, K., B.L.N. Kennett and T. Furumura, High frequency waves guided by the subducted plates underneath Taiwan and their association with seismic intensity anomalies, J. Geophys. Res., 118, 2, 665-680, 10.1002/jgrb.50071, 2013.
- Furumura, T., Radiation and development of short- and long-period ground motions from the 2011 Off Tohoku, Japan, Mw9.0 earthquake, Journal of Disaster Research, 2014, in press.
- Furumura, T., T.-K. Hong, and B.L.N. Kennett, Lg wave propagation in the area around Japan: Observation and simulations, Progress in Earth and Planetary Science, 2014, 1:10, DOI:10.1186/2197-4284-1-10.
- 古村孝志, 東京の地下構造と長周期地震動リスク, 地学雑誌, 2014, 投稿中.
- Guo, Y., K. Koketsu and T. Ohno, 2013, Analysis of the rupture process of the 1995 Kobe earthquake using a 3D velocity structure, Earth Planets Space, 65, 1581-1586.
- 林 豊, 前田憲二, 対馬弘晃, 岡田正實, 木村一洋, 岩切一宏, 2013, 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による津波高の現地調査報告, 気象研究所技術報告, no. 70, 48pp.
- 樋口 駿・瀧瀬一起・三宅弘恵, 2013, 沈み込み帯構造を用いた2011年東北地震の長・短周期パルス源の決定, 日本地球惑星科学連合2013年大会, SSS33-P19.

- 樋口 駿・瀨瀬一起・横田裕輔, 2013, GPS データによる日本周辺のすべり欠損分布およびその時間変化, 日本地震学会講演予稿集 2013 年秋季大会, P1-65.
- Ide, S., and H. Aochi, Historical seismicity and dynamic rupture process of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Tectonophysics*, 600, 1-13, doi:10.1016/j.tecto.2012.10.018, 2013.
- Iwata, T., K. Asano, and H. Kubo, 2013, Construction of Source Model of Huge Subduction Earthquakes for Strong Ground Motion Prediction, AGU 2013 Fall Meeting, S43A-2470.
- Katsumata, A., H. Ueno, S. Aoki, Y. Yoshida and S. Barrientos, 2013, Rapid magnitude determination from peak amplitudes at local stations, *Earth Planet Space*, 65, 843-853, doi:10.5047/eps.2013.03.006.
- Kennett, B.L.N., and T. Furumura, High-frequency Po/So guided waves in the oceanic lithosphere I—long-distance propagation, *Geophys. J. Int.*, 195, 3, 1862-1877, 10.1093/gji/ggt344, 2013.
- 小林広明・瀨瀬一起・三宅弘恵・金森博雄, 2013, 1952 年と 2003 年十勝沖地震の類似性と相違性, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, SSS28-11.
- Koketsu, K., and Y. Yokota, 2013, Large-scale slow slip event preceding the 2011 Tohoku earthquake, 2013 AGU Fall Meeting, Abstract S52A-02.
- Kubo, H., K. Asano, and T. Iwata, 2013, Source-Rupture Process of the 2011 Ibaraki-oki, Japan, Earthquake (Mw 7.9) Estimated from the Joint Inversion of Strong-Motion and GPS Data: Relationship with Seamount and Philippine Sea Plate, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 3003-3007, doi:10.1002/grl.50558.
- 久保久彦・浅野公之・岩田知孝・青井 真, 2013, 周期帯ごとにみた 2011 年東北地震太平洋沖地震の震源特性, 日本地震学会 2013 年秋季大会, A11-05.
- Maeda, T., K. Obara, T. Furumura, and T. Saito, Interference of long-period seismic wavefield observed by dense Hi-net array in Japan, *J. Geophys. Res.*, 116, 109, doi:10.1029/2011JB008464-127, 2013.
- Maeda, T., and T. Furumura, FDM Simulation of Seismic Waves, Ocean Acoustic Waves, and Tsunamis Based on Tsunami-Coupled Equations of Motion, *Pure Appl. Geophys.*, 170, 10.1007/s00024-011-0430-z, 2013.
- Maeda, T., T. Furumura, S. Noguchi, S. Takemura, S. Sakai, M. Shinohara, K. Iwai and S. J. Lee, Seismic and tsunami wave propagation of the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake as inferred from the tsunami-coupled finite difference simulation, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 103, 2B, 1411-1428, doi:10.1785/0120120026, 2013.
- Miyake, H., 2013, An overview of the 2011 Tohoku earthquake rupture models, Proceedings of the International Workshop of Japan Association for Earthquake Engineering on the Effects of Surface Geology on Strong Ground Motion, 1-23.
- Moriya, H, M. Naoi, M. Nakatani, O. Murakami, T. Kgarume, A. K. Ward, R. Durrheim, J. Philipp, Y. Yabe, H. Kawakata and H. Ogasawara, 2013, Detection of mining-induced fractures associated with stress perturbation around a stope in Ezulwini gold mine, South Africa, by using AE events. Proc. 6th International Symposium on In-Situ

Rock Stress, 598-603.

- 武藤大介・上野寛・川添安之・岩切一宏, 2014, 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の前後に発生した地震の震源過程の解析, 験震時報, 印刷中.
- 武藤大介・勝間田明男, 2013, 長周期地震動と地盤構造との関係について, 気象研究所研究報告, 投稿中.
- 中村航・内田直希・松澤暢, テンプレートイベントを用いた小地震の断層タイプの推定～東北地方太平洋沖で発生する地震への適用～, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 千葉, 幕張メッセ, 2013 年 5 月.
- 中村航・内田直希・松澤暢, テンプレートイベントを用いた日本海溝・千島海溝沿いの小地震の断層タイプの分類と震源再決定, 日本地震学会 2013 年秋季大会, 横浜, 神奈川県民ホール, 2013 年 10 月.
- Nakamura, W., N. Uchida, and T. Matsuzawa, Faulting type classification of small earthquakes using a template approach and their hypocenter relocation along the Japan and Kuril trenches, AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, Moscone Center, December, 2013.
- Nakatani, M., 2013, Microfractures on natural faults stressed by mining (invited), The International Summer School on Earthquake Science "Diversity of Earthquakes" organized by the Earthquake Research Institute of the University of Tokyo and the Southern California Earthquake Center, Hakone, Japan.
- Naoui, M., M. Nakatani, S. Horiuchi, Y. Yabe, J. Philipp, T. Kgarume, G. Morema, S. Khambule, T. Masakale, L. Ribeiro, K., Miyakawa, A. Watanabe, K. Otsuki, H. Moriya, O. Murakami, H. Kawakata, N. Yoshimitsu, A. Ward, R. Durrheim, H. Ogasawara, 2013, Frequency-Magnitude Distribution of -3.7 .LE. MW .LE. 1 Mining-Induced Earthquakes around a Mining Front and b-Value Invariance with Post-Blast Time, Pure Appl. Geophys., DOI 10.1007/s00024-013-0721-7.
- Noguchi, S., T. Maeda, and T. Furumura, FDM simulation of an anomalous later phase from the Japan Trench subduction zone earthquakes, Pure Appl. Geophys., DOI: 10.1007/s00024-011-0412-1, 2013.
- Oishi, Y., M.D. Piggott, T. Maeda, S.C. Kramer, G.S. Collins, H. Tsushima and T. Furumura, Three-dimensional tsunami propagation simulations using an unstructured mesh finite element, J. Geophys. Res., 118, 6, 2998-3018, doi:10.1002/jgrb.50225, 2013.
- Padhy, S., S. Takemura, T. Takemoto, T. Maeda and T. Furumura, Spatial and temporal variations in coda attenuation associated with the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku, Japan (Mw 9) Earthquake, Bull. Seism. Soc. Am., 103, 2B, 1411-1428, 2013.
- Sato, K., T. Iwata, K. Asano, H. Kubo, and S. Aoi, 2013, Long-period Ground Motion Characteristics Inside and Outside of Osaka Basin during the 2011 Great Tohoku Earthquake and Its Largest Aftershock, AGU 2013 Fall Meeting, S43A-2481.
- 関口春子・吉田邦一・木村克己・花島裕樹, 2014, 中川低地の浅部地盤の地震動応答特性. 関東平野中央部の地下地質情報とその応用, 特殊地質図, no. 40 (DVD), 地質調査総合センター, 136-177.

Sekiguchi, H., M. Yoshimi and H. Horikawa, 2014, Broadband ground motion prediction for interplate giant earthquakes: case of anticipated off-Boso peninsula earthquake, International Workshop on New Initiative toward the Advancement of Strong Motion, Site Effect, and Risk Evaluation Studies for Future Mega-Quakes, March 2014.

Takemura, S. and T. Furumura, Scattering of high-frequency P wavefield derived by dense Hi-net array observations in Japan and computer simulations for seismic wave propagations, Geophys. J. Int., 193, 1, 421-436. doi: 10.1093/gji/ggs127, 2013.

田中美穂・岩田知孝・浅野公之・久保久彦, 2013, 2011年4月11日福島県浜通りの地震の際に湯ノ岳断層は井戸沢断層破壊の影響で破壊したのか? 日本地震学会2013年秋季大会, A11-06.

Tanaka, M., K. Asano, T. Iwata, and H. Kubo, 2013, How Did the Two Faults Rupture during the 2011 Fukushima-ken Hamadori Earthquake? AGU 2013 Fall Meeting, S51B-2360.

対馬弘晃, 林 豊, 前田憲二, 横田崇, 川上博隆, 平田怜, 吉村健二, 遠藤清隆, 木田洋祐, 2013, 沖合津波観測データ同化システムの開発, 土木工学論文集 B2(海岸工学), 69(2), I_446-I_450.

郭 雨佳・瀨瀬一起・大野大地, 2013, 三次元速度構造を考慮した1995年兵庫県南部地震の震源過程解析, 日本地球惑星科学連合2013年大会, SSS33-P23.

横田裕輔・瀨瀬一起, 2013, 2011年東北地方太平洋沖地震に先立つ大規模なスロースリップイベント, 日本地震学会講演予稿集2013年秋季大会, A21-12.

横田裕輔・瀨瀬一起・藤井雄士郎, 2013, 東北地方太平洋沖地震: 統合震源モデルとその破壊過程, 日本地球惑星科学連合2013年大会, SSS28-10.

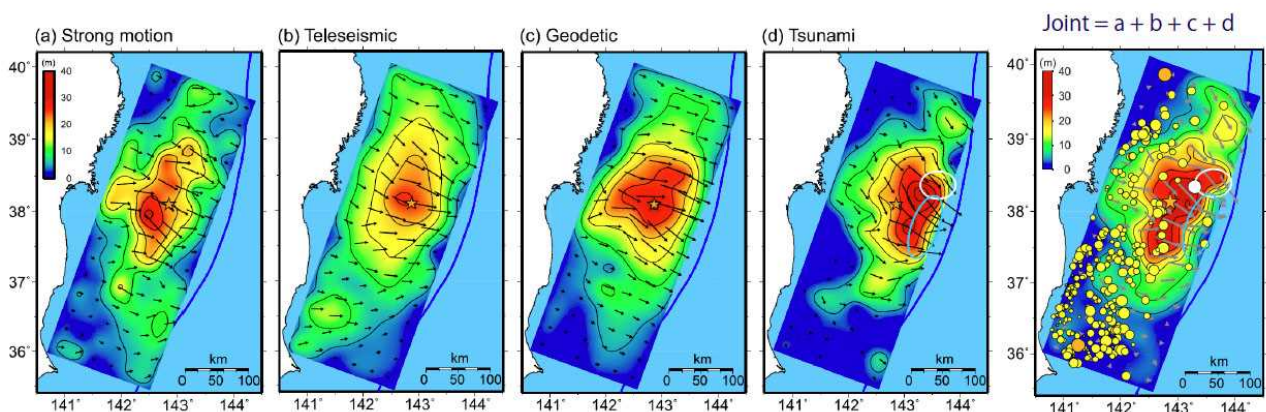


図1. 多元的データ解析による2011年東北地方太平洋沖地震の震源破壊過程.

(a) 近地強震データ, (b) 遠地実体波データ, (c) GPS地殻変動データ, (d) 津波データ, および4つのデータの統合解析により推定した震源断層モデル(図1, 東大地震研[課題番号: 1422], 横田・他, 2013).

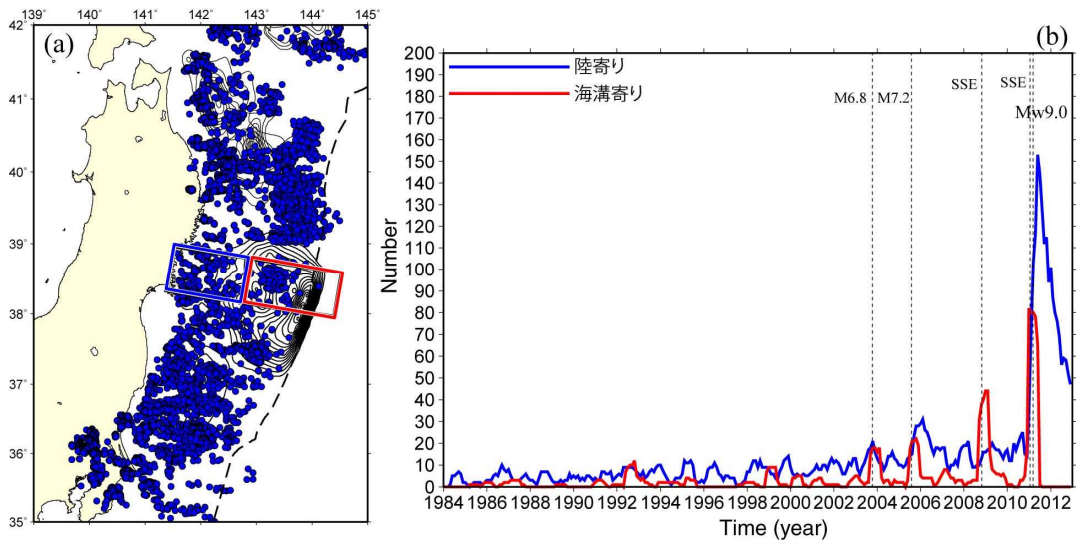


図2 宮城県沖におけるプレート境界地震の時間変化. (a) 対象領域, (b) 発生時系列. 青: 陸寄りにおける発生時系列, 赤: 海溝寄りにおける発生時系列とした. 縦軸: 個数 [1/0.5 年], 横軸 [年] (東北大[課題番号 1211], Uchida and Matsuzawa, 2013) .

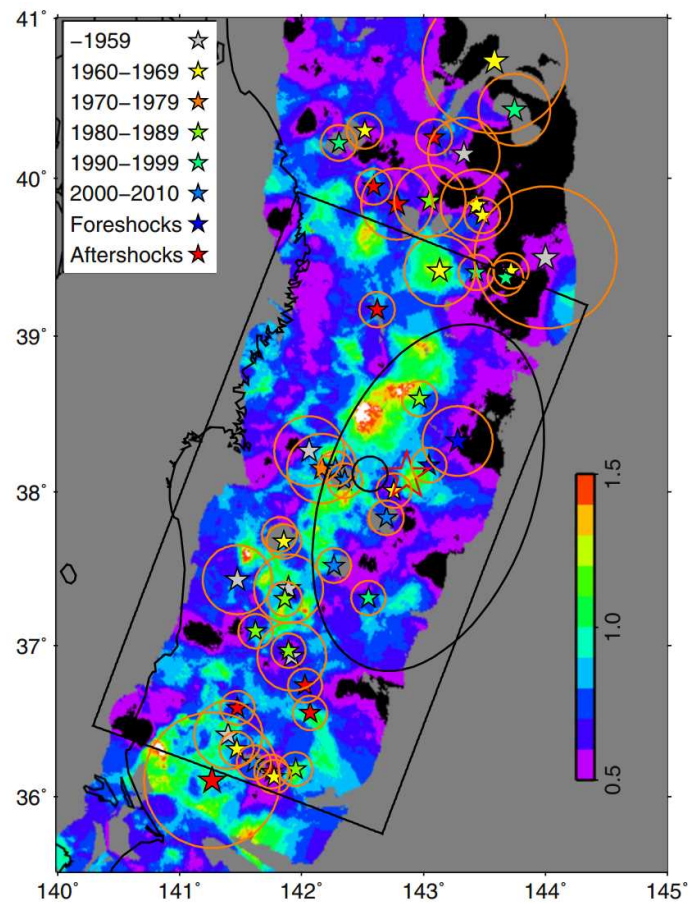


図3 東北地方沖地震の階層パッチモデルと, 1990年~2011年の気象庁地震カタログから調査したb値の分布. b値の小さな領域がM9地震のパッチに対応 (東大理[課題番号: 1211], Ide and Aochi, 2013) .

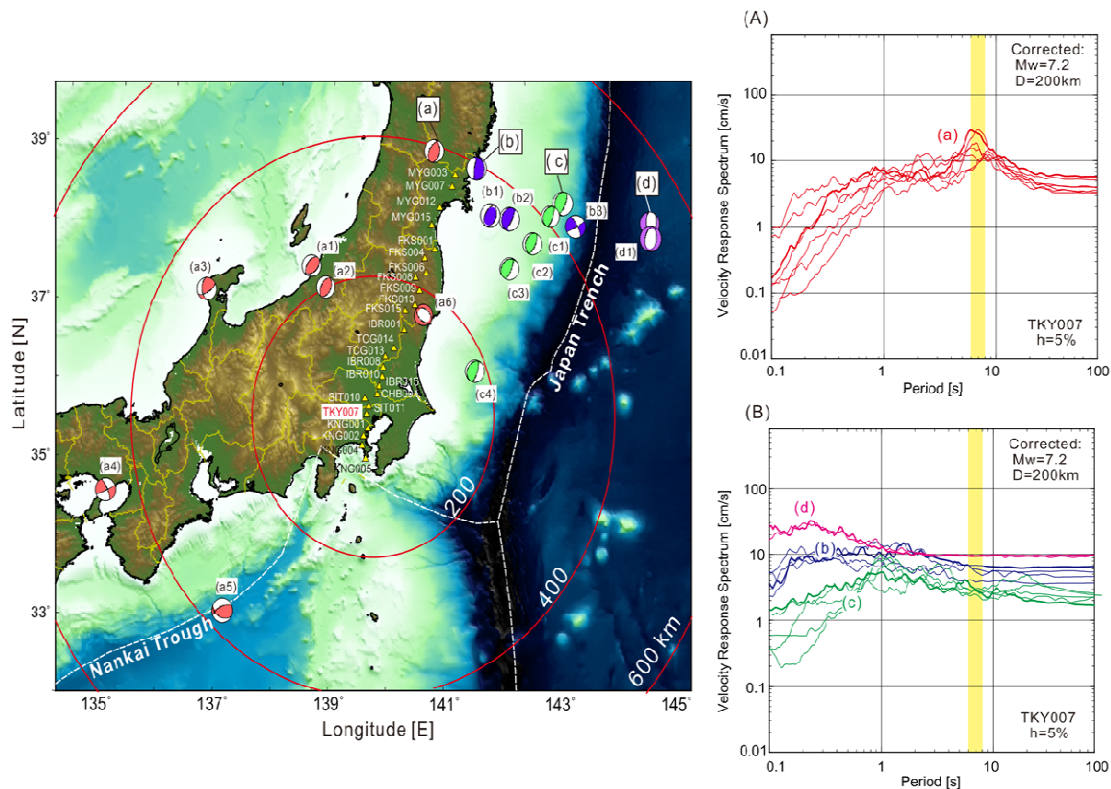
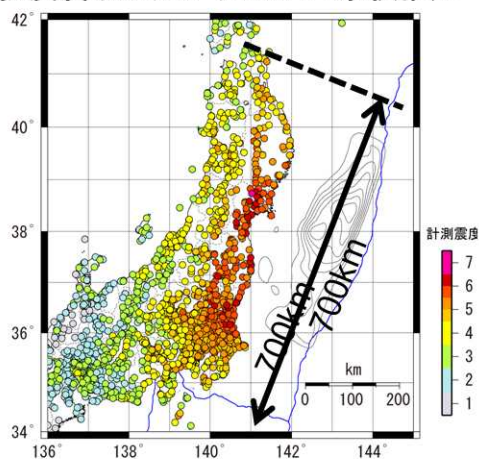


図4 関東の周辺で発生した M7 級地震の震源分布と、関東平野における長周期地震動の速度応答スペクトルの比較. (a)内陸地震および南海トラフの地震, (b)東北沖のスラブ内地震, (c)東北沖のプレート境界地震, (d)東北沖の OUTER ライズ地震. 都心では, (a)においては必ず周期 6 ~ 8 秒 (黄色の帯) の長周期地震動が発生するが, 東北沖の地震では発生しない (東大地震研 [課題番号: 1424], Furumura, 2014) .

強震度域の広がりに基づく規模推定



様々な周期帯の最大振幅に基づく規模推定

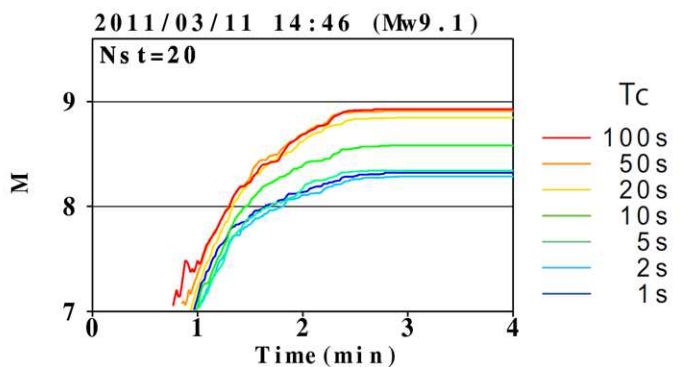


図5 強震動域の広がり・様々な周期帯の地震波最大振幅に基づく地震規模 (M) 推定. 2011 年東北地方太平洋沖地震の例. (左) 震度 5 弱以上の強震動域の広がりに基づく M 推定, (右) 多様な周期帯の地震波最大振幅に基づく M 推定である. 横軸は, 地震発生からの時間であり, 地震発生後 2 分 20 秒以内に, マグニチュード約 9 という地震の規模の推定

が可能であることを示している（気象庁[課題番号：7024]，Katsumata et al.，2013）。

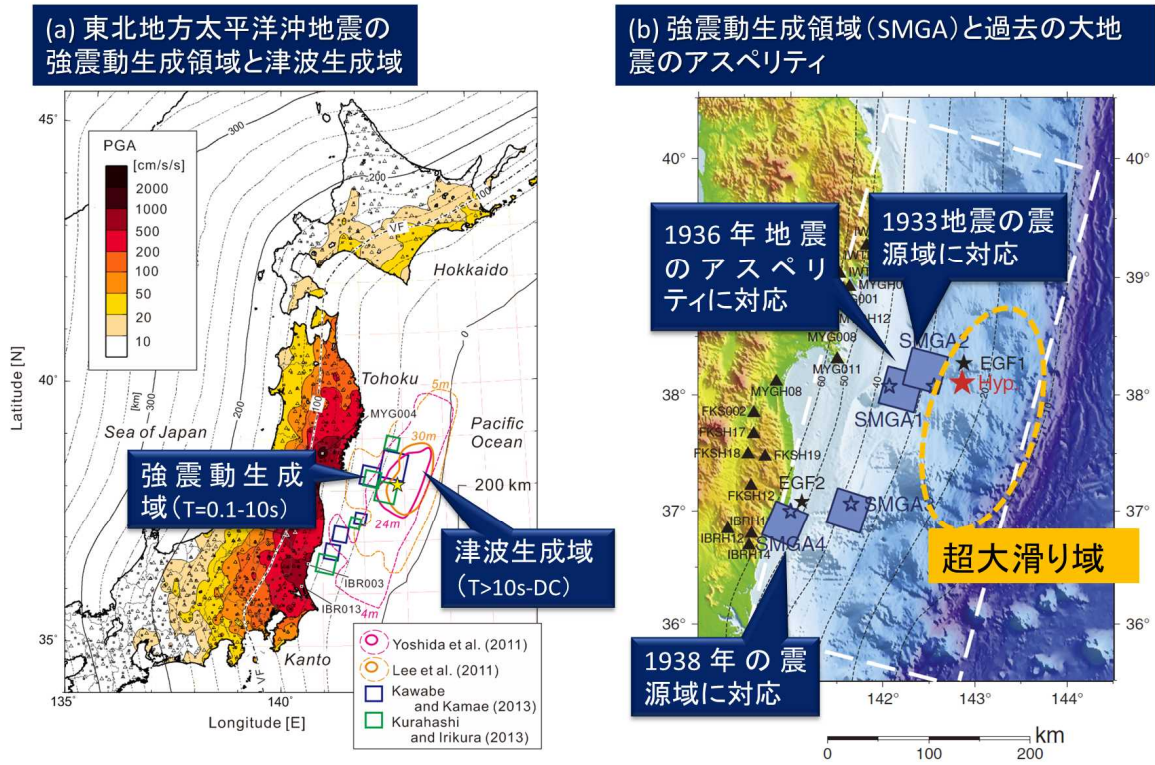


図6 (a) 東北地方太平洋沖地震の震源断層における，周期 $T=0.1-10s$ の強震動生成域（青と緑色の□）と，地殻・津波を発生した大滑り域（ピンクとオレンジ線）の比較（東大地震研 [課題番号：1424]，Furumura，2014）．(b) 強震動生成域と大滑り域の棲み分け，強震動生成域と過去の M7 地震の震源域・アスペリティとの関係（京大防災研，[課題番号：3013]，Asano and Iwata，2012）．