

3.4.5.4 相模トラフ沿いのアスペリティの解明

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

相模トラフ沿いのプレート境界地震の地震発生場所の絞込み、地殻やプレートを含む地下構造モデルの構築、さらには震源断層モデルの構築等を行う。

(b) 平成21年度業務目的

首都圏に脅威をもたらした相模トラフの過去の地震について、プレート形状や地震波伝播経路の地下構造による影響を考慮できるように計算手法を改良し解析を継続する。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
鹿児島大学大学院理工学研究科	准教授	小林励司	
東京大学地震研究所	教授	瀬瀬一起	

(2) 平成21年度の成果

(a) 業務の要約

- ・プレート境界での巨大地震である1923年関東地震・1703年元禄地震に対する、実際のプレート境界面に即した曲面状の断層面を用いた震源断層モデル推定手法の開発
- ・元禄地震の測地学的データに対する地震時滑り分布の推定

(b) 業務の成果

相模トラフ沿いでは、1703年元禄地震や1923年（大正）関東地震といった、海溝型プレート間地震が繰り返し起き、首都圏で壊滅的な被害を生じている。これらの地震のアスペリティ（ここでは地震時に断層面上で大きく滑った領域とする）をこれまで調べてきた。Kobayashi and Koketsu (2005)¹⁾、Sato et al. (2005)²⁾ では、断層面として平面を仮定してきた。しかし、実際のプレート境界面は曲面状である。また、これまでインバージョンで使用するグリーン関数は、地震波形に対しては層構造、測地データに対しては半無限媒質を仮定して求めてきた。この研究では、曲面状の断層面と3次元速度構造（測地では1次元または3次元構造）を用いて、より高度な震源断層モデルを構築する。

これまで、曲面状の断層面のモデルを作成し、それを用いた測地データに対する滑り分布推定手法を開発してきた。曲面状の断層面では、これまでの地震構造探査の結果を統合し形状を決め、それを三角形の小断層に分割した。各小断層に対して、測地データのためのグリーン関数を計算した。1次元速度構造における測地グリーン関数を計算した。手法はZhu and Rivera (2002)³⁾による frequency-wavenumber 法を適用した。1次元速度構造でのグリーン関数の計算量は、1つ1つはそれほど時間がかからないが、小断層が56、観測点が多い数あるため、すべての組み合わせで計算するにはかなり時間がかかる。しかし各小断層－観測点ペアでの計算は独立しているため、

並列的に計算することができる。複数のコンピュータで並列的に計算させることにより、短い計算時間でグリーン関数を全て計算することが可能である。インバージョン手法においては、小断層面の面積が異なることと、剛性率が異なる（1次元速度構造を使用しているため）ことを考慮する。また、小断層面が三角形であることから、従来の滑らかさの拘束条件の式をそのまま適用することはできない。今回は隣り合う3つの小断層面との滑り量の差が小さくなるようにした。

以上のように開発した手法で、実際に測地データをインバージョンして地震時の滑り量を求めた。図1に1923年関東地震、1703年元禄地震での解析結果を示す。1923年関東地震では地震前後の三角測量・水準測量による水平変位・鉛直変位をデータとしている⁴⁾。1703年元禄地震では、古地震学的調査による海岸の上昇・沈降データ⁵⁾を使用した。図中の滑り分布のコンターはどちらも4m以上の滑りを示している。平面の断層面の時と比較すると、滑り分布のピークの数や大まかな位置は変わらない。これによって開発した手法の妥当性が検証された。曲面状断層面でも、元禄地震の時に、大正のアスペリティが破壊された可能性を示している。まだ予備的結果なので、今後詳細な検討が必要であるが、両方の地震で滑り分布に細かい違い（たとえば、元禄地震では、滑り量のピークが少し南に移動している）がみられる。



図1. (a) これまでの平面の断層面での滑り分布。コンターは4m以上の滑りで、2m間隔。(b) 曲面状の断層面を考慮した1923年関東地震時の滑り分布。コンターは4m以上の滑りで、2m間隔。測地データのみ。細い線は設定した断層面の形状を示している。(c) 曲面状の断層面を考慮した1703年関東地震時の滑り分布。コンターは4m以上の滑りで、2m間隔。

(c) 結論ならびに今後の課題

曲面状の断層面に適するように開発した手法によって、1923年関東地震と1703年元禄地震の地震時滑り分布が求められた。1923年関東地震では国内外の地震波形データが未使用のまま残されている。これを利用した震源過程の推定には、さらにグリーン関数計算とインバージョン手法の開発が必要である。

(d) 引用文献

- 1) Kobayashi, R. and Koketsu, K.: Source process of the 1923 Kanto earthquake inferred from historical geodetic, teleseismic, and strong motion data, Earth, Planets and Space, Vol.57,

pp.261-270, 2005.

- 2) Sato, H., Hirata, N., Koketsu, K., Okaya, D., Abe, S., Kobayashi, R., Matsubara, M., Iwasaki, T., Ito, T., Ikawa, T., Kawanaka, T., Kasahara, K. and Harder, S.: Earthquake source fault beneath Tokyo, Science, Vol.309, pp.462-464, 2005.
- 3) Zhu, L. and L. A. Rivera, A note on the dynamic and static displacements from a point source in multilayered media, Geophys. J. Int., Vol.148, pp.619-627, 2002.
- 4) 佐藤裕・市原満: 関東震災復旧三角測量について, 測地学会誌 Vol.17, pp.178-186, 1971.
- 5) 穴倉正展・越後智雄: 1703 年元禄関東地震に伴う三浦半島南部の地殻上下変動 ---離水波食棚・生物遺骸の高度分布から見た検討---, 歴史地震, Vol.17, pp.32-38, 2001.
- 6) Tsumura, N., Komada, N., Sano, J., Kikuchi, S., Yamamoto, S., Ito, T., Sato, T., Miyauchi, T., Kawamura, T., Shishikura, M. Abe, S., Sato, H., Kawanaka, T., Suda, S., Higashinaka, M. and Ikawa, T. : A bump on the upper surface of the Philippine Sea plate beneath the Boso Peninsula, Japan inferred from seismic reflection surveys: A possible asperity of the 1703 Genroku earthquake, Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2008.05.009, 2008.

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所（学会等名）	発表時期	国際・国内の別
関東アスぺリティ・プロジェクトにおけるモニタリングの狙い	小林励司	地球惑星科学連合 2009 年大会	2009 年 5 月	国内
関東アスぺリティプロジェクトにおける地質・テクトニクス的な展望	山本由弦・小林励司・穴倉正展	地球惑星科学連合 2009 年大会	2009 年 5 月	国内
マルチチャンネル反射法地震断面図から探る房総沖の深部構造	三浦誠一・高橋成実・小平秀一・山下幹也・野崎謙治・野徹雄・瀧澤薫・浦木重伸・小林励司	地球惑星科学連合 2009 年大会	2009 年 5 月	国内
IODPにおけるGeohazard研究の提案:INVEST国内ワークショップからの報告	山田泰広・日野亮太・小林励司・穴倉正展	地球惑星科学連合 2009 年大会	2009 年 5 月	国内
関東アスぺリティ・プロジェクトの背景、概要とこれまでの経緯	小林励司・山本由弦・佐藤利典・穴倉正展	日本地震学会 2009 年秋季大会	2009 年 10 月	国内
関東アスぺリティプロジェクトー新コンセプト案ー	佐藤利典・小林励司・山本由弦・伊	日本地震学会 2009 年秋季大会	2009 年 10 月	国内

	藤久男・川村喜一郎・穴倉正展・篠原雅尚			
房総沖における地震発生過程解明をめざしたMCSイメージング	三浦誠一・山下幹也・高橋成実・野徹雄・野崎謙治・小林励司	日本地震学会 2009 年秋季大会	2009 年 10 月	国内
Source process of the 2006 Yogyakarta earthquake, Indonesia	Afnimar, Reiji Kobayashi, Adrin Tohari, Kazuki Koketsu,	AGU 2009 Fall Meeting	December 2009	国際
Kanto Asperity Project –Background and Outline–	Reiji Kobayashi, Yuzuru Yamamoto, Toshinori, Sato, Masanobu Shishikura, Daniel Curewitz	AGU 2009 Fall Meeting	December 2009	国際
Kanto Asperity Project –A New Concept– (invited)	Toshinori Sato, Reiji Kobayashi, Yuzuru Yamamoto, Hisao Ito, Kiichiro Kawamura, Masanobu Shishikura, Masanao Sinohara	AGU 2009 Fall Meeting	December 2009	国際
Multichannel seismic profiles crossing source region of megathrust earthquakes and slow slip events off Boso, central Japan	Seiichi Miura, Mikiya Yamashita, Narumi Takahashi, Tetsuo No, Shuichi Kodaira, Kenji Nozaki, Reiji Kobayashi	AGU 2009 Fall Meeting	December 2009	国際

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文（論文題目）	発表者氏名	発表場所（雑誌等名）	発表時期	国際・国内の別
ジオハザードの科学的な理解—人類の脅威となる	山田泰広・日野亮太・小林励司・穴	月刊地球	2010	国内

巨大地震の探査に向けて —	倉正展・川村喜一 郎・坂口有人			
------------------	--------------------	--	--	--

マスコミ等における報道・掲載
なし

(f) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成22年度業務計画案

引き続き、手法の開発を継続する。特に地震波形データを利用できるようにする。曲面状の断層面モデルに対して、地震波形データのグリーン関数も求める。地震波形データと測地データを同時にインバージョンできるようにするために、さらに手法を改訂する。

同時に並行して、断層面の形状モデルを改訂する。最近、フィリピン海スラブの形状の研究が進んできたためである。特に伊豆半島の付け根付近や房総半島南部では大きく屈曲していると考えられている。本プロジェクトで伊豆半島の付け根付近での形状が明らかになりつつある。また Tsumura et al. (2009) ⁶⁾は房総半島南部において、フィリピン海スラブ上面が隆起していることを示している。さらに他の計画により房総半島の東方沖でマルチチャンネル地震探査が行われ、これまでその地域で不明だったフィリピン海スラブの形状が明らかになり、やはり部分的に隆起が見られることが明らかになった。これらはいずれもアスペリティに大きく関係していると考えられる。