

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

相模トラフ沿いで繰り返し起き、首都圏に壊滅的な被害を与えている、海溝型プレート間地震のアスペリティを解明する。

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⁾で1923年関東地震の震源過程を近地強震動波形データ、遠地地震波形データ、測地データを同時にインバージョンすることによって推定した。その結果、近地強震動波形データによって最大すべり量が大きくなり、また各小断層で滑り終わる時間が伸びることを示した。

Sato *et al.* (2005)²⁾は、大都市大震災軽減化特別プロジェクト（大大特）の反射法探査によって得られたフィリピン海プレート上面情報から断層面を設定しなおし、その断層面を使用して1923年関東地震の震源過程を求めた。断層面の変更によって、東の滑りのピークが北方へ移動した。これは、断層面の設定によって、推定されるアスペリティが変化する可能性を示している。

1703年元禄地震に関しては、宍倉・越後 (2001)³⁾などの海岸の上昇・沈降データをインバージョンして地震時の滑り分布を求めた。断層面はSato *et al.* (2005)²⁾と同じものを用いた。その結果、房総半島南部で16 m以上の最大すべり量を伴うアスペリティが示された。

従来は、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。特に震源の小田原付近や元禄地震で大きな滑りを生じた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。その影響も考慮する必要がある。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（あるいは層構造）を仮定して求めてきた。しかし、関東下の地下構造は複雑で、3次元速度構造を仮定する必要がある。

この研究では、曲面状の断層面と3次元速度構造を用いて、より高度な断層モデル（アスペリティ・マップ）の構築を目的としている。現時点では、海域の情報が乏しい。しかし、海域での地震探査がいくつか開始されているため、それらの調査・研究と連携して、可能な限り結果を取り入れる。

(b) 平成20年度業務目的

平成19年度に作成した曲面状の断層面モデルにあわせた測地グリーン関数の計算手法の確立と、震源過程推定インバージョン手法の改造を行う。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
鹿児島大学理学部	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 20 年度の成果

(a) 業務の要約

平成 19 年度に作成した曲面状の断層面モデルでは、三角形の小断層に分割した。本年度は各小断層に対して、測地データのグリーン関数を計算した。さらに、この断層面モデルに適応させるために、震源過程を推定するインバージョン手法において滑らかさの拘束条件を始め、多くの点でプログラムを改訂した。

(b) 業務の成果

曲面状の断層面モデルでは、三角形の小断層面で分割している（図 1）。これは四角形（長方形）では隙間なく曲面を埋めることができないためである。本年度は各小断層に対して、測地データのためのグリーン関数を計算した。従来は半無限媒質を仮定した測地グリーン関数がよく用いられていたが、今回は 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) ⁴⁾ による frequency-wavenumber 法を適用した。小断層の重心に点震源を置き、1 m 滑ったときの各観測点(benchmark)での変位を計算し、これをグリーン関数とした。このとき、従来と違い、各小断層面では走向、傾斜、断層面の面積が異なるので、これらを考慮する。

測地データは数が多いため、1 次元速度構造でのグリーン関数は計算に時間がかかる。各小断層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。本研究費で購入した複数のコンピュータで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になった。

インバージョン手法においては、小断層面の面積に加え、剛性率が異なる（1 次元速度構造を使用しているため）ことも考慮する。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。小断層面が四角形の場合は、隣り合う 4 つの小断層面との滑り量の差が小さくなるようにしている。そこで、三角形の今回は隣り合う 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滑り量を求めた（図 2）。これはまだ予備的解析結果である。

(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、妥当な滑り量が求められた。しかし、2 点改良を検討する必要がある。1 つは滑らかさの拘束条件である。三角形の面積が異なり、重心間の距離がそれぞれ異なることから、別の条件を検討する予定である。もう 1 つは各小断層で点震源を 1 つだけ仮定していることである。これは小断層から十分に離れた観測点では有効であるが、小断層に近い観測点では好ましくない。そこで、各小断層で点震源を多数均等に配置して、それらの平均をとることを検討する。

(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) 宍倉正展, 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.
- 4) 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, 619-627, 2002.
- 5) Tsumura, N., N. Komada, J. Sano, S. Kikuchi, S. Yamamoto, T. Ito, T. Sato, T. Miyauchi, T. Kawamura, M. Shishikura, S. Abe, H. Sato, T. Kawanaka, S. Suda, M. Higashinaka and T. Ikawa, 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, 2008, *Tectonophysics*, doi:10.1016/j.tecto.2008.05.009.

(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	発表者氏名	発表場所	発表時期	国際・国内の別
1703 年元禄地震と1923 年関東地震の断層モデルと関東アスペリティ・プロジェクトでの課題	小林励司	地球惑星科学連合 2008 年大会	平成 20 年 5 月	国内
Source process of the 2006 Yogyakarta earthquake, Indonesia	Kobayashi R., Afnimar, A. Tohari, and K. Koketsu	The 7th ASC	平成 20 年 11 月	国際
A new curved fault model and method development for asperities of the 1703 Genroku and 1923 Kanto earthquakes	Kobayashi R. and K. Koketsu	AGU 2008 Fall Meeting	平成 20 年 12 月	国際

学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

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 21 年度業務計画案

今年度は、まず測地データのグリーン関数を求めたが、さらに地震波形データのグリーン関数も求める。曲面状の断層面モデルに対して、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。最近のフィリピン海スラブ上面の研究にあわせて、断層面のモデルを改訂する。

地震波形データのグリーン関数の計算でも、まず 1 次元速度構造を仮定して計算する。測地データの場合と同様、各小断層で走向、傾斜、断層面の面積が異なることを考慮する。インバージョン手法では、地震波形データを扱う場合は、各小断層面で滑り始める時間を決める必要がある。これを求めるために、昨年度、各小断層面の重心と震源（破壊開始点）の距離を求めた。この距離は、曲面に沿った距離である。この距離のデータをインバージョン手法に組み込む。これによって、破壊伝播速度を一定としたときに、各小断層面で滑り始める時間を計算することが可能になる。

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。Tsumura *et al.* (2008) ⁵⁾ 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。2008 年には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。これらは特に 1703 年元禄地震のアスペリティや 1923 年関東地震の最大余震と大きく関連している可能性がある。

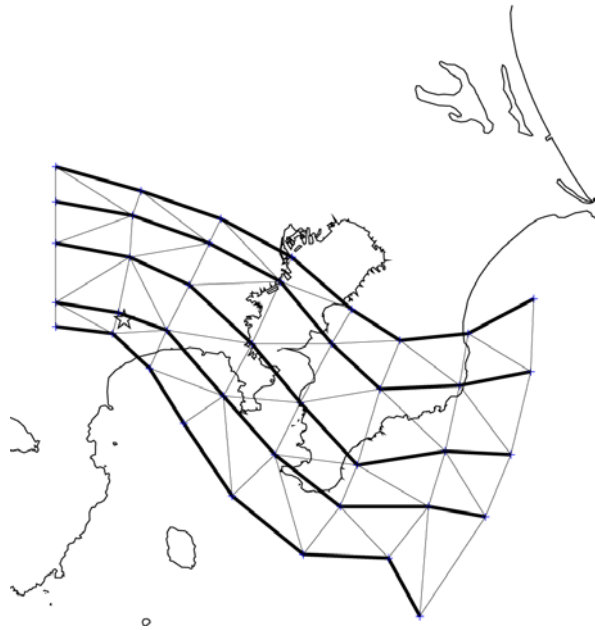


図 1. 前年度に作成した曲面状の断層面。太線は等深度線（下から 5 km, 10 km, 15 km, 20 km, 25 km）、星印は震央を示す。

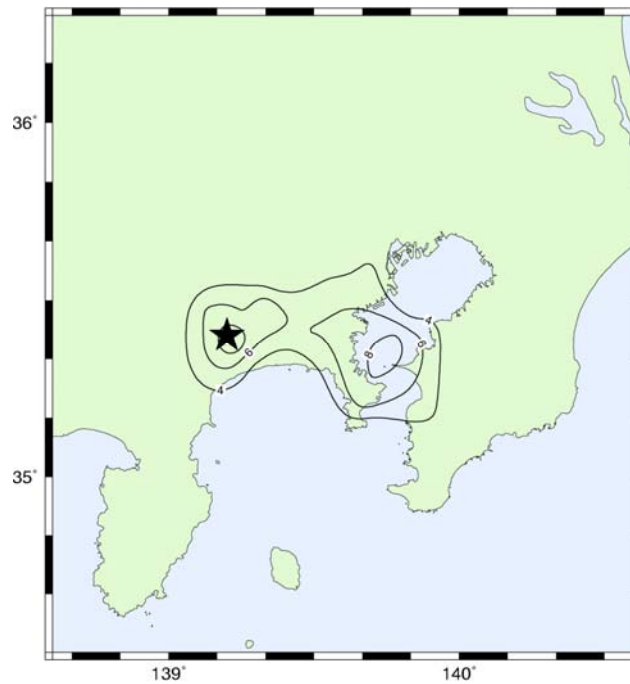


図 2. 曲面状の断層面を設定し、測地データをインバージョンして得られた滑り分布。予備的結果。1次元の測地グリーン関数を使用した。4 m 以上滑った部分を示す。