

### 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与えている。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）<sup>1)</sup>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）<sup>2)</sup>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若干北方へ移動した。これは、断層面の設定によって、アスペリティ領域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）<sup>3)</sup>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）<sup>2)</sup>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、関東圏直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。これまで、3次元速度構造でのグリーン関数の計算を試みてきたが、うまくいかないことが多かった。

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。現在IODPに提案中の「関東アスペリティ・プロジェクト」に関する事前調査が開始されている。現時点では、海域の情報が乏しいので、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19年度業務目的

フィリピン海スラブ上面に関する過去の複数の研究結果を統合し、アスペリティ推定に使用する断層面の形状モデルを構築する。

### (c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
鹿児島大学理学部	准教授	小林 励司	
東京大学地震研究所	教授	纈纈 一起	

## (2) 平成 19 年度の成果

### (a) 業務の要約

フィリピン海スラブ上面に関する論文・研究報告を収集した。全体像は大大特での反射法探査の結果である Sato et al. (2005)<sup>2)</sup>、房総半島下は大大特での地震波トモグラフィーから得られた結果である萩原・他 (2006)<sup>4)</sup>、相模トラフに近い海域部分では、武田・他 (2007)<sup>5)</sup> を参考にすることにした。これらのフィリピン海スラブ上面の形状モデルを統合し、断層面の形状モデルを作成した。小断層面間の隙間や重なりがないように曲面状の断層面を埋めるために、小断層面を三角形とした。

次に滑り分布や震源過程のインバージョンに必要な各小断層の各種の数値を計算して求めた。各小断層面の走向 (strike)、傾斜 (dip)、重心、面積を幾何的に求めた。震源過程を得るために各小断層面の滑り始める時間も求めた。

### (b) 業務の成果

フィリピン海スラブ上面に関しては、以前より多くの研究がなされてきた。近年行われた大大特による大規模な反射法地震探査により、広域のより正確なモデルが推定された<sup>2)</sup>。また、同じく大大特で行われた房総半島の地震観測アレイを用いた地震波トモグラフィーから、房総半島下のフィリピン海スラブをより高解像度で描き出した<sup>4)</sup>。断層面の形状モデルは、これらの大大特の成果を基に構築することにした。

しかし、大大特の成果では深さ 10 km よりも深い部分については求められているが、それよりも浅い部分に関しては、ほとんどの部分 (特に海域) で情報がない。それを補うために、武田・他 (2007)<sup>5)</sup> による、プレート境界付近での構造探査再解析の結果を使用した。

具体的な作業としては、まず上記の 3 つの文献のフィリピン海スラブ上面のコンターの図をスキャナーで計算機に取り込んだ (あるいは原図のファイルを提供していただいた)。その 3 つの図をフォトタッチソフト (ペイント系グラフィックソフト) で、1 枚の図に統合した。このとき、1 枚をベースとし、他の 2 枚の透明度を上げて重ね合わせることで、3 つの図のコンターがすべて見える状態にした。統合した図の上で、なるべく矛盾のないように深さ 5 km ごとのコンターの線を新たに引いた。新たに引いたコンターの線上に小断層面を区切るための節 (node) を設定した。節は、主な屈曲を表現しつつ、かつ、コンター上でなるべく等間隔になるようにした。最後にデジタルイズ・ソフトを使ってこの節をデジタルイズした。

これらの節を使用して、三角形の小断層面に分割した。デローニの三角分割によって、なるべく細長い三角形を作らないようにした。最も外側の節の配置によって、断層面の外に三角形が作られてしまうため、それらの三角形は手で取り除いた。こうして構築された断層面の形状モデルが図 1 である。

さらに、震源過程のためのインバージョンを行うのに必要な各種の数値を求めた。各小断層面の走向 (strike)、傾斜 (dip)、面積、重心は幾何的に求めた。

震源過程を求めるときに、各小断層面での滑りが始まる時間を決める。現在の適用しているインバージョンでは、その時間は、破壊伝播速度が一定と仮定している。この場合、各小断層面の重心と震源 (破壊開始点) の距離を求める必要がある。物理的に、破壊は断層面上を伝播する。したがって、各小断層面の重心と震源との直線距離ではなく、断層面に沿った距離を求める必要がある。引間・瀨瀨 (2005)<sup>6)</sup>はその解決のためにダイクストラ法を用いている。本研究でもそれを適用した。ダイクストラ法のための節は各小断層の頂点と重心に加え、各辺を三等分する2点を加えた。こうして震源から各小断層面の重心までの、断層面に沿った距離を求めることができた。

### (c) 結論ならびに今後の課題

今年度は、アスペリティを求めるために、断層面の形状モデルを構築した。今後はこのモデルを使用したインバージョンを行う。そのために、まず測地データ・地震波形データのグリーン関数を求める。3次元構造モデルでのグリーン関数の計算を目指しているが、その前に断層面の形状モデルに合わせた (フィリピン海スラブ) 3次元構造モデルを再構築する必要がある。また、フィリピン海スラブ上面の研究は年々新しいモデルが発表されている。適宜これらを取り入れていくことも必要である。

### (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) 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) 萩原弘子, 五十嵐俊博, 平田直, 酒井慎一: 大都市圏地殻構造調査: 房総アレイ・構造探査データを用いた、地震波トモグラフィーによる関東地方の速度構造, *日本地震学会講演予稿集秋季大会*, P172, 2006.
- 5) 武田哲也, 笠原敬司, 木村尚紀: 相模トラフ周辺域におけるフィリピン海プレート等深度曲線マップの作成—紙記録のマルチチャンネル反射法探査データのデジタル化復元—, *号外地球*, Vol.57, pp.115-123, 2007.
- 6) 引間和人, 瀨瀨一起, 強震波形による 2003年宮城県北部地震の本震・最大前震・最大余震の震源過程, *地球*, Vol.27, pp.100-105, 2005.

### (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	国内・外の別
Asperities of the 1703 Genroku and 1923 Kanto earthquakes and the purpose of the Kanto Asperity Project	Kobayashi,R., and K. Koketsu	AGU 2007 Fall Meeting	平成19年12月	国外

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 20 年度業務計画案

最終的には 3 次元速度構造モデルを使用したインバージョンを行う。しかし、まずは曲面状の断層面のみの影響を調べる必要がある。そのため、従来と同様、測地データに対しては半無限媒質を、地震波形データに対しては層構造モデルを使用したインバージョンを行う。ただし、この場合でも平面の断層面を仮定している従来のプログラムを変更する必要がある。また、インバージョンにおけるスムージング（結果の滑らかさの調整）などにも工夫が必要となる。

同時に並行して 3 次元構造モデルを構築する。地殻より浅い部分は大大特の成果のモデルを取り入れる。地殻より深い部分では、今回統合したフィリピン海スラブ上面モデルに合わせて従来のモデルを調節する。

3 次元構造でのグリーン関数の計算方法も改善する。これまで近地地震波形データに対するグリーン関数はうまく求められていたが、測地データに対するグリーン関数はうまく求めることができなかった。永久変位が一定して表れず、ドリフトを伴ってしまっていることが多かった。応力-速度型の式で有限差分法を使用して計算したことが原因と考えられる。そこで、今回は他の計算方法で測地データのグリーン関数を計算する予定である。

測地データについてもうまくグリーン関数を求めることができれば、1923年関東地震の震源過程だけではなく、1703年元禄地震の滑り分布も求めることが可能となる。

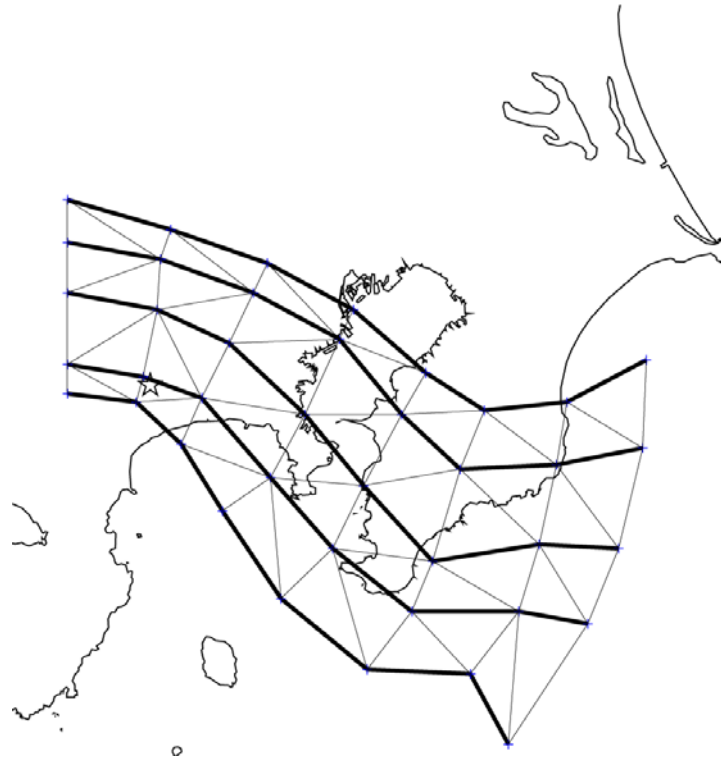


図 1. 得られた断層面の形状モデル。太線は等深度線（下から 5 km, 10 km, 15 km, 20 km, 25 km）、星印は震央を示す。