

3.3.10 強震動予測手法の高度化（統括研究課題）

(1) 業務の内容

(a) 業務題目：強震動予測手法の高度化（統括研究課題）

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
東京大学地震研究所	教授	瀨瀬一起	koketsu@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	助教授	古村孝志	furumura@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	学振特別研究員	三宅弘恵	hiroe@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	産学官連携研究員	小林励司	reiji@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	産学官連携研究員	呉 長江	wuchang@eri.u-tokyo.ac.jp

(c) 業務の目的

「大深度弾性波探査」で得られる成果や防災科学技術研究所によって行われる大規模ボーリング調査の成果を基に、首都圏における高精度な強震動予測を行うための震源モデル・地下構造モデル等の構築に関する統括的な調査・研究を行う。そのため、本研究課題では研究課題1～8の成果を順次とりまとめ、モデル化手法の開発や、その手法を適用した震源モデル・地下構造モデルの構築を行う。また、構築した手法・モデルに基づき首都圏における強震動予測を実施する。

(d) 5カ年の年次実施計画

1) 平成14年度：(未設定)

2) 平成15年度：(未設定)

3) 平成16年度：震源モデル化のためのデータとして必要な震源過程インバージョン結果のコンパイルを進めるとともに、モデル化の前提となるスケーリング則を確立する。地下構造モデル化にデータとして必要な構造探査結果等のコンパイルを進めるとともに、地下構造一次モデルの構築を行う。

4) 平成17年度：得られたスケーリング則等に基づき、震源モデル化手法を確立する。得られた一次モデルに対して中小地震の強震記録等を用いてチューニングを行い、地下構造の高精度モデルを構築する。また、近年の地震のデータを用いることで、これら手法・モデルを検証する。

5) 平成18年度：高度化され検証された手法・データを、相模トラフや南海トラフ沿いに想定されている海溝型地震に適用し、強震動予測の試算を行う。

(e) 平成16年度業務目的

強震動予測のための震源モデル化には震源断層の巨視的パラメータ、微視的パラメータのスケーリング則が必要であり、その高精度化のためにはデータとして震源過程インバージョン結果のコンパイルが必要である。特にデータが不足しているのは海溝型地震である

ので、首都圏に大きな被害をもたらした 1923 年関東地震、1703 年元禄地震などについて震源過程インバージョンを実行する。このほか、豊富なデータセットに基づいた最近の地震の解析結果を中心に、インバージョン結果を収集して、スケーリング解析を行う。地下構造モデル化にデータとして必要な構造探査結果等のコンパイルを進める。それらを用いたインバージョン等によりモデル化を行い、中小地震記録を用いたチューニングにも着手して地下構造一次モデルを構築する。

(2) 平成 16 年度の成果

(a) 業務の要約

1923 年関東地震の震源過程を、近地波形データの追加、弾性波探査結果による浅い断層面等を考慮してインバージョン解析した。その結果、得られたアスペリティ分布は弾性波探査での低反射領域に一致した。1703 年元禄地震については、海岸段丘から推定した上下変動からすべり分布を求め、東側アスペリティが関東地震よりさらに東になることを見出した。既発表の震源過程モデルは近年の海溝型地震を中心に収集し、断層パラメータのスケーリング解析を行った。その結果によれば、海溝型地震のアスペリティ総面積は同じ地震モーメントの内陸地震よりやや大きく、破壊領域に対する比率はほぼ同じだった。このほか、関東平野の三次元地下構造モデル構築のために、屈折波走時データと重力異常データの同時インバージョンを行った。中小地震の波形データを用いたチューニングにも着手して、地下構造一次モデルを構築した。

(b) 業務の成果

1923 年関東地震で記録された測地および近地・遠地波形データを使い、同時インバージョンの手法で震源過程を推定した。測地データと遠地地震波形データは基本的に Wald and Somerville (1995)¹⁾と同じものを用いている。近地波形データは、武村ら (例えば武村, 1994)²⁾が収集してデジタル化した、気象庁 (岐阜、高田、山形) および東北大 (仙台向山) のデータを用いた。また、東大本郷の今村式 2 倍強震計で記録されたものも使用した。本郷の記録は主要動の部分が飽和しているが、横田ら (1989)³⁾によって復元されている。解析には Yoshida et al. (1996)⁴⁾で使われた、測地データと遠地・近地波形データの同時インバージョンのプログラムを使用した。グリーン関数の計算で用いた構造は、測地データでは半無限媒質である。地震波形データでは 1 次元水平多層構造を使った。具体的には、遠地データでは PREM を使い、近地データでは各観測点に対応する構造^{5), 6)}を適用した。結果のすべり分布を弾性波探査の反射断面における反射率分布と比較すると (図 1)、低反射領域がアスペリティに一致し、そこを高反射領域が取り囲んでいることがわかった。これにより、沈み込むプレートのスラブ反射率を、プレート間地震のアスペリティを検知するための場のパラメータとして用いることができることを意味する。このほか、宍倉・越後 (2001)⁷⁾などが海岸段丘から推定した地殻上下変動をデータとして、1703 年元禄地震のすべり分布をインバージョン解析した。その結果 (図 2) によれば、関東地震タイプの断層モデルにふたつあるアスペリティのうち、東側のアスペリティは 1923 年関東地震に比べ、さらに東寄りの房総半島南端部に求められている。

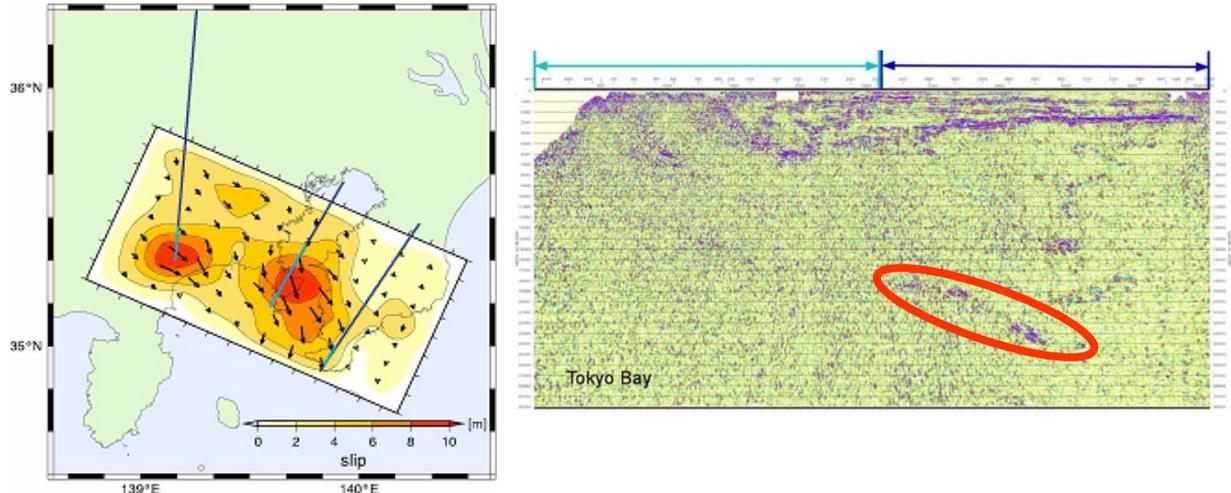


図 1 . 1923 年関東地震のすべり分布と反射率分布の比較（左）と反射断面の一例（右）。

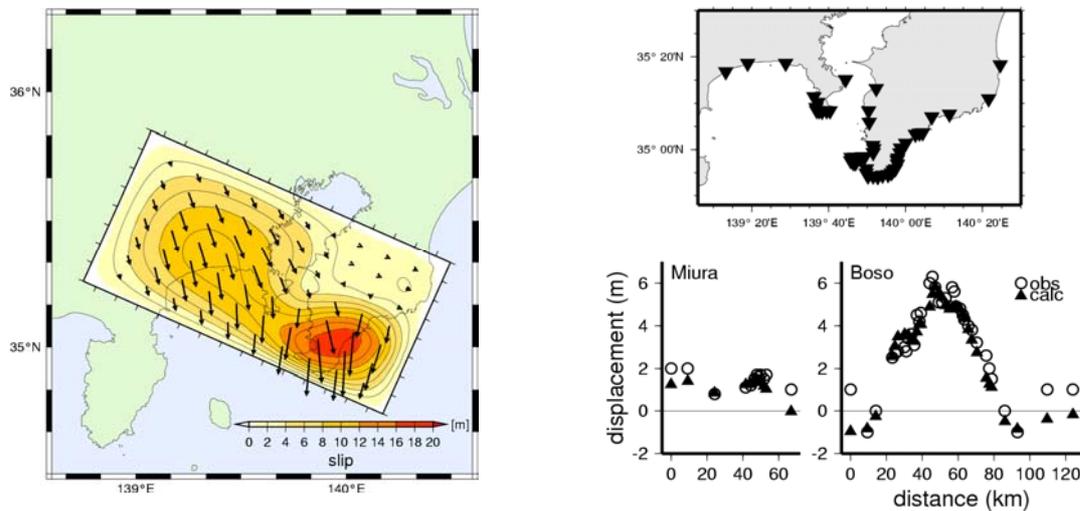


図 2 . 1703 年元禄地震のすべり分布（左）と地殻上下変動の比較（右）。

また、いろいろな研究者が既に発表している震源過程モデルを、豊富な波形データに基づいて解析されている近年の海溝型地震を中心に収集した。それらのモデルから Somerville et al. (1999)⁸⁾などの方法で破壊領域面積やアスペリティ総面積などの断層パラメータを抽出し、それらのスケージング解析を行った。その結果（図 3）によれば、海溝型地震のアスペリティ総面積は同じ地震モーメントの内陸地震よりやや大きく、破壊領域に対する比率はほぼ同じだった。

関東平野の地下構造モデルについて、本調査研究の弾性波探査による屈折波走時など新しいデータのコンパイルを行い、従来の探査データ、重力データとあわせて、Afnimar et al. (2002)⁹⁾の方法で基盤構造のインバージョンを行った。その結果（図 4）に対して、中小地震の表面波記録から得られる観測点近傍の速度構造を用いてチューニングを施し、首都圏下の三次元速度構造の第一次コミュニティモデルを構築した。

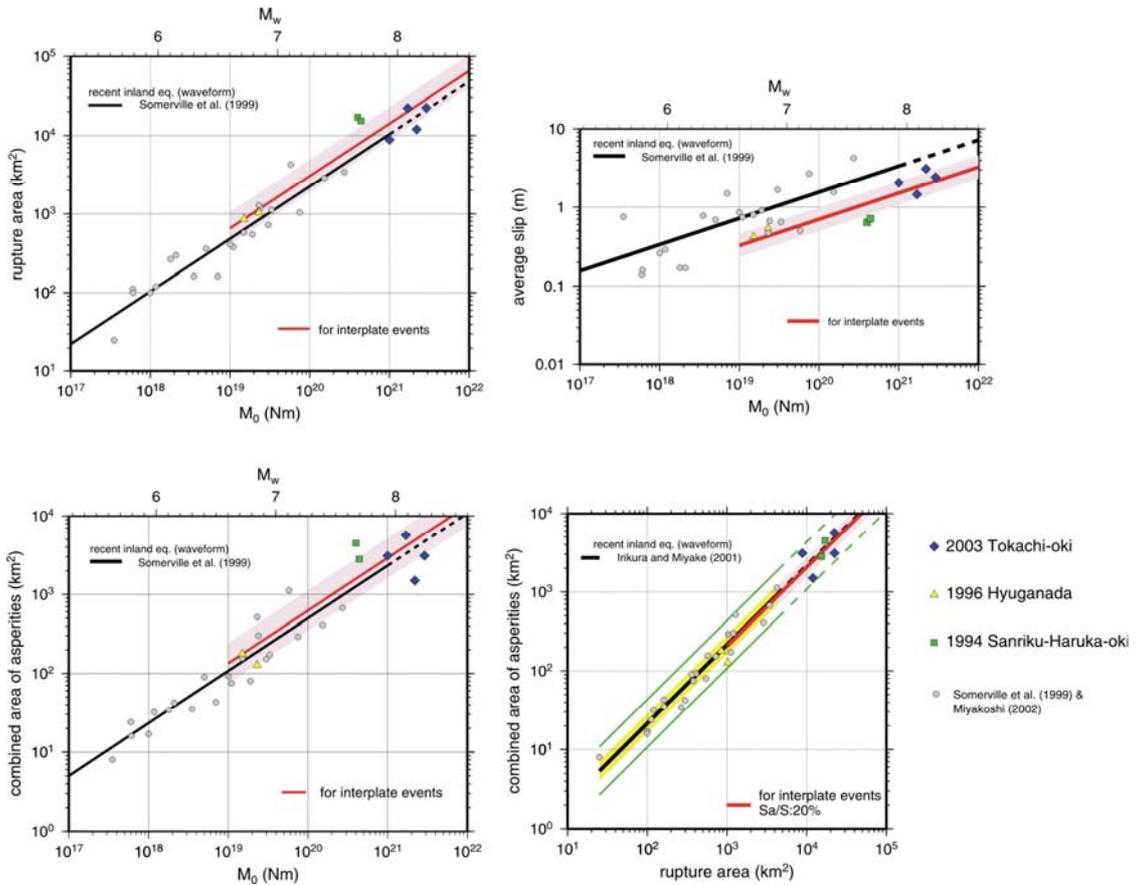


図3. 地震モーメントに対する破壊領域（左上）と平均すべり量（右上）、アスペリティ総面積（左下）のスケージング、および破壊領域とアスペリティ総面積の関係（右下）。

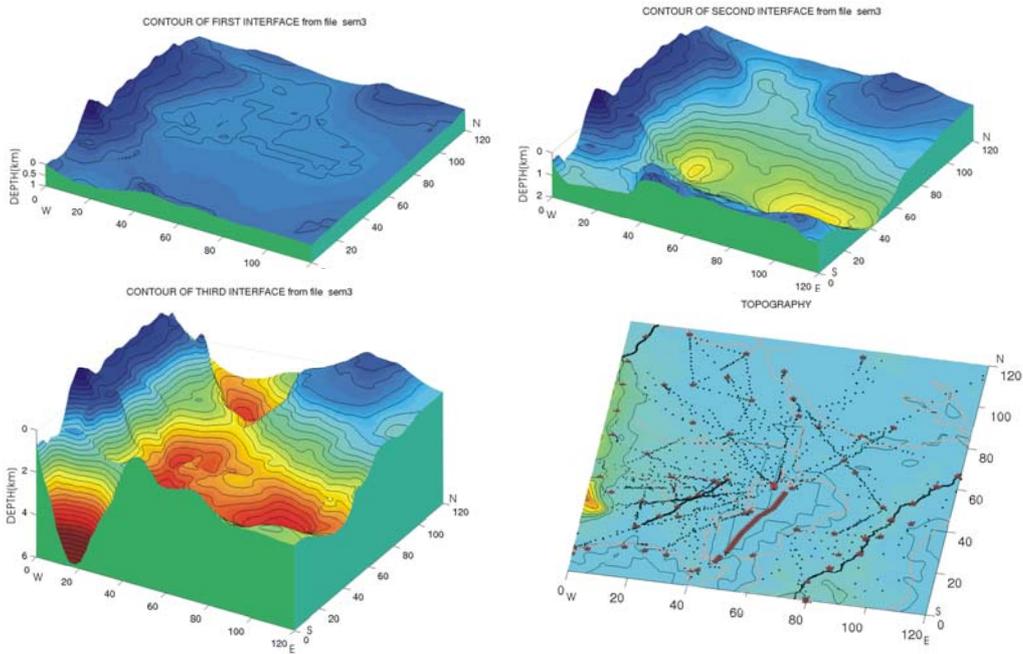


図4. 首都圏下の三次元速度構造の初期モデル（速度不連続面の形状と屈折波データの分布）。

(c) 結論ならびに今後の課題

関東地震・元禄地震の解析では、グリーン関数の計算において測地データには半無限媒質構造、近地波形データには 1 次元構造を用いている。しかし、震源近くの波形データや測地データは 3 次元構造の影響を大きく受けるので、3 次元構造でのグリーン関数を用いた解析を今後行う予定である。また、同様の解析を相模トラフ以外の地震にも広げて、断層パラメータのスケーリングのためのデータセットを充実させる。地下構造モデルは一次モデルであり、自然地震データを用いたチューニングを中心に高精度化を進め、二次モデルの構築をめざす。

(d) 引用文献

- 1) Wald, D. J., and Somerville, P. G.: Variable-slip rupture model of the great 1923 Kanto, Japan, earthquake: geodetic and body-waveform analysis, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 85, pp. 159-177, 1995.
- 2) 武村雅之, 池浦友則, 工藤一嘉, 大沼啓人: 岐阜測候所で観測された 1923 年関東地震の本震・余震の記録, 地震 2, Vol. 47, pp. 193-200, 1994.
- 3) 横田治彦, 片岡俊一, 田中貞二, 吉沢静代: 1923 年関東地震のやや長周期地震動 今村式 2 倍強震計記録による推定, 日本建築学会構造系論文報告集, Vol. 401, pp. 35-45, 1989.
- 4) Yoshida, S., Koketsu, K., Shibasaki, B., Sagiya, T., Kato, T. and, Yoshida, Y.: Joint inversion of near- and far-field waveforms and geodetic data for the rupture process of the 1995 Kobe earthquake, J. Phys. Earth, Vol. 44, pp. 437-454, 1996.
- 5) Sato, T., Graves, R. W., Somerville, P. G. and Kataoka, S.: Estimates of regional and local strong motions during the great 1923 Kanto, Japan, Earthquake (Ms 8.2). Part 1: Forward simulation of seismograms using variable-slip rupture models and estimation of near-fault long-period ground motions, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 88, pp. 206-227, 1998.
- 6) 武村雅之, 野澤貴, 池浦友則: 地震動のやや長周期成分からみた 1923 年関東地震の震源特性 その 3 仙台向山観象所および山形測候所での観測記録を用いた断層モデルの改良, 地震 2, Vol. 52, pp. 317-333, 1999.
- 7) 宍倉正展・越智智雄: 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, No. 17, 32-38, 2001.
- 8) Somerville, P. G., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, and A. Kowada: Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, Seism. Res. Lett., Vol. 70, 59-80, 1999.
- 9) Afnimar, K. Koketsu and K. Nakagawa: Joint inversion of refraction and gravity data for the three-dimensional topography of a sediment-basement interface, Geophys. J. Int., 151, 243-254, 2002.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
K. Koketsu, R. Kobayashi, K. Hikima, C. Wu, and Y. Ikegami	Rupture process inversions using 3-D Green's functions: Some subduction zone earthquake around Japan	2004 Western Pacific Geophysics Meeting	平成 16 年 8 月 18 日
小林励司, 瀬瀬一起	相模トラフにおけるアスペリテ ィモデル	日本地震学会 2004 年度秋季大会	平成 16 年 10 月 10 日
C. Wu, K. Koketsu, Y. Yamanaka, K. Hikima	Source rupture process of the 1978 Miyagi-oki earthquake inverted from strong motion data	日本地震学会 2004 年度秋季大会	平成 16 年 10 月 9 日
R. Kobayashi, K. Koketsu	Source process of the 1923 Kanto earthquake inferred from historical geodetic, teleseismic, and strong motion data	Earth Planets Space	平成 17 年 4 月
田中康久, 瀬 瀬一起, 三宅 弘恵, 古村孝 志, 佐藤比呂 志, 平田直, 鈴木晴彦, 増 田徹	首都圏下の速度構造の大大特コ ミュニティモデル (1)	地球惑星科学関連 学会 2005 年合同大 会	平成 17 年 5 月 25 日
室谷智子, 三 宅弘恵, 瀬瀬 一起	海溝型地震の不均質断層パラメ ータのスケーリング則	地球惑星科学関連 学会 2005 年合同大 会	平成 17 年 5 月 26 日

(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 17 年度業務計画案

1978 年宮城県沖地震や 1944 年東南海地震等の解析を行い海溝型地震のアスペリティモデルを確立する。1923 年関東地震の震源過程モデルは三次元グリーン関数を用いて高精度

化を行う。それらの結果から巨視的あるいは微視的断層パラメータを抽出してデータセットを拡充し、改めて高精度のスケーリング則等を構築し、それらに基づいて震源モデル化手法を確立する。地下構造一次モデルに対して中小地震の強震記録等を用いてチューニングを行い、高精度の二次モデルを構築する。また、最近の新潟県中越地震や十勝沖地震を対象に、これらモデル化手法に基づいて高度化された強震動予測手法を検証する。