

(1) 実施機関名：

京都大学防災研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

アスペリティと強震動生成過程の関係に関する研究

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-2) 地震破壊過程と強震動

ア．断層面の不均質性と動的破壊特性

(4) その他関連する建議の項目：

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

アスペリティと強震動生成領域の関係を、実強震記録や遠地記録等を用いて分析するとともに、地震発生域の様々な不均質パラメータと比較することによって、プレート境界地震に関する強震動予測のための震源モデル構築と内陸地殻内地震、スラブ内地震の震源モデルの高度化に関する研究を行う。

a. アスペリティ分布とアスペリティの特徴に関する研究

プレート境界の大地震で同じ震源域で発生した地震記録を収集し、繰り返し起きている地震の破壊領域全体、アスペリティ分布、及び破壊開始点の位置を詳細に分析し、アスペリティや破壊領域の繰り返しパターン、地震活動との関係等を明らかにする。強震記録があるものについては、強震動シミュレーションを通じて強震動生成領域を評価し、アスペリティとの対応を系統的に分析・分類することによって、プレート境界のアスペリティの実像を解明する。本研究成果はプレート境界地震のアスペリティ特性についての新たな知見を得るとともに、強震動評価のための震源モデル像確立への重要な基礎資料を提供することを目的とする。

b. 強震動予測のための震源モデル像の確立

a. の研究成果や既往研究の成果と比較検討することによって、アスペリティと強震動生成領域の関係、アスペリティ内の微細構造に関わる不均質性評価を行う。強震動シミュレーションを行うために、分析対象とするプレート境界地震の記録が得られた強震観測サイトのサイト特性の評価を行う。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度においては、a. に関して、繰り返し地震の地震記録の収集と分析のため、既往研究の滑り分布の収集を行う。強震動シミュレーションによって強震動生成域の推定を行う。今年度は茨城県沖のプレート境界地震を対象とする。b. については、平成 20 年度までに行われた研究成果に基づいて、破壊領域、アスペリティ領域、強震動生成領域の 3 段階震源モデルのモデルパラメータを既往の研究に基づいて設定して、プロトタイプとして提案する。当該年度に発生した被害地震等の震源モデルの収集や強震動シミュレーションによる広帯域震源モデルの収集、解析は 5 か年計画内に随時行う。

平成 22 年度においては、プレート境界地震を中心として強震動生成域を推定し、遠地の波形インバージョン結果による滑り分布等との比較を継続する。

平成 23 年度においては、プロトタイプの震源モデルパラメータの与え方に基づいた強震動シミュレーションを行い、モデルの妥当性と問題点を検証する。

平成 24 年度においては、これまでに提案されているプレート境界地震、地殻内地震、スラブ内地震の強震動シミュレーションのための震源モデルの相違性を明らかにし、地震発生環境毎の適切な強震動予測のための震源モデルを構築する。

平成 25 年度においては、前年度のモデルに基づいた強震動シミュレーションを行って、強震動予測のための震源モデルの妥当性を検証する。

(7) 平成 24 年度成果の概要：

地震発生環境毎の強震動予測のための震源モデル構築を目的として、1) プレート境界地震である 2011 年茨城県沖の地震の震源過程の解析と、2) プレート境界巨大地震に対する強震動予測のための震源モデルに関する検討を進めた。

1) 2011 年茨城県沖の地震の震源過程の解析

2011 年 3 月 11 日 15 時 15 分に、茨城県沖で起きた Mw 7.9 の地震 (2011 年東北地方太平洋沖地震の最大余震) が発生した。この地震は本震発生約 30 分後に発生したため、遠地地震記録は本震の震動により使用することが困難である。ここでは近地強震波形記録と地殻変動データを用いて解析した。近地強震波形記録には、防災科学技術研究所の K-NET と KiK-net の計 16 観測点での強震加速度波形記録を積分して得た速度波形と F-net の 1 観測点での強震速度波形記録を用いた。解析にはこれらに 5 秒から 50 秒までの band-pass filter をかけ、0.5 秒間隔で resampling し、観測点ごとの記録長に基づき S 波到達 10 秒前から 50-80 秒間を切り出したものを用いた。地殻変動データには、国土地理院 GEONET の計 83 観測点での 30 秒サンプリングのデータに対し RTKLIB Ver. 2.4.1 [Takasu (2011)] を使った PPP Kinematic 解析をして得た 30 秒ごとの電子基準点位置データにおいて、地震発生前後の位置を比較することで得た地表変位の水平 2 成分を用いた。

近地強震波形の Green 関数は、一次元地下構造モデルを仮定し、離散化波数積分法 [Bouchon (1981)] と反射・透過係数行列法 [Kennett and Kerry (1979)] により計算した。一次元地下構造モデルには、全国一次元地下構造モデル (暫定版) [Koketsu et al. (2008)] から各観測点直下の速度構造を抽出したものを観測点毎に用いた。地殻変動の Green 関数は、半無限均質媒質を仮定し、Okada (1992) のプログラムを用いて計算した。震源断層面は、予備的行った解析の結果から、120km × 120km の大きさをもつ一枚平面で表した。震源断層面の走向と傾斜はそれぞれ 206 度と 10 度とした。破壊開始点の水平位置は気象庁一元化震源カタログの震央位置に、破壊開始点の深さは 25km に仮定した。走向・傾斜・破壊開始点の深さは海底地震計によって決定された震源域付近の地震分布 [Yamada et al. (2011)] を参考にした。

解析は multiple time-window linear kinematic source inversion [Hartzell and Heaton (1983)] を用いた。非負の拘束条件をつけた最小二乗法 [Lawson and Hanson (1974)] を用いて、滑り角の変化は 90 度 ± 45 度を許し、各 subfault の震源時間関数は 4 秒幅の (時間領域で) 三角型の関数を 2 秒ずらして、7 個並べて表現した。また、滑りの時空間分布を滑らかにするために smoothing constraint を与えた。観測方程式に対する smoothing constraint の相対的な重みと異種データ間の相対的な重みについては、各データの合い具合や推定されるモデルの地震モーメントの大きさのバランスを考えながら、試行錯誤的に求めた。

最適な First time window 伝播速度は 2.2km/s となった。推定された震源モデルでは、震源断層面全体で解放された地震モーメントは 2.8×10^{20} Nm (Mw 7.9)、最大滑り量は 6.3m、破壊継続時間は約 30 秒である。大きな滑りの領域は震源から南東方向に約 20km の浅い領域に位置し、その大きさは大体 60km × 30km である。この領域は PHS プレートの北東限と沈み込む海山に囲まれた場所に位置する。このことは、2011 年茨城県沖地震において PHS プレートと海山が破壊の伝播を止めたように見える。

2) プレート境界巨大地震に対する強震動予測のための震源モデルに関する検討

M7 クラスまでの内陸地殻内地震の震源モデルを収集すると、強震記録の波形インバージョンによって得られた滑りの大きい領域がスケーリング則 (地震規模依存性を持っている) を示しているということ、また、広帯域強震動シミュレーションによって得られた強震動生成領域が滑りの大きい領域サ

イズと位置が一致することから、強震動予測のための震源モデルとして特性化震源モデルが提案され（例えば Irikura and Miyake, 2011）、内陸地震のシナリオ地震の強震動シミュレーションに用いられている。

この特性化震源モデルの考え方に基づき、スラブ内地震に関してもスケーリングパラメータは異なるものの、同様な特徴があることから、この形の特性化震源モデルが強震動予測に有効であることが示されてきた（例えばスラブ内地震では Iwata et al., 2012）。

プレート境界地震に関しては、大滑り領域と強震動生成域の対応が悪く、サイズも後者の方が小さい事例が多く示されていた。ひとつの理由は、プレート境界地震の震源モデリングにおいて、遠地記録を用いると、サブ断層サイズを小さくすることができず、従って波形インバージョンから得られる大滑り域は、ぼやけた大きいサイズになっていることが上げられる。

今回、M8 クラスの 2003 年十勝沖地震や M9 クラスの 2011 年東北地方太平洋沖地震を含む、やや広い地震規模における滑りモデルから得られる大滑り域と強震動生成域のサイズや位置を比較すると、強震動生成域 / 大滑り域の比は、地震規模が大きくなるほど、小さくなる傾向があり、また位置についても、強震動生成域は大滑り域の縁にある（2003 年十勝沖地震）、強震動生成域はほとんど大滑り域の外にある（2011 年東北地震）といった傾向があることがわかった。事例が少ないため、これが普遍的な性質があるのか、解析したイベントの特徴であるのか、という疑問点はあるが、強震動生成（滑り速度が大きい）と大滑り（滑りが大きい）の対応についての知見を今後得る必要があることが分かる。

これらの研究に基づいて、地震発生環境毎の強震動予測のための震源モデル構築を継続する。

（ 8 ）平成 24 年度の成果に関連の深いもので、平成 24 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

Iwata, T. and K. Asano, 2012, Source Model of Huge Subduction Earthquakes for Strong Ground Motion Prediction, AGU Fall meeting, S33A-2501.

Iwata, T., K. Asano and H. Sekiguchi, 2012, A Prototype of Strong Ground Motion Prediction Procedure for Intralab Earthquake based on the Characterized Source Model, Proc. 15th World Conf. Earthq. Eng., Lisbon, Portugal, paper no. 4492.

久保久彦・浅野公之・岩田知孝, 2012, 2011 年 3 月 11 日 15 時 15 分の茨城県沖地震 (Mw7.9) の震源過程, 日本地震学会 2012 年度秋季大会予稿集, A21-08.

Kubo, H., K. Asano, T. Iwata, and Y. Kakehi, 2012, Rupture Processes of the 2011 Tohoku Earthquake and the 2011 Ibaraki-Oki Earthquake, AGU Fall meeting, S33A-2509.

（ 9 ）平成 25 年度実施計画の概要：

平成 24 年度までの研究成果を踏まえ、地震発生環境毎の強震動予測のための震源モデル構築を目的として、実施計画期間内に発生した地震の震源過程及び強震動生成域の解析を進め、プレート境界地震、スラブ内地震、内陸地殻内地震に対する強震動予測のための震源モデルに関する検討を行う。

（ 10 ）実施機関の参加者氏名または部署等名：

京都大学防災研究所 岩田知孝・浅野公之・Mori, James J.

他機関との共同研究の有無：無

（ 11 ）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：

電話：

e-mail：

URL：

（ 12 ）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：岩田知孝

所属：京都大学防災研究所地震災害研究部門