

(1) 実施機関名：

(独) 防災科学技術研究所

(2) 研究課題 (または観測項目) 名：

地震発生と波動伝播の連成シミュレーション

(3) 最も関連の深い建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

(2-1) 地震発生予測システム

ア．地殻活動予測シミュレーションとデータ同化

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

(2-1) 地震発生予測システム

イ．地殻活動予測シミュレーションの高度化

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

イ．強震動・津波の生成過程

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

最終目標は複雑なテクトニック環境下にある日本列島域を一つのシステムとしてモデル化し、プレート運動に起因する準静的な応力蓄積から破壊核の形成を経て動的波動伝播に至る大地震の発生過程を、膨大な地殻活動データと高度なモデル計算を併合した大規模シミュレーションにより定量的に予測することであるが、本課題では、プレート境界の応力蓄積したアスぺリティ領域において動的破壊が開始・伝播・停止していくと同時に周囲に波動が伝播していく部分のシミュレーションを担当して実施する。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

CREST プロジェクトは平成 22 年度末で終了の予定であり、その後の予算に関しては現在のところ未定であるので、現時点での計画概要を記述する。

平成 21 年度においては、地震予知観測研究計画第 2 次最終年度において開発を行った、半無限媒質中の逆断層地震の動的破壊伝播計算プログラムを、南海・東南海地震発生領域に適用し、名古屋大学のグループによって計算された準静的な応力蓄積モデルを用いて、動的な地震破壊発生 / 伝播のシミュレーションを行う。平成 22 年度は、平成 21 年度に計算された地震発生モデルを用いて、地震発生

や津波生成のシミュレーションを行い、南海・東南海地震発生時の想定地震動の評価に役立てられるようなシミュレーション結果の創出を目指す。

(7) 計画期間中(平成 21 年度～25 年度)の成果の概要：

平成 21 年度は、名古屋大学のグループによって GPS データから推定された、南海、東南海地震発生域における滑り欠損速度分布を用いて、地震の動的破壊伝播のシミュレーションを行った。地震発生域のセグメント構造を考慮して、5 つの領域にわけ、それぞれの領域において、最終滑り量に比例する滑り弱化距離を与え、シミュレーションを行った。上記の条件設定のもとで、東南海地震、南海地震の発生を再現するモデルを構築することが出来た。どのような地震が発生するかは、断層摩擦構成則をいかにうまく推定するかが重要であることがわかった。

平成 22 年度は、プレート境界において仮定する摩擦構成則パラメータの水平不均質分布を与える必然性が、直接間接を問わず、他の観測データに認められるかどうかの文献調査を行った。海底地形から、日向海盆、土佐海盆、室戸海盆、熊野海盆、遠州海盆と、前弧に盆地地形が認められ、その盆地地形と、滑り欠損分布がよく対応していることがわかった。また、この境界は、重力のブーゲ異常分布にも認められ、地表の構造のみならず、ある程度の深さの情報を反映していることが推測される。盆地の境界と、プレートのセグメント境界との間には相関がありそうである。さらに、模擬実験からのアナロジーとして、地表に盆地構造を作るためには、短時間のうちにひずみを解消する必要がある。反対に、地表に盆地を生じないためには、プレート境界は絶えず滑っている必要がある。つまり、盆地直下では、地震サイクル中、1 回 coseismic に滑りが生じるような状況を想定すればよく、盆地の境界部では、定常的に変形する、あるいは、何度も coseismic に滑るような状況を想定すればよいことがわかった。

平成 23 年度は、2011 年東北沖地震が発生したため、計画を変更し、これまで行ってきた大地震発生のシナリオ作りと同じ手法を、2011 年東北沖地震に適用した場合、どの程度の確からしきでシナリオを作れるのかという観点で研究を推進した。南海・東南海地震のシミュレーションのときと同様の計算を行ったところ、破壊開始位置は北と中央部に位置する 2 つのアスペリティの間の北側のアスペリティに近い方に位置し、最初に北側のアスペリティをすべて壊したのち、中央のアスペリティへ破壊が移り、これら 2 つのアスペリティを破壊し終えた後、南側のアスペリティを破壊して地震破壊が終了するような破壊シナリオを得た。総継続時間 150 秒、平均滑り量 30m 程度の地震破壊であった。シナリオによって得られた地震像は、各種の震源インバージョンから得られている地震像と極端な相違は認められず、想定シナリオとしては、有効に働く可能性がある事が確認された。

平成 24 年度は、沈み込むプレート境界に形状の不均質があったり、摩擦発熱による流体圧上昇による強度弱化 (Thermal Pressurization、TP) が働いているような場合、断層破壊はどのようなプロセスをたどるかの要素研究を行った。プレート境界浅部に分岐断層が存在している場合、巨大地震発生時に、TP の効果により、断層の動的破壊進展が影響を受けるかどうかを、2 次元断層モデルを用いて検討を行った。その結果、主断層のみに TP が働いている場合は、破壊は主断層に沿って伝播していくが、主断層及び分岐断層に TP が働いている場合は、分岐断層に破壊が伝播していく事が分かった。つまり、分岐断層系に働いている応力場と分岐の角度、TP の効き方によって、破壊伝播の経路がコントロールされることがわかった。巨大地震の発生シナリオを構築する際に、分岐断層の存在の調査と TP の影響の評価は重要である。

平成 25 年度は、地震発生サイクルを単一のシミュレーション環境で再現するため、実験データに基づいて得られた摩擦構成則をシミュレーションコードに組み込むための基礎研究を行った。大型岩石試料を用いた岩石摩擦実験によって得られた摩擦データを説明するような、速度状態依存摩擦則のパラメータの推定を試みた。しかしながら、得られた摩擦の挙動を単一のパラメータセットで説明する事は難しく、地震サイクルの間に、見かけ上、これらのパラメータが遷移している可能性がある事がわかった。これまでの多くの地震サイクルのシミュレーションは、速度状態依存摩擦則のパラメータが一定の条件で行われているため、それらの解釈は注意が必要である事がわかった。

- (8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :
Fukuyama, E. and S. Hok, 2013, Dynamic overshoot near trench caused by large asperity break at depth, Pure Appl. Geophys., doi: 10.1007/s00024-013-0745-z.
Hashimoto, C., E. Fukuyama and M. Matsu'ura, 2013, Physics-based 3-D simulation for earthquake generation cycles at plate interfaces in subduction zones, Pure Appl. Geophys., doi: 10.1007/s00024-013-0716-4.
Urata, Y., S. Hok, E. Fukuyama, and R. Madariaga, 2014, The effect of thermal pressurization on dynamic fault branching, Geophys. J. Int., 196, 1237-1246, doi: 10.1093/gji/ggt475.
- (9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :
独立行政法人防災科学技術研究所 観測・予測研究領域地震・火山防災研究ユニット
他機関との共同研究の有無 : 有
名古屋大学
- (10) 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 : 防災科学技術研究所 アウトリーチ・国際研究推進センター
電話 : 029-851-1611
e-mail : toiwase@bosai.go.jp
URL : <http://www.bosai.go.jp/index.html>
- (11) この研究課題(または観測項目) の連絡担当者
氏名 : 福山英一
所属 : 観測・予測研究領域地震・火山防災研究ユニット