

3. 3. 1 4 強震動予測のためのモデルの高精度化に関する研究

第1期（平成14年度～平成16年度）においては、項目名「強震動予測高精度化のための震源モデル・堆積盆地構造モデルの構築に関する研究」において研究を遂行してきたが、第2期（平成17年度～平成18年度）においての研究成果の取り纏めにあたり、近畿圏の地下構造モデルの構築を目途とした研究項目として、「強震動予測高精度化のための震源モデル・堆積盆地構造モデルの構築に関する研究」なる研究項目として研究を進める。

サブ研究項目として第1期に行ってきた、「動力的断層モデルに関する研究」「短周期強震動のスケーリングに関する研究」「表層地質とサイト特性に関する研究」から、第2期のサブ研究項目としては、これまでの3サブ研究項目を、新サブ研究項目「強震動予測を高精度化する要素の分析に関する研究」としてまとめ、「表層地質とサイト特性に関する研究」の一部と近畿圏の地下構造モデル構築を主たる研究とする、「近畿圏における地下構造モデルの構築に関する研究」なるサブ研究項目を作成し、業務を遂行することとした。

3. 3. 1 4. 1 強震動予測を高精度化する要素の分析に関する研究

(1) 業務の内容

(a) 業務題目：強震動予測を高精度化する要素の分析に関する研究

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
京都大学防災研究所	教授	岩田知孝	iwata@egmdpri01.dpri.kyoto-u.ac.jp
京都大学防災研究所	大学院生	浅野公之	k-asano@egmdpri01.dpri.kyoto-u.ac.jp
神戸大学理学部	助手	笥楽磨	takehi@kobe-u.ac.jp
信州大学工学部	教授	泉谷恭男	tdp0000@gipwc.shinshu-u.ac.jp
九州大学大学院理学研究院	助手	亀伸樹	kame@geo.kyushu-u.ac.jp
九州大学大学院理学研究院	大学院生	内田浩二	uchida@geo.kyushu-u.ac.jp
北海道大学大学院理学研究科	助教授	笹谷努	sasatani@ares.sci.hokudai.ac.jp
防災科学技術研究所	特別研究員	森川信之	morikawa@bosai.go.jp
北海道大学大学院理学研究科	博士研究員	前田宜浩	tmaeda@ares.sci.hokudai.ac.jp
京都大学防災研究所	教授	Mori, James, J.	mori@eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp
九州大学大学院 人間環境学研究院	教授	川瀬博	kawase@arch.kyushu-u.ac.jp

(c) 業務の目的

強震動予測を高精度化する要素の分析に関し、震源モデルと地下構造モデルの高度化を目途とした震源及び伝播経路・サイト特性に関する分析を進める。震源モデルの高度化については、

実強震動記録などに基づいた震源インバージョンによるすべりの時空間分布の推定等にもとづく動力的パラメータの推定、及び動力学モデルによる分岐断層上の破壊伝播に関する研究である。これらは、これまで運動学的な枠組みによって議論されてきた断層モデルを、動力的な条件、即ち物理的に整合するモデルに基づく震源像を構築し、より広帯域の震源モデル構築をめざすことを目的としている。

伝播経路・サイト特性に関する分析に関しては、短周期地震動の伝播特性評価を目的として

(d) 5 ヶ年の年次実施計画

- 1) 平成14年度:運動学的震源モデルに基づく動力的パラメータの推定方法の構築と実地震記録への適用を行った。また動力学モデルによる分岐断層上の破壊伝播シミュレーションを行った。実記録に基づく短周期地震波特性的地震規模依存性の研究として、放射エネルギーのスケーリング則及び震源スペクトルの高精度スケーリング則に関する研究を行った。また、スラブ内地震の震源モデルに関する研究を1994年北海道東方沖地震や2001年芸予地震などを対象として行った。強震動観測データを用いたサイト増幅特性の評価、堆積盆地モデル高精度化を目的とした堆積層内長周期 (<1Hz) のQ値の評価を行った。
- 2) 平成15年度:巨大地震の運動学的震源モデルの構築と強震動シミュレーションを行った。長大断層の破壊では、破壊進展方向にディレクティブティ効果による大きな地震動の領域が、前方に広がることを示した。また複雑な断層面形状が破壊進展に及ぼす影響評価、動的破壊モデルに基づく震源インバージョン手法の開発のための基礎的研究を行った。地震スペクトルモデル構築のための分析、短周期地震波レベルのスケーリング則、震源の短周期生成過程に関する研究及びそれに基づく広帯域強震動予測用震源モデルに関する研究を行った。盆地内減衰構造、地震波伝播散乱構造に関する研究を行った。各種の強震動データベースの構築をすすめた。
- 3) 平成16年度:すべり分布及び動的な破壊による断層面分岐に関する研究をより具体的な地震について適用し、その方法論の検証した。また動的破壊モデルに基づいて、動的パラメータの推定を平成15年度に引き続き行なった。地震発生環境による地震スペクトルモデルの構築に関する研究、短周期地震波レベルのスケーリング則の高精度化に関する研究、震源の短周期生成過程に関する研究を行った。統計的グリーン関数法の高度化に関する研究を行った。
- 4) 平成17年度:動力的パラメータと運動学的モデルの比較を行う。断層面形状を考慮した不均質破壊過程における震源近傍強震動の特徴についてのモデルシミュレーションと考察を行う。地殻内地震、プレート境界地震、スラブ内地震の震源モデル構築方法についての研究をすすめる。震源域がやや遠い震源に対する伝播経路及びサイト特性の影響評価を強震動記録から行う方法を構築する。
- 5) 平成18年度:震源の動力的パラメータについての整理により、強震動予測のため

の震源のモデルパラメータの与え方についての枠組みを構築する。

(e) 平成17年度業務目的

強震動予測を高精度化するための震源及び地下構造モデルの各要素パラメータについての知見を得るため、強震動観測網データやモデルシミュレーションによってそれらの分析を行うことを目的とする。

(2) 平成17年度の成果

(1-1)内陸地殻内地震の応力パラメータに関する研究

岩田知孝（京都大学防災研究所）

iwata@egmdpri01.dpri.kyoto-u.ac.jp

浅野公之（京都大学防災研究所）

k-asano@egmdpri01.dpri.kyoto-u.ac.jp

笥楽磨（神戸大学理学部）

takehi@kobe-u.ac.jp

泉谷恭男（信州大学工学部）

tdp0000@gipwc.shinshu-u.ac.jp

(a) 業務の要約

運動学的震源インバージョン結果を使って、断層破壊の動的パラメータを推定し、強震動予測のための特性化震源モデルの構築に利用する。これまでに整理されてきた応力パラメータと同様に、内陸地殻内地震の応力パラメータ（実効応力）は、アスペリティの深さ分布を持つように見られる。2004年新潟県中越地震のアスペリティでの応力パラメータはこれまで整理されてきた内陸地殻内地震のそれの中では小さいほうに位置付けられる。

(b) 業務の実施方法

これまでにIwata et al.(2005)¹⁾によって整理されてきた、震源パラメータと同様の方法で、最近起きた2004年新潟県・中越地震の震源モデル(Asano and Iwata, 2005)²⁾と2005年福岡県西方沖の地震の震源モデル(Asano and Iwata, 2006)³⁾を使って、断層面上の応力変化の時刻歴を推定し（例えばZhang et al., 2004, 2006）^{4),5)}そこから求められる応力効果量等を整理して、アスペリティの深さによる違い等を検討する。

(c) 業務の成果

これまでの研究と本研究の位置付け

Bouchon(1997)⁶⁾によって提案された、断層食い違いの時刻歴を与えることによって断層面上の応力の時空間変化を推定する方法に従い、これまで強震動記録を用いた波形インバージョンによって求められた食い違いを与えて、応力変化の推定を行ってきた（例えばZhang et al., 2004, 2006）^{4),5)}。これらの分析から、断層面上の動力学に関するパラメータ、例えばDcなどの空間分布を求め、それらの特徴を議論している（Zhang et al., 2004, 2006）⁵⁾。図1では応力の時間変化と静的応力降下量、動的応力降下量、実効応力が示してある。Iwata et al.(2005)¹⁾では、この応力パラメータに着目して、応力パラメータの空間分布と特性化震源モデルと比較するために、Somerville et al.(1999)⁷⁾で提案されているアスペリティ抽出方法に従い、抽出されたアスペリティ、非アスペリティ領域での応力パラメータの特徴をいくつかの地震の震源モデルに対して行って、応力パラメータのアスペリティ深さ依存性についての知見を得た。本業務では最近におきた被害地震である2004

年新潟県中越地震、2005年福岡県西方沖の地震について同様の分析を行い、これらの地震の特徴を調べるとともに、内陸地殻内地震の特性化震源モデルのアスペリティにおける応力パラメータを与える際の条件について検討することを目的とする。

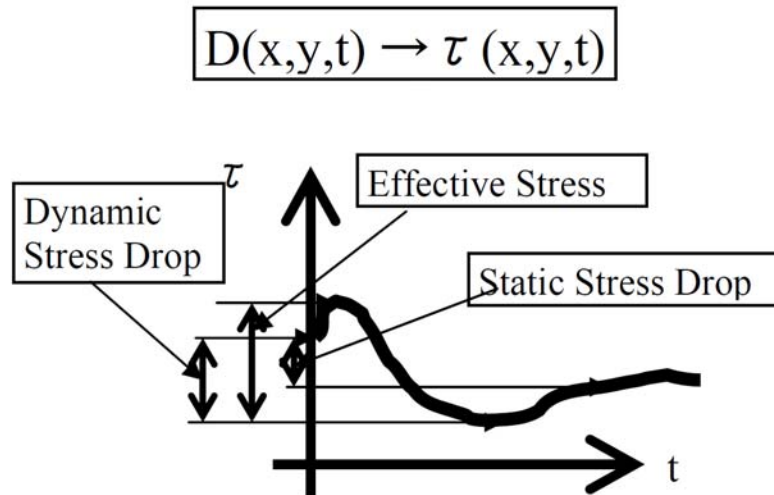


図1 応力の時間変化と各応力パラメータの意味

震源モデル

2004年新潟県・中越地震の震源モデルはAsano and Iwata(2005)²⁾を、2005年福岡県西方沖の地震の震源モデルはAsano and Iwata(2006)³⁾を参照する。どちらも波形インバージョンには震源域近傍の強震動記録を用い、各種物理探査結果を収集した上で余震波形のモデリングに基づいてチェックと改良を行った地下構造モデルによって構築したグリーン関数を用いている。図2には2005年福岡県西方沖の地震の震源モデル(最終すべり量)を示す。破壊開始点から福岡市よりのやや浅いところにアスペリティが推定されている。

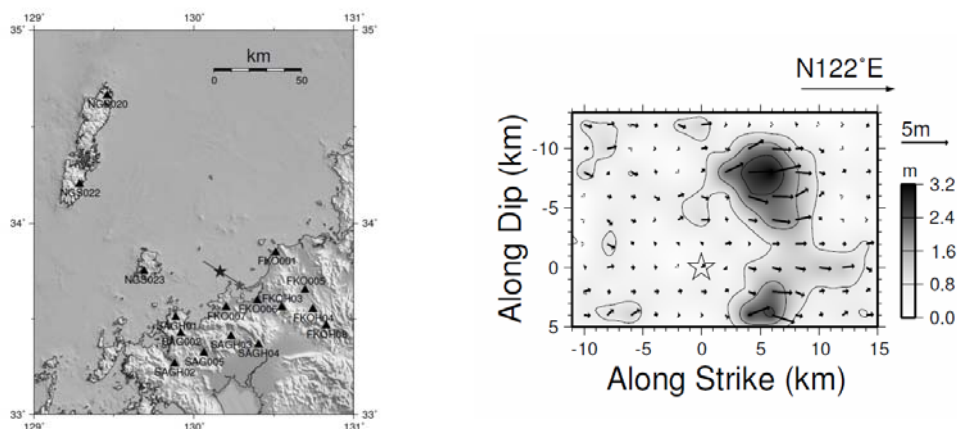


図2 左・インバージョンに使った強震動観測点と仮定した断層面。星が震央で、直線が断層面の頂辺を表している。右・最終すべり分布。

応力パラメータ

強震動記録をもちいた運動学的震源インバージョンから求められた食い違いの時空間分布から、Bouchon(1997)⁶⁾に基づいて応力変化時刻履歴を推定し、それから各種応力降下量を見積もるとともに、すべり特性化(Somerville et al., 1999)⁷⁾によって得られたアスペリティ・非アスペリティ領域でのそれらのパラメータの平均値・標準偏差などを求めた。図3に、アスペリティにおける実効応力の分布を示す。

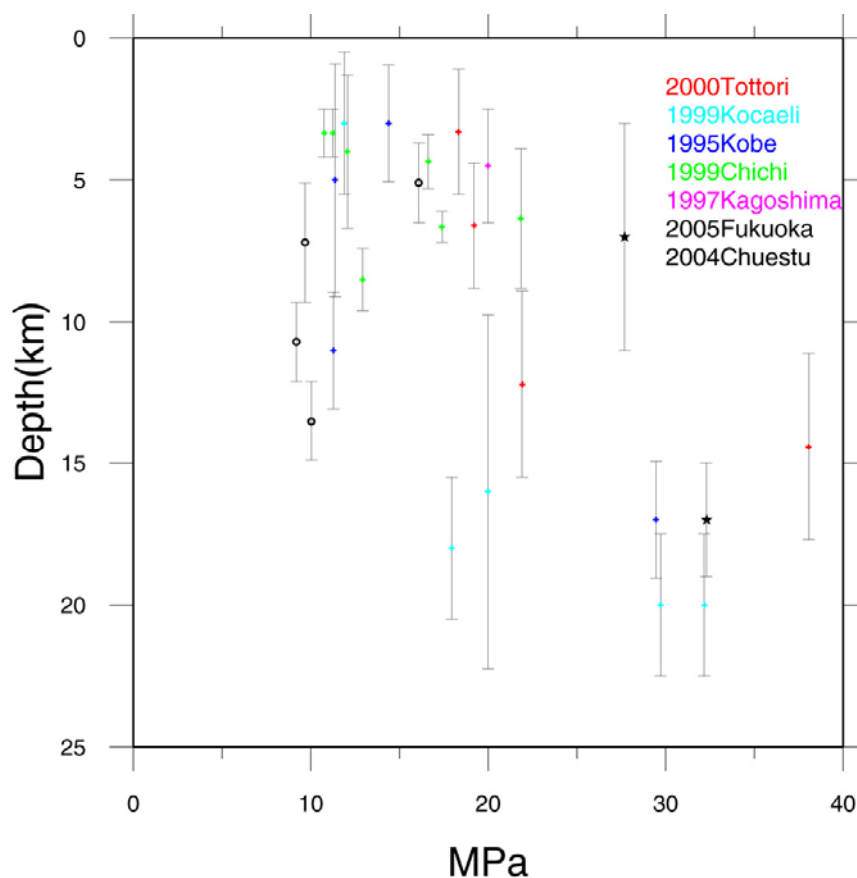


図3 アスペリティにおける実効応力の深さ分布。

これら7地震に共通の特徴としては、(1)静的応力降下量、動的応力降下量、実効応力値は似通っており、破壊レベルと初期応力値の差は小さいと考えられる。(2)平均実効応力はどの地震でもアスペリティ領域では10~30MPa、非アスペリティ領域では1~7MPaである。ただし、その標準偏差は小さくない。また平均値は地震によって差がある。(3)個々の地殻内地震のアスペリティ領域の平均実効応力は深さ依存性を示しており、深い場所でのアスペリティの方がより大きな平均実効応力値を示している。また集集地震やKocaeli地震のように地表地震断層を生じた地震の浅いアスペリティは実効応力値が小さい。しかし2004年新潟県中越地震は、伏在断層であったが、浅いアスペリティでの実効応力はそれほど大

きくない。

(d) 結論ならびに今後の課題

運動学的震源インバージョン結果を使って、断層破壊の動的パラメータを推定し、強震動予測のための特性化震源モデルの構築に利用する。これまでに整理されてきた応力パラメータと同様に、内陸地殻内地震の応力パラメータ（実効応力）は、アスペリティの深さ分布を持つように見られる。2005年福岡県西方沖の地震のアスペリティでの応力パラメータはやや大きめ、2004年新潟県中越地震のアスペリティでの応力パラメータはこれまで整理されてきた内陸地殻内地震のそれの中では小さいほうに位置付けられた。

応力降下量の深さ分布、断層タイプ（横ずれ、逆断層等）による違いを指摘するほどのデータが今はないが、このような方法による整理は特性化震源モデルのパラメータ設定の高度化には不可欠である。

(e) 引用文献

- 1) Iwata, T., H. Sekiguchi, H. Miyake, W. Zhang, and K. Miyakoshi: Dynamic source parameters for characterized source model for strong motion prediction, Proc. International Symposium on Earthquake Engineering Commemorating Tenth Anniversary of the 1995 Kobe earthquake, A159-165, 2005.
- 2) Asano, K. and T. Iwata: Source rupture models of recent disastrous earthquakes in Japan, APRU/AEARU Research Symposium 2005, Kyoto, Japan, P108, 2005.
- 3) Asano, K. and T. Iwata: Source process and near-source ground motions of the 2005 West Off Fukuoka Prefecture earthquake, Earth Planets Space, 58, 93-98, 2006.
- 4) Zhang, W., T. Iwata, and K. Irikura: Dynamic Simulation of a Dipping Fault Using a 3D Finite Difference Method with Nonuniform Grid Spacing, Journal of Geophysical Research, 2006JB, 2006.
- 5) Zhang, W., T. Iwata, K. Irikura, A. Pitarka, and H. Sekiguchi: Dynamic rupture process of the 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake, Geophys. Res. Lett., 31, L10605, doi:10.1029/2004GL019827, 2004.
- 6) Bouchon, M.: The state of stress on some faults of the San Andreas system as inferred from nearfield strong motions data, J. Geophysical Research, 102, 11731-11744, 1997.
- 7) Somerville, P., 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, Seismological Research Letters, 70, 59-80, 1999.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
T. Iwata	Source inversion of recent destructive earthquakes and characterized source model	2 nd International Symposium on Strong Ground Motion Prediction and Earthquake Tectonics in Urban Areas	2005年10月
Zhang, W., T. Iwata, and K. Irikura	Dynamic Simulation of a Dipping Fault Using a 3D Finite Difference Method with Nonuniform Grid Spacing	Journal of Geophysical Research	2006年3月

(g) 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