

## VI 国際地震工学センター

### VI-1 世界の大地震不均質断層モデルの構築及びカタログ作成に関する研究開発

#### A catalog of CMTs, aftershock distributions, fault planes, and rupture models for recent large earthquakes in the world

(研究期間 平成 17~19 年度)

国際地震工学センター  
International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

原 辰彦  
Tatsuhiko Hara

古川信雄  
Nobuo Hurukawa

藤井雄士郎  
Yushiro Fujii

横井俊明  
Toshiaki Yokoi

筑波大学生命環境科学研究科  
Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

八木勇治 (客員研究員)  
Yuji Yagi (Visiting Research Fellow)

We determined centroid moment tensors, aftershock distributions, fault planes, and rupture models for large earthquakes that occurred since 1994 on the globe. We made a catalog consisting of the above earthquake information and information issued by other organizations. We developed a database of this catalog, and the software by which the catalog is searched. In addition, we develop software to perform strong ground motion simulation for seismic bedrock using a stochastic Green's function method.

#### 【研究目的及び経過】

本研究の目的は、1994 年以降に発生した大地震（概ねマグニチュード 7.2 以上）について、建築研究所国際地震工学センターが推定した震源メカニズム、余震分布（及び断層面）、震源過程（断層面上のすべり分布と破壊伝播の時間的推移）からなる不均質断層モデルを求め、地震カタログを作成・公開することである。さらに、不均質断層モデルを用いて地震基盤・工学的基盤における強震動（PGA、震度等）を推定・公開する。

#### 【研究内容】

本研究の内容を以下に記す。

##### ① 不均質断層モデルの構築

1994 年以降に全世界で発生した大地震（概ねマグニチュード 7.2 以上）について、以下の解析を行い、これらからなる不均質断層モデルを求める。

##### ・震源メカニズム

1994-2007年に発生した地震のCMT（セントロイド・モーメント・テンソル）をHara (2005)<sup>1)</sup>、Hara (1997)<sup>2)</sup>の方法を用いてそれぞれ長周期実体波、長周期表面波を解析し、推定した。

##### ・余震分布及び断層面

1994 年 1 月 1 日 ~ 2004 年 10 月 31 日に発生した地震（本震と呼ぶ）と前震と余震の震源再決定を改良連携震源決定法<sup>3), 4)</sup>を用いて行い、再決定された余震分布から本震の断層面を求めた。但し、余震分布のみから断層面を精度良く求めることは難しいので、Global CMT<sup>5)</sup>の 2 節面のうちどちらの節面が断層面かを判断した。使用し

たデータは国際地震センターによる P 波読取值である。各本震に対して時空間的に近接した（基本的には、本震発生日と前後各 1 週間、本震震央域中心から緯度、経度共に ±2 度以内）地震群を同時に震源再決定した。

##### ・震源過程

これまでの震源過程解析の問題点を明らかにし、手法の改良を行った。まず、モデリング誤差に起因する共分散成分を考慮した観測方程式の定式化を行った<sup>6)</sup>。さらに、モデリング誤差と観測誤差に起因する共分散成分を同時に考慮した観測方程式の定式化を行った<sup>7)</sup>。この最新の解析手法を使用して、震源過程解析を行った。断層面情報は、余震分布から得られたものを使用した。

##### ② 地震カタログの作成・公開

上述の不均質断層モデルと他機関の地震情報を合わせて、地震カタログを作成し、国際地震工学センターのサーバで公開する。

##### ③ 不均質断層モデルを用いた強震動推定

地震カタログに掲載された不均質断層モデルと水平成層速度構造モデルを入力として、stochastic Green 関数を使った強震動合成波形ソフトウェアを整備した。

#### 【研究結果】

##### ① 不均質断層モデルの構築

##### ・震源メカニズム

長周期実体波の解析により得られた解を Global CMT、米国地質調査所の解と比較し、本研究で得られた解は前者とより調和的であることが分かった。長周期表面波の解析により得られた解を Global CMT と比較した。2000

年 6 月 4 日のスマトラの地震、2002 年 10 月 10 日のイランジャヤの地震を除くと MT の差はそれほど大きくない。この結果は余震分布を使った断層面の特定を行う場合、上記の地震を除けば、Global CMT の解を参照してよいことを示唆する。

・余震分布及び断層面

対象の全 85 本震中、64 本震 (75%) について、断層面を高い信頼度で特定できた。一例を図 1 に示す。しかし、21 本震 (25%) については、断層面を特定できなかった。原因の内訳は以下の通りである。1) 10 本震は、使用可能地震が 2 地震である。2) 6 本震は、バラツキが大きい。3) 1 本震は、余震が 2 節面の交線上に分布する。4) 3 本震は、CMT 解の非ダブルカップル成分が大きく節面が断層面ではないと思われる。5) 1 本震は、他の本震直後の余震で独立して求められない。

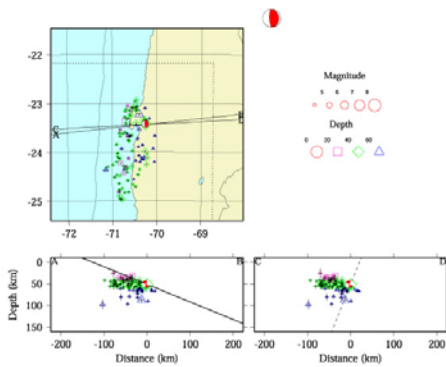


図 1 1995 年 7 月 30 日にチリで発生した M8.0 地震の余震分布  
断面図内の直線は Global CMT の 2 節面であり、断層面と思われる節面が太い実線で表示されている。

・震源過程

共分散を考慮した場合、考慮しなかった場合の数値実験の結果を図 2 に示す。共分散を無視した場合、得られる解が不安定になるが、共分散を考慮した場合は、適切に解が得られている。

対象の断層面が推定されている全 64 地震中、47% (30 個) の本震について、震源過程モデルを求めた。一例を図 3 に示す。

② 地震カタログの作成・公開

不均質断層モデルと他機関の地震情報 (Global CMT、米国地質調査所の MT、国際地震センターの震源情報、当該地震に関する文献等) を合わせて、地震カタログを作成した。また、カタログの地震情報を閲覧、比較できるソフトウェアを開発し、国際地震工学センターのサーバに載せた。

③ 不均質断層モデルを用いた強震動推定

stochastic Green 関数法を使って、地震基盤 (或は、硬岩露頭) での強震動合成波形を震源域に面的に分布させた観測点に対して計算するソフトウェアを整備した。また、2003 年アルジェリア地震等、幾つかの地震に対して強震動合成波形を計算した (図 4)。

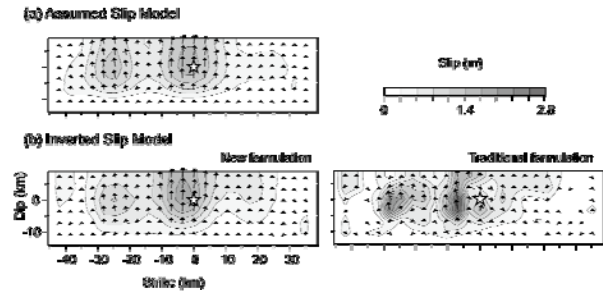


図 2 (a) 仮定した震源モデルのすべり量分布、(b) 共分散を考慮した新しい定式化で得られたすべり量分布 (左側) と従来の定式化で得られたすべり量分布 (右側)

図 3 1995 年 7 月 30 日にチリで発生した M8.0 地震のすべり量分布  
破壊は南に向かって伝搬しており、余震分布と調和的である。

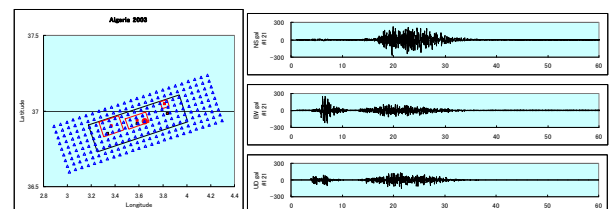
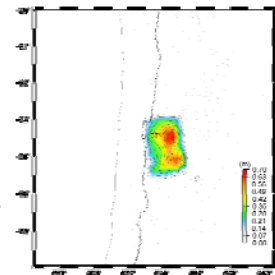


図 4 左: 2003Algeria 地震の震源、断層、アスペリティ、stochastic Green 関数の震源の地表投影と観測点分布。右: 加速度波形の例 (上から NS、EW、UD 成分)。

【参考文献】

- 1) Hara, T., Earth Planets Space, 57, 179-183, 2005.
- 2) Hara, T., Geophys. J. Int., 130, 251-256, 1997.
- 3) 古川信雄, 井元政二郎, 1990, 地震, 43, 413-429.
- 4) Hurukawa, N., 1995, Geophys. Res. Lett., 22, 3159-3162.
- 5) <http://www.globalcmt.org/>.
- 6) Yagi, Y. and Fukahata, Y., submitted to Geophysical Journal International, 2008.
- 7) 八木勇治・深畑幸俊, 2008 年地球惑星連合大会, S145, 2008.