

## 平成24年度共同利用実施報告書(研究実績報告書)

## 1. 共同利用種目 (該当種目にチェック)

- 特定共同研究(A)     特定共同研究(B)     特定共同研究(C)     一般共同研究  
 地震・火山噴火予知研究     施設・実験装置・観測機器等の利用  
 データ・資料等の利用     研究集会

## 2. 課題番号または共同利用コード      2012- G- 14

## 3. プロジェクト名、研究課題、集会名、または利用施設・装置・機器・データ等の名称

和文: DSMを用いた新しい震源解析手法による連動型地震メカニズムの解明英文: Study on the mechanism of coupled earthquakes using a new method of rupture process analysis with DSM.4. 研究代表者所属・氏名 名古屋大学大学院環境学研究科・山中 佳子(地震研究所担当教員名) 竹内 希

## 5. 利用者・参加者の詳細 (研究代表者を含む。必要に応じ行を追加すること)

氏名	所属・職名	利用・参加内容または施設,装置,機器,データ	利用・参加期間	日数	旅費支給
山中佳子	名古屋大学大学院環境学研究科・准教授	震源過程解析, DSM 計算	2012.4.1-2013.3.31	365	なし
吉本昌弘	名古屋大学大学院環境学研究科・博士後期課程3年	震源過程解析, DSM 計算	2012.4.1-2013.3.31	365	あり

## 6. 研究内容 (コンマ区切りで3つ以上のキーワードおよび400字程度の成果概要を記入)

キーワード: 震源過程解析, Direct Solution Method, 巨大地震

従来の遠地実体波解析による震源過程解析手法 (Kikuchi and Kanamori, 2003) は波線理論に基づいており, 超巨大地震に適用するには後続波や W phase の計算が難しいなどの問題点があった. そこで H21 年度で Direct Solution Method (DSM; Kawai et al., 2006) で計算したグリーン関数を用いる新しい震源過程解析手法の開発を行い, H22 年度でプログラムの改良を行ってきた. H24 年度では, 1960 年チリ地震以来最大の地震であるスマトラ島沖地震の震源過程解析を行った. DSM の計算に用いた速度構造は IASP91 (Kennett and Engdahl, 1991) で周期 1Hz まで計算した. 断層モデルはプレート境界を strike 方向に連続になるように矩形小断層を配置した Hoechner et al., (2008) を用いた. その結果, Mw=9.1, 破壊継続時間=500sec, 破壊伝播速度=2.5~3.0km/s と求められた. 最も大きなすべり領域はスマトラ島南西から西にかけて存在し, ニコバル島付近にもやや大きなすべり領域が 2カ所ほど存在するが, アンダマン島付近ではほとんどすべらない結果となった.

7. 研究実績報告 (公表された成果のリスト\*<sup>1</sup>または 2000~3000 字の報告書)

## 1. はじめに

2004年スマトラ沖地震は1960年チリ地震以降最大の地震であり、巨大な津波を発生し死者22万人以上の甚大な被害をもたらした。この地震は地震波・津波・地殻変動など様々な側面から震源過程が研究されており、 $M_w=9.1$ 、断層長が1200-1300km、破壊継続時間が500秒と推定されている(e.g. Ammon et al., 2005)。地震波を用いた解析では、Yamanaka (2005)やYagi (2005)などが波線理論によって計算されたグリーン関数を用いて速報解を公表しているが、このような計算手法では後続波の計算が難しくW phaseの計算もできないという大きな問題があった。Ammon et al., (2005)はSpectral element methodを用いて現実的な三次元地球内部構造を仮定したグリーン関数を計算して波形インバージョンを行っているが、計算量が膨大なため比較的長周期な20秒-2000秒の実体波・表面波を用いた解析に留まっている。また、彼らは地震活動に合わせてdip角を変えた3枚の平面断層を仮定しているが、そのような断層モデルではstrike方向に不連続を生じてしまい、strike方向に長いスマトラ島沖地震では適切ではない恐れがある。そこで、本研究はDirect Solution Method (DSM; Kawai et al., (2006))を用いて後続波も含めて周期1Hzまでグリーン関数を計算し、よりstrike方向に連続な矩形断層を並べた断層モデル(Hoechnet et al., 2008)を使用して遠地実体波解析を行った。

## 2. 使用したデータと解析条件

解析に使用した遠地実体波の波形データは、IRISのWEBサイトから震央距離が $30^\circ$ から $100^\circ$ にある広帯域地震観測点の上下動記録を取得し、変位波形に変換した後、1-600秒のバンドパスフィルターをかけた。DSMは球対称の速度構造モデルを仮定して全地球で波形計算ができるため、 $30^\circ$ から $100^\circ$ 以外の観測点も使用できるが、球不均質構造の影響を避けるため今回の解析ではこの震央距離のデータを用いた。DSMの計算は<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/takeuchi/index.html>で公開されているソフトウェアdsmti-2.2.9を用いた。仮定した速度構造モデルはIASP91(Kennett and Engdahl, 1991)で、周期1Hzまで計算を行った。解析に用いたタイムウィンドウは600秒で、S波が来ている観測点についてはS波の前までを解析に使用した(S波は振幅が大きい)。断層モデルは、地震活動からプレート形状を推定したRUMモデル(Gudmundsson and Sambridge (1998))からなめらかに矩形小断層を配置したHoechner et al., (2008)のものを仮定した。波形インバージョン法はKikuchi et al., (2003)を用いた。

## 3. 結果と考察

得られた結果は、 $M_w=9.1$ 、破壊継続時間=500sec、破壊伝播速度=2.5~3.0km/sであった。計算された理論波形は短周期成分から長期成分まで観測波形をよく説明している。最もすべった領域はスマトラ島南西から西にかけてで、剛性率を30GPaとすると最大すべり量は30mであった。Ammon et al., (2005)も同様の場所に大きなすべりが求められているが、彼らに比べ我々の解析では浅い領域にすべりが求められた。これは平面断層ではなく深さ方向にもdip角が変化するなめらかな断層モデルを用いたことが原因であると考えられる。この領域ではAraki et al., (2006)が海底地震計を置いて余震観測をしているが、浅い領域ではほとんど余震は起きておらず、大きな余震は深い領域で発生している。検潮記録やJason-1の衛星記録を用いて津波波形インバージョンを行ったFujii and Satake(2007)もこの領域では浅部に大きなすべりが求められており、我々の解析結果と調和的である。ニコバル島では深部で南北に500kmほどの比較的広い領域で10mほどのすべりと、浅部ではやや遅れて7m程度のすべりが求められた。この領域は1847年、1881年にM7.5~7.9クラスの地震が発生しているが、正確な位置がわからないため今回の地震で同様の場所が破壊したかどうかはわからない。また、この

地震は Jason-1 の波形記録や Simeule 島の局所的に隆起沈降が変化する地殻変動から, splay fault のすべりの存在が示唆されているが (e.g. DeDontney and Rice, 2011), 本研究ではプレート境界の断層モデルしか考慮していないため, 今後 splay fault のすべりがあったかどうかを含めて検討する必要がある.

## Reference

- Ammon, C.J., et al. 2005. Rupture process of the 2004 Sumatra-Andaman earthquake, *Science*, **308**, 1133-1139.
- Araki, E., Shinohara, M., Obana, K., Yamada, T., Kameda, Y., Kanazawa, T., and Suyehiro, K., 2006. Aftershock distribution of the December 26, 2004, Sumatra-Andaman earthquake from ocean bottom seismographic observations: *Earth, Planets and Space*, **58**, p. 113–119.
- DeDontney N., Rice J.R., 2011. Tsunami wave analysis and possibility of splay fault rupture during the 2004 Indian Ocean earthquake: *Pure and Applied Geophysics*, doi:10.1007/s00024-011-0438-4
- Fujii, Y. and K. Satake, 2007. Tsunami Source of the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake inferred from Tide Gauge and Satellite Data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **97**, No. 1A, S192-S207.
- Gudmundsson, O. and Sambridge, M., 1998, A REGIONALIZED UPPER-MANTLE (RUM) SEISMIC MODEL, *Journal of geophysical research*, **103(B4)**, pp. 7121-7136
- Hoechner et al., 2008. Enhanced GPS inversion technique applied to the 2004 Sumatra earthquake and tsunami, *Geophys. Res. Lett.*, **35**, L08310
- Kawai, K., Takeuchi, N. & Geller, R.J., 2006. Complete synthetic seismograms up to 2 Hz for transversely isotropic spherically symmetric media, *Geophys. J. Int.*, **164**, 411-424.
- Kennett, B. L. N., and E. R. Engdahl, 1991. Traveltimes for global earthquake location and phase identification. *Geophysical Journal International* **122**, 429–465.
- Kikuchi, M., Nakamura, M. & Yoshikawa, K., 2003. Source rupture processes of the 1944 Tonankai earthquake and the 1945 Mikawa earthquake derived from low-gain seismograms, *Earth Planets Space*, **55**, 159-172.
- Yagi, Y., 2005. <http://iisee.kenken.go.jp/staff/yagi/eq/Sumatra2004/Sumatra2004-j.html>
- Yamanaka, Y., 2005. EIC seismological note, [http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo\\_Note/2004/EIC161a.html](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2004/EIC161a.html)