

平成 21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 2009-G-04

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

和文：DSMを用いた巨大地震の震源解析手法の開発

英文：Development of rupture process analysis for great earthquakes using the Direct Solution Method

4. 研究代表者所属・氏名 名古屋大学環境学研究科・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	名古屋大学環境学研究科 准教授	解析コード開発	2009.4.1-2010.3.31	365	あり
吉本昌弘	名古屋大学環境学研究科 博士前期課程2年	解析コード開発	2009.4.1-2010.3.31	365	あり
竹内希	東京大学地震研究所・助教	解析コード開発	2009.4.1-2010.3.31	365	なし

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, 1991) は波線理論に基づいており、2004年スマトラ沖地震のような超巨大地震に適用するには以下に挙げる問題点が存在する。①PP波などの後続波を含めたグリーン関数の計算ができない。②W-PHASEと呼ばれるS波の前に到着する超長周期の波が計算できない。③断層長に比べ観測点までの距離が十分遠いという遠方近似が成り立たない。そこでこれらの問題を解決すべく Direct Solution Method (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った。これまでDSMは安定に計算できる長周期成分を使った研究にしか利用されてこなかったが、周期1Hz程度までのグリーン関数として震源過程解析に充分利用可能であることが示された。また、この手法をソロモン諸島で2007年4月1日に発生したM8の巨大地震に適用したところ2つのアスペリティが存在し、沈み込んでいるSinboridgeを越えて破壊が伝播したことがわかった。この新しい手法は従来の手法で強みがあった直達P波と震源近傍の反射フェイズに関して同等の精度を保ちながら後続波であるPP波も正しく計算できていることがわかった。

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

(*¹論文タイトル、雑誌・学会・セミナー等の名称、謝辞への記載の有無、ポイント数、電子ファイル添付のこと)

1. はじめに

従来の遠地実体波解析による震源過程解析手法 (Kikuchi and Kanamori, 1991) は波線理論に基づいており、2004年スマトラ沖地震のような超巨大地震に適用するには以下に挙げる問題点が存在する。①PP波などの後続波を含めたグリーン関数の計算ができない。②W-PHASEと呼ばれるS波の前に到着する超長周期の波が計算できない。③断層長に比べ観測点までの距離が十分遠いという遠方近似が成り立たない。そこでこれらの問題を解決すべく新しい震源過程解析手法を開発した。

2. 新しい震源過程解析手法の開発

上記問題を解決する新しい解析手法として、Direct Solution Method(Kawai *et al.*, 2006)で計算したグリーン関数を用いて震源過程解析を行う手法を開発した。DSMのグリーン関数の計算は竹内希氏のプログラムを用いて計算を行なった。計算には球対称の地球モデル IASP91(Kennett and Engdahl, 1991)を使用した。これまでDSMは安定に計算できる長周期成分を使った研究にしか利用されてこなかったが、本研究では破壊継続時間の影響が少なく点震源で説明がつくような小地震で観測波形と計算したグリーン関数の比較を行い、周期1 Hz程度までのグリーン関数として震源過程解析に充分利用可能であることが確認された。そこでDSMで計算したグリーン関数を用いて Kikuchi *et al.* (2003)の波形インバージョン手法を用いた震源過程解析手法を開発した。

3. 使用したデータ

解析に用いたのは2007年4月13日にメキシコで発生したMw6.0(GCMT)の地震と2007年4月1日にソロモン諸島で発生したMw8.1(GCMT)の地震である。IRISのWEBサイトから震央距離が30°から100°にある広帯域地震観測点の上下水平3成分記録を取得し、変位波形に変換した後、1-400秒のバンドパスフィルターをかけた。

4. 結果と考察

DSMで計算したグリーン関数は1-400秒という短周期を含んだ周波数帯域でも十分利用可能であること、従来の手法では計算できない後続波も含めてよく観測波形を説明していることがわかった(図1, 2)。DSMはこのような短周期帯では計算量が膨大となるため震源近傍のみに海の構造を入れたモデルの計算ができないというデメリットがあるが、このような海の多重反射はどの方位の観測点においても大きく現れるわけではなく、主要なフェーズに比べ振幅が小さいため観測点が全方位に満遍なく存在していればあまり影響はないと考えられる。なお今回の解析では使用していないがこの手法では全地球での波動場を計算できるため、従来の手法のように震央距離が限定されることなく観測点を使用することが可能である。

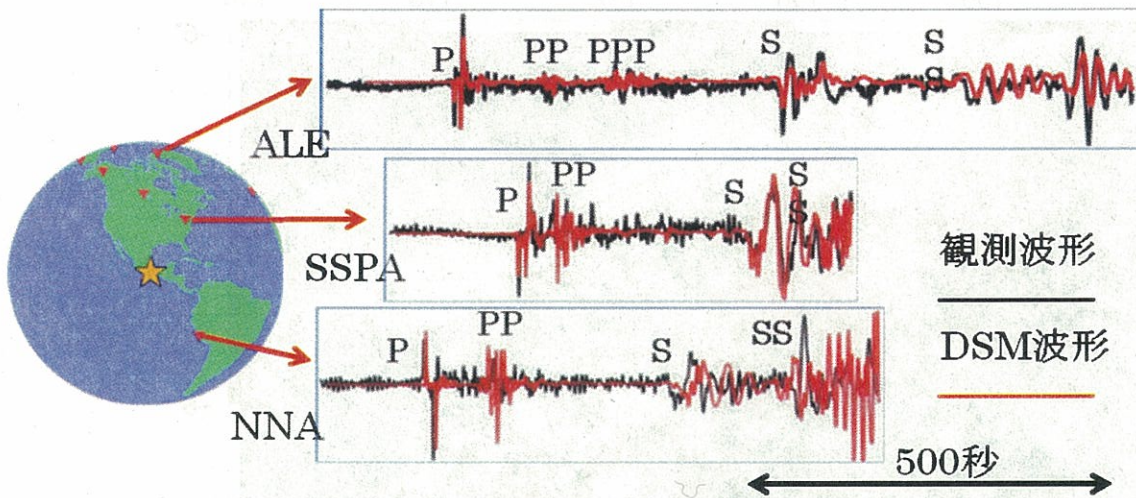


図. 1 メキシコで発生した小地震の観測波形と DSM で計算したグリーン関数の実体波全体における比較.

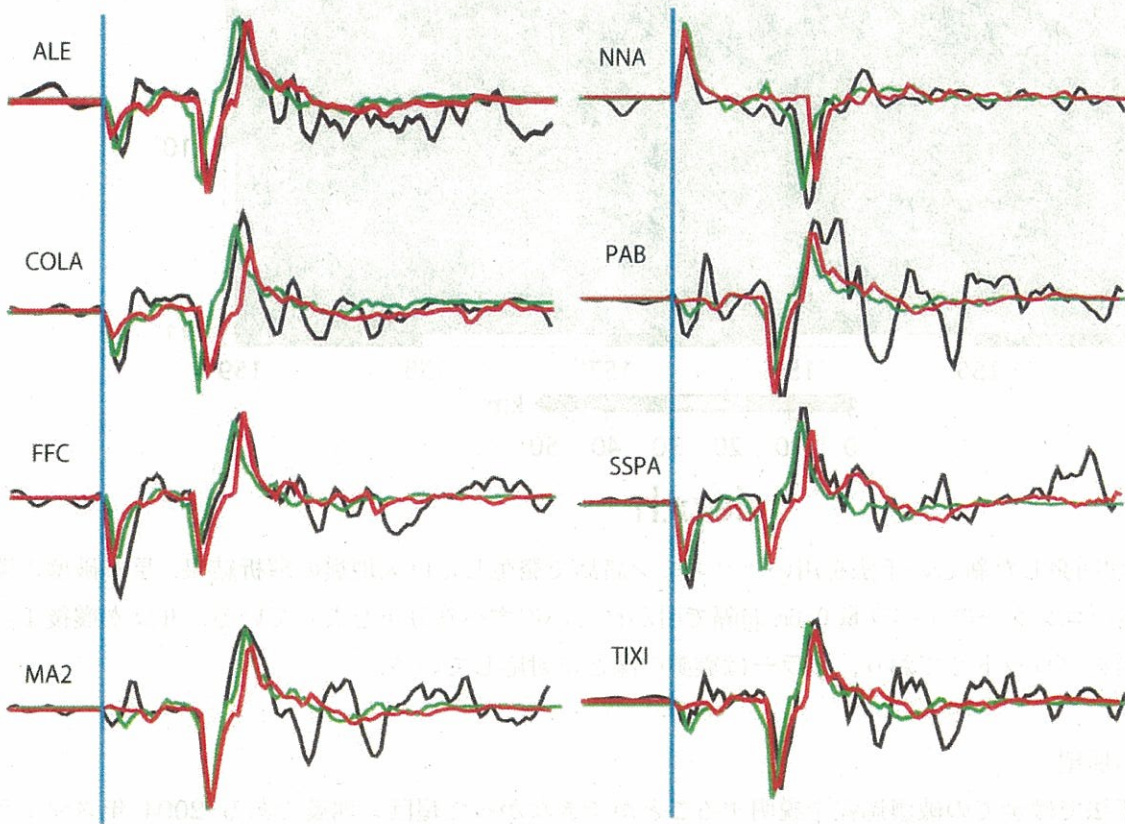


図. 2 メキシコで発生した小地震の観測波形 (黒線) と DSM で計算したグリーン関数 (赤線) 及び Kikuchi and Kanamori(1991)で計算したグリーン関数 (緑線) のP波立ち上がり付近における比較. 青い線がP波の立ち上りを示している.

次に破壊継続時間が80秒になるMw8程度のソロモン諸島で発生した巨大地震について新しく開発した手法を適用した. その結果, 2つのアスペリティが存在し, 沈み込んでいるSinbo ridgeを越えて破壊が伝播したことがわかった (図3). 得られたすべり分布は, 余震はアスペリティの周りに生じるというYamanaka and Kikuchi (2004)の結果と調和的である. この新しい手法は従来の手法で強みがあった直達P波とpP, sP等の震源近傍の反射フェイズに関して同等の精度を保ちながら後続波であるPP波も正しく計算できていることがわかった.

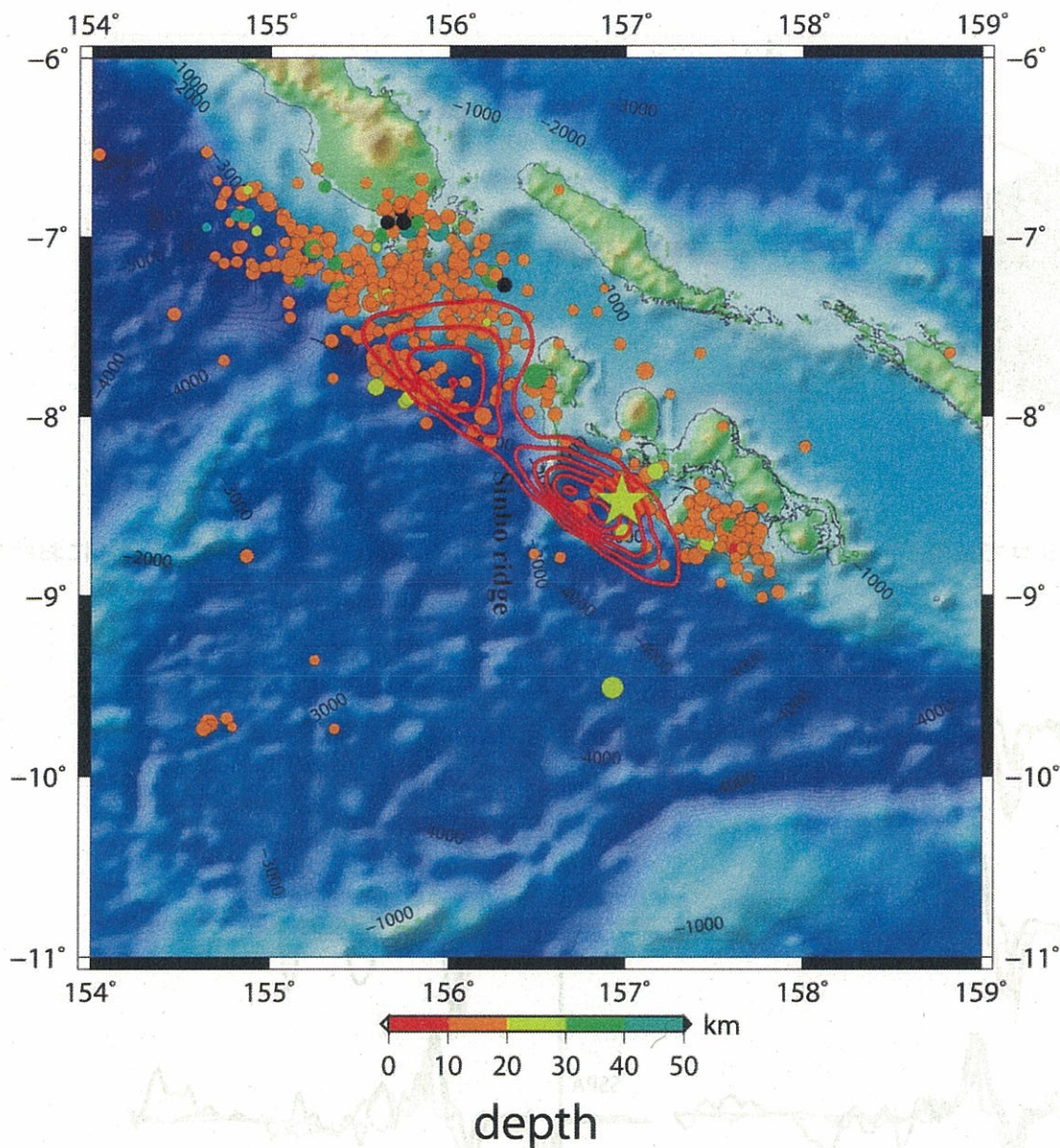


図. 3 今回開発した新しい手法を用いたソロモン諸島で発生した巨大地震の解析結果. 星が破壊の開始点で, 赤いコンターはすべり量 0.6m 間隔で引かれているすべり分布を表している. 丸は本震後 1 ヶ月間の余震をプロットしており, カラーは震源の深さに対応している.

5. 今後の展望

従来の手法では全ての破壊過程を説明することができなかった超巨大地震である 2004 年スマトラ沖地震や 2010 年チリ地震, 震源時間が長く津波地震であると言われている 2006 年ジャワ地震についてこの新しい手法で解析を行いたい.

参考文献

Kikuchi, M. and H. Kanamori, Inversion of complex body wave-III, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **81**, 2335–2350, 1991.

Kawai, K., Takeuchi, N., Geller, R. J. Complete synthetic seismograms up to 2 Hz for transversely isotropic spherically symmetric media, *Geophys. J. Int.*, **164**, 411–424, 2006.

Kennett, B. L. N., Engdahl, E. R., Traveletimes for global earthquake location and phase identification, *Geophys. J. Int.*, **105**, 429–465, 1991.

Kikuchi, M., Nakamura, M., Yoshikawa, K., Source rupture processes of the 1944 Tonankai earthquake and the

1945 Mikawa earthquake derived from low-gain seismograms, *Earth Planets Space*, **55**, 159-172, 2003.

Yamanaka, Y., Kikuchi, M., Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan inferred from regional seismic data, *J. Geophys. Res.*, **109**, 2003JB002683, 2004.

