

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22540433

研究課題名（和文） 実体波の波形インバージョンによる局所的3次元弾性・非弾性内部構造の推定

研究課題名（英文） Investigation of localized 3-D elastic and anelastic structures by body-wave waveform inversion

研究代表者

ゲラー・ロバート（GELLER ROBERT）

東京大学・大学院理学系研究科・教授

研究者番号：40170154

研究成果の概要（和文）：

高密度に設置された地震波観測網のデータセットから効率よく地球深部の情報を抽出する手法として、実体波波形インバージョンを発展させ、地球深部の3次元的地震学的構造を推定可能にし、中央アメリカ下、西太平洋下に適用し、各地域での最下部マントル内S波速度構造を得た。中央アメリカ下においては、沈み込むスラブの残骸とも考えられる高速度以上を発見し、西太平洋下においては、高温のプルームの立ち上りとも考えられる細かな低速度の領域を発見した。

研究成果の概要（英文）：

We have developed methods for inverting seismic waveform data for 3-D Earth structure. We made preliminary applications of our methods to datasets recorded by dense array network of seismometers and obtained 3-D shear velocity structures in the lowermost mantle beneath Central America and the western Pacific. The obtained model for Central America suggests that there is a high velocity zone which associates with a subducted cold slab. The obtained model for the western Pacific suggests the existence of thermal plumes.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 1,700,000 | 510,000 | 2,210,000 |
| 2011年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 2012年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,300,000 | 990,000 | 4,290,000 |

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：内部構造

1. 研究開始当初の背景

我々のグループは広帯域地震波形ネットワークより得られる地震波形データ解析手法として、波形インバージョン手法を開発してきた。高速かつ制度の良い理論波形の計算、効率化したデータ処理法を開発することで、

より詳細な地球内部の地震波速度構造の抽出を可能にしてきた。ところが、これまで当手法は地球半径方向の1次元的地震波構造推定にしか用いられておらず、より良いモデルを構築するために、推定できるパラメータを3次元化することが望まれていた。

2. 研究の目的

これまで独自に開発してきた地震波形データ解析手法、波形インバージョンを拡張子、3次元的地震学的構造推定に適用可能にして、各地のデータに適用すること。

3. 研究の方法

波形インバージョンに必要なことは、観測された地震波形のデータの処理、仮定した初期モデルに対する理論波形、求めたいパラメータに対する波形データの応答の計算等が挙げられる。3次元パラメータに対する波形データの応答を計算できるようにして、観測方程式を解く必要がある。これまでの1次元のパラメータに対する定式化を3次元に拡張し、それを計算するプログラムを組み立て、膨大なデータ処理の効率化を行う。

4. 研究成果

実体波波形インバージョンに用いる理論波形計算ソフトを改良し、より早く必要な地震波形データを計算できるようになった。これにより、今後の逐次的な解析や、より増えていくデータセットに対する詳細な解析をスムーズに行えるようになると期待される。逆問題の定式化 (Geller & Hara 1993) に対して、3次元地震学構造推定に必要な計算プログラムの開発を行い、スーパーコンピュータ、TSUBAMEでの運用を可能にした。

開発したソフトウェアの確認、フレームワークの応用として、中央アメリカ下、西太平洋下マントル最下部地震波速度構造の推定を行った。

北米の地震計ネットワークで得られた、南米で起きた地震データを用い、中央アメリカ下、最下部マントル400kmの領域を垂直方向500km、水平方向500km程度のグリッドに分けS波速度構造を推定した。沈み込んだスラブと考えられる高速度部分が存在することがわかった。

同様に、西太平洋下最下部マントルに対して、S波速度構造を推定した。日本のF-netネットワークで得られたデータを用い、北米のものよりも大きなデータセットで解析を行い、より細かな統計学的分析も行った。得られたモデルは、細かな低速度の領域の存在がわかり、高温のプルームの立ち上がりを示唆した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7件) すべて査読あり

①Konishi, K., K. Kawai, R.J. Geller and N. Fuji, Waveform inversion of broad-band body-wave data for the S-velocity structure in the lowermost mantle beneath the Indian subcontinent and Tibetan Plateau, *Geophys. J. Int.*, **191**, 305-316, 2012

②Fuji, N., S. Chevrot, L. Zhao, R.J. Geller, and K. Kawai, Partial derivatives of high-frequency compressional body waves for 3-D Earth structure, *Geophys. J. Int.*, **190**, 522-540, 2012.

③Kawai, K., and R.J. Geller, Inversion of seismic waveforms for shear wave velocity structure in the lowermost mantle beneath the Hawaiian hotspot, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **183**, 136-142, 2010.

④Kawai, K., R.J. Geller, and N. Fuji, Waveform inversion for S-wave structure in the lowermost mantle beneath the Arctic: Implications for mineralogy and chemical composition, *Geophys. Res. Lett.*, **37**, L16301, doi:10.1029/2010GL043654, 2010.

⑤Kawai, K., and R.J. Geller, The vertical flow in the lowermost mantle beneath the Pacific from inversion of seismic waveforms for anisotropic structure, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **297**, 190-198, 2010.

⑥Fuji, N., K. Kawai, and R.J. Geller, A methodology for inversion of broadband seismic waveforms for elastic and anelastic structure and its application to the mantle transition zone beneath the northwestern Pacific, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **180**, 118-137, 2010.

⑦Kawai, K., and R.J. Geller, Waveform inversion for localized seismic structure and an applications to D'' structure beneath the Pacific, *J. Geophys. Res.*, **115**, B01305, doi:10.1029/2009JB006503, 2010.

[学会発表] (計 18件)

① Kenji Kawai, Kensuke Konishi, Robert J. Geller, Nobuaki Fuji, Methods for inversion of body-wave waveforms for localized three-dimensional seismic

- structure and an application to D" structure beneath Central America, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, 2012/12/5.
- ② Kensuke Konishi, Kenji Kawai, Robert J. Geller, Nobuaki Fuji, Waveform inversion for three dimensional shear velocity structure in the lowermost mantle beneath the western Pacific using data from a dense Japanese seismic network, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, 2012/12/5.
- ③ Robert J. Geller, Kenji Kawai, Kensuke Konishi, Nobuaki Fuji, Waveform inversion for Earth structure: Progress and Prospects, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, 2012/12/5 (Invited).
- ④ 河合研志, 小西健介, グラー・ロバート, 富士延章, 実体波を用いた3次元波形インバージョン法の開発および中米下最下部マントルの3次元詳細構造 日本地震学会秋季大会, 函館市民会館・函館市民体育館, 函館, 2012/10/18.
- ⑤ 長谷川慶, 河合研志, グラー・ロバート, 小西健介, 富士延章, 地震波形分析から示唆される中央太平洋下マントル最下部における超低速度領域の存在, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 千葉, 2012/5/20
- ⑥ Nobuaki Fuji, Sébastien Chevrot, Li Zhao, Robert J. Geller, Kenji Kawai, Efficient calculation of complete 3D Fréchet derivatives for high frequency compressional teleseismic body waves, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, 2011/12/6.
- ⑦ Kenji Kawai, Robert J. Geller, Nobuaki Fuji, Kensuke Konishi, The vertical flow and lateral heterogeneity in the lowermost mantle, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, 2011/12/6.
- ⑧ Nobuaki Fuji, Sébastien Chevrot, Li Zhao, Robert J. Geller, Kenji Kawai, PKP Kernel Calculation up to 1Hz using DSM Method. AOGS 2011, Taipei, Taiwan, 2011/8/9 (Invited)
- ⑨ Kenji Kawai, Robert J. Geller, The vertical flow in the lowermost mantle beneath the Pacific, AOGS 2011, Taipei, Taiwan, 2011/8/9 (Invited)
- ⑩ 小西健介, 河合研志, グラー・ロバート, 富士延章, 広帯域波形を用いた波形インバージョンによるインド下最下部マントル構造, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 千葉, 2011/5/22.
- ⑪ 長谷川慶, 小西健介, グラー・ロバート, 富士延章, 河合研志, 波形インバージョンによる南太平洋下の最下部マントルS波速度構造推定, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 千葉, 2011/5/22.
- ⑫ Kenji Kawai, Robert J. Geller, Taku Tsuchiya, The large low velocity province and the vertical flow beneath the Pacific. American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, 2010/12/16.
- ⑬ 河合研志, グラー・ロバート, 太平洋下最下部マントルにおける上昇流の地震学的証拠, 地震学会秋季大会, 広島国際会議場, 広島, 2010/10/28.
- ⑭ 小西健介, 河合研志, グラー・ロバート, 富士延章, 震源 MT を考慮したより短周期までの地震波形インバージョン - インド下最下部マントル構造 -, 地震学会秋季大会, 広島国際会議場, 広島, 2010/10/28.
- ⑮ 富士延章, シュヴロー・セバスチャン, グラー・ロバート, 河合研志, 趙里, 効率的な3次元波形インバージョン手法の開発, 地震学会秋季大会, 広島国際会議場, 広島, 2010/10/28.
- ⑯ Nobuaki Fuji, Robert J. Geller, Kenji Kawai, Kensuke Konishi, Low Q in the mantle transition zone beneath the Northwestern Pacific? 2010 Western Pacific Geophysics Meeting, Taipei, Taiwan, 2010/6/23.
- ⑰ Kensuke Konishi, Kawai Kenji, Nobuaki Fuji, Robert J. Geller, Showing the waveform sensitivity against model-changing and applying CG method for obtaining Shear wave velocity

structure in the lowermost mantle beneath Central Asia, 2010 Western Pacific Geophysics Meeting, Taipei, Taiwan, 2010/6/23.

- ⑱ 小西健介, 河合研志, ゲラー・ロバート, 富士延章, 地震波速度モデルに対する波形の感度とCG法を用いた波形インバージョンによるインド下最下部マントル速度構造, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 千葉, 2010/5/24.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

ゲラー ロバート (Robert Geller)
東京大学・大学院理学系研究科・教授
研究者番号: 40170154

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし