

# Application of improvement of Green's function by waveform fitting

\*Kunikazu Yoshida<sup>1</sup>, Yujia Guo<sup>1</sup>, Kazuhiro Somei<sup>1</sup>, Ken Miyakoshi<sup>1</sup>

## 1. Geo-Research Institute

近地強震記録を用いた震源過程の解析（震源インバージョン解析）では、解析の過程で小断層からのグリーン関数を理論的に計算する。グリーン関数の推定精度は、震源インバージョンの解析精度を大きく左右することから、これを適切に評価することは非常に重要である。グリーン関数を精度良く評価する方法として、小地震の理論波形が観測記録をよく再現するよう地下構造モデルを調整することで高精度のグリーン関数を求める波形フィッティング手法がある。本研究では、LMGAのモデル化を目標として地表地震断層が現れた2010年Darfield地震(Mw7.1)と2019年Ridgecrest地震(Mw7.1)を対象に震源インバージョン解析を予定しており、これらの地震の震源域付近の観測点を対象に、波形フィッティングによる1次元構造モデルによるグリーン関数の高精度化を試みた。

基本的な解析手順は、Yoshida et al. (2017, EPS)に従った。震源断層ごく近傍で発生した小地震を解析対象として選定し、震源位置、メカニズム解は既往研究の結果をもとに、ライズタイムは試行錯誤で設定する。観測波形には、震源インバージョンの解析周波数を考慮してそれを含むようにバンドパスフィルター（本検討ではおおむね0.2~1 Hz）を適用し、加速度波形は積分して速度波形とする。この条件で、理論波形が観測波形をなるべく再現できるような速度構造モデルを探した。探索では、初期構造モデルとそこから乱数でパラメータを変化させた初期構造モデル群を1000個生成し、これらのモデル群を滑降シプレックス法[Nelder and Mead (1965)]を用い改良してゆく。波形の一致度合いは、 $f=(O-C)^2+p$ として評価した。ここで、 $O$ ,  $C$ はそれぞれ観測および理論波形、 $p$ はペナルティである。ペナルティには、低速度層（上の層よりも速度の遅い層）に関するものと、 $V_p/V_s$ 比の経験式[狐崎・他(1990)あるいはBrocher (2005)]からのモデルのずれに関するものを組み込んだ。

2010年Darfield地震の発生したニュージーランドCanterbury地域については、主に地質情報などから構築された地下構造モデルがあり[Lee et al. (2017)など]、後期白亜紀以降の $V_s < 3$  km/sの堆積物が厚い所で2 km以上堆積している。地殻構造モデルにはトモグラフィによる3Dモデル[Syracuse et al. (2013)]がある。解析ではM4.4と4.7の2つの余震を対象とした。これらの地震の震源位置には、既往研究による再決定震源を用いた。観測点直下のLeeモデル（堆積層モデル）を参考に初期モデルを設定し、層境界深度は固定して堆積層の速度を調整して構造モデルを求めた。堆積層モデルの基盤以深では、上述の3D地殻構造モデルを平均化して水平成層モデルとしたものを設定した。なお、地殻モデルの深さ2~5 kmの $V_s$ は2.9 km/sである。ここでは堆積層モデルと地殻構造モデルはそのまま接続したが、S-P時間が大きく異なる観測点では地殻モデル浅部も調整対象とした。

解析で得られた構造モデルは、初期モデルからはそれほど大きく変化していない。得られた構造モデルを用いて小地震の波形を計算すると、S波部分の波形やS-P時間の理論と観測の対応はおおむね良好である。後続波はフィッティング対象とはしなかったが、一部の観測点での観測波形に今回のモデルでは再現できていない後続波が見られる観測点がある。特に、本震断層の東側のクライストチャーチ市街の観測点で後続波が見られ、付近の盆地構造の影響が考えられる。一方で、震源インバージョン解析で重要なS波付近の数秒間は多くの観測点である程度再現できている。

また、現在2019年7月6日(UT)に発生したカリフォルニア州Ridgecrest地震についても周辺観測点のグリーン関数の解析を進めている。この地震については、余震群の震源再決定が複数の研究者により行われている。ここではM5.0の余震を解析対象としたが、再決定震源は深さが0.8~3.2 kmとばらついている。震源の深さは理論波形に大きく影響するため、震源のばらつきによる解析結果の変化を検討しているところである。また初期

構造モデルとして文献調査等[例えばLee et al. (2014)]から複数のモデルを検討している。発表時には地下構造の地域性や、震源深さが結果に与える影響について議論する予定である。

**謝辞**：本研究は、原子力規制庁の令和2年度原子力施設等防災対策等委託費（内陸型地震の特性化震源モデルに係る検討）事業の一部として実施されました。