

2011年東北地方太平洋沖地震の破壊過程 - 経験的グリーン関数を用いた波形インバージョン -

Rupture process of the 2011 Tohoku, Japan, earthquake estimated by waveform inversion with empirical Green's functions

野津 厚^{1*}

Atsushi Nozu^{1*}

¹ 港湾空港技術研究所

¹ Port and Airport Research Institute

経験的グリーン関数を用いた波形インバージョンにより2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)のすべりの時空間分布を推定した。

仙台などでの東北地方太平洋沖地震(本震とよぶ)の波形は大きく二つの部分からなる。そこで、代表としてMYGH12の波形から前半部分を切り出し、フーリエ振幅をそのまま保ちつつ、フーリエ位相だけを2005年12月17日宮城県東方沖の地震(M6.1)のフーリエ位相に置き換えた波形と、元の波形とを比較すると、前半部分のフーリエ位相と2005年12月17日の地震のフーリエ位相は類似していることがわかる。同様の傾向は他の比較の多くの地点で認められた。そこで、2005年12月17日の地震(地震1とよぶ)の記録を経験的グリーン関数の候補として選定した。なお、地震1はプレート境界地震と考えられる。

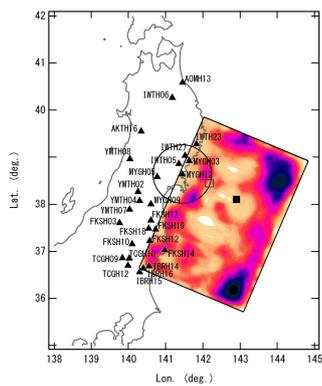
表層地盤の非線形挙動の影響を可能な限り避けるため、KiK-netの地中での観測記録をインバージョンのデータとして用いた。本震と地震1の記録がともに十分な精度で観測できている27地点(図に示す)を選定し、本震のEW成分の速度波形(0.1-0.5Hz)をインバージョンのターゲットとし、地震1のEW成分の速度波形(0.1-0.5Hz)をグリーン関数とした。インバージョンにはS波を含む96秒間を用いた。

インバージョンで仮定した断層面の位置を図に示す。図の は気象庁発表の震源であり、その座標は(東経142.9°, 北緯38.1°, 深さ24km)である。この点を含むように断層面を設定した。断層面の角度は、気象庁のCMT解を参考に、走向は203°, 傾斜10°とした。設定した断層面の長さは390km, 幅は270kmである。図の は2005年12月17日の地震の震央であり、その記録をグリーン関数として用いた。

インバージョンはHartzell and Heaton (1983)の方法に基づいている。390km × 270kmの断層を39 × 27の小断層に分割し、それぞれの小断層でのモーメントレート関数は、地震1のモーメントレート関数とインパルス列との合積で表されると仮定した。インパルス列は0.5秒間隔の12のインパルスからなるものとし、このインパルスの高さをインバージョンの未知数とした。破壊フロントは気象庁の震源から同心円状に速度2.6km/sで広がるものとした。基盤のS波速度は3.9km/sとした。インバージョンには非負の最小自乗解を求めるためのサブルーチン(Lawson and Hanson, 1974)を用いた。また、すべりの時空間分布を滑らかにするための拘束条件を設けた。観測波と合成波を比較する際には記録のヘッダに記載された絶対時刻の情報を用いている。

図にインバージョンの結果として得られた最終すべり量の分布を示す。この図から、非常に大きいすべりが破壊開始点よりも沖合側(海溝側)で生じていることがわかる。また、これとは別に、破壊開始点よりも陸側でも部分的にすべりの大きい部分が見受けられる。なお、ここで示すすべり量には、周期2-10秒の帯域の地震動に寄与しないゆっくりしたすべりは含まれていないため、図のすべり量分布は、周期2-10秒の帯域の地震動の生成に寄与した部分を示したものと受け止めていただきたい。図では沖合側のすべり量が大きい。強震動に対しては、陸側の部分的にすべり量の大きい部分も、距離が小さいこと、また破壊が陸側に向かうことから、大きく寄与していることが考えられる。今回のインバージョン結果によれば、少なくとも、MYGH12の波形の前半部分、MYGH03の波形の前半部分などは、破壊開始点より陸側部分の寄与によるものである。今回の地震において、MYGH12、MYGH03など広範囲で「ふた山ある」波形が観測されたが、これは、まず破壊開始点より陸側の破壊による地震波が到来し(近いのですぐ到来する)、少し間を置いて、沖合側の大きなすべりによる地震波が到来した(遠いので到来に時間がかかる)と解釈できる。なお、沖合側のすべりに関しては、津波だけに関係するようゆっくりとしたすべりではなく、強震動にも寄与するすべり速度の大きいすべりであったことが、インバージョン結果から確認できる。今回の地震で観測されたMYGH12の波形は(主破壊に対応する)PS時間が短いことが一つの特徴である。このことは、破壊開始点より陸側部分がMYGH12の波形の前半部分に寄与しているという今回のインバージョン結果を裏付けるものである。

謝辞: 本研究では(独)防災科学技術研究所のKiK-netの強震記録、F-netのCMT解、気象庁の震源データを使用しています。ここに記して謝意を表します。



キーワード: 2011 年東北地方太平洋沖地震, 破壊過程, 波形インバージョン, 経験的グリーン関数, フーリエ位相, アスペリティ

Keywords: the 2011 off the Pacific coast of Tohoku, Japan, earthquake, rupture process, waveform inversion, empirical Green's function, Fourier phase, asperity