

# 海底圧力計の動的変動記録を用いた震源過程解析 —CMT 解推定精度向上への試み

#久保田達矢・齊藤竜彦・鈴木亘（防災科研）・日野亮太（東北大理）

## はじめに

沖合で地震が発生すると、震源域近傍に設置された海底圧力計（OBP, ocean bottom pressure gauge）は、津波および地殻変動に伴う水圧の変化を観測する。それと同時に、海底の地震動などによる動的圧力変動（ $T < \sim 200\text{s}$ ）も観測する（e.g., Filloux, 1982）。Saito (2013) は、海底が加速度的に変動するときに生じる海底での動的圧力変動の理論解を導出し、海洋音響波の卓越周期（ $T \sim 10\text{ s}$ ）より長い帯域では  $p \sim \rho_0 h_0 a_z$ （ $\rho_0$ : 海水密度,  $h_0$ : 水深,  $a_z$ : 海底の鉛直加速度）の近似が成立することを明らかにした。Matsumoto et al. (2012) は沖合の同一観測点で得られた OBP と地震計の観測記録を比較し、周波数領域で  $p = \rho_0 h_0 a_z$  の関係が成立することを示した。Saito (2017) は海水層を考慮した地震波の数値シミュレーションにより時間領域でこの関係が成り立つことを示した。しかし、これまで、実観測記録から時間領域でこの関係が成り立つことは明確には確かめられていない。この関係が成り立つとすると、OBP は擬似的に上下成分加速度地震計として用いることができる。本研究では、OBP が捉えた動的圧力変動記録を用いて沖合で発生した地震のセントロイドモーメントテンソル（CMT）解を推定し、その結果をもとに  $p = \rho_0 h_0 a_z$  の関係が実観測、時間領域においても成立するか検討した。また、推定された CMT 解について、沖合の OBP の記録を加えたことで推定精度がどのように向上したか検討を行った。

## データ・手法

本研究では、東北沖で 2011 年 3 月 9 日・10 日に発生したプレート境界型地震（Mw 7.2, 6.5, 図 1a）における、東北大の OBP 観測データ（Kubota et al., 2017）を使用した。グリーン関数の計算には波数積分法（e.g., Saikia, 1994）を用い、F-net MT 解の推定に用いられる一次元速度構造を用いた。点震源を仮定し、F-net MT 解の解析で使用された陸上地震計（3 観測点, 3 成分）に、震源よりも沖側にある OBP 観測点 GJT3 の記録（水圧 1 成分）を加えて MT 解の推定を行った。また、観測波形をもっともよく説明するセントロイドの位置もグリッドサーチにより求めた。

## 結果

いずれの地震でも低角逆断層型のメカニズム解（それぞれ Mw 7.2, 6.4）が得られ、地震波の解析で得られたものとよく一致する（図 1a）。またインバージョンに使用した GJT3 の記録はもちろん、インバージョンに使用していない OBP 波形の特徴もよく説明した（一例として図 1b, c に観測点 P09 の記録を示す）。これらの結果は、海底の圧力と加速度に  $p = \rho_0 h_0 a_z$  の関係が成り立っているために得られるものであり、 $p = \rho_0 h_0 a_z$  の関係が実観測に

において時間領域でも成り立つことが確かめられた。

推定されたセントロイドは、F-net MT 解よりも陸側に推定され、その水平位置は津波記録から得られた各イベントの断層 (Kubota et al., 2017, 図 1a, 赤/青矩形) の中央とほぼ等しい。また、観測波形と計算波形の VR (Variance Reduction) が最良解の 90% を超えた領域に基づいてセントロイドの水平位置の推定精度を評価したところ、水圧計 GJT3 を解析に使用しない場合はセントロイドの推定範囲が東西に ~100 km の範囲に分布していた (図 1a, 薄赤/薄青の領域) が、GJT3 を加えることで ~50 km 程度の範囲に分布するようになった (図 1a, 赤/青の領域)。陸域に設置した地震計のみではセントロイドの東西方向の位置の解像能力が低い、震源より沖側の OBP で記録した地震波シグナル (動的圧力変動) を利用することでセントロイドの水平位置の推定精度を向上することができた。

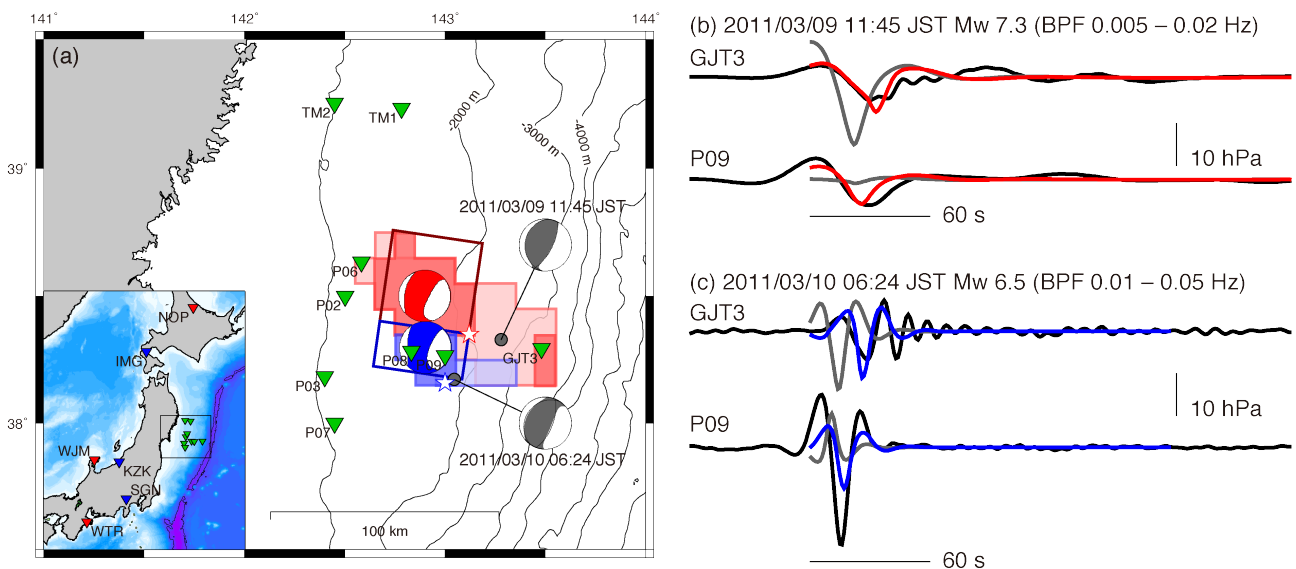


図 1 (a) 2011 年 3 月 9 日 (Mw 7.2, 赤)・10 日の地震 (Mw 6.5, 青) の震央 (星, Suzuki et al., 2012) および破壊域 (矩形, Kubota et al., 2017)。海底圧力計を緑三角で、各イベントの解析に用いた F-net 地震計を、対応する色の三角で示す。F-net MT 解を黒で、本研究で推定した CMT 解を対応する色で示した。陸上地震計記録のみ用いて得られた最良の CMT 解の VR の 90% を超えた領域を薄赤/薄青色で、陸上記録と GJT3 の両方を用いて得られた最良解の VR の 90% を超えた領域を赤/青色で示した。(b) 3 月 9 日の地震における動的圧力変動波形の比較。黒は観測、灰色は F-net MT 解から計算した波形、赤は推定された CMT 解から計算した波形。観測点 GJT3 は CMT 解の推定に使用したが、P09 は CMT 解推定には使用していない。(c) 3 月 10 日の地震における動的圧力変動波形の比較。