

東南海 OBS と DONET への緊急地震速報の単独観測点処理の適用

林元 直樹 (気象研究所)

1. はじめに

気象庁のケーブル式常時海底地震観測システム(東南海OBS)や、JAMSTECの地震・津波観測監視システム(DONET)は、海域で発生する地震の前線観測点であり、地震の早期検知が強い揺れまでの猶予時間確保につながるため、緊急地震速報での活用が期待されている。しかし、海底地震計は地震波速度の遅い未固結堆積層上に設置されているなど、陸上の観測点とは設置環境が大きく異なるため、緊急地震速報における地震検知初期の処理である単独観測点処理が正しく動作することを確認する必要がある。本発表では、東南海OBSとDONETにおいて、単独観測点処理(B- Δ 法¹⁾²⁾による震央距離推定、主成分分析法³⁾による方位推定)を適用し、海底地震計特有の問題について検討した結果を報告する。

2. 東南海 OBS の設置方位の推定

東南海OBSとDONETでは、地震計の水平は保たれているが、水平動2成分は実方位への回転補正が必要である。DONETでは、中野・他(2012)⁴⁾により地震波形から推定した設置方位が報告されているが、東南海OBSは設置時にROVで測定した方位が存在するのみである。そのため、ここではまず東南海OBSの設置方位の推定を行った。推定には、中野・他(2012)の用いた手法のうち、エアガンの振動波形による方位推定(図2)を用いた。ただし、振動方向は中野らが用いた最小二乗法による直線近似ではなく、主成分分析法により推定した第一主成分の方位を用いた。

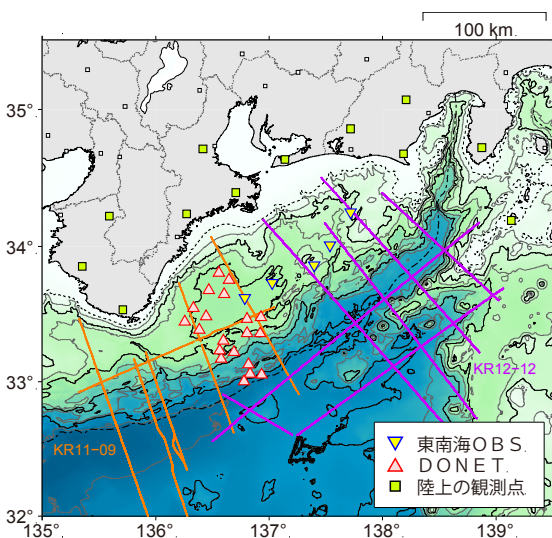


図1. 解析に用いた観測点の配置図。橙と紫の線は設置方位推定に用いた構造探査の測線を示す。

データは2011年のKR11-09航海および2012年のKR12-12航海のエアガン発震位置・発震時刻を利用して振動波形を切り出し、5-20Hzのバンドパスフィルタを適用して、理論到達時刻から5秒間の波形について主成分分析法を適用し振動方向を算出した。SN比や第一主成分の寄与率を用いて選別を行い、最終的な方位の推定を行った。推定した方位は、ROVの測定結果より最大で50度のずれが見られ、OBSでの波形データによる方位推定の重要性を示す結果となった。なお、本手法を用いて推定したDONETの方位は、中野・他(2012)の推定結果との一致が確認できた。

3. 単独観測点処理の適用

2009年2月以降に発生したM3.5以上の地震について、東南海OBS(5点)・DONET(20点、データは2011年4月以降)とその周辺の陸上観測点(12点)でP波を手動検出し、P波から2秒間の3成分合成加速度の最大振幅が0.1galを超えるデータについて、B- Δ 法による震央距離の推定と、主成分分析法による震央方位の推定を行った。

3.1. B- Δ 法の適用

B- Δ 法は、加速度波形上下動成分に中心周波数10-20Hzのバンドパスフィルタをかけ、P波到達後2秒間のP波上下動加速度エンベロープ波形を求め、これ

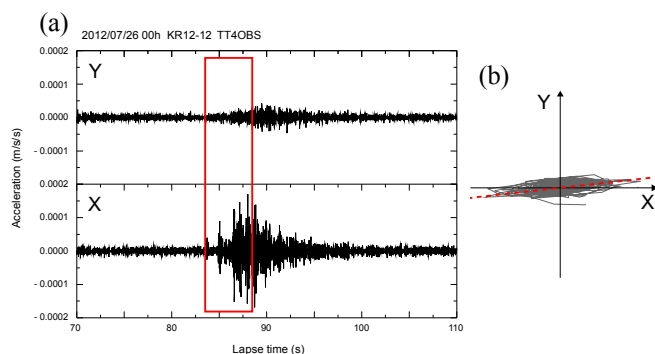


図2. (a)TT4OBSにおけるエアガン記録の水平動成分。(b)赤枠内(5秒)のパーティクルモーション。

表1. ROVで測定した地震計方位とエアガンの振動波形の粒子軌跡から推定した地震計方位

Station	ROV(Y)	推定方位(Y)	方位差	S.D.	Num.
TT1OBS	310°	324°	-14°	5	9716
TT2OBS	0°	357°	+3°	4	11202
TT3OBS	0°	354°	+6°	5	4144
TT4OBS	320°	267°	+53°	5	9838
TT5OBS	320°	303°	+16°	5	3425

に、 $y(t)=Bt \cdot \exp(-At)$ をフィッティングすることで求めた係数Bにより震央距離 Δ を推定する。海底地震計の係数Bの推定結果は、陸上の観測点での係数Bと震央距離 Δ との関係にばらつきの範囲で概ね一致しており、陸上の観測点と同様に、B- Δ 法による震央距離推定の可能性を示している（図3）。

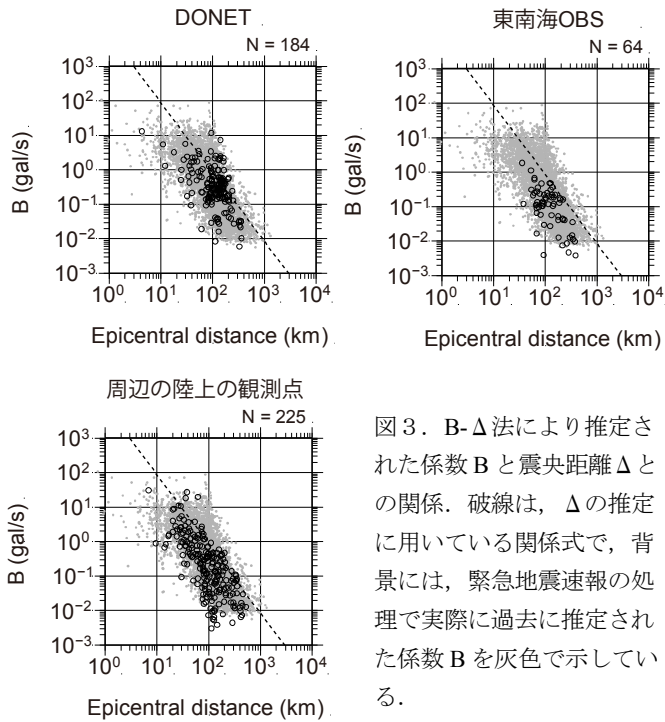


図3. B- Δ 法により推定された係数Bと震央距離 Δ との関係。破線は、 Δ の推定に用いている関係式で、背景には、緊急地震速報の処理で実際に過去に推定された係数Bを灰色で示している。

3.2. 主成分分析法の適用

主成分分析法は、加速度波形を積分して変位波形とし、中心周波数1-2Hzのバンドパスフィルタをかけて、P波到達後1.1秒間の3成分変位波形のパーティクルモーショを描き、その軸から地震波の到来方向を推定する手法である。変位波形を用いるため、データをM4.5以上に制限し評価した。推定した震央方位は、気象庁一元化震源カタログによる震央方位から $\pm 30^\circ$

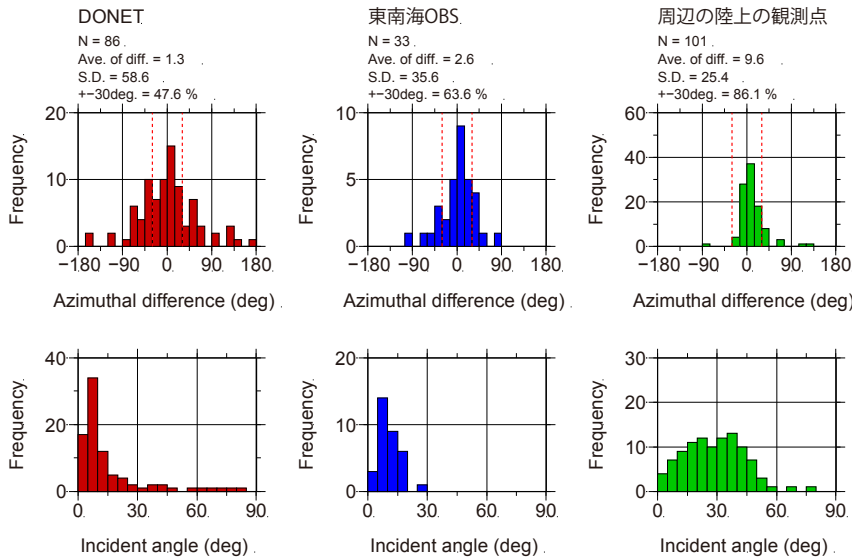


図4. 主成分分析法の解析結果。

(上段) 主成分分析法による推定震央方位と一元化震源の震央方位との差のヒストグラム。

(下段) 主成分分析法により推定された入射角のヒストグラム。それぞれ、左より、DONET、東南海OBS、周辺の陸上の観測点の結果を示している。なお、東南海OBSは今回推定した設置方位で、DONETは中野・他(2012)による設置方位で方位補正を行った。

以内に含まれる割合が周辺の陸上点で80%以上であるのに対し、東南海OBSで64%、DONETでは48%とOBSではやや推定誤差が大きい（図4（上段））。震央方位と同時に推定された地震波の観測点への入射角をみると、OBSでは陸上の観測点と比較して入射角が小さい（図4（下段））。入射角は観測点近傍の表層の速度構造を反映しており、JMA2001⁵⁾の速度構造と入射角表を元に、推定した入射角を説明する表層のP波速度を推定すると、陸上の観測点でJMA2001の最上層のP波速度に近い値になるのに対し、海底地震計では海水中のP波速度に近い値となった。表層の未固結堆積層の影響で波線が鉛直入射に近く、水平動振幅が小さくなるのが、陸上観測点に比べて方位推定誤差が大きくなる要因の1つとして挙げられる。

謝辞

震源データは気象庁一元化カタログを用いました。波形データは気象庁観測点の他、JAMSTECより気象庁に提供されているDONETのデータを使用しました。構造探査のエアガン発震時刻・発震座標（KR11-09, KR12-1）、および地震波速度構造（KR98-06）は、IFREE/JAMSTEC「地殻構造探査データベース」を利用しました。

参考文献

- 1) Odaka, T., K. Ashiya, S. Tsukada, S. Sato, K. Ohtake and D. Nozaka: A new method of quickly estimating epicentral distance and magnitude from a single seismic record, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **93**, 526-532, 2003.
- 2) 東田進也, 小高俊一, 芦谷公稔, 大竹和生, 野坂大輔: P波エンベロープ形状を用いた早期地震震元推定法, *地震*, **56**, 351-361, 2004.
- 3) 気象研究所地震火山研究部: 自動検測手法の研究, *気象研究所技術報告*, **No.16**, 56-100, 1985.
- 4) 中野優, 利根川貴志, 金田義行: 地震動波形から推定したDONET地震計の方位, *JAMSTEC-R*, **15**, 77-89, 2012.
- 5) 上野寛, 島山信一, 明田川保, 舟崎淳, 浜田信生: 気象庁の震源決定方法の改善—浅部速度構造と重み関数の改良—, *駿震時報*, **65**, 123-134, 2002.