

ケーブル式海底地震計の単一成分データを使ったマグニチュード推定

中村武史 (防災科学技術研究所)・林元直樹 (気象庁)

大地震の発生が予想されている海溝やトラフ域周辺において、DONET や S-net をはじめとする海底リアルタイム地震観測網が整備されたことにより、海域で発生した地震のシグナル検知時間の短縮や検出限界の向上、震源決定等各種解析の精度向上が確認されている。本研究では、1996 年に三陸沖に設置されたケーブル式地震・津波観測システム (Kanazawa and Hasegawa, 1997) (以下、三陸沖ケーブルシステム) の加速度計データを解析して、2011 年東北地方太平洋沖地震を含む、海底観測点周辺での中～大規模地震時の波形の異常な増幅やケーブルの挙動、マグニチュード推定をはじめとする振幅解析への影響について調査したので報告する。

海底ケーブルを使ったリアルタイム地震観測網のシステムとして、ケーブルとセンサーが一体となったインライン型 (Shinohara et al., 2013) と、センサーの着脱が可能な端子を備えたノード型 (Hishiki et al., 2016) に大別される。三陸沖ケーブルシステムは、3 点の地震観測点と 2 点の水圧観測点を持つインライン型で構成され、地震観測点については、DC 成分までフラットな特性を持つ加速度計を備えている。インライン型の地震観測では、敷設や地震時に発生するケーブルのたわみやねじれの影響、ケーブルに組み込む円筒型の地震計の形状のため、ケーブル軸方向とそれと直交する方向成分間での応答特性の違いや、ケーブル軸まわりの回転が発生しやすいことがこれまでの研究で指摘されている (例えば、Yamamoto et al., 2005; Landschulze and Mjelde, 2014; Hayashimoto et al., 2016)。本研究で 2011 年東北地方太平洋沖地震時の三陸沖ケーブルシステムの加速度計の波形を調べたところ、地震時に最大 847 gal の加速度オフセット (観測点 E.SOB1 の Z 成分)、ケーブル軸を中心とした 58° の回転、ケーブル軸方向 1° の傾斜が発生していたことが分かった。これらの値は、先行研究で示されていた、2003 年十勝沖地震時の釧路沖ケーブルシステムでのケーブルの回転角 5° 、傾斜角 0.3° (Yamamoto et al., 2005; Hayashimoto et al., 2016) と比べて非常に大きい値であり、地震時にケーブルが大きく動いたことを示している。

三陸沖ケーブルシステムの各観測点における 2011 年東北地方太平洋沖地震時の加速度波形を図 1 に示す。ここで、X 成分はケーブル軸方向、Y・Z 成分はそれと直交する方向成分の加速度波形を示す。地震発生後約 70~130 秒の間に、矩形的な長周期シグナルの発生やオフセット及びトレンド成分の混入、正負非対称の振動を含む特異な波形形状が見られ、この前後でケーブルの回転・傾斜の影響による重力加速度の成分間での再配分、すなわち DC 成分の加速度オフセットが生じている。他の地震時の波形も含め、オフセットは、Y・Z 成分と比べて X 成分で小さく、ケーブル軸方向がケーブルの姿勢変化の影響を受けにくい方向であることを示している。このため、加速度波形を積分した速度や変位波形においては、オフセット時あるいはオフセットそのものの混入による振幅の増幅の影響が Y・Z 成

分で顕著に現れ、一方、X成分ではその影響が相対的に小さいことが推測できる。

気象庁による緊急地震速報で使用されている変位マグニチュードの経験式（清本・他, 2010）を用いて、三陸沖ケーブルシステムの3成分合成及びX成分それぞれの変位波形振幅を用いて、各観測点における変位マグニチュードの推定を行った。その結果、2011年東北地方太平洋沖地震（M_{JMA}9.0）時のマグニチュードについて、3成分合成波形を使用して解析した場合、ケーブルの回転に伴うY・Z成分の変位振幅の増幅の影響を強く受け、M10.0を超える過大評価となることが分かった。一方、X成分のみを使用した場合、最大でM9.5となった。変位波形に残留する変位オフセットを除去するためのハイパスフィルター（遮断周期10秒）の適用と、観測点周辺の数値構造や浅部地盤の影響による系統的な増幅に対する補正値を導入した場合、3成分合成でM9.0~9.8、X成分でM8.3~8.6となり、X成分波形の使用が過大評価の抑制につながるということが分かった。しかし、X成分のみを使用する場合においても、使用周期帯（変位周期6秒以下）から予想されるマグニチュードの飽和値（M8.0程度）（Hoshiba et al., 2011）を超えており、マグニチュードや変位振幅が過大である問題はなお残る。海域の地震に対する地震警報システムの高度化に向け、震源近傍での観測データを活用するべく、ケーブル式海底地震観測点に特化したデータ解析手法のさらなる研究開発が必要である。

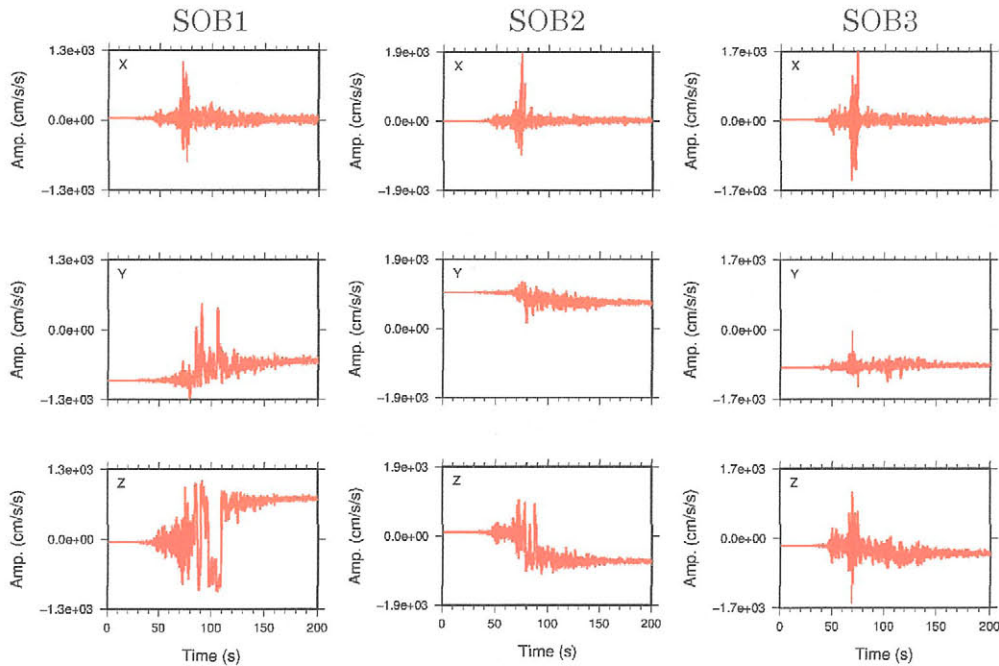


図1：2011年東北地方太平洋沖地震時の三陸沖ケーブルシステムにおける加速度波形

謝辞

本研究では、東京大学地震研究所が設置・運用している三陸沖ケーブル式地震・津波観測システム（Kanazawa and Hasegawa, 1997）の加速度計データを使用させていただきました。深く感謝致します。