

海底地震計のサイト特性の評価と陸上での震度予測可能性の検討

林元 直樹・干場 充之 (気象研究所)

1. はじめに

林元・干場¹⁾²⁾は、気象庁が2008年10月より運用を開始した東海・東南海沖のケーブル式常時海底観測システム(東南海OBS)や、JAMSTECにより2011年に紀伊半島沖に設置された地震・津波観測監視システム(DONET)などの海底地震計(OBS)では、地震波の増幅により、緊急地震速報の全相マグニチュード(M)が過大となることを示した。これらの増幅は、海底の未固結堆積層や付加体の影響によるものと考えられ、Nakamura et al.³⁾による周波数帯域0.1-0.2Hzでの差分法による波形シミュレーションにおいても、地震波の増幅が堆積層と海水の影響により説明できることが示されている。OBSでは、このような特殊な設置環境の影響(サイト特性)を把握することが、緊急地震速報への活用のために重要である。Mの推定と同様に、震度の予測もサイト特性の影響を受ける。Hoshiya⁴⁾は、次世代の緊急地震速報として、震源決定を介さずに波動場の実況把握から震度を予測する手法を提案しているが、観測点でのサイト特性の把握はこの手法の重要な要素の1つであり、これまでに関東地方のKiK-netの深井戸の観測点⁵⁾や、気象庁震度観測点⁶⁾について、周波数依存するサイト特性の検討が行われている。OBSは、海域で発生する地震の前線観測点として、陸上での震度を予測するために重要であるが、これまでOBSにおけるサイト特性が議論されたことはほとんどない。今発表ではOBSのサイト特性の震度への影響を検討するため、観測点間のスペクトル比よりサイト特性を調査し、OBSで記録された波形からの陸上の震度の予測可能性について検討した結果を報告する。

2. データおよび手法

解析には、陸に近く、周辺30km以内に陸上の観

測点が多く存在する防災科学技術研究所の相模湾OBSと、OBS間の観測点間隔が10~20kmと面的に稠密で、緊急地震速報への利用が開始あるいは検討されている東南海海域のOBS(DONETおよび東南海OBS)のデータを用いた(図1)。観測点間の距離に対して震源距離が十分に遠いならば、観測点間のスペクトル比はサイト増幅特性の比とみなすことができる。近接したOBSと陸上の観測点のペアについて、震央距離が100km以上で発生した地震のS波部分20秒間のフーリエスペクトルより、観測点間のスペクトル比を算出してサイト増幅率を推定した。

3. OBSと陸上の観測点との間のスペクトル比にみられる特徴

図2に、相模湾OBSのKNG206とK-netのKNG004(三崎)(観測点間距離:23km)、図3に、DONETのKMA01とKiK-netのMIEH05(尾鷲, 地表)(観測点間距離:46km)のスペクトル比の例を示す。比較する陸上の観測点により若干異なるが、短周期側で陸上の観測点が相対的に増幅するのに対し、長周期側でOBSでの増幅が顕著となり、サイト増幅特性が周波数依存する様子が認められる。同様の特徴は、宮腰・ほか⁷⁾により三陸沖OBSでも指摘されているが、周波数によって相対的なサイト増幅特性が変化し、上下動と水平動では増幅の傾向が異なることが確認できた。また、OBS同士を比較すると、設置場所により増幅率が異なる様子が認められ、直下の堆積層や付加体などの構造の違いを表していると考えられる。

4. 震度予測の可能性

OBSで得られた波形記録から、陸上の観測点の震度を予測することを考える。2点間の平均震度差を補正值とした場合の予測震度と、観測点間のスペクトル比を相対的な増幅率とした時の予測震度とを比較した

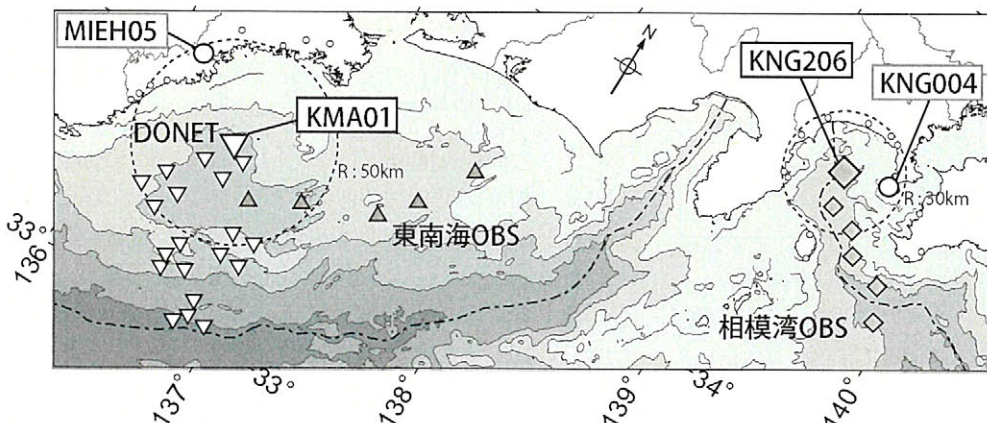


図1. 解析に使用した観測点の分布図。KMA01(DONET)から50km、KNG206(相模湾OBS)から30kmの距離を破線の円で示している。

ところ、KNG206からKNG004での震度を予測した例では、予測残差のRMSは0.41から0.33へ約20%の改善がみられた(図4左)ほか、相模湾OBS各地点のデータから周辺50km以内の陸上の観測点での震度を予測した場合の予測残差のRMSの平均値は、0.40から0.34に減少した(図5)。陸の観測点との間隔がやや大きい東南海海域のOBSでも、KMA01からMIEH05を予測した例では、予測震度残差のRMSは0.72から0.61となった(図4右)。これらの結果は、OBSにおいても周波数依存する増幅率を用いて補正を行うことの有効性を示している。

5. まとめ

次世代の緊急地震速報として、波動場の推定から震度を予測する手法が検討されている。波動場の推定と地震動の予測には、サイト増幅特性の把握が重要である。今回の結果はOBSの記録についても、Hoshihaのリアルタイムサイト補正手法⁸⁾を用いることで、実時間での波動場の推定に活用できる可能性を示している。迅速な震源決定のみではなく、伝播する波動の前線観測点としてOBSを活用することにより、沿岸地域の揺れの予測の精度向上に貢献できると考えられる。

謝辞

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、防災科学技術研究所のK-net、KiK-netのデータを使用しました。

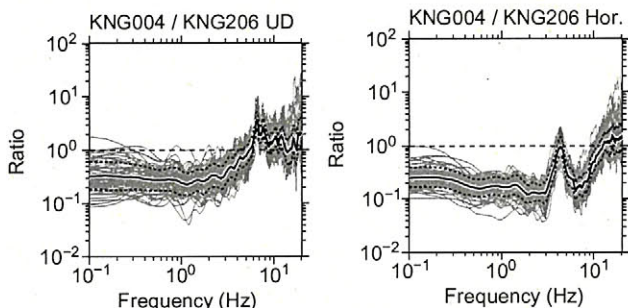


図2. KNG206(相模湾OBS)とKNG004(K-net三崎)のスペクトル比(観測点間距離:29km,左:上下動,右:水平動2成分合成)。イベントごとのスペクトル比の幾何平均(黒線)を相対的サイト増幅率として補正に用いた。

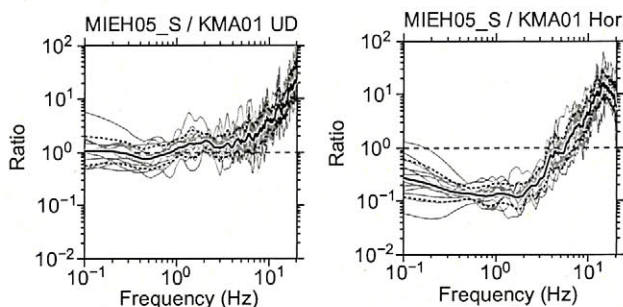


図3. KMA01(DONET)とMIEH05(KiK-net尾鷲,地表)のスペクトル比の例(観測点間距離:46km)。

記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 林元直樹, 干場充之: 緊急地震速報における東南海海底地震計活用のための走時補正・マグニチュード補正の検討, 験震時報, 76, 69-81, 2013.
- 2) 林元直樹, 干場充之: 緊急地震速報にDONETを活用するためのマグニチュード補正の検討, 日本地球惑星科学連合大会, SSS40-P06, 2012.
- 3) Nakamura, T., M. Nakano, N. Hayashimoto, N. Takahashi, H. Takenaka, T. Okamoto, E. Araki, and Y. Kaneda: Anomalous large seismic amplifications in the seafloor area off the Kii peninsula, Marine Geophys. Res., (submitted).
- 4) Hoshiha, M.: Real-time prediction of ground motion by Kirchhoff-Fresnel boundary integral equation method: Extended front detection method for Earthquake Early Warning, J. Geophys. Res. Solid Earth, 118, 1038-1050, 2013, doi:10.1002/jgrb.50119.
- 5) 岩切一宏, 干場充之: 深井戸の強震データによる震度予測: 震度差による方法とスペクトル比による方法, 日本地震学会秋季大会, P2-41, 2011.
- 6) 青木重樹, 干場充之: コーダ規格化法により推定した気象庁震度観測点のサイト増幅率の特徴, 日本地震工学会大会, 2012.
- 7) 宮腰寛之, 津野靖士, 岩田直泰, 山本俊六, 酒井慎一, 篠原雅尚: 早期地震警報システムに海底地震計を利用するための基礎検討, 日本地球惑星科学連合大会, SSS23-P03, 2013.
- 8) Hoshiha, M.: Real-time correction of frequency-dependent site amplification factors for application to Earthquake Early Warning, Bull. Seism. Soc. Am., (in Press).

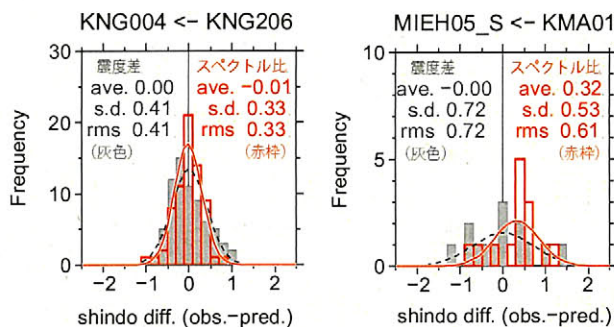


図4. OBSから陸上の震度を予測した場合の予測残差のヒストグラム。灰色が平均震度差による予測残差, 赤棒がスペクトル比を用いた予測残差を示す。左: KNG206(相模湾OBS)からKNG004(K-net三崎)を予測した例, 右: KMA01(DONET)からMIEH05(KiK-net尾鷲, 地表)を予測した例。

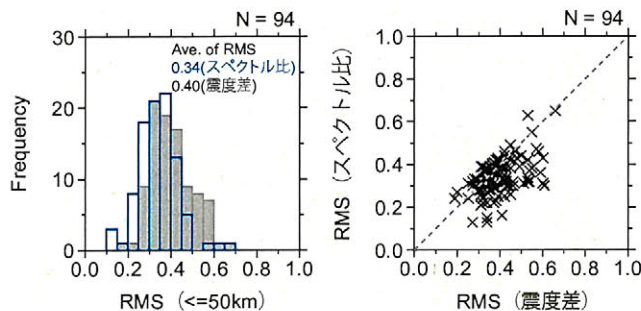


図5. 相模湾OBS各地点のデータから、50km以内の陸上の観測点の震度を予測した場合の、震度差による予測(灰)とスペクトル比を用いた予測(青棒)との、各ペアでの予測残差のRMSのヒストグラム(左)と、それぞれのRMSの関係(右)。