

## はじめに

鉄道沿線や海岸線には警報用の地震計が配置されており、揺れを捉えると即時的に列車運行の可否が判断され、走行列車の減速・停止が行われている。地震警報としては、規定値超過による地震警報と P 波による早期地震警報が、走行列車の安全性確保のために実用化されている。現行の規定値超過手法は、主として S 波の主要動部分で警報（通称：S 波規定値超過警報）を出力していることから、走行列車を停止するための余裕時間を十分に確保することができていない。本研究では、P 波を利用するにより、 $T_{s-p}$  の余裕時間を確保することを目的として、P 波規定値超過手法について検討した。

## 使用データ

P 波規定値超過手法を検証することを目的に、観測点 A と B において 2016 年 9 月～2017 年 6 月に臨時連続地震観測を実施した。観測点 A は軟弱地盤上(AVs30: 150m/s 程度)に位置し、観測点 B は岩盤上(AVs30: 650m/s 程度)に位置しており、地盤環境が異なる観測点 A と B をテストサイトを選定した。観測には、加速度計（ミットヨ：JEP-6A3）とデータロガー（白山工業：LS8800）を使用した。図 1 に、使用した地震の震央と観測点の位置を示しているが、2016 年 11 月 22 日に福島県沖でマグニチュード ( $M_j$ ) 7.4 の地震が発生したこともあり、取得データの大半は福島沖の地震が占める。一方で、図 2 に示すように深さ (6~59km) とマグニチュード ( $M_j$  3.8~7.4) については、多様な地震データが取得されていることが分かる（観測点 A：18 地震、観測点 B：47 地震）。

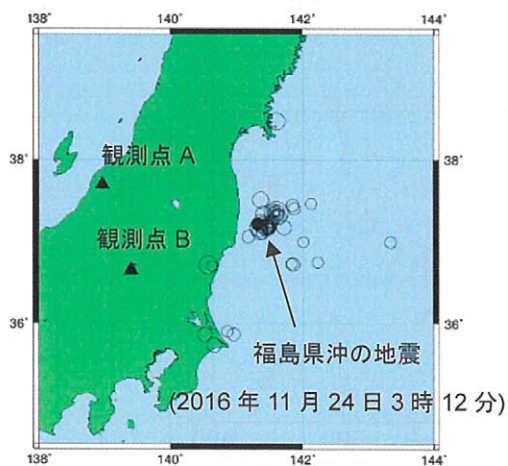


図1 使用した地震の震央(O)と観測点(△)の位置

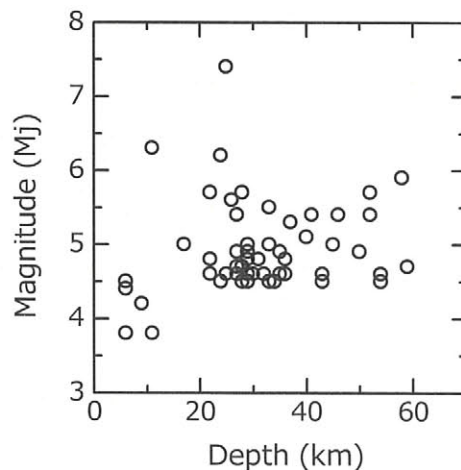


図2 地盤の深さとマグニチュード ( $M_j$ )

## 予測精度と余裕時間

観測された P 波初動から 10.24 秒のデータ区間のフーリエ・スペクトルに、算出した S 波/P 波のスペクトル比を掛け合わせることで、P 波スペクトルから S 波スペクトルを予測した。観測点 B に対する 2016 年 11 月 24 日 3 時 12 分に福島県沖で発生した  $M_j$  4.8 の中規模地震の予測結果を図 3 に示す。図 4 に、全地震データ（観測点 B：47

個)に対する本手法を用いたS波の最大加速度 (PGA) の予測結果を示す. 大半の予測結果は, 予測値/観測値の $\pm\sigma$  (地震点B : 0.19) に収まっており, 単一指標である最大加速度 (PGA) 値を利用する場合において, 本手法が有効であることが示された.

観測点 Bで観測された地震データから算出したP波最大値とS波最大値の出現時間差を図5に示す. 図5の点線は, 地殻中に伝播する地震波のS波速度を4km/sとした場合の理論 $T_{s-p}$ 時間である. 本地震観測で収録されたデータは, 福島県沖で発生した地震が大半であるが, 観測点BにP波規定値超過手法を適用した場合は, 福島県沖で発生した地震に対して, 従来手法よりもそれぞれ約20 10秒以上の余裕時間が生じることが分かる.

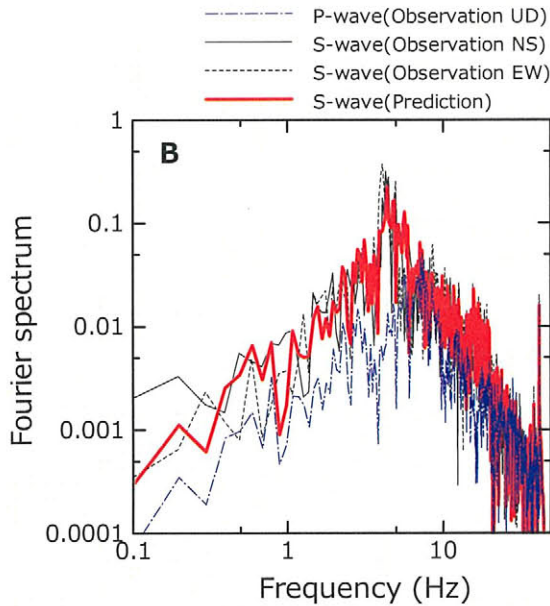


図3 観測点Bに対する  
S波スペクトルの予測結果

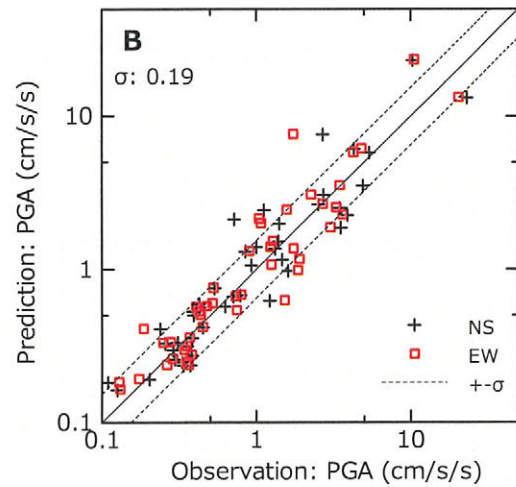


図4 観測点Bに対する  
S波の最大加速度 (PGA) 予測結果 (全地震)

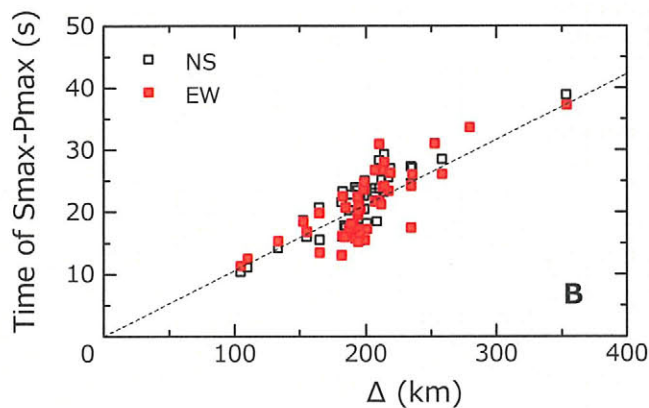


図5 観測点 Bの震央距離( $\Delta$ )に対する P波と S波の最大値出現 (Smax-Pmax) 時間差

### まとめ

本研究では, P波データを利用することで, 従来のS波規定値超過手法よりも, 大幅に余裕時間 ( $T_{s-p}$  時間) を確保する手法を提案した. P波とS波の振幅比の関係を実測データの解析により示し, P波の最大加速度を利用して標準偏差 0.2 程度のばらつきでS波の最大加速度を予測できることを示した.