

## ボアホール地震記録を利用した地表地震動の即時予測手法に関する基礎検討

(公財)鉄道総合技術研究所 ○(正)宮腰寛之 (正)津野靖士 (非)山本俊六

## 1. はじめに

首都直下地震では地震発生から主要動到達までの時間差が短いため、地表地震計で観測された P 波初動から震源情報を推定して早期地震警報を出力する従来の方法よりも、ボアホールで観測した P 波から直接的に地表での S 波を即時予測する方法の方がより単純かつ正確に早期地震警報を出力できる可能性がある。

一方、地震時に列車運転規制が行われた場合、地震計設置間隔に応じた規制区間(概ね数十 km)を全て徒歩等で点検する必要があるため、運転再開までに時間を要しているのが現状である。ボアホールで観測した地震波が基盤内の一定範囲でほぼ一様に分布すると仮定すれば、ボアホールで観測した S 波と地下構造情報を組み合わせることで地震発生直後に地表地震動を面的に予測し、規制区間内の地震動分布により点検範囲を絞り込むための情報を与えることが可能になると考える。

そこで本研究では、ボアホール地震記録を利用した地表地震動予測手法を開発することを目的として、観測記録の最大加速度及び最大速度を用いて地中と地表の地震動の関係を把握する。

## 2. 使用したデータ

首都圏の KiK-net 観測点のうち、図 1 に示すボアホール深さ 2,000m 以上の観測点を使用した。各観測点の深さを図 1 に赤字で示す。地震は関東平野周辺(北緯 34.5~37.0 度, 東経 138.5~141.0 度)を震源とする地震記録を使用した。P 波は鉛直成分, S 波は水平 2 成分のベクトル和とする。加速度波形から速度波形を求める際にはカットオフ周波数 0.1Hz, 20Hz の Butterworth 型バンドパスフィルタによる処理を行った。

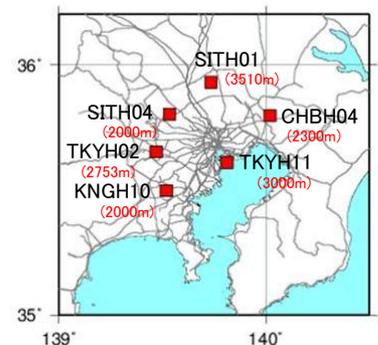


図 1. 使用した観測点

## 3. 地中と地表における最大振幅の関係

地中 S 波( $S_B$ )と地表 S 波( $S_S$ )の最大加速度, 最大速度の関係の例を図 2 に示す。両者の関係は次式で現わすことが可能であり, 各観測点の全観測記録に対して誤差が最小になるようにフィッティングした結果を図 2 に赤線で示す。

$$\log S_S = \log S_B + b_1 \quad (1)$$

ここで  $b_1$  は地盤増幅を現わすパラメータである。図 2 より両者の相関係数は 0.8~0.9 程度と高いことがわかる。このことは観測点直下の地下構造による地盤増幅を与えることで  $S_B$  から  $S_S$  を精度良く予測可能であることを示している。

次に, 地中 P 波( $P_B$ )と地中 S 波( $S_B$ )の最大加速度及び最大速度の関係の例を図 3 に示す。両者の関係は次式で現わすことが可能であり, 各観測点の全観測記録に対して誤差が最小になるようにフィッティングした結果を図 3 に赤線で示す。

$$\log S_B = \log P_B + b_2 \quad (2)$$

ここで  $b_2$  は各地震のラディエーション係数及び主として震源周辺の S 波/P 波速度の比の影響を含んだパラメータである。図 3 より両者の相関係数は 0.7~0.9 程度と高いが,  $S_B$ - $S_S$  の相関係数と比較すると若干低くなる。このことは式(2)と式(1)を用いて  $P_B$  から  $S_S$  を予測する場合には, 先に述べた観測点直下の地下構造による地盤増幅のバラつきによる影響よりも各地震のラディエーションのバラつきによる影響が大きく現れることを示している。図 4 にこれまで求めた相関係数に加えて  $P_B$ - $S_S$  の相関係数を示す。図 4 より  $P_B$ - $S_S$

キーワード ボアホール, 関東平野, 即時予測, 最大加速度, 最大速度

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL042-573-7273

の相関係数は他のケースと比較して最も低くなる傾向にある。このことは  $P_B-S_S$  の関係が地下構造による地盤増幅の影響とラディエーションの影響を両方受けており、特にラディエーションの影響を大きく受けていることを示している。

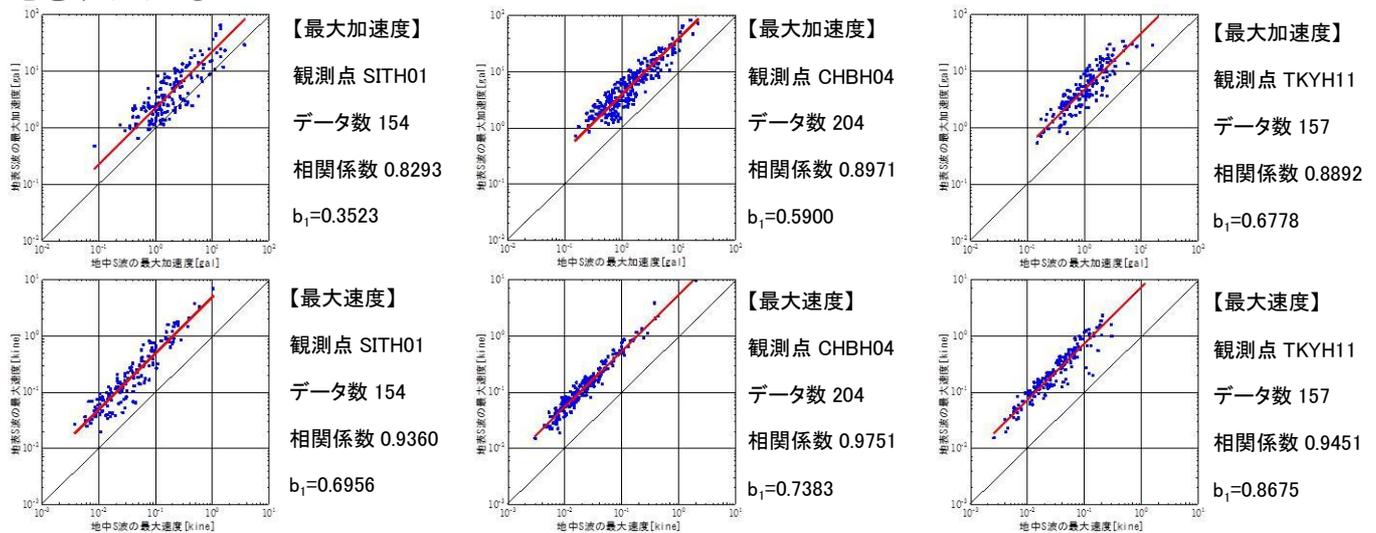


図 2. 地中 S 波と地表 S 波の最大加速度(上段), 最大速度(下段)の関係の例

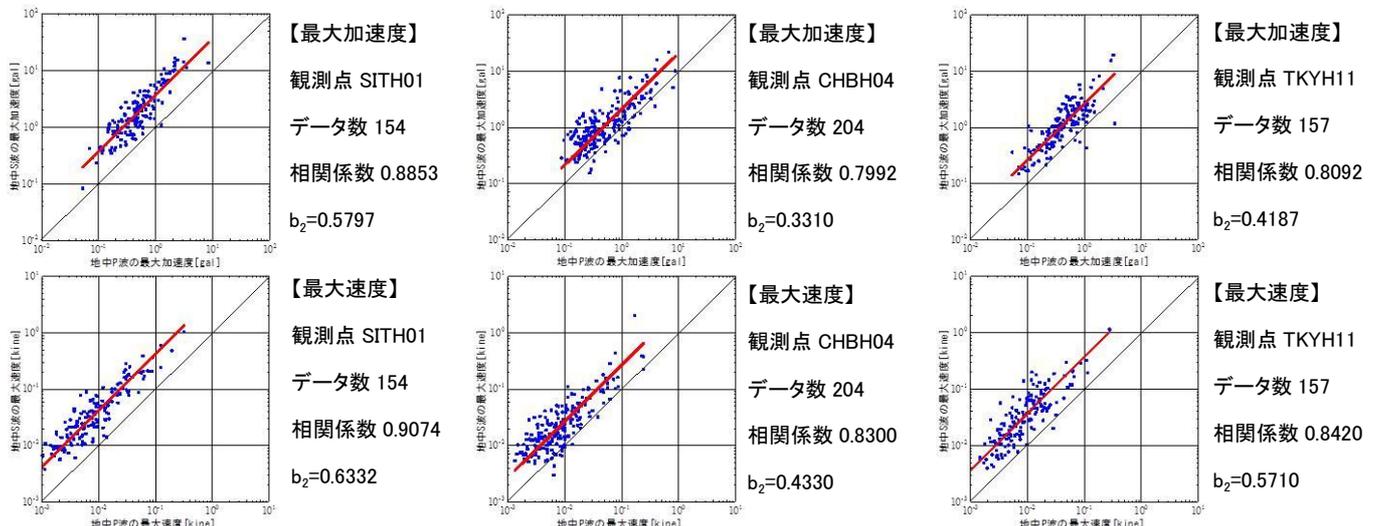


図 3. 地中 P 波と地中 S 波の最大加速度(上段), 最大速度(下段)の関係の例

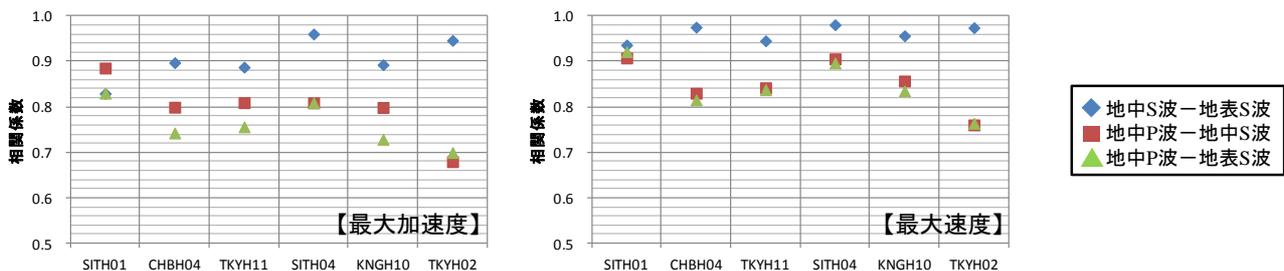


図 4. 各観測点の最大加速度, 最大速度の相関係数

#### 4. まとめ

本研究では、観測点直下の地盤増幅を与えることで地中 S 波から地表 S 波を精度良く予測可能であることを確かめた。また、地中 P 波から地表 S 波を予測する場合には各地震のラディエーションのバラつきによる影響が現れることを確かめた。

#### 謝辞

本研究では、防災科学技術研究所 KiK-net の地震記録を使用しました。記して感謝いたします。

#### 参考文献

1) 芦谷ほか, 2007, 鉄道の地震警報システムにおける緊急地震速報の活用, 物理探査, 60, 387-397