

強震記録を用いた京都一奈良盆地深部地盤構造モデルの検証  
 Validation of the deep velocity structure model in the Kyoto and Nara basins using strong motion records

○浅野公之・関口春子・岩田知孝

○KimiYuki ASANO, Haruko SEKIGUCHI, Tomotaka IWATA

Travel time data obtained by autocorrelation and receiver function analyses of strong motion waveform data can be used to test and improve the deep sedimentary basin velocity structure model. The waveform data from strong motion stations in the Kyoto and Nara basins were analyzed by the autocorrelation method. The two-way travel time of SH-wave was identified on the obtained autocorrelation function for each station, and it was compared with the theoretical two-way travel time of the basin velocity structure model by Sekiguchi *et al.* (presented in this meeting as B306). We also check the PS-P travel time from the receiver function analysis in the Kyoto basin from the previous work.

### 1. はじめに

京都盆地や奈良盆地は、主として大阪層群以降の堆積物によって埋積されている堆積盆地であり、盆地基盤の深さは、京都盆地と奈良盆地いずれも、最深部で約 700 m である。関口・他（本研究発表会 B306）は、奈良盆地東縁断層帯などで発生する地震の強震動予測の高精度化のため、京都盆地から奈良盆地にかけて地域の三次元深部地盤構造モデルを新たに作成した。本発表では、両盆地内の既存強震・震度観測点における強震波形記録を解析することで得られる反射波や変換波の走時情報を用いて、深部地盤構造モデルの検証を試みた。

### 2. 強震波形記録の自己相関関数解析

Fukutome *et al.* (2021)は、大阪盆地及び京都盆地の既存強震観測点の強震波形記録を対象に、SH 波部分の自己相関関数を解析し、堆積層／基盤岩境界での反射 SH 波を検出し、直達 S 波との走時差を求めた。そして、大阪盆地深部地盤構造モデル（Sekiguchi *et al.*, 2016）による理論走時との比較・議論、基盤深度修正の提案を行った。本研究では、Fukutome *et al.* (2021)で得られた知見を参考にし、京都盆地及び奈良盆地の強震・震度観測点の強震波形記録を対象に自己相関関数解析を実施した。京都盆地については、Fukutome *et al.* (2021)でも解析されているが、その後、京都市の記録を新たに多数収集することができたので、改めて解析を実施した。

解析手順は、基本的に Fukutome *et al.* (2021)と同様である。Fukutome *et al.* (2021)では、個々のイベントトリガー記録の S 波オンセットを全て目視で読み取り、Transverse 成分の S 波及びその後続動部分のみのタイムウィンドウ（ウィンドウ長は 10 秒または 15 秒）を抽出して解析した。一方、本研究では、主として作業効率の観点から、Chimoto and Yamanaka (2019)に倣い、イベントトリガー記録を Transverse 方向に座標変換した後、全波（ただし記録開始時刻から最長で 81.92 秒まで）の自己相関関数を計算した。京都市内の主な観測点での解析結果について、Fukutome *et al.* (2021)と大きく変わらないことは確認した。

まず、各記録の水平動成分を Transverse 成分に座標変換し、Fourier 変換を行う。Phạm and Tkalčić (2017)に従い、スペクトルホワイトニングを行った。スペクトルホワイトニングを行うときの周波数帯幅は観測点毎に適切な値を選択した。周波数領域で自己相関関数を計算し、Fourier 逆変換の後、帯域通過フィルタ（帯域は観測点毎に調整）を適用した。最後に、Phase Weighted Stack 法（Schimmel and Paulssen, 1997）により、全ての記録の自己相関関数をスタックした。その際、各イベント波形の入射角を JMA2001 速度構造によって計算した。Fukutome *et al.* (2021)では 1 次元速度構造を用いた数値実験から、震央距離  $L$  と震源深さ  $D$  の比  $L/D$  が 7 以下のもののみを使用することを提案している。それも踏まえ、本研究では、入射角 50 度以内

かつ  $L/D$  が 7 以下のイベント記録のみを使用した。なお、京都盆地や奈良盆地では、堆積層と基盤岩の S 波速度コントラストが約 3 倍と大きいため、堆積層／基盤岩境界にある程度の入射角をもって入射した波でも、堆積層内ではほぼ鉛直に伝播していることを認識して頂きたい。

図 1 に京都市伏見区向島の震度観測点（2021 年度末廃止）での解析結果を例として示す。個別のイベント記録の自己相関関数（左）では必ずしもはっきりしないものの、スタック後の自己相関関数（右）では、時刻約 1.8 秒に盆地基盤面からの反射波と想定される相が見られる（反射波は極性が反転する）。

### 3. 議論とまとめ

各観測点で得られた最終的な自己相関関数から、盆地基盤面からの反射波と考えられる相の走時を読み取った。この走時は、地表面と盆地基盤面との間の S 波の往復走時に対応する。このため、得られた往復走時は、深部地盤構造モデルの盆地基盤深さと同様の傾向となり、基盤面が深いほど往復走時が大きくなる。

関口・他（本研究発表会 B306）による深部地盤構造モデルから、各観測点直下の速度構造を一次元速度構造として抽出した。その一次元構造を用いて、S 波の理論往復走時を計算した。前述の伏見区向島での理論往復走時は 1.5 秒であり、モデルに比べて観測が約 0.3 秒遅い。

また、Shimomura *et al.* (2017) や浅野・他 (2018) は、京都盆地及びその周辺の既存強震観測点を対象に、レーシーバ関数解析を行い、堆積層／基盤岩境界での PS 変換波と直達 P 波の走時差（PS-P 時間）を求めている。これらについても比較検証を行う予定である。例えば、京都市伏見区向島での観測 PS-P 時間は 0.68 秒、深部地盤構造モデルによる理論 PS-P 時間は 0.51 秒であり、理論走時差がやや小さく、反射波の往復走時と同様の傾向である。このことから、この地点での実際の基盤深度は、モデルよりももう少し深い可能性が考えられる。

もちろん、観測往復走時とモデルのそれがよく一致している観測点もある。モデルとの一致度の空間的な違いは、地盤構造モデル構築時に利用可能な調査資料の多寡にもよるであろう。発表では、他の観測点の結果も含め、対象地域全体での検証結果や特徴等について報告する。

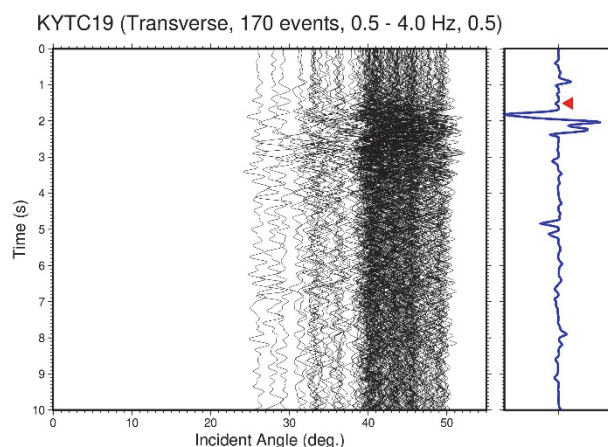


図 1 京都市伏見区向島震度観測点での自己相関関数解析結果（Transverse 成分）。（左）各記録の自己相関関数を入射角で並べたもの。（右）スタックした自己相関関数（青線）及び深部地盤構造モデルによる S 波の理論往復走時（赤三角印）。図の振幅は規格化されており、符号は右側が正。

### 謝辞

令和元～3 年度文部科学省科学技術基礎調査等委託「奈良盆地東縁断層帯における重点的な調査観測」で作成された深部地盤構造モデルを使用した。国立研究開発法人防災科学技術研究所強震観測網（K-NET、KiK-net）、気象庁計測震度計、奈良県震度情報ネットワーク、京都府震度情報ネットワーク、京都市震度情報ネットワーク、関西地震観測研究協議会及び京都大学防災研究所地震防災研究部門の波形記録を使用した。以上、記して感謝する。

### 参考文献

- 浅野・他, 2018, 月刊地球号外, **69**, 147-152.  
 Chimoto and Yamanaka, 2019, *Explor. Geophys.*, **50**, 625-633.  
 Fukutome *et al.*, 2021, *Proc. 6th Int. Symp. Effects of Surface Geology on Seismic Motion*, GS2-P11.  
 Phạm and Tkalčić, 2017, *J. Geophys. Res.*, **122**, 3776-3791.  
 Schimmel and Paulssen, 1997, *Geophys. J. Int.*, **130**, 497-505.  
 Sekiguchi *et al.*, 2016, *Proc. 5th Int. Symp. Effects of Surface Geology on Seismic Motion*, P103B.  
 関口・他, 2023, 京都大学防災研究所令和 4 年度研究発表講演会, B306.  
 Shimomura *et al.*, 2017, JpGU-AGU Joint Meeting, SSS15-20.