

強震波形記録の自己相関関数解析による京都盆地、大阪平野での基盤面深度の推定
 Estimation of Basin Basement Depth Using Autocorrelation Analysis of Strong Motion Records in
 the Kyoto and Osaka Basins

○福留脩太・浅野公之・岩田知孝

○Shuta Fukutome・KimiYuki Asano・Tomotaka Iwata

The Osaka and Kyoto basins in southwest Japan are mainly composed of sedimentary layers called “the Osaka Group”. Three-dimensional basin velocity models down to the basin basement have been constructed by using geophysical exploration results, such as reflection surveys, microtremor measurements, deep boring, etc. (e.g. Horikawa *et al.*, 2003; Kyoto prefecture, 2006; Iwata *et al.*, 2008; Sekiguchi *et al.*, 2016). It is important to validate those basin velocity models by using other methods or data set. Chimoto and Yamanaka (2019,2020) detected the response of the reflected waves from basin basement at strong motion stations in the Simousa region of the Kanto basin using autocorrelation function of S-waves of local events and tuned S-wave velocity structure of deep sedimentary layers. In this study, we used the autocorrelation functions of S-waved of strong motion waveform data at many strong motion stations in the Osaka and Kyoto basins to detect the reflected waves from basin basement and discuss those results for improving basin velocity model.

1. はじめに

大阪平野、京都盆地は主に大阪層群と呼ばれる堆積層で形成された堆積盆地である。堆積盆地では地震の揺れが増幅する事から、将来的に発生する地震の地震動を予測するためには、堆積盆地の三次元的な地震波速度構造を高度にモデル化することが必要である。大阪平野では屈折法探査や反射法探査などの物理探査を端緒として、堆積盆地内の三次元速度構造のモデル化が行われてきた。最新の Sekiguchi *et al.* (2016)では微動の H/V スペクトル比や微動アレイ観測結果と既存のモデルと比較してモデルの改訂が行われている。京都盆地においても京都市や京都府の調査で反射法探査、ボーリング探査、微動アレイ探査などから、三次元速度構造モデルが構築されている(京都府, 2006)。

これらの地下速度構造モデルがどれほど正確であるかをモデル化に用いられていない手法やデータを用いて検証し、新たな情報を得ることが、地下構造モデルの検証や高度化につながる。基盤面からの反射波を検出する手法として地震動記録の自己相関関数を用いた解析が提案されており、Chimoto and Yamanaka (2019, 2020)では関東平野内の強震観測点の観測波形の S 波部分の自己相関関数を用いて堆積盆地基盤面と地表間の多重反射

波の検出が行われた。

本研究では大阪・京都堆積盆地内の強震観測点の観測波形の S 波部分の自己相関関数を用いて堆積盆地基盤面からの S 波の多重反射波の検出を試みるとともに、既存の堆積盆地構造モデルとの比較を行い、モデルの妥当性検証や改良につなげることを目的として解析を行った。

2. 地震動波形記録の自己相関関数解析

Phạm and Tkalčić (2017) や Chimoto and Yamanaka (2019, 2020)では自己相関関数解析において地震波の伝播において減衰する高周波成分を強調するスペクトルホワイトニングや、スタッキングにおいて有意な応答を強調する Phase Weighed Stack (PWS) が用いられている。特にホワイトニングおよびフィルタリングのパラメータは使用するイベントや解析対象とする地下構造によって適切な値を設定する必要があると考え、まずボーリングおよび速度構造調査が行われている KiK-net 観測点において解析を行った。イベント記録から目視で S 波が明らかに見えるイベントデータの Transverse 成分の自己相関関数を取り、スペクトルホワイトニングのウィンドウ幅とバンドパスフィルタの値を変化させた上で、全てのイベント記録に対して PWS を行って明瞭な反射波検

出を行った。多くの観測点では、ウィンドウ幅およびフィルタリング幅を適切に設定することで反射波の応答明瞭に検出することができた。

3. 理論波形による数値実験

2. の解析では反射波応答が明瞭に得られなかった観測点も存在しており、その原因として、イベント波形記録の中にはもともと明瞭な信号が得られにくいものもある可能性を考え、震源の深さ、震央距離や放射特性が自己相関関数に及ぼす影響を調べるために理論波形による数値実験を行った。理論波形は既存の PS 検層結果などを基にした一次元地下速度構造モデルに点震源を仮定し、離散化波数法 (Bouchon, 1981) で計算した。

まず方位角 45 度ごと、震央距離 20km ごとに 100km まで震源深さ 5km, 10km, 20km, 30km と計 160 個の仮想的に配置した震源による理論波形を用いた解析を行った。その結果、震源の深さが浅くかつ震央距離が大きい場合、反射波応答が明瞭でないことがわかった。

次に前述の観測記録の解析で用いた観測点の地下構造モデルと観測イベントの情報を用いて、理論波形による解析を行った結果からは、自己相関関数における反射波応答の明瞭性は、堆積盆地基盤面への入射角に依存していることが判った。これらの結果に基づき、イベント波形記録の選定の際には震央距離 (L) と震源深さ (D) の比 (L/D) を判断基準として用いることとした。

4. 大阪平野、京都盆地における自己相関解析

前述のデータ処理手法とデータ選定基準をもとに、大阪・京都堆積盆地内の計 79 の強震観測点を対象に自己相関関数解析を行い、得られた反射波応答の時間と既存モデルを用いて計算した反射波

の 2way time とを比較した。観測データ数が少ない観測点や、京都盆地北部の基盤面が特に浅い観測点では、明瞭な反射波応答を読み取ることができなかったが、多くの観測点では反射波の応答を検出でき、その走時は多くの地点で既存モデルから予想される走時と整合的な結果になった。しかし、大阪堆積盆地南東部などのいくつかの地点で、観測と既存モデルの走時に顕著な差が見られ、既存モデルが実際の盆地構造と異なっており、改訂の余地があることが示唆された。

5. 議論

堆積層内の平均 S 波速度を保ったまま、理論走時と観測走時の比を用いて盆地の基盤面深度の修正を試みた。おおむね 100m 前後の基盤面深度の修正が必要であった一方、堆積盆地縁辺部において基盤面深度が大きく修正される地点があった。堆積盆地縁辺部等では既存モデルが実際の盆地形状を正しく再現できていない可能性が示唆された。堆積盆地内の強震観測点を用いた自己相関関数解析は速度構造モデルの検証や改良において有用性があることが示された一方、修正後の基盤面深度が周辺の他のデータなどとは整合的でない観測点も存在しており、反射波の応答を正しく検出できていない可能性、反射波の 2 way time という情報をいかにして基盤面深度と速度構造という情報に分離するかという課題が明らかになった。

謝辞: 本研究では防災科学技術研究所の K-NET・KiK-net の強震記録、及び気象庁、大阪府、京都府、京都市の震度計の強震記録を使用した。震源の位置情報は気象庁一元化震源カタログによるものを、メカニズム解は F-net 広帯域地震観測網によるものを使用した。記して感謝申し上げます。