

スパース CMP データを用いた速度解析安定化のための補間方法の比較 Comparison of interpolation methods for stabilizing velocity analysis of sparse CMP data

○及川航貴*・斎藤広隆*・黒田清一郎**・高橋一徳***

○OIKAWA Koki, SAITO Hirotaka, KURODA Seichiro, Takahashi Kazunori

1. はじめに

地中レーダ（GPR）は、地中の構造物や土中の体積含水率分布を非破壊で可視化する技術として農業農村工学分野での更なる応用が期待されている。反射深さや体積含水率プロファイルを定量的に推定するためには、地中の電磁波伝播速度構造を求める必要がある。送受信アンテナの間隔（オフセット）を広げながら測定する CMP (Common Midpoint) データでは、反射波の到達時間がオフセット間隔と電磁波伝播速度によって決まる双曲線上になるという性質を利用して速度解析する。トレース間隔が疎な（スパース）CMP データを補間し、安定的に速度解析する手法が確立すれば、CMP データの計測にかかるコストを大幅に削減することができる。また、計測対象が浸潤現象のように動的な場合は、密な CMP データの計測が困難なため、安定的な速度解析のためには取得可能なスパース CMP データを補間することが求められる(Saito et al., 2021)。そこで本研究では、2種類の周波数帯フィルターによる補間精度を比較し、補間後 CMP データの速度解析の推定精度を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

まず、自由水面制御土槽に風乾状態の川砂を均一に詰めた（図 1）。次に、土槽内の自由水面が底から水平に 16 cm の高さになるまで、土槽下部に繋いだマリオート管から給水した。初期（風乾）状態と自由水面が 16 cm の状態で、オフセット間隔 2 cm で 46 トレースのオリジナル CMP データを 1 GHz の GPR で計測した（図 3 (a)）。まず、2種類の周波数帯フィルターを用いて、スパース CMP データを補間した（図 2）。スパース CMP データは、オリジナル CMP デ



図 1 自由水面制御土槽（幅 120 cm，奥行 60 cm，高さ 80 cm）

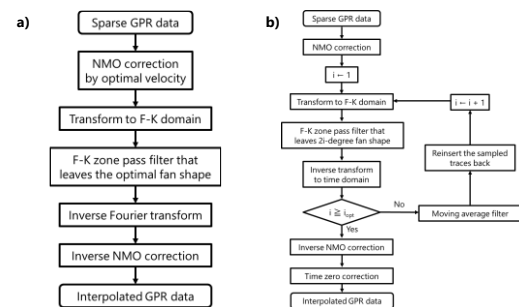


図 2 (a)最適化された扇形による周波数帯フィルター，(b)POCS 法

*東京農工大学大学院 Tokyo University of Agriculture and Technology

**農業・食品産業技術総合研究機構 National Agriculture and Food Research Organization

***応用地質株式会社 OYO Corporation

キーワード：地下水，土壌構造，水分移動

ータから、均等に $6 \cdot 10 \cdot 36$ トレースを抽出して作成した (図 3(b)). 補間方法は、最適化された角度の扇形を残すように周波数帯フィルターをかける方法(Oikawa et al., in press)と、扇形の角度を広げながら最適な反復回数の周波数帯フィルターをかける POCS 法(Yi et al., 2016)の 2 種類を比較した. また、補間前の CMP データに NMO (Normal Moveout)補正をかけることで補間精度を高めることができる(Yi et al., 2015). 土槽内の電磁波伝播速度構造が給水によって大きく変わるため、本研究では NMO 補正の速度を一定とせず最適化の対象とした. 交差検証によって、最適化された NMO 補正速度と扇形の角度または反復回数で補間した. センブランス値を用いて、補間後の CMP データを速度解析し、土槽の速度構造を推定した (図 3(c), (d)). 速度構造から比誘電率・体積含水率プロファイルを計算した (図 4).

3. 結果と考察

スパース CMP データから、速度解析の対象となる反射波を滑らかに補間し、安定的に速度解析することができた (図 3). 36 トレースの補間では POCS 法、 $6 \cdot 10$ トレースでの補間では最適化された扇形による周波数帯フィルターの補間精度が高かった. 土槽の底および自由水面付近からの反射波を速度解析し、反射深さおよび体積含水率の区間平均を計算した (図 4).

4. まとめ

補間する CMP データのオフセット間隔が疎 (スパース) な場合は、最適化された扇形による周波数帯フィルターの方が補間精度は高かった. また、補間手法を用いることで、スパース CMP データの反射波が滑らかに補間され、自由水面および土槽の底付近からの反射波を速度解析することができた.

引用文献

Saito, H., et al., 2021, Geophysics, 86, 5, 1-37.

Oikawa, K., et al., JEEG, in press.

Yi, L., et al., 2015, IEEE IGARSS, 1060-1063.

Yi, L., et al., 2016, IEEE JATARS, 9, 1, 9-17.

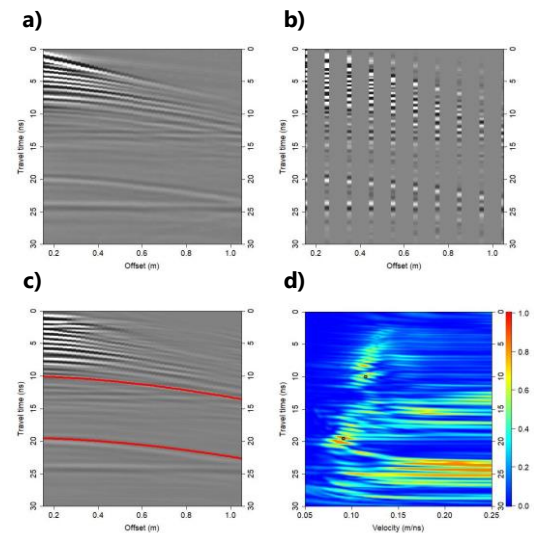


図 3 (a)オリジナル CMP データ, (b) スパース CMP データ, (c)補間後 CMP データの速度解析結果, 赤線がフィッティングした双曲線, (d)センブランス, 黒丸が選択値

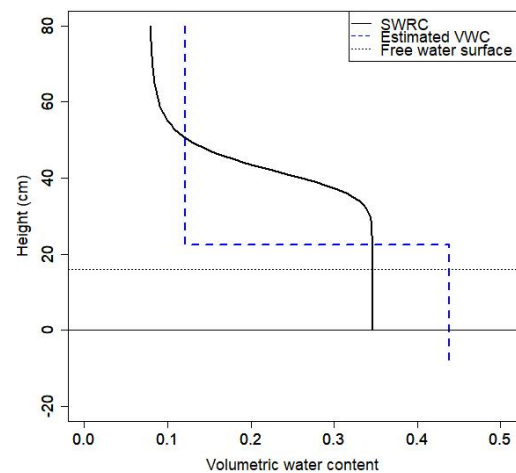


図 4 土槽内の体積含水率プロファイルと反射深さ