

表面波トモグラフィーの新しいアプローチ I：理論

A new approach for surface wave tomography I: theory

吉澤 和範[1], ブライアン ケネット[2]

Kazunori Yoshizawa[1], Brian L. N. Kennett[1]

[1] オーストラリア国立大・地球科学, [2] 地球科学研・豪州国立大

[1] RSES, ANU

<http://www.rses.anu.edu.au/~kazu>

従来、表面波からローカルな3次元構造を求める研究では、Partitioned Waveform Inversion 法に代表されるような、2段階のインバージョンに基づくものが主流を占めてきた。これらの手法では、まず第一段階において、複数の高次モードまで含めた波形インバージョンにより波線平均の1次元速度構造を求めるが、これら波線平均の1次元構造には多くの不確定要素があり、複数の異なるモデルが非常に良い波形のフィットを与え得るなど、構造が一意に求まらない場合が多々ある。しかし、インバージョンの結果、波形が良くフィットしている限り、これら異なる構造から計算される位相速度は非常に近い値となる。これは主に、位相速度が速度構造の深さ方向の積分値であることによる。そこで我々は、non-unique な1次元モデルそのものよりも、それらから求められる複数のモードに対する位相速度を用いることで、新しい表面波インバージョンの手法(Three-Stage Inversion 法)を開発した。この手法では、従来の二段階インバージョン法の欠点を補いつつ、また偏向異常や有限波長効果など、種々の情報を採り入れた表面波トモグラフィーが可能となる。

まず第一段階では、波形インバージョンまたは各データに適した手法を用いて基本及び高次モードの位相速度を計測する。基本モードに関しては、従来の直接計測法が利用できる。高次モードの場合では、波形インバージョンによって得られた1次元モデルからの位相速度推定が可能である。また各モードが比較的よく分離される長い波線(約60度~)に対してはモード剥ぎ取り法(mode stripping technique)も有用である。

第二段階では、これら大量に集められた波線毎の位相速度の情報を線形インバージョンの手法により、各モード及び周波数毎の二次元位相速度分布に展開する。これら位相速度分布図は、まず従来の波線理論と大円近似に基づいた手法により求め、さらに、不均質媒体中における波線追跡やインフルエンスゾーンを考慮して更新していく。不均質媒体でのインフルエンスゾーンは、複数の波線追跡法を組み合わせたFresnel-area ray tracingの手法により効率的に求められる。我々は波線周辺の定常位相場の考察から、第一フレネルゾーンの約1/3の領域を、表面波動場に最も大きな影響を与えるインフルエンスゾーンとして定義した。このインフルエンスゾーン内の波線に沿った表面波の位相はコヒーレントであり、波線経路が異なっても観測の上では区別できない。従って観測された位相速度はこの領域内における平均的速度であるとみなすことができる。これにより表面波の有限波長効果を効率的にトモグラフィーモデルに採り入れることが可能となる。またこの際、モードおよび周波数毎の方位異方性の分布も復元可能である。

第三段階では、最終的に求まった位相速度図から、各地点におけるローカルな位相速度の分散曲線を復元し、それらからローカルなS波速度構造を方位異方性も含めて復元し、最終的な3次元モデルが求められる。

このThree-Stage Inversion法の最大の利点は、従来の手法では取り扱いが困難であった種々の情報を一つの枠組みの中で取り扱うことができることである。つまり、複数のモードの分散、有限波長効果、そして波線が曲げられることによる偏向異常という様々な表面波伝播の効果を、効率的かつ同時に用いて各周波数における位相速度を求め、これらから種々の効果を採り入れた高精度の3次元S波トモグラフィーモデルを求めることが可能となる。この手法はグローバルでもローカルでも応用することが可能であり、特に速度変化の大きな地域に対する表面波トモグラフィーモデルの向上に非常に有用である。