

実用面から観た物理探査分野における地震波干渉法 Seismic interferometry in exploration geophysics: a review from practical aspect

白石 和也^{1*}
SHIRAISHI, Kazuya^{1*}

¹(株)地球科学総合研究所
¹JGI, Inc.

物理探査分野において地震波干渉法を利用する立場から、4つの観点で分類を行いレビューする。地震波干渉法は、この数十年の間に理論面と応用面において急速な発展と遂げた。地下を伝播する地震波を多数の受振点で観測した記録の相互相関処理により、任意の受振点位置を仮想的な震源とする擬似発震記録を合成することができる。計算機システムと観測システムの発展とともに地震波干渉法技術の高い応用可能性に注目が集まり、物理探査および地震学の分野において多数の研究が実施され、いまなお発展を続ける。物理探査分野においては、直接的に探査の難しい対象に対して震源や受振点の配置を工夫することで任意のジオメトリのデータを再構成できる点、これまで有用とは考えられていなかった受動的な観測記録から信号を抽出できる点、などが重要視されている。その結果、従来の反射法や坑井を利用した探査では得られなかった情報を取得できるようになり、石油探査開発や環境防災の分野に活用されている。地震波干渉法が高度化・多機能化するいま、敢えて単純化してこの技術の基本を捉え直し、利用効果の向上を狙いとす。

[1] 震源による分類：何を観測するか

- (a) 制御震源（エアガン、パイプレータ、ダイナマイトなど）
- (b) 自然地震（近地震、遠地震、微小地震）
- (c) 環境雑震動（ambient seismic noise）

地震波干渉法は実体波と表面波の区別なく適用でき、人工的に制御された震動源に対するアクティブな観測記録と、制御されていない自然または人工的な震動源に対するパッシブな観測記録のいずれにも適用できる。リデータミングやデータ内外挿を目的とする場合、震源波形や発震時刻の分かっている制御震源を利用するのが有効である。これに対して、自然地震や環境雑震動（自然現象に起因する雑微動、交通や作業による震動ノイズ）を利用する場合には、震動源の位置や発震時刻、震源波形等が不明な場合が多いためそのままでは解析が難しく、観測記録に潜む有意な信号を干渉処理により抽出できることが期待される。自然地震の場合、S波コーダおよびP波コーダ波による地殻構造推定に利用されている。

[2] 手法による分類：どんな干渉法があるか

- (a) クロスコリレーション
- (b) デコンボリューション
- (c) 多次元デコンボリューション
- (d) クロスコーヒレンシー
- (e) コンボリューション

地震波干渉法では(1)干渉処理による位相（走時）のシフトと(2)停留点における振幅の重ね合わせにより波形記録が合成される。上記の(a)-(d)は波線に沿った受振点間の走時差に停留点が位置し、(e)では同様に走時和に停留点が位置する。それぞれの手法は、理論的背景、計算安定性、震源関数の扱い、再現できる波動場など、異なった特徴を持つので利用目的に合わせて選択される。

[3] 機能による分類：何ができるか

- (a) リデータミング
- (b) データ内外挿
- (c) 信号抽出

物理探査分野では、従来の調査法では直接探査が困難な場合に、新たな観測ジオメトリの記録を再構成するリデータミングを目的とした利用が特に有効である。例えば、地表発震に対する垂直坑内受振記録（VSP記録）から発震も受振も坑内にある擬似的な反射法記録を合成し、地表の反射法では調査困難な鉛直方向の構造を調査できる。また、観測ジオメトリは変えないで、観測機器や周辺環境の都合による発震または受振の抜けを合成記録により内外挿することも可能である。さらに、パッシブな長期連続観測から、干渉処理によって表面波や実体波を信号として抽出することで、制御震源を用いることなく地下の構造や物性に関する情報を得られる。

[4] 目的による分類：何のために利用するか

- (a) 反射波による地下構造イメージング

SSS27-09

会場:103

時間:5月23日 11:15-11:45

(b) 表面波トモグラフィやインバージョンによる速度構造推定

(c) 合成波形に基づく物性値推定

(d) データ処理における活用（信号強調やノイズ除去など）

物理探査においては、波形合成そのものを目的とするのではなく、合成された記録に対して既存または新規の解析技術を用いて、いかに新たな地下情報を得るかが重要である。反射波による構造イメージングのほか、屈折波または表面波に対するトモグラフィ解析や表面波分散特性に基づくインバージョンによる速度構造推定、多チャンネル多成分記録から合成された波形の解析による物性解析、データ処理における利用など、多くの事例が報告されている。

キーワード: 地震波干渉法, 物理探査, 制御震源, リデータミング, 受動観測, 信号抽出

Keywords: seismic interferometry, exploration geophysics, controlled-source, redatuming, passive seismic, signal extraction