

Migration-based event location method applicable to local earthquakes recorded in Ocean Bottom Seismograph.

*Shinji YONESHIMA¹, Kimihiro Mochizuki¹

1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

はじめに

これまで海底地震計（OBS）記録を用いた震源決定では、目視により手動でP, Sの検測が行われていた。これは主に海底地震記録では、海面反射波や基盤岩でのPS変換波、ローカルなスパイクノイズなどの混在により、従来のAICなどを用いた自動検測ではミスピックが多発し十分な信頼性を確保できなかったことなどによる。一方で、近年の海底地震観測技術の発達により、海底地震計（OBS）にておよそ1年にわたる観測期間の地震記録が得られるようになった。これに数十台規模の観測網と併せて、臨時観測であっても大量の海底地震波形記録が得られるようになった。

課題

こうしたデータ量の増加に伴い、地震活動が活発な領域では、手動で検測できる量を超えている観測ケースが発生している。2011年東北沖地震の場合、茨城沖で実施していた31台のOBS観測では、周辺の余震活動として80000個を超える数の地震が検出された。これらすべての地震記録について手動で検測を行うのは時間的制約から困難であり、現実的ではない。

目的

本研究にて対象とする地震記録は、OBSで記録されたローカルな微小地震である。こうした地震について手動検測に匹敵する程度の信頼性の高い震源決定を実施する手法の開発を行うことを本研究の目的とする。

方針

本研究では、近年、海底地震計以外の分野で適用されているMigrationベースの震源決定法のアプローチをとった。このアプローチにより手動での検測を行う必要がなくなるため、震源決定に要する時間を大幅に短縮できることが期待される。Migrationの際には、多くの先行研究と同様、地震波形を変換したCharacteristic function（以下CF）を用いる。OBS記録に適用する際に必要となる項目は以下のとおりである。

・イベントの検出、速度構造の作成、観測点補正などMigration以外の処理は、従来の震源決定処理と同様の手順を踏襲する

- ・ P, Sを用いた震源決定とする
- ・ CFはP, Sの到達時刻で安定したピークを持ち、手動検測と同程度の精度を持つものとする。
- ・ 観測点補正を実施可能にする
- ・ 速度構造の不確実性を織り込むことができる
- ・ 海面反射波やPS変換波にフィットしないようにする
- ・ 誤差楕円を計算する。
- ・ 処理のパラメータは既存手法と同程度で、地震データに依存しないものとする
- ・ 3次元速度構造にも対応可能にする
- ・ 後処理としてS/NによるCFピーク時刻の遅れを補正処理し検測時刻を計測する。これによりDouble difference法など高精度な震源決定処理を行えるようにする。

CFの特徴

上記特性を満たすCFが先行研究では存在しないため、本研究にて新規開発となった。CFは以下の特徴を有する

- ・ 地震速度波形の初動の波形をTransient関数とみなし、理論的なTransientな速度波形の相互相関関数を定義

する。

- ・初動周辺で相互相関関数の複数のピークが出てしまうことを避けるため、STA/LTAのコンセプトを適用し、STA部：Transientな相互相関関数（これはTransient関数を重みとする重み付きSTAとみなせる）。LTA部：従来のLTA，として、重み付きSTA/LTAとして定式化する。
- ・こうして定義された重み付きSTA/LTAは、初動付近にピークを持ち、観測点間の相対到達時刻のずれが小さいため、Migration-baseの震源決定と親和性が高い。
- ・相互相関は漸化式による再帰計算が可能のため、効率良く計算可能である。
- ・Transientな関数にはrise timeのパラメータがあるが、Transient関数同士の相互相関では、非対称な形状の関数同士ながら相互相関のピーク時刻がシフトしないという特徴を持つ。この特徴により、震源時間関数のrise timeのパラメータによらずピーク時刻はrise timeによらず不変となる。なお観測波形は機器特性や伝搬経路での減衰などの影響により歪が生じているが、観測点間で共通、あるいは十分に小さいとみなすことで相対的なピーク時刻は安定しているものとした。

結果

CFの例を図1に示す。P, S共に初動付近にユニークなピークを持っている。発表ではMigration処理全体のフロー、定式化の詳細、合成波形でのロバストネステスト、手動検測との比較、既存のCFとの比較、テストデータによる評価結果、および2010年茨城沖で観測された実データへの適用結果について紹介する。

図1. 既存手法との比較。左上：3成分の地震波速度波形（上：上下動，下：水平同2成分）。左中：上下動の地震波形。赤丸はCFのピーク時刻を示す。右上・中：水平動地震波形記録。左下：上下動CF，右下：水平動CF。

