

島弧下に発生する深部低周波地震－非線型定常解析と因果解析を用いた時系列の解明－

Deep low-frequency earthquakes beneath the Japan arc - nonlinear stationarity and causality analyses for time series -

武尾 実[1], 植田 寛子[2], 松浦 真也[3], 岡部 靖憲[3]

Minoru Takeo[1], Hiroko Ueda[2], Masaya Matsuura[3], Yasunori Okabe[3]

[1] 東大・地震研, [2] 東大・理・地惑, [3] 東大・院・情報理工学

[1] ERI, Univ. Tokyo, [2] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo, [3] Information Science, Univ. Tokyo

深部低周波地震とは、島弧下において浅発地震領域よりも深い、モホ面付近で発生する低周波の卓越する地震のことである。これらの地震は、主に火山フロント下においてその発生が報告されていた。また大振幅の後続波が続くイベントもあり、これらの特徴からマグマなどの流体の移動に関連付け、定性的にその発生を議論するものはあった。近年、火山フロント以外の地域でも深部低周波地震の発生が確認され、この地震はより広範な島弧内の下部地殻のダイナミクスを考えるための重要な鍵になると思われる。本研究では、島弧内で発生する深部低周波地震に対して定量的な物理モデルの構築を目的とする。

その一環として本研究では、深部低周波地震の後続波部分から震源における時間発展のダイナミクスを求めするための時系列解析の導入と、非線型変換の1次元の項についての因果解析の結果を紹介し、その解析から判った震源プロセスに関する知見を述べる。これまでに、時系列データに対して確率過程（AR など）をあてはめ、時系列を説明する予測公式を求めてその時系列の性質を議論する手法はあった。しかし、あてはめる確率過程の正当性を吟味することなく、そこで得られる結果の普遍性については検証されないことが多い。本研究で導入する非線型定常解析と因果解析という時系列解析手法は、時系列データに対して局所弱定常性を持つ確率過程であるという仮定をするが、その仮定に対して検証をする。従って、この解析からえら得る結果は極めて一般性の高いものといえる。

観測データが離散的な確率過程 $X(n)$ であるとき、この確率過程は KM20-Langevin 方程式で表される。この係数行列が KM20-Langevin 行列と呼ばれるが、観測データから計算される相関行列 R を用いて、局所弱定常性を満たす KM20-Langevin 行列を計算するアルゴリズムが存在する。そこで、計算された KM20-Langevin 行列を用いて予測公式から計算された結果と元の観測データとの差を取ると揺動項が得られる。ここで、観測データが局所弱定常性を満たす確率過程で表されると、この揺動項は直交性を持つ。この原理を用いて、時系列データが局所弱定常性を満たすかどうかの検証を行う。

時系列 $X(n)$ の線形の予測公式から、これによっていかに時系列の将来を予測できるかを表すのが因果関数を定義する。この因果関数の値（決定値）を求めるのが線形の因果解析である。さらに、非線型の予測問題も無限次元データの線形の因果解析に帰着できる。その定理を使い、予測するデータに近い時刻と次元を持つ 19 個の非線型項に対する決定値を求め、後続波部分と特徴を調べた。その結果、時系列解析では、深部低周波地震の主要動部分に対しては、奇数次の非線型項が卓越するという特徴が得られた。また、数値実験から、震源のダイナミクスは偶数モードのみの重ね合わせの波を励起するものではないということがわかった。