

GPSデータの逆解析による島弧地殻の3次元弾性 非弾性歪み場の推定：新潟 - 神戸変形集中帯

GPS Data Inversion to Estimate 3-D Elastic/Inelastic Strain Fields in Island-Arc Crust: The Niigata-Kobe Transformation Zone

野田 朱美 [1]; 松浦 充宏 [1]

Akemi Noda[1]; Mitsuhiro Matsu'ura[1]

[1] 東大・理・地球惑星科学

[1] Dept. of Earth & Planetary Science, Univ. of Tokyo

日本列島の地殻変形運動は、今やGPS観測を通じて直接捉えることができるようになった。しかし、GPS観測は地表面に沿って2次元的に行われるため、変位ベクトルの鉛直勾配3成分を得ることができず、従来の幾何学的歪み解析では、水平歪み3成分しか求めることができなかった。また、観測された歪みを弾性部分と非弾性部分に分離する問題も、地殻の変形メカニズムを理解する上で本質的に重要であるにも拘わらず、未解決のままであった。そこで、これらの問題を一挙に解決するため、地殻変形の原因をモーメントテンソルで表現し、物理モデルを介した歪み解析によりGPSデータから3次元弾性/非弾性速度場を推定する理論を構築した(地球惑星科学連合2008年大会)。

具体的には、まず、地殻を多数の弱面を含む線形弾性体としてモデル化し、その弱面群の脆性破壊や塑性変形をモーメント密度テンソル分布として記述する。モーメント密度テンソル分布による地表変位場は、理論的に計算することができるので、地表変位データから地殻内のモーメント密度テンソル分布を推定する逆問題が設定できる。この逆問題を解いてモーメント密度テンソル分布を求めれば、それに弾性コンプライアンス・テンソルを作用させることにより、地殻内の3次元非弾性歪み場が直接得られる。一方、モーメント密度テンソル分布が与えられれば、地殻内の3次元弾性歪み場は、単位のモーメントテンソルに対する歪み応答関数を用いて計算することができる。上記の弾性歪みと非弾性歪みを足したものが観測される歪みであり、従来の幾何学的歪み解析では分離不能であった。

本研究では、上で述べた物理的歪み解析の考え方に基づいて逆解析手法を定式化し、模擬データを用いたテスト解析と実際のGPSデータへの適用を通じて、その有効性を検証した。まず、新潟-神戸変形集中帯を含む、水平方向340km×280km、深さ方向0-40kmの領域を、テスト解析及び実データ解析共通のモデル領域として設定した。地表変位データは、この領域に分布する60のGEONETの観測点で与えられる。解析に用いるデータは、これらの観測点からドロネ三角形分割の方法で構築した三角網の辺長変化である。次に、設定したモデル領域内のモーメント密度テンソルの分布を、水平方向には領域全体を共通基底とする規格化されたチェビシェフ多項式、深さ方向には1次スプライン関数を基底関数の重ね合わせで表現して離散化し、その重ね合わせの係数をモデルパラメータとする観測方程式を構築した。逆問題の定式化は係数行列の特異値分解(Lanczos, 1961)による方法で行い、最適モデルの選択には赤池の情報量規準AIC(Akaike, 1974)を用いた。

以上のように定式化した逆解析手法の有効性を確かめるために、まず、模擬データを用いたテスト解析を行った。その結果、モーメント密度テンソルの等方成分と偏差成分への分解は十分に可能であることが分かった。また、空間分解能に関しては、GEONETの平均20km間隔の観測点配置でも、3次元的なモーメント密度テンソル分布の全体的特徴は捉えられることが分かった。次に、この解析手法をGPS水平速度データ(1996-2000)に適用し、新潟-神戸変形集中帯の3次元弾性歪み速度場及び非弾性歪み速度場の分離推定に初めて成功した。解析結果から、領域中央部の地表近くで顕著な弾性体積収縮が進行しているのに対し、より深部の上部地殻では非弾性剪断変形が進行していることが明らかになった。ちなみに、弾性歪みと非弾性歪みを足した全歪みの地表でのパターンは、同じGPSデータをShen et al. (1996)の方法で解析したSagiya et al. (2000)の結果と調和的である。