

GPS データの逆解析による地殻内弾性-非弾性歪み場の推定：基本的考え方と数学的定式化

GPS Data Inversion to Estimate Elastic/Inelastic Strain Fields in the Earth's Crust: Basic Ideas and Mathematical Formulation

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

国土地理院が全国展開する GPS 観測網 (GEONET) は、日本列島の変位速度場に関する直接的情報を与えてくれる。Sagiya et al. (2000) は、GEONET の変位速度データを Shen et al. (1996) の方法で解析して日本列島の歪み速度場を推定し、プレート間相互作用による弾性変形では説明できない、内陸の変形集中帯が存在することを明らかにした。このことは日本列島の地殻が長い時間スケールでは非弾性変形していることを強く示唆しているが、その変形メカニズムを解明するには、地殻内の 3 次元弾性 - 非弾性歪み速度場を知る必要がある。

一般に、連続体の変形は、9 つの独立成分を持つ変形勾配テンソルによって完全に記述される。しかし、GPS 測定は地表面に沿って 2 次元的にしか行われないので、変位ベクトルの鉛直勾配 3 成分は原理的に求めることができない。つまり、推定可能な変形勾配テンソルの成分は 6 ということになる。そのため、GPS データに基づく歪み解析は、平面歪み 3 成分を推定する 2 次元問題として扱われてきた。また、観測された歪みをどのようにして弾性歪みと非弾性歪みに分離するかという問題は、地殻の変形メカニズムを理解する上で決定的に重要であるにも拘わらず、未解決のままである。我々は、これらの問題を同時に解決し、GPS データから地殻内部の 3 次元歪み場を弾性歪みテンソルと非弾性歪みテンソルに分離した形で推定する新しい方法を着想した。本講演では、その基本的考え方と数学的定式化について紹介する。

まず、地殻は多数の既存の亀裂 (弱面) を含む線形等方弾性体であると仮定する。既存の亀裂は、或る臨界応力レベルを超えない限り弾性体として振る舞うが、臨界応力レベルを超えると脆性破壊や塑性変形などの非弾性変形が生じる。GPS で観測される地表変位は、重力的効果を除けば、全てプレート境界や大活断層を含む弱面での非弾性歪みの発生によって引き起こされたものと考えて良い。弱面での非弾性歪みの発生は、それと等価なモーメントテンソルの分布によって表現される (Backus & Mulcahy, 1976) ので、非弾性歪みによる地表変位はモーメントテンソルに対する応答関数を用いて理論的に計算できる (Yabuki & Matsu'ura, 1992; Hashima et al., 2008)。従って、地表での変位データを与えて地殻内のモーメントテンソル分布を推定する逆問題が成り立つ。この逆問題を解いて得られた地殻内のモーメントテンソル分布が作る歪み場を計算すれば、それが地殻内の弾性歪みテンソル場である。一方、非弾性歪みテンソルに弾性テンソルを掛けたものがモーメントテンソルであるから、求めたモーメントテンソル分布は容易に地殻内の非弾性歪みテンソル場に変換される。こうして、GPS データから地殻内の 3 次元歪み場を弾性歪みテンソルと非弾性歪みテンソルに分離した形で推定することが可能となる。

このモーメントテンソルを介在させた新しい歪み解析法は、統合逆化公式に基づく測地データのインバージョン解析法 (Matsu'ura et al., 2007) を拡張し、地表観測点での変位ベクトルを与え、プレート境界面上のモーメントテンソル面密度分布と地殻内のモーメントテンソル体積密度分布を同時に推定する逆問題として定式化される。