

応力逆解析における計算機の利活用

講演者：佐藤活志(地質学鉱物学教室)

報告者：片岡晃一(地質学鉱物学教室 M1)

1. はじめに

応力逆解析は1980年代から計算機の発展とともに盛んになってきた、計算機を用いた解析である。本講演では、まず応力逆解析法の実例・原理について紹介し、その後に応力逆解析法の改良・検証について解説がなされた。

2. 応力逆解析

応力逆解析とは、断層からデータをとり、地質体全体にどのような応力が働いていたかを推定する手法である。野外から断層面の方位と変位方向を得ることができる。断層の変位方向と断層面に働く剪断応力の方向は平行であるというWallace-Bottモデルに基づき、野外から得られたデータと一致する剪断応力の方向を与える応力テンソルを、計算機を用いて推定する。3つの主応力の絶対値の比である応力比も求めることができる。さらに、 MCK 個の部分集合に対し、最適解を決定する多重逆解法など、Hough変換に基づく応力逆解析を行うと、複数の応力を検出することができる。

3. 計算機の利活用

3.1 探索グリットの改良

複数の応力を検出しようとするとき、検出の可否はグリットの偏りによってしまう。これは解析結果に大きな影響を与えると考えられる。この問題を避けるために、一定間隔で探索できるようにしなければならない。これには、距離（応力テンソルどうしの違い）の定義が必要である。Stress difference という尺度を採用し、応力テンソルを一定間隔で配置したことにより分解能、計算効率を向上させることができた。

3.2 高速化

多重逆解法は計算コストが膨大になってしまう。決めたい応力のパラメーターは、主応力軸の方向と応力比の4つのパラメーターであり、未知数は4つであるので、データ数は4つあればいい。これを平衡決定問題といい、解析解が求まる。4つのベクトルの外積計算で求めることができ、外積ベクトルの長さによって安定性も評価できる。このようにアルゴリズムを改良することで、高速化とノイズの低減を行えた。

3.3 信頼範囲を求める

ブートストラップ法を用いて、最適解の信頼範囲を求めることができる。あるデータセットに対して、どの確率分布モデルが最もよくデータを表現できているかを信頼

範囲の狭さで評価し、モデル選択に利用できた。

3.4 フォワードモデルの検証

Wallace-Bott 仮説が成り立っているか調べる研究はいくつかあり、多くはシミュレーションである。Pascal(2002)では、変位方向と剪断応力の方向は少しずれるものの概ね一致していると示した。しかし、これは大断層に沿う変位方向についてであり、広域応力に対する小断層群については明らかではない。そこで、個別要素法を用いて、球形粒子の集合体で近似した地質体を 3 次元的に変形させる実験を行った。Wallace-Bott 仮説とのミスフィット角の半値幅 $0\sim 40^\circ$ という結果が得られた。 30° 以上のミスフィットは別応力と考えていたが、単一応力で解釈が可能かもしれない。

4. 報告者感想

このような解析では、断層をどのスケールでとらえるか、地質をどう考慮するか(均質であるか)など、細かいところにこだわっていたらキリがないように感じられた。どこで線引きを行うか非常に難しいところに思える。この講演は、どのように改良して行くか、どこに問題があるかなどの過程がよくわかり、とても参考になる。将来の目標、どこに向かって行くかまで話が及ばなかったところが少々残念であった。