

高サンプリングの地震波形データ解析における

共分散成分の重要性について

一般に、地球物理学において、観測データから、発生した現象のモデルを求めるために、最小自乗法を用いる。線形化できると仮定すると、観測方程式は、 $\mathbf{d} = \mathbf{H}\mathbf{a} + \mathbf{e}$ となる。ここで、 \mathbf{d} は観測ベクトル、 \mathbf{H} はカーネル行列、 \mathbf{a} はモデルベクトル、 \mathbf{e} は誤差ベクトルである。誤差ベクトルが、平均が0で共分散 \mathbf{E} のガウシアン分布で近似できる時、我々は、 $(\mathbf{d} - \mathbf{H}\mathbf{a})^T \mathbf{E}^{-1} (\mathbf{d} - \mathbf{H}\mathbf{a}) \rightarrow \min$ となるモデルベクトルを求めれば良い。多くの地球物理学で行われてきた解析では、共分散 \mathbf{E} を対角行列で近似して解析を行ってきた。この近似は、個々のデータは相関を有していないことを前提にしている。地球物理の観測データは、時間・空間方向に対して相関を有しているが、データのサンプリング間隔が密でない場合については、共分散行列を対角行列で近似するアプローチは、良い近似であったと言える。

一方で、近年の観測網の整備や計算機性能の向上により、ほぼ連続した観測データを入手し、解析できるようになった。その結果、高サンプリングになるに従い、データに含まれる共分散成分は大きくなり、この成分を無視することができなくなってきた。現時点では、データの進化に解析手法の進化が追いついていないという問題が生じている。このような問題は、震源過程等の推定で問題になっている、「ほぼ同様の観測データ、解析手法を使用しても、得られる解が各研究によって大きく異なる」と言った問題を生み出す原因の一つである。震源過程は、津波を予測する上でも、地震被害を予測する上でも、また、震源の物理

を理解する上でも重要な情報であるにも関わらず、適切な震源過程を求める標準的な手法が存在していないと言える。そのため、複数の地震を比較検討するときには、大きな制約が存在し、我々の震源の物理に対する理解を妨げている。

地震の性質を、従来の巨視的な断層モデルで議論するのではなく、詳細な破壊伝搬過程を基に議論できる時代にするためにも、観測データの性質を十分に議論し、正に評価することが急務である。本課題で指摘している問題は、他の研究で取り組まれている高精度な地殻構造を構築するといったことでは解決できず、共分散成分を正に評価し、逆解析時に取り入れることによってのみ解決される。

図に、共分散成分を考慮した場合と、従来の従来の定式化を使用した場合の比較の図を示す。従来の定式化で高サンプリングの観測データを使用すると、観測データが有する情報量が高く見積もられ、不安定な解が求められる。一方で、得られた理論波形と観測波形を比較すると、新しい定式化によって得られた理論波形の方が、観測波形の高周波成分をより再現する。これは、従来の定式化では、情報量が過大に評価されているにも関わらず、説明すべき波形の特徴は、ほとんど説明できていないことを示す。つまり、従来の定式化では、非弾性減衰やフィルターによって生じたバイアスの影響を受け、適切な解を得ることができない。サンプリング間隔が密な観測データを扱う限り、我々は、観測方程式に含まれる共分散成分を的確に評価するべきである。

(座長：戸上 愛)

