

チェッカーボードレゾリューションテストについて

Test of the checkerboard resolution test

関口 渉次[1]

Shoji Sekiguchi[1]

[1] 防災科研

[1] NIED

走時トモグラフィにおいては、大量のデータを扱うために、LSQR法を用いることが多い。LSQR法では分解能を見積もることができないので、実際の解析ではいわゆるチェッカーボードレゾリューションテストで推測することが多い。

この研究では、沈み込み帯でのトモグラフィ解析を少量のデータセットを用いてシミュレートすることによって、特異値分解法を適用にし、resolution matrixを正確に算出した。その対角項とチェッカーボードテストで推測されたものと比較することにより、どの程度チェッカーボードテストが信頼できるかテストした。

領域は、プレートの沈み込みを2次元的な構造と観測点、震源分布で単純化して表した。一辺288kmの立法体領域とし、24km間隔でブロック分割しそれぞれのブロックを線形速度構造で内搜した。観測点は32km間隔とし54点(9x6点)を海溝よりに配置した。震源は、深さ12kmに1面とプレート内地震を想定し斜めに2面、計3面を24km間隔432点(3x12x12)に配置した。観測値は最大23,328(54x432)個になる。現時点で見ると少ないデータ数であるが、10年前に遡れば、それほど小さなデータ数ではないし、大きなブロックでもない。

構造モデルは、不連続面なしで、速度を全領域10km/sec均一にした場合と、不連続面をモホ面とプレート上面に入れ速度をそれぞれの領域で均一にした場合を想定した。チェッカーボードパターンはそれぞれのグリッド毎に±10%の差を与えて作成した。

走時の計算は、Pseudo-Bending Methodを用い、行列計算には、特異値分解をするLAPACK libraryのSGELSSサブルーチンを用いた。構造に関するパラメータだけではなく、観測点時刻、震源位置、震源時間も未知数として解いた。

計算の結果、不連続面なしの構造の場合、特異値分解法による分解能とチェッカーボードテストによる値が驚くほど対応がよいことがわかった。構造に関するパラメータに限っている。それぞれ対応する点での差を見てみると、繰り返し計算のはじめの頃は、チェッカーボードテストの値が低く、差は平均すると負の値を示すが、繰り返す毎に上がってゆき10回前後で差の平均値が0になった。上昇の割合は繰り返すほど緩やかになってゆくが確実に上昇を続け、ついには逆にチェッカーボードテストの値の方が平均すると大きくなった。20回まで繰り返し計算をしたが、その時点でもまだわずかながら上昇を続けていた。

不連続面がある構造の場合、かなり値のばらつきが大きくなるが全体として上の場合と同様の正の相関をしめした。繰り返し計算毎にチェッカーボードテストの値は、平均すると上昇を示したが、およそ10回に達する前に、走時残差が増加し始め発散したので、その後の傾向を追うことはできなかった。

したがって、チェッカーボードテストによる分解能の推定は、おおよその傾向として、もっともらしいと言えるだろう。

ただし、チェッカーボードテストはresolution matrixの非対角項については、情報を与えないので、その値については特異値分解法で評価しなければならない。あるパラメータについてチェッカーボードテストで、ほぼ100%の復元率を示している場合は、他のパラメータに関する非対角項の値は、ほとんど0になるであろう。しかし、例えば50%という値を示した場合には、どれくらいが非対角項に回っているか不明である。さらに、実際の計算では、ダンピングをかけているので、復元率100%となることはなく、すべてのパラメータがこの問題を抱えることになる。

上のモデルについて、非対角項を調べたところ、観測点が地表にない海盆の下のウィジマントル部分で、主に上下方向、若干プレート沈み込みに平行方向に隣接した点で分解可能が劣ることがわかった。