地磁気インバージョンにおける固有値法: 平均地球磁場モデルへの適用

Eigenvalue method in the geomagnetic inverse problems: an application to the time-averaged field model

畠山　唯達[1], 河野　長[2]
Tadahiro Hatakeyama[1], Masaru Kono[2]

[1] 岡山大・固地研, [2] 岡山大固地研
[1] ISEI, Okayama Univ. at Misasa, [2] Institute for Study of the Earth's Interior, Okayama University

絶対強度を含まない古地磁気方位データセットなどから地球磁場を復元する問題においては, 方位データはガウス係数に対して非線形であるのみならず, 示量的な情報を含んでいないため, ガウス係数の絶対値が決定できないことを留意しなくてはならない. そのため, これまでの(古)地磁気方位データセットを用いた地球磁場モデルの逆問題解法の多くでは, 固定した地心軸双極子(g10)に対する各ガウス係数の相対的な強度が求められてきた. このような方法は g10 成分が他のものに比べて大きな, 『平時の(逆転途中やエクスカーションにかからない)』地球磁場およびその変化を求める時や, さらに著しく卓越した g10 成分のを持つ『平均場』を求める時には有効である.

しかし, この方法で求められた解は何を基準に規格化するかということに依存することが Mochizuki (1994)によって指摘された. たとえば g10 による規格化を行う場合, この傾向はモデルが g10 から離れる程顕著になる. つまり, 一律に軸双極子で規格化すると双極子の弱い逆転途中の磁場の復元が困難であることを示している.

一方で Mochizuki (1994)はこのような解の依存性をなくすために『固有値法』を提唱した. この方法では方向データが満足する恒等式(Benkova etal., 1970; Creer et al., 1973)を用いることで問題を線形化した上, モデルに関する等方的な付帯条件--たとえば「モデルのノルムを固定」と言ったもの-- を加えることにより逆問題が１つの線形な固有値問題に帰着する. 方向データを用いたインバージョンにおける『固有値法』の最大の利点は, 通常規格化するのに用いられる g10 成分が小さな場合にも安定な解をすばやく見つけることができるということである. つまり, 将来的に逆転途中やエクスカーション時に獲得された古地磁気データが十分蓄積した暁に「主磁場の弱い状態」の地球磁場の振舞いを解析する有力な方法の１つになり得るということである.

しかし Mochizuki (1994)では, 非常に簡単な合成データによる例をあげているだけである, さらに一番基本的な最小自乗法的インバージョンについて述べられているだけで, これまで実際の地球磁場インバージョンには適用されていない.

そこで本研究では, この研究を基礎にして現在のインバージョンの主流である Stochastic Inversion (Gubbins, 1983)を利用できるような定式化を行い, 具体的な問題に適用した. 本研究で用いた題材は, 過去 5 百万年間の正磁極期における主磁場の平均(平均地球磁場) モデルである. 計算結果は Hatakeyamaand Kono (2002) で計算された非線形インバージョンによるモデルと比較した. 計算の他の部分は同条件で, ともに最適なダンピングパラメータは ABIC によって求めた. 計算結果を比較すると固有値法による解はほぼ等しく, 固有値法をダンピングを含むインバージョンに適用する道が開けた.