

高分解能空中磁気探査の発展と地下イメージング解析技術の進歩

Developments in the high-resolution aeromagnetic survey and imaging the subsurface structure

中塚 正 [1]; 大熊 茂雄 [2]

Tadashi Nakatsuka[1]; Shigeo Okuma[2]

[1] 産総研 地質; [2] 産総研・地質情報

[1] GSJ, AIST; [2] GSJ, AIST

<http://staff.aist.go.jp/tad.nktk/>

地質調査所（現 産総研）での高分解能空中磁気探査の研究は、1990年にスタートした「精密地下構造評価のための高密度空中磁気探査技術の研究」に始まる。それ以前の空中探査では、測位技術の未成熟で位置計測の精密化が大きな課題であった。そのため相対的に精度の高い磁場測定データを頼りに、magnetic control と称する交点コントロール手法のひとつで位置誤差を補正する方法が用いられた。しかし、その頃から GPS システムが実用化され始め、GPS 技術の進展とともに高分解能探査の実用性が飛躍的に高まった。

高分解能空中探査では、測線の高密度に相応した低高度の飛行が求められ、日本のような山岳地形の多い地域あるいは火山のようにターゲット自体が山岳地である場合には、地形に沿った飛行を行うためにヘリコプター利用が必須となった。そのような高度変化に富む測線配置の調査においては、従来の一定高度探査とは異ったデータ処理解析技術が必要となり、曲面間の高度リダクション・交差測線が主測線と 3次元空間内では交差しない問題への対応などが必要となった。高度リダクションの問題では、牧野ほか (1993) の考えを発展させた等価ソース利用のリダクション法を実用化 (Nakatsuka and Okuma, 2006a) したが、そのアルゴリズムは Okuma et al.(1994), Nakatsuka(1995) の磁化強度マッピング解析と共通するものである。またその解法で用いる CG 法は、ユニーク解を持たない劣決定系においてもノルム最小の解に到達できる（すなわちユニーク性欠如の中でもより妥当な解が得られる。）この高度リダクション処理手法と従来の交点コントロール法を組み合わせると「拡張交点コントロール」すなわち航跡の平面図上の交点で相互に高度差のある条件下でも交点誤差を評価することが可能である (Nakatsuka and Okuma, 2006b)。さらに、この拡張交点コントロール手法は、火山等における時期を隔てた繰り返し探査の結果から磁気異常変化を的確に導くことに利用できる。これは、限られた探査データから作成される 2 時期の磁気異常分布図の単純差には空間エリアス効果が混入し、変化の正しい評価とならないことに対する対応策をも提供する。

探査の高分解能化が進むにつれて、また調査データのより有効な利活用への期待が高まるにつれて、地下構造 3次元解析の取り組みが行われるようになった。しかし、ポテンシャル場の宿命として、本質的にユニーク解が存在しないという困難を孕んでおり、その困難を乗り越えるための戦略（制約条件や解析モデル）が必要となる。Li and Oldenburg (1996) や Pilkington (1997) は深度に対応した感度の補正を取り入れつつ、モデルの滑らかさを基準とした制約を与えた解析を提唱し、Portniaguine and Zhdanov (2002) は、Last and Kubik (1983) の有効ソース体積最小化の考えを 3D に発展させた“focusing inversion”の制約を考慮している。日本でも、植田ほか (2001) や Kubota and Uchiyama (2005) 等が CG 法による 3D 逆解析を試みているが、とくに深度方向に分解能の粗いモデルを扱っており、ユニーク解不存在問題に対する最適戦略はまだ見出されていない。また粗い分解能のモデルを扱った場合に、モデル形状から必然的に強制される制約条件が解析に及ぼす影響の検討も必要であろう。近年の PC の進歩で数 100 × 数 100 × 数 10 (数百万) の未知要素数をもつ線形問題の解析も難しくなくなっており、今後そのレベルでの最適戦略の追求が期待される。