

氏 名	大 熊 茂 雄
授 与 学 位	博 士 (工 学)
学位授与年月日	平成 5 年 3 月 18 日
最 終 学 歴	学位規則第 5 条第 2 項 東北大学工学部資源工学科卒業
学 位 論 文 題 目	地下構造評価のための空中磁気異常データ 解析の高度化に関する研究
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 中塚 勝人 東北大学教授 千田 侑 東北大学教授 新妻 弘明 東北大学教授 安達 三郎

論 文 内 容 要 旨

人類の活動範囲の拡大に伴い、磁気探査は他の物理探査手法と同様に、高精度にそして大深度までの地下構造に関する情報の提供を要求されるようになった。この要請に応えるため、本論文では「地下構造評価のための空中磁気異常データ解析の高度化に関する研究」と題して、磁気異常データの観測を含めた空中磁気異常データの解析の高度化について研究を行った。この目標を達成するためには、基本的に従来以上に高精度・高密度に磁気異常データを観測することと、観測データから、いかに適切に地下構造を推定するかが重要となる。以下に各章での研究内容についてまとめる。

第 1 章 緒 論

本章では、「空中磁気探査法の歴史」および「空中磁気探査と磁気異常解析法」と題してその現状を明らかにした。次に、「空中磁気異常データ解析の高度化に関する研究目的」と題して、本研究の目的と必要性について述べた。また、併せて本研究が、(1)データ解析法の高度化（狭義）、(2)岩石磁気の測定、(3)地磁気の高精度・高密度観測の 3 研究要素からなることを示した。

第 2 章 磁気探査と岩石磁気

本章では、まず「磁気探査の基礎理論」と題して、磁気異常の理論的背景と、空中磁気探査の基本的な実施方法について整理した。次に、「北上山地花崗岩類の岩石磁気異常」および「宮守超苦鉄質岩体の岩石磁気異常」と題して、地質が比較的明らかで複雑でないモデル地域として北上山地地域を選び、観測磁気異常と密接な関係を持つと思われる「北上山地花崗岩類」と「宮守超苦超鉄

質岩体」について岩石磁気の測定を行い、その結果と当該地域の磁気異常との関係について研究を行った。この結果、北上山地花崗岩類の磁化率は、花崗岩類としては高い $1.0 - 3.0 \times 10^{-3}$ (CGS) の範囲のものが多く、一方 Qn比は 0.1 - 0.4 に集中していることがわかった。また、以上の岩石磁気測定結果に基づくモデル計算を行ったところ、北上山地花崗岩体による磁気異常において、残留磁化の影響が無視できることが明らかとなった。さらに、北上山地花崗岩体による観測全磁力異常を現在の地球磁場方向への磁化を仮定した極磁力異常へ変換することも有効であることが明らかとなった。ほとんどの北上山地花崗岩体の直上に高極磁力異常が分布するのに加え、一部の高極磁力異常が海域へも延長することから、当該海域の海底下にも花崗岩体の分布が推定される。事実、気仙沼沖では国の基礎試錐によって花崗岩体の伏在が検証されている。

宮守超苦鉄質岩体については、Qn比が 1.0 を 1.0 を越えるものが卓越することから、磁気異常の解析にあたって残留磁化を考慮する必要があることが分かった。この結果に基づき、当該岩体の平面形状を水多角形板で近似・モデル計算し、観測磁気異常との比較を行った。この結果、岩体の厚さを北東側を南西側に比べ厚くすることによって観測磁気異常をよく説明できることが明らかとなった。この解析結果は、当該地域の定性的な地質学的研究成果と整合的であった。厚さの範囲は、採用する岩石磁気値によって変わりうるが、宮守超苦鉄質岩体の北東側では 400-1,500m、南西側では 200-750m の範囲にあると解析された。本研究により、地質学的解釈による宮守超苦鉄質岩体の厚さに、磁氣的な制限を加えることが可能となった。

第 3 章 空中磁気異常データの解析による浅部地下構造評価

本章では、わが国の代表的な地熱地域の一つである八幡平山系を中心とした「仙岩地熱地域」において、「観測磁気異常」と「地形モデル」に基づく「計算磁気異常」との相関係数を計算し、これから地下浅部を構成する岩石の概略の磁化方向を推定した。この結果は、地表で採取された岩石試料の古地磁気データと整合的であった。また、試料が採取されていない地域での参考データとして、地質学的な解釈に利用された。

次に、「伊豆大島火山の地下構造評価への応用」と題して、空中磁気異常データの解析から、伊豆大島火山を構成する火山岩の、磁化強度の水平分布を推定した。この結果は、地表地質や地表で採取された玄武岩溶岩および岩脈の岩石磁気測定結果と大局的に一致した。ただし、既存のデータでは説明できない特徴ある磁化強度分布域も数ヶ所で見られた。これらは、大島火山の基盤をなす古い成層火山や変質した火砕岩類の分布に対応する可能性に加え、マグマ溜まりや火道の熱の影響で岩石が局所的に消磁された効果とも考えられる。当該研究の成果は、伊豆大島火山の火山噴火予知のための基礎資料として貢献することが期待される。

第 4 章 空中磁気異常データの解析による中一深部地下構造調査

本章では、深部地下構造に関する情報の取得要請に答えるため、空中磁気異常データの解析による中一深部地下構造調査について検討した。まず、「層構造モデルを用いた空中磁気異常データの解析手法の検討」と題して、従来磁気異常の解析にあまり用いられていなかった 2 層構造モデルを

仮定した磁気異常のインバージョン法について、その実用性についての検討を行った。この結果、当該手法は層構造が仮定できる地域において十分適用できることが明らかとなった。次に「大陸棚海域における石油堆積盆調査への応用」と題して、同手法を南西諸島西方の沖縄トラフー東海陸棚海域の空中磁気異常データの解析に適用した。この結果は、当該海域に推定されている東海、尖閣両巨大堆積盆の構造の概要を明らかにした。同海域での今後の石油探鉱活動に寄与するものと思われる。

さらに、「スペクトル解析による地熱地域での地下構造調査」と題して、表層および地下浅部に高磁性の火山岩類が卓越して分布するため、実空間領域での磁気異常の深部構造解析が困難な「仙岩地熱地域」において、磁気異常をフーリエ変換を用いて周波数領域に変換し、スペクトル解析により深度解析を行った。本手法は、解析誤差が大きいものの当該地域の中一深部地下構造に対応する磁気基盤構造の概要を明らかにした。その深度は、当該地域で掘削されたNEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の試錐井での地質基盤深度とほぼ一致した。

第5章 精密地下構造調査への応用

本章においては、前章までの研究成果に基づき、「秋田県由利原地域での空中磁気探査」と題してより精密な地下構造を把握するための空中磁気探査を計画し、同地域において空中磁気探査を実施した。当該地域は、わが国では数少ない石油・天然ガス資源の産出地域であることが知られており、試掘・生産井が数多く掘削されている。この結果、由利原油・ガス田地域の中心部ではボーリングコアと地表地質との検討や検層結果などから、詳細な地質構造が分かっている。しかし、より深部や周辺部における地下構造の情報は決して十分とは言えず、それらに関する詳細な情報が求められている。

探査においては、より精密な磁気異常データを観測することを目的として、MRS（マイクロ波測距装置）により探査機の位置標定精度を向上させ、これによって平均主測線間隔約300mという高密度な測線配置を実現した。また、この測線密度に見合った標高約920m（3,000ft）の低高度において探査飛行を行った。得られた観測データをMRSの位置標定精度に検討を加えながらデータ処理し、精密な空中磁気異常図を編集した。

次に、「空中磁気異常データの総合解析」と題して、前節までの成果をもとに、秋田県由利原地域の観測磁気異常データの総合解析を行った。調査地域の有力な磁気異常源としては、表層ー地下浅部に分布する鳥海山の第四紀安山岩溶岩を主とする火山噴出物と、地下中一深部に厚く堆積する「青沢層」と呼ばれるグリーンタフ期の玄武岩質溶岩および火砕岩とこれを貫くドレライトがある。本節では、当該地域の鳥海山火噴出物と「青沢層」の地下での分布を明らかにすることを目的とした。

そこで、まずこれらの岩石が露出する地域で岩石試料を採取し、岩石磁気の測定を行った。この結果、「青沢層」とこれを貫くドレライトの Q_n 比の平均値は0.39と小さく、また自然残留磁化の方向は現在の地球磁場方向と大きく違わないことから、当該岩体に対応する磁気異常の解析においては、残留磁化の影響を無視できることが明らかとなった。また、鳥海山の第四紀安山岩溶岩の自然残留磁化方向は現在の地球磁場方向を向いていた。

次に、岩石磁気測定結果に基づき、精密磁気異常データの解析を行った、まず、鳥海山からの岩石の崩落流下による表層の流山地形に対応した磁気異常成分を、それらの分布を水平多角形板で近似・モデル計算し、観測磁気異常から除去した。これによって完全に除去できなかった磁気異常の短波長成分は、深部地下構造を推定する際のノイズに相当するため、上方接続フィルターによって除去した。この最終的な残差磁気異常について2層構造モデルインバージョンを行った。求められた磁気基盤構造の起伏の変動は、当該地域の地質断面図と比較すると、「青沢層」の上面深度の変動の特徴をよく表わしていることが明らかとなった。本成果が当該地域における石油・天然ガスの、今後の探鉱活動に利用されることが期待される。

第6章 結 論

以上のように、本研究により空中磁気異常データ解析の高度化による地下構造評価に関する指針が確立できた。すなわち、空中磁気探査により地下構造を適切に調査するためには、まず、できるだけ調査対象に近づいて高精度・高密度に磁気異常データを観測することが肝要である。また、磁気異常源となる岩石の岩石磁気測定も欠くことができない。次にこれらの観測・測定データを使って、調査対象に適した解析法を選択し磁気異常の解析を行う。この際、磁性岩体の構造が既知であれば、磁化強度等の磁氣的性質を推定することができる。一方、岩石磁気データが十分に測定・整理されていれば、より正確な構造解析が可能となる。地下浅部の孤立した磁性岩体に対応する磁気異常であれば、たとえば水平多角形板やプリズムモデル等により構造解析ができる。また地下浅部の磁性岩体に対応する磁気異常が構造モデルを仮定した「はぎとり法」やあるいは「上方接続」により軽減・除去できれば、深部構造推定のための2層構造モデルインバージョン法の適用が可能となる。今後、本指針に当該研究では扱わなかった構造解析手法等を必要に応じて加えることにより、空中磁気異常データの解析による地下構造析をさらに確実なものにすることができると考えらるる。

審 査 結 果 の 要 旨

空中磁気異常データは、高精度に測定された空中地球磁界の強さから国際標準地球磁界と広域な時間変動成分を除いたもので、主に地下岩体の磁化の分布に起因する。これまで同法は海山の位置の検出や石油堆積盆の評価など多方面に応用されてきたが、近年は地下のより深部の構造解明への展開が課題となっている。これには、より高精度・高密度のデータの取得と解析法の高度化が必要である。

本論文は、国内の主要な資源賦存期待地域において著者が担当した空中磁気探査のデータ解析を高度化して得た研究の成果をまとめたもので、全文6章よりなる。

第1章は緒論である。

第2章では、露頭地域として北上山地を対象に、花崗岩と超苦鉄質岩の残留磁化と磁化率の測定を行い、統計平均値にもとづいて空中磁気異常との関係を実証するとともに、大規模な花崗岩体が海底下に延びて分布し、天然ガス協会等による気仙沼沖基礎試錐で確認された地点につながることを明らかにしている。

第3章では、浅部地下構造の評価のために、仙岩地熱地域を対象地域として、「観測磁気異常」と、地形モデルによる「計算磁気異常」の相関関係から地下浅部の磁化の方向を推定し、地質構造及び既存の古地磁気測定データとの整合性を明らかにするとともに、試料のない地域の地質学的解釈を行っている。さらに、同法を基本とし伊豆大島火山の地下構造の解析を行い、磁化の異常分布地域を見出している。これは噴火予知の基礎資料として重要な知見である。

第4章では、中-深部地下構造調査への展開として、層構造モデルのインバージョン法の適用限界を吟味したのち、沖縄トラフ-東海陸棚海域の空中磁気異常データを解析し、石油賦存の可能性が注目されている東海、尖閣両堆積盆地の磁気基盤構造を把握している。これは重要な成果である。ついで、起伏の大きい地下基盤の解析に対応するために、磁気異常データの空間周波数におけるパワースペクトルから基盤境界を求める方法により、本州仙岩地熱地域において、秋田焼山、秋田駒ヶ岳、岩手山を含む中央部で基盤深度が海水準面付近まで上昇していることを明らかにしている。

第5章では、秋田県由利原の石油・天然ガス産出地域を対象に高密度空中磁気測定を実施し、前章までの手法を組み合わせる精密地下構造解析を行い、貯留層基盤の起伏を求めている。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、空中磁気異常データの解析の高度化を行い、資源探査のための重要な幾つかの知見を得たもので、資源工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。