

学 位 論 文 題 名

A study of geomagnetic and gravity anomalies in
central eastern margin of Japan Sea

（日本海中部東縁部における地磁気異常ならびに重力異常に関する研究）

学位論文内容の要旨

日本海では地殻構造を明らかにする研究が1960年代より精力的に行われてきたが、その中心は石油探査を目的としたごく沿岸部、ならびに日本海拡大のテクトニクスの解明を目的とした、日本海盆、大和海盆部であった。地質調査所では、データが希薄であった大陸棚斜面を中心に、1989年から5年計画で詳細な調査航海を行った。この航海で得られた成果は20万分の1の海底地質図（重力異常図、全磁力異常図も含む）、表層堆積図として出版されている。また磁気テープに収められた重力、地磁気、水深などの基礎データも公表された。この研究航海はGPSを始めとする測位技術の発達によって、測線間隔がNNE-SSW方向に1.6マイル、これと直交方向に3.3マイル間隔で格子状に大変密に行うことができた。本研究で用いた重力、地磁気のデータは、地質図作成に用いられた1989年から1992年までに取得されたものである。そのうち筆者は1991年の調査航海に参加し実際のデータ取得作業に携わっている。得られた観測値には種々の処理を行い、詳細な重力異常図、全磁力異常図を作成した。さらに、補正されたデータから地殻構造解析を行った。データ処理のうち特に、全磁力異常図の作成に当たっては、従来の調査航海で得られた磁気異常図が概ね50nTコンターで描かれていたのに対し、25nTコンターの図面を作成するために、交点コントロール手法を応用した処理を行った。これは、船舶を用いた海上磁気探査に共通の課題である交点磁力値差を補正するために、航空機を用いた空中磁気探査で行われている交点コントロール手法を応用したものである。ところが船舶で測定されたデータは、始めから交点コントロールを考慮して調査が行われる空中磁気探査とは異なり、測線が複雑に入り組んでおり、最終的には格子状の測線配置になっても、必ずしも格子状に船舶は航走していない。地磁気異常のデータは時間変化が大きく、見かけ上、測線として続いていたとしても、測定時期が異なればプロファイルはつながらない。そのため、時間的に連続していないデータは全て別測線として扱う必要がある。そのような理由から、空中磁気探査で行われている交点コントロールを適用するためには、船舶データの特性を考慮した数段階の前処理が必要である。そこで新規に前処理プログラムを作成し、データ処理を行った。補正された値はグリッドデータに変換し、地殻構造解析に用いた。さらに、同一測線上で観測された船上地磁気三成分データについて誤差評価を行った。また、漠然と経験によって指摘されてきた船上地磁気三成分計とプロトン磁力計の測定値との値の差について、推定された船体磁気係数の誤差との関係から整理した。その結果、本海域のような三次元的な磁性体による磁気異常が卓越している場合は、船上地磁気三成分磁力計によるデータは地殻構造解析には不向きである、と判断した。そこで、実際の磁気異常の解析には全磁力異常のみを用い、磁化方向は外部磁場と平行であると仮定した。

また、測定された重力データは、船上でフリーエアー異常に変換され、航海ファイルに収められる。ここでは、この航海ファイルに記録されているフリーエアー異常を基に、含まれている測定誤差を移動平均による平滑化で補正したのち、ブーゲー異常を計算した。ブーゲー異常も同様にグリッドデータに変換して地殻構造解析に用いた。重力異常は地磁気異常とは異なり、時間変化が小さいため、特に交点コントロール処理は行わなかった。また、ブーゲー密度の推定は、数種類の密度を仮定して計算したものを目視的に比較する方法で行った。

地殻構造解析の結果、従来の音波探査記録からは読み取れなかった基盤層の形状、火山性貫入岩体の分布を面的に明らかにした。基盤層の形状の解析には重力のブーゲー異常を用い、火山性の貫入岩体の分布は、基盤層上面における見かけ磁化強度分布から推定した。一般に、ポテンシャルデータの解析においては解の一意性がしばしば問題になる。そこで、この航海では、重力と地磁気が同一測線上で同時に測定されたことから、重力異常と地磁気異常を組み合わせた解析が可能であった。そのため、解析に束縛条件を付加することができ、得られたモデルの信頼性を高めることができた。

本研究海域では東北日本弧と平行に佐渡海嶺、最上トラフ、大陸斜面、沿岸の堆積盆地が列になって並んでいる。そのうち、佐渡海嶺では、基盤構造が海底地形と調和的ではない。具体的には小海嶺が厚い堆積物によって形成されて、基盤は山体の下でむしろ深くなっている。このような構造は地質学では「盆地反転構造」と呼ばれ、かつて伸張応力場(日本海の拡大時)の時代にリフトであったところに堆積したものが、その後、圧縮応力場に転じて、ハーフグラベンの正断層が逆断層として再活動した時に山体を形成したと考えられている。音波探査記録と採取した堆積物の解析から、佐渡海嶺、出羽堆列は盆地反転構造によって形成されたが、同じく小海嶺群である奥尻海嶺は、背斜構造によって形成されたと報告されている。今回の基盤構造の解析結果は、基盤の深さ、形状を明らかにしたことによって、地質学的研究による仮説を裏付けるものとなった。さらに、同様に盆地反転構造を示しながら、堆積層が佐渡海嶺では厚く、出羽堆列では薄い(山体の下で基盤が浅い)という違いは、かつてのリフトの規模の違いによるものと推定される。このことは、現在、2説ある東北日本沖における日本海の拡大軸がWNW-ESEなのかNNW-SSEなのかという問題の解決に大きく寄与できる。

日本海の拡大と並んで、本研究海域にプレート境界が存在するという説が注目されている。海上保安庁水路部のシービーム調査で、日本海中部地震の震源域周辺に直径1 km以下の小規模な火山性マウンドが点在することがわかった。磁化強度の強い部分の多くは、水路部によって発見されたものと同様の火山性貫入岩体であると考えれば、この分布は基盤層のいわゆる弱線の分布に相当する。実際に、重力異常から求めた基盤層の境界付近に分布していることから、火山性貫入岩体の分布は、構造境界を示すと考えて良い。これらは、青森沖の久六島から佐渡海嶺を通して、大和海盆、日本海盆と佐渡海嶺の境界付近に点在する。残念ながら、ここで得られた結果のみではプレート境界の議論に大きく寄与することは難しい。しかし、大きな構造境界であることは明らかである。また別に、最近、地震の空白域として注目されている山形県酒田沖を境界にして北側で磁化が強く、南側で弱いことが示され、ここもかなりはっきりとした構造境界であることが示唆される。もう1つ、粟島周辺の磁気異常が顕著に小さいことから、この海域が、秋田沿岸や新潟沿岸に見られるような大規模な堆積盆地へと発達しそこなった海域と考えることができる。

以上、詳細な重力異常図、磁気異常図を作成したことによって、基盤構造が平面的に明らかになった。また、重力異常から求めた基盤上での磁化強度分布を明らかにし、音波探査では見えにくかった構造境界が明らかになった。これらの構造境界の存在は日本海中部東縁部のテクトニクスの解明に大きく貢献できるだろう。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 島 村 英 紀

副 査 教 授 西 田 泰 典

副 査 助 教 授 渡 邊 暉 夫

副 査 助 教 授 笹 井 洋 一 (東京大学地震研究所)

学 位 論 文 題 名

A study of geomagnetic and gravity anomalies in central eastern margin of Japan Sea

(日本海中部東縁部における地磁気異常ならびに重力異常に関する研究)

申請者が研究者として所属する地質調査所では、データが希薄であった大陸棚斜面を中心に、1989年から5年計画で詳細な調査航海を行った。航海はGPSを始めとする測位技術の発達によって、測線間隔がNNE-SSW方向に1.6マイル、これと直交方向に3.3マイル間隔で格子状に大変密に行うことができた。

得られた観測値には種々の処理を行い、詳細な重力異常図、全磁力異常図を作成し、補正されたデータから地殻構造解析を行った。データ処理のうち特に、全磁力異常図の作成に当たっては、従来の調査航海で得られた磁気異常図が概ね50nTコンターで描かれていたのに対し、25nTコンターの図面を作成するために、交点コントロール手法を応用した処理を行った。これは航空機を用いた空中磁気探査で行われている交点コントロール手法を応用したものである。しかし空中磁気探査で行われている交点コントロールを適用するためには、船舶データの特性を考慮した数段階の前処理が必要である。そこで新規に前処理プログラムを作成し、データ処理を行った。補正された値はグリッドデータに変換し、地殻構造解析に用いた。さらに、同一測線上で観測された船上地磁気三成分データについて誤差評価を行った。その結果、本海域のような三次元的な磁性体による磁気異常が卓越している場合は、船上地磁気三成分磁力計によるデータは、一般的には有用と考えられていたが地殻構造解析には不向きである、との結論を得た。そこで、実際の磁気異常の解析には全磁力異常のみを用いた。

また、測定された重力データからブーゲー異常を計算した。ブーゲー異常も同様にグリッドデータに変換して地殻構造解析に用いた。

地殻構造解析の結果、従来の音波探査記録からは読み取れなかった基盤層の形状、火山性貫入岩体の分布を面的に明らかにした。基盤層の形状の解析には重力のブーゲー異常を用い、火山性の貫入岩体の分布は、基盤層上面における見かけ

磁化強度分布から推定した。一般に、ポテンシャルデータの解析においては解の一意性がしばしば問題になるが、この航海では、重力と地磁気が同一測線上で同時に測定されたことから、重力異常と地磁気異常を組み合わせた解析が可能であった。そのため、解析に束縛条件を付加することができ、得られたモデルの信頼性を高めることができた。

本研究海域では東北日本弧と平行に佐渡海嶺、最上トラフ、大陸斜面、沿岸の堆積盆地が列になって並んでいる。そのうち、佐渡海嶺では、基盤構造が海底地形と合っていない。具体的には小海嶺が厚い堆積物によって形成されて、基盤は山体の下でむしろ深くなっている。このような構造は地質学では「盆地反転構造」と呼ばれ、かつて伸張応力場（日本海の拡大時）の時代にリフトであったところに堆積したものが、その後、圧縮応力場に転じて、ハーフグラベンの正断層が逆断層として再活動した時に山体を形成したと地質学者には考えられている。音波探査記録と採取した堆積物の解析から、佐渡海嶺、出羽堆列は盆地反転構造によって形成されたが、同じく小海嶺群である奥尻海嶺は、背斜構造によって形成されたと報告されている。今回の基盤構造の解析結果は、基盤の深さ、形状を明らかにしたことによって、地質学的研究による仮説を実際の地球物理学データから裏付けるものとなった。さらに、同様に盆地反転構造を示しながら、堆積層が佐渡海嶺では厚く、出羽堆列では薄い（山体の下で基盤が浅い）という違いは、かつてのリフトの規模の違いによるものだという重要な知見を得た。

日本海の拡大と並んで、本研究海域にプレート境界が存在するという説が近年、注目されている。海上保安庁水路部のシービーム調査で、日本海中部地震の震源域周辺に直径 1km 以下の小規模な火山性マウンドが点在することが見つかった。磁化強度の強い部分の多くは、水路部によって発見されたものと同様の火山性貫入岩体であると考えれば、この分布は基盤層のいわゆる弱線の分布に相当することが分かった。実際に、重力異常から求めた基盤層の境界付近に分布していることから、火山性貫入岩体の分布は、構造境界を示すことも明らかになった。これらは、青森沖の久六島から佐渡海嶺を通して、大和海盆、日本海盆と佐渡海嶺の境界付近に点在する。残念ながら、ここで得られた結果のみではプレート境界の議論に大きく寄与することは難しい。しかし、大きな構造境界であることは明らかである。

また別に、最近、地震の空白域として注目されている山形県酒田沖を境界にして北側で磁化が強く、南側で弱いことが示され、ここもかなりはっきりとした構造境界であることも示すことが出来た。また栗島周辺の磁気異常が顕著に小さいことから、この海域が、秋田沿岸や新潟沿岸に見られるような大規模な堆積盆地へと発達しそなった海域だということも分かった。

このように本論文では、詳細な重力異常図、磁気異常図を作成したことによって、基盤構造を二次元的に明らかにした。また、重力異常から求めた基盤上での磁化強度分布を明らかにし、音波探査では見えにくかった構造境界が明らかになった。これらの構造境界の存在は日本海中部東縁部のテクトニクスの解明に大きく貢献できるものと考えられる。よって、著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。