

## 第264回地質調査所研究発表会講演要旨\*

エアボーン・ジオフィジクスの現状と将来—資源探査から環境調査まで

### 日本周辺空中磁気異常の データベース構築について

中塚 正<sup>1</sup>

日本で空中磁気探査が本格的に取り組みられるようになってから約35年が経過した。この間に、広域探査データは国土をおおう規模での集積を終え、各種の磁気異常図として出版されるとともに、地球物理基本データの一つとして位置づけられるようになった。一方近年では、精密な地下構造解明をめざした高分解能探査の取り組みが各分野で進みつつある。これら多くのデータを、効果的かつ容易に各方面での利活用に供するためには、データの標準化とデータの検索・切り出し・表示等の機能を備えた使いやすいデータベースシステムの構築、さらにはインターネット環境での情報交換への対応が期待されている。

広域データの編集にあたっては、隣接する調査区域のデータの不連続への対処が必要となるが、従来の接合図の作成ではやむを得ず根拠のないフィルター処理が適用された。しかし、その不連続の検討を行ったところ、予測値としてのIGRFを基準磁場として採用していることが原因となっている例が見られ、IGRFの確定値であるDGRFの使用によって不連続の改善が図れることがわかった。また、データベース構築にあたっては、位置情報が重要であるに関わらず、現在、国の測地基準系の世界標準であるWGS系への移行が進められようとしている。無用の混乱を避けるためには、双方の基準系での情報が入り乱れることのないように配慮する必要もあろう。現在、出版済みの空中磁気図は、シリーズ番号で39まで全89葉にのぼるが、このうちDGRFが未確定のごく一部の調査地域のデータを除いて、DGRF残差のデータへの統一を終えている。さらに、過去の調査データはあくまでその調査時点のデータであり、上記の検討を詳細に行っても、その接合図の作成にはなにがしかの解決不能な不確定が残らざるを得ない。望むべくは、オーストラリアでその先進を見たように、非常に粗い測線密度での全国規模の短期間でのコントロールデータの取得が期待される。

(<sup>1</sup>地殻物理部)

Keywords: airborne, magnetic anomaly, merged map, database, IGRF

### Helicopter-borne Gravity Measurements - Preliminary Result from Japan

E. John JOSEPH<sup>1</sup>, Takemi ISHIHARA<sup>1</sup>,  
Masao KOMAZAWA<sup>1</sup>, Jiro SEGAWA<sup>2</sup>,  
Shigekazu KUSUMOTO<sup>2</sup>, Hiroshi HASEGAWA<sup>3</sup>  
and Eiji NAKAYAMA<sup>3</sup>

Airborne gravity measurement has long been a desirable goal for exploration geophysicists. Availability of such a measuring system would be advantages for global reconnaissance surveys. This would enable efficient design of expensive detailed surveys. So far very few research groups have successfully conducted such experiments. Most of these airborne gravity measurements were conducted on fixed wing airplanes. These surveys reported that the short wavelength gravity anomalies are strongly attenuated due to high altitude of the airplanes. One way of alleviating this problem is by making measurements aboard a helicopter which generally fly at low altitude and slow speed. Success of these airborne gravity surveys mainly depends on determining the three-dimensional (3-D) position of the moving platform (*i.e.* airplane/helicopter). Recent advances in technology, especially in Global Positioning System (GPS) have made it possible to determine the velocity and 3-D position of the moving platform with greater accuracy. Taking the advantage of these advancements in GPS technology and using a newly developed system, helicopter-borne gravity measurements were successfully carried out over the Kanto district of Japan. This new gravimeter system is composed of a servo accelerometer sensor, a stabilized platform, an optical-fiber gyroscope to control the stabilized platform, a data processor & controller, onboard GPS receivers and a land-based GPS receiver. The 3-D position of the helicopter at every second were accurately determined by interferometric GPS method. For this purpose we used two sets of Ashtec Z-

\* 平成12年2月3日、本所(つくば市)において開催

12 GPS receivers. One of these GPS receivers was mounted on the helicopter and the other served as a temporary base station at the heliport. The base station position was precisely determined with data from permanent GPS station at Tsukuba and using Bernese 4.0 software. Later the post-processing software Precise differential GPS Navigation and surveying (PNAV) was applied on the GPS carrier phase data to determine the 3-D position of the helicopter accurately. The data from these interferometric GPS positioning were also used to compute helicopter-motion, Eotvos, free-air and latitude corrections which are applied to the measured gravity acceleration. Differential GPS (DGPS) positioning were also conducted using a separate Ashtec BR2G receiver mounted on helicopter. This real-time positioning data were used to control the optical-fiber gyroscope. The gravity acceleration data collected were processed and necessary corrections were applied. Numerical filtering was carried out to remove high frequency noises present in the data. The observed free-air gravity anomalies are quite comparable with the upward continuation of ground truth. Thus the preliminary analysis of the test data demonstrates the feasibility of helicopter-borne gravity measurement, when the state-of-the-art GPS navigation is used. This work has been carried out as a part of the on-going project supported by New Energy and Technology Development Organization (NEDO), Japan.

<sup>1</sup>Geological Survey of Japan, Tsukuba,

<sup>2</sup>School of Marine Science and Technology, Tokai University

<sup>3</sup>Aero Asahi Corporation, Tokyo)

Keywords: Airborne gravity, Helicopter, Global Positioning System, Accelerometer, Stabilized platform, Gyroscope

## 地表ソースを用いた空中電磁法探査

茂木 透<sup>1</sup>

現在実用的に使われている空中電磁法は、送信機および受信機を共に航空機またはそれから吊り下げたバードに搭載するタイプのものがほとんどである。しかし、送信機を航空機に搭載するために、送信モーメントの大きさにも限界があるし、送受信機間距離も限られるために、高周波数しか利用できないという条件と共に、可探深度に限界を生じる原因となってきた。

一方、地表にソースを置けば、探査範囲はあまり広く取れなくなるが、これらの問題点を克服することが可能

であり、可探深度を増加させることができるであろう。このような、考えを基に地表ソースを用いた空中電磁法がこれまでにいくつか提案されてきた。1968年、カナダ・シントレックス社がTURUMという地表探査法の空中版としてTURAIRを提案した。この方法は実用的に使われたこともあったが、構造に対するレスポンスが複雑なこともあり、それほど広まらずに終わった。1991年にオーストラリアにおいてTURAIRとほぼ同じ設定でデータを時間領域で取得する方法としてFLAIRTEM (Fixed Loop Airborne Transient EM)が開発された。この方法は、可探深度が数百メートルになることもあり、現在インドネシア、アラスカ等で金属鉱床探査に用いられている。1997年より日本でも九州大学、電力中央研究所等を中心にGREATEM (Grounded Electrical Source Airborne Transient EM)の開発が進められており、いくつかのフィールドにおいて実験的データが取得されている。

このように、地表ソースを用いた空中電磁法は、近年のエレクトロニクスの進歩により、従来困難であった主としてセンサーのゆれによる大きなノイズを含むデータの処理も可能となり、深部探査をめざす空中探査法として開発が進められている。

(<sup>1</sup>北海道大学理学部)

Keywords: GREATEM (Grounded Electrical Source Airborne Transient EM), TURUM, TURAIR, FLAIRTEM (Fixed Loop Airborne Transient EM)

## 磁気探査プラットフォームとしての航空機の現状と将来

宮坂 聡<sup>1</sup>

航空機は、地表の情報を得る手段として短時間で比較的広い範囲を調査することができる点で優れている。このため、物理探査を初め様々な目的に用いられている。航空機の種類は、固定翼式のものやヘリコプター等様々であり、用途に合わせた利用が行われている。例えば、空中磁気探査では、固定翼機の尾翼後部にスティンガーと呼ばれる延長装備をつけて、機体の磁気の影響を少なくしている。固定翼ではヘリコプターより高速であるので効率的だが、地形に沿って対地高度を一定にする飛行はできない。ヘリコプターによる空中磁気探査では、固定翼のように延長装置を取り付ける方法と、バードと呼ばれる装置を機体の下20-40 mに吊し、これを曳航する方法がある。吊り下げ式では機体の影響はほとんど無いが、市街地の上空を飛行できない、気流の影響を受けやすい等の制限が多い。このほか、航空機MSSやレーザーによる地形計測システムなどの原理を紹介した。

こうした観測には、航空機の位置や姿勢の情報が欠かせないが、最近ではこの方面の進歩がめざましい。航空機の位置は、GPS の動体キネマティック方式では、基地局の 20 km 以内であれば、数 10 cm の精度で測定することが可能である。

また、POS/DG システムでは、D-GPS と光学式ジャイロ及び加速度計の組み合わせにより、姿勢を百分の 1° 以下の精度で測定することが可能である。レーザー地形計測システムはこうした位置や姿勢精度が検出可能になったことで、実用化された技術である。今後の航空機の利用は、こうした高精度な位置・姿勢情報を生かしたより高精度な調査が行われて行くであろう。

(<sup>1</sup>中日本航空㈱)

Keywords: airborne, positioning, magnetic survey, laser profiling

### ヘリコプターによる地磁気 3 成分測定

伊勢崎修弘<sup>1</sup>

地磁気測定は陸・海ともに、陸上、海面以外では一定の高度・水深で行われることが通常である。そしてその面内の地磁気異常分布から、地下・海底の磁気モーメント構造を求めてきた。しかしその際に磁気モーメントの方向を、何らかの方法で仮定しているのが普通である。それは一つの面内の地磁気異常分布から、磁気モーメントの向きを決定することが難しいことによる。この問題の解決のためには、地磁気 3 成分の 3 次元空間分布を精度良く求めることが必要となる。このために、陸上では航空機を、海上では船を利用する、曳航用の 3 成分磁力計を開発した。航空機の場合は機体磁気を避けるために、30-40 m 曳航する。磁力計は曳航容器に収められ、容器の姿勢測定のためのリングレーザージャイロ (100 分の 1 度の精度)、位置決めのための GPS も一緒に収められている。位置は (リアルタイム) キネマチックによって、cm の精度で決められている。1998 年 3 月北海道日高山系 (占冠ニニウ) においてヘリコプターを用いて地磁気 3 成分測定を行った。測定面は地表から 30 m, 200 m 上空の地表と平行な面、そして標高 800 m の面の 3 面で行われた。この地域の東側には蛇紋岩が南北に走っており、それによる地磁気異常が顕著である。岩体を多くの角柱の集まりで近似し、上面を地表として、下面の深さを求めてみた。磁化の大きさを 3 A/m とした場合、現在の磁場とは逆向きの磁化が観測を最も良く説明した。観測地域の東端の蛇紋岩体の中軸部では 1000 m を超える厚さで、蛇紋岩体の中軸を西に外れると、200-300 m の厚さと求められた。観測域のさらに東に行くほど、蛇紋岩体底部の深さが増してい

ることが予想された。

(<sup>1</sup>千葉大学理学部)

Keywords: Three Component Geomagnetic Anomaly, Deep Towed Three Component Magnetometer, Ring Laser Gyroscope, Real Time Kinematic GPS

### Aerogeophysics in Austria

Klaus Motschka<sup>1</sup>

The Geological Survey of Austria is doing airborne geophysical surveys by helicopter since 1982. Since that time the instrumentation has been improved several times and many different instruments were added. Today the whole equipment consists of the following devices:

- four-frequency digital EM-Bird (400 Hz and 7200 Hz coplanar, 3600 Hz and 28800 Hz coaxial)
- CS2-Cesium Magnetometer
- 9 NaI(Tl) crystals to perform gamma-ray spectroscopy
- Infrared sensor
- Infrared video camera and visible light video camera
- Soil moisture antenna
- Air temperature and dewpoint sensor
- Laser and radar altimeter
- Barometric altimeter
- GPS+GLONASS receiver for navigation

All data is stored on a PC and the quality of data is controlled by an operator during flight.

(<sup>1</sup>Geological Survey of Austria)

Keywords: Austria, aerogeophysical survey, helicopter survey, EM

### Airborne Geophysical Research in the Italian Volcanic Regions

Robert Supper<sup>1</sup>

The Institute for Meteorology and Geophysics, in close cooperation with the Geological Survey of Austria, has now been working in the field of airborne geophysics since the last 20 years and therefore has a rich experience in data acquisition as well as data processing and interpretation of airborne geophysical measurements.

For the special application of airborne geophysics to the volcanic environment in Italy the following methods

were chosen:

- Optically pumped Cs-magnetometer,
- VLF-equipment,
- Infrared video camera
- NaJ-crystal for gamma-ray spectral detection
- For positioning, a GPS equipment in combination with a laser altimeter

Within our work in Italy in 1999 airborne geophysical mapping of the area of Mt. Vesuvio, Campi Flegrei and the Island of Vulcano and Lipari was done by our department.

On Mt. Vesuvio, the total area to be investigated is about 140 km<sup>2</sup> (14×10 km, 51 lines), which was covered by flight lines at distances of 600 m in N-S direction. That gives about 1100 line km. In W-E direction 10 tie lines were carried out at a distance of 5 km giving additional 100 line km. On the profile every 3 to 5 meter one measurement of the magnetic total field will be taken, that gives altogether roughly 160000 data points. As far as possible due to the rough terrain condition the data acquisition will be done at constant altitude above surface. The normal flight altitude was planned to be 80 m above surface. As the magnetic and VLF sensor is dragged 30 m below the helicopter the acquisition height was 50 m.

On the Island of Lipari and on the Island of Vulcano 300 line km (19 profiles, line spacing 250m; 5 tie lines, line spacing 1.5 km) were surveyed with the above specifications but using only magnetics and VLF.

(<sup>1</sup>Geological Survey of Austria)

Keywords: Vesuvio, Camp Flegrei, Vulcano, airborne geophysics, VLF

## MMAJにおける空中物理探査の活用

細井義孝<sup>1</sup>

金属鉱業事業団(MMAJ)では昭和43年(1968年)より、空中磁気探査(Airborne Magnetic Survey)を中心とする空中物理探査が、国内、海外において、資源探査に活用されてきた。国内では広域地質構造調査(Regional Survey)に空中磁気探査が第一段階の調査手法として導入され、昭和44年度-56年度の間、21地域で実施され、測線延長78,590 kmに及んだ。この時の調査は航空機を用いて、測線間隔600 m、測定高度1200-2300 m 海拔という仕様で概査的なものであった。その後、昭和50年度~53年度にかけて、ヘリコプター使用の空中電磁法(磁気探査併用)の導入試験が行われ、

カナダの3社のシステムを対象として、3地域において測線延長722 kmを実施した。昭和53年度の北薩地域の測定で、現菱刈鉱山の位置に、比抵抗異常を捕捉し、その後の菱刈鉱山の発見に繋がったことは、最大の成果であった。しかしながら、同法の広域調査への本格採用には繋がらなかった。その後平成元年度と2年度に広域調査としてヘリコプター式空中電磁法(磁気探査併用)が実施され、3地域、測線延長7,098 kmをカバーした。さらに期間において、高感度・高精度の磁力計・GPS他の計測装置の開発、データ処理・解析技術の発達により、精査的な調査が可能となり、平成8年度よりヘリコプター式空中磁気探査(放射能探査併用)が毎年実施され、4地域で測線延長25,961 kmに及んでいる。測定は、測線間隔200 m、測定高度80 m 対地という仕様で精査的なものとなった。一方海外においても昭和43年(1968年)より海外地質構造調査(企業探鉱補助事業)、並びに昭和45年(1970年)より資源開発協力基礎調査(ODA事業)に、空中磁気探査が、第一段階の調査手法として採用され初め、昭和57年度までに十数か国約20地域で測線延長約30万 km 強実施された。その後技術の発展をみるまでしばし空白期間があり1990年代に入って、測定精度が上がったことにより、再び空中磁気探査・空中電磁探査が用いられはじめ、現在に至っている。

(<sup>1</sup>金属鉱業事業団 調査事業部広域課)

Keywords: MMAJ, airborne magnetic survey, regional survey

## 岩手山における航空磁気測量について

白井宏樹<sup>1</sup>

国土地理院では、日本全域を対象に広域的な地理的地磁気の分布を観測するための有効な手段として、高度3,000 m及び5,000 mの航空磁気測量を実施してきた。本年度から活火山及びその周辺地域における観測を実施することになり、初年度の平成11年度は、火山活動の続いている岩手山及びその周辺地域において観測を実施した。

火山地域は磁気異常が大きい場所であり、火山活動により磁気に変化することが知られている。そこで、従来の日本全域を対象とした航空磁気測量に比べて、より低高度で高密度な観測を行うことにより、火山周辺域の地磁気分布を求めることを目的とする。今回は、岩手山及びその周辺地域において地磁気全磁力の観測を実施したので概要を報告する。

観測は、国土地理院所有の航測機「くにかぜII」により、岩手山周辺約25 km四方について、東西及び南北

方向に約 800 m 間隔で 2,700 m, 3,200 m, 3,700 m の 3 高度を飛行し観測した。また、測定間隔は 6 秒とし、航法に GPS 測量機 (Leica 社 ASCOT 航空機ナビゲーションシステム) 位置決定に GPS 測量機 (Trimble 社 4000SSi) を使用した。機体磁気検定は国土地理院水沢測地観測所上空において、南北及び東西方向の各 6 高度で実施した。

解析方法は、磁力計によって観測された全磁力値を水沢測地観測所における連続観測データを使用して化成し、その後機体磁気補正を行い、時系列により GPS による位置情報を得た。現在、解析中であるが、地上からのノイズ等と思われる異常データが見られた。

今後、火山地域の詳細な地磁気分布を把握するために、正確な機体磁気の測定、GPS による位置精度の向上、コンパスによる機首方向の測定などの精度向上を目指したい。なお、最終的には、航空磁気図を作成する予定である。

(<sup>1</sup>国土地理院測地部測地第一課)

Keywords: Mt Iwate Volcano, Aeromagnetic Survey, GPS

### 航空機搭載型多波長走査放射計 VAM-90A による 火山体表面温度観測

鵜川元雄<sup>1</sup> 宮坂 聡<sup>2</sup>

防災科学技術研究所では、火山活動を熱的に把握するため、航空機搭載型多波長走査放射計 VAM-90A を開発して、火山体の表面温度観測を 1990 年より実施している。VAM-90A は可視光域から熱赤外域までの波長域を 9 バンドに分割して同時に観測する。温度は熱赤外域 3.5  $\mu\text{m}$  から 13  $\mu\text{m}$  を 4 バンドに分割して観測し、最高 1,500°C まで測定可能である。瞬時視野角は熱バンドについては 1.5 mrad、それ以外については 3.0 mrad である。観測はセスナ 404 型機に搭載して行い、機上でデータ収録する。観測データは、地形補正などを施して、画像化される。温度分布については概要を即時に把握できるように、着陸後、温度データの一部をつくばの防災科学技術研究所に公衆電話回線を用いて送信し、画像化できるようにしている。

これまでに雲仙岳、九重山、北海道駒ヶ岳、岩手山等の活動が活発化した火山や薩摩硫黄島や有珠山等の熱的に活発な火山を対象として観測を実施してきた。雲仙岳では、1990 年 11 月の噴火開始直後から 1995 年の溶岩供給の停止まで 10 回余り観測を行い、溶岩ドーム周辺の温度分布変化を把握することができた。1991 年 11 月の観測では、770°C の最高温度を観測し、また 1995 年の観測では高温域の面積が縮小したことから、溶岩供

給停止の判断に役立つ観測結果を得た。北海道駒ヶ岳、九重山、岩手山等でも、観測を繰り返すことにより、火山活動状況把握に有効な温度変化の検出に成功している。

火山活動把握のため航空機搭載 MSS による温度観測は今後も重要な情報を提供できると考えられるので、さらに温度推定精度の向上とデータ処理解析時間の短縮等を目指して改善していく計画である。

(<sup>1</sup>防災科学技術研究所, <sup>2</sup>中日本航空㈱)

Keywords: eruption, MSS, thermal observation, volcano

### 長崎県雲仙普賢岳の空中物理探査

奥野孝晴<sup>1</sup>

1999 年、長崎県雲仙普賢岳の溶岩ドームの崩壊危険度を調査する目的で、空中電磁探査・空中磁気探査・空中ガンマ線探査と航空写真撮影による地形解析とを実施した。測定は主として 50-100 m 間隔の平行測線で行なった。空中電磁探査の結果、ドームを含む山体の比抵抗は一搬に高いが、堅固な溶岩・亀裂の発達した溶岩・火山砕屑岩・火砕流堆積物の順に比抵抗値が下る傾向が認められ、溶岩ドームを比抵抗分布から三分した。また比抵抗断面図でそれらの三次元分布を明らかにするとともに、表層で認められるリニアメントが深部におよんでいないなどドーム全体の安定性評価に使用した。空中磁気探査では、普賢岳山頂を中心に正の磁気異常が認められる一方、山頂下部の地形のえぐられた場所や裾野の火砕流分布地域に負の磁気異常が認められた。測定時の磁気センサーの高度が 50 m 程度と低いこと、調査対象範囲がほぼ均質な石英安山岩類で構成されていることから、測定磁気強度の差は、比較的浅所の岩体の密度差によるものと考え、現地状況と極めて良好に一致することが明らかになった。空中ガンマ線探査では、火山砕屑岩・火砕流堆積物と普賢岳を構成する溶岩類との間に 2 倍程度の明瞭なガンマ線強度の差が認められた。溶岩ドームもガンマ線強度分布図により区分され、電磁結果にもとづいて三分した比抵抗区分とほぼ一致した。すなわち亀裂・破碎の進んだ部分で放射線強度が高くなる傾向として認められた。以上の結果をもとに、山頂付近の岩体を破碎度により三区分するとともに、写真影像の地形解析によって調査範囲を 10 m ピクセル毎の最大傾斜角で区分し、それぞれの崩壊危険度を評価して、溶岩ドーム危険度マップを作成した。現状ではドーム縁部の小規模な崩壊は避けられないが、大規模な岩体崩落はないと結論した。

(<sup>1</sup>㈱エースヘリコプター)

Keywords: Unzen, HEM (Helicopter-borne Electromag-

netic method), lava dome

method), Inherent problems in HEM, Simultaneous inversions with multi station HEM data

## 空中電磁法の調査事例と将来展望

小西尚俊<sup>1</sup>

ヘリコプター利用の周波数領域型 HEM では、1 次場 (Hp) に対する 2 次場 (Hs) の割合を同相・離相に分離して ppm 単位で測定している。実際には、Hp の大きさを既知として、受信側で Hp を相殺して Hs のみを測定し、間接的に Hs/Hp を求めている。Hs/Hp を直接的に測定しないために、場合によっては、ドリフト及びキャリブレーションといった本質的な問題が生ずる。また、測定周波数の数だけ特性の異なるコイル及びアンテナを用いるために、各周波数間の整合性も問題になる。更に、HEM データを使用する際の解析法にとっても、測定高度 (h) を正確に知っておくことが解析精度を高める上で重要であるが、高度計の指向性、ヘリの姿勢位置、樹木及び地形の影響により、現状ではこれを正確に測定する方法がないという問題もある。この問題については、筆者は、137.5 kHz の測定データから求めた見掛高度で補正している。これらの問題に対して合理的な解決法を見いだすことが HEM の将来展望に直結しているといえよう。

ドリフト、キャリブレーション及び各周波数間の整合性の問題は、いずれもレベリングに関するもので同質同根の問題である。現状では任意測線について見掛比抵抗断面図を作成し、断面上に不自然さが残らないように各周波数 0 レベルを調整しているが、大量のデータを扱う場合には困難を伴う。そこで、筆者は、インバージョン手法を駆使して、多測点 (30 点-50 点) での全測定データを同時にインバージョン処理することにより、各周波数間のドリフト及びキャリブレーション誤差 (増幅度歪み及び位相歪み) を一括補正する方法を開発中である。この手法は、多測点同時インバージョンともいべきもので、成層構造モデルのフォワード計算結果にランダム誤差を加えた模擬観測データについては有効な結果を得ている。今後、この手法の実用化を通して測定データのリアルタイム処理を実現し、一層の迅速化・低コスト化を図り、HEM の活躍の場を広げていきたい。また、筆者のシステムは、0.22-137.5 kHz という広い周波数範囲を有しているが、より高周波数化することで浅部の分解能を向上させ、環境問題への HEM の適用を図っていきたい。

本発表では地すべり/道路ルート選定/トンネル/ダム/地下水/断層等に関する調査事例についても紹介した。

(<sup>1</sup>大日本コンサルタント(株))

Keywords: HEM (Helicopter-borne Electromagnetic

## ヘリコプター空中電磁法の地質環境調査への適用

高倉伸一<sup>1</sup>

ヘリコプター空中電磁法 (HEM) は空中より電磁波を利用して比抵抗マッピングを行い、地質分布や地下構造を推定する方法である。岩石や土壌の比抵抗は間隙に含まれる水や粘土鉱物の存在に敏感であることから、HEM は地下水や変質帯などの把握を目的とした地質環境調査に適していると考えられる。そこで、地すべり調査、塩水化調査、地熱変質帯調査、活断層調査で使用された HEM の結果を再検討し、地質環境調査に対する HEM の利点と問題点についてまとめた。平野部あるいは海岸近傍における HEM の結果を見ると、含水している場所ほど低比抵抗を示す傾向があり、特に塩水浸透域は著しい低比抵抗を示すことがわかる。山岳地において HEM により低比抵抗異常域として抽出される地点の多くは、変質が進んで岩盤あるいは地盤強度が弱くなっている場所であり、地すべり地や断層破砕帯の位置ともよく一致する。以上のことより、HEM は地下水の管理、防災、岩盤・地盤の評価などに有効であると判断できる。HEM の利点としては、1) 迅速に広域的かつ高密度の観測が可能であることから、地上で行う探査に比較してコストパフォーマンスが高いこと、2) 空中から非接触で非破壊の探査ができることから、山岳地などアクセスの悪い場所や地すべり地など危険な場所での調査が可能ながあげられる。一方、問題点としては、1) データ処理や解析に時間がかかるので、リアルタイムに結果を出すことが要求される調査への適用が難しいこと、2) 測定位置への正確なアクセスが難しいので、高い精度を要求されるモニタリングへの適用が難しいこと、3) 天候や航空法に左右されるので、希望する時間や場所での測定が必ずしもできるとは限らないこと、4) ヘリコプターを運行するための費用が高く、小規模な調査への適用が難しいことがあげられる。問題点の克服が進めば、HEM の地質環境調査への適用がさらに進むと期待される。

(<sup>1</sup>地殻物理部)

Keywords: helicopter-borne electromagnetic method (HEM), geological and environmental surveys, resistivity mapping

## 高分解能空中磁気探査の現状と新しい課題

大熊茂雄<sup>1</sup>

地質調査所では、1990年代初頭より高分解能空中磁気探査の実用化に関する研究・調査を実施してきた。本発表では、これらの研究・調査事例を紹介し、高分解能空中磁気探査として具備すべき条件や課題について総括した。

当該技術で重要なのは、測線間隔に見合ったできるだけ低い対地高度で調査飛行を行い、高感度磁力計により測定間隔を短くして観測を行うことである。調査飛行のプラットフォームとしては、固定翼飛行機やヘリコプター等があり、また磁力計センサーの装着方法によりステーションガー及びバード方式がある。これらは、用途によって使い分けられるが、我が国のように平地に隣接して山地が多い地域では、現在のところステーションガー方式のヘリコプター調査が適している。この場合、データの観測面は三次元的になることが多く、滑らかな曲面上での値にリダクションする必要が生じ、これにより初めて正確な定量解析が行える。

当該手法により、福井県福井平野で伏在断層の調査を目的として高分解能空中磁気探査を実施したところ、既

存の広域磁気異常図では認められなかった多くの短波長磁気異常を検出し、福井地震断層及び福井東側地震断層との対応が認められた。また、芦原温泉近傍で伏在する貫入岩体に対応すると思われる顕著な磁気異常を検出している。

地下構造調査のためのデータの解析・解釈に際しては、磁気異常源に関する情報の収集が必要であり、地表に露出する岩石の岩石磁気測定は表層に起因する異常の除去に有効のみならず、深部に存在する異常源への手がかりを与えてくれる点で重要である。このため、本邦基盤岩類の岩石磁気データベースの構築も実施中である。

今後は、効率性の観点から、複数の空中物理探査を共通のプラットフォームのもとで同時実施する調査技術の開発が重要視されるが、複合データの応用例として、空中磁気・電磁両データの複合解析・解釈から火山体の山体安定性評価を目指す新しい研究計画について紹介した。

(<sup>1</sup>地殻物理部)

Keywords: High-resolution aeromagnetic survey (HRAM), Airborne geophysics, Helicopter-borne electromagnetic method (HEM), Fukui plain

(受付：2000年4月18日；受理：2000年4月20日)