

STT054-01

会場:105

時間:5月24日 16:30-16:45

空中地球計測の発展動向 Recent development of airborne surveys of the Earth

大熊 茂雄^{1*}, 茂木 透², 瀬川 爾朗³
Shigeo Okuma^{1*}, Toru Mogi², Jiro Segawa³

¹ 産業技術総合研究所, ² 北海道大学, ³ 東京海洋大学

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Hokkaido University, ³Tokyo Univ. of Marine Science & Tech.

空中地球計測の最近の技術動向について、既存資料（たとえば（大熊，2011））をもとに発表し議論する。

空中探査とは、飛行機やヘリコプターなどの航空機を用い空中において様々なデータを計測し、観測データから地球の内部構造を調べる調査手法です。空中探査によれば、地上調査が困難な地域での調査や、広域な範囲の迅速な調査などが可能となります。

早いもので、2000年2月に旧地質調査所（現産総研・地質調査総合センター）において内外の参加者を得て、空中探査に係るシンポジウム（大熊・中塚，2001；Okuma, 2001）を開催してから10年が経過しました。この間、一般社会と同様に空中探査についても大きな変化がありました。ひとつには、高分解能空中磁気探査が火山の内部構造調査に本格的に使用されるようになったことと、ヘリコプターを用いた空中重力探査が国内でも実用化されたことでしょう。また、より深部まで調査可能な新たな時間領域の空中電磁探査法も国内で実用化されました。さらに、有人の航空機に代わって無人の飛行機やヘリコプター等による探査システムも、国内外において様々な用途に開発されつつあります。

その後、空中探査に係る研究会合として、2006年の1月に産総研つくばセンターで電力中央研究所と産業技術総合研究所の共催により、空中物理探査に係る国際シンポジウム（ISAG2006: International Symposium on Airborne Geophysics）が開催されました。これは、文部科学省産学官連携イノベーション創出事業費補助金（独創的革新技術開発研究提案公募制度）のプロジェクト「総合空中探査システムを用いた大規模災害の防災技術に関する研究」（電力中央研究所ほか）の成果報告が主な目的でしたが、国内外から各分野の専門家を招きその現状について講演をしていただき、空中探査の将来についても活発な議論を交わすなど今後の空中探査の指針決定に関して大きな意味を持つものでした。

ISAG2006を契機として、空中探査に係る産学官の関係者により、2007年5月の地球惑星科学連合2007年大会において空中探査のセッションが開催されるようになり、2010年には4回目を迎えることができました。また、国際学会関係では、IUGG（International Union of Geodesy and Geophysics）の2003年札幌大会（Okuma and Saltus, 2005）及び2007年のペルー大会（Singh and Okuma, 2009）の磁気異常に係るセッションと、2007年のAGU Fall Meeting及び2009年の物理探査学会第9回国際シンポジウム（SEGJ, 2009）の空中物理探査セッションを筆者の一人（大熊）がコンピナーとして開催し、空中探査に係る交流を進めてきました。また、昨年（2010年）もAGU Fall Meetingで空中物理探査に係るセッションを開催し、ますますこの分野の発展が期待されています。

キーワード: 空中物理探査, 空中重力探査, 空中磁気探査, 空中電磁探査, 空中放射能探査, 空中熱赤外探査

Keywords: airborne geophysics, airborne gravity survey, airborne magnetic survey, airborne electromagnetic survey, airborne radiometric survey, airborne thermal infrared survey

STT054-02

会場:105

時間:5月24日 16:45-17:00

無人ヘリコプターによる桜島火山の観測 Observation at Sakurajima volcano using an unmanned autonomous helicopter

大湊 隆雄^{1*}, 金子 隆之¹, 小山 崇夫¹, 安田 敦¹, 武尾 実¹, 渡邊 篤志¹, 本多嘉明², 井口 正人³, 柳澤 孝寿⁴
Takao Ohminato^{1*}, Takayuki Kaneko¹, Takao Koyama¹, Atsushi Yasuda¹, Minoru Takeo¹, Atsushi Watanabe¹, Yoshiaki Honda²,
Masato Iguchi³, Takatoshi Yanagisawa⁴

¹ 地震研究所, ² 千葉大環境リモートセンシング研究センター, ³ 京大防災研桜島, ⁴ 海洋研究開発機構

¹Earthquake Research Institute, ²CEReS, Chiba University, ³Sakurajima Volcano Research Center, DPRI, ⁴JAMSTEC

火山の火口近傍は火山活動を理解するうえで要となる場所であるが、爆発的火山の場合には、観測者や観測機器が突然の噴火により被災する危険性があり、観測上の空白域となる場合が多い。この空白域を埋める観測手法の開発は火山研究にとって極めて重要である。我々は、火口近傍での多様な火山観測を安全に行うために、自律型無人ヘリと各種遠望観測操作システムを組み合わせた火山観測システムの開発を行っている。これまでに、伊豆大島の山頂カルデラ内で波長数 10～数 100m の磁気異常を検出することに成功している。さらに、地震計や GPS 観測機器の設置、火山灰等のサンプル採取、可視・赤外等の映像撮影、地形計測などの様々な観測項目の実現を目指している。本講演では 2009 年と 2010 年の秋に行った桜島における地震計設置の概要を紹介する。

使用した無人ヘリは、ヤマハが開発した RMAX-G1 である。ペイロードは燃料等を全て含めて約 10kg であり、搭載燃料や気象条件により増減する。基地局から無線の到達する 5km 程度まで飛行可能であり、機体と基地局に備えられた GPS により、あらかじめ設定された経路を位置精度 1m 以内で自律飛行することができる。この高い位置精度により高精度の繰り返し観測が可能である。また、搭載された無線により飛行中の機体から映像を含む様々なデータをリアルタイムで伝送することができる。これは、地震計設置のように現場の状態を確認しながら行なう必要がある作業にとって不可欠な機能である。

無人ヘリでの地震計設置を実現するため、専用の軽量地震観測モジュールとウインチを開発した。10kg というペイロードにはウインチや機体カメラの重量が含まれ、地震観測モジュールに割くことのできる重量は 5kg 程度しかないため、太陽電池の軽量化も必要であった。地震観測モジュールは無人ヘリの機体に取り付けたウインチのワイヤに吊り下げた状態で設置点上空まで運ぶ。設置点に到着すると、ウインチからワイヤを徐々に繰り出してモジュールをゆっくり降下させ、強い衝撃を与えないように静かに設置する。地震計モジュールは太陽電池で動作し、通信は携帯電話網を利用する。ウインチで降下させる設置方法では観測モジュールの方位を制御できず太陽電池が南に向くととは限らないため、観測モジュールの向きによらず発電できるよう、太陽電池をモジュールの全方向に張り付けた。また、設置時にモジュールを水平に保つことが困難なため、3 成分加速度センサーを採用した。

桜島は 2006 年以降、昭和火口での噴火活動が継続しており、特に 2009、2010 年は年間噴火回数が過去最高を更新し、活動の活発化が顕著である。火口から 2km 以内は原則立ち入り禁止であり、火口近傍に観測点は存在しない。火口近傍に地震計を設置することができれば、観測精度の大幅な向上が期待できる。2009 年と 2010 年の 11 月 2 日から 12 日にかけて、火口から 2km 以内への地震計モジュール設置を行った。事前に地形図や航空写真等を用いて 4 箇所の設置位置へ選定し、2009 年の観測では 4 箇所中 3 箇所の設置に成功した。2010 年の観測では、2009 年に設置したモジュールの回収と、4 箇所への再設置を行った。2009 年の設置ではロガーのトラブルにより十分な観測データが得られなかったが、2010 年に設置したモジュールは現在も噴火に伴う地震波形を送り続けている。得られた爆発地震の波形記録は、30Hz 以上の成分については地震計モジュールの共振の影響を受けているが、それ以下の周波数帯では良好であった。

キーワード: 無人ヘリコプター, 火山観測

Keywords: Unmanned helicopter, volcano observation

STT054-03

会場:105

時間:5月24日 17:00-17:15

フォースバランス型加速度計を用いた移動体向け簡易重力計の基本特性に関する研究

A Basic for Gravity Measurement Performance of Simple Gravimeter Using a Force-Balanced-Type Accelerometer on a Carrier

松尾 寛子¹, 徳江 聡¹, 盛川 仁^{1*}, 松田 滋夫²

Hiroko Matsuo¹, Satoshi Tokue¹, Hitoshi Morikawa^{1*}, Shigeo Matsuda²

¹ 東工大総理工, ² クローパテック株式会社

¹Tokyo Institute of Technology, ²Clover tech. Inc.

地盤構造推定のために行われる重力探査では多くの場合、スプリング式の相対重力計が用いられる。この形式の重力計は、非常に高い精度を持つことが特徴であるが、取り扱いが難しいことや高価で測定に時間を要するといった問題がある。一方、近年の地震動予測などにおいては、種々の地域における詳細な地盤構造のモデル化が課題とされているが、物理探査を実施するには多大な時間と費用を必要とするために探査が十分に行われているとは言えないのが実情である。

そこで本研究では、小型かつ軽量、さらに移動しながらの測定が可能な簡易相対重力計の開発を目指している。地表面で一地点ずつ行っていく重力探査だけではなく自動車、航空機等の移動可能なキャリアへの搭載を可能とすることで、広範囲を稠密に探査できることが期待される。そのような背景から、安価で比較的高精度、高分解能のセンサーであるフォースバランス型加速度計(以下、FB 加速度計)をセンサーとして採用し、それが重力計としてどの程度の性能を有するか基礎的な検討を行う。検討にあたっては、移動しながらの重力測定によって妥当な値が得られるかに注目した。

観測により得られたデータからの重力成分の抽出には、バターワース型ローパスフィルターを用いた。また、LaCoste (1973) は重力成分を抽出するために、キャリアの水平成分の加速度などを同時に測定し、それらの相互相関を用いている。この手法を参考にして、信号成分間の無相関性を利用し独立な成分に分解する独立成分分析(ICA)によって観測データの解析を行い、重力成分の抽出を試みた。

FB 加速度計を用いた簡易相対重力計の試作機(EZ-GRAV)には、重力センサーのためのFB 加速度計として、新規に開発された東京測振製 VSE-156SG(以下、VSE)および日本航空電子工業社製 JA-40GA(以下、JA40)を試用した。これらの公称分解能は、それぞれ 0.001 mGal, 1 mGal 程度とされている。また、EZ-GRAV にはFB 加速度計の他に、2成分の傾斜計や、2成分または3成分の加速度計を搭載している。次に、EZ-GRAV を用いて移動しながら重力測定を行った結果を述べる。

2010年4月22日、東京都江東区のパレットタウン内にある大観覧車にEZ-GRAV を載せて観測を行った。フリーエア異常と遠心力から求めた理論値と観測記録を比較した結果、VSE の出力は、20秒のカットオフを持つバターワース型のローパスフィルターにより短周期成分を取り除くだけで、容易に理論値とよい整合を示した。

観覧車での測定では、キャリアの振動が少ない状態で行うことができたが、実際に重力測定を行う際に使用する自動車や船舶、航空機などでは、キャリアの振動による大きな振幅の波形に重力成分が埋もれてしまう。そのような場合、ローパスフィルターのみでのデータ処理では、フィルター処理の際に短周期成分の振幅の影響を受けてしまい、重力成分の抽出が困難である。そこで、FB 加速度計よりも感度の低い加速度計によって同時に記録をとることで重力成分が入っていないデータを測定し、重力成分が入っていると思われるデータと組み合わせることでICAによる重力成分の抽出ができるのではないかと考えた。2011年1月14日、茨城県涸沼周辺にてEZ-GRAV を平ボディのトラックに載せ、観測を行った。この時、FB 加速度計の他に、感度は低い測定レンジの広い加速度計も搭載した。

既に得られている絶対重力値の相対値にエトベス効果を加えて求められる期待される観測値(以下、リファレンス値と呼ぶ)とICAによる解析結果を比較すると位相が似ている場合も見られたが、観測状況によって分離した成分の一部にしかその傾向が見られないものもあった。

FB 加速度計を用いて移動状態で重力測定を行った結果、移動速度が一定かつ重力計を載せるキャリアの振動が少ない場合には、ローパスフィルターにより観測値から短周期成分を取り除くと、理論値とよい対応を示す結果を得ることができた。しかし、キャリアの振動が大きい場合、短周期の振幅の大きさがフィルター処理後も影響を与えてしまい、妥当な重力成分を抽出することができない。また、ICAによる解析の結果、重力成分の傾向を示す波形を抽出できる場合もあるが、振幅や選択する成分の決定方法などは不確定であり、用いるフィルターや解析の前処理についてより詳細な

検討の必要がある。

キーワード: 重力探査, フォースバランス型加速度計, 移動体, 独立成分分析

Keywords: gravity survey, force-balanced-type accelerometer, mobile carrier, Independent Component Analysis

STT054-04

会場:105

時間:5月24日 17:15-17:30

移動体（航空機、船）の RTK-GPS への Geonet の利用とその精度

The use of Geonet combined with RTK-GPS on board the air/sea moving platform and its results

瀬川 爾朗^{1*}

Jiro Segawa^{1*}

¹ 東京海洋大学海洋工学部

¹ Department of Marine Engineering, TUMST

移動体（航空機や船）上における重力測定は、重力計の性能-センサーの感度、安定性や、レベルの正確さ-に勝るとも劣らず、測位精度が大きな影響を与える。これまで、ヘリコプターや船による重力測定では、移動体上の GPS 受信機とともに、地上の基準点に GPS 受信機を置いて、基準点の受信信号と移動体上での受信信号との干渉を取ることで、cm レベルの測位を行い、移動体が起こす大きなノイズを数値的に除去する。しかし、このような干渉測位の誤差は GPS の電波の屈折の影響を受け、それが基線距離が大きくなると増大する。その影響は基線長が 10km 以内であると 1cm 以内と看做されるが、50km を超えるようになると 10cm 以上になる。これまでの経験では、2009 年の観測で、基線距離が 50km を超えても、位置の誤差が 5cm 以内であった時があった。実はこの年は太陽活動が minimum の年で、電離層の影響が少なかったと思われる。

実際、観測の際に、地上に GPS 基準点を設けることは、容易でないことが分かる。通常は、ヘリコプターや船などの出発基地にその基準点を設けるが、1 点だけだと、基線距離が 100km を超えることも珍しくない。かといって、途中で数点の補助基準点を設けるには、通常、そこに人を一人はりつけなければならない。これは大変なことである。この時に、国土地理院が日本列島に設置した GEONET 電子基準点網は、極めて有り難い存在になった。

私も最近初めて知ったのであるが、GEONET のデータは現在、国土地理院の手を離れ、民間に預けられることになった。しかも、常時 1 秒値が測定されていて、有料ではあるが、ユーザーに配布できることになったことである。1200 点の GEONET 観測点は、日本列島で、ほぼ 10km 間隔の基準点を提供している。これはやはり驚くべきことである。

今年の 1 月-3 月、機会があって、東京海洋大学の汐路丸によって移動体での干渉測位の実験をすることができた。海域は東京湾から千葉県館山港であった。この海域の周辺では 30-50 点の Geonet 基地がある。その間隔は 10km 程度である。船の GPS データとこれらの Geonet の 1 秒値データを使えば、極めて精度のよい RTK-GPS 測量ができると考えられる。本研究ではこれらのデータによって船の測位を行い、それが重力の精度をいかに高めていくかの評価を行っている。

キーワード: cm 測位, RTK-GPS, 移動体の測位精度, GEONET, 基線距離, 重力測定の精度

Keywords: Positioning of cm accuracy, RTK-GPS, Accuracy of positioning of moving platform, GEONET, Base distance, Accuracy of gravity measurement

STT054-05

会場:105

時間:5月24日 17:30-17:45

火山活動に関連した空中磁気異常変化の検出: 有珠火山 2010 - 2000AM データの解析と 2000 高度データの吟味

Magnetic anomaly change of Usu Volcano 2000-2010 detected by repeated aeromagnetic surveys

中塚 正^{1*}, 大熊 茂雄¹, 橋本 武志², 宇津木 充³, 神田 径⁴, 小山 崇夫⁵, 有珠山空中磁気探査グループ⁶

Tadashi Nakatsuka^{1*}, Shigeo Okuma¹, Takeshi Hashimoto², Mitsuru Utsugi³, Wataru Kanda⁴, Takao Koyama⁵, Joint Group for Usu Volcano Airborne Magnetic Survey⁶

¹産総研 地質情報研究部門, ²北海道大学, ³京都大学, ⁴東京工業大学, ⁵東京大学, ⁶-

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Hokkaido Univ., ³Kyoto Univ., ⁴Tokyo Inst. Tech., ⁵Univ. Tokyo, ⁶-

繰返し空中磁気探査データから磁気異常変化を抽出する上では, その測線配置に関係した磁気異常の空間エリアシングが問題となるが, その問題の解決方法として, Nakatsuka and Okuma (2006) は, 等価ソースによる高度リダクション処理を応用した交点コントロール手法の 3 次元拡張 (拡張交点コントロール) を提案し, Nakatsuka et al. (2009) はこの方法を用いて, 浅間山の 1992 - 2005 年データから有意な磁気異常変化を検出した。

有珠火山では, 2000 年噴火以降種々の研究調査が進められてきている。2000 年 6 月に地質調査所 (現 産総研) が高分解能空中磁気探査を実施し, 大熊ほか (2003, 2010) は詳細な磁気異常分布図の作成とその解析を進めた。この度そのデータとの対比を主眼の一つに据えた「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の一環として, 2010 年 9 月に北海道大学 (代表: 橋本) が中心となり, 有珠山空中磁気探査グループが探査を実施した。2000 年 6 月当時なお噴火活動が続いていた金毘羅火口域の一部を除いて, 西山火口から有珠山本体 (大有珠・小有珠・外輪山を含む) と昭和新山をカバーする地域で両データが取得された。これらのデータを用いて 2000 年噴火直後の 6 月から 2010 年 9 月の間の全磁力異常変化を解析した。主要な変化は, 西山火口から金毘羅火口に連なる地域・銀沼火口付近・昭和新山での全磁力値の増加 (とくに銀沼付近の増加が顕著) と北側外輪山を中心とした全磁力の相対的な減少で特徴づけられる。それらの特徴的变化と各種地上観測との対比検討については別の発表 (橋本ほか, 2011) で述べる。

この解析にあたっては, 空間エリアシングの影響を最小限に抑えるため拡張交点コントロール法を用いているが, そのデータ処理解析の中でとくに 2000 年の高度データの精度にまつわる問題 (2000 年当時の GPS 測位が十分高精度であったか) が課題となり, 2000 年調査では GPS 測位 (ディファレンシャル処理) に加えて電波高度計による対地高度データが取得されていたので, 国土地理院による火山地域 DEM (10m メッシュ) と合わせて, 詳細な検討を行った。予稿記載段階でなお検討を続行中であるが, 電波高度計は, 人工構造物による凹凸に加えて密な植生の影響を受けるとともに, 山岳地では機体直下からの高度でなくより近い地面からの斜距離を示しており, その点を考慮すると GPS 測位の高度値は全般に電波高度計よりも良いデータとなっている。しかし部分的には 20~30m の誤差 (高度差) が見込まれ, 洞爺湖湖上で電波高度計と 10m 弱の系統的な高度差があるなどの問題も明らかになった。結論的には 2000 年調査の高度データには 10m 未満の誤差を覚悟せざるを得ない。この高度値の精度を考慮に入れると, 前記の全磁力変化の主要な特徴に大きな影響は及ばぬものの, 微小な変化の解析結果はその有意性を慎重に判断する必要がある。

キーワード: 有珠火山, 空中磁気, 磁気異常変化, 拡張交点コントロール, 火山活動, ヘリコプター

Keywords: Usu Volcano, aeromagnetic survey, magnetic anomaly change, generalized mis-tie control, volcanic activity, helicopter

STT054-06

会場:105

時間:5月24日 17:45-18:00

空中電磁法と空中磁気法の併用によるトンネル地質評価の精度向上について Accuracy improvement of tunnel geological features evaluation by helicopter-borne EM and magnetic survey

岡崎 健治^{1*}, 伊東佳彦¹
Kenji Okazaki^{1*}, Yoshihiko Ito¹

¹(独) 土木研究所寒地土木研究所

¹CERI, PWRI

1. はじめに

長大トンネルの地質調査では、その範囲が広いことや建設地が山岳地帯となることも多く、調査地全体の地質の分布や地盤深部の状態を十分に把握することは難しい。また、調査における多大な労力やコストの面でも、その精度に限界があるといえる。一方、近年、ヘリコプターを利用した物理探査が、大規模な地すべりなどの土质地質分野にも適用されている。この方法は、迅速かつ広域的に3次元の地盤特性を評価するためのデータ計測が可能であり、それらの調査事例についても多数報告されている。

本調査では、北海道東部のトンネル計画箇所において、空中電磁法ならびに空中磁気法を実施し、既存の地質調査結果との対応を整理することで、本手法の土质地質調査への適用性について検討したので報告する。

2. 調査概要

調査地は、北海道北見市北西部における山岳地帯である。調査は、延長4,110mで最大土被り厚さ380m、延長910mで最大土被り厚さ150mの2つのトンネルを対象とした。トンネル箇所の地質は、主に付加体堆積物である常呂帯仁頃層群が分布する。仁頃層群は、緑色岩類、火山砕屑性堆積岩およびハイアロクラスタイトを主体に枕状溶岩、チャートおよび石灰岩からなる。また、調査地周辺では、付加体形成時およびその後の構造運動によって形成されたと考えられる断層破砕帯が多数発達している。

調査では、ヘリコプターを利用した空中電磁法ならびに空中磁気法を同時に実施した。空中電磁法では、5つの周波数に応じた地盤の見掛比抵抗を求めた。その見掛比抵抗とトンネル施工時の地質調査結果（屈折法弾性波探査、トンネル掘削位置における岩石の確認）や施工計測データ（内空変位量、天端沈下量、実際に発生した地質工学的問題）との対応について整理した。空中磁気法では、全磁力を測定し、磁力強度の平面分布を求めた。また、空中磁気データをもとに、トンネル断面における地質構造をモデル化し、トンネル掘削位置における岩相、帯磁率との対応について検証した。

3. 調査結果

空中電磁法の結果、トンネル断面と平面における見掛比抵抗のコントラストを確認した。土被り厚さの小さい区間（概ね150m以下）において、見掛比抵抗とトンネル施工時の変位計測量を比較した結果、見掛比抵抗の相対的に低い区間では変位計測量が大きいことを確認した。また、見掛比抵抗の低い区間では、事前の地質調査で実施した屈折法弾性波探査による低速度帯や第4速度層が深部にまで至る区間と対応することを確認した。この区間では、トンネル掘削で断層を確認した。以上のことから、土被り厚さの小さい区間において、空中電磁法による見掛比抵抗からトンネル施工で問題視されるような地質性状を予想できることがわかった。

空中磁気法の結果、トンネル平面の磁力強度のコントラストを確認した。その空中磁気データをもとにモデル化したトンネル断面の地質構造、トンネル掘削で明らかとなった岩石、その帯磁率をもとに地表浅部における岩石の分布状況を整理した結果、トンネル平面の磁力強度分布との対応が良いことを確認した。また、トンネル施工時の変位計測量は、地層境界で大きい結果であった。この地層境界部は、空中磁気法による磁力強度分布とモデル化した地質構造からトンネル掘削位置における存在を推定できる可能性が示唆された。

4. おわりに

本調査では、空中電磁法ならびに空中磁気法をトンネル地山の地質構造調査に適用することで、面的かつ深部の状況を推定するための情報を得ることができた。また、事前の物理探査やボーリング調査などの地質調査結果と比較した場合、それらを説明しうる情報を得ていると判断できる。空中電磁法ならびに空中磁気法は、調査地の条件や精度に応じて、地質調査への適用は十分可能であると考えられる。

キーワード: 空中電磁法, 空中磁気法, トンネル

Keywords: helicopter-borne EM, helicopter-borne magnetic survey, tunnel

STT054-07

会場:105

時間:5月24日 18:00-18:15

Response characteristics of GREATEM system considering a half-space model Response characteristics of GREATEM system considering a half-space model

Saurabh K. Verma¹, Toru Mogi², Sabry Abd Allah^{2*}

Saurabh K. Verma¹, Toru Mogi², Sabry Abd Allah^{2*}

¹NGRI, Hyderabad, India, ²ISV, Faculty of Science, Hokkaido Univ

¹NGRI, Hyderabad, India, ²ISV, Faculty of Science, Hokkaido Univ

ABSTRACT

The Grounded Electrical source Airborne Transient EM (GREATEM) system employs a cable transmitter on the ground and an airborne receiver coil flown below a helicopter. In comparison to other helicopter borne TEM (heli-TEM) systems, the main advantage of the GREATEM system is that it does not fly a large transmitter loop that makes the payload heavier and the survey logistics more rigorous, and expensive. The possibility to apply a large source moment (long cable and high amplitude current) facilitates recording good S/N ratios even at relatively higher flight altitudes (>100m). Also, the long duration pulses (1 cycle lasting 1.6 sec) and all time measurements make it possible to obtain reliable late time (> 20 msec) signals to probe greater depths. We have studied the response characteristics of the GREATEM system considering a half-space model.

The resistivity of the half-space is varied over a wide range to represent various types of geological terrains and rock types. The study reveals the range of resistivity values (resistivity aperture) which can be resolved well by the GREATEM system. The influence of varying the flight height and the distance of the source cable is also studied. Due to the deployment of grounded source, the GREATEM survey area is confined to a few tens of square km in the vicinity of the source cable. However, comparisons with other heli-TEM and ground TEM systems clearly bring out several advantages of the GREATEM system.

キーワード: Helicopter borne TEM (Heli-TEM), Deep penetration Heli-TEM, Grounded source Heli-TEM, Helicopter borne LOTEM

Keywords: Helicopter borne TEM (Heli-TEM), Deep penetration Heli-TEM, Grounded source Heli-TEM, Helicopter borne LOTEM

STT054-08

会場:105

時間:5月24日 18:15-18:30

空中電磁探査法の沿岸域への適用性検討 - 九十九里浜の例 - Applicability of airborne electromagnetics to coastal areas: Kujuyukuri case

伊藤 久敏^{1*}, 佃 十宏¹, 木方 建造¹, 海江田 秀志¹, 鈴木 浩一¹, 茂木 透², Abd Allah Sabry², 城森 明³, 結城 洋一⁴
Hisatoshi Ito^{1*}, Kazuhiro Tsukuda¹, Kenzo Kiho¹, Hideshi Kaieda¹, Koichi Suzuki¹, Toru Mogi², Abd Allah Sabry², Akira Jomori³, Youichi Yuuki⁴

¹ 電力中央研究所, ² 北海道大学, ³ ネオサイエンス, ⁴ 応用地質株式会社
¹CRIEPI, ²Hokkaido Univ., ³NeoScience Co., ⁴Oyo Co.

沿岸域は人類の活動が集中するとともに地震や津波などによる甚大な自然災害の発生する場であるため、防災の観点から沿岸域の地下の地質・水理構造を把握することは極めて重要である。また、淡水と海水の境界域であり、それらの分布状況を把握することは、沿岸域の持続的な発展にとって重要であるとともに、地層処分事業にとっても重要なテーマである。にもかかわらず、沿岸域の陸域と海域の地下構造を同時に探査可能な手法は極めて少ない。空中電磁探査法は、地下の比抵抗構造から、地下の地質・水理構造を探査する手法であり、沿岸域の陸域・海域を同時に探査可能な手法である。一般的な空中電磁探査法は、陸域では探査可能な深度が300m程度であるが、我々は1000m程度まで探査可能な空中電磁探査法(GREATEM)を開発した。そこで、今回、この手法の沿岸域での適用性を検討した。九十九里浜は陸域での地上からの電磁探査や海域での電気探査、さらには1000m級の坑井を用いた検層データなどが存在し、GREATEMの適用性を検討する上で最適な場所の一つである。今回、九十九里浜でGREATEMを適用した結果、既存の結果と概ね整合した結果が得られたこと、および深度300~350mまでの探査が可能であること等を報告する。

キーワード: 空中電磁探査, 沿岸域, 九十九里

Keywords: Airborne electromagnetics, Coastal area, Kujuyukuri

STT054-P01

会場: コンベンションホール

時間: 5月24日 14:00-16:30

福井平野の磁気構造

Magnetic constraints on the shallow subsurface structure of the Fukui Plain

大熊 茂雄^{1*}, 牧野 雅彦¹, 中塚 正¹

Shigeo Okuma^{1*}, Masahiko Makino¹, Tadashi Nakatsuka¹

¹ 産業技術総合研究所

¹ Geological Survey of Japan, AIST

地質調査所（現産業技術総合研究所地質調査総合センター）は、1998年10月に九頭竜川以北の福井平野を中心とした地域において、当該地域の伏在断層調査を目的としてスティンガー方式のヘリボーンによる高分解能空中磁気探査を実施した。当該手法は、当時本邦において既に技術導入され金属鉱床探査を目的として実施されていたが、伏在断層調査を主目的として実施されるのは初めてのケースであった。本調査の概要については、既に報告している（大熊ほか、1999a, 1999b; Okuma et al., 2001）が、先頃、福井平野地域の空中磁気観測データについてデータの再処理を実施し、最新の地磁気傾向面（IGRF-10）に基づく磁気異常を計算して精緻な磁気異常図の編集を行い、空中磁気図シリーズの一環として公表した（大熊ほか、2010）。この結果、芦原温泉南方の平野北西部を中心として複数の磁気異常からなる高磁気異常域の存在が明らかになるとともに、福井平野中央部以東に推定されている伏在断層に対応して特徴的な磁気異常分布が認められた。すなわち、福井地震断層は高磁気異常域の東縁部によく一致する。

今回、これらの地域の地下構造をより詳細に推定するため、当該磁気異常データを用いて、3次元イメージング解析を行った。その結果、芦原温泉南方の平野北西部を中心として、2.0A/m程度の高磁化強度域が地下浅部に分布することが明らかとなった。これらの原因として、東尋坊等に認められる安山岩質火山岩（鹿野ほか、1999）や貫入岩体が考えられる。また、これらを取り囲むように平野西部が高磁化強度域となる。一方、福井地震断層付近を境界としてその東側は、低磁化強度域となる。平野西部の高磁化強度域の原因としては、平野下の第三系基盤を埋積する火砕岩等が考えられるが、供給源としては前述の火山活動との関連が示唆される。地震探査の結果（福井県、1998, 1999）や重力基盤構造解析（駒澤、2006）から明らかになった福井平野下の第三系基盤は、福井地震断層付近から西方に大きく深度を増しており、断層付近で東端を境される盆状構造の内部に高磁性の火山岩がトラップされている可能性がある。以上より、福井地震（1948年, Mj = 7.1）は古い基盤構造を利用して発生した可能性が示唆される。

キーワード: 空中磁気探査, 高分解能空中磁気探査, 磁気異常, 磁気構造, 福井平野, 福井地震

Keywords: aeromagnetic survey, high-resolution aeromagnetic survey, magnetic anomaly, magnetic structure, Fukui Plain, Fukui earthquake faults

STT054-P02

会場: コンベンションホール

時間: 5月24日 14:00-16:30

Three dimensional resistivity modeling for the GREATEM survey data Three dimensional resistivity modeling for the GREATEM survey data

Sabry Abd Allah^{1*}, Toru Mogi¹, Akira Jomori², Elena Fomenko³

Sabry Abd Allah^{1*}, Toru Mogi¹, Akira Jomori², Elena Fomenko³

¹Faculty of science, hokkaido university, ²NeoScience Co,Osaka 594-1157, Japan., ³Lomonosov Moscow state university,Russia

¹Faculty of science, hokkaido university, ²NeoScience Co,Osaka 594-1157, Japan., ³Lomonosov Moscow state university,Russia

ABSTRACT

The Ground Electrical source Airborne Transit Electro Magnetic (GREATEM) system uses a grounded electrical dipole source of nearly 2 to 3 km length as a transmitter and a three-component magnetometer in the towed bird as a detector. With a grounded source, a large-moment source can be applied and a long transmitter-receiver distance used, yielding a greater depth of investigation but limiting the survey area. Other advantages include a smaller effect of flight altitude and the possibility of higher-altitude measurements.

A series of data processing are used to obtain the transient response curves in the end from GREATEM field survey data, these steps include (1) movement correction: which made by subtracting predicted magnetic field variations, as derived by the response function based on the movement measured by the gyro, from the observed magnetic field variations, to yield moving-noise-free data. (2) Coordinate transformation: to transfer magnetic field components from bird-based coordinates to geographical coordinates that based on directional sensor data. (3) Removing local noise: magnetic field data obtained from the ground magnetometer were used to remove natural and artificial noise. (4) Data stacking: as GREATEM data is affected by the horizontal resistivity structure change, to overcome this issue a stacking of data is need. (5) Signal portion extraction: search for 0-level, the partial signal (transient) was extracted.

We are going to make a 3D resistivity model for GREATEM data based on 1D resistivity structures inverted from GREATEM field survey data as initial model. The 3D EM forward modeling scheme based on finite difference (FD) staggered grid method (Fomenko and Mogi, 2002) used to calculate the response of 3D resistivity model at each corresponding survey line. Convolution is carried out in frequency domain to add the frequency characteristic response of field survey instrument to forward model synthetic data of EM transit response in order to compare it with field survey data transit response obtained after data processing.

In current work, we have developed 3D stacking of data in each grid, and employed this method practically on the data of GREATEM filed survey at the Kujukuri beach that has been conducted to test the GREATEM survey system and clarify the subsurface structure in coast line area such as the Kujukuri beach which located on the east coast of the Boso peninsula in Chiba Prefecture, Japan.

キーワード: GREATEM 3D resistivity model, GREATEM survey at cost line

Keywords: GREATEM 3D resistivity model, GREATEM survey at cost line

STT054-P03

会場: コンベンションホール

時間: 5月24日 14:00-16:30

地すべり調査における空中電磁探査の活用 Application of the airborne electromagnetic survey in landslide survey

結城 洋一^{1*}, 中山 文也¹, 藤沢 康弘¹
Youichi Yuuki^{1*}, Fumiya Nakayama¹, yasuhiko fujisawa¹

¹ 応用地質株式会社

¹ oyo corporation

空中電磁探査は、空中から地下の三次元的比抵抗構造を短時間に調査できる。解析は、測線上の測定データから比抵抗構造を導き出し、比抵抗構造から地質構造を推定する。最近には探査法も多様な手法が開発されており、空中発信空中受信の周波数ドメイン空中電磁探査法や地上発信空中受信のタイムドメイン空中電磁探査法 (G R E A T E M) が探査目的に応じて使われている。それぞれの可探深度は、周波数ドメイン空中電磁探査法が 100 ~ 150 m、タイムドメイン空中電磁探査法が 1000 m 程度である。地すべり調査は表層のごく浅い部分を調査の対象としている。本発表では周波数ドメイン空中電磁探査法で地すべり調査を実施した事例を報告する。

調査は長崎県南島原市で実施した。長崎県北部は全国有数の地すべり地帯であるが、調査を実施した南島原市も規模は小さいが県北に匹敵する地すべり多発地帯である。調査地は長崎県が地すべり防止区域に指定している。本調査は地すべり防止対策の基礎資料を得るために 2 年間にわたり実施した。調査を実施した隣接地には、既設の対策工事実施箇所があり、既設の工事箇所も同時に探査を行った。その結果、空中電磁探査法は地すべり防止対策に有効であるとともに、対策工事実施箇所の効果判定が可能であることが確認できた。

キーワード: 空中電磁探査, 地すべり, 空中物理探査, 比抵抗, 効果判定

Keywords: airborne electromagnetic survey, landslide, airborne geophysics, resistivity

STT054-P04

会場: コンベンションホール

時間: 5月24日 14:00-16:30

人工衛星光学センサ画像による 2010 年メキシコ・El Mayor (Baja California) 地震 での地殻変動抽出 Coseismic Displacement Measurement of The 2010 El Mayor, Mexico Earthquake Using Satellite Optical Images

松岡 昌志^{1*}, 児玉 信介¹

Masashi Matsuoka^{1*}, Shinsuke Kodama¹

¹ 産業技術総合研究所

¹ AIST

Terra 衛星の ASTER および ALOS 衛星「だいち」に搭載されている PRISM は、異なる観測角を有する画像を同時に取得することができ、このステレオペア画像から地形の倒れこみの影響を除いた正射（オルソ）画像を作成することができる。地殻変動が起こる前後のオルソ画像を比較することで水平方向の地殻変動に関する情報を抽出することが可能である。本研究では、2010 年 4 月 4 日にメキシコの El Mayor (Baja California) で発生した大地震に伴う地殻変動の面的分布を推定するために、2005 年 4 月 15 日と 2010 年 4 月 13 日（日本時間）に観測した ASTER データおよび 2009 年 9 月 14 日と 2010 年 5 月 2 日（日本時間）に観測した PRISM データのそれぞれのペアについてピクセルオフセット解析を行った。この解析結果から、震央から北西方向に延びた右横ずれ成分の断層が見られ、数 m の地殻変動があることを明らかにした。今後、現地調査データや他の解析結果との比較検証を行う予定にしている。

キーワード: ピクセルオフセット, 地殻変動, 人工衛星光学センサ, Terra/ASTER, ALOS/PRISM, 2010 年バハ地震

Keywords: subpixel correlation, crustal displacement, satellite optical sensor, Terra/ASTER, ALOS/PRISM, the 2010 Baja California earthquake

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



STT054-P05

会場: コンベンションホール

時間: 5月24日 14:00-16:30

航空機搭載型ハイパースペクトルスキャナによる桜島の輝度温度分布観測 (2008年4月から2010年11月)

Observations of temperature distributions in Sakurajima volcano crater using airborne hyperspectral scanner

實渕 哲也^{1*}

Tetsuya Jitsufuchi^{1*}

¹ 防災科研

¹ NIED

防災科学技術研究所は、当所の航空機搭載型ハイパースペクトルスキャナ (ARTS) を用いて、桜島の輝度温度分布を観測した。その結果、2008年11月から2010年11月にかけての、桜島の地熱活動の変化をとらえた。ARTSによる桜島の観測は、2008年4月8日、2008年11月26日、2010年11月21日に実施した。観測高度は、2008年4月8日と2008年11月26日が海拔4000m、2010年11月21日が海拔5000mである。これより、空間分解能3.6mから4.8mの輝度温度分布を計測できる。観測画像はGPS/IMUシステムにより幾何補正した。これらのデータより、桜島の地熱活動を検出できる。我々は、関岡の式を用いて、放熱率を求めた。推定された桜島南岳A火口の放熱率は、2008年11月26日が16.4MW、2010年11月21日が0.8MWであった。また、昭和火口の放熱率は2008年11月26日が4.2MW、2010年11月21日が57.3MWであった。これらより、2008年11月から2010年11月にかけての、昭和火口の地熱活動の増加と南岳A火口の地熱活動の減少を検出することができた。

キーワード: ハイパースペクトラルセンサ, 航空機搭載型, 地熱分布

Keywords: hyperspectral sensor, airborne, geothermal distribution