

駿河湾沿岸域の高分解能空中磁気探査

High-resolution aeromagnetic survey in the coastal zone of the Suruga Bay area, central Japan

大熊茂雄^{1*}・中塚 正¹・山谷祐介¹

Shigeo Okuma^{1*}, Tadashi Nakatsuka¹ and Yusuke Yamaya¹

Abstract: A regional aeromagnetic map of the coastal zone of the Suruga Bay area (total magnetic intensity) has been made for a planning of a new high-resolution aeromagnetic survey over the area and has resulted in a preparatory compilation of the Digital Geoscience Map of the area. The total magnetic intensity anomalies within the area have been extracted from the aeromagnetic anomaly database on a smoothed surface 1,500 m above terrain. According to the map, a magnetic high is present over the southern part of the Kambara Hill, where the Iriyamase Fault and Iriyama Fault lie eastern and western foots of the hill, respectively. To better map magnetic anomalies of the area, a new high-resolution aeromagnetic survey was planned and is being conducted with an installation of survey equipment on a Eurocopter AS350B3. Since the survey has not been completed yet, the regional aeromagnetic map, and the equipment and plan of the survey will be presented in this report.

Keywords: aeromagnetic survey, aeromagnetic map, magnetic anomaly, active fault, Suruga Bay

要旨

駿河湾沿岸域の地質・地下構造の理解を目的とした多面的な地質情報収集のため、今回、当該地域において高分解能空中磁気探査を実施した。事情により、報告書の執筆時点で調査を終了していないため、本論では調査地域の絞り込みのため既存の空中磁気データを編集して「駿河湾沿岸域空中磁気図（全磁力異常）」を作成した結果と、新たな調査に用いた機材と調査計画の概要について報告する。

空中磁気探査は、駿河湾沿岸域の陸・海域に渡る東西 12km × 南北 12km の範囲を、標準対地高度 150m、主測線間隔 250m の、低高度・高密度測線配置で実施する。使用するヘリコプターは、AS350B3 で上昇能力に優れ地形起伏への追従性が良く国内での調査に適している。静岡市葵区の静岡ヘリポートを基地として、調査を実施中である。

1. はじめに

本調査は、産業技術総合研究所の政策予算研究「沿

岸域の地質・活断層調査—陸海接合の物理探査」において、海陸シームレス地質情報に関わる数値地質図整備の一環として、駿河湾沿岸域の詳細な空中磁気図を作成するために実施されるものである。

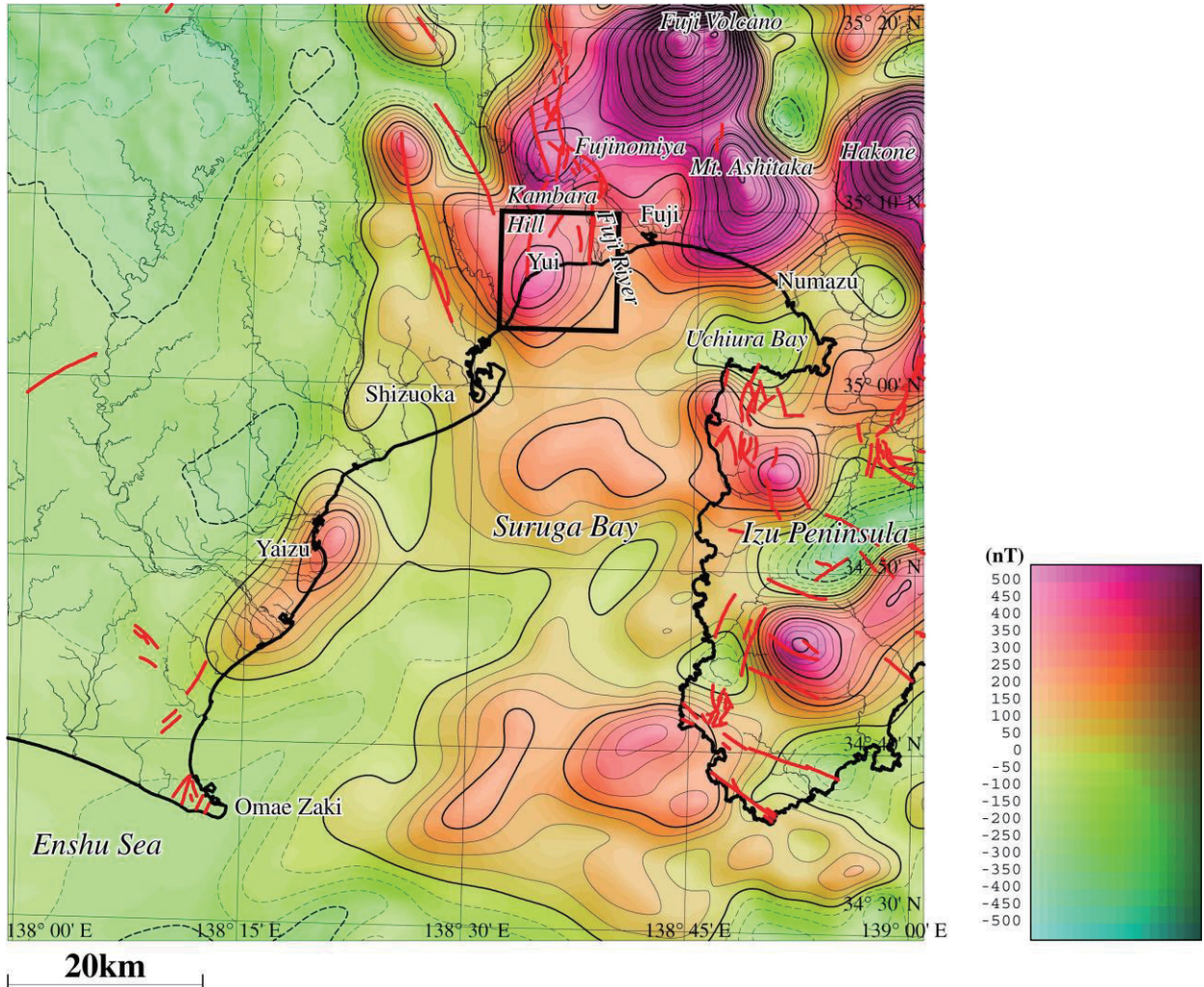
本論では、調査地域の絞り込みのため既存データから作成した広域の空中磁気図に加えて、新たな空中磁気探査で用いる調査機材と調査計画の概要について報告する。

2. 既存データによる空中磁気図の作成

今回の調査に先立ち、当該地域の空中磁気データの現況を把握するために、調査地域を含む広域の空中磁気図を作成した。使用したデータは、対地高度 1,500m の面上での空中磁気データ（中塚・大熊, 2009）である。これは、「日本空中磁気データベース」（地質調査総合センター, 2005）に収録された磁気異常分布データを用いて、統一的に設定した滑らかな高度面での磁気異常分布を求める処理を行い、日本全国をカバーする緯経度メッシュ（0.1 分メッシュ）における磁気異常値分布データを作成したものである。

* Correspondence

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門（AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation）



第 1 図 既存データによる駿河湾沿岸地域における空中磁気図（全磁力異常）の陰影図
作成面高度：対地 1,500m. コンター間隔：25nT. 破線は負値を示す。矩形範囲は高分解能空中磁気探査の調査予定
範囲を示す。赤の太い実線は、活断層分布（活断層研究会，1991）を示す。

Fig.1 Shade aeromagnetic Map of the Coastal Zone of the Suruga Bay area (Total Magnetic Intensity) compiled from existing data.

Reduction surface is 1,500 m above terrain. Contour interval is 25 nT. Broken lines indicate negative values.
A rectangle bounded by black solid lines indicates the area for a new high-resolution aeromagnetic survey. Thick red solid lines show active faults (Research Group for Active Faults of Japan, 1991).

「日本空中磁気データベース」では、原調査の生に近いデータ（中塚ほか，2005）が収録されているため、各調査の仕様の相違・特徴に対応して特性の若干異なるデータとなっており、接合磁気図においても飛行高度の相違などの影響が反映されている。中塚・大熊（2009）では、地下構造に対する特性がなるべく揃うように、平滑化した地形面から 1,500m 上方の高度面を基準に選び、等価ソースを利用した上方接続操作に相当するデータ処理を行っている。

対地高度 1,500m の面上での空中磁気データ（中塚・大熊，2009）は、緯経度 0.1 分毎のグリッドデータとなっている。これを WGS84 系の UTM 座標値（ゾーン 54）に変換し、X（南北方向）：3819 ～ 3915

km，Y（東西方向）：224 ～ 318 km の範囲の南北 96km，東西 94km のデータを 200m 間隔で切り出した。したがって、格子点数は、南北 481 点，東西 471 点である。切り出した範囲の全磁力異常を第 1 図に示す。

当該地域の既存空中磁気データとしては、地質調査所による駿河湾地域および東海地域、NEDO による関東地域および中部地域のデータが一部重畳しながら存在するが、飛行高度が最も低高度（1,500ft（約 457m））の地質調査所の測線データはほぼ海岸線付近までしかカバーしていないため、海岸線付近から内陸側については高高度（4,500ft（約 1,372m））の NEDO によるデータしかないため情報が劣る傾向にあ

る。

一方、今回の広域の空中磁気図を参照すると蒲原丘陵の南岸付近に高磁気異常が分布し蒲原丘陵の北部を中心に分布する新第三紀の火山岩類(杉山ほか, 2010)との関係が示唆されるが、上記の理由により詳細が分からず確度を持った解釈が困難である。当該地域では、蒲原丘陵の東麓に富士川河口断層帯の入山瀬断層、西麓に入山断層が分布し、これらを含めた当該域の活断層の分布を調査する上で、当該の高磁気異常に関して詳細な分布を明らかにすることが重要である。そこで、本研究では、駿河湾沿岸域の蒲原丘陵とその沖合を中心とする陸・海域に渡る東西 12km × 南北 12km の範囲(第 1 図)について高分解能空中磁気探査を計画した。

3. 高分解能空中磁気探査

空中磁気探査は、駿河湾沿岸域の陸・海域に渡る範囲(第 1 図)を、標準対地高度 150m、主測線間隔 250m の、低高度・高密度測線配置で実施した。使用したヘリコプターは、AS350B3(第 2 図)で上昇能力に優れ地形起伏への飛行追従性が良く、地形変化に

富む国内での対地高度一定での調査飛行に適している。調査機材は、前年に構築した先の SA315B(Lama)用(中塚・大熊, 2005)を改良した新システム(大熊・中塚, 2013)を基本的に踏襲し、地磁気全磁力測定のためにセシウム磁力計(Scintrex CS2, Canada; 第 3 図)を、機体磁気補正用の機体磁気の測定のために 3 軸フラックゲート型磁力計 TFM100G2(Billingsley Magnetics, USA)を使用している。一方、機上ナビゲーション関連は今回一新し、機上ナビゲーション装置として新たに LiNav(AGNAV, Canada; 第 4 図)を、GNSS 受信機としてこれも新たに ProPak 6(Novatel, Canada; 第 4 図)を採用した。当該の ProPak 6 は現状の仕様では一周波数であるが、GPS に加え、GLONASS や日本の準天頂衛星(QZS: Quasi-Zenith Satellite System)も受信可能で、静止衛星を用いた補正システム SBAS(Satellite Based Augmentation System)である日本の MSAS(MTSAT Satellite-based Augmentation System)も利用可能である。

また、地磁気センサー等を収納するのは、AEROCOMP 社(Canada)のスティンガー装置(第 2 図)であり、AS350B3 用の取り付け部により機体下部に固定されている。高度計としては、電波高度



第 2 図 空中磁気探査調査ヘリコプター(中日本航空(株)所有(大熊・中塚, 2013) AS350B3 型機。機体下部にスティンガーを固定し、その内部に Cs 磁力計センサーおよびプリアンプ、フラックゲート型磁力計センサーを収納する。撮影場所: 北海道白老町白老滑空場(以下同様)。
Fig. 2 Survey helicopter employed for the aeromagnetic survey over the Coastal Zone of the Suruga Bay area (Okuma and Nakatsuka, 2013). Eurocopter AS350B3 owned by Nakanihon Air Service Co., Ltd. A Cs magnetometer sensor and its pre-amplifier, and a fluxgate sensor were installed in the stinger attached to the helicopter. The photo was taken at the Shiraoi Gliderport, Shiraoi, Hokkaido and so forth.



第 3 図 セシウム磁力計センサー(大熊・中塚, 2013) スティンガー先端部に設置された Cs 磁力計センサー。写真のように円柱状センサーの長軸部を鉛直方向にして設置する。
Fig. 3 Sensor of CS2 Cesium magnetometer (Okuma and Nakatsuka, 2013). A Cs magnetometer sensor is located at the point of the stinger. The sensor is oriented as its major axis is vertical.



第 4 図 機上ナビゲーション装置
 左上が本体 (AGNAV 社 LiNav)。中央下がパイロットインディケータ。Way point の入力や航跡の表示などを行い、調査飛行中はナビゲータが操作する。
 右端は GNSS 装置 (Novatel ProPak 6)。

Fig. 4 Airborne navigation system (Okuma and Nakatsuka, 2013).
 Upper left: LiNav by AGNAV, Canada. Lower center is the pilot indicator. This equipment is used as inputs of waypoints and displays of flightline paths and operated by a navigator during the survey. Right edge is ProPak 6 GNSS receiver.



第 5 図 電波高度計 (中日本航空 (株) 所有) (大熊・中塚, 2013)
 電波高度計の送受信アンテナ。スキッドのステップ先端部分に取り付けられている。アンテナ間の中央部には対地ビデオカメラの CCD センサーが取り付けられている。

Fig. 5 Antennas of a radar altimeter (Okuma and Nakatsuka, 2013).
 Owned by Nakanihon Air Service Co., Ltd. The antennas are mounted on the fore tip of a step of the skid of helicopter. A CCD sensor of video camera is installed between the antennas.



第 6 図 機上データ収録装置 (1) (大熊・中塚, 2013)
 ラック最上部には、キーボード、15 インチ液晶ディスプレイおよび対地ビデオ収録装置が置かれている。ラック内は三段で、最上段に気圧高度計本体、GPS のデータロガーおよび同操作用の PDA が電源と一緒に置かれていたが、最新システムでは装備品とその配置が変更される予定である。中段にはセンサーカプラーが、最下段には収録部のラックマウント PC が設置されている (第 7 図参照)。

Fig. 6 Date acquisition system on board (1) (Okuma and Nakatsuka, 2013).
 A keyboard, a 15" LED display and a video deck are mounted on the ceiling of a rack with three shelves. A pressure altimeter, a GPS logger and a PDA as its controller were used to be mounted with a power supply on the top shelf but will be rearranged by the recent modification. A sensor coupler is mounted on the middle shelf.
 A rack-mounted windows PC is mounted on the bottom shelf (see Fig. 7).



第 7 図 機上データ収録装置 (2) (大熊・中塚, 2013)
 収録部のラックマウント PC (HPC Systems HPC1000-CD104R4)。MS Windows で動作。PCI 規格の A/D 変換ボード PCI-1718HDU-AE (アドバンテック (株)) と周波数カウンタボード GT210PCI-8 (GuideTech, USA) を内蔵する。

Fig. 7 Date acquisition system on board (2) (Okuma and Nakatsuka, 2013).
 A rack-mounted PC (HPC Systems HPC1000-CD104 R4) is operated by MS Windows and used for data acquisition on board. Advantech PCI-1718HDU-AE, Universal PCI Multifunction Card and GuideTech GT210PCI-8, Frequency Counter Card are installed inside.

計(第5図)と新たに Setra 社(米国)の気圧高度計 Model 278 が取り付けられている。また、対地ビデオ映像撮影のための CCD センサー(第5図)とデッキも搭載されている。データ収録装置は、機体内部のラック(第6図)に取り付けられたラックマウント PC(HPC Systems HPC1000-CD104R4; 第7図)を使用し、PCI規格の A/D 変換ボード PCI-1718HDU-AE(アドバンテック(株))と周波数カウンタボード GT210PCI-8(GuideTech, USA)を使用している。データ収録プログラムは Windows 上で Visual Basic を用いて独自に開発し、収録データは ASCII 形式で安全のため内蔵 SSD と外付けの CF カードの双方に記録している。

これらの探査機材を機体に搭載し調査飛行に使用するためには、国土交通省の許可が必要で、当該の機体も航空局による機体改造検査を 2014 年 4 月 30 日付けで終了予定である。その後、静岡県に空輸され、機体磁気補償テスト飛行を実施したのち、2014 年 5 月に静岡市葵区の静岡ヘリポート(35° 01'28" N, 138° 24'31" E)を基地として空中磁気探査測定作業飛行を実施予定である。なお、地上地磁気連続観測点を静岡市の竜爪山旧登山道入り口付近に設置して、地磁気の連続観測を行う予定である。

4. まとめ

今回、調査地域の絞り込みのため、既往の空中磁気データを使用して、対地 1,500 m の滑らかな高度での、駿河湾沿岸域の空中磁気図を作成した。その結果、蒲原丘陵の南岸付近に高磁気異常が分布することが明らかとなり、蒲原丘陵の北部を中心に分布する新第三紀の火山岩類(杉山ほか, 2010)との関連が示唆される。また、当該地域は蒲原丘陵の東麓に富士川河口断層帯の入山瀬断層、西麓に入山断層が分布し、その地下構造が注目されている。そこで、本研究では駿河湾沿岸域の蒲原丘陵とその沖合を中心とする陸・海域に渡る東西 12km × 南北 12km の範囲について高分解能空中磁気探査を計画した。現在、調査を実施中である。

文献

地質調査総合センター(2005)日本空中磁気データベース。数値地質図, P-6, 産総研地質調査総合センター。

活断層研究会(1991)[新編]日本の活断層一分布図と資料。437p, 東京大学出版会。

中塚 正・大熊茂雄(2009)日本空中磁気 DB による対地 1,500m 平滑面での磁気異常分布データの編集。地質調査総合センター研究資料集, 516, 24p. + CD-ROM 1 枚, 産総研地質調査総合センター。

中塚 正・大熊茂雄・牧野雅彦・森尻理恵(2005)日本空中磁気探査データベース。数値地質図, P-6, 産総研地質調査総合センター。

中塚 正・大熊茂雄(2005)スティンガー式ヘリコプター磁気探査システムの開発とその磁気センサーに対する機体磁気補償。物理探査, **58**, 451-459。

大熊茂雄・中塚 正(2013)苫小牧沿岸域の高分解能空中磁気探査。平成 24 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.62, 85-89。

杉山雄一・水野清秀・狩野謙一・村松 武・松田時彦・石塚 治・及川輝樹・高田 亮・新井晃作・岡村行信・実松健造・高橋正明・尾山洋一・駒澤正夫(2010)20 万分の 1 地質図幅「静岡及び御前崎」(第 2 版), 産総研地質調査総合センター。