

SEM037-01

会場:301B

時間:5月26日 10:45-11:00

## 海域・陸域データを用いた西南日本背弧域の地下比抵抗構造

On the electrical conductivity structure beneath the back arc region of SW Japan based on both land and seafloor data

南 拓人<sup>1\*</sup>, 藤 浩明<sup>1</sup>, 笠谷 貴史<sup>2</sup>, 下泉 政志<sup>3</sup>, 大志万 直人<sup>4</sup>

Takuto Minami<sup>1\*</sup>, Hiroaki TOH<sup>1</sup>, Takafumi Kasaya<sup>2</sup>, Masashi Shimoizumi<sup>3</sup>, Naoto Oshiman<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 京都大学理学研究科, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構, <sup>3</sup> 九州職能大学校, <sup>4</sup> 京都大学防災研究所

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Kyoto Univ., <sup>2</sup> JAMSTEC, <sup>3</sup> Kyushu Polytechnic College, <sup>4</sup> Disaster Prevention Research Institute

西南日本背弧域は地震学的にも火山学的にも活動が活発な地域である。2000年に起こった鳥取県西部地震などはまだ記憶に新しい。この地域では地震/火山活動が活発であるのに加え、その様相は非常に複雑である。この地域における30km以浅の震央分布をみると、震央は大山火山の西側では面的、また東側では海岸線に平行に線的分布をしており、大山火山の東西で分布が明瞭に異なる(塩崎他, 2003)。また火山学的には、第三紀のアルカリ質マグマによる隠岐の島や瀬戸内の火山の間に、第四紀のアダカイト質マグマを産する大山火山や三瓶山が存在しており、第三紀火山の中に第四期火山が割って入った形の分布となっていることも特徴的である。

これら地震学的・火山学的特徴を理解するために、地震学、地球電磁気学などの分野では、数多くの研究が行われてきた。西南日本下の地震波構造を示す地震波トモグラフィ( Nakajima and Hasegawa, 2007 ) や、地下電気伝導度構造( 塩崎他, 2003 ) などが得られており、その結果、西南日本背弧域においては、下部地殻に見られる低速度体や高電気伝導度体が、地震発生メカニズムに強く関連していることがわかってきた。しかし、これまでの研究では、陸上観測データのみを用いている場合が多く、海陸沿岸部地下に存在する低速度体や高電気伝導度体の成因を突き止めるには、沿岸付近の推定精度が不足している。鳥取大学と京都大学をはじめとする共同研究グループはこのことを考慮し、2006年に山陰沖における海底電磁気観測を開始した。この海域観測により、現在では山陰沖計10点における海底電磁場データが得られており、既存の陸域データと併用することで、海陸沿岸域の地下電気伝導度構造が詳細に推定できると期待される。

本研究では、これら海陸共同観測データを用いて、西南日本背弧域における二次元解析を行った。地磁気地電流(MT)法解析において、地下の電気伝導度構造は一般にインバージョンにより推定される。しかし、海陸境界域で任意の実地形を精度良く表現できる二次元、三次元のインバージョンコードは、現段階では存在しない。例えば、よく用いられる Ogawa and Uchida (1996) の二次元有限要素法(FEM)コードでは、海陸データを同時に扱う場合には、海岸線付近の地形を長方形要素で表現しなくてはならないという制約が発生する。そのため本研究では、海陸データの併用と海岸線付近の滑らかな地形表現を目的に、二次元FEM順計算コードの改良と精度の評価を行った。本研究では任意の地形線を表示しやすい三角形要素を用いる Utada (1987) の順計算コードを採用し、改良を施した。本研究で行った改良点を以下に挙げる。

(1) Li et al. (2008) の微分法を採用し、応答関数の計算精度を向上させた。

(2) 電場と磁場の座標を別々に与えることを可能にし、電場のみの観測点においても、実際の観測応答に対応する理論応答の計算が可能になった。

(3) Utada (1987) コードに適用できる三角メッシュ生成コードを新たに開発し、海陸境界域における滑らかな地形表現を実現した。

本研究では次に、半円筒を用いた海陸境界における解析解(Ward and Hohmann, 1988)を用いて改良したコードの計算精度を評価した。その結果、計算結果は海陸境界域において解析解と非常によく一致することを確認できた。

本研究ではさらに、改良したコードを用いた二次元モデリングを行い、鳥取県と兵庫県の間境から北に伸びる海陸測線における観測データの解釈を試みた。その結果、RMSが3.3の構造断面が得られ、海岸線付近の地下10-25kmに存在する高電気伝導度体が陸側から沖合約100km辺りまで伸びていること、また沖合200kmの地下50km以深には広く高電気伝導度体が分布することを示唆する結果が得られた。

本発表では、以上で述べた Utada (1987) コードの改良と西南日本背弧域で行った二次元モデリングの結果について報告する。

キーワード: MT法, 電気伝導度構造, 海陸測線, 有限要素法

Keywords: magnetotellurics, electrical conductivity structure, land-sea array, finite element method

SEM037-02

会場:301B

時間:5月26日 11:00-11:15

## 海底地形効果の3次元海底MTインバージョンへの組み込み Incorporation of seafloor topographic effects into marine 3-D MT inversion

多田 訓子<sup>1\*</sup>, 馬場 聖至<sup>2</sup>, 歌田 久司<sup>2</sup>

Noriko Tada<sup>1\*</sup>, Kiyoshi Baba<sup>2</sup>, Hisashi Utada<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>ERI, University of Tokyo

In recent years, seafloor magnetotelluric (MT) observation is carried out by using an increasing number of ocean bottom electromagnetometers (OBEMs) not only along a line but also in 2-D array. Thus, imaging electrical conductivity structures under the seafloor in 3-D is now feasible, if we have a capable tool to invert obtained EM responses.

We would like to emphasize that a 3-D treatment is indispensable especially for marine MT, because the electric and magnetic fields observed at the seafloor are heavily distorted by the rugged seafloor topography and the distribution of land and sea which are generally 3-D. It is very important to properly treat the distorted electric and magnetic fields for an accurate estimation of the conductivity structure beneath seafloor that is generally more resistive than seawater by several orders of magnitude. This problem may be solved by making a huge forward calculation covering a sufficiently wide area, but it is not practical simply because of the computational burden. Here we assume that the distorted electric and magnetic fields are separated into long-wavelength (more than a few tens of km) and short-wavelength (less than a few tens of km) components. Then we propose their separate treatment: The long-wavelength parts are incorporated into a 3-D inversion code (WSINV3DMT; Siripunvaraporn et al., 2005), and effects of the short-wavelength topographies are corrected with other 3-D forward code (e.g. FS3D; Baba and Seama, 2002).

The WSINV3DMT is one of 3-D inversion codes that are now of practical use, but the original WSINV3DMT is not applicable to marine MT data because of two reasons. 1) MT responses are calculated only at flat Earth surface. 2) We have to use fine mesh design because an observation site must locate exactly at the center of the top surface of a block, which needs large memory that even a highest performance computer can not handle. We coded an extended version of the WSINV3DMT by solving the two problems shown above so that it can be applied to the marine MT responses. Topographies longer than length of calculation blocks (the long-wavelength topographies) are incorporated into the extended version of the WSINV3DMT by converting the lateral change in volume fraction of seawater and crustal rock in a calculation block into the lateral change in conductivity, conserving horizontal conductance.

For the treatment of the effect for the short-wavelength topographies, we tested two ways through the inversions of synthetic data. In either case, we assume that the effect is expressed as a complex coefficient matrix to the MT impedance tensor for regional structure. The synthetic data is generated based on a real observation array and topography in the Philippine Sea (Shiobara et al., 2009). 1) Correction method: The data is corrected for effect according to Baba and Chave (2005) and then the corrected MT responses are inverted using the extended version of the WSINV3DMT. 2) Incorporation method: We further modified the extended version of the WSINV3DMT to input both MT responses and the topographic effect term which is separately simulated by forward modeling. In the inversion, sensitivity of the full (non-corrected) MT impedance to the conductivity is calculated, neglecting the coupling between the topographic effect term and subsurface structure. Both tests show that the inversions recovered given anomalies (a resistive and a conductive anomalies) beneath the seafloor. However, the second method is found to provide better result than the first one because the second one rather than the first one has good agreements in the amplitude and size of anomalies. In this presentation, results of synthetic test will be presented and the importance of taking into account the topographic effect will be discussed.

キーワード: MT 法, 3次元インバージョン, 地形補正, 上部マントル電気伝導度構造, 海底電位磁力計

Keywords: Marine magnetotellurics, 3-D inversion, Topographic effects, Upper mantle resistivity structure, Ocean bottom electromagnetometer

SEM037-03

会場:301B

時間:5月26日 11:15-11:30

## 桜島火山の浅部比抵抗構造 - 桜島集中観測データの再解析

### Shallow resistivity structure of Sakurajima volcano - Re-analysis of the audio-frequency magnetotelluric data

神田 径<sup>1\*</sup>, 小川 康雄<sup>1</sup>, 相澤 広記<sup>2</sup>, 高倉 伸一<sup>3</sup>, 桜島電磁気構造探査グループ<sup>4</sup>

Wataru Kanda<sup>1\*</sup>, Yasuo Ogawa<sup>1</sup>, Koki Aizawa<sup>2</sup>, Shinichi Takakura<sup>3</sup>, Sakurajima Volcano EM field experiment group<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学火山流体研究センター, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所, <sup>3</sup> 産業技術総合研究所, <sup>4</sup> 大学および産総研

<sup>1</sup> VFRC, Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup> ERI, University of Tokyo, <sup>3</sup> Inst. Geo-Resour. Env., AIST, <sup>4</sup> Universities and AIST

平成 19 年度の火山噴火予知事業により、桜島火山における集中総合観測が実施された。桜島電磁気構造探査グループは、集中総合観測の一項目として AMT 法 (audio-frequency magnetotellurics) を用いた浅部比抵抗構造調査を行い、2008 年の連合大会において推定された 2 次元比抵抗断面を発表した (桜島電磁気構造探査グループ, 2008)。しかしながら、予察的な構造解析を行っているなど、構造についての検討が不十分なままであった。今回、再解析を行ったので、その結果について報告する。

測定は、2007 年 10 月 30 日から 11 月 4 日にかけて実施された。桜島火山では、爆発的な噴火を繰り返す南岳山頂火口から 2km 以内が立ち入り禁止となっているため、山体を取り囲むような 3 測線が設定され、山麓の合計 27 観測点で AMT 法による電磁場データが取得された。測定周波数が 1 ~ 10400Hz であるので、地表付近から深さ 1 ~ 2km 程度までの比抵抗構造についての情報を得ることができる。データは概ね良好で、一部の観測点を除いて数千 ~ 2Hz までの周波数帯のデータを用いて解析が行われた。

解析の結果、以下のような比抵抗構造の特徴が明らかにされた。(1) 表層は高比抵抗でその下が低比抵抗という 2 層構造でほぼ近似できるが、山体北側の方が南側よりも高い比抵抗値を示した。(2) 桜島の南東に設定した測線において、1914 年の大正噴火の際に溶岩流を流出した火口から、764 年に溶岩流出したとされる鍋山にかけての領域において、表層付近の高比抵抗領域が厚く分布していることがわかった。(3) 大正噴火時に西側山麓で溶岩流を流出した火口付近では、そのような分布は見られなかった。

これらの結果は、2 次元インバージョンにより得られたものであるが、2 次元構造を測線方向に仮定して解析を行っていた。しかし、Groom-Bailey Decomposition により推定される構造走向は、3 測線ともほぼ南北方向を示した。測線によっては、データが示す構造走向とほぼ直角な方向に 2 次元走向を仮定していたことになる。3 測線は、山体を取り囲んでいるので、全てのデータを矛盾なく説明するためには三次元解析が必要である。以上を踏まえ、本講演では、三次元構造モデルによる検討を加える予定である。

キーワード: 比抵抗構造, 桜島火山, 熱水系

Keywords: resistivity structure, Sakurajima volcano, hydrothermal system

SEM037-04

会場:301B

時間:5月26日 11:30-11:45

## MT 連続観測による桜島火山浅部の比抵抗変化 (2010年2月~7月)

Temporal changes in electric resistivity at Sakurajima volcano from magnetotelluric observation (February to July, 2010)

相澤 広記<sup>1\*</sup>, 小山 崇夫<sup>1</sup>, 長谷 英彰<sup>1</sup>, 上嶋 誠<sup>1</sup>

Koki Aizawa<sup>1\*</sup>, Takao Koyama<sup>1</sup>, Hideaki Hase<sup>1</sup>, Makoto Uyeshima<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup> ERI, the Univ. of Tokyo

### はじめに

2008年5月から2009年7月にかけて、桜島火山の2観測点で地磁気地電流(MT)の連続観測が行われ、数週間から数か月続く電場・磁場のインピーダンス変化がたびたび検出された(Aizawa et al., 2011, JVGR)。変化の大きさは見掛け比抵抗で $\pm 20$ パーセント、位相で $\pm 2$ 度程度であった。観測が行われたのは昭和火口から、東に3.3km離れた黒神地域と、西北西に3km離れたハルタ山であるが、両者の変動は逆相関を示し、また変動開始時期には1週間程度のタイムラグが存在した。以上のインピーダンス変化は降雨では説明できず、地下から上昇してきた揮発性成分が帯水層に混入することによって比抵抗が変化したと解釈された(Aizawa et al., 2011)。しかしながら観測点数の不足や測定した周波数の制約上、変動が桜島のどの位置から始まっているのか明らかでなく、変動メカニズムについても不明な点が多い。本発表では2010年2月~7月の期間に、これまでよりも高周波を観測できる測定装置(metronix社製 ADU07)を用い、さらに観測点数を6点に増やし連続観測を行った結果を報告する。

### MT 連続観測

2010年2月~7月に昭和火口から約2~3.5kmで火口を取り囲むような配置の6観測点を設置した。Metronix社製 ADU07と周期10000Hz~10000秒に感度があるインダクションコイルを用い、地磁気3成分・地電位差2成分を測定した。連続観測の電源は80Wソーラーパネル4枚と充電コントローラ、100Ahのディープサイクルバッテリー3つを組み合わせ使用した。サンプリング周波数は32Hz (15:00~20:00 UT), 1024Hz (17:00~18:00 UT), 及び32768Hz (23:10~23:11)である。

### 解析

観測点は商用電源からできるだけ離れた場所を選定したが、電場・磁場のスペクトルには60Hz、及びその奇数倍の高調波、3次の低調波が認められた。解析ではこれら人口ノイズの影響を小さくするため、時系列に対しフーリエ変換及び逆変換を用いたFFTフィルタを適用し、60Hzおよびそのharmonics成分をゼロとした時系列を作成した。その後BIRRP(Chave and Thomson, 2004, GJI)を適用し相互リモトリファランス処理によって10000~1Hzのインピーダンス時間変化を求めた。S/N比の目安としてEx, Eyのprediction coherenceを見ると、10~300Hzは概ね0.8を超え、インピーダンスの決定精度が高いことを示唆するのにに対し、その他の周波数帯では0.2~0.8となり誤差も大きい結果が得られた。

### 結果

現在までの解析においてS/N比が高い10~300Hzに注目すると、見掛け比抵抗で $\pm 20$ パーセント、位相で $\pm 3$ 度程度の時間変化が認められる。また、ある観測点で見掛け比抵抗が増加する期間に、別の観測点では減少というように変動の極性は必ずしも全観測点で一致しない。また変動開始時期には1週間程度のタイムラグが存在する。これらの観測事実は全て過去の結果(Aizawa et al., 2011, JVGR)と同様であった。本発表では、さらに精度の高いインピーダンス時間変化を試み、その結果からインバージョンによる比抵抗構造時間変化推定を行い、桜島の比抵抗変動の要因を考察する予定である。



SEM037-05

会場:301B

時間:5月26日 11:45-12:00

## Active による伊豆大島三原山の比抵抗構造探査

Survey of resistivity structure of Izu-Oshima volcano by using Active, a kind of CSEM method

長竹 宏之<sup>1\*</sup>, 小山 崇夫<sup>1</sup>, 上嶋 誠<sup>1</sup>

hiroyuki nagatake<sup>1\*</sup>, Takao Koyama<sup>1</sup>, Makoto Uyeshima<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute

ACTIVE is the system proposed for monitoring of resistivity changes in the underground structure of an active volcano (Utada et al.2007). The system consists of a transmitter, that is grounded wire and making alternative pulse DC current, dipole used to generate a controlled transient electromagnetic (EM) field and an array of receivers, that is induction coil and monitoring induction current with 1000Hz sampling, used to measure the vertical component of the transient magnetic field at various distances, with automatic operation of both units. We can estimate the resistivity structure and its changes by requiring response functions, which is the ratio of magnetic field of each sites divided by current of transmitter for each frequency.

We carried out a resistivity survey by using Active over the caldera of the Izu-Oshima Volcano, Central Japan, in January 2011. This survey aimed to monitor temporal changes in underground resistivity structure. At the same time we carried out MT survey there. So we could also compare the result with MT survey. This study will show the result of this survey and required techniques, 3D modeling, inversion and so on.

SEM037-06

会場:301B

時間:5月26日 12:00-12:15

## 電磁波パルス検出による地中媒質の電気伝導度の算出 Electrical conductivity of sedimentary medium measured by electromagnetic pulses in the earth

筒井 稔<sup>1\*</sup>, 神谷 宗利<sup>1</sup>, 中谷 太環<sup>1</sup>, 長尾 年恭<sup>2</sup>

Minoru Tsutsui<sup>1\*</sup>, Munetoshi Kamitani<sup>1</sup>, Taka Nakatani<sup>1</sup>, Toshiyasu Nagao<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都産業大学, <sup>2</sup> 東海大学

<sup>1</sup> Kyoto Sangyo University, <sup>2</sup> Tokai University

地殻活動に関連していると考えている地中電磁波パルスを確認するために、深さ 100 m のボアホールを確保し、そこに電磁波センサーを挿入して観測研究を続けている。この一連の観測により、地中で検出される電磁波パルスの殆どが雷放電によるものである事が明らかとなった。電気伝導度が高いと予想していた海岸付近（京都大学瀬戸臨海実験所）に構築したボアホール内底部での測定では、地上からの電磁波の減衰が極めて大きい事が確認されたが、それでも雷の多い梅雨時期では一日当たり 10000 個に近い検出個数を確認している。本研究ではこの電磁波パルスを利用して、地中媒質の電気伝導度を求めた。

一般に電磁波パルスが地上から地中に浸入する時、地上で直線偏波をしていても、地中では楕円偏波になる事が多い。そこで本研究では、3 方向磁界成分を検出する 3 軸磁界サーチコイルを深さ 100 m のボアホールの底部と地上の両方に設置し、上下 2 点での電磁波パルスの波形を取得し、その比較を行った。

上下 2 点での計 6 成分の磁界波形の同時検出を必要とするので、16 ビットの多チャンネル高速同時サンプリングの AD 変換器を用いていた。AD 変換開始用タイミングとしては、地下 95 m に設置の東西方向サーチコイルが検出した磁界パルスを用いた。雑音レベルよりも僅かに大きい値をしきい値とし、それを越えた磁界パルスをトリガーとして AD を開始し、32 マイクロ秒のサンプリング周期でデータ取得を行っている。この場合、プリ・トリガーサンプリング方式を採用し、トリガー時刻以前の波形をも得ている。

地上で観測される電磁波パルスの偏波状況と地下 96 m のボアホール内でのその偏波状況は電磁波パルスの入射角度によって異なってくる。垂直入射では地上および地中の両方で直線偏波を示すが、斜め入射の場合は、地上で直線偏波であっても、地中では楕円偏波を示す。波形から地中媒質の電気的パラメータを求めるためには、上下 2 検出点では同一偏波状況である事が必須であるので、本研究のためには、地上および地中で直線偏波をしている垂直入射波の波形のみを選んで解析した。

本観測装置で検出した雷放電パルスの波形を見ると周波数 5.1 kHz 付近の成分が卓越している事が判った。ボアホール内の地下 95 m で検出された波形の振幅は地上でのそれに比べて 1/22 となっており、位相に関しては約 83 マイクロ秒の遅れとなっていた。垂直入射の電磁波の場合、媒質中を伝搬する電磁波の振幅の減衰状況や位相の遅れを表わす式は簡単になり、その式を用いて厚さ 95 m の表層部分での電気伝導度を 0.067 S/m と算出した。

この電気伝導度を用いてその層中での電磁波の伝搬速度を計算すると光速の 1/345 である事が判った。この速度で 95 m を伝搬すると位相の遅れはほぼ 83 マイクロ秒となり、2 点で検出した波形間に現れた遅れ時間と一致した。この事からこの方式で算出された電気伝導度は妥当である事が証明された。これにより、更に深いボアホールを構築して、深さの異なる複数の位置に 3 軸磁界サーチコイルを設置しパルス波形を取得し、同様の解析をすれば、深さの異なる地層での電気伝導度を求める事ができる。

地中の深い領域での電気伝導度を求める方法としては、本研究者が現在行っている地中起源の電磁波パルスの検出とその波源位置を特定する方法がある。この研究は複数の観測点を確保し、地中で励起した電磁波パルスを同時に検出すると共に、夫々で算出された電磁波パルスの到来方位の交点から、波源の位置を特定し、地殻活動と電磁波パルス励起の関係を明らかにしようとするものである。この場合、電磁波パルスの波源位置から夫々の観測点までの距離は異なるため、その距離差と検出波形の時間差から波源位置近傍での伝搬速度が算出でき、その結果としてその位置での電気伝導度を求める事ができる。

キーワード: 電磁波パルス, 地中媒質の電気伝導度算出, ボアホール内電磁波検出

Keywords: electromagnetic (EM) pulses, measurement of electrical conductivity, detection of EM waves in a borehole

SEM037-07

会場:301B

時間:5月26日 12:15-12:30

## 山崎断層系安富断層・暮坂峠断層の AMT 探査 (2010 年東測線)

### An audio-frequency magnetotelluric survey along the 2010-East-profile across the Yasutomi and Kuresaka-touge faults

山口 寛<sup>1\*</sup>, 窪田 高宏<sup>2</sup>, 上田 哲士<sup>3</sup>, 村上 英記<sup>4</sup>, 加藤 茂弘<sup>6</sup>, 大志万 直人<sup>5</sup>

Satoru Yamaguchi<sup>1\*</sup>, Takahiro Kubota<sup>2</sup>, Satoshi Ueda<sup>3</sup>, Hideki Murakami<sup>4</sup>, Shigehiro Katoh<sup>6</sup>, Naoto Oshiman<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 大阪市立大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 大阪市立大学理学部地球学科, <sup>3</sup> 神戸大学大学院理学研究科, <sup>4</sup> 高知大学理学部, <sup>5</sup> 京都大学防災研究所, <sup>6</sup> 兵庫県人と自然の博物館

<sup>1</sup>Graduate School of Sci., Osaka City Univ., <sup>2</sup>Faculty of Science, Osaka City Univ., <sup>3</sup>Graduate School of Science, Kobe Univ.,

<sup>4</sup>Faculty of Science, Kochi Univ., <sup>5</sup>DPRI, Kyoto Univ., <sup>6</sup>Museum of Nature and Human Activities

#### 1. はじめに

山崎断層系は、岡山県美作市から兵庫県三木市にかけて北西-南東方向に 80km 以上にわたってのびる西南日本を代表する活断層系である。活動時期の違いから北西部 (大原断層, 土万断層, 安富断層, 暮坂峠断層) と南東部 (琵琶甲断層, 三木断層) に区分されている (活断層研究会, 1991)。本研究をおこなった安富断層・暮坂峠断層は、両者ともに確実度 B の断層である (岡田・東郷, 2000)。歴史的には 868 年に播磨地震 ( $M=7.1$ ) が発生したと報告されており (岡田ほか, 1987), また、現在も多くの微小地震が発生している (渋谷, 2004)。

活断層に沿って顕著な低比抵抗帯が存在することは、世界に先駆けて、山崎断層系安富断層において、地殻比抵抗研究グループ (ERGAF) によって見いだされた (ERGAF, 1982)。その後、同様の低比抵抗帯の存在が世界各地で報告されている (例えば, Unsworth et al., 1997; Yamaguchi et al., 2002, 2010; Ritter et al., 2005)。

本講演では、2010 年夏に行った安富断層・暮坂峠断層の AMT 探査 (audio-frequency magnetotelluric survey) の探査概要と予察的な結果について報告する。

#### 2. 安富断層・暮坂峠断層東部の AMT 観測

安富断層・暮坂峠断層東部をほぼ南北に横切る約 15km の観測測線を設定し、この測線上の 9 地点で AMT 観測を行い、8 地点で観測データを得た。また、Remote reference 解析を可能にするために、観測測線の中央から北東に約 20km 離れた笠形山を参照磁場点として、同時に観測を行った。

解析ソフトウェアパッケージ (SSMT2000) を用いて幅広い周波数帯域 (10,400Hz ~ 0.35Hz) の MT 応答関数を算出した。この中で信頼性が高いと判断された周波数の MT 応答関数のみを以降の解析に用いた。比抵抗構造の次元とその走向を判定した後、TE, TM 両モードの見かけ比抵抗値と位相差を元に、平滑化拘束付き 2 次元比抵抗構造解析プログラム (Ogawa and Uchida, 1996) のコードを用いて断層を横切るプロファイルの地下比抵抗構造モデルを求めた。

現時点で得られているモデルは、(1) 安富断層と暮坂峠断層の間の表層付近、(2) 安富断層の地表位置の南側約 1km 付近、(3) 暮坂峠断層の地表位置の南側約 1km 付近に位置する 3 つの低比抵抗領域で特徴づけられる。

キーワード: 電気伝導度構造, 活断層, 地磁気地電流法

Keywords: conductivity, active fault, magnetotelluric

SEM037-08

会場:301B

時間:5月26日 12:30-12:45

## Network-MT 法データによる九州地方の広域比抵抗構造の推定 沈み込み帯での火山形成イメージング

### Resistivity Structure beneath Kyushu by the Network-MT Data: Imaging of the Volcanic Formation along the Subduction Zone

畑 真紀<sup>1\*</sup>, 大志万 直人<sup>2</sup>, 吉村 令慧<sup>2</sup>, 上嶋 誠<sup>3</sup>

Maki Hata<sup>1\*</sup>, Naoto Oshiman<sup>2</sup>, Ryohei Yoshimura<sup>2</sup>, Makoto Uyeshima<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, <sup>2</sup> 京都大学防災研究所地震防災研究部門, <sup>3</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Kyoto Univ., <sup>2</sup>DPRI, Kyoto Univ., <sup>3</sup>ERI, Univ. of Tokyo

九州地方の地形を区分し特徴付けるものは、中央部をほぼ東西に走る中央構造線と南北方向に存在する火山フロントである。九州の基盤岩類は、中央構造線を境に南北で異なる。また、火山フロントは、フィリピン海プレートの沈み込みと関連して形成されており、第四紀の火山のほとんどは、この火山フロントに沿って存在する。さらに、九州に沈み込むフィリピン海プレートは、北部と南部で形成年代に差があり、その沈み込む角度も異なる。このようなことから、九州地方の大規模な地下構造の解明は、火山形成やその要因の理解にとって重要であると考えられる。

本研究のデータ取得に用いた Network-MT 法 (上嶋, 1990) は、Magnetotelluric (MT) 法と同様に、地磁気変動を信号源として地下に誘導された自然電場変動を計測し地下の構造を捉える方法である。Network-MT 法観測では、電極に NTT の通信局舎アースや独自に設置した電極を用いる。さらに、電極をつなぐケーブルには、NTT の通信回線 (メタル線) 網を用いて、数 km ~ 数 10km という長基線で電位差変動の測定を行っている。また、Network-MT 法による探査深度は、扱う周期がおおよそ 1 ~ 10000 秒であるため、上部マントルに至る広い範囲をカバーする。よって、沈み込むプレートや火山の深部構造といった大規模構造を知るのに最適の観測方法といえる。

使用したデータは、広域的な地下の構造を推定する目的で 1997 ~ 1998 年の期間に取得された観測データと、火山や断層といった局所的な構造の時間変化の検出を目指し 1993 ~ 1995 年の期間に取得された高密度観測 (雲仙・阿蘇・霧島地域) データである。これらのほぼ九州全域にわたる広範な地域で観測されたデータを活用し、沈み込むプレートと火山フロントに沿って存在する火山との関連を電磁氣的イメージングの立場から推定した。2 次元比抵抗構造解析には、2 次元インバージョンコード REBOCC (Siripunvaraporn and Egbert, 1999) を使用した。また、海陸分布の影響だと考えられる不整合な 2 次元解析の結果を補完する意味で、Network-MT 用に改良された 3 次元インバージョンコード WSINV3DMT (上嶋, 2007) を使用した 3 次元比抵抗構造解析も実施した。

得られた比抵抗構造モデルの特徴は、「火山帯の下部に低抵抗な領域が存在し、その低抵抗は背弧側深部から連なる。沈み込むフィリピン海プレートは、高抵抗である。前弧域の地殻下部に高抵抗な領域が存在する。」ことであった。また、この特徴は、大局的に九州地域の沈み込み領域の南部と北部で同様であり、さらに、沈み込み帯における火山形成について、沈み込むプレート年代の違いを考慮して Iwamori (2007) が提唱した背弧側から火山フロントへの水循環マグマ供給システムにより理解できるのもであろう。今回は、得られた比抵抗構造モデルから考察した九州におけるプレートの沈み込みと九州北部と南部の火山下での比抵抗構造の詳細について報告する。



SEM037-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## 地震波伝搬にともなうピエゾ磁気効果の大きさに対する電気伝導度の影響 Piezomagnetic fields arising from the propagation of teleseismic waves in magnetized crust with finite conductivity

山崎 健一<sup>1\*</sup>

Ken'ichi Yamazaki<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京都大学防災研究所

<sup>1</sup> DPRI, Kyoto Univ.

To determine whether the piezomagnetic effect is a plausible mechanism in explaining variations in the magnetic field that occur synchronously with the propagation of teleseismic waves, a set of solutions are derived for the electromagnetic field. The situation is considered in which the Earth's conductivity has a stratified structure and seismic waves are expressed as a plane wave. The piezomagnetic field in this situation is expressed by an analytically closed form. Using the obtained solution, quantitative aspects of the piezomagnetic field that accompanies seismic Rayleigh waves with an amplitude of 1 cm are discussed. It is shown that the finite conductivity of the Earth's crust sometimes acts as an enhancer of the magnitude of the piezomagnetic field. However, the expected piezomagnetic field is substantially small. Even in the case that the initial magnetization around the observation site is as large as  $5 \text{ Am}^{-1}$ , the expected amplitudes in the piezomagnetic field are at most 0.1 nT. This result means that the piezomagnetic effect is not a reasonable mechanism to sufficiently explain variations in magnetic fields that occur synchronously with ground motions, if the initial magnetization is horizontally uniform.

キーワード: レイリー波, ピエゾ磁気効果, 電気伝導度, 電磁場変動, 増幅

Keywords: Rayleigh wave, piezomagnetic effect, electrical conductivity, electromagnetic field, enhancement

SEM037-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## 自然地震における電場と速度の周波数応答関数の特徴

## Characteristics of frequency transfer function between electric field and ground velocity for natural earthquakes

栗城 麻由<sup>1\*</sup>, 松島 政貴<sup>1</sup>, 小川 康雄<sup>1</sup>, 本蔵 義守<sup>1</sup>

Mayu Kuriki<sup>1\*</sup>, Masaki Matsushima<sup>1</sup>, Yasuo Ogawa<sup>1</sup>, Yoshimori Honkura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学

<sup>1</sup>Tokyo Institute of Technology

Several mechanisms have been proposed to account for electromagnetic field variations associated with earthquakes, but most of them are insufficient in explaining characteristic variations observed at the time of seismic-wave arrival. A new mechanism called the seismic dynamo effect has been attracting considerable attention. It claims electric field generation due to the resonance-like motion of ions contained in groundwater excited by seismic wave under the Earth's magnetic field. Although this mechanism is found to be successful in explaining an observational feature of circular polarization of horizontal electric field variation (Honkura et al., 2009), more convincing evidence is still required. For verification of this mechanism, we analyzed data acquired for earthquakes in the vicinity of Wakuya in 2009 and 2010, aftershocks of the 2007 Noto Hanto Earthquake, and aftershocks of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake, in terms of transfer functions between the ground velocity as the input and the electric field as the output. To estimate transfer functions, we used data recorded by a short-period seismometer of velocity type and two pairs of Pb-PbCl<sub>2</sub> electrodes with data loggers. The sampling rate was 200 Hz. The dipole length was in the range between 15 m and 20 m in both the NS and EW directions.

In the case of aftershocks of the 2007 Noto Hanto Earthquake, we stacked transfer functions for five aftershocks, and then clear peaks appeared at frequencies lower than expected from the mechanism. This result made us realize the necessity of considering the boundary condition at the ground surface. The electric field generation in this case stems from three ions in groundwater: HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> and Na<sup>+</sup>. In the case of earthquakes in the vicinity of Wakuya in 2009 and 2010, we estimated the averaged transfer function from 19 datasets. Although the result turned out to be unclear, we could interpret it in terms of the same mechanism operative in a deep groundwater layer together with the ground. However, a problem of anisotropy still remains. On the other hand, stacking of transfer functions for 19 traces from 16 aftershocks of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake yielded smoother transfer functions, but definitive characteristics were not found, although some groundwater layers seem to be responsible for complicated characteristics, particularly at frequencies higher than 22 Hz.

キーワード: 地震ダイナモ効果, 電場変動, 地震

Keywords: the seismic dynamo effect, electric field variation, earthquakes

SEM037-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## MT・GDS 信号に対する地磁気日変化の影響 Effect of solar daily variations on MT and GDS signals

藤 浩明<sup>1\*</sup>

Hiroaki TOH<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京大理学研究科地磁気世界資料解析センター

<sup>1</sup>DACGSM, Kyoto Univ.

One-dimensional (1-D) electrical conductivity profiles of the oceanic mantle beneath the Pacific Ocean often show a peak in asthenospheric depths irrespective to ages of the seafloor above it (e.g., Lizzaralde et al., 1995; Toh and Motobayashi, 2007; Baba et al., 2010). It, therefore, might be interpreted as a ubiquitous feature of the oceanic mantle, whose cause can be attributed to onset of partial melting, presence of water or a combination of both. However, a so-called 'semi-global reference' electrical conductivity model for the North Pacific Ocean (Utada et al., 2003) lacks in the asthenospheric conductor.

Although their reference model based only on periods longer than 1 day, one may argue that the reference model is valid even for asthenospheric depths because their data are free from noises in electromagnetic (EM) responses by solar daily variations (e.g., Sq). Utada et al. (2010) claimed that magnetotelluric (MT) responses without pertinent removal of Sq noises possibly contain fictitious curvature in the tidal band to give a false peak in the asthenosphere. On the other hand, it is also true that any 1-D electrical conductivity inversions without MT responses have little sensitivity in the upper mantle depths. It, therefore, is still an open question whether the asthenospheric conductor is only a fictitious image due to Sq noises or a real fact revealed by the seafloor MT data. It is required to find a proper correction method for the Sq noises in order to bridge the gap between the MT band and the geomagnetic depth sounding (GDS) band, the latter of which is originated from long-period (> 2 days) temporal variations of the magnetospheric ring current.

To test the effect of solar daily variations on seafloor MT responses, we used a very long (> 3 years) time-series observed by a seafloor geomagnetic observatory (Toh et al., 2004; 2006) in the Northwest Pacific Ocean (NWP). The 1-D electrical conductivity profile beneath NWP is known to be associated with an asthenospheric conductor with a peak depth and conductivity of ~200 km and ~0.1 S/m, respectively. Although the 1-D electrical model is based on an EM time-series carefully detided by BAYTAP-G (e.g., Tamura et al., 1991), we applied a new Sq removal method that subtracts a mean Sq variation estimated from the international five quietest days of each month ([http://www-app3.gfz-potsdam.de/kp\\_index/quietdst/qd20000x.html](http://www-app3.gfz-potsdam.de/kp_index/quietdst/qd20000x.html)) to the original time-series. We compared the new time-series with our former time-series in terms of power spectra, EM response functions and 1-D electrical conductivity profiles.

It was found that even though the Sq noises can affect the MT responses to some extent, it is difficult to deny the presence of the asthenospheric conductor. However, it was also shown that the conductor may have different quantitative features in terms of the peak depth and conductivity. It will be further argued whether it is appropriate to subtract Sq, i.e., the solar daily variations on quiet days, or SD (the solar daily variations on disturbed days).

SEM037-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## 精度の高いMT レスponsを得るための漏洩電流の影響を受けた Network-MT 電場データの预处理

### Preprocessing of Network MT electric field data contaminated by leak currents to obtain the accuracy MT response

村上 英記<sup>1\*</sup>, 最上 巴恵<sup>2</sup>, 山口 覚<sup>3</sup>, 小河 勉<sup>4</sup>

Hideki Murakami<sup>1\*</sup>, Tomoe Mogami<sup>2</sup>, Satoru Yamaguchi<sup>3</sup>, Tsutomu Ogawa<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 高知大学, <sup>2</sup> 神戸大学, <sup>3</sup> 大阪市大, <sup>4</sup> 東京大学

<sup>1</sup>Kochi Univ., <sup>2</sup>Kobe Univ., <sup>3</sup>Osaka City Univ., <sup>4</sup>Tokyo Univ.

#### 1. はじめに

NTT 専用回線を利用した長基線電場計測を主体とした Network-MT 法は、従来の MT 法に比較して幾つかの利点がある。例えば、ローカルなノイズの影響を受けにくいというものである。しかし、直流電車の近傍観測点では、その影響は大きく精度の高い MT レスponsを得るのが難しいことが多い。統計的にロバストな手法を用いたコード BIRRP(Chave and Thomson, 2003) などを使っても難しい場合がある。

漏洩電流の特性によっては、ローパスフィルタ処理や電車の走行本数が少ない夜間値のみを使用して MT レスponsを改善する場合がある。しかし、これらの手法のみでは改善が難しい中部地方のネットワーク MT 電場データ(阿木・美濃福岡)について、多変量解析手法を適用した前処理をすることで MT レスponsを改善することができる場合があることを報告する。

#### 2. ネットワーク MT 観測の特性を使った漏洩電流の特性抽出

ネットワーク MT 観測では、長基線の電場データを計測するだけでなく多チャンネルでの計測をするという特徴がある。通常の MT 観測では、電場の計測は東西南北の2成分のみであるが、ネットワーク MT 観測では最大 8 ch (8 方位) の計測をおこなう。

まず、この多電極観測であるという特性を活かして、多変量解析(主成分分析)により主要な変動パターンを抽出する。求めた主成分を隣接する観測点相互で比較した結果、類似する主成分を持っていることがわかった。同時期に計測された中部地方の観測点では、阿木・美濃福岡(第1主成分の相関係数が0.9以上)、付知・加子母(第1, 2主成分の相関が0.9以上)、加子母・飛騨竹原(第1主成分の相関が0.9以上)という3つのグループに分類できる。基本的に隣接する観測点の相関が大きいという常識的な結果ではあるが、美濃福岡・付知の主成分の相関は0.5以上ではあるがあまり高くない。また、飛騨竹原とその北側の下呂・飛騨萩原の主成分の相関係数も0.6~0.7程度と高くない。第1主成分を構成する要因が漏洩電流であると考えられるので、ノイズ特性の違いを反映しているものと考えられる。

また、主成分分析を用いた主要変動パターンの抽出により、計測上の問題に起因すると考えられる誤差の存在も明らかになった。通常は、その振幅が大変小さいので考慮しなくても良いと考えられるが、入力信号が $\pm 4000\text{mV}$ にも及ぶ美濃福岡などでは最大 $\pm 20\text{mV}$ 近くになることも明らかになった。

#### 3. 多変量解析手法を使用した前処理

最も漏洩電流の影響の大きな阿木及び美濃福岡のデータについて以下のように検討した。それぞれ 8ch あるいは両者を統合した 16ch のデータについて、主成分分析あるいは因子分析手法を用いて漏洩電流の影響を含む主成分あるいは共通因子を検討した。ここでは、地磁気変動による誘導電流を含む主成分や独立因子のみを抽出するのではなく、漏洩電流による主成分あるいは共通因子をなるべく棄て漏洩電流の影響を軽減するという方針で処理を実施した。残された各計測 ch の変動が電場として矛盾しないかなどの検討を繰り返しながら棄てる成分の決定を実施した。

現状では、まだ全日のデータを使用して十分な成果を得るにはいたっていないが、夜間値に限定して言えばある程度の成果が得られている。美濃福岡のデータでは夜間値 30 日分のデータを BIRRP で処理すると  $y_x$  については周期 100 秒くらいまでは比較的バラツキが小さくエラーバーも小さな値が得られているが、 $y_y$  はバラツキが大きくエラーバーも大きいものであった。前処理をしたデータを使用して MT レスponsを求めてやると、周期 1000 秒近くまで、 $y_x$  及び  $y_y$  とともにバラツキも少なくエラーバーも小さい推定値を得られるようになった。位相についても同様である。一方、阿木に関してはまだ検討の余地がある結果しか得られていない。課題を含めて紹介する予定である。

キーワード: MT レスpons, ネットワーク MT データ, 漏洩電流, 多変量解析

Keywords: MT response, Network-MT data, leak currents, multivariable analysis



SEM037-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## 山陰地方東部（鳥取県中西部測線）の比抵抗構造調査の概要

### Preliminary report on a 2D resistivity structure in the middle-western part of Tottori Prefecture, southwest Japan

尾崎 健太郎<sup>1\*</sup>, 塩崎 一郎<sup>1</sup>, 池添 保雄<sup>1</sup>, 山本 真二<sup>1</sup>, 野口 竜也<sup>1</sup>, 大志万 直人<sup>2</sup>, 吉村 令慧<sup>2</sup>, 村上 英記<sup>3</sup>, 久保 篤規<sup>3</sup>, 山口 寛<sup>4</sup>

Kentaro Osaki<sup>1\*</sup>, Ichiro Shiozaki<sup>1</sup>, Yasuo Ikezoe<sup>1</sup>, Shinji Yamamoto<sup>1</sup>, Tatsuya Noguchi<sup>1</sup>, Naoto Oshiman<sup>2</sup>, Ryokei Yoshimura<sup>2</sup>, Hideki Murakami<sup>3</sup>, Atsuki Kubo<sup>3</sup>, Satoru Yamaguchi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 鳥取大, <sup>2</sup> 京都大, <sup>3</sup> 高知大, <sup>4</sup> 大阪市立大

<sup>1</sup>Tottori Univ, <sup>2</sup>Kyoto Univ, <sup>3</sup>Kochi Univ, <sup>4</sup>Osaka City Univ

本研究の目的は、地殻深部低比抵抗領域と地震活動の関連を明らかにするために、山陰地方東部域・鳥取県中西部を横断する電気比抵抗構造断面を推定することである。本講演では、主に2009年の秋～冬に実施した広帯域MT法を用いた比抵抗構造調査（鳥取県中西部測線）の概要について発表する。

これまでに京都大学防災研究所並びに鳥取大学工学部を中心とする研究グループは、山陰地方や四国地方外帯において電気比抵抗構造と地震活動の間に密接な関連がみられることを示してきた。例えば、山陰地方東部では（鳥取地震（1943年、M=7.2）の地震断層である吉岡・鹿野断層をはじめとして、鳥取県西部地震（2000年、M=7.3）等、顕著な地震の震源域およびそれらを含み日本海沿岸部に沿う帯状の地震活動域を横切る測線で深部地殻比抵抗構造調査を実施し、その結果、ほぼ東西方向に伸びる地震活動帯に沿って、高比抵抗領域である地震発生層の下、地殻深部に低比抵抗領域の存在を明らかにした。このような観測事実は、低比抵抗領域をもたらすもの、おそらくは地殻流体（水）が、地震発生に関して重要な役割を果たす可能性を示す。

このような背景のもと、山陰地方で発生する地震活動の源を探るために、2009年晩秋、鳥取県中西部域（鳥取県倉吉市～岡山県真庭市）において比抵抗構造調査を実施した。鳥取県中西部地域は、鳥取地震（1943）や鳥取県中部の地震（1983）の地震活動帯の西側延長部にあたり、同時に、2000年鳥取県西部地震や第四紀火山である大山火山の地震空白域の東側に位置する。この地域では2000年鳥取県西部地震発生直後に起きた大山火山付近の地震活動や鳥取県中部の地震（2002年、Mj=5.3）が発生しており（中尾他、2003）、この地域でも既存研究から明らかにされたような比抵抗と地震活動の関連性の存否を確認することはこの地方で帯状に発生する地震活動の源を探る上で重要である。

観測にはPhoenix社製の広帯域地磁気地電流測定システム（MTU5およびMTU2E）を用いた。観測項目は電場2成分（東西・南北）と磁場3成分（東西・南北・鉛直）である。11月上旬から下旬にかけての約1ヶ月間行われた。観測地点数は合計8地点である。残念ながら、観測期間中に地磁気あらしの発生はなく、大規模な地磁気変動を観測することが出来なかった。予察的に行った1次元比抵抗構造解析の結果からこの地域の地下構造には構造境界があること、この地域では既存研究から明らかにされたような比抵抗と地震活動の明瞭な関連性（内陸大地震の震源域を内含するような地震活動帯の地下に特徴的な比抵抗構造?地殻深部の低比抵抗領域の存在とその上側の高比抵抗の地殻内で地震が発生すること?が存在する）が確認されないことが推察された。本講演ではこれらをふまえて行われた2次元構造解析の結果について報告する。

参照磁場として使用させて頂いた岩手県沢内の記録はカナダ国フェニックス社の無償提供データである。また、本研究は文部科学省による「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の支援を受けた。最後に、鳥取大学工学部土木工学科地圏環境工学研究室、玉井信太郎・東昭吾・山本祐輔・大田将平・熊田隆行の各氏には2007年度及び2009年度に実施した観測の補助を頂いた。ここに謝意を表します。

キーワード: 比抵抗, MT, 鳥取県, 山陰地方

Keywords: resistivity, MT, Tottori Prefecture, San-in region

SEM037-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## Resistivity Structure Analysis beneath the Eastern Marmara Sea by 2D OBEM Modeling. Resistivity Structure Analysis beneath the Eastern Marmara Sea by 2D OBEM Modeling.

Tulay Kaya<sup>1\*</sup>, Yasuo Ogawa<sup>1</sup>, Takafumi Kasaya<sup>2</sup>, Bulent Tank<sup>3</sup>, M. Kemal Tuncer<sup>4</sup>, Naoto Oshiman<sup>5</sup>, Yoshimori Honkura<sup>1</sup>, Masaki Matsushima<sup>1</sup>

Tulay Kaya<sup>1\*</sup>, Yasuo Ogawa<sup>1</sup>, Takafumi Kasaya<sup>2</sup>, Bulent Tank<sup>3</sup>, M. Kemal Tuncer<sup>4</sup>, Naoto Oshiman<sup>5</sup>, Yoshimori Honkura<sup>1</sup>, Masaki Matsushima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup>JAMSTEC, <sup>3</sup>Bogazici University, <sup>4</sup>Istanbul University, <sup>5</sup>Kyoto University

<sup>1</sup>Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup>JAMSTEC, <sup>3</sup>Bogazici University, <sup>4</sup>Istanbul University, <sup>5</sup>Kyoto University

In this study, we perform Magnetotelluric method (MT hereafter) in the Sea of Marmara which is an inland sea located at north western Turkey as different from previous marine electromagnetic studies performed in open oceans. Turkey is seismically very active country that has hosted large destructive earthquakes throughout the history. Westward migration of big events along the North Anatolian Fault Zone (NAFZ), one of the main fault zones in the region of interest, and occurrence of the last two demonstrative earthquakes (Mw7.4 Izmit and Mw7.2 Duzce, 1999) at the eastern edge of the Sea of Marmara indicate that the next big event is most likely expected to occur at the Sea of Marmara. Previous MT studies clearly show the relation between the seismicity and resistivity variation near fault zones. Such as, generally the big earthquakes occur at asperity zones where high wave velocities and high resistivities are observed and locations of the fault zones widely overlap the resistivity transition zones. In order to reveal the extension of the NAFZ and crustal structure within the Sea of Marmara, Ocean Bottom Electromagnetic (OBEM) data at 16 sites were collected during three campaigns between 2008 and 2009. Site locations were arranged in accordance with 3D and 2D modeling. Chave and Thompson code (1987) was applied in order to obtain transfer functions from continuous electric and magnetic fields (three components). Strike analysis for east two profiles show almost 90 and 70 degree strikes for the long (P1) and short (P2) profiles respectively. These strikes are consistent with possible trace of the NAF around the Cinarcik Basin. Comparison of 3D and 2D forward modeling results demonstrates significant effect of the bathymetry on the data set. However, these effects are almost same in TM case and similar in TE that provides us to trust 2D modeling at least for TM mode. We performed 2D inversion modeling using Ogawa and Uchida (1996) code modified by us to account for the bathymetry effects on the measurements. According to 2D inversion results, there is a high conductivity anomaly located at a depth of upper mantle and bounded with resistive zones at the north and south beneath the eastern Marmara Sea. In this presentation, we show the OBEM data analysis and relation of the results with the structure beneath the Sea of Marmara.

**キーワード:** Sea of Marmara, North Anatolian Fault Zone (NAFZ), Ocean Bottom Electromagnetic (OBEM), Magnetotelluric, Resistivity

**Keywords:** Sea of Marmara, North Anatolian Fault Zone (NAFZ), Ocean Bottom Electromagnetic (OBEM), Magnetotelluric, Resistivity

SEM037-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## 日本海溝周辺における OBEM 観測 (序報) Preliminary result of OBEM survey around the Japan Trench

市原 寛<sup>1\*</sup>, 笠谷 貴史<sup>1</sup>, 馬場 聖至<sup>2</sup>

Hiroshi Ichihara<sup>1\*</sup>, Takafumi Kasaya<sup>1</sup>, Kiyoshi Baba<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>IFREE/JAMSTEC, <sup>2</sup>ERI, University of Tokyo

Japan Trench system is an interesting scientific research field to understanding subduction processes including interplate earthquakes and volcanic activities. We conducted natural source electro-magnetic surveys around Japan Trench using newly developed small ocean bottom electro-magnetometers (OBEMs) (Kasaya et al., 2009). The small OBEM consists of a 17-inch glass sphere involving data logger and battery, sensor unit (fluxgate magnetometer, tilt meter and thermo meter) in a small metallic pressure housing, and electrode arm unit with arm-folding system. The electrode arms are folded during surfacing, which enable easy recovery operation. 24bit and 16 bit AD converters are included for the electric field and the other measurements, respectively. Sampling rate can be settled between 0.125 and 240 seconds. The rate can be switched during observation, which enable to obtain wide-band MT/GDS responses.

We deployed the 6 small OBEMs and 5 conventional OBEMs across Japan Trench from 900m to 6000m deep during 2009-2010. In addition, 4 or 5 small OBEMs will be deployed in 2011. High quality data were obtained in some stations although geomagnetic disturbance had been weak. Preliminary analyses imply strong bathymetric and coastal effects in the MT/GDS responses. These effects will be deeply discussed in the presentation for 2-D/3-D resistivity modeling.

Keywords: magnetotelluric, subduction zone, OBEM, Japan Trench

SEM037-P08

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## Three-Dimensional Crustal Resistivity Structure beneath Kanchanaburi province, Western Part of Thailand Three-Dimensional Crustal Resistivity Structure beneath Kanchanaburi province, Western Part of Thailand

Songkhun Boonchaisuk<sup>1\*</sup>, Ananya Satitpitakul<sup>1</sup>, Chatchai Vachiratienchai<sup>1</sup>, Patchawee Nualkhow<sup>1</sup>, Puwis Amatyakul<sup>1</sup>, Tawat Rung-Arunwan<sup>1</sup>, Suntaree Unhapipat<sup>3</sup>, Weerachai Sarakorn<sup>3</sup>, Weerachai Siripunvaraporn<sup>1</sup>, Yasuo Ogawa<sup>4</sup>  
Songkhun Boonchaisuk<sup>1\*</sup>, Ananya Satitpitakul<sup>1</sup>, Chatchai Vachiratienchai<sup>1</sup>, Patchawee Nualkhow<sup>1</sup>, Puwis Amatyakul<sup>1</sup>, Tawat Rung-Arunwan<sup>1</sup>, Suntaree Unhapipat<sup>3</sup>, Weerachai Sarakorn<sup>3</sup>, Weerachai Siripunvaraporn<sup>1</sup>, Yasuo Ogawa<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dep. Physics, Fac. Sci., Mahidol Uni., <sup>2</sup>ThEP Center, Thailand, <sup>3</sup>Dep. Math, Fac. Sci., Mahidol Uni., <sup>4</sup>Tokyo Institute of Technology

<sup>1</sup>Dep. Physics, Fac. Sci., Mahidol Uni., <sup>2</sup>ThEP Center, Thailand, <sup>3</sup>Dep. Math, Fac. Sci., Mahidol Uni., <sup>4</sup>Tokyo Institute of Technology

Kanchanaburi province located in the western part of Thailand (about 150 km from Bangkok) consists of two major fault zones: the NW-trending Three Pagodas Fault (TPF) and Sri Sawat Fault (SSF) zones. Both have produced large earthquakes in the past according to the paleoseismic studies. Two big earthquakes (5.3 and 5.9) in 1983 on the SSF zone were detected after a year of completion of the big hydroelectric power dam. During the December 2009 to February 2010, thirty nine stations were deployed covering most of the area of Kanchanaburi province and its fault zones. Phase tensor analysis reveals that the data is mostly 3-D. Three-dimensional inversion is therefore conducted with WSINV3DMT with data from 160 Hz to 200 s. Shallow part of the 3-D resistivity structures is consistent with geology of Kanchanaburi. The L-shape conductor producing the phase greater than 90 degree can be observed in the north-western part at mid-depth. Both fault zones can be clearly seen from the 3-D resistivity model. The TPF zone appears to be vertical fault extending deep to the Moho. The SSF zone appears to be a thrust-fault dipping at about 60 degree and end at about 15 km depth. This indicates that the two big earthquakes on SSF were shallow earthquakes and reservoir induced.

キーワード: Magnetotelluric, 3D modeling, Crustal Resistivity Structure, Kanchanaburi

Keywords: Magnetotelluric, 3D modeling, Crustal Resistivity Structure, Kanchanaburi



SEM037-P09

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

## 桜島火山及び始良カルデラの3次元磁化構造解析 3D magnetic structure of Sakurajima-volcano and Aira caldera.

宇津木 充<sup>1\*</sup>, 神田 径<sup>2</sup>, 小山 崇夫<sup>3</sup>

Mitsuru Utsugi<sup>1\*</sup>, Wataru Kanda<sup>2</sup>, Takao Koyama<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 京都大学火山研究センター, <sup>2</sup> 東京工業大学火山流体研究センター, <sup>3</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup> Aso Vol. Lab., Kyoto Univ., <sup>2</sup> Vol. Fluid Res., Tokyo Inst. of Tech., <sup>3</sup> Earthq. Res. Inst., Univ. of Tokyo

我々は2007年、桜島火山集中観測の一環として、桜島全域及び始良カルデラにおいて空中磁気観測を実施した。調査対象領域は、桜島・始良カルデラを含む東西22.5km、南北16.5kmの領域で測線間隔は主測線が250m間隔、補助測線は主測線と直交方向に1km間隔であった。飛行高度は、陸域で対地250から500m、海域で海面上100から300m。観測期間は2007年10月29日から11月2日の5日間(電磁気観測の実施期間は10月29日から11月5日の8日間)で、総フライト時間は約27時間、飛行距離は延べ2000kmに及ぶ。観測は、ヘリコプターに観測バードを曳航させ磁場を測定する方式を採り、バード内に設置された磁力計及びGPSで磁場全磁力及び測定点の位置座標を逐次測定しながら飛行を行った。磁力計はGeometrics社製セシウム磁力計G-858(測定精度0.01nT)を用い、測定間隔0.1秒で全磁力計測を行った。磁力計センサーはメインバード及びサブバード内にそれぞれ設置され、磁場全磁力及び垂直グラジエントを同時計測しバード内のデータロガーにロギングする。フライト中、磁力計が正常に稼働しているかを確認する為、特定省電力無線を用いて計測データをテレメートしヘリ内でモニタリングした。

また、ヘリポート付近にリファレンス磁場観測点としてGEM Systems社製オーバーハウザー磁力計GSM11を設置し、測定間隔3秒でフライトを実施している間の磁場連続観測を行った。フライトで得られた全磁力分布から、リファレンスの磁場測定値との単純差をとり、観測期間中の磁場日変化の影響を除去して磁気異常を求めた。GPSはライカ社製2周波GPS受信機SR510を用い、京都大学火山活動研究センターで実施されているGPS連続観測データとのディファレンシャル処理からフライト航跡を求めた。

こうして得られた磁気異常分布を元に、桜島及び始良カルデラ地下の磁化構造を3次元的に求めることを試みた。近年、3次元磁化構造を求めるための様々な方法が提案されている。本研究では、Portniaguine and Zhdanov(2002)の3次元インバージョン手法と、平滑化条件及び重みを付したABIC最小化法により磁化構造を求め、解の安定性を比較した。

キーワード: 空中磁気観測, 3次元磁化構造

Keywords: aero magnetic survey, 3D magnetic structure