

Contribution of magnetotellurics to the study of the Continental Lithospheric Break-up in East Africa Contribution of magnetotellurics to the study of the Continental Lithospheric Break-up in East Africa

Pascal Tarits^{1*}, Sophie Hautot¹, Remigius Gama², Khalfan Mtelela², Christel Tiberi³
Pascal Tarits^{1*}, Sophie Hautot¹, Remigius Gama², Khalfan Mtelela², Christel Tiberi³

¹IUEM, Brest, France, ²University of Dar el Saalam, Tanzania, ³CNRS & University of Montpellier, France

¹IUEM, Brest, France, ²University of Dar el Saalam, Tanzania, ³CNRS & University of Montpellier, France

The breakup of continents and creation of new oceans is a fundamental yet poorly understood plate tectonic process. It is essential not only in terms of fundamental Earth Sciences because it results in the formation of new plate boundaries and ocean basins, but it also has a major social impact, as it will create places of high natural hazards. Its study is yet challenging because most of the ancient margins where breakup occurred are obscured with thick piles of sediments and/or located under deep water. Among still debated topics the rift initiation and the driving forces are burning questions: What controls the strain location? How does the breakup interact with mantle heterogeneities such as plumes and inherited lithospheric fabrics? How do the forces exerted by far-field and mantle processes change during rift evolution? Particularly, the interactions between deep (mantle) and superficial (crustal) processes are controversial and topical subjects. The French project ColiBrea proposes to acquire new field, geophysical, geochemical and petrophysical data in a rifting inception place, the Tanzania rift, to constrain and test 2D and 3D models of continental lithospheric extension associated with repeated episodes of magma intrusion. This combination of data acquisition, novel inversions and models will allow to: (1) map the spatial distribution of strain in space and time using geophysical and geodetic methods; (2) constrain crust and upper mantle structure; (3) characterize the chemistry and spatial distribution of crustal fluids and magma; (4) quantify the volume of magma intruded into the crust through seismic data interpretation combined with InSAR, and (5) distinguish the role of the different processes involved in continental rifting through numerical modelling. The first stage of the project was carried out early this year with a field experiment combining seismological stations installed for 1 years and a series of co-located magnetotelluric (MT) soundings. Further work includes gravity and GPS surveys of the studied area. In this presentation we present the ColiBrea project and report on the preliminary results from the MT experiment.

キーワード: Continental Break up, African rift, geophysics, magnetotelluric, tanzania

Keywords: Continental Break up, African rift, geophysics, magnetotelluric, tanzania

普通の海洋マントルの電気伝導度構造イメージング (序報) First report on electrical conductivity imaging of "Normal Oceanic Mantle"

馬場 聖至^{1*}, 歌田 久司¹, 多田 訓子², 清水 久芳¹
Kiyoshi Baba^{1*}, Hisashi Utada¹, Noriko Tada², Hisayoshi Shimizu¹

¹ 東京大学地震研究所, ² 独立行政法人海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域

¹ Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ² Institute for Research on Earth Evolution, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

マントル対流のわき出しと沈み込みの間の水平流の区間、表面積としては海洋底の大半を占める部分は、プレート境界のテクトニックな活動からはなれた「普通」のマントルを代表すると考えられる。東大・地震研究所とIFREE/JAMSTECの研究者で構成する Normal Oceanic Mantle Project 研究グループは、「普通」の海洋マントルを地震学的・電磁気学的に観測することで、1) アセノスフェアの流動性の原因は何か? 2) マントル遷移層は地球の巨大な貯水槽か? という二つの謎の解明へ迫ろうとしている。我々は、観測対象海域を北西太平洋シャツキー海台の北西 (A 海域) および南東 (B 海域) に設定し、2010 年より段階的に観測機器を設置して、現在も観測を継続している。本発表では、2010 年 6 月 ~ 2012 年 8 月にかけて A 海域の 5 観測点で行われたパイロット観測の電磁気データを解析し、上部マントル電気伝導度構造を推定した結果を紹介する。

5 観測点中データが得られた 4 観測点について、時系列データをマグネトテルリック (MT) 法に基づき解析し、電磁場応答関数 (MT レスポンス) を求めた。得られた MT レスポンスを元に海底地形効果を考慮しつつ、深さ方向のみに構造が変化する 1 次元電気伝導度構造モデルを推定した。得られたモデルは深さ 150 km 程度までは電気伝導が低く、冷たいリソスフェアを表していると考えられる。その下の電気伝導度は 0.03 ~ 0.1 S/m 程度の高電気伝導度領域でアセノスフェアに相当すると考えられる。このような特徴は海洋上部マントルにおいて一般的にみられる傾向であるが、小笠原沖太平洋 (以下 C 海域と呼ぶ) 下のマントル電気伝導度構造の推定値 (Baba et al., 2010) と比較すると、低電気伝導度層の厚さは薄く、高電気伝導度層の電気伝導度値はやや高い (C 海域では低電気伝導度の厚さは約 200 km、高電気伝導度層の電気伝導度値は 0.01 ~ 0.03 S/m)。海洋底年代は本研究の A 海域が約 130 Ma, C 海域は 140 ~ 155 Ma であるが、この程度の差は両海域の電気伝導度の差をつくる決定的要因とは考えにくい。また表層不均質 (海陸分布や海底地形) を 1 次元構造モデルに重ねた 3 次元構造モデルから計算される MT レスポンスは、観測された MT レスポンスに完全には一致しない。特に観測された MT レスポンスに見られる xy 成分と yx 成分の差が十分に作り出せない。このことは実際のマントルが横方向にも不均質であるかまたは異方性があることを示唆する。これらの問題は今後の更なる解析によって解明したい。また本年 7 月以降に回収される予定の本観測データを加えて、より詳細な解析と定量的な解釈を行うことで、所期の目的を達成したい。

キーワード: 普通の海洋マントル, 北西太平洋, 電気伝導度, 海底電位磁力計, マグネトテルリック法

Keywords: Normal Oceanic Mantle, northwestern Pacific, electrical conductivity, ocean bottom electromagnetometer, magnetotellurics

山崎断層分岐部（安富断層，暮坂峠断層）の地下比抵抗構造の特徴と断層活動との関係

Electrical conductivity structure beneath the Yasutomi and Kuresaka-touge faults and its relation to fault activity

窪田 高宏¹, 山口 覚^{1*}, 村上 英記³, 加藤 茂弘⁴, 三島 稔明¹, 小田 佑介², 上嶋 誠⁵

Takahiro Kubota¹, Satoru Yamaguchi^{1*}, Hideki Murakami³, Shigehiro Katoh⁴, Toshiaki Mishima¹, Yusuke Oda², Makoto Uyeshima⁵

¹ 大阪市立大院・理・地球, ² 大阪市立大・理・地球, ³ 高知大・自然科学系・理学部門, ⁴ 兵庫県立人と自然の博物館, ⁵ 東京大学地震研究所

¹Geosciences, Graduate School of Osaka City Univ, ²Geosciences, Osaka City Univ, ³Natural Sciences Cluster-Science Unit, Kochi Univ., ⁴Hyogo Museum of Nature and Human Activities, ⁵ERI, University of Tokyo

はじめに

山崎断層系は、那岐山断層、山崎断層主部、草谷断層の3つの起震断層に区別される。このうち、山崎断層主部は、岡山県美作市から兵庫県三木市に至る断層帯で、ほぼ西北西-東南東方向に一連の断層が連なるように分布している。全体の長さは約80kmで左横ずれが卓越する断層帯である。また、最新活動時期の違いから大原断層、土万断層、安富断層、および暮坂峠断層までの北西部と、琵琶甲断層、三木断層の南東部に分けられる。大原断層とその東南部の土万断層は1~2km程度の間隔で雁行・併走する。土万断層より東南部では、断層帯は安富断層と暮坂峠断層の二つに分岐する。安富断層は、土万断層の延長から走向をわずかに東向きに変えて、東南東に延びる。主部東南部に属する琵琶甲断層は安富断層の延長上に位置し、三木断層は、さらにその延長上に位置する(地震調査委員会, 2003)。一方、暮坂峠断層の延長上には、活断層のトレースは認められていない。

兵庫県(2001)は暮坂峠断層川戸地区で行ったトレンチ調査、岡田ほか(1987)および暮坂峠断層のトレンチ調査結果(兵庫県, 2000)から、暮坂峠断層が900~1410年前までに活動した可能性はあるが、必ずしも起震断層として活動したとは言えず、むしろ、この時期に活動した可能性が高い安富断層などの活動に伴って副次的に活動したか、余震などに伴って活動した可能性があることを指摘している。

本研究は、断層系内の位置や断層活動において、上記のような違いを示す安富断層と暮坂峠断層に着目し、両断層の地下構造の違いや断層の走向方向に沿う地下構造の変化が認められるか否か、もし存在するならば、どのように異なるかを明らかにすることを目的として、安富断層と暮坂峠断層を横切る3つの測線にそって、地球電磁気学的手法の1つである地磁気地電流法探査を行い、断層地下比抵抗構造モデルを求めた。

観測と解析

両断層を横切る3測線(西測線、中測線、東測線)でAMT(Audio-frequency Magnetotelluric)探査を行った。AMT探査は、自然界の電磁場変動のうちおおむね可聴周波数帯域に相当する10,000Hz~1Hzの変動を信号源とするMT探査法であり、比較的浅部の地下比抵抗構造を高精度に求めることができる。西測線と中測線では各11点の、東測線では12点の観測点を設けた。また、Remote reference処理を行うために1点の参照磁場点を設けた。

それぞれの地点での夜間の観測データを基に、解析パッケージSSMT2000(Phoenix社)を用いて10,400Hz~0.35HzのMT応答関数を算出した。Phase Tensor法(Caldwell et al., 2004)によるDistortion解析を行った後、Ogawa and Uchida(1996)による平滑化拘束付き2次元比抵抗構造モデルインバージョンコードを用いて各測線の2次元比抵抗モデルを求めた。西測線と中測線は深さ4kmまでの、東測線は深さ2kmまでの比抵抗モデルを得た。

断層地下比抵抗モデルの特徴と考察

(1) 安富断層周辺の地下比抵抗構造

西測線と中測線の深部(深さ2-4km)では、安富断層地表トレース直下および北側に顕著な低比抵抗領域が存在する。これは断層コア部に存在する粘土質のガウジからなる透水性の低い部分(フォールトコア)が地下水の流れを部分的に妨げ、北側に選択的に多くの地下水が存在するために生じたものと解釈した。

(2) 暮坂峠断層周辺の地下比抵抗構造

3測線に共通して、暮坂峠断層地表トレース直下に低比抵抗からやや低比抵抗な領域が存在する。これら領域の比抵抗値は西から東に行くにつれて高くなっており(西測線では低比抵抗、中測線ではやや低比抵抗、東測線ではやや低比抵抗~やや高比抵抗)、暮坂峠断層の地下では、西から東に行くにつれて破碎の集中度合いが低くなっていることを反映していると解釈した。さらに、暮坂峠断層は中測線付近から東に向かって、地質断層が多く分岐しhorse-tail structure(馬の尾構造)を示している。このような構造は断層の横ずれ変位量が徐々に減少する場所に認められること、また、中田ほか(1998)は、断層破壊は分岐の始まりの部分から末端部に向かって進むことが多いと報告している。これらも踏ま

SEM37-03

会場:201B

時間:5月22日 15:00-15:15

え，暮坂峠断層の破壊は西から東へ伝播し，東へ行くほど破碎の集中の度合いが低くなっていると解釈した．

安富断層下では，顕著な低比抵抗領域が，断層の北側に広く分布しているが，暮坂峠断層下では，安富断層より相対的に弱い低比抵抗領域が，断層トレースのほぼ直下に存在する．このような違いも暮坂峠断層と安富断層の活動度の違いを反映している，すなわち，安富断層は断層運動が活発で，断層部にフォールトコアが発達したが，暮坂峠断層では，相対的に低い断層運動のためにフォールトコアが十分に発達していないことに起因すると解釈した．

キーワード: 電気伝導度構造, 活断層, 地磁気地電流法, 山崎断層

Keywords: conductivity structure, active fault, Magnetotellurics, Yamasakii fault

褶曲-衝上断層帯・石狩低地帯の3次元比抵抗イメージング

Three-dimensional resistivity imaging beneath the fold-and-thrust belt, Ishikari-teichi-toen fault zone, Hokkaido

山谷 祐介^{1*}, 茂木 透², 本多 亮³, 長谷 英彰⁴, 橋本 武志², 上嶋 誠⁴

Yusuke Yamaya^{1*}, Toru Mogi², Ryo Honda³, Hideaki Hase⁴, Takeshi Hashimoto², Makoto Uyeshima⁴

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門, ² 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター, ³ 東濃地震科学研究所, ⁴ 東京大学地震研究所

¹AIST, ²ISV, Sci., Hokkaido Univ., ³TRIES, ⁴ERI, Univ. Tokyo

A magnetotelluric (MT) survey was performed in the Ishikari lowland region in order to clarify the distribution of fluids beneath the Ishikari-Teichi-Toen active fault zone (ITFZ), which is regarded as the most hazardous inland fault zone in northern Japan. Four components of impedance tensor and two components of magnetic transfer function at 16 frequencies between 40 and 0.00012 Hz at 50 measurement stations were inverted to a 3-D resistivity structure with the aid of the WSINV3DMT code. The inverted structure showed at the shallower part that the conductive layer (<10 ohm-m) corresponding to sediments beneath the lowland lies from the surface down to 7 km deep. The resistivity below 7 km shows a regional boundary between the western-northern and southwestern parts. The conductor is found along the ITFZ beneath this boundary in the middle crust. We interpreted this conductor to be a fluid rich zone, acting as a dynamically weakened zone. The conductive body is also found beneath the Shikotsu caldera, implying magmatic fluids ascending from the mantle or a region of partial melt.

キーワード: マグネトテルリク法, 3次元インバージョン, 活断層, 褶曲衝上断層, 活動的火山

Keywords: magnetotellurics, 3-D inversion, active fault, fold and thrust, active volcano

地磁気Z成分Sq場への地球内部誘導電流の影響 Effect of induced electric current in the Earth on geomagnetic Sq field in the Z component

竹田 雅彦^{1*}
Masahiko Takeda^{1*}

¹ 竹田 雅彦
¹ Masahiko Takeda

各観測所での地磁気Sq場の振幅の変化をY成分(Sq(Y))とZ成分(Sq(Z))とそれらの比(Sq(Z)/Sq(Y))の長期変化を調べた。基本的にSq(Y)、Sq(Z)共にその経年変化は太陽活動度依存性によって説明できるが、特にSq(Z)の変化には地球内部誘導電流の寄与が大きく、観測齟齬とに固有の変化がある。例えば、Honoluluでは、Sq(Y)はほぼ全期間を通じて増加傾向にあるがSq(Z)は1960年頃に減少し、これに伴いSq(Z)/Sq(Y)は0.65程度から0.55程度に低下した。これはHonoluluに固有の特徴であり、1960年に行われた観測所の移転がSq(Z)に影響したためであると考えられる。また、柿岡と鹿野山のSq(Z)/Sq(Y)は地理的な近さを反映してほとんど同じであるが、1975-1990年頃には鹿野山で柿岡よりも大きくなる傾向が全季節について見られ、この間に地球内部誘導電流の流れ方、ひいては関東地方での地下の電気伝導度分布に変化があった可能性がある。

キーワード: 地磁気, 日変化, Z成分, 地球内部誘導電流
Keywords: geomagnetism, daily variation, Z component, induced currents

磁気異常測定による窯跡探査 -岡山県備前市佐山地域の場合- Magnetic survey for archaeological old kilns at Sayama area of Bizen city, Okayama

畠山 唯達^{1*}, 北原 優¹, 望月 伸竜², 横山 聖¹, 亀田 修一¹, 白石 純¹

Tadahiro Hatakeyama^{1*}, Yu Kitahara¹, Nobutatsu Mochizuki², Satoru Yokoyama¹, Shuichi Kameda¹, Jun Shiraishi¹

¹ 岡山理科大学, ² 熊本大学

¹Okayama University of Science, ²Kumamoto University

我々は、岡山県備前市佐山地域にて須恵器窯の調査を行ってきた。この地域では、山林に数多くの窯跡が埋没していることが考古遺物の分布調査等によって明らかになっている。本研究では、窯跡の具体的な位置を探り発掘の手がかりとするために、磁気探査を行っている。今回は、磁気探査によって埋没古窯の位置が明らかになった佐山東山奥窯跡について、磁気探査の概要および探査によって推測できる埋没物のサイズや位置、および実際に発掘された古窯の形態を報告する。

現場地域の基盤は流紋岩質でバックグラウンドの地磁気変化は非常に小さく数 20nT ほどであるため、磁気異常測定による埋没物探査には適した地域である。我々はカナダ GEM 社製オーヴァーハウザー磁力計 GSM-19 を使用し、地表直上、45cm 高、90cm 高の3つの高さにセンサーを構えて測定した。測定域は約 120m^2 の領域を80~90cm間隔でマッピングした。その結果、数十~百 nT ほどのシグナルが見つかった。この磁気異常は大きな正の異常域の北側に負の異常域が見られ、埋没物が現在の地磁気と比較的近い方向に帯磁している典型的な被熱遺構と考えられる。埋没物の大きさは2~5mほどで、高度による磁気異常の減衰の程度から、埋没深度は1m以下であることが推測された。実際、考古学的発掘調査によって、縦4m、横2mほどの須恵器窯の床面が発見された。この床面は焚口付近が崩落によって失われている可能性があり全体的な大きさは不明である。また、焚口に近い側の深度は約50cm、煙道(煙突)付近では20cm程度と浅く、非常に良く焼けていた。また、床面上の一部には断片化した窯壁が見つかった。この窯は佐山東山奥窯跡と名付けられ、各種考古学調査が行われ、床面、壁面については古地磁氣的調査(方位と強度)が行われた(本大会にて北原らの発表)。

このように、岡山県南地域のような珪長質岩や堆積岩系の基盤をもつ郊外地域では、バックグラウンドの地磁気変化が小さいので磁気探査による古窯の事前探査が有効である。我々は東山奥窯の近隣でも同様の調査をし、同様の被熱遺構と考えられる磁気異常を発見している。この場所は、2013年3月に発掘調査をする予定で、この結果についても報告する予定である。

キーワード: 磁気探査, 須恵器窯, 考古学

Keywords: magnetic survey, Old kilns of Sueki potteries, archaeology

地震発生直後に応力磁気効果により生じる磁場変化について - 二次元問題の計算例 -
Piezomagnetic signals just after the occurrence of seismic events: some examples of 2-D
calculation

山崎 健一^{1*}

Ken'ichi Yamazaki^{1*}

¹ 京都大学防災研究所宮崎観測所

¹Miyazaki Observatory, RCEP, DPRI, Kyoto University

地震発生時に応力磁気効果に起因して生じる磁場変化を二次元の場合に正確に計算することにより、この問題をどの程度簡略化できるかを考察する。

キーワード: 応力磁気効果, 地震波, 地震発生検知

Keywords: piezomagnetic effect, seismic wave, detection of earthquakes

地震に伴って励起された電磁波パルスの検出 Detections of electromagnetic pulses excited by earthquakes

筒井 稔^{1*}Minoru Tsutsui^{1*}¹ 京都産業大学 コンピュータ理工学部¹ Kyoto Sangyo University

地殻活動における力学的エネルギーの散逸過程では熱、音、電磁波、光等が発生するだろうと考えるのは自然である。それらの基本は「振動」であるが、その開始はパルス的である。筆者は、その励起される電磁波パルスは岩盤に加わる力学的衝撃による圧電効果によるものと考え、それを検出確認するために深さ 100 m のボアホールの中に電磁波センサシステムを挿入して観測を開始した [1]。その後 2004 年 1 月 6 日 14:50 に熊野灘沖で発生した地震に伴って励起されたと思われる電磁波パルスを検出し、そのデータ解析から、その波源位置は震源領域にある事を特定した [2]。この時、強い地震によって励起された電磁波パルスは直上の地表を突き抜け、その後は地上空間を伝搬して来た成分で、それを本学のボアホール内で検出したものと考えている [2]。しかし地震との明確な関係を示すためには、地中を伝搬してきた電磁波パルスを検出する事が重要であると考え、新たに白浜と紀伊大島に夫々深さが 100 m および 150 m のボアホールを構築した。特に白浜観測点では地上にも同種の電磁波センサシステムを設置して地上と地中での同時観測を行い、多くの電磁波パルスデータを蓄積した。得られた大量のデータの波形から 2 種類に分る事ができた。そこでそれらのデータを解析し、地中で検出される電磁波パルスの特性を明らかにした。即ち、それらの殆どは数 100 マイクロ秒の周期振動 (数 kHz) を示し、持続時間が数ミリ秒のパルス状であり、その地上及び地中での偏波形態の比較や、地中での電磁波振幅の空間的減衰状況および伝搬速度等を算出した結果、殆どが雷放電による電磁波パルスである事が判明した。 [3]。

このように、これまで検出された電磁波パルスの殆どが雷放電によるものであり、地殻活動により励起された電磁波パルスを検出できない理由について様々な状況を考えて結果、それは地中媒質の導電率の大きさに問題があると考えた。即ち、震源では必ず電磁波パルスは励起されているが、それが地中内を伝搬する間に、地中媒質の導電率により電磁波が減衰してしまい、電磁波観測点に達した時点ではセンサの感度以下となっており、検出できない状態となっていると考えた。

地中内における電磁波の伝搬中での減衰状況は電磁波に対する地中媒質の「表皮の厚さ」、即ち電磁波振幅が $1/e$ となる伝搬距離、で把握する事ができる。この表皮の厚さ (距離) は電磁波の周波数を f とすると、 $1/(f$ の平方根) に比例する形で表わす事ができるので、注目する周波数の範囲を極端に低くする事により、長距離を伝搬してきた周波数成分を検出できる可能性があった。そこでモニター方法として、それまで連続観測表示していた周波数の時間変化 (カラ - ダイナミックスpektrum: $f ? t$ 図) の表示周波数範囲をそれまでの $1/200$ である $0 \sim 25$ Hz に変更した。

25 Hz 以下の周波数範囲についての背景電磁波雑音のカラ - ダイナミックスpektrumの観測は京都産業大学構内において 2011 年 12 月から開始し、2013 年 1 月 24 日までの間に発生した地震について調べた。その結果、震源が電磁波観測点から半径が 40 km 以内にある M2 以上の地震は 13 件あった。その内の 10 件の地震については発生と同時にダイナミックスpektrum上で電磁波パルスを確認した。

これらの観測結果は、地殻活動によって岩盤内での圧電効果により、電磁波パルスが発生した事を証拠付けるものとなった。現在の記録方法では、検出電磁波データの時間分解能は 2 分 40 秒であるため、地震波と電磁波との詳細な時間関係は得られていない。今後はその関係を明確にするために両者の波形の時間関係を取得する事を考えている。更に電磁波パルスの波源位置を明確にすると、その発生機構が一段と明確になるものと思われるので、その測定をも考えている。

参考文献

[1] M. Tsutsui, Detection of earth-origin electric pulses, *Geophys Res Lett*, 29, 1194, doi:10.1029/2001GL013713, 2002.

[2] M. Tsutsui, Identification of earthquake epicenter from measurements of electromagnetic pulses in the earth, *Geophys Res Lett*, 32, L20303, doi:10.1029/2005GL023691, 2005.

[3] M. Tsutsui, T. Nakatani, M. Kamitani and T. Nagao, Polarization and propagation property of electromagnetic pulses in the earth, *Proc. IGARSS, IEEE*, pp. 838-841, 2011.

キーワード: 地中電磁波パルス, ボアホール内での検出, 地震関連電磁波

Keywords: electromagnetic pulses in the earth, detections in boreholes, relation with earthquakes

二次元有限要素法による津波ダイナモ効果のシミュレーション

2-D tsunami dynamo simulations in the northwest Pacific using the finite element method

南 拓人^{1*}, 藤 浩明², 浜野 洋三³

Takuto Minami^{1*}, Hiroaki TOH², Yozo Hamano³

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 京都大学理学研究科地磁気世界資料解析センター, ³ 海洋研究開発機構

¹Graduate School of Science, Kyoto University, ²World Data Center for Geomagnetism, Kyoto University, ³JAMSTEC

良導体である海水が地球主磁場中を運動すると、起電力が生じて海水中に電流が流れる。この効果は海洋ダイナモ効果と呼ばれている (例えば、Sanford, 1971)。近年、津波によって引き起こされる磁場変動の観測例が相次いで報告されており (Toh et al., 2011; Suetsugu et al., 2011; Manoj, 2011)、津波の引き起こす海洋ダイナモ効果に注目が集まっている。Tyler (2005) は、短周期の津波で重要となる自己誘導項を考慮した一次元解析解を周波数領域において導出し、津波に起因する海洋ダイナモ効果の研究を大きく前進させた。しかし、Tyler (2005) では、海底地形を無視し、海底下の構造を絶縁体と仮定している。津波に起因する電磁場変動の観測例が多く報告されるようになった現状では、実際の海底地形と海底下の電気伝導度を考慮する必要がある。

本研究では、これまでに観測された津波電磁場現象を更に精密に説明するため、二次元津波電磁場シミュレーションコードの開発を行った。本研究では有限要素法を採用した為、実際の海底地形に加え、任意の地下比抵抗構造を計算に組みこむことが可能である。本コードでは、まず津波伝播に伴う流体流速を求め、得られた流体流速と地球主磁場鉛直成分とのカップリングを一次電流源として用いることにより津波電磁場変動を計算している。

本研究グループでは、2011年に起きた東日本太平洋沖地震の際に、北西太平洋の海底長期電磁場観測点 NWP において、津波に起因する磁場変動の観測に成功した。本研究ではまず、NOAA が運用する DART 観測点のうち、NWP に近い 21401 及び 21419 における津波波高データを、流体シミュレーションによって再現した。次に、得られた流体速度の時間発展を入力として、NWP における海底磁場変動を計算し、実際に NWP で観測された磁場変動との比較を行った。その結果、NWP において地震発生から約 2 時間後に観測されたおよそ 3 n T の磁場鉛直成分の増加は、津波電磁場シミュレーションによってかなり精度良く再現できることが明らかとなった。本研究により、NWP において観測された磁場変動現象が、津波の到来に起因していたことが改めて証明されたといえる。また、本研究により、NWP に到達した 3.11 津波は概ね二次元的であることも示唆された。本シミュレーションでは、現在、海底下の電気伝導度を 100[Ohm.m] 一様と仮定している。本講演では、これらのシミュレーション結果に加え、海底下に NWP 点の長期電磁場時系列データから推定された一次元比抵抗構造を置いた場合の計算結果も併せて報告する。

キーワード: 津波, 有限要素法, 地下比抵抗構造, 東北地方太平洋沖地震, 時間領域, 自己誘導

Keywords: tsunami, finite element, conductivity structure, The Tohoku earthquake, time domain, self-induction

ベクトル津波計によるはじめての海底観測 First seafloor observation of Vector Tsunameter

浜野 洋三¹, 杉岡 裕子¹, 多田 訓子^{1*}, 伊藤 亜妃¹, 藤 浩明², 南 拓人², 川嶋 一生², 塩原 肇³, 馬場 聖至³
Yozo Hamano¹, Hiroko Sugioka¹, Noriko Tada^{1*}, Aki Ito¹, Hiroaki TOH², Takuto Minami², Issei Kawashima², Hajime Shiobara³, Kiyoshi Baba³

¹ 海洋研究開発機構, ² 京都大学, ³ 地震研究所

¹JAMSTEC, ²Kyoto University, ³ERI, Univ. of Tokyo

We developed a new type of offshore tsunami meter called Vector TsunaMeter (VTM) for the purpose of providing an early and reliable information on the propagation and generation of tsunamis in order to predict the tsunami impact at the coastal area. The VTM observes three components of magnetic fields, two horizontal components of electric fields and tilts, and a differential bottom pressure for more than a year at sea floor up to 6000 m water depth. Based on the observational records, the VTM is designed to detect the temporal variations of sea level change, and particle motion associated with the tsunami passages. Arrival time, arrival direction, and phase velocities of tsunamis can also be calculated from the observed record. These characteristics of tsunamis observed at deep ocean far from the coastline are very useful to forecast the arrival time and the size of tsunamis before the tsunami reaches the coastline. The first seafloor observation of VTM was made during this winter, in which the VTM was installed by KR12-18 cruise of the research vessel KAIREI, JAMSTEC on November 20, 2012 at 25-45.94N, 137-00.48E, Depth=4894m. And the VTM was safely recovered during KR13-03 cruise on February 9, 2013. The VTM continuously records the data sets of, Bx, By, Bz, Ex, Ey, TiltX, TiltY, and Bottom Pressure from Nov. 20, 2012 to the recovery time, i.e. Feb. 9, 2013. Three days before the recovery date, a Mw=8.0 earthquake occurred at the Solomon islands (10.738S, 165.138E) on 2013-02-06 01:12:27UTC. The Solomon islands earthquake generated tsunamis, which hit near Solomon islands and causes damages to human beings and houses. Since the main energy of the tsunami propagates along the north-east to south-west direction from the epicenter of the earthquake, the tsunamis observed at Japanese coast were low. At the observational site of VTM, amplitude of the first wave is as small as 1 cm, but the VTM clearly records the variations of sea level change for more than several hours after the tsunami arrival around 2013-02-06 08:40 UTC. This observation indicates the resolution limit of VTM is less than 1 mm of the sea level change.

キーワード: 津波, 電磁気観測, 海底微差圧計, 海洋ダイナモ効果, 海底電位磁力計

Keywords: tsunami, Electromagnetic observation, differential pressure gauge, ocean dynamo effect, Ocean Bottom Electro-Magnetometer

粒子スケール画像をもちいた砂鉄をふくむ砂質堆積物のフォーメーションファクターのシミュレーション Grain-scale simulations of the formation factors of sandy sediments containing conductive iron oxides

中島 善人^{1*}
Yoshito Nakashima^{1*}

¹産総研
¹AIST

地質試料のフォーメーションファクターは、環境調査や資源探査目的で比抵抗物理探査を実施した時のデータ解釈時に役立つ基礎物性である。地質試料は、しばしば導電性固体鉱物を含むケースがある（たとえば新島の砂鉄をふくむ石英砂の海浜堆積物の系、Fig. 1）。その場合、導電性鉱物粒子の体積分率と3次元連結性という2つの量が系のフォーメーションファクター値に大きく影響する。今回は、おもに計算機上で生成された粒子スケールのモデル画像（Fig. 1に類似）をもちいて、Nakashima and Nakano (2012)の要領で実施した電気伝導シミュレーションに関して、上記2つの量の影響を発表する。なお、本研究の一部は科研費基盤研究 A(No. 23241012)の助成を受けている。

参考文献： Nakashima and Nakano (2012) Transport in Porous Media, 93, 657-673. <http://dx.doi.org/10.1007/s11242-012-9976-1>

キーワード: 堆積物, X線CT, 計算機シミュレーション, 物理探査, 比抵抗, 砂鉄
Keywords: sediment, X-ray microtomography, computer simulation, geophysical exploration, resistivity, iron oxide mineral

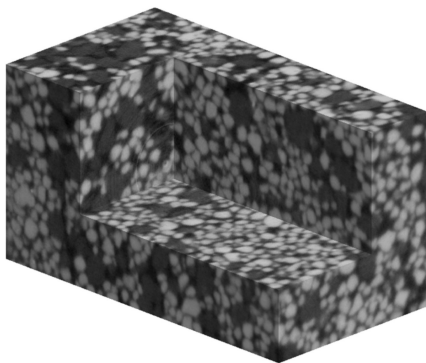


Fig. 1 X-ray microtomographic image of a sandy sediment sample, mixture of quartz (dark) and iron oxide (bright). The image dimension is 400x400x732 voxels = 3.7x3.7x6.8 mm³.

硫化鉱物の整流特性と地球電磁気現象への応用 Rectifying sulfide minerals and application of geoelectric phenomena

小沢 光幸^{1*}, 武藤 潤¹, 長濱 裕幸¹, 長瀬 敏郎²

Mitsuyuki Ozawa^{1*}, Jun Muto¹, Hiroyuki Nagahama¹, Toshiro Nagase²

¹ 東北大学大学院理学研究科地圏進化学講座, ² 東北大学大学院総合学術博物館

¹Department of Geoenvironmental Sciences, Graduate School of Science, Tohoku University., ²The Tohoku University Museum

地球電磁気現象として、自然電位の異常や地震・火山噴火に伴う電磁波放射など様々な現象が知られている。その発生機構として様々なモデルが提案されているが、いまだ一致した見解は得られていない。そうしたなか鉱体上部における負の自然電位異常、鉱体におけるラジオ波 (30 kHz ~ 3 MHz) の発生など、半導体鉱物が電磁気現象に関与していることが報告されている (例えば, Sobolev et al., 1982)。半導体鉱物は伝導を担うキャリアにより N 型・P 型と区別され、その組み合わせにより PN 接合を形成し、整流性 (電流を一方向にしか流さない性質) を示す。電磁気現象には特に整流性が影響していると考えられ、鉱体の整流性を評価することは電磁気現象を理解する上で重要である。半導体鉱物の含まれる鉱体は、微小な PN 接合が直列、並列に多数連なっており (Demin et al., 2002)、全体としては 1 つの巨大な PN 接合として等価にみなすことができる。従って、不均質性によらない等価回路として微小な PN 接合の電気特性を調べることは、地殻に存在する鉱体の半導体特性を調べることにつながる。しかし、天然の半導体鉱物は微量元素や欠陥により、結晶内の組成が不均質であり、電気特性が同一鉱物内でも大きく変化する。そのため、未だ半導体鉱物の電気特性は定量的に明らかにされていない。

本研究では半導体鉱物の地球に及ぼす効果を明らかにするために、黄鉄鉱の電気特性を調べた。その際、鉱物内の不均質性による電気特性の変化を明らかにするために、電解法、インデンテーション法を用いた。電解法では鉱物表面の不均質性を明らかにし、インデンテーション法では微小量域ごとの電気特性 (N 型・P 型、電気伝導度、整流性) を明らかにした。試料は岩手県和賀仙人から採集されたものであり、断面積 1.4 cm²、厚さ 0.38 cm の大きさに加工し用いた。

電解法により、黄鉄鉱を陰極に設置し還元反応をさせたところ、試料表面に溶解度の不均質性が存在することが明らかになり、表面の一部では累帯構造の腐食像が得られた。溶解度の違いは N 型、P 型の違いによるものであり、溶解度の大きい領域が P 型、小さい領域が N 型の特性を示した。また累帯構造に沿って N 型・P 型の領域が数十~数百 μm おきの狭い範囲で交互に入れ替わっていた。電気伝導度は、N 型の領域は P 型の領域に比べ電気伝導度が大きく、電流は N 型の領域を比較的優先 (約 10 倍の大きさ) して流れることが分かった。整流性は P 型の領域から N 型の領域に電流が流れるときに見られ、PN 接合により整流性が生じていることが確かめられた。こうした PN 接合による整流性は累帯構造において顕著に見られた。また、試料の内部抵抗の影響を補正することで、等価回路として微小な PN 接合部の電気特性 (順方向降伏電圧、逆方向降伏電圧、逆方向飽和電流) を得た。

今回の実験で得られた逆方向降伏電圧は、室内実験 (Maibuk, 2006) において鉱体に電圧を加えラジオ波を発生させる際に、ラジオ波が消滅せずかけられる最大の電圧と近い値を示した。ラジオ波は、微弱な電磁パルスが PN 接合部においてスイッチング作用を起こし、PN 接合部に蓄積される電荷を放電し発生すると考えられているが、結果はこの発生メカニズムを支持し、地震時において弾性波により微弱な電磁パルスが生じ、鉱体部においてラジオ波を含む電磁波が放射されることを示唆する。地下に存在する鉱体では、地下水との酸化還元反応、または地温勾配により、鉱体の上部と下部で電位差が生じる。全体としては、鉱体上部を陽極、下部を陰極、地下水を溶解液として電池作用を示すことで、地上においては負の自然電位異常として観測される。この際、鉱体がひとつの大きな PN 接合であると考えれば、電池作用における起電力の大きさは PN 接合の順方向降伏電圧に対応すると考えられる。従って、今後、各種半導体鉱物の特性を調べることで鉱体における自然電位異常の大きさを推定できることが期待される。

以上より半導体鉱物は地球電磁気現象において重要な役目をはたすことが明らかになり、今後さらなる研究が必要とされる。

キーワード: 半導体鉱物, 整流性, 電磁気現象, 黄鉄鉱

Keywords: semiconductor minerals, rectification, geoelectric phenomena, pyrite

野島断層の層状断層岩の電磁波伝搬特性 Electromagnetic Wave Propagation through Layered Gouges of Nojima Fault, Japan

三國屋 しおり^{1*}, 中村 教博¹, 長濱 裕幸¹
Shiori Mikuniya^{1*}, Norihiro Nakamura¹, Hiroyuki Nagahama¹

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻

¹ Graduate School of Science, Tohoku Univ.

The attenuation and scattering of electromagnetic (EM) wave propagating through geological media are represented by skin depth which is the penetration length decaying to $1/e$ from the initial intensity of EM wave. The transmission and reflection of EM waves depend on continuous internal structures beneath the ground, such as changes in density (Robin et al. 1969, Ono et al. 2009), conductivity (Paren and Robin 1975) and changes in crystal orientation fabric (Harrison 1973, Muto and Nagahama, 2005). Given the appropriate frequencies of EM waves, the magnetotelluric exploration and the ground-probing radar detect the underground structures in the Earth's crust. Some researchers have reported, prior to earthquake, the detection of ultralow frequency (ULF) band electromagnetic waves (Loma-Prieta earthquake: Fraser-Smith et al. 1990) as well as direct currents (DC) (Hyogo-ken Nanbu earthquake: Enomoto and Zhang 1998). It appears that the EM waves should be transmitted from an in-depth focal region or nearby stressed region through highly damaged fault zones. Takahara et al. (2010) revealed from fractal skin depth theory that the skin depth decreases as the crustal media is fractured in a homogeneous crust, suggesting that highly damaged fault zones heavily attenuate the EM waves from hypocenter or nearby deep stressed region. Here we show this contradiction is solved by considering the internal layered structure of fault zones. The skin depth of bianisotropic layered Nojima fault gouges is measured in different lithology at different orientations. The Nojima fault is an active fault and is separating the Osaka formation of silt and protolith granite. The fault gouge samples consist of bianisotropic layered structures of comminuted siltstone, granitic gouge and pseudotachylyte. Previous paleomagnetic studies of layered fault gouges showed that stable remanence oriented parallel to the fault foliation, suggesting that coseismic direct currents magnetized the pseudotachylyte. This anomalous remanence can be interpreted as a remanence acquisition by direct currents perpendicular to the fault foliation. Our laboratory measurements of dielectric constant and loss tangent of siltstone, granite and pseudotachylyte revealed that pseudotachylyte have the longest skin depth in the ULF-DC band. Moreover, the results suggest that ULF band wave penetrates pseudotachylyte perpendicular to the fault foliation more deeply than parallel. These results agree well with the paleomagnetic implication. This bianisotropic transmission of EM waves explains why some earthquakes have accompanied EM wave radiations at the surface and others don't have done.

Keywords: Nojima Fault, skin depth, electromagnetic wave, bianisotropy

精度の高いMT応答関数を得るための漏洩電流の影響を受けたNetwork-MT電場データの前処理(4)

Preprocessing of Network-MT data contaminated by leak currents to obtain the accurate MT response functions (4)

村上 英記^{1*}

Hideki Murakami^{1*}

¹ 高知大学理学部

¹ Faculty of Science, Kochi University

広域のより深部の比抵抗構造を求める手法の一つとして Network-MT 法がある。この手法では、NTT の専用回線を使用して 1km 以上の基線長で複数方位の電位差を計測する。近年では電極の端点がある程度ノイズの小さい地点に配置できるようになったが、データ収録装置を設置する交換局は人家のある地域にあるため人工的な電場ノイズ、とりわけ電車による漏洩電流、の影響を受ける。中部地方や西日本ではその影響が極めて大きく、日中では数百 mV/km を超えるような大きな電場変動を観測する。夜間はかなり軽減されるものの、夜間にも電車は走っており漏洩電流と考えられる矩形形状の電場変動が観測され、比抵抗推定の精度を悪くしている。

これまで、ノイズの大きな中部地方の観測データについてノイズを軽減し、精度の高い MT レスポンスを求めるための前処理方法について報告してきた。それは、Network-MT 法では同時に複数方位の電場を計測するので、多変量解析手法を使用して漏洩電流成分を主とする成分の抽出と、その成分の削除というものであった。具体的には、主成分分析をおこない分散のもっとも大きな信号（第一主成分）のみを除去するというものであった。この信号選択は、漏洩電流成分は同位相の振幅の大きな信号であるという前提である。主成分分析の結果を見ると、必ずしも第一主成分にのみ漏洩電流成分が集約されているわけではないが、ノイズを取り除くのではなく軽減しスタッキングによりさらに S/N 比を稼ぐという方針でおこなってきた。例えば、中部地方のノイズの大きな観測点では、生の夜間値 30 日、128 日で MT 応答関数を求めても、比抵抗値のバラツキ、信頼区間幅はとりたてて改善されないが、主成分分析を用いた前処理をすることで 30 日のデータでもある程度改善された。しかし、ノイズの大きな NS 方向の電場を使う MT 応答関数の改善はまだ不十分な段階にある。信号の分離度という観点から独立成分分析による前処理もおこない信号の分離の観点からは有効な手法であることを示したが、どの信号を漏洩電流と判定するかの基準が難しいという問題点がある。

今回は、漏洩電流による電場が時間領域でみると矩形形状をしているものが多いことに着目し、ステップ状の変化を保存する特性を持つ中央値フィルタを使い、電場を幾つかの周波数領域に分けて矩形形状の大きな信号の振幅を小さくするという前処理手法を試みた。現状では、改善が見られた周波数帯域もあるが全周波数帯域において多変量解析を用いた前処理手法ほどの改善は得られていない。さらに検討を加え、襲来の手法との比較などを報告する予定である。

キーワード: Network-MT 電場データ, ノイズ削減, 漏洩電流, 多変量解析, 中央値フィルタ

Keywords: Network-MT electric field data, Noise reduction, railway leak currents, multivariable analysis, median filter

中国地方（鳥取県中西部測線ならびに広島県東部測線）の地殻比抵抗構造調査の概要

Investigations on crustal resistivity structures in the middle-western part of Tottori and the eastern part of Hiroshima

塩崎 一郎^{1*}, 小出 直人¹, 安田 陽二郎¹, 野口 竜也¹, 山本 真二², 池添 保雄², 吉村 令慧³, 大志万 直人³
Ichiro Shiozaki^{1*}, Naoto Koide¹, Yojiro Yasuda¹, Tatsuya Noguchi¹, shinji Yamamoto², Yasuo Ikezoe², Ryohei Yoshimura³, Naoto Oshiman³

¹ 鳥取大学大学院工学研究科, ² 鳥取大学工学部, ³ 京都大学防災研究所

¹ Graduate School of Engineering, Tottori University, ² Faculty of Engineering, Tottori University, ³ Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

【研究の目的】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、西南日本島弧の縦断方向ならびに横断方向の電気比抵抗構造断面を推定することである。このために、日本列島弧、西南日本弧を横断・縦断する電気比抵抗構造の調査研究から、主に山陰地域では、歪み集中帯外における地震発生と比較的長い期間噴火記録のない火山と地殻流体との関連を解明すること、内陸地震発生域と内陸地震空白域（第3種及び第四紀火山下）および深部低周波地震の構造的不均質性、また、四国地方では、地殻地震および深部低周波地震の発生様式と構造的な地域性等について、沈み込む海洋プレートから供給が想定される流体と関連づけることが重要である。本報告では、2012年度に実施した広帯域MT法を用いた比抵抗構造調査（鳥取県中西部測線ならびに広島県東部）の概要について発表する。

【鳥取県中西部の地震（2002年、Mj5.3）発生域周辺の比抵抗構造】尾崎他（2011）は、鳥取県中西部の地震（2002年、Mj5.3）発生域の南北横断測線から推定された比抵抗モデルの特徴として地殻は全般的に高比抵抗であることを示した。この観測事実は、これまでに筆者を含む山陰地方の電気比抵抗を研究するグループが提唱してきた「内陸大地震が発生する地殻深部には低比抵抗領域が存在する。そして、大地震の震源を含む特徴的な地震活動はその低比抵抗領域とその上側の高比抵抗領域の境界部分、もしくは、高比抵抗領域側で発生している。」というモデルと調和しない。すなわち、既存研究より東西方向に隣接する地域で指摘されたような山陰地方下の10 m以下の深部低比抵抗領域がみられず、ここでは山陰地方の深部低比抵抗領域は連続して存在しない可能性がある。内陸地震が地震活動帯の直下の不均質構造に起因する局所的な応力集中により発生する（飯尾、2009）ならば、この観測新知見の信憑性を確かめる必要に迫られた。

【新たな鳥取県中西部域の比抵抗構造調査の概要】このような背景のもと2012年晩秋以降、鳥取県中西部域（鳥取県倉吉市～岡山県真庭市）において地震活動帯下の比抵抗構造の不均一性に着目し、MT法を用いた補観測を6地点で実施した。残念ながら、今回も大規模な地磁気変動を観測することは出来なかった。データ処理の結果、鳥取県中西部の地震（2002年、Mj5.3）発生域直近の2地点（志津および岡）の補観測により得られたデータの特徴は、いずれの観測地点のデータも共通して、見かけ比抵抗探査曲線が1秒前後から長周期側で減少するという特徴を示した。このことは地殻深部に低比抵抗領域の存在を示唆するものである。これは前調査の観測データにはみられなかった新しい特徴である。僅か数kmしか離れていない地点で探査曲線の形状に違いがみられることになるが、この不均質構造について、構造解析を進めることで明らかにする必要があるとともに、今後はさらなる面的な構造データの充実を図ることが必要であると考えられる。

【西南日本弧を横断する比抵抗構造断面】一方で、西南日本弧を横断する調査研究に関して鳥弧横断「山陰 - 山陽 - 四国地方（鳥取東部 - 岡山 - 香川 - 徳島 - 室戸）」測線の構造解析から得られた四国地方東部並びに中国地方東部の2次元比抵抗構造断面図と佐藤ほか（2005）やIto et al. (2009)の求めた詳細な地震反射波断面を比較検討し、いずれの地域でも比抵抗構造と反射法探査により示された反射断面と地質構造解釈との間に明瞭な対応関係がみられる領域が存在することを確認した。しかし、西南日本弧の鳥取東部から広島東部を通り愛媛・高知西部へ抜ける第二の鳥弧横断構造断面の作成に関しては、フィリピン海プレートの北限位置の問題にこたえるためにも、未測定地域・広島東部域を中心とした構造調査が望まれた。

【西南日本弧第二の横断構造断面の作成のための構造調査を開始】山陰地方の地殻の不均質構造の研究に加えて、2013年新春以降、第二の鳥弧横断構造断面の作成のため広島東部域を中心としたMT観測を開始した。本稿を執筆時点では広島県三原市・世羅町および愛媛県大三島の5地点の調査を実施中である。

本講演ではこれら両地域での測定結果ならびにそのデータを用いて行われた構造解析の結果について報告する。

【謝辞】参照磁場として使用させて頂いた岩手県沢内村の記録は日鉄鉱コンサルタント株式会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。

キーワード: 中国地方, 電気比抵抗, 不均質

Keywords: Chugoku region, electrical resistivity, heterogeneity

山崎断層帯大原断層東端部および土万断層の地下比抵抗構造 Electrical conductivity structure beneath the eastern end of the Ohara and Hijima faults,

小田 佑介^{1*}, 山口 覚², 窪田 高宏², 村上 英記³, 加藤 茂弘⁴, 三島 稔明², 上嶋 誠⁵

Yusuke Oda^{1*}, Satoru Yamaguchi², Takahiro Kubota², Hideki Murakami³, Shigehiro Katoh⁴, Toshiaki Mishima², Makoto Uyeshima⁵

¹ 大阪市立大・理・地球, ² 大阪市立大院・理・地球, ³ 高知大・自然科学系・理学部門, ⁴ 兵庫県立人と自然の博物館, ⁵ 東京大学地震研究所

¹Geosciences, Osaka City Univ., ²Geosciences, Graduate School of Osaka City Univ., ³Natural Sciences Cluster-Science Unit, Kochi Univ., ⁴Hyogo Museum of Nature and Human Activities, ⁵ERI, University of Tokyo

はじめに

山崎断層帯は、那岐山断層、山崎断層帯主部および草谷断層から成る活断層帯である。山崎断層帯主部は一般走向がN60°W-S60°Eの全長約80kmの左横ずれ断層帯であり、最新活動時期の違いから、大原断層、土万断層、安富断層および暮坂峠断層から成る北西部活断層群と、琵琶甲断層と三木断層から成る南東部活断層群に区分される。想定される地震の最大マグニチュードは、前者では7.7程度、後者では7.3程度である。また、今後30年以内の地震の発生確率は北西部では0.06~0.8%、南東部では0.03~5%となっている(地震調査委員会, 2003)。

このような評価は断層の地表形態、トレンチなどを基になされている。しかし、断層の地表形態が断層の地下の構造を忠実に反映しているとは限らない。そのため、断層の地下構造、特に、地表ではその形状が未解明である断層地表トレス末端部の地下構造を明らかにすることが必要であろう。

一般に、断層周辺では、その運動に伴い、破碎が生じる。そして、生じた空隙に水が浸入することによって、母岩に比べて電気比抵抗値が低下する。それゆえ、断層周辺の比抵抗分布を明らかにすることによって、断層の地下形態を推測することが可能となる。このような地下の電気比抵抗分布を描き出す方法の1つとして、地磁気地電流法(Magnetotelluric法)がある。

観測と解析

本研究では、大原断層の東端部および土万断層を横切る測線を設定し、地磁気地電流法の内、可聴周波数帯域の自然電磁場の変動を用いたAudio-frequency Magnetotelluric (AMT) 探査を行った。測線上に11点の観測点を設け、また、Remote reference 処理を行うため、兵庫県笠形山の山中に磁場参照点を設けた。

Audio-frequency 帯の磁場変動は夜間の方が大きい(Garcia and Jones, 2002) 事と、夜間の方が人工的なノイズが小さいことから、観測装置を昼間に設置し、夜間に測定を行った(ただし、一部の観測点を除く)。各観測点で得られたデータを基に、解析ソフトウェアパッケージ SSMT2000 (Phoenix 社) を用いて、10,400~0.35Hz のMT 応答関数を算出した。算出されたMT 応答関数を基に、Phase Tensor 法(Caldwell et al., 2004) を用いて、Distortion 解析を行った。そして、Ogawa and Uchida(1996) の平滑化拘束付き2次元比抵抗法インバージョンコードを用いて、地下2kmまでの2次元比抵抗モデルを求めた。

考察

推定された比抵抗モデルに加え、山崎断層帯の地下比抵抗構造に関する先行研究(e.g. Yamaguchi et al., 2010; Ueda, 2011) や震源分布などの知見も考慮し、以下のことが得られた。

1. 大原断層と土万断層は地下2kmまでは独立している。
2. 土万断層の直下から南側に、走向方向に沿って連続した低比抵抗領域が存在する。
3. 本測線は大原断層の地表トレスの東端部に位置しているが、地下比抵抗分布から判断すると、断層に伴う低比抵抗領域がさらに東に続く可能性がある。

キーワード: 電気伝導度構造, 活断層, 地磁気地電流法, 山崎断層

Keywords: conductivity structure, active fault, Magnetotelluric, Yamasaki fault

Two-dimensional Inversion Analysis of Magnetotelluric (MT) Data in Pelabuhan Ratu, West Java, Indonesia Two-dimensional Inversion Analysis of Magnetotelluric (MT) Data in Pelabuhan Ratu, West Java, Indonesia

Febty Febriani^{1*}, Peng Han¹, Katsumi Hattori¹

Febty Febriani^{1*}, Peng Han¹, Katsumi Hattori¹

¹Chiba University

¹Chiba University

To identify the underground electrical structure close to Cimandiri fault, Pelabuhan Ratu, West Java, Indonesia, the subsurface structure near Cimandiri fault has been investigated by magnetotelluric (MT). This research is an advanced research of the previous research which was done by LIPI team in June-July 1999 and June 2000. The previous research has been analyzed by using two-dimensional inversion revealed the relative location of Cimandiri fault zone. This MT exploration was carried out during two weeks, from July 27, 2009 to August 8, 2009. There were forty eight MT sites which distributed on two lines, A line and B line, along about 13 km x 6.5 km profile. The first line, A line, is perpendicular to Cimandiri river and the second one is parallel to Cimandiri river. The preliminary analysis by using one-dimensional Bostick inversion shows that there are high resistivity structures between 8 km length and 13 km length underneath A line. The structure starts appearing from 3 km depth until 6 km depth. The analysis result of B line shows high resistivity bodies in two locations. The first one is between 0 km and 2 km length. The second one is between 4 km and 6.5 km length. The high resistivity body in B line appears from 1.25 km depth. In the next analysis, we would like to apply two-dimensional modeling using the Ogawa and Uchida 2-D inversion to get more detail of the underground electrical structure close to Cimandiri fault. The data analysis of 2D inversion is now going on and details will be given in our presentation.

キーワード: magnetotelluric, two-dimensional inversion, Cimandiri fault, Indonesia

Keywords: magnetotelluric, two-dimensional inversion, Cimandiri fault, Indonesia

東北背弧側ひずみ集中帯における三次元比抵抗構造 3D resistivity structure around a high strain rate zone of the Tohoku back-arc

長谷 英彰^{1*}, 相澤 広記², 菅野 貴之¹, 小山 崇夫¹, 山谷 祐介³, 小河 勉¹, 上嶋 誠¹, 坂中 伸也⁴, 西谷 忠師⁴, 野尻 丈道⁴, 大本 将行⁴, 河野 輝樹⁴, 市原 寛⁵, 高倉 伸一³, 吉村 令慧⁶
Hideaki Hase^{1*}, Koki Aizawa², Takayuki Sugano¹, Takao Koyama¹, Yusuke Yamaya³, Tsutomu Ogawa¹, Makoto Uyeshima¹, Shin'ya Sakanaka⁴, Tadashi Nishitani⁴, Takemichi Nojiri⁴, Masayuki Ohmoto⁴, Teruki Kohno⁴, Hiroshi Ichihara⁵, Shinichi Takakura³, Ryohei Yoshimura⁶

¹ 東京大学地震研究所, ² 九州大学大学院理学研究院, ³ 産業技術総合研究所, ⁴ 秋田大学大学院工学資源学研究所, ⁵ 海洋研究開発機構, ⁶ 京都大学防災研究所

¹Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, ²Graduate School of Sciences, Kyushu University, ³AIST, ⁴Graduate School of Engineering and Resource Science, Akita University, ⁵JAMSTEC, ⁶DPRI, Kyoto University

ひずみ集中帯は沈み込む海洋性プレートからの脱水によって供給された流体が地殻や上部マントルに局在することで形成されていると推察されている。ひずみ集中帯プロジェクトの電磁気グループでは、東北地方背弧側のひずみ集中帯に存在する間隙流体の精密マッピングを目標として、庄内東縁断層を含む山形県広域（一部宮城県・新潟県を含む）において地磁気地電流（マグネトテルリクス：MT）法による比抵抗構造探査を鳥海測線（CHK: 11 観測点）、酒田市から金山町へ至る酒田測線（SKT: 8 観測点）、庄内から新庄へ至る新庄測線（SNJ: 11 観測点）、鶴岡市から尾花沢市に至る鶴岡測線（TRK: 9 観測点）、鶴岡市から月山を横切り天童市に至る月山測線（GSS: 16 観測点）、新潟県村上市から米沢盆地を経て福島県相馬市に至る米沢測線（YNZ:27 観測点）の6測線の全82観測点において実施した。昨年までにこれらの6測線のデータを用いて二次元構造解析（Ogawa and Uchida, 1996）を行い、庄内平野の海拔-5km付近まで見られる堆積層と思われる低比抵抗層や、CHK測線やSNJ測線に見られる海拔-10km付近に位置する低比抵抗層、ならびに月山東麓の海拔-10kmから東傾斜で深部に伸びる低比抵抗層など、特徴的な構造が推定された。しかし構造の二次元性を評価する目的で求めたフェーズテンソルによるストライク方向が浅部と深部で異なっていることや、地磁気変換関数から求められるインダクションベクトルの方向が三次元的な構造を示唆しているなど、この地域では比抵抗構造が三次元的である可能性が示唆されてきた。そこで本研究ではYNZ測線を除く5測線のデータを用いて三次元構造解析を行い、この地域の比抵抗構造の推定を行った。解析はWSINV3DMT（Siripunvaraporn and Egbert, 2009）のコードを用いて行い、二次元構造解析では使用しなかった地磁気変換関数（Tipper）も用いて解析を行った。本講演ではこれらの比抵抗構造探査の結果をふまえ、低比抵抗領域と流体分布、ならびにそれらとひずみ集中帯のメカニズムの関係について議論を行う予定である。

キーワード: MT法, ひずみ集中帯, 庄内平野, 比抵抗構造

Keywords: Magnetotellurics, high strain rate zone, Shonai plane, resistivity structure