

2011年東北太平洋沖地震前後での奥多摩観測点における地磁気三成分の統計的变化 Statistical Changes in the 3-component Geomagnetic Fields at Okutama site in Central Japan before and after the 2011 off

竹内 昭洋^{1*}, 長尾 年恭¹

Akihiro Takeuchi^{1*}, Toshiyasu Nagao¹

¹ 東海大学海洋研究所地震予知研究センター

¹ Earthq. Predict. Res. Cent., Inst. Oceanic Res. Dev., Tokai Univ.

We have observed the 3-component geomagnetic fields with a fluxgate magnetometer at the Okutama site in Central Japan, at 1 Hz sampling since December 2003 and at 32 Hz sampling in and after May 2008. This site is located just outside the area where the seismic activity increased after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. In this study, we checked whether or not there are statistical changes in the observed data before and after the earthquake. However, the daytime data included noises mainly from trains driven by DC electric power. Therefore, we used only the nighttime data from 2:30:00 to 3:04:08 JST. The power spectrum densities, especially of the period range from 1/16 s to 45 s, had seasonal variations. The annual median, 1st quartile, and 3rd quartile were calculated for the differences between the power spectrum densities and their seasonal variations. As a result, we found (1) the variations of the annual interquartile range, especially for short period spectrum ranges, were in harmony with those of geomagnetic indices and the solar activity and (2) the annual medians for all period spectrum ranges decreased after the earthquake though the declined levels were within the annual interquartile ranges just before the earthquake. One of the possible reasons of the decreases may be the change of the local groundwater condition after the earthquake though we could not ignore the effect of saving electricity due to a power shortage in Japan after the earthquake.

キーワード: 地磁気, 東北地震

Keywords: geomagnetic field, Tohoku earthquake

地震予知のための洞窟中、大気中のラドン濃度基礎測定 II

Fundamental measurements of Radon concentration in a cave and the atmosphere for earthquake prediction II

蜷川 清隆^{1*}, 西山 友章¹, 山本 勲², 河野 重範³, 岡林 徹⁴

Kiyotaka Ninagawa^{1*}, Tomoaki Nishiyama¹, Isao Yamamoto², Shigenori Kawano³, Tohru Okabayashi⁴

¹ 岡山理科大学理学部応用物理学科, ² 岡山理科大学工学部情報工学科, ³ 島根県立三瓶自然館, ⁴ 千葉科学大学危機管理部医療危機管理学科

¹Department of Applied Physics, Okayama University of Science, ²Department of Information and Computer Engineering, Okayama University of Science, ³The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe, ⁴Department of Medical Risk and Crisis Management, Chiba Institute of Science

1995年の兵庫県南部地震では西宮市地下水中ラドン濃度の上昇¹や大気中ラドン濃度の上昇(神戸薬科大学)²があったと報告されている。また、東北地方太平洋沖地震では、「福島医科大学(福島市)の放射線施設内の排気モニターのデータが地震前のピークはピーク期間が長く、急激に減少した後、地震が発生した。」と報告されている³。

私達は倉敷鉦山坑内、千葉科学大学において空気中のラドン濃度の連続観測を行っている。岡山県倉敷市内の洞窟中のラドン濃度測定を2009年11月上旬から、また千葉県の銚子市内で大気中のラドン濃度測定を2011年5月下旬からおこないだした。倉敷・岡山理科大学では、家庭用ラドン測定器SUN NUCLEAR CorporationのRadon Monitor, Modelを、銚子ではPylon社PMT-TEL静電補集型低レベルラドンガス検出器を用いている。兵庫県南部地震では空気中ラドン濃度の季節変動を、指数平滑法を用いて除去し、解析しているが^{4,5}、今回同様の指数平滑法を用いて上記2カ所のデータを解析したので報告する。

倉敷鉦山坑内のラドン濃度変動においては、残差が3(;標準偏差)を超えるデータが2回得られた。1回目は約3週間後にマグニチュード3.3の地震が島根県東部に起こっていた。2回目は4週間、地震が起こらなかった。しかし、人的要因により観測が行われていない時期もあったため有意な相関は得られなかった。

千葉科学大学のラドン濃度変動観測は観測期間が2年以上経っていないが、無理やり指数平滑法を適用した。残差が3を超えるデータは1回も得られなかった。千葉県銚子市での地震は、殆んどが海底を震源地とする地震であるが、現状ではラドン濃度変動と地震との関連性を結びつける結果には至らなかった。

神戸薬科大学、福島医科大学のデータも、10年以上の長期間の測定結果であるので、今後も長期間にわたってラドン濃度測定を続けていく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) G. Igarashi, T. Saeki, N. Takahata, Y. Sano, K. Sumikawa, S. Tasaka, Y. Sasaki, M. Takahashi: Groundwater radon anomaly before the Kobe earthquake, *Science*, 269, 60-61, 1995
- 2) Yasuoka, Y. and Shinogi, M.: Anomaly in atmospheric radon concentration: a possible precursor of the 1995 Kobe, Japan, earthquake. *Health Physics*, 72, 759-761, 1997
- 3) 長濱裕幸, 安岡由美, 鈴木俊幸, 本間好: 東北地方太平洋沖地震(MW=9.0)前の大気中ラドン濃度異常について. 日本地震学会講演予稿集, A32-09
- 4) 石川徹夫, 安岡由美, 長濱裕幸, 川田祐介, 大森康孝, 庄次眞司, 志野木正樹: 地震とラドン濃度異常(I) - 従来の観測例 -, 保健物理, 43, 103-111, 2008
- 5) 石川徹夫, 安岡由美, 長濱裕幸, 川田祐介, 大森康孝, 庄次眞司, 志野木正樹: 地震とラドン濃度異常(II) - 兵庫県南部地震前に観測された大気中ラドン濃度異常 -, 保健物理, 43, 253-267, 2008

キーワード: ラドン, 洞窟, 大気, 地震, 予知

Keywords: radon, cave, atmosphere, earthquake, prediction

関東エリアにおける地震に先行した ULF 磁場変動の観測と検出 Observation and detection of ULF geomagnetic changes before earthquake in Kanto

山口 弘輝^{1*}, Han Peng¹, 服部 克巳¹
Yamaguchi Hiroki^{1*}, Peng Han¹, Katsumi Hattori¹

¹ 千葉大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Chiba University

1. 研究目的・背景

近年地震に関連する電磁気現象が多数報告されている。これら電磁気現象は地震に先行して発生する為、地震予測に非常に有望であると考えられている。地震電磁気現象の観測には

- 1-1. 震源から放射される電磁波を直接地上で観測する手法
- 2-2. 地上の既存電波を用いて地震に関連した電離層擾乱を検出する手法
- 3-3. 衛星を用いた電離層擾乱の検出

等がある。本研究では、1-1. の中でも地震に先行して発生すると考えられている ULF 磁場変動に着目した。

ULF とは 10Hz 以下の周波数帯をさし、検出可能な範囲は

- ・ マグニチュード 6 の地震 観測点から半径 60 km
- ・ マグニチュード 7 の地震 観測点から半径 100 km

と過去の観測結果から経験的に計算されている。即ち、大きな地震に対して位置を事前に特定するのに非常に有効である事を示している。

ULF 観測網を構築し観測データを解析する事で将来の地震活動予測に貢献する事を目的とする。

2. 本研究の特色

現在、首都圏での地震に備えて

- 2-1. ULF 磁場観測の南関東ネットワークが存在し、約 10 年間のデータを蓄積している
- 2-2. 地震と ULF 異常について統計的な有意性を示唆する結果を得ている
- 2-3. 現在のネットワークを増強する必要がある
- 2-4. 2011 年 3 月 11 日の地震以降、房総沖のマグニチュード 8 クラスの地震が懸念されており、その基礎データを早急に収集する必要がある

さらに、他の手法(大気中ラドン濃度の変動等)の研究も多数行っており、ULF と組み合わせる事で総合的な解析を行う事で、地震電磁気現象の発生メカニズム追求につなげたい。

3. 研究計画・方法

3.11 以降、歪が完全に解放されておらず大きな地震の発生が懸念される銚子沖をターゲットとした ULF 観測点を千葉県旭市に新設し、観測を開始した。

次に、取得データを他観測点の ULF データや、他手法観測データ(大気中ラドン濃度観測など)と組み合わせる事で総合的な解析を行う。

4. 期待される成果

かつての観測網では銚子沖の地震に先行した ULF 磁場変動を捉える事が困難であった。先に述べた通り、このエリアは 3.11 以降の歪が残っている事、また、3.11 以前にも比較的地震の発生が多い事から、このエリアに観測点を新設する事で ULF 電磁放射を事前に捉え検出できる可能性が非常に高くなる。大きな地震が発生する可能性が高いエリアで観測を行う事で地震 ULF 波の検出精度が増し、そのデータを解析する事で前兆現象の発生メカニズムの解明に大いに貢献できる。

さらに、地震前兆現象を検出し、解明する研究は将来の減災に役立ち、社会からの期待も大きい分野である。

Focal Mechanism Dependence of Coseismic Ionospheric Disturbance Waveforms Revisited: Strike-Slip, Normal, and Reverse Fault

Focal Mechanism Dependence of Coseismic Ionospheric Disturbance Waveforms Revisited: Strike-Slip, Normal, and Reverse Fault

Mokhammad Nur Cahyadi^{1*}, Kosuke Heki¹

Mokhammad Nur Cahyadi^{1*}, Kosuke Heki¹

¹Department of Natural History Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University

¹Department of Natural History Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University

Ionospheric Total Electron Content (TEC) is easily derived from the phase differences of the two L band carrier waves of the Global Positioning System (GPS) satellites. Past GPS-TEC studies revealed various kinds of ionospheric disturbances including those by large earthquakes. Here we study coseismic ionospheric disturbances (CID) of earthquakes with three different kinds of focal mechanisms, i.e. reverse, strike-slip, and normal faulting. The first category earthquakes include the 2004 Sumatra-Andaman (Mw 9.2) and the 2007 Bengkulu (Mw 8.5) earthquakes. Their CIDs have already been reported in past studies [Heki et al., 2006; Cahyadi and Heki, 2013], but here we present some new data from GPS points in Malaysia. The second category includes the 2012 April northern Sumatra earthquake (Mw 8.6), one of the largest strike-slip earthquakes ever observed. Normal fault earthquakes large enough to disturb the ionosphere are rare. Astafyeva and Heki [2009], by analyzing the 2007 January outer rise earthquake off the central Kuril Islands, suggested that coseismic crustal subsidence in normal-fault earthquakes excite atmospheric waves led by a rarefaction pulse, and hence will cause CID starting with the negative polarity. However, theoretical considerations predict that such waves may not be stable enough to reach the F layer. In December 2012, we experienced a normal fault earthquake in the outer rise region of the Japan Trench (Mw 7.3), which would offer the second opportunity to study the CID waveform of normal-fault earthquakes.

We use GPS data from SUGAR (Sumatra GPS Array), the Malaysian GPS network, and GEONET (GPS earth observation network) in Japan. CIDs are detected clearly in signals of two satellites 13, and 20 in the 2004 Sumatra Andaman earthquake (Fig.1b). Satellite 32 and 20 in the 2012 April Sumatra earthquake detected clear CID in the western sky (Fig.1c). These CID started with only positive changes, possibly originating from the uplift region of the sea floor. Clear CIDs were also detected by satellite 8 in the 2012 NE Japan earthquake. An interesting result from the 2012 normal fault earthquake in Japan is that its CID signals initiated with positive pulses (Fig.1e). After all, we could not find any correlation of the CID signal waveforms with the focal mechanisms of earthquakes

In addition to the initial change polarities, we study various aspects of the CIDs including propagation speeds, atmospheric resonances, directivity, etc. To investigate spatial characteristics of CID, e.g. propagation speed of such disturbances, we calculated sub-ionospheric points (SPP), ground projections of the ionospheric piercing point of line-of-sights assuming a thin layer of ionosphere at altitudes ~300 km. We also briefly mention pre-seismic TEC anomalies of the 2012 north Sumatra earthquake because its moment magnitude suggests the existence of small pre-seismic TEC anomalies as found before M9 class earthquakes [Heki, 2011; Cahyadi and Heki, 2013].

(Figure caption) Figure 1. (a). SIP (sub-ionospheric point) trajectories by four satellites before/after the three earthquakes in Sumatra (left), i.e. the 2004 Sumatra-Andaman (black), the 2007 Bengkulu earthquake (light grey), the 2012 North Sumatra earthquake (dashed line), and the 2012 outer rise earthquake in NE Japan (right). On the trajectories small black stars are SIP at the time when earthquakes occurred, and beach balls indicate mechanisms of earthquake. (b), (c), (d) and (e) show time series of slant TEC changes in these earthquakes. The black vertical lines in the time series (b, c,d,e) indicate the earthquake occurrence times (for the 2012 event, the largest aftershock ~2 hours after the mainshock also generated CID).

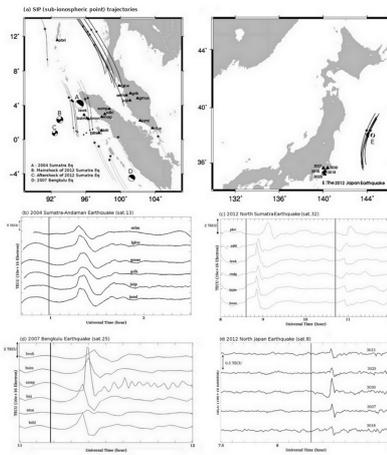
キーワード: reverse fault, normal fault, strike-slip, GPS-TEC, earthquake

Keywords: reverse fault, normal fault, strike-slip, GPS-TEC, earthquake

MIS30-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月21日 18:15-19:30



1998～2011年にわたる地震に関連する電離圏異常に関する研究 Ionospheric Anomalies Associated with Large Earthquakes during 1998-2011

市川 卓^{1*}, 服部 克巳¹, 廣岡 伸治¹, 劉 正彦², 大塚 雄一³

Takashi Ichikawa^{1*}, Katsumi Hattori¹, Shinji Hirooka¹, Jann-Yenq Liu², Yuichi Otsuka³

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 国立中央大学太空科学研究所, ³ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Chiba University, ²Institute of Space Science, National Central University, Taiwan, ³Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

近年、様々な地震活動に先行する電磁気現象が報告されており、非地震学的な手法による地震短期予測の可能性が指摘されている。その中でも、地震に先行する電離圏総電子数 (Total Electron Content; TEC) 異常の調査・研究は短期地震予知の有力な候補として注目を集めている。これまでの先行研究によって、インドネシア、台湾、中国などの低磁気緯度地域や日本、メキシコ、チリなどの中磁気緯度地域における電離圏異常が統計的に調査されている。その結果、低磁気緯度地域では負の TEC 異常が、中磁気緯度地域では正の TEC 異常が有意に出現するということが明らかとなっている。このことは地震に先行する TEC 異常の出現の仕方が磁気緯度の違いによって変わってくることを示唆している。以上を踏まえて、本研究は、TEC 異常の出現に磁気緯度依存性が存在するかどうかを統計的に調査することを目的とした。

本研究では、国土地理院が公開している GEONET のデータから求められた TEC と 1998/05/13～2010/05/13(12年間) にわたる全球の TEC グリッドデータである GIM(Global Ionosphere Maps) を用いて事例解析、統計解析を行った。まず、事例解析として、2011年3月11日に発生した「東北地方太平洋沖地震」に関して、地震の前の TEC 異常が日本における統計解析の結果と一致するかどうか調査した。その結果、GIM から求められた TEC において本震の3-4日前に21時間継続した正の TEC 異常が出現した。この正の TEC 異常は、地震発生の1-5日前に1日の中で10時間以上正の TEC 異常が出現するという従来の統計解析の結果と一致する。

次に、低磁気緯度 (磁気緯度: +15° ~ -15°) と中磁気緯度 (磁気緯度: +40° ~ +25°, -25° ~ -40°) で発生した地震を対象として統計解析を行った。その際、マグニチュード依存性についても調査した。その結果として、低磁気緯度では、マグニチュードの増加に伴い、地震の6-10日前における負の異常の増加が顕著になることが明らかとなった。また、中磁気緯度では、マグニチュードの増加に伴い、地震の1-5日前における正の異常の増加が顕著になることが示された。以上の統計解析の結果は、地震に先行する TEC 異常に磁気緯度依存性があるということを示唆する結果となった。

キーワード: 電離圏, 地震

Keywords: Ionosphere, Earthquake

柿岡で観測された ULF 磁場変動と地震の統計解析に関する研究 Statistical analysis on relation between ULF geomagnetic anomaly at Kakioka and local seismicity

廣川 真衣子^{1*}, 服部 克巳¹, Han Peng¹
Maiko Hirokawa^{1*}, Katsumi Hattori¹, Peng Han¹

¹ 千葉大学
¹ Chiba University

地震に関連する ULF 磁場異常が多数報告されているが、地震前に異常が見られない場合もある。また、ULF 磁場異常の発生メカニズムも未だに解明されていない。そのため、本研究では地震活動と磁気活動の関係を統計的に調査した。2000 年から 2010 年までの柿岡と鹿屋 (参照観測点) における 1 Hz サンプリングでの地球磁場の垂直強度を調査した。ウェーブレットフィルタリングを行い、約 0.01 Hz のデータに着目する。解析において人工的な悪影響を減らすために 2:30 から 4:00 までの夜間のデータを使用する。解析した夜間の毎日のエネルギーを計算し、柿岡と鹿屋の相関を調査した。それらの相関は高い (0.94) 事がわかる。これは柿岡と鹿屋の地下の電氣的構造が類似している事を大いに示唆しており、鹿屋 (参照観測点) データを使用したモデル計算を可能にする。柿岡の元のデータと、鹿屋のデータから導かれた柿岡の理想化したデータの比を計算する。両観測点の真下の電氣的構造についての正しくない仮定は比の一定の値を与え、上層大気起源の磁気嵐のような地球規模の変化を取り除く事が可能である。比の異常変化は地下構造の局地的な変化もしくは付加的雑音を予期する。異常変化と局地的な地震活動の関係を調査する。比の異常の基準を中央値 + 1.5IQR (IQR:四分位範囲) と定義する。Es > 10⁻⁸ を満たす地震は柿岡からの震央距離が 100 以内、地球表面からの深さが 60 以内で選ばれている。そして Superposed Epoch Analysis を行う。結果は地震の 5~15 日前地磁気異常が著しく現れ、Es 依存性があった。これらの疫学的結果は地震と地磁気異常の関係を示している。

MODIS データを用いた火山・溶岩活動の検知とその検証 Volcanic and lava activity detecting using MODIS data

堤 梨花^{1*}
Rika Tsutsumi^{1*}

¹ 千葉大学大学院理学研究科

¹Graduate School of Science, Chiba University

世界には多くの火山が存在するが、その全てを連続監視することは多くのコストを要するため困難である。一方、火山活動は温度上昇を伴うという点と、衛星によるリモートセンシングでは広範囲の地表面温度の監視が可能ということ踏まえ、衛星データを使用することで、効率的に多くの火山を連続監視することができる。

よって、我々は衛星データ(人工衛星 Aqua に搭載されているセンサ MODIS の夜間データ使用)によって火山活動(特に人命に関わる甚大な被害を及ぼす溶岩活動)に関連する温度異常を検知するアルゴリズムを構築することを本研究の目的としている。

また、本研究で用いたアルゴリズムでは雲の除去を行うことが極めて重要となる。本報告では雲の除去を正確に行うことで、より精度の高い解析を目指した。熱帯域や温帯域の火山(インドネシア・メラピ火山や新燃岳)に開発したアルゴリズムを適用したところ、雲による溶岩活動の誤認識を大幅に減らすことができた。

さらに、本報告で用いた雲除去の手法を環境研究所がつくばで実施したライダー連続観測データと比較し、検証した。

詳細は講演時に報告する。

キーワード: 火山活動, 衛星データ, MODIS, 新燃岳, ライダー
Keywords: volcanic activity, satellite data, MODIS, Shinmoe-dake, lidar

小型衛星群 : ELMOS Constellation の現状 Present Status of the ELMOS Small Satellite Constellation

児玉 哲哉^{1*}

Tetsuya Kodama^{1*}

¹ 宇宙航空研究開発機構

¹Japan Aerospace Exploration Agency

小型衛星群 : ELMOS Constellation の現状について報告する。

キーワード: ELMOS, 小型衛星群, GPS 掩蔽, 電子密度, 電子温度, 地圏 - 大気圏 - 電離圏結合

Keywords: ELMOS, Small satellite constellation, GPS occultation, Electron density, Electron temperature, Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling

東北地方太平洋沖地震前後の中部大学における地震電磁波観測記録 Seismo-electromagnetic data observed by Chubu University before and after 2011 To- hoku Earthquake

井筒 潤^{1*}, 太田 健次¹, 早川 正士²
Jun Izutsu^{1*}, OHTA, Kenji¹, Masashi Hayakawa²

¹ 中部大学 工学部, ² 電気通信大学 先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター

¹College of Engineering, Chubu University, ²Advanced Wireless Communications Research Center, The University of Electro-Communications

Chubu University has established electromagnetic observation network in order to study seismo-electromagnetics.

We have observed ULF/ELF electromagnetic waves at three observation stations (Nakatsugawa, Shinojima and Minami Izu) in order to catch the emissions from the focal region of earthquakes. And also we have observed VLF electromagnetic waves at Kasugai in order to measure the change of the propagation characteristic in the ionosphere and atmosphere disturbed by the energy from the epicentral region.

In this study, we talk about the result of the observation before and after the 2011 Tohoku Earthquake.

In our past studies, we had observed anomalous excitations of Schumann resonances before the 2004 Mid-Niigata Prefecture earthquake and the 2007 Noto Hantou earthquake at Nakatsugawa. However, we cannot find any anomalous Schumann resonances before the 2011 Tohoku Earthquake.

We found strong ULF emissions possibly propagated from the direction of the focal region of the 2011 Tohoku Earthquake on March 2, 2011, 9 day before the earthquake. And also we found propagation anomalies of VLF electromagnetic waves several days before and after the 2011 Tohoku Earthquake. But there was large foreshock on March 9. So we cannot point out that these anomalies were precursors of the 2011 Tohoku Earthquake, and even cannot point out that they were precursors of earthquakes in this stage.

The observed ULF/ELF/VLF anomalies possibly associated with earthquakes were not so convincing enough to predict the earthquakes. And so we need more case studies, further research, and trying to make a probabilistic forecast.

This multi-point observation network is now supported by Academic Frontier Project for Private Universities: matching fund subsidy from MEXT, 2006-2010.

キーワード: 地震電磁気現象, 東北地方太平洋沖地震, ULF/ELF/VLF

Keywords: Seismo-electromagnetics, 2011 Tohoku Earthquake, ULF/ELF/VLF

Geomagnetic anomalies possibly associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake (Mw9.0)

Geomagnetic anomalies possibly associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake (Mw9.0)

Han Peng^{1*}, 服部 克巳¹, Hiroki Yamaguchi¹, Febty Febriani¹, Chie Yoshino¹
Peng Han^{1*}, Katsumi Hattori¹, Hiroki Yamaguchi¹, Febty Febriani¹, Chie Yoshino¹

¹Graduate School of Science, Chiba University

¹Graduate School of Science, Chiba University

In this paper we have reported unusual changes of geomagnetic fields observed in the vicinity of the epicenter of the 2011 Tohoku earthquake (Mw9.0).

Firstly, we have investigated geomagnetic diurnal variations observed at ESA and KAK. Usually, the diurnal variations at the two stations are quite similar, because the inter station distance is not so large. In this study, the ratios of diurnal variation ranges of KAK to ESA have been monitored. The results indicate that about two month before the Mw9.0 earthquake, the ratio of Z component has increased significantly. This unique change was derived from more than one year data. After checking the original data, it is confirmed that the diurnal variations at ESA station in early January, 2011 have clearly unusual behaviors compared with other reference stations which are far from the epicenter.

And then, we have monitored underground apparent resistivity at ESA station. The mega Mw9.0 earthquake is located in the seismically active area. Actually, this place is also magnetic anomaly region. The short term variations of vertical geomagnetic fields at stations to the north and south of this region exhibit opposite phases. Preliminary results show that the energy of geomagnetic fields at short periods of ESA station is much smaller than that of KAK station, which suggests that the underground conductivity in ESA area may be different from other place. Analyzing MT data observed at ESA is now on-going.

キーワード: ULF seismo-magnetic phenomena, earthquake, geomagnetic field

Keywords: ULF seismo-magnetic phenomena, earthquake, geomagnetic field