

日本周辺における深海魚の目撃と地震との関係

Correlation between deep-sea fish sighting and earthquakes around Japan

*織原 義明¹、鴨川 仁¹、野田 洋一²、長尾 年恭³

*Yoshiaki Orihara¹, Masashi Kamogawa¹, Yoichi Noda², Toshiyasu Nagao³

1. 東京学芸大学教育学部物理学科、2. 有限会社テラテクニカ、3. 東海大学海洋研究所

1. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 2. Tierra Tecnica Ltd., 3. Inst. of Oceanic Res. & Develop., Tokai Univ.

周囲を海で囲まれた地震多発国の日本では、深海魚の目撃や捕獲の情報が地震に関連付けられることがある。例えば末広（1968）によれば、1957年伊豆新島近海地震（M6.3）の数日前にリュウグウノツカイが新島の浅瀬で捕獲されたとしている。通常は深海に生息する深海魚が打ち上げられたり、海水面近くで目撃されたりすると、深海で何らかの異常があったとの推測から、地震との関連が指摘されると考えられる。一方で深海魚の目撃や捕獲は地震とは無関係との声もある。本発表では日本国内で報告されている深海魚の目撃や捕獲の情報と地震や地磁気擾乱との関連性について議論する。

キーワード：深海魚、地震、地磁気擾乱

Keywords: deep-sea fish, earthquake, geomagnetic disturbance

地震電磁気現象の素過程—岩石破壊と深層ガスの相互作用—

Source mechanism for seismo-EMs- Coupled interaction of rock rupture with deep Earth gases

*榎本 祐嗣¹、山辺 典昭¹、杉浦 繁貴²、近藤 斎²

*Yuji Enomoto¹, Tsuneaki Yamabe¹, Shigeki Sugiura², Hitoshi Kondo²

1. 信州大学、2. 榊コンボン研究所

1. Shinshu Univeristy, Ueda Campus Fii, 2. Genesis Research Institute Inc.

地震に伴う電磁気現象の素過程に関して諸説あるなかで、筆者らは岩石が破壊した直後のクラック新生面から放出される荷電粒子とそこに侵入するガスの帯電をソース・メカニズムと考え研究を進めてきた(Enomoto & Hashimoto, *Nature* 1990)。岩石破壊のラボ実験で得られた電流量とサンプル岩石の破壊面/ガス相互作用面積との関係をもとに実際のフィールドでの震源核破壊面積に対応する電流量を推定した。そしてジオ・サバール則に基づいてその電流が誘導する磁場の計算値と観測値との比較を行ってモデルの検証を行った。こうして得られた結果は、1965-1967松代群発地震でRikitakeらのグループが観測した地磁気の変動(Yamazaki & Rikitake, *BERI* 1970)をうまく説明することができた(Enomoto et al, *Sci. Rep.*, in press)。松代群発地震は2-5kmの浅いところで起きた地震だったので岩石破壊実験も室温で行ったが、次の検証の事例として選んだ2011東北沖地震の震源核温度は約165°C、深部流体の温度は200°Cと推定されている。そこで岩石(斑レイ岩)破壊面に200°Cに加熱した炭酸ガスを導入する実験を進めている。それと同時に岩石を真空中で加熱したときに放射される荷電粒子を微小電流計で測定し、その温度特性を調べている。室温での破壊実験では岩石に導入されるクラックの先端部のみが加熱をうけて荷電粒子放射が起きるため、ガス帯電電流も短時間(代表例で2 msec)の電流ピークが見られたが、高温になると破壊新生面だけでなくガス温度での破壊面の加熱の影響を受けガス帯電電流の継続時間が長くなった。

キーワード：地震電磁気、岩石破壊、エキソ電子

Keywords: seismo-electromagnetics, rock rupture, exo-electron

2D and 3D structures of Ionospheric anomalies preceding the large earthquake

2D and 3D structures of Ionospheric anomalies preceding the large earthquake

*服部 克巳¹、韓 鵬²、廣岡 伸司¹、Yagmur Mustafa¹、吉野 千恵¹、小張 剛照¹、劉 正彦³

*Katsumi Hattori¹, Peng Han², Shinji Hirooka¹, Mustafa Yagmur¹, Chie Yoshino¹, Takaaki Kobari¹, Jann-Yenq Liu³

1. 千葉大学大学院理学研究科、2. 統計数理学研究所、3. 台湾国立中央大学

1. Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Chiba University, 2. Institute of Statistical Mathematics, Japan, 3. National Central University, Taiwan

Many papers on ionospheric anomalies possibly associated with large earthquakes have been reported. As for the ionospheric approach, it is important to reduce the effect of geomagnetic storms. The influences of a magnetic storm on TEC variations depend on the intensity and onset time of the storm. In this study, to clarify such dependences, we applied classification analysis method to the storm data (Dst) and discussed the response of TEC variation to each type of storm. We picked out all the 294 geomagnetic storms during 1998-2013, and classified them into 3 types in magnitude and 4 types in the onset time (local time). A bootstrap method is used to calculate the average variation of the TEC for each type of storm. Then, we could find the accurate period affected by each type of storm. Next we performed statistical analysis of the TEC anomalies possibly associated with large earthquakes in Japan area during 1998-2013. There are statistical significance of positive TEC anomalies 1-5 days before and 16-20 days after $M \geq 6.0$ earthquakes. The significance of 16-20 days after earthquakes may be due to aftershock effects of the Tohoku earthquake. Then, we used the Molchan's error diagram to evaluate the efficiency of TEC anomalies for short-term earthquake forecasts. The result indicates that the predictions based on TEC anomalies are better than random guess, which suggests that the TEC anomalies contain certain precursory information of earthquakes. As for the tomographic approach, we investigate the spatial and temporal distribution of ionospheric electron density prior to the 2011 Tohoku earthquake (Mw9.0) and additional large earthquakes in Japan. We found the common TEC increase on 1-5 days prior to the earthquakes was remarkable and the electron density was decreased around the east-region of reconstructed area above the epicenter around 250 km altitude and increased the wide area around 3-400 km, respectively. We also analyzed several cases for ionospheric storms using the tomography. The detailed results will be presented in my talk.

キーワード : TEC、 Ionospheric Tomography、 Ionospheric anomalies preceding the large earthquake

Keywords: TEC, Ionospheric Tomography, Ionospheric anomalies preceding the large earthquake

日本周辺の地震に先行するb値の時空間変動および電離圏総電子数異常 Spatiotemporal Variations of the b-value and Total Electron Content Prior to Large Earthquakes in Japan

*小張 剛照¹、韓 鵬¹、服部 克巳¹

*Takaaki Kobari¹, Pen Han¹, Kastumi Hattori¹

1. 千葉大学大学院理学研究科

1. Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Chiba University

近年、地震活動に先行する様々な電磁気現象が報告されており、その中でも電離圏総電子数(Total Electron content: TEC)の異常は、短期地震予測の有力な候補である。一方、地圏では大地震に先行してグーテンベルク・リヒター(G-R)則に従うb値が本震付近において本震の数年前(場合によっては数十年スケール)から低下する現象がある。TEC変動は宇宙天気など太陽活動による影響も大きく、地震に関連するTEC異常を他の変動から区別することは困難である。

そこで本研究では、電磁気的アプローチ(電離層)に力学的アプローチ(b値解析)を加えることにより予測精度の向上を試みる。つまり、b値解析を用いた地殻変動(応力場の変動)の観測・監視による中期および短期予測方法の開発とTEC変動の観測・監視を統合し、地震短期予測手法の高度化とその観測学的検証を行う。

本研究では、2003年、2008年十勝沖地震、2011年東北沖地震を対象とした。まずは、繰り返してM7クラスの地震が発生している十勝沖や東北沖のb値解析を行った。その結果、解析領域内やその近傍で発生したM7以上の地震に対して、b値が過去の平均値よりも継続して低下する傾向があることがわかった。2003年十勝沖地震(M8.0)に関して1日ごとのb値の時間変化を調査した結果、本震発生の16日前と3日前と2日前にb値がステップ状に低下することがわかった。そこで、b値時系列データの異常として、過去のb値の平均値を継続的に下回った場合を異常と定義した。一方、北海道地域のTEC異常に関しては、M6.0以上深さ40 km以浅の地震の1-5日前に正の異常が有意であることが統計的に確認された。2003年十勝沖地震(M8.0)に関しては、本震2日前に正のTEC異常が始まることが確認されている。この直後から太陽活動が活発になり、その後の正の異常は太陽活動にマスクされている可能性がある。これらのことから、十勝沖に関しては、b値異常が本震に16日前に先行して発生し、その後TEC異常が続くことがわかる。2011年東北沖地震でも同様な傾向が見られた。

以上のことから、十勝沖地域と東北地域においてはM7以上の地震に対して、TEC異常変動解析にb値異常解析による拘束を加えることで地震短期予測精度が向上することがわかった。詳細は講演時に発表する。

キーワード：地震、電磁気、b値

Keywords: Earthquake, Electromagnetics, b-value

Ionospheric perturbations due to earthquakes observed simultaneously by subionospheric VLF/LF wave and GPS TEC measurements

*hendy SANTOSA^{1,2}, Yasuhide Hobara^{1,3,4}, Takuo Tsuda^{1,3,4}, Satya Srinivas⁴

1. Department of Computer and Network Engineering, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan, 2. Department of Electrical Engineering, Bengkulu University, Bengkulu, Indonesia, 3. Earth Environment Research Station, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan, 4. Center for Space Science and Radio Engineering, The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan

The Gravity Waves (GWs) produced by an earthquake propagate upward from the epicenter to the ionosphere. The GWs interact with the ionospheric plasma and generate the density perturbations which can be detected by different radio remote sensing techniques. In this paper, we study the vertical coupling between the lithosphere-atmosphere-ionosphere (LAI) coupling through signature of IGW waves generated from major seismic activities observed in different altitudes (D and F layers) by subionospheric VLF/LF waves and GPS TEC measurements. We will demonstrate the Travelling ionospheric disturbances (TIDs) induced by major earthquakes observed in the both ionospheric altitudes and deduce their propagation characteristics.

Keywords: VLF subionospheric waves, GPS TEC, very low frequency, earthquake, gravity wave, travelling ionospheric disturbance

島原地方における、簡単な客観手法で作成した予測マップによるVHF電波伝播異常と地震発生の相関

Correlation between earthquake occurrence and the anomalous propagation of VHF radio waves indicated by the gain and the p-value of prediction maps produced by a simple objective algorithm in the Shimabara area, Kyushu, Japan

*森田 笙¹

*Shou Morita¹

1. 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻宇宙測地学講座

1. Graduate School of Science, Hokkaido University

Electromagnetic precursors associated with the impending earthquake, such as variations of geoelectric current, total electron contents in the ionosphere, and anomalous transmission of radio waves in the VLF or VHF band, have been observed (e.g. Hayakawa, 1996). Recently, some researchers have discussed how these precursory phenomena relate statistically to the impending earthquake (Le et al., 2010, Orihara et al., 2012, Hattori et al., 2013, Han et al. 2014). Anomalous (i.e., beyond the line of sight) VHF-band radio-wave propagation is one such claimed short-term precursor; physical preparatory processes of earthquakes may produce/attract electromagnetic scatterers in the area over the source of the impending earthquake (Kushida and Kushida, 2002, Moriya et al., 2010). Hokkaido University has been monitoring this anomalous propagation in several regions in Japan. On April 14th 2016, an Mw 6.5 earthquake occurred in Kumamoto, which was followed by a nearby greater Mw 7.3 event on April 16th. Just before these events, anomalous propagation of the VHF radio wave from an FM station in Miyazaki was observed at Shimabara receiving station. Epicenters of these Kumamoto events were between the broadcast and receiving stations. To evaluate the statistical significance of the tendency that such anomalies precede impending earthquakes in this region, we made a spatio-temporal map of earthquake alarm (though for only one spatial grid, which is the region between the Miyazaki broadcast and the Shimabara receiving stations) based on the data for 2015 to 2016; after anomaly appears, we turn ON the alarm for a certain period of time L , and thus divide the whole observation period into “Alarm ON”, “Alarm OFF”, and “Undecided (due to missing data)” periods. The alarm map was compared with the occurrence of local earthquakes with $M > 4.5$ after declustering. The result, the associated p-value was not low enough to suggest the statistical significance.

キーワード：地震予測マップ、客観的手法

Keywords: Earthquake prediction map, objective algorithm

地震先行的VLF帯電波信号検知を目指した電磁波観測装置の精度評価

Evaluation of electromagnetic wave measurement system for pre-seismic VLF signals

*小名木 すみれ¹、長尾 年恭²、鴨川 仁¹

*Sumire Onagi¹, Toshiyasu Nagao², Masashi Kamogawa¹

1. 東京学芸大学教育学部物理学科、2. 東海大学地震予知研究センター
1. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 2. Tokai University

近年多くの雷起源に関係する大気電気研究、特に高高度放電発光現象、雷活動に関連する高エネルギー放射線、落雷電磁波による下部電離圏モニターなどで、雷放電の波形データを必要としている。雷放電は、VLF帯の周波数帯の電磁波をメインに放出し、VLF帯が大気中でそれほど減衰しないことから遠方でも検知ができる。この電磁波を検知して、落雷位置測定を行う研究および実用的な位置測定システム開発・運用が世界各国で行われている。しかし、多くのサービスでは位置情報は提供されているものの、非常に高額であり、そのうえ落雷に起因する電磁波波形データは提供されていない。本研究では前述のような研究に貢献すべく、VLF帯雷放電波形データを連続取得するシステムを開発し、本講演ではその装置評価を行う。また、地震に先行するVLF帯電波信号が震央から発生していることが指摘されているが本研究ではその観測の追試を目指す。精度評価にあたっては、観測装置の精度確認のために各種機関・会社が出している雷位置情報と本VLFデータの比較を行う。

キーワード：超長波、落雷位置評定システム、地震

Keywords: VLF, Lightning location system, Earthquake

DEMETER衛星のスペクトル・波形データを用いた衛星高度で検知された地震先行電離圏擾乱の発生領域推定

Ionospheric disturbance in D region possibly related to pre-earthquake activities observed by the DEMETER

*新田 英智¹、東郷 翔帆¹、鴨川 仁¹、Berthelier Jean-Jacques⁴、児玉 哲哉²、長尾 年恭³

*Hidetoshi Nitta¹, Togo Shoho¹, Masashi Kamogawa¹, Jean-Jacques Berthelier⁴, Tetsuya Kodama², Toshiyasu Nagao³

1. 東京学芸大学教育学部物理学科、2. 宇宙航空研究開発機構第一宇宙技術部門、3. 東海大学地震予知研究センター、4. LATMOS, France

1. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Tokai University, 4. LATMOS, France

地震に関連する電磁気現象として大気圏および電離圏擾乱は1980年代後半ごろから指摘されてきた。これらの擾乱は、比較的大きなマグニチュードの地震前でも変動が微少であるので、先行現象の存否を示すには大量なイベント収集による統計的な評価が求められる。その意味で、2004年6月にフランスCNESによって地震電磁気衛星DEMETERが打ち上げられ、地震に先行する夜間VLF帯電磁波強度減少現象がM4.8以上の地震、震央距離が500 km以内、地震発生前4時間前に見いだされた。本研究では、この現象の原因を探るため、VLF帯電波強度スペクトルデータ（連続2秒サンプリング・サーベイデータ）およびバーストデータ（波形データ）を用いて、地震の前のホイスラー波の強度に関して統計および事例解析を行った。その結果、地震の前にD層下部が降下していると推測できる結果を得た。

キーワード：地震、電離圏、DEMETER衛星

Keywords: Earthquake, Ionosphere, DEMETER

DEMETER衛星のELFデータを用いた地震先行現象の検知について

Study of ionospheric precursor using the DEMETER ELF data

*新田 英智¹、東郷 翔帆¹、鴨川 仁¹、岡田 朋大¹、児玉 哲哉²、長尾 年恭³

*Hidetoshi Nitta¹, Togo Shoho¹, Masashi Kamogawa¹, Tomohiro Okada¹, Tetsuya Kodama², Toshiyasu Nagao³

1. 東京学芸大学教育学部物理学科、2. 宇宙航空研究開発機構第一宇宙技術部門、3. 東海大学地震予知研究センター
1. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Tokai University

地震に関連する電磁気現象として大気圏および電離圏擾乱は1980年代後半ごろから指摘されてきた。これらの擾乱は、比較的大きなマグニチュードの地震前でも変動が微少であるので、先行現象の存否を示すには大量なイベント収集による統計的な評価が求められる。その意味で、2004年6月にフランスCNESによって地震電磁気衛星DEMETERが打ち上げられ、地震に先行する夜間VLF帯電磁波強度減少現象がM4.8以上の地震、震央距離が500 km以内、地震発生前4時間前に見いだされた。本研究では、この現象に関連する現象がELFデータにも含まれていると考え、ELFデータを用いて、同一手法による解析を行った。700 Hz帯での解析では前40時間に震央付近の電磁波強度上昇がみられた。

キーワード：地震、電離圏、DEMETER衛星

Keywords: Earthquake, Ionosphere, DEMETER

地震先行現象検証超小型衛星：Prelude

Precursory electric field observation cubesat demonstrator: Prelude

*児玉 哲哉¹、山崎 政彦²、鴨川 仁³、東郷 翔帆³、新田 英智³、Berthelier Jean-Jacques⁴、長尾 年恭⁵
*Tetsuya Kodama¹, Masahiko Yamazaki², Masashi Kamogawa³, Shoho Togo³, Hidetoshi Nitta³,
Berthelier Jean-Jacques⁴, Toshiyasu Nagao⁵

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 日本大学、3. 東京学芸大学、4. フランス大気環境宇宙観測研究所、5. 東海大学

1. Japan Space Exploration Agency, 2. Nihon University, 3. Tokyo Gakugei University, 4. Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales, 5. Tokai University

既に諸外国では地震先行現象観測に小型衛星が利用されているが、CubeSat級の超小型衛星は未だ存在しない。フランスの地震電磁気観測衛星DEMETERは、統計的に地震4時間前の電波強度低下を報告したが、その発生メカニズムや地方時依存性は不明である。

開発検討中の3U超小型衛星Preludeは、既に実績のあるDEMETER搭載電場測定器を鉛直方向1組のみ搭載し、安価に衛星群を構築し、地震4時間前の電波強度低下の検証を目的とする。

打上げは宇宙ステーションからの放出機及び革新的衛星技術実証ミッションの相乗り機会を狙う。

キーワード：Prelude、CubeSat、DEMETER

Keywords: Prelude, CubeSat, DEMETER

熊本地震ではFM電波観測で前震と本震を予測できました。

We were able to predict a foreshock and a main shock in an FM observation network by Kumamoto earthquake.

*國廣 秀光¹

*Hidemitsu Kunihiro¹

1. なし

1. none

JGU No 018707 日本地震学会会員 日本地震予知学会会員 JYAN研究会 会長 國廣秀光

私達は地震予知を目標に、8年前からFM放送の直接的電波観測点の敷設を始め、観測網を全国に広げながら地震研究を行ってきました。昨年4月の熊本地震では4月6日と4月9日に、震源付近の上空を伝搬してきたFM放送電波に大きな異常変化が現れました。そして、約1週間後の4月14日（前震）と、4月16日に本震が発生したのです。当観測網は、FM放送電波の常時観測を継続していますがE-スポ現象等を除き、これ程大きい変化は初めてでした。

当研究会は、電磁観測の研究とデータ解析を行い、地震予知となる経験則を積み重ねています。大きな異常変化があると約1週間後に地震が発生していますが、今回も経験則通りの4月14日と4月16日に地震が発生したのです。

この4月6日の前兆と経験則から、FM電波の発信元（熊本市金峰山）から、受信点（竹田市）迄のルートとその近郊が震源地で、地震の規模は電波の異常レベルから大地震が予想できました。また、9日にも大きな異常が現れたため、2回続くことが予想できたのです。それで、私は14日の夜に受信点の竹田市で予測通りの地震に揺れ、観測や経験則が正しいことを確認、震源地はルート近くの益城町と判りました。ところが、気象庁が「今後1週間は余震に注意してください。」と発表していたので、2回目の大地震を予測していた私は「もう一度大きい地震が来ますよ」と伝えるため、翌早朝に熊本県益城町に駆けつけました。しかし、被災地で余震が続く中、メディア等との協定も無い地震予測情報は、殆ど効果が無いことを痛感しました。そこで、今回のJGU学会では、当研究会の電磁観測データを展開し、地震予知には電磁的観測がたいへん有効である事を発表します。（観測グラフは、横軸＝時間、縦軸＝電界強度、色＝観測電波）

キーワード：地震予知、電磁観測、FM観測網、熊本地震

Keywords: Foretelling earthquake, Electric wave observation, FM electric wave, Kumamoto earthquake

熊本地震でのJYAN研電磁観測は「余震」まで判りました。

