

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。そしてピオ・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との相関

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