

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月1日現在

機関番号：12604

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21710180

研究課題名（和文）地震に先行する地圏—大気圏—電離圏結合の物理機構の解明

研究課題名（英文）Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere coupling related to earthquakes

研究代表者

鴨川 仁（KAMOGAWA MASASHI）

東京学芸大学・教育学部・助教

研究者番号：00329111

研究成果の概要（和文）：

申請者は近年統計的有意性の結果から地震に先行する地圏—大気圏—電離圏相互作用の存在の可能性を指摘した。その物理的機構を解明するために本研究では、地圏での電気的、力学的変動が電離圏にどのように及ぼすか研究を行った。本研究の範囲内では地震先行時の地圏・大気圏・電離圏結合の物理的機構は解明できなかったが、大地震後の電離圏変動、大気電気変動についてはいくつかの知見が得られた。

研究成果の概要（英文）：

A concept of lithosphere-atmosphere-ionosphere (LAI) coupling related to an earthquake has arisen to understand the physical mechanism of pre-seismic ionospheric and atmospheric anomalies [Kamogawa, Eos, 2006]. In this study, the following results concerning LAI coupling phenomena. Significant total electron contents (TEC) variation in the ionosphere was not also observed during 2011 Fukushima Nuclear power plant accident. [Kakinami & Kamogawa et al., ASR, 2011]. We discovered another co-seismic ionospheric phenomenon which is that a giant tsunami after the subduction earthquake produces an ionospheric hole, termed a “tsunamigenic ionospheric hole”. It is widely a sudden depletion of ionospheric total electron content (TEC) in the hundred kilometer scale and lasts for a few tens of minutes [Kakinami & Kamogawa et al., GRL, 2012].

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	3,500,000	570,000	4,550,000

研究分野：自然災害科学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：地震 電離圏 大気電場 重力波

## 1. 研究開始当初の背景

地震に先行して大気圏・電離圏擾乱が生じるという論文が、1970年代以来各国の研究者によって発表されている。しかし、それらの実在性については否定的な立場の研究者も

多く、議論が極めて活発に行なわれている。確かに大地震の発生は同一箇所では頻度が高くないため、統計的相関がとりにくく、どの種の先行現象報告についても、その有意性を証明するのは困難である(Physics Today,

1998; Nature debate, 1999)。近年、統計的有意性の結果から、申請者・鴨川は地震に先行する地圏－大気圏－電離圏相互作用の存在の可能性を指摘した(Kamogawa, EOS, 2006)。しかし、現時点でも、依然としてこれらの擾乱に疑義を呈する研究者もいて、存否問題は解決したとはいえない(Cliverd & Rodger, EOS, 2007; Kamogawa, EOS, 2007; Rishbeth, EOS, 2006, 2007)。その原因のひとつは、これら擾乱発生メカニズムが不明であることにありとされる。統計的手法での存否証明の説得力には限界があり、物理機構で現象を説明すべき段階に来ているといえる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は地震に関連する地圏-大気圏-電離圏結合の物理的機構の解明である。そこで本研究では、擾乱の原因は地震発生域にあると考え、それらの検知をめざす。

## 3. 研究の方法

まず地表大気電場が電離圏に及ぼす影響について研究を行った。この大気電場の微小変動を捉えるためには地球規模電気回路(global electrical circuit)における日変化および他の気象要素起因の変動と識別する必要がある。そのため、地球規模電気回路での日変化を正確に捕らえるため南極昭和基地、小笠原父島等に大気電場、一部の観測地点には空中電流、大気イオン観測装置などの観測機器の設置を行った。次に地圏と電離圏における準静的な電磁気的な結合を観測的に調べるために皆既日食および、福島原発事故時の大気電気変動での観測を行い地圏と電離圏との電氣的結合を調べた。次に、地震・津波時の地表面の変動が音波および重力波となって電離圏へ伝わるがその時の物理的機構について考察を行った。一方、前述はなんらかの先行的電磁気的変動が地表に出て大気圏ないしは電離圏擾乱の起因となっていると考え研究が進められているが、逆に大気圏ないしは電離圏を生じさせるような何かの現象が、大気圏ないし電離圏擾乱を生じさせるのと同時に地震を誘発させている可能性がある。地震の誘発現象は近年研究が大きく進展しており徐々にその機構が明らかになりつつある。従って、この視点から現象の解明を試みる。特に、火山地帯での誘発現象に着目し、誘発地震活動の研究も行った。

## 4. 研究成果

本研究の範囲内では地震先行時の地圏・大気

圏・電離圏結合の物理的機構は解明できなかったが、大地震後の電離圏変動、大気電気変動については研究成果があった。電離圏変動については津波によって生じる電離圏プラズマ減少を発見し、津波電離圏ホールと名付けた。次に、原発事故後の放射線汚染が大気電気には大きな影響を与えたがこれらは地球規模電気回路には影響を与えず、また電離圏にも変化を与えないことを示した(図 1, 2)。一方、誘発地震研究については前例のない明瞭な潮汐誘発地震の発見をし、仮説を提唱した。

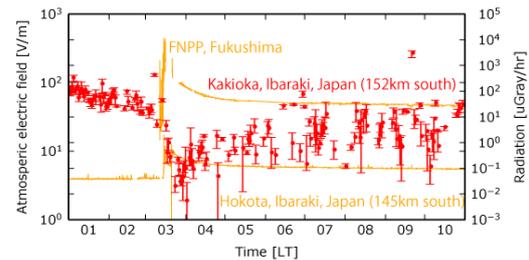


図 1. 2011 年 1 月から 10 月まで測定された晴天静音時地表大気電場。長期にわたって減少していることがわかる。測定場所は柿岡地磁気観測所。

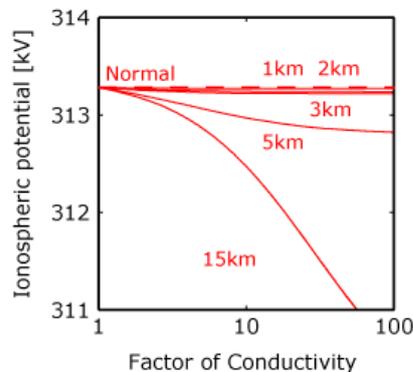


図 2. 原発事故前後の電気伝導度比に対する、電離圏電位。放射線汚染高度に対する変化が示してある。15km の汚染がみられた場合も電離圏電位はほとんど変化しない。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 15 件)

① Kamogawa, M., Y. Kakinami, S. Watanabe, J.-Y. Liu, and Y. Watanabe, Seismo-Tsunamigenic Ionospheric Hole Triggered by M 9.0 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Terr. Atmos. Ocean. Sci., 23 (2012)

② Orihara, Y., M. Kamogawa, T. Nagao, and S.

- Uyeda, Variations of geoelectric potential differences associated with an anomalous volumetric strain change in the region of expected Tokai Earthquake, Japan, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, **12**, 121-127, doi:10.5194/nhess-11-1-2011 (2012)
- ③ Kakinami, Y., M. Kamogawa, J. Y. Liu, S. Watanabe and T. Mogi, Ionospheric disturbance associated with radiation accidents of Fukushima I nuclear power plant damaged by the M9.0 2011 Tohoku Earthquake, *Advance Space Res.*, **48**, 1613-1616 (2011)
- ④ Uyeda, S., T. Nagao and M. Kamogawa, Earthquake Prediction and Precursor, Encyclopedia of Solid Earth Geophysics, Part 5, 168-178, DOI: 10.1007/978-90-481-8702-7\_4, Springer (2011).
- ⑤ J. Y. Liu, C. H. Chen, C. H. Lin, H. F. Tsai, C. H. Chen, and M. Kamogawa, Ionospheric Disturbances triggered by the 11 March 2011 M9.0 Tohoku Earthquake, *J. Geophys. Res.*, **116**, A06319 (2011)
- ⑥ Kakinami, Y., C. H. Lin, J. Y. Liu, M. Kamogawa, S. Watanabe, M. Parrot, Daytime longitudinal structures of electron density and temperature in the topside ionosphere observed by the Hinotori and DEMETER satellites, *J. Geophys. Res.*, **116**, A05316 (2011).
- ⑦ Onishi, T., J.-J. Berthelier, and M. Kamogawa, Critical analysis of the electrostatic turbulence enhancements observed by DEMETER over the Sichuan region during the earthquake preparation, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, **11**, 1-10 (2011).
- ⑧ Orihara, Y., M. Kamogawa, A. Takeuchi, H. Fukase, Nagao, T., Subterranean electrical structure of Kozu-shima volcanic island, Japan, *Proc. Jpn. Acad. Ser B*, **86**, 914-919 (2010)
- ⑨ Liu, J. Y., H. F. Tsai, C. H. Lin, M. Kamogawa, Y. I. Chen, C. H. Lin, B. S. Huang, S. B. Yu, and Y. H. Yeh, Coseismic ionospheric disturbances triggered by the Chi-Chi earthquake, *J. Geophys. Res.*, **115**, A08303, doi:10.1029/2009JA014943 (2010).
- ⑩ Orihara, Y., M. Kamogawa, T. Nagao, and S. Uyeda, Heterogeneous Electrical Structure of Kozu-shima Volcanic Island, Japan, *Proc. Jpn. Acad. Ser B*, **85**, 476-484 (2009).
- ⑪ Orihara, Y., M. Kamogawa, T. Nagao, and S. Uyeda, Independent Component Analysis of geoelectric field data in the northern Nagano, Japan. *Proc. Jpn. Acad. Ser B*, **85**, 435-442 (2009).
- ⑫ Yamamoto, I., H. Fujiwara, M. Kamogawa, A. Iyono, V. Kroumov, and T. Azakami, Development of newly designed VHF interferometer system for observing earthquake-related atmospheric anomalies, *Proc. Jpn. Acad. Ser B*, **85**, 485-490 (2009).
- ⑬ Uyeda, S., M. Kamogawa, and T. Nagao, Electromagnetic signals of Earthquakes, Complexity in Earthquakes, Tsunamis, and Volcanoes, and Forecasting and Early Warning of their Hazards (ed. William H. K. Lee), Series of Encyclopedia of Complexity and System Science (Editor-in-Chief, Robert Meyers), Springer, 2621-2635 (2009).
- ⑭ Uyeda, S., T. Nagao, M. Kamogawa, Short-term Earthquake Prediction: Current Status of Seimo-Electromagnetics, *Tectonophysics*, **470**, 205-213 (2009).
- ⑮ Uyeda, S., M. Kamogawa, and H. Tanaka, Analysis of electrical activity and seismicity in the natural time domain for the volcanic-seismic swarm activity in 2000 in the Izu Island region, Japan, *J. Geophys. Res.*, **114**, B02310 (2009).
- [学会発表] (計 4 件)
- ① Y. Kakinami, M. Kamogawa, T. Mogi, S. Watanabe, and J.-J. Berthelier, Empirical models of electron density and temperature using data measured with DEMETER satellites and its applications, 2nd International Demeter Workshop Paris (France) October 10-12, 2011
- ② Yoshihiro Kakinami, Charles Lin, Jenn-Yenq

Liu, Masashi Kamogawa, Shigeto Watanabe, and Michel Parrot, Daytime seasonal variation of longitudinal structures of electron density and temperature measured with DEMETER satellite, 2nd International Demeter Workshop Paris (France) October 10-12, 2011

③ M. Kamogawa, Y. Kakinami, K. Mochizuki, J. J. Berthelier, X. Wang, T. Onishi, and J. Y. Liu, Ionosphere variations at 700 km altitude observed with the DEMETER satellite during the 22 July 2009 solar eclipse, 2nd International Demeter Workshop Paris (France) October 10-12, 2011

④ M. Kamogawa, Y. Kakinami, K. Mochizuki, J. J. Berthelier, X. Wang, T. Onishi, and J. Y. Liu, T.Kodama, Validation of electron density and temperature measurement of the DEMETER satellite in comparison with those of various satellites, 2nd International Demeter Workshop Paris (France) October 10-12, 2011

[図書] (計 1 件)

Nagao, T., S. Uyeda and M. Kamogawa, What we can do in seismo-electromagnetism and electromagnetic precursors, in Earth's Magnetic Interior (IAGA special Sopron book series), Volume 1, 91-100, Springer (2011).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鴨川 仁 (KAMOGAWA MASASHI)  
東京学芸大学・教育学部・助教  
研究者番号：00329111