

平成19年度研究ステーション研究成果報告書

1. 研究ステーション名： 地震電磁気研究ステーション

代 表 者 名 : 早川正士

2. 平成19年度の研究の特筆すべき成果

平成19年度の特筆すべき成果としては、(1)新潟中越地震(2004年10月)、(2)インドネシアスマトラ地震(2004年12月)、(3)新潟中越沖地震(2007年7月16日)という大地震を対象として事例解析にて有意な前兆現象を発見したことと国内での多年にわたるVLF/LF伝搬データを用いた地震と電離層擾乱との因果関係に関する統計解析を挙げることが出来る。まず、(1)新潟地震に対しては前兆電磁気現象としてULF放射、電離層擾乱、大気圏擾乱が明瞭に検出された。ULF放射は中津川観測点からの方位測定が震央方向と一致し、電離層擾乱は国内VLFネットワークによる多経路に対するターミネータ・タイムの変動より電離層擾乱の空間スケールとダイナミクスを明らかにした。この擾乱は衛星観測によっても確認した。大気圏擾乱はVHF(77MHz)自然放射が調布にて観測され、その方位測定は震央を向いていた。次に、(2)インドネシア・スマトラ地震に対しては、同じく中津川観測点でのULF観測にて $f \leq 0.1\text{Hz}$ 放射が前兆的に出現し、その到来方向がスマトラ地震方向を向いている。又、日本国内VLF観測から、オーストラリアNWC局から日本への伝搬パスにて12月8日と12月21日-27日に電離層が擾乱していることを発見した。更なる発見として、夜間ゆらぎは波動的構造をもち、これが大気重力波の影響であることを初めて明らかにした。(3)中越沖地震に対しても我々のVLF/LFネットワーク観測により明瞭な前兆電離層擾乱を見出している。次に、1999年から2005年までの6年間のデータを用いて、JJY局(40kHz、福島)ー高知パスでの地震と電離層擾乱との因果関係を調査した。その結果、大きな地震(マグニチュード6以上)に対しては電離層擾乱と統計的に有意に関係していることを発見した。

本年度の締めくくりとしてモルチャノフ、早川共著の成書「Seismo Electromagnetics and Related Phenomena: History and Latest Results」がテラ出版より発刊された。本書は早川が担当した旧NASDAの地震リモートセンシングフロンティア計画の輝かしい成果を中心にまとめられたもので、地震電磁気分野のリファレンス本として注目されることは疑いない。

3. 平成18年度の研究成果の公表実績

(1) 主催研究会

a) 電磁環境シンポジウム

(2007年11月16日 電通大)

地震電磁気も含め、より広く地球周辺の電磁環境に関する最新の成果を議論するシンポジウムを開催した。ロシア応用物理研のE. Mareev教授をはじめ、国内の多くの研究機関(京大、東大、防衛庁他)からの招待講演で構成された。

b) 地震電磁気セミナー

本セミナーは早川が千葉大の客員教授を務めた平成15年よりスタートしたものである。国内の地震電磁気研究者の定期的会合で、毎回全国から約40人前後が参加し議論を行っている。

第35回	2007年4月15日	(千葉大)
第36回	2007年6月19日	(東京学芸大)
第37回	2007年9月6-8日	(東海大)
第38回	2007年11月1日	(東海大)
第39回	2007年11月30日	(東京学芸大)
第40回	2007年12月27日	(千葉大)
第41回	2008年1月26日	(東京学芸大)
第42回	2008年2月29日	(電通大)
第43回	2008年3月3日	(千葉大)
第44回	2008年3月11日	(電波健保会館)

c) 特別セミナー

下記のステーション主催の特別セミナーを開催した。地震電磁気分野のみならず、地球環境などの分野も含め、世界最先端の講演会を行った。

2007年5月10日 Prof. A. P. Nickolaenko (ウクライナ)

2007年5月18日 Prof. O. A. Molchanov (ロシア)

2007年9月4、13、18日 Prof. N. Korovkin (ロシア)

2007年9月13日 Prof. N. Blaunstein (イスラエル)

2007年10月26日 Prof. E. Mareev (ロシア)

2007年10月30日 Dr. Y. Hobara (英国)

(2) 研究成果の発信状況

前述した様に、国際会議、国内の定期的セミナーを通して、国内外において研究活動の活性化に努めている。更に、早川は各種の国内外学会、セミナー等の特別講師、招待講師として、この学問の啓蒙にも努めている。

4. 外部資金の獲得状況

- ・ 科研費 (基盤 (B)、海外学術調査) 平成 15, 16, 17 年度
- ・ 情報通信研究機構 (NiCT) 国際共同研究 平成 17, 18, 19 年度

5. 今後の研究発展 (外部への発信、外部資金獲得計画を含む)

電通大及び電通大地震電磁気研究ステーションが地震電磁気研究の国際的センターであることを是非とも持続したいと考えている。

外部資金の獲得計画に関しては、他にも (1) 科学振興調整費、(2) J S T の大学発ベンチャー事業等に申請している。

6. 代表的なピアレビュー論文発表、学会プレナリ、招待講演発表、特許出願、受賞等

(a)論文

Hattori, K. and M. Hayakawa, Recent progress and state of the art of seismo-electromagnetics, IEEJ Trans. Fundamentals and Materials, Special Issue on Technology 2007: Reviews and Forecasts, vol. 127, 4-6, 2007.

Ando, Y., and M. Hayakawa, Use of generalized cross validation for identification of global lightning distribution by using Schumann resonances, Radio Science, vol. 42, RS2S16, doi.1029/2006RS003481, 2007.

Todoroki, Y., S. Maekawa, T. Yamauchi, T. Horie, and M. Hayakawa, Solar flare induced D region perturbation in the ionosphere, as revealed from a short-distance VLF propagation path, Geophys. Res. Lett., vol. 34, L03103, doi:10.1029/2006GL028087, 2007.

Sorokin, V. M., A. K. Yaschenko, and M. Hayakawa, A perturbation of DC electric field caused by light ion adhesion to aerosols during the growth in seismic-related atmospheric radioactivity, Natural Hazards Earth System Sci., vol. 7, 155-163, 2007.

Yonaiguchi, N., Y. Ida, and M. Hayakawa, On the statistical correlation of over-horizon VHF signals with meteorological radio ducting and seismicity, J. Atmos. Solar-terr. Phys., vol. 69, 661-674, 2007.

Yamauchi, T., S. Maekawa, T. Horie, M. Hayakawa, and O. Soloviev, Subionospheric VLF/LF monitoring of ionospheric perturbations for the 2004 Mid-Niigata earthquake and their structure and dynamics, J. Atmos. Solar-terr. Phys., vol. 69, 793-802, 2007.

Hayakawa, M., D. I. Iudin, E. A. Mareev, and V. Y. Trakhtengerts, Cellular automaton modeling of mesospheric optical emissions: Sprites, Physics of Plasmas, vol. 14, No. 4, pp. 042902 1-6, 2007.

Horie, T., S. Maekawa, T. Yamauchi, and M. Hayakawa, A possible effect of ionospheric perturbations associated with the Sumatra earthquake, as revealed from subionospheric very-low-frequency (VLF) propagation (NWC-Japan), Int'l J. of Remote Sensing, 28: 13, 3133-3139, 2007.

Hayakawa, M., V. V. Surkov, Y. Fukumoto, and N. Yonaiguchi, Characteristics of VHF over-horizon signals possibly related to impending earthquakes and a mechanism of seismo-atmospheric perturbations, J. Atmos. Solar-terr. Phys., vol. 69, 1057-1062, 2007.

- Surkov, V. V., and M. Hayakawa, ULF electromagnetic noise due to random variations of background atmospheric current and conductivity, *J. Geophys. Res.*, 112, D11116, doi: 10.1029/2006JD007788, 2007.
- Nickolaenko, A P., and M. Hayakawa, Recent studies of Schumann resonance and ELF transients, *J. Atmos. Electr.*, 27, No. 1, 19-39, 2007.
- Biagi, P. F., L. Castellana, T. Maggipinto, G. Maggipinto, A. Minafra, A. Ermini, V. Capozzi, G. Perna, M. Solovieva, A. Rozhnoi, O. A. Molchanov, and M. Hayakawa, Decrease in the electric intensity of VLF/LF radio signals and possible connections, *Natural Hazards Earth System Sci.*, vol. 7, 423-430, 2007.
- Ohta, K., N. Watahabe, and M. Hayakawa, The obserbation of ultra-low frequency emissions at Nakatsugawa, Japan, in possible association with the Sumatra, Indonesia, earthquake, *Int'l J. of Remote Sensing*, 28: 13, 3121-3131, 2007.
- Horie, T., T. Yamauchi, M. Yoshida, and M. Hayakawa, The wave-like structures of ionospheric perturbation associated with Sumatra earthquake of 26 December 2004, as revealed from VLF observation in Japan of NWC signals, *J. Atmos. Solar-terr. Phys.*, vol. 69, 1021-1028, 2007.
- Hayakawa, M., and O. A. Molchanov, Seismo-electromagnetics as a new field of radiophysics: Electromagnetic phenomena associated with earthquakes, *Radio Science Bull.*, 320, 8-17, 2007.
- Hayakawa, M., K. Hattori, and K. Ohta, Monitoring of ULF (ultra-low-frequency) geomagnetic variations associated with earthquakes, *Sensors*, 7, 1108-1122, 2007.
- Hayakawa, M., VLF/LF radio sounding of ionospheric perturbations associated with earthquakes, *Sensors*, 7, 1141-1158, 2007.
- Matsudo Yu, T. Suzuki, M. Hayakawa, K. Yamashita, Y. Ando, K. Michimoto, and V. Korepanov, Characteristics of Japanese winter sprites and their parent lightning as estimated by VHF lightning and ELF transients, *J. Atmos. Solar-terr. Phys.*, vol. 69, 1431-1446, 2007.
- Nickolaenko A. P., and M. Hayakawa, Diurnal variations in Schumann resonance intensity in the local and universal times, *J. Atmos. Electr.*, vol. 27, 83-93, 2007.
- Hayakawa, M., T. Suzuki, T. Nakamura, K. Michimoto, and D. Iudin, Fractal analysis of radar images of Japanese winter thunderclouds inducting sprites and its comparison with their corresponding life cycle, *J. Atmos. Electr.*, vol. 27, 113-121, 2007.
- Ida, Y., M. Hayakawa, and S. Timashev, Application of different signal analysis methods to the ULF data for the 1993 Guam earthquake, *Natural Hazards Earth System Sci.*, vol. 7, 479-484, 2007.
- Yonaiguchi, N., Y. Ida, M. Hayakawa, and S. Masuda, A comparison of different fractal analyses for VHF electromagnetic emissions and their self-organization for the off-sea Miyagi-prefecture earthquake, *Natural Hazards Earth System Sci.*, vol. 7, 485-493, 2007.
- Rozhnoi, A., O. Molchanov, M. Solovieva, V. Gladyshev, O. Akentieva, J. J. Berthelie, M. Parrot, F. Lefeuvre, M. Hayakawa, L. Castellana, and P. F. Biagi, Possible seismo-ionosphere perturbations revealed by VLF signals collected on ground and on a satellite, *Natural Hazards Earth System Sci.*, vol. 7, 617-624, 2007.
- Yonaiguchi, N., Y. Ida, M. Hayakawa, and S. Masuda, Fractal analysis for VHF electromagnetic noises and the identification of preseismic signature of an earthquake, *J. Atmos. Solar-terr. Phys.*, vol. 69, 1825-1832, 2007.

- Smirnova, N. A., M. Hayakawa, Fractal characteristics of the ground-observed ULF emissions in relation to geomagnetic and seismic activities, *J. Atmos. Solar-terr. Phys.*, vol. 69, 1833–1841, 2007.
- Rozhnoi, A., M. Solovieva, O. Molchanov, P-F. Biagi, and M. Hayakawa, Observation evidences of atmospheric gravity waves induced by seismic activity from analysis of subionospheric LF signal spectra, *Natural Hazards Earth System Sci.*, vol. 7, 625–628, 2007.
- Sorokin, V. M., A. K. Yashchenko, and M. Hayakawa, Electric field perturbation caused by an increase in conductivity related to seismicity-induced atmospheric radioactivity growth, *Russian J. Physical Chemistry B*, vol. 1, 644-648, 2007.
- Schekotov, A. Y., O. A. Molchanov, M. Hayakawa, E. N. Fedorov, V. N. Chebrov, V. I. Sinitsin, E. E. Gordeev, G. G. Belyaev, and N. V. Yagova, ULF/ELF magnetic field variations from atmosphere induced by seismicity, *Radio Science*, Vol. 42, RS6S90, doi:10.1029/2005RS003441, 2007.
- 吉田麻里, 山内健, 堀江匠, 早川正士, Wave-hop を用いた VLF/LF 帯電波伝搬解析による Terminator Time の発生機構に関する考察, *電子情報通信学会論文誌 B*, vol. J91-B, No. 1, 70-78, 2008.
- Suzuki, T. K. Kusunoki, K. Hattori, M. Hayakawa, Recent Developments in Portable Weather Radars and New Experiments, *Inst. Electr. Engrs. Japan, Trans. Fundamentals and Materials*, vol. 128, No. 1, 2-4, 2008.
- Hayakawa, M., K. Ohta, and N. Watanabe, Anomalous Schumann resonance phenomena observed in Japan, in possible association with earthquakes in Taiwan, in “Electromagnetic Phenomenon Related to Earthquakes and Volcanoes”, Ed. by B. Singh, Narosa Pub. House, 1-6, 2008.
- Ohta, K., N. Watanabe, and M. Hayakawa, Electromagnetic precursors to the Indonesia Sumatra earthquake, in “Electromagnetic Phenomenon Related to Earthquakes and Volcanoes”, Ed. by B. Singh, Narosa Pub. House, 7-14, 2008.
- Horie, T., S. Maekawa, T. Yamauchi, and M. Hayakawa, Characteristics and dynamics of ionospheric perturbations associated with the 2004 Sumatra earthquake, as revealed from subionospheric VLF propagation (NWC-Japan), in “Electromagnetic Phenomenon Related to Earthquakes and Volcanoes”, Ed. by B. Singh, Narosa Pub. House, 84-95, 2008.
- Muto, F., M. Yoshida, T. Horie, M. Hayakawa, M. Parrot, and O. A. Molchanov, Detection of ionospheric perturbations associated with Japanese earthquakes on the basis of reception of LF transmitter signals on the satellite DEMETER, *Natural Hazards Earth System Sci.*, vol. 8, 135–141, 2008.
- Yoshida, M., T. Yamauchi, T. Horie, and M. Hayakawa, On the generation mechanism of terminator times in subionospheric VLF/LF propagation and its possible application to seismogenic effects, *Natural Hazards Earth System Sci.*, vol. 8, 129–134, 2008.

(b) 学会プレナリ等

- 日本地球惑星科学連合 2007 年大会、2007 年 5 月 19 日-24 日、幕張、早川招待講演。
- Bilateral Seminar Italy-Japan on Electromagnetics in Seismic and Volcanic Area, 2007 年 7 月 25-27 日、千葉、早川招待講演
- AOGS (Asia Oceanic Geosciences Society) 第 4 回総会、2007 年 7 月 31 日～8 月 4 日、タイ国バンコック、早川招待講演。
- Int'l Workshop on Seismo-Electromagnetic Phenomena (IWSE P 2007)、2007 年 11 月 6-7 日、インドネシア LAPAN, 早川 Key-note speech.
- Int'l Workshop on Seismo-Electromagnetics Observation Satellite, 2008 年 2 月 29 日、於 JAXA, 早川 Special Lecture.