

## 平成 22 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： 芳原 容英

### 2. 平成 22 年度の研究の特筆すべき成果

平成 22 年度の成果を (1) 学術的側面と (2) 組織的側面とについて各々報告する。

#### (1) 学術的成果

平成 22 年度の特筆すべき成果としては、国内を中心とした VLF/LF ネットワークを駆使した多年にわたる VLF/LF 観測データをに基づき、地震と電離層擾乱との因果関係の確立した事である (米国地球物理学会誌、2010 年)。1999 年から 9 年間の、しかも国内パスのみならずロシアカムチャカパスでの観測データを用い、マグニチュード 6 以上の、しかも浅い (深さ 40 km 以下) 地震に対しては VLF/LF 伝搬異常 (即ち、電離層擾乱) が明瞭に出現することを統計的に示した。極めて重要な結果である。この日本 VLF/LF ネットワークの機器更新を本年度は行った。即ち、従来の受信システムを最新のソフトパルスシステムに変更して、さらにネットによるデータ伝送システムとした。また、インドネシアバンドン工科大学、および台湾国立中央大学において、共同研究の一環として VLF システムの観測を開始した。

他方、ULF 電磁放射の観測を従来より母子里 (北海道) にて行って来たが、新規の ULF/ELF 観測点を九州に確立し、中部大ネットと連携し、国内ネットワークを張ることとなる。また、人工衛星 DEMETER データを用いた、地震に伴う電離層ゆらぎの研究などの解析も開始した。また、電子工学科の複数の教員との異常信号の抽出という信号処理法に関する共同研究も行っている。

また、ステーションメンバーの早川が編集したモノグラフ (Electromagnetic Phenomena Associated with Earthquakes) が 2009 年インド出版社より出版された。地震電磁気に長年従事している研究者によるレビュー集で、地圏現象、地球化学現象、室内実験、大気圏現象、電離圏現象 (地上、衛星観測、地圏の大気圏、電離層結合までの全分野を網羅するよい参照本と成っている。

#### (2) 組織的成果

地震電磁気学の国内・国外的研究推進のため、本研究ステーションと中部大学 地球ウォッチ・市民安全センターとの間でセンター間連携を 2008 年締結した。同大学は近年文部省の私立大学学術研究高度化推進事業学術推進フロンティア事業を受けるなど、私立大学のうちで地震電磁気を最も強力に推進しているグループであり、国立電通大と私立中部大のセンター間連携は重要な意味を持つと考えられ、本年度も順調な共同研究が続けられている。

さらに、国外との共同研究にも力を入れている。バンドン工科大学は電通大の協定大学でもあるが、今回、本学卒業生のスホノ教授の紹介により、電気電子工学科ムニール准教授との本学学生の交流も含めた共同研究からさらには電気電子工学科との共同研究の発展が期待されている。

### 3. 平成 22 年度の研究成果の公表実績

#### (1) 主催研究発表会

##### a) 地震電磁気シンポジウム (2010 年 12 月 24 日 電通大)

恒例の電通大でのシンポジウムということで、国内より約 50 名のこの分野の研究者が集結し、極めて活発な討論会であった。一般講演 13 件から構成され、地震に伴う電磁気現象の地上から人工衛星までの最新の興味ある観測結果が発表された。電通大のグループも多くの最新成果を発表した。

##### 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、毎月行われ、毎回全国から約 40 人前後が参加し議論を行っている。第 60 回のセミナーは上記シンポジウムとの共催であった。

##### 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、世界最先端の研究者による講演会である。

2010 年	5 月 25 日	Dr. Y. Yair (イスラエル)
2010 年	6 月 3 日	Dr. A. P. Nickolaenko (ウクライナ)
2010 年	6 月 10 日	Dr. A. P. Nickolaenko (ウクライナ)
2010 年	7 月 9 日	Dr. V. Surkov (ロシア)
2010 年	8 月 26 日	Dr. D. Nunn (英国)

d) 地球環境国際シンポジウム（電通大、5月21日、芳原チェア）

地震電磁気研究ステーションの初代ステーション長の早川教授の停年退官、名誉教授を祝した国際シンポジウムを開催した。テーマは地震電磁気のみならず、地球環境全般に関するものであった。外国人10人（仏国、ロシア、ウクライナ、インド等）の他、国内から上田誠也教授、太田教授（中部大）、服部教授（千葉大）、湯元教授（九州大）など多くの参加者にて活発な議論が行われた。懇親会は中華飯店にて楽しいパーティであった。

(2) 研究成果の発信状況

地震電磁気に関する研究成果は主として日本大気電気学会（2010年7月（岐阜大）、2011年1月（防衛大））発表会にて発表された。ともに大学院学生を中心に多数の論文を発表した。また、2010年5月のJPGU（惑星圏学会）では芳原が大気電気セッションを企画し、また芳原、早川が招待講演を行った。

次に、2011年11月16日-18日にはインドアグラ大学において地震電磁気の国際会議が開催されたが、電通大及び本研究ステーションは共催としての参加であった。芳原、早川が招待講演を行い、早川は本会議の国際アドバイザー長を務めた。また、バンドン工科大学、電気電子工学科にて芳原地震電磁気に関する招待講演を行った（2011年2月）。

最後に国際会議での発表としては、EGU（欧州地球科学連合）とAGU（米国地球物理連合）にて芳原が数編の招待講演を行った。

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
■ 科研費（基盤(C))	平成 22, 23, 24 年度
■ 情報通信研究機構（NiCT）国際共同研究	平成 17, 18, 19 年度
■ 情報通信研究機構（NiCT）国際共同研究	平成 20 年, 21 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。従来同様国内外のグループ、研究者との共同研究を強力に推進する方向である。

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)JSTの大学発ベンチャー事業、(3)各種助成金等に申請している。

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

【論文】

Williams, E., W. Lyons, Y. Hobara, V. Mushtak, N. Asencio, R. Boldi, J. Bor, S. Cummer, E. Greenberg, M. Hayakawa, R. Holzworth, V. Kotroni, J. Li, C. Morales, T. Nelson, C. Price, B. Russell, G. Satori, K. Shirahata, Y. Takahashi, K. Yamashita, Ground-Based Detection of Sprites and their Parent Lightning Flashed over Africa during the 2006 AMMA Campaign, Special Issue in the Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Q. J. R. Meteorol. Soc., vol. 136 (s1), 257-271, DOI: 10.1002/qj.489, 2010.

Yano, M., Y. Ida, Y. Hobara, M. Hayakawa, and A.P. Nickolaenko, Reception of ELF transmitter signals at Moshiri, Japan, and their propagation characteristics, Radio Sci., vol. 45, RS1009, doi: 10.1029/2009RS004224, 2010.

Surkov, V.V., and M. Hayakawa, Schumann resonances excitation due to positive and negative cloud-to-ground lightning, J. Geophys. Res., vol. 115, D04101, doi:10. 1029/2009JD012539, 2010.

Nickolaenko, A. P., and M. Hayakawa, Model disturbance of Schumann resonance by the SGR 1806-20  $\gamma$ -ray flare on December 27, 2004, J. Atmos. Electr., vol.30, No.1, 1-11, 2010.

Hayakawa, M., T. Horie, F. Muto, Y. Kasahara, K. Ohta, J. Y. Liu, and Y. Hobara, Subionospheric VLF/LF Probing of Ionospheric Perturbations Associated with Earthquakes: A Possibility of Earthquake Prediction, *SICE J. Control, Measurement, and System Integration (SICE JCMSI)*, vol. 3, No. 1, 10-14, 2010.

Rozhnoi, A., M. Solovieva, O. Molchanov, P.F. Biagi, M. Hayakawa, K. Schwingenschuh, M. Boudjada, and M. Parrot, Variations of VLF/LF signals observed on the ground and satellite during a seismic activity in Japan region in May-June 2008, *Natural Hazards Earth System Sci.*, vol. 10, 529-534, 2010.

Kasahara, Y., F. Muto, Y. Hobara, and M. Hayakawa, The ionospheric perturbations associated with Asian earthquakes as seen from the subionospheric propagation from NWC to Japanese stations, *Natural Hazards Earth System Sci.*, vol. 10, 581-588, 2010.

Surkov, V.V., Y. Matsudo, M. Hayakawa, and S.V. Goncharov, Estimation of lightning and sprite parameters based on observation of sprite-producing lightning power spectra, *J. Atmos. Solar-terr. Phys.*, vol. 72, 448-456, 2010.

Imamura, T., Y. Ida, Y. Kasahara, T. Nakamura, Y. Hobara, and M. Hayakawa, Fractal analysis of subionospheric LF propagation data and consideration of the lithosphere-atmosphere-ionosphere coupling, *Natural Hazards Earth System Sci.*, vol. 10, 901-906, 2010.

Hayakawa, M., Seismo Electromagnetics as a frontier of Radio Science, Special Issue devoted to the 90<sup>th</sup> birthday of Prof. Ya. S. Shifrin and his scientific achievements, *Applied Radio-Electronics (Ukraine)*, vol. 9, No. 1, 35-60, 2010.

Hayakawa, M., and Y. Hobara., Current status of seismo-electromagnetics for short-term earthquake prediction, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, vol. 1, no. 2, 115-155, 2010.

Hayakawa, M., Y. Kasahara, T. Nakamura, Y. Hobara, A. Rozhnoi, M. Solovieva, O. A. Molchanov, On the correlation between ionospheric perturbations as detected by subionospheric VLF/LF signals and earthquakes as characterized by seismic intensity, *J. Atmos. Solar-terr. Phys.*, vol. 72, 982-987, 2010.

Nakamura, T., M. Sekiguchi, Y. Hobara, M. Hayakawa, A comparison of different source location methods for ELF transients by using the parent lightning discharges with known positions, *J. Geophys. Res.*, vol. 115, A00E39, doi:10.1029/2009JA014992, 2010.

Nickolaenko, A. P., M. Hayakawa, Y. Hobara, Q-bursts: Natural ELF radio transients, *Survey Geophys.*, vol. 31, 409-425, DOI 10.1007/s10712-0010-9096-9, 2010.

Kudintseva, I. G., A. P., Nickolaenko, M. Hayakawa, Transient electric field in the mesosphere above a  $\Gamma$ -shape lightning stroke, *Survey Geophys.*, vol. 31, 427-448, DOI 10.1007/s10712-0010-9095-x, 2010.

Kasahara, Y., T. Nakamura, Y. Hobara, M. Hayakawa, A. Rozhnoi, M. Solovieva, and O. A., Molchanov, A statistical study on the AGW modulation in subionospheric VLF/LF propagation data and consideration of the generation mechanism of seismo-ionospheric perturbations, *J. Atmos. Electr.*, vol.30, No.2, 103-112, 2010.

Blaunstein, N., D. Katz, and M. Hayakawa, Spectral properties of modulated signals in the Doppler domain in urban radio channels with fading, *IEEE Trans. Ant. Prop.*, vol. 58(8), 2795-2800, 2010.

Tanaka, Y. T., J. P. Raulin, F. C. P. Bertoni, P. R. Fagundes, J. Chau, N. J. Schuch, M. Hayakawa, Y. Hobara, T. Terasawa, and T. Takahashi, First very low frequency detection of short repeated bursts from magnetar SGR J1550-5418, *Astrophys. J. Letters*, vol. 721, L24-L27, 2010.

Hayakawa, M., Y. Kasahara, T. Nakamura, F. Muto, T. Horie, S. Maekawa, Y. Hobara, A. A., Rozhnoi, M. Solovieva, and O. A. Molchanov, A statistical study on the correlation between lower ionospheric perturbations as seen by subionospheric VLF/LF propagation and earthquakes, *J. Geophys. Res.*, vol. 115, A09305, doi:10.1029/2009JA015143, 2010.

Hayakawa, M., K. Ohta, V. M. Sorokin, A. K. Yaschenko, J. Izutsu, Y. Hobara, and A. P. Nickolaenko, Interpretation in terms of gyrotronic waves of Schumann-resonance-like line emissions observed at Nakatsugawa in possible association with nearby Japanese earthquakes, *J. Atmos. Solar-terr. Phys.*, vol. 72, 1292-1298, 2010.

Hayakawa, M., The use of subionospheric VLF/LF propagation for the study of lower ionospheric perturbations associated with earthquakes, in "Propagation effects of Very Low Frequency Radio Waves", Ed. by S. K. Chakrabarti, American Inst. Physics, AIP conference Proceedings, Vol. 1286, 223-269, 2010.

Hobara, Y., M. Hayakawa, H. Fuji, and K. Ohta, VLF subionospheric disturbances and ELF transients associated with TLEs; Observations and modeling, in "Propagation effects of Very Low Frequency Radio Waves", Ed. by S. K. Chakrabarti, American Inst. Physics, AIP conference Proceedings, Vol. 1286, 158-176, 2010.

早川正士, 芳原容英, 地球周辺での電磁ノイズの計測と地球環境の監視, , 電子情報通信学会 論文誌 B, 招待論文, vol. 93-B, No.11, 1495-1503, 2010.

Blaunstein, N., Y. Cohen, and M. Hayakawa, Prediction of fading phenomena in land-satellite communication links, *Radio Sci.*, vol. 45, RS6005, doi:10.1029/2010RS004352, 2010.

Shvets, A.V., Y. Hobara, and M. Hayakawa, Variations of the global lightning distribution revealed from three-station Schumann resonance measurements, *J. Geophys. Res.*, vol. 115, A12316, doi:10.1029/2010JA015851, 2010.

Sue, Y., and M. Hayakawa, An approach to the validation of thermal and electromagnetic earthquake precursors: Effect of earth tides, *J. Asian Earth Sci.*, doi: 10.1016/j.jseas. 2010. 05.019, 2010.