

## 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

研究代表者名（所属部局・職・氏名）

情報理工学研究科 情報・ネットワーク工学専攻 教授 芳原 容英

2. 設置期間

平成 23 年 6 月 6 日 ~ 平成 28 年 6 月 5 日

3. 研究組織（設置期間中かかわった、全ての構成員を記載してください。）

※所属機関・部局・職は現在のもの、もしくは離脱時のものを記して下さい。

[学内・国内]

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報・通信工学専攻 教授 柳澤 正久

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 知能機械工学専攻 教授 中野 和司

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報・通信工学専攻 教授 唐沢 好男

電気通信大学 客員教授 早川 正士

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報・通信工学専攻

特任助教 Vikram. Singh（平成 25 年 2 月 14 日～平成 26 年 1 月 31 日）

東京大学 名誉教授 上田 誠也

東海大学海洋学部地震予知研究センター長 教授 長尾 年恭

千葉大学 理学部 教授 服部 克巳

中部大学 工学部 電子情報工学科 教授 太田 健次

函館工業高等専門学校 電気電子工学科 准教授 山田 一雅

[学外・外国]

シェフイーロド大学 自動制御工学科 教授 Michael Balikhin

地磁気・電離層・電波伝搬研究所ロシア科学アカデミー 教授 Valery Sorokin

台湾国立中正大学 地球物理学科 助教 C. H. Chen

台湾 National Central 大学 教授 J. Y. Liu

モスクワ地球物理学研究所 研究員 Alexander Schekotov

シュミット地球物理学研究所 研究員 Alexander Rozhnoi

仏国 CNRS 惑星物理化学研究所 主任研究員 M. Parrot

ロシア 科学アカデミー地球物理研究所教授 元電気通信大学教授 O. A. Molchanov

ロシア サンクト・ペテルブルグ大学 副学長 理学部教授 V. Troyan

イタリア バリ大学 教授 F. Biagi

インド S. N. BOSE 国立基礎科学研究所 教授 S. K. Chakrabarti

#### 4. 研究の特筆すべき成果

本研究ステーションは、地震に関連する電磁気現象の基礎研究と将来の短期予測に向けた応用研究を実施し、現在に至っている。今回の設置期間中には、特に観測体制の充実や、地殻変動に関する詳細な情報を考慮した統計解析を実施した。また、複数のパラメータや非線形信号処理手法を用いた、異常検出精度の向上と、異常のモデリングにおいて新たな知見を得た。これらの研究成果により、将来の地震の短期予測手法の開発が期待される。

本設置期間中には、マグニチュード9の巨大地震による東日本大震災が発生したが、震源が海底であるにもかかわらず電離層の異常が観測された（論文に発表済み）。この後、概算要求の特別経費プロジェクトに採択された（地球環境ステーションが実施母体）ことにより、地震電磁気分野の研究体制の一層の強化が図られた。特に、電通大が誇る VLF 送信電波受信ネットワークの充実により、日本国内9カ所、国外（台湾2点、インドネシア2点および南極昭和基地1点）5ヶ所にて、連続観測が開始された。これにより、国内においては、世界最高の観測密度が得られ、電離層擾乱のより詳細な観測が可能になっている。実際、日食による電離層擾乱（既知）の数値計算によるモデリングを行った結果は、実測値と比較的良好な対応が得られているので、今後地震先行電離層擾乱の時間空間特性の導出精度の向上が期待される。また、国外の観測点は、いずれも地震の多発している地域であり、過去に大きな被害も出ている。これらの国々との共同研究を通して、地震電磁気学における科学的な知見のみならず、現地での将来の災害軽減の寄与を目指している。

データ解析手法に関して、電離層擾乱のみならず ELF や ULF 帯磁場等、複数の物理量の多変量解析、また、非線形システム同定手法を用いた、時系列信号のモデリングにより、地震先行現象の検出精度の向上と異常発生機構の解明を目指している。

今後の展望として、ほぼ同時期に新たに立ち上がった地球環境ステーションにて、地震電磁気分野を継承していく予定である。実際、地球環境ステーションでは、すでに大気圏、宇宙、地圏の3つの領域において、自然災害に関連した様々な物理現象を電磁気的な視点から、メカニズムの解明と予測に関連する研究を実施しているため、すでに地震電磁気分野の研究はこのステーションにおいて行われている。

#### 5. 研究成果の公表実績

##### （主催した研究会・シンポジウム、研究成果の発信状況等）

平成25年5月27日に、国際シンポジウムである「International Symposium on Monitoring and Prediction of Earth's Environment by Using Electromagnetic Methods」を開催した。本シンポジウムの内容は、大気電気、宇宙環境科学、地震電磁気分野と大変学際的で、多岐にわたり、内外から様々分野の一流の研究者が一堂に会した。特に地震電磁気分野では、海外からは V. Sorokin 教授（ロシア IZMIRAN）、B. Singh 教授（インドアグラ大）、チェン博士（台湾中正大学）など、国内からは本学メンバー以外にも、長尾教授（東海大地震予知研究センタ）、藤縄博士（元防災科学技術研究所）等の方々にコアとなる講演を行っていただき、基礎的なお話と最新の研究成果が発表され

た。さらに異分野間の活発な交流も行われた。

研究成果は、査読付きの国際学術雑誌、国内外学会発表等にて行われている。また、総務省中国総合通信局主催の非常通信セミナーにおいて「電磁気情報の観測による地震予測」という演題にて、招待公演を実施した（6月広島）。さらに、1月には、北海道上川管内農業法人ネットワーク主催の気象予測に関する研修会にて「電波を用いた地球環境の監視と予測」という演題にて、招待公演を行った（1月旭川）。（下記の発表論文等参照）

## 6. 外部資金の獲得状況

1. 科学研究費 基盤研究(C)(継続)(代表)「極域における VLF 帯送信電波を用いた下部電離層擾乱に関する研究」

代表者名 芳原容英 直接経費 4,940,000 円

2. 特別運営費交付金(プロジェクト分):(継続)(代表)「電磁気手法を用いた地球環境の監視と予測」(H24-H28)

代表者名 芳原容英 直接経費 134,612,000 円

3. 科学研究費 基盤研究(B):(継続)(分担者)「宇宙・地上の連携観測による高高度放電発光現象の発生条件とメカニズムの解明」(H24-H27)

代表者名 佐藤光輝 直接経費 500,000 円 間接経費 150,000 円

4. 科学研究費 基盤研究(C)(継続)(代表)「低周波電磁波動と雷活動総合観測を用いた冬季雷及び夏季雷の電気的特性に関する研究」(H22-H24)

代表者名 芳原容英 直接経費 4,440,000 円

6. 東京電力「共同研究」:(継続)(代表)

「ELF 帯空電観測を用いた落雷電荷量推定に関する研究」(H26-H29)

代表者名 芳原容英 直接経費 1,365,000 円 間接経費 135,000 円

7. インフォメーションシステムズ株式会社「共同研究」:(継続)(代表)

「地震に伴う電磁気現象の解明とその応用」(H24-H27)

代表者名 芳原容英 直接経費 3,150,000 円 間接経費 315,000 円

8. 平成 25 年度名古屋大学太陽地球環境研究所「共同研究」:(継続)(代表)

「低周波電磁波動と雷活動総合観測を用いた落雷の電気的特性に関する研究」

代表者名 芳原容英 直接経費 50,000 円

9. 科学研究費 基盤研究(B):(代表者)「雷嵐の電波観測と気象観測の融合が拓く、極端気象、雷災害の監視と短期予測の研究」(H28-H30)

代表者名 芳原容英 直接経費 14,000,000 円 間接経費 4,200,000 円

## 7. 発表論文等(各項目とも、代表的な5件以内)

### 「雑誌論文」

1. I. Popova, A. Rozhnoi, M. Solovieva, B. Levin, M. Hayakawa, Y. Hobara, P. Francesco Biagi, K. Schwingenschuh, “Neural network approach to the prediction of seismic events based on low-frequency signal monitoring of the Kuril-Kamchatka and Japanese regions ”ANNALS OF GEOPHYSICS, 査読有, 56, 2014.
2. C.H. Chen, S. Wen, T.K. Yeh, C. H. Wang, H.Y. Yen, J.Y. Liu, Y. Hobara, P. Han, “Observation of surface displacements from GPS analyses before and after the Jiashian earthquake (M=6.4) in Taiwan”, J. Asian Earth Sci, 査読有, 62, 2014, p662-671.
3. Y. Hobara, R. Nakamura, M. Suzuki, M. Hayakawa, and M. Parrot, ”Ionospheric perturbations observed by the low altitude satellite DEMETER and possible relation with seismicity”, Journal of Atmospheric Electricity, 査読有, 33, 2013, p21-29.
4. M. Hayakawa, Y. Hobara, A. Rozhnoi, M. Solovieva, K. Ohta, J. Izutsu, T. Nakamura, Y. Kasahara, ” The Ionospheric Precursor to the 2011 March 11 Earthquake Based upon Observations Obtained from the Japan-Pacific Subionospheric VLF/LF Network” , Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 査読有, 24, 2013, p393-408.
5. K. Tatsuta, Y. Hobara, S. Pal, and M. Balikhin, Sub-ionospheric VLF signal anomaly due to geomagnetic storms:a statistical study, Ann. Geophys., 33, 1457-1467, 2015.

### 「学会発表」

#### (国際学会)

1. Y. Hobara, T. Yasue, A. Schekotov, M. Hayakawa, ”Comparative study of ULF depression and ELF radiation associated with seismic activity”, Japan Geoscience Union, May 2013, Chiba
2. Y. Hobara, V. Singh, “Simultaneous study of ULF/VLF anomalies associated with earthquakes occurred in Japan”, American Geophysical Union, December 2013, San Francisco.
3. Y. Hobara, R. Miyake, C.H. Chen, M. Hayakawa, ”Simultaneous Observations of Ionospheric Disturbances from VLF Transmitter Signals and Surface Displacements from GPS Related to Inland Earthquakes Over Japan”, American Geophysical Union, December 2013, San Francisco.
4. T. Basak and Y. Hobara, Determination of Spatio-Temporal Characteristics of D-region Electron Density during Annular Solar Eclipse from VLF Network Observations, American Geophysical Union, San Francisco, USA, 2015
5. T. Kawano, Y. Hobara, K. Tatsuta, Statistical study of seismo-ionospheric perturbations around

Japan by using VLF/LF transmitters with a focal mechanism, European Geosciences Union General Assembly 2016 Vienna, Austria, 2016

(国内学会)

1. 安江剛広、芳原容英、A.Y.Schekotov, ”地震に先行する ELF 帯磁場放射と ULF 帯磁場減少の比較および統計的研究”, 日本大気電気学会, 2013, 熊本
2. 河野友紀、龍田健心、芳原容英, 地震の発震機構と先行する下部電離層擾乱との関係, 第 92 回日本大気電気学会, 千葉, 2015
3. 小泉雅大、龍田健心、河野友紀、芳原容英、C. H Chen、台湾における、VLF 送信電波を用いた地震に関連する電離層擾乱の調査, 第 94 回日本大気電気学会, 東京, 2016
4. 河野友紀、龍田健心、芳原容英, 発震機構及び電波観測を用いた地震・電離擾乱関連性の評価, 第 94 回日本大気電気学会, 東京, 2016
5. 龍田健心、芳原容英、Tamal Basak, VLF/LF 帯送信局電波観測および数値計算による地震に伴う下部電離層擾乱の位置・空間スケール同定に関する研究, 第 94 回日本大気電気学会, 東京, 2016

「招待講演発表」

Y. Hobara, ”Study on Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere (LAI) Coupling by Using Satellite-Ground-Based Measurements and Numerical Modeling”, 6th Isradynamics meeting, March 2014, Ein Bokek, Israel.