

デジタル化した短波ドップラー観測網による中緯度電離圏擾乱の研究

代表者	細川敬祐	電気通信大学大学院情報理工学研究科・教授
共同研究者	中田 裕之	千葉大学大学院工学研究院・准教授
共同研究者	橋本 久美子	電気通信大学大学院情報理工学研究科・協力研究員
共同研究者	富澤一郎	電気通信大学大学院情報理工学研究科・協力研究員
共同研究者	三澤 浩昭	理学研究科附属惑星プラズマ・大気研究センター・准教授

■ 研究目的

本研究で用いる「短波ドップラー (HFD) 観測」は、短波帯の電波を電気通信大学調布キャンパスから送信し、電離圏で反射され変調を受けた電波を国内の複数地点で受信することで、電離圏の鉛直方向の運動を計測するためのシステムである。2023 年 3 月現在、惑星プラズマ・大気研究センター (PPARC) 附属の飯館観測所を含む、日本国内 10 地点で受信機が稼働している。本研究は、このネットワーク観測を用いて、中緯度電離圏 F 領域で観測される伝搬性電離圏擾乱、極域電場の中緯度への侵入過程 (特に緯度減衰の性質)、スポラディック E や太陽フレア、太陽電波バーストに伴う下部 E 領域、D 領域の変動を調べることを目的とする。また、これらに加え、HFD 観測の感度の高さを活かして、地震や津波、火山噴火に伴う電離圏変動に関するデータ解析も行う。

■ 進捗状況

本年度は、従来のアナログ受信機との入れ替えを想定して、ソフトウェア受信機を用いたデジタル受信システムの開発を行った。具体的には、別予算によって、ソフトウェア受信機、GPS 基準信号発生器を導入し、データ処理用のパソコンと組み合わせることによって、新しいデジタル受信システム 1 式を製作した。2022 年 6 月に受入教員である PPARC の三澤准教授とともに PPARC 附属飯館観測所を訪問し、2009 年から設置しているアナログ式受信機を、新たに製作したソフトウェア受信機に置き換える作業を行った。受信機の交換後も観測は順調に行われており、ネットワークを介したデータの準リアルタイム転送も問題なく継続できていることが確認できている。また、新しいデジタル観測システムによって、従来のアナログ式の受信機を遥かに凌ぐダイナミックレンジの観測が行えることも明らかになっている。このデジタル受信システムは、従来のアナログ式の受信機よりも小さく、可搬性が高いものであるため、このシステムへの置き換えが可能になることが確認できれば、これまでよりも安価に観測点が設置でき、観測範囲をさらに広げることが期待できる。これまでに得られたデータの解析については、スポラディック E や火山噴火、台風、に伴う電離圏変動を中心に解析を進めている。その結果は 13 件の研究発表として公表されている。また、2022 年度は 2 編の論文が発表されている。

■ 論文発表実績

1. Kikuchi T., Araki T., Hashimoto K. K., Ebihara Y., Tanaka T., Nishimura Y., Vichare G., Sinha A. K., Chum J., Hosokawa K., Tomizawa I., Tanaka Y. and Kadokura A. (2022), Instantaneous Achievement of the Hall and Pedersen-Cowling Current Circuits in Northern and Southern Hemispheres During the Geomagnetic Sudden Commencement on 12 May 2021,

Front. Astron. Space Sci., 9:879314. doi: 10.3389/fspas.2022.879314

2. Matsushima, R., Hosokawa, K., Sakai, J., Otsuka, Y., Ejiri, M. K., Nishioka, M. and Tsugawa, T. (2022), Propagation characteristics of sporadic E and medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs): statistics using HF Doppler and GPS-TEC data in Japan, Earth Planets Space 74, 60. <https://doi.org/10.1186/s40623-022-01616-3>

■ 学会発表実績

1. 中田裕之, 細川敬祐, 斎藤享, 大塚雄一, 富澤一郎, HF ドップラー観測により得られた 2022 年トンガ噴火に伴うドップラーシフトの 周期的変動, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 152 回総会及び講演会, 相模原市立産業会館, 2022 年 11 月
2. 西山祐樹, 中田裕之, 大矢浩代, 細川敬祐, 西岡未知, Septi Perwitasari, Three-dimensional propagation characteristics of MSTIDs obtained by HF Doppler sounding and GPS-TEC observations, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 152 回総会及び講演会, 相模原市立産業会館, 2022 年 11 月
3. 齋藤広樹, 中田裕之, 大矢浩代, 細川敬祐, HF ドップラー観測による流星エコーの解析, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 152 回総会及び講演会, 相模原市立産業会館, 2022 年 11 月
4. 瀬島広海, 細川敬祐, Chum Jaroslav et al., 短波ドップラー観測と全天大気光観測を組み合わせたプラズマバブルの研究, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 152 回総会及び講演会, 相模原市立産業会館, 2022 年 11 月
5. 並木紀子, 細川敬祐, 野崎憲朗, ほか, 新短波ドップラー観測システムにおける FM-CW 測距機能の実機シミュレーション, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 152 回総会及び講演会, 相模原市立産業会館, 2022 年 11 月
6. 西山祐樹, 中田裕之, 大矢浩代, 細川敬祐, 西岡未知, Septi Perwitasari, HF ドップラー観測と GPS-TEC による MSTID の伝搬特性, 中間圏・熱圏・電離圏 (MTI) 研究集会, ハイブリッド (オンライン+名古屋大学宇宙地球環境研究所), 2022 年 9 月
7. 野崎憲朗, 並木 紀子, 細川 敬祐, 坂井 純, 富澤 一郎, 有澤 豊志, HF ドップラ観測の高精度化と距離情報取得による観測拡大の可能性, 中間圏・熱圏・電離圏 (MTI) 研究集会, ハイブリッド (オンライン+名古屋大学宇宙地球環境研究所), 2022 年 9 月
8. 齋藤広樹, 中田裕之, 大矢浩代, 細川敬祐, HF ドップラー観測による流星エコーの解析, 中間圏・熱圏・電離圏 (MTI) 研究集会, ハイブリッド (オンライン+名古屋大学宇宙地球環境研究所), 2022 年 9 月
9. Hiroyuki Nakata, Kenro Nozaki, Keisuke Hosokawa, Kumiko Hashimoto, Takashi Kikuchi, Jun Sakai, Ichiro Tomizawa, Satoko Saita, Software-defined radio-based receiving system for HF Doppler observation system, 16th International Symposium on Equatorial Aeronomy, Hybrid (Zoom + Uji Campus, Kyoto University), Sep 2022
10. Hiroyuki Nakata, Keisuke Hosokawa, Yuichi Otsuka, Ichiro Tomizawa, Periodic variation of the Doppler shift frequency in association with the Tonga eruption, JpGU 2022 Meeting, Hybrid (Online, Makuhari Messe), May-June 2020

11. Yuki Nishiyama, Hiroyuki Nakata, Hiroyo Ohya, Keisuke Hosokawa, Septi Perwitasari, Michi Nishioka, Propagation characteristics of MSTIDs at different altitudes obtained by HF Doppler sounding and GPS-TEC observations, JpGU 2022 Meeting, Hybrid (Online, Makuhari Messe), May-June 2020
12. Hiroki Saito, Hiroyuki Nakata, Hiroyo Ohya, Keisuke Hosokawa, Examination of meteor echos observed by HF Doppler sounding, JpGU 2022 Meeting, Hybrid (Online, Makuhari Messe), May-June 2020
13. 並木紀子, 細川敬祐, 野崎憲朗, 坂井純, 富澤一郎, 有澤豊志, 短波ドップラー観測に高度計測機能を追加するための新観測システムの検討, 日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2022 年大会, オンライン, 2022 年 6 月