

短波ドップラー観測ネットワークによる中緯度電離圏擾乱の研究

細川 敬祐，電気通信大学大学院情報理工学研究科

■ 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．2019 年度現在，惑星プラズマ・大気研究センター (PPARC) 附属の飯舘観測所を含む，日本国内 7 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

2019 年 12 月に受入教員である PPARC の三澤准教授とともに PPARC 附属飯舘観測所を訪問し，2009 年から設置している HFD 受信機のメンテナンスを実施した．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た．現在，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ている．本年度は，別予算によって，ソフトウェア受信機を導入し，受信用アンテナ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．2019 年 12 月から，この新受信システムを兵庫県南淡路に設置し観測をスタートさせている．観測開始後，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が確認できている．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．受信機の開発に加え，過去 15 年間に得られた観測のデータを整備しオンラインで公開する作業を行った (<http://gwave.cei.uec.ac.jp/~hfd>)．データの公開に際しては，デジタルデータを公開するのみならず，国内外の研究者による利用を促進するために，全観測点のデータプロットが閲覧できるシステムを構築している．また，全ての観測点で得られたデータを，インターネット経由で電気通信大学に転送し，リアルタイムでの公開を行っている．これにより，極端自然現象に伴う変動のみならず，太陽活動に伴って変動する電離圏の動態をリアルタイムでモニタリングすることが可能になっている．

これまでに得られたデータの解析については、スプラディック 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、日本地球惑星科学連合大会 (JpGU: Japan Geoscience Union) における共同研究者の千葉大学中田准教授による招待講演を始めとする 8 件の研究発表として公表されている。今後は、これらの研究結果を英文論文として公表していく。また、本プロジェクトによって得られた観測データを国内外の研究者に広く周知するために、JpGU や SuperDARN Workshop, 国際電波科学連合 (URSI-JRSM) において研究発表を行った。これらの取り組みは、同じ短波ドップラー観測を行っているチェコの大気科学研究所との国際共同研究に繋がり、それを発展させる形で日本学術振興会の日本-チェコの二国間共同研究事業への申請を行った。今後は、チェコだけでなく、台湾、ノルウェー、米国などのグループとも連携できる形に持って行く予定である。

■ 成果発表

1. 菊池 崇, Chum Jaroslav, 富澤 一郎, 細川 敬祐, 橋本 久美子, 海老原 祐輔, Simultaneous observation of the SC electric fields with the HF Doppler sounders on the day- and night-sides, 第 146 回地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会, 熊本, 2019 年 10 月
2. 山崎 淳平, 中田 裕之, 大矢 浩代, 鷹野 敏明, 細川 敬祐, HF ドップラー観測による H-IIA ロケット打ち上げに伴う電離圏変動の解析, 第 146 回地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会, 熊本, 2019 年 10 月
3. 大野 夏樹, 中田 裕之, 大矢 浩代, 鷹野 敏明, 細川 敬祐, 津川 卓也, 西岡 未知, HF ドップラー及び地震計を用いた地震に伴う電離圏擾乱の解析, 第 146 回地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会, 熊本, 2019 年 10 月
4. Hosokawa, K., History and current status of ionospheric radio observations by UEC, URSI-JRSM, Tokyo, Sep, 2019
5. Kikuchi, T., K. K. Hashimoto, I. Tomizawa, Penetration of stormtime electric fields to the low latitude ionosphere as observed with HF Doppler sounders and magnetometers, AOGS 2019, Singapore, Aug, 2019
6. Hosokawa, K., H. Nakata, K. K. Hashimoto, I. Tomizawa, J. Sakai, T. Kikuchi, and K. Nozaki, A network of HF Doppler sounding systems in Japan: possible collaboration with SuperDARN, SuperDARN Workshop, Fujiyoshida, June, 2019
7. Hashimoto K. K., T. Kikuchi, I. Tomizawa, K. Hosokawa, C. Jaroslav, Low-latitude HF Doppler observations of magnetospheric electric fields during space weather disturbances, JpGU, Makuhari, May, 2019
8. Hosokawa, K., H. Nakata, K. K. Hashimoto, I. Tomizawa, J. Sakai, T. Kikuchi, and K. Nozaki, A network of HF Doppler sounding systems in Japan, JpGU Meeting, Makuhari, May 28, 2019
9. 中田 裕之, 益子 竜一, 大矢 浩代, 鷹野 敏明, 細川 敬祐, 富澤 一郎, 長尾 大道, HF ドップラーにより観測された台風・竜巻に伴う電離圏変動 (招待講演), 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張メッセ, 千葉市, 2019 年 5 月
10. 山崎 淳平, 中田 裕之, 大矢 浩代, 鷹野 敏明, 細川 敬祐, 富澤 一郎, H-IIA ロケット打ち上げに伴う電離圏変動の解析, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張メッセ, 千葉市, 2019 年 5 月
11. 大野 夏樹, 中田 裕之, 大矢 浩代, 鷹野 敏明, 富澤 一郎, 細川 敬祐, 津川 卓也, 西岡 未知, HF ドップラーを用いた異なる高度での東北地方太平洋沖地震に伴う電離圏擾乱の解析, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張メッセ, 千葉市, 2019 年 5 月