

SDI-EISCAT_3D による次世代極域熱圏—電離圏観測に向けた解析研究

代表者	大山伸一郎	名古屋大学・宇宙地球環境研究所	(soyama@isee.nagoya-u.ac.jp)
共同研究者	坂野井健	東北大学・理学研究科	(tsakanoi@tohoku.ac.jp)
	Mark Conde	米国・アラスカ大学フェアバンクス校	(mgconde@alaska.edu)
	Anita Aikio	フィンランド・オウル大学	(Anita.Aikio@oulu.fi)
	Heikki Vanhamäki	フィンランド・オウル大学	(Heikki.Vanhamaki@oulu.fi)
	Lei Cai	フィンランド・オウル大学	(Lei.Cai@oulu.fi)

1. 研究背景、目的ならびに意義

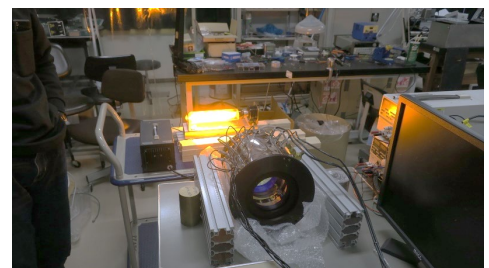
惑星の磁気圏起源のエネルギーやプラズマは超高層大気の高緯度に集中的に流入する。その結果引き起こされる様々な時間・空間スケールの極域変動の中でもメソスケール変動（数～数十分、数～数百 km 規模）はエネルギーと擾乱大気を中・低緯度へ輸送するプロセスの起動として重要な役割を担うことが計算機実験で指摘されている。しかし計算機実験の結果と比較できるほど精度の高い観測は十分に行われていない。緯度間結合の理解は地球超高層だけでなく、巨大ガス惑星の中・低緯度で測定された、理論推定値を大きく上回る異常高温（energy crisis）にも関連する重要なプロセスである。このように惑星の超高層大気に普遍的に見られるものの十分に理解されていない現象について、多様な観測装置を組合わせた精密測定を地球において実施して知見を積み上げ、将来の惑星探査に生かす。

我々は地上から熱圏風速と温度の二次元分布を測定できる Scanning Doppler Imager (SDI) を用いた観測を 2023 年に北欧で開始する (SDI-3D プロジェクト)。東北大学を含む国内外の複数研究機関と進めている。同時期に同域で稼働を始める EISCAT_3D レーダーによる電離圏観測、日本が主体的に展開・運用している光学カメラ群によるオーロラ観測、Swarm 衛星による熱圏密度測定と連携し、メソスケール変動の発生メカニズムを解明し、緯度間結合の研究に発展させる。

本申請研究では、SDI と EISCAT_3D が稼働を始めるまでの二年間に、北米の SDI と北欧のファブリペロー干渉計 (FPI) を中心に、周辺機器 (光学カメラ、PFISR、現 EISCAT、Swarm など) も活用しつつ、2023 年に始まる新観測体制を見据えた科学課題の検証・評価を行う。2021 年度にサブストームに伴う熱圏・電離圏メソスケール変動、サブオーロラ帯での熱圏加速のイベント解析を進め、学会・誌上論文発表を行った (研究打合せ旅費と解析用計算機の増強費用を申請)。2022 年度は突発的な太陽・地磁気活動の変化に対する熱圏変動を中心とした解析を進める。この二年間の成果と科研費研究および ISSI での解析結果を統合し、中・低緯度へのエネルギー・物質輸送に関する研究に発展させる。

2. 成果

2021 年度は、2 年間の研究期間の初年度にあたる。本研究では、東北大学が南極観測隊 35 次隊・37 次隊で昭和基地においてオーロラ分光観測に使用していたクイーンズゲート社製ファブリペローエタロン、および蔵王観測所で熱圏大気分光使用していた観測に使用していたホブメア社製ファブリペローエタロンの再利用可能性を検証し、もし可能であれば北欧オーロラ分光観測に用いる計画である。この 2 つのファブリペローエタロンを用いて、東北大学光



東北大学工学実験室での動作確認試験の様子

学実験室でナトリウムランプを光源に用いた動作確認試験を実施した。それにより、クイーンズゲート社製エタロンはピエゾ素子を制御するケーブルに破損があること、ホブメア社製エタロンは制御用パソコンが故障しており、旧式 (DOS/V) のため復旧不可能であることが判明した。メーカーサポート体制などを検討した結果、クイーンズゲート社製エタロンの補修に向けて予算確保などの今後の方針を 2022 年度に検討する。なお、本年度計画していた、代表者が東北大に出張して、研究打ち合わせや追加の光学実験を東北大学の共同研究者ならびに大学院生と実施する予定は、COVID-19 の影響のため取り止めとなった。また、東北大学光学実験室で今後に必要なとされる工具を、本経費を用いて調達した。

3. 今後の計画

2022 年度は、(1) 科研費基盤 B 研究 (2022-2026 年度; 極域熱圏加熱の起源の解明: 光と電波を用いた統合高解像度イメージング観測; 代表: 大山; 分担: 坂野井健、小川泰信、細川敬祐)、(2) 既存データの解析を軸とした SDI-EISCAT_3D 新観測体制の準備研究を進める。東北大学エタロンの補修について、業者日本法人に修理方法を打診するなど可能性を引き続き検討する。そのための物品輸送費 (東北大から業者) を次年度申請書の予算に計上する。その状況次第で (1) 及び他予算で本格的な補修を行うか判断する。合わせ、SDI-EISCAT_3D 観測体制への本エタロンの活用を検討する。(2) について、トロムソ FPI の解析結果を 2022 年 3 月に EPS 誌に投稿した。審査コメント対応を行い、年内の受理・発表を目指す。さらに坂野井らと共同で FPI データの統計解析を進めている。定期的に行っている研究打合せを通して解析を進め、結果を誌上論文として投稿する。そのための国内旅費 (名古屋-仙台; 2 泊 3 日×2 回) を次年度申請書に計上する。

3. 論文・発表リスト

Oyama, S., H. Vanhamäki, L. Cai, A. Aikio, M. Rietveld, Y. Ogawa, T. Raita, M. Kellinsalmi, K. Kauristie, B. Kozelov, A. Shinbori, , K. Shiokawa, T. T. Tsuda and T. Sakanoi, Thermospheric wind response to ionospheric variations at a pseudo breakup during geomagnetically quiet conditions, 地球電磁気・地球惑星圏学会, オンライン, 2021/11.

Oyama, S., H. Vanhamäki, L. Cai, A. Aikio, M. Rietveld, Y. Ogawa, T. Raita, M. Kellinsalmi, K. Kauristie, B. Kozelov, A. Shinbori, , K. Shiokawa, T. T. Tsuda and T. Sakanoi, Delay of the thermospheric wind response to a sudden westward turning of the ionospheric velocity at a pseudo breakup and irresistible force of the thermosphere in the energy dissipation process, AGU Fall Meeting 2021, Hybrid, 2021/12.

Oyama, S., SDI-3D project team and JSPS Kokusai-B team, SDI-3D and collaborations with ground-based instruments in Fennoscandia, SGO Observatory Days, online, 2022/01

大山伸一郎、細川敬祐、坂野井健、塩川和夫、西谷望、新堀淳樹、小川泰信、地磁気静穏時のサブオーロラ帯における熱圏風加速, 極域・中緯度 SuperDARN 研究集会, オンライン, 2022/02.

Oyama, S., What can we learn from the quiet high-latitude ionosphere?, 45th Apatity Seminar, online, 2022/03. (invited)

大山伸一郎、細川敬祐、坂野井健、塩川和夫、西谷望、新堀淳樹、小川泰信、地磁気静穏時のサブオーロラ帯における熱圏風加速, EISCAT 研究集会, 2022/03