

研究種目：基盤研究（B）  
研究期間：2006～2009  
課題番号：18403010  
研究課題名（和文） EISCAT レーダーを主に用いた磁気圏・電離圏・熱圏・中間圏結合の総合的研究  
研究課題名（英文） Comprehensive research on the coupling of the Magnetosphere-Ionosphere-Thermosphere using EISCAT radars  
研究代表者  
藤井 良一 (Fujii Ryoichi)  
名古屋大学・太陽地球環境研究所・教授  
研究者番号：00132712

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・超高層物理学

キーワード：①EISCAT レーダー ②北極電離圏 ③磁気圏 ④北欧 ⑤超高層大気

### 1. 研究計画の概要

本研究課題においては、スカンジナビア北部とスヴァールバル島に設置されている世界で第一級の欧州非干渉散乱 (EISCAT) レーダーシステムを用いて、極冠域からカस्प、オーロラ帯、サブオーロラ帯にまでいたる広い領域において IS レーダー観測を行い、太陽風、磁気圏、電離圏、熱圏、中間圏における様々な基本的かつ重要な物理・化学過程の総合的研究を行うことが目的である。EISCAT レーダーを用いた実験を行うためには、観測オペレータを現地に派遣する必要がある。また、EISCAT レーダー特別実験に呼応して、衛星との同時観測や地上光学観測機器との同時観測などのキャンペーン観測が企画される。これらの EISCAT レーダー特別実験を効果的に行うために、観測オペレータとともに関係する研究者の派遣を実施している。主な研究対象としては、ポーラーキャップパッチ、オーロラ微細構造ダイナミクス、イオンアップフロー、イオン加熱・イオン温度の非等方性、3次元電流系、電離圏電気伝導度、電離圏移動性擾乱 (TID)、下部熱圏大気ダイナミクス (プラネタリー波、大気潮汐波、下部熱圏鉛直風)、太陽風などが挙げられる。

### 2. 研究の進捗状況

平成 18 年度から平成 20 年度では、毎年 14 件 (平成 18 年は 13 件) の EISCAT 特別実験の共同研究申請を採択し、毎年トータ

ルで約 250 時間の EISCAT 特別実験を実施してきた。具体的には、れいめい衛星との同時観測、オーロラ光学同時観測、電離圏加熱装置と HF レーダーとの同時観測による電離圏不規則構造の研究、中間圏温度測定用 OH 分光計との同時観測、高電子密度領域の移動現象の研究、イオン流出現象の研究、太陽風の研究、デルタ 2 ロケットキャンペーン、上部中間圏・下部熱圏エコーのコヒーレンス、下部熱圏大気ダイナミクスなどを実施した。

具体的な成果は以下の通り。1) 下部熱圏大気ダイナミクスにおけるイオンドラッグ効果の重要性を定量的に評価して、その影響の重要性を明らかにした。また同時に、ジュール加熱効果を初めて定量的に観測データに基づいて見積もり、1 時間程度の早い時間変動について、ジュール加熱効果の重要性を明らかにした。(2) 1999 年 2 月に得られたイベントの再解析を行い、沿磁力線電流の 32% が、カウリングチャネルによるクローズ電流により供給されていることを示した。

(3) イオンアップフローの研究では、電離圏イオンが磁気圏に流出し始めている領域を詳細に調べた結果、熱的レベル (1eV 以下) のエネルギーを持つイオンと、それより高いエネルギー (約 2-5eV) を持つイオンとでは、流出時の加熱の様子が異なることを発見した。(4) オーロラ活動に伴い極域の下部熱圏高度 (100-120 km) で発生する 30 m/s を超える大きな鉛直風の発生機構を理解する

目的で EISCAT レーダーを用いた特別実験を行った結果、大気運動の鉛直成分の発生と圧力勾配との関係を初めて示唆した。(5) 上部熱圏における加熱現象を、EISCAT レーダー及び SuperDARN レーダーにて同時に観測し、磁気圏前面での太陽風との相互作用の結果と考えられる熱圏・電離圏へのエネルギー流入量(加熱率)を推定した。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由) 毎年共同研究者から申請された特別実験を可能な限り実施し、共同研究を進めるとともに、多くの国際協同研究を実施している。そして、計34件の査読付き論文を発表し、成果を挙げてきているため。

### 4. 今後の研究の推進方策

国内外の共同研究者と連携して、現有の EISCAT レーダーを中心に、北欧に展開された各種レーダー(流星レーダー、MF レーダー、SuperDARN レーダーなど)、光学観測装置(FPI、全天イメージャ、フォトメーターなど)や、衛星との連携観測を行い、ジオスペースに関する研究を進め、その理解を深めて行く。さらに、EISCAT 科学協会の次期計画である、EISCAT 3D 計画への日本の参画の検討を行ない、ジオスペース研究のさらなる発展に貢献していく。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 34 件)

① Tsuda, T. T., S. Nozawa, S. Oyama, T. Motoba, Y. Ogawa, H. Shinagawa, N. Nishitani, K. Hosokawa, N. Sato, M. Lester, R. Fujii, Acceleration mechanism of high-speed neutral wind observed in the polar lower thermosphere, *J. Geophys. Res.*, 114, doi:10.1029/2008JA013867, 2009. 査読有

② Amm, O., and R. Fujii, Separation of Cowling channel and local closure currents in the vicinity of a substorm breakup spiral, *J. Geophys. Res.*, 113, A06304, doi:10.1029/2008JA013021, 2008. 査読有

③ Ogawa, Y., K. Seki, M. Hirahara, K. Asamura, T. Sakanoi, S. C. Buchert, Y. Ebihara, Y. Obuchi, A. Yamazaki, I. Sandahl, S. Nozawa, and

R. Fujii, Coordinated EISCAT Svalbard radar and Reimei satellite observations of ion upflows and suprathermal ions, *J. Geophys. Res.*, 113, doi:10.1029/2007JA012791, 2008. 査読有

④ Oyama, S., B. J. Watkins, S. Maeda, H. Shinagawa, S. Nozawa, Y. Ogawa, A. Brekke, C. Lathuillere, and W. Kofinan, Generation of the lower-thermospheric vertical wind estimated with the EISCAT KST radar at high latitudes during periods of moderate geomagnetic disturbance, *Ann. Geophysicae*, 26, 1491-1505, 2008. 査読有

⑤ Fujiwara, H., R. Kataoka, M. Suzuki, S. Maeda, S. Nozawa, K. Hosokawa, H. Fukunishi, N. Sato, and M. Lester, Electromagnetic energy deposition rate in the polar upper thermosphere derived from the EISCAT Svalbard radar and CUTLASS Finland radar observations, *Annales Geophysicae*, 25, 2393-2403, 2007. 査読有

[学会発表] (計 65 件)

① 大山伸一郎、非干渉散乱レーダーとれいめい衛星との同時観測データを用いたオーロラアーク近傍での電流系微細構造の研究、地球電磁気・地球惑星圏学会秋季大会、2008年10月9日-12日、仙台

② 大山伸一郎、EISCAT レーダーと多波長フォトメータを用いた電離圏電気伝導推定、SGPESS 秋季大会、2008/10/9-12、仙台

③ 野澤悟徳、北欧における各種レーダーを用いた極域下部熱圏・中間圏の研究、地球惑星科学連合 2008 年大会、2008 年 5 月 25-30 日、幕張(千葉)

④ Fujii, R., Dependence of the electromagnetic and precipitating particle energy inputs to the ionosphere upon the sunlit/shade condition of the ionosphere, EISCAT Workshop, 6-10 August, 2007, Mariehamn, Finland

⑤ 野澤悟徳、2005 年 9 月の EISCAT ロングランデータを用いた極域下部熱圏風の研究、地球惑星科学連合 2007 年大会、2007 年 5 月 19-24 日、幕張(千葉)