

京都大学教育研究振興財団助成事業  
成 果 報 告 書

令和2年 4月 27日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会 長 藤 洋 作 様

所 属 部 局 理学研究科

職 名 教授

氏 名 田口 聡

助 成 の 種 類	令和元年度 ・ 研究活動推進助成			
申請時の科研費 研究 課 題 名	北極海沿岸域の広域観測によって拓くオーロラ物理学の新展開			
上記以外で助成金 を 充 当 した 研 究 内 容				
助成金充当に関 わる共同研究者	(所属・職名・氏名)			
発表学会文献等	(この研究成果を発表した学会・文献等) S. Taguchi, K. Hosokawa, and Y. Ogawa (2019), Plasma flow in the north-south aligned discrete aurora equatorward of the cusp, Journal of Geophysical Research Space Physics 124, doi:10.1029/2019JA026895. S. Taguchi, K. Takasu, Y. Oda, and K. Hosokawa (2019), Stability and variability in the cusp electron precipitation for northward IMF, American Geophysical Union 2019 Fall Meeting, San Francisco, USA.			
成 果 の 概 要	研究内容・研究成果・今後の見通しなどについて、簡略に、A4版・和文で作成し、添付して下さい。(タイトルは「成果の概要／報告者名」)			
会 計 報 告	交付を受けた助成金額	1,000,000 円		
	使用した助成金額	1,000,000 円		
	返納すべき助成金額	0 円		
	助成金の使途内訳	費 目	金 額	
		旅費(使用見込含む)	600,000	
		物品(使用見込含む)	388,130	
論文校正		11,870		
当財団の助成に つ いて	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。)			

## 成果の概要／田口聡

北極海沿岸域に位置するノルウェー・スバル諸島には、本研究の代表者が所有するオーロラ全天イメージャーが設置されている。本研究では、この観測装置に加え、ロシアの沿岸域に新たな全天イメージャーの設置が可能になった場合、2地点のイメージャーの広視野から得られるデータをもとに明らかにできることを整理するとともに、既設のスバル諸島の全天イメージャーからのデータの解析を通して、極域の昼側領域に現れる特徴的な電子降下に伴う電離圏の性質を調べた。

上記2地点からのオーロラデータが利用できるようになると、適切な仮定のもとで、オーロラの背の高さが時間とともにどのように変化するかを評価することができる。オーロラの背が高いことは、上方に淡く赤色に伸びる部分の先がさらに高くなることを意味し、これは、その場所にエネルギー幅の広い、いわゆるブロードバンド型の電子分布が生じていることを示している。このような電子分布は上空で乱流的な加速によって作られる。本研究では、過去に Solomon 他によって作られたオーロラ発光強度のモデルを基礎にして、時々刻々変化するオーロラの背の高さを評価できる独自のスキームの基礎を構築した。研究室に専用のワークステーションを用意し、その中でオーロラの高さのモデル計算のみならず、将来得られることになる観測データとの比較ができるようにシステムを整えた。

また、極域の電離圏高度でのイオン・中性大気の分布、磁力線に沿って降下する電子分布をモデル化し、酸素原子などで構成される中性大気の応答を調べるシミュレーションを実施した。京都大学のスパコンを用いた。具体的には、まず、上記の2地点からのイメージャーの視野がカバーするような経度方向に広がりのある領域に対して、一様に伸びる緯度幅の狭い領域を設定した。ついで、ある時刻から、経度方向にイオンを動かし、鉛直下向きにカスプ固有の低エネルギーの降下電子の分布を与え、周囲に広がる中性の大気の動きの時間発展を追った。イオンを動的に与えている点が、過去の類似のシミュレーションとの決定的な違いである。計算の結果、現実の電離圏を反映してイオンを動的に与えることが明らかになった。このことは、近年の人工衛星観測から明らかになってきたメソスケールの中性大気質量密度異常は、このシミュレーションで設定したような電離圏イオンの運動を考へても十分に説明できないことを意味する。磁気圏から伝搬するアルフベン波に伴う付加的なジュール加熱源が必要であることを示唆している。

全天イメージャーからのデータの解析に基づく研究においては、カスプ域の

低緯度側に南北に伸びる特異なディスクリート型オーロラに注目した（図1）。カスピ域に入ってくる低エネルギーの電子は、上空で乱流的な加速を受け、高度250 km 程度の高さでダイナミックに動くオーロラを生み出すことが多いが、その低緯度側に隣接する領域では、普段は穏やかな電子降下が生じており、ディフューズ型のぼんやりしたオーロラが現れている。本研究では、その領域に南北に沿うように現れた特異なディスクリート型オーロラ（図1）の事例を取り上げ、同時に取得されたレーダーや人工衛星からのデータも解析して、その場所でどのような物理過程が起こっているのかを調べた。このオーロラを引き起こしている電子は、磁気圏内で閉じている磁力線に沿って降下してきており、その電子降下が生じている領域では、水平方向のイオンの流れが局所的に遅くなっていることがわかった。レーダーが取得した電子密度のデータをもとに、その領域での電気伝導度、具体的にはペダーセンコンダクタンスを求めると、周囲より2倍程度大きくなっており、それが原因で水平電場が小さくなり、イオンの流れを局所的に遅くしていることがわかった。

以上の研究の今後の見通しは以下のようにまとめられる。新たなオーロラ全天イメージャーをロシア域に設置することを実現していくとともに、ノルウェー・スバル諸島の既設のオーロライメージャーの近くで独自の磁場観測を早急に立ち上げ、電子の乱流的な加速の原因となるアルフベン波が電離圏高度で増幅されて地上にまで漏れ出ている現場を捉えること、また、その観測量をもとに電離圏上空で行き来しているアルフベン波の諸量を評価し、それをプラズマ・中性大気シミュレーションに組み込む手法を確立することに取り組み、観測とシミュレーションの双方より、秒スケールから準定常的な時間スケールにわたる極域のプラズマの動きとその中性大気との相互作用のプロセスの理解の新展開をめざしていく。

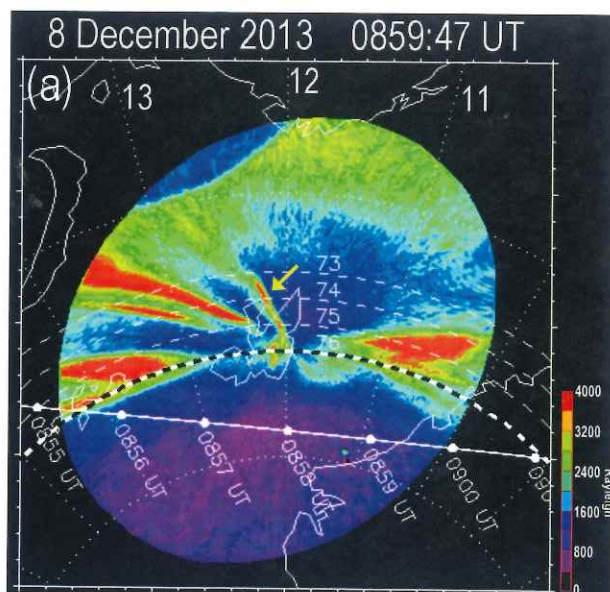


図1：スバル諸島に設置されている全天イメージャーの630 nmの波長で捉えられた North-south aligned aurora（黄色の矢印）。画像の色はオーロラの光の強度を表す。背景の座標は地磁気座標。左右に伸びる白い線は、高度850 kmの上空を飛行したDMSP F16衛星の軌道。（Taguchi et al., Journal of Geophysical Research Space Physics, 2019 より）