

2023年度 16)若手国際派遣支援（海外発表・海外滞在） 目次詳細

2023 16)International travel support for students (International presentation / Institutional stay) List

6 件

*所属・学年は2024年3月現在

*Affiliation and Year of graduate school displayed are current as of March 2024.

研究代表者 Principal Investigator	所属機関* Affiliation	所属部局 Department	学年* Year of graduate school	研究課題名 Project Title	頁 Page	備考 Remarks
国吉秀鷹	東京大学	地球惑星科学専攻	博士後期課程2年	WISA国際会議での、太陽コロナ中の磁気トルネードについての発表	344	
作田 皓基	名古屋大学	理学研究科	博士後期課程1年	太陽観測ロケット FOXSI-4 搭載 X 線望遠鏡地上較正試験のための NASA/MSFC 滞在	345	
南條壮汰	電気通信大学	情報・ネットワーク工学専攻	博士後期課程3年	広角デジカメと人工衛星によるオーロラ同時観測のためのスウェーデン・キルナ滞在	347	
永谷 朱佳理	名古屋大学	宇宙地球環境研究所	博士前期課程2年	米国地球物理学連合大会における地球磁気圏分子イオンの長期変動の発表	348	
Liwei Chen	名古屋大学	宇宙地球環境研究所	博士後期課程2年	Presentation about "First observation of temporal variation of STEVE heights by triangulation using two all-sky cameras at Athabasca, Canada" at AGU Fall Meeting 2023	349	
沖山 太心	東京大学	理学系研究科地球惑星科学専攻	博士課程2年	MAVEN探査機搭載IUVSによる火星オーロラデータ解析のためのコロラド大学LASP滞在	350	

(別紙様式16-2)

WISA2023国際会議での口頭研究発表
Oral presentation at the WISA 2023 conference

氏名：国吉秀鷹

所属機関：東京大学

部局：理学系研究科地球惑星科学専攻

本海外渡航において私は英国で開催された Waves and Instabilities in the Solar Atmosphere (WISA) 2023国際会議に参加した。そこで自身の主著査読論文に関する内容について口頭発表を行いコミュニティへの周知を行なった。また他の参加者と直接議論を交わし、さらに将来のキャリアのためのネットワーク作りも行ったので報告する。

本会議における私の講演内容は、1930年代から現在まで盛んに議論され続けている太陽コロナ加熱問題を対象としている。コロナとは太陽最外層大気のことであり、表面に比べ数百倍高温で100万度以上にまで達するが、その仕組みは未だによくわかっていない。太陽コロナ加熱問題はどの太陽観測ミッションの最終目標にも掲げられる、太陽物理学の最重要課題である。コロナ加熱には磁場の効果が支配的であることが確実視されているが、コロナ磁場の直接観測は現状ほぼ不可能である。そこで私はスーパーコンピュータによるシミュレーションを用いて太陽コロナ磁場をモデリングすることで加熱メカニズムの解明に挑んでいる。コロナ加熱のエネルギー源は表面で発生した磁気流体波動が有力である。私は特に磁気トルネードと呼ばれる表面からコロナまでを貫く渦上の波動現象に注目し、結果としてコロナへ伝わる磁気エネルギー輸送量の50%を担っている可能性を発見した。

本会議は名前の通り、波動に関する理論・観測両側面の専門家が多数参加した。つまりこの会議は自身の研究を宣伝する絶好の機会であった。幸いなことに多くの質問・コメントを頂き、自身の今後の発展のための大きな糧となった。特に、私のシミュレーション結果が観測的にどう見えるかについて多数のフィードバックを頂いた。帰国後にそれらを踏まえてシミュレーションデータの仮想観測を行い、結果を主著査読論文と

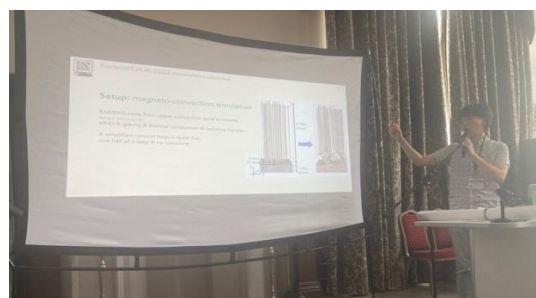


図 1: 口頭発表の様子

して投稿した。さらに、本講演内容が評価され、英国University College LondonのMullard Space Science Laboratoryにおけるセミナーでの招待講演を依頼して頂いた。

会議中は他の研究内容についても幅広く議論をすることができた。特に欧州宇宙機関ESAの次世代太陽観測衛星であるSolar Orbiterによって得られた最新の観測結果には衝撃を受けた。太陽コロナ中での磁気流体波動のエネルギー散逸現象に関する講演が全体のおよそ6割を占めており、Solar Orbiterチームの勢いに大いに刺激を受けた。

私は渡航当時博士課程二年ということもあり、卒業後の職探しのための就活も行った。そこで東大の庄田宗人助教からの助力もいただき、複数の欧州研究機関の研究者とのコネクションを築くことができた。

以上に述べたように本渡航は私にとって非常に実りの多いものとなった。最後に、本海外渡航を支えてくださった名古屋大学宇宙地球環境研究所国際連携研究センター若手国際派遣プログラム関係者の皆様、名古屋大学担当教員の増田智先生、指導教員の今田晋亮先生・横山央明、東大の庄田宗人先生、東大・京大関係者の皆様、そして同僚の吉久健朗氏に感謝申し上げます。

(別紙様式16-2)

太陽観測ロケット FOXSI-4 搭載 X 線望遠鏡地上較正試験のための
NASA/MSFC 滞在
Visit to NASA/MSFC for ground calibration tests of X-ray tel
escopes onboard a solar sounding rocket FOXSI-4

作田 皓基、名古屋大学・理学研究科

【目的】

太陽観測ロケット FOXSI-4 搭載 X 線望遠鏡の性能評価試験の実施。

【背景】

太陽は最も身近な天体であるが故に、最も時間的、空間的に詳細な観測をすることが可能である。さらに、磁力線のつながり現象である磁気リコネクションや磁場駆動による粒子加速といった、宇宙空間において普遍的に起こる現象が太陽でも起こっていることが知られている。このことから太陽物理の理解は宇宙物理現象の解明の鍵となる。また、太陽活動は地球磁気圏等と相互作用することで、地球環境やインフラにも影響を及ぼしている。これらのことから、宇宙天気として近年注目されており、地球惑星分野とも密接な関わりを持つ。太陽物理の研究者のみならず、広い分野にわたって多くの研究者の研究対象となっている太陽であるが、未解決問題も多く残している。その中の一つに、太陽コロナ加熱問題がある。これは、太陽の熱源は中心核の核融合反応であるために外層であるほど温度は低下するはずであるにもかかわらず、外層大気で温度が高くなっているという温度の逆転現象を指す。実際に、光球面で 6000 度であるにもかかわらず、外層大気であるコロナは 100 万度として観測されている。この現象を引き起こす一つの説として、ナノフレア説がある。これは、太陽での爆発現象として観測されるフレア現象の中でも、典型的な規模の 10^{-9} 倍程度の小さなフレアが多数生じることにより、太陽コロナが定常的に加熱されている、という説である。その検証を目指したミッションの一つに、太陽観測ロケット実験 FOXSI-4 がある。このミッションでは、太陽フレアのエネルギー解放量の定量化やエネルギーの変換過程を解明することを目標に、世界初の太陽フレアの集光撮像分光観測を 2024 年 4 月に実施する。このフレア観測には、そのフレアが起きている活動領域の空間分解が必須となり、その要求性能は HPD で 10 秒角程度である。HPD (Half Power Diameter) は集光した全光量の 50% が入る円領域の直径を表す。この要求値は現行の X 線天文衛星の角度分解能の性能に迫る値であり、太陽表面において典型的なフレアの大きさに相当する。我々はこの性能を実現するために、地上開発で培われた超高精度電鍍技術に着目し、独自の世界最高感度 X 線光学系製作に着手し、加えて、その支持機構製作や振動耐性評価等を行なっている。今回は評価試験の中でも最も重要な試験である X 線性能評価試験を NASA マーシャルスペースフライトセンター (MSFC) にて行なった。

【共同研究の内容】

本研究では、FOXSI-4 ロケット実験に搭載する X 線望遠鏡の地上較正試験を主目的としている。試験を実施した NASA/MSFC は、100 m のビームラインを保有しており、X 線発生器のターゲットを変えることで、数 keV 程度のエネルギー帯域の X 線を放射できる。X 線宇宙望遠鏡に入射する X 線は遠方からの光源から放射されているために、ほとんど光軸に対し平行な光として入射する。そのため、性能評価では平行光を実現するために長いビームラインが求められる。さらに、数 keV 程度の軟 X 線は散乱の影響が大きいために真空中での試験を必要とする。このような試験セットアップは日本国内には用意されておらず、

本研究でフライトサンプルに対して初めて軟 X 線帯域の性能評価を実施できた。今回評価したフライトサンプルは軟 X 線用望遠鏡と硬 X 線用望遠鏡の 2 台である。外観を図 1 に示す。軟 X 線用望遠鏡には迷光除去機構としてプリコリメーターと可視光除去機構として OBF (Optical Blocking Filter) が取り付けられている。性能評価項目として、点源に対する感度の指標である FWHM と広がった放射源の構造分解に対する感度の指標である HPD、集光能力の指標である有効面積、またそれらの角度依存の調査を行なった。

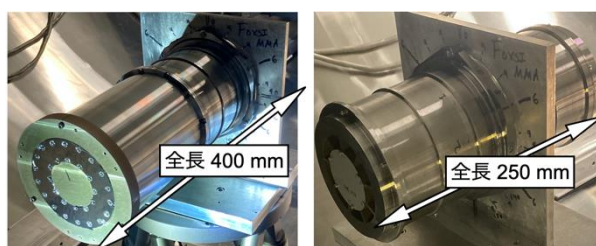


図 1. 軟 X 線用望遠鏡 (左) と硬 X 線用望遠鏡 (右) の外観写真。[1]

【共同研究の結果】

軟 X 線用望遠鏡と硬 X 線用望遠鏡はそれぞれ 4.5 keV (Ti-K) と 8.1 keV (Cu-K) の X 線を用いて性能を評価した。結像性能の結果として、FWHM は両望遠鏡ともに検出器の検出限界で < 5 秒角、HPD は軟 X 線用望遠鏡で 14 秒角、硬 X 線用望遠鏡で 15 秒角が得られた。例として図 2 に、硬 X 線用望遠鏡で得られた結像イメージとそのイメージから作成した PSF (Point Spread Function) と EEF (Encircled Energy Function) を示す。PSF は輝度ピークを中心とした動径カウントプロファイル、EEF は輝度ピークを中心とした累積動径カウントプロファイルを表している。FWHM では世界最高精度を、HPD では現行の X 線天文衛星の結像性能に迫る結果が得られた。有効面積測定では、軟 X 線望遠鏡では 17.6 mm² (@4.51 keV (Ti-K α)), 硬 X 線望遠鏡では 56.2 mm² (@8.05 keV (Cu-K α)) が得られた。硬 X 線望遠鏡の結果は光線追跡シミュレーションと整合性がよく取れている。一方で、軟 X 線望遠鏡は計算値より 50 % 程度高くなっており、これはプリコリメーターの開口部の大きさ (~0.6 mm) と望遠鏡開口部の動径方向厚さ (~0.4 mm) が同程度であることから、開口率の場所依存が大きく影響するためと考えられる。

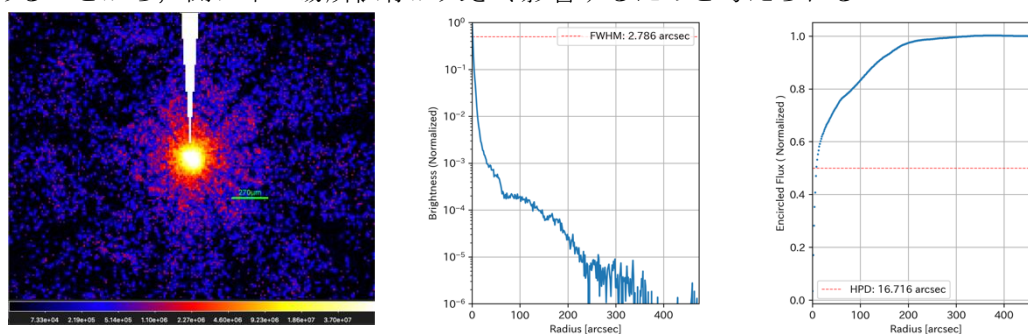


図 2. 硬 X 線用望遠鏡により得られた結像イメージ (左) とそのイメージから取得した PSF (中) と EEF (右)。[1]

【今後の展望】

本研究では太陽観測ロケット FOXSI-4 搭載用 X 線望遠鏡の試験を実施したが、我々が開発を進める望遠鏡は本ミッション以外にもオーロラ観測ロケットへの搭載や超小型衛星搭載に向けた開発を進めている最中である。今回得られた結果から、本望遠鏡の性能をモデル化することで応答関数を構築し、本ミッションでの観測データ解析を行う。さらにこの結果を用いて構築したモデルをもとに、他ミッションへのさらなる展開をしていく。

【参考】

[1] 安福千貴 2023 年度 修士論文 “太陽フレア観測ロケット FOXSI-4 搭載電鍍法を用いた高結像性能 X 線望遠鏡の開発” (名古屋大学大学院理学研究科理学専攻)

キルナでのオーロラの観測

氏名：南條壮汰

所属：電通大細川研究室 (D3)

滞在期間：令和 5 年 10 月 2 日～12 月 16 日

滞在先：IRF キルナ

滞在国内：スウェーデン

日本で開発したオーロラの観測器をオーロラ帯に持ち込んで、実際に観測をやるとというのが滞在の主目的である。滞在先は、スウェーデン・キルナの Swedish Institute of Space Physics (IRF) で、他の予算と合わせて 2.5 ヶ月ほど滞在した。私の観測器の新しいところは、深層学習モデルを使ってオーロラの出現場所をリアルタイムに導出し、ジンバルを制御することでカメラをオーロラの方へ自動的に向ける機能を搭載しているところなのだが、この手法の詳細は学会や研究会でも何度か話しているし、博士論文にも書いたものでそちらを参照していただきたい。

私は昨年 of オーロラシーズンも IRF に滞在していたので、今回は二度目の滞在になる。なので、真新しいことは特になく、見知った方々といつも通りの仕事をするという感じであった。典型的な平日の過ごし方は以下の通りである。

- 8:30 オフィス着；昨晚のオーロラのチェック
- 9:30 フィーカ (fika) or 野生動物の世話
- 10:30 論文書き or データ解析
- 12:30 ランチ
- 13:30 論文書き or データ解析
- 17:00 退勤
- 18:00 オーロラが出れば眺めつつデータチェック
- ??:?? オーロラが見えなくなり次第就寝

この他に週に何度か会議やセミナーが入るが、基本的には朝から晩までオーロラに向き合うことができた。会議は、「その場でみんなが何かを考える時間」ではなく、「各々が考えたことを収束させ、全体としての意思決定をする場」として機能していたため、拘束時間が短くストレスフリーであった。

遊んでいるように見える時間があるとすれば、「フィーカ」であろう。これはスウェーデンに存在する伝統的な文化で、職場の仲間と一緒にコーヒーや紅茶を飲みながら世間話をする時間のことを指す。ここでの会話は、街で行われるイベントや週末の予定など、文字通りの世

間話になることも多いのだが、磁気嵐などの影響でオーロラがよく出た日の翌日には、様々なバックグラウンドを持つ科学者と多角的な議論を行うことができる。これには磁力計や光学観測を得意としている IRF の科学者だけでなく、キャンパスに併設されている EISCAT 本部の科学者・エンジニアも含まれる。最近のオーロラの観測研究では、カメラによるデータのみで 1 編の論文が完結することは少なく、同じ現象を複数の機器で観測したデータを用いて論文を書くことが普通である。私はかれこれ 6 年近くカメラで撮ったオーロラの映像を見続けているため、カメラによるデータの解釈には多少の知見を持っているが、他の観測データの解釈を独力でやるのは難しい。そのため、様々な観測の専門家と議論ができることは、効率的に論文を書く上で重要な役割を持つ。

実際に、フィーカでの議論をきっかけに、昨年度はショックオーロラという現象の論文を書くことができたし、今回の滞在ではオメガバンドオーロラ of 原稿を仕込むことができた。一見、「無駄」に見える時間が論文 of 効率的な執筆に役立ったという経験から、闇雲に「無駄」を削れば良いというわけではないことや、ゆとりを持って働くことで却って成果が出やすくなるという学びを得ることができた。



図 1 カメラのメンテナンス @ Tjautjas, Sweden

<指導教員>

細川敬祐 (電通大), Urban Brändström (IRF of 受入教員)

AGU Fall Meeting 2023 参加報告書

氏名：永谷朱佳理

所属：三好研究室 (M2 学年)

滞在期間：令和 5 年 12 月 10 日～12 月 16 日

滞在先：サンフランシスコ

滞在国内：アメリカ

私は本支援の援助を受け、2023 年 12 月 11 日から 12 月 16 日にアメリカのサンフランシスコ Moscone Center で開催された American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting 2023 に参加した。12 月 14 日には Circulation of Heavy Ions and Their Role in Regulating Plasma Dynamics セッションで、”Statistical analysis of magnetospheric molecular ions from the Arase observations” というタイトルで口頭発表を行った。

本研究では、内部磁気圏で観測を行うあらせ衛星に搭載されている粒子観測器 LEPI (Low-Energy Particle Experiments – Ion Mass Analyzer) の飛行時間分析 (TOF、Time-of-Flight) データから分子イオンカウントを推定する手法を開発した。開発した手法から得られたデータセットから、これまで観測が難しかった分子イオンについて統計解析を行った。解析の結果、磁気圏分子イオンカウントは太陽風動圧やサブストーム、磁気嵐の大きさとよい相関があることがわかった。また、酸素イオンカウントと分子イオンカウントは異なる長期変動をしていたことがわかった。太陽風動圧の増大や磁気嵐、サブストームがもたらした対流電場の増大によって、電離圏での分子イオンの生成が大きくなること、またその反応を通して酸素イオンが減少することが本結果の原因であることを考察した。

私にとって初めての対面での海外学会への参加であり、また初めての英語での口頭発表であった。とても緊張したものの、英語で大人数の前で発表するという貴重な経験をする事ができた。また最先端の研究を行う海外の研究者のみなさんと直接議論を行うことができた。この経験は、学会に現地参加させていただいたことで得られたものであり、とても意義のある交流であった。今回の発表、学会参加で得られた知見も含めて、本研究の内容は Geophysical Research Letters に投稿予定である。

AGU Fall Meeting という毎年 2 万 5 千人を超える参加者の非常に大きな学会で、現地で口頭発表をするという

非常に貴重な経験をすることができました。このような経験ができたのは、本支援のおかげです。本学会への参加を支援してくださった国際連携センターのみなさまに感謝いたします。



図 1 口頭発表の様子

<指導教員>

三好 由純

AGU annual meeting 2023 report

Name : Liwei Chen

Affiliation : Graduated school of Engineering

Division for Ionospheric and

Magnetospheric Research (Grade D2)

Duration of the stay : 2023/12/10~12/17

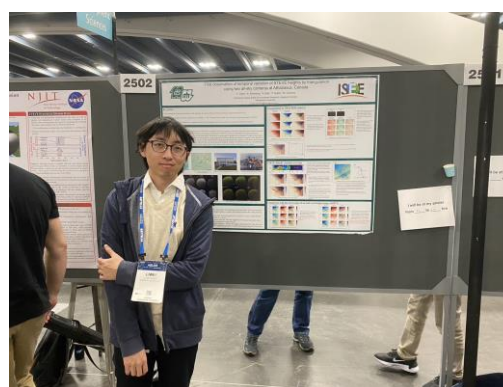
I am glad to attend American Geophysical Union (AGU) annual meeting which was held in San Francisco during December 11th to 15th. The meeting attract many Scientists, students and contributors to share their discoveries and exchange opinion about their researches. During the meeting I enjoyed listening to excellent presentations, meeting old friends and making new friend, and making presentation about our research. On the last day of the meeting, I made a poster presentation with the title 'First observation of temporal variation of STEVE heights by triangulation using two all-sky cameras at Athabasca, Canada'. The Strong Thermal Emission Velocity Enhancement (STEVE) is a purplish westward surging arc, which become a popular topic among scientific community since 2016. In my presentation I introduced a unique campaign observation of a STEVE event in Canada in the last year. For the first time we estimate the temporal variation of STEVE altitudes in 1-min resolution by triangulation using two synchronized Nikon D610 all-sky cameras. Our result shows that the height of STEVE arc was stable at ~150-170 km for most time, while a short elevation from ~160 km to ~200 km of the STEVE arc km is also found. The altitude of the green fence structures was stable at ~110 km. The upward motion of the STEVE arc was not aligned with local magnetic field line, suggesting the existence of an $E \times B$ equatorward drift of the STEVE. We also find that STEVE arc moved closer to the 630 nm emission when it was at a higher altitude at ~200 km. I have finished the first version of the manuscript and plan to submit it soon.

In my poster presentation, I talked to about ten people and received many valuable suggestions. Some listeners commented that our estimated altitude is

consistent with some other observations and simulations. Many people also suggested to compare the triangulation between different channels of color images. Thus I plan to add some detail comparison of green and blue channels between two cameras in the future. I would like to express my sincere thank to CICR, ISEE for supporting me to join the conference. It was an wonderful experience for me to talk with researchers all over the world, advertise our work and receive valuable suggestions and inspirations.



Pic1 Lobby of the conference



Pic2 My poster presentation

<Supervisor' s name>

塩川 和夫 (SHIOKAWA Kazuo)

MAVEN 探査機搭載 IUVS による火星オーロラデータ解析のための LASP 滞在

氏名：沖山 太心

所属：東京大学 関研究室（博士課程 2 年）

滞在期間：令和 5 年 11 月 12 日～12 月 9 日

滞在先：コロラド大学ボルダー校 LASP

滞在国内：アメリカ合衆国

本海外派遣の目的は、私たちの開発した火星ディフューズオーロラモデルの結果と比較するための観測データを作成することである。火星ディフューズオーロラとは、太陽の爆発現象に由来して発生する太陽高エネルギー粒子（電子や陽子）によって引き起こされる。太陽高エネルギー粒子の到来の様な極端現象時の火星、もしくは火星の様に磁場の弱い惑星の応答を調べるためにディフューズオーロラは有用である。私たちのモデル研究では、CO₂+UVD という発光帯を調べている。しかし、火星ディフューズオーロラが顕著に見られた 2017 年 9 月のイベント時の発光時系列データは CO Cameron Bands のみで CO₂+UVD の発光時系列データは現在発表されていない (Schneider et al., 2018)。そこで、2017 年 9 月の火星ディフューズオーロライベント時の CO₂+UVD の発光時系列データを作成した。また、私たちのモデル計算では、太陽光エネルギー電子が引き起こすオーロラは、磁力線の向きが地表面に水平に近いほどオーロラ発光高度分布が広がり、高度 50-100 km の平均発光輝度が大きくなる傾向が見られている。この傾向が観測データでも見られるかも調査した。

コロラド大学ボルダー校 LASP では、MAVEN 探査機搭載の撮像紫外線分光器 (IUVS) のデータ解析の手法を学んだ。最初に、IUVS の装置特性について資料をいただき、その内容を学習した。それにより、装置データがどの様に取り、どの様にデータが保存されているか学べた。また、宇宙線など観測に支障をきたす要因などについても学べた。次に、IUVS のデータを読み込むための独自作成のプログラムをいただきデータ解析を行なった。

データ解析として最初に、高度 50-100 km の CO₂+UVD のオーロラ発光強度の平均値を求め、時系列データを作成した。その結果を図 1 に示す。これにより、モデル計算結果と比較するための観測データを作成することができた。また、この結果から特に、2017 年 9 月 13 日 17 時 11 分頃 (Outlimb 観測) の平均輝度と 2017 年 9 月 13 日 20

時 12 分頃 (Inlimb 観測) の平均輝度が短時間で増加していることがわかった。またこの期間中は、オーロラを引き起こす太陽高エネルギー粒子のフラックスは時間と共に減少している。この発光強度増加の理由を調べるため、オーロラ発光高度プロファイルを作成した。

図 2 は、2017 年 9 月 13 日 17 時 11 分頃 (Outlimb 観測) と 2017 年 9 月 13 日 20 時 12 分頃 (Inlimb 観測) の CO₂+UVD の発光高度分布を示している。この二つの高度分布の比較から、Inlimb 観測のオーロラ発光高度分布は、Outlimb 観測のオーロラ発光高度分布に比べて、広がった分布である可能性が示された。

さらに詳しく調べるために、Outlimb 観測と Inlimb 観測の観測地点を調べた。その結果、Inlimb 観測が火星地殻磁場の比較的強い場所での、Outlimb 観測では比較的地殻磁場の弱い場所でのオーロラを観測していることがわかった。

このことから、私たちのモデル計算が予測している磁力線の向きによるオーロラ発光高度分布の変動が見えている可能性がある。Outlimb 観測は火星周辺に巻き付いた太陽風磁場の影響で地面に平行に近い磁場構造をしており、オーロラ発光高度分布が広がり、Inlimb 観測は地殻磁場により磁力線が地面に垂直に近い構造をしており、オーロラ発光高度分布が狭まった可能性がある。しかし、他の要因として、装置のコンタミネーション、観測ジオメトリの変化、地球物理学的変動 (中性大気、粒子フラックス、粒子エネルギー分布、太陽光エネルギー電子と陽子の寄与の比などの変動) などが挙げられ、発光高度分布の変動を説明するためには更なる研究が必要である。

まとめとして、コロラド大学ボルダー校 LASP に滞在し、MAVEN 探査機搭載撮像紫外線分光器 IUVS のデータ解析手法について学んだ。その結果、数値モデルと比較するための観測データを作成することができた。また、私たちのモデル計算が予測しているオーロラ発光高度分布が高度方向に広がる可能性を調べることができた。また、滞

在中のセミナーや議論を通して現在執筆中の論文原稿をまとめることができた。今回の LASP 滞在中に学んだ内容を活かし、モデル研究と観測データ解析を進め火星の宇宙環境の理解を深めていきたい。

最後にこのような機会を与えてくださった国際連携研究センターの皆様、名古屋大学 ISEE の皆様、指導教員である関教授、LASP で研究をサポートくださった Schneider 教授、Jain 博士、Cessna 博士、そして支援くださった関係者の皆様に心より感謝申し上げます。



図 3: コロラド大学ボルダー校バッファロー像の前での写真

<参考文献>

- 1) Schneider, N. M., Jain, S. K., Deighan, J., Nasr, C. R., Brain, D. A., Larson, D., et al. (2018). Global aurora on Mars during the September 2017 space weather event. *Geophysical Research Letters*, 45, 7391-7398. <https://doi.org/10.1029/2018GL077772>

<指導教員>

関 華奈子

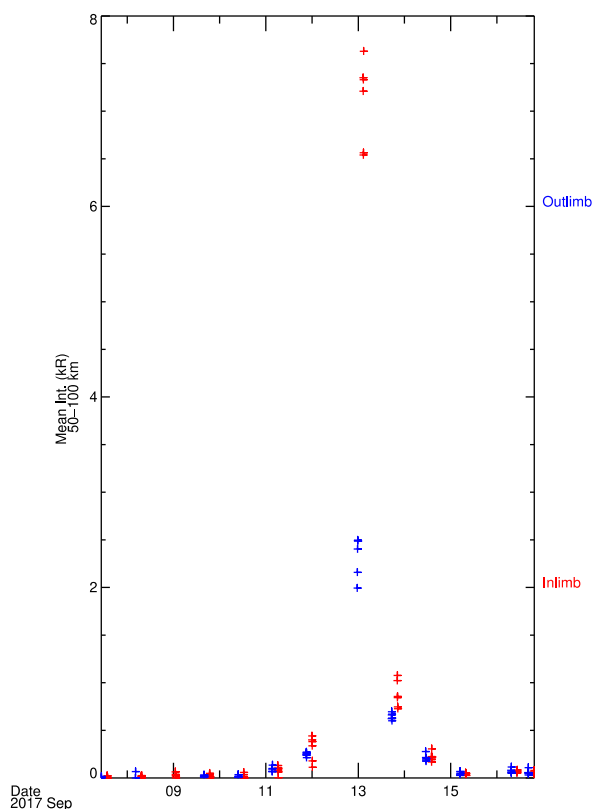


図 1: 2017 年 9 月のディフューズオーロライベントの平均発光強度プロファイル

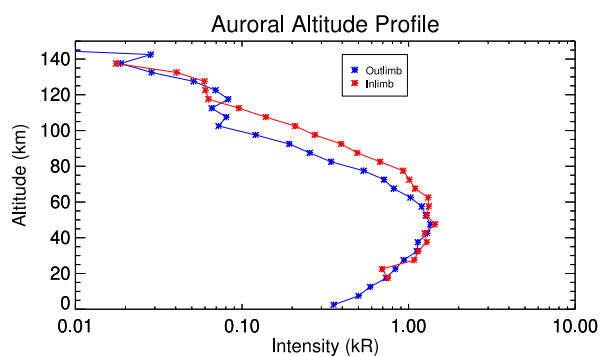


図 2: オーロラ発光高度分布