

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

42nd COSPAR Scientific Assembly 2018 (COSPAR 2018)

氏 名: 小野彰子 (奈良女子大学M2 (渡航当時))

渡航先: アメリカ・カリフォルニア

期 間: 2018年7月15日～7月22日

私は、2018年7月14日～22日にアメリカ合衆国カリフォルニア州パサデナで開催された国際会議“42nd COSPAR Scientific Assembly 2018 (COSPAR 2018)”に参加し、“Discovery of a Recombining Plasma in Sagittarius A East: A Relic of Photoionization by the Past Activity of Sagittarius A^{*}?”という講演タイトルで口頭発表を行いました。今回の渡航の目的は、大規模な国際会議で発表することにより、世界の研究者に向けて私たちの研究を直接アピールすること、今後の研究の発展のため、彼らと積極的に議論し情報収集することでした。以下に今回の渡航の主旨と、得られた成果について報告します。

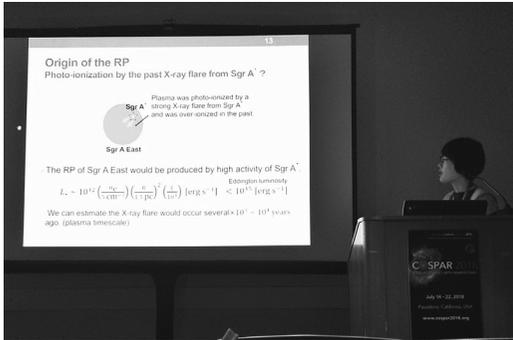
Sagittarius (Sgr) A^{*} は銀河系の中心にある超巨大質量ブラックホールであり、現在のX線光度は $\sim 10^{33-35} \text{ erg s}^{-1}$ で非常に小さいです (e.g., Baganoﬀ et al. 2001, *Nature*, 413, 45)。しかし銀河中心領域のX線反射星雲の観測から、Sgr A^{*}は過去に $\sim 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$ で明るいX線フレアを起こしたと示唆されています (e.g., Nobukawa et al. 2011, *ApJ*, 739, L52)。

このようなSgr A^{*}の過去の活動は、銀河中心領域全体に影響を与えている可能性があります。その痕跡を探ることで、銀河中心の活動史を解明することができます。

Sgr A Eastは銀河中心に位置する超新星残骸 (SNR) です。Sgr A^{*}はこのSgr A Eastの内部に位置します。もしSgr A^{*}が過去に活動的だったなら、Sgr A Eastのプラズマ進化に影響を与えている可能性があります。SNRのプラズマ進化の

シナリオとして、例えば強いX線照射源によってイオンの電離が進むと、プラズマは電離よりも再結合の頻度が高い「再結合優勢状態」(RP)になります。したがって私たちはSgr A^{*}からの強いX線フレアによって、Sgr A EastがRPを持っている可能性があると考えました。Koyama et al. (2007, *PASJ*, 59, 237)では、X線天文衛星「すざく」を用いてSgr A Eastを観測し、そのエネルギースペクトルを2温度 (~ 1.2 , $\sim 6 \text{ keV}$)の電離平衡プラズマとべき型関数モデルで再現しました。しかし $\sim 6 \text{ keV}$ という温度は普通のSNRの温度よりも高く、高階電離したH状Feイオンの存在を示します。したがってSgr A EastはRPを持っている可能性があります。この場合、He状Feの再結合連続X線 (RRC)が、 $\sim 9 \text{ keV}$ 以上に見られるはずですが、しかし先行研究では光子統計の劣る 9 keV 以上のエネルギーバンドはカットされておりRRCの有無を確かめることはできませんでした。

そこで私たちはSgr A Eastのプラズマ状態とその形成過程を明らかにするため、「すざく」を用いてSgr A Eastの 12 keV までの高統計X線スペクトルを取得し解析を行いました。その結果、 $\sim 9 \text{ keV}$ にHe状FeのRRCを発見し、Sgr A EastがRPを持つことを明らかにしました。またRPからCr, Mn輝線を見つけ、さらにRPとは起源の異なる 6.4 keV の中性Fe輝線を発見しました。RPの起源として、Sgr A^{*}の過去のX線照射によるプラズマの光電離を提案しました。この時必要なSgr A^{*}の光度は $L_X \sim 10^{42} \text{ erg s}^{-1}$ 、RPのプラズマタイムスケールは $\sim 10^4$ 年と見積もられました。したがって光電離説の場合、Sgr A^{*}は $\sim 10^4$ 年ほど前に、 $\sim 10^{42} \text{ erg s}^{-1}$ の強いX線フレアを起こしていたと考えられます。また 6.4 keV 中性Fe輝線



COSPAR 2018での口頭発表の様子

放射の起源として、Sgr A East領域にある分子雲内部の中性Feが、Sgr A*からのX線照射により光電離され、6.4 keV輝線を出すと提案しました。Sgr A*の必要な光度は $L_X(7.1-20 \text{ keV}) \sim 10^{35} \text{ erg s}^{-1}$ と見積もられました。これはSgr A*が現在の定常光度 $\sim 10^{33} \text{ erg s}^{-1}$ より明るいフレア状態の場合に説明可能です。

私が発表したセッションには、Sgr A*や銀河中心領域の研究者、超新星残骸の研究者が多数出席しており、私たちの研究成果を十分に宣伝することができたと思います。口頭発表では時間いっぱい質問を受け、その後も他の研究者と議論することができました。私たちの研究の意図が伝わり、彼らの興味を引くことができたと感じています。

特にSgr A EastのRPと6.4 keV中性Fe輝線の他の可能性のある起源について質問を受けましたが、私たちは他の可能性について議論しておらず、これらの質問に具体的に答えられませんでした。今後は他の可能性のある起源についても議論していきたいと考えています。また今後の研究の発展のため、毎日会場に足を運び、様々な分野の講演を聞いたり議論したりし、知見を深めることができました。しかし全日程を通して思い通りに英語が話せず、自身の英語能力の低さを痛感しました。今後は研究だけでなく英会話にも力を入れたいです。

最後になりましたが、今回このような国際会議へ参加するにあたり多大なご支援をしてくださった日本天文学会早川幸男基金に深く感謝申し上げます。また審査や手続きを行ってくださった関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

※発表した内容を含む研究成果は以下です。

“X-ray spectra of Sagittarius A East and diffuse X-ray background near the Galactic center”

Akiko Ono, Hideki Uchiyama, Shigeo Yamauchi, Masayoshi Nobukawa, Kumiko K. Nobukawa, Katsuji Koyama, 2019, PASJ, 71, 52

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 TIME FOR ACCRETION

氏名：大村 匠（京都大学D1（渡航当時））

渡航先：スウェーデン・シグトゥーナ

期間：2018年8月5日～8月13日

私は、2018年8月5日から10日にスウェーデンのシグトゥーナで開催された国際研究会「TIME FOR ACCRETION」に参加し、「Two-temperature MHD simulations of the jet propagation from XRBs」

という講演タイトルで口頭発表を行いました。本研究会は観測と数値計算の両分野を中心に総勢50名ほどの研究者が参加し、ブラックホール降着円盤とその活動性について最新の研究成果の報告が行われました。また、13日にはストックホルム大学にて本研究会主催者でありX線観測を行っているMagnus氏とプラズマダイナモの第一人者であるBrandenburg氏に対して私のジェット数値実

験結果を紹介・議論する貴重な場を得ることができました。

私は現在、一流体2温度近似を用いた磁気流体(MHD)計算によるジェット伝搬数値実験を行い、ジェットの輻射機構およびダイナミクスの解明を目指しています。ジェットは、中心天体の重力エネルギーの開放によって駆動する超音速のプラズマ流です。電子の相対論的溫度にまで達する高温希薄なプラズマでは、流体運動のタイムスケールよりもクーロン衝突によるイオンと電子のエネルギー緩和のタイムスケールが長くなるため、イオンと電子の溫度が異なる2溫度状態となることが知られています。通常のMHD計算では、全ガス溫度しか扱うことができません。しかし、観測量である輻射は電子が担っているため、観測と数値実験との直接比較には電子溫度の分布を知る必要があります。そこで、電子とイオンはそれぞれ独立エネルギーを持つが、プラズマのバルク速度はイオンが担うと近似する一流体2溫度近似を用いることで、電子溫度を直接計算することを目指しています。今回の発表では、初期条件としてイオン溫度と電子溫度が等温なジェットからでも、ジェット伝搬時に形成される衝撃波によって溫度が乖離するためジェット伝搬計算にお

いても2溫度を考慮した数値実験が重要であることを示しました。また、衝撃波によるエネルギー散逸によって加熱されたイオンから電子へとエネルギーが供給されることで、より長時間の輻射が可能となることがわかりました。初めての海外での発表で緊張し拙い英語発表となってしまいましたが、皆さん熱心に聞いてくださり、数多くの質問をもらうことができました。今回の研究会は、自身の研究を世界に向けて発信する非常に貴重な場となりました。

研究会には、ブラックホール降着円盤における2溫度MHD数値実験の先駆者の一人であるTchekhovskoy氏も参加され、研究結果について直接議論できる非常に良い機会となりました。私の現在のコードには、電子溫度は断熱変化およびソース項によるエネルギー流入・流出での溫度変化しか仮定していません。しかし、彼らはミクロな物理に起因する磁気乱流内での電子とイオン加熱を粒子計算の結果を用いて導入しており、私の現在の計算コードにも、衝撃波での電子加熱を、粒子計算を基に取り入れる必要性があると感じました。

8月13日にはストックホルム大学にて、研究会主催者であるMagnus氏からBrandenburg氏、山



TIME FOR ACCRETIONの参加者との集合写真。

田真也氏そして指導教員である町田真美氏と私の研究について議論する場を与えていただきました。そこでは、ジェットのコクーンにできる低密度高温な渦状のスポットの生成起源について、Brandenburg氏に意見を伺いました。その際に、低密度高温な領域では流体粘性の効果が卓越するため、散逸性MHD計算を行う必要があるとご指摘いただきました。また、Magnus氏や山田氏からは、数値計算の結果の解釈についてX線観測の側面から非常に役立つ意見をもらうことができ、現在の研究での不足面が浮き彫りになりました。英語で議論する難しさを痛感しましたが、非常に密度の濃い有意義な時間を過ごすことができました。

スウェーデンのシグトゥーナは、アーランダ空

港からバスで20分ほどのところに位置する、現存するスウェーデン最古の町でした。8月初旬だったため気温は25度前後で日照時間も長く快適な気候で、5日間にわたる研究会に集中して参加することができました。また、13日に訪れたストックホルム大学のラボも北欧らしく非常に洗練されたデザインで、研究に没頭できる最高の環境であると感じました。今回の渡航を経て、海外での研究に対して非常に好印象を持つことができました。

以上のように、今回の渡航は今後の研究を進める上で非常に役立つ貴重な経験となりました。最後になりましたが、この様な素晴らしい機会を与えてくださった日本天文学会および早川幸男基金関係者の皆様に心よりお礼申し上げます。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 *The 45th Annual European Meeting on Atmospheric Studies by Optical Methods*

氏名：大澤 亮(東京大学特任助教(渡航当時))
渡航先：スウェーデン・キルナ
期間：2018年8月26日～8月31日

2018年8月26日、連日35度を超える酷暑の東京をへち、ドバイを経由してスウェーデンのキルナに到着した。夕方だったこともあり到着時の気温は10度を下回っていた。同じ惑星であっても緯度が変わると気候が変わるのだということをこれほど実感したことはない。キルナは北緯68度にあり、スウェーデンの中でも最も北に位置する市である。街外れには煌々と輝く巨大な鉱山があり毎晩深夜1時頃になると爆薬の起爆音が聞こえてくる。

街の経済はこの鉱山によって支えられており、街の至るところで鉱山を運営する企業の面影を見ることができる。観光業にも力を入れており、冬期にはオーロラを見るために多くの観光客が訪れ

る場所でもある(図1)。

今回私は研究会“The 45th Annual European Meeting on Atmospheric Studies by Optical Methods”にて“Optical Observations of Faint Meteors with a Wide-field CMOS Camera Tomo-e Gozen”というタイトルで講演するため、キルナにあるInstitutet för rymdfysik (IRF)を訪問した。名前の通り45回目を迎える歴史ある研究会であり、オーロラや夜光雲などの大気中で発生する現象の光学的観測をテーマとしている。キルナでのAnnual Meetingの開催は1993年に開催された第19回ぶりである。キルナにはEuropean Incoherent Scatter Scientific Association (EISCAT)と呼ばれるレーダシステムのアンテナの1つが設置されており、IRFはレーダによるオーロラ研究の中心地と言える場所である。近年では後継となるレーダ施設としてEISCAT 3Dというプロジェクトが動き始めている。レーダによる観測



図1 8月31日にキルナ市街地で観測したオーロラ。肉眼でもはっきりと確認できた。特に太陽活動が活発な時期ではなかったのでも運が良かった。

と光学観測のコラボレーションは重要なトピックの1つとなっている。セッションのテーマはオーロラ、エアロゾル、雲、夜光雲、流星、雷、OH夜光など多岐にわたった(図2)。

私は東京大学大学院天文学教育研究センター木曾観測所にて105 cm シュミット望遠鏡に搭載される次世代広視野CMOSカメラ Tomo-e Gozen の開発に携わっている。このカメラは84枚の2k×1k CMOSイメージセンサを搭載し、20平方度の領域を最速2 Hzで撮ることができる。105 cm シュミット望遠鏡+Tomo-e Gozen は言わば世界最大のビデオカメラであり、高いサーベイ効率と時間分解能を両立するユニークな観測装置となっている。これまでCMOSイメージセンサを8枚搭載した試験機の開発を経て、2018年2月より21枚のCMOSイメージセンサを搭載した状態で観測運用を開始している。高い時間分解能で観測すると、これまで長時間露光によって埋もれていたものが浮かび上がってくる。Tomo-e Gozen はスペースデブリや地球接近小惑星などの高速で移動する光源の運動を捉えることに秀でている。

高速で移動する光源の最たる例が流星である。

地球には惑星間空間に存在するダストが年間数万トン降り注いでいると言われている。こうしたダストの一部は地球大気との相互作用で流星となる。流星の光度分布やスペクトルを調べることで、太陽系内に存在するダストのサイズ分布や組成を知ることができる。Tomo-e Gozenではおよそ12等級までの暗い流星を捉えることができる能力を持っている。2015年4月にはTomo-e Gozen 試験機を用いて観測をおこない、一晩に1,500件を超える流星を検出することに成功した。最も暗い流星はおよそ11.5等級だった。先行研究では流星の光度分布関数はsingle power-lawで近似できると報告されている。今回の観測では散在流星の光度関数は明るいものから+10等級に達するまで同じ傾きで続いていることを確認した。木曾シュミット望遠鏡の広視野とTomo-e Gozenの動画観測によって、微光流星の活動を定常的に調べることが可能になった。最終的にこの研究結果はPlanetary and Space Science誌において出版された^{*1}。講演ではこの内容に加えて、日本大学の阿部新助氏、IRFのJohan Kero氏と共に進めている京都大学MUレーダとTomo-e Gozenによる微光流星の同時観測計画について発表した。研究会参加者の中に流星を専門に研究してい



図2 IRFで撮影した研究会のグループフォト。ヨーロッパだけでなくロシアや日本からの参加者も多く、幅広い分野の話題で賑わった。

^{*1} Ohsawa, et al., 2019. Luminosity function of faint sporadic meteors measured with a wide-field CMOS mosaic camera Tomo-e PM. Planetary and Space Science 165, 281-292. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2018.09.006>

る人の数はさほど多くなかったが、さまざまな分野の方に1 m級の望遠鏡で空を見ることで何が見えてくるのかについて興味を持ってもらえたと感じている。

今回の研究会では個人的に馴染みの薄い現象に関する発表が多かった。常識の違いに戸惑った部分もあったが、こうした現象の裏にどのような物理があるのか、また、こうした現象が気象構造・

運動の理解にどのように役立っているのかを知ることができたのはとても良い機会となった。今回の経験を糧にして今後の研究活動に活かしていきたい。Tomo-e Gozenという新しい装置の立ち上げ、観測、解析に力を貸していただいた共同研究者のみなさま、研究会に呼んでくださった Johan Kero氏、そして渡航の援助をしてくださった日本天文学会早川幸男基金に深く感謝申し上げます。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 *ESO Workshop: A revolution in stellar physics with Gaia and large surveys*

氏 名: ジェン ミンジェ (Jian Mingjie) (東京大学D1 (渡航当時))

渡航先: ポーランド・ワルシャワ

期 間: 2018年8月31日~9月10日

I am grateful to the Hayakawa Fund which supported me in attending the ESO workshop “A revolution in stellar physics with Gaia and large surveys” held in Warsaw, Poland. I presented a poster titled “Line-depth ratios as indicators of stellar parameters in near-infrared high-resolution spectra” in the workshop and had meaningful discussions with many researchers.

This ESO workshop is closely related to a recently developing field: the structure and evolution of our Milky Way. The 5D information of more than 1.3 billion stars (positions, parallaxes and proper motions) with unprecedented accuracy along with stellar parameters become available for the first time with the release of Gaia DR2 catalog. Such a large amount of data is bringing an evolutionary development to many aspects in astrophysics such as stellar evolution, stellar atmosphere modelling, spectral synthesis and galactic archaeology. Here I explain the poster I pre-

sented and report some highlighted topics that I learned in the workshop about the estimation of stellar parameters.

Stellar parameters are basic quantities that characterize a star. They include the information about how hot (effective temperature), how large (radius), and how heavy (mass) a star is, together with its composition (metallicity and chemical abundance ratios). It is essential to determine these parameters using algorithms that can be easily applied to large data sets, e.g., the catalogs from the Gaia mission.

The main focus of my poster was calibrating the effective temperature T_{eff} using the depth-ratios of atomic lines (LDRs) in 0.97–1.32 μm . LDRs are very sensitive to effective temperature because the atomic lines react differently to temperature variation, depending on their excitation potential. However, LDRs are also affected by metallicity and surface gravity. As the amount of infrared spectroscopic observation increases, these effects on infrared spectral lines need to be quantified for precise estimation on the effective temperature. The metallicity and gravity effects on LDR relations are detected and confirmed using WI-

NERED spectra of around 200 stars. For the line pairs with significant metallicity effect, LDRs of high-metal stars tend to be closer to 1. For those showing gravity effect, the LDR of dwarfs is larger than that of giants or supergiants at a given temperature. We found that line saturation and differences in the line ionization situation are the reasons for metallicity and gravity effects, respectively. Using the line pairs with the same element may reduce these effects, but one may instead use the parameter-dependent LDRs to provide constraints on these parameters.

I noticed a similar study on LDR by Sara Mancino when I was introducing my poster. She calibrated the LDR- T_{eff} relation using the synthetic spectra covering the temperature range of 4000 to 6000K. The effective temperature derived from the LDR relations is over-estimated in $T_{\text{eff}} < 4500$ K and under-estimated in $T_{\text{eff}} > 5500$ K. This trend is consistent with the result in our study (Jian, Matsunaga & Fukue, 2019, MNRAS, 485, 1310), but the bias of our relations is smaller. This consistency may indicate that the line-pairs suitable for temperature estimation is different in the low- and high-temperature end. Stellar rotation may also alter the LDRs. Though rotation broadens the spectral line, as long as the broadening reduces the line depths by the same degree, this effect is secondary compared to the metallicity and gravity effects.

Estimation on stellar radius is better calibrated by combining parallaxes measurement from Gaia and precise brightness measurement from the Kepler mission. The radius estimated using Gaia DR1 data for subgiants (~ 1.5 – 3 solar radius) was 5% larger than that estimated from asteroseismology method. This bias is independent of the distance prior, reddening or the adopted temperature scales.

Later a similar test was done using Gaia DR2 data, and the 5% offset is largely reduced, suggesting that at least part of this offset is caused by an incomplete understanding of the Gaia parallax systematics in DR1. Using the Gaia DR2 data with a higher quality compared with DR1, Andres Moya developed a method on estimation of stellar masses and radii. Dozens of relations between various stellar parameters (effective temperature, surface gravity, metallicity, luminosity and density) determined by Gaia and mass as well as radii determined from asteroseismology method or from binary star are calibrated. The relative accuracies and precisions are less than 10%.

The power of the Gaia data is revealed by the presentations in this workshop and the enormous papers published since its data is available to the community. This data, combining with those obtained in the high-resolution spectroscopic surveys, shed light on the chemodynamic history of our Milky Way. Although there are a few spectroscopic surveys in progress, the coverage in wavelength, especially in the wavelengths other than optical, is far from sufficient. It is important to develop methods for estimating stellar parameters for spectrographs in the near-infrared, such as that for WINERED. The observations in this wavelength will provide important information for the stars which are difficult to be observed in the optical region, e.g., those located in the bulge.

早川幸男基金のご支援を賜り、「Gaia衛星および大規模探査が恒星物理学にもたらす革命」と題された国際研究会に参加いたしました。「近赤外線高分散分光スペクトルに現れる吸収線の強度比を用いた恒星物理量の測定」に関するポスター発表を行い、他の参加者とも多くの議論を行うことが出来ました。研究会では、恒星物理学に対して

Gaia Data Release 2がいかに大きな影響をもたらしているかを示すような講演が数多くありましたが、Gaiaのデータを補完するような高分散分光

スペクトル（特に近赤外線におけるもの）を用いる研究がさらに必要であると感じました。

日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書 5th LOFAR data processing school 2018

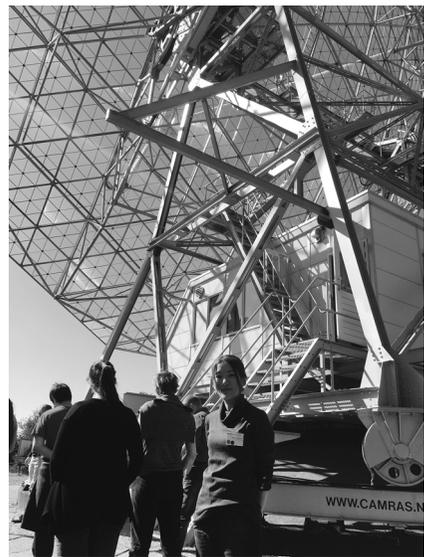
氏 名：酒見はる香（九州大学D1（渡航当時））
渡航先：オランダ・ドウィングロープ、ナイメー
ヘン
期 間：2018年9月15日～9月27日

私は2018年9月17日から21日に開催された5th LOFAR data processing school 2018に参加しました。また、9月24、25日はRadboud UniversityのMarijke Haverkorn氏を訪問し、自身の研究に関するセミナーを行いました。

LOFARはASTRONが運用する低周波電波干渉計で、ヨーロッパ中に51の基地局を持ち、10-90 MHzと110-250 MHzでの観測を行います。低周波電波観測装置の中ではトップレベルの空間分解能、時間分解能を持ち、宇宙磁場研究や太陽活動の観測、パルサーの探索などをキーサイエンスとしています。今回のサマースクールは、LOFARでの観測の特質や、LOFARデータのキャリブレーションやイメージングを行うパイプラインの中身を正確に理解し、有効にLOFARを活用できる人材を育成することを目的に行われました。

内容は講義と実習からなり、実習では二人一組で実際にLOFARの観測データを用いて、キャリブレーションとイメージングを行いました。私はこれまでにAIPSやCASAを用いて電波干渉計のデータを解析した経験がありましたが、マニュアル通りにコマンドを実行することが多く、その中身を深くは理解していませんでした。今回のサマースクールでは、干渉計の基礎から解析の中身まで丁寧に説明がありました。特に、キャリブレーション

ンについての説明は詳細に複数回に分けて行われました。中でもDirection dependent calibrationに関する講義と実習が最も興味深かったです。LOFARは低周波の電波を観測するため、電離層の変動の影響を受けやすいという問題があります。また、LOFARは地面に固定されたダイポールやタイルから成る干渉計であるため、時間とともにビームの形が変わってしまいます。これらの影響を較正しイメージングするためのFactorというツールについて学びました。Factorは、まず対象天体と較正天体を含む領域を、これらの天体を横切らないように面で領域分けします。そして較正天体を含む領域内で、較正天体に対してセルフキャリブレーションを実行します。この操作を



ASTRON敷地内にあるThe Dwingelo Radio Telescope

対象天体周辺のできるだけ多くの較正天体に対して行いモデルを構築し、対象天体に対して適用します。さらにFactorはイメージングまで行います。この時、主ビームの効果を補正するためにモザイクイメージを作成します。私はこのFactorでどのように領域分けが行われるのかなど、パイプラインの中身に非常に興味を持ちました。また、オーストラリアのThe Murchinson Widefield Array (MWA) などの他の低周波電波干渉計では同様の問題をどのように解消しているのかを調べる必要があると考えています。

9月24日にはRadboud UniversityのMarijke Haverkorn氏を訪問し、研究に関するディスカッションをしました。私は現在、宇宙ジェット先端領域の磁場構造を解明することを目標にしています。特に、磁場構造解析手法の1つであるファラデーモグラフィを用いて、マイクロエーサーSS433から噴出するジェットの先端が到達していると考えられている、星雲W50の東端領域の解析を行っています (Sakemi et al. 2018)。以前よりファラデーモグラフィを用いた解析研

究をされているHaverkorn氏とのディスカッションは、非常に有意義なものとなりました。特に、W50東端領域に巻き付くように存在しているらせん状構造のファラデーモグラフィの結果についてMarijke氏から新たな解釈の仕方を提示され、さらなる検証の余地があることに気がつくことができ、研究を進める上での新たな方向性を開拓することとなりました。25日には自身の研究に関するセミナーを行いました。セミナー後はRadboud Universityの研究者の方々と密なディスカッションができました。解析に使用する観測データの周波数帯域や、ファラデーモグラフィに用いるモデル関数の選択基準など、これから考えなくてはならない課題が明確になりました。

今回の渡航を通して、電波干渉計データの解析に関する重要な基礎を学ぶことができ、また低周波電波観測をどのように自身の研究に取り込んでいくかのビジョンを明瞭にすることができました。このような大変有意義な機会をご支援いただいた、日本天文学会および早川幸男基金の関係者の皆様に感謝申し上げます。