

# 日本天文学会早川幸男基金による渡航報告書

## LOFAR MKSP Annual Meeting and Busy Days

氏名：酒見はる香（九州大学D2（渡航当時））  
 渡航先：ドイツ・ポーフム  
 期間：2019年9月22日～29日

私は9月23日から27日にかけて行われた国際研究会“LOFAR MKSP Annual Meeting and Busy Days”に参加しました。LOFARはオランダ電波天文学研究所ASTRONが運用する低周波数電波干渉計で、ヨーロッパに51の基地局を持ち、10–90 MHz, 110–250 MHzでの観測を行います。本研究会は、LOFARのキーサイエンスプロジェクトの1つである宇宙磁場の研究チームにより開催されました。

私は系内X線連星ジェットに付随する磁場の詳細構造やエネルギー分布を明らかにするために、電波干渉計を用いた偏波観測のデータ解析を行っています。特に、近年活発に開発研究が行われているファラデートモグラフィという偏波解析手法を用いています。

これは、従来の偏波解析手法では分離することのできなかった視線方向に縮退した偏波情報を、フーリエ変換によって変換後のパラメータ空間で分離して得るという手法です。LOFARの磁場研究チームにはこの手法の開発を専門に行っているグループがあります。

そこで、自身の解析結果を口頭発表にて紹介し、ファラデートモグラフィの専門家の方と直接議論することで、今後どのように研究を発展させるかを検討するというのが今回の渡航目的の1つです。また、LOFARのような低周波帯域では、ファラデー回転に伴う偏波解消の影響を受けやすいという問題があります。特に我々が対象とするような系内の天体の場合、天の川銀河のディスクに付随するガスやプラズマ領域によってより

偏波解消が起こりやすいため、低周波での偏波観測が困難です。そこで今回の渡航でLOFARの磁場研究チームがどのように低周波帯域の観測データを用いて磁場の情報を得ているのかを調査する必要があると考えました。

今回研究会に参加して私が最も驚いたのは、LOFARの広い観測範囲と空間分解能でした。LOFARはオランダ北東部の半径2 km以内にアンテナを密集させたCore Stations, アムステルダムやズウォレなどオランダ内のCoreから離れた地域にアンテナを配置したRemote Stations, そしてドイツやイギリスなど近隣のヨーロッパ諸国に配置したstationsから成ります。使用するstationの範囲を変えることで、個々の観測に応じた視野や分解能を実現することが可能です。本研究会では、150 MHzでの北天のサーベイプロジェクトであるThe LOFAR Two-metre Sky Survey (LoTSS)の最新の結果のうち、オランダ内のstationの観測データを用いたイメージング結果の報告が複数なされていました。最高分解角は6秒角で、視野内ではほぼ点源に見えるAGNのローブ構造までもが詳細に分解されている様子には目を見張るものがありました。ただしこのように離れたstationを用いた観測の場合、各stationのビーム形状の時間変化や電離層の違いを正確に校正するのが難しいということが知られています。そこで開発された校正手法がdirection dependent facet calibration (DD-Facet, van Weeren et al. 2016)です。これは視野内の複数の明るい点源を中心として視野を分割し、分割された各面 (facet) 内でself-calibrationを行うというものです。この校正手法はLOFARデータ解析のパイプラインに組み込まれており、いくつかの講演を聞いた限りでは非常に上手く機能している印象でした。しかし、Busy

DaysではこのDD-Facetの問題点について活発に議論が行われていました。銀河面など天体が多く存在する方向のイメージングでの適用が難しい、facetごとにノイズレベルが異なる結果が得られるなどの検討すべき点が残されているということでした。Busy Daysに参加することにより、解析チームに参加することで得られる情報量の違いを目の当たりにしました。

また、当初の目的通りファラデートモグラフィ解析について専門家の方と議論をさせていただきました。その中で、ファラデートモグラフィ解析において今後解決しなければならない問題について学びました。具体的には、偏波情報をフーリエ変換したパラメータ空間内で偽のシグナルが発生するという問題です。特に偏波のinstrumental leakageの影響を受け、ファラデー深度（熱的電子数密度と視線方向磁場強度の積を放射領域までの距離で積分した量）=0付近にシグナルが出やすいということです。観測領域によっては、このシグナルと天の川銀河の前景放射によるシグナルとの区別が困難となります。現在はファラデートモグラフィの研究開発班が原因を究明中であり、日本人研究者の方も参画されています。

さらに偏波解消の影響についても専門家の方のお話を伺うことができました。結論として、天体

が多く存在し偏波解消の影響が大きい領域や、偏波強度の低い天体の観測は低周波帯では困難であるため、偏波の直接観測には不向きであるということがわかりました。ただし、どの周波数帯から偏波解消が起り始めるかという情報は、前景やターゲット天体の3次元的構造を理解するために必要となるので、低周波を含む広帯域での偏波観測が重要であるということ学びました。

研究会の懇親会は、大学構内に現存する伝統的な農家の建造物を改装したレストランで行われ、ルール地方の伝統文化に触れることができました。驚いたのは、ドイツと言われて連想するような大ジョッキのビールや大きなウィナーはこの地域ではあまりメジャーではなく、むしろ細身のグラスビールで、ウィナーも細かく切られて味付けがされているようなものでした。広い国土を持つ国なので各地域で異なる文化を持つのだという、少し考えれば当然であることに気付かされ、様々な国で多様な文化に触れることの大切さをこのようなところでも学ぶことができ、大変貴重な時間でした。

今回の渡航を通して、今後の研究の方針を決定する重要な知見を得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、日本天文学会及び早川幸男基金の関係者の皆様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 *The Future of X-ray Timing*

氏 名：丹波翼（東京大学M2（渡航当時））

渡航先：オランダ・アムステルダム

期 間：2019年10月20日～26日

私は、2019年10月21日から25日にかけてオランダのアムステルダムで行われた “The Future

of X-ray Timing” に、早川基金の援助を受けて参加した。この国際会議は、X線タイミング解析の世界的な研究者である Michiel van der Klis 教授の退官を記念して開催され、120人以上のX線天文学の研究者、特にタイミング解析に特化した人たちが集まり、シングルセッションを5日間か

けて行う非常に密度の濃い会議であった。私は、マグネターの硬X線の短時間変動について、“The hard-tail properties of the magnetar SGR 1900+14 unveiled by NuSTAR and XMM-Newton observations” というタイトルで15分間の口頭発表を行った。

マグネターは、 $10^{14}$  G以上という宇宙で最も強い磁場を実現する中性子星パルサーであり、磁気エネルギーを解放してX線を放射すると考えられている。本講演は、マグネターの広帯域X線観測の解析結果について報告したものである。マグネターのスペクトルは典型的に、黒体放射とハードな非熱的成分からなり、非熱的成分の起源はいまだに明らかになっていない。先行研究では、系統解析から強磁場を持つマグネターほどソフトなスペクトルを持つという傾向がわかっており、強磁場ほど光子分裂が激しく起こって低エネルギー側に光子がたまりやすいことから、ハードテイルの起源が超強磁場中で起こる光子分裂である可能性が指摘されていた。本研究は、SGR 1900+14という若いマグネターに焦点を当て、1–80 keVにわたって複数の衛星で同時広帯域観測した結果を解析し、天体のスペクトルを過去最高の精度で決定した上で、自転位相とスペクトル変化の関係を詳細に調べた。その結果、自転周期変動のうち天体の明るさが明るい位相では非熱的成分のスペクトルがソフトになるのに対し、暗い位相ではスペクトルがハードになるという傾向を発見した。これは、天体が明るい自転位相では磁場の強い磁極付近の放射を見ていると考え、複数のマグネターを系統解析した先行研究の解析結果と一致しており、それを1天体のスペクトル解析だけで初めて示した結果である。講演では、この結果が強磁場中での光子分裂がマグネターの非熱的放射の起源である可能性を支持することにも触れた。

本会議では、マグネターに関する発表が少な

かったこともあり、発表内容には多くの研究者から興味を持っていただいた。特に質疑応答では、Wim Hermsen氏から「光子分裂が黒体放射成分に及ぼす影響はないのか」という鋭い質問もいただいた。発表終了後にも時間を割いて質問内容について議論していただき、明確な答えは出なかったものの、今後の解析や放射モデルの構築に役立てることができる有意義な意見をいただいた。Michel van der Klis教授の退官記念パーティーの席でも、Pavel Abolmasov氏に研究内容について興味を持っていただき、研究の新規性について説明させていただくとともに、相手の研究内容である中性子星のキロヘルツQPO (quasi-periodic oscillation) のシミュレーションの話詳しく聞くことができた。

私自身は時間変動を通したスペクトル解析という研究成果でこの会議に参加したが、会議そのものは、“The Future of X-ray Timing” という名前の通り、タイミング解析に特化した発表が大多数を占めていた。特に、X線連星のQPOに関する発表が非常に多く、今まであまり触れたことのない話ばかりで、非常に興味を惹かれた。中でも、アメリカのNICERやヨーロッパのRXTEといったタイミング情報の取得に特化したX線衛星を用いた解析結果を紹介している研究が多く、日本での研究生活ではあまり関わることのない研究内容の方々の話を聞くことができた。ちょうど私自身もNICERの観測データを解析してみたいと思案しており、他の研究者たちの講演は大きな刺激になるとともに、これから行おうとしているマグネターの時間解析により興味を持つきっかけとなった。

最後に、自らの研究結果を発表するとともに、今後の研究生活の糧となる刺激を手に入れる機会を与えてくださった早川幸男基金に深く感謝を申し上げます。