

日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2015年12月10日採択

申請者氏名	井上 茂樹 (会員番号 5025)
連絡先住所	〒 91904 Racah Institute of Physics, The Hebrew University of Jerusalem, Giv'at Ram, Jerusalem, Israel
所属機関	エルサレム・ヘブライ大学
職あるいは学年	研究員
任期 (再任昇格条件)	3年 (再任不可)
渡航目的	共同研究
講演・観測・研究題目	Made-to-measure modelling for high-redshift massive compact galaxies / Non-linear violent disc instability with high Toomre Q in high-redshift clumpy disc galaxies
渡航先 (期間)	英国およびドイツ (2016年1月12日~1月21日)

私は今回の日本天文学会早川幸男基金による助成を受け、2016年1月12日から同月21日までの日程で、英国ユニヴァーシティ・カレッジ・ロンドンの付属施設であるマラード宇宙科学研究所 (MSSL)、並びにドイツのルートヴィヒ・マクシミリアン大学ミュンヘン (LMU) の2か国2か所を続けて訪ね、それぞれにおいて私が今後進める研究について、議論と綿密な研究打ち合わせを行いました。また同時に、それぞれの滞在先でセミナー講演を行ってきました。

最初の滞在先である MSSL は、私のかつての所属機関でもあります。今もなお研究の面において MSSL との繋がりが絶えず続いており、今も私にとっては大切な場所であり続けています。今回のここでの滞在は、1月12日から15日までの4日間という短いものでしたが、MSSL で Reader として勤務している河田大介氏を訪問し、私がかねてから考えてきたアイデアである、Made-to-Measure (M2M 法) を発展させた新たな手法の開発に關しての研究打ち合わせを行ってきました。M2M 法とは、 N 体粒子による銀河モデルの構築を行う手法であり、最初に仮定した初期条件から N 体粒子系 (モデル) の軌道計算を行いながら、モデルを構築したい銀河 (ターゲット) の観測値との比較を行い、モデルとターゲットの相違に応じて N 体粒子の質量を増減させることで最終的にターゲットと同じ性質を持つ N 体粒子系を作るという手法です。河田氏はこれまで、彼の学生と共にこの M2M 法を発展させ、欧州の位置天文学衛星である Gaia で得られる、星の3次元位置と速度を (つまり粒子的な観測データを) 直接 M2M 法に取り込み、天の川銀河のモデル化に最適化された M2M 法を開発するなどの実績があります。

私は今回、M2M 法とマルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC 法) を組み合わせた方法を開発できないか、というアイデアを持ち込み、その実現可能性や有用性について議論しました。従来の M2M 法は、ターゲットとする銀河の星の分布や視線方向速度などの観測可能量をモデルへの制限量とし、実際の銀河の星系をモデル化するために使われてきましたが、暗黒物質の分布など、観測不可能なものに関しては仮定して計算を実行するしかあ

りませんでした。しかし、こうした観測不可能な物理量の仮定が間違っていれば、もちろん結果として得られる M2M 法のモデルも正確ではなくなってきました。M2M 法ではモデルとターゲットの一致性 (χ^2) を常に計算しながら実行されますが、モデル化が正確ではない場合は収束した χ^2 は大きな値になってしまいます。私の新しいアイデアは、この χ^2 を MCMC 法の中の尤度計算に用い、MCMC 計算の中で M2M 法の計算を繰り返すことで、最小の χ^2 を与える観測不可能量の仮定値を探すというものでした。河田氏との議論の結果、矮小銀河の暗黒物質の 3 次元構造の解明に向けて、局所銀河群内の矮小銀河のモデリングを行うことなどが決まりました。MSSL に訪問する前の私の元々のアイデアは、かなり詰め甘い部分があり、河田氏との議論を進めていくにつれて、大きく形を変えていきましたが、M2M 法と MCMC 法を組み合わせるというアイデアの根本部分には強く興味を持ってもらえたらしく、非常に協力的に多くの提案をいただきました。今後、河田氏との共同研究という形でこの研究計画を推進していきます。

次の滞在先である LMU は週明けの 18 日～21 日の期間で滞在しました。LMU はミュンヘンの郊外にある、多数の大学が密集した学術地域の中に本部を置いており、LMU の研究者の多くも同じく学術地区に在する Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics (MPE) などに居室を持ち研究を行っています。その関係もあり、私も MPE のセミナーの時間に講演をする機会を得ることが出来ました。MPE を始め、このミュンヘンの学術地区にある研究施設はどれも世界的に有名な組織であり、非常に多くの研究者が集まる場所でもあります。そこでセミナー講演の機会を得たことは、研究成果の発表の場としてはとても良かったのではないかと思います。

共同研究に関しては、LMU の教授である Andreas Burkert 氏や彼のグループに所属する学生やポスドクと議論する機会を得ることができました。私がこれまで行った、形成期円盤銀河の力学不安定性の研究について議論し、研究の次のステップとして何を行うべきかについて深く意見交換し、非常にたくさんのアイデアをいただきました。私はこれまでの円盤力学不安定の研究では宇宙論的銀河形成シミュレーションのデータを用いて解析を行っていたが、宇宙論的シミュレーションであるがゆえの複雑さから、次の手の打ち方に迷っていましたが、シェアリングボックスシミュレーションという、局所化された円盤を再現するシミュレーションに切り替えて、基礎物理的な理解を追求するという方針が示されました。

LMU では非常に近く関連した研究を行っているという関係上、Burkert 氏の学生とも大いに議論する時間を持つことが出来ました。研究室全体の雰囲気も非常に良く、セミナー講演のあとはディナーも催してくれるなど、思っていた以上に歓待していただきました。Burkert 氏も忙しい立場にも関わらず、空いている時間はほとんど私との議論の時間に費やしてくださり、またディナーにもわざわざ出席してくれるなど、人間関係的にもより密接な関係が構築できたと思います。今後、このシェアリングボックスシミュレーションも、LMU との共同研究として推進していきたいと思います。

最後になりましたが、今回の渡航に対する日本天文学会早川幸男基金からのご支援に深く感謝いたします。また、助成の際の様々な手続きをしていただいた関係者の皆様、審査を行ってくださった同基金の選考委員会の皆様にも厚く御礼申し上げます。