

# 日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書

## *Physical Processes in the ISM*

氏 名—井上剛志（青山学院大学助教）

渡航先—ドイツ

期 間—2013年10月20日-26日

表記期間にドイツ・ミュンヘン地方の町ガルフィンにあるマックス-プランク研究所（Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics）で行われた国際会議「Physical Processes in the ISM」（web page: <http://www.ism-spp.de/conferences/ismsspcon2013/index.htm>）に早川幸男基金を利用して参加した。会議のタイトルどおり、星間媒質（ISM）に関するあらゆる分野についての研究発表と議論がなされた比較的大規模な国際会議であった。私はISMにおける分子雲の形成過程から、その中で起きる星形成、また星の死が引き起こす超新星爆発によって形成される超新星残骸といった幅広い分野を専門としている。それは私が、個別の天体現象というよりは星間媒質で発生する一般的な物理過程に興味をもっているからであるが、今回の会議は私のような研究者にとっては非常に有意義でありすべてのセッションから目が離せないものとなった。

私自身は宇宙線と星間媒質の相互作用をテーマとしたセッションで「Cosmic Rays and Their Impacts on the ISM」というタイトルで招待講演を依頼された。与えられた時間は40分と長かったので、ここぞとばかりに私がこれまで行ってきた現実的ISMにおける超新星残骸形成の理論とシミュレーション、また名古屋大学のNANTENグループと協力して行っている観測的検証に関する研究成果のほとんどを話してきた。伝統的には超新星残骸やそこでの粒子加速に関する研究は衝撃波における無衝突プラズマの物理が中心であり、ISMの本質である媒質の非一様構造やそれら

が衝撃波のダイナミクスに与える影響はこれまで簡単のために無視されてきた。しかしながら、微視的なプラズマの物理では表現できない非一様構造や、従来のようにISMが一様と考えると多波長の観測を同時に説明できないといった問題が近年認識され始めている。そこで私は分子雲の存在や乱流を起源とするISMの非一様な密度構造が、衝撃波のマクロなダイナミクスと放射機構を大きく変え、多波長の観測を無矛盾に理解できるという研究成果を強く主張してきた。

星間媒質の現実的構造は主に星形成や銀河を研究対象とする研究者のフィールドであり、超新星残骸の研究者はそれらに無頓着な場合が多い。逆に星や銀河の研究者は超新星残骸での粒子加速や高エネルギーの放射過程に関心が薄い。私の研究はそれら二つの分野をつなぐことで初めて可能になるものである。例えば私が講演の前半部分で主題とした「超新星衝撃波と分子雲の相互作用」は、星形成分野ではそれなりに古くから研究されてきた部分もあったが、そこで調べられた物理過程が若い超新星残骸から発せられている非熱的X線やガンマ線の放射機構にまで影響していることは多くの研究者に驚きを与えたようである。セッション中に隣の席に座っていた星形成の理論研究の大家であるM.-M. MacLowからは講演後に「昔衝撃波と分子雲の相互作用プロセスを星形成の観点から調べたことがあったが、高エネルギー天体の研究にまで応用できるとは思わなかった。個別の知識が一つにつながる非常に楽しい講演だった。」との感想をいただくことができた。また私の後に同じセッションで講演した研究者の何人かと雑談中に、私の論文が彼らの研究のスタート地点になっているという趣旨の発言を受けることができ非常に光栄であった。私の講演をきっか

けとして高エネルギー天体现象と星形成分野の境界領域に関する研究が今後より盛んになることを期待したい。

最初に述べたように私は分野を限らずISM全般に関する研究を行っている。特に分子雲の形成過程と星形成の初期条件に関する研究は現在でも力を入れて進めているが、P. Hennebelleが行った分子雲形成分野のレビュー講演では私の研究成果を大きく取り上げてもらうことができた。特に私が論文で示したいくつかの関係式は今後観測的

に実証可能であることを彼が指摘し、その重要性が認識されたのは大きな成果であった。また、ポスター発表でも私の過去の研究を出発点としたものがあり、J.-G. Kimが星間雲の安定性、B. Körtgenが分子雲の形成条件の研究成果を発表しており、彼らからより進んだ新しい知識を吸収することができた。このように、全日にわたって私が専門とするすべての分野で新しい知識の吸収と研究成果の宣伝を行うことができ、非常に有意義な渡航にすることができた。

## 日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書 「ハーシェル宇宙望遠鏡を用いた原始銀河団探査」の共同解析

氏 名—加藤裕太（東京大学大学院理学系研究  
科天文学専攻M1）

渡航先—イギリス

期 間—2013年10月31日-11月17日

今回の渡航の目的は、共同研究を進めているダーラム大学のIan Smail教授、Mark Swinbank博士の協力のもと、私が進めているハーシェル宇宙望遠鏡を用いた原始銀河団の研究の初期結果の議論と共同解析、およびこれらの結果を踏まえたALMA Cycle2プロポーザルへの議論を行うことであった。私はメールベースでの議論を兩名と行ってきたが、共同解析とALMA Cycle2プロポーザルの議論のために渡航と数週間の滞在が望ましい段階となったため、今回の渡航の運びとなった。この研究は、現在も国立天文台/松田有一助教の指導の下、解析と論文の執筆を進めている。

遠方宇宙において発見される原始銀河団では、銀河相互作用や衝突を一つの要因として、平均的な数密度をもつ一般天域と比べて星形成活動が活

発であることが予想されている。そのような予想から、原始銀河団での星形成活動を調べるうえで重要な銀河の種族として、ダストを多量に含んだ爆発的星形成銀河が挙げられる。このような星形成活動が活発な銀河では、大質量星から放射された紫外光はダストに吸収され、結果的には遠赤外、ミリ波・サブミリ波帯でダストの熱放射が顕著になる。そこでわれわれは、予想される原始銀河団中の活発な星形成活動の要因を調べるために、ハーシェル宇宙望遠鏡とそれに搭載されているSPIREと呼ばれる3色（250, 350, 500） $\mu\text{m}$ 同時撮像カメラによって $z=2-3$ の原始銀河団3領域（SSA22, HS1700, 2QZ Cluster）を観測した。SPIREの3色カメラは、 $z=2-3$ の爆発的星形成銀河のダスト放射 $T_d=25-40\text{ K}$ のピークを捉えることができる。

われわれはその初期解析として $S_{350}>25\text{ mJy}$ 、 $S_{350}>S_{250}$ の基準で、静止系紫外光や可視光で知られている銀河の数密度ピークを中心とした半径 $10'$ の領域について、 $z=2-4$ の爆発的星形成銀河の候補天体を選び出し、原始銀河団と一般天域

でその数密度を比較した。その結果、選び出した天体のうち二つの原始銀河団における  $S_{350} > 45$  mJy の候補天体の表面数密度が、一般天域 (COSMOS フィールドを用いた) の平均数密度と比べて 3.5–5 倍高い値を示すことを発見した。これは 2.8–4.5 $\sigma$  の有意性と一致する。これらの結果は、これらの原始銀河団中で爆発的星形成銀河の星形成活動が一般天域と比べて活発である、という示唆を与えているものである。

一方でこれら SPIRE の 3 バンドのカラーによって選択している候補天体の赤方偏移は  $z=2-4$  と範囲が大きい。またハーシェル宇宙望遠鏡のビームサイズは (250, 350, 500)  $\mu\text{m}$  においてそれぞれ (18, 25, 36)" と大きく、選び出した候補天体の位置の不定性や、天体の混同 (ブレンド) による SED の不定性に十分に注意しなければならない。そのため私は、これらの不定性の議論に詳しいダーラム大学 Swinbank 博士のもと、得られた撮像データのデブレンド解析を行うため、松田有一助教 (国立天文台)、齋藤智樹 特任研究員 (IPMU) らとダーラム大学へと渡航した。私は共同解析にかかる時間を確保するため兩名よりも 1 週間長く滞在し、特に他波長帯での観測の多い SSA22 領域においてスピッツァー望遠鏡 24  $\mu\text{m}$ 、VLA 1.4 GHz 撮像データからこれらの波長で明るい天体の正確な位置をカタログ化し、これをもとにデブレンド解析を行った。毎朝、解析の進捗状況を Smail 教授に報告することでスムーズに解析を進めることができた。また、論文執筆の際の助言もいただくことができ、渡航後の解析についても継続して議論をして

もらえる運びとなった。現在は、デブレンドした天体を既知の天体カタログと比較することで正確な位置情報と赤方偏移を得、その結果 SSA22 の赤方偏移  $z=3.1$  ではないにもかかわらず SPIRE カラーから想定される赤方偏移が  $z=2-4$  を示してしまうような天体を把握することに成功している。現在は SSA22 領域のデブレンドした撮像データから得られる正確な測光データから候補天体を見直している段階で、年度内にこれらの研究成果の論文化を目指している。2014 年の 2 月には、北海道大学で行われる国際研究会における口頭発表を行った。また ALMA Cycle2 プロポーザルの議論も行うことができ、これをもとに SSA22 領域に対する SPIRE で選択した候補天体のフォローアップ観測を提案した。この観測は ALMA が可能にする [CII] 158  $\mu\text{m}$  と 464 GHz 連続波による高分解能の観測によって、SSA22 で選択した SPIRE ソースの正確な赤方偏移と物理過程 (具体的には major SMG–SMG mergers を提案) を調べることを目的としている。

予算をもたない修士学生にとって、共同研究による渡航は決して容易なことではない。そのような状況で、「日本天文学会早川幸男基金」からの支援を受け渡航できたことは非常に幸運であったのと同時に、その期待に答える成果を出していかなければ、という思いである。また現在の解析をまとめあげ、さらなる研究を進めていくことで間接的にでも若手研究者による研究を促進する結果になれば、と思っている次第である。ここに「日本天文学会早川幸男基金」への感謝を申し上げる。