

日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書

Exoplanets and Disks: Their Formation and Diversity II

氏 名—上田翔士（東京工業大学M2）

渡航先—アメリカ合衆国

期 間—2013年12月8日-14日

私は、2013年12月8日から12日にかけて、アメリカ合衆国のハワイで開催された「Exoplanets and Disks: Their Formation and Diversity II」という国際会議に参加し、「Surface H₂O Layers of Ice-Covered Terrestrial Planets」というタイトルでポスター発表を行いました。本研究は、佐々木貴教氏（現 京都大学）とともに進めてきました。この国際会議は、原始惑星系円盤・系外惑星の理論・観測をテーマとしており、第一線の研究者の方が多く集まるため、研究成果の報告（論文の紹介）、研究の発展、最先端の研究に触れ俯瞰的視野を養うことを目的とし、参加を決定しました。

今回私が発表した研究は、恒星の進化・惑星内部の熱的進化を考慮し、惑星形成から46億年後の氷に覆われた地球型惑星の表面のH₂O層の構造を、表面のH₂Oの割合、放射性熱源の割合を広いパラメーター範囲でふって、数値計算したものです。近年、数多くの系外地球型惑星や浮遊惑星が発見されてきており、生命居住可能性という点からも、ますます液体の水を保持する惑星の存在に注目が集まっています。そういった状況のなか、惑星表面に十分に水を保持した惑星は全球凍結状態にもかかわらず惑星内部からの地熱によって氷の内側が解け、氷の層に覆われた海（内部海）をもちうるということがわかっており、これまでに内部海の生命居住可能性が議論されてきました。本研究では、そういった氷に覆われた地球型惑星が内部海をもつような条件を検討しています。また、H₂Oの割合が大きい場合、高圧下において水よりも密度が大きい氷（高圧氷）がH₂O層の

底に出現する可能性があるため、本研究では高圧氷の影響も考慮できるようモデルを作成しました。

定量的な議論は省略しますが、本研究の結果から惑星が水を保持し過ぎてしまうと底に高圧氷の層が生じてしまうため、底に高圧氷層のない内部海を保持するためには適当な量の水を保持している必要があることが明らかになりました。また、「適当な量の水」は惑星質量に応じて異なります（底に高圧氷層のない内部海を保持する条件に対して、惑星質量と惑星水量は強い制約を与えている）。高圧氷層は、生命が生存するために必要と考えられる「岩石部分からの栄養塩の供給」を遮る可能性があるため、惑星の生命居住可能性を議論する際には、惑星のサイズと保持する水の量の関係に注意するという視点が重要だと言えます。

以上のように、本研究は系外惑星の形成・進化の理論研究です。しかし、論じている惑星の観測方法・観測可能性までは詳細に考察できていないため、観測を行う方と本研究が対象としている惑星（水や氷をある程度多く保持する地球型惑星）の観測可能性について議論し、研究内容を深めたいというのが国際会議参加目的の一つでした。実際に、系外惑星の観測をされている方だけでなく、原始惑星系円盤の観測をされている方も観測方法や観測可能性を議論し、さまざまな視点から本研究に関して助言をいただけたことは非常に有意義でした。

また、本研究をまとめた論文を紹介し、多くの研究者と交流することができたことは、会議参加の目的の一つである、“将来の自らの研究の場を開拓する”ということにつながる活動であったと感じています。ただし、日本人が多く参加している会議であったこともあり、どうしても日本の研

研究者のみと話す時間が多くなってしまったことに心残りがあります。こういった自分の未熟さを実感できたことも、国際会議参加の大きな収穫の一つです。今後は、休憩時間などにもっと多くの外国人研究者に話しを掛け、コミュニティを広げていきたいです。

今回の国際会議にて原始惑星系円盤・系外惑星に関するさまざまな研究に触れることで、本学問についての俯瞰的視野を養い、さらには解決が必要とされる研究課題の発見を行うことも目的の一つでした。実際に、本会議の発表内容は原始惑星系円盤・系外惑星に関する理論、観測、実験研究といった幅広い内容だったため、最近の本学問の状況や今後の課題を知ることができました。こう

いった俯瞰的視野は今後の研究活動において十分に活かすことができるはずです。さらに今後の研究のヒントとなるような観点を新たに得ることができたため、私自身一回り成長することができたと感じています。

このような貴重な経験ができたのは、渡航費用の援助をしていただいた早川幸男基金および関係者の方々のお蔭です。ここに、深く感謝いたします。また、研究面など全般においてサポートをしてくださいました井田 茂氏（東京工業大学）、佐々木貴教氏（現 京都大学）に感謝いたします。渡航中にお世話になりました東京工業大学や他研究機関の先生方、研究員の方々、学生の皆様にはこの場を借りて深く御礼を申し上げます。

日本天文学会 早川幸男基金による渡航報告書 *Exoplanets and Disks: Their Formation and Diversity II*

氏 名—空華智子（名古屋大学研究員）

渡航先—アメリカ合衆国

期 間—2013年12月8日-12日

米国ハワイで開催された、日本の国立天文台主催の太陽系外惑星（系外惑星）研究会「Exoplanets and Disks: Their Formation and Diversity II」に参加し、研究発表を行いました。本研究会は、主に系外惑星や原始惑星系円盤の観測および理論的研究を通して得られた、惑星の起源、形成、進化、構造に関する研究成果を発表し、議論する国際研究会です。今回は、計100名以上の研究者が参加しました。

私は、本国際研究会で、“Evidence of Chromospheric Activity in Three Brown Dwarfs from 2.5–5.0 μm AKARI Spectra” という題目でポスター発表を行いました。

Brown Dwarfs（褐色矮星）は、太陽のように中心での水素燃焼で光る恒星と、われわれの地球や木星に代表される惑星との中間の質量をもつユニークな天体です。私は、このような褐色矮星の大気構造の研究を日本で先導的に行っています。近年続々と発見されている系外惑星の中には、褐色矮星ほどの温度をもつ巨大ガス惑星も見つかっており、その大気中の物理・化学過程は褐色矮星と類似していると考えられます。このような天体の物理的・化学的性質を解明していくうえで、褐色矮星の研究は必要不可欠です。私は、褐色矮星の側面から系外惑星の大気構造に示唆を与える立場として、本系外惑星研究会で褐色矮星の研究結果を発表しました。また、自身の目指す「褐色矮星大気と惑星大気との統一的研究」を実現するために、系外惑星研究の最前線に触れ新しい知識を得ることも、本研究会への参加目的の一つでした。

今回発表した研究成果は、褐色矮星の大気を議論するうえで、光球だけでなく彩層の存在も考慮する必要性を主張するという斬新な内容です。これまでの観測データの解析から、 H_2O や CH_4 、 CO 、 CO_2 の吸収バンド強度が熱力学平衡に基づく理論予想と一致しない天体が存在しており、褐色矮星の大気はそれほど単純ではないことがわかってきました。このような褐色矮星の大気構造の理解をより深めるために、私は、日本の赤外線天文衛星「あかり」で取得した世界で唯一の近赤外線スペクトル（波長領域：2.5-5.0 μm ）などの観測データと、理論大気モデルとの詳細な比較を行っています。今回の研究会では、褐色矮星の表面温度構造と大気組成、およびスペクトル形状との関係について発表を行いました。特に、比較的高温の早期L型褐色矮星の近赤外線スペクトルを説明するためには、大気上層の温度が放射平衡を基に導かれる温度より高くなっている必要があるという結果を紹介しました。これはすなわち、早期型の褐色矮星には彩層が存在する可能性があり、その存在が、温度構造や大気組成に影響を与えうるという結果です。

今回、様々な系外惑星の研究発表から、本研究の重要性や発展性を確認できました。本結果は、比較的若い系外ガス惑星の上層大気の理解につながると考えられます。また、本研究会では、地球型惑星（スーパーアース）のトランジット観測など、たいへん興味深い将来の観測計画についての発表もありました。このような観測機器の発達に伴い、現在はまだ見つかっていない褐色矮星を主星とするスーパーアースの発見も期待されます。その際、本研究は、褐色矮星周りの惑星大気への影響、すなわち、その惑星での生命の有無の議論

につながりうる重要な結果であると感じました。

また、本研究会では、系外惑星分野の研究者に褐色矮星の大気構造研究のおもしろさを伝えることができたと思います。本研究会において、褐色矮星の大気構造を主題として発表したのは私のみでしたが、予想以上に多くの方がポスターを見に来てくださいました。彼らからは、褐色矮星の大気の特徴である“分子”や“ダスト”について、また“大気モデル”についてなど、興味をもってさまざまな質問をしていただきました。また、「あかり」のスペクトルデータを解析に使いたいと申し出てくださる研究者もおり、自身の研究をきっかけとして当該分野の研究が発展していくことに、たいへん喜びを感じました。議論した研究者の中には、太陽系内惑星の一つである木星の大気モデルを、系外巨大ガス惑星大気に応用しようと試みている研究者もいました。彼らとの議論で、褐色矮星の大気構造研究を巨大ガス惑星大気へ応用することの重要性、そして、双方からのアプローチの重要性を改めて感じました。今後、彼らと議論、情報交換を積極的に行っていく予定です。

また、現在プリンストン大学で開発中の赤外線検出器を用いたサイエンスについて、開発チームのMike McElwain博士、Jeremy Kasdin博士、Tyler Groff博士らと本研究会中に意見を交わしました。今後の新しい観測的研究により、褐色矮星および系外惑星の大気構造の解明を目指していきます。

今回の研究会を通し多くの研究者と出会ったことで、自身の研究の視野が広がり、今後の研究にとってたいへん有意義なものになりました。このような貴重な機会をいただきました早川幸男基金関係者の皆様に、心より感謝いたします。