

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Atmospheres of low-mass star planets: A tale of evolution
著者(和文)	KRISHNAMURTHYVigneshwaran
Author(English)	Vigneshwaran Krishnamurthy
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12057号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:佐藤 文衛,中本 泰史,井田 茂,奥住 聡,上野 雄一郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12057号, Conferred date:2021/9/24, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲	第	号	学位申請者氏名	KRISHNAMURTHY Vigneshwaran	
論文審査 審査員		氏 名		職 名	氏 名	職 名
		佐藤 文衛		教授	上野 雄一郎	教授
	審査員	中本 泰史		教授		
		井田 茂		教授		
		奥住 聡		准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Atmospheres of low-mass star planets: A tale of evolution」というタイトルであり、5章から成っている。第1章「Introduction」では、近年多数発見されている系外短周期小型惑星のサイズ分布の特徴と、それらの形成および進化について、これまでの観測事実、理論的研究を紹介し、本論文の目的について述べている。短周期小型惑星には、固体コアが原始惑星系円盤由来の水素・ヘリウムガスを大気としてまとってできた海王星的な特徴をもつやや大きな惑星（サブ・ネプチューン）と、水素・ヘリウム大気をもたない小さな岩石惑星（アース、スーパー・アース）とがあると考えられている。太陽型星周りの小型惑星はサイズ分布においてこの明確な二峰性を示し、サブ・ネプチューンが中心星放射による光蒸発によって大気を失って小さな岩石惑星に進化するという説が有力視されている。一方、低質量星周りの小型惑星はこの二峰性が明確ではなく、太陽型星周りの小型惑星との形成・進化過程の違いが示唆されている。本論文では、低質量星周りの複数の小型惑星に対して中性ヘリウムの吸収線（波長 1083 nm）を利用した透過分光観測を行い、ヘリウムを含む広がった惑星大気の有無を直接的に調べることによって、同惑星の形成・進化過程に制約を与えることを主たる目的としている。さらに、小型惑星における生命存在可能性を明らかにする上で重要な酸素大気の検出可能性についても調べることを目的としている。

第2章「Observation and extraction of transmission spectra」では、本論文で実施した観測と観測天体の詳細、およびデータ処理の手法について述べている。本論文では、口径 8.2 m すばる望遠鏡と近赤外高分散分光器 IRD を用いて、5 天体 8 惑星（AU Mic b, TRAPPIST-1b, e, f, TOI-1235b, GJ9827b&d, HIP67522b）に対して透過分光観測を実施している。このうち HIP67522b は非常に若い太陽型星周りのホット・ジュピター（短周期巨大惑星）であり、本論文の主たる対象である低質量星周りの小型惑星ではないが、中性ヘリウム線を用いた惑星大気観測の適用範囲を知る上で重要な天体である。データ解析については、特に天体スペクトルに混入する地球大気のスペクトルを丁寧に取り除くことが重要であり、その方法について詳しく述べている。

第3章「Results of atmospheric analysis」では、本論文で得られた結果について述べている。まず、低質量星周りの 7 惑星（AU Mic b, TRAPPIST-1b, e, f, TOI-1235b, GJ9827b&d）については、いずれの惑星でも広がった大気の実在を示す有意な中性ヘリウム線の超過吸収が検出されなかったことを示している。中心星の放射強度や惑星の年齢、サイズを考慮すると、特に AU Mic b と TOI-1235b においては蒸発しつつある広がった惑星大気の実在が予想されていたが、予想に反してこれらの惑星で大気検出されなかったという結果は、低質量星と太陽型星における小型惑星の進化の違いを観測的に直接示唆する点で重要である。一方 HIP67522b では、中性ヘリウム線の約 7% の超過吸収が検出されている。この惑星は、大気の蒸発が観測された最も若い太陽型星周りの惑星ということになり、本論文の手法が若い惑星の大気観測において有用であることを示している。また、TRAPPIST-1f において、約 2σ の有意性で惑星大気中の酸素分子線（波長 1.27 μm ）によるとみられる超過吸収が検出されたことを示している。

第4章「Discussion」では、第3章で得られた結果をもとに、低質量星周りの小型惑星の形成・進化について議論している。本論文でいずれの小型惑星についても大気検出されなかったことから、低質量星周りの小型惑星の進化において、太陽型星の場合に重要とされる光蒸発による惑星大気損失は支配的な過程ではなく、元々ガスが枯渇した原始惑星系円盤内で小型惑星が形成された可能性があることを指摘している。さらに、他の惑星に対する先行研究の結果と詳細に比較しながら、中性ヘリウム線を用いた惑星大気観測の適用範囲を示し、本論文の結果の妥当性を議論している。一方、惑星大気損失のメカニズムを区別するためには中心星の年齢と XUV 放射強度の情報が必要であり、これは今後の課題であることを述べている。また、TRAPPIST-1 系について将来の 30 m 望遠鏡による観測を想定したシミュレーションを行い、様々な酸素大気の実出可能性を議論している。

第5章「Conclusion」では、本論文の目的と得られた結果、および結果に基づく低質量星周りの小型惑星の形成・進化と今後の観測への示唆が簡潔にまとめられている。

以上の通り、本論文は低質量星周りの複数の小型惑星について、ヘリウムを含む広がった惑星大気の実在しないことを観測的に初めて明らかにした。これにより、同タイプの惑星の形成・進化について観測結果に基づく直接的な示唆を与え、今後の観測的研究の新たな方向性を示した。よって、博士（理学）の学位を与えるにふさわしいものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。