

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Evolution of Exoplanets Effects of Mass-Loss on Population and Composition
著者(和文)	黒川宏之
Author(English)	Hiroyuki Kurokawa
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9236号, 授与年月日:2013年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中本 泰史
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9236号, Conferred date:2013/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:Taishi Nakamoto
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		黒川 宏之	
			氏名	職名		
論文審査 審査員	主査	中本 泰史	准教授	審査員	長沢 真樹子	准教授
	審査員	井田 茂	教授		佐藤 文衛	准教授
		牧野 淳一郎	教授		GUILLOT Tristan Yves Nicolas	理学研究流動 機構客員教授

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Evolution of Exoplanets: Effects of Mass-Loss on Population and Composition」と題し、7章からなっている。第1章「Introduction」では、系外惑星の質量損失についてこれまでの観測事実および理論的研究を紹介し、本論文の目的を述べている。系外惑星の質量損失進化に関する従来の研究の多くは個別の惑星に対して行われてきたが、質量損失が系外惑星全体の特徴（軌道半径、質量、組成など）に与える影響については十分に調べられてこなかった。さらに、そうした特徴についての研究においては、最近指摘されている放射再結合律速散逸(radiation-recombination limited escape)やロッシュ・ローブ流出(Roche-lobe overflow)といった質量損失メカニズムは考慮されていない。本論文では、これらの効果を取り入れた質量損失進化モデルを構築することと、質量損失が系外惑星全体の特徴に与える影響を調べることを目的としている。

第2章「Numerical model」では、本研究における質量損失進化モデルについて述べている。惑星の内部構造計算と、惑星の質量損失と冷却を考慮した時間進化計算のモデルに、radiation-recombination limited escapeとRoche-lobe overflowを取り入れた質量損失モデルを構築している。

第3章「Basic properties of mass-loss evolution」では、質量損失進化の物理的性質についてHot-JupiterからSuper-Earthまで統一的に述べている。まずは惑星のエンベロープ質量と惑星半径の関係を計算することで、質量損失が暴走的に起こる状況の存在やRoche-lobe overflowが起こる場合を、一般的に述べている。さらに惑星の冷却の時間進化計算を行い、惑星の軌道半径の違いによる冷却時間の違いを明らかにしている。

第4章「Evaporation of Hot-Jupiters」では、質量損失進化がHot-Jupiterの分布に及ぼす影響について述べている。Hot-Jupiterの質量損失はコア質量の影響を受ける。コアが小さい場合は暴走的な大気散逸が起こり、Roche-lobe overflowを引き起こすことを見出している。一方で、惑星形成段階における惑星移動の効果は小さいことも示している。さらに、観測によって存在が明らかになってきた系外惑星の質量と軌道半径の分布における亜木星質量惑星(Sub-Jupiter)の枯渇領域と比較し、この枯渇領域の存在は、コア質量の小さなHot Jupiterの質量損失による惑星蒸発で説明可能であることを明らかにしている。

第5章「Composition of Super-Earths」では、質量損失進化がSuper-Earthの組成に及ぼす影響について述べている。Hot-Jupiterの場合と異なり、Super-Earthの質量損失は暴走的な性質を持たないことを述べている。さらに、観測されているSuper-Earthの質量と半径から組成を推定した結果、これらの軌道半径の分布は質量損失によって説明可能であることを示している。

第6章「Discussion」では、質量損失率モデルの不定性が及ぼす影響の評価、先行研究との結果の比較、惑星形成過程への示唆、そして系外惑星の質量損失に関する未解決問題について述べている。惑星形成過程への示唆として、第4章の結果から、Sub-Jupiterの枯渇領域は形成段階での惑星の原始惑星系円盤内縁への移動とその後の質量損失によってつくられた可能性を述べている。さらに第5章の結果から、Super-Earthの組成の分布は氷天体形成後のスノーライン内側への移動と効率的な原始惑星系円盤ガス捕獲、およびその後の質量損失によってつくられたという可能性を議論している。

第7章「Summary and conclusions」では、本論文の内容を簡潔にまとめ、結論を述べている。

以上のように本論文では、系外惑星の質量損失の理論モデルを構築し、観測されている系外惑星全体の特徴との比較により、Hot-JupiterとSuper-Earthに見られる軌道半径や質量、組成の分布の特徴が、質量損失で説明可能であることを明らかにしている。本論文の結果は系外惑星の性質や形成過程についての理解を大きく前進させたのみならず、今後の系外惑星の観測的および理論的研究に新たな方向性を与えるものである。よって、博士(理学)の学位を与えるのにふさわしいものと認める。