

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)

Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻:	地球惑星科学	専攻:	申請学位 (専攻分野):	博士 (理学)
Department of			Academic Degree Requested	Doctor of
学籍番号:			指導教員 (主):	中本 泰史
Student ID Number			Academic Advisor(main)	
学生氏名:	黒川 宏之		指導教員 (副):	井田 茂
Student's Name			Academic Advisor(sub)	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「Evolution of Exoplanets: Effects of Mass-Loss on Population and Composition」というタイトルであり、7章から成っている。

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、理論的研究を紹介し、本論文の目的について述べている。従来の系外惑星の質量損失進化に関する研究は、多くが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の分布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、最近の研究で指摘されている radiation-recombination limited escape や Roche-lobe overflow といった質量損失メカニズムは考慮されてこなかった。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、質量損失が系外惑星の分布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た。

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。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 の起こる場合について示した。さらに、惑星の冷却の時間進化計算により、惑星の軌道半径の違いによる冷却時間の違いについて説明した。

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、コアが小さい場合、暴走的に大気散逸が起こり、Roche-lobe overflow を引き起こすことを示した。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を示した。さらに、観測されている系外惑星の質量や半径の分布における sub-Jupiter 枯渇領域と比較した結果、Hot-Jupiter のコアが典型的に小さい場合はこの枯渇領域が質量損失による惑星蒸発で説明可能であることを示した。

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示した。さらに、観測されている Super-Earth の質量・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た。

第6章「Discussion」では、質量損失率の不定性が及ぼす影響の評価、先行研究との結果の比較、惑星形成論への示唆、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。惑星形成論への示唆としては、第4章の結果から、sub-Jupiter 枯渇領域は形成段階での各質量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という可能性を示した。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、その後の質量損失によってつくられたという可能性を示した。

第7章「Summary and conclusions」では本論文のまとめと結論を述べている。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	地球惑星科学	専攻	申請学位 (専攻分野) : 博士 (理学)
学籍番号 : Student ID Number			指導教員 (主) : 中本 泰史
学生氏名 : Student's Name	黒川 宏之		指導教員 (副) : 井田 茂

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Close-in exoplanets might have lost substantial masses during their evolution due to atmospheric escape of upper atmosphere heated by intense stellar XUV (X-ray and EUV) radiation and dynamical Roche-lobe overflow.

We develop a numerical model to simulate an evolution of planets considering thermal cooling and the mass-loss.

An semi-analytical model of the radiation-recombination limited escape is developed and included in the model, as well as the energy-limited escape.

The Roche-lobe overflow is also taken into account as a mass-loss process.

The model is applied to the mass-loss of Hot-Jupiters and low-density Super-Earths which have H/He envelopes.

First, basic properties of the mass-loss evolution are described using mass-radius relationships which combine a Hot-Jupiter regime with a Super-Earth regime and calculation of thermal evolution.

Second, Evaporation of Hot-Jupiters is studied and compared with population of exoplanets.

The population of planetary mass and radius can be reproduced with the evaporation of Hot-Jupiters having small cores.

Third, our model is applied to the mass-loss of low-density Super-Earths.

The results are consistent with the observed distribution of low-density Super-Earths which apparently have H/He envelopes.

Also we attempt to constrain the composition of low-density Super-Earths whose composition is not constrained only from mass-radius relationships.

In the end, some implications for planetary formation scenarios are shown using these results.

Small cores of Hot-Jupiters are implied from the calculation of the evaporation of Hot-Jupiters.

The results for Super-Earths suggest that capture of protoplanetary disk gas by Super-Earths and planetary migration are common processes.

Differences of envelope masses might reflect differences of formation histories.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).