



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Studies on dust-plasma interaction in Saturn's inner magnetosphere and its magnetosphere-ionosphere coupling [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	堺, 正太朗
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第11376号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55655
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Shotaro_Sakai_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 堺 正 太 朗

審査担当者	主 査	教 授	渡 部 重 十
	副 査	教 授	倉 本 圭
	副 査	教 授	高 橋 幸 弘
	副 査	特任准教授	栗 原 純 一
	副 査	講 師	佐 藤 光 輝

学 位 論 文 題 名

Studies on dust-plasma interaction in Saturn's inner magnetosphere and
its magnetosphere-ionosphere coupling
(土星内部磁気圏におけるダスト-プラズマ相互作用及び
磁気圏-電離圏結合に関する研究)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

近年、土星探査機カッシーニにより土星に関する研究が盛んに行われている。その結果は他の惑星とは非常に異なる大気プラズマ環境を示している。しかし、その環境の物理的・化学的形成過程と理解は未解明である。

本論文は、土星探査機カッシーニに搭載されたプラズマ観測機器による土星磁気圏プラズマの観測とデータ解析から土星磁気圏プラズマとエンセラダス衛星から供給されているダストとの相互作用を示し、モデリングを用いてプラズマとダストの相互作用の物理的・化学的過程を明かにした。

土星の固有磁場は太陽風との相互作用により土星磁気圏を形成し、地球磁気圏と同様にプラズマで満たされている。10 Rs (Rs: 土星半径 60268 km) より内側の内部磁気圏には土星の衛星やリングに起源をもつプラズマが大量に存在している。その中でも衛星エンセラダスは南極から大量の水蒸気を噴出していることが土星探査機カッシーニによって明らかにされ、内部磁気圏の重要なプラズマ源であると考えられている。著者は、カッシーニ探査機に搭載されたラングミュアプローブで観測されたデータを解析したところ、エンセラダスから放出されたガスは土星磁気圏内へと広がり、氷などのダストを主成分としたEリング（3 から 8 Rs 程度に広がっている）の生成源であることを明かにし、ダストが分布している土星内部磁気圏域のイオンは共回転速度よりも遅くなることを発見した。

土星内部磁気圏全体の描像を明らかにするために、 H^+ 、 H_2O^+ 、ダスト、電子 からなる土星内部磁気圏電磁流体モデルを構築しイオン速度の計算を実施した。その結果は、ダスト密度が大きい時また磁気圏内のダスト層の厚さが大きい時、イオン速度は共回転速度よりも小さくなることを示している。ダスト密度が 10^5 m^{-3} 以上、ダスト層の厚さが 1 Rs 以上の時にカッシーニ観測と一致する。共回転速度からの遅れは、イオンがダストと衝突することによって磁気圏内に電流が流れ、生成された磁気圏電場が共回転電場を弱めるためである。この新たに生成された磁気圏電場は電離圏ペダーセン伝導度に強く依存し、磁気圏-電離圏結合が土星内部磁気圏の構造と力学を強く支配していることを著者は明らかにした。

電離圏ペダーセン伝導度を求めるために土星電離圏モデルを構築した。磁気圏の影響を考慮した土星電離圏モデルは本論文が初めてである。カッシーニ探査機からの電波を

用いた掩蔽観測による土星電離圏電子密度分布とモデルの結果が一致していることから、土星電離圏上部では磁気圏からの熱流、電離圏下部ではジュール加熱と衝突による加熱が重要な加熱プロセスであることが明かになった。

電離圏ペダーセン伝導度の地方時依存性が存在し、かつ緯度が高くなるとともに電離圏伝導度は小さくなる。計算された電離圏伝導度を用いて内部磁気圏のイオン速度を計算すると、電離圏伝導度の大きい夕方方が最も速度が大きく、伝導度の小さい明け方が最小速度になる。磁気圏-電離圏結合により内部磁気圏内に生成された電場が電離圏でショートされ、磁気圏電場が小さくなることに起因している。

著者は、衛星エンセラダスから供給されたダストが帯電し、その帯電したダストと土星内部磁気圏のプラズマの相互作用、さらに電離圏プラズマとの結合により内部磁気圏プラズマの構造と運動が支配されていることを、土星探査機カッシーニによる観測とモデリングの両方から明かにした。本成果は、土星におけるダスト・プラズマ相互作用と磁気圏電離圏結合を初めて組み合わせただけでなく、太陽系初期円盤や系外惑星の環境の理解にも繋がるものであり、惑星大気・プラズマ研究に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。