

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	ALMA observational studies on the origins of the axisymmetric ring-gap structures in the protoplanetary disks
著者(和文)	KIM Seongjoong
Author(English)	Seongjoong Kim
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11384号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:奥住 聡,野村 英子,井田 茂,中本 泰史,佐藤 文衛,中島 淳一,武藤 恭之
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11384号, Conferred date:2020/3/26, 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		KIM Seongjoong	
論文審査 審 査 員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	奥住 聡	准教授	審査員	佐藤 文衛	准教授	
	審査員	野村 英子	特定教授		中島 淳一	教授	
		井田 茂	教授		武藤 恭之	工学院大学 准教授	
		中本 泰史	教授				

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「ALMA observational studies on the origins of the axisymmetric ring-gap structures in the protoplanetary disks」というタイトルであり、6 章から成っている。

第 1 章「Introduction」では、原始惑星系円盤に関するこれまでの観測事実と理論的研究を紹介し、本論文の目的について述べている。大型電波干渉計 ALMA を用いた近年の観測により、原始惑星系円盤にリング・ギャップ構造が存在することが明らかになってきた。理論的研究にもとづき、その起源について様々なモデルが提唱されてきたが、それらを観測的に検証する研究は、現在発展途上である。本論文は、ALMA による多波長観測などを用いて円盤内ダスト・ガスの性質に制限を与えることで、リング・ギャップ構造の起源を明らかにし、原始惑星系円盤内の惑星形成に関する情報を得る手法の確立を目的としている。

第 2 章「ALMA observation toward the CR Cha protoplanetary disk」では、前主系列星 CR Cha 周りの円盤内のダストおよび一酸化炭素 (CO) ガス放射の ALMA 観測データを解析した結果について述べている。16 天文単位スケールの高空間分解能の観測データを解析した結果、ダスト円盤外縁にリング・ギャップ構造を発見した。ガスについては、一酸化炭素の同位体分子である $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$ 、 $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$ 、 $^{12}\text{C}^{18}\text{O}$ の 3 種類の分子の回転準位 2-1 の遷移線を丁寧に解析した。その結果、 $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$ 輝線のピーク輝度温度の分布にバンプ構造を発見し、このバンプ構造の位置が、ダスト放射のリング構造の位置とほぼ同じであることを見出した。

第 3 章「Two possible origins of the ring-gap structure in the CR Cha disk」では、第 2 章で発見したダストとガス放射の構造の起源について、主に 2 つの可能性を議論している。具体的には、可能性の 1 つとして、木星質量程度の惑星起源のギャップ構造の構築と、中心星からの照射によるギャップ外縁の温度の上昇を議論した。また、別の可能性として、ダストの中心星方向への移動に伴う、円盤外縁でのガス温度の上昇と圧力バンプの構築、その圧力バンプにおけるダストの集積を議論した。

第 4 章「The synthetic ALMA multiband analysis on the TW Hya protoplanetary disk」では、ALMA によるダスト放射の多波長観測を用いて、ダストの性質に制限を与え、リング・ギャップ構造の起源を探る手法を提案している。天体としては、多波長の ALMA アーカイブデータが存在する TW Hya 周りの原始惑星系円盤を選んだ。輻射輸送計算の簡単な解析を用いると、3 つの波長の観測データより、温度、光学的厚さ、吸収係数の波長依存性の冪指数の 3 つのダストの性質を導くことができる。実際の観測データをもとに、様々な波長における模擬観測データを、観測誤差を考慮して作成し、どの波長帯で観測した場合に最も測定誤差が小さくなるかを調べた。その結果、ダストの性質を精度良く測定するには、短波長帯を含み、かつ、波長間隔が大きな波長帯のセットが最適であり、光学的に厚い波長帯と薄い波長帯の組み合わせが必要であることを明らかにした。さらに、実際の ALMA 観測データを用いて解析を行い、模擬観測データより得られた結果と同様の結果が得られることを確かめた。また、現存する長基線データの波長帯セットの場合、3 つの波長帯のデータを用いてギャップの起源を議論できるくらいダストの性質に強い制限を与えるためには、非常に高感度の観測が必要であることを示した。

第 5 章「Future aspects of the ALMA multiband analysis」では、第 4 章で調べた手法について、多角的に議論を行っている。まず、モンテカルロ・シミュレーションに基づき、第 4 章で TW Hya 円盤に関して調べた結果が、原始惑星系円盤に対して一般的に応用可能であることを示した。次に、現在受信機を開発中の ALMA の長波長帯を用いることで、ダストの性質により強い制限が与えられることを示した。また、4 つの波長帯の観測データを用いても結果は同じであることを示し、さらに、円盤鉛直方向の温度一様の仮定や吸収係数の波長依存性に関する仮定の妥当性と今後の発展性を議論した。

第 6 章「Summary」では、本論文の結果をまとめ、今後の展望を述べている。

以上のとおり、本論文では、ALMA 長基線観測により新たに原始惑星系円盤内にリング・ギャップ構造を発見し、一方で、ALMA の多波長長基線観測データと模擬観測データを用い、リング・ギャップ構造の起源を調べる手法を新たに提案した。本論文の結果は、今後リング・ギャップ構造の ALMA 観測によりその起源に制限を与える上で指針となるものであり、円盤内の惑星形成過程の解明に寄与するものである。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、東工大リサーチリポジトリ(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。