

# アルマ望遠鏡の電波観測による原始惑星系円盤の解析 —プログラミングを用いた中心星の質量解析—

黒木 あやめ、足立 心愛 (高2) 【名古屋大学教育学部附属高等学校】  
山田 啓悟、田川 智也 (高2) 【愛知県立明和高等学校】

## 概要

本研究では、アルマ望遠鏡が一酸化炭素を電波観測したデータから、星形成の途中段階である原始惑星系円盤の特徴をプログラミングによって解析し、その中心星の質量を求めた。

## 1 はじめに

星間ガスの密度が高い領域を分子雲と呼ぶ。分子雲が自己重力で収縮することで星が形成されるが、遠心力により星の周囲にある一部のガスは中心に到達できないため、図1のように、中心星の周囲に原始惑星系円盤と呼ばれる円盤が形成される[1]。2021年度は、原始惑星系円盤の電波強度の分布を示す画像から目視で円盤長軸上の観測データを取得し、モデルのフィッティングを行うことで、原始惑星系円盤の中心星の質量を求めた[2]。

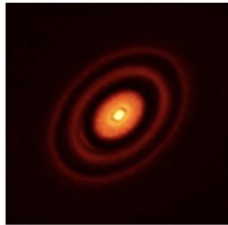


図1 原始惑星系円盤  
HD163296 (電波)

## 2 データ

アルマ望遠鏡が、分子ガスの連続波、COの線スペクトルを電波観測したHD163296の公開データ[1]を使用する。また、この円盤の年周視差は、European Space Agencyが公開しているGaia eDR3[3]より取得する。

## 3 HD163296の中心星の質量解析

まず、HD163296が付随する星の年周視差をGaia eDR3から得て、地球から同円盤までの距離を求める。

次に、Pythonを用いて、HD163296の連続波のデータの中央値を閾値に設定し二値化した画像を作る。この画像から円盤最外周の輪郭座標を求め、最小二乗法による楕円近似により、円盤の長軸、短軸、中心座標を求める。

円盤上を観測した電波のスペクトルから求められる分子ガスの速度の視線方向成分(視線速度)を、円盤の視線方向の傾きを用いて、実際の速度に換算する。また、HD163296の中心星の周囲にあるケプラー回転している分子ガスを考えると、万有引力と遠心力のつりあいから、

$$V(R) = \sqrt{\frac{GM}{R}} + d \quad (1)$$

となる。ここで、 $V(R)$ は分子ガスの速度、 $G$ は万有引力定数、 $M$ はHD163296の中心星の質量、 $R$ はHD163296の中心から分子ガスまでの距離、 $d$ は同円盤が地球から遠ざかる速度に比例する値である。

式(1)を観測データとフィッティングし、観測データと最適曲線の差の値が $3\sigma$  ( $\sigma$ : 観測データと最適曲線の値の差の標準偏差) 以内であるデータをケプラー運動してい

ると考え、これらのデータで再びフィッティングを行い、中心星の質量を求める(シグマクリップ法)。

## 4 結果

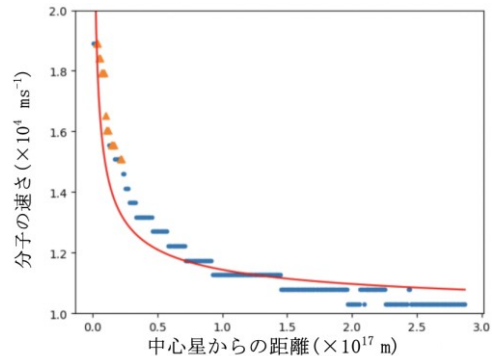


図2 HD163296の分子の速度分布

フィッティングした結果を図2に示す。図中の三角点がHD163296の中心星の周りをケプラー運動していない分子ガス、それ以外の点がケプラー回転をしている分子ガス、曲線が最適曲線である。フィッティングの結果、この円盤の中心星の質量は  $3.9 \times 10^{30}$  kg となった。

## 5 考察

円盤の質量は中心星に比べて十分に小さいので、円盤の歪みや厚みなどの効果により、ケプラー回転していない分子ガスが観測されたと考えられる。また、本研究の解析により得られた中心星の質量は、2021年度の研究[2]の結果  $4.7 \times 10^{30}$  kg にほぼ一致した。プログラミングによる自動化により、人の手が介入しないことで高精度かつ高速に中心星の質量が求められると考えられる。本研究では、原始惑星系円盤の長軸上の観測データのみを用いたため、今後は、円盤上の全データを用いて、中心星の質量を求めたい。

## 6 謝辞

名古屋大学大学院理学研究科天体物理学研究室の立原研悟准教授、名古屋大学教育学部附属高等学校の大羽徹先生、愛知県立明和高等学校の日高正貴先生にご指導をいただきました。また、筑波大学情報学群の服部真吾さん、京科大学工学部の山中孝太郎さんにプログラミングのご指導をいただきました。厚くお礼申し上げます。

## 7 参考文献

- [1] Alma Science Portal: DSHARP.  
<https://almascience.eso.org/almadata/lp/DSHARP/>
- [2] アルマ望遠鏡の電波観測による原始惑星系円盤の解析、黒木あやめ、田川智也、山田啓悟, 27T, 天文学会ジュニアセッション, 2022
- [3] ESASky. <https://sky.esa.int/esasky/>