

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 (高1) 【国立名古屋大学教育学部附属高等学校】

田川 智也、山田 啓悟 (高1) 【愛知県立明和高等学校】

深谷 咲良、丸山 心菜、青木 耀 (中3) 【国立名古屋大学教育学部附属中学校】

概要

本研究では、若い星の周囲に存在し、惑星形成の母体である原始惑星系円盤の特徴を調査した。アルマ望遠鏡が観測した一酸化炭素分子(CO)の電波データから中心星の質量を求め、原始惑星系円盤の大きさや電波強度との関係を求めた。

1 はじめに

星と星の間に存在する、星間ガスの密度が高い領域を分子雲と呼ぶ。この分子雲が自己重力により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の全ての分子のガスが中心に到達できないため、中心星の周囲に円盤が形成される(図1[1])。これを原始惑星系円盤と呼び、この中で惑星が形成されると考えられている。

本研究では、11個の原始惑星系円盤の大きさと、中心星の質量を求め、それらの相関図を作成した。

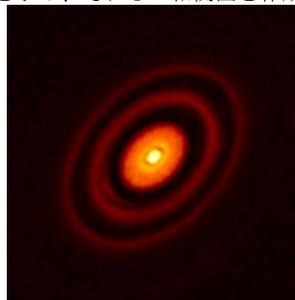


図1 原始惑星系円盤HD163296

2 データ

アルマ望遠鏡がCOを電波観測したDSHARP DATA RELEASE[1]の公開データを使用する。また、ESAの公開データであるGaia EDR3[2]の年周視差を用いる。

3 原始惑星系円盤の解析

3.1 大きさ

まず、原始惑星系円盤が付随する星のGaiaによる年周視差をバーチャル天文台ESA SKYから得て、その逆数から、地球から原始惑星系円盤までの距離を求める。次に、原始惑星系円盤の形が視線方向に対して傾いた円だと考え、楕円に近似させた。この長軸の長さ、原始惑星系円盤の見かけの大きさ(天球面でのなす角)と同じである。上で求めた距離を使って、観測された原始惑星系円盤の直径を計算する。

3.2 中心星の質量

原始惑星系円盤の短半径と長半径の比から、原始惑星系円盤の視線方向の傾きの余弦を求めることができる。円盤上の各点で観測された電波のスペクトルから、ドップラー効果によってガス運動の速度の視線方向成分(視線速度)が求められる。原始惑星系円盤の視線方向の傾きを求めることで、原始惑星系円盤の長軸上の視線速度を、実際の速度に換算することが可能となる。

また、原始惑星系円盤の中心星の周囲にある分子ガスは、ケプラー回転している。万有引力と遠心力のつりあいから、

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

となる。ここで、 V は分子ガスの速度、 G は万有引力定数、 M は中心星の質量、 R は原始惑星系円盤の中心から分子ガスまでの距離、 d は原始惑星系円盤が地球から遠ざかる速度である。式(1)を様々な R における観測データとフィッティングすることにより、原始惑星系円盤の中心星の質量を求めることができる。

4 結果

11個の原始惑星系円盤の直径と中心星の質量の分布と、中心星の質量と電波強度の相関を図2に示す。中心星の質量は、0.18から1.8太陽質量で、平均値は1.0太陽質量であった。

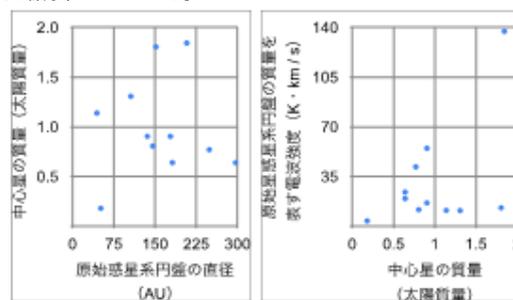


図2 原始惑星系円盤の直径と中心星の質量、中心星の質量と電波強度の関係

5 考察

本研究で解析した原始星惑星系円盤の中心星の質量は、太陽と同程度であった。原始星惑星系円盤の直径とその中心星の質量の相関係数は0.04であった。中心星の質量は、付随する分子ガスの角運動量に依存すると思われる。

一方、原始星惑星系円盤の中心星の質量と、原始星惑星系円盤の電波強度(地球から11個の原始惑星系円盤の距離は一定とした)の間には、相関係数が0.50と、正の相関がみられた。電波強度は、原始惑星系円盤の質量にほぼ比例するため[3]、質量の大きい星の周囲には、質量の大きな円盤が存在し、形成される惑星系の質量も大きい可能性が考えられる。

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原研悟准教授、国立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。厚くお礼申し上げます。

7 参考文献

- [1] <https://almascience.eso.org/alldata/lp/DSHARP/>
- [2] <https://sky.esa.int>
- [3] 国立天文台ALMAデータ解析に関する情報 (https://www2.nao.ac.jp/~eaarc/DATARED/EAARC_MAPSCI/eaarc_map2sci_diskcont.html)