

プロジェクト名 大型望遠鏡を用いた超低質量天体の分光観測：

惑星・褐色矮星形成過程の解明に向けて

プロジェクト代表者 大朝 由美子（教育学部・准教授）

研究の背景、目的

生命を持つ我々の太陽系は希な存在だろうか？それとも普遍的なのだろうか？

宇宙科学の大きな目標の一つは、太陽系外にある地球型惑星の探査である。ここ 15 年ほどの観測天文学の発展により、太陽系外にある太陽以外の恒星を公転する惑星(系外惑星)の存在が明確になった。現在までに発見された約 760 個の系外惑星から、我々の銀河系に惑星が多数存在する一方、その多くは質量や軌道半径、密度等の物理的特性が太陽系と異なることがわかってきた。さらに、木星のような巨大惑星に相当する質量をもつが、親星となる恒星の周りを周回せず単独で存在する天体(単独惑星質量天体)の存在が我々の先行研究から判明した。

このような系外惑星系の多様な物理的性質、形態等は、一様でない形成進化過程を反映していると考えられる。しかし、太陽の数倍から 1/10 倍程度の質量をもつ恒星に対して、十分なエネルギーを自ら生み出すことのできない褐色矮星や惑星質量天体などの超低質量天体は、質量が非常に軽い、すなわち光度が小さく観測が困難であり、観測的に明らかでない部分が多い。

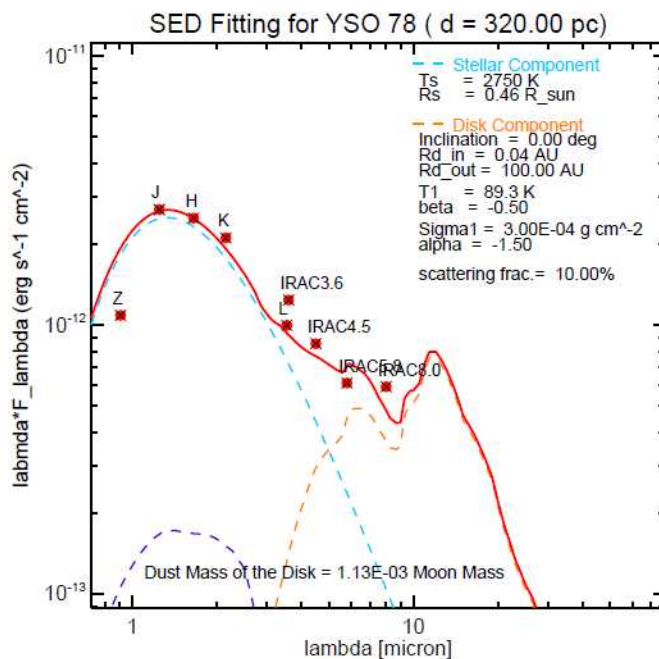
星を、放射エネルギーの物理素過程で分けると、恒星、褐色矮星、惑星の三つに分類される。すなわち、水素の核融合反応が起こる恒星、重水素の核融合反応のみが起こる褐色矮星に対し、惑星は核融合が全く起こらない。この違いは誕生時の質量に起因する。太陽のような恒星は密度の濃い星間ガスの塊である分子雲が重力収縮を起こして誕生する。一方、惑星は生まれたての星(前主系列星)に付随する原始惑星系円盤の中で誕生し、恒星の周囲を公転すると考えられている。それに対して、褐色矮星の形成過程はまだ明らかでない。さらに、最近存在が明らかになった単独惑星質量天体は、主星となる恒星の周りを回らず、従来の分類では褐色矮星にも惑星にも該当しない新しい種類の天体である。惑星質量天体の存在は、「惑星は恒星の周りを回る」という定義や形成進化論に一石を投じた。

本研究では、星・惑星系のなかでも、未だ解明されていない単独惑星質量天体や褐色矮星などの超低質量天体の形成過程に着目し、国内外の大型共同利用望遠鏡と高感度撮像分光装置を用いた詳細な観測による研究を行った。

研究内容と結果

単独惑星質量天体は、観測技術の発展により存在が明らかになった一方で、その正体や形成過程など不明な点が多い。惑星系形成を探る上で重要な鍵を握るが、観測・理論共に理解がほとんど進んでいない。ところで、非常に暗い超低質量天体も太陽などの恒星と同様に生まれたての段階には赤外線と比較的明るく輝く。そこで我々は、惑星質量天体や褐色矮星の頻度分布や質量関数を探るべく、ハワイ・マウナケア山にある英国赤外線望遠鏡と広視野赤外線撮像装置(WFCAM)を用いた赤外多色測光観測を進めると同時に、スピッツァー宇宙望遠鏡を用いた中間赤外観測アーカイブデータを用いた詳細解析を行った。

結果、分子雲中に埋もれている、非常に暗い多数の若い天体の検出に成功した。我々の近赤外探査観測で同定した若い超低質量天体候補について、スピッツァー宇宙望遠鏡による観測で検出されている場合には、多波長のスペクトルエネルギー分布を求め、光球・円盤成分の輻射シミュレーション計算を実施し、比較を行い、星周円盤の有無や温度、大きさなどの構造を見積もった(右図)。また、すばる望遠鏡と赤外多天体分光装置(MOIRCS)を用いた超低質量天体について過去に行った観測のデータ再解析を進め、低温度に特徴的な水の吸収量から温度、質量などの物理量を求めることが出来た。



図：ペルセウス座分子雲で同定された、若い超低質量天体のスペクトルエネルギー分布図。赤四角が観測値で、線は理論モデル計算フィッティングを示す。水色の点線が星の光球、紫の点線が散乱光、橙が円盤、赤色の実線がそれらの総和を表す。

さらに、超低質量天体における質量降着の有無や活動性を探るべく、ハワイ大学望遠鏡と可視多天体撮像分光装置(WFGS2)を用いて、先行研究、及び上記の赤外観測で同定した若い天体の可視 H α 輝線分光探査観測を進めた(プロジェクト経費で本観測の旅費を充当)。しかし、悪天候及び望遠鏡・ドームの故障により、観測がほぼ実行できなかったため、来年度、同望遠鏡使用の継続申請をすることになった。惑星質量天体については誕生時に質量降着が起こっているもまだ明らかではなく、未だ観測例が報告されていない。褐色矮星についても報告例はまだ少ない。今後の観測で惑星質量天体の H α 輝線の検出に成功すれば、質量降着が起きていると推測され、低質量星に近い形成過程を辿るという説が有力となるだろう。加えて、質量降着量から年齢を導出できるため、次年度以降の詳細な観測・解析が待たれる。

研究成果報告

本研究課題の成果は、日本天文学会などや次世代 30m 大型望遠鏡 (TMT) のサイエンス検討研究会などの国内会議や、ドイツで開催された国際会議「Formation and early evolution of very low mass stars and brown dwarfs」(超低質量星と褐色矮星の形成と初期進化) で発表を行った。関連した研究成果を併せると、学術論文(査読4, 未査読2)、学会発表(国際1, 国内12)である。そのほか、社会への還元として、著作物が3つ、小中高校生及び現職教員や一般市民を対象とした、研究成果を含めた講演及び授業について、23件を実施した。