

論文内容の要旨

論文題目：30-micron imaging and analysis of circumstellar
dust around Luminous Blue Variables

(30 ミクロン撮像観測による高輝度青色変光星星周ダストの分析)

氏名 中村 友彦

我々は高輝度青色変光星 (Luminous Blue Variables; LBVs) の高解像度 30 ミクロン撮像観測を行った。この観測は新規開発された中間赤外線観測装置 MAX38 (Mid-infrared Astronomical eXplorer) を東京大学アタカマ天文台 miniTAO 1m 望遠鏡に取り付けて行われた。miniTAO/MAX38 は地上望遠鏡からの 30 ミクロン撮像観測に世界で初めて成功した装置となった。

初期宇宙に存在する大量のダストの起源は現代の天文学の重要な問題の 1 つである。LBV はこのダストの供給源として有力視されている天体の一種である。近年の観測によって、近傍の LBV の多くは 0.01~0.1 太陽質量程度のシェル状やトーラス状の星周ダストに覆われていることが分かってきた。このダストの量は大質量星の進化過程における他の分類の星よりも非常に大きいものである。このような大量のダストが LBV の周囲でいつどのように形成されているかはよく分かっていない。これらのダストの多くは典型的に 100K 程度の温度で存在しているので、LBV の星周ダストを調べるためには 30 ミクロン撮像観測をすることが重要である。にもかかわらず、高空間分解能での 30 ミクロン撮像観測はこれまで行われていなかった。

我々は 30 ミクロンで回折限界像を取得できる中間赤外線観測装置 MAX38 を開発した。MAX38 はチリ・アタカマ砂漠のチャナントール山頂 (5,640m) にある miniTAO 1m 望遠鏡に取り付け

られる。この地域は可降水量 (PWV) が非常に低いため、これまで地上望遠鏡からは行われて来なかった 30 ミクロン帯の撮像観測が可能である。また、我々は MAX38 に内蔵される冷却チョッパーの開発を行った。冷却チョッパーは極低温で動作するビーム切り替えのための振動鏡システムであり、中間赤外線観測で大気放射に起因するノイズを除去するために必要とされるチョッピング観測を行うための新しいアプローチである。性能評価試験によって冷却チョッパーは中間赤外線観測に十分なチョッピング周波数 (最大 6.3Hz) とポインティング精度 (0.05 秒角) を持っていることを確認した。

miniTAO 望遠鏡で 30 ミクロン観測が行えることを確認するため、大気放射の分光観測を行った。そのために大気分光用の低分散グリズムの開発も行い、大気放射のスペクトルを取得して大気透過率を評価した。その結果、PWV が 1.3mm 以下の時に約 10% のピーク透過率を持つ大気の窓が現れることを確認できた。この結果から、miniTAO/MAX38 は年間の半分以上の時間で 31.7 ミクロンの観測ができ、また 37.3 ミクロンの観測は年間の 4 分の 1 以上の時間で行えると見積もることができた。

30 ミクロン帯では大気放射の変動が大きく、データ解析の際にいくつかの困難が生じた。30 ミクロン観測において取得される画質を改善し測光精度を向上するために、2 つの新しい画像解析手法を開発した。1 つ目は加重平均法 (weighted averaging method) である。これは画像中の大気放射成分を経験的な推定によって取り除く手法である。この手法をいくつかの観測データに適用し、画像に残ってしまっていた大気放射に起因するムラを取り除くことができることを確認できた。加重平均法は中間赤外線観測の、特に空間的に広がった天体の観測において非常に有効で、効率的な観測を実現できる。

2 つ目の手法はセルフスカイ較正法 (self sky calibration method) である。30 ミクロン帯での大気透過率は短いタイムスケールで強く変動するため、大気透過率を正確に補正することが測光観測において必須と言える。セルフスカイ較正法とは大気放射の明るさを対象天体と同時に測定し、大気透過率を見積もって補正をする手法である。この手法によって 30 ミクロン帯の測光観測において測光精度を有意に向上させることができた。

我々は Eta Carinae の高空間分解能観測を 30 ミクロン帯で行った。Eta Carinae は LBV でのダスト形成を理解する上で最も良いサンプルの一つである。Eta Carinae は双極状のシェル (polar lobes) と連星の公転面上のトーラス (equatorial torus) からなる人形星雲 (Homunculus Nebula) で有名な LBV の 1 つである。miniTAO/MAX38 は Homunculus Nebula を 30 ミクロンで初めて空間的に分解することに成功した。トーラスには 0.09 太陽質量のダストが含まれており、これは Homunculus Nebula に存在する全ダスト質量 (0.12 太陽質量) の約 80% に相当する。また、polar lobes の内部に 0.012 太陽質量のダストが存在することも分かった。ダスト形成が giant eruption の起きた 1843 年から一定の割合で起きていたと仮定すると、ダスト形成率は 7×10^{-5} 太陽質量/年と推定される。これは典型的な Wolf-Rayet 連星系でのダスト形成率と比べても非常に大きな値である。これは、大質量星の連星系が初期宇宙でのダスト形成において大きな役割を担っていた可能性があることを示唆している。