

## Submillimeter Array Observation of the Proto-Planetary Nebula CRL 618 in the CO $J=6-5$ Line

SMA による原始惑星状星雲 CRL 618 の CO  $J=6-5$  ライン観測

中島淳一 (ASIAA) [現在の所属 (Dept. of Physics, Univ. of Hong Kong)], et al.  
*AJ* (November 2007 issue)

原始惑星状星雲とは、AGB 星 (漸近巨星分枝星) と惑星状星雲との中間的な進化段階に位置する天体であり、ポスト AGB 期以降の、中小質量星の進化を理解するうえで鍵を握る天体だと考えられている。しかしながら、原始惑星状星雲の進化のタイムスケールは非常に短く ( $<10^{-3}$  年)、適当な観測対象を見つけることが容易ではない。このような状況のなか、CRL 618 は、距離が約 900 パーセクと比較的近く、多くの観測ならびに理論的研究が行われてきた。

炭素過多型の原始惑星状星雲である CRL 618 のエンベロープからは、多くの分子種が検出されており、分子の回転遷移線による電波干渉計観測が盛んに行われている。これまでの電波干渉計観測によって、エンベロープ内には、四つの異なる力学的構成要素が存在することが知られている。特に近年検出された軸対称な形態を示す空洞構造 (cavity) は、AGB 後期もしくはポスト AGB 期前期に現れた高速ジェットによって形成されたと考えられており、その物理状態を把握することは、CRL 618 の進化過程を考えるうえで重要な課題である。

われわれのグループは、Submillimeter Array (SMA)<sup>\*1</sup> に最近搭載された 690 GHz 帯用受信機を用い、CO  $J=6-5$  ラインのマッピング観測を行った。この観測の目的は、高い回転遷移状態の CO ラインを高い角度分解能 ( $\sim 1''$ ) で観測することによって、CRL 618 のエンベロープ、特に空洞構造の壁面の物理状態を明らかにすることである。

得られた CO  $J=6-5$  ラインの輝線プロファイルには、CO  $J=2-1$  ラインと同様に、線幅が広い高速度成分と、線幅の狭い低速度成分の二つの特徴的なコンポーネントが見られた。また、単一鏡の観測と比較した結果、高速度成分のフラックスは、ほぼ 100% 検出できた一方で、低速度成分に関しては約 80% ものフラックスを失っていることが明らかとなった。これは、低速度成分が空間的に大きく広がっていることを意味している。

CO  $J=6-5$  ラインのマップを、 $J=2-1$  ラインのマップおよび、連続波のマップと比較した結果、CO  $J=6-5$  ラインの低速度成分は、空洞構造の南側の壁面からのみ検出されていることが明らかとなった。この事実は、CRL 618 のエンベロープ (特に空洞構造) の物理状態が、必ずしも、これまで多くの理論モデルで仮定されていたような軸対称ではないことを示唆している。

<sup>\*1</sup> SMA は米国スミソニアン研究所と台湾中央研究院による共同研究プロジェクトである。

## Observations of O I and Ca II Emission Lines in Quasars: Implications for the Site of Fe II Line Emission

O I, Ca II 輝線観測で探るクエーサー低電離領域の物理

松岡良樹 (東京大学), et al.  
*ApJ*, 663, 781 (2007)

クエーサーは一見すると星のように見えながら、実は非常に遠方において莫大なエネルギーを放っている天体である。太陽の 1 千億倍をはるかに超えるそのエネルギーは超巨大ブラックホールへの質量降着を源とすると考えられており、その明るさゆえ、遠方すなわち初期宇宙の状態を探る強力なツールとなっている。

クエーサーの特徴の一つはそのスペクトルに見られる、さまざまな電離段階にあるイオンからの強い輝線である。これらの輝線は非常に広い線幅を示し、放射ガスが  $10,000 \text{ km s}^{-1}$  にも達するような大きな速度をもっていることを示唆している。広輝線領域 (BELR) と呼ばれるこの放射領域のガスの正体はいったい何か? 膨れ上がった星の大気のような小さなガス塊の集合なのか、あるいはブラックホール周囲の降着円盤から吹き上がったガスの流れなのか?? クエーサー輝線スペクトルを遠方宇宙のプロープとして用いるうえで、それらの起源ガスの物理状態を知っておくことは極めて重要である。

われわれは特に Fe II など比較的電離度の低いイオンの輝線放射領域に注目し、その物理状態を探る研究を行っている。一つには Fe II が紫外線-可視光域における最も強い輝線群であり、その生成過程・エネルギー収支は BELR の重要な情報を含んでいると考えられるためである。また、Fe 元素の  $\alpha$  元素 (Mg など) に対する存在比が、クエーサーのシステムにおいて星生成が開始された時期を推定する“時計”の役割を果たすとされていることも大きな動機である。低電離領域のトレーサーとして、われわれは O I, Ca II の輝線に着目している。これらの輝線は Fe II と同じ領域から放射されていることが過去の研究から示唆されており、加えて輝線生成メカニズムが比較的単純で解析しやすいためである。

本論文ではハッブル宇宙望遠鏡による紫外線データと地上望遠鏡による近赤外線データを組み合わせることによって、赤方偏移  $z \sim 1$  までのクエーサーについて複数の O I, Ca II 輝線の強度比を測定した。一方で光電離モデル計算を行い、これを観測結果と比較することで、放射ガスの密度・照射フラックス強度などの定量的な物理状態や O I 輝線の生成機構、BELR 内のガス分布などについての見積もりを得ることができた。これらの結果が BELR の正体についてどのような示唆を与えるのか、また、さらに高赤方偏移ではどのような結果が得られるのか、今後も研究を進めていく必要がある。