

# 双極分子流天体 NGC 2071

福井康雄\*・岩田隆浩\*

最近の星の誕生に関する話題の中で最も注目されているものは、「双極分子流天体 (=Molecular Bipolar Outflow Sources)」の発見であろう。生まれたての恒星が、多くの場合2つの対方向に指向性のよい高速度(毎秒10~100 km)のガス流を伴っている現象である。1984年の時点で、40個近い双極分子流天体が見つかったと考えられている。この種の高速度のガスの運動は、理論的には全く予想されていなかったものであり、観測と理論の両面から人々の注目を集めてきた。どのようなメカニズムで、高速度のガス運動が引き起こされ、しかも2つの対方向に集束されているのか、が大きな謎である。

この謎を解くためには、十分高い角度の分解能が必要である。高速度ガスを加速しているのは、赤外線源として見える生まれたばかりの恒星のごく近くと思われるので、高速度ガスが集束され、加速される様子を探るためには、観測装置の角度分解能は高ければ高いほどよい。45 m 鏡は、単一アンテナとしては従来よりも2~10倍高い角度分解能が実現できる。そこで私たち名古屋大学グループは、代表的な双極流天体である NGC 2071 等を45 m 鏡を用いて観測し、双極分子流形成の謎の解明に取り組んできた。

## 1. 双極分子流天体の代表 NGC 2071

NGC 2071 は、オリオン座の馬頭星雲の北東約5度にある反射星雲であり、そのすぐ近くに太陽の約千倍の光度を持つ赤外線源群がある。この赤外線源の方向にさした4光年、速度約毎秒60キロメートルの分子双極流が1981年、米国のパーリー他によって発見された。この速度は、双極流としてオリオン KL 天体に次ぐ大きさであり、しかも高速度ガスの空間的な広がり約5分角に及び、この広がりオリオン KL 天体よりも約10倍大きい。双極分子流の形成のしくみを探るには絶好の天体である。

## 2. 双極流の集束は星のすぐ近くで

1984年、1985年に45 m 鏡を用いて得られた観測結果を図1にまとめた。これは、一酸化炭素(CO)の波長2.6ミリメートルの線スペクトルの強度を速度毎に区切って示したものである。図1は、高速度ガスの中でも最

も速度の大きな成分の分布を示したものであり、これらの成分が実に細い直線状をなしていることがわかる。その幅は、45 m 鏡のビームサイズ(15秒角)でもまだ十分に分解されないくらいに細い。いったん加速されたガスは、弾丸のように一直線に飛び出していくと考えられるから、観測された直線状分布は、双極分子流の形成が中心部のごく小さな領域で起こっていることを意味する。恐らく、千天文単位以下の領域で集束されているのだろう。

これに先立つ1983年、一硫化炭素(CS)の波長6ミリメートルの線スペクトルでも私たちはこの天体の中心部を観測し、双極分子流とは垂直方向にのびたコンパクトな分子雲の存在を明らかにした(図1(a)破線)。このCS分子雲は、高速度ガスの示す速度幅に比べてはるかに小さい約3 km s<sup>-1</sup>の速度幅しか持たず、質量も約10太陽質量と軽い。もしも、このCS分子雲が集束されていない高速度ガスの「弾丸」に完全にさらされるとすると、たちどころにCS分子雲は膨れて飛びちってしまうに違いない。そこで私たちは、双極分子流の集束は、CS分子雲よりもはるかに小さな千天文単位程度のスケールで既に起きているだろうと結論した。今回のCOの結果は、見事にこの結論を直接支持するものである。

## 3. 赤外線源は固有運動を示す

もう一つの興味深い事実は、二つの双極分子流が、完全に直線状をなすのではなく、中心で折れ曲った「く」の字型をしている点である。元々、双極流の集束が折れ曲って起きているのだろうか? 私たちは、それよりはむしろ、中心天体が固有運動しているせいではないかと考えている。仮に、中心天体が北西から南東に毎秒3キロメートルのスピードで運動しているとする、分子流の寿命約一万年の間に約15秒角運動することになり、観測された「く」の字型を十分に説明できる。

## 4. 回転円盤はあるか?

近年、NGC 2071をはじめとする双極分子流天体の中心部に分子ガスの回転円盤があり、双極分子流の集束・加速に一役買っているのではないかと、言われている。私たちのCSの観測結果も速度勾配を示し、一見「回転円盤」の存在を示すように見える。しかし、物事はそれほど単純ではない。独立に「円盤」の存在を確かめるた

\* 名大理 Yasuo Fukui, Takahiro Iwata: The Molecular Bipolar Outflow near NGC 2071

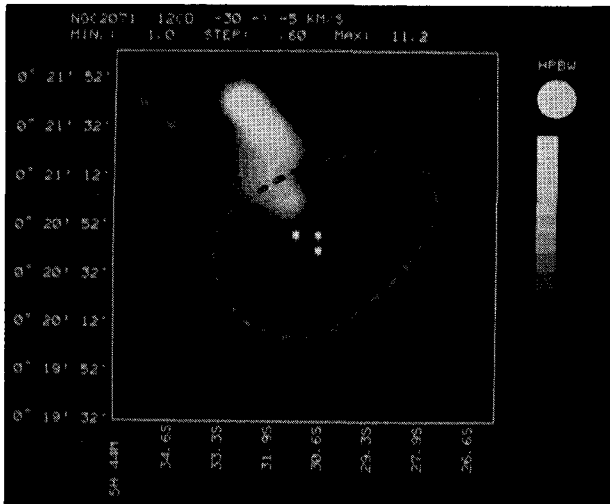


図 1(a) 最も速度の大きな高速度ガス成分のうちで青側にドップラーシフトした成分の  $^{12}\text{CO}$  の強度分布図。3つの星印は赤外線源。破線は CS の輝線より見つかった高密度ガス雲。

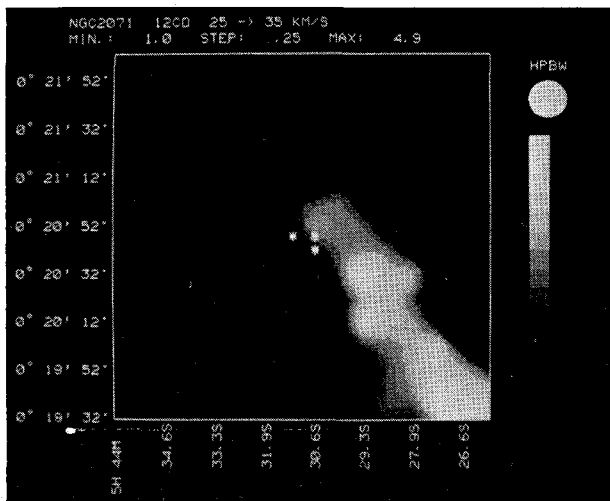


図 1(b) 高速度ガスのうち赤側にドップラーシフトした成分の  $^{12}\text{CO}$  強度分布図。

共にビームサイズ (白丸) は  $15''$  であり、座標は横軸が赤経、縦軸が赤緯。

めに、私たちは西独の 100 m 電波望遠鏡でアンモニア分子 ( $\text{NH}_3$ ) のスペクトルによる観測を行なった (1984 年)。結果は、やはり一硫化炭素と同じ方向にのびた分子雲の存在を示しているのだが、その速度の分布は全く異なり、少なくとも 2 種の異なる分子雲がこの方向に存在することがわかった。アンモニアの雲は、回転の兆候と考えられる速度勾配はほとんど示さない。考えてみると、双極流天体の近くの分子ガスが全く双極流の影響を受けていないとは考えにくい。実際、CS のデータは、少なくとも中心部では双極流によって加速されている兆しを示している。従って CS で見えた速度勾配は、実は双極流によってかき乱されたために生じたものであって、「回転」の結果ではない可能性も高いのである。

双極流の膨脹運動は  $10 \text{ km s}^{-1} \sim 100 \text{ km s}^{-1}$  と極端に大きな速度幅を示すので紛れはないが、「回転」はせいぜい  $1 \sim 2 \text{ km s}^{-1}$  の速度差が問題となる。この程度の速

度差は、星雲内部のランダムな運動でも十分説明できるので、「回転」であると言い切れることはこの天体に限らず一般に非常に難しいことに注意したい。

私たちの 45 m 鏡での観測によって、NGC 2071 での双極流の集束が中心天体のごく近くで起こっていることがわかった。それでは、集束のメカニズムは何か？ 一つの有力な可能性として、私たちは恒星の直径の約百倍位 ( $\leq 10^{13} \text{ cm}$ ) の小さな円盤構造が集束に効いてのではないかと予想している。このような「円盤」は、現在の電波の角分解能ではとらえられない小さなものである。恐らく赤外線による高温の星間塵の高分解能観測が、この予想を確かめるための一つの決め手となるだろう。

本研究は、文部省科研費 (58420004, 59420002) の援助の下に行なわれた。