

オリオン星雲に大質量星の誕生を見る

長谷川 哲夫*

1. 原始星に向けられた 45 m 望遠鏡

オリオン星雲の中心近くに、ガス雲を照らし輝やかせている星団、トラペジウムがある。2 百万年ほど前に生まれたばかりの、大質量星（質量が太陽の 20~40 倍）の集団だ。その北西約 1' のところにある強い赤外線源 BN 天体と KL 天体は、オリオン星雲に付随した星間分子雲の中で生まれつつある星である。

これら誕生の過程にある星——原始星——は可視光で見るのが極端にむずかしい。そのため、星の誕生のプロセスの解明は、理論による予測と、赤外線および電波による観測によって進められてきた。ミリ波望遠鏡として世界最大の口径をもつ 45 m 望遠鏡が、稼動当初からこれらの原始星に向けられたのは言うまでもない。

2. 古くて新しい問題

星の生成過程は、天体物理学の基本的問題の一つとして古くから研究が続けられてきたが、ミリ波や赤外線などの観測技術がこの 10 年間に飛躍的な進歩をとげたことにより、古い問題の解決と同時に新しい問題がとび出すという展開をみせている。現在関心が持たれている問題点としては、以下のようなものがある。

- ① 星間分子雲から原始星への分裂・収縮、特にその最終段階における形状や回転と大局的構造との関係。
- ② 原始星からの質量放出のメカニズム。その双極的な形が、どうして作られるのか。超音速でありながら低温の分子ガスがどう加速されるのか。
- ③ 原始星の活動が周囲の分子雲に与える影響。高速ガス流による衝撃波のエネルギーなど。

3. 原始星をとり巻く回転ガス円盤

1983 年 1 月、CS（一硫化炭素）の波長 6 mm のスペクトル線（ $J=1-0$ ）を観測できるようチューニングされた 45 m 鏡は、BN/KL 天体に付随した高密度分子雲の姿を描き出した。CS スペクトル線は、図 1(a) のように画面中央の原始星（KL 天体中のコンパクトな赤外線源 IRc 2）付近を中心として北東（左上）から南西（右下）の方向にのびる領域で強い。スペクトル線のピーク速度は図 1(b) のように北東から南西にかけて 10.5 km s^{-1} から 8 km s^{-1} まで変化する。

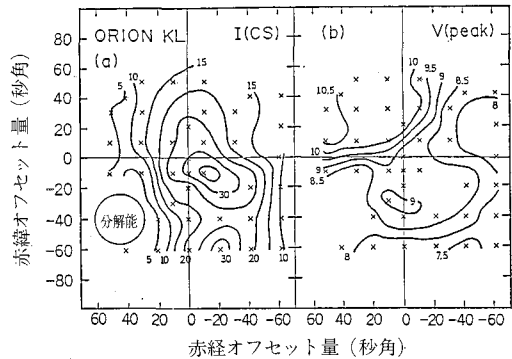


図 1 オリオン星雲 KL 天体付近の CS 分子雲。
(a) 積分強度の分布 ($\text{K} \cdot \text{km s}^{-1}$)、(b) 視線速度の分布 (km s^{-1})。オフセットの原点は原始星 IRc 2 の位置である。

これらの観測事実は、原始星のまわりに回転する円盤状の分子雲があるとすると説明がつく。円盤の質量は太陽の 300 倍、直径 0.2 pc (4 万天文単位) という巨大なもので、数 10 万年の周期で回転している。

このような回転ガス円盤は、L 1551 などの他の原始星のまわりにも見つかっているもので、原始星形成の際の分子雲の構造を示すものとして重要である（本号海部氏の稿参照）。

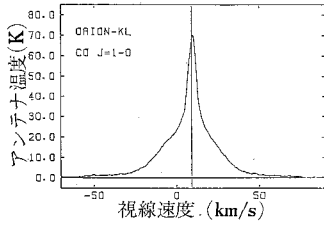
4. 秒速 90 km の双極ジェット

1984 年 3 月から始められた CO（一酸化炭素）の波長 2.6 mm のスペクトル線（ $J=1-0$ ）の観測は、上記の回転分子雲のほかに、まったく違った原始星の活動を明らかにした。図 2 は原始星の方向で観測される CO のスペクトルである。速度 10 km s^{-1} 付近にあるピークは回転ディスクから出ている成分だが、そのまわりに $\pm 40 \text{ km s}^{-1}$ ほどのふくらんだ成分と、さらに高速の、 $\pm 85 \text{ km s}^{-1}$ まですそを引いた成分が見える。

BN/KL 天体の CO スペクトルにすそが見えることは 1976 年にアメリカの 11 m 望遠鏡により発見されたが、その構造については、1980 年代になって可能になった高分解能の観測がなされて初めて明らかになってきた。中でも 45 m 望遠鏡による CO の 2.6 mm スペクトル線の観測は、 40 km s^{-1} 以上の高速で運動するガスの分布を $16''$ という高い分解能で観測することにより、高速ガス流の構造をはっきり示している。

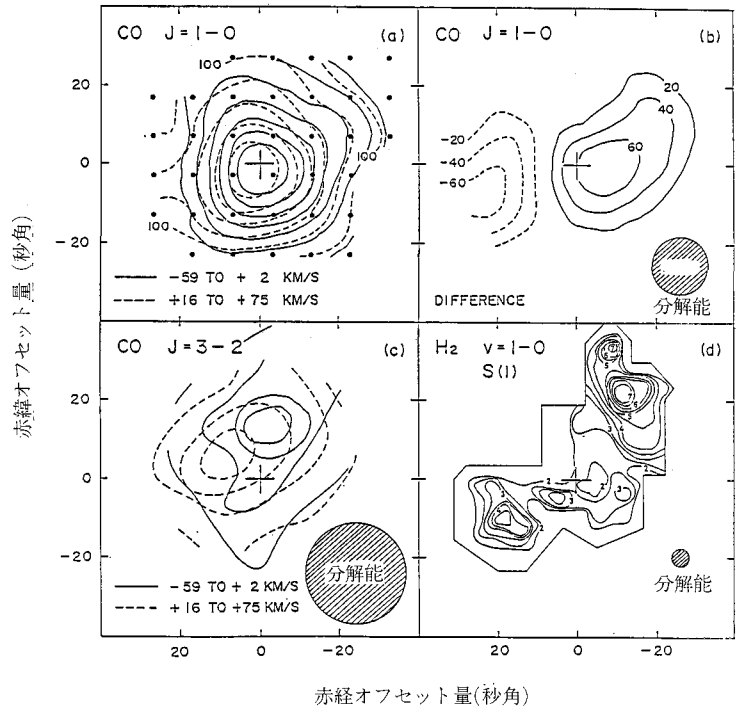
図 3 は 45 m 望遠鏡がとらえた CO スペクトル線の

* 東京天文台 Tetsuo Hasegawa: Massive Star Formation in the Orion Nebula.



▲ 図 2 45 m 望遠鏡によるオリオン星雲 KL 天体の CO スペクトル。

図 3 原始星 IRc 2 (+ 印) から吹き出す高速分子ガス流。
 (a), (b) は 45 m 望遠鏡による観測 (本文参照), (c) はアメリカの MM T を使って行なわれた波長 0.9 mm のスペクトル線の観測 (エリクソンらによる), (d) はガス流とまわりの分子雲との衝突によって励起された H₂ の波長 2.1 μm スペクトル線 (ベックウィズらによる) を示す。



分布を、以前の観測と比較して示す。(a) は負の速度を持つ CO ウィング (すそ) の分布を実線の等高線, 正の速度を持つ CO ウィングの分布を破線の等高線で示した。両方とも原始星 (+ 印) を中心に直径約 25" (13000 天文単位) の非常にコンパクトな分布を持っている。両者を詳しく比較すると、実線の等高線はより西側に、破線はより東側にひろがっている。そこで負の速度のウィングと正の速度のウィングの強度差のマップ (difference map) を作ってみると、図 3(b) に示すように、はっきりとした双極性が現われた。これは CO の 0.9 mm 輝線 (図 3(c)) や干渉計による SiO 3 mm 輝線の観測によって示唆されていたように、原始星から二方向に吹き出す、よく絞られたジェットが存在する強い証拠である。図 3(d) に示した H₂ (水素分子) の 2.1 μm 輝線は、高速分子ジェットの先端に 2 つのピークを持っていて、ジェットが周囲の分子雲と衝突して衝撃波が発生していることを示している。

もう 1 つの重要な点は、この双極ジェットだけでは、図 2 のスペクトルのすその一部しか説明できない点である。H₂O (水蒸気) メーザーや SO (一酸化イオウ) などの観測との比較から、残りの部分は約 20 km s⁻¹ でガス円盤方向に膨張するドーナツ状分子雲かシェルから出ていると考えられる。この成分は、高速 CO 2.6 mm 輝線の約 70% を占めている。図 3(c) の 0.9 mm 輝線の分布が (a) の 2.6 mm 輝線の分布と異なるのは、膨張ドーナツと双極ジェットの相対的な強度比のちがい (輝

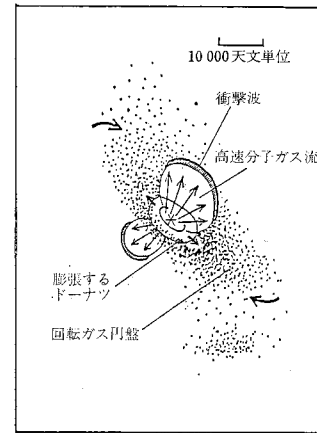


図 4 明らかにされた KL 天体のすがた。原始星 (* 印) を中心に軸対称な構造を持っている。

線の飽和度のちがい) によるのかも知れない。

5. おわりに——全体の構造を支配するもの

以上の観測から明らかにされた原始星周辺の構造は図 4 のようなものである。全体的によい軸対称性が印象的で、大局的構造を支配するものの存在を暗示している。そのようなものとして考えられるのは、分子雲の回転運動と、分子雲をつらぬく磁場である。今のところそのどちらが重要なかはわからないが、最近急速な進展を見せている赤外偏光観測と、現在 45 m 望遠鏡によって進められつつあるオリオン分子雲の大規模な観測 (表紙写真) が、解決の糸口を与えてくれると期待される。