

# 特異銀河 M82 の CO 観測

— 200 pc 分子リングとガスのふき出し —

中 井 直 正\*

## 1. 特異銀河 M82

我々の銀河系から約 1000 万光年 (3.2 Mpc) の彼方にある、おおぐま座の不規則形銀河 M82 は、数々の特異な性質を持つことで知られている。写真1に見えるように、銀河面に垂直な方向 (写真では上下方向) に、電離した水素ガスが放つ H<sub>α</sub> 線のフィラメントが飛び出している。さらに、最近の X 線の観測結果は、フィラメントに対応する非常に高温なガスのローブの存在を示唆している。銀河ディスクも、明るい電離ガスと濃いダストの吸収とが入り乱れた複雑な様相を見せている。また、放出するエネルギーの観点で見ても、比較的小さい銀河であるにもかかわらず、銀河系近傍のどの銀河よりも多くのエネルギーを、電波から X 線にわたる広い波長域にわたって出している点が注目される。これらの特異性は、中心付近での激しい星の生成に起因していると考えられている。実際、M82 の中心部には、カシオペア A の 1~150 倍も強い超新星レムナントが、30 個以上も見つかっている。

45 m 鏡による M82 の CO 観測は、この特異な銀河にさらに、特異な事実を付け加えた。以下では、それを紹介しよう。

## 2. 45 m 鏡による CO の観測

最初の試験的な観測は、1982 年の年末に行なわれた。

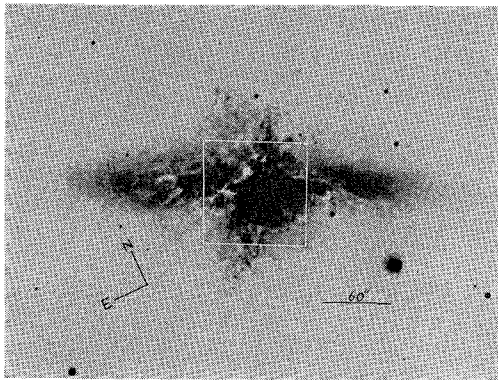


写真1 M82 の H<sub>α</sub> の写真。白線の枠は、45 m 鏡による CO の観測範囲を示す。

系外銀河の観測に不慣れなせいもあって、はじめはうまくいかなかったが、12月31日の大晦日に、M82 の一酸化炭素 CO の観測に成功した。これが、日本で初めての系外銀河からの分子スペクトル線の検出であった。

本観測は、1984年の5月と6月、及び、1985年の3月に行なった。CO の周波数 115 GHz における空間分解能 14" (月の直径の約 1000 分の 8) は、M82 の距離では、~220 pc (720 光年) である。観測した領域は、写真1の白線の枠内である。全部で 70 点以上の観測点を得ることができた。

得られた CO のスペクトルの例を、図1に示す。中心付近で、最高 1.8 K のアンテナ温度 T<sub>A</sub><sup>\*</sup> (アンテナに入ってくるエネルギーにほぼ比例する量) が得られた。これは、系外銀河の観測史上、最高の強さである。スペクトルの速度幅は、中心付近で、200~300 km s<sup>-1</sup> と非常に広い。

スペクトルにおいて、速度方向に全部足しあわせた積分強度 I<sub>CO</sub> ≡ ∫ T<sub>A</sub><sup>\*</sup> dv は、視線方向にある CO ガスの量に比例するが、そのマップを書くと、図2のようになる。特徴的なことは、① CO の長軸は、光で見たときの長軸 (北からの位置角=65°) に対し、約 10° 傾いている。これは、赤外線や連続電波波の分布の傾きとほぼ一致する。② CO は、必ずしも横長なだけではなく、それに垂直な方向の東西南北にも伸びている。しかも、

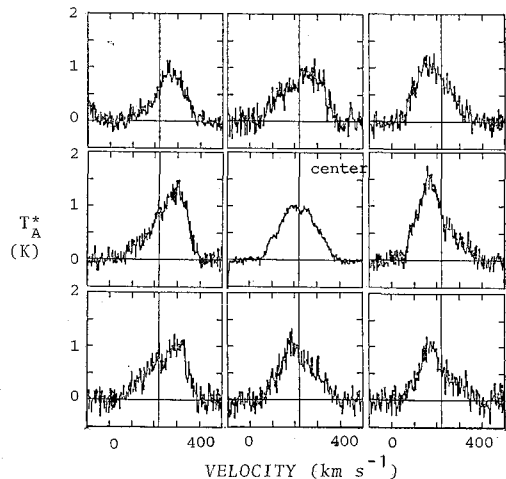


図1 CO スペクトルの例。観測点の間隔は 7"5 である。縦の線は銀河の速度 220 km s<sup>-1</sup> を示す。

\* 東大理 Naomasa Nakai: CO Mapping of M82: A Molecular Ring and the Bipolar Outflow

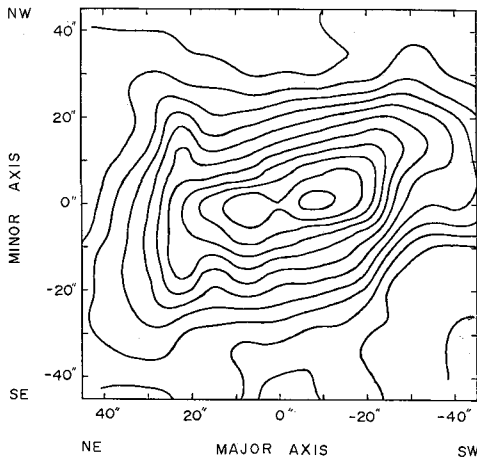


図 2 CO の積分強度の分布図. 強度の間隔は  $20 \text{ K km s}^{-1}$ .

このスパー構造は、 $\text{H}\alpha$  のフィラメントや X 線のハローを包むように分布している。③ 中心付近が 2 つのピークに初めて分解された。このピークは、 $10 \mu\text{m}$  (主として高温のダストの分布を示す) や連続波電波 (星の生成のさかんな領域を示す) のピークと、非常によく一致する。中心 ( $2.2 \mu\text{m}$  のピークで定義) では、CO 強度は弱くなっている。図 2 の領域内の水素分子ガスの質量を求めてみると、 $M_{\text{H}_2} \approx 1 \times 10^8 M_{\odot}$  ( $M_{\odot} = 2 \times 10^{33} \text{ g}$ ) であり、水素原子ガスの質量の約 3 倍、銀河の回転速度から求めた全質量の約 15% を占めている。

### 3. 200 pc 分子リング

図 2 の CO 分布は、大まかにいって、短軸について対称である。そこで、分子ガスが軸対称に分布していると仮定し、その 3 次元構造を求めると図 3 のようになる。分子ガスの密度の高いところは、中心から  $150 \sim 350 \text{ pc}$  (平均  $\approx 200 \text{ pc}$ , 約 650 光年) のところにあり、リング構造をしている。リング内 ( $5'' < r < 25''$ ,  $|z| < 5''$ ) の分子ガスの質量は、約  $2.5 \times 10^7 M_{\odot}$  である。この分子リングは、激しい星の生成がおきている場所と一致する。中心では、水素分子の密度は  $2 \text{ cm}^{-3}$  以下であり、ガスの穴になっている。

### 4. ガスのふき出し

図 3 を見ると、分子ガスは、銀河面に垂直な方向にも伸びている。すなわち、シリンダー構造をしている。 $\text{H}\alpha$  フィラメントや X 線のハローで示される高温電離ガスは、このシリンダーの内側に沿って伸びている。

このような分子ガスは、銀河面からハローに向かってふき出ていると考えられる。その理由は、① 短軸方向に速度勾配がある。北側 ( $Z > 0$ ) で我々から遠ざかるよ

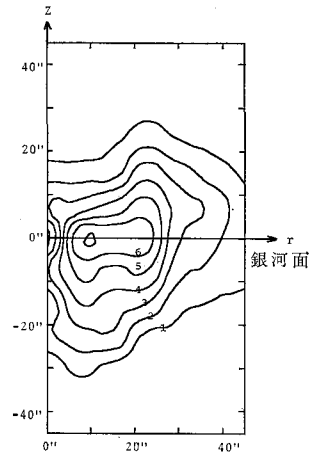


図 3 軸対称モデルに基づく  $\text{H}_2$  の体積密度の分布図. 単位は  $\text{H}_2 \text{ cm}^{-3}$ .

うに、南側 ( $Z < 0$ ) で近づくように運動している。② ダストによる光の吸収から考えて、銀河の北側が観測者に対し、手前となる。以上の事実から、分子ガスは、( $\text{H}\alpha$  や X 線を出す高温ガスとともに) 銀河面に垂直方向にふき出ていると考えるのが自然である。銀河面の傾きは、 $5^\circ \sim 20^\circ$  であると言われている。これから、ガスのふき出し速度は、 $100 \sim 500 \text{ km s}^{-1}$  となる。これに必要な、重力及び力学的エネルギーの和は、 $(0.5 \sim 10) \times 10^{55} \text{ erg}$  となる。このエネルギーの源は何であろうか。最も可能性の高いのは、中心付近の激しい星の生成による多数の星の超新星爆発による力学エネルギーの供給である。爆発のおきる頻度から、そのエネルギーを推定してみると、およそ  $5 \times 10^{56} \text{ erg}$  となり、ガスを銀河面上にふき上げるに十分な量である。

### 5. CO 吸収線——銀河間分子ガス?——

図 2 の CO スペクトルの中で、速度が  $230 \text{ km s}^{-1}$  付近に、弱いながら、くぼみが見える。くぼみの深さは  $T_A^* \approx 0.2 \text{ K}$ , 速度幅は  $\Delta V \approx 8 \sim 10 \text{ km s}^{-1}$  である。わずかながら、速度勾配もあり (長軸方向の  $1'$  の長さにつき、 $10 \sim 15 \text{ km s}^{-1}$ ), 中心から少なくとも  $15''$  離れたところにも存在する。このくぼみが吸収だとすると、吸収物質の温度は  $6 \text{ K}$  以下であり光学的厚みは  $0.2 \sim 0.9$  である。視線方向の面密度は、 $N_{\text{H}_2} \approx (0.1 \sim 1.5) \times 10^{20} \text{ H}_2 \text{ cm}^{-2}$  である。速度幅が非常に小さいこと、速度勾配の方向が M82 の回転方向とは逆であること、平均速度が  $+220 \text{ km s}^{-1}$  と非常に大きいことなどから、考えられる可能性としては、① M82 と M81 の間を結ぶ水素原子ガスのブリッジの中に分子ガスがあって、M82 の手前の部分が吸収で見える。② M82 と我々の銀河の間に、未知の分子ガスがあって、それによって吸収を受けている。しかし、いずれにしても、その正体をつかむためには、さらに、水素原子ガス等の観測が必要である。