

アンドロメダ銀河 M31 の超巨大分子雲

市 川 隆*

写真1は東京天文台木曾観測所の105cmシュミット望遠鏡で撮影されたアンドロメダ銀河M31である。この銀河の南西部、四角で囲んだ領域の右端に際だって目立つ大きな暗黒星雲が渦巻きの腕のように伸びている。写真で見る限りひとつの大きな暗黒星雲のように見えるが果してそうであろうか。もしそうだとすると1kpc以上の長さになる。あるいは小さな暗黒星雲がいくつも連なって見えているだけであろうか。ところで図1を見ていただきたい。これは筆者等がインドネシア、ボスカ天文台でのM型巨星の掃天観測を基に、わが銀河系の中心方向にある暗黒星雲の空間分布を詳細に調べた結果である。この図の中にはっきりと2つの大きな暗黒星雲のかたまりを見ることができる。太陽からの距離の方向に長く伸びた構造は、その方向の解析に大きな誤差が伴っているため現われたものなのであまり信頼はできないが、両方の暗黒星雲のかたまりは少なくとも銀径の方向に300pc程の広がりを持っている。そしてこれらの質量は100万太陽質量以上と見積られている。その質量や、分布、大きさなどから判断して、多分、いくつもの小さな暗黒星雲が集まってゆるい集合体を形成しているであろう。特に銀径352度の位置にある暗黒星雲は遠赤外線源やCO分子雲の位置と一致し、いくつものHII領域や若い散開星団がその内部や周囲にあり、活発な星生成を起こしている。また遠赤外線源やCO分子雲は銀径348度まで広がっていることを考えると、この巨大な暗黒星雲のかたまりは銀径方向に600pc程の広がりを持つ可能性もある。これらふたつの暗黒星雲のかたまりはそれぞれ定規座・楯座渦状腕と射手座渦状腕の中にあるので、銀河構造と星生成や暗黒星雲の形成のメカニズムを密接に関係づける構造なのかもしれない。

さてもう一度M31に目を向けてみよう。図2は写真1の四角で囲んだ領域で、Stark等がベル研究所の7m

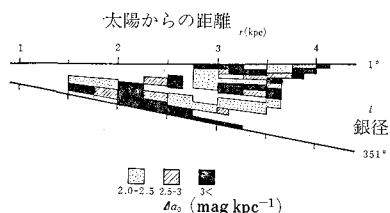


図1 銀河系中心方向の星間吸収分布

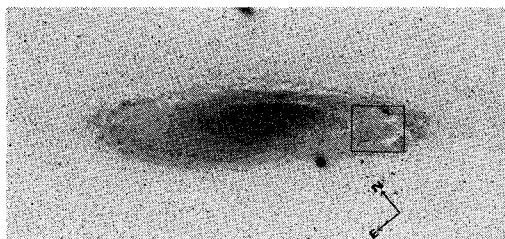


写真1 東京天文台105cmシュミット望遠鏡で撮影されたアンドロメダ銀河M31 (東京天文台岡村氏提供)

電波望遠鏡を用いて観測したCO輝線の強度分布である。写真1と見比べると、暗黒星雲の帯とほぼ同じ位置にCO分子雲の作る渦状腕構造がはっきりと見られる。さてこの渦状腕の構造をもう少し詳しく見てみよう。CO輝線の渦状腕は大きな雲のようなものがいくつも連なってできているように見える。そしてその雲状の構造は長さが500pcから1kpcもある。果してこれらの雲構造はひとつの独立した分子雲なのだろうか。それとも観測の分解能(M31の距離で約340pc)が悪いために現われた見かけ上の構造だろうか。わが銀河系で発見されている最大の分子雲はせいぜい100pc余りの長さしかない。しかし先に述べたようにわが銀河系には数百pcの暗黒星雲のかたまりがあるらしいことがわかったので、M31のこの大きな雲状の構造についてもっと詳しく調べてみよう。(わが銀河系で観測されている最大の分子雲は巨大分子雲と呼ばれているので、それより数倍から10倍の大きさを持つM31のこの雲状の構造をここでは一時、超巨大分子雲と呼ぶことにする)。

ところで渦状腕構造を持つことが知られている中性水素ガス雲はどのように分布しているのだろうか。最近Brinks等が、オランダのWesterbork電波干渉計を用いてM31で中性水素ガスの高分解能観測を行なった。このデータを送ってもらってStark等のCO観測と同じ領域で筆者等の解析した結果が図4である。このデータの分解能はM31の距離で約110pcと非常に小さく、Stark等のCO観測よりずっと良い。図4はいくつかの速度範囲別に積分した強度図である。この図を見ると中性水素ガスも超巨大分子雲と同じ位置に同じような大きさで雲状の構造をつくっているのがわかる。この観測は十分に高い分解能で行なわれているので、少なくとも中性水素ガスの巨大な雲の存在はほぼ間違いないであろう。

* 京大理 Takashi Ichikawa: Super CO Clouds in M31

図2で一番大きな分子雲Dの見かけ上の大きさは長さが1kpc,幅が500pc程あり,質量はBoulanger等によると 3×10^6 太陽質量で,わが銀河系の巨大分子雲の約10倍ある.また同じ位置にある巨大な中性水素

ガス雲は 2×10^7 太陽質量と見積られている.さて分子雲A,B,C,D,Eについてもう少し詳しく調べてみよう.図5はStark等のCO輝線強度分布の上にHII領域とOBアソシエーションの位置を重ねたものである.

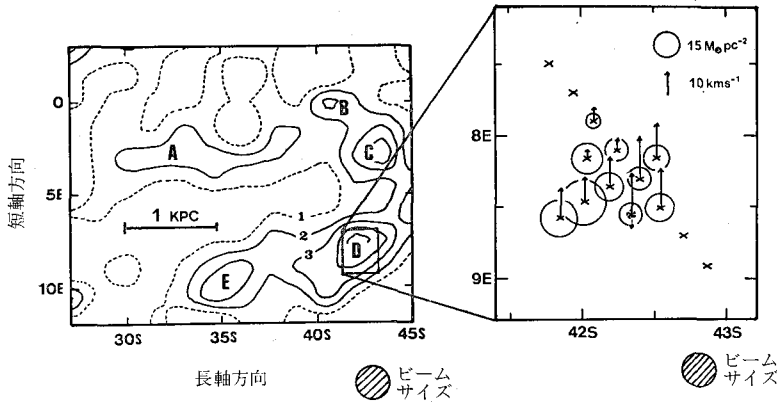


図2 Stark等による $^{12}\text{CO} (J=1-0)$ の観測

図3 野辺山45m望遠鏡による筆者等の観測.

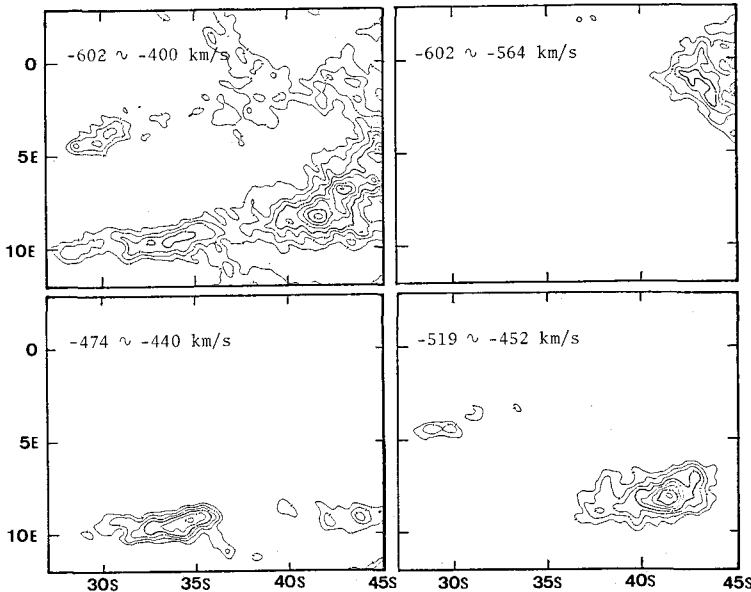


図4 中性水素ガス分布

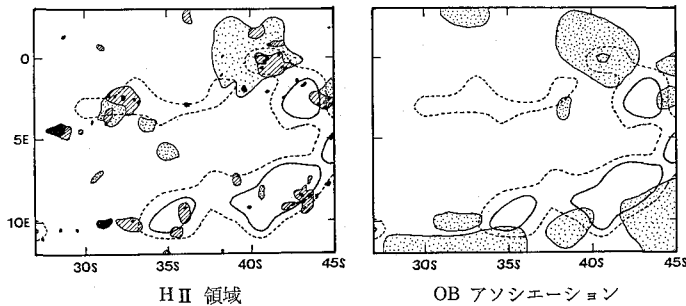
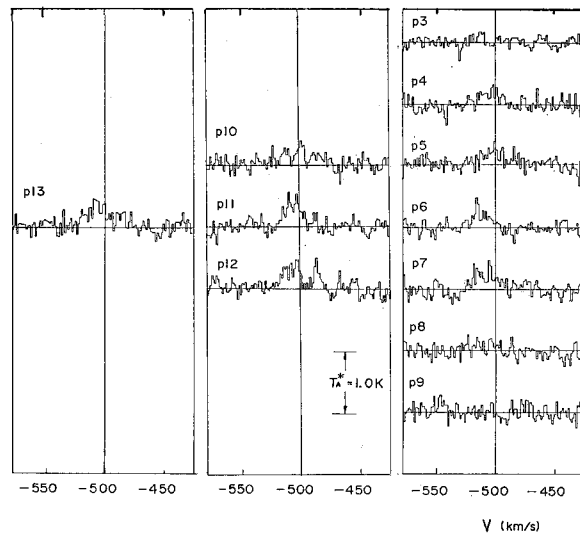


図5

この図を注意深く見ると,巨大な中性水素ガス雲を伴ったCO分子雲のC,D,Eはどれもそのすぐ外側に小さくて明るい,多分まだ若いと思われるHII領域を持っているのがわかる.CO輝線強度の弱い分子雲A,Bは中性水素ガスや暗黒星雲のあまり見当たらない穴になっているかわりに,大きく広がったHII領域を持っている.また全体的にOBアソシエーションは渦状腕の外側に広がっている.こうしてみると,それぞれの超巨大分子雲は様々な年齢の若い天体とともに複合体を形成する独立した存在のように思える.つまり分子雲C,D,Eは巨大な中性水素ガス雲の中で生まれ,その外側に何らかのきっかけで火がつき,星生成が大規模に始まりかけている.一方,AとBは燃料のガスをほぼ使い果たし,星生成も終わりに近づいているようだ.わが銀河系では分子雲の端に火がついてタバコのように細長い分子雲を燃やしながら星を生み出していく機構はよく知られているがその規模はせいぜい100pc程の大きさである.ところがM31の場合,その数倍から10倍も大きいことになる.

果たして超巨大分子雲は実在するのか.また星生成や銀河の構造とどのように関係しているのか.このようなことを詳しく調べるために筆者等は野辺山45m望遠鏡を用いて115GHzでM31のCO観測を始めた.この望遠鏡の分解能はM31の位置で50pc程であり,Stark等の観測より7倍近くすぐれている.しかしStark等の観測領域を全部観測するためには4000時間以上必要とするので,事実上不可能である.ところが50pcのビームサイズは注

図 6 分子雲 D の中心付近で観測された CO 輝線



目している超巨大分子雲の 10 分の 1 から 20 分の 1 の大きさなので細かな構造を詳しく調べるのには最適なサイズと言えよう。また逆に野辺山 45 m 望遠鏡の性能を十分に生かす観測対象と言えらるう。

筆者等はまず分子雲 D の中心付近を観測することから始めた。図 3 と図 6 は昨年の冬の観測結果である。この観測では 14 点の観測中 10 点で有為な CO 輝線を検出したが、その強度は意外と弱く、平均して $T_A^* = 0.5 \text{ K}$ 程度であった。1 点当たり約 1 時間の観測でようやく検出できる程の強さである。図 3 中の円の大きさは CO の強度と速度幅から推量される水素分子の表面密度であり、矢印は円運動する M31 の回転速度から計算される視線速度と実際に観測された CO 輝線の速度との差である。

CO 輝線の検出された領域の幅は非常に狭く、Stark 等の結果に見られる幅広い構造は分解能の低さのために現われた見かけ上のものということがわかった。Boulangier 等も同じ時期にスウェーデンの Onsala 20 m 電波望遠鏡を用いて分子雲 D の CO 観測を行なっている。筆者らも今年の冬、観測領域を広げたが、それらの結果を総合すると、この超巨大分子雲はやはり長さが少なくとも 1 kpc あり、M31 を真上から見た時のその幅は約 500 pc 程と、非常に狭いことが確認された。ところで同じ場所での中性水素ガス雲は 1 kpc 以上の幅を持っている。さらに CO 輝線を詳しく解析した結果、この超巨大分子雲は $(2\sim 6) \times 10^4$ 太陽質量を持ついくつかの分子雲と、たくさんの、野辺山 45 m 望遠鏡でも分解できない、ずっと小さな分子雲で構成されていることがわかった。またその速度分散は $5\sim 9 \text{ km s}^{-1}$ で、わが銀河系の太陽近傍で観測されている分子雲間の速度分散

とほぼ同じである。

図 3 の速度分布をもう少し詳しく見てみよう。CO 輝線の検出された内側の 3 点は不連続的に外側の観測点と異なっている。その速度の違いは平均して 10 km s^{-1} 程であり、銀河の回転方向を考慮すると、この不連続は渦状腕衝撃波により減速された結果であると思われる。

今年の冬の観測では E と C へも観測領域を広げ、また D と E や C に付随した小さな H II 領域内でも観測を試みる予定であったが、トラブルが重なったため十分な観測ができず、12 点の新しいデータを加えるに留まった。その結果、D と E に付随した H II 領域では弱い輝線が見つかったものの、わが銀河系によく見られる H II 領域に付随したいわゆる巨大分子雲はないようである。E でも中性水素ガス雲の最も濃い所と、Stark 等の CO 強度の一番強い場所の観測を試みたが、有為な輝線は検出されず、その構造を明らかにするまでには至らなかった。

超巨大分子雲の構造は、巨大な中性水素ガス雲や暗黒星雲とともに多くの銀河で普通に見られるものであろうか。もしそうだとするとその大きさは巨大分子雲の 100 pc と銀河本体の数十 kpc との中間の大きさの階層に位置する天体となる。銀河系での大きな暗黒星雲の構造や M31 全体での大きな中性水素ガス雲の分布の研究も興味深い、特に様々な年齢の天体が複合体を形成し、渦状腕とも密接に関係していることをうかがわせる図 1 の領域は銀河構造と、星生成や分子雲の形成メカニズムとの関係を明らかにしていくための格好の実験場と言えよう。今後、野辺山 45 m 望遠鏡で詳しく CO 観測を進めるとともに、星生成現場の詳しい情報を得るために光学や赤外線での観測も必要であろう。