

暗黒星雲のフィラメント状構造

水 野 亮*

1. はじめに

星は分子雲から生まれる。1970年ころから始まったミリ波による分子雲の観測で、それまで隠れて見えなかった星生成領域が見えるようになった。70年代は巨大分子雲 (Giant Molecular Cloud) の観測から大質量星 (OB star) の形成過程がさかんに研究され、多くの知見が得られたが、最近では中低質量が生成される場所である暗黒星雲に興味を持たれている。暗黒星雲における星生成のメカニズムに関しては、雲同志が衝突して圧縮が起こり星が生まれる、若い星 (おうし座T型星) からの星風で圧縮されて星が生まれるなど、様々な理論があるが観測的にはまだ十分立証されていない。

最近では野辺山の45m鏡のような大口径の望遠鏡や干渉計の発達によって高分解能の観測が可能になり、暗黒星雲中の双極分子流の観測や高密度コアの細かい構造の観測など星生成領域の中心星のごく近傍の物理状態が日進月歩の勢いでわかってきた。しかしながら、暗黒星雲自体がどのようにしてできたか、暗黒星雲が何をきっかけとして収縮や分裂を始め高密度コアを形成し星へと進化していくのか、といった大きなスケールの構造を決めているものについてはまだわからない部分が多い。そのような巨視的な構造を問題にすると、名古屋大学の4m鏡のような小口径の望遠鏡が威力を発揮するのである。特にIRAS衛星の全天掃天によって赤外線宇宙の巨視的な構造を知ることができるようになった今日、電波でIRASと比較検討できるような情報を得ることが急務であろう。

2. 暗黒星雲のフィラメント状構造

暗黒星雲の巨視的構造の一つとしてフィラメント状構造がある。これは京大の富田さんのスターカウントによる最近の一連の観測で明らかにされているのだが、天空を数十平方度 (だいたい星座一つ分に相当する大きさ) のスケールで見ると、その中に暗黒星雲がひものように数度から十数度の長さにわたって細長く連なっているのが見つかるというのである。暗黒星雲がなぜ、球状、等方的に分布せずかのようにフィラメント状をなし連鎖的に局在するのか。暗黒星雲同志の相互作用によってこのような構造ができあがるのか、あるいは何らかの外因 (磁場、ゆらぎ、衝撃波、銀河ストリームなど) が作用してフィラメント状になるのか。いずれにしても星生成の母

体となる暗黒星雲がどのようにしてできるかといったことを考える際、このようなフィラメント状の構造の解明が一つのカギを握るものと考えられる。

3. フィラメント状構造はなぜできるか

ではフィラメント状構造はなぜできるか。理論的に考えられているいくつかのモデルをここで紹介することにしよう。昔から考えられているモデルとしては、超新星爆発やHII領域等からの衝撃波によってダストが掃き集められ、ダストのジェルが作られ、それがフィラメント状の構造として見えるものがある。この場合、フィラメントは円形に近い形状を成すことが多いと考えられるが、実際観測されるフィラメント状構造はもっと複雑な形をしているものが少なくなく、このモデルだけでフィラメント状構造を説明するのは難しい。これに対し、最近出されたモデルに京大の観山さんの「等温平板分子雲の分裂」と京大の富田さんの「彗星モデル」がある。観山さんの理論は、何らかの機構により平板状の分子雲ができた場合その中に存在する小さなゆらぎが成長するが、重力作用による分裂過程を考えその成長のしかたを数値計算によってシミュレートすると、ゆらぎは細長いフィラメント状に成長するというものである。この理論はある境界条件のもとで、観測されるフィラメント状構造の空間分布をよく再現している。一方、富田さんの「彗星モデル」は暗黒星雲のコア内の若い星からの星風がコアを形成している物質の一部を吹き飛ばしフィラメント状構造を形成するか、又は暗黒星雲が外圧を受けている時 (たとえば暗黒星雲が運動している時に受けるラムプレッシャーなどにより) 尾を形成するというモデルである。このモデルの場合、フィラメント状構造はその端に高密度コアの「頭」とフィラメント状の分子雲の「尾」を持っている「おたまじゃくし」のような形となる。このような形をした暗黒星雲について名大の4m鏡での観測が3例ほどある。以下で、その3例、へびつかい座 ρ 星複合雲、B361, L1251の観測結果を紹介する。

4. へびつかい座 ρ 星複合雲

へびつかい座 ρ 星複合雲は、へびつかい座とさそり座の境界あたりに位置する暗黒星雲の集合体である。最近出たIRAS衛星の写真を見ると、銀河系中心方向に銀河面から上にとび出た雲のかたまりが見えるが、これがその複合雲である。パロマー写真星図上で見ると、さそり座のアンタレスのすぐ北に高密度コアが見つかり、そこから尾を引くように2本の細長いフィラメント状の暗黒

* 名大理 Akira Mizuno: Filamentary Structure of Dark Clouds

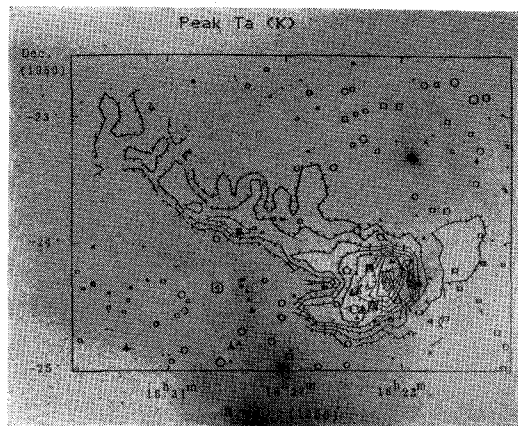


図1 へびつかい座 ρ 星複合雲の ^{13}CO ($J=1-0$) のピークアンテナ温度分布図をパロマー Blue Print に重ねたもの。+、 Δ 、 \square 、 \circ はそれぞれ IRAS 衛星で観測された $12\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ 、 $60\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ の赤外線源を表わす。

星雲が北東の方向へ伸びている。これらの雲の長さは北側のフィラメントで約 4° 、南側のフィラメントで約 10° にも及び、銀河面の方へ伸びている。

この複合雲の質量の大部分は「おたまじゃくしの頭」の高密度コアの部分に集中している。この「頭」の部分は全体の質量は約 $2000M_\odot$ と見つられており、中には多くの赤外線源やおうし座 T 型星などが多数存在し、星生成が活発に起こっていると考えられている。また、この「頭」の中には平均水素分子数密度が 10^4cm^{-3} 以上の高密度のリッジが南東から北西の方向にかけて存在し、赤外線源やおうし座 T 型星はこのリッジに沿って多く分布している。

「尾」の部分の質量は、今回 4m 鏡で観測した北側のフィラメントについては $\sim 350M_\odot$ と「頭」の部分に比べると非常に小さい値が得られた。この「尾」の部分については光の偏光観測から大変興味ある事実がわかっている。偏光の方向がこの「尾」の伸びている方向にきれいにそろっているのである。星間塵に関する理論によれば、偏光の方向は磁場の方向に平行になるといことなので、このフィラメントの「尾」は磁場に沿って伸びているということになる。

暗黒星雲の形状を問題にする時、磁場との関連について語られることがしばしばあるが、磁場がフィラメント状構造に対し垂直であるか、平行であるかによって解釈は大いに違ってくる。フィラメントと磁場が垂直であるものとしては、よく知られている暗黒星雲であるおうし座の分子雲や、へびつかい座 ρ 星複合雲の 10° 程北に位置する L204 という暗黒星雲などがある。このような磁場に垂直な構造の解釈としては、荷電粒子が磁場を横切って運動しにくいため、雲が収縮する際に磁場方向への

収縮が早く起こり磁場に垂直に伸びた構造ができるというのがある。しかし磁場がフィラメントと平行である時には、このような収縮でフィラメント状構造を説明するわけにはいかない。そこで考えられるのが、冒頭に述べた「彗星モデル」である。

へびつかい座 ρ 星複合雲に「彗星モデル」をあてはめると、雲は南西の方向から外圧を受けて北東に尾を引いているものと考えられる。この場合、南東から北西に伸びている高密度のリッジもこの外圧で形成された可能性があり、CO の強度がリッジの東側ではゆるやかに落ちているのに対して、西側で急に落ちているのも雲が南西方向から圧縮されている為と解釈できる。また「頭」と「尾」のつけ根のところに見られる速度勾配 (図 2) は「頭」の高密度コアから「尾」へ物質が加速され流出していることを表わしているとも考えられる。またこの場合、磁場は「尾」へと流出した物質が分裂収縮したり、あるいは拡散して飛び散ったりするのを妨げていると考えることができる。実際、細長い雲は不安定であるにもかかわらず、へびつかい座 ρ 星複合雲のフィラメント状の雲は内部に IRAS の赤外線源が少ないことや、CO の強度分布から見ても分裂収縮の兆候は見られない。

5. B361, L1251

へびつかい座 ρ 星複合雲の他にも、おたまじゃくしの「頭」と「尾」を持った暗黒星雲として B361 と L1251 がある。B361 は東北大理学部グループ (高窪啓弥, 長谷川辰彦, 亀谷 収, 平野尚美の各氏) によって観測されており、L1251 は佐藤 (文) さんによって観測されている。

B361 は距離 350 pc に位置する典型的なグロービュールである。パロマー写真星図上で見ると、B361 の西側に 4 つの暗黒星雲——L967, L964, L960 が B361 から数珠のように連なっているのが見られる。4m 鏡の

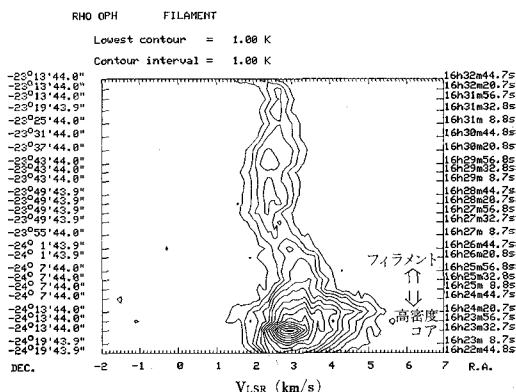
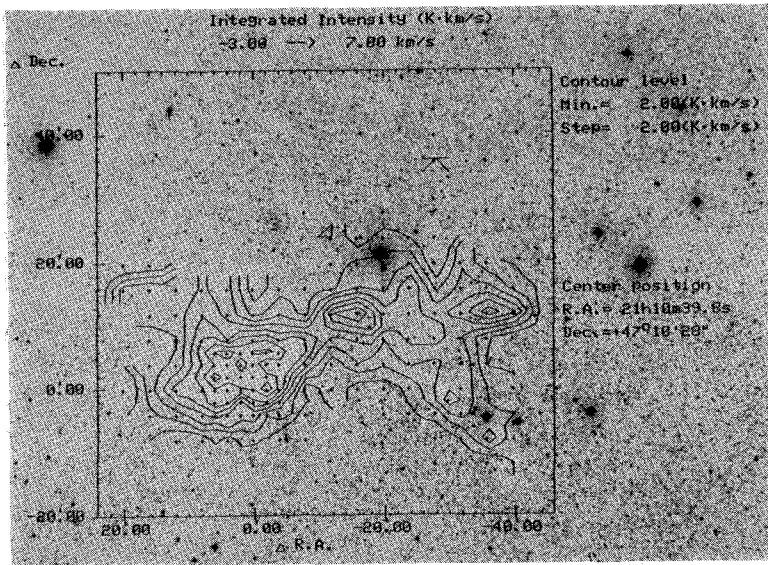


図2 へびつかい座 ρ 星複合雲のフィラメントに沿って作った位置-速度図。



◀ 図3 B361の¹²CO (J=1-0)の積分強度分布図をパロマー Blue Print に重ねたもの。

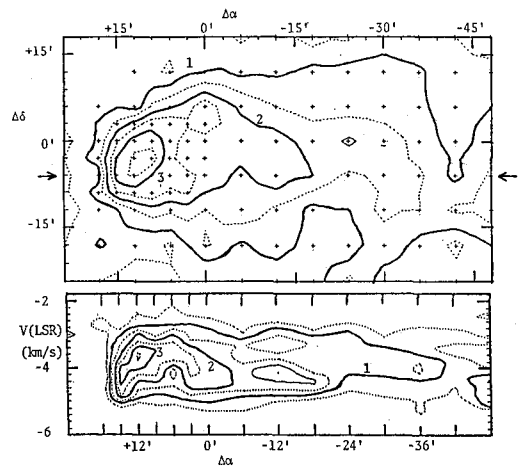
▼ 図4 L1251 (($\Delta\alpha=0'$; $\Delta\delta=0'$)
 $\Rightarrow (\alpha=22^h35^m, \delta=+75^\circ 0')$)の¹³COのビークアンテナ温度分布図(上図)と、 $\Delta\delta=-6'$ (上図の矢印)での赤経-速度図(下図)。

COのデータから、これら4つの暗黒星雲はB361とほぼ等しい速度成分 ($V_{LSR}=2\text{ km/s}$) を持ち、分布も連続的で一つの系を構成していると考えられる。また質量はB361が $\sim 80M_\odot$ 、数珠状に連なっている暗黒星雲が全部合わせて約 $40M_\odot$ と、質量の大部分は「頭」のB361に集中しているところなどはへびつかい座 ρ 星複合雲と似ている。しかしながら、数珠状の4つの暗黒星雲が頭の一部が「彗星モデル」のように流出してできたものであるかどうかはこれだけの観測からは判読しにくい。パロマー写真星図上で見ると、B361と数珠状の4つの暗黒星雲を一部に含んでいるさらに大きなスケールのフィラメント状の構造があるように見える。この場合には「彗星モデル」よりもむしろ観山さんの「等温平板分子雲の分裂」によってできたフィラメント状の雲が更に分裂してB361及び4つの数珠状の暗黒星雲を形成したと考えた方がよいようだ。

L1251も図4に示すように高密度コアの「頭」と、そこから連続的にたなびく「尾」の構造が見られる。高密度コアの東で¹³COの強度が急に落ちていることや、「頭」から「尾」にかけて速度勾配があるところなど、へびつかい座 ρ 星複合雲に似ている部分が多く、この雲も東から何らかの外圧を受けてこのような構造ができていると考えられる。

6. おわりに

以上、4m鏡によるフィラメント状暗黒星雲、特に高密度の「頭」とそこから細くたなびく「尾」を持った暗黒星雲の観測例を紹介したが、このような巨視的な構造を統一的に説明できるモデルはない。おそらく実際はいくつかのモデルが複雑に絡み合って実際の雲を形づくっているものと考えられる。いずれにしろ、その複雑に絡



み合った糸をほぐすのに速度場に関する情報は大きな武器となる。電波観測では、光学観測では得られない速度の情報がわかる。今後もこの分野で4m鏡のような小口径、広視野の望遠鏡の果たす役割は大きいであろう。4m鏡の活躍に乞うご期待!

なお、暗黒星雲のフィラメント状構造のモデルについては1985年9月に行なわれた「Star Formationに関する研究会」の集録を参考にしました。またB361の4m鏡の観測データを快く使わせていただいた東北大の平野尚美さんにこの場を借りてお礼を申し上げます。

☆ ☆ ☆