

星の生成領域の無バイアスサーベイ

福井 康 雄*

無バイアスサーベイとは

一酸化炭素分子による星の生成領域の研究は、既に十年以上前から始められている。しかし、これまでの観測研究は専ら他の波長域、特に光学的に興味ある領域に限られており、全天のごく一部だけに注意がそそがれてきたと言える。星の生成の研究の中でも重要なパラメータである星生成効率を観測的に決めるためには、広い天空をくまなくサーベイ観測し、質量がいくつの分子雲についていくつ恒星が生まれているかを知らなくてはならない。このためには、天空を平等に観測して星の生成領域をピックアップすることが要求される。このような観測を「無バイアスサーベイ」と呼ぶことにしよう。私たちは、4m 望遠鏡を用いて 1983 年末からこのサーベイに着手している。

星の生成領域の指標は？

星の生成を示す指標は、三つある。一つは、温度の高い領域を探すことである。星間分子雲中で恒星が生まれれば、当然周囲の分子ガスを加熱するので局所的に高温の部分が生じる。存在量の多い炭素を含む CO 分子スペクトルは光学的に厚く、よい温度計として用いることができる。二つめの方法は、分子ガスの塊りを見つけることである。星は、必ず分子ガスが集まって高密度になって生まれるはずであるから、新しく生まれた星は分子ガスの局所的な塊りを伴っていると予想される。存在量の少ない炭素 13 を含む ^{13}CO のスペクトルは光学的に薄く、質量のよい尺度を与えてくれるので、分子ガスの塊りを探すのに適している。三つめの指標は高速 (10-100 km/s) のガス流である。新しく生まれた星はしばしば活動的に周囲のガスを加速して超音速の分子ガスの運動を引き起こす。このような例が、100 個近く知られている。この種の高速度のガス運動は、幅広い富士山型の CO スペクトルとして観測される。

以上の指標にもとづいて、CO の無バイアスサーベイによって新しい星の生成領域の候補をピックアップすることができる。これらの領域について、ごく最近公表された赤外線天文衛星 (アイラス衛星) の赤外線源カタログを参照し、星の有無・光度等を調べることができる。特に興味ある領域については、45m 望遠鏡などを用いて詳しい観測を行なうことができる。

CO の無バイアスサーベイがこれまで行なわれてこな

かった背景としては、低雑音受信器の高感度性とデータ処理の高速性の両方を実現した効率の高い観測装置がほとんどなかったことが指摘できる。現在実現されている最も低雑音の受信器を用いても、一つのスペクトルデータを取得するのに 30 秒程度の積分が必要である。観測点の変更はディスク装置による新しいデータの入力が必要となるので、強度較正などに要する時間も考慮すると一点あたり一分はかかる。1日 10 時間、年間 100 日の観測を行なうとしても、1年に 6 万点しか観測できない計算になる。仮に口径 10m の電波望遠鏡で観測したとするとビーム幅は 1 分角になるので約 4 度四方しか観測できないことがわかる。星の生成領域として、無バイアスサーベイすべき領域は少なくとも 200 平方度程度はあるので、このサーベイの困難さの一端が想像される。

4m 鏡のビーム幅は約 3 分角であるから 10m 級の望遠鏡に比べると立体角で約 10 倍を一度に観測することができる。3 分角は、太陽系から 3000 光年の距離で約 3 光年に相当するから、2-3 光年のサイズの星の生成領域はくまなくひろい出すことができる。一方、アイラス衛星は 3000 光年以内の太陽以上の光度の赤外線天体を全て観測しているとされている。したがって、4m 望遠鏡の無バイアスサーベイの結果とアイラス衛星の情報を結合することによって、太陽系の 3000 光年以内の星の生成領域について完全な描像を得ることが期待できる。

1985 年になって、いくつかの無バイアスサーベイの例が報告されている。米国の五大学電波天文台の 14m 電波望遠鏡を用いたオリオン領域の 12,800 点の CO 観測、あるいは、テキサス大学の 5m 電波望遠鏡による 1500 点の ^{13}CO 観測などである。これに対して、名大の 4m 望遠鏡は 1985 年 1 月から 5 月にかけて、CO、 ^{13}CO 、 C^{18}O スペクトルによる約 10,000 点の観測を行なった。以下に、いくつかの観測例を紹介しよう。

オリオン大星雲南部の暗黒領域——結果 I

オリオン大星雲のすぐ南側には、巨大な暗黒領域が広がっている。次の記事 (杉谷光司『オリオン大星雲と相互作用する分子ガス』) に紹介されている大星雲の領域とは対照的に、この領域では光学的には何事も起こっていないかのように見える。わずかに反射星雲 NGC 1999 の領域に星の生成の兆候が見える程度である。この領域のサーベイによって、今まで全く知られていなかった新しい分子ガスの塊りが見い出された。図 1 に、CO の観測から求められた水素分子ガスの分布図を示した。この

* 名大理 Yasuo Fukui: Unbiased Survey of Star Formation Regions

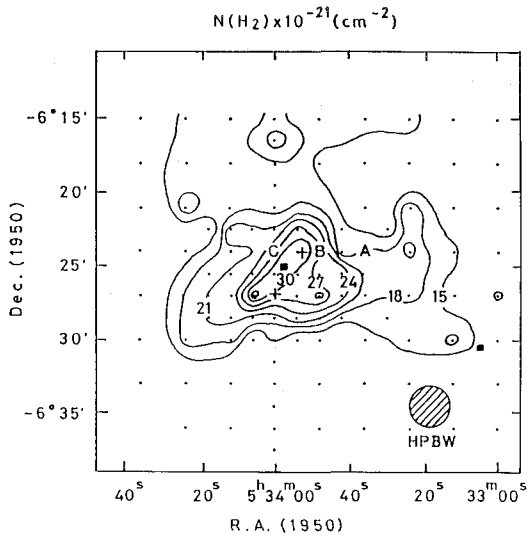


図1 オリオン大星雲の南部で新しく発見された暗黒星雲のコアの柱密度分布図。+印はアイラス赤外線源。

分子ガスの塊りは約3光年の直径を持ち、図2に示したように、約15 km/sに及ぶ高速度のガス運動を伴っている。また、アイラス衛星によると2つの赤外線源が、ちょうどこの塊りの中に分布していることがわかる。この方向では、分子ガスも30°K以上に暖められている。つまり、この新しい分子ガスの塊りは星の生成領域の三つの指標を全て示し、なおかつ、赤外線源も伴っているのである。赤外線源の一つは太陽の300倍程度の光度を示しており、すでに主系列に達しているとB型の星と思われる。この分子ガスは、太陽の300倍の質量を持ち、可視光での吸収量は20等級に及ぶ。恐らく、新しく生まれた星は分子雲の奥深くうずもれているのであろう。こ

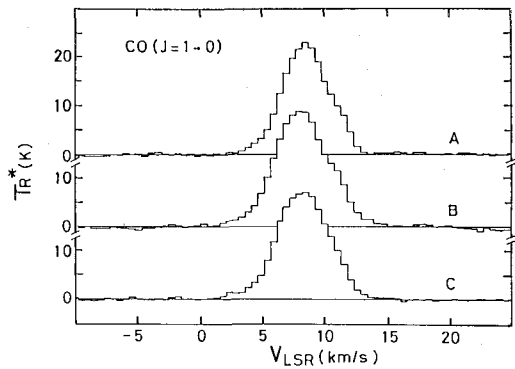


図2 オリオン大星雲の南部で発見された暗黒星雲のコア方向で得られたCO (J=1-0) スペクトル。

の観測は、主に高羽浩氏(名大理)によって行なわれた。

オリオン座北部の暗黒領域——結果 II

もう一つの例は、やはりオリオン座の馬頭星雲の北東約5度の位置に見出された。図3に¹³CO スペクトルの全強度の分布図を示した。南側の東西にのびた大きな分子雲が NGC 2071 を含む既知の星の生成領域である。北側に見える分子雲が、今回のサーバイで見出されたものであり、3光年×5光年の広がりを持っている。この成分にも図4に示したような15 km/sに及ぶ双極的な高速度のガス運動が見られるとともに、アイラス衛星で発見された20太陽光度程度の赤外線源がある。この分子雲の方向もこれまでよい精度で観測された例がなく、光学的には全く対応する天体がない。この観測は、主に岩田隆浩氏(名大理)によって行なわれた。

一方、アイラス衛星で対応する天体の見つからない例もある。オリオン座のラムダ星の近くにある暗黒星雲バーナード30は、10 km/s以上の高速度のガス運動を少

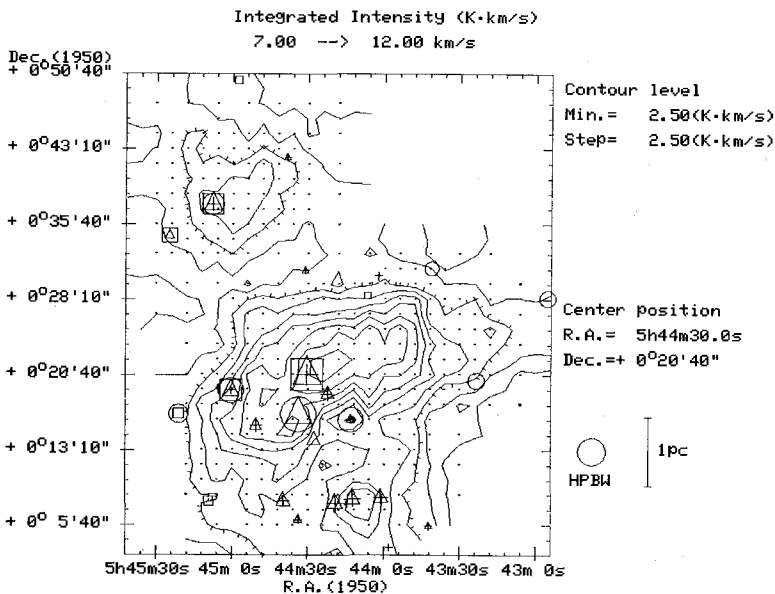
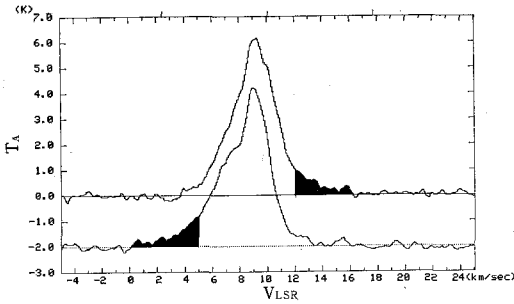
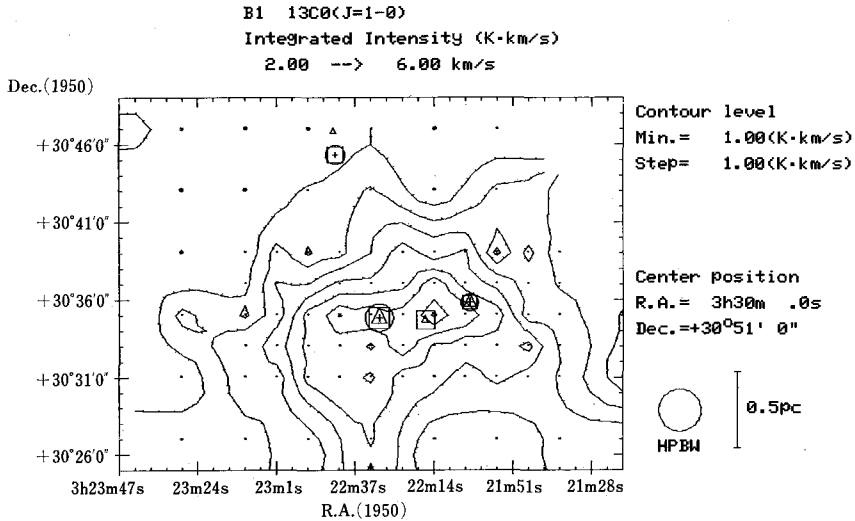


図3 NGC 2071 に付随する分子雲とその北部で新しく発見された暗黒星雲の¹³CO (J=1-0) 積分強度図。積分範囲は、視線速度V_{LSR}=7.0-12.0 km/s。アイラス衛星によって発見された赤外線源が、積分強度図上に示されている。○: 100 μm, □: 60 μm, △: 25 μm, +: 10 μm。記号の大きさは、強度の対数に比例する。



◀ 図4 NGC 2071 の北部の暗黒星雲で新しく発見された高速双極流天体の CO (J=1-0) のスペクトル。

▼ 図5 ペルセウス座のバーナード1の ^{13}CO (J=1-0) の積分強度分布図. 積分範囲は, 視線速度 V_{LSR} が 2.00 km/s から 6.00 km/s. アイラス衛星によって発見された赤外点源が, 積分強度図上に示されている (図3参照).



なくとも3箇所を示し, 2, 3の質量の集中したピークを持つことが見出されたが, この暗黒星雲の中にはアイラス衛星で発見された赤外線源はなく, 対応する光学天体もない. この観測は, 藤本泰弘氏(名大理, 現三菱電機)によって行なわれた.

このような赤外線天体の有無は何を意味するのだろうか. 一つの解釈は, バーナード30領域が極めて若い星の生成領域であり, 生まれた星が検出されるのに十分な光度を持つに至っていない, という考え方である. あるいは, 形成された星が非常に暗い質量の小さな星なのかも知れない. 今後の詳しい研究が待たれる.

ペルセウス座の暗黒領域——結果 III

ごく最近, 中国の刘彩品・木村博の両氏(紫金山天文台)は, 4m望遠鏡を用いて ^{13}CO スペクトルによるペルセウス座のサーベイを行なった. 約15時間の観測で250点のデータが得られ, いくつかの分子雲コアが見い出された. その一例を図5に示した. 3平方度の領域が均等に観測されており, その中に顕著な分子ガスの集中が見られる. 図5に示されるように, この分子雲コアにはつのアイラス赤外線源が存在し, 分子ガスと同様に東西に伸びて分布している.

分子スペクトルの観測によって, 質量の分布だけでな

く速度の分布についても情報が得られる. ペルセウス座の新しい分子雲コアは東西の方向に約1 km/sの速度差を示しており, 回転運動している可能性がある. 距離を千光年と仮定すると, この分子雲コアはサイズが約3光年, 質量は太陽の200倍と見積もられる.

ペルセウス領域のさらに広範なサーベイ観測は, 紫金山天文台・東北大学理学部・名古屋大学理学部の共同研究として現在進行中である.

今後のサーベイ

1985年11月から始めた今シーズンの観測では, 1点あたり1-2分の積分時間で, 1日500点程度のペースで観測がすすめられている. これは, 1日あたり0.5-1平方度をカバーするスピードであり, ^{12}CO と ^{13}CO の両スペクトルで200平方度をカバーするのに2, 3年を要するものと予想される. また, 観測と並行して受信器の超伝導ミキサによる一層の低雑音化と, 計算機システムの高速化をすすめている. 両者が実現されれば, 現状の2-3倍以上のスピードアップがはかれる見込みである. この観測によって続々と新しい星の生成領域が見い出されるものと期待される. 近い将来太陽近傍3千光年以内の星の生成領域の全体像を明らかにするのも夢ではない.