

## スカタムリングの観測

半田 利弘\*

### 1. スカタムリング

スカタムリングは、見かけの大きさが数分角の電波源が、銀経 24°6′、銀緯 0°0′ を中心とした直径 30′ のリング状に集まった天体である。この天体は、野辺山宇宙電波観測所の 45m 鏡を用いた 10GHz (波長 3cm) 連続波による銀河面サーベイの途上、筆者らにより注目され、その方向が、たて座 (Scutum) であることにちなんで、スカタムリングと名づけられた。図 1 に 10GHz 連続波で見たスカタムリングの電波強度分布を示す。ただし、図中のピークのうち特に強すぎる 3 つは、頂上付近を濃淡のくり返しで表示してあるので注意されたい。

筆者らは、スカタムリングの性質を調べるために、連続波及び CO (一酸化炭素) 輝線による観測と、HI (中性水素原子) 輝線のデータの解析を行なったので、その結果を以下に紹介する。

なお、スカタムリングについては、銀河面サーベイの成果の一部として、天文月報 1985年8月号「銀河電波

の観測」の中で、簡単に紹介されている。論文は、欧文報告 (PASJ) 1986年3号に掲載予定なので、興味ある方は、これらも参照していただきたい。

### 2. 連続波による観測

銀河面上の孤立した電波源の大部分は、HII (電離水素) 領域と超新星残骸である。この 2 つは、周波数に対する電波強度の依存性——連続波スペクトルのスペクトル指数——によって区別することができる。そこで、筆者らは、西独マックスプランク研究所の 100m 鏡を用いて、5GHz (波長 6cm) 連続波による観測を行ない、スカタムリング領域の電波強度分布を求めた。この結果を、10GHz 連続波の結果と比較し、スカタムリングに含まれると考えられる、個々の孤立電波源のスペクトル指数を調べた。その結果、図 1 に含まれる、ほとんど全ての電波源は、HII 領域の特徴である、平坦な連続波スペクトルを示すことがわかった。

個々の孤立電波源については、Downs ら (1980) の再

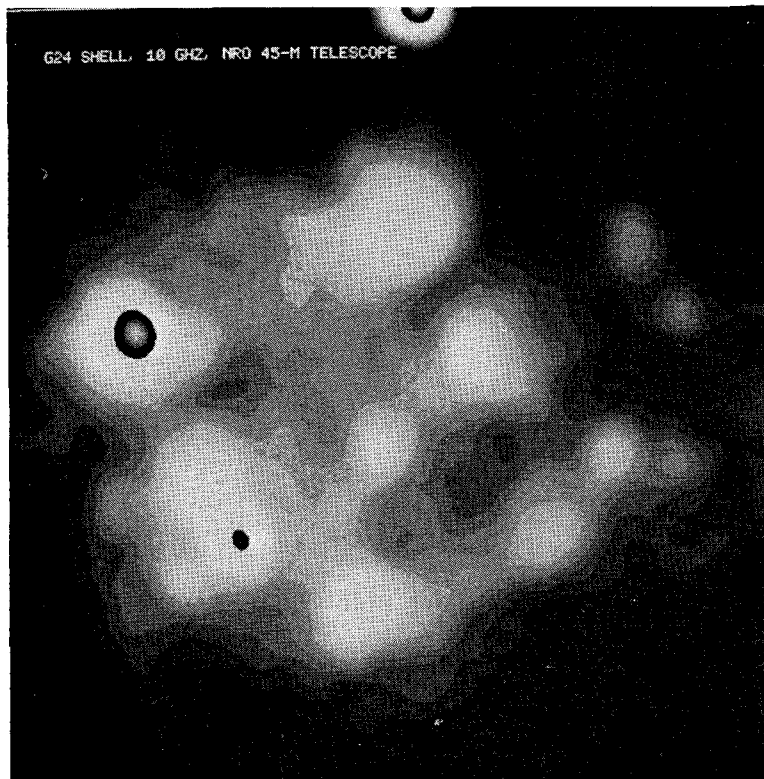


図 1 10GHz 連続波で見たスカタムリング。白い所ほど電波が強い。ただし、図中のピークのうち 3 つは強すぎるため、頂上付近は、一旦黒にしてからくり返し表示してある。図の左右が銀経 (l) 方向、上下が銀緯 (b) 方向。

\* 東大理 Toshihiro Handa: Observations of the Scutum Ring of HII Regions

結合線の観測から、視線速度から求めた距離と、温度とが求められているので、このデータを用いると、これらの電波源は、いずれも、コンパクト HII 領域といわれる、高密度の小さな HII 領域であることがわかった。その中には、早期型星が、それぞれ、1個ずつ含まれていると考えられる。距離は、最も西側（図1では右側）の2個と、再結合線の観測のない中央の1個を除いた、5個の電波源で、ほぼ同じ 9.1 kpc (1 pc は 3.26 光年, 1 kpc=1000 pc) であり、スカタムリングが、見かけのうえでリング状に見えるだけでなく、物理的に関連のある、1つのまとまった天体であることがわかる。

連続波電波の強度分布（図1）をもう一度よく見なおしてみると、スカタムリング全体が、広がった電波輻射領域に包まれていることに気づく。この広がった成分の連続波スペクトルを調べると、ほぼ様に平坦で、この成分も HII 領域であると考えられる。5GHz 連続波では、偏波の観測も行なったが、特に偏波している傾向はなく、これも、広がった成分が HII 領域であることを裏づけている。

以上の結果から、スカタムリングは、広がった HII 領域と、そのまわりに形成された、数個のコンパクト HII 領域とからなる、星形成領域であると推定できる。

**3. HI ガスの分布**

スカタムリングのようなリング状の天体のまわりには、それをとりまくような、リング状に分布した中性ガスが伴っていることが多い。スカタムリングのまわりの中性ガスの分布を見るために、筆者らは、まず HI の発する波長 21cm の輝線の分布を調べた。Westerhout と Wendlandt (1982) のメリーランド・グリーンバンク HI サーベイのデータを用いて、スカタムリング付近のガスの分布を調べてみた。その結果、図2にみられるように、視線速度 107.5 km/s で、スカタムリングの西側に隣接した。弧状の構造があることがわかった。この視線速度は、連続波電波源のある、距離 9.1 kpc に対応する視線速度 109.5 km/s に近く、速度的にも隣接している。弧の中心は、ほぼ銀経 24°6、銀緯 0°0 で、コンパクト HII 領域の分布やそれを包む広がった成分の中心と一致する。また、観測データの角分解能 (13') を考えると、この弧が、実際には、たいへん細いことがわかる。

これらのことから、筆者らは、これが、HII 領域が広がる際に形成される衝撃波によって形成された、高密度領域であると考えている。

**4. CO 観測による H<sub>2</sub> (水素分子) ガスの分布**

近年の観測と理論の進展により、星形成は星間分子雲を材料としていることがわかってきた。実際多くの星形成領域は、星間分子雲を伴っている。それでは、星形成領域と考えられるスカタムリング付近の星間分子雲の

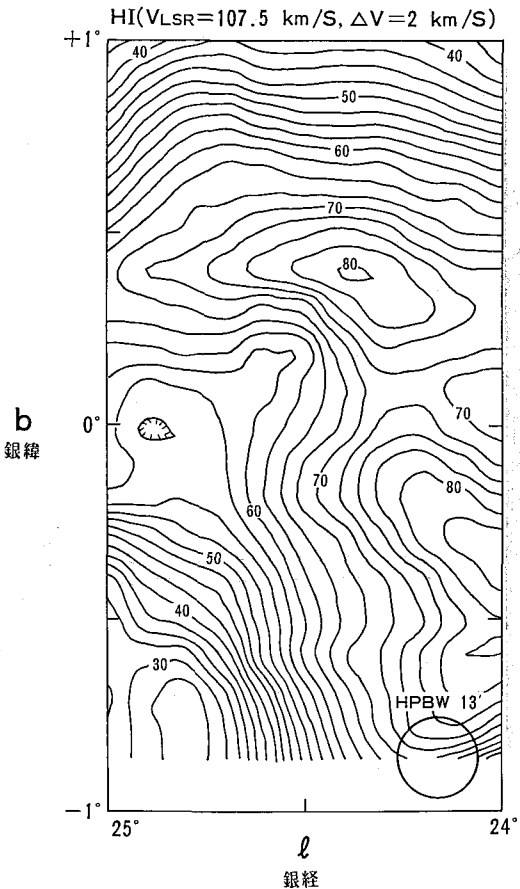


図2 メリーランド・グリーンバンクサーベイのデータから作成した。スカタムリング周辺の HI ガス分布。視線速度 107.5 ± 1.0 km/s の成分を示す。高強度線上の数字の単位は輝温度の度数。右下の円は、データの角分解能の大きさを示す。

分布はどうなっているのだろうか。

これを調べるために、筆者らは、1984年3月と1985年4月に CO 分子線 (波長 2.6 mm) の観測を、名古屋大学 4m 鏡を用いて行なった。野辺山の 45m 鏡では分解能が高すぎて、スカタムリング全体を観測しつくすには、時間がかかりすぎるためである。4m 鏡のこの波長での分解能は 2.7 で、野辺山の 45m 鏡の 10GHz での分解能と一致する。この点で、45m 鏡の 10GHz 連続波観測と 4m 鏡の CO 観測とを組み合わせることは実に好都合である。

図3は、観測の結果を、速度毎に区切った輝線強度分布にして示したものの一部である。視線速度 110-112 km/s の成分を見ると、HI のときと同様の、弧状の構造が見られる。この弧は、内側に急、外側にゆるやかな強度変化をしており、衝撃波による圧縮がおきていることを思わせる。

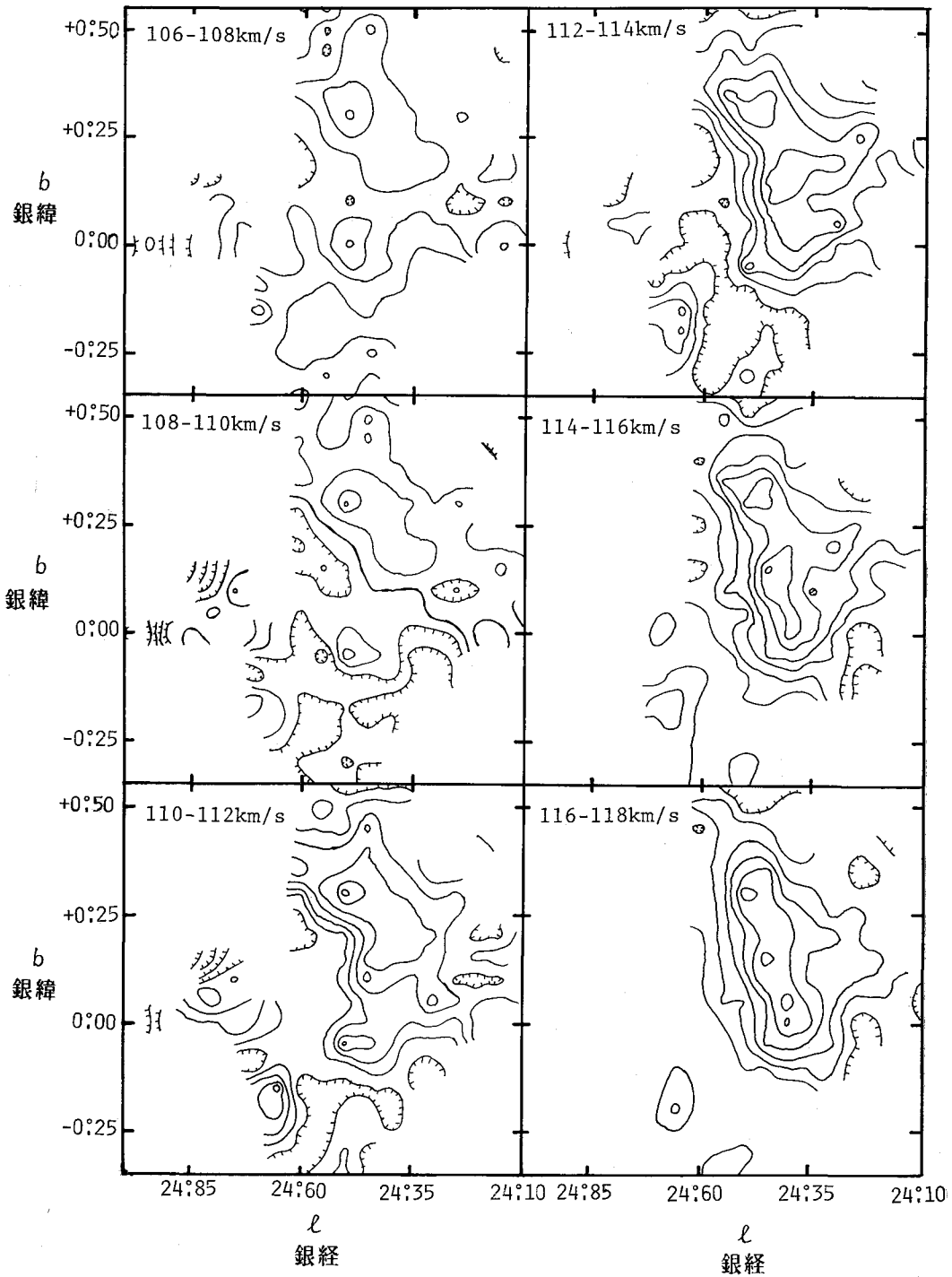


図3 名古屋大学 4 m 鏡の観測から得られた視線速度毎の CO 輝線強度分布. 高強度線は、アンテナ温度を示す. 最低レベルは  $2.5 \text{ K} \cdot \text{km/s}$  で、間隔は  $2.5 \text{ K} \cdot \text{km/s}$ . 6 つの部分のそれぞれが、異なった視線速度成分を示す. それぞれの部分の左右が銀経方向、上下が銀緯方向.

弧他にも、銀経 24°65, 銀緯 -0°15 及び銀経 24°80, 銀緯 +0°05 にも CO 輝線強度のピークが見られる。これらのピークと弧は、連続波のピークの分布によく一致したリング状の分布を示す。特に、弧は、西北側の2つのコンパクト HII 領域に隣接しており、両者の物理的な関係が注目される。分子雲の中で星形成がおこることを考えると、これらの分子雲や弧は、コンパクト HII 領域の中心にあると考えられる星を形成した分子雲の残りであると考えられる。先に述べた HI ガスの弧は、CO で見える弧のすぐ外側に位置しているので、この間で、星間ガスの相転移（原子状→分子状）がおこっていると考えられる。

他の速度成分を見ると、CO で見える弧は、視線速度 118 km/s 以上の高速成分にまで続いている。スカタムリングの方向の、銀河回転による系統的な視線速度は 109.5 km/s 以上にはならないので、スカタムリングの西側では、10 km/s 程度の、回転運動からのズレがおきているといえよう。また、高速成分、特に 114-116 km/s の天球上の分布は、110-112 km/s 成分に比べて、より西側に伸びているように見える。これらのことから、スカタムリングの西側には、銀河回転から 10 km/s 程度ズレた視線速度を持つ星間分子雲が隣接しており、スカタムリングと物理的な関係があると考えられる。

5. スカタムリングの形成のシナリオ

以上で述べた観測結果から、筆者らは、スカタムリングが、HI ガスと星間分子雲が付随した星形成領域で、広がった HII 領域のまわりにコンパクト HII 領域が分布した天体であるという描像を得た。

Elmegreen と Lada (1977) は、早期型星のまわりに形成された HII 領域によって、隣接する分子雲中に衝撃波が生じ、これによって圧縮された星間ガスから星が形成されるという、いわゆる連鎖的星形成のモデルを提唱している。スカタムリングの観測結果は、このモデルによくあてはまる。このモデルにしたがって考えられるスカタムリング形成のシナリオを図4及び以下に示す。

星間ガス雲のはじの方で、密度ゆらぎなどの原因によって早期型星が形成されると、この星の発する紫外線によって周囲の星間ガスが電離し、HII 領域が形成される (a)。ガス圧の差と、十分に多量の紫外線によって、HII 領域は拡大し、ある条件以上の大きになると、電離波面の前方に、衝撃波面を生ずる。両波面の間には、圧縮された、濃い星間ガスの球殻が形成される (b)。球殻が膨脹をつづけるにつれて、ガスの密度が、だんだんと増し、ついには自己重力による不安定性から、いくつかのガス塊に分裂する (c)。これらのガス塊のうち、重力収縮をつづけたものは、その中心部に星を形成する。これらの星が早期型であれば、それは、その周囲のガス

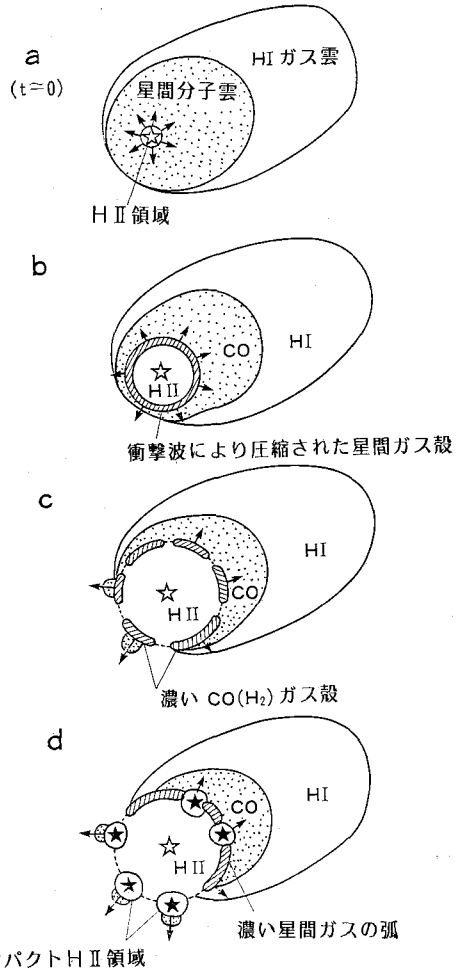


図4 スカタムリング形成のシナリオ。aからdの段階まで進むのに約百万年かかったと推定される。現在はdの段階である。各段階の説明は本文を参照。

を電離して、コンパクト領域を形成するであろう (d)。

スカタムリングは、現在、dの段階にあると考えられる。星形成の場として広く知られているバラ星雲は、図4でいえば、cの段階に対応すると考えられるので、スカタムリングは、バラ星雲が進化した後の姿に対応すると考えることもできよう。

スカタムリングは、銀河面上にあり、地球から 9.1 kpc も離れているため、星間吸収によって、可視光観測ができない。したがって、他の星形成領域に比べて、観測データが、極めて少ない。スカタムリングの星形成領域としての物理的な特徴を知るためには、赤外線や他の分子線による詳しい観測が必要であろう。

☆ ☆ ☆