

銀河電波の観測

祖父江 義明*

1. 電波による銀河の構造と活動の研究

私達の住む銀河系は直径 203 光年に及ぶ大円盤である。太陽はその中心から 3 万光年の位置にある。円盤を内側から見た姿が天の川である。しかし光でみる“天の川”は太陽からただか 3 千光年の近傍の星々にすぎない。星間塵が光をさえぎってしまうからだ。

ところが波長のごく長い光—電波—で観測すると、巨大な銀河円盤のはしばしまで見透すことができる。電波は星間物質による吸収をほとんどうけないからである。銀河の研究に電波天文学が重要な位置をしめているゆえである。

電波観測は連続波とスペクトル線観測にわけられる。後者は中性水素ガス（波長 21 cm）や分子ガス（ミリ波）など銀河構成物質の中でも静かで冷たい領域を探るのに有効である。一方、連続波は高温の電離ガスからの熱輻射、宇宙線と磁場が放つシンクロトロン輻射など、エネルギーの高い、激しい活動領域を探るのに適している。

野辺山宇宙電波観測所の 45 m 鏡を用いて行われている連続波マッピング観測による研究成果の一端を紹介しよう。現在 ① 超新星レムナント、星形成領域、銀河中心域など興味ある天体を個別に研究する観測（主として共同利用観測）と、② 銀河面の大規模な連続波サーベイ（観測所プロジェクト）などが進行中である。

② は国際的なサーベイ作業の一翼をにない、外国の望遠鏡では不可能な高周波領域（10 GHz（23 cm）、43 GHz（7 mm）帯など）を受けもっている。筆者、赤羽、森本、平林、井上、高原の各スタッフ、中井（学振研究員）、および半田、坪井の院生らが参加している。龐大なサーベイデータを能率よく処理するために開発された NRO 連続波データ解析システム“CONDUCT”（主として半田が担当、図形処理に小林（Aid 社）が協力）の有効性が強調される。ミリ波帯の連続波観測では、井上らによって開発されたビームスイッチシステムが大きな威力を発揮している。偏波観測については井上の稿を参照していただきたい。

2. 渦状腕の構造

銀河の渦状構造は密度波説によって理解される。渦状の密度波は銀河面を超音速で伝播する。この波にのみこ

まれた星間ガスは波（重力ポテンシャル）の谷間で巨大な衝撃波を発生する。銀河衝撃波が強く圧縮されたガス雲から重力収縮で星が形成される。こうして渦状腕にそって若く明るい星と、そのまわりに発達する高温の電離ガス領域が目白おしに発生する。天体写真でみる渦巻銀河のみごとな腕はこうしてつくられる。

私達の銀河系では腕を外から見ることは出来ない。一方、腕の切口をのぞむことによって、その内部の立体構造を探ることができる。図 1 は銀経 30° 方向で渦状腕（5 kpc アーム）を接続方向に見透した、“腕の輪切”を 45 m 鏡でとらえたものだ。中心のおにぎり状の天体が W 43 とよばれる巨大な星形成領域である。星間ガスは図の右方から超音速で流れこむ。W 43 の右側にたてに長く）状にのびる峯に注目したい。この弧は超音速流による衝撃波——パウショック——と考えられ、銀河面に垂直に 600 光年にわたって発達している。銀河衝撃波理論が予測するガス圧縮の現場を具体的に検出したことになろう。弧の左側（下流）には W 43 を中心に H II 領域が頻発しているのが印象的だ。

3. 星の誕生と H II（電離ガス）領域

渦状腕は大規模な星形成領域の集団である。では個々の領域はどのような姿をしているのだろうか？ 星形成の直後、大質量星（O、B 形星）は強力な紫外線を放出し、まわりの星間ガスを電離して高温ガス（H II）領域をつくり、このガスは連続波の強い電波を放出する。お

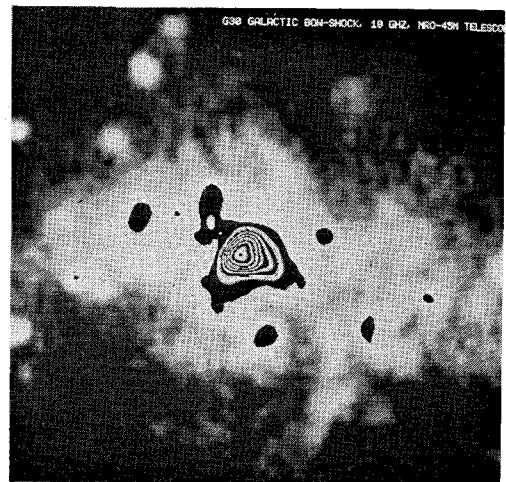


図 1

* 東京天文台 Yoshiaki Sofue: Radio Continuum Study of the Galaxy at Nobeyama

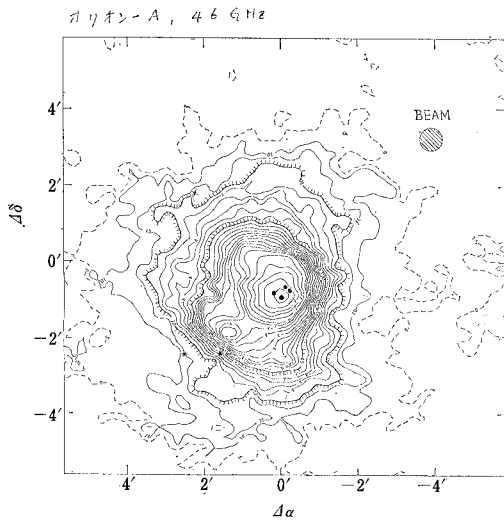


図 2

なじみのオリオン大星雲は太陽に近い(1500光年)若く活発な H II 領域である。図 2 は赤羽らによって波長 6 mm (46 GHz) でとらえられた大星雲のコア部分(直径約 6 光年)である。中心で生まれたばかりの若い星(四つの黒点、赤外線源)が放つ紫外線で電離したガスが急激に膨張している。H II 領域はまわりの分子雲ガスとの境に強い衝撃波をつくる。図の左下方に衝撃波面が発達しているのがはっきりとうかがえる。

H II 領域はさらに膨張し、やがて巨大な殻状にふくれあがる。典型的な例をバラ星雲にみることができる。図 3 は波長 3 cm でみたバラ星雲である。光では星間塵でかくされて見えない左下(南)方が丸くうつついて、光学写真よりもはるかに“下ぶくれ”なのが面白い。さしわたしは約 200 光年におよぶ。

膨張する H II 殻はさらにまわりのガスを強く圧縮し、

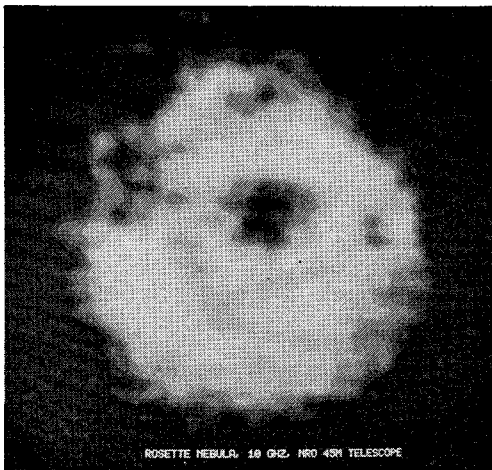


図 3

濃いガス塊を発生させる。ガス塊の中心では新たに星が生まれ、さらに新しい、コンパクトな H II 領域を形成する。こうして H II 領域はまわりに次々と連鎖的に星をつくりながら膨張をつづけてゆく。図 4 は直径 250 光年の巨大な H II 領域のまわりに 19 環状にならぶ新しい H II 領域群で、スカタムリングとよばれている。数百万年前に中心で発生した星形成と、それにつづく H II 領域の膨張によるガスの圧縮で誘発されたものだ。CO (一酸化炭素) の 2.6 mm 分子線で調べると、このまわりに圧縮された分子雲のシェルができていのがわかる。さらに膨張をつづけた H II 領域はやがて星間空間に薄れてゆく。図 5 は大熊座にあるかなり進化の進んだ

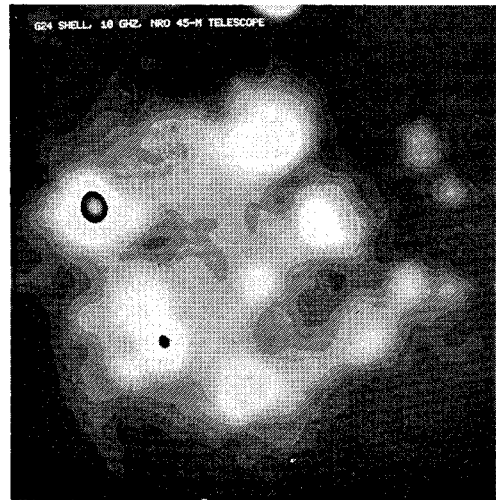


図 4

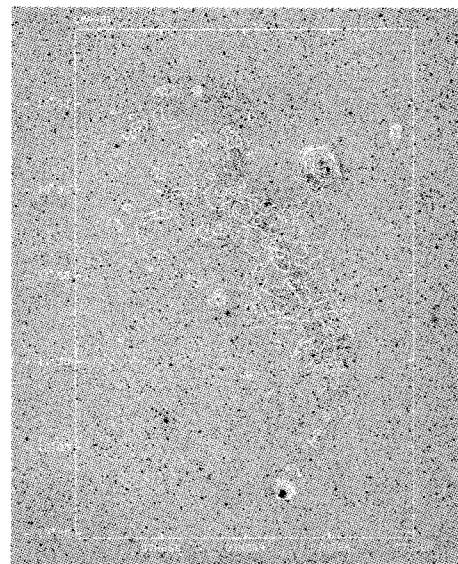


図 5

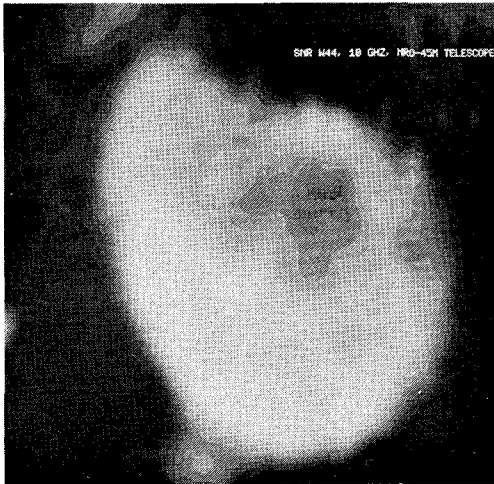


図 6

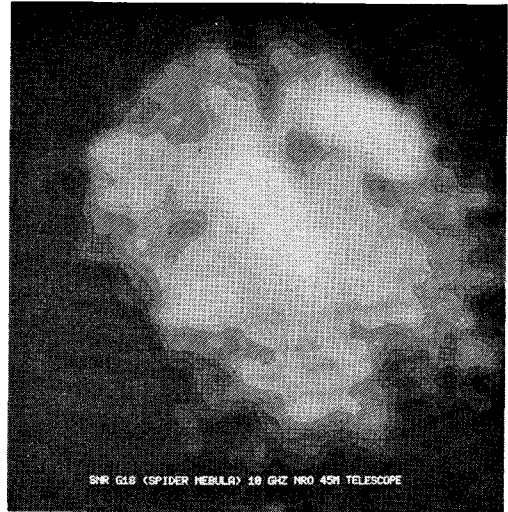


図 7

H II 領域の例で仲野らによって観測されたものである。

4. 星の死と超新星レムナント

星はやがてその一生をとじる。なかでも大質量の星（太陽より数倍以上重い星）は最期に大爆発をして果てる。超新星の爆発である。爆発の瞬間を目のあたりにするチャンスは小さいが、爆発で生じた衝撃波が星間空間を膨張してゆくさまは数 10 万年の間観察することができる。この衝撃波を超新星レムナント（残骸）とよぶ。天体写真でおなじみの白鳥座の網状星雲のように球殻状をしている。図 6 は W 44 と呼ばれる典型的なレムナントで波長 3 cm でみた例である。現在までにみつけたレムナントは約 200 コにおよぶ。大半が電波で発見されており、ほとんどすべて球殻状をしている。

しかし最近、球殻をもたないレムナントが注目をあつめはじめた。パルサー、あるいは X 線源（白色矮星又はブラックホールをもつ近接連星）のような高エネルギー源から供給される宇宙線などが、そのまわりに不規則な形の電波源をつくるものである。カニ星雲やヴェラ星雲はよく知られているこのタイプのレムナントであるが、この数年の間に 10 コ以上の電波源が、いわゆる“カニ星雲型”のレムナントとしてみつかっている。図 7 は G 18-01（別名“くも星雲”）と呼ばれる新しい電波源で、カニ星雲型、又は中心から噴出する高エネルギージェットによってドライブされていると考えられるものだ。これら新しいタイプの電波源については未だその起源について不明な点が多く、研究は緒についたばかりである。銀河面サーベイによるデータの蓄積がのぞまれる。

5. 銀河中心核の活動

連続電波でみる銀河系の姿は、このように噴出、爆

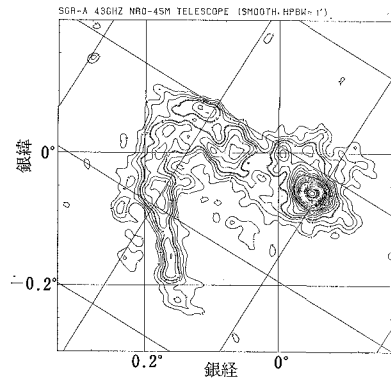


図 8

発、膨張、衝撃波といった激しい現象にかかわる場合が多い。さらに、桁ちがいに激しい活動現象を銀河系の中心付近に見ることができる。その有様は天文月報 1984 年 8 月号で紹介したので参照していただきたい。

ここではミリ波帯銀河面サーベイの第一歩として行われた銀河中心のマッピング観測の結果を紹介しよう。図 8 は射手座 A（銀河中心核）と“電波アーク”の 43 GHz 連続波マップである。ビームスイッチ法の成功を発揮して、史上最高の周波数でマッピングされたものである。細部にわたり VLA の 1.6 GHz 電波図と酷似しており、この領域全体のスペクトルがミリ波帯までフラットであることを物語っている。特にアーク部分は VLA 高分解観測や直線偏波の観測（井上の稿参照）から磁場と宇宙線に関連した現象であることが明らかになっているが、ミリ波帯までフラットなスペクトルを実現するためには、高エネルギーの若い宇宙線がたえず供給されている必要があり、その加速メカニズムなど中心核付近の活動にまつわる新しい謎をなげかけている。