

銀河中心の電波ローブ

祖父江 義明*

銀河系の中心域を電波で探る

いて座の方角、太陽から 3 万光年 (10 kpc) のかなたにあるわが銀河系の中心は、暗黒星雲のあついでールでおおわれていて、肉眼はもちろん、強力な光学望遠鏡でもまったくのぞむことができない領域だ。しかしそんな中心域も、電波で観測するとはっきりととらえることができる。電波は星間塵やガスによってさえぎられないからだ。

銀河系の中心核は深く静かな洞くつではない。ブラックホールと、そこに向かって落下するガスや磁場、宇宙線によってひきおこされるさまざまなはげしい現象の舞台である。

銀河中心めがけて集まった多量のガスは巨大な回転円盤をつくる。円盤の直径は約 2000 光年 (600 pc)、厚さはおよそ 300 光年 (100 pc) におよび、毎秒 200 キロメートルの速度で回転している。

円盤があるおかげで、中心核のはげしい活動で放出された莫大なエネルギーの大部分は、円盤に垂直な方向、つまり銀河ハローに向けて噴出する。この噴出はガスや宇宙線粒子の高速ジェット流をとまなはずだ。クエーサーや電波銀河にみられる「宇宙ジェット」はその大型で典型的な例である。

では、われわれの銀河系の中心付近にも宇宙ジェット現象はみられないだろうか。銀河面に垂直にのびると予想されるこのジェット流を探索する目的で、私達は銀河中心付近の電波観測を行った。

中心核円盤上空にふきだす電波ローブ

観測は野辺山宇宙電波観測所の 45 m 電波望遠鏡をつかって、1983 年 4 月に行われた。波長 3 センチメートル、角分解能は 2.6 分角、銀河中心を含む $4^\circ \times 4^\circ$ の天域が掃引によってマッピングされた。(銀河中心の距離では 1 度は 500 光年に相当する。) この波長帯と分解能では従来にない広い天域をカバーしたことになる。その後の複雑で巧妙なデータ処理によってえられた電波地図は大変精度の高いものであった (図 1)。

中心にひときわ明るく輝く点が銀河系の中心核である。そのとびぬけた強度から、さかんな宇宙線加速をとまなはずのはげしい活動がうかがわれる。中心核の左右に、

銀河面に沿って平たく光る部分が中心核円盤である。多量のガスをふくみ、そこで生まれたばかりの高温の星によって電離されたガスからの熱放射と、宇宙線と磁場によるシンクロトロン放射で輝いている。

さて、中心核円盤に垂直な噴出現象はみられるだろうか。この電波地図を注意深くながめてみると、はたして円盤の上空に二本の角のように突きだした電波構造をみとめることができる。銀経 $l=0^\circ.2$ および $b=0^\circ.6$ で銀河面にほぼ垂直に上に向かって走るリッジ (峰) がそれである。二本のリッジの外側では急激に電波強度が落ちこみ、内側は共通な電波放出で結ばれている。この様子は図 2 の $b=0^\circ.4$ に沿ったクロスカットをみるとよく理解できる。さらにこの図は、二本のリッジが衝撃波殻であることを強く示唆している。

この電波構造をさらにくわしく調べるために、 $l=359^\circ.7$ 、 $b=0^\circ.6$ を中心に $1^\circ.6$ 度四方を切り出し、バックグラウンドの広がった電波成分を差し引いて拡大してみよう。こうして拡大された電波図 (図 3) には、二本の角の先端が弧状に結ばれ、全体が Ω 形の一つの天体がはっきりあらわれている。 Ω の軸は中心核付近を通り、銀河面にほぼ垂直である。この天体を、銀河中心の電波ローブ (耳の意) とよぶことにしよう。

銀河系中心からの噴出ジェットか?

電波ローブの性質を調べてみよう。図 1 からわかるように、 $b \sim 1^\circ$ におよぶ周辺の電波構造の中ではひときわ目立った存在であること、銀河面に根をもつような分布をしていること、図 2 からわかるようにスペクトルがフラットで通常の超新星レムナントとは考えられないこと、また後に述べるが高速度 CO ガスが付随していること、などの理由でこのローブは中心核円盤に関連した現象であると判断してよいだろう。とすればその距離として 10 kpc (3 万光年) をとることができる。従って、その直径は約 600 光年、銀河面からの高さは、約 700 光年におよぶ Ω 形の構造であることがわかる。

波長 6 センチメートルの既存の電波データと比較してみると (図 2)、ローブの電波スペクトルは電離した高温水素ガスのスペクトルと一致する。電離ガスの質量は電波強度から推定すると約 $4 \times 10^5 M_\odot$ である。

ローブの運動については電波輝線等による情報が必要である。名古屋大学理学部の $4m\phi$ 短ミリ波鏡を用いた ^{12}CO 及び ^{13}CO の 2.6 mm 輝線の観測 (名大理との共

* 東京天文台 Yoshiaki Sofue: The Radio Lobe above the Galactic Centre

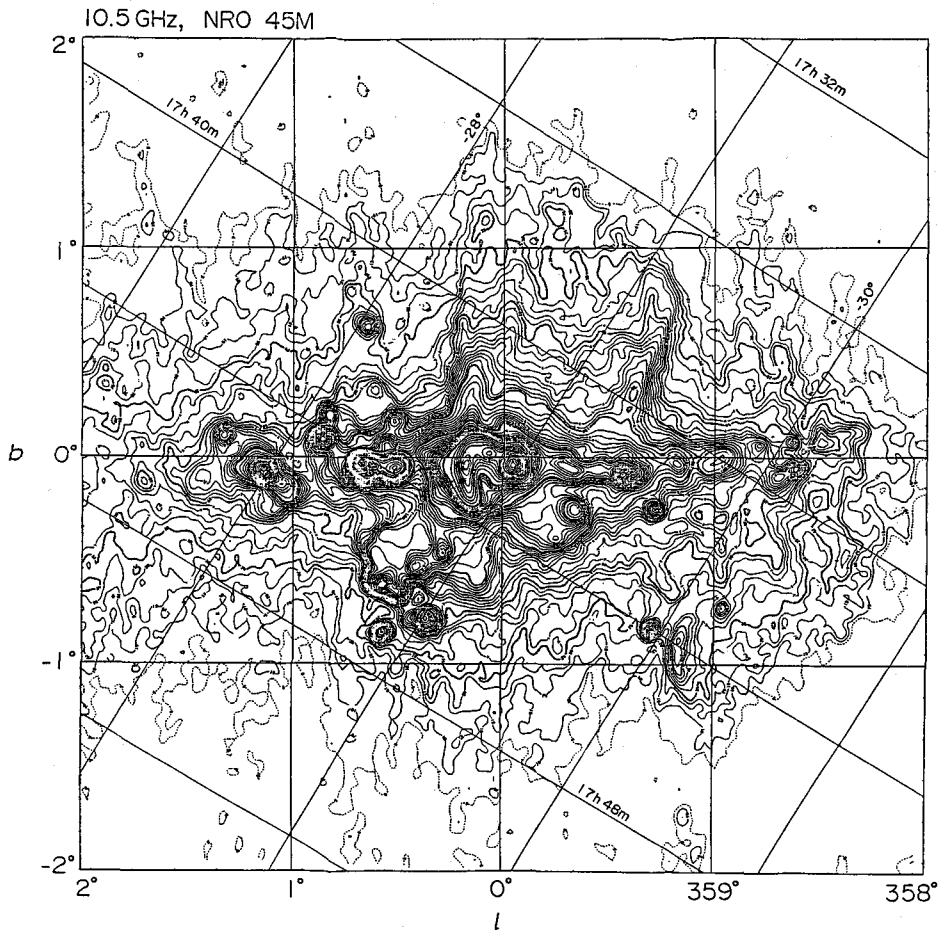
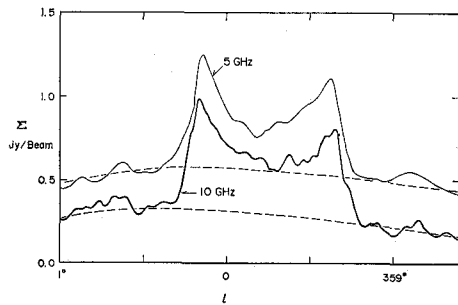
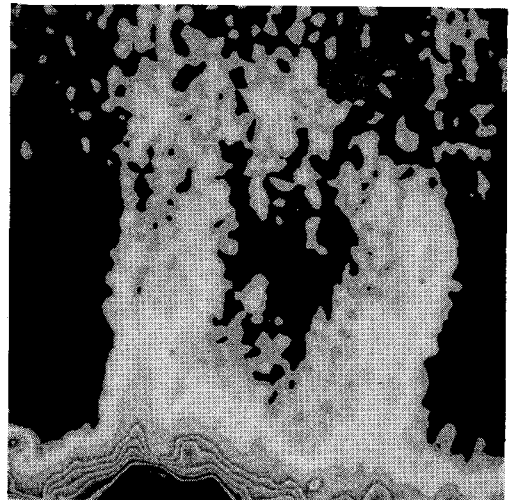


図 1 波長 3 cm (10 GHz) でみた銀河中心方向 $4^\circ \times 4^\circ$. 角分解能 3.6 にスムージングされている.



▲ 図 2 銀河中心の電波ローブを $b=0.4$ で切った時の電波強度分布. 野辺山 45 m 鏡による 10 GHz, ボン 100 m 鏡による 5 GHz を比較してある. (いずれもビームサイズは 2.6 角).

図 3 10 GHz でみた銀河中心電波ローブ. バックグラウンドの広がった成分は引き去ってある.



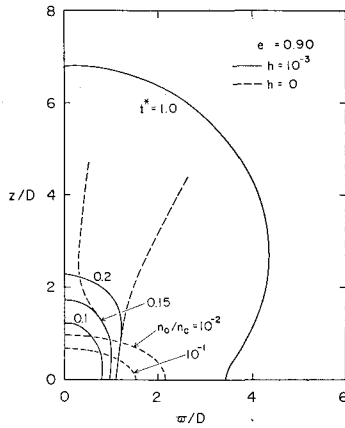


図4 中心核円盤（中心部の点線）でおきた爆発による衝撃波の伝播。希薄なハローがとりまいている。

同研究)によると、ロープの各リッジに付随した $V_{LSR} = \pm 100-150 \text{ km/s}$ の CO ガスの存在が確認された。この事実は、ロープが激しいガスの運動をともなう爆発又は噴出現象であることを物語っている。

これらの事実、とくにその形状と中心核との位置関係、CO ガスの高速度運動などから、ロープについて二通りの成因を推定できる。

(a) **中心核爆発による衝撃波:** 中心核で大規模な爆発がおこると、強い衝撃波が発生し、波面は中心核円盤をハローの方向にふきぬけて Ω 状の殻をつくる。実際、衝撃波面の伝播を坂下教授(北大理)の方法で追跡してみると、図4のような波面が得られる。ここでは中心密度 10 水素原子/cm^3 、厚さ 100 pc 、長半径 $D=230 \text{ pc}$ のガウス関数形的气体密度分布をした円盤と、希薄(中心密度の $h=1/1000$ 倍)なガスハローを想定してある。図中の数値は様々なパラメータでノーマライズされている。ロープが図中 $t^*=0.2$ の波面に一致していると考えよう。上のようなモデル円盤を考え、現在の膨張速度が CO ガスの速度、 $\sim 100 \text{ km/s}$ 程度と仮定すると、中心核爆発のエネルギー規模は 10^{54} エルグ、年齢は 2×10^6 年という値が得られる。銀河面上下のロープの非対称は説明しにくい、中心核円盤に非一様性があれば定性的には理解できるだろう。

(b) **磁力線による円筒ガス流:** もう一つの考え方は内田教授(東京天文台)と柴田博士(愛知教育大)によって提案されているもので、ロープは磁力線のねじれによって加速された円筒状のガス流であるという考え方であ

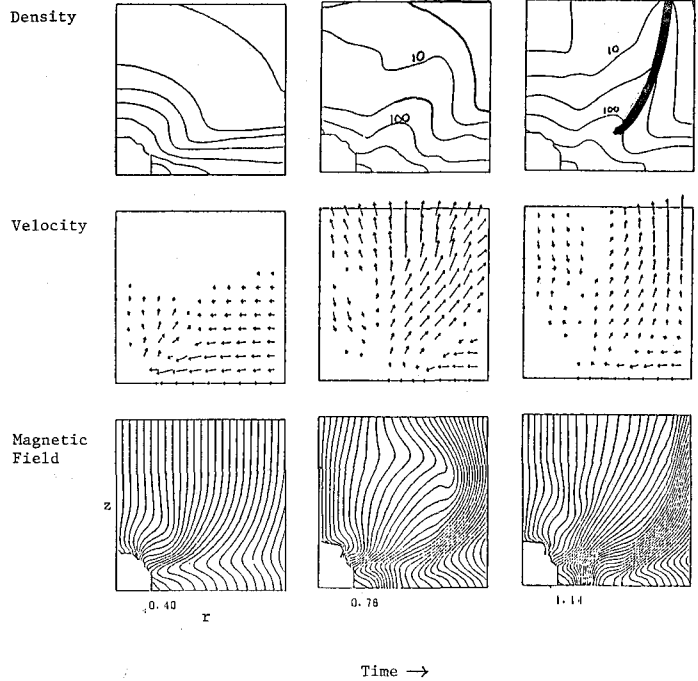


図5 内田・柴田のモデルによる円筒ガス流の発生。

る。銀河系中心域の磁力線構造にはまだ不明の点も多いが、今、かりに銀河円盤に垂直な磁場が走っているとしよう。するとガスが中心に向かって落ちこむときに磁力線のねじれが発生し、このねじれによってガスは円盤に垂直方向に加速され、ハローに向かって円筒状にふき出すという考え方である(図5)。この考え方は、ロープが横からみた円筒を思わせる構造をしていることを考えると大変自然にうけ入れられる。このモデルに関しては直線偏波の観測(計画中)が重要な手がかりを与えてくれるだろう。

いずれの解釈が良いか、あるいはもっとちがった考え方が良いのか、くわしいモデル等については今後にまたれる。しかし今回みつかった電波ロープは、私達の銀河系の中心にも規模は小さいながら ($E \sim 10^{54}$ エルグ)、クェーサーや電波銀河にひんぱんにみられる宇宙ジェット現象(円盤に垂直な噴出流)があるというはじめての証拠と考えてよいだろう。

☆ ☆

☆ ☆ ☆