

H92 α 電波再結合線による銀河中心ローブの観測

山口大学 名越遥 藤沢健太

Abstract

天の川銀河の中心には銀河中心ローブ(GCL)と呼ばれる特異な構造が存在する。本研究では GCL の大部分を担う電離ガスのこれまでより詳細な速度構造・温度分布を調べ、GCL の形成機構を明らかにするため、山口 32 m 電波望遠鏡を用いて H92 α 電波再結合線による観測を行った。電離ガスが放射する電波再結合線を観測することによって電離ガスの速度構造および温度分布を知ることが可能である。観測結果から、過去の研究と同様に、GCL は銀河回転とは異なる 15 km/s 程度の非常にゆっくりとした運動速度を持ち、ローブの東側と西側とを比較すると西側で強い放射をしていることが確かめられた。また、ローブの東側ではシンクロトロン放射が観測された領域よりも西側に再結合線を放射する領域があることが分かった。このことから、GCL はこれまでの形成モデルでは容易に説明できない性質を持つと考えられる。これらの結果にもとづき、東西のローブが異なる形成過程によるとする仮説を提案する。

銀河中心ローブ

GCL は野辺山 45m 電波望遠鏡による 10 GHz サーベイ観測により発見された[1]。GCL は電波連続波でみると、銀河系のはほぼ中心に存在する Sgr A から銀経+0.2° に位置する電波アークと銀経-0.6° に位置する Sgr C のフィラメントとが銀緯正方向に約 1° の高さで Ω 型に結びついたような形状を示す(図 1 参照)。GCL の東側の一部では、直線偏波が観測されており、高エネルギーの電子と磁場が存在している。過去の研究によると、GCL を構成する電離ガスからの電波再結合線の観測では、銀緯 0.45° において 10 km/s 程度のごくゆっくりとした運動を示している。この速度は、GCL 近傍の分子ガスの運動速度(±100~150 km/s)や銀河回転速度(220 km/s)とは大きく異なっている。これらのことから、GCL は銀河回転と異なる速度構造を持っており、さらに東西で異なる放射機構を持っていることが示唆される。これまでに GCL 形成モデルはいくつか提案されている[5][6]が、その結論は出ていない。

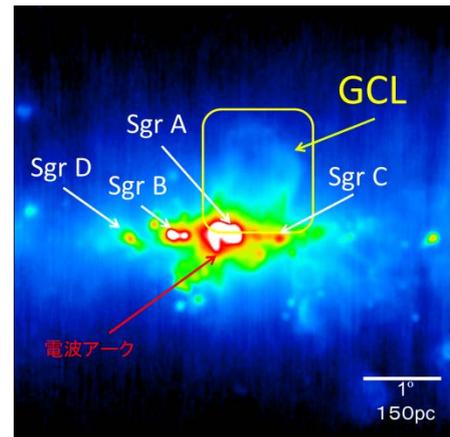


図 1 山口 32m 電波望遠鏡による 8.38 GHz 電波連続波マップに銀河中心領域の主な構造を示す。観測は、2006 年 4 月に $-2.55^\circ < \text{銀経} < 2.45^\circ$, $-2.42^\circ < \text{銀緯} < 2.58^\circ$ の範囲を 1' 間隔で一点につき 0.2 秒積分で行った。

観測

本研究では、2011 年 4 月から 8 月にかけて、山口 32m 電波望遠鏡を用いて電波再結合線による観測を行った。観測は GCL の下半分の領域 ($-1^\circ < \text{銀経} < 0.53^\circ$, $0.15^\circ < \text{銀緯} < 0.5^\circ$) を 4.2' の空間分解能で銀経方向 4'、銀緯方向 3' のサンプリング間隔で行った。これは過去の観測(Hat Creek 26m 望遠鏡:空間分解能 10', データサンプリング間隔 6', [2])よりも密な観測である。

再結合線観測の概要を表 1 に示す。

表 1 再結合線観測の概要

観測の概要	
望遠鏡	山口 32m 電波望遠鏡 (ビームサイズ 4.2')
観測領域	-1° < 銀経 < 0.53°, 0.15° < 銀緯 < 0.5° の領域を銀経=4' (24 点), 銀緯=3' 間隔 (8 列) OFF 点 (銀経=0.5°, 銀緯=2.0°)
静止周波数	8309.38MHz (H92α)
周波数帯域	32MHz (8301.0 - 8333.0MHz)
観測方法	ポジションスイッチング 1 点につき、ON=1 分間、移動 20 秒間、OFF=1 分間、移動 20 秒間を 45 回 (計 2 時間)
日時	2011 年 4 月~8 月 (500 時間)
円偏波	右旋回、左旋回
1σ	4 mK

結果

観測の結果、連続波電観測した GCL に沿うような形状で電離ガスの分布が見られた (図 2)。アンテナ温度は東側に比べて、西側で 2 倍程度強い値を示す。また、視線速度は東で正、西で負の速度をもち、15km/s 程度の非常にゆっくりとした運動を示す。線幅は特に目立った構造はみられなかった。電子温度は、東側で 10,000 K を超える異常に高い値を示しており、これはシンクロトロン放射によるものであると考えられる。

考察

観測結果から、過去の研究と同様に GCL は銀河回転とは異なる 15 km/s 程度のゆっくりとした運動速度を持ち、ローブの東側と西側とを比較すると西側で強い放射をしていることが確かめられた。また、ローブの東側ではシンクロトロン放射が観測された領域よりも西側に再結合線を放射する領域があることが分かった。このことから、GCL はこれまでの形成モデルでは容易に説明できない性質を持つと考えられる。そこで、この GCL の構造を説明するために次の仮説を立てた。まず、なんらかの機構により電離ガスが発生し、電離ガスは銀河回転の影響を受けてゆっくり回転運動をしながら拡散していき、東側では磁場により電離ガスの拡散が阻まれ、西側では低温の分子ガスに衝突して電離ガスが滞留している。

今後の展望

今回の観測では、GCL の根元部分を観測し、東西で異なる構造を持つと考えられる結果となったが、GCL の構造を議論するには GCL 全体の観測が必要であるので、GCL の上部分の観測を行う予定である。また、GCL 形成モデルの検討についても進めていく。

Reference

- [1] Sofue&Handa 1984 Nature, 310, 568
- [2] Sofue 1996 ApJ, 459, L69
- [3] Tsuboi et al. 1986 AJ, 92, 818T
- [4] Law et al. 2009 ApJ, 695, 1070
- [5] Veilleux et al. 2005 ARA&A, 43, 769
- [6] Sofue 1985 PASJ, 37, 697

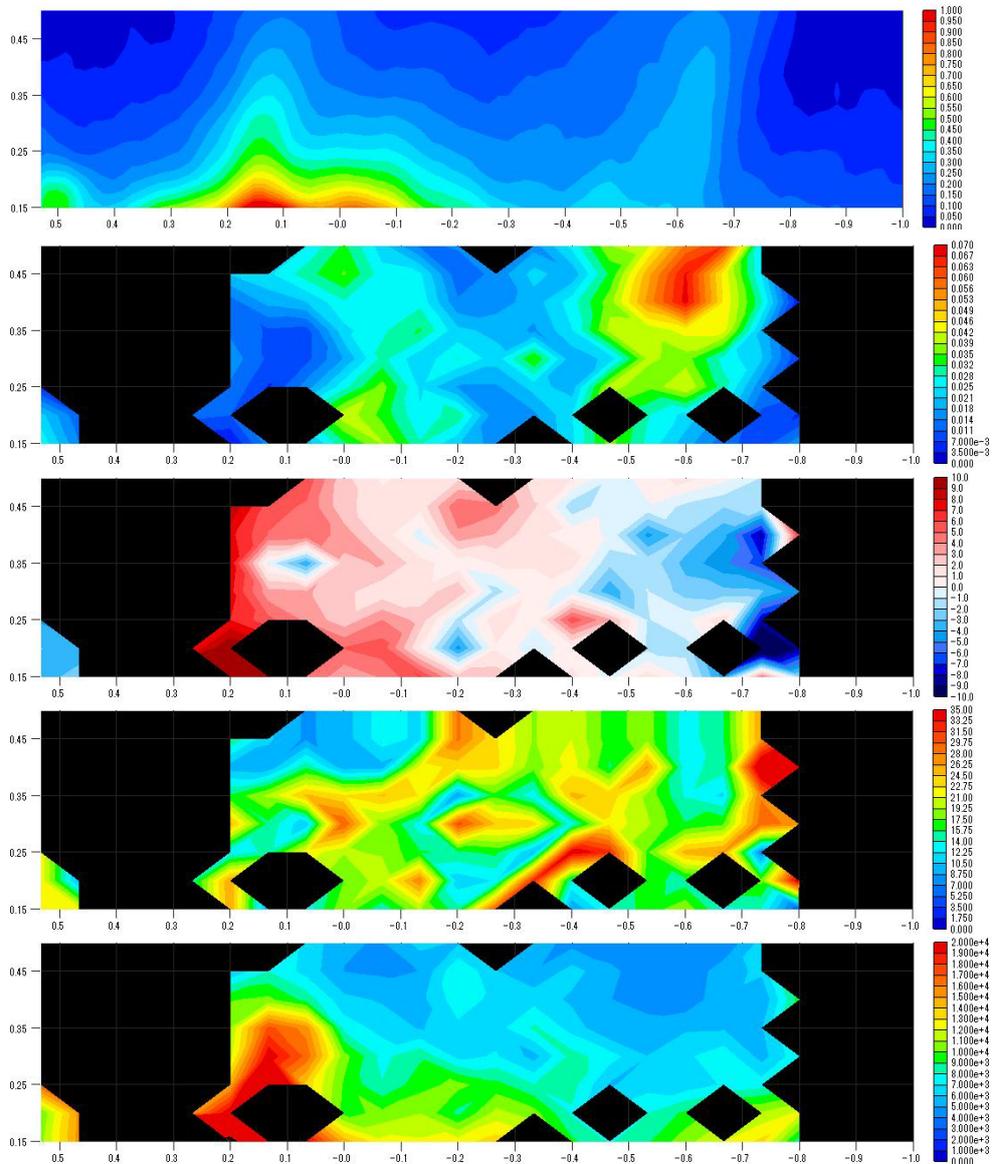


図 2 図示した範囲は $-1^{\circ} < \text{銀経} < 0.53^{\circ}$, $0.15^{\circ} < \text{銀緯} < 0.5^{\circ}$ 。上から、連続波のアンテナ温度 (最大 1.0 K、最小 0 K)、再結合線のアンテナ温度 (最大 0.07 K、最小 0 K)、再結合線の視線速度 (最大 10 km/s、最小 -10 km/s)、再結合線の線幅 (最大 35 km/s、最小 0 km/s)、連続波と再結合線の比から算出した電子温度 (最大 20000 K、最小 0 K)。西側ローブでは連続波で見える GCL の概形に沿った形で再結合線が分布しているが、東側では連続波のローブより西側に再結合線の強い領域が分布する。視線速度は、西側で負、東側で正の速度を示し、その差は 15km/s 程度の非常にゆっくりとした運動速度を示す。線幅は特に目立った構造はみられない。電子温度は銀経 0.1° 付近から銀緯正方向に垂直に広がる部分で異常に高く、10,000K を超える値を示すが、これは連続波放射に非熱的成分が含まれていることによる見かけ上のものである。その他の領域では、銀緯が上がるにつれて電子温度は低くなる傾向を示す。