

銀河中心ローブにおける電波連続波と電波再結合線の分布の差

名越遥 藤沢健太 窪瀬雄三 (山口大学)

概要

我々は天の川銀河の中心領域に存在する銀河中心ローブ (GCL) の形成過程を明らかにすることを目指して研究を行っている。山口 32 m 電波望遠鏡を用いて GCL の大部分を占めると考えられる電離ガスが放射する電波再結合線の観測および GCL 周辺の電波連続波の観測を行った。電離ガスからの再結合線放射および連続波放射の分布の位置関係を正確に調べることで、GCL の熱的放射と非熱的放射を切り分けられ、GCL 形成機構の理解につながると考えられる。そこで、電波連続波と電波再結合線の強度分布のそれぞれに対して多成分ガウス関数モデルをあてはめ、強度ピークの位置を求めた。その結果得られた電波連続波と電波再結合線の強度ピークの分布を比較すると、東側のローブの概形は大きく異なっていたが、西側のローブでは似た概形を示した。しかし、東西の強度ピークはともに内側に電波再結合線が存在し、西側では約 0.08° (約 11 pc) 外側に電波連続波がずれて分布していることが明らかになった。

1 導入

1.1 銀河中心ローブ

GCL は野辺山 45 m 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 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 [2]。過去の研究によると、GCL の一部分を電波再結合線で観測したところ、銀緯 0.45° において 10 km s^{-1} 程度のごくゆっくりとした運動を示していた [3]。この速度は、GCL 近傍の分子ガスの運動速度 ($\pm 100 \sim 150 \text{ km s}^{-1}$) [4] や銀河回転速度 (220 km s^{-1}) とは大きく異なっている。GCL 形成モデルとしては、GCL を単一構造としてとらえ、銀河中心領域の磁場により吹き上げられたガスジェットであるというモデル [5] やスターバーストによるアウトフローであるというモデル [6] が提案されているが、その結論は出ていない。

1.2 山口 32 m 電波望遠鏡による電波連続波と電波再結合線の観測

銀河中心領域の電波連続波成分を調べるために、 $-2.55^\circ < \text{銀経} < 2.45^\circ$; $-2.42^\circ < \text{銀緯} < 2.58^\circ$

の領域を 0.0167° ($1''$) 間隔で 1 点 = 0.2 秒積分で 8.38 GHz 電波連続波を観測を行った [7][8]。さらに、GCL 領域の電離ガスの分布を調べるために $-1.0^\circ < \text{銀経} < 0.533^\circ$; $0.15^\circ < \text{銀緯} < 0.5^\circ$ の領域を銀経方向に 0.0667° ($4''$)、銀緯方向に 0.05° ($3''$) 間隔で H 2α 線 (8309.38 MHz) を観測した [7][8]。観測方法はポジションスイッチングを用いて 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 回繰り返し、計 2 時間観測を行った。その結果、電波連続波と電波再結合線は共に銀河中心ローブとみられる東西でそれぞれ銀緯方向に立ち上るような強度分布を示した (図 2 一段目、二段目参照)。図 2 の一段目と二段目を比較すると、ローブの西側では電波連続波放射に沿うように電波再結合線放射が分布し、ローブの東側では電波連続波放射が強い領域よりも西側に電波再結合線放射のピークが分布しているように見えた。一方、先行研究と同様に視線速度は銀河回転と同じ視線速度勾配をもつが、 15 km^{-1} 程度と非常に遅いという結果が得られた。これらの観測結果から、電波連続波と電波再結合線のピーク位置の関係がローブの東西で異なることから、2011 年度の発表 [7] では、ローブは東西で独立の性質を持ち、それぞれの電離ガスの外側に存在する構造によって、異なる放射の特徴がみられると考えた。

GCL が東西独立か単一構造かを明らかにすることは形成モデルの議論にとって重要である。ローブの東側の強度分布は明らかに異なっているが、ローブの西側の電波連続波放射と電波再結合線放射は同一領域からの放射か否かははっきりしていなかった。

2 解析と結果

電波連続波と電波再結合線の強度のピーク位置の関係について詳細に調べるため、観測データについて各銀緯ごとに多成分ガウス関数モデルをあてはめ、ピーク的位置を決定した。例として、図 1 に銀緯 0.45° におけるフィッティングの結果を示す。その結果、銀緯 0.45° では電波連続波と電波再結合線の強度のピーク位置は東西共に約 0.08° (約 11 pc) ずれていた。

銀緯ごとに得られたピーク位置を、縦軸に銀緯 $[\circ]$ 、横軸に銀経 $[\circ]$ をとりプロットした図を図 2 の三段目に示す。図 2 を見ると、ローブの東側では、ピークの概形は電波連続波と電波再結合線で大きく異なっている。ローブの西側では、ピークの概形は電波連続波と電波再結合線で似ているが、強度ピーク的位置は電波連続波に対して電波再結合線の方が東側に約 0.08° (約 11 pc) ずれていることが明らかになった。ピーク的位置は東西ともに銀河中心により近い方に電波再結合線のピークが存在し、その外側に電波連続波の最も強度の強いピークが存在する。

3 議論

結果から、東西の電波連続波放射領域と電波再結合線放射する領域は空間的に異なっていると考えられる。電波再結合線のアンテナ温度分布は東西にピークを持つふた山構造であり、電離ガスは円筒状に分布していることを示唆している。電波再結合線の視線速度は銀河回転と同じ視線速度勾配をもつので、銀河円盤に伴って回転している可能性があると考えられる。ただし、速度は 15 km^{-1} 程度の速度であり、銀河回転 (220 km^{-1}) よりずっと遅い。電波連続波も同様に東西にピークを持つふた山構造だが、電波再結合線とのピーク位置のずれから、中央の放射は電離ガスからの熱的制動放射、東側はシンクロトロン放射と考えられる。西側は直線偏波は観測されておらず放射源については検討が必要である

が、弱い磁場によるシンクロトロン放射領域と、その磁場により電離ガスが滞留し、連続波を放射している可能性がある。これらのことは、GCL は東西独立の構造であることを示唆している。

4 まとめ

電波連続波と電波再結合線の強度分布の位置関係を正確に求めるため、山口 32m 電波望遠鏡による観測結果に対して多成分ガウス関数モデルのあてはめを行い、強度ピーク的位置を決定した。電波連続波と電波再結合線のアンテナ温度のピーク位置関係は、東側のローブでは、ピークの概形は大きく異なり、最も強い強度のピーク的位置は大きくずれていることが確かめられた。西側のローブでは、概形は似ているものの、電波連続波に対して電波再結合線は東側に約 0.08° (約 11 pc) ずれていることが明らかになった。GCL の形状は、中央に円筒状の電離ガスが存在し、東側ではシンクロトロン放射領域が隣接し、西側では磁場により電離ガスが滞留している可能性が考えられた。これは、GCL が東西独立構造であることを示唆している。

5 今後の展望

GCL の電離ガスのローブが上方でつながった単一構造であるか東西独立の構造であるかを切り分けるために、より高銀緯の観測を行う。

参考文献

- [1] Y. Sofue, Handa 1984 Nature, 310, 568
- [2] M. Tsuboi, M. Inoue, T. Handa 1986 AJ, 92, 818T
- [3] C. J. Law 2009 ApJ 695, 1070
- [4] Y. Sofue 1996 ApJ, 459, L69
- [5] Y. Sofue 1985 PASJ 37, 697
- [6] Veilleux et al. 2005 ARA&A, 43, 769
- [7] 名越 2011 年度 VLBI 懇談会シンポジウム発表
- [8] 名越山口大学修士論文 2012

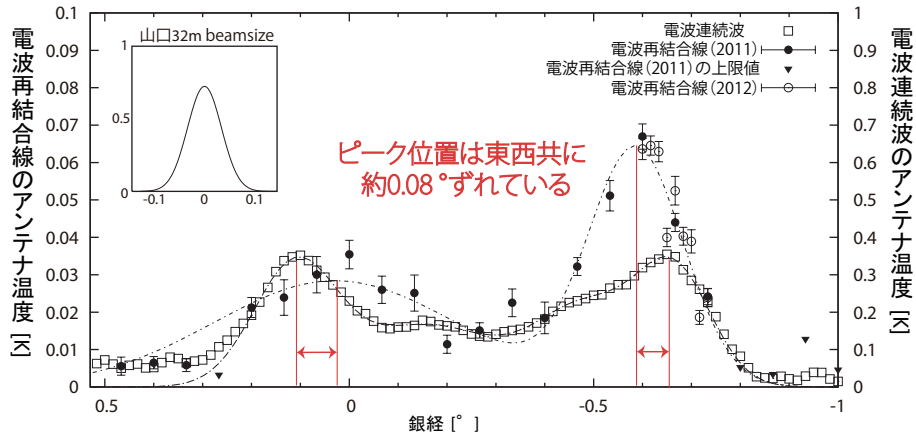


図 1: 銀緯 0.45 °における電波再結合線と電波連続波のアンテナ温度。各ピークの位置を多成分ガウス関数モデルをあてはめて決定した。電波再結合線については、2012 年に行った $-0.60^{\circ} < \text{銀経} < -0.733^{\circ}$ の領域の観測結果も含む。縦軸：右 電波再結合線のアンテナ温度 [K]、左 電波連続波のアンテナ温度 [K] 横軸：銀経 [°]

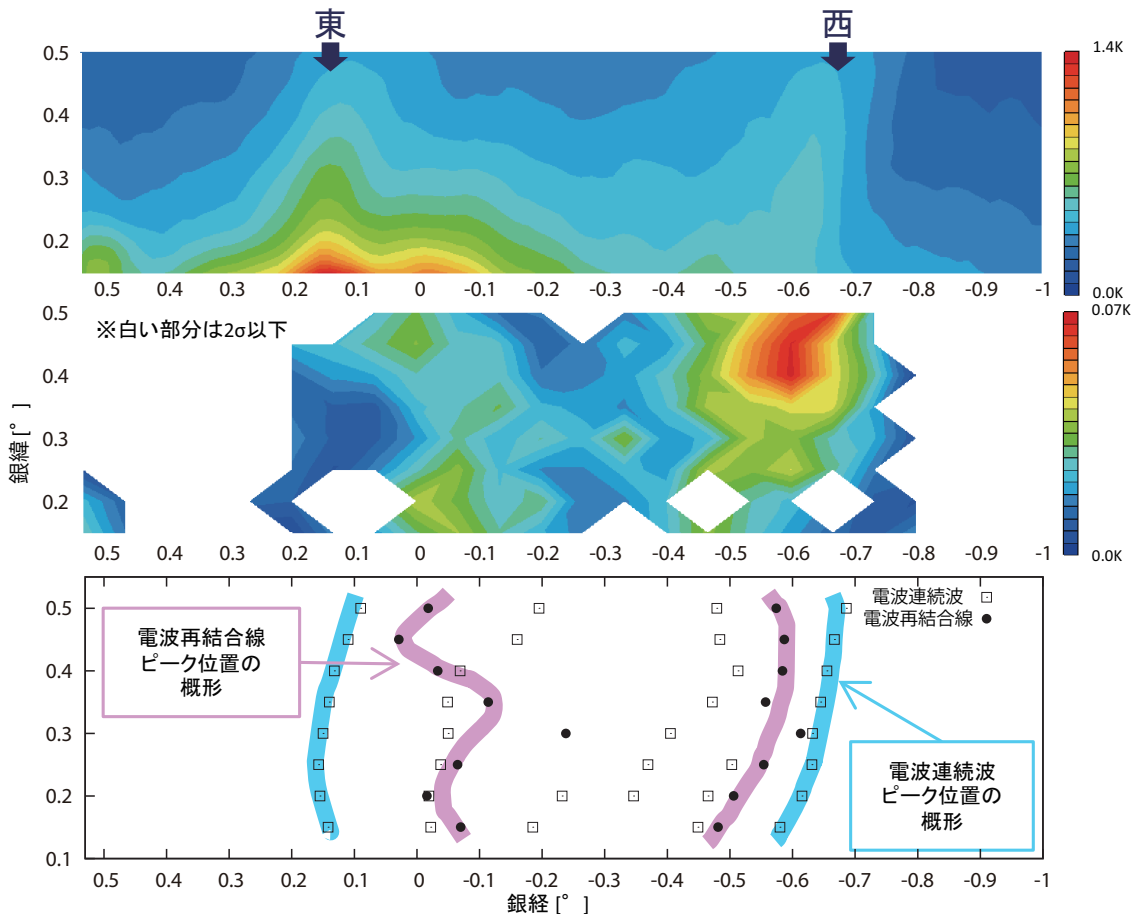


図 2: 山口 32 m 電波望遠鏡による電波連続波との電波再結合線の強度分布の観測結果およびピーク位置関係を示す。縦軸：銀緯 [°]、横軸：銀経 [°]。1 段目：電波連続波のアンテナ温度（最大 1.4 K、最小 0 K）、2 段目：電波再結合線のアンテナ温度（最大 0.07 K、最小 0 K）、3 段目：電波連続波との電波再結合線の強度分布のピークの位置関係を示す。ピークの位置は各銀緯ごとに多成分ガウス関数モデルをあてはめて決定した。