

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 (山口大学大学院 理工学研究科)

Abstract

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。得られた電波連続波と電波再結合線の強度分布から、銀河中心ローブの熱的放射成分と非熱的放射成分を分離した。また、熱的放射の強度から GCL の電離ガスの電子密度・質量・エネルギー・冷却時間を求めた。

1 Introduction

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 (Sofue and Handa, (1984))。銀河中心ローブは観測から、熱的な放射と非熱的な放射が混在していることが示唆されている。銀河中心ローブの東側の一部では直線偏波が観測されることから、磁場により電子が加速された磁気制動 (シンクロトロン) 放射が大部分を占め (Tsuboi et al. (1986))、それ以外の銀河中心ローブの連続波放射の大部分は、電離ガスの熱的放射によるものであると考えられる。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 (C. J. Law, (2009))。この速度は、GCL 近傍の分子ガスの運動速度 ($100 \sim 150 \text{ km s}^{-1}$) (Y. Sofue, (1996)) 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 (Y. Sofue, (1985)) 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 (Veilleux et al. (2005)) が提案されているが、その結論は出ていない。

2 Observations

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 $0.0167^\circ (1')$ 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 $-1.0^\circ < \text{銀経} < 0.533^\circ$; $0.10^\circ < \text{銀緯} < 0.55^\circ$ の領域を銀経方向に $0.0667^\circ (4')$ 、銀緯方向に $0.05^\circ (3')$ 間隔で H92 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。

3 Results

電波連続波および電波再結合線の強度分布はともに、銀河面に対して垂直に東西に伸びるふた山構造が確認された。しかし、それぞれの強度ピークの位置関係は異なっており、ローブは東西ともに銀河中心により近い方に電波再結合線放射のピークが存在し、その外側に電波連続波放射の最も強度の強いピークが存在していた (図 1 一・二段目)。さらに、再結合線の強度から熱的放射強度を推定し、電波連続波強度から熱的放射強度を差し引くことによって非熱的放射強度を推定した。非熱的放射の分布は、銀河面に対して垂直方向に、東西に立ち上るように分布していた (図??三段目)。そして、銀河面に近い低銀緯では非熱的放射が強く、東西を比較すると非熱的放射は東側で強いという結果が得られた。加えて、見積もった熱的放射強度から、GCL の電離ガスの電子密度・質量・エネルギー・冷却時間を算出した (表 1)。

速度構造については、銀緯 0.5° までは東側で正、

表 1: GCL の電離ガスのパラメータ

電子密度 [cm^{-3}]	$\cong 10$
質量 [M_{\odot}]	$\cong 1.4 \times 10^5$
エネルギー [J]	$\cong 2.0 \times 10^{43}$
冷却時間 [yr]	$\cong 2.8 \times 10^3$

西側で負の銀河回転方向と一致する速度勾配が確認されたが、銀緯 0.5° までの速度勾配と比べて銀緯 0.55° では速度勾配が小さくなった (図 2)。

4 Discussion

まず、電波連続波と電波再結合線の強度分布を比較すると、内側に電波再結合線の放射があり、その外側に電波連続波の放射領域が存在している。このことから、GCL は熱的放射源である電離ガスが内側に存在し、外側に非熱的放射領域が広がっていると考えられる。

次に、算出した電離ガスのパラメータについて検討する。電子密度 $\cong 10 [\text{cm}^{-3}]$ は典型的な巨大 H α 領域 ($3\text{--}50 [\text{cm}^{-3}]$) に相当する。質量 $\cong 1.4 \times 10^5 [M_{\odot}]$ は、微小なスターバーストに見られるような電離アウトフロー ($\sim 10^5 [M_{\odot}]$; C. J. Law. (2009)) と同程度である。エネルギー $\cong 2.0 \times 10^{43} [\text{J}]$ は、GCL のガスの断熱膨張を仮定した場合のエネルギー ($5.0 \times 10^{45} [\text{J}]$; C. J. Law. (2010)) と比較すると小さい。これは、今回推定された電離ガスの体積がこれまで考えられていた GCL の構造よりも小さいためと考えられる。加熱源がない場合の GCL の電離ガスの冷却時間 $\cong 2.8 \times 10^3 [\text{yr}]$ は、宇宙の年齢 ($1.37 \times 10^{10} [\text{yr}]$) よりもずっと小さい。このことから、GCL はごく最近生まれたばかりか、今なお加熱され続けていると考えられる。GCL が最近生まれたとすると、数千年の間に 500 光年もの高さに広がったことになる。今なお加熱され続けているとすると、加熱源の候補としては銀河中心からのスターバーストが挙げられる。

5 Conclusion

電波連続波と電波再結合線の観測から、銀河中心ロープの熱的放射成分と非熱的放射成分を明らかに

した。また、熱的放射の強度から GCL の電離ガスの電子密度・質量・エネルギー・冷却時間を求めた。これらを踏まえると、GCL は内側に電離ガスが分布し、その外側に磁場領域が存在していると考えられる。そして、この電離ガスは銀河中心のスターバーストにより形成された可能性が示唆された。

Reference

- Y. Sofue, Handa 1984 Nature, 310, 568
 M. Tsuboi. and M. Inoue. and T. Handa. 1986 AJ, 92, 818T
 C. J. Law 2009 ApJ 695, 1070
 Y. Sofue 1996 ApJ, 459, L69
 Y. Sofue 1985 PASJ 37, 697
 Veilleux et al. 2005 ARA&A, 43, 769
 C. J. Law 2010 ApJ 708, 474

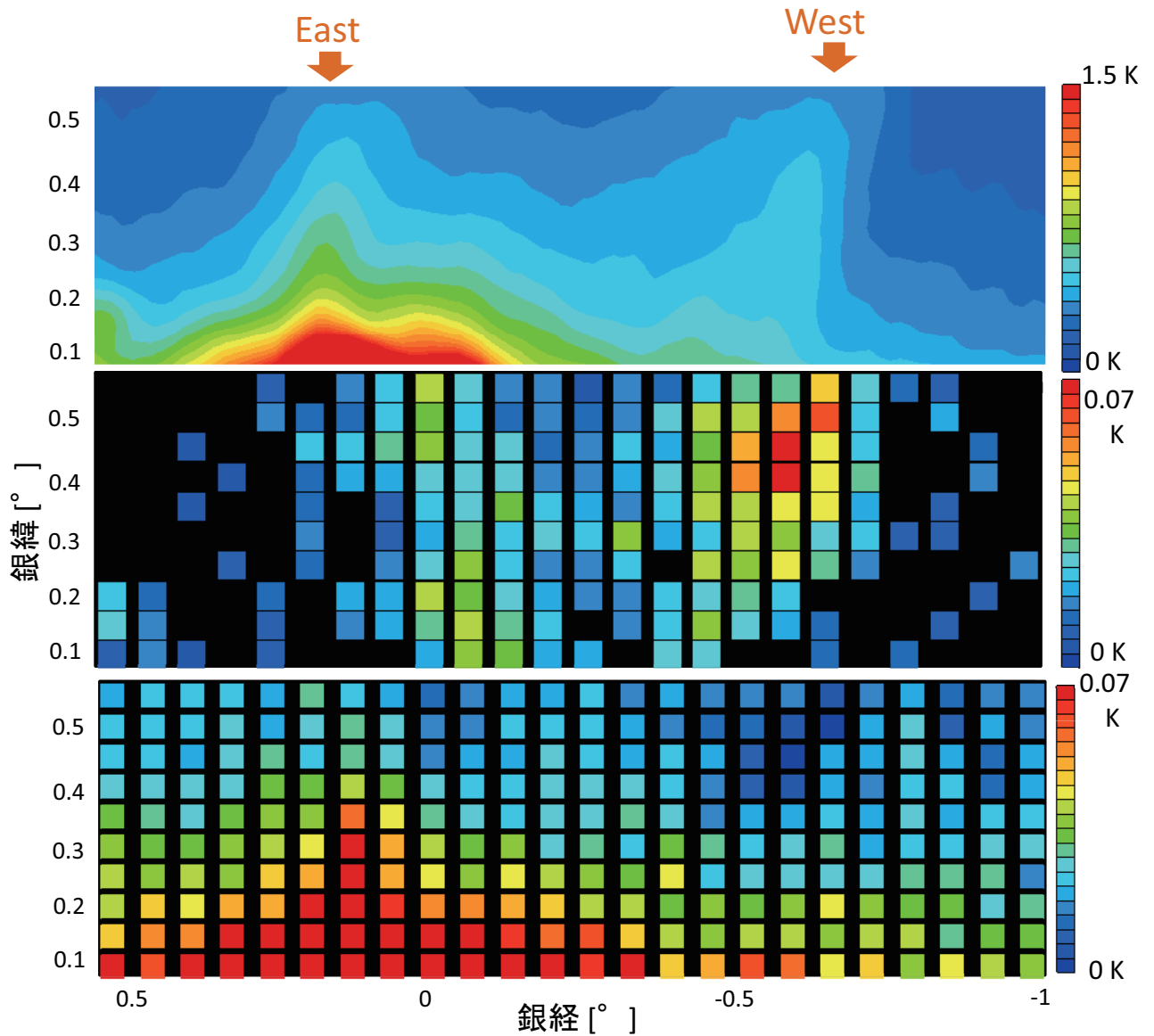


図 1: 一段目: 電波連続波の強度分布を示す。東西にふた山の構造を持つことが見て取れる。二段目; 電波再結合線の強度分布を示す。黒い部分は未検出の観測点である。電波連続波の強度分布と同様に、東西に凸型に伸びるふた山構造がある。三段目: 非熱的放射成分の強度分布を示す。電波連続波放射強度から、再結合線放射から推定した熱的放射強度を引くことによって算出している。各マップは、縦軸: 銀緯 [km s^{-1}]、横軸: 銀経 [$^{\circ}$] である。

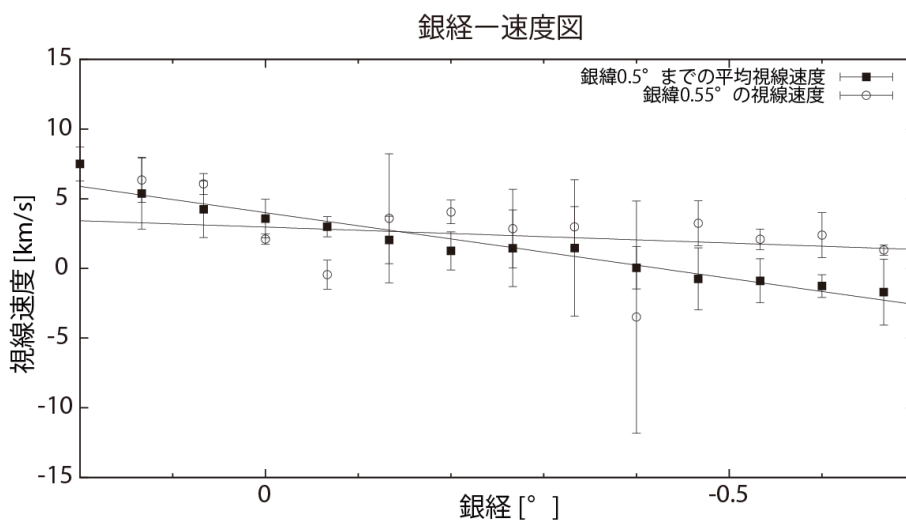


図 2: 銀経方向の速度勾配を表す。黒いエラーバー付きの四角は銀緯 0.5 °までの各銀緯における視線速度を平均した値を示す。白いエラーバー付きの四角は銀緯 0.55 °の視線速度を示す。銀緯 0.5 °までの速度勾配に対して、銀緯 0.55 °では速度勾配が小さくなっていることが分かる。縦軸：視線速度 [km s^{-1}]、横軸：銀経 [°]