

論文の内容の要旨

論文題目 Diffuse [CII] Line Emission from High-Latitude Region
(高銀緯領域における拡散[CII]輝線放射の研究)

氏 名 卷内 慎一郎

IRTS (Infrared Telescope in Space)は日本では初めての、また世界では三番目の赤外線天文観測用の軌道上冷却望遠鏡である。IRTSはSFU (Space Flyer Unit)衛星に搭載され、1995年3月にHII型ロケット3号機を用いて打ち上げられた。IRTSの主鏡は口径が15 cmと小さなものであったが、望遠鏡および観測装置全体を液体ヘリウムで冷却し、装置自身からの熱放射を十分に抑えることによって、天体からの非常に弱い拡散放射を測定することができた。IRTSの観測期間は約一ヶ月間で、液体ヘリウムがすべて消失するまでの間に全天の約7%の領域をサーベイ観測した。

IRTSには4つの観測装置が搭載されており、このうちのひとつである遠赤外線分光装置FILM (Far-Infrared Line Mapper)は星間塵から放射される遠赤外線連続波などと同時に、星間ガス中に存在する一階電離炭素イオンの微細構造線である[CII]158 μ m輝線放射の観測を行った。[CII]輝線は一般的な星間ガスの冷却に重要な役割を果たしていると考えられている。しかし遠赤外線の観測は地球大気の影響(吸収および大気からの放射)によって地上からは行えず、宇宙空間あるいは大気の影響が少ない高々度から行うことが必要とされる。このため、[CII]輝線の観測はこれまで十分とは言えず、とくに高銀緯の微弱な成分についての情報は乏しい。近年、気球搭載望遠鏡などを用いた観測によって銀河面に沿った[CII]輝線放射分布が詳しく調べられたが、残存する大気の影響や非冷却の観測器自身による放射などのため、高銀緯領域の観測は行われなかった。一方、ロケットや衛星(COBE)による観測では高銀緯領域からの[CII]輝線放射を観測することに成功しているが、前者の

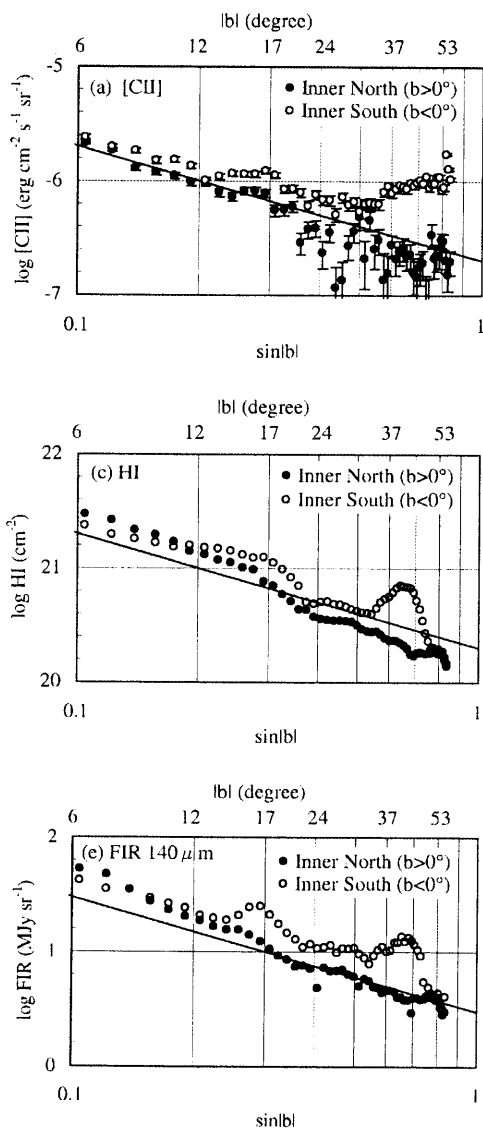
観測できた領域は大変小さく、また後者の観測は解像度が大変悪い($\phi 7''$)のものであった。IRTS/FILM は高銀緯を含む比較的広い領域を $8' \times 13'$ のビームサイズで精度よく観測することに成功した。

本研究では IRTS が観測した領域の内、銀緯が最大で $|b| = 60^\circ$ 付近の高銀緯領域を含む、銀緯 $l = 50^\circ$ と $l = 230^\circ$ 付近で銀河面を通過する大円に沿った領域について[CII]輝線分布の解析を行った。

銀緯 $l = 50^\circ$ 付近の銀河面には従来の気球などによる観測などからも知られていたように大規模星生成領域 W51 をはじめとした数多くの天体が[CII]輝線で観測された。IRTS の観測はこれに加えて、気球では観測できなかった銀緯数度以上の領域で高銀緯へのびる成分の存在を精度よく捕らえた。この成分は銀河面に分布の中心を持ち、銀緯とともに急速に減少する。FWHM は 2.6 度であった。銀河面に点在する個別の天体に対して、この成分は一様な分布をしており、 $l = 50^\circ$ の観測領域は我々から見て銀河系の渦状腕のひとつ(Sgr-arm)の折線方向に当たるため銀緯方向に急激な強度変化があることが予想されたが、実際の分布にその様な明らかな強度変化は見られなかった。これはこの成分が銀河ディスク全体に付随した普遍的な拡散成分であることを示唆するものであると考えられる。また IRTS/FILM の観測結果は、銀河面の[CII]放射には光解離領域(Photodissociation regions)が重要な役割を果たしているとする、これまでの気球を用いた観測などから示唆されていた結果と一致していた。

観測領域に制限はあったが、IRTS/FILM の観測によって銀緯が $\pm 60^\circ$ までの[CII]輝線放射の銀緯分布を得ることができた。銀緯 60 度近くの高銀緯においても $2 \times 10^{-7} \sim 1.5 \times 10^{-6}$ ($\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{sr}^{-1}$)の範囲の強度を持つ[CII]輝線放射が観測された。我々はこの[CII]輝線放射の銀緯分布を星間塵から放射されている遠赤外線(FIR)連続波の分布、および中性水素(HI)ガスの柱密度分布と比較した(図 1)。その結果これまでも知られているように、これらの間には一定の相関があり、高銀緯領域に分布するフィラメント状の構造を持ったシラス成分による構造などが共通して見られた。ところが、銀河面から高銀緯領域までにわたる銀緯分布全体のスケールで比較すると、[CII]分布、FIR 分布、および HI 柱密度分布の間にはそれぞれ異なった銀緯依存性があることが分かった。この差異はとくに IRTS の観測領域のうち反銀河中心方向で顕著であった。高銀緯領域では[CII]輝線放射強度は中性水素ガスと比較して増大しており、中性ガスに付随しない[CII]放射成分の存在が増大していることを示していると考えられる。また同時に高銀緯方向で FIR 連続波強度が中性水素ガスに対して増加しており、これは中性水素原子の存在量に対して水素イオンや水素分子の存在が相対的に大きくなっているためであると思われる。しかし CO 輝線の観測などから高銀緯に存在する分子雲はあまり多くないと考えられることから、高銀緯の FIR/HI 比の増大はほとんど水素イオン(電離ガス成分)の寄与の増大によるものであると考えられる。高銀緯領域において、低密度($n \sim 0.3 \text{ cm}^{-3}$)で高温($T \sim 8000 \text{ K}$)の電離ガス(WIM; Warm Ionized Medium)が存在することは従来からよく知られており、 $H\alpha$ 再結合線が全天の広い範囲か

Inner region



Outer region

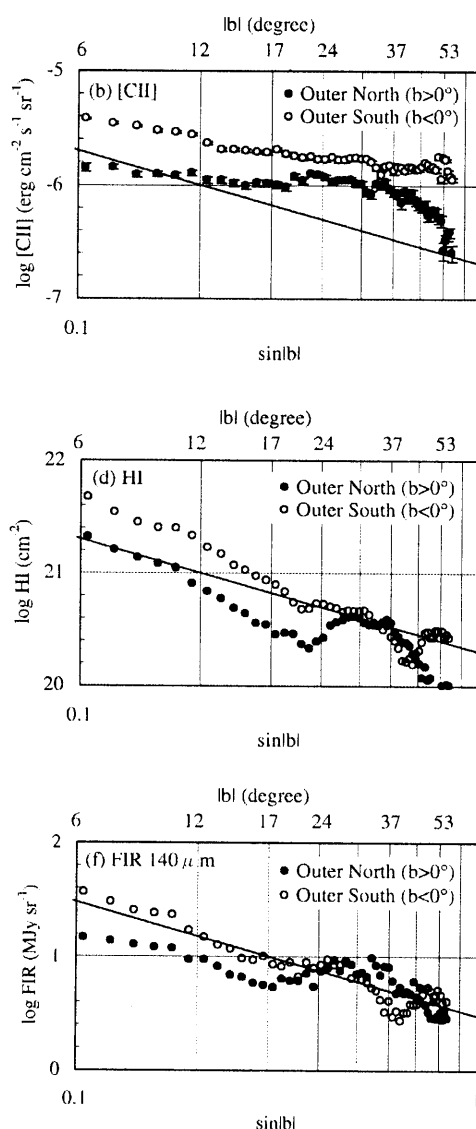


図 1. [CII]輝線、HI 柱密度、および FIR(140 μ m)連続波の銀緯分布。横軸は $\sin |b|$ (b は銀緯)。左側の列(a),(c),(e)は銀河中心方向、右側の列(b),(d),(f)は反銀河中心方向の銀緯分布。各図中の右下がりの直線は、それぞれの星間物質分布が銀河面に対して平行平板状になっている場合に予想される傾きを示し、直線の右端の切片は分布の厚みを表す。

ら観測されていることや電離ガスから放射される[SII] 6716 Å, [NII] 6583 Å, [OIII] 5007 Åなどの観測から、最近では WIM は高銀緯領域に存在する星間ガスの中でもっとも主要な成分のひとつであると考えられている。上記の各銀緯分布間に見られる差異から、高銀緯

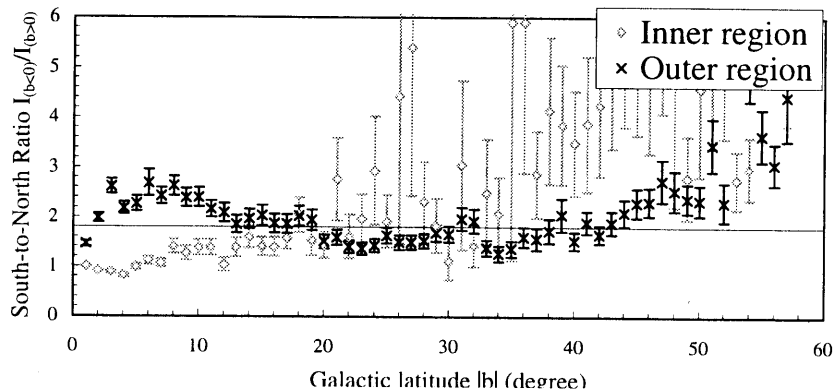


図 2. [CII]輝線強度における南北間の比の銀緯分布 $I_{(b < 0^\circ)} / I_{(b > 0^\circ)}$ 。銀河系外域側(Outer region)では、比は銀緯によらず系統的に 1 より大きく、平均の値は約 1.8(図中の水平線)。

領域に分布する拡散[CII]放射成分は主に電離ガス(WIM)から放射されているものと考えられる。

さらに、IRTS/FILM によって得られた[CII]輝線放射データから、その放射強度の銀緯分布が銀河面の北側($b > 0^\circ$)と南側($b < 0^\circ$)で系統的に異なっていることが分かった。同じ銀緯 $|b|$ にある[CII]輝線放射強度を銀河面の南北間で比較すると、系統的に南側のほうが北側より大きい。銀河中心からの距離に依存した銀河構造の影響が少ないと思われる反銀河中心方向(銀河系外域側)の[CII]輝線の南北間強度比 $I_{(b < 0^\circ)} / I_{(b > 0^\circ)}$ の値は平均 1.8 であった(図 2)。この南北間の差は[CII]輝線を放射しているガスの分布が我々の太陽系の位置に対して南側に片寄っていることを示しているものと考えられる。ところで銀河系内に存在する恒星や星間塵、また星間ガスなどの銀河スケールでの分布の研究からこれまでも、太陽の位置が銀河面から外れており、太陽は銀河面の北側に位置すると言われている。銀河面からの距離はまだ確かではないが、北側 0 ~ 40 pc の範囲にあると推定されている。今回観測された高銀緯の[CII]輝線を放射している星間ガスが、太陽系近傍の局所的なものか一般的な銀河ディスクに付随するものであるかどうかは、IRTS の観測領域が限られていることなどからはっきりと分からない。しかし[CII]強度に見られる系統的な南北間の差異は、このような太陽位置の銀河面からのズレに起因していると考えられる。もし[CII]輝線を放射しているガスの分布が分かれば、観測結果からそのズレの大きさを見積もることができる。実際にはまだ[CII]輝線放射ガスの分布は明らかではないが、密度が銀河面を中心にした exponential 分布の電離ガス(WIM)を仮定すると、 $I_{(b < 0^\circ)} / I_{(b > 0^\circ)} = 1.8$ からガス分布のスケールハイトに対して約 17%の距離だけ太陽の位置が銀河面(もしくはガス分布の中心)の北側にあると推定できる。この結果は従来の研究から得られている結果ともおおよそ一致するものである。