

銀河系中心における広がった FeXXV 輝線と星数密度分布の比較

長友 竣 (京都大学大学院 理学研究科 宇宙物理学教室)

Abstract

銀河系の銀河面には、ぼやっと広がったように観測される X 線放射があることが知られている。この放射の源については、激変星のような比較的暗いが故に点源として観測されにくい天体であるという点源説と、分子雲による反射や高温プラズマによる放射であるとする真に広がった放射源説の 2 つの説がある。銀河系中心部付近の $\sim 2^\circ$ を除けば点源説が有力だが、銀河系中心部では観測された Fe XXV 輝線の分布が星分布と異なることなどの理由で、2 つの説の間で議論が続いており決着がつかない。どちらの放射源の寄与が大きいかを確かめる方法の 1 つとして、X 線の強度分布と星の数密度分布との比較が挙げられる。点源説における主な放射源は激変星であるから、点源説が正しければ、X 線の強度分布と激変星の分布をトレースするような星の数密度分布は、適当なスケールリングを行うことで一致する。本研究では、Fe XXV 輝線の銀経方向の分布と近赤外線で見積もられた星の数密度分布の比較を、銀経 $\sim 8^\circ$ の領域をスケールリングに用いて行っている。本ポスターでは、その途中経過を報告する。

1 Introduction

銀河系の銀河面には、銀経 $|l| \sim 100^\circ$ 、銀緯 $|b| \sim 2^\circ$ にわたってぼやっと広がったように観測される X 線放射 (GRXE) があることが知られている。この X 線放射は分光観測によって、中性鉄 (Fe I)、ヘリウム状鉄 (Fe XXV)、水素状鉄 (Fe XXVI) の $K\alpha$ 輝線を含んでおり、高温プラズマからの放射を仮定するとそのプラズマの温度は $\sim 10^7$ K になることが分かっている。

GRXE の放射源は上の 3 種類の鉄輝線を放射する必要があり、現在では 2 つの説が考えられている。1 つ目は、比較的暗いため点源として観測できない天体が放射源であるという点源説である。点源説において放射の寄与が最も大きい天体は激変星 (CV)¹ と考えられているが、鉄輝線の等価幅が異なるなど激変星で説明しきれない部分も多い。2 つ目は、分子雲による反射や高温プラズマによる放射など、真に広がった天体が放射源であるとする説である。この説では Fe I 輝線は分子雲による反射の過程で放射され、高階電離の鉄輝線は高温プラズマから放射されると考えられるが、そのような高温プラズマの発生過程や放射の空間分布の説明に謎が残る。

近年の観測により、銀河系中心部付近の $|l| < 1^\circ$ 程

度の範囲を除けば、GRXE の放射源としては点源が有力になっている。Revnivtsev et al. (2006) は GRXE の放射強度分布と $3.5\mu\text{m}$ で観測された面輝度分布を比較し、両者が一致することを示した。 $3.5\mu\text{m}$ の面輝度分布は将来的に白色矮星となるような赤色巨星の分布をほぼ再現しており、近似的には激変星の分布と (ファクターの違いを除いて) 一致する。また、X 線観測衛星 Chandra を用いた深い観測により、その領域で GRXE と考えられていた放射の 80% を点源として観測することに成功した (Revnivtsev et al. 2009)。これらの結果から、GRXE の放射源としては激変星をはじめとした点源が有力となっている。

銀河系中心部付近の放射に関しては点源説と広がった放射源説の間で議論が続いている。Revnivtsev et al. (2006) では空間分解能が悪く観測できなかった $|l| < 1^\circ$ の領域を細かく観測し、観測された鉄輝線の分布と、面輝度分布から求まる激変星分布と比較したところ、中心部に行くほど大きな超過が見られた (Uchiyama et al. 2011)。このことを点源説で説明するためには、単位星質量あたりの X 線放射率が周辺部の 4-20 倍程度高い必要があり、銀河系中心部の広がった X 線放射に対する真に広がった放射源の寄与を示唆している。

点源による放射の寄与を正確に見積もるためには、

¹主星が白色矮星の連星系のこと。

面輝度分布との比較よりも星数密度分布との比較の方が望ましい。面輝度分布から求めた星質量分布は白色矮星とならないような若い大きな星の影響を受けてしまい、不定性が大きいためである。Nishiyama et al. (2013) では、近赤外線観測から得られた星数密度分布を Fe XXV 輝線強度分布との比較に用いた。銀経 $|l| \sim 2^\circ$ の領域をスケールリングに用いた結果、中心部における Fe XXV 輝線の超過が確認でき、最大で ~ 2.5 倍に達することが判明した。このことは、銀河系中心部での広がった X 線放射における点源以外の寄与の可能性を強く示している。

しかし、Nishiyama et al. (2013) がスケールリングを行った $|l| \sim 2^\circ$ の領域はまだ 100% 点源由来であると言い切れる領域ではなく、点源の寄与を過大評価している可能性がある。そこで本研究では、広がった X 線放射が 100% 点源由来であると思われる銀経 $l \sim 8^\circ$ の領域をスケールリングに用いることによって、銀河系中心部の広がった X 線における点源の寄与、ひいては真に広がった放射源の寄与をより正確に見積もることを目的とする。

2 Observations

分布比較に用いる X 線 (Fe XXV 輝線) のデータは Yamauchi et al. (2009) と Uchiyama et al. (2011) を用いた。どちらも X 線天文衛星すざくによる観測で、3 つの鉄輝線が観測された。

銀河系中心の近赤外線星数密度分布のデータは、Nishiyama et al. (2013) を用いた。このデータは IRSF/SIRIUS により J, H, Ks バンドで観測されたもので、 $|l| < 3^\circ$ 、 $|b| < 1^\circ$ の領域をカバーしている。

$|l| \sim 8^\circ$ の領域の近赤外線データは、発表者が観測したものをを用いた。観測諸元を表 1 に示す。観測した領域の中心位置は $|l| \sim 8^\circ$ の X 線観測の中心位置と同じである。観測視野は、X 線の観測視野が完全に含まれるような大きさにした。

表 1: 観測諸元。

望遠鏡 / 使用機器	観測年月日	観測領域 (l, b)
IRSF/SIRIUS	2013/09/01	($8^\circ.04, -0^\circ.05$) ($8^\circ.44, -0^\circ.05$)
積分時間	観測バンド	観測視野
10 秒 $\times 10$ dith ²	J, H, Ks	$17'.5 \times 17'.5$

3 Results

現在、H バンドのデータのうち、観測領域の 1/18 の測光が終了し、 ~ 9000 個の星を検出した。

4 Discussion

近赤外線による撮像観測によって赤色巨星の分布をトレースできるかを確認する。今回は、Wainscoat et al. (1992) の星分布モデル³を用いて、IRSF/SIRIUS による観測と同じ視野サイズ・限界等級で同じ銀経 $|l| \sim 8^\circ$ の領域を観測した場合にどの距離にあるどのタイプの星がどの程度撮像されるかを見積もった。

図 1 は、bulge 成分と disk 成分にある星の数を距離ごとにプロットしたものである⁴。ここで、bulge 成分は古い星のみの集まりで、disk 成分には若い星も含まうと考えている。したがってこの図からは、撮像したデータそのままでは、disk 成分にある多数の若い星が含まれている可能性があることがわかる。

図 2 は、disk 成分における主系列星と巨星の分布を示している。disk 成分であっても、銀河系中心付近 ($r \sim 8.5$ [kpc]) にあって観測される星はほとんどが巨星であり、反対に主系列に属する星のほとんどが前景星であることが分かる。したがって、色-等級図を描けば星を主系列、巨星の 2 つの集団に分けることができる可能性が高い。実際、図 3 に示すように、このモ

³星のスペクトル型・光度階級ごとに銀河系内の星の空間分布を再現したモデル。

⁴太陽を頂点として視野の大きさを頂角とする円錐を考え 1pc ごとにスライスし、それぞれの要素内にある星の数を距離の関数としてプロットした。

²有効積分時間 100 秒。

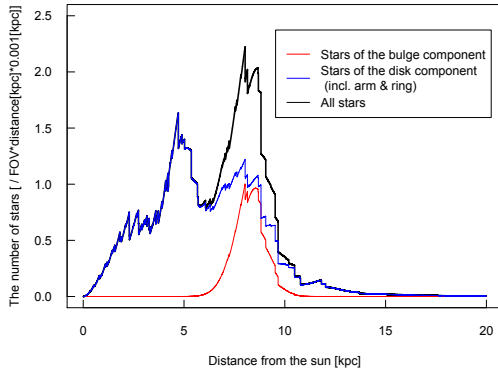


図 1: bulge 成分、disk 成分の視線方向の分布。disk 成分の星は前景星にも銀河系中心部付近の星にも存在していることが分かる。

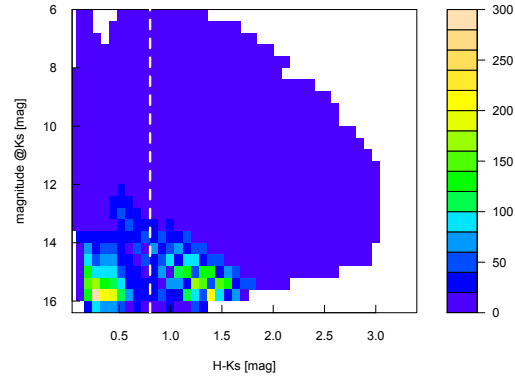


図 3: H バンド、K バンドの色等級図。カラーバーはそれぞれのグリッドに含まれる星の数を表している (刻み幅は $0.08\text{mag} \times 0.4\text{mag}$)。

デルにおける色-等級図では白線 ($H - K_s \sim 0.8\text{mag}$) で 2 つの集団に分けることができる。

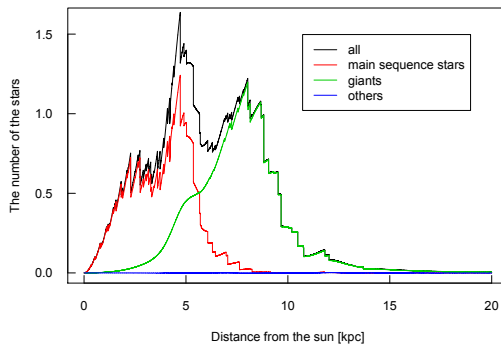


図 2: disk 成分の星の、主系列星・巨星別視線方向分布。銀河系中心部に位置する星はほとんどが巨星であることが分かる。

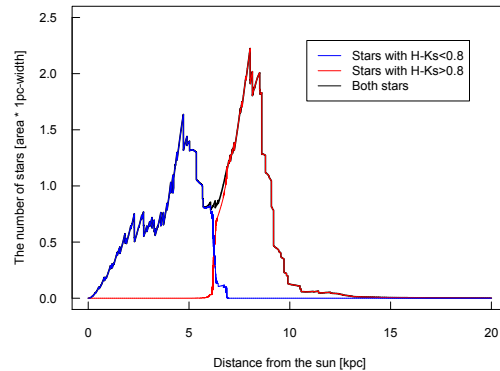


図 4: 色で分けた 2 つの集団それぞれの視線方向分布。前景星と銀河系中心部に位置する星に分けられていることが分かる。

$H - K_s \sim 0.8\text{mag}$ によって分けられた星々の分布を示したのが図 4 である。この切り分けによって、前景星と背景星がきちんと区別されることが分かる。この図と図 2、及び bulge 成分は巨星ばかりであることを踏まえると、色による切り分けによって白色矮星になりそうな巨星の分布を得ることが可能であり、そこから得られた星数密度分布は激変星の分布として考えられる。

5 Conclusion & Future Work

銀河系中心部における広がった X 線放射の放射における点源 (主に激変星) の寄与に制限をつけるため、Fe XXV 輝線強度の空間分布と近赤外線による星数密度分布の比較を行っている。分布の比較には、X 線放射が 100%点源由来である領域をスケーリングに用いる必要があるが、先行研究では点源以外の寄与の可能性のある領域でスケーリングを行ってい

たため、本研究では確実に点源の放射が 100%であると期待される銀経 $|l| \sim 8^\circ$ の領域をスケージングに用いることにした。

激変星の分布を得るためには、近赤外線によって撮像された星のうち巨星であるものの数密度分布を得なければならないが、Wainscoat et al. (1992) のモデルによれば、 $H - K_s \sim 0.8\text{mag}$ より赤い星を選択すれば、巨星の分布が得られることが分かった。

現在、得られた銀経 $|l| \sim 8^\circ$ のデータを解析中である。今後、全データの測光解析が終了次第、色による巨星の選択、スケージング、Fe XXV 輝線強度分布との比較を順次行っていく予定である。

Acknowledgement

議論や有益な助言をしてくださる教室の皆様、観測の方法を丁寧に教えてくださり、また大切なポイントでアドバイスをしてくださる西山先生、永山先生、そして研究が滞りがちな私を見捨てずに根気強く教えてくださる指導教官の長田先生にこの場をお借り致しまして感謝申し上げたいと思います。

また、本夏の学校は京都大学基礎物理学研究所より、基研研究会として補助を受けています。ご支援に感謝申し上げたいと思います。

Reference

- Nishiyama, S. et al. 2013, ApJ, 769, L28
Revnivtsev, M. et al. 2006, A&A, 452, 169
Revnivtsev, M. et al. 2009, Natur, 458, 1142
Uchiyama, H. et al. 2011, PASJ, 63, S903
Yamauchi, S. et al. 2009, PASJ, 61, S225
Wainscoat, R. J. et al. 1992, ApJS, 83, 111