

# 銀河を満たす230万度のガスと、 X線で輝く太陽系

山崎典子、満田和久、吉野友崇、竹井洋(JAXA)、マッカモン,ダン  
(ウイスコンシン大)、藤本龍一(金沢大)、他(マサチューセッツ大  
学、コロラド大学)

主要関連論文：T. Yoshino, K. Mitsuda, N. Y. Yamasaki, Y. Takei, T. Hagihara, K. Masui, M. Bauer, D. McCammon, R. Fujimoto, Q.D. Wang, and Y. Yao, PASJ(日本天文学会欧文報告), 61巻, 8月号掲載予定 (arXiv:0903.2981) (2009)

関連論文：Y. Yao, Q.D. Wang, T. Hagihara, K. Mitsuda, D. McCammon, and N. Y. Yamasaki, アストロフィジカル  
ジャーナル. 690, 143-153 (2009)

遠くと近くを見る：超軟X線背景放射の起源が、太陽系内 (= 約10億km)と銀河ハロー (= 数万光年) であることを初めて明らかにした

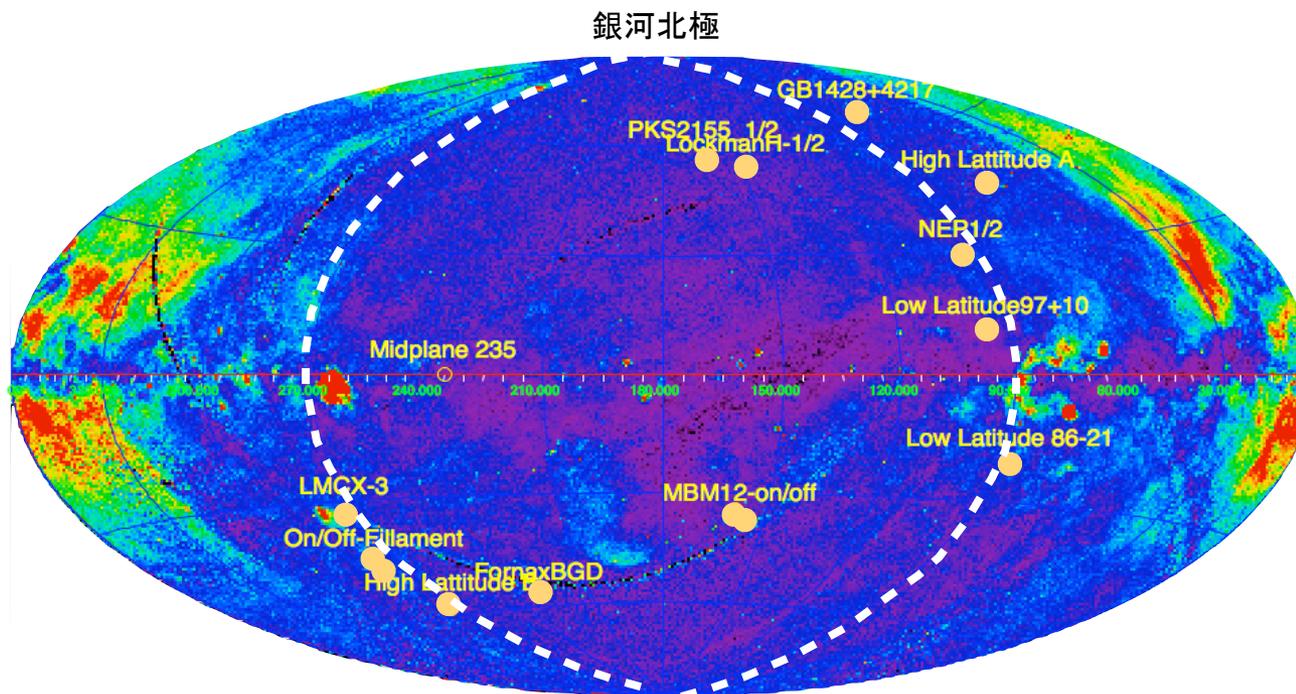


図1：ドイツのローサット衛星による軟X線(0.5-1キロ電子ボルト)での全天画像\* (反銀河中心方向を中心に射影)。黄色が今回用いた「すざく」の観測方向 (14ヶ所)。白の破線は、観測方向がほぼ、銀経度=90度と270度の大半に沿っている事を示す。

軟X線では、個々の天体とは別に、空全体がぼんやりと光っています。1キロ電子ボルト以上のX線は、我々の銀河系を越えた遙か遠方の沢山の活動銀河核と考えられています。しかし、1キロ電子ボルト以下の超軟X線帯には高電離イオン起源の放射が存在し、その起源はよくわかっていませんでした。

我々は「すざく」衛星によって様々な方向からの高電離イオンの放射を観測し、その放射が我々の銀河系の距離の全く異なる二つの現象 (銀河を満たす230万度の高温ガスと、X線で輝く太陽系) により生じている事を初めて明らかにしました。

\*ローサット衛星全天像は <http://www.xray.mpe.mpg.de/cgi-bin/rosat/rosat-survey>、および Snowden et al. 1997 による

# 観測の鍵：高電離酸素からのX線輝線放射

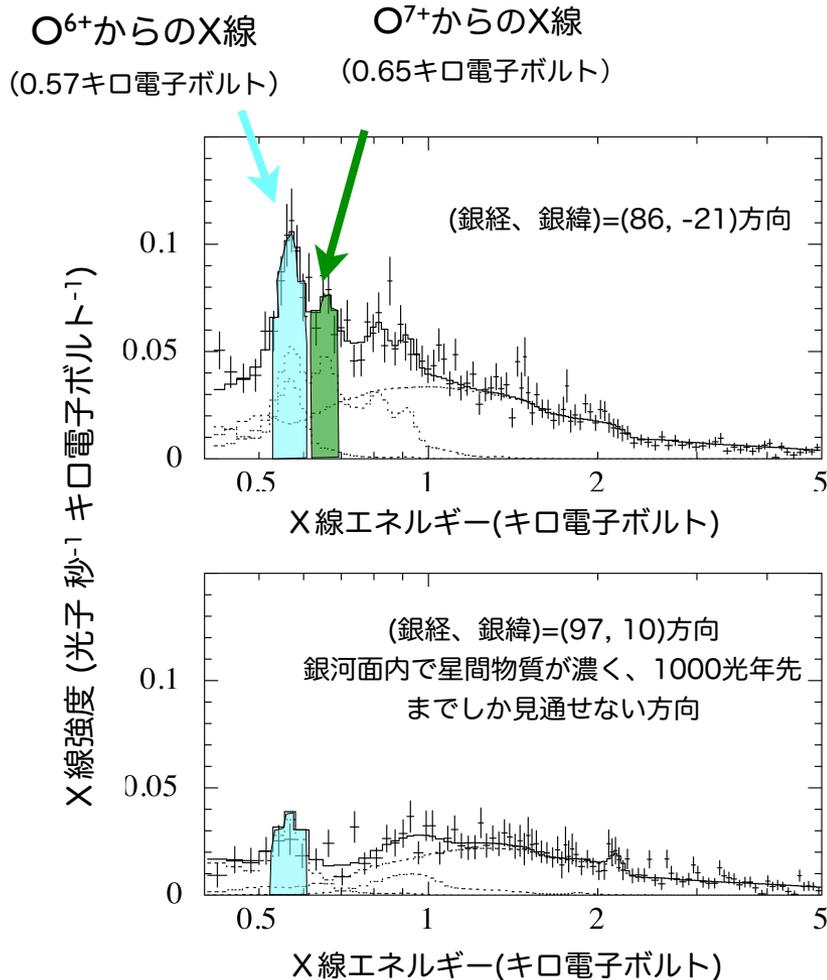


図2 「すざく」搭載X線CCDカメラで測定した「エネルギースペクトル」の例。エネルギースペクトルは、どのようなエネルギーのX線が多くくるのか、を示している。

観測の鍵となったのは、 $O^{6+}$ 、 $O^{7+}$ の2種類の電離状態にある酸素イオンからの放射でした。

「すざく」は空の様々な方向の酸素イオンからの放射強度を、精度良く測定することのできる初めての観測装置なのです。

中性の酸素原子は、電子を8つ持っています。 $O^{6+}$ 、 $O^{7+}$ は、それぞれ、電子が6つ、または、7つ剥ぎ取られた高電離状態です。このような高電離の酸素は、たとえば、百万度から数百万度の温度の高温プラズマ中に存在します。

すざくは、図1に示す14の方向からやってくる広がったX線放射のX線スペクトルを測定しました。図2に示すように、高電離酸素からの輝線を検出しましたが、その様子は、方向によって異なっていました。

# すざくが明らかにした起源：その1

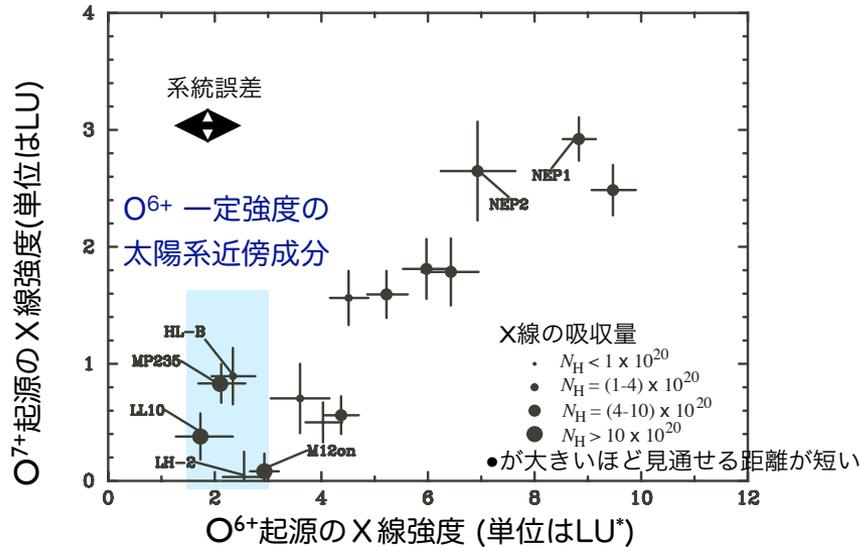


図3：O<sup>6+</sup>, O<sup>7+</sup> 酸素輝線強度の相関

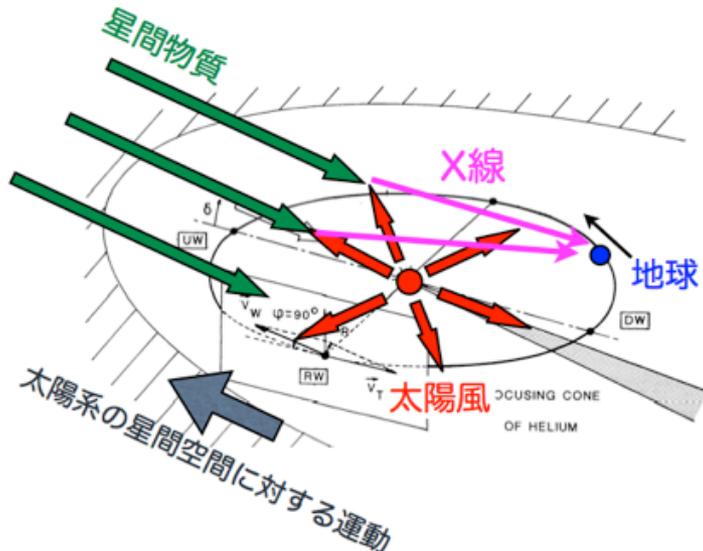


図4：太陽風と星間物質の相互作用でX線で輝く太陽系#

図3に、それぞれの観測方向について、O<sup>7+</sup>からのX線放射強度をO<sup>6+</sup>からのX線放射強度の関数としてプロットしました。O<sup>7+</sup>とO<sup>6+</sup>の強度は全体によく相関していますが、O<sup>6+</sup>からの放射には、強度が約2LUのところ強度の“床”（下げ止まる場所）があることに気づきます。

銀河円盤の中には、中性の星間物質が存在します。酸素輝線は、星間物質によって比較的吸収されやすいため、方向によっては、酸素輝線では、数100から1千光年先までしか見通すことができません。

O<sup>6+</sup>からの放射の強度の“床”に相当する5つの方向の中の3方向は、そのような太陽系近傍からの放射しか見えない方向であることがわかりました。

どの方向にも“2LUの床”に相当する放射は存在するので、この結果は、我々の近くをX線放射源が取り囲んでいることを示します。これは、太陽風のO<sup>6+</sup>イオンが惑星間空間に流れこんだ星間物質と衝突してX線放射しているため、と考えられます。これまでに、このような放射が存在するはずである、という理論的な計算は行なわれてきました。今回の観測は、初めて、その存在を明確に示しました。つまり太陽系は本当にX線で輝いていたのです。本観測結果は太陽風と星間空間の相互作用を探る新たな観測手法を拓きました。

\* LU: 輝線強度の単位 光子 cm<sup>-2</sup> 秒<sup>-1</sup> ステラジアン<sup>-1</sup>

# 図はLallement (1987)をもとに作成

注: “床”上でデータ点で、O<sup>7+</sup>強度が強い方向のO<sup>7+</sup>は、星などの寄与であると考えられます (参考: すざくの結果、Masui et al. 2009)。

# すざくが明らかにした起源：その2

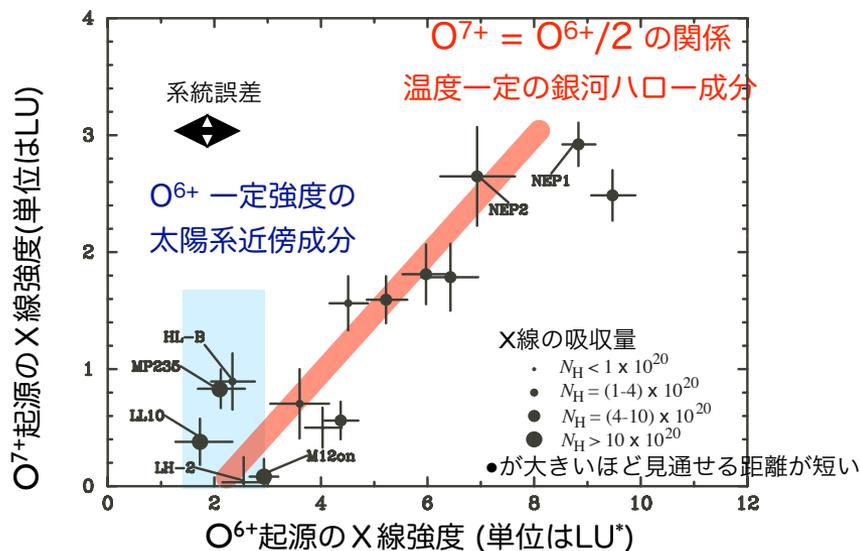


図3' :  $O^{6+}$ ,  $O^{7+}$  酸素輝線強度の相関

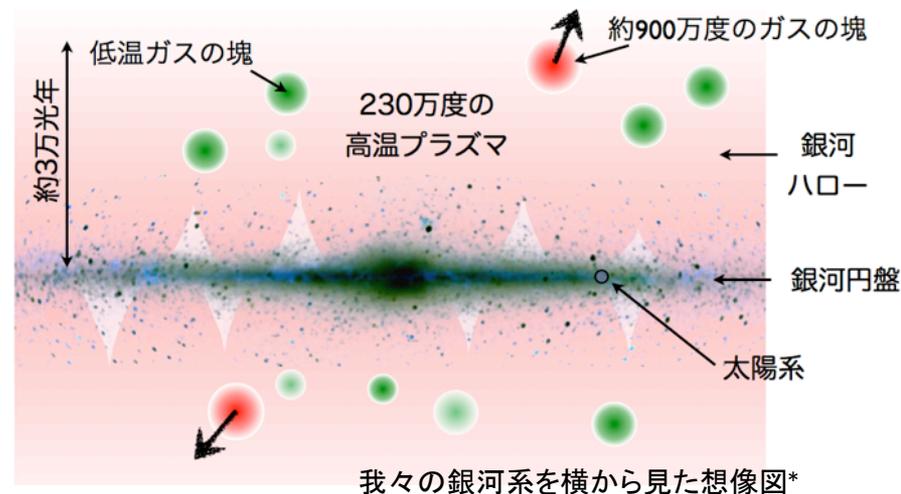


図4: すざくが明らかにした起源2：銀河ハローの230万度の温度の高温プラズマ。視線方向に平均した温度は驚くほど一定。しかし、強度は方向により大きく異なる (0-8LU)。

強度の“床”を超えた $O^{6+}$ の放射は、数百あるいは1千光年よりも遠くから、したがって、銀河円盤の外から来ていると考えられます。実際、これらの方向には中性の星間物質は少なく、酸素輝線で銀河円盤の外側まで見通すことができます。これは銀河ハローと呼ばれる領域です。 $O^{6+}$ と $O^{7+}$ の放射強度は強く相関しています(図3')。これは、この放射を出している高温プラズマの温度が230万度(±10%)と、驚くほど一定である事を示します。なぜ $O^{6+}$ と $O^{7+}$ の放射を使って決めた温度が、このように一定なのか、まだ理解できていません。また、他の「すざく」の観測からハローの高温プラズマが数万光年のスケールで広がっている事や、より温度の高い高温プラズマの固まりがあることも示唆されました(図4)。

銀河ハローの高温プラズマは超新星爆発によって暖められたガスが銀河ハローに逃げ出して作られたと考えられます。それは冷えてやがて銀河円盤に戻り銀河系の物質の大循環を形作らう。また一部は銀河の外に逃げ出しているかもしれません。銀河ハローの詳しい状態を調べることは、今後、銀河系内でのエネルギーや物質循環についての新たな知見をもたらします。

\* 銀河円盤の断面図はCOBEによる近赤外線画像([http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/dirbe\\_image.cfm](http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/dirbe_image.cfm))を参考に作成