

地球磁気圏に付随したX線放射のモデル化 —磁気圏グローバル撮像に向けて—

伊 師 大 貴

〈中央大学理工学術院 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27〉

e-mail: dishi494@g.chuo-u.ac.jp



太陽活動に応じて激しく変動する地球磁気圏が、軟X線で明るく輝いていることが知られるようになったのは、ここ数十年のことである。この放射は、太陽風中の高電離イオンが地球周辺に薄く広がる外圏中性水素と「電荷交換反応」を起こすことで生じる。従来はX線天文衛星の観測に重なる前景放射として扱われることが多かったが、近年では磁気圏構造や太陽風変動を直接反映する新しいリモートセンシング手法として注目されている。筆者らは、日本のX線天文衛星「すざく」の観測データを解析し、外圏中性水素分布、太陽風観測データ、電荷交換断面積、磁気圏構造を統合した地球磁気圏X線放射の予測モデルを構築した。本稿では、観測との比較から明らかになった地球磁気圏X線放射の時間変動や空間構造を紹介するとともに、将来の磁気圏グローバル撮像への展望について述べる。

X線で輝く地球磁気圏

地球周辺の宇宙空間には、太陽風と地球磁場との相互作用によって形成される「磁気圏」が、高度1000 km付近から数万kmにわたって広がっている。磁気圏は太陽風の侵入を防ぐ「バリア」として働く一方、太陽風擾乱に応答して、その大きさや形状、さらには内部環境を変化させ、オーロラ爆発や磁気嵐などのダイナミックな宇宙環境変動を引き起こす。こうした描像は、1960年代以降の人工衛星による「その場」観測によって明らかにされ、地上観測や数値シミュレーションとの比較を通じて理解が深められてきた。

近年、この磁気圏が軟X線で明るく輝いていることが分かってきた [1, 2]。これは、太陽風に含まれる O^{7+} や O^{8+} といった高電離イオンが、地球周辺に薄く広がる外圏中性水素から電子を捕獲す

る「電荷交換反応」に伴う発光である。本放射はもともと彗星からのX線放射を説明するために提唱され [3]、地球周辺におけるその兆候は、1990年代のROSAT衛星による全天サーベイ観測で、太陽風変動と相関する奇妙な軟X線増光として検出された [4, 5]。さらに2000年代に入ると、日本の「すざく」衛星などによる分光観測から、電荷交換反応に特徴的な輝線分布が確認され [6-10]、現在では地球磁気圏に付随したX線放射の存在が広く受け入れられている。

図1に、地球周辺で予想されるX線放射の模式図を示す。理論予測によれば、本放射は太陽風イオン密度が高くなる磁気圏の昼側（太陽方向）で強く生じると考えられている [11]。特に、太陽風が最初に衝突するバウショック、その内側に形成されるシース領域、磁気圏界面（マグネトポーズ）、さらに太陽風が磁力線に沿って地球近傍へ

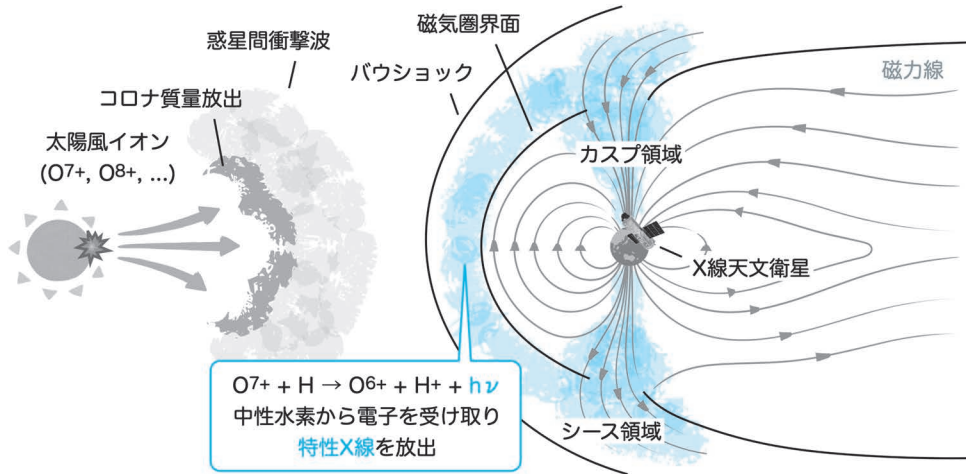


図1 地球磁気圏における電荷交換X線放射の模式図。太陽風に含まれる高電離イオン（ O^{7+} や O^{8+} など）が、地球周辺に広がる外圏中性水素から電子を捕獲する「電荷交換反応」によって特性X線を放出する。昼側シース領域やカスプ領域では、特に強い放射が期待される。地球周回軌道上のX線天文衛星では、これらが前景放射として観測される。

流入するカスプ領域では、強い放射が期待される。

地球磁気圏の構造を反映した放射の空間分布が観測できれば、従来は「その場」観測によって局所的にしか捉えられなかった磁気圏構造やその時間変動を、遠隔から直接測定できる可能性がある [12]。一方、本放射は地球を周回するX線天文衛星にとって、好むと好まざるとにかかわらず常に天体観測に重なる前景放射でもあり、その正確な変動予測は観測データの解釈において重要である [13]。近年では、XMM-NewtonやChandra衛星などの観測と磁気流体シミュレーションを組み合わせたモデル化が進められてきたが、実際の観測で見られる急激かつ複雑な時間変動を定量的に再現できる例は限られていた [14, 15]。

本稿では、すざく衛星によって観測された代表的な発光イベントを題材に、外圏中性水素分布、太陽風観測データ、電荷交換断面積、磁気圏構造を統合し、地球磁気圏X線放射の予測モデルを構築した。観測との比較を通じて明らかになった地球磁気圏X線放射の時間変動や空間構造を紹介するとともに、将来の磁気圏グローバル撮像への展

望について述べる。

すざく衛星が捉えた地球磁気圏X線

日本のX線天文衛星「すざく」は、2005年から2015年にかけて約10年間運用され、X線CCDカメラXISによって多くの成果を挙げた。特に、近地球軌道と徹底した検出器較正によって、低く安定したバックグラウンドと良好なエネルギー応答を実現したことで、暗く広がった放射の観測に大きな威力を発揮した。すざく衛星の観測データには、主目的である遠方天体からのX線だけでなく、地球磁気圏に由来する前景放射も含まれており、筆者らはこの成分に着目した系統解析を進めてきた [16, 17]。

すざく衛星が取得した全データは公開されており、約3,000観測に及ぶデータが利用できる。宇宙天気研究の進展によって太陽風データの整備も進み、同時期の太陽風環境を比較的容易に調べられるようになった。筆者らは、XIS視野内の点源天体を除去した上で、残された拡散成分に対して軟X線ライトカーブおよびスペクトル解析を行った。ACEやWINDなどの太陽風観測衛星データ

と比較することで、放射強度と太陽風変動との対応を調べた結果、太陽風変動に同期して軟X線強度が数十分から約1時間の時間スケールで急激に増光するイベントを多数発見した。

図2上段には、代表的な発光イベントの軟X線ライトカーブと太陽風パラメータの時間変動を示す。軟X線強度が増大するタイミングでは、太陽風陽子密度も同時に増大していることがわかる。このイベントでは、コロナ質量放出（CME）に伴う太陽風構造が地球へ到来していた。図1に示すように、CMEは前方に惑星間衝撃波を形成し、先行する太陽風を圧縮する。この段階では陽子密

度は増加するものの、高電離イオンは少ないため、増光は比較的弱い。一方、後続するCME本体には高電離イオンが多く含まれており、強い増光が見られる。本稿では、前者をプリフレア期、後者をフレア期、それ以外の比較的安定した時間帯を安定期として区別した。

図2下段には、プリフレア期およびフレア期から安定期を差し引いて得られた差分スペクトルを示す。プリフレア期およびフレア期ともに、1 keV以下では炭素、窒素、酸素による輝線群が卓越しており、特にOVIIやOVIII輝線が強く見られた。CMEに伴うイベントでは、ネオンやマ

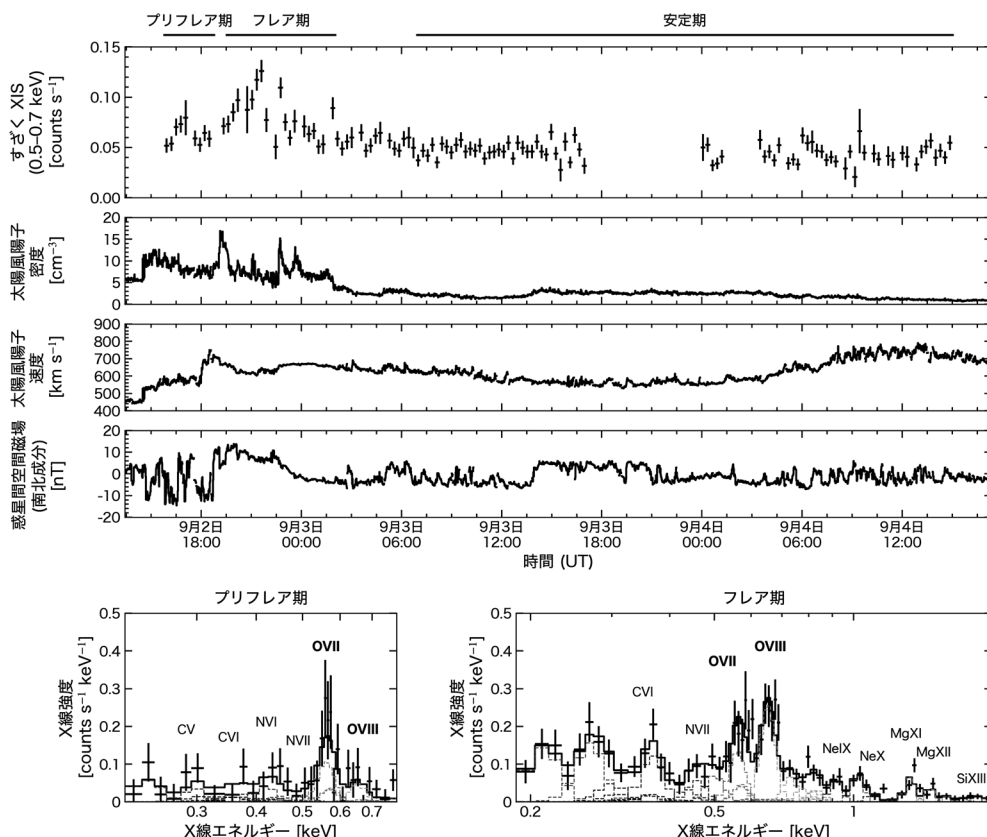


図2 すゞく衛星によって観測された代表的な電荷交換X線イベントの時間変動およびスペクトル。上段は0.5–0.7 keV帯におけるXISライトカーブ、中3段は太陽風陽子密度、速度、惑星間空間磁場の時間変動を示す。観測初期には弱い増光（プリフレア期）と顕著な増光（フレア期）が見られ、その後安定期へ移行している。下段は、プリフレア期（左）およびフレア期（右）から安定期を差し引いて得られた差分スペクトルであり、OVIIやOVIIIをはじめとする電荷交換反応に特徴的な輝線が確認できる。

グネシウムなど重イオンによる輝線が2 keV 付近まで現れる例も見られた。

図2で示したイベントでは、短時間かつ局所的なスパイク状の増光が観測された。これらの増光は、陽子密度や速度の変化だけでは説明できず、衛星の視線方向に沿った開磁場領域までの距離と軟X線強度との間に良い相関が見られることから、地球近傍の高度数千km 付近で発光が生じている可能性が示唆された [6]。このような複雑な時間変動を理解するためには、太陽風条件だけでなく、磁気圏構造や視線方向を考慮した地球磁気圏X線放射の予測モデルが必要である。

地球磁気圏X線放射モデル

本章では、すざく衛星によって観測された地球磁気圏X線放射を説明するために構築した予測モデルを紹介する。電荷交換X線放射の強度は、基本的に「中性水素密度×太陽風イオンフラックス×電荷交換断面積」を視線方向に沿って積分した量として与えられる。具体的には、以下の式を用いて観測される放射強度を計算した。

$$I_{\text{SWCX}} = \frac{1}{4\pi} \int n_{\text{H}} n_{\text{ion}} v_{\text{ion}} \alpha ds$$

ここで、 n_{H} は外圏中性水素密度、 n_{ion} は太陽風イオン密度、 v_{ion} は太陽風イオン速度、 α は電荷交換断面積、 ds は視線方向の微小距離を表す。これらの物理量を各時刻において評価し、視線方向に沿って積分することで、観測される放射の空間分布および時間変動を予測した。以下では、各パラメータの評価方法、磁気圏構造、および視線方向積分について述べる。

外圏中性水素分布

外圏は高度500 km 以上から月付近まで広がる地球大気の最外層であり、主に水素原子から成る。その密度は極めて低く、地球の重力に束縛されながらも、熱的・非熱的な散逸過程によって宇宙空間へ広がっている。外圏そのものを厳密に記

述しようとする、粒子輸送や加熱・散逸などの過程まで含める必要があり、容易ではない。そこで、先行研究によるモンテカルロ計算の結果に基づき [18]、中性水素密度 $n_{\text{H}}(r)$ を、地球中心からの距離 r に対して、

$$n_{\text{H}}(r) = 25 \text{ cm}^{-3} \left(\frac{10 R_{\text{E}}}{r} \right)^3$$

と近似した [19]。外圏密度は水素ライマン線の光学観測から推定されるが、地球近傍では光学的に厚くなり、遠方では背景放射に埋もれてしまうため、絶対値には依然として大きな不定性が残されている。高速中性粒子観測やX線観測からも推定は行われているが、10地球半径 (R_{E}) 付近では、数 cm^{-3} から数十 cm^{-3} の幅広い値が報告されている [20, 21]。

太陽風イオン分布

太陽風の密度、速度、イオン組成には、ACE およびWIND衛星の観測データを用いた。本研究では、特にOVIIおよびOVIII輝線に着目した。以下では、 n_{ion} および v_{ion} を、OVII輝線に寄与する O^{7+} イオンの密度 $n_{\text{O}^{7+}}$ および速度 $v_{\text{O}^{7+}}$ として表す。

O^{7+} イオン密度は、太陽風陽子の密度 n_{p} に対して、ヘリウムと陽子の存在比 (He/p)、ヘリウムに対する酸素存在比 (O/He)、および高電離酸素イオン中に占める O^{7+} の割合 (O^{7+}/O) を掛け合わせることで推定した。すなわち、

$$n_{\text{O}^{7+}} = n_{\text{p}} \left(\frac{\text{He}}{\text{p}} \right) \left(\frac{\text{O}}{\text{He}} \right) \left(\frac{\text{O}^{7+}}{\text{O}} \right)$$

として与えられる。

ヘリウムと陽子の存在比には、WIND衛星のSolar Wind Experiment (SWE) またはACE衛星のSolar Wind Proton Alpha Monitor (SWEPAM) による測定データを用いた。両者には系統差が存在するが、WIND/SWEの値を用いる方が比較的安定している [22]。

ヘリウムに対する酸素存在比と、高電離酸素イオン中に占める O^{7+} の割合は、ACE衛星のSolar Wind Ion Composition Spectrometer (SWICS) による測定データを用いて評価した。検出器チームによれば、典型的な不定性は約30%である [23]。ACE/SWICSは2011年以降に劣化が進み、信頼性が大きく低下したため、一部の測定データの利用が難しくなった。そこで2011年以降の観測データに対しては、過去の観測から得られた統計的な値を用いて O^{7+} イオン密度を推定した [24]。

最後に、 O^{7+} イオン速度は、太陽風陽子の速度 v_p と熱速度成分 $v_{th} = \sqrt{3k_B T_p / m_p}$ を考慮し、

$$v_{O^{7+}} \simeq \sqrt{v_p^2 + v_{th}^2}$$

として評価した。なお、 k_B はボルツマン定数、 T_p は陽子の温度、 m_p は陽子の質量を表す。

電荷交換断面積

電荷交換断面積 α は、イオン種や速度によって変化する重要な物理量である。本研究では、彗星の電荷交換X線放射の解析でも広く用いられてきた、地上実験および理論計算に基づく値を採用した [25]。不定性は約20%と報告されているが、特にOVIII輝線に対応する電荷交換断面積は速度

依存性が大きいので、その評価には注意が必要である。

磁気圏構造

地球磁気圏の形状は太陽風条件によって大きく変化する。バウショックや磁気圏界面の位置および形状は、これまでの「その場」粒子観測によって、その統計的な描像や太陽風応答が詳しく調べられてきた。本研究では、それらの経験的モデルを利用し [26, 27]、各観測時刻における平均的な磁気圏形状を再現した。これらはあくまで統計的な平均像であり、時々刻々と変化する太陽風に対する過渡応答を十分に再現することは難しい。詳細な磁気圏構造を再現するには磁気流体シミュレーションが必要となるが、計算コストを考慮し、経験的な簡易モデルを採用した。

太陽風プラズマはバウショックを通過すると圧縮・減速され、シース領域では中性水素との電荷交換反応が効率的に進むため、主要な発光領域となる。バウショック通過に伴う密度増加や速度低下は、流体力学的な衝撃波条件式 (Rankine-Hugoniot関係式) を用いて評価した。典型的には、密度は約4倍まで増加し、一方で速度は低下する。また、温度上昇に伴う熱速度成分も考慮し

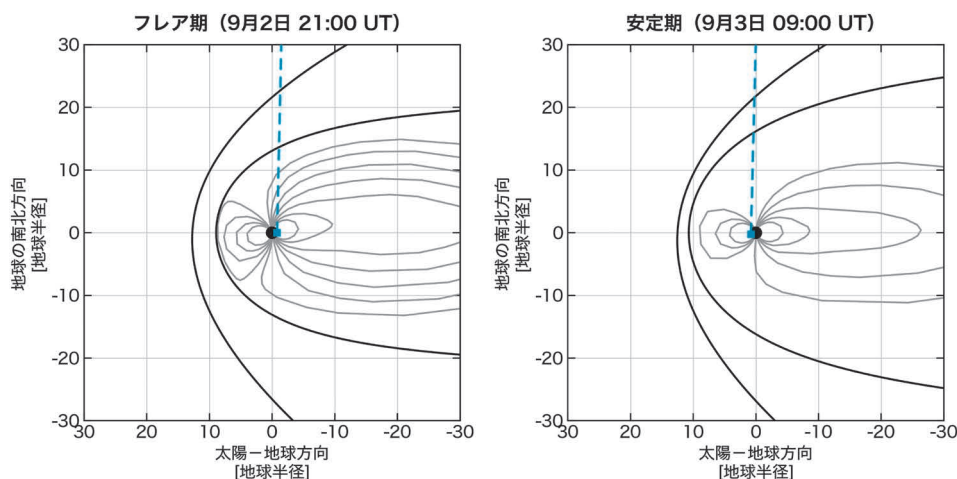


図3 磁気圏構造の計算例。フレア期（左）および安定期（右）における磁気圏構造を示す。黒線はバウショックおよび磁気圏界面、灰色線はTsyganenko磁場モデルによる磁力線を表す。青破線は衛星の視線方向、青四角は衛星位置を示す。

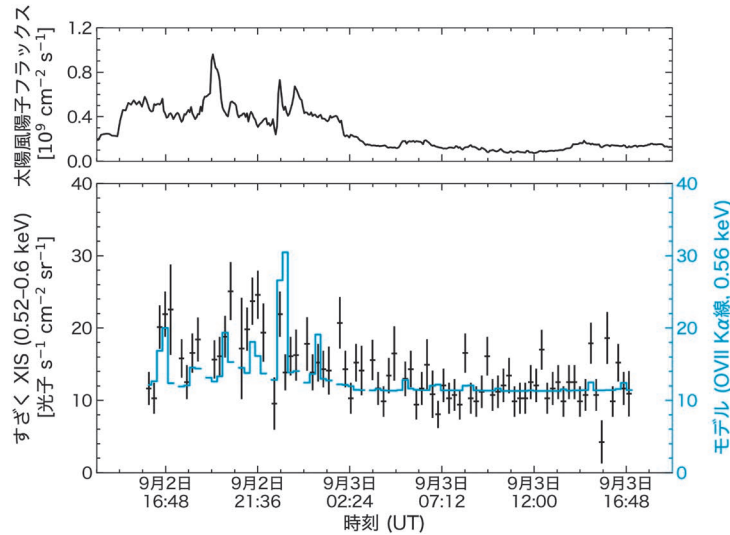


図4 観測された軟X線強度とモデル計算結果との比較. 上段はACE衛星による太陽風陽子フラックスの時間変動, 下段は0.52-0.6 keV帯における軟X線強度の時間変動を示す. 青線は本研究モデルから計算されたOVII輝線強度を表す.

た. 簡易化のため, シース領域では太陽風分布を一樣と仮定した.

一方, 磁気圏内部には太陽風プラズマがほとんど侵入できないため, 電荷交換X線放射への寄与は小さいと考えられる. ただし, 磁力線が惑星間空間へ開いた構造を持つカusp領域では, 太陽風が磁力線に沿って磁気圏内部へ侵入できる. カusp領域の判定には, Tsyganenko 磁場モデル [28] を用い, 各観測時の太陽風動圧や地磁気条件から開磁場領域を求めた. 図3に, フレア期および安定期における磁気圏構造の計算例を示す. フレア期には太陽風動圧の増加に伴って磁気圏が圧縮され, シース領域やカusp領域の形状も変化する.

視線方向積分

最後に, すざく衛星の軌道情報および姿勢データを用いて, 各時刻における衛星位置と視線方向を再構成した. また, ラグランジュ点で観測された太陽風データに対して地球到達までの時間遅延の補正を行い, 観測時刻に対応する太陽風構造を推定した.

これらを用いて, 時間変化する磁気圏構造に対

して視線方向に沿った積分を行い, 観測される軟X線ライトカーブおよびスペクトルを計算した. これにより, 太陽風条件と衛星の位置や視線方向の時間変化を考慮した地球磁気圏X線放射モデルを構築した.

X線で視えてきた地球磁気圏

前章で構築した地球磁気圏X線放射モデルを用いて, すざく衛星によって観測された代表的な発光イベントとの比較を行った. その結果, 地球磁気圏X線放射がどこで, どのように生じるのかが明らかになる一方で, モデルでは説明できない現象も浮かび上がってきた.

図4に, 代表的な発光イベントにおける軟X線ライトカーブとモデル計算結果との比較を示す. 太陽風陽子フラックスの増加に伴う全体的な増光だけでなく, 数十分程度のスパイク状の増光についても比較的良く再現していた.

短時間かつ局所的な増光はどこで生じていたのだろうか. 図5に, 本研究モデルによって計算した地球磁気圏X線放射の空間分布を示す. 放射は

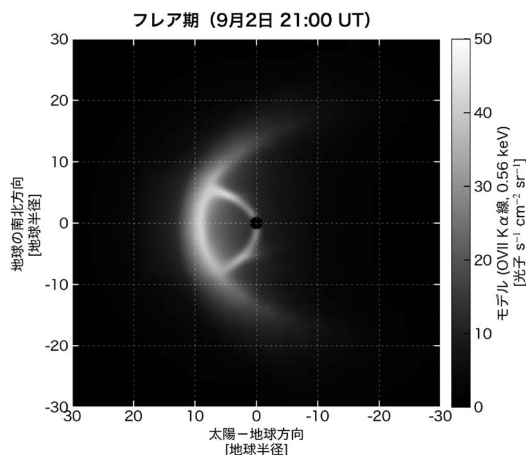


図5 本研究モデルによって計算した地球磁気圏X線放射の空間分布。濃淡は視線方向に沿って積分した放射強度を表す。中央の黒丸は地球を示す。

昼側シース全体に広がる一方で、カusp領域では局所的に強い放射が形成されていることがわかる。特に興味深いのは、すざく衛星の視線がカusp領域を横切るタイミングで、スパイク状の増光が生じていた点である。

筆者の知る限り、観測との比較を通じて、カusp領域における局所的な電荷交換X線放射と、その時間変動を同時に再現した例は初めてである。今後さらに多くのイベントを調べることで、磁気圏構造とX線放射の時間変動との対応関係がより明らかになると期待できる。

次に、モデルは発光強度についてどの程度観測を再現できているのだろうか。図6に、各イベントにおけるOVIIおよびOVIII輝線の観測値と予測値との比較を示す。

OVII輝線については、8例中7例で観測値と予測値が3倍以内で一致し、平均的には2倍程度の精度で再現された。外圏密度、太陽風観測データ、電荷交換断面積などに含まれる不定性を考慮すれば、概ね妥当な一致である。残りの1例では、すざく衛星の視線が夜側を向いていたにもかかわらず、X線増光が観測されていた。通常、夜

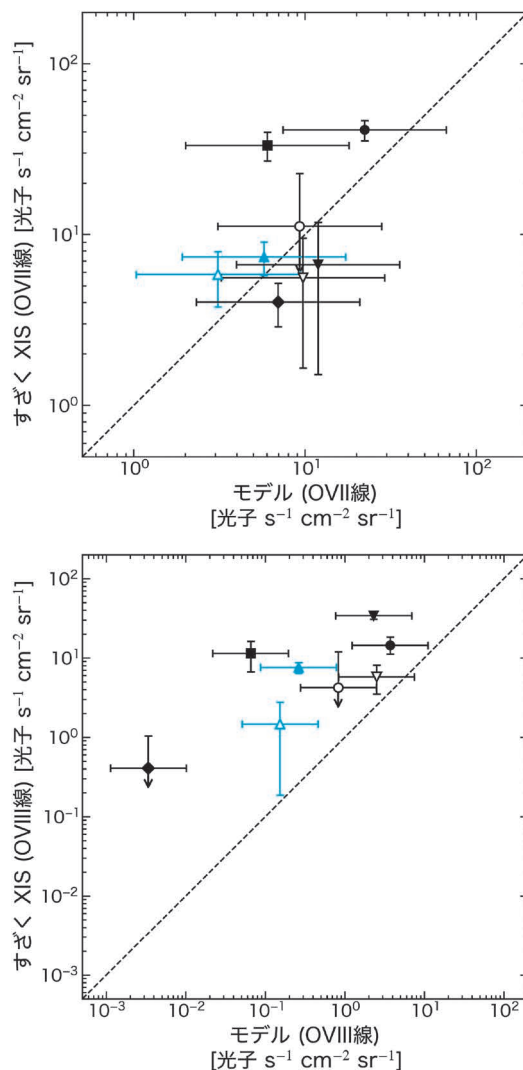


図6 モデル計算結果と観測値との比較。上段はOVII、下段はOVIII輝線について、本研究モデルによる計算値と観測値との比較を示す。破線は計算値と観測値が一致する場合を表す。マーカーの形状は各イベントを区別しており、白抜きはプリフレア期、黒塗りはフレア期を表す。青色は本稿で紹介した代表的な発光イベントに対応する。

側では磁気圏界面までの距離が遠く、強い放射は期待されにくいため、モデルでも再現できていない。夜側領域において高電離イオンが増加した例が報告されており [29]、太陽風が通常とは異なる

る経路で磁気圏内部へ流入している、あるいはモデルが想定していない別の発光領域の存在も考えられる。

OVIII輝線については、再現度はさらに低く、最大で観測値の1/100程度にとどまる例も存在した。明確な原因は良く分かっていないが、その一因として電荷交換断面積そのものに大きな不定性が残されていることが挙げられる。前章でも述べた通り、電荷交換断面積は速度に依存し、実験値と理論値の違いも依然として大きい。近年では、実験および理論の両面からデータベースの整備が進められており、今後は断面積の精度向上に期待したい。

もう一つの可能性として、太陽風イオン観測装置の精度限界が挙げられる。 O^{8+} イオンは He^{2+} イオンと質量電荷比が近いいため、両者の分離が難しく、系統誤差が含まれている可能性もある。一方で、こうした不一致は、X線観測が高電離イオンを遠隔的に診断する新しいリモートセンシング手法となると言い換えることができる。

地球磁気圏X線研究のこれから

これまで述べてきたように、地球周辺で生じる電荷交換X線放射は、天文学だけでなく、太陽系科学や宇宙天気研究にも大きく関わっている。軟X線増光の特徴や発生条件については徐々に理解が進みつつあるものの、その正確な時間変動を予測するにはまだ課題が多い。本放射の全体像を理解するためには、地球周辺を局所的に観測するだけでは不十分であり、磁気圏全体を俯瞰的に観測する新しい手法が必要となる。こうした背景から、磁気圏全体をX線で撮像することを目的とした宇宙ミッションが各国で進められ、一部はすでに打ち上げられている [30–32]。

日本でも、同様の目的でGEO-X計画が進められている [33]。筆者は望遠鏡開発に携わっており、光線追跡シミュレーションを用いて応答関数を構築し、それを基に観測性能の評価や観測可能

な発光イベントの予測を進めている [34]。将来的には観測結果との比較を通じて、本稿で構築した予測モデルの高度化を進めていきたいと考えている。

忘れてはならないのが、XRISM衛星である。筆者も検出器チームの一員として、運用および軌道上解析に携わっている。X線マイクロカロリメーター Resolve は、ゲートバルブが未開放であるため、軟X線帯域では当初予定されていた最高エネルギー分解能での観測は現時点では実現していない。一方、X線CCDカメラ Xtend では高品質な軟X線観測データが取得されつつあり、地球磁気圏起源の電荷交換X線放射についても新たな解析が始まっている。本稿で示した夜側方向の異常増光やOVIII輝線強度の不一致といった課題についても、XRISM衛星による新たな観測を通して理解が進むことを期待している。

本研究を通して、地球磁気圏X線放射が太陽風と磁気圏との相互作用を反映し、磁気圏全体の構造や時間変動を捉える新しい観測手段となる可能性が見えてきた。筆者は、GEO-X計画による磁気圏グローバル撮像やXRISM衛星による高品質な軟X線観測を通して、本研究で構築した地球磁気圏X線放射モデルが予測する描像を観測的に検証し、地球磁気圏をX線で「見る」という新しい観測手法を確立していきたい。こうした新しい観測は、既存の理解を検証するだけでなく、これまで見えなかった現象や新たな謎をもたらすだろう。その謎を解くために観測を行い、モデルを改良し、さらに新しい謎に出会う。本研究を進める中で、筆者自身もそうした研究の醍醐味を実感してきた。本稿を通して、読者の皆さんにもその醍醐味の一端を感じていただければ幸いである。

謝 辞

本稿の内容は、筆者らによる査読論文 [35] と筆者の博士論文に基づいています。指導教員の江副祐一郎氏ならびに、共同研究者の石川久美氏、

三好由純氏, 寺田直樹氏に深く感謝いたします。
本稿の執筆の機会を与えてくださった勝田哲氏,
ならびに原稿に目を通していただいた信川久実子
氏にも深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 藤本龍一他, 2007, 天文月報, 100, 321
- [2] 江副祐一郎, 2018, 天文月報, 111, 444
- [3] Cravens, T. E., 1997, Geophys. Res. Lett., 24, 105
- [4] Snowden, S. L., et al., 1994, ApJ, 424, 714
- [5] Cox D. P., 1998, Lecture Notes in Physics, 506, 121
- [6] Fujimoto, R., et al., 2007, PASJ, 59, S133
- [7] Ezoe, Y., et al., 2010, PASJ, 62, 981
- [8] Ezoe, Y., et al., 2011, PASJ, 63, S691
- [9] Ishikawa, K., et al., 2013, PASJ, 65, 363
- [10] Ishi, D., et al., 2019, PASJ, 71, 23
- [11] Robertson, I. P., et al., 2006, J. Geophys. Res., 111, A12105
- [12] Sibeck, D. G., et al., 2018, Space Sci. Rev., 214, 79
- [13] Kuntz, K. D., 2019, A&ARv, 27, 1
- [14] Wargelin, B. J., et al., 2014, ApJ, 796, 28
- [15] Whittaker, I. C., et al., 2016, J. Geophys. Res. Space Phys., 121, 4158
- [16] 石川久美, 2013, 博士論文, 首都大学東京
- [17] Ishi, D., et al., 2017, The X-ray Universe 2017, 103
- [18] Hodges, R. R., Jr., 1994, J. Geophys. Res., 99, 23229
- [19] Cravens, T. E., Robertson, I. P., & Snowden, S. L., 2001, J. Geophys. Res., 106, 24883
- [20] Fuselier, S. A., et al., 2010, Geophys. Res. Lett., 37, L13101
- [21] Connor, H. K., & Carter, J. A., 2019, J. Geophys. Res., 124, 1612
- [22] OMNIWeb Plus, NASA GSFC Space Physics Data Facility
- [23] Gilbert, J. A., et al., 2023, ACE/SWICS 2.0 Level 2 Data Release Notes, ACE Science Center
- [24] Schwadron, N. A., & Cravens, T. E., 2000, ApJ, 544, 558
- [25] Bodewits, D., et al., 2007, A&A, 469, 1183
- [26] Shue, J.-H., et al., 1998, J. Geophys. Res., 103, 17691
- [27] Merka, J., et al., 2005, J. Geophys. Res., 110, A04202
- [28] Tsyganenko, N. A., 1995, J. Geophys. Res., 100, 5599
- [29] Ebihara, Y., et al., 2005, J. Geophys. Res., 110, A02208
- [30] Guo, Y., et al., 2021, Sci. China Earth Sci., 64, 1026
- [31] Walsh, B. M., et al., 2024, Space Sci. Rev., 220, 37
- [32] Branduardi-Raymont, G., & Wang, C., 2024, Handbook of X-ray and Gamma-ray Astrophysics, 1369
- [33] Ezoe, Y., et al., 2023, JATIS, 9, 034006
- [34] Ishi, D., et al., 2024, Proc. SPIE, 13093, 130937C
- [35] Ishi, D., et al., 2023, PASJ, 75, 128

Modeling of X-ray Emission Associated with the Earth's Magnetosphere—Toward X-raying the Magnetosphere

Daiki ISHI

Faculty of Science and Engineering, Chuo University 1-13-27 Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8551, Japan

Abstract: It has only been in the last few decades that the Earth's magnetosphere has been recognized as a bright source of soft X-ray emission produced through charge exchange between solar wind ions and exospheric neutral atoms. Although this emission has often been regarded as foreground contamination in X-ray astronomy, it is now attracting attention as a new remote-sensing technique for X-raying magnetospheric structures and solar wind variations. We analyzed Suzaku observations and constructed a model combining exospheric neutral hydrogen, solar wind data, charge exchange cross sections, and magnetospheric structures. This article introduces the temporal and spatial characteristics of magnetospheric X-ray emission revealed through comparisons between observations and the model, together with future prospects for global X-ray imaging of the Earth's magnetosphere.