

報道機関 各位

国立大学法人 電気通信大学

太陽コロナを実験室から探る

【ポイント】

- * 太陽コロナに存在する多価イオンを実験室で生成した
- * フレアなど特に活動的な領域に存在するイオンの極端紫外スペクトルを測定
- * 「ひので」などの太陽観測衛星による太陽コロナの研究手法を評価した

【概要】

電気通信大学コヒーレント光量子科学研究機構レーザー新世代研究センターの中村信行教授らの研究グループは、太陽コロナ（上層大気）^[1]に存在する特殊なイオンを実験室で生成することに成功しました。このイオンのスペクトルを調べることで、太陽観測衛星による太陽コロナ研究のうち、特に電子密度を調べる手法を評価することができます。

研究グループは、アルゴン（Ar）原子が持つ18個の電子のうち、13個を剥がしたAr¹³⁺という特殊なイオン（多価イオン）を実験室の小型装置で生成し、その極端紫外（X線に近い波長を持つ紫外線）スペクトルを測定しました。このイオンは太陽コロナ、特にその中でもエネルギーが爆発的に解放されるフレア（太陽面爆発）^[2]が発生する活動領域に存在します。太陽観測衛星「ひので」^[3]では、このイオンの発するスペクトルから電子密度などの重要な情報を読み取ります。そのため、実験室でこのイオンのスペクトルの性質を評価することにより、フレアを含む太陽コロナの活動的な領域を正しく解析できるようになると期待されます。

本研究の成果は米科学誌「The Astrophysical Journal」に掲載されました。

【背景】

太陽系の中心で輝き続け、長年研究対象にされてきた太陽ですが、そのメカニズムは未だに多くの謎に包まれています。その一つが太陽コロナであり、太陽の表面温度が約6000Kしかないのに対して、太陽大気の外層に存在し、希薄なプラズマである太陽コロナ領域の温度は約100万Kにも達します。現在でもこの太陽コロナの加熱現象の原因の特定には至っていません。また、太陽コロナ領域ではフレアと呼ばれる巨大な爆発現象が発生し、これに伴って、宇宙空間に放出された荷電粒子や宇宙線、磁気嵐などが人工衛星に搭載された電子機器に影響を及ぼし、通信障害の一因になっていることなどが知られています。

こうした太陽における物理現象の解明のため、国立天文台と宇宙航空研究開発機構（JAXA）などが開発した太陽観測衛星「ひので」が2006年から現在まで運用されています。ひのでは可視光・磁場望遠鏡（SOT）、X線望遠鏡（XRT）、極端紫外線撮像分光装置（EIS）の三つの観測装置が搭載されており、光球から太陽コロナ層にわたる広い領域において同時観測を行うことができます。特にEISでは、太陽コロナに存在する多価イオンが発する極端紫外スペクトルを調べることで、温度や密度など太陽活動に関する重要な情報を得ています。しかし、スペクトルからこうした情報を正しく読み取るためには、そのスペクトルを発する多価イオンの性質を実験室で詳しく調べ、評価する必要があります。

【手法】

太陽コロナに存在する多価イオンを実験室で生成し、その極端紫外スペクトルを測定しました。多価イオンの生成方法には複数の種類がありますが、本研究では電子ビームイオントラップ (EBIT: Electron Beam Ion Trap) を用いています。EBITは選択的に多価イオンを生成可能であり、また電子ビームのエネルギーや電流を自由に制御できることから、プラズマの物理状態に関する数理モデルの評価に有用です。

今回、高価数の重元素多価イオンの生成のために国内で初めて本学レーザー新世代研究センター内に設置された「Tokyo-EBIT」と、EBITの基本構造はそのままに、10+程度の価数の多価イオンの観測を目的として同様に国内で初めて同センター内に設置された「Compact EBIT (CoBIT)」の2種類のEBITを用いました。

天体プラズマの理解には、プラズマの温度や電子密度などの情報が不可欠です。そこで、Tokyo-EBITとCoBITの2台の多価イオン生成装置を用いて、太陽フレアの電子密度の診断に重要とされる Ar^{13+} (Ar XIV)の波長 187.96 \AA と 194.40 \AA のスペクトル強度比 R_1 、および波長 257.37 \AA と 243.79 \AA の強度比 R_2 の電子密度依存性を求めました。こうして求めた実験値を、プラズマの電子密度診断に用いられる衝突輻射モデル^[4]を用いて計算した強度比の電子密度依存性と比較し、同モデルの評価を行いました。

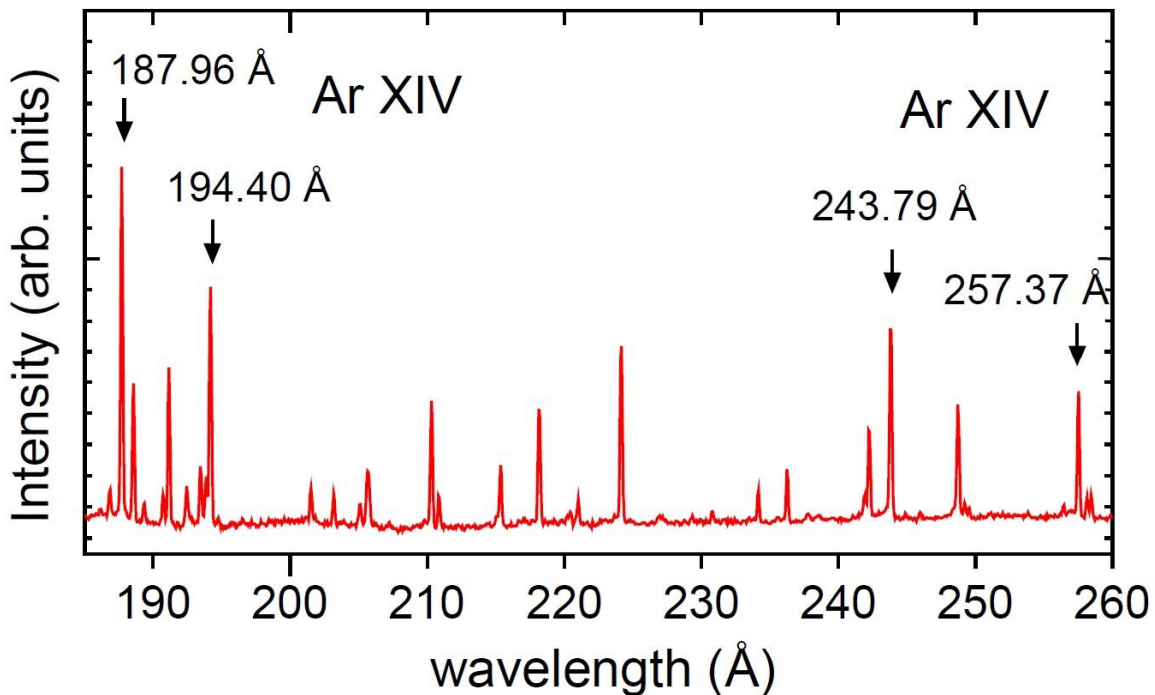


図1 Tokyo-EBITにおいて取得したAr XIVスペクトル

【成果】

多価イオン Ar^{13+} (Ar XIV) を生成し、その極端紫外スペクトルを測定しました。また太陽コロナの研究において重要であるスペクトル線強度比を Tokyo-EBIT および CoBIT における実験で調べた結果、いずれも理論値と良い一致を示しました。これにより、太陽コロナ中で $3 \times 10^6 \text{K}$ 以上の高温領域に対して、Ar XIV の観測スペクトルと衝突輻射モデルの比較による天体プラズマの電子密度診断が有用であることが分かりました。

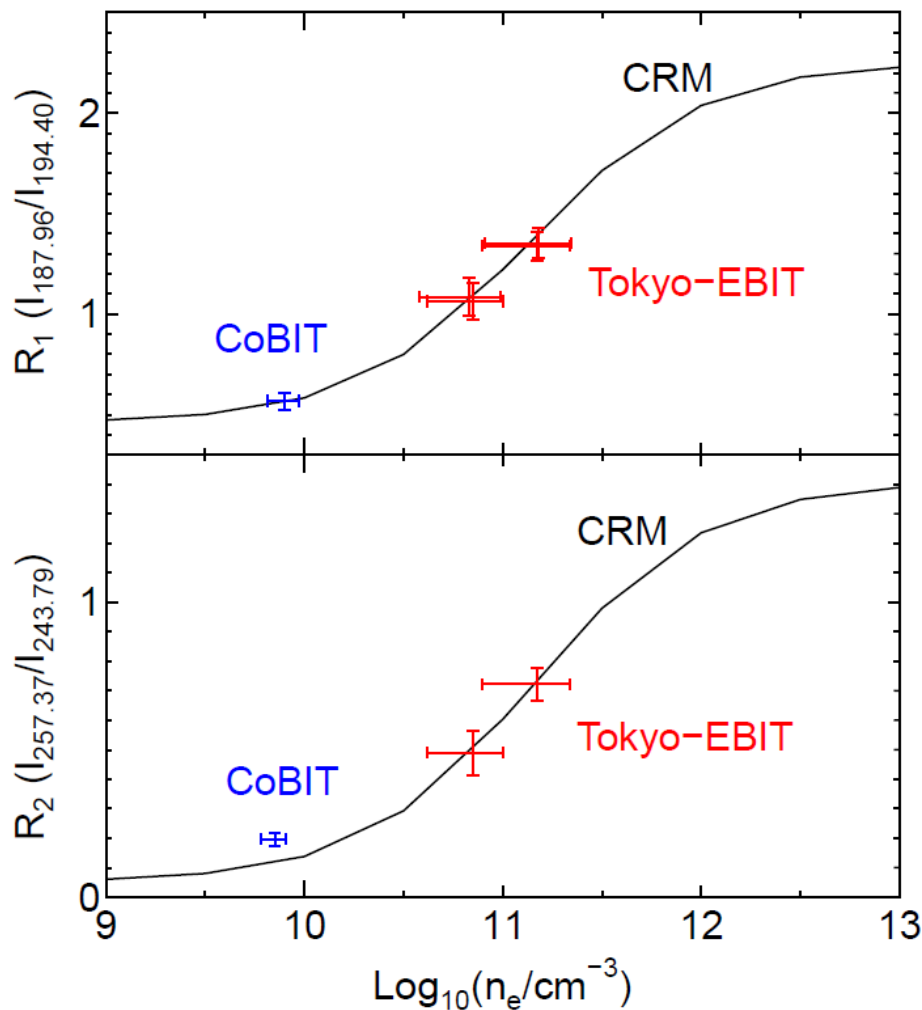


図2 Ar XIVにおける強度比の電子密度依存性と衝突輻射モデル(CRM)の評価結果

【今後の期待】

測定した多価イオンのスペクトルを太陽観測衛星ひのでを用いて観測することで、フレアを含む太陽コロナの活動的な領域を解読することが可能になります。特に、未だ原因が特定されていない加熱現象の原因究明に有用な電子密度などのデータが得られると期待されます。

今後、Ca XV (カルシウムの20個の電子のうち14個の電子を剥がした Ca^{14+} イオン) など更に高温の領域に有用なイオンのスペクトルを調べ、より広い温度範囲におけるモデルの評価を行います。

(論文情報)

雑誌名 : 「The Astrophysical Journal」

論文タイトル : Electron Density Dependence of Extreme Ultraviolet Line Intensity Ratios in Ar XIV

著者 : Nobuyuki Nakamura, Naoki Numadate, Yasutaka Kono, Izumi Murakami (NIFS), Daiji Kato (NIFS), Hiroyuki A. Sakaue (NIFS), Hirohisa Hara (NAOJ)

DOI 番号 : 10.3847/1538-4357/ac1c6f

(外部資金情報)

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(A) 19H00665 の助成を受けて行われました。

(用語説明)

[1] 太陽コロナ : 太陽の光球 (地球における地表に相当) の上空約 2000km から広がる外層大気

[2] フレア : 太陽で起こる大規模な爆発的現象

[3] 太陽観測衛星「ひので」: 国立天文台、宇宙航空研究開発機構が中心となり、米国、英国と共同で開発された観測衛星。Solar-B として開発され、2006 年 9 月 23 日の打ち上げ後に「ひので」と命名された

[4] 衝突輻射モデル : 太陽コロナなどプラズマ内では様々なイオンと電子が衝突および輻射(放射)を繰り返す。その頻度を計算することでプラズマ状態を理論的に記述するモデル

【連絡先】

<本ニュースリリースに関すること>

電気通信大学 総務企画課 広報係

Tel : 042-443-5019 Fax : 042-443-5887

E-Mail : kouhou-k@office.uec.ac.jp