

太陽コロナ/核融合プラズマにおける鉄多階電離イオンを用いる非平衡プラズマ診断

Iron Line Diagnostics of Non-Equilibrium Plasma in Solar Corona and Laboratories

渡邊 鉄哉 [1]; 加藤 隆子 [2]; 山本 則正 [3]

Tetsuya Watanabe[1]; Takako Kato[2]; Norimasa Yamamoto[3]

[1] 国立天文台; [2] 核融合研; [3] 名大・エコ

[1] NAOJ; [2] NIFS; [3] EcoTopia, Nagoya Univ.

太陽コロナ加熱機構を特定するには、光球の磁場観測、コロナの X 線撮像観測と同時に太陽外層大気（彩層からコロナ）の非平衡プラズマの振る舞いを高い時間分解能で診断する分光観測が有効である。これを可能にする極紫外線分光撮像装置 (EIS) が、平成 18 年度に飛翔する科学衛星「Solar-B」に搭載される。観測する波長域は、2つの波長域：170 - 210Å、及び 250 - 290Å であり、太陽外層大気中の非平衡プラズマ、特に鉄イオン (FeIX ~ FeXXIV) の加熱の様子を詳細に調べることにより、太陽コロナの加熱機構が解明できるものと期待されている。

この鉄イオンの振る舞いは核融合プラズマにおいてもみられる。磁場閉じこめ核融合プラズマである LHD プラズマは、中心温度は太陽コロナよりも高く、周辺がそれよりも遥かに低いという、周辺からプラズマ中心に向かう急激な温度変化を示している。プラズマ中のイオンは静止しているのではなく異常輸送という言葉に示されているように輸送により動いている。そのためプラズマ中のイオン密度比は電離平衡とはなっていない。これは太陽外層における彩層コロナ遷移層の状況と似ている。

従って、高階電離の鉄イオンは、これらのプラズマの振る舞いを調べるのに重要なプローブとなると考えられ、非熱平衡プラズマを診断する「ツール」の開発が必要である。実際、EIS の観測波長域にも数多く鉄輝線が存在する。

この分光測定結果の解析を行うために、「時間発展型衝突・輻射モデル」を構築し、このモデルを用いて、分光測定結果を解釈し、プラズマ診断を行う。衝突・輻射モデルにおいては、原子やイオンの励起状態の生成消滅は電子衝突過程と輻射過程によって記述されるが、基底状態以外の励起状態については、定常状態を仮定してよく、励起状態の占有状態を求めることができ、その結果から電子温度・電子密度・イオン密度を求めることができる。また、平衡を仮定しない時間発展型のモデルにおいては、時間変化する条件の下で、電子温度・密度を求めることが可能である。

しかし、衝突・輻射モデルは水素及び水素様イオンに対しては体系化されているものの、鉄 L 及び M 殻イオンのような多電子イオンに対してはまだ体系化されていない。そこで隣接イオンの内殻励起、内殻電離、励起状態からの再結合、二電子励起状態、電荷移行過程などを取り入れ、非熱平衡原子力学の体系化も含め総合的な観点から性質を調べる。LHD プラズマにおける鉄イオンスペクトルの分光測定・解析は、Solar-B/EIS の観測に対して重要な影響を与えると予測される。そのために Solar-B 衛星飛翔前より、実験室プラズマの測定データ・解析結果を用いて、Solar-B/EIS の観測結果整約に対する準備をすることが望まれる。モデル構築に必要な原子分子過程の正確な断面積データ・速度係数データは、上で挙げた衝突・輻射モデルのインプット・パラメータとして必要であるが、これらの原子データについての調査と評価を行う。データが存在しない場合はデータを理論的もしくは実験的に生産する。