

Title	高温高密度レーザープラズマ中の原子過程に関する理論的研究
Author(s)	河村, 徹
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3155391">https://doi.org/10.11501/3155391</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	かわむらと 河村徹
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 14638 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学位論文名	高温高密度レーザープラズマ中の原子過程に関する理論的研究
論文審査委員	(主査) 教授 三間 圀興  (副査) 教授 西原 功修    教授 西川 雅弘    教授 中井 貞雄 教授 権田 俊一    教授 飯田 敏行    教授 堀池 寛

### 論文内容の要旨

本論文は、レーザー核融合プラズマ診断には欠かせないX線分光計測に関連して、超高密度プラズマにおける共鳴線への分解観測不能なサテライト線の寄与に関する理論的な研究成果をまとめたもので、全6章より構成されている。

第1章は緒論であり、レーザー爆縮核融合の原理について述べるとともに、高密度レーザープラズマにおけるX線スペクトル解析の重要性について概説している。

第2章は、レーザープラズマにおける原子過程の研究の現状をまとめ、X線スペクトルの理論解析に不可欠な素過程についてレビューを行っている。

第3章は、共鳴線と分解観測不可能なサテライト線の発光源となる、二電子励起イオンのポピュレーションの求解に対する理論モデルの提案を行い、その理論モデルの妥当性を検証し、高密度プラズマ中における高励起準位の存在確率を評価するために、これまで広く利用されてきたMoreらの経験式について考察し、その問題点を指摘している。

第4章は、高励起束縛状態の高密度プラズマ中における存在確率について、先のMoreらの経験式に対して、経験的因子を全く含まない第一原理に基づいた理論解析を行い、共鳴線近傍のサテライト線の寄与を考察するため、高励起準位に束縛電子を持つ二電子励起イオンのポピュレーションを正確に評価し、共鳴線強度への分解観測不能なサテライト線の発光量を評価している。

第5章は、シュタルク広がりを含めた、スペクトル形状へのサテライト線の寄与について考察し、実験計測結果の例において見られるHe様イオンの共鳴線(He- $\beta$ )からの発光スペクトルへのシュタルク広がり効果を調べ、その近傍に発光するサテライト線の寄与を含めたスペクトル形状を決定している。

第6章は結論であり、本研究を通して得られた全ての知見を総括している。

### 論文審査の結果の要旨

レーザー核融合の実現に向けて、爆縮超高密度プラズマの高精度計測の研究は重要な研究課題である。とりわけ、X線分光計測にかかわる高温高密度プラズマの原子過程及びX線放射過程の理論研究はプラズマ計測の高精度化のため重要である。本論文は、高温高密度プラズマからのX線スペクトルを高精度に解析するため、分解観測不能なサ

テライト線を含む共鳴線の強度及びスペクトル形状を理論的に決定したものであり、得られた主な成果を要約すると以下の通りである。

- 1) 高励起状態にスペクテーター電子を持つ二電子励起イオンからの発光スペクトルは共鳴線の近傍に分布し、共鳴線と分解観測が不可能であることを示し、その評価手法を開発している。
- 2) 高励起電子を含む二電子励起状態からの高次サテライト線の寄与の評価において、スペクテーター軌道の高密度プラズマ中での存在確率を決定する必要があるが、この点において従来の手法にある問題点を指摘している。すなわち、これまで用いられてきた More の経験式を高励起状態に適用するため、経験式に含まれる任意パラメーターを従来とは異なる方法で決定する必要性を明らかにしている。
- 3) 任意パラメーターを含まない、第一原理に基づいた解析を行い、プラズマによる核ポテンシャルの遮蔽とシュタルク効果を取り入れた高励起束縛状態の存在確率の決定に成功している。
- 4) 高励起状態にスペクテーター電子を持つイオンのポピュレーションを新しく得られた存在確率を用いて決定し、高次サテライト線が共鳴線に及ぼす影響を明らかにしている。
- 5) Arイオンを微量混入した爆縮重水素プラズマからの Ar の線スペクトルの実験データと、本研究で得られた He- $\beta$  のスペクトルと比較して、よく対応することを確認している。
- 6) He 様 Ar イオンの共鳴線 He- $\beta$  に関連して、イオン密度が  $5 \times 10^{23} \text{cm}^{-3}$  以上で電子温度が 1 keV の場合、シュタルク広がりを考慮すると、高次サテライト線の強度が共鳴線の強度と同程度になることを明らかにし、高次サテライト線の寄与の重要性を指摘している。

以上の様に、本論文はレーザー核融合プラズマの診断のために欠かせない X線分光計測のための X線スペクトルの高精度解析手法を提供しており、核融合プラズマ理工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。