



| | |
|--------------|---|
| Title | Theoretical study on x-ray spectra from dense plasmas |
| Author(s) | 西川, 亘 |
| Citation | 大阪大学, 2000, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.11501/3172727 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

| | |
|------------|---|
| 氏名 | 西川宣 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学) |
| 学位記番号 | 第15595号 |
| 学位授与年月日 | 平成12年4月27日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第2項該当 |
| 学位論文名 | Theoretical study on x-ray spectra from dense plasmas (高密度プラズマからのX線スペクトルに関する理論的研究) |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 三間 困興 |
| | (副査) 教授 西原 功修 教授 高部 英明 教授 中井 貞雄 教授 西川 雅弘 教授 堀池 寛 教授 飯田 敏行 |

論文内容の要旨

高出力レーザーで生成されたプラズマからのX線放射過程に関する研究は、レーザー核融合や新しいX線源の開発基盤となるものである。本論文では、レーザー生成プラズマのような、比較的高密度プラズマにおけるX線放射を流体シミュレーションコードを用いて評価する際に用いられる原子構造について、理論モデルを構築し、種々のイオン種からなるプラズマの放射特性を明らかにすることを目的として行った研究についてまとめたもので、次の4章より構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的及び意義について述べるとともに、本論文の構成を示している。

第2章では、レーザー生成高Zプラズマからの軟X線生成のシミュレーションで用いられる原子モデルについて述べている。金などの高Z物質に高強度レーザーを照射することにより高効率軟X線を生成する方策を明らかにするため、流体シミュレーションコードに組み込まれる原子過程及び放射過程の理論モデルの高精度化を図っており、従来の平均イオンモデルを改良し、高密度プラズマでの放射X線スペクトルの計算について議論している。また、同じモデルを水素や炭素プラズマでの線スペクトル強度の評価に適用し、厳密な原子モデルの場合との比較を行い、提案しているモデルの精度を評価している。

第3章では、比較的電離が進んだプラズマからのX線スペクトルを扱う場合の原子モデルについて述べており、イオンの線スペクトルによるプラズマ診断のための解析ツールとしての有効性を議論している。特に、高密度プラズマ中では、高い励起準位はプラズマ中の荷電粒子の運動の影響を強く受けており、放射係数や吸収係数のX線エネルギー依存性に影響することを議論している。また、多電子イオンのエネルギー準位に関する色々なモデルの適応範囲を知るために指導原理についても議論している。

第4章は結論であり、得られた研究結果を総括している。

論文審査の結果の要旨

近年、レーザー生成高密度プラズマからのX線放射は、レーザー核融合をはじめ理学や工学への応用が広がり注目されている。金などの高Z物質に短波長・高強度レーザーを照射することにより、注入したレーザーエネルギーの半

分以上を軟X線エネルギーに変換することが可能であり、その時のX線放射過程とプラズマの原子状態が重要な研究課題となっている。本論文は、レーザー生成プラズマでのX線放射過程を流体コードを用いて計算機シミュレーションする際に用いられる原子モデルについての研究をまとめたもので、主な成果を要約すれば以下の通りである。

1. 金などの高Z物質のプラズマのX線波長に依存する吸収係数や放射係数を計算するため新しいモデルとして、遮へい水素モデルのエネルギー準位に対し方位量子数依存性を導入し、得られた新しい吸収係数や放射係数を用いた流体シミュレーションを行い、実験結果を良く再現する計算手法の開発に成功している。
2. このモデルを水素や炭素プラズマなどの低Zプラズマの吸収係数の計算に適用し、詳細なオパシティーコードとの比較・検討を行い、本論文で提案した原子モデルが高精度であることを検証している。
3. 高温・高密度プラズマのX線スペクトルを診断に用いるため、多電子イオンのエネルギー準位のデータベースを評価するための方法について提案し、いくつかの標準的な原子過程データベースの精度評価を行うことに成功している。最も信頼できるデータを選択するための新しい手法の提案になっている。
4. 高密度プラズマ中のイオンはプラズマ粒子の運動の影響を強く受けており、高励起状態のレベルの状態数分布を明らかにすることは、プラズマ診断やプラズマのX線放射の評価のための重要な研究課題であるが、新しい簡便な式を導出し、実験解析への適用の利便性を高めることに成功している。

以上のように本論文は、高密度プラズマ中のX線放射に関する原子モデルを構築し、流体シミュレーションに適用することにより実験データが精度良く再現されることを示しており、レーザープラズマ理工学、核融合科学及び放射線科学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。