

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 超高強度レーザーとプラズマとの相互作用の計算機シミュレーションによる研究  |
| Author(s)    | 宮本, 齊児  |
| Citation     | 大阪大学, 1997, 博士論文  |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.11501/3129081">https://doi.org/10.11501/3129081</a> |
| rights       |   |
| Note         |   |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

|            |   |
|------------|---|
| 氏名         | 宮本 齊児   |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学)  |
| 学位記番号      | 第 13182 号   |
| 学位授与年月日    | 平成9年3月25日   |
| 学位授与の要件    | 学位規則第4条第1項該当<br>工学研究科電磁エネルギー工学専攻  |
| 学位論文名      | 超高強度レーザーとプラズマとの相互作用の計算機シミュレーションによる研究  |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 三間 冨興<br>教授 西原 功修 教授 堀池 寛 教授 中井 貞雄<br>教授 権田 俊一 教授 西川 雅弘 教授 飯田 敏行 |

### 論文内容の要旨

本論文は、慣性核融合における乱流拡散による核融合反応の低下への対応策として注目されている「高速点火方式」に関し、理論的基礎研究をおこなったものである。すなわち、超高強度レーザーとプラズマとの相互作用に関し、高速点火で重要なレーザービームの自己収束、高エネルギー電子及びイオンの発生、強磁場発生などにつき計算機シミュレーションをおこない、レーザーの強度や偏光及びプラズマ密度への依存性を明らかにしている。

本論文は序論、結論までを含め6章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景、目的について述べている。

第2章では、本研究に用いられた電磁粒子シミュレーションコードについて説明している。

第3章では、超高強度レーザーと固体密度プラズマとの相互作用に関する計算機シミュレーションの結果を示し、高エネルギーイオンの発生メカニズムを明らかにしている。すなわち、レーザーの輻射圧により発生する衝撃波の前面での加速とより高いレーザー強度において起こる輻射圧による直接加速の過程の追跡をその物理を明らかにしている。また、重水素イオンを含むターゲットでは、D-D核融合反応が起こり、燃料の加熱に寄与することを明らかにしている。

第4章では、高強度・短パルスレーザーとプラズマの相互作用による誘導ラマン散乱の非線形過程における複雑性の発生メカニズムを明らかにしている。すなわち、レーザー強度が高くなると、誘導ラマン散乱光のスペクトルはブロードになり、スペクトルの青方偏移が見られるようになることを明らかにしている。

第5章では、燃料プラズマの周囲を取り囲んでいるコロナプラズマ中でのレーザービームの伝播を、2次元粒子シミュレーションにより調べている。すなわち、コロナプラズマ中では、レーザービームが自己収束し、プラズマ中を掘り進むことによりレーザーは効率良く伝播することを明らかにしている。

第6章は結論であり、本研究の成果と高速点火の関わりについて議論し、本論文の総括としている。

### 論文審査の結果の要旨

レーザー核融合研究において、高密度爆縮に成功し核融合点火の実証へ向けて研究が進んでいるが、ホットスパー

ク形成が最後の研究課題として残っている。新しいホットスパーク形式の方法として外部から短パルスの超高強度レーザー光を高密度爆縮プラズマに注入し、加熱する高速点火方式が注目されている。本論文は高速点火に関わる超高強度レーザーと高密度プラズマとの相対論的相互作用につき理論的研究成果をまとめたものである。その結果 MeV に達する高速イオンの発生機構、レーザー光の自己収束とチャネリング及び高強度短パルスレーザー光の誘導ラマン散乱における非線形過程に関し、種々の新しい知見を得ており、主な成果は以下の4点に要約される。

- (1) 超高強度レーザーと固体ターゲットの相互作用に関する計算機シミュレーションコードを完成し、レーザー輻射圧により加速された高エネルギーイオンのエネルギーとレーザー強度と関係を明らかにしている。すなわち、レーザー強度が $10^{19}\text{W}/\text{cm}^2$ 以下では、高密度プラズマ中の衝撃波前面でのイオンの反射で加速され、 $10^{19}\text{W}/\text{cm}^2$ 以上では、輻射圧によりイオンが直接加速されることを明らかにしている。
- (2) 重水素化プラスチックをターゲットとすることにより、D-D核融合反応が上記のレーザーイオン加速で起きることを示し、実験結果との比較をおこなっている。
- (3) 短パルス高強度レーザーのコロナプラズマ中における誘導ラマン散乱の非線形発展を解析し、相対論効果により散乱光のスペクトルが青方偏移するとともに、時間発展がカオス的になりスペクトルがブロードになることを明らかにしている。この結果は、ローレンスリヴァモア研究所における実験結果と比較され、良い一致を得ている。
- (4) 高速点火のためには、コロナプラズマ中を長距離にわたり、レーザーパルスが伝播し高密度領域にまで達することが必要である。本研究で、コロナプラズマ中において、自己収束およびチャネリングをすることにより $10^{20}\text{W}/\text{cm}^2$ の強度ではレーザーエネルギーが高効率で高密度領域に透過することを見出している。

以上のように、本論文は高速点火方式に関わる超高強度レーザーと高密度プラズマとの相互作用についての基本的特性を初めて総合的に明らかにしたものであり、核融合高速点火のための重要な基礎的知見を与えており、レーザー核融合並びにレーザープラズマ工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。