

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 柳 川 琢 省

論 文 題 目

高速点火レーザー核融合におけるコーン付ターゲットの
爆縮特性に関するシミュレーション研究

論文審査担当者

主 査	自然科学研究機構核融合科学研究所 (理学研究科 客員教員)	教 授	工学博士	坂 上 仁 志
委 員	名古屋大学太陽地球環境研究所	教 授	理学博士	草 野 完 也
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	博士(理学)	渡 邊 智 彦
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	鈴 木 建
委 員	大阪大学レーザーエネルギー学研究中心	准教授	博士(工学)	長 友 英 夫

論文審査の結果の要旨

レーザー核融合では、ターゲットを爆縮して高密度を達成することが必須であり、爆縮過程の研究は重要な課題である。コーン付ターゲットを用いる高速点火方式では、まず、ナノ秒レーザーにより爆縮を行い、高密度な燃料コアを生成する。そして、最大圧縮時に超高強度ピコ秒レーザーをコーン内に投入して高エネルギー電子を生成し、燃料コアを加熱する。ところで、爆縮過程は、燃料を高密度に圧縮するため、本来球対称性が求められているが、コーンの存在により本質的に流体運動の非対称性は避けられない。しかし、コーンの形状を考慮した爆縮過程の3次元流体シミュレーションは行われておらず、コーンに起因する非対称爆縮の効果を定量的に評価し、コーンの存在を前提として、高密度な燃料コアが生成できるように爆縮用レーザーの照射条件を最適化することが早急に求められている。

申請者は、まず、コーンの様な複雑な形状を持つ物体が埋め込まれた流体場において、計算メッシュを物体の形状にフィットさせることなく高精度に計算できる手法を3次元流体コードに導入し、コーンの形状や配置が燃料の圧縮率に及ぼす影響を調べた。その結果、コーンの開き角および中心軸に垂直な方向の挿入位置のずれについては、それぞれの増大と共に、圧縮率は低下することを明らかにした。また、中心軸方向の挿入位置については、圧縮率を最適化できる設置位置が存在することを示した。

次に申請者は、高速点火実験で実際に使われている12本のビームを持つ激光XII号レーザー装置の照射配置を考慮した。コーン付ターゲットを照射する場合、コーン内面を照射しないよう通常はコーン挿入側の3本を除いた9ビームを用いるが、複雑なアライメントにより12ビームを用いることもできる。そこで、12ビームと9ビーム照射で爆縮シミュレーションを行った結果、9ビーム照射では圧縮率が、12ビーム照射に比べておよそ50%低下することを示した。そして、非対称な流れが発生するため、爆縮の運動エネルギーが効率良く内部エネルギーに変換されないことが、この圧縮率低下の原因であることを導いた。さらに、9ビーム照射の場合でも、コーン挿入反対側のレーザー強度を弱めることで非対称性を低減し、圧縮率が改善できることを示した。

また申請者は、爆縮シミュレーションで問題になっている光線追跡法を用いたレーザー吸収計算において、本質的に数値ノイズが発生しないように光線をメッシュから逆方向に追跡する方法を考案し、その吸収特性を評価した。

これらの成果は、膨大な数値シミュレーションとその結果の緻密な分析から、コーンの存在が爆縮過程に与える影響を明らかにしたものであり、高く評価される。また、数値ノイズが発生しないレーザー吸収計算の方法を開発した点でも評価される。以上の理由により申請者は、博士（理学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。