

Title	レーザー核融合における照射一様性の向上に関する研究
Author(s)	本田, 博史
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40581
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	ほん だ ひろ し 本 田 博 史
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 13853 号
学位授与年月日	平成10年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電磁エネルギー工学専攻
学位論文名	レーザー核融合における照射一様性の向上に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 中井 貞雄 (副査) 教授 三間 圀興 教授 西原 功修 教授 西川 雅弘 教授 堀池 寛 教授 飯田 敏行 教授 権田 俊一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、レーザー核融合において安定な球対称爆縮を実現するために必要な照射一様性に関する研究をまとめたものである。本研究は大きく二つの内容から構成されている。一つは間接照射爆縮における残留反射レーザー光成分(グリント光)に着目した研究である。まず、X線閉じ込め容器内における燃料球照明計算コードを開発し、モデル実験でその妥当性を確認することにより、反射レーザー光成分によりもたらされる照射の不均一性を定量的に解明している。もう一つは直接照射爆縮におけるレーザー照射強度分布の計測診断法の開発に関する研究で、実験とモデル計算との比較から、照射強度分布計測における高速X線画像計測の有用性と問題点を明らかにしている。

第1章は緒論であり、本研究の背景と目的について述べている。

第2章ではレーザー核融合の相異なる二つの方式である間接照射方式と直接照射方式について、照射均一性を阻害する要因を中心に、それぞれの方式における長所と問題点を分析している。

第3章では、間接照射方式における非一様性をもたらす要因の一つであるグリント光に着目し、これを定量評価する目的で開発した燃料球照射のモデル計算について述べている。照明計算の手法により、レーザーにより発生し閉じ込められたX線ならびにグリント光の両成分がもたらす照射強度の3次元空間分布を求めている。モデル計算の結果、現状のX線閉じ込め容器形状では反射レーザー光成分が均一性を大きく阻害していること、ならびに容器の形状を最適化することにより平均照射強度を保ったまま、グリント光成分がもたらす初期不均一性が抑制できることを定量的に示している。

第4章では、上記の結果を受けて実施した実験の結果と照明計算との比較検討を行った結果について述べている。実験では反射レーザー光成分がもたらす燃料球模擬ターゲット上のX線発光強度分布ならびに衝撃波観測を実施した。本章において実験結果と照明計算との結果が良く一致していることが示され、X線閉じ込め容器の最適設計の指針が得られている。

第5章は直接照射方式における時々刻々変化するレーザーの照射一様性をターゲット球上で「その場」計測する方法に関して行ったX線画像計測の詳細と、その結果について述べている。別途実施した照射強度分布計算とはほぼ同一傾向が得られているものの、モデル計算に含まれた吸収強度計算にさらなる改善が必要であることが示されている。

第6章は結論であり、本研究で得られた結果について総括している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、レーザー爆縮核融合において重要課題である燃料球の照射一様性に関する研究成果をまとめたものである。間接照射、直接照射それぞれの方式に対し、照射一様性の診断法を開発し、さらに間接照射方式における一様性を阻害する要因に着目して理論と実験との両面から調べ、反射レーザー光成分（グリント光）が均一爆縮に大きな障害となることを定量的に明らかにしている。本研究の主な結果は次の通りである。

- 1) 間接照射方式におけるX線閉じ込め容器（キャビティー）内壁での残留反射レーザー光についてのモデル計算コードを開発し、燃料球上での照射強度およびその非一様性を円柱ならびに十角柱状のキャビティーに対してその形状効果を評価した。その結果、これまで一般に使用されている円柱キャビティーではグリント光が燃料球上でライン状に再集光され、燃料球上の照射強度に強い非一様性が見られたのに対し、十角柱状キャビティーではこの非一様性がほぼ1/10に緩和される。加えてペレット表面にプラズマが十分に形成されない初期においては熱伝導による不均一性緩和が期待できないためさらに悪化し、いわゆる初期インプリントをもたらす要因となることを明らかにしている。
- 2) 燃料球照射強度計算モデルの妥当性を確認するため、キャビティー形状として円柱ならびに十角柱を用い、X線画像計測および衝撃波観測を実施し、両者の比較から反射レーザー光の影響を定量的に調べている。その結果、キャビティー中心に置かれた燃料球模擬ターゲットのX線発光像は円柱キャビティーに対し不均一な発光を示しているのに対し、十角柱キャビティーでは不均一性が大幅に緩和されていることを確認している。また、その強度分布はモデル計算により再現されており、定量的比較により、よい一致が見られている。また、衝撃波の伝搬速度から求めたアブレーション圧力分布も反射レーザー光の寄与を反映した分布を示している。以上の結果、間接照射方式においてグリント光成分の均一爆縮への影響は大きく、これを抑制した新たなキャビティー設計が必要であることを明らかにするとともに、その設計指針が得られている。
- 3) 直接照射方式において、時間的に変化する照射一様性をターゲット上で「その場」計測する方法を開発すべく、ターゲットからのX線発光像の時間分解計測を行い、照射強度分布計算モデルによる結果との比較を行っている。その結果、計測されたX線強度分布はモデル計算と同様な強度分布の傾向を示しているが、計算結果と比べ実験から得た強度分布の方が、光軸付近で強くなる傾向があり、時間の経過とともにその差は縮まる傾向が認められている。これはモデル計算における光吸収モデルの不完全さに起因していることが予想され、さらなる改善の必要があることが明らかにされている。さらに、より高い均一性を得るため照射レーザービーム個々のプロファイル制御が必要であることも明らかにされている。

以上の結果はレーザー爆縮核融合に問題となっている照射不均一性をもたらす要因を調べ、これを改善する為の基本的な物理的、工学的知見を明確にしたものである。特に、間接照射方式は米国において核融合点火・燃焼を実現するターゲットとして本命視されているにもかかわらずそのキャビティー形状は従来からの円柱が採用されており、本論文の結果は設計改善に影響を与えるものと予想される。レーザー核融合工学における重要な知見を得ておりその進歩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。