

| | |
|--------------|--|
| Title | レーザー爆縮における流体不安定性に関する研究 |
| Author(s) | 片山, 誠 |
| Citation | 大阪大学, 1993, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/38190 |
| 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 | かたやま 片山 誠 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学) |
| 学位記番号 | 第10758号 |
| 学位授与年月日 | 平成5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 | レーザー爆縮における流体不安定性に関する研究 |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 中井 貞雄 (副査) 教授 山中 龍彦 教授 三間 罔興 教授 西川 雅弘 教授 青木 亮三 教授 三宅 正宣 教授 井澤 靖和 教授 権田 俊一 教授 西原 功修 |

論文内容の要旨

本論文は、レーザー核融合での燃料ペレットの爆縮過程を研究するために開発した超高速X線フレームカメラとそれを用いた流体不安定性に関する研究の成果をまとめたもので7章より構成されている。

第1章は、緒論であり、レーザー核融合における爆縮過程の安定性の重要性について述べ、本研究の意義と目的を示している。

第2章では、爆縮過程における流体力学的不安定性に関し、その発生、成長の物理モデルについて述べている。

第3章では、爆縮時の燃料球殻形状の変化の時間発展を測定する目的で開発した新しいX線画像計測装置(X線フレームカメラ)について述べている。近接型光電子増倍素子を平行平板伝送線路中に組み込むことにより、高速ゲート動作を可能とし、時間分解能83ps、空間分解能10 lp/mmを達成している。

第4章では、X線フレームカメラを用いた軟X線駆動爆縮における爆縮安定性診断について述べている。X線フレームカメラをX線プローブによるシャドウグラフ計測に応用することにより、キャビティー内金プラズマの発光による背景光を低く抑え、ターゲットが時間的に変化して行く様子を鮮明にとらえることに成功している。この結果より、X線照射強度の非一様性とターゲットの爆縮不安定性との関係を定量的に明らかにしている。

第5章では、アブレーション領域の流体力学的不安定性成長に関する実験について述べている。衝撃波がターゲットを貫通する以前の摂動成長の観測に初めて成功している。また、アブレーションによる流体力学的不安定性の安定化機構は、圧縮性流体にも拡張して適用できることを実験的に明らかにし、レーリー-テラー不安定性成長のアブレーションによる安定化係数 β が3~4であることを見いだしている。

第6章では、高密度圧縮における安定性評価を目的とした実験について述べている。爆縮コア形成以前に燃料球中心でプラズマによるX線発光が生ずることを初めて明らかにし、この先行発光は加速領域での流体力学的不安定性成長によるシェル破断によることを、種々の実験と物理モデルにより明らかにしている。シェル破断を防ぐことができるターゲットとして、低密度フォームを用いたターゲットを提案し、爆縮コア形成以前に到達するプラズマが消滅し、一次元流体コードによる計算結果に近い爆縮が実現されていることを明らかにしている。

第7章は結論であり、得られた成果をまとめ、本論文の総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

レーザー核融合では爆縮により核融合燃料を固体密度の千倍以上に圧縮する必要がある。爆縮による燃料圧縮ではレーリーテラー不安定性をはじめとする流体不安定性が高密度圧縮の障害となる。

本論文はこの流体不安定性を研究するために開発した超高速のX線フレームカメラと、それをを用いて行った爆縮過程での流体不安定性に関する研究をまとめたもので、得られた主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 複数のピンホールにより作られた被写体のX線像を平行平板伝送線路に組み込んだシャッター素子となるマイクロチャンネルプレート(MCP)上に配列し、線路を伝播する高電圧短パルスでシャッターリングを行う方式のX線フレームカメラを開発し、時間分解能83ps, 空間分解能10 lp/mmを得ている。
- (2) 開発したX線フレームカメラを撮像素子とするX線シャドウグラフ法を開発、これを軟X線駆動爆縮ターゲットに適用し、高いS/N比で燃料ペレットが爆縮されてゆく様子を観測するのに成功している。低次モードの爆縮不均一の時間発展は、燃料ペレットへの照射X線の不均一性を考慮したレーリーテラー不安定性で説明できることを示している。
- (3) 制御された波長と振幅の凹凸(面密度の擾乱)を持つ平面ターゲットを用いてレーリーテラー不安定性の実験を行い、衝撃波による流体不安定性の一種であるリヒトマイヤーメッシュコフ不安定性の観測に初めて成功している。
- (4) アブレーションが存在する時のレーリーテラー不安定性の成長率は高部理論が示す如く $\beta k V_a$ (β : 比例係数, k : 不安定性の波数, V_a : アブレーション速度) だけ小さくなることを実験的に確認すると共に圧縮性の流体に対しても拡張可能であるばかりでなく、 β 値は定常アブレーションモデルにより理論的に求められた値3~4に一致することを示している。
- (5) 球殻ターゲットの爆縮実験で、爆縮コアが形成される以前にX線発光が生ずることを初めて観測し、爆縮過程で生じた比較的lowモードのレーリーテラー不安定性による球殻の破断で説明できることを示している。

以上のように、本論文はレーザー核融合にとって重要な爆縮過程での流体不安定性の理解と制御にとって重要な多くの新しい知見を与えており、核融合工学ならびに電磁エネルギー工学の発展に貢献するところ大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。