OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	超高速二次元X線画像計測によるレーザー爆縮コア・プラズマの一様性に関する研究
Author(s)	部谷, 学
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3155400
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	部谷（へや） 学（まなぶ）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 14647 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気工学専攻
学位論文名	**超高速二次元X線画像計測によるレーザー爆縮コア・プラズマの一様性に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教授 山中 龍彦 （副査） 教授 中塚 正大　教授 松浦 虔士　教授 熊谷 貞俊 教授 辻 毅一郎　教授 佐々木孝友　教授 平尾 孝 助教授 西村 博明

論文内容の要旨

本論文は，超高速二次元X線画像計測によるレーザー爆縮コアプラズマの一様性に関する研究の成果をまとめたもので，五章から構成されている。

第一章は緒論であり，レーザーを用いた慣性閉じ込め核融合の原理，手法に触れ，レーザー核融合研究における本研究の意義を述べている。

第二章では，中心点火方式によるレーザー核融合の爆縮シナリオを四つの時間領域に分類し，各時間領域において関与する物理現象と研究課題に触れ，爆縮の最終段階におけるホットスパーク形成の条件を記述している。そして，エネルギー発生に必要な高利得ターゲットに対する現在の爆縮実験の位置づけを行い，ホットスパークとなる爆縮コアプラズマの加熱過程を実験的に評価する上で考慮すべき点について述べている。

第三章では，爆縮コアプラズマ形成のダイナミクスを実験的に評価するために行った超高速二次元X線画像計測技術の開発，およびその性能評価について述べている。そして，これを爆縮実験に導入し，爆縮コアプラズマのダイナミクスの計測技術として確立すると共に，得られた多数枚の二次元画像データを動画的描画手法を用いて表示することにより，コアプラズマの加熱過程がより直観的，効果的に理解可能となることを示している。

第四章では，爆縮の低次モード非一様性がコアプラズマの加熱過程に与える影響に着目し，爆縮の半径圧縮率および流体力学的不安定性の成長率を制御して行った爆縮実験について述べている。爆縮初期から爆縮最終段階までのダイナミクス全体を，開発した超高速二次元X線画像計測技術を中心とする多数のX線計測法および中性子計測法を用いて多方向から行い，得られた実験結果を一次元および二次元流体シミュレーション予測と比較し，爆縮途上の低次モード非一様性がコアプラズマの加熱過程に及ぼす影響を評価している。

第五章は結論であり，本論文で明らかとなった研究結果をまとめ，総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

レーザーを用いた慣性閉じ込め核融合においては，爆縮の最終段階において高密度の主燃料の内部に核融合点火源となる高温のコアプラズマ（ホットスパーク）を安定に形成することが重要な課題である。しかし，その形成過程は

超高速で微小な現象であるため，計測器の分解能の制限から，時間的，空間的変化（ダイナミクス）を実験的に捕らえることが困難であったために，現在に至るまで実験結果に基づいたホットスパーク形成過程に関する研究は十分にはなされてこなかった。本論文は，爆縮コアプラズマ形成のダイナミクスの計測・診断に要求される時間分解能を満たす超高速二次元X線画像計測法を新たに開発し，これを爆縮実験に導入し，ホットスパーク形成過程の解明を行った研究の結果を纏めたもので，得られた主な成果は以下のように要約できる。

1）爆縮の最終段階（減速相）におけるホットスパーク形成の条件をシェルの非一様な加速によって増大する低次モードの非一様性と流体力学的不安定性となって指数関数的に成長する高次モード非一様性の両者の観点から記述し，高利得ターゲットと現在の爆縮実験の位置づけに関して議論し，爆縮コアの時間分解X線画像計測により減速相におけるスパーク形成過程を実験的に評価する手法を提案している。

2）爆縮コアプラズマのダイナミクスを計測するに必要な時間分解能10psを持つ二次元連続画像がX線ストリーク・カメラに画像サンプリング技術を応用することにより可能となることを提案している。

3）超高速二次元X線画像計測法の具体的手法として，一次元画像サンプリング技術を用いたマルチイメージングX線ストリークカメラ（MIXS）法やMIXS法に波長選択機能を加えたマルチチャンネルMIXS（McMIXS）法，二次元画像サンプリング技術を応用した二次元サンプリングイメージX線ストリークカメラ（2D-SIXS）法などを開発している。

4）ホットスパーク形成過程のより直観的，効果的な理解を可能にするため，得られた膨大な二次元画像データを動画的描画手法を用いて表示することを提案し，実現している。

5）これらを爆縮実験に導入して，爆縮コアプラズマの時間分解した二次元X線画像の撮影に成功し，ホットスパークの形成過程を実験的に明らかにしている。

6）爆縮の低次モード非一様性が減速相でのホットスパーク形成過程に与える影響を明らかにすることを目的として，爆縮の半径圧縮率及び流体力学的不安定性成長率を制御した実験を行い，実験結果と一次元および二次元シミュレーションの結果との比較を行い，加速相における加速の非対称性と流体力学的不安定性による非一様性の相乗効果によりコアプラズマの変形と中心の移動が起こり，減速相の後半においてコアプラズマの急激な冷却が生じ，これが安定なホットスパーク形成の障害となっていることを実験的に見出している。

以上のように本論文は，レーザー核融合における爆縮コアダイナミクスの解明に関して新たな超高速二次元画像計測法を適用することにより極めて有用な知見を得ており，レーザー核融合理工学，電気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。