



Title	核融合反応粒子を用いた高密度爆縮プラズマの診断に関する研究
Author(s)	節原, 裕一
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37277
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	せつ 節	はら 原	ゆう 裕	いち 一
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	9 7 3 7	号	
学位授与の日付	平成 3 年 3 月 26 日			
学位授与の要件	工学研究科 電気工学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当			
学位論文題目	核融合反応粒子を用いた高密度爆縮プラズマの診断に関する研究 (主査)			
論文審査委員	教 授 加藤 義章	教 授 平木 昭夫	教 授 白藤 純嗣	
	教 授 鈴木 胖	教 授 中井 貞雄	教 授 辻 毅一郎	
	教 授 青木 亮三	教 授 山中 龍彦	教 授 松浦 虔士	
	教 授 黒田 英三	教 授 村上 吉繁	教 授 中島 尚男	

論文内容の要旨

本論文は、核融合反応粒子を用いた高密度爆縮プラズマの診断に関する研究成果をまとめたものであり、次の 6 章より構成されている。

第 1 章は緒論であり、レーザー核融合研究における高密度爆縮とその診断の重要性について述べている。

第 2 章では、診断の対象である高密度爆縮プラズマの特徴と本研究で用いた粒子診断法についてまとめている。その中で、まず中性子反跳陽子を用いたプラズマの面密度計測法および中性子反跳重陽子を用いた面密度空間分布計測法の原理と各々の適用限界を明らかにしている。次いで、重水素燃料における 2 次核融合反応を利用することにより高密度爆縮プラズマ中における電子系のフェルミ縮退の観測が可能であることを示している。

第 3 章では、中性子との弾性衝突により生成する反跳粒子を固体飛跡検出器 CR-39 を用いて計測する手法について述べている。まず、CR-39 検出器の基本的特性に関し、爆縮実験における X 線、 γ 線を含む混成放射線場において X 線、 γ 線が CR-39 の特性に与える影響は無視できることを示し、さらに陽子照射時の環境効果として真空中における照射の方が大気中におけるよりも飛跡の生成感度が高いことを実験的に示している。次に、陽子に対するエッチピット径および飛跡検出効率に関して、加速器を用いた較正実験を行いその手法と結果を示している。さらに、中性子反跳粒子計測におけるバックグラウンド粒子の生成過程およびその除去弁別方法を述べている。

第 4 章では、第 3 章で確立した実験手法をプラスチック・シェル・ターゲットの爆縮実験に適用し、プラズマの面密度およびその対称性を計測した結果について述べている。中性子反跳陽子を用いたプラズマの面密度計測では、激光 X II 号レーザー装置を用いた爆縮実験において液体 DT 燃料密度の 100 倍

の圧縮を観測し、またランダム位相光の導入による照射一様性の改善により圧縮密度がさらに向上することを実験的に明らかにしている。前方散乱重陽子を用いたプラズマの対称性計測をシェル爆縮実験に初めて適用し、爆縮プラズマにレーザー照射の分布に対応する低次の非一様性が存在することを観測し、この診断法の有効性を示している。

第5章ではランダム位相光を用いたプラスチック・シェル・ターゲットの高密度圧縮実験に2次核融合反応法を適用し、爆縮プラズマの電子系が中間フェルミ縮退状態となっていることを初めて実験的に示している。

第6章は結論であり、以上の研究で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

レーザーによる爆縮核融合研究においては、燃料を高密度に圧縮することが不可欠であり、またその診断には高密度プラズマに適用可能な計測法を用いることが必要である。本論文は、高密度爆縮プラズマの面密度および面密度空間分布の計測法の開発とこれらの計測法を用いて行ったプラズマ診断、及び高密度爆縮プラズマにおける電子縮退に関する研究についてまとめたもので、得られた主な成果は以下の通りである。

- 1) DT核融合反応生成中性子による反跳陽子を用いた面密度計測法に関し、プラズマ中でのエネルギー減衰について定量的に評価し面密度測定上限を明らかにしている。次いで、DT核融合反応生成中性子による前方散乱重陽子を用いたプラズマ対称性診断法を提案し、その角度分解能および適用限界を明らかにしている。
- 2) 固体飛跡検出器CR-39を用いてプラズマ中で中性子により反跳された粒子を測定する手法を実験的に確立している。まず、CR-39の使用環境に対する条件として、現状の爆縮実験におけるX線、 γ 線を含む混成放射線場において、X線、 γ 線がCR-39の特性に与える影響は無視できることを明らかにしている。さらに陽子では、照射時の空気の影響に関して既に明らかにされている α 粒子以上の重粒子に対する結果とは異なり、真空中での照射の方が大気中での照射に比べ飛跡生成感度が高いことを実験的に示している。また、中性子反跳粒子計測におけるバックグラウンド粒子の生成過程を明らかにし、飛跡の弁別条件とターゲットの水素同位体の組成比の最適化によりバックグラウンド粒子の除去が可能であることを示している。
- 3) 中性子反跳陽子の検出手法をプラスチック・シェル・ターゲットの爆縮実験に適用して爆縮プラズマの面密度の測定を行い、レーザー照射一様性の向上により爆縮プラズマ密度が向上することを実験的に明らかにしている。次いで、前方散乱重陽子を用いたプラズマ対称性計測法をプラスチック・シェル・ターゲットの爆縮実験に適用し、この計測法の有効性を示している。
- 4) DD核融合反応で生成するエネルギー1 MeVの三重陽子の2次核融合反応を利用することにより、高密度爆縮プラズマ中における電子系のフェルミ縮退度の直接測定が可能であることを理論的に示し

ている。この方法をランダム位相光を用いたプラスチック・シェル・ターゲットの爆縮実験に適用し、爆縮プラズマの電子系が中間フェルミ縮退状態となっていることを初めて実験的に示している。

5) 2次核融合反応率と爆縮プラズマの平均的温度を測定し、コアプラズマの密度が液体DT燃料密度の600倍となっていることを示している。

以上のプラズマ診断技術およびターゲット圧縮に関する知見は、プラズマ理工学、電気工学の発展に寄与するところが多い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。