



|              |   |
|--------------|---|
| Title        | Experimental Study on Energy Transport and Hydrodynamic Instabilities of Inertial Confinement Fusion Targets                                    |
| Author(s)    | 大谷, 一人  |
| Citation     | 大阪大学, 2008, 博士論文  |
| Version Type |   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/48787">https://hdl.handle.net/11094/48787</a>   |
| 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。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

|               |   |
|---------------|---|
| 氏 名           | おお 谷 かず と<br>大 谷 一 人  |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士 (理 学)   |
| 学 位 記 番 号     | 第 2 1 7 5 0 号   |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成 20 年 3 月 25 日  |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当<br>理学研究科物理学専攻  |
| 学 位 論 文 名     | Experimental Study on Energy Transport and Hydrodynamic<br>Instabilities of Inertial Confinement Fusion Targets<br>(慣性核融合における熱輸送と流体不安定性に関する実験的研究) |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)<br>教 授 疇地 宏<br>(副査)<br>教 授 下田 正 教 授 西原 功修 准教授 白神 宏之<br>准教授 重森 啓介   |

### 論 文 内 容 の 要 旨

The experimental investigation for the heat transport in inertial confinement fusion targets is described in this thesis. The inertial confinement fusion (ICF) target, a kind of the nuclear fusion system, requires high density compression of fuels. The spherical implosion with high power laser drive can compress the fuel to the fusion ignition condition. However, the hydrodynamic instabilities and preheating of the ICF targets are the crucial problems.

A novel scheme for the reduction of hydrodynamic instability growth by enhancing the non-local electron heat transport is reported. The hydrodynamic instabilities disturb the uniform compression in ICF targets. In particular, the Rayleigh-Taylor instability (RTI), which grows the slight perturbation at the accelerating target surface, is most dangerous phenomena. To reduce the RTI growth, the density scale length should be enlarged by electron or x-ray. By mixing longer wavelength laser light than drive laser light, the non-local electron heat transport is enhanced and the density scale length is enlarged. It named the “cocktail-color irradiation”. The reduction of RTI growth with cocktail-color irradiation is demonstrated in experiments.

Understanding the heat transport is also important to increase the compression performance for inertial confinement fusion (ICF) targets. X-ray and high-energetic electrons, generated from ablation plasma, penetrate into the inner fuel of the target. Since much more pressure is required to compress the hot fuel than compressing cold one, the ICF targets prefer not to be preheated. This thesis reports the experiments for the preheat measurement of the planar targets corresponding to the ICF fuel and ablator. The difference of preheating between two wavelengths of irradiated laser is reported.

This result suggests that the non-local electron preheating can be controlled and applied to reduction of RTI growth.

本論文では慣性核融合における熱輸送と流体不安定性の実験的研究について述べる。レーザー核融合では高強度レーザーによる爆縮によって燃料の高密度圧縮を行う。しかし、流体不安定性や燃料の先行加熱によって高密度圧縮が

阻害されることが問題となっている。

流体不安定性による燃料ターゲットの混濁は、高密度圧縮を阻害する一因である。そこで本研究では新たに多波長レーザー照射による Rayleigh-Taylor 不安定性の抑制手法を開発した。この手法は特に非局所電子熱輸送による先行加熱を制御し、アブレーション面のスケール長を増大させ、Rayleigh-Taylor 不安定性を安定化する。我々は平面照射実験によってこの効果を実証した。

また、高密度圧縮を行う際、アブレーションプラズマから発生する高エネルギー電子や X 線は燃料内部まで侵入して先行加熱を引き起こす。先行加熱によるエントロピーの増大は、最終的な圧縮率の低下を引き起こす。本論文では核融合ターゲットに用いられる球殻の一部を模擬した平面実験を行い、裏面温度を計測することで内部の温度変化を観測し、先行加熱の評価を行った。

これらの結果からレーザー核融合における、より高密度な圧縮を行うターゲットデザインが可能となった。

## 論文審査の結果の要旨

レーザー直接照射方式による慣性核融合において、Rayleigh-Taylor 不安定性によって燃料の高密度圧縮が阻害される。この Rayleigh-Taylor 不安定性を安定化し、高密度圧縮に対する道筋を得ることが慣性核融合研究の急務の課題となっている。

高強度レーザーを物質に照射する場合、発生するアブレーションプラズマは密度・温度に急峻な勾配を持つような構造を持ち、その電子熱輸送は強い非局所性を示す。この非局所効果による高エネルギー電子を積極的に利用することにより、レーザーアブレーション面で発生する Rayleigh-Taylor 不安定性を抑制することが可能である。すなわち、非局所電子による熱輸送と流体不安定性の結合を定量的に理解することが本研究の鍵となる。

大谷君は、通常の爆縮レーザーに加えさらに長波長のレーザーを同時に照射する「多波長レーザー照射法」を考案し、非局所電子熱輸送の効果を利用してアブレーション面の Rayleigh-Taylor 不安定性の安定化を促す原理実証を行った。この抑制効果を平板ターゲットによる実験によって検証し、Rayleigh-Taylor 不安定性が明確に抑制されることを初めて示した。この成長率の抑制は 1 次元シミュレーションと理論モデルによって評価を行い、抑制率は非局所電子熱輸送によるアブレーション面の密度スケール長増大などに起因することが明らかになった。

長波長レーザー照射による Rayleigh-Taylor 不安定性の抑制にともない、非局所電子熱輸送による密度（圧縮率）の先行加熱による圧縮率の低下が懸念されるため、その先行加熱温度の増大についても実験的に検証した。実験結果より、先行加熱の温度は慣性核融合のターゲット設計の許容範囲に収まっていることが確認された。

以上により、多波長照射法による Rayleigh-Taylor 不安定性の安定化は、慣性核融合ターゲットの高密度爆縮に有効な手法であることが明らかであることを示した。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。