

Title	レーザー爆縮における流体力学的不安定性に関する研究
Author(s)	重森, 啓介
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3143966">https://doi.org/10.11501/3143966</a>
DOI	10.11501/3143966
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名	重 森 啓 介
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 13852 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	レーザー爆縮における流体力学的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 西原 功修    教授 堀池 寛    教授 西川 雅弘 教授 飯田 敏行    教授 三間 圀興    教授 権田 俊一

### 論文内容の要旨

レーザー・テラー不安定性をはじめとする流体力学的不安定性は、レーザー核融合や、超新星爆発で決定的に重要な役割を果たしている。レーザー核融合爆縮ではターゲット表面の擾乱がレーザー・テラー不安定性によって成長し、高温の燃料と低温のプッシャーが流体的に混合され点火が起きなくなる可能性がある。したがってこの不安定性を十分に解明し流体混合を許容範囲におさえる必要がある。爆縮と同様に超新星爆発ではレーザー・テラー不安定性は超新星内部にある層のあいだの混合を引き起こす。これが超新星爆発(SN1987A)からのX線が次元シミュレーション予測より半年近くも早く観測された原因であると考えられている。

本論文は、レーザー核融合爆縮における流体力学的不安定性の実験的研究についてまとめたものであり、つぎの7章から構成されている。

第1章は緒論であり、レーザー・テラー不安定性の重要性を述べ、本論文の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、レーザー爆縮における流体力学的不安定性を観測するためのX線バックライト法について述べている。これは、爆縮のモデル実験として平板ターゲットを加速し、これを外部X線の透過像として観測するものであり、レーザー・テラー不安定性の動的な振舞いを定量的に評価しうる本研究の中心的手法である。

第3章では、アブレーション圧力によって発生する衝撃波がターゲット中を伝播する時間領域(スタートアップ相)における流体力学的不安定性について述べている。

第4章では、衝撃波が裏面に到達した後発生する反射希薄波がターゲット表面に到達するまでの時間領域(希薄波相)における流体力学的不安定性について述べている。

第5章では、ターゲットが加速される段階(加速相)で発生するアブレーション面でのレーザー・テラー不安定性の線形成長領域における成長率について述べている。

第6章では、レーザー・テラー不安定性の振幅がある程度大きくなった領域での非線形成長について述べている。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果の総括を行い、レーザー核融合研究における意義を明らかにしている。

## 論文審査の結果の要旨

レーザー核融合の成否は爆縮過程における流体力学的不安定性によって決まるため、これを定量的に予測することは極めて重要な課題である。本論文はレーザー爆縮の各段階における流体力学的不安定性を観測し、その結果を理論モデルおよびシミュレーションと比較し、定量的評価を行っている。得られた結果をまとめると以下のとおりである。

- 1) スタートアップ相では、ターゲット表面に沿ってリップル形状の衝撃波が生成され、この衝撃波の伝播にともなう、ターゲットの面密度の擾乱が増幅することが明らかにされている。観測されたリップル衝撃波の振幅の変化、面密度擾乱の増大、アブレーション面での空間擾乱等は2次元シミュレーション結果とよく一致している。
- 2) 希薄相では、ターゲット裏面の擾乱が希薄波としてターゲット表面に伝播する機構が明らかにされており、面密度擾乱の成長はモデル計算とよく一致している。
- 3) レーリー・テラー不安定性の線形成長については、不安定面で物質のアブレーションがあると、擾乱自身もはぎ取られるため、成長率が低下すると予測されている。従来、X線によって駆動されたアブレーションでの不安定性についての報告が行われてきたが、レーザーによって直接駆動されたアブレーションでの不安定性の成長率を測定した例はこれまでになかった。レーザー照射ターゲットのレーリー・テラー不安定性の成長率を初めて精度良く測定し、アブレーション効果をふくめた理論成長率よりさらに小さいことを明らかにしている。この原因は、非局所熱輸送による高エネルギー電子がアブレーション密度を下げ、実効的なアブレーション速度を増大させることにより成長率が抑制されるとの物理的な新しいモデルを提案している。
- 4) レーリー・テラーの非線形発展については、擾乱の振幅が擾乱波長の10-15%になると線形成長から非線形成長に移行することを実験的に明らかにしている。またアブレーション面では、ケルビン・ヘルムホルツ不安定性に起因する「マッシュルーム構造」は成起しないことを明らかにしている。

以上の結果は、レーザー爆縮にとって重要であるばかりでなく、超新星爆発などの天体物理学にも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。