

(様式第3号)

## 論文要旨

### 論文題目

非定常超音速ジェットと衝撃波の干渉に関する研究

PLD (Pulsed laser deposition) は高品質な薄膜を生成するための LA (Laser ablation) の代表的な応用例で、高温超伝導素子の生成手法として有望な方法の一つである。薄膜の製造過程におけるナノ構造を制御するうえでクラスターのサイズを均一に揃えることは、非常に重要な技術ではあるが、これまではクラスター生成後にサイズを選別し基板に照射していた。クラスターが生成される段階でサイズを制御することができれば、サイズ選別に必要な装置が不要になり、さらに、サイズ選別によるエネルギー損失を減らすことができるため、クラスタービーム強度が向上する。クラスターが生成される段階で最適なサイズを形成する軸対称の楕円型空洞と衝撃波を用いる手法がある。ただし、この手法を用いた流れ場はレーザ照射による蒸気 (プルーム) の急激な噴射をきっかけとして、それによる衝撃波の発生と干渉、その間におけるプルームの凝縮、さらにその後続くプルームのセル出口からの流出で完了する極めて複雑な現象である。

そこで本研究は、上述のような複雑な現象を簡略化しレーザアブレーションにより噴出するプルームを空気の超音速ジェットに置き換えた、高圧小容積の衝撃波管から噴出するジェットおよび衝撃波の挙動を実験および数値解析により調べた。さらに、実用上重要である回転楕円体セル内における流れ場の数値計算を行い、超音速ジェットと衝撃波の挙動および干渉を詳細に調べた。その結果、高圧小容積の衝撃波管を用いた自由噴流の場合、数値計算結果より一般的な高圧室の体積が非常に大きい衝撃波管でみられる平行衝撃波や調節衝撃波を本実験装置において確認することができた。また、流れ場の可視化結果より、本計算は実験結果と定性的によく一致することがわかった。衝突噴流の場合、衝撃波管開口端から噴出した衝撃波は平板によって反射することが計算結果および実験結果から確認できた。また、衝撃波によって起こるピーク値は衝突平板間距離を大きくすると指数関数的に低くなることがわかった。回転楕円体セル内における流れ場を数値計算を用いて調べた結果、楕円体セル中における衝撃波は中心軸上でほぼ収束し出口に到達する。しかし直径が大きい場合、衝撃波は中心軸から離れたところでほぼ収束後、伝播しながらプルームを分断するような振る舞いをすることを確認した。セル直径を小さくする場合、幾何学的焦点位置とセル出口の距離が小さくなるため、焦点で収束した衝撃波により誘起される速度のピークは大きくなり、その発生時間も早くなることがわかった。そして、楕円体直径により変わる焦点位置が、セル出口下流におけるピーク値の大きさおよびピーク数を制御するために重要であることがわかった。

氏名

福岡寛

(様式第5-2)

2010年1月28日

琉球大学大学院  
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 屋我 実

副査 氏名 野底 武浩

副査 氏名 松尾 一泰



### 学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名：生産エネルギー工学専攻 氏名 福岡寛 学籍番号 [REDACTED]	
指導教員	工学部機械システム工学科 屋我 実	
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	非定常超音速ジェットと衝撃波の干渉に関する研究	
審査要旨（2000字以内）	本研究では、複雑な現象を簡略化しレーザアブレーションにより噴出するプルームを空気の超音速ジェットに置き換えた、高圧小容積の衝撃波管から噴出するジェットおよび衝撃波の挙動を実験および数値解析により調べた。さらに、実用上重要である回転楕円体セル内における流れ場の数値計算を行い、超音速ジェットと衝撃波の挙動および干渉を詳細に調べた。その結果、高圧小容積の衝撃波管を用いた自由噴流の場合、	

(次頁へ続く)

## 審査要旨

数値計算結果より一般的な高圧室の体積が非常に大きい衝撃波管でみられるバレル衝撃波や調節衝撃波を本実験装置において確認することができた。また、流れ場の可視化結果より、本計算は実験結果と定性的によく一致することがわかった。衝突噴流の場合、衝撃波管開口端から噴出した衝撃波は平板によって反射することが計算結果および実験結果から確認できた。また、衝撃波によって起こるピーク値は衝突平板間距離を大きくすると指数関数的に低くなることがわかった。回転楕円体セル内における流れ場を数値計算を用いて調べた結果、楕円体セル中における衝撃波は中心軸上でほぼ収束し出口に到達する。しかし直径が大きい場合、衝撃波は中心軸から離れたところでほぼ収束後、伝播しながらブルームを分断するような振る舞いをすることを確認した。セル直径を小さくする場合、幾何学的焦点位置とセル出口の距離が小さくなるため、焦点で収束した衝撃波により誘起される速度のピークは大きくなり、その発生時間も早くなることがわかった。そして、楕円体直径により変わる焦点位置が、セル出口下流におけるピーク値の大きさおよびピーク数を制御するために重要であることがわかった。

以上のことから本論文の内容は衝撃波管の新たな応用の可能性も含め工学的に価値があると判断される。また公聴会においても、内容がわかりやすく説明され、質問にも適切な回答がなされた。従って本論文は博士論文としてふさわしく、最終試験に合格したものと認める。