

## 審査の結果の要旨

氏名 エルカン ネジェット

本論文は、高空間解像度かつ高時間分解能で速度分布情報を取得することができる高時間分解粒子画像流速測定法(TR-PIV)を応用した、新しい計測システムの提案を行い、その有効性について論じたものである。具体的な計測システムとしては、多地点速度相関を用いた変動輸送速度分布計測システム、面外速度分布を含むマイクロ3成分速度分布計測システム、マイクロチャンネル内グループ近傍における2速度ベクトル検出システムの3種類である。本論文は5章で構成されている。

第1章では、本研究の動機と目的について述べている。粒子画像流速測定法(PIV)から発展した、高速度ビデオカメラと高速度パルスレーザを用いた高時間分解PIV(TR-PIV)の現状と問題点についてまとめている。高時間分解PIVは従来のPIVに比べて3桁程度高時間分解情報が得られるのに対して、現状のデータ解析は従来のPIVと同様にとどまっており、その高時間分解というメリットを生かしきれていない事を示している。そこで、高時間分解のメリットを生かした新しい計測システムの提案を行うと共に、その評価を目的とすることを述べている。

第2章では、高時間分解PIV手法を応用した、変動輸送速度分布計測システムについて述べている。TR-PIVをエッジからの乱流境界層に適用し、10kHzのサンプリング周波数で境界層における速度分布情報を取得している。2点速度相関を得られた全ての点に適用し、任意の2点間で計測される変動の時間遅れと相関を求める。全ての計測点における時間遅れデータから変動輸送速度を求め、2次元分布情報として示している。また、このシステムにより求められた乱流境界層における変動輸送速度が平均流速の約50%であることを示すと共に、従来得られなかった変動輸送速度の分布情報を取得することに成功したことを示している。

第3章では、高時間分解PIV手法を応用し、マイクロ流動場における奥行き方向の速度を含む3成分速度分布を求めるシステムについて述べている。時間方向に大量に得られる情報には、2次元の平面方向の移動量に加えて、面外方向に移動する粒子の情報も含まれている。これらの画像相互相関を統計的に処理することで、面外方向移動量情報を抽出するシステムである。人工的に作成

した模擬画像を用いて、その抽出アルゴリズムの有効性を確認すると共に、 $100\ \mu\text{m}$  のマイクロチューブを傾けた流速場の計測実験を行っている。ポアズイユフローから、理論的な面外方向速度が求められるので、実験データと比較することで、提案システムの有効性を実験的に確認している。さらに、実験結果からシステムの限界と計測の不確かさについて議論を行っている。

第4章は、マイクロチャンネル下部にグループを形成した、カオティックミキサーと呼ばれるマイクロ複雑流路内における2速度情報の抽出システムについて述べている。マイクロ流動場では、対物レンズの被写界深度が比較的大きいため、グループ内速度とグループ外速度情報が同時に画像に記録される。この2速度情報を、時間間隔を変更した相関係数のアンサンブル平均を応用することで、分割して求めるシステムを提案し、その有効性を実験的に確認している。

第5章は結論であり、本論文で得られた成果をまとめている。

以上のように、本論文は、高時間分解 PIV を用いて得られる多量情報の中から、今まで得られなかった計測データを取得することを目的とした、3種類の新計測システムを提案すると共に、乱流境界層やマイクロ流動場に適用することでその有効性を評価した論文であり、システム量子工学、特に流体可視化学工学の発展に寄与することが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。