

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 池田 耕

密度分布を持つ流れ場の測定は、高温ガス炉のスタンドパイプ破損事故時挙動の把握など様々な工業分野で必要とされている。3次元の速度・密度分布を十分な時間・空間分解能で時系列で同時測定できることが理想である。密度測定だけをとれば光学的トモグラフィ手法で3次元分布を得ることが可能になっているが、時系列データの取得には問題があり、速度との同時測定という視点からの研究はこれまでほとんどなされていない。さらに既存の流速測定法は主として点計測であり、粒子画像流速測定法などでようやく2次元分布測定が実用段階に達したところである。本論文は新しく開発された3次元速度・密度分布同時測定法に関するものである。具体的にはホログラフィック粒子画像流速測定法と光学的トモグラフィ密度測定法の組み合わせにより同時測定を実現している。

第1章は序論であり、まず測定対象として想定する密度流に関する研究についてまとめることで測定法への要件を明確化し、次いでこれまでの測定法の利点欠点を幅広く整理し、最後に本論文の目的を整理している。

第2章では、3次元密度分布を時系列で測定する方法として実時間オプティカルトモグラフィ手法を提案している。光導電プラスチックを乾板に利用すると現像のための乾板取り外し・再装着が不要である。標準状態で乾板を露光し、その再生光と密度分布のある状態での透過光とを干渉させることにより、時系列測定が可能である。トモグラフィによる3次元分布再構築のためには多方向からの測定データが必要となるが、これは拡散板の使用で解決できる。ヘリウムタンク上部の出口での密度差置換流を実際の測定対象とし、提案した手法を用いてヘリウム噴流の偏りが変動する様子の定量的測定に成功している。

第3章では、3次元流速分布測定法としてホログラフィック粒子画像流速測定法を提案している。ホログラムでは多方向からの投影でなく1方向からの撮影だけで3次元情報を記録することが可能である。この性質を利用し再生画像を移動カメラで撮影することで、多方向投影画像を用いた3次元速度分布測定に比べ桁違いに高解像度な流速情報を取得することができる。粒子同定の際生じる誤差の少ない3次元測定法が実現できる。具体的構成の検討ではインライン型とオフアクシス型の比較、実像再生と虚像再生の比較などを行ない、オフアクシス型虚像再生法を採用している。他に粒子径に関する考察なども実施し

ている。実験では噴流の速度分布を測定し、実際に3次元速度場の再構築を実施している。

第4章は速度・密度同時測定のためのフィルタリングエクストラクション法について述べている。速度情報と密度情報を1枚のホログラムに記録できれば光学系が簡素化できる。しかしながら両者を適切に分離できないとS/N比が悪くなる。密度は空間分布が比較的滑らかで空間周波数が低く、速度情報はその逆であることを利用し、フィルタリング処理でS/N比を損わずに両者を分離できることを示した。具体的には、密度情報はほぼ平行光、速度情報は拡散光として再生されることに着目し、平行光をレンズで収束させてそれのみを通過させる、あるいは遮断する方法で両者を分離する。ヘリウムの密度差置換流について実際に速度・密度同時測定を実施し、その有効性を確認している。

第5章は結言で、本研究の成果をまとめている。

以上のように、本論文は3次元の速度・密度分布を時系列で同時測定する方法を提案し、その可能性を実際に示したもので、工学の進展に寄与するところが少なくない。

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。