

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 津田宜久

本論文は、論文題名「汎用画像処理流速計の開発と実用化研究」と題して、5章で構成されている。

第1章は序論であり、既存の流速計測技術を概観し、本研究の必要性を論じている。ここで、申請者は、画像処理流速計が、流れ場の構造を迅速に、かつ、高精度で定量化できる特徴をもち、定常および非定常のいずれの流れ場に対しても有用な計測技術であることを示している。しかしながら、本研究を開始した時点において、画像処理流速計に関わる研究の歴史は比較的浅く、画像処理流速計の適用範囲には幾つもの制約と課題があったことを述べている。

第2章では、本研究において開発した画像処理流速計のハードウェアとソフトウェアの特徴について述べている。特に、システムを汎用性の高いNTSC方式のTVカメラで構成し、実用性の高い画像処理流速計を想定して開発を進めたこと、および、開発の段階で、自動車、土木、化学プロセス等の産業の現場において試行的にシステムを適用することによって、幅広い流れ場を計測する上での問題点を抽出したことを詳述している。

第3章では、第2章で開発した画像処理流速計を実際の流れ場に適用する上で、申請者が独自に開発した方法について詳しく説明がなされている。開発されたシステムは以下の3つの特徴がある。(1) NTSC方式のTVカメラで構成した可視化光学系では、TVカメラが1/30秒のフレームで構成されていることから、撮像された画像上でのトレーサ粒子の移動量が大きくなると、速度計測が困難あるいは複雑になるという問題がある。申請者は、この問題を解決するため、NTSC方式のTVカメラとレーザー光を同期させ、同一フレームに、レーザー光を4回照射するという新たな可視化計測法（4時刻LIS法と称する）を提案している。提案している方法では、最短40 $\mu$ 秒での可視化計測が可能である。(2) 次に、より高速な流れ場を対象に2台のNTSC方式のTVカメラを用いた可視化計測技術を提案している。レーザー光の照射と2台のTVカメラの撮影時刻を調整することにより最短で0.1 $\mu$ 秒の時間差の画像取得を可能にしている。これらの可視化計測技術の実用化により、計測可能な速度範囲を大幅に拡大させている。更に、(3) 流れ場へのトレーサ粒

子の追従性を考慮し、微小なトレーサ粒子を用いた可視化計測手法の確立に成功している。微小なトレーサ粒子を用いた可視化では、トレーサ粒子像がTVカメラのCCD素子の空間分解能と同じか、あるいはそれ以下になる。論文では、微小なトレーサ粒子を可視化計測に用いる場合には、一般的な画像化方法がトレーサ粒子の位置情報を正しく画像化できないという問題をもつことを明らかにし、CCD素子の光の蓄積にフレーム蓄積法を採用することで、微小トレーサの粒子像を正確に可視化し、画像信号として転送する方法を提案している。また、トレーサ粒子を微小にすることで、可視化画像上での粒子像が微弱となるという問題を解決するための画像改善方法の提案や、撮像された微小なトレーサ粒子像から高い精度で粒子の位置情報を計測する方法の提案を併せて行なっている。さらに、バックステップ流路のような他の手法による流速データが豊富であるような、しかも基礎的流れ場に本計測システムを適用することによって、提案したシステムの信頼性と有用性を示している。

第4章では、本計測技術を幅広い流れ場に適用し、その利便性と計測精度向上のための課題と対策について述べている。特に、レーザー誘起蛍光法を用いた可視化計測と本システムの併用によって混相流に対する新たな提案を行っている。すなわち、トレーサ粒子が励起蛍光時に発する残光特性を利用することで気液2相流中の気泡情報と液情報を分離して計測できる手法を提案している。更に、鉄鋼製造のプロセスにおける開発研究のツールとして本システムが有効に機能することの例を示している。

第5章では結論が述べられている。

以上を要約すると、申請者は、画像処理流速計のハードウェアとソフトウェアを独自に開発し、システムとして構築するとともに、それを実用上の流れ場に適用してその有用性を実証している。申請者が開発したシステムは従来の手法の測定範囲を拡大し、また、微小トレーサ粒子の使用を可能にしている。本研究において提案された可視化計測技術は、この分野の研究に有用な知見を与えている。

よって、本論文は、博士（工学）の学位請求論文として、合格であると認められる。