

可視化システムを用いたシミュレーション技術の高度化

(シミュレーションを用いた地場企業の製品開発工程支援)

機械システム科 主任研究員 入江直樹

近年における高性能かつ廉価で使いやすいパーソナルコンピュータやオペレーティングシステムの普及は流体分野においても汎用計算力学ソフトウェアの利便性を高め、流れ現象に関連するシミュレーション技術の発展に大きく寄与している。これを受けて、当該汎用計算力学ソフトウェアを用いたシミュレーション技術を自社製品開発に活かして製品開発期間の短縮化や差別化技術の創出につなげたいとの要望を地場企業から受けている。地場企業が取扱う気流及び粒子の特性を計測可能とする可視化システムについて研究開発を行い、その計測結果を汎用計算力学ソフトウェアにパラメータ入力してシミュレーション技術の計算精度向上を図るとともに地場企業のシミュレーション技術を用いた製品開発工程に貢献することを本研究の目的としている。平成30年度においてはP I V (Particle Image Velocimetry：粒子画像流速測定法) を用いた可視化システムについて試作検討した。

1. 緒言

流れ現象の解明と制御は船舶、自動車などの輸送機械の性能や安全性、高層ビルの耐風性や風害など対策を講じる上で非常に重要となる。その流れ場における速度分布を計測する方法としてP I Vはある¹⁾。当該P I Vを応用して流体振動が発生している状態における遠心圧縮機の内部流れ計測²⁾や騒音発生源を特定するための送風機の内部流れ計測などについての研究が報告されている³⁾。

図1にP I Vを用いた可視化システムの概要を示す。流れ場に流れに追従する微細粒子などのトレーサを混入してレーザーなどの光源をシート状に照明する。照明されたトレーサ粒子から散乱光を得、C C D素子などの撮影装置を介して記録媒体に2時刻の瞬間的な粒子画像として記録する。その2時刻の画像上のトレーサ粒子像から求めた移動量と画像間の時間間隔から流れの速度を計算できる⁴⁾。本研究では地場企業とともに送風機における流れ場の可視化システムを開発検討した。

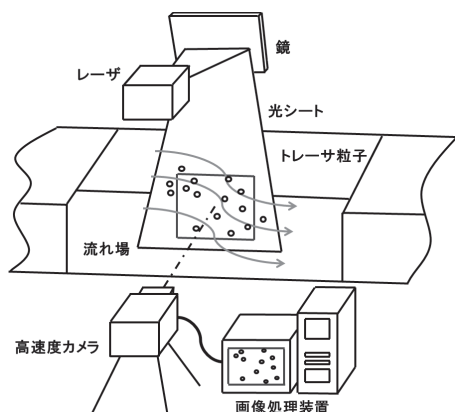


図1 P I Vを用いた可視化システムの概要

2. 実験方法

図2に示すように、所定の回転数で回転している送風機の吹き出し口近傍においてP I V計測するための可視化システムを試作して実験した。送風機は羽根枚数8枚、出口外径φ104ミリメートルのインペラをケーシングに格納した構造としており、送風機とケーシングはレーザーの透過と可視化のためにアクリルを用いて製作している。実験時の送風機の回転数は440 rpmである。送風機のエアー吸入口からトレーサ粒子となる線香の煙を混入して、シートビームレーザー(型番：可視化照明用シートビームレーザー3 Wタイプ、ウシオ電機(株))を送風機の吹き出し口から照射した。当該シートビームレーザー上で散乱するトレーサ粒子像をハイスピードカメラ(型番：P L 3、シナノケンシ(株))を用いて撮影した。



図2 可視化システムを用いた実験

3. 結果と考察

図3に送風機の吹き出し口近傍を撮影した画像を示す。画像の画素数は640×480ピクセルである。本研究における計測範囲は16×16ピクセルの検査領域を横に30個、縦に11個並列して示している。当該画像の次時刻の画像に対して、各検査領域を中心とした上下左右方向に±10ピクセルを探索領域とした、差分法によるテンプレートマッチング^{[4],[5]}を行った。図4はテンプレートマッチングした後の画像を示しており、各検査領域の移動後の位置及び移動ピクセル数を求め、移動後の各検査領域を表示している。図5は各検査領域の移動方向を矢印にて示しており、多数の検査領域は送風機の吹き出し口方向へ移動していることを確認することができる。

また、当該フレーム間における最大速度を求めた。テンプレートマッチングの結果から最大移動ピクセル数は12.8ピクセルであったこと、ハイスピードカメラの撮影速度は2000フレーム毎秒であること、当該画像においては1ピクセルあたり0.095ミリメートルに相当することを用いて計算した結果、最大速度は約2.4メートル毎秒であった。

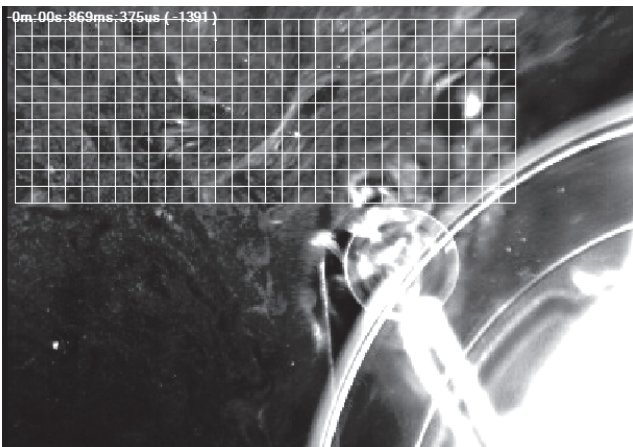


図3 可視化システムを用いて撮影した画像

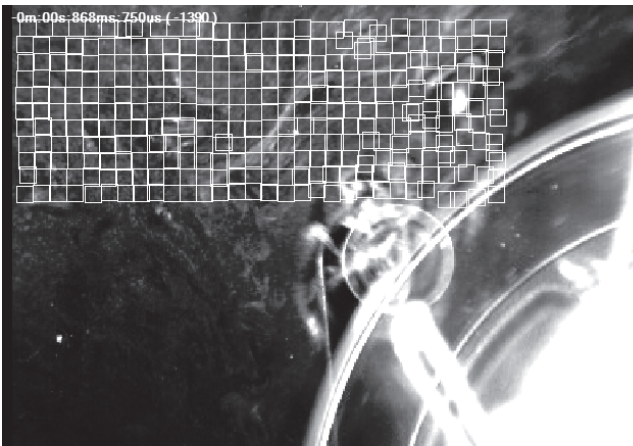


図4 テンプレートマッチング後の画像

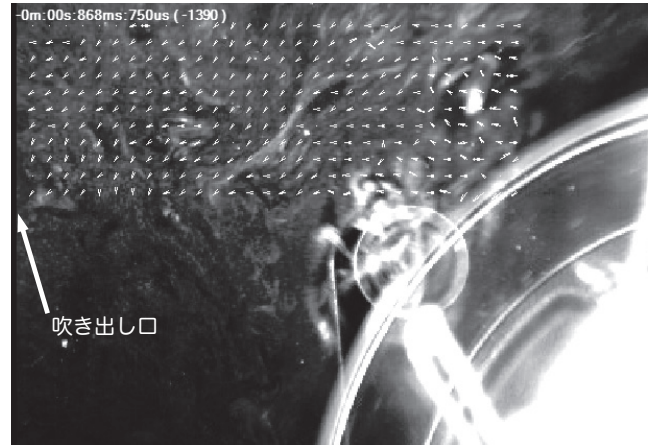


図5 各検査領域の移動方向を示した画像

4. 結 言

本研究の成果について以下に要約する。

- 1) P I V (粒子画像流速測定法) を用いた可視化システムを試作開発して送風機の吹き出し口近傍の流れを可視化した。
- 2) 撮影した画像に対して差分法を用いたテンプレートマッチングの画像処理を行い、大まかな流れを捉えた。

参考文献

- [1] 一般社団法人 可視化情報学会：P I Vハンドブック (第2版)、2016.10.
- [2] 大内田：遠心圧縮機内部流れの PIV 計測、可視化情報学会誌 Vol.39, No.153, pp7-10, 2019.4.
- [3] 鎌谷：送風機の品質向上への取組み、工業加熱 Vol.56, No.3, pp7-10, 2019.5.
- [4] Adrian Kaehler, Gary Bradski：詳解 OpenCV3 コンピュータビジョンライブラリを使った画像処理・認識、株式会社オライリー・ジャパン、2018.5.
- [5] 北山：OpenCV3 基本プログラミング、株式会社カットシステム、2016.5.