

パソコンを使用した流れ場の 画像処理システムの開発

戸谷 順信*・八田 陽平**

Development of Digital Image Processing System for Flow Field by Personal Computer

Yorinobu TOYA, Youhei HATTA

A digital image processing system for the flow field is developed using a personal computer, not general purpose computer. Specially the purpose of this work is the analysis for the two dimensional flow field in the rotating cylinders (Taylor vortex flow). Working fluid is visualized with small particles. The flow field lighted with slitted light perpendicular to the rotating axis of the inner cylinder is taken photographed picture for image data.

This image processing system consists of an image scanner (NEC PC-in503) as the input device, a personal computer (NEC PC-9801Vm2) as the controlling and processing device, a T-V monitor, a plotter and a printer as outputting devices. This system presents the velocity vector diagram for the Taylor vortex flow.

1. 緒 言

大型計算機を使ったデジタル画像処理の研究は医学、理学、工学等あらゆる分野に応用されており、その重要性は益々増加している⁽¹⁾。流体工学の分野において流れの可視化技術により流れの定性的特徴を明らかにしようとする研究が以前より行われており、その後、更にこの流れ場を一つの画像データとしてとらえ、35mmカメラ、TVカメラ等により得られた画像データから画像処理により数値データの形に変換し定量的特徴を得ようとする研究が盛んに行われている⁽²⁾。又、従来、画像処理というと高価な画像入出力装置(例えば、TVカメラ、ドラムスキャナ、インクジェットプリンタ等)、又大型計算機を使用されてきたが⁽³⁾、最近、パーソナルコンピュータとCCDカメラ、等の簡単なシステムを構成することにより画像処理及び解析を行う研究が行われている⁽⁴⁾。

本研究が対象とする流れ場は回転二重円筒管内の流れ(テイラー渦流れ)である。この流れはスパイラル状の流れが積み重なった定常安定な構造を持ち、回転円筒軸上断面における流れは互いに反対方向に流れる渦対がみられる⁽⁵⁾。この流れ場の速度等の物理量は流れ場の

* 機械工学科 講師

** 日本電信電話(株)

原稿受付 平成元年9月19日

敏感性から非接触で測定することが必要であり、レーザードップラー流速計等で測定されているが、これらの測定機のシステムは操作方法、価格等、問題を多く含んでおり、もっと簡単に測定できるシステムが望まれている。従来、画像処理を対象とする流れ場は2次元であったが、本研究の流れ場は実際には3次元であり、この3次元流れ場を可視化により2次元流れ場に置き換えて解析が行われる。

本報は35mmカメラで写真撮影したものを画像データとし、イメージスキャナで画像をパーソナルコンピュータに取り込んだ後、デジタル画像処理することにより流れの定量的解析を行うことを主眼としており、比較的手軽に入手できる処理機器を使って構成できる画像処理システムを構築し、画像処理における一連のソフトウェアの開発を行った結果、さらに本研究の対象とする流れ場にこのシステムを応用した結果を報告するものである。

2. 実験方法と入力画像

対象となる流れ場とその実験装置を図1に示す。この流れは回転二重円筒管内におけるスパイラル状の流れの積み重なった構造を持つ。実験において作動流体は水とグリセリンの混合液で、流れの可視化のためにトレーサとして直径が約0.01mmのポリスチレンビーズをいれる。円筒の外側から約3mmの幅のスリット光を照射することにより回転軸を含む平面方向の流れの状態、即ち各々反対の流れ方向を持つ渦が積み重なった状態が可視化される。このように3次元流れ場を2次元化することで半径方向、軸方向の流れの解析が可能になる。しかしこの2次元化された画像データでは方位角方向の流れは解析が不可能である。この流れ方向はスリット光の面を光軸を中心として90°回転させることにより確認できる。さらに求める半径方向と軸方向の流れに関しても方位角方向の移動によって写真撮影の結果、画像が鮮明でなくなる部分が発生し、その分正確な値が求まらないことになる。正確な値を求めるためには方位角方向速度成分を求めることによって値を補正しなければならない。本研究においては第一段階として2次元化された流れ場の画像データから画像処理により定量的解析することを主目的とする。

実際に画像処理される流れの渦は積み重なったいくつかの渦のうちの一つを取り出して行う。写真は35mmカメラで撮影する。画像処理に適した入力画像を得るためにはポリスチレンビーズを適量入れなければならない。このことは写真上において流れの状態を明瞭に表す

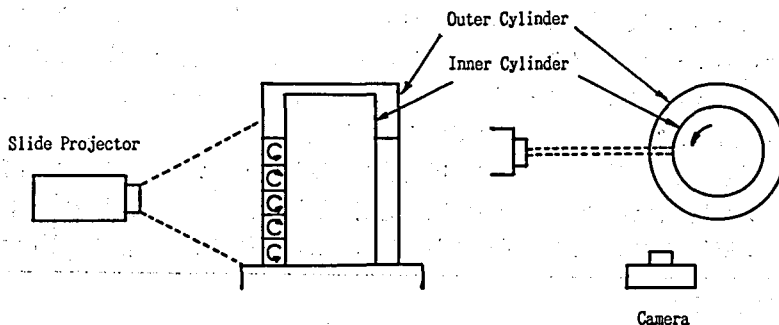


図1 実験装置

にはポリスチレンの量は多い方が適しているが、その写真を画像データとして使用するためにはトレサによる軌跡の線は他のポリスチレンの軌跡の線とできる限り重ならないようにしなければならないからである。カメラのシャッタースピードは1/60, または1/125秒である。この値は何度かの試行の後に軌跡の線がデータ処理に最も適している長さを選択する。流れの方向は画像データから判別できないので、データとして入力しなければならない。方向を決定するために軌跡の始点を示す画像と終点を示す画像のデータを2枚入力する方法等が研究されているが、現段階の流れの解析は流れの中の一つの渦流れに注目しているので、流れの方向は入力する方法でも問題はないと考える。

3. 画像処理システムの構成

図2に画像処理システムのハードウェアを示す。流れの可視化により得られた写真、即ち入力画像は画像入力装置であるイメージスキャナ (NEC PC-in503) で読み取られ、パーソ

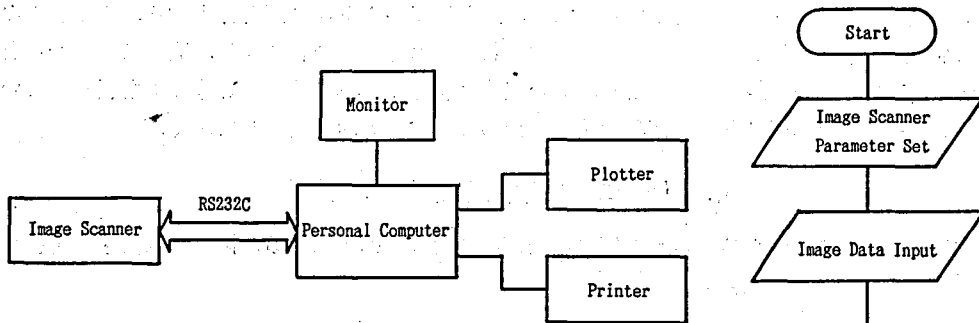


図2 画像処理ハードウェア

ナルコンピュータ (NEC PC-9801Vm2, 以下パソコンという) により2値のデータとして取り込まれる。画像データを取り込む条件である2値化するしきい値, 線密度 (画像1 inch に対する読み込む点 (ドット) の数, 6段階に設定可能), 濃度 (10段階に設定可能) はイメージスキャナで設定できる。現段階ではこれらのパラメータは入力画像の状態によりその都度設定する。取り込まれた画像データ, 及び画像処理した結果のデータはフロッピーディスクに記憶される。パソコンはシステムの制御, 画像処理プログラムの実行を行う。処理したデータはモニター, プリンターによっていつでも確認することができる。ベクトル線図はプロッターに表示することができる。

画像処理手順の概略を図3に示す。第一段階として流れの可視化写真をイメージスキャナで入力する。このデータは画像の黒い部分を1, 白い部分を0とする2値のデータとなる。よってこの段階で流れの軌跡の線は0となるので, 1と0を反転する必要

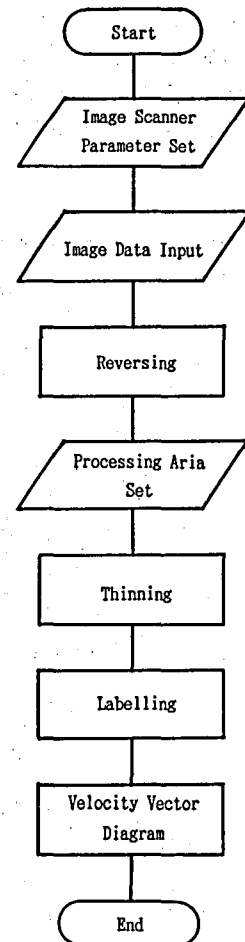


図3 画像処理手順

がある。実際には対象としている流れ場の特徴から画像を入力するときに同時に反転処理 (Reversing) を行っている。この画像を原画像と呼ぶ。この入力された原画像を画像処理して行くときパソコンのメモリ容量からその処理量が限られるため全データが一度に処理できない。よって原画像の中で処理する領域を指定する。以後、この指定した領域のみを画像処理することになる。第2段階として細線化 (Thinning) を行う。画像の軌跡の線はある太さを持っているが、これは通常定量解析には必要としない。よってこれを太さ1の線にする。細線化は処理方法として逐次処理による方法と並列処理による方法があり、処理結果として8近傍と4近傍を行う方法があるが、今回は8近傍によるヒルディッチの方法⁽¹⁾を使用する。細線化処理において、軌跡の線が重なっている場合、また軌跡の線が重なっていても一本の線が枝別れする場合がある。この枝を一本の線にする処理方法が研究されているが、その効果は十分とは言えず、この段階では枝別れする機会が少ないことから枝別れしたデータは削除することにした。この処理も細線化の中で同時に行われる。第3段階として軌跡の線を各々区別するためにラベリングを行う (Labelling)。ラベリングも8連結成分で行われる。この段階で画像処理はほぼ終了する。第4段階としてベクトル線図を作成する。まず各々の軌跡の線の長さを測定する。これは細線化された線の点の数の和になる。次に軌跡の始点と終点を結ぶ線分の中間点を始点とし、その線分の傾きで軌跡の線の長さ分の線を引く。この第4段階の初めにベクトルの方向を決めるために流れの方向を指定しておく。

4. 回転二重管内の流れ場への応用

作成した画像処理システムを回転二重円筒内の流れ場に応用する。図4に入力する可視化

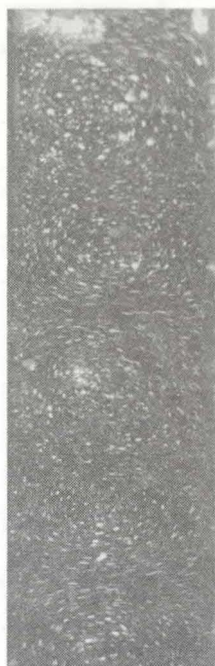


図4 入力画像 (テイラー渦の断面)

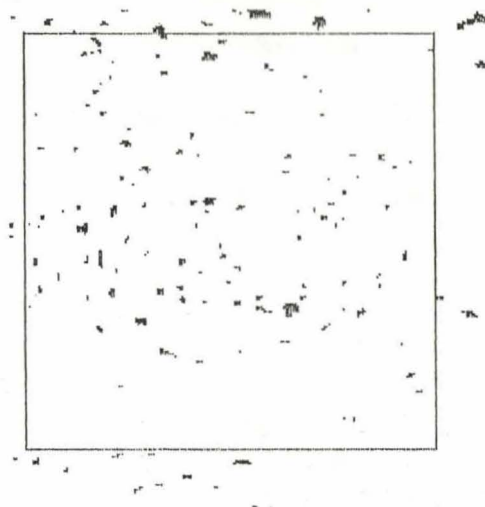


図5 原画像



図6 原画像処理範囲



図7 細線化

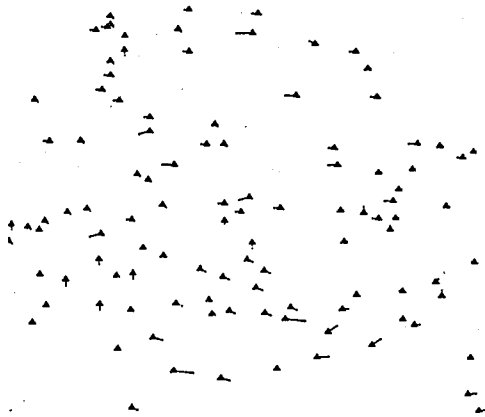


図8 ベクトル線図

写真を示す。写真の左側が外側円筒、右側が内側円筒である。実際に入力する画像の大きさはモニターの表示範囲を越えないようにするため入力画像の一部分を入力する。図5に原画像を示す。図中における四角に囲んだ領域は画像処理を行う範囲である。現段階においてはこの範囲が最大処理量である。図6に原画像の処理を行う範囲の図を示す。図7に細線化図を示す。図8に速度ベクトル線図を示す。

5. 結 論

3次元流れ場を可視化法によって2次元化することにより流れ場の画像処理を行うことを試みた。特に比較的手軽に入手できる機器を使って画像処理システムを構築し、更に流れ場の定量的解析を行うことができるデータを得ることができるような画像処理のソフトウェアを開発した。これにより2次元化した流れ場の速度ベクトル線図化を行うことができた。しかし入力できる画像はかなり質的に高いものでなくてはならず、実際の流れの可視化写真は様々な画像データが含まれており、その中から必要なデータを抽出するには更に高度な処理技術が必要とされると思われる。又得られたデータの信頼性を確認する必要がある。今後はそれらを検討し、処理を加えながら流れ場の定量的解析を進めて行く。

6. 謝 辞

本研究にあたりご指導をいただきました名古屋大学工学部中村育雄教授に感謝の意を表し

ます。又、画像入力装置に関して長野工業高等専門学校坂口正雄教授よりイメージスキャナを使用させていただきました。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 長谷川純一, 輿水大和, 中山 品, 横井茂樹, 画像処理の基本技法, 技術評論社, 1986
- (2) 小林敏雄, 佐賀徹雄, 瀬川茂樹, 神田 宏, 日本機械学会論文集, Vol.55, No.509, (1989), 107-114
- (3) 辰巳 邦, 流れの可視化, Vol.8, No.28, (1988), 45-52
- (4) 西野耕一, 笠木伸英, 平田 賢, 佐田 豊, 日本機械学会論文集, Vol.55, No.510, (1989), 404-412
- (5) 中村育雄, 戸谷順信, 山下新太郎, 植木良昇, 日本機械学会論文集, Vol.54, No.504, (1988), 1898-1905