

II-PS7 画像上の多数の粒子の自動追跡アルゴリズム

近畿大学理工学部 正員 竹原幸生
 近畿大学理工学部 正員 江藤剛治
 神戸大学工学部 正員 道奥康治
 三菱重工業 正員 島崎正則

1. はじめに

粒子画像解析による流速測定法に関しては、現在までにいくつかの方法が提案されている。著者らは、自動粒子追跡アルゴリズムの骨格部分としてカルマンフィルターと χ^2 検定を用いたものを提案している¹⁾。本アルゴリズムを実際の計測に適用するとき、新たに現れた粒子に対して粒子情報を与える必要がある。本報告では、新たに現れた粒子に対する粒子情報の与え方を提案する。また、この粒子追跡アルゴリズムを熱対流場の計測²⁾に応用した一例を示す。

2. 新たに現れた粒子に対するデローネ三角形網を用いた粒子情報の推定法

カルマンフィルターを用いて、次ステップの粒子情報を推定する場合、それ以前の粒子情報が必要である。実際に計測を行う場合、追跡途中に新たに現れた粒子に対する粒子情報、および第1ステップの粒子情報は特別に与える必要がある。今回は上記の問題点に対して以下のような方法を提案する。

まず、対応付いた粒子に対し、デローネ三角形網を生成する（デローネ三角形とはある3点で決まる円内に他の点が存在しないとき決定される三角形である）。デローネ三角形網の生成法は村田ら³⁾の方法を用いた。

図-1に今回得られたデローネ三角形網の1例を示す。図中の●印は対応付いた粒子（粒子情報を持つ）であり、○印は新たに現れた粒子（粒子情報を持たない）である。

新たに現れた粒子が形成された三角形に含まれる場合、その三角形の3つの頂点の粒子情報で決まる1次の内挿式から粒子情報を与える。三角形網の外側に現れた粒子については、全画面を $n \times m$ の領域に分割し、その領域内で対応付いた粒子の情報の平均値を求め、新たに現れた粒子が含まれる領域の平均値を粒子情報として与える。今回の追跡では 4×4 の領域（16分割）で平均値を求めた。

第1ステップについては全く粒子情報がないため以下のような方法を用いる。

第1ステップと第2ステップの画像の中である基準の粒子径以上の粒子を対象として、最も距離の近い粒子を対応付ける（最近法）。粒子径の基準は最近法を用いる関係上、誤対応ができる限り生じないように決める必要がある。基準粒子径以下の粒子については上記の手法を用いて内挿する。

3. 実験装置および実験方法

実験に用いた水槽は底面寸法 25×25 cmのガラス製矩形水槽である。水深は4cmに固定し、上面は固定壁面である。底面には一定の熱量を供給するためラバーヒーターを設置した。壁面からの熱の放射を避けるため、底面と可視化を行う面以外は発泡スチロールで覆った。トレーサー粒子としては、芯物質が水、膜物質がポリスチレンとエチレン酢ビコポリマーの混合物（比重1.0に調整）のマイクロカプセルを用いた。

撮影には東芝製1/2インチCCDビデオカメラを用いた。照明はレーザスリット光を用い、水槽の中心を通る鉛直2次元断面を照射した。

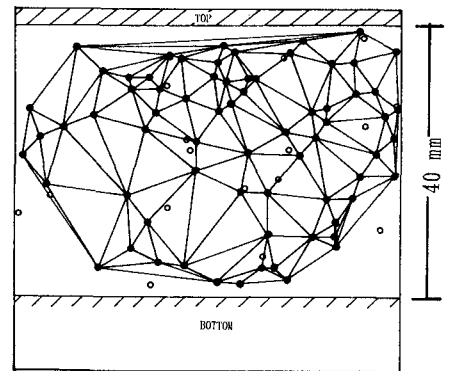


図-1 今回得られたデローネ三角形網の一例
 （100画像中の15番目の画像）

●：対応付いた粒子，○：新たに現れた粒子

画像処理は画像処理装置(nexus 6510)とパーソナルコンピュータ(PC9801VM)を用い、粒子情報として粒子座標と粒子径を求めた。粒子追跡はEWS(SUN SPARCSTATION IPX)で行った。

今回測定した熱対流は比較的ゆっくりとした現象のため、追跡の1ステップ間の時間間隔を1/3秒で行った。

4. 追跡結果

写真-1にマイクロカプセルトレーサー粒子による熱対流場の可視化画像の一例を示す。ただし、粒子追跡を行った実験条件とは若干異なっている。

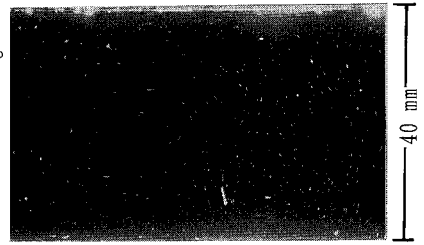


写真-1 可視化画像の一例

図-2に画像から得られた全粒子数と追跡できた粒子数の時系列を示す。図中の△印は画像中の全粒子数、◇印は追跡できた粒子数を表す。横軸の数字はステップ数であり、1ステップ間は1/3秒である。今回用いたデータは2次元性が良く、すべてのステップを通して画像中の全粒子数に対する追跡できた粒子数の比は8～9割程度であった。

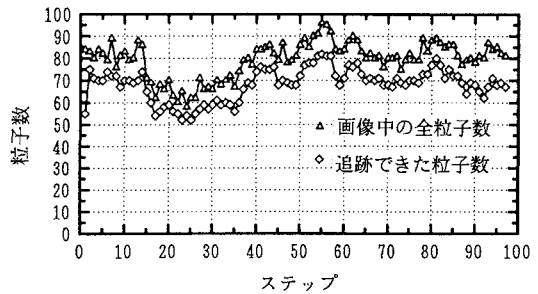


図-2 画像中の全粒子数と追跡できた粒子数の時系列
△：画像中の全粒子数，◇：追跡できた粒子数

図-3に流速ベクトル分布の例を示す。図中の●印は対応付いた粒子，○印は新たに現れた粒子である。

図-4に約30秒間の対応付いた粒子の軌跡を示す。中央部に底壁面から上壁面にかけて強い上昇流があるのがわかる。

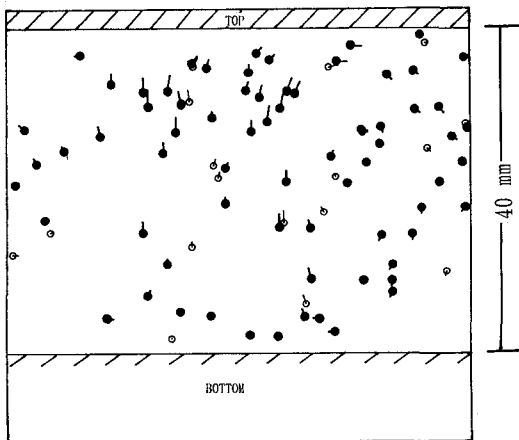


図-3 流速ベクトル分布図の一例（図-1に対応）

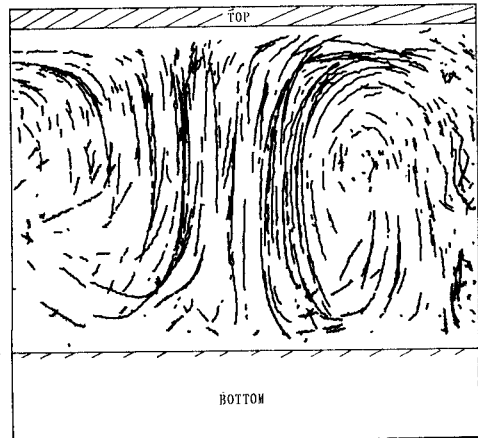


図-4 追跡できた粒子の軌跡

本研究を行うに当たりデローネ三角形網の生成プログラムに関して京都工芸繊維大学村田滋氏の協力を得た。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 江藤・竹原：多数のトレーサー粒子の自動追跡のための新しいアルゴリズムの開発，水工学論文集，第36巻，pp. 689-694，1990.
- 2) 道奥・島崎・江藤・竹原：熱対流乱流場の画像計測，第48回年次学術講演会，1993.
- 3) 村田・串山・木瀬・前田：1枚の流跡線画像における流れ方向自動判定法，機械学会論文集，第524号B編，pp. 157-162，1990.