

2次元流れ場の多属性稠密可視化手法

渡井宏樹† 斎藤隆文‡

東京農工大学 工学部情報工学科†

東京農工大学 大学院生物システム応用科学府‡

1. 背景と目的

流れ場の可視化は流体力学、気象学などの分野において重要な技術である。流れ場可視化の先行研究として Cabral らの LIC 法 [1], Wegenkittl らの OLIC 法 [2], FROLIC 法 [3] などの流線を用いて可視化を行う手法があげられる。流れ場には流れの速さ、向き、進行方向などの要素があげられる。先行研究の手法ではそれぞれ表現できている流れ場の要素もあれば表現できていない要素もある。そこで流れ場の要素をより多く表現しつつ、重なりを避ける、わかりやすい流れ場の可視化方法の提案を目指す。

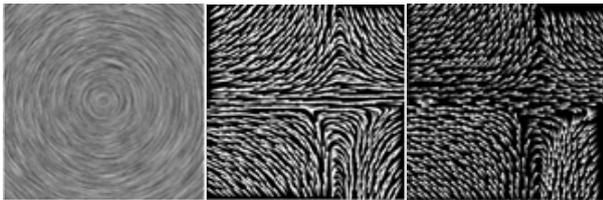


図1 LIC法 図2 OLIC法 図3 FROLIC法

2. 先行研究

流れ場の可視化方法の先行研究である。LIC 法、OLIC 法、FROLIC 法の利点と欠点を述べる。

2.1 LIC 法

LIC 法 [1] ではホワイトノイズ画像とベクトル場を入力として流れ場の画像を生成する。ホワイトノイズ画像を流れ場方向にぼかすことによって図 1 のような画像が得られる。この手法では流れの方向に加えて、高密度なテクスチャ表示を行うため、渦の中心などの細かい部分も含め、すべての領域の流れ構造を表現できている。しかし、流れの向きや速さを表現することができないという欠点がある。

2.2 OLIC 法

OLIC 法 [2] では点の一つ一つがある程度距離を話すように配置した孤立点ノイズ画像とベクトル場を入力として画像を生成する。孤立点ノイズ画像を使用したことにより、それぞれの流線が互いにある程度の距離をとるため、流線一本一本の特徴を見分けることができる。これらの流線にグラデーションをかけることによって流れの向きを表現している。さらに流線の長さで流れの速さを表現することができている。つまり OLIC 法では流れの方向、向き、速さを表現することに成功している。しかし、細かい部分の流れが表現できないほか、流れの速い箇所では流線が重なり、読み取りづらいという欠点がある。

2.3 FROLIC 法

FROLIC 法 [3] では流線の長さを速さに依存せずに一定にしたことにより重なりを軽減を行っている。また、流線のグラデーションのつけ方の単純化を行うことによって計算の速度を上げている。しかし、速さの表現を消してしまう。

2.4 LIC 法と OLIC 法の合成

LIC 法は細かい部分の流れの構造と流れの方向を表現できているが、流れの向きと速さが表現できていない。そこで流れの速さと向きを表現できている OLIC 法を LIC 法の画像に合成することで流れの細かい部分の構造、方向、向き、速さを表現する手法が提案されている [4]。しかしこの手法では OLIC 法と同じ欠点である流れの速い箇所で流線同士が重なってしまい、向きがわからなくなってしまうという欠点が残る。

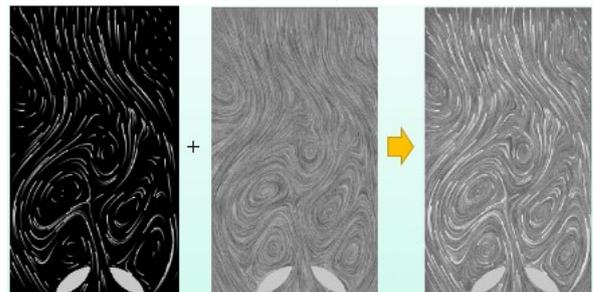


図4 LIC法とOLIC法の合成

Multi-attribute dense visualization of two-dimensional flow field
†Hiroki WATAI, Department of Computer and Information Science, Tokyo University of Agriculture and Technology.
‡Takafumi SAITO, Graduate School of Bio-Applications and System Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

3. 実装

先行研究の中で最も多くの流れ場の要素を表現できているのが LIC 法と OLIC 法を合成した図 4 の手法である。よってこれを改良することによって研究目標達成を目指す。

3.1 一様な孤立点ノイズの作成

LIC 法と OLIC 法の合成を用いる手法では図 5 のようなハルトン列を用いた孤立点ノイズを使用している。より一様なノイズ画像を生成するために、図 6 のようなポアソンディスクサンプリング[5]と呼ばれる手法を用いてノイズ画像を作成した。ポアソンディスクサンプリングでは点をランダムに配置し、その点から半径 R の円の中に既に確定している点があるかどうかの判定を行い、確定した点がなかった場合にその点を確定するという操作を繰り返す。この手法を用いることによって一様な孤立点ノイズ画像を作成することができる。図 7 が改良ノイズを用いて流れ場を可視化した画像である。しかし、一様な孤立点ノイズを用いて流線を描いたとしても流れの向き次第で流線が重なってしまうという欠点が残る。

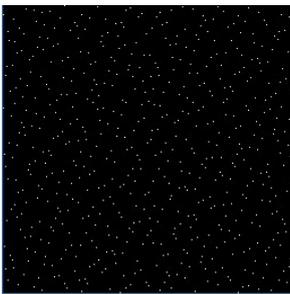


図 5 ハルトン列

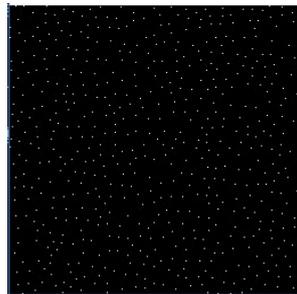


図 6 改良ノイズ

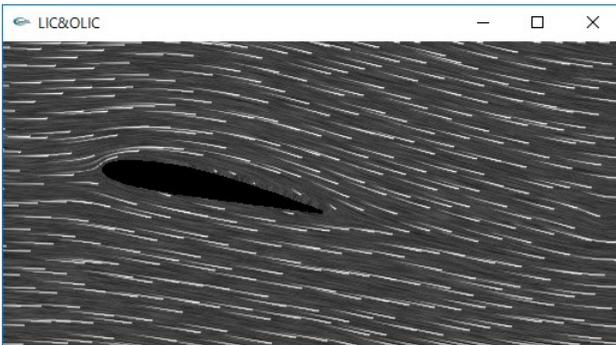


図 7 改良ノイズを用いた流れ場可視化

3.2 流線の重なり回避

流線の重なりを排除するために孤立点ノイズの配置方法をさらに改良した。ポアソンディスクサンプリングでは新しい点を中心とした円を用いて点同士がすぎるかどうかを判定していた。この判定で流れの向きを考慮するために円の代

わりに図 8 のような流れ方向の楕円で判定を行うように改良した。

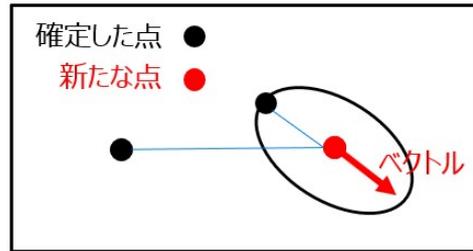


図 8 楕円による判定

楕円の判定を用いた孤立点ノイズ画像を用いて流れ場を可視化したものが図 9 である。流れの向きを考慮したことにより流線の重なりを軽減することができている。

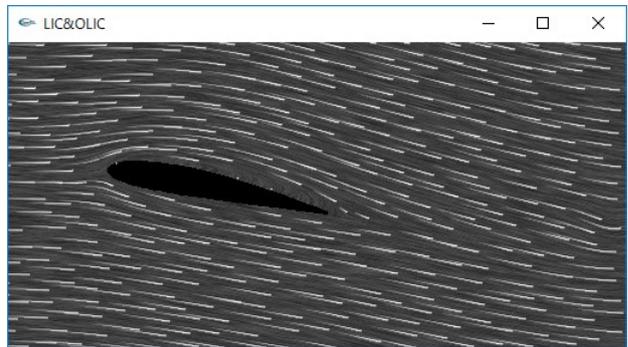


図 9 楕円による判定を行った流れ場

4. おわりに

この手法を用いることで流線の重なりを軽減することができたが、流れの向きの変化が激しい流れ場では重なりが増えてしまうことが予想される。そのため、重なる流線を排除したり、流線上の点も距離の判定に加えたりし、さらなる改良が必要であると考えられる。

参考文献

- [1] Brian Cabral, Leith Leedom, Imaging Vector Fields Using Line Integral Convolution, Proc. SIGGRAPH 93, pp. 263-270 (1993).
- [2] Rainer Wegenkittl, Eduard Gröller, W. Purgathofer, Animating Flow-fields: Rendering of Oriented Line Integral Convolution, Proc. Computer Animation '97, pp. 15-21 (1997).
- [3] Rainer Wegenkittl, Eduard Gröller, Fast Oriented Line Integral Convolution for Vector Field Visualization, Proc. 8th conference on Visualization '97, pp. 309-316 (1997).
- [4] 野崎絢也, 斎藤隆文, 方向付き流線と LIC 法の合成による 2 次元流れ場の可視化, 画像電子学会第 284 回研究会 (2018).
- [5] Michael McCool, Eugene Fiume, Hierarchical Poisson disk sampling distributions, Proc. Graphics interface '92, pp. 94-105 (1992).