

高速度ビデオでの運動解析プログラムの開発

— 粒子などを対象としたROIの自動生成 —

横山直樹（東海大学・総合科学技術研究所）

Development of Versatile Motion Analysis Program(VMAP)

- Generation of ROIs by Image Processing -

Naoki YOKOYAMA (Research Institute of Science and Technology, Tokai University)

キーワード：運動解析、相関計算、高速度ビデオグラフィ、画像処理

Keywords: Motion analysis, Template Matching, High-speed videography, Image Processing

Motion analysis program for images acquired by high-speed videography was developed and tested so far. In the case of actual analysis scene, particle or object density can be very high. So some scheme of distributed computation will be required for practical use of this program. CUDA and OpenCL were adapted to perform cross-correlation calculation in previous papers. In this paper automated generation of ROIs for particles is discussed.

1. はじめに

前報までで高速度ビデオシステムによって記録された動画を対象とし、対象物体の運動を自動解析するプログラムを開発し、その有効性を実験的に検証してきた。特に時間分解能を高めた高速度ビデオシステムにおいては、空間分解能に制限があり、各フレームにおける対象物体の位置の計測精度が低くなりがちであるが、画像相関値を評価関数とし、その極大値が得られる位置を物体位置として把握するアプローチでは、位置情報をサブピクセルの単位で求めることが可能であること示した。しかし正規化相関を用いたアプローチでは、その計算量が膨大になるために、実用的にはなんらかの計算負荷軽減が必要である。そのために相関計算を並列化することを試み、CPU の複数のコアあるいは GPU を利用することで高速化が可能であることを示した。

2. VMAP(Versatile Motion Analysis Program for ultra high-speed videography)

このプログラムの主な特徴は以下のとおりである、

- 島津製作所の 100 万駒/秒超高速ビデオカメラで記録されたファイルに関しては、その内部構造までを把握しており、ヘッダ部分から撮影速度等の記録時の主要なパラメータを読み取る。
- 上記システム以外で得られた動画であっても、Windows の標準的な AVI ファイルであれば解析可能である。この場合は撮影速度等をマニュアルで正しくセットする必要がある。
- 物体の位置把握は、相互相関計算により行われる。位置検出は、サブピクセルの精度で実行される。
- 変位後の物体位置をさがすパターンは、螺旋である。これをスパイラルサーチと

呼ぶ。時間分解能が充分な場合は、効率的なサーチが可能である。

- テンプレートを回転させながら相関計算を行うことで、物体の動きに回転成分が含まれている場合にも、その角度を検出することができる。
- 静止画を扱うことができる。時間的に連続する静止画は、それらを一旦 AVI ファイルに連結してから取り扱うことができる。
- 運動解析結果の軌跡を、元の動画に重ねた形で動画として出力できる。
- マニュアル解析が可能である。
- 各フレームの画像を、ヒストグラムの等値化アルゴリズムにより強調できる。
- ROI の数が多いか、またはその領域が大きいときは、相関計算にかなり時間がかかることが見込まれるが、前者の場合はネットワーク上で複数の計算機を用意することで、分散処理が可能である。
- 相関計算を工夫することで、上記のネットワーク分散処理に加えて単一ノードでも処理の高速化を図ることができる。
- 最近よく使われるようになってきた GPU を用いて並列に相関計算を行うことで、CPU のマルチコアでの並列計算による高速化以上の効果が得られる。

しかし、相関計算は ROI に基づいて計算され、画像内の粒子が多数存在する場合には、各粒子を最小限の面積で取り囲むような矩形領域を計算機により自動的に決定する必要がある。本論文では、この手法に関する議論を行う。

3. ROI の自動生成

画面内に多数の粒子（ないし気泡）が存在するような典型的な画像を Fig.1 に示す。通常 of 画像処理の流れでは、まず適切なしきい値で二値化し、二値画像に対して形状認識を行い、円形部分を把握する。こうした標準的な方法で得られた結果を、中間状態も含めて Fig.1～Fig.4 に示す。



Fig.1 Many bubbles in still image

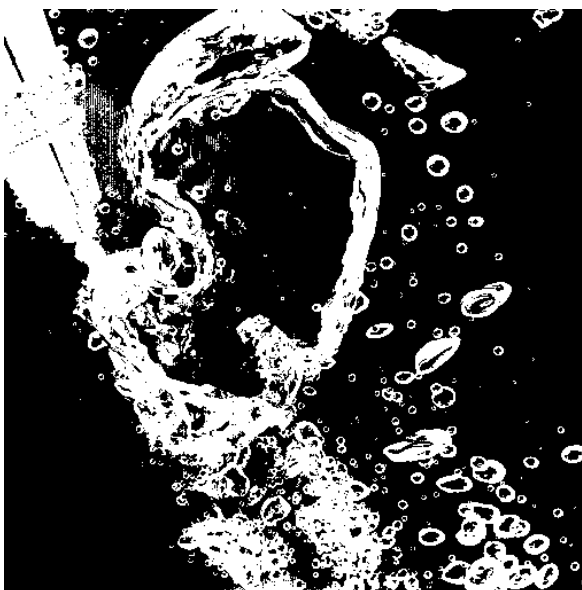


Fig.2 Binarized frame

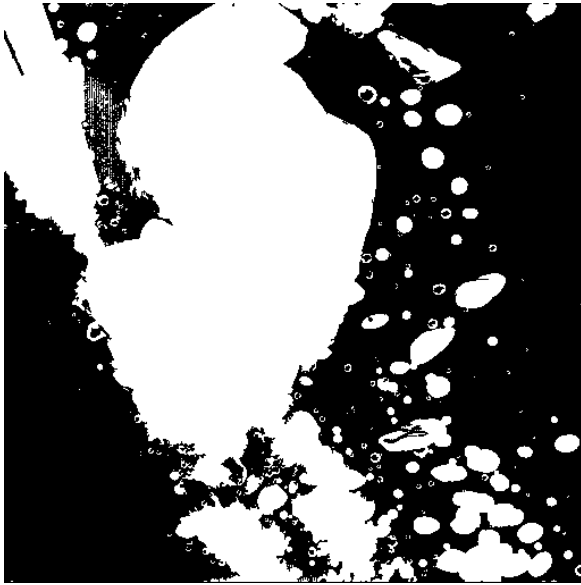


Fig.3 Filling holes

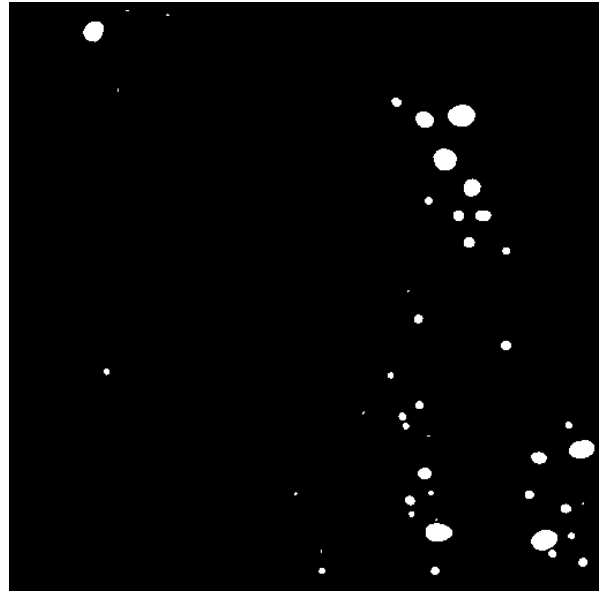


Fig.4 Dected and filtered circles

Fig.1～Fig.4 は、市販の粒子解析プログラム（粒子解析 Ver3.5 日鉄住金テクノロジー（株））による解析結果であるが、同様な処理はインターネット等でダウンロードできる無料のパッケージでも可能である。Fig.5 および Fig.6 は ImageJ というプログラムでの結果の一部を示す。

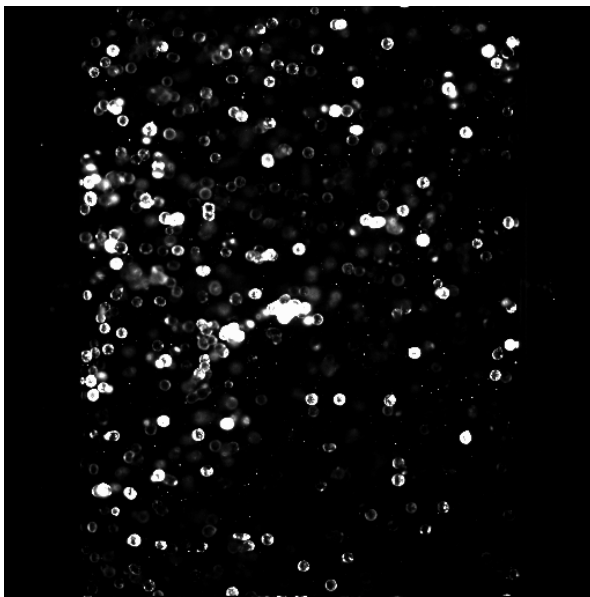


Fig.5 Many particles in a start frame

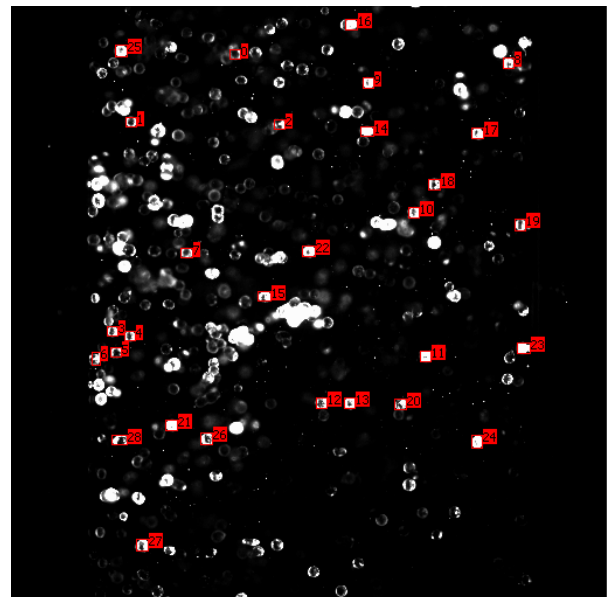


Fig.6 Detected and filtered ROIs

いずれの場合も、気泡ないし粒子は“円”として把握されており、中心座標と水平および垂直のフェレ径の情報とを併せて、ROI として使用できる対象物体を最小限取り囲む領域を自動的に計算することができる。この時に、必要に応じて円形度、面積、位置などの数値によって不要な対象を除外することができる。得られた粒子解析結果（視野情報）の一部の例を表形式で Table 1 に示す。

【 粒子解析結果 (視野情報) 】

粒子No.	水平フェレ径	垂直フェレ径	水平中心座標	垂直中心座標	円形度係数	円相当径	x0	y0	x1	y1
1	3	3	234	12	1.1727	3.39	232	10	236	14
2	14	9	288	15	0.9279	11.89	281	10	295	20
3	5	4	223	21	1.0654	4.79	220	19	226	23
4	10	9	439	30	0.9433	9.57	434	25	444	35
5	7	10	333	32	0.8113	7.65	329	27	337	37
6	10	9	137	35	0.8267	8.81	132	30	142	40
7	18	21	421	42	0.5408	15.59	412	31	430	53
8	11	10	93	38	1.0082	10.52	87	33	99	43
9	3	3	188	35	1.1727	3.39	186	33	190	37
10	4	6	273	37	0.942	5.05	271	34	275	40

Table 1 Various parameters for detected particles

4. トレース結果および考察と結論

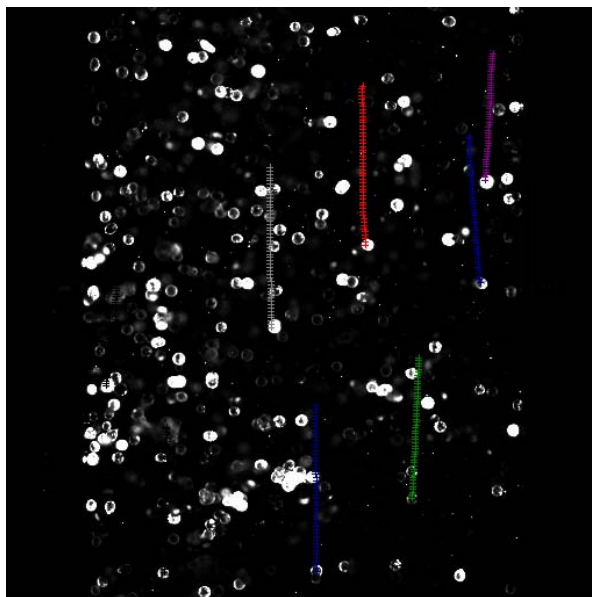


Fig.7 Results of traced particles

Fig.7に自動生成された ROI を用いてトレースした結果の例を示す。Fig.6 に示された ROI のうち 8 個を選んで VMAP を用いて追跡した。ROI の情報はテキストファイルで渡した。Fig.6 からわかるように、自動生成された ROI は対象の気泡ないし粒子を取り囲む最小領域であるために、相関計算が軽く済む効果もある。今回の方法では、特殊なケースで対象を除外することができない場合があった。それは主に粒子が重なっている場合であるが、上述の円形度の設定を旨く行うことで重なっている粒子の全部を除外することはできた。片方の粒子を選択したい場合は、手動で選択すれば良いので、自動生成と手動とを併用していくことが必要になると考えられる。

参考文献

- [1] 横山直樹, 高速度イメージングとフォトンクスに関する総合シンポジウム 2011、pp. 183-186 (2011)
- [2] 画像解析・画像計測ソフトウェア 粒子解析 Ver. 3.5 <http://www.smt-kashima.com/com/pack/ryusikaiseki/>
- [3] ImageJ <http://rsbweb.nih.gov/ij/index.html>