

## 重力に平衡した自由浮遊バグによる気流動の可視化

## その6 バグの自動追尾手法の開発

正会員○小西 崇永\*1

〃 森 太郎\*2

〃 絵内 正道\*3

〃 羽山 広文\*4

気流 可視化 バグ 自動追尾

## 1. 研究背景・目的

アトリウムや体育館といった大空間では、居住域空調や自然換気の併用など緻密な空調計画が要求される。しかし現状では、大空間で気流分布を実使用時に調査することは困難である。そこで、大空間の気流動を簡便に可視化できる手法として、図1に示すような自由浮遊バグによる気流動の可視化法を提案してきた。

現在の手法では、1)ディスプレイ上での気球の位置決定を手作業に頼っているため、解析作業に多くの時間がかかる、2)空間内でのピクセルの位置を特定しなければならないので、設置に時間がかかると共に設置場所およびレンズの視野に恵まれた物件でなければ測定が困難、といった問題がある。本報では、より簡易で幅広い物件に対応できる測定法の確立を目的とし、上記の問題の改良を試みた。

## 2. 既往の研究

デジタル画像上で気球の場所を特定する際には、Particle Image Velocimetry (PIV: 粒子画像流速測定法) の手法が参考になる。PIVは、画像中の粒子の密度によって高密度PIVと低密度PIVに分類される。前者は、高密度の粒子群により形成された濃度パターンの変位を追跡して流速を算出、後者は個々の粒子を追跡して流速を算出する。低密度PIVは特にPTV (Particle Tracking Velocimetry: 粒子追跡法) と呼ばれる。PTVでは、画像上の粒子(本報では気球)を抽出する方法の開発が重要と言われている。

## 3. 自動追尾の方法

## 3.1: バグ画像の特徴の抽出

本測定法に用いている画像データはサイズが640×320の24bitビットマップと呼ばれている。このデータは640×320個のデータセットを持っていて、そのデータセットはBlue, Green, Red毎に256個(0-255)の輝度情報を持っている。従って8×3Bit=24Bitビットマップ(157286400個)の情報をもつことになる。このデータを使用して画像内のバグを検出するには、バグの画像上の特徴を抽出しなければならない。ここでは考えられるバグの特徴として以下の3通りを定義した。

## ①同じような輝度情報の分布を持ちつづける

煙のように形状や性質が変化するトレーサではないので初期データの輝度情報が大きく変化することはない。但し、急に日陰に入った場合などはこの分布が大きく変化する可能性はある。

## ②エッジ(縁)がある。

人間は対象物を認識するとき、その形状による場合が多い。その形状を決めているのが境界をなしているエッジ(縁)である。数学的にはこのエッジは

空間的な微分演算によって得られる値であり、図2にフーリエの方法によって得られたエッジの画像を示す。バグのエッジが抽出されている様子がわかる。本測定法では画像を得るためのカメラに魚眼レンズを装着しているため、バグの大きさが変化する可能性がある。このような場合、計算の基礎データであるバグの輝度情報の抽出範囲を変化させていかなければならない。このような場合、エッジは画像内のバグの大きさの変化を知るための情報として有用である。

## ③白い

気流トレーサのバグは7mmを蒸着した材料でできている。また重力と平衡させるため未膨張の状態にしてあるので表面に凹凸があり、周辺の光が乱反射する。そのためバグの輝度情報のRGB値は一つの値に偏ることがなく、それぞれがほぼ同じ値をとるためグレー、あるいは白く見える。

本報では、最も基礎的な方法として①の情報を利用して自動追尾を行っていく方法を開発した。

## 3.2: 自動追尾のフロー

## STEP1: 初期データの位置と大きさの指定

本測定法はPIV等と違い、実験空間ではなく実使用されている空間で使用される気流測定法である。またトレーサの数もそれらの測定法に比べると非常に少ないためトレーサ自体を複雑な背景

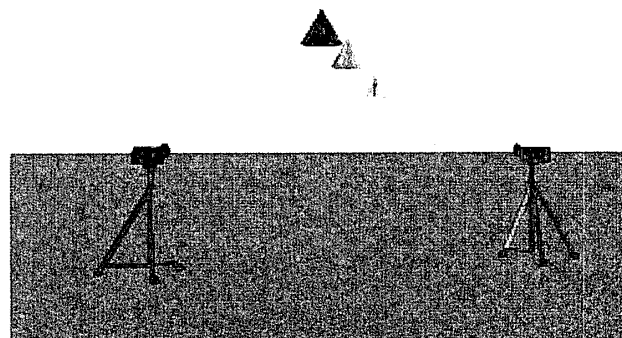


図1 可視化測定法概要

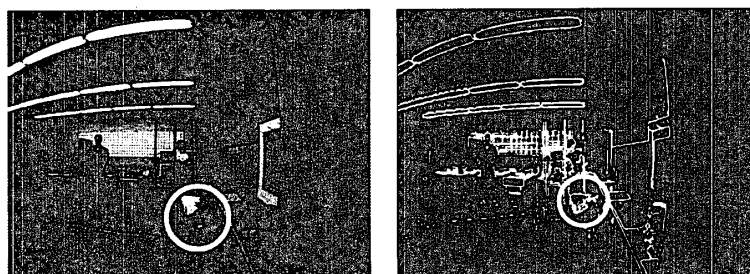


図2 エッジの抽出結果

A visualization of air current by usage of balloons for gravity-free.

Part6 Development of the method for automatic tracing of the flow path of a balloon on the computer.

Konishi Takahisa et al.

の中から検出するのは非常に困難である。そのため最初は手作業でレーザの位置と大きさを決定し、その情報を元にSTEP2, STEP3の作業を行っていくことになる。

**STEP2:輝度情報の抽出**

輝度情報の抽出範囲を図3に示す。この円で表される範囲はSTEP1で指定した大きさに当たる情報である。但し、この円の中全てにわたって情報を抽出するとデータが大量で処理に時間がかかる。また3.1の②でも触れたようにバグの大きさが伸縮したときにデータの比較が難しくなる。したがって本測定法ではこの円の中心から縁に向かって36°毎に線を引き、その線を50等分した点において輝度の情報を抽出することにした。

**STEP3:データの比較と判定**

STEP2で抽出した現在の画像におけるバグの輝度情報を

$$\text{Red}(L, \theta)_1, \text{Green}(L, \theta)_1, \text{Blue}(L, \theta)_1$$

とする。追跡対象の画像に現在の画像のバグの中心を基準に十分広い計算範囲を設定し、その座標1PIXCELごとにSTEP1と全く同じ情報の抽出作業を行う。そのときの輝度情報を

$$\text{Red}(L, \theta)_2, \text{Green}(L, \theta)_2, \text{Blue}(L, \theta)_2$$

とする。追跡対象の画像におけるバグの位置の判定指標となるのは、この一対の輝度情報に減算を施し、その残差の絶対値の積算をしたものである。両者の情報が似通っていれば判定指標の値は小さくなる。計算範囲内で判定指標の値が最も小さくなった点を追跡対象画像におけるバグの位置とする。

**STEP4:繰り返し**

STEP3の作業を逐次繰り返し次々にバグの位置決定を行っていく。

**3.3:適用結果**

図4~6, 図7~9に上記の作業の適用結果を示す。図4~6はバグが大きい場合、図7~9はバグが小さい場合の適用結果である。両者とも5秒後の画像に対し本手法を適用させた結果適正な位置に解答が得られた。図6と図9は判定指標の動きである。丸で囲んだ部分で最小値が出現した。全体的には大きいバグの場合、計算範囲とバグの大きさが同程度のため判定指標のばらつきが少ないが、小さいバグを検索する場合には、現在のバグと無関係の場所を調査してい

くため値のばらつきが大きくなった。

**4.まとめ**

本報では、気流可視化測定法の解析作業を軽減するため、バグの自動追尾手法の開発を行い、その適用結果を示した。ほとんどの場合、本報で紹介した手法で自動追尾が可能だが、急に影に入った場合等に誤った結果を出す場合があった。今後は3.1の②や③に示した情報を加え、精度を向上させていきたい。

謝辞 本研究はNITE財団(若手研究者奨励助成金)と文部省科学研究費萌芽的研究(課題番号11875120)の研究助成を受けている。記して感謝する。

(参考文献)

- 1) 庄司, 森, 絵内:自由浮遊バグによる気流動の可視化, 日本建築学会北海道支部研究報告集 No71, 1998, 3, pp. 293 ~ 296
- 2) 森, 絵内:自由浮遊バグによる気流動の可視化その2バグ速度と熱線微風速計流速の比較検討, 日本建築学会学術講演梗概集, 1998, 9, pp. 293 ~ 296
- 3) 森, 絵内:重力に平衡した自由浮遊バグによる気流動の可視化, 日本建築学会技術報告集
- 4) 舟久保:パターン認識, 共立出版(1991)
- 5) PIVの要点:日本可視化情報学会編(1998)



図4 適用対象

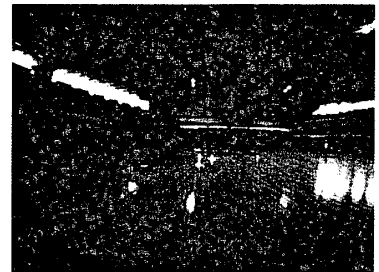


図7 適用対象

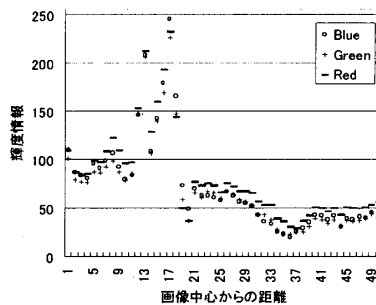


図5 抽出した輝度データ

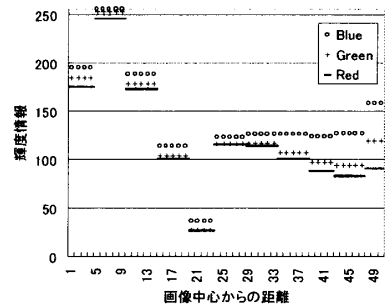


図8 抽出した輝度データ

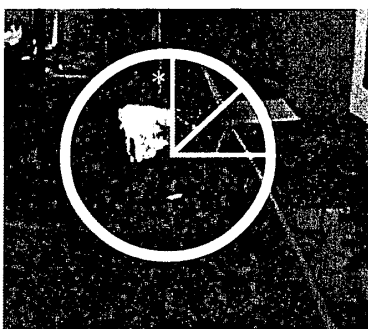


図3 輝度情報の抽出箇所

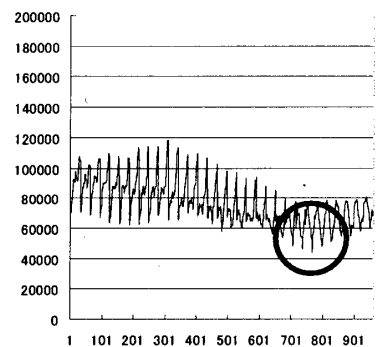


図6 判定指標

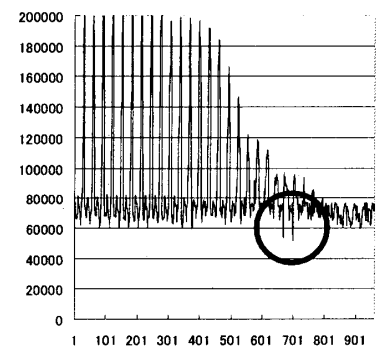


図9 判定指標

\*1 北海道大学大学院工学研究科修士課程  
 \*2 北海道大学大学院工学研究科助手・博士(工)  
 \*3 北海道大学大学院工学研究科教授・工博  
 \*4 北海道大学大学院工学研究科助教授・博士(工)

Graduate student, Graduate school of Eng.,Hokkaido Univ.  
 Inst., Graduate school of Eng.,Hokkaido Univ.,Dr.Eng.  
 Prof., Graduate school of Eng.,Hokkaido Univ.,Dr.Eng.  
 Assistant Prof.,Graduate school of Eng.,Hokkaido Univ.,Dr.Eng.