

1. 緒言

対流現象の計測法として、シュリーレン法やシャドウグラフ法といった可視化手法があげられる。本研究ではそのひとつである BOS(Background Oriented Schlieren)法を用い、対流現象における定量密度計測法の開発を行う。従来のシュリーレン法は大がかりな光学装置を用い、光の屈折を利用して密度の変化量に応じた明暗を映し出すことで可視化する^[1]。しかし撮影した画像から密度分布の数値化は困難であるという問題点がある。対して BOS 法は密度分布を数値化し、定量的計測が可能となるのが特徴である。この手法は光源、背景画像、カメラで観測でき、大がかりな装置は必要としない。光源からの光は背景画像を通過し、対流現象を通過する際に密度変化によって屈折するため、背景画像に乱れが生じる。これを撮影し移動量を算出することで密度分布を定量的に計測する^[2]。

2. 研究のアプローチ

本研究は背景画像に縞模様を用いるストライプパターン-BOS 法によって対流現象を撮影し、コンピュータによる画像処理を行うことでより正確な密度計測を試みた。図 1 は実際に撮影した画像の一部である。背景には一定の幅をもつ白と黒の横縞を用い、対流現象がない場合の縞の位置と比較しズレ量を算出することで、y 軸方向の密度勾配を計測することができる。画像処理にはプログラムを使用する。コントラストストレッチ、二値化の順で白と黒のみの縞画像にする。二値化の過程で途切れた線は線形補間法によって補う。続いて縞の中心を算出し線を引き細線化する。縞が太く、色が混じり合った画像からはおおまかな密度勾配しか読み取れないが、一連の処理を行うことでより正確で細かな部分の密度分布を算出できる。



図 1 原画像



図 2 コントラストストレッチ

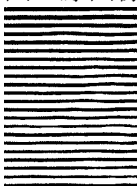


図 3 二値化

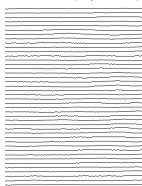


図 4 細線化



3. 結果

ヒートガンを用いた強制対流現象を BOS 法によって得られる画像から、強制対流現象による背景画像のゆがみがはっきりと観測できた。よって撮影した画像にコントラストストレッチ、二値化、線補間、細線化の処理を施した。画像処理後、差分を算出した画像が図 5 である。密度変化が小さい部分は濃く、密度変化が大きい部分は薄い色で表示される。



図 5 差分算出

二値化した際、ヒートガン近くの縞の移動量が大きい箇所は一部線が途切れてしまい、線補間のプログラムを利用しても完全に補間することはできなかった。そのため、二値化前にコントラスト調整による縞の鮮明化を試みたが、元の画像からも途切れた縞の検出はできなかった。このことから、密度変化の大きな箇所は縞が消えていることがわかった。

4. 結論

密度変化があっても線が連続している箇所の差分算出は成功したが、不連続な部分は計測不可能となってしまった。縞が途切れた理由として、光量の不足と縞が細すぎたことが考えられる。大きな密度変化による屈折で光束が多方向に分散し、細い縞は鮮明な色を持たなくなってしまったために消えてしまったと考える。

5. 今後の発展

不連続な縞がある場合の密度計測は現状不可能である。そのため、計測光量の増加、または密度変化の大きさを考慮した縞画像の選定を行うことで、正確な密度変化を取得していく。

文献

- [1] 高山和喜,川橋正昭,平原裕行,前田和宏,新美智秀:“光学的可視化法”,ISBN:4-254-20983-5,pp.43-50, Nov.2001
- [2] 太田匡則, 申嘯, 菊間悠介, 川上浩史, 三輪善広, 稲毛達朗, 前野一夫:“Colored-Grid Background Oriented Schlieren(CGBOS)法による飛翔体表面からのジェットと主流の干渉場に対する定量的密度計測”,平成 24 年度衝撃波シンポジウム講演論文集, pp.341-344, Sep. 2012.