124

感温液晶擬似カラー画像を用いた 温度・速度ステレオ同時計測法の精度評価

橋爪 勇嗣[○](新潟大学院), 藤沢 延行(新潟大学)

Evaluation of Measurement Uncertainty of Temperature and Velocity by
Stereoscopic PTIV Using Artificial Color Images for Liquid Crystals

Yuji HASHIZUME and Nobuyuki FUJISAWA

ABSTRACT

Measurement uncertainty of temperature and velocity by stereoscopic observation was evaluated using artificial color images. They were generated based on the numerical simulation data of thermal convection and with the experimental color-temperature relationship of the liquid crystals at various viewing angles of observation. The accuracy of temperature measurement was found to be improved at relatively small viewing angles between the light sheet and the camera, while that of the velocity measurement was optimized by selecting suitable combinations of PIV parameters, such as the interrogation window size, the search window size and the pixel displacement of the images.

Keywords: Flow Visualization, Measurement, Liquid Crystal, PIV, Stereoscopic Observation, Temperature, Velocity

1. 緒言

感温液晶粒子を用いた流れの可視化技術は、カラー画像解析法ならびに粒子画像計測法 (PTIV) の導入によって、流体中の温度・速度の定量的同時計測法として発展してきた。この方法は、感温液晶粒子の色変化から温度場を計測し、またそれらトレーサ群の移動量を相互相関法に基づく PIV アルゴリズムから速度場を同時に計測する方法である。しかしながら、その感温液晶の色変化に伴ってこれら液晶粒子の輝度も変化するため、その測定精度は温度・速度の相互干渉を含む複雑なものである。著者ら¹⁾は、先に、乱流熱対流現象に対する数値シミュレーション結果に基づいて構築した感温液晶擬似カラー画像を用いて、その二次元計測における計測精度の評価法を示し、さらに温度・速度精度を考察した。

本研究では、この解析手法をライトシート面上における感温液晶粒子の挙動をステレオ計測する温度・速度3成分計測法へ拡張し、その計測精度に及ぼす各種計測パラメータの影響を考察することを目的とする。

2. ステレオカラー擬似画像の構築

感温液晶カラー擬似画像は、乱流熱対流現象に対する数値シミュレーション結果として得られる温度・速度の非定常3次元データに基づいて、コンピュータ上に構築

したものである。ただし、感温液晶の色・温度特性は、既報²⁾に示した目視角度の影響を考慮した実験結果を用いた。ステレオカラー擬似画像の構築においては、粒子の三次元的な動きを再現する必要がある。画像構築ソフトウェアの中では、個々の感温液晶粒子に三次元座標と直径と温度をデータとして与える。ここに、温度は数値計算結果と座標から計算される。ライトシート内に位置する粒子を選び出し、この粒子座標とカメラ座標とを結ぶ直線と画像面との交点に、粒子の温度によって決まる色粒子を描画した。ただし、粒子の色は温度と光源の角度の関係には実験データ²⁾を用いた。描画は各画素の RGB 値を実数値で記録し、カメラの絞り設定などをもとに 256 階調にして出力している。数値計算結果と座

Fig.1 Example of Artificial Color Images

標から求められる速度を用いて時間間隔に合わせて粒子座標を更新する事で、時系列的に画像を構築した。

Fig.1 は、ライトシート面に垂直な軸に対して角度±30 度から撮影した場合を再現したカラー擬似画像である。感温液晶粒子の呈色は、温度と光源の角度に依存するため、両画像は異なる色特性を示す。本画像サイズは512×512 ピクセルである。なお、ライトシートからのカメラ距離を 10000 ピクセル、光源位置を角度+90 度に想定している。

3. 計測精度の評価と考察

構築された擬似可視化画像は、実際の実験の手順に従って、正面から撮影した場合の形へ線形変換した後に、各種の解析が適用される。正解温度・正解速度となる数値計算結果の計算格子に対応する点で、計測結果と正解を比較した。

Fig.2 は正解温度に対する平均温度誤差を表したものである。光源とカメラの角度が大きくなるほど、温度誤差が大きくなっている。これは光源との角度が大きくなるに従い、液晶の呈色変化が乏しくなるためである。また、高温部分で誤差が大きくなっているが、これは色検定に用いた HSI 検定では高温域での検定精度が低下するためと考えられる。ここでは光源側角度+30 度から撮影した場合が最も誤差が小さく、温度幅 5℃に対して平均温度誤差は約 0.07℃であった。正解温度場とこの場合に再現された温度場を Fig.3 に示したが、両者の一致性は良好である事がいえる。

Fig.4 は PIV 適用時の相関領域と探索領域による計測誤差を示したものである。本結果によると、相関領域・探索領域ともにある一定以上の大きさでは精度にあまり影響を与えない事が判る。ここでは画像中の平均流速が 4.1 ピクセルで相関領域の大きさ 15・探索領域の大きさ 17 の場合に最も誤差が小さくなり、画像全体での平均誤差は約 7.7%であった。Fig.5 は正解速度場とこの場合の速度計測結果の比較結果を示すが、両者の一致性は良好である。

4. 結言

ステレオ擬似カラー画像を構築法し、その画像を使ってステレオ同時計測法の精度評価を行った。なお、本研究は、科研費基盤研究(c) (No. 12650158) の補助を受けたことを記して謝辞とする。

参考文献

- 1) 橋爪勇嗣, 藤沢延行: 感温液晶擬似カラー画像の構築と温度・速度同時計測の不確かさ解析, 可視化情報, Vol. 20, Suppl. No1(2000), pp. 95-98.
- 2) 加藤規靖, 藤沢延行: 感温液晶を用いた温度計測法の精度向上に関する研究, 機講論, No. 000-3(2000), 131-132.

Fig.2 Temperature Error

Fig.3 Temperature Distribution in Thermal Convection

Fig.4 Velocity Error

Fig.5 Velocity Distribution in Thermal Convection