C 1 1 2

カラーデフォーカス法の性能向上と検討

山内 俊典[○](関西大学大学院), 山本 恭史(関西大学),
井口 学(北海道大学), 植村 知正(関西大学)

Improvement and consideration of color defocus method

Toshinori Yamauchi, Yasufumi Yamamoto, Manabu Iguchi and Tomomasa Uemura

ABSTRACT

By adding a color-separation technique to the conventional defocus method, the capability and performance of the method can be expanded. The new method named color-defocus method can process much dense particle distribution and its the depth of measurable area is expanded about twice. This paper deals with further improvements of the color-defocus method. They consists of two points, one is the method to reduce the light absorption by color-filters, and the other is the utilization of colored light, laser for example, illumination.

The conventional color defocus method uses a three-pinholes aperture mask with RGB filters, and white light illumination. In order to obtain clearer particle images, light-color filters and color separation technique are introduced. And the color separation technique enables introduction of various color filters other than RGB filters. This approach easily leads to realization of colored illumination that enables the PTV using fluorescent particles and laser illuminations.

Keywords: defocus method, HSV, 3D-PTV, color filter, reduced absorption

1. はじめに

カラーデフォーカス法は粒子像のボケを利用して単眼3次元位置を計測するデフォーカス法に、色分離の要素を加え、課題であった粒子像の重複を解決する方法である。¹⁾

Wei²⁾らは本研究と同じカラーフィルタを用い、粒子を白い均一背景光で照明する条件で粒子の影を撮影して、微小領域の3次元流動計測をしている。Weiらの方法ではフィルタや照明条件を変えると粒子像を分離できないのに対して、本論文の方法は種々のフィルタと照明条件の組み合わせで多様な計測条件に対応できる。

本稿では、カラーデフォーカス法発展させてフィルタによる光の減衰を緩和する方法と非白色光の照明を用いる方法について述べる。

2. カラーデフォーカス法

Fig. 1はカラーデフォーカス法による粒子の光軸位置と

粒子像の対応関係を示した図である。本手法は合焦点位置にある粒子はボケが無く、一つの粒子像として結像されるが、合焦点から離れた位置にある粒子はその位置ズレ量に応じた三角形が観察されることを利用し、光軸方向の位置計測を可能にする。カラーデフォーカス法に関する詳しい説明は文献¹⁾を参照されたい。

従来のデフォーカス法と比べて、カラーデフォーカス法は計測範囲を約2倍に拡張でき、3倍の粒子分布密度まで適用できる。そのためFig. 2のような高密度に分布している粒子像に対しても計測が可能となる。

Fig.1 Triplet particle images obtained by the color defocus method.

Fig.2 Triplet found in high density distribution.

3. HSV 表現を用いた色分離法と蛍光粒子の利用

前報¹⁾では高輝度白色光源で照明した、白色粒子を撮影し、狭帯域の RGB フィルタを用いて色分離した (Wei らはこの方法では光の減衰が強くなるため実現できなかった)ので別法を選んだ。本報は減衰の少ない淡色フィルタを用いて撮影した画像を色分離処理と組み合わせて光量不足を改善する方法と、レーザーのような非白色光源で照明する場合の処理手法について述べる。

Fig.3 は狭帯域の色分離用 RGB フィルタで、Fig.4 は淡色 RGB フィルタで撮影した粒子像である。Fig.3 のフィルタは光の減衰が強いので暗い粒子像になりがちであった。それに対し、吸収の少ない淡色フィルタを用いると Fig.4 のように明るい粒子像が得られる。淡色フィルタを用いると色を完全に分離できないため他の色画面にも暗い像が現れるが、コントラストの違いから容易に識別できる。さらに RGB 以外のフィルタを用いた場合にも HSV の色相値を考慮すればどの色フィルタによる粒子像かを容易に識別できる。

Fig.4 中の数値はその粒子像部分の色相値(deg)である。あらかじめ重複部を含む3つの粒子像の代表的な色相値を求めておけば、色漏れの大きい淡色フィルタを用いた場合でも粒子像を識別できる。Fig.5 は識別した結果を RGB 画面に書き込んで表示している。こうすると後は RGB 色分離手法を適用できる。この手法を用いれば、レーザーのような色つき光で蛍光粒子を照明する場合や RGB 以外のフィルタを用いる場合にも粒子像を分離できる。

次に Ar イオンレーザー光で橙色に発光する蛍光粒子をレーザー光と蛍光色に対応したフィルタを装着した2孔フィルタを用いて撮影した例を示す。蛍光粒子は蛍光色とレーザーの反射光とを発しているため Fig.6(a), (b) のような二色に分離した粒子像が得られ、これから Fig.6(c), (d) のように蛍光色とレーザー色に分離できるので、カラーデフォーカス法での計測が可能になる。

Fig.3 Particle images using RGB color separation filter.

Fig.4 Particle image using light color filters.
(Hue values[deg] are shown on the picture.)

Fig.5 Processed results from fig.4

Fig.6 Fluorescence particles illuminated by argon laser.

4. 結 論

- 1) 淡色フィルタを用いることで、フィルタによる光の減衰が改善できた。
- 2) レーザー光源と蛍光粒子のような組み合わせでも色分離でき、粒子が抽出できることを確認した。

参 考 文 献

- 1) 山内俊典, 山本恭史, 植村知正: カラーデフォーカス法によるスポット渦の3次元流動計測, 可視化情報学会誌, Vol. 28, Suppl. No. 1, 2008, pp. 39-42.
- 2) Wei-Hsin Tien, Patrick Kartes, Toru Yamasaki and Dana Dabiri : A color-coded backlight defocusing digital particle image velocimetry system, Exp Fluids, Vol. 44, (2008), pp. 1015-1026.