D203

太陽を光源とした BOS(Background Oriented Schlieren)装置 に関する予備実験

樫谷 賢士[○](防衛大航空), 山口 裕(防衛大航空), 早川 幸彦(防衛大院)

Preliminary Study on a BOS System by using Light Source from Sun

Masashi KASHITANI, Yutaka YAMAGUCHI and Yukihiro HAYAKAWA

ABSTRACT

This paper describes a preliminary study on BOS technique combined with focusing schlieren method that have the possibility to measure the quantitative density of flow field. This method uses Sun as a light source. And it has the ability to visualize the shock wave around a supersonic transporter. This system uses a structured background, an astronomical telescope, a cut mask, and software which can calculate the difference of background dot images. Visualizations were performed to obtain the density gradient of axisymmetric flow from the sonic nozzle. The results show that this system has the possibility to visualize the density gradient in a flow field. And by the image analysis on the flow visualization, a positional change in the particle image of the background was able to be confirmed in the present system.

Keywords: Flow visualization, BOS, Focusing schlieren method, Compressible flow

1. はじめに

近年、低ソニックブームを目的とした超音速機に関する研究が盛んに行なわれている⁽¹⁾。このような、高速気流中における翼型や機体に関する風洞実験では、シュリーレン法による流れ場の可視化が最も基本的かつ第一段階の実験として行われてきた。一方、光学的可視化手法として、流れに平行な任意断面の可視化が可能なフォーカシングシュリーレンなど、より発展したシュリーレン法がいくつか開発提案されている^{(2), (3)}。フォーカシングシュリーレン法は装置の設定が比較的容易であることから、最近では太陽を光源としたシステムが開発され、超音速飛行する実機まわりに発生する衝撃波の観察等にも利用されている。

一方、シュリーレン法を基本とした可視化および定量的な計測手法の一つとして BOS (Background Oriented schlieren) 法も知られている⁽⁴⁾。BOS 法はフォーカシングシュリーレン法と同様に流れ場における密度の定量的な計測の可能性があり、近年ではヘリのロータまわりなど実機まわりの可視化や、風洞実験への利用が試みられている。

このように、近年、光学機器の発達とともに、シュリーレン法などの光学的計測法の発展が著しく、前述の太陽を光源としたフォーカシングシュリーレン法に

BOS 法を適用できれば、実機による飛行実験等においてより詳細なデータを得ることが可能であると思われる。

本実験では、太陽を光源としたフォーカシングシュリーレン法に BOS (Background Oriented Schlieren) 法を適用するための予備実験として、太陽を光源としたフォーカシングシュリーレン装置において、BOS 法で利用する背景像の変位について検討する。

2. 実験装置と方法

2.1 フォーカシングシュリーレン装置

太陽を光源としたフォーカシングシュリーレン装置のイメージ図を Fig. 1 に示す。このようなシステムは、ソニックブームに関する研究において製作され、実機まわりの可視化が行われている⁽²⁾。装置は天体望遠鏡をフォ

Fig. 1 System image⁽²⁾.

フォーカシングシュリーレン装置の結像用レンズとして、また、太陽を光源として利用する。さらに、結像レンズの焦点位置に、フォーカシングシュリーレン法のカットオフグリッドに対応するカットマスクを配置する。このような構成により、太陽から発せられた光束は、実機まわりの密度勾配を通過することで、光路の一部が屈折し、結像用レンズに到達する。その後、光束はカットマスクによりその一部が遮断され、結像面に流れの密度勾配を結像する。

2.2 BOS

BOS 法は流れの密度分布を求めることができる光学計測法の一つで、デジタルスチールカメラ、解析ソフト、バックグラウンド等により構成される。BOS 法は PIV 法と同様に二つのイメージから、密度変化によるバックグラウンドの位置変化を解析する。本実験では、予備実験として、バックグラウンドの位置変化を確認するため最も基本的な格子形状を背景像のとして用いる。

2.3 太陽を光源とした BOS 装置

本実験装置の概要を Fig. 2 に示す。図より、本装置は、光源となる太陽、バックグラウンド、測定部、結像用レンズ、カットマスク（密度勾配を可視化する場合）、リレーレンズ、イメージプレーン、デジタルカメラから構成される。また、実験には、外形 2.6 mm、内径 0.6 mm のダストスプレーノズルからの噴流を用いた。このとき、作動気体は、HFC-152a である。なお、本実験装置において結像用レンズの焦点距離は $f=360$ mm、リレーレンズの焦点距離は $f=150$ mm である。また、背景像として、縦横方向に 0.8 mm 間隔で配置した格子を用いた。

Fig. 2 Experimental setup.

3. 結果と考察

はじめに、バックグラウンドを取り付けずに行った、ノズルからの噴流の可視化結果を Fig. 3 (a), (b) に示す。このとき、カットマスクは、通常のシュリーレン法と同じスリット形状と環状マスク形状を用いた。Fig. 3 (a) より、スリット形状の場合、ノズルからの噴流が可視化されている。また、図より噴流せん断層は可視化されているが、噴流中の衝撃は確認できなかった。次に、環状マスクを用いたときの可視化結果を Fig. 3 (b) に示す。図より可視化した噴流中には若干ではあるが衝撃波が観察され、噴流は超音速流れであると思われる。

次に、作成した BOS システムを用いて、空気の流れが

(a) Slit

(b) Mask

Fig. 3 Flow visualization from duct spray nozzle.

ない状態と、噴流を噴射した状態の画像について、画像解析ソフトを用いることにより基準点からの距離の差を解析し、その結果を Fig. 4 に示す。図中の "・" は元の座標を、"×" は移動後の位置を示す。図より、バックグラウンドの粒子像の位置変化が確認でき、本システムにおいても BOS による解析の可能性を示すことができた。

Fig. 4 Background image through free jet.

本研究は学部学生、高屋君の協力により行われました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) K. Kusunose: Aerodynamic Design of Supersonic Biplane, COE Lecture Series, Vol. 5, Tohoku Univ. Press, (2007).
- 2) L. M. Weinstein: Large-field Schlieren Visualization from Wind tunnel to Flight, VSJ Journal, Vol. 2, Nos. 3/4, (2000) pp. 321-329.
- 3) 白鳥敏正, 竹澤哲也: 圧力波可視化画像を用いた流速計測法の基本検討, 第 35 回可視化情報シンポジウム, Vol. 27, Suppl. No. 1, (2007) pp. 259-260.
- 4) K. Kindler, E. Goldhahn, F. Leopold and M. Raffel: Recent developments in background oriented Schlieren methods for rotor blade tip vortex measurements, Exp. Fluids, Vol. 43, (2007) pp. 233-240.