A110 スプール弁絞りからの突発噴流の可視化

足利工大 築地 徹浩 ○

上智大院 堀 博之

FLOW VISUALIZATION OF IMPULSIVELY STARTED JET FLOW FROM SPOOL VALVE ORIFICES

Tetsuhiro TSUKIJI* and Hiroyuki HORI**

Impulsively started jet flow issuing from the metering orifice of the spool valves commonly used for hydraulic power applications are investigated by flow visualization test. A two-dimensional model of the spool valve is designed to visualize the jet flow by a hydrogen-bubble method. The images of flow fields taken by a CCD monochrome camera are fed into a microcomputer, and a digital image processing technique is employed to investigate the process of jet formation.

1. 緒言

スプール弁は、油空圧の分野で広く用いられている。弁絞りからの噴流の実験的研究については、従来定常流れ^{1), 2)}および弁開度が周期的に変動する非定常流れ³⁾の場合の研究が行われている。

本研究では、突発的に流れが起こる場合のスプール弁絞りからの二次元付着および非付着噴流の可視化実験を水素気泡法を用いて行う。さらに、CCDカメラによる撮影結果に画像処理を施し、過渡流れにおける噴流の発達の様子について検討する。

2. 実験装置および実験方法

2. 1 可視化実験

実験装置の概略図を図1に示す。供試弁（スプール弁の二次元モデル）を水平に設置し、流体には水を使用した。流量は、供試弁下流のバルブ1により設定し、撮影は絞り部の上方のCCDカメラにより行った。光源は、クセノンランプ（150W）を使用した。

本実験に用いた供試弁の形状を図2に示す。厚さ10mmの透明アクリル樹脂を用いて製作されており、紙面に垂直方向の流路深さは、100mmである。流れは、紙面上方の供給ポートから流入し、二つの整流器（ハニカム）を通過して絞りから噴流となって弁室に流れ、整流器、戻りポートを通過して流出する。さらに、水素気泡法による可視化実験を行うため、

* Dept. of Mechanical Engineering, Ashikaga Institute of Technology
268-1, Oomaecho, Ashikaga-shi, Tochigi, 326 JAPAN

**Graduate Student, Dept. of Mechanical Engineering
Sophia University, 7-1, Kioicho, Chiyoda-ku, Tokyo, 102 JAPAN

絞りの上流に、陰極として白金線（直径 $50\mu\text{m}$ ）を、供給ポート付近に陽極として銅板を設置し、それぞれ直流発生装置に接続した。

スリットの厚さは 3mm 、直流発生装置からの供給電圧は 300V （直流電圧）として、流路深さ方向中央部断面の流れを可視化した。バルブ1からタンクに戻るパイプのタンクへの出口にゴム風船を取り付け、ヘッドタンクから圧力を供試弁にかけ風船がふくらんだ状態で流れを静止させ、針で風船をわることにより突発噴流を起こした。

2. 2 画像処理

画像処理装置の構成を図3に示す。CCDカメラにより、シャッタースピード $1/1000\text{s}$ 、 $1/30\text{s}$ 間隔で画像を取り込むことができる。本装置では、分解能を 256×240 に設定したため64枚の画像を連続して取り込むことができる。それらの原画像に対してまず噴流が出ていない画像を減算し、噴流だけの画像を得る。次に、得られた画像を7枚加算処理を行い、その後しきい値 171 で二値化を行う。さらに、輪郭抽出を行う。

3. 可視化結果

弁室深さが弁開度の4倍の場合（ $1=15\text{mm}$ ）の非付着噴流の可視化結果と対応する処理

Fig.1 Experimental apparatus

Fig.2 Spool valve model

Fig.3 Image processing system

(a) Image by CCD camera

(b) Digital image of jet edges

Fig.4 Jet formation ($l=15\text{mm}$, $Re=5305.46$)

(a) Image by CCD camera

(b) Digital image of jet edges

Fig.5 Jet formation ($l=4\text{mm}$, $Re=2549.96$)

Fig.6 Distance between jet and wall

Fig.7 Area of jet

結果を図4に示す。さらに、弁室深さが弁開度の15倍の場合 ($l = 4\text{mm}$) の付着噴流 (図2の壁面Aに付着) の可視化結果と対応する処理結果を図5に示す。(a)は原画像であり、(b)は、二値化処理後の輪郭抽出画像である。レイノルズ数 Re は、 $Re = 4mU/\nu$ で定義される。ここで、 m は流体平均深さ、 U は絞りで平均流速、 ν は動粘度である。図4および5より、画像処理を行うことにより、噴流の輪郭が明確にとらえられており、非付着噴流と付着噴流との特徴的な噴流の発達の様子がよく分かる。特に非付着噴流の形成の過程が把握できる。

$l = 15\text{mm}$ の場合の壁面から噴流までの距離を図6に示す。さらに、噴流の面積 (画素数) の時間的変化を図7に示す。噴流が壁面に衝突する付近で、面積が最大になっている。

4. 結論

本研究では、突発的に流れが起こる場合のスプール弁絞りからの二次元噴流を、水素気泡法により可視化し、その後画像処理を施した。その結果、付着および非付着噴流の形成過程を示した。

参考文献

- 1) 福島: スプール弁内の噴流付着現象, 油圧と空気圧, 5-3 (昭49), 127/133.
- 2) T. TSUKIJI, K. TAKAHASHI and H. HORI, A Study on the axial flow forces in a spool valve using flow visualization and image processing technique. Proceedings of the 2nd International Conference on Fluid Power Transmission and Control, 1989, pp.177-182
- 3) 築地・高橋: スプール弁絞りからの噴流, 流れの可視化, 4-Suppl. (昭59), 7-10.