C205

疎水性・親水性表面を持つ円柱模型近傍の流れの可視化

守田 克彰[○]、坂上 博隆(宇宙航空研究開発機構)

Flow Visualization over Cylindrical Surfaces with Hydrophobic and Hydrophilic Coatings Katsuaki MORITA and Hirotaka SAKAUE

ABSTRACT

Effect of hydrophobic and hydrophilic coating on Karman vortex formation is discussed. The flow is visualized by a hydrogen bubble technique in a circular water tunnel. Karman vortex sheet is captured at a camera frame rate of 200 Hz. It is shown that, at Reynolds number of 50, hydrophobic coating delayed a formation of Karman vortex sheet.

Keywords: Flow Control, Hydrophobic, Hydrophilic, Cylindrical Model

1. 背景

流体中を運動する物体または物体中を流れる流体を扱う上で、流体制御は、欠かすことのできないツールである。従来の制御方法では、物理的に制御面の向きを変化させて制御する方法^[1]や物理的なアクチュエーターを用いて流体中に流量を増減させて流体を制御する方法^[2]等がとられている。しかしこれらの方法には、制御面の大幅な改修や、流れそのものの組成を変える問題があり、またコストや制御面を目的に応じて自由に变化できない問題がある。

本研究では上記の問題を解決する方法として、化学的手法による流体制御法を提案し、実証することを目指す。この方法を実現する身近な化学物質として、疎水性(水をはじく性質 Fig.1 左)・親水性(水を引きつける性質 Fig.1 右)を持つ機能性物質がある。これらは、簡単かつ任意に物体にコーティングできるという利点があり、本研究で提案する化学的流体制御法の研究対象として有効である。これまでの研究として疎水・親水コーティングの塗り分けにより、速度変化の变化量は示されたが^[3]、模型表面または近傍の効果についての知見は非常に少ない。

Fig. 1 A 2 μ l water droplet applied on a hydrophobic coating (left) and a hydrophilic coating (right)

2. 目的

円柱模型表面に疎水性・親水性表面を化学コーティングで構築し、その近傍での疎水性・親水性表面による剥離等の境界層への影響を回流水槽と水素気泡法を用いた可視化システムにより検証を行った。

3. 実験及び方法

試験体として、直径 $\phi 2\text{mm}$ のガラス円柱模型 (Fig.2) を、回流水槽 (西日本流体技研社製) 内に固定し、水素気泡発生装置 (ケネック社製 HV-401) の白金線から電気分解により発生した水素気泡 (水素気泡の流速に対する浮上速度が無視できる範囲かつ粒子径を考慮して、白金線 $\phi 0.02\text{mm}$ のものを選択した^[4]) をトレーサーとし、模型近傍にレーザーシート (高知豊中技研社製 GSHG-2000) を照射、模型近傍のトレーサーの動きを高速カメラ (ノビテック社製 Phantom V4.2) で取得する可視化システムを構築した。その概略図を Fig.3 に示す。本可視化試験のレイノルズ数は 50 であり、流速は (数値) 24mm/sec 、水温は 21°C である。

このガラス円柱模型に疎水コーティング (ARC シャインフロー アース化研社製) を施しこれを疎水コーティングとし、また親水コーティングは、ガラス自身が強い親水性を示すため、コーティングなしの状態を親水コーティングとみなした。各状態の特徴を示す指標となる接触角 (Fig.4) は、疎水コーティングが 103° 、親水コーティングが 8° であった (Fig.5)。

Fig. 2 Glass cylindrical model

疎水、親水コーティングの違いによる、円柱後流のカルマン渦の形成に対する影響を、一連の可視化画像から評価した。また円柱後流の代表的な点として、円柱模型中心から 67mm (location#1)、170mm (location#2) (Fig.6) の 2 点について、周波数解析 (離散高速フーリエ変換 (FFT)) を行った。このときその結果、サンプルとなる画像は 4096 枚、サンプリングレート (画像のフレームレート) 200Hz、20.48 秒間の現象を捉えた。

Fig. 3 Schematic description of hydrogen bubble visualization set up

Fig. 4 Schematic description of a contact angle

Fig. 5 A 2μl water droplet applied on hydrophobic coating (left) and hydrophilic coating (right)

Fig. 6 Location of the frequency analysis

4. 結果と考察

円柱近傍の流れを Fig.7 に示す。画像は 0.005 sec (200Hz) 毎に計測しているが、代表例として 0.1 sec ほどの画像を示す。これらの画像を観察すると、疎水コーティングの方が、カルマン渦形成の位置が親水コーティングに比べ、遅れて見えるが、はっきりとその特徴をとらえることができなかった。

●T=0 sec

●T=0.1sec

●T=0.2sec

●T=0.3sec

●T=0.4sec

●T=0.5sec

Fig. 7 Karman vortex street images after 0sec ~0.5sec from the image capturing

そこで、この画像データを元に円柱後流の代表的な 2 点 (Fig.6) について、周波数解析 (離散高速フーリエ変換 (FFT)) を行った。その結果を Fig.8 に示す。

Location #1、Location#2 で 2.4Hz のカルマン渦が形成されていることが確認できる。しかし location#1 では、疎水コーティングには、周波数は見られない。しかし十分後流 (location#2) になるとそれぞれのコーティングでも同様な周波数の結果が見られた。このことから、疎水コーティングにより、カルマン渦形成が後方に移動したことがわかった。

これは、疎水コーティングにより、円柱周りの剥離が遅れ、これによりカルマン渦の形成が後方へシフトしたのではないかと考えられる。今後は、円柱周りの流れを拡大し、コーティングによる剥離の違いを調べる必要がある。

Fig. 8 Frequency analysis results at location#1 and location#2

5. 結 論

回流水槽と水素気泡法を用い、疎水、親水の違いによる円柱模型近傍の可視化を行った。疎水コーティングを施した円柱模型が、親水コーティングに比べ、カルマン渦の形成が遅れ、後方に移動した。この原因は、円柱周りの剥離が遅れたものと考えられる。

今後は、円柱周りの流れを拡大し、コーティングによる剥離の違いを調べる。

参 考 文 献

- 1) J.P. Bons. : Composite Metal-Polysilicon MEMS Actuators for Flow Control, AIAA Paper, (2003), 784.
- 2) J, Kiddy, P, Chen. and J, Niemczuk. : Active Flow Control using Microelectromechanical Systems, AIAA Paper, (2000), 1561.
- 3) K, Morita, M, Shimizu, M, Goto, H, Sakaue. : Reynolds Number Study of Chemical Flow Control using Hydrophobic and Hydrophilic Coatings, The 2008 APS Division of Fluid Dynamics Annual Meeting(2008)
- 4) 浅沼勉ほか : 流れの可視化ハンドブック, 朝倉書店, (1986)