

PIV を利用したアスペクト比の小さい Taylor 渦の可視化 Visualization of Taylor vortex flow with a small aspect ratio by using the PIV system

○正 河合秀樹(室蘭工大) 正 高橋洋志(室蘭工大) 正 木倉宏成(東工大) 正 有富正憲(東工大)
Hideki KAWAI, Muroran Institute of Technology, 27-1 Mizumoto-cho, Muroran-shi, Hokkaido 050-8585
Hiroshi TAKAHASHI, Muroran Institute of Technology
Hiroshige KIKURA, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ohokayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8550
Masanori ARITOMI, Tokyo Institute of Technology

Key Words: Taylor Couette Flow, PIV, Small Aspect Ratio

1. 緒言

Ekman 境界層の影響を受けたアスペクト比の小さい Taylor-Couette 渦流れ(TVF)は、同じ Taylor 数であっても渦モードが多岐に渡ることが知られている⁽¹⁾。このような TVF 発生装置は、実用的にはコンパクトな濾過フィルターなど、医療分野などでの発展が期待されているものの、流れの解析が十分とは言えず、したがって、しばしば陥る不安定な流動状態が実用化を阻んでいると言っても過言ではない。

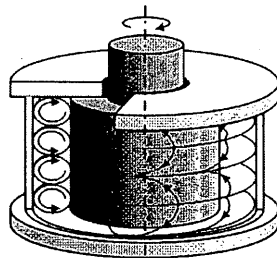


Fig. 1 Taylor vortex flow

そこで、本報告では、Particle Image Velocimetry(PIV)による可視化技術、並びにコンピュータによる3次元数値解析を適用し、アスペクト比が0.6と3における上下固定境界端を有する TVF を解析することを目的とする。

2. 実験方法

二重円筒の外円筒内径 R_2 : 75mm, 内円筒外径 R_1 : 50mm, および高さ H : 75mm の実験装置を使用した。また、アスペクト比(Γ)は $\Gamma = H/(R_2 - R_1) = H/d = 0.6$ と 3 に設定した。これより、半径比(η)は、 $\eta = R_1/R_2 = 0.667$ である。作動流体は 68vol% のグリセリン水溶液を用いた。PIV 仕様として、流れの比較的遅い $\Gamma = 0.6$ の実験ではアルゴンレーザを発光源とし、AOM 音響チョッパーを用いてパルスレーザを発現させ、フレームストラドリング方式によって画像を処理した。

3. 実験並びに数値解析結果

Fig.1 に、 $\Gamma = 0.6$ の場合における、ある時刻の可視化結果を示した。左からそれぞれ、可視化画像、数値解析結果(流線)である。また、Fig.2 には同様の実験における PIV 画像処理結果を示した。 $Re (= Reynolds 数) < 800$ では、この結果のように、一対の渦がお互いに振動する現象が観測された。 $Re = 450$ と $Re = 600$ について比較すると、 Re が増加するにしたがって、渦が高さ方向に、より大きく成長する傾向が見られた。渦は成長過程において、内円筒と接する面積がより多くなることから、加速度的に強いエネルギーを得ることになり、PIV の結果を見ても、対をなす他の渦に比べて速度が急激に増加している。PIV による解析から、定性的には、 Re の増加にしたがって、渦の周期は、より低周波に移行することが分かった。また、渦同士の振動が生じる Re 数領域はあまり広くなく、実験から得られたオーダは $400 < Re < 800$ 程度であった。これらは、Umamura⁽²⁾らの数値解析結果と

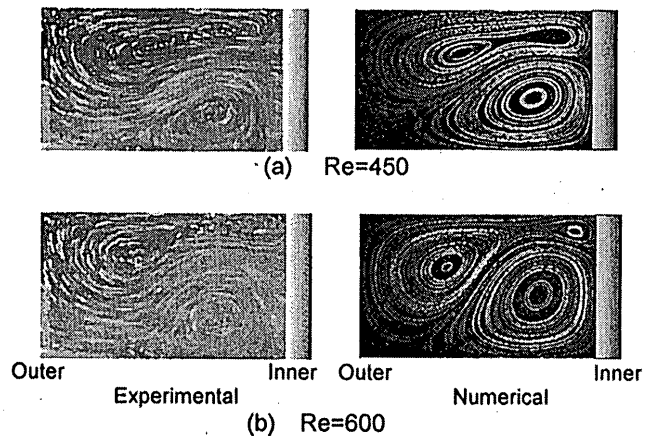


Fig.1 Oscillation flow from the normal 2 cell mode ($\Gamma = 0.6$)

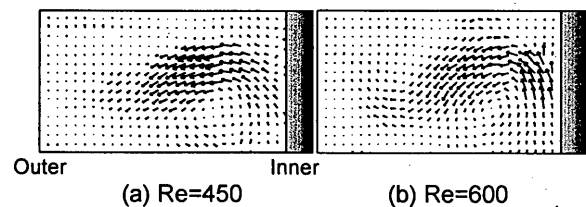


Fig.2 Velocity vectors by PIV ($\Gamma = 0.6$)

定性的に合う。

$\Gamma = 3$ については、急加速による過渡状態流れにパルス YAG レーザを適用させて PIV 処理をした。これより渦の形成過程が可視化され、複雑な流れを示すことが明らかとなった。しかし、その傾向は定性的に数値解析とよく一致する。

4. 結言

上下境界端を有するアスペクト比(Γ)の小さい TVF について、 $\Gamma = 0.6$ と $\Gamma = 3$ の条件を PIV による可視化と数値解析の手法を用いて解析し、渦モードの多様な挙動パターンを可視化することができた。

引用文献

- (1) 中村・ほか 3 名, 機論, 54-505, B(昭 63), 2425
- (2) Umamura, N., et al, The 10th International Symp. on Flow Visualization, (2002), Kyoto, F0095.