

## UVP 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 at a small aspect ratio by using UVP

○学 伊藤大介 (東工大) 学 岸川真吾 (室蘭工大)  
 正 木倉宏成 (東工大) 正 有富正憲 (東工大)  
 正 河合秀樹 (室蘭工大) 正 高橋洋志 (室蘭工大)

Daisuke ITO, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ohokayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8550  
 Shingo KISHIKAWA, Muroran Institute of Technology, 27-1 Mizumoto-cho, Muroran-shi, Hokkaido 050-8585  
 Hiroshige KIKURA, Tokyo Institute of Technology  
 Masanori ARITOMI, Tokyo Institute of Technology  
 Hideki KAWAI, Muroran Institute of Technology  
 Hiroshi TAKAHASHI, Muroran Institute of Technology

Key Words: UVP, Taylor-Couette vortex flow, small aspect ratio

## 1. はじめに

近年, 内円筒回転, 外円筒固定の二重円筒間に生ずる渦流れである Taylor-Couette 流の攪拌・分離・濃縮といった特徴をバイオ分野における動・植物細胞の培養法や, 医療分野における浄化装置へ応用開発することに期待が寄せられている。従来のアスペクト比無限大の Taylor-Couette 渦流れについては, 多くの研究がなされているが, その中でも Takeda による, 超音波流速分布計 (UVP) を用いた研究<sup>(1)</sup>が大きな注目を集めている。しかし, 上述の培養法などの応用機器に適用するためには, コンパクト構造の必要性が高まる有限長の Taylor-Couette 渦流れの流れ場の解明が不可欠であるとされてきている。そのアスペクト比を有限とする研究は, 中村ら<sup>(2)</sup>や大村ら<sup>(3)</sup>によって行われているが, 渦モード間の遷移を含め, 流れの時空間分布を直接計測した報告は少ない。そこで, 本研究では, アスペクト比 $\Gamma=3$ の低アスペクト比の Taylor 渦流れを UVP を用いて流速分布計測を行い, 得られた時空間速度データを FFT 解析して, セルモードの特徴及び分岐過程を詳細に調べることを目的とする。なお, 平均流速分布の二乗振幅 (渦強度) に現れる値から, 渦変化を捉えることを試みた。

## 2. 実験装置および実験方法

使用する二重円筒容器は内円筒外径  $R_1=50\text{mm}$ , 外円筒内径  $R_2=75\text{mm}$ , 高さ  $H=75\text{mm}$  である。すなわち, アスペクト比は  $\Gamma=H/(R_2-R_1)=3$ , 半径比は  $\eta=R_1/R_2=0.667$  である。また, Taylor-Couette 流れにおける  $Re$  数は  $Re=dV/v$  ( $v$ : 動粘度,  $V$ : 内円筒壁面の速度,  $d=R_2-R_1$ ) と定義される。

作動流体は, 68wt%グリセリン水溶液を用い, 軸方向の速度分布を UVP を用いて計測する。超音波トランスデューサ (TDX) は, 容器上端部 (TDX 中心軸を内円筒外壁から 7mm の位置) に設置した。この測定結果から, セル構造を捉えることができる。

本実験では, 各セルモードの  $Re$  数を徐々に増加・減少させて行った低アスペクト比の Taylor-Couette 流れの UVP 計測を行い, その変化を考察した。

## 3. 実験結果および検討

Fig. 1 に各セルモードの渦強度を比較したものを示す。正規 2 セルモードはいかなる  $Re$  数においても正規 2 セルモードであり続け, 正規 4 セルモードは高  $Re$  数ではモード変化を見せず, 正規 4 セルモードであり続けるが, 低  $Re$  数では正規 2 セルモードへと遷移する。変異 3 セルモードは, ある

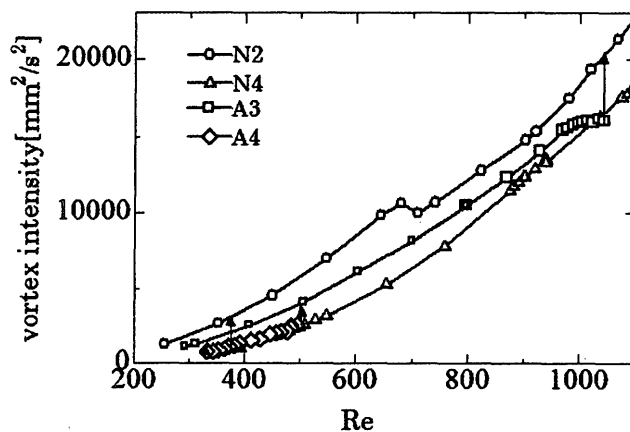


Fig. 1 Comparison of vortex intensity at each cell mode

一定の  $Re$  数以上または一定の  $Re$  数以下において存在し得ない。また変異 4 セルモードでは,  $Re$  数の増加および減少によって変異 3 セルモードへと遷移する。つまり, 変異 4 セルモードもまた高  $Re$  数領域そして低  $Re$  数領域では存在しない。Fig. 1 からわかるように, セルモード変化時の渦強度はどの位置でも急増加を見せている。逆に言えば, セルモード変化において渦強度の減少はなく, 他のセルモードに遷移したセルが元のセルモードに戻ることはない。以上のことから, セルモード間の遷移は非可逆変化であることがわかった。

## 4. おわりに

UVP を用いてアスペクト比の小さな Taylor 渦の時空間速度分布計測を行った。これにより, 各セルモード, および分岐行程でのスペクトル変化を確認した。また,  $Re$  数の増減によって発生するセルモードの分岐行程を渦強度の変化によって捉えた。

## 引用文献

- (1) Y. Takeda, *J. Fluid Mechanics*, Vol.389 (1999), 81
- (2) 中村・ほか 3 名, *機論*, 54-505, B, (1988), 2425
- (3) 大村・ほか 3 名, *化学工学論文集*, 23-6, (1997), 741