

アスペクト比の小さい Taylor 渦流れの UVP 計測

UVP measurement for the Taylor vortex flow with a small aspect ratio

〇正 河合秀樹 (室蘭工大) 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 高橋洋志 (室蘭工大)

Hideki KAWAI, Muroran Institute of Technology, 27-1 Mizumoto-cho Muroran, 050-8585, Japan
Shingo KISHIKAWA, Muroran Institute of Technology, Hiroshige KIKURA, Tokyo Institute of Technology,
Masanori ARITOMO, Tokyo Institute of Technology
Hiroshi TAKAHASHI, Muroran Institute of Technology

Key Words: Taylor vortex flow, Solid-liquid separation, Filtration, Rotating filter

1. 概要

アスペクト比無限大の Taylor-Couette 渦流れ(TVF)は、乱流のスペクトル遷移として多くの実験がなされているが、Takeda による超音波流速分布計 (Ultrasonic Velocity Profiler : UVP) を用いた一連の研究⁽¹⁾は、時空間変動する軸方向速度分布を計測し、大きな注目を集めている。一方、上下に固定端を有するアスペクト比 (Γ) の小さい TVF は、Ekman 境界層の影響から、様々な渦モードを作り出し、比較的小さい Reynolds 数でも解が複雑に分岐することが知られている。

TVF は局所せん断流れが発生しにくいため、せん断によって損傷を受けやすい動・植物細胞の培養装置などへの応用が期待できる。今後、バイオインダストリー分野の実用装置を設計するに当たって、コンパクト構造への指針が望まれており、Ekman 境界により発する渦構造の不安定性を解明することは重要である。本報告は、 $\Gamma=3$ における様々な渦構造を UVP によって計測する。

2. 実験装置と実験条件

2-1 TVF 発生装置 Fig. 1 に実験装置の概略図を示す。使用する二重円筒容器は内円筒外径 $R_1=15\text{mm}$ 、あるいは 50mm 、外円筒内径 $R_2=40\text{mm}$ 、あるいは 75mm で、アスペクト比は $\Gamma=H/(R_2-R_1)=3$ とした。Reynolds 数は $Re=dV/\nu$ (ν : 動粘度, V : 内円筒壁面の速度, $d=R_2-R_1$) で定義される。作動流体はグリセリン水溶液を用い、計測状況に応じて $50\sim 86\text{wt}\%$ の範囲で実験を行った。 η は半径比。

2-2 UVP UVP は Met-Flow 社製 UVP model X3Psi を用いた。基本周波数は分解能を考慮して 8MHz を用いた。 $68\text{wt}\%$ グリセリン水溶液中での音速は 1820m/s で、このときの測定体積は、直径 2.5mm × 高さ 0.925mm である。超音波トランスデューサ (TDX) は容器上端部 (内円筒半径から 7mm) に設置した。超音波の反射体として超音波ビーム直径に対して十分小さい平均直径 $80\mu\text{m}$ のナイロンパウダー (ダイセンヒュルス製: WS200P) を混入して計測を行った。

3. 実験結果

Fig. 2 に UVP によって得られた平均速度分布と、そのまわりの時間変動を表す。渦は正規 2セルモードであり、 Re 数による遷移過程を表す。ただし、速度は軸方向 (鉛直方向逆向き) 速度成分である。 $Re=646$ は定常 TVF, $Re=734$, および $Re=907$ は波動 Taylor 渦領域, $Re=1080$ は準周期領域である。これより流れが速くなるに従って、速度の絶対値がよりフラットになること、並びに振動領域と振幅も大きくなること分かる。

4. まとめ

アスペクト比の小さい TVF の Reynolds 数に対する遷移

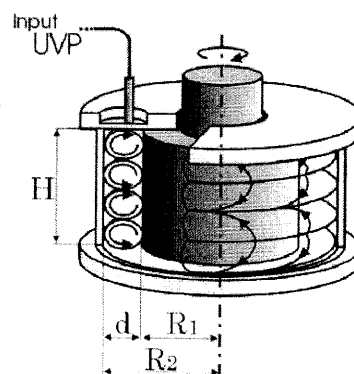


Fig. 1 Schematic diagrams of a small aspect TVF

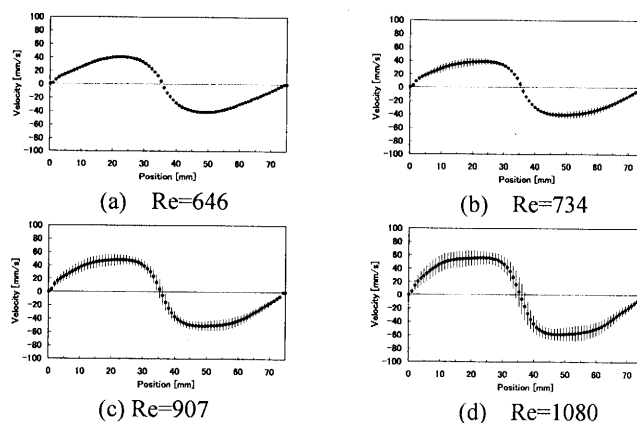


Fig.2 Axial velocity profiles ($\eta=0.67$, N2-cell)

過程について、可視化と UVP による計測を実施した。正規 2セルモードと正規 4セルモードについて、重点的に遷移過程を調べた。これより、準周期モードについて

- (1) 正規 2セルモードでは、基波周波数から第二周波数が分かれる。ただし、第二周波数は渦中央部から発生する。
- (2) 正規 4セルモードの基波周波数は、正規 2セルモードより低周波領域であり、また、第二周波数は、基波周波数から分かれることはなく、より低周波成分が渦中央部から不連続的に発生する。

ことが分かった。

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