



**2-3 パルサレーサーによる流速分布計測** 測定流体に TDX からパルス照射し、流体中のトレーサー粒子から反射したパルスを受信して流速分布を求める。流速分布算出方法を用い、照射したパルス信号と受信したパルス信号の類似性から、時間遅れを求め、流速を算出する。パルサレーサーは Imaginant 社製 DPR300, TDX は ジャパンプロブ社製超音波プローブ (基本周波数 8MHz, 振動子直径 3mm,) を用いた。測定時間はおおよそ 100 秒であり、その間に各測定点につき 4000 個の速度を測定する。

### 3. 実験方法

Fig.2 にパルサレーサー流速測定システムと渦発生装置で構成される実験装置の概要を示す。内円筒付近の速度分布を得るため、UVP は TDX 中心軸の設置位置を内円筒から半径方向 6mm の装置底部に垂直に固定する。パルサレーサーにおいては TDX を内円筒から半径方向 6mm の装置上部に固定する。なお、TDX 設置位置においては超音波の透過率を上げるためアクリルの厚さを 1mm 程度に加工している。トレーサー粒子であるナイロンパウダーは比重が 1.02 と 68wt%グリセリン水溶液より低めであるが、TVF の作用により攪拌され、ほぼ流体の流れに沿うものとして考える。

### 4. 実験結果および検討

Fig.3 に UVP によって得られた各渦モード(Nomal 2-cell mode, Nomal 4-cell mode)の平均流速分布を示す。ただし、速度は軸方向成分であり、鉛直方向を正とする。これより、それぞれモードに対応した渦個数が捉えられている。速度分布の絶対値に関しては N2 セル(Nomal 2-cell)モードより渦個数が多い N4 セル(Nomal 4-cell)モードでやや小さい傾向を示した。

Fig.4 にパルサレーサーによって得られた Taylor 渦の速度分布を示す。この結果より、セルの個数に対応した山の個数が見られ、渦が上下境界端において幾何学的対称性を持っていることがわかる。また、速度分布図から渦モードが判別できる。UVP による速度分布図と比較してもほぼ同じ形状とみることができる。すなわち、パルサレーサーにおける速度分布は信頼性のあるものと考えられる。

### 5. 今後の展開 (孤立混合系への応用の可能性)

スラリーなど、固液混合相を有する熱交換器の開発において、TVF は有望である。この場合、TVF 内部でのスラリー粒子と作動流体との攪拌混合が重要になる。しかし、TVF の短所として、作動流体の Reynolds 数、あるいは固体粒子と作動流体の密度比、固体粒子の大きさによって、固体粒子が渦内部まで対流混合されず、外周にあるバンド幅で回るとのみの、いわゆる孤立混合領域をもつと言われる。Fig.5 は渦外周に粒子が集中した孤立混合領域を持つ TVF である。Fig.5 右図は、 $\Gamma=1$ ,  $\eta=0.375$ ,  $Re=370$  の実験において、発達した 1 セルの TVF に外側から蛍光粒子(粒子径  $0.1\sim 10\mu\text{m}$ ) を投入した場合の投入後約 2 分の攪拌挙動を示す。前述の孤立混合領域が渦内部に見られる。Fig.5 左図は Steven<sup>③</sup>らの方法に従い、粒子方程式と Navier-Stokes 方程式を用いてコンピュータで解析させた結果である。粒子の大きさに関しては様々な実験を試行しているが、図のように一部孤立混合系を捉えている。パルサレーサーはトレーサー粒子に超音波を照射することで流れ場の流速を測定するため、作動流体内の粒子が少ないと流速が測れなくなる場合がある。そこで、パルサレーサーを用いて粒子が極端に少なくなっている部分を見つけることで、孤立混合領域の存在を確認出来るため、その形成、及び崩壊の観測を行うことが出来ると考えている。

Table1 UVP parameters

Basic frequency	8MHz
Ultrasonic beam diameter	2.5mm
Channel distance	0.91mm
Measurement points	128
Number of profiles	1024

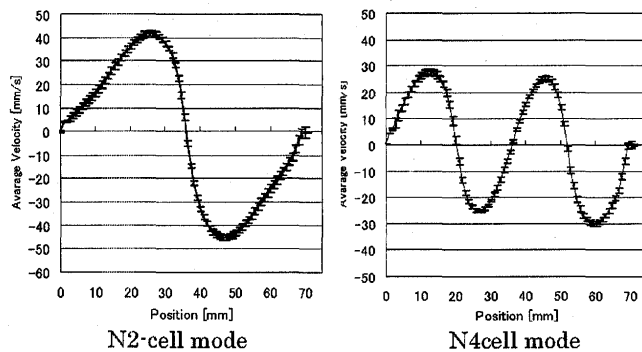


Fig.3 Mean velocity profile for Re=600 by UVP

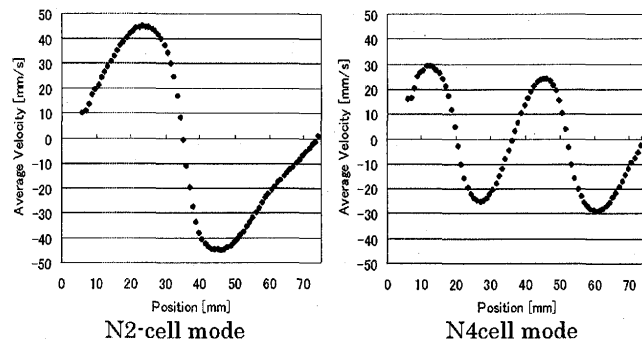


Fig.4 Mean velocity profile for Re=600 by Pulser Receiver

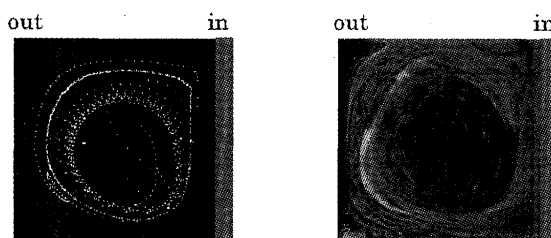


Fig.5 Isolated Mixing Region( $\eta=0.375$ ,  $\Gamma=1$ )

### 6. 終わりに

アスペクト比  $\Gamma=3$ , 半径比  $\eta=0.375$  の TVF 発生装置において、超音波パルサレーサー法による速度分布の測定を試みた。この結果、 $Re=600$  の実験において、UVP 計測法とパルサレーサー計測法を比較した。これより N2 セル, N4 セルとも、流速分布およびその絶対値において UVP とほぼ同様の結果が得られ、パルサレーサーによる計測法の安定性を確認した。

今後、より速い乱流場での計測の可能性について調べていく。これより孤立混合系との関連を探る。また、濃厚系への展開も重要な課題点である。

### 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) Steven T. Wereley and Richard M. Lueptow, *Phys. Fluids*, No.2, February 1999