# 円管内気泡流の乱流構造変化

(高時間分解能時系列 PIV による乱流微細構造の抽出)

# The Turbulent Modification of Bubbly Pipe Flow

(Extraction of microscopic turbulent structure by time-series high time resolution PIV)

湊大樹(慶大院) 佐藤洋平(慶大理工) 菱田公一(慶大理工)

# 1. 緒論

現在,気泡流微細構造の解明により,より効率的な船舶抵抗 低減システムの構築が期待されている.

本研究では、円管内気泡流の乱流構造変化について、高速 度カメラで周囲流体・気泡を時系列で同時測定し、気泡による 乱流構造変化を詳細に抽出した.

## 2. 計測方法

1Fig.1 に計測システム概略図を示す.気泡周囲流動場の流速 計測には蛍光粒子をトレーサとした PIV を用い、気泡形状の認 識には LED 群を光源とした形状投影法(IST)を用いた.高速度カ メラと高強度レーザを適用し、Flame Rate 500 (2ms)で時系列に 測定した.

### 3. 実験方法

3.1 実験装置 実験流路は全長 2000mm で直径 44mm の鉛直 円管であり,作動流体である脱気水は流路内を上昇流として循 環する.気相には空気を用いた.テストセクションは流路入口 から 1500mm 上方に位置しており,円管の中心を原点とし,流 れ方向上向きを z 軸,半径方向を r 軸とした.尚,テストセク ションには水とほぼ同じ屈折率を持つ FEP 樹脂を適用し,屈折 の影響を低減している.

3.2 実験条件 Table1 に実験条件を示す.本実験では気泡径 ジの影響を明確にするために界面活性剤として,約 60ppm の 3-pentanolを添加した場合と,添加しない場合について実験を行った.

Table 1. Experimental conditions		
Pipe diameter	2R	44 [mm]
Bulk velocity (single phase)	$V_{\rm s,b}$	196[mm/s]
Pipe Reynolds number	$Re_{2R}$	9700
Void fraction	α	0.5%

## 4. 結果及び考察

Fig.2 に平均局所ボイド率<α>を, Fig.3 に液相の流れ方向平 均速度<Uz>及び変動速度 uz ms を, Fig.4 に-<uz ur > で定義される レイノルズ応力分布を示す.気泡が壁面近傍を集中的に上昇す ることで、流れ方向平均流速分布が平坦化されると供に、気泡 により流路全域で乱れが増加している. レイノルズ応力は単相 時よりも著しく減少している.この減少を詳細に調べるため, 瞬時の u<sub>2</sub>u<sub>r</sub>を Fig.5, Fig.6 に示す. これより, 気泡介在時では 気泡の周囲に正負供に著しい相関が存在していることが確認で きる.この強い相関が平均を取ることで、正負が打ち消しあい レイノルズ応力が顕著に減少すると考えられる. Fig.7 に乱れの 生成項と散逸項を, Fig.8 に瞬時の散逸を示す. 単相時に比べ気 泡介在時では、乱れの生成は著しく抑制されるのに対し、乱れ の散逸は増加する傾向が確認できる. 生成項の減少は平均流速 の平坦化・レイノルズ応力の減少によるものであり、散逸の顕 著な増加は気泡周囲での著しい散逸の影響であると Fig.8 より も推察できる.

### 5. 今後の予定

周波数解析を行うと供に,フィルタ操作をし,より詳細に気 泡による乱流構造変化を解析する.



Fig.7 Energy Budget