

# マイクロバブルにおける壁面摩擦の光学式及び機械式計測法

## Optical and Mechanical Methods for Skin Friction Measurement in Microbubble Flow

齋藤雄介(慶大)、菱田公一(慶大理工)、牧野雅彦(海技研)、児玉良明(海技研)

### 1. 緒論

マイクロバブルの基本量である壁面摩擦の計測については、メカニズム解明のための瞬時値計測や気泡流中での安定した計測など、固有の要請がある。

本研究では、新たに MEMS 技術によって開発され<sup>[1]</sup>、壁面速度勾配の瞬時値を計測し壁面摩擦を推定する LGM(Laser Gradient Meter)センサ<sup>[2]</sup>と、気泡流中での安定した計測を目指した機械式センサについて説明する。

### 2. LGM センサ

#### 2.1 実験方法

計測部は100×15×1300mmの矩形チャンネルであり、気泡は計測位置上流 500mm 及び 800mm 位置の上面から多孔質板(平均孔径 2 及び 5μm)を通して平均ボイド率 1~5%の範囲で発生させた。5μmm の高密度ポリエチレンフロービーズをトレーサとして添加した。

#### 2.2 計測原理

LGM センサは、プローブに設けられた間隔  $S[m]$  の 2 つのスリットから射出される波長  $\lambda[m]$  のレーザの干渉縞を通過するトレーサからの散乱光の周波数  $f_d[1/s]$  を調べることで壁面近傍(30~60μm)の速度勾配を計測する。干渉縞の間隔  $d[m]$ 、粘性係数  $\mu[Pa \cdot s]$ 、および粘性低層における速度勾配が線形であるという仮定から壁面せん断応力  $\tau_w$  は次式で求められる。

$$\tau_w \equiv \frac{\mu \lambda}{S} f_d$$

#### 2.3 信号処理

気泡流において壁面速度勾配を計測するためには、プローブが取得した気泡とトレーサからの散乱光の内トレーサから反射されたドップラー信号のみを抽出する必要がある。そこで Fig 1 に示すようにプローブからの信号を二つにわけ、DC 成分を LP 処理した後の envelop 信号を利用して、トレーサからの散乱光であることを確認した。

#### 2.4 結果及び考察

Fig 2 に  $U_c=3.0m/s$  時の流路の速度分布と RMS 値、Fig 3 にドップラー周波数の PDF, Fig 4 に Fig.3 より算出した摩擦係数の実験値と理論値の比較をそれぞれ示す。Fig 4 では摩擦係数の実験値が経験式の値に比べ低い値を示しているが、これは Fig 2 にみられるように流路内の流れの発達が完全でないためであると考えられる。

#### 2.5 今後の予定

計測精度の向上、気泡混入時の速度勾配変化計測、機械式せん断応力計との比較、流路勾配変化による気泡にかかる浮力の影響の調査を行う。

### 3. 機械式センサ

Floating balance 型の新しい機械式センサ(日章製)を試作した。従来のもの(三計製)と比べて、(1)センサ板のアラインメントが調整可能、(2)ドリフトの原因となるハウジング内に溜まる気泡を連続的に除去できる、のメリットがある。現在、透明ハウジングをもつ製品を用いて、性能を確認中である。Fig.5 は最初に作った不透明版、Fig.6 は透明版である。

### 参考文献

- [1] rguette.et.al.,41<sup>st</sup>AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit(2003)
- [2] Keita Inoue.et.al,第 32 回日本伝熱シンポジウム講演論文集(1995-5),pp 11-12

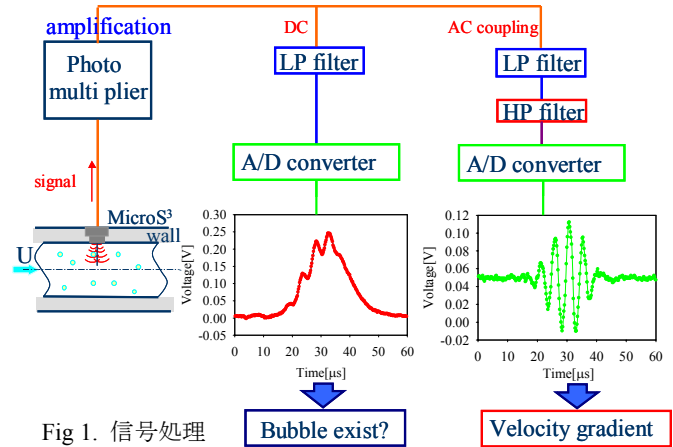


Fig 1. 信号処理

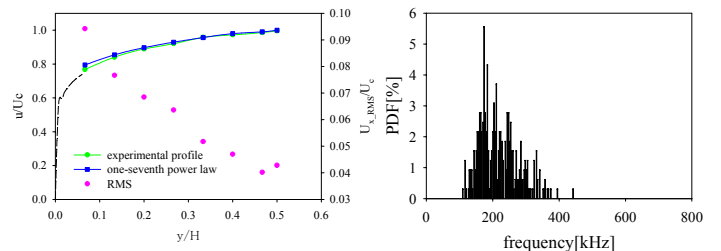


Fig 2. 速度分布( $U_c=3.0m/s$  時)

Fig 3. 周波数解析結果

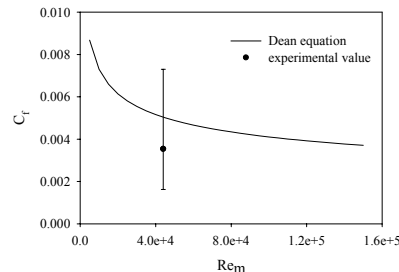


Fig 4.  $C_f$  vs  $Re_c$



Fig.5 日章製新機械式センサ(不透明版)

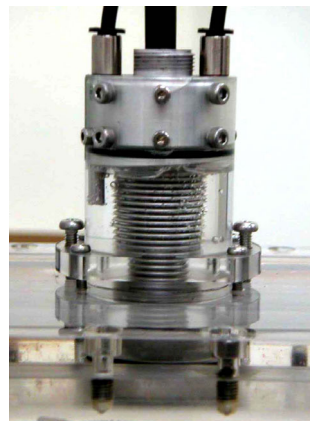


Fig.6 日章製新機械式センサ(透明版)。空気抜きチューブ付き。