

# SURE: Shizuoka University REpository

<http://ir.lib.shizuoka.ac.jp/>

|            |                                                                                 |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Title      | 1133 4点光ファイバプロブによる気泡計測の精度について : 気泡界面変形の影響                                       |
| Author(s)  | 齋藤, 隆之; 府川, 雅律; 熊谷, 彰哲                                                          |
| Citation   | 年次大会講演論文集 : JSME annual meeting. 2002(3), p. 63-64                              |
| Issue Date | 2002-09-20                                                                      |
| URL        | <a href="http://hdl.handle.net/10297/4402">http://hdl.handle.net/10297/4402</a> |
| Version    | publisher                                                                       |
| Rights     | 日本機械学会 : 本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである                                       |

This document is downloaded at: 2017-09-24T23:10:03Z

# 1133 4点光ファイバプローブによる気泡計測の精度について (気泡界面変形の影響)

## Accuracy of Measuring Dispersed Bubbles via 4-Tip Optical Fiber Probe (Influence of Deformation of Bubble Interface on Measuring Accuracy)

正 齋藤隆之 (静大工)      府川雅律 (静大工, 現・浜ホト)  
○ 熊谷彰哲 (静大院)

Takayuki SAITO, Shizuoka University, 3-5-1 Johoku, Hamamatsu, Shizuoka, 432-8561  
Masanori Fukawa, Shizuoka University  
Akinori Kumagai, Shizuoka University

Probe methods are widely used for measuring void fraction and bubble characterizations in turbulent gas-liquid two-phase flows. The knowledge of interfacial motion and/or interfacial deformation of a bubble being in contact with the probe as well as its motion of the center of gravity are insufficient. In addition, relationship between the interfacial deformation and the output signal from the probe is unknown as well as influence of the interfacial deformation on the measuring accuracy. In the present paper, interfacial motion, including interfacial velocity, and magnitude of the deformation of a bubble are discussed on the basis of visualization of them using two sets of high-speed video camera and microscope. Relationship between the interfacial deformation and the output signal from the probe is quantitatively discussed on the basis of simultaneous measurement of bubble deformation and the probe signal.

**Key Words:** Bubble, Optical Fiber Probe, Interfacial Motion, Two-phase Flow

### 1. はじめに

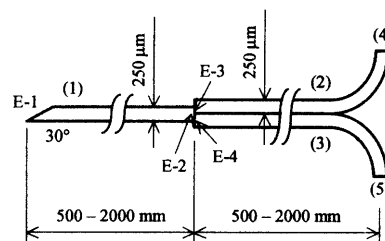
気液二相流は工業装置, 地球温暖化対策技術[1,2]ならびに自然界において普遍的に見られる重要な流動である. 気泡径, 気泡速度, ボイド率等がその流動を決定する重要因子であり, 可視化, 放射線などを利用する非接触計測, あるいは電気抵抗プローブや光ファイバプローブを用いる接触計測によりこれら因子が計測される. 光ファイバプローブは光ファイバ端面における光の屈折を利用して, 気泡を計測する方法であり, 安価にシステムを構成することができる. プローブ軸と気泡運動方向とが平行である時には, プローブの存在は気泡の重心運動や界面運動に影響を及ぼさないことが分かっている[3]. しかし, 平行でない場合に, どの程度の影響があるかについて, 定量的データが不足している.

本研究においては, 4点光ファイバプローブ (F-TOP: 4-Tip Optical Fiber Probe) に種々の角度で気泡を接触させて, 気泡界面運動を高速ビデオカメラにより可視化・撮影することによって接触角度の気泡界面運動に対する影響を明らかにする. また, モンテカルロシミュレーションを行って同プローブによる気泡計測精度に対する接触角度の影響を定量的に考察する.

### 2. 実験装置と方法

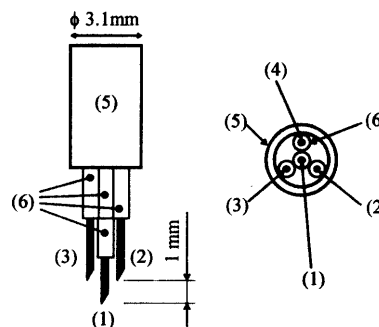
試作した F-TOP を構成する単一光ファイバプローブ (S-TOP) の構造を Fig. 1 に示す. プラスティック製光ファイバ (外径: 250 $\mu$ m) の片端 (E-1) を 30° に鋭くなめらかに切断し, 検出用ファイバ(1)とする. S-TOP は光源用光ファイバ(2), 光源(4), 光電子増倍管用光ファイバ(3)および光電子増倍管(5)から構成される.

この S-TOP を 4 本, Fig. 2 のように配置して, F-TOP を構



(1) Optical fiber for detecting a bubble, (2) Optical fiber for a light source, (3) Optical fiber for a photo multiplier, (4) Halogen lamp, (5) Photo multiplier

Fig. 1: Structure of a single tip optical fiber probe (S-TOP).



(1) Center probe, (2) (3) (4) Outer probe, (5) Stainless tube, (6) Stainless capillary

Fig. 2: Structure of F-TOP

成する. センタープローブ(1)と他のプローブ(2), (3), (4)との

チップ間距離を 1mm とした。

気泡界面運動を可視化する実験装置の概要を Fig. 3 に示す。1 辺 300mm のアクリル製水槽(1)にイオン交換水を深さ 290mm まで満たし、水槽底に鉛直に立てた注射針(2) (内径: 0.78mm) から単一気泡(7)を発生させる。この気泡を自由上昇させて、F-TOP(6)に接触させる。接触課程を 2 セットの高速ビデオカメラ (500FPS) (4)とストロボ(8)により直交する 2 方向から撮影する。接触角度ならびに接触位置の調整には、6 自由度の精密光学ステージ(5)を使用した。

F-TOP 用光源にはハロゲンライト(10)、光電変換には光電子増倍管(11)を使用した。また、光電子増倍管の出力を A/D 変換器(12) (サンプリング周波数 50kHz/ch) を介して、PC(13)に取り込んだ。

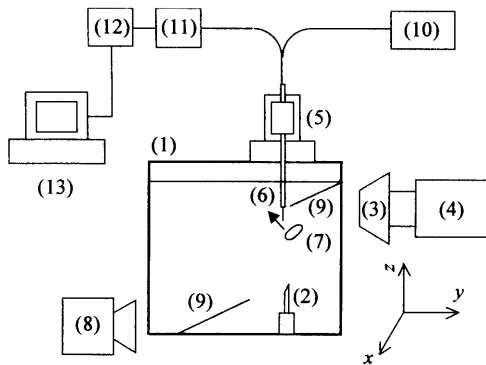
3. 画像解析と数値シミュレーション

高速ビデオで捉えた画像を tiff 形式で PC に取り込み、Median フィルター処理、エッジ検出、二値化処理、重心計測等を行って、気泡界面運動と気泡重心運動を計測した。

数値シミュレーションでは、気泡形状、気泡径、気泡位置、気泡姿勢をランダムに与え、気泡界面の変形は起こらないとの条件下で F-TOP との接触を数値計算した。

4. 結果と考察

気泡運動の方向と F-TOP の軸とが平行でない場合の、気泡の F-TOP への接触時の可視化画像の一例を Fig. 4 に示す。



(1) Acrylic water vessel, (2) Needle, (3) Microscope, (4) High-speed video camera, (5) Optical stage, (6) F-TOP, (7) Single bubble, (8) Stroboscope, (9) Mirror, (10) Halogen light, (11) Photo multiplier, (12) A/D converter, (13) PC

Fig. 3: Experimental Setup

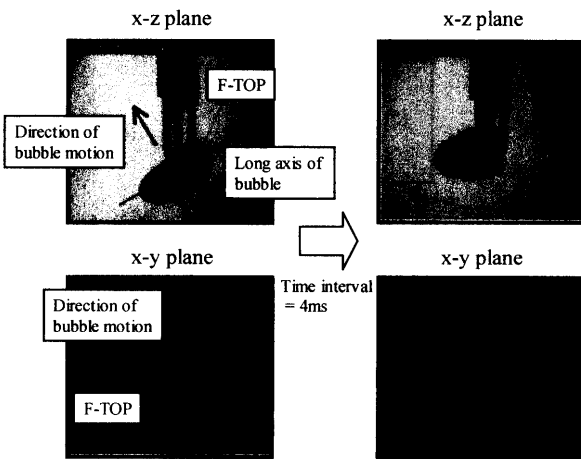


Fig. 4: Typical example of interfacial deformation

気泡が F-TOP から抜け出ていくときに大きな気泡界面変形が観測される。

F-TOP との接触時における気泡上昇速度と接触角度との関係を Fig. 5 に示す。可視化による結果は接触角度の増加とともに減少している。数値計算結果は、可視化結果より僅かに小さな値を示している。接触角度の増加とともに、気泡上昇速度に対する F-TOP の影響が大きくなるのがわかる。F-TOP による気泡上昇速度の実測値も接触角度の増加とともに減少している。また、可視化ならびに数値計算結果と比べると、より小さな値を示している。特に、接触角度が 10° より大きくなると、その影響が顕著となる。

Fig. 6 は弦長と接触角度との関係を示している。数値計算結果、F-TOP による実測値ともに接触角度の増加とともに減少するが、接触角度が 10° より大きくなると、F-TOP による実測値に対する接触角度の影響は顕著となる。

5. まとめ

F-TOP による気泡上昇速度ならびに弦長の計測値は、接触角度の影響を受け、接触角度の増加とともに計測値は減少する。これらの影響を厳密に考慮していけば、より精度の高い気泡計測が可能になるものと考えられる。

参考文献

[1] T. Saito, S. Kosugi, T. Kajishima and K. Tsuchiya: *Energy & Fuels*, **15**, 285, (2001).  
 [2] T. Saito, T. Kajishima, R. Nagaosa: *Environmental Science & Technology*, **34**, 4140, (2000).  
 [3] R. F. Mudde and T. Saito: *Journal of Fluid Mechanics*, **437**, pp. 203-228, (2001).  
 [4] T. Saito and R. F. Mudde, Proc. of Int. Conf. for Multi-phase Flow, No.111, in CD-ROM, (2001).

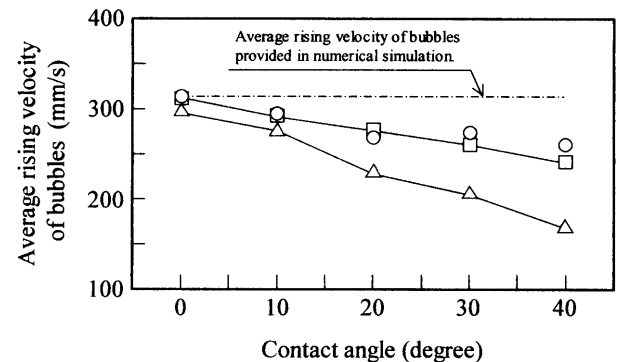


Fig. 5: Average rising velocity of a single bubbles during contacting with F-TOP. ○: visualization results, □: numerical results, △: measured results via F-TOP.

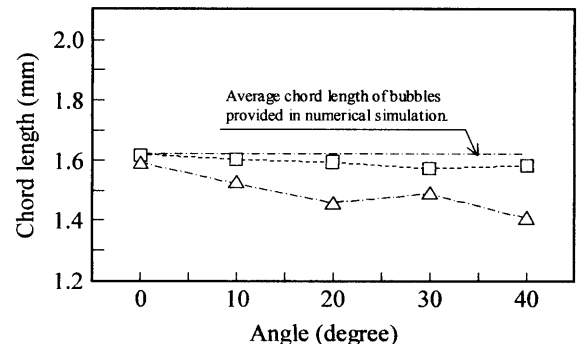


Fig. 6: Influence of a contact angle on bubble chord length. □: numerical results, △: measured results via F-TOP.