B 3 0 3

超音波アレイセンサを用いた気泡流の可視化

伊藤 大介 (東工大), 木倉 宏成[○] (東工大), 有富 正憲 (東工大)

Visualization of bubbly flow using an ultrasonic array sensor

Daisuke ITO, Hiroshige KIKURA and Masanori ARITOMI

ABSTRACT

An ultrasonic array sensor was applied for air-water bubbly flow measurement. This array sensor has 128 channel elements with a basic frequency of 8 MHz on the same surface of the sensor. Since this technique can obtain the cross-sectional flow visualization images without the flow disturbance, it is very effective flow measuring method. In this study, ultrasonic sound pressure distributions of the ultrasonic array sensor were measured by the transmitted sound field measuring system, and an ultrasonic array measuring system, which consists of a pulser/receiver, a multiplexer, an A/D converter and a signal processing device, was developed for gas-liquid two-phase flow measurement. The bubble distributions in a rectangular channel were obtained from time sequence of the echo signal profiles.

Keywords : Ultrasonic array sensor, Bubbly flow, Echo signal, Ultrasonic sound field

1. はじめに

気泡流は、多くの工業プラントで見られる現象であり、従来から実験や数値解析などによって多くの研究が行われている。そのような気泡流では、流路断面における気泡の分布やその大きさを知ることが非常に重要となる。本研究で着目した超音波を用いた計測は、非接触で配管内の流動を計測することできる。また、反射エコーの強度から流動パターンの判別も可能である¹⁾。本研究では、流路断面に超音波を照射することが可能な超音波アレイセンサを用いて、管内気泡流の流動を流路断面において可視化することのできる手法を開発し、空気-水系気泡流計測へ適用することを目的とする。

2. 超音波アレイセンサ

超音波アレイセンサとして、基本周波数 8MHz、大きさが縦 3mm×横 1mm の素子を横方向に 128 個線形配列した超音波トランスデューサを用いた。本研究では、アレイセンサの空間分解能が最小、すなわち素子を 1 チャンネルで使用する場合と、従来の 8MHz センサのサイズに合わせた 3 チャンネルで使用する場合との 2 つの条件において、超音波ビーム特性の比較を行うことで、超音波アレイ計測に用いるチャンネル数の決定を行った。

2.1 音圧分布計測装置

Fig. 1 に用いた音圧計測装置を示す。本装置は、超音波の送信を行うパルサーレシーバ、受信を行う A/D 変換器、ハイドロホンを走査させる 3 次元自動ステージから

Fig.1 Sound pressure field measuring system.

(a) 1 channel

(b) 3 channel group

Fig.2 Sound pressure distribution.

成る。本装置を用いることで水中における超音波透過音圧の 3 次元分布を計測することが可能である。

2.2 超音波透過音圧分布

超音波パルスの透過音圧分布を Fig. 2 に示す。本結果は、アレイセンサの中心断面における分布を示す。1

Fig.3 Experimental apparatus.

Fig.4 Ultrasonic array measurement system.

チャンネルを使用した際は、センサ近傍においては大きな強度を示しているのに対し、センサから離れるに従ってビームは広がっていったことがわかる。その一方、3チャンネルを用いた場合の音圧分布は、ほぼ一定の幅を有するビームが伝搬していることがわかる。このことより、3チャンネルをグループ化させて用いることで、均一な測定体積を持ったビームを入射可能であることがわかる。

3. 超音波アレイセンサ計測

3.1 実験装置

鉛直矩形流路実験装置の概略図を Fig. 3 に示す。テスト部は断面が $20 \times 100 \text{ mm}^2$ (水力等価直径 D_h : 33mm)、全長 1800mm ($L/D_h=55$) のアクリル製矩形流路である。超音波アレイセンサは、流れに対し入射角 45 度で流路長辺の外壁面に設置した。貯水タンクに貯められた水は、ポンプによって流量調整バルブ、オリフィス流量計を通して、下部プレナムからテスト流路へと流入する。空気は、テスト部上流に設けた空気注入器によって流路内へ供給される。テスト部を通過した流体は、上部プレナムでオーバーフローした後、タンクへと循環する。超音波アレイセンサは、流れに対し入射角 45 度で設置した。また、

Fig.5 Typical echo signal from a bubble (63-65 channels).

Fig.6 Average echo intensity profile (63-65 channels).

測定部を水で覆うことにより、センサとテスト流路との間をカップリングした。

超音波アレイ計測のための計測システムを Fig. 4 に示す。本システムは、超音波の送受信を行うパルサーレシーバ、アレイセンサへのパルス信号の切り替えを行うマルチプレクサ、そしてそれぞれの機器の制御を行い、受信信号の解析を行う PC から成る。

3.2 実験結果

超音波アレイセンサにおいて、中心付近のチャンネル (63-65 チャンネル) をグループ化させ、流れからの反射エコーを計測した結果を Fig. 5 に示す。また、その反射エコーを時間平均した分布を Fig. 6 に示す。流れ場中の気泡からの反射エコーを計測することができ、流路内のエコーの平均分布から気泡の分布を知ることが可能である。また、アレイセンサの全チャンネルを用いてエコー信号を獲得することで、瞬時の分布および、断面平均の分布を得ることが可能であると考えられる。

4. まとめ

超音波アレイセンサを気泡流計測へ適用するにあたり、素子のグループ化による超音波透過音圧分布へ与える影響に関して調べた。また、気泡流計測を行い、気泡からのエコー信号を用いて断面気泡分布の獲得の可能性を示した。

参考文献

- 1) Wada, S., et al.: Pattern recognition and signal processing of ultrasonic echo signal on two-phase flow, Flow Meas. Instrum., Vol.17-4 (2006) pp.207-224.