

気液二相流解析結果可視化技術の開発

4AD-7

森村 弘一 小山 富久子 鵜飼 修 上野 隆司
三菱重工業（株）

1. はじめに

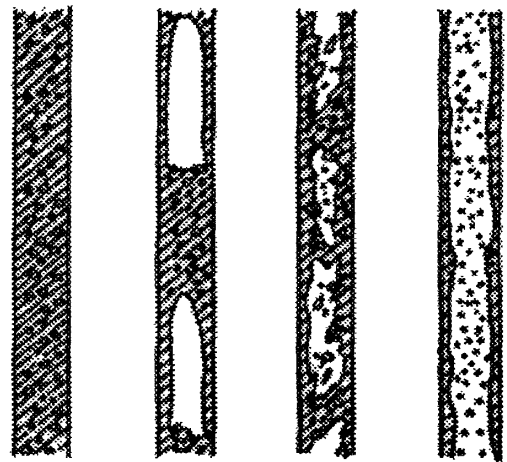
可視化技術の目的は、解析結果データを研究者や設計者が理解しやすい形式で視覚化し、物理現象の把握を容易にすることにある。近年のハードウェア進歩による情報処理技術の高速化により、本技術の重要性は一層高まっている。しかし従来の汎用可視化システムでは、結果データをそのままデジタル値として扱い、スカラー量はコンター図、ベクトル量はベクトル図と言ったコンピュータグラフィックス技術を直接利用した表示法が広く用いられている。こうしたシステムでは、温度や圧力の分布状態を把握する場合には有効であるが、熱交換器内で発生する気液二相流現象において重要な流動様式を表現することはできない。

本論文では、垂直管内の気液二相流現象を取り上げ、解析プログラムで求めた解析データに研究者の経験に基づく実験式を組み込むことで、物理関係を満足させながら流動様式を再現する可視化法を提案し、その実験結果を報告する。

2. 気液二相流現象

気液二相流とは、気体と液体という二つの相の異なる物質が一つの流れの中に共存している状態を指す。身近な例としては、やかんで湯を沸騰させた時の流れがある。この状態では、気相と液相の界面が形を変えて、さまざまな幾何学的形状を呈し、また気相が圧縮性を持つので流れの様相は複雑である。この流動状態が二相流の圧力損失特性や伝熱特性を支配する重要な因子であり、与えられた条件下でどのような流動状況をとるかを予知することは、ボイラーの蒸気発生器など工

業製品において重要である。そのため、一般にこの流動状態を幾つかの標準形すなわち流動様式に分類し研究が行われている。代表的な垂直管内の流動様式を図1に示す。



(1)気泡流 (2)スラグ流 (3)フロス流 (4)環状噴霧流

図1 垂直上向き二相流の流動様式

3. 気液二相流現象可視化手法

3.1 記号の説明

本稿で使用される記号を以下に示す。

- α : ボイド率, 気体の体積含有率
- u_G : 気相実流速[m/s]
- u_L : 液相実流速[m/s]
- j_G : 気相体積流束[m/s]
- j_L : 液相体積流束[m/s]
- G : 質量流束[Kg/m²s]
- l : ピッチ長[m]
- V : ピッチの体積[m³]

A Development of Gas-Liquid 2-Phase Flow Visualization

Koichi Morimura, Fukuko Koyama, Osamu Ukai, Takashi Ueno

Mitsubishi Heavy Industries, LTD.

3.2 流動様式マップ

流動様式マップは、流動状態を観察や測定値に基づいて分類したものである。そのため全ての条件を満足させるマップは存在しないが、本研究では図2のマップを利用した。

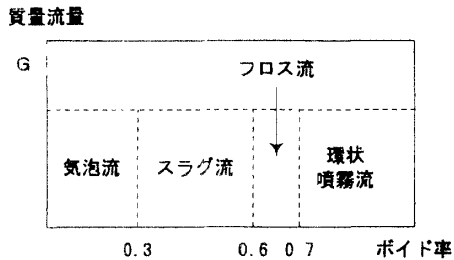


図2 流動様式マップ

3.3 表示単位の決定

解析プログラムでは、各種物量は解析セル毎の（時間的、空間的な）平均値として出力される。しかし実際の現象は解析セルと違うスケールの表現が必要になる。今回解析セルより大きな単位としてスラグ長（砲弾形気泡、液体スラグ全体の長さ）を採用し、これをピッチと呼ぶ。ピッチ長は次の実験式[1]から求める。

$$l = l_G \cdot u_G / (1.5j_G - 0.2u_G) \quad (1)$$

$$l_G = 0.29j_G / (j_L + 0.12) \quad (2)$$

セル内の物理量はこのピッチに変換され、ピッチは気相実速度で移動することで気泡の動きを表現する。

3.4 気泡流の表示

気泡流は、連続した液相内に小気泡が分散した流れである。実験的に求まる平均的な気泡半径を乱数で一様分布させ、気泡サイズの不規則性を実現させる。ただし次の式によりボイド率の物理的意味は満足させている。

$$V \cdot \alpha = \sum_{i=1}^{m_0} (4/3) \cdot \pi \cdot r_i^3 \quad (3)$$

（ m_0 は気泡数、 r_i は気泡半径）

3.5 スラグ流の表示

管路断面を満たすような砲弾形の気泡と小気泡を含む液体部分が交互に存在する流れである。スラグ長における気泡割合 f_b は実験的に求まる。

この値を用い3.3の手法により小気泡を発生

させるとともに、残りの気体体積より砲弾形の長さを決定する。

4. 実施例

本手法の検証モデルとして管の下端から気水混合物を提供する垂直上昇流現象を用いた。気相体積流速及び液相体積流速は一定とし、ボイド率は管内で線形に変化するものとする。

気泡流、スラグ流は実験映像と非常に良く一致している。またボイド率や速度などの物理的意味を満足させながら、流動様式が変化する様子をアニメーション表示によりリアリステックに再現できることが確認できた。

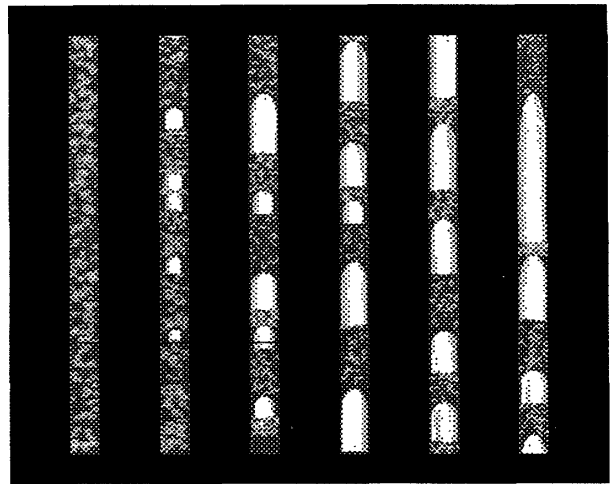


図3 可視化実施例

5. まとめ

本稿では、解析結果表示に実験式データを適用する新しい気液二相流現象可視化技術を提案した。本手法によりボイド率や気体実速度の物理的意味を満足させながら流動様式を再現できる新しい可視化が可能であることを示した。今後フロス流、環状噴霧流への拡張を計るとともに、火炎映像など他の現象可視化への応用を目指す予定である。

参考文献

- [1] 日本機械学会編、「気液二相流技術ハンドブック」、コロナ社