気泡の非軸対称運動と後流構造

Non-axisymmetric Bubble motion and Wake Structure

○学 小野友輝 (九大院) 正 真田俊之 (九大) 学 杉原慶治 (九大院)
正 城田農 (九大) 正 渡部正夫 (九大)

Tomoki ONO, Dep. of Mech. Eng. Sci., Kyushu Univ., 744 Motoooka Nishi-ku Fukuoka, 819-0395
Toshiyuki SANADA, Dep. of Mech. Eng. Sci., Kyushu Univ., 744 Motoooka Nishi-ku Fukuoka, 819-0395
Keiji Sugihara, Dep. of Mech. Eng. Sci., Kyushu Univ., 744 Motoooka Nishi-ku Fukuoka, 819-0395
Minoru SHIROTA, Dep. of Mech. Eng. Sci., Kyushu Univ., 744 Motoooka Nishi-ku Fukuoka, 819-0395
Masao WATANABE, Dep. of Mech. Eng. Sci., Kyushu Univ., 744 Motoooka Nishi-ku Fukuoka, 819-0395

Key Words: Bubble, Wake structure, Non-axisymmetric motion, Flow visualization, Double-threaded type wake

1. 緒言

静止液体中を上昇する気泡は、 Re 数の違いによりらせん運動やジグザグ運動を行うことが知られている。近年ではそのような複雑な挙動と気泡の後流との関連性が指摘されており、特に、double-threaded 型後流と呼ばれる、気泡後方に形成される 2 本の縦渦構造をした後流渦が注目されており、特にその形成過程には未だ不明な点が多い。

本研究ではフォトリソミック染料を用いて気泡後流を可視化し、気泡の挙動と後流の様子を高速ビデオカメラで撮影した。気泡挙動と後流構造との関連性を調査した。

2. 実験装置および方法

図 1 にテストセクション付近の詳細図を示す。実験はガラス製のプール中に設置されたノズルから、気泡を静止液体中に発生させて行った。気泡の発生には気泡発生制御部における気体側圧力変動を利用した。気体には窒素ガスを、液体にはシリコンオイルにフォトリソミック染料を 25ppm の濃度で溶かしたものをを用いた。

気泡後流の可視化は、気泡がノズルから発生する直前に、ノズル直上部を染色して行った。この部分を気泡が通過することで後流が可視化される。気泡の空間的挙動と後流構造の様子は高速ビデオカメラにより同時に撮影される。

Fig.1 Test Section

3. 実験結果および考察

図 2 は後流の可視化の一例であり、気泡の後方に気泡後流 (wake) と気泡の運動によって誘起された周囲液体 (drift) の部分が観察される。本研究では気泡後流とは、図 2 の wake のみをさすものとし、drift の部分は含まれないものとする。

図 3A は直線運動から非軸対称運動に移る際の、気泡後流の様子を示したものである。図 3A(a)の部分から気泡背

後に 2 本の渦がペアになって伸張している後流が形成されていることが確認できる。気泡が移動する方向と 2 本の渦ができる平面とが、Mougin らの数値解析結果と定性的に一致するので、これは double-threaded 型の後流であると考ええる。このような後流の形成とともに気泡奇跡の不安定性を生じることから、後流構造の形態が気泡の挙動に影響を与えると考えられる。

図 3B は形状振動を伴いながら上昇する気泡後流を示したものであるが、図 3B(b)から気泡後方に周期的に馬蹄形の後流渦を形成していることが確認できる。従来の研究によれば、気泡がジグザグ運動を始める際に馬蹄形渦が観察されたとの報告があるが、本実験結果では、気泡後方に複数の馬蹄形渦が形成されていることがわかる。

4. 結言

静止液体中を上昇する気泡の後流をフォトリソミック染料を用いて可視化を行い、 Re 数の違いにより double-threaded 型後流や馬蹄形渦を観察した。その結果、気泡の空間的挙動と後流構造とは強い相互関係を有することを確認した。

Fig.2 Definition of bubble wake

Re=370 Re=330
Fig.3 Wake of non-axisymmetry bubble motion (A) or zigzagging motion (B)