D102

微小重力下における垂直管固液二相流の流動構造の計測 —第2報、相分布特性の解析—

植松 潤一[○], 安部 和也, 于 笑然 (海洋大院)

波津久 達也, 大島 正毅, 賞雅 寛而 (海洋大)

Flow Structures in Vertical Solid-liquid Two-phase Flow under Microgravity Environment

—2nd Report, Analysis of Phase Distribution Characteristics—

Junichi UEMATSU Kazuya ABE, Xiaoran YU, Tatsuya HAZUKU

Masaki OSHIMA and Tomoji TAKAMASA

ABSTRACT

Radial distributions of solid-water flows in a 9 mm-diameter pipe were measured by a stereo image-processing method and a hough transform method at normal- and micro-gravity conditions. The flow measurements were performed at an axial locations (axial distance from the inlet normalized by the pipe diameter = 40) under various flow conditions of superficial liquid velocity (0.355-1.59 m/s). The effect of gravity on phase distribution patterns was discussed based on the obtained experimental data.

Keywords: Microgravity, Stereo Image-processing Method, Hough Transform Method

1. はじめに

分散系二相流では、浮力による相間相対速度差が分散相の空間分布特性と軸方向の輸送課程に大きく影響を及ぼすため、分散相の管断面分布に及ぼす重力の影響を詳細に評価していく必要がある。

以上の観点から、本研究では、通常重力及び微小重力における分散形二相流の空間分布特性を測定し、管断面の相分布パターンに及ぼす重力の影響を評価した。

2. 実験装置・実験方法

Fig. 1 に本実験に用いた固液二相流ループの概略を示す。微小重力下の実験は、(株)日本無重量総合研究所(MGLAB)の落下塔施設(落下長さ100 m, 微小重力精度 10^{-5} G, 微小重力保持時間4.5秒)を用いて行われた。固液混合器にて二相流となった固液混合体は、内径9 mm, 長さ720 mmのテスト管に流入する。固相にプラスチック粒子(ポリプロピレン, ナイロン)を使用し、モーター駆動式のスクリーフイーダーにより流量が調整され、液相はテスト管出口の圧力や重力の変動によって液流量が変化しないように定回転ギヤポンプで吐出される。

流動計測のため、管内径(D)に対するテスト管入口からの距離(z), $z/D=40$ の位置において、テスト管内を上昇する固液二相流を撮影した。得られた管内の流動画像をパーソナルコンピュータに取り込み、画像解析

により粒子体積率分布, 粒子個数密度分布, 界面積濃度を測定した。これら二相流の局所流動パラメータの測定には、短時間で軸方向および管断面方向の気液界面情報を収集できるSIM及び前方1)の法線ハフ変換法を用いた。SIMにより2台の面発光ライトおよび4枚の表面反射鏡を用いて、2方向からの管内流動画像を同時に入手し、それぞれの画像中の界面位置情報から法線ハフ変換法により固体粒子の管断面位置を再構築することで、粒子体積分布, 界面積濃度などの局所分布情報を得た。

Fig. 1 Apparatus for solid-liquid two-phase flow experiments

3. 実験結果, 考察

実験で取得した画像を Fig. 2 に示す. 固体粒子にポリプロピレン (密度 908kg/m^3 , 径 2.38mm) を使用した実験 (Fig. 2 上図) では, 通常重力, 微小重力の両者に大きな差異は見られない. 一方で固体粒子にナイロン (密度 1140kg/m^3 , 径 2.38mm) を使用した実験 (Fig. 2 下図) では, 固体粒子が管中心近傍を流れているが, 微小重力下では粒子が管内を分布して流れていることが確認できる.

Fig. 3, 4 は通常重力下と微小重力下における管断面粒子体積分布を示している. 固体粒子にポリプロピレンを使用した実験 (Fig. 3) では, 通常重力下では管壁近傍で最大値をとる鞍型分布となることにに対し, 微小重力下では管中心付近に最大値を有するパワーロー分布となっている. これは, 通常重力から微小重力への移行に伴い相対速度差が減少し, 相対速度差に起因した管壁方向への揚力が減少したためと考えられる. 一方で固体粒子

Fig. 2 Digital video images of 2.38 mm diameter particles

Fig. 3 Volumetric fraction distribution of particles ($\rho = 908\text{ kg/m}^3$)

Fig. 4 Volumetric fraction distribution of particles ($\rho = 1140\text{ kg/m}^3$)

にナイロンを使用した実験 (Fig. 4) では, 通常重力下においては管中心付近を粒子が流れているが, 微小重力下では, 粒子が管内を分散して流れている. 通常重力下においてナイロン粒子が管中心近傍を流れるのは, 粒子の密度が水よりも重いことでポリプロピレン粒子とは逆方向に揚力が働くためであると推察される.

参考文献

- 1) 于笑然, 菊池貴好, 安部和也, 波津久達也, 賞雅寛而, 大島正毅: 微小重力下における垂直管内固液二相流の流動構造の計測, 可視化情報学会講演論文集 (2007)