

日本冷凍空調学会賞 学術賞

## 水平微細流路における気液二相流の流動様式とスラグ流における液膜厚さ

Experimental study on two-phase flow pattern and liquid film thickness of slug flow in horizontal microchannels

### 1. 背景と目的

近年多くの研究者が、伝熱効率の向上に寄与するとして、微細流路における流動様式や液膜厚さなどの諸特性に関する研究を行っている。それらの研究によって、管内を流れる冷媒の流動様式や液膜厚さが、伝熱特性を決める重要な要因であることがよく知られている。微細流路では、液相の表面張力や粘性、流路形状や寸法のもつ影響が従来スケールの管と比較し大きくなるため、従来研究により得られている知見と異なる性質を示す。

本研究は、微細流路内気液二相流の流動様式とスラグ流における気泡速度と液膜厚さを実験的に測定し、管内径や液相の物性による影響を考察することを目的とする。

### 2. 論文の概要

実験には5種類の粘性および表面張力の異なる液相(水, エタノール, FC72, KF-96L-0.65cs, KF-96L-2cs)を用いる。表1に、それぞれの物性値を示す。

図1に、実験装置の概要と写真を示す。液相と気相(空気)はシリンジポンプによって所定の流量で射出される。ガラス管内を流れる気液二相流の流動様式および気泡速度は高速度カメラを用いて測定し、液膜厚さはレーザー共焦点変位計を用いて測定する。

表1 液相の物性

Fluid	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [μPa·s]	$\sigma$ [mN/m]
Water	997	889	72
Ethanol	785	1088	22.3
FC72	1680	672	12
KF-96L-0.65cs	740	494	15.9
KF-96L-2cs	873	1746	17.7



吉永 祐貴\*  
Yuki Yoshinaga

党 超鋌\*  
Chaobin Dang

飛原 英治\*  
Eiji Hihara

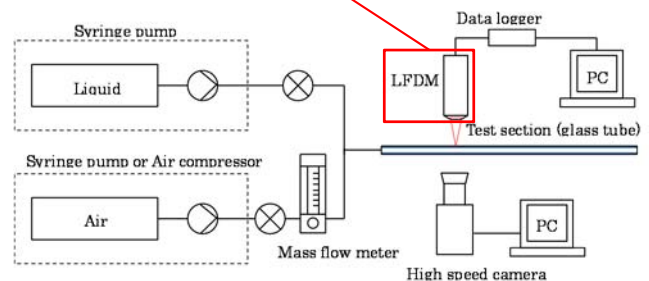


図1 実験装置の概要とレーザー共焦点変位計

### 2.2 微細流路における流動様式

図2に空気-FC72における流動様式の実験結果を例として示す。管径が大きくなる、または表面張力が小さい場合、チャン流が観測される領域が気相と液相共に、みかけ速度の小さい領域へ広がることが確認された。一方、粘性の大きく異なるKF-96L-0.65cs, KF-96L-2csを比較した結果、粘性による影響は小さいことがわかった。

\* 東京大学大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻

Department of Human and Engineered Environment, Graduate School of Frontier Sciences,  
The University of Tokyo  
原稿受理 2014年 月

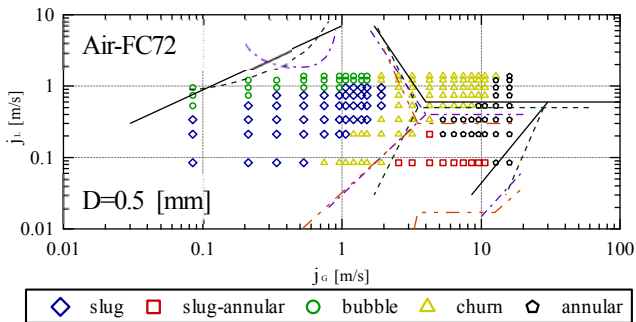


図2 流動様式線図(D=0.5 [mm], Air-FC72)

### 2.3 スラッグ流における気泡速度

図3に0.5mm管内における気泡速度の実験結果を示す。本研究における実験条件において、液相の物性や管径の違いによる気泡速度への影響は小さいという結果を得た。

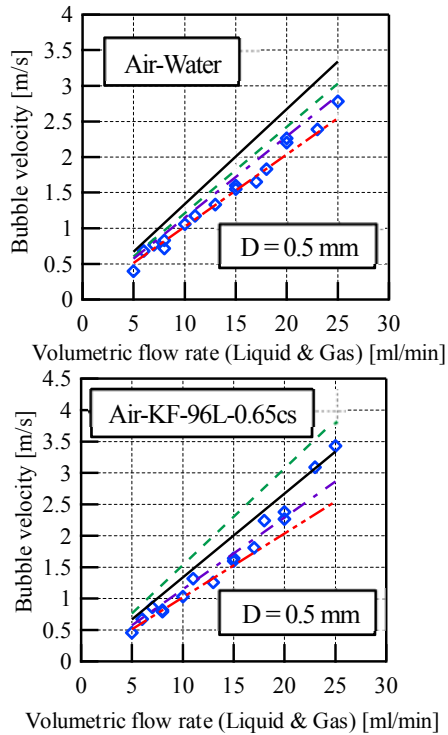


図3 気泡速度の実験結果と相関式との比較

### 2.4 スラッグ流における液膜厚さ

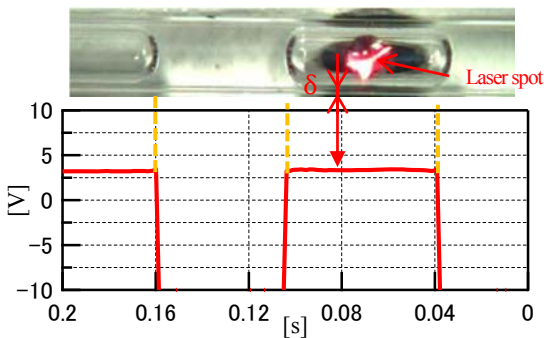


図4 液膜厚さの測定の様子

図4はレーザー共焦点変位計によって計測されたスラッグ流の液膜厚さ計測の概要図である。気泡の平坦部の液膜厚さ $\delta$ を計測し、液相の物性や管径による影響を考察した。

図5に1.0mm管内における液膜厚さの実験結果と既存研究における相関式との比較を例として示す。液膜厚さに関しては、液相の表面張力や粘性が小さい条件では、既存の相関式よりも実験値が低い値を示した。また、その傾向は管径が大きくなるに従って大きくなった。

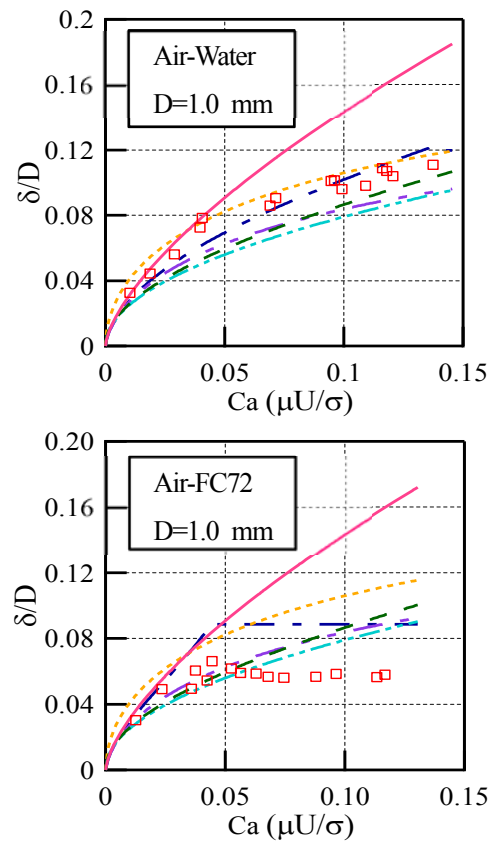


図5 液膜厚さの実験結果と相関式との比較

## 3. おわりに

液相に水、エタノール、FC72、二種類のシリコンオイルKF-96L-0.65csとKF-96L-2csを用い、内径0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mmのガラス円管内気液二相流の流動様式及びスラッグ流における気泡速度と液膜厚さを測定した。そして、実験結果と既存研究とを比較することで、液相の物性や流路寸法による影響に関する実験的知見を得た。