A304 風誘因による層状液体流れの観測結果

本間 亮[○](東海大学), 大山 龍一郎(東海大学)

Experimental Observation of Wind Induced Flow in Stratified Liquid

Ryo Homma, Ryu-ichiro Ohyama

Tokai University

Abstract

We have been researched on the velocity field measurements of gas-liquid interface EHD flow phenomenon. This is the unique phenomenon of which the flow of the electrically-charged fluid behavior is induced inside the liquid, when corona discharge is caused for the gas-liquid interface. Generally, EHD wind called the ion wind blows, when corona discharge is generated in the gas phase. Then, the flow field which resembled flow phenomenon done the inducement under gas phase corona discharge very well was able to be observed, when the wind which simulated the ion wind for this gas-liquid interface was blown. This paper describes PIV measurements of the wind induced flow in stratified liquid. The velocity fields of the wind induced flow are successfully obtained by means of the flow visualization technique and the PIV technique..

Keywords: Visualization, PIV, Ion Wind, EHD Flow, and Gas-Liquid Interface

1. はじめに

著者らは従来から気相コロナ放電によって誘起する気体と誘電液体の界面電気流体力学現象について研究を行っている⁽¹⁾⁽²⁾。この現象は、気体液体界面に向けてコロナ放電を起こすと、液体中に電気流体的な振る舞いの流動が誘起されるユニークな現象である。このとき、気体液体界面にはいくつもの運動力による効果が生じているものと考えられるが、これらの効果は実験的に分離して観測することが困難である。そこで、本研究ではコロナ放電時に生じるイオン風の効果について着目している。

一般に、気相でコロナ放電が生じると、イオン風と呼ばれる電気流体力学的な風が吹く。この気体液体界面に向けてイオン風を模擬した風を吹き付けたところ、気相コロナ放電下で誘起する流れ現象と極めてよく似た流れ場が観測できた。本研

究ではこの模擬イオン風による流れ場の可視化とPIV法を用いた解析を行った。

本報はこの風誘因による層状流れを観測した結果について示すとともに、PIV法を用いて速度分布を測定した結果について報告する。

2. EHD 流動

Fig1 は気相コロナ放電によって誘起する誘電液体内の EHD 流動を可視化し、PIV 処理した結果である⁽¹⁾。EHD 流動は針電極近傍でその流れ場を形成し、針電極を軸に誘電液体中に 3 次元軸対称な渦流を形成している。この EHD 流動の発生原因は、コロナ放電電極からのイオン風、荷電粒子のドラッグ力、液体分子自体の分極電荷など複数の力効果が生じていると考えられる。Fig2

は本 EHD 流動について推測される発生メカニズムを図式的に表している。本研究では, EHD 現象の発生メカニズムの整理のために, イオン風が流れ場に与える影響を検討するために, イオン風を模擬した風の誘電液体界面への吹き付けによる液体内部の流動について観測することとした。

3. 実験方法

Fig.3 は本実験装置の概略を示している。実験装置は誘電液体を満たしたアクリル容器, ノズル, 水銀ランプ, CCD カメラ, および PC から構成される。本実験では作動誘電体としてシリコンオイルを用いた。シリコンオイルは容器内に液位 30mm を満たし, 液体表面から 3mm 上方に円筒状のノズル(内径 4mm)を設置する。誘電液体内にはノズルから液体界面に吹き付けられる風によって 3 次元軸対象な流れ場が発生する。この流れ場は誘電液体内にトレーサ粒子としてアルミ粉を懸濁し, 側面から 250W 水銀ランプのシート光を照射することで 2 次元平面に可視化した。撮影はノンインターレスモノクロ CCD カメラ Photocam120 を用い, フレームグラバボードを通してコンピュータ内に画像を取得した。PIV における画像計測は, 時間間隔 $t=2/60[\text{sec}]$ の可視化画像を PC に取り込み, 濃度相関法⁽³⁾によってトレーサ粒子の速度ベクトル分布を求めた。実験には, 粘度の異なる 1, 5, 10, および 50cSt シリコンオイルを用いた。これらは粘性以外の物性値でほぼ同様な性質を持ち, 実験条件を同条件とすることで比較される。

Fig.1 Velocity field of present type typical EHD phenomenon

Fig.2 Estimation of present type EHD phenomenon

Fig.3 Experimental setup

Fig.4 Velocity fields of 50cSt obtained by PIV

4. 実験結果

Fig.4(a)は 50cSt シリコンオイルを用いた場合の PIV 測定結果である。ノズルからは流量 50.5[ml/min]の風を液体界面に吹き付けている。本実験における流れ場は、Fig.1 に示した EHD 流れ場と同様に左右対称の流れであるために、ここでは左半面の流れ場だけを示している。誘電液体内の流れ場は、ノズル直下から壁面に向かっている。その後、流れは深層に向かい、流れの連続性から再び液面に循環している。流れの速度はノズル直下においてもっとも速く、側壁に向かうにつれて低速になる。液面速度は、渦流の中心の真上に近づくにつれ速くなり、そこからは減速する。壁面側ならびに深層において速度はほとんど 0 となる。なお、ノズル直下では液面の歪みにより液面速度は推定できない。

Fig.4(b)は 10cSt シリコンオイルを用いた場合の PIV 測定結果である。50cSt シリコンオイルの流れと比較すると、渦流中心が側壁側に移動し、流れ場領域が変化していることがわかる。Fig.4(c)は 5cSt シリコンオイルを用いた場合の PIV 測定結果である。粘性を下げるとさらに渦流中心が側壁側に移動し、流れ場領域が液体内部全体に広がっていることがわかる。Fig.4(d)は 1cSt シリコンオイルを用いた場合の PIV 測定結果である。流れ場は側壁側の渦流付近でもっともはやい。流れ場領域はさらに全体に広がり、他の粘性の PIV 処理結果に比べて非定常性が高くなった。

5. 考察

本実験では、誘電液体界面に吹き付けた模擬イオン風によって液体内には EHD 流動と類似した流れ場が観測できた。この流れ場は中心軸を対象に放射状に気液界面に沿って進展し、容器の側壁で液体内に入り込んで渦流を形成した。これはノズルから液体界面に吹き付けられる風が、液体界面において放射状に広がり、その際に液体分子を引きずるドラッグ力により生じたものと考えられる。

粘性の異なるシリコンオイルを比較した場合、粘性が低くなるにつれ渦流は側壁側に移動し、流れ場の領域も広がった。また比較的高い粘度のシリコンオイルを用いた場合は、針電極を中心とし

た左右対称の定常流であったのに対し、1cSt のシリコンオイルのような比較的 low 粘度のシリコンオイルを用いた場合は三次元的要素の複雑な流れ場になった。これらの結果は EHD 流れ場を観測した結果と極めて類似したものとなった。すなわち、EHD 流動の発生にはコロナ風による液体分子へのドラッグ力が深く関わっていると考えられる。

6. まとめ

本実験は、誘電液体界面にイオン風を模擬した風を吹き込み、誘電液体内部に生じる流れ場を対象に PIV 処理を行ったものである。この結果、気相コロナ放電下で誘因する流れ現象と極めてよく似た流れ場が観測できた。また、粘性の変化に対する流動パターンの違いについて把握した。これらの結果から、従来、本研究において対象としてきた EHD 流動の発生にはコロナ風による液体分子へのドラッグ力が深く関わっている知見を得ることが出来たと考えられる。

参考文献

- (1) R. Ohyama and K. Kaneko: Trans. IEE of Japan, Vol. 118-A, No. 6, pp. 743-744 (1998)
- (2) 関野・大山・金古: 可視化情報学会誌 Vol. 18 Suppl., No. 1, pp. 117-120 (1998)
- (3) 加賀・井上・山口: 可視化情報学会誌 Vol. 14, No. 53, pp. 38-45 (1994)