

[21027]

定常中性子を用いた混相流ダイナミックスの革新的計測法の開発 Development of Innovative Measurement Method for Multiphase Flow Dynamics using Steady Neutron Source

齊藤泰司[#], 伊藤大介, 大平直也, 伊藤啓

Yasushi Saito [#], Daisuke Ito, Naoya Odaira, Kei Ito

Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University

Abstract

A high-speed neutron imaging system that consists of a high-speed camera and an optical image intensifier was developed to measure two-phase flow dynamics at TNRF in JRR-3. The quality of the images acquired by the present system was evaluated by changing the exposure time. The air-water two-phase flow in a narrow channel and the liquid metal two-phase flow were visualized, and the images were processed to analyze the flow behavior.

Keyword: neutron imaging, high-speed camera, two-phase flow

1. はじめに

混相流現象は非常に複雑であり、その挙動を詳細に計測することは非常に困難である。中性子イメージングは混相流の可視化において非常に有効な計測手法である。本研究では、JRR-3 TNRF での中性子イメージングのための高速度撮像システムを構築し、撮像速度の評価を行った。また、本撮像システムの狭間隙内気液二相流および液体金属二相流の可視化計測への適用性について調べた。

2. 高速度中性子イメージングシステム

中性子イメージングにおいて、高速現象の観察のためには、高速度カメラの露光時間を短くする必要がある。しかしながら、単位時間当たりの中性子数が低下すると、十分な画像輝度値を得ることができず、変換効率の向上や光の増幅が必要不可欠である。本研究では、高速度カメラに光イメージンシファイア(I.I.)を組み合わせた撮像系を構築した。本研究で使用した撮像システムを Fig.1 に示す。光学レンズに関しては撮影対象のサイズに合わせて選定した。

3. 実験

3.1 撮像速度の評価

本撮像システムの撮影速度を評価するため、I.I.のゲート時間を調整し、露光時間の変化による画質の違いを調べた。撮像サンプルは回転する円板に貼り付けた Gd 片 (10 mm 角+3 mm 穴) である。回転速度は 60 rpm であり、その際の Gd 片の速度はおおよそ 0.3 m/s である。Fig. 2 に撮像結果を示す。1000 fps 程度の撮像速度であれば画像のブレもなく形状を把握することが可能である。露光時間を短くしていくと、画質の低下が顕著である。50,000fps においても Gd 片の識別は可能であるが、形状を正確に認識することは難しいと言える。TNRF で本撮像系を用いて、10,000fps 以上の速度での撮像が可能であることを確認した。

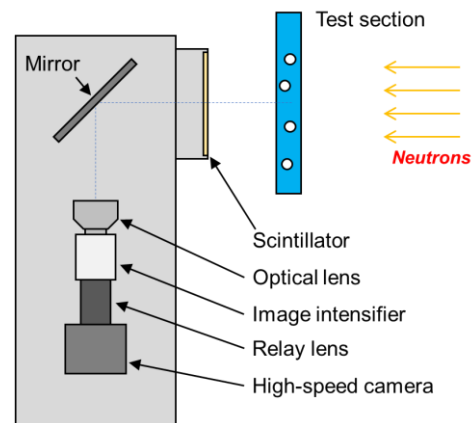


Figure 1. High-speed neutron imaging system.

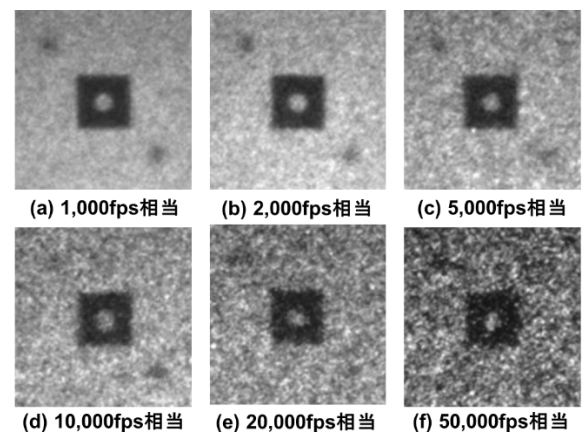


Figure 2. Comparison of neutron transmission images of rotating Gd sample.

3.2 狭間隙内気液二相流イメージング

狭間隙矩形流路内における空気-水系二相流の可視化実験を行った。流路サイズは、間隙 2.81mm、幅 66.5 mm である。Fig.3 に得られた中性子透過画像を示す。(a)は空流路、(b)は水滴水流路、(c)は二相流条件の画像である。また、それらの画像から算出され

[21027]

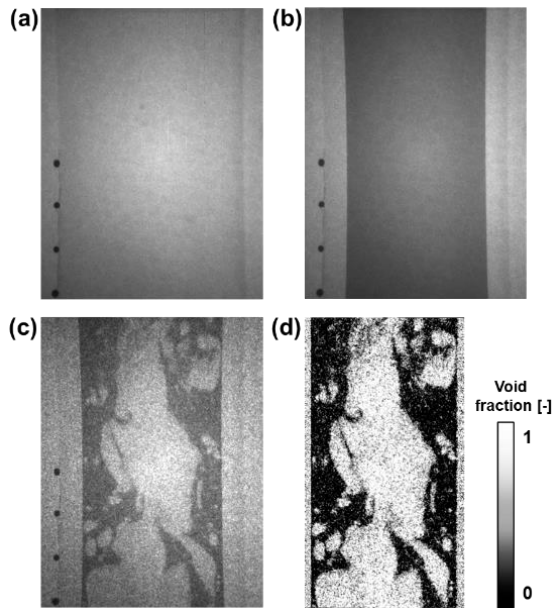


Figure 3. Neutron transmission images of gas-phase (a), liquid phase (b), two-phase flow (c), and void fraction distribution (d).

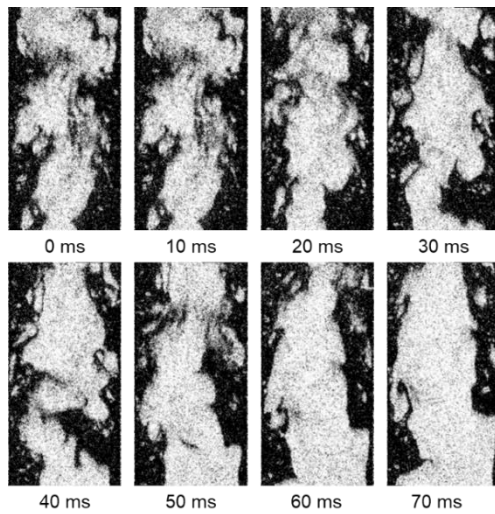


Figure 4. Instantaneous void fraction distributions in churn flow.

たボイド率分布を(d)に示す。ボイド率分布に関しては、I.I.による糸巻ひずみの補正を行った。撮影速度は1000fpsである。

Fig.4 にチャーン流におけるボイド率分布の時間変化を示す。ボイド率の変化から、複雑な界面変動を伴う流動の評価が可能になる。

3.3 鉛ビスマス二相流イメージング

鉛ビスマス二相流におけるボイド率および液相速度の計測[1]のための実験装置図を Fig.5 に示す。試験部は、幅 100mm、厚み 10mm のステンレス製矩形容器であり、下部にガス注入用のノズルを設置してある。容器は周囲に取り付けたマイクロヒータによ

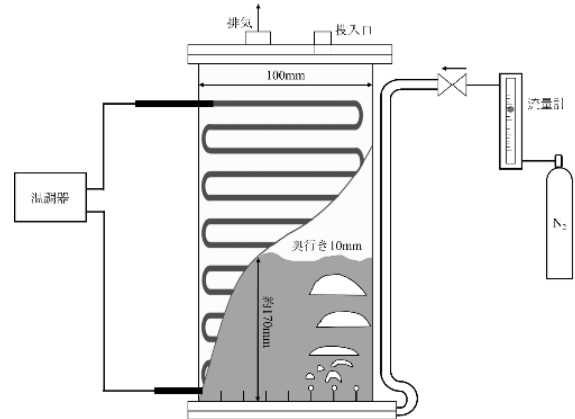


Figure 5. Test section for lead-bismuth two-phase flow experiments.

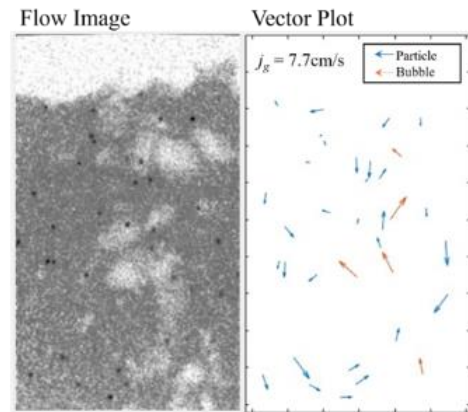


Figure 6. Void fraction distribution (left) and vector plot (right).

って加熱される。液相速度計測のためのトレーサ粒子には、鉛ビスマスと比重の近い AuCd_3 の球形粒子を用いた。撮影速度は250fpsとした。

Fig.6 に瞬時ボイド率分布 (左図) および速度ベクトル分布 (右図) を示す。左図における気泡と粒子の動きを解析することで速度ベクトルを算出した。本手法により液体金属中の気液相の流動の把握が可能になる。

4. おわりに

本研究では、中性子イメージングによる混相流挙動の動的観察を目的とし、撮像システムの構築及び撮像速度評価を行った。また、空気-水系二相流および液体金属二相流の可視化計測への適用性についても調べた。

参考文献

- [1] Y. Saito, et al., "Velocity field measurement in gas-liquid metal two-phase flow with use of PIV and neutron radiography techniques", Applied Radiation and Isotopes, 61 (2004) pp. 683-691.