



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on Behaviors of Gas-Liquid Two-Phase Flow in Slope Conditions [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Y00N, Dongik
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15181号
Issue Date	2022-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/87193
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Y00N_Dongik_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 YOON Dongik

審査担当者 主 査 教 授 村井 祐一
 副 査 教 授 渡部 正夫
 副 査 教 授 大島 伸行
 副 査 准教授 田坂 裕司

学位論文題名

Study on Behaviors of Gas-Liquid Two-Phase Flow in Slope Conditions

(傾斜環境における気液二相流の挙動に関する研究)

気液二相流は複雑な変形界面を伴う流れであり、その流体物理の究明と工学的課題の解決に向けた研究開発は多岐にわたる。今日までの研究では、主に鉛直管路や水平流路における二相流を対象として、流動様式の遷移や圧力損失の特性の調査が充実化されてきた。これは原子力発電所の冷却システムや、燃料パイプライン、化学プラントでの気液二相流の制御を目的とした背景による。これに対して近年では船舶の空気潤滑技術の進展や、深海エアリフトポンプの開発などの分野で、鉛直や水平に固定されず主流方向が幅広く変動する環境での気液二相流の予測と制御が求められている。そこで学位論文提出者は、船体モデル、矩形チャンネルならびに円管流路を幅広く傾斜できる実験装置を設計し、超音波とレーザーを組み合わせた新しい計測技術を開発・適用することで、傾斜環境における気液二相流の流動特性を実験的に調査した。本学位論文は以下の構成で、上記の課題の解決策と流体力学上の発見事項を論じている。

第1章では、研究背景と先行研究の事例、ならびに本研究の目的を記述している。

第2章では、本研究全体を通して必要となる新しい超音波計測技術について説明している。特に、3つの超音波トランスデューサーをユニット化したセンサーを開発し、パルス的高速送受信スキームを確立することにより、液体中の速度ベクトル分布を時間の関数として線計測することが可能な計測機材を開発し、その性能の検定結果について説明している。

第3章では、船体モデルを傾斜させて曳航することで船底に形成される気液二相流の特性について述べている。前半ではPIV(粒子画像流速測定法)を利用して、船底境界層の液相流速分布と気泡群の速度ヒストグラムを計測している。後半では、傾斜角度を変化させた条件でこれらのデータを統計解析し、傾斜角度を変数とした気泡の抗力係数のモデル式を提唱するとともに、抗力係数の支配因子について考察している。

第4章では、矩形チャンネルを対象として傾斜壁面をスライドする気泡群の挙動について述べている。前半では、超音波とレーザーを組み合わせた計測技術を導入し、気泡速度、気泡高さ、液相流速分布を同時計測するシステムを開発したことについて記している。後半では、この計測によって得られた気泡の揚力係数について、幅広い実験条件をカバーできる新たな構成方程式を提案し、ウェーバー数によって傾斜角度依存性が再現されることを明らかにしている。

第5章では、矩形チャンネルを水平から鉛直まで全範囲を調査可能な実験装置を構築し、そこから得られる気泡の抗力係数の計測結果とその考察を記している。特に、気泡形状が与える抗力係数への

影響は傾斜角度 40° を境界として変化することに注目し、そのメカニズムとして、ボンド数で支配される静水压寄与と、ウェーバー数で支配される動水压寄与の2つが存在することを明らかにしている。

第6章では、円管流路を傾斜させたときに現れる気液二相流の特性について述べている。深海エアリフトポンプの管路の傾斜時の挙動を調査することを目的とし、超音波によりボイド率と気相速度を計測する技術を提案している。結果からは、鉛直流路よりも水平寄りに傾けることで、スラグ流領域において大気泡の浮上速度がむしろ増大することが示され、その理由は、管内二相流の非軸対称化によるドリフト速度の上昇として考察されている。

第7章では本研究で得られた成果のまとめと本研究対象の将来展望について記している。

これを要するに、本論文では、超音波とレーザーの組み合わせにより、傾斜環境における気液二相流の内部流動構造を計測する技術確立し、同時にその計測結果から気泡の抗力係数、揚力係数について自由な傾斜角度で適用できる構成方程式を提唱した。この成果は、気液二相流の制御と理解を支援し、流体力学およびその産業利用に大きく貢献するものである。よって、著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。