

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|--|
| 題目(和文) | |
| Title(English) | Study on Swirling Flow in a Vertical Pipe by Phased Array Ultrasonic Velocity Profiler |
| 著者(和文) | HAMDANIARI |
| Author(English) | Ari Hamdani |
| 出典(和文) | 学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10174号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:木倉 宏成,赤塚 洋,竹下 健二,加藤 之貴,筒井 広明 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10174号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文) | 博士論文 |
| Category(English) | Doctoral Thesis |
| 種別(和文) | 審査の要旨 |
| Type(English) | Exam Summary |

論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号 | 甲第 | 号 | 学位申請者氏名 | | HAMDANI Ari | |
|-------------|-----|-------|---------|-----|-------------|-----|
| 論文審査 審査員 | | 氏名 | 職名 | | 氏名 | 職名 |
| | 主査 | 木倉 宏成 | 准教授 | 審査員 | 筒井 広明 | 准教授 |
| | 審査員 | 赤塚 洋 | 准教授 | | | |
| | | 竹下 健二 | 教授 | | | |
| 加藤 之貴 | | 教授 | | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study on Swirling Flow in a Vertical Pipe by Phased Array Ultrasonic Velocity Profiler」と題し、6章より構成されている。

第1章「Introduction」では、旋回流は最も効率的な伝熱促進の一つとして認められていることを示した上、原子力発電プラントにおける燃料棒バンドルの支持格子は、渦(旋回流)発生器としても使用され、单相流および二相流の双方において熱伝達が増加を示すことを述べており、この旋回流による伝熱促進のメカニズムを解明するためには、高度な数値流体力学解析(Computational Fluid Dynamics: CFD)が必要であるが、CFDに必要なモデルの検証や開発のためには、速度やボイド率などの流れ場パラメータを求める実験データが必要であることを述べている。また、旋回流の実験データとして速度場計測が重要であることを述べ、燃料棒バンドルの燃料棒間の狭い隙間を計測出来る非接触計測手法の開発が求められていることを示し、パルス超音波を用いた計測手法である超音波流速分布計測法(Ultrasonic Velocity Profile method: UVP法)を応用したフェイズドアレイ超音波流速分布計測法を開発することを目的とし、従来の流動計測手法を概観した上で、本研究の位置づけ、意義及び目的を述べている。

第2章「Experimental Method and Sensor Instruments」では、ねじれ板を用いた回転流発生装置と気泡供給装置の構造と製作上の工夫点を述べた上で、燃料棒間のサブチャンネルを簡略化した円管内流れを利用して本研究を進めることを述べ、また、フェイズドアレイ技術は従来非破壊検査の探傷試験などで用いられている技術であるため既存の探傷用センサはUVP計測への適用が困難であることを述べ、フェイズドアレイ超音波流速分布計測法を開発するためには、フェイズドアレイ超音波ビームの基本的な性質を十分調べた上でセンサ開発を行う必要があることを示し、センサ仕様として、超音波基本周波数、素子数、素子ピッチ、素子幅、信号位相速度、放射角などのパラメータを考慮した8チャンネルのセンサ設計を行い、音場数値解析を実施してグレーディングローブとサイドローブを最小化したフェイズドアレイセンサの性能を明らかにしている。また、フェイズドアレイ超音波流速分布計測法を旋回流計測に適用するためには、可視化計測や他の計測手法との比較計測が必要であることを述べ、計測手法としてワイヤー・メッシュ・トモグラフィ法を取り上げて、新たにワイヤーセンサの設計・作製を行い、比較実験の重要性を示している。

第3章「Experimental Investigation of Single-Phase Swirling Flow by Phased Array UVP」では、第2章で設計し作製したセンサに対して、ニードルプローブ法を用いた3次元音場計測によりセンサ性能を明らかにしている。また、フェイズドアレイ超音波流速分布計測法に必要な8チャンネルパルスレシーバとADコンバータを用いたハードウェアとシステム開発ソフトウェア LabVIEW を用いた信号処理ソフトウェアを開発した上で、垂直円管内单相十分発達乱流を用いて、時間平均速度分布計測結果と時間平均ベクトルマップ計測結果の精度検証を行い、本計測手法の有効性を示している。また、ねじれ板を用いた回転流発生装置による垂直円管内单相旋回流を用いて、フェイズドアレイ超音波流速分布計測法で得られる時間平均ベクトルマップを、主流速度や計測位置の変化により比較し、单相旋回流の性質を明らかにしている。

第4章「Numerical Simulation on Single-Phase Swirling Flow」では、汎用数値流体解析コードである FLUENT を用いて、第3章での検討と同じ单相流での流れ場条件で数値流体解析を行い、フェイズドアレイ超音波流速分布計測法で得られる時間平均ベクトルマップおよび超音波パルス進行方向の時間平均速度分布と解析結果を比較検討し、いくつかの乱流モデルのうち、Symmetrical RNG(Renormalization Group) $k-\epsilon$ モデルが旋回流計算では最適であることを示すとともに、実験値と数値解析値との時間平均速度分布の不一致は、ねじれ板の非対称性による誤差が原因であり、実験で得られた渦中心位置を考慮すると、時間平均速度分布は数値解析と実験値で非常に良い一致を示すことを明らかにしている。

第5章「Application of Phased Array UVP on Two-Phase Swirling Flow」では、第2章で開発したフェイズドアレイ超音波流速分布計測法を垂直円管気液二相旋回流に適用し、单相流での計測結果を考慮しながら二相流計測の場合の実験条件を決定した上で、高速度ビデオカメラを用いた気泡上昇挙動の可視化画像と、ワイヤー・メッシュ・トモグラフィ法から得られる気泡の時間平均速度分布と局所ボイド率分布の結果とを比較検討し、主流速度や計測位置の違いによる流動構造を明らかにすることにより、フェイズドアレイ超音波流速分布計測法が気液二相旋回流計測においても有効であることを示している。

第6章「Conclusions」では、各章において得られた成果を要約し、結論としてまとめている。これを要するに、本論文は音場解析に基づいて超音波アレイセンサを設計し、フェイズドアレイ超音波流速分布計を垂直円管気液二相旋回流計測に適用してその流れ場挙動を明らかにしており、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。