

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	超音波を用いた流動及び物体形状の同時可視化に関する研究
Title(English)	A Study on Simultaneous Visualization of Flow Behavior and Object Shape by Ultrasound
著者(和文)	河内拓也
Author(English)	Takuya Kawachi
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11189号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:木倉 宏成,赤塚 洋,筒井 広明,相樂 洋,近藤 正聡
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11189号, Conferred date:2019/3/26, 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		河内 拓也	
		氏 名	職 名		氏 名	職 名
論文審査 審査員	主査	木倉 宏成	准教授	審査員	近藤 正聡	准教授
	審査員	赤塚 洋	准教授			
		相楽 洋	准教授			
		筒井 広明	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「超音波を用いた流動及び物体形状の同時可視化に関する研究」と題し、全5章より構成されている。
 第1章「緒言」では、東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃止措置における原子炉格納容器内調査では、高線量で濁水かつ暗所の過酷環境下にて格納容器下部に存在する燃料デブリ分布状況の把握及び冷却水の漏洩箇所特定が求められていることを述べ、計測装置の耐放射線性と濁水かつ暗所環境下での適用可能性を鑑みて超音波計測が有望であることを述べている。また、従来の超音波パルスエコー法を応用して散乱体の位置を推定する物体形状計測から燃料デブリ分布状況の把握を行い、超音波流速分布計測法 (Ultrasonic Velocity Profile method: UVP 法) を用いた格納容器内滞留水の流動計測から漏洩位置を特定することを考案し、さらに物体形状と流動の同時可視化可能な可視化手法の開発を行うことを目的とし、本研究の位置づけ、意義を述べている。

第2章「超音波アレイセンサを用いた開口合成法の物体形状計測への適用」では、燃料デブリを含む格納容器内堆積物を精度良く計測可能な物体形状計測手法を確立することを目的に、超音波パルスエコー法を高度化した散乱体位置推定法である超音波アレイセンサを用いた開口合成法のうち、超音波非破壊分野で先進的な開口合成法として知られている Total Focusing Method (TFM) に着目し、TFM アルゴリズムを物体形状計測に適用させるためのアルゴリズムの最適化を図っている。また、最適化した TFM アルゴリズムを実装可能な計測システムを構築し、格納容器内堆積物を想定して単純形状物体と模擬燃料デブリを計測対象とした物体形状計測実験を行い、模擬燃料デブリと単純形状物体ともに数ミリ程度の平均計測誤差で物体形状を把握できる事を示し、さらに既存の超音波パルスエコー法、開口合成法、従来の TFM と計測精度を比較し検証することで、物体形状計測における最適化した TFM アルゴリズムの高い有用性を示している。

第3章「開口合成ベクトル UVP の開発」では、第2章で最適化した TFM アルゴリズムと信号処理における非競合性から流動計測手法として UVP 法に着目しながら、UVP 信号処理を TFM 走査に組み込むことで物体形状と流速ベクトル分布の同時取得を可能とする可視化手法を提案している。また、本可視化手法を実装可能な計測システムを構築し、本手法と光学的な粒子画像流速計測計 (Particle Image Velocimetry: PIV) から得られる流速分布を比較し、流速ベクトル算出精度の検証実験を行い、流速ベクトルの計測精度を明らかにするとともに流速ベクトルの算出に使用する受信素子の選定方法を示し、さらに燃料デブリと漏洩箇所を単純化して格納容器内を模擬した実験体系で実験を行い、燃料デブリ分布状況の把握と漏洩位置の特定に向けた開口合成ベクトル UVP 法の適用可能性を示している。

第4章「広範囲計測に向けたエコーPIV法の開発」では、第3章の開口合成ベクトル UVP は計測精度と計測領域の観点から高精度な局所マッピングである事について述べ、納容器内調査の効率性を更に向上させるために同時可視化において高い計測効率を実現できる可能性のあるエコー粒子画像流速計測法 (エコーPIV法) に着目し、格納容器内の広域マッピング法として適用するために広範囲のエコー画像を高速に取得可能な超音波アレイセンサを用いた Diverging Wave – Delay And Sum (DW-DAS) 画像化手法を考案している。また、DW-DAS 画像化手法を用いたエコーPIV法を実装可能な計測システムを構築し、本計測システムの性能を調査しながら最適化を図り、第3章と同様に燃料デブリと漏洩箇所を単純化して格納容器内を模擬した実験体系で実験を行い、燃料デブリ分布状況の把握と漏洩位置の特定に向けた本手法の適用可能性を示すとともに、広い計測領域とリアルタイム計測の実現可能性から広域マッピング法としての高い可能性を示している。

第5章「結言」では、各章で得られた成果を総括し、本論文の結論としている。

これを要するに本論文は、超音波を用いた流動及び物体形状の同時可視化手法として、開口合成ベクトル UVP 法と DW-DAS 画像化手法を用いたエコーPIV法を開発し、格納容器内調査における燃料デブリ分布形状把握及び、漏洩位置特定への適用可能性を示すとともに、それらの計測手法を用いることで効率的に広領域における物体形状と流動をマッピングできる可能性を示しており、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。