

氏名(本籍)	いがらし じゅう えい (神奈川県) 五十嵐 重 英			
学位の種類	博 士 (工 学)			
学位記番号	博 甲 第 6073 号			
学位授与年月日	平成 24 年 3 月 23 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当			
審査研究科	システム情報工学研究科			
学位論文題目	<b>Studies on Measurement of Particle Flow Using a Perpendicular Ultrasonic Beam with Frequency Spectrum Analysis</b> (周波数スペクトル解析による直交超音波ビームを用いる粒子流測定に関する研究)			
主 査	筑波大学教授	工学博士	水 谷 孝 一	
副 査	筑波大学教授	Ph.D. (工学)	堀 憲 之	
副 査	筑波大学教授	工学博士	安 信 誠 二	
副 査	筑波大学准教授	博士 (工学)	若 槻 尚 斗	
副 査	筑波大学講師	博士 (工学)	川 村 洋 平	
副 査	筑波大学助教	博士 (工学)	海老原 格	

### 論 文 の 内 容 の 要 旨

流体の流れを計測する手法は様々な原理を用いたものが実用化されているが、中でも超音波を用いた計測は、非接触で流体に干渉しない、光が透過しない流体にも有効、またパイプ壁外側においたトランスデューサからパイプ壁を透過しての計測が可能など、取扱いの容易さに大きな利点があると考えられる。従来知られている超音波を用いたドップラ流速計は、音源に対して近付くもしくは遠ざかる速度成分に対して起こるドップラ効果（ドップラ周波数シフト）を利用しているので、被測定流に対してドップラシフトが起こるように流れに対して斜めに超音波トランスデューサを設置するなどの工夫が必要である。本研究では、円盤型トランスデューサから放射される超音波ビームの主軸に直交する方向に横切る粒子流の流速測定法を提案する。放射ビームを使用することで測定系が単純化でき、且つ収束ビームを使用する場合と比較して測定対象範囲が広くとれることでパイプ断面全域を観測可能となる等の利点がある。本手法ではトランスデューサから送信された音波が粒子により散乱され再びトランスデューサにより受信された信号の周波数スペクトル帯域幅から流速を測定する。さらに発展して、管断面内で流速分布がある場合の流量を周波数スペクトル形状から求める手法を提案する。ある有限開口をもつトランスデューサによる音場はあらゆる進行方向をもつ平面波の重ね合わせであることから、様々な進行方向の波の成分を含んで放射されている。その音場を通過する移動散乱物体に対しては、あらゆる方向にドップラ効果が起こっていると考えられる。本手法により比較的単純な構成で流速・流量計測が可能となり、パイプライン監視等への応用が考えられる。

第 1 章では、序論として本研究の背景、および目的を述べている。

第 2 章では、測定原理を説明しており、想定する測定系の条件・構成および数値計算の方法について述べている。

第 3 章では、想定する流れの速度が均一である場合の速度検出について検討している。まず超音波を散乱

する粒子が単一の場合の散乱波信号の数値シミュレーションを行い、帯域幅が横方向速度に依存することを示している。次にパイプ内を流れる流体を想定して粒子が複数の場合を計算している。また、超音波を発生するトランスデューサの指向性の計測への影響について議論している。さらに実施した実験結果と比較することによって数値シミュレーションの有効性を示している。

第4章では、管内流体に流速分布がある場合について議論している。パイプ断面内で速度の分布があるケースを想定するために単純化したモデルを導入し、その計測への影響を示している。平均化された周波数スペクトルの形状を解析することにより、管流の総流量を推定する手法を提案している。これは各粒子において発生するドップラ効果がスペクトル形状の拡がりに貢献することによるものであることを議論している。

第5章では、以上を総括して結論を述べている。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は超音波を用いる新たな流速・流量計測手法を提案している。従来から広く応用されている超音波計測の利便性を踏襲しつつ、従来のドップラ手法での原理的な制限事項に着目しそれを克服している。単純な形状のトランスデューサを単純な構成で使用することと、放射超音波ビームの汎用性を利用して、これまでにない簡易型の計測装置の開発への基礎となると考えられる。また本論文で導入された理論は様々なより複雑な計測構成への応用も考えられ、当該分野における研究を促進することが期待される。本論文で提案された手法は従来の流速・流量計測手法と比較してその適用範囲を大きく拡大することが期待されることから、評価に値する。

平成24年1月24日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。