

氏名(本籍) <sup>はや</sup>速 <sup>みず</sup>水 <sup>けん</sup>健 <sup>いち</sup>一 (秋田県)

学位の種類 工 学 博 士

学位記番号 博 甲 第 546 号

学位授与年月日 昭和63年3月25日

学位授与の要件 学位規則第5条第1項該当

審査研究科 工学研究科

学位論文題目 相関法による2次元速度の測定

主査 筑波大学教授 工学博士 井戸川 徹

副査 筑波大学教授 工学博士 松 島 皓 三

副査 筑波大学教授 工学博士 井 上 多 門

副査 筑波大学助教授 工学博士 青 島 伸 治

## 論 文 の 要 旨

移動する物体表面に自然に存在する不規則模様を利用して、その物体の速度を非接触測定するのに、相関法及び空間フィルタ法が従来主として利用されてきた。空間フィルタ法によれば一定方向の速度の大きさのみならず、速度の大きさと方向を同時に測定することが可能であり、既に測定器として市販され自動車の性能試験等において実用に供されている。相関を用いる場合には、大量のデータ処理を必要とする点に難点があり、速度の大きさと方向を同時に測定する実用に耐える方法はこれまで開発されていなかった。

一定方向の速度測定に応用するとき、データの統計的処理に必要な平均化の時間を比較的長くとることが可能な場合には、空間フィルタ法に比して相関法の方が高精度の測定が可能であるという研究結果がある。一般的に言えば、相関法と空間フィルタ法の優劣については結論が出ていない。

本研究は、平面内を移動する物体の速度の大きさと方向を、相関を用いて同時にしかも短時間で測定する新しい方法を提案する。またその測定法の誤差及び測定時間を実験によって確かめ、さらにこの方法を流体表面の流速分布の測定に応用し、実用的に有用であることを示す。最後に本方法の統計的誤差について計算による検討を加える。

第1章緒言は問題の提起および研究目的について述べ本研究の意義を示している。

第2章は本研究が提案する新しい測定法とそれを実現する装置に関する章である。本測定法の基礎は測定対象物体表面の不規則模様を円形走査する着想にある。円形走査を行うには64個のフォトダイオードセルを円周上に配置したアレイセンサを用いる。このアレイセンサの直径の両端にある

セルからの信号間の相互相関関数を並列計算し、その最大値の生ずる座標から速度の大きさと方向が決定される。相関関数の計算は、試作したハードウェアにおいて、極性相関関数として実行される。その結果は小型電子計算機に入力され、最大値の生ずる座標が決定され、また速度方向に対する追従制御を行って並列計算を最小限に止めるように工夫されている。速度の大きさと方向を同時に決定するに要する時間は、ここに試作した装置によれば、 $1/25$ sであった。

第3章は本測定法の誤差を確かめるために行った実験について述べる。相関法による速度測定の誤差を確かめるには、その測定値を積分し、走行距離測定値として真の値と比較すると高精度の検定が可能である。一定円周に沿って多数回走行して出発点に戻ってくる実験を行うと広い場所を必要としないので便利である。戻って来たときの距離測定値を、円周を回る回数から計算した値と比較して、容易に誤差を求めうる。このような実験を行う代わりに、本論文では回転円板を用いて同様な意味の実験を行った。1実験例の結果では、63.3mの走行距離が0.1%の精度で測定可能なことが確認され、また速度の方向が基準線に対して24.3度のとき方向測定値の誤差は0.4度であった。この誤差の中には、回転円板装置の不完全さによる測定値の分散も含まれている。

第4章は、本測定法の一応用例として、水表面の流れの流速分布を測定した実験について述べる。アルミ粉末を浮かべて流れを可視化した表面から不規則信号を得る。この不規則信号に本論文で述べた方法を適用し流速の大きさと方向を測定した。ITVカメラを用いて流れを録画し、繰り返し再生して、縦3.8mm横4.4mm置きに多数の点で測定を繰り返し、流速分布を得た。その結果、例えば水表面にできた渦の中心の座標を0.4mmの精度で決定することができた。この測定結果を確かめるために、アルミ粉末によって可視化された流れの写真を、シャッタ速度を定めて撮影することによっても流速分布を測定した。この両者の結果は満足すべき一致を示した。相関法によれば流れの平均的状态が得られるのに対し、写真法ではその撮影時刻の状态を捉えるので相関法で得た結果と比較して幾分乱れた流速分布が得られる。露光時間が正確であるとすれば、写真法は全体像を一瞬に捉えるが、現像等の手間と時間が必要である。

第5章は並進運動と回転運動が重なっているとき、3点で同時に速度の大きさと方向を測定すると、これらを分離することが可能なことを計算によって示している。但し並進、回転運動共に一様であると仮定されている。

第6章は、ここに示された測定法の、特に速度の方向の測定値の統計的誤差の、計算による検討にあてられている。

第7章では、本論文によって、相関法を用いる新しい2次元速度測定法とその特徴が示され、それが実用上有用であると結論されている。

## 審 査 の 要 旨

相関法を用い、平面内を移動する物体の速度の大きさと方向を非接触で測定する実用に耐える方法が、本論文によって初めて示された。本方法が必要とする測定時間は、一定方向の速度の大きさを相関法によって測定する従来の方法が必要とする時間にほぼ等しく、方向の測定を同時に行うために余分の時間を必要としない。測定精度も極めて高い。本測定法は測定対象表面の不規則模様を円形走査する着想にもとずいている。円形走査して得られる不規則信号の相互相関関数を並列計算して信号処理時間を短縮し、方向追従制御を導入することにより信号処理装置を必要最小限に押さえている。円形走査に使用する円形フォトダイオードアレイ以外には特殊な装置を必要としない。本方法を実用に供するにあたっては、測定対象によって各種の大きさのアレイから適切なものを選択して使用する必要が生ずると考えられる点で解決すべき問題を残している。

これを要するに、相関法による非接触速度測定を1次元から2次元に拡張する実用的方法を初めて示し、それが有用であることを実験によって確かめたことは、計測工学の分野に新しい知見を加えるものであり、工学博士の学位論文として十分な価値を有するものと認める。

よって、著者は工学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。