

氏名	青木伸夫		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第7710号		
学位授与年月日	平成28年3月25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	動的質量計測における時系列データによるモデル同定と信号処理に関する研究		
主査	筑波大学 教授	工学博士	水谷孝一
副査	筑波大学 教授	工学博士	藪野浩司
副査	筑波大学 教授	博士(農学)	北村豊
	(生命環境科学研究科)		
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	若槻尚斗
副査	筑波大学 助教	博士(工学)	海老原格
副査	筑波大学 助教	博士(工学)	前田祐佳

論文の要旨

本論文は、ロードセル式はかりを対象として、被測定物がはかりに載ってから静止状態に至るまでの過渡状態のデータから質量を推定するとともに計量時間を短縮する計算法及び、動物や物体が動いている状態のまま計量する動態計量を実現することを目的としている。この目的を達成するために、被測定物がはかりに載り始めてから載り終わるまでの入力データである荷重と出力データであるローパスフィルタの信号を解析して、被測定物と質量計測システムからなるシステムを線形の状態方程式で表現できることを明らかにしている。すなわち、動的質量計測が線形システム理論を基にモデル同定と信号処理を使って実現でき、実システムでその有効性を検証している。

第1章では、本研究の背景として産業計測分野において、高速計量・動態計量いずれの動的質量計測もその必要性について示している。静的質量計測から動的質量計測に転換することで、従来では実現が困難であったはかりが実現できることを示している。計測においては、結果から原因へ因果律を逆にたどるべき情報処理という観点から、被測定物と質量計測システムの動特性からその因果律を逆にたどることにより、動的質量計測を実現することを示している。

第2章では、静止状態が存在する被測定対象に対して、ロードセル式はかりの原理ならびに出力信号から、その質量計測システムが状態方程式でモデル化できることを明らかにしている。この質量計測システムの出力信号を一定間隔でサンプリングして得られる時系列データから、線形システム理論を適用して、質量を計算する高速計量を提案している。高速計量に必要なパラメータは、質量計測システムの動特性をあらかじめ基準分銅を使って同定する方法を明らかにしている。そのパラメータを

(博甲)

FIR デジタルフィルタに組み込み高速計量が実現できることを示している。FIR デジタルフィルタのはかりへの実装により計量時間を $1/2 \sim 1/3$ 短縮を実現している。

第3章では、走行車両を計量対象として、走行車両がトラックスケールと呼ばれるはかりを通過したときの出力信号を解析し、質量計測システムだけでなく被測定車両の動特性も含めたシステムを状態方程式でモデル化でき、これにより第2章の高速計量の手法を適用することが可能となり、走行車両の質量計算式を導出している。ただし、被測定車両ごとに動特性が異なり、デジタルフィルタのパラメータが変化することから、出力信号をサンプリングして得られる時系列データからオンラインで同定する手法を明らかにしている。また、実現した FIR デジタルフィルタは、固定フィルタと適応フィルタの2つのフィルタから構成されることを示している。固定フィルタは高速計量の FIR デジタルフィルタと同じであり適応フィルタが走行車両の動特性に対応していることも示している。トラックスケールに適用し、十分な精度が得られることが示されている。

第4章では、家畜特に体重が重要となる牛を計量対象とし、家畜が歩行している状態でののはかりの出力信号とビデオでの歩行状態の解析から、出力信号には重心の上下動に伴う振幅と歩行に伴う周期が存在することが分かった。一定速度で歩行した場合には、この歩行周期区間で積分すなわち平均化処理を行うことで家畜の体重を測定できることが示されている。歩行周期の同定すなわち平均化処理を実現する適応フィルタの次数は、高速計量の固定フィルタの計算値を使用して同定する手法を示している。また、平均化処理として窓関数をデジタルフィルタの係数に適用することで、精度が良くなっている。家畜計量器に適用し、実際の牛群を使った実験では飼養管理に必要な精度を有することを示している。

第5章では、本研究で得られた成果をまとめ、モデル同定による動的質量計測は、新たな計量方式を実現するとともに他の計測分野への展開可能性が示されている。

審 査 の 要 旨

【批評】

本論文の目的は、質量計測システムであるロードセル式はかりを対象に、計量時間を短縮する高速計量や動物や物体が動いている状態のまま計量する動態計量を、被測定物と質量計測システムの動特性からパラメータを同定し、その係数からデジタルフィルタを設計して質量を計測する動的質量計測法を確立したものである。これまで、計量が困難であった走行車両や家畜の質量計測を実現し、質量計測機器に新たな展開をもたらしている。今後、他のはかりへの適用を考えることでさらなる広がりや温度計測はじめとする他の計測分野にも同じ理論展開で新たな計測手法の構築が期待できることから評価に値する。

【最終試験の結果】

平成28年1月21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。

【結論】

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。

(博甲)