

# Encoderless Angle Estimation Methods for Rotary Electric Actuator

February 2018

Yuki SAITO

# 主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	甲	第	号	氏 名	齊藤 佑貴
主 論 文 題 名： <b>Encoderless Angle Estimation Methods for Rotary Electric Actuator</b> (回転電動機のエンコーダレス角度推定法)					
(内容の要旨) 近年、産業界を始め、医療や介護分野といった生活環境に至るまで、多くの分野におけるロボットの需要が増加している。これらロボットの運動制御にはアクチュエータの位置や速度を高精度に制御する必要がある。従来、位置や速度の制御達成のためには、エンコーダやタコメータといった機械的センサを可動部に直接取り付けすることで制御対象のセンシングをおこなってきた。しかしながら、機械的センサにはシステム全体の巨大化、ロボットの価格高騰、接続箇所の増加、故障率の上昇、これらに伴うメンテナンスコストの増加といった欠点が存在する。そのため、センサを最小限に電圧や電流情報を用いてアクチュエータの位置や速度を推定する手法が求められている。 本研究の目的は、今後のロボット業界の発展を目指し、低分解能なセンサのみを用いたシステムおよびセンサを用いないシステムにおける正確な位置の推定および運動制御の実現である。 第1章では、背景および先行研究について概説し、本研究の目的および提案手法の概要を述べた。 第2章では、本研究の基礎技術である加速度規範型運動制御について述べ、ロバストな制御系実現の1つの方法として外乱オブザーバを紹介した。その後、環境反力を推定する反作用トルク推定オブザーバについて説明し、加速度制御に基づく角度制御およびトルク制御を紹介した。さらに省スペース性が求められる応用例としてヒューマノイドに導入が検討されている二関節筋機構を備えた2リンクマニピュレータの運動制御を概説した。 第3章では、ブラシレスDCモータに着目し、デジタルホールセンサと逆起電力オブザーバを用いた角度推定アルゴリズムを提案した。提案手法ではホールセンサの信号を検出することで正確な角度を一定角度毎に取得し、低分解能なエンコーダとして機能させる。さらに、逆起電力情報により上記の検出角度間の補間を行っている。本提案手法により、正確かつ滑らかな角度情報を得ることができ、高性能な運動制御が可能となる。本章では、シミュレーションと実験により提案手法の有用性を検証した。 第4章では、ブラシ付きDCモータにおけるインピーダンス変動を用いたセンサレス角度推定アルゴリズムを提案した。提案手法ではブラシ付きDCモータの構造的な特徴であるブラシと整流子の接点切り替わり時に生じるパルス状のインピーダンス変動に着目し、パルス観測時に角度情報を更新することで角度を推定する。また、インピーダンス変動は高周波交流信号重畳後、離散フーリエ変換を行うことにより検出する。本提案手法は、角度依存性の要素を用いるため、角度を直接的に推定できるという利点がある。さらに、モデル化もモータの仕組みに基づくため単純であり、低速度時の変速運動への対応も可能である。本章では、実験により提案手法の有用性を確認した。 第5章にて、本研究の成果を要約した。					

Thesis Abstract

No. \_\_\_\_\_

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> "KOU" <input type="checkbox"/> "OTSU" No. _____ *Office use only	Name	SAITO, Yuki
Thesis Title			
Encoderless Angle Estimation Methods for Rotary Electric Actuator			
Thesis Summary			
<p>Nowadays, many applications that require control of the position and velocity of motors are becoming increasingly popular. This control is achieved by using mechanical sensors coupled to the motor such as encoders, potentiometers, tachometers, and Hall sensors. However, mechanical sensors have some disadvantages; for instance, increased maintenance, connections, failure rate, size of the systems, and cost of the systems. Therefore, sensorless techniques that estimate the velocity and position of motors without any mechanical sensors are required.</p> <p>The purpose of this research is to realize accurate angle estimation and motion control in a system using only low-resolution sensors and a sensorless system for the future development of the robot industry.</p> <p>Chapter 1 presented the background and previous studies related to this dissertation. In addition, the purpose and outline of the proposal in this research were described in this chapter.</p> <p>Chapter 2 described the motion control based on robust acceleration control. As a method to realize robust control, disturbance observer (DOB) was explained. Then, reaction torque observer, which estimates the environmental reaction torque, was explained, and the angle control and torque control based on acceleration control were introduced. In addition, as a space restricted application, the motion control of two-link manipulator equipped with biarticular muscle mechanism, which is considered to be utilized for humanoids, was outlined.</p> <p>Chapter 3 presented an algorithm to achieve precise angle estimation using digital Hall sensors and counter EMF observer for a brushless DC motor. This method uses Hall sensors for accurate and periodic detection of the angle. In addition, interpolation between the detected angles is performed using the counter EMF information. By using the proposed method, accurate angle information can be obtained, and a high-performance operation can be achieved. The effectiveness of the proposed approach was verified through simulations and experiments.</p> <p>Chapter 4 described the sensorless angle estimation method for the brushed DC motor. In order to estimate the angle of the rotor without any mechanical sensors, the proposed method uses impedance variation by contact switching. The impedance is measured by using high-frequency signal injection and discrete Fourier transform. This method can be used to estimate the angle of the rotor directly. Therefore, it is possible to estimate the angle accurately at low speeds. The validity of the proposed method was verified through experiments.</p> <p>Chapter 5 summarized and concluded this dissertation.</p>			