

仮想等分割平均法を用いた
超高精度ロータリエンコーダの開発

2019年度

石井 信行

主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	甲	第	号	氏 名	石井 信行
主 論 文 題 名：					
仮想等分割平均法を用いた超高精度ロータリエンコーダの開発					
(内容の要旨) 工作機械をはじめとした様々な精密加工機・検査装置において，求められる精度はますます高くなっている．とりわけ，タービンプレードや歯車などのエネルギー分野でもちいる巨大な円形部品の加工や，ナノ加工機など超精密加工分野では直線方向の測定だけでなく，回転方向の自由度に対する精度が大きな影響を持っている．しかし，「長さ」の測定に対して「角度」の精密な測定や体系化についてはまだまだ途上段階である．本研究では，近年提案されて来ている自己校正ロータリエンコーダの校正アルゴリズムをさらに最適化し，ほとんど実用化されていなかった中で，実際に機上に取り付けることが可能な実用レベルでの開発を行い，その有用性を検証することを目的とした． 第1章では，幾何学的物理量である長さと角度の歴史から始まり，角度測定の高精度化の必要性について述べた．角度測定の特異性から自己校正法の発展，先行技術とその課題について明らかにし，本研究の目的と目標を述べている． 第2章では，本研究で提案する自己校正值算出のアルゴリズムである仮想等分割平均法と，その前身である等分割平均法の原理について，解析的手法を用いて説明を行う． 第3章では，自己校正型ロータリエンコーダにおける主要な誤差要因とその影響について，解析的手法による推定と，数値シミュレーションによる既存の自己校正アルゴリズムとの比較を行い，考案した仮想等分割平均法の有効性について検証する． 第4章では，第3章の検証によって最適であると提案したセンサヘッド配置に従い，反射型回折格子であるスケールと半導体レーザを光源とした検出ヘッドを持つレーザスケールのロータリエンコーダ（株式会社マグネスケール製 BH-20RE）を用いてロータリエンコーダシステムとして開発し，また，実際に自己校正值を算出し，リアルタイムに校正し，校正された値を出力する処理回路の開発について説明を行う． 第5章では，開発したロータリエンコーダシステムの各性能，特に重要な性能である精度について重点的に評価を行い，実際に自己校正され十分な性能を持つことを示す． 第6章では，開発したロータリエンコーダシステムを横型5軸加工機（DMG MORI 製 NTX2000）の主軸に取り付け，その割り出し角度の精度および再現性について評価を行い，またその精度を校正值として用いることで割り出し角度精度の改善効果について検証し，開発したロータリエンコーダシステムの有効性について示す． 第7章では，本研究で得られた知見をまとめ，本論文の結論を述べる．					

Thesis Abstract

No. _____

Registration Number	☒ “KOU” ☐ “OTSU” No. _____ *Office use only	Name	ISHII Nobuyuki
Thesis Title Development of super high precision rotary encoder using virtual equal division averaging method			
Thesis Summary The accuracy required for various precision processing machines and inspection devices is getting higher and higher. Especially, processing of large circular parts used in the energy field such as turbine blades and gears, and nano-processing in the field of ultra-precision machining, not only linear direction measurement, but also rotational direction freedom has great influence. Under such circumstances, this study further optimizes the calibration algorithm of the self-calibration rotary encoder, which has been proposed in recent years, and in practice has not been practically used. The purpose was to develop at a practical level that can be attached to the top and to verify its usefulness. Chapter 1 starts with the history of geometrical physical quantities, length and angle, and describes the necessity of high precision of angle measurement. The peculiarities of angle measurement, the development of self-calibration method, the previous research and its problems are clarified. And the purpose and goal of this study were stated. Chapter 2 explains the principles of the virtual equal-division averaging method, which is the algorithm for self-calibration value calculation proposed in this research, and its predecessor, the equal-division averaging method, using analytical methods. In Chapter 3, major error factors and their effects in self-calibration rotary encoders are compared with existing algorithms by numerical simulation and by analysis method. And the effectiveness of the virtual equal division averaging method is verified. In Chapter 4, according to the sensor head arrangement proposed to be optimum by the verification in Chapter 3, a rotary encoder system was developed using a laser scale rotary encoder made by Magnescale, Inc. , which has a scale that is a diffraction grating and a detection head using a semiconductor laser as a light source. And also develop a processing circuit that actually calculates the self-calibration value, calibrates it in real time, and outputs the calibrated value. Chapter 5 focuses on each performance of the developed rotary encoder system, especially the accuracy that is the important performance, and shows that it is actually self-calibration and has sufficient performance. In Chapter 6, attach the developed rotary encoder system to the spindle of NTX 2000 and evaluate the accuracy and repeatability of its indexing angle and show the effectiveness of the developed rotary encoder system. Chapter 7 summarizes the findings obtained in this study and describes the conclusions of this paper.			