

氏名	よしだ しゅういち <b>吉田 修一</b>
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	博甲第699号
学位授与の日付	平成26年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 設計工学専攻
学位論文題目	<b>オートバランスにおけるバランス残差低減方法とその動作解析</b>
審査委員	(主査)教授 黒江康明 教授 曾根 彰 教授 野田 実 准教授 飯間 等

### 論文内容の要旨

本学位申請論文の目的は、オートバランスのバランスボールのバランス残差を低減して振動抑制性能を向上させるために、より最適な回転速度プロファイルの条件を求めることにある。そのために危険速度通過時のボール動作を詳しく解析している。

これまでの多くの研究では、オートバランスの定常的な特性を論ずることに主眼を置いており、非定常特性が論じられることはなかった。これに対して、本論文ではオートバランスの運動方程式を非定常振動モードでモデリングし、オートバランス加速時の時間軸シミュレーションを行っている。これにより、従来実験でしか確認できなかったボールの動きが、ばらつきに影響されることなくシミュレーションで再現できることになる。

また、加速時に回転速度プロファイルを用いることでバランスボールの移動を促進させるという手法において、回転速度プロファイルの変速期間における開始時刻と終了時刻とプロファイル形状をパラメータとして網羅的にシミュレーションにより解析することにより、バランス残差を低減するための最適な条件を求めている。その際にボールの移動力を考慮することで、残差が解消できる根拠を示している。より最適な変速期間の条件を求めることによって、ボールを目標位置へ短時間で移動させることができ、また、シミュレーションで求めることで実験による試行錯誤を不要としている。

また、オートバランスの危険速度通過時におけるバランスボールの動作をシミュレーションにより解析することで、非同期回転の発生を低減する為の条件を定量的に求めている。さらに、非同期回転を低減する為、回転速度プロファイル制御がどのような効果を及ぼすかを明らかにしている。このように、バランスボールの非同期回転動作を解析することによって、危険速度突入時、通過時、通過後のバランスボールの動きをトータルで把握し、非同期回転低減のメカニズムを明らかにしている。

さらに、上記のバランス残差低減のためのボール動作の解析、並びに非同期回転低減のためのボール動作の解析に関して、オートバランスを搭載した光ディスク装置を用いた実験によって検証している。

論文は、以下の7つの章で構成されている。

第1章は、序論であり、論文のあらまし、本研究の意義と背景を述べている。

第2章は、オートバランスの構成について述べ、モデル化を行っている。さらに、そのモデルに基づいて、非定常振動モードでの運動方程式を導出している。

第3章は、バランス残差を低減する方法について論じており、回転速度プロファイル制御方式を提案している。この方法は、モータの加速途中において、危険速度を通過する速度において変速期間を設けることで、バランス性能を向上させることを目的としている。

第4章は、導出された運動方程式に対して、加速途中のオートバランスの動作を MATLAB シミュレーションツールを用いて、様々な条件で時間軸シミュレーションを行っている。開始時刻と終了時刻とプロファイル形状をパラメータとして網羅的にシミュレーションがなされ、回転速度プロファイルの変速期間の最適な条件を探究している。また、ボールの移動力によって残差が解消されることを示している。

第5章は、導出された運動方程式に対して、危険速度通過時の非同期回転低減の為にボール動作を、MATLAB シミュレーションツールを用いて、様々な条件で時間軸シミュレーションを行っている。また、非同期回転を低減する為に回転速度プロファイル制御方式がどのような効果を及ぼすかについて確認している。

第6章は、オートバランスを搭載した光ディスク装置を用いた実験を行い、振動振幅が低減されることを検証している。

第7章では、本学位論文の結論であり、各章で得られた結果をまとめ、本研究の結論を述べている。

## 論文審査の結果の要旨

オートバランス（バランス部材を用いた自動平衡装置）とは、回転機械における回転軸と同心円上に設けた円環内にバランス部材を配置して、アンバランスを自動的に補正する機構を指し、最近では、パーソナルコンピュータや AV 機器のディスク装置などの回転のアンバランスの補正に不可欠なものとなっている。本論文は、このようなオートバランスにおける、バランスボールのバランス残差を低減して振動抑制性能を向上させるための方法について検討したものである。すなわちバランス残差を低減する方法として回転速度プロファイル制御方式を提案し、シミュレーションによる詳細な動作解析を行うことにより、制御のためのより最適な回転速度プロファイルを求めるとともに、低減できることの根拠などを検証している。また実験により、これら解析結果を検証している。

特に本論文では、従来の研究であまりやられてこなかったオートバランスの非定常状態の動作をモデリングしそれに基づくシミュレーションを行うことにより、非定常状態での動作を詳細に検討している。これにより、回転速度プロファイルを用いた新たな方法を導き、さらにそれら効果、低減できる根拠などを具体的に示すことに成功し、非常に有用であると認められる。またこのようなシミュレーションによるアプローチが成功したことは、これまで実験で試行錯誤的にやらざるを得なかったという問題点を解消するものとしても高く評価でき、この分野への貢献は大であると認められる。

本論文は、以下に示すレフリー制度の確立した学術雑誌に掲載決定となった 2 編の論文と査読中の 1 編の論文を基礎としており、いずれも申請者が筆頭著者である。

1. Shuichi YOSHIDA and Teruyuki NAKA, ``Reduction Method of Residual Balancing Error on Auto-balancer Mechanism," SICE Journal of Control, Measurement and System Integration, 2014 (掲載決定)
2. Shuichi YOSHIDA and Teruyuki NAKA, ``Motion Analysis of Balancing Balls of Auto-Balancer for Reducing Error in Passing Critical Speed," JSME Journal of System Design and Dynamics, 2014 (掲載決定)
3. Shuichi YOSHIDA and Teruyuki NAKA, ``Analysis of Balancing Balls of Auto-balancer for Reducing Non-synchronous Motion in Passing Critical Speed," SICE Journal of Control, Measurement and System Integration, 2014 (査読中)