



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	衣類挙動を考慮したドラム式洗濯乾燥機の逐次近似最適化 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	上甲, 康之
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15356号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/89429">https://hdl.handle.net/2115/89429</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>
Type	doctoral thesis
File Information	JOKO_Yasuyuki_review.pdf, 審査の要旨



## 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 上甲 康之

審査担当者 主査 准教授 本田 真也  
副査 教授 佐々木 克彦  
副査 教授 佐藤 太裕  
副査 教授 梶原 逸朗

### 学位論文題名

衣類挙動を考慮したドラム式洗濯乾燥機の逐次近似最適化  
(Study on Sequential Approximate Optimization for Front-loading Washer-dryer Considering Clothes Behavior)

近年、人口増加や急激な経済成長などに起因する社会・環境問題を背景に、ウェルビーイング(Well-being)の実現に向けた取り組みが世界規模で成されている。ウェルビーイングの実現に向けては、日々の家事とその周辺の営みにまつわる生活課題も多く、これまで当該領域で自動化や効率化などを提供してきた家電への期待は大きい。しかしながら、生活空間の一角に配される家電の性質上、様々な相反関係や実使用の不確実性もあるため、生活者の要求に速やかに応えることは容易ではない。したがって、今後の家電開発においても、これら相反関係や不確実性を考慮可能な最適設計法はますます重要になると考えられる。

そこで本研究では、相反関係と不確実性を含む家電設計問題として、ドラム式洗濯乾燥機の防振設計を研究対象とした。ドラム式洗濯乾燥機は、遠心脱水時に衣類分布のアンバランス(片寄り)に起因して振動することから、防振構造と脱水起動制御とを備える。脱水時に閾値以上の振動レベルが発生すると、一旦ドラムの回転を減速あるいは停止してリトライ(脱水をやり直す)することで、アンバランスを修正し振動低減を図る。しかしながら、このリトライが何度も行われると脱水時間の延長をもたらす。このような相反関係に加えて、脱水の試行ごとに異なる衣類挙動の不確実性も設計を難しくする要素となっている。これら相反関係と不確実性の考慮も含めて効率的な開発を行うためには、実機のない開発上流で防振構造と脱水起動制御の同時最適化が求められる。

したがって本研究では、衣類挙動が考慮されたドラム式洗濯乾燥機の最適防振設計法の確立を通して、ウェルビーイング実現に向けた多様な要求に速やかに応える家電設計法の提供を目的とする。具体的には、脱水時の振動とリトライ回数の両方を評価可能な脱水起動シミュレータの構築と、それを用いた最適化方法の確立とする。以上の内容を第1章にまとめ、以下、本論文の構成と概要について述べる。

まず第2章では、ドラム式洗濯乾燥機の低振動化に関する研究動向と課題について整理した。文献調査により分類すると、防振構造は機構解析や構造解析、粒子法などの方法が種々提案されているが、それらには脱水起動制御の評価に必要なリトライ回数の推定が含まれていないことを示した。そして、防振構造と脱水起動制御の同時最適化に向けた課題として、まずは衣類挙動のモデル化が必要であることを提示した。

そこで第3章では、衣類挙動をベータ分布に従う乱数で再現する脱水起動シミュレータを構築し、

その有用性を検証した。計算精度を評価するため、2種のドラム形状と5種の衣類量で実験と比較した結果、脱水起動シミュレータで計算したリトライ回数は2回未満の絶対差で実験と一致すると共に、そのときの平均アンバランスレベルの計算値も初期値比で0.1ポイント未満の差で実験値と一致したことから、本手法の高い有用性が示された。

次に第4章では、脱水起動シミュレータを用いた効率的な最適化方法として、RBFネットワークによる逐次近似多目的最適化を適用し、その有用性を検証した。ここでは、計算例としてリトライ回数、外槽変位の最大値、定常脱水時の床伝達力の3目的最小化問題を与え、10,000回のランダム探索と比較した。その結果、約1/50の計算コストで、総合評価のトレードオフ満足度がランダム探索と同等水準の1.12になると共に、探索範囲にパレート解が含まれた割合もランダム探索の4.0%よりも高い27.3%となったことから、本手法の高い有用性が示された。

第5章では、より表現力が高い代理モデルとして、ガウス過程による逐次近似多目的最適化法を適用し、その有用性を検証した。探索効率を評価するため、前述と同じ最適化問題を与えた結果、ランダム探索よりも10%以上優れたパレート解を1/100の計算コストで得られたことから、本手法の高い有用性が示された。最後に第6章では、論文を総括し、今後の展望を述べた。

これを要するに、モンテカルロ法やガウス過程を含む本手法は、今回ドラム式洗濯乾燥機の防振設計においてその有用性が示された。また、こうしたアプローチは気候や都市といった相反関係・不確実性を有する問題への応用も期待できるため、設計工学分野の課題解決に向けた本研究の学術的貢献は大なるものである。よって、著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。