

2026年 2月18日

豊橋技術科学大学長 殿

機械工学専攻
学位審査委員会
委員長

小林 正和



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、学位審査会を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	百済 和文		学籍番号	第239101号
申請学位	博士(工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 機械工学専攻	
博士学位 論文名	旋回クレーンの作業効率向上および機械負荷低減のための最適動作軌道の生成 (Optimal Motion Trajectory Generation for Enhancing Work Efficiency and Reducing Mechanical Stress in Rotary Cranes)			
論文審査の 期間	2026年1月15日 ~ 2026年2月18日			
公開審査会 の日	2026年2月17日	最終試験の 実施日	2026年2月17日	
論文審査の 結果*	合格		最終試験の 結果*	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士學位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	河村 庄造			
委員	高橋 淳二		内山 直樹	
		印		印
		印		印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

旋回クレーンは多様な作業現場で広く用いられているが、旋回接線と法線方向の荷振れが発生し、安全な操作には熟練を要する。また、部材に用いられるラチスブームは、複雑な構造を有するため局所的に応力が集中しやすく、特に港湾荷役などの高速繰り返し作業において疲労損傷が発生する。建設分野の労働人口減少に伴い、旋回クレーンにおいても自動制御法の実用化が強く望まれている。このような社会的背景に基づき、本論文では、旋回クレーンの高速動作時の作業効率向上と機械負荷低減を両立する最適動作軌道の生成法についてまとめている。

本論文は全7章より構成される。第1章では、研究背景、関連研究、目的と論文構成について述べている。第2章では、熟練者による実際の旋回クレーンの高速動作軌道および、これに伴う荷振れ、ブームの応力を分析し、旋回接線方向の荷振れがブームの応力を増大させる主要因であることを確認している。第3章では吊荷挙動の動特性モデルを示し、スケールモデル実験結果との比較により前者の妥当性を示している。第4章では、最大速度などの機械的な制約と許容される荷振れの大きさを拘束条件として、目標位置までに必要な動作時間を最小化する最適軌道の生成法を提案している。シミュレーションと実験により、熟練者による旋回動作と比較して、提案法の有効性を確認している。さらに、旋回動作のみを用いるのではなく、ロープ長やブーム起伏角を複合的に動作させる場合においても、有効性を確認している。第5章では、第2章で示した内容に基づき、旋回接線方向の荷振れを抑えることでブーム応力を低減することを提案している。また、既存研究の動作軌道と比較し、残留荷振れのみならず、動作中の荷振れを抑制することで、ブーム応力を低減できる方法を提案している。第6章では、繰り返し搬送作業での目標位置の逐次的な変更に対応するためのリアルタイム軌道補正法を提案し有効性を確認している。第7章は、本研究で得られた成果をまとめると共に、今後の課題と展望を述べている。

審査結果の要旨

国内建設業界は、少子高齢化や若年層人材の不足といった社会的背景により深刻な労働力不足に直面し、将来的な人材確保も困難と予想されている。旋回クレーンは移動可能な機体に取り付けたブームを旋回および起伏させることで、建設現場や港湾など多様な環境で吊荷を広範囲に搬送できることから広く用いられているが、旋回接線と法線方向の荷振れが発生し、安全な操作には熟練が必要である。このため、実用的な自動制御法の開発が期待されている。また、自動制御が可能になった際の高速動作によるブームの耐久性についても、安全面とコスト面から検討が必要である。本研究は、実際の旋回クレーンの機械的特性と熟練者による動作の分析に基づき、高速搬送と荷振れ抑制を可能にする最適動作軌道生成法を提案し、実験的に有効性を確認している点で高い独創性と有用性を有する。さらに、高速動作でのブームの疲労損傷を抑える制御法を提案し、寿命検討を行っている点も高く評価できる。

本論文の主要な成果は以下のようにまとめられる。1) 熟練者による動作軌道を分析し、残留荷振れの抑制が2段S字軌道で可能なことを確認後、この特徴を用いた少ない決定変数での最適動作軌道生成法を提案している。さらに、ブームの旋回動作のみならず起伏とロープ長動作を含む軌道生成法へ発展させ、実験的に有効性を確認している。2) 実際の旋回クレーンの荷振れとブーム応力の高い相関を実験的に確認し、残留荷振れのみならず、動作途中の荷振れを抑えることで、ブーム応力を低減できる最適動作軌道生成法を提案している。また、実際の旋回クレーンの有限要素解析の結果と比較し、ブーム応力の低減を確認している。さらに、この応力値を用いて機械寿命が2.7倍向上することを示している。3) 港湾などでの繰り返し搬送作業における目標位置の逐次的な変更に対応するための短時間での軌道生成に対して、二次計画法に基づくリアルタイム補正法を提案し、動作性能が維持されることを示している。

実際の旋回クレーンの機械特性と熟練操作の分析に基づく最適動作軌道生成法の提案はシステム工学分野での学術的独創性が高い。また、シミュレーションと実験により大きな性能向上を確認し、工学的寄与も大きく、本論文を博士(工学)の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)