

## 2021年度 独創的研究助成費 実績報告書

2022年3月30日

報告者	学科名	情報システム工学科	職名	教授	氏名	忻 欣
研究課題	タワークレーンの非線形制御に関する設計・解析法					
研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担	
	代表	忻 欣	情報システム工学科 ・教授	制御工学・ ロボット工学	総括	
	分担者					
研究実績 の概要	<p>本研究では、代表者の多自由度劣駆動ロボットに対する非線形制御系の設計・解析法に関する研究経験などを基に、タワークレーンを対象とし、先行研究と異なり、線形近似をせずに、その非線形動特性や構造を活かした非線形制御に関する設計・解析法を構築し、その妥当性・有効性を実機実験により検証した。</p> <p>タワークレーンは近年急増するタワーマンションの建築現場、港湾などで、吊り荷の運搬を行うための機械装置である。その複雑な構造で、運搬中に吊り荷が大きく揺れやすいため、その制御には、安全性を維持し、高速・正確な吊り荷の位置決めを実現しつつ、過渡時の吊り荷の振動と残留振動を抑制することが重要である。しかし、現状は操縦者の経験や勘に頼る面が大きいため、吊り荷の振れを効果的に抑制するシステムを備え、操縦者の運転操作の負担を軽減する必要がある。</p> <p>先行研究として、文献[1]では、天井クレーンに対してPD制御則が提案されたが、そのゲインの決定方法は示されていない。また、文献[2]では、単振り子タワークレーンに対してLQR法によるPID-PD制御則が設計されるが、線形近似モデルに基づいて設計されているため、システムの状態が平衡点から大きく離れた場合は閉ループ系の安定性が理論的に保証されていない。以上の課題の解決を目指し、本研究では以下の成果を得た。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 天井クレーンとPD制御則からなる閉ループ系の代表極の実部が最小となるようなPDゲインを解析的に示し、得られたゲインを用いたとき、システムの速応性が向上することを数値シミュレーションにより示した。</li> <li>2) 天井クレーンの非線形モデルに対して、駆動・非駆動変数からなる複合信号を用いた軌道追従制御則を設計した。また、提案した制御則からなる閉ループ系の目標平衡点が漸近安定であることを示すとともに、実験検証により提案した制御則を用いたときトロリーの位置決めおよびペイロードの振動抑制が有効に行われることを示した。</li> <li>3) 旋回運動のみを行う単振り子タワークレーンを対象に、駆動・非駆動変数からなる複合信号を用いた軌道追従制御則を設計するとともに、その制御則でのクレーンの動きを解析し、軌道追従制御目的が達成できることを明らかにした。また、実機実験により、提案した制御則がペイロードの揺れを抑制し、ジブの位置決めを有効に行えることを示した。</li> </ol>					

※ 次ページに続く

<p>研究実績 の概要</p>	<p>参考文献</p> <p>[1] Y. Fang, W. E. Dixon, and D. M. Dawson: Nonlinear coupling control laws for an overhead crane system, Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Control Applications, pp. 639-644 (2001)</p> <p>[2] Quanser 3DOF Crane User Manual: <a href="https://www.made-for-science.com/en/quanser/?df=made-for-science-quanser-3-dof-crane-usermanual.pdf">https://www.made-for-science.com/en/quanser/?df=made-for-science-quanser-3-dof-crane-usermanual.pdf</a></p>
<p>成果資料目録</p>	<p>[1] 佐藤, 忻, 泉: 代表極に基づく天井クレーンの最適振れ止めPD 制御ゲインの設計, 第30回計測自動制御学会中国支部学術講演会, pp. 97-98 (2021) (奨励賞受賞)</p> <p>[2] X. Xin, Kazunori Makino, Shinsaku Izumi, Taiga Yamasaki, Yannian Liu. Anti-swing control of the Pendubot using damper and spring with positive or negative stiffness, International Journal of Robust and Nonlinear Control. Vol. 31, No. 9, pp. 4227-4246 (2021)</p> <p>[3] T. Yang, N. Sun, Y. Fang, X. Xin, H. Chen, New adaptive control methods for n-link robot manipulators with online gravity compensation: Design and experiments, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 69, No. 1, pp. 539-548 (2022)</p>