

2022年度 独創的研究助成費 実績報告書

2023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	劣駆動系の新たな安定制御・追従制御に関する研究					
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		
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、複数の非駆動関節を持つ2つの多リンクロボットシステムを対象に、その線形可制御性を明らかにしている。また、劣駆動度2の3リンクロボットを対象に、その安定化制御系を設計するとともに、解析している。さらに、旋回式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>本年度では、以下の研究を行った。具体的な成果は以下のように紹介する。</p> <ol style="list-style-type: none"> 複数の非駆動関節を持つ2つの多リンクロボットシステムの線形可制御性 <p>本研究では、2つの多リンク劣駆動ロボットシステムの線形可制御性について取り扱っている。まず、垂直平面上の台車に取り付けられた一般的なnリンク倒立振子について、台車が所望の位置にあり、各振子が垂直位置にあるという平衡点の周りで、台車が駆動される場合に限り、台車と振子の物理パラメータに関係なく線形可制御であることを証明している。次に、水平平面上の固定した台に取り付けられた第1関節を持つnリンク劣駆動平面ロボットについて、ロボットの各関節がまっすぐ伸びて一定の角速度で回転する軌道の周りで、その物理パラメータおよび残りの関節の駆動または劣駆動に関係なく、第1関節が駆動される場合に限り、線形可制御であることを証明している。上記の結果を、文献中の5リンク振子台車システムと4リンク平面体操ロボットを用いて説明している。非駆動関節を持つ劣駆動ロボット平面システムの平衡点または軌道の周りの線形可制御性に関して新たな洞察を提供している。</p> 劣駆動度2の3リンクロボットの安定化制御系の設計・解析 <p>つり輪運動は静止姿勢と振動を繰り返す興味深いものであり、安定化制御と軌道追従制御に結びついている。本研究では、つり輪運動を、関節1（ロープの根元）が非駆動、関節2（体操選手の手）、関節3（体操選手の腰）が駆動である3リンクロボット（以下PPAロボット）としてモデルを構築する。そのPPAロボットのリンク1（ロープ）が鉛直真下、リンク2と3が鉛直真上（体操選手が倒立する）の姿勢に安定化をする問題に挑戦している。まず、PPAロボットの角運動量とその一次と二次の時間微分以外のフィードバックする変数については、ヤコビアン行列の正則性に基づく状態量の選定法を提案した。それを用いた安定化制御則を設計し、その制御則でのPPAロボットの動きを解析した。さらに、数値シミュレーションなどで、その設計・解析法の有効性、妥当性を示した。</p> 					

※ 次ページに続く

<p>研究実績 の概要</p>	<p>3. 旋回式クレーンの振れ止め制御：理論と実験</p> <p>旋回式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>成果資料目録</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 橋本竜英, 忻欣, 佐藤翔, 泉晋作, 山崎大河：旋回式クレーンの振れ止め制御：理論と実験, 第31回計測自動制御学会中国支部学術講演会, 広島, 11月26日, pp. 69-70, 2022. (優秀賞受賞) 2. X. Xin, Y. Liu, and K. Zhang, Linear controllability of two multi-link robotic systems with multiple unactuated joints, ISA Transactions, Vol. 131, pp. 264-273, 2022. 3. X. Xin, Y. Liu, S. Hara, and Y. Muraoka, Analysis of synchronization of multiple identical metronomes on a cart via describing function approach, Asian Journal of Control, Vol. 24, No. 6, pp. 2931-2951, 2022. 4. Z. Peng, X. Xin, and Y. Liu, Energy-based swing-up control for a two-link underactuated robot with flexible first joint, Nonlinear Dynamics, Vol. 111, No. 1, pp. 289-302, 2022.