

## 平成30年度 独創的研究助成費 実績報告書

平成31年3月29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	複数の非駆動関節を有する多自由度劣駆動ロボットの新しい制御理論の構築					
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	魏 海坤	東南大学 自動化 学院長・教授	ロボット工学	制御則の設計	
研究実績 の概要	<p>制御入力の数一般化座標数より少ない劣駆動系では、アクチュエータの数が全駆動系に比べて少ないため、コスト、重量などの点で優れている。しかし、そのような劣駆動系には強い非線形性があるため、劣駆動系の制御に関する研究は挑戦的な課題である。</p> <p>本研究では、複数の非駆動関節を有する多自由度ロボットを対象とし、その物理的構造と固有の非線形特性を活かして、その可制御性、大域的な安定化制御などの中核的な問題を解決し、その新しい制御理論を構築するとともに、2つの非駆動関節を有する3リンクロボットの姿勢制御への応用を行った。その成果を権威がある国際学術雑誌と会議等で発表している。</p>					

※ 次ページに続く

<p>研究実績 の概要</p>	<p>調査研究目的を実現するため、次の2つの研究内容を行った。</p> <p>1. 水平面における複数の非駆動関節を有する <math>n</math> リンクロボットの可制御性の解析</p> <p>劣駆動ロボットの可制御性は注目を浴びている。Kobayashi ら[1]は水平面における1つの非駆動関節を有する <math>n</math> リンクロボット（重力の影響がなし）の大域的な可制御性を明らかにしたが、複数の非駆動関節の場合は未解決のままになっている。最近、研究代表者らは垂直平面における <math>n</math> リンク劣駆動ロボット（重力の影響がある）の局所的な可制御性について、いつかの成果を発表している。</p> <p>以上の研究成果のもとに、本研究では、水平面における複数の非駆動関節を有する <math>n</math> リンクロボットを対象とし、その物理的構造と固有の非線形特性を活かして、そのロボットの大域的な可制御性であるための必要十分条件を示すとともに、駆動関節の数、配置および駆動方式の違いによるすべてのパターンの可制御性を明らかにしている。</p> <p>2. 1つの駆動関節を有する <math>n</math> リンクロボットの安定化制御系の設計・解析</p> <p>Azad [2]は、第1関節が非駆動（Passive）で、第2関節が駆動（Active）であるロボット（以下PAロボット）の角運動量とその一次と二次の時間微分、および駆動関節の角度を用いた安定化制御則を提案し、その有効性を数値例で報告している。研究代表者ら[3]は、Azad [2]の結果を、PAロボットの大域的な安定化制御への拡張を試みている。その制御則の実世界への応用が期待される。</p> <p>本研究では、関節1と2が非駆動、関節3が駆動である3リンクロボット（以下PPAロボット）を対象とし、そのPPAロボットの真上平衡点を安定化する問題に挑戦する。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。シミュレーションより、その提案則の有効性を示している。</p> <p>参考文献</p> <p>[1]. K. Kobayashi and T. Yoshikawa, Controllability of under-actuated planar manipulators with one unactuated joint, <i>The International Journal of Robotics Research</i>, vol. 21, no. 5-6, pp. 555-561, 2002.</p> <p>[2]. M. Azad. Balancing and hopping motion control algorithms for an under-actuated robot. <i>Ph.D thesis</i>, The Australian National University, 2014.</p> <p>[3]. X. Xin M. Ono, S. Izumi, and T. Yamasaki, New results of angular momentum based stabilizing control of the Acrobot, <i>Proceedings of 56th IEEE Conference on Decision and Control</i>, Melbourne, pp. 5809-5814, 2017.</p>
<p>成果資料目録</p>	<p>1. Xin Xin: Linear strong structural controllability and observability of an <math>n</math>-link underactuated revolute planar robot with active intermediate joint or joints, <i>Automatica</i>, Vol. 94, pp. 436-442, 2018.8</p> <p>2. Xin Xin, Makoto Ono, Shinsaku Izumi, Taiga Yamasaki, and Kanjian Zhang: Angular momentum based stabilizing control of underactuated multi-link planar robots with last active joint, <i>Proceedings of 2018 American Control Conference (ACC18)</i>, pp. 1939-1944, 2018.6, Milwaukee.</p> <p>3. Xin Xin, Kanjian Zhang, and Haikun Wei: Linear strong structural controllability for an <math>n</math>-link inverted pendulum in a cart, <i>Proceedings of the 57th IEEE Conference on Decision and Control (CDC2018)</i>, pp. 1204-1209, 2018,12, Miami Beach.</p> <p>4. Xin Xin: Linear strong structural controllability and observability of an <math>n</math>-link underactuated planar robot with different actuator-sensor configurations, 第61回自動制御連合講演会, pp. 1387-1391, 2018.11, 南山大学.</p>