

## 2021年度 独自の研究助成費 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	助教	氏名	泉 晋作
研究課題	離散値入力を用いた四足歩行ロボットのフォーメーション制御					
研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担	
	代表	泉 晋作	情報工学部情報システム工学科・助教	制御工学	研究全般	
研究実績の概要	分担者					
	<p><b>研究背景・目的</b></p> <p>システム制御分野では、ロボット群のフォーメーション制御がよく研究されている。これは、複数のロボットによる危険地帯の調査やドローン群のフォーメーション飛行といった応用が期待されているためである。</p> <p>これまでのフォーメーション制御の研究では、全方向移動型や二輪車両型のロボットが主に考えられていたが、本研究では、図1のような「四足歩行ロボット」のフォーメーション制御を考える。このロボットは足を用いて移動するため、車両型のロボットに比べて不整地での活動に適する。一方で、四足歩行ロボットを連続値の信号によって制御することは難しい。実際、四足歩行ロボットは複数の運動（たとえば、前進、後退、旋回）を切り替えて移動するため、その位置を滑らかに変えることはできない。</p> <p>そこで本研究では、離散値の信号、すなわち「離散値入力」を用いた四足歩行ロボットのフォーメーション制御器の開発を目的とする。</p> <p><b>研究成果</b></p> <p>本研究の主な成果は以下のとおりである。</p> <p>A) 離散値入力を用いたフォーメーション制御器の開発</p> <p>二輪車両型ロボットの数学モデルを基に四足歩行ロボットの数学モデルを考え、そのモデルに対して、離散値入力を用いたフォーメーション制御器を提案した。提案制御器は、全方向移動型ロボットに対するフォーメーション制御器と動的量子化器を組み合わせたものである。前者の制御器がロボットの移動先を決定し、その情報と過去に発生した量子化誤差の情報に基づいて、動的量子化器が離散値の制約を満たす入力を生成する。計算機シミュレーションの結果、離散値の入力という制約下でも、提案制御器によって目標フォーメーションを実現できることが示された。</p>					

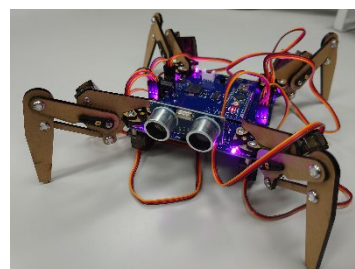


図1 四足歩行ロボット

<p>研究実績 の概要</p>	<p>B) フィードバック系の解析 提案制御器が適用されたフィードバック系の振舞いを理論的に解析した。具体的には、入りに離散値の制約がない場合との時間応答の差を定量化する評価関数を導入し、その上界をロボットと制御器のパラメータの関数として与えた。これにより、離散値の制約がシステムの振舞いに与える影響を見積もることができる。さらに、この結果を用いて、システムの安定性を理論的に示した。</p> <p>C) リーダー・フォロワー型フォーメーションへの拡張 提案制御器は目標フォーメーションが固定されていることを前提としていた。そこで、この制御器をリーダー・フォロワー型フォーメーションへ拡張した。拡張した制御器を用いることで、リーダーとなるロボットを移動させるだけで、フォーメーション全体を移動させることができる。</p> <p>以上の成果の一部は、国際誌に論文<sup>1)</sup>（番号は成果資料目録のものに対応）として掲載されたほか、システム制御分野におけるトップカンファレンス IEEE Conference on Decision and Control に採択された。</p>
<p>成果資料目録</p> <p>（成果資料等があれば添付すること。）</p>	<p><b>学術論文</b></p> <p>1) S. Izumi, K. Shinagawa, X. Xin, and T. Yamasaki: Formation Control of Four-Legged Robots using Discrete-Valued Inputs, IEEE Control Systems Letters, Vol. 6, pp. 1088-1093 (2022)</p> <p>*The contents of this paper were also selected by 60th IEEE Conference on Decision and Control (CDC2021) Program Committee for presentation at the Conference.</p>