

氏名(本籍)	たけ うち ひろ き 竹 内 裕 喜 (茨 城 県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	博 甲 第 3699 号
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科	システム情報工学研究科
学位論文題目	<b>Real-Time Generation for Optimal Robot Motion</b> (最適なロボット動作の実時間生成)
主査	筑波大学教授 工学博士 安 信 誠 二
副査	筑波大学教授 工学博士 鬼 沢 武 久
副査	筑波大学教授 工学博士 山 海 嘉 之
副査	筑波大学助教授 Ph. D. (工学) 堀 憲 之
副査	筑波大学助教授 博士 (工学) 大 塚 敏 之

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

ロボット等のリアルタイム制御を必要とする制御対象では、リアルタイムに最適な動きを生成することが重要である。このリアルタイムに動きを生成する際の問題点は、等式拘束条件と不等式拘束条件をどのように最適化問題の定式化中に取込むかである。ここでは、脚式ロボットのゼロモーメント点のバランス条件を等式拘束条件で記述し、定式化内にうまく取込み生成している。また、脚式ロボットの遊脚の動作生成では、脚が床の高度を下回らない条件を不等式拘束条件として記述できるが、この問題は状態量不等式拘束となり、解くのが困難な問題であった。本論文では、スラック変数法を導入した Receding Horizon Control 法を開発し最適解を得ている。これらにより、実用的なリアルタイム最適軌道生成を達成し、ロボット動作の実時間生成によりその有効性を示している。

第 1 章は、序論であり、本論文の背景と対象とする最適化問題の従来研究の概要について述べ、さらに本論文の目的及び解決方法について述べている。

第 2 章では、機械システムに対する実時間制御とその最適化への応用について示している。

第 3 章では、リアルタイム最適化の手法について述べ、特に、本論文で基礎としている Receding Horizon Control 法について、詳細に示している。

第 4 章では、ロボットに対しての実時間制御について論じ、数式モデルを用いた動きの解析、現代制御理論を用いた実時間制御と実現する計算機システムについて述べ、さらに、脚式ロボットを具体的応用例として、実時間制御の問題点を述べている。

第 5 章では、脚式ロボットが持つ不安定なダイナミクスを定式化する際に、ゼロモーメント点のバランス条件を等式拘束条件で記述し、定式化内にうまく取込み動きを生成している。

第 6 章では、脚式ロボットの遊脚の動作生成に対して、脚が床の高度を下回らない条件は不等式拘束条件として記述し、状態量不等式拘束となる問題に対して、スラック変数法を導入した Receding Horizon

Control 法を提案し，最適な動きを得ている。

第7章では，適用例を踏まえて，勾配法を，連続変形法とホモトピー法にうまく取込む方法により実用的な Receding Horizon Control のアルゴリズムについてまとめている。

第8章は，本論文の結果をまとめるとともに，本論文で扱った，リアルタイム動き生成問題について。今後の課題を考察している。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では，ロボット等のリアルタイム制御を必要とする制御対象に，拘束条件を付加しスラック変数を導入することにより実用解を得るリアルタイム最適化手法を開発し，実用的に最適軌道を生成し制御を行えることが示している。この手法は，航空宇宙，鉄道，自動車，など各種分野への適応が可能である。

以上の成果は，リアルタイム制御の設計法及び最適な動作生成制御の実現に対して寄与する点が多大であり，本論文は博士論文に値するものと認められる。

よって，著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。