

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第 10608号
------	-----	----------

氏 名 HAO Zhiwei

論 文 題 目

Optimal Trajectory Generation via Double Generating Functions
and Application to Biped Robots

(二重母関数による最適軌道生成と二足歩行ロボットへの応用)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	早川 義一
委員	京都大学	教授	藤本 健治
委員	名古屋大学	教授	鈴木 達也
委員	名古屋大学	准教授	坂本 登
委員	名古屋大学	准教授	田地 宏一

論文審査の結果の要旨

HAO Zhiwei 君提出の論文「Optimal Trajectory Generation via Double Generating Functions and Application to Biped Robots (二重母関数による最適軌道生成と二足歩行ロボットへの応用)」は、両端時刻での状態値が与えられた有限時間最適制御問題の最適解を両端の状態値の代数関数として与える二重母関数法を提案し、その有効性を二足歩行ロボットの最適軌道生成で確認したものであり、全7章より成る。

第1章は序章であり、本研究の背景、有限時間最適制御問題を含む最適制御に関する研究の現状と課題、ならびに本研究の目的を述べている。

第2章では本論文の議論のための準備の章であり、非線形制御系を対象に、両端時刻での状態制約がある有限時間最適制御問題の定式化を示し、その最適解に関する種々の知られた事実として、ハミルトン・ヤコビ方程式(非線形偏微分方程式)と境界条件、その正準変換、二点境界値をもつハミルトン系などがまとめられている。

第3章では、線形制御系と二次形式評価関数に対し、有限時間最適制御問題の最適解を与える計算アルゴリズムを具体的に提案している。得られた最適解は両端時刻の状態値と有限時間区間の関数(状態値に関しては線形関数)である。二点境界条件をもつハミルトン系の順時間(あるいは逆時間)の母関数だけを用いた単一母関数法では、有限時間区間の増大に伴い、最適解が不安定化することを証明するとともに、順時間と逆時間の二方向の母関数を用いる二重母関数法では数値的に安定な最適解が得られることをシミュレーションで確認している。

第4章では、第3章の結果を非線形制御系と非線形評価関数に対する有限時間最適制御問題に拡張することをめざし、ハミルトン・ヤコビ方程式の近似解法を提案している。具体的には、近似解を両端時刻の状態値に関するテイラー展開で表現し、各項の係数(時間関数)は常微分方程式を低次項から順次求めていく方法を提案している。

第5章では、第4章の結果を利用し、第3章の結果を拡張することで、非線形制御系と非線形評価関数に対し、二重母関数法によって、有限時間最適制御問題の最適解を与える計算アルゴリズムを具体的に提案している。得られた最適解は両端時刻の状態と有限時間区間の関数(状態に関しては多項式関数)である。

第6章では、前章までに提案された有限時間最適制御問題の解法を二足歩行ロボットの歩行獲得問題に適応している。支持脚と遊脚の切り替えによって行われる二足歩行を一步の初期時刻と終端時刻に状態制約がある有限時間最適制御と捉え、一步に要する時間や両端の状態制約値を可変にできる最適制御問題の実時間解法として提案手法の有効性をシミュレーションによって確認している。

第7章は本研究で得られた成果と今後の研究のまとめである。

以上のように、本研究は、両端時刻での状態制約がある有限時間最適制御問題の実時間解法として二重母関数法を提案し、その有効性を二足歩行ロボットの最適軌道生成で確認したものであり、学術上、工業上寄与するところが大きい。よって、本論文提出者 HAO Zhiwei 君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した。