

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11633 号
------	---------------

氏名 陳 迪劍

### 論文題目

Optimal Control of Continuous and Discrete Time Systems via Generating Functions  
(母関数を用いた連続時間及び離散時間システムの最適制御)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	鈴木 達也
委員	名古屋大学	教授	宇野 洋二
委員	名古屋大学	准教授	浅井 徹
委員	南山大学	教授	坂本 登
委員	京都大学	教授	藤本 健治

## 論文審査の結果の要旨

陳迪劍君提出の論文「Optimal Control of Continuous and Discrete Time Systems via Generating Functions（母関数を用いた連続時間及び離散時間システムの最適制御）」は、離散時間システムに対する有限時間区間の最適軌道生成問題に対して母関数法の枠組みを提案している。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、本研究の背景となる最適制御問題の研究に関するこれまでの理論的成果と具体的な応用例、および本学位論文の目的が述べられている。特に離散時間システムの最適制御および制約付きの最適制御問題について詳しく説明している。

第2章では、連続時間システムおよび離散時間システムの両方の枠組みにおける最適制御問題と、その解がハミルトン系および母関数で特徴付けられることを説明しており、これらの理論的ツールが果たす役割が整理されている。

第3章では、状態制約付き連続時間最適制御問題を、ペナルティ関数を組み込んだ最適制御問題として定式化し、母関数法を導入することでハミルトン・ヤコビ方程式を数値的に解く解法を提案している。ペナルティ関数を母関数法と組み合わせる際に必要な設計指針を明らかにし、提案法によって最適解が導かれる事を示している。さらには、具体例を用いてその有用性を検証している。

第4章では、離散時間線形システムに対する終端拘束付きのLQ最適制御問題において、最適解を状態の境界値の関数として与える二重母関数法を提案している。連続時間システムに対する同様の解法では、最適解を特徴付けるハミルトン系の、順時間方向および逆時間方向の挙動を同時に利用することで解を導くことができるが、離散時間システムに対しては同様の考え方は適用できない。そこで順時間方向と逆時間方向で異なる左右ハミルトン関数を有する離散時間ハミルトン系を新たに活用することで最適解の導出を可能にしている。さらに得られた解を特徴付けるRiccati方程式の性質から、アルゴリズムが数値的に安定になるための条件を導いている。またこれらの結果の有用性は、複数の数値例を通じて検証されている。

第5章では、離散時間非線形システムに対する最適制御問題への拡張を行っている。テイラー級数展開に基づいて、母関数が満たすハミルトン・ヤコビ方程式を差分方程式の形式へと変換することで数値解を再帰的に求める手法を提案している。連続時間システムのハミルトン・ヤコビ方程式が、状態変数と共状態変数の2変数に関する偏微分方程式であったのに対して、提案法で扱う離散時間システムでは3変数となり複雑な問題となるが、連続時間システムの場合と同様に再帰的に計算が可能であること示している。

第6章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文は、これまで困難とされてきた終端拘束付きの最適制御手法の離散時間システムへの拡張を行ったものであり、最適制御則の導出に加えてアルゴリズムの数値的安定性の解析や非線形系への拡張等を行うなど、多くの重要な成果が述べられていることから工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である陳迪劍君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。