

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12301 号
------	---------------

氏 名 Tran Anh Tuan

### 論文題目

Nonlinear optimal flight control design under various constraints  
(様々な制約の下での非線形最適飛行制御の設計)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	准教授	森 浩一
委員	南山大学	教授	坂本 登
委員	名古屋大学	教授	原 進
委員	名古屋大学	教授	道木 慎二
委員	名古屋大学	教授	東 俊一

## 論文審査の結果の要旨

Tran Anh Tuan君提出の論文「Nonlinear optimal flight control design under various constraints (様々な制約の下での非線形最適飛行制御の設計)」は、様々な制約条件の元で最適な非線形飛行制御の設計法を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、Introductionであり、本研究の背景、目的ならびに本論文のアウトラインを述べている。近年、観測・測量・救助・物資輸送など、様々な用途にUAV (Unmanned Aerial Vehicle)の利用が増加しており、特に近年では民生応用における有用性が注目されている。固定翼、回転翼、可変翼など、様々な様式のものが開発されつつある。実際にUAVの飛行制御法を実装する際には、actuator saturationやactuator rate-limitに代表されるような様々な制約条件が課され、これらの制約条件が、飛行の不安定性を引き起こすことが大きな問題である。特にTilt-wing型可変翼機は、複雑な構造を有しており、飛行モード遷移時において飛行力学的特性の非線形性が顕著に現れ、Tilt angleによって機体の空力性能は大きく変化するため、飛行制御法においても、この大きな変化に対応できるアルゴリズムを開発する必要がある。

第2章では、QTRW VTOL (Quad-Tilt-Rotor Vertical Take-Off and Landing) UAVに対してrobust output regulation methodを適用している。所与のTilt angleにおける飛行制御アルゴリズムを設計し、補間によって任意のTilt angleの元での飛行制御を実現するという方法を示している。飛行制御器はSAS(Stabilization Augmentation System)ならびにCAS(Control Augmentation System) 2つの制御ループにより実現され、過去の研究では、CASを従来のPID制御を用いていた。本研究では、新たにCASをrobust output regulation methodに基づいて設計した。飛行実験を行い、この方法の優位性を実験的に証明している。

第3章では、Actuator rate limitに伴って固定翼の飛行に引き起こされる非線形性に注目している。このrate limitは、Pilot-Induced Oscillationを引き起こす原因になることが知られており、飛行の安定性に重大な影響を及ぼしうる制約条件である。本研究では、nonlinear optimal output regulation methodを適用することにより、Pilot-Induced Oscillationを効率的に抑制できることを、6自由度非行シミュレーションの結果に基づいて示している。

第4章では、システムに複数の制約条件が課された一般的な場合における非線形最適制御法を定式化している。これは、複数の不等式により表現される制約条件の元でLagrange multiplierを用いた安定多様体法を拡張することにより実現される。定式化された制御法について、moment gyroscopeならびにmagnetic levitation systemという二種類の物理系への適用可能性を論じ、実験的にもその有用性を示している。非線形最適制御の一般的な応用に有用な知見を与えている。

第5章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文では、一般的な制約条件の元での非線形最適制御法の適用可能性を明らかにしている。これらの評価方法並びに得られた結果は、様々な制約条件を課される実際的な飛行制御へ非線形最適制御の応用を実現するために重要であり、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Tran Anh Tuan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。