

”Lift/Cruise Thrust”様式VTOL機の自動遷移飛行に関する研究

村岡, 浩治

<https://hdl.handle.net/2324/7363789>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : 村岡 浩治

論 文 名 : "Lift/Cruise Thrust"様式 VTOL 機の自動遷移飛行に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

「空飛ぶクルマ」や無人航空機による次世代モビリティはヒト・モノの新しい移動手段として、また、物流分野、インフラ点検分野などを効率化する手段として着目され、今後の市場拡大が期待されている。現在、この実現に向け、機体システムや自動運転、運航管理などの技術研究開発や法律・基準などのルール作りが、国内のみならず世界的な規模で進められている。

"Lift/Cruise Thrust"様式の VTOL 機は、この次世代モビリティを実現する本命機体の一つである。この様式は、機体に装備した推進装置の向きを変化させることで形態を変更し、航続・高速飛行性能に優位性を持つが、低速飛行と高速飛行の間での遷移過程では、形態変更に伴って飛行特性が大きく変化する。そのため操縦・運用の難易度が高く、全飛行範囲をカバーする自動運用の実現や安全性確保の方法確立が重要な課題となっている。

本論文は、この課題を克服し、安全かつ効率的な飛行運用を実現するための、新しい自動飛行・遷移システム(Auto Flight and Transition System, AFTS)設計法を提案し、"Lift/Cruise Thrust"様式 VTOL 機の一つである 4 発ティルト翼 VTOL 形式の無人機により、その有効性を評価・実証したものである。

本論文は 7 つの章から構成されている。

第 1 章には、本論文の研究背景、目的および論文構成を示した。

第 2 章では、先行の研究開発による"Lift/Cruise Thrust"様式の VTOL 機について示すとともに、本研究の実証用供試機体として用いた 4 発ティルト翼 VTOL 小型無人機の仕様・諸元を示した。

第 3 章では、"Lift/Cruise Thrust"様式 VTOL 機の基本飛行特性として、4 発ティルト翼 VTOL 機を対象とした空力特性および安定性の解析を行った。風洞試験結果に基づく解析により、極低速から高速域までの広範な速度範囲での飛行成立性を確認し、数学モデルに基づく線形解析により、形態変更に伴って安定性が大きく変化することを示した。

第 4 章では、形態変更に伴う操縦性の変化に対応可能な基幹操縦系統(Primary Flight Control System, PFCS)、遷移スケジュールおよび姿勢制御系統の設計法を提案した。これらの機能を組み込んだ 4 発ティルト翼 VTOL 小型無人機による飛行試験を行い、手動パイロットによる全飛行範囲の遷移飛行が安全かつ良好に実証されたことを示した。

第 5 章では、"Lift/Cruise Thrust"様式 VTOL 機的全飛行範囲をカバーする新しい自動飛行系統の設計法を提案した。この設計では、複数のコマンド入力と複数の操縦出力をクロス・カップルする方法を採用し、低速飛行時の誘導・航法に必要なバック・サイド操縦法と高速飛行時に必要なフロント・サイド操縦法を、形態変更に応じて連続的に変化させた。これらを、4 発ティルト翼 VTOL 小型無人機の飛行シミュレーションおよび飛行試験により評価し、自動による高度、速度および飛行計画経路の追従飛行が良好に達成されたことを示した。

第 6 章では, "Lift/Cruise Thrust"様式 VTOL 機の形態変更操作を自動化する, 新しい自動遷移系統の設計法を提案した. 自動遷移系統は, 第 5 章の自動飛行系統と連動することにより, 安全な飛行可能範囲を保持しながら, 目標とする速度へ加速遷移および減速遷移する設計とした. ここでは, 対気速度センサの利用が困難になる極低速での自動遷移を可能とするために, 新たに定義した合成対気速度を用いた. さらに, 風の強い条件での自動着陸を可能とするために, 仮想対気速度コマンドを導入した. これら機能を搭載した 4 発ティルト翼小型無人機による飛行試験を行い, その結果から全飛行範囲の全自動遷移飛行を良好に達成したことを示した. また, 風の強い条件で形態装置の設定を自動的に変えながら, 自動着陸を良好に達成したことを示した.

第 7 章には, 結論を記載した.

本研究では, 主幹操縦系統, 自動飛行系統および自動遷移系統により構成される AFTS の設計法を提案し, 形態変更を伴って飛行特性が大きく変わる"Lift/Cruise Thrust"様式の VTOL 機の全自動による遷移飛行が実現することを飛行試験により実証した. AFTS により, "Lift/Cruise Thrust"様式 VTOL 機の地上局オペレータ 1 名での運用が実現可能となり, さらに風の強い条件への自動飛行による対応も可能となることが示された. これらにより, "Lift/Cruise Thrust"様式 VTOL 機の安全かつ効率的な飛行運用を実現することができ, 次世代モビリティの効率化および運用拡大に寄与することを示した.