

氏 名	森 幹 彦 もり みき ひこ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第1085号
学位授与の日付	昭 和 53 年 7 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	V/STOL 機用自動飛行制御システムの基礎設計に 関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 前 田 弘 教 授 玉 田 珧 教 授 得 丸 英 勝

論 文 内 容 の 要 旨

V/STOL 機（垂直および短距離離着陸可能の航空機）の研究開発は 1950年代から始まったが、その技術的な困難さに加えて社会的、経済的諸条件の悪化がその発達を阻害しているため、民間用 V/STOL 輸送機の実用化は大巾に遅れて1980～90年代と予想されている。

本論文は、この将来の V/STOL 技術、特にその自動飛行制御技術の開発に資することを目的として、その遷移着陸制御を中心とする自動飛行制御システムの基本設計に関連する諸問題を検討した結果をまとめたもので、5章からなっている。

第1章では、V/STOL 技術の発達の歴史的展望と内在する諸問題、特に遷移飛行の多様性および不明確さがその発達を阻害する主要因の一つであることを指摘し、従って本研究では V/STOL 機の自動飛行制御システムの問題点を解明し、その設計手法を明かにすることを目的とすることを示して序論としている。

第2章では、先づ自動飛行制御システム（AFCS）の基礎設計技術を示すものとして、STOL 機の縦の自動安定制御システムと CTOL 機の自動引おこし制御システムの設計を行った。その内容は

(1) STOL 機の低速飛行領域における縦運動の安定操縦性の悪化は主としてその静安定($M\alpha$)の劣化に起因し、短周期モードの静的不安定および固有振動数の低下による応答性の悪化を生ずることを指摘した。したがってその自動安定システムは姿勢角およびその角速度信号のフィードバック系として構成し、飛行状態の変動に対して常に最適な制御特性を維持するには可変ゲインのプログラム制御系によるべきことが示された。

(2) CTOL 機の着陸時の自動引おこし制御システムは昇降舵によるピッチ制御オートパイロットを内側ループ、高度および降下速度フィードバックを外側ループとする平行径路制御系として構成されるが、引おこし時の地面効果の影響などを考慮して設計されたシステムは、国産中型輸送機（YS-11）を対象とした数値例によってその設計法の妥当性が確認されている。

第3章では、V/STOL機の飛行およびオペレーション技術の中心となる自動着陸システムの設計を行った。ここでは具体例として、ダクトッドプロペラ型 V/STOL 機 (X-22 A) を対象としてその遷移飛行特性を解明し、自動着陸システムの概念設計を行っているが、先づ X-22 A 機の遷移着陸特性については同機が推力傾斜型であるので、ダクト角 $\lambda = 0^\circ \sim 85^\circ$ についてオペレーションエンベロープを作成し、その中で適当な遷移着陸径路を選定した。また自動着陸システムは縦運動に関してその設計を行ったが、径路角一定 (10°) の遷移着陸径路を採用し、同径路に沿った複数個の基準飛行状態について機体特性を求めると、CTOL 機の場合に用いた平行径路制御則を拡張してそのシステムを構成することが出来る。X-22 A 機はダクト角、プロペラブレード角および昇降舵角の3個の独立した制御機能を有するので、飛行力学上完全なモデルマッチングが可能である。設計された制御系は、非線形運動方程式の妥当な線形近似がなされている場合には所定の制御機能の発揮されることが明かとなり、この設計法は実用化の有力な手段となり得ることを示した。

第4章では、AFCSを含む現行の飛行システムの問題点をヒューマンパイロットとの関連において検討し、新しい飛行制御システムとして手動/自動飛行制御システム (MAFCS) を提案してその設計法を示した。最近の飛行システムは、FBWを採用したパイロット操縦システムと、オートパイロットによる自動操縦システムの両面の技術開発が進められているが、オートパイロットは一面においてヒューマンパイロットを飛行制御ループから排除するので、将来の飛行制御、特に V/STOL 機のような複雑な制御系の場合には、人間—機械系としての再構成が必要と考えられる。すなわち人間のパイロット固有の予測、適応能力を効果的に活用するため、オートパイロットの動作中にその制御機能を保持したまま任意のパイロット操縦 (オーバライド) を可能にするシステムを提案し、設計例として前章の V/STOL 自動着陸システムを対象とした数値シミュレーション結果を示した。

第5章は以上の研究結果をまとめて結論としている。

論文審査の結果の要旨

民間用の V/STOL 機の実用化は1980~90年代と予想されているが、本論文はこの将来の V/STOL 技術の開発に資するため、特にその自動遷移着陸システムの基礎設計を中心として、関連する飛行制御技術について検討した結果をまとめたもので、得られた主な研究成果は次のとおりである。

(1) STOL 機の低速飛行領域における縦の安定操縦性の悪化と径路不安定特性について解析し、それらを改善する自動安定制御方式について検討した。STOL 機の安定操縦性の悪化は主として縦の静安定 ($M\alpha$) の劣化に起因し、短周期モードの静的不安定および固有振動数の低下による応答性の悪化をもたらすので、自動安定システムとしては角度および角速度信号をフィードバックし、ゲイン値を動圧に反比例させるプログラム制御系を採用し、またバックサイドオペレーションによる径路不安定を通常の順応答特性に改善する推力制御系を併用すればよいことを示した。

(2) CTOL 機の着陸制御システムは昇降舵によるいわゆる平行径路制御系として構成されるが、特に引おこし飛行中の地面効果の影響を考慮して、推力を高度に比例して減少させるオートスロットルシステムを付加することにより、このシステムは想定される運用状況において所定の着陸制御機能を有することを

，国産中型輸送機（YS-11）を対象とする数値計算により確認した。

（3）推力傾斜式ダクトドプロペラ型 V/STOL 機（X-22 A）の遷移飛行特性を解明し，その縦運動に関する自動着陸システムの概念設計を行った。先づ X-22 A 機のオペレーションエンベロープ内で飛行速度，高度，降下率，ピッチ角などの径路変数の適当な組合せによる遷移着陸径路を定め，次に径路角 10° の遷移着陸を行う自動着陸システムを「拡張した平行径路制御系」として線形領域で設計した。この制御系は，V/STOL 機の特性的大巾な変動に対して線形近似の可能な範囲内では所要の機能を発揮することを確認し，このシステム設計法は実用システム設計の有効な一手段であることを示した。なおこの X-22 A 機のシミュレーション着陸飛行に成功したのは本システムが唯一の例である。

（4）飛行制御におけるヒューマンパイロットとオートパイロットの関係に着目し，両者を統合した手動—自動飛行制御システム（MAFCS）を提案し，その設計法を示した。最近のオートパイロット搭載機は一面においてヒューマンパイロットを制御ループから排除し，結果的に人間固有の予測，適応能力の活用を妨げているので，特に V/STOL 機のような複雑な飛行が可能な機体の場合には，オートパイロットの動作中にその制御機能を保持したまま任意のパイロット操縦を可能にするオーバライドシステムが必要である。従ってその構成と設計法を述べ，例として V/STOL AL-MAFCS の数値計算結果を示した。

以上要するに，本論文は近い将来に実用化が予想される V/STOL 機の複雑な飛行特性を解明し，その自動飛行制御技術，特に遷移着陸を中心とする制御システムの基礎設計手法を検討して，従来その取扱いの困難さのため未解決のまま残されていた問題に独自の追求を試みたもので，V/STOL 機の安全な飛行に必要な多くの資料を提供し，この研究分野の今後の発展に資するところが大きい。

従って本研究は学術上，實際上寄与するところが少なくなく，本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。