

審査の結果の要旨

氏名 佐藤昌之

修士（工学） 佐藤昌之 提出の論文は「**Design Method of Flight Controllers for In-Flight Simulators**（インフライトシミュレータ飛行制御則設計法に関する研究）」と題し、5章と付録からなる。

飛行中に他の航空機の運動特性を模擬するインフライトシミュレータには、他機の運動特性を模擬するための飛行制御則が必須であり、その設計法について従来から研究されている。しかし、従来研究では、空力モデルや搭載アクチュエータモデルのモデリングの際に不可避なモデル化誤差に対するロバスト性能の確保を設計仕様として課しておらず、その確保のために設計後のチューニングが必要とされ、ロバスト性能の確保が必ずしも達成されないという問題があった。さらに、従来研究において広く用いられているモデル追従制御ではパイロットの操縦入力に対する応答である操縦応答の模擬しか設計仕様として課すことができず、突風に対する応答である突風応答の模擬は全く考慮されていないという問題もあった。すなわち、従来インフライトシミュレータ飛行制御則の設計法ではロバスト性能の確保が困難であり、模擬性能が不十分であったため、これらの欠点を克服した制御則設計法が必要とされていた。本論文は、線形近似したトリム点近傍の微小運動を対象としたインフライトシミュレーション用の飛行制御則設計問題に取り組み、前述の欠点を克服したインフライトシミュレータ飛行制御則設計法を提案している。

第1章は序論で、本研究の背景と目的を明らかにした上で、過去の研究事例について概観し、本論文の構成を整理している。

第2章では、従来インフライトシミュレータ飛行制御則として有効性および実用性が広く認められているモデル追従制御則にロバスト性能を保有させたロバストモデル追従制御則の設計法を提案し、宇宙航空研究開発機構の実験用航空機 MuPAL- α の横／方向運動に対する設計を通して提案手法の有効性および実用性を検証している。通常モデル追従制御則設計法では不確かさの影響を考慮した設計は難しい。そこで、不確かさを含まない運動に対するモデル追従制御則を設計した後に、設計者が自由に選定できる設計パラメータを用いて、確率変数として与えられた突風および操縦者入力に対する追従誤差を最小化する

る問題を時不変パラメータ依存システムに対するロバスト H_2 制御問題として定式化した。そしてこの問題をパラメータ依存 Lyapunov 関数を用いた繰り返し計算で解く新たなロバストモデル追従制御則の設計法を提案している。また、提案設計法を用いても設計可能な問題は限られること、モデル追従制御では突風応答の模擬を無視していることからインフライトシミュレータ飛行制御則として不十分であることを確認している。

第3章では、操縦応答模擬がフィードフォワード制御のみによって可能であることを検証するために、 H_∞ ノルムに基づく逆システムを用いたフィードフォワード制御によるモデルマッチング制御の可能性を MuPAL- α の縦運動および横／方向運動に対する設計例によって検証している。不確かさが存在しない理想的な環境下においてはフィードフォワード制御のみによって操縦応答が完全に模擬できるが、不確かさが存在する実際の環境下では模擬性能が劣化することが一般に知られている。しかし、実際の航空機運動の性能劣化程度は不明であった。そこで、逆システムを用いたフィードフォワード制御のみによる操縦応答模擬の実験を行い、適切に設計した制御器を用いることでフィードフォワード制御のみでも操縦応答が模擬できることを確認している。また、従来の逆システムより実行時の計算量が少ない逆システムの設計法を提案している。

第4章では、第3章の結果を受けて、フィードフォワード制御器には操縦応答模擬のためのロバスト性能を保証した逆システムを、フィードバック制御器には突風応答模擬のみを設計仕様としたロバストモデルマッチング制御器を設計する二自由度モデルマッチング制御による設計法を提案している。また、提案設計法によって操縦応答と突風応答の同時模擬が可能であることを MuPAL- α の横／方向運動に対する設計例を通して示している。さらに、インフライトシミュレータを新規開発機の操縦の妥当性確認や操縦性の研究に使用する際に有用と考えられる、突風軽減と可変操縦特性を実現するインフライトシミュレータ飛行制御則の設計仕様を新たに提案し、そのような制御器が本章で提案する設計法により設計可能であることも示している。

第5章は結論で、本論文で得られた成果を要約している。

以上、要するに、本論文は、インフライトシミュレータ飛行制御則の設計法として、操縦応答模擬を目的としたロバストモデル追従制御則の設計法と、操縦応答と突風応答の同時模擬を目的とした二自由度モデルマッチング制御器の設計法を提案し、実機による飛行実験を通してそれぞれの手法の実用性および有効性を検証した。これらの成果は、航空宇宙工学上貢献するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。