

## 審査結果の要旨

論文題目 「Aircraft Flight Control Using a Coefficient Diagram Method: Modeling, Controller Design and Simulation Analysis with a Case Study of Fixed-wing Aircraft」  
(係数図法を用いた航空機の飛行制御：モデリング，制御器設計およびシミュレーション解析：固定翼機のケーススタディ)

学位申請者 ASA EKACHAI

本論文は、制御系の安定性・応答性・ロバスト性が一つの図形で表されることを特徴とする係数図法 (Coefficient Diagram Method) を制御系の設計に用いて、航空機、特に固定翼機を例に、機体の2種類の運動 (縦と横方向) に対する状態フィードバック制御系を構築し、縦方向 (高度) および横方向 (機首方位) の飛行シミュレーションを通じ制御系の性能を評価している。さらにモデル規範型適応制御を導入することにより線形化に起因する誤差による飛行時の影響を軽減でき、前記状態フィードバック制御系の性能を向上させることができることを検証している。また機体モデルに非線形性が含まれる場合、そして外乱除去性能についても、状態フィードバック制御系だけのシステムとモデル規範型適応制御を用いたシステムを比較検討し、シミュレーションによって適応制御の導入の効果を実証している。

当該分野では自動飛行制御システムの開発が目覚ましい速度で進められている一方で、自動飛行制御システムの核をなす制御系の部分が過度に複雑になる傾向にあり、ファジー制御やニューラルネットワーク制御などの新しい手法も提案されているが試行錯誤的な色彩が強く幅広い利用には至っていない。また、非線形性を正確にモデル化することは困難であり、定常的な状態においては機体の動力学モデルを縦と横方向の運動として独立に扱えることが知られている。その前提のもとに本研究では、係数図法を利用することで制御系の構造が簡便で設計理念が理解しやすい手法を提供するだけでなく、モデル規範型適応制御の有効性についてシミュレーションを通じて異なる飛行条件に対し安定した飛行性能を実現できることを示しており博士論文に十分値するものと考えられる。

本論文に対して、各審査委員から次のような質疑がなされた。

- 1) CDM とモデル規範型適応制御を組み合わせた合理的理由
- 2) 機体モデルとして用いる5次特性方程式の妥当性に関する検討
- 3) シミュレーション結果の提示方法 (絶対値表記と相対値表記) に関する検討
- 4) アニメーション方法の妥当性に関する検討

## 5) CDM と他の手法 (PID やニューラルネット等) との相違点の明確化

これらの質問に対して申請者は、自身の研究における様々な実験結果や解析を通じて得られた知見と文献的考察を駆使して真摯かつ丁寧な回答を行った。また、質疑応答を通じて、機械工学全般の知識だけでなく、制御工学、シミュレーション工学など関連工学領域に関する幅広い知識と考察力が備わっていることも伺え、今後の研究の発展に大きな期待が寄せられた。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定された。したがって、申請者 ASA EKACHAI は東海大学博士 (工学) の学位を授与されるに値すると判断した。

### 論文審査委員

|    |         |                   |         |                   |
|----|---------|-------------------|---------|-------------------|
| 主査 | 博士 (工学) | 奥山 淳              | 工学部教授   | (総合理工学研究科総合理工学専攻) |
| 委員 | 工学博士    | 小金澤 鋼一            | 工学部教授   | (総合理工学研究科総合理工学専攻) |
| 委員 | 博士 (工学) | 稲田 喜信             | 工学部教授   | (総合理工学研究科総合理工学専攻) |
| 委員 | P h . D | 山本 佳男             | 工学部教授   | (総合理工学研究科総合理工学専攻) |
| 委員 | 工学博士    | Jongkol Ngamwiwit | 工学部客員教授 |                   |