

小型自律飛行船の研究プラットフォーム開発に関する研究

学位論文内容の要旨

飛行移動体には、HTA(Heavier than air aircraft)とLTA(Lighter than air aircraft)があり、飛行船はLTAに属する。飛行船は低自由度(3~5)で3次元空間を自在に移動でき、移動のエネルギーコストが飛行機やヘリコプターなど他の飛行移動体に比べて低く、長時間の動作が可能であるという利点がある。

最近、このような特徴を生かして、被災家屋調査、室内警備・監視、エンターテインメントなどの室内用途に応用することを目指した小型飛行船の研究が盛になってきており、新たな応用分野として期待されている。

しかしながら、小型飛行船は小型化により浮力が減少し、搭載重量に制約がある。また、軽量のために室内のわずかな気流の影響を受けやすく、慣性や形状による影響も大きく、軸非対称性により姿勢制御も困難であり、小型飛行船には、それ独自の制御方法の確立が必要である。更に、飛行船を外部から無線等により制御する方法では、動作空間の構造によって通信が不可能となる場合があり、小型飛行船は自律制御が可能であることが要求される。

前述した課題を解決し、小型自律飛行船を開発するためには、汎用性の高い研究プラットフォームが必要である。これを用いて、機体の実装するセンサ、推力部および処理性能の高い制御コントローラ等、ハードウェアの小型軽量化を試行し、更に、ソフトウェアにおいても、制御方法を確立のために必要な機能を階層化して、飛行船を構成する機能要素すべてをユニット化することによる汎用性の検討を要する。

更に、このような多機能な研究プラットフォームの開発を効率的に行うためには、開発指針を明確にする指標の基で行うことが必要であり、遂行状況を確認するために、中間目標の到達度を評価する先行指標と、目標到達度を評価する結果指標を用いて研究プロセスを管理し、ハードウェアとソフトウェアすべてを含む飛行船のシステム全体の研究プロセスを戦略的に遂行する必要がある。

本学位論文では、小型化で浮力減少する搭載重量制約の問題をT-Engineの環境を用いて解決し、軸非対称性による姿勢制御性の困難さを円柱型のバルーンと3軸の推力の同時制御を導入して解決し、開発の効率化を戦略的手法を用いて行い、ハードウェア・ソフトウェアの互換性を保つことを可能とした汎用な研究プラットフォームの開発について述べている。

主要な成果は以下の通りである。

- (1) 経営戦略手法であるバランススコアカードを本研究に適用し、小型自律飛行船研究プラットフォーム開発の方向性および研究の指針を戦略マップにより具象化するとともに、開発工程の進捗度を確認しつつ開発を実施する新たな研究開発方法論を展開している。
- (2) 小型化による浮力の低下と軸非対称性に対応するために、プラットフォームに実装するセンサ、推

力部および処理性能の高い制御コントローラの小型軽量化を行い、円柱型のバルーンと 3 軸の推力の同時制御を導入して自在な移動を実現している。

(3) 小型軽量の T-Engine 仕様のハードウェアおよびソフトウェアを用いてプラットフォームの軽量化を可能とし、ミドルウェア、制御層、動作層のソフトウェアの互換性を保つことを可能にしている。

(4) 上記 (2) および (3) により、ハードウェアおよびソフトウェアの機能要素をユニット化することによって、汎用性の高い研究プラットフォームを開発している。

(5) 開発した研究プラットフォームの動作実証実験によって、研究プラットフォームとしての汎用的な性能を検証している。

各章の内容を以下に要約する。

第 1 章では、構造モデリングおよび経営戦略手法であるバランススコアカード、そして飛行船の特性と飛行船の自律制御の従来研究を俯瞰し、研究背景および研究目的について述べている。

第 2 章では、研究開発方法論の概要について述べ、バランススコアカードの戦略マップと小型自律飛行船の研究プラットフォーム開発について述べている。

第 3 章では、開発した研究プラットフォームの動作検証を行い、研究プラットフォームとしての性能を検証すると共に、汎用性について述べている。

第 4 章では、バランススコアカード方式を用いた本研究全体像を検証している。

第 5 章では、本学位論文の結論と今後の展開について述べている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 内 東
副 査 教 授 古 川 正 志
副 査 教 授 和 田 充 雄
副 査 助 教 授 山 本 雅 人

学 位 論 文 題 名

小型自律飛行船の研究プラットフォーム開発に関する研究

最近、飛行船の利点である低エネルギーで浮力を得ることができ、3次元空間を自在に移動可能であるという特徴を利用した室内における小型自律飛行船に関する研究が始まっている。小型自律飛行船の動作制御の研究および応用用途への実現のためには、解決すべき問題が数多く存在する。通常の飛行船における軸非対称性に起因する姿勢制御の困難さに加えて、小型化によって浮力が低下するために搭載物に対する重量制限等は大きな課題である。

これらの課題を解決するためには、汎用性の高い研究プラットフォームが必要である。これを用いて、機体の実装するセンサ、推力部および処理性能の高い制御コントローラ等、ハードウェアの小型軽量化を試行し、更に、ソフトウェアも、必要な機能を階層化して、機体を構成する機能要素すべてをモジュール化する検討が要求される。

このように多機能な研究プラットフォームの開発を効率的に行うためには、開発指針を明確にする指標の基で行うことが必要である。本学位論文では、小型自律飛行船研究プラットフォーム開発において経営戦略立案手法であるバランススコアカードを用いる新たな研究開発方法論を展開している。

主要な成果は以下の通りである。

- (1) 経営戦略立案手法であるバランススコアカードを本研究に適用し、小型自律飛行船研究プラットフォーム開発の方向性および研究の指針を戦略マップにより具象化するとともに、開発工程の進捗度を確認しつつ開発を実施する新たな研究開発方法論を展開している。
- (2) 小型化による浮力の低下と軸非対称性に対応するために、プラットフォームに実装するセンサ、推力部および処理性能の高い制御コントローラの小型軽量化を行い、円柱型のバルーンと3軸の推力の同時制御を導入して自在な移動を実現している。
- (3) 小型軽量の μ T-Engine 仕様のハードウェアを用いてプラットフォームの軽量化を可能とし、オペレーティングシステムとして T-Kernel を採用することによってミドルウェア、制御層、動作層のソフトウェアの互換性を保つことを可能にしている。
- (4) 上記 (2) および (3) により、ハードウェアおよびソフトウェアの機能要素をモジュール化することによって、汎用性の高い研究プラットフォームを開発している。
- (5) 開発した研究プラットフォームの動作実証実験によって、研究プラットフォームとしての汎用的な性能を検証している。

これを要するに、著者は小型自律飛行船研究プラットフォームの開発において、経営戦略立案手法であるバランススコアカードにより、開発工程を具象化し、工程進捗度を確認しつつ実施する新たな研究開発方法論を展開し、開発した研究プラットフォームの動作実証実験を行い、その汎用的な性能を検証したものであり、小型自律飛行船の研究及び複雑系工学の進歩に寄与するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。