



1. はじめに

航空機飛行制御システムは、飛行安全を第一に、安定性、飛行性の要求を満足するように設計されている。しかしながら、航空機の運用については、パイロットや航空管制に依存しているのが現状である。多種多様な航空機が多数共存する時代の到来と共に、航空機の運用における安全性の確保と効率化が課題となっている。

そこで当社では、航空機同士が情報ネットワークを結び、“情報を共有し合い、それに基づきコントロールする”航空機群協調制御に関する研究を進めている。すなわち、航空機単体の制御だけではなく、複数の航空機を“群”として扱い、群全体を制御するものである。本稿では、2機の小型飛行実証機を用いた自動フォーメーション飛行実証システムと飛行実証試験結果について紹介する。

2. 小型飛行実証機による飛行実証システム

飛行実証システムは、市販の無線操縦システムをベースに、飛行制御装置等を搭載した小型飛行実証機2機と、飛行の制御状態を地上で監視・制御するためのパソコン及びデータ通信するためのデータ送受信装置からなるグラウンドステーションから構成される。各小型飛行実証機はグラウンドステーションを経由してお互いの飛行状態情報を共有する構成とした。



図1 小型飛行実証機外観

2.1 小型飛行実証機

小型飛行実証機は、飛行制御装置を介さない無線操縦方式（以降、ラジコン方式と呼ぶ）と、飛行制御装置を介した無線操縦方式（以降、FBW方式と呼ぶ）を、切り替え可能なシステムとしている。なお主要諸元は、全長約2 500mm、全幅約2 700 mm、全備重量約14 kg、主翼面積約1.2 m²、外観を図1に示す。

2.2 飛行制御装置

小型飛行実証機に搭載する飛行制御装置は、飛行制御コンピュータ、慣性センサ、エアデータプローブ、GPS受信器、舵角センサ、データ通信装置、電源から成り、小型飛行実証機の飛行制御を実現する。

3. 飛行制御則

飛行制御コンピュータには以下の飛行制御則を搭載した。飛行制御側の構成を図2に示す。

3.1 安定化飛行制御則

地上からの指令により、FBW方式による飛行を選択すると、飛行制御コンピュータに搭載された安定化飛行制御則により、飛行条件によらず機体の応答特性や安定性を常に一定にする様、各種センサ情報を基にして水平尾翼、エルロン及びラダーの舵角指令信号が出力される。

3.2 オートパイロット飛行制御則

FBW方式による飛行を選択した上で、オートパイロット飛行制御則を実行することが可能である。オー

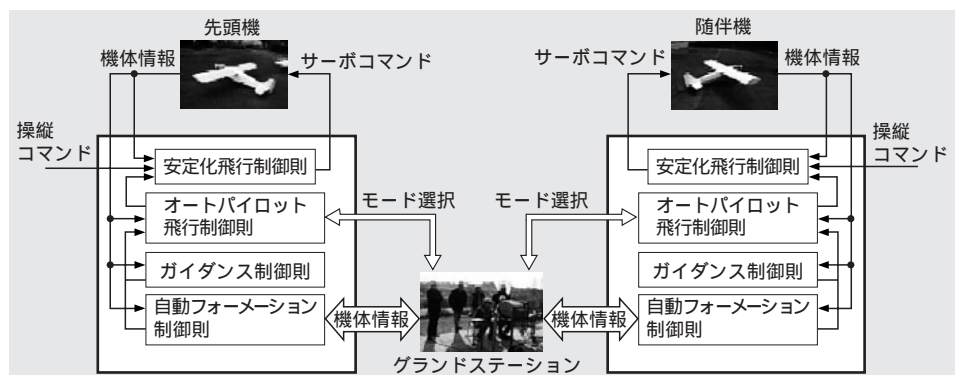


図2 飛行制御則の構成

*1 名古屋航空宇宙システム製作所航空機技術部飛行制御システム設計課

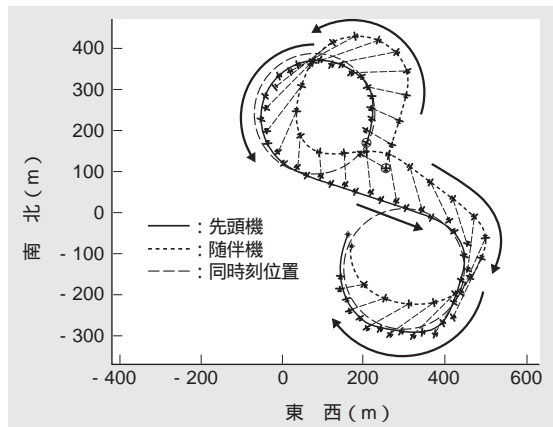


図3 自動フォーメーション飛行中の2機の飛行軌跡

トパイロット飛行制御則は姿勢角保持，高度保持，速度保持の機能を有し，各機能の実行／解除は，グランドステーションよりコントロールされる．

なお，GPSから得られる高度情報は，スクランブル信号や衛星捕獲数等の影響により実際とは異なる急激な変化が生じた値が出力されるという問題があった．これを解決するために，GPSからの高度情報と慣性センサからの加速度情報をハイブリッド化することにより高度情報の急激な変化を抑制するハイブリッド高度算出アルゴリズムを開発し，これを採用した．

3.3 ガイダンス制御則

ガイダンス制御則は，予め計画した経路と速度を維持して自動的に飛行する機能を有するものであり，自動フォーメーション試験の実施にあたり，先頭（リーダー）機の軌道を固定することにより，飛行試験の評価を容易とする目的で設定した．

3.4 自動フォーメーション制御則

自動フォーメーション制御則は，先頭機と随伴機的位置関係を，予め設定したものに保持する機能を有する．自機の位置情報，姿勢情報，及び速度情報等とグランドステーションを経由して得る他機の情報と比較し，予め設定した位置関係を保持するようにオートパイロット飛行制御則及び安定化飛行制御則へコマンドを出力する．

4. 飛行実証試験結果

2003年12月24日に2機の小型飛行実証機による自動フォーメーション飛行試験を実施した．前日の雪が残る中，まず先頭機が離陸，FBW方式による飛行の安全を確認した後，ガイダンス制御則を作動，これにより先頭機は自動的に高度150 m，対気速度毎秒30 mを維持しながら8の字を描くように飛行した．

次に随伴機も同様に離陸，FBW方式による飛行を確認後，自動フォーメーション制御則を作動させ，先

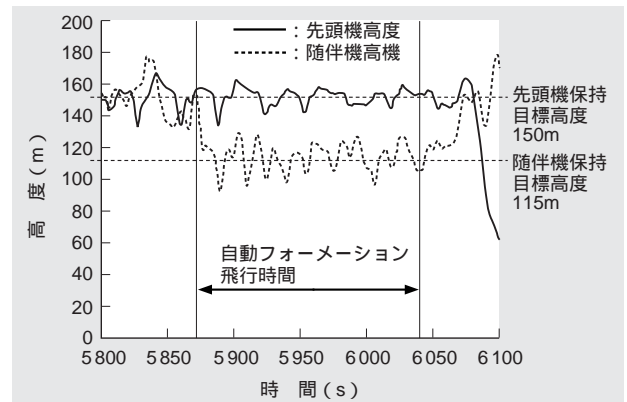


図4 自動フォーメーション飛行中の2機の高度

頭機から見て後方30 m，下方35 m，左右方向0 mを目標とする自動フォーメーション飛行を開始した．2機の小型飛行実証機は操縦者を必要としない自動飛行を行い，随伴機は先頭機の情報自動的に得て追従飛行を行うことに成功した．図3，4に飛行軌跡を示す．

5. ま と め

航空機群協調制御技術の一例として2機の飛行実証機による自動フォーメーション飛行実証試験を行った．同様な実験は米国で有人航空機を使用して僅かに行われているが，無人航空機を用いた飛行実験は世界でもほとんど例を見ない．今後，さらに機能／性能の向上を狙う．

また本研究の実用化のためには，航空機間情報ネットワークの信頼性の向上も重要な課題である．

本技術の適用により，有人航空機が無人航空機を随伴飛行して飛行でき，運送量が大幅に拡大する．また，衝突回避システムに応用することで，ニアミスなどの事故防止や航路設定に自由度が広がることによる運送効率の向上が期待できる．

近い将来，地上や海，宇宙までも含めた移動体間同士で情報ネットワークを結ぶことで，全ての移動体の安全な運用が可能になるようなればと夢は広がる．

参 考 文 献

- (1) 増子洋一郎，自動フォーメーション飛行へ向けて：飛行制御システムの設計，第41回飛行機シンポジウムCD-ROM講演集，1A5(2003)
- (2) 増子洋一郎，自動フォーメーション飛行へ向けて - 飛行制御システムの設計と飛行試験，第42回飛行機シンポジウムCD-ROM講演集，3A2(2004)



増子洋一郎