

2. 適応型飛行経路を用いた次世代運航方式の研究

船引浩平、村岡浩治、飯島朋子（航技研）、塩見格一（電子航法研究所）

Research on New Operational Concept Using 3D Trajectory

Kohei Funabiki, Koji Muraoka, Tomoko Iijima (NAL) and Kakuichi Shiomi (ENRI)

Key Words: CNS/ATM, CPDLC, GNSS

Abstract

Proposed research project named “NOCTARN” aims at noise reduction around small airports by using flexible trajectories that are defined by GPS and data link communication system. In the course of the research, functions of the avionics, data-link protocol, operational procedures, airspace design, and functions of ATC console will be investigated and evaluated by conducting flight simulation and flight test.

1. 緒言

GPSに基づく航法技術と通信技術の発達により、航空機の位置を精密に計測し、機体や地上の情報を空地間あるいは航空機同士で共有することが可能になりつつある。このことは、航空機間のセパレーションを狭めると同時に地上管制官のワークロードを低減し、空域の有効利用を促すと共に安全性の向上につながることを期待される。現在、今後数年間で予想される航空需要の増加に伴う空域の混雑に対し、これらの新しい技術を用いて次世代のCNS/ATM(Communication Navigation & Surveillance/Air Traffic Management)システムを模索する活動が世界各国で進められている^{1,2)}。

これらの将来型運航システムの主な対象はエアラインの定期旅客輸送であるが、一方でビジネス機やヘリコプタを含む小型機の位置づけについても検討されている。その方向は、大型機のような先進的な装備を持たない小型機が、その特性を活かして、より自由に飛行できる可能性を確保すること、そして、小型機にも搭載可能な先進装備によって、これらの小型機の有効性と安全性を向上させることである。

航空宇宙技術研究所と電子航法研究所を中心として進められているNOCTARN (New Operational Concept Using Three-Dimensional Adaptable Route Navigation)³⁾は、小型機を対象とした次世代CNS/ATMシステムを実現するための技術実証を目的とした研究である。ここでは、空港周辺を飛行する航空機を三次元的な経路に基づいて管理することで、空域の有効利用や地上騒音の低減、低視程条件での運航性や安全性の向上などをめざす。本稿では、NOCTARNの研究概要を紹介するとともに、2002年9月現在での進捗状況について報告する。

2. 想定する運航方式

2.1 概要

NOCTARNとは、小型機を対象とした空港周辺の将来型運航方式に関する研究である。データリンクやGPS技術を用いて三次元プロファイルを基本とする運航・管制方式を実現することにより、安全性と運航効率の向上、地上騒音の低減、空域の有効利用などを図る。当初研究計画は4年間と

しており、最終年度に複数の航空機を含んだシステムの飛行実証を計画している。NOCTARNは以下のような特色を持つ。

(1) 小型の飛行機およびヘリコプタを対象

最少一名での乗務による小型機あるいはヘリコプタを対象とし、最少限度の機体装備によって低視程条件での計器飛行性能を確保する。なお、新しい機体を開発するのではなく、既存の機種に追加装備を行う場合を想定する。

(2) GPS とデータリンクの利用

GPSによって得られた機体位置や実測風などの情報を航空機間あるいは空地間で共有し、接近回避や対擾乱安全性の確保などに利用する。また、飛行経路にかかわる管制通信はCPDLC(Controller Pilot Data Link Communication)を用い、音声による管制通信と組み合わせる。これにより、騒音低減や空域の有効利用を最適化するような複雑な三次元プロファイルのやりとりを可能とする。

(3) 機体装備

機体装備は、GPSを中心とした航法システム、データリンク機器、航法・誘導の情報呈示やCPDLC 端末機能を持つMFD (Multi-Function Display) などから構成される。図 2 にMFDのイメージを示す。三次元経路のパイロットへの呈示には、トンネル型表示方式を想定している⁴⁾。

(4) 地上設備

管制官のインターフェースとなるATCワークステーションは、三次元的なプロファイルを飛行する機体の位置を示すためのディスプレイ、CPDLCのための通信端末、現在の騒音被害状況などから適切なルートを提供する管制官支援システムなどから構成される。また、NOCTARN装備を持たない機体の位置を知り、これをNOCTARN運航機に対して提供するため、PSSR(Passive Secondary Surveillance RADAR)⁵⁾ などの簡易レーダを備える。

(5) 地上騒音の低減

現在の位置あるいは予想される飛行プロファイルから地上騒音被害を算出し、評価する。これにもとづく騒音の分散や騒音被害の大きい住宅地などの上空の回避のために三次元的なプロファイルを設定し、地上騒音被害の軽減を図る。

3. 研究計画の概要

本研究では、飛行手順や管制方式

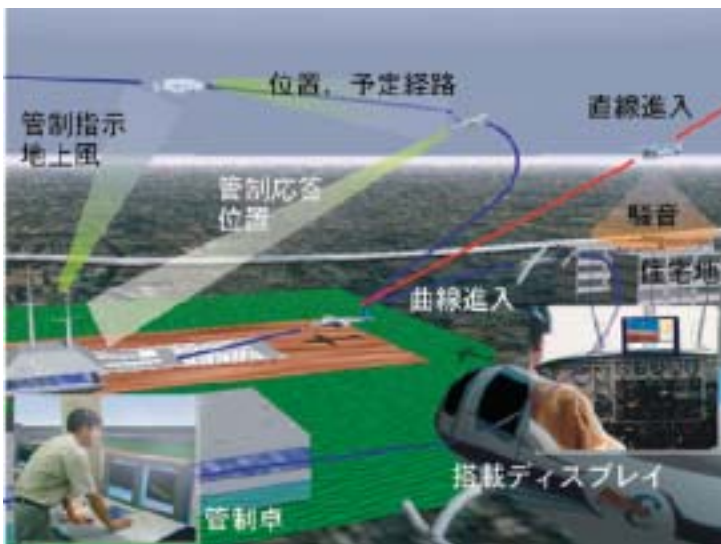


図1 NOCTARN の概念図



図2 トンネル表示の例 (右は CPDLC 操作部)

表 1 研究計画の概要

	2001	2002	2003	2004
搭載機器	データリンク機器試作	表示装置等開発	搭載作業	統合 飛行実験
地上機器	ATC ワークステーション 一次試作	ATC ワークステーション 二次試作	地上設備統合 統合シミュレーション 非通常手順 VFR 機との干渉	
運航方式	シミュレーション環境整備 暫定手順	シミュレーション環境整備 空域設定方式 通常手順		

などを含む運航方式、機体装備、地上装備を試作し、提案する。これらの課題は、基礎検討、試作、飛行シミュレーションおよび飛行実験によって評価し、全体的な運航システムにまとめあげてゆく。2004年には複数の航空機や管制官を含む飛行実験を行い、全体システムとしての成立性を実証する。

運航方式および管制官とパイロットのHMI（Human-Machine Interface）に関しては主にHuman-in-the-Loopシミュレーションによって検討と評価をすすめる。シミュレーションで模擬する騒音や大気擾乱などの環境やシナリオは当初は単純なものから開始し、徐々に高度化して、非通常手順なども対象としてゆく。

4. 進捗状況

2002年9月時点での進捗状況は以下の通りである。

(1) パイロット・インターフェースの検討

トンネル型誘導表示の内容について2001年度までに概ね確立された。2001年度からはCPDLCのためのインターフェースの構築と評価を開始した。通信手順の検討と併せて、操作方法とハードウェアについて検討する。

(2) CPDLC 通信手順の検討

2001年度はCPDLCによる経路のやりとりについて暫定的な手順を設定し、飛行シミュレーションおよび実験用航空機MuPAL-による飛行実験によって評価を行った(図3)。その結果、現在想定しているようなCPDLC操作は通常の飛行操作に大きな影響を及ぼさないことが判った。2002年度では、ここで指摘された問題点等について検討し、手順を修正するとともに、より実際の運航に近いシナリオに基づいて飛行シミュレーションおよび飛行実験を実施する予定である。

(3) パイロットワークロード指標の構築

NOCTARNはトンネル表示による三次元経路の誘導やCPDLCによる管制通信など、これまでとは異なるタスクをパイロットに課すことになる。ただし、結果としてのワークロードは従来の計器飛行や有視界飛行と比べて同程度以下でなくてはならない。そこで、これを評価するためのNASA-



図3 MuPAL- 右席での評価

TLXに基づいたワークロード評価手法を構築している⁶⁾。この研究では2001年度までに実施された飛行実験およびシミュレーション実験のデータから、指標相互の相関関係を調べると同時に、実験効率の向上のため、評価手法の簡略化を試みている。



図4 時分割データリンク装置外観

(4) ATC ワークステーションの試作

地上システムの中核となるATCワークステーションは、CPDLCによる管制メッセージのやりとりや、三次元的なプロファイルを飛行する航空機の位置や経路を表示する機能が必要となる。2001年度には、曲線経路のやりとりに関する基本的な機能を備える一次試作を実施した。現在、運用評価試験を実施すると同時に、二次試作のための設計を進めている。

(5) その他

CPDLC通信手順に関する飛行実験に併せてDo228の機外騒音計測を行った。このデータに基づいて騒音源および伝搬に関するモデルを作製している。また、2001年度に製作した時分割データリンク装置(図4)については2003年度の搭載および実験を目指して作業を進めている。

5. 結言

小型機を対象とした運航方式を目指した研究NOCTARNについて研究の概要と進捗を報告した。今後、NOCTARNは、2004年の飛行実証を目指して、飛行シミュレーション及び飛行実験を中心に個別技術の実証と運航方式の検討を進めてゆく予定である。また、大型機を対象とした次世代CNS/ATMシステムの中での位置づけや、整合性についても検討を進める。その過程においては、多くの専門家、研究者、メーカーや関係諸機関のご協力を頂きながら、一步でも実用化に近づけるよう、努力してゆきたいと考えている。

文献

- 1) Anon.; NAS Executive Summary, Federal Aviation Administration, 2001.
- 2) Anon.; Operational Concept Document (OCD), EUROCONTROL, 1999.
- 3) 船引浩平、塩見格一; 適応型飛行経路を用いた次世代運航方式の研究、第39回飛行機シンポジウム講演集、2001.
- 4) Funabiki, K., Muraoka, K. and Iijima, T.; A Tunnel-in-the-Sky Display for Helicopter, AIAA-2001-4302, 2001.
- 5) 塩見格一、植田知雄; 受動型SSRの機能構成及び評価、信学技報SANE97-140、SAT978-138、1997.
- 6) Iijima, T., Funabiki, K., and Muraoka, K.; Pilot Workload Assessment of Tunnel-in-the-Sky Display for Curved Approach, AIAA-2001-4190, 2001.
- 7) 嶋英志; 将来型コンピュータシステムに適用可能技術の将来展望、日本航空宇宙学会誌、Vol. 49, No. 569, pp 142, 2001.