

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（航技研） 塩見格一（電子航法研究所）

Research on New Operational Concept Using 3D Trajectory

Kohei Funabiki AA 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

GNSS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、2001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



図1 NOCTARN の概念図

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(例えば5700kg以下)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案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 SSR)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。

2.2 想定する運航の例

以下に到着機を例に想定される飛行のシナリオを示す。ただし、このシナリオはあくまで現時点で想定するものであり、示した数値を含めて研究の過程で詳細を検討していくものである。

航空機：19人乗りコミュタ機、運航乗務員一名、通常IFR及びNOCTARN装備有り。

空港：1000m滑走路、ILS装備なし、管制圏半径5NM、管制圏内と滑走路面の管制は一名で実施

気象条件：有視界飛行条件

(1) 管制圏への接近

当該機は、通常のVFRに基づいて5000ftで空港に接近する。データリンクによって、管制圏から5NM以遠で空港周辺の気象状況を取得する。有視界飛行条件ではあるが、NOCTARNに基づく騒音低減進入による飛行場使用料の低減とパイロットの慣熟のため、NOCTARN進入を選択し、管制塔に意図を伝える。同時に機種、装備、希望する経路などがダウンリンクされる。ATCワーク



図2 MFDのイメージ

ステーションは機種別データベースから参照した性能や気象条件、これまで飛行した機体による騒音被害の総計などから、適切な経路を選択し、管制官に対して候補を提案する。管制官は、この情報に基づいて飛行経路を航空機に指示する。航空機は管制圏の周囲にいくつか設けられたゲートに 3000ft で進入するように飛行する。

(2) 管制圏への進入と経路のアサイン

管制圏への進入と同時に三次元誘導が開始される。パイロットはMFDに示される経路に従って操縦する。通常のVFR機は800～1500ftの場周経路に従って進入を行っており、3000ftから連続的に降下するNOCTARN機とは、最終進入部を除いて高度によるセパレーションが保たれる。管制官はNOCTARN機からダウンリンクされるGPSとPSSRに基づく機体位置情報を総合して、VFR機とNOCTARN機の間隔を確保する。また、他機の情報もNOCTARN装備機にもアップリンクされ、接近回避情報として利用される。

(3) 飛行経路の変更

進入中の使用滑走路の変更や間隔確保のために飛行経路の変更が指示されることがある。三次元プロファイル形式での経路変更が可能な場合、パイロットは変更された経路に従って飛行する。

(4) 最終進入

経路の許容幅から逸脱した場合は定められた復行手順に従って飛行する。有視界飛行条件では、VFRに基づく復行経路を選択することもできるが、通常の復行および離陸経路は水平面内経路と目標高度が進入経路と同様に定められている。CPDLCあるいは音声による着陸許可が得られた後、着陸する。飛行場面内の管制は従来通りの手順によって行われるが、スポットまでの誘導経路をCPDLCによって指示することも可能である。

3. 研究計画の概要

本研究では、飛行手順や管制方式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。

特に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。

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 航法システム検討・試作	搭載作業	統合 飛行実験
地上機器	ATCワークステーション試作	ATCワークステーション試作	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		

4. 進捗状況

本研究は実質的に2001年度に開始された。2001年8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

トンネル表示方式に関してはこれまで固定翼機による評価を実施してきたが、2000年には実機で

2001年4月にはシミュレーションによってヘリコプタに関して評価し、ヘリコプタ固有の問題点の抽出と、解決手法の検討を行った。今後、実機による評価を再度実施して、表示方法を確立する予定である。

(2) 第0次シミュレーション環境の構築⁶⁾

通信手順や管制方式などの運航方式や地上側および機上側のヒューマン・インターフェースの評価を行うため、シミュレーション環境を構築し、これを順次高度化してゆく。

本稿執筆時点では、運航概念のデモンストレーションを目的とした第0次シミュレーション環境が完成している。これは、HLA(High Level Architecture)に基づいた分散型シミュレーション環境であり、ATCワークステーションやパイロット・インターフェースの機能を模擬するモジュールや、航空機のダイナミクス、他機を模擬するために自律的に航空機を操縦する数値乗員モデルなどから構成される。今後は、これを用いて、通信手順や飛行手順などの検討を行う予定である。

(3) パイロットワークロード指標の構築⁷⁾

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、NASA-TLXに基づいたワークロード評価手法の構築作業をおこなっている。また、この研究では、NASA-TLXの六つの構成要素である指標から、飛行手順やタスクの配分、パイロット・インターフェースなどの適切さを評価するための分析手法についても検討を行っている。

(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。現在、ATCワークステーションが持つべき機能と構成について検討するとともに、来年度初めに評価することを目的とした一次試作機の仕様を策定している。

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390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) Muraoka, K. and Funabiki, K.; Distributed Simulation for NOCTARN, AIAA-2001-4131, 2001.
- 7) Iijima, T., Funabiki, K., and Muraoka, K.; Pilot Workload Assessment of Tunnel-in-the-Sky Display for Curved Approach, AIAA-2001-4190, 2001.
- 8) 嶋英志; 将来型コミュ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.
- 9) 船引浩平、村岡浩治、飯島朋子; 小型機を対象とした次世代運航方式の提案、第38回飛行機シンポジウム講演集、2000.