

25. A-SMGCシステム経路設定インターフェイス装置の開発と 管制官評価

通信・航法・監視領域 ※角張 泰之、二瓶 子朗、宮崎 裕己、上田 栄輔
航空交通管理領域 青山 久枝、山田 泉
機上等技術領域 古賀 禎
企画課 林 一夫

1. はじめに

近年の航空交通需要の増大に伴い、空域のみならず空港面においても高密度の運航がなされている。航空機の地上走行は地上管制官の目視による監視と無線通信を用いた音声指示に依存しており、幹線空港の管制官においては多大な業務負荷を強いられているのが実状である。

このような状況への解決策として、国際民間航空機関 (ICAO: International Civil Aviation Organization) では空港面における新しい管制支援システムとして、先進型地上走行誘導管制 (A-SMGC: Advanced Surface Movement Guidance and Control) システムの概念と性能要件をマニュアルにて提唱している[1]。A-SMGC システムの構成要素には「監視」、「経路設定」、「誘導」、「管制」の4つの機能が定義されており、それぞれが有機的に機能することにより、管制業務負荷の低減と航空機等の衝突や誤進入の防止を可能とし、空港面における地上走行の安全性確保と効率化が図れるとしている。

電子航法研究所では経路設定機能の開発において、地上管制官が経路指示時に実際に操作することを想定した、インターフェイス装置を試作し、その評価を行った。使用に際して新たに管制官の負担とならないようなインターフェイスの実現に向けた検討を行い、試作した装置の基本的な機能については、仙台空港で実験的検証を行った。また同時に装置の操作性に主眼を置いた管制官評価を実施した。本稿ではこれらの内容について報告する。

2. 経路設定インターフェイス装置の開発

2.1. A-SMGC システム経路設定機能

A-SMGC システムにおける経路設定機能には、空港面上を移動する全ての航空機や車両に対し

てその移動経路を指定でき、また何時でもその目的地や経路が変更できることが求められている。また、この機能で生成された経路情報は誘導機能や管制機能に対してネットワークを經由して電子的なデータとして提供され、管制をする側とされる側とで情報を共有しながら、航空機や車両を安全に運航させることが求められている。

ICAO のマニュアルによれば、経路情報を生成する手段については「automatically」または「manually」と記述があるが具体的ではなく、経路生成装置の実現方法については開発者に委ねられている。電子航法研究所では、自動経路生成アルゴリズムによるフルオートによる方法[2]、および操作型のインターフェイス装置による選択的な経路設定方法の両側面から経路設定機能の実現性を検討しており、本稿は後者の検討内容について言及するものである。

2.2. 経路設定インターフェイス装置の概要

本装置は管制官が直接操作することを想定したものであり、現在音声通信で行なわれている経路指示と同等の経路情報を生成し、誘導機

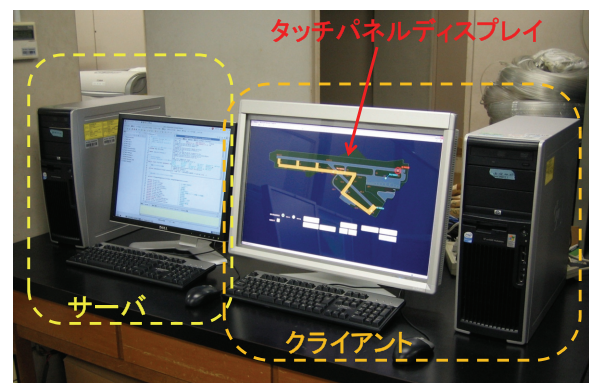


図1. 経路設定インターフェイス装置の外観

能を仲介して航空機に伝達することを目的とした装置である。

試作した装置の外観を図1に示す。本装置はデータを処理・生成するサーバと管制官が操作を行うクライアントから構成される。サーバでは空港面監視センサから出力される航空機位置情報を取得し、目的地までの経路情報を生成する。また、クライアントではタッチパネルディスプレイを備え、管制官が画面に表示される空港面マップに触れて操作することで直感的に経路の指定や変更が行える。試作した実験装置は仙台空港をモデルとしている。

本装置で生成された経路情報は所定のデータフォーマットに基づき、A-SMGCシステムの他の構成要素である誘導機能や管制機能にイーサネットを介して提供される。これにより管制官とパイロットが経路情報を共有できることを想定している。

2.3. インターフェイス装置の機能と操作

本装置では、グラフ理論の考え方に基づいて、空港面上の走行可能な滑走路・誘導路をエッジ（辺・枝）として表現し取り扱っている。経路とは互いに接続された複数のエッジの集合体のことであると言える。

簡易な操作での経路生成を実現するため、よく利用される経路に相当するエッジの集合体をデータベースとして準備し、それを参照する方

法が、本装置の大きな特長として挙げられる。即ち、通常管制官が指示する頻度の高い経路を、「標準経路」としてデータベースに準備しておくことで、操作手順を減らすことができる。

図2に経路設定の全体の手順を表したフロー図を示す。網掛けの枠がユーザの操作であり、白抜き枠の枠が経路生成装置の動作である。

本装置は、複数の航空機に対してそれぞれ別の経路指示が可能であり、ディスプレイに表示された航空機シンボルの中から経路を指示したい航空機を選択することから操作を開始する。この時、前述の標準経路が自動的に画面に提示され、提示された経路でよい場合はそのままOKボタンを押して経路を確定する。準備されるデータベースによっては、複数の標準経路を提示する場合もあるが、最短で2ステップの操作で経路指示が可能であり、「manually」というよりは、「semi-automatically」と称する方が分かりやすい。

クライアント画面に表示されている経路は何度でも適宜変更することが可能である。図3に経路変更モードにおける操作手順のフロー図を示す。経路変更が必要な区間を選択消去し、消去した区間の前後をつなぐように、順にエッジを選択しながら新しい経路を設定する。このとき変更経路の始点エッジ（必要なら中間エッジ）、および終点エッジを選択すると、それらを順に通る最短の経路で計算されるため、経路上の全てのエッジを選択することなく、目的とする経路変更を容易に行うことができる。

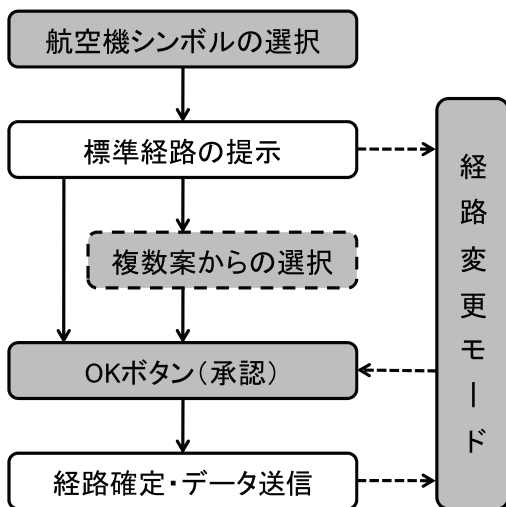


図2. 経路設定の操作手順フロー

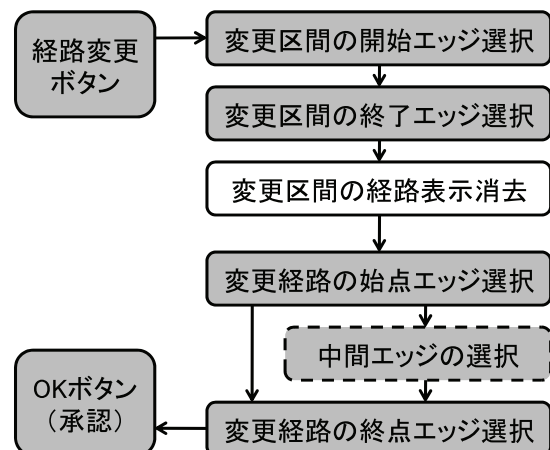


図3. 経路変更モードの操作手順フロー

いずれの操作においても経路を確定し OK ボタンを押した段階で、その結果が画面に表示され、同時に A-SMGC システムの誘導機能や管制機能などに生成された経路情報が伝送される。

この操作手順に沿ったタッチパネルディスプレイの画面表示例を図 4 に示す。仙台空港をモデルにした実験用の経路設定インターフェイス装置の画面であり、実験用の駐機スポットとして仮想スポットを設定した。図 4(a)は B 滑走路に東側（画面右側）から進入してきた到着航空機が選択された状態にあり、離脱誘導路から仮想スポットまでの標準経路がデータベースより読み込まれ、黄色表示されている状態である。図 4(b)は経路が確定され、生成した経路情報がイーサネットを介して伝送されたときの表示である。

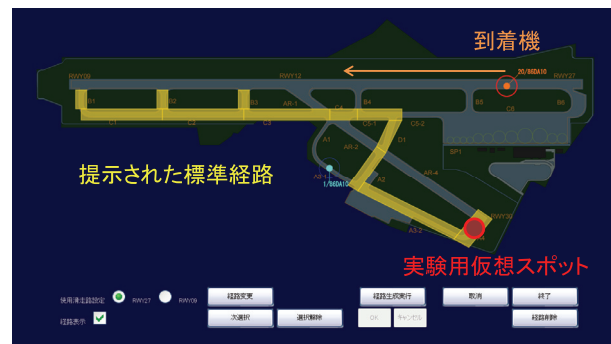
仙台空港をモデルとした本試作装置では、データベースに準備した標準経路は通常の運用で使用する経路ではなく、実験に即して設定した経路であるが、我々は東京国際空港をモデルにした装置の製作も視野に入れており、現在東京国際空港における地上走行パターンの解析を進めている[3]。天候、風向き、時間帯などの条件ごとに応じた地上走行パターンを解析することで、地上管制官の思考が適切に反映された標準経路データベースを準備することが可能である。本装置による標準経路の提示は、管制官の経路指示に係る作業負荷を低減できるものと期待している。

3. 機能検証と管制官評価

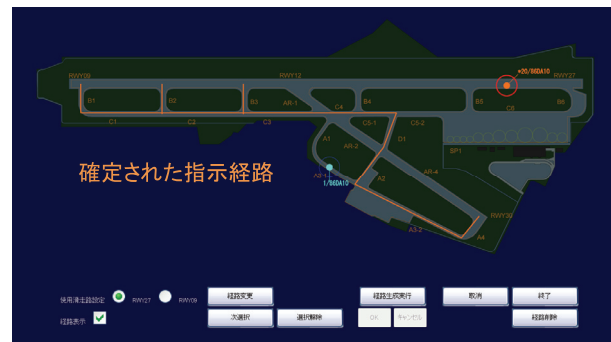
3.1. 実施概要

平成 21 年 1 月、仙台空港においてこれまでに試作した A-SMGC 実験システムの総合性能試験を行った。この試験は開発中の各装置の基本機能が正しく動作すること、またリアルタイムの航空機監視に対する装置間でのデータのやり取りが正常に行われること等の確認を目的としている。

更に、この試験の中で国土交通省航空局、東京空港事務所、成田空港事務所、仙台空港事務所の管制官、計 12 名の協力を得て、インターフェイス装置としての画面の操作性及び表示項目の見やすさ、操作手順の妥当性などに関する管



(a)着陸機に対する標準経路提示状態



(b)経路確定後の状態

図 4. 経路設定インターフェイスの画面表示

制官評価を実施した。

3.2. 機能検証

本装置において、監視センサから得た航空機位置情報を基に所定の操作手順を行った場合に正常な経路生成動作が行われることを確認した。また生成した経路データが接続された灯火誘導装置（誘導機能）、管制表示装置（管制機能）に対して正しく伝送され、更に伝送された各装置において、経路情報を利用した所定の動作がリアルタイムになされることを確認した。

3.3. 管制官評価の評価方法と評価項目

実験用航空機を仙台空港周辺空域と空港面においてあらかじめ設定したトラフィックパターンに従って飛行・走行させ、管制官には実際に本装置を用いた経路指示操作と、一連の操作終了後の評価シートへの回答を依頼した。以下に評価シートの設問内容を一部抜粋して挙げる。

- ・ 画面の操作性について
 - 航空機シンボルの選択性
 - 誘導路（エッジ）の選択性

- ・ 画面の視認性・表示の有効性について
 - 航空機シンボルの識別のしやすさ
 - 標準経路提示の見やすさ
 - 経路設定後の表示の見やすさ
- ・ 機能の操作性・有効性について
 - 標準経路提示機能の有効性
 - 経路変更機能の操作性

いずれの項目も平均を3とした5段階の評点(1~5)を付けてもらい、必要に応じてコメントを付してもらった。

3.4. 評価結果（画面の操作性）

使用したタッチパネルの反応に起因して、管制官ごとに評価が分かれる傾向があった。操作に対する慣れの問題も含むようだが、特に誘導路（エッジ）選択に関しては、仙台空港のような比較的誘導路数が少ないところで反応が悪いと感じた管制官からは、大規模空港モデルの実現に疑問を投げかける意見もあった。

- ・ 反応はよい（4点）
- ・ タッチパネルの反応がいまひとつに感じました（2点）
- ・ より複雑な空港レイアウトでは、かなり大変なイメージ（1点） など

3.5. 評価結果（画面の視認性・表示の有効性）

航空機シンボルや設定経路線表示に関しては出発機・到着機それぞれの色分けを既存のレーダ画面などと整合をとった結果、その視認性に関して、総じて良いとする意見が得られた。対して、選択中の表示の仕方や進行方向の情報などに関して、その時の状況が分かりやすくなるような工夫が必要であるとの意見もあった。少し暗めに設定した画面全体の配色などに関しても、概ね好意的な評価が得られた。

- ・ 到着機・出発機の色分けは他の機器と一緒に分かり易くて良い（4点）
- ・ 識別の色は良いが選択中はブリンクでも良いかも（4点）
- ・ 進行方向が分かればより使いやすいのでは（4点） など

3.6. 評価結果（機能の操作性・有効性）

標準経路提示からの経路指示に関しては、そ

の機能の有効性と操作手順の簡便さに対して好意的な意見を得た。それに対して、経路変更に関しては、操作の手順・アクション回数、それぞれに対して、直感的操作方法への改善を求める意見が多かった。

- ・ いちいちよく使うルートを選ばなくてよいのは便利だと思った（5点）
- ・ (経路変更操作は)ルートを全部なぞる方がパッと操作しやすいのでは？（3点）
- ・ 「消して、書く」作業が手間が多い様に感じた（3点）
- ・ 何度やっても同じ間違いをしてしまうのは管制の思考の流れと、システムの作り方に相違があるのではないかなど

4. まとめ

仙台空港をモデルに経路設定インターフェイス装置を試作し、A-SMGC 実験システムの総合性能試験の中で本装置の基本動作と操作性に関する検証を行った。その結果、装置の機能に関してはシステムの中で所定の手順に沿って想定した動作をすることが確認されたが、管制官による評価の中で操作性に関して複数の課題が挙げられた。「真の“安全のため”，“業務支援ツール”というものを見失わずに」、より簡便な操作を可能にする機能改善を進めていくためにも、今後も管制官による評価・意見を分析しつつ、継続的に開発を進める必要があると考える。

謝辞

評価試験を行うにあたり多大なご協力を頂きました国土交通省航空局，東京空港事務所，成田空港事務所，仙台空港事務所の関係各位に感謝致します。

参考文献

- [1] International Civil Aviation Organization, “Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual,” *ICAO Doc9830, 1* (2004)
- [2] 山田 他：“A-SMGC システム経路生成機能の開発ー空港面地上走行のモデル化ー”，第45回飛行機シンポジウム講演集(2007)
- [3] 青山 他：“A-SMGC システム経路生成機能の開発ー地上走行パターンの解析について その2ー”，第46回飛行機シンポジウム講演集(2008)