

航空機の自動地上誘導管制の最適化

交通システム部

青木義郎 豊福芳典 塚田由紀

1. はじめに

航空交通量の増大に伴い運航効率の向上や低視程運航の要求が高まっている。こうしたことから安全かつ円滑な地上走行の支援のため、視覚情報に基づいた誘導の自動化が望まれてきている。

筆者らは¹⁾、誘導を自動化させた場合の地上誘導を解析するため、エプロンを含めた空港面全域での最短経路選択を自動的に行う地上走行シミュレーションプログラムを開発した。そして、羽田空港をモデルに、航空機の経路選択を自動化させた場合、通常走行時と比べて運航効率がどの様になるのか解析を行った。

今回は、自動化システムの構成並びに運用方法により運航効率がどの様に変わること解析を行いその最適化について検討を行った。また表示方法についても検討を行ったのでその結果について報告する。

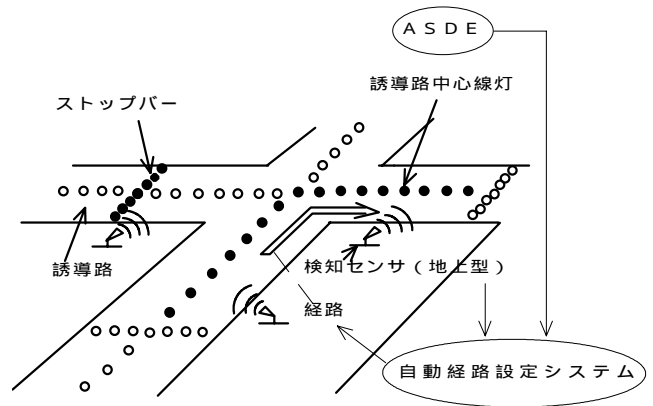


図1 自動化システム交差点部構成図

2. 自動化システム

航空機の地上誘導を自動化するためには、

- 監視機能
- 経路設定機能
- 誘導機能
- 管制機能

の機能が必要となる²⁾

本研究では、図1のような誘導路を閉塞ブロックに分割し、開発した経路設定機能経(自動経路判別手法)により走行させた場合にどのような交通流になるのかを、数値シミュレーション(図2参照)により解析する。

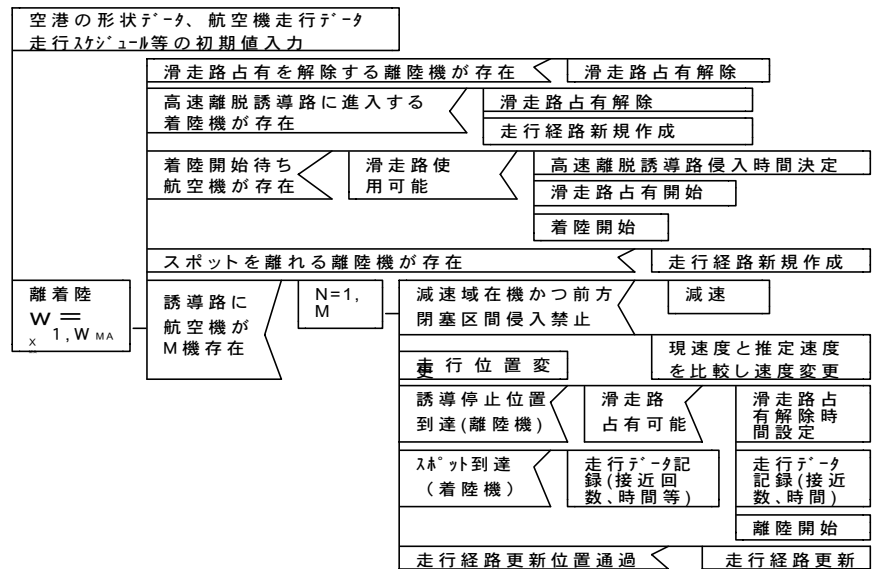


図2 経路選択自動設定フロー

3. シミュレーション方法

図2の数値シミュレーションにより、スポットアウトから離陸まで、あるいは着陸からスポットインする間の走行時間並びに各種コンフリクト(図3)により生じる走行遅延時間を集計し、運航効率の解析を行う。

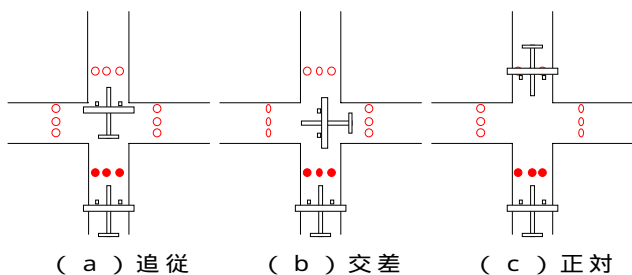


図3 コンフリクト

3.1 空港面データ

今回解析モデルに用いるのは羽田空港(図4)である。

空港面は、図5に示すネットワークになるように交差点部分や滑走路手前にストッパーを設置し閉塞ブロックに分割する。前方閉塞区間侵入禁止時の制動開始はストッパー手前40m通過時に行うものとする。経路の新規作成はゲート及び高速離脱誘導路侵入時に、滑走路の占有は着陸機が離陸機に優先するものとする。



図4 羽田空港レイアウト

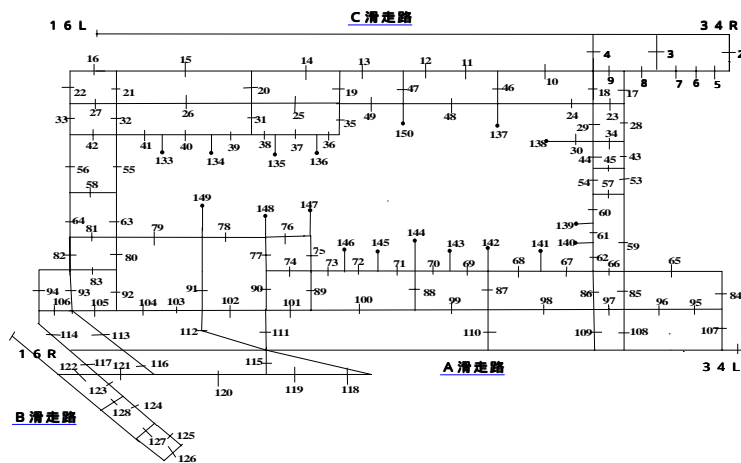


図5 羽田空港誘導路ネットワーク図

3.2 航空機走行データ等

航空機の走行速度は時間(昼夜)や天候状態によって変化が生じる。誘導速度に関するパイロットアンケート結果³⁾を表1に示す。昼夜や移動場所の違いによりパイロットは速度を変化させている。昼夜による走行速度の変化は視覚情報量の低下によるものであり、エプロンと誘導路での走行速度の変化は近接する障害物の多少によるものと考えられる。なお、昼夜の速度変化は空港の一部誘導路上でのビデオ撮影データ(夜: 8.04 ± 1.12 、昼: 9.60 ± 2.90)からもこの傾向が確認された。誘導路曲線部分並びに高速離脱誘導路については航空機走行(成田空港)をビデオ撮影により収集した結果を用いるものとする。

表1 航空機の移動速度

移動場所	速度 (m/s)	
	昼間	夜間
誘導路(直線)	10.00 ± 2.5	8.75 ± 1.25
エプロン	4.50 ± 0.50	4.50 ± 0.50

4. 走行シミュレーション結果

4.1 閉塞区間長が交通流に及ぼす影響

自動化システムを設計する場合、閉塞区間をどのように設定するかは交通流やコストを考える上で重要であると考えられる。

シミュレーション上で使用される閉塞区間長を最大400mとするシミュレーションモデルをモデルA(ストッパー数140)、最大200m(ただし高速離脱誘導路、スポット周辺を除く)とするモデルをモデルB(ストッパー数157)とし解析を行った。その結果を図6に示す。

図6に示されるように、タイプBのように閉塞区間を細かく設定した方が、減速回数は短縮する傾向が示されているが、誘導時間においては殆ど差異が認められなかった。(連続誘導時間250-800時間の施行による)

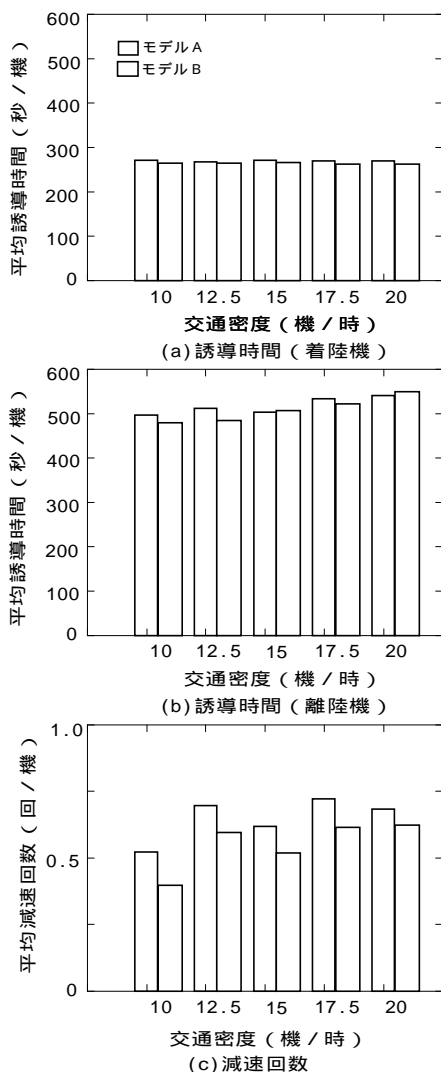


図6 閉塞区間による運航効率の変化

4.2 最適スケジューリングとのリンク

離陸機の場合、地上誘導中の遅延時間のうち、その多くは滑走路待機時間で占められる。すなわち、この部分の遅延時間の短縮が誘導効率の向上に最も寄与する部分である。

筆者らにより走行シミュレーションにより離陸機の滑走路到達時間を予測し、滑走路待機時間を減らす(アイドリング時間の短縮)ようにスケジューリング調整するプログラムの開発を行っている。

最適スケジューリング機能を付加した場合の結果を表2に示す。なお、最大滑走路待機許容時間(プログラム上での目標値)を160秒とした。このプログラムにより、離陸機の走行遅延時間が短縮する場合があり、この手法による運航効率の向上効果の可能性が確認された。

なお、長時間高密度運航が続く場合や最大滑走路待ち許容時間を少なく設定しすぎた場合には、大きくスケジュールを乱す場合もあるため最適な設定方法並びにプログラムの改善を今後行っていく。

表2 各種運航による遅延時間(離陸機)

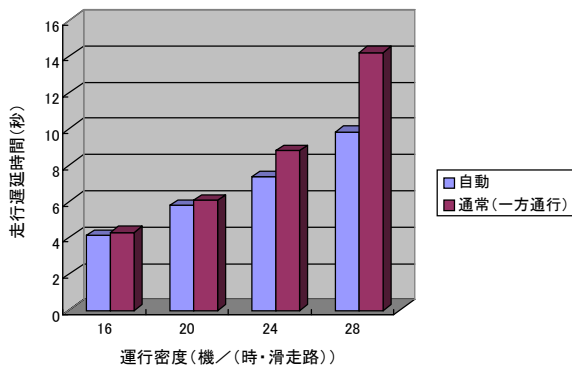
	最適経路選択	最適経路選択 +最適スケジューリング
15 (機/時)	42.1秒	35.7秒
20 (機/時)	99.3秒	67.5秒

4.3 自動ルート選定と実ルートの比較

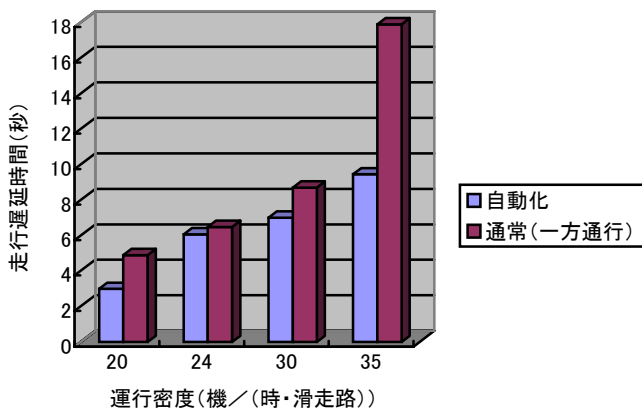
羽田空港にはA滑走路とC滑走路との間に南北それぞれに2本の誘導路がある。これは通常、一方通行運用がなされているが、これを自動化システムの導入によりフレキシブルな運用を行った場合にどのような違いが生じるか解析を行った。その結果を図7に示す。なお、この結果は着陸機に対するシミュレーション結果である。

着陸機については自動化フレキシブルルートによりスポット付近でのコンフリクトが若干解消され、遅延時間が短縮することが明らかになった。

すなわち、このルート選択の自由度の点からも自動化システムでの走行時間短縮効果が生じる可能性があることが確認された。なお、着陸間隔を短縮(110秒から90秒)場合についても求めたが違いは見られなかった。



(a) 離陸間隔 110 秒



(b) 離陸間隔 90 秒

図 7 自動化システムと通常ルートとの遅延時間

4.4 地上走行シミュレーション表示装置

地上走行シミュレーションの結果をコンピュータ画面上に表示させることができる表示装置の開発を行った。表示内容の詳細は以下の通りである。

a) 空港レイアウト

b) 空港灯火

走行シミュレーションから指示される S M G C 用灯火の点滅状況を表示。

c) 航空機

走行シミュレーションでの航空機の現在位置表示

以上の内容の表示画面を図 8 に示す。

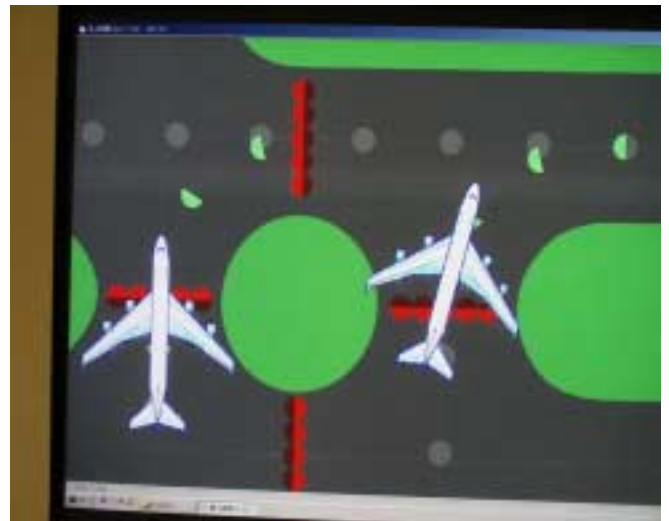


図 8 走行シミュレーション表示装置 (倍率 2.0 倍)

5. まとめ

本研究では、地上走行シミュレーションプログラムを用いて、地上誘導を自動化した場合の運航効率について解析した。その結果を以下に示す。

- (1) 閉塞区間を細かく設定した方が、制動回数は若干減る傾向が示されているが、誘導時間においては殆ど差異が認められないケースもある。
- (2) 最適経路プログラム (走行シミュレーション) とリンクする最適スケジューリングプログラムにより、離陸機の走行遅延時間が短縮する場合があります。この手法による運航効率の向上効果の可能性が確認された。
- (3) 自動化フレキシブルルートによりスポット付近でのコンフリクトが若干解消され、遅延時間が短縮することが明らかになった。

今後も、さらに運航データの収集を行い、自動化システムの有効性及び最適化について詳細な解析を行っていく。

<参考文献>

- (1) 青木他：空港面における航空機の経路選択自動化シミュレーション，交通研究所研究発表会(1991)
- (2) 地上走行誘導官制 (S M G C) システムに関する運用要件等調査 () 報告書、航空保安研究センター (1999)
- (3) 地上走行誘導官制 (S M G C) システムに関する運用要件等調査 () 報告書、航空保安研究センター (1998)

