

最適スケジューリングによる待機時間の短縮

交通システム部

青木義郎 豊福芳典 塚田由紀

1. はじめに

今後の航空交通量の増大に対応して、安全かつ円滑な地上走行を支援する先進型地上走行誘導管制(A-SMGC)システムの実用化が望まれている。このA-SMGCシステムは、センシングされた航空機位置情報に基づき、航空機同士の安全間隔の確保、滑走路誤進入への警報、そして空港面での航空機の自動誘導を行い、運行効率および安全性の向上や管制官の作業負担の低減を目指すものである。筆者らは¹⁾、航空機の最適経路を自動設定するプログラムを開発し、それにより誘導を自動化させた場合に航空機の運航がどのようなになるのかを地上走行シミュレーションを用いて解析し、導入効果等について調査を行ってきた。その結果、離陸機の滑走路待機時間は経路設定を自動化させても短縮は望めず、離陸機の遅延時間の大部分を占め高密度運航になるほど増大することが明らかになった。

本研究では、この滑走路待機時間を短縮するため、自動経路設定システムに最適スケジューリング機能を付加する方法について提案し、その機能を付加させた場合の運航効率について解析を行ったのでその結果について報告する。

2. 最適スケジューリング機能を付加した

自動経路設定システム

開発を行った最適経路設定プログラムにより、航空機はできるだけコンフリクトを少なくかつ最短時間で目的地に到達する経路を設定することが可能である。しかしながら、滑走路待機位置(離陸機が滑走路に進入する最終段階)での混雑は、航空機が最適な経路を通過しても、先行機あるいは着陸機の滑走路占有によって高密度運航になると混雑(図1参照)は発生し、途中経路を変更してもそれを緩和することはできない。

また、この滑走路待機は空港面誘導中におこる遅延時間の大部分を占めるため、この部分の低減が遅延時

間短縮すなわち運行効率の向上において、重要な課題である。

本研究では、滑走路待機位置での渋滞を緩和し燃料節減等を図るため、自動経路設定システムに最適スケジューリング機能を付加させる方法について検討を行う。そのシステムの概要を図2に示す。過去に開発を行った経路設定プログラムに最適スケジューリング機能を付加した場合(図3参照)の運行効率向上について解析を行っていく。

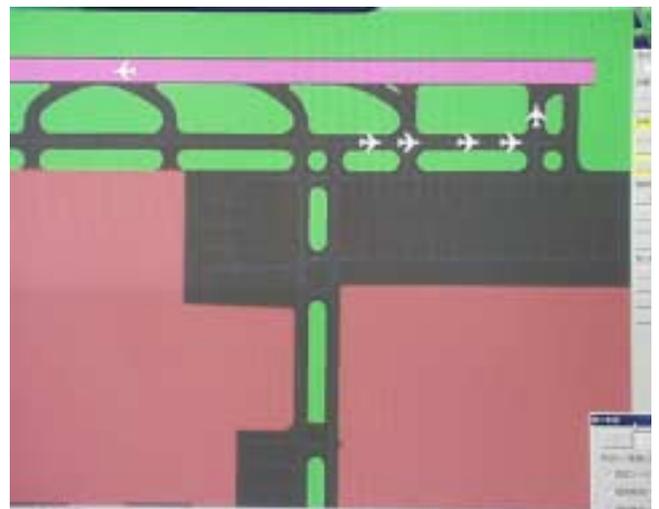


図1 滑走路待機位置付近での混雑

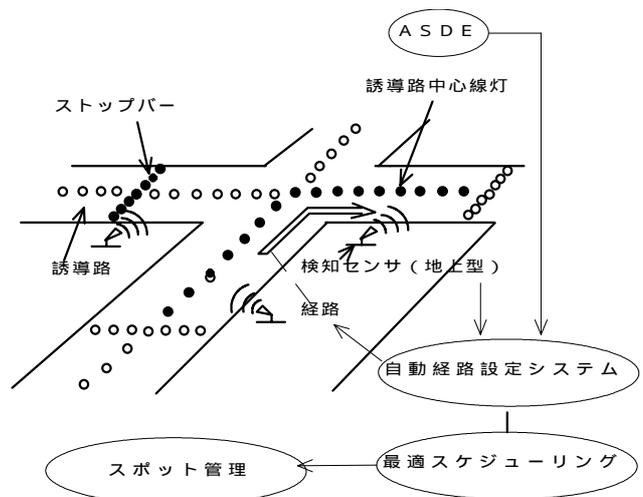


図2 最適スケジューリング機能を付加した自動化システム

表1 航空機の誘導速度

移動場所	速度 (m/s)
誘導路 (直線)	10.00±2.50
誘導路 (曲線)	5.75±1.39
エプロン	4.50±0.50
高速離脱誘導路	12.00±5.00

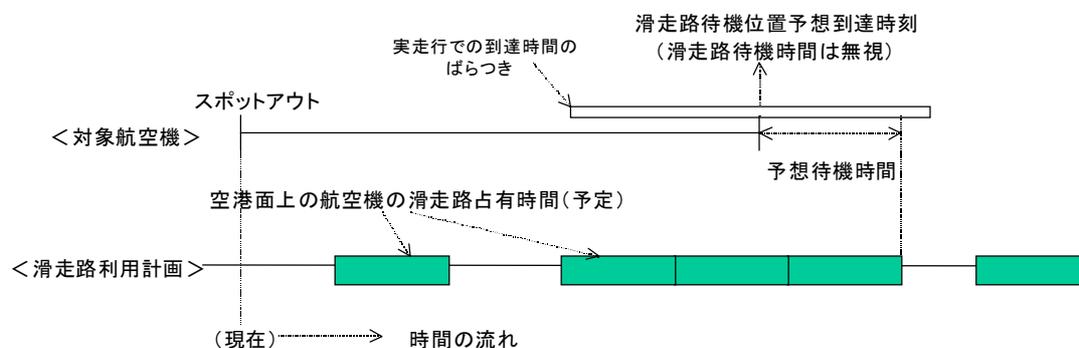
4. 走行シミュレーション結果

最適スケジューリング機能付加により滑走路待機時間をどの程度短縮できるのか(アイドリング時間の短縮)解析を行う。

4.1 滑走路待機時間短縮効果

滑走路の待機時間はそれぞれ0に近づけることが理想であるが、航空機の実速は表1が示すように2割以上のばらつきがあり、滑走路到達時間を誤差なく予想することは不可能であると考えられる。このため、ある程度の待機時間を許容しなければ、滑走路の空き時間を増やし使用効率の低下まねき、全体的な離陸時間の遅延を引き起こすおそれがある。離陸時間の遅延を起ささないよう、スポットアウトする航空機それぞれに最小滑走路待機時間(許容する滑走路待機時間)を設定し、それよりも待機時間が長くなると予想される場合にスケジューリングを行う(図6参照)ものとした。これにより運行効率がどのように変化するのか、その結果を図7、図8に示す。

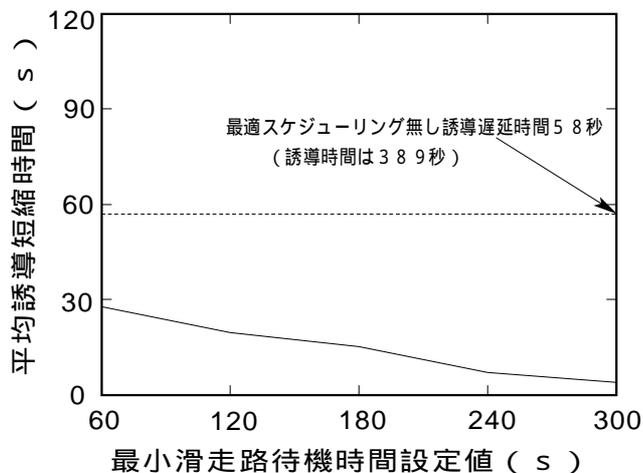
図7に示されるように、今回の最適スケジューリング機能の付加により、滑走路待機時間は大幅に短縮し、誘導中に起こる遅延時間の5割以上(誘導時間にして1割程度)低減できる場合がある。またその短縮時間は運航密度が高くなるほど効果が現れやすい。



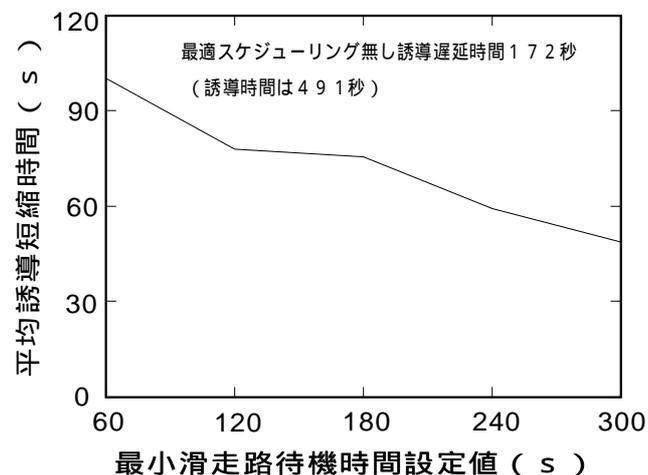
* 予想待機時間<最小滑走路待機時間設定値の時、対象航空機はスポットアウト許可

図6 最小滑走路待機時間とスポットアウト許可

すなわち、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。



(a) 運航密度 32 (機/時)

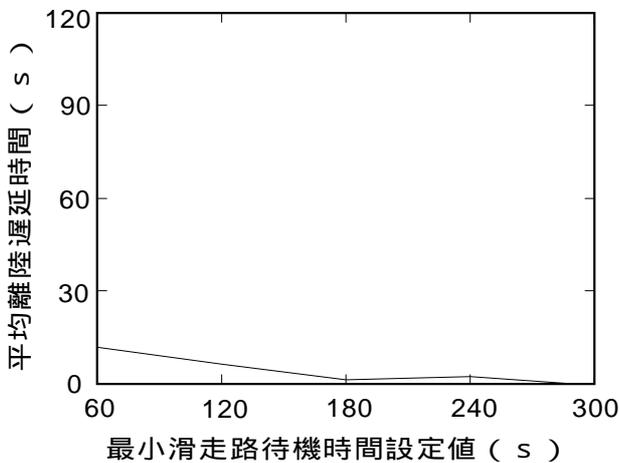


(b) 運航密度 48 (機/時)

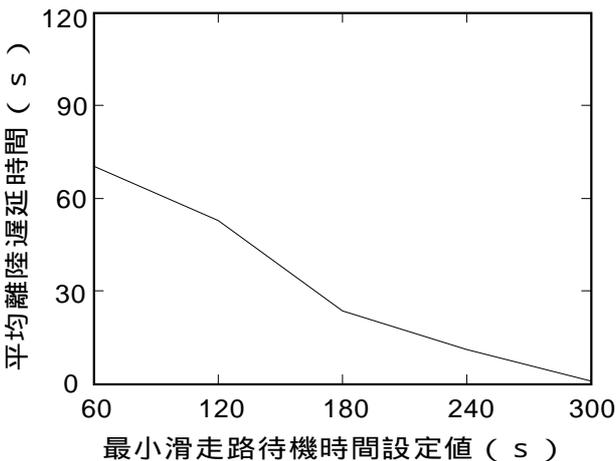
図7 最適スケジューリングによる誘導時間の短縮

さらに空港面を走行する航空機数も最適スケジューリングにより、運航密度48機/時の場合、 4.59 ± 2.5 機が 4.12 ± 1.93 まで減少する。これにより地上管制のワークロードの低減も期待できる。

一方、図8に示されるように、最小滑走路待機時間の設定値を小さくするほど誘導時間の短縮効果は大きくなるが、逆に離陸時間の遅延(最適スケジューリング機能を付加しない場合の離陸時間からの遅れの平均値)も大きくなる。また運航密度が高くなるほどその離陸時間の遅延が大きくなることが示されている。すなわち運航密度に合わせて、それに適した設定値に変化させる必要があることが示されている。



(a) 運航密度 32 (機/時)



(b) 運航密度 48 (機/時)

図8 最適スケジューリングによる離陸時間の遅延

このような走行のばらつきによって起こる滑走路利用効率の低下、離陸遅延時間の短縮を図るために、

最小滑走路待機時間設定値を混雑度等によって変動させる方法について検討を行った。その結果、誘導短縮時間をほとんど変えずに離陸遅延時間を数割程度(12.0 8.8秒:交通密度32機/時の場合)短縮できる場合があることが確認された。条件によって適切な設定パラメータにばらつきがあるため、その適切な最小滑走路待機時間の算出式については今後の課題とし、最適スケジューリングの改善を目指す。

5. まとめ

本研究では、自動経路選択プログラムに最適スケジューリング機能を付加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) 最適スケジューリング機能の付加により、滑走路待機時間は大幅に短縮し、誘導中に起こる遅延時間の5割以上(誘導時間にして1割程度)低減できる場合がある。またその短縮時間は運航密度が高くなるほど効果が現れやすい。
- (2) 一方、最小滑走路待機時間の設定値を小さくするほど離陸時間の遅延も大きくなる。すなわち運航密度に合わせて、それに適した設定値に変化させる必要がある

今後も、自動化システムの導入効果の向上を目指して、最適スケジューリング手法の改善を行い、航空機データの収集によりシミュレーションの精度を上げていく。また、実運用のスケジュールに対する解析等も行っていく予定である。

<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, 交通安全公害研究所研究発表会(1991)
- (2) 運用要件等調査()委員会:
地上走行誘導官制(SMGC)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) 運用要件等調査()委員会:
地上走行誘導官制(SMGC)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)