

19. 滑走路状態表示灯システムの開発について

通信・航法・監視領域 ※松久保 裕二、二瓶 子朗、宮崎 裕己
機上等技術領域 古賀 禎
航空交通管理領域 青山 久枝

1. はじめに

航空交通量は需要とともに空港面の交通量においても増加しており、滑走路への誤進入および誤離陸滑走等の案件が増えてきている。管制官と運航者間の安全を確保する手段は、音声通信による確認と目視により行われているが、相互間の認識違いにより、このような案件の要因となっている。そこで、我が国においても航空機の安全を確保するための対策が検討されており、このような重大事故につながる諸要因を予め除去することが必要である。この要因を防止するための安全対策として、航空機および車両に対し、視覚による対策が有効であると考えられている。米国 FAA においては、航空灯火を制御する滑走路状態表示灯システム(RWSL : Runway Status Light system)を開発しており、システムの導入に向け、運用評価を実施している。

電子航法研究所では、平成18年度に航空局より「滑走路誤進入防止灯火システムの基礎調査委託」を受託し、米国 RWSL システムを参考とした、東京国際空港を模擬できる滑走路状態表示灯システムのシミュレーションテストツールを試作して動作検証を行った。

2. 米国システム

2.1 機材

FAA では、RIRP(Runway Incursion Reduction Program)の枠組みの中で、空港面における滑走路への誤侵入および誤離陸滑走を防止するため、RWSL の評価を行っている。対象空港としては、ダラス・フォートワース国際空港とサンディエゴ国際空港の2空港で、実運用環境下での評価が進められている。RWSL の構成は、図1に示す誘導路から滑走路中心までの滑走路入口灯(REL : Runway Entrance Light) および滑走路中心線沿いに設置される離陸待機灯 (THL : Take-off Hold Light) から構成される2種類の航

空灯火を使用する。REL と THL の制御を行うための監視センサとしては、空港面を監視する空港面監視レーダ(ASDE)、航空機に搭載されたトランスポンダから送信される航空機衝突防止装置(ACAS)のスキッタや2次監視レーダ(SSR)の応答信号を使用するマルチラテレーション(MLAT)および空港周辺空域を監視する空港面監視レーダ(ASR)等を使用する。そして、REL

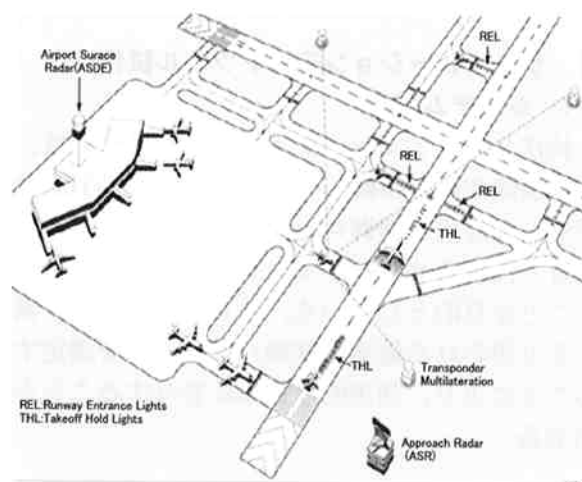


図1 RWSL 構成⁽¹⁾

と THL を点灯/消灯することで、空港面を移動する航空機および車両の運航者に対し、視覚的な情報を提供することにより、滑走路誤侵入と誤離陸滑走を防止するものである。なお、図1の構成には記載していないが、監視センサとして ADS-B についても使用することが可能である。

2.2 評価・運用

ダラス・フォートワース国際空港は、図1に示す3種類の監視センサを使用し、REL は2005年、THL については2006年から評価が実施されている。一方、サンディエゴ国際空港においては、監視センサに ASDE のみを使用した REL

の運用評価が2006年後半から行われている。両空港における評価結果について、サンディエゴ国際空港については、評価期間が短期間であることから得られていない。ダラス・フォートワース国際空港においては、管制官およびパイロットから、高い評価を得ている。灯火の配列や輝度についての改善意見はあるが、9割以上の人々が有用であるとしている。RELとTHLを制御するための各パラメータの選定については、管制業務の音声および航跡データを基に空港をシミュレーションし、灯火表示データの解析を行い適切な設定値としている。FAAは2つの空港のRWSL運用評価について2007年中に、導入に向けた検討に入る予定となっている。

3. シミュレーションテストツール試作

3.1 システム構成

試作したシミュレーションテストツールは、東京国際空港を模擬しており、RELとTHLを点灯/消灯する制御ロジックの動作検証および点灯/消灯させるタイミング等の評価に使用することを目的としている。そして空港独自で異なると思われる最適な制御パラメータを選定することにより、効果的な運用に寄与することが出来る。

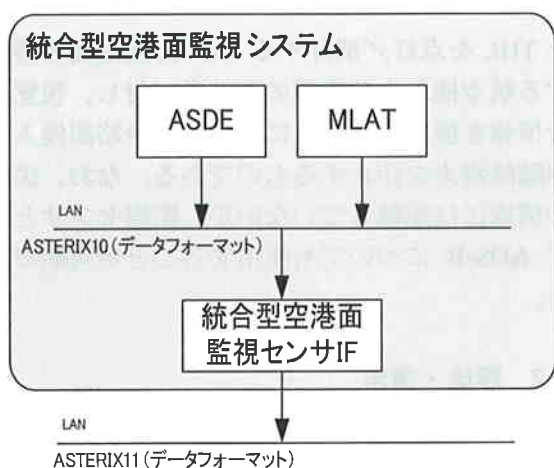


図2 統合型空港面監視システム

RWSLは、監視センサからの位置情報を基にTHLおよびRELの制御を行っており、現在行われている管制方式を妨げることなく管制官の

指示を補完して、航空機および車両の運航者へ滑走路の使用状態を灯火によって知らせることが大前提である。試作したシミュレーション灯火テストツールに使用する監視データは平成17年度から東京国際空港にて運用評価中の統合型空港面監視システム⁽²⁾で取得している統合化ログデータを使用した。統合型空港面監視システムの構成を図2に示す。

統合型空港面監視システムは、複数の監視センサー(ASDE、MALT)から独自に出力されているデータを統一したASTERIX10に準拠するフォーマットへ変換し、その変換された監視情報を統合処理⁽³⁾し、ターゲット毎に信頼性の高い位置データを出力する。

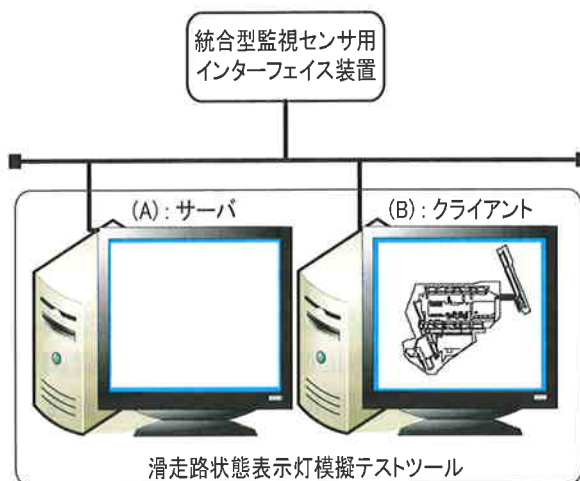


図3 シミュレーションテストツール構成

統合型空港面監視システムの出力としては、ASTERIX11に準拠したフォーマット形式のデータおよび保存されたデータを図3に示す灯火テストツールに入力する。シミュレーションテストツールは、各種データ管理、制御およびログデータの管理を行うサーバと空港面マップ上における移動体のシンボル表示と灯火の点灯/消灯状態を表示するクライアントから構成されており、設定されたパラメータに従って、RELとTHLを点灯/消灯制御する。

3.2 灯火配置図

灯火の配置については、図4に示すTHL（THL1からTHL5）5カ所およびREL（REL1からREL10）10カ所を想定し、建設が予定さ

れている D-RWY および国際ターミナル間の往來が予想される A-RWY に重点をおいた配置とした。

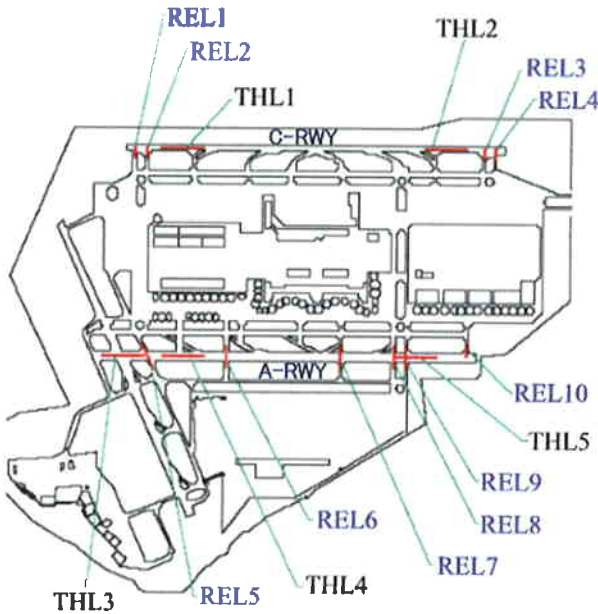


図 4 灯火配置

3.3 制御パラメータ

検証を行った REL の着陸機に関する点灯/消灯の初期設定条件を表 1 に示す。最終進入を行う航空機が、滑走路末端から 1 NM 以内に進入してきたときは、当該滑走路に配置されている全ての REL が点灯し、待機中の移動体に対し注意喚起を行う。そして、滑走路端へ更に接近

表 1 REL 点灯/消灯制御条件（初期設定値）

移動体	状態	条件	灯火箇所
着陸機	点灯	1 NM 以内	全て
	消灯	80kt 以上	3 秒後に到達する交差誘導路
		80kt 未満 34kt 以上	15 秒後に到達する交差誘導路以外
		34kt 未満	全て

し、着陸して誘導路へ抜け滑走路を離脱するまでに 3 段階の REL 制御を行っている。第 1 段階として、航空機が 80kt 以上で REL に近づいた場合は、進入してくる航空機速度によって距離

は違うが、3 秒前に消灯させる。第 2 段階として、航空機速度が減速して滑走路を 80kt 未満から 34kt 以上の速度で走行している状態は、航空機進行方向の REL への到達時間が 15 秒以内に到達すると判断した REL のみ点灯させる。第 3 段階として、航空機が更に減速して 34kt 未満の滑走路離脱する速度の場合は、点灯している全ての REL を消灯させる。

4. システム検証

システム検証には、図 2 統合型空港面監視システムから得られた平成 19 年 2 月後半に取得した約 1 時間(11:10~12:15)のログデータを使用した。対象となった航空機は 30 機であり、表 1 に示すパラメータで動作検証をした結果、REL 消灯条件で設定していた速度とログデータを再生した着陸進入機の速度が合っていないため、適切な動作をしていないことがわかった。図 5 は検証に使用した監視ログデータの約 1 時間分の航跡を示す。

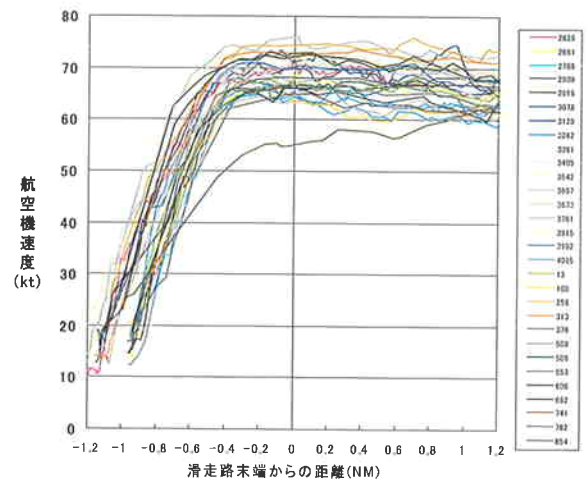


図 5 監視ログデータ航跡図

縦軸に航空機速度、横軸に滑走路末端を中心とした距離を示す。航空機は、図 6 検証ログ実行画面に示すように A-RWY 34L 側から滑走路へ降下進入し、着陸後に減速して離脱誘導路へ入っていく直前までの距離と速度の関係を表したものである。着陸機の 1NM 以内での全 REL 点灯条件後は、速度による消灯条件により制御されるため、第 1 段階の滑走路末端を通過する航空機の速度として 80kt 以上で進入してくる

と考えていたが、図5からもわかるように平均で66.4kt、最大値で76.1ktで通過しており、想定していた速度を下回る結果であることがわかった。そして、ほとんどの航空機が60kt以上で滑走路末端を通過しているのに対し、最小値である55.7ktで通過している航空機も1機あった。その後、-0.4NM地点付近から急速に減速している。そして、滑走路末端から-1NMから-1.3NM付近においては、航空機が着陸減速し滑走路中心から外れて、離脱誘導路へ向かう速度であり、終点が2つに分かれているのは、航空機によって離脱誘導路が違うことを表している。その時の速度は、平均で16.8kt、最大値22.9kt、最小値11.3ktであった。

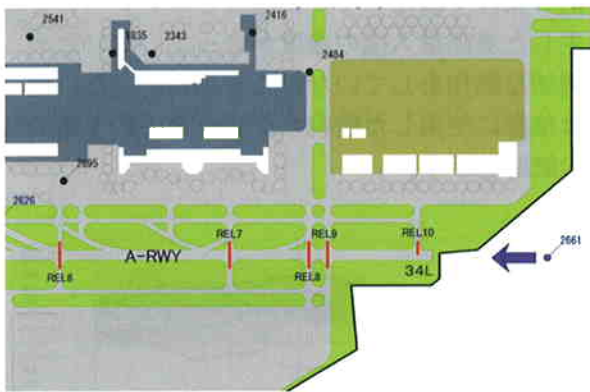


図6 検証ログ実行画面（着陸）

表2 REL点灯／消灯制御条件(修正値)

移動体	状態	条件	灯火箇所
着陸機	点灯	1NM以内	全て
	消灯	40kt以上	3秒後に到達する 交差誘導路
		40kt未満 22.9kt以上	15秒後に到達する 交差誘導路以外
		22.9kt未満	全て

この結果、滑走路末端1NM以内でのRELを消灯させる速度設定条件は、第1段階のREL到達3秒前に確実に消灯させるためには、最小値である55.7kt以上に設定しなければならない。しかし、滑走路末端での速度を条件とした場合は、航空機が着陸走行している状態でなく、減速もしていないため、このまま使用することは

出来ない。そこで、到着航空機が減速をはじめ-0.4NM地点から、離脱誘導路へ進入する直前0.2NMから0.3NMの距離である速度40kt以上とすべきである。さらに、第3段階の制御でRELを全て消灯させる速度として、航空機が離脱誘導路へ向かう速度の最大値22.9kt未満とすることで、第2段階の条件は40kt未満22.9kt以上となり、15秒以内に到達予定のREL以外は消灯制御する。このことから表2に示す制御条件の修正を行った。

5. まとめ

東京国際空港を模擬した滑走路状態表示灯システムのシミュレーションテストツールを試作した。そして、評価中の統合型空港面監視システムから得られたログデータを使用し、試作したツールの動作検証を行い、東京国際空港に対するRELの制御パラメータ値を決めることが出来た。今後は、東京国際空港における着陸および離陸のパターンごとに検証を行って、さらに検証データを増やしていくことによって、RELとTHLを制御するための最適なパラメータを決定することが可能となる。

しかしながら、このシミュレーションテストツールは、航空機位置を検知する監視データの精度により、動作が左右されてしまうため、監視データの精度が確立した上でなければ適切なパラメータを決定することは難しい。そして、航空機位置を検出してから灯火を点灯させるまでの時間についても無視することが出来ないため、このことも含めて検討していく必要がある。

参考文献

- (1) MIT Lincoln Laboratory 資料(<http://www.RWSL.net/>)
- (2) 二瓶、宮崎他：マルチラテレーション監視システムの導入調査(2)、第6回電子航法研究所研究発表会
- (3) 古賀、宮崎他：A-SMGCシステムの監視機能の開発について、第6回電子航法研究所研究発表会