

## 23. マルチラレーション監視システムの導入調査（2）

### － ASDE との接続による相互補完機能について－

通信・航法・監視領域 ※二瓶 子朗、宮崎 裕己、斎藤 真二  
 機上等技術領域 加来 信之、古賀 禎  
 航空交通管理領域 青山 久枝  
 国土交通省東京航空局 小松原 健史

#### 1. はじめに

現在、国土交通省航空局においては、東京国際空港の再拡張に向けた航空管制支援システムの整備が進められており、この一つにマルチラレーション監視システム(MLAT)の導入が計画されている。このMLATは、空港の構造や電波環境により性能が大きく影響される監視システムであることから、導入に際しては事前評価が必要とされる。

電子航法研究所では、航空局より委託研究として「平成17年度マルチラレーションの導入調査」を受託した。そこで、東京国際空港に評価機材を設置してMLAT及びASDEとの接続による相互補完機能の実現に向けた導入評価を実施した。

#### 2. 導入調査実施概要

##### 2.1 マルチラレーションの導入評価

東京国際空港内の全ての滑走路及び誘導路周辺においてシステムによる監視状況を確認するため、各エリアにおけるMLATの監視性能評価を実施する。また、建物によるマルチパスの影響を受けやすいスポット周りについても評価を行う。そして、東京国際空港におけるMLATの最適な導入形態について提案する。

##### 2.2 ASDEとの接続による相互補完機能の導入評価

MLATとASDEを接続して統合型空港面監視システムを構築し、東京国際空港内の評価対象エリアにおける走行試験を実施して複数センサ間の相互補完機能と自動タグ付け機能実現に向けた性能評価試験を行う。そして、統合型空港面監視システム実現に向けた仕様案を取りまとめ、東京国際空港におけるシステムの最適な導入形態について提案する。

#### 3. 評価機材の構成概要

##### 3.1 ASDE/ASSS

空港面を走行する航空機及び車両等への管制許可や指示を行う地上管制(Ground Control)は、現状では主に管制官の目視と無線電話による位置確認によって行われているが、夜間や霧などによる視程が低い状況下では位置の確認作業が難しくなる。このため、大規模空港では空港面探知レーダ(ASDE)が設置され利用されている。しかし、ASDEは一次レーダであることから航空機を識別することはできない。この問題を解決するため、電子航法研究所ではASDEのビデオ信号から航空機を自動的に検出し、航空機のコールサインなどの情報をデータブロックとして付加する空港面監視システム

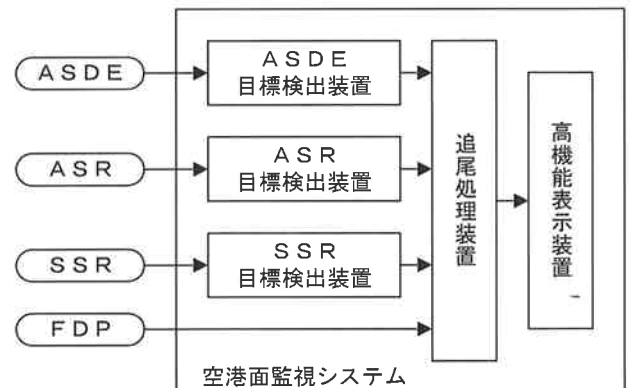


図1 ASSSブロック図

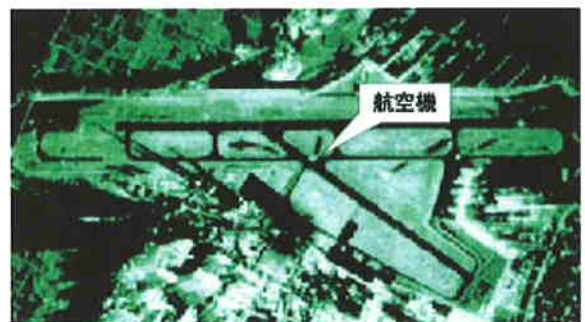


図2 ASDEアナログビデオ表示例

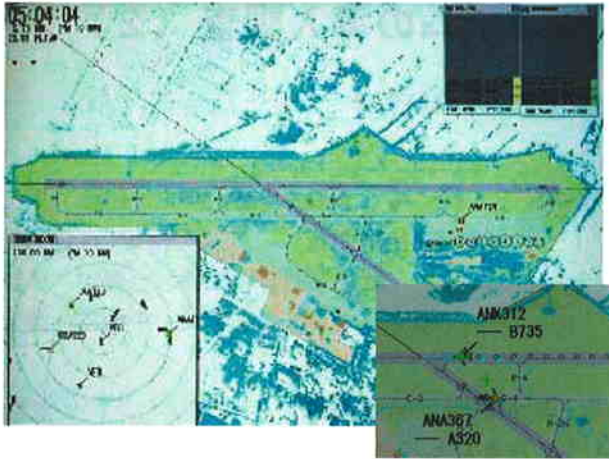


図3 ASSS画面表示例

表1 ASSS主要性能諸元

項目	諸元
送信周波数	24.5GHz±0.25GHz
送信先頭電力	30kw以下
水平ビーム幅	0.3°
最大探知距離	3NM
アンテナ回転数	60rpm±10%
距離測定単位	1/512NM (≒3.6m)
方位測定単位	360/4096 (≒0.088deg)

(ASSS:Airport Surface Surveillance System)を開発した<sup>[1]</sup>。図1は、ASSSの構成ブロック図を示す。図2はASDEアナログビデオ表示例、図3はASDEのビデオ信号をデジタル処理して航空機の位置をシンボル表示したASSS画面表示例を示す。表1は、ASSSの主要性能諸元を示す。

### 3.2 MLAT

MLATとは、航空機から送信されるモードSスキッタやSSR応答を3ヶ所以上の受信局で受信して、受信時刻の差から航空機の位置を測定する監視シ

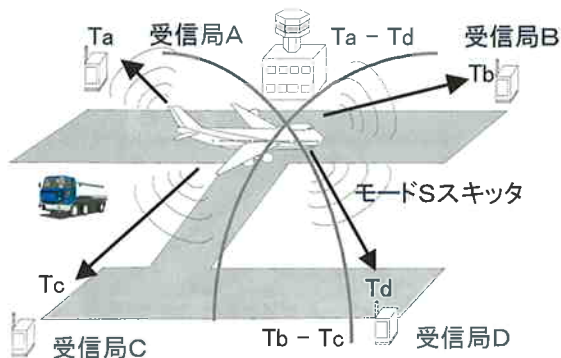


図4 MLAT測位原理図

ステムである。電子航法研究所では、平成13年度よりMLATの開発・評価を実施している<sup>[2]</sup>。図4は、MLATの測位原理図を示す。

このMLATの特徴としては、

- ・ASDEのブラインドエリアの補完が可能
- ・航空機便名の自動タグ付けが可能
- ・天候による精度劣化が少ない
- ・航空機側の改修が不要

等が上げられる。

### 3.3 統合型空港面監視システム

図5は、評価用統合型空港面監視システムのブロック図を示す。

ASDE目標検出装置とASDE追尾処理装置を用意し、東京国際空港で現在運用中のASDEに附加して評価機材(デジタルASDE)を整備する。そして、電子航法研究所で現在開発中の統合型監視センサ用インターフェイス装置<sup>[3]</sup>にMLATと接続して評価用の統合型空港面監視システムを構築する。

図6は、東京国際空港の管制塔の上に設置されているASDEアンテナレドームの設置外観を示す。図7は、MLAT中央処理装置の外観を示す。また、図8は、評価用に用意した監視モニタ表示装置の外観を示す。

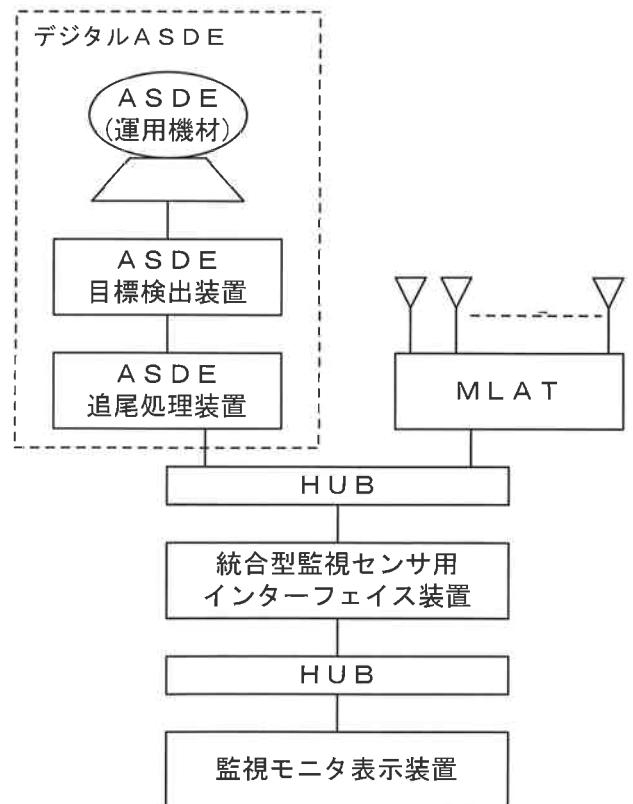


図5 評価用統合型空港面監視システムブロック図

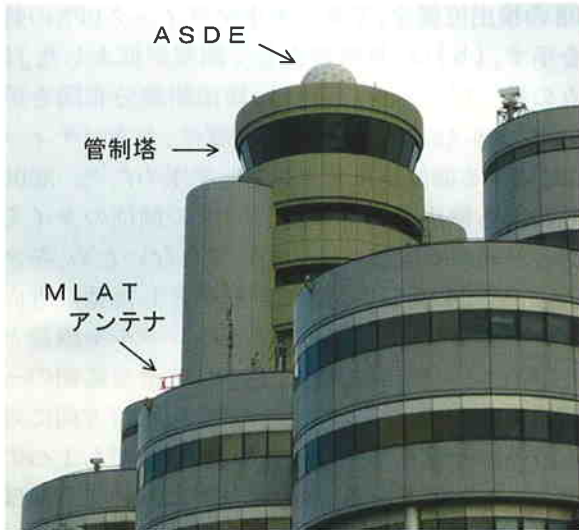


図6 ASDE アンテナ設置外観

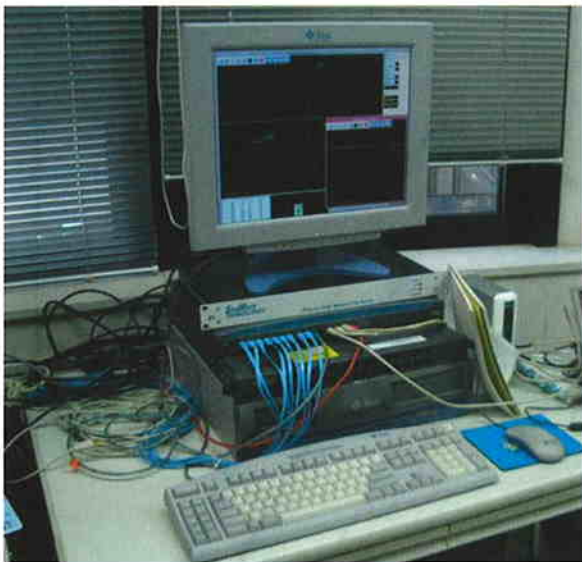


図7 MLAT中央処理装置外観



図8 監視モニタ表示装置外観

#### 4. 評価試験

評価試験では、MLATとデジタルASDEそれぞれの監視センサ単体の性能評価と複数の監視センサからのデータを同時に取込んで相関処理する統合型監視センサ用インターフェイス装置の評価を中心に実施した。

実験用車両を使った夜間走行試験では、車両にモードSトランスポンダとGPS受信機(車両の基準位置検出用)を搭載し、東京国際空港のA、B、C各滑走路とその取り付け誘導路を中心に走行して基本性能を確認するための評価試験を実施した。

飛行検査機及びエアライン機による評価では、関係機関の協力を得て空港面上でもトランスポンダをONにさせていただき、多数の航空機が存在して、且つ信号を送信する実運用環境下での監視性能を確認するための評価試験を実施した。

##### 4.1 デジタルASDE

デジタルASDEでは、偽像による影響を避けるため、偽像が発生しやすいエプロン周辺などは非検出エリアとして区別をするため、信号検出エリアマップを作成してシステムに反映させている。

図9は、評価用に作成した東京国際空港用のデジタルASDE信号検出エリアマップであり、赤色で示す滑走路及び誘導路が検出エリアを示す。東京国際空港では、エプロン周辺の他に、A滑走路とC滑走路を結ぶ取り付け誘導路J2、J3、J9についても非検出エリアとして設定した。

図10は、飛行検査機による走行試験時の航跡記録例であり、同様な走行パターンで2周した時の結

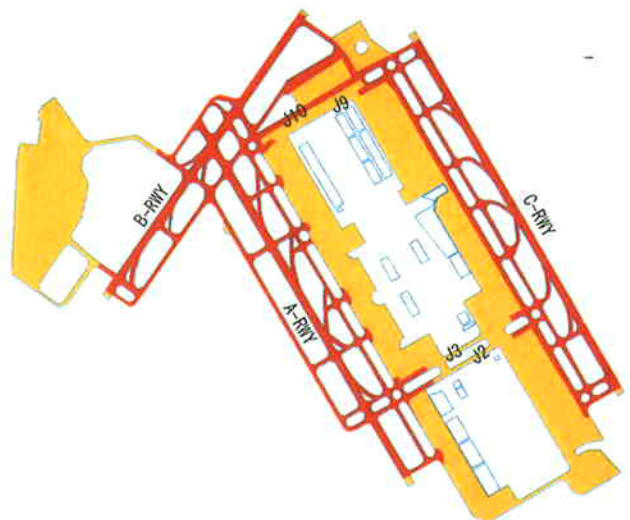


図9 デジタルASDE航空機位置検出エリアマップ

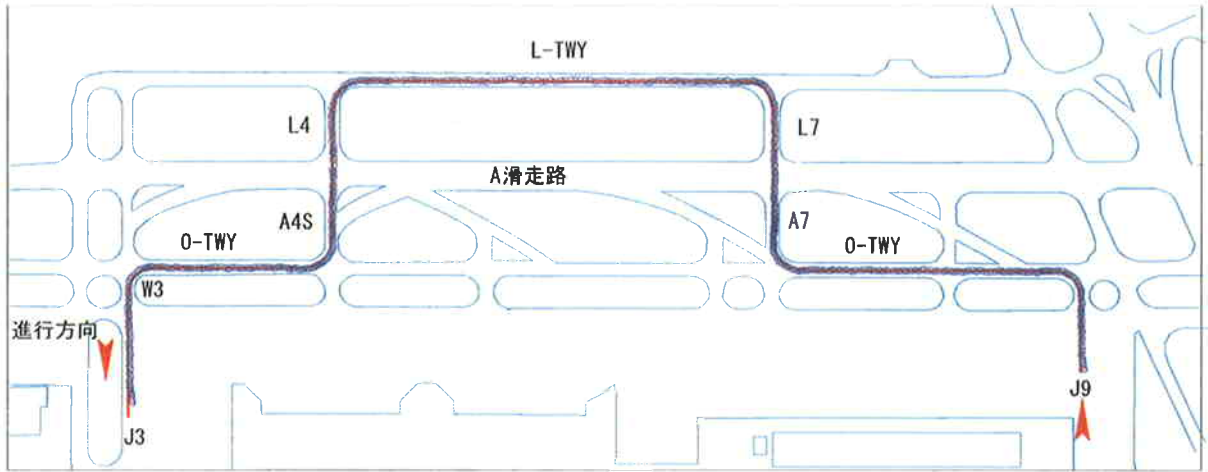
果を示す。黒色の航跡がデジタルASDE、赤色の航跡がキネマティックGPSで測位した航跡を示す。航跡記録例を見て分かるように、A滑走路とC滑走路を結ぶ取り付け誘導路J2、J3、J9の非検出エリアを除く滑走路及び誘導路のほぼ全域にわたってデータ欠落も無く航空機の位置が安定に検出できていることを確認した。

デジタルASDEでは、ASDEの反射信号から航空機を検出・追尾し、ASDE信号の機影の中心を航空機の位置と判断して座標値を出力している。図11は、A滑走路側の1部区域における航空機位置の検出精度の一例を示す。図中の(a)は、抜き出した区域J9→0-TWY→A7→L7→L-TWY→L4→A4S→0-TWY→W3→J3までの航跡記録例であり、青丸がデジタル

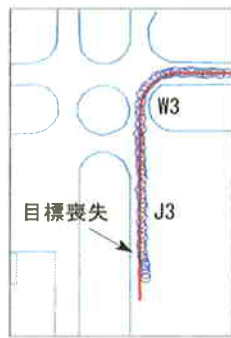
ASDEの検出位置を、赤線がキネマティックGPSの航跡を示す。(b)は、目標喪失して誤差が拡大したJ3地点の拡大図を示す。(c)は、検出誤差分布図を示す。デジタルASDEの検出位置精度は、キネマティックGPSによる測位結果を基準として求めた<sup>[4]</sup>。ASDE信号による検出タイミングとGPSの測位のタイミングとが異なり直接には比較ができないため、キネマティックGPSによる航跡を基準とした垂直方向のコース偏移について95%信頼性レベルを誤差として求めた。その結果、図11に示すA滑走路側の一部区域では3.2mであった。この値は、進行方向に対する誤差は考慮していないため、あくまでも1つの目安としての値である。他のエリアにおいてもほぼ同等な値が得られていることを確認した。



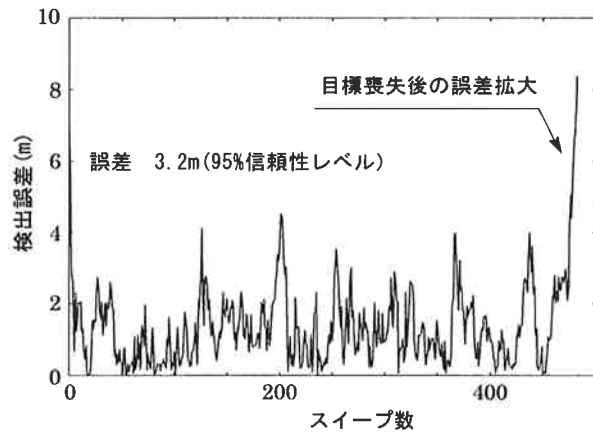
図10 飛行検査機によるデジタルASDE航跡記録例



(a) 航跡記録例



(b) 目標喪失位置拡大図



(c) 検出誤差分布図

図11 デジタルASDEによる航空機位置の検出精度の一例

#### 4.2 MLAT<sup>[5]</sup>

図12は、滑走路及び誘導路周辺におけるMLATの監視性能を評価するために配置したアンテナ配置図(第1エリア)を示す。青色で示すエリアが評価対象エリアであり、設置した受信局数は9局である。また、図13は、主としてスポット周りにおける監視性能を評価するため、第1ターミナル側に受信局を集中させたアンテナ配置図(第2エリア)を示す。

図14は、MLATのアンテナ配置が第1エリアの場合の飛行検査機による走行試験時の航跡記録例であり、同様な走行パターンで2周した時の結果を示す。図中の黒色で示す航跡がMLATによる航跡であり、滑走路及び誘導路のほぼ全域で航空機の位置検出ができていることを確認した。しかし、この図からは判別しにくい、建物や走行中の他の航空機によるマルチパスの影響と思われるデータの欠落がほぼ全域にわたって確認された。また、参考までに

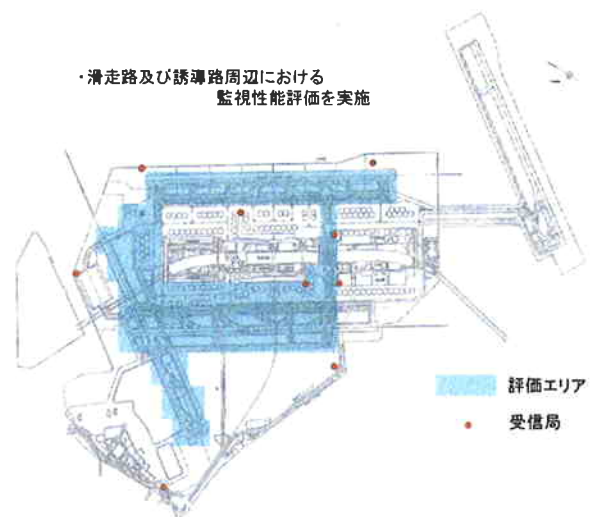


図12 MLATアンテナ配置図(第1エリア)

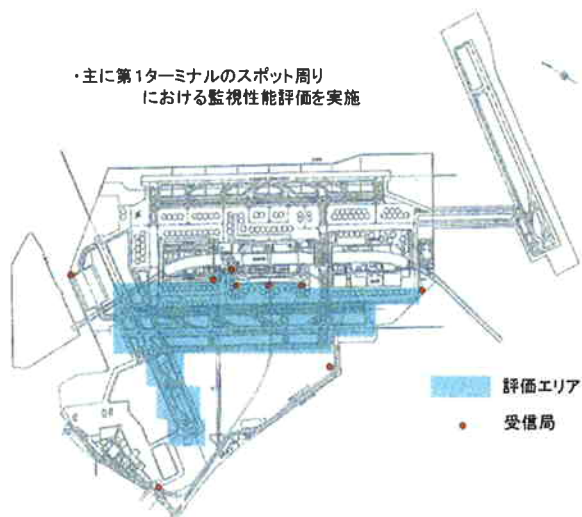


図13 MLATアンテナ配置図(第2エリア)

図中の赤色の破線で示すように各エリア毎に区分けして、キネマティックGPSによる航跡を基準とした垂直方向のコース偏移について95%信頼性レベルを誤差として求めた。その結果、C滑走路エリアでは誤差が7.3mと大きな値を示しているが、他のエリアでは7m以下であった。また、C滑走路エリアにおいても受信アンテナの外側に位置するC滑走路南端のエリアを除くと誤差は6.6mであった。但し、この値は、進行方向に対する誤差は考慮していないため、デジタルASDEの場合と同様にあくまでも1つの目安としての値である。

4.3 統合型監視センサ

統合型監視センサ用インターフェイス装置にデジタルASDEとMLATを接続してデータを取込み監視モニタ表示装置の空港面マップ上に航跡を記録して監視状況の検証試験を行った。

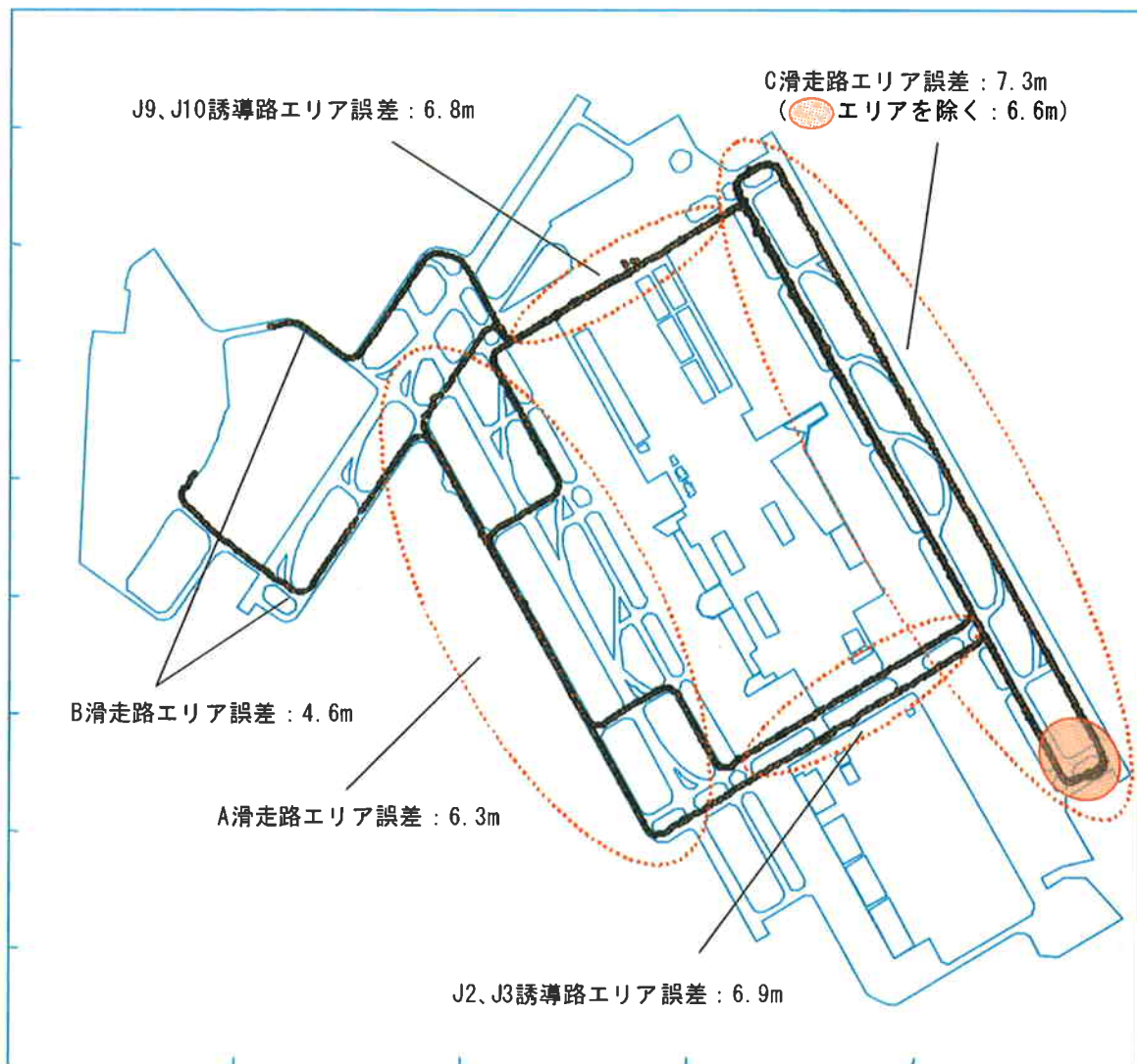


図14 飛行検査機によるMLAT航跡記録例

図15は、MLATのアンテナ配置が第1エリアの場合であり、A滑走路側における飛行検査機による走行試験時の航跡記録例を示す。赤色の航跡がデジタルASDE、黒色の航跡がMLATで検出した航跡を示す。図中の拡大図を見て分かるように、デジタルASDEはデータ欠落も無く変動も少ない安定な位置検出ができていることを確認した。一方、MLATではデータの欠落も頻繁に発生しており、デジタルASDEに比べて位置検出誤差も大きいことが分かる。

図16は、C滑走路側における飛行検査機による走行試験時の航跡記録例を示す。図15と同様に赤色の航跡がデジタルASDE、黒色の航跡がMLATで検出した航跡を示す。このエリアにおいても、デジタルASDEは、データの欠落が殆ど無く変動も少ない安定な位置検出ができていることを確認した。一方、MLATではデータ欠落が頻繁に発生しており、デジタルASDEに比べて位置検出誤差も大きいことが分かる。図中の拡大図を見て分かるように、C滑走路を離

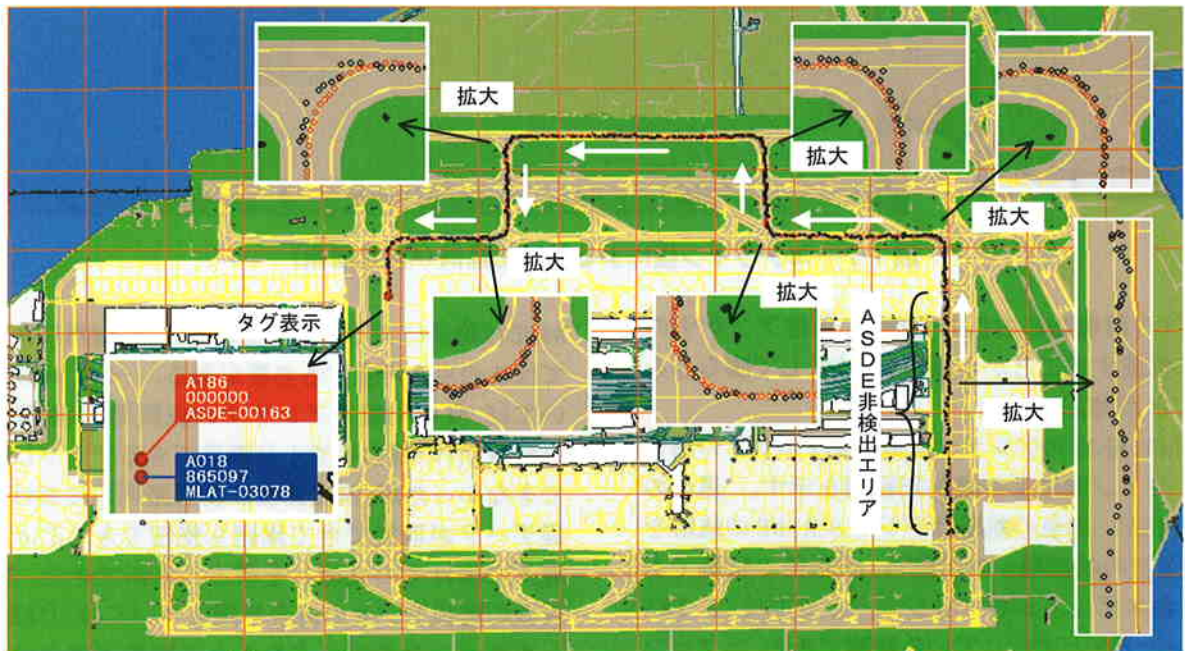


図15 飛行検査機による航跡記録例（A滑走路側）



図16 飛行検査機による航跡記録例（C滑走路側）



図17 エアライン機による航跡記録例 (A滑走路側)

脱してC1誘導路に右折した時は、受信アンテナの外側に位置することから、誤差も拡大して膨らみを持つことが確認された。

図17は、MLATのアンテナ配置が第2エリアの場合のエアライン機による航跡記録例を示す。黒色の航跡はMLAT、赤色の航跡はデジタルASDEの航跡を示す。図中の航空機Aの航跡は、出発便の航跡であり、18番スポットからプッシュバックして、I-TWY→W5→O-TWYと走行している航跡である。エプロン周りはデジタルASDEが非検出エリアであるためMLATのみで検出されており、W5の地点でデジタルASDEでも検出されていることが分かる。また、航空機B、C、Dはいずれも到着便であり、誘導路でもデジタルASDEとMLATの両センサで検出されていることが分かる。

## 5. まとめ

東京国際空港の再拡張事業では、管制情報処理システムによる出発機も含めた地上走行中の全ての航空機に対する自動識別表示を実現するため、ASDEのデュアル運用化と併せてMLATの導入が計画されている。そこで、電子航法研究所では、平成17年度に東京国際空港においてMLATの導入とASDEとの相互補完機能実現に向けた導入評価試験を実施した。その結果、デジタルASDEについては、建物等によるブラインドエリアを除く空港内の全ての滑走路及び誘導路周辺においてデータ欠落も殆ど無く安定な位置検出ができることを確認した。但し、

ASDEは降雨による影響を受けるため、運用にあたってはこの点を考慮する必要がある。一方、MLATについては、受信局数とアンテナの設置環境(設置位置と設置高)の制約等で十分満足できるデータは取得できなかったが、滑走路及び誘導路周辺における基礎データが取得できて課題も整理できたことから導入に向けての見通しを得ることができた。また、複数の監視センサの統合処理については、今回取得した各センサのデータをもとに機能実現に向けた早期開発を目指す。

## 6. 謝辞

本研究を実施するにあたり、多大なご支援ご協力を頂いた東京航空局東京空港事務所、航空局運用課飛行検査官室、日本航空(株)、全日本空輸(株)の関係各位に感謝します。

## 参考文献

- [1]北館、加来：“空港面航空機自動識別表示システムの開発”電子航法研究所報告、No. 86 1996. 7
- [2]宮崎、三吉：“設置方法を改善したマルチラテレーション監視の空港面評価”第5回電子航法研究所発表会概要、平成17年6月
- [3]古賀、二瓶、他：“A-SMGCシステムの監視機能の開発について”第6回電子航法研究所発表会概要、平成18年6月
- [4]加来：“空港面監視システムによる航空機検出の位置精度”電子航法研究所研究報告、No. 101、2003. 2
- [5]宮崎、二瓶、他：“マルチラテレーション監視システムの導入調査(1)”第6回電子航法研究所発表会概要、平成18年6月