

22. マルチラレーション監視システムの導入調査（1）

－東京国際空港におけるマルチラレーション評価について－

※宮崎裕己、二瓶子朗、齊藤真二（通信・航法・監視領域）
 加来信之、古賀禎（機上等技術領域）
 青山久枝（航空交通管理領域）
 小松原健史（国土交通省東京航空局）

1. まえがき

東京国際空港（以下、羽田空港とする）は、羽田再拡張事業として新たな滑走路等の整備が進められており、航空機の発着能力が拡充される計画である。そして、発着能力の拡充により交通量が増大した場合においても航空機が安全かつ円滑に運航できるように、再拡張後に対応した管制業務を支援するシステムの検討が進められている。このうち、空港面監視を支援するシステムとして、マルチラレーション監視システム（以下、マルチラレーションとする）の導入が検討されている。

このマルチラレーションは、現在の空港面監視が持つ問題を改善できる新システムとして期待されており、諸外国において導入または評価が進められている。当所では我が国における導入に備えてマルチラレーション評価システム（以下、評価システムとする）を開発して、仙台空港において評価を進めてきた⁽¹⁾。マルチラレーションでは、十分な監視性能を得るためには、導入する空港の構造に対応した適切な位置に適切な数の受信局を配置することが極めて重要である。特に、建造物が多数存在するエリアにおいては、事前に十分な評価を実施することが必要である。

このような背景から、当所では国土交通省航空局から委託を受け、「マルチラレーション導入調査」を実施した⁽²⁾。本調査は、評価システムを羽田空港に設置して、評価試験による事前検証を行い、羽田空港への最適な導入形態を提案することを目的としている。

本稿では、初めにマルチラレーションの概要を述べ、次に評価システムと羽田空港におけるシステム配置を説明する。そして最後に評価試験の解析結果を示す。

2. マルチラレーションの概要

マルチラレーションの測位原理としては、航空機に搭載されたトランスポンダから送信されるACAS（航空機衝突防止装置）のスキッタやSSR（二次監視レーダー）の応答⁽³⁾を3カ所以上の受信局で受信し、受信局間の受信時刻差を各受信局と航空機との距離差に変換して、距離差が一定である条件からなる双曲線同士の交点を求めることで、航空機の位置を算出する。

マルチラレーションの特徴としては、航空機の識別情報（コールサイン）を表示可能とすることや、悪天候でも性能が劣化しないことが挙げられ、現在のASDE（空港面探知レーダー）において指摘されている問題点を改善できる。また、ASDEでは遮蔽により監視できない領域（ブラインドエリア）に対しても、受信局の配置を対応させることにより監視できる。さらには、航空機側に追加装備を必要としないことなどの利点も持つ。

マルチラレーションの位置精度は、主として航空機と受信局アンテナの位置関係で決まるGDOP（Geometric Dilution Of Precision）と信号の時間検出の正確さに依存する。GDOPは、双曲線同士が直交するように受信局が航空機を取り囲む配置とした場合に良好となる。一方、信号の正確な時間検出としては、建造物の周辺では信号の反射や遮蔽が多発するなど電波環境が悪くなるため、マルチラレーションの性能を劣化させる要因となるマルチパスによる信号の誤検出や遮蔽による信号の未検出を避けることが必要である。以上のことから、マルチラレーションにおいて高い性能を得るためには、空港の構造に基づいてGDOPや電波環境を考慮して、受信局の配置やアンテナの設置位置を選定することが重要となる。

3. 評価システムとシステム配置

3.1 評価システムの構成

図1に評価システムの構成を示す。評価システムは受信局6局と送受信局3局から成るリモート局（RU）、処理装置とモニタ装置から成る処理サイト、および基準局2局から構成される。処理サイトとリモート局間の接続には光ケーブルを利用した。以下に各装置の機能概要を説明する。

3.1.1 リモート局

受信局は、航空機から送信された信号を受信解読して、10n秒単位のタイムスタンプを付したターゲットレポートを処理装置に出力する。送受信局は、受信局の機能に加えて、識別符号（ビーコンコード）の取得や高い検出率を得るなどの理由から、航空機に対してSSR質問を送信する。

3.1.2 処理サイト

処理装置は、マルチラテレーション測位、追尾処理、相関処理、および質問のスケジュールなどを行う。追尾処理にはカルマンフィルタを採用している。モニタ装置は、ターゲットの表示、データの収集、およびシステムパラメータの設定などに用いられる。

3.1.3 基準局

基準局は、受信局間の時刻同期およびシステムモニタのためにスキッタ信号を送信する。評価システムでは、既知の位置に基準局を設置して、定期的にスキッタ信号を送信させて測定位置をモニタし、不正確な位置が測定された場合にはシステムタイミングを自動的に校正することで、受信局間の時刻同期を取る方法を採用している。

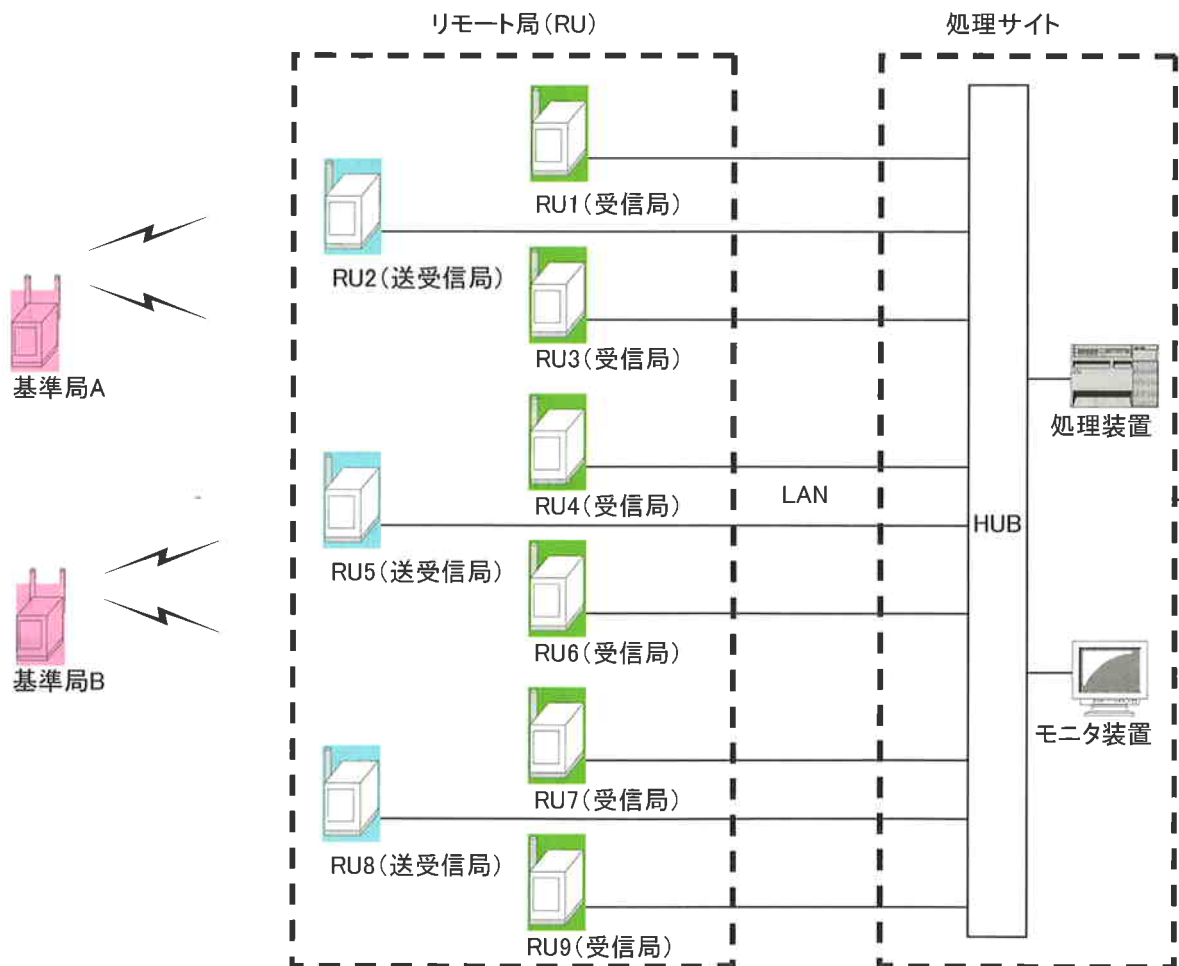


図1 評価システムの構成

3.2 羽田空港におけるシステム配置

評価期間の制限から、空港全域を評価できないため、評価の対象とするエリア（以下、評価対象エリアとする）を選定してシステム配置を決定した。図2に評価対象エリアとシステム配置、ならびに各リモート局における代表的なアンテナの設置例を示す。処理サイトは東京空港事務所内に設置した。評価システムを構成する受信局数の制限から、C滑走路エリアとJ9誘導路エリアでは、エリアの範囲に対してリモート局数が不十分であり、性能の劣化が予想されるが、参考データとして監視データを取得した。

4. 評価試験

評価試験は、モードSトランスポンダを搭載した実験用車両による評価、飛行検査機による評価、およびエアライン機による評価を行った。これらの評価試験により取得した監視データから、位置精度、検出確率等の性能を解析して、欧州の性能要件⁽⁴⁾と比較することで評価した。実験用車両と飛行検査機による評価では、キネマテックGPS測位により走行位置を測定し、位置精度を解析する際の基準位置に利用した。エアライン機による評価では特定の機種を対象として試験を実施した。図3に実験用車両と飛行検査機の外観を示す。

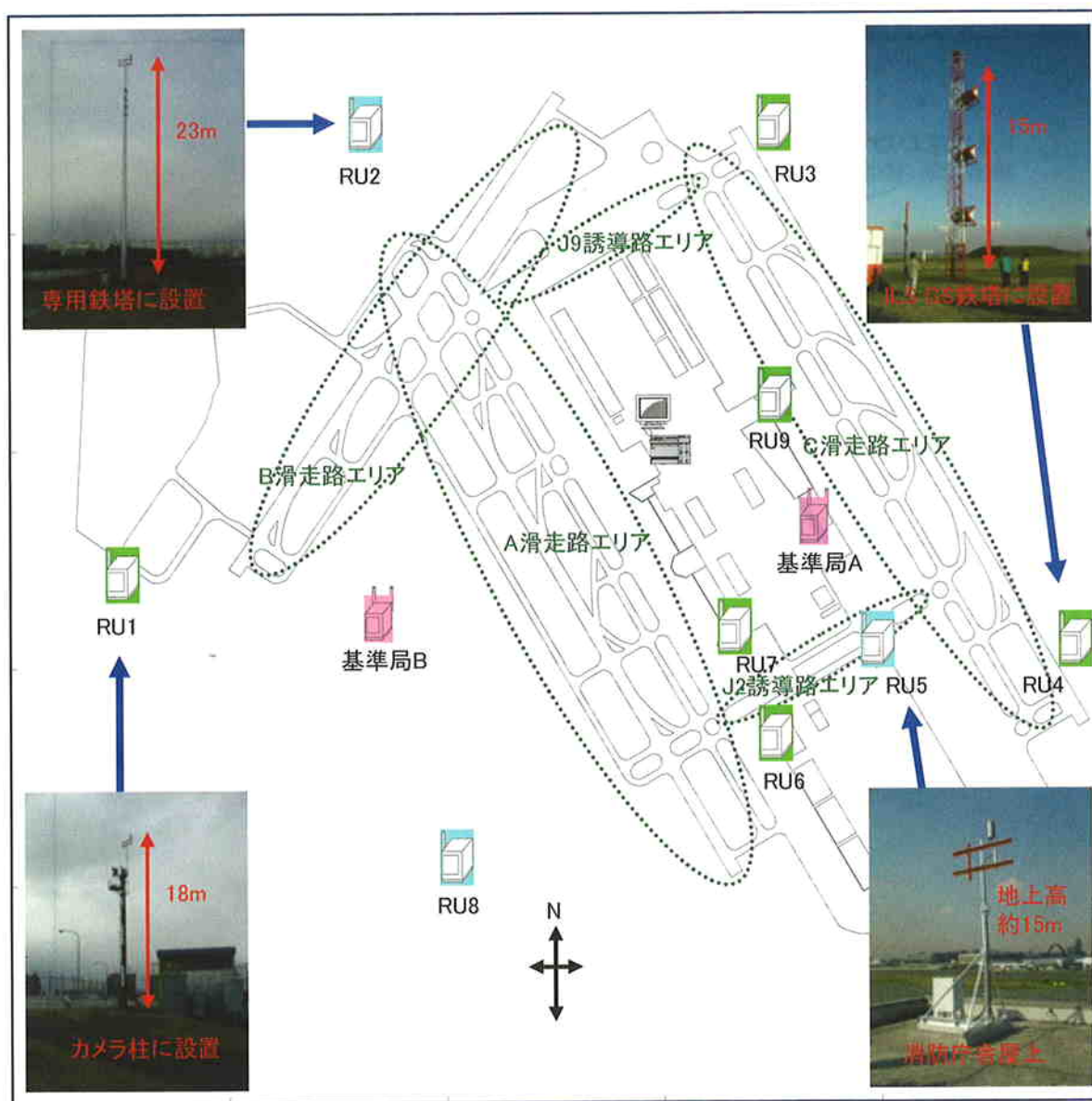


図2 評価対象エリアとシステム配置



図3 実験用車両と飛行検査機の外観

4.1 実験用車両による評価

評価対象エリアに対する監視データを効率的に取得するために、当所の実験用車両にモードSトランスポンダを搭載して試験を行った。試験は各滑走路の閉鎖日時に合わせて夜間を実施した。図4に実験用車両評価における生データの航跡例と各エリアにおける検出確率（2秒間隔）の解析結果を示す。A滑走路、B滑走路、およびJ2誘導路の各エリアでは、欧州の性能要件を満たしていることが確認できた。一方、C滑走路とJ9誘導路の両エリアでは性能要件を満たしていなかった。これは、先に述べたリモート局数の不足が原因と考えられる。

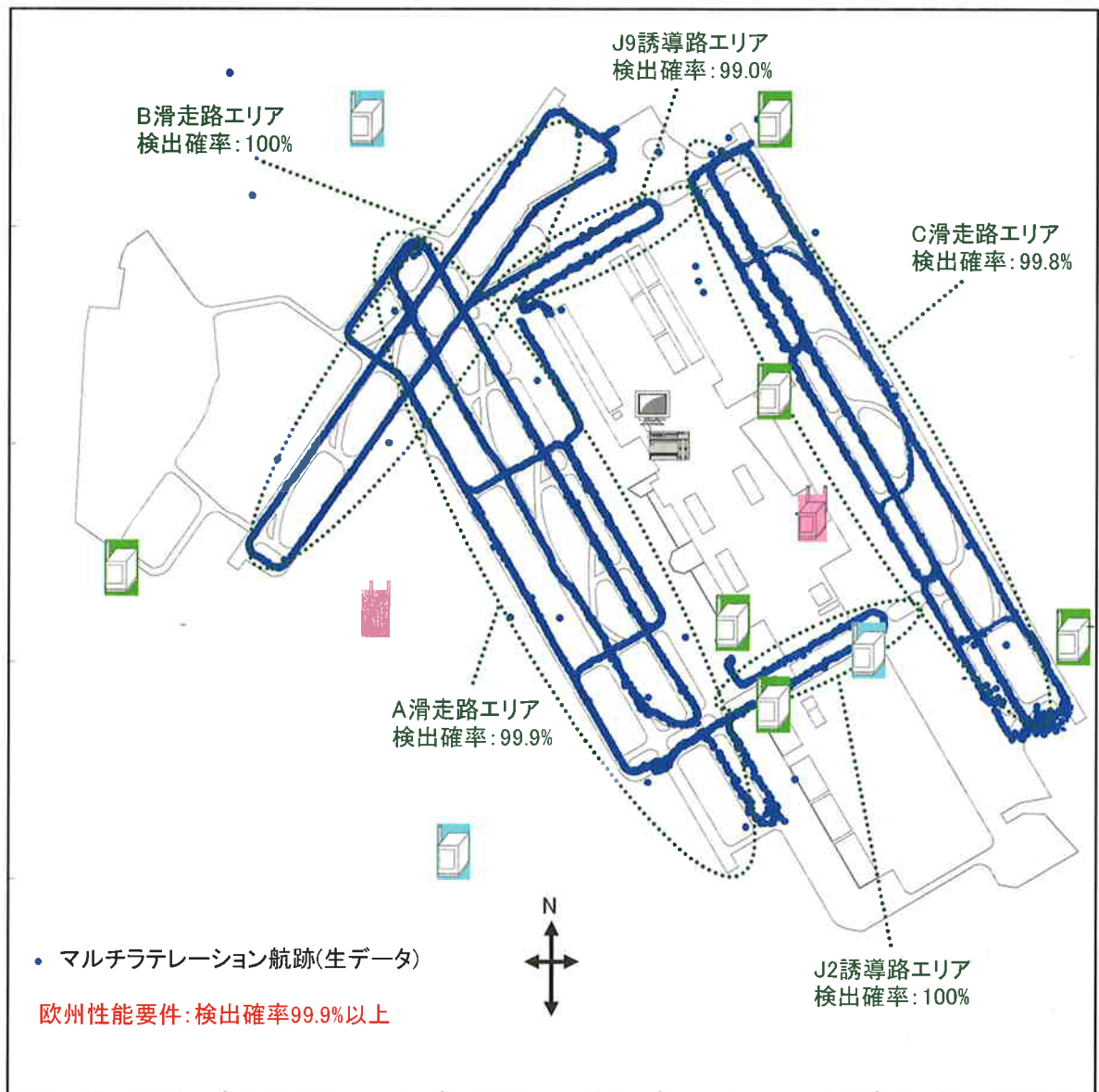


図4 実験用車両評価の生データ航跡例と各エリアにおける検出確率

4.2 飛行検査機による評価

図5に飛行検査機評価における追尾処理データの航跡例と各エリアにおける検出確率と位置精度（95%信頼性レベル）の解析結果を示す。検出確率は、実験用車両による評価と比較して全体的に低い結果が得られた。これは、多数の航空機が存在する時間帯であり、夜間に較べて信号数が増加していることが原因と考えられる。位置精度は、進行方向に対する横方向について、基準位置と測定位置の差を誤差として計算した。この算出方法では、進行方向の誤差が含まれないため、実際の位置精度は更に低下する。検出確率と位置精度は、特にC滑走路エリア付近において低下している。

これは、リモート局数の不足に加えて、図中の写真が示すように、RU3では制限表面の規定により十分なアンテナ高が得られてないことが原因と考えられる。また、約5%のデータにおいて追尾処理の停止が発生しており、パラメータの設定が最適でないことも原因の一つと考えられる。

4.3 エアライン機を利用した評価

図6にエアライン機評価における追尾処理データの航跡例と10機分の収集データに対するエリア全体の検出確率の解析結果を示す。解析結果から欧州の性能要件を満たすためには、前項において述べた問題の改善が必要であると考えられる。

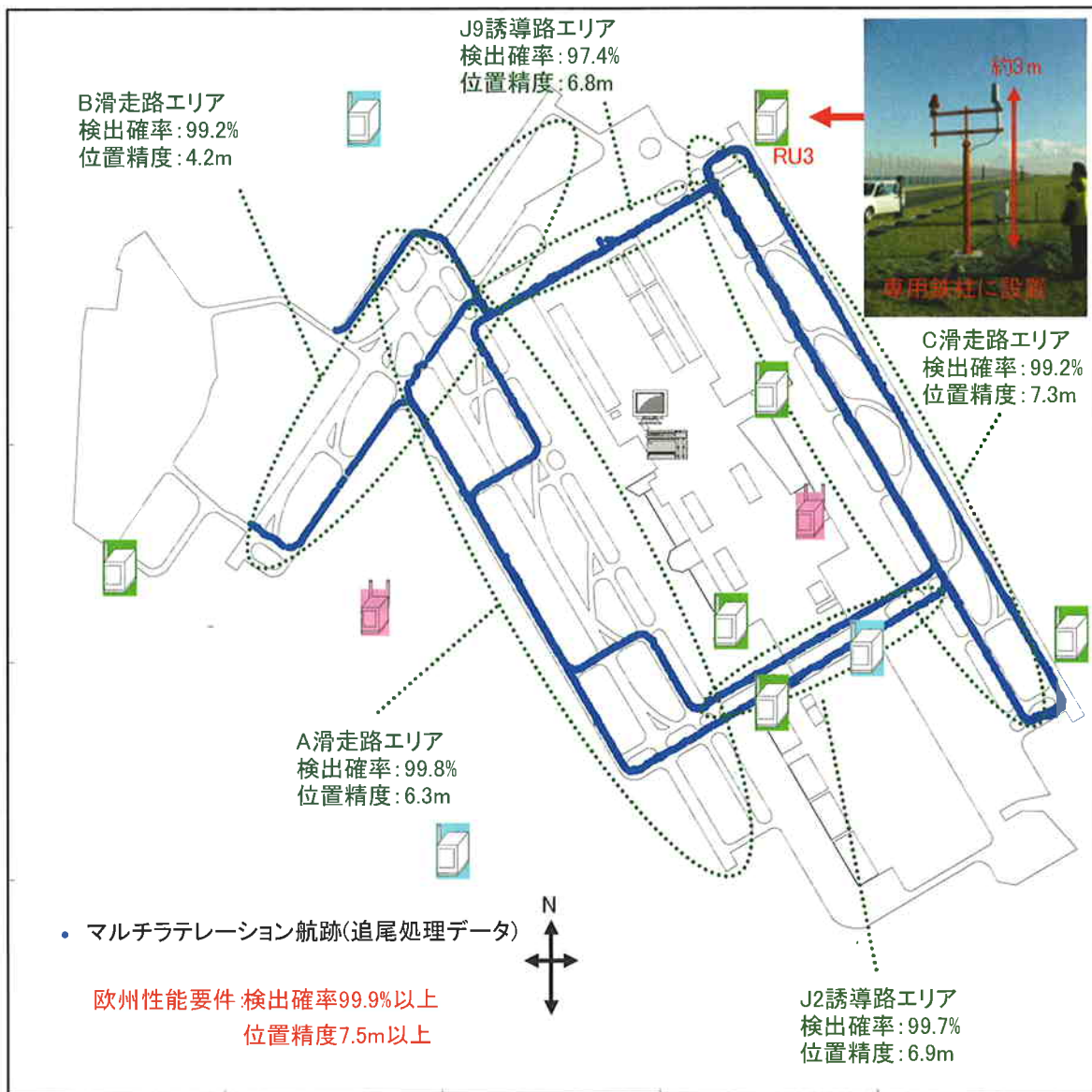


図5 飛行検査機評価の追尾処理データ航跡例と各エリアにおける検出確率と位置精度

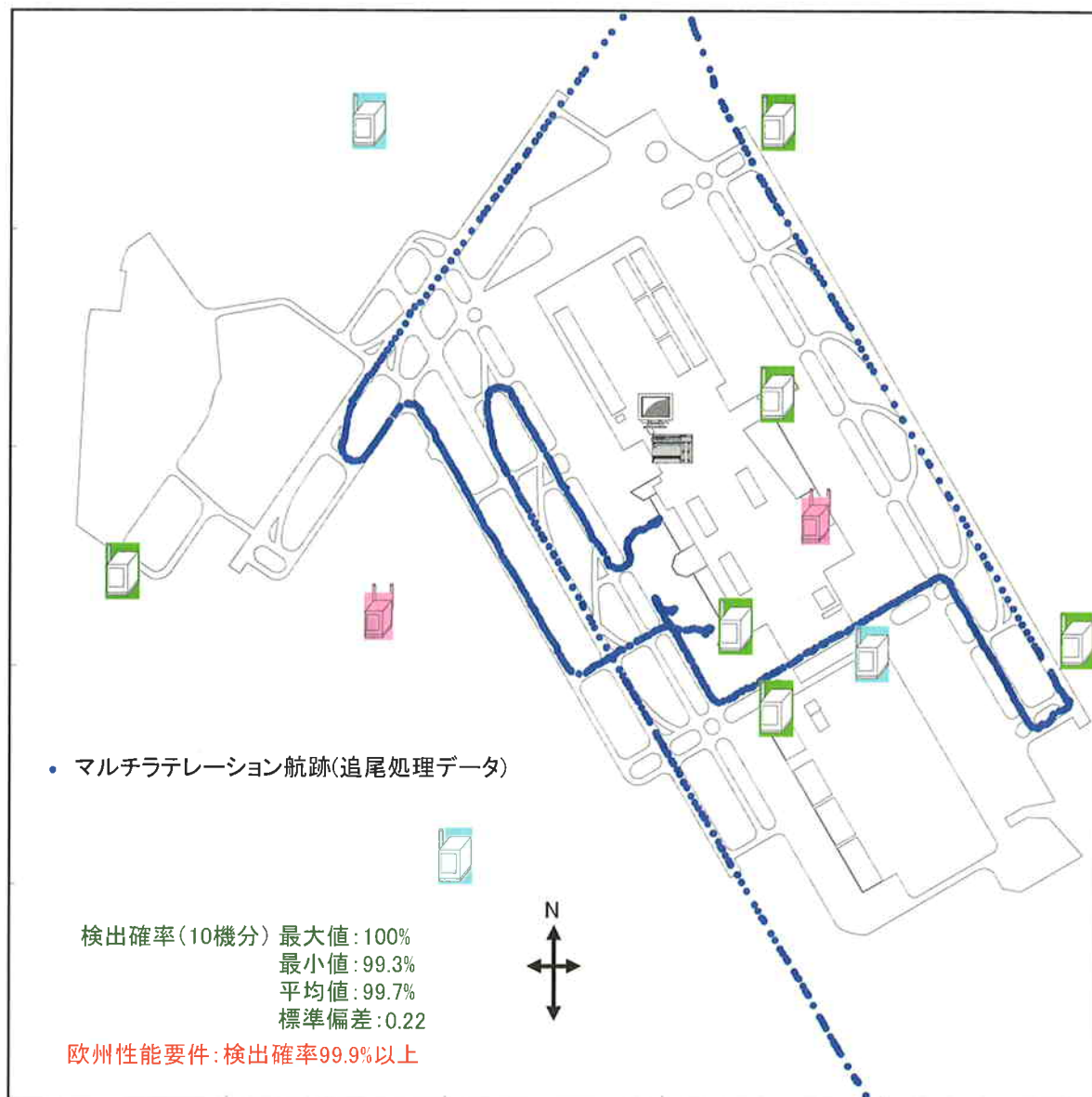


図6にエアライン機評価の追尾処理データ航跡例と検出確率

5. まとめ

本稿では、羽田空港でのマルチラレーションの評価結果を示した。評価の結果、現時点では欧州の性能要件を満たしていないが、リモート局数の不足、アンテナ設置位置の制約、設定パラメータの最適化等の課題を把握することができ、導入に向けての見通しを得ることができた。これらの課題を解決することにより、欧州の性能要件を満たすことが可能と考えられる。

最後に本評価を実施するにあたり、国土交通省航空局、東京航空局、東京空港事務所、羽田飛行検査官室、(株)日本航空、全日本空輸(株)の関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- (1)宮崎、三吉：設置方法を改善したマルチラレーション監視の空港面評価、第5回電子航法研究所研究発表会講演概要、平成17年6月
- (2)二瓶、宮崎他：マルチラ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講演概要、平成18年6月
- (3)ICAO: Aeronautical telecommunications ANNEX 10 Volume4, July 2002
- (4)EUROCAE: Minimum Operational Performance Specification for Mode S Multilateration Systems for Use in A-SMGCS, ED-117, November 2003