

7. 光ファイバ接続型受動監視システム(OCTPASS)の試作と動作検証試験

通信・航法・監視領域 ※角張 泰之, 二瓶 子朗, 上田 栄輔*, 宮崎 裕己, 島田 浩樹
機上等技術領域 古賀 禎
(* : 現 国土交通省航空局)

1. はじめに

複雑化する大規模空港の空港面における、新しい管制支援システムの一部として、マルチラテレーション監視システムの導入が進められている。マルチラテレーション監視とは、航空機に搭載されたトランスポンダから送信されるモード S スキッタ信号を利用した受動型監視手法である。

電子航法研究所では、東京国際空港や成田国際空港などへのマルチラテレーションの導入に際し、その性能や信頼性に対する事前評価を実施してきた[1]。これらの評価の中で、特に建物が密集するエプロン・スポットエリアにおいて、位置精度劣化が生じる事象が確認され、その原因のひとつとしてマルチパス波による信号干渉が指摘されている。

当研究所では、耐マルチパス干渉性を有する高性能マルチラテレーションとして、光ファイバ接続型受動監視システム(Optically Connected Passive Surveillance System: 以下、OCTPASS と称する)を提案し[2]、それを実現するための試作と検証を進めてきた[3]。本稿では、昨年度の発表に引き続き、OCTPASS 評価装置の試作状況とその動作検証試験について報告する。

2. OCTPASS の概要

OCTPASS の測位原理は、航空機から送信されたモード S スキッタを 3 局以上の受信局で受信し、その受信時刻差(Time Difference Of Arrival: TDOA)を元に航空機位置を算出するものであり、これは通常のマルチラテレーションと同じである。OCTPASS では、検波・信号処理(信号検出、及び信号到達時刻検出)を行うタイミングに特徴があり、後述する利点をもたらす。

現在一般に用いられているマルチラテレーションは、受信した信号の検波・信号処理を個々の受信局サイト毎に行う方式である。それぞれで得られた検出時刻(タイムスタンプ)と航空機識別情報を含むデコードデータはネットワークを通してターゲット処理部に集約され、それを基に測位計算を行う。

対して OCTPASS では、図 1 に示すように、受信局サイトで受信した RF 信号をそのまま機器室まで伝送し、1 箇所に集めた後、検波・信号処理を行う。このとき RF 信号を減衰劣化させることなく受信機まで集めるために、RF 信号光伝送装置(Radio over Fiber: RoF)を利用し、光ケーブルを通して信号を伝送する。この特徴による利点として、主に次の 2 点が挙げられる。

ひとつは、受信した信号を必ずしもデコードできなくても、時刻が検出されれば、測位計算に利用できる点である。空港面では、信号強度は十分にあるがマルチパス等の干渉によりデータビット部が潰れて解読出来ないような状況が存在する。一部の受信局で受信した信号がデコードできず、航空機識別情報が得られなかった場合においても、OCTPASS では受信した RF 信号は 1 箇所に集められるため、その信号間の時間的な相関を得ることで、同一航空機から送信された信号であると判別することが可能である。

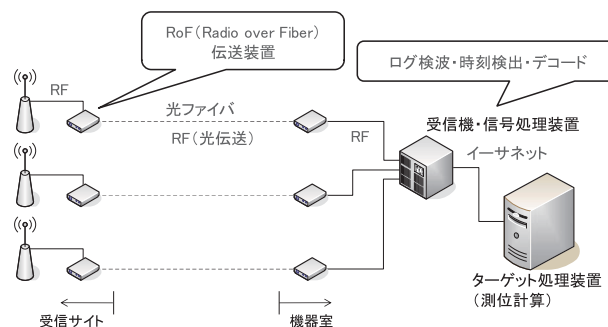


図 1. OCTPASS の基本的な構成

利点の 2 つ目は、受信局サイトの構成を簡易にできる点である。受信局サイトでは、複雑な処理を行う信号処理部を持たず、受信信号を光に変換して伝送する機能だけでよい。主にアンテナと RoF 送信機のみで構成でき、小型・軽量、かつメンテナンス性に優れたものを実現できる。

3. OCTPASS 評価装置の試作

3.1. 評価装置の構成

OCTPASS の開発・実用化を目指し、評価装置の試作を行っている。図 2(a)にその構成を表した機能ブロック図を示す。OCTPASS 評価装置は大別して、アンテナで受信した 1090MHz のモード S スキッタ信号を対数検波して出力するまでを担う「RF 受信処理部」、検波後の信号から高精度時刻検出やデータデコードを行う「信号処理部」、検出時刻を基に実際のマルチラテレーション測位計算や検出ターゲットの管理を行う「ターゲット処理部」という 3 つの処理部から構成される。このうち「信号処理部」は平成 21 年度に試作を行い、基礎評価実験によって非常に高い精度で時刻検出が可能であることを確認した[3]。平成 22 年度には、RF 受信処理部とターゲット処理部の一部機能の試作を実施した。本稿では RF 受信処理部について説明する。尚、本稿で言及する動作検証試験では、ターゲット処理部に相当する測位計算プログラムを、数値解析ソフトの MATLAB を用いて実現し、リアルタイムのデータ評価を行った。何れの処理部も受信局 4 局の設置を見込み、4 チャネル対応のものとして試作している。

3.2. RF 受信処理部

RF 受信処理部は、アンテナで受信した RF 信号を検波し、信号処理部に手渡すまでの処理を行う。装置の形態として、空港内の受信サイトに設置される「受信ステーション」と機器室内に設置される「検波部」とに分けられる。試作した装置の外観を図 2(b)に示す。

受信ステーションでは、受信した RF 信号を帯域フィルタ・プリアンプで前段処理した後、RoF 送信機で電気・光(E/O)変換し、接続された光ケーブルを通して、検波部に伝送する。試作装置の消費電力は定格 2W と非常に小さく、一般的な自動車用バッテリーを用いた場合で、計算上、連続 10 日程度の使用が可能である。

検波部では、光ケーブルで伝送された信号を RoF 受信機で光・電気(O/E)変換し、再度 RF 信号を得たあと、対数検波器にて検波する。試作装置では、受信アンテナ入力端で想定される $-75\text{dBm} \sim -20\text{dBm}$ の信号強度に対して、良好な対数特性を得た。OCTPASS では後段の信号処理部において、モード S スキッタ信号のパルス立ち上がりを用いて精密な時刻検出を行うため、このような信号強度に対する正確な応答特性が重要であり、本試作装置ではそれを満足する結果が得られた。

4. 評価装置の動作検証試験

4.1. 動作検証試験の概要

試作評価装置の動作検証を行うため、図 3 のとおり、当研究所の敷地内グラウンドを取り囲むように受信アンテナを設置し、試験環境を構築した。各アンテナから RF ケーブルが届く範

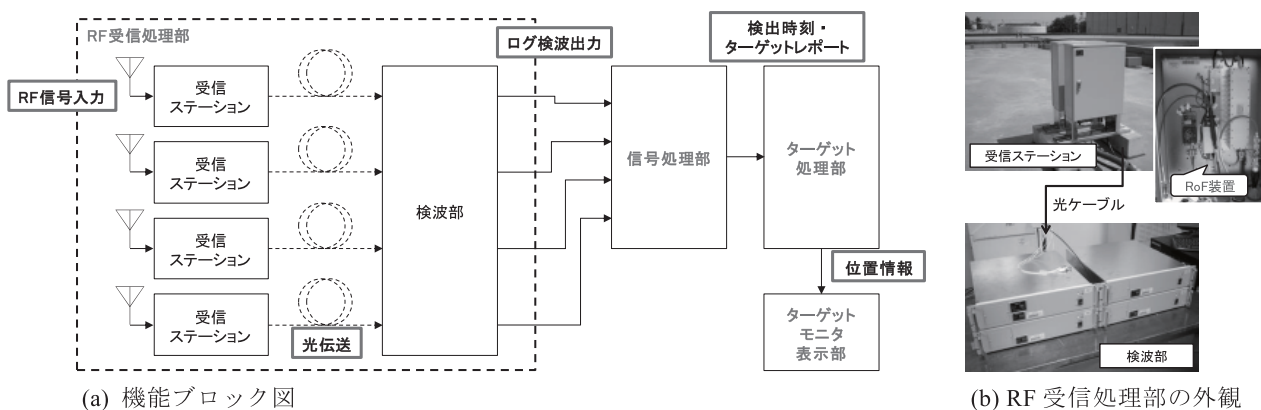


図 2. 試作した OCTPASS 評価装置の構成



図 3. 動作検証試験の受信局配置

囲に受信ステーションを配置し、建屋内実験室に設置した処理装置まで光ケーブルにて接続した。受信局 3,4 においては、所内ネットワーク用として既に整備されていた光ケーブルの予備回線を一部利用している。

所内グラウンドは四方を建物に囲まれており、空港エプロンエリアよりもマルチパス波が発生しやすい。空間が狭いため、マルチパス波が減衰しにくく、また時間遅延も少ないため、主波に対して干渉を起こしやすく、電波環境としては非常に劣悪な条件であると考えられる。

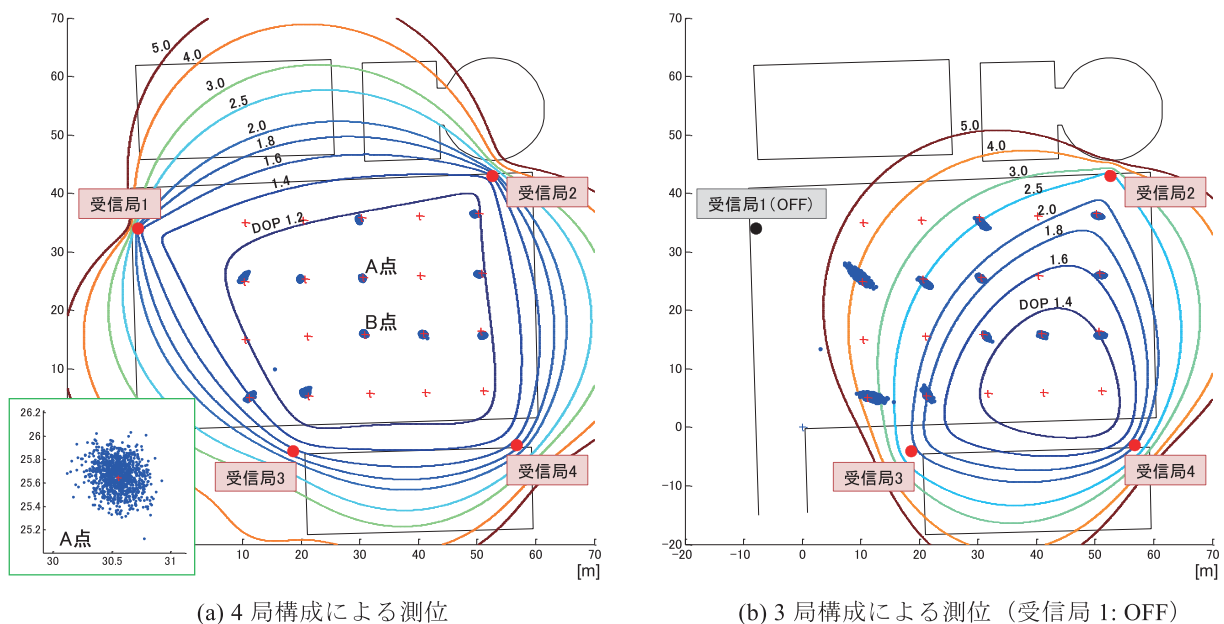
測位対象とする送信機を定点に置いた場合と、車両に搭載し走行した場合の 2 つ検証パターンにおいて測位評価を実施した。

4.2. 定点測位による動作検証

グラウンド内の複数の定点において、モード S スキッタ信号を送信し、各受信局で受信した信号を基に測位計算を行った。各定点において約 1000 回の信号検出を行った結果を図 4 に示す。赤い "+" マークは予め位置を測量したリファレンスポイントであり、約 10m 間隔で配置してある。そのうち 11 点についてデータを取得した。青いプロットが測位結果である。水平方向の DOP (Dilution of Precision) 値も併せて表記した。

図 4(a) は 4 局全ての受信信号を用いて計算した場合の測位結果である。A 点に注目してみると、その位置誤差はおよそ 0.5m 以内となっており、位置検出が高精度になされている。この点における信号処理部での時刻差の検出状況を図 5 に示した。それぞれ受信局 1 と受信局 2,3,4 との間の検出時刻差を表しており、計算上求められる時刻差に対して、その誤差は 3ns 以内に収まっている。このとき、全ての測定点において、位置精度は 1m 以内であった。

図 4(b) は意図的に 1 局(受信局 1)を OFF とした場合の測位計算結果を比較として挙げたもの



(a) 4 局構成による測位

(b) 3 局構成による測位 (受信局 1: OFF)

図 4. 定点評価による位置検出状況

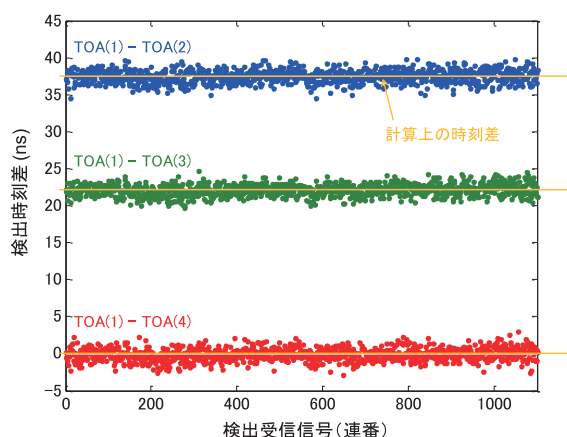


図 5. 定点(A 点)測位における時刻差検出

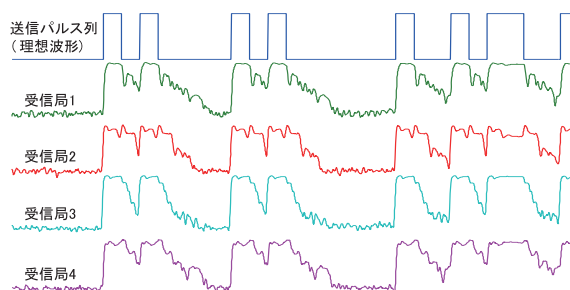


図 6. 定点(B 点)測位時の受信検波波形

である。狭い範囲で急激に DOP 値が悪化する箇所において、位置検出誤差が拡大する傾向が確認される。

4.3. 干渉信号の測位計算への利用

図 4(a)中の B 点では高精度に位置検出がなされているが、受信局 2,4 においては信号のデータデコードが出来ない状況であった。図 6 にその時の受信検波波形を示す。受信局 2 や 4 ではマルチパス干渉により、本来あるべきパルスとパルスとの間の谷間がほとんど存在せず、正確なデコードが困難である。

RF 信号を 1 箇所を集約して処理する OCTPASS では、各受信局で受信した信号の時間的相関を得ることで、このような干渉信号も測位計算に利用することができるため、この事例のように高精度位置検出が可能となっている。

4.4. 走行車両測位による動作検証

送信機を車両に搭載し、グラウンド内を走行した際の位置検出航跡例を図 7 に示す。プロットは OCTPASS 評価装置での検出位置であり、4

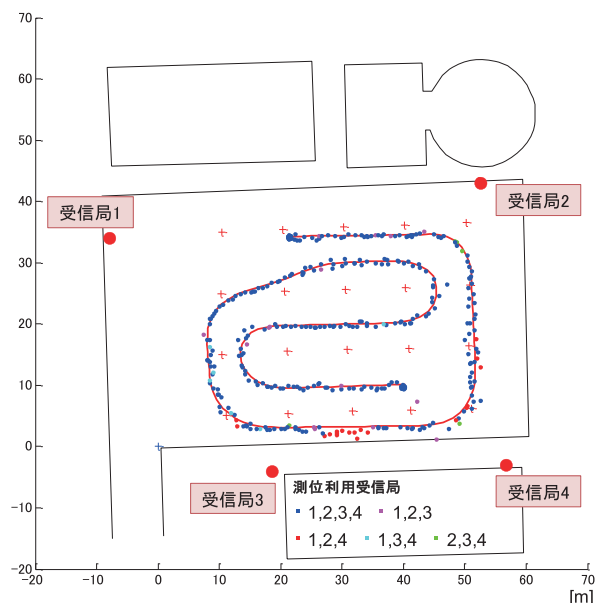


図 7. 走行車両測位時の位置検出航跡

受信局分の受信時刻が揃わない場合は、3 受信局分で位置計算を行っている。赤い実線はリファレンスとして取得したキネマティック GPS 航跡である。これを基準とした位置精度は 1.20m であり、良好な位置検出状況を確認した。

5. まとめ

OCTPASS の開発に向け、試作した評価装置とその動作検証試験の結果について報告した。

当研究所の敷地内グラウンドにおいて行った動作検証試験では良好な結果を得た。但し、電波環境としては空港内との相違がかなりあると考えられ、実環境下での検証も進めていく必要がある。今後は、OCTPASS の特長を生かした質問送信装置等の検討を行う予定であり、高性能型空港面監視センサとして、実用化を目指した開発を継続していく。

参考文献

- [1] 宮崎 他, “空港面マルチラレーションの導入評価結果”, 電子航法研究所報告, **125**, p1 (2010)
- [2] 田嶋 他, “空港面受動測位におけるマルチパス誤差低減時間検出手法”, 電子航法研究所報告, **121**, p19 (2009)
- [3] 角張 他, “光ファイバ接続型受動監視システム (OCTPASS) 信号処理装置の試作・評価”, 電子航法研究所研究発表会講演概要 (2010)