

### 13. 光ファイバ接続型受動監視システム（OCTPASS）の性能評価結果

監視通信領域 ※角張泰之，古賀 禎，宮崎裕己，島田浩樹，二瓶子朗

#### 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，マルチパス波による信号干渉に起因して位置精度劣化が生じる事象が確認されている。

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)を提案しており[2]，それを実現するための試作と検証を進めてきた[3][4]。本稿では，これまでの発表に引き続き，OCTPASS 評価装置の試作状況とその性能，及び仙台空港内に整備した評価試験環境について報告する。

#### 2. OCTPASS の概要

マルチラテレーション測位は，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)を利用して双曲線測位の原理に基づき航空機位置を算出するものである。OCTPASS では，検波・信号処理（信号検出，及び信号到達時刻検出）を行うタイミングが一般的なマルチラテレーションと異なり，これがマルチパス干渉対策のひとつとなっている。

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介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。

一方，OCTPASS では，図1に示すように，受信サイトで得た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光伝送装置(Radio over Fiber: RoF)を利用し，光ケーブルを介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，受信した信号をデコードできなくても，受信時刻の検出をすることで，これを測位計算に利用できる点である。受信局で得た信号がマルチパス干渉を受け，モードSスキッタのデータビット部が潰れて解読出来ない場合，航空機識別情報が得られない。一部の受信局でこのような状況が起こると，一般的な方式では，この信号を測位計算には利用できなかった。OCTPASSでは受信したRF信号を1箇所に集め同時に処理するため，その信号間の時間的な相互関係から，同一航空機から送信された信号であると判別し，測位計算をするための信号のグルーピングが可能である。

利点の2つ目は，受信サイトの構成を簡易に

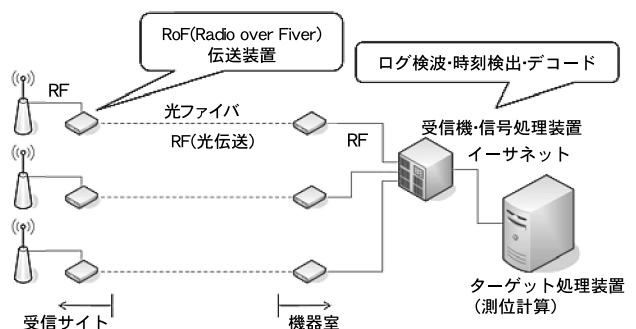


図1. OCTPASS の基本的な構成

できる点である。受信サイトでは、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・低消費電力、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、図1の基本構成に対応する部分としては、アンテナで受信したモードSスキッタ信号を検波して出力する「RF受信処理部」、検波後の信号から時刻検出やデータデコードを行う「信号処理部」、検出時刻を基にマルチラ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」から構成される。また、付加的な機能として、「RF送信処理部」がある。

このうち信号処理部は平成21年度に試作を行い、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、23年度には送信処理部の試作、及びターゲット処理部への送信制御機能の追加を実施した。受信ステーションは4局、送信ステーションは1局の設置を見込み、そのような構成をベースに試作を進めている。

本稿では航空機との信号送受のフロントエ

ンドとなるRF受信処理部、RF送信処理部について紹介する。

#### 3.2. RF受信処理部

RF受信処理部は、アンテナで受信した1090MHzのRF信号を対数検波し、信号処理部へ出力するまでの処理を行う。その構成は、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3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実測値で1W以下であり、小型鉛蓄電池(33Ah)を使用して、2週間以上の連続稼働を確認した。

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信号強度よりも広いダイナミックレンジ(-85dBm~-20dBm)に対して、良好な対数特性を得た(図4)。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。

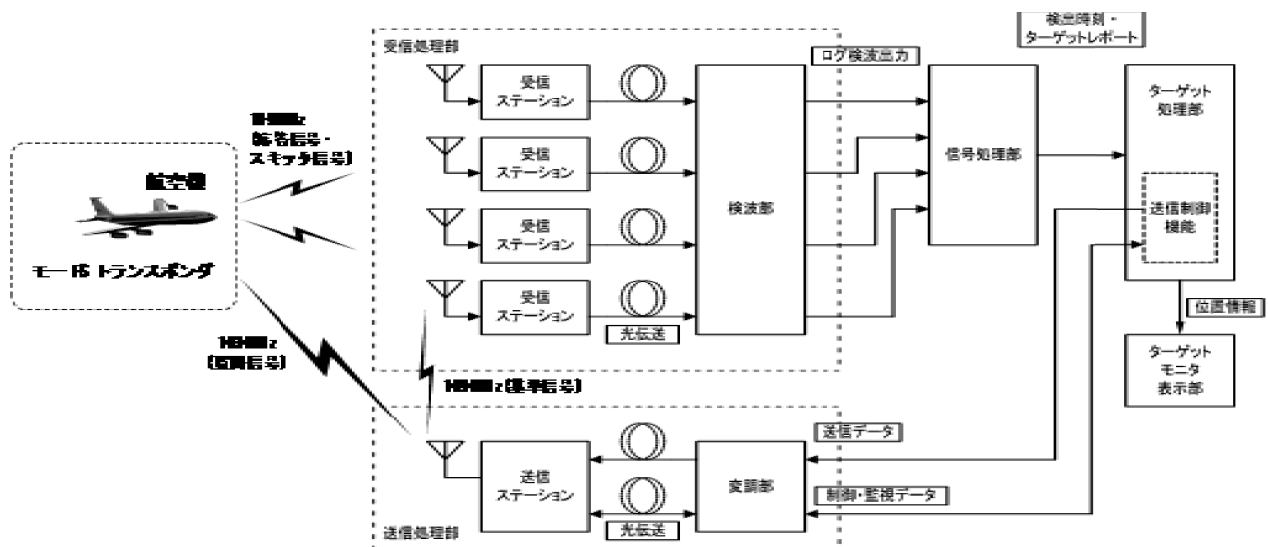


図2. 試作したOCTPASS評価装置の構成

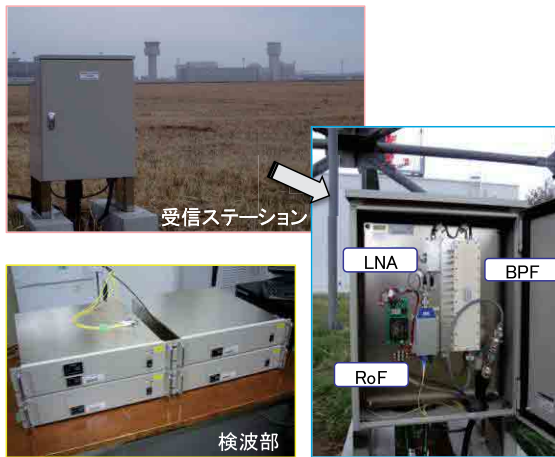


図3. RF 受信処理部の外観

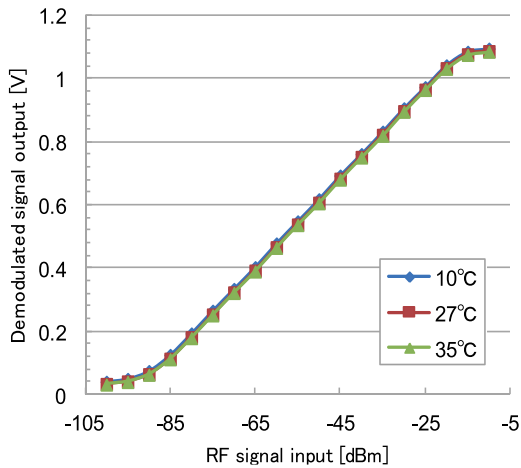


図4. RF 受信処理部の検波特性

### 3.3. RF 送信処理部

RF 送信処理部は、OCTPASS の実用化を目指す上で不可欠な要素であり、気圧高度情報等の取得と測位位置の補強を目的とした航空機トランスポンダへの質問信号の送信、及びシステム全体の運用状態の監視を目的とした基準信号の送信の両方の役割を有する。その構成は、機器室内に設置される「変調部」と、空港内の送信サイトに設置される「送信ステーション」からなる。その間は、RF 受信処理部同様、RoF を用いた光ケーブルによって接続される。

変調部は、ターゲット処理部から受け取った送信要求と送信データを元に変調を行い、モード S 質問信号(1030MHz)またはモード S スキッタ信号(1090MHz)を生成し、その信号を RoF 送信機で光に変換し出力する。送信ステーションは主として RF アンプで構成され、変調部の生成した信号を送信電力まで増幅し、アンテナを

介して送信する。OCTPASS が特徴的とする RF 光伝送を適用した構成をとることにより、機器室内に変調部を配置できるが、このことは、航空機への質問・応答信号を用いた測距（レンジング）により測位補完をする際、信号の送信時刻管理が容易になるという利点をもたらす。

試作した RF 送信処理部を用いたフィールド評価は、無線局免許取得後に実施する。机上で実施した変調信号の評価では、いずれの信号も基準[5]に合致する信号を確認した。

## 4. 仙台空港における評価試験環境の整備

### 4.1. 整備の概要

OCTPASS の性能検証を進める上で、空港という実環境における評価が不可欠である。これを実施するため、当所岩沼分室が隣接している仙台空港内に評価環境を整備した。当初、評価試験を平成 23 年度から開始する予定であり、整備を 22 年度の後半に実施したが、年度末の東日本大震災により設置した機材が被災したため、23 年度内は主として設備の復旧作業を行った。

評価環境の整備は、受信局（アンテナ、及び受信ステーション）の設置と、受信局から信号を伝送するための光ケーブルの布設が主な内容である。

### 4.2. 受信局の設置状況

マルチラテレーションの基本的な構成による性能評価を行うため、図 5 に示すように仙台空港内に 4 つの受信局を設置した。アンテナの設置場所はいずれも既設の空港設備を利用しており、それぞれ電源局舎屋上、グライドスロープ鉄塔、対空送信所鉄塔、対空受信所鉄塔となっている。いずれの箇所もエプロンエリア、及びその付近の滑走路・誘導路まで、比較的よい見通しが得られる位置である。

各受信局から岩沼分室内の実験室までは、一般的なシングルモード光ケーブルを布設した。岩沼分室から一番遠い電源局舎においては、その光ケーブル長は 5000m 以上に及ぶ。

これらの整備・復旧を実施した結果、現在は岩沼分室内に設置した処理装置と空港内に設置した各受信局とが、それぞれ光ファイバ線で接続され、受信した RF 信号を集約処理できる環



図5. 仙台空港・岩沼分室における評価試験環境の整備状況

境が整った。

#### 4.3. 評価試験の見通し

本稿の執筆時は、上記の整備・復旧が完了した段階であり、詳細評価の実施に向けて準備を進めている。現状では各装置で想定する動作の確認ができ、マルチラレーション測位によるターゲット航跡の出力が得られた(図6)。今後、装置の調整を進め、マルチラレーション装置としての詳細な性能評価を実施する予定である。

主に、測位対象とする送信機(モードSトランスポンダ)を搭載した車両による、空港内の走行試験により評価を進めるが、特にエプロンエリア近傍におけるマルチパス干渉波の状況と、それに対する装置の動作に着目し、OCTPASSの優位性を確立していく。

#### 5. まとめ

OCTPASSについて、試作した評価装置と評価環境の整備状況を中心に研究の進捗を報告した。今後、空港という実環境下での検証を中心に、実用化を目指した開発・評価を進めていく。

#### 謝辞

仙台空港における評価環境の整備・復旧にあたり多大なご協力を頂きました国土交通省東京航空局仙台空港事務所の方々を始めとした、関係各所の皆様に深く感謝致します。

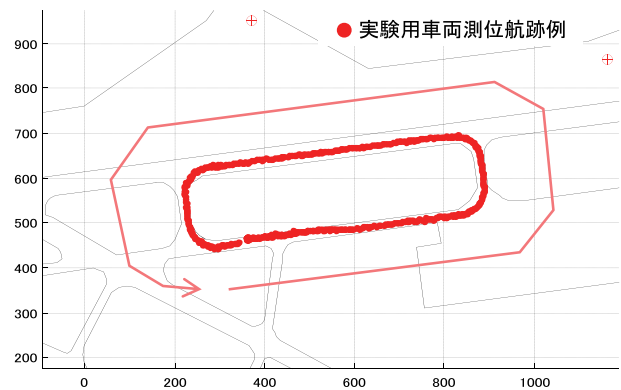


図6. 仙台空港に設置したOCTPASS評価装置によるマルチラレーション測位航跡例

#### 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)
- [4] 角張他, “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”, 電子航法研究所研究発表会講演概要 (2011)
- [5] International Civil Aviation Organization, Annex 10 to Convention on International Civil Aviation, Aeronautical Telecommunications, Volume IV Surveillance and Collision Avoidance Systems