

# 東京国際空港向け 広域マルチラテレーション装置

伴野友彦\*  
Tomohiko Banno  
佐藤 亮\*  
Ryo Sato

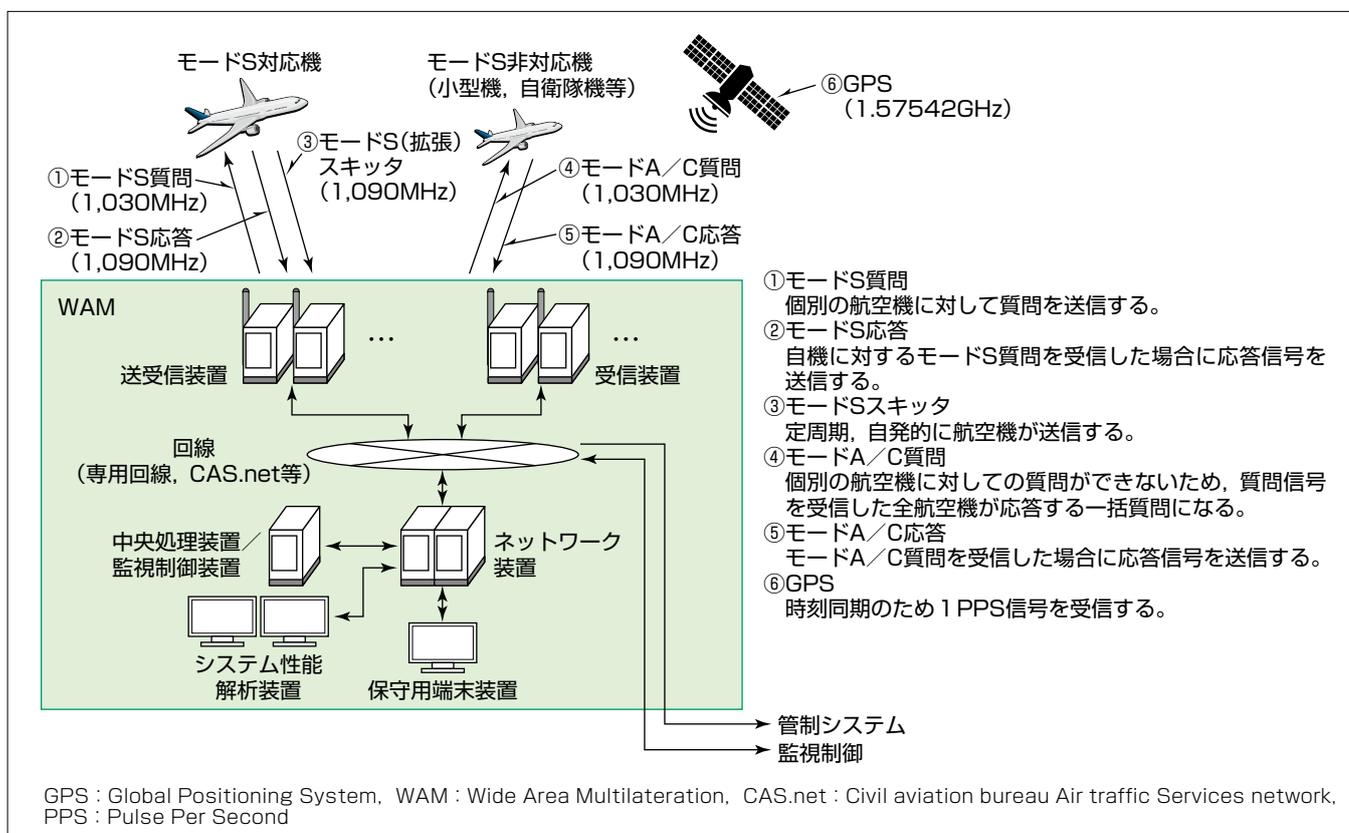
Wide Area Multilateration Equipment for Tokyo International Airport

## 要 旨

航空は経済発展と国際交流を支える重要な役割を担い、日本でもその交通量はますます増大している。特に首都圏空港の一層の活性化は、諸外国との交流を活発にして、更なる首都圏の国際競争力向上、経済効果の波及が期待される。中でも東京国際空港(羽田空港)は東京2020オリンピック・パラリンピック開催に万全を期すため、滑走路処理能力向上(発着便数の増加)が進められ、その方策として都心上空を飛行する新経路が開設された。大都市上空を安全に飛行するため、従来以上に高精度な監視を行う必要がある。これに対応する高度な航空保安システムとして、従来の一次・二次監視レーダに加えて、航空機が発信するトランスポンダ信号を利用するマルチラテレーション装置がある。

特長は、①高いデータ更新頻度が期待できる、②高い位置精度が期待できる、③ブラインドエリアの解消が期待できる、④監視エリアの自由度が高いということが挙げられる。

三菱電機は、羽田空港機能拡大に対応する航空保安システムとして、羽田空港近傍の空域を監視する広域マルチラテレーション装置を開発・製造し、国土交通省航空局への納入でより高精度な航空機の監視に貢献している。当社はこれまでに、羽田空港を始めとする国内の主要6空港に空港面監視用マルチラテレーション装置を、2016年度には岡山空港向け広域マルチラテレーション装置を航空局へ納入しており、これらの開発で得たノウハウから装置の純国産化に成功している。



## 広域マルチラテレーション装置のシステム構成

広域マルチラテレーション装置は、複数の受信装置又は送受信装置を各地に設置し、その受信装置又は送受信装置で受信した、航空機に搭載されているトランスポンダからの信号を、中央処理装置で収集し、それらの受信時刻の差(TDOA : Time Difference Of Arrival)に基づいて航空機を測位する。この測位結果によって空港及び空港近傍の空域を飛行する航空機の位置の監視が可能になり、管制システムに提供される。

## 1. ま え が き

当社では、昭和30年代に空港面探知レーダを運輸省(当時)に初めて納入して以来航空管制に関わるレーダ及びその関連装置を納入してきた。また近年は、航空交通の安全確保をしながら、増大する交通量に対応するため、次世代航空保安システムの整備が国土交通省航空局によって推進されている。特に首都圏空港については、東京2020オリンピック・パラリンピック開催に万全を期すためその機能強化が進められた。この機能強化のため都心上空を飛行する新経路が開設され、従来以上に高精度な監視を行うことが必要になった。そこで、従来の一次・二次監視レーダの弱点を克服した、より高度な航空保安システムとして、マルチラテレーション装置が注目された。これは航空機が発信するトランスポンダ信号を利用し、①高いデータ更新頻度が期待できる、②高い位置精度が期待できる、③ブラインドエリアの解消が期待できる、④監視エリアの自由度が高いといった特長を持つ装置である。

当社は、空港面探知レーダを納入してきた技術に加えて、このマルチラテレーション技術を応用したマルチラテレーション装置を開発した。これを空港面監視装置として2009年度から羽田空港を始めとする国内の主要6空港に納入し、2016年度には岡山空港向け広域マルチラテレーション装置の開発・製造を行った。さらに2017年度には羽田空港向けを開発・製造を行い航空局へ納入した。

ここでは、マルチラテレーション技術と羽田空港向け広域マルチラテレーション装置の概要を述べる。

## 2. マルチラテレーション技術<sup>(1)(2)(3)</sup>

### 2.1 マルチラテレーションの原理

マルチラテレーションとは、航空機が発信するトランスポンダ応答信号を利用して、複数の受信局(4局以上)への応答信号を中央処理装置で双曲線測位処理を行い、航空機の位置を算出するものである。

### 2.2 マルチラテレーションによる測位

マルチラテレーションの測位原理の概念図を図1に示す。複数の受信装置・送受信装置を設置し、それらの装置で受信した、航空機搭載トランスポンダからの信号のTDOAから航空機の位置を測位する。

2局のTDOAが一定になる位置の集合は双曲面になることから、4局以上で受信した場合は、三つの双曲面の交点として航空機の位置を算出できる。測位精度は受信装置

で囲まれた閉領域内で双曲面同士が直交しやすく測位の精度が高くなる一方で、その閉領域の外側では双曲面が接しやすく測位の精度は低下する。

次に、マルチラテレーションでの測位の位置精度は、TDOAの測定精度に依存するため、TDOAを高精度で取得することが必要である。TDOAを高精度で取得するには、受信・送受信装置のTOA(Time Of Arrival)の計測での時間軸が一致している必要がある。この装置では、受信・送受信装置で受信するGPSの1PPS情報(GPS計測で得られる時刻の毎正秒のタイミングで発生する信号)を基準として受信・送受信装置の時間軸を同期する。

### 2.3 レンジング

送受信装置から航空機に質問して応答を取得する場合、質問送信から応答受信までの時間を測定し、その時間から求めた距離を利用して測位計算を補間できる。質問から応答までの時間によって得られる式は幾何学的には楕円(だえん)(質問と受信が同じ装置の場合は真円になる)を回転させてできる面を表す。航空機の位置はマルチラテレーション測位の双曲面と楕円の交点として求められる。

送受信装置で質問送信と応答受信の両方を行って測距する場合をレンジング、応答受信を複数の受信装置で受信し

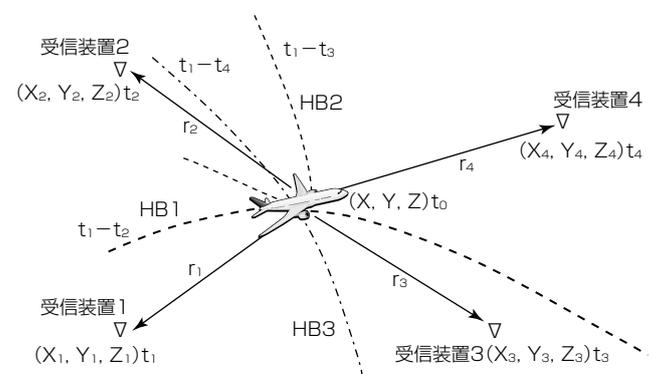


図1. マルチラテレーションの測位原理の概念図

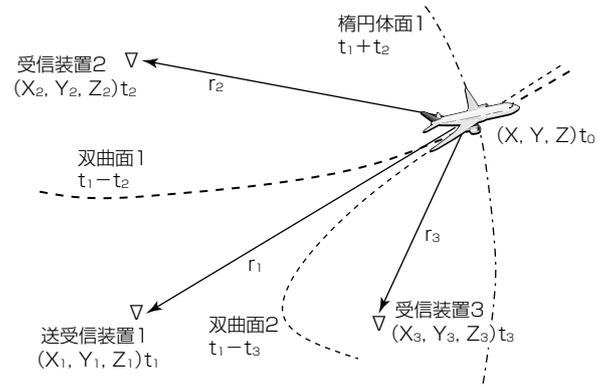


図2. マルチレンジングの概念図

で測距する場合をマルチレンジングと呼ぶ。航空機の位置が受信装置配置の外側の場合、レンジング・マルチレンジング測位によって測位精度の改善効果がある。マルチレンジングの概念図を図2に示す。

### 3. 羽田空港向け 広域マルチラテレーション装置の概要

当社が開発した羽田空港向け広域マルチラテレーション装置の主な仕様を表1に示す。

広域マルチラテレーション装置は空港へ発着する低空を飛行する航空機も監視するため、受信・送受信装置は見通しの良い場所へ設置することが重要である。しかし、羽田空港周辺的首都圏は、数多く建ち並ぶ高層ビルによって低空を飛行する航空機から発せられるトランスポンダ信号が遮られやすい環境である。当社はこれまでの開発・製造で培ったシミュレーション技術を活用し、全13局の受信・送受信装置を設置することで所要の測位精度を満足できることを確認した。

#### 3.1 受信・送受信装置

受信装置の系統図を図3に示す。受信装置は通信ユニット、受信部(2台)、マイクロ波切替ユニット等と筐体(きょうたい)から構成され、筐体は前面及び背面に扉、側面に熱交換器、筐体内下部にヒーター、筐体内背面上部にサーモスイッチ等を持つ。

受信部は、受信装置1台について冗長構成のため2台で構成されている。GPS空中線が受信した時刻同期信号(1PPS)に基づいて受信部のシステム時刻を補正する。また空中線が受信したMode-S及びMode-A/C信号をデコードするとともに受信時刻等の必要な情報を付与する。マイクロ波切替ユニットは、中央処理装置からの制御信号によって内蔵されている同軸スイッチを選択された系に切り替えることが可能である。また同軸スイッチの系選択状態及び空中線の接続状態を監視し中央処理装置に伝達する。この結果、必要なメッセージ、監視情報をネットワーク経由で中央処理装置に送出する。

送受信装置の系統図を図4に示す。送受信装置は通信ユニット、送受信部(2台)、マイクロ波切替ユニット等と筐体から構成され、筐体は前面及び背面に扉、側面に熱交換

表1. 広域マルチラテレーション装置主要性能

性能	仕様
送信周波数	1.030MHz
受信周波数	1.090MHz
送信出力	350W
質問モード	モードA/C, S
受信モード	モードA/C, S
データ更新レート	1回/秒

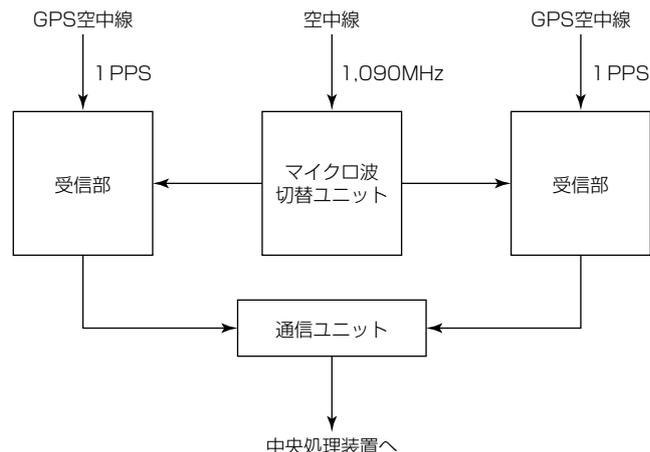


図3. 受信装置系統図

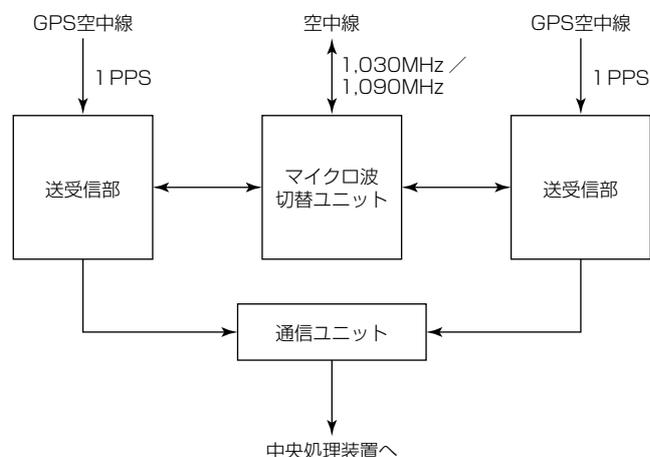


図4. 送受信装置系統図

器、筐体内下部にヒーター、筐体内背面上部にサーモスイッチ等を持つ。

送受信部は、送受信装置1台について冗長構成のため2台で構成されている。また、受信部と同様の機能に加えて、質問信号を増幅し空中線へ伝送するのと空中線で受信した航空機の応答信号を増幅するための増幅ユニットを内蔵している。

図5に受信装置及び空中線装置の外観を示す。

#### 3.2 中央処理装置

中央処理装置はローカルスイッチ、計算ユニット、ディスプレイ、キーボード、マウス及びUPS(Uninterruptible Power Supply)ユニット等から構成される。中央処理装置内の計算ユニットは冗長化構成によって2台内蔵されており、互いを監視することによって異常発生時に自動的に系切替えを実行することが可能である。

次に処理の内容について示す。

- (1) 受信装置又は送受信装置から航空機応答信号データを受信する。
- (2) 入力したデータに基づいて測位計算を実行する。



(a) 受信装置

(b) 空中線装置

図5. 装置

- (3) 測位計算では、応答信号の受信時刻データの組合せに基づいて、ターゲットの位置を計算する。
- (4) 測位計算で求めたターゲットの測位位置に基づいて航空機航跡を維持・管理し、航跡情報を決められたタイミングで出力する。
- (5) 質問送信は、送信スケジューリングを航跡情報に基づいて作成し、質問送信を出力する。

このようにして得られた航空機の航跡情報が管制システムに出力され、管制官の航空機管制業務に利用される。

### 3.3 管制システムとの連携

羽田空港向け広域マルチラテレーション装置は、“統合管制情報処理システム”の一つである“空港管制処理システム(TAPS)”に対して得られた航跡情報を提供する。このTAPSは飛行場面及び空港近傍(ターミナル)空域の管制を行う。特にこの航跡情報は羽田空港の同時並行進入運用での監視精度向上に貢献している。

## 4. むすび

当社は、日本の経済発展と国際交流を支える首都圏空港の機能強化の実現に向けて、羽田空港向け広域マルチラテレーションを開発・製造した。

これまでに開発した空港面監視用マルチラテレーション装置及び広域マルチラテレーション装置の技術を基本として、さらに現在は福岡空港の機能強化への対応として、福岡空港向け広域マルチラテレーション装置の開発・製造を行っている。今後も、積み上げてきた当社技術を活用することで、航空管制の発展、ひいては豊かな社会の実現に貢献する。

### 参考文献

- (1) Aeronautical Surveillance Manual, Doc9924, ICAO (2020)
- (2) Technical Specification for Wide Area Multilateration (WAM) Systems, ED-142, EUROCAE (2010)
- (3) International Standards And Recommended Practices, Aeronautical Telecommunications, Annex 10, Volume IV (Surveillance Radar And Collision Avoidance Systems), ICAO (2014)