

航空管制用広域マルチラレーション装置

畑 清之*
佐藤 亮*

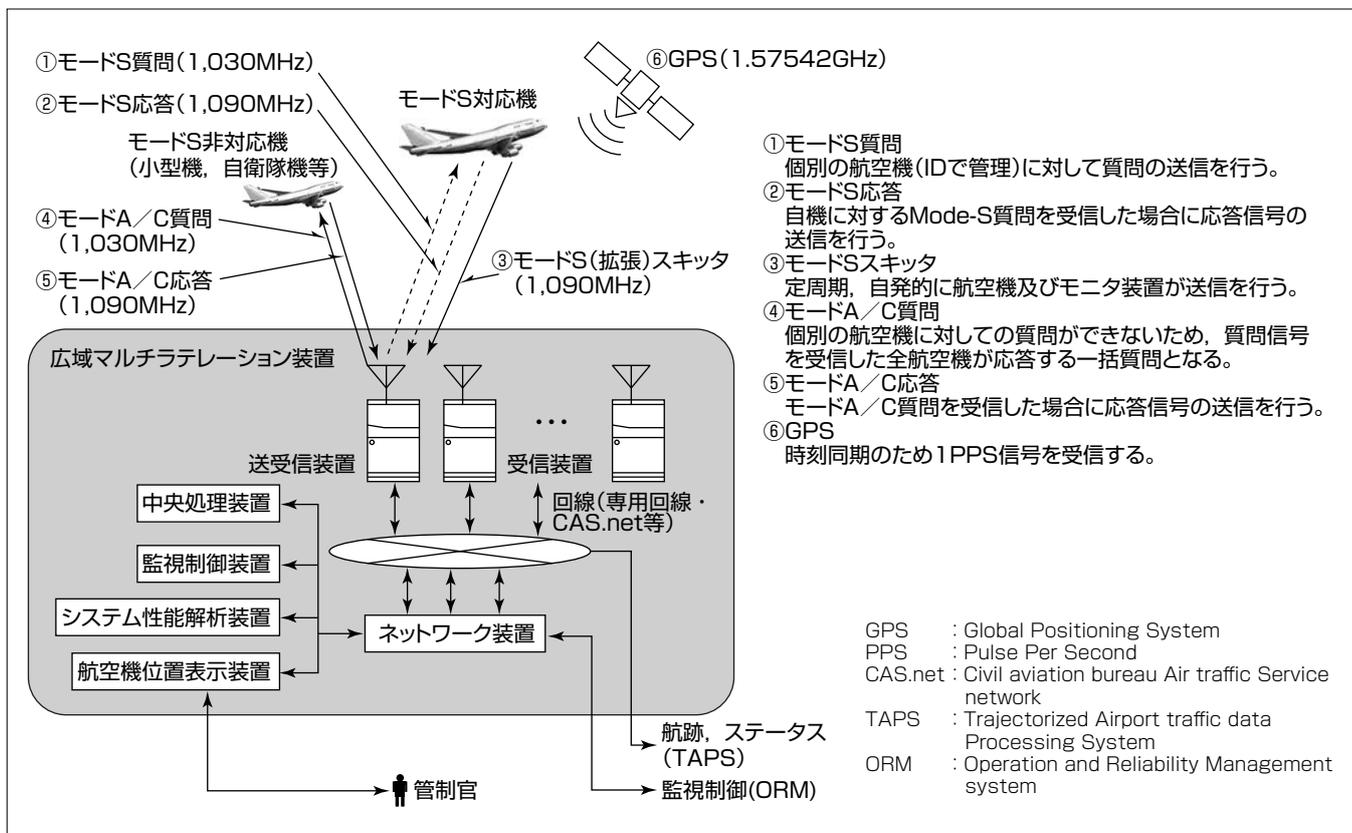
Wide Area Multilateration Equipment for Air Traffic Control

Kiyoyuki Hata, Ryo Sato

要 旨

日本では、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。この次世代航空保安システムには、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からマルチラレーション技術を用いることで航空機の位置を算出するマルチラレーション装置がある。その特長は、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、が挙げられる。国土交通省航空局では、まず空港面監視装置としてマルチラレーション装置の導入が始まり、最近は空域・航空路監視装置としても導入されつつある。三菱電機は羽田空港を初めとする日本の主要6空港に空港面監視用マルチラレーション装置を納入してきた。これらの経験を踏まえて2016年度には岡山空港向け広域マルチラレーション装置を開発・製造して国土交通省航空局に納入した。



安全・安心・快適

広域マルチラレーション装置のシステム構成

広域マルチラレーション装置は、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(Time Difference of Arrival : TDOA)に基づき航空機を測位する。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かか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。この次世代航空保安システムには、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からマルチラテレーション技術を用いることで航空機の位置を算出するマルチラテレーション装置があり、その特長として、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、が挙げられる。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年度から羽田空港ほか5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を開発・製造して国土交通省航空局へ納入した。

本稿では、マルチラテレーション技術と当社製広域マルチラテレーション装置について述べる。

2. マルチラテレーション技術⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

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)から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受信時刻の差(TDOA)から航空機の位置を測位する。

2局のTDOAが一定と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、3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・送受信装置から受信するGPSの1PPS情報(Pulse Per Second, 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 レンズング

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て測距する場合をマルチレンジングという。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。

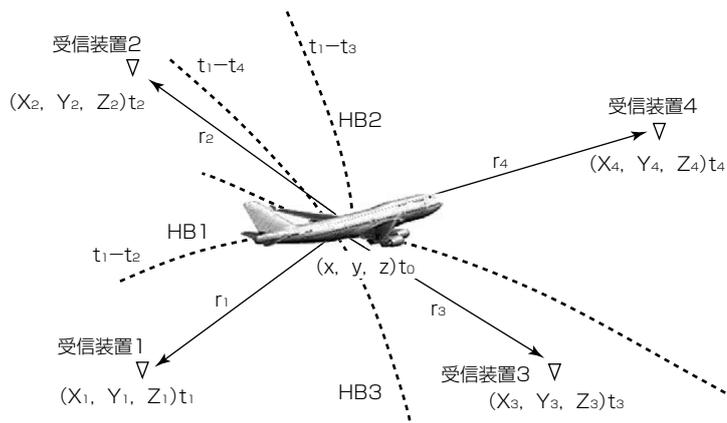


図1. マルチラテレーションの測位原理の概念図

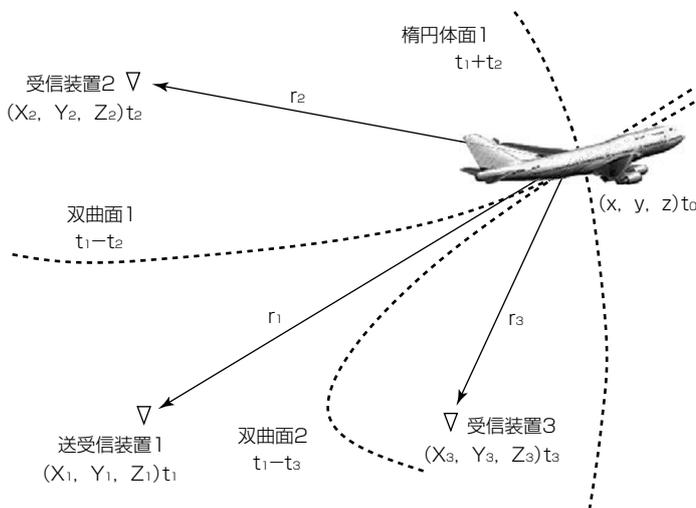


図2. マルチレンジングの概念図

安全・安心・快適

3. 三菱広域マルチラレーション装置

当社が開発した広域マルチラレーション装置の主な仕様を表1に示す。

岡山空港周辺の空域を監視するため、全8局の受信・送受信装置が設置されている。航空機から発信されるトランスポンダ信号をこれらの受信・送受信装置で受信し、岡山空港に設置された中央処理装置に送信される。この中央処理装置でそれら航空機の測位計算が実施され、その座標位置が算出・表示される。

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)、マイクロ波切替えユニット等と筐体(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、冗長構成のため受信装置1台につき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)に基づき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モードS及びモード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

クロ波切替えユニットは、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て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)、マイクロ波切替え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、冗長構成のため送受信装置1台につき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、質問信号を増幅して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・送受信装置の外観を、図6に送受信装置と空中線装置の設置例を示す。

表1. 三菱広域マルチラレーション装置の主な仕様

項目	仕様
送信周波数	1,030MHz
受信周波数	1,090MHz
送信出力	250W
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

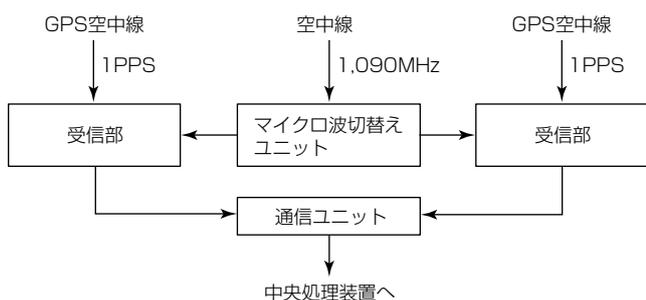


図3. 受信装置の系統図

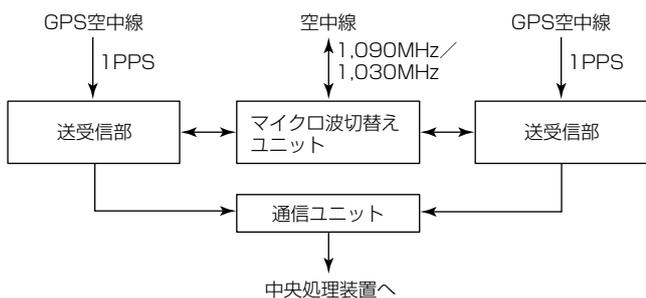


図4. 送受信装置の系統図



図5. 受信・送受信装置



図6. 送受信装置と空中線装置の設置例

安全・安心・快適

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できる。

次に処理の内容について述べる。

- (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。
- (3) 測位計算では，受信した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，管制官の航空管制業務に利用される。

3.3 冗長構成

広域マルチラテレーションでは運用を継続するために次の方策が採られている。

3.3.1 装置の二重化による冗長構成

受信・送受信装置の主要な部分，例えば受信部，送受信

部及び中央処理装置の計算ユニットを二重化することによって，片系が故障などによって停止しても運用を継続可能な構成としている。

3.3.2 N-1によるシステムの冗長構成

受信装置・送受信装置を配置した送受信局のどの1局が停止しても(N-1局となっても)，残りの局によって所要の覆域を確保可能なように設計されている。

4. むすび

今回開発・製造した岡山広域マルチラテレーション装置の技術を基本として，2016年度に岩沼研修センター向け教育用広域マルチラテレーション装置を納入した。また，2017年度には羽田空港向け広域マルチラテレーション装置を納入予定である。今後も当社の技術によって航空管制の発展に貢献していく。

参考文献

- (1) Aeronautical Surveillance Manual, Doc9924, ICAO (2011)
- (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)

安全・安心・快適