

## 航空管制のあらまし

2019.04.16 杉浦 右蔵

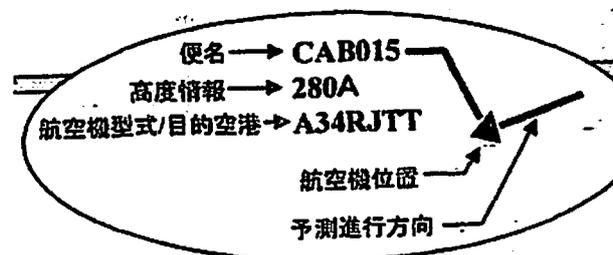
昭和 46 年 7 月 30 日、全日空 B-727 旅客機と自衛隊機 F86 戦闘機が岩手県雫石の上空にて空中接触して墜落、乗客乗員 162 名死亡する事故が起きた。自衛隊機も墜落したがパイロットは脱出した。原因は自衛隊航空管制官と運輸省航空管制官の管制指示が交錯したもので無線装置の航空機位置指示によるものであった。また、昭和 41 年頃から、全日空 B-727 が羽田沖に水没、カナダ航空 DC-8 が羽田滑走路手前護岸に激突、英国航空 B-707 が富士山乱気流で墜落、など重大航空機事故が連発した。政府は内閣総理大臣を座長とする「中央交通安全対策会議」で「航空交通安全緊急対策要綱」を決定、昭和 47 年(1972)7 月 1 日から、組織・空域・管制・気象・保安・等の近代化を実行開始することにした。

運輸省航空局は航空機の位置情報を電子的レーダで管制する方針で、航空管制情報処理システム(RDP)を開発実施する方針を決定した。日本全土をカバーするレーダ基地局 16 か所設置、一次レーダが捉えた映像を基地局のデジタイザで解析、札幌・所沢・福岡・沖縄の 4 管制部に送り、同時に二次レーダで自動応答するトランスポンダ(装着義務化)情報と、先行実施していた飛行計画情報処理システム(FDP・NEC 受注)のデータと組み合わせて管制官が画像表示装置に表示された動画情報で航空管制するシステム。

これらの主たる RDP 設計開発建設を電電公社が受託、デ本 4 部第 2 部門で昭和 53 年度までの 5 ヶ年で完成する。更に完成後 5 年おきに設備全体を見直し近代化更新する。この間の昭和 52 年度まで 3 年、新システムの保安要員の訓練を受託する。航空保安大学校岩沼分校の RDP 運用要員訓練設備建設も受託した。

RDP システムの概要。日本の空は航空機が自由に飛べるものではない。飛び立った航空機は航空地図(エンルートチャート)番号ルートを飛ばなければならない。日本の空は、米軍・自衛隊・民間の 3 者が管制している。一般に空港 50km 範囲は空港管制の範囲で、その先は RDP 管制にハンドオフされて RDP 管制官に見守られて飛行する。航空局レーダ基地は、8 ヶ所で日本全土をカバーするが、マルチ化されて 16 ヶ所で全域をカバーしている。

1 次(PSR)レーダ、2 次(SSR)レーダ、の情報信号はデジタル化されて管制センターに送られる。2 次レーダはレーダ基地でも受信するが、日本全国に配置された無線施設(VOR/DME 等)約 94 ヶ所でも受信する。RDP 創設以来レーダは真空管を使用していた。最近の固体化技術の進歩によりレーダ照射を受けた航空機のトランスポンダ応答を無線施設で受けて正確な情報を管制センターで処理している。RDP システムは、複合分散処理技術、ネットワーク分散、サブシステム分散、バックアップシステム、マルチレーダー処理技術、移動体追尾処理技術、異常接近警報処理機能、等を具備して最高度の安全を提供している。システムも 40 年経過さらに進化している。



(管制表示例：国交省 HP より)

## 航空管制のあらし—その2

2019.04.16 杉浦 右蔵

### 航空機事故 (2018 数字でみる航空) (2018 数字でみる航空)

昭和 41~46 年頃の重大事故の連発が航空交通管制の電子化に拍車推進、特に 46.7.30 の空中衝突がショック

昭和 41 年 2 月 4 日	全日空	B-727	死亡 133 名	千歳→羽田	東京湾に墜落水没
昭和 41 年 3 月 4 日	カナダ航空	DC-8	死亡 064 重症 8 名	香港→羽田	滑走路手前護岸激突
昭和 41 年 3 月 5 日	英国航空	B-707	死亡 124 名	羽田発→富士山南南東	墜落大破
昭和 41 年 11 月 13 日	全日空	YS-11	死亡 50 名	大阪→松山	松山接地後沖に水没
昭和 44 年 10 月 20 日	全日空	YS-11	死亡 23 軽症 19 名	鹿児島→宮崎	オーバーラン激突
昭和 46 年 7 月 3 日	東和国内	YS-11	死亡 68 名	丘珠→函館	横津岳に激突大破
昭和 46 年 7 月 30 日	全日空	B-727	死亡 162 名	千歳→羽田	自衛隊 F86 と空中衝突
昭和 47 年 5 月 30 日	不定期便	セナ 402	死亡 10 名	紋別→丘珠月形町	分監山に激突

以下 平成 29 年までに起きた記録 42 件省略

### 事故の原因 [編集 <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%88%AA%E7%A9%BA%E4%BA%8B%E6%95%85>]

航空事故のおよそ 8 割は、機が離陸・上昇を行う際と進入・着陸を行う際の短い時間帯に起こっている。このなかでも離陸後の 3 分間と着陸前の 8 分間の「クリティカル・イレブン・ミニッツ (魔の 11 分)」と呼ばれる時間帯に事故は集中している。巡航中に発生する事故も少なくはない。事故原因の大半は人為的なミス(操縦ミス、判断ミス、故意の操作ミス、定められた手順の不履行、正しくない地理情報に基づいた飛行、飲酒等の過失など)、または機械的故障(構造的欠陥、不良製造、不良整備、老朽化など)に端を発するものとなっている。

航空事故を専門に追跡する [planecrashinfo.com](http://planecrashinfo.com) が 1950 年から 2004 年までに起った民間航空事故 2147 件をもとに作った統計[2]によると、事故原因の内訳は以下の通りとなっている。

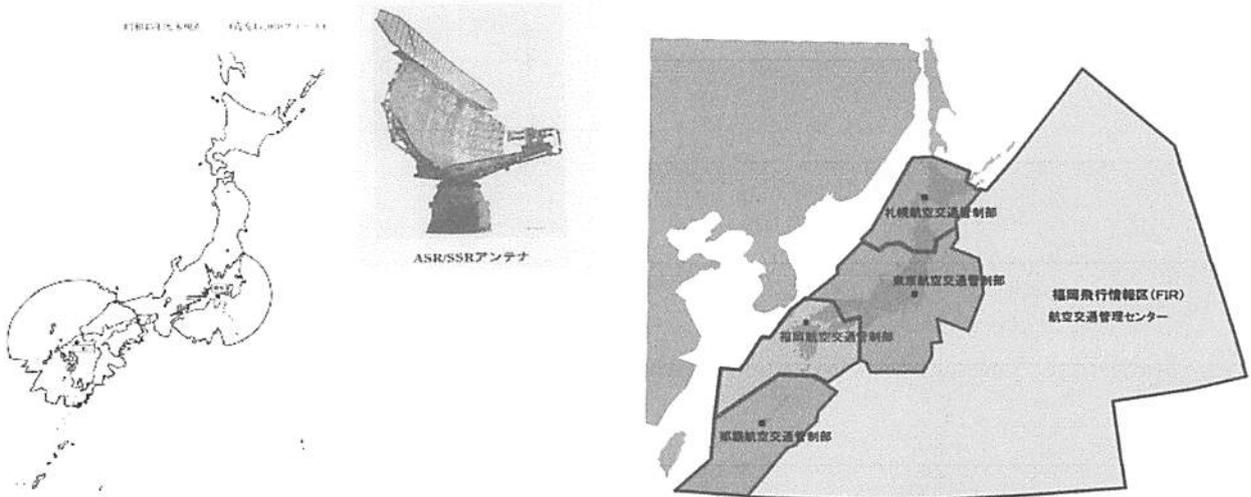
37%・操縦ミス、33%・原因不明、13%・機械的故障、7%・天候、5%・破壊行為(爆破、ハイジャック、撃墜など)、4%・操縦以外の人為的ミス(不適切な航空管制・荷積・機体整備、燃料汚濁、言語、意思疎通の不良、操縦士間の人間関係など)、1%・その他

またボーイング社が行っている航空事故の継続調査[3]によると、1996 年から 2005 年までに起こった民間航空機全損事故 183 件のうち、原因が判明している 134 件についての内訳は以下の通りとなっている。

55%操縦ミス 17%機械的故障、13%天候、7%その他、5%不適切な航空管制、3%不適切な機体整備

操縦ミスは依然として航空事故原因のほぼ半数を占めているが、この数字は 1988 年~1997 年期には 70%もあり、過去 20 年間に着実に改善されてきたことが分かる。

### 昭和 46 年当時のレーダ覆域と 5 年後の改善



平成30年4月1日現在のレーダ覆域



←箱根レーダ基地局

区 分	箇 所	施設数
ARSR	釧路, 横津岳, 八戸, 上品山, 山田, 箱根, 能登, 三河, 三国山, 平田, 今の山, 三郡山, 加世田, 奄美, 八重岳, 宮古島	16
ORSR	男鹿, いわき, 八丈島, 福江, 久米島	5

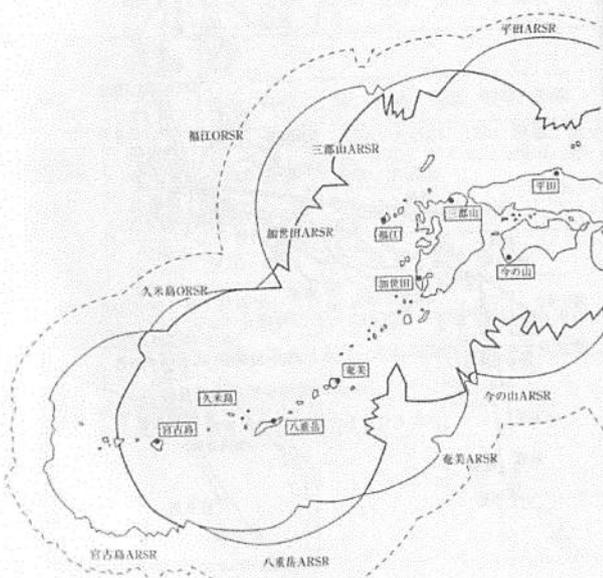
(平成30年4月1日現在)

〈航空保安関係施設〉

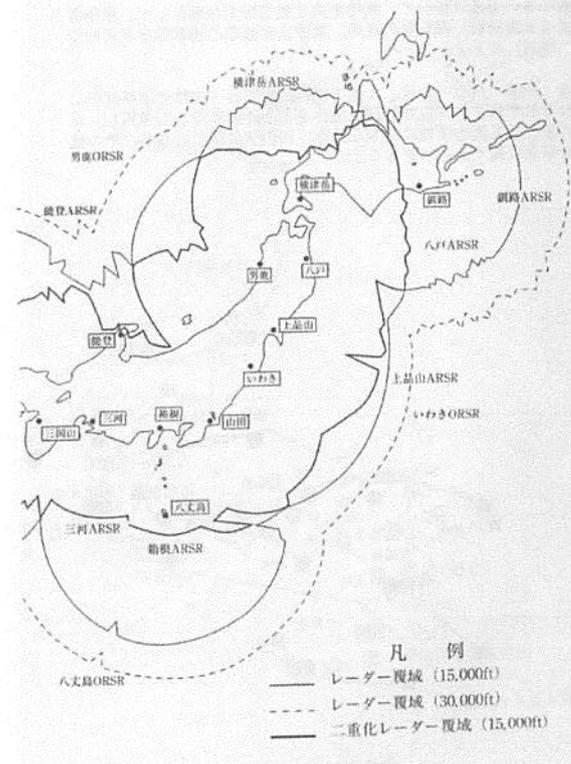
航空路監視レーダー (ARSR)

区 分	箇 所	施設数
ARSR	釧路, 横津岳, 八戸, 上品山, 山田, 箱根, 能登, 三河, 三国山, 平田, 今の山, 三郡山, 加世田, 奄美, 八重岳, 宮古島	16
ORSR	男鹿, いわき, 八丈島, 福江, 久米島	5

(平成30年4月1日現在)



等の配置及び覆域図



福岡管制部の運用室 韓国、中国、台湾の管制官とも調整が行われる ↓(航空局 HP 転写)



図1-2-5 東京航空交通管制部

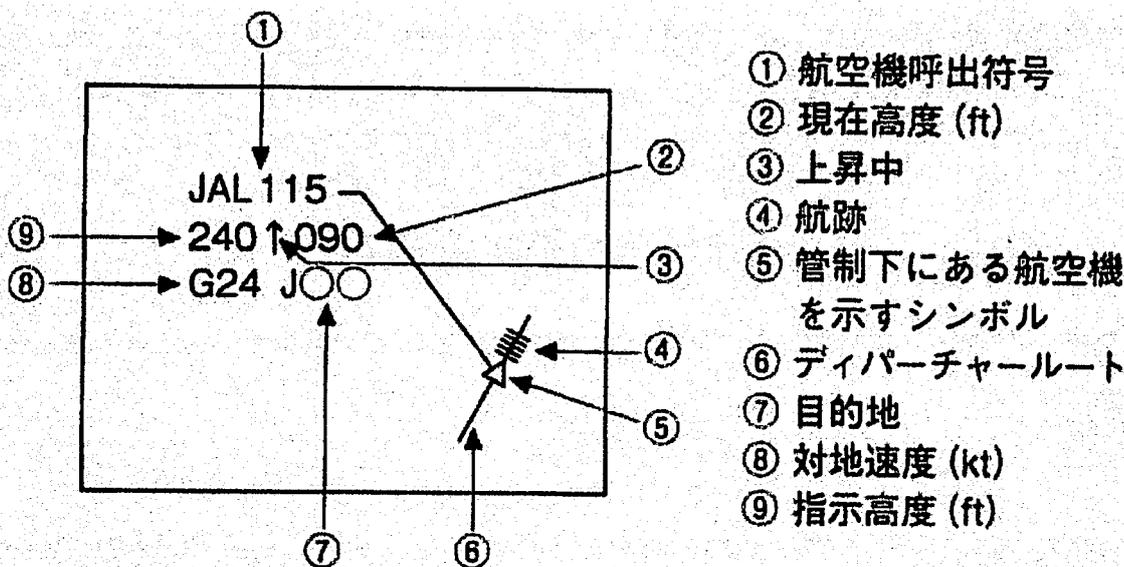
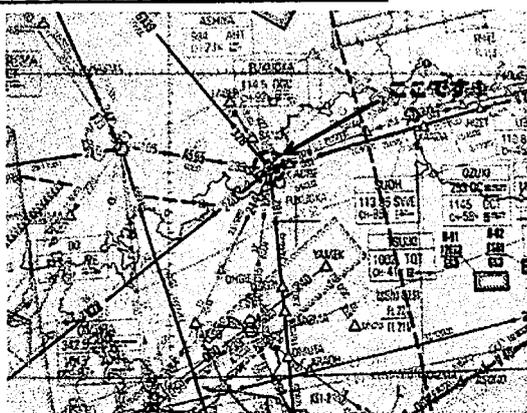


図2-7-3 RDPに表示される航空機の情報パターン

航空地図の名はエンルートチャート



(参考 <https://moto-koukukanseikan.net/ais-japan/>)

航空機の飛行経路には名前が付けられています。A1 (アルファワン)、B586 (ブラボーファイブエイトシックス) のようにアルファベット1文字と続く1~3ケタの数字で構成されており、これらの一般的な呼び名を航空路、英語でエンルートと言います。

空港を出発してすぐの飛行経路はエンルートではありません。エンルートは言わば空中の高高度高速道路です。空港から離陸後はまず出域管制席(ディパーチャー)がレーダー誘導で、高速道路に飛行機を乗せるまでケアします。レーダー誘導がなくても出発標準経路と方式に従って飛行し、航空機はエン

ルートに合流できます。

航空路が書かれた地図をエンルートチャートと言います。このエンルートチャートは国土交通省が管理する AIS JAPAN というホームページから誰でも簡単にダウンロードすることができます。以下は5分くらいあれば誰にでもできる操作なので、航空路図を手に入れて空の道がどれだけ複雑なのか確認してみてください。

一次レーダと二次レーダ 航空とIT技術 青山幹雄猪塚貞行菅野照美斎藤謙一郎・共立出版・20010325

航空レーダには1次レーダと2次レーダがあります。1次レーダは送信パルス電波が航空機から反射する性質を利用しています。2次レーダは地上のインタロケータが発信した質問電波に対し、航空機から応答するトランスポンダが応答信号電波を送り返す手順を利用した対話型システムです。2次レーダはレーダと言うより通信システムの一つであり、1次レーダと併用してより詳しい情報を得るので、このように呼ばれています。

図3,6に示すように、レーダから得られる情報は目標までの距離と目標への角度です。これをレンジ(range)とアジマス(azimuth)と言い、(R, θ)と表し、レーダ座標系と呼びます。レンジ R は距離であり、アジマス θ は磁

北から時計回りの角度(レーダから見た航空機の北からの角度)で表します。レーダスコープはCRTディスプレイですので、表示するためにはシステム

座標系と呼ばれるスクリーン上の(X, Y)座標に変換する必要があります。この変換方法には、ステレオグラフィックコンバージョンとステレオグラフィックトランスフォーメーションの二つがあります。

ところで、アンテナの回転角度から航空機の方位を知ることができますが、レーダが受信した電波は、そのレーダがいつ発射したものか、そもそもそのレーダの電波かどうして分るのでしょうか。航空レーダの電波はパルス信号で、パルス電波は搬送波(キャリア)に乗せられて伝わります。隣接した航空保安無線施設や航空レーダには、これを区別できるように少しずつ異なる周波数のキャリアが割り当てられています。レーダは自分の発信した周波数の電波の反射波のみを受信し、その電波からパルス信号を抽出します。

### 管制施設

航空管制では、次のような監視用1次レーダを利用しています。

表 3.2 1次監視レーダ

レーダ仕様	航空路監視レーダ ARSR	空港監視レーダ ASR
対象	航空路全域	空港とその周辺
周波数	1.3GHz 帯 (1.25~1.35GHz)	2.8GHz 帯 (2.7~2.9GHz)
発信パルス間隔	360pps (pulse per second)	900pps (pulse per second)
理論到達範囲	$300,000\text{km} \div 360 \times 2 = 1666.7\text{km}$	$300,000\text{km} \div 900 \times 2 = 666.7\text{km}$
実測定範囲	200nm (約 360km)	50nm (約 90km)

レーダは半二重通信であり、送信パルスを発射した後に反射パルス(エコーパルス)の受信状態になり、受信するまでの時間を計測します。さらに、航空レーダでは、必要な航空機以外からのエコーパルスを取り除き、見たい航空機のエコーだけを捕捉する方法をとります。その一つが、MTI(Moving Target Indicator)です。

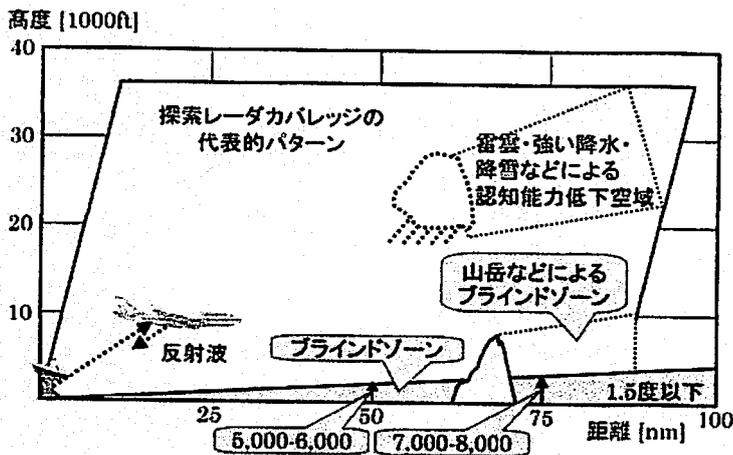


図 3.7 レーダと覆域 (カバレッジ)

これは、航空機が電波に対して動いているため、エコーがドップラー偏移を起こす特性を利用します。偏移のないエコーを取り除くことができます。しかし、雨や雲、海面反射、鳥や虫の集団のエコーは MTI によっても除去できません。一方、レーダ電波の進行と並行に飛行する航空機は逆に MTI によって消えてしまいます。この問題を改良して目標検出能力を高めた MTD(Moving Target Detector)も開発されています。

このように、レーダは図 3.7 に示すような

覆域(coverage)があります。通常、一定の距離内の航空機だけを捕捉するように、それより遠い航空機のエコーは取り除かれます。わが国の航空路レーダでは 200nm(ノータカルマイル)以内の航空機を捕捉しています。空港のターミナル管制所の責任空域は通常 50nm(約 90km)ですので、空港監視レーダは航空路監視レーダよりさらに短い 50nm~70nm のエコーのみを捕捉します。

## 二次レーダ

1次レーダでは航空機の投影とその方位、距離しか分かりません。管制官がレーダスコープ上の機影を識別するためには、対空通信によりパイロットに旋回などを指示し、その機影をしばらくの間レーダ上で追尾する必要があります。また、1次レーダではその航空機の地上投影位置(地図上の位置)や、飛行高度は分かりません。これに対し2次レーダでは、航空機から航空機のさまざまな情報を応答信号と一緒に返して航空機を識別できます。応答信号電波は反射ではなく航空機から新たに発信されますので、レーダとの距離の4乗ではなく、2乗に比例して弱くなります。したがって、2次レーダの送信電力や受信能力は、1次レーダに比べ大幅に少なく済みます。航空管制用2次レーダはSSR(Secondary Surveillance Radar)と呼ばれます。SSRから航空機に発信する質問信号を、モードパルス(mode pulse)と言い、航空機からの応答信号をコードパルス(code pulse)と言います。モードパルスは決められた間隔をもった一対のパルスから構成され、軍用、民間用で6種類あります。民間用にはモードAからモードDの4種類のパルス間隔があり、実際にはモードAとモードCの二つが使われています。モードAは航空機に割り当てられた識別コード(2次レーダコード)を要求するモードパルスであり、モードCはその航空機の飛行高度(気圧高度情報)を要求するモードパルスです。モードパルスに対するコードパルスは、データ長に制限があるため、2次レーダコードは4,092種類、高度ではマイナス1,000ftから126,700ftまで100ft単位で応答します。2次レーダコードは航空機側でセットするものです。いくつかのレーダに監視されながら飛行する間も変更せずに済ませたいものですが、長距離フライトおよび航空機数の増加により、割り当てが難しくなっています。

### SSR モードS

#### 3.4 管制施設

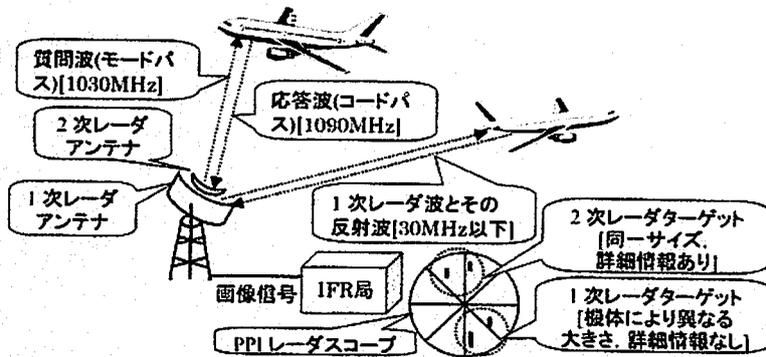
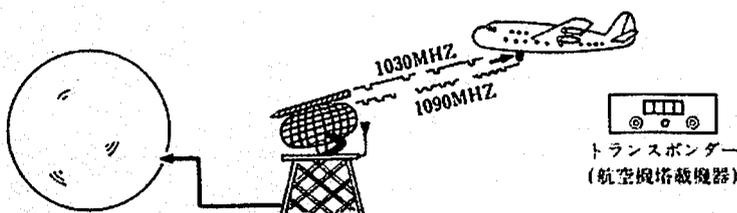


図 3.8 SSR モード S の仕組み

航空機のデータも含めて、受信したすべてのコードパルスを解析しなければなりません。このため、航空交通量の増大や空域の過密化に対し、レーダ処理装置の処理効率の向上が要請されてきました。

この対策として図 3.8 に示すように、SSR モード S は個別呼出し方式を取ります。これは世界中のすべての航空機に個別のコード(アドレス)を与え、SSR モード S のインタロゲータはこのアドレスを用いて航空機を個別に呼び出し、呼び出された航空機のみ応答する方法です。アドレスは 24 ビットで表わされ、400 万機以上を識別できます。モード S は 2 次レーダの負荷を軽減するだけでなく、航空機と地上施設が、レーダを介してデータ通信を行うこともできます。

### 二次レーダの概念図 (本稿・重複再掲) (航空管制のはなし七訂版・中野秀夫・成山堂書店 20140818)



二次レーダーの概念図

### SSR モード S

航空管制に現在使用されている二次レーダー(SSR)は、地上の複数のレーダーアンテナから送られる質問信号に応答しているが、そうした質問信号の多く

は)その航空機と直接関係のないレーダーアンテナからのものである…このため、本当に応答する必要がある質問信号への対応が遅れてしまうことになる。そこで地上レーダーからの質問信号が送信先の航空機を特定できるアドレスつきで送れるようなシステムが開発された。これはSSRモードSと呼ばれており、数字だけでなく文字の送受信もできることが特長で機上に搭載された表示装置の画面に気象や運航に関する情報が自動的に文字で映し出されるので無線電話による交信の手間が省け、聞き間違えも防げる。今後、このシステムが普及することが期待されている。

**監視エリアとレーダーの種類** (航空とIT技術-青山幹雄猪塚貞行須賀の照美斎藤謙一郎-共立出版-20010325)  
 航空管制用1次レーダには、航空路上の航空機を監視する航空路監視レーダ ARSR (Air Route Surveillance Radar)、空港周辺の航空機を監視する空港監視レーダ ASR (Airport Surveillance Radar)、航空機を進入コースから滑走路に着陸させる精密進入レーダ PAR (Precision Approach Radar)、空港内の滑走路・誘導路やエプロンを移動する航空機や車両の位置を確認するための空港面探知装置 ASDE (Airport Surface Detection Equipment) などがあります。また ARSR や ASR と併設される2次レーダ SSR があります。さらに、2次レーダでのみ運用される洋上航空監視レーダ ORSR (Oceanic Route Surveillance Radar) があります。  
 わが国の管制空域は一つの地点を複数のレーダで捕えることができるように覆われており、一つのレーダが故障や修理点検などで停止しても、他のレーダで代替できるようにしています。

**レーダ情報処理システム レーダ処理の方式**

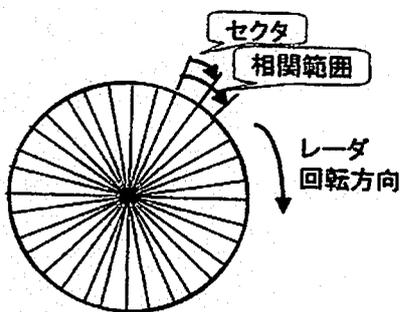


図 3.10 レーダの追尾処理 (セクタごとに表示)

レーダエコーから目標の航空機とその位置を認識することを追尾またはトラッキング (tracking) と言います。1次レーダのエコーが必ずしも目標とする航空機からのものとは限らないこと、また航空機からのエコーに欠落があることはすでに説明しました。2次レーダにおいても、航空機のレーダに対する姿勢によっては、モードパルスが航空機のトランポンダで受信できなかつたり、トランスポンダ本だポンダの仕様からコードパルスがモードパルスの受信後一定の遅延時間後に応答することから応答できないタイミングがあり、やはり欠落がありますこの追尾では必ずしも

100%は正確ではない、あるいは、ある時間間隔でしか受信できない情報から連続的に目標を認識する必要があります。

このため、追尾処理では、航空機の最新の位置から次の予想位置の範囲を計算し、範囲の中にあるエコーをその航空機の次の位置とします。これを「相関を取る」と言います。またレーダ処理は一定の角度範囲ごとにエコーを受信し、位置座標を求める検出処理を行います。この角度範囲をセクタと言います。図 3.10 に示すように1周は32セクタに分けられています。検出処理は前回検出したセクタと前後のセクタを含め、セクタ単位に相関を取ります。

一つのレーダがカバーできる範囲は50nm~200nmであり、一つの空港のアプローチエリア程度です。このため、管制区や FIR などの広いエリアをカバーするためには複数のレーダが必要です。また、保守や故障による運用停止も考慮して空域は複数のレーダによりカバーされています。さらに、一つのレーダの運用停止がレーダスコープの表示に影響を与えない構成になっています。

**マルチレーダ処理**

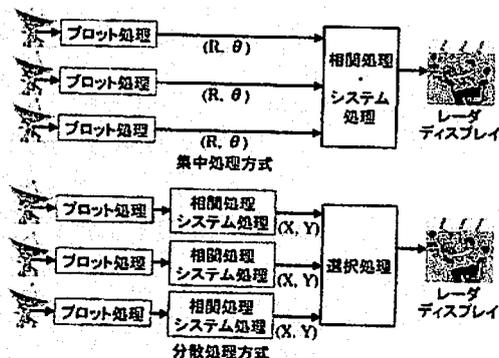


図 3.11 マルチレーダ処理の追従

一つのレーダによる追尾では、限られた範囲の航空機しかレーダスコープに表示できません。複数のレーダを用いれば、広範囲の航空機を映し出すことができます。しかし、複数のレーダからの情報を一つのレーダスコープを切り替えて表示することは煩雑であり、航空機の監視を複雑にします。マルチレーダ処

理は複数のレーダからのデータを同一画面に写し出す機能です。

シングルレーダ処理とマルチレーダ処理との基本的な違いは次の二つです。

一つは、シングルレーダ処理が入力された信号を処理し、直ちにレーダスコープ上に表示するのにに対し、マルチレーダ処理は複数のレーダからの、それぞれ異なる時間に入力される信号を処理し、信号入力とは独立した時間で、かつシステム全体の共通座標系(共通システム座標)で表示します。

もう一つは、シングルレーダ処理がセクタ単位に追尾の相関を取るのに対し、マルチレーダ処理では航空機の位置をシステムの表示時間(内部時間管理と呼びます)のある確からしい範囲(ゲート)を設け、この範囲で相関を取ります。

図 3.11 に示すように、マルチレーダ処理には集中処理方式と分散処理方式の二つの処理方式があります。集中処理方式は追尾処理をシステム全体で行うため、個々のレーダ処理装置から、レーダデータが受信タイミングごとにレーダ座標(R,  $\theta$ )で入力され、レーダスコープの表示タイミングごとに追尾処理で得られた位置をシステム座標(X, Y)で表示します。分散処理方式はレーダ単位に追尾処理を行うため、レーダスコープの表示タイミングごとにデータがシステム座標(X, Y)で入力され、表示するレーダスコープによって最適システム座標が選択されます。

### 航空路レーダ情報処理システム(RDP)

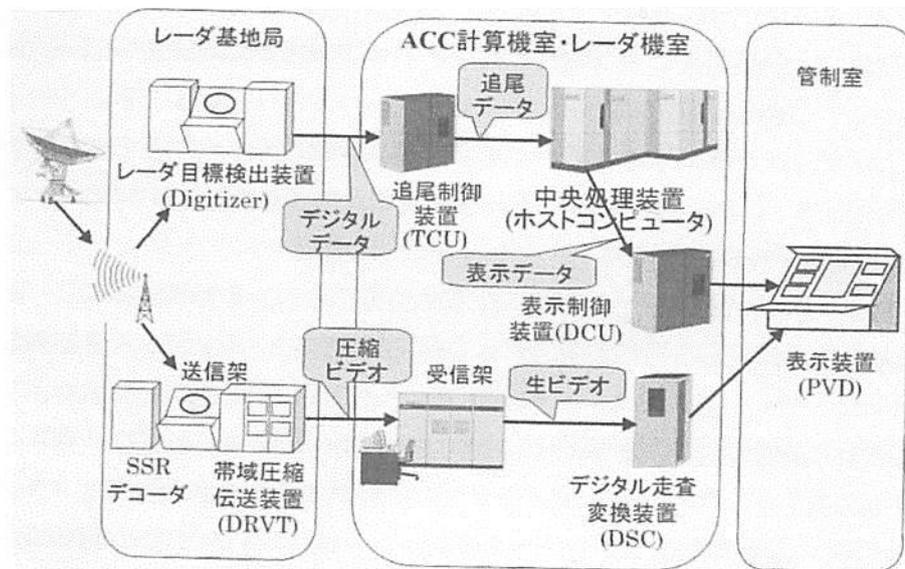


図 3.12 航空路レーダ情報処理システム(RDP)の情報の流れ

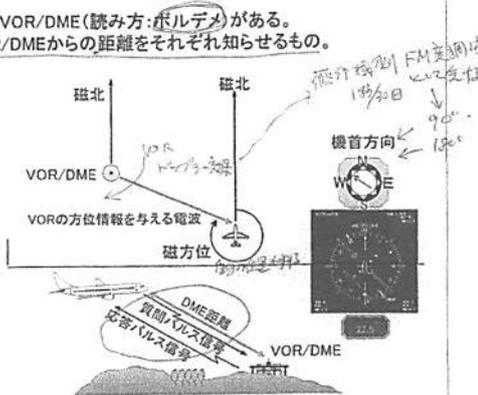
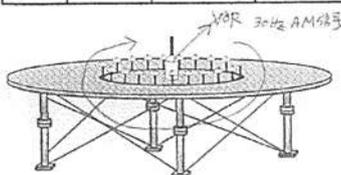
全国に 16 か所ある ARSR(航空路監視レーダ)と 4 か所ある ORSR(洋上航空路監視レーダ)の情報は、札幌・東京・福岡・那覇の 4 航空交通管制センター(ACC)に設置されているマルチレーダ処理機能を持つ RDP(Radar Data Processing system)によって処理されます。RDP は管制卓のレーダスコープ上に航空機の位置を示すシンボルと便名などの情報を表示します。図 3.12 に示すように、RDP は、①レーダ目標検出装置・気象検出装置、

②追尾制御装置、③中央処理装置、④表示制御装置、⑤表示装置、から構成されています。

### 航空機が自機位置を知るための地上施設 VOR/DME (ITU 研究会 2018.06.21 国交省航空局 森井智一)

航空機が自機位置を知るための地上施設にVOR/DME(読み方:ボルデメ)がある。VORはVOR/DMEからの方位を、DMEはVOR/DMEからの距離をそれぞれ知らせるもの。

施設名	提供機能	使用周波数	使用航空機
VOR	方位情報	VHF (108-118MHz)	民間機
DME	距離情報	UHF (960-1215MHz)	民間機
TACAN	方位+距離情報	UHF (960-1215MHz)	軍用機 (距離情報のみ見聞機も使用)



### VOR (VHF Omnidirectional Radio Range)

超短波全方向式無線標識施設のこと、超短波を用いて有効到達距離内のすべての航空機に対し、VOR 施設からの磁北に対する方位を連続的に指示することができ、航空路の要所に VOR 施設を設置することにより航空機は、正確に航空路を飛行することができる。



また,VHF 帯を利用しているため雷雨等の影響が少なく飛行コースを正確に指示することができる。約 84 カ所。

### ターミナルレーダ情報処理システム(ARTS)

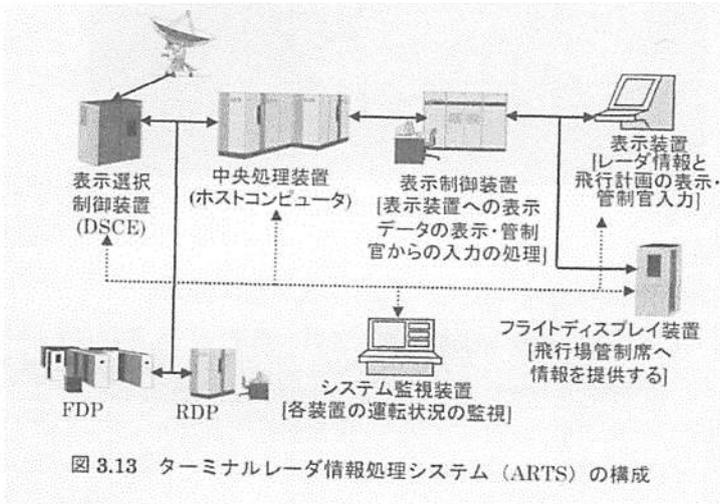


図 3.13 ターミナルレーダ情報処理システム (ARTS) の構成

成田、羽田、名古屋、福岡、宮崎、鹿児島及び関西の 7 空港には ARTS(Automated Radar

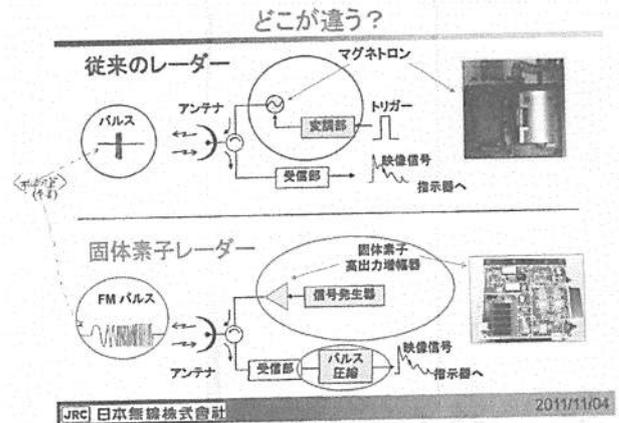
Terminal System)が設置されています。ARTS は ASR(空港監視レーダ)の情報に基づき、ターミナル管制所の管制卓に設置されたレーダスコープ上に、航空機の位置を示すシンボルと便名、速度ベクトルなどの情報を表示します。図 3.13 に示すように、ARTS は、①表示選択制御装置、②中央処理装置、③表示制御装置、④表示装置、から構成されています。ターミナルレーダ情報処理システム(ARTS)

成田、羽田、名古屋、福岡、宮崎、鹿児島及び関西の 7 空港には ARTS(Automated Radar Terminal System)が設置されています。ARTS は ASR(空港監視レーダ)の情報に基づき、ターミナル管制所の管制卓に設置されたレーダスコープ上に、航空機の位置を示すシンボルと便名、速度ベクトルなどの情報を表示します。図 3.13 に示すように、ARTS は、①表示選択制御装置、②中央処理装置、③表示制御装置、④表示装置、から構成されています。

### 航空管制レーダの諸元と部品の固体化

#### 航空管制用レーダの諸元

	ARSR ORSR	ASR	ASDE
構成	二次	一次/二次	一次
周波数	1030/1090MHz	2700-2900MHz 1030/1090MHz	24.5GHz
出力	1.5kw	500kw 1.5kw	30kw
回転周期	6rpm	15rpm	60rpm
探知距離	200NM/250NM	60NM	3NM
識別情報(ID)	○	○(二次)	×
高さ情報(Altitude)	○	○(二次)	-



### 日本の管制空域再編[編集]- 出典: フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

現状では、空域を 4 ブロックに分け、高度に関係なく当該空域を通過するすべての航空機に対して管制している。しかし、格安航空会社などの便数が増え、管制能力が限界に近づいているため、国土交通省は管制空域を再編することを決定した[7]。この再編により、年間 180 万機が限界の現状より 10%多い 200 万機に対応できるとしている。

この再編計画によると、札幌・東京・福岡・那覇にある航空交通管制部は、東京・神戸 (新設・現在の神戸航空衛星センター庁舎を転用) の 2 箇所へ統合され、この 2 箇所では東日本・西日本の低高度 (上空 10km 未満) の管制を担当する。そして、高高度 (上空 10km 以上) の管制および洋上部を福岡航空交通管制部 (航空交通管理

センター) (ATMC) が一括して担当する。このように再編することで、管制官にとって複雑な指示を要する航空機、すなわち、離陸後高高度を目指す航空機や、高高度から着陸態勢に入る航空機に対しては、東京・神戸の管制官が集中して扱うことができる。一方、日本上空を通過するだけの航空機は ATMC が一貫して担当することになる。いずれにとっても交信の回数が減ることになり、1人あたりの管制官が扱える航空機数は増加すると見込まれている[4][8][9]。

また、廃止になる予定の札幌・那覇に関しては、ターミナルレーダーの拡大・再編による広域ターミナル管制施設に転用予定である[10]。

2018年10月に那覇ACCの人員が神戸ACCに移転し業務移管、2022年4月に西日本(福岡・那覇の管制空域)が低高度・高高度に変更されることから再編が始まり、2025年に再編が完了する予定である。

**ILS の構成** (出典：新しい航空管制の科学 園山耕司 講談社 20150520)

64 空港(H30.4.1 現在)

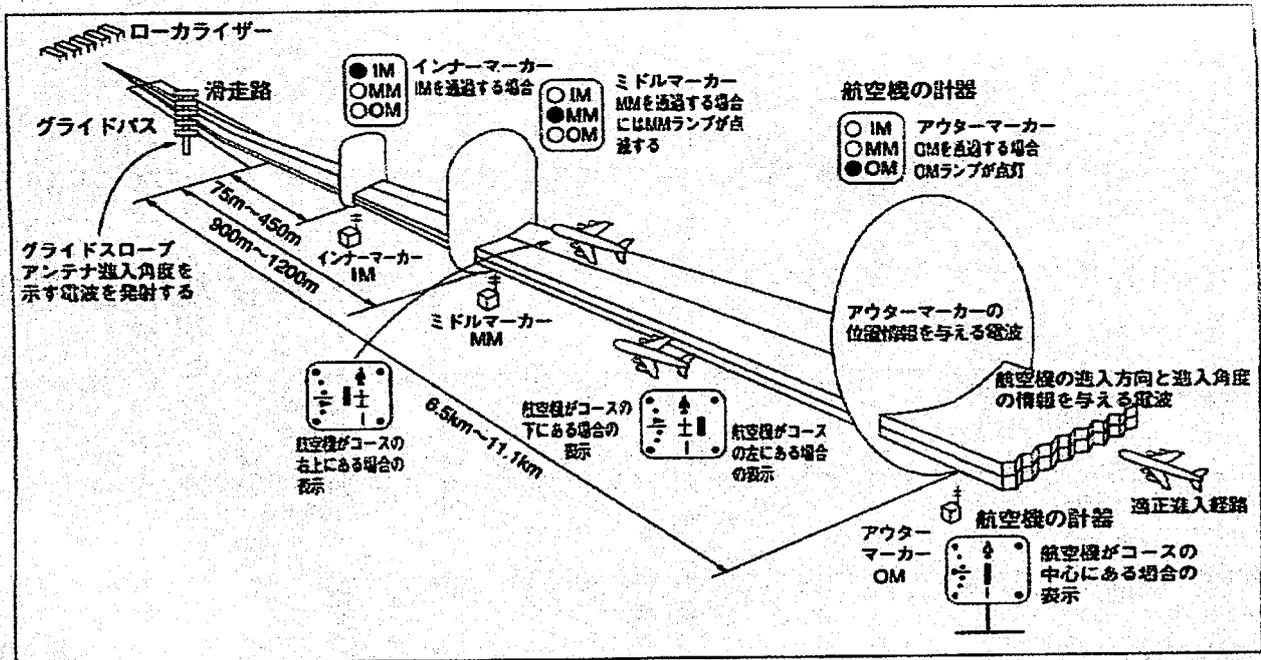


図1-3-7 計器着陸装置 (ILS)

ここで、現在、もっとも精密な進入方式を提供する計器着陸システム(ILS)を見ておきましょう(図 3-2-1)。ILS は滑走路の中心線から左右のずれを示す電波を発信しているローカライザー、滑走路への降下角(3度)から上下のずれを示す電波を発信しているグライドパス(GP)またはグライドスロープ(GS)、距離測定装置(DME)またはマーカー(marker)で構成されています。

ローカライザーからは VHF 帯の電波が放射されていて、進入方向に対して左側では 90Hz、右側では 150Hz の変調信号が強くなり、中心線上では両者の変調度が等しくなります。これによって航空機の進入方向が、滑走路の中心から左右にどれだけずれているかを示す装置です(図 3-2-1 左下)。

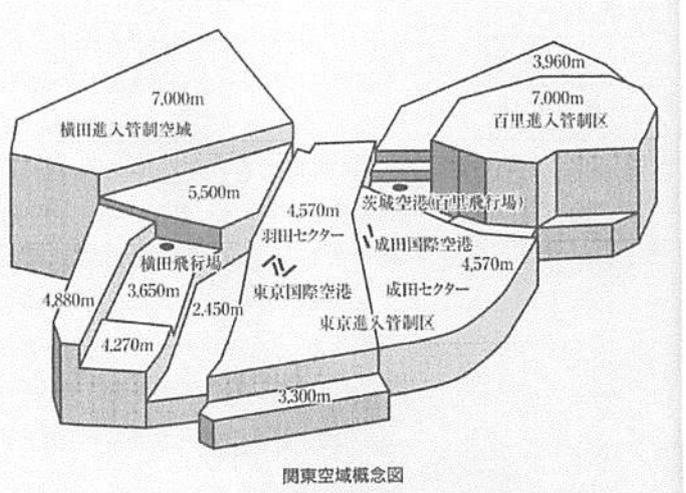
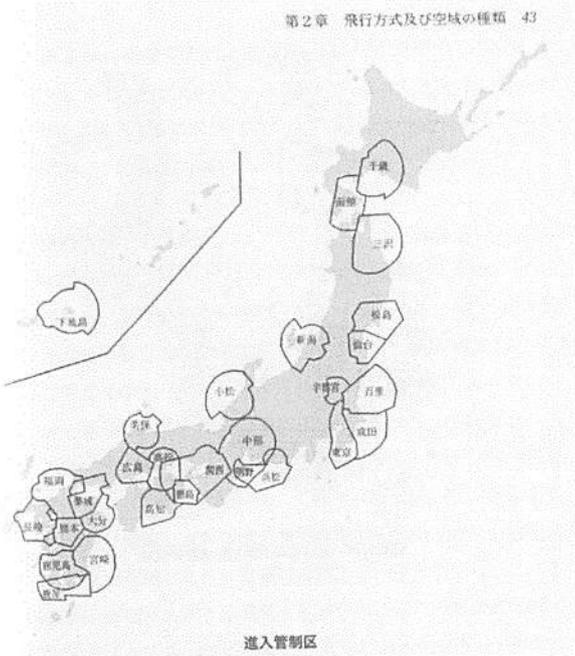
グライドスロープ(GS または GP)は適切な進入角を示す装置で、UHF 帯の電波が進入コースを形成するようにやや上向きに放射されています。コースの上側では 90Hz、下側では 150Hz の変調信号が強くなり、コース中心では変調度が等しくなります。

マーカーは進入コース下の所定位置に設けられ、上空に指向性電波を発射して着陸進入端までの距離を知らせる装置。滑走路端から 6~10nm (約 11-18km)の地点より滑走路に遡るまでに 3 つの無線位置標識(marker beacon)が設置され、それぞれ異なる変調周波数の電波を発射しています。これらの1直上を通過するとコクピットのマーカーライトが点灯し、上記の変調音を聞くことで確認できます。

ただし今日ではマーカーに替えて、ローカライザーに距離測定装置(DME)を併設するのが一般的になっています。

また ILS で進入する航空機は通常、ターミナルレーダー管制所か管制塔のどちらかの管制官がレーダーで監視しています。このレーダー監視をする管制官と、ILS 進入機に着離許可や着陸のやり直しを指示する管制塔の飛行場管制官との間に、音声によるホットラインがあることも条件となっています。これらのほかに進入角指示灯、滑走路接地帯灯などの補助装置も必要です。

**我が国の空域の現状と問題点 (航空管制のはなし七訂版・中野秀夫・成山堂書店 20140818)**  
**ラプコン (Radar Approach Control) 米軍管制機関**



**参考図書**

- ・数字でみる航空 2018-監修国土交通省航空局-空港振興環境整備支援機構-20191031
- ・航空管制のはなし六訂版・中野秀夫・成山堂書店 20090318
- ・航空管制のはなし七訂版・中野秀夫・成山堂書店 20140818----- (慶大卒運輸省管制官・全日空・協会)
- ・航空管制システム・園山耕司・成山堂書店・20080328
- ・航空管制の科学・園山耕司・講談社・20030120
- ・新しい航空管制の科学・園山耕司・講談社・20150520
- ・航空と IT 技術・青山幹雄猪塚貞行菅野照美斎藤謙一郎・共立出版・20010325
- ・インターネット—国土交通省航空局、成田空港株式会社、その他
- ・国土交通省インターネット <http://www.mlit.go.jp/koku/index.html> にて相当数の情報開示が有る。
- ・航空交通管制情報処理システム <http://www.mlit.go.jp/common/000998242.pdf>
- ・航空通信システムの現状と将来動向 電子航法研 上席研究員 住谷泰人 H27.04.15 ITU 協会情報研研究会
- ・航空管制用レーダについて 電子航法研 古賀禎 {日本航路標識協会 講演資料年月不明}

