

ターミナルレーダーニューメリック表示システム

田 嶋 裕 久 * 三 谷 文 夫 *

TERMINAL RADAR NUMERIC DISPLAY SYSTEM

Hirohisa TAJIMA, Fumio MITANI

Abstract

Terminal Radar Numeric Display System has been developed for the requirement of a digital radar display employing SSR data at airports with medium traffic density.

It gives SSR mode A/C numeric data tags to the corresponding radar blips on the display, and a digital map. The system consists of the beacon video digitizer (BVD), which detects target data from SSR raw video using a sliding window method, the target data processor and display control unit, which use microprocessors with fixed programs in read only memories for display data processing, and the data display subsystem which is similar to data entry and display subsystem of ARTS.

The system features high reliability and high availability because of its simple system structure and self-monitoring functions.

The evaluation tests are made on its functions and statistical data are obtained from actual radar signals using its BVD. The result shows that reasonable operation can be expected as a new system.

* 航空施設部

1. まえがき

現在、地方空港のレーダー管制で使用されている、ASR/SSR⁽¹⁾（空港監視レーダー/2次監視レーダー）システムでは、PPI（Plan Position Indicator）が使用されている。しかし、PPIではSSRのモードA（ビーコンコード）とモードC（気圧高度）の情報を表示できないため、管制官とパイロットの音声通信が必要で、この通信が管制業務の負担となり、PPIに代わるSSR情報表示システムが要望されてきた。

このため、ターミナルレーダーにおいて、モードA/C情報を、レーダ画面上の対応する目標のプリップに、その4桁のビーコンコードと3桁の気圧高度を数字タグで表示することを目的として、昭和54年度にSSR情報表示の研究、昭和55年、56年度にターミナルレーダー表示装置の性能向上の研究を行った。昭和54年度は、SSRの信号をディジタル化して目標を検出する働きをする目標検出装置の試作を行い、名古屋空港のレーダ信号を使用して直接表示方式のモデルシステムによって評価した。その成果を生かして、昭和55年度に目標検出部のほか目標処理部、表示制御部、診断部、表示装置などにより構成されるターミナルレーダニューメリック表示システム（以下本システムと略す）を試作し、昭和56年度にその評価を行った。これらの試作と評価結果について報告する。

2. 本システムの概要

2.1 システムの特徴

SSR情報を表示するシステムとしては、主要空港で使用されているARTS（ターミナルレーダ情報処理システム）が既に実用になっているが、これは大規模なシステムであるため地方空港で使用するには適していない。本システムは、ARTSと対照的にできるだけ簡素で経済的なシステムとするため、基本的にPPIの性能向上を行ってSSR情報を数字表示の形態で付加するという指針で試作された。ASR/SSRを含めたターミナルレーダシステムにおいて、PPIを使用した場合と、本システムを導入した場合とで価格の比は、約1.5倍である。そのためARTSのようなトラッキング処理や他の処理システムと結合しないで、1レーダースキャン単位でそのまま表示している。この処理プログラムは、固定的な処理なのでソフトウェアのメンテナンスは不要であり、ROM（Read Only Memory）

に固定されているのでプログラム破壊等の障害や取り扱いの点で有利である。図1に表示例、表1に主な機能と性能を示す。

システムが簡潔であるため信頼性と保守性は良くなっている上に動作監視用擬似目標の発生機能と診断部をシステムに組み込み自己診断機能を持たせている。また、サブシステムの障害によって運用の停止とならないように、予備機に切り替えられる構成となっている。

また、このシステムの運用に必要な補用品の統一も重要であり、試作受託メーカはか当該機器関連の納入実績のある関係メーカの協力を得て主要部品の規格化を図り、総合的に高いアベイラビリティ（保守を含めた総合的な信頼性）を維持するように考慮されている。

2.2 システムの構成

試作された本システムは、図2に示すビーコン処理

表1 ターミナルレーダニューメリック表示システム諸元

項 目	仕 様 ・ 性 能
処 理 範 囲	目標検出 1～60 NM PPI 60 NM
表 示 容 量	データブロック 48 機 システムデータ 1 行 ディジタルマップ 線分10直径 シンボル 40 個
目標検出部	量子化単位 距離 1/16 NM 方位 0.088° 分解能 距離 1/4 NM 方位 約9°（代表値）
目標処理部	CPU 16 bit×1 8 bit×1 ROM 12 kB RAM 48 kB
表示制御部	CPU 8 bit×1 ROM 24 kB RAM 24 kB
診 断 部	CPU 16 bit×1 8 bit×3 ROM 28 kB RAM 80 kB
表 示 装 置	有効表示画面直径 22 インチ（公称） 精度 直径の1%以内 レジストレーション （ビデオとストローク表示のずれ） 直径の0.2% または 1/8 NM

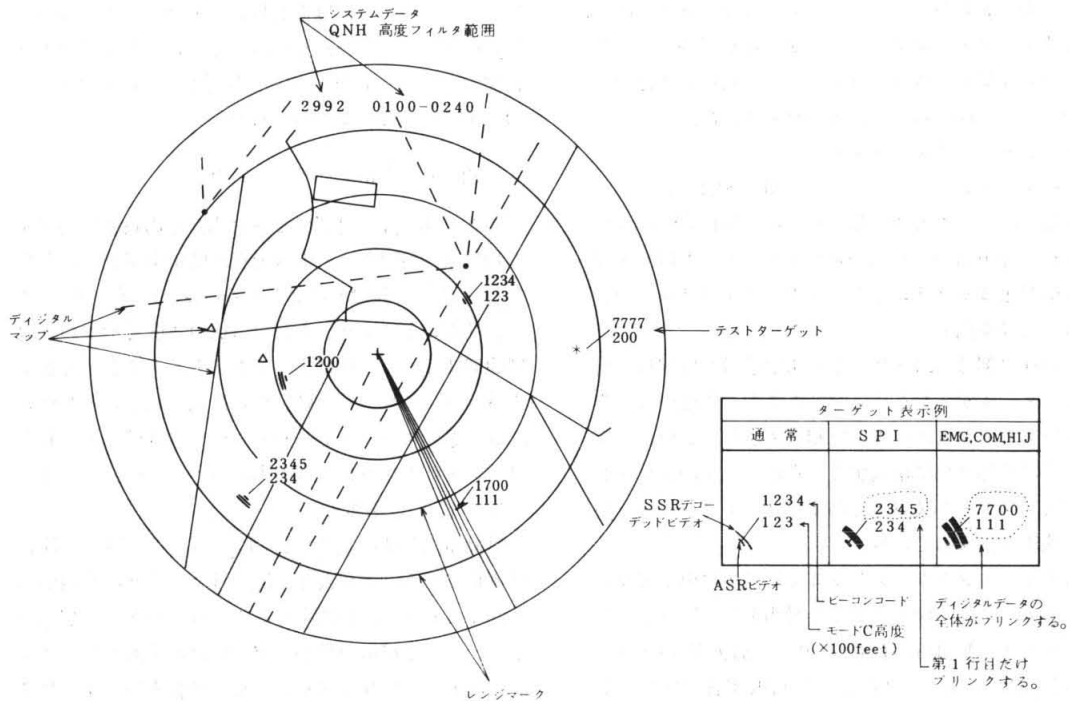


図1 ターミナルレーダーニューメリック表示システム航空状況表示図

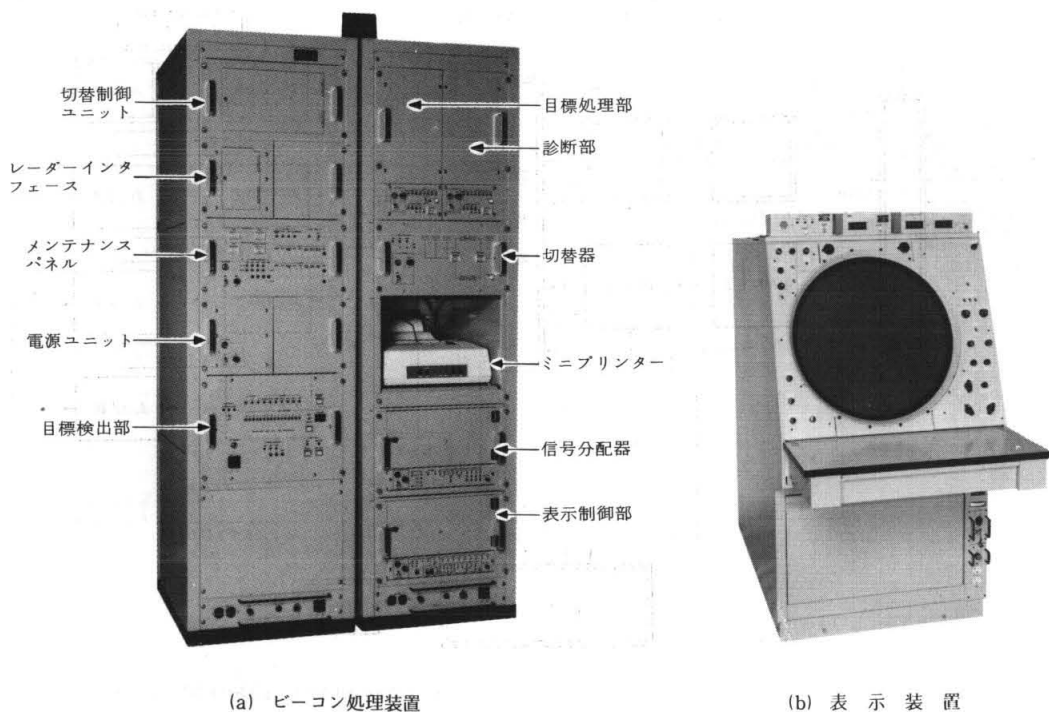


図2 ターミナルレーダーニューメリック表示システム 外 観

装置と表示装置からなる。ピーコン処理装置は、図3に示すレーダーインタフェースから表示制御部に至る複数の処理部で構成される。ただし冗長する部分があるので、二重枠で示す1系統のみ試作した。

(a) レーダーインタフェース

レーダーインタフェースは、ASR/SSRよりケーブル伝送により入力されるノーマル、MTI (Moving Target Indication), SSRビデオ、トリガ信号及び角度信号と本システムとのインターフェースを行う。

(b) 目標検出部

目標検出部は、SSRビデオと角度信号を処理して目標機をスライディングウィンドウによって検出し、その位置やモードA/C等の情報をメッセージ形式に変換して目標処理部に伝送する。また、従来のデコーダ装置とデフルータ装置に変わるデコードデッドビデオの発生機能も内蔵している。

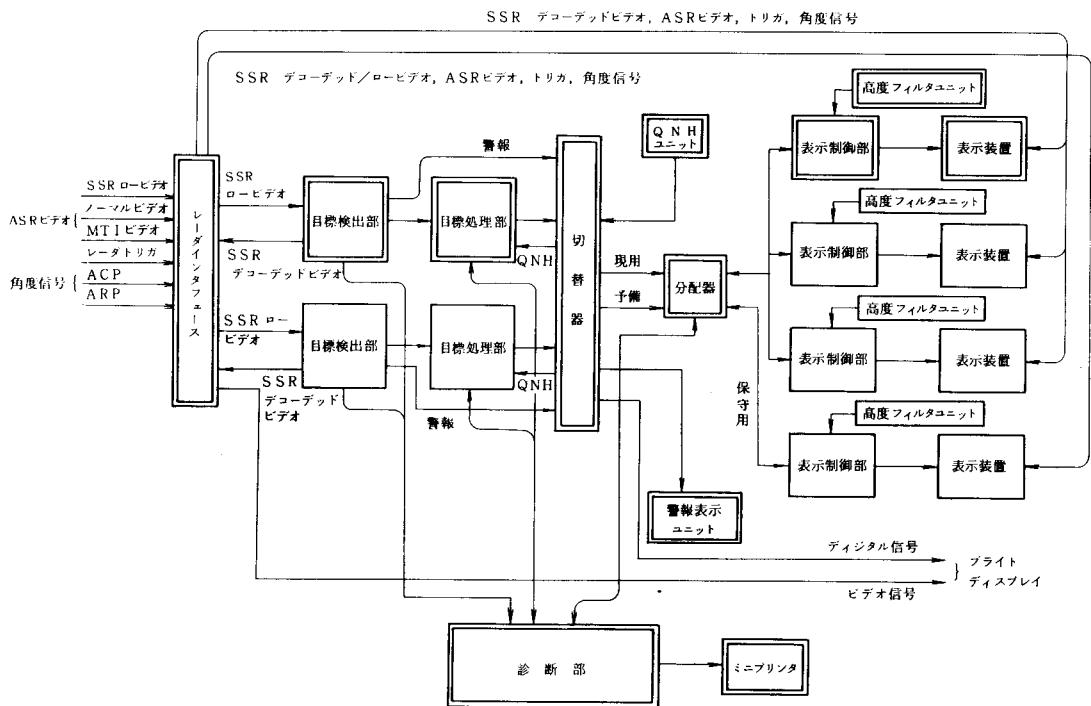
スライディングウィンドウによる目標検出に関連したパラメータを、図4によって説明する。Wはウィンドウサイズ、 K_1 は前縁検出基準で、過去Wスイープのうち K_1 以上のスイープにおいてSSR応答のフレイミ

ングパルスがあった場合を目標の前縁とする。同様に、 K_2 以下になった時点を後縁として目標検出処理する。目標の方位は、前縁と後縁の中点に次式で示す θ_{BIAS} の補正を行うことにより得られる。

$$\theta_{BIAS} = \theta_{SWEEP} (W + K_1 - K_2) / 2$$

ここで θ_{SWEEP} は質問モード当たりの角度でSSRのPRFが300PPS、空中線走査速度が15RPMの場合 0.3° である。前縁と後縁の差の角度を以下ランレングスと呼ぶことにする。これは目標の強度を示すが、比例的ではない。これはアンテナパターンによってきまる質問パルスレベルと航空機に搭載されているトランスポンダのスレッシュホールドレベルの関係によってきまる。またランレングスと実際のヒットの長さとは $W - K_1 - K_2$ の差がある。

目標検出基準の値は、 $0 \leq K_2 < K_1 \leq W < 16$ の範囲で選択できる。Wが大きき K_1 が小さいほど目標検出率は高くなるが、誤警報率も高くなり、Wが大きき K_2 が小さいほど1機の目標が2機に別れる現象(スプリット)の発生が少なくなる。また、接線方向に並んだ2



二重わくの部分が試作部分で、冗長系の1系統のみ試作した。

図3 ターミナルレーダーニューメリック表示システム系統図

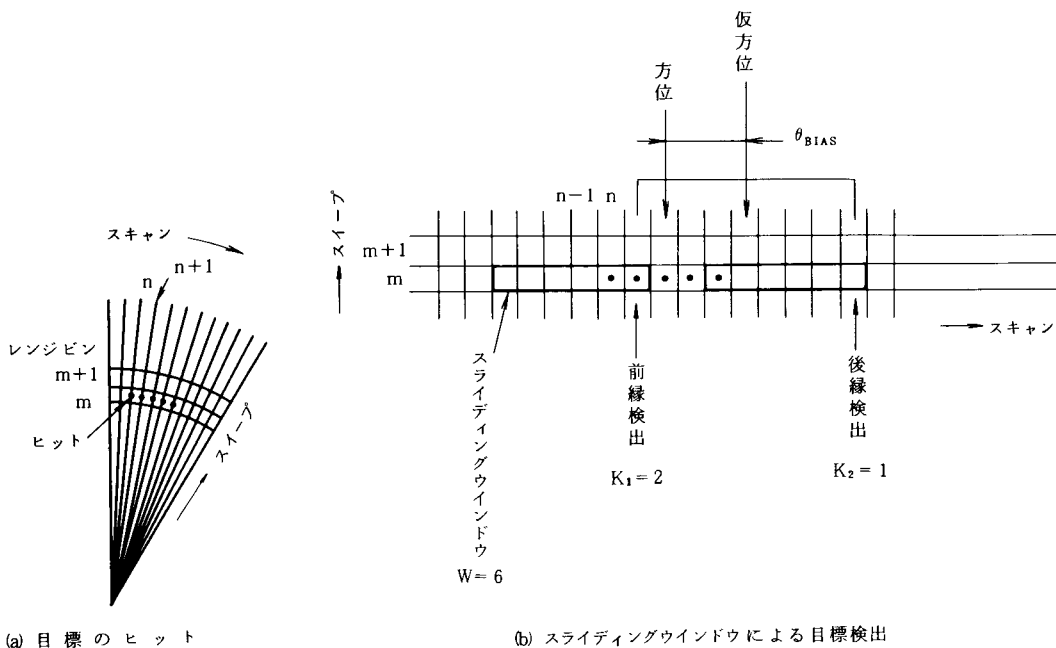


図4 目標のデジタル化と検出

機の目標の分解能は、 $(W-K_2) \cdot \theta_{\text{SWEEP}} + \text{ブリップ幅}$ で表わせる。これらの値は経験的に代表値として、 $W=15$, $K_1=6$, $K_2=4$ が選ばれている。

(c) 目標処理部

目標処理部では、目標検出部出力メッセージを表示に必要な形式にさらに変換し表示制御部に伝送する。主な処理内容は、極座標から直交座標への変換、モードCデータのグレイコードから10進への変換、QNH補正(気圧高度補正)、目標機の確からしさ(バリデーション)の検定、特殊コードの検出等すべての表示の処理に共通の処理であり、これらはCPU(マイクロプロセッサ:インテル系16Bitプロセッサ)により実行される。QNH補正値はQNHユニットからデジタルスイッチで入力され補正高度 $H_T(\text{ft})$ は次式で計算される。

$$H_T = H + 4P(925 - 13.4P)$$

H: モードC高度

$$4P = P_Q - P_0$$

P_Q : QNH補正值(インチ)

P_0 : 地表標準気圧(29.92インチ)

一般に14,000(ft)*以上の高度では補正をせず、13,900(ft)を補正開始高度としている。この補正式

はARTSとRDPで、次数や係数が異なっているが本システムはARTSに準じている。

また回線制御には同8Bit CPUが使用され、前段の目標検出部、後段の表示制御部と診断部との間で標準的なCCITT規格のインターフェースでデータ伝送を行っている。これらの処理回路はカードとして供給されている標準的なユニットが使用されている。なお、目標処理部で使用されている記憶容量は、ROMが12KB、RAM(Random Access Memory)が48KBである。

(b) 切替器

切替器により二重化されている目標処理部の出力データを選択し、現用/予備を切り替える。なお、運用系と独立して保守用の表示系の切り替えもできる。

(e) 分配器

目標処理部からのデータを4台の表示制御部に分配する。

(f) 表示制御部

目標処理部では全表示装置に共通した処理をするのに対し、表示制御部では各表示装置毎に独立した処理を実行する。主な処理内容は、目標処理部から受信し

* 航空法施行規則第178条

たデジタル表示データを約 30 Hzの更新率で表示装置に送ることである。表示データとしては目標データとマップデータがあり、前者に対しては高度フィルタユニットから入力される範囲の高度フィルタ処理が行われる。マップデータは、システムの立ち上げ時に目標処理部から送信され、表示制御部のメモリに保持される。目標処理部の障害等により、ターゲットデータの更新が停止した場合には、その時の表示状態を維持して表示の更新が続行できる。表示制御部のメモリ容量は、ROMが24 kB、RAMが24 kBで、8 bit CPUが使用されている。

(g) 診断部

本システムでは、保守性の向上のため図5に示すように独立した診断部によりオンラインで監視される。本システムの初段の目標検出部で発生される動作監視用擬似目標は、一定距離の円周上を規則的に移動し本システムの各部の診断のために使用され、正常時と異なる動きをした場合には診断部で検出される。また、目標処理部と表示制御部には定期的に質問を出して、異常動作を検出する機能がある。さらに、各部で検出された障害の状態は専用線で伝送され異常は、プ

リンタに出力される。診断部で使用されている処理回路も目標処理部と同様な標準的なユニットで、メモリ容量はROMが28 kB、RAMが80 kBである。

(h) 表示装置

表示装置 (Data Display Subsystem) は、PPIと同様のビデオ表示機能に加えてその帰線期間にストローク方式で行われるデジタル表示機能がある。これは、ARTSのDEDS (Data Entry and Display Subsystem)と同様であるが、表示装置には、トラックボールやキーボードの様な入力装置がなく、直接表示のため英字の表示はできないという相違点がある。しかし、表示装置には新たな機能としてベクタージェネレータが内蔵され、デジタルマップ表示が可能となり、従来使用されてきたビデオマッピング装置によるものと比較して、マップの精度と安定性が改善され、見やすさと保守性の点で優れたものになっている。表示装置は、自動診断が困難であるため、診断部の対象からはずされている。しかし、表示性能の確認のため運用中でも表示制御部からテストパターンを送り表示することができる。

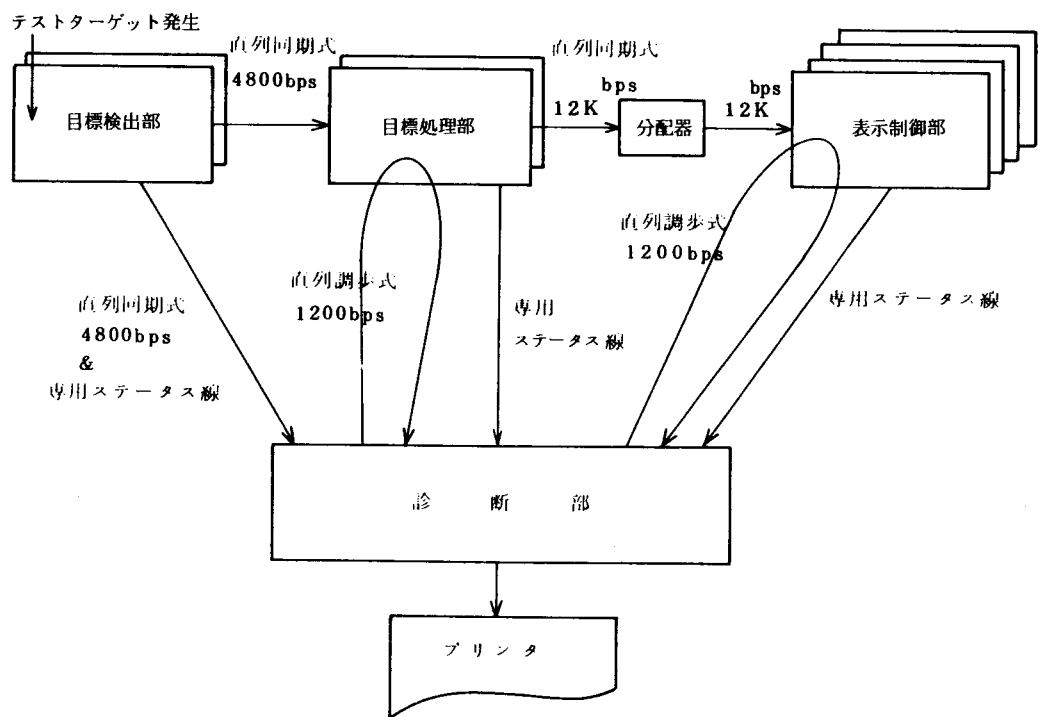


図5 診断接続図

3. 本システムのアベイラビリティ

表2 装置故障率一覧

本システム各装置の故障率を、表2に示す。
システムの信頼性は、ユニットが直列になっている部分ではそれらの故障率の和となるため悪くなり、一方並列すなわち冗長性がある場合には良くなる。本システムでは、目標検出部と目標処理部の処理系は2系統中1系統が現用となり、表示制御部と表示装置の表示系は3系統中2系統が現用で1系統は予備となり、このような場合のMTBF（平均故障間隔）は次式のようになる⁽²⁾

$$MTBF(\text{処理系}) = \frac{3\lambda + \mu}{2\lambda^2} \cong \frac{\mu}{2\lambda^2}$$

$$MTBF(\text{表示系}) = \frac{5\lambda + \mu}{6\lambda^2} \cong \frac{\mu}{6\lambda^2}$$

ここで λ は1系統の故障率、 μ は整備率（復旧時間の逆数）を表す。図6は以上の方法で復旧時間は0.5hと仮定して、計算された信頼性の系統図であり、これより本システムの総合的な故障率は $100 \times 10^{-6}/h$ 、MTBFは10,000h、すなわち約1年と計算された。運用停止の原因となるのは、複雑な処理系や表示系ではなく、単純ではあるが信号の流れが集中する増幅器や切替器の故障によるものが99%以上を占めていることがわかる。図6で大きな割合を占めている切替器と分配器は、数字表示にのみ関係するものであり、この部分の故障はビデオ表示には影響なくPPIとしての機能は維持される。PPIとしてのMTBFは、主としてレーダインタフェースでまきり約4年である。

以上で述べたMTBFは、運用に支障が現われる状態に関して計算したものであり、実際の保守間隔はすべてのユニットを直列とみなして250(h)と計算される。すなわち、本システムを連続運用するには、計算上平

装 置 名	故障率($10^{-5}/H$)	MTBF(H)
ビーコン・ビデオ ディジタイザ(BVD)	250	4,000
目 標 処 理 部 (TDP)	147	6,800
切 替 器	35.2	28,400
信 号 分 配 器	117.6	8,500
表 示 制 御 部 (DCU)	333.3	3,000
表 示 装 置 (DDS)	357	2,800
レ ー ダ 接 続 部 (1)	100	10,000**
レ ー ダ 接 続 部 (2)	20	50,000***
(診 断 部)	(208.3)	(4,800)

* 信号分配器はDCUドライバー部分と、それ以外の共通部分に分けると次の如くなる。

DCUドライバー 48,500 h/1DCU系
共通部分 29,100 h

** ASRビデオ分配 --- { DDSドライバ 60,000 h/1 DDS
共通部分 10,000 h

*** SSRビデオ分配

註 診断部は、オンライン運用とは直接関係ないので信頼性計算からは外す。

均10日に1回の割合で故障ユニットの交換や修理が必要となり、保守性が実際の運用において重要であることがわかる。

4. 評価試験

4.1 概 要

試作した本システムを評価のため仙台空港に隣接する電子航法研究所岩沼分室に設置して、航空保安大学校岩沼分校のASR/SSRと接続し、試験を行った。このレーダのPRF（パルス繰り返し周波数）は1,200/300 Hz、ふく域は50 NMである。また、目標検出部の出力メッセージは4,800 ボーの同期回線インタフェ

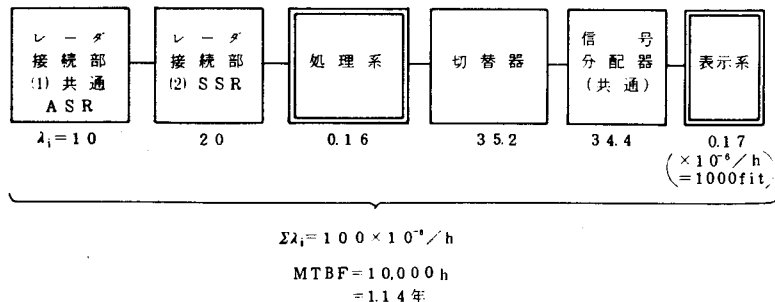


図6 信頼性系統図、冗長部分（2重わく）を整理した場合

ースで出力され、目標処理部と診断部に接続されているので、実験において必要に応じて診断部への出力を評価用のミニコンピュータに接続した。ミニコンピュータではこのメッセージを磁気テープに記録し、これを当所の大型コンピュータで解析した。目標検出部に関しては、名古屋空港（ASR/SSRのPRF:900/300 Hz）でVTRに記録したSSRビデオ信号による試験も行っている。

4.2 機能試験

本システムの機能、性能の確認のためシステム全体と各部単位について試験を行い、異常がないことを確認した。また、各処理部における処理時間も実測した。その結果、目標処理部では33 msの長さの目標メッセージの終りから遅れて18.6 msの出力データの出始めまで、4 msであった。表示制御部においては、入力データの終わりと2系統のリフレッシュメモリの切替えタイミングによって異なるが、最大22 msであった。なお目標検出部はハードウェアで処理されているのでスライディングウィンドウにおいて原理的にかかる処理時間以外は無視できる。

4.3 連続動作試験

信頼性の確認のため96時間の動作試験を行ったが、その期間に故障の発生はなかった。

4.4 飛行試験

当所の実験用航空機を放射状方向と円周方向に飛行させて、目標検出部出力データの記録、表示装置画面の視認と写真撮影等を行った。図7は、 160° の放射状方向の飛行状況を撮影したもので、1次/2次レーダーのビデオ、リーダとデジタル表示の位置関係が確認できる。同図において実験機は約80スキャンの間撮影されており、幅の広いSSRのシングルスラッシュとその中央にASRのブリップが並んでいる。そして、その中央から右上にリーダの線が出て数字のデータブロックが表示されている。

4.5 目標検出部出力データ解析

本システムで表示されるSSR情報は、センサであるSSRと目標検出部の性能によって決定され、目標処理部以降はそのデータをプログラムに従って変換するのみである。よって、目標検出部の出力データの解析を

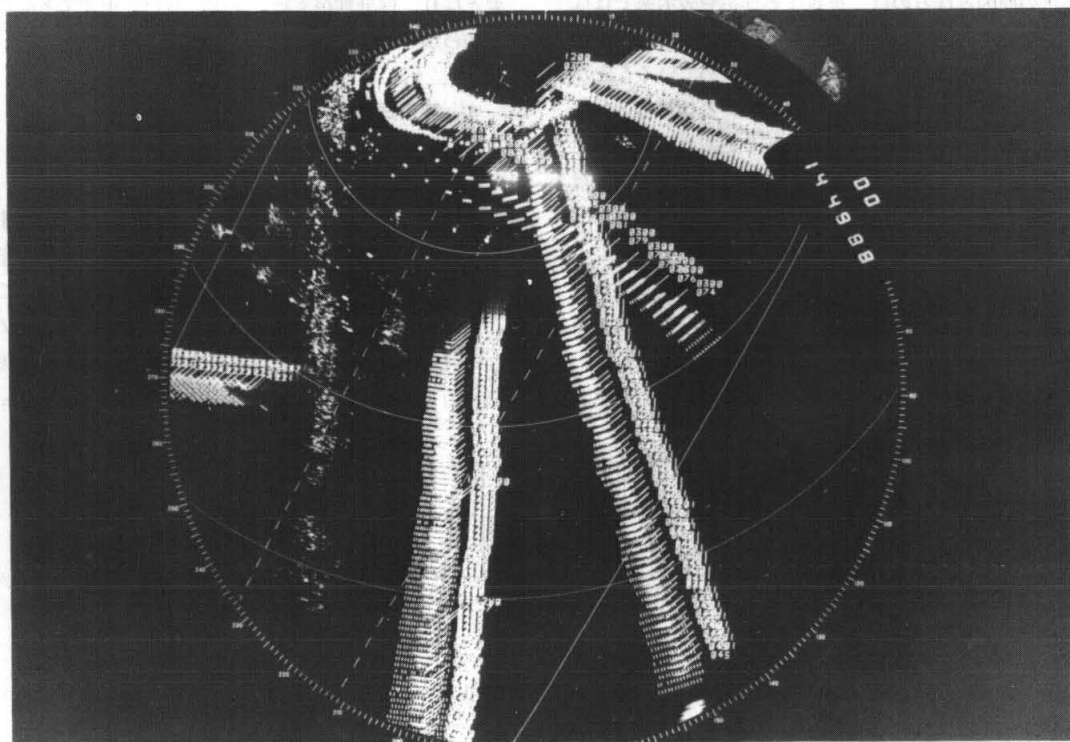


図7. 放射状飛行航跡

表3 飛行試験における検出状況

番号	開始時刻	検 出 回 数					検 出 率(%)		距 離 (NM)
		MAV		MCV (内は誤り発生回数)			MODE A	MODE C	
		2	3	1	2	3			
a-1	13:56	0	178	2	1	172	99	96	0~38
a-2	14:08	1	55	1	1	53	(31)	(30)	38~50
a-3	14:29	4	148	1	2	144	(84)	(81)	31~0
a-4	14:41	0	163	3	1	158	(91)	(88)	0~32
a-5	14:53	0	119	0	0	118	(66)	(66)	32~50
a-6	15:04	8	146	2	3	148	86	84	43~12
a-7	15:16	3	137	2	3	129	(78)	(73)	12~0
a-8	15:28	1	171	1	1	168	96	94	9~45
a-9	15:40	0	119	0	0	118	(66)	(66)	50~33
a-10	15:52	0	178	0	0	174	99	97	33~0
b-1	16:08	1	158	2	0	155	88	86	0~40
b-2	16:20	1	110	3(1)	0	106(1)	62	59	40
b-3	16:32	2	102	1	2	97(1)	58	55	40
b-4	16:44	4	155	0	1	155	88	87	40
b-5	16:56	10	119	4	3	116	72	66	40
b-6	17:08	2	117	0	1	115(2)	66	64	40
b-7	17:20	5	96	2(1)	1	96(4)	56	54	40
b-8	17:31	2	104	0	3	100	59	57	40~28
b-9	17:43	3	134	0	1	133	76	74	24~5

(注) MAV(モードAバリデーション)2以上の実験機のデータのみを選択した。

MCV(モードCバリデーション)0のデータは発生しなかった。

検出率で()内の値は実験機がふく域外に出ているので真の値でない。

各データは12分間で区切った統計である。

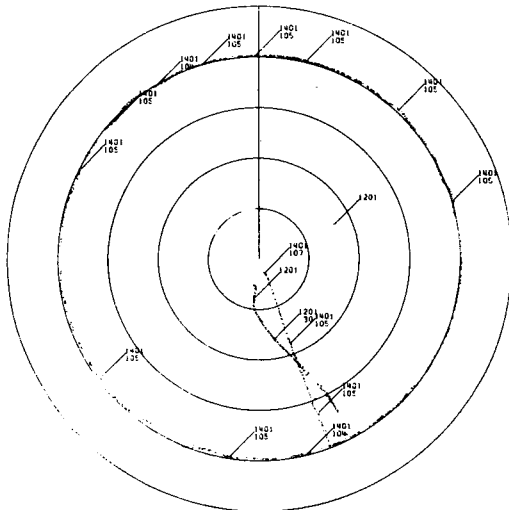


図8 円周飛行状況

することによりSSRまで含めた全システムの表示性能がえられる。

(a) 目標検出率

距離による受信レベル、周辺環境によるロービング等の違いにより目標検出率は大きく変化する。表3に飛行試験における12分毎に区切った検出状況のデータを示す。表3においてa-1からa-10は放射方向に高度を変えて飛行したデータで、b-1からb-9は図8に示すような距離40(NM)で高度10,500(ft)の円周飛行のデータである。実験機の放射状飛行の12分間の検出率の代表的なデータでは、距離0から38(NM)の飛行において99%、43から12(NM)で86%となった。また、円周飛行では場所によって56%から88%となり、その環境条件によって検出率は変化している。

(b) 距離情報の誤差

円周飛行のデータにおいて図9に示すように、量子

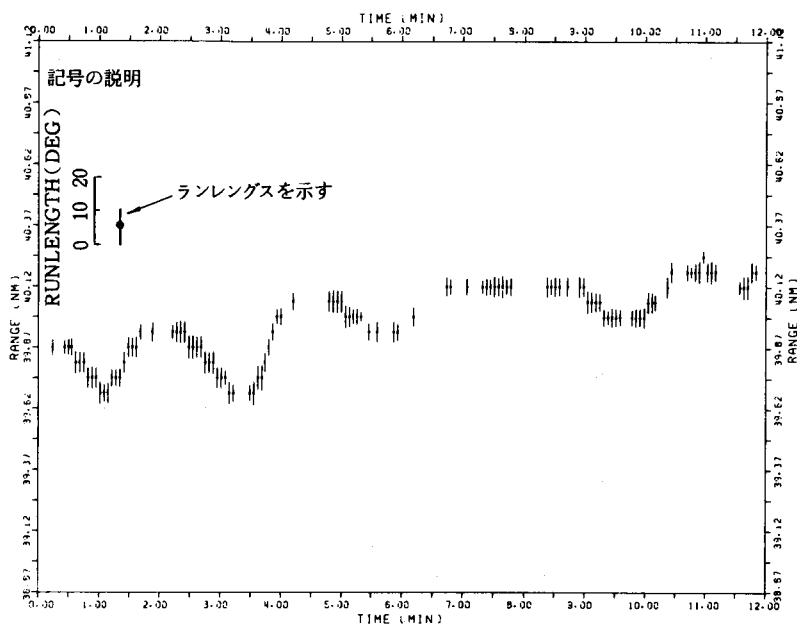


図9 円周飛行データにおける距離変動

化単位の $1/16$ (NM) の誤差以外は認められなかった。距離は、SSRのブラケットパルスのタイミングで決定され、この検出は複数のスイープで行われるので安定である。

(c) 角度情報の誤差

放射状飛行のデータを時間と角度の関係としてプロットすると図10のようになる。角度の検出ではスライディングウィンドウによる量子化誤差と、アンテナの角度を検出するシャフトエンコーダの量子化誤差が入ってくる。前者は、SSRのPRF(パルス繰り返し周波数)が300 Hzでアンテナの回転数は毎分15回であることから質問当たりの角度は 0.3° で、後者は12ビット、のエンコーダにより 360° の $1/4096$ の 0.088° となり、これらを合わせると量子化による変動幅は最大 0.388° となる。スライディングウィンドウによる量子化誤差分布は、前縁と後縁の検出が独立な一様分布とすると、前縁と後縁の角度の平均から計算される検出角度は3角形分布となる。図10で、実験機の真の位置は不明であるが緩やかな動きは実験機の航跡の蛇行であり、細かい角度の変動が誤差とすると角度の誤差は、ほぼ 0.388° の幅に収まっていることがわかる。図10では、ヒットの欠落によりランレングスが短くなり誤差が、 1.5° 程度となっているデータも数点みられるが、このような場合はバリデーション(応答コードのヒット

間の相関)も低くなり表示される確率も低くなる。

(d) コードの信頼性

目標検出部では、1回の目標検出毎にその応答コードがヒット間で相関のとれた回数に応じてバリデーションの値をモードA、モードCそれぞれ独立に計数して付加している。バリデーション0はガブル(複数目標の応答の重なり)によってコードが全くえられなかった場合、1は1回だけコードが得られた場合、2は2回同じコードが得られた場合、3は3回以上同じコードが得られた場合を表わす。図11は、バリデーションの統計を、距離別に表わしたもので、この結果から検出目標の応答コードにおいて1回以上相関が得られないものは一般に約5%以下であることがわかる。空港付近の2NM以内では、これが15%以上上がっているが、この原因としては次のようなことが考えられる。SSRのフレーミングパルスの間隔は $20.3\mu s$ あるので通常の応答パルス列の空間的な長さは3.3NMとなり、空港の誘導路とエプロンで応答している他の目標機と、放射方向の距離において重なる条件が満たされるためガブルの確率が高くなる。また、近距離におけるアンテナの垂直パターンのロービングの状態がインタロゲータとSLS(サイドロープ抑圧)アンテナで異なった変化をすると、トランスポンダにおいてこれらのレベル差が0~9dB以上という条件で応答するので、

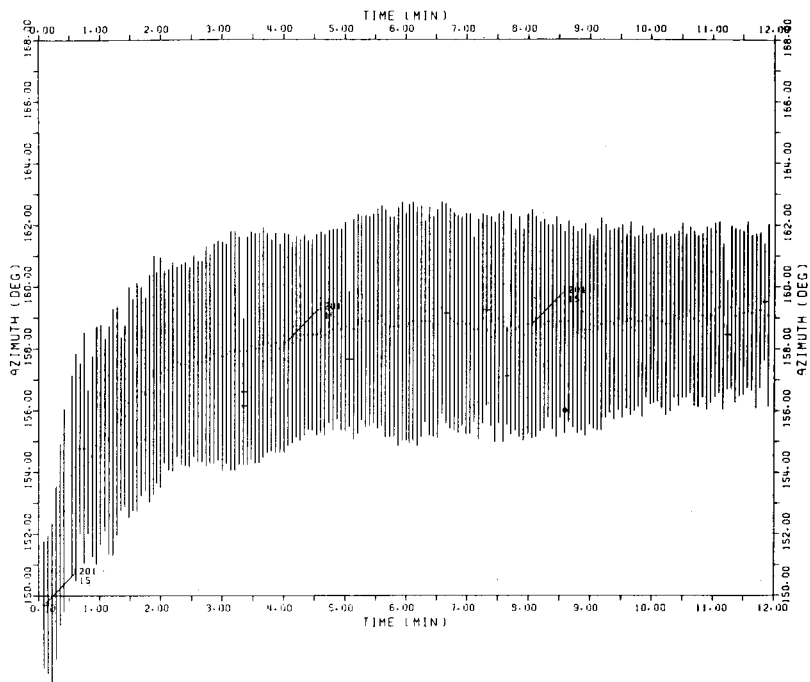


図10 ラジアル飛行データにおける検出角度変動
縦線が表わすランレングスはAZIMUTH軸に相当、目標位置は
バリデーション2 以上の場合○印、それ以外は+印で示した。

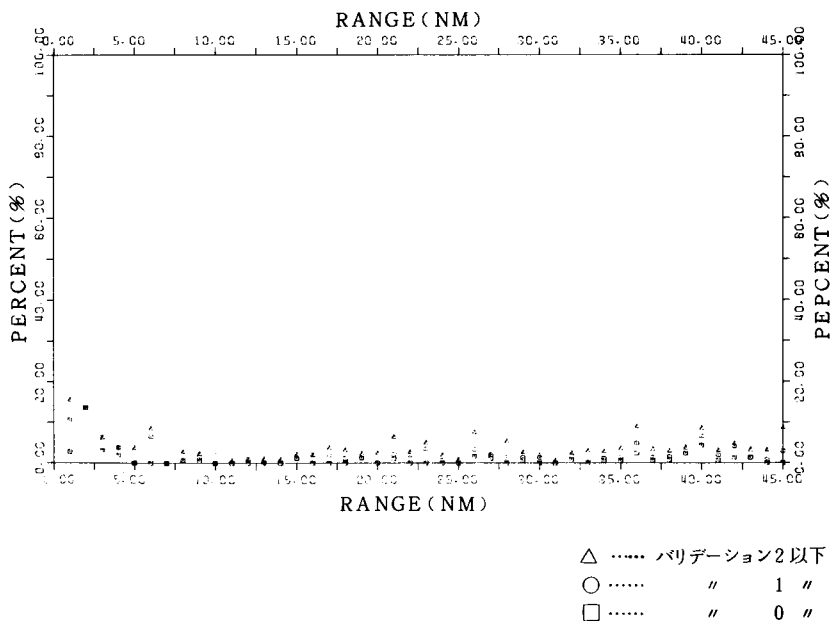


図11 不特定多数目標の距離別バリデーション統計
データ数5,800, 310スキャン

サイドローブで応答する場合も起こりヒット数が少ない状態で検出されることも考えられる。本システムでは、バリデーションが2以上の目標を表示しているので、偶発的なノイズによる1スweep内のコードの誤りは、バリデーション情報によって目標処理部で棄却される。これは、表示される数字データの誤り率を低くし、周辺環境による擬似目標等の異常な目標も棄却する効果もある。

しかし、信号の状態が悪く伝送系統の歪の影響を、受けやすい場合には、コードの相関がとれていても誤りが発生する場合もある。表3の結果から誤り率は信号の条件によって異なり一概にいえないが、検出率が約60%以下の悪い条件においてコードの誤りが発生する傾向にあることを示している。図12は、飛行実験において検出率が最悪の54%の状態の12分間のデータ(b-7)であり、この中でバリデーション3のモードCコードの誤りが4回すなわち検出されたデータの内4%の割合で発生していることを示す。バリデーション1の目標のコードの誤りは、本システムでは表示しないので実用上問題にならないが、バリデーション2, 3で誤りが発生するとそのまま表示されてしまう。このようなデータのモードCのグレイコードにおけるビット構成を表4⁽³⁾に示す。これから図12の誤りの原因は、AとBのビット落ちによる1ビット誤りによるも

のであることがわかる。誤ったコードで相関がとれた原因としては、S/Nが悪く応答パルスのスレッシュホールドの限界付近で伝送歪が連続するスweepで同様に影響したものと推定される。

(e) ランレングス

名古屋空港における不特定多数の目標の検出状況をランレングスの幅で表わしたのが図13である。図14に、このランレングスデータの距離軸とランレングス軸の平面における頻度分布を示す。これは、1NMごとに正規化された分布を距離軸に重ねて表わしたものである。図14において、2～45NMで7°から9°の範囲に分布の山が連なっている。しかし、5°以下のランレングスにおいても分布が見られるので図13から5.2°以

表4 モードCグレイコードデータ

レンジ(ft)	D ₂ D ₄ A ₁ A ₂ A ₄ B ₁ B ₂ B ₄ C ₁ C ₂ C ₄
2,950 to 3,050	0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0
6,850 to 6,950	0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1
7,050 to 7,150	0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0
7,150 to 7,250	0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0 0
10,350 to 10,450	0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0
10,450 to 10,550	0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 0
10,550 to 10,650	0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1

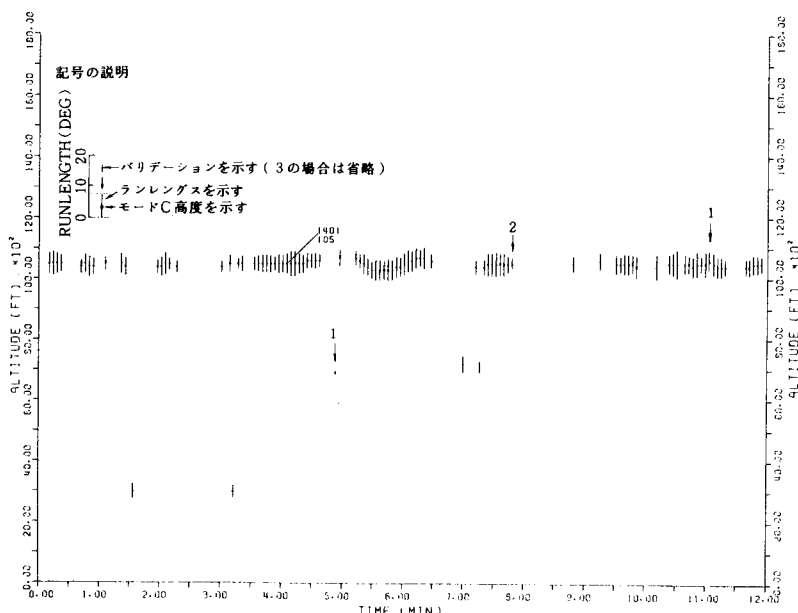


図12 モードCデータ取得状況

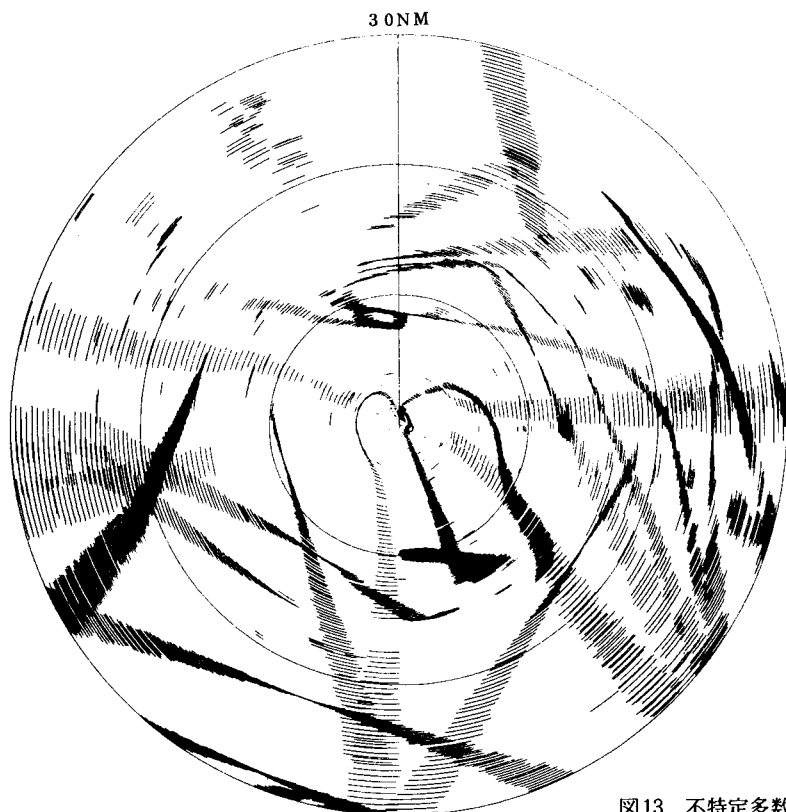


図13 不特定多数目標のシングルラッシュ表示

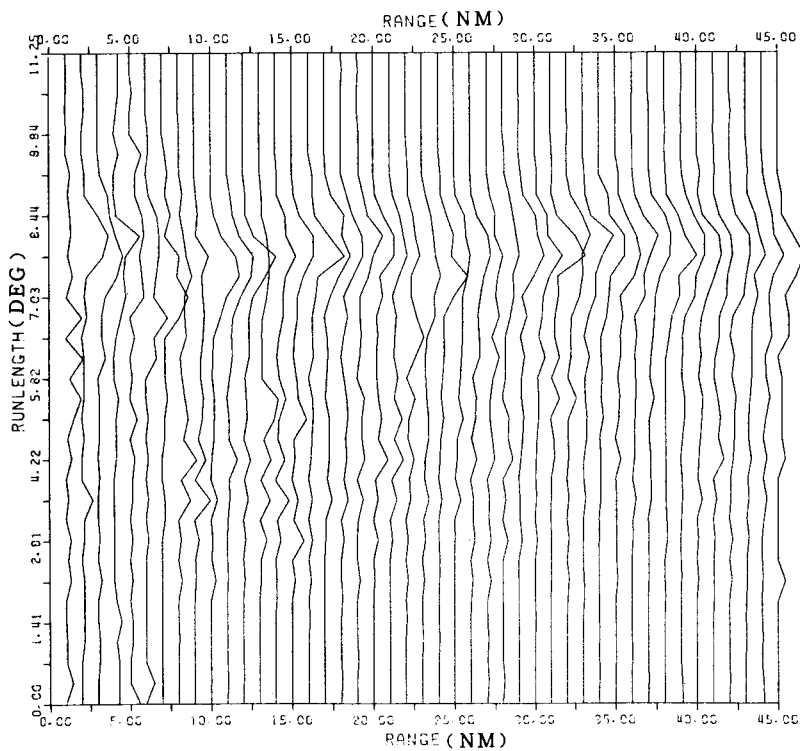


図14 不特定多数目標の
ランレングス統計
データ数5,800, 310スキャン

下の目標を選択して表わしたものが図15である。この図に、ランレングスの短い特定のトランスポンダの航跡が現われており、トランスポンダにおいて質問パルスとSLSパルスのレベル差が0～9dB以上という条件で応答するので、各トランスポンダの感度差が原因でランレングス分布の広がりがあることがわかる。このような目標もバリデーションに影響するほどではなく、正常に検出された。ただし、トランスポンダの応答時間に差があると固定的な距離誤差となる。また受信レベルが十分ある場合、ランレングスがトランスポンダにおける質問パルスとSLSパルスのレベル差によって決まるため、図14においては距離が大きくなってもランレングスが短くなるような傾向は現われていない。

43から12NMの飛行試験におけるバリデーション別のランレングス分布を図16に示す。今回の実験機では、ランレングス7度でスィープ数に換算すると23である。実際のヒット数に換算すると $23 + K_1 + K_2 - W = 23 + 6 + 4 - 15 = 18$ となる。バリデーションが3となるためには、モードA/C合わせて最低6ヒット必要であ

るから、ランレングスに換算すると 3.3° 以上となる。また、バリデーション3未満となるような目標は一般に6ヒット未満で $K_1 = 6$ では一般に検出されない。図16においてランレングスが 3.3° 以上でバリデーションが1, 2のデータがあるのは、無応答、ガープル等の原因でヒットがそろっていないためであるが、一般にバリデーションの低いデータは、ランレングスが短く相関がとれにくい状態において発生することがわかる。

4.6 アンケート調査

試作システムの操作性と保守性に関して使用者側の意見を聞くため、実際に管制官25名と管制技術官21名に操作してもらいアンケート調査を行った。質問は、全部で41項目あったがすべて大きな問題はなく良い評価を得たが、部分的な改善意見も出た。総合評価の結果は図17に示すように、管制官・管制技術官とも約7割が積極的に評価している。

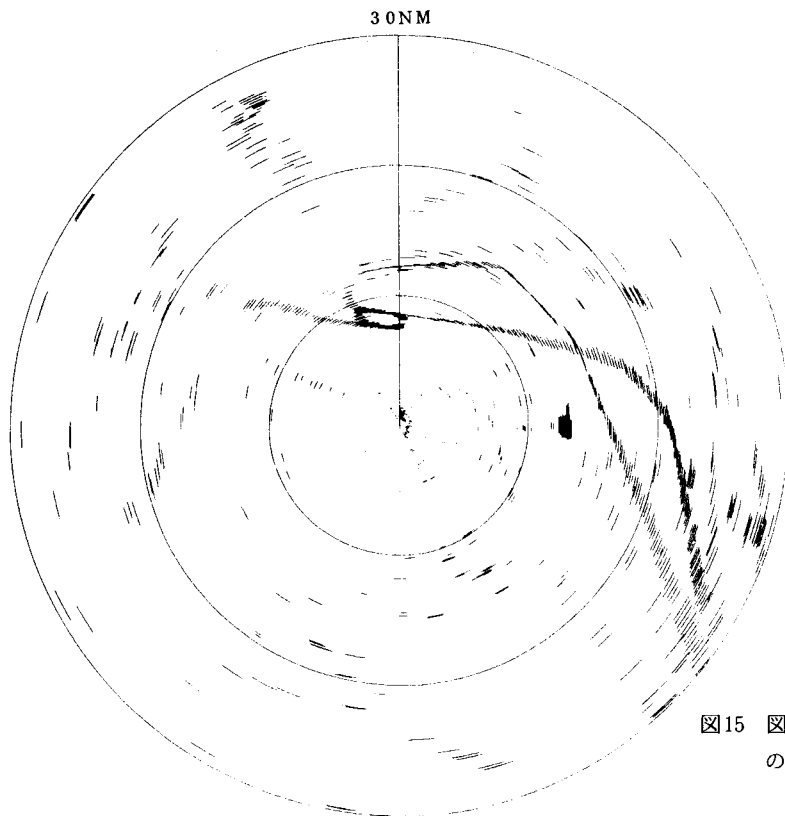


図15 図13においてランレングス5.2以下の目標のシングルスラッシュ表示

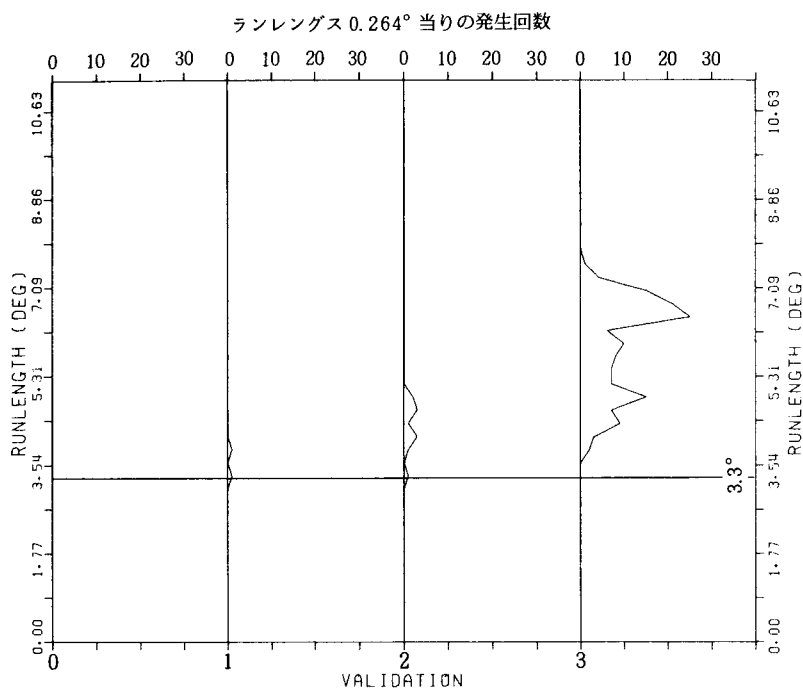
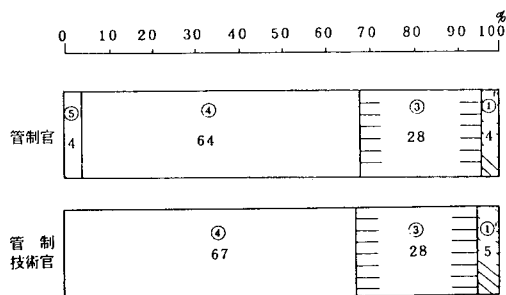


図16 バリデーション別ランレングス分布



グラフ中の番号は次の内容を表わす。

- | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| ⑤ 非常によい | } | | | 積極的評価 |
| ④ よい | | | | |
| ③ 普通 | } | | | 是認的評価 |
| ② やや悪い | | | | |
| ① 悪い | | | | |
| ⑦ 回答なし | | | 消極的評価 | |

図17 管制官・管制技術官による総合評価

5. むすび

本システムは、中密度以下の交通量の空港においてほぼ必要十分な機能があることが確認された。今後、実際の運用に使用される実用機の詳細な仕様は、今回の試験結果をフィードバックして、部分的に改善されたものとなった。

〔謝 辞〕

本システムの試作に御協力いただいた航空局、航空保安大学校とメーカーの関係各位に対し深く感謝いたします。

〔参 考 文 献〕

- (1) 岡田實編：“航空電子装置”，日刊工業新聞社（1978）。
- (2) 斎藤嘉博：“信頼性の基礎数学”，東京電機大学出版部（1972）。
- (3) “国際民間航空条約 第10付属書”，第1巻，航空振興財団。