

LPDA 型ローカライザ空中線の性能評価について

石 橋 寅 雄* 山 田 公 男* 横 山 尚 志**

中 村 正 明*

An Evaluation test of ILS Localizer Antenna of LPDA Type

Torao ISHIBASHI, Kimio YAMADA, Hisashi YOKOYAMA
and Masaaki NAKAMURA

Abstract

Since the flexibility of the present localizer in use for improvement is small, a new localizer system, LPDA (Log Periodic Dipole Antenna), has been developed, which was tested at Sendai airport.

Experimental data agrees well with calculated data except the array factor in which a reduction of about 3 dB due to the mutual coupling was observed.

* 電子航法開発部

** 岩沼分室

1. まえがき

我が国の空港において I L S の設置が急速に進められている。I L S は、航空機の最終進入・着陸に使用され、方位角（コース）情報を与えるローカライザー、降下角情報を与えるグライドパス及び位置情報を与えるマーカーより構成されている。ローカライザーは通常滑走路の中心線の延長線上に設置され、進入方向に電波を放射し、航空機にコース情報を与えている。

現在、我が国で運用されている I L S ローカライザー空中線は 1 周波方式のコーナレフレクター付空中線（P T - 2 4 型）⁽¹⁾と 2 周波方式のウェイブガイド空中線／V 型 3 素子八木空中線⁽²⁾である。

これらの空中線方式は標準化されてから 10 年以上経過している。その間にローカライザーに対する多様な要求が生じている。例えば、

○カテゴリー II の性能を満足できること。

○設置空港の条件に柔軟な対応ができること。

(a)滑走路周辺の障害物及び地形の反射による影響が少なく、また、後方放射が極力抑圧されること。

(b)敷地の狭い空港にも設置可能なように空中線の高さはできるだけ低いこと。

(c)放射パターンの変更の要求が生じた場合、容易に対応できること。

○気象、振動、鳥等による影響を受けないこと。

○M L S との併設が可能な電波的透明度の高いものであること。

○設置が容易であること。

○現地における電氣的調整が少なくてすむこと。

○パイロットへの威圧感が少なく、航空機が空中線に衝突した場合でも直ちに空中線が破壊される等のフランジビリティに優れていること。

等である。

しかし、運用中の空中線には次の様な問題点がある。

○P T - 2 4 型空中線はビーム幅が広いので、滑走路周辺の建物や駐機している航空機等からの反射波の影響を受け易いため、カテゴリー II の性能が要求される空港では適合性が低い。

○航空機が衝突した場合、人命と航空機の損傷を最小限にするため空中線は直ちに破壊されるようになっているが、ウェイブガイド空中線は構造が外観上堅ろうなので、パイロットに威圧を与えやすい。また、クリアランス系のモニターは地面の状態によっては不安定となる場合がある。

○ローカライザー空中線の高さは滑走路の進入表面で制限される。両空中線方式とも設置高が 3 メートル以上なので、進入表面の規定を満足するためには相当広い敷地を必要とする。そのため、我が国に多くみられる敷地の狭い空港に十分対応できない場合がある。

○両空中線方式とも空中線素子数の変更が困難なため、放射パターンを改良することができず、電波障害等の問題に柔軟に対応できない。

○将来 I L S から M L S へ移行するに当たり、I L S を M L S の前方に併設する場合が考えられるが、両空中線方式は空中線が高い上に電波的透明度が低い。M L S への影響を小さくするには、I L S 空中線の高さを低くする必要があるが、それが困難である。

以上の要求を考慮して、ローカライザー空中線として L P D A (Log Periodic Dipole Antenna) 型について航空局、新東京国際空港公団を含め検討会を開催し、L P D A ローカライザー空中線の基本的な設計要件をまとめた。

本報告書は、検討会がまとめた設計要件に基づく L P D A 型ローカライザー空中線の評価試験の概要について述べている。

なお、新方式の L P D A 型ローカライザー空中線の基本的な考え方と性能の概要を付録 1 に示す。

2. L P D A 型ローカライザ空中線の概要と特徴

今回試験した空中線は、付録 1 に示している L P D A 2 4 素子の T Y P E II 方式である。空中線素子間隔は 1.3 6 3 m である。各空中線素子への給電電流比を表 1 に示す。

表 1 の給電電流比による放射パターンを図 1 に示す。また、同図には比較の意味で現用の P T - 2 4 型空中線の放射パターンを示す。

図からわかるように、T Y P E II 方式は P T - 2 4 型空中線に比べ、キャリア放射パターンのビーム幅が狭くなっているとともに、サイドバンド放射パターンはその最大値が約 3.5 度と内側にあり、滑走路周辺障害物からの影響を軽減していることがわかる。

T Y P E II 方式の最小コース幅は 2.4 度、最大コース幅は 4.5 度である。最小と最大のコース幅の場合の方位角に対する D D M 特性（クリアランス特性）を図 2 に示す。この図からわかるようにコース幅 4.5 度の場合でも I C A O 規準値に対し 0.0 2 5 D D M の余

裕がある。

TYPE II 方式は、図 1 の放射パターンからわかるように、コース付近のビームを鋭くしているの、現用の PT-24 型空中線方式に比べて滑走路周辺の障害物からの影響を軽減できるものと考えられる。

そこで、PT-24 型空中線に比べてどの程度障害物の影響が軽減できるかを比較してみる。

ローカライザ空中線から見て方位角 θ 方向に障害物があり、それからの反射波によって生ずるコースベンドの値 ΔDDM は

$$\Delta DDM = 2MAFE_{s\theta} / (E_{co} + FE_{c\theta})$$
 で表わされる。ここで、M は変調度、A は所定のコース幅を設定するためのサイドバンド出力の大きさを決める定数、F は障害物に単位信号強度の電波が当たった場合の受信点での反射波の大きさを表す係数、 E_{co} はコース上のキャリア放射パターンの値、 $E_{c\theta}$ は θ 方向のキャリア放射パターンの値、 $E_{s\theta}$ は θ 方向のサイドバンド放射パターンの値である。

一般に $F \ll 1$ であるから上式は
$$\Delta DDM \div 2MAFE_{s\theta} / E_{co}$$
 となる。

TYPE II 方式のコース方向のキャリア放射パターンの値を E_{cl} 、 θ 方向のサイドバンド放射パターンの値を E_{sl} とし、また、PT-24 型空中線のコース方向のキャリア放射パターンの値を E_{cp} 、 θ 方向のサイドバンド放射パターンの値を E_{sp} 、TYPE II 方式の A を A_l 、PT-24 型空中線の A を A_p とすると、PT-24 型空中線に対する TYPE II 方式の障害物によるコースベンドの軽減率 R は

$$R = \frac{A_l E_{sl} E_{cp}}{A_p E_{sp} E_{cl}} \times 100 (\%)$$

で表わされる。

具体的にコース幅 3.3 度の場合のコースベンドの軽減率 R を計算すると図 3 に示す値となる。横軸は空中線から障害物をみたときの方位角、縦軸は PT-24 型空中線と比較したときの TYPE II 方式におけるコースベンドの減少率である。

図から TYPE II 方式の新型 LPDA 型ローカライザ空中線はコース方向から 5 ～ 10 度附近の障害物の影響を現用の PT-24 型空中線に比べ約 1/4 程度にできることがわかる。

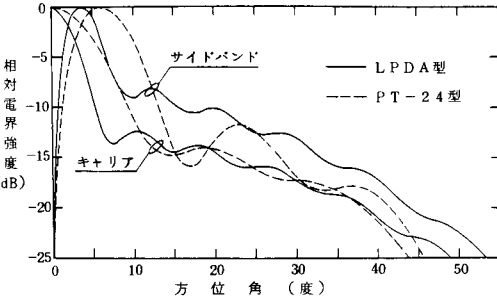


図 1 総合放射パターン

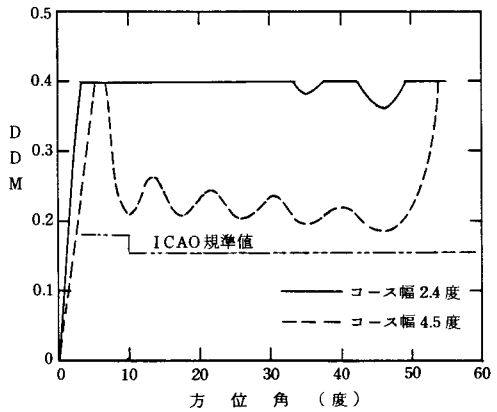


図 2 DDM 特性

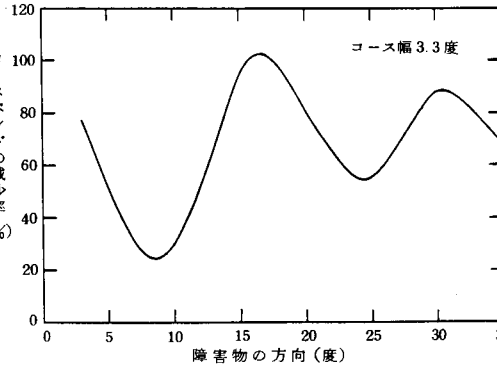


図 3 PT-24 型に対するコースベンドの減少率

表 1 給電電流比

素子番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
キャリア	1.000	0.076	0.362	0.152	0.264	0.143	0.191	0.111	0.128	0.075	0.076	0.043
サイドバンド	1.000	0.588	0.418	0.393	0.361	0.339	0.302	0.264	0.218	0.174	0.131	0.096

3. 評価試験の結果と検討

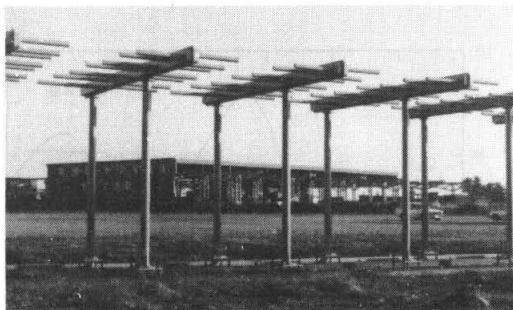
3.1 試験の概要

試験はローカライザ空中線システムを構成する空中線素子、電力分配器及びケーブルの単体性能試験と空中線システムの全体の特性を対象とする総合性能試験とに分けて行った。

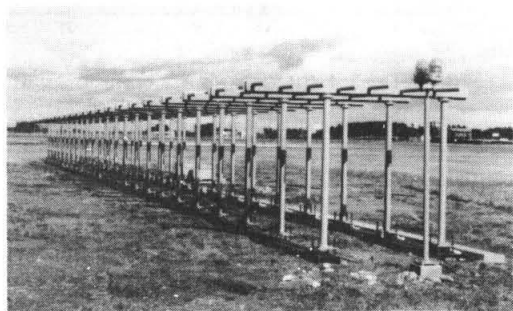
単体性能のうちの空中線素子については入力インピーダンスの周波数特性、放射パターン特性、ビーム幅、前後比特性、利得および位相差について測定した。なお、空中線素子間の位相差の測定は仙台空港で行った。電力分配器特性については入力インピーダンスの周波数特性、電流分配比と出力位相の周波数特性、アイソレーション特性および温度特性を、また、RFブランケケーブルでは位相差特性、損失特性の測定を行った。

総合性能は図4の写真に示す試験用のLPDA型ローカライザ空中線を、図5のように、仙台空港A滑走路脇に設置して測定した。

測定は地上測定と航空機による測定とに分けて行い、地上測定では相互結合特性、アレイファクター、放射パターン特性、偏波特性を測定し、航空機による測定では当研究所所有のビーチクラフトB-99によって放射パターン特性、クリアランス特性、コース幅可変範囲、SDM特性、偏波特性および通達距離特性の測定を行った。



(a) 空中線列中央部



(b) 空中線全体

図4 試験用空中線

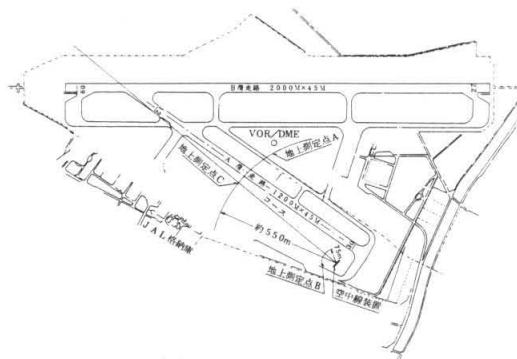


図5 実験局位置図

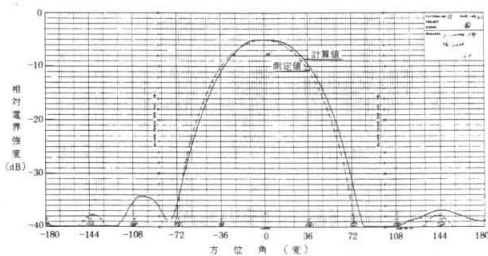
3.2 単体性能について

(1) 空中線素子特性

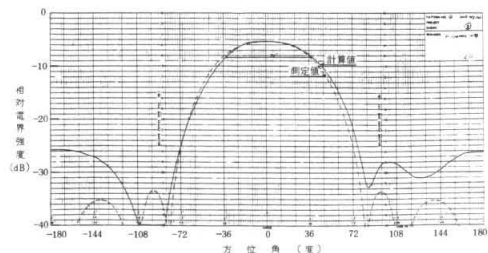
入力インピーダンスの周波数特性の測定は全空中線素子について、放射パターン特性、ビーム幅、前後比および利得の測定は任意の8素子を抽出して行った。また、空中線素子間の位相差は6素子を抽出して測定した。それらの測定結果を表2に示す。

表のE面とH面のビーム幅の値は平均値であり、測定値の偏差は1度以内である。表からわかるように入力インピーダンス、ビーム幅、前後比、利得とも測定値は計算値（設計値）とよく一致している。また、空中線素子間のE面とH面の測定結果の1例を図6に示す。

この図からわかるように、E面放射パターンの主ビームの測定値は計算値とよく一致している。なお、主ビームの測定値と計算値との方位方向の差は測定架台



(a) E面放射パターンの測定例
(周波数110.0MHz)



(b) H面放射パターンの測定例
(周波数110.0MHz)

図6 放射パターンの測定例

表2 空中線素子特性の測定結果

項 目	周 波 数 (MHz)			設計値
	108	110	112	
VSWR (最大値)	1.20	1.18	1.12	1.20
E面ビーム幅 (度)	55.9	55.9	55.9	約56
H面ビーム幅 (度)	74.5	73.0	73.0	約73
前後比 (最低値, dB)	26.0	31.0	27.7	25.0
平均利得 (dBi)	11.1	11.4	12.1	10.0
利得差の標準偏差 (dB)	0.37	0.12	0.17	

注1. ビーム幅の値は平均値

2. dBiは絶対利得を表す

表3 電力分配器特性の測定結果

項 目		108MHz	110MHz	112MHz
キャリア 電力分配器	出力誤差の平均値 (dB)	-0.18	-0.18	-0.14
	出力誤差の標準偏差 (dB)	0.15	0.13	0.14
	位相差の標準偏差 (度)	1.64	1.06	2.34
サイドバンド 電力分配器	出力誤差の平均値 (dB)	0.04	0.20	0.23
	出力誤差の標準偏差 (dB)	0.16	0.13	0.22
	位相差の標準偏差 (度)	1.06	1.09	1.54

の設定誤差によるものである。H面放射パターンの測定値は主ビームは計算値と一致しているが、サイドローブ部分では計算値と大きく異っている。これは主に周囲の構造物や空中線素子自身の支柱からの反射波によるものである。

なお、空中線素子間の位相差の標準偏差は0.4度である。

(2) 電力分配器及びRFブランチケーブル特性

キャリア電力分配器とサイドバンド電力分配器のVSWRは全周波数において1.2以下である。測定した電力分配器の各出力端における誤差(平均値)とその標準偏差および位相差の平均値とその標準偏差を表3に示す。なお、温度試験によってキャリア電力分配器出力の誤差の標準偏差は最大1.3倍に増加し、位相誤差の標準偏差は最大1.22倍に増加している。表3からわかるように電力分配器の出力誤差の標準偏差は最大0.22dB、温度特性による増加1.3倍を考慮しても0.28dBと小さく、位相誤差の標準偏差も最大2.3度、温度特性による増加1.22倍を考慮しても2.86度である。

キャリア電力分配器入力端とサイドバンド電力分配器入力端間のアイソレーションは3.7dB以上、キャリア電力分配器の損失は0.63dB(110MHz)である。

電力分配器の出力端子からハイブリッド回路までのケーブルとハイブリッド回路から空中線素子までのケーブルの位相差の標準偏差は各々0.40度和0.74度であるので、ケーブル全体の位相差の標準偏差は0.84度である。また、損失は0.22dBと0.70dBであった。なお、ケーブル間の損失の差は認められない。こ

れらの誤差の評価については総合性能のクリアランス特性の項で述べる。

3.3 総合性能について

(a) 相互結合特性、アレイファクターおよび放射パターン特性

相互結合の測定はアレイの中心の2本の空中線素子を使用した。一方の素子に電力を供給し、その給電電力と他方の素子の給電端子に現われる電力との比を相互結合として測定した。

素子間隔をパラメータとして相互結合度の周波数特性の測定結果を図7に示す。

アレイファクターの測定は図5に示す地上測定点Aとコースが交差する地上測定点Cにおいて受信空中線を固定して、単体素子の場合の受信電界強度とキャリアアレイの場合の受信電界強度とを比較した。その結果受信電界強度差は9.8dBであったが、単体性能の項で述べたように、電力分配器の損失が0.63dBなので、単体素子との受信電界の差は10.4dBである。しかし、隣接素子の影響が考えられるので、給電している空中線素子の両脇に空中線素子を設置したときの放射パターンを、図5に示すように、空中線から75m離れた地上測定点Bにおいて測定した。測定結果を図8に示す。図には、単体の空中線素子の放射パターンも示す。図からわかるように、単体素子の場合に比べ両脇に素子がある場合の電界はコース方向で約3

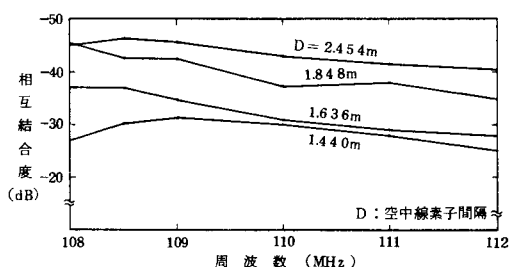


図7 相互結合度の測定結果

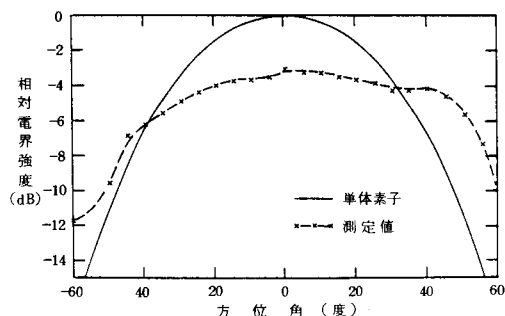


図8 両脇素子による放射パターンの変化

dB低い。それ故アレイファクターは7.4 dB となる。

放射パターンの地上測定は空中線前方約550mの半円周上の地上測定点Aにおいて実施したが航空機による測定データがより精度がよいので、それについて述べる。

航空機による放射パターンの測定は空中線を中心に半径約5NMの円周上を高度2,000フィートの周回飛行により行った。キャリア及びサイドバンドの放射パターンの測定結果と計算値を図9に示す。図からわかるように、放射パターンのコースをはさんだ対称性はキャリア及びサイドバンド放射パターンとも良好である。

放射パターンの代表的な値とアレイファクター及び相互結合度の測定結果と計算値(設計値)の比較を表4に示す。キャリア放射パターンのビーム幅の測定値は約6度(設計値: 5.2度)、コースから±10度までのレベルの値は約-12.5dB(設計値: -13.7dB)、サイドバンド放射パターンの最大値の角度の測定値は約±3.5度(設計値: ±3.7度)、±10度の角度でのレベルの測定値は約-10dB(設計値:

表4 アレイ特性の測定結果と設計値との比較

項 目	測定値	設計値
キャリア放射パターン		
ビーム幅 (dB)	約 6.0	5.2
±10度までのレベル (dB)	約-12.5	-13.7
サイドバンド放射パターン		
最大値の角度(度)	約± 3.5	± 3.7
±10度のレベル (dB)	約- 10	- 9.0
ナル点のレベル (dB)	- 45	-30以下
アレイファクタ (dB)	7.4	10.2
相互結合度 (dB)	-27.3	-30以下

-9dB)と測定値と設計値はよく一致している。また、ナル点のレベルの測定値は-45dBであり、設計値の-35dB以下を十分満足している。

しかし、相互結合度の測定値は周波数112MHzで-27.3dBと最大となり設計値の-30dBより大きい。また、アレイファクタは隣接素子の影響も含めて7.4dBとなり設計値より2.8dB少ない。コースから±10度以上の角度では、図9からわかるように、隣接素子による放射パターンの広がりのため、設計値と3dB以上の差が生じている。

(b) クリアランス特性

クリアランス特性の測定は航空機によって行った。変調バランスと変調度の調整を行った後に、放射パターン特性の測定と同様に半径5NMの円周上を高度2,000フィートの周回飛行により行った。

コース幅5度の場合のクリアランス特性の測定結果と計算値を図10に示す。また、図にはフラグ電流の測定結果を示す。

クリアランス特性の測定結果からわかるように、コースをはさんだ偏位電流の直線性と対称性は良好である。オフコース(コースから左右約5度以上の角度)における偏位電流の測定値は計算値と20μA以上の差があるが、これは受信機の飽和特性によるもので、全体に計算値とよく一致している。また、センスの反

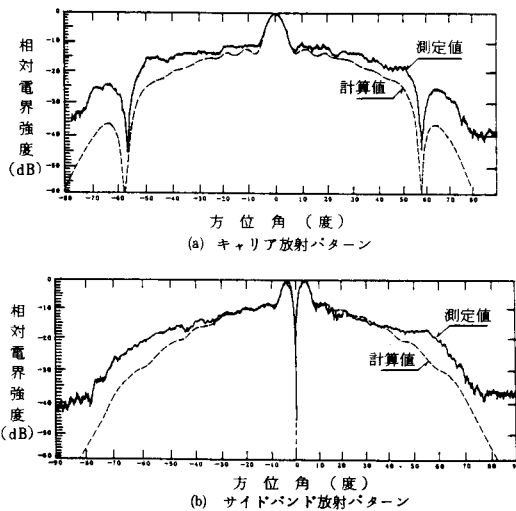


図9 放射パターンの測定結果

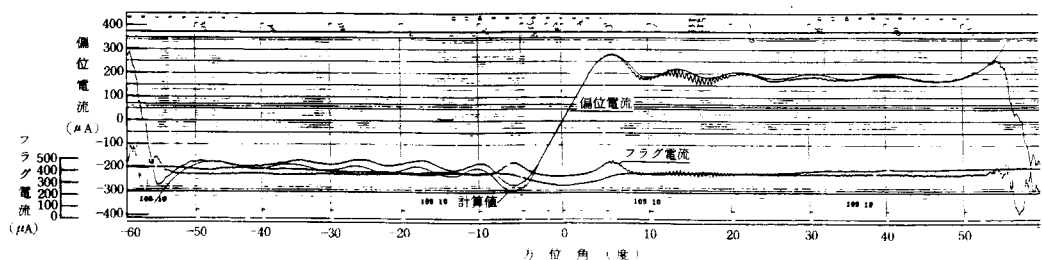


図10 クリアランス特性の測定結果

転角はコースの左右とも57～58度に現われており設計値の56.4度とよく一致している。なお、図10の方位角+7～+20度にわたって偏位電流が周期的に変動しているが、これは幾何学的な位置から推定して仙台空港に設置されているVORのカウンターポイズが試験用のローカライザの電波に影響して生じたものである。

空中線素子、電力分配器、ケーブルとも振幅と位相に誤差がある。これらの給電誤差がクリアランス特性に与える影響を検討する。単体性能についての測定データから給電誤差の標準偏差の値をまとめると表5になる。空中線系全体では、振幅誤差の標準偏差の値は0.46 dB、位相誤差の標準偏差の値は3.0度となる。この誤差が正規分布の状態で各空中線素子に加えられていると仮定して、コース幅4.5度の場合について、300回の試行計算をしたときの偏位電流の95%範囲は最大3 μ A以内の変化であった。それ故、上記の給電誤差のクリアランス特性への影響は小さく、誤差を含んだ場合のクリアランス特性の最低値でもICAO規準値（オフコースでの偏位電流150 μ A）を下まわることはない。

(c) コース幅可変範囲及びSDM特性

図10のクリアランス特性（コース幅5.0度）において、オフコースの偏位電流の最低値は±35度の方位に生じているが、その値は約170 μ AでICAOの規準値150 μ A以上である。最大コース幅の設計値は4.5度以上なので、上記の値は設計値を十分満足している。

コース幅の測定結果から、キャリア出力に対するサイドバンドの出力比（電流比）とコース幅の関係を図11に示す。この測定値は、送信機のサイドバンド出力に3.6 dBの減衰ケーブルを挿入した状態であるから、減衰ケーブルが無い場合の最小コース幅は約2度となるので、現在使用されているローカライザ送信機でも最小コース幅の設計値2.4度まで狭くすることができる。

SDM (Sum of the Depth of Modulation)

表5 給電誤差の標準偏差

	振幅 (dB)	位相 (度)
電力分配器	0.28	2.86
ケーブル	—	0.84
空中線素子	0.37	0.40
空中線系全体	0.46	3.0

はILS信号（90 Hz、150 Hz）の変調度の和と定義されている。SDMの最大値はサイドバンド放射パターンの最大値の方位角に現われる。コース幅の測定で得られたデータからフラグ電流とSDMの較正曲線を使用して、コース幅に対する最大SDMの測定結果と計算値を図12に示す。図から、最小コース幅2.4度の場合のSDMは0.83以下である。この値は設計値0.85以下であるのでILSの局識別符号の変調に十分対応できると考えられる。

(d) 偏波特性

偏波特性の測定は地上測定と航空機による測定の両方で行った。地上測定は図5の地上測定点Cにおいて、受信空中線を水平面より20度と40度に傾けたときの偏位電流の変化を測定した。偏位電流の変化は2 μ A以下であり、測定誤差以内である。

航空機による測定は高度2,000フィートのコース上で、ローカライザ空中線から5～7 NMの地点において、航空機を30度以上バンクしたときの偏位電流を測定したが偏位電流の値に変化は見られない。

(e) 通達距離の測定結果

ICAO規準によって、ローカライザコースから±10度までは25 NM、その角度から±35度までは17 NMの範囲にわたって、高度2,000フィートでの電力密度は-11.4 dBW/m²と規定されている。

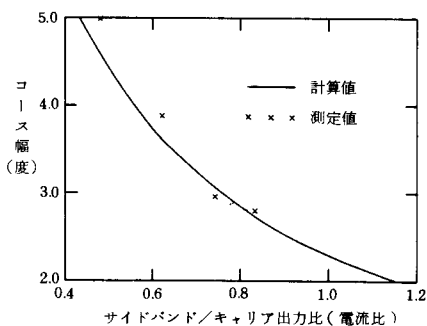


図11 コース幅可変範囲の測定結果

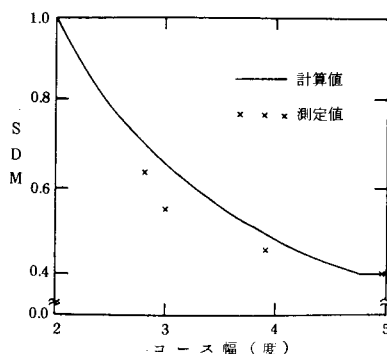


図12 コース幅に対するSDMの測定結果

電力密度の測定は高度2,000フィートで25NMまで飛行して行くことが望ましいが、今回は高度2,500フィートで、コース上と±10度および±35度の上を約10NMから実験サイトまでラジアル飛行を行い、電界強度測定器の出力を記録して電力密度の測定を行った。空中線からの距離に対する空間の電力密度の変化を送信機出力10W（現在使用されているローカライザ送信機の出力の規格値）、高度2,000フィートに換算した電力密度の測定値と単体性能および総合性能の測定結果をもとに計算した値を図13に示す。

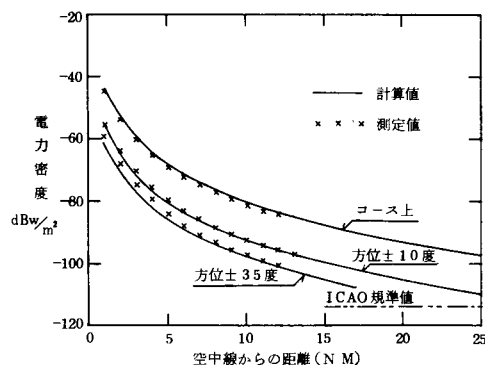


図13 受信電界強度の測定結果

この場合、計算値は17NMではICAO規準値より約6dB、25NMでは約4dBの余裕があるが、モニターマージンの3dBを考慮すると余裕は少ない。

なお、図13の計算値に使用した定数は次の通りである。

空中線のアレイファクタ	: 7.40 dB
空中線素子利得	: 11.07 dB
電力分配器損失	: 0.63 dB
ケーブル損失	: 0.92 dB
受信空中線利得	: -9.40 dB
空中線の高さ	
ローカライザ空中線	: 2.1 m
受信空中線	: 600 m
パターンの指向性	
±10度	: -12.5 dB
±35度	: -17.0 dB

4. むすび

LPDA型ローカライザ空中線の評価試験を仙台空港で行い、その結果の概要について述べた。

試験結果から、LPDA型ローカライザ空中線の主要な性能は設計値とかなりよく一致しており、IC

AO規準を満足している。

しかし、当初小さいと考えられていた隣接素子による影響によってアレイファクタは計算値に比べ約3dB減少していることがわかった。また、隣接素子の影響による放射パターンの広がりがあるので実際の空中線の設置に当たって注意する必要がある。

ここでは省略したが、本空中線はWide Apertureであるため、現用のPT-24型ローカライザ空中線に比べてモニター特性における近接位相効果が一層大きくなる等の問題点がある。

最後に、本試験に御協力いただいた航空局、仙台空港事務所、航空保安大学校岩沼分校、東京芝浦電気㈱、日本電気㈱、並びに当研究所岩沼分室の各位に感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- (1) 石橋 他；“ローカライザ空中線の研究” 電子航法研究所報告 No. 3 (1971)
- (2) 石橋 他；“ILSローカライザ空中線の評価試験” 電子研究発表会講演概要 (昭和47年4月)

付録1. 新しいローカライザ空中線の基本性能

検討会は航空局、当研究所、製造会社及びオブザーバーとして新東京国際空港公団、㈱日本空港コンサルタントが参加して行なわれ、次のような、新しい空中線方式についての基本的な考え方をまとめた。

A. アレイについて

(1) 方式

アレイとして次の三方式が考えられる。

TYPE I : Narrow Aperture の1周波方式

主に地方空港に設置することを目的とし、空中線素子数を少なく、放射パターンは現用のPT-24型と同様とする。

TYPE II : Wide Aperture 1周波方式

主として大空港に設置することを目的とし、放射パターンをしばって周辺の電波障害物からの影響を減少した空中線方式。

TYPE III : Wide Aperture の2周波方式

TYPE IIによっても良好なコース特性が得られない場合に設置する空中線方式で、空中線素子数はTYPE IIと同数とするが、詳細についてはなお検討の余地があり、次の機会に検討することとする。

(2) 設計手法

アレイパターンの設計は指向性合成の手法を用い理論的裏付けがなされた方法で行うこと。

(3) 素子間隔

アレイは等間隔アレイとする。また、素子間隔は偏位電流のセンスの反転角及び着雪、着氷等を考慮して、0.6波長とする。

(4) 空中線のシリーズ化

TYPE I、II、IIIの素子間隔を統一することにより、TYPE I～IIIへの移行が容易に行なえるようにシリーズ化を図ることとした。

(5) 偏位電流のセンスの反転角

クリアランス特性における偏位電流のセンスの反転角は56.4度とする。

(6) サイドバンド放射パターン特性

サイドバンドの放射パターン特性はコースバンドに直接影響するため最大放射角をできるだけ滑走路中心方向に近づけて反射の影響を軽減すること。

(7) 覆域

覆域は±35度とするが、できる限りセンスの反転角までクリアランスが有効なこと。

(8) クリアランス特性

DDM (Difference in Depth of Modulation) の許容値は反射の影響、空中線系の特性のバラツキ等によるクリアランス特性の低下を防ぐために次のように ICAO Annex 10 の規定値(最小値のみ示されている)の約20%増を設計目標値にする。

方位角 0度～±10度: 0.215DDM

±10度～±35度: 0.185DDM

なお、オフコースにおけるクリアランス特性は滑らかであることが望ましいので、放射パターンの変動の振幅はできる限り小さくする。

(9) SDM (空間の変調度: Sum of Depth of Modulation)

SDMの上限については ICAO Annex 10 では特に規定していない。しかし、SDMが100%を超えた場合には過変調となり、明らかに機上装置において正常なコース指示ができなくなるため、SDMの上限を設定する必要がある。この上限は音声信号がないものとして、識別符号の通常の変調度10%に5%のマージンをとり、85%を航法信号の最大許容変調度にする。

(10) 素子の数

アレイを構成する素子の数は所望のパターンによって決定されるが、前述の要求条件をもとに検討を行い、さらに電流比が電力分配器の製作に無理を生じているか否かを検討のうえ次の2方式とする。

TYPE I 14素子

TYPE II 24素子

B. 素子について

アレイの基本的な要求を満たすための空中線素子の決定にあたり、次の検討を行った。

(1) 設計手法について

空中線素子は理論的な裏付けを伴ったものであること。

(2) ビーム幅

E面ビーム幅は覆域に直接関係するので約60度とする。H面ビーム幅は10dBi(絶対利得)以上の高利得を得るため約70度とする。

(3) 前後比

PT-24型空中線と同等以上の性能を有し、25dB以上とする。

(4) 空中線設置高

MLSを併設する場合にMLS電波を遮へいしないように、設置高は低い方が望ましいが、設置高は通達距離に関係するので約2mとする。

(5) レドーム

着雪、着氷及び鳥害等の環境変化に対して、空中線の特性変化が生じないように各素子はレドームで被うこととする。

(6) インテグラルモニター

インテグラルモニターとして2案が提案されたが、いずれもファーフィールドにおける空間電波との関連について理論的に究明できなかったため、今回は採用しないことにした。

(7) 素子の大きさ

アレイにした場合、隣接素子との間隔が充分とれるように駆動素子の長さはなるべく短く、また素子長もあまり長くない方が望ましい。

C. 空中線素子の選定

空中線素子は前述の要求と基本性能を満足する必要から、次のような利点のあるLPDAを選定した。

(1) 相互結合度が小さい。

LPDAは他の空中線素子と比較して相互結合度が小さいと考えられているので放射パターンは電力分配器の給電電流比によってほとんど決定される。そのため調整工事の能率化を図ることができる。

(2) 広帯域特性を有する。

広帯域特性を有するため、着雪、着氷、鳥害等の環境変化に対して空中線の特性変化が少ない。

(3) 電波的透明度が高い

PT-24型空中線及びウェイブガイド空中線と比

較して電波の透明度が高く、将来MLSを併設する場合有利である。

(4) 空中線の設置高を低くできる。

空中線の設置高を2m（従来型は3m以上）程度とすることができるため、設置場所の敷地条件が緩かである。

(5) バックコース抑圧度を高くすることができる。

素子パラメータを適切に設定することにより、従来型空中線と同程度にバックコースを抑圧できるので、後方放射の影響を受けにくい。

検討の結果、空中線素子の要求性能を次のように決した。

1) 電気的性能

周波数範囲 108～112MHz
入力インピーダンス 50オーム

VSWR 1.2以下
E面ビーム幅 約60度
H面ビーム幅 約70度
利 得 10dBi以上
前後比 25dB以上

2) 構 造

駆動素子数 7素子
設置高 約2m
最大素子寸法 約1.5m
アンテナ長 約3m

D. LPDA型ローカライザ空中線の性能
以上の検討の結果得られたLPDA型ローカライザ空中線の性能を付表1に示す。

付表1 LPDA型ローカライザ空中線の性能

空 中 線 の 種 別	TYPE I	TYPE II
全 体 的 要 求	1周波Narrow Aperture 空中線方式 で主に2,500m以下の滑走路において 使用する 電波的障害物が±10度以上に存在する 場合でも良好なコース特性が得られること	1周波Wide Aperture 空中線方式で 主に2,500m以上の滑走路において使用 する 電波的障害物が±6度以上に存在する場合 でも良好なコース特性が得られること
構 造		
素子数	14素子	24素子
素子間隔	0.6波長等間隔	
設置高	約2m	
電気的性能		
覆 域	±3.5度	
バックコース抑圧度	-25dB以下	
センスの反転角	±56.4度	
SDM	0.85以下	
コース幅可変範囲	3.2～6.0度	2.4～4.5度
周波数範囲	108～112MHz	
入力インピーダンス	50オーム	
キャリア放射特性		
キャリアビーム幅	9.5度	5.2度
±10度のレベル	-12.0dB	-12.3dB
サイドバンド放射特性		
最大値角	±6度	±3.7度
±10度のレベル	-3.5dB	-8.9dB
ナル点のレベル	-30dB以下	