

ISSN 0389-4010  
UDC 629.7.072  
629.1.054  
621.397.132  
535.55

# 航空宇宙技術研究所報告

TECHNICAL REPORT OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TR-1122

液晶型フラット・パネル・ディスプレイの  
シミュレータ評価試験  
その1：5インチ型EADI

川原弘靖・若色 薫・渡辺 顯

1991年9月

航空宇宙技術研究所  
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

## 担 当 者 一 覧 表

共同研究機関            航空宇宙技術研究所  
                                 横河電機株式会社

### 試験参画者

統括                    川 原 弘 靖  
試験担当            若 色        薫, 渡 辺        顯, 宇田川 知 行\*  
                         武 田 謙 吾\*, 藤 井 正 夫\*, 栗 原 洋一郎\*

### 評価パイロット(敬称略)

航技研                中 村        勝, 照 井 裕 之  
全日本空輸(株)      小 西        進, 高 田 正 彦, 鈴 木 正 昭  
日本航空(株)        岩 瀬 健 祐, 田 中 琢 郎, 坂 井        孝  
                         藤 田 聡 史, 鎌 田 雅 邦  
川崎重工業(株)      原 田        実, 長谷部        聡, 岸        泰 雄  
                         西 田        回  
新明和工業(株)      石 川 公 也  
富士重工業(株)      三 浦 日出夫, 源        良 洋  
三菱重工業(株)      佐 藤 光 生, 樋 山        藩, 金 子 哲 臣  
                         森 部        勝, 黒 石 昌 宏, 横 井 圭 一

\* : 横河電機(株)

液晶型フラット・パネル・ディスプレイの  
シミュレータ評価試験\*  
その1：5インチ型EADI

川原 弘 靖\*<sup>1</sup> 若色 薫\*<sup>1</sup> 渡辺 顯\*<sup>1</sup>

**Liquid Crystal Flat Panel Display Evaluation  
Tests Using a Flight Simulator\***

Hiroyasu KAWAHARA\*<sup>1</sup>, Kaoru WAKAIRO\*<sup>1</sup>,  
and Akira WATANABE\*<sup>1</sup>

**ABSTRACT**

Color liquid crystal display (LCD) are currently being developed as next generation flight instrument indicators. The National Aerospace Laboratory (NAL) and YOKOGAWA Electric Corporation performed evaluation tests on function, performance and display formats of a 5 × 5 inch flat panel LCD display. In these tests twenty-three pilots evaluated the LCD using a flight simulator. It was confirmed that this display is an effective indicator for flight instruments. The results of these evaluation tests are discussed.

**Keywords:** Liquid Crystal Display, Flight Instrument, Flight Simulation

**概 要**

最新の大型輸送機の飛行計器は、従来の電気-機械式計器から大型のCRTによる電子式飛行計器に変わりつつある。

また、将来の表示装置としては液晶やプラズマなどによるフラット・パネル・ディスプレイが研究されつつあり、液晶ディスプレイについては実験モデルから実用モデルまで開発されてきている。

今回、横河電機(株)との共同研究により、5インチ型液晶フラット・パネル・ディスプレイ(EADI)の機能、性能および表示フォーマット等に関して、飛行シミュレータによるパイロット評価試験を実施した。

その結果液晶型フラット・パネル・ディスプレイのハードウェアは航空機用飛行計器としての基本的な機能、性能を具備していること、また表示フォーマットに関しても幾つかの点について改修を施すことにより、近い将来には十分に実用可能な状況にあることが確認できた。

本報告は本評価試験の内容と結果について述べる。

---

\* 平成3年4月25日受付 (received 25 April 1991)

\*1 制御部 (Control Systems Division)

## 記号・略号表

ARINC	: Aeronautical Radio, Inc.
ARP	: Aerospace Recommended Practice
CAS	: Calibrated Air Speed (校正対気速度)
CGI	: Computer Generated Imagery (計算機作画)
CRT	: Cathode Ray Tube (陰極管)
CTOL	: Conventional Take-Off and Landing (通常方式の離着陸)
DME	: Distance Measurement Equipment (距離計)
EADI	: Electronic Attitude Directional Indicator (電子式姿勢指示計)
EFIS	: Electric Flight Instrument System (電子式飛行計器装置)
EHSI	: Electronic Horizontal Situation Indicator (電子式水平位置指示器)
FPD	: Flat Panel Display (フラット・パネル・ディスプレイ)
FD	: Flight Director (フライトディレクタ)
ft-L	: Foot Lambert (フート ランバート)
GA	: Go-Around (着陸復行)
G/S	: Glide Slope (グライド スロープ)
ILS	: Instrument Landing System (計器着陸装置)
LOC	: Localizer (ローカライザ)
L/D	: Landing (着陸)
ND	: Navigation Display (航法計器)
PFD	: Primary Flight Display (主飛行計器)
R-ALT	: Radio-Altitude (電波高度計)
RGB	: Red, Green, Blue (赤, 緑, 青)
SAE	: Society of Automotive Engineers, Inc.
STOL	: Short Take-Off and Landing (短距離離着陸)

TFT	: Thin Film Transistor (薄膜トランジスタ)
USB	: Upper Surface Blowing (上面吹き出し)
$V_1$	: 臨界点速度
$V_2$	: 安全離陸速度
$V_R$	: 離陸時引き起こし速度

## 1. はじめに

航空機の飛行計器は初期の空盒計器から電気機械式計器に、さらに CRT を用いた電子式計器へと変遷してきた。この間に航空機は大形化、高性能化が進み、表示情報の増加、表示精度の向上および搭載型デジタル計算機の長足の進歩を背景に、表示内容の統合化や多様なコックピットオートメーション等が図られ、最新式輸送機では図 1 に示すような大形 CRT 6 台による計器表示が一般化してきた。さらに操縦装置に関しても従来の操縦桿・操縦輪に代わり、サイドスティックによる操縦装置が導入されるなどコックピットの近代化が進められている。

また計器表示デバイスとしては CRT からプラズマや液晶フラット・パネル・ディスプレイ等による新しい方式の表示装置が開発されつつあり、実用化も間近になりつつある。

これら開発段階においては単体の機能、性能、環境条件等に関する試験、評価は当然実施されるが、実際の航空機搭載状況によるパイロット評価も最終段階では必要となる。

本論文で述べる評価試験では将来の実用化に向けて開発を進めている 5 インチ型液晶型フラット・パネル・ディスプレイ (以下液晶ディスプレイと略す、横河電機(株)製の機能、性能、表示フォーマット等について飛行シミュレータによるパイロット評価試験を平成元年 5 月 12 日～5 月 25 日まで実施したのでその概要について報告する。

なお本研究は昭和 63 年 4 月～平成 2 年 3 月まで横河電機(株)との共同研究「STOL 運用基準表示システムに関する研究」を締結し、実施したものである。



図1 大型CRTによる最新式ジェット旅客機の計器盤(A320)

## 2. 液晶および液晶型ディスプレイの構造および特徴

液晶の基本的な性質および液晶パネルの基本構造については付録1にて概説する。ここではTFT型液晶ディスプレイの構造および動作原理について述べる。

### 2.1 構造および動作原理

図2にTFT型液晶ディスプレイの構造概念図を示す。基本構成は次の4つの部分から成る。

- (1) 液晶パネル
- (2) カラーフィルタ
- (3) 偏向フィルタ
- (4) バックライト

動作原理について図2を基に説明する。液晶パネルの各画素毎にトランジスタが配置されており、トランジスタがOFF状態で液晶は90°旋向(ねじれ)し、ON状態で旋向が無くなる。この液晶パネルを2枚の偏向フィルタでお互いに90°ずらせて組み合わせ、サンドウィッチ状に挟み、トランジスタがOFF状態の時にバックライト(多本数の蛍光灯)の光が通過する。またON状態でバック

ライトを遮断することになる。

カラーフィルタは液晶パネルの各画素毎にRGBを対応させて配置している。バックライトの光がパネルを通過することにより、発色して見える。

### 2.2 特徴<sup>1)</sup>

液晶ディスプレイ計器は現用のCRT計器と比較して以下のような特徴がある。

- (1) 軽量で薄型である。
- (2) 太陽光の下での視認性に優れる。
- (3) 低消費電力であり、また高電圧を必要としない。
- (4) バックライトに蛍光灯を用いているので経年による輝度劣化の度合いが少ない。
- (5) 偏向ひずみ、色調のずれが無い。
- (6) 防爆構造を必要としない。
- (7) 磁気による影響が少ない。
- (8) 耐震性に優れる。
- (9) 左右の視野角に多少の制限がある。
- (10) 液晶パネルの温度環境により動作速度が影響される。
- (11) 高精細度、大型液晶パネルの製造に高度な技術を必要とする。

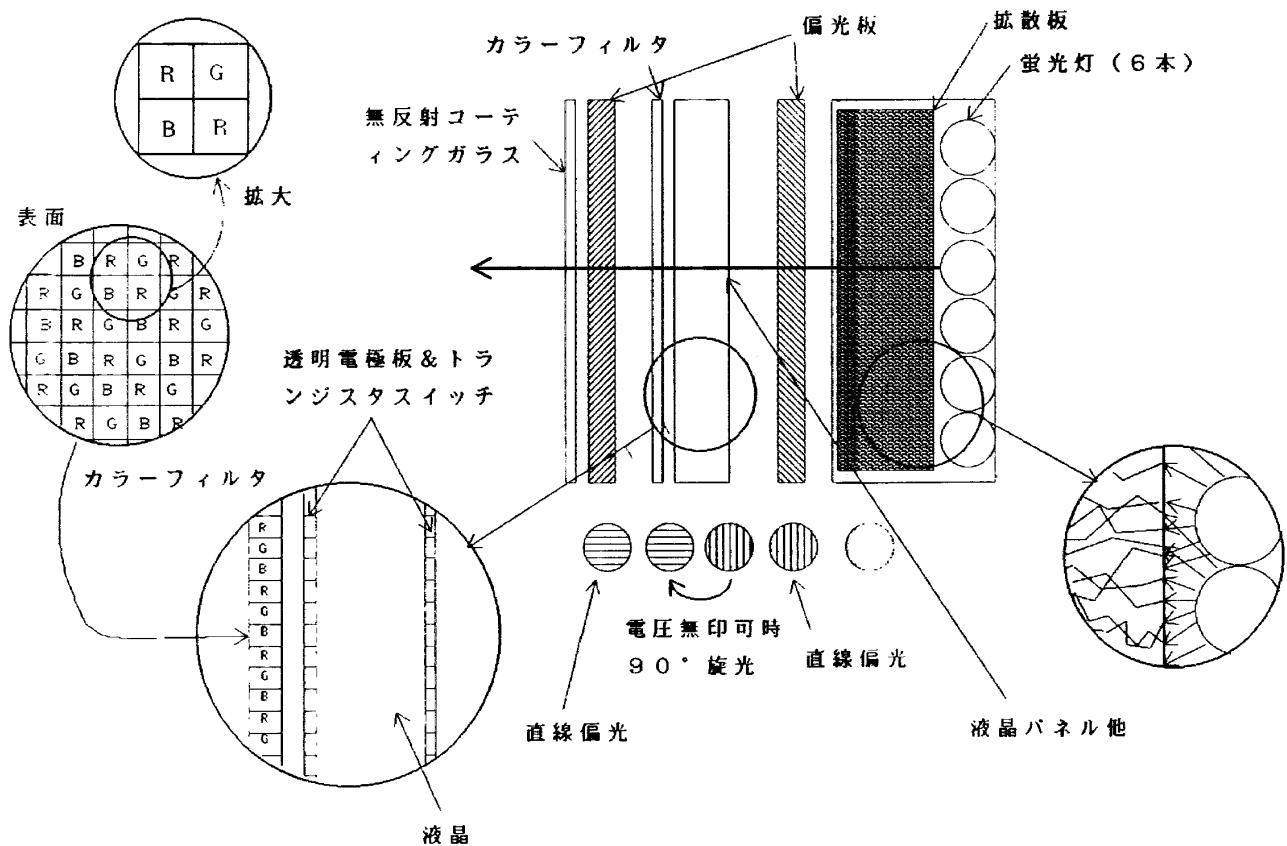


図2 液晶ディスプレイユニット構造概念図

### 2.3 評価試験に用いた液晶ディスプレイの性能

本評価試験に用いた液晶ディスプレイは5"EA DIとして用いるもので画面サイズ5×5インチ、画素サイズ0.16×0.16(mm)、最大輝度80ft-L、左右視野角60°以上である。これらの性能は民需品と比較すると特に画素サイズ、視野角等において格段の性能を有している。

## 3. シミュレータ評価試験<sup>2)</sup>

### 3.1 試験目的

現在開発中の液晶ディスプレイが電子式飛行計器としての機能、性能を具備しているか否かを、飛行シミュレータに搭載し、パイロットがそれにより各種飛行の模擬を行い、ハードウェア、ソフトウェア(表示フォーマット)について評価を行う。

### 3.2 表示フォーマットの設計

姿勢指示計を中心に速度、高度、昇降率を表示

した。表示フォーマットのサイズ、色合い等基本的な表示アイテムについては過去のシミュレーション試験での結果を反映して予め決定し、フォーマットの詳細については試験を通じてパイロットの意見により修正を加え適正化した。

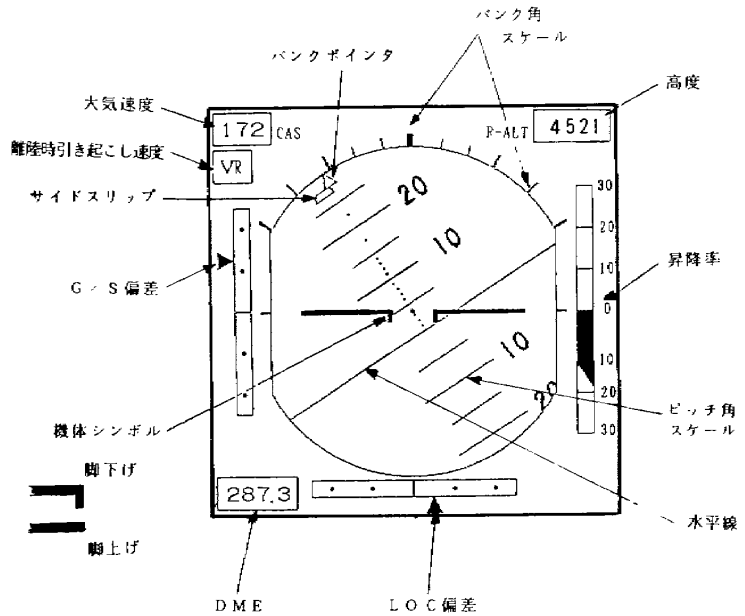
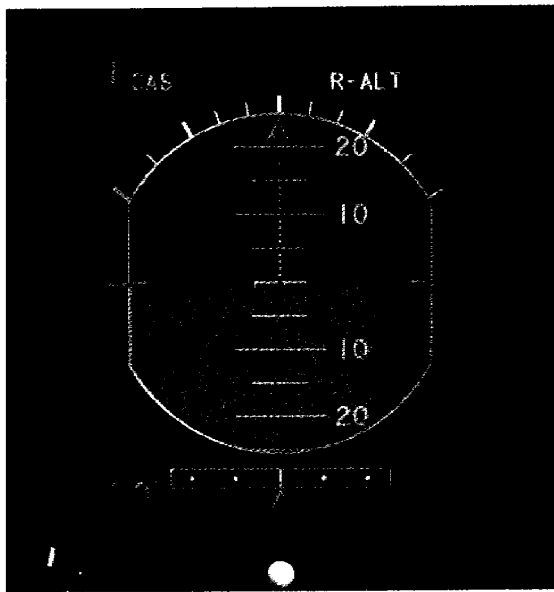
今回特に工夫した点は高度と速度表示のデジタル表示を回転ドラム式として数値の増減変化方向と変化率の把握を容易とした。図3に今回の評価に用いた表示フォーマット(a)と各シンボルの説明図(b)を示す。

以下に表示フォーマットの主なものについて説明する。

(1) 水平線：機体の水平位置を示すもので、姿勢計の基準となる指標。

(2) ピッチスケール：機体の上下姿勢を表し、大きく±10, 20, 30, 40, 60, 90度までの指標と、±15度までは1度毎のドットを表示している。

(3) バンク角スケールおよびポインタ：機体の傾きを示すスケールで±10, 20, 30, 45, 60度までの指標と、ポインタはスケールの円弧に沿って



(a) 評価に使用した表示フォーマット

(b) 各シンボル名

図3 表示フォーマット

動いて現在の傾き角を指示する。

(4) 昇降率ケスケールおよび指標：機体の上昇、降下を示し、当初は最大±30.4m/sec(6,000ft/分)を用いていたが、後にスケール変更を行ったために図面と写真とで差異が生じている。

(5) G/S, LOC偏位スケールおよびポインタ：ILSのグライドスロープ(G/S)とローカライザ(LOC)の偏位をそれぞれ±2.5ドットの範囲で表示し、スケールに沿ってポインタが移動する。

(6) 速度表示：画面左上にデジタル表示し、末尾の数字は回転ドラム方式の動きを模擬している。

(7) 高度表示：画面右上にデジタル表示し、速度表示と同様に末尾の桁は回転ドラム式の動きとしている。

(8) DME表示：選択したナビゲーションステーションからの距離を表示する。

(9)  $V_1, V_2, V_R$ 表示：離陸滑走中の $V_1$ (臨界速度),  $V_2$ (安全離陸速度),  $V_R$ (引き起こし速度)をその都度表示する。

### 3.3 試験設備

試験は航技研の汎用飛行シミュレータ設備を使用し、機長側操縦士席(左席)を評価席とした。

使用模擬空港は羽田空港および岐阜飛行場(航空自衛隊岐阜基地)を中心とした空港周辺とした。

図4に実験構成図を示す。以下に使用した実験装置の概要について述べる。

#### 3.3.1 液晶ディスプレイ装置

図5に評価試験に供した液晶ディスプレイ装置のシステム構成図を示す。以下に各構成要素について説明する。

##### (1) インターフェースコンピュータ

飛行運動模擬計算機のデータ転送チャンネルとしてARINC429仕様のデータバスを整備しているが、ディスプレイプロセッサ側ではMIL-STD-1553B仕様のデータバスを用意していたので、両者のインターフェースをとるためにインターフェースコンピュータ(CPUはインテル68,000)を設けてデータの変換および受け渡しを行った。飛行運動計算機からインターフェースコンピュータへ出力した信号の一覧を表1に示す。

##### (2) ディスプレイ・プロセッサ

FPDの表示フォーマット画面を発生する。表1に示す各種入力を得て、必要な画面の描画を行い、ディスプレイユニットに画像情報を転送する。

##### (3) FPD表示ユニット

ディスプレイ・プロセッサからの画像情報を受

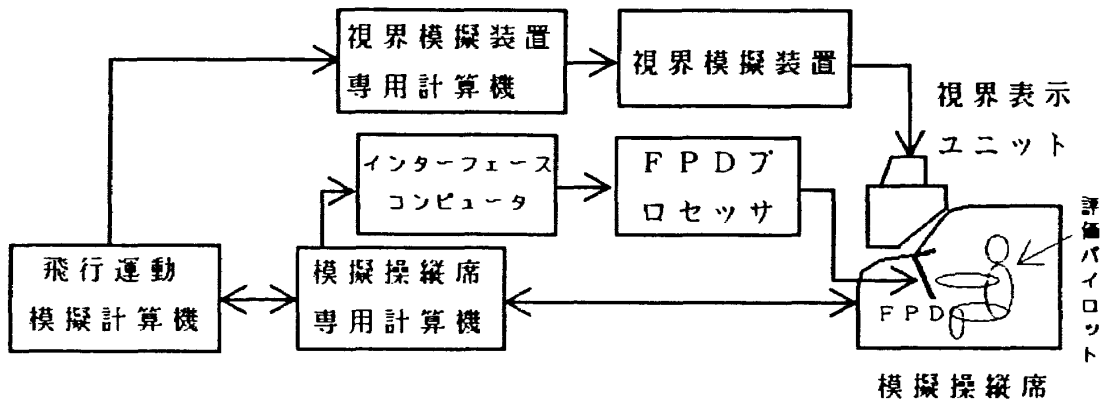


図4 飛行シミュレーション試験構成図

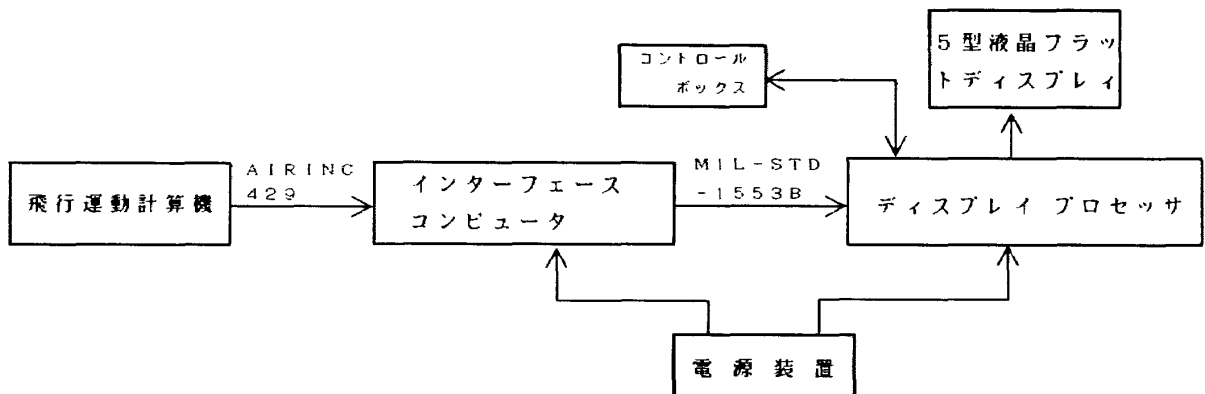


図5 液晶型フラットディスプレイ試験構成図

け、図3に示す画面を表示する。表2にディスプレイ表示ユニットの性能を示す。

#### (4) コントロールボックス

コントロールボックスは以下の機能を有している。

- 表示モードの切り替え (TEST, 標準)
- FDモード切り替え (FD有り, 無し)
- 輝度調節用つまみ (0~100% (80ft-L) まで)

#### (5) 使用電源

AC100V50Hzを用い、AC115V400Hz, DC28Vの電源を内部で発生する。システムの消費電力は約70Wである。

### 3.3.2 汎用飛行シミュレータ設備

今回の試験では模擬操縦席と視界模擬装置を使用した。その概要を以下に述べる。

#### (1) 模擬操縦席<sup>3)</sup>

評価席である機長席側計器盤の姿勢指示計に代えて今回の評価対象である液晶ディスプレイを装着した。

操縦席室内は視界映像の見え易さのために消灯

し、計器盤は計器盤照明を用いて明るくしている。計器盤の照度は200ルクスである。図6に飛行シミュレーション試験設備の全景を、図7に操縦席計器盤を示す。左席(機長席)中央の姿勢計が今回の評価に用いた液晶ディスプレイである。

#### (2) 視界模擬装置<sup>4)</sup>

空港を中心とした地形データを予めデジタルデータとして視界専用計算機に格納し、シミュレータ機の位置、高度、姿勢、方位情報を受けて、パイロット前方、側方の視界映像を描画し(計算機作画: CGI)、パイロット前方および側方の表示ユニットに呈示する。図8に着陸直前(羽田空港)の視界映像を示す。

#### (3) 飛行運動模擬計算機<sup>5)</sup>

飛行運動模擬計算機は32ビット、スーパーミニコン(MV/20000\*)と、模擬操縦席、視界模擬装置にサテライト計算機として16ビットのミニコンピュータ(S/250\*:操縦席, S/140\*:視界)を結合した複合計算機システムである。

\*: 日本データゼネラル(株)製



表1 ARINC-429転送データ一覧表

## 1. BNRデータ

No	信号名	出力	記号名	単位	LABEL	有効ビット長	範囲	必要分解能
1	CAS	SCAS	$V_{CAS}$	kt	206	14	0 ~ 1024	0.063
2	距離計		d	n.m	201**	16	0 ~ 512	0.008
3	LOCエラー	HUD	$E_L$	dot	173	12	± 10	0.005
4	GSエラー	HUD	$E_G$	dot	174	12	± 2.5	0.002
5	昇降率	SCAS	R/C	ft/min	212	11	± 32768	32
6	バンク角	SCAS	$\Phi$	deg/180*	325	14	± 180	0.02
7	サイドスリップ		$\delta_{sl}$	-	334	12	± 4	0.002
8	横滑り角	SCAS	$\beta$	deg/180	242	11	± 30	0.03
9	ピッチ角	SCAS	$\theta$	deg/180	324	13	± 180	0.05
10	FPCレバー角	SCAS	$\delta_{FPC}$	V	134	12	± 10	0.005
11	USBフラップ角	SCAS	$\delta_{USB}$	V	137	12	± 10	0.005
12	外側フラップ角	SCAS	$\delta_{OB}$	deg/180	250	12	± 180	0.09
13	迎え角	SCAS	$\alpha_{CG}$	deg/180	241	11	± 40	0.04
14	推力係数 #1		$C_{J*1}$	-	350	12	0 ~ 4	0.001
15	推力係数 #2		$C_{J*2}$	-	351	12	0 ~ 4	0.001
16	推力係数 #3		$C_{J*3}$	-	352	12	0 ~ 4	0.001
17	推力係数 #4		$C_{J*4}$	-	353	12	0 ~ 4	0.001
18	電波高度	SCAS	$H_R$	ft	164	18	0 ~ 32768	0.125
19	設定経路角	SCAS	$\gamma_0$	deg/180	104	10	± 45	0.09
20	設定空港距離	SCAS	$D_0$	n.m	103	15	0 ~ 16	0.00005
21	設定偏位距離	SCAS	$Y_0$	n.m	106	15	± 16	0.0001
22	設定空港高度	SCAS	$H_0$	ft	102	15	0 ~ 65536	2.0
23	気圧高度	SCAS	$H_P$	ft	203	17	± 131072	2.0
24	上下加速度	IRU	$a_{zCG}$	G	364	12	± 4	0.002

表1 続き

No	信号名	出力	記号名	単位	LABEL	有効ビット長	範囲	分解能
25	フライトディレクタ・ローリングコマンド		RCMD	deg/180	140	12	± 180	0.09
26	フライトディレクタ・ピッチコマンド		PCMD	deg/180	141	12	± 180	0.09
27	FIRST & SLOW		FS	kt	142	12	± 32	0.016
28	滑走路方位		$\phi_{\text{RUNWAY}}$	deg/180	105	11	± 180	0.18
29	機首方位		$\phi$	deg/180	320	11	± 180	0.18
30	対地経路角	IRU	$\gamma_G$	deg/180	322	9	± 180	0.75
31	スロットル・レバー		$\delta_{\text{TH#1}}$	deg/180	133	12	± 180	0.09
32	イニシヤル・バーティカル・スピード	IRU	$H_1$	ft/min	365	13	± 32768	16
33	対地速度		$V_{\text{GROUND}}$	kt	312	15	4096	0.125

注：\*)例えば「deg/180」は180°の入力があったときに1になるようにノーマライズするための単位。

\*\* ) S T O L 実験機に対応するための特別ラベルで標準のものと異なる。

## 2. B C D データ

No	信号名	出力	記号名	単位	LABEL	桁数	範囲	必要分解能
1	デジジョン・ハイト		DH	ft	167*	4	0~2500	1.0

\*) S T O L 実験機に対応するための特別ラベルで標準のものと異なる。

表1 続き

3. ディスクリット・データ

No	信号名	出力	記号名	単位	LABEL	ビット	範囲	備考
1	WARNING		WARNING	-	272	11		
2	CAUTION		CAUTION	-	272	12		
3	TACAN		TACAN	-	272	13		
4	RADAR GUIDANCE		RADAR_G	-	272	14		
5	GO AROUND		GO_ARND	-	272	15		
6	GEAR UP/DN		GEAR	-	272	16		
7	V <sub>1</sub>		V1	-	272	17		V <sub>1</sub> 後、約1秒 ON
8	V <sub>2</sub>		V2	-	272	18		V <sub>2</sub> 後、約1秒 ON
9	V <sub>R</sub>		VR	-	272	19		V <sub>R</sub> 後、約1秒 ON
10	FPC MODE		FPCMODE	-	272	20		

4. 各データの基本形式

B N Rデータ基本形式

P	SSM		DATA <----->				PAD <----->		SDI	LABEL
			MSB				LSB			
32	31	29	28				11	10 9 8	1	

B C Dデータ基本形式

P	SSM		BCD MSC	BCD CH#1	BCD CH#2	BCD CH#3	BCD CH#4	SDI	LABEL
			4 2 1	8 4 2 1	8 4 2 1	8 4 2 1	8 4 2 1		
32	31	30	29 27 26 23	22 19	18 15	14 11	10 9 8	1	

ディスクリット・データ基本形式

P	SSM		DATA				SDI	LABEL
			MSB			LSB		
32	31	30	29			11	10 9 8	1

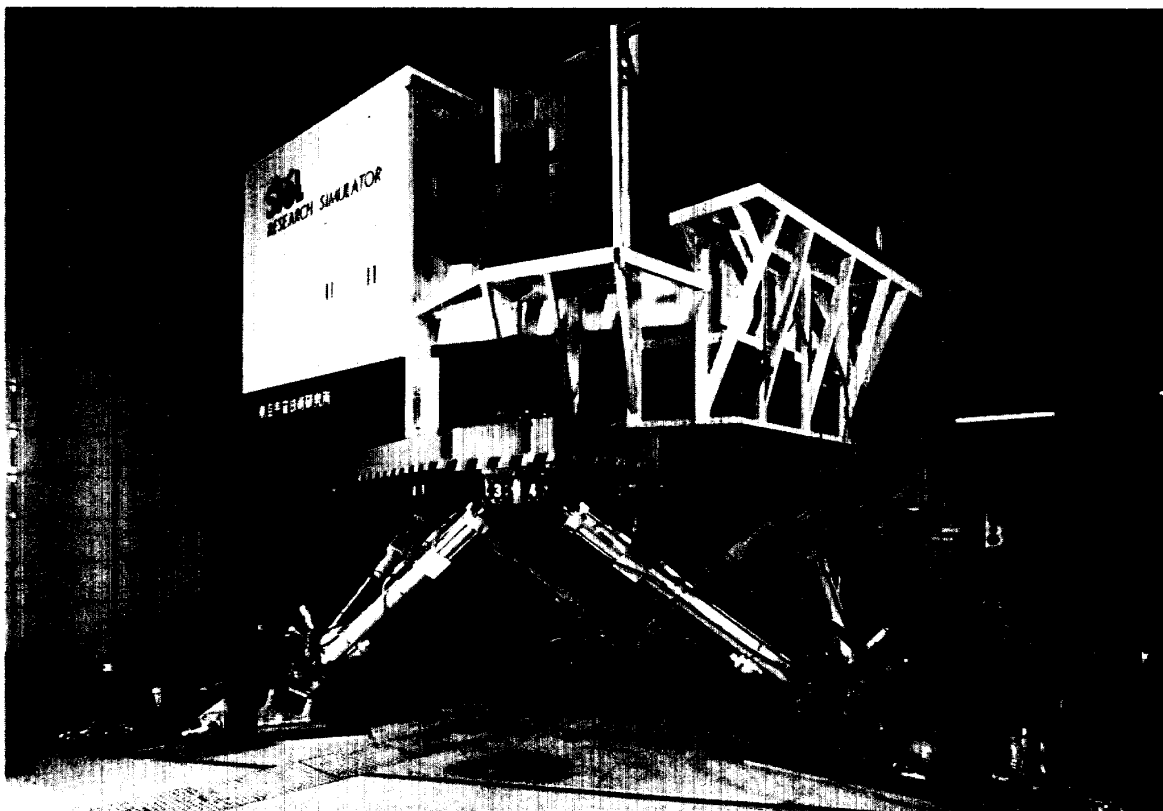


図6 飛行シミュレータ設備全景

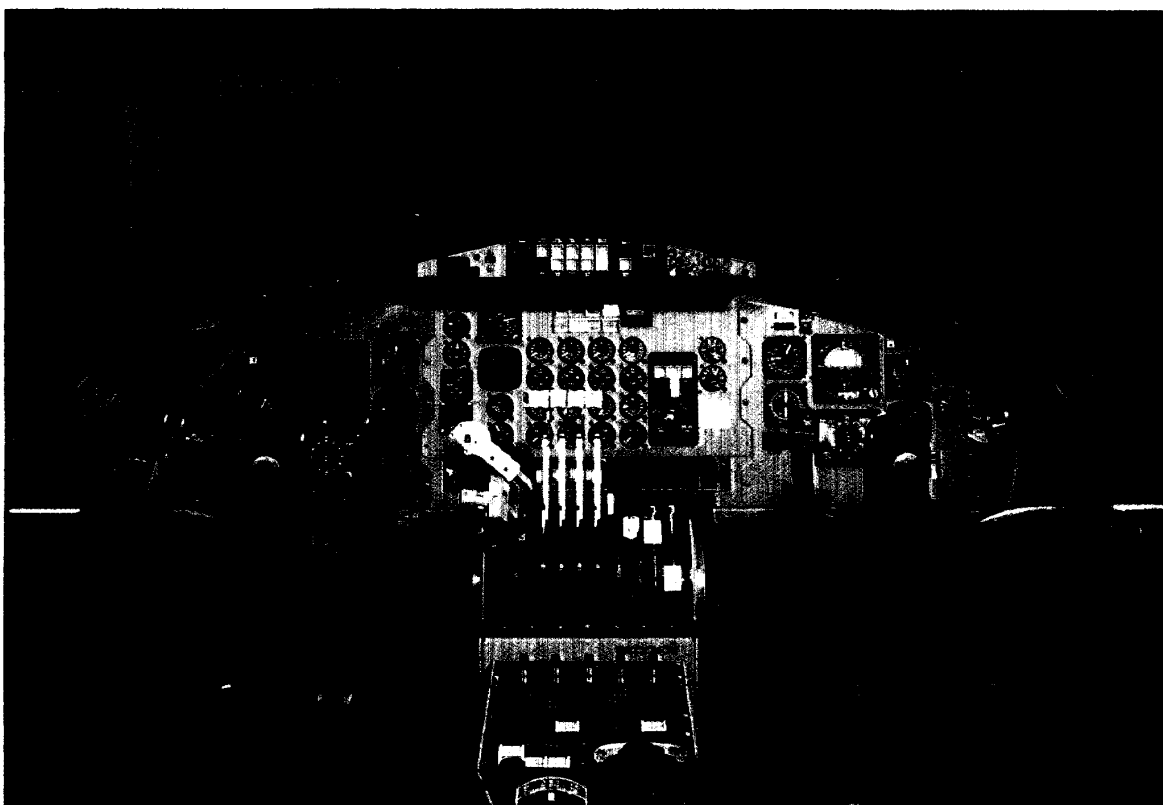


図7 模擬操縦席計器盤

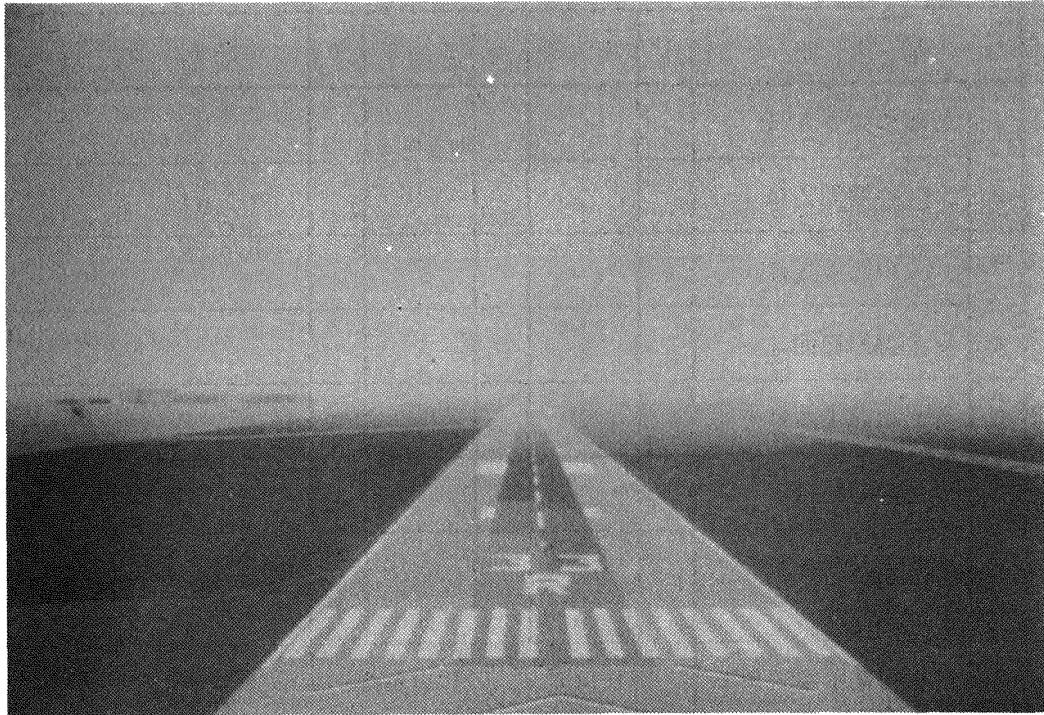


図8 視界映像例(羽田空港)

表2 液晶ディスプレイの性能

	項目	性能、規格
1	表示領域	縦125.3mm × 横122.9mm
2	表示色	256色より16色同時表示
3	分解能(最小)	縦0.16mm × 横0.16mm
4	コントラスト	10以上
5	輝度コントロール	0.5 ~ 80 Ft-L
6	可視可能な視野角	左右60°
7	リフレッシュレート	80Hz
8	データアップレート	40Hz / 20Hz
9	電源/消費電力	AC115V/400Hz/70W

## (4) 飛行運動モデル

飛行運動モデルとしてはSTOL実験機「飛鳥」のモデルを使用した。離陸はCTOL離陸形態(離陸時の加速および離陸速度が速い)とし、上空ではクリーン形態(高速巡航)、着陸はSTOL着陸形態(低速進入)を使用した。

## 3.4 評価パイロット

航技研の研究パイロット2名, 航空機メーカー試験パイロット12名および運航会社の試験パイロット9名の合計23名の評価パイロットが参画した。

## 3.5 評価試験

試験は通常離陸(CTOL 離陸形態), 上昇, 形態変更, エアワーク(飛行行動: 左右旋回や上昇, 降下など), 定常進入(CTOL, STOL 着陸形態), 着陸を行い, 予めパイロットに示した評価シートの項目についての確認飛行を行う。

## 3.6 評価項目およびコメントシート

評価項目はハードウェアの機能, 性能の確認を主とし, あわせて表示フォーマットに関しシンボル・文字等の大きさ, 太さ, 色合い, 動きのスムーズさ, 読み取り易さ等について評価シートに評点ならびにコメントを記入する方式を採った。評点は7段階評価とし, 評点1が優れている, 評点3がこのままでも良い, 評点7が改修の必要ありとした。図9に評価コメント用紙の一例を示す。

項目		1	2	3	4	5	6	7	コメント	
1	画面の大きさは									
2	〃の解像力は									
3	〃の明るさは									
4	輝度調節範囲は									
5	背光に対する見え方									
6	発色の種類は									
7	画素の欠落は気になりますか									
8	可視可能な視野角 左右方向									
		理想角度 ( )°			許容角度 ( )°					
備考		1:優れている 4:このままでも良い 7:改良の必要有り ・各スケール上に○印を、コメント欄にコメントをご記入下さい。								

図9 評価シート例(ハードウェアの機能, 性能)

## 5. 評価試験の結果と検討

各評価結果とも共通して航空機メーカー(●印)と運航会社(■印)のパイロットを区別してプロットした。なお航技研の研究パイロットは航空機メーカーのパイロット(●印)としてカウントした。評点とコメントの要約を付録2に添付する。なお評点5~7の改修が必要と指摘された項目については、5名以上のパイロットが評点したケース(評価結果の図でハッチングしている)について検討, 考察を行った。

### 5.1 ハードウェアの機能, 性能についての評価結果

図10にハードウェアに関する評価結果を示す。

全体に評価1~4以上が圧倒的に多いことから、現状の機能, 性能である程度実用の域に達していると判断できる。以下に各項目について図およびコメントから検討する。

(1) 画面の大きさ: 今回使用した液晶ディスプ

レイは5インチ(たて125.3mm×よこ122.9mm)型であり, EADIとしての使用であるならば十分な大きさである。しかし統合計器(PFD, NDなどのEFIS)として用いる場合はARINCのDサイズ<sup>6)</sup>以上(8~10インチ程度)の大きさが必要であるとのコメントが得られている(付録2(a)-①)。

(2) 画面の解像力: 最小ドットが0.16mm, 白線で0.32mmであり現状では問題ない。しかし斜線描画時に図11に示すようなジャギー(ギザギザ)が発生することから解像力の評価を低めている。このジャギーの解消は是非必要であると指摘されており, ジャギー解消のためには, より高精細度であること, 後に述べるように中間輝度の発生機能を設けることが必要である(付録2(a)-②)。

(3) 画面の明るさ: 最大輝度は問題ない。ただし画面全体の明るさの均一性に欠け, 画面ムラがあるのは好ましくないので改良を必要とする(付録2(a)-③)。

(4) 輝度調節範囲: 夜間飛行を想定した場合の

項目	評 点						
	1	2	3	4	5	6	7
画面の大きさ	● ■	●●	● ■	●●●● ■	●●●●● ■	■	
〃 の解像力	●● ■	●●	●●●●	●●●●● ■	● ■	■	●
〃 の明るさ	●●●● ■	●● ●●	●	●● ■		■	●● ■
揮度調節範囲	●●●● ■	●	■	●●●● ■	●	■	●●●● ■
背光に対する見え方	●●●● ■	●	●●●●	●●●●			
発色の種類	●	●	●●	●●●●	●	●	■
画素の欠落は気になりますか	●●●●		■	●●●● ■	●		

可視可能な視野角 (左右方向)	理想角度		許容角度	
	航空機メーカー	55.7°		65.0°
運航会社	50.0°		62.8°	

●● ■ : 5パイロット    ● : 航空機メーカー  
 ● ■ : 1パイロット    ■ : 運航会社

図10 評価結果(ハードウェアの機能, 性能)

輝度絞り込みに対して、最小輝度付近でフリッカーが発生するので改善が必要である(付録2(a)-④)。また輝度調節範囲として最大輝度からは最小輝度まで連続的に調節できることが必要である。また輝度調節による色調の変化に関しては、一般にCRTの輝度を絞り込むことにより色調が劣化するが、液晶ディスプレイの場合は暗く絞り込んでも鮮やかな色調を維持しており、変化の度合いは僅少であった。なお、ジャギー解消技術として各ピクセル毎の中間輝度のコントロールが必要と

なるので、中間輝度の発生技術の確立が必要である。

(5) 背光に対する見え方：強力な太陽光に対し、CRTの場合シャドウマスク等での反射により視認性が損なわれたが、液晶ディスプレイの場合では太陽光を想定し、写真撮影用照明ランプにより強力な背光(照度8,000ルクス)を照射しても十分な視認性が有ることが確認された(付録2(a)-⑤)。

(6) 発色の種類：ハードウェアの機能として

256色の中から16色の表示が可能に設計されているが、実際には中間色(中間輝度)の発生に際しては色むら等の発生により8色程度の表示しかできない。より多くの情報呈示および表示色の調和あるいはビデオ映像等を考えると、フルカラー表示が必要である(付録2(a)-⑥)。

(7) 画素の欠落:液晶ディスプレイパネル製造における歩留まりは画素の欠落数による。現在は暫定的に全画素数60万画素に対して20個以内のパネルを合格としているが、線欠陥や面欠陥のように欠落箇所が一箇所に集中しなければ殆ど気にならないことが判った(付録2(a)-⑦)。

(8) 可視可能な視野角:液晶ディスプレイの一つの課題として斜め方向からの視認性の向上が挙

げられる。

視野角を狭める要因として①液晶パネルの厚さ、②偏向板を用いている、③中間色の発生を行うこと等が挙げられる。

より広い視野角を得るためには①液晶パネルをより薄くする(今までは $10\mu$ 程度の厚さを現在技術で $5\mu$ の薄さのパネルが得られている)、②偏向板を用いない液晶パネル技術(高分子分散型)<sup>1)</sup>、③位相差フィルムを用いて見かけの視野角を拡大する方法等が開発あるいは開発途上にある。民需の液晶テレビ等ではビデオ映像のため中間色を発生していることから視野角を狭ましている。

航空機用液晶ディスプレイについては、大型ジェット機での右の操縦席から左席のEADIを見る角度は図12のように概ね $60^\circ$ である。本評価試験で得られた視認可能な許容視野角はパイロット平均で $64^\circ$ であり、今回の液晶ディスプレイはパイロットの通常の実操作範囲での視認性は十分得られていると判断された(付録2(a)-⑧)。

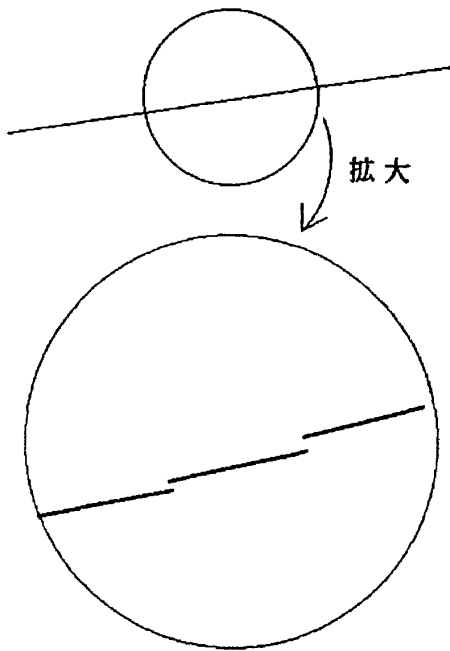


図11 ジャギー現象

## 5.2 表示フォーマットに関する評価結果

### 5.2.1 シンボル, 線, 文字の「大きさ, 太さ」についての評価結果

図13に評価結果を示す。基本的な表示フォーマットについては概ね良好であった。しかし図から分かるように機体シンボル, ピッチスケール, G/S, LOCポインタ, 昇降率スケールおよびポインタ等に改修の必要性を指摘したパイロットが多いことが判る。

機体シンボルについては、図14(a)のように脚の

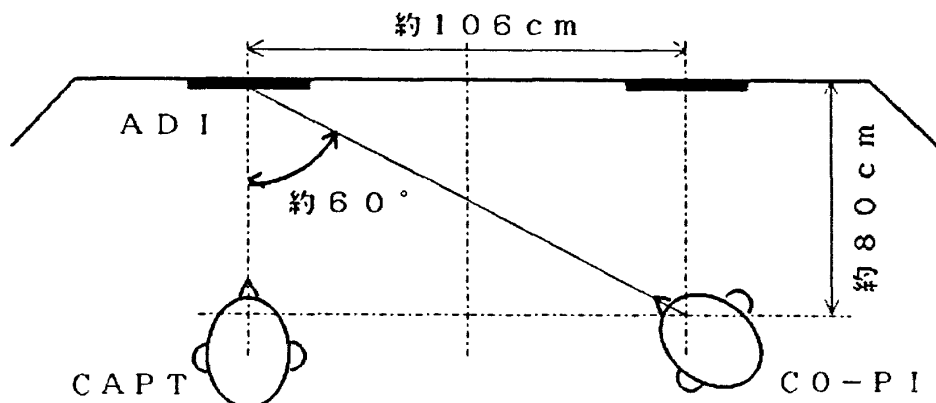


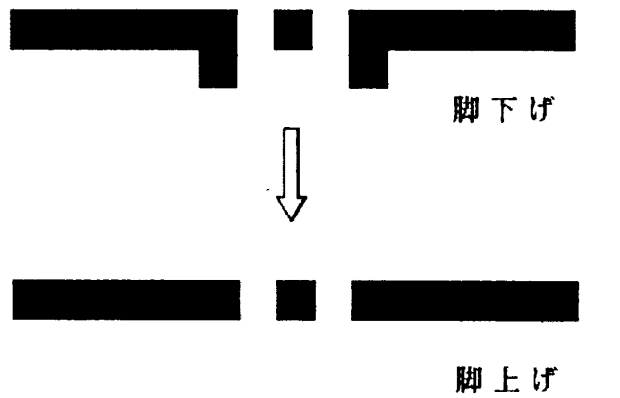
図12 副操縦席から機長席ADIをのぞむ角度



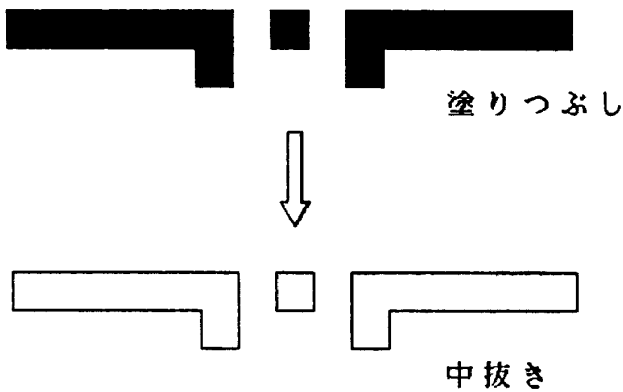
項目	評 点						
	1	2	3	4	5	6	7
水平線	●	●● ■		●● ■		●	
機体シンボル	●	●●		● ■	●●●● ■	●●●● ■	■
ピッチスケール	● ■	●●	■	●●●● ■	●●●●	●●●●	■
バンク角スケール	●● ■	●		●●●●● ■	■	●	●
〃 ポインタ	●● ■	●●	■	●●●●● ■	■		●
G/S、LOC スケール	●●● ■	●		●●●●● ■	■	■	●
〃 〃 ポインタ	●●● ■	●		●●●●● ■	● ■	■	● ■
昇降率スケール	●●●● ■	●		●●●● ■	●● ■	●●	●●●● ■
〃 ポインタ	●●●● ■	●		●●● ■	●● ■	■	● ■
速度表示	●●●● ■	●● ■	●	●● ■	●	■	■
高度表示	●●●● ■	●● ■		●●●● ■	■	■	■
GA、V <sub>1</sub> 、V <sub>2</sub> 、V <sub>R</sub> 表示	●● ■	● ■		●●●● ■		■	■

●● ■ : 5パイロット      ● : 航空機メーカー  
 ● ■ : 1パイロット      ■ : 運航会社

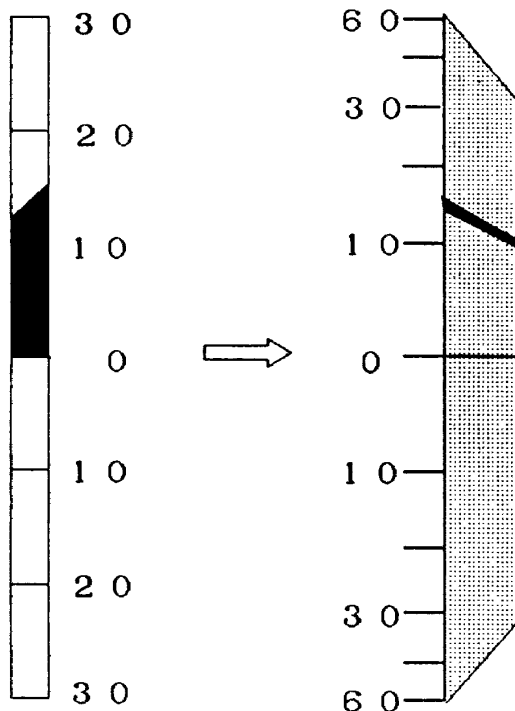
図13 評価結果（シンボル，線，文字の大きさ，太さ）



(a) 機体シンボルの脚表示



(b) 機体シンボルの色合い



(c) 昇降率表示

図14 各種フォーマットの改修

上げ、下げによりシンボルの形状を変えたが、脚上げ時で大きなバンク角をとった場合など、天地上下の判断が咄嗟にしにくくなることが判った。

また形状としては図14(b)のように塗りつぶしでは機体シンボルとピッチスケールが重なった場合、ピッチスケールが見えなくなることから、中抜き形状にした方がよいことが判った(付録2(b)-②)。

つぎにピッチスケールについては線が細すぎる、小さなバンク角をとった時に図11に示したジャギーを改良すること、また1°毎のドットを短い横線とすること等の指摘があった(付録2(b)-③)。

さらに昇降率表示については当初フルスケールを±30.3m/sec(6,000ft/分)としたが、表示範囲に対する表示量(表示ゲイン)が低すぎて指示値が判読できないとの理由により高度1,480m(4,500ft)以上でフルスケール±15.2m/sec(3,000ft/分)、1,480m以下で±7.6m/sec(1,500ft/分)と自動的に切り替わるようにした。何れにしても指示値は正確に読み取ることが困難であること、フルスケール±7.6m/secでは表示ゲインが高すぎ、昇降率「零」付近での高度保持が困難であることが指摘された。表示にダンピングかけて(付録2(b)-⑧、⑨)動きをスムーズにすることとSAE ARP<sup>7)</sup>に準拠したフォーマット(図14(c))にすることが望ましいことが判った。

### 5.2.2 シンボル、線、文字の「色合い」についての評価結果

文字、スケール、背景の上部など基本的な部分の色合いについては問題ない。しかし図15に示す結果から背景の下部、機体シンボル、G/S、LOCポインタ、昇降率ポインタに改修を必要と指摘したパイロットが多いことが判る。

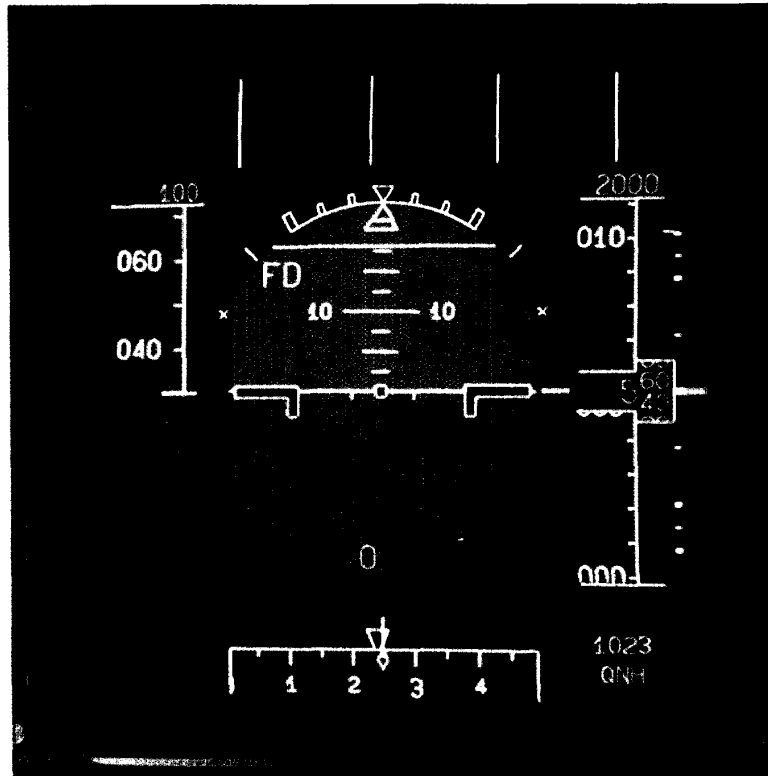
背景(姿勢計)の下部の色はアンバーとしたが、ハードウェアの性能により中間色の発生が難しく、縦縞と色むらが発生し(付録2(c)-②)、ピッチスケールが横線なので違和感が発生する。基本的には一様であるべきなのでハードウェアの改善が必要である。

つぎに機体シンボルについては色は黒の塗りつぶしとしたが、前にも述べたように中抜きの明るい色が良いことが指摘されている(付録2(c)-④)。

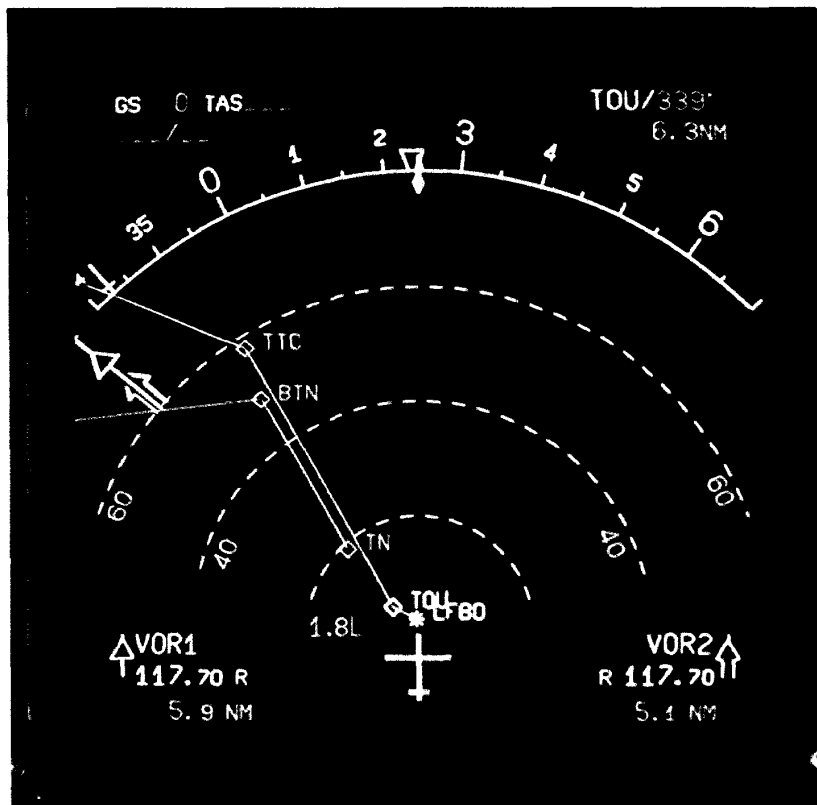
項目	評 点						
	1	2	3	4	5	6	7
背景（上部）	●●●●● ■	●●		●●●●● ■			
背景（下部）	● ■	●●		●●●●● ■	● ■	■	●● ■
水平線	●●●●	●●		●●●●● ■	■		● ■
機体シンボル	●●	●●		●●	● ■	●	●● ■
ピッチスケール	●●●●	●● ■	■	●●●●● ■	■	■	●
バンク角スケール	●●●●	●●	■	●●●●● ■			●
〃 ポインタ	●●	●●●●	■	●●●●● ■	● ■	■	● ■
G/S、LOC スケール	●●●●	●● ■	■	●●●●● ■	■		
〃 〃 ポインタ	●●●●●	●●		●●	● ■	■	● ■
昇降率スケール	●●●●●	■	■	●●●●● ■	■	■	●
〃 ポインタ	●●●●●	●		●●●●● ■	■	■	● ■
速度表示	●●●●● ■	●	■	●●●●● ■			
高度表示	●●●●● ■	●	■	●●●●● ■			
GA、V <sub>1</sub> 、V <sub>2</sub> 、V <sub>R</sub> 表示	●●	●		●●●●● ■			■

●●●●● ■ : 5パイロット      ● : 航空機メーカー  
 ● ■ : 1パイロット      ■ : 運航会社

図15 評価結果（シンボル，線，文字の色合い）



(a) PFD



(b) ND

図16 A320の表示色の例

G/S, LOC ポインタ, 昇降率ポインタについても明るく目立つ色合いが良く, いずれもSAEのG10 (第10グループ)の検討結果やSAE ARP<sup>7)</sup>を参考にして, 再検討を行う必要があると考える。表示色の例として図16にA320のPFD, NDを示す。

5.2.3 シンボル, 線, 文字の「動きのスムーズさ」についての評価結果

スムーズさを決定する要因として①データの更新レートと②画面の描画速度の2点が考えられる。

結果を図17に示す。図17の結果から全体的には動きのスムーズさは確保されていると判断出来る。

データの更新レートは今回の試験では25回/秒とした。STOL機「飛鳥」の通常のマニューバでは特に支障は無かった。しかし急激な運動たとえば60°旋回などを行うと方位角や各種ポインタの動きにスムーズさが欠けることが分かった。

つぎに画面の描画速度については今回の評価に用いたLCDパネルは80回/秒であり十分な描画速度を確保しているものとする。

しかしデジタル表示で特に高度表示については精度を高める目的で末尾桁まで表示したが, 桁の動きが速すぎて読み取り易さに影響を及ぼして

項目	評 点						
	1	2	3	4	5	6	7
背景 (含む水平線)	● ■	●● ■		●●●● ■ ■ ■	●● ■		● ■
ピッチスケール	●	● ■		●●●● ■ ■ ■	●● ●		● ■
バンク角ポインタ	●●	● ■		●●● ■ ■	● ●		●● ■
サイトスリップポインタ	●●●	●● ■	■	●●● ■ ■ ■ ■	●● ■		● ■
G/S, LOCポインタ	●	●● ■	■	●●● ■ ■	■		●
昇降率ポインタ	●●●	● ■		●●● ■ ■	●●		●● ■
速度表示	●●●	● ■	■	●●●● ■ ■ ■	■		■
高度表示	●●●	●● ■		●● ■ ■	●● ●	■	●●● ■ ■ ■ ■
GA, V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub> , V <sub>R</sub> 表示	●●	● ■		●●●● ■ ■	■		■

●●●● : 5パイロット      ● : 航空機メーカー  
●● : 1パイロット      ■ : 運航会社

図17 評価結果(シンボル, 線, 文字の動きのスムーズさ)

いることが判った(付録2(d)-⑦, ⑧)。

5.2.4 シンボル, 線, 文字の「読み取り易さ」  
 についての評価結果

読み取り易さは形状, サイズ, 色合い, スムーズさ等の総合結果として得られるものと考えられ

る。

図18の結果から背景(上下)およびバンク角表示, G/S, LOC表示, 速度表示等については現状で良いと判断できるが, 機体シンボル, 水平線, ピッチスケール, 昇降率スケールおよびポインタ,

項目	評 点						
	1	2	3	4	5	6	7
背景(上部)	●●●● ■			●●●●● ■			
背景(下部)	●●●●● ■	●		●●●●● ■		■	
水平線	●●●● ■			●●●●● ■	●	■	●
機体シンボル	●●●● ■			●●●● ■	●	■	●●●● ■
ピッチスケール	●●●● ■	■	●	●●●●● ■	●●●●	■	●●●● ■
バンク角スケール	●●●●● ■	■		●●●●● ■	■		
// ポインタ	●●●● ■			●●●●● ■			●●●● ■
G/S, LOC スケール	●●●●		■	●●●●● ■	■	■	
// // ポインタ	●●●●● ■			●●●●● ■			●●●● ■
昇降率スケール	●●		■	●●●●● ■	●	■	●●●● ■
// ポインタ	●●●●		■	●●●●● ■	●●●●	■	●●●●● ■
速度表示	●●●●	●	●	●●●●● ■	■		■
高度表示	●●●●	■	●	●●●●● ■	●	■	●●●●● ■
GA, V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub> , V <sub>R</sub> 表示	●●●●	●		●●●●● ■	●	■	●●●●● ■

●●●● : 5パイロット      ●●●● : 航空機メーカー  
 ●●●● : 1パイロット      ■ : 運航会社

図18 評価結果(シンボル, 線, 文字の読み取り易さ)

高度表示等について読みにくいという結果が出ている。これらは先に述べた個々の評価結果に対応しており、デジタル表示方式の再検討、アナログ表示を主とした表示フォーマットの全体的見直し(付録2(e)-⑬)、中間色を含む色合いの再検討等により読み取り易い計器となるものと考ええる。

## 6. おわりに

### 6.1 ハードウェアについて

この評価試験を通して液晶ディスプレイがCRTディスプレイと比較して幾多の優れた特長を持っていること、将来の計器表示デバイスとして十分な機能、性能を有していることが確認できた。

今後の技術課題としては、中間色を含む多色表示技術、低輝度における輝度調整機能、ジャギー解消技術、大画面、広視野角技術等を確立することが必要であると考ええる

### 6.2 表示フォーマットについて

今回用いたフォーマットの決定に際しては、事前にパイロットの意見を反映し、調整の後結果決定したものであり、ADI、シンボル、文字サイズ、色合い等では概ね良好であったと考える。しかし機体シンボル、昇降率表示および高度、速度表示等のデジタル表示について改修、改良の余地がある。特に高度、速度はアナログ表示を主とし、デジタル表示は併用程度とする。また形状、色合いの基本的なところはSAEのリコメンドに準じることが良いと考える。

最後に本評価試験に御協力いただいた運航会社、航空機製造会社のパイロットおよび技術者の方々と、試験実施にあたりご助言を戴いた多数の方々に心より謝意を表する。

## 参 考 文 献

- 1) 日経PB社：フラットパネル・ディスプレイ(1990).
- 2) H. Kawahara et al. : 5"-Size Liquid Crystal Flat Panel Display Evaluation Test by Flight Simulator, AIAA 90-3144 (1990.9).
- 3) 川原弘靖他：飛行シミュレーション試験設備、模擬操縦席装置の構成および機能、性能、航空宇宙技術研究所報告, TM-577 (1987.11).
- 4) 若色 薫他：飛行シミュレーション試験設備、視界模擬装置の構成および機能、性能、航空宇宙技術研究所報告, TM-581 (1988.2).
- 5) A. Watanabe et al. : NAL Flight Simulator Real-Time Computer System, AIAA 89-3297 (1989.8).
- 6) Aeronautical Radio INC. : Electronic Flight Instrument, ARINC-725 (1990.8.2).
- 7) SAE : AEROSPACE RECOMMENDED PRACTICE, ARP-4102/7 (1987.11).
- 8) シャープ㈱：液晶ディスプレイ「フラットパネルディスプレイ」最前線 (1990.6).

## 付録1 液晶とその基本的性質

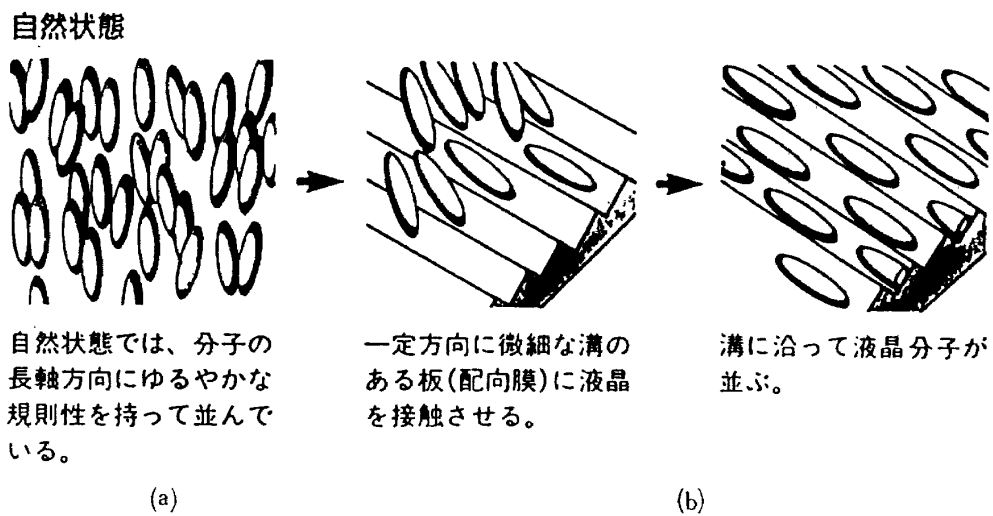
### 1. 液晶の基本的性質<sup>8)</sup>

液晶は個体と液体の間にある物質の状態（例えば「いか」の墨とか石鹼水等）の結晶構造を持つ透明に近い薄乳白色の液体で、1888年にオーストラリアの植物学者ライニツァーによって発見された。

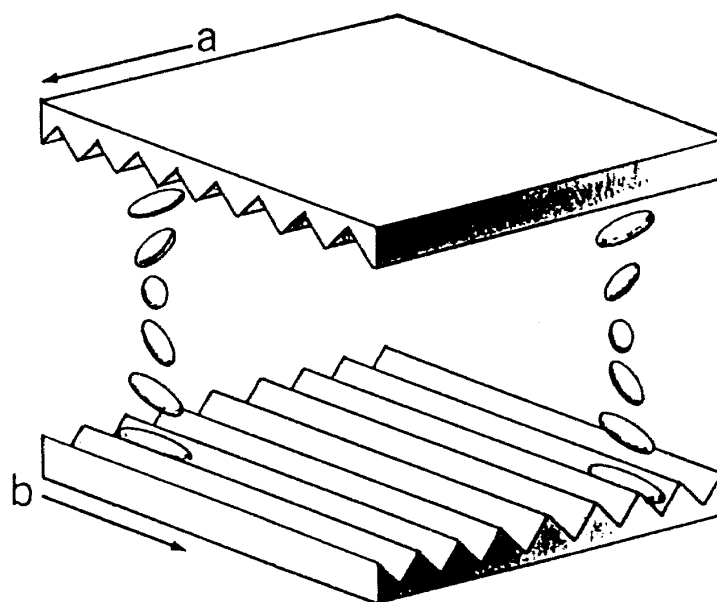
液晶物質のほとんどは細長い棒状の分子からなる有機化合物で、自然状態では付図1(a)に示すようにゆるやかな規則性をもって並ぶ性質がある。

またこの液晶を一定方向に細い溝の付いた配向膜（洗濯板のような）に接触させると、付図1(b)のように液晶分子は溝に沿って並ぶ性質がある。さらにこの板の溝の向きを90度ずらせて液晶を挟むと、付図2のように液晶分子は90度捻れて配列する（旋向する）。

この配向膜2枚をガラスのような透明な材質で作成し、付図3のように光を当てると光は分子の並びの間隙を90度捻れて光が通過する性質がある（これを液晶パネルと呼ぶこととする）。この性質が液晶ディスプレイの基本になっている。



付図1 液晶分子の基本的性質



上の板の溝に沿った分子はa方向を、下の板の溝に沿った分子はb方向を向き、液晶分子は層内で90度ねじれた状態になる。(TN型液晶)

付図2 液晶の旋向性質



この液晶パネルの両端に電氣的刺激を与えると光の通過の仕方が変わること1936年に米国RCA社のウィリアムズが発見し、5年後に同社のハイルマイヤーらのグループがこの特性を応用した表示装置を開発した。これが液晶ディスプレイの誕生である。

## 2. 液晶ディスプレイの原理

今回の評価試験に用いた液晶ディスプレイはTN型(Twisted Nematic)のディスプレイに属するのでこの方式について述べる。

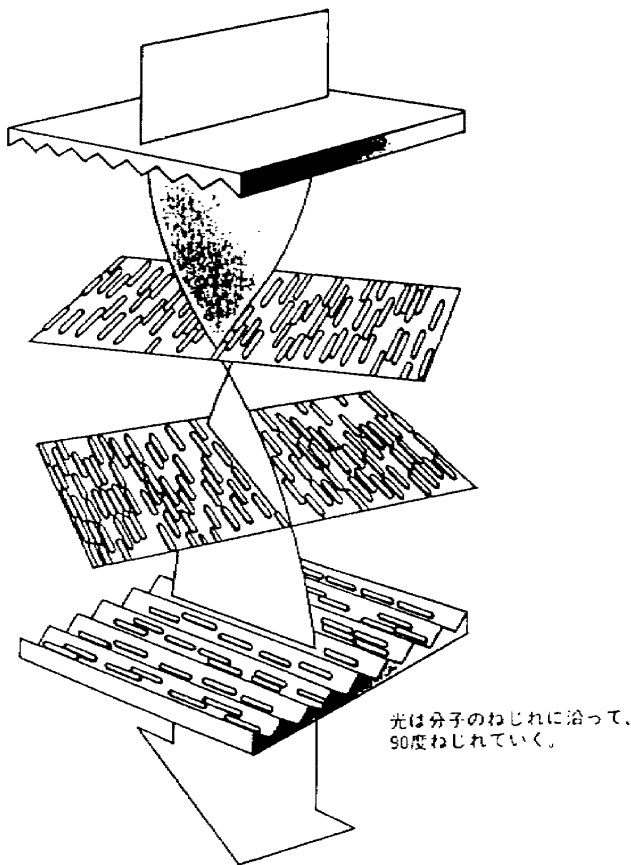
液晶パネルに付図4のように電圧を加えると液晶の旋向状態がなくなり、電圧を外すと元の旋向状態に戻る。

付図5のようにこのパネルをさらに2枚の偏向

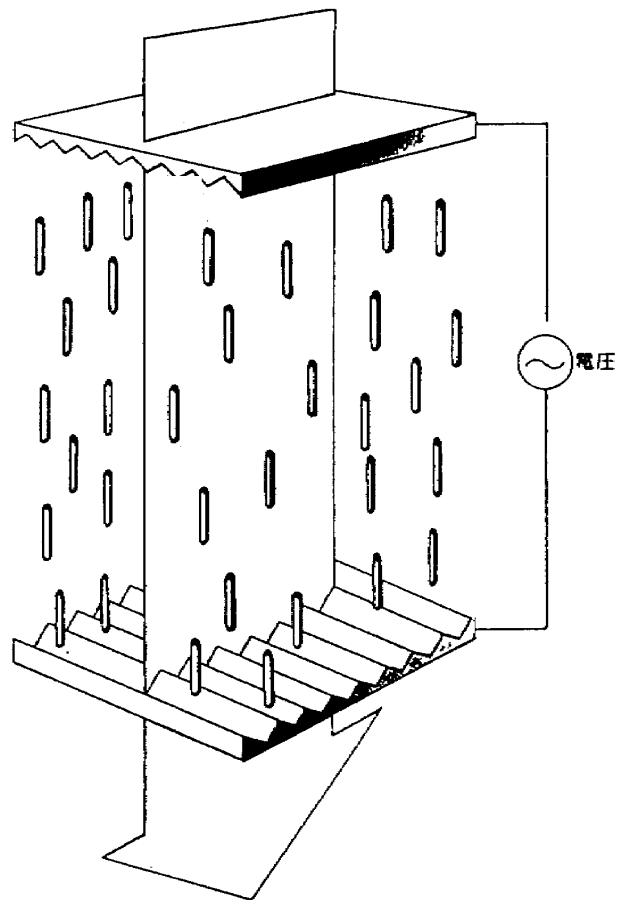
フィルターでサンドウィッチすると、基本的な液晶ディスプレイの構造となる。

一様な光が偏向フィルターを通過すると付図5のように偏向フィルターのスリットの方成分のみが通過する。この通過した光を液晶パネルの偏向膜に当てると旋向して2枚目の偏向フィルターを通過する。このとき液晶パネルに電圧を加えると液晶パネルの旋向特性が無くなるので光は遮断される。

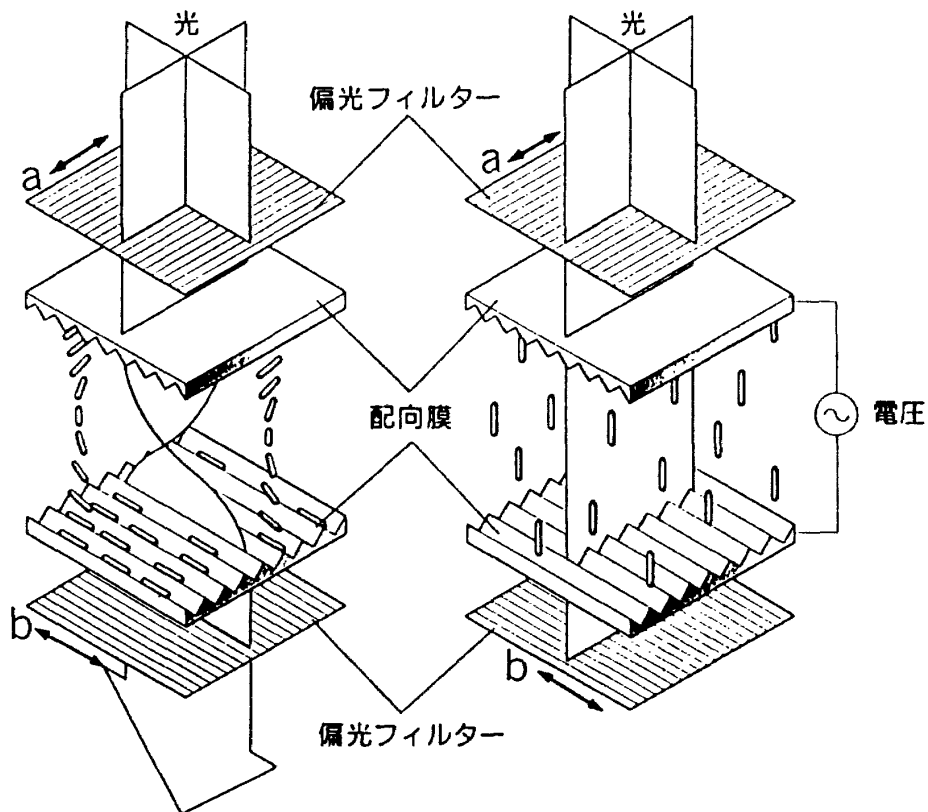
電圧のON-OFFで通過する光のON-OFFが制御できることになる。さらに電圧の強さを変えることにより旋向の度合いが変わることから、透過光の量が制御できる(中間明度)。この電圧制御には薄膜の透明電極によるトランジスタを用いている。



付図3 旋向した液晶を通過する光の様子



付図4 配向膜に電圧を加えた時の様子



光が通らないように偏光方向を直交させた2枚の偏光フィルターの間に、ねじれた液晶をはさむと、上から入った光は、液晶分子の隙間に沿って90度ねじれるので、下のフィルターを通過できる。(光が通る)

電圧をかけると、液晶分子が直立してねじれが取れる。上から入った光は、そのまま下に向かうので、下のフィルターを通れない。(光を遮断)

付図5 TN型液晶パネルの原理

付録2(a) 評点とコメントの要約(ハードウェアの機能, 性能)

項目	評点			コメント
	1	4	7	
① 画面の大きさ				<ul style="list-style-type: none"> <li>画面の割りにフレームが大きい。</li> <li>現在の表示情報量ならば適当である。統合計器として使用するならば8~10インチ程度の大きさが良い。</li> </ul>
② " の解像力				<ul style="list-style-type: none"> <li>輪郭がギザギザに見える。</li> </ul>
③ " の明るさ				<ul style="list-style-type: none"> <li>画面全体にわたって一様性がない。</li> </ul>
④ 輝度調節範囲				<ul style="list-style-type: none"> <li>均一に可変可能で、良好である。</li> <li>低輝度でチラツキがでる。</li> </ul>
⑤ 背光に対する見え方				<ul style="list-style-type: none"> <li>強力な背光に対しても充分な視認性がある。</li> </ul>
⑥ 発色の種類				<ul style="list-style-type: none"> <li>情報量を多くする場合には、多色化が必要である。</li> <li>CRTに比べ色合いの鮮かさが無い。</li> </ul>
⑦ 画素の欠落は気になりですか				<ul style="list-style-type: none"> <li>欠落場所が線とか面の様に一箇所に集中すると問題である。</li> </ul>
⑧ 可視可能な視野角	左右方向で 64°			

付録 2 (b) 評点とコメントの要約 ( シンボル, 線, 文字の大きさ, 太さ )

項目	評点							コメント
	1	4	7	7	7	7	7	
① 水平線	●	●●●●	●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・線が細い。</li> <li>・微妙なバンク時のギザギザが気になる。</li> </ul>
② 機体シンボル	●	●●●●	●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・色付きの中抜きで、少し短めが良い。</li> <li>・中心のドットが小さい。</li> </ul>
③ ピッチスケール	●●	●●●●	●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1° 毎の目盛りは細かすぎ。</li> <li>・2.5° 毎に15° 迄目盛る。</li> <li>・0~10° の間隔が狭い。</li> </ul>
④ バンク角スケール	●●●●	●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・30°、60° の線をもっと太くし、見やすくすること。</li> </ul>
⑤ " ボイнта	●●●●	●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パイロットの要求あるいは脚下げ時に表示する。</li> <li>・スケールおよびボイнтаは SAE ARP-7 に準拠すること。</li> </ul>
⑥ G/S、LOC スケール	●●●●	●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スケールを非線形 (対数目盛等) にし、ゼロ付近でダンピングを入れるとレベルフルライต์が容易となる。</li> <li>・表示レンジが変わっても気が付かない。</li> </ul>
⑦ " " ボイнта	●●●●	●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・表示位置を工夫し視線移動を少なく。</li> <li>・デジタル表示よりアナログ表示が良い。</li> </ul>
⑧ 昇降率スケール	●●●●	●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デジタル表示よりアナログ表示にした方が読み易い。</li> <li>・最小桁は低高度から、10の桁は中高度から表示する等の工夫が必要である。</li> </ul>
⑨ " " ボイнта	●●●●	●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CAS表示との位置を考慮すること</li> <li>・表示は有効</li> </ul>
⑩ 速度表示	●●●●	●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	
⑪ 高度表示	●●●●	●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	
⑫ GA、V <sub>1</sub> 、V <sub>2</sub> 、V <sub>R</sub> 表示	●●●●	●●●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●●●●●	

付録2(c) 評点とコメントの要約(シンボル, 線, 文字の色合い)

項目	評点				コメント
	1	4	7		
① 背景(上部)					<ul style="list-style-type: none"> <li>・機体シンボル(黒)との色合いを考慮すること。</li> </ul>
② 背景(下部)					
③ 水平線					<ul style="list-style-type: none"> <li>・輝度を絞った時、グリッドが出る。</li> <li>・グラウンドのイメーが濁く色合いにする。</li> <li>・色むらがある。 ・明るすぎる。</li> </ul>
④ 機体シンボル					<ul style="list-style-type: none"> <li>・もう少し明確な色が良い。</li> <li>・枠く取りにした方が良い。</li> </ul>
⑤ ピッチスケール					<ul style="list-style-type: none"> <li>・下方が判り易い色が良い。</li> </ul>
⑥ バック角スケール					
⑦ " ボイнта					<ul style="list-style-type: none"> <li>・白と黄色の見分けが付き難い(白の方が見易い)。</li> <li>・サイドスリップ表示の色を変えると良い。</li> </ul>
⑧ G/S、LOC スケール					<ul style="list-style-type: none"> <li>・白色が良い。</li> <li>・目立つ色(明るい色)が良い。</li> </ul>
⑨ " " ボイнта					<ul style="list-style-type: none"> <li>・白色が良い。</li> </ul>
⑩ 昇降率スケール					<ul style="list-style-type: none"> <li>・フルスケールになった時には塗りつぶした方が良い。</li> <li>・スケールの自動切り替えに気がつかない時がある。</li> </ul>
⑪ " " ボイнта					
⑫ 速度表示					<ul style="list-style-type: none"> <li>・電波高度と気圧高度で色を変える。</li> </ul>
⑬ 高度表示					
⑭ GA、V <sub>1</sub> 、V <sub>2</sub> 、V <sub>R</sub> 表示					<ul style="list-style-type: none"> <li>・白よりもっと目立つ色が良い。</li> </ul>

付録2(d) 評点とコメントの要約(シンボル, 線, 文字の動きのスムーズさ)

項目	評点			コメント
	1	4	7	
①背景(含む水平線)	●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機体シンボルと重なるとき、表示がずれるようである。</li> <li>・バンクをとるとギクシャクがでる。</li> </ul>
②ピッチスケール	●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バンクをとるときギクシャクがでる。</li> <li>・縦の動きはスムーズである。</li> </ul>
③バンク角ポインタ	●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・細かい修正をする時、2°位の不連続部分が生ずる。</li> <li>・スムーズな動きがない。</li> </ul>
④サイドスリップポインタ	●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	
⑤G/S、LOCポインタ	●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	
⑥昇降率ポインタ	●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・昇降率「零」付近でダンピングを入れたら良い。</li> </ul>
⑦速度表示	●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ローリング デジタルのみでは、加減速の傾向が判り難い。</li> </ul>
⑧高度表示	●●●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・末尾桁の数字が絶えず動いているのは目障りである。</li> <li>・速い動きでは残像がCRTより長いようである。</li> <li>・アナログ表示とし、HI-NUMBER-TOPに統一すること。</li> </ul>
⑨GA、V <sub>1</sub> 、V <sub>2</sub> 、V <sub>R</sub> 表示	●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・突然表示されるのは違和感がある。</li> </ul>

付録2(e) 評点とコメントの要約(シンボル, 線, 文字の読み取り易さ)

項目	評点			コメント
	1	4	7	
① 背景(上部)				・大変読み易い。
② 背景(下部)				
③ 水平線				・バンク角がゼロ付近でのジヤギーが気になる。
④ 機体シンボル				・輝度を絞った時に背景とのコントラストがなくなり、見づらい。
⑤ ビッチスケール				・30、45、60°の線を太くする。
⑥ バンク角スケール				・小さいバンク角が読み難い。
⑦ "ポインタ				・スケールオーバーでのフラッシュは不用。
⑧ G/S、LOC スケール				・非線形スケールを採用することにより、スケール変換は不用となる。
⑨ " "ポインタ				
⑩ 昇降率スケール				・アナログ表示と併用すると良い。 ・脚下げ時は末尾10ft単位、脚上げ時は100ft単位の表示で良い。
⑪ " "ポインタ				
⑫ 速度表示				・アナログスケールの中に表示すると良い。
⑬ 高度表示				
⑭ GA、V <sub>1</sub> 、V <sub>2</sub> 、V <sub>R</sub> 表示				

---

## 航空宇宙技術研究所報告1122号

平成3年9月発行

発行所 航空宇宙技術研究所  
東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1  
電話三鷹(0422)47-5911(大代表)〒182

印刷所 株式会社 三興印刷  
東京都新宿区西早稲田 2-1-18

---



