

航空宇宙技術研究所報告

TECHNICAL REPORT OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TR-1136

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2：Dサイズ型PFD、DMD

川 原 弘 靖 ・ 若 色 薫 ・ 渡 辺 顯

1991 年 12 月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

共同研究機関	航空宇宙技術研究所 日本航空電子工業株式会社
試験参画者	
統括	川原 弘靖
試験担当	若色 薫, 渡辺 顯 清水 哲男*, 松村 謙 大山 伸一*
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)	高田 正彦, 渡部 吉郎 鈴木 正昭
日本航空(株)	岩瀬 健祐, 田中 琢郎 阪井 孝, 武田 政良 後藤 紀之
川崎重工業株	岸 泰雄, 原田 実
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, 櫛山 藩 吉田 正人

* : 日本航空電子工業株式会社

目 次

概 要

1. はじめに	2
記号, 略号表	3
2. 液晶ディスプレイの特長と新しい技術	4
2. 1 液晶ディスプレイの特長	4
2. 2 液晶ディスプレイの新しい技術	4
3. 現用 PFD, ND の機能, 表示フォーマット及び DMD の必要性	6
3. 1 PFD の機能と表示情報	6
3. 2 ND の機能と表示内容	6
3. 3 ND に要求される新しい機能	9
4. 評価試験に用いた液晶ディスプレイの機能, 性能	9
4. 1 PFD, DMD のハードウェアの機能, 性能	9
4. 2 表示ユニットの性能	9
4. 3 DMD の各種機能	10
4. 4 フラットパネルディスプレイ装置	13
4. 5 表示フォーマットの設計	13
5. シミュレータ評価試験	19
5. 1 試験目的	19
5. 2 試験設備	19
5. 3 評価パイロット	19
5. 4 評価試験	19
5. 5 評価項目及びコメントシート	20
6. 評価試験の結果と検討	21
6. 1 ハードウェアの機能, 性能についての評価結果	21
6. 2 DMD の機能及び有効性についての評価結果	21
6. 3 表示フォーマットに関する評価結果	22
7. おわりに	27
参考文献	27

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2：Dサイズ型PFD、DMD

川 原 弘 靖*¹ 若 色 薫*¹ 渡 辺 顯*¹

**Flight Simulator Evaluation of D-size
Liquid Crystal Flat Panel Displays**

Hiroyasu KAWAHARA, Kaoru WAKAIRO and Akira WATANABE

ABSTRACT

The so-called "glass cockpit" has been introduced in recent years into commercial aircraft, where large color CRTs are used as the primary flight instruments. In the near future, cockpit instruments using various types of flat panel displays such as a liquid crystal flat display (LCD), light emission diode (LED) or plasma displays will be put into practical use; thereby superseding CRTs. Among these displays, the LCD seems to have the most superior advantages.

The National Aerospace Laboratory (NAL) and Japan Aviation Electronics Industry, Ltd. (JAE) jointly conducted flight simulations to evaluate basic functions, performance and display formats of D-size LCD displays using an NAL flight simulator. Evaluated, in this paper, were two types of displays i.e., a primary flight display (PFD) and a digital map display (DMD).

Simulation results indicate that both LCDs have sufficient functions and performance necessary for actual use in commercial aircraft. The general outline and results from these simulator evaluation tests are described.

Keywords : Liquid Crystal Display, Flight Instrument, Flight Simulator.

Primary flight Display, Digital map display

* 平成3年10月1日 受付 (received 1 October, 1991)

*¹ 制御部 (Control Systems Division)

概 要

航空機は大型化、高性能化が進むと同時に従来の操縦桿・操縦輪に代わり、サイドスティックによる操縦装置が、また飛行計器はグラスコックピットと呼ばれる大型 CRT を用いた電子式飛行計器等が導入されるなどコックピットの近代化が進められてきている。さらに飛行計器の表示デバイスも CRT から液晶フラット・パネル・ディスプレイ（以下液晶ディスプレイ（LCD）と略す）にと変わりつつある。

航空機用液晶ディスプレイは 3 インチ型 TCAS 指示計が実用化されており¹⁾、5 ～ 8 インチ型が開発段階にあり、実用化の時期も間近の感がある。

これら新しい表示デバイスを実機に搭載するにあたってはその前段階として飛行シミュレータによる機能、性能の評価が必須であり、実機搭載に十分な機能、性能を確認する必要がある。

今回、日本航空電子工業㈱との共同研究で 8 インチ型液晶ディスプレイ（PFD, DMD）の機能、性能および表示フォーマットに関して、飛行シミュレータによる評価試験を実施した。

その結果、ハードウェアについては従来の CRT の性能と同等あるいはそれ以上の性能を有していること、DMD ディスプレイについては使用目的に対応した表示機能とすることにより、その有効性があることが確認できた。

1. はじめに

航空機は大型化、高性能化が進むと同時に従来の操縦桿・操縦輪に代わり、サイドスティックによる操縦装置が、また飛行計器はグラスコックピットと呼ばれる大型 CRT を用いた電子式飛行計器が導入されるなどコックピットの近代化が進められてきている。

現在 B-747-400 や A-320 等の大型機に搭載されている電子式飛行計器は CRT による D サイズ型²⁾が殆どであり、その内訳は主飛行計器（以下 PFD と略す）及びナビケーション計器（以下 ND と略す）が機長、副操縦席計器盤に 4 台、エンジン等情報表示計器（EICAS）が中央計器盤に 2 台で構成されている。これらのディスプレイに表示する内容、シンボル等は各航空会社それぞれの特長があるが、PFD、ND の各ディスプレイにどの情報を如何に表示するか、シンボル形状及び色合い等については SAE³⁾の部門委員会で検討が進められており、基本的には各社ともこれに踏襲しているといえる。

つぎに表示デバイスについては CRT に代わり

プラズマディスプレイ、EL、液晶ディスプレイ等のフラットディスプレイの開発が試みられており⁴⁾、なかでも液晶ディスプレイは他の表示デバイスに比べて一步先行して開発が進んでおり、いよいよ実用化の段階に入ってきている。

現在実用化されている液晶型計器は 3 インチ型 TCAS 計器があり¹⁾、5 インチ型さらには D サイズ型が将来の表示デバイスとして開発の過程にある。これら開発過程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おけるパイロット評価が最終段階において重要である。このため将来の実用化に向けて開発を進めている液晶ディスプレイの機能、性能、有効性、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実施し、その有効性を確認する必要がある。

航技研では平成元年 5 月に横河電機㈱との共同研究で 5 インチ型液晶ディスプレイについてパイロット評価試験を実施し、ハードウェアについては①全体的に飛行計器としての機能を有している、②明るい環境下での視認性に優れている、また③画面の輝度むら、④輝度調節機能、⑤ジャギー解

消技術、⑥多色化技術等の必要性を明らかにした。さらに表示フォーマットに関しては幾つかの改修指摘を受けたが、基本的にはSAE ARPのシンボル形状、色合いに準拠することが良いこと等を明らかにした³⁾。これらの結果は今回評価試験を行うDサイズ型液晶フラットディスプレイによる主飛行計器(PFD)の開発に向け、まずハードウェアとしては①ジャギー解消技術としてアンチエリアシング機能、②多色化技術、③輝度むらの解消技術等、またソフトウェアとしてはSAE ARPに準じた表示フォーマットの採用等に反映されている。

本評価試験はこの主飛行計器及びナビゲーション計器に新たに求められている表示機能としてデジタルマップディスプレイ(以下DMDと略す)について機能、性能、有効性、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11月に1次試験を、その試験結果を反映して12月に2次試験を実施した。本報告は主として2次試験の内容と結果について報告する。

なお、本評価試験は日本航空電子工業㈱との共同研究「液晶型フラットディスプレイの有効性に関する研究」を締結し、実施したものである。航技研及び日本航空電子工業㈱との研究分担を付表1に示す。

記号、略号表

ADF : Automatic Direction Finder
(自動方向探知機)
ADI : Attitude Directional Indicator
(姿勢指示計)
APP : Approach (接近, 進入)
ARINC : Aeronautical Radio, Inc.
(エアリンク)
ARP : Aerospace Recommended Practice
(航空宇宙に関する提案)
CGI : Computer Generated Imagery
(電子式映像作画)
CRT : Cathode Ray Tube (陰極管)
CTOL : Conventional Take-Off and Landing

(通常方式の離着陸)

DMD : Digital Map Display (地図表示器)
DME : Distance Mesurment Equipment
(距離計)
EADI : Electronic Attitude Directional Indicator (電子式姿勢指示計)
EICAS : Engine Indication & Crew Alerting System
(エンジン及び乗員警告システム)
EFIS : Electric Flight Instrument System
(電子式飛行計器装置)
ETA : Estimated time of Arival
(推定到着時刻)
FMS : Flight Management System
(飛行管理システム)
FPD : Flat Panel Display
(フラット パネル ディスプレイ)
G/S : Glide Slope (グライド スロープ)
HSI : Horizontal Situation Indicator
(水平位置指示計)
HDLC : High Level Data Link Control
(ハイレベル データリンク制御)
ILS : Instrument Landing System
(計器着陸装置)
LCD : Liquid Crystal Display
(液晶ディスプレイ)
LOC : Localizer (ローカライザ)
L/D : Landing (着陸)
MAP : Map (地図)
MIL : Military (軍)
NAV : Navigation (航法, 航行)
ND : Navigation Display
(航法計器)
PFD : Primary Flight Display
(主飛行計器)
PLAN : Planning (計画)
RGB : Red, Green, Blue (赤, 緑, 青)
RMI : Radio Magnetic Indicator
(磁方位指示器)
ROM : Read Only Memory
(書き込み専用メモリー)

SAE : Society of Automotive Engineers, Inc
 STD : Standard (標準, 基準)
 STOL : Short Take-Off and Landing
 (短距離離着陸)
 TCAS : Traffic Alert and Collision Avoidance System (衝突回避システム)
 TACAN : Tactical Air Navigation
 (戦術航法システム)
 TFT : Thin Film Transistor
 (薄膜トランジスタ)
 VOR : Very high frequency Omni Range
 (超短波全方向無線標識施設)

2. 液晶ディスプレイの特長と新しい技術

液晶ディスプレイ (LCD) についての一般的な知識, 基本的な構造等について先の報告書⁹⁾で紹介した。

本章では液晶ディスプレイの特長及び新しい技術についてその幾つかを紹介する。

2.1 液晶ディスプレイの特長

液晶ディスプレイはCRTと比較して以下のように多くの長所と幾つかの短所を持っている。

- (1) 軽量で薄型である。
- (2) 低消費電力であり, CRTの陽極電圧のように高電圧を必要としない。従って管面に埃が静電付着しない。
- (3) 経年による輝度劣化が少ない。
- (4) 太陽光のような強力な光の下でも視認性に優れる。
- (5) 偏光歪みや色調のずれが無い。
- (6) 磁気による影響が少ない。
- (7) 防爆構造を必要としない。
- (8) 画面解像度では現時点ではCRTと同等あるいは優れている。
- (9) 左右の視野角に多少の制限がある。
- (10) 大型のパネル、高精細度のパネルの製造に高度な技術を必要とする。
- (11) 液晶パネルの温度が低下すると動作速度が遅くなる。

等が挙げられるが, 項目9, 10については徐々

に改良されてきている。これらのLCDの全般的な性能は現在使用されているCRTのそれを上回るものであり, 今後液晶ディスプレイがCRTに置換されることは必至であると考えている。

2.2 液晶ディスプレイの新しい技術

液晶ディスプレイの性能向上のための新しい技術として以下の技術についてその概略を紹介する。

(1) アンチエリアシング処理

ラスタ型テレビジョンやTFT型液晶ディスプレイで斜線を描く場合, 図1のようにガタガタの階段状になる現象がある。この現象をジャギーとよんでいる。

PFDのピッチ姿勢表示や水平線などがジャギー現象を起こすと非常に見難い。これを解消するには二つの方法がある。一つはドットピッチを極端に細かくする(精細度を高める)ことにより, 図2に示すように階段の高さを低くしガタガタを目立たなくする方法である。現在の液晶開発技術では最小ドットサイズは0.14~0.17mm(1本の白線はこの倍の太さ)であり, より精細度な解像力の実現に向けて開発が進められている。

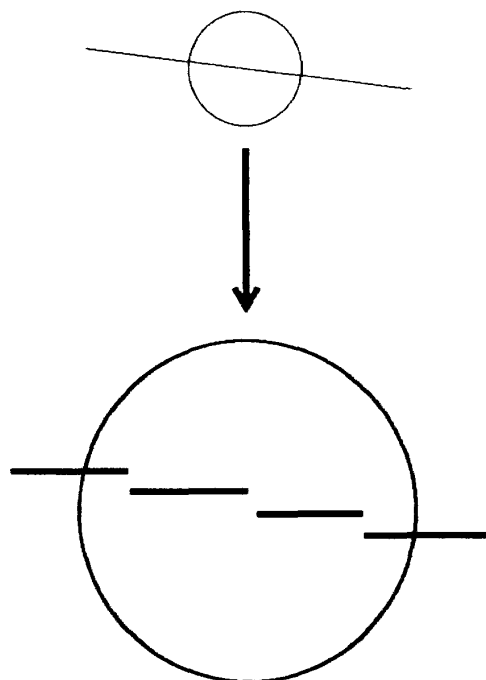


図1 ジャギー現象の模式図

RGBRGBRGBRGBRGBRGBRGB
 BRGBRGBRGBRGBRGBRGBRGB
 GBRGBRGBRGBRGBRGBRGBGB
 ■■■■GBRGBRGBRTGBRGBR
 BRGB ■■■■GBRGBG
 GBRGBRGBRGBRGB ■■■■
 RGBRGBRGBRGBRGBRGBRGB
 BRGBRGBRGBRGBRGBRGBR

RGBRGBRGBRGBRGBRGBRGBRRG
 BRGBRGBRGBRGBRGBRGBRRGBR
 ■■■■BRGBRGBRGBRGBRRGBRG
 RGBRGBR ■■■■BRGBRGBRGB
 BRGBRGBRGBRGBR ■■■■GBR
 GBRGBRGBRGBRRRGBRGBRGB ■■■■
 RGBRGBRGBRGBRGBRGBRGBRGB
 BRGBRGBRGBRGBRGBRGBRGBRG

図2 ドット・ピッチの細かさによるジャギーの
模式図

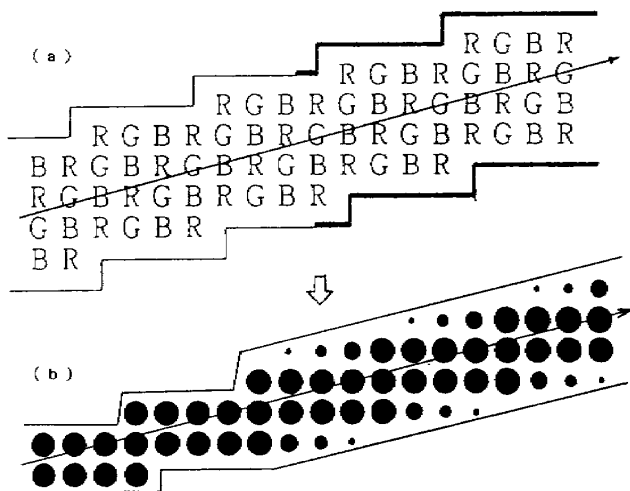


図3 ジャギー現象とアンチエイリアシング処理例

もう一つは階段のエッジに相当するドットの輝度を下げてエッジが目立たなくする方法がある。この手法をアンチエイリアシングと言い、多階調中間輝度の発生技術の確立が必須となる。

この方法は図3に示すように例えば1ドット斜線を4本用いて太い1本の斜線を描く場合、図aでは階段状になるものを図bのようにエッジの輝度を変えることにより連続した斜線のように見せることができる。図では輝度の高い場合を大きい●で表し、輝度を下げるに従って●の大きさを小さく表している。

(2) 視認可能な視野範囲の改善

航空機用飛行計器では機長席側から副操縦士席側の飛行計器（あるいはこの逆）を見る場合、大型機では図4に示すように表示面正対方向からのずれが概ね 1.05rad (60°)である。

液晶ディスプレイは極端な左右、上下方向からは視認しにくい欠点をもっている。この欠点を改善することにより、航空機用液晶ディスプレイが実用に一步近づくものと考ええる。図5⁶⁾に液晶パネルの基本的な構造を示すが、透明電極、カラーパネル、偏光板などが視野角を狭める原因となっている。また多色表示を行うためには中間輝度表示を行わねばならないが、中間輝度を使用することによっても視野角を阻害されている。構造的に改良を加える場合は①透明電極、カラーパネル、偏光板の厚さを薄くする、②ドットサイ

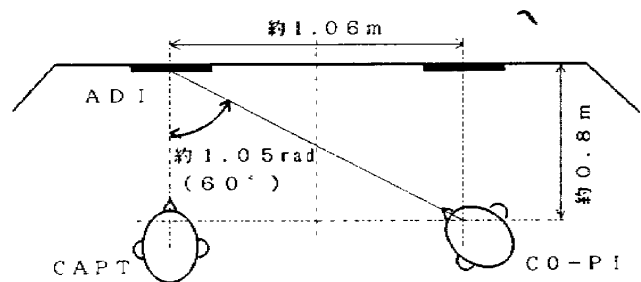


図4 副操縦積から機長席ADIを望む角度

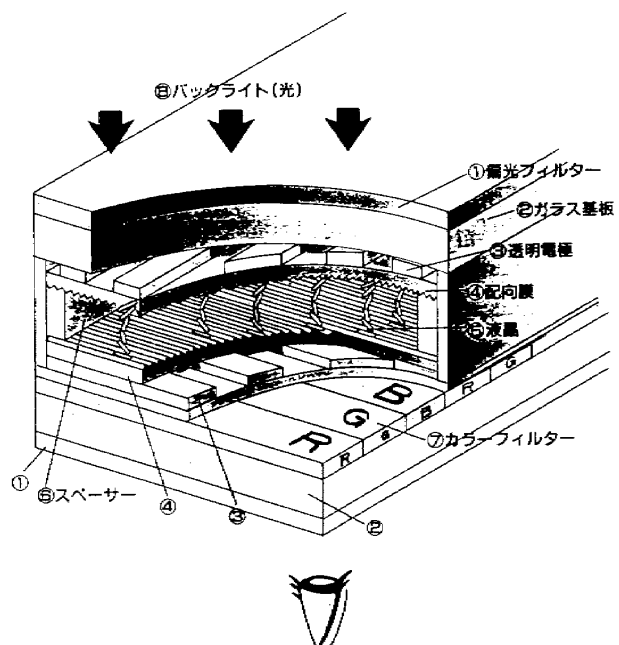


図5 液晶フラット・パネルの構造模式図
(文献6より引用)

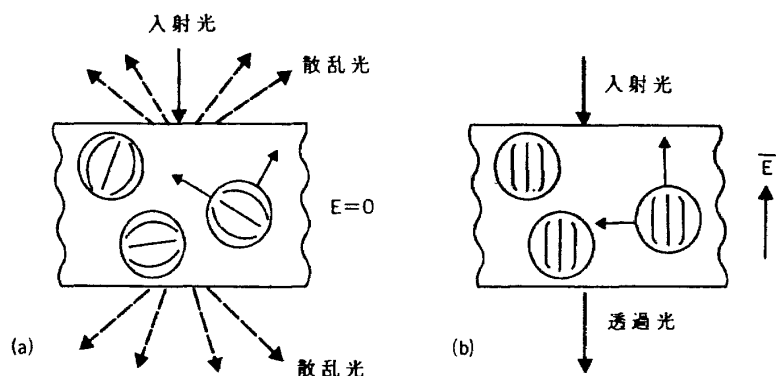


図6 高分子一分散型液晶ディスプレイの引用
(文献7より引用)

ズを大きくする, ③中間輝度を使わない(②, ③は現在の技術開発動向に逆行), ④位相差フィルムを用いて見かけの見える範囲を補正する, ⑤偏光板を用いない液晶パネルの開発等が挙げられる。このうち⑤については高分子一分散液晶技術⁷⁾として1985年にJ. L. Fergason, J. W. Doaneらによって発表され, 広く注目を集め, 今後実用化に向けて改良が重ねられるものと考えられる。この方法は図6に示すように(a)では通常は液晶分子はランダムな方向性を持っており, 電圧を印加すると(b)のように方向性が統一される。バックライトはランダムな状態では光は拡散して通過せず, 電圧印加状態では分子に沿って光は透過する。この方式の長所は①光の透過率が良い, ②大面積画面が容易に作成可能, ③コントラスト比が高い, ④駆動電圧が高い等が挙げられる。

3. 現用 PFD, ND の機能, 表示フォーマット及び DMD の必要性

CRT 型電子式飛行計器が初めて大型機に搭載されたのが B-757, 767 である。B-767 等で用いられた電子式飛行計器は 5 インチ型 CRT を用いて従来の姿勢計(ADI), 水平位置指示計(HSI)の表示内容を CRT で表示したいいわゆる EADI, EHSI と呼ばれるものである。その後単に ADI や HSI の情報表示のみでなく, 従来型のいくつかの個別計器の表示機能を付加して PFD, ND 等の多機能表示計器へと変遷してきた。これら PFD, ND は将来とも飛行計器の主流となるものと考え

られる。本章では現在導入されている最新の PFD, ND の一般的な機能, 表示フォーマットについて B-747-400 型機を例⁸⁾として紹介する。また ND の新たな表示機能である DMD についてその概略を述べる。

3.1 PFD の機能と表示情報

PFD にはこの計器のみで飛行機の操縦に必要な情報が全て表示されているといえる。図7に PFD の表示画面例を示す。表示情報としては①機体シンボル, ②ピッチスケール, ③バンクスケール及びバンクポイント, ④サイドスリップ指示ポイント, ⑤高度スケール・指示及び設定高度, ⑥速度スケール・指示, 速度バグ及び設定速度, ⑦昇降率スケール, ⑧G/S・LOC スケール及びポイント, ⑨方位スケール及びバグと気圧, オートパイロット, ナビゲーションエンゲジモード等が表示されている。これらの基本フォーマットは今回の評価試験用 PFD の表示フォーマットとして参考になっている。

3.2 ND の機能と表示内容

ND は HSI, RMI で表示されていた情報並びに DME, ウェザーレーダ, INS 等で得られた情報を統合して表示するもので, MAP, APP, PLAN, VOR のモード選択機能がある。以下に各選択モードについて記述する。

1) MAP モード

フライトプラン, 刻々変わる航空機の現在位置

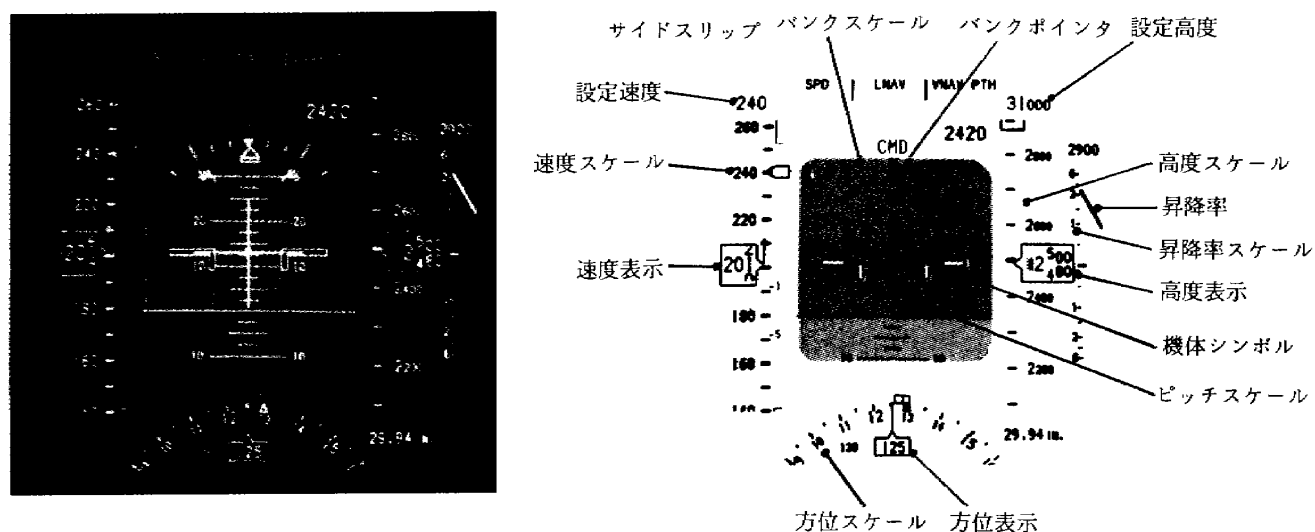


図7 B-747-400用PFDの表示例
(文献8より引用)

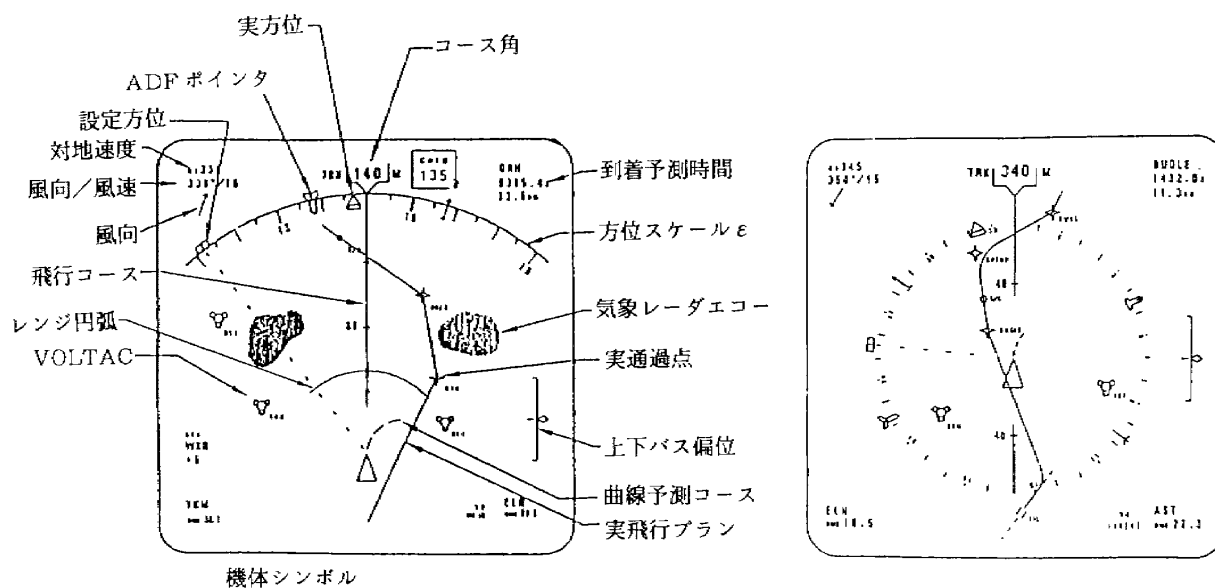


図8 B-747-400のND (MAPモード)の表示例
(文献8より引用)

及びCRT上部にはヘディング表示、次のウェイトポイントまでの距離及び推定到着時刻（ETA）等が表示される。図8にMAPモードの代表的表示例を示す。

2) APPモード

ILSを基準として用いられる。画面の右下にG/S偏位、機体シンボル位置にLOC偏位、ヘディングスケール、ADFポインタ、グランドスピード、DME、ILSチューニング周波数等が表示される。また機体位置を中央に選択するとHSIのコンパスローズに表示が変わる。

3) PLANモード

FMSにフライトプランが正しく入力されたかを確認する場合に使用する。直線で構成されるフライトプランと設定ウェイポイント、ノースアップ/コースアップ等が表示される。

4) VORモード

VOR信号を基準として飛行する場合に用いる。表示内容はILSモードと基本的に同一と考えて良い。

以上現在搭載されているPFD, NDの概略について述べた。これらPFD, ND等の表示フォーマットは多少差異は有るものの他の機種でも基本的なところは変わらないと考えて良い。またこれらディスプレイは主として大型輸送機に搭載されており、現在では小型機やヘリコプタにはまだ搭載されていない。

3.3 NDに要求される新しい機能

飛行コースが予め決められ、かつ高高度（ジェットルート）飛行している運航会社等の航空機の場合には現在のPFD, NDの表示機能・内容で十分と考えられる。しかしヘリコプタや定められた飛行コースを外れて飛行する場合あるいは視程不良下、低空飛行、夜間飛行等では実際の地形情報が有効な飛行手掛かりとなる。特にヘリコプタ等の超低空飛行でかつ視程不良下での飛行、捜索、救難、物量投下ミッション等を考えると現在のNDの表示に加えて地形情報がミッション遂行上その必要性が高まってきている。

地形描画に際しては①地形情報（国土地理院の

国土数値情報等）、②描画及び表示技術、③表示機能の選択等が必要であり、アビオニクスメーカ各社が鋭意開発を進めている状況にある。現在開発されている地図表示装置は地形データ及び描画方式にデジタル方式を採用していることからDMD（Digital Map Display）と呼ばれている。DMDの描画内容として要求されるものは地形表示はもとより飛行に必要なNAVエイド、空港、河川、湖沼、鉄道、高速道路等の表示等が考えられる。また高さのある建物や山岳等と自機の飛行高度との関係で危険な状況と判断出来る場合には赤色等による危険または衝突回避等の表示機能を付加することが必要と考えられる。これらの表示機能についてはDMDの開発過程で表示機能・性能及び有効性に関する評価を十分に行う必要があるものとする。

4. 評価試験に用いた液晶ディスプレイの機能、性能

4.1 PFD, DMDのハードウェアの機能、性能

PFD, DMDの機能、性能を表1, 2に示す。

PFDには従来の機長席に搭載されている個別計器情報が統合化され、機能的に表示されており、PFD 1台で基本的な飛行情報が取得できるように設計されている。

4.2 表示ユニットの性能

評価試験に用いた液晶ディスプレイはPFDとDMDの2台で両者とも表示ユニットの基本性能は変わりはない。以下に基本性能の概略を示す。ユニットサイズ203.2×203.2mm（Dサイズ：8×8インチ）、表示画面サイズは170×170mm、画素サイズ0.17×0.17mm、最大輝度342.6cd/m²（100ft-L）、左右視野角1.05rad（60°）以上であり、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。

また画像表示技術としてサンシェード機能、等高線表示機能、アンチエリアシング処理技術等の機能を有している。

表 1 PFD の機能, 性能表

	項 目	性 能
1	表示素子	TFT アクティブマトリクス
2	ディスプレイサイズ	D - サイズ (170×170) mm
3	表示色	フルカラー
4	解像度	150 ドット/インチ (0.17mm)
5	輝度	0.1~100Ft - L
6	コントラスト比	25
7	視覚	60° 以上
8	リフレッシュレート	60Hz
9	データ・アップ・レート	20Hz

表 2 MAP の機能, 性能表

	項 目	機 能, 性 能
1	赤示色	4096 色から同時 16 色
2	地図表示内容	地形, 山岳, 海岸線, 湖, 河川 道路, 鉄道, 市街地, 航空援助 施設, 空港, ジェットルート等
3	表示スケール	10, 20, 80 万分の 1
4	モード選択	ズーム 表示方向 自機位置 等高線 サンシェード
		アップ/ダウン 真北アップ/トラックアップ センター/ディセンター オン/オフ オン/オフ
5	リフレッシュレート	25Hz
6	データ・アップ・レート	20Hz
7	映像信号	RGB ビデオ信号

4.3 DMD の各種機能

DMD は地形（地図）情報をビデオ信号で描画し、自機シンボル、方位、山岳、海岸線、河川、鉄道、道路、空港、航法援助施設等の表示機能がある。以下に DMD の各機能について述べる。

(1) 縮尺

縮尺は 10, 20, 80 万分の 1 を用意した。コントロールボックスで各縮尺の選択ができる。

(2) ズーム

自機位置直下の地図情報を最大縮尺レンジまで連続的に拡大・縮小ができる。

(3) 等高線

通常市販されている地図のような等高線を描く

機能を用意している。

(4) サンシェード

山並みに太陽位置により「かげ」を描画できるようにし、立体的な表示を可能にする。

(5) 表示方位

自機の進行方向を真上にするか(コースアップ), 真北(ノースアップ)を真上にするかの選択ができる。

(6) 自機位置

自機位置をディスプレイの中央、画面下方 1/3 の位置に選択できる。

図 9 に等高線及びサンシェード機能の表示例を示す。



図9 等高線, サンシェード機能の例

4.4 フラット・パネル・ディスプレイ装置

図10にFPD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) グラフィック データ ジェネレータ

飛行運動模擬計算機からARINC-429規格のデータバスを経由してPFDに必要なデータの授受を行い、グラフィックコマンドの生成を行う。

(2) シンボルジェネレータ

グラフィックデータジェネレータからHDLバスによりグラフィックコマンドを受けてPFDに必要なシンボルを発生する。

(3) MAPジェネレータ

マップデータを格納するとともに、飛行運動模擬計算機からMIL-STD-1553B規格のデータバスを経由して機体の位置情報を受け、デジタルマップイメージを発生する。

(4) ビデオインターフェース

MAPジェネレータからのビデオイメージをLCDパネル用のイメージデータに変換する。

(5) モードコントロールボックス

モードコントロールボックスには以下の機能を有している。

- ・PFD, DMDの輝度調節つまみ
- ・DMDの表示レンジ切り換え(10, 20, 80万分之一)スイッチ
- ・ズーム機能(アップ, ダウン)調節つまみ
- ・表示方位切り換え(真北, コース)スイッチ
- ・自機位置選択(中央, 下方)スイッチ

(6) 使用電源

PFD, DMD用にDC28Vを、モードコントロールボックス用にDC±15V, +5Vを用いた。消

費電力はPFD, DMDとも約360Wである。

4.5 表示フォーマットの設計

(1) PFDの表示フォーマット

本評価用PFDの表示フォーマットとして当初B-767のEADIのフォーマットを参考にして開発を進めていたが、現用のPFDと比べて表示情報が少ないこと、ディスプレイサイズが現在多く用いられているPFDと同じDサイズであること、搭載ターゲットがB-747等の大型機であること等からB-747-400及びA-320のフォーマットを参考にするように方針変更し、さらにSAE ARPで規定されているシンボル形状及び色合いに準じてソフトウェアの開発を進めた。なお表示フォーマット開発にあたってのソフトウェアの言語及び開発方式についてはCRT型とLCD型とに差異はない。図11に当初B-767を参考に開発した表示フォーマット(a)と今回の評価試験用に新たに開発したPFDの表示フォーマット及び各シンボルの説明(b)を示す。

(2) DMDの地図情報

DMDの地図情報は国土地理院が発行している国土数値情報に基づき地図画像を生成した。また地図データ(表示範囲)としては今回の試験が羽田空港を中心とした関東エリアに限定したので、地図データも関東エリアのデータを用意した。図12にDMDの表示例を示す。画面中の自機位置は画面中央あるいは画面下方1/3の位置のどちらかを選択できるようにした。また画面上方左にデジタル表示で速度、右に方位を表示した。

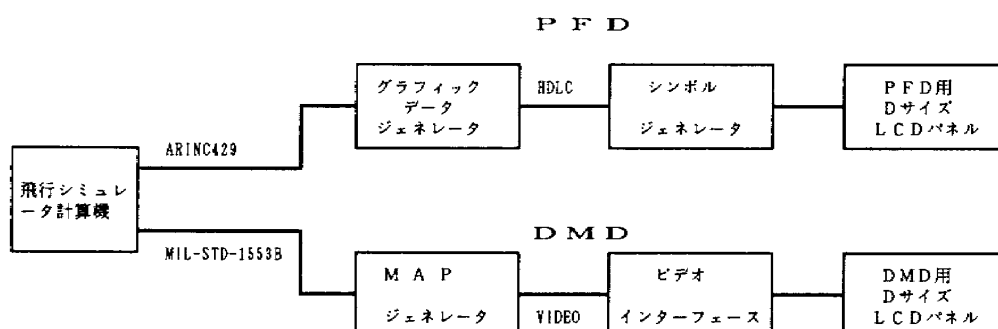
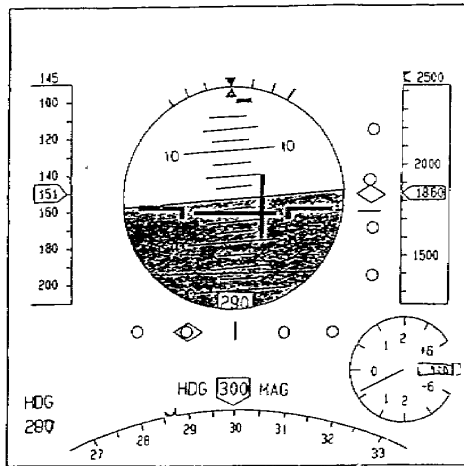
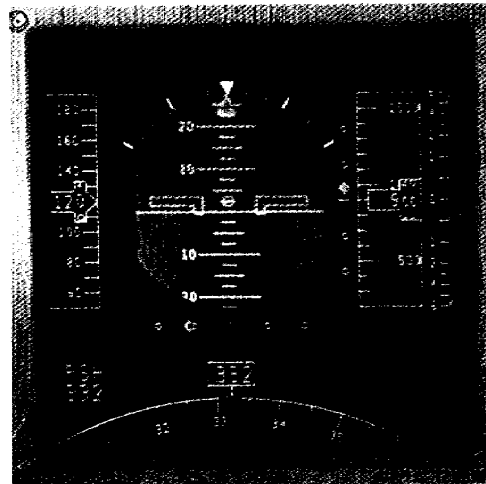


図10 評価用FPDシステム構成図



(a) 初期のフォーマット



(b) 評価試験に用いたフォーマット

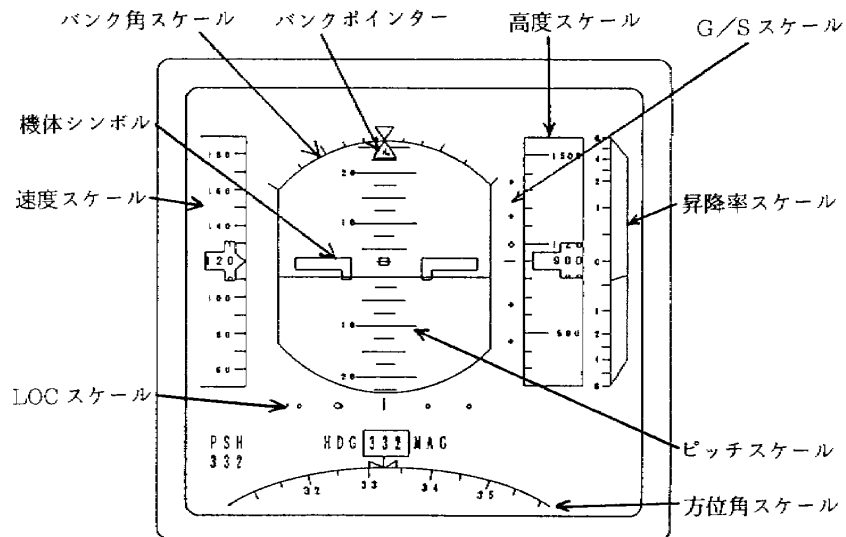


図11 今回開発したPFDフォーマットと各シンボル対応

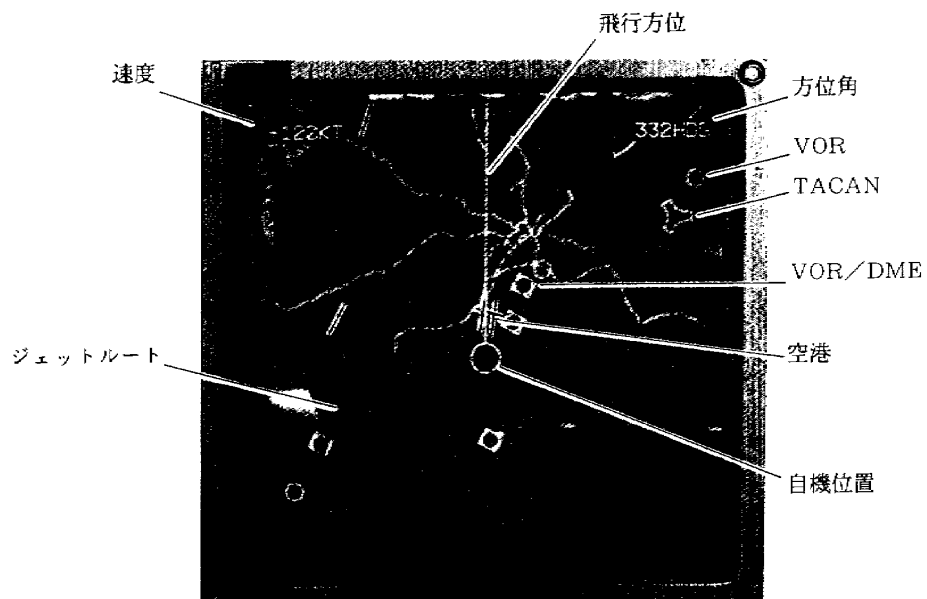


図12 DMD表示例

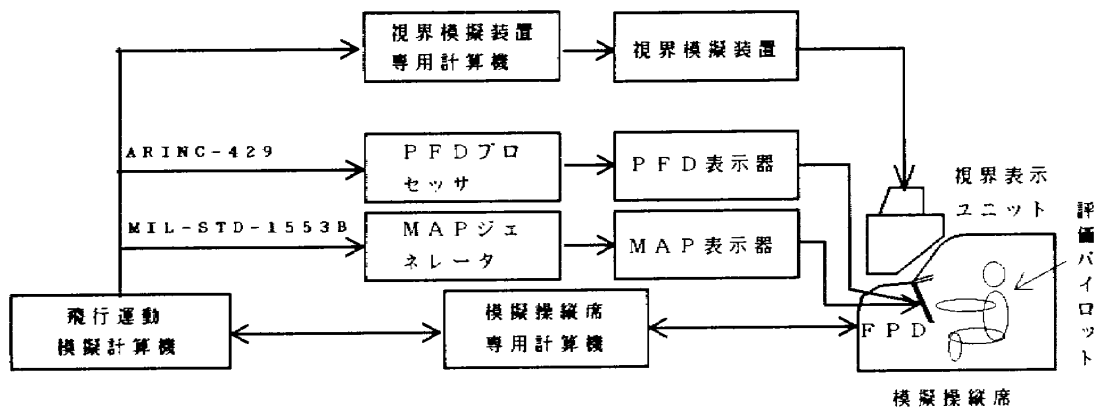


図13 飛行シミュレーション試験構成図

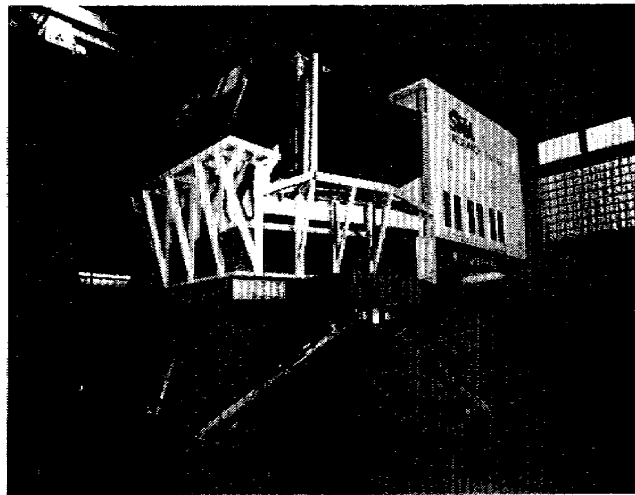


図14 飛行シミュレータ全景

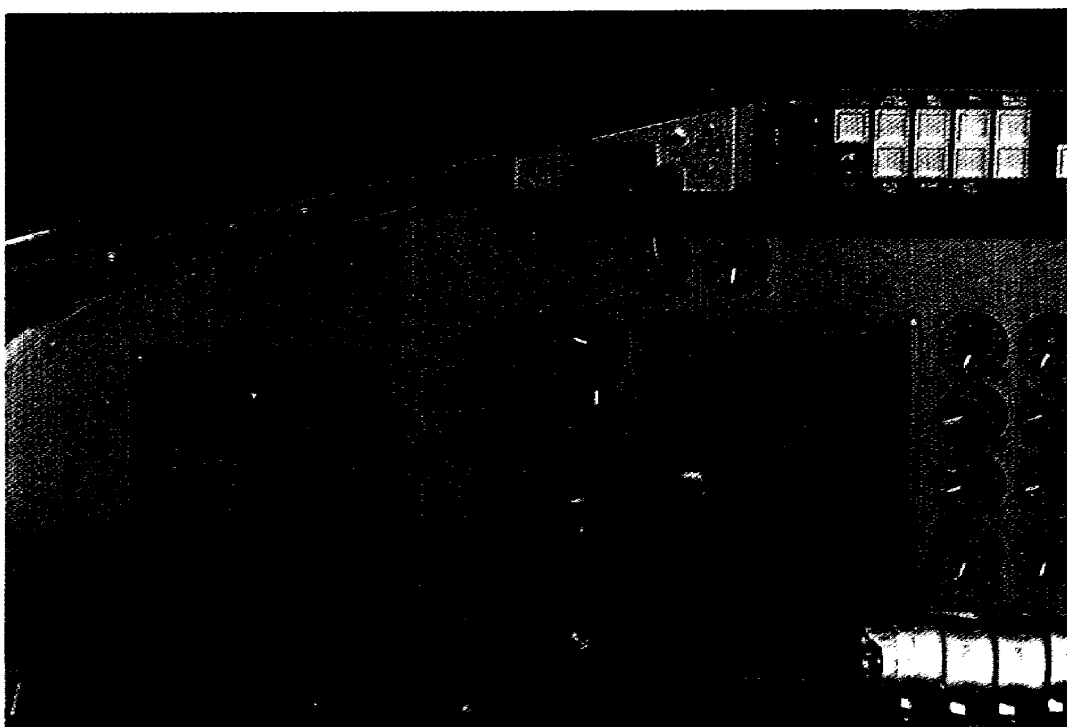


図15 改修後の操縦席計器盤

5. シミュレータ評価試験

5.1 試験目的

現在開発中の D サイズ液晶型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、また DMD ディスプレイの機能と有効性について飛行シミュレータに搭載して、パイロットにより評価する。

5.2 試験設備

試験は航技研の汎用飛行シミュレータ設置を使用し、機長側操縦士席（左席）を評価席とした。模擬空港は羽田空港とその周辺を使用した。図 13 に試験構成図を示す。以下に使用した実験装置の概要について述べる。

(1) 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。その概要について記述する。

(イ) 模擬操縦席⁹⁾

試験では機長席操縦席を評価席とし、機長席側計器盤に今回の評価対象である PFD を、中央計器板を左寄りに DMD を装着した。またセンターペデスタル前方にモードコントロールボックスを設置した。図 14 に飛行シミュレーション試験設備の全景を、図 15 に改修後の操縦席計器盤を示す。

(ロ) 視界模擬装置¹⁰⁾

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提示する。図 16 に着陸直前（羽田空港）の視界映像を示す。

(ハ) 飛行運動模擬計算機¹¹⁾

飛行運動模擬計算機は 32 ビット、スーパーミニコン（MV/20,000*）、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*：

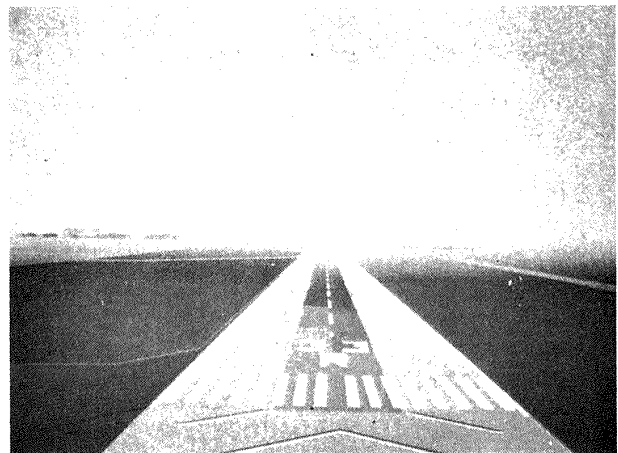


図 16 模擬視界映像例（羽田空港）

視界）を結合した複合計算機システムである。

(ニ) 飛行運動計算機と評価機器との結合

一般に航空機搭載計算機と搭載機器との結合方式には民間機用として ARINC429 方式が、また軍用機用として MIL-STD-1553B 方式が多く採用されている。今回評価を行う PFD はもともと民間機用として開発ターゲットが向けられており、データベースも ARINC429 を、一方 DMD は開発ターゲットが非民間輸送機搭載にあるため、データベースとして米軍規格の MIL-STD-1553B 方式を採用した。

(ホ) 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。

5.3 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 8 名および運航会社の試験パイロット 8 名の合計 18 名の評価パイロットが参画した。各評価パイロットのシミュレータ及び CRT 型飛行計器経験の有無等の略歴を付表 2 に示す。

5.4 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、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。試験は評価を依頼した機関毎に半日単位で行い、パイロット集合の後プリブリーフィングで試験内容、方法、評価方式等についての説明及び質疑を行い、

*：日本データゼネラル(株)製

評価のための模擬飛行に入る。複数の評価パイロットは同時に模擬操縦席に搭乗し、各評価項目についてお互いに納得のいくまで順次交代して評価飛行を行う。評価飛行の終了後評点及びコメントの記入を行い最後のデブリーフィングで総合評価を行う。

5.5 評価項目及びコメントシート

評価項目はPFD, DMDのハードウェアの機能、性能及びDMDの有効性に関する評価を主と

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5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5が改修の必要あり」とした。各評点の中間例えば2に相当する場合は「良い」、また4に相当する場合は「出来れば改良した方が良い」の意味合いで評価した。図17に評価コメント用紙と記入例を示す。

シンボル、線、数字の大きさ、太さについて

	項 目	1	2	3	4	5	コ メ ン ト
1	水平線			✓	✓		全体的にソフィアが小さい。 水平線の表示はよい。
2	機体シンボル				✓		機体の表示はよい。FDがはいると錯覚するので はなす。
3	ピッチ スケール		✓				
4	バンク角スケール		✓				
5	" ポインタ				✓		小さい。ポインタ表示も小さい。ソフィアが 小さいこともある。一歩ほかに大きく。(色合いはよい)
6	G/S, LOC スケール			✓			
7	" " ポインタ			✓			すっきりしていい 読み取り易い。
8	昇降率スケール			✓			良い。
9	" ポインタ			✓			
10	高度スケール			✓		✕	高気圧にふさわしいので、高気圧にあるスケール は見えた。低気圧域においてはスケール、数字 の大きさとも良好。
11	" 表示		✓			✕	現在高気圧の表示は、大きさ、太さにおいて 良好。読み取り易い。
12	速度スケール			✓		✕	スケールに関しては良好。 数字の大きさ、数字の大きさとも良好。
13	" 表示		✓			✕	読み取り易く、良好。
14	方位角スケール			✓		✕	スケールは、読み取り易から良好。
15	" 表示				✓	✕	読み取り易は良好。(但し、数字によってはこれでは不足) 左のHDDの文字は混同を誘う。PSHにどうするか。 ※については最終ページにコメント。
16	空港施設等シンボル				✓		空港施設はよいが、離陸後助跑施設の表示の明瞭性が低い。 機体進行方向の線が細く、混同はよくない。
17	川、道路、鉄道等				✓		全般に表示が太すぎ、地形情報として、 強調度がアンバランス。(但し、地形機能は有効)
備 考		1: 優れている 3: このままでも良い 5: 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17 コメント用紙の記録例

6. 評価試験の結果と検討¹²⁾

各評価結果ともそれぞれに評定された総カウントに対して各評点は何%占めるかをグラフ化した。また個々の評価に対しては航空機メーカ、運航会社のパイロットおよび航技研の研究パイロットを統一してカウントした。

6.1 ハードウェアの機能、性能についての評価結果

図18にPFD, DMDのハードウェアに関する評価結果を示す。図から分かるように「このままで良い」および「優れている」が評価の86%を得ており、全体に完成度が高いことが分かった。図19の個々の項目を見ても「改良の必要あり」と際だって指摘された項目は無いと判断できる。特に今回のディスプレイはアンチエリアシング機能を付加したことによりジャギー（斜線の段階状）が無く、ピッチスケール、水平線が大変見え易かったこと、またサン・ガン（強力な太陽光発生用証明ランプ）により強力な背光（照度10,000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。さらに可視可能な許容視野角はパイロット平均で1.15rad(66°)であり、パイロットの通常の操作範囲での視認性は十分得られていると判

断された。またパイロットコメントからは①画面サイズに関してより多くの情報を表示することを想定した場合はより大きいことが好ましいこと(10インチ程度)、②PFDの輝度調節に時間遅れがあり改良の指摘があった。この②項については試験の途中で遅れ時間を外す改修を施した。

6.2 DMDの機能及び有効性についての評価結果

DMDはその使用目的により評価の意見が二分した。まず通常運航会社のパイロットはジェットルートに従って飛行を行っているのでNDに地形表示は特に必要としないことが分かった。しかし地形情報の表示を行うとしたならば、その表示内容としては航空路図の内容が表示されること、航法援助施設、空港等の表示を明確にし、またシンボル形状も航空路図記載シンボルの形状を踏襲すること等が指摘された。また地形データとしては海岸線、湖沼、大きな川、高速道路程度の表示で十分であること等のパイロットコメントが得られた。

他方航空機メーカのパイロットで物量輸送（投下）あるいは地表飛行等のミッションを想定して評価を行った場合には、ある程度の有効性が評価されている。

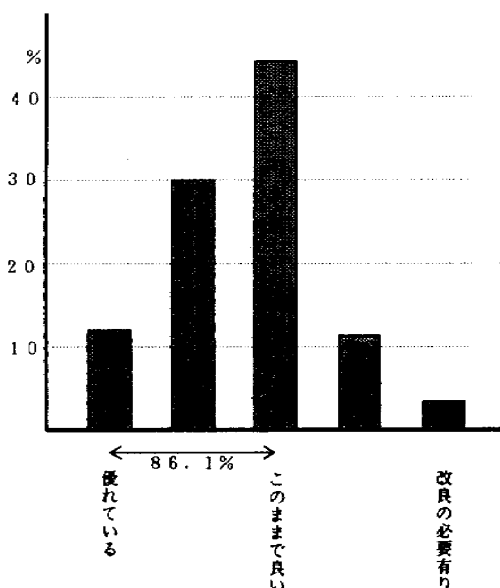


図18 ハードウェアの機能、性能
(PFD, DMD)

	項 目	1	2	3	4	5
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	画面の照度むらは？	○	○○○○	●○○○	○	○○
6	背光に対する見え方	○○○	●○	●	○○	
7	発色の種	PFD	○○○	●○	○○○○	○
	類は？	DMD	○	●	●○	○○○
8	画素の欠落は気になりますか？	○○	○	●●○	○	
9	視認可能な視野範囲	副操縦席から1.15rad(66°)				
備 考 1：優れている 3：このままで良い 5：改良の必要有り						
○：1パイロット ●：5パイロット						

図19 ハードウェアの機能、性能について
(PFD, DMD)

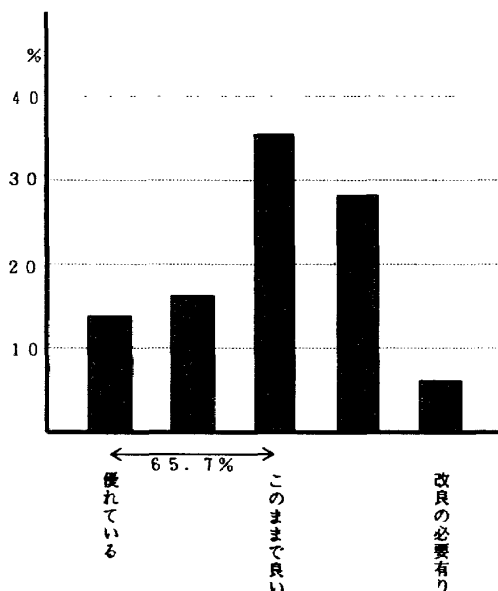


図20 DMD表示装置の有効性について

図20では「改良の必要有り」あるいは「出来れば改良した方がよい」の評価が34%あり、図21の各項目から項目4の自機位置の把握が難しい、項目6のサンシェーディング機能は必要ない、項目7の使用色数、項目8の高圧線等の危険物表示方法、項目11の空港援助施設、項目12のジェットルート表示等に改修の必要有りとの指摘を受けた。これらの改修にあたってはDMD機能の選択と必要としない機能の削減及び多色化技術の確立、高度判別機能の追加等に対応可能であると考え。またズーム機能については有効ではあるが、現在の方式は自機位置でのズームアップであるのに対し、目的地等パイロットの希望する場所のズームアップ機能とすること。さらにズームアップすることにより現在の情報よりもより精細な情報提示がなされることが望ましいことが分かった。この機能を実現するには最も詳細な地形データを用意し、表示縮尺に対応した表示レベルで表示内容を限定する等に対応できる。しかしデータ作成と格納エリアの拡張等で技術的には実現可能であるが、機能の必要性の重要さとコストとの関係は無視できないものと考えられる。以上表示機能で必要な

項目	1	2	3	4	5
1 DMD表示装置は運航飛行に有効ですか？	●○○○	○○○	●	○	
2 縮尺サイズは妥当ですか？（10, 20, 30）	○	○	●●	○○○○	
3 ズーム機能は有効ですか？	○○○○	●○○	●○	○	
4 自機位置の把握は容易ですか？	●	○○○	○○○	●○	
5 目的地の確認ができますか？	○○○	○○○○	○○○○	○○○	○○
6 サンシェーディングは効果的ですか？	○	○	●○○○	●○	○○
7 使用色の種類は十分ですか？	○	○○○	●●○○	●	○
8 危険物（高圧線）表示は有効ですか？	○○	○○○	○○○○	●○○	○
9 地形精度は十分ですか？	○○○	○○○	●○○○	○	○
10 等高線の効果はありますか？（10, 20）		○○○○	●●	○○○○	
11 空港、航法援助施設の把握は十分ですか？	○	○	○○	●●	○○○○
12 ジェットルート表示は有効ですか？	○		○○	●●○	○○
備考	1：優れている 3：このままでも良い 5：改良の必要有り ○：1パイロット ●：5パイロット				

図21 DMDの機能、性能について

しと指摘された項目についてはハードウェアの改修で削除でき、表示フォーマットに関してはソフトウェアの改修により対応可能である。

6.3 表示フォーマットに関する評価結果

表示フォーマットに関する形状や色合い等についてはパイロット個人個人の感覚と経験によって意見がまちまちになるケースが多々ある。今回用いたフォーマットは先に述べたようにB-747-400とSAEのフォーマット等を参考として作成している。以下に各評価項目について検討する。

6.3.1 シンボル、線、文字の「大きさ、太さ」についての評価結果

図22にPFD、図23にDMDの評価結果を示す。PFDについては77%が基本的な表示フォーマットについては概ね良好であると評価している。図24に各項目毎の評価結果を示すが、図から分かるように項目2の機体シンボル、項目7のG/S、LOCポインタ、項目8～11の昇降率、高度計関係の表示に改修の必要ありと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、シンボルの長さや太

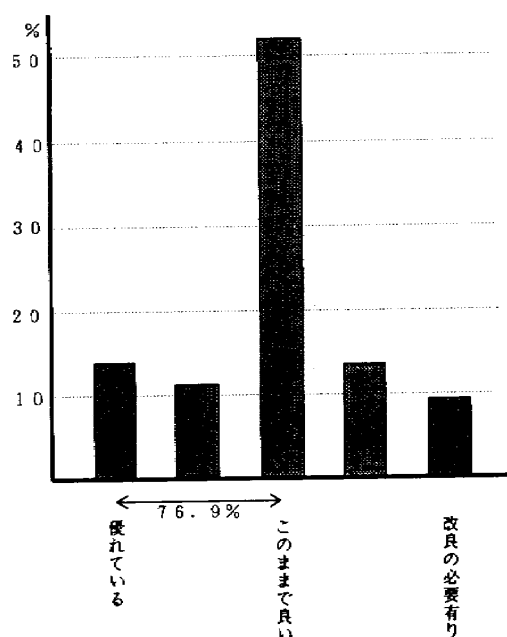


図22 シンボル，線，数字の大きさ，太さ (PFD)

項目	1	2	3	4	5
1 水平線	○○○	○○	●●○○	○	
2 機体シンボル	○○	○	●○○	●○	○○
3 ピッチ スケール	○○	○	●●	○○	○○
4 バンク角スケール	○○	○○○	●●○○	○	
5 " ポインタ	○○	○○	●●	○○○	○
6 G/S、LOC スケール	○○○	○○○	●●○	○○○	○
7 " " ポインタ	○○○		●○○○○	●	○
8 昇降率スケール	○○	○○	●○○	○○○	○○○
9 " ポインタ	○○	○○	●●	○○○	○○○
10 高度スケール	○○○	○○	●○○○○	○○	○○○○
11 " 表示	○○○○	○	●○	○○○	○○○○
12 速度スケール	○○	○○	●●○○	○	○
13 " 表示	○○○	○○	●●	○	
14 方位角スケール	○○○	○○○	●○○○○	○	○○
15 " 表示	○○	○○○○	●○○○	○○	○○
16 空港施設等シンボル	○○○	○○	●○	●	○○
17 川、道路、鉄道等	○○○	○○	●○	●○	○

備考 1：優れている 3：このままでも良い 5：改良の必要あり
○：1パイロット ●：5パイロット

図24 シンボル，線，数字の大きさ，太さ (PFD, DMD)

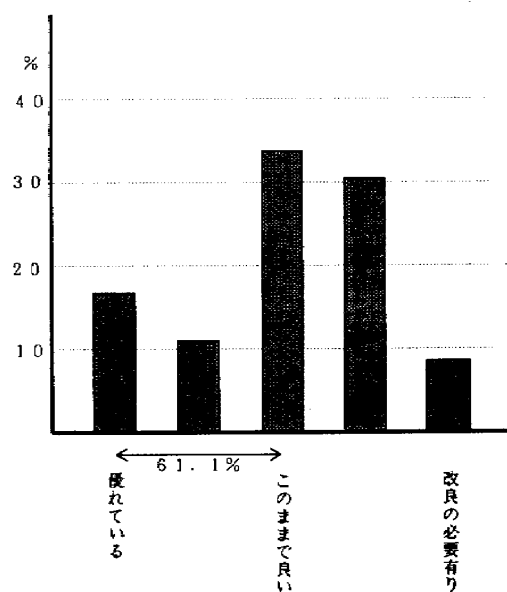


図23 シンボル，線，数字の大きさ，太さ (DMD)

さが姿勢の制御（維持）に微妙に影響することが指摘された。

機体シンボルの長さはピッチスケールの長さと同じとし、中央の丸は図25のように現在多く用いられているPFDと同じ四角の方が慣れていると云う点で同じ形状にした方が良かった。つぎに昇降率表示についてはフルスケールを $\pm 30.3\text{m/sec}$ (6,000ft/分)としたが、指示が

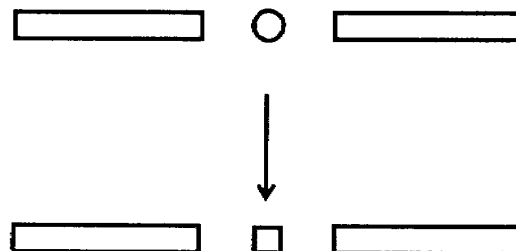


図25 機体シンボルの形状

最大値に近い場合には正確に指示値が判読できないことが指摘されたが、昇降率最大付近では通常の運用範囲外であり正確な数値の把握は必要としないのではないかと判断できるので現状のフォーマットで良いのではないかと考える。

つぎにDMDについての評価結果から「改良必要あり」との評価が39%と多くの指摘があった。これは空港援助施設の判別がし難いこと、形状は航空路地図の形状を踏襲すること、道路、河川、鉄道等の表示が複雑すぎる等の指摘があった。

航空援助施設についてはそれぞれの形状を大きめに描くことにより弁別可能な形状にできるものと思われる。河川については川の大きさによってサイズを変えていなかったもので、どれがどの川か

判別し難いことが分かった。川の大きさによって太さを変えることと、さらに大きな河川のみの表示がよいこと。道路についても高速道路とか幹線道路のみの表示で良いこと。道路と鉄道の弁別が容易にできる表示にすること等が指摘された。

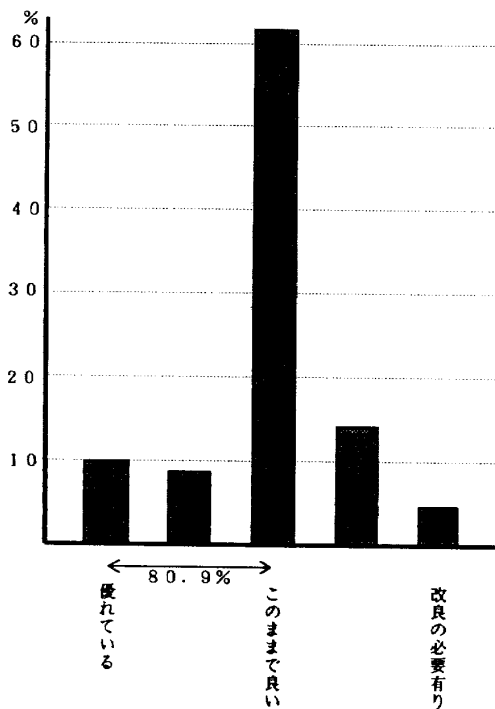


図 26 シンボル、線、数字の色合い (PFD)

6.3.2 シンボル、線、文字の「色合い」についての評価結果

図 26 に PFD、図 27 に DMD の評価結果を示す。また図 28 に各項目毎の評点の結果を示す。図 26 から PFD については殆どが現状の色合いで可と評価しており、特に問題はないと考える。しかし図 28 から項目 4 の機体シンボル、項目 7、9 のポインターについて改修の必要性が指摘されて

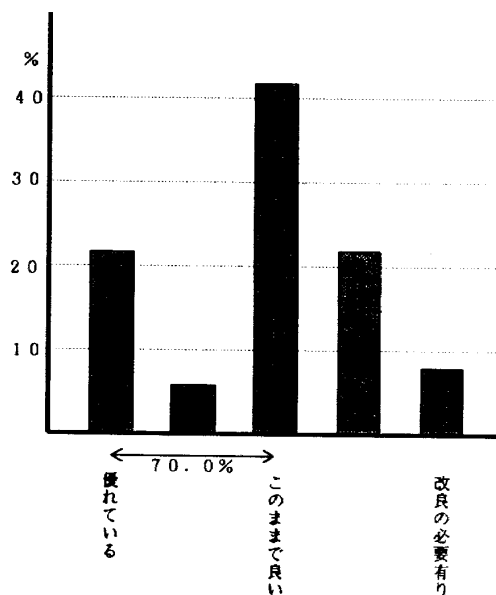


図 27 シンボル、線、数字の色合い (DMD)

項 目	1	2	3	4	5
1 背景 (上)	○○○○	○○○	●●		○
2 " (下)	○	○○○	●●○○	○	○
3 水平線	○○○	○○	●●○○○		
4 機体シンボル	○○○		●○○	●	○○○
5 ビッチ スケール	○○	○	●●○○○○	○	
6 バンク角スケール	○○○	○	●●○○○	○	
7 " ポインタ		○	●○○	●○○	○○○
8 G/S, LOC スケール	○○○	○	●●○○	○	
9 " " ポインタ			●○○	●●	○
10 昇降率スケール	○	○	●●○○○○	○	
11 " ポインタ	○	○○	●●○○	○○	
12 高度、速度スケール	○	○○	●●○	○○○	○
13 方位角スケール	○	○○○	●●○○		○
14 地形、海、湖、川	●	○	●●	○○	
15 空港、航法施設等シンボル	○○	○	○○○	●	○○○
16 道路、鉄道	○○○○	○	●○○○	○○○○	○
備 考 1: 優れている 3: このままでも良い 5: 改良の必要有り					
○: 1パイロット ●: 5パイロット					

図 28 シンボル、線、数字の色合いについて (PFD, DMD)

いる。ポインターの色合いについては先の評価試験²⁾の結果を反映したにも拘らず相変わらず指摘された。このことはポインターは「色合い」のみならず「明るさ」が影響するものと思われるので何度かの試行が必要であると考え。

DMD に関しては海、河川、湖沼の色合いについては良い評価を得ているが、空港援助施設の色合いについて改修の指摘を受けている。さらに道路と鉄道の識別が難しいとの評価を得たので今後の改修の余地があると考え。

6.3.3 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。

PFD の描画速度は60Hz、データ更新レートは30Hz、DMD の描画速度は60Hz、データ更新レートは20Hzであり、STOL 機「飛鳥」や大型機の運動性と飛行速度を考えると何れも問題無いと考えられる。

PFD の評価結果を図29に、DMD の評価結果

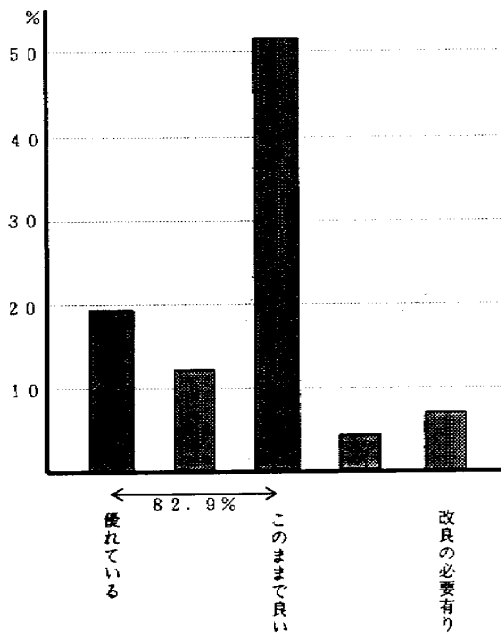


図29 シンボル、線、数字の動きのスムーズさ (PFD)

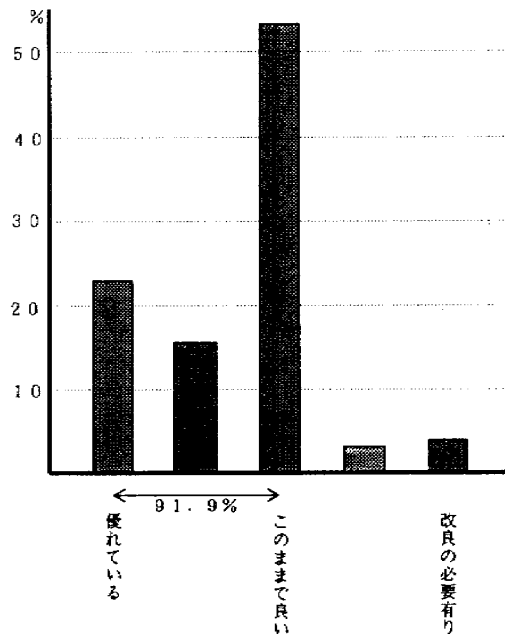


図30 シンボル、線、数字の動きのスムーズさ (DMD)

項 目	1	2	3	4	5
1 背景 (含水平線)	○○○○	○○○	●●		○
2 ピッチ スケール	○○○○	○○○	●○○○○		○○
3 バンク角ポインタ	○○○○	○○○	●●		○
4 "イドスラフ" 表示	○	○○	●○○○	○○○	○○○
5 G/S, LOC ポインタ	●	○○○○	●○○○○		
6 昇降率ポインタ	○○○○	○○○○	●○○○	○○	
7 高度、速度スケール	○○○	○○○○	●○○○○	○	○
8 方位角スケール	○○○	○○○	●●		○○
9 進行方向の追従性	●	○○○○	●○○○		
10 旋回に於ける追従性	○○○○	○○○	●●○		
11 縮尺切り替えの速さ	○○		●●○	○○	○○○
12 ズーミングの追従性	●○	○○○○	●○○○		
備 考 1: 優れている 3: このままで良い 5: 改良の必要有り					
○: 1パイロット ●: 5パイロット					

図31 シンボル、線、数字の動きのスムーズさについて (PFD, DMD)

を図 30 に示す。また各項目についての評価結果を図 31 に示す。結果から動きのスムーズさは確保されていると判断出来る。また急な操縦を行うと多少「ちらつき」が見えるが特に問題にするほどではないとのコメントが得られている。

6.3.4 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。

PFD の評価結果を図 32 に、DMD の評価結果を図 33、各項目毎の評価結果を図 34 に示す。PFD については図 32 から約 80% が読みとり易いと評価している。しかし DMD については図 33 の結果からは約半数が改修の必要性を指摘してお

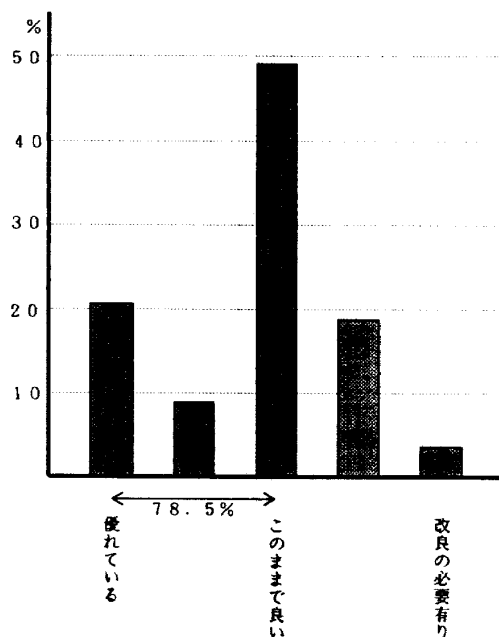


図 32 シンボル、線、数字の読みとり易さ (PFD)

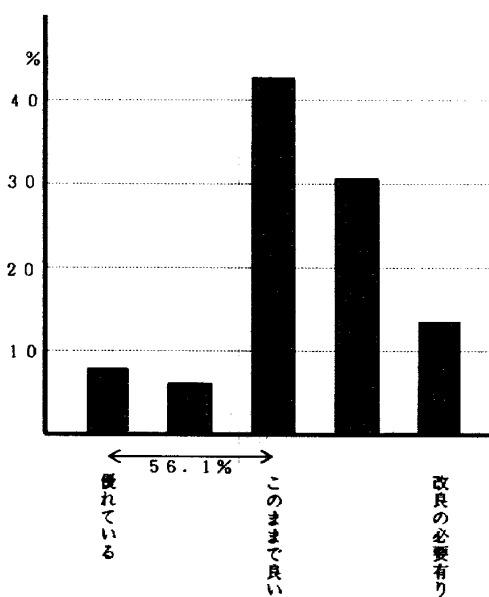


図 33 シンボル、線、数字の読みとり易さ (DMD)

項 目	1	2	3	4	5
1 背景 (上)	○○○○	○○○	●●		
2 背景 (下)	●	○○	●●○		
3 水平線	●	○○	●●○		
4 機体シンボル	○○○		●○	●○○○	○
5 ビッチ姿勢	○○	○○○	●●○	○	○
6 バンク角	○○○	○	●○	○○○	
7 G/S、LOC	○○○		●●	●	
8 昇降率	○○	○	●○○○○	●	
9 高度表示	○○○	○	●○	○○○○	○○○○
10 速度表示	●	○	●○○	●	
11 方位角	○○○○	○○○	●○○	○○○○	
12 地形情勢	○○	○○	●●	○○○	
13 川、道路、鉄道	○○	○	●○○○○	●	
14 空港、航法施設	○		●	●○○	○○○
15 高度感覚の把握		○	○○○	●	●○
備 考 1: 優れている 3: このままでも良い 5: 改良の必要有り ○: 1パイロット ●: 5パイロット					

図 34 シンボル、線、数字の読みとり易さについて (PFD, DMD)

り、DMDについては使用目的によって表示内容
と表示方法を再検討する必要があると考える。

7. おわりに

航空機搭載用液晶ディスプレイの機能・性能に
関してPFD, DMDのシミュレーション評価試験
を実施した。一般的にこれらディスプレイ装置
はハードウェア単体での機能・性能評価のみでな
く、表示フォーマットを含むソフトウェアの機能・
性能と併せて評価が必要であり、ハード、ソフト
の改修とその評価試験は常に対応して実施するこ
とが必要であると考え。

本評価試験の全般的な評価として、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、計器表示デバイスと
して十分な機能、性能を有しており、指摘された
幾つかの改良点について改修を施すことにより、
将来の表示デバイスとして十分使用可能であるこ
と、とくにPFDについてはこのままでも実機搭
載も可能なほどの評価が得られた。また表示フォー
マットについては、今回用いたPFDの基本的フォー
マットは現在就航しているB-747-400やA-
320の表示フォーマットを踏襲していること、改
修指摘事項に関しても十分対応可能であると考え
られ、改修後の評価試験を経た後には搭載モデル
へと移行が可能であると考え。つぎにDMDに
関しては先にも述べたように、使用目的に対応し
た表示内容とすること、サンシェード、等高線表
示機能等は実用上必要無いと考えられるので、必
要とする機能を絞り込むこと及び大量の地形情報
の格納方法として高集積密度ROMチップあるい
は各エリア毎に地図情報を格納するカード式メモ
リ方式等の技術確立を行うことにより、より有
効な表示装置となるものと考え。

今後の技術改題としてハードウェアに関する主
な項目は①液晶パネルのバックグラウンドが真黒で
なく、多少の青味が残っている。そこで真黒にす
るための改良、②液晶パネルの解像力の向上、③
多色化実現のための階調性能の向上、④高速描画
実現のためのグラフィック処理能力の向上等が挙
げられる。

最後にDMDの地形データ作成にあたり国土地
理院から国土数値情報の提供を戴いたこと、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) 清水 哲男他：航空機用Dサイズ液晶フラット・パネル・ディスプレイの開発，第28回飛行機シンポジウム前刷り集，P496(1990.11)
- 2) Aeronautical Radio INC.:Electronic Flight Instruiment, ARINC-725(1990.8.2)
- 3) SAE : AEROSPACE RECOMMENDED PRACTICE, ARP-4102/7 (1987.11)
- 4) 日本航空宇宙工業会：革新航空機技術開発に関する研究調査，No.515(1981.3)
- 5) 川原 弘靖他：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，航空宇宙技術研究所報告，TR-1122(1991.10)
- 6) シャープ(株)：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)
- 7) 日経PB社：フラットパネル・ディスプレイ(1990)
- 8) 日本航空運航技術部：747-400の概要，(1988.6)
- 9) 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(1986.11)
- 10) 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)
- 11) A.Watanabe et al. : NAL Flight Simulator Real-Time Computer System, AIAA 89-3297(1989.8)
- 12) H.Kawahara et al.: D-Size Liquid Crystal Flat Panel Display Evalutation by Flight simulator, AIAA 90-3145(1990.9)

付表 1 共同研究の分担

研 究 項 目	航 技 研	日本航空電子㈱
①研究計画	◎	○
② PFD, DMD の開発		◎
③飛行シミュレーションプログラム開発	◎	
④表示フォーマット開発	○	◎
⑤ DMD ソフト開発	○	◎
⑥飛行シミュレータ機能拡充	◎	
⑦データベース機能確認	○	○
⑧シミュレーション試験計画	◎	○
⑨評価項目, 方法の策定	◎	○
⑩シミュレーション試験実験	○	○
⑪結果の整理, まとめ	○	○
⑫学会発表	○	○

付表 2 評価パイロットの略歴

機関名	パイロット	飛行時間 1991.10 (約)	シミュレータの経験	CRT計器の経験		備 考
				有 り	無 し	
航技研	A	5,760	ASKA	○		
	B	4,110	ASKA	○		
全日空	C	12,060	B747		○	
	D	12,200	YS-11, B727, B767, L1011	○		
	E	9,950	B767, B737, B727, YS-11, A-320	○		
日本航空	F	10,690	DC-8, DC-10, B747, T2, B767, B747-400, T-4	○		
	G	7,540	DC-8, DC-10, T-33, P2V	○		
	H	8,320	B767, DC-8, DC-9	○		
	I	7,860	B767, DC-8	○		
	J	6,740	DC-8, B747, B767	○		
川崎重工	K	6,000	B737(CGI)他		○	
	L	8,000	ASKA, T-2, T-2, T-4, DC-9, B747, US-1	○		
新明和	M	3,300	PS-1, Learjet, ASKA LR-35	○		
富士重工	N	6,000	F-86, F-104, FHI		○	FHI: 富士重工業㈱のシミュレータ
	O	5,000	FHI, AH-IS, B747		○	
三菱重工	P	6,600	MHI, ASKA, FSX 用	○		MHI: 三菱重工業㈱のシミュレータ
	Q	5,900	T-2, F-1, F-15, C130 YS-11, PS-1	○		
	R	4,820	ヘリコプター		○	

航空宇宙技術研究所報告1136号

平成3年12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7-44-1

電話 三鷹(0422)47-5911(大代表) ㊦182

印刷所 株式会社 共 進

東京都杉並区久我山5-6-17
