

ISSN 0452-2982
UDC 629.1.054
621.397.132

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-596

多機能表示装置の飛行シミュレーション評価試験

川 原 弘 靖 ・ 渡 辺 顯
若 色 薫 ・ 田 中 敬 司

1988年10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
三菱プレシジョン株式会社
日本航空株式会社
全日本空輸株式会社

試験参画者

総括	川原弘靖,	渡辺 顯
試験担当	川原弘靖,	若色 薫
	渡辺 顯,	田中敬司
	江波戸 信雄*,	泉 和夫*
	師岡 邦佳*,	山元 善明*
	曾和 恵三,**	野田 文夫**
	飯島 澄***	
評価パイロット	中村 勝,	照井 裕之
	曾田 和彦**,	岡田 孝一**
	田中 琢郎**,	小西 進***
	山内 純二,***	前根 明***

* : 三菱プレシジョン株式会社

** : 日本航空株式会社

*** : 全日本空輸株式会社

多機能表示装置の飛行シミュレーション評価試験*

川 原 弘 靖** 渡 辺 顯**
若 色 薫** 田 中 敬 司***

記号、略号表

ADF	: Automatic Direction Finder (自動方向探知機)	HDD	: Head Down Display (ヘッドダウン 表示装置)
AM	: Airway Marker (エアウェイ マーカ)	HSI	: Horizontal Situation Indicator (水平位置指示器)
ANA	: 全日本空輸株式会社	IM	: Inner Marker (インナーマーカ)
A/P	: Auto Pilot (自動飛行制御)	ILS	: Instrument Landing System (計器着陸装置)
App	: Approach (アプローチ)	JAL	: 日本航空株式会社
ARINC	: Aeronautical Radio, Inc.	KHI	: 川崎重工業株式会社
CGI	: Computer Generated Imagery (電子式映像作画)	LOC	: Localizer (ローカライザ)
CRT	: Cathode Ray Tube (陰極管)	L/D	: Landing (着陸)
CTOL	: Conventional Take Off and Landing (通常方式の離着陸)	MFD	: Multi Function Display (多機能表 示装置)
DH	: Decision Height (決断または決心高 度)	MM	: Middle Marker (ミドルマーカ)
DMD	: Digital Map Display (デジタル 式地図表示装置)	NAV	: Navigation (航法, 航行)
DME	: Distance Measuring Equipment (距離計)	NDB	: Non Directional Beacon (無指向性 無線標識)
EADI	: Electronic Attitude Directional Indicator (電子式姿勢指示計)	OM	: Outer Marker (アウターマーカ)
EHSI	: Electronic Horizontal Situation Indicator (電子式水平位置指示器)	QNH	: Altitude Indicate above mean Sea Level (海面からの気圧高度)
ENG	: Engine (エンジン)	RMI	: Radio Magnetic Indicator (磁方位 指示器)
F/D	: Flight Director (飛行制御コマン ド)	R-ALT	: Radio-Altitude (電波高度)
FMCS	: Flight Management Computer System (飛行管理計算機システム)	SAE	: Society of Automotive Engineers. Inc
G/S	: Glide Slope (グライドスロープ)	STOL	: Short Take Off and Landing (短距離着陸)
		T/O	: Take Off (離陸)
		VOR	: Very high Frequency Omni Range (超短波全方向式無線標識施設)
		V ₁	: 臨界点速度
		V ₂	: 安全離陸速度
		V _R	: ローション速度
		YXX	: 次期民間輸送機 (開発)

* 昭和63年7月1日受付

** 計測部

*** 飛行実験部

1. はじめに

航空機のコックピット環境が変革されつつある。サイドスティック方式の操縦装置、CRTあるいは液晶ディスプレイによる表示計器の開発が進み、さらにスイッチ類はタッチセンサースイッチの応用も試みられている¹⁾。

航空宇宙技術研究所においてもコックピット表示に関する研究を進めており、昭和55年に統合エアボーンディスプレイ実験装置を開発し²⁾、表示機能、表示フォーマット等に関して飛行シミュレーション評価試験を通じた研究を進めてきた³⁾。また、昭和57年には当所で開発したSTOL実験機「飛鳥」に搭載を目的としたヘッド・ダウン・ディスプレイ（以下HDDと略す）を開発し、STOLオペレーションを可能とする表示フォーマットについての研究を進めている⁴⁾。

さらに次期民間輸送機「YXX」の飛行性評価試験等を通してサイドスティックの有効性等に関する研究を進めている。

一方、国内外においてはEADI、EHSIをはじめマップ表示等の機能をもった多機能表示装置（MFD）の開発が盛んに行われており、外国ではマップ・ディスプレイが一部実用化されている^{5),6)}。

今回、三菱プレジジョン株式会社（MPC）が開発したデジタル・マップ・ディスプレイ（以下DMDと略す）⁷⁾および航技研のHDDに関するシミュレーション評価試験を実施したので試験の内容と結果の概要について報告する。

なお、本評価試験は三菱プレジジョン株式会社、日本航空株式会社、全日本空輸株式会社と共同研究契約を締結し、今後の技術的問題について検討、討議を行い問題点を明らかにした。なお後2社からは評価パイロットの派遣があった。

2. 多機能表示装置飛行シミュレーション試験

2.1 試験目的

本試験の目的は新しい操縦席設計研究の一環として、CRT型表示計器システムの有効性ならびに技術的問題点をシミュレーション評価試験により

明らかにすることにある。

今回の試験ではHDDおよびDMDの機能、性能について評価するとともに、航技研汎用飛行シミュレータ装置の有効利用の方法を確立することも目的とした。

2.2 試験方法

試験は航技研の汎用飛行シミュレータ装置^{8,9,10)}を使用し、副操縦士席を評価席とした。また航空機の飛行運動特性は航技研の低騒音STOL実験機「飛鳥」のCTOL形態を模擬した。飛行空域は羽田空港を中心とした関東周辺とした。

(1) HDDの評価

HDDの表示シンボル、視認性、スムーズさ等に対しては既に航技研のテスト・パイロットによりシミュレーション評価試験⁴⁾を実施し、表示シンボル等に関し幾つかの改良を施している。今回の試験では運航サイドから実運用を踏まえて、シンボル、視認性等さらに改良を必要とする点についての評価に重点をおいた。

評価は離着陸フェーズならびに飛行全般についてDMD評価で与えられたミッションを遂行する過程で実施した。

(2) DMDの評価

市街地表示の評価においては東京近郊の市街地上空の飛行、山岳地表示の評価で伊豆半島松崎付近から熱海までの山間地飛行、海岸線表示に対する評価では伊豆大島一周飛行、航法無線局関係表示の評価では木更津上空から羽田空港までの着陸進入飛行を実施した。

(3) ナビゲーション機能評価

DMD表示機能にあわせて従来計器を用いたナビゲーション機能を付加し、計器のみの飛行と地図利用による飛行を行いナビゲーション機能の評価を行う。

以上HDD、DMD、ナビゲーション機能について表示内容、情報の取得の難易等について評価シートに評価点およびパイロット・コメントを記述する方式で評価する方法を採用した。

2.3 実験装置概要

図1に実験構成図を示す。以下にその概要について記述する。

(1) 飛行シミュレーション試験設備

STOL実験機「飛鳥」を対象とした汎用型の飛行シミュレータ装置で、模擬操縦席、視界模擬装置(CGI)、6自由度モーション模擬装置および飛行運動計算機から構成される。今回の試験ではHDD、DMDの評価は副操縦士席を評価席とし、ナビゲーションソフトの評価では従来計器による機長席を評価席とした。したがって副操縦士席計器盤にHDD、中央計器盤右側にDMDの表示ユニットを装着する改修と飛行運動模擬計算機とDMDプロセッサとの結合のためデータ転送用RS-232C規格の結合インターフェースおよびコードの敷設、および関連するソフトウェアの追加、改修を行った。図2に飛行シミュレーション試験設備の全景を、図3に操縦席計器盤を示す。図4に羽田空港の着陸直前の視界映像を示す。

なおモーション駆動装置はパイロットが必要としたとき以外は使用しなかった。

(2) HDD

副操縦士席計器盤に表示ユニット(9インチ

CRT)を、サイドパネルにコントロールボックスを取り付けた。模擬操縦席専用計算機からHDDへのデータ転送はARINC429規格のデータバスを使用した。HDDに転送している信号一覧を表1に示す。またHDDの機能、性能の概略を表2に示す。

各表示シンボルの説明を図5に、代表的な表示例を図6に示す。

(3) DMD

本装置はマップ表示を主とした多機能表示装置で、地図表示、エンジン計器表示、チェック・リスト表示等ができる。DMD表示ユニットは先にも述べたとおり中央計器盤右側に装着した。またHDD同様にサイドパネルにコントロールボックスを取り付けた。各表示データは全てデジタルデータとして記憶され、コントロールボックスの表示モード選択スイッチにより必要な表示を行う。飛行運動模擬計算機からDMDへのデータ転送はRS-232C規格のデータバスを使用した。DMDの機能、性能の概略を表3に、各表示モードの表示例を図7、図8、図9にまた図10に機首方位とした表示例を示す。

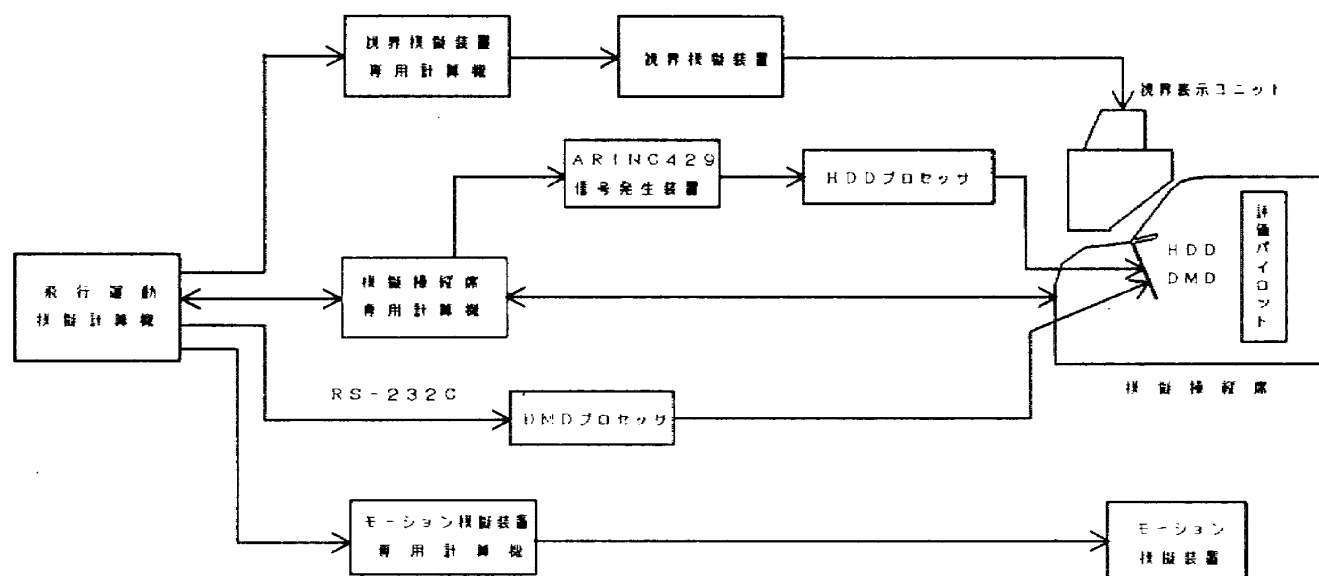


図1 飛行シミュレーション試験構成図

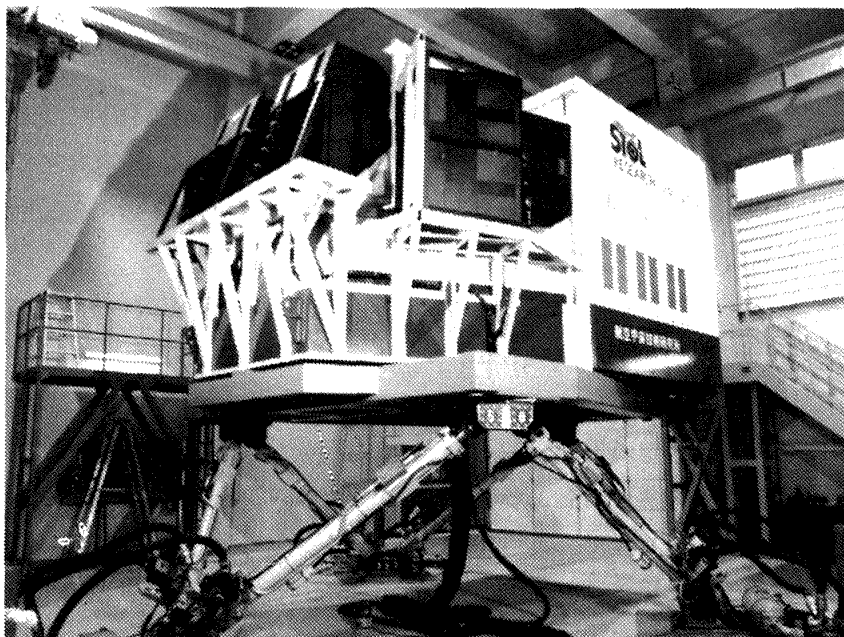


図2 飛行シミュレーション試験設備全景

表1 HDD データ転送表 (ARINC 信号)

名 称	単 位	ARINC信号オクタルヘル
真方位角	deg	3 1 4
方位角	deg	3 2 0
対地径路角	deg	3 2 2
ピッチ角	deg	3 2 4
ロール角	deg	3 2 5
前後加速度	g (1g=9.8m/s ²)	3 3 1
上下加速度	g	3 6 4
N-S速度	kt(1kt=0.514m/s)	3 6 6
E-W速度	kt	3 6 7
設定空港高度	ft(1ft=0.3048m)	1 0 2
設定空港距離	nm(1nm=1,852m)	1 0 3
設定径路角	deg	1 0 4
設定方位角	deg	1 0 5
設定空港偏位	nm	1 0 6
設定ピッチ角	deg	1 0 7
電波高度	ft	1 6 4
ローカライザ偏位	dot(1dot=1deg)	1 7 3
グライドスローブ偏位	dot(1dot=0.5deg)	1 7 4
気圧高度	ft	2 0 3
対気速度	kt	2 0 6
昇降率	ft/min(1ft/min=0.00508m/s)	2 1 2
迎角マージン	deg	2 4 0

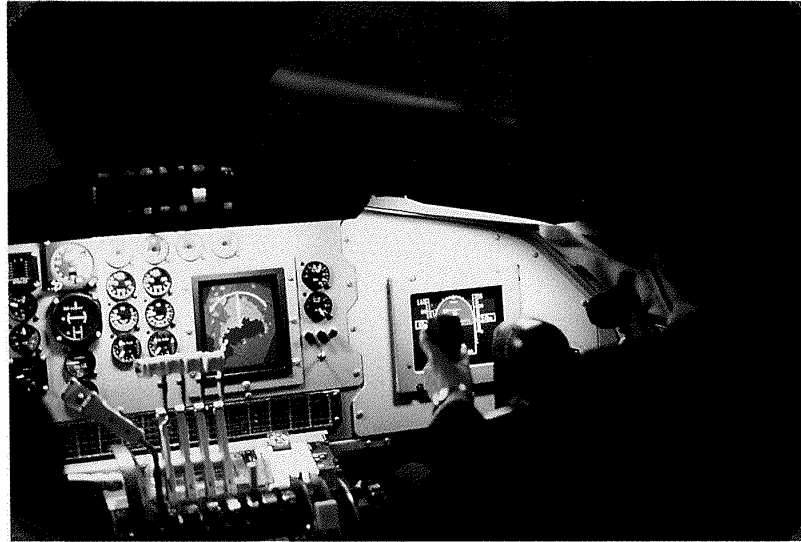


図3 模擬操縦席計器盤（改修後）



図4 視界シーン（羽田空港）

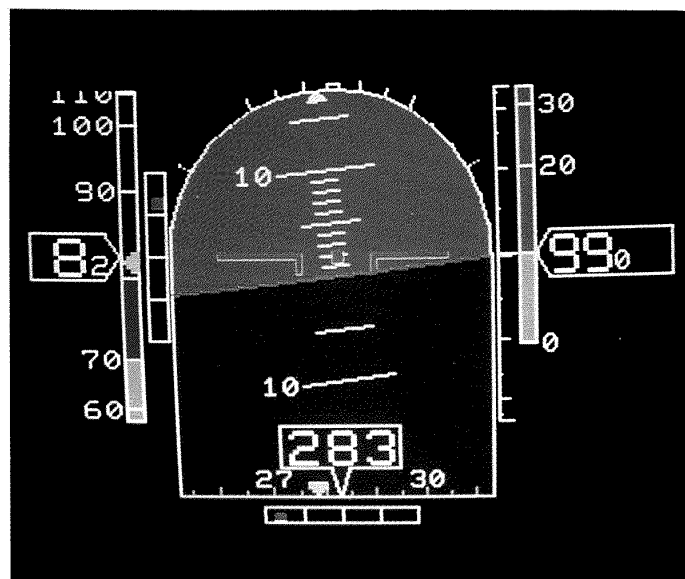


図6 HDD 表示例

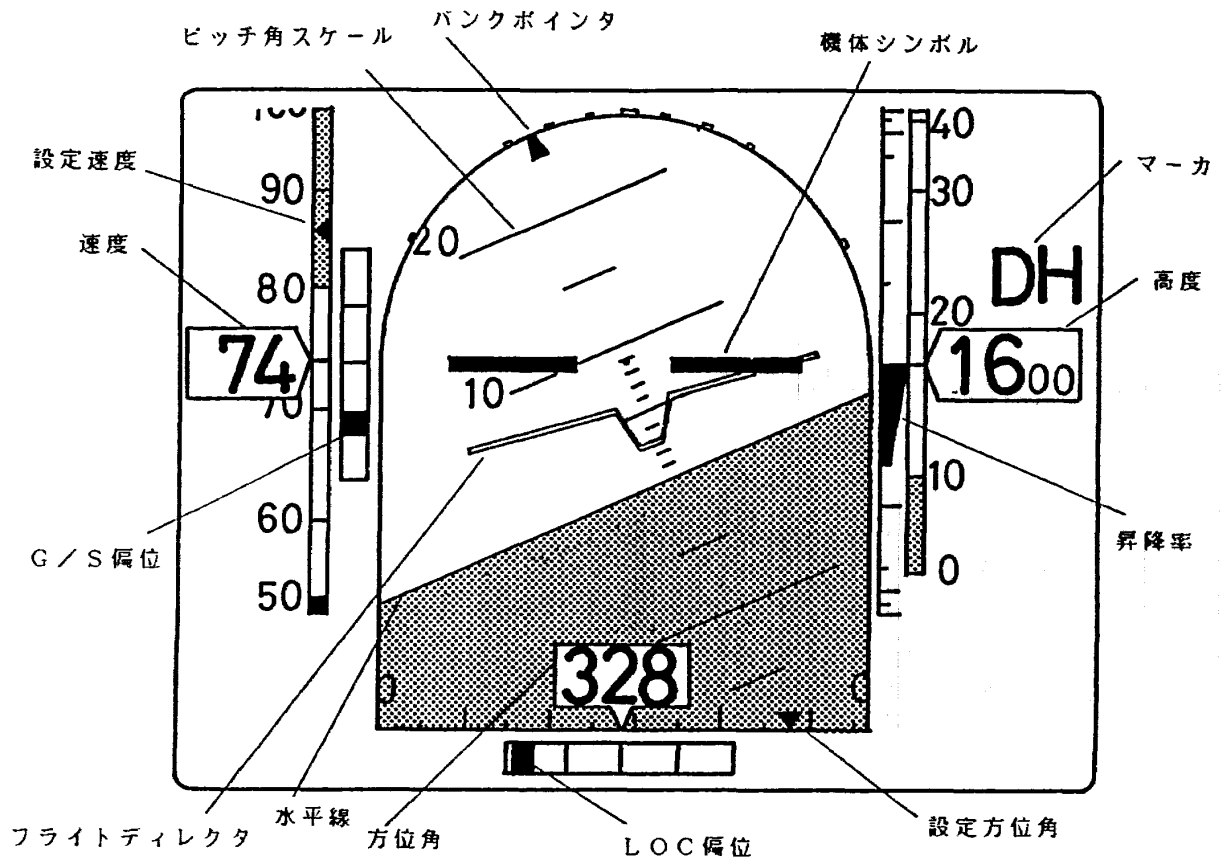


図5 HDD表示シンボル説明図

表2 ヘッド・ダウン・ディスプレイの性能

項 目	機 能 、 性 能
CRTおよびサイズ	高分解能シャドウマスクカラーブラウン管 9インチ
有効表示域	160mm(横)×120mm(縦)
走査線本数	240本
表示精度	320ドット×240ドット
画素	0.5mm×0.5mm
表示ベクトル数	256本
表示色	32色
表示文字	小サイズ文字：3.5mm×4.5mmの英数字 大サイズ文字：7mm×9mmの英数字
走査方式	ノンインターレース
フレーム・レート	60Hz
データ更新レート	20Hz、一部10Hz
入力信号	映像信号(R,G,B) --- TTL 8ビット 水平同期信号(HD) --- TTL 垂直同期信号(VD) --- TTL
輝度コントロール	マニュアル+自動
電源	AC115V、400Hz、60VA
信号回線	ARINC-429
表示要素	機体シンボル、ピッチ角、ロール角 方位角、設定方位角、対気速度、設定速度 高度、昇降率、フライト・ディレクタ ILS偏位、警報、各種マーカ



図7 DMD 表示例（山岳）

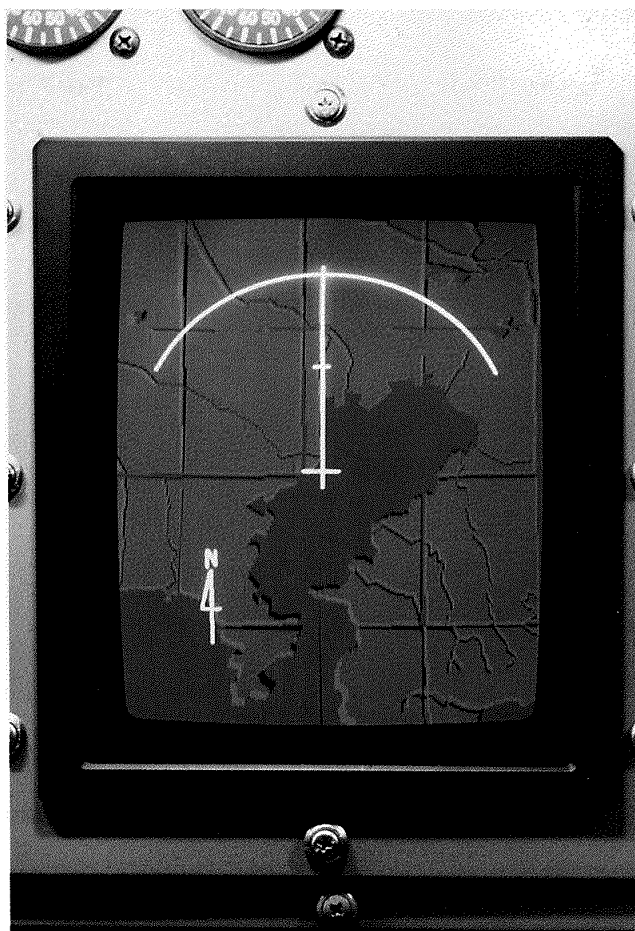


図8 DMD 表示例（川沼）

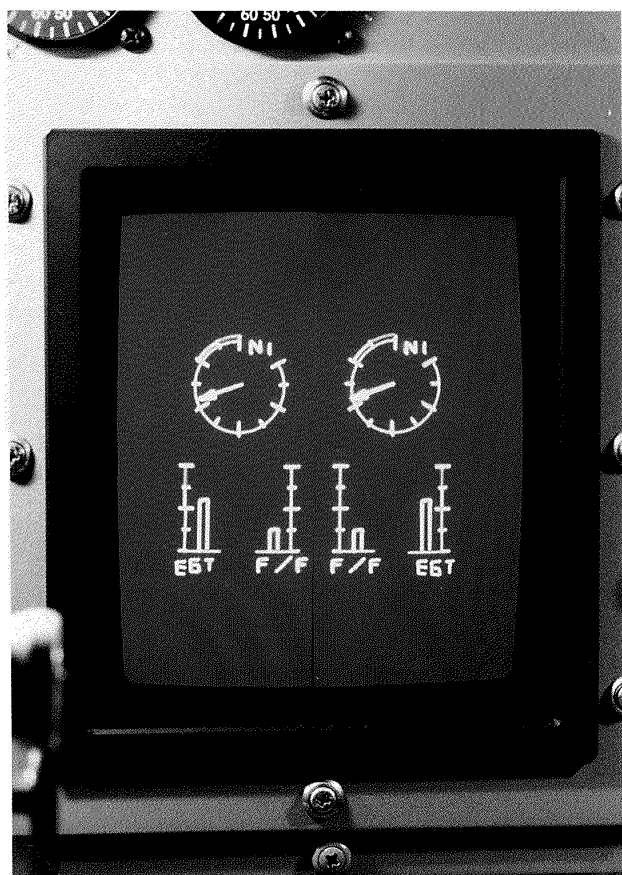


図9 DMD 表示例（エンジン計器）



図10 DMD 表示例（機首方位）

表3 デジタル・マップ・ディスプレイの性能

項 目	機 能 、 性 能
CRTおよびサイズ	高分解能シャドウマスクカラーブラウン管 8インチ
有効表示域	178mm(横)×152mm(縦)
走査線本数	256本
表示精度	ストローク・ライティング ラスト:256ドット×256ドット ストローク:1024ドット×1024ドット
画素	0.7mm×0.6mm(ラスト) 0.175mm×0.15mm(ストローク)
表示色	16色
走査方式	2:1インターレース
フレーム・レート	60Hz
データ更新レート	30Hz
輝度コントロール	手動
データ・ベース	羽田空港を中心に240km×240kmの範囲
信号回線	RS-232C
電源	AC100V,50Hz
表示要素	海、川、湖沼、地上標高物、市街地 飛行場、航法無線局、自機シンボル 距離スケール、エンジン計器、他

2.4 試験の準備

(1) ハードウェア関連

追加および改修を施した項目は以下の通りである。

(a) HDD 表示ユニットの装着

副操縦士席計器盤として新たに HDD 表示ユニットおよび旋回傾斜計を装着した計器盤を取り付け、あわせて信号ケーブルの配線、接続を行った。

(b) DMD プロセッサの設置

模擬操縦席後部電気架の脇に DMD 用プロセッサおよびマップ・データ入力用パーソナル・コンピュータを設置した。同装置はモーション駆動による振動、加速度による影響を考慮した設置構造とした。図11に DMD プロセッサの模擬操縦席内での設置位置とその外観を示す。

(c) DMD 表示ユニットの装着

中央計器盤の副操縦士席側に DMD 表示ユニットを装着し、No.3, No.4エンジン計器をDMDエンジン計器表示に移し、ランディング・ギア・アセンブリを取り外し、代わりにトグルスイッチを用いて機能を代行した。図12a～dに模擬操縦席内部の改修前後および中央計器盤の改修前後の

様子を示す。

(d) RS-232C ケーブルの設置

DMD 用信号転送ケーブルとしてRS-232C方式の通信ケーブルを飛行運動計算機と DMD プロセッサ間に設置した。

(e) コントロール・ボックスの取付け

HDD, DMD 制御用コントロール・ボックスを副操縦席右側のサイドパネルに取付けた。

(2) ソフトウェア関連

追加および改修を行った項目は以下の通りである。

(a) ナビゲーションソフト

今回の試験では評価対象がマップ表示を主としたものであるため、ナビゲーション機能が必要と考え羽田空港に着陸するための北ルート、南ルートのコースを用意した。飛行開始位置は北コースは阿見(茨城県)上空から、また南ルートは伊豆大島上空からとした。いずれも最終コースは木更津のアウト・マーカを経て空港滑走路への着陸進入とした。各コースとも通過ポイントは予めセットしてある。図13に羽田空港を中心とした概略図と進入コースを示す。

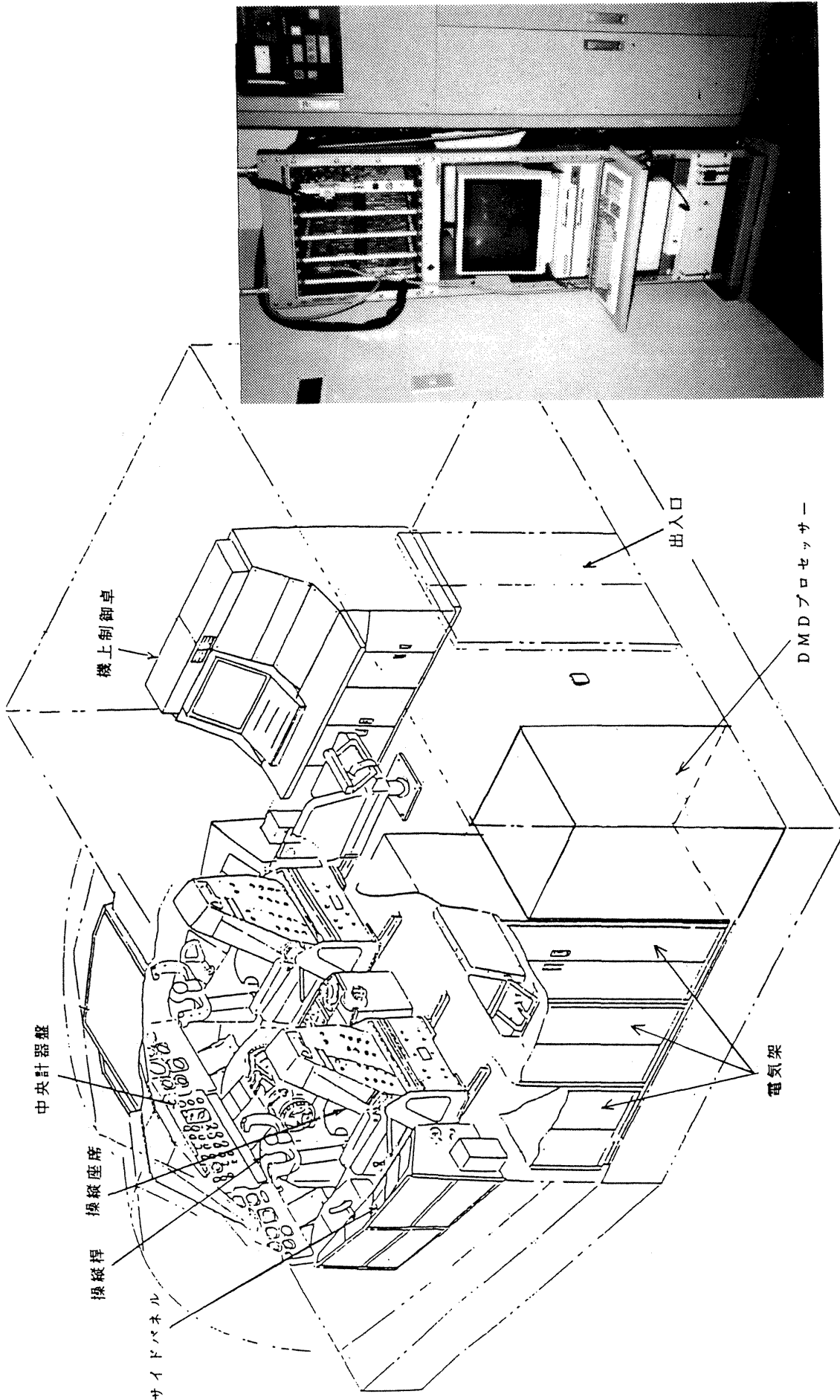
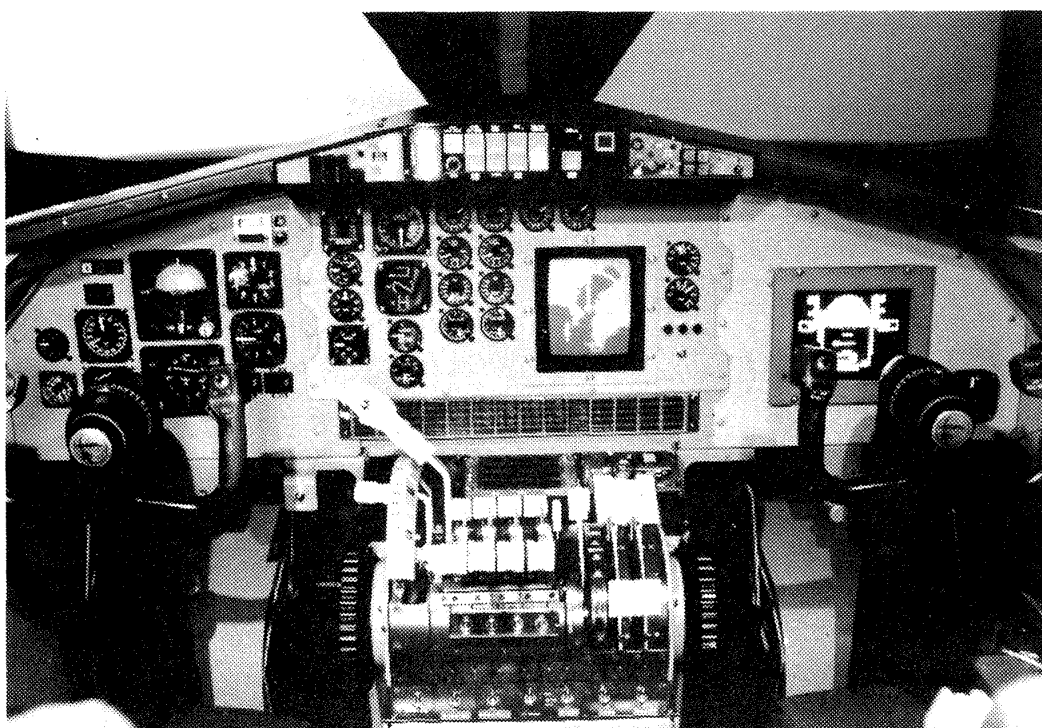


図11 模擬操縦席内での設置状況とその外観

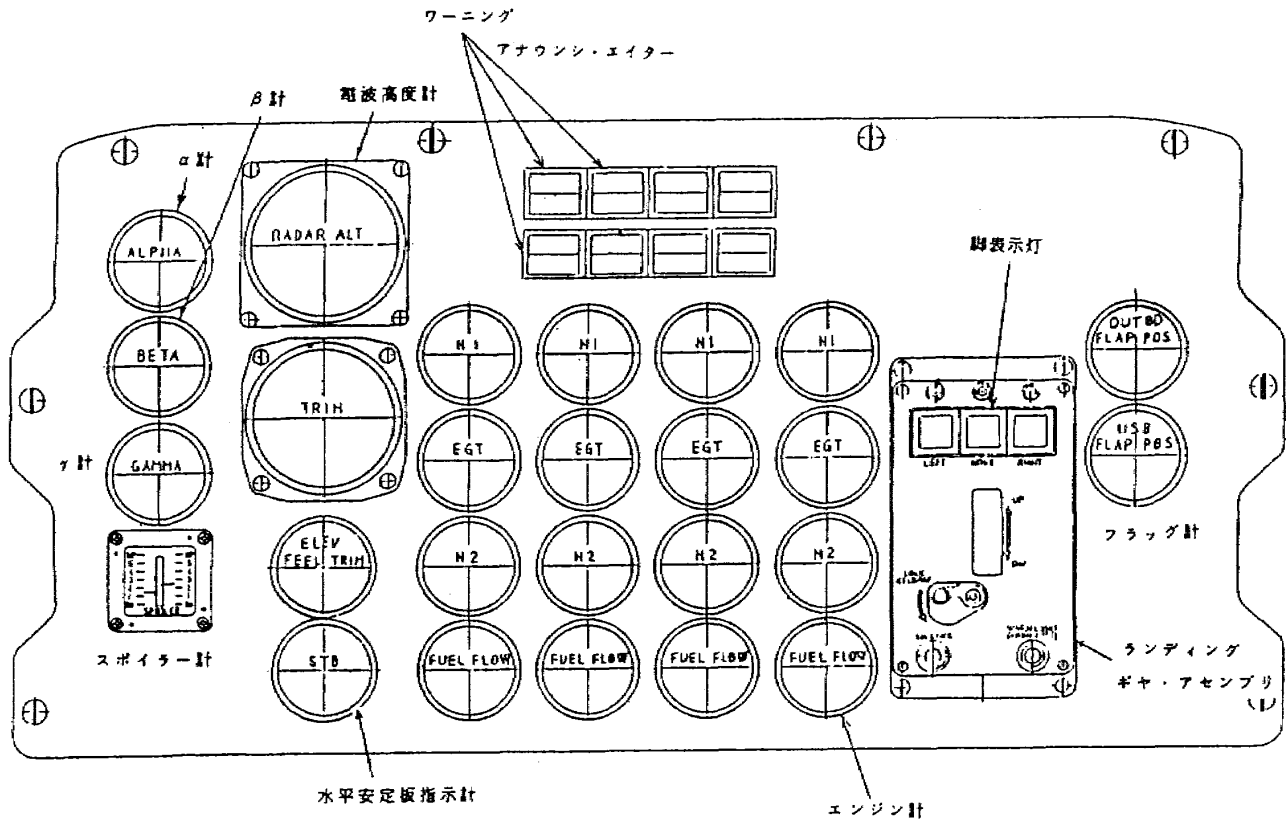


a 計器盤全景（改修前）

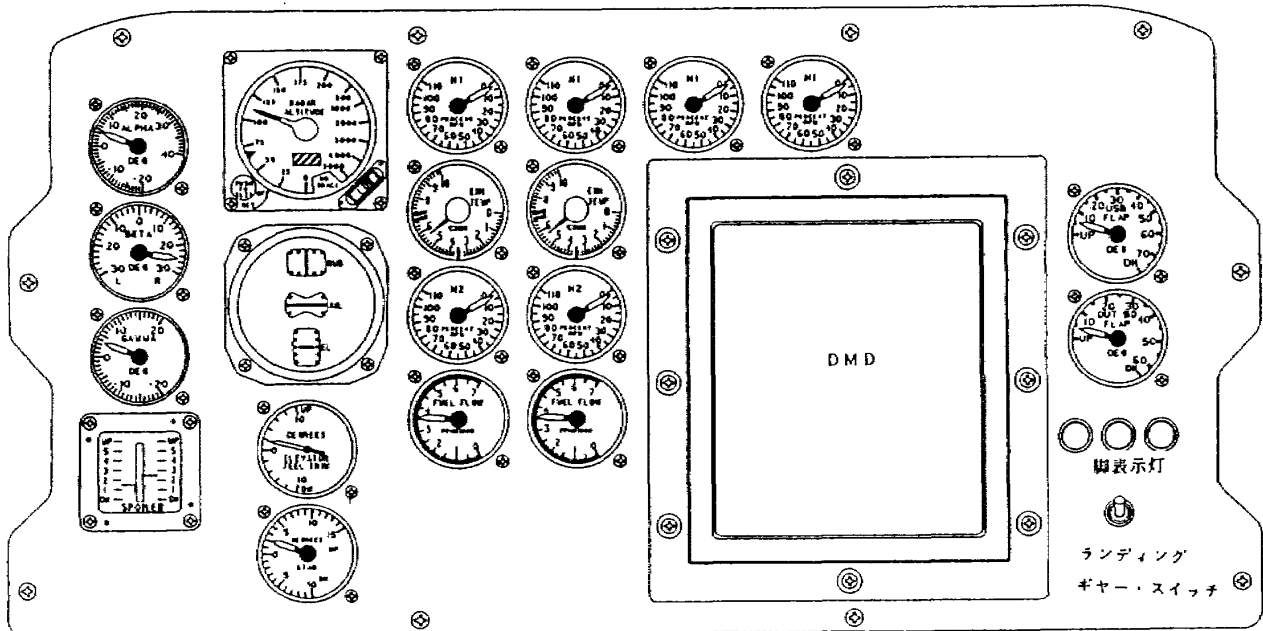


b 計器盤全景（改修後）

図12 模擬操縦席改修状況



c 中央計器盤（改修前）



d 中央計器盤（改修後）

図12 （続き）

(b) マーカ・ビーコンソフト

本ソフトはアウト・マーカ、ミドル・マーカ、エアウェイ（インナー）・マーカのマーカ音発生の模擬とマーカ・ライトの点灯機能を受け持つ。図14に今回の試験のために用意したマーカ位置およびマーカ音の関係を示す。マーカ上の角度はコーンの広がり角（今回の試験で使用した暫定値）

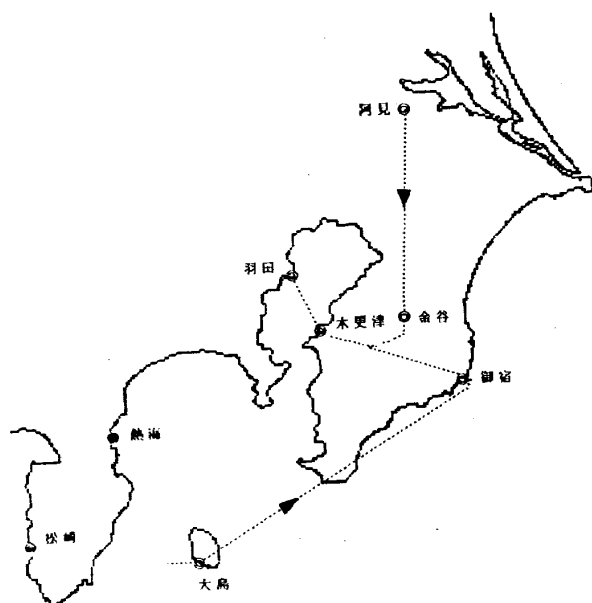


図13 関東エリア概略図および進入コース

を示している。

(c) 磁方位指示器 (RMI) 駆動ソフト

磁方位指示器および DME 計の外観を図15に示す。方位指示は磁方位信号で駆動する。従来No.1, No.2 ポインタ（指針）は図17に示すような指示をする。DME 計の表示はそれぞれのポインタに対応し No.1 ポインタには No.1 DME 計, No.2 ポインタには No.2 DME 計に現在の位置、高度からそれぞれ選択しているナビゲーションステーションまでの距離を表示する。今回の試験ではコースが予め設定されているので図18に示すように No.1 ポインタが常に至近のナビゲーションステーションを, No.2 ポインタがその次のステーションを指示する方式を採用した。DME 計も同様方式で表示するようにした。

(d) 水平位置指示器 (HSI) 関連ソフト

水平位置指示器の外観を図16に示す。水平位置指示器は方位指示の他コース偏位指示, To-From 表示, コース設定ノブ等の機能がある。方位指示は RMI と同様磁方位信号で駆動する。コース偏位指示は設定コースからの「ズレ」を指示する。今回の試験では先にも述べたように予めコースが

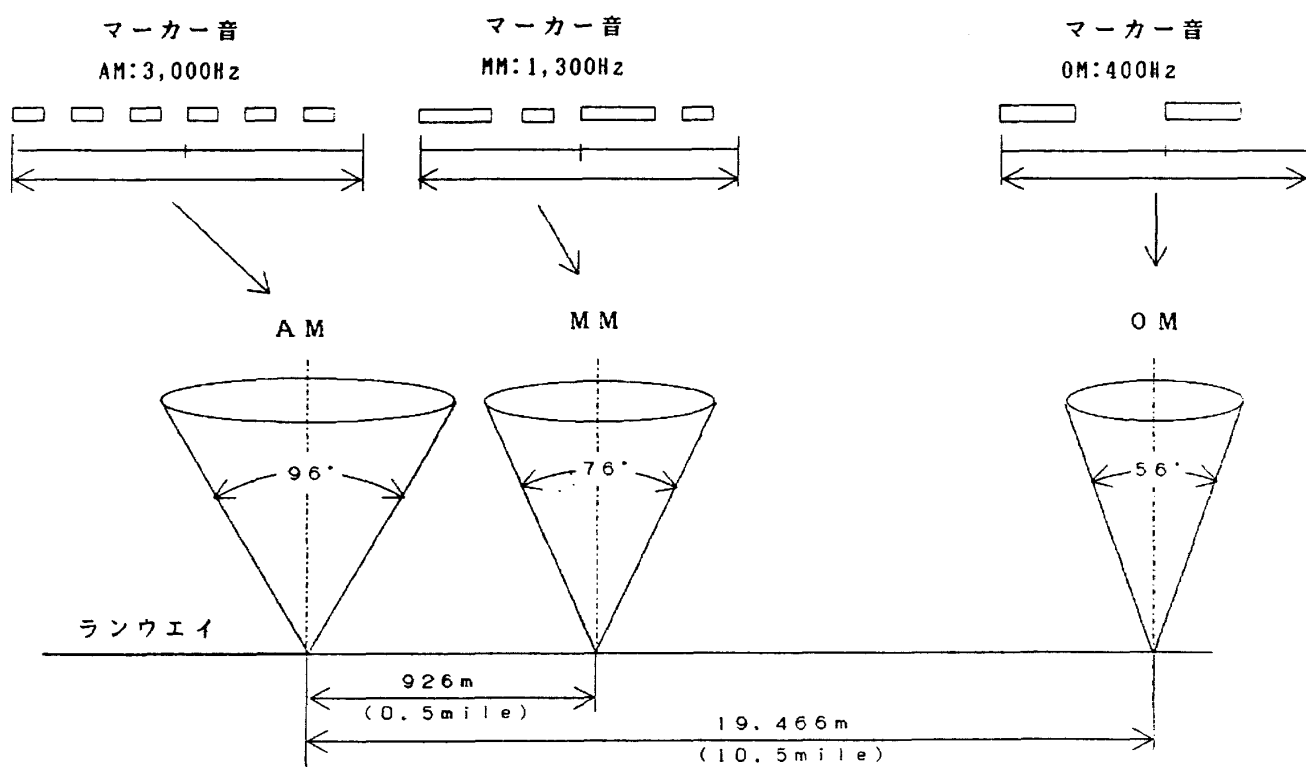


図14 マーカ・ビーコンの位置とマーカ音の関係

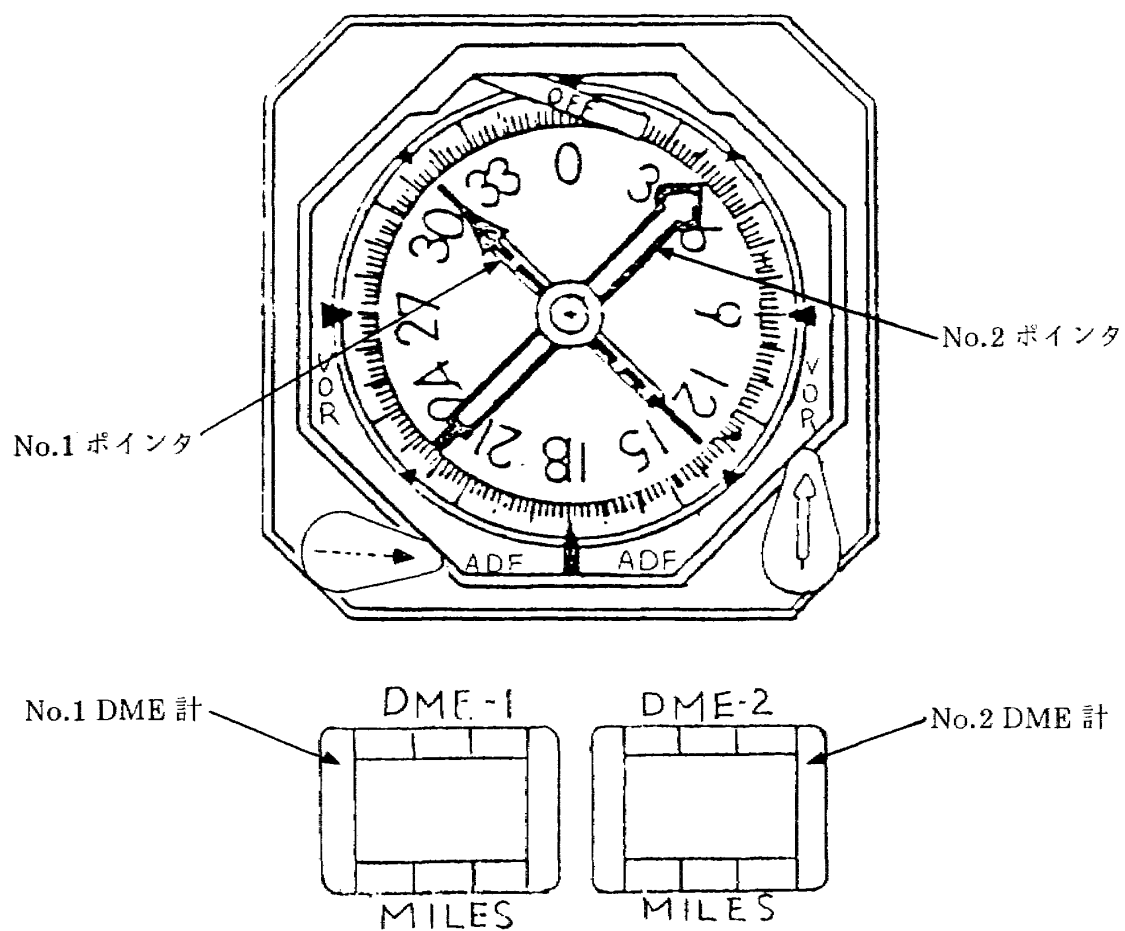


図15 磁方位指示器 (RMI), DME 計外観図

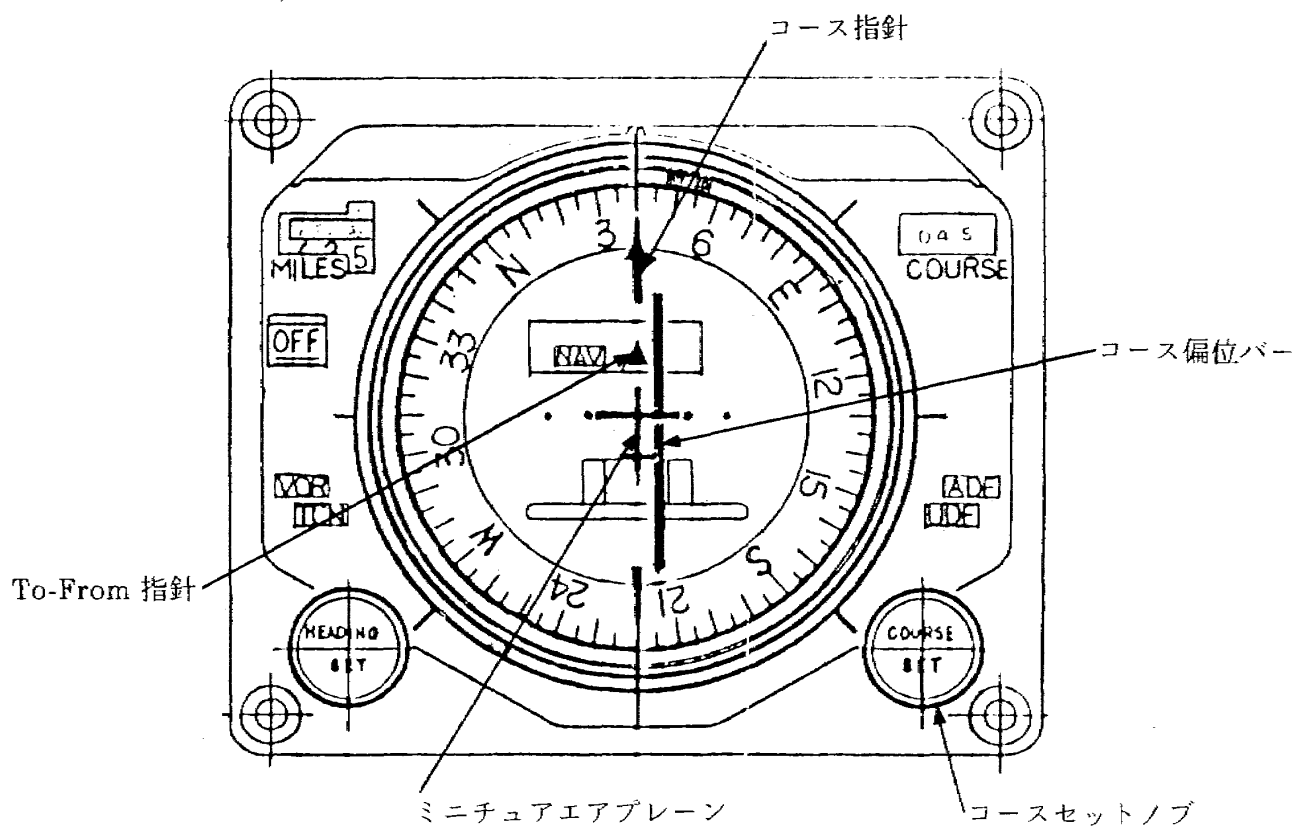


図16 水平位置指示器 (HSI) 外観図

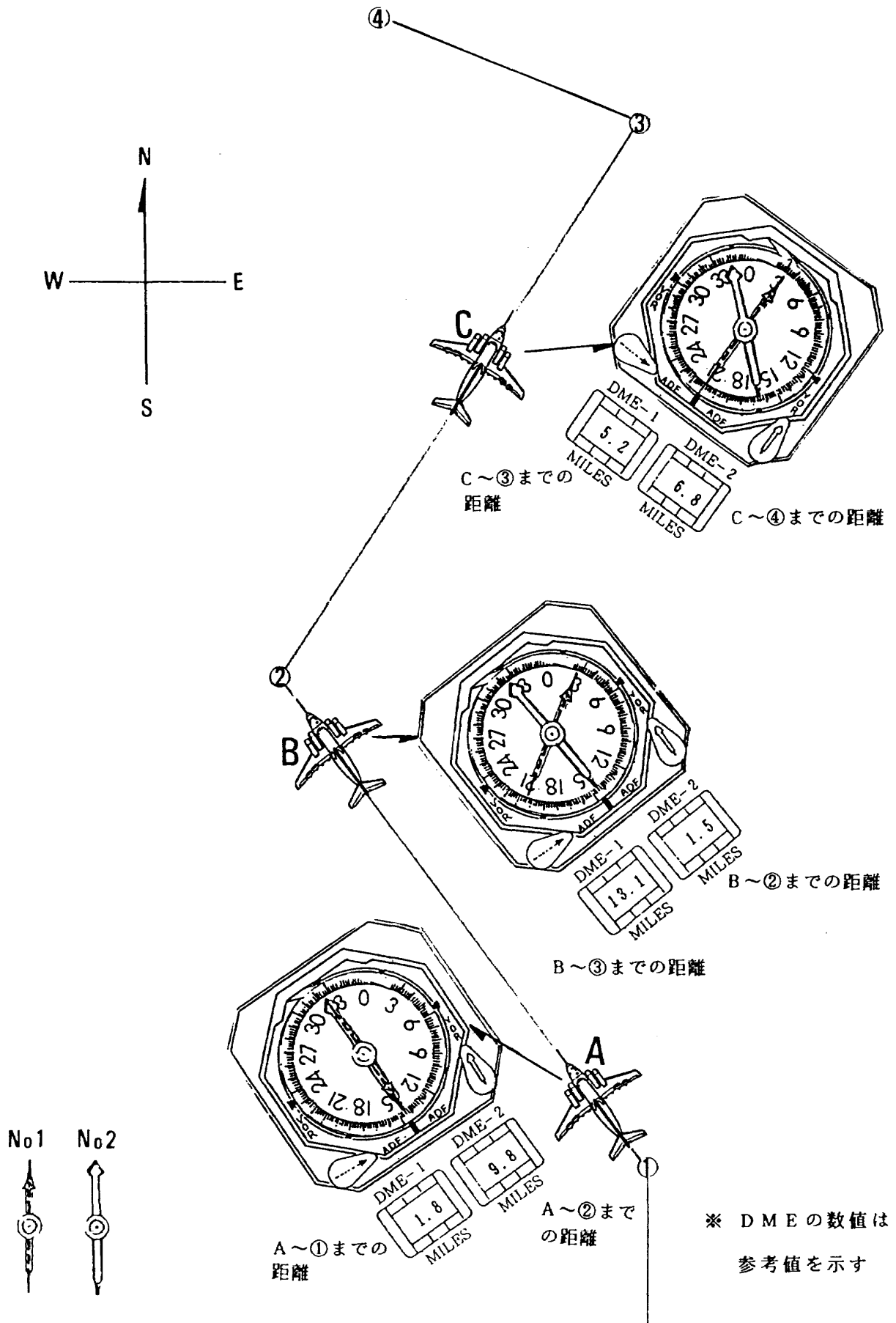


図17 RMI ポインタ指示 (従来方式)

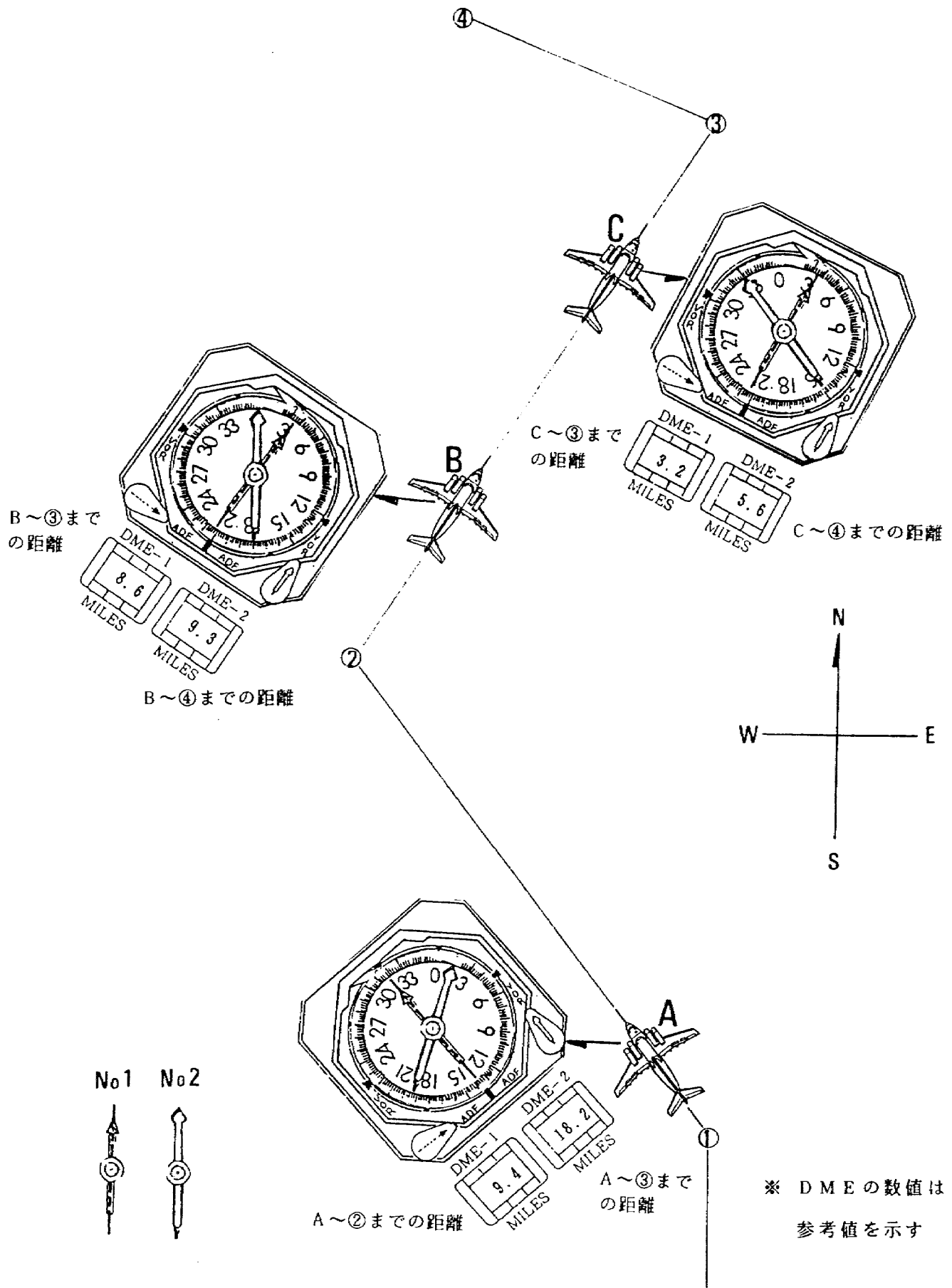


図18 RMI ポインタ指示 (本実験用)

設定されているので設定コースからの「ズレ」を計算し、コース偏位指示の指針を駆動した。また最終着陸フェーズで ILS 信号を捕捉した後はローカライザ偏位指示とした。つぎに To-From 指針の駆動は至近のステーションに向かっている間は To 表示(▲向き)、ステーションを通過と同時に

From 表示(▼向き)にし、3秒経過後次のステーションに対する To 表示となるようにした。

(e) RS-232C 信号転送ソフト

DMD ディスプレイへの信号転送のためのソフトで、飛行運動計算機から DMD プロセッサへ送出する。転送信号の種類と仕様を表4に示す。

表4 DMD データ転送表(RS-232C 信号)

名 称	単 位	有効ビット数
自機位置(北緯)	度、分、秒	整数2、小数13
自機位置(東経)	度、分、秒	" "
自機位置(高度)	feet(0.305m)	整数15
自機方位	deg	整数9、小数6
エンジンデータ N1 (#3ENG)	%	整数8、小数7
エンジンデータ N1 (#4ENG)	"	" "
エンジンデータ F/F (#3ENG)	Lb/hr(1.261×10^{-4} Kg/sec)	整数14、小数1
エンジンデータ F/F (#4ENG)	" "	" "
エンジンデータ EGT (#3ENG)	°C	整数11、小数4
エンジンデータ EGT (#4ENG)	"	" "

表5 試験ケースおよび試験時間、試験回数

飛行項目	主な評価項目	試験時間、試験回数			
		JALパイロット	ANAパイロット	NALパイロット	KHIAパイロット
慣 熟	「飛鳥」の飛行性 評価計器の慣熟	3名/1hr 3名/1hr	3名/1hr 3名/1hr	— 2名/1hr	— 1名/0.5hr
離陸、上昇	HDD: 姿勢、高度、速度、方位、昇降率	3回/3名 0.5hr	3回/3名 0.5hr	2回/2名 0.3hr	1回/1名 0.25hr
市外地飛行	DMD: 市外地、鉄道、河川、湖、沼、道路	同上	同上	同上 0.5hr	同上
山岳地飛行	DMD: 山岳地形、標高	同上	同上	同上	同上 0.3hr
海岸線飛行	DMD: 海岸線	同上	同上	同上	同上
ナビゲーション	DMD: 航法施設、空港 通常計器: 磁方位計 DME計	3回/3名 1hr	3回/3名 1hr	2回/2名 1hr	1回/1名 0.5hr
進入、着陸	HDD: 高度、速度、昇降率、G/S、LOC	3回/3名 0.5hr	3回/3名 0.5hr	2回/2名 0.3hr	1回/1名 0.25hr

(f) シミュレータ初期値設定ソフト

元来、本シミュレータでは試験の効率を上げるため、機体の位置（滑走路延長上X，直角方向Y，高度Z，方位 ϕ ）をデジタル・スイッチで設定する機能を有していたが、新たに機体の位置（X，Y）を緯度，経度を入力可能とするソフトを追加した。この機能により例えば大島上空などへのポジション移動が容易にできるようになった。

2.5 評価試験

試験は昭和62年2月21日から3日間にわたって実施した。まず初日は当研究所の試験パイロット（2名）による試験を行った。当該パイロットは「飛鳥」の飛行性については熟知しており、模擬機の慣熟飛行は省略し、評価ディスプレイに対する慣熟を行った後、評価試験を開始した。

表6 評価シート (HDD)

A：良 B：可 C：不可

●各表示要素について

評価項目	形状	色合い	読取易さ	スム-ズさ
・背景、水平線				
・機体シンボル				
・ピッチ・ラダ				
・ロール角				
・方位角				
・設定方位角				
・高度				
・昇降率				
・速度				
・ILS				
・LOC				

●全般について

評価項目	評 点
・画面の明るさ	
・輝度調節の範囲	
・画面の大きさ	

2日目は日本航空㈱，3日目は全日本空輸㈱のそれぞれ運行技術部に所属する試験パイロットが3名ずつ担当した。両社のパイロットは「飛鳥」の飛行性については初めての経験であり，この飛行性の把握および評価ディスプレイに対する慣熟も含めて午前中を慣熟飛行に当て，午後試験を実施した。なお，「飛鳥」の開発，製作を行っている川崎重工業㈱の担当試験パイロット1名が後日評価に参画した。したがって評価パイロットは合計で9名となった。表5に実施した試験ケースおよび試験時間，試験回数の一覧を示す。

(1) 評価シート

評価方法は表6，表7，表8に示す評価シート

表7 評価シート (DMD)

A：良 B：可 C：不可

●各表示要素について

評価項目	形状	色合い	視認性
・海			
・湖、沼			
・川			
・海岸線			
・街			
・鉄道			
・道路			
・飛行場			
・航法無線局			
・地上標高			

●全般について

評価項目	評 点
・画面の明るさ	
・輝度調節範囲	
・画面の大きさ	
・地図の縮小率	
・位置方位の把握	
・地上障害物の把握	
・北方位／機軸基準表示の選択	

表8 評価シート(ナビゲーション)

A : 良 B : 可 C : 不可

評価項目	評 点
・ RMIポインタの表示方法	
・ DME計の表示方法	
・ H S Iのコースセットの方法	
・ コース偏位の感度 NAV時 APP時	
・ G/S ポインタの感度	

・ MEMO

に、それぞれの項目について採点記入と、あわせてコメントによる指摘事項の記入とした。また評点は良-可-不可を基準に評点し、どちらも判断できない場合には両者の中間に評点するようにした。

3. 評価結果およびパイロット・コメント

3.1 HDDについて

HDDについては先にも述べたように航技研の試験パイロットにより既に評価試験を実施し、一部、表示シンボル等について改修を施している。ここでは先の評価結果と重複あるいは異なる結果の部分もあるが、今回の試験結果として得られたコメント、評点について記述する。HDD 評価点の結果を図19～図22および図26に、結果のまとめを表9に示す。またコメント結果を付録1に示す。以下の各項目について主な指摘事項を記す。

(1) 水平線、ピッチ・ラダーの傾斜時の問題

水平線やピッチ・ラダーがバンクにより傾くと横線が階段状になる。ラスタ描画方式によるものと思われるが、ラスタ本数を増やす等により改善

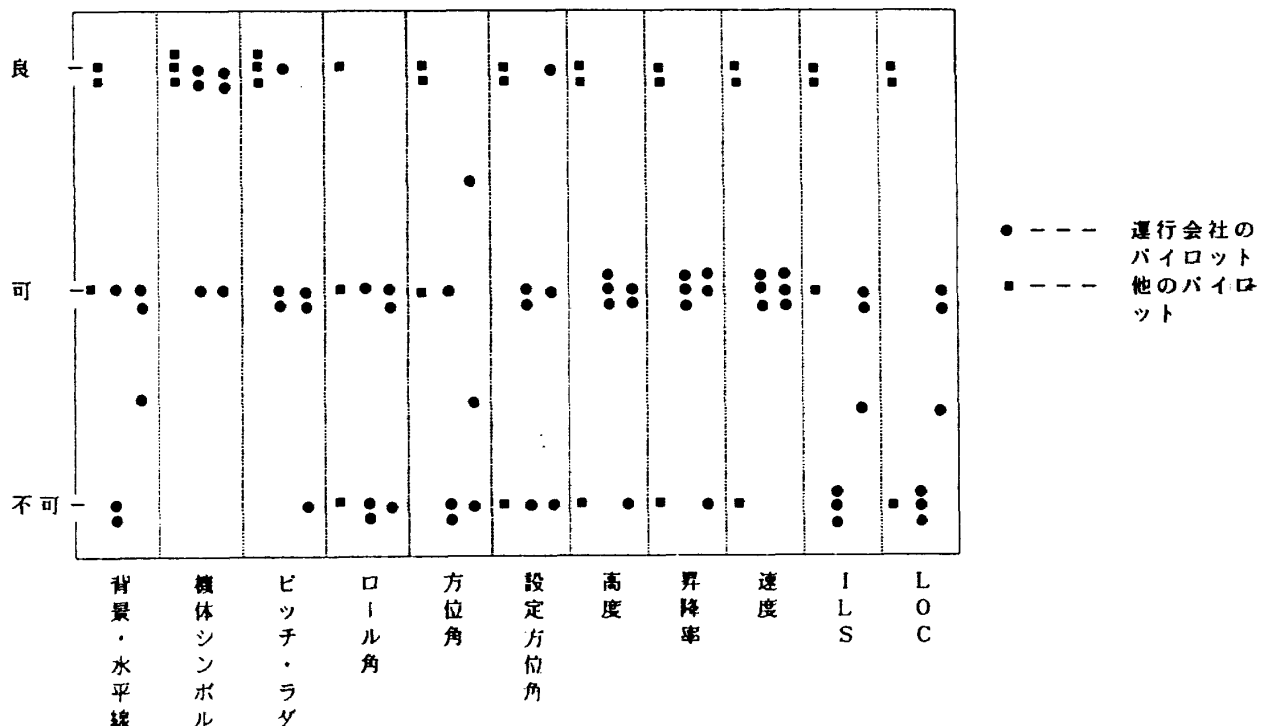


図19 各表示要素の評価(形状)

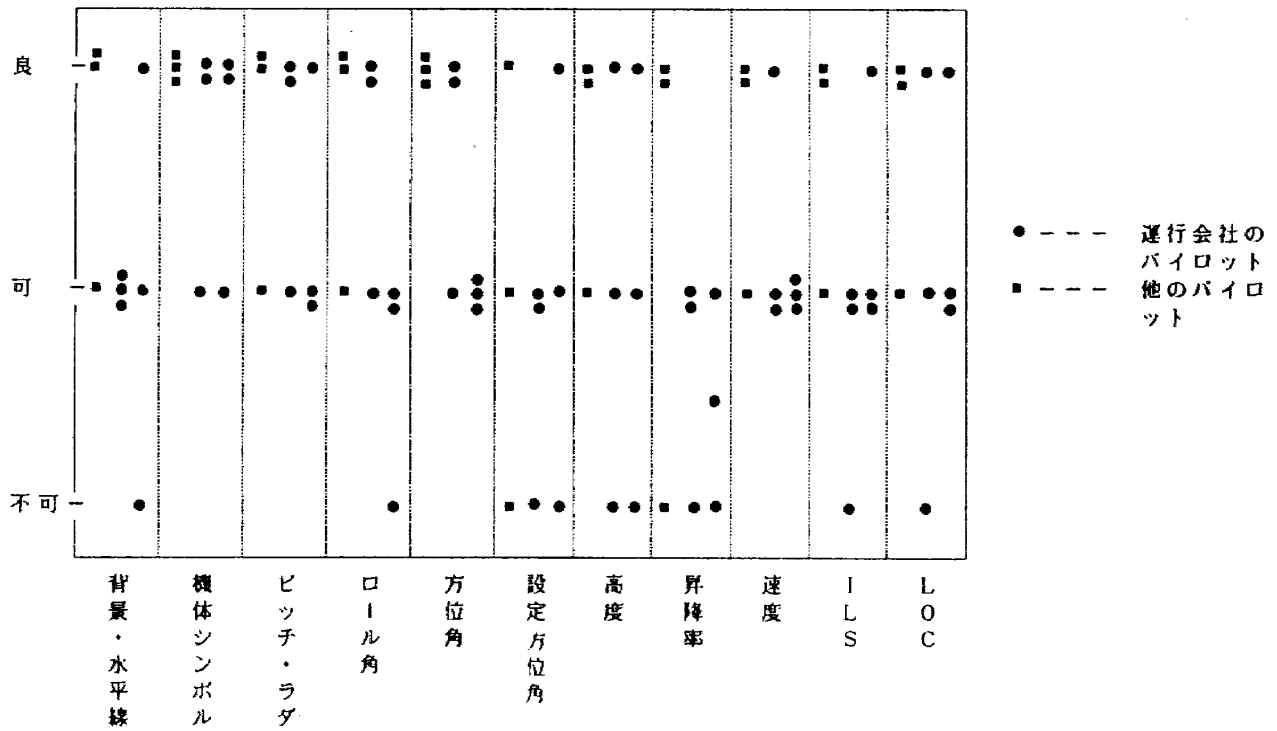


図20 各表示要素の評価(色合い)

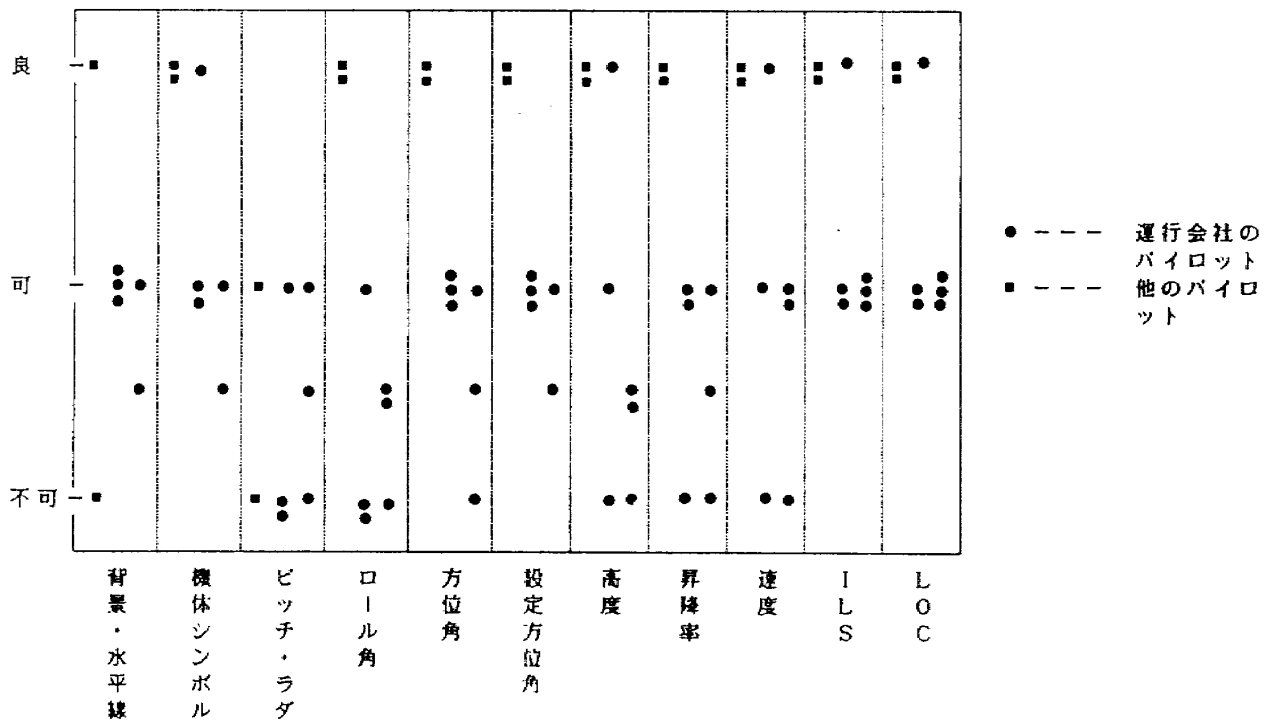


図21 各表示要素の評価(スムーズさ)

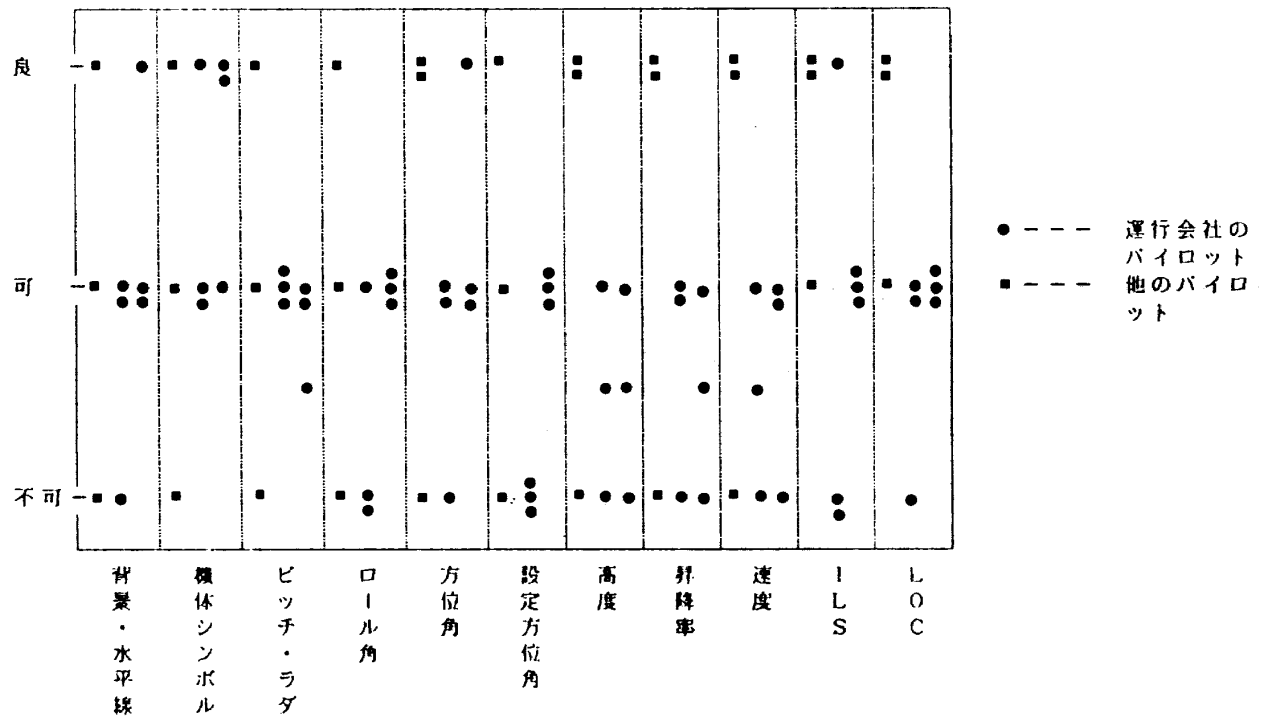


図22 各表示要素の評価(読取易さ)

表9 評点のまとめ (HDD)

	現状で良い	このままでも可	改修が必要
形 状	機体シンボル ビッチ・ラダ	背景、水平線 高度 昇降率 速度	ロール角 方位角 設定方位角 ILS LOC
読 取 り 易 さ		背景、水平線 機体シンボル ビッチ・ラダ ロール角 方位角 ILS LOC	設定方位角 高度 昇降率 速度
色 合 い	機体シンボル ビッチ・ラダ ロール角 方位角	背景、水平線 設定方位角 高度 速度 ILS LOC	昇降率
ス ム ー ズ さ		背景、水平線 方位角 設定方位角 速度 ILS LOC	ビッチ・ラダ ロール角 高度 昇降率
画面の明るさ		○	
輝度調節範囲		○	
画面の大きさ		○	

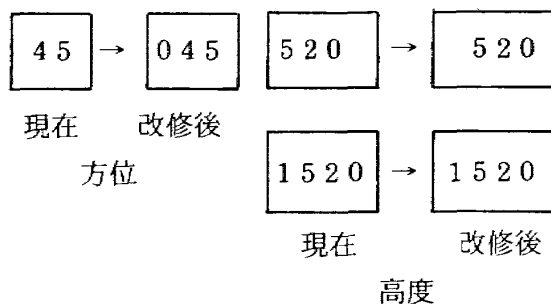
すること。

(2) ロール角表示

バンク角ポインタ、バンク・スケールをより明瞭にする。また、バンク角ポインタを△の様な形にし、△の様に上下を分割して横滑り表示にする。かつバンク角スケールは45°の表示も必要である。

(3) 拡大デジタル表示

方位、高度、速度については現在の値を拡大表示しているが、表示桁の位置の合わせ方に問題があり、読み間違い易い。表示桁は後合わせにするのが良い。



(4) 昇降率表示

従来型昇降率計指針の動き方に対応した動き方（遅れ）を導入する。また、表示範囲ももっと広くとり、上昇、降下で色分けしたら良い。

(5) 速度表示

速度表示の縦スケールの幅が広すぎる。また、デジタル表示が現在速度の拡大表示の枠内に隠れるときに急に消えることなく、連続的に隠れるようにする。

さらに現在速度の拡大表示は下図の様にすること。



併せて V_1 , V_2 , V_R 等の表示が必要である。

つぎに縦型スケールの表示方法に従来からは低い数値が下に、高い数値が上になるようにしていたが、最近では従来の逆で High Number Low Type（低い数値が上になる）方式が導入されつつある。High Number Low Type による評価が必要である。

(6) グライド・スロープ、ローカ・ライザ表示
グライド・スロープの縦スケールの表示位置は

現在の右側よりさらに右側、水平儀と昇降率計の間がよく、ポインタを大きく形も■より▼か◆が良い。デビュージョンが1ドット以内に入ったならばスケールを拡大する Expand Mode を採用したら良い。

(7) 輝度調節範囲

輝度調節で明るくするほうは問題ないが、絞る方は色調が沈んでしまうのと、白色のみが残ってしまうので平均的に輝度が下がるように改善が必要である。

(8) その他

水平儀の下半分が長いのは違和感があり、かつ水平線以下の利用を考えるとまったくない。有効利用の検討が必要である。

3.2 DMD について

DMD 評価点の結果を図23～図26に、また結果のまとめを表10に、コメントのまとめを付録2に示す。

以下に各項目について主な指摘事項を示す。

(1) 地図の縮小、拡大表示

現在の DMD は縮尺率 1/700,000の固定であるが実用を考えると拡大で1/200,000位までが必要である。

(2) 機体シンボルの位置

機体シンボルはディスプレイの中心より下方 2/5から 1/3位の位置にし、自機より前方の情報を多く表示する。

(3) 緯度、経度の表示

現在、緯度、経度の線を常時表示しているためか、各ブロック毎に動いて視認上好ましくない。緯度、経度は必要な時に選択表示できるようにすればよい。

(4) 市街地表示

市街地の表示色が山岳表示色と一部同色であり紛らわしい。むしろ市街地表示は必要ないと思われる。

(5) 鉄道、道路表示

関東エリアのように鉄道、道路が錯綜しているところでは識別しにくい。地方の場合には鉄道は有効な識別材料となる。また現在の鉄道、道路の

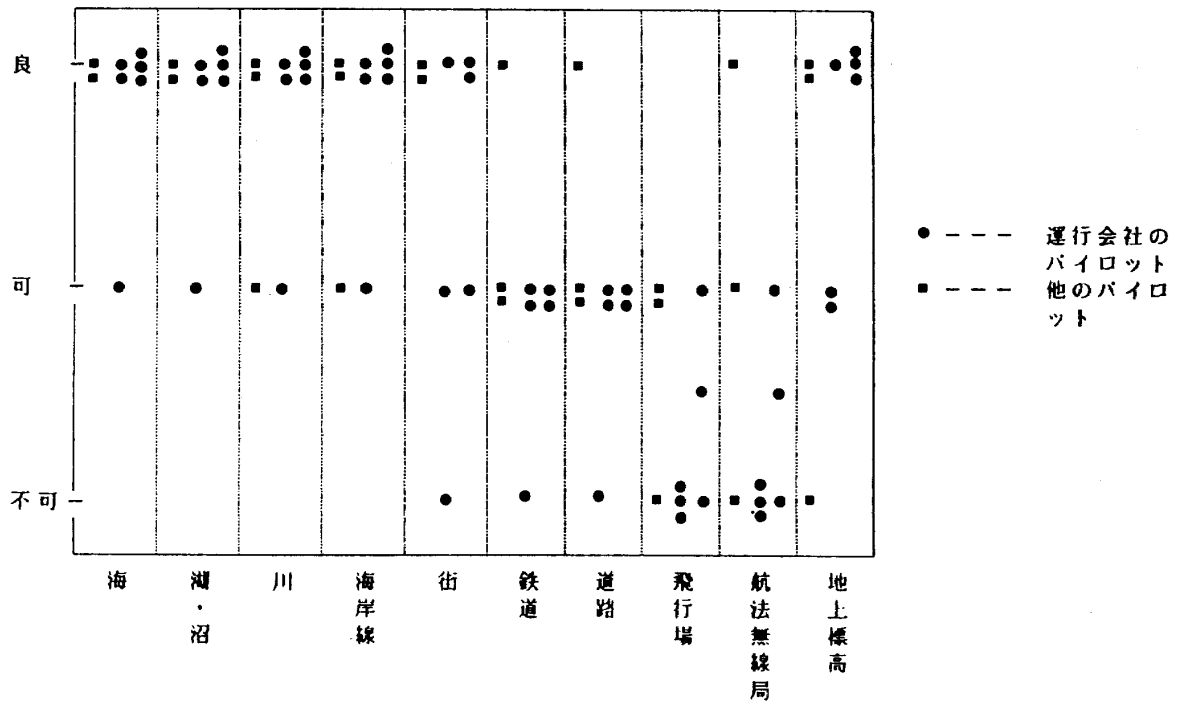


図23 各表示要素の評価(形状)

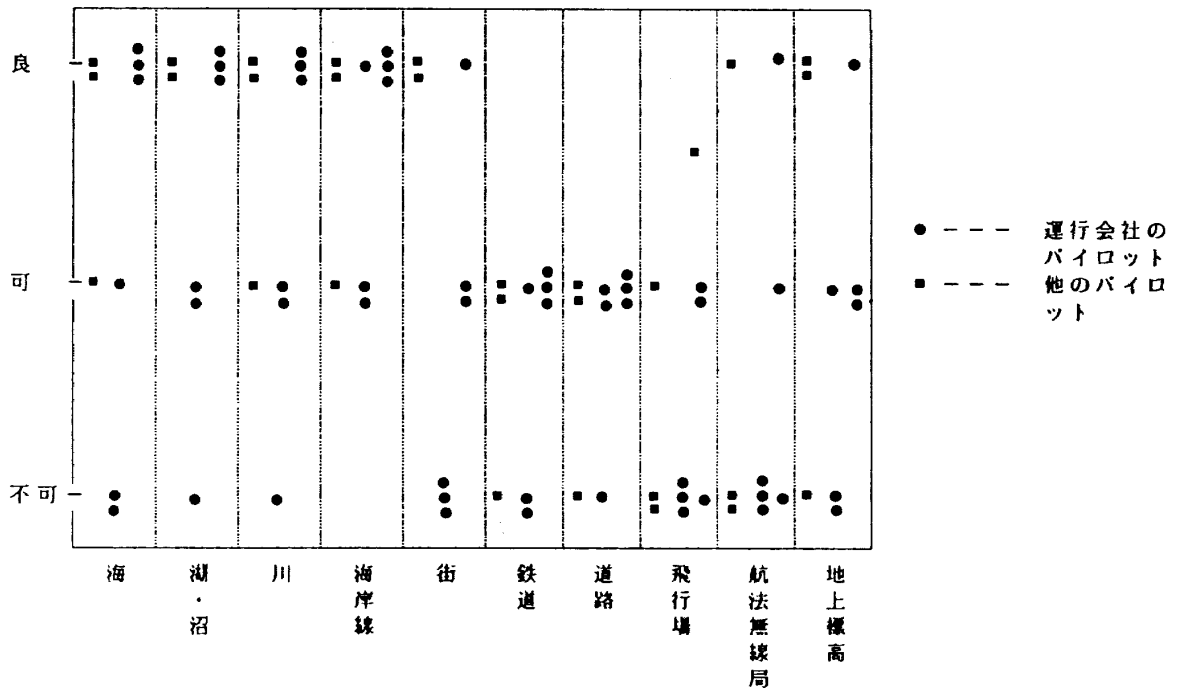


図24 各表示要素の評価(色合い)

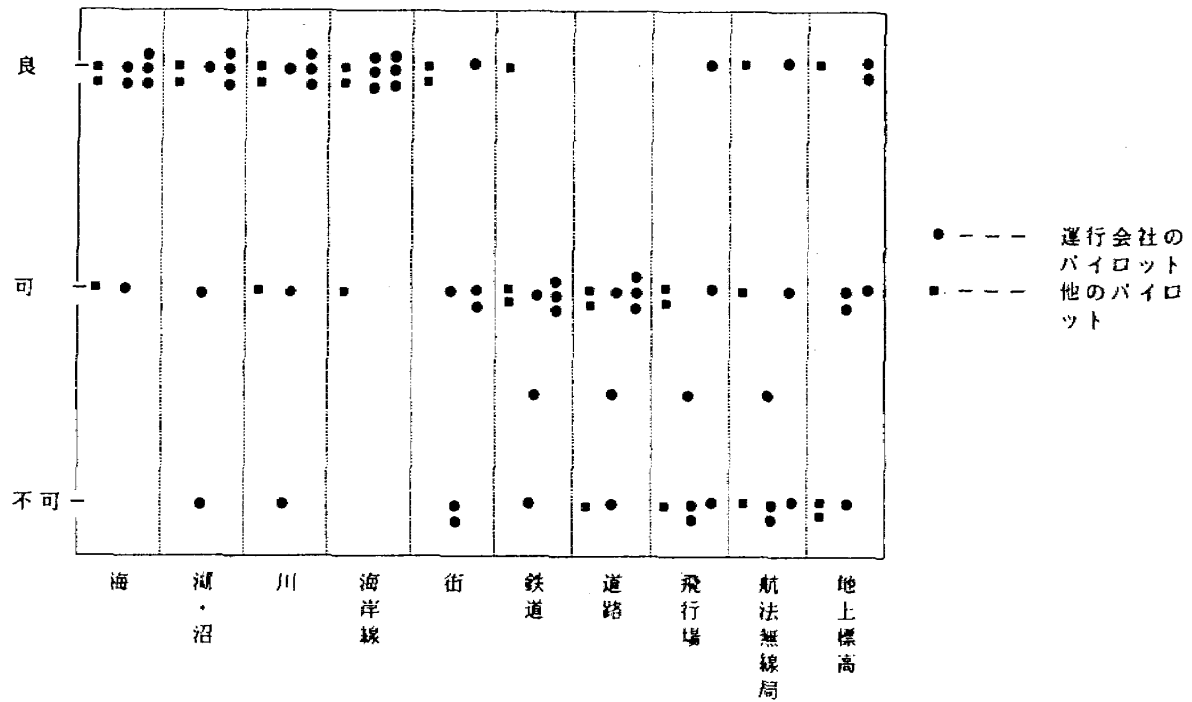


図25 各表示要素の評価（読取易さ）

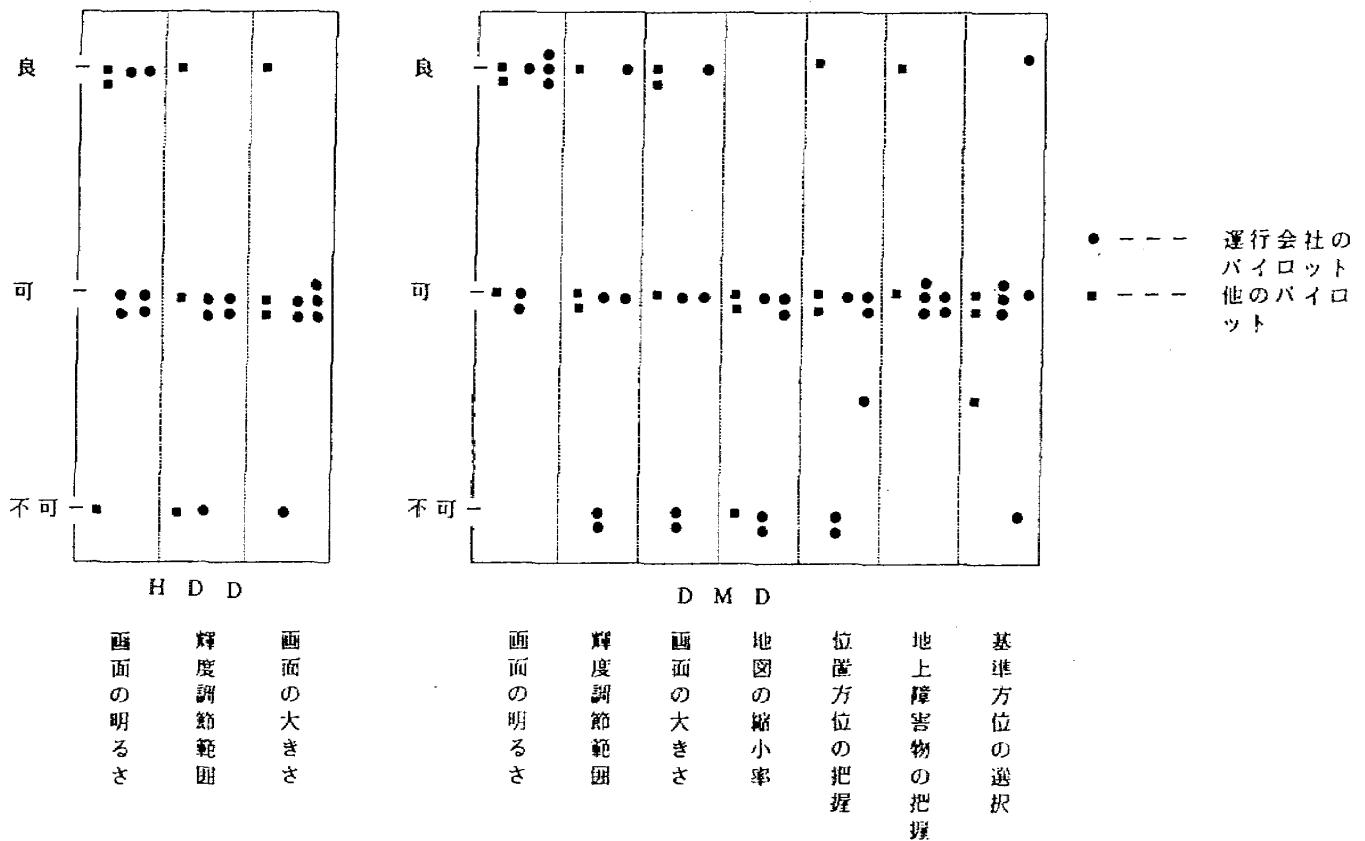


図26 表示装置全体に関する評価

表10 評点のまとめ (DMD)

	現状で良い	このままでも可	改修が必要
形 状	海 湖、沼 川 海岸線 街 地上標高	鉄道 道路	飛行場 航法無線局
色 合 い	海 湖、沼 川	鉄道 道路 地上標高	街 飛行場 航法無線局
視 認 性	海 湖、沼 川 海岸線	街 鉄道 道路 速度 地上標高	飛行場 航法無線局
画面の明る さ	○		
輝度調節範 囲		○	
画面の大き さ		○	
地図の縮小 率		○	
位置方位の 把握		○	
基準方位の 選択		○	

表示色が同色なので両者の識別は困難であり改善が必要である。

(6) 飛行場，航法無線局表示

飛行場，航法無線局は航空マップに表示されているマークを白色で表示したほうが良い。かつ，飛行場は拡大表示した場合ランウェイの記号と向きを指示したほうがよい。

(7) 地上標高表示

地上標高は市販の地図のように茶系統の濃淡の連続で表示したほうがよい。また自機より高い鉄塔，山岳等は点滅あるいは危険色（赤）にする。特定の高さのものには高度指示を入れたら良い。

さらに高圧線の指示を行うことによりより効果的である。

(8) 輝度調節範囲

HDD 同様輝度を絞った場合，色調が沈むのと，白色のみが残ってしまうのは好ましくない。HDD と同様の改善が必要である。

(9) 3次元表示

現在の表示技術は2次元（平面）であるが，将来は3次元表示（立体）が必要である。

(10) 表示解像力

現在の表示ラスタ本数は256本であるが，500本位にラスタ本数を増やし解像力を増した方が良い。

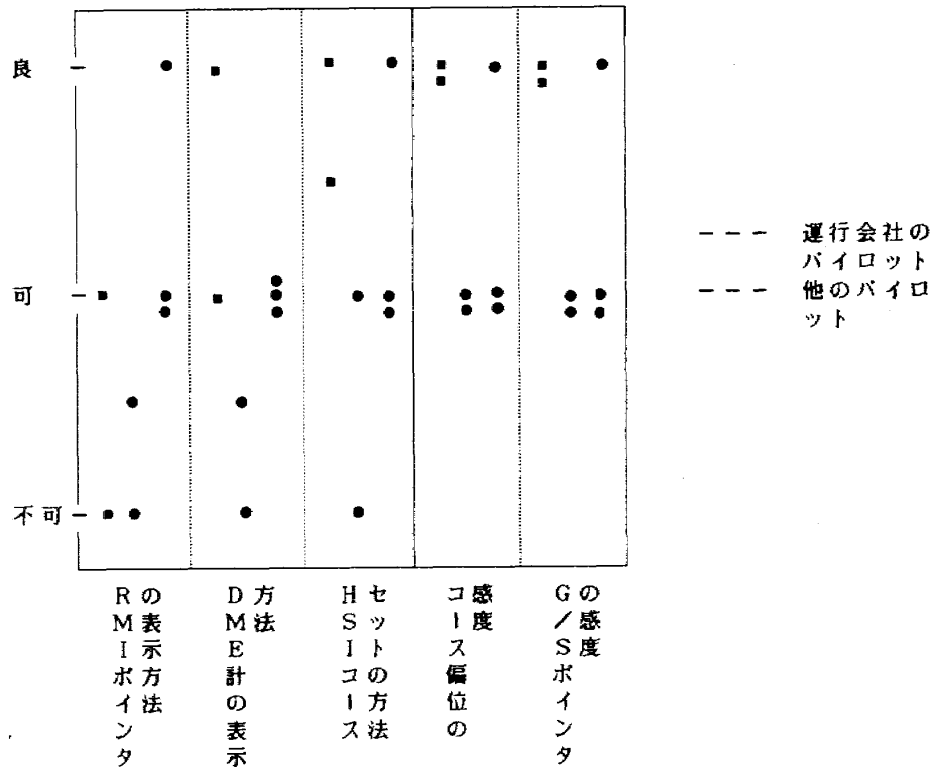


図27 NAVIGATION ソフトに関する評価

3.3 ナビゲーション・プログラムについて

ナビゲーション・プログラムの評価点を図27に、またコメントのまとめを付録3に示す。

以下に各項目について主な指摘事項を示す。

(1) 自動選局方式について

現在チューニングしている局のチャンネルあるいは周波数、DME 計等の表示を確立することにより、自動チューニング方式も可能であると思われる。ただし、自動チューニング方式は常に手動方式に切換えできなければならない。

(2) RMI ポインタの指示

No.1 ポインタが常に至近のステーションを指示する方式は通常の方式と異なるが、(1)で指摘した表示を確立していれば、慣れの問題であると思われる。

(3) コース・セットの仕方

下方を見ないでセットできる位置にすること。

4. 考 察

4.1 HDD について

まず評価点の結果からは「色合い」、「スムーズさ」については概ね問題はないと判断できるが、

各シンボルの「形状」について特にロール角、方位角、設定方位角、ILS、LOC のシンボルに改善が必要であること、また「読取易さ」についてはロール角、設定方位角、高度、昇降率、速度等に改善が必要であることが分かった。

つぎに各項目について考察する。

(1) ラスタ描画方式に関する問題点

ラスタ描画方式による CRT 画面の一般的なものは家庭用のテレビジョンである。面塗りを得意とするところが特徴であるが、斜線を描くとちょうど階段状になってしまう欠点がある。この欠点はラスタ方式では避けられない問題であるが、走査線本数を増やすことにより階段状を細かくすることができるので問題解決の一手段と考えられる。さらに見かけ上あたかも階段状がなくなったようにハード的に処理する技術が開発されている。この技術はシミュレータ用模擬視界装置等にはスムーズ・エッジ技術として採用されている。この技術を導入することにより問題はある程度解決する。一方ラスタ方式にストローク・ライティング方式を併用する技術がある。ストローク・ライティング方式は一筆書きのように斜め線を直線で描くこ

とが出来るが、ラスタ方式のように面塗りは不得意である。この両者の長所を利用した方式が併用方式であり、標記の問題の解決には最も優れた方式であると考ええる。

(2) 輝度調節機能に関する問題点

本表示装置は自動輝度コントロール機能を有しているが、コントロール範囲が狭いこと、応答性が遅いこともあって急激な明るさの変化には追従が困難となっている。当然マニュアル・コントロールがオーバーライドできるように設計されているが、夜間飛行時におけるように極端に輝度を絞ると色調が低下し全体に沈んだ色になってしまう。この原因は CRT の R (赤) G (緑) B (青) 蛍光体の発光効率にあり、RGB 蛍光体をたたく電子の強さを一様に制御すると上記のような色調の低下といった現象になる。RGB 蛍光体それぞれの発光効率にあわせた電子コントロールを行うことにより上述の問題は解決する。本表示装置ではまだこの機能を導入していないが、外国の同様の表示装置では既に導入しているものもある。

(3) 各表示項目に対する問題点

各評価項目のうち「読取易さ」に関しては形状、色合い、スムーズさ、輝度、フォーカス等の総合的な結果と判断できる。したがってそれぞれの不具合点を修正することにより「読取易さ」は改善されるものと思う。

指摘された多くの表示項目に対しては表示ソフトの改修により解決できるものと、デジタル数値が重なった場合の連続性など装置のハード上の限界もあり解決できない部分もある。使用する色合い、画面サイズと表示内容等を考慮し、再度表示フォーマットの設計を行い解決可能な部分より改修していく予定である。

4.2 DMD について

評価点の結果からは「色合い」、「形状」、「読取易さ」とも海、湖、沼、川、海岸線、街のように高度に関係しない項目については特に問題はないが、山岳地帯および飛行場、航法無線局等については色合い、形状、読取易さに問題があり、改修を必要とすることが分かった。

つぎに各項目について考察する。

(1) 縮尺率について

ある範囲の縮尺率は実用化段階では当然の機能として導入する予定である。縮尺率を連続とするか、何段階かの切り換え方式にするかは評価の対象になるものと思うが、本装置の使用目的等と関係するので一概には決定できないと判断する。

(2) 地上標高表示について

自機高度より高い山や建造物の高度差判定には気圧高度計からの高度情報を利用することにより可能であり、この判定アルゴリズムを DMD ソフトウェアに加えることにより即改修可能である。ただし、気圧高度計の精度と DMD 地図のデータの精度との関係、どの範囲までを判定するか等検討事項がいくつかあるが、判定基準を安全側に余裕をとれば良いと考えている。

また自機高度より高い場合の対応では、配色を赤系統にし点滅させる等はソフトの改修で対応が可能である。

(3) 輝度調節機能について

この件は HDD での問題点で検討している。

(4) 3次元表示について

地図情報を平面表示から立体表示(3次元)にすることにより地形の判断が容易になり、テレイン・フォローイング(地表をはいまわる)等の飛行の安全が高められる。ただし太陽位置の選択、夜間飛行での必要性など要検討事項も多くある。

(5) CRT サイズと走査線本数について

現在の CRT サイズは8インチで走査線本数は256本であるが、走査線本数を現在より増加することは可能である。しかしシャドウマスクのピクセル・サイズにより極端に増やすことは出来ない。また小型 CRT で高精細度仕様のブラウン管は市場にあまり提供されておらず、かつ航空機搭載用 CRT に至っては選択の余地がないほど少数である。

いずれにしても許容される最大限の走査線本数を用意することにより緻密な映像が得られることは明らかである。

(6) 各表示項目に対する問題点

DMD の場合も HDD と同様に各表示項目の改

修は表示ソフトウェアの改修により可能である。しかし空港施設や航法無線局など線画で描く場合は CRT の解像力が問題となる。現実には走査線を増やすこととストローク・ライティング方式を併用すること、高解像度の CRT を採用することにより鮮明な描画が可能と考える。

(7) その他

視界模擬装置による外部視界情報と DMD による地図情報とに微妙な“ズレ”があったが、この原因は使用した地図の縮尺の差によるデータ入力の誤差からきたものと考ええる。統一した地図データ例えば国土地理院からのデータを使用することによりこの問題は避けられると考える。

4.3 航法プログラムについて

(1) 自動選局方式について

当所の飛行シミュレータ設備は飛行性研究としての機能は具備しているが、航法（ナビゲーション）的な機能はほとんど備えていない。また計器盤には電気機械式の計器が装備されており、ナビゲーションに必要とする新たな情報、例えばチューニング周波数等の表示を行おうとしても新たな表示計器を用意しなければならない。計器盤が CRT を主体としたものならば情報の提供が容易になり、ここで指摘された内容に十分対応できるものと考ええる。

(2) RMI ポインタの指示について

今回行った RMI ポインタの指示方法は従来方式に対してどうのと言うのではなく、仮にこのような表示方法ではどうなりますか？といった試みの方法であるが、コメントからも“慣れの問題”のようである。この方式では、現在どこに向かって飛行しているかを No.1 ポインタと DME 計を見ることにより状態の把握を容易にしようと考えたもので、他の表示システムとフライト・コントロール・システムを組み合わせることにより、読み取り易い方式となるものと考ええる。

5. 結 言

今回の評価試験で得られた改修点について以下にまとめる。

5.1 HDD について

(1) ソフトウェアについて

- (a) バンク角スケールに 45° の目盛を入れる。またバンクポイントを Δ の様にし、横滑り情報の表示をとり入れる。
 - (b) 拡大デジタル表示では高度表示は右側に桁合わせをする。磁方位表示では“045”の様に 3 桁表示とする。
 - (c) 速度の拡大表示は全ての桁を大数字にし、 V_1 , V_2 , V_R の表示を入れる。
 - (d) グライド・スロープ、ローカ・ライザのポイントは \blacksquare より \blacktriangledown か \blacklozenge の形状にする。
- #### (2) ハードウェアについて
- (a) 輝度調節機能に関し、絞り込んだ状態でも色調が変化しないようにする。
 - (b) エッジ・スモース技術あるいはストローク・ライティング方式の併用を検討する。

5.2 DMD について

(1) ソフトウェアについて

- (a) 拡大、縮小機能を取り入れる。
 - (b) 自機シンボルを画面中心より下方に移動する。
 - (c) 各表示アイテムの色は、それぞれ識別可能でかつ一般的な配色にする。
 - (d) 自機より高い山岳、鉄塔などは危険色とし、かつフリッカ等で注意を喚起する工夫を施す。
- #### (2) ハードウェアについて
- (a) 三次元表示技術を導入する。
 - (b) 走査線本数を増し、表示解像力の向上を計る。

5.3 ナビゲーションについて

(1) ソフトウェアについて

- (a) 自動選局方式を導入する。
- #### (2) ハードウェアについて
- (a) 同調周波数、チャンネル表示機能ならびに対応する DME 表示を設ける。

6. お わ り に

本評価試験で CRT 型表示計器の有効性および

改修を必要とするいくつかの項目に関する評価点およびコメントが得られた。これらの結果は今後の CRT 型表示計器の研究に大変有用な資料となることは言うまでもない。

また本試験では運航会社のパイロットによる実運用を考えての評価が得られたこと、汎用飛行シミュレータの有効利用の一例としての位置付けが確立できたことなど有益な試験であったと考える。

本稿を終えるにあたり、プログラム開発において飛行実験部柳原正明主任研究官の協力を得たことを付記するとともに、評価試験に積極的に協力していただいた日本航空株式会社、全日本空輸株式会社の方々に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 航空宇宙工業会：エレクトロ・ルミネッセンス (EL) による航空機用フラット・パネル表示の研究，革新航空技術開発に関する研究調査成果報告，No.6112 (1987)
- 2) 岡部，川原，田中：統合航空計器の研究試作，航空宇宙技術研究所報告，TR-608 (1980)
- 3) 科学技術庁研究調整局：ジェット輸送機の運航安全に関する人間－機械系の総合研究 (1980)
- 4) 田中，川原：ヘッド・ダウン・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資料，TM-573 (1987)
- 5) HARRIS社：Digital Map Technology Description (1987)
- 6) BENDIX社：Digital Map Display Generator System Overview (1987)
- 7) 江波戸，木村：ディジタル・プロセッシングによる地図画像の発生，日本航空宇宙学会誌 Vol.36, No.408 (1988)
- 8) 川原，岡部，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資料，TM-577 (1987)
- 9) 若色，川原，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資料，TM-581 (1988)
- 10) 川原，岡部，他：飛行シミュレーション試験設備，モーション模擬装置の構成および機能，性能，航空宇宙技術研究所資料，TM-575 (1987)
- 11) 川原，江波戸，他：CRT 型多機能表示計器のシミュレータ結合評価試験，自動制御連合講演会第30回講演会 (1987)
- 12) 川原，渡辺，他：CRT 型多機能表示計器のシミュレータ結合評価試験，飛行機シンポジウム第25回講演会 (1987)

付録1 HDDパイロットコメント

1. 各項目について

項 目	コ メ ン ト
・ 背景、水平線	<ul style="list-style-type: none"> ・ バンクをとった時、水平線が段になるのは良くない。 ・ 水平線より下の面積が広すぎる。有効利用を考えては。 ・ 背景が暗すぎる。 ・ 旋回時水平線が伸びて、違和感を生ずる。 ・ 背景の色はBLUE、GRAYが良い。 ・ 水平線より下の色は茶色等が良い。 ・ 機体シンボルの幅に対して水平線の幅が細いので、ピッチのオーバコントロールを誘起する恐れがある。
・ 機体シンボル	<ul style="list-style-type: none"> ・ ギアのUP-DOWN表示の試みは素晴らしい。 ・ ギアDOWNの表示はR-ALTの高度により必要に応じてフラッシングするなどの工夫をしてもよいのでは。 ・ 中央のシンボルはピッチ方向にもっと狭いほうが良い。 ・ 赤色は危険を意味するのでよろしくない。
・ ピッチ・ラゲ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水平線と同様にバンク時に段が出るのは精密なコントロールに支障をきたす。 ・ 10°までは1°毎に、10～20°までは5°のスケールが必要。 ・ 背景と同様に下方のピッチ表示は上方のピッチ表示範囲より少なく、かつ表示間隔も狭くても良い。 ・ ピッチ角を表わす数字がバンクしても水平なので違和感を感じる。パイロット・ワーク・ロードの多い時は錯覚の要因になるのでは。
・ ロール角	<ul style="list-style-type: none"> ・ バンク角ポインタ、バンク・スケールをもっと明瞭にする。 ・ バンク角ポインタの上部三角と下部台形により横滑り表示を導入しては。 ・ 45°、60°表示も必要 ・ ポインタの中心位置は□より▽が良い。
・ 方位角	<ul style="list-style-type: none"> ・ 枠で囲んだ方位角(現在方位)が大きすぎる。 ・ 方位目盛は円弧の一部として表示したほうが良い(現在は横帯スケール)。 ・ 方位角表示はバンクインディケータの上部に表示し、方位スケールは円弧とし設定方位角は▽でなく△か縦の赤線が読み易い。 ・ 方位角表示は <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;">45</table> でなく <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;">045</table> とする。 ・ EHSIがあればそこへ移したほうが読み易い。

付録1 続き

項 目	コ メ ン ト
・ 高度	<p>・ 表示桁を後ろ合わせにする。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">5 2 0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">5 2 0</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">1 5 3 0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">1 5 3 0</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> 現在 改修案 </div> <p>・ 10ft単位も指示すること。</p> <p>・ 500ft刻みも入れる。</p> <p>・ 高度と目標高度のポイントと、それに対する色変更を取り入れる。</p> <p>・ 1000ft以下の色が昇降率スケールと同じため、錯誤しやすい。</p> <p>・ スケールの色分けは複雑性を増す。現高度の枠内表示は強調性に優れているが高度表示の連続性から違和感が生ずる。</p> <p>・ 低高度におけるスケール幅が小さい。例えば着陸形態になったら、自動的にスケール幅が拡大するようにしたらどうか。</p> <p>・ R-ALTの表示も入れる。</p>
・ 昇降率	<p>・ スケールが判読しにくい。</p> <p>・ リボンの上下よりニードルの方が見やすい。ゼロ付近の上下傾向が判別しにくい。</p> <p>・ 表示範囲をもっと大きく、かつ線形にスケールする。</p> <p>・ リボンの動きに通常のR/C計の遅れを入れること。</p> <p>・ 上昇、降下で色別出来ないか。</p> <p>・ 昇降率指示の先端の縁どりがスケールと同じ色のため錯誤しやすい。</p> <p>・ 高度表示と同様スケールの範囲を大きくとる。</p> <p>・ 着陸進入の場合には±3,000ft/minの範囲で良いが、エマージェンシー・ディセント等では指示範囲が少ない。</p> <p>・ 500～800ft/minのセットにスケールが見にくい。</p>
・ 速度	<p>・ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">1 2 4</div> より <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">124</div> が良い。文字ももう少し小さいほうが良い。</p> <p>・ スケールの幅が広すぎる。</p> <p>・ High Number Low Typeの方式評価も是非実施してほしい。</p> <p>・ T/O Speed Range、App、I/Dについて10および2kt毎の目盛が必要と思う。</p> <p>・ CAS、EASの選択が可能に。</p> <p>・ V₁、V₂、V_R等の指示が必要。</p> <p>・ デジタル数字の動きに連続性をもつように。</p> <p>・ 文字が枠内表示に隠れる場合は、連続的にするように。</p>
・ Glide Slope ・ Localizer	<p>・ ポイントは■の形より▼あるいは◆の形のほうが見やすい。</p> <p>・ G/S 偏位のスケールは右側、昇降計とHolizon の間が良い。</p> <p>・ Expand Mode (ldotに入ったらスケールをひろげる)を採用しては。</p> <p>・ ポイントを大きく形状に工夫を。</p> <p>・ スケールの中心位置を分かりやすく。</p> <p>・ ポイントは赤あるいは黄色の棒状が良い。</p>

付録1 続き

2. HDD 全体について

・画面の明るさ	<ul style="list-style-type: none"> ・全体に白色が多く輝度が強すぎる。 ・表示画面が若干粗であり、目が疲れる。 ・現状では十分であるが、太陽光の下ではどうか。 ・背景が暗い。
・輝度調節の範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・全体に白色が多くかつ白色の輝度が強すぎる。 ・輝度を絞ると白色のみが残り、他の色が沈んでしまう。 ・各表示アイテムの色のバランスが良くなく、Dimmingにより早く沈む色と青色のように暗くなってしまう色もある。 ・Full Dim（最低に絞って）で十分暗く、かつ消えないこと。 ・ABC(自動輝度調節)機能の調節範囲の拡張を。
・画面の大きさ	<ul style="list-style-type: none"> ・水平線以下の画面が大きすぎる。 ・データの集積表示を考えればもう少し大きくてもよい。 ・世界的には正方形のDisplayが多くなっている。 ・ADIの部分が小さい。やや窮屈な感じがする。 ・9 インチ型のDisplayで大型が良い。

3. 全体講評

<ul style="list-style-type: none"> ・QNH（気圧）のセットと表示が必要 ・DH（決心高度）のセットと表示が必要 ・統合計器としてPilotに何を伝えたいのか、現在運行会社としてはAuto Pilot、Auto-Throttle、FMS等の使用が前提となるので、これらのAuto Operationのモニタが十分にできる仕様とすべきである。 <p>例えば</p> <p>Speed Tape ---- V₁、V₂、V_R</p> <p>All Tape ---- Selected ALT</p> <p>現在選択しているA/Pのモード表示</p> <p>Flap スケジュール</p> <p>Selected Speed</p> <p>等が必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・例えば走査線本数を増やすことなどにより、直線が傾斜したときの階段状の現象を無くすこと。 ・配色についてはSAE Standard等になるべく合致させたほうがよい。 ・HDDおよびEHSI、MFD等の表示装置を同時に使用する場合には表示内容の再検討が必要であろう。

付録2 DMD パイロットコメント

1. 各項目について

項 目	コ メ ン ト
・ 海	<ul style="list-style-type: none"> ・ 色が濃い。 ・ 夜間あるいは輝度を低くしたときに必要以上に暗くなる。
・ 湖、沼	<ul style="list-style-type: none"> ・ 海との差をはっきりするため、淡い青色等を用いたら良い。 ・ 海と同様に色が濃すぎる。
・ 川	<ul style="list-style-type: none"> ・ 湖、沼と同色が良い。 ・ 細すぎて判別しにくい。
・ 海岸線	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地形形状の把握に有効である。
・ 街	<ul style="list-style-type: none"> ・ 山岳地表示色の500ftの色と同色は良くない。 ・ 街の必要性は少ないと思われる。
・ 鉄道、道路	<ul style="list-style-type: none"> ・ 関東エリアのように鉄道、道路が錯綜している場所では識別しにくくあまり有効でない。 ・ 地方の幹線鉄道、道路では有効な識別材料となる。 ・ 鉄道は黒色、道路は茶色が良いのでは。 ・ 現在のままでは両者の判別は困難である。
・ 飛行場	<ul style="list-style-type: none"> ・ 色で示すよりは航空マップに表示されているマークを白色で示したほうがよい。 ・ 縮尺を小さく（地図は大きく）した場合は、滑走路の方向を白い帯等で指示しては。 ・ 航法援助施設との区別がしにくい。
・ 航法無線局	<ul style="list-style-type: none"> ・ 航空地図と同形のシンボルとし白色で示したほうがよい。 ・ NDB、VOR/DME等の区別が出来ない。 ・ 表示そのものは有効と考える。
・ 地上標高	<ul style="list-style-type: none"> ・ 市販地図のように茶系統の濃淡で表示しては。ディスプレイ地図と同じように上に標高の色分けを示す。 ・ 市街地の色と同色（500ft）では錯誤しやすい。 ・ 運行会社での運用では緊急降下等では有効と考える。 ・ 自機より高いものを点滅させるか危険色（赤）にする。 ・ 現在の色彩、形状、高度等の識別は適切でない。

2. DMD 全体について

項 目	コ メ ン ト
・ 画面の明るさ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一番明るいところが最適である。 ・ H D D と同様に夜間から直射日光の範囲まで対応すること。
・ 輝度調節範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自動輝度調節装置が必要である。 ・ 輝度を下げると海が消えてしまう。 ・ H D D と同様に輝度を下げると白色が残りすぎる。 ・ 輝度を下げたときの色バランスが悪い。
・ 画面の大きさ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在の大きさの1.5倍位が最適。 ・ 現在の大きさで良い。 ・ もっと大きくてもよい。8×8インチ位がよい。 ・ 小さい。 ・ 表示画面がC R T全体になるように。現状の様に部分的に欠けるのはおかしい。

付録2 続き

項 目	コ メ ン ト
・ 地図の縮尺率	<ul style="list-style-type: none"> ・ 可変方式を採用するのが良い。 ・ 可変範囲は縦一辺が5～1,000nm位が良い。 ・ 基準となる距離スケール（ARC：円弧）には数値を記入する。 ・ ARCは意味のあるもの例えばRadarとかFMSとの組み合わせを考える。 ・ 通常の運行高度では大きすぎる。 ・ 3段階位の切換えでもよい。 ・ 現在は70万分の一であるが、20万分の一まで可変出来たほうが良い。 ・ 画面の大きさから70万分の一は適当。 ・ NAV、APP、地文航法等により、縮尺の切換えが出来ればよい。
・ 位置、方位の把握	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自機位置を表示画面の下1/4から2/5位にずらす。自機より前方の情報を多く表示する。 ・ コンパス表示を上部あるいは下部に表示する。 ・ 矢印が大きい。
・ 地上障害物の把握	<ul style="list-style-type: none"> ・ 市街地の特に高い障害物は表示したほうが良い。 ・ 高圧線を赤色で表示したほうが良い。 ・ 山岳地表示のコメントと同様、自機より高い障害物はフラッシングさせる等の工夫が必要である。 ・ 現在の表示内容では把握が難しい。 ・ 障害物に高さ表示が有ったほうが良い。 ・ 三次元表示、障害物の色分け等の工夫が必要。
・ 北方位、機軸基準表示の選択	<ul style="list-style-type: none"> ・ 北方位表示の場合には自機方位を指示する必要がある。 ・ 北方位は必要ない。 ・ コンパス表示の場合には真方位、磁方位の選択が出来るほうがよい。 ・ 方位の拡大表示は必要ない。 ・ 北方位は是非必要である。 ・ プラン段階では北方位が便利である。

3. 全体講評

- ・ 対地速度、自機の飛行高度、飛行コース、予測コース等を表示すると良い。
- ・ 風の方向、風力を表示したら良い。
- ・ 緯度、経度の線は必要ない。もし必要とするならば選択できる様にすればよい。
- ・ 地図がブロックの様に動くのは不自然である。気象用レーダ情報の表示機能を付加したら良い。その場合には配色に注意すること。
- ・ 輝度調整で絞った時に一部の色が退色してしまう（HDDと同様）のは良くない。
- ・ 陰影処理による三次元表示を検討したら良い。
- ・ ラスター本数が少ないので解像力に劣る。
- ・ 地名も表示したら良い。

付録3 NAVパイロットコメント

1. 各項目について

項 目	コ メ ン ト
・ RMIポインタの表示方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ No1 指針 が常に近いポインタを選択する試みは興味あるが通常の方式と異なるので慣れが必要である。 ・ 本方式のように自動的にチューニングする方式が最近試みられているが、選局されたステーションのチャンネルあるいは周波数を表示することと、自動選局の解除機能等が必要である。 ・ 選局しているステーション、対応するDMEの表示が必要 である。 ・ コースをキープする方法にアウト・バーンの方法が有るが、その機能が使えないのは不便である。 ・ B767 ではVOR/DMEのAUTO TUNE、A320ではVOR/DME、ADF、ILSのAUTO TUNE およびFMCS UP Date のためのDME Scanningの5局がこれらが標準になろうとしている。これらを参考にラインで使用しやすいシステムの開発の研究を希望する。
・ DME計の表示方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ DME計はRMI、HSI計の付近が良い。 ・ 選局ステーションのチャンネルまたは周波数、対応するDMEの表示が必要である。
・ HSIのコースセットの方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ プログラムされたNAV コースで自動的に選局されるならばコース・セットも自動が良い。 ・ ヘッド・ダウン（下方を見ないで）しないでセットできることが最低限必要である。
・ コース偏位の表示感度 NAV時 APP時	<ul style="list-style-type: none"> ・ 御宿ー木更津間でコースが徐々に右にずれる傾向がある。 ・ F/D機能が必要である。
・ グライド・スロープの表示感度	<ul style="list-style-type: none"> ・ グライド・スロープの発射点は滑走路エンドから1000ft内側にする。現在の発射点（滑走路エンド）では低すぎる。

航空宇宙技術研究所資料 596 号

昭和 63 年 10 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 東京プレス
東京都板橋区桜川 2 - 27 - 12
