

UDC 311.213.3:
629.7.054

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-416

航空計器統合化に関する調査研究

岡 部 正 典 ・ 田 中 敬 司 ・ 川 原 弘 靖

1980年5月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

航空計器統合化に関する調査研究*

岡 部 正 典**

田 中 敬 司**

川 原 弘 靖**

A SURVEY FOR THE PURPOSE OF FLIGHT INSTRUMENT INTEGRATION

Masanori OKABE, Keiji TANAKA and Hiroyasu KAWAHARA

ABSTRACT

This questionnaire survey was conducted to obtain basic design data concerning pilots' subjective workload or strain in the flight phases near the airport, information items which pilots and flight engineers feel they need to solve take-off and landing problems, and also concerning pilots' acceptance of a proposed integrated head down display system.

All data thus obtained were of great use for designing and producing the color integrated display system.

Seven questionnaires including the above items were constructed and administered to 1,800 pilots and flight engineers who were with either All Nippon Airways or Japan Air Lines. Out of this eventually 662 of those subjects filled each questionnaire item.

はじめに

近年大型ジェット輸送機による民間定期輸送の運航の安全性は、機体諸系統の信頼性の向上及び運航管理、管制、整備面での努力によって従来より格段に向上している。しかし他方において事故調査の結果をみると、全事故の約半数はいわゆる「パイロット・エラー」によるとされ、この傾向は近年においても変わりがないと言われている。また事故の6割以上は離着陸飛行段階で起り、地上事故も含めると8割以上の事故が高度1,000フィート以下で起っている¹⁾

こうした状況を踏まえて、科学技術庁は、昭和50年度より4ヶ年にわたって特別研究調査費により「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」を実施した²⁾。本総合研究は人間-機械系の面から事故につながる可能性を持つ諸要因を機上で監視し、さらにパイロット用インターフェースとしての航空計器を統合化してパイロットへの情報伝達を合理化することを主眼としたパイロット・バックアップ・システムの設計資料を得ることを目的として企画されたものであり、筆者の所属する計測部・人間工学研究室は、気象庁・気象研究所・物理気象研究部と共に本研究の実施に参画した。

本報告は本研究の一環として行った統合航空計器試作のための予備調査の結果を内容とするものであり、上記の試作統合航空計器(ラスター・スキャン方式によるカラー統合エアボーン・ディスプレイ)^{3),4)}の設計に際して、参考資料としたものである。

本調査の実施に協力いただいた全日本空輸㈱、日本航空㈱は元より、本総合研究の指導に当られた「ジェット輸送機運航安全研究委員会」の委員長はじめ各委員、さらに研究調整の任に当られた科学技術庁・研究調整局に感謝の意を表する。

略 語 表

ADI	: ATTITUDE DIRECTOR INDICATOR
ADF	: AUTOMATIC DIRECTION FINDER
AFCS	: AUTOMATIC FLIGHT CONTROL SYSTEM
AIDS	: AIRBORNE INTEGRATED DATA SYSTEM
ATC	: AIR TRAFFIC CONTROL
B. ALT.	: BAROMETRIC ALTIMETER
DME	: DISTANCE MEASURING EQUIPMENT
CRT	: CATHODE RAY TUBE
ENG	: ENGINE
EGT	: EXHAUST GAS TEMPERATURE

* 昭和55年5月1日受付

** 計測部

EPR	: ENGINE PRESSURE Ratio
F/D	: FLIGHT DIRECTOR
F/E	: FLIGHT ENGINEER
F/F	: FUEL FLOW
FLT	: FLIGHT
FMS	: FLIGHT MANAGEMENT SYSTEM
G/S	: GLIDE SLOPE
HSI	: HORIZONTAL SITUATION INDICATOR
HUD	: HEAD UP DISPLAY
IAS	: INDICATED AIRSPEED
ILS	: INSTRUMENT LANDING SYSTEM
INSTR.	: INSTRUMENT
MIS.	: MISCELLANEOUS
RMI	: RADIO MAGNETIC INDICATOR
R. ALT.	: RADIO ALTIMETER
R/W	: RUNWAY
T/O	: TAKE-OFF
V/S	: VERTICAL SPEED

1. 調査の概要及び目的

航空計器は「機体設計に併行或いは依存して」⁵⁾ 謂わば後追的に発達してきた。航空における人間工学的研究や開発も、他の交通機関の場合と同様に、全て対症療法的な研究や試みを出発点としている。

航空機のパイロット用計器について言えば、第2次大戦を通じて大量の速成パイロットが高性能機の操縦に当った結果、人的要因に基づく事故が続発した。米国空軍はこの対策として、知覚-動作関係の心理学者を動員し、事故事例の分析を行った結果、計器ダイアルのデザインに改良の余地がある事を明らかにし⁶⁾、その後計器の読取りに関する視知覚実験が盛んに行なわれ、現在ではこれらの成果はポインターの形状、マーキングの寸度や色彩に至るまで航空計器規格やハンドブックに取り入れられている^{7), 8)}。これらは人間の特性に機械の特性を適合させる有効な試みであったが、現在は、機体の急速な大型化・高性能化と共に省エネルギー・低公害運航の要請に伴うミッションの高度化が進み、パイロットに課された情報処理の負担増という新たな問題を生じている。

航空機は単一の原因で致命的事故に陥入ることは稀である。気象、視界、他機の過密状況等の条件に人的過誤や機器故障等が重なって事故に至る場合が多いとされている¹⁾。従って運航の安全にとって重要な課題は、緊急事態

に適切に対処できるようパイロットその他乗員のワークロードを低いレベルに保つことであり、増加傾向にあるワークロードを軽減する手段を講じることである。

元来航空機の操縦は離着陸においては、他の環境条件が良好であってもパイロットに緊張を強いる作業である。例えば主観的緊張度と相関が極めて高い心拍数の増加をみると、双発プロペラ機による非過密空港での離陸・着陸においてそれぞれ74.8%, 92.5%も増加している⁹⁾。またDC-8型機の離着陸におけるパイロットの操縦動作を詳細に分析してみると、その特徴は次のように要約される¹⁰⁾。

- ① 人間のセンサ機能に関して、操縦に必要な、取得すべき情報が著しく多く、情報が個別の形で表示されているため、飛行状態の直観的、予測的かつ全体的把握が困難な作業になっている。
- ② 人間のプロセッサ機能に関して、微妙なタイミングを要するタスクが連続して与えられており、時間的制約が厳しく、決断が難しい場面が多い。また操縦作業として顕在化しないが、潜在的な準備、監視等の作業が多い。

- ③ 人間のアクチュエータ機能に関して、多重作業が多く、使用している人体効果器^{*}に余裕がない。

離着陸の操縦の実態は以上の記述から容易に推測できるように緊急事態に対処する余裕に乏しい状況である。

パイロット・ワークロードの軽減は一般に操縦システムの自動化並びに表示システムの改良によるパイロットへの情報伝達の合理化によって一定のレベルまで可能であると信じられている。図1-1はそのような考え方を示したものとして参考になる。ここでは操縦システムと表示システムはパイロット・ワークロードの軽減に関して相補関係にある。両者は人間のセンサとしての機能及びアクチュエータとしての機能を人間に替って代行する点で有用なのではなくて中枢での情報処理作業の負担を分担し得る点でワークロード軽減の手段となり得るのであり、パイロットをバックアップすることができるのである。

そこで本総合研究では、将来型事故監視システムにおけるパイロット・インターフェースとして主要構成要素となるべき統合航空計器を実験装置として試作・評価することとし(図1-2及び文献2), 3), 4)参照), その準備作業として本報告に述べる調査を実施した。調査の内容は潜在的な事故事例、離着陸時の主観的ワークロード

* 物理的刺激に対する感覚器官を人体の受容器と呼ぶのに対して外界に効果を及ぼす四肢を一般に効果器と呼ぶ、航空機の操縦においては、腕、手、指、足及び発声器官等全てが操縦・操作・交信等に効果器として動員されている。

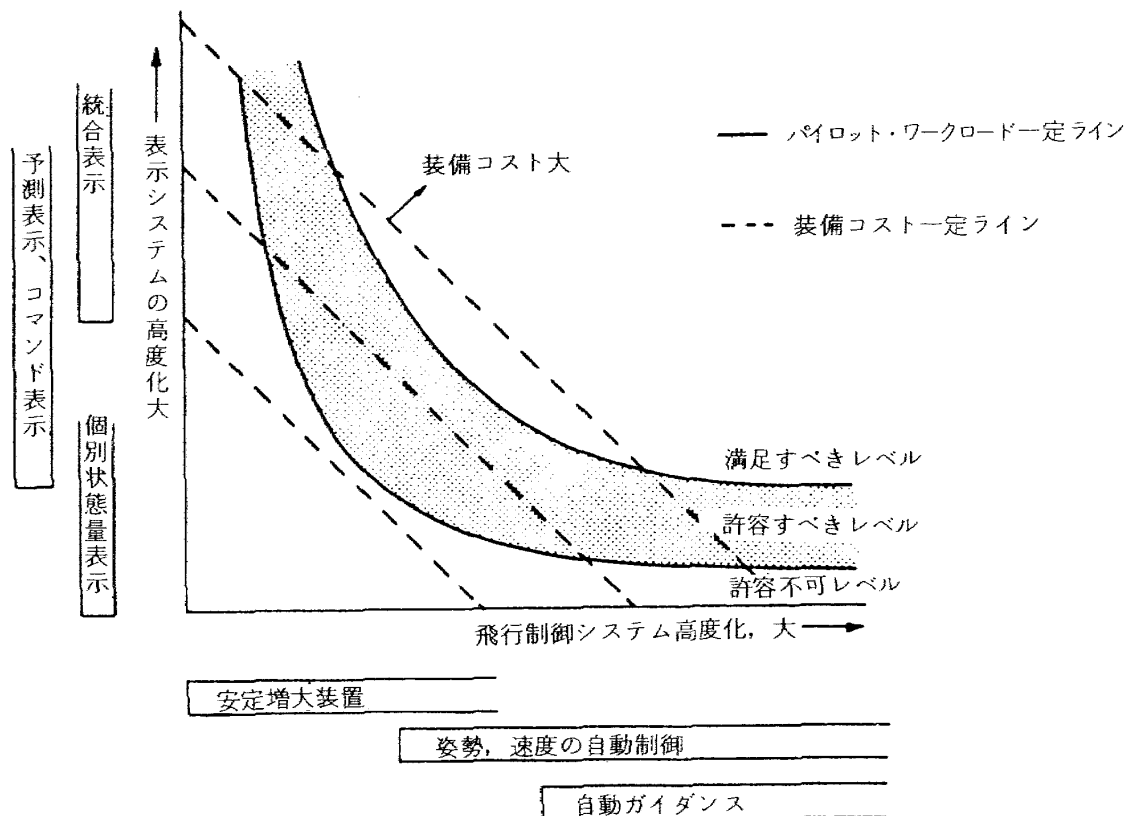


図1-1 飛行制御系と表示系の相補関係
(AGARD-R-594, 1972, より)

及び緊張度、離着陸における必要情報及びその利用実態、航空計器統合化に関するパイロットの見解等にわたっており、統合航空計器を設計する立場から離着陸におけるパイロット操縦の実態を把握するために実施されたものである。

2. 調査の方法

2-1. 質問紙調査法を使用した。作成した質問紙調査票は全文を附録として添付した。質問紙の作成に当っては Behan R. A.¹¹⁾ 等が全天候着陸に必要な情報及び表示フォーマットについてパイロットの意識及び意向の調査に使用した調査票を参考にした。また同種の調査は日本航空機のパイロット有志が組織している航空人間工学チームによって同社パイロットの離陸時の情報取得及び利用の平均的傾向を把握するために実施され、有用なデータが得られている¹²⁾。

2-2. 調査対象として全日本空輸機及び日本航空機の操縦要員1,800名に調査票を配布した。

2-3. 調査期間は昭和51年3月～4月の1ヶ月を当てた。

2-4. 回収した調査票の集計には記述部分を除き、大型計算機を使用した。

3. 調査の結果

調査に対して積極的な両社の協力を得て、662名の回答を得た。回収率は37%に達する。以下調査項目順に集計結果の要点を示す。

3-1. 基礎データ

基礎データの集計結果を図3-1に全日空機及び日航機に分けて示した。機種別分布を見るとB-727, 737, 747, DC-8, L-1011を74～174名含んでおり、本調査結果は大型ジェット輸送機の操縦要員の意識・意向を充分反映しているものと考えられる。全日空機と日航機の最も大きな相違は年間離着陸回数であり、国内線を飛ぶ全日空機のパイロットが圧倒的に多い。

3-2. 危険状況の経験

潜在的事故経験の記述を求めた所225名が何らかの事例を記述し、内容別に分類すると以下の通りである。

- | | |
|----------------|-----|
| 1) 異常接近 | 30% |
| 2) エンジン・トラブル | 24% |
| 3) 機器故障または動作不良 | 19% |
| 4) 滑走路逸脱の危険 | 16% |
| 5) その他 | 11% |

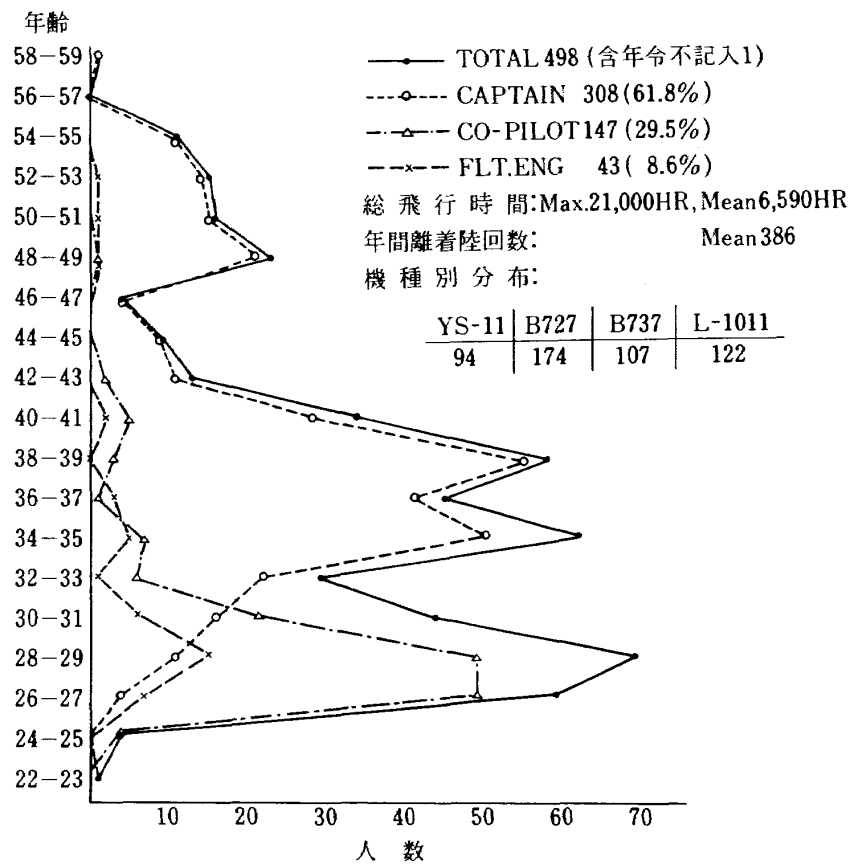


図 3 - 1 (1) 回答者基礎データ (全日空)

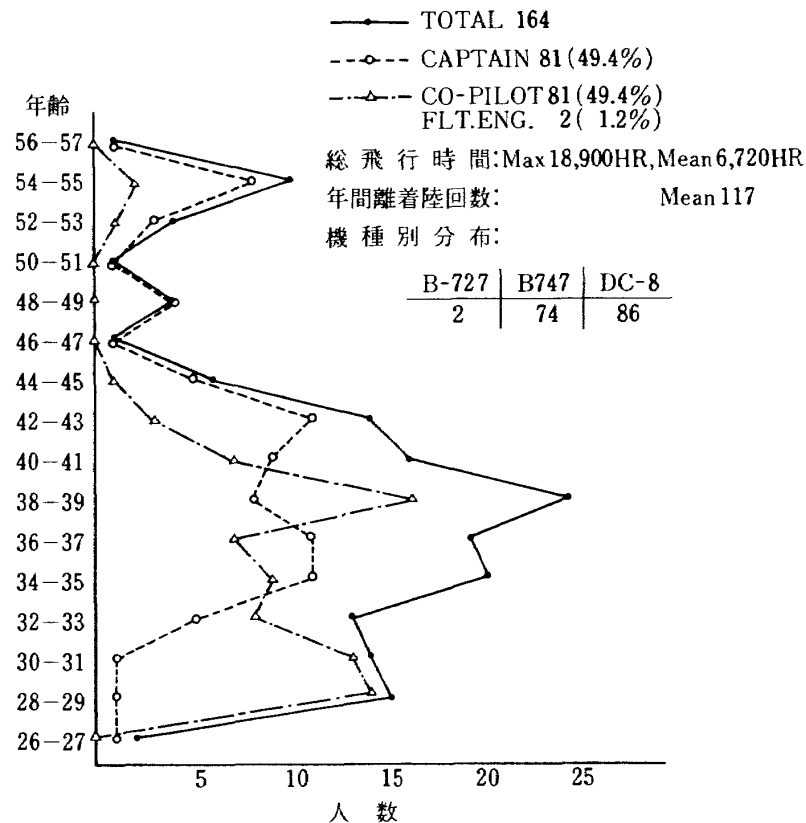


図 3 - 1 (2) 回答者基礎データ (日航)

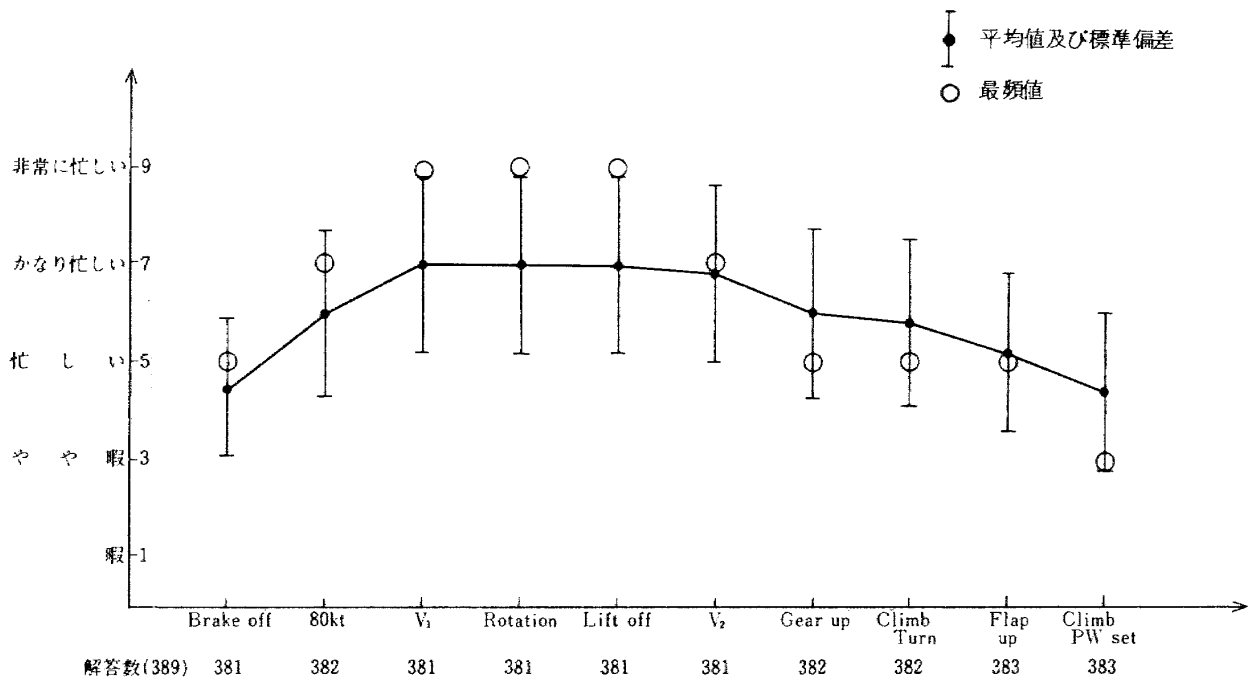


図 3-1-1 A Take off時の主観的忙しさ (TOTAL Captain)

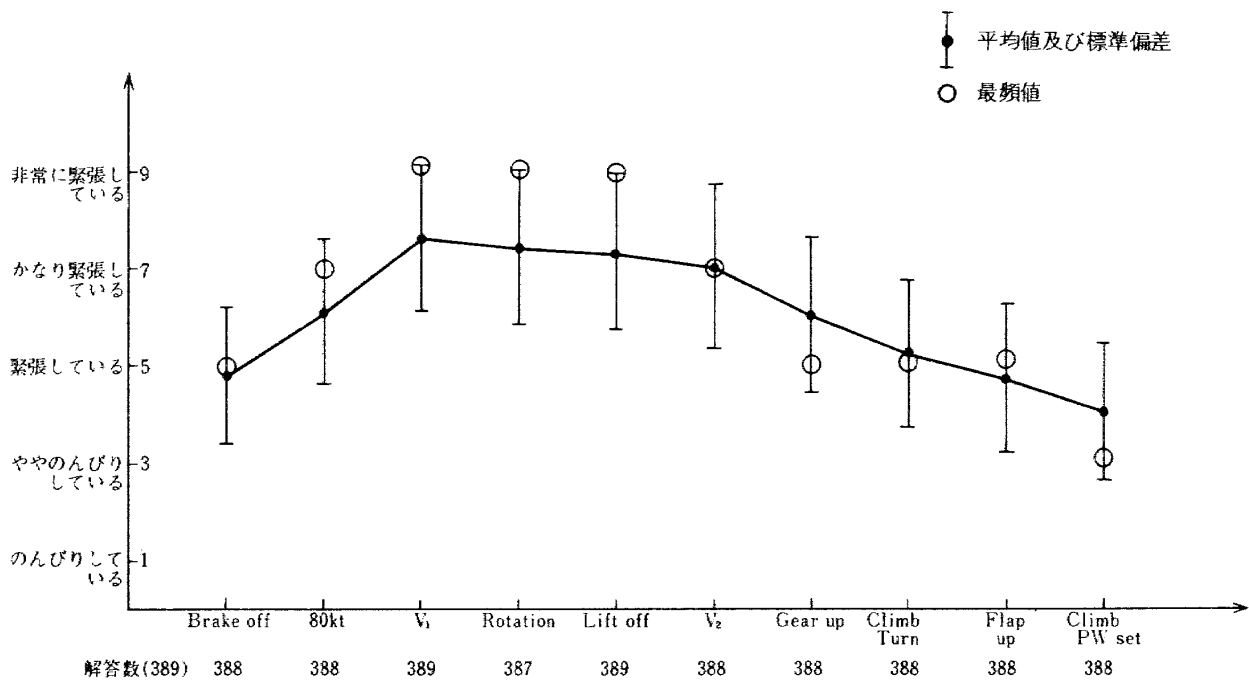


図 3-1-1 B Take off時の主観的緊張度 (TOTAL Captain)

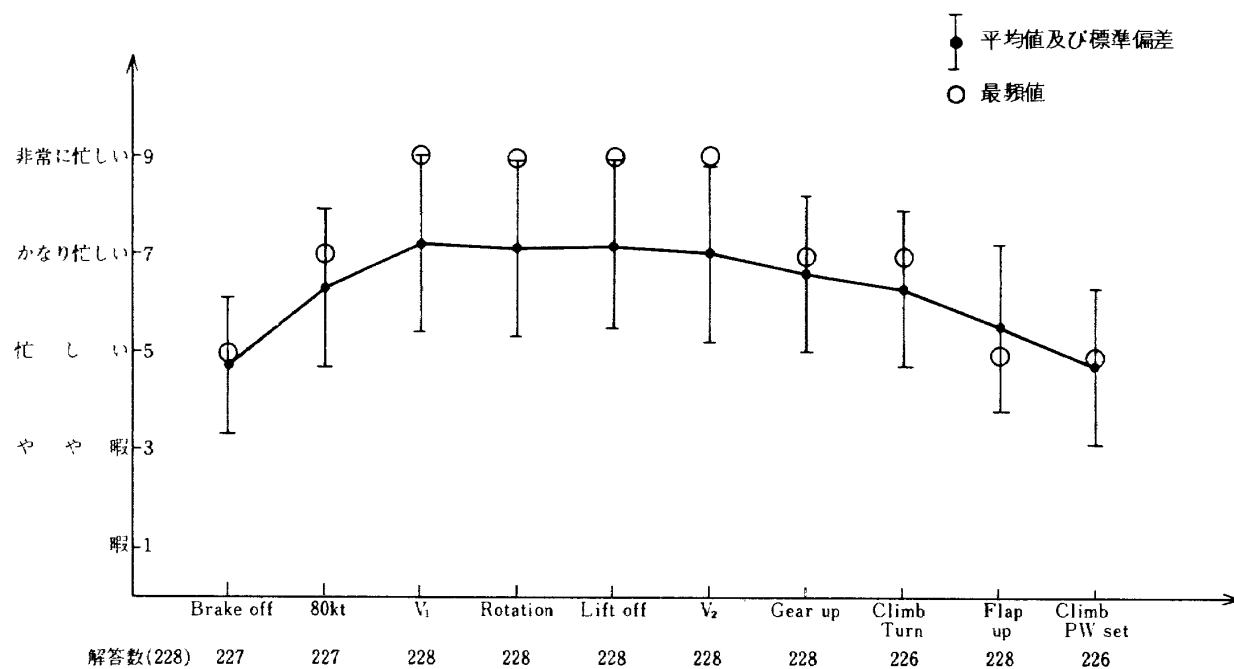


図 3 - 1 - 2 A Take off 時の主観的忙しさ (TOTAL CO-Pi)

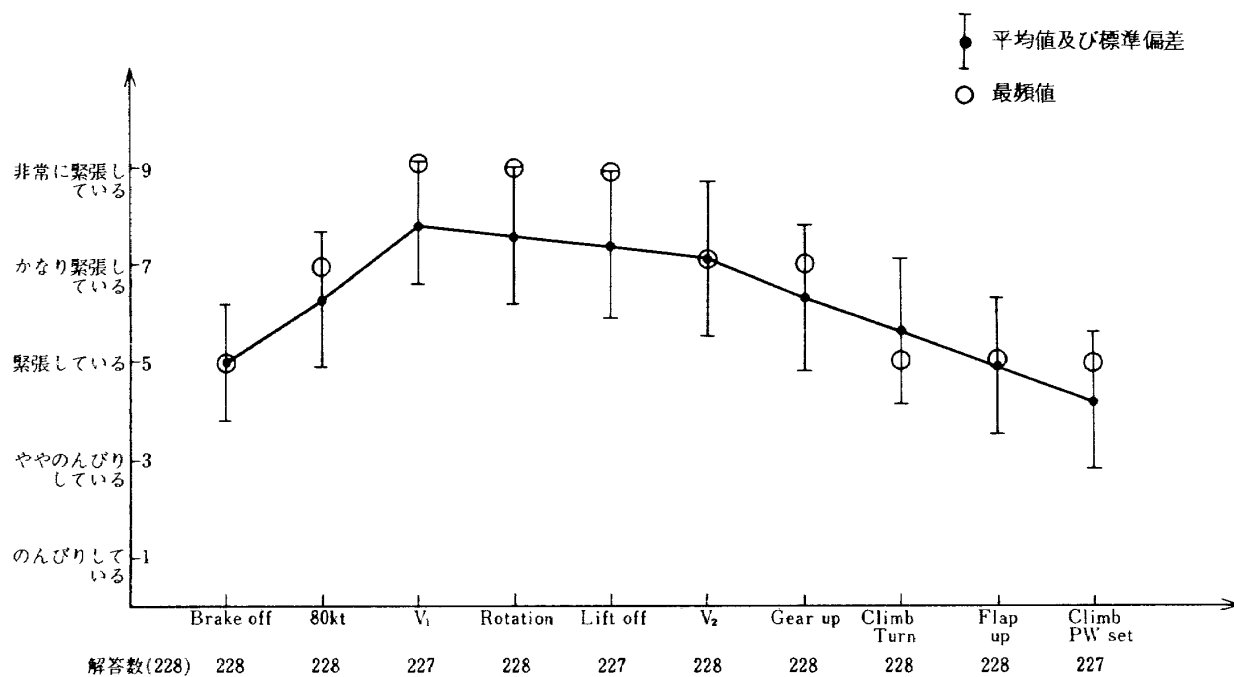


図 3 - 1 - 2 B Take off 時の主観的緊張度 (TOTAL CO-Pi)

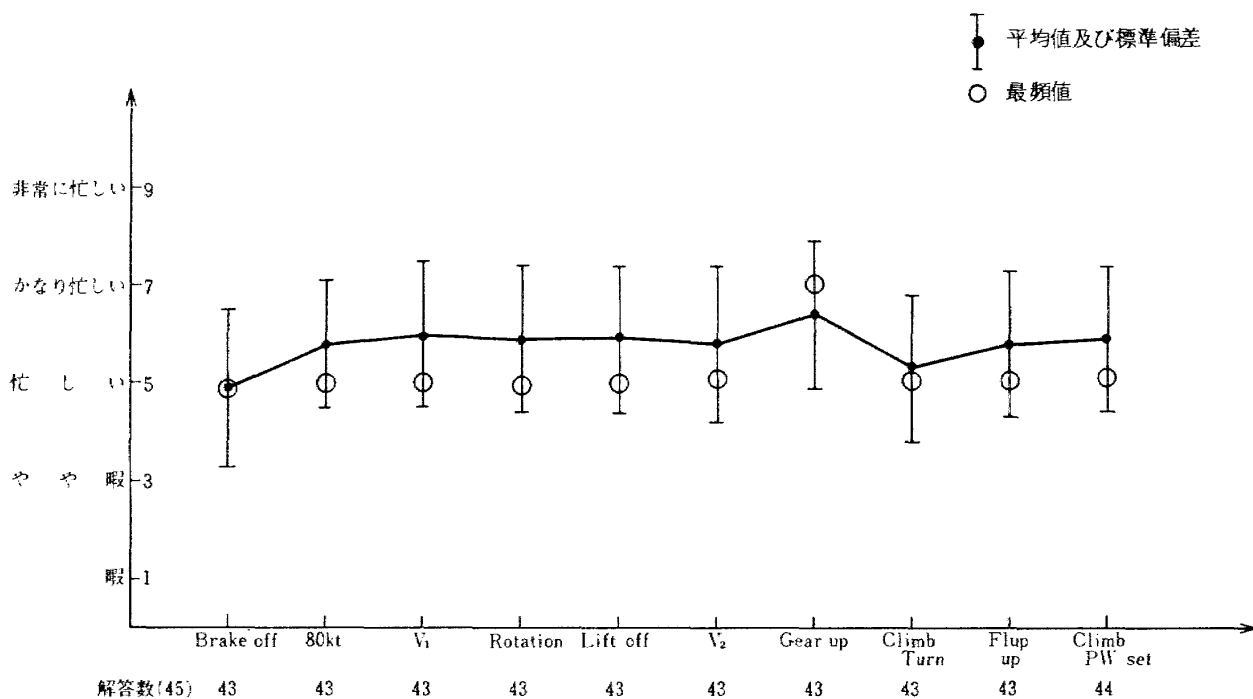


図 3 - 1 - 3 A Take off時の主観的忙しさ (TOTAL F/E)

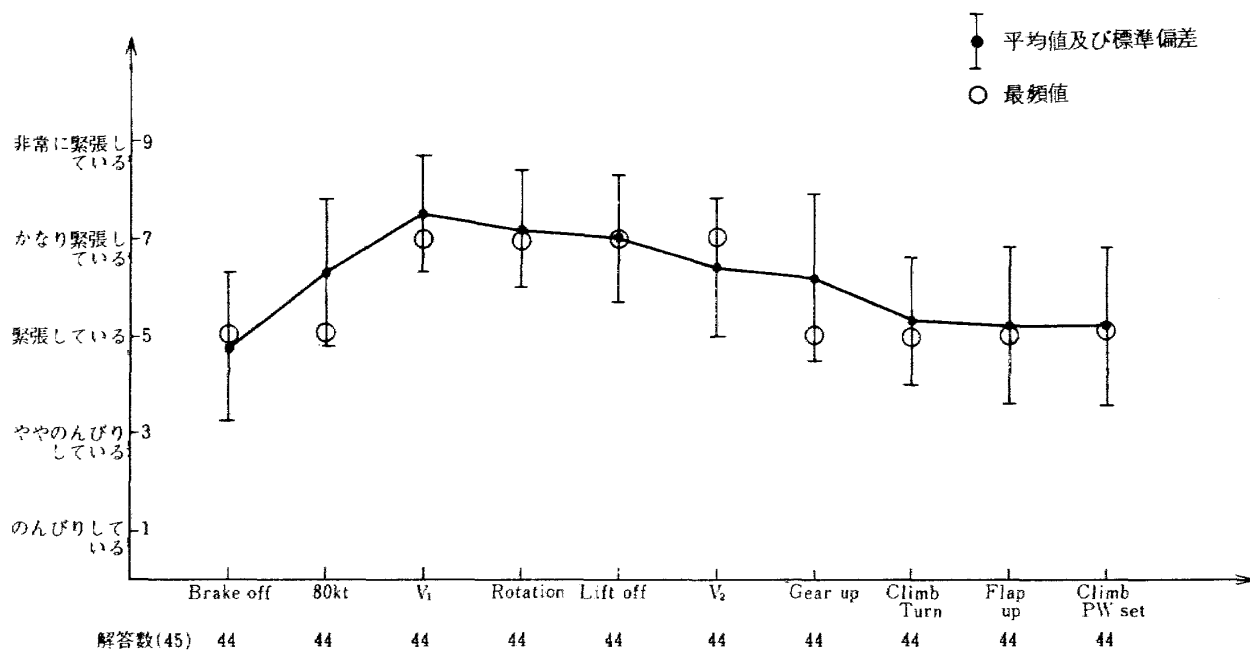


図 3 - 1 - 3 B T/O時の主観的緊張度 (TOTAL F/E)

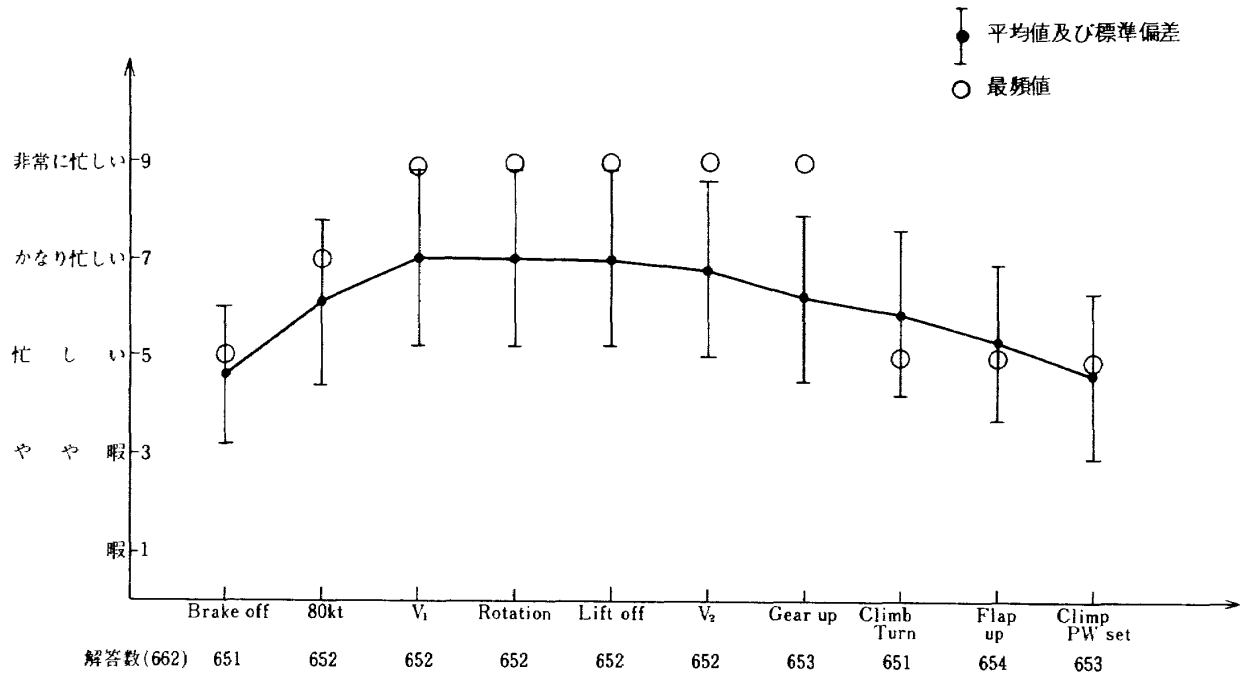


図 3 - 1 - 4 A Take off 時の主観的忙しさ (TOTAL TOTAL)

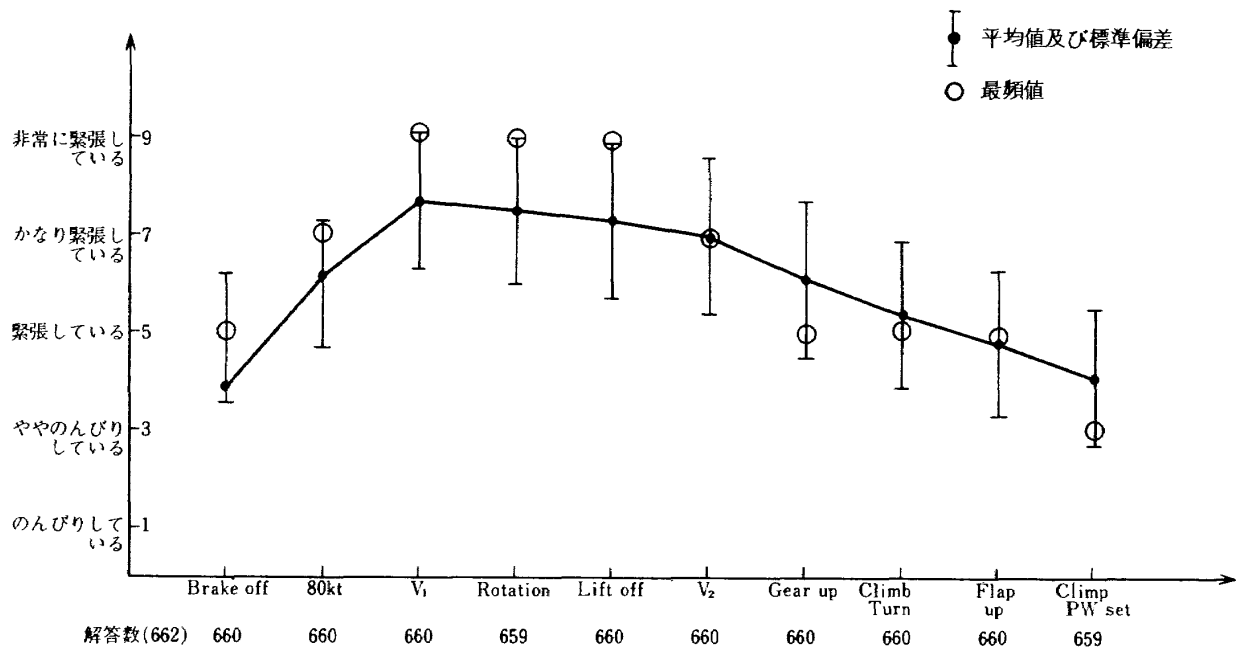


図 3 - 1 - 4 B Take off 時の主観的緊張度 (TOTAL TOTAL)

3-3. 離着陸時作業負担

「忙しい-暇である」及び「緊張している-のんびりしている」の2つのContinuumについて任意の5点尺度を作成し、それぞれ主観的作業負担及び主観的緊張度を細分化した離着陸飛行フェーズ毎に評定するよう求めた。評定の集計結果は図3-2に離陸場合を図3-3に進入着陸場合を示した。それぞれの図の配列は①機長(Captain)、②副操縦士(Co-pilot)、③航空機関士(F/E)、④全回答者(TOTAL-TOTAL)の順で、かつそれぞれ⑤忙しさ、⑥緊張度の順になっている。

全般的に主観的作業負担と緊張度は非常によく一致している。唯一の例外はCaptain, Co-pilotの場合離陸時は V_L 加速チェック～ローテーション近辺において進入着陸時には最低高度チェック～接地減速の間、作業負担・緊張度共に最も厳しいと評定しているのに対して、F/Eは同区間で緊張度は同様に高いけれども操縦士程には忙しくないとして評定している点である。

3-4. 各飛行段階における計器情報利用の実態

質問調査票Ⅳ及びⅤで得られたデータを集約して、図3-4に示す計器スキャン・リンク図にまとめた。集計の方法は、調査票設問Ⅳから得られた各計器の注視頻度に以下の重み(ω)を付ける。

ほとんど連続的に注視	8
ひん繁に注視する	4
時々注視する	2
めったに注視しない	1

次に設問Ⅴの計器スキャン・パターンの集計結果より個々の計器から、他の計器へ注視点を移す比率を出発側計器について求め、これを各計器間のスキャン・リンク値として各リンクに付記した。ただし、.20以下は省略してある。

またリンクの太さは以下の規則に従って区分した。

出発側計器	到達側計器	リンク太さ
$\omega \geq 4$	$\omega \geq 4$	太線
#	$\omega = 2$	細線
$\omega = 2$	$\omega \geq 2$	細線

リンクの何れか一方の計器の ω が1であればリンクは記入しない。なお図3-4-1はB-747のデータであり図3-4-2はL-1011のデータである。図番号末尾A、Bはそれぞれ離陸時及び進入着陸時を表わす。図3-4から離着陸飛行の短時間の間に個々の計器の持つ重要度が激しく交替する様子がよく理解でき、統合計器の設計に際しては、各モードにおける表示内容の決定にとって

表3-1 必要表示精度(最終進入～決定高度の段階)

INFORMATION	必要表示精度
ATTITUDE (ϕ)	1 deg
ATTITUDE (θ)	0.5deg
IAS	2 kt
ALTITUDE (R)	10 ft
ALTITUDE (B)	20 ft
RATE OF CLIMB	100ft/min
HEADING	1 deg
TURN & SLIP	
GLIDE SLOPE	0.5 dot
LOCALIZER	0.5 dot
ENGINE INSTRUMENTS EPR	
ENGINE INSTRUMENTS N_1	1 %
ENGINE INSTRUMENTS EGT	5 °C
ENGINE INSTRUMENTS F/F	
DME	0.5mil
TIMER	
OUT SIDE VIEW	
RUNWAY CENTER	
ANOTHER AIRPLANES	
ATC COMMUNICATION	

有用な資料となった。

必要表示精度は最終進入～決定高度の段階で、最も高い表示精度が要求される。その代表的必要精度を表3-1に示す。

3-5. 現用航空計器の問題点

1) 設問6-1

読取りに際して特別注意を要する計器に関する記述を求めた所、不具合点に言及した事例件数を表3-2に示した。不具合の内容は機種により計器により千差万別で、ここで詳述できないが、一般的傾向として最も古い機種であるDC-8の場合最もクレームが多く、B-747、L-1011と機種が新しくなるに従ってクレームが減少していることが窺える。L-1011の場合エンジン計器とフラップ計、各種アナウンシェータ類以外の主要計器に関してはほとんど問題がないと考えてよい。

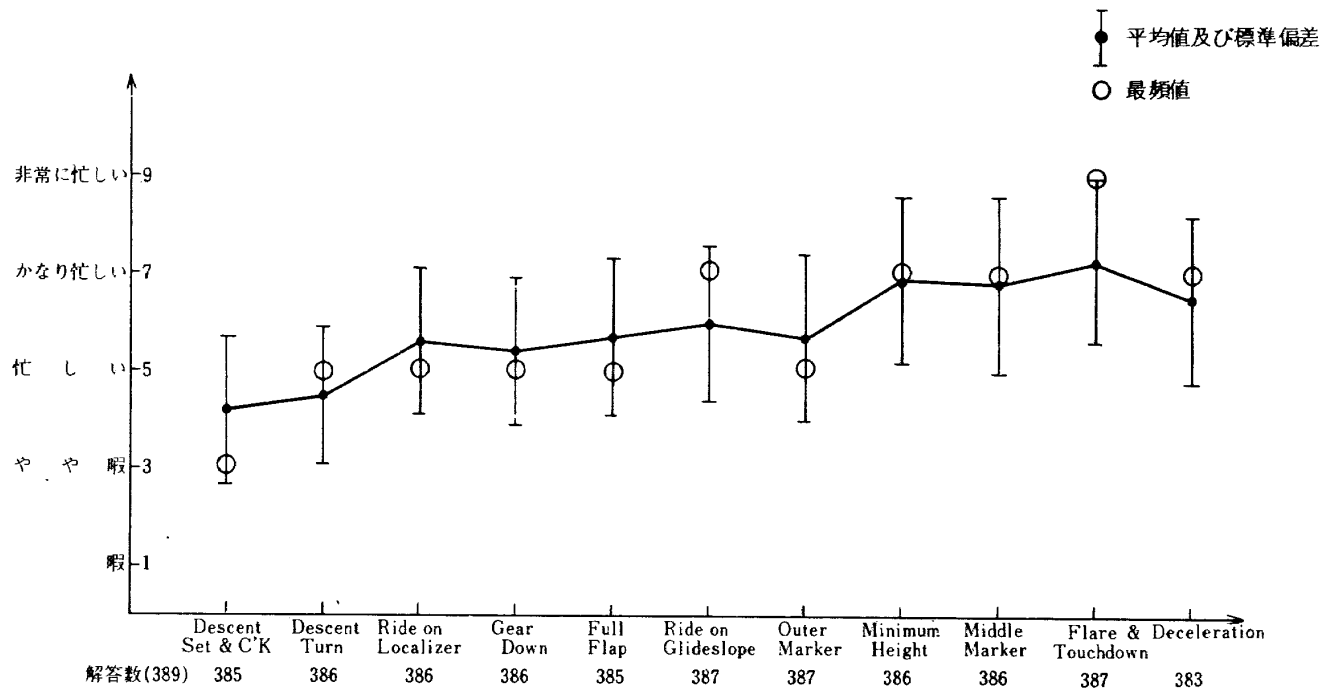


図 3-2-1 A Landing 時の主観的忙しさ (TOTAL Captain)

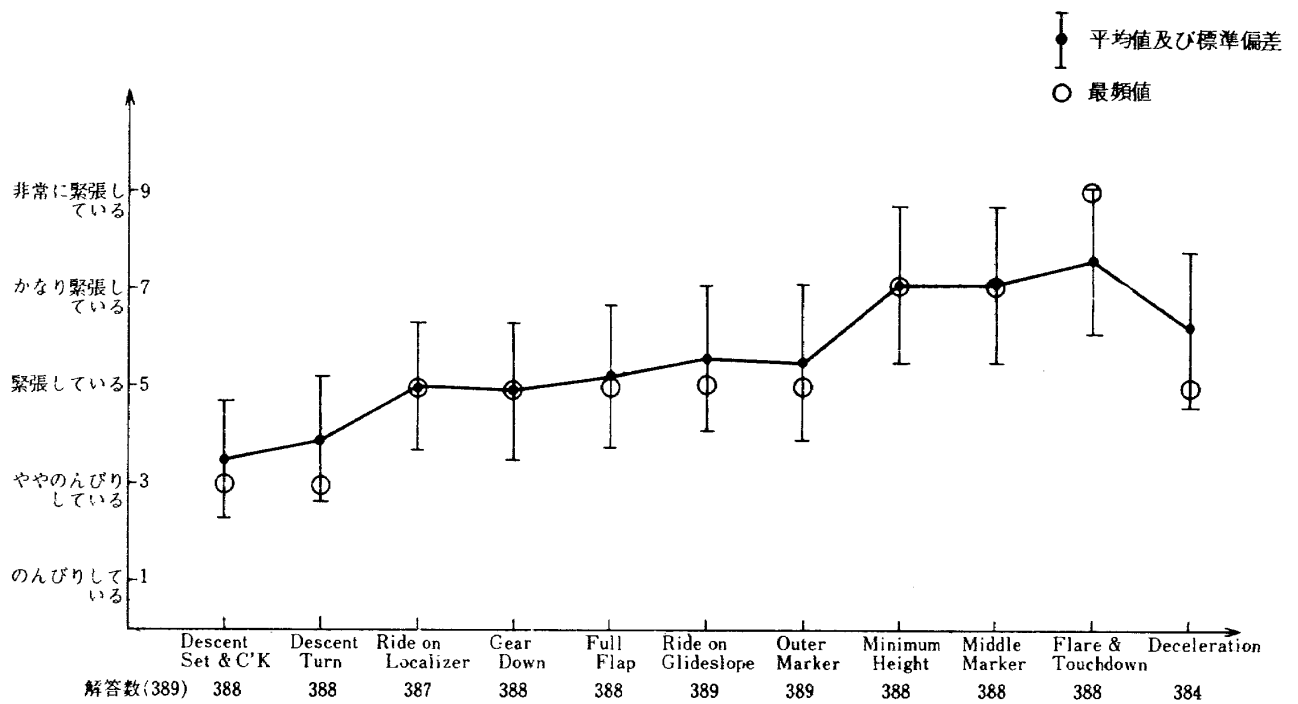


図 3-2-1 B Landing 時の主観的緊張度 (TOTAL Captain)

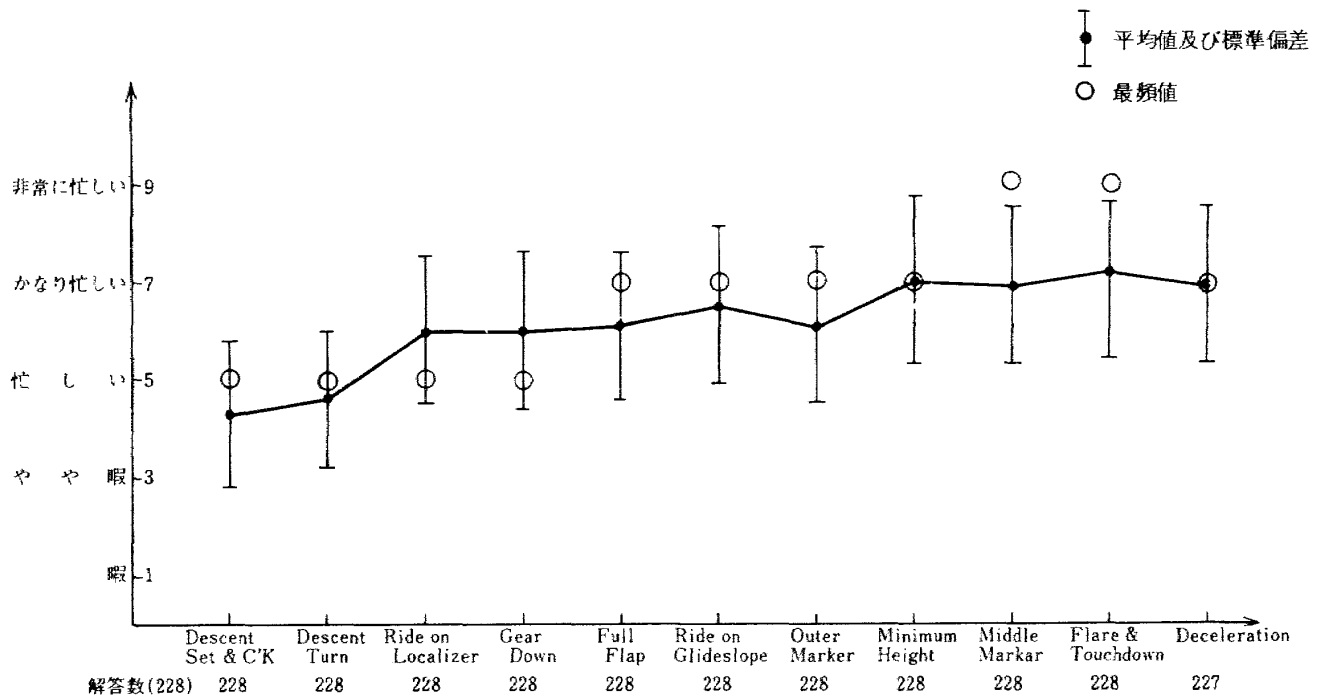


図 3-2-2 A Landing 時の主観的忙しさ (TOTAL CO-Pilot)

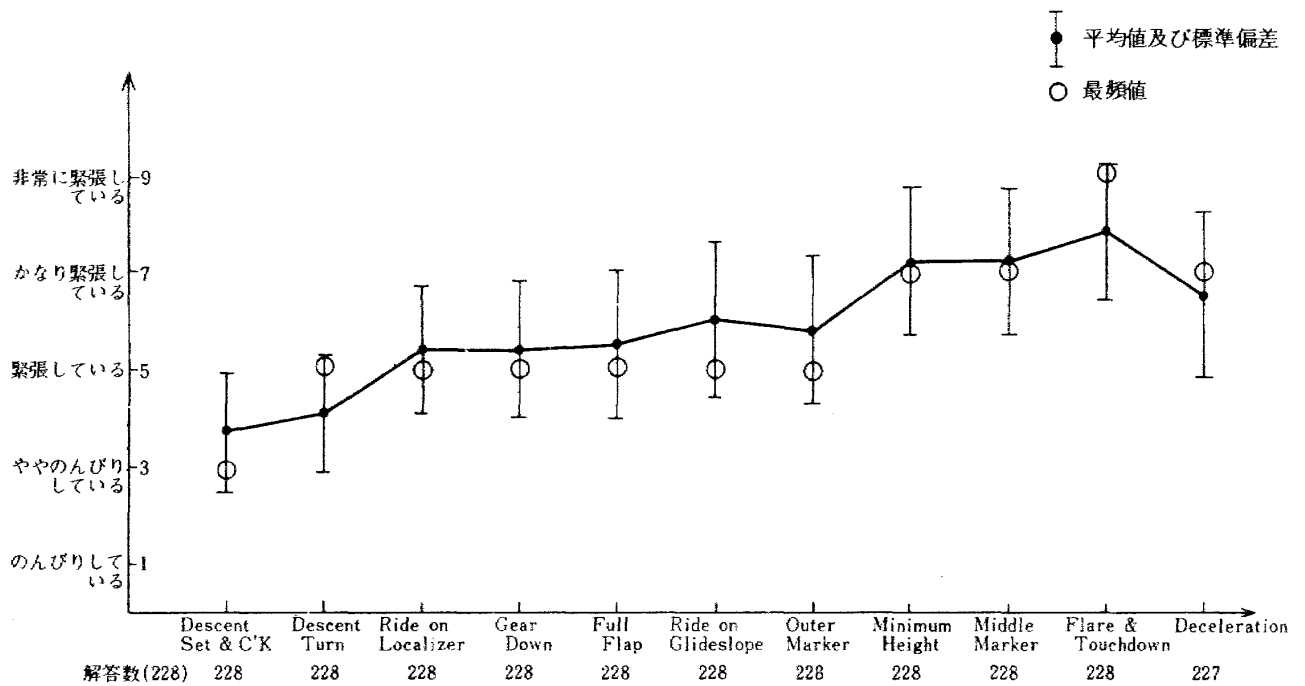


図 3-2-2 B Landing 時の主観緊張度 (TOTAL CO-Pilot)

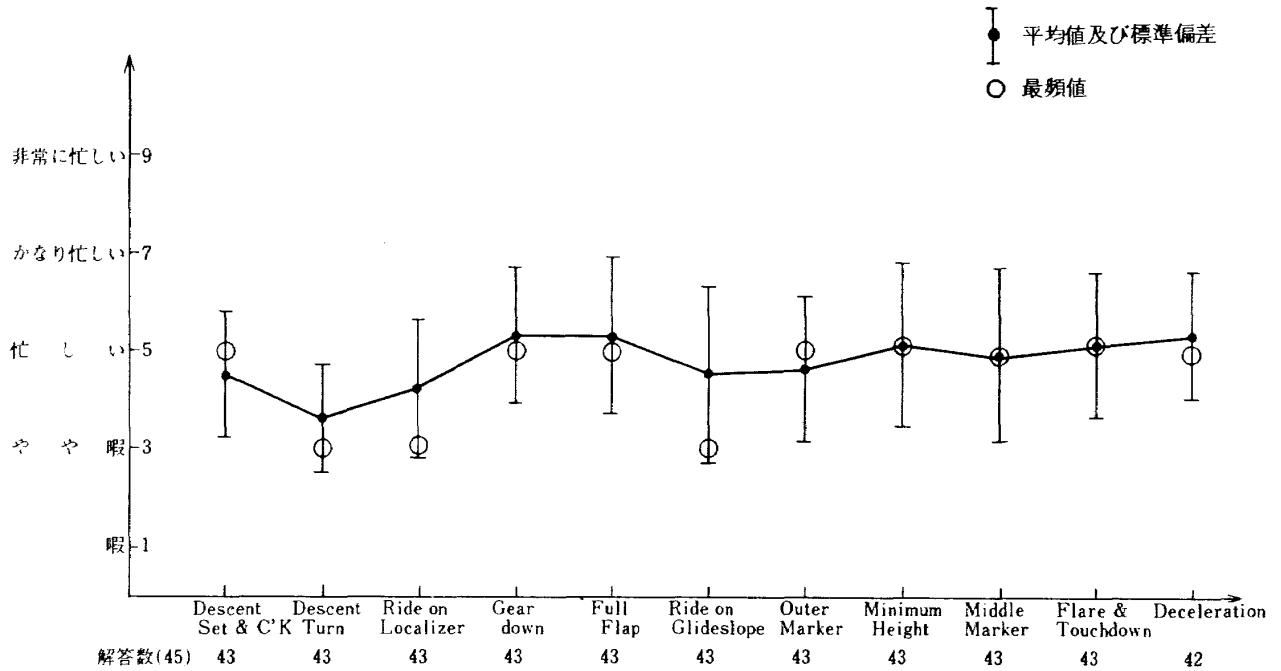


図 3 - 2 - 3 A Landing 時の主観的忙しさ (TOTAL F/E)

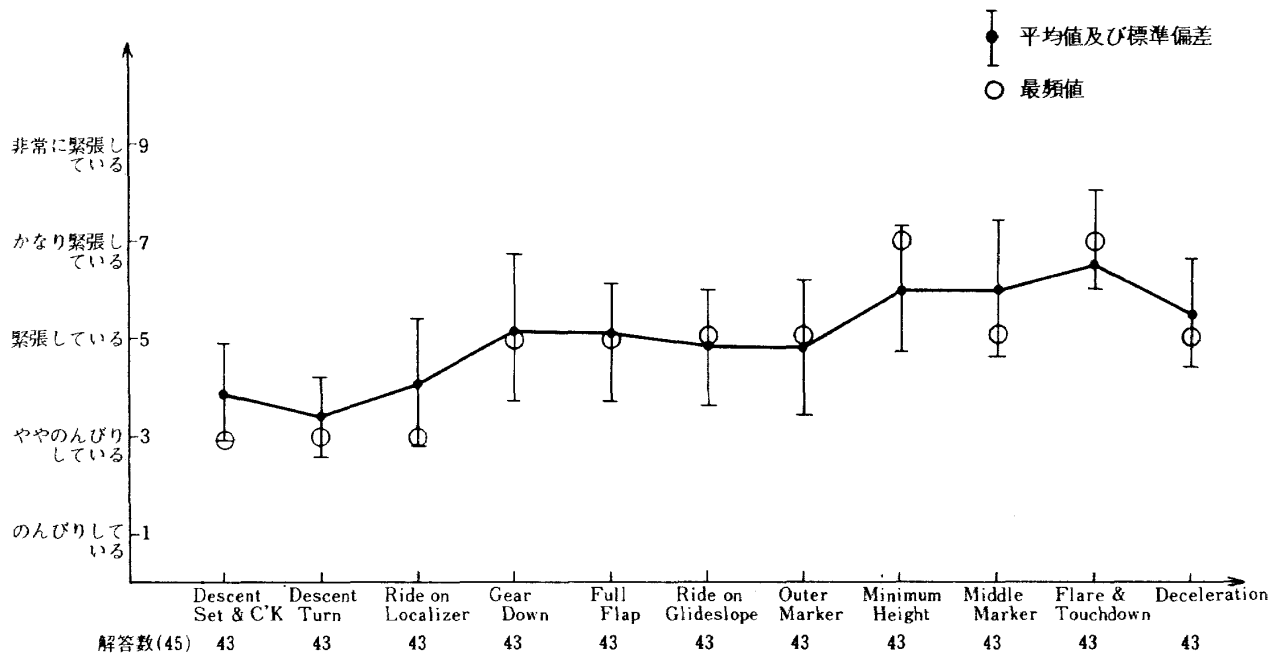


図 3 - 2 - 3 B Landing 時の主観的緊張度 (TOTAL F/E)

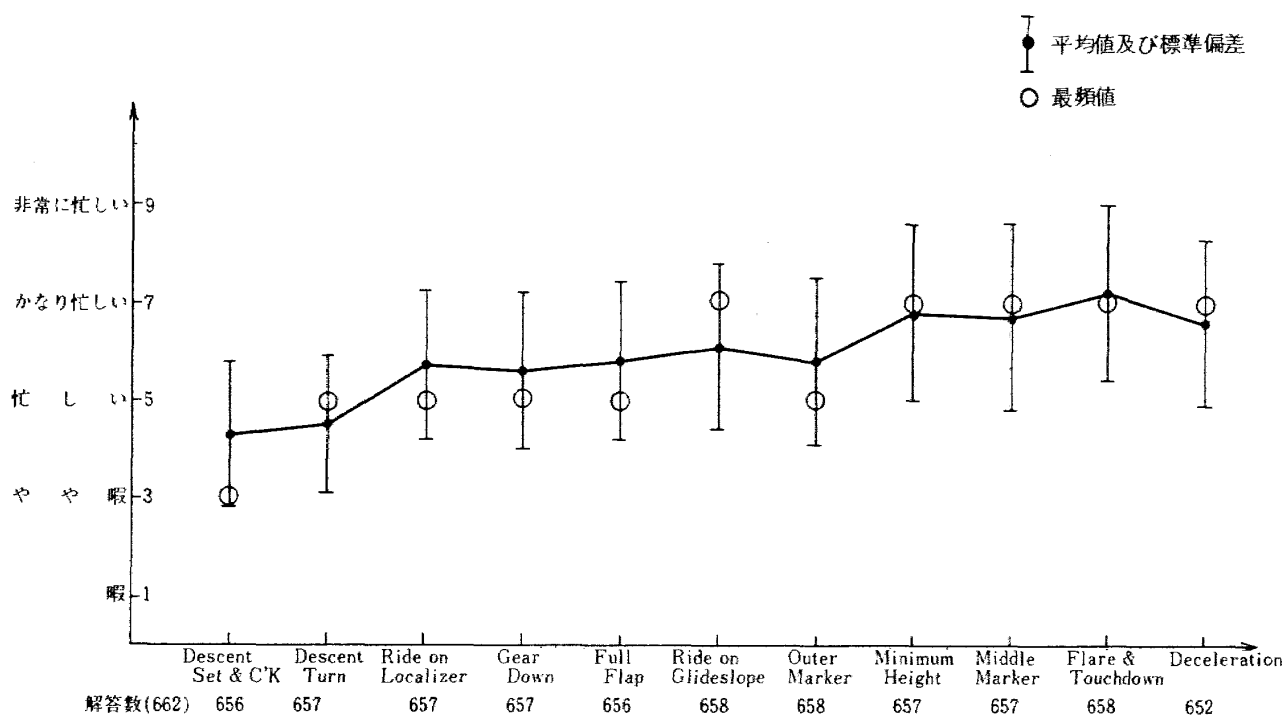


図 3 - 2 - 4 A Landing 時の主観的忙しさ (TOTAL TOTAL)

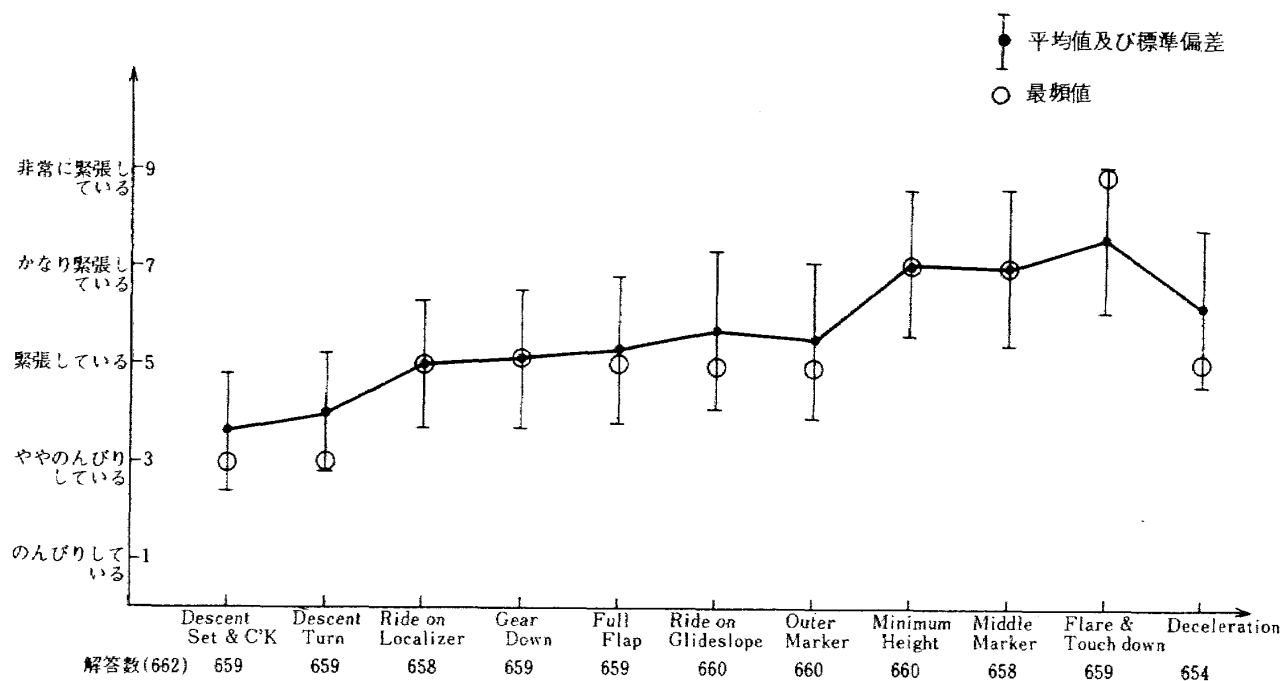


図 3 - 2 - 4 B Landing 時の主観的緊張度 (TOTAL TOTAL)

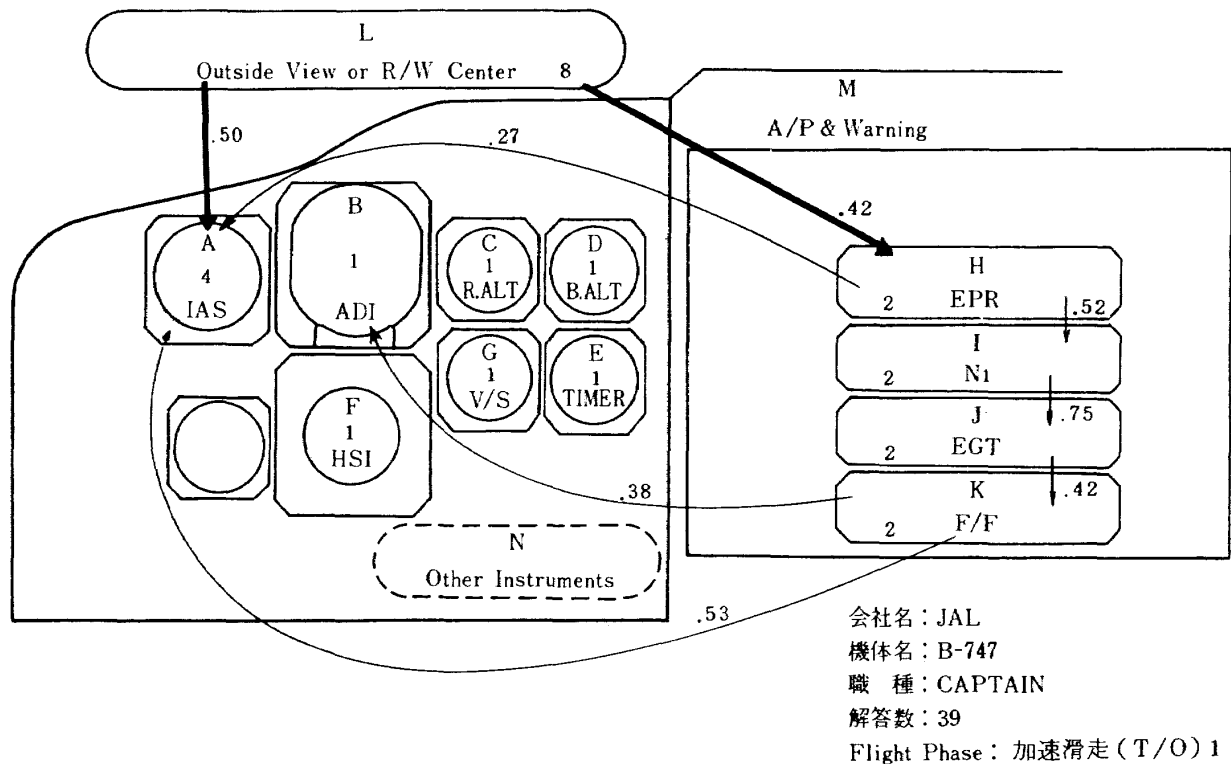


図 3 - 4 - 1 A(1)

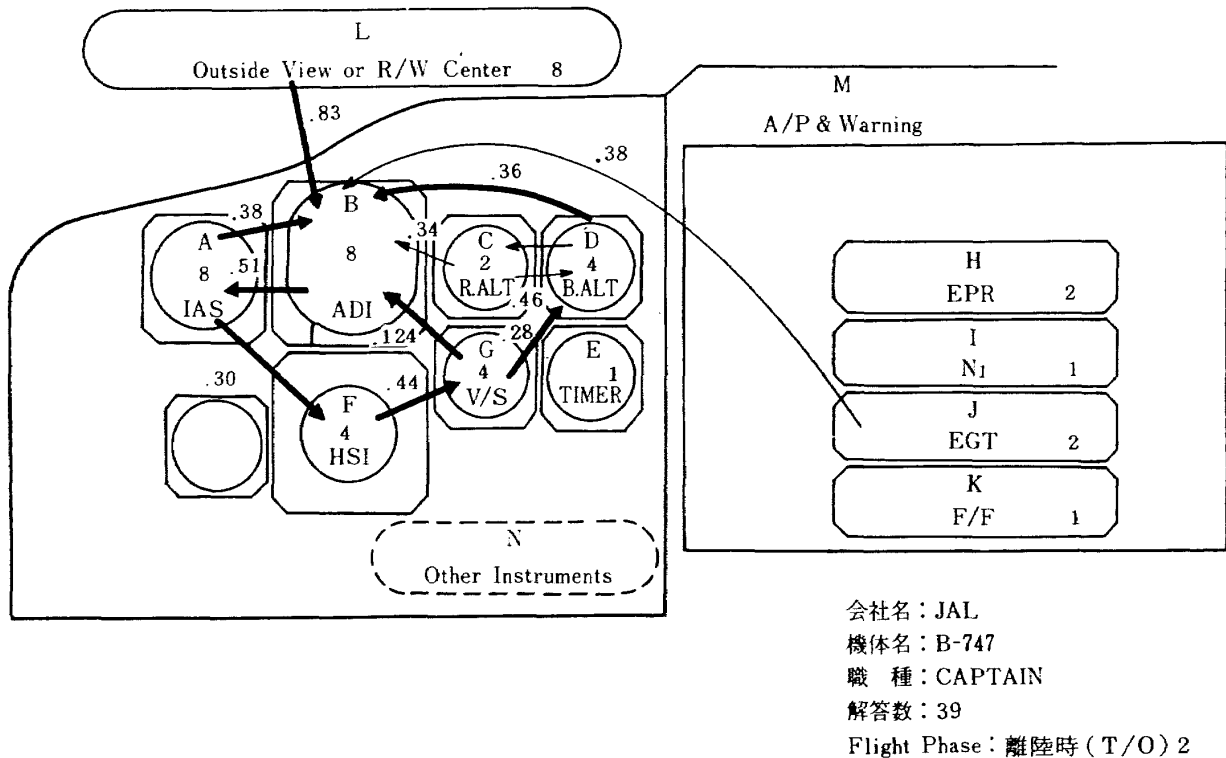
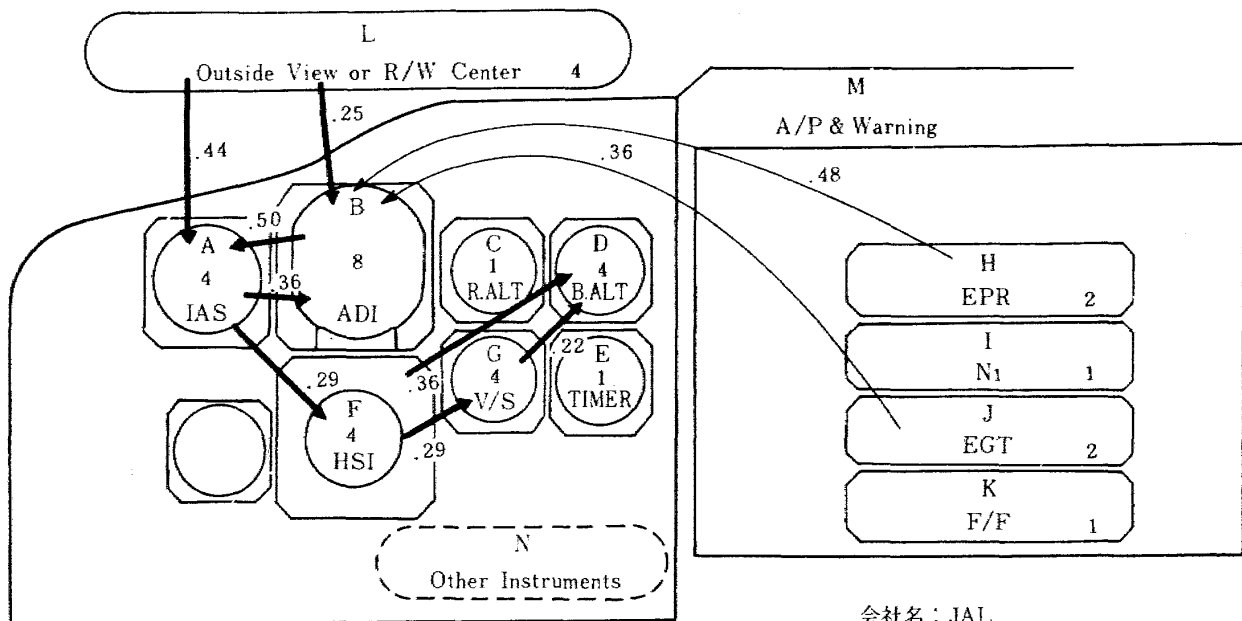


図 3 - 4 - 1 A(2)



会社名：JAL

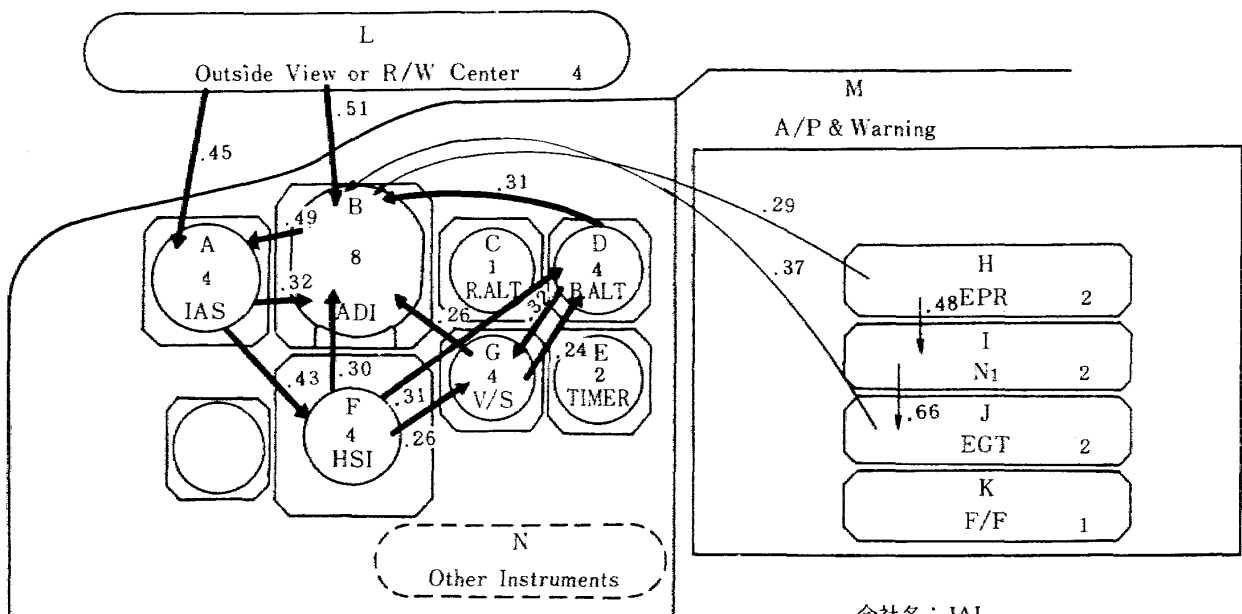
機体名：B-747

職 種：CAPTAIN

解答数：39

Flight Phase：上昇旋回 (T/O) 3

図 3 - 4 - 1 A(3)



会社名：JAL

機体名：B-747

職 種：CAPTAIN

解答数：38

Flight Phase：上昇加速 (T/O) 4

図 3 - 4 - 1 A(4)

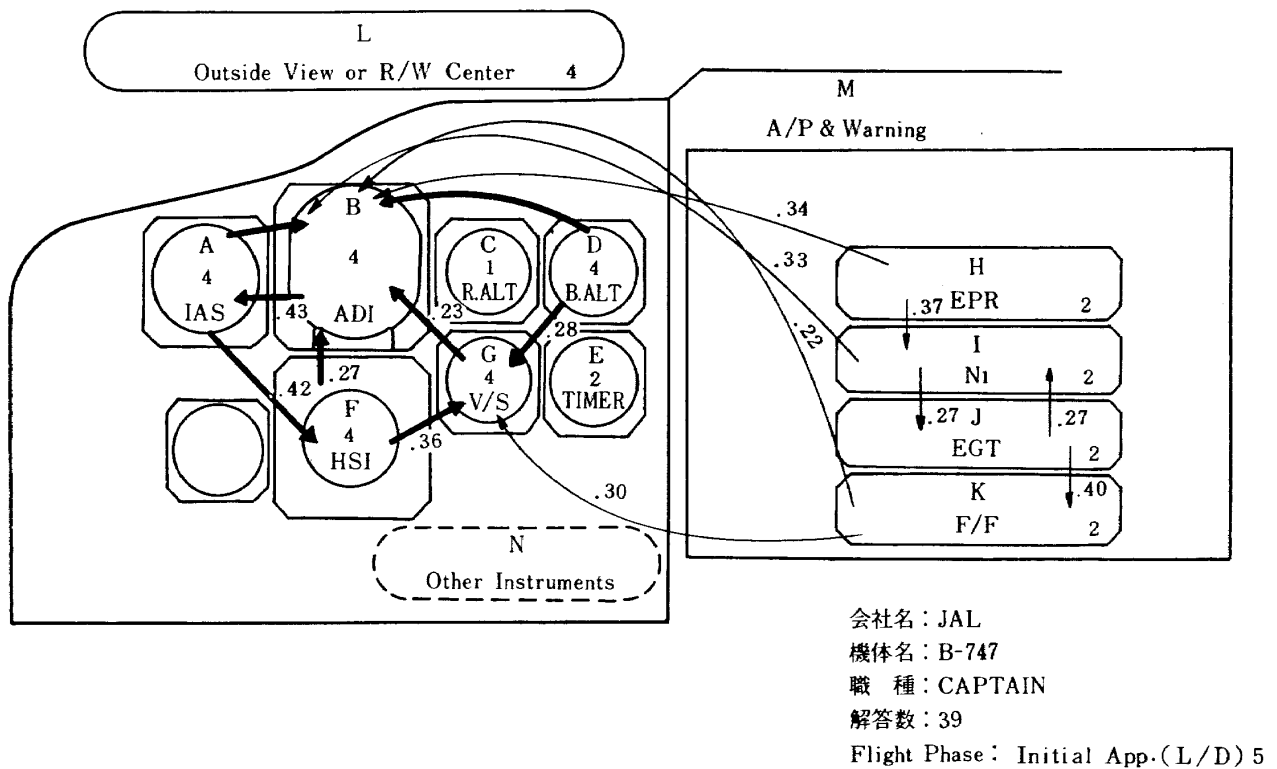


図 3 - 4 - 1 B(1)

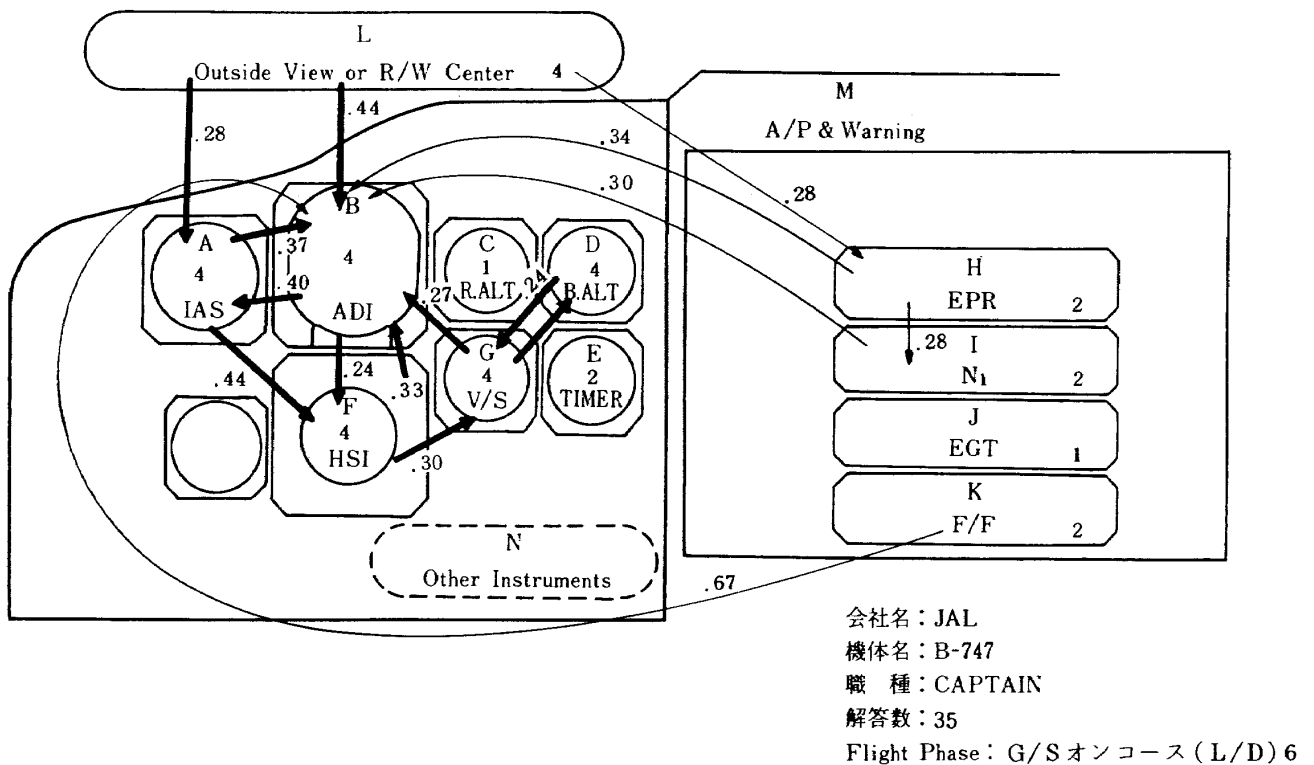
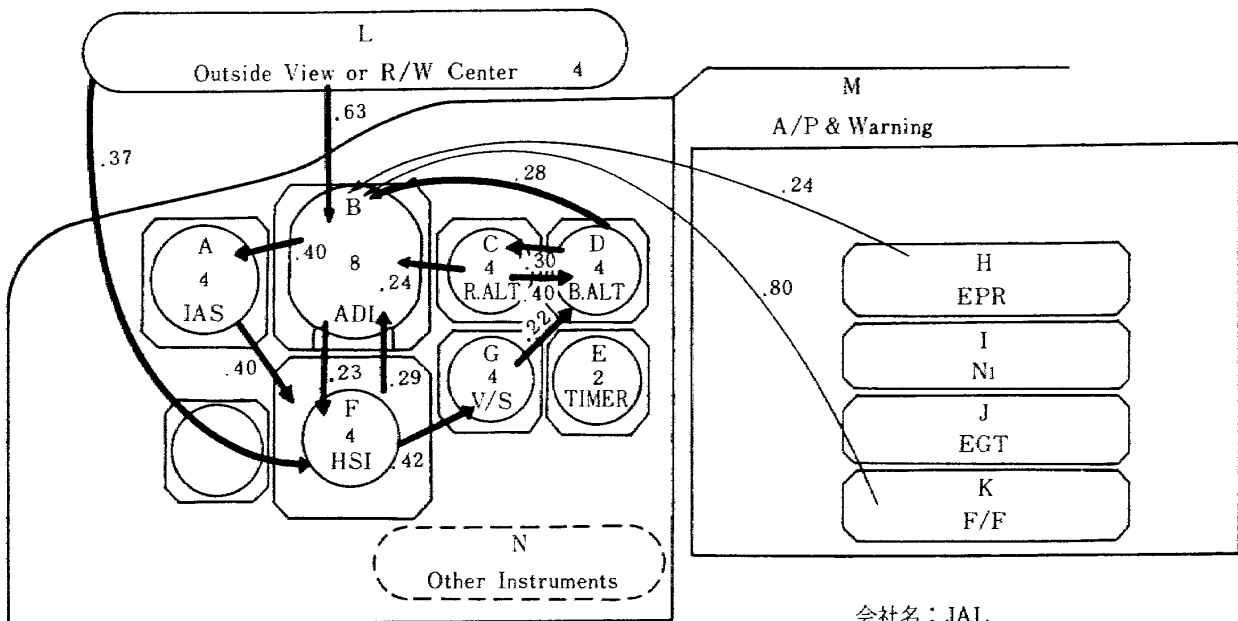


図 3 - 4 - 1 B(2)



会社名：JAL

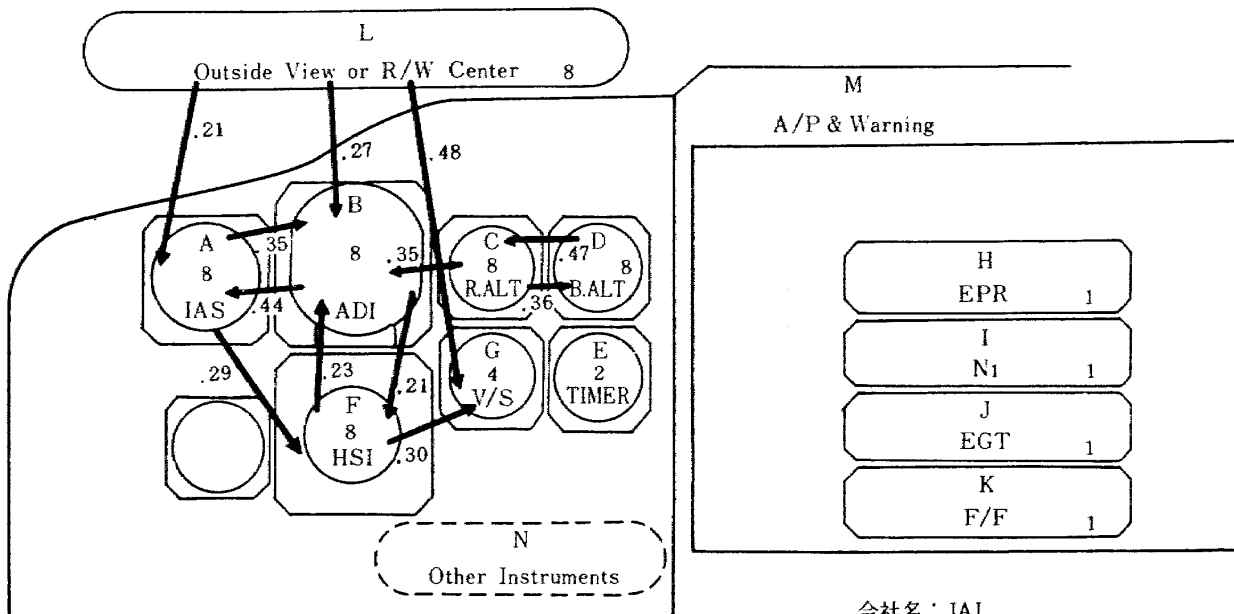
機体名：B-747

職 種：CAPTAIN

解答数：39

Flight Phase：Final App.(L/D) 7

図 3 - 4 - 1 B(3)



会社名：JAL

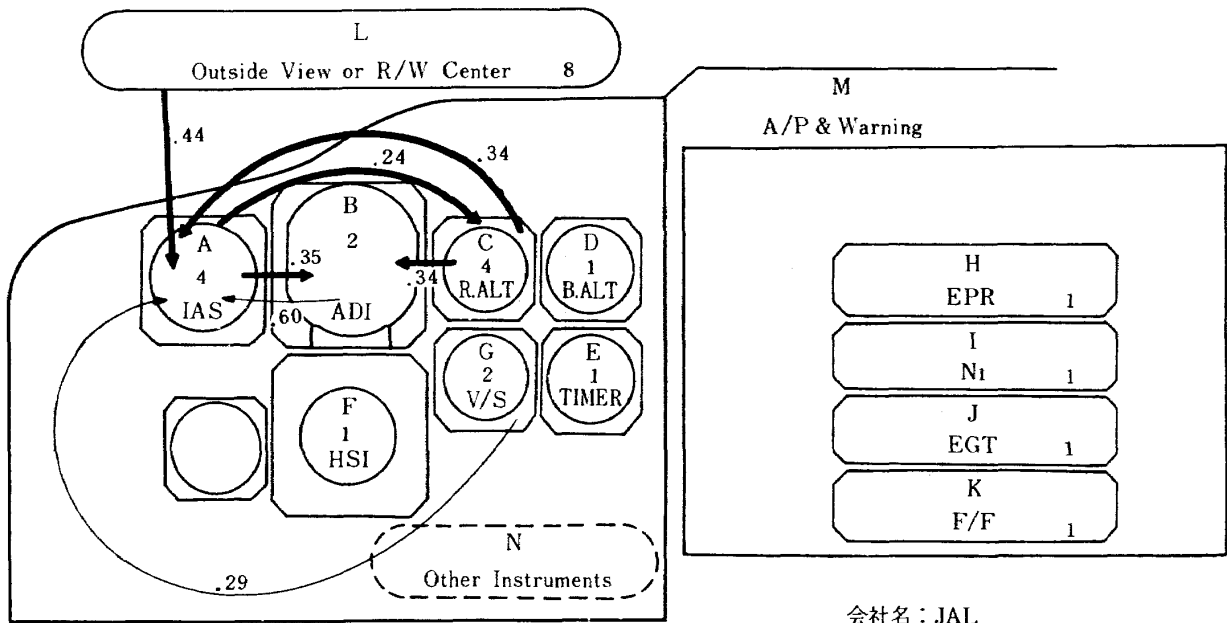
機体名：B-747

職 種：CAPTAIN

解答数：39

Flight Phase：Decision Height (L/D) 8

図 3 - 4 - 1 B(4)



会社名：JAL

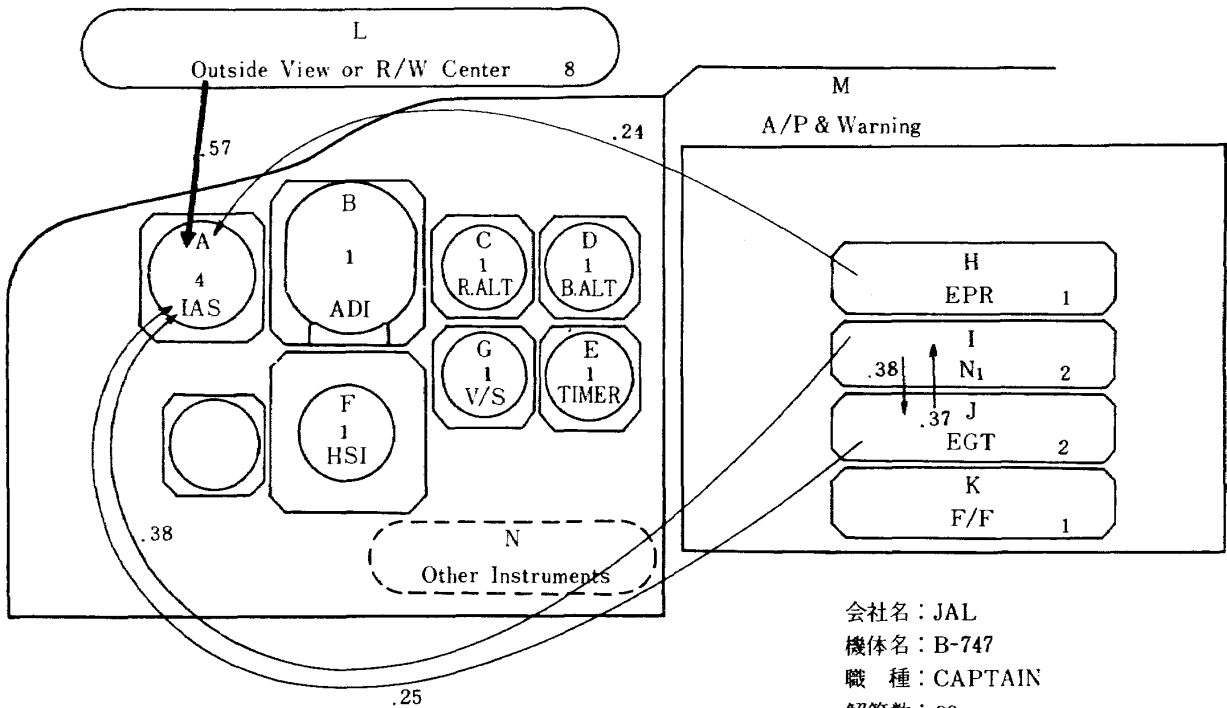
機体名：B-747

職 種：CAPTAIN

解答数：39

Flight Phase：Flare T/D(L/D) 9

図 3 - 4 - 1 B(5)



会社名：JAL

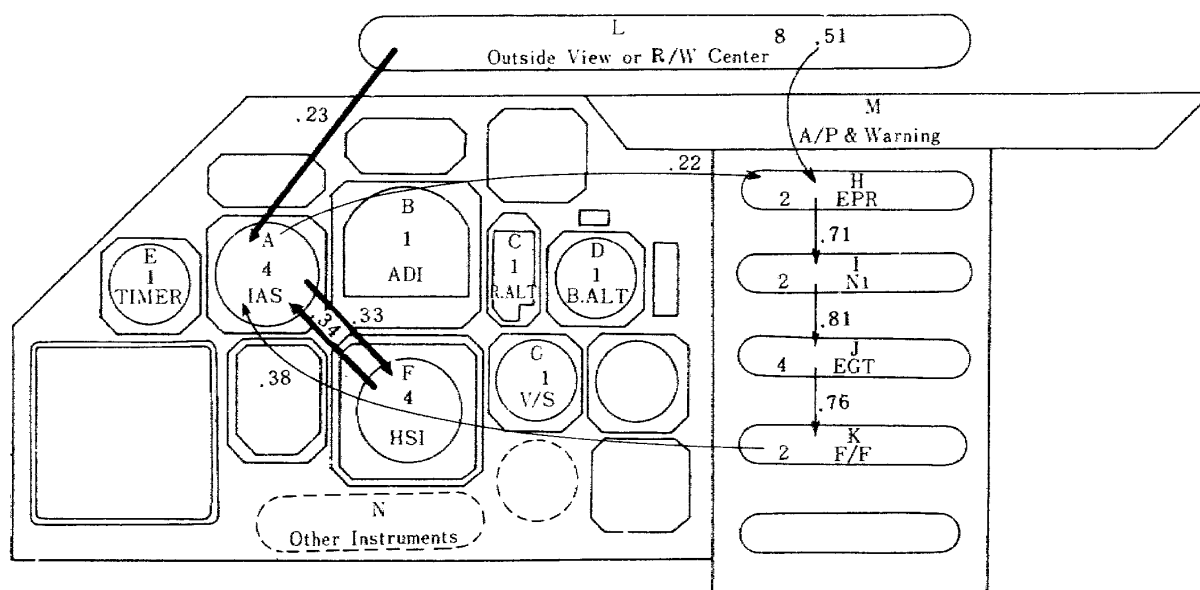
機体名：B-747

職 種：CAPTAIN

解答数：39

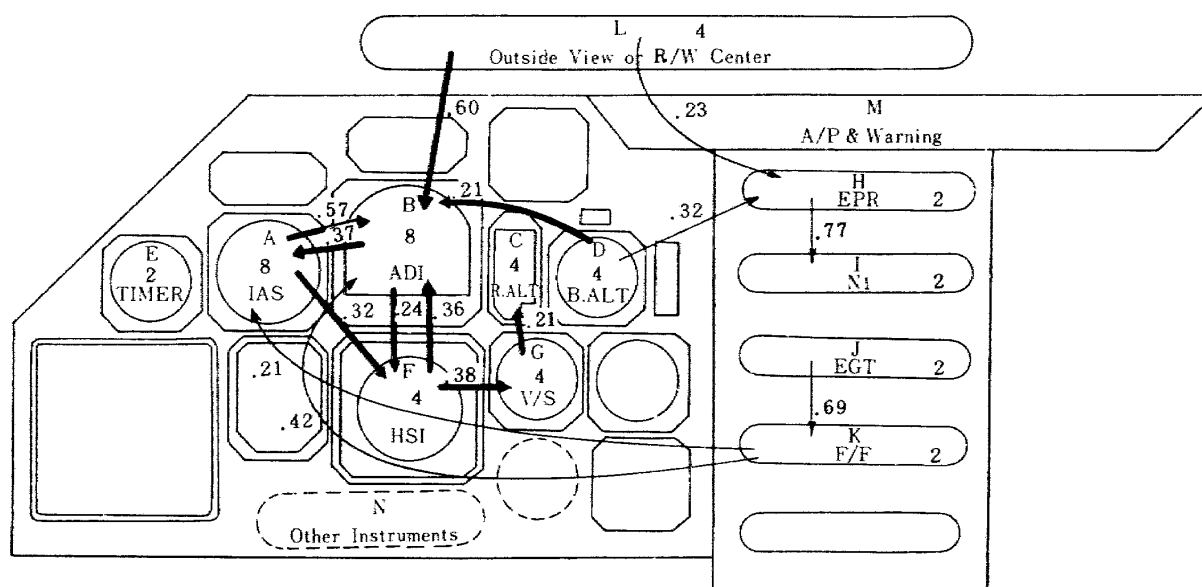
Flight Phase：減速滑走 (L/D) 10

図 3 - 4 - 1 B(6)



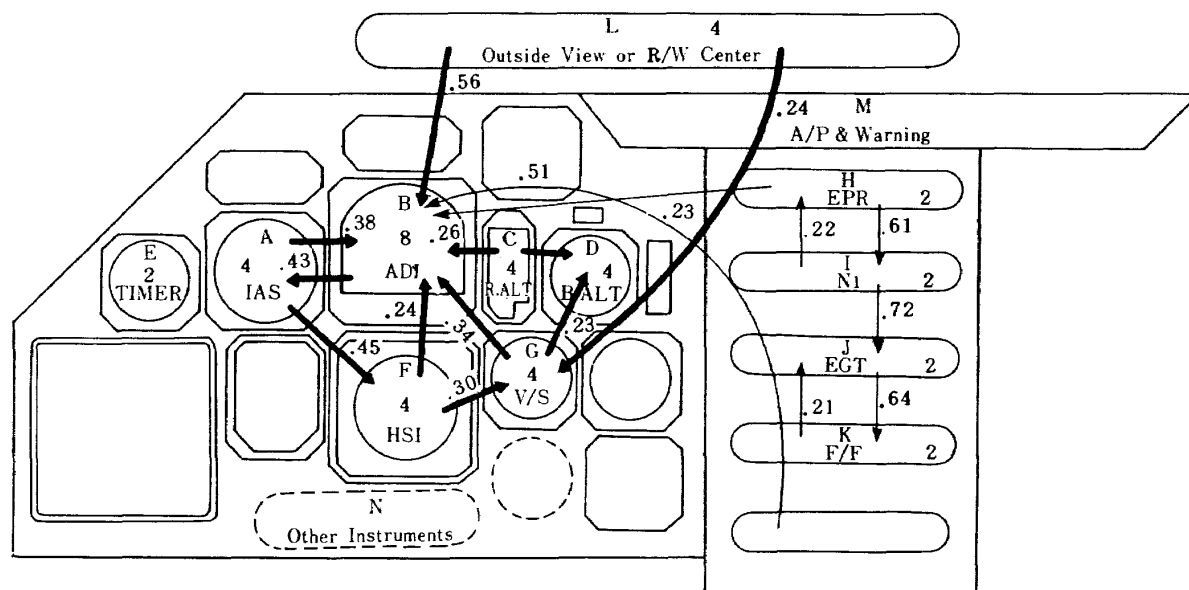
会社名：ANA
 機体名：L-1011
 職 種：CAPTAIN
 解答数：74
 Flight Phase：加速滑走 (T/O) 1

図 3 - 4 - 2 A(1)



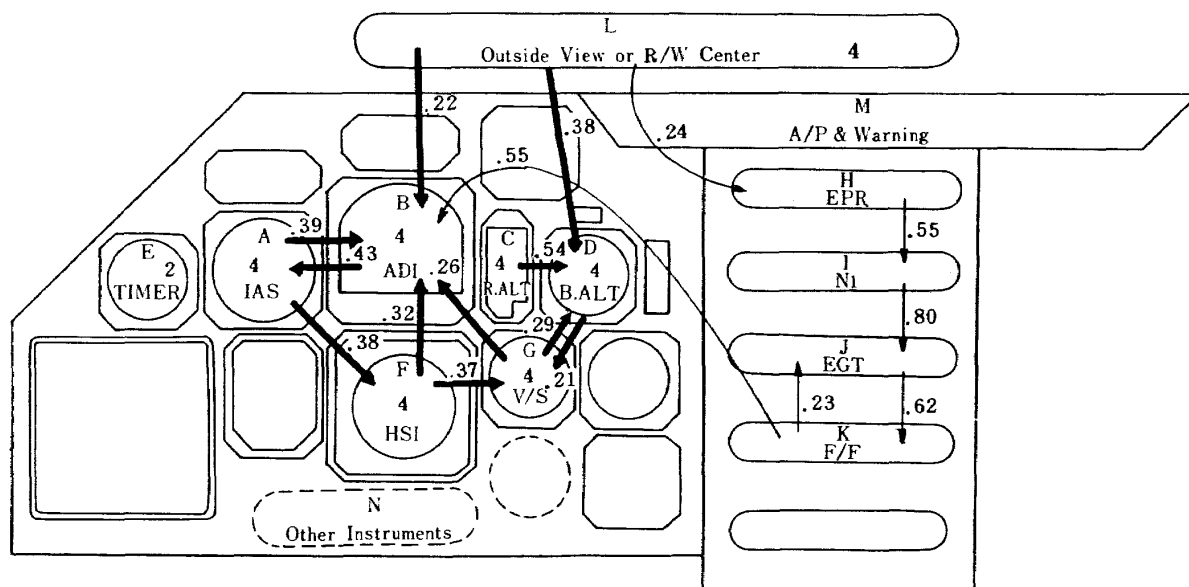
会社名：ANA
 機体名：L-1011
 職 種：CAPTAIN
 解答数：75
 Flight Phase：離陸時 (T/O) 2

図 3 - 4 - 2 A(2)



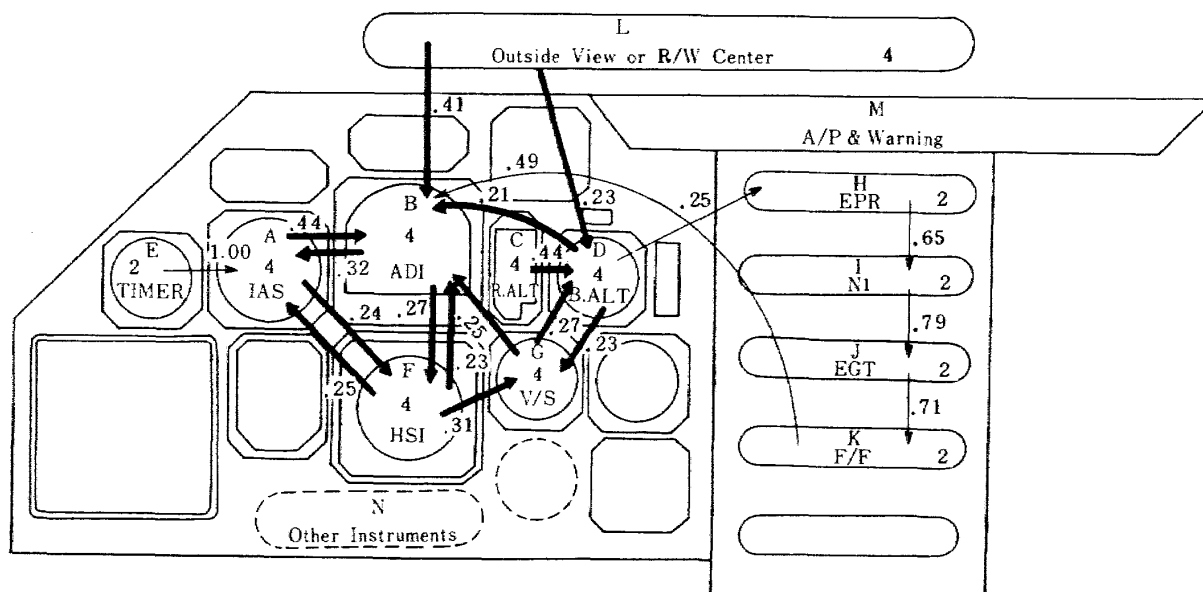
会社名：ANA
 機体名：L-1011
 職 種：CAPTAIN
 解答数：73
 Flight Phase：上昇施回(T/O)3

図 3 - 4 - 2 A(3)



会社名：ANA
 機体名：L-1011
 職 種：CAPTAIN
 解答数：73
 Flight Phase：上昇加速(T/O)4

図 3 - 4 - 2 A(4)



会社名：ANA

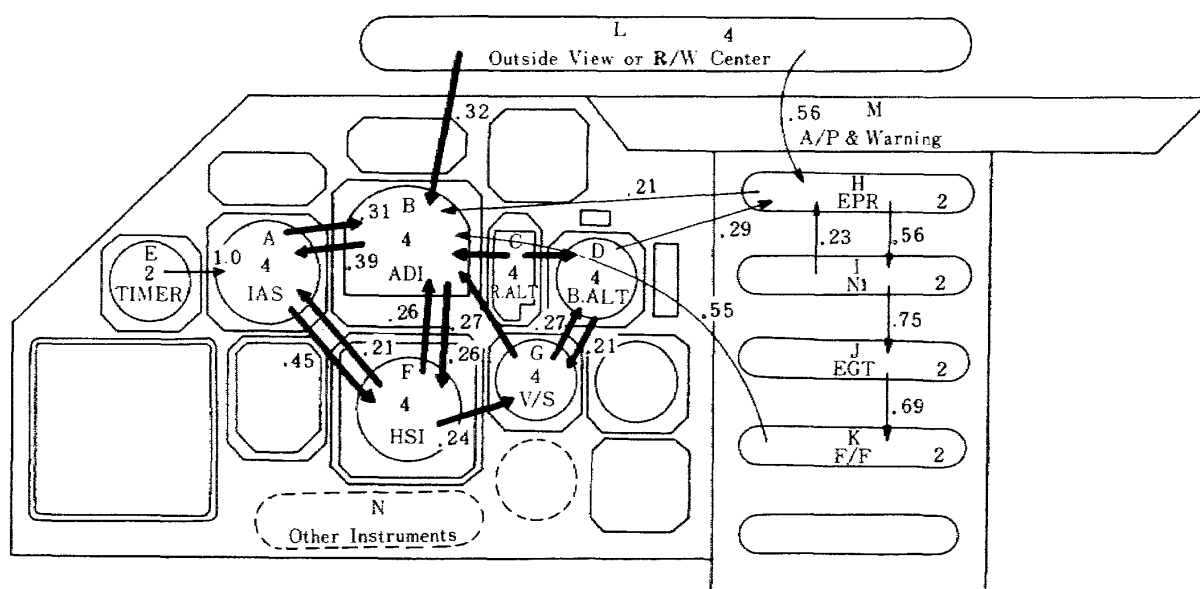
機体名：L-1011

職 種：CAPTAIN

解答数：74

Flight Phase: Initial Appr. (L/D) 5

图 3-4-2 B(1)



会社名：ANA

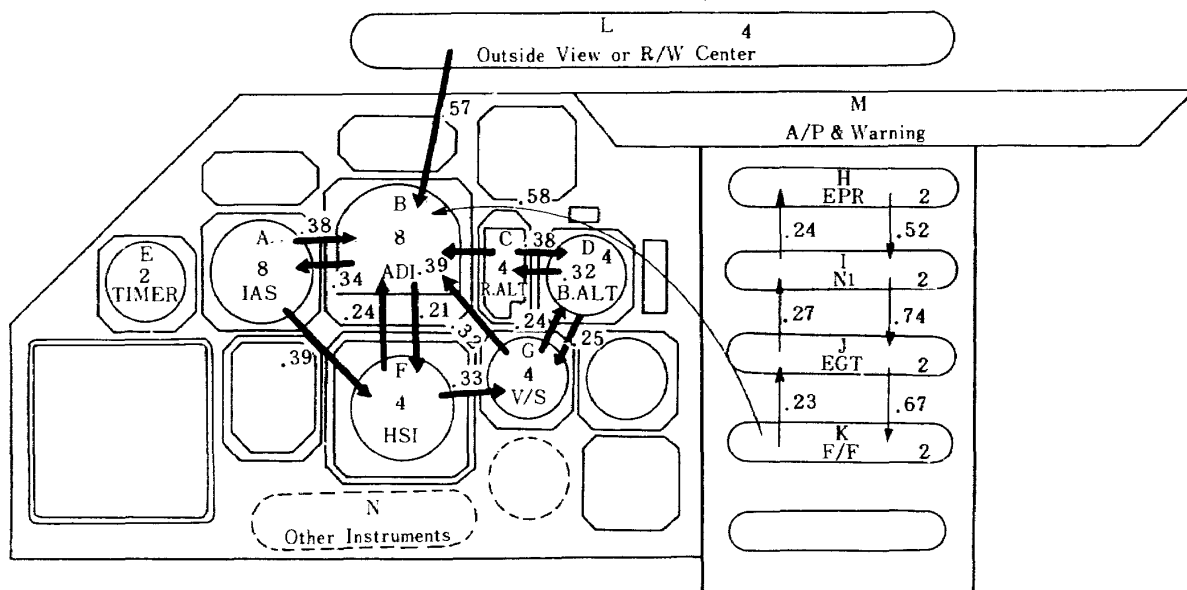
機体名：L-1011

職 種：CAPTAIN

解答數：74

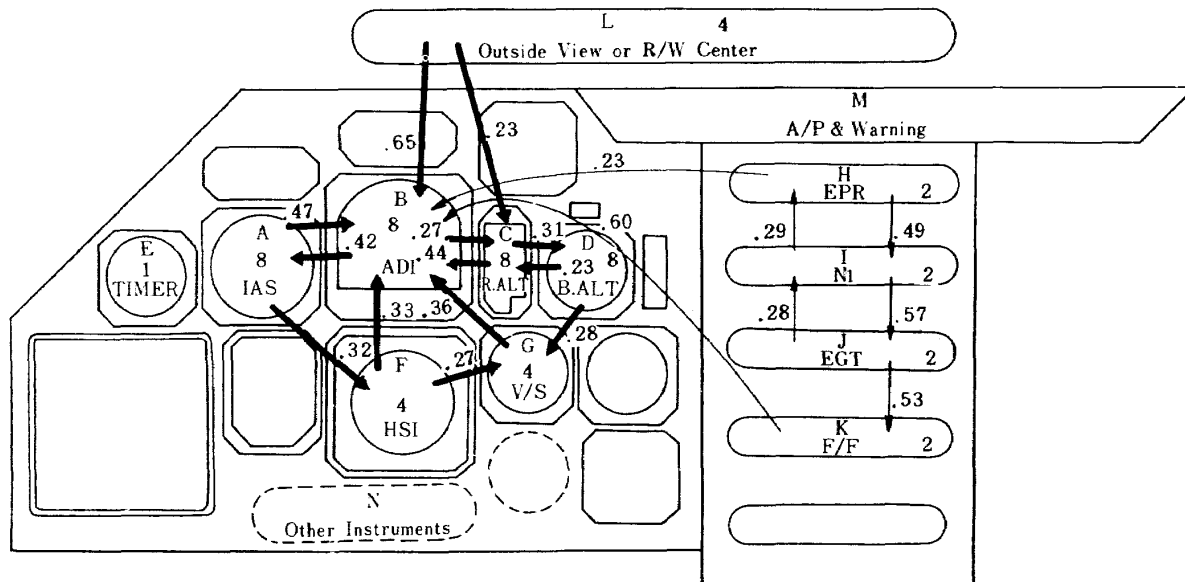
Flight Phase: G/S オンコース (L/D) 6

图 3-4-2 B(2)



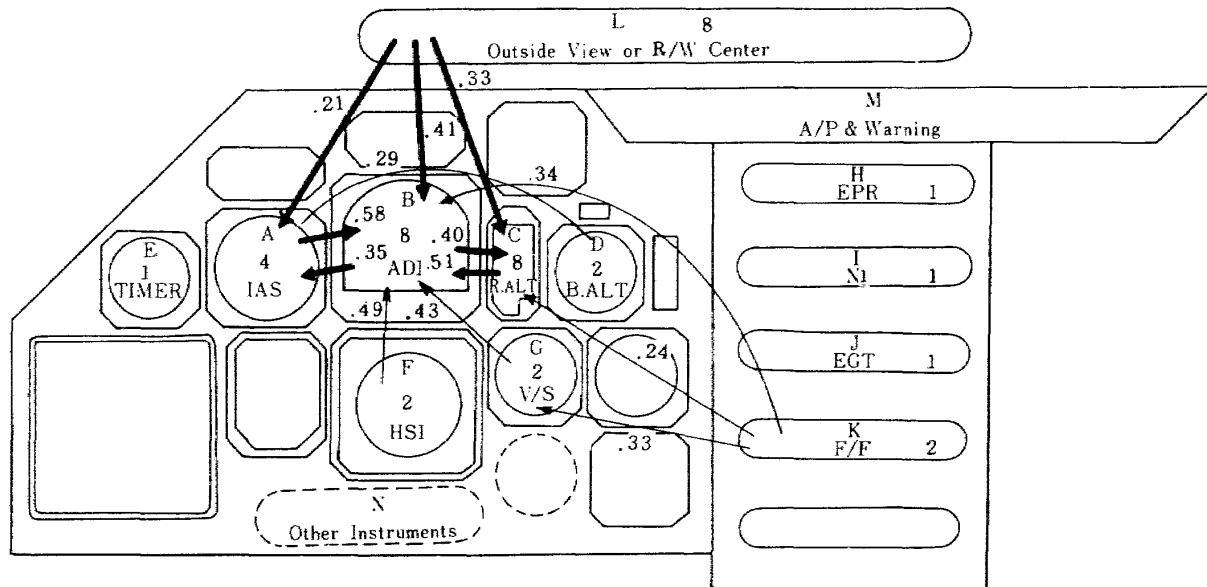
会社名：ANA
 機体名：L-1011
 職 種：CAPTAIN
 解答数：73
 Flight Phase：Final Appr.(L/D)7

図 3 - 4 - 2 B(3)



会社名：ANA
 機体名：L-1011
 職 種：CAPTAIN
 解答数：73
 Flight Phase：Decision Height(L/D)8

図 3 - 4 - 2 B(4)



会社名: ANA

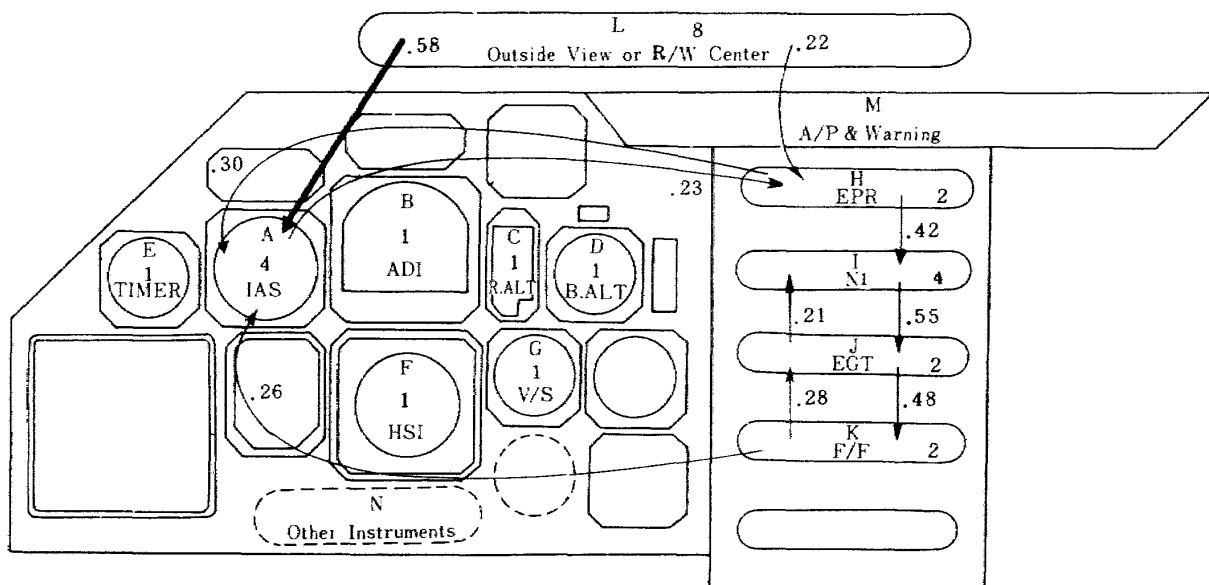
機体名: L-1011

職 種: CAPTAIN

解答数: 72

Flight Phase: Flare. T/D(L/D)9

図 3 - 4 - 2 B(5)



会社名: ANA

機体名: L-1011

職 種: CAPTAIN

解答数: 74

Flight Phase: 減速滑走 (L/D) 10

図 3 - 4 - 2 B(6)

2) 設問 6 - 3

本設問によって、現用警報システムの警報能力の問題点、緊急処置の実行上の混乱・誤判断の可能性があればその指摘を求めた。

最も顕著な問題点は、種類・数が多くなり過ぎて、音声による警報内容を明確にする、警報内容の重要度の変

化に応じたプライオリティ・コントロールを行なう等の補助的手段が求められていることである。又音量が過大で、パイロットに落ち着きを失わしめる逆のケースも機体によっては起り得るとしている。

警報システム自体が複雑な論理回路から構成されているため、咄嗟に真の第 1 次原因が把握できなくなる事態も生じはじめているため、今後パイロットによる緊急処置作業を簡易化することが必要となるものと思われる。

3) 設問 6 - 4

現用警報装置の信頼性に関する印象の集計を表 3 - 3 に示す。

4) 設問 6 - 5

音声警報システムに関する乗務員の意見を表 3 - 4 に示す。約 7 割が音声警報の有効性に期待しているといえることができる。

3 - 6. 航空計器の統合化について

附録の設問Ⅷに図示した統合航空計器の表示フォーマットの 1 例を呈示して感想を求めた。

1) 設問 7 - 1

統合計器システムに関する全体的感想の集計を表 3 - 5 に示す。信頼性に関する危惧が目立ち、直観的には自機の位置・運動の把握は容易になると思われるが反面量的読取りの精度が気になる。慣熟に関しては意見は割れている。

本設問でその他の意見を記入した 224 例を分類した結果を表 3 - 6 に示す。質問票として呈示した統合表示フ

表 3 - 2 機種別不具合計器指摘件数

機種 (回答者 合計)	B-747 (74 名)	DC-8 (86 名)	L-1010 (122 名)
計器名			
ADI	8	25	2
HSI	3	4	0
TURN/SLIP	4	3	0
F/D	9	11	0
V/S	0	5	0
R. ALT	8	4	3
B. ALT	3	8	1
RMI	10	10	1
IAS	2	10	2
MACH	1	0	0
ADF	0	4	0
ENG INSTR	7	17	18
TIMER	5	6	0
DME	1	3	0
MIS.	0	9	13

表 3 - 3 現用警報システム信頼性の印象

	JAL(164)	ANA(498)	合計(662人)
i) 信頼性は高く、誤警報・警報脱落は少ない	81 (49.4%)	218 (43.8%)	299 (45.2%)
ii) ときどき誤警報がある	66 (40.2%)	220 (44.2%)	286 (43.2%)
iii) 誤警報が頻繁に起る	1 (0.6%)	6 (1.2%)	7 (1.1%)
iv) その他	1 (0.6%)	0 (0.0%)	1 (0.2%)

表 3 - 4 音声警報システムに関するパイロットの意見, ()内は%

	JAL(164)	ANA(498)	合計(662人)
i) 非常に有効であると思う	29 (17.7)	118 (23.7)	147 (22.2)
ii) パイロットの判断の負担を軽減する意味で処置動作のコマンド信号が出せれば役に立つ場合もあると思う。	92 (56.1)	250 (50.2)	342 (51.7)
iii) パイロットの聴覚にこの上さらに負担をかけるのは望ましくない。	10 (6.1)	36 (7.2)	46 (6.9)
iv) 警報が錯綜して出てくる場面が多いので使用できない。	9 (5.5)	32 (6.4)	41 (6.2)
v) その他の意見 *	37 (22.6)	85 (17.1)	122 (18.4)

表 3-5 統合航空計器表示フォーマットに対する乗務員の印象

	合計 (662人)
i) 操作が今よりも複雑になりそうだ。	42 (6.3%)
ii) 慣れるのに時間がかかりそうだ。	212 (32.0)
iii) 案外簡単に慣れると思う。	258 (39.0)
iv) 故障が恐い。	248 (37.5)
v) NAV AID とのカップルに問題がありそうだ。	113 (17.1)
vi) 自機の運動の把握は今より容易になると思う。	191 (28.9)
vii) 誤読取りの恐れはなくなる。	41 (6.2)
viii) 感覚的には分かり易いが、量的に必要な情報の読取りが困難となる。	184 (27.8)
ix) その他の御意見	224 (33.8)

表 3-6 統合計器に対する乗務員の見解

記入意見の分類	頻度 (%)
1. 計器統合化に肯定的な意見	7.4
2. 計器統合化に否定的な意見	15.4
3. 肯定も否定もできない	5.7
4. 信頼性向上、故障対策の必要性	6.3
5. デジタル表示 (ALT, IAS) の不適切性の指摘	24.0
6. 表示フォーマット改良点の示唆	15.0
7. 個別フォーマットの改良示唆*	26.3

*ほとんどが方位角表示にコンパスローズの使用を強調するものである。

フォーマット例の中で最も多く指摘を受けた不具合点は高度及び対気速のデジタル表示方式と方位角表示用スケールが円型でない点であった。典型的と思われる計器統合化に対する肯定的及び否定的意見を下に再録しておく。

肯定的意見：「1つの試みと思います。良いか悪いか実際に使ってみないと判り難いと思います。使い易く作動が確実・安全性がある装置を作るための「安全を守る」姿勢に最初から最後まで徹底する事が一番大切かと思います。」

否定的意見：「このように沢山の情報を集めることは理論的に便利のように思えるが、複雑になるので、実際の飛行で使ってみないと良否は判定し難い、見誤りの原因になるような気もする。」

2) 設問 7-2

統合計器の信頼性をカバーするため計器板に残すべきバックアップ計器の種類の指摘を求めた。対気速度、高度、姿勢、方位の主要飛行計器は残しておくべきであるとする考え方が多い。集計結果を表 3-7 に示す。

3) 設問 7-3

離着陸飛行段階におけるパイロット・バックアップシステムとしてパイロット操作手順を含む飛行の進行を監視するモニタリング・システムに関する反応を求めた。集計結果を要約すると次の通りである。

i) フライト・モニター・システムに否定的な見解

最も顕著な意見としては、飛行形態の設定はトラフィック状況、天候、空港等によってバリエーションが多岐に亘るため全ての局面に適用できるステレオタイプのモニタリングは現実的でない、逆に全ての局面に適用できるよう汎用性を考慮すると乗員の操作が複雑となり逆効果となる恐れがある、とする見方である。次に問題になる点は信頼性に欠けると危険であり、乗員の負担を逆に増大する事である。他の見解としては現状で十分である、モニタ装置に気を取られパイロット本来の思考・判断の妨げとなる、緊急時に余計な負担がかかる、等があった。

ii) フライト・モニター・システムに肯定的な見解

肯定的な意見は下記のように分類できる。

- 設計の基本的方針に係る示唆 (信頼性、故障時対策、単純化、タイミング等)
- モニター及び表示のパラメータの示唆 (R/W に対する位置、対気速及び重量の対応したフラップ角設定、フラップ角による対気速制限等)
- モニター結果の告知方式の示唆 (デジタル表示の用い方、音声警報の使用、表示の系統的統一化等)

表 3-7 統合計器のバックアップ用必要計器

	合計 (662人)
i) 姿勢計	369 (54.8%)
ii) 対気速度計	409 (61.8)
iii) 高度計 (気圧)	375 (56.6)
iv) 高度計 (電波)	174 (26.3)
v) 昇降計	256 (38.7)
vi) 定針儀 (HS I)	286 (43.2)
vii) 旋回傾斜計	79 (11.9)
viii) 時計	220 (33.2)
ix) その他	59 (8.9)

- d. その他（表示の最適部位，脚・フラップの操作制限のモニター，HUDの使用等）

4. 結果の考察

4-1. 潜在事故事例について

この項目はパイロットによる記述であるため，乗務員の錯覚・誤操作による事例が得られないこと，また回答者の過去経験を問うているので戦前，戦中等今日の状況に左程参考にならない事例の記述もある。しかし全記述事例中，異常接近，エンジン・トラブル及び機器故障或いは動作不良が70%以上を占めており，人的要因以外の監視対象として他機との接近，エンジンの動作，操縦系統はじめ諸系統の作動状況が重要であり，将来の事故監視システムの中心課題となる事は必至である。

4-2. パイロットの主観的作業負担及び緊張度について

全体的傾向としては離陸時，進入・着陸時共に滑走路に対して降着装置が正に離着する時点を中心にパイロットが主観的に余裕を失っている事が今回の調査で明らかにされた。パイロットのワークロードが定量的に把握されてはじめて，人間工学的な試みの評価が可能となるのであって，本調査結果は単にその目安を与えるに過ぎない。シミュレータ飛行，実機飛行等によって，悪気流中，薄暮，過密空港に離着陸する乗員のワークロードが量的にどの程度であるかを測定する標準化された尺度を開発することは緊急の課題となっている。

4-3. 各飛行段階における計器情報の利用実態について

質問紙調査は自ら結果の信頼性に関して限界があり，実際の操縦場面における測定による確認を待つべきであるが，高度に訓練を受けた作業に関する主観的陳述は多くの場合信頼性は十分大である。そのような観点から各飛行段階における計器スキャン・リンク図を見ると，パイロットが経験と訓練によって身に付けている飛行の進行に対応した必要情報の取得プログラムの実行を支援し，場合によってはプログラムの変更を要求し，更にパイロットの情報取得行動を誘導する等の機能によって統合計器システムはその機能的フレキシビリティを有効に利用すれば，パイロットの心的余裕を増大する点で有用となり得ることが推察できよう。

4-4. 航空計器統合化の動向に対するパイロットの態度

新しい方式なり，システムの導入や開発に関しては全面的な肯定的態度よりも否定的，懐疑的意見が貴重な示唆を含んでいることが多い。今回試作した統合エアポー

ン・ディスプレイの表示フォーマットは（図1-2参照）本調査で指摘されたように方位角指示用スケールは円形とし，航空機の進行方向±60°をカバーする部分的コンパスローズを用いたが，シミュレーションによる評価試験の結果，ターミナル・エリアにおける飛行プランニングの便のために完全な360°のコンパス・ローズが不可欠であるとの結論となった。¹³⁾また対気速及び高度指示にデジタル表示のみでは不充分であるとの調査結果であったにもかかわらず，表示用ソフトウェアの改修を避けて，デジタル表示のみでシミュレーション評価試験を行った所，最も多い改修指示は対気速度と高度の表示にアナログ表示要素を加える点であった。¹³⁾

5. 結 語

操縦要員を対象とする質問紙調査を通じて得たデータは統合エアポー・ディスプレイ装置の試作（昭和52年度）に有効な役割を果たした。本装置を使用した離着陸飛行シミュレーション試験（昭和53年度）に基づいて，試作表示フォーマットを改修し，パイロット・ワークロード軽減にとって計器の統合化が有効な手段となる見通しを得ている。¹³⁾

航空計器の統合化は現在各国において開発が進められ，B-767型機が定期旅客輸送機としては始めて計器板にCRT統合計器を搭載して飛行することが伝えられている。航空機のミッションは今後益々複雑化し，それに伴って搭載アビオニクスが増加する傾向にあり，パイロット用インターフェースとしては，機能並びにシステム構成のフレキシビリティが大きい統合計器システムが今後のコックピット・ディスプレイの主流になると考えられる。

本調査を出発点とする航空計器統合化の試作研究においては，パイロット・ワークロードの軽減の側面を重視して進めてきたが，搭載型統合計器の設計に当っては，将来の進入着陸方式及びそのための操縦の実態に即した具体的な表示方式，表示フォーマットの設計が基本仕様となるべきであり，設計・製作の過程を通じて飛行シミュレーション試験による設計性能の確認・改良等が重要な役割を荷うことになる。

統合計器はシステムとして見れば搭載型のFMS，AFCS，AIDS等と共通のデジタル処理装置の端末器としてコックピットの計器板に取付けられる。コンピュータ・グラフィック・システムとしての機能的フレキシビリティは極めて大きく，パイロットのワークロードの軽減効果についても，現在予想している以上の効果を発揮し，またパイロットの作業内容を根本的に変容する可能

性を持っている。

このような観点からすれば、統合航空計器の開発に際して、設計の当初から現役のパイロットの参加する事が望しく、今後人間－機械系の開発研究に積極的に参加されるよう期待するものである。

以 上

参 考 文 献

- 1) I.C.A.O.; Aircraft Accident Digest, No. 15 ~ No. 19, 1966 ~ 1973.
- 2) 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年 月，
- 3) 岡部，川原，田中：統合航空計器の研究試作，航技研報告 TR-608，1980
- 4) 岡部，川原，田中，井須：カラー統合計器の評価試験，第17回飛行機シンポジウム講演集，1979，pp. 206-209
- 5) R. A. Chorley; Seventy Years of Flight Instruments and Displays. Aeronaut. Journal, Aug. 1976.
- 6) P. M. Fitts & R. E. Jones; Psychological Aspects of Instrument Display, I-Analysis of 270 "pilot error" Experiences in Reading and Interpreting Aircraft Instruments, MR TSEAA 694-12A, AML, AMC, Wright-Patterson AFB, Oct. 1947.
- 7) C. T. Morgan, J. S. Cook III, A. Chapanis and M. W. Lund (ed.); Human Engineering Guide to Equipment Design, McGraw-Hill, 1963.
- 8) E. J. McCormick; Human Engineering, McGraw-Hill, 1957.
- 9) 三好，百名，岡部：パイロットの心理的負担に関する研究(I)，航技研報告 TR-105，1966
- 10) 樋口，百名，三好，岡部，川原：ジェット輸送機の操縦のタスク・アナリシス，航技研報告 TR-215，1970
- 11) R. A. Behan, E. E. Smith & H. E. Price; Pilot Acceptance Factors Related to Information Requirements and Display Concepts for All Weather Landing, NASA CR-189, March 1965.
- 12) 日本航空(株)，航空人間工学チーム：離陸時の計器点検についてアンケート調査報告，1975
- 13) 第11回ジェット輸送機運航安全研究委員会資料「統合計器の評価シミュレーション試験について」，航技研内部資料，1979

附 録

＝ 大型ジェット輸送機の運航安全のために ＝

パイロットを対象とする質問紙調査

＝ 人間－機械系適正化の観点から ＝

昭和 5 1 年 2 月

科 学 技 術 庁

航 空 宇 宙 技 術 研 究 所

目 次

この質問紙調査の目的

質 問

- 〔Ⅰ〕 基 礎 デ ー タ
- 〔Ⅱ〕 危険状況の経験
- 〔Ⅲ〕 離着陸時作業負担
- 〔Ⅳ〕 各飛行段階における主要情報と必要表示

精度

- 〔Ⅴ〕 離着陸における計器スキャン・パターン
- 〔Ⅵ〕 現用航空計器の問題点
- 〔Ⅶ〕 航空計器の統合化について

おわりに

この質問紙調査の目的

I C A O の 1957 年～1966 年の 10 年間の統計によりますと民間定期航空の事故原因の内「パイロット・エラー」とされたものがほぼ一貫して 50 % を占めています。航空機が大型化し、高性能化した今日においてもこの数字は変わっていないと言われています。

しかしながら事故原因としての「パイロット・エラー」は次の二つの点で問題を含んでいます。その第一は事故調査のあり方およびその体制が「機体側の欠陥に関連した原因不明→パイロットエラー」という結論に流され易い体質をもっていることであり、第二には明らかにパイロット・エラーが直接の原因である場合でも人間の制御および情報処理特性に適合しない作業が課されているために錯角や誤操作が起るべくして起ったとしか解しようのない場合もあり得ると考えられる点です。

また事故が起った飛行段階別の統計を見ますと離陸時が 20 %，着陸時が 40 % で離着陸合わせますと 60 % に達しています。

航空機の離着陸時にはパイロットの作業負担（ワークロード）は非常に大きいと言われており、今日空港周辺の航空路が過密化している状況では、パイロットの作業負担はますます増大する傾向にあると申せましょう。

このような離着陸におけるパイロット作業負担を軽減する事が、航空の領域での人間工学的研究の主要な課題でもあると考えます。

パイロットが目や耳から取り入れる情報を、錯覚・誤判断を惹き起さず、的確かつ敏速に伝達される形でパイロットに呈示する、言い換えますと、パイロットと航空機間のコミュニケーションの効率を高めるような航空計器の設計・開発こそパイロット作業負担を軽減し安全性を高める上で効果の期待できる試みの一つであると思われます。

現在各国で競って開発研究が進められている統合計器（Integrated Flight Display）もその一例と申せましょう。

このような観点から私共科学技術庁・航空宇宙技術研究所・人間工学研究室ではここ数年来「航空計器統合化の研究」に取り組んでおります。これまでの研究成果の一つとして、ヘッド・アップ・ディスプレイを試作し Final Approach - Touchdown の飛行段階で実験的に試用してみました結果、パイロットにとって飛行情報の取り入れが容易となり、またこの全く新しい飛行計器への慣熟は比較的スムーズに進み、習慣干渉の問題は 程大きくないこと等を確かめております。

今回新たにこの研究を更に発展させて、大型ブラウン管上にディジタル計算機で発生した図形・文字・数字・線画・記号等を組み合わせて構成したいいわゆる統合エアボーン・ディスプレイの開発研究を進めております。

私共のこの研究を進める上で参考にさせていただくために今回の質問紙調査を計画した次第です。

最新鋭の大型ジェット輸送機を操縦しておられるパイロットの方々が人間－機械系に関して実感として最も尖鋭な問題意識を持っておられるものと考がえ、より安全で有効な航空輸送システムに関する皆さん方のお考がえにも関連して以下の質問紙に従がって御意見を聞かせていただければ幸いです。御多用中誠に恐縮ですが是非御協力下さいますようお願い致します。

なおこの質問紙調査の結果は上に述べました研究業務以外の目的には一切使用致しません。御回答は記入者御本人の了解を得ないで他の何人にも通覧させることは致しません。

〔 I 〕
基 礎 デ ー タ

この質問は最終的集計・分析の基礎データとしますので下線を施こした空
欄に記入して下さい。

1. 氏名 _____

2. 年令 _____ 才

3. 飛行時間 _____ 時間

イ) 職種別	フライト・エンジニアとして	時間
	ナビゲータとして	時間
	副操縦士として	時間
	機長として	時間
	その他の操縦要員として	時間

[illegible]

4. 現在の乗務、機種 _____ 型機 _____
職名 _____

5. 現在の年間離着陸回数 _____ 回

〔Ⅱ〕

危険状況の経験

下線空欄に記入し、（ ）内の該当項目に○印を付けて下さい。

Q-2

もし貴方が今日までに、機体側の故障・動作不良等のため、あるいは操縦要員・航空管制員・保守要員・地上支援設備側の責に帰すべき何らかの要因のため、まかり間違えば重大な結果になりかねない場面を経験しておられましたらその時の状況を簡単に記述して下さい。

1. 危険状況の種類およびその直接原因

2. 危険状況が発生した時の (i) 機種

ii) 飛行段階

iii) 時間 時 分頃, iv) 天候

v) 空域

vi) 高度 ft, vii) 対気速度 kt

viii) 飛行形態 A. フラップ角 度, B. 降着装置 (EXTEND, RETRACT)
C. エンジン (NORMAL, 1ENG. OUT, 2ENG. OUT)

3. 危険状況を何によって気付かれました

3. 危険状況を何によって気付かれましたか

4. 危険状況からの回復はどのようにして行なわれましたか

5. この場合の危険状況を再び発生させないための対策として何が必要と考えられますか

〔Ⅲ〕

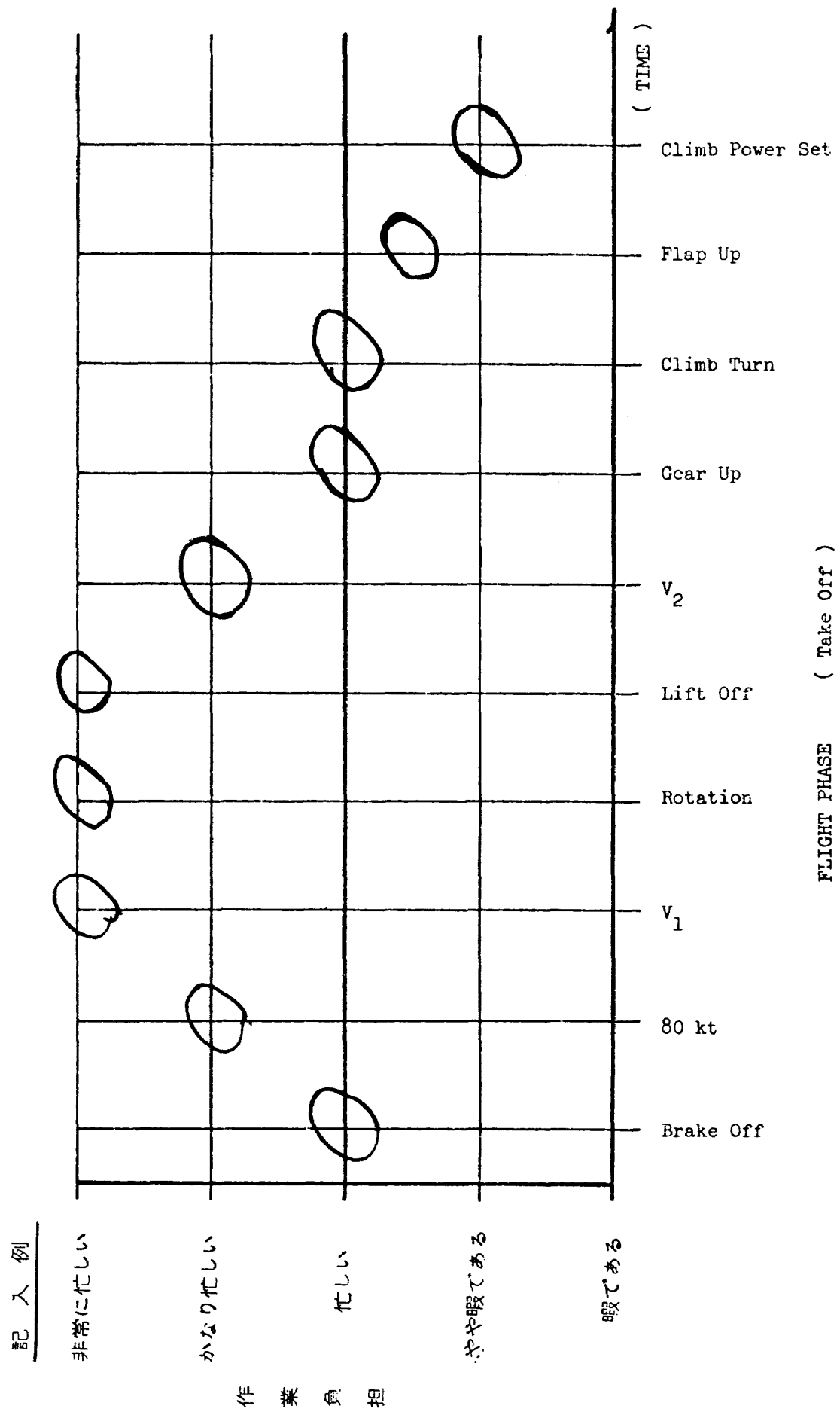
離着陸時作業負担

実際に現在乗務しておられる機体を操縦しておられる場合，離陸と着陸の
各々の飛行段階における忙しさの度合と緊張の度合をあまり深く考えないで

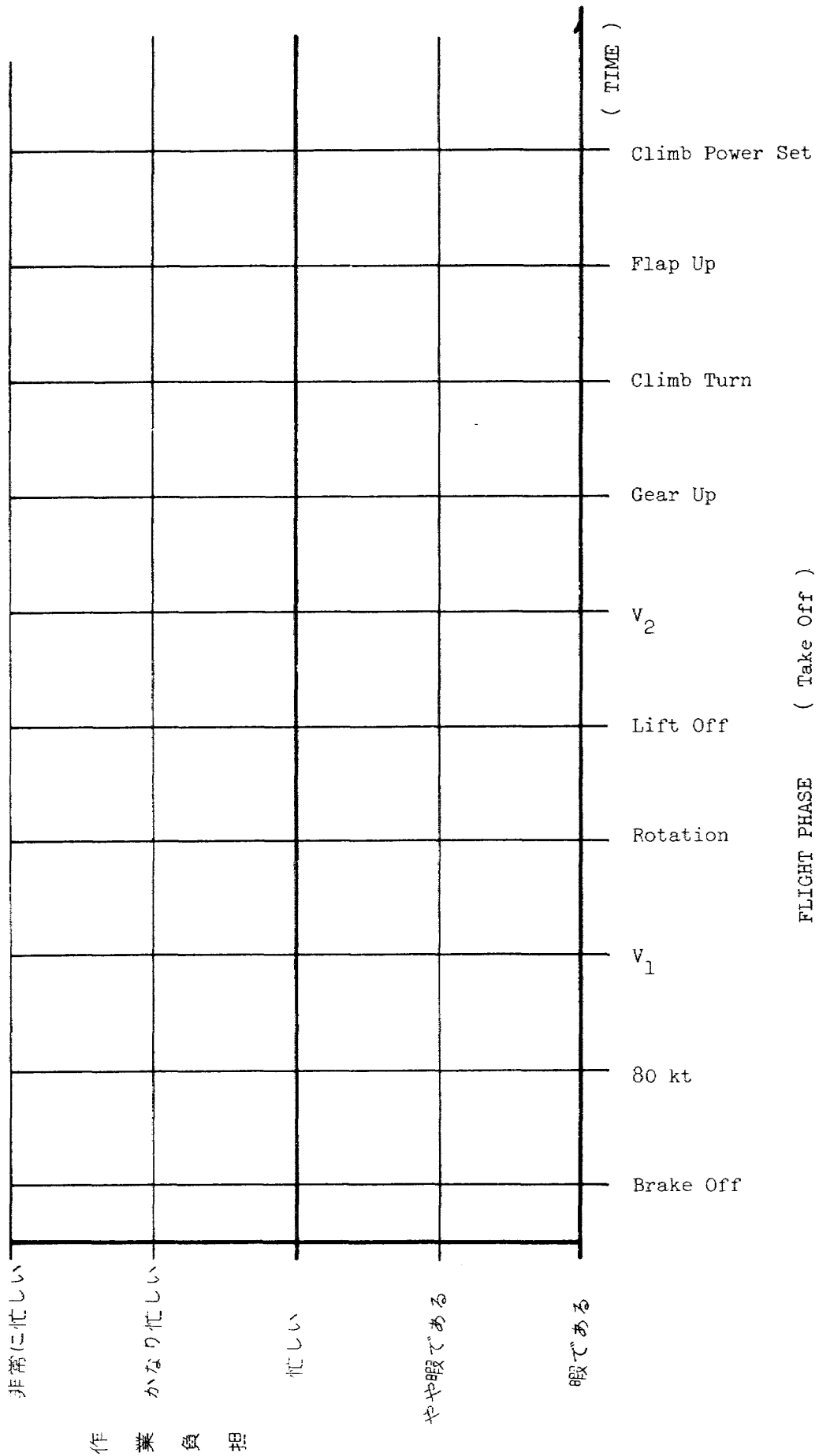
例に従って次の4つの評価尺度上に○印で評価して下さい。

「Ⅲ離着陸時作業負担」の質問について

1. Flight Phase を細分化しておりますが，瞬間ではなく，その前後ある程度の時間幅を持つものとして評価して下さい。
2. Approach - Landing は ILS Approach の場合を想定して評価して下さい。
3. Descent・Turn の Phase は Holding を含むものとして評価して下さい。
4. Ride on Localizer, Ride on glideslope はそれぞれ Localizer Capture, glideslope Capture 前後の飛行段階と御了解下さい。



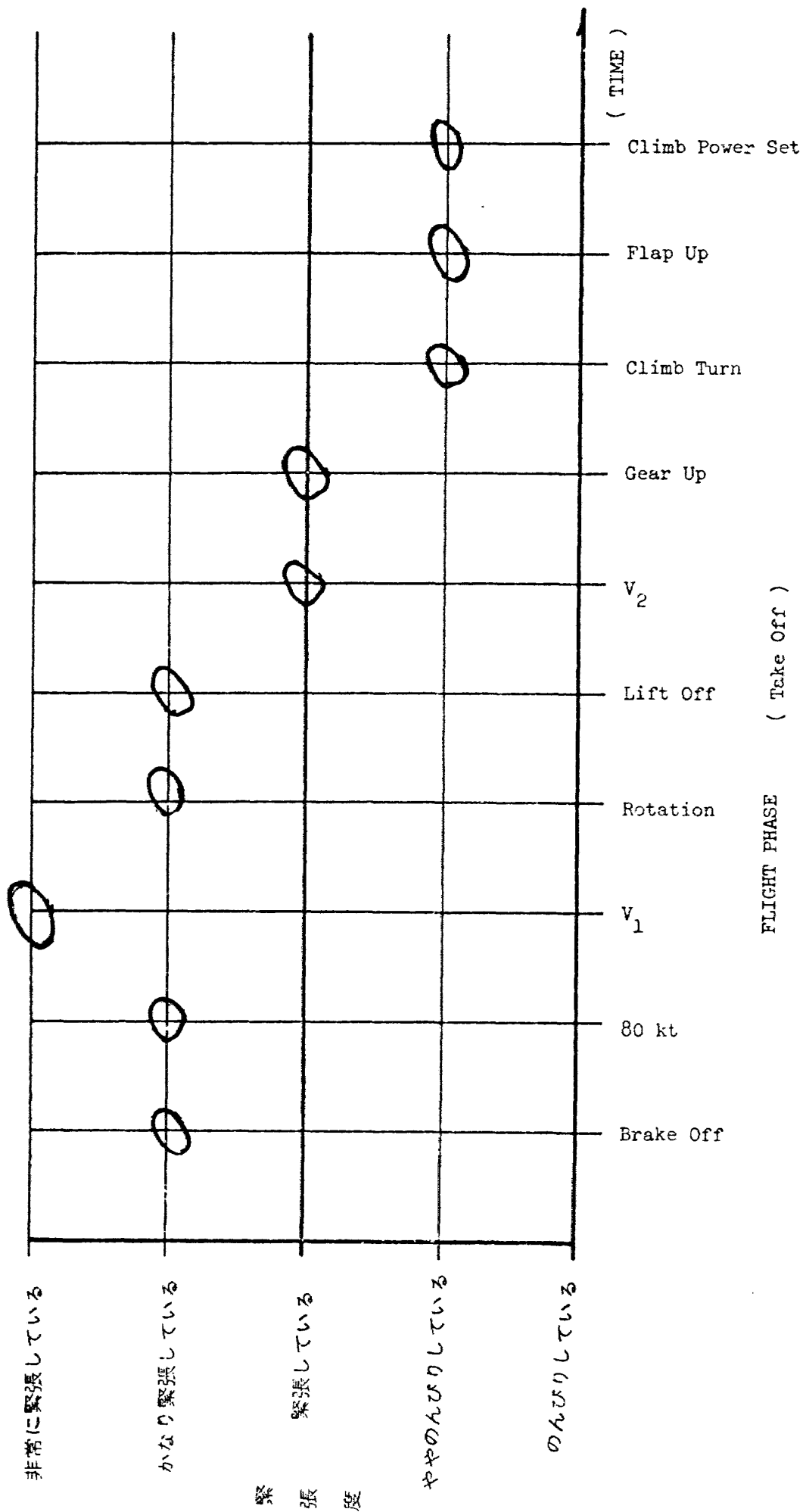
Q-3-1

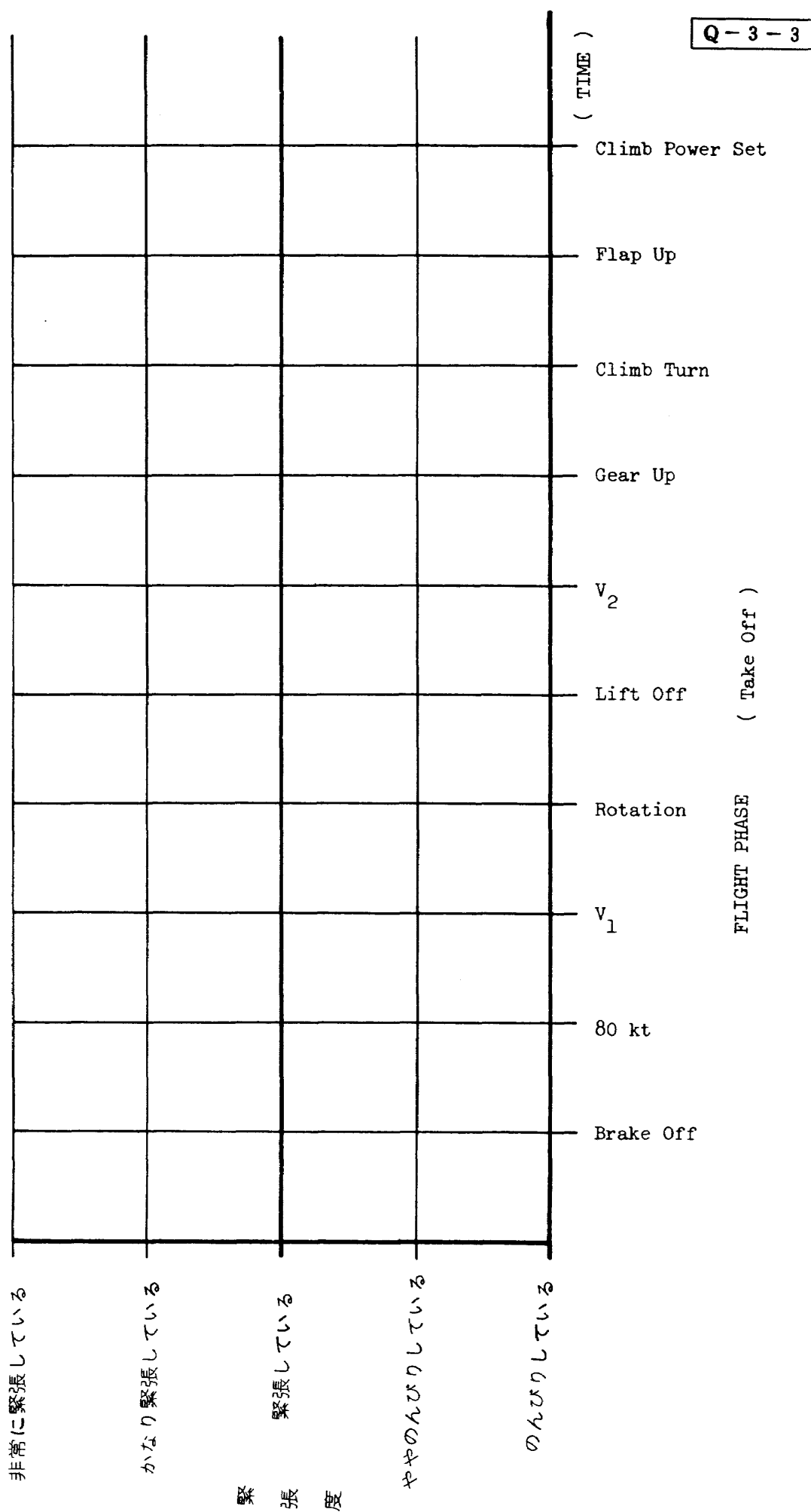


Q-3-2

				(TIME)	
					Deceleration
					Flare & Touchdown
					Middle Marker
					Minimum Height
					Outer Marker
					Ride on Glideslope
					Full Flap
					Gear Down
					Ride on Localizer
					Descent Turn
					Descent Set & Check
非常に忙しい	かなり忙しい	忙しい	やや暇である	暇である	
作業負担					
					FLIGHT PHASE (Approach-Landing)

記入例





Q-3-4

				(TIME)			
緊張度	非常に緊張している	かなり緊張している	緊張している	ややのんびりしている	のんびりしている	Deceleration	FLIGHT PHASE (Approach-Landing)
						Flare & Touchdown	
						Middle Marker	
						Minimum Height	
						Outer Marker	
						Ride on Glideslope	
						Full Flap	
						Gear Down	
						Ride on Localizer	
						Descent Turn	
						Descent Set & Check	

〔Ⅳ〕

各飛行段階における主要情報と必要表示精度

離陸 4 段階，着陸 6 段階の各飛行段階毎に，各飛行情報をどの程度注視しておられるかを例に従って以下の評定尺度に○印で評定し，併せて各情報の必要精度を記入して下さい。

「Ⅳ 各飛行段階における主要情報と必要表示精度」

「Ⅴ 離着陸における計器スキャン・パターン」の質問について

Ⅳ，Ⅴの質問の後半，Landing の Flight Phase 区分を明確にするため，東京国際空港に ILS 進入される場合を想定していただき，Flight Phase の区分を，ここでは次のように定義いたします。

INITIAL Appr. : 巡航高度より佐倉または御宿ポイントまでの進入

G/S オン・コースまで : 佐倉または御宿より STAR による進入ないしは STAR に代るレーダ誘導により木更津近辺で Glideslope Capture するまで

Final アプローチ中 : Glideslope Capture から Decision Height 手前まで

以下 **Decision Height 附近** , **Flare - Touchdown** , **減速滑走中** については特に定義を必要としないと存じます。

記入例

Land- ing	Final アプローチ中					必要表示精度
		ほとんど連続的	ひん 繁に	時々	めったに	
INFORMATION						
ATTITUDE (φ)			○		/ deg	
ATTITUDE (θ)			○		/ deg	
I A S		○			10 kt	
ALTITUDE (R)		○			50 ft	
ALTITUDE (B)				○	100 ft	
RATE OF CLIMB			○		ft/min	
HEADING			○		2 deg	
TURN & SLIP				○		
GLIDE SLOPE		○			0.5 dot	
LOCALIZER		○			0.5 dot	
ENGINE INSTRUMENTS EPR				○		
ENGINE INSTRUMENTS N ₁				○	%	
ENGINE INSTRUMENTS EGT				○	10 °C	
ENGINE INSTRUMENTS F/F				○		
D M E			○		0.5 mil	
TIMER					○	
OUT SIDE VIEW				○		
RUNWAY CENTER				○		
ANOTHER AIRPLANES			○			
A T C COMMUNICATION			○			

Take off	加速滑走 (Max. Power $\rightarrow V_1$)	ほとんど連続的	ひん繁に	時々	めったに	必要表示精度
INFORMATION						
ATTITUDE (ϕ)						deg
ATTITUDE (θ)						deg
I A S						kt
ALTITUDE (R)						ft
ALTITUDE (B)						ft
RATE OF CLIMB						ft/min
HEADING						deg
TURN & SLIP						
GLIDE SLOPE						dot
LOCALIZER						dot
ENGINE INSTRUMENTS EPR						
ENGINE INSTRUMENTS N_1						%
ENGINE INSTRUMENTS EGT						$^{\circ}\text{C}$
ENGINE INSTRUMENTS F/F						
D M E						mil
TIMER						
OUT SIDE VIEW						
RUNWAY CENTER						
ANOTHER AIRPLANES						
A T C COMMUNICATION						

Take off	離陸時 (Rotation → Gear Up)	ほとんど 連続的	ひん 繁に	時々	め ったに	必要 表示 精度
INFORMATION						
	ATTITUDE (ϕ)					deg
	ATTITUDE (θ)					deg
	I A S					kt
	ALTITUDE (R)					ft
	ALTITUDE (B)					ft
	RATE OF CLIMB					ft/min
	HEADING					deg
	TURN & SLIP					
	GLIDE SLOPE					dot
	LOCALIZER					dot
	ENGINE INSTRUMENTS EPR					
	ENGINE INSTRUMENTS N_1					%
	ENGINE INSTRUMENTS EGT					°C
	ENGINE INSTRUMENTS F/F					
	D M E					mil
	TIMER					
	OUT SIDE VIEW					
	RUNWAY CENTER					
	ANOTHER AIRPLANES					
	A T C COMMUNICATION					

Take off	上昇・旋回中					
INFORMATION		ほとんど連続的	ひん繁に	時々	めったに	必要表示精度
ATTITUDE (ϕ)						deg
ATTITUDE (θ)						deg
I A S						kt
ALTITUDE (R)						ft
ALTITUDE (B)						ft
RATE OF CLIMB						ft/min
HEADING						deg
TURN & SLIP						
GLIDE SLOPE						dot
LOCALIZER						dot
ENGINE INSTRUMENTS EPR						
ENGINE INSTRUMENTS N_1						%
ENGINE INSTRUMENTS EGT						°C
ENGINE INSTRUMENTS F/F						
D M E						mil
TIMER						
OUT SIDE VIEW						
RUNWAY CENTER						
ANOTHER AIRPLANES						
A T C COMMUNICATION						

Take off	上昇・加速中	ほとんど連続的	ひん繁に	時々	めったに	必要表示精度
INFORMATION						
ATTITUDE (ϕ)						deg
ATTITUDE (θ)						deg
I A S						kt
ALTITUDE (R)						ft
ALTITUDE (B)						ft
RATE OF CLIMB						ft/min
HEADING						deg
TURN & SLIP						
GLIDE SLOPE						dot
LOCALIZER						dot
ENGINE INSTRUMENTS EPR						
ENGINE INSTRUMENTS N_1						%
ENGINE INSTRUMENTS EGT						$^{\circ}\text{C}$
ENGINE INSTRUMENTS F/F						
D M E						mil
TIMER						
OUT SIDE VIEW						
RUNWAY CENTER						
ANOTHER AIRPLANES						
A T C COMMUNICATION						

Landing		Initial Approach		ほとんど連続的	ひん繁に	時々	めったに	必要表示精度
INFORMATION								
ATTITUDE (φ)								deg
ATTITUDE (θ)								deg
I A S								kt
ALTITUDE (R)								ft
ALTITUDE (B)								ft
RATE OF CLIMB								ft/min
HEADING								deg
TURN & SLIP								
GLIDE SLOPE								dot
LOCALIZER								dot
ENGINE INSTRUMENTS EPR								
ENGINE INSTRUMENTS N ₁								%
ENGINE INSTRUMENTS EGT								°C
ENGINE INSTRUMENTS F/F								
D M E								mil
TIMER								
OUT SIDE VIEW								
RUNWAY CENTER								
ANOTHER AIRPLANES								
A T C COMMUNICATION								

Land- ing	G/S オンコースまで	ほとんど連続的	ひん繁に	時々	めったに	必要表示精度
	INFORMATION					
	ATTITUDE (ϕ)					deg
	ATTITUDE (θ)					deg
	I A S					kt
	ALTITUDE (R)					ft
	ALTITUDE (B)					ft
	RATE OF CLIMB					ft/min
	HEADING					deg
	TURN & SLIP					
	GLIDE SLOPE					dot
	LOCALIZER					dot
	ENGINE INSTRUMENTS EPR					
	ENGINE INSTRUMENTS N_1					%
	ENGINE INSTRUMENTS EGT					°C
	ENGINE INSTRUMENTS F/F					
	D M E					mil
	TIMER					
	OUT SIDE VIEW					
	RUNWAY CENTER					
	ANOTHER AIRPLANES					
	A T C COMMUNICATION					

Land- ing	Final アプローチ中	ほとんど連続的	ひん 繁に	時 々	め つ た に	必要表示精度
		INFORMATION				
		ATTITUDE (φ)				deg
		ATTITUDE (θ)				deg
		I A S				kt
		ALTITUDE (R)				ft
		ALTITUDE (B)				ft
		RATE OF CLIMB				ft/min
		HEADING				deg
		TURN & SLIP				
		GLIDE SLOPE				dot
		LOCALIZER				dot
		ENGINE INSTRUMENTS EPR				
		ENGINE INSTRUMENTS N ₁				%
		ENGINE INSTRUMENTS EGT				°C
		ENGINE INSTRUMENTS F/F				
		D M E				mil
		TIMER				
		OUT SIDE VIEW				
		RUNWAY CENTER				
		ANOTHER AIRPLANES				
		A T C COMMUNICATION				

Land- ing	Decision Height 附近					必要表示精度
		ほとんど連続的	ひん 繁に	時 々	め つたに	
INFORMATION						
ATTITUDE (φ)						deg
ATTITUDE (θ)						deg
I A S						kt
ALTITUDE (R)						ft
ALTITUDE (B)						ft
RATE OF CLIMB						ft/min
HEADING						deg
TURN & SLIP						
GLIDE SLOPE						dot
LOCALIZER						dot
ENGINE INSTRUMENTS EPR						
ENGINE INSTRUMENTS N ₁						%
ENGINE INSTRUMENTS EGT						°C
ENGINE INSTRUMENTS F/F						
D M E						mil
TIMER						
OUT SIDE VIEW						
RUNWAY CENTER						
ANOTHER AIRPLANES						
A T C COMMUNICATION						

Land- ing	Flare-Touch Down					必要表示精度
		ほとんど連続的	ひん 繁に	時 々	め ったに	
INFORMATION						
ATTITUDE (φ)						deg
ATTITUDE (θ)						deg
I A S						kt
ALTITUDE (R)						ft
ALTITUDE (B)						ft
RATE OF CLIMB						ft/min
HEADING						deg
TURN & SLIP						
GLIDE SLOPE						dot
LOCALIZER						dot
ENGINE INSTRUMENTS EPR						
ENGINE INSTRUMENTS N ₁						%
ENGINE INSTRUMENTS EGT						°C
ENGINE INSTRUMENTS F/F						
D M E						mil
TIMER						
OUT SIDE VIEW						
RUNWAY CENTER						
ANOTHER AIRPLANES						
A T C COMMUNICATION						

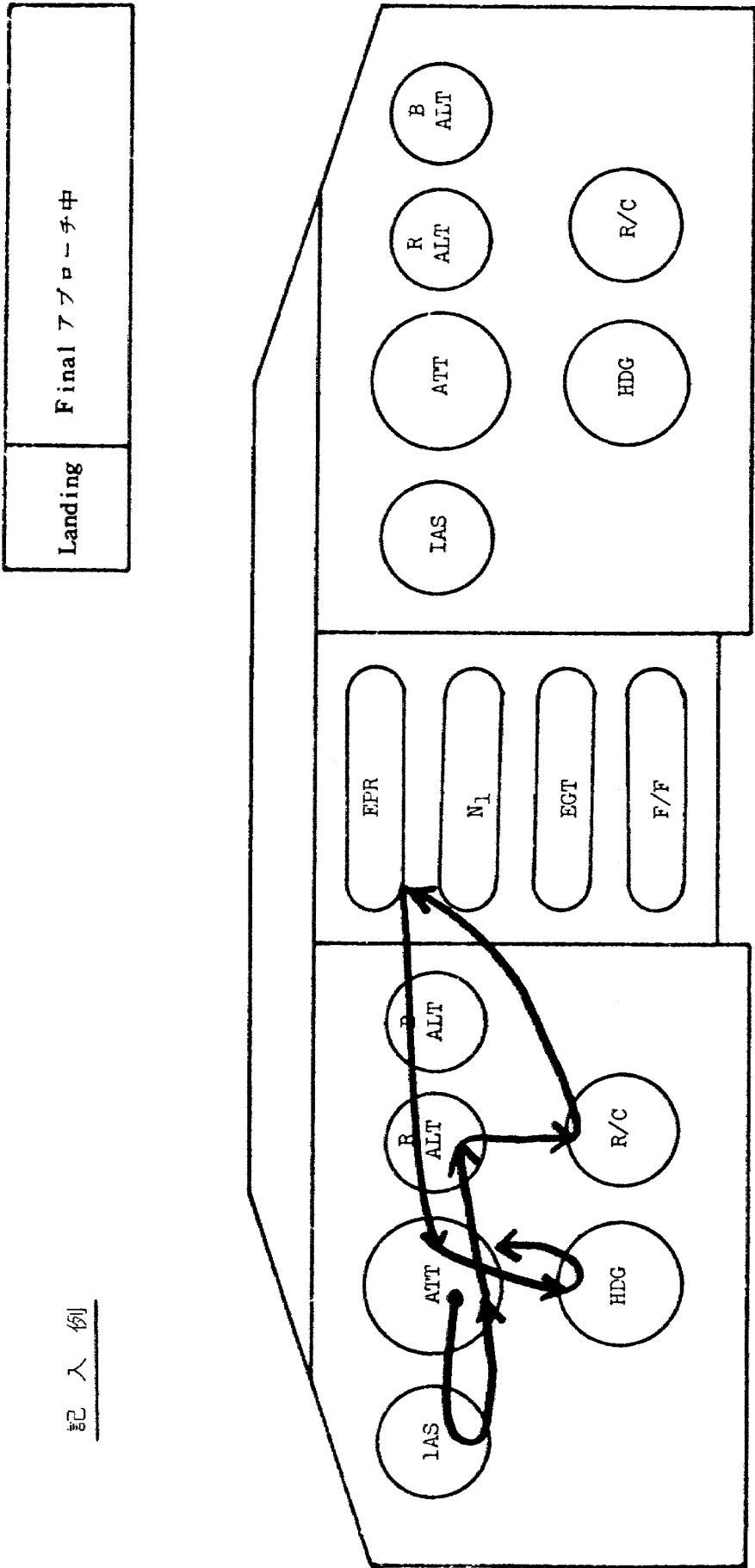
Land- ing	減速滑走中	ほとんど連続的	ひん繁に	時々	めったに	必要表示精度
INFORMATION						
ATTITUDE (ϕ)						deg
ATTITUDE (θ)						deg
I A S						kt
ALTITUDE (R)						ft
ALTITUDE (B)						ft
RATE OF CLIMB						ft/min
HEADING						deg
TURN & SLIP						
GLIDE SLOPE						dot
LOCALIZER						dot
ENGINE INSTRUMENTS EPR						
ENGINE INSTRUMENTS N_1						$\%$
ENGINE INSTRUMENTS EGT						$^{\circ}\text{C}$
ENGINE INSTRUMENTS F/F						
D M E						mil
TIMER						
OUT SIDE VIEW						
RUNWAY CENTER						
ANOTHER AIRPLANES						
A T C COMMUNICATION						

〔 V 〕

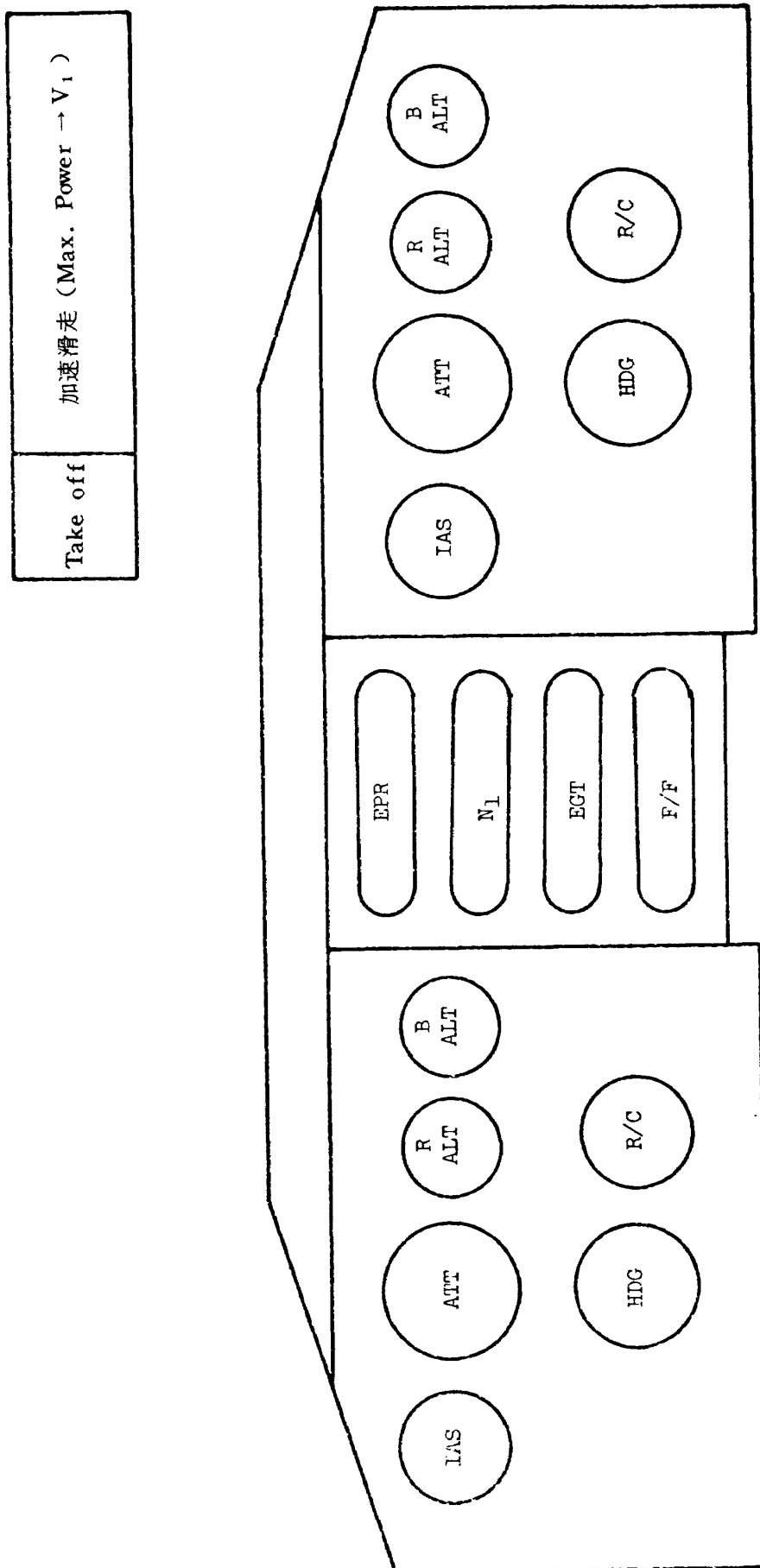
離着陸における計器スキャン・パターン

次の図は大型ジェット機の代表的な計器配列を示したものです。各飛行段階で通常どのように計器のスキャンを行なっておられるかを、姿勢計（ATT）を出発点にして、例示しましたように図の上に実線で示して下さい。

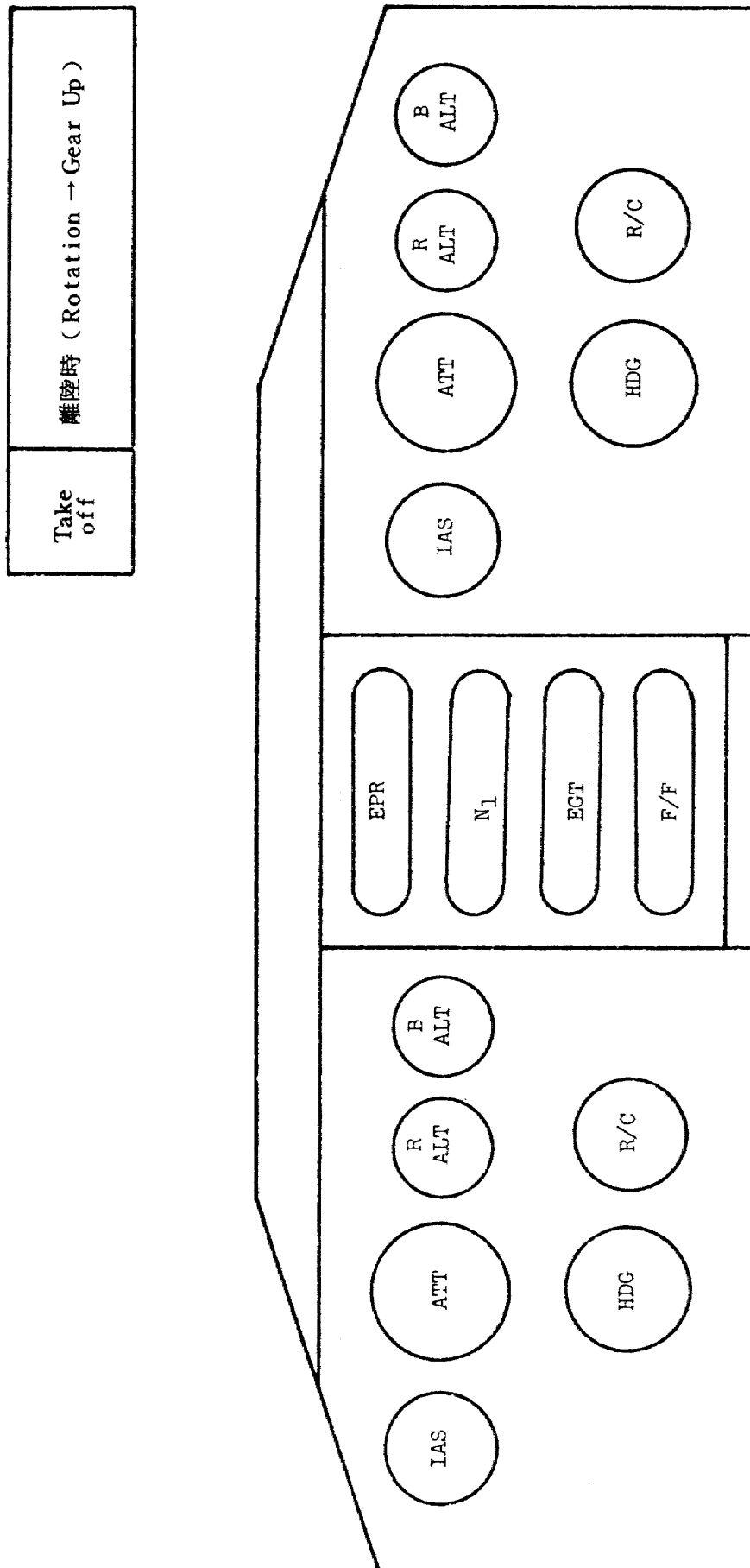
機長、副操縦士はそれぞれの計器盤上に記入していただき、また絶対欠かせない他の情報がある場合には図中適当な箇所に記入していただければ幸いです。但し記入例は架空のものです。



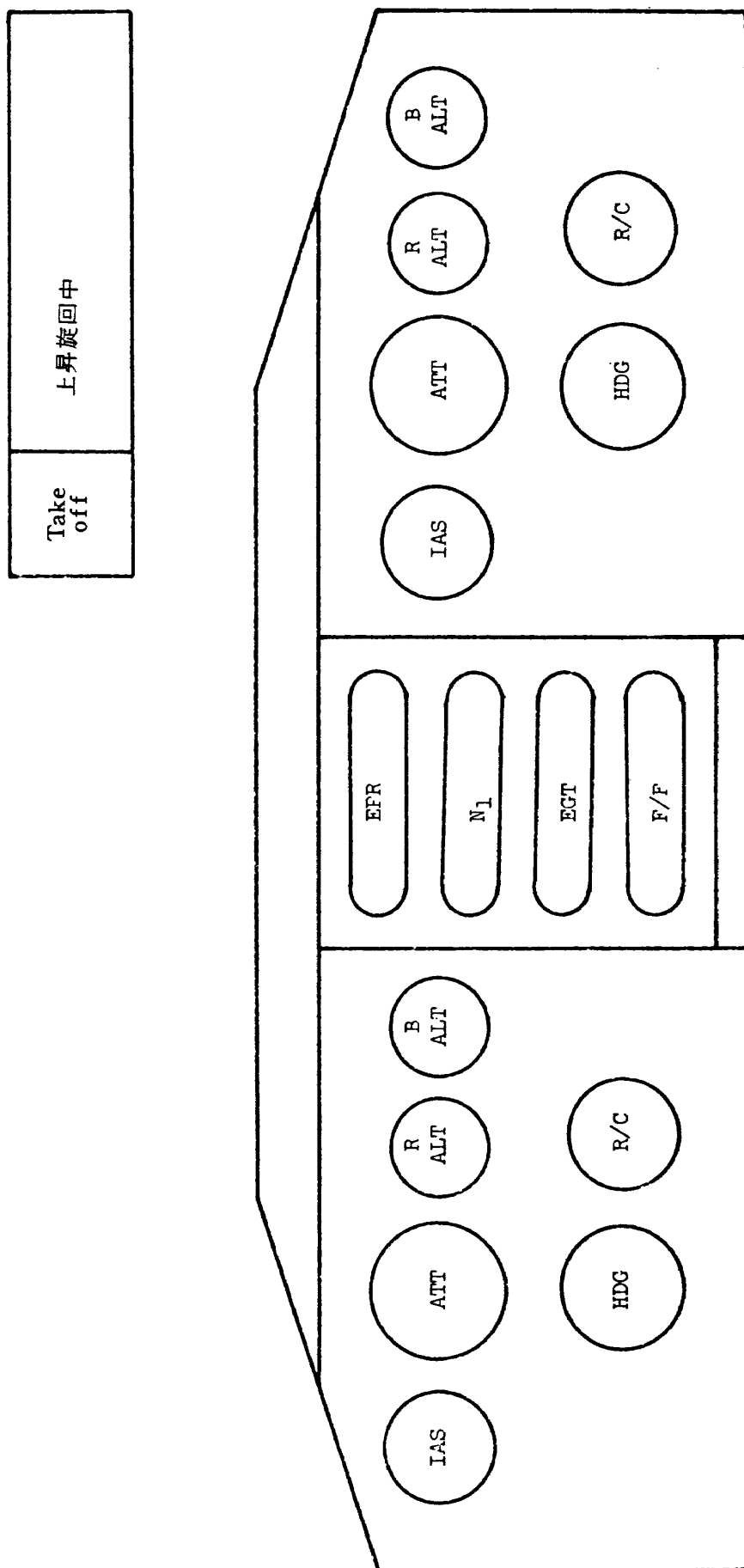
Q - 5 - 1



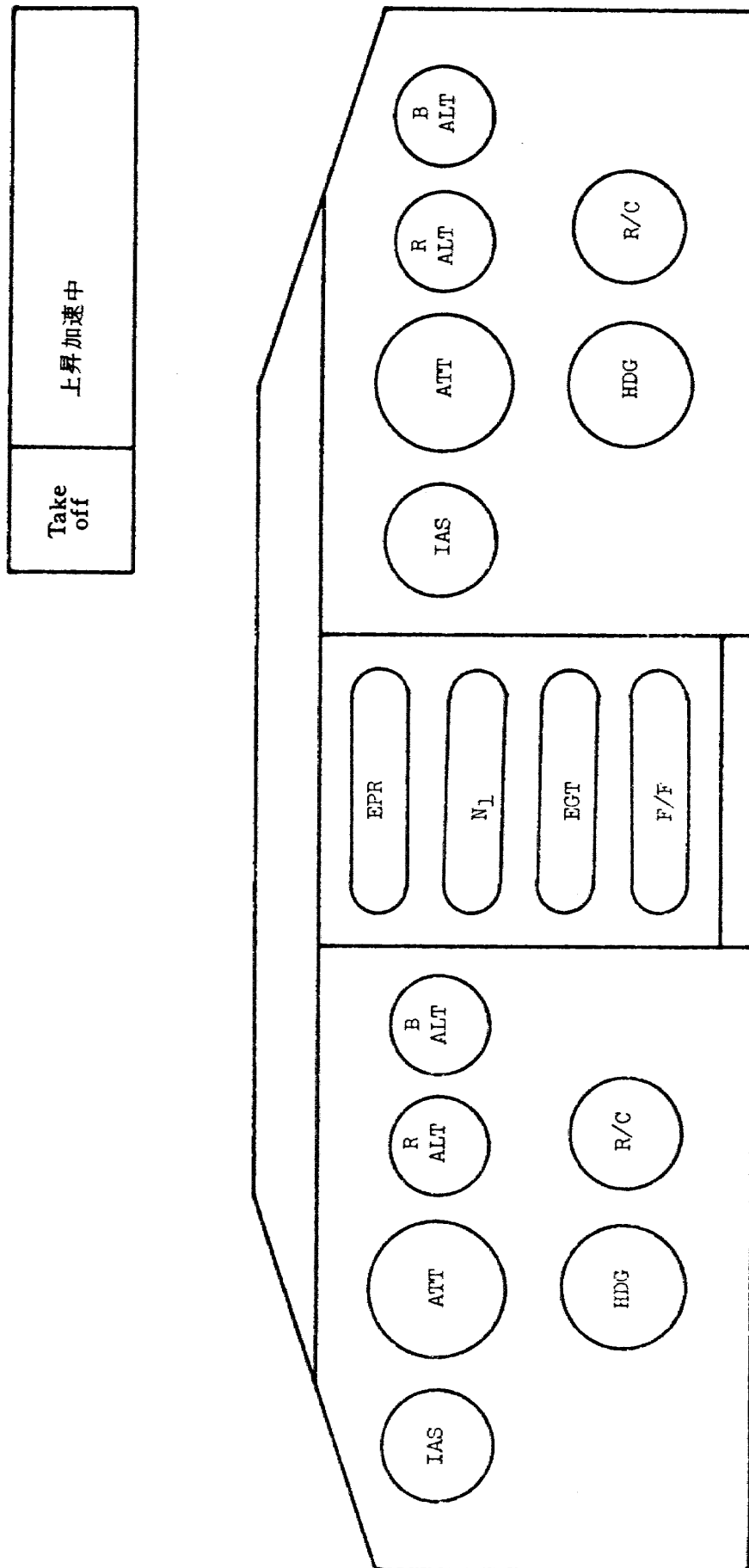
Q - 5 - 2



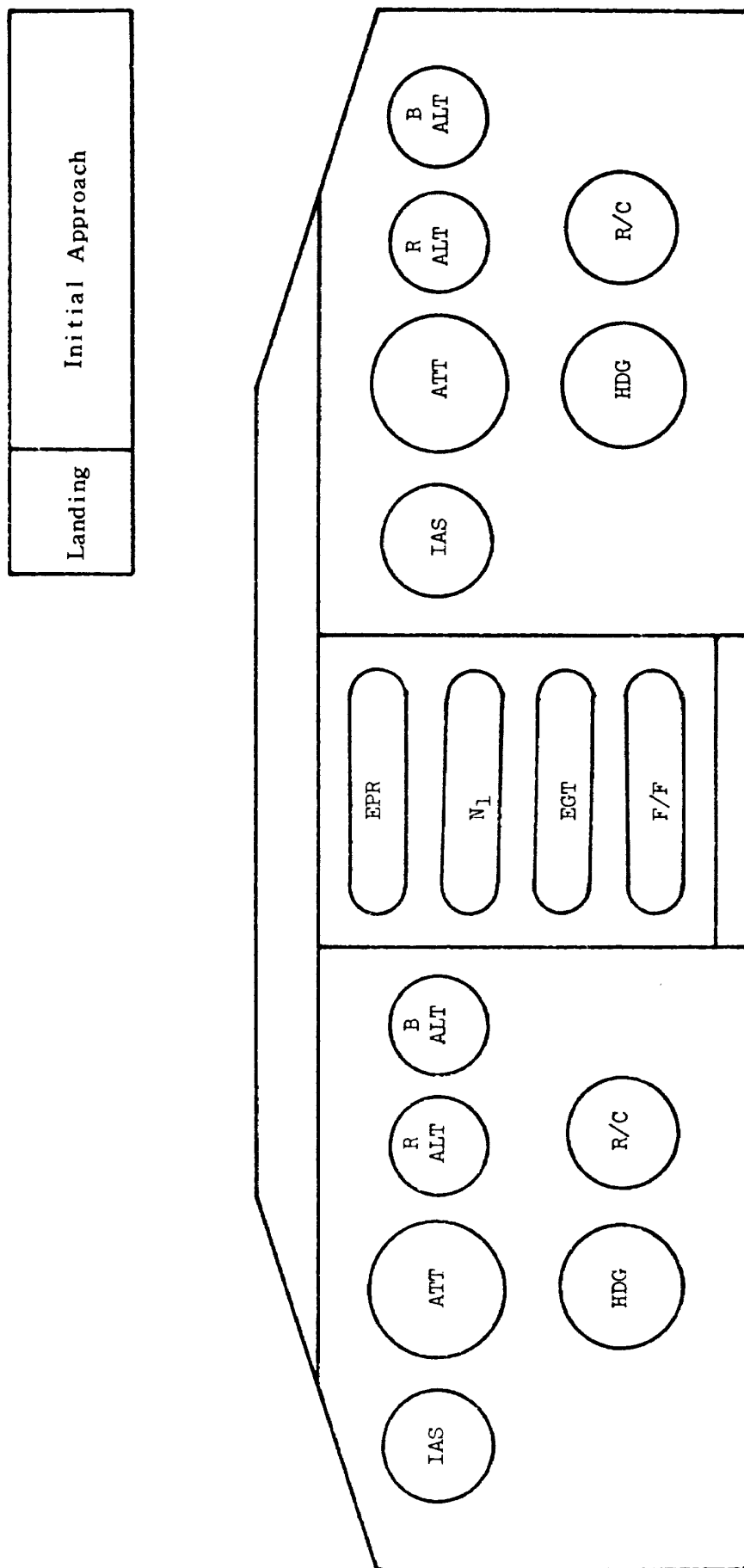
Q-5-3



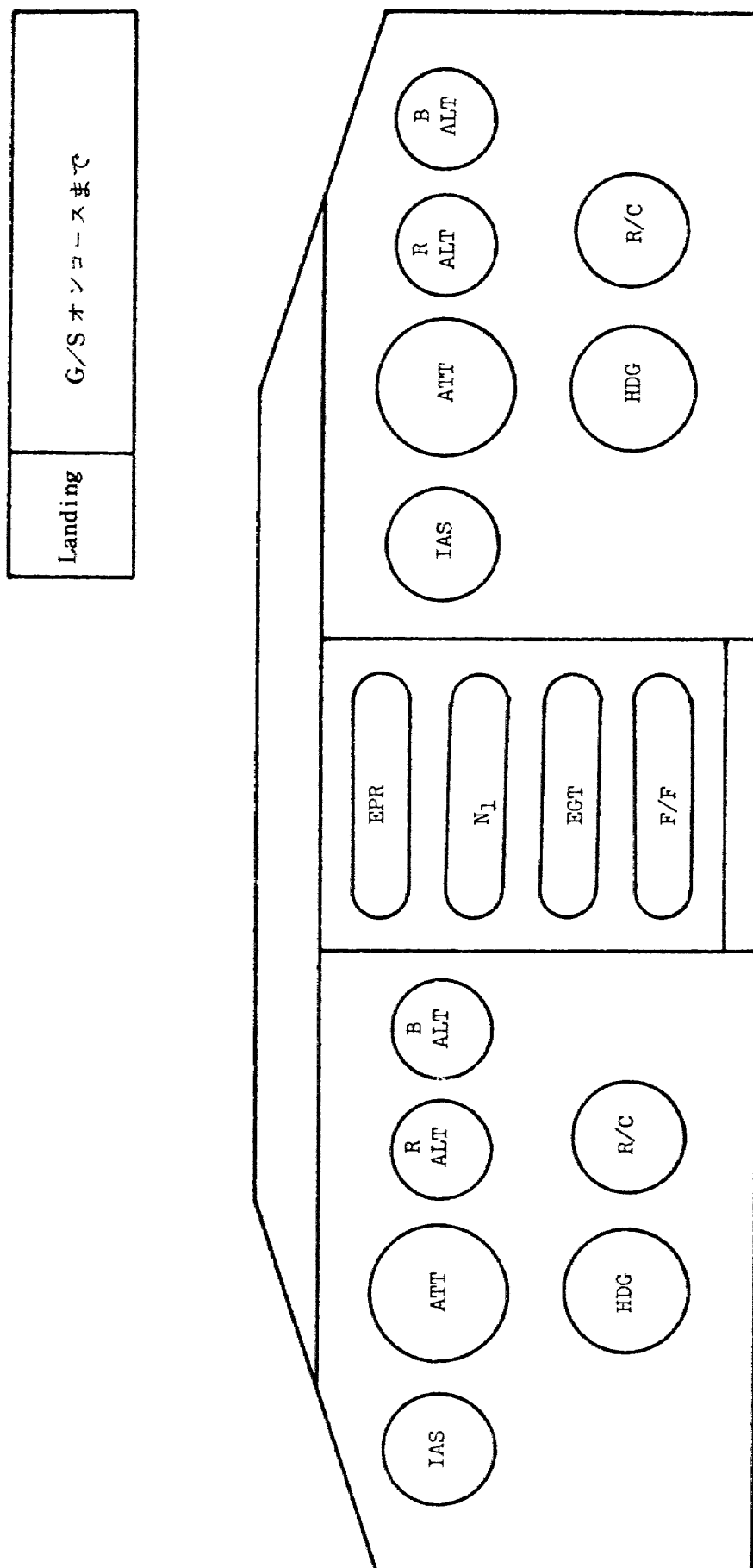
Q-5-4



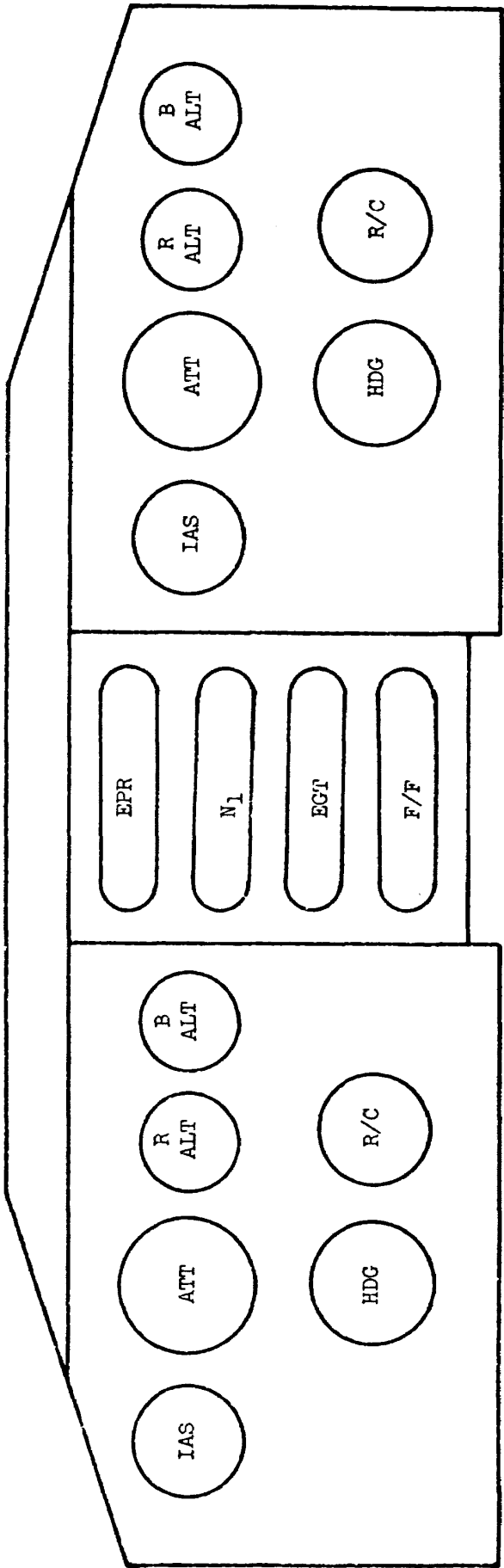
Q - 5 - 5



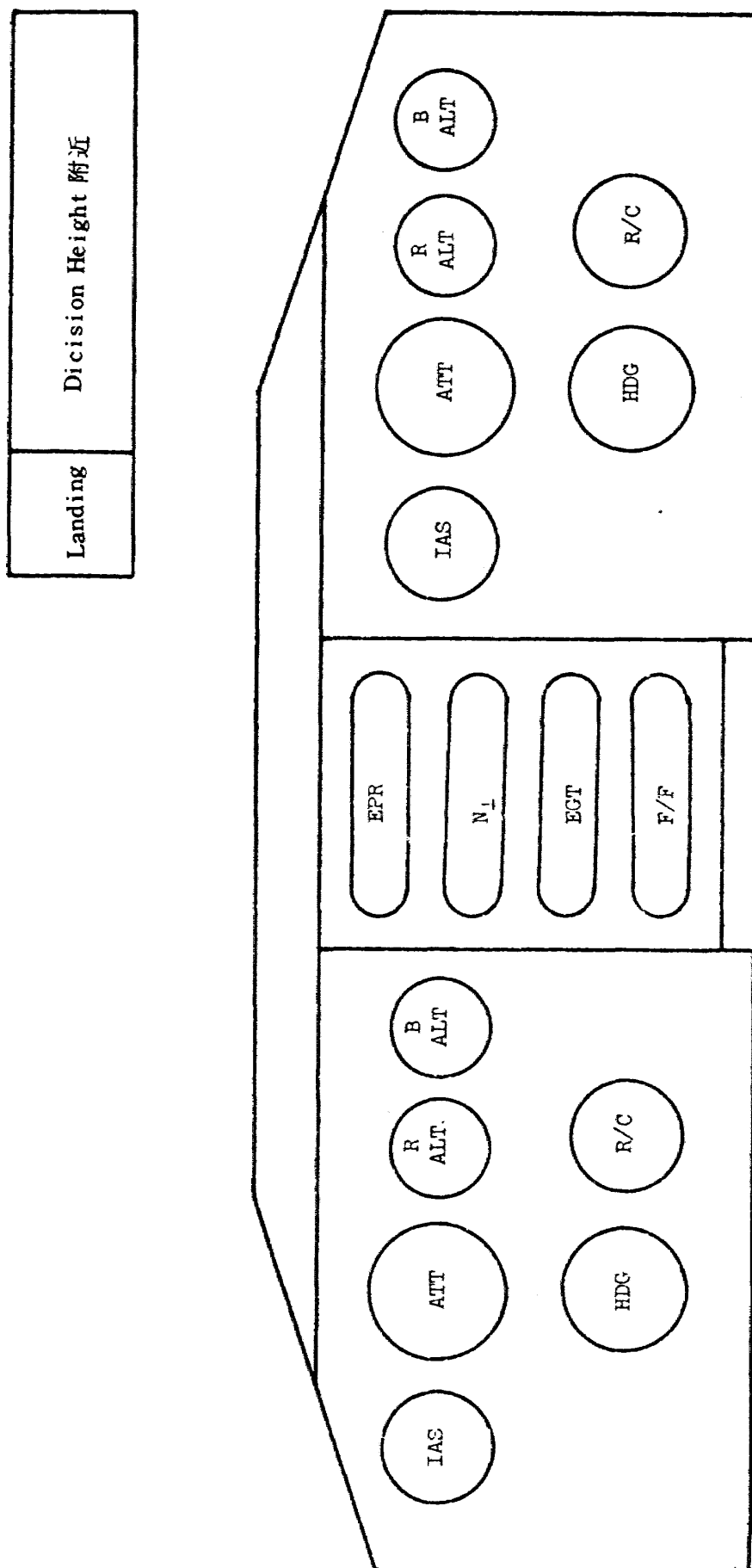
Q-5-6



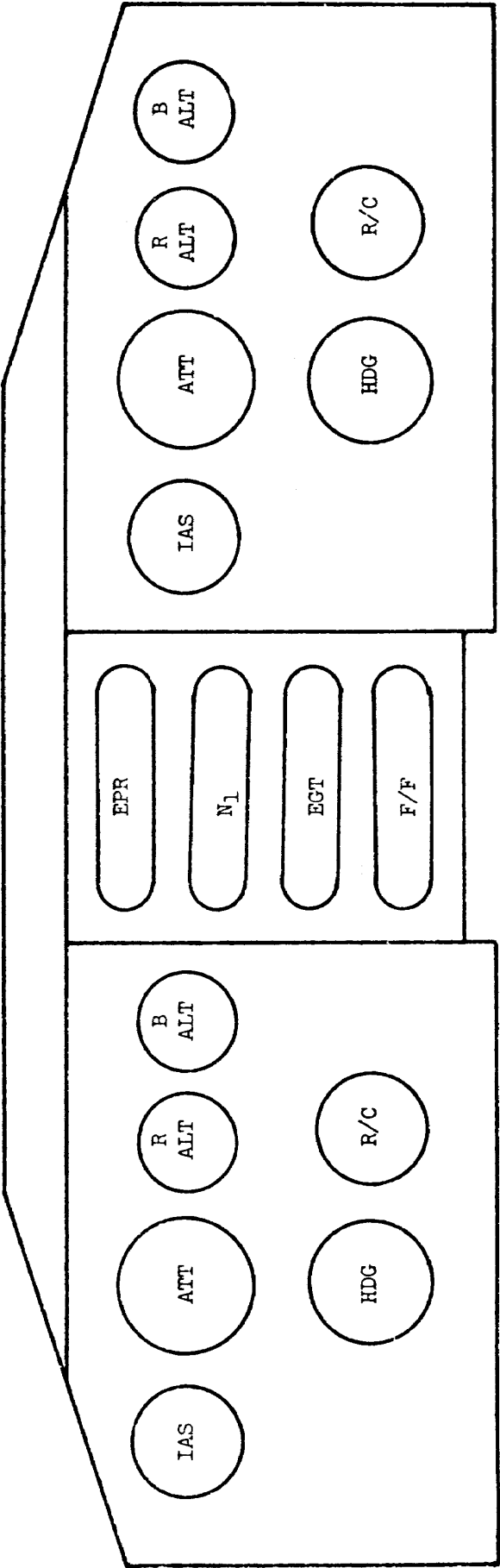
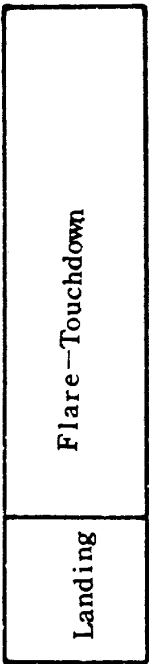
Q-5-7



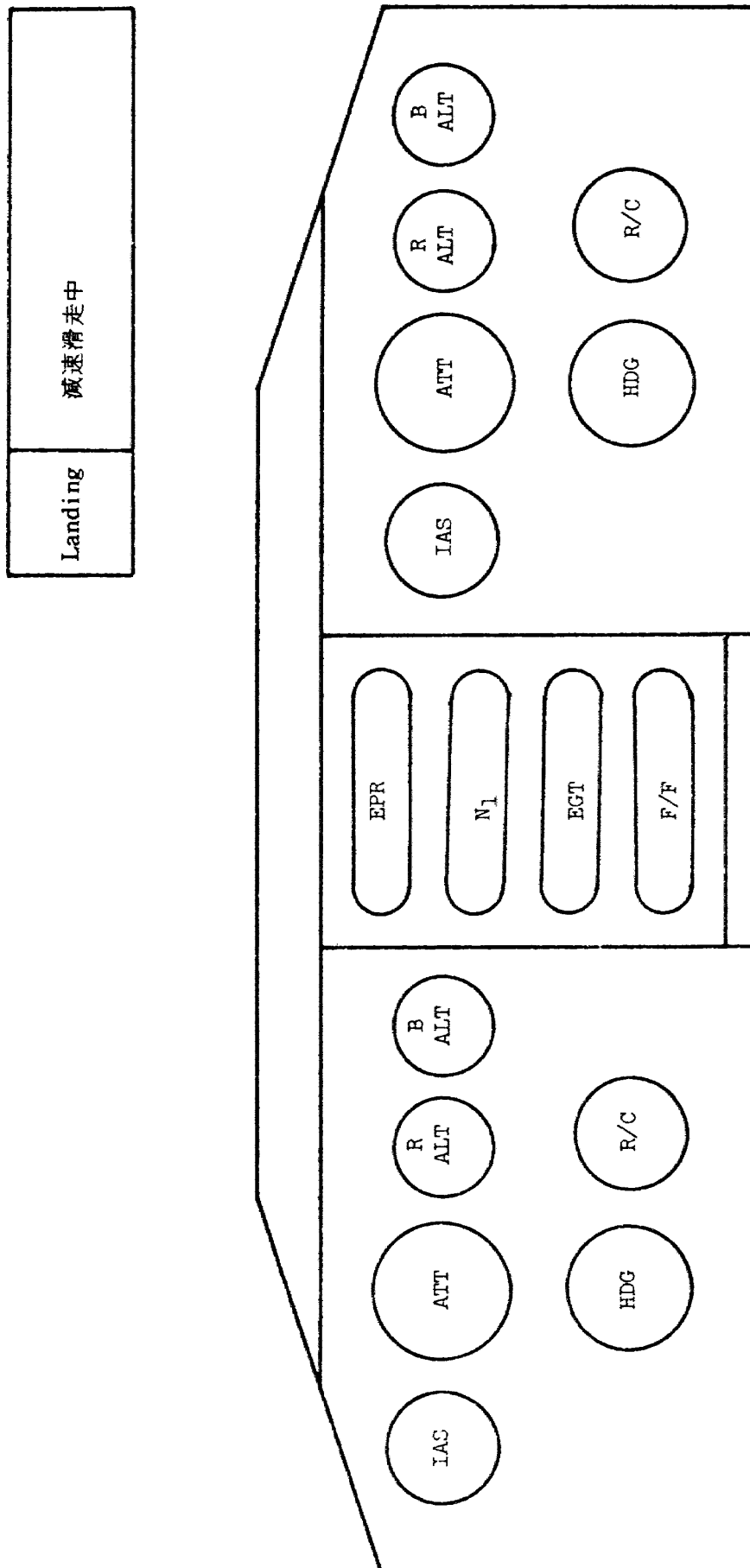
Q-5-8



Q - 5 - 9



Q - 5 - 10



〔 VI 〕

現 用 航 空 計 器 の 問 題 点

現用航空計器は実用経験に基づいて改良を重ね、新しい着想を折り込んで今日に至ったものであり非常に優れたものになっていると思いますが、日夜それらを使用しておられる立場から改良の余地のある点、状況によっては不具合を生じる計器表示等に気付いておられれば以下の質問に従って聞かせていただきたいと思います。

Q-6-1

1. 現用計器の応答性，精度，読み取りの容易さ，表示面デザインの複雑さ等の点で使い難いまたは読み取りに際して特別注意を要する計器だと日頃思っておられる計器がありますか，その計器名と機体名

計 器 名 称	機 体 名 称
(1) _____	_____
(2) _____	_____
(3) _____	_____
(4) _____	_____
(5) _____	_____
(6) _____	_____

2. 使い難いと考えられる理由を聞かせて下さい。 それぞれ対応する番号の欄に記入して下さい。

- (1) _____
- (2) _____
- (3) _____
- (4) _____
- (5) _____
- (6) _____

3. 現用警報装置は視聴覚に対するマスター・ウォーニングと不具合箇所を示す文字付警報灯で構成されているのが一般的であると思いますが，改良の余地としてお気付きの点があれば聞かせて下さい。

i) パイロットの注意を喚起するという意味での警報能力に問題があれば記入して下さい。

ii) 警報が発せられて，緊張を強いられる状況でその後の処置動作を敏速・的確に行なう上で混乱・誤判断を生じ易いと思われる警報表示にお気付きであれば下に記入して下さい。

Q - 6 - 2

4 現用警報装置全体の印象として信頼性についてどのように考えておられますか。あなたの考えに合ったものに○印を付けて下さい。

- i) 信頼性は高く、誤警報・警報脱落は少ない
- ii) ときどき誤警報がある
- iii) 誤警報が頻繁に起る

5 緊急事態は状況により千差万別で臨機応変の判断・処置が要求される場面であると思います。そこで状況に的確に対応した処置動作をできるだけ容易にするために、単に緊急状況を警告するだけでなく処置動作に対するコマンドも含めて音声を用いた警報装置の着想がありますが、この音声警報システムについてあなたの意見を聞かせて下さい。あなたの考えに合ったものに○印を付けて下さい。

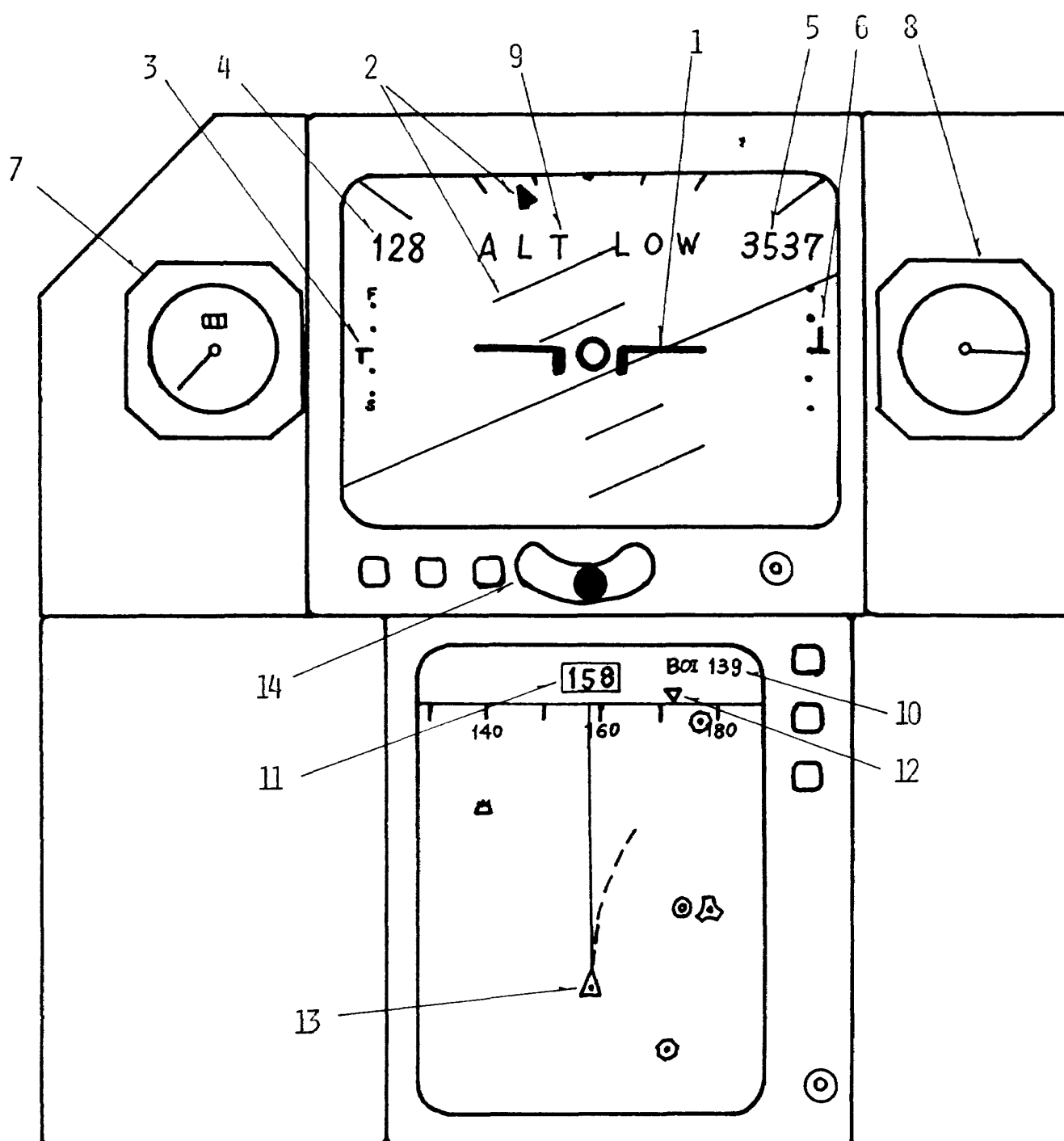
- i) 非常に有効であると思う
 - ii) パイロットの判断の負担を軽減する意味で処置動作のコマンド信号が出せれば役に立つ場合もあると思う。
 - iii) パイロットの聴覚にこの上さらに負担をかけるのは望ましくない。
 - iv) 警報が錯綜して出てくる場面が多いので使用できない。
 - v) その他の意見 _____
-
-

6 現用航空計器の配置について読み取りに支障がある場合があれば記入して下さい。

〔 VII 〕

航 空 計 器 の 統 合 化 に つ い て

私共は前に述べましたように計算機を利用した統合表示および離着陸飛行段階を中心にした、エアボーン・タイプの飛行状態モニター・警報システムの試作を計画しています。次頁の図はその統合表示として考がえている表示の一例です。この図を御参照の上質問に従って、航空計器の統合化についてのあなたの御意見を聞かせて下さい。



- 1 AIRPLANE SYMBOL
- 2 ATTITUDE
- 3 SPEED ERROR
- 4 AIRSPEED
- 5 ALTITUDE
- 6 VERTICAL SPEED
- 7 AIRSPEED INDICATOR

- 8 ALTIMETER
- 9 WARNING
- 10 DME
- 11 HEADING
- 12 HEADING CURSOR
- 13 AIRPLANE SYMBOL
- 14 SLIP INDICATOR

AN EXAMPLE OF INTEGRATED AIRBORNE DISPLAY

Q-7-1

1. この種の統合計器についてあなたの御感想を聞かせて下さい。下の項目の中からあなたの御感想に合っているものにいくつでも○印を付けて下さい。

- i) 操作が今よりも複雑になりそうだ。
 - ii) 慣れるのに時間かかりそうだ。
 - iii) 案外簡単に慣れると思う。
 - iv) 故障が怖い。
 - v) NAV AID とのカップルに問題がありそうだ。
 - vi) 自機の運動の把握は今より容易になると思う。
 - vii) 誤読取りの恐れはなくなる。
 - viii) 感覚的には分かり易いが、量的に必要な情報の読取りが困難となる。
 - ix) その他の御意見 _____
-
-

2. このような新しい統合計器が実用になる場合を想定して、バック・アップとして計器盤上に残しておいた方がよいと考えられる現用の計器は何でしょうか。 下の中から選んで○印を付けて下さい。

- i) 姿勢計
- ii) 対気速度計
- iii) 高度計（気圧）
- iv) 高度計（電波）
- v) 昇降計
- vi) 定針儀（HSI）
- vii) 旋回傾斜計
- viii) 時計
- ix) その他 _____

3. 離着陸段階での飛行の進行のモニターは、現在の電子技術で製作する事は可能ですが（例えば異常高度低下のモニター・警報機能、またはフライト・マニュアルに規定されている Configuration の設定が正しいタイミングで行なわれているかどうかのモニター機能）、そのような装置が将来実用になった場合、パイロットの作業負担を軽減する上で、さらに安全性を向上する上で有効であろうと考えておりますが、パイロットの立場から、この種のエアボーン・フライトモニタ・システムの設計に関して御意見があれば聞かせて下さい。

Q - 7 - 2

お わ り に

御多忙中大変繁雑な質問紙調査に御協力いただきありがとうございました。

集計がまとまりましたら御手元に報告をお届けし、更に詳しく御意見を伺がいたく思っております。その折にもまた御協力いただければうれしく存じます。よろしくお願い申し上げます。

以 上

航空宇宙技術研究所資料416号

昭和55年5月発行

発行所 航空宇宙技術研究所
東京都調布市深大寺町1880
電話武蔵野三鷹(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
