

航空におけるリスク管理

黒田 勲*

約90年間の間に航空輸送は急速な発達を遂げてきた。しかしさらに発展を続けるためには、安全性のさらなる向上が必要である。本論文においては航空安全の歴史を振り返り、航空機設計思想の変遷、安全目標達成の評価法、人的信頼度評価法について述べた。さらにこれからのヒューマンファクターへのアプローチ、ヒューマンファクターに重点を置く総合的リスク管理計画について米国の国家計画を紹介した。

Risk Management in Aviation

Isao KURODA*

The past 90 years has seen a rapid growth in air freight transport. However, its further development can not be continued without improvement of safety. This paper reviews the history of aviation safety and explains the transformation of the philosophy of aircraft design. Also the evaluation of methods used to achieve safety standards, including an evaluation of human reliability are discussed. An approach to human factors related to future safety standards and the comprehensive risk management emphasizing human factors practiced in the National plans of the United States are introduced.

1. はじめに

約1世紀の間に急速な発展を遂げた航空技術の進歩は、言い換えればリスクとの闘いの歴史そのものであると言えよう。

1903年12月17日、ライト兄弟がキティ・ホークで初飛行に成功したときの記録は、時速16km、距離37m、飛行時間2秒であった。それから90年後の現在、最新の大型ジェット旅客機B-747-400の性能は、最大離陸重量約390トン、最大巡航速度マッハ0.85(32,000フィートで927km/時)、旅客400~450名を搭載して13,000kmの距離を飛ぶことが可能となっている。

世界の1990年の民間航空輸送の現状は、10,000機を越す旅客機が、年間1,460万回の飛行を行い、年間、定期、不定期を合わせて約11億人を輸送してい

る。年間旅客数が約3,000万人であった1950年に比較すると、40年間に約35倍に増大したことになる。

日本の航空輸送においても、1990年には国際旅客数は1,000万人を越え、国内では6,500万人を越え、航空貨物の総重量は約13億トンを輸送している。

ひるがえって航空の安全性についてみると、定期航空輸送が開始された1928年には、1億飛行マイル当り667件の事故が発生しているが、1991年には約89億飛行マイル当り13件、すなわち1億飛行マイル当り0.16であり、安全性は約4,200倍に改善されたこととなる。

このように公衆の一般輸送手段として定着した航空輸送の安全性のあり方は、技術的リスクの視点から、一般公衆のリスクの視点に立って考えられなくてはならない。

2. 航空におけるリスクの考え方

リスクは一般的に、事故の発生確率とその事故による損害との積として定義される。

航空事故の発生確率は、他の地上輸送機関の安全

* 早稲田大学人間科学部教授
Professor, School of Human Sciences,
Waseda University
原稿受理 1992年8月13日

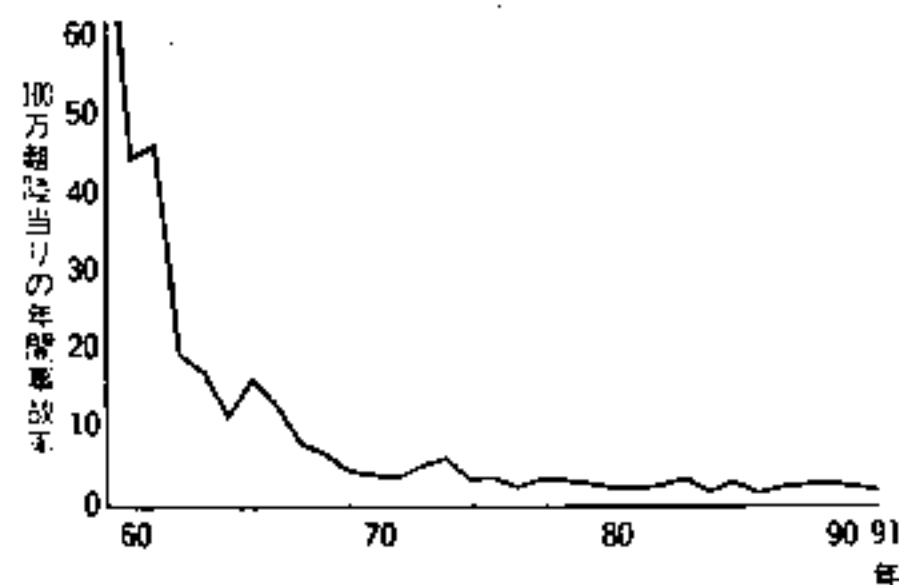
性との比較の場合には、飛行マイル当り、あるいは旅客マイル当りとして表現されるが、航空機の航続距離の増加、大型化が急速に進められてきたため、リスク暴露度として旅客マイル当りは不適当となってきた。後述するように、航空事故の発生頻度の最も高い離陸、着陸時を含んだ100万離陸当りで表現するのが、現在では一般的である。しかし設計上の安全目標など、ハードウェアの安全性を論ずる場合には、飛行時間当りで表現される。ちなみに1離陸当りの平均飛行時間は1.6時間である。

事故の重要度については国際民間航空機構(ICAO)の第13附属書により詳細に規定されているが、一般的には全事故、全損事故、死亡事故の3種類の事故率が用いられている。航空機が全損する事故であっても、死亡者を伴わない場合があり、3者の事故率は必ずしも一致しない。

3. 航空安全の展望

第2次世界大戦後、ジェット民間旅客機が開発されるに及んで、航空運航業務は大きな伸展を遂げた。しかしその初期には、1953年から1954年にかけ、英国航空のコメット機が機体の金属疲労により、連続3機空中爆発を起こしている。その後、種々の事故や不具合を教訓として改善が施され、安全性は向上してきた。Fig.1は1991年までの全事故率を示したものであるが、1970年まで低下してきた事故率は、1975年頃から著しい改善がみられなくなった¹⁾。

1980年代の10年間の東欧圏を除外した定期航空の死亡事故は、年間平均20.7件発生し、年間670名の旅客が死亡しており、100万離陸当りの死亡事故率は1.75である。一方航空需要の伸びは、最近5年間、



(注) 破壊行為、軍事、タービランスによる負傷、緊急脱出時の負傷は除く。
資料) ボーイング社。

Fig.1 年次別全航空事故率(世界の民間ジェット旅客機)

約8%を示している。このため航空事故率の改善がみられないということは、結果的に航空事故発生件数の増加をきたすこととなる²⁾。

航空機の大型化は、一旦死亡事故が発生すると、一度に多数の犠牲者を伴うこととなり、社会的衝撃は重大なものとなる。1977年3月27日に、ロス・ロデオス空港で発生したオランダ航空と、パンアメリカン航空の2機のB-747の地上衝突事故では583名が死亡し、1985年8月12日に発生した日本航空のB-747事故では、520名という単機では世界最多の犠牲者を伴う悲惨な事故が発生している。

このように航空業務のリスクは、急速な技術革新にもかかわらず、増加の傾向が予測されるため、そのリスク管理に対して、国際的視点に立った真摯な努力が払われている。

一般公衆の輸送手段として受け入れられるためには従来の技術的リスクだけではなく、社会のリスク感覚も十分に考慮しなければならない。とくに社会の安全への希求度が高まっており、受ける利便、制御可能性、一度に大量の死傷者の発生する可能性などに対する社会心理的バイアスも念頭におかなければならない。

4. 航空のリスクの特性

航空事故に限らず、多くの事故は単独の要因によって発生することは少なく、多くの背後要因の不幸な連鎖によって発生している。

Fig.2は1959年から1991年の間に発生した、定期航空の902件の航空事故の飛行フェイズ別分布を見たもので、全飛行時間の2%しか占めない離陸と上昇時に21.3%の事故が発生し、また4%の飛行時間に相当する最終進入と着陸に48.4%の事故が集中している。この両者を合わせると69.7%の事故が離陸時の3分間、最終進入から着陸の8分間に発生している。これがいわゆる「危険な11分間」といわれる理由である³⁾。

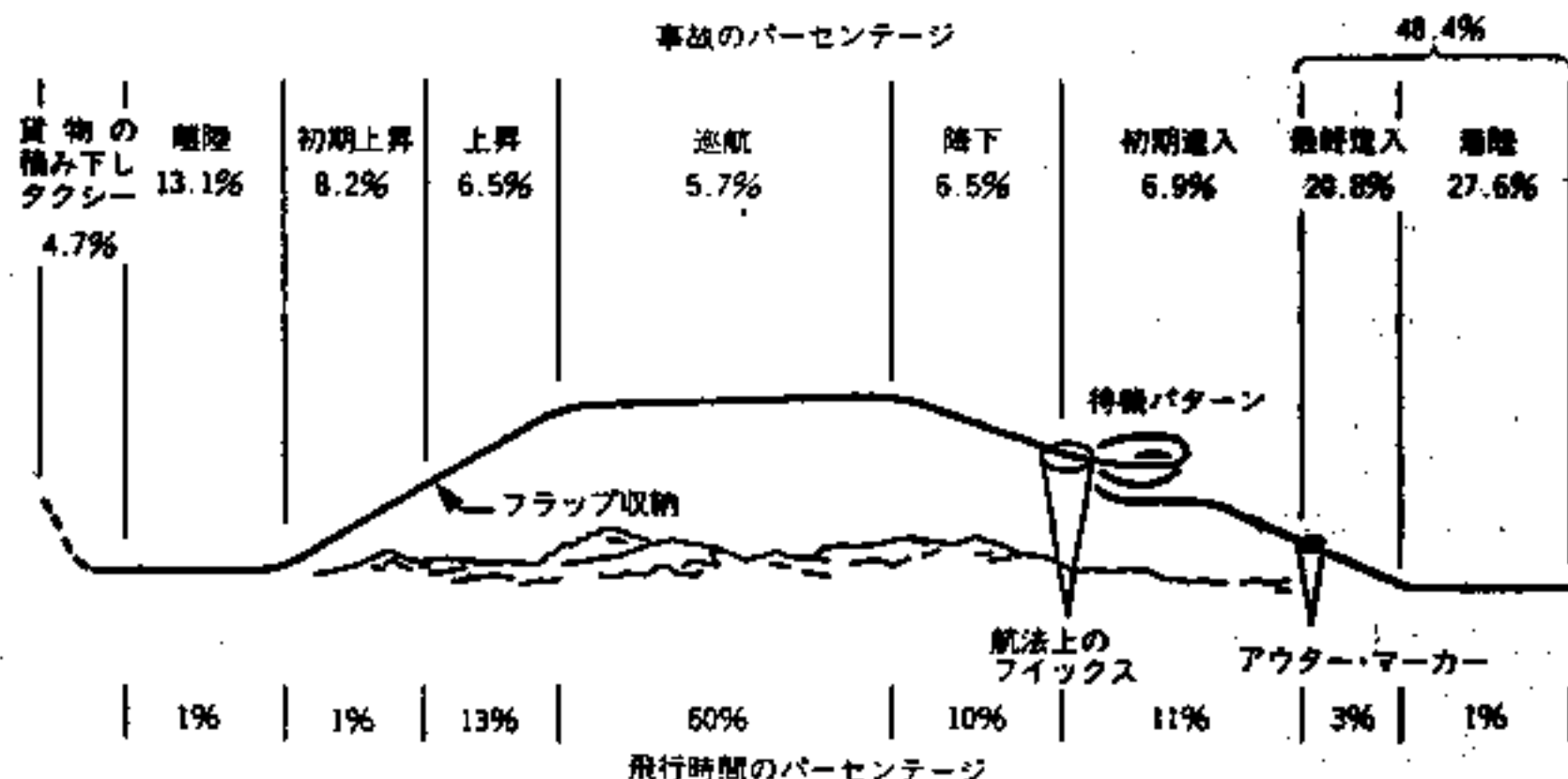
さてこれらの事故の主原因をみるとFig.3に示すとおりで、運航乗務員に起因するものが65.0%、航空機に起因するものは16.2%である。多くの安全対策が取られているにもかかわらず、最近10年間の事故の主原因をみても運航乗務員に起因するものは61.3%と、約4%の改善しか見られていない。48.4%の着陸時の事故の79.5%は運航乗務員によって発生している。定期航空ではなくて、小型のコミューターの死亡事故の79%、自家用機の死亡事故の88%

は運航乗務員が主因となっている²⁾。

前記のように事故の背後要因や誘発要因を探究していくと、ほとんどの事故が多かれ少なかれヒューマン・ファクター(以下HFとする)に関連して発生していることがわかる。

ここにいうHFとは直接航空運航に携わる運航乗務員、航空交通管制官、整備員、運航管理者、気象関係者だけでなく、航空機の設計、製作、運航の管理者、企業経営者、行政担当者も含めた広義のHFとして使用されている。これはD.Meisterの定義する、

平均飛行時間1.6時間とした場合のパーセンテージ



注) 破壊行為、軍事、タービランスによる負傷、緊急脱出時の負傷は除く。

資料) ボーイング社。

Fig.2 飛行フェイズ別全航空事故の分布 1959~1991 (世界の民間ジェット旅客機)

原因の明らかなもののパーセンテージ

主 因	事故件数		原因の明らかなもののパーセンテージ (%)						
	合計	最近10年間	10	20	30	40	50	60	70
運航乗務員	511	133	65.0 (最近10年間) 61.3 (1959-1991)						
航空機*	127	30	16.2 (最近10年間) 13.8 (1959-1991)						
整備	23	7	2.9 (最近10年間) 3.2 (1959-1991)						
気象	34	5	4.3 (最近10年間) 2.3 (1959-1991)						
空港/ATC	40	15	5.1 (最近10年間) 6.9 (1959-1991)						
その他	51	27	6.5 (最近10年間) 12.4 (1959-1991)						
原因の明らかなもの	786	217							
原因不明及び調査中	116	68							
合計	902	285							

注1) 破壊行為、軍事、タービランスによる負傷、緊急脱出時の負傷は除く。

2) *は機体構造、航空機システム、動力系を含む。

資料) ボーイング社。

Fig.3 全事故の主因 (世界の民間ジェット旅客機)

「システムの特性を効率良く発揮するために関連するすべての人的要因」に相当する¹⁾。

事故や災害に関連して論ずる場合には、とかくHFのマイナス面が強調されるが、当然プラス面が多く、多くの事故はプラス面のHFにより救われている点を見逃してはならない。

プラス及びマイナス面を含んで、航空のリスク管理にはHFが重要課題であり、今後ハードウェアの信頼性向上に伴って、HFの重要性はかえって増大してくると考えられる。

5. 航空のシステム安全の考え方

航空システムは多くの異なる組織の協同作業によって運用されている。安全に関連する組織の面から分類すると、次のように大別することができる。

1) 行政

- (1) 航空の直接運用に関連する行政
- (2) 航空機の耐空性に関する行政
- (3) 空港、地上設備、通信の運用
- (4) 航空交通管制
- (5) 航空気象
- (6) 航空保安
- (7) 安全監察および航空事故調査機能

2) 航空機製作会社

3) 航空会社——運航部門、整備部門、空港部門、客員乗員部門、安全部門等

4) 航空機整備会社

5) 航空貨物会社

6) その他、地上サービス、機上食等

また技術面からもいくつかの要因の分類が行われている。まず「5M」システムについてみると、

・MAN (人間)

・MACHINE (機械)

・MEDIA (媒体、環境)

・MISSION (目的、任務)

・MANAGEMENT (マネージメント)

この5Mの相互関係はFig. 4に示すとおりで、人間—機械—環境系によって作られるシステムの目的がある。目的達成のための各要因の最適状態を管理するマネージメントの重要性が最近とくに注目されている²⁾。

今一つの考え方は、オランダ航空のF.H.Hawkinsによって提唱されているSHELLモデルである。

・S=Software (文書、手順書などのソフトウェア)

・H=Hardware (航空機などのハードウェア)

・E=Environment (環境要因)

・L=Liveware (人的要因)

これらの相互関連性についてはFig. 5に示すように、人間を中心とした配置をとる興味あるモデルで、ICAOのHFの基本概念として採用されている³⁾。

システム安全の考え方は他の産業と同様に、次の5段階の考え方をとっている。

- (1) 安全なハードウェアを作る——デザイン、製作、フルブーフ、フェイルソフト、
- (2) 安全に運用する——運用管理、運航、整備点検、運用環境
- (3) 緊急時の対応を容易にする——異常の検出、診断、緊急手順、多重化、フェイルセーフ
- (4) 損害を最小限にとどめる——異常の波及防止、生存性の向上、防護装置、救護体制
- (5) 残存危険を代償する——種々の損害保障

6. 航空機の設計

本章においては、安全に関連する航空機設計の概

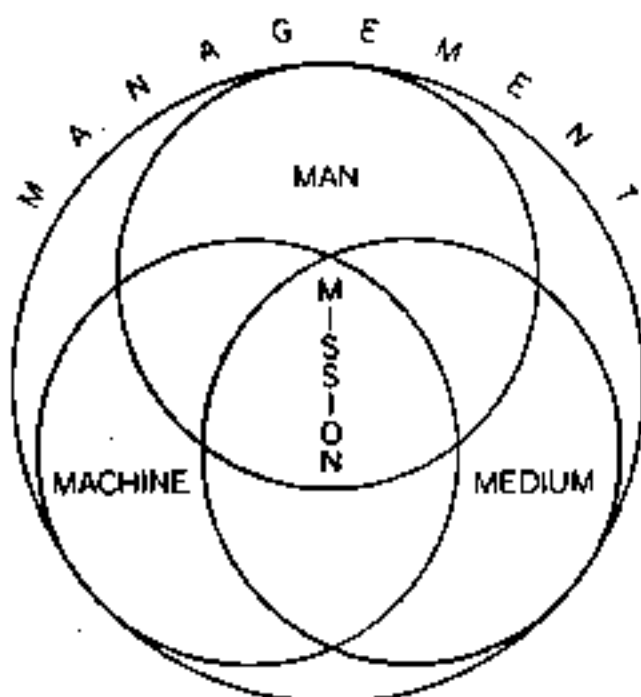


Fig. 4 5Mの相互関係

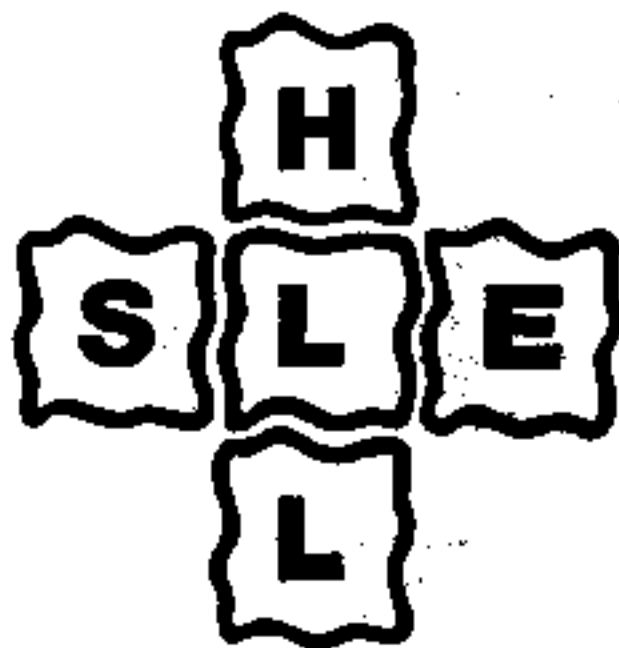


Fig. 5 SHELLのモデル

Table 1 FAR及びJARによる故障の重大度と許容発生確率

重大度のカテゴリー	軽微 (Minor)			重大 (Major)	危険 (Hazardous)	破局 (Catastrophe)
航空機と搭乗者への影響	・無し	・運転に軽微な障害	・運航上の制約 ・緊急操作	・安全余裕の相当低下 ・悪条件下で乗員が対応困難 ・乗客負傷	・安全余裕の大幅低下 ・ワークロードや周囲の状況に対応するため乗員が全力傾注 ・一部搭乗者が重傷あるいは死亡	・航空機の破壊 ・多数の死亡者
FAR 25 発生確率	Probable			Improbable		Extremely Improbable
JAR 25 発生確率	Probable			Improbable		Extremely Improbable
故障の許容 発生確率 (回/hr)	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵

出典) FAA AC25.1309-1及びJAR25.1309AC1 No.1 'Lloyd & Tye' 著 "SYSTEMATIC SAFETY" より。

念について述べてみたい¹⁾。

1960年代における航空機の使用寿命要求は10年程度であったが、1970年代以降は20年程度と長くなり、そのための構造の信頼性設計も大きく変わってきている。

1950年代の基本的設計方針は「安全寿命設計」が主体となっている。これは航空機の使用方法、期間の予測や、その間の部材の受ける応力や環境条件を把握し、その解析あるいは試験結果を設計に反映させ、寿命期間中に破損しないような応力しか部材にかからないように設計する。

しかし1954年に発生したコメット機の連続事故を教訓として、1960年頃から「フェールセーフ設計」へと発展した。これは構造の一部が破損しても、致命的な事故にならず、少なくとも着陸するまで安全性が保たれているように設計する。このためには重複構造、並列構造をとる方式、分割構造、肩代り構造をとる方式、荷重軽減方式などを採用している。

さらに1969年及び1970年代に発生したゼネラル・ダイナミックF-111とロッキードC-5Aの事故を重視して、初期から存在している損傷や、製作工程の不良のために生じた傷から発生する破損を想定した新

しい設計思想を付け加え、強度、疲労の評価とともに損傷評価の手順を加えることとした。これが「損傷許容設計」である。

これらの信頼性設計の考え方は、同時に整備、点検方式の信頼性とも有機的に連携して、定例整備要目設定指針の改定も重ねてきた。

航空機の設計に関連する信頼性目標は、米国と欧州において用語に若干の差異はあるが、ほぼ一致している²⁾。

Table 1は故障の重大度と許容発生確率を示したもので、航空機の完全な破壊を伴う破局的事象の発生確率は10⁻⁵ 飛行時間当たり1回以下とする必要がある。また航空機の安全余裕が大幅に減じ、パイロットのワークロードが急増し、対処が困難で、旅客の一部が死亡したり、負傷をするような危険領域の事象は10⁻³ ~ 10⁻⁴ 飛行時間当たり1回以下とするように定められている。

さて、これらの信頼性評価をするためには、おのおのの領域に対して評価方法が示されている³⁾。

1) 破局的領域に該当するもの

(1) FTAを実施すること

(2) FMEAを実施すること

- (3)点検頻度を考慮して定量的発生確率分析を行うこと
 - (4)デジタル・コンピュータについても信頼性評価を実施すること
- 2) 危険および重大領域に該当するもの
- (1)定量的信頼性分析が必要
 - (2)FMEAにより、他のシステムに影響なく、二重で冗長度が十分な場合には定量的分析は必要ない
 - (3)故障モードのもたらす故障状態の危険度によっては定量的分析が必要である
- 3) 軽微領域に該当するもの
- (1)重大領域以上の事象に発展しないことの確認が必要
 - (2)他のシステムから独立し、隔離することができること
 - (3)乗務員へ誤りのない情報を与えること
 - (4)定量的信頼性分析は不要である

7. 人間信頼性の評価

上記の信頼性の事前評価において問題となるのは、HFの信頼性評価である。上記の規定作成時にはまだ十分な人間信頼性事前評価のためのデータベースが得られていないため、次のようなワークロードの評価規定を用いている。

- (1)異常時に乗務員の通常操作以上の操作量を要求しないこと
- (2)乗務員に対し、明確で、誤解のない異常発生の情報、異常対処の必要操作の情報を与え得ること
- (3)特別な熟練度や力を有しない乗務員により、遅滞なく対処し得ること
- (4)乗務員により満足し得る対処操作が期待できない異常は、分析対象としてはならない
- (5)満足できる整備が可能であること

以上の評価を実施する場合の具体的方法として、B-767設計時のワークロード評価法を挙げてみたい¹⁰⁾。

まず、電気、油圧、環境制御、燃料系統の、従来航空機関士の業務であったものが、パイロット2名だけになった場合に十分に操作可能かという点に主点が置かれている。

操作としては、地上操作、飛行中の通常操作を対象とし、非通常操作としては緊急操作、代替操作を対象としている。以上の系統と操作について、詳細な手順を作成し、シミュレーター内の空間的動きについて、視線の動き、手の動き、視線及び手の計器、

スイッチ類での停留時間、さらにその作業を実施するための行為類を計算する。この際、作業にかかわる複雑度、たとえば読み取るべき計器目盛数をビットに換算して、それを実験式から時間に変換する。

視線の移動および停留時間の和、手の移動及び停留時間の和、複雑度(時間)の3項目の自乗和の平方をとり、代表値としてワークロード順位係数とする。

さらに特定の飛行経路について、航空交通管制との交信を含めたシナリオを作成し、前記のワークロード順位係数を加味して、時間を中心とする作業実行時間率及び作業完了確率の解析を行う。以上2つの分析は、主にコンピュータ・シミュレーション法により実施する。

さらに試作機について連邦航空局のテストパイロットを含んだ複数の中立的立場の評価者により、主観的評価を、通常及び非通常操作について実施する。

1979年に発生した米国のスリーマイル島原子力発電所事故を契機として、巨大技術システムの安全性について、確率論的リスク評価(PRA)が広く実施されるようになってきた。その一環として、人間信頼性の定量的評価として多くの方法が提唱されている¹¹⁾。

一連の手順的作業の分析には、代表的な方法としてTHERP (Technique for Human Error Rate Prediction) が用いられ、認知判断の評価法としては、TRC (Time Reliability Correlation) やHCR (Human Cognitive Reliability) が用いられている。さらに総合的評価として、専門家の判断に基づいて評価するSLIM-MAUD (Success Likelihood Index Methodology-Multi-Attribute Utility Decomposition) などが用いられている。

このような詳細な、定量的人間信頼性評価法は今後さらに進展してくる可能性があるであろう。現時点においては、個々の行為の人間過誤率のデータベースが十分でない点、集団的な人間の判断誤りの係数をいかに導入するか、緊急時の人間特性の信頼性変化などの面において解決しなければならない点がみられる。しかし人間信頼性の事前評価、過誤率を最小化するための具体的方法、手順のなかの過誤の入り易い点及びその全体システムへ及ぼす影響度の評価など今後の発展性が期待される。

8. 安全目標とその達成状況

航空機設計の項に述べたような安全目標は、今ま

で発生した航空事故の詳細な分析、改善の具体的方策、コスト効果の問題など広い視点から、その目的達成可能性が十分に考慮されているとともに、社会的許容度も考慮されなければならない。将来の技術的進歩、社会的な安全の希求によって、安全目標は新たに設定され直される可能性がある。

安全目標の背後の考え方として次のような背景がある⁹⁾。

100機の同一機種を保有する航空会社があるとする。通常1機の年間飛行時間は3,000時間であるので、破局領域の事象の発生は330年に1回以下、危険領域の事象は33年に1回以下となる。たとえ破局領域の事象が100件潜在していたとしても危険領域にとどめることが可能である。航空機の運用寿命が20～30年とすると、 10^{-7} /時間は十分社会的に許容される数値ではなかろうか。

しかし前述の1980年代の事故率を、100万飛行時間に換算すると1.1となり、危険領域の安全目標である 10^{-7} /時間の約10倍の事故が、世界的平均として発生していることとなる。しかしある特定の航空会社、

たとえばカンタス航空においては1951年以来、40年間死亡事故が発生しておらず、ほぼ安全目標を達成している。このように安全に対するリスク管理のあり方が最重要課題として抜本的見直しがなされている。

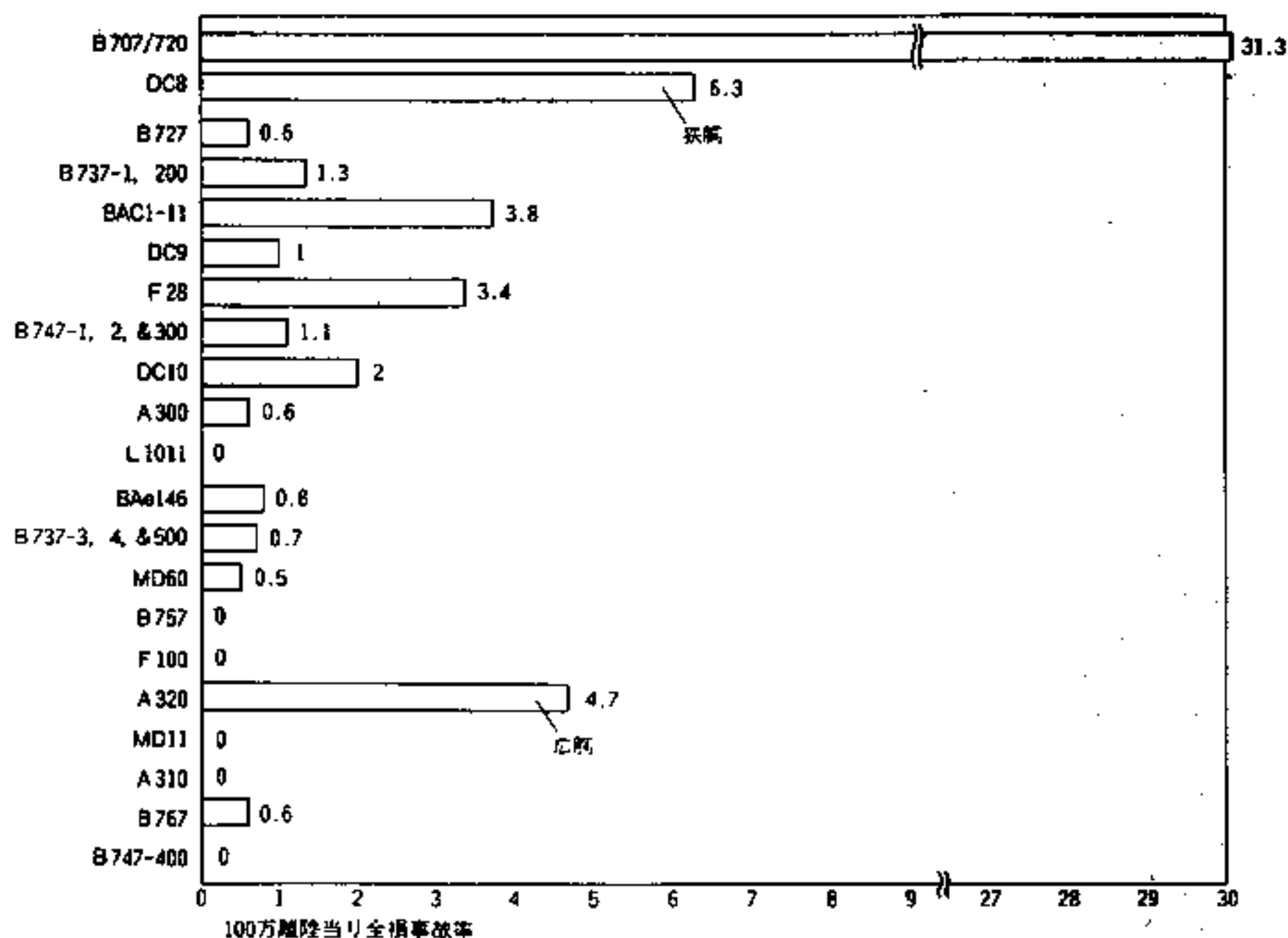
さて航空機の発達、技術の革新、ワークロードに重点を置いた改善によって、機種毎の航空事故率はいかに変化したかを見てみよう。

Fig. 6は1987年から1991年の間の各機種の全損事故率を示したもので、航空機の発達とともに、事故率は大きく減少していることを見ることができる¹⁰⁾。

しかしA-320にみられるように、高度に自動化した航空機においても、すでに3件の全損事故が発生しており、自動化のあり方について議論が行われている。

9. HFへのアプローチ

航空事故の主要な原因は、運航乗務員だけでなく、広義のHFによって発生している点については前述のとおりで、さらにそのウェイトは増加していくで



資料) マクドネルダグラス社。

Fig.6 機種別全損事故率 1987～1991

あろう。

さて、航空分野におけるHFへのアプローチの考え方を、前記のSHELLモデルに従って述べてみたい¹²⁾。

1) Liveware

人間そのものに関連する要因で、Fig. 5の中心に位置する重要な因子で、その特性を挙げると次のとおりである。

(1) 病理的要因

すべての疾病は身体的精神的に、多かれ少なかれパフォーマンスに影響を与える。とくに突発的に意識水準に影響を与える精神、神経疾患、心循環系疾患、各種結石などによる疼痛発作、糖尿病による低血糖症などがとくに重視される。

疾病に対して投与される薬剤は、時としてパフォーマンスに重大な影響を与えるので、その副作用について厳重な管理が必要である。アルコールは最も一般的に見られるパフォーマンス障害剤である。

(2) 生理的要因

基礎体力、健康状態について、一般生活からもたらされる影響として、疲労、睡眠障害、食事、気圧、加速度、酸素のほか、環境条件としての温度、湿度、騒音、振動、明るさなどを考慮する必要がある。とくに概日性リズム、空間認知障害などの生理的限界について検討する必要がある。

人間工学の基本となる人間のサイズ、到達範囲、方向による力の大きさなどはL-Hインターフェイスで考慮されなければならない。

(3) 認知科学的要因

情報処理系としての人間特性は、とくに航空安全上重視する必要がある。

J. Rasmussenは、1981年、人間行動様式を認知工学上、「熟練レベル」、「規則レベル」、「知識レベル」の三様式に分類している。このモデルは人間の意識的行動及び無意識行動のメカニズムを解明し、人的過誤の解析に広く用いられている。また教育訓練による熟練度向上の段階、人間-機械インターフェイスの分析モデルとして有用である。

(4) 心理的要因

外部からの多くの要因は、心理的ストレスとして情緒反応、動機づけの変容をきたし、パフォーマンスに重大な影響を及ぼす。一般的生活における家族の問題、組織内の人間関係、処遇、階層性などの影響も大きい。

作業者の性格、資質、安全意識等は、安全行動の

基本となるもので、とくにパイロットの選抜、教育訓練、精神衛生管理に留意する必要がある。

緊急時のパフォーマンスの変容は著しいものがあり、その質的、量的変容に相応するデザインのあり方、さらにはシミュレーターなどにより反復する対応訓練が重視される。

2) L-Sインターフェイス

文書、手順書、航空路図などが、使用者に対して、いかに誤解なく、正確に、十分に、迅速に内容が理解されるかが問題である。とくに複雑なタキシー・ウェイ、紛らわしいビーコンの名称、航空路のシンボルなどが事故の原因となっている。

最近の自動化された航空機では、種々のプログラムの目的、内容あるいは相互の関連性などが十分に理解されず、また間違った入力、再入力時の時間的余裕の不足、コンピュータに対する無批判な依存などにより事故に至った例がある。

3) L-Hインターフェイス

人間-機械インターフェイスとして、古くから人間工学の対象となった課題である。各種計器の配列、見易さ、動き、大きさ、色彩、指示の整合性、スイッチ、ノブ、ハンドルの形状、デザイン等について多くの研究成果が実用化されている。

最近のCRT統合計器の図形表示や情報量のあり方と、人間情報処理の質的、量的適合性、異常時の支援装置のあり方など、新たな認知的インターフェイスの課題が、背後の精神的負荷を含めて検討が進められている。自動化の進展に伴う過飽和、単調、やり甲斐の喪失も新たな問題となりつつある。

操縦室はもちろん、客室の居住性、疲労を伴わず、緊急時の傷害を防止しうる座席のデザイン、休養設備のあり方、可燃性など、今後解決しなければならない課題である。

4) L-Eインターフェイス

現代の民間航空機は、苛酷な航空環境から十分に防護され、酸素、圧力、温度の問題等は与圧により解決されている。しかし急減圧時の対応、人間パフォーマンスに影響を及ぼす環境要因についての対策が必要である。長時間飛行に伴うオゾン、放射能、ミスト、有毒ガス、騒音の問題、前述の生体リズム、低運動状態等はもちろん、いかに快適な、長時間の飛行ができるかを、心理的面を含めて検討される必要がある。

5) L-Lインターフェイス

運航乗務員は厳重な選抜を受け、長期間の教育訓

線の結果、各人が技能審査に合格しなければならない。とくに定期運送用パイロットは6ヵ月毎の技能審査、航空身体検査に合格しなくてはならない。このようなクルーにより実施される航空業務は、常に質的に高い水準を保たなければならないはずである。しかし実際の航空事故の原因をみると、Fig. 3に示すように運航乗務員に起因する事故が大半を占めている。このような反省に基づいて、CRM(Cockpit Resource Management)とLOFT(Line Oriented Flight Training)が各航空会社で実施されるようになり、良きチームワーク、適切なリーダーシップの育成に力が注がれ、他のHFへの対策とあいまって、事故防止の成果を挙げ始めている。

上-下インターフェイスにおいて、とくに重点を置かれつつあるのは、組織の安全管理体制のあり方である。企業のトップ経営者から中間管理者を含め、航空輸送業務の安全性に関する社会的重要さと責任を認識し、企業全体の安全文化を築き上げることが最重要課題とされている。

10. リスク管理に関する世界的動向

航空安全に関するHFの重要性は、航空事故率の低下が鈍化した1970年代より国際的に大きく取り上げられてきた。1980年代後半からICAOはHFの改善を目途とした作業部会を発足させ、各国の専門家の協力を得て、数年間にわたり11冊のダイジェストを作成し、最終的にはICAO規則に反映させようとしている。

米国においても1988年11月、「HFの改善による航空安全に関する国家計画」を推進するため、「The Aviation Safety Research Act of 1988」(Public Law 100-591)が制定され、官、学、民の総合的協力のもとで、2000年までの10年間に航空安全を大幅に改善させようとしている。

この国家計画は現在国際的に論議されている航空のリスク管理の概念を網羅しているので、その概要を述べてみたい。

まず8項目の研究プロジェクトを挙げている。

1) 自動化と先進技術

自動化の進展と人間とのかかわり合いをいかに進めていくか、とくに「人間を中心とした自動化」の最適適合点は何かを、操縦室だけでなく、航空交通管制業務、航空機整備業務にもわたって検討をする。

2) 航空システム・モニタリング能力

航空機のハードウェアに関する「整備困難項目報

告(SDR)」や、HFに関する「航空安全報告システム(ASRS)」を充実し、これらの報告内容が十分に活用できるようにするとともに、これらのデータベースを確立する。

3) 人的パフォーマンスに関する基礎科学的知見

現場で活用できる基礎的なHFの研究を実施する。たとえば疲労や概日リズム、整備員や航空管制員の交替制勤務と疲労、さらには従来余り実施されていない組織やマネジメント、組織の安全文化についても重点を置く。

4) 人的パフォーマンスの測定

マイクロプロセッサの発達により、静的、動的作業環境での人間行動の評価が可能となりつつあり、ワークロードが今後の安全性の基本的尺度となる。

またクルー間の協調、コミュニケーションを向上させるための前述のCRM、LOFT訓練、さらには技能審査要領のあり方も検討する。この研究は航空交通管制業務、整備業務にも関連づけてなされる。

5) 情報伝達

ASRSの報告の70%は、空中と地上との間の情報伝達の問題である。航空機と航空交通管制との通信はシステムの複雑化、航空交通量の増大に伴って重大な問題となっている。通信量を減少させ、しかも十分な情報伝達が可能なためのデータリンクの特性、空中衝突防止装置、自動航空路管制システムなどの事前評価が必要である。

6) 操縦装置、表示、作業空間のデザイン

各サブシステムの自動化がはかられてはいるが、コックピット全体の統合的視点からの再評価が必要である。とくにコンピュータへの再入力の手間のため空港への進入フェイズでの外界見張りが疎かになる。

7) 訓練及び選抜

自動化された今後の航空機パイロットは、従来の活動的性格から慎重なシステム監視者の性格を要求されている。さらにCRMでも述べたようにいかにチームワークを取り、クルー全体の能力を引き出すかが問題である。この面において選抜適性検査、訓練方式の根本的見直しが必要である。

8) 審査及び評価基準

安全と操縦効率に立脚した、HF面からの統合的システム評価の基準が確立されていないため、設計の早期から評価することができない。従来新型機評価はほぼ完成段階に至って実施されており、手直しのためのコストが高く、非効率的である。このため

HFを中心としたハードウェアの早期の審査、評価の基準を早急に確立する必要がある。

以上は研究プロジェクト項目であるが、これらの研究成果を組合わせて、次の5つの領域へ適用しようとしている。

(1)操縦室環境

このためには前記の研究プロジェクトの1)、2)、3)、4)、6)、7)が主に利用される。

(2)航空機整備環境

このためには、1)、3)、7)の項目が利用され、とくに組織及び環境に関する研究成果を利用する。

(3)航空路設備整備環境

航空路の効率的再構築とその保守のため1)、3)、5)の成果を利用する。とくに保守のための自動化にも重点をおく。

(4)航空交通管制業務

このためには、1)、3)、5)、6)、7)の成果を利用するとともに、業務の安全モニタリングシステムにも重点を置く。

(5)操縦室及び航空交通管制間の統合的関連性

両者は別々の道筋をとって発達し、自動化が行われてきたが、新しいシステム導入に従って、両者の統合的関連性の視点から、安全性、効率、情報伝達の質的評価を行う。このために研究プロジェクト項目を総合的に利用するとともに新たな評価方式を開発する。

11. おわりに

一般公衆の輸送手段として、急速に発達を遂げてきた航空輸送もその安全性の向上について大きな曲り角にきているといえよう。このためリスク管理についての系統的見直し、21世紀へ向っての統合的安全管理へとスタートを切っている。

安全の問題は、とかくシステム運用の付随的業務としてしか考えられていなかったが、技術システムの巨大化、多量化、高速化に伴って、安全はそのシステムの存続を支配する重要な課題となってきた。しかも米国の安全に関する国家計画にもみられるように、国家の技術総力を結集して取組まなければならない総合科学あるいは学際科学領域に属する

課題であるといえよう。

本論文においては、破壊行為によるハイジャックの問題はふれなかった。1962年以来破壊行為によって45件の全損事件、33件の死亡事件が発生しており、航空保安の面から多くの対策が考慮されている。

紙面の都合により、十分な解説をなし得なかった面もあり、諸賢の御助言、御叱正を頂ければ幸甚である。

参考文献

- 1) 日本航空リサーチセンター「航空統計要覧(1990～1991年版)」日本航空協会、1991年
- 2) Boeing : Statistical Summary of Commercial Jet Aircraft Accidents, Boeing Co., 1992
- 3) The Arrogant Decade, Flight International, pp.17～23, Jan., 48～50, 1990
- 4) D.Meister: Human Factors: Theory and Practice, Wiley-Interscience, 1971
- 5) 黒田勲「安全におけるヒューマンファクター」『ヒューマンサイエンス』4(1), pp.123～132, 1991年
- 6) F.H.Hawkins: Human Factors in Flight, Gower Technical Press, 1987
- 7) 応用機械工学編「航空機の設計技術」大河出版, pp.216～222, 1983年
- 8) E.Lloyd et al: Systematic Safety, Civil Aviation Authority, London, 1982
- 9) Advisory Circular: System Design Analysis, AC NO.25, 1309-1, FAA, 1982
- 10) 通商産業省資源エネルギー庁編「人と技術の共存を求めて」電気新報社, pp.122～136, 1988年
- 11) 井上紘一他「ヒューマン・エラー解析とリスク評価」『電気評論』5, pp.35～40, 1992年
- 12) McDonnell Douglas: Safety Statistics 1991, McDonnell Douglas, 1992
- 13) 黒田勲「ヒューマンファクターについて」『航空と文化』新春号, pp.15～19, 1992年
- 14) Federal Aviation Administration: The National Plan for Aviation Human Factors (Draft), FAA., 1992