

第60回 FSF 国際航空安全セミナー (FSF-JAPAN 抄訳)



Joint meeting of the FSF 60th annual International Air Safety Seminar IASS,
IEA 37th International Conference, and IATA



Seoul, Korea

SHARING GLOBAL SAFETY KNOWLEDGE

OCTOBER 1-4, 2007

Final Proceedings sponsored by **KOREAN AIR**

Continue 

Flight Safety Foundation – Japan
協賛 財団法人 航空輸送技術研究センター

第 60 回 FSF 国際航空安全セミナー

(FSF-JAPAN 抄訳)

= 目 次 =

1. AVIATION SAFETY 2007 — THE YEAR IN REVIEW.....	1
<i>JIM BURIN,</i>	<i>DIRECTOR OF TECHNICAL PROGRAM, FLIGHT SAFETY FOUNDATION</i>
2. 安全報告をとりまく法的・文化的な手強い課題.....	15
<i>RADU CIOPONEA,</i>	<i>SAFETY EXPERT, PERFORMANCE REVIEW UNIT, EUROCONTROL</i>
3. 航空機整備の認定事業場におけるヒューマンファクターズの不具合に対する取組状況の調査結果..	27
<i>WILLIAM B. JOHNSON, PH.D.,</i>	<i>OFFICE OF AVIATION SAFETY, U.S. FEDERAL AVIATION</i>
	<i>ADMINISTRATION</i>
<i>CARLA HACKWORTH, DAVID SCHROEDER,</i>	<i>CIVIL AEROSPACE MEDICAL INSTITUTE, U.S. FEDERAL AVIATION</i>
	<i>ADMINISTRATION</i>
4. イベントの集合を調査する	39
<i>PIERRE JOUNIAUX,</i>	<i>BEA : フランス事故調査庁</i>
5. WE NEED TO KNOW WHAT WE DON'T KNOW: A PILOT'S PERSPECTIVE ON DEALINGS WITH FIRE IN FLIGHT	
我々は、何を知らないかを知る必要がある : 飛行中の火災におけるパイロットの対処の視点.....	47
<i>CAPT. H. G. "BOOMER" BOMBARDI,</i>	<i>AIR LINE PILOTS ASSOCIATION, INTERNATIONAL</i>
6. コックピットの警報に対するパイロットの遅れた、又は誤った対応	63
<i>DON BATEMAN,</i>	<i>HONEYWELL INTERNATIONAL</i>
7. 最新の FAA ETOPS ルール.....	87
<i>MOHAN R. PANDEY,</i>	<i>THE BOEING CO.</i>
8. AN ANALYSIS OF THE OPERATION AND INTERPRETATION OF WEATHER RADAR BY FLIGHT CREWS.....	99
<i>RATAN KHATWA, PH.D., FRAES,</i>	<i>HONEYWELL AEROSPACE, HUMAN CENTERED SYSTEMS</i>
9. 低酸素症を認知するための訓練 -- HYPOXIA AWARENESS TRAINING	123
<i>LARRY SCHUMAN</i>	<i>DIRECTOR OF SPECIALTY TRAINING, FLIGHTSAFETY INTERNATIONAL</i>

FSF-Japan は、Flight Safety Foundation（以下 FSF。本部：米国バージニア州アレグザンダリア市）との連携のもとに航空安全に関する情報収集、調査研究、啓蒙活動、意見集約などを通じて安全対策などを構築し、航空界並びに関係機関等に応援し、以て我国の航空の安全推進と健全な発展を促進することを目的とする任意団体です。

この冊子は 2007 年 10 月 1 日－4 日に韓国・ソウルにて開催された第 60 回 FSF 国際航空安全セミナーにおける講演の中から抜粋し、FSF-Japan 会員各社にお配りするものです。本会会員の航空会社、(社) 日本航空機操縦士協会および(財) 航空輸送技術センターが分担して抄訳を行いました。語句や体裁に吟味の足りないところがありましたらご容赦下さい。

作成にあたって、抄訳を担当いただいた各社・団体および作成費用を負担いただいた(財) 航空輸送技術センターに厚く御礼申し上げます。

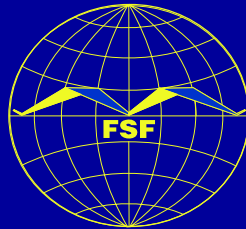
引用・転載は、“第 60 回 FSF 国際航空安全セミナー”，“FSF-Japan”を明示して出典を明らかにしていただければご自由です。

FSF-Japan 事務局 (2007-2008 年度担当)
全日本空輸(株) グループ総合安全推進室
TEL：03-5757-5045
FAX：03-5756-5048

AVIATION SAFETY 2007 — The Year In Review

Aviation Safety 2007

The Year In Review



Jim Burin
Director of Technical Programs
Flight Safety Foundation

*Jim Burin,
Director of Technical Program,
Flight Safety Foundation*

2007 年の航空安全統計について過去の統計と比較しながら見ていきます。

Aviation Safety - The Year In Review Agenda

- **Turbojets**
 - Commercial
 - Business
- **Turboprops**
- **Controlled Flight Into Terrain (CFIT)**
- **Approach and Landing**
- **Loss of Control**
- **Safety Challenges**

これより、今年度の航空安全の状況また、どのように Commercial Aviation が安全を担保しているかを見ていきます。まず、エアライナーとビジネスタイプ両方を含むターボジェット機から見ていきます。これにはターボプロップ機も含まれます。また、3つの最もリスクが高い領域についても見ていきます。それは CFIT, Approach and Landing, and Loss of Control です。

最後に我々が克服しなければならない重要な安全に対する障壁についてお話します。

The Fleet - 2007

Type	Western Built	Eastern Built	Total
Turbojets	18,595	1,667	20,262
Turboprops	4,768	1,582	6,350
Business Jets			13,853

はじめに、上のデータが 2007 年の Commercial and Corporate Aircraft Fleets の総数です。見て分かるとおり、約 8%のターボジェットと、25%のターボプロップ機が東側諸国の生産によるものです。民間のターボジェット機の数 は 4%、ターボプロップは 2%、ビジネスジェット機は 8%ずつ 2006 年度より増加しています。

データを見ていく前に事故のクライテリアを示す用語中で「Hull Losses」を「Major Accidents」に変更した事をお伝えします。

「Major Accidents」は次のように定義されます。

Accident Classifications

Major Accident:

An accident in which any of three conditions is met:

1. Aircraft Destroyed, or
2. Multiple Fatalities to Occupants, or
3. One Fatality and Aircraft Substantially Damaged

“Destroyed” は Ascend Damage Index (ADI)により定義されます。ADI とは修理費用 ÷ 航空機の新規取得費用で、ADI が 50%を超えると“Destroyed”と見做されます。このクライテリアにより、事故が航空機の機齢や保険の補償額によって左右されないようになっています。

今後は百万回の離陸に対する「Major Accidents」について見て行きます。

Major Accidents Commercial Jets 1 January 2007 to 1 October 2007					
Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
1 January	Adam Air	B-737	Sulawsui, Indonesia	Enroute	102
13 January	RPX Airlines	B-737	Kuching, Malaysia	Landing	0
13 February	Fort Aero	CRJ-100	Vnukovo, Russia	Takeoff	0
21 February	Adam Air	B-737	Surabaya, Indonesia	Landing	0
7 March	Garuda	B-737	Yogyakarta, Indonesia	Landing	22
17 March	UT Air	TU-134	Samara, Russia	Landing	6
5 May	Kenya Airways	B-737	Douala, Cameroon	Takeoff	114
20 May	Air Canada Jazz	CRJ-100	Toronto, Canada	Landing	0
28 June	TAAG Angola	B-737	M'Banza Congo, Angola	Landing	5
17 July	TAM	A-320	Congonhas, Brazil	Landing	187
17 July	AeroRepublica	EMB-190	Santa Marta, Colombia	Landing	0
20 August	China Airlines	B-737	Naha, Okinawa, Japan	Taxi	0
16 September	One-Two-Go Airline	MD-82	Phuket, Thailand	Landing	89
Source: Ascend					

上の表は 2007 年 1 月 1 日より 10 月 1 日までの民間ジェット機による「Major Accidents」のデータです。ご覧の通り、2007 年はこれまでに 13 件の「Major Accidents」が起きています。このなかで 9 件の「Major Accidents」が離着陸時に起きています。また 1 件の CFIT、2 件の Loss of Control Accident が起きています。

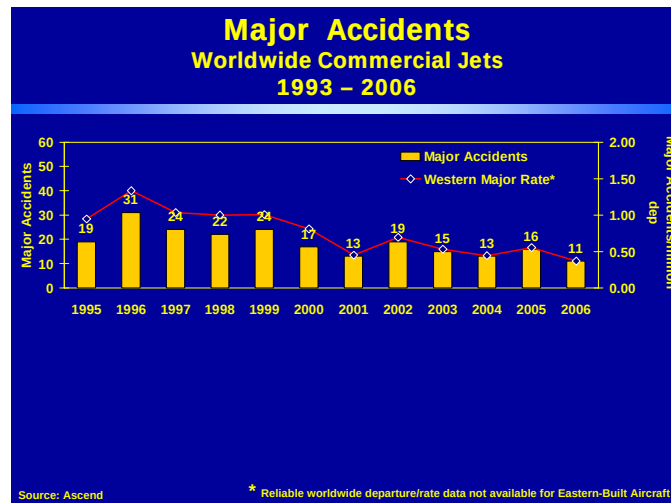
Major Accidents Business Jets 1 January 2007 to 1 October 2007					
Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
7 January	Ahrenkiel Consulting	Premier 1A	St. Tropez, France	Landing	0
9 January	Ameristar Jet Charter	Lear 24	Guadalajara, Mexico	Approach	2
12 January	SunQuest Air Charter	Citation I	Van Nuys, CA, USA	Takeoff	2
24 January	Air Trek Air Ambulance	Citation II	Butler, PA, USA	Landing	0
3 May	Hamilton Ranches	Citation II	Dillon, MT, USA	Approach	2
4 June	Toy Air	Citation II	Milwaukee, WI USA	Climb	6
30 June	IHR Admin Services	Citation I	Conway Field, AK, USA	Landing	1
5 July	Jett Paqueteria	Saberliner	Culiacan, Mexico	Takeoff	3
Source: Ascend					

上の表は 2007 年 1 月 1 日より 10 月 1 日までのビジネスジェット機による「Major Accidents」のデータです。ご覧の通り、2007 年はこれまでに 8 件の「Major Accidents」が起きています。

Major Accidents Commercial Turboprops (> 14 seats) 1 January 2007 to 1 October 2007					
Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
9 January	Aeriantur-M Airlines	AN-26	Adana, Turkey	Approach	32
30 March	Airlink	EMB-110	New Britain, PNG	Descent	2
17 May	Safe Air Company	LET-410	Walikale, DRC	Climb	3
21 June	Karibu Airways	LET-410	Kamina, DRC	Climb	10
25 June	PMT Air	AN-24	Kompong, Cambodia	Approach	22
26 June	Business Aviation	LET-410	Brassaville, Congo	Enroute	0
1 July	Jet Airways	ATR-72	Indore, India	Landing	0
8 July	Laird Air	DHC-6	Muncho Lake, Canada	Climb	1
23 July	Djibouti Airways	AN-26	Dire Dawa, Ethiopia	Takeoff	1
29 July	ATRAN Cargo Airlines	AN-12	Domodedovo, Russia	Climb	7
9 August	Air Moorea	DHC-6	Moorea-Temae, Polynesia	Climb	20
12 August	Jeju Air	DH-8	Busan, Korea	Landing	0
22 August	SELVA Colombia	AN-26	Pasto, Colombia	Landing	0
22 August	Two Taxi Aereo	EMB-110	Reserve Academia, Brazil	Enroute	2
26 August	Great Lake Business	AN-32	Kogolo, DRC	Approach	14
7 September	Transavia Service	AN-12	Goma, DRC	Landing	8
24 September	Free Airlines	LET-410	Malemba Nkulu, DRC	Landing	1

Source: Ascend

上の表は2007年1月1日より10月1日までの座席数が14席以上のターボプロップ機による「Major Accidents」のデータです。ご覧の通り、2007年はこれまでに17件の「Major Accidents」が起きています。例年はターボプロップ機は民間ジェット機に比べて2倍の「Major Accidents」数が起きていますので、今年はターボプロップ機においては、とても良い結果が出ています。



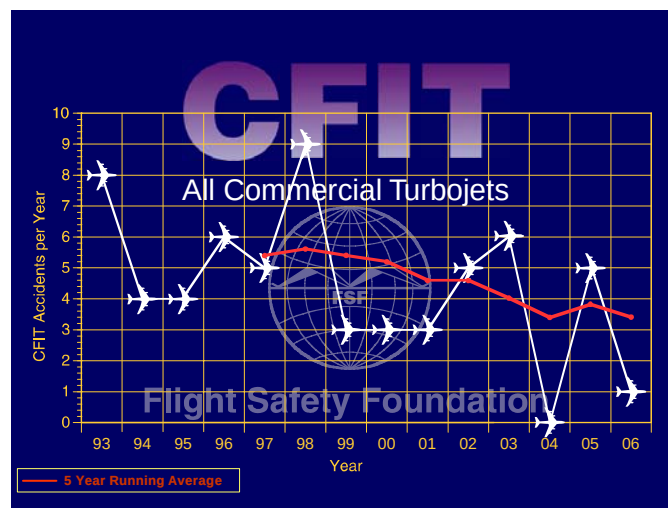
上のチャートは過去12年間の「Major Accidents」数と100万回の離着陸に対する「Major Accident」の割合を示したものです。「Major Accidents」の数は西側、東側製造機の両方を合わせたものです。東側製造機に対する信頼出来るデータが公表されていないために、事故割合は西側製造機のもののみです。

次に一般統計から特定の High Risk 領域について見て行きます。

過去20年間の事故例に見られるように、Controlled Flight Into Terrain (CFIT), Approach and Landing, and Loss of Control Accidents は継続して、致命的事故の主要因となっています。

Controlled Flight into Terrain Major Accidents Commercial Jets 1 January through 1 October 2007					
Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
17 March	UT Air	TU-134	Samara, Russia	Landing	6
Source: Honeywell (Don Bateman), Russian Federation IAC, Ascend					

この表は、2007 年の CFIT 事故についてです。



このグラフは民間ジェット機が起こした CFIT 事故の 1993 年からの統計です。2004 年は民間ジェット機が起こした CFIT 事故が無いことにお気づきでしょう。5 年間の移動平均からは、ゆっくりとですが、改善されて来ているのが見て取れます（1998 年以来 30% の改善）。このグラフは CFIT の発生率を低く保つ事がいかに困難かを表しています。過去 10 年では、平均 4 件の CFIT 事故が発生しています。また、重要な点はこのグラフ上 CFIT 事故はジェット、ターボプロップ機の区別なく全て EGPWS 非装備機によって起こされています。世界でたった 5% の民間ジェット機が EGPWS 費装備ですが、CFIT 事故は起こり続けています。

Approach and Landing Major Accidents Commercial Jets

1 January through 1 October 2007

Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
13 January	RPX Airlines	B-737	Kuching, Malaysia	Landing	0
21 February	Adam Air	B-737	Surabaya, Indonesia	Landing	0
7 March	Garuda	B-737	Yogyakarta, Indonesia	Landing	22
17 March	UT Air	TU-134	Samara, Russia	Landing	6
20 May	Air Canada Jazz	CRJ-100	Toronto, Canada	Landing	0
28 June	TAAG Angola	B-737	M'Banza Congo, Angola	Landing	5
17 July	TAM	A-320	Congonhas, Brazil	Landing	187
17 July	AeroRepublica	EMB-190	Santa Marta, Colombia	Landing	0
16 September	One-Two-Go	MD-82	Phuket, Thailand	Landing	89

Source: Boeing, Russian Federation IAC, Ascend

この表は 2007 年に発生した民間ジェット機の「Approach and Landing Accidents」です。

民間のジェット機においては 8 件の内、5 件の「Major Accidents」が、ターボプロップにおいては「Major Accidents」の 50%が「Approach and Landing Accidents」です。

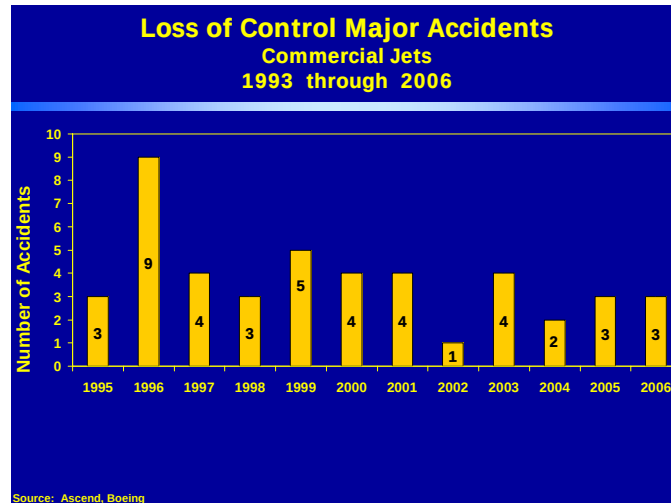
Loss of Control Major Accidents Commercial Jets

1 January through 1 October 2007

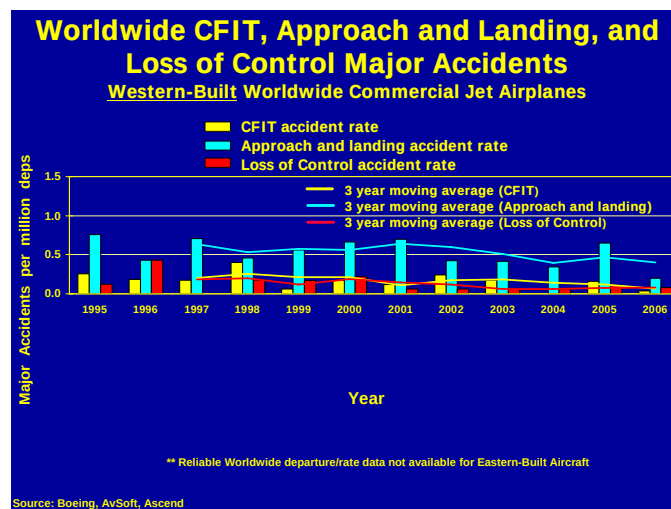
Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
13 February	Fort Aero	CRJ-100	Vnukovo, Russia	Takeoff	0
5 May	Kenya Airways	B-737	Douala, Cameroon	Climb	114

Source: Ascend, Boeing

この表は 2007 年に発生した「Loss of Control Accidents」です。



これは過去 12 年間の「Loss of Control Accidents」です。ご覧の通り、定型的な事故の発生パターンは見られません。改訂された「Upset Recovery Training Aid」がこの領域でのリスクを減少させる事を願っています。



これは過去 12 年間における主要航空会社の「CFIT, Approach and Landing, and LOC Accident」の発生率を 100 万回の離着陸毎に表しています。また 3 年間の各移動平均も示しています。西側製造機のためのデータです。

ご覧の通り、「Approach and Landing Accidents」と「CFIT」の発生率はゆっくり減少していますが、「LOC」の発生率は減少していません。

RUNWAY SAFETY



ここで 2007 年のトピックから離れ、世界の航空業界が直面している、安全に対する主要な障壁について見て行きます。

Runway 上での事故は人が多くいる空港で発生する為、通常、多くの目撃者がいます。

FSF は現在、いくつかの国際的航空組織から、これら滑走路上での事故減少を目的とした合同プロジェクトをスタートさせるように打診されています。

Participants

• EASA	• Airbus
• CANSO	• Embraer
• IFALPA	• ACI
• FAA	• IATA
• LVNL	• ERA
• Boeing	• Eurocontrol
• DGAC France	• AAPA
• Flight Safety Foundation	• US NTSB
• IFATCA	• AEA
• NLR	

これは現在、このプロジェクトに参加している組織です。

次は、「Runway Safety」の定義です。「Runway Safety」とは滑走路環境とその周辺（Overruns, Highspeed Taxiways 等）に関係する全ての安全問題である。「Runway Safety Issues」は「Runway Incursions, Runway Excursions, Inappropriate Use of Runways」を含みます。

Runway Safety Issues

- **Runway Incursions**
- **Runway Excursions**
- **Runway Confusion**

多くの人にとって、現在、「Runway Safety」は「Runway Incursions」を意味するでしょう。

しかし、これから見ていくデータが示すように、我々は、「Runway Incursions」「Runway Excursions」そして「Runway Confusions」これら全ての領域を考慮する必要があるでしょう。

1977 - KLM / Pan Am



**Los Rodeos Airport -Tenerife
Canary Islands**

March 1977 — 583 Fatalities

我々は Runway Incursion が単一の事故としては過去最大の航空事故の原因である事実を知っています。



Excursions は滑走路からの逸脱を含みます。Excursions はまた Overrun も含みます。



多くの Excursions は最小限の損害ですみます。その多くは無損傷で負傷者も無く、報告さえ行なわれていません。

我々は航空機の接地点が伸び、さらに背風を受け速度が速く、WET や雪氷滑走路に着陸する際の結果はどうなるかを毎年数回証明して来ています。

「Excursion」は「CFIT」の定義の中での「クルーが状況を認識することなく」とは異なり、クルーにとってはある程度予測がつく事故なのです。

我々は Runway Safety に関するカタログを世界で初めて作成しました。



<u>Runway Safety Products Catalog</u>			
Runway Incursion:			
Product Title	Originator	Type Product	Target Audience
1. ICAO Runway Safety Toolkit	ICAO	CD and web	Aircrew, Airports, ATM, Management
2. Runway and Surface Safety	FAA	CD and web	Flight Instructors Pilot Examiners
3. Taxi 101	FAA	CD and web	Maintenance personnel
4. Runway Incursion Prevention Program	FAA, ACI, IATA, PAAST	CD and web	Aircrew, Airports, ATM
5. European Action Plan for the Prevention of Runway Incursions	Eurocontrol et al	CD and web	Aircrews, Airports, ATM Vehicle drivers
6. Runway Incursion Joint Safety Analysis and Implementation Team Reports	FAA (CAST)	CD	Aircrews, Airports, ATM
7. FAA Runway Safety Website	FAA	Web site	Aircrews, ATM, Vehicle Drivers
8. Enhanced Taxiway Centerline	FAA	CD and web	Aircrews, ATM, Airports
9. AOPA Runway Safety Course	FAA, AOPA	Web site	General Aviation Pilots
10. ALPA Runway Safety Course	FAA, ALPA	Web site	Aircrews
11. ACI Airside Safety Handbook	ACI	Handbook	Airports
12. Sporty's Pilot Guide to Runway Safety	Sporty's	CD	General Aviation Pilots

<u>Runway Safety Products Catalog</u>			
Runway Excursion			
Product Title	Originator	Type Product	Target Audience
1. ALAR Tool Kit	Flight Safety Foundation	CD	Aircrews, ATM, Airports
2. Managing Threats and Errors During Approach and Landing: How to avoid a Runway Overrun	Flight Safety Foundation	Web	Aircrews
3. Takeoff Safety Training Aid	FAA	CD and web	Aircrews

Runway Incursion や Runway Excursion に関する資料は各機関により多数作成されており、誰にでも閲覧可能です。



Runway Safety に関する統計を見ていきます。

<u>Preliminary Accident Data</u> <u>1995 – 2006</u>			
<u>Commercial Aircraft</u>			
<u>Jets</u>		<u>Turboprops</u>	
Major	Substantial	Major	Substantial
249	335	473	213
Total	584		686
1,270 Total Accidents			

1995 年から 2006 年までの事故統計(Major Or Substantial Damage)です。全ての民間用航空機を含みます。

<u>Preliminary Accident Data</u> <u>1995 – 2006</u> 1,270 Total Accidents		
	<u>Number</u>	<u>Percent of Total</u>
Incursions:	10 (.8/year)	.8 %
Excursions:	374 (31.2/year)	29.4 %
Confusion:	4 (.3/year)	.3 %

ご覧の通り、Incursion は 1 年間に約 1 件、Excursion は約 31 件発生している事が読み取れます。Confusion については以下の 4 件がこの期間中に発生しています。

Confusion:

1. Lexington CRJ 27 August 2006
2. Lagos, Nigeria B747 29 Nov 2003
3. Jackson Hole King Air 4 Jan 2000
4. Taipei B-747 31 Oct 2000

<u>Preliminary Accident Data</u> <u>1995 – 2006</u> 1,270 Total Accidents		
	<u>Jets (%)</u>	<u>Turboprops (%)</u>
Incursions:	1.4 %	.2 %
Excursions:	36 %	25 %
Confusion:	.5 %	.1 %

統計によると Excursion においてはジェット機はオーバーラン、ターボプロップは滑走路からの逸脱がそれぞれ目立っています。

Aviation Safety 2007

- **Overall safety performance for commercial jets remains excellent, but not as good as 2006**
- **Commercial jet loss of control and Turboprop CFIT accidents dominate the fatality numbers**
- **Over 50 % of all major accidents still happen during approach and landing**
- **The challenge of reducing the risk in all aspects of runway safety is significant**

以上、今年の統計を見てきました。民間用ジェット機の事故率は前年より良くありませんでしたが、全体的には 2007 年の Safety Record は素晴らしいものだったと言えるでしょう。Aviation Safety おいて最も気をつけなければならない事は未だにジェットでは Loss of Control、ターボプロップでは CFIT となっています。進入離着陸時の事故は全体の大部分を占めています。最後に我々は全ての Runway Safety (Incursions, Excursions and Confusion) に関する障壁を克服しなければなりません。

(抄訳文責 : JAPA)

安全報告をとりまく法的・文化的な手強い課題

Radu Cioponea,

Safety expert, Performance Review Unit, EUROCONTROL

報告についての方針と手続きの文書化

- ユーロコントロール : 航空保安業務の安全に関するヨーロッパの機関
- パフォーマンス検討委員会の結論 : 安全レベルが分からない！
- なぜ? : データの欠如
- どうして? : 報告がない
- 理由は? : 報告したら、あとが怖い
- IFATCA の方針 : 罰則のおそれがあるなら、報告せず
- 取り得る唯一の解決 : 「公正な安全文化」

ユーロコントロールがパフォーマンス検討委員会¹で達成すべき安全レベルを検討したとき、現状の安全レベルが把握できないという問題に直面した。実態を示す報告データが乏しかったからである。そこで、ユーロコントロールは 2001-2002 年にかけて安全事象報告を阻害する法的要素の調査を行い 2003 年に公表²したが、これに続いて 2005-2006 年にも各国の安全報告システム推進を目的としてフォローアップ調査³を行った。この調査結果からの考察を紹介する。

各国の実態はどうだったのだろうか？

事故とインシデントの情報収集と調査については複数の EU 指令⁴がある。これらは、ICAO 標準、中でも第 13 付属書に付加して作成されている。

EU 指令 94/56/EC⁵は現在までに全ての EU およびヨーロッパ経済領域の諸国家で実行に移されているが、国によっては形だけで、リソース不足のため調査官はろくに業務を遂行できない。調査報告は非常に遅くなったり、未完成で終わったりするばかりでなく、EU 指令や ICAO 第 13 付属書の要件どおり公表されない場合もある。

指令 2003/42/EC⁶は 94/56/EC より新しいため、各国法令への取り込み状況は未だまちまちであり、15%ほどの国々はまだ実行していない。この指令も報告者に対して幾ばくかの保護を与えることになっている。いくつかの事例ではこれが実現しているが、司法の強権が弱まることはない。これに加えて、文化的な障碍が存在するところではその解消に長期間を要する。

安全管理システム (SMS) とその決定的要素の 1 つである報告制度を構築し維持する上で遭遇する難題は、2 種類に大別できる。1 番目は法的、文化的な高次元の課題でありさらに細分化できる。

¹ http://www.eurocontrol.int/prc/public/subsite_homepage/homepage.html

² <http://www.eurocontrol.int/prc/gallery/content/public/Docs/safety.pdf>

³ http://www.eurocontrol.int/prc/gallery/content/public/Docs/Legal_and_Cultural_Issues_Safety.pdf

⁴ EC 立法には次の種類がある (EC 条約 249 条) : 「規則 regulation」 「指令 directive」 「決定 decision」 「勧告 recommendation」 および 「意見 opinion」 。規則はすべての構成国を拘束し、国内の批准を経ず自動的に国内法の一部となる。指令は向けられた構成国のみ対象にして結果のみを拘束し、それを達成するための手段と方法は構成国に任される。(「EU 論' 06」, 柏倉康夫・植田隆子・小川英治, 放送大学, 2006 Page 39-40 より要約・引用)

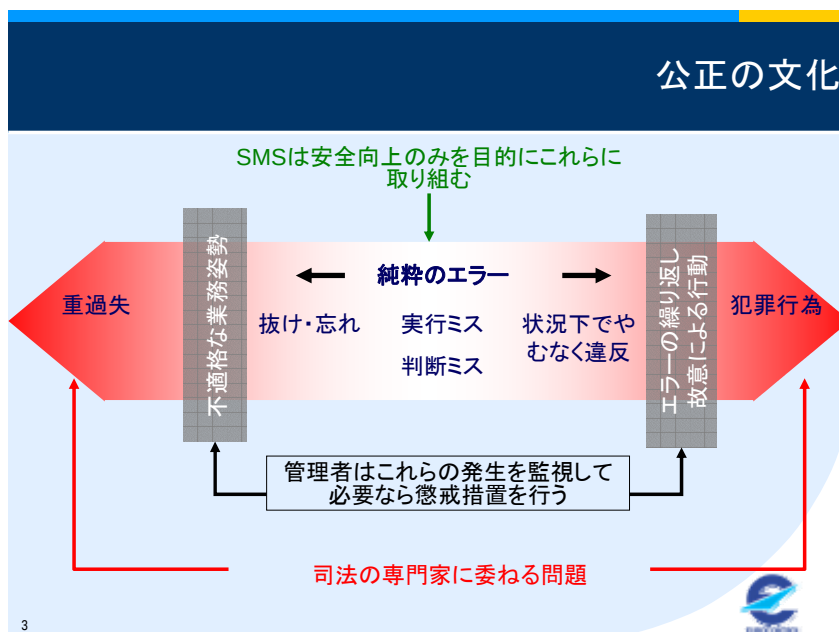
⁵ http://www.emsa.europa.eu/Docs/marine_casualties/air_directive_94_56_ce.pdf

⁶ http://www.emsa.europa.eu/Docs/marine_casualties/directive_200342ec.pdf

法的な問題は主に 2 つだけで、一見簡単そうに見える。その 1 つ目は秘匿性の保証一言い換えると報告者の個人情報が決して一般公衆、メディアは もちろん司法当局にすら明かさないことである。2 つ目の問題は、インシデントが起きると司法当局が捜査すべき対象かどうか訳も分からぬまま介入してインシデントの関係者に法的措置を構えることである。

文化面での課題はより複雑

で、深刻さは根深い。大局的には当該企業内の問題であり、広げても航空界（航空保安業務提供機関 ANSP(Air Navigation Service Provider)⁷、民間航空局 CAA 及び所管省）をはみ出すものではない。文化面の課題リストの中で先ず取り上げるべきことは、企業・組織内における「非難しない文化」一すなわちインシデントが恥ずかしい怪しからぬ事件としてではなく、仕事に付き物であり、教訓を学ぶ好機として取り扱われるようにすることである。これにはインシデントを堂々と報告する管制官達の意欲に支えられなければならない、また組織内のあらゆる階層で上下左右の全方向に風通しの良い意志疎通が成り立っていないなければならない。



ユーロコントロールによる「公正の文化」の定義⁸

最前線の運用者その他の者が、彼らの経験および訓練に相応して行った行為、手抜き、または判断に対して処罰されることはないが、重過失、意図的な規則違反および破壊的行為は許容されない文化

A culture in which front line operators or others are not punished for actions, omissions or decisions taken by them that are commensurate with their experience and training, but where gross negligence, willful violations and destructive acts are not tolerated.

絶対におろそかにしてはならないことは、うっかり起こした判断ミス、手抜きまたはその他類いの事象と、故意の行為、怠慢、その他反社会的と考えられる行為とを峻別することである。公正の文化は、どんな種類の行為にも全面的な恩赦を与えるものではない。公正の文化の基礎は信頼である。

⁷ 航空保安業務提供機関と民間航空局とは別の組織として取り扱われている。

⁸ ICAO 安全管理マニュアル Doc. 9859 (初版：2006 年 3 月)では Just Culture を次のように解説している

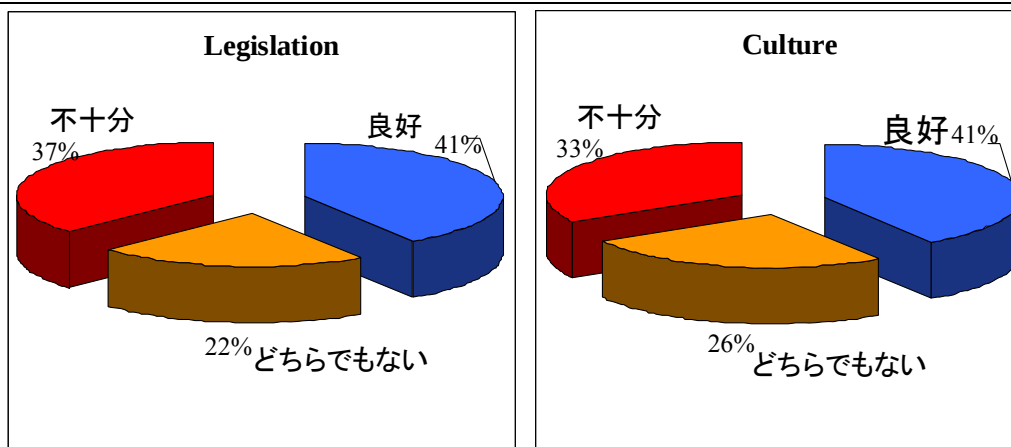
4.5.25 d) **Just Cultures.** 非懲罰的な環境は良好な報告する文化にとって基本的なことであるが、それだけではなく、要員は何が受容でき、何が受容できない行動であるかを知り、それに同意しなければならない。重過失又は故意の違反は、(非懲罰的な環境であっても)管理者により許容されてはならない。公正な文化は、一定の状況において、懲罰的な措置が必要な場合があることを認識し、受容可能と受容不能な行為又は活動の境界線をはっきり引こうとする。

現状は

- 約 30 のヨーロッパ諸国をカバーした最近（2006 年）の調査；
- 国際的な参加を得た 2007 年の管制官アンケート；
- 認識度は良好、機運が高まりつつある；
- 考え方はまだ十分理解されていない；
- 懸念の度合いは非常に高い；
- しかし改善の期待

この調査はヨーロッパの約 30 カ国をカバーし、100 回ほどの会合であらゆる関係者と面談した：航空管制官、安全規制当局者、事故調査官、法律家、経営／管理者等々である。これは大量のデータを生成して分析がたいへんだったが、結果は苦勞に値するものだった。結論のまとめとして言えることとして、事象報告システムへの関心は高く、向上しつつあると同時に、公正の文化をとりまく諸課題の論議が盛んに行われており、地域によって時期の見通しは異なるが、まだ先は長い。少なくとも我々は目的地に到達していない。トンネルの先に希望の曙光さえ未だ見えない地域／国すらある。

ヨーロッパにおける法令と文化



- 22%の国しか適切・優良な法制と文化を兼ね備えていない。
- 26%の国はどちらも無い。

現況（続き）

- 不十分な法令は大きな問題の 1 つ；
- 会社の文化はそれらの諸問題をさらに悪くする；
- 法的措置が取られる可能性があるとして文化改善の努力を台無しにする；
- 一方、世界一の法制を持ち込んだとしても十分な安全文化の裏打ちがなければ無意味；
- アンケートした管制官の大多数は、あとが怖いからとインシデントを隠すと回答；
- 報告されないため知られないままの潜在的な原因で事故が起きないか心配する者が多い。

現在の法令がすでに安全報告を行うことを妨げる幾つものスレットになっていることがありそうだ。これらのスレットはまさに手ごわい難題であって解消にはかなりのリソースを要するため、これらを認識して特定しなければならない。法律家を招き入れるべきかもしれない。うまく行きますように！ それはともかく、このようなスレットは刑法典の中に存在するものだが、真の問題は条文そのものではなく、インシデントを犯罪扱いすることにある。その場合にこそ刑法典がスレットになる。労働法についても課題があり、従業員が雇用者から低い評価を受けるといった問題である。民法に関

しては、訴訟好きな第三者が訴えを起し、従業員の所属する組織が何も支援しないといった問題がある。航空法規にも難題があり、インシデントがあった場合に管制官が罰金を受ける場合があることなどが含まれる。これらのスレートを明確に識別して、撤廃の理想に向かわなければならない。

司法は敵か？		
● 公衆を守る ● 法令を擁護 ● エラーを補足し、エラーをなくす ● 学び、教える		
● 航空保安業務の本質 ● 司法も同じ		

司法を敵視すべきでないことは重要である。ATM も司法も基本的には公益を意識して公共への業務を提供している。これら 2 つの異なる（往々にして相反する）立場の間で相互理解が必要であり、双方が協力するのが理想の姿である。

幾つかの国では問題が実に深刻であり、司法制度が証拠を重視しないとか、中世の「審問型：判事と検事の区別がない」が残っているとかの現実がある。これはきわめて困難な状況であって、解決の早道はなく、「公正の文化」を達成するため手を変え品を変えて律儀な頑固さを続けることが必要だろう。そのような地域については、そのとおりだろう。しかしかなり多くの国では中世の審判型ではないのに、必要な仕事、献身と関与、そして利害の主張の欠如を正当化するために法的な主張が誤用されている。

ICAO Annex 13
● 10 カ国が Annex 13 の【5.12－記録の非開示】との相違を通報している； ● 2 カ国が 【6.2－情報の開示】との相違を通報している； ● その 10 カ国のうち、6 カ国はヨーロッパ諸国（フィンランド、フランス、モナコ、ポルトガル、スウェーデン、スイス）； ● 米国もそのリストに入っている； ● しかしこれら 7 国は良好な安全システムを備えている。 ● 相違があるのに通告していない国が他にどれだけあるだろう？ ● データの保護を保証できない国は、他にどれだけあるのだろう？

Annex 13 の補遺（Supplement）は、同附属書に記載の標準に 1 つ以上相違がある国と、通報された相違の内容を列挙している。【5-12－記録の非開示】との相違を通報した国の数は驚くほど少ない。相違を通報した 10 カ国のうち、少なくとも 7 カ国は適切な文化と先進的安全システムを備えていることが広く知られている。ICAO 締約国の中で安全情報の保護に問題がある国が 10% 以下しかないとはいとも信じられない。相違を通報していない他の国々は認めたがらないだろうが、現実はいっとく深刻だと断言してよい。さらに付け加えるなら、国際標準への適合が不明な（またおそらくは管理できてない）状況はもっと危険である。

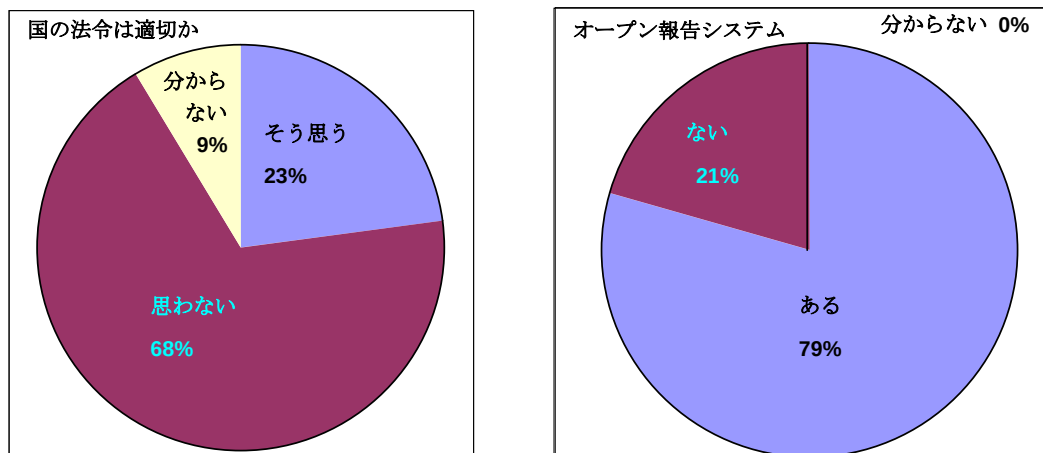
管制官の見解

- サンプルは少数：アフリカ・アジア・オーストラリアの代表達；
- 米州からの回答なし；
- しかし、状況はヨーロッパと大差ないように見受けられる：
 - 法律が不適切 and/or 不完全；
 - 個人が標的（特にアフリカで）；
 - 独立の事故調査機関を求める意見が多い；
- 多くの回答者は法律が不十分と考えている（アフリカ、アジアに該当。オーストラリアはそれほどでもない）

国際管制官協会連合 IFATCA は当初よりこの調査を支援してくれた。彼らの応援を得て世界中からの代表者にアンケート調査を行った。サンプル数はあまり多くないが、世界の状況を把握するには十分なものだった。残念ながら米国大陸諸国のいずれからも回答は得られなかった。

調査結果ではヨーロッパがやや進んでおり、中でも、EU 法令が各国に展開されている点が特筆される。考え方と文化の点では、世界の幾つかの地域（中でもアフリカ）は依然として犯人探しが中心になっている。

ヨーロッパの法令



ヨーロッパの回答者のうち3分の2以上は法令が不適切と考えている。しかし、具体的に述べてもらう設問に答えられた人は多くない。当然だろう、そのような細部を憶えていることは難しいし、管制官は法律家ではない。しかし自己の権利と義務を心得ていることが力になる。

オープン報告システム⁹が存在するとの回答が大多数だったことは注目に値する。この回答は、我々ユーロコントロールが受領するデータの量が少ないことと矛盾する。これは、このオープン報告システムが名ばかりで機能していないことを示しているのかもしれない。

⁹ 「オープン報告システム」が何を意味するか著者の説明はなく、国際標準にも定義はないが、Global Aviation Safety Roadmap では「オープンとは、義務的に要求される範囲を超えた報告とその利用を奨励すること」としている。

為すべき事は何か？
法と規則 ● 幾つかの課題は残っているが、概して法令には問題なし； ● 大変革の必要なし。必要なのはむしろ応用・適用； ● ミステークはどれでも全てが犯罪ということはない； ● 肝心なこと：些細な発生事象の犯罪扱いを止めること； ● その基盤：相互信頼； ● これは文化に取り組む大きなプロジェクトだが、実行する価値がある。

安全報告システムは、適切な法律と規則によって守られていることが重要である。法令には国会で承認される親の法律と、民間航空局、運輸省、または同等の組織が定める規則とがある。それらはほぼ同じ効力を有する。

現在すでに幾つかの国際的な法令の枠組みがあり、非懲罰の安全報告を奨励し、保護している。それらは ICAO Annex 13、ユーロコントロールの ESARR 2¹⁰ と関連基準、EC 指令 94/56、および EC 指令 2003/42 である。これらは同じ考え方を推進するものであり、適切な国の法令を支援する準拠材料は現在これらのみである。

しかし、各国での施行が必須である。上記の準拠材料は必ずしも国レベルで強制力があるとは限らないだけでなく、さまざまな種類の諸国に適応できるよう一般的な書き方になっているため、コピーして貼りつけるだけでは不十分である。その国に適応させることや、各条項の強制施行手段（秘匿性を破った場合の罰則など）が必要である。

大切なことは、国での施行にはこの法の厳格な意味とその精神を取り入れなければならないことである。明確な施行ルールと基盤となるメカニズムを揃えない、あまりにお手軽な国の施行プログラムは、強いていえば国際法令に適合するかもしれないが、本来の精神には遠く及ばず、報告制度が機能しないことになる。

EU 指令 2003/42/EC は優良な報告システムを確立する方向への正に必要な助けをもたらした。この指令は第 8.3 条の出だしの文言（「該当する刑法を阻害することなく」）によって課せられた制約のため、全面的な助けにならないことは事実である。実際問題、刑法が問題になる場合はこの EU 指令は役に立たないだろう。しかしインシデントが犯罪として扱われることはめったにないので、この指令は明らかに前向きな原動力になる。したがって、国における適用は熟慮の上で同指令を全面的に活かすものとすべきである。

次のグラフは、報告システムが支持されているかとの設問に対する回答である。このグラフが受け止めただけかもしれないし、現実を写すものかもしれない。しかし、管理層、特に中間管理層が支援してないと受け止める割合が大きいことが憂慮される。二人いないとタンゴは踊れない。だからこの問題に取り組んでほしい。会話はきわめて強力なツールだ。「NO」の割合を減らせることだろう。もっと心配なことは、1/4 もの人たちが自分の同僚を「協力的でない」と見ていることである。なぜだろう。階層の隔てはないので、何が問題なのか。語り合うことを妨げるものは何か。これは優先的に取り組むべき事項である。

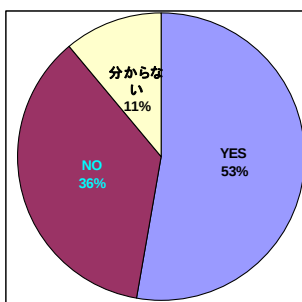
¹⁰ EUROCONTROL Safety Regulatory Requirement (ESARR) 2 “Reporting and Assessment of Safety Occurrences in ATM”のこと。2001 年より適用されている。

http://www.eurocontrol.int/src/public/standard_page/esarr2.html

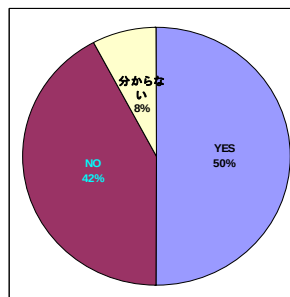
Support for the system in Europe

管制官の見方

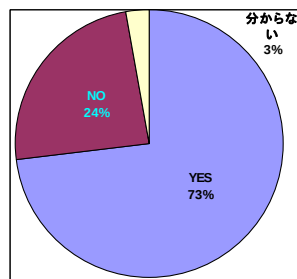
経営トップによる推進・支援



中間管理層による推進・支援

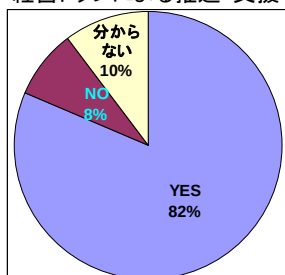


管制官による推進・支援

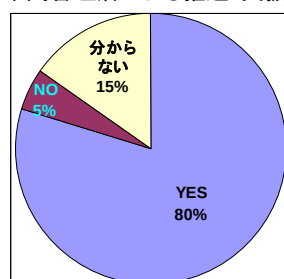


経営者・管理者の見方

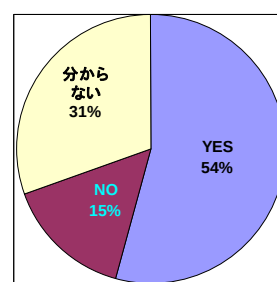
経営トップによる推進・支援



中間管理層による推進・支援



管制官による推進・支援



管制官の見方と管理層の見方には大差がある。感覚だけか、現実か。気にしてよいことだろう。

できることは何か？

- 管理層が安全に関与；
- 経営幹部は中間管理層より信頼されている模様；
- しかしヨーロッパ以外の国の多くは、安全報告の重要性を気付いてないか無関心；
- 是正措置と処罰の区別が判然としないことが、大きくてしばしば起きる問題；
- 同僚の支え（そして CISM）が不可欠；
- 信頼を築き維持することが決定的に重要；
- このために、コミュニケーションがポイント；
- フォローアップ、フィードバック、そして何よりもアクション！

立派な法令があり、規制当局は優秀で強力だとしても、実際の問題はこれら全てを日々の仕事に反映させることである。これが安全管理システムであり、その一部が安全報告と分析である。

安全文化には多くの要素がある。どんな法律も人々どうしの信頼を強制することはできない。どんな法律も人々に語り合わせることはできない。だから、多くの組織でいまでも上下左右両方の内部意思疎通が滞っているのは嘆かわしい。人々はとかく次の両極端のどちらかに陥りやすい：

1. 我々は全て分かりあっており、意見は纏まっている。意思疎通は完璧だ；又は
2. 彼らに話して何になる、彼らは聞く耳を持たないし、どうせ話しても分からない。

関係者全員が報告システムに信頼を置くことが絶対に必要である。管制官は、管理層が安全報告を

悪用しないと信用できなければならない。管理層は、管制官が非懲罰のシステムを乱用しないと信用できなければならない。まず同僚の間に信頼が必要だ。管制官は同僚がインシデントに遭ったときあまり支援しないことがある。こんな時こそ同僚の助けが何より重要だ。管制官は誰でもいつかその助けを必要とするかもしれないのだから。

信頼を形成して続けていくためのキーポイントは、コミュニケーションが良く取られていることである。これは職階や業務の島を越えて実現しなければならないが、実は簡単にできることではない。経営トップが率先して姿を見せなければならない。中間管理職は円滑で公平な意思疎通の仕組みを実行しなければならない。管制官は仲間どうしで、また管理職とコミュニケーションしなければならない。

このための堅実な基礎となるのは、法令と会社の規則など、自己の義務と責任を十分理解していることである。これらをもれなく承知していてこそ、仕事の環境がよいのか悪いのかを判断することができ、改善を提起できる。

この動きは、経営・管理サイドからの一方通行になってはならない。信頼と良好なコミュニケーションが成り立っているなら、誰もが恒常的に報告システムに気をつけていて、何か改善すべきことがあれば声をあげるべきである。

メディアと公衆

- 情報の秘匿性が決定的に重要；
- 秘密を保てるかは別の問題；
- マスコミは、最も苦しいときに情報を求める（しかも入手する！）；
- マスコミが得たデータは曲解・誤用されるのがふつう；
- 解消策：恒常的・的を絞った教育とコミュニケーション作戦

EU 指令 2003/42/EC は、報告の秘匿性を保証するものである。範囲が限定されている（司法からの保護はない）とはいえ、これは餌食を探すマスコミや事情に暗い公衆の目からデータを守る非常に強力なツールである。だから我々は安心して報告することができ、報告は堅固な壁で外部から守られている・・・(?)。

実は、秘匿性はそう簡単にはいかない。航空保安業務は公共のための事業であり、一般公衆は知る権利を有している。我々には知らせる義務がある。したがって、プロとして伝えるべきことを包括的な情報として定例的に提供することが不可欠である。こうすることによって公衆は納得して安心でき、おそらくマスコミを寄せ付けずに済むことだろう。

代替案はあるか？：CIA ですら情報漏洩がある。過去に何回も発生したことが実証されているし、最近にもあった。ジャーナリストはいつでも情報を入手する手段に事欠かない。どんな時か？ それは、我々にとって一番嫌な時だ。そうでなければ、彼らにはフットボールや名士の結婚など記事にできることが他にいくらでもある。彼らが情報をほしいと思えば、彼らは入手する。多くの場合、その情報は不完全で、一方的で、胡散臭いものだ。記事を売るために十分な材料なら、その情報が正確かどうか彼らは気にしない。この結果、得られた情報はほとんどの場合、曲解されたり誤用されたりすることになる。

解決の出口は一つしかない：ジャーナリストたちより賢く立ち回ることだ。できることなら、もっとよい方法は彼らと共同作業することだ。司法と同様にマスコミも、やり方と目的は異なるが、公共

のための事業を提供している。定例的に情報が手に入るなら、彼らは満足することだろう。したがって、あなたは先回りしてゲームを組み立てるべきだ。こうすれば、ジャーナリストの中にあなたの仲間を作ることができる — 客観的で賢明で誠実なジャーナリストが絶滅種族ではないと信じて、彼らを教育し、情報を与え、善きにつけ悪しきにつけ彼らを巻き込むことだ。それと併行して、会社の中で最も事情に通じておりマスコミを相手にできる人を見つけることだ。彼らの言葉で話ができる人を。

報道のケーススタディー

- ヨーロッパで起きた 4 件の主な安全関連事例について報道ぶりを調査した：
 - 3 件の衝突・墜落事故：
 - 2000 年 7 月 パリ シャルルドゴール空港¹¹；
 - 2001 年 10 月 ミラノ市 リナーテ空港¹²；
 - 2002 年 7 月 ドイツ ユーバーリンゲン上空¹³
 - 英国の管制業務提供機関 NATS でのコンピュータシステム停止¹⁴；
- 関連した 5 カ国（フランス、イタリア、スイス、ドイツ、イギリス）の新聞等から公平にサンプルを取った。
- あなたの国ではどうだろう？

ユーロコントロール試験研究センターは、2000 年代初期に起きた大事故と NATS のシステム機能停止がどのように報道されたかを調査した¹⁵。革新系、保守系を含め代表的な新聞と雑誌をサンプルとして選び、各事象の発生から 3～4 年間の報道を評価した。この調査が目指したのは、各国の ATS 機関が航空交通の安全を保証する上での能力に目を向けさせた 4 つの事象をヨーロッパ内関係 5 カ国の活字メディアがどのように報道したかを吟味することだった。

全国紙／地方紙、日刊／週刊等、国のバランスを考慮して、合計 23 の新聞を選んだ。これらの発行部数は合計 1,700 万部であり読者数は 5,000 万人程度と考えられる。

¹¹ コンコルド機が離陸時に、滑走路上の異物によりタイヤ破壊、主翼燃料タンク破損と火災、エンジン損傷が発生し墜落。<http://www.bea-fr.org/docspa/2000/f-sc000725a/pdf/f-sc000725a.pdf>

¹² 濃霧の中で、離陸中の MD-87 と滑走路に誤進入したビジネスジェット CESSNA 525-A が滑走路上で衝突。<http://www.ansv.it/En/Detail.asp?ID=177>，

¹³ ツポレフ 154M 型旅客チャーター機と B757 貨物機が夜間の巡航中に空中衝突。両機は TCAS を装備していた。
http://www.bfu-web.de/cln_009/nn_53140/EN/Publications/Investigation_20Report/2002/Report_02_AX001-1-2_C3_9Cberlingen_Report.templateId=raw.property=publicationFile.pdf/Report_02_AX001-1-2_Überlingen_Report.pdf

¹⁴ 2002 年から 2004 年にかけて NATS の ATS コンピュータシステムでソフトウェアに起因するブレイクダウンが数回発生し、航空交通が大混乱した。数年がかりのシステム近代化と新システムへの移行の中で発生したもの。
<http://catless.ncl.ac.uk/Risks/23.41.html#subj1.1>
<http://www.guardian.co.uk/business/2002/may/18/theairlineindustry.transportintheuk>
<http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/1920527.stm>
<http://www.cs.mdx.ac.uk/research/SFC/Reports/TR2002-02.pdf>
などを参照されたい。

¹⁵ Eurocontrol Experimental Center の報告書 ” Safety of Air Traffic as Seen by the Press ” , Report No. EEC-2005-029 は 2005 年に公表されたが、現在ウェブページでは一般公開されていない。

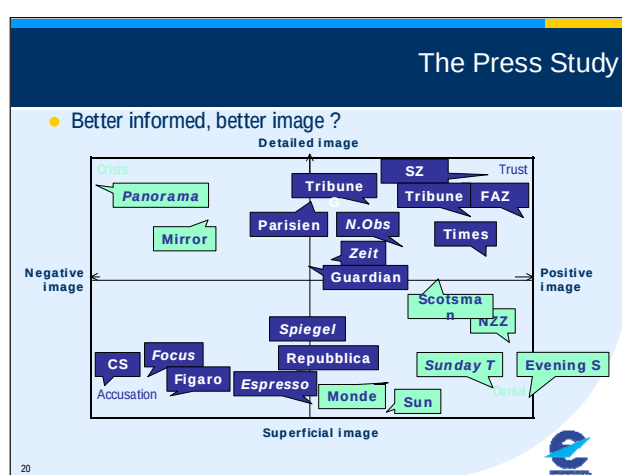
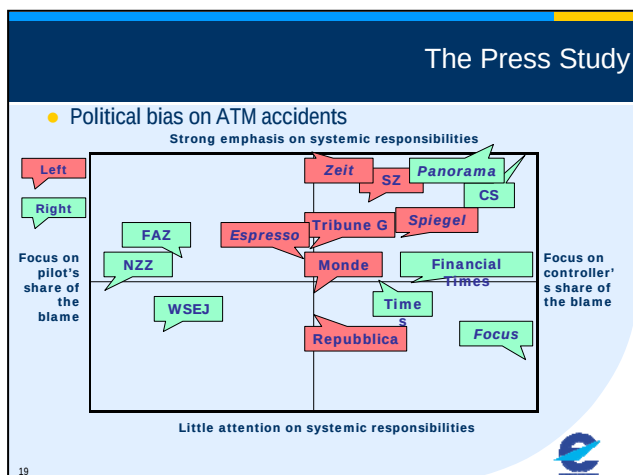
参考 URL : http://www.eurocontrol.int/eeec/public/standard_page/SEE_reports_2005.html

入手希望者は mailto:eeec.web.content.manager@eurocontrol.int?subject=SEE_report_2005_007 に e-mail で依頼するよう案内されている。

報道に関する調査のまとめ

ATC のイメージ

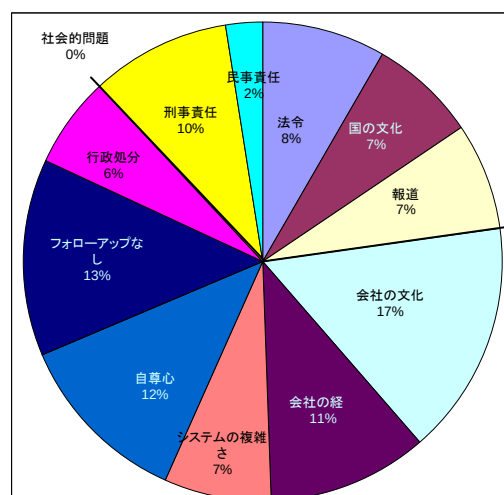
- ますます透明性と説明責任が求められ、法令に適合しなかった者が引きずり出されて適格性が問われるようになったいまの社会にあっては、一般公衆およびマスコミに対して ATC が目立たぬよう低姿勢を構えていることは問題を引き起こしかねない。
- 報道される ATC のイメージは、以下の要素に影響されている・・・
 - メディアの政治的傾向
 - 体系的な解説の提供を受けていると多少変わるが、保守的なメディアは個人の失敗に焦点をあてる。
 - 情報の正確さ
 - 23 の新聞どれも ATC の全体像を報道しているものはない。しかし情報を詳しく伝えているものほど、イメージは良い。
 - よく書けている報道は、たいてい ATC 業務の難しさを詳しく述べている — が、よくてそこまで、この業務に気を引かせる好意的な記事はあまりない。



ヨーロッパでの安全事象報告—阻害要因と実行すべき解消施策は？

締めくくりに入ろう。この図は安全事象報告を阻害しているものは何かとの最後に対する回答の集計である。図示のとおり、全体の 1/3 は貴方たちがすぐ手を打てる領域ではなかったり、取り組んだとしても難しい領域だったりする。グラフの上にある「刑事責任」から「報道」まで（10 時 30 分～2 時 30 分）がそれに中る。では、それ以外を見てみよう。

阻害要因のうち 2/3 は、貴方たち自身が変わえられるものだ！「会社の文化」と「自尊心」だけでも 1/3 を占める。これらは貴方があまり手間をかけないで自分たちの



手でできることが多いし、やったことの結果がすぐ目に見えることだろう。やりがいはずぐ分かるはずだ。

このメッセージを持ち帰ってほしい：我々の調査報告書を本棚に収納して終わりにしないでほしい。いま進められている改革をもっと積極的に推進して実現するのは貴方たちだ。

模範的業務方式
● ヨーロッパは先進的な業務方式の事例に事欠かない¹⁶： ● ポルトガル； ● 英国； ● デンマーク； ● フランス； ● 国や ATS 機関の規模とは無関係； ● 国の文化に関わりない

良いものは使えばよい。他者の経験を学ぶことをためらってはならない。車輪は人類の文明を支えた偉大な発明だが、自分たちが考えたものではないからといって、コロを使い続ける馬鹿はいない。報告システムについても幾多の調査や研究が行われてきて、基本的な考え方は既に成熟段階に達した。これらの模範的業務方式は他の国でも十分に適用できることだろう。少なくとも、自国や自組織で採用する場合の留意点を教えてくれることだろう。

スカンジナビア諸国の文化は実質的でオープンであり、これが非懲罰の法制で世界をリードするデンマークの事例の秘訣だと言われている。理論的にはそのとおりだろう。しかし調査結果では、文化の異なる他の国々も、法制の助けがあったり無かったりの違いがあっても、報告システムの確立を達成しているところがある。法制の裏付けなしでは、安全事象報告がもろいものになるかもしれない。しかし、航空交通量が増大を続け事故リスクが増加する中であって、環境条件の改善待ちだけでは済まされない。

国やATS組織の大きさはあまり関係ない。小さい組織では誰が何をしたか誰でも知っているので、インシデントが起きたことを当該シフト、当該官署、または当該センターだけに留めておくことは不可能だと言われてきた。そうかもしれないが、インシデントに関わる問題点の解消については信頼と同僚の支援が欠かせない。上の表の中には、それほど大きくないが安全事象報告制度で成功した組織が含まれている。ポルトガルはそれほど大きい国ではないし、ロード島空港はずっと小さい。

迂回路は他にないし、ややこしい仕組みではない。ただ、組織内でこのような安全事象報告システムと風通しのよいコミュニケーションを築くのは数年を要するかもしれない。しかし今ためらって先延ばしすれば、将来はさらに長期間を要することだろう。

(抄訳文責：ATEC)

¹⁶ これらの事例については、ユーロコントロールの調査報告” Legal and Cultural Issues in relation to ATM Safety Occurrence Reporting in Europe” を参照されたい。
http://www.eurocontrol.int/prc/gallery/content/public/Docs/Legal_and_Cultural_Issues_Safety.pdf

航空機整備の認定事業場における ヒューマンファクターズの不具合に対する取組状況の調査結果

*William B. Johnson, Ph.D.,
Office of Aviation Safety,
U.S. Federal Aviation Administration*

*Carla Hackworth,
David Schroeder,
Civil Aerospace Medical Institute,
U.S. Federal Aviation Administration*

1. 概 要

米国連邦航空局（FAA）は、欧州航空安全局（EASA）ヒューマンファクターズ作業部会の協力により、今回初めて整備作業に係わるヒューマンファクターズの国際的な実態調査を行いました。この調査は、トレーニングの実施状況、不具合事象の管理状況、作業者の疲労に対する管理状況、およびその他のヒューマンファクターズに係わる諸問題を対象に実施しました。54 カ国、約 200 の認定事業場から約 400 件を超えるインターネットを使った回答を得ることが出来ました。

総じて、強い法規制は、しっかりとしたヒューマンファクターズ・プログラムの構築に役立っているという結果を得ることとなりました。回答者の多くは、整備作業における疲労（集中力の低下等）は、取り組むべき重要な課題であると認めているものの、多くは、まだ対応が取られていないことや、不具合事例は収集してはいるものの十分に活用されていないことなども分かりました。

2. ヒューマンファクターズに対する各国航空局の法要件

今回、品質管理を担当する会社役員や責任者、ヒューマンファクターズを担当する責任者やトレーニング・インストラクター、労働者団体の代表者等からも回答を頂きましたが、多くの人々の間でさまざまな安全に対する認識や取り組みに対する考えの違いがあることも分かりました。ただし一方で、一般的なテーマについては、それぞれの担当航空局に係わり無く、すべての回答者から同様な回答が出されました。

3. 調査方法

全体の調査を始める前にまず FAA、EASA、そして航空会社数社の代表者をサンプル回答者として特定し、このような国際会議の席上で調査の目的や概要について十分説明を行った後、参加協力をお願いしました。

したがって、このサンプル・データは、各国のヒューマンファクターズ・プログラムの「最も典型的な現状」を表していると考えています。

全体の調査は、E メールを 647 名の方々にお送りし、一部は、確実に届かなかったものもありましたが 630 名は確認が出来ました。この結果、インターネット・ウェブ・サイトを使った回答方法により 414 名の方々から有効回答を得ることが出来ました。これは、割合にして 66 パーセントという非常に高い回答率となりました。

4. 調査内容

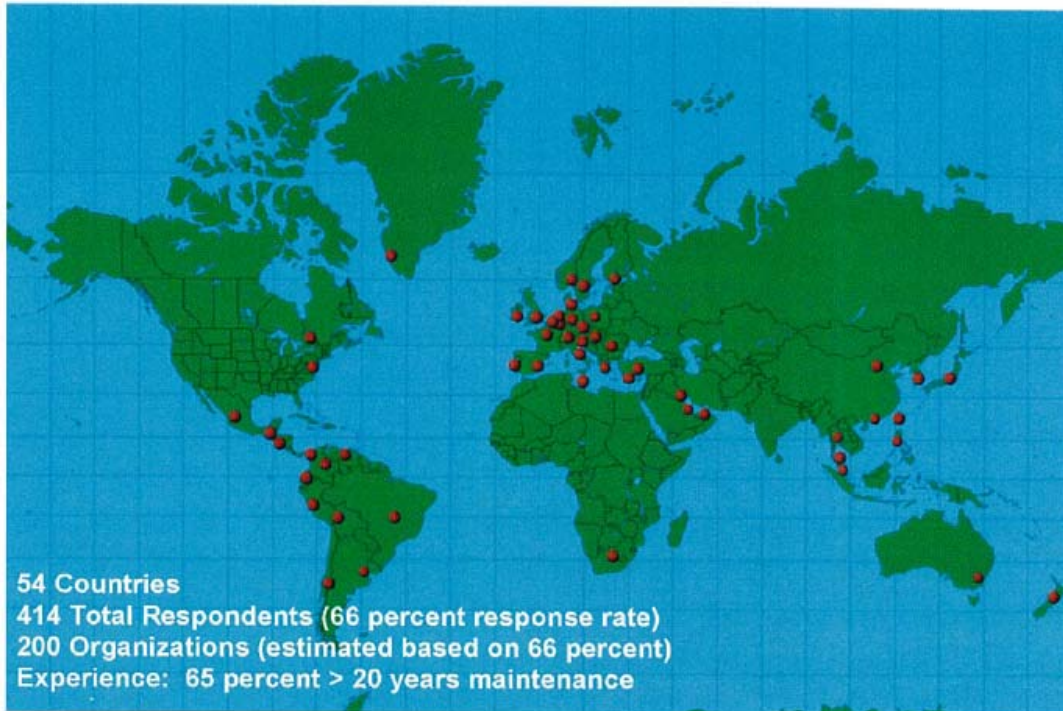
調査は、主に以下の項目から構成され、約 70 の設問を設定しました。結果は、FAA の最終報告書 (Hackworth,2007) としてまとめました。

- (1) 不具合事象データの管理
- (2) ヒューマンファクターズ訓練
- (3) 作業者の疲労に対する管理
- (4) ヒューマンファクターズに対する対策とその効果
- (5) ヒューマンファクターズ・プログラムの取組理由
- (6) その他

5. 回答者について

回答者の中には、組織の管理者はじめ、品質管理や訓練に携わっている方々、また労働団体の代表者なども含まれており、世界 54 カ国から集められました。最も多かったのは米国国内で全体の 45 パーセント。以下それぞれ、カナダ 9 パーセント、イギリス 7 パーセント、オーストラリア 3 パーセント、ノルウェー 3 パーセント、シンガポール 3 パーセントという内訳でした。

図.1 では、調査の集計概要と国別回答者数をまとめています。



Responding Countries

Argentina 4	Greece 10	Peru 1
Australia 19	Greenland 1	Philippines 4
Austria 1	Guatemala 2	Poland 1
Bahrain 1	Hong Kong 6	Portugal 2
Belgium 3	Hungary 1	Romania 1
Bolivia 3	Ireland 2	Singapore 12
Brazil 3	Italy 1	Slovenia 1
Canada 36	Japan 3	South Africa 5
Chile 3	Korea 2	Spain 8
China 3	Kuwait 1	Sweden 4
Columbia 3	Luxembourg 1	Switzerland 4
Cyprus 1	Malaysia 6	Taiwan 9
Denmark 1	Malta 1	Thailand 1
Ecuador 1	Mexico 4	Turkey 1
El Salvador 1	Netherlands 2	United Arab Emirates 3
Finland 1	New Zealand 3	United Kingdom 29
France 3	Norway 12	United States 160
Germany 6	Panama 4	Venezuela 3

図.1 調査の集計概要と各国別回答者数

回答者は、航空機整備を行っている概ね全ての種類の会社をカバーしました。全体の 35 パーセントは、航空会社の整備部門、約 27 パーセントが整備専門会社、約 9 パーセントが航空機使用事業者、約 5 パーセントが訓練施設や整備専門学校からの回答でした。図. 2 は回答者の業種別内訳を表しています。

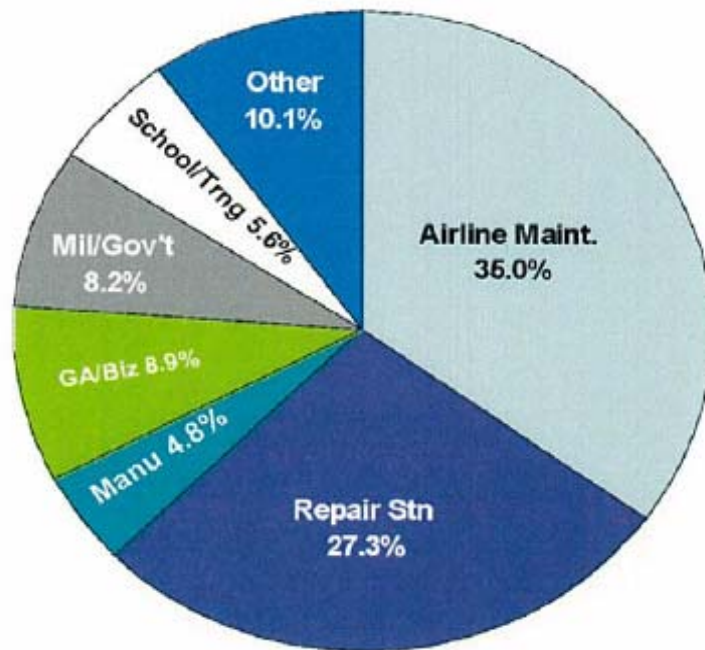


図. 2 回答者の業種別内訳

設問の中には、これらの会社がどこの国の航空当局（CASA,EASA,FAA,TC およびその他の航空当局）の整備プログラムの要件に従っているかで、結果が分かれるものもありました。世界中に跨るようないくつかの会社については、FAA または EASA のどちらかの要件を満足していれば良い事としました。

表. 1 は、回答した会社が、主としてどこの国の航空当局の要件に従っているのかについてまとめています。

担当航空局と回答した会社の数	割合 (%)
FAA (Federal Aviation Administration ・ 米国): 182 社	45.0
EASA (European Aviation Safety Agency ・ 欧州): 95 社	23.5
TC(Transport Canada ・ カナダ): 36 社	8.9
CASA (Civil Aviation Safety Authority、オーストラリア): 19 社	4.7
O-NAA (Other National Aviation Authority、その他の国の航空局): 72 社	17.8

表. 1 回答者の担当航空局

6. 調査結果

6-1) ヒューマンファクターズ・プログラムの取組理由

なぜヒューマンファクターズ・プログラムを持つことが必要と考えているか?という質問に対し、航空の安全のためとの回答が約 86 パーセントで最も多くを占めました。次に、作業者の安全もまた、81 パーセントと高い順位でした。その他、約 80 パーセントが法要件への適合のためとしています。コスト低減のためとしているのは、60 パーセントと最も低い理由でした。

6-2) ヒューマンファクターズ訓練

回答者の 3 分の 2 が、新入社員に対してヒューマンファクターズ訓練を実施しています。

80 パーセントは、初期訓練の実施について、その費用対効果を認めており、76 パーセントは、継続して行う訓練についても、その効果を認めています。

各国の法要件の要求度合いの違いは、訓練の深度の違いに現れていました。世界に先駆け法制化を行ったカナダ航空局では 77 パーセントと、最も高い割合で回答者がヒューマンファクターズ訓練の制度を持ち、次に EASA 諸国が、72 パーセントでした。

図. 3 は、その調査結果を示しています。

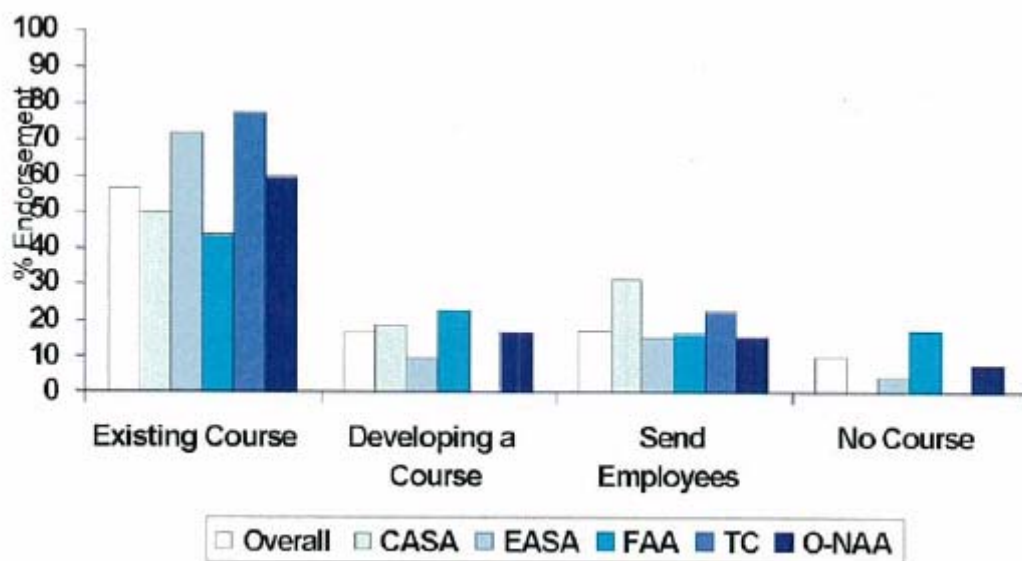


図.3 ヒューマンファクターズ訓練の実施状況

6-3) ヒューマンファクターズ・インストラクター訓練

回答者の多く（68 パーセント）は、彼らのヒューマンファクターズ訓練のインストラクターは、整備作業や技術スタッフの業務経験を有していると答えています。多くのインストラクターは、2 日間から 5 日間のコース（62 パーセント）や、2 日間から 5 日間のインストラクター養成コース（47 パーセント）を受講していました。一方で、非常に少数（13 パーセント）ではありますが、インストラクターとしての訓練を一切受けていないインストラクターもいることも分かりました。（図.4 インストラクターの訓練受講状況）

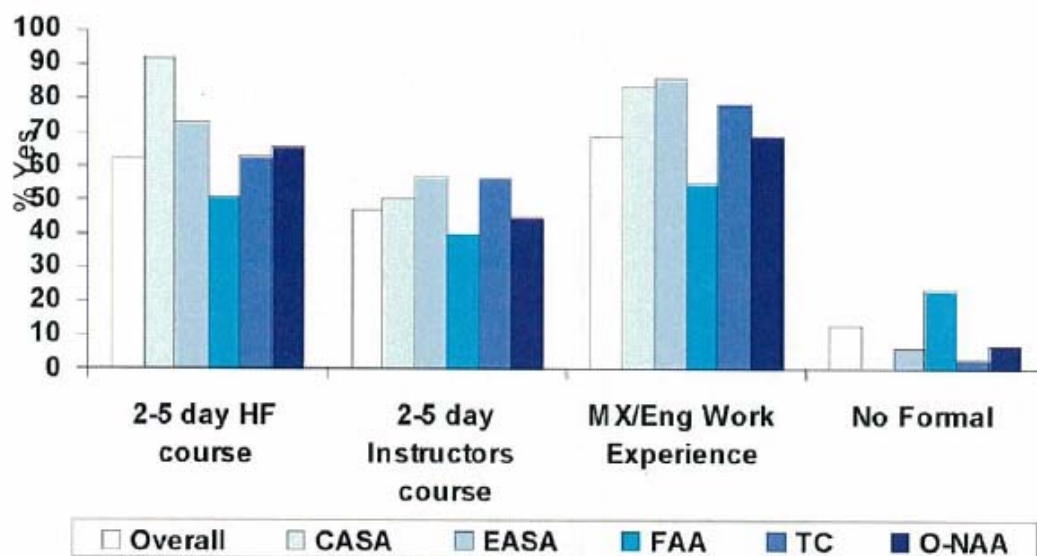


図.4 インストラクターの訓練受講状況

6-4) 不具合事象データの管理

ヒューマンファクターズ・プログラムを成功させるひとつの重要な要素として、不具合事象の報告制度を十分に活用することが挙げられます。回答者の半数(55.0 パーセント)以上が、不具合事象を彼

らのデータベースとして蓄積していると回答しています。その内、EASA の各社が、最も高い割合 (65.1 パーセント) で不具合事象データを蓄積していると回答しました。全体の結果は、表.2 を参照下さい。

担当航空局	割合 (%)
全体	55.0
EASA (欧州)	65.1
その他	57.4
TC (カナダ)	56.3
CASA (オーストラリア)	53.8
FAA (米国)	49.1

表. 2 各国担当航空局別の不具合データ蓄積の有無

ほとんどの会社では、ヒューマンファクターズの不具合分析プログラムについて、正式なものとして運用している (65 パーセント)、もしくは正式では無いものの運用している (19 パーセント) ことが分かりました。これらの会社の 32 パーセントが、ボーイング社の MEDA(Maintenance Error Decision Aid)、37 パーセントが、MEDA の改良型、10 パーセントが、HFACS(Human Factors Analysis and Classification System)、35 パーセントは、他の分析プログラムを活用していることが分かりました。

多くの会社で、不具合事象報告制度から得られたデータを十分に活用していない事が分かりました。たとえば、彼らが蓄積したデータを積極的に検証している会社は、半数にも及びませんでした。多くの回答者 (70 パーセント) は、個別の事象については、それぞれ検証し改善点を導き出しているものの、蓄積したデータについて積極的に踏み込んだ検証は、行っていませんでした。表. 3 のまとめを参照下さい。

内 容	割合 (%)
個別の事象は検証し、改善点を導き出している。	70.5
蓄積した不具合事象のデータベースから懸念される事項を定期的に見つけ出し、踏み込んだ対応策を立てている。	46.5
組織の管理者が品質管理プロセスにおける、ひとつの情報として使用している。	43.1
前年の不具合事象データベースを検証し、業務プロセスや手順を変更している。	33.7
不具合に対する対応策は、その効果についても評価している。	26.9
不具合事象データは、特に活用していない。	10.8

表. 3 不具合事象データの活用状況

6-5) 不具合事象報告とその検証

報告された不具合事象の検証は、正式または、正式では無いに係わらず、いずれにしても行われている事がわかりました。

また、回答者の 3 分の 2 以上が、MEDA または MEDA を多少改良した検証システムを使用していました。これは、同様な報告フォーマットが多く使われていることを示しているため、将来、データの共有を進める場合には、非常に都合が良いと考えることが出来ます。

6-6) 疲労に対する管理

82 パーセントが作業者の疲労について安全への影響を認めていました。しかしながら、回答者の 25 パーセントにしか疲労に対する管理の仕組みが無いことが分かりました。さらに、わずか 36 パーセントしか疲労の管理に関するトレーニングを実施していないという結果について、理想と現実の違いがあることが分かりました。

他の航空局に先がけ法制化したカナダ航空局の指導を受けた各社の回答は全体的に一致しており、約半数（51 パーセント）が、疲労を管理することは安全管理システムの重要な要素であると認識していました。これは ICAO が 2009 年までに正式に安全管理システムにおいて、疲労に関するような問題について要件を設けるという計画に沿うものでもありました。なお、すでにカナダ航空局では、安全管理システムの中に疲労に関する項目を設ける様求めています。

6-7) ヒューマンファクターズの対応に対する効果

半数以上の回答者（54 パーセント）は、エラーやインシデントに係わる経済的なインパクトを始めとした検証を行っていますが、ヒューマンファクターズの不具合に対する対応の効果についての検証は、10 パーセント以下でしか行われていませんでした。

しかし、51 パーセントは、彼らの会社がヒューマンファクターズに関する対応の効果の実績を改善しなければならないと考えています。少数ではありますが 27 パーセントの回答者から、彼らのヒューマンファクターズに対する積極的な対応を行ったことにより効果が得られていることも報告されています。成功事例として挙げられているのは、ヒューマンファクターズ不具合の減少をはじめ、定時出発率の改善、作業環境の改善、労働災害の減少などの効果があったと報告されました。

7. 考 察

世界 50 カ国を超える経験豊富な方々からの高い回答率は、整備におけるヒューマンファクターズに対する世界的な興味の高さを表しており、回答者が任意で協力していることから見ても、その実態をよく表していると考えられます。このように、航空機整備を行う会社でのヒューマンファクターズ・プログラム導入の必要性が改めて確認されました。

この調査の準備段階では、私たちは、ヒューマンファクターズに対する各国の法要件による数多くの相違点を見出すことを期待していました。しかし、調査結果では、相違点より多くの類似点があることが分かりました。

それぞれの調査結果について詳細な検証を行っていないため、この時点で考察するのは、少し難しいかもしれませんが、効果的な不具合対応について、すでに行われている事、現在計画されている事、あるいは、すぐに実施しなければならない事などについて考えてみたいと思います。

7-1) 行政機関によるサポート

航空機整備を行う会社では、特にヒューマンファクターズに対して行政機関からのサポートを求めています。各国航空局は、ヒューマンファクターズに係わるガイダンスやインフォメーションを発信することが必要と思われます。また、各航空局のインスペクターが適切なヒューマンファクターズに対する訓練を受講しておくことも併せて重要なことと考えられます。

FAA Flight Standards Service は、航空業界と FAA スタッフのために、内容の充実と理解のし易いガイダンスを発行しました。併せて、全てのインスペクターに、3 日間のヒューマンファクターズ訓練を受講させました。

新しいガイダンスでは、運航者のマニュアルにおける航空機整備 (FAA,2006) や空港業務 (FAA,2007) に対するヒューマンファクターズ・プログラムについて掲載しました。また、整備に係わるヒューマ

ンファクターズのホーム・ページ（www.hf.faa.gov）を更新し、整備と検査業務に係わるヒューマンファクターズ・ガイドも公開しました。

7-2) ヒューマンファクターズに対する管理者と従業員の協調

ヒューマンファクターズ訓練の受講を強く求めている国では、この問題に対する管理者と従業員の共通した課題認識の理解が進んでいます。これは、当初欧州から始まり、今では世界中に広まって来ています。ヒューマンファクターズの調査がこの会議の議題となるという事実こそが、この問題に対して航空業界全体の全ての人達が注目しているということでは無いでしょうか。

7-3) 不具合報告

今後の新たな取り組みとしては、不具合分析システムから得られたデータをいかに効果的に活用するかということではないかと考えています。

多くの回答者は、不具合分析の結果からリコメンデーションは導き出していると答えています。一方、少数ではありますが、前年の不具合データベースを検証し、業務プロセスや手順の変更を行った。と答えているところもありました。

また、約 25 パーセントの会社でしか不具合対応の効果についての分析を行っていませんでした。これは、不具合事象のデータが、いかに十分活用されていないかを表しています。言うまでも無いことですが、データを蓄積することよりも、それらを検証し対策を引き出すことが重要なことです。

安全管理システムで不具合データからリスク分析を行うことを求めている理由は、リスクを軽減させるための対策を講じることで、その対策が許容出来る安全レベルを満足し続けるようにするためです。ここで求めているのは、データの収集と分析だけではありません。

7-4) 技術文書

不具合原因の中で最も多いのが、作業手順に従わなかった事です。従って、適切な技術文書を使うことは、非常に重要です。多くの会社では、ヒューマンファクターズの不具合対応として、規程基準等の文書類の設定や改定を行っていると答えています。ただし、不具合原因を究明するには、なぜ、その人が規程基準に従わなかったのかを含め、掘下げて検証しなければなりません。ヒューマンファクターズの不具合は、多くの場合、文書類の不具合がその根本原因となっているのです。

7-5) 疲労に対する管理の仕組み

今回の調査で大きな収穫のひとつは、作業者の疲労と航空機整備におけるヒューマンファクターズの不具合との関係です。82 パーセントは、整備作業における疲労の影響を認めています、約 25 パーセントしか疲労に対する管理の仕組みを持たず、約 30 パーセントしか疲労に対する管理についての教育も行っていない。

これは、航空機整備を行う会社とその行政機関は、この現状を監視すると共に、従業員の疲労を管理し不具合を起こさせない仕組みを作って、これに従い確実に実施することが必要であることを示しています。不具合の原因分析を行う場合、航空機事故調査のように、その時の作業者の疲労が不具合

と関連していたかどうかについても深く検証することが必要です。それには、従業員と管理者が共に納得の出来る適切な考え方と運用を決めておくことが必要です。今の航空業界であれば、この問題について調査研究を続け、従業員が適切に休養出来たことを確かめる方法や、疲労に係わるリスクを低減させる方法を見つけ出すことが出来ると期待されます。

8. 調査結果のフォロー

今回の調査に引き続き、FAA ではインスペクターを対象にヒューマンファクターズの問題を中心とした調査を 2007 年に実施しました。1800 名の FAA インスペクターのうち、約 40 パーセントから回答が得られました。この調査は、インスペクターの担当する会社に関するものだけではなく、彼ら自身の職務におけるヒューマンファクターズに対する取り組みについても質問しました。この調査結果は、別途公開される予定です（Johnson, Banks, Hackworth, Holcomb, and HILES が準備中）。全体としては、今回の航空業界に対して行った調査結果を再確認するものと言えます。

9. まとめ

この調査では、整備におけるヒューマンファクターズ・プログラムが有益で、かつ重要という事実を再確認しました。明確な法要件に対しては、各社で明確なプログラムが構築されていました。世界では、いくつものヒューマンファクターズに係わる法要件がありますが、ほとんどの会社においては、航空や作業者の安全がこのプログラムを採用している一番の理由であることも分かりました。

この調査から、今後さらに改善に向け取り組まなければならない課題として、不具合情報の一層の活用、疲労に係わる管理プログラムの新設、ヒューマンファクターズ・プログラムの効果実績の活用、技術資料や作業手順書のヒューマンファクターズに対する影響の大きさの再認識等を行う必要があると考えられています。

10. 感謝を表して

この調査に協力し回答して頂いた約 400 を越える世界中の航空業界の皆さん、そして、調査の協力者としてアドバイス等して頂いた、以下の関係者の皆さんのご努力に感謝致します。

Kali Holcomb and Melanie Dennis, Civil Aerospace Medical Institute

Scott Goldman, Oklahoma State Department of Health

Cristina Bates, University of Oklahoma Psychology Department

Jay Hiles and Jennifer Ciaccio, Federal Aviation Administration

11. 参考資料

Federal Aviation Administration (2007) ,Operator's Maintenance for Human Factors in Airport Services.(www.hfskyway.com)

Federal Aviation Administration (2006) ,Operator's Maintenance for Human Factors in Aviation Maintenance. Retrieved January 30, 2007 from

(<http://www2.hf.faa.gov/opsManual/assets/pdfs/HFOM Maint Org.pdf>.)

Hackworth, H., Holcomb, Dennis, M., Goldman, S., Bates, C., Schroeder, D., Johnson, W.(2007,in press). An International Survey of Maintenance Human Factors Programs (Report No. TBD). Oklahoma City, OK: FAA Civil Aerospace Medical Institute.

Johnson, W.B.,Banks, J., Hackworth, C., Holcomb, K.,& Hiles, J.(in preparation), Aviation Safety Inspectors' (ASIs) Maintenance Human Factors Survey.

Johnson, W.B. (2007).Human Factors in Approved Maintenance Organizations: An International Survey, Proceedings of the 13th Annual Middle East Airline Engineering and Maintenance Conference in Abu Dhabi, UAE on March 14, 2007. London: Aviation Industry Conferences.

(抄訳文責 : AJV)

イベントの集合を調査する

Pierre Jouniaux,

(BEA : フランス事故調査庁)

リスク分析手法 (Risk-analysis approach) は高い安全レベルを維持する上で有効か？

潜在的な安全上の問題点を見出す方法として、同じようなイベント（運航事象）をグループ化して分析するという考えは新しいものではありません。むしろ、この方法は耐空性とそれを継続的に監視していく上での基礎となるものです。以下の表に示すように、リスクは重要度と発生率の組み合わせとして分類されます。

EFFECT ON AIRCRAFT AND OCCUPANTS	Normal	Nuisance	Operating limitations; emergency procedures	Significant reduction in safety margins; difficult for crew to cope with adverse conditions; passenger injuries	Large reduction in safety margins; crew extended because of workload or environmental conditions serious or fatal injury to a small number of occupants	Multiple deaths usually with loss of aircraft
F.A.R. PROBABILITY (REF ONLY)	<-----	PROBABLE	----->	<-----IMPROBABLE----->		EXTREMELY <-----> IMPROBABLE
JAR-25 PROBABILITY	<----- <--- FREQUENT	PROBABLE ----->	-----> < REASONABLY PROBABLE	<-----IMPROBABLE-----> < - REMOTE - >	< EXTREMELY-> REMOTE	EXTREMELY <-----> IMPROBABLE
	10 ⁰ 10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³ 10 ⁻⁴	10 ⁻⁵ 10 ⁻⁶	10 ⁻⁷ 10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
CLASSIFICATION OF FAILURE CONDITIONS	<-----	- MINOR -	----->	<--- MAJOR --->	< HAZARDOUS >	<-CATASTROPHE->

同じようなイベントであっても、事故調査の観点から検証するとなると見方は少し異なります。もちろん、“大災害”として分類された事象について再発の可能性を予測するのは難しいことです。一般的に事故は単一のイベントの結果としてではなく、同時に発生した複数のファクターの組み合わせにより発生する、という考え方が幅広く受け入れられています。しかし統計的に見ると、大規模な事故は主に運航面（オペレーション）が原因となったものが増加しているのが分かります。近代的な航空機で機材故障が直接原因となった最後の事例として 1998 年ノバスコシアのハリファックスで発生した MD-11 の事故が上げられますが、これはもう 10 年も前のことです。より高いレベルの安全性を追求するためには、今までとは異なったアプローチ（方式）が必要で、その方式を事故調査の中に取り入れいく必要があります。事故調査報告書の中には、前例となる事象に関して特別の章を設けて取り上げているのをよく見かけます。これはその事象をより高いリスクレベルに位置づけることにより、その部分の分析にウェイトを置こうとするものです。通常、事故調査では問題となっている事故に最も類似したイベントを検証するものです。

事故が統計的に減少している点、および次に起こる事故が前の事故と同タイプのものとは限らない可能性が高い点などから見て、新しく発生した事故の調査により明らかにされた原因を解決するだけでは効果的ではありません。このような従来の方法のリスクは、もし効果のない対策や間違った対策を実施した場合、それが異なった環境では潜在的に悪影響を及ぼすことが考えられるということです。これがこの論文で議論する主なテーマです。

今までの方法でも新しいトレンドの発見や、幾つかのイベントの関連性を見つけることは可能でした。しかしこれが必ずしも明確な結論に結びつくとは限りません。将来的に考えると、安全に関する研究は幾つか複数の事象や調査結果に基づいて行われるべきだと思います。現在行っている方式の問題は、ある特定の事故調査を完了し対策案ができたとしても、この事故調査では得られなかった幾つかの情報が不足し、対策を立てるプロセスがうまく行かなくなる可能性があるという点です。

単体として独立したイベントと、トレンドについて

初期的な理論研究がまだ存在していないため、幾つかのイベントの再発生性を研究した結果、現在行われている幾つかの調査をグループ化し同時平行で行うというアイデアが生まれました。この方法をこの論文の中で例を上げて説明します。特に実例として対流性気象(Convective weather)の中での着陸についての事例を紹介します。この研究はトロント空港で起こったエアフランス機の事故が、いかに航空システムの重大な弱点を露呈しているかを示すものです。

対流性気象の中での着陸

2005 年 8 月 2 日、トロント空港でエアフランス航空 358 便が事故を起こしたことは非常な驚きです。耐空性を持つ航空機と訓練を受けた乗員、しかも大手航空会社により運航された航空機が 80 ノットのスピードでオーバーランするのでしょうか？最初のリアクションは航空機又は空港に何か問題があったに違いないというものでした。その日トロント空港での気象は悪化していましたが、エアフランス A340 の前に着陸した航空機があり、その後にも着陸予定の後続機がありました。TSB リポートの内容を待つまでもなく、この事故の要因と考えられる全ての要素は、AF358 が進入してきたときに空港を襲った Thunderstorm が原因であることを示していました。

まず第一に、Thunderstorm により北側の滑走路（これは 25L より長い）への着陸が出来ず、25R の ILS もライティング（Lighting Strike）のため使用不能となっていました。従って、唯一使用できる滑走路は最も短い滑走路（9000ft）のみだったのですが、これは後に述べるように、滑走路長は常にクリティカルなものではありません。そして、AF358 は Strom が滑走路に到達したと同時に着陸したのです。調査ではこの状況での着陸の結果が検証され、ATHR(オートスロットル)が使用されるべきか否かの問題が浮上しました。トロント事故を単独で考えるならば、フレアー時点まで ATHR を使用するのが適切と考えられ、この方向でリコメンデーションを作成することが検討されました。

BEA はこの調査に、当該航空機を設計、製造、登録した該当国の調査機関として参加したわけですが、2001 年ケイマン空港（フランス領ギニア）で発生したエアフランス A340 の事故を念頭に置い

ていました。数年前に発生したこの事故調査は、まだ継続されていましたが明確な結論に至らなかったため報告書はまだ出されていませんでした。この事故については分析結果につき関係者（航空会社と製造会社）の間で意見が合わなかったと申し上げなくてはなりません。トロント事故について同じような議論が再度行われ、BEA、エアバス、エアフランス社はケイアン事故について、合意できるデータに基づき再検証することに合意しました。又 TSB は常に進捗状況の報告を受けています。トロント事故の調査に参加したフランスチームが、ケイアン事故の調査を受け持ちました。トロント事故から得た教訓により調査方法は大きく変更されました。当初ウィンドシェアーが原因として取り扱われていましたが、より広い意味での気象現象を対象とすることとなりました。これは主に Thunderstorm を意味します。このことを通じて、本質的に特徴が似かよった運航事象を検証するというアイデアにたどり着きました。調査の結果、世界中で多くの事象が同じ特性を持っていることが分かり、これらは“対流性気象の中での着陸”として分類できます。この気象には通常、ウィンドシェアー、視程の減少、滑走路の湿潤が含まれます。

BEA は以下のイベントを検証しました。

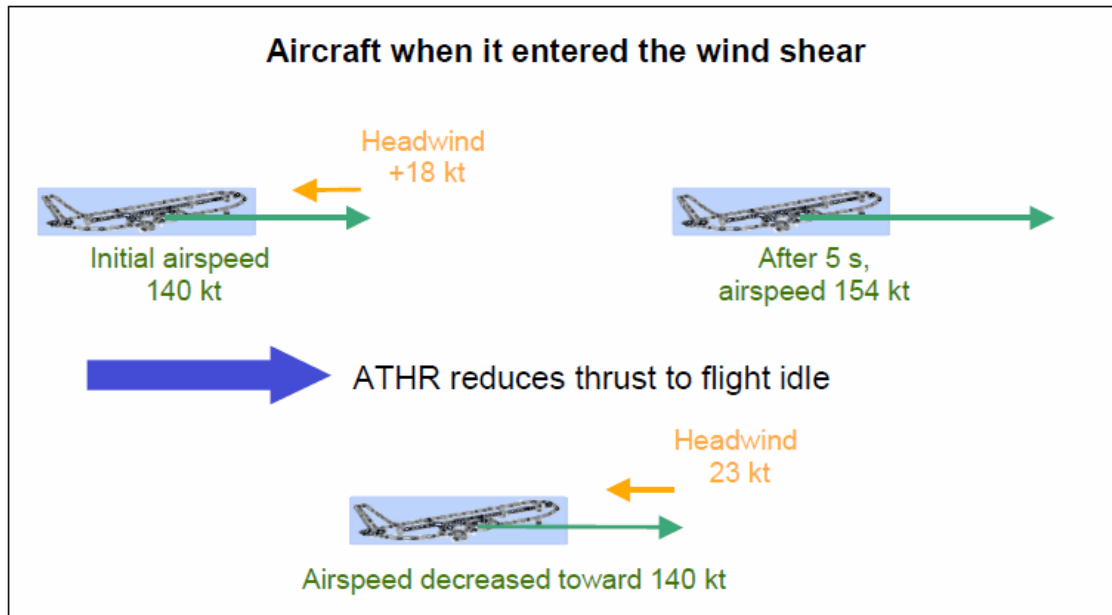
- ・ ワルシャワでの A320 事故、1993 年 9 月 14 日（滑走路オーバーラン）
- ・ ビアリッツでの B737 事故、1999 年 3 月 4 日（滑走路横方向への逸脱）
- ・ リトルロックでの MD83 事故、1999 年 6 月 1 日（滑走路オーバーラン）
- ・ 香港での MD11 事故、1999 年 8 月 12 日（ハードランディングと翼損傷）
- ・ バンコックでの B747 事故、1999 年 9 月 23 日（滑走路オーバーラン）
- ・ タヒチでの DC10 事故、2000 年 12 月 24 日（滑走路オーバーラン）
- ・ トロントでの A340 事故、2005 年 8 月 2 日（滑走路オーバーラン）

各々の事故を他の事故と切り離して調査した場合、それぞれの結論はパイロットの意思決定が原因であったとする結論となっています。しかしこの結論は全体を見ていないものと言えます。全てのケースにおいて共通する問題点は、パイロットはよく訓練されていたにも拘わらず、以前経験したことの無い状況に追い込まれたという点です。これらの検証により調査方法について新しい展望が開けました。その新しい方法により、主にパイロットに与えられた情報の質とパイロットへの訓練に関し焦点が当てられました。この分析方法をより解りやすく説明するためケイアン事故についてみてみましょう。この事故は非常に代表的な例と考えられます。核となる事故の調査からスタートし、これに他の調査員からの情報も加えることにより、分析のギャップを埋めることが出来ます。これを我々は“イベントの集合を調査する”と呼んでいます。

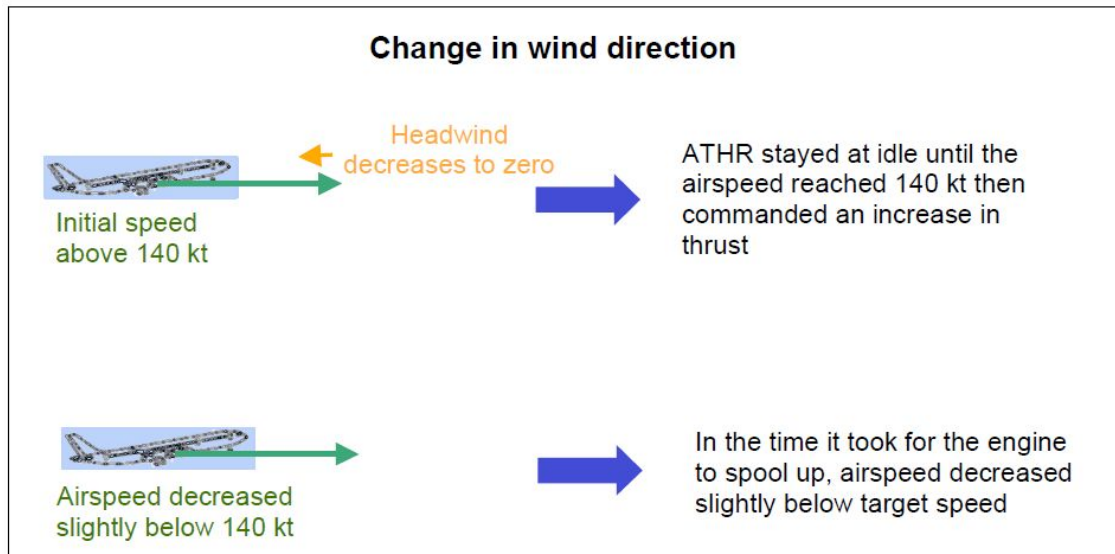
ケイアン事故について

ケイアン事故について経緯を簡単に説明します。8 時間 40 分のフライトの後、クルーは Runway 08 への ILS Approach を行いました。PF は副操縦士で ATHR をエンゲージしてマニュアルにて操縦していました。150ft において、機はデモレートのウィンドシェアーを伴うレインシャワーの中を通過しました。100ft で機の降下率は急激に増加しました。副操縦士はサイドスティックを機首上げ方向に引き上げ、同時に着陸のためにスラストを減少させました。機長は直ちにスラストを増加させ機の操縦を替りました。機は滑走路の手前 30 メートルに左主車輪からタッチダウンし、バウンスの後 50

メートル先に着陸しました。以下の表は機速の変化とオートスラストシステムの反応を示しています。



数秒後には

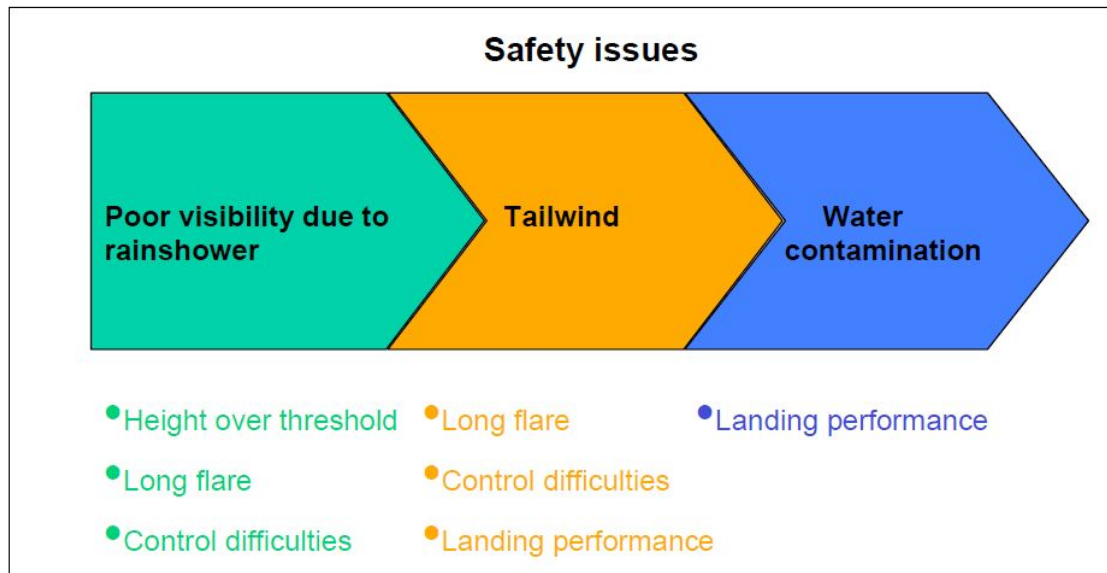


すでに述べたように、当初この事故はウィンドシェアーが原因のイベントと考えられていました。この検証ではアプローチスピードを増加した場合の有効性と同時に ATHR をディスコネクトした方が良かったか否かについても議論されました。このような議論はウィンドシェアーに関して勧告が出されたる際に採ってきた従来の方法です。

複数の分析結果をつき合わせてみる

この調査過程の中で、ウィンドシェアーに焦点が集まってしまったために、あまり深く検証されな

かった点は視程に関する事項です。実際に航空機は 200ft の時点でウィンドシェアーとレインシャワーにほぼ同時に遭遇しています。アプローチを続行するとの決心はすでに成され、パイロットはトロント事故の A340 と同じような風向の急激な変化と視程の減少という難しい状況に直面しました。この二つの気象の組み合わせというのは極めて厳しいものです。以下の図は滑走路上空に Thunderstorm が存在する場合、いかに困難さが蓄積されるかを示しています。

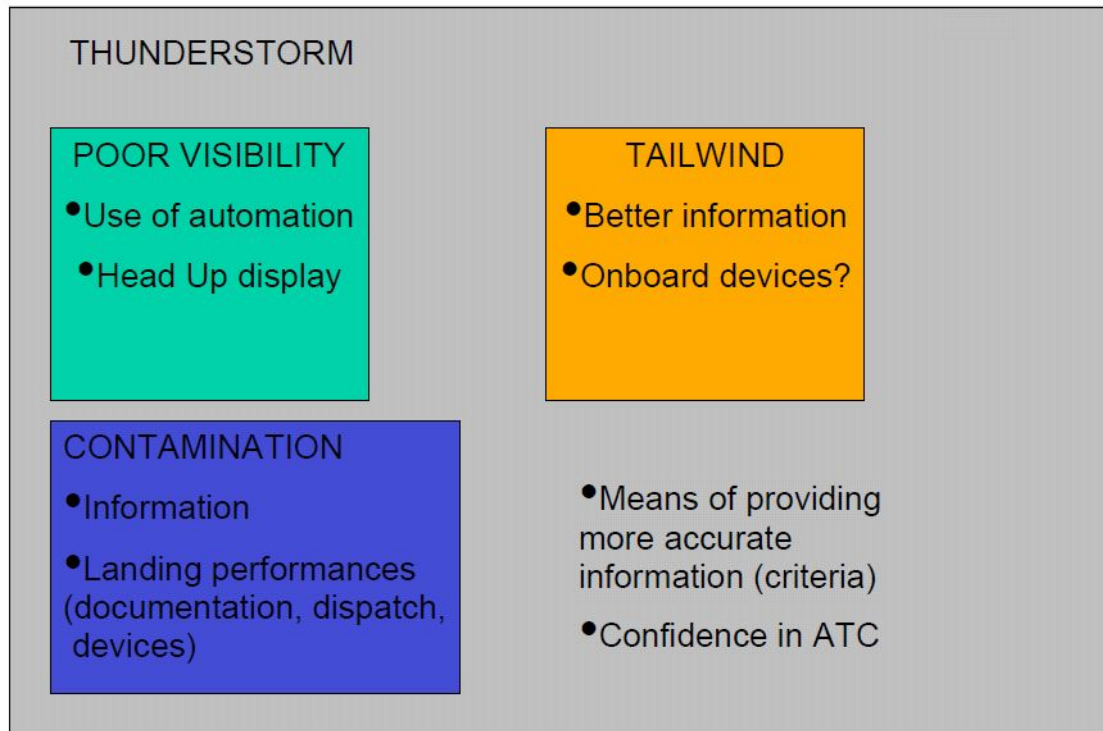


時間的なタイミングについても一言触れる必要があります。航空機と Thunderstorm が滑走路上で会合するというのはクリティカルな要素と考えられます。このような視点から事故やインシデントを調査した結果、一つのパターンを見つけることができました。

それは、運航乗務員は一般的に言って既に滑走路を視認しており、この時点では着陸する意志を固めていたということです。航空界にはミニマムを過ぎた後に機が安定しなくなった場合（安定したアプローチの状態から不安定なアプローチへの変化）にパイロットが自動的にゴーアラウンドするように導くようなポリシーや訓練が未だに欠けております。

タスクシェアーリングという業務分担の考え方により（特に機長が PF の場合）パイロットは二人とも航空機の外に注意を向けがちで、これにより航空機の不安定化を発見するのが難しくなっています。実際ケイアン事故では乗員は視程の低下により、グライドパスからの逸脱に気がつきませんでした。ウィンドシェアーの影響が顕著なものとなり、これに伴って突然のマイナス垂直加速度が発生したのはわずか 100ft でした。この時点でパイロットが採ることができる選択肢は限られています。副操縦士は急激な降下に対処するためピッチを上げ、2 秒後には着陸するためスラストレバーをリタードしました。このような急激な変化の中では多くの選択肢は残されていません。ATHR がエンゲージされていたため、マニュアルモードに戻してスラストを増加させようとしても間に合いませんでした。事実、ATHR はスラストを増加しようとしていましたが、この現象を前もって予知し増加しようとしているわけではないのでエンジンをスプールアップさせるには数秒間を必要としました。その他の選

択肢としてはゴーアラウンドの実施が上げられます。しかしこの時点では、航空会社のプロシジューアによると機長のみにゴーアラウンドの実施が認められていました。それ以上に、これは極めて稀なことなのですが、ブリーフィングは行われておりませんでした。トロント事故では乗員はゴーアラウンドを意識していたのですが、フレアーを行っている途中というクリティカルな時点では、ゴーアラウンドの決心をするのは極めて難しかったと思われます。



上記に述べられた他の事例も含めて、全てのケースに共通して言えることは着陸する決心をした後に、状況はまだ着陸遂行可能と思われるものの、短時間の間に急激に変化していたということです。機の不安定化は航空機がショートファイナルにいるときか、滑走路の上にさしかかったときに起こっています。さらに共通して言えることは、乗員によって知覚された気象状況は乗員に着陸可能との判断を導かせたことです。乗員は意図的にリスクを犯したわけではありませんし、気象情報を入手するための幾つかの方法を通じてより良い情報を得ることもできませんでした。

明確な疑問は、気象や滑走路のコンタミネーションの評価についてパイロットにはどのような方法が残されているかという点です。気象図、天気予報、ATIS、SIGMET、そして気象レーダーなどがあります。Thunderstorm の特性を考えると航空機が滑走路に着陸する際、その上空又は近傍がどのような気象状態にあるかを知ることは困難であると言えます。

矛盾点は、気象状況の進展を見るのには地上からの観察が良いのですが、適切な予想をするための有効なツールは無く、管制官はこの種の情報を直接提供できないということです。（エアバスファミリーの航空機では）着陸性能を計算するには滑走路上の水位のみが必要なのですが、この水位に関しての情報を与えることさえも出来ないのです。

多くの着陸に関するイベントでは、着陸するとの判断がキーファクターであるとして取り上げられています。良い判断というものは主に受け取った情報の質に依存しています。従って、実効性のある対策案の一つとして考えられるのは気象情報の正確さとその配布方法にあると言えます。これは既に以前述べたように、これらイベントに共通するファクターとして **Thunderstorm** が上げられているからです。もし当事者がこの気象の重大さを認識していれば、もっと判断をし易くなるでしょう。一連のイベントを通じて言えることは、着陸するという選択は最も悪い選択だということです。**Thunderstorm** は持続時間が限られているため、しばらくの間ホールディングするとか、燃料が足りない場合にはダイバーとするとか、良好な情報は良い判断をする上での一助となります。

もう一つの論点はパイロットがファイナルアプローチをより正確に飛行することです。これを実行するには二つの方法があります。リミットを越さないように自動操縦を使用するか、パイロットにマニュアルで飛ぶためのより良いツールを与える事です。

ケイアン事故に戻って考えてみると、もし調査がこの事故を独立のものと考えて行われたならば、**ATHR** はディスエンゲージしたほうが良かったし(なぜならスピード減少の理由の一つは **ATHR** にあったため)、アプローチスピードを増加させたほうが良かったとの結論になったかも知れません。しかし、もしショートファイナルで機が急激に降下しなかったなら、オートスロットルによりスレッシュホールド上でのエアスピードは増加していたでしょう。**Thunderstorm** はまだこの時滑走路には差し掛かっていませんでしたし、滑走路が水濡れになる可能性はありませんでした。このような対策案はケイアン事故のような特定のケースにのみ当てはまると言えます。

タヒチでのオーバーラン事故を見てみると、アプローチスピードは実際に増加されていたことが判っています。パイロットは風向の急激な変化のため、機の横方向のコントロールに困難さを感じていました。

より良い操縦性を維持するためにスラストを保っていたわけですが、機は着地点が伸びてしまいました。滑走路は冠水していなかったのですが、残りの滑走路長は充分ではありませんでした。ある部分、これと同じことがトロント事故で起こったと言えます。ケイアン事故での調査のみに基づいて対策案を作った場合、このような状況ではアプローチスピードを増加させマニュアルでアプローチすべきだというような間違った対策案をつくる可能性があるのです。この対策案では滑走路からオーバーランするかも知れないといった潜在的な結果は考慮されていません。しかし、どのような対策案を作るべきかについて合意を得ることは困難でした。

最後に、着陸時に **Thunderstorm** に遭遇した場合、これに伴うウィンドシェアーのみに対処するだけでは充分ではありません。機が最も安定した状態(例えば、過度なスピードを避け、遅いフレアーや横方向への逸脱をさけること)を保つための軌道で飛行することがとても重要です。もしそれが不可能なら、その状況を認識してゴーアラウンドするという結論に達することが可能です。高度なパイ

ロットティングツール（例えば、この目的で作られたヘッドアップディスプレイ）の使用はこの問題への有効な解決案といえます。

全体として、個別の事故に対する対策案はこれらの特定のイベントの集合に対して解決を与えてはくれません。政府とも共同し、航空業界として共通のコーディネートした解決案を見つける必要があります。このため報告書にはフランス航空局へのリコメンデーションとして、地上及び機上のウィンドシェアー探知機の装着を求めていますし、ヨーロッパ航空安全局へはその他の技術的な研究を求めています。

結 論

安全レベルが向上するにつれ、更なる安全性向上の余地は少なくなってきます。事故調査を通じて、安全にとっての弱点を見出すという従来の方法は、原因の多くが既に特定された現在では効果的ではありません。事故というものは多くの場合、過去のある時点で既に見つけられたさまざまな要素の複合体なのです。

安全レベルがすでに非常に高い今日では、事故調査はより複雑なものとなり事故原因の発見はより難しくなっています。それらはしばしばヒューマンファクターに結びついており、問題は意思決定におけるエラーや弱点についての潜在的な原因やトレンドにいかに関心を当てるかにあります。単一の事故に基づいて対策案を立てる場合の問題は、改良した点（システム、プロセジャー、規則面）がほんとうに有効なのか否かが確実ではないということです。安全システムを推進するにはある程度の確実さが必要であり、イベントの集合を調査することはこのゴール達成の方法なのです。BEA はこの方式を対流気象での着陸のみでなく、ノン・スタビライズドアプローチや滑走路誤進入といった事象にも適応する機会を得ており、将来性のある有効な結果を出しています。

（抄訳文責：JAL）

We Need To Know What We Don't Know: A Pilot's Perspective on Dealings with Fire in Flight

我々は、何を知らないかを知る必要がある：

飛行中の火災におけるパイロットの対処の視点

*Capt. H. G. "Boomer" Bombardi,
Air Line Pilots Association, International*

要約

このドキュメントは、コックピットにいるパイロットの視点で、飛行中の火災について論じたもので、特に 2005 年モスクワで行われた年次会議におけるプレゼンテーションを再検討しアップデートさせたものである。

お断り

今回の資料は、発煙、火災、異臭（以降 S F F と表記する）に対して乗務員、製造社、運航者を「後知恵で批判しよう」としているものではない。このドキュメントでは S F F が発生した場合に乗務員、製造社、運航者がとれる最善のプロシージャーについて言及したものである。

パイロットの視点

たとえば航空機の設計が大幅に発達し、飛行中の火災の発生時に航空機を保護し、リスクを軽減できるようになったとしても、データは S F F に関する対処は航空機のダイバートが基本であり続けることを示している。定期航空操縦士協会（ALPA）では、1998 年から 1999 年に FAA が出した Service Difficulty Reports（SDRs）を再検討し、米国とカナダでは 1 日に一回の確率で S F F を原因とする計画外の着陸が発生していることを確認した。さらに最近のデータでは、1 日に 2 回発生していることも確認している。

航空機の緊急状態においては、乗務員は緊急状態の性質（種類・原因）とその程度（強烈さ）を、直ちに、そして正確に特定しなければならない。S F F においては、時間の経過はクリティカルである。カナダの TSB が 1967 年 1 月から 1998 年 9 月の間に発生した飛行中の火災における 15 件のケースを研究したところ、機内の火災の検知から航空機がデッチング、強行着陸、または墜落するまで 17 分以内であったことを確定した。もし乗務員が S F F の性質と程度を直ちに、また正確に特定できなかった場合、歴史はダイバート、降下、着陸の決心の遅れが致命的なことにつながる可能性を示している。

パイロットは、エンジン火災、電気系統、ハイドロ故障、与圧喪失を含む多くの異なった緊急事態

に対処する訓練を受けている。緊急事態の性質の究明ならびに程度の特定は、問題解決において重要である。大多数の緊急状態においては、我々は警報—コックピットに表示される原因と強度、で知ることができる。そのような場合、我々は状況に応じたチェックリストにより、素早く、正確に問題を解決することが可能である：チェックリストはまた、飛行を継続するのか、またはダイバートや緊急着陸するのかの決心に必要な情報も網羅されている。

警報の無い性質の判明しない程度も不明な S F F の場合、パイロットは最悪のシナリオに直面することになる。現在の航空機のデザインでは、不十分な、しばしば検知系統の故障により、警報のない S F F の性質と程度を決定することを強いられる。警報のない S F F では、コックピットまたはキャビンの乗務員が発煙や異臭により気付く。クルーはその他の情報がないまま、素早く、そして正確な性質と程度を判断しなければならない。

機体の中を流れる空気の変化によって、煙が火災や発煙の位置、性質や程度を必ず示すものとは断定できない。さらにクルーがアクセスできないエリアが多く存在する。たとえば、キャビンのオーバーヘッドパネルから発煙があったとしても、クルーには点検の為にパネルをはずす手段がなく、またパネルの裏側に消火する目的で人をもぐりこませることもできない。

製造社の殆どが、電気、ニューマチックなどの、警報のない S F F に対するチェックリストを用意している。これらのチェックリストは、警報のない S F F に対して、クルーが正確に性質（原因）をつかむことを前提に書かれている。しかし歴史は、警報のない S F F の原因を決定するにあたり、必ずしも正確にはできなかったことを物語っている。スイスエア 1 1 1 便の事故がその例である。

スイスエア 1 1 1 便は 1 9 9 8 年 9 月 2 日、ニューヨークを離陸した。最初の兆候は、操縦室の後部からのかすかな発煙であった。クルーはこのかすかな発煙に気付いたが、エアコンの問題であると認識した。しかし、**Air Conditioning Smoke** checklist を実施することは誤りであった。真実は、コックピット上部のオーバーヘッドにある **electrical** なショートが原因の火災であった。発煙は一旦収まったものの、その後激烈な炎を上げ始めてもクルーは現実が信じられなかった。この状態になり、クルーは原因と強烈さを実感したものの、時はすでに遅かった。彼らは緊急降下し、着陸を試みたが、不幸にも機体のコントロールを失って墜落した。**彼らは警報のない S F F の原因と強烈さを素早くかつ正確に判断するための正しい情報を持っていなかった。**

後悔先に立たず

警報のない S F F が必ずしも生命に危険を及ぼすものではなく、飛行を継続するということが正しい選択であったという多くの事例があることも事実である。しかし、残念なことにスイスエア 1 1 1 便では、些細な問題が急激に大きな問題に発展してしまい、結果として機体と生命を失うことにつながってしまった。

あるチェックリストでは、チェックリストの手順の最後にいたってもダイバートや緊急着陸の判断について言及していない。ダイバートや緊急着陸の判断の遅れは、致命的なことになりかねない。1983年エアカナダ797便は、オハイオ州シンシナチに緊急着陸した。SFFが後部トイレで発生した。クルーが原因と程度を確認しようとするまで巡航高度を飛行し続けた。クルーはトイレの下部に火災が発生していることを認識しなかった。状況は急激に悪化し、クルーは緊急降下しダイバートした。結果としてクルーは着陸に成功したものの、地上で爆発が発生し、多くの死傷者をだす結果となった。

このスイスエア111便とカナダエア797便では、クルーはともに警報のないSFFの性質と程度を判断する方法を持っていなかった。「後悔先に立たず」ということわざがあるが、たとえクルーがSFFの原因特定に成功しても、航空機のデザイン上、両便ともSSFを消火したり鎮圧したりする手段を持っていなかった。

火災の強烈さを認識したら、クルーは直ちに降下しダイバートすることにより、機体と生命を救う可能性があるということである。

現行のSFFチェックリストの不足

現在、世界中のパイロットが使用している警報のないSFFに対処するチェックリストは、2つの重大な問題を抱えている。

1. ダイバート／着陸の決心が遅れてしまう・・・ダイバート／着陸しようと考えて決心する前に、まずトラブルシューティングに思いが行く。着陸について考えるかわりに、トラブルシュートを試みるように書かれた正しくないチェックリストでは、状況を悪化させてしまう可能性がある。

2. 検知機能と消火機能の欠如は、警報のないSSFの性質と程度を特定することを殆ど不可能としている。特定する情報なしに、「問題はおそらくこれだ」と特定し、クルーは最良と思われる対処をすることになる。

スイスエア111便の事故は“目を覚ませ”という注意喚起であった。スイスエア111便の余波と2002年のNTSBの勧告により、FAAはアドバイザリー・サーキュラーAC120-80を発行した。このACでは、飛行中のキャビン火災対処訓練について提言している。AC120-80の発行に併せて、製造社のグループは、飛行中の火災についてのクルーチェックリストや手順を形式化する提言をした。操縦士の協会、製造社、運航者は、SFFチェックリストを分析するためのSSF運営委員会に、熱心に協力した。私はこの委員会のメンバーであり、IFALPAの代表としての特権を与えられた。

委員会の任務ははっきり定義されていて、主に標準的なSFFの定義、原理、チェックリストのテンプレートの開発である。他のSFFの問題は、将来ワーキンググループをつくることで合意している（訓練、検知、抑制、洋上運航・・・ETOPSなど）。

S F F チェックリストのテンプレートの原理

何年にもわたり、S F F チェックリストとその原理には、運航者と製造社が基準を作成した、さまざまなフォームが存在している。2つの航空会社に在籍したパイロットは、同じ型式の航空機に乗務しても、異なった原理で作成されたチェックリストを使用することになる。例えば、あるエアラインでは、警報のない発煙のチェックリストでは、どのチェックリストを使用するかを選択をする・・・電気系統か、ニューマチック系統か、またはその他の系統か。他のエアラインでは、同様に選択するチェックリストを使用していたり、していなかったりということでもある。にもかかわらず、これらのチェックリストは、クルーに警報のないS F Fの原因をすばやくかつ正確に特定し、極度に限定された情報のなかで正確なチェックリストを選定する能力があるということを前提に書かれている。

警報のないS F Fの多くは生命に危険を及ぼすようなものではないが、S F F運営委員会が提案したチェックリストのテンプレートは、それらの状況についても提言しなければならなかった。委員会はすべての警報のないS F Fの原理、定義、チェックリストを統合し、1つの定義と1つのテンプレートとした。運営委員会は、もし警報のないS F Fに対してただちに分析することができない場合(付録のA、B参照)、ダイバート／着陸をチェックリストの早い段階の手順に盛り込み、ダイバート／着陸するよう要求することを強調するように策定した。委員会は、運航者、製造社、パイロット、プロの組織から、重大かつ必要なことであるという合意を得ることができた。ゴール地点において、どのパイロットがどの機体に乗っても、警報のないS F Fに対して、似たやり方で対処できるようになるだろう。

S F F 委員会の提言

以前、私はS F Fには2つの重大な問題があると指摘した。

1. ダイバート／着陸の決心が遅れてしまう・・・ダイバート／着陸しようと考えて決心する前に、まずトラブルシューティングに思いが行く。着陸について考えるかわりに、トラブルシュートを試みるように書かれた正しくないチェックリストでは、状況を悪化させてしまう可能性がある。

この問題は、S F F委員会により、標準的なS F Fの定義、原理、チェックリストのテンプレート：着陸することは手順中のほとんど最初の部分に記述されることが重要である、として確立された。

2. 検知機能と消火機能の欠如は、警報のないS F Fの種類と程度を特定することを殆ど不可能としている。決定する情報なしに、問題はおそらくこれだと特定し、クルーは最良と思われる対処をすることになる。

チェックリストのテンプレートは、航空業界にとって大きな前進ではあるが、依然として重大な欠陥も存在している。チェックリストには、S F Fに関して、少ないまたは全くない情報やフィードバ

ックで、クルーが生還または死亡という決心を要求されることが依然として潜在的に存在する。この問題に、航空産業は対処しなければならないとされてきた。警報のない S F F を迅速にかつ正確に性質と程度を特定できる検知機能は、クルーにとって必要である。重要なことは、クルーはまた、S F F を解消または最小に留めることができる、抑制する機能も必要としていることである。ということは、クルーは、自分が搭乗している航空機がどれほど悪い状況にあるのかを知る必要があるということである。単純に言えば、「我々は、何を知らないかを知る必要がある」ということである。

THE TOMBSTONE MENTALITY (“墓石の精神作用” しばしば航空界で使用される用語。誰かが犠牲になって、はじめて安全対策が行われることを揶揄した言葉である。)

ボーイングは、S F F 委員会が提唱したチェックリストのテンプレートと原理を採用。ボーイングを使用している多くの運航者が S F F 委員会の提唱に合うようにチェックリストを改訂し、これらの変更は、次の改訂版から採用されることになった。しかし、その他の製造社は、改訂をまだ検討している段階である。

F A A は S F F 委員会に参加し、委員会をサポートしているにもかかわらず、委員会のチェックリストの提言を採用せよという指示を出していない。2007 年 4 月に、A C 120-80 の改訂提言をしようというミーティングの開催要求があったが、キャンセルされた。現在ミーティングの計画はない。なぜ F A A はそうなのか？いくつか説はあるが——これでは “the tombstone mentality” ではないかと私は思う。

The tombstone mentality とは、簡単に言えば、致命的なことが起こった場合にかかるコストが、問題解決のコストを上回った場合にのみ行動が起こされる、ということである。この犠牲を “tombstone threshold” と呼ぼう。たとえ製造社が問題を知っていても——解決方法を実際に持っていたとしても——“tombstone threshold” が来るまで問題解決は行われないであろう。なぜなら問題解決を成し遂げるには “コストがかかりすぎる” からである。しかしながら、tombstone threshold が来たら（通常、一件の恐ろしく、センセーショナルなアクシデントが引き金となり）、問題解決が都合よく命令され、問題解決のための予算が突然計上される。

例：Controlled Flight into Terrain (C F I T)

何年間も、完璧に整備された航空機が地上に激突した。この問題解決が図られた：対地接近警報装置 (G P W S) である。何らかの理由で多くの事故や無数の人名が失われ、tombstone threshold を越えて、すべての航空機に G P W S が装備された。最近では、さらにバージョンアップした G P W S が開発された (Enhanced Ground Proximity Warning System)。C F I T による事故は減少した。

例：In-Flight Collisions

C F I Tと同様に：航空機が空中衝突し、多数の命が失われた。Traffic-alert と航空衝突防止装置（T C A S）が開発されたが、tombstone threshold に達しなかった。サンディエゴで発生した、セスナ172とB-727の空中衝突——イブニングニュースで放映された、B-727が炎上しながら墜落する衝撃的なシーン——が tombstone threshold を満たし、すべての航空機にT C A Sの装備を義務付けることになった。

例：S F F

航空機のトイレには多くの火災の実例がある。煙検知機能とトイレの消火器がその解決方法であった。エアカナダ797便がオハイオ州シンシナチに犠牲者を出しながら緊急着陸するまで、tombstone threshold に達しなかった。乗員は、火災の性質と程度を知らなかった。火災がトイレの床下で発生したにもかかわらず、すべてのトイレの検知機能が作動し、自動的に消化器が作動し、空になった。しかしながら乗員がS F Fの性質と程度を確定できるシステムではなく、典型的な事態に対処する方法とはなっていない。

旅客機の貨物室の火災も何年にもわたり発生してきた。バリュージェットが湿地に墜落して tombstone threshold に達した。貨物室の火災が事故の原因であった。クルーは原因と程度を表示するシステムを持っていなかった。現在、すべてのコマーシャル機には貨物室の火災検知システムが装備されている。

貨物機には貨物室の火災検知／消火システムがない。最近の例では、UPSのDC8が飛行中の火災により、フィラデルフィアに緊急着陸をしている。クルーが気付いた問題の発生は、匂いであった。どうすることもできない貨物室の火災が、致死的なS F Fの状況であったことさえも知りえなかった。緊急着陸をすることができ緊急脱出したが、発火を発見するまで数時間経過していた。このS F Fがフライトの早期に発生していたならば、機体は大都市に墜落していたであろう。依然としてコマーシャル機、貨物機には、クルーに火災の問題を表示できない空間が存在している。検知装置があるかないかの問題のみではなく、S F Fにアクセスすることは極端に制限されている。S F Fの場所を正確に特定できたとしても、消火するすべを持ち合わせていない。

A I R L I N E P I L O T A S S O C I A T I O N のS F Fへの取り組み

このレポートを執筆中には、UPSのDC8についての最終報告が出ていない。しかし、スイスエア111便のレポートは数年前に出された。不幸にも、スイスエア111便は tombstone threshold に達しなかったが、幸運にも独自の行動を起こさせることになった。例えば、事故後、スイスエアでは大きな変化があった。クルーが見ることのできない又はアクセスすることができないエリアにカメラと検知器を設置した。スイスエアを真似て、検知／消火装置を、製造社も取り付けようになった。

S F F 委員会は、他の対応を取った。委員会は、航空製造業界の橋渡しをすることになった。指示やレギュレーションの変更はなかったものの、ボーイングがまず行動を起こした。

S F F には致命的な共通の特徴があるにもかかわらず、パイロットは S F F 発生中に状況を把握しフィードバックするシステムを持っていない。ALPA の立場は、すべての製造業者の出資者が総出で、

すべての航空機やこれから開発される旅客機が、最低でも以下のような火災の検知ならびに保護システムを装備するような開発にあたるように、要件を提唱している。

- a) 検知ならびに保護装置を機体に装備すること
- b) 温度の変化をモニターできること
- c) 熱源、火災／発煙が特定できること———コックピットから———
- d) コックピットからクルーが高温の場所、火災や発煙、消火器の作動状況を、引き続き鎮圧中も変化をモニターできること

ALPA ではまた、貨物機、旅客機の運航者に対し、2005 年度の FSF で標準化した S F F チェックリストのプロシージャータのように、S F F が明白になった後はフライトクルーの初期の判断として、着陸をこころみさせること（ダイバート、ディッチング、引き返しや目的地変更など）を採用するよう主張している。

最後に

すでに述べたように、データは全米で 1 日に 2 回、スケジュールどおりでない着陸があることを示している。警報のない S F F に対して、迅速かつ正確な性質と程度を判断する手段が不十分かまたはない場合、ダイバートや緊急着陸をしているということを示している。性質と程度が不明な S F F に対する唯一の救済手段は、最悪のケースを想定し、着陸することである。このガイダンスは、今日飛行しているクルーには、すべての製造業界が一致して標準的なチェックリストとしては提供されていないことを示している。

スイスエア 111 便と同様な状況で、同様な致命的な事故が発生する可能性があるということである。S F F 委員会のチェックリストは違いがない。チェックリストは機長に S F F のステータスにおける生存か死亡かの選択を迫っている。フライトクルーは迅速に、かつ正確に S F F の性質を把握し、程度を確定しなければならない。またフィードバックの情報を含んだ S F F を処理しなければならない。

我々は次の事故が発生する前に、“tombstone mentality” を食い止める必要がある。我々は問題を認識した。我々は解決方法も認識した。規則を変えるように指示することが必要である。もしそうするならば、ヘッドラインニュースは次のように報じるだろう。

“飛行中に火災が発生しました。：飛行機は素早い乗員への警報と、新しい火災の保護システムにより、安全に着陸いたしました。”

もし、行動に失敗したならば、かわりにヘッドラインニュースは次のように報じるだろう。

“飛行中に火災が発生しました。：生存者はいません。”

製造社は、性質と程度の不明な S F F から、航空機を保護する行動をとる必要がある。このことは、標準的な S F F チェックリストが製造業界で用意される必要があり、またフライトクルーが機体の状況について、より多い情報を必要としているということである。

“我々は、何を知らないかを知る必要がある”

補記A：S F Fの原理、定義

この原理は、工業会のスペシャリスト、航空機製造業会の代表、エアライン／オペレーター、プロフェッショナルパイロットの協会が協力して作成した。この原理は、発煙／火災／異臭のチェックリストのテンプレートとして使用されている。

一般

- ・ すべてのクルーが解決のための要員でなければならない。
 - ・ どのような発煙でも、時間が非常に重要である。
 - ・ 発煙／火災／異臭のチェックリストのテンプレートは以下のとおりである。
 - － 警報のない発煙／火災／異臭（航空機の検知システムではクルーに対して警報を出せない発煙／火災／異臭）として銘記する。
 - － 警報のあるチェックリスト（例：貨物室の発煙）と置き換えてはならない。また、複合させて銘記してはならない。
 - － 直ちに着陸するという決心を補助するような標記（最大着陸重量を越えての着陸、背風での着陸、ディッチング、着陸できない飛行場への強行着陸など）を含むこと。
- さらに、
- － システム的に、不明な発煙／火災／異臭を特定し、除去すること。
- ・ チェックリストの著作者は、発煙状態におけるゴーグル装着時でも読みやすいように、大きなフォントで作成するなど、思いやりを持つこと。
- ・ 発煙／火災／異臭が発生したら、クルーは以下のすべてに注意を払うこと。
 - － 自分自身を守ること（例：酸素マスク、スモークゴーグルの装着など）
 - － コミュニケーションをとること（クルー同士、管制官）
 - － ダイバート；そして
 - － 発煙／火災／異臭の状況を評価し、使用可能な機器は何かを判断する。

原因の除去の最初にとるべきステップ

- ・ あいまいな手がかりやその他の理由により、パイロットによる原因の特定は、必ずしも正確にはできるものではない。
- ・ 警報のある発煙のチェックリストにより必ずしも発煙の原因が除去されるわけではない。
- ・ 迅速な消火／除去は、拡大を防ぐ。
- ・ 最も可能性の高い発煙／異臭の原因を除去し、リスクを軽減させるためにとらせる製造社の第一ステップは、クルーがすみやかに対処できる方法でなければならない。これらステップは、過去の

データや解析から決定することができる。

- ・ 最初のステップは以下のとおり
 - 素早く、簡単に、そして取り消すことができること。
 - より悪い状況にさせないこと、またはその後の状況評価は禁止すること。さらに
 - クルーによる解析を求めてはならない。

ダイバート／緊急着陸の時期について

- ・ チェックリストの著作者は、ダイバートを遅らせるような手順で作成してはならない。
- ・ 発煙／火災／異臭が発生したら直ちにクルーがダイバートすることを想定し、チェックリストによりダイバートの決心を連想させるものであること。
- ・ 最初のステップが終了したら、チェックリストは発煙／火災／異臭の原因を確認することなく、火災の消火や煙や異臭の除去をしなくても直接ダイバートを標記すること。
- ・ クルーは制御できない状況のいかなるときでも、直ちに着陸することを考慮できること。

発煙または異臭の除去について

- ・ この判断は、乗客やクルーに影響を及ぼす恐れがある場合に実施すること。
- ・ 発煙または異臭の除去のチェックリストを行うのは、火災が消火されたか、または発煙／異臭が極端にひどくなった後で実施する。
- ・ 発煙／異臭の除去のステップは、除去するステップが完全に明らかになり、チェックリストが簡単にたどり着くものであること（例：モジュラー、区切られた機器、分離された機器、単独の機器など）。
- ・ クルーに、発煙／異臭の除去を連想させるものであること。
- ・ 発煙／異臭の除去を実施した後でも、発煙／火災／異臭のチェックリストが終了していない場合、発煙／火災／異臭のチェックリストに直接戻ることができること。

原因の排除のための追加ステップ

- ・ 追加ステップは、原因の特定と、除去を目指す。
 - 製造社の最初のステップとダイバートの判断の後に引き続き標記する。
 - 時間と状況に制限される、従って着陸を遅らせないこと。
 - 過去のデータや解析に基づいた特殊なモデルをベースにする。
- ・ クルーは原因不明な発煙／火災／異臭とシステム的に独立したチェックリストのガイダンスを必要としている。

定義

確実に消火：原因を、目視により消火したことを確認する。（舌で触れることができるか。）

飛行の継続：一度、火災または発煙／異臭を感知したならば、発煙／異臭／火災が確実に解消され、発煙／異臭がなくなるまで、計画された目的地に向けて飛行を継続することは、推奨しない。

クルー：このドキュメントの目的として、“クルー（乗組員）”の用語は、キャビンの乗組員及びフライトの乗組員すべてをさす。

ダイバートが必要：ダイバートする必要があると決心したとき。

最も近くの着陸に適した空港への着陸：最も近くの着陸に適した空港へ目的地を変更する。機長は、進入、着陸、着陸後に乗客が安全であるかということを、現在の状況からリスクを評価する。

切迫した着陸：機体には、進入の準備、着陸に使用できる十分な時間が残されているのか。発煙／火災／異臭の特定のステップは、着陸を遅らせてしまう。

直ちに着陸：ただちに最も近い着陸場に向かう。状況は、進入、着陸そして着陸後に、リスクをさらに悪化させるかもしれない。“直ちに着陸”が意味することは、滑走路に直ちに着陸することである。：しかしながら、発煙／火災／異臭の状況は、機長にオーバーウエイト、背風、着水、滑走路に適さない場所等への着陸を決断させることもある。

補記B：SFF CHECKLIST TEMPLATE STEP SEQUENCE

以下のテンプレートは、チェックリストの著述者ためのガイドラインとして使用されたい。警報のないSFFチェックリストのテンプレートを目的とした理論を説明している。この理論には、ステップの目的、続いて実施するチェックリストの理論を含んでいる。

フライトクルーを保護し、その後状況を評価する

1	Diversion may be required
理論	このステップは、必要とされるダイバートをする決心を確立する。我々は”may“という用語を使用するが、これはクルーが火災の原因を予備的に評価する以前に、ダイバートを開始すべきではないからである。このステップは、フライトクルーのダイバートの判断が速やかに確立する必要があるためにチェックリストの開始部分に書かれる。

2	Oxygen Masks (If required).....ON, 100%
3	Smoke Goggles. (If required).....ON
理論	これらのステップは、煙を吸入したり異臭の元を吸収することからフライトクルーを保護する。ステップは発煙／異臭を感知した後、コックピットのクルーをすみやかに保護するために、チェックリストの早期に書く。マスクとゴーグルは個々の機器であるので、個々に記述する。フライトクルーは、フライトデッキに発煙／異臭が感知されたら、酸素マスクを装着すべきである。

4	Crew & Cabin Communications.....Establish
理論	このステップでは、キャビンとコックピットのクルー間の、コーディネーションとコミュニケーションをタイムリーに確立する。このステップは、2、3の後にあり、必要に応じた酸素マスクとゴーグルの装着が遅れることのないようにする。キャビンクルーとのコミュニケーションは明白に述べられること。これは原因の特定や消火の確認などにクルーが重要な役割をはたすことになるからである。

原因の除去のステップ

5	Manufactures initial stepsAccomplish
理論	これらのステップは、歴史的なデータや解析をベースにした、想定される原因に基づく。コックピットクルーは、評価することなく遅滞なく実施することを期待される。このステップはチェックリストの早期に書かれ、可能性のある原因を早期に除去することは、状況がさらに悪化するリスクを減らすことになる。

特定の航空機に対するステップは、製造社により開発され記入される。

Smoke Removal	At any time smoke or fumes becomes the greatest threat accomplish SMOKE OR FUMES REMOVAL checklist. Page x.x.
---------------	---

Reminder	
理論	煙の除去は、発煙／異臭がどうにもならなくなった場合、または消火が確認された後に限りなされるべきである。煙の除去は、空気の流れを変えることになり、原因に空気を送り込んでしまうことによりさらに状況を悪化させたり、原因を煙で隠すことになったりする。煙の除去ステップは、明確に簡単に引き出せること。除去のステップは、混乱したり短くなったりしないように、独立させて書く。

特定の航空機のための発煙／異臭の除去のチェックリストのページは、スペースを入れて表示する。

6	Source is immediately obvious and can be quickly extinguished: If Yes, Go to Step 7. If No, Go to Step9.
理論	このステップは、最初にとった対処の効果を待つことなく、原因と状況をすみやかに評価するものである。クルーは、もし原因が消火されていたら、決断する。評価の結果により、原因を消火するか、ダイバートを開始するかの決心をすることになる。

7	Extinguish the source. If possible, remove power from affected equipment by switch or circuit breaker on the flight deck or in the cabin.
理論	原因を特定した後で、クルーは原因を消火するために使用可能な手段を使用することになる。このステップは、原因が特定できた後に書かれる。

8	Source is visually confirmed to be extinguished: If Yes, Consider reversing initial manufacturer steps Go to Step 17. If No, Go to Step9.
理論	クルーは、原因が消火されたことを確認しなければならない。評価の結果は、原因が消火されたか、チェックリストを引き続き実施するかを決心する。このステップは、状況を悪化させないように、チェックリストの早期に書かれる。

9	Remaining minimal essential manufacturer action steps
理論	製造社が追加した手順のステップは、S F Fの原理における”イニシャルの手順“には含まない。例として、ステップがキャビンを暗くしたり、または原因の特定を妨害することになるかもしれないからである。評価は、ダイバートに先立ち行われなければならない。

10	Initiate a diversion to the nearest suitable airport while continuing the checklist.
理論	コックピットクルーは、原因が特定できず、または消火することができない場合は、ダイバートを遅らせてはならない。このステップは、ここに書かれ、着陸に適した飛行場に向けさせる。

Warning	If the SFF situation becomes unmanageable consider an immediate Landing.
理論	この警告は、もし状況が悪化するようであれば、すみやかな着陸をしなければならないことを連想させるのが目的である。このステップはここに書かれ、以後のすべての可能性のある原因のステップを実施する。

追加原因消火のステップ

11	Landing is imminent: If Yes.....Go to Step 16. If No.....Go to Step 12.
理論	もし着陸が切迫したなら、クルーはこのチェックリストを続行することによるワークロードの増加や気が散ることをさけるためにチェックリストをやめ、着陸に専念する。すべての可能性のある原因を絶縁するステップが行われたので、ここに書かれる。

12	XX system actionAccomplish [Further actions to control/extinguish source.] If dissipating.....Go to Step 16.
13	YY system actionAccomplish [Further actions to control/extinguish source.] If dissipating.....Go to Step 16.
14	ZZ system actionAccomplish [Further actions to control/extinguish source.] If dissipating.....Go to Step 16.
理論	着陸に適した飛行場が遠い場合、追加原因の特定と絶縁のガイダンスが要求されることがある。これらのシステムのステップは、ここに原因不明をシステム的に絶縁するために書かれる。これらのステップは、時間がかかるために、ダイバートが行われた後に書かれる。これらのステップのシーケンスは、最大規模の危険がある場合に、実施する。

“XX”“YY”“ZZ”は、与圧装置、電気システム、飛行中のビデオなどの機器の頭書きであり、その他のシステムも製造社により標記される。□ でくくられた文章は、チェックリストの著述者により指示されたり説明されるものを含む。

15	Smoke/fire/fumes continue after all system related steps are accomplished: Consider Landing Immediately Go to Step 16.
理論	これはチェックリストの最後の評価ステップである。評価の結果は、もし追加ステップが原因を特定したなら、ただちに着陸するか、または最適な飛行場へ着陸することになる。

さらに追加される手順

16	Review operational considerations
	運航上の重要な点は、クルーのディシジョンメイキングをサポートする情報を与えることである。コックピットクルーは、飛行の継続や判断に影響するかもしれない重要な点の再確認を連想することが必要になるかもしれない。運航上の重要な点は、機体のモデルにより多様化し、チェックリスト以外に長い文章で用意されるかもしれない。 例：背風下やオーバーウエイトでの着陸は、S F F 状態ではOKである。

17	Accomplish Smoke Removal checklist, if required. Page x.x.
理論	このステップは、コックピットクルーに、発煙または異臭を排除することを再認識させる。このステップは、原因が絶縁され、消火された後で実施される。

18	■ (End of Checklist) ■ ■
----	--------------------------

補記 C：S F F 運営委員会

製造社： Airbus

Boeing

Bombardier

Embraer

運航者： Air Canada

British Airways

Delta Air Lines

United Airlines

団体： Airline Pilots Association, International (ALPA)

International Air Transport Association (IATA)

International Federation of Airline Pilots' Association (IFALPA)

感 謝

Special Thanks:

--The entire SFF Steering Committee. It was an honor and a privilege to work with such a distinguished group of professionals.

--To Boeing, in particular, Bill McKenzie and Dr. Barbara Holder for making the SFF standard checklist a reality on their products.

--To Anna Cushman, Airline Pilots association International (ALPA), for her research, editing, rescheduling and patience.

コックピットの警報に対するパイロットの遅れた、又は誤った対応

*Don Bateman,
Honeywell International*

はじめに

何年もの間、コックピットの警報は、航空機の異常な飛行経路または状態をタイムリーに伝え、パイロットがそれらを修正するのを助けました。パイロットによって警報がタイムリーに対処され、航空機は大きな危険、又は、より悲惨な遭難を避けてくる事ができました。

しかし、パイロットが、悲劇的な事故を避ける為に、正確に対応しなかった事故もありました。

本文は、遅れたか、又は誤ったパイロットの対応が事故に繋がった歴史的事故の中から、幾つかの例を紹介します。

- パイロットの対応の変化に影響を与える可能性のある原因のいくつかについて検討します。
- 不必要な、又は誤ったコックピットの警報を減らす必要性について、実際の世界中で計測された警報の中から、いくつかを紹介します。
- 飛行機による修正が、飛行機自体とその乗客を破壊から防いでくれる「最後の瞬間」の自動化の必要性についての議論を紹介します。

本文は筆者が最も多くの経験とデータを持っている「CFIT」（注1）と、警報システムに焦点をあてています。結論と所見については、他のタイプの災難にも適用できるものと考えています。

（注1）「Controlled Flight into Terrain (CFIT) accidents」：航空機に何ら異常がないのに山や地面に衝突する事故のこと。機器の異常あるいはパイロットの空間識失調、経験不足、不注意などによって墜落する航空機事故のこと

概要

タイムリーなコックピットの警報を受けた後、パイロットによる無視、遅れ、不適切な回復操作により事故になった例は数多くあります。

多くの要因が、適切な対応の不足、例えば、トレーニング不足、逆操作、他の操作への集中、不必要な／些細な／間違った警報、そして、他にも多くの生理的要因があります。

一便毎に発生する多くの警報に関して、世界中での実際の発生を大まかに調査することにより、不必要な警報の発生を確実に減らす事が出来ます。

自動制御の進化は、日々すべての交通手段をより安全にしました。著者は、最後の墜落がAuto-recovery装置によって回避されることを勧めています。なぜならその時は、災難からの生還に、ほんの数秒しか残されていないからです。

課題：警報に対するパイロットの対応の遅れ、認識不足、誤った対応が事故となる。（付録A参照）

コックピットの警報に対して、パイロットの対応の遅れ、誤った対応が事故や事件を起こし続けています。これらの事故は回復に対して十分な時間があるにもかかわらず、明らかな「無視」によって発生しています。実際の例としては、他の航空機との衝突に対するTCASのRAへのパイロットの誤っ

た操作（又は過度の操作）があります。離陸の警報が発生しているのにもかかわらずパイロットが離陸を継続し事故に至った例があります。他には、パイロットの対応の遅れ、誤った対応の結果として発生した、多くの警報の例があります（例えば客室高度の警報、エンジン火災の警報、操縦装置の警報）。パイロットの回復操作に関し、対応の遅れ、誤った対応が事故の原因となることがしばしばあります。

（付録B参照）

過去30年間の地表への墜落事故に関し、多くの事故調査の中から、2つの事故を取り上げます。「CFIT」で1つは進入初期、もう1つは進入復行時のものです。

例 1：初期進入時の墜落事故—クアラランプール B-747（reference 3）

最初の例（図1Aと1B）は、1989年、夜間の非精密進入の進入初期に、早まって最低高度以下に降下して発生した事故です。パイロットは時差と疲労により少なからず疲労していました。

パイロットは最初のアプローチチェックリストの終了が遅れ、混乱し、そして航法援助施設の周波数について議論をしている間、早まって、最終進入FIX到達以前に400ftも降下してしまいました。地表接近警報装置（GPWS）の「機首を引き起こせ（Pull Up!）」の最初の警報が衝突の16秒前に発生しました。しかし、パイロットは周波数のセットに集中し混乱していました。彼らはセッティングの議論を続け、「Pull Up!」の警報を「無視する」ように見えました。航空機関士が最初に電波高度計が700ftになっているのに気付いた時は、急激に地表に接近しており既に手遅れでした。4名の人命は失われました。

図1A：降下飛行経路

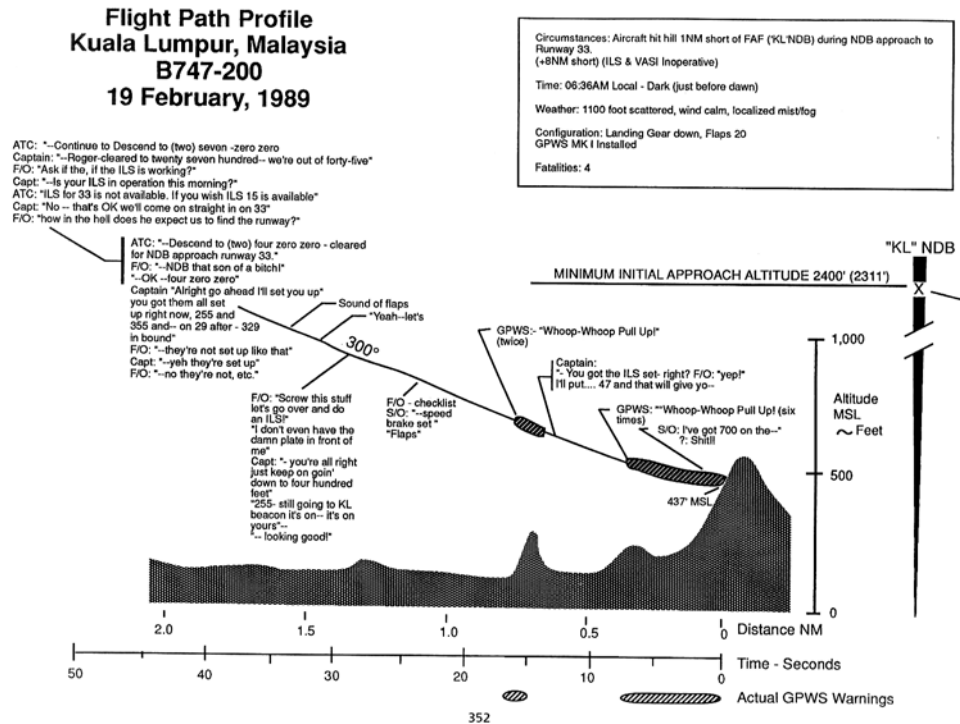
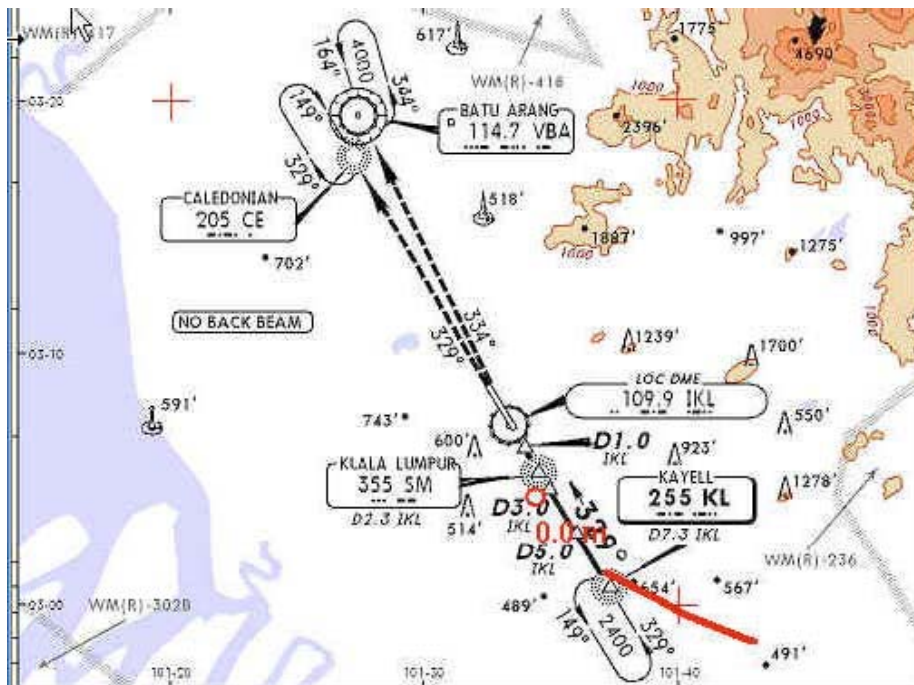


図1B：飛行経路



例 2：進入復行時の墜落事故—Sochi A320 — (reference 2、4)

例 2（図2Aと2B）は、夜間、進入復行時に空港の近くに墜落した事故です。15秒間のE-GPWSの「Pull Up!」の警報の間、回復操作は試みられませんでした。いくつかの原因としてはパイロットの疲労、進入復行時に於ける標準操作の不履行、そして高いワークロードのかかる飛行時に負荷を減らせる自動操縦装置を解除していた事です。着陸形態での航空機は右旋回中、過度に傾いたが、Fly-By-Wireの傾きを制限する装置により抑えられました。機長は空間失調とSomatogravic Illusion（注2）に陥り、傾きに対してコントロールを失っていました。副操縦士が「水平に戻せ!」と叫ぶと、機長は操縦桿で航空機を水平にしようとししました。音と視覚による低速度の警報と、連続した20秒間の管制通信が最も高い負荷となりました。低速度の警報が音声と計器上に発生しました。引続き、フラップの速度超過の警報が発生しました。それが、計器上のフラップ制限速度を示す赤い印の位置から減速しようとする、機長の機首下げの操作につながりました。最大出力と機首下げにより、過大な速度と降下率となりました。15秒間のE-GPWSの「Pull Up!」の警報が発生し始めたが、どちらのパイロットにも明らかな回復操作の試みはありませんでした。航空機は速度285kt、降下率3,000ft毎秒で水面に衝突しました。速度は2000年のバーレーンA320事故と殆んど同一の状況でした。おそらくSomatogravic Illusion（注2）が、113名もの人命損失の主な原因となりました。

（注2）：Somatogravic Illusion ソメトグラビック イルージョン

固定翼機で急加速すると、実際には水平姿勢であっても機首が上がったかのように錯覚することがあり、これをソメトグラビックイルージョンと言います。逆に急減速を行なうと機首が下がったように錯覚して、不必要な機首上げを掛けて失速を招くこともあります。

図2A：降下飛行経路

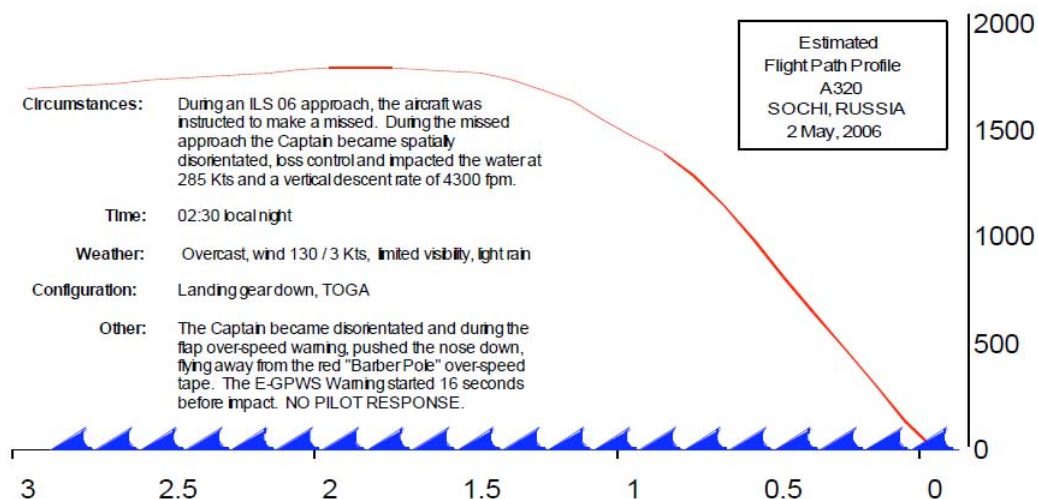


図2B：空港から3nmの飛行経路

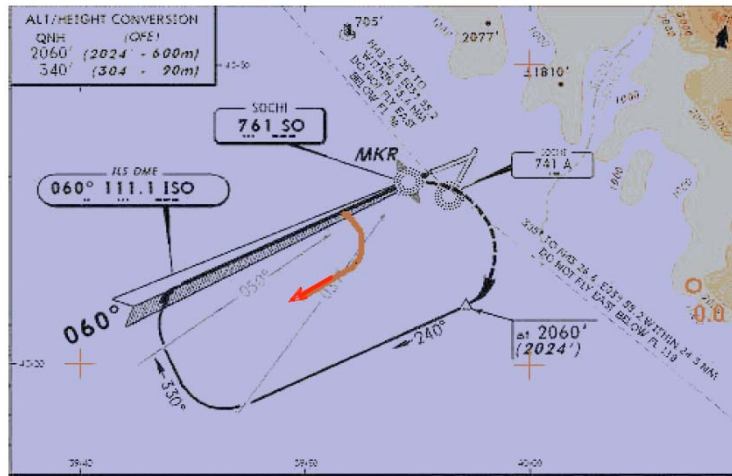
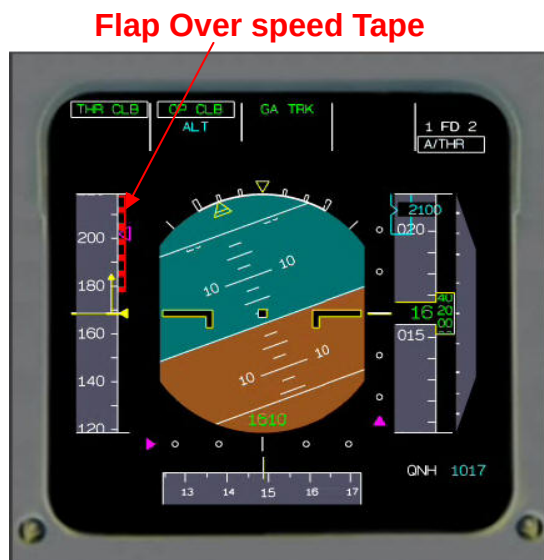


図3は事故機の姿勢指示計器と同種のもので、左側の縦の速度計上にある赤の印のフラップ超過速度「barber pole」は、今日、殆んど全ての航空機で一般的に用いられています。私は訓練されているので間違えませんが、計器の設計者は速度計の表示を上下逆にすべきだと私には思えます。そうすれば、速度の増加につれ、速度が計器の下から増加するからです。もし赤色の「barber pole」が下から表れ出したら、パイロットはそれから離れるよう機種を上げるでしょう。同様に、低速度が計器の上から表れ出したら、パイロットは機種を押し下げ、迎え角を減らすでしょう。

しかし、我々は現在多くの航空機にある現在の表示を受け入れなければなりません。現在までに「barber pole」の超過速度に関しての事故が2件、そして多くの事件が発生しています。3件目の事故が、またいつか起こることでしょう。

図3：縦長表示の速度計と赤色の「Barber Pole」フラップ超過速度



コックピット警報システムによる現在の警報発生率

1953年12月12日、DC-3型機事故のインド政府の事故報告において、パイロットが誤ってエンジンの火災警報を認識し、正常のエンジンを停止させた事を報告しています。

事故調査官は述べています。間違ったエンジン火災警報が完全に排除された、絶対確実なメカニズムが設計されなければならないと。その時が来るまでは、パイロットの注意は、相変わらず誤警報の誤った計器に集中されてしまい、その上、その火災が実際に発生した事を必ずしも示していないということです。（reference 6）

以来、エンジン火災の誤警報の発生率は、40,000便につき1回未満まで下げられました。

下記のコックピット警報の発生率が、各種タイプの航空機の約500,000便の、EGPWS、TCASと他の警報システムから記録集計され、過去の統計データとなりました。図5参照

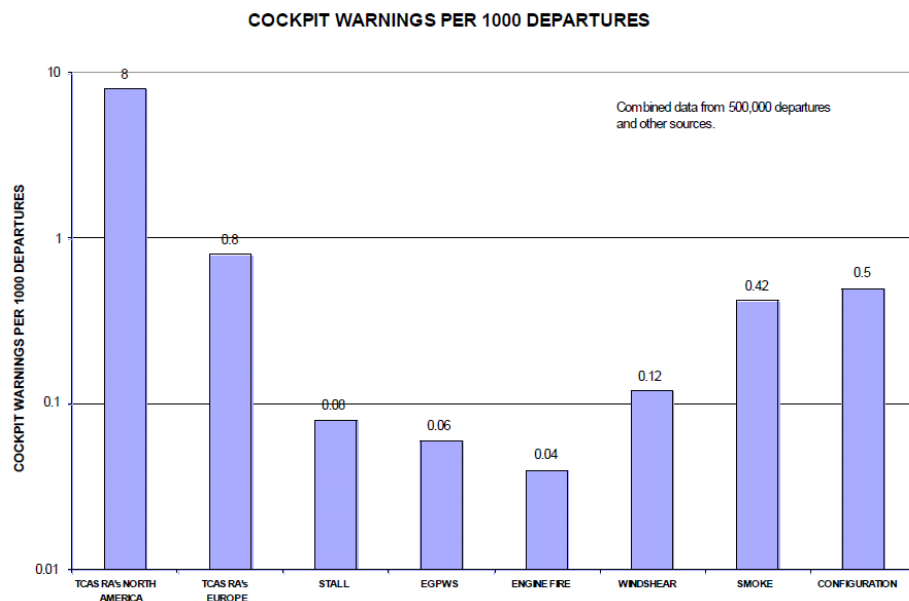


Figure 5: Cockpit Warning Rates

驚くほど高い警報発生率は、システム設計者、パイロットそして管制官が、多くの解決すべき課題がある事を意味しています。

北アメリカでは、TCAS のResolution Advisories (RA) 警報は、EGPWSの「Pull Up」より約145倍多くなっています。ヨーロッパでのRAは、北アメリカより 1/10少なくなっています。これらのRAは、間違った警報でもなく、不必要な警報でもなく、航空交通管制の練度、交通の密度、そして飛行方式の違いが反映しています。

誤った機体姿勢の警報は、異なる航空機の機種では、センサーの違いや、飛行時の環境にしばしば関連します。そして、いくつかの機種は他より高い率となっています。また、Quick Access Recorder (QAR) からのデータは、警報システムの発生率と種々の欠点を識別するのに役立っています。

1,960年代、航空機に装備された電波高度計の主な目的は、パイロットがCategory II進入時に最低降下高度；Minimum Decision Height (MDA) の決定の手助けとなります。それ以来、電波高度計は更に、地形認識援助として、そして、地表接近警報システム（例えばGPWSとEGPWS）のための主要なセンサーとなりました。さらに電波高度計は、自動操縦装置の感度制御、自動着陸時の引き起こし、手動着陸の引き起こし時の高度の音声案内、客室の気圧制御、そして他のシステムとしても使われて

います。その為、電波高度計が故障したり、エラーを起こせば、多くのシステムは影響を受けます。

例えば、航空機が古くなり、胴体のアンテナ取り付け部の平面の腐食が、電波高度計の機能損失やエラーを引き起こし、電波高度計の依存システムの不必要な間違った警報と作動エラーを引き起こします。

フライトレコーダーを使って、誤った警報を除外することができます。しかし、運用上発生した警報を本当の警報と区別することは、しばしば困難となっています。

報告された記録データもまた、図6に示された他の事例で、実際の世界的な発生頻度を確かめることができます。

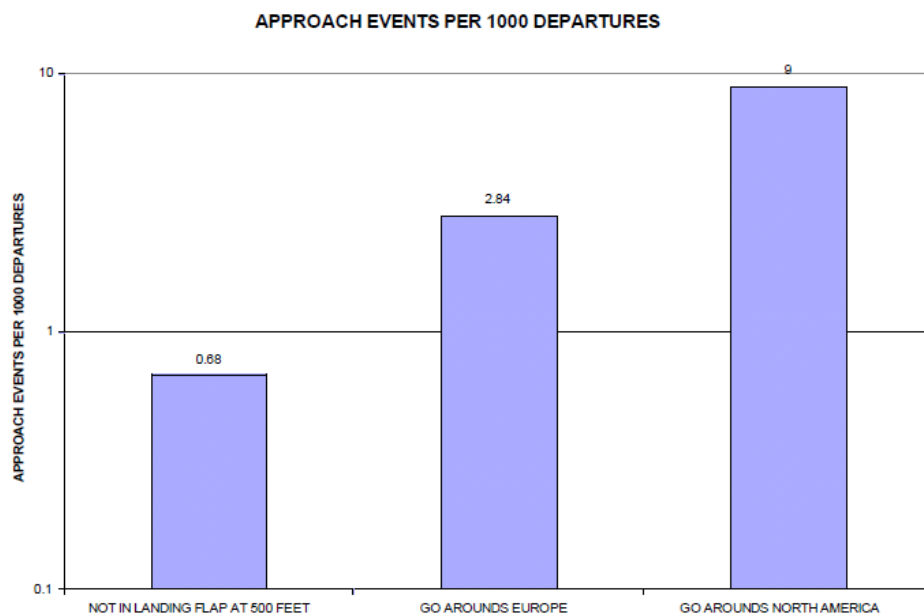


Figure 6: Some Approach Event Rates

1996年、航空会社は、かなりの数のE GPWS装置を装備し始めました。今日、大部分の商業ジェット機はE GPWS装置を装備し、現在、飛行実績は3億便を上回ります。CFITの危険性は低下し、大変満足のいくところとなってきましたが、しかし、危険はまだまだ我々の内に潜んでいます。E GPWSは、CFITの危険を防ぐための万能薬ではありません。パイロット反応は、警報にきわめて重要です。

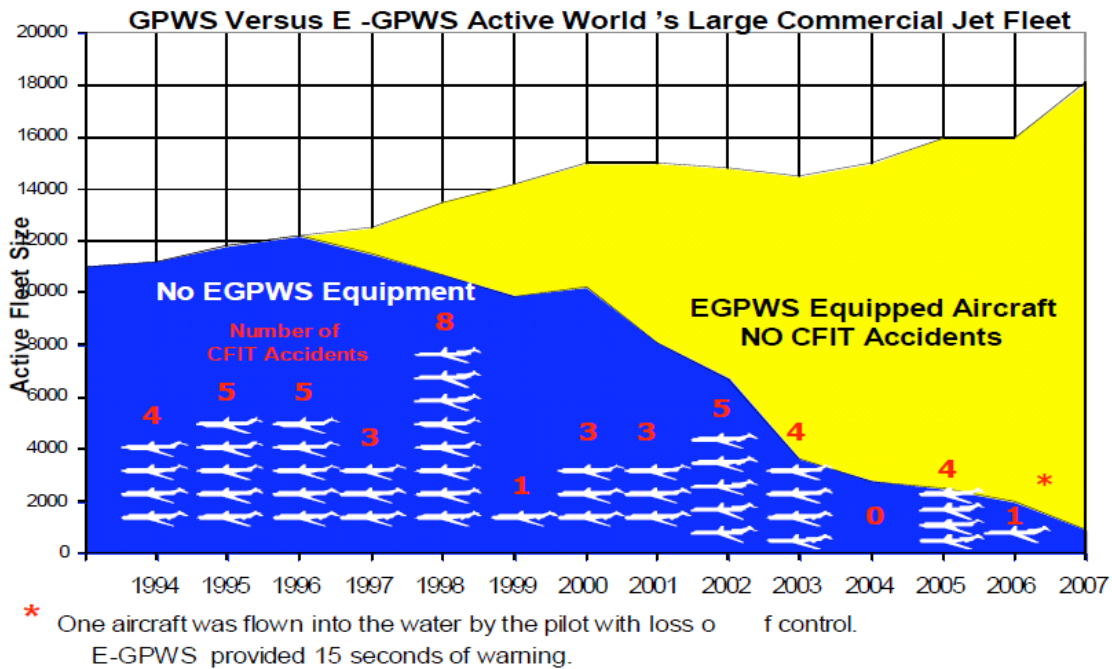


Figure 7: The Success of E-GPWS over GPWS

警報に対するパイロットの反応時間

誤った火災警報に対する経験を得る為、一般にパイロットは警報システムに対処する時、以下の手順の訓練を実施します。：

- 1.何か行動を起こす前は、むやみに操作しない。
- 2.まずは飛行機を安全に飛ばす。
- 3.警報を確かめる。
- 4.正確な行動を取る。

…以上の様な手順を取らなければならなりません。

1978年、私は航空機が回復し成功する可能性を下記の様に推定しました：

$$P_p = P_t \times K_f \times K_n \times K_s \times K_e$$

P_p ：IMC時、パイロットが明確に回復操作をする可能性

P_t ：下記に基づく可能性

- 警報の種類
- 飛行状況
- 警報の時間

K_f ：誤った警報に基づく減率

K_n ：運用上の不必要な警報の発生に基づく減率要因

K_s ：下記の飛行タイプによる要因

- 旅客便— 0.92
- 貨物便— 0.97

- 訓練飛行— 1.0

Ke : どちらが操縦しているかに基づく要因

- 機長— 0.95
- 副操縦士— 1.0

地表衝突前の約10秒の警報時間で、回復、成功した可能性は、およそ0.7であると推定されました。この数値は、GPWS装備機のその後の実績から、適切な予想であったと証明されました。

地表衝突のおそれが十分時間がある前に、顕著な地形の計器への表示と、先行した注意喚起の警報が、地表衝突回避の可能性を非常に大きくします。

E GPWSの注意警報と警報時間は、GPWSと比較して平均で4倍増加しています。それは、パイロットによる回避の可能性を非常に増大させます。

GPWSの「Pull Up!」警報に対するパイロットの反応時間について

1970年代初期、GPWS装置は商業航空機に幅広く装備し始められました。そして、CFITの危険性が約1/11に減少するものの、図7での商業ジェット45機の損失で分かる様に、GPWSの効果は限定的でした。

1970年代のパイロットの反応時間と警報発生率が、QARと他のフライトレコーダーから収集できました。1990のFSFの報告（reference 9）から、図8は、いくつかのパイロットの反応時間を表しています。

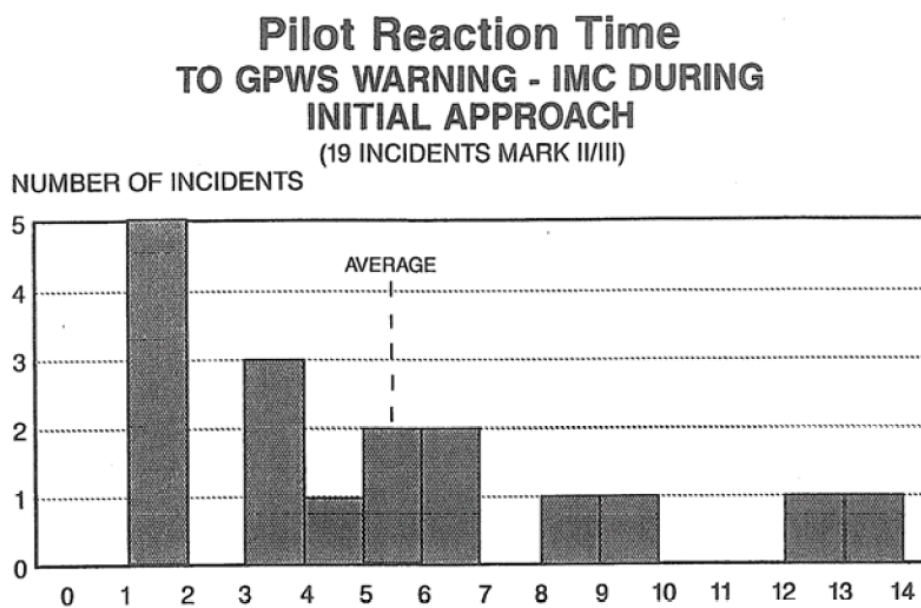


Figure 8: Observed Pilot Response Time to a GPWS Warning

EGPWSの「Pull Up!」警報に対するパイロットの反応時間について

1990年代初期、フラッシュメモリーの技術は商業的に利用できるようになり、メモリーの容量は急激に増加し、相対的に低価格となりました。フラッシュメモリーは現在写真カメラで見られますが、飛行と整備情報を多くの種類の航空電子機器で保存し利用されています。例えばボイスレコーダーの保存として、E GPWS用の地形、空港、滑走路データの保存として、Flight Management Systems (FMS)

用の航法データの保存として、そして、例えばエンジンの様な、数多くの装置の為の整備と故障の分析情報の保存としてです。

E GPWS装置において、フラッシュメモリーは、地形／滑走路のデータベースとアルゴリズム上の問題から起こるエラーに起因する誤報や不必要な警報を排除する強力なツールとなります。同様に誤報や不必要な運用上のイベントと警報の飛行データも排除します。E GPWSの飛行記録データは、種々のパイロット協会とオペレーターの協力のもと、日付、時間と航空機登録番号で識別されます。対気速度、対地速度、飛行経路、針路、緯度、経度、気圧高度、電波高度、そして他の要素の様々なE GPWSの飛行パラメータは、警報の事象の20秒前から、10秒後まで保持されます。この飛行記録データは、3次元空間と地形フォーマットに関し、各々のイベントまたは警報の再設定を行えました。

警報のイベントの飛行記録は、地形と滑走路のデータエラーの排除に非常に効果的であるばかりではなく、AIPの座標とは別に、世界的な滑走路と地形データのWGS-84座標軸での真の位置決定もすることが出来ました。データも実際のパイロットの反応時間と回復操作を間接的に調べるのに非常に有効であることがわかりました。

再現されたこれらの記録の比較から、EGPWSに対する平均的なパイロットの反応時間は約4秒で（図9参照）、EGPWSの方がGPWSの警報より反応時間が約0.5～1秒減少しました。

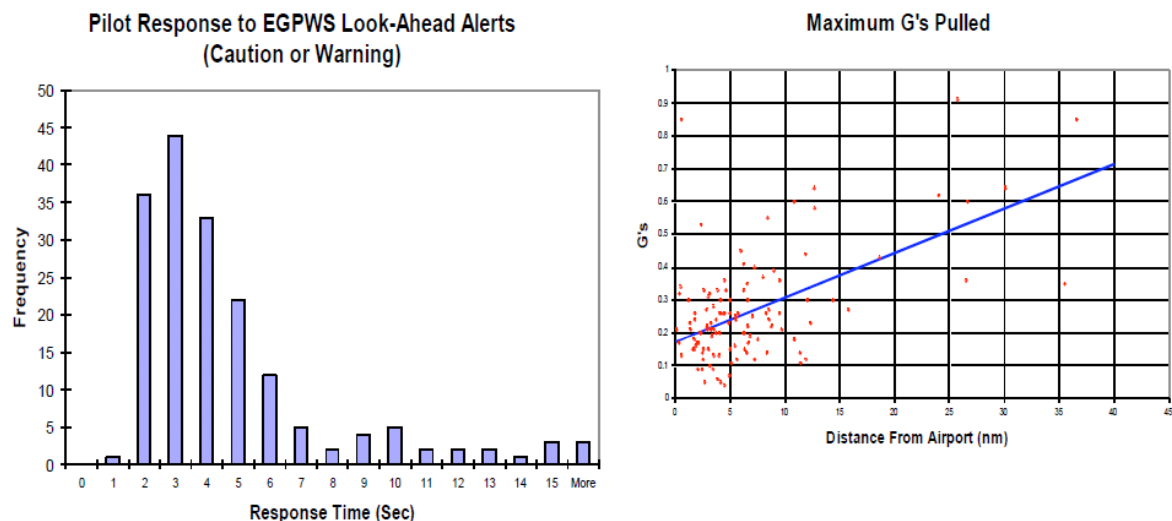


Figure 9: Typical Pilot Response Time and G's Recovery to an E-GPWS Warning

警報に対する事前の「注意」により、警報への反応時間は改善されました（図10参照）。パイロットは警報の前に、飛行経路についての疑念の有無にかかわらず、重要な地形をカラーで表示するディスプレイの使用で、反応は著しく改善された。

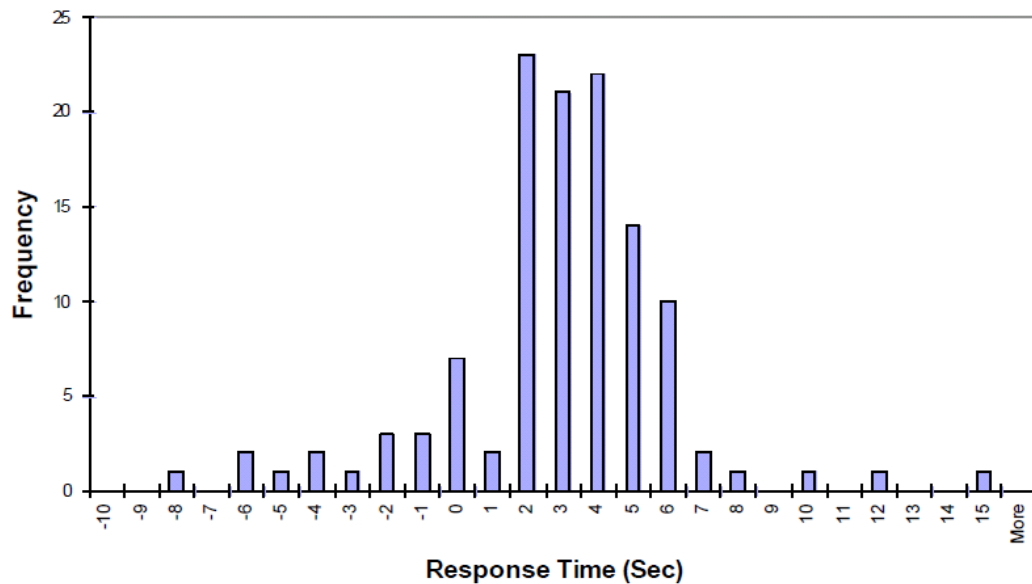


Figure 10: Pilot Response Time with “Cautionary” Precursor

E GPWSが世界中で初めて地形を導入した時、E GPWSの飛行記録も、初期のE GPWS警報発生率の決定を助けました。（図11参照）

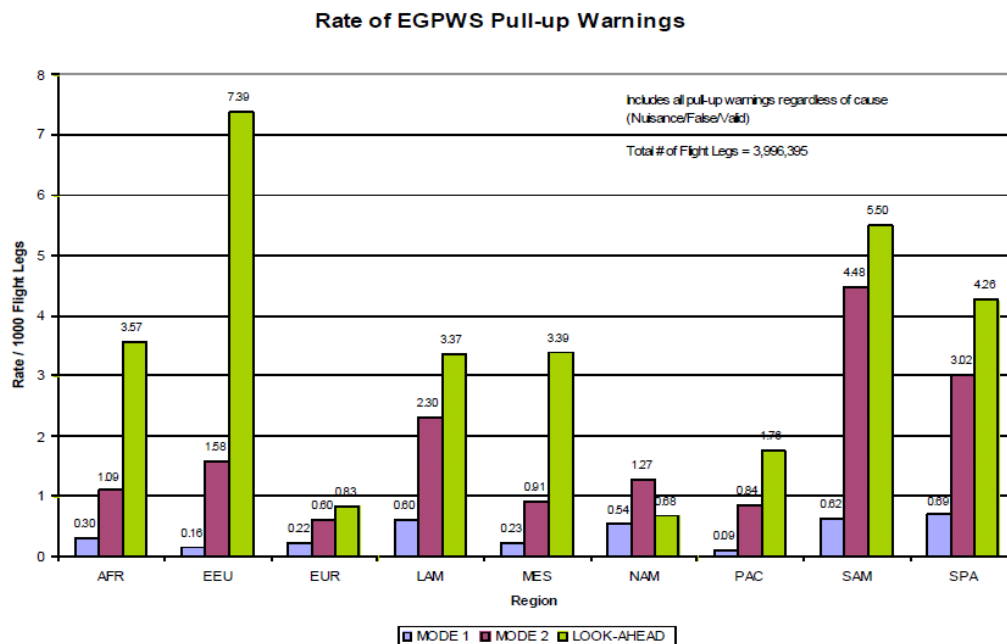


Figure 11: Initial World Wide E-GPWS Warning Rates

この10年にわたる飛行記録のデータは、警報のアルゴリズム、及び地形と滑走路のデータベースの

重要な改善につながりました。最新のソフトウェアと最新の地形データベースの採用によって、不必要なEGPWSの警報が、20,000便につき1回未満に減り、年々改善されています。（図12参照）。

オペレーターがアップデートされたソフトウェアと地形のデータベースを利用することは重要となっています。データベースの改善を進めることで、不必要な警報の発生率を継続して減らしました。

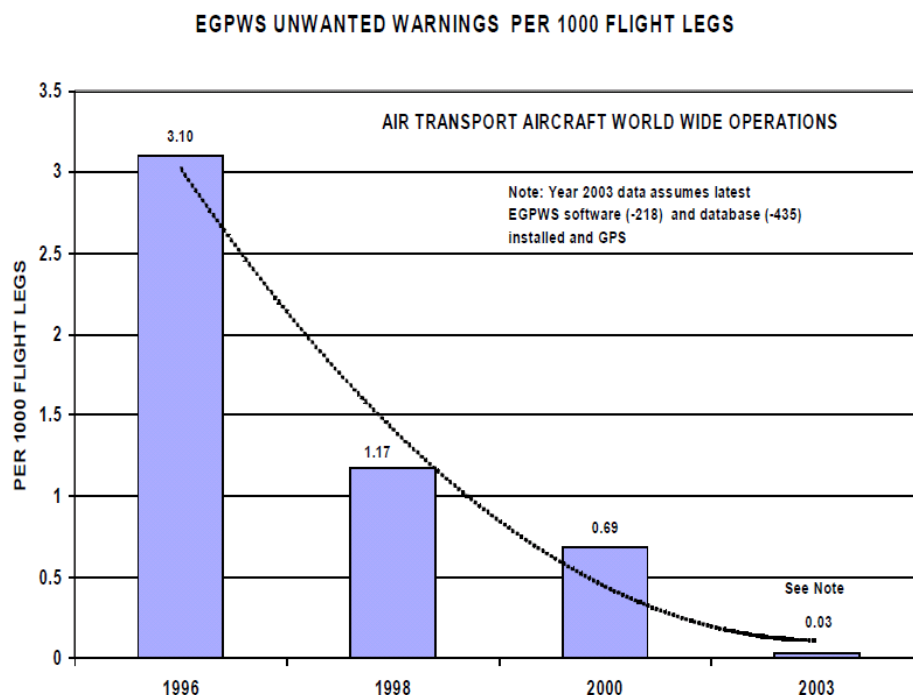


Figure 12: Reducing Unwanted E-GPWS Warnings with Time

パイロットの無反応、又は誤った反応の後のAuto-recovery装置

どんな機械も使い易くなければなりません、何かが誤っているか、その操作が限界に近いかをオペレーターに警報しなければなりません。オペレーターが機械の警報を無視するならば、破壊、またはオペレーターと旅客に対する危害を機械が防止しなければならないと私は確信しています。

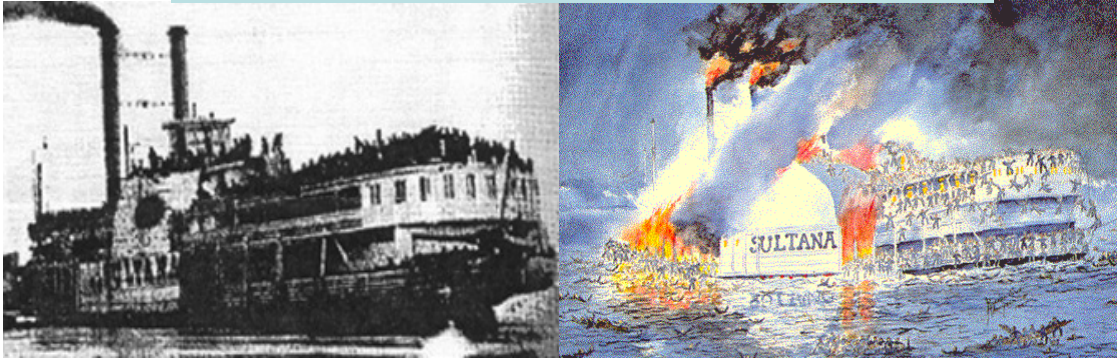
鉄道、船舶、自動車と航空機のような機械化された各々の輸送手段は、歴史上の発達において、非常に類似した進化をとげました。各々の輸送手段は、能力、信頼性そして安全性について顕著に改善が継続されました。

面白い事例としては、水を鉱山からポンプで汲み出す1770年代の蒸気機関の進化と応用です。それらは馬の要らない蒸気自動車、蒸気鉄道、そして蒸気船へと適用されました。

1800年代には、鉄道、蒸気船、自動車と飛行機は、比較的に速い手段で人々と物資をあちらこちらへと移動させ、大変商業を格大させました。残念なことに、各々の交通手段は、1850年代から累計で何千もの生命を失う事故となりだしました。

多くの蒸気船と電車の災害は、主にボイラーの爆発でした。一連の災害は、1852年のSteamboat法の制定（ボイラーの試験と検査、圧力調整弁の設置、船員の免許）のため、政府を動かしました。歴史的に、これは他の交通手段、特に航空に関して類似しています。

ボイラー爆発 1,700名死亡 1865年4月24日



1865年、蒸気船（Sultana）の船長は、過積載の船を最大速度でミシシッピ川を登っていました。船は、ボイラーの圧力をずっと上げていました。真夜中、突然、蒸気船の2つの無防備なボイラーは爆発し、何百人もの乗客とクルーは火傷し、複数の火災が発生しました。1700名の乗客の大部分はちょうどアンダーソンビル南部連合刑務所から解放された病気の若い兵士で、更に、看護婦、医者、船員も命を落としました。（reference 12）。

交通手段ごとに、その機器と性能は、知識とテクノロジーで改良されました。安全性は改善され続けましたが、しばしばそれは災害の後になってのみでした。

1852年5月30日のSteamboat法は航空に適用できるでしょうか？ 私は、できると考えています。我々は航空機を検査し、オペレーター、パイロットに免許を与えます。そして、現在、圧力調整弁に相当するものが必要となっています。そうです。それはAuto-recovery装置なのです。

自動制御は、機械が制御できなくなる危険を減らしました。T尾翼機の失速の危険性を減らすための操縦桿を押す方式が、1960年代に導入されました。これらは最初、パイロットによって抵抗されましたが、失速の危険性を顕著に減らすことがわかり、高迎え角失速の危険性を減らすことができました。

過度の傾き、ピッチ、通常の加速、対気速度、マッハそして、機器の制限を越えた飛行の制御を失うのを防ぐフライバイワイヤー方式とメカニズムは、さらに航空機の危険も減少させています。（蒸気機関で言えば、速度调速器に類似しています）。我々はそのようなテクノロジーによってコントロールを失う危険性を減らし続ける必要があります。そしてパイロットの操縦が飛行機の設計の範囲内である限り、パイロットは自由に飛ぶことができます。

Auto-recovery装置の設計、装備の目標は、下記の通りです：

1. 不必要な警報は、1000便につき0.001未満
2. 出発または着陸での過酷なビジュアルアプローチ、低空進入、険しい山岳地帯での飛行の様な世界中での実際の運航環境下で互換性がある
3. センサーの違いに影響を受けない
4. 警報は、パイロットが無反応の場合、又は警報に対して誤った回復操作をした時で、災害の直前でのみ、その警報が発生する
5. 警報はパイロットを驚かせてはならず、Auto-recoveryの進行を確実にフィードバックさせる。
6. 最初は、スイッチが使用不可である事。しかしそれは実績から改善され証明されること。システムは強固であること。
7. 既存の航空機に対し実用的であること

Honeywell社では、自社の航空機でのデモンストレーション飛行でAuto-recovery装置による飛行を

実施し、その後、A319型機の生産機で装備し、飛行制限範囲の制御により理想的な物となりました。

我々は、カリフォルニアのモントレイの山岳地帯での飛行を実施しました。（図13参照）。

- ILS simulator calibration (over ocean)
- Proceeded south over water to south of KMRY per Test Plan
- Set holding pattern and test waypoint pointing at the Mountain located at:

Lat: 36.18 N
Long: 121.7 W
Alt: 4853 feet
AGL

- Three identical flight paths into the mountain to validate system activation and analyze auto-recovery sequence.



Figure 13: Flight Track for Auto-Recovery Demonstration

US Air Force Automatic Ground Collision Avoidance System (Auto-GCAS)

米空軍は、2007年8月2日、「Auto-GCAS」を開発し、F-16、F-22とF-35での運用の準備ができていると公式に発表しました。Gen. Jack Catton空軍少将は、「このテクノロジーによって、人命が救われ、戦闘能力が高められる。これは、明らかに正しい行動です」と述べた。（reference 13）。

例：仮にAuto-Recovery装置が作動すれば ----クアラランプール 1989年2月19日 4名死亡事故での検証 (reference 3)

本論文の初めの事故例の地形を調べると、MK 1 GPWSの「Pull Up!」の警報は、衝突の16秒前に始まりました。EGPWSの事前の警報の「Caution-Terrain! Caution-Terrain!」は、衝突の40秒前、「Pull Up!」は、衝突の34秒前で発生しました。もしパイロットが「Pull Up!」の警報に対して反応しないと、Auto-Recovery装置は、6秒後に作動します。図14の中で、各々の赤い点は、1秒の間隔です。航空機はAuto-Recoveryで、約1,500ftまで上昇し、衝突の対象となった山の峰から離れました。

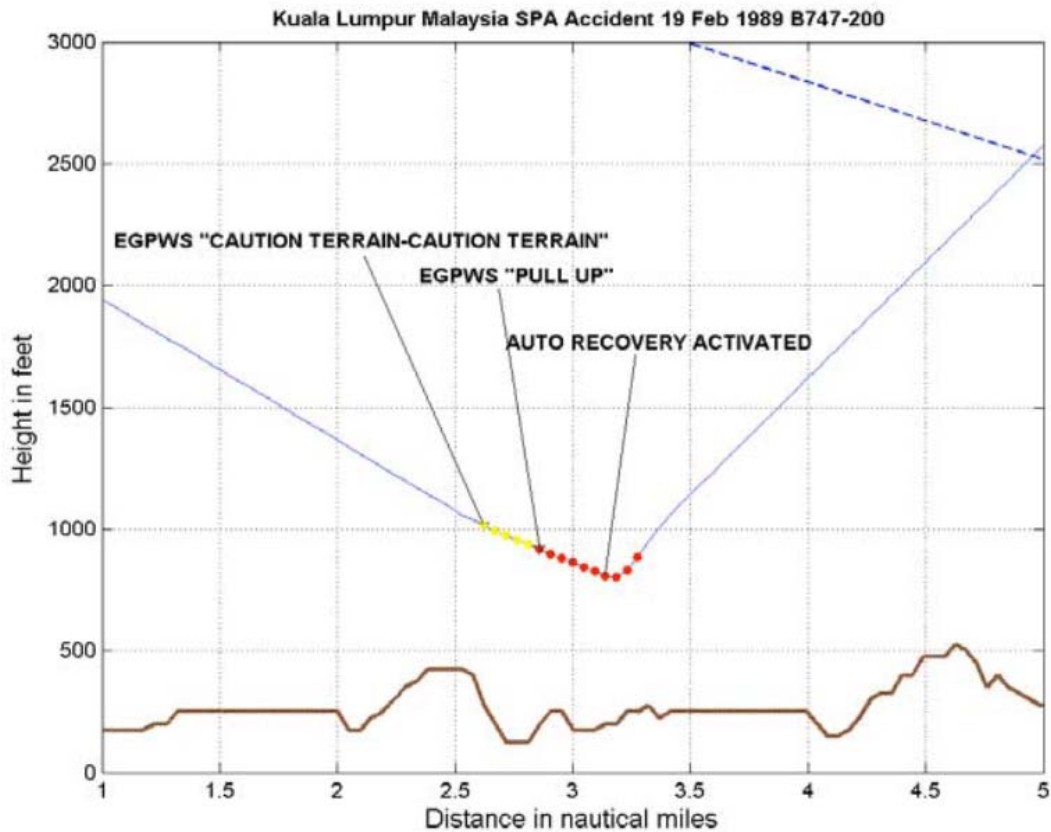


Figure 14: Auto Recovery Maneuver Example for a Premature Descent Accident

例：仮にAuto-Recovery装置が作動すれば - 2006年5月6日、ソウチ空港近郊での操縦不能の113名死亡（reference 4）事故での検証

EGPWSの「Sink Rate」、そして連続した「Pull Up!」の警報が、水面衝突の約16秒前に始まりました。パイロットの積極的な反応が無かったので、Auto-Recovery装置は最初の「Pull Up!」の6秒後に作動しました。航空機は200ft未満の高度損失で上昇へと転じ、水面から約350ftの高度まで回復しました。航空機は迎え角と重力加速度「G」の飛行制御範囲内で飛行し、コントロールに問題はありませんでした。（図15参照：各々の赤い点は、1秒毎）

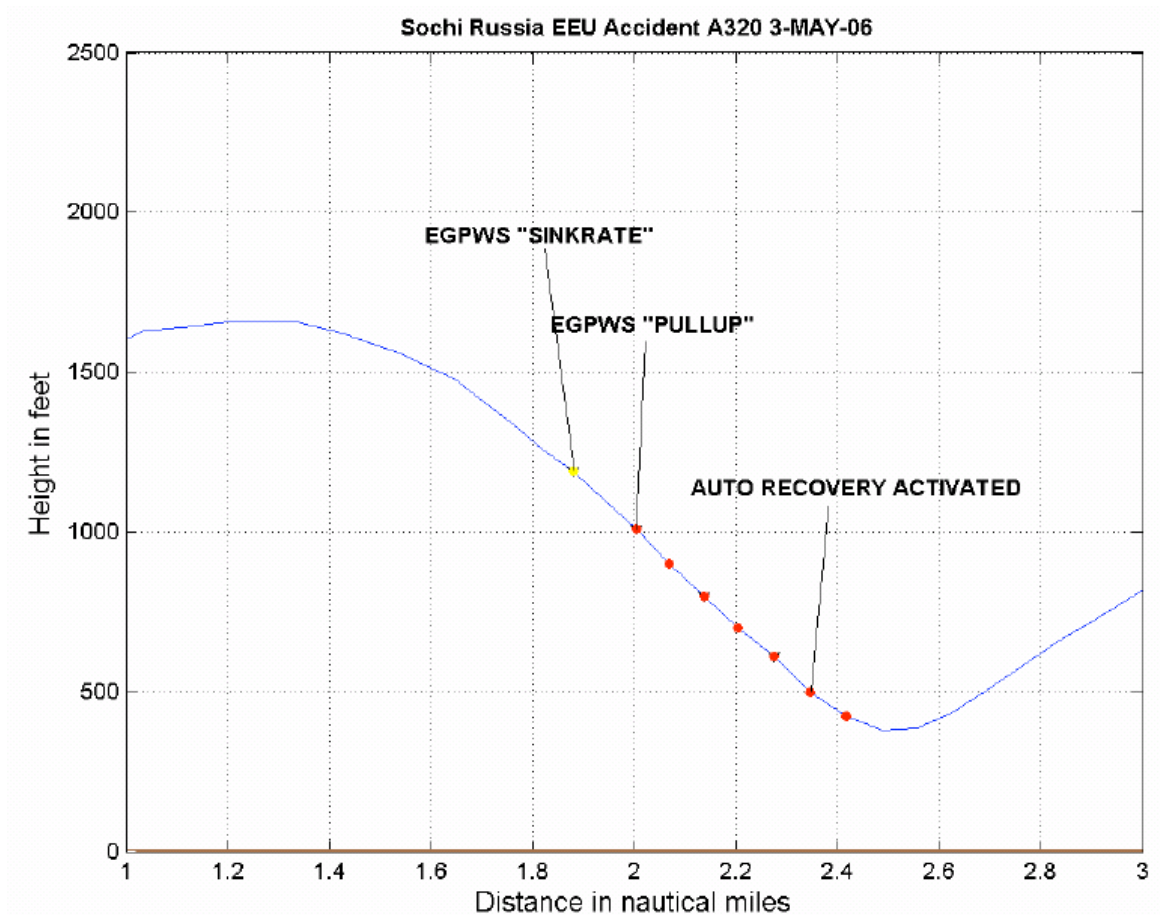


Figure 15: Auto-Recovery Maneuver for Loss of Control Accident near Sochi

その他の例：Auto-Recovery装置が作動すればー 2000年8月23日、バーレーン近郊での操縦不能の143名死亡事故での検証（reference 5）

GPWSの「Pull Up!」の警報が、衝突の約11秒前に発生した。しかし、航空機の回復の試みの兆候はありませんでした。EGPWS装備機ではありませんが、警報時間は衝突前については同じ時間でした。

バーレーンの検証例では、Auto-Recovery装置は、最初の「Pull Up!」の警報の約6秒後で、パイロットの回復の試みが無かったので作動しました。航空機は上昇へと転じるのに200ftは降下しませんでした。航空機は、水面から約450ftの高度で回復しました。航空機の迎え角と重力加速度「G」は制限内で飛行し、制御に問題はありませんでした。（図16参照：各々の赤い点は、1秒毎）

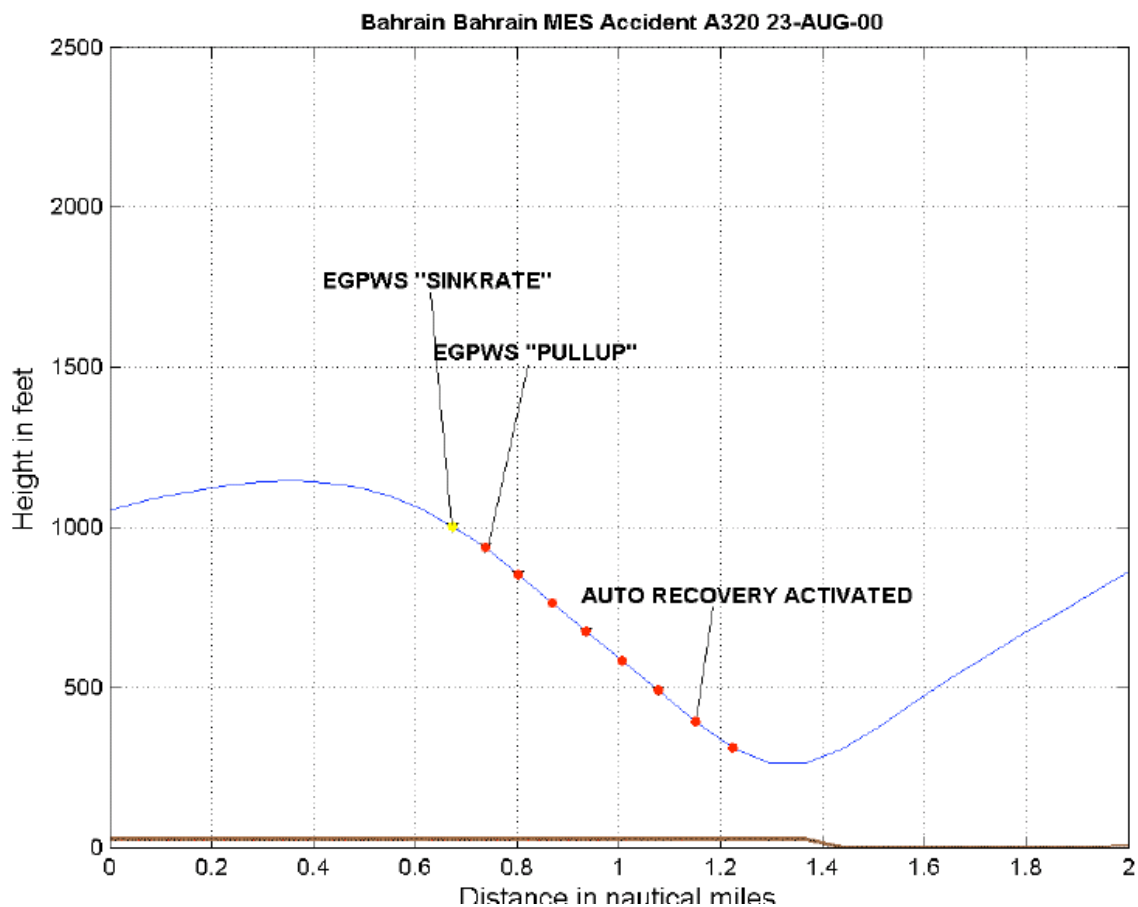
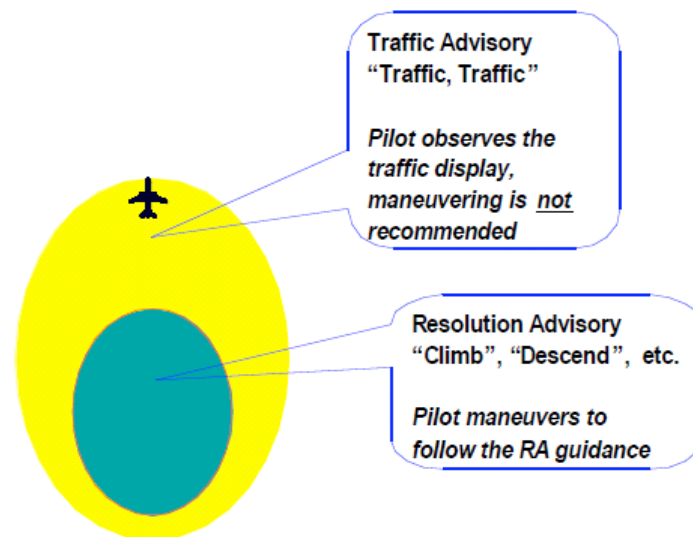


Figure 16: Auto-Recovery for 2000 Loss of Control Accident near Bahrain

空中衝突回避のために自動回避飛行（図17参照）

既存のTCASはADS-Bと他の航空機の「動き」を加えることによって大変改良されました。それは不必要なResolution Advisories（RA）の発生を最小にし、実際の航空の衝突状況に応じ、警報回数を改善し、飛行の改善をもたらしました。しかし、RAが今日の様に顕著に減少するまでには、自動回避飛行はしばしば作動しました。



The Current TCAS coverage

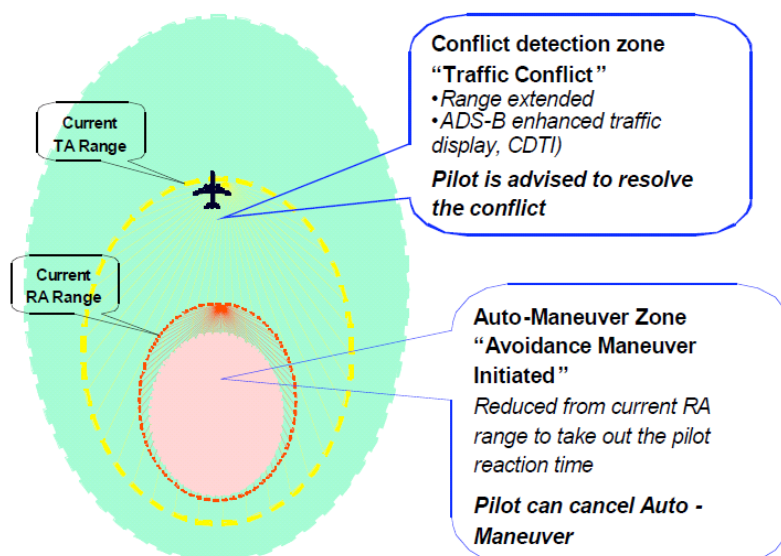


Figure 17: A possible Future Coverage and Auto-Maneuver

結論

1. いろいろな理由により、飛行機のオペレーターとしての人間であるパイロットは、正しくタイムリーな警報に反応しないかもしれません。危機的な警報が発生し、パイロットが破壊を避ける為、

どんな理由であっても時間内に問題を修正しきれなければ、装置が回復飛行を起こす必要があります。

2. 誤った警報または運用上不必要なコックピットの警報は、非常に多く残り過ぎています。製品としての目標は、警報の原因をシステムの的に分離し、トータルでのシステム設計と警報装置のシステムの的な発生原因を改善することによって誤警報の発生を減じる事です。

何年もの間、誤ったエンジン火災警報の減少と、地形関連の警報について大きな改善がなされました。我々は、他の警報システムも改善されるものと楽観的です。重要なことは、実際の警報データを収集し、改善のためにそのデータを利用することです。

3. 衝突防止措置（TCAS）は、警報数では現在最大の数を数えており、その中で現在の航空交通管制が実施されています。TCASのため、Minimum Operational Standards（MOPS）と航空交通管制業務は再検討される必要があります。ADS-Bと集積した情報の使用は、これらの警報を大幅に減らし、パイロットと管制官の双方を手助けするでしょう。
4. トレーニングは、危機的なままです。Somatogravic illusion（注2）のトレーニングは、実施される必要があります。それを経験しなければ、パイロットは操縦不能の危険性を本当に理解することができません。

Capt. Dick McKinney's "When a Go-Around Goes Bad" (reference 14).

5. 地形への衝突飛行、または操縦不能のため、Auto-recovery装置は、新しい航空機の設計にも反映されなければなりません。これは飛行機が、パイロットの行動に関係なく、地形または他の航空機への衝突の回避を助けます。Auto-recovery装置は、蒸気機関での「圧力調節弁」と同じ様に機能します。そして、速度調節器は蒸気機関と乗員、乗客の安全を確保しました。Auto-recovery装置は、多くの人命を救うことができたのです。
6. Auto-recovery装置はパイロットの操作より「優先されない」べきであって、どんな形であれ、航空機をコントロールし飛行させるパイロットの操作を害してはなりません。

付録A

以下は、パイロットがコックピットの警報と、何らかの事態の発生後、あまりに長い時間、対応が遅れたか、無視、又は回復において誤っていたという、いくつかの過去の事故例です。

地表衝突警報下での飛行

- ラスベガス A-320、11秒のEGPWSの警報の間、パイロットの対応遅れで、空港からの8NMの山に100ftの高度差まで非常に接近した。あまり遅いパイロットの反応が原因の可能性となっているが利用できる報告書はなかった。
- バンガロールB-747 夜間、非精密進入において、航空機は最低降下高度(MDA)より早めに降下した。そして35秒間、EGPWSの警報が鳴った。パイロットは回復を遅らせ、その後はMDAに戻っただけだった。航空機は、滑走路から約5NMの市街地のビルに200ftまで接近した。
- 軍用機C-35 20秒間の「Pull Up!」の警報と管制官の警告があつたのにもかかわらず、3人のパイロットは航法機器への入力に夢中になっていた。— そして致命的な事故となった。
- Boise A-320 夜間、山岳地帯での非精密進入において、50秒以上の警報が始まった。パイロットは対応しなかった。航空機は雲から抜け出し、そして、6NM地点でついに空港を視認した。パイロットは、空港への視認飛行高度までの降下を管制から受領していると確信していたので、事前の降下となっていた。

GPWS

- Pucallpa ペルーB-737 12秒間のGPWSの「Pull Up!」の警報、不安定な進入による致命的な事故。
- マドリッドB-747 夜間でのILSアプローチ。グライドスロープの配線が故意に切断され、「below glideslope」の警報が無い状況下であつたが、14秒間のGPWSの「Terrain!」の警報が発生した。しかし、パイロットは対応しなかった。副操縦士は、キャプテンによって正しいと認めたアウトマーカ―通過高度（1000ft低い）の単位を不注意に入れ替えていて、さらに自動操縦で飛行した。
- クアラルンプール、11秒間の「Pull Up!」の警報、しかし、無線と航法無線援助施設の周波数のセットに集中していたパイロットは、回復操作をしなかった。
- ウルムチ、MD-82、15秒間の「Glide slope!」「Sink rate!」と「Pull Up」の警報があつたが、明らかにパイロットは、英語の警報を理解できなかった。
- DFW B-737、8秒間の「Sink rate!」と「Pull Up」の警報、航空機は進入灯でバウンドした。手間取った滑走路の変更で、パイロットはFMSの変更の遅れに混乱していた。
- George, SA社、HS-748、19秒間の「Terrain」と「Pull Up」の警報、パイロットは航空機が山岳地帯で無く水面の上空だと思っていた。
- CDG DHC-8、管制管が遅れて滑走路の変更を尋ねた後に、40秒間のGPWS警報が発生。パイロッ

トは滑走路の変更が「できます」と返答し、滑走路の変更の間、非常に低空を飛行した。

間違えたエンジン停止／火災警報

- East Midlands B-737-400、#1エンジンのコンプレッサーストールで#2エンジンを止める。致命的な事故。
- インド DC-3、1953年12月12日、誤った火災警報の後に、間違ったエンジンを止める。致命的な事故

客室高度警報

- Athens B-737 客室高度の警報が、飛行形態の警報と誤認識された。その結果、低酸素症の事故へとつながった。

その他、多くの事故が報告されています。

航空機接近警報----TCAS

- Europe 管制管の致命的な事故から回復させるTCASに対する反対の指示。
- Europe PilotによるTCAS、RAへの過度の反応が、乗客の怪我を引き起こした。

飛行形態警報---離陸フラップセット忘れ

- パイロットがスラストレバーを出すと飛行形態の警報が発生した。しかし離陸を継続、離陸に失敗し滑走路外に飛び出した。

- 2005年9月5日 Medan Indonesia B-737-200 149名死亡
- 2003年1月14日 Pekanbaru, Indonesia B-737-200 全損事故
- 1999年8月31日 Buenos Aires, Argentina B-737-200 79名死亡
- 1993年7月23日 Yinchuan, China BAe-146-300 56名死亡
- 1993年1月9日 Yinchuan, China BAe-146-300 17名死亡

他にも多くの類似事例があります

- 1987年8月16日 Detroit DC-9-82 No-flap take offでの致命的な事故

飛行形態の警報が無く、flapの確認を誤る。156名死亡

付録B

操縦室での警報に対して、パイロットの遅れ、または誤った対応となる要因について

• 疲労

数多くの事故例があります

- 認識を上回る情報
Sochiでの例：複数の音声と表示による警報、同時に管制管からの指示
- 間違っ又は運航上発生した本当の警報ではないもの
事故例：Katmandu A-310
- 操縦不能や問題発生、管制通信時に於ける一点集中
事故例：周波数のセットに集中 Kuala Lumpur B-747,
- FMS又は自動装置の働きについていけない
例：Military C-35
- 一点凝視 滑走路又はその照明に集中
事故例：Houston B-737, Salt Lake City B-727, その他
- 複数の警報と間違った計器による混乱
事故例：B-757 Lima, B-757 Caribbean
- 自動化/標準操作は正しく、警報が間違っているという思い込み
事故例：B-747 Madrid a miss-read FAF crossing altitude.
- 訓練不足
事故例：B-737 Nigeria. ウインドシアア警報で機首を下げたらGPWS警報が発生し回復できず致命的な事故に
- 類似していない計器類による、訓練と定期訓練
事故例：Saab 340 Zurich--- 西欧と東欧との高度計と針路計の読み取りの違い
- 類似の音声警報
事故例：Athens B-737 客室高度に係わる事故
- 理解不足 英語による音声警報が解らない
事故例：Urumqi MD-82 最終進入時
- 計器上の赤色警告範囲から回避操縦
事故例：Bahrain and Sochi—フラップ制限速度の超過音声警報と赤色の“Barber Pole”の表示上の問題
- 速度超過防止の誤った回避操縦をする様な計器の誤認識
姿勢指示器上の速度超過の示す縦長表示の問題
事故例：Bahrain A-320, Sochi, Zurich Saab 340 Accidents
- 操縦不能に陥る方向感覚の喪失とSomatogravic illusion
事故例多し：Sochi, Bahrain, その他
- その他多くの要因

Some References:

1. The Delayed Response Syndrome
Boeing--- Alan Gurevich 1983
2. Spatial Disorientation -- Air Force Manual 11-217
Volume 1, Chapter 17, pages 355 to 378
3. NTSB -DCA89RA025 –Department of Civil Aviation, Malaysia

- B-747-200, Subang Int'l Airport, 19 February, 1989
4. Russian Interstate Aviation Committee-Air Accident Investigation Commission
Final Report Sochi Airport, 6 May 2006
 5. Bahrain Ministry of Transportation Civil Aviation Affairs Accident Report A-320
Bahrain Airport 23 August 2000
 6. Effectivity Analysis Ground Proximity Warning System 18th September 1972—
page 1-15 “Nuisance Warnings” D. Bateman
 7. Effectivity Analysis Mark II Ground Proximity Warning System 10 December
1977----- pages 3-67 to page 3-71
 8. Flight into Terrain and the Ground Proximity Warning System—250+ Accidents
Don Bateman, AlliedSignal, 16 January, 1990.
 9. “How to Terrain Proof the World’s Civil Aircraft Fleet” D. Bateman 43rd FSF
Air Safety Seminar 1990 page 289 to 292 –discussion on “Poor Pilot Response-Pilot reaction time.”
 10. “How to Terrain Proof the World’s Civil Aircraft Fleet—Revisiting an old
problem” D. Bateman IASS Proceedings 2003
 11. U.S. Steamboat Acts of May 30, 1852 and February 28, 1871.
 12. The “Sultana” Steamboat Disaster April 27, 1865. 1,700 fatalities,
 13. American Forces Press Release--August 2, 2007 “The Automatic Ground
Collision Avoidance System (Auto-GCAS)” declared as ready for operational
integration on F-16, F-22 and F-35 Fighters.
 14. “When a Go-Around Goes Bad” 18th Human Factors Symposium 2003—
Captain Dick McKinney

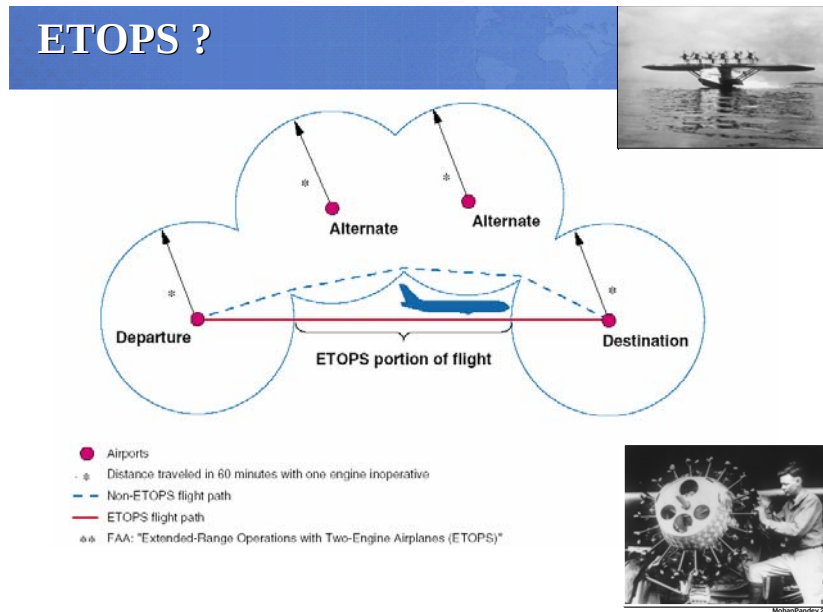
(抄訳文責 : ANA)

最新の FAA ETOPS ルール

Mohan R. Pandey, The Boeing Co.

1. はじめに

2007 年 2 月 15 日、米国連邦航空局(FAA)は、飛行場から遠く離れた経路を飛行する運航方式である ETOPS を規定する包括的な新しいルールを実行しました。



<図 1>

このルールは、現在の FAA のポリシー、航空産業の最善の策や勧告を最新のものに成文化したもので、長距離飛行の運航安全継続を保証していくでしょう。今回の法制化は大陸間飛行の最新技術である ETOPS の更なる成功を構築していくのです。

1985 年に始まった双発機 ETOPS 運航は、全世界で 550 万飛行以上を記録し、毎日 143 を超える航空会社で 1,700 便以上運航しています。

この ETOPS 運航方式は最も高い安全性と長距離飛行の信頼性をもたらしており、ETOPS2007 年ルールは適用している航空会社にとって重要な変化をもたらします。

それは、双発機 ETOPS の必要条件を最新のものにし、そして承認された双発機による、以前の 180 分ルールを越えて安全に飛行できる仕組みをもたらします。

前述の通り、ETOPS は双発機の 60 分超の運航に適用されます。

この新しい米国のルールは 3、4 発機の旅客機の進出飛行のための ETOPS 要件としても初めて適用されます。これらの 3、4 発機 ETOPS は着陸に適した空港から 180 分を超えて飛行する航空機に適用します。現在の運航会社へ新しいルールへの移行を緩和するために、たくさんの適用猶予期限が具体的に述べられています。

FAA は、推進装置の優れた信頼性と双発機長距離運航の全般的安全性を認めました。180 分超の ETOPS を提供することにより、適切に設計され承認された双発機で地球上のいかなる都市も最適ルートで飛行する機会を航空会社にもたらすのです。

60-Minute Rule Limits Twin-Engine Route Opportunities



Note: Typical operational range is 400 nmi.
Blue represents regions beyond the 60-minute rule limit.

MohanPandey.3

<図 2—①>

180-Minute ETOPS Rule Further Expands Route Opportunities



Note: Typical operational range is 1,200 nmi.
Blue represents regions beyond the 180-minute rule limit.

BOEING PROPRIETARY COPYRIGHT © 2002 THE BOEING COMPANY

MohanPandey.3

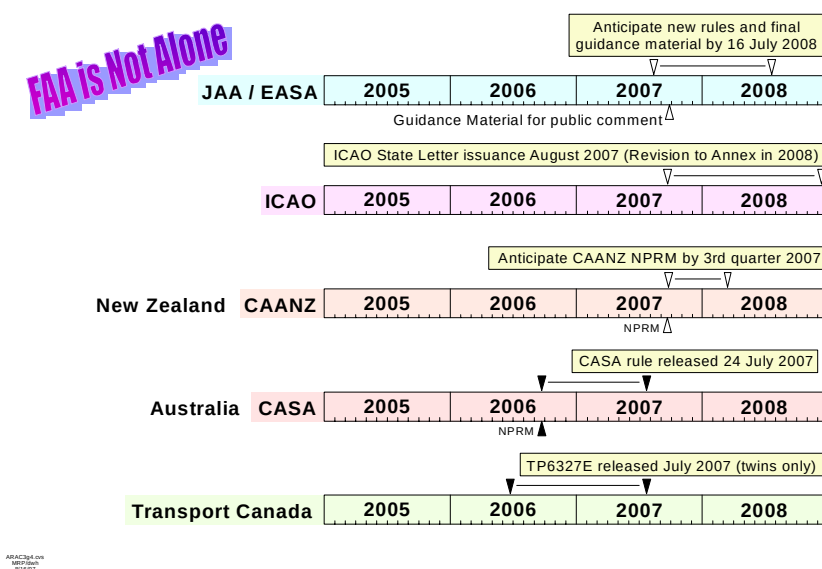
<図 2—②>

当レポートでは、

- ・簡潔に、2007ETOPS ルールの協調的な世界展開についてみてみます。
- ・ETOPS により長距離運航の安全性および信頼性がどのように（どの程度）向上したか調べます。
- ・この新しい米国のルールがどのように更新されているか説明します。

2007 年の米国 ETOPS ルールに加え、全世界的航空諸団体は extended-diversion-time の適用条件を更新するように共に働きかけています。オーストラリアの民間航空安全庁(CASA)は新しい extended-diversion-time を先の 7 月後半に成立させました。国際民間航空機関(ICAO)、ヨーロッパの合同航空当局(JAA)/ヨーロッパ飛行安全庁(EASA)および他の機関も同様に ETOPS ルールの同様の最新化を追従しています。

New ETOPS Rules In Work Around the World



< 図 3 >

2. 米国ルール的发展

ジェット旅客機の航続距離は十年数年で劇的に成長しました。この傾向は、航空会社が飛行機が空港からはなれた世界の地域をむすぶことを可能にしました。当時、双発機にのみ適用していた ETOPS の運用上の保護と信頼性向上は、代替空港までの時間を延長する可能性のある経路を飛行する際の、3,4 発機の安全性と信頼性を更に高めるであろうという認識が 1990 年代後半までに世界の航空機関で醸成されました。

ETOPS ルートを飛行するすべての飛行機は天候、地形および航法と通信設備の限界という類似した運航上の難題に挑戦することになります。したがって Diversion を排除し、保護するという二元的な ETOPS の哲学は、双発機で行なわれたものだけでなく前述のような難題から回避できない（難題が必ず発生する）すべての ETOPS に適用可能です。

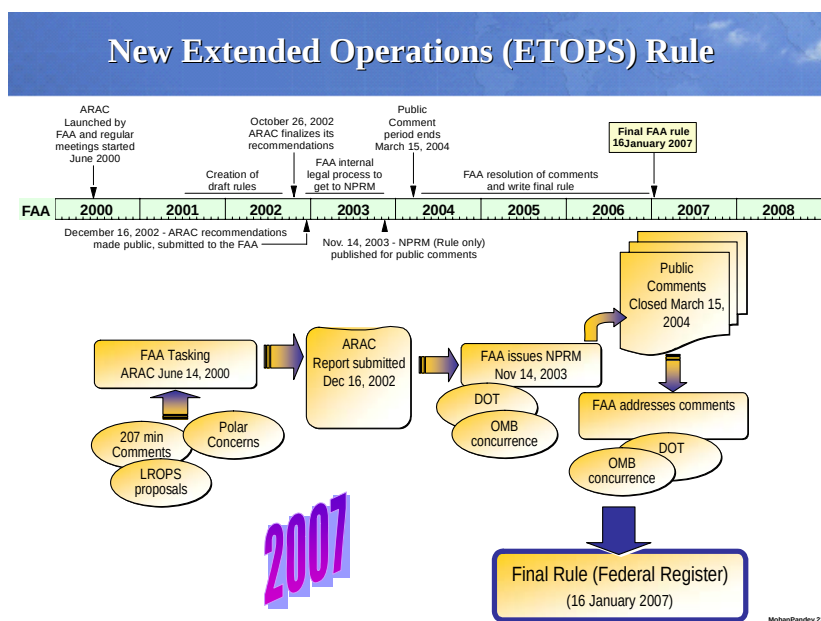
2000 年 6 月に、FAA は、このより高度でより均質な標準を追求の支援をするよう Aviation Rulemaking Advisory Committee (ARAC)に要求しました。具体的には、それは、ETOPS の記録を調査し ETOPS 必要条件がどのように更新され、標準化され、成文化されるべきであるか勧告することを ARAC に課しました。

ETOPS プログラムが FAA Advisory Circulars(AC)で創設されてから、Policy Letters や Special Conditionsによって処理されていたので、この法制化をもって初めて進出時間の延長を直接に FAR(連邦航空規則)で正式化することは、長大路線の運航に恩恵をもたらすことでしょう。ARAC の ETOPS

ワーキンググループは世界中の航空の組織の中から 50 人の専門家を集め、2 年半の集中的な努力の後、2002 年 12 月 16 日、FAA に対し所見と勧告を伝えました。

FAA によって注釈されているように、それらの報告書は必要とされる最新化および改善の必要性について非常に高い認識の一致を反映しました。FAA は、2003 年 11 月 14 日の提案された法制化 (NPRM)(それは ARAC の所見と勧告の大部分は不変だった)を公表しました。そして延長したコメント期間中に、約 50 の意見具申が、世界中の監督機関、オペレーター、メーカーおよび利害関係のある民間の協会から寄せられました。

FAA はこれらのパブリックコメントを調査し、適切と認められたものについては対応をとり、2007 年 1 月 16 日に最終の ETOPS ルールを公表し、30 日後の 2 月 15 日に効力を生じました。



< 図 4 >

今回の新しい ETOPS ルールはとても ARAC の所見と勧告に似ていますが、いくつかの相違点もありました。

1 つは、貨物業界が反対したので、3、4 発機の貨物機はルールを免除されたということです。もう 1 点は新しい ETOPS ルールに従うことになる 3、4 発旅客機の ETOPS が、整備上の必要条件を免除されるということです。

新しいルールの前文で説明されたこととして:

FAA は、航空会社がみな ETOPS プログラムによって利益を得るだろうと確信しています(※1)。しかしながら、3、4 発機のこの新しい要件を実行するにあたっての装備コストが重要になってくるとの意見に FAA は同意しています。

FAA は多発機のエンジン信頼性と航空機のエンジン余剰性との組み合わせによって達成された安全性の現在のレベルに基づいて、このコストを正当化することができないことを決めました。

最終の 2007 年ルールは北極圏飛行に関して NPRM と異なるものとなりました。ARAC は ETOPS 必要条件を、北部および南の極地に関して北緯 78 度、および南緯 60 度内に適用可能にするつもりでしたが、FAA はその代りに、ルール作りにその既存の極の政策を組み入れました。

新しい Non - ETOPS ルール案は、北極圏飛行の必要条件を方式化し、北極圏ルートを求めるオペレーターに一定のプロセスを供給しました。

3. 修正点および付加事項

The U.S. ETOPS rule of 2007:

- ・適切な代替空港までの時間が 60 分（無風、標準大気での 1 発動機不作動時の巡航速度で）を超えて、双発タービン機を運航させるための基礎と要件を設定しました。
- ・これと同じ法規制を、適切な代替空港までの時間（無風、標準大気での 1 発動機不作動時の巡航速度で）が 180 分を超える多発タービン旅客機の運航に適用します。
- ・その航空機型式の最大進出時間を決定するための基礎となる設計運航能力を作成します。
- ・各地域の全面的な運用上の必要性に基づいた世界の異なる地域のための許しえる進出認可および必要条件を定義します。
- ・推進装置の信頼性レベルを追跡し、システム上の影響とエラーの共通原因を識別し、報告する ETOPS 方式を継続することにより、延長進出運航をより安全なものにします。

運航、整備および型式設計規則の変更によって、この 2007 年 ETOPS ルールは長距離飛行の安全性を更に高めるのです。実際の運航において代替空港の計画は、計画時あるいは飛行実施時と更に ETOPS 運航開始時の天候調査により判別し、空港の有効性を確認することを運航者に求めることによって航空機と乗務員ならびに搭乗者の安全を確保します。

例えば代替空港での救難・消火体制が整っていることを保障することや、あるいは最も過酷な環境条件、即ち経路上の最も厳しい地点における突然の与圧機能喪失に伴い、燃料消費が多くなる低高度での代替空港までの飛行に十分な燃料搭載量を求めること等、2007 年ルールは他の多くの面でも航空機運航の安全を確保しています。

ETOPS 機材の重要なシステムはすべて時間が限られた要件となっており、それらはその飛行に認められた最大進出時間の限界まで残存システムにより連続使用ができるといった最悪のシナリオを保証しなければならないことです。

貨物室消火システムは最も時間が限定された航空機システムです。2007 年ルールは、貨物室火災を最大進出時間に 15 分を加算した時間中、連続して消火するために十分な消火能力を ETOPS 機材に要求しています。

180 分を超える ETOPS 運航のために、航空会社は旅客の安全と快適性を保証する旅客対応をはじめ、代替空港への飛行により現地で足止めされている旅客や乗務員への迅速な対応策を運航会社は講じなければなりません。

一方、整備の現場では、エンジン状態やオイル消費のモニタリング、判別された信頼性の問題への積極的な解決など、航空機のエンジンやシステムの整備作業におけるヒューマンエラーを回避する手法を講じることで、ETOPS 運航は機材に起因するダイバートを減少させることになります。

進出運航を行う双発機にのみ適用される ETOPS 整備要件を定めます。しかしながら、代替空港での予定外の着陸が航空会社にとって高価で混乱する事態でありえるので、たとえそれが自分たちに要求されなかったとしても、3、4 発機の旅客輸送運航者は過去に自発的に彼らの整備基準を ETOPS 基準にまで上げました。

設計面で直ちにダイバートをもたらしかねない飛行機発動機およびシステム故障の割合を減少させ続けています。

米国連邦航空規則の Part21、25 および 33 で実行された型式設計変更は、既存の ETOPS 政策、手法、ならびに航空機とエンジンの組み合わせを一定の様式で規制する特殊事情を成文化するものです。これらの改訂は、現行の 180 分 ETOPS 運航を超える型式承認に、既存の安全基準の適用を許容するために拡張します。180 分超の ETOPS が承認された航空機の設計は、現在まで ETOPS 経験を例示しているのと同じ高い水準を維持することを保障するものです。

FAA の新しいルールの前文より：

2000 年以来、207 分の ETOPS は既存の 180 分の ETOPS に対する 15 パーセントの運用上の拡張として飛行ごとの例外方式で発生しました。つまりそれは、その従来の「双発機のみ」ETOPS のための要件に従っています。

既存の双発機 ETOPS プログラム下で実証された飛行機とエンジンを組み合わせた優れたデザインに関連した潜在的利益のために、FAA は、2 台を超えるエンジンを備えた飛行機までそれらの必要条件を拡大することを決定しました。そしてメーカーは ETOPS 運航にふさわしい機材の飛行機を販売すべきであると考えたのです。(※3)

ボーイング社は、787 Dreamliner の長距離型機をその設計能力において運航認可証明を取得していくことを計画しています。ボーイングは、B777 の進出能力を拡張することを計画し、新しい 747-8 のようなその 3、4 発機の貨物室消火能力の拡張を調査しています。これらの製作決定は顧客ニーズに基づくものです。



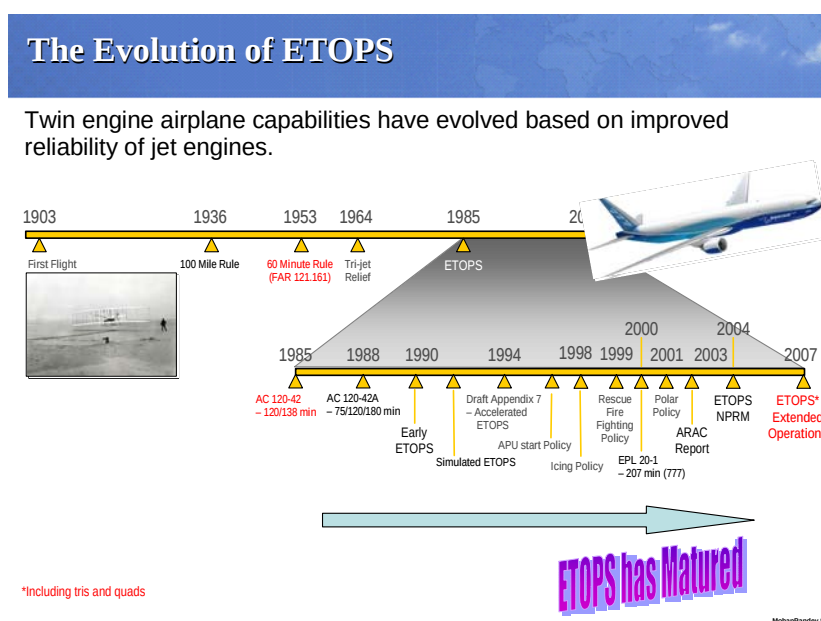
<図 5>

現在、330 分近い進出時間で、地球上の任意の 2 都市間の最適運航ができそうです。ボーイングは現行の広胴機と計画された広胴機的能力がこの目標に達するかを評価しているところです。そして、極めて近い将来にプログラム目標を定めるでしょう。

今まで述べてきたように、新しい米国 ETOPS ルールは、3、4 発旅客ジェット機の進出運航と同様に双発ジェット機を運航する航空会社が進出運航することを保証し、維持するために必要な経験および能力を持ち、要求されるレベルの信頼性と能力を持った飛行機を就航させるのです。

更に、新しいルールは 180 分を超える ETOPS を提供しています。運航者に承認された長距離双発ジェット機での、事実上任意の地球上の 2 つの都市間の最適経路飛行の機会を作り出すのです。

4. 歴史的推移



<図 6>

1936 年には、伝説のダグラスの DC-3 が航空便に就いた年、アメリカが、100 マイルルールとして知られるあるルールを制定しました。その名前が示すように、この制定法は空港から 100 マイル(160 キロメートル)以内で飛行することを商用航空便すべてに要求しました。

したがって、代替空港の安全性向上の重要性は 70 年以上前に最初に法制化されました。

第二次世界大戦後すぐに、航空会社は北大西洋、北太平洋はじめ全世界で長距離のプロペラ機を使用し商用飛行を開始しました。

1953 年には、米国の法律で 2、3 発エンジン旅客機は 1 発機不作動速度で空港から 60 分を超えた飛行することを禁じました。60 分ルールと呼ばれ、プロペラ時代の運航制限は世界の民間商用航空機の航空ピストンエンジン信頼性に対する適切な対応でした。60 分ルールは、DC-3 のような 2 発機を締め出し、洋上飛行やその他の飛行ルートはダグラス DC-6B、ロッキード Constellation およびボーイング Stratocruiser のような 4 発プロペラ機でより安全に供されていきました。

1950 年代が終了する前に、ボーイング 707 は商用ジェット機として使用されやがて商用ジェット機時代となりました。エンジン信頼性の飛躍を迎えたタービンジェットへのすみやかな転換が引き続き起こりました。続いて、商用航空機の最も劇的なサクセスストーリーの 1 つである高バイパス比ターボファン・エンジン、あるいは現代のファン・ジェットが登場し、信頼性が向上しさらに連続的に改善されました。

1953 年以来、実際、飛行に関連する技術はきわめて急速に、すべての飛行機システムの信頼性および強靱さは大幅に改善しました。60 分ルールが成立して以来、この進歩は民間航空を根本的に変化させてきました。例えば、今日のきわめて信頼性の高い、バイパス比のファン・ジェット・エンジンを備えた双発定期旅客機は、飛行中のエンジン停止 (IFSD) が星型ピストンエンジンとプロペラを備えた 1953 年の双発旅客機のほぼ 1/150 (150 倍低い) であることを実証しています。時間とともに旧式にならしめたルールのように、60 分ルールは再考を必要としました。

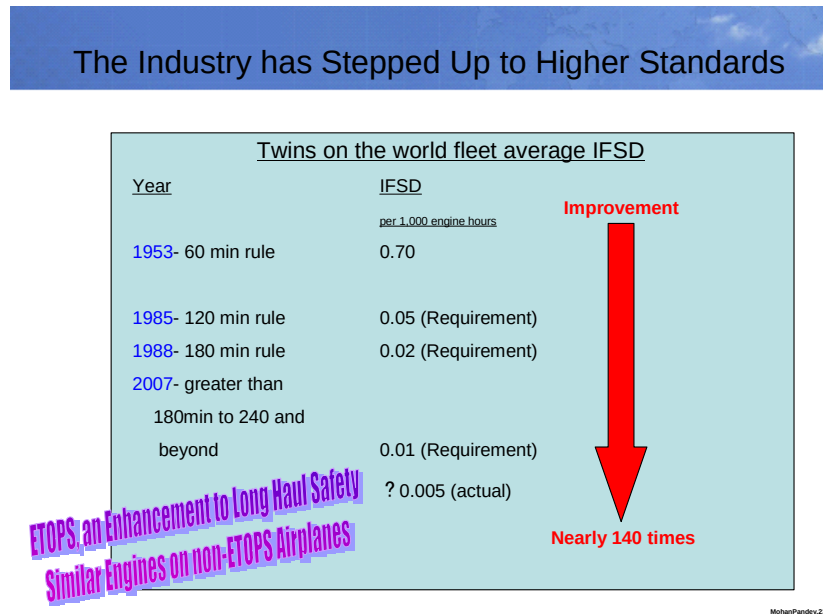
これが、ETOPS の形態として表れたのです。

今日まで、非 ETOPS で良いとされた双発機は、ルールによって、空港から 1 時間の飛行時間内にとどまるルートに制限され続けています。ボーイング 767 は 1985 年に世界初の ETOPS 飛行を行ないました。高度な保守的な ETOPS プログラムは、進出飛行での 3、4 発機によって実証された安全性と信頼性のレベルまで ETOPS 双発機にもたらすと見なされていました。FAA が述べているように、「このアプローチは、双発機が不必要にオペレーションを制限せずに、3、4 発機 ETOPS の安全性のレベルと一致していると保証します。」(※4)

ETOPS のもとでオペレーションすることで、双発機は最も高い安全性と長距離飛行の信頼性をもたらしました。

さらに、安全性と信頼性の獲得は ETOPS プログラム下で間接的に航空産業全体の利益への道を開拓したのです。

5. リスク縮小の推進



< 図 7 >

前述のとおり、航空産業は長距離商用運航の安全性において巨大な収益を達成しました。

1953 年以来、飛行中の IFSD は 1,000 エンジン時間当たり 0.70 から 0.01 以下に下がり、トータルリスクは 1×10^{-9} から 1×10^{-7} になりました。過去 20 年間にわたり ETOPS はこの連続的改善傾向の主な要素です。

ETOPS は 1985 年から 120 分ルールが始まりました。

そのとき、異なる航空機型式（各型式は異なる機体/エンジンの組み合わせ）の世界の ETOPS 機材のために、2 時間のダイバージョン時間を備えた 7 時間の飛行に基づき、1000 エンジン時間当たり 0.05 の保守的な IFSD 率が ETOPS 適合率として設定されました。

3 年後に、180 分 ETOPS は承認されたオペレーターで利用可能になりました。以前の ICAO 危険計算方法と同じ手法で、1,000 エンジン時間当たり 0.04 の IFSD 目標率は、3 時間の進出時間を備えた 7 時間の飛行の双発機にも等価な安全性をもたらすだろうということが決定されました。

しかしながら FAA は「ICAO の研究で識別された仮定に関連した不確実性」（※ 5）を引用し、値を半分にしました。これによって、業界は 1,000 エンジン時間当たり 0.02 の IFSD 率を達成するように促されたのです。

実際、ボーイングの双発機は 1989 年までにこの推奨率を達成しました。

1992 年までに、さらに、ボーイングと航空産業は、世界的な IFSD の平均の割合を、半分の 1,000 エンジン時間当たり 0.01 にしたのです。今日、ボーイングの ETOPS 双発機は 1000 時間当たりの IFSD の平均は、一貫して驚くべき 0.005 です。この確率があまりに低いので、今日の若い定期航空のパイロットは彼らの生涯の経歴においてごく少数の者しかエンジン故障を経験しないでしょう。

2000 年には、その間に、207 分の ETOPS が、飛行ごとの例外方式により、北太平洋を飛行する承

認された B777 運航者に利用できるようになりました。207 分まで 180 分ルールを延長することは、これらのオペレーションにあたっては 1,000 エンジン時間当たり 0.019 の IFSD の目標を提示しました。

さらに、2000 年には FAA は前述の 2007 年 2 月に有効になる新しい ETOPS ルールに帰着した ARAC 法制化プロセスを始めました。

この新しい航空ルールは、航空会社が認可された双発機で空港から 180 分の進出時間を越えて安全に飛行できる枠組みを提供するので、その型式の最大許容進出時間の決定のための航空機型式設計能力の根拠を作成します。そして、ARAC と FAA は、10 時間以内の進出時間で長さ 20 時間もあるフライトのための利用可能な危険モデルをすべて検討しました。

世界中でこのような長い進出時間を必要とする経路はないため、実際としては極端な仮説の解析だったのです。このありそうもない仮説の命題のために、危険モデルはすべて 1,000 エンジン時間当たり 0.01 あるいは少し高い数値の IFSD 率に収束しました。

これらのモデルのどれも、0.01 の IFSD 率を下回りませんでした。

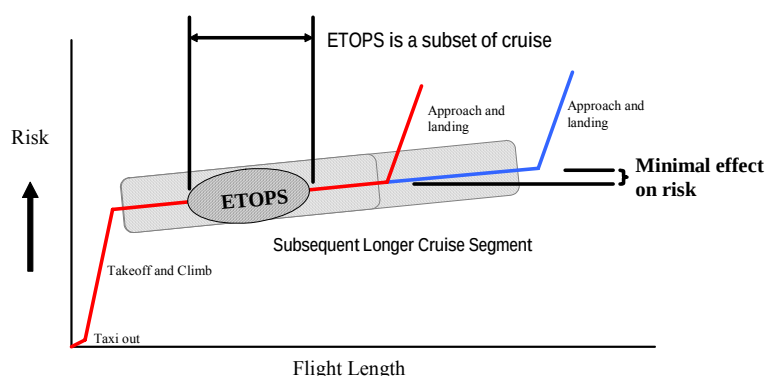
その結果の透明性を期すために、双発機の両方のエンジンが同一フライト中に関連性のない要因（例えば、火山灰や燃料管理の不手際などのような）で故障する確率を、全油圧システムや主要電源の喪失という極めて稀な確率と同じレベルのものと比較するのです。

航空産業が既に日常的に達成している、1,000 エンジン時間当たり約 0.005 の IFSD 率により、たとえ最長進出飛行においてでも、現在の推奨安全率を維持するという新しい ETOPS ルールの意図は、極めて控えめに見ても満足されるでしょう。

6. 運航における柔軟性が安全性を向上させます

ジェット旅客機の事故の約 6% が Non - ETOPS か ETOPS 運航中の巡航時に発生するとデータは示しています。従って、長距離運航が危険性増加になることにはなりません。

The FAA accepted ARAC's Logical Approach



< 図 8 >

飛行中のダイバージョンが必要となる場合は、最寄りの代替空港への飛行を強いられることより、巡航時間を延長して対処していくことの方が、一般的に運航乗務員に好まれます。それは多くの場合、安全の見地からは最善策ではないのですが・・・。したがって、2007 の ETOPS ルールは、ダイバートの必要性の生じた時、運航乗務員がどの空港へダイバートするかを決定する柔軟性を提供しています。

7. 結論

ETOPS は、事実とデータの分析に徹底的に基づいた進化のプログラムです。

航空産業は、1985 年以来蓄積された ETOPS の運用上の経験から莫大な利益を得ました。

ETOPS 運航での diversion、IFSD あるいはその他の出来事はさらなる収益に結びつく機会を提供しています。今日の非常に低い IFSD 割合が示すように、「学習されたレッスン」の結果はオペレーション、メンテナンスおよび設計における一定の改良でした。

航空会社、メーカー、監督機関およびその他出資者等は常に安全性と信頼性の更なる伸張に注目しています。航空会社の機材が目標しきい値を超える場合に、単に IFSD 率あるいは罰則を課するオペレーターを追及するというより、ETOPS は率先して根本問題を調査・識別し是正処置をとります。

要約すると、ETOPS はオペレーションの中で最も安全で最も信頼性の高いものであり、長距離飛行の最先端技術です。オペレーションの伸張を図る 2007 年の FAA の ETOPS ルールおよび世界的法制化の活動は、航空産業に偉大な成功神話の 1 つを築いていくことでしょう。

(※ 1) U.S. Federal Register, Washington, DC, vol. 72, no. 9, January 16, 2007, p. 1836.

(※ 2) 「180 分での」ように 207 分の ETOPS が数えないことに注目する、2007 年の ETOPS ルールの新しい必要条件のうちのほとんどが当てはまるしきい値。

(※ 3) U.S. Federal Register, Washington, DC, vol. 72, no. 9, January 16, 2007, p. 1816.

(※ 4) Advisory Circular AC 120-42, FAA; p. 4, par. 6, June 6, 1985.

(※ 5) Advisory Circular AC 120-42, FAA; p. 6, par. 7, June 6, 1985.

(抄訳文責 : ANK)

An Analysis of the Operation and Interpretation of Weather Radar by Flight Crews

*Ratan Khatwa, Ph.D., FRAeS,
Honeywell Aerospace, Human Centered Systems*



概 要

このレポートは、Flight Crew が気象 Radar 操作の使用の確認と要因分析した調査で、

- 1) Flight Crew が気象 Radar の操作をより理解する為の Human Factor 評価
- 2) Flight Crew が気象 Radar の基礎と現行の訓練の認識を評価した調査
- 3) 気象 Radar の使用による事故と Incident の分析

の 3 つの項目で実施しています。

研究の重要な点は、この独立した 3 つの項目にどんな重要な相関関係があるかを判断することでした。このデータは、気象 Radar 使用の基本的な考え方の理解についての欠点、例えば、Tilt Management, Ground Return Interpretation, Radar 減衰、高々度での System Limitation を明確にしました。更に、気象 Radar 操作の技術は、例えば Storm Cell の Overscanning, 対流活動域での長期間の固定 Tilt 角の使用などの悪天の位置と強さの最適な探知と表示を妨げています。最終的に、気象 Radar を熱心に勉強している Crew は一般的な実施とは見えず、この調査の間に調べられた天気関連の事故と Incident の半分であげられる要因でした。このレポートは、Flight Crew 訓練を改善するガイダンスを提供しています。

Abbreviations and Acronyms

AAIB	Air Accidents Investigation Branch(UK)
ATC	Air Traffic Control
ATSB	Australian Transportation Safety Bureau
ATIS	Automatic Terminal Information Service
BEA	Bureau d'Enquêtes et d'Analyzes (France)
CB	Cumulonimbus clouds
FAA	Federal Aviation Administration (US)
FSF	Flight Safety Foundation
FL	Flight Level
IAF	Initial Approach Fix
ILS	Instrument landing System
IMC	Instrument Meteorological Conditions
METAR	Meteorological Aerodrome Report
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ND	Navigation Display
NTSB	National Transportation Safety Board (US)
PIREP	Pilot (Weather) Report
RA	Rain (METAR)
SID	Standard Instrument Departure
TAF	Terminal Area Forecast
TS	Thunderstorms (METAR)
TURB	Turbulence
VIP	Video Integrator Processor
VMC	Visual Meteorological Conditions
Wx	Weather

Nomenclature

ft	Feet		p	Probability
N	Valid sample size		+	Heavy (when used for METAR)
mi	Miles			

1.序論

1.1 背景

天気が航空安全で重要な役割を果たしている事とよく知られています。[参考資料 1]は、天気が 1994～2003 年の期間で米国内の航空事故のおよそ 4 分の 1 における要因であったことを示し、また複数の寄与因子は、これらの出来事と常に関係しています。多くの産業界での改善策は、天気関連での事故の問題と取り組み、たとえば、1998 年に FAA は、「Safer Skies Initiative」を始めました。

現在の機上気象 Radar は非常に重要な情報を提供し、主要な機能は天気分析とその回避です。ただ、それは「全てを感知する機能」はありません。しかし、機上気象 Radar の適切な操作と解釈は、その能力と限度について十分な理解のある Pilot に依存されています。危険な天気回避（例は、[参考資料 2-5]）での Flight Crew 意思決定の広範囲な調査では、Flight Crew の気象 Radar 操作は Human Factor 文献での数多い詳細な調査を利用しました。

約 4 分の 1 で、すべての Pilot がこれらの System を管理したり、Radar Return を分析するために十分に訓練されるというわけではないと推測されます。[参考資料 6 と 7]は、機上気象 Radar の最も理解されていない面のうちの 1 つが Antenna の Tilt 判断であると証明しています。最近の研究では、

Radar System の Flight Crew の操作と Radar Display 解釈に関して焦点化しています [8-9]。Honeywell の次世代気象 Radar (RDR-4000) 開発での設計戦略のひとつは、現在の気象 Radar がどのように Flight Crew によって使われるかの理解を確立することと、困難な領域と Line Pilot の不安を確認することでした。RDR-4000 のための主なデザイン目標は、Crew の System 操作を単純化することでした。従来の気象 Radar の操作上の使用に関連した重要な多くの調査結果は、Human Factor 要因調査ではっきり解り、調査のこの部分は、このレポートの主眼点です。

1.2 調査目的と範囲

- ☐ この調査の目的は、評価すること。
- ☐ 現在の気象 Radar 訓練の Flight Crew 認識。
- ☐ 気象 Radar 基礎についての Flight Crew 知識。
- ☐ 事故と Incident における気象 Radar 操作の役割。
- ☐ 上記の目的を詳しく調べるために採用された研究は
 - 世界中の Flight Crew の調査の実施。
 - 気象 Radar を使っている Pilot ならでわの Human Factor 評価の実施。
 - Flight Crew の気象 Radar 操作が調査に含まれた事故と Incident の分析。

この研究は、気象 Radar を使っている Flight Crew の業務に限られています。操作上の安全と事故の原因に関連している重複因子が常にあります。このデータの中は、客観性やバランスがある視点で示しています。

2.気象 Radar 調査

46 人の Pilot が、RDR-4000 の開発の Human Factor 実験[9]のうちの 1 つに参加しました。評価の前に、調査は気象 Radar 原理についての Pilot の知識と気象 Radar 訓練に関する認識に対する意見を得るために実施されました。

すべての Pilot は ATPL(定期運送用操縦士技能証明)を所有し、気象 Radar を使う経験がありました。対象の平均年齢は 52 歳で平均飛行時間はすべての Type で 12,500 時間あり、その範囲は 3,200 時間から 35,000 時間でした。また、北アメリカ、ヨーロッパとアジアから文化的に多様な国から成っていました。対象者は、会社 Operator、主要な航空会社とメーカー（航空機と航空電子工学）を代表しました。大部分の Pilot は、大型旅客機の形式ライセンスを持っていました。

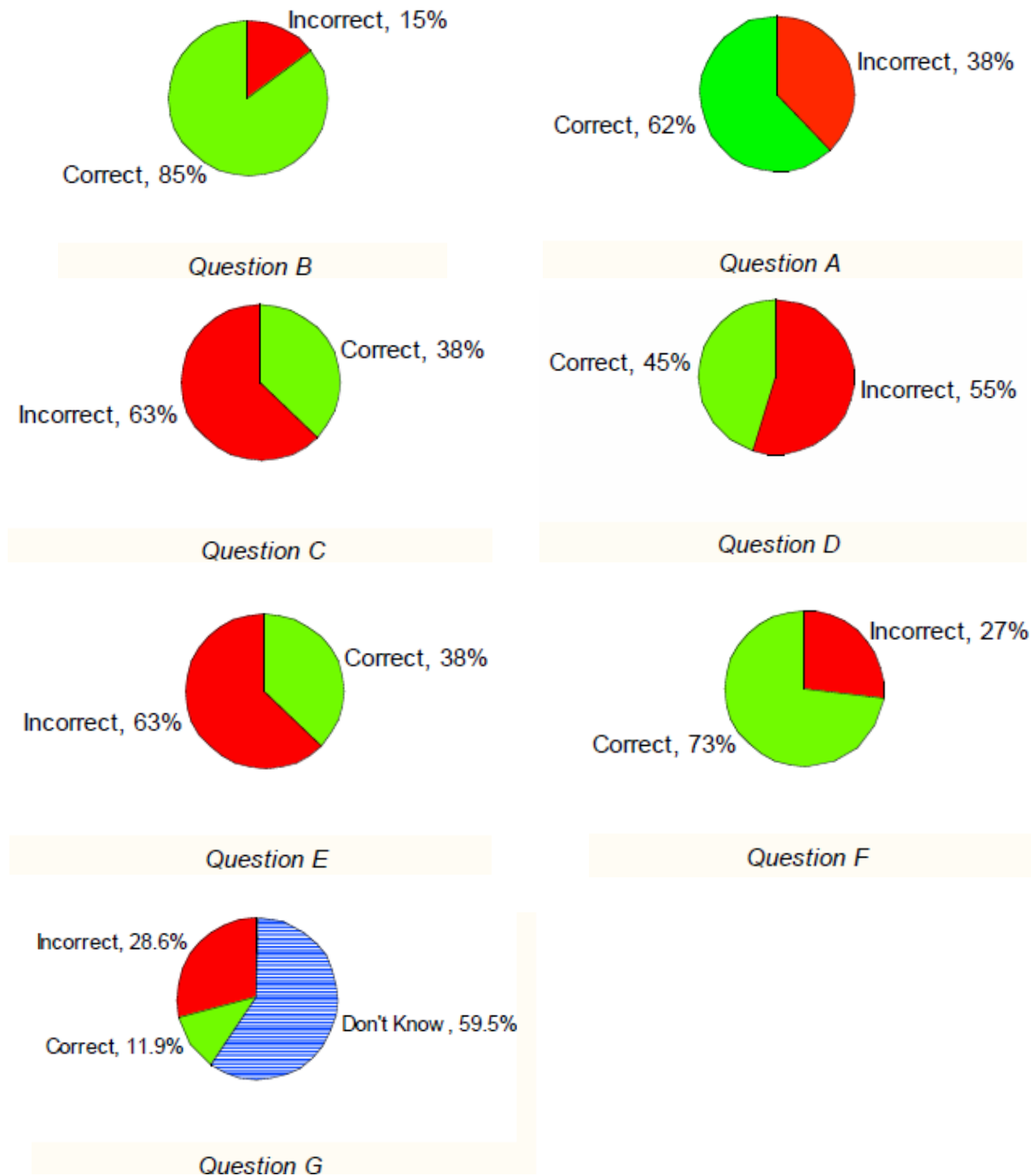
調査は、事前に表 1 の質問内容を知らせず、パソコンで電子的に処理されました。最後の問題を除いては、すべての質問は、「True」か「False」の答えとしました。正しい回答の選択が偶然の大小で起こったかどうかに関係なく、テストのために分析されました。

表 1 気象 Radar 調査

問題		正解
A	Antenna の Tilt を 0 度にセットした巡航で、Radar はその飛行高度のすべての状況を現します。	False
B	巡航で飛行機の Pitch がプラス 2 度の時、nose-up 姿勢を補うために、Antenna の Tilt を 2 度ダウンにセットしなければならない。	False
C	Antenna の Tilt は、地球の湾曲効果を補うようにセットしなければな	True

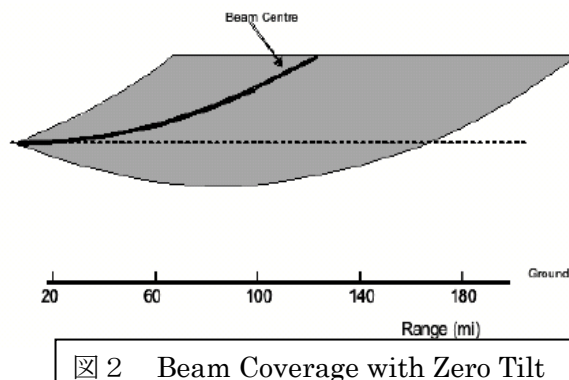
	らない。	
D	30 インチの Radar の Antenna Beam 幅は 3 度で、目標の一部が Beam の内側ある限り、Radar は正確な色で Target を表示します。	False
E	高度 31,000ft 以上の Short Range では、Radar Target が緑として表示されてものは避けられなければなりません。	True
F	3 度の Flight Path で上昇または降下の際は、Flight Path に沿って天気を見るために Tilt 角を 3 度にセットしなければなりません。	False
G	現在使っている気象 Radar で、正確に測定されない範囲と Return が実際の高度を表示されないことを知っていますか？ 正しい時は、範囲は何 mi ですか？	60-80mi

図 1 調査の Pilot 回答概要



2.1 質問 A

この質問は、Beam の到達範囲内での地球の湾曲の影響に関するものです。曲がった表面に発射されたまっすぐな Radar Beam 「Error ! Reference Source not found」で示うに曲がった Beam と平らな地球の関係にしています。Beam の中心は、現在の巡航に合わせられません。この質問に対して正しく答えました。しかし、「正解」と「不反応(N=42, $p < 0.12$)の間には差がないため大部分の解答が Beam の到達範囲内の曲がった地球の影響を理解したと結論することは出来ません。



球の地球は、すよ対応高度62%は正解

2.2 質問 B

航空機の Pitch 変化や Roll 姿勢（決められた Stabilization の制限は、超えられない）に関係なく、Antenna Stabilization は探知している気象 Radar Antenna と目標範囲の間で一定の角度を維持します。したがって、この問題でのマイナス 2 度の Tilt は、必要ありません。図 1 は、答えの大部分が (85%) 問題を正しく Antenna Stabilization 概念を理解したことを示します。 ($p < 0.12$)

2.3 質問 C

適切な Tilt Management のために、地球の湾曲は長距離での Radar Beam の Tilt 位置を決定する際に考慮されなければなりません。地球の湾曲の影響は 40mi 以上で目立ち無視されると、Weather Image の判断ミスを誘発することとなり、Radar レンジを大きくすればその影響は非常に大きくなります。巡航高度で、およそ 150mi を超える範囲で地球の表面は、Weather Target を妨害し始めます。図 1 は、63%が誤った回答をしたことを示します。誤った回答の数は、驚くほど高くあらわれていますか、統計学的には重要ではありません。 ($p < 0.12$)

2.4 質問 D

部分的に Radar Beam 範囲内にある Weather Target は、気象 Radar 上に「True Color」で表示されません。表示のために選ばれる色は、受信機に返される Direct Function です。Beam が部分的に満たされるケースでは、返される（Beam 上に平均値になる）全体の力は、Target Cell と関連した調整された価値の意味がないかもしれません。図 1 は、回答の半分強（55 %）は誤った回答をしています。しかし、正解と不正解には統計学的には違いがありません。 ($p < 0.53$)

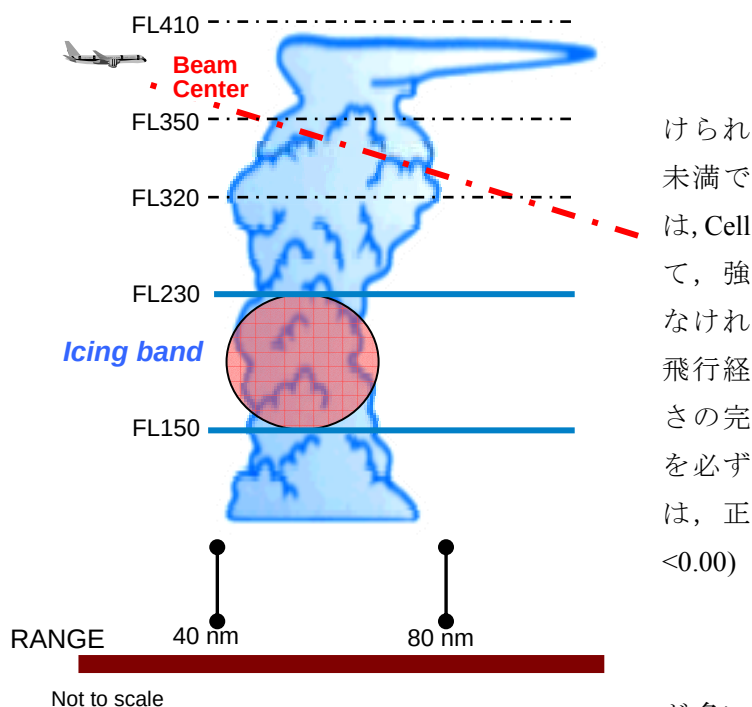
2.5 質問 E

Short Range の巡航高度 31,000ft 以上でその近い高度で緑として表示される Radar Target は回避すべきです。一般的にこれらの高度では、Target は少ない反射となり高い高度では、不安定な空気とひょうの存在の可能性が Storm の Cell より上にあります。ゆえに Storm の Top トップより反射しない一部を透過することは、望ましくありません。図 1 は、63%が誤って答えたことを示します。誤った

回答の数は、驚くほど大きいですが、正解と不正解には統計学的には違いがありません。($p < 0.11$)

2.6 質問 F

正しい Tilt Management のために、Antenna は上昇中 CB Cell の Base に向かなければなりません。通常、18,000ft は、Storm で最も反射します。Radar の垂直に広がった天気特徴を分析し、対流活動域を避けるのに用いられなければなりません。Cell を透過するならば、路の Path に沿った反射が Storm の強全な徴候と遭遇される乱気流レベルも提供しません。大部分は (73%) しくこの答えることができました。(p



2.7 質問 G

Radar Beam は距離で広がり、湿気 が多い と Beam の量を低下させます。比較的近い範囲で特定の Target は、長い Range での Beam 割合より大きな割合を占めています。これより短い範囲での反射波は、Target Cell をより表現し正確に調整された値で示されます。より大きな範囲では、同一の Target Cell は同様に解像されず、その調整された値で示されません。一般的に、気象 Radar Return は、最高 60 から 80mi の範囲の中で調整されます。大部分の (88%) 回答は、正しくありませんでした。(図 1 参照。)

2.8 気象 Radar 訓練

問題は、会社で実施している現在の気象 Radar 訓練が十分かどうか尋ねられました。

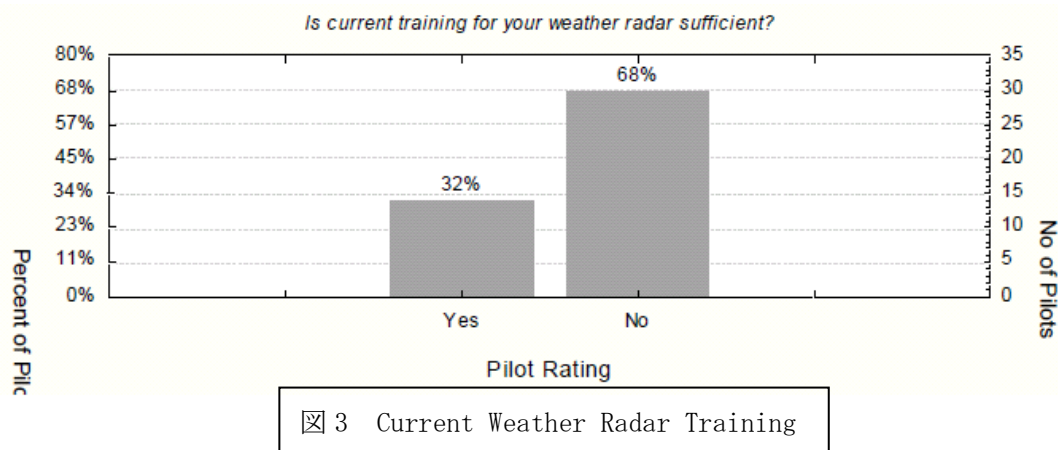


図 3 から、大部分の回答 (68%) は、現在の訓練が不十分なことを示しています。(p

<0.016) 航空会社によって最近発表されたように、Recurrent 訓練で同じ Operator から 15%の回答がこの質問に「はい」に答えたことに注意すべきです。回答の反応から、これは大部分の他の Operator の標準的な訓練ではありません。

Pilot からの主要なコメントは、以下の通りです：

- ☐ 気象 Radar のための初期訓練や Recurrent 訓練は、大部分の会社で実施されていません。
- ☐ 大多数の気象 Radar 訓練は OJT 中での実施です。
- ☐ 規定上では気象 Radar 訓練を必要としていません。したがって、多くの会社が自発的にこの種の訓練を実施する気持ちがほとんどありません。
- ☐ 気象 Radar System の知識（限界を含む）は、多くの Pilot に十分理解されていません。
- ☐ 気象 Radar 操作（Range, Tilt, Gain Management）の基本的な概念は、十分に理解されません。
- ☐ Pilot の間には Recurrent の気象 Radar 訓練の強い欲求があります。

特定の Pilot コメントの例として：

- ☐ 「Tilt Management の取り扱い方法が少ない」
- ☐ 「機材仕様と限界は、よく理解されていなく Line Training の基準は少なく、不明確である」
- ☐ 「System の不正確な知識 — 情報を提示して何をすべきかというガイドラインが不正確である」
- ☐ 「Radar 表示と Tilt 使用を説明することには不十分な情報」
- ☐ 「大部分は OJT によって教えられ、俗説と間違った概念で、簡単に通り過ぎました」
- ☐ 「気象 Radar は実運航での使用で学び、訓練は事実上実在しない」
- ☐ 「気象 Radar のための訓練は、主に System 説明で実施しているが、多くの Flight Oriented Training が必要です」
- ☐ 「訓練を受ける規定がない」
- ☐ 「位置を確かめるための独自の手段としての Radar 使い方は、まったく述べられません...。」

3. Pilot-in-the-Loop 評価実験設計

以前に述べた、Honeywell の次世代気象 Radar (RDR-4000) の開発の間、デザイン戦略の一部は従来の Radar がどのように Flight Crew によって使われるかというはっきりした理解を確立することで、認識が困難な部分と Line Pilot の懸念を改めて別の確認することになっていました。新しい Radar 表示方式と従来の気象 Radar を使って別の Pilot のグループの比較の評価が実施されました。設計は、Critical な状況と類似したシナリオの露出過度と関連した繰越し効果に対応するために採用されました。この研究は[参考資料 9] で詳しく述べています。従来の気象 Radar 操作に関連するそれらの面だけがここに提示され、使用されるシナリオは、その状況（表 2 参照）の範囲を含みました。シナリオは、順番による影響を減らすためにランダム化されました。また、Jeppessen Chart を評価のために使用しました。

表 2 評価シナリオ

1.ロサンゼルス (KLAX) : Five Departure (Vector) Runway 24L
訓練用のシナリオです。最初の位置から 30nm/Heading230 と 65nm/Heading 260 の位置に激しい雷雨(+TSRA)の 2 つの領域がありました。初期上昇中の、Northbound の Vector を含んだ Route では、この天気は要因ではありませんでした。
2.シアトル (KSEA) : Three Departure (Vector) Runway 34R
当初は滑走路 34R の手前で待機し、気象 Radar で赤と Amber の Echo の激しい雷雨(+TSRA)の大きな領域が滑走路 34R の北側 10mi にあり回避しました。Clearance は 10,000 フィートまでの上昇と滑走路方向を維持する指示で、その後は Eastbound への Radar Vector の予想でした。
3.ポートランド (KHIO) : SCAPO Three Departure Runway 34R
Northbound の SID は最初に重要な旋回がありました。+TSRA は SCAPO(Waypoint) への SID Northbound 部分の東 80mi と SCAPO の北 30mi にありました。SCAPO の前に、SCAPO の北側の天気を避けるために ATC は Eastbound Vector を指示しました。Pilot が Eastbound Vector を受け入れなければ、SCAPO の東側の Cell に遭遇しました。
4. FL 280 での巡航中 – ウィチタ (KICT) の上空
Westbound の巡航中で Track の 40 - 100mi の間で雲のトップは 19,000 - 23,000ft で変化し、斜めの南北の Line に Amber と赤で強く表示されていました。約 240 度方向の 30mi の Cell は、低い雲の Top でした。(TSRA 3,000ft/19,000ft)シナリオの鍵となる特徴は、後者の Cell の探知でした。
5A. 13,000ft での北へ向かう低い高度 – Des Moines 上空 (KD SM)
これは、Storm Cell の分析作業でした。巡航高度 6,000ft 以内にある Track の両側の +TSRA 域は、航空機の下で西 25-40mi と上方の 20mi 北東部でした。赤と Amber のエコーが表示され鍵となる点は、現在の高度と比較してこれらの Cell の垂直位置（上方/下方）を確認することができたかということでした。
5B. Waterloo (KALO) への目的地変更
初めの位置から 40mi 北側で、目的地空港が閉鎖となり、ATC は東側に旋回と 17,000ft への上昇と Northbound で代替空港 KALO への Vector を指示しました。避けるべき +TSRA は、旋回開始点の 30mi 東側のありました。
6. Richmond (KRIC) の ILS Approach Runway 34
雲低高度 200ft、視程が 3/4mi、雨が報告される中での ILS で、最初の位置は、IAF の 16mi 南東部でした。活発な対流性の Area は、滑走路 34 の 5mi 南西に Amber と赤の反射があり、風は 270 度/3 kt でした。+TSRA は、復航経路の待機経路に近くにもありました。焦点は、問題の重要な天気 の 2 つの領域を見つけたかどうか、それがどのように意思決定に影響を与えたかでした。
7. Portland (KHIO) の CANBY Six Departure Runway 30
SID は、機種方位 110 度への右旋回と CANBAY への南方向への飛行を必要としています。顕著な+TSRA 域は空港の 30mi 北東部で、空港の南側には悪天域は無く、SID ルートの 25mi 以内には Radar に表示はありませんでした。
8. FL 370 での巡航と降下 – Wichita (KICT) 上空
FL370 巡航での Westbound で、最初の位置から 40mi 以内に悪天域の 11 時と 2 時方向の+TSRA の 2 つの領域がありました。また、Track の 55mi 位置に Top が 4,000ft から 19,000ft の+TSRA がありました。後者の Cell への通常とは違う FL 180 への降下は、最初の位置から 20mi で、ATC より指示されました。

3.2 施設評価

この部分の評価は、一人乗りの Pilot のために構成されています。PC を使った環境は、

- ☐ 主要な計器（基本的な T 配置）
- ☐ 気象 Radar ディスプレイ
- ☐ Control Panel の Range, Gain, Tilt Control panel(“Elevation Control”は RDR-4000 モデル)

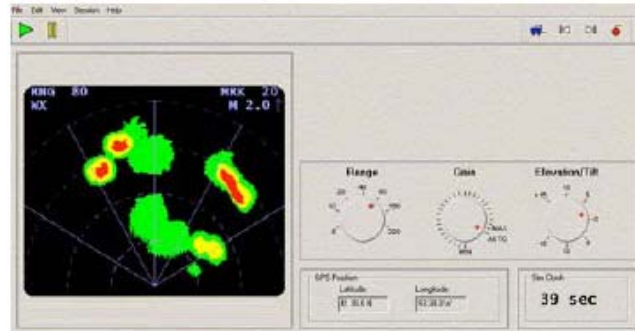


図 4 Evaluation Display and Control Panel

機能的な表示の説明は、各々のシナリオに対して用意され航空機性能の特徴は、中型ジェット輸送機と類似して、詳細な航空経路をたどったシナリオが採用されました。航空管制は実施されず、研究は計器と意思決定（情報処理）をモニターしている Pilot の調査に限られています。しかし、Pilot は調査のリーダーに危険回避のため Clearance を求め、責任者は Air Traffic Controller として機能しました。

3.3 評価手順

評価を完了するのに平均 2 時間が必要で手順は、Briefing, Training, Evaluation, Debrief でした。各 Pilot は、以下のリストの作業を実施するため利用できるすべてのリソースを使用することを求められました。

- ☐ ATIS, METAR, PIREP, Wind Aloft
- ☐ 基本計器のモニター
- ☐ Radar コントロールパネルの管理。最初、レンジは 40mi で、5 度にセットされました。問題ではこれらの初期設定のシナリオが必ずしも適切であるというわけではないとアドバイスされました。
- ☐ 潜在的な天気の Hazard をを見つけるために、気象 Radar ディスプレイをモニターすること。
- ☐ 天気回避のため必要な Pilot 行動を決めてください。航空機の Pilot 操縦が吟味されていなかったため、問題を言葉で述べて ATC から適切なクリアランスを求めました。決定に続いて、Pilot は危険な天気の範囲と時計方位位置を述べることを求められました。

3.4 データ収集

以下のデータは、評価実施中に集められました。

- ☐ シナリオでの危険な天候の発見と決定する為の時間
- ☐ 悪天回避とその決定時間のための Pilot 操作の決定

- ☐ 悪天 Cell の Range と位置と強さに関する詳しい問題への反応
- ☐ 各々のシナリオへの作業負担評価
- ☐ コントロールパネル操作 (Range, Gain, Tilt Changes)
- ☐ 回答の解説はシナリオの間と Debriefing で解説します

3.5 結果

集められた探知と回避意思決定のデータは、図 5 と図 6 に示しています。誤った警報（誤って、そのような状況が有力であるとき危険な天気の状態を示すこと）に焦点をあてた時から、シナリオ 7 は除外されました。「誤った決定」は、悪天への侵入を意味します。シナリオの機能としての Pilot の発見と悪天の回避データは、表 3 で提供されています。

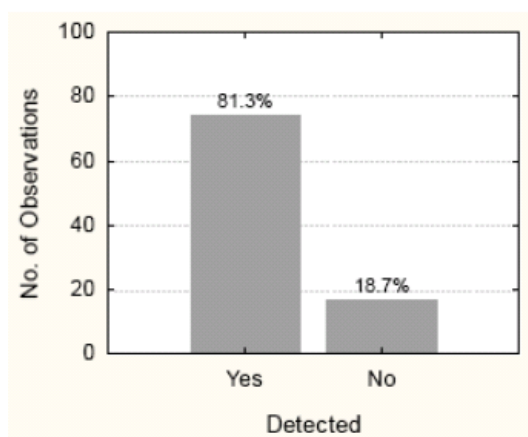


図 5 WX Detection

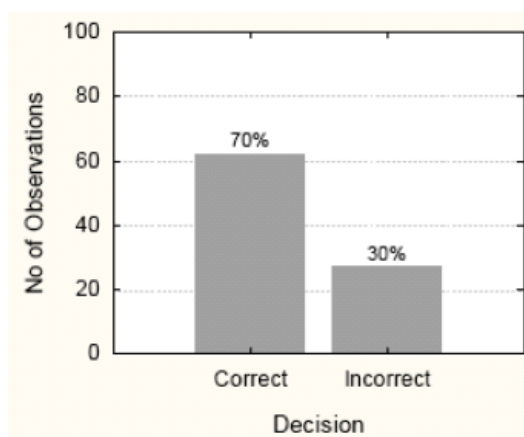


図 6 Weather Avoidance
Decision Making

表 3 Summary of Weather Detection & Avoidance Data

Scenario	2	3		4	5		6	8
		Northbound	Eastbound		Eastbound			
Wx Detection (%)	92	100	85	8	100	100	85	
Wx Avoidance (%)	92	N/A **	85	0	62	100	54	

* Scenario 1 is a training scenario.

Scenario 7 was designed scrutinize False Alarms

** Radar Vectors provided by ATC for weather avoidance.

3.5.1 シナリオ 2 – Seattle Three Departure (Vector)

回答のひとつは基本的な Tilt 操作で出発滑走路の北 10mi にある天候の Threat を見つけられなかった。他の回答は、悪天回避のために離陸を遅れさせるか、離陸後に即座の右旋回を要求しました。

3.5.2 シナリオ 3 – Portland SCAPO Three Departure

すべての回答が SCAPO の北の天気を検出しました。このシナリオにおける一番の気象の Threat は SCAPO の東 80mi で(図 7, の Cell A 参照), SCAPO の北と東にある垂直位置の Cell の Threat を検出するために積極的な Tilt 操作を求められました。回答の 2 つ(15%)が, これらの Cell を検出できず悪天気に向かってフライトを続けました。この回答は旋回後に Range と, Tilt 操作を正しく行いませんでした。(1 人の Pilot は旋回後に Tilt を変えませんでした) 他の回答のすべてはタイムリーな悪天回避の Vector を要求しました。

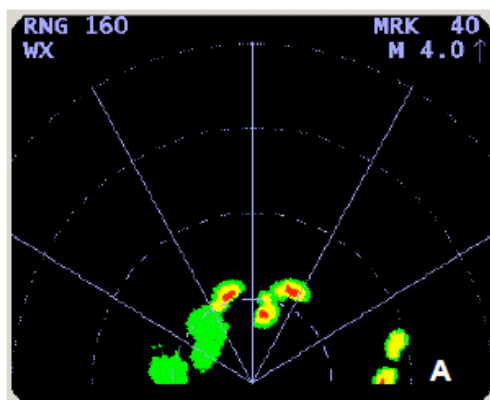


図 7 Scenario 3 - Northbound Climb

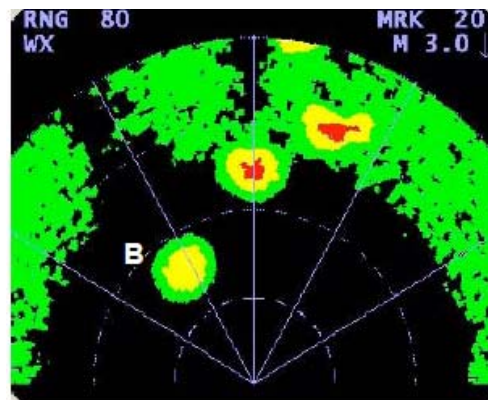


図 8 Scenario 4

3.5.3 シナリオ 4 - FL280 の En Route

南北に連続した悪天の Cell は, 航空機の前方に立ち並んでいました。最初の関心は最初の位置から 240 度/30mi の天気目標[B](TSRA で Top が 3,000ft から 19,000ft)を見つける機能でした。図 8 を参照してください。強い降雨(地面散乱と対照的に)の存在を確認した悪天 Cell(Radar 減衰)の後ろの「Shadowed」領域に注意してください。1 人の Pilot(8%)が悪天 Cell B を検出することができました。Tilt コントロールデータは分析され, 巡航中の標準的な Tilt コントロールに従っていないことが明らかになりました。すべての回答が, Cell B 上の Vector を受け入れたか, またはそのほかの悪天に向かって飛行しました。

3.5.4 シナリオ 5 - 低高度の巡航と上昇

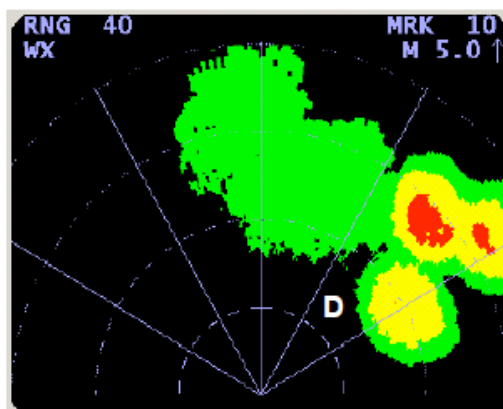


図 9 Scenario 5 : 5度 Up-Tilt

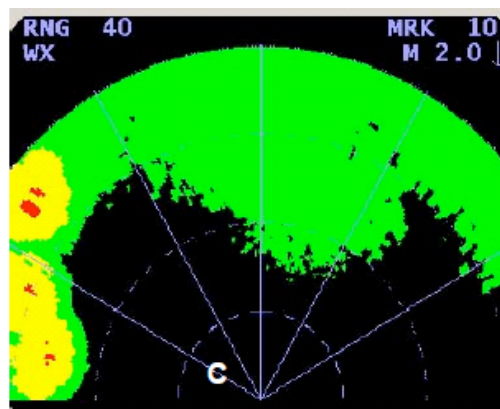


図 10 Scenario 5 : 2度 Down-Tilt

シナリオの最初の Storm Cell 解析作業は, Cell が現在の航空高度に比例して 2 つの Cell, 西 C と北東の D の実際の高度の上下ではない垂直な位置を特定することができたかに集中しました (その上

下は実際の高度ではない)。 図 9 は表示初期条件の Tilt 5 度, Range 40mi を示し, 調査質問の方法は必要な Feedback を求めるために採用されました。 Pilot の誰も正しく両方の Cell の相対的な垂直な位置を確認しませんでした。 各回答の Tilt データが精査されるとき, わずか 2 人(15%)だけが全体のシナリオ中で正しい Tilt Management のテクニックを使用した事が明らかになりました。例えば 1 回の回答は採用している 0 度 Tilt を使いましたが, もうひとつは上向き Tilt を使うだけでした。

2 番目シナリオは, 旋回後の 30mi の位置にあった +TSRA を避けるため東への旋回を必要としました。すべての回答は気象の Thread を見つけましたが, Pilot の 1/3 以上は安易な悪天回避判断をしました。これらの回答は, 他の悪天や 20mi 未満の隙間の悪天の Cell の回避のための右旋回を選びました(図 11 参照)。

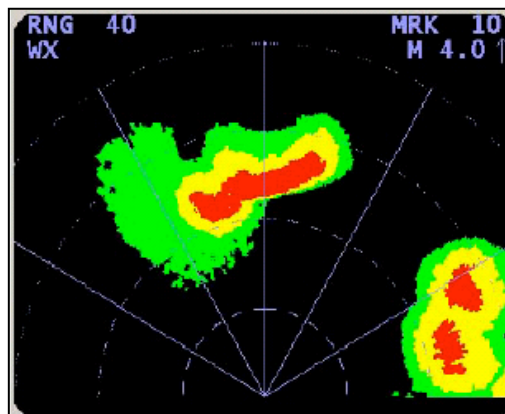


図 11 Scenario 5 : Eastbound Climb

3.5.5 シナリオ 6 - ILS アプローチ

すべての回答が空港の南西に悪天域を検出しました。 11 個の回答(85%)が, 着陸復行を考えながら着陸すると決めていました。 10 個の回答(77%)が着陸復行区域の悪天域に気付いていました。着陸復行を開始している回答は, 代替の Missed Approach Procedure を要求しました。

3.5.6 シナリオ 7 - Portland (KHIO) CANBY Six Departure

悪天気はターミナル地域に存在していましたが, それは公示されたルートの Threat にはなりませんでした。 2 つの回答が, 天気が身近な Threat スレッドであると考えて, 公示された SID からの逸脱を要求しました。

3.5.7 シナリオ 8 - FL370 の En Route

2 つの回答以外のすべてが Track 上の気象 Tread(Cell E)を検出しました(図 12 参照)が グループの 46%は簡単に天気の回避決定をしました。 残りの回答は現在の方角で FL180 への降下のクリアランスを拒否しました。目標の Cell をミスした 2 つのケースのうち, 1 つは標準的な Tilt 手順を使用せず, もう 1 つは Gain と Tilt の Mismanage を誤りました。(AUTO Gain は全体のシナリオのためにはずされていました)。

初めに目標の Cell を観察しましたが, 降下中の Mismanagement の Tilt Control をしながら

FL180(46%)まで降下を続けました。例は、上向きの Tilt だけを使用したことを含み、降下中 Tilt は変化させず、Cell の最も反射部分だけを Overscanning しながら降下続けました。

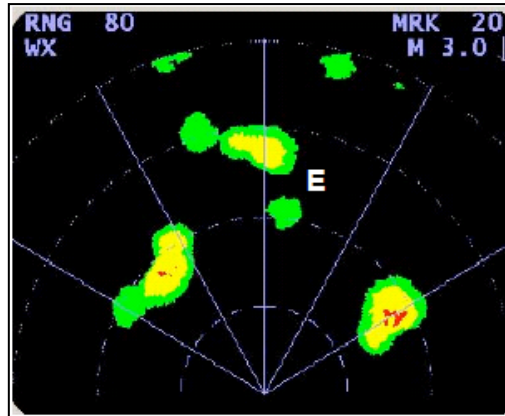


図 12 Scenario 8

これらの場合では、Cell は降下中表示されず、また緑色のエコーがあるように見えず、その結果、回答は Thread 領域の降下を続けました。FL370 の緑の Radar エコーは、飛行 Crew が潜在的な危険な状況であることへの注意を持ち続けることを求めています。(第 2.5 節)を見ると、63%の回答が類似した状況に関して誤って調査質問に答えました。

4. 悪天遭遇時の Flight Crew の Radar 操作分析

4.1 目的とアプローチを研究

この研究の目的は、悪天に遭遇の間での気象 Radar の Flight Crew 操作と判断に関連するそれらの要素を特定して分析することでした。重複因子はいつもどんな航空事象にでも常に関係しています。この研究の限界は、それが多くの他の重大な要因、例えばタイムリーな気象情報の提供、気象データの精度、ATC の役割、規定の設定者などの他の多くの重要な要素を含まないということです。

「Occurrence」という用語は、事故と重大 Incident を意味するのに用いられています。採用された方法論は以下の通りです。

- ☐ 研究目的にふさわしい発生のサンプルを確認
- ☐ データの収集と分析のために分類学の開発
- ☐ 集まった情報を分析して、発生に関連している要素を決定
- ☐ 研究での発見に基づく推薦(防止戦略)を開発

4.2 データソース

以下のソースは各々の発生のために必要なデータを編集するのに使用しました。

- ☐ UK Air Accidents Investigation Branch (AAIB)
- ☐ Accident Investigation Board Finland
- ☐ Australian Transportation Safety Board (ATSB)
- ☐ Dutch Safety Board
- ☐ French Bureau d'Enquêtes et d'Analyses (BEA)

- ☐ US Federal Aviation Administration (FAA)
- ☐ Flight Safety Foundation (FSF)
- ☐ Hong Kong Civil Aviation Department
- ☐ US National Transportation Safety Board (NTSB)

4.3 発生算入基準

- ☐ 1987 年-2007 年の期間
- ☐ 固定翼機
- ☐ 死亡者がいる事故または死亡者がいない事件
- ☐ 公共輸送機関と職業または法人と貨物事業
- ☐ 国際と国内の事業
- ☐ 世界的事業
- ☐ Pilot が一人または二人乗りの運航

訓練飛行、破壊活動、テロリズムと軍事行動を含む内容は研究の範囲を超えていました。上記の評価基準の適用は、Radar 操作に関する十分なデータが利用可能であった 14 の事例の結果によるものでした。(第 4.2 節)で特定されなかった多くのソースは関連した事例を捜しましたが、気象 Radar 操作の役割について議論しなかったか、または不十分な情報は最終的な調査報告に含まれていました。現在の研究への重要な影響は、サンプルサイズが 2 変量または、多変量分析の割にあまりにも小さいということです。

4.4 論議と結果

各事故は、気象 Radar 操作分類法に含まれていた価値を使用しコード化されました。コード化の記録は、変数を完全にするために事故報告と叙述の説明を排除しました。情報が提供されないか、正確な評価をするには完全ではない部分は評価を「Unknown」としました。情報の一部はこの手順を用いることで失われたかもしれませんが、コード化偏りの危険性を減らして、コード化の整合性を確実にしました。

4.4.1 負傷と航空機損害

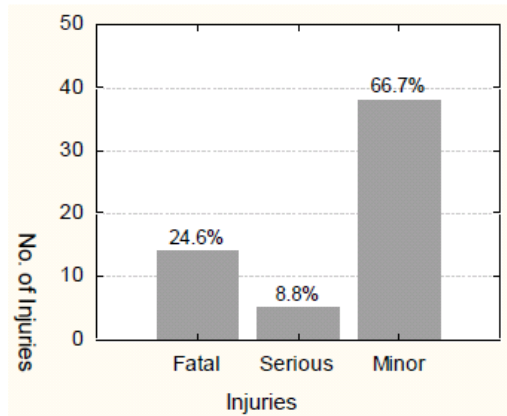


図 13 Injuries

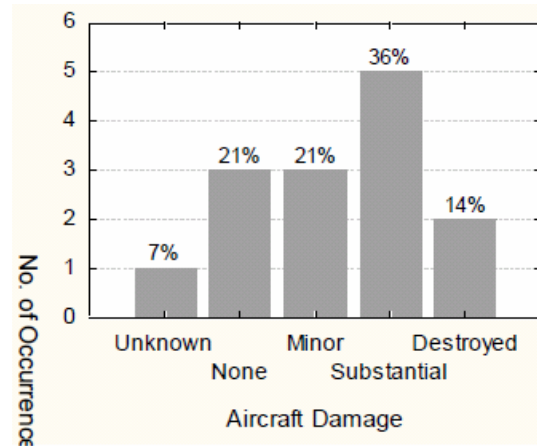


図 14 Aircraft Damage

図 13 と 図 14 は、負傷と航空機の損害データをそれぞれ表しています。怪我の 1/4 が致命的で、航空機の半分はかなり損害を受けたか破壊されました。多くの Incident は典型的で Windshield(Shattered), Nose Radome, Radar Antenna, Wing, Horizontal Stabilizer, Vertical Stabilizer, Leading Edge, Engine Inlet Cowls にかなりのひょうの損害を含みました。

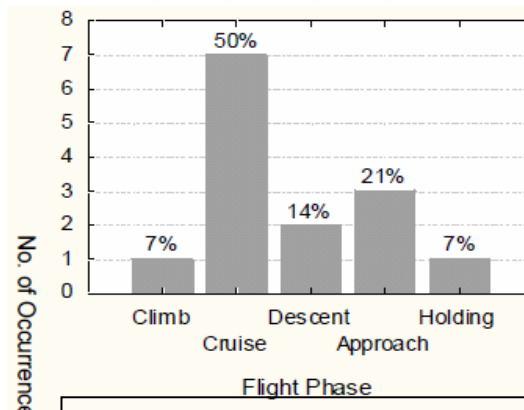


図 15 Flight Phase Distribution

4.4.2 フライトフェーズ

図 15 は発生のお半分の Cruise の間で発生し、35%が TOD(Top-of-descent)と目的地空港の間に起りました。

4.4.3 気象条件

図 16 は、ケースのお半分以上が IMC で起っていることを示します。しかし、移動 Data は、危険を評価のため考慮が必要です。(IMC 状態の事故でない移動 data でデータを平準化します)。

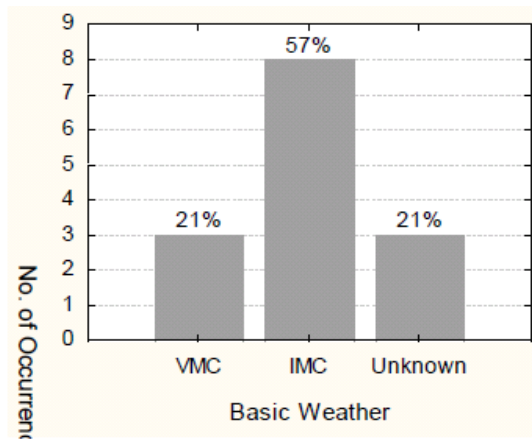


図 16 Basic Weather Condition

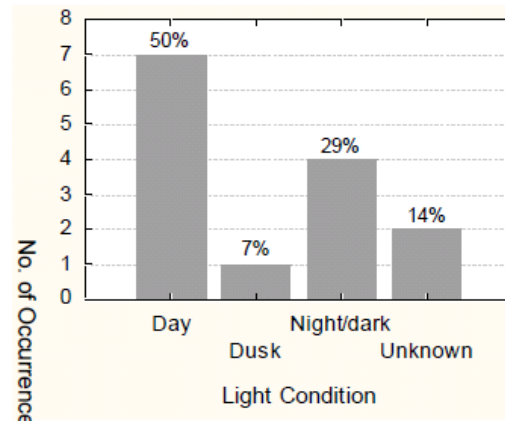


図 17 Light Condition

図 17 は、ケースの半分が日中に起きていることを示しています。

図 18 から図 21 は、普通の気象条件で起きていることを示しています。厳しい天気への侵入のすべての場合で雷雨は存在し、更に重要であることには、積乱雲構造形成の存在を

意味します。(積乱雲が存在しない一つの場合では、Crew は厳しい天気状況のため街の建物を誤解しました。) 実験データで確認されるように並か強い乱気流、Icing, ひょうの

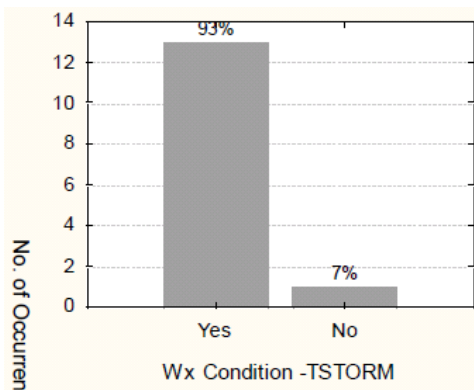


図 18 Thunderstorm Condition

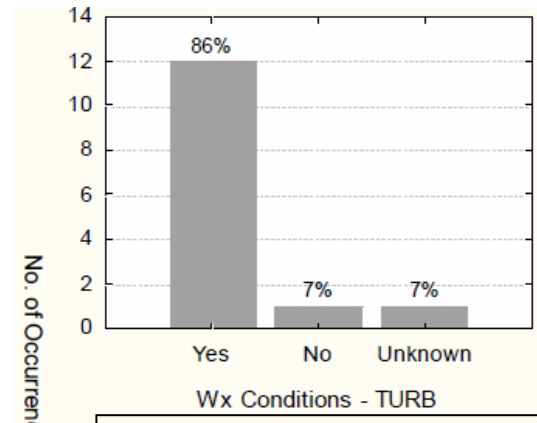


図 19 Turbulence Condition

危険を伴います。また、いくつかの発生では複数の Cell の Storm か Squall Lines を含みました。研究のサンプルが米国での発生のために、Level 3(Strong)を超える Video Integrator Processor(VIP)の Radar エコー強度は珍しくなく、いくつかのケースでは Level5 (Intense)と Level 6(Extreme)の Storm が広がっていました。積乱雲の Top が利用可能である 8 つのケースでは、範囲が 34,000ft から 45,000ft で平均 41,300ft であり、

これらの発生の半分は 45,000ft の雲の Top でした。

図 19 はほとんどの発生で乱気流の発生を伴い、その多くは厳しいレベルの乱気流が存在しました。

図 20 は、ひょうがケースのほぼ 2/3 で存在していたのを示し、図 21 は Lightning がサンプルのおよそ 1/3 に存在していたのを示します。

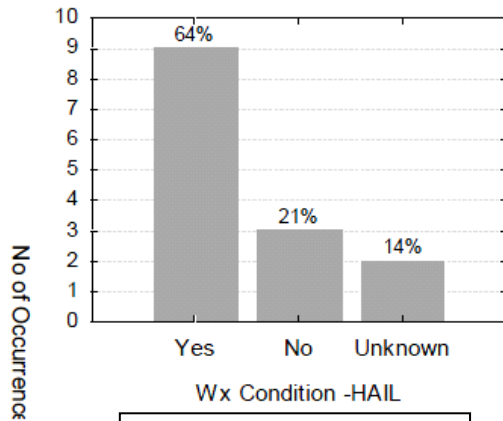


図 20 Hail Condition

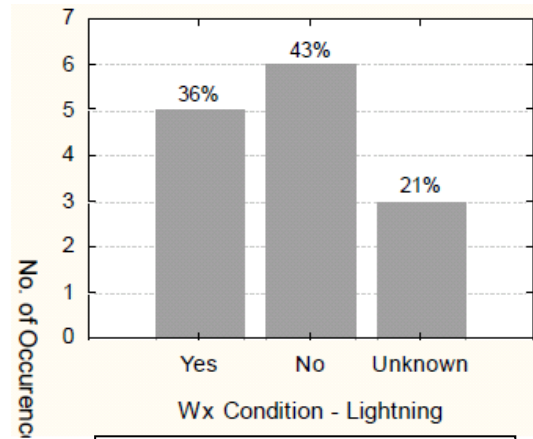


図 21 Lightning Conditions

4.4.4 Crew の天気認識と意志決定

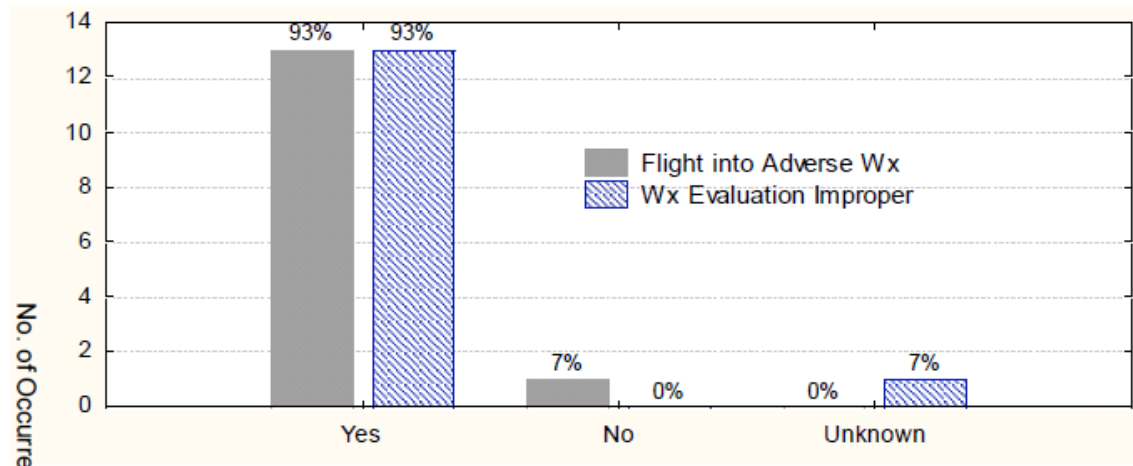


図 22 Weather Awareness

利用可能なデータが詳細に調べられるとき、機上 Radar を含む全てのソースを使用する Flight Crew が実施している気象状況の判断が最適でなかった事が明らかになります。(図 22 参照)

これは、逆に乗組員の気象 Mental Model に影響を与えて、不利な天気への侵入をもたらしました。Crew が間違って判断したある場合では、危険な地上の反射(Ground Returns)を誤って評価し、悪い気象認識は Crew の意志決定に影響を与えます。

研究サンプルのほとんどすべての事例が最適ではない意志決定や悪い計画な例を明らかにしました。これは悪天候の侵入に通じる一連の出来事に関連する主要な要因で、以下はその例です

- 予測された天気と優勢な状況がルートに沿って積乱雲の発達を含んだとき気象 Radar のスイッチを切ること。(例は 4.4.5.4 参照)
- Press-On-Itis (その行動が賢明でない時、目的地に着くための Flight Crew の判断、または状況への持続と定義します)。
- 先行機と後行機 - 前の研究データは、先行機の Crew が、対流している雷雨[5]の気象の中をうまく飛行できたことが、後ろからの航空機の Crew に影響を及ぼす事を示します。特に、

同じルートに沿った先行機がその前 10 分以内にそうしたなら、後行機の Crew の悪天域への進入決定の間には、特に相関関係があります。例は先行機がその到着の 10 分以内に着陸したので、着陸決定へ影響が及ぼされたことがサンプルの中にあります。[参考資料 10 と 11 参照]

- 全てが雷雨の周りにも係わらず Storm Cell の狭い間隔(隙間が 10mi 以下の場合)で危険な気象条件から適切な距離を維持しないことでの失敗すること。Human Factor 評価では、シナリオ 5B で起こった点にも注意してください。(第 3.5.4 節参照)
- Squall Line の極近くを飛行すること。(例の一つは Squall Line に関連している Level 5 の降水量から 10mi 未満の飛行を含んでいました)。

4.4.5 気象 Radar 操作

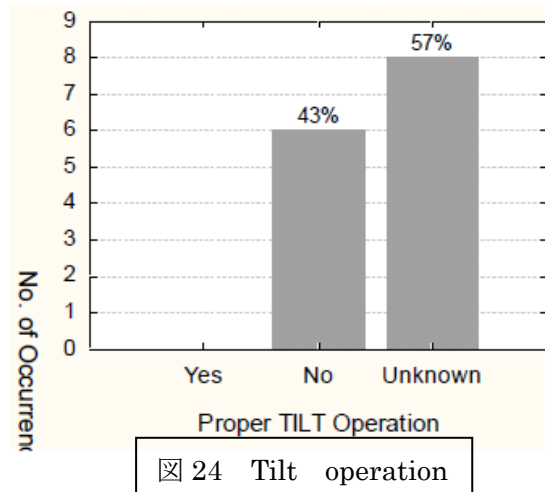
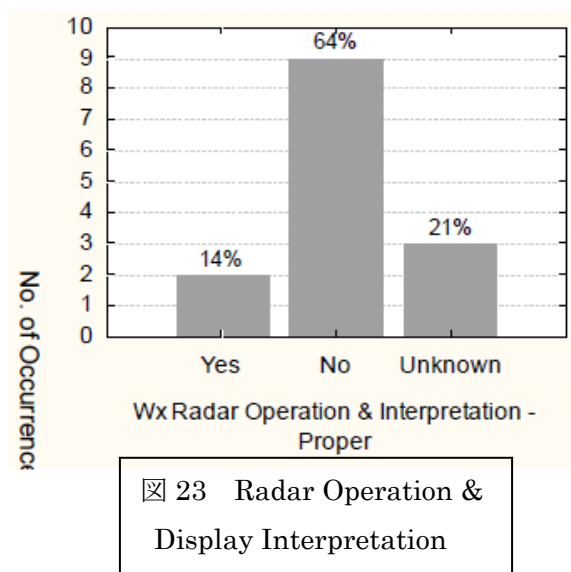


図 23 は、発生のほぼ 2/3 で気象 Radar の操作や Radar 表示の Interpretation が必ず最適でなかった事を示し、特定の例は以下を含んでいます。

- Storm の Cell への過剰 Scan などの不適当な Tilt 操作で、不安定で対流活動が予想される領域で積極的な Tilt 管理しないの事(Tilt は一定のままで)。図 24 は、これがケースの少なくとも 43% で起こったことを示します。また、この問題は Pilot-in-the-loop 評価でも確認されました。
- Gain Control の不適当な使用。
- 悪天気としての Ground Return の誤解 (立て込んだ都市地域)。
- Radar の限界と表示されたイメージの影響を十分に評価しないこと(例えば、Radar 減衰、高々度での赤と Amber の重要なエコーへの不足)。

4.4.5.1 Ground Return の誤解

[参考資料 12]は、悪天での地面反射の散乱を誤解したケースです。Crew は約 400ft の高さで市街地上空を飛行中の Non-Stabilized Approach で Go-Around を開始しました。航空機の Inbound Radial を横切るちょっと前に、Captain は気象 Radar の上に現れたエコー域を避けるために現在の Heading で大丈夫かと Co-pilot 副操縦士に尋ねました。調査は報告[12]では「気象の記録と機上気象 Radar の機

能を考えて Crew が観測したエコーは、地表の障害物と一致していると判断しました。飛行機が飛んだ地域には、いくつかの大きな建物がありました。」と述べています。Crew が初めて特別なアプローチを実施していて、その周辺が高層建築がある大都市との状況を意識していなかった点に留意する必要があります。

4.4.5.2 Radar 減衰

サンプルの 3 つのケース(21%)は、必ずしも飛行 Crew によって見つけられた Radar 減衰の例を含みません。減衰は実際の状況より Radar の表示は弱く降水強度を表示します。Radar Beam が完全に減衰していると表示は降水域の終わりであるように見えますが、しかし表示から明らかであるより遠くに広がる Radar の影を表示します。Fokker 100 のケースでは落雷の前に Squall Line の 10mi 以内にいました。航空機は、落雷以前のおよそ 40mi の間は降水がありました。事故報告[13]は、「気象 Radar は降水の中を飛行中に、減衰により信号の 15.63 デシベル[dBZ]損失を経験しました。この信号の損失は一般的な三色表示を一色での表示に変えてしまっています。」と述べています。

別のケースでは、Saab 340 の Crew は Radar の大部分が緑色で一部が黄色の反射を安全に目的地への安全な直行 Track が表示されていると間違った解釈しました。しかし、Severe Thunderstorm が Track 上にあり、Ground Radar Return は、その地域で毎時 100mm 以上の降水量の反射を伴った Thunderstorm Cell を示していました。公式報告[14]は、「Storm の Cell によって発生した強い降水とひょうは、Radar Beam のかなりの減衰に終わりそうでした。減衰は気象 Radar が正確に降水量強度について表現する能力を減少させました。Flight Crew は、空中気象 Radar の限界を理解しているように見えませんでした。」を示していました。

3 番目の事件では激しい雷雨の中で、着陸復航を実施している間に Microburst Wind Shear に遭遇した B737 の例です。航空機は滑走路 19 へのアプローチの間、雨、ひょう、乱気流に遭遇しました。Thunderstorm は北東に動く激しい複数の Storm の Cell でした。Radar データーは、滑走路 19 の南を 2 つの Cell が通り過ぎるのを示し、3 つ目の Thunderstorm Cell が滑走路の上空で発達していました。発生時点では、計 8.8mm の雨は 5 分間に降ったと記録され、それは毎時 105.6mm の降雨率と同等です。調査報告[10]は「気象 Radar の上では、Crew にとって、Storm の前方の激しい Radar 反射は明らかでなければなりません。しかしアプローチの時、Storm の多い降雨量は悪天の最先端の後にエコーの Radar 反射を減らしそうでした。減衰の結果、減少している Radar 反射は、たぶん先で天気の正確な評価を Crew に提供するためにもう航空機気象 Radar を当てにすることかできない事を意味しました。」と示しています。

4.4.5.3 Tilt Management

飛行経路の近くで天気の経過を追うために、Antenna Tilt 角は定期的に調整されるべきです。高度が変化するか、または航空機が Storm の Cell により近くなるとき、Tilt 角は Radar Beam は Storm の最も反射する部分を Scan し続けるために変える必要があります。Overscan の間、Radar Beam の中心は天気の Cell の最も反射的な部分より上で Scan し、それゆえに、重要な Return は Radar 表示上に表示されないかもしれませんし、実際の Thunderstorm 上部が航空機飛行経路にまだあるかもしれません。そして、Thunderstorm 上部への不注意な進入は可能となってしまいます。Flight Crew が対流活動の領域での一定の Tilt 設定を使用すて、発達中の雷雨を疑ったように見える所で、いくつかの例は

発見されました。Tilt コントロールのより多くの能動的で戦術的使用は不安定な条件で必要です。

[参考資料 15]は、ボーイング 757 にかかわる Incident の詳細です。FL370 で巡航中の航空機が、広く点在している Thunderstorm Cell の間を飛行中でした。Rader Range は 160mi に設定され、Tilt 角はおおよそ 1~2 度 Down でした。Captain は巡航高度の上へそびえた 1 つの Cell を飛行機の左に 20mi に観測し、別の Cell は右 40mi に、3 つめの Cell は飛行機前方下で、飛行機の下へ独立してそびえていました。飛行機は激しい乱気流に遭遇しました。調査の間に Radar の専門家によって提供された評価は、より積極的な Tilt 管理が対流地域[15]での保障すること示します。

[参考資料 14]で詳細に報告された事例(第 4.4.5.2 節を参照)では、Range が 25mi か 50mi の設定で、Tilt はおおよそ 3~4 度 Up にセットされました。Crew は、Radar のどんな赤い表示も遭遇の前になかったと報告しました。調査は 3~4 度 Up への Tilt セットが「航空機が飛んでいる高度の上と、凍結高度以上の雲の中 Scan される Radar Beam がもたらしたかもしれません。その高度を超えてひょうが乾燥していたことはありそうで、それは気象 Radar に低い反射 Target を与えて、Radar が降水量強度の正確な表示を Crew に提供することができないことの一因となったかもしれません。Radar 減衰と減少した反射が、個別または組み合わせで発生状況に影響を及ぼした程度は測定することができませんでした。しかし、不十分な Radar から得た情報で、Crew は対流の天気の意味を認めず、航空機は Storm の Cell に入りました」をもたらしました[14]。

[参考資料 16]で報告された重大 Incident は、当初 VMC で巡航中のエアバス A320 が、積乱雲の Top 付近が FL340 に繋がった激しい乱気流とひょうの領域に侵入した時に起こりました。遭遇の前に Crew が航空機の前方のルートをチェックした気象 Radar の Radar Return は問題なく見えました。Radar Range は 160mi に設定され、飛行が続いても、どちらの Pilot も Radar Tilt を調整せずに 2~3 度 Down のままにしておきました。彼らは Track の右側の Radar 反射と左側の小さい Radar 反射は航空機への重要な脅威をもたらさないと確信し、Radar の OFF を選択しました。ボーイング 757 は同じ Track 上の A320 の後ろ約 25mi でした。B757 Crew は Radar の反射と A320 の TCAS Target の両方を ND(Navigation Display)上に観測し、B757 は、天気を避ける為に右旋回を要求しました。[参考資料 16]は、「気象 Radar には、30,000 ft より上での Ice Crystal、乾いたひょう、およびでのサラサラした雪は小さい反射しかない制限があります。それゆえに Pilot は、悪天域を見つけるために Radar Beam の Tilt 機能を使って Storm Cell を垂直的に Scan することに頼らなければなりません。これは、彼らが Radar を OFF にする前に弱い反射と解釈したときにするテクニックではありませんでした。彼らは警告無しに強い乱気流とひょうの領域に入りました。」と述べています。

[参考資料 17]は、FL410 を巡航するエアバス A330 にかかわる重大 Incident の詳しい内容です。航空機は天気を避けるために Vector を要求した後に、熱帯低気圧による強い対流活動で引き起こされた激しい乱気流に遭遇しました。Crew によると、遭遇する前に Antenna Tilt は -1.75 度にセットし、Weather Mode で、AUTO Gain、および Range は 40 - 80mi の間を変化しました。さらに、Gain はいくつかの場面では手動で変えられました。その天気域を Deviation 中、Radar Display には Weather Return はありませんでした。[参考資料 17]は典型的に、着氷の区域が FL150 と FL230 の間にあるように予想されていたことを示します。報告は、航空機が気象状況に近づいた時に Tilt が積極的に管理されたという証拠が無く、Radar は Tilt 角が -1.75 度で、悪天 Cell へは Overscanning でもあったことを示しています。そのため、Radar の上には強い悪天の赤い反射を全く表示しませんでした。その結果、悪天域の周りの Deviation は十分早く開始されずに、気象[17]を避けることができるくらい

大きい Deviation ではありませんでした。別の重大な理由は技術不足と気象 Radar のガイダンス情報と不十分な気象 Radar 訓練に関連していることに注意すべきです。これらの要因は(第 4.4.6.節)で述べられます。

もう一つの Incident[18]は、FL270 を飛んでいる A320 の Crew は到着の準備していました。Captain が Track 上の Top が数千フィートの積乱雲の Cell に気がついた時、航空機は層状の雲端の上を飛んでいました。それを避ける試みにもかかわらず、航空機は強い降水(あられ)と乱気流の領域に入りました。この飛行中、Radar は Weather Mode, AUTO Gain, Tilt は -2 度, Range は Captain 側が 160mi に Copilot 側は 80mi に設定していました。予想ではルート上に積乱雲の発達が表示されていましたが、この飛行の前の往復では遭遇しませんでした。[参考資料 18]では「Crew は、Storm の現象が急速に発達することも考慮しませんでした。Captain は、進入時に活発な Storm に遭遇すると予想しましたが、巡航中には予想しませんでした。Crew は、飛行中の短時間は心に留めていましたが、作業に忙しく(食事, FMGS の変更で)Radar と目視による気象状況の監視をしませんでした。」と述べています。

4.4.5.4 気象 Radar の OFF

Radar を OFF 位置にした 3 つの例が遭遇しました(21%)。[参考資料 16]での A320 の Incident は、その例 (第 4.4.5.3 節を参照) です。[参考資料 19] は、McDonnell Douglas MD81 が FL152 を降下中に激しいひょうを伴った積乱雲に遭遇した件を報告しています。雷雨は Top が FL400 で 3 つの強い Cell を含みました。Pilot は上昇中に気象 Radar を使用しましたが、それは離陸の 10 分後に OFF にしました。利用可能な TAF と METAR は Scatter の積乱雲を通報していて、飛行準備に関してインタビューされた時、Captain は、「いくつかの CB と雨がかった」ので Extra 燃料を追加しことを述べています。これは、Crew が飛行準備の間にルートに沿って積乱雲の可能性を意識していたのを示します。Crew は、ルートに沿った悪天図をチェックするのを忘れました。この図は FL350 の Top と Route の終了部分が積乱雲でところどころ取り囲まれたことを示していました。[参考資料 19] は更に「飛行準備の時、Pilot はたぶん急いでいたのでしょう。」と述べています。Crew は空港で Base が 4,000ft で 2, 3 の高くそびえた積層雲の存在を示した目的地 ATIS 放送をモニターしました。この情報にもかかわらず、Crew は気象 Radar のスイッチを入れませんでした。[参考資料 19] は「インタビューされた時、PIC は彼女が何か変だとも疑わないで、気象 Radar を使用するための必要性を全く持っていなかったと述べ、Copilot は、PIC が気象 Radar を使用すると考えた時は、あまりにも遅すぎたと言いました。調査官の意見では、気象 Radar を使用する十分な理由があったと述べています。」と示しています。

[参考資料 20]は、気象 Radar スイッチを入れなかった Cessna Citation II の Incident を報告します。飛行の最初の部分は問題がなく、空は十分な視程があり晴れていました。Crew は飛行ルートに沿って予報の雷雨を認識していました。天気悪化により、ATC は気象 Deviation が必要か Flight Crew に尋ねました。航空機は左に Deviation し、乱気流とひょうを伴った積乱雲に入り込んだとき、航空機は FL150 でした。レポートでは、コントローラが「その瞬間に Squall 域を避けるために Deviation が必要であるのではと疑ったので、管制官は Flight Crew に必要か問い合わせをした。」ことを示しました。

4.4.6 Radar 訓練と Operational Documentation

図 25 は、少なくとも半分場合で気象 Radar 使用のための適切な訓練が Flight Crew に提供されなかったのを明らかにしています。

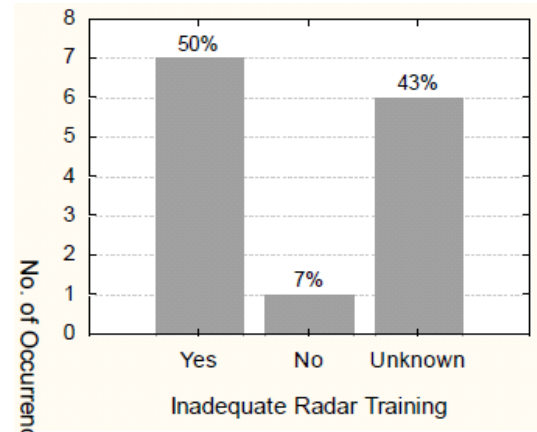


図 25 Radar Training

- ☐ Pilot は Radar の使用のどんな正式な訓練もなく、例としては、Pilot の訓練が「Trial-and-Error 経験と他の Pilot からの情報」と「実際の経験での学習」に限られていることを示しました。この方法は、不適切な Radar 操作手順と技術につながることであります。
- ☐ 会社での管理の不十分な訓練基準と要件は、Recurrent と昇格と再資格取得訓練での Radar 訓練を必要としていません。
- ☐ この Radar 訓練は、システムの特定な操作特徴と導入された Procedure について十分に提供していません。
- ☐ Radar メーカーから Operator に提供された Radar 操作情報、気象探知の詳細な助言、説明についての Pilot Guide は、訓練中に使用しなかったか、また Flight Crew が利用できる様にはなっていませんでした。

これらの調査結果が(第 2.8 節)で発表された調査の Pilot のフィードバックとの関連があることに注意してください。また、いくつかの例では、AOM(Aircraft Operation Manual)などの不十分な操作上の文書が調査本文によって言及されていることに注意されるべきです。

- ☐ 日々の運航での Radar 操作と使用のための技術的な情報でない。
- ☐ 悪天を回避のための Radar を操作するための推薦される十分な技術の記述がない。

5. 結論

- 1) Crew 調査データは、大部分の回答 (68%) が現在の気象レーダー訓練が不十分である ($p < 0.016$) と感じたことを示しています。不十分な気象 Radar 訓練は、評価された気象 Radar に関連した半分の要因でした。
- 2) 調査データは、この研究での大多数 Pilot が正しく Beam 範囲の原理と Tilt が地球湾曲効果を補うための方法を理解しているとは確認できませんでした。
- 3) 調査データは、大部分の (85%) 回答が Antenna Stabilization Concept を理解していると示しました。 ($p < 0.00$)
- 4) この研究における多部分の Pilot が Radar Beam 範囲内の Weather Target の全部が Weather Display に「True Color」で表示されないと認識していることを示す証拠としては不十分でした。
- 5) 調査データは、この研究における多くの Pilot が Short Range での FL310 以上の巡航高度では緑

の Radar Echo を避けられなければならないことに気づいている事を確かめられませんでした。Pilot-in-the-loop における評価の間、46%の回答は類似したシナリオで軽率な気象を回避する決定をしました。また、この要因は事故と Incident 分析においても確認されました。

- 6) Flight Crew 調査データは、大部分の回答は Radar が正確に測定していなく、その Return は飛行高度を正確に表示していない範囲を意識していないということを明らかにしました。
- 7) Pilot-in-the-loop における評価の間、ケースの 19%では、回答は悪天の目標を見つけることが出来ず、シナリオの 30%では、悪天回避の決定はその悪天への進入に終わりました。これは主として不十分な Tilt Management の結果でした。
- 8) 積乱雲タイプ雲への侵入は、事故と Incident 分析のサンプルにおけるほとんどすべての気象発生原因の要因で、その多くの場合、激しい乱気流が支配していました。
- 9) 普通の気象条件の不適切な Flight Crew の評価とその反対の悪天へ進入の両方が事故と Incident サンプルの 93%の要因でした。
- 10) 危険な気象状況からの適切な距離を維持することの失敗は、発生したデータと Human Factor 評価の両方の要因でした。例えば、非常に接近した Storm Cell の間隙を飛んで、Squall Line の直ぐそばを飛行しました。
- 11) 気象 Radar の不適切な操作と Radar Display の解釈が、およそ発生のサンプルの 2/3 における要因でした。(64%)
- 12) 不適当な Tilt 操作は発生のおよそ半分であげられました。(43%)
- 13) 研究データは、例えば Ground Return の誤解、対流活動の領域で積極的な Tilt を管理をしない、Radar 減衰、Storm Cell への Overscanning、不適当な Gain 管理、Radar System の制限の理解が不十分と明らかにしました。
- 14) 気象 Radar の操作上の使用に関するデータは、直ぐに利用できないか、また多くの最終的な事故や Incident で報告されませんでした。

6. 勧告

- 1) Operator は正式な初期と Recurrent の気象 Radar 訓練を提供しなければなりません。気象 Radar 操作の基本概念(Beam 範囲、地球湾曲効果、Antenna Stabilization、Tilt と Gain Management、Calibrated Weather と Range)は、含まなければなりません。加えて、減衰のような System 限界と高々度での緑の Radar Echo の重要性を含まなければなりません。
- 2) 危険な対流天気の詳細と回避と発見のための正確な Tilt Management の重要性と、そして Overscanning している Storm Cell の隠された危険は Crew 訓練の間に強調されるべきです。
- 3) Radar 訓練プログラムは、メーカーによって提供される Flight Crew が使っている特定の Radar に関する情報と Limitation と推奨操作手順を含むべきである。
- 4) Operator はどの時、またはいつ Radar が OFF にすべきかのガイドラインを提供するべきである。
- 5) Operator は、AOM(Aircraft Operations Manual)が気象回避ため、Radar 操作についての推奨技術の明白な提供を確実なものとしなければなりません。
- 6) Radar メーカーは、Weather Display の System 操作と解釈を簡素化する Radar を開発する実行可能性を調査しなければなりません。

7. 参考資料

1. FAA National Aviation Safety Data Analysis Center. *NTSB Weather Related Accident Study 994-2003*, <www.asias.faa.gov/aviation_studies/weather_study/studyindex.html>.
2. Lee A T. *Aircrew Decision-Making Behavior in Hazardous Weather Avoidance, Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 1991.
3. Driskill W E, Weismuller J J, Quebe J, Hand D K, Dittmar M J, and Hunter D R. The Use of Weather Information in Aeronautical Decision Making, *NTIS DOT/FAA/AM-97/3*, FAA, Washington, DC, 1997.
4. Latorella K, Pliske R, Hutton R, and Chrenka J. Cognitive Task Analysis of Business Jet Pilots' Weather Flying Behaviors: Preliminary Results, *NASA TM-2001-211034*, July 2001.
5. Rhoda D A, Pawlak, M L. An Assessment of Thunderstorm Penetrations and Deviations by Commercial Aircraft in the Terminal Area, *Project Report NASA/A-2*, MIT Lincoln Laboratory, Lexington, Massachusetts, 1999.
6. Stoen H. *Airborne Weather Radar*, <www.stoenworks.com/Tutorials/Weather percent20radar.html >, November 2001.
7. Gwinn D. *Radar Tilt Management*, <www.bluecoat.org/reports/Gwinn_99_Radar.html>, June 1999.
8. Wiggins M W. *The Interpretation and Use of Weather Radar Displays in Aviation*, University of Western Sydney, Milperra NSW, 2005.
9. Khatwa R. Pilot-in-the-Loop Evaluation of Next Generation Weather Radar Displays, *25th International Congress of the Aeronautical Sciences (ICAS)*, Hamburg, Germany, 2006.
10. Australian Transportation Safety Board. *Aviation Safety Investigation Report 200100213*, Canberra, 2001.
11. NTSB. *Aircraft Accident Report AAR-92/01*, Washington DC, 1992.
12. Bureau d'Enquêtes et d'Analyses. Serious Incident at Nantes on 21 March 2004 to the MD-83 Registered SU-BMF, *Report su-f040321a*, Paris, 2004.
13. NTSB. *Accident Report MIA98FA089*, Washington DC, 2001.
14. Australian Transportation Safety Board. *Aviation Safety Investigation Report 200201228*, Canberra, 2002.
15. NTSB. *Accident Report FTW97IA261*, Washington DC, 1998.
16. Air Accidents Investigation Branch. *Bulletin No: 6/2004, Ref: EW/C2003/05/0*, Aldershot, Hants, 2004.
17. Civil Aviation Department. *Aircraft Accident Report 1/2005*, Hong Kong, 2005.
18. Bureau d'Enquêtes et d'Analyses. Turbulence at the Top of Cumulonimbus, *Incidents in Air Transport*, No. 5, pp. 3-5, Paris, 2006.
19. Accident Investigation Board Finland. *Investigation Report B 5/2001 L*, Helsinki, 2002.
20. The Dutch Safety Board. *Occurrence Report 2003057*, Den Haag, 2006.

(抄訳文責 : ANA)

低酸素症を認知するための訓練 -- Hypoxia Awareness Training

Larry Schuman

Director of Specialty Training, FlightSafety International

包括的な低酸素症認知訓練

FlightSafety International は減圧室を必要としない包括的な低酸素症認知訓練を提供している。Mayo Clinic の協力により開発されたこの訓練コースは、操縦士に低酸素症の症状および低酸素症が判断や意思決定に与える影響について、実体験による知識付与を安全かつ効果的に提供するものである。操縦士は自らの低酸素症症状の認知方法と生命維持に必要な対応行動について、飛行を模擬した環境で学ぶことができる。

訓練コースは様々な生理学的事象に関する地上訓練と 2 回のフライトシミュレータによるデモンストレーション—— 1 回は操縦しながら、もう 1 回は操縦操作を伴わない状態で —— を含む。

低酸素症について

低酸素症とは、酸素供給量が人体が必要とする酸素量を下回る状態により引き起こされる症状である。機内における酸素供給が適切に行われない場合、体内で血液による酸素運搬が適切に行われない場合、体内の組織が適切に酸素を利用できなくなった場合などに発生する。

低酸素症症状の程度は個人差が大きいものであるが、訓練を目的とした場合、症状の進行を以下の 3 段階と考えることが有用である。

動作が緩慢になる段階

エラーを犯しやすくなる段階

完全な機能喪失・意識喪失状態となる段階

この訓練システムでは、上記のうち最初の 2 つの段階を経験することとなる。

低酸素症の種類

操縦士が経験する可能性のある低酸素症は、発生原因により以下の 4 つの種類がある。

低酸素性低酸素症＝高高度における大気酸素分圧低下が原因で発生するもの

貧血性低酸素症＝血液の酸素運搬能力低下により発生するもの

組織中毒性低酸素症＝生体組織細胞の酸素受容能力低下により発生するもの

うっ血性低酸素症＝正常な血流が途絶することにより発生するもの

低酸素症に影響を与える要因

操縦士の低酸素症状が発生するまでの時間を決定する要因は身体的な耐性、飛行高度、上昇率など、多岐にわたる。これらに加え、気温などの環境要因が影響することも知られている。またこれら全ての要因に、どの程度の時間曝露されたかが症状の程度に影響する。いずれの場合も、適切な訓練を事

前に行うことにより、操縦士は低酸素症の兆候や初期段階を認知し、有効意識時間内に適切な対応措置をとることが可能となると考えられる。

さらに進化した訓練システムでは、高高度の酸素分圧を模擬し、酸素割合を減じた空気を教官が微調整し供給することを可能としている。低酸素症認知訓練の中で、FlightSafety が用いるのは減圧室ではなく可搬式訓練機器である。大掛かりな減圧室で空気を抜くかわりに、最終的に高度 22,500ft 相当への上昇を模擬した酸素/窒素比となるように混合比が僅かずつ変化する混合ガスを、マスクを通じて供給する。

低酸素症訓練

座学訓練

地上訓練参加者は、座学訓練で下記事項に関する知識を付与される。

- ・ 大気の組成に関する知識
- ・ 気体の物理的特性に関する知識
- ・ 低酸素症の種類と原因
- ・ 機体の与圧システムに関する知識
- ・ 機体の酸素吸入装置に関する知識
- ・ Evolved gas disorders に関する知識
- ・ 気圧変動が身体に及ぼす影響に関する知識
- ・ FAA 規定とガイダンスに関する知識

低酸素症発生状況下での模擬飛行訓練

低酸素症を模擬する 2 種類のフライトプロファイルにより訓練は行われる。1 つはシミュレーターによる飛行（操縦）を行わず、もう 1 つはシミュレーターで飛行（操縦）しながら行われる。2 種類いずれも操縦士は「与圧無しに高度 22,500ft まで上昇するとどうなるか」を経験する。

操縦しない状態でのデモンストレーションでは、操縦士は低酸素症の兆候から、精神的あるいは肉体的な能力が徐々に失われるというような特有の初期症状が発生する過程を認知する方法を学ぶ。状況認識力低下を実感するため、日常運航で実際に行われるような計算を行う。



操縦を行いながらのデモンストレーションでは、操縦士は事前に酸素供給システムの動作確認、P.R.I.C.E チェック（圧力・供給装置・表示装置・接合箇所・緊急機能の動作確認——Pressure, Regulator, Indicator, Connectors and Emergency——）、さらに急減圧発生時手順の再確認を行う。飛行開始後上昇するにしがたい、操縦士は低酸素症の兆候を知覚する。操縦士はこの段階で酸素マスクを着装し、機体の状況を確認し、緊急降下を実施する。状況対応能力の低下した状態で緊急降下手順を正確に実施することは重要である。このような実体験を得ることを可能にしたのが当訓練プログラムの他にない特長である。

この訓練の間、操縦士は低酸素症症状について訓練を受けた観察者と副操縦士によりモニターされる。それぞれの訓練セッションについては事後詳細なデブリーフィングを受けることができる。

まとめ

本訓練の特長は以下のようなものである。

- ・ 減圧室を用いず、比較的安価かつ安全に低酸素症訓練を行うことができる。
- ・ シミュレーターで飛行しながら低酸素症症状による能力低下を体験することができる。
- ・ 本訓練プログラムは急減圧ではなく「徐々に進行する機内気圧低下、徐々に進行する低酸素症」を体験するものである。昨今散見される与圧装置不具合に起因するインシデントへの対応として、本プログラムは適したものであるといえる。

しかしながら

- ・ 完全にリスクフリーというわけではない。混合ガスを用いても低酸素症症状を体験する以上、後遺症の可能性は否定できない(リスクを極小にすべく医療機関と提携し、混合ガスの供給については右写真に示すような機器でモニターし慎重に行われる)
- ・ 減圧室と異なり、減圧に伴う低酸素症以外の他の現象(急減圧による機内空気の煙霧化・肺から空気が逆流し発声困難になる等)を体験することはできない。減圧室の使用にはそれなりの意義がある。



訓練の詳細については下記宛、問い合わせられたい。

Larry Schuman, Director of Specialty Training, FlightSafety International
8900 Trinity Boulevard, Hurst, Texas 76053
Toll-free: 888.782.5274
E-mail: Lawrence.schuman@flightsafety.com

参考文献

低酸素症の種類(分類)について

原文は Parker, Phillip, “Hypoxia: Still an Insidious Threat!” Quarterly Aeromedical Newsletter, Vol.4, Issue 3, pages 3-4.

日本語名称は財団法人航空医学研究センター「乗員の健康管理サーキュラー2006 年第 1 号～パイロットと低酸素症～」を参考にさせていただきました。

(抄訳文責：JAPA)