

第59回 FSF 国際航空安全セミナー (FSF-JAPAN 抄訳)



International Federation
of Airworthiness



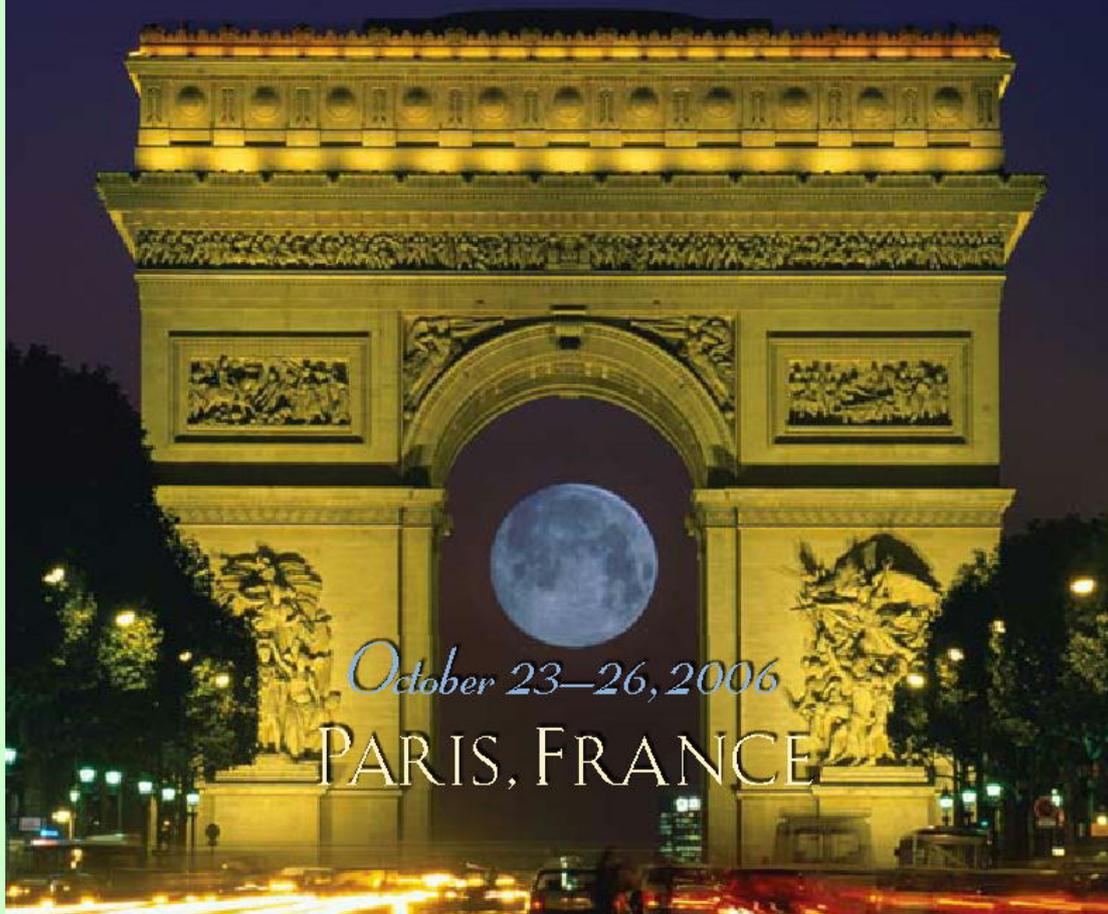
Flight Safety Foundation



International Air Transport
Association

Joint meeting of the FSF 59th annual International Air Safety Seminar IASS,
IFA 36th International Conference, and IATA

ENHANCING SAFETY WORLDWIDE



October 23–26, 2006

PARIS, FRANCE

Hosted by  AIRBUS

Flight Safety Foundation – Japan

協賛 財団法人 航空輸送技術研究センター

= 目次 =

- 1 . 2006 The year in Review
James Burin, Flight Safety Foundation
- 2 . Tail Strike and Strong Gusty Winds
Captain Dave Carbaugh Chief Pilot Boeing Flight Operations Safety
- 3 . Airplane Deceleration on Slippery Runways
Mark H. Smith Boeing Air Safety Investigation
- 4 . Advances in Turbulence Detection and Avoidance for Commercial Aviation
Dr. Paul A. Robinson Aero Tech Research(U.S.A.) Inc
- 5 . Airport Moving Map の導入による安全性の向上について
André Bourdais, Airbus Dr. Jens Schiefele, Jeppesen
- 6 . Celebrating TAWS Saves, But Lessons Still to Be Learned
Dan Gurney
- 7 . The Protection of Safety Information: A Success Story
Captain Daniel Maurino Flight Safety and Human Factors Programme, ICAO
- 8 . 自動化中毒(依存)症と治療法
Capt. Dennis J. Landy ALPA Air Safety Committee Special Projects
- 9 . Runway FOD Detection Radar
Craig Richmond Nassau Airport Development Company
(Vancouver Airport Services)
Brett Patterson Vancouver International Airport Authority
- 10 . あなたのプログラムは、SMS ですか？
それとも新しいタイトルをつけただけの古いプログラムですか？
Michael L. Barr USC: University of Southern California
- 11 . An Integrated System for Managing Fatigue Risk Within a Low-Cost Carrier

この冊子は 2006 年 10 月 24 日 - 26 日にフランス・パリ市で開催された第 59 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 - J 会員各社にお配りするものです。本会会員の航空会社および(社)日本航空機操縦士協会が分担して抄訳を行いました。セミナーから FSF - J 総会までの期間に限られる関係上、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 59 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。

Aviation Safety 2006, The Year In Review

Aviation Safety 2006

The Year In Review



Jim Burin

Director of Technical Programs

Flight Safety Foundation

これは今年の航空安全統計データです。又、同時に過去データとの比較を行っています。
データの収集に関しては ASCEND 社の Paul Hayes 氏の援助に感謝する次第です。

Aviation Safety – The Year In Review Agenda

- **Turbojets**
Commercial
Corporate
- **Turboprops**
- **CFIT**
- **Approach and Landing**
- **Loss of Control**
- **Safety Challenges**

ここでは今年の航空業界の安全パフォーマンスを振り返り、商業航空界が安全面でどこに

位置されるかを見てみましょう。まず商業用(コマーシャル)と企業用(コーポレート)のターボジェットに関して始めます。

又、商業用ターボプロップについても言及する予定です。

3つの最も高いリスクエリアについても検証して見ましょう。それらリスクエリアとは、CFIT, Approach and Landing, そして Loss of Control です。

最後に、注目すべき基本的な安全目標についても考えて見ます。

Accident Classifications

Aircraft

- * **Type: Turbojets, Turboprops, Piston, Helicopters**
- * **Size: Weight, number of seats**
- * **Use: Commercial, corporate, government**
- * **Western built or Eastern built**

How Measured

- * **Per 100,000 hours**
- * **Per million departures**

Classification

- * **Hull Loss Accident**
- * **Economic Hull Loss Accident**
- * **Total Loss Accident**
- * **Fatal Accident**
- * **Substantial Damage Accident**

今年のデータを見る前に、事故の分類について考えてみたいと思います。

事故を計るにはいろいろな方法があります。まず第一に、どの航空機タイプによる事故なのか？ 次に航空機タイプをどう細分類するのか？ 例えば、大きさによるもの(重量と座席数)、又は使用目的によるもの(商業用か企業用か政府用か)、どこで製造されたか？(西欧か東欧か)などです。次に事故率をどう計るかを考えてみましょう。例えば、飛行時間によるもの、出発回数によるものとかです。

最後に事故の分類は数多くあります。

Hull loss (機体損傷)

Total loss and economic hull loss(insurance terms)全損や経済的全損 [保険用語]

Fatal accident [人身事故]

Substantial damage (大破)

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

大規模事故について議論します。ここではスライドに示された定義を使って話しを進めていきましょう。

ここに示された分類は、事故の規模は航空機への損傷によって決められ、航空機の機齢や保険の範囲で決められるものではないという事です。

それでは、大規模事故について百万出発あたりの件数で見てください。

The Fleet – 2006			
Type	Western Built	Eastern Built	Total
Turbojets	17,609	1,839	19,548
Turboprops	4,774	1,710	6,484
Business Jets			12,724

まず手始めに、この表は 2006 年の商業用および企業用航空機の機数を表しています。今年のデータを見る前に、過去 2 年間で振り返って見ましょう。

Major Accidents Commercial Jets 1 January to 31 December 2004					
Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
3 Jan	Flash Airlines	B737-300	Sharm El-Sheik, Egypt	Climb	148
13 Jan	Uzbekistan Awys	Yak 40	Tashkent, Uzbekistan	Landing	37
4 Mar	Azvo Avia Company	IL-76	Baku, Azerbaijan	Takeoff	3
28 Apr	Centurion Cargo	DC-10F	Bogota, Colombia	Landing	0
18 May	Silk Way Airline	IL-76	Umurqi, China	Takeoff	7
21 Jul	Aero California	DC-9	Mexico City, Mexico	Takeoff	0
11 Aug	Air Guinee Express	B737-200	Sierra Leone	Takeoff	0
28 Aug	Transair Cargo	Caravelle	Gisenyi, Rwanda	Landing	0
14 Oct	MK Airlines	B747-200F	Halifax, Nova Scotia	Takeoff	7
14 Oct	Pinnacle Airlines	CRJ-600	Jefferson City, MO, USA	En route	2
7 Nov	Air Atlanta	B747-200F	Dubai, UAE	Takeoff	0
21 Nov	Yunann	CRJ-200	Baotou, China	Takeoff	53
30 Nov	Lion Air	MD-80	Solo City, Indonesia	Landing	26

Source: Ascend

この表は 2004 年に起こった商業用ジェットの大規模事故を表しています。これには西欧、東欧製を問わず全ての定期便、不定期の旅客便、カーゴ便を含みます。

2004 年には 13 件の大規模事故が発生しました。

歴史上始めてですが、CFIT 事故はありません。

長い歴史の中で初めてのことで、Approach and Landing で起こった大規模事故は半分以下に留まっています。

Major Accidents Commercial Jets 1 January to 31 December 2005					
Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
8 January	Aerorepublica	MD-80	Cali, Colombia	Landing	0
3 February	Air West Cargo	IL-76	Khartoum	Approach	7
3 February	Kam Air	B737-200	Kabul, Afghanistan	Approach	106
19 March	Race Cargo Airline	B707-300	Entebbe, Uganda	Approach	0
23 March	Airline Transport	IL-76	Mwanza, Tanzania	Takeoff	8
7 April	ICARO Air	F-28	Coca, Equador	Landing	0
20 April	Saha Air	B707-300	Tehran, Iran	Landing	3
2 August	Air France	A-340	Toronto, Canada	Landing	0
14 August	HELIOS Airways	B737-300	Grammatikos, Greece	Climb	121
16 August	West Caribbean	MD-82	Machiques, Venezuela	En route	160
23 August	TANS Peru Airlines	B737-200	Pucallpa, Peru	Approach	45
5 Sept	Mandala Airlines	B737-200	Medan-Polonia, Indonesia	Takeoff	104
22 October	Bellview Airlines	B737-200	Lissa, Nigeria	Climb	117
11 November	Royal Airlines Cargo	IL-76	Khak-eShahidan, Afghanistan	Approach	8
8 December	Southwest Airlines	B-737-700	Chicago, Ill, USA	Landing	0
10 December	Sosoliso Airlines	DC-9	Port Harcourt, Nigeria	Approach	109

Source: Ascend

2005 年での商業用ジェットの大規模事故の表です。

これには西欧、東欧製を問わず全ての定期便、不定期の旅客便、カーゴ便を含みます。

お判りのように、昨年は 16 件の事故が発生しました。これは平均を僅かながら上回っています。13 件は西欧製であり、3 件は東欧製の航空機です。

特記すべきは、10 件が Approach and Landing の事故であり、5 件の CFIT 事故がありました。Loss of Control も 3 件あります。

Major Accidents Commercial Jets 1 January to 1 September 2006					
Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
8 February	UPS	DC-8F	Philadelphia, USA	En route	0
3 May	Armavia	A-320	Alder-Sochi, Russia	Approach	113
9 July	S7 Airlines	A-310	Irkutsk, Russia	Landing	126
22 August	Pulkovo Aviation	TU-154	Nr. Donetsk, Ukraine	En route	170
27 August	Comair	CRJ-100	Lexington, KY, USA	Takeoff	49

Source: Ascend

この表は今年の 9 月 1 日までに起こった商業用ジェットの事故です。

これには西欧、東欧製を問わず全ての定期便、不定期の旅客便、カーゴ便を含みます。

お判かりの様に 5 件の事故に留まっており、今までのところ良い年です。

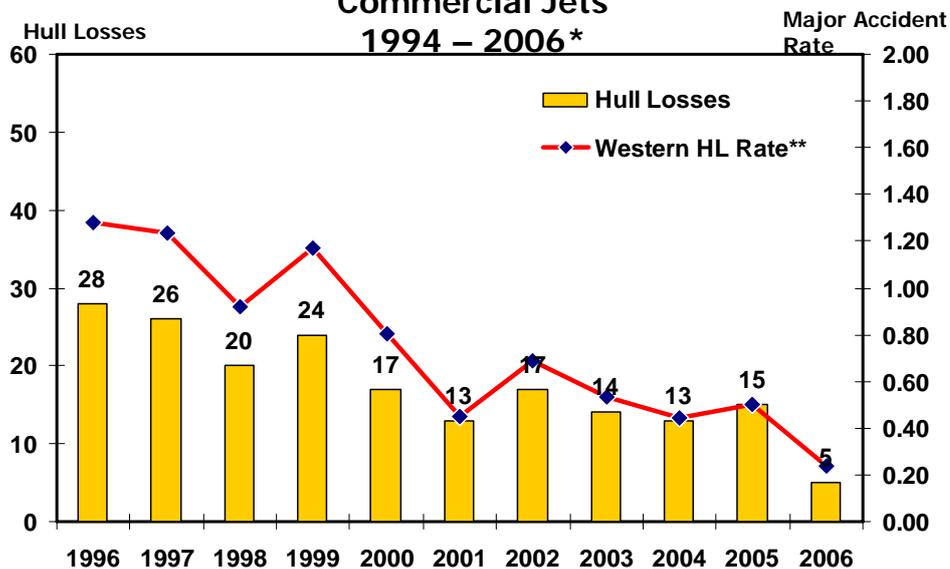
今年はこれまでのところ安全であるという事実は、昨年 8 月に起こった 4 件の事故ほどにはマスコミの注目を集めません。

5 件の内、2 件は Approach and Landing の事故でした。

Major Accidents

Commercial Jets

1994 – 2006 *



* 1 January through 1 September 2006

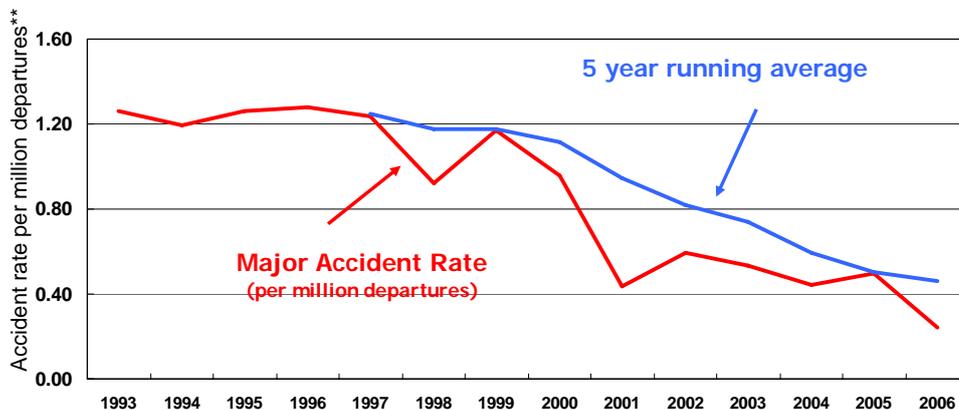
** Worldwide departure/rates are estimated through 1 September 2006
Total departure data not available for Eastern-Built Aircraft

この表は過去 10 年間の百万出発あたりの大規模事故発生数および発生率を示します。

大規模事故数は西欧、東欧製航空機の両者を含みます。

事故率は西欧製航空機のみを示します。これは東欧製航空機の事故数は判っていても事故率を計算するために必要な正確なデータが明らかでないためです。

Major Accident Rate Western-Built Commercial Jets 1993 – 2006*



* 1 January through 1 September 2006
 ** Worldwide departure/rates are estimated through 1 September 2006
 Total departure data not available for Eastern-Built Aircraft

Source: Ascend

この表は百万出発あたりの大規模事故の率および5年間の平均率を示します。同じようにこれは事故率を示すので、西欧製航空機のみデータです。見てお判りのように、事故率は下降傾向にあります。

Major Accidents Corporate Jets 1 January to 1 September 2006					
Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
2 January	Avcom	Hawker 700	Kharkov, Ukraine	Approach	3
24 January	Goship Air	Citation Ultra	Carlsbad, CA, USA	Landing	4
15 February	Jet 2000	Falcon 20	Kiel, Germany	Landing	0
16 February	Lech Air	Citation I	Busckin, Iraq	En route	6
2 June	International Jet Charter	Lear 35	Groton, CT, USA	Approach	2
26 June	Great Ideas Corp	Hawker F3	Barcelona, Venezuela	Landing	0
5 July	Vigojet	Saberliner	Mexico City, Mexico	Landing	0
19 July	Tomco II	Citation Encore	Cresco, IA, USA	Landing	2
28 August	Netjets	Hawker 800	Carson City, NV, USA	Descent	0

Source: Ascend

この表は 2006 年に発生した企業用ターボジェットの大規模事故を示しています。

9 件の事故が発生し、このタイプの航空機としての平均を僅かながら上回っています。

Major Accidents Commercial Turboprops (> 14 seats) 1 January to 1 September 2006					
Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
2 January	Ruenzori Airways	Antonov 26	Fataki, DR Congo	Climb	0
24 January	Aerolift	Antonov 12	Mbuji Mayi, DR Congo	Landing	0
5 February	Air Cargo Carriers	Shorts 360	Watertown, WI, USA	En route	3
8 February	Tri Costal Air	Metro II	Paris, TN, USA	En route	1
11 March	Air Deccan	ATR 72	Bangalore, India	Landing	0
18 March	Ameriflight	Beech 99	Butte, MT, USA	En route	2
28 March	Phoenix Avia	Antonov 12	Payam, UAE	Climb	0
31 March	TEAM	Let 410	Saquarema, Brazil	En route	19
16 April	TAM	Fokker-27	Guayamerin, Bolivia	Landing	1
24 April	Air Million Cargo	Antonov 32	Lashkar, Afghanistan	Landing	2
27 April	LAC Skycongo	Convair 580	Amisi, DR Congo	Landing	8
23 May	Air Sao Tome	DHC-6 Twin Otter	San Tome, Africa	Approach	4
4 June	Merpati Nusantara	CASA 212	Bandanaira, Indonesia	Landing	0
21 June	Yeti Airlines	DHC-6	Jumla, Nepal	Approach	9
7 July	Mango Airlines	Antonov 12	Goma, DR Congo	Climb	6
10 July	PIA	Fokker 27	Multan, Pakistan	Takeoff	45
12 July	TransAfrik	Lockheed Hercules	Kigoma, Tanzania	Approach	0

Source: Ascend

この表と次の表は、2006 年現時点までの商業用ターボプロップの大規模事故を示します。これには 14 座席以上の全ての西欧、東欧製航空機を含みます。

Major Accidents Commercial Turboprops (> 14 seats) 1 January to 1 September 2006					
Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
29 July	Adventure Aviation	DHC-6	Sullivan, MO, USA	Takeoff	6
3 August	Tracep	AN-28	Bukavu, DR Congo	Approach	17
4 August	AirNow	EMB-110	Bennington, VT, USA	Approach	1
13 August	Air Algerie	Lockheed Hercules	Piacenza, Italy	En route	3
28 August	Paraguay Air Service	Nomad 22B	Cerrillos, Argentina	En route	0

Source: Ascend

2006 年では、ターボプロップの全損事故数(22 件)は商業用ジェット的全損事故数(5 件)の 4 倍であることが分かります。

22 件のターボプロップ全損事故のうち、10 件は Approach and Landing 時のものであり、5 件（これは 4 件に 1 件の割合になりますが）は CFIT 事故でした。

さてここで、一般的なデータから話を変えて、特定の問題を考えてみましょう。

ここ 20 年の間、Controlled Flight Into Terrain (CFIT), Approach and Landing, そして Loss of Control(LOC)事故は航空機事故の多くを占め、かつ死亡数の多くはこれらによるものでした。

その証明として、2004 年と 2005 年の事故リストでは。

2004 年には 196 人が商業用ジェットによる死亡数であった。

2005 年には 778 人が商業用ジェットによる死亡数であった。

その違いは？2004 年には CFIT 事故はゼロであり LOC は 1 件であったのに対し、

2005 年には 5 件の CFIT と 3 件の LOC があり、これらは死亡数の 70%以上を占めているという事です。

これは西欧、東欧製商業用航空機による 2006 年現時点までの CFIT 事故はありませんでした。これは良いニュースですね。



これは 1993 年以來から現在までの商業用ジェットによる CFIT 事故のグラフです。

お気づきのように、2004 年が最初の（そして唯一の）CFIT 事故ゼロの年であるのが判ります。

赤い線は 5 年平均のラインで、改善されているのが判ります。しかし、ゆっくりとした改善(1998 年以来 30%の改善)です。

このグラフから判ることは、CFIT 事故を継続的に低く抑えておくのは難しいということです。商業用ジェットについて言えば過去 10 年間、年平均 4 件以上の CFIT 事故が発生していますし、全ての商業用航空機まで含めると年間 1 2 件発生しています。

全ての商業用ジェット、企業用ジェット、ターボプロップを通して CFIT 事故は EGPWS を装備していない航空機に起こっている点を指摘したいと思います。

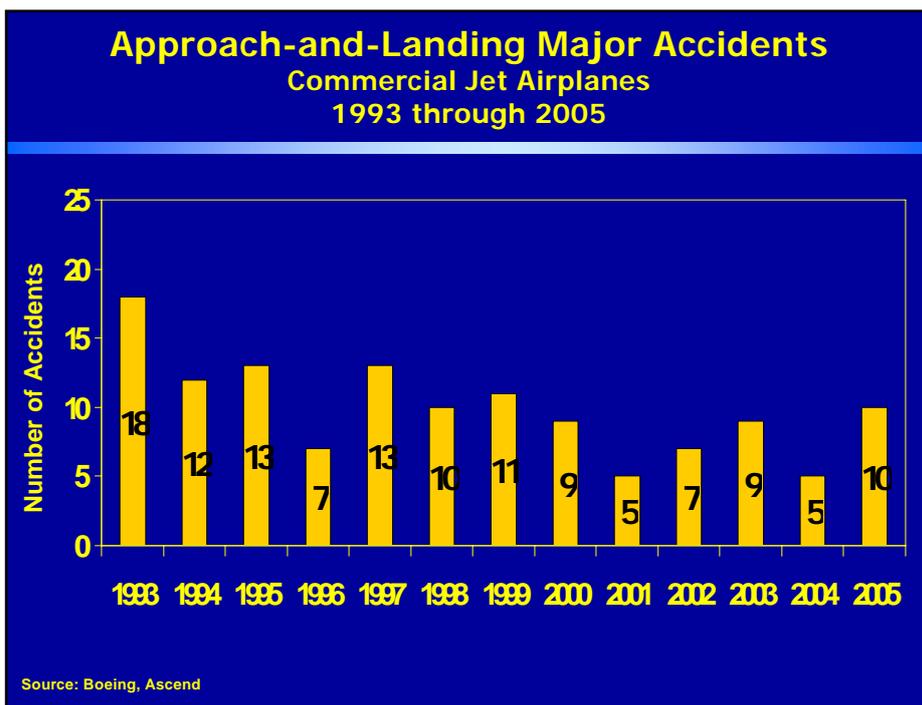
世界の商業用ジェットのたった 8 %のみが EGPWS を装備していないのですが、CFIT 事故は起こり続けています。

Approach-and-Landing Major Accidents Commercial Jets 1 January through 1 September 2006					
Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
3 May	Armavia	A-320	Alder-Sochi, Russia	Approach	113
9 July	S7 Airlines	A-310	Irkutsk, Russia	Landing	124

Source: Boeing, Russian Federation IAC, Ascend

これは 2006 年商業用ジェットの Approach and Landing 事故のリストです。

企業用ジェットの 9 件の Hull Loss 事故のうち、7 件が Approach and Landing で起こっていることを思い出して下さい。そしてターボプロップの Hull Loss 事故の 50%が Approach and Landing で起こっているのです。



これは1993年以来の商業用ジェットによる Approach and Landing での大規模事故を示します。

業界としては明らかに、このフライトフェーズに注目し続ける必要があります。全てではないにしても、ほとんどの事故原因が FSF ALAR Tool Kit の中に詳しく文書化され言及されています。例えば、NPA、気象、不安定なアプローチ、ゴーアラウンドの不足などで何も目新しいものはありません。

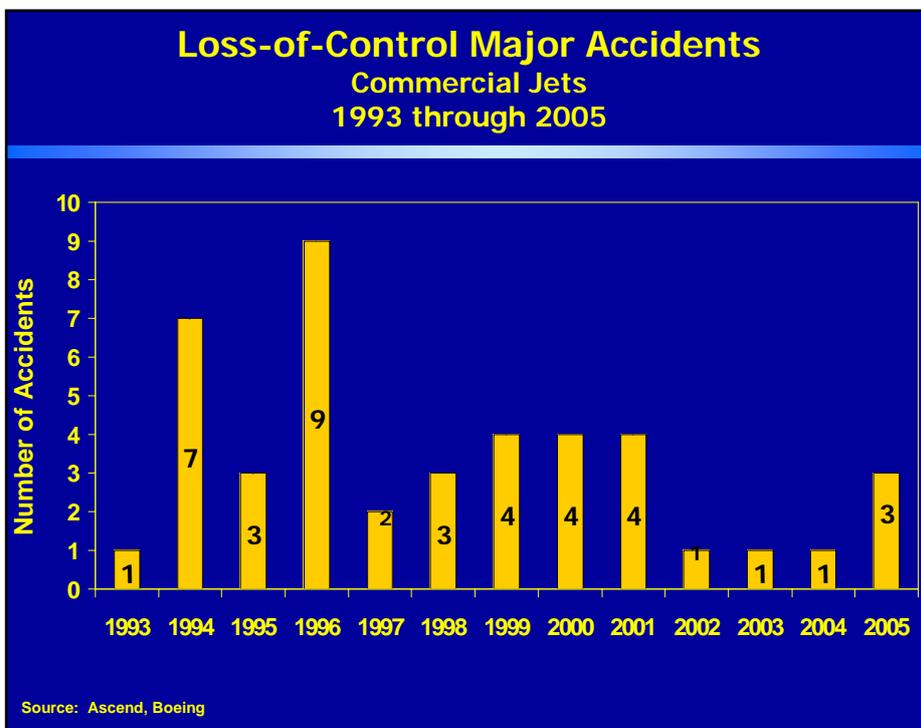
ご存じのように、FSF の CAAG チームは2001年より世界中で ALAR キャンペーンを行っており、地域ごとのワークショップで防止策を訴えています。すでに23回の ALAR ワークショップを完了しましたが、今でも続けております。昨年は ALAR ワークショップをインド、ベネズエラで行いましたが、12月には日本で行う予定です。現在我々が甘受している成功の幾つかは CAAG チームの努力によるものと自負しております。あなたの地域で ALAR ワークショップを開催したい方は私に連絡して下さい。

Loss-of-Control Major Accidents Commercial Jets 1 January through 1 September 2006

Date	Operator	Aircraft	Location	Phase	Fatal
3 May	Armavia	A-320	Alder-Sochi, Russia	Approach	113
22 August	Pulkovo Airlines	TU-154	Donetsk, Ukraine	En route	170
27 August	Comair	RJ-100	Lexington, KY, USA	Takeoff	49

Source: Ascend, Boeing

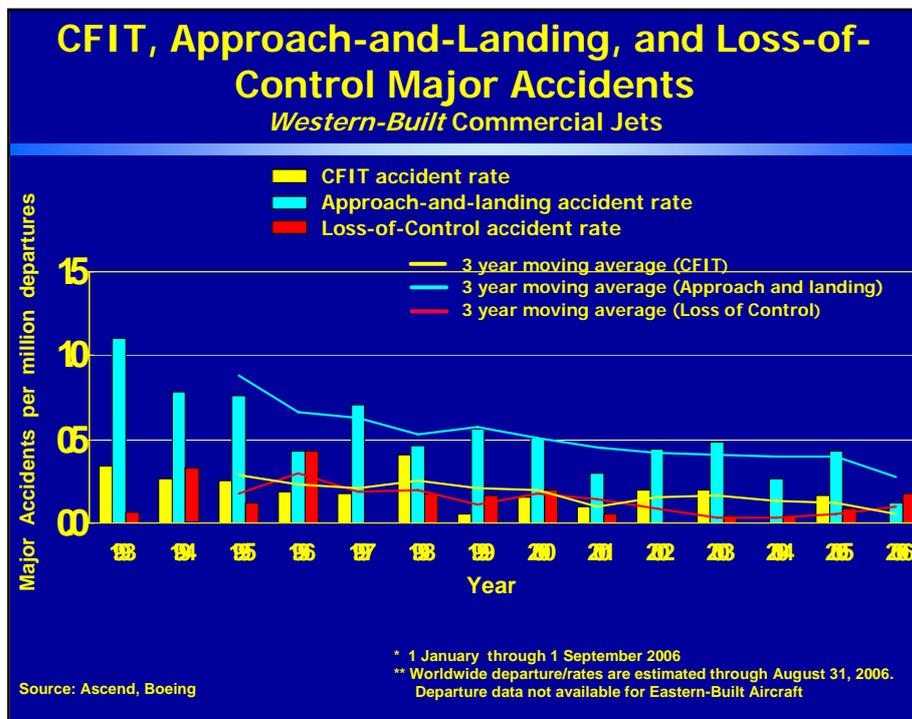
これは 2006 年現時点までの Loss of Control 事故を示しています。
 これら 3 件の Loss of Control 事故は、今年の商業ジェット死亡数の 70 パーセントを占めています。



これは過去 10 年間の Loss of Control 事故を示しています。

この表から分かるように、この期間には一定のパターンは見当たりませんが至近の 4 年では非常に改善しています。ただしこの傾向は昨年までのことです。

改定された Upset Recovery Training Aid はこの領域でのリスク軽減に役立つと期待されています。



この表は過去 10 年間の CFIT, Approach and Landing, LOC が大規模事故中に占める割合を百万出発あたりで示しています。同時に 3 年平均値も示しています。

それらは率ですので、西欧製の航空機のみについて示しています。

数字や表などはこのぐらいにして、世界の航空界が直面している問題についてお話ししたいと思います。

我々みんなが賛同すると思われる目標から説明しましょう。

ここには Flight Safety Foundation は航空をより安全なものにするために存在すると端的に述べられています。

商業航空の歴史の中でゼロアクシデントであった年はありませんでしたし、かつゼロリスクというフライトもありませんでした。そうです、やるべき仕事と挑戦すべき目標がここにあるのです。

昨年の IASS での年次報告で、私は安全なシステムをより安全にする、Decision Making、安全情報の保護、リスクマネージメント、安全文化、SOP やその他幾つかのトピックなど挑戦すべき目標を上げました。今年はヒューマンとヒューマンエラーを上げたいと思います。

まず第一に、私はヒューマンパフォーマンスやヒューマンファクターの専門家ではありま

せん。しかし私は安全の専門家として、われわれが今後リスクの継続的な低減を目指すのであれば、この領域を目標とすることが重要だと思います。

Safety Challenges

The alleviation of human error, whether design or intrinsically human, continues to be the most important problem facing aerospace safety

— Jerry Lederer

これは Jerry Lederer 氏の言葉です。氏は Flight Safety Foundation の創立者であり、かつて最も褒め称えられた航空安全の専門家です。

注目すべきは、除去ではなく低減という言葉を使っている点です。

現在進行中の安全性向上の努力としての CAST, JSST/ESSI, PAAST, COSCAPs の活動は、このクリティカルな領域を扱ってはいません。

これからの私の話でお分かりになると思いますが、私が今述べた数々の活動はリスク軽減には大変寄与していますが、ヒューマンエラーについては言及していません。

ヒューマンパフォーマンスとヒューマンエラーについてのデータを見てみましょう。ほとんどはフライトクルーについて扱っています。これは多くのデータが入手できるからです。しかし、我々は人がミスをおかすことを知っています。パイロット、管制官、整備士などです。マネジメントですらミスをおかします。なぜか？それは彼らが人間だからです。エラーは脳を持つことと表裏一体なのです。

その理由は、訓練方法、デザイン、企業文化、疲労といった多くのものに起因します。

この問題に挑戦する第一歩は、ヒューマンエラーが問題だと認めることであり、決して逃れられない問題だと認識することです。それではヒューマンパフォーマンスとヒューマン

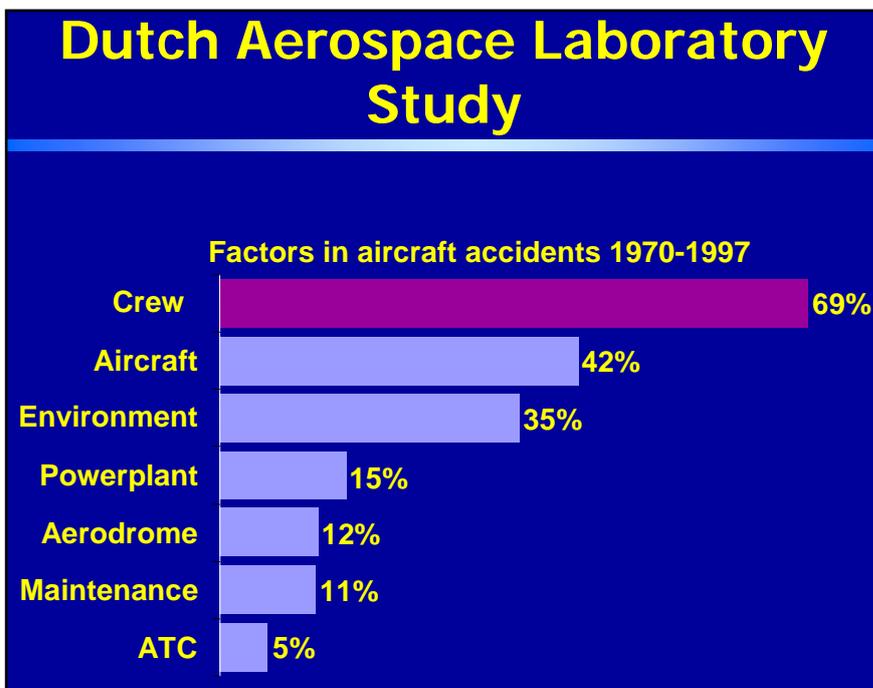
エラーのデータを見てみましょう。

Lautman-Gallimore

1977 thru 1984

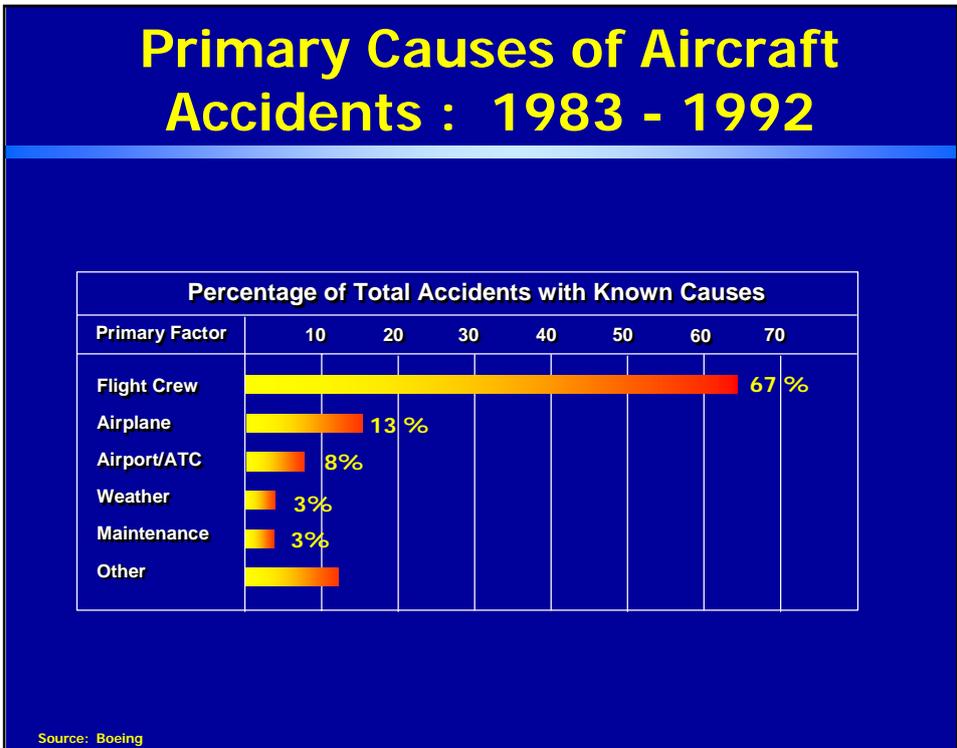
- **In 70% of accidents, flight crew error was a cause factor**

これは初期のころの結果です。1977年から1984年までを網羅しています。この報告書が発表されて以来、22年の間多くの技術革新があり、航空安全のため多くのプロジェクトが行われてきました。しかし、大きな変化や目覚ましい進展はありません。

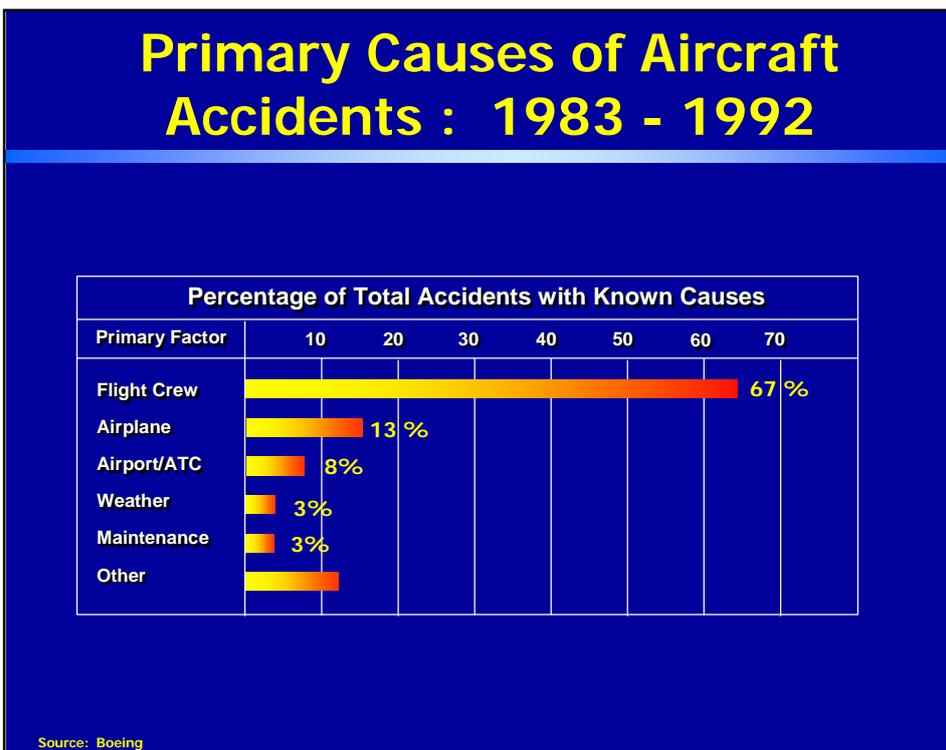


これは1999年にオランダ航空研究所(NLR)が行った研究結果です。1970年から19

97年までの27年間を網羅しています。
 もうお分かりのように、同研究所では事故の69パーセントをクルーフアクターとしています。

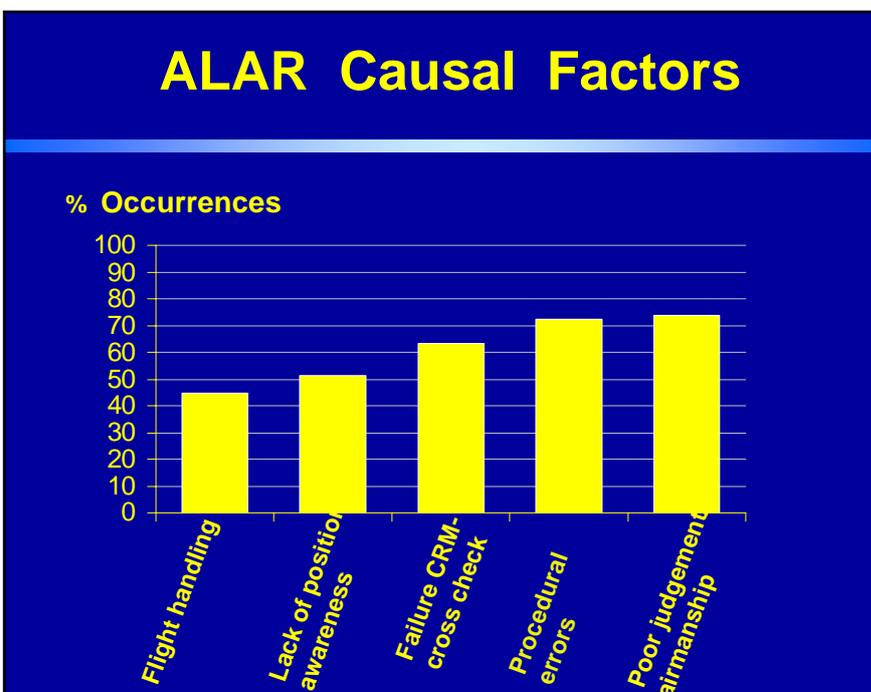


これは1983年から1992年までの10年間を網羅したボーイング社の研究です。
 お判りのようにフライトクルーが事故の根本原因として他をリードしています。



これは同じように見えますが、違うチャートです。これは 1993 年から 2002 年までの 10 年間を示しています。

お判りのように大きな差はありません。特に運航乗務員に関してそれが言えます。



これは我々の ALAR 研究からのチャートです。

これには Approach and Landing 事故について根本原因のトップ 5 が示されており、全て

ヒューマンパフォーマンスに関連しています。

この表は「事故は運航乗務員によって起こることに焦点を当てたものではない」ということを繰り返し申し上げておきます。しかし、すでに述べたように我々人間はミスを行います。パイロットについてはデータを見てきました。しかし、整備の専門家もエラーを犯します。なぜかというとはらは人間だからです。理由としては訓練方法、デザイン、企業文化、疲労などがあります。

我々はミスに対してある程度の防御となるいくつかの安全施策をすでに持っています。例えば、CRM、TEM、そして Decision Making は人間のパフォーマンスを向上させ、リスクを減じます。しかしまだ行うべきことはあるのです。

改良の余地はまだ多く残っています。しかし、このエリアでの仕事は簡単なものではありません。問題解決のために、単純にハードウェアを変えたり技術を更新したりすればすむというものではありません。これは人間に関する問題なのです。従って問題はもっと複雑です。単に規則を作ればよいというものではありません。ヒューマンエラーは法律で解決できるものではありません。

The Human Factor

**We Know the problem:
Human Error**

**The real challenge is
finding the solution**

私は、今まで皆さんが知らなかった事について話したわけではありません。すなわち、私が話したことは既にみなさんがよく知っていることなのです。

挑戦すべきことは問題を特定することではありません。我々は問題が何であるか判っています。

挑戦すべきことは解決案を見つけることなのです。



The Human Factor

Education/Awareness:

- CRM
- TEM
- Fatigue/Alertness Management
- Risk Management
- Decision Making

解決案の一つとして教育と注意喚起（アウェアネス）があります。

単に注意喚起するだけでも助けとなるでしょう。質のよい CRM 教育、TEM への訓練、疲労に関する突っ込んだ議論、リスクマネージメントやデシジョンメイキングへの基本的な理解はヒューマンパフォーマンスを向上させヒューマンエラーを減じるのに役立つでしょう。

これ以外にも課題を解決する手段はあります。その一つはテクノロジーの利用です。

The Human Factor

Technology:

- FOQA
- EMAS
- TCAS
- TAWS

このテクノロジーはハイテクである必要はありません。重要なスイッチにガードを取り付けるようなローテクであっても構いません。ここにはヒューマンエラーを減じるに役立った幾つかのテクノロジーが示されています。

特記すべきこととして、これらはヒューマンエラーを防止するためにデザインされたものではないということです。EMAS, TCAS, TAWS などはいざエラーが起こったときに、エラーを減じるように設計されています。

実際、これらのシステムはエラーがあるときのみ機能するように設計されています。

The Human Factor

Other Tools:

- SOPs
- Culture Surveys
- A "Just Culture"

ここに示したものは、これらの課題に挑戦する際に有用なツールです。SOP のことは既にお話しました。これはヒューマンエラーを減じるのに重要な役割をはたします。

文化についての調査(カルチャー・サーベイ)は、あなたの所属する組織の文化がどのようなものであるかを特定する助けとなります。FSF ICARUS 委員会が作成した「マネジメント用自己監査」は最初に開発された方法の1つです。

今日では、更に洗練されたサーベイ方式があります。あなたの組織と同じような他の組織の文化を見比べ、改良すべきエリアを浮き彫りにし、そして最も大事なことですが、改良を可能にする施策を与えてくれるサーベイ方式が存在します。

最後に、ジャストカルチャーについてお話します。この概念は、そこで働く人が安全に関わる重要な情報や判明したエラーについて申し出ることを促進するような信頼感のある環境を作り出すものであり、しかしそこには許容できる行動と許容できない行動の明確な、そして全員に認識された分岐線が存在するものとされています。(例、ASAP のようなプログラム)

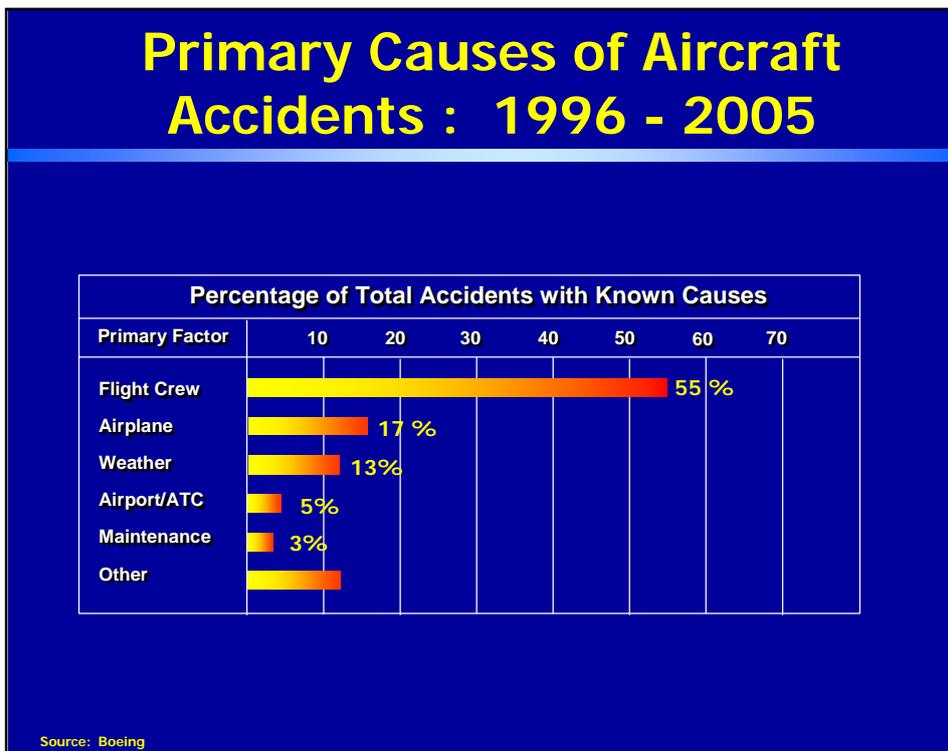
私たちはヒューマンエラーを取り去ることは出来ないという事を結論として申し上げたいと思います。

それはリスクのようなものです。飛行機が飛ぶ限りリスクが存在するのと同じです。

もちろん私たちは、出来ればそれを取り去りたいですし、可能であるなら減じたいわけです。

ポイントはこの重要な問題に真剣に取り組まなくてはいけないと言うことです。

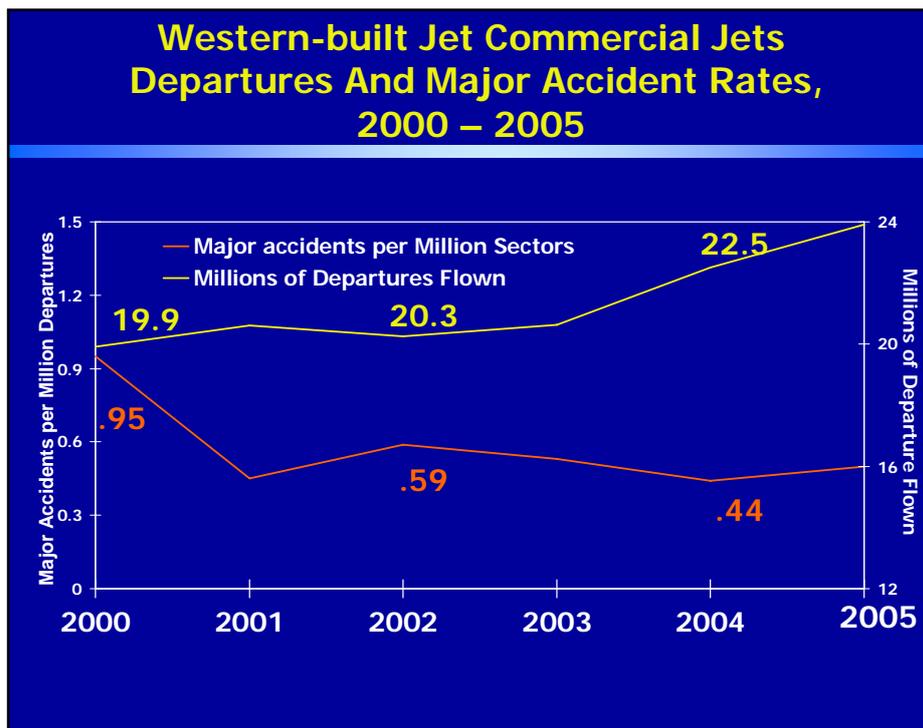
航空安全推進のためにはエラー撲滅の戦いを遂行する必要があるのです。



このトピックに関して最新のデータを提供したいと思います。それは 1996 年から 2005 年まで網羅しています。

お判りのように、まだフライトクルーが大半を占めています。しかし 70% 近くだったものが 55% まで落ちてきています。

このデータは本当にヒューマンエラーの減少を示しているのか、又事故原因の見方としてフライトクルー以外のエラーが原因としてより重要であるといった認識のために、結果としてヒューマンエラーの割合が減少したのか定かではありません。



この表は過去 10 年間の出発回数と大規模事故の率を示しています。

この期間、出発回数が増加したにもかかわらず、事故数は実際に減少しました。

これは素晴らしい実績です。

ではなぜ私はこの表を事故率の話の時に紹介せずに、ヒューマンエラーの話をする時に紹介するのでしょうか？

理由は簡単です。端的に言って更にリスクを減じ事故率を下げるためには、ヒューマンエラーへの取り組みが重要だからです。

これに対処するため我々は問題点を明確に認識し、それに関する人材を教育し、技術的な面や技術以外のことも含め施策を実行しなくてはなりません。

Aviation Safety 2006

The Year in Review

Overall safety performance for commercial jets is excellent

Commercial jet loss of control and Turboprop CFIT accidents dominate the fatality numbers

Over 50% of all major accidents happen during approach and landing

The challenge of mitigating human error is a significant one – and vital one to reducing risk

まとめとして、これが2006年現時点までに見られる現象です。

全体的には安全記録の成績は素晴らしいもので、改善し続けています。

最大の事故要因はまだ存在します。特に商業用ジェットでの Loss of Control とターボジェットの CFIT です。

Approach and Landing の事故は大規模事故の多くを占め続けています。

そして最後に、より安全性を目指すためにはヒューマンエラーの問題に真剣に対処しなくてはならないのです。



我々の目標の話にもどりましょう。

我々は、リスクがゼロになることは決してなく人間が常に基本的な役割をはたす業界にいるのです。

この業界に対して国民は、どんなに譲歩したとしても、完璧さというものを求めています。

私たちは共に努力することで、この課題を克服し事故のリスクを減じるという目標を達成しようではありませんか。

Tail Strikes and Strong Gusty Winds – Preventive Measures

Captain Dave Carbaugh

Chief Pilot Boeing Flight Operations Safety

Tail Strike による損害額は数百万ドルにも上る。Tail Strike により機体の修理費用が発生したことに加え、その間、貨物・旅客収入がなくなったことで 1,200 万ドル損失したと報告した航空会社もあった。

ここでは、以下の内容について Review する。

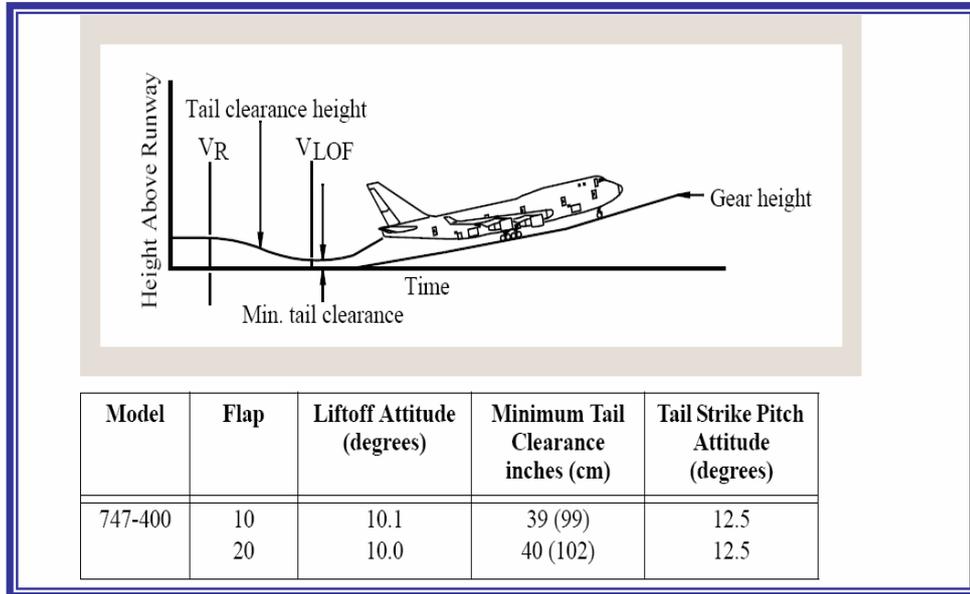
- General Information
- Tail Strike の要因と対策について
- Strong Gusty Wind における Operation について
- Training Recommendation と Tail Strike 防止策について
- Summary

1. General Information

- Boeing では Tail Strike を減少させるための取り組みを続けてきた。その一つとして Boeing の比較的新しい機種では、Elevator Feel System の改善が図られた。例えば在来の B747 は CG や重量により Elevator の感覚が変化した。B747-400 では常に一定の舵圧がかかる System に改良された。このことにより、舵圧が一定でないことが原因の Tail Strike の発生件数が減少した。また、B777 では、Soft と Hard の両面から運航乗務員による不適切な離陸操作を防ぐための Tail Strike Protection System が開発された。
- このような観点から、Tail Strike の発生率が B747-400 よりも在来の B747 の方が高いのは、当然と言える。
- B737、B767、B777 シリーズの中には、Tail Skid を装備しているものがある。しかし、これにより離着陸時の Tail Strike を完全に防止できる訳ではない。また、この装備により Tail Clearance が少なくなってしまう。
- Boeing では、胴体をストレッチした機体としていないもので Tail Clearance が変化しないよう、ストレッチした機体の V_1 、 V_R 、 V_2 や Approach Speed はより大きく設定されている。
- Tail Strike は離陸時に比べて着陸時に多く発生している。離陸時の Tail Strike の多くは Human Factors に関連している。
- Tail Strike は周期的に発生する。定期航空業界では Tail Strike の発生率に周期的な変化が見られることは珍しくない。

1.A. Typical Tail Clearance For Takeoff

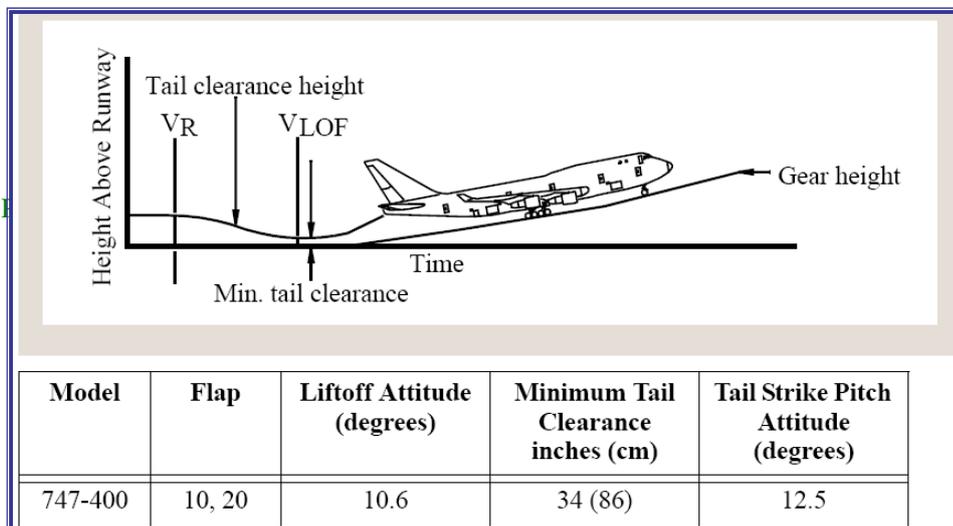
Typical Tail Clearance For T/O



この表は、離陸時の Flap Position に対する Liftoff Pitch と Minimum Tail Clearance の関係を示している。(No Wind、No Crosswind Control で 2~3 deg/sec の Constant な Rotation 操作を行った場合)

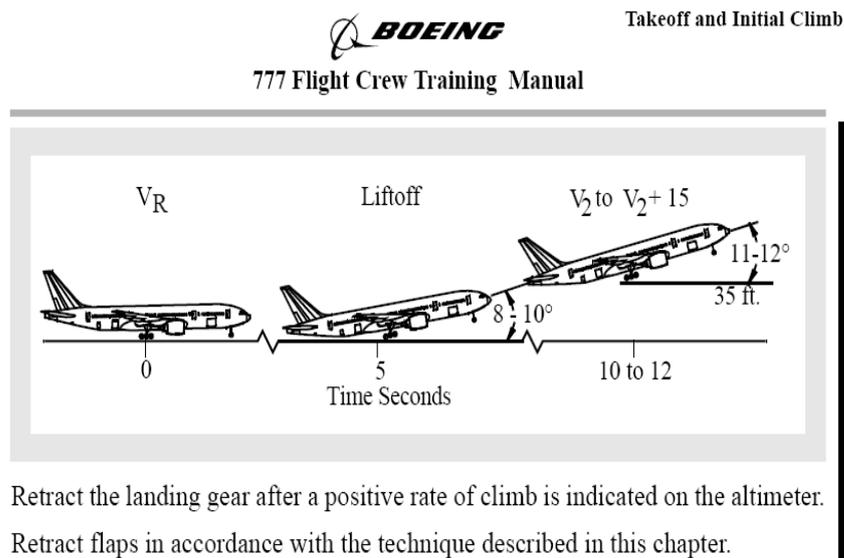
1.B. Typical Tail Clearance Engine Out Takeoff

Typical Tail Clearance Engine Out Takeoff



V_1 で Engine が一基 Fail して 4 Engine 機で 75%、双発機であれば 50%の推力となった場合、Minimum Tail Clearance は減少する。これに Crosswind があれば、Aileron や Spoiler の影響により Clearance はさらに少なくなってしまう。Engine が一つ止まっていようと二つであろうと、いかなる状況であっても、Rotation において推奨された Rotation Rate より大きい操作を行うことは、Clearance をより減らしてしまう。

1.C. 777 Flight Crew Training Manual



この表は Engine Fail が発生した時の Liftoff Attitude に達するまでの平均時間を示している。

Engine が Fail すると、Rotation Rate は通常の 2~3 deg/sec から約 0.5 deg/sec 減少させる必要がある。つまり、よりゆっくりした Rate が要求されることになるが、なによりもそれが安全なのである。

1.D. Boeing Does Testing For Certification

新型機の型式証明取得には、Early Rotation、Rapid Rotation、No Flare Landing、Long Flare Landing といった Abused Case (過酷な条件) が要件として設定されている。この Test により、Certification Criteria に対して許容される Margin (機体を Operation する上での) が設定される。

Test によって設定される各 Margin は Boeing の Turbo Jet 機であれば、全て基本的には同じであるが、Boeing の機体は Crosswind における離着陸だけでなく、Abused Takeoff および Landing における全ての Case においても、型式証明の要求基準に適合、あるいはそれを上回っている。

さらにこの Test では、Engine Out での離着陸の基準についても評価される。

2. Tail Strike の要因と対策について

2.A. Takeoff Risk Factors

離陸中に Tail Strike の危険性を高める要因には、以下のものが考えられる。

- Stabilizer のミスセット
目盛の読み違いということもあるが、最も多いのは、セットすることを忘れて、誤った Weight & Balance Data により間違っただけのセットをしてしまうことである。
- 不適切な Rotation Technique
速すぎ、急すぎ、Smooth でない、Constant でない等。
- FD の不適切な使用
FD の指示に信頼性がない内にこれに従うこと。
- V_R 以前での Rotation の開始
Speed の計算ミス、Takeoff Analysis Data の間違っただけの使用。
- 過大な Initial Pitch (Over Rotation)
運航乗務員の思い込みが原因となることがある。例えば、外気温が低く、推力が多く得られる状況で Max Reduced Thrust が選択されると、運航乗務員はこれを補正しようとして過大な Rate で引きおこしてしまい、Tail Strike となる。
- Strong Gusty Wind & Strong Crosswind
Airspeed が減少する可能性がある。これに加えて Lateral 方向の Control が必要になることで Flight Spoiler が展開し、揚力が減少する。

2.B. Review of Proper Takeoff Techniques

- 標準的な Rotation Technique を使うこと
現代の航空機は、CG や Weight & Balance の計算が正しければ、操舵感覚は変わらないはずである。したがって、ほとんどの場合 Rotation 時 Aggressive に操作する理由はない。
- Rotation の開始時期が早すぎないこと
Early Rotation は、揚力が不足しているため、Tail Clearance が少なくなる。
- 過大な Rotation Rate を用いたり、過大な Attitude まで Rotation しないこと
常に適切な Rate で Rotation すること。
- Takeoff Speed が正しく、また、選定された推力に応じて補正されていることを確認すること
Takeoff Speed の算出にあたっては、QRH や AOM の手順をよく理解しておくこと。
- より深い Flap 角を選定することで Tail Clearance が大きくなる機種においては、それも考慮すること
- 離陸滑走においては、Wing Level を維持するための Aileron 操作は適切な量にとどめること

2.C. Landing Risk Factors

着陸における Tail Strike の Risk Factor には次のものがある。

- Unstabilized Approach
Stabilized Approach に関しては、プレゼンテーションが一つ出来てしまうくらい内容が多い。Stabilized Approach は Top of Descent の前からすでに始まっていることを忘れてはならない。適切な Planning を行うこと、Descent Profile から遅れないよう常に先を考えること、Approach

の適切な Point で Configuration を整えること、そして標準操作を行うこと。

- ・ 滑らかで Smooth な接地をしようとするあまり、Flare で支えすぎること
この操作はまた、Tail Strike 以外の多くの問題を引き起こす。
- ・ Crosswind への不適切な対処
注意の一点集中が原因で発生することが多い。運航乗務員が偏流に注意を向けすぎたため、それ以外の Approach を行う上で重要な要素への注意が不足し、Pitch や Rudder の Control が疎かになってしまう。
- ・ Go Around 時の Over Rotation
計器や FD からの情報を使わず、機体を大きく引き起こしてしまうこと。

Approach において、Go Around が最良の選択となる場合がある。会社にはそのことを叱責することなく、推奨するような文化が浸透していることが重要である。

また、一般的に着陸時の Tail Strike の方が離陸時よりも Damage が大きいことに留意しておくことは重要である。Main Gear よりも先に Tail が接地することで、後方圧力隔壁が Damage を受ける可能性があるからである。しかし、離陸の Rotation 時に圧力隔壁に大きな Damage を生じさせた事例もある。

2.D. Proper Landing Techniques

- ・ Stabilized Approach は Tail Strike を防止する上で重要である。Target Speed で Approach を行い、Flare 開始時点では最低でも $V_{REF}+5$ kt を維持しておくこと。
- ・ Flare 開始までに Trim を取っておくこと。Smooth な着陸を狙い、Flare 中、あるいは接地後に Trim を動かさないこと。
- ・ Smooth な着陸を狙って機体を支えすぎたり、Pitch を高く上げていったりして、Flare を伸ばさないこと。
- ・ Crosswind における Approach や着陸においては、Rudder と Aileron の量を適切に保ち、過大な Cross-control を避けること。
- ・ Main Gear が接地したら直ちに Control Wheel の Back Pressure を抜いて Nose を接地させること。
 - 接地後に Pitch を上げないこと。
 - Aero Braking を使おうとしないこと。効果もない。

Spoiler は通常の Pitch では Pitching Tendency が生じないようにしているが、通常より高い Pitch で接地した場合、Spoiler の展開により Pitch Up が発生する可能性があるため、これに備えておくべきである。

3. Strong Gusty Wind における Operation について

3.A. Tail Strikes During Gusty Wind and Strong Crosswind Conditions

2 年ほど前、Boeing では全ての機種 of Flight Crew Training Manual の表現を改訂した。これは、Strong and Gusty Wind における Tail Strike に関して、航空業界および安全の専門家から提言されたからである。

- ・ Boeing Flight Crew Training Manual では、Gusty Wind や Strong Crosswind の時は、Minimum Takeoff Thrust よりも大きな推力を選択するよう推奨している。最近開催された Boeing の Flight Operations Symposium では、重量が軽いときに Maximum Thrust を用いると、B747-400 のよう

な機種では V_{MCG} 等、他の問題が生じるという意見が出た。しかし、Maximum Thrust は早い Rate で Rotation を行ったことで加速が鈍っても、そこから抜け出すのを助ける。

- Gust や Strong Crosswind における離陸で風が変動しているときは、ほんの一瞬 Rotation を遅らせる。Airspeed が変動しているときは、その平均が V_R よりも大きな値で Rotation するように注意しなければならない。
- 標準的な Rotation Rate を使用し、決してそれよりも大きな Rate にならないようにする。Airspeed が増えず Liftoff が遅れると、Rate を大きくしてしまう傾向があるようである。
- Wing Level を保つのに必要な操舵量に留める。予め過大な Aileron を取ると、抗力を増やし揚力を失うこととなり、Cross-control が生じ、Tail Clearance が減少する可能性が高くなる。
- Airborne したら、所望の Track を維持しながらゆっくり Rudder を解放して、Slip から Smooth に抜け出す。

3.B. Details To Consider During Gusty Winds and Strong Crosswind / Tailwind Operation

- Strong Crosswind の中で行われる離陸では、Flight Control（主に Spoiler）の入力により揚力が減少するため、Tail Clearance が少なくなる。大きな入力を行えば、なおさらである。
- 前述したようにこの様な状況下では、急激に引きおこす傾向が見られるが、これは避けるべきである。Tail Strike のインシデントを Review してみると、20 kt の Gust が報告されていた事例までであった。
- Gust があるときは、安全サイドで Rotation を行うこと。
- 標準的な Rotation Rate を守るべきだが、前述した Engine Failure の場合と同様、わずかに早い場合とわずかに遅い場合を比べると、わずかに遅い方が Better である。
- 離陸の姿勢になっても機体が Airborne しないからといって、Rotation Rate を大きくしないこと。逆に Rotation Rate を遅くするか、一時的に Rotation を止めなければならない。離陸における Tail Strike の多くは Main Gear が地面から離れる瞬間かその直後に発生している。

3.C. Example Aft Body Clearance Breakdown – Tail Strike #1

このデータは Strong and Gusty Wind において離陸した時に発生した Tail Strike の一例である。ここでは、平均 3 deg/sec 未満の Rate で Rotation を行っても、Liftoff Pitch 付近で瞬間的に Rate を増やすと Tail Strike が起こりえるということに注目すべきである。運航乗務員は一定の Rate で Rotation を行い、特に Rotation の終わりで Rotation Rate を増やさないように気をつけることが重要である。

Example Aft Body Clearance Breakdown – Tail Strike #1

Factor	FDR Data	Clearance Reduction (inches)	Clearance Reduction from the Nominal Clearance of 37 inches (%)
Airspeed (below liftoff speed) 2.8 inches/knot	4 – 6	11” – 17”	30% – 46%
–ΔCL (reduction in lift due to lateral controls) 14 inches per 0.1 of –ΔCL	.07 – .14	10” – 20”	27% – 54%
Pitch Rate			
Average Pitch Rate (Δ above nominal average rate) 2.8 inches per 0.1 degree/second	N. A.	N. A.	N. A.
Maximum Pitch Rate (Δ above 4.0 degrees/second) 1.3 inches per 0.1 degree/second	2.4	31”	84%
Note: Average pitch rate corrections are based on the maximum pitch rate being below 4.0 deg/sec. If maximum pitch rate is above 4.0 deg/sec then the maximum pitch rate correction should be used instead of the average pitch rate correction.	Total Clearance Reduction	52” – 68”	141% – 184%

次の例では、Liftoff 近くで Airspeed Loss が発生し、これに High Rotation Rate が重なると、Tail Strike が発生するのに十分な条件が揃うことに注目すべきである。

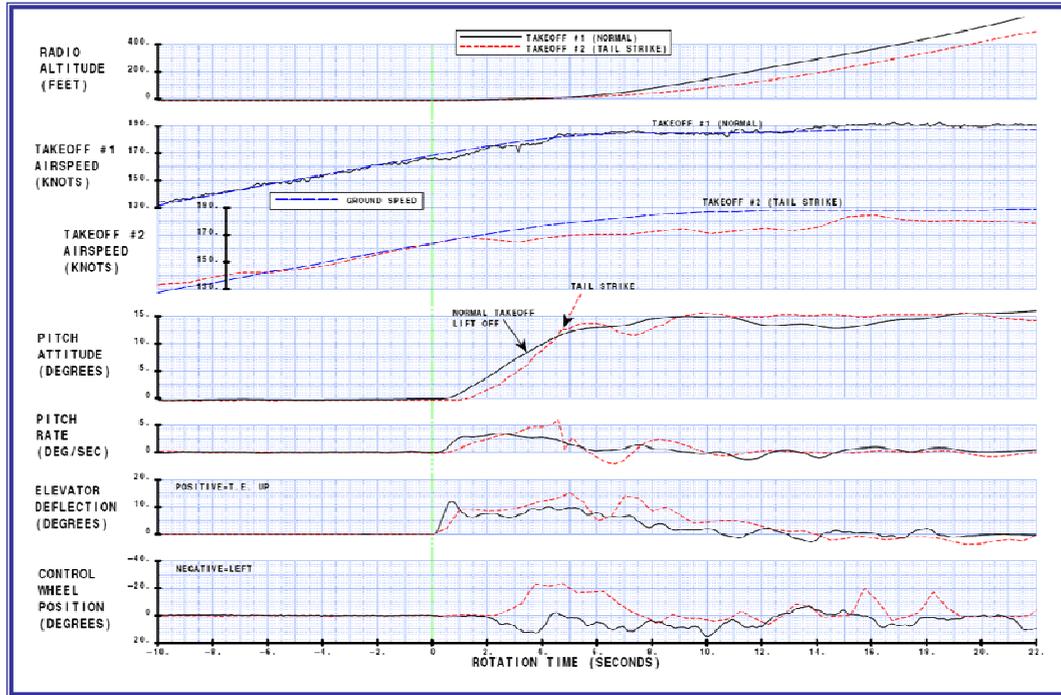
Example Aft Body Clearance Breakdown – Tail Strike #2

Factor	FDR Data	Clearance Reduction (inches)	Clearance Reduction from the Nominal Clearance of 37 inches (%)
Airspeed (below liftoff speed) 2.8 inches/knot	7 – 9	20” – 25”	54% – 68%
–ΔCL (reduction in lift due to lateral controls) 14 inches per 0.1 of –ΔCL	.05 – .06	7” – 8”	19% – 22%
Pitch Rate			
Average Pitch Rate (Δ above nominal average rate) 2.8 inches per 0.1 degree/second	N. A.	N. A.	N. A.
Maximum Pitch Rate (Δ above 4.0 degrees/second) 1.3 inches per 0.1 degree/second	2.0	26”	70%
Note: Average pitch rate corrections are based on the maximum pitch rate being below 4.0 deg/sec. If maximum pitch rate is above 4.0 deg/sec then the maximum pitch rate correction should be used instead of the average pitch rate correction.	Total Clearance Reduction	53” – 59”	143% – 160%

3.D. Tail Strike Comparison

これは Gusty Wind Condition で Tail Strike となったものと Normal Takeoff とを比較したものである。Tail Strike となった事例では Rotation 時に 9~10 kt の Airspeed Loss が発生していることに注目すべきである。Pitch は Tail Strike となるまで増えつづけている。Rotation 中の Elevator の操舵量が通常よりも常に多かったことがこの Tail Strike の主な発生原因である。

Tail Strike Comparison



3.E. Example Aft Body Clearance Breakdown

Example Aft Body Clearance Breakdown

Factor		Incremental Difference from Nominal	Reduction in Aft Body Clearance
Airspeed Loss		Each 1 knot below the nominal liftoff speed	= 2.8 inches [†]
-ΔCL from lateral controls		Each 0.1 of (-ΔCL) from lateral controls	= 14 inches
Pitch Rate*			
Either / Or	Average pitch rate to 10 degrees pitch attitude	Each 0.1 deg/sec in the average pitch rate above 2.5 deg/sec	= 2.8 inches [†]
	Maximum pitch rate	Each 0.1 deg/sec above 4.0 deg/sec	= 1.3 inches

* If the maximum pitch rate up to the point of contact was less than 4.0 deg/sec, the average pitch rate corrections are used. If maximum pitch rate up to the point of contact was above 4.0 deg/sec, then the maximum pitch rate correction should be used. In all cases, only one method or the other is employed.

† For these increments, the relationship holds for both positive and negative contributions, i.e., an increase in liftoff speed by 1 knot would increase the aft body clearance by 2.8 inches, and each 0.1 deg/sec of average pitch rate below 2.5 deg/sec would increase aft body clearance by 2.8 inches

ここでは Boeing の機体に関する Rule of Thumb を挙げている。基本的に Airspeed Loss、Lateral Control の量、通常より大きな Pitch Rate、4 (deg/sec) を超える Pitch Rate といったもの全てが Tail Clearance の余裕を減らす方向に働くといえる。数値は機種により変わるが、考え方に変わりはない。

3.E. Tail Strikes - Is There a Training Strategy to Prevent Them?

Tail Strike を防止するために何ができるだろうか。第一に Tail Strike は、運航乗務員に適切な離着陸を指導する Training Program によって防止することができる。

適切な Training の中には、CRM の有効活用がある。運航乗務員は日常運航では気が緩むことがある。Strong Gusty Crosswind には Threat が存在する。運航乗務員がいかに Plan を立て Threat を軽減するかで、安全な離着陸となるか Tail Strike となるか、結果が変わってくる。

運航乗務員は Threat を認識し、議論するとよい。Planning と Briefing は良好な CRM に不可欠な構成要素である。

- Strong Gusty Wind における運航に備えて、適切な Crosswind Takeoff の Procedure と Technique を Review すべきである
- PF は PM と共に離着陸における Threat 対策を Review すべきである
- PM は Rotation から離陸の Target Pitch になるまでの間、加速が鈍っていないか確認するとともに、PF への Rotation の Callout に対する Airspeed の Monitor を行うべきである
- また、First Officer が離陸を行う場合、Captain は Pitch Rate と Attitude を Monitor し、いかなる Deviation も Callout すべきである

3.F. Tail Strike Big Concerns

定期航空業界においては、なぜ Tail Strike にこれほど大きな関心が集まるのだろうか？

- Tail Strike は圧力隔壁に損傷を与える。もし機体に加圧されたまま飛行が継続された場合、圧力隔壁の破壊が発生すると、破滅的な結末に至る可能性がある。
- Tail Strike への対処を行わずに飛行を継続した場合、構造破壊の危険性がある。運航乗務員は Tail Strike の可能性が疑われたならば、Tail Strike Checklist を実施すべきである。
- たとえ修理を実施していても、それが適切でなければ構造破壊の危険性がある。

Tail Strike が発生した後、運航乗務員が Post/Pre Flight の機体点検を整備士に代わって実施するように求められていた事例もあった。

ほとんどの場合、これは基地以外の整備体制が限られた場所で起きている。整備作業は資格を有する整備士が実施しなくてはならない。このような点検を行う資格を運航乗務員は与えられてはいない。

4. Training Recommendation と Tail Strike 防止策について

4.A. Training Recommendations

これまで私たちは Tail Strike とその防止策、離着陸の適切な Technique に関しての一般的な情報について論じてきた。しかし、Tail Strike の可能性を減らすために、運航乗務員一人ひとりが Training の中でできることがまだ残っている。

- ・ 運航乗務員として、
 - Training や Flight で操縦する機会があるときに、自分の離着陸を振り返ってみること
 - 自分が Captain、First Officer、あるいは Jump Seat 使用者のいずれであっても、お互いの Rotation Rate や Technique を評価し合うこと
 - Simulator Training 時、自分の Tail Clearance を確認すること（そのような機能が備わっていれば）。
- ・ 教官または Checker として、
 - 通常運航、路線訓練、飛行訓練および Simulator で運航乗務員のオブザーブや教育の機会に Tail Clearance の評価を行うこと
 - ・ 最初の経験が最も大切であることを忘れてはならない
教官は Full Flight Simulator Training の初日に Rotation Rate の重要性を強調することがよくあるが、その前の Fixed Base Simulator Training の課程で既に悪い癖がついていれば、Full Flight Simulator での Training 効果が薄れてしまう。可能であれば、Rotation Rate についての強調は、Training 全体の初日に行うこと。
 - ・ Smooth で一定の Rotation Rate が望ましいことを心に留めておくことが大切である
特に Liftoff に近いところで Rotation Rate を増やすと、Tail Strike に至る可能性がある。
Training を通して質の高い Rotation および着陸の Technique を作り上げること。
 - ・ 全ての定期訓練や路線点検で Rotation Rate と着陸の Technique を確認すること

4.B. Example of an Airline Tail Strike Prevention Program

航空会社の中には、実運航における Tail Strike がほとんどゼロまで減ったところがある。多くの航空会社では、Tail Strike の発生率を減らすため、離着陸の不安全要素を Monitor する FOQA Program を利用している。しかし、この種の取り組みは運航乗務員にとってストレスとなる。そこで、最近、いくつかの航空会社では、離着陸の Pitch が毎回確認できる Self Monitoring Tail Strike Analysis Tool を採用した。

もし、あと 2° で Tail Strike になる Pitch まで上がると、その離陸あるいは着陸の後にデータが自動的に Print Out され、運航乗務員に提供される。この System は完璧ではないものの、この Program を採用した航空会社では Tail Strike の発生率を大幅に減らしている。他の航空会社もこの Program の採用を始めている。

4.C. Training – To Prevent Tail Strikes

これまでの話をまとめると、

運航乗務員は、

- ・ 適切な離着陸 Technique を厳守すべきである。過去の Tail Strike 事故から学ぶこと。
- ・ Tail Strike を引きおこす落とし穴や罠について理解すること。
- ・ Takeoff Data が正しいことが当然と決して決め込んではいない。Load Sheet の Cross-check と同様、ZFW は運航乗務員間で Coordination をとりながらセットし、Double Check をすること。
- ・ Training や経験を通して自分の飛行機について精通し、また、Takeoff や Approach の Speed についての知識を持っておくこと。Speed Bug のセット時、必ず“妥当性の Check”を行うこと。
「この Speed は、今運航している Weight に対して適当であるか」自分に問いかけること。

- ・機種や型式による違いを知っておくこと。機種移行した場合は特に重要である。以前乗務していた機種の知識が、現在の機種の知識を妨げる可能性があることを知っておくこと。
- ・なによりも、もし Tail Strike が発生したら、適切に Checklist に従うこと！

Safety Program が成功するか否かは、最高幹部レベルから現場レベルまで全ての Management の支援にかかっている。

Management は、

- ・教官や Checker が適切な離着陸 Technique を強調しているか確認すべきである。
- ・機種による違いがあることを知っておくことは重要である。違う機体メーカーの航空機に移行した場合には特に重要である。
- ・Tail Strike Prevention を会社の Safety Program の一環としなければならない。そして、この取り組みは、ポスター、Briefing、Video、CBT、CD、刊行物等により運航乗務員に提示されるべきである。
- ・CAE 等、多くの Simulator メーカーには、離着陸時の Tail Clearance を測定する Software がある。このようなものをあらゆる訓練装置で利用すべきである。
- ・航空会社が機体に Tail Clearance を運航乗務員が自分で知ることのできる装置を取り付けることは、Tail Strike を懲罰無しで削減する Proactive な対策となる。

4.D. New Preventive Measures

有効な Tail Strike 防止対策の一つに B777 の Tail Strike Protection System がある。これは Pitch Rate および地表への接近率を評価することにより、Tail Strike の可能性を減らそうとするものである。簡単に言えば、通常より速い Rotation Rate を感知すると、自動的に Elevator の入力を妨げる System である。それでもこの System は状況が許す限り運航乗務員が Rotation を継続することを妨げるものではない。これは自動化が進む Cockpit 環境においても、運航乗務員の主体性を保持しようとする Boeing の哲学に則っている。

Boeing では FMC の改良も続けており、将来は間違った Takeoff Data を受け付けなくなるだろう。

4.E. Tail Strike Prevention Items 777-300ER

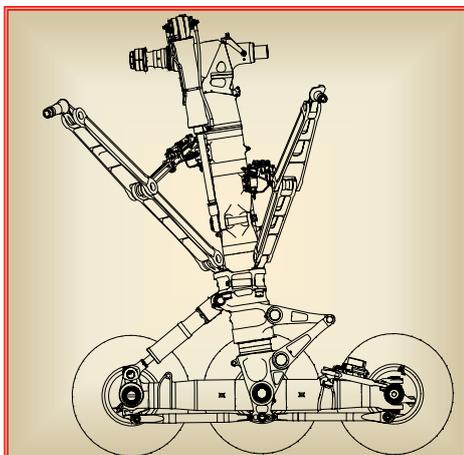
B777 には Tail Strike 防止の助けとなる 2 つの装備がある。Semi-Levered Main Gear と Tail Strike Protection である。

<Semi-Lever Main Landing Gear>

Semi-Levered Gear の開発には、多くの工学的な取り組みがなされた。

この Gear は離陸中、より長い時間 Ground に接している。揚力が機体重量の大部分を受け持つ Rotation 時、Gear は地面を押しように作用し、またより背の高い Gear のような働きもする。これにより Tail Clearance が同じであれば、より高い Pitch にすることができ、また反対に同じ Pitch であれば、より Tail Clearance が確保できる。これは Tail Strike Clearance を心配することなく、より高い性能が得られるよう、また離陸重量を増加させられるように設計されている。なお、同じ離陸推力、重量では、Tail Clearance が向上する。

777-300ER Main Landing Gear



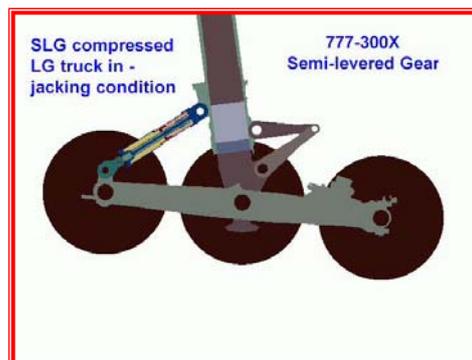
- **New Shock Strut (1 Inch Larger Diameter)**
- **New 52x21r22 Radial Tire (Current 777 Tire Is 50x20r22)**
- **New Wheel and Brake**
- **New Truck Beam (1 Inch Larger Diameter, 1.2 Inches Longer)**
- **Maximum Main Gear Steering Angle 6.5 Degrees (Current 777 Is 8 Degrees)**
- **New Semi-lever Gear**
- **Adjustable Side Struts**
- **New Retract Actuator, Downlock Actuator and Steering Actuator**



油圧 Strut は、離陸性能向上の Energy を供給する。

Semi-Lever Gear Takeoff Mode

- **SLG hydraulic strut attaches forward end of truck beam to outer cylinder**
- **SLG hydraulic strut locks hydraulically during takeoff roll**
- **Increased shock strut precharge provides additional energy required for improved takeoff performance**



<Tail Strike Protection>

Tail Strike Protection は、離陸時ならびに着陸時に時機を逸せず Elevator に入力を行い、Tail Strike を回避する。Tail Strike Protection Command (TSP CMD) は、総合した Elevator の Command を作るため、運航乗務員による Elevator の入力と合算される。TSP CMD は 10° 以内に限定されており、

必要であれば運航乗務員がさらに Control Column を引くことで、Override することができる。TSP CMD の指示量は、Tail Skid の Runway への接近率、および Tail Skid の Runway からの高度を各々に設定された標準値と比較することで Control される。この設定値は、離陸と着陸では異なるものが用いられている。TSP CMD は Nose Down 方向にだけ働くようになっている。

Tail Skid の高度と接近率は、Radio Altimeter からの信号、Pitch Attitude、Pitch Rate、Vertical Speed、および Radio Altimeter と Tailskid の取り付け位置の距離から算出される。

基準に合った Smooth な接近率と高度の Signal が出るよう、補助 Filter が使われる。

Nose Wheel が地面を離れたときに機体の前方が重みでたわむことについても考慮されている。

以下は Chief 777 Engineering Test Pilot である Santoni 氏の談話である。

「Edward で数ヶ月に及ぶ 777-300ER の離陸性能の Test を行った。Boeing では Abuse-Type Test で Tail Contact が何件かは発生すると予想していた。777-300 では 12 回 Tail Strike が発生したと思う。しかし、777-300ER では、Tail Strike の発生件数はゼロであった！」

5. Summary

- ・ Tail Strike は防止可能である
- ・ 推奨される標準操作に従えば、Tail Strike 発生の可能性は減少するであろう
- ・ Strong Crosswind や Gusty Wind における運航には、さらなる取り組みが必要である
- ・ Training は Tail Strike を防ぐカギである
- ・ 工学的取り組みもまた、現在、そして未来における Boeing の解決法のひとつである

(文責：JAL)

Airplane Deceleration on Slippery Runways

パイロットが知るべきこと

Mark H. Smith

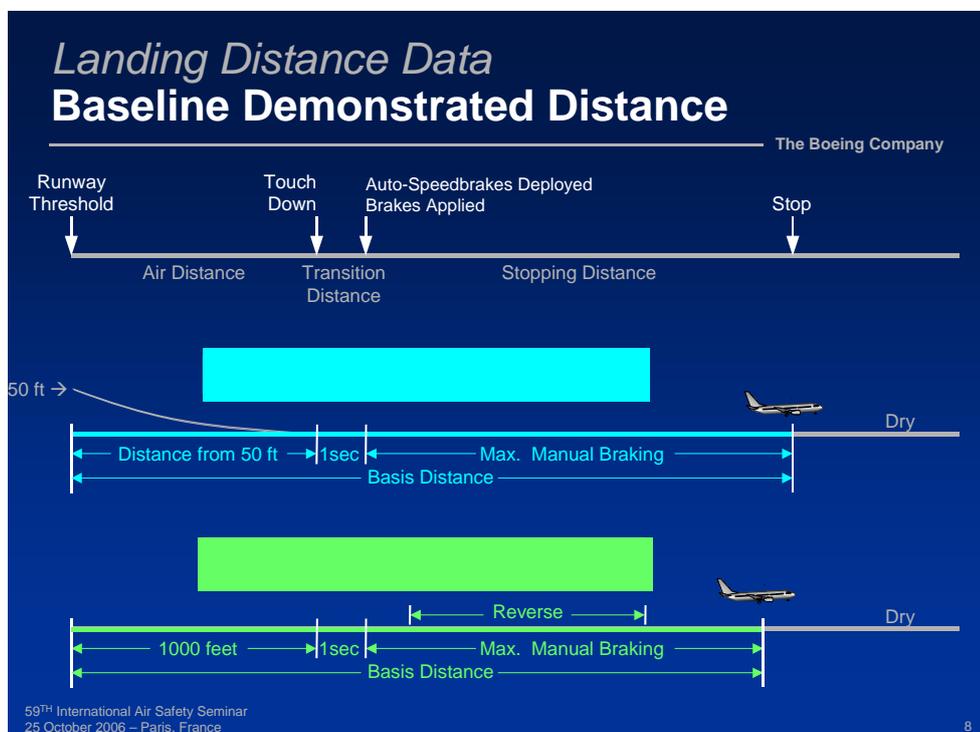
Boeing Air Safety Investigation

1. はじめに

2006年12月にシカゴ・ミッドウェイ空港で発生したB737の事故調査中に、いくつかの航空会社で雪氷滑走路における航空機の性能の取り扱いについて誤解と混乱があることが発見された。このプレゼンテーションではB737-700を例にとって雪氷滑走路での航空機とその性能データについて述べたいと思う。

2. Certified vs. Advisory Landing Distance Data

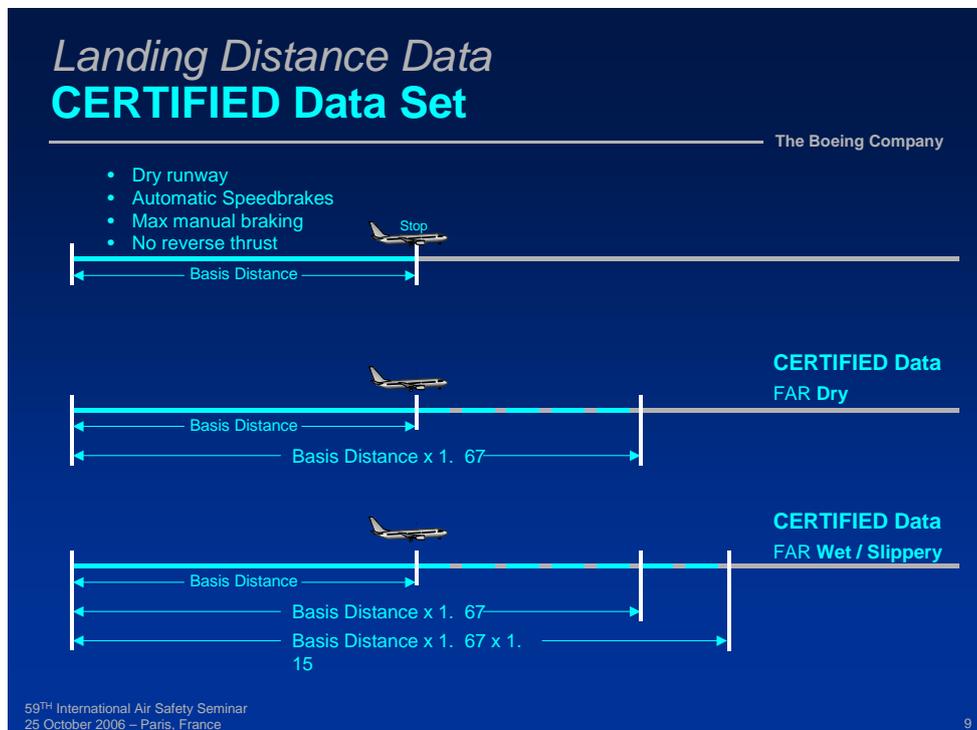
まず、ボーイング社によって提供されている2種類の異なった Landing Distance Data (Certified と Advisory Data) について述べていく。Certified Data は FAA Part 25 によって求められている係数を乗じたデータである。このデータは飛行計画での着陸距離計算に用いられる。対する Advisory Data は様々な滑走路状態、ブレーキセッティングに応じた実際の航空機の着陸距離を提供する。このデータはエンルートにおけるフライトクルーの実際の運航判断に用いられる。各データの基となる計算方法は図1の通りである。



(図1)

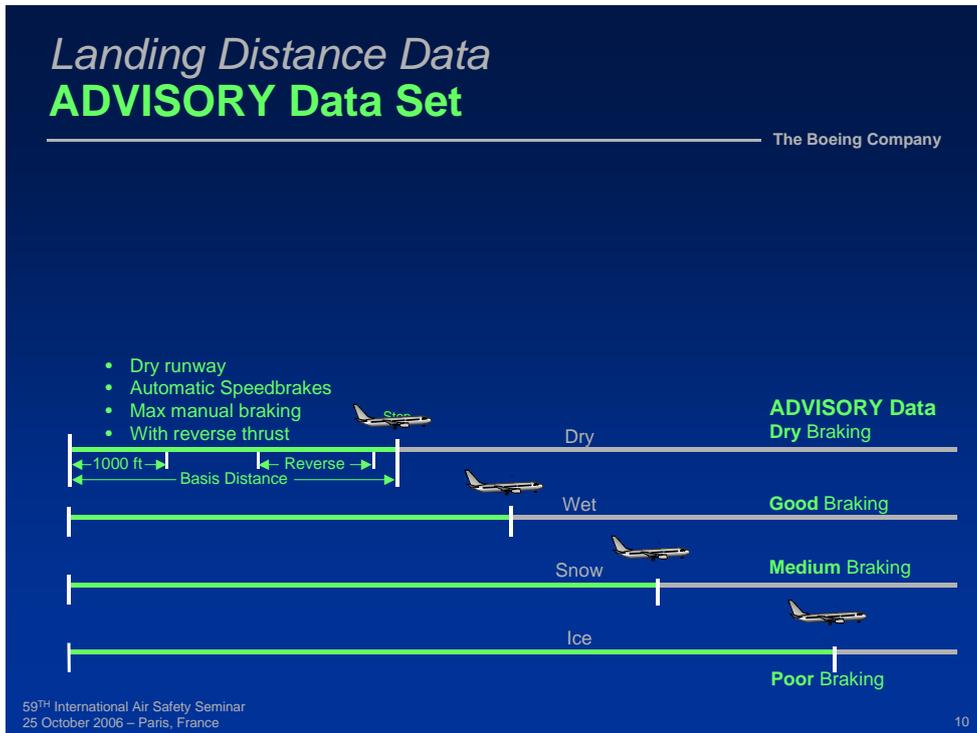
図 1 のデータはドライの状態で作成されたものである。大きな相違点はリバーススラストの使用である。Certified Data はリバーススラストの使用は認められていないが、Advisory Data は実際の運航ではリバーススラストを使用するのが推奨手順の為、リバーススラストの使用を計算に入れている。リバーススラストの使用により着陸距離は Dry の状態では 100-200 feet 短くなる。

Certified Data を Airplane Flight Manual (AFM) に記載する為には更に図 2 に示すとおり Dry landing distance では 1.67、FAR Wet/Slippery landing distance では係数を乗じた Dry distance に更に 1.15 を乗じる。これらの係数を乗じたデータは FAR により AFM に記載する事が求められている。このデータは実際の着陸距離ではなく、飛行計画だけに用いられる。



(図 2)

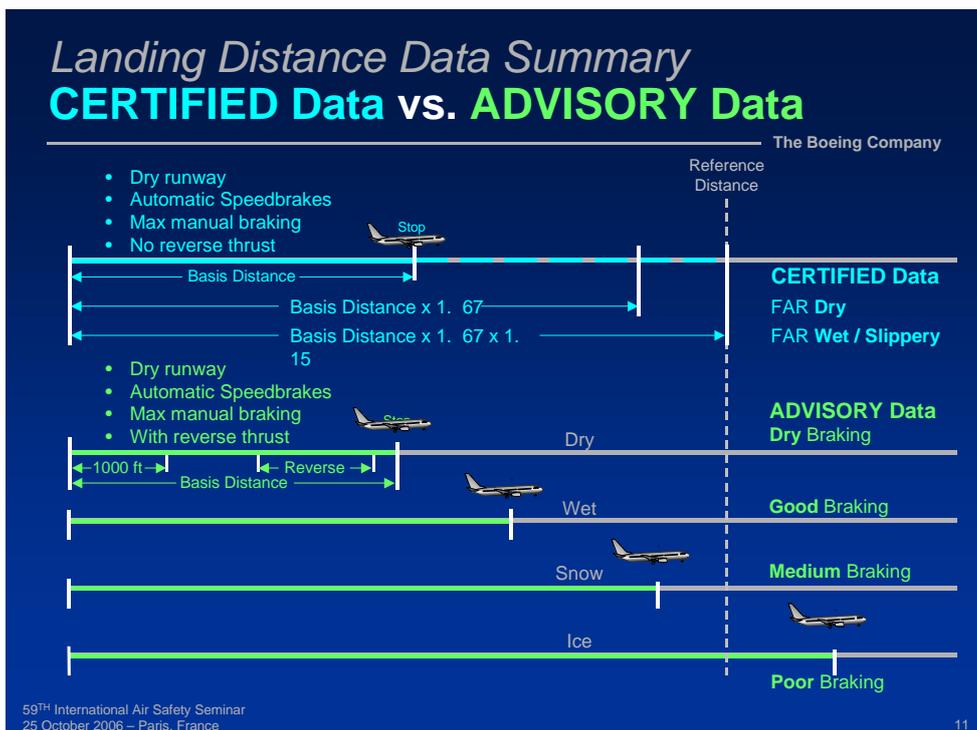
図 3 では Advisory Data について説明する。Advisory Data は Quick Reference Handbook (QRH) に記載されており、QRH では Dry, Wet, Snow, Ice での Advisory Landing Distance Data が提供される。Wet は Good、Snow は Medium、Ice は Poor braking action に基づいて距離は計算される。



(図 3)

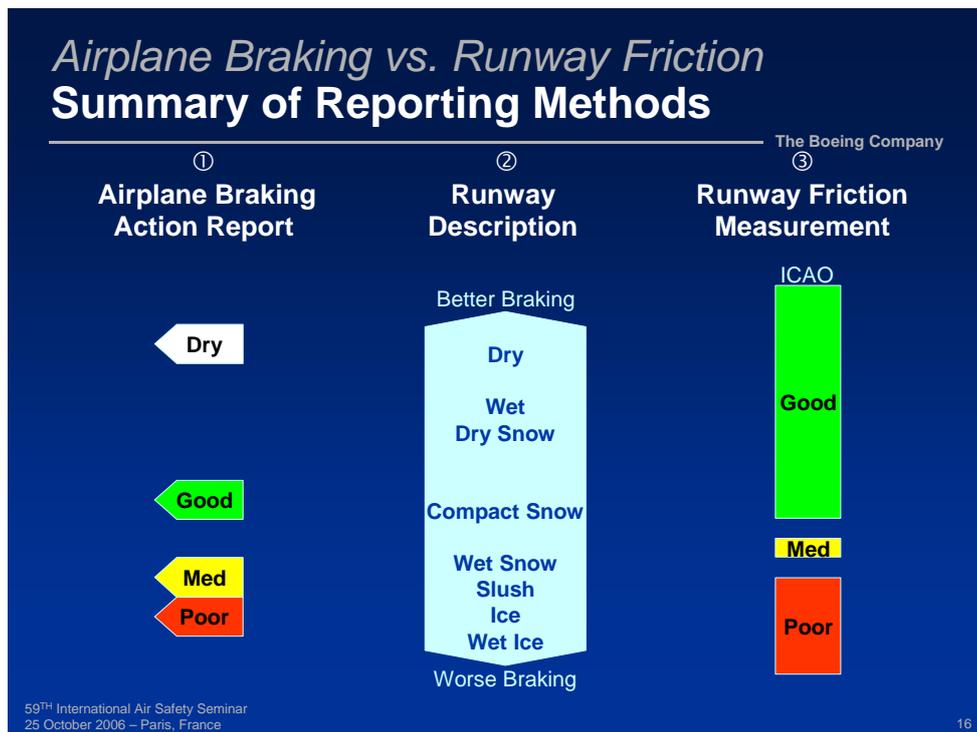
2つのデータを比較したものが図4である。注意して欲しいのは **Certified FAR Wet/Slippery landing distance** は Advisory Data での MED と POOR の中間に位置する事である。最後に覚えて欲しいことは **Certified Data** は係数を乗じた着陸距離であり、リバーススラストの使用は許されておらず、**Advisory Data** はリバーススラストを使用した実際の着陸距離である。

(図 4)



3. Airplane Braking vs. Runway Friction

次に airplane braking action と runway friction の計測の相違点について述べていく。滑走路状況をフライトクルーに報告する方式は図 5 に示すとおり 3 つある。方法①は着陸時点でのパイロットからの評価による。用語は Good, Medium, Poor である。方法②は空港の専門職員により評価される滑走路表面の状態である。方法③は専用車両により滑走路の表面摩擦を数的に計測したものである (ICAO 方式)。

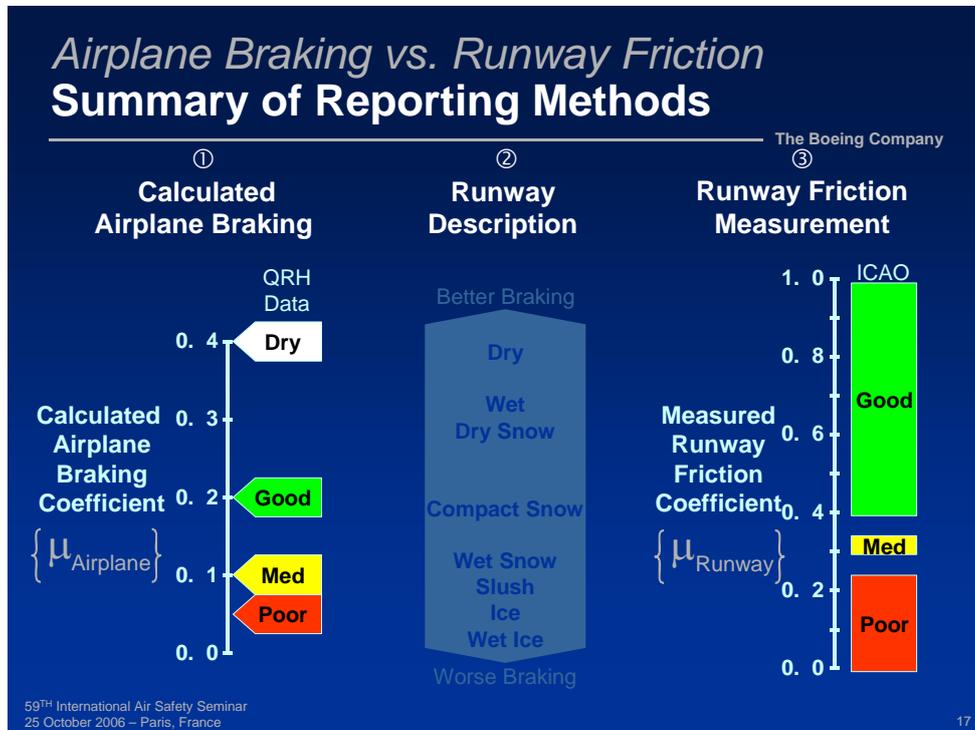


(図 5)

①と③の違いについて図 6 を使用して述べよう。①についてボーイングは QRH において着陸距離を計算する為にスケールを付与した。このスケールは airplane braking coefficient もしくは Mu-Airplane と呼ばれ 0 から 0.4 まで数値化されている。この Mu-Airplane は飛行機のシステムが着陸滑走路の表面摩擦を有効制動性能に変換するかを計算したものである。この計算には Airplane Gross Weight, CG, lift, Anti-skid brake system が要素として含まれる。

③は専用車両によって計測された滑走路の摩擦である。このスケールは runway friction coefficient もしくは Mu-Runway と呼ばれスケールは 0 から 1 である。これはタイヤが滑走路上でスキッドするポイントを実際に計測したもので、飛行機側のパラメーターは一つ考慮に入っていない。

まとめると方法①は計算された飛行機の制動性能であり、方法②は計測されたタイヤのスキッドポイントである。フライトクルーはこれらは完全に異なったデータであり、そのスケールを直接比較出来ない事を認識しなければならない。



(図 6)

4. Autobrake vs. Manual Brakes

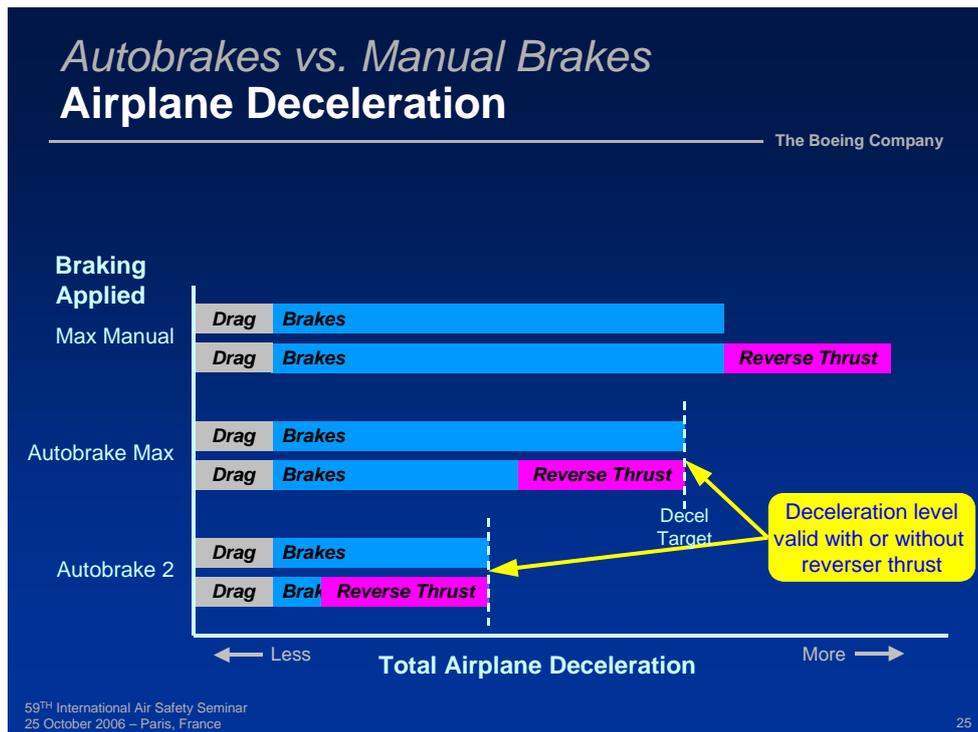
最後にリバーススラストと runway braking action に対するオートブレーキとマニュアルブレーキの違いについて見ていこう。着陸中のトータルの飛行機の減速は次の3つの要因によって影響される。

- Aerodynamic drag
- Wheel brakes
- Reverse thrust

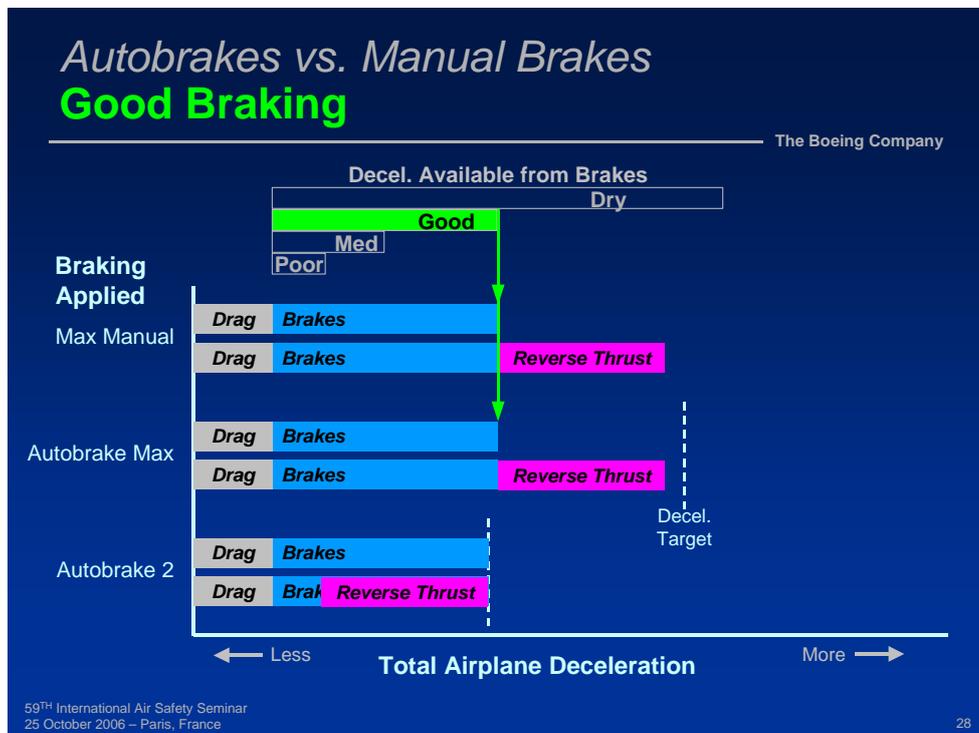
マニュアルブレーキではパイロットによりブレーキペダルにコマンドされたプレッシャーの量だけブレーキが反応する。オートブレーキは前もって設定された減速レベルをターゲットとしその減速レベルを達成する為だけにブレーキはコマンドされる。図7で Dry コンディションでのマニュアルブレーキとオートブレーキに使用される制動性能の違いを見ていく。縦軸がブレーキの方法で、横軸がトータルの航空機の減速力である。Max manual brake では、ブレーキ、ドラッグ、リバーススラストの合計が減速力になる。もし、リバースス

ラストを使用しなければ、ブレーキとドラッグの合計のみが減速力になる。

対して、Autobrake では、その設定された減速率を満たす為にブレーキが使用される為にリバーススラストの使用はトータルの減速力に影響を及ぼすことはない。Autobrake 2 においてはリバーススラストを使用した場合、その減速率を満たす為にほんの少しのブレーキが使用される。Autobrake ではリバーススラストを使用してもしなくても得られる減速力に変化はない。



(図 7)



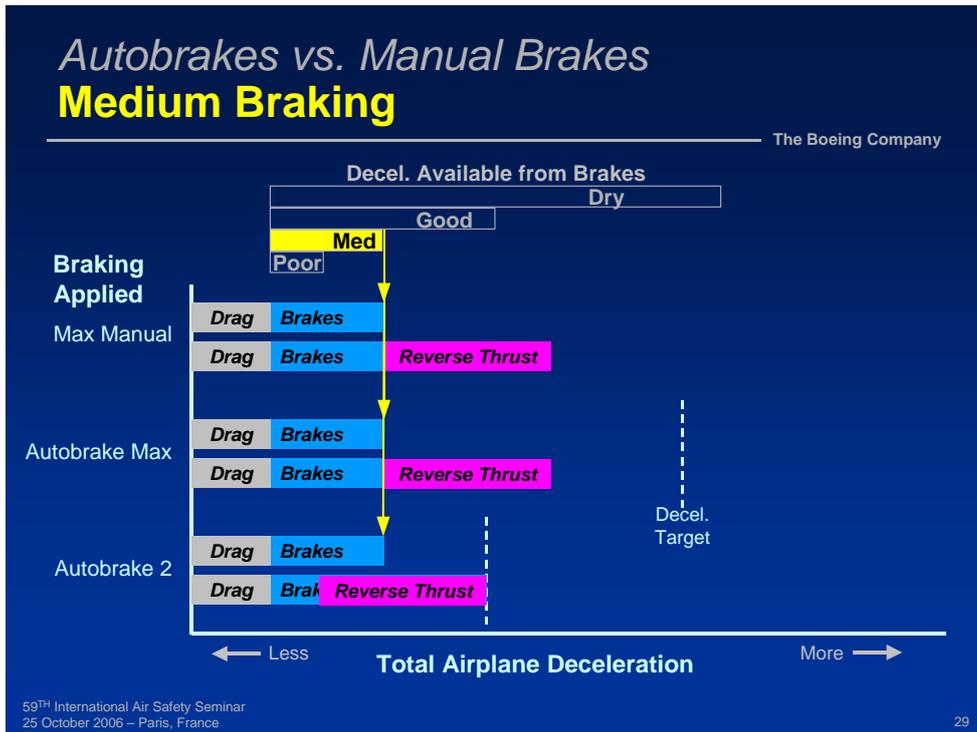
(図 8)

今まではドライコンディションについて見てきたが、次はブレーキによる減速力がより少ない Slippery コンディションについて見ていく。まずは GOOD braking action について図 8 で説明しよう。

Max Manual brake を使用した場合は Dry に比較して減速力は劣るがリバーススラストの使用は依然プラスである。

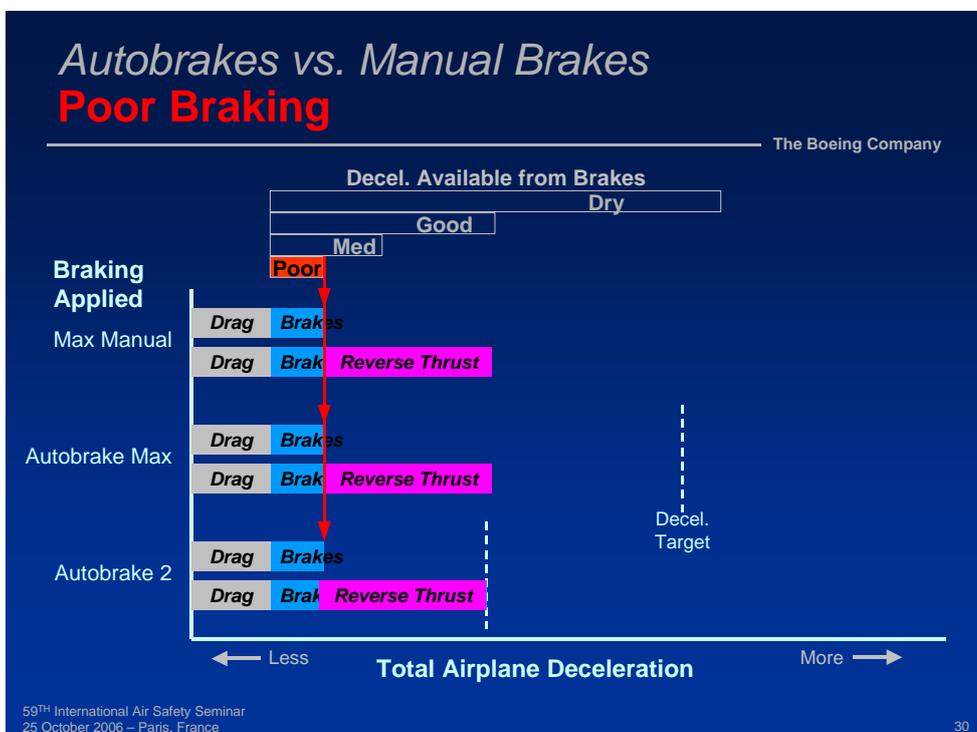
Autobrake Max のケースでは、滑走路状況が変化しブレーキキキング力が落ちる為、オートブレーキシステムのみでは設定された減速率が得られない。オートブレーキシステムは設定された減速率を満たそうと最大のブレーキを使用する。このケースではリバーススラストからの減速力はプラスになり、より短い着陸距離に貢献する。

Autobrake 2 のケースでは、ターゲットとなる減速率を満たす為のブレーキキキング能力が低く済むため Dry コンディションから変化はない。ここでのリバーススラストの使用は減速力に影響を及ぼさない。



(図 9)

図 9 では MEDIUM braking action について示している。図で示されるようにリバーススラストからの減速力ほどの Braking においても有効となり、より短い着陸距離に貢献している。



(図 10)

図 10 では POOR braking action について示している。図で示されるようにリバーススラストからの減速力はどの Braking においても有効となり、より短い着陸距離に貢献しているのは MEDIUM braking action のケースと同じであるがトータルでの減速力のなかでリバーススラストからの減速力がより大きな比重を占めるようになっている。リバーススラストの使用は滑走路状態が悪化するにつれて効果的になってくるのである。

5. まとめ

- * マニュアルブレーキを使用する場合は滑走路が dry か slippery に拘らずリバーススラストからの減速力はいつでもプラスである。
- * オートブレーキを使用する場合はリバーススラストからの減速力がプラスになるかならないかは滑走路状態やオートブレーキの設定による。
- * ボーイング社の QRH に記載されている Advisory landing distance data は Max Manual braking と Autobrakes 双方のデータに対してリバーススラストの使用を含んでいる。
- * リバーススラストは滑走路状況が悪化するに従って最も有効な減速力となる。

ADVANCES IN TURBULENCE DETECTION AND AVOIDANCE
FOR COMMERCIAL AVIATIONDr. Paul A. Robinson
Aero Tech Research(U.S.A.) Inc.

1. BACKGROUND

アメリカ合衆国の定期航空会社においては、航空機のタービュランスとの遭遇が負傷の原因となるケースが一番多い。現在合衆国においては、タービュランスが原因の負傷は1日に約3件の割合で発生している。航空機を利用した移動が増加するとともに、この割合は2015年に倍になると予想されている。これは、合衆国に限られたことではなく、航空機が運航されている世界中の各地域に共通である。過去20年間の日本において発生した航空機事故の半数以上は、タービュランスが原因となっている。

1998年にNASAは2007年までにタービュランスが原因の航空機事故を半減させる目標を立てた。NASA AvSSP(Aviation Safety and Security Program)は、タービュランスを回避するために乗務員に有効なタービュランス情報を提供する2種類の技術を開発した。それが、TAPS(Turbulence Auto-PIREP System)と E-Turb(Enhanced Turbulence Mode Radar)である。これらの技術の実現により NASA の目標をクリアする可能性は、大きくなったとされている。

以下に述べるこれらの技術は、現在のインフラにおいても導入可能で、現在のデータリンク、エビオニクス、エアスペースマネジメント、コックピットディスプレイなどの問題点を改善することにもつながる利点がある。

1.1 E-Turb Radar

先進のアルゴリズムを使用した E-Turb Radar は、エアボーンレーダーのタービュランス探知機能を格段に向上させることで、対流する気流とその周辺の気流の乱れまで感知することを可能にした。現在使用されているエアボーンレーダーはタービュランスモードはあるが、誤りが多くパイロットが信用できない表示をすることもあった。NASA、AvSSPによりレーダー探知の新しい技術が開発され、実際に航空機を運航した状況と同じ条件でのディスプレイの使用が試された。汎用のタービュランスモードとの大きな違いは E-Turb の表示が2段階でタービュランスの強度を表す点にある。(Figure 1)

部分的にマゼンタで示された light-to-moderate はパイロットに、その空域に進入の際シートベルトサインを ON としなければならないことを表す。濃いマゼンタの空域は moderate 以上のタービュランスを表し、シートベルトサインを ON としなければならないのと同時に、可能ならその空域を回避しなければならないことを意味する。

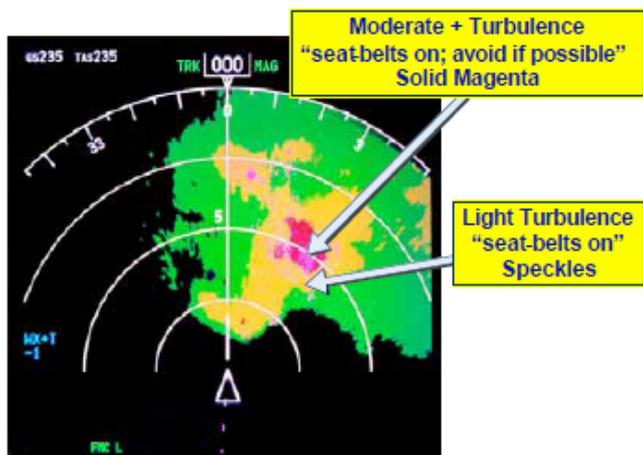


Figure 1:Two-Level E-Turb Radar Display

E-Turb レーダーは Rockwell Collins WXR-2100 MultiScan に搭載されており、デルタ航空の B737-800 型式機に TAPS 同様、2004 年 8 月から装備されている。E-Turb レーダーにより得られたタービュランス危険情報はデルタ航空のパイロットにフィードバックされている。

1.2 TAPS

TAPS の開発は、機体に装備されているコンピュータと地上コンピュータのソフトウェアを適合させることを目的とし、システムの連結を可能にした。1)全ての航空機が遭遇した重大なタービュランスの現象の自動レポート、2)他機がタービュランスレポートの障害にならない、3)機上と地上のディスプレイそれぞれの情報の運用整備に関する独立性があるのが特徴である。TAPS はデータリンクを介して多量のタービュランスに関する危険情報をパイロット、運航管理者、管制官が共有し、瞬時にかつ簡単に供給することを可能にした。(Figure 2) 航空機 # 1 がタービュランスに遭遇し、機上でレポートすべき重要なタービュランスかどうか計測する。

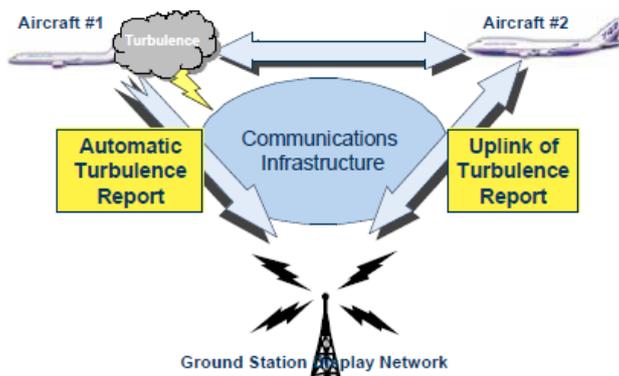


Figure 2:TAPS Architecture

遭遇したタービュランスが重要な事象の場合、データは地上に送られ、地上局を介してデータを必要とする航空機 # 2 に送付される。また、# 2 は直接他機から情報を入

手することもできる。# 2にとって重要な情報は機内のディスプレイで確認することができ、そのデータ表示は# 1ではなく# 2の機体に対するタービュランスの影響を表す。パイロットにとってタービュランスの危険空域を表すだけでなく状況認識を正確にするとともに、その機体に対してのタービュランスの危険度を伝達することを可能にした。

TAPS の地上ディスプレイはインターネットを介して Aircraft Situational Display、NEXRAD、衛星画像として閲覧することも可能となった。(Figure 3)

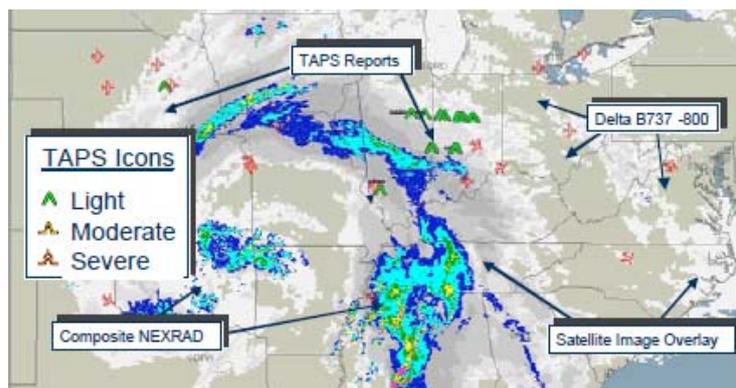


Figure 3: Example of a TAPS Ground Display on ARINC's WebASD

操縦席のTAPS情報はレーダー等のシステムと統合することも可能である。Figure 4は2種類の表示の例である。左はTAPSとE-Turbレーダー情報を合わせて機体のナビゲーションディスプレイに表示したものである。右は、TAPSからClass II、Electric Flight Bag (EFB)を表示したものである。

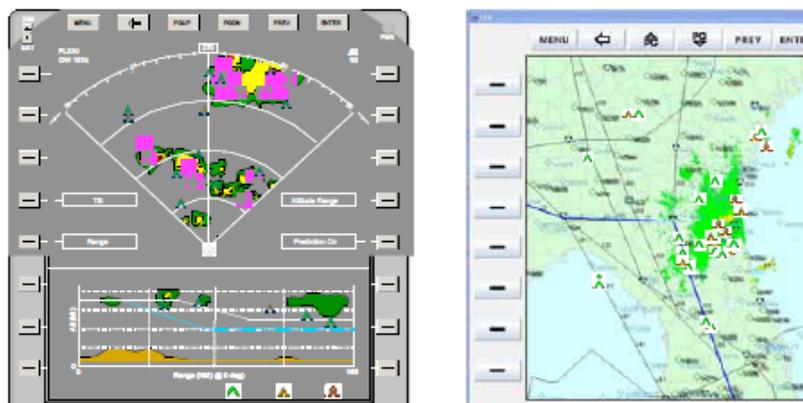


Figure 4: TAPS Cockpit Display Concept

1.3 Concept of Operations

タービュランスの状況認識を適用する基本コンセプトは、タービュランス認知技術の“Seamless Hierarchy (つなぎ目のない階層)”である。Figure 5にあるように、タービュランス情報には何時でも入手可能な現在の情報と、時間や地域が異なり、パイロット、運航管理者、管制官に将来的に必要とされる入手可能な情報がある。予報はフ

ライトプラン作成時に使用され、”Strategic”として適用される。

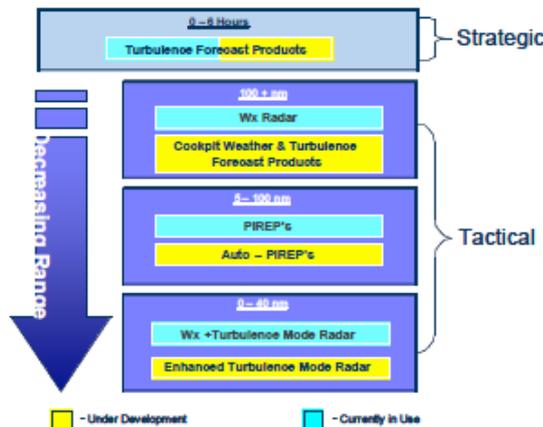


Figure 5: Hierarchy of Turbulence Products

2. THE CURRENT IMPLEMENTATION AND USES OF TAPS AND E-TURB

NASA の計画のもとシステムが開発され、その技術は近年米国内で使用されている。

2.1 E-Turb Radar

E-Turb レーダーは最初にデルタ航空の B737-800 型式機 (TAPS も搭載) に搭載された。レーダーは自動記憶能力があるため、蓄積されたデータを後日ダウンロードすることもできる。蓄積されたデータは、フライトデータ同様、レーダーに映し出したり、タービュランススキャンが可能となる。メモリーの容量からコックピットで見るより解像度が悪くなるが、再生し状況認識を高める上では、非常に有効となる。

以下に 2 種類のレーダーの能力を紹介する。Figure 6 は航空機が表示の下部にあり、それに続くフライト予定の航跡が白い点線で表されている。レーダーに反応のある空域は黄色や緑で表され、タービュランスがある空域はマゼンタで表される。これらの空域の形はデータ集積能力の解像度により、Moderate 以上のタービュランスは濃いマゼンタで表示される。Light-to-moderate を示すマゼンタが緑の空域や緑以外の周辺にも点在するが、白い点線で示されたように、マゼンタの空域を避ける進路を採ることができる。パイロットはレーダーを利用することで、タービュランスとの遭遇を予期したフライトが可能となる。



Figure 6: Example of E-Turb Radar Scan

Figure 7 では、進路の右側にタービュランスを示すマゼンタの空域が点在し、Moderate 以上を示す空域もある。この機体が大きな影響を受けないとしても、これはタービュランスに遭遇し事故に至る典型的な状況を内在させている。図の左下に見える空域では対流が観測されており、レーダーでは周辺の空域のタービュランスの存在は明らかに見て取ることはできない。このような状況下でも、突然タービュランスに遭遇する可能性がある。

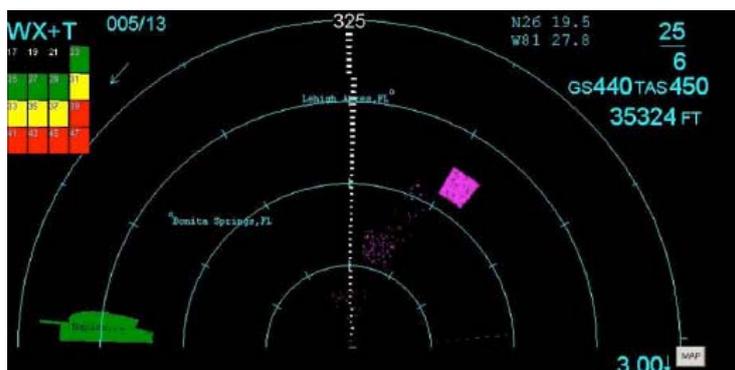


Figure 7: Example of E-Turb Radar Scan - 2

2.2 TAPS

2004 年から TAPS は、システムの有効性の評価のために 123 機のデルタ航空機 (B737-800, B767-300ER, B767-400ER) に装備されてきた。TAPS のレポートは ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System) のネットワークを介して伝達され、合衆国本土はもとより、ハワイからヨーロッパ、ロシア、インドまでの地域をカバーしている。Figure 8 は、TAPS の世界的規模の運用状況を表している。デルタ航空のディスパッチャーは、このデータにアクセスでき、運航に利用することが可能で、ACARS を介してコックピットに伝達することが可能である。



Figure 8: TAPS Reports Across a Wide Geographical Area

3. THE ENVISIONED IMPLEMENTATION AND USES OF TAPS AND E-TURB

3.1 E-TURB Radar

E-Turb レーダー装備の世界的実現については以下のことが考えられる。

- 1) 新造機で real-time weight などの機器を装備している機体はレーダーコンピュータを介してアクセスが可能で機種に応じた E-Turb の装着が可能である。
- 2) real-time weight などの機器を装備していない機体でも一般的な E-Turb は装着できる。機体の正確なスペックは反映されていないが、現在 NASA で研究中である。
- 3) 適切なレーダープラットフォームが装備されている古い機体においては、一般的な E-Turb は装着可能だが、プラットフォームの計算能力、アンテナの能力に限界がある場合がある。

各航空会社の考えるビジネスケースによるが、世界中でかなりの数の E-Turb が装着可能となりうる。統計的に E-Turb が使用されることで real-time weight はより正確になり、どちらのシステムも FAA Technical Standard Order (TSO) で検討中の、Minimum Operational Performance Standards (MOPS) の要求を満たすとされている。

3.2 TAPS

Report Content

現在の TAPS のパラメータは、以下の通りである。

- ・ 時間
- ・ 緯度、経度、高度
- ・ Turbulence hazard metric
- ・ TAPS scaling constant (他機に利用)

3.3 The Total System Concept

TAPS と E-Turb の有効性は、各組織の経営層が decision-making する際に影響を与えるところまで認められているわけではないが、予期せぬタービュランスによる負傷を避けるほか、以下のような点が考えられる。

- ・ radio frequency の混乱防止
- ・ より効果的なフライトプラン
- ・ より効果的な運航
- ・ 空域の有効利用

4. SUMMARY

2 種類の技術の発達によりタービュランスによる危険の察知と回避が可能となった。広く実用に移されてきており、タービュランスによる負傷件数の軽減と効果的運航の改善に大きな影響を与えられと考えられる。現在の航空機にも広く運用可能で、インフラも整いつつあり、近い将来さらなる改善と発達が見込まれる。その利点はパイロット、運航管理者、管制官など多くの運航に携わる人々が共有できるのである。

Airport Moving Map の導入による安全性の向上について

André Bourdais, Airbus

Dr. Jens Schiefele, Jeppesen

1. はじめに

近年、最新の航空機には Airport Moving Map (以下、AMM) が導入され始めました。ナビゲーションディスプレイ (ND)、または、エレクトロニックフライトバッグ (EFB) の機能の一部として表示されることとなりますが、これらの導入に重要な事には、データベースの標準化というのがあります。データベースに登録される内容、登録用件や標準的なフォーマットなどは RTCA DO-272A/EUROCAE ED-99A “User Requirements for Aerodrome Mapping Information” および RTCA DO-291/ EUROCAE ED-119 “Interchange Standards for Terrain, Obstacle, and Aerodrome Mapping Data” で定義されることになりました。一般的にいつでもダウンロード可能なフォーマットは、ARINC 816 標準規格とよばれ、これらの規格によりデータベースプロバイダーは 5m CE90 (5m 四方のデータの 90 パーセント) の精度で正確な地図データを提供することになります。

パイロット前面の計器 (ND) への AMM の表示はまもなく実用化され、早ければ A380、おそくとも B787 には装備されることでしょう。これらは機体の動きに従って空港の画像も動き、空港内の自機の位置を地上走行中のパイロットが正確に把握するための情報を提供します。

本稿ではデータベースに関する業界の共同技術開発について紹介するとともに、AMM システムの概要と将来に向けて考えられている機能について解説することにします。

2. 標準規格

AMM の運用で重要なことは、高精度であり、実際に利用可能な最新のデータベースであるということです。加えて各航空会社からはデータベースの標準規格化を求める声が挙がり、エールフランス航空の Fabrice Bresson が委員長を務める ARINC 816 委員会で検討が行われました。航空用電子計器製造業者 (Thales Avionics, Rockwell-Collins, Honeywell, Smiths Industries)、データベースプロバイダー (Jeppesen, Lufthansa Systems) や航空機メーカー (エアバス、ボーイング) などからは、A380 や B787 など新しい機体にも適用することができる基準にすべきだとの意見が出ました。これらの検討により、ARINC 816 規格では、データベースを機体システムに簡単に読み込ませることができるよう、コーディングフォーマットの公開を決め、すでに 2006 年 4 月に実施されています。

標準化されたこれらのデータフォーマットに従ってコーディングされていれば、ユーザーは異なったメーカー製の航法機器であっても自由に選択して装備することが可能になります。

データベースプロバイダーはこれらのデータを ARINC 665 のような共通のデータパッケージ規格に従ってユーザーに提供し、航空会社は CD-ROM やポータブルデータローダー、ゲートリンクなどにより機体にデータを読み込ませることになります。

3. Airport Mapping Database

現在、データベースの作成には既存の基準観測点を利用したりリモートセンシング技術および測量された物標を基準とする地上からの測地の方法が用いられています。滑走路、誘導路、エプロン、停止線、駐機ゲートといった全ての可視物標は基準に従ってデジタル化処理され、その他に滑走路番号、誘導路の名称、ゲート番号といったものも同様に処理されます。

通常、データベースには標準的な情報が含まれていますが、データサプライヤーはユーザーの要求による追加的な情報も盛り込む事もできます。標準的な情報の例としては滑走路、誘導路やエプロンといった舗装路面があり、それには誘導路中心線、エプロン導入線や停止線といったものも含まれます。さらに管制用周波数使用区分といった物標でないものも表示する事が可能です。(図 1 参照) その他のものとして滑走路番号や舗装路面の材質、滑走路幅などといった情報もありますが、全ての空港でこのような情報が公示されているわけではないので、誘導路面の強度や通過可能な最大航空機の種類といったようなことはわからず、一部に使用上の制限が残ってしまいます。

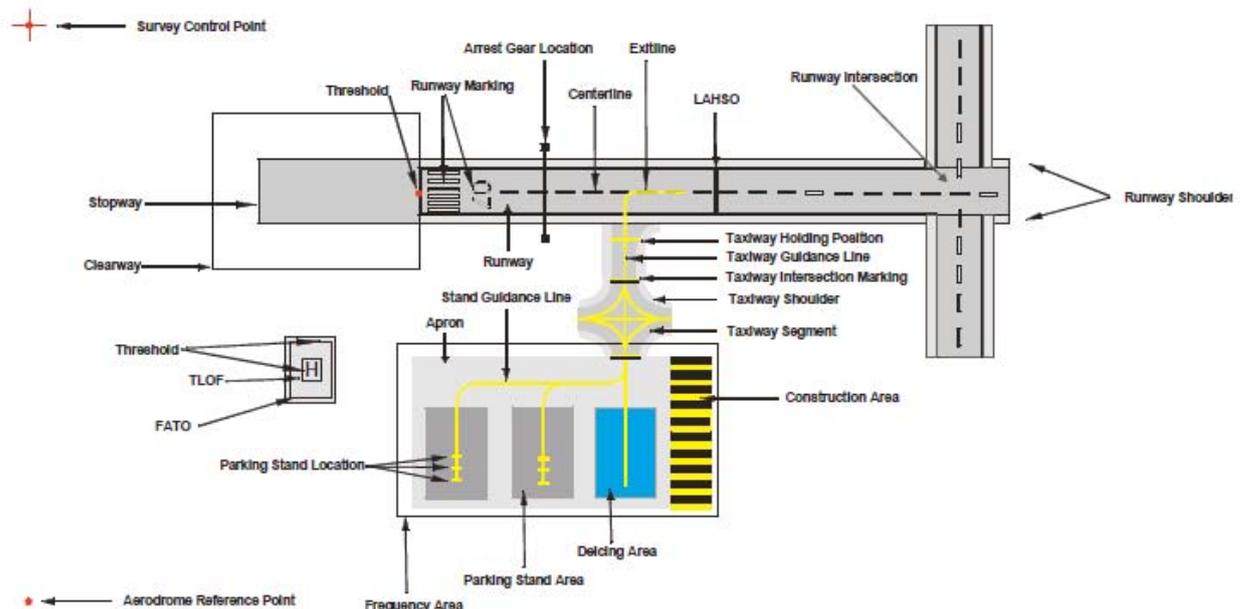


図 1 : 標準的なデータベース内

現在、すでに図 2 に示すような世界の空港、約 300 に関するデータが作成されています。このような空港は多くの航空会社によって利用されるので、常に維持、管理されています。その他の空港についても順次データ化が進められています。

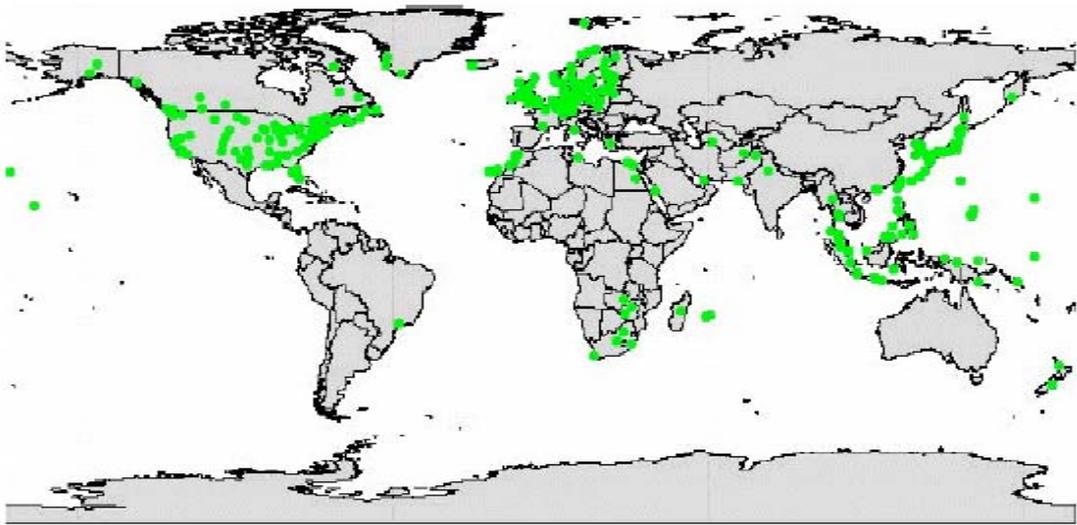


図 2：現在データ化が終了している空港

次の図 3 と 4 にシアトル・タコマ国際空港(KSEA)の例を示しましょう。図 3 では同種の施設どうしには同じ色分けをしています。

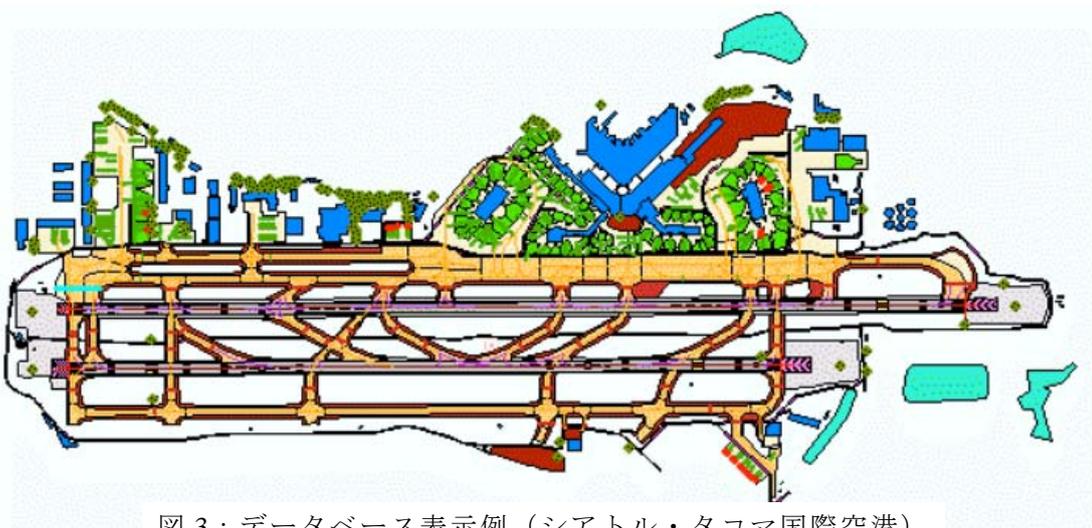
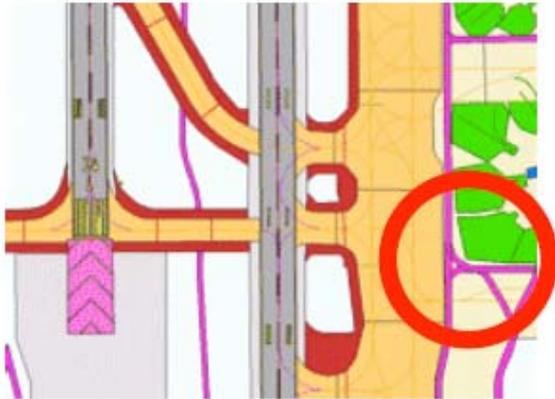


図 3：データベース表示例（シアトル・タコマ国際空港）



この図は滑走路 34L の末端周辺に位置する、南側エプロン付近を拡大したものであり、滑走路、滑走路標識、過走帯、停止線、誘導路などが表示されています。また、場周道路やゲートへの導入線も見ることが出来ます。しかしひとつだけ注意しなければならない事があります。それは赤い丸印にある S15 番ゲートの導入線が描かれていないという事です。この理由は、衛星画像を基にデータを作成し

図 4：拡大図（例）が駐機していたため、正確な導入線の位置が把握されなかったためなのです。誘導路名称やゲート番号といったものは元の画像情報にはありません。したがってデータベース作成作業の際に追記する必要があります。

このようにして加工された画像データは、最新の技術を駆使したコックピットでの表示装置や、クラス 2 あるいはクラス 3 EFB にといったものに搭載されていくことになります。

4. 最新の技術

コックピットにおいて、AMM は ND または EFB という 2 つの主な装置に表示されます。このうちエアバス社は、A380 のコックピットには Thales Avionics 社製のオンボード・エアポート・ナビゲーション・システム(OANS)と呼ばれる新しい機器を搭載する事になりました。パイロットは、グレア・シールドにある操作パネルにより AMM を ND に表示させたり、または拡大させたりする事が可能となっているうえ、表示させたい場所を移動させたり、検索をかけることも可能です。（図 5 参照）



図 5 : A380 のオンボード・エアポート・ナビゲーション・ディスプレイ

OANS はシンガポール航空へ納入する事が予定されている第 1 号機を初めとして、現時点では世界の航空会社から受注した A380 の全機にこのシステムが装備される事が決まっています。また、現在開発中の次世代新型旅客機、A350-XWB にも装備が検討されています。ボーイングも同様に現在開発中の B787 に AMM を標準装備とすることを検討しています。B787 の AMM は Rockwell-Collins 社製であり、同様に ND に表示することが可能となっています。



図 5 のようなモードの切り替えなどはラインセレクトキー (LSKs) またはタッチスクリーンにより操作されます。また在来機に容易に追加装備することが可能なクラス 2 EFB へ組み込まれたものもあります。ボーイング機のクラス 3 EFB は 2003 年に装備品として承認され、すでに 8 つの航空会社で採用されています。

その他、EFB を利用したものもあります。AMM を装備したクラス 3 EFB はすでに B777、B737 といった機種に装備が始まっており、B747 にもまもなく導入される予定です。

(図 6 参照) ボーイング機のクラス 3 EFB は Jeppesen 社製であり、レン

図 6 : B777 に装備されているクラス 3 EFB (左) と B737 のクラス 2 EFB (右)

エアバス機には“Flysmart with Airbus”と呼ばれる EFB が開発されており、オンボード・インフォメーション・ターミナル(OIT)に表示されます。OIT はコックピットのワークテーブルに組み込まれており、タッチスクリーンによる操作が可能となっています。EASA および FAA から“Type B EFB”として承認を受けることを目指して現在も試験運用が行われており、2007 年には KLM 航空の A330 で実際に使用が開始される予定です。(図 7 参照)

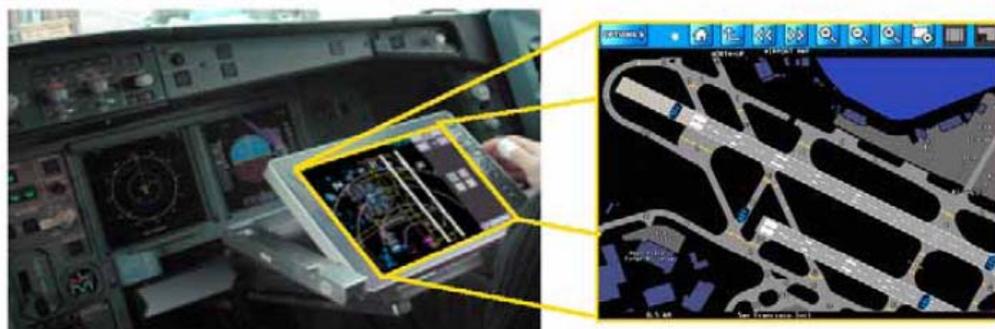


図 7 : A330 に装備された AMM (Flysmart)

安全性の向上

AMM は空港内での現在位置の表示や、その他の施設を表示させることでパイロットが現在位置を容易に把握できることを目的としており、表示方法はそれぞれの状況に応じて変更することができます。もしパイロットが出発のために準備をしているならば、AMM は滑走路までの経路となる誘導路に焦点を当てて表示させることができます。また、出発後に Taxi-Out モードになると、出発滑走路に焦点が変わります。もし、目的地空港における着陸の準備をしているならば到着スポットが強調され、そこまでの経路がすぐにはっきりとわかるようになっています。建物の表示は、ターミナルビルや誘導路走行上の目標物として利用することが可能です。

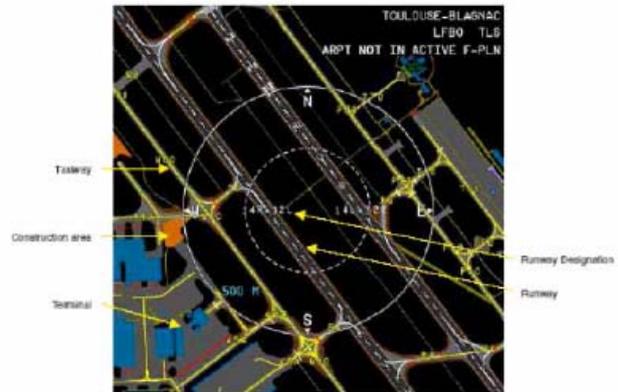


図 8：誘導路が強調された表示例

ND への表示については、それぞれ ARC モード、ROSE-NAV モードもしくは PLAN モードを選択することができます。ARC モードでは、自機のシンボルは画面の中央下端に位置し、動くことはありません。空港面図の表示範囲は進行方向前方がほとんどであり、少しだけ後方域も表示されます。（図 9 参照）

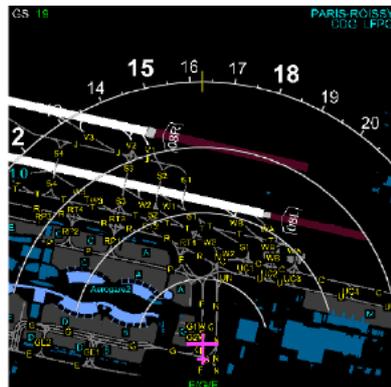


図 9：エアバス機の OANS ARC モード表示例 図 10：同 OANS ROSE-NAV モード表示例

ROSE-NAV モードでは、自機の位置を示すシンボルは画面の中央部に位置し、同様に移動はしません。表示範囲は機体位置の全方向に渡ります。（図 10 参照）
 どちらの表示方法においても、機体の移動に伴って背景の地図画面が移動、回転します。

PLAN モードを選択すると、初めは空港標点または自機の位置を中心とした固定された表示となり、それ自体は動くことはありません。上方が北を示すモードであり、機体が移動を始めるとそれまでの表示と異なり、背景の地図画面が動くのではなく自機の位置を示すシンボルが画面上を移動していきます。（図 11 参照）



図 11：PLAN モード表示例

それぞれのモードは状況に応じて使い分けられます。出発準備中や着陸前の巡航中といった地上移動について考えるような時には、PLAN モードを使用することがパイロットブリーフィングに役立ちます。一度地上移動を始めた後は、機体の現在位置ならびにその移動状況が刻々と表示されるので、ARC および ROSE-NAV モードの使用が便利でしょう。

AMM には通常、5NM から 0.2NM までのそれぞれのレンジがあります。Jeppesen 社製の AMM では、選択当初は自動的に空港全体が表示され、その後は状況に応じてパイロットがレンジを変更することができます。実際に地上移動に使用する場合には 1NM、1,000ft、0.5NM レンジを、詳細な図面が見たい場合には 0.2NM レンジを使用するとよいでしょう。

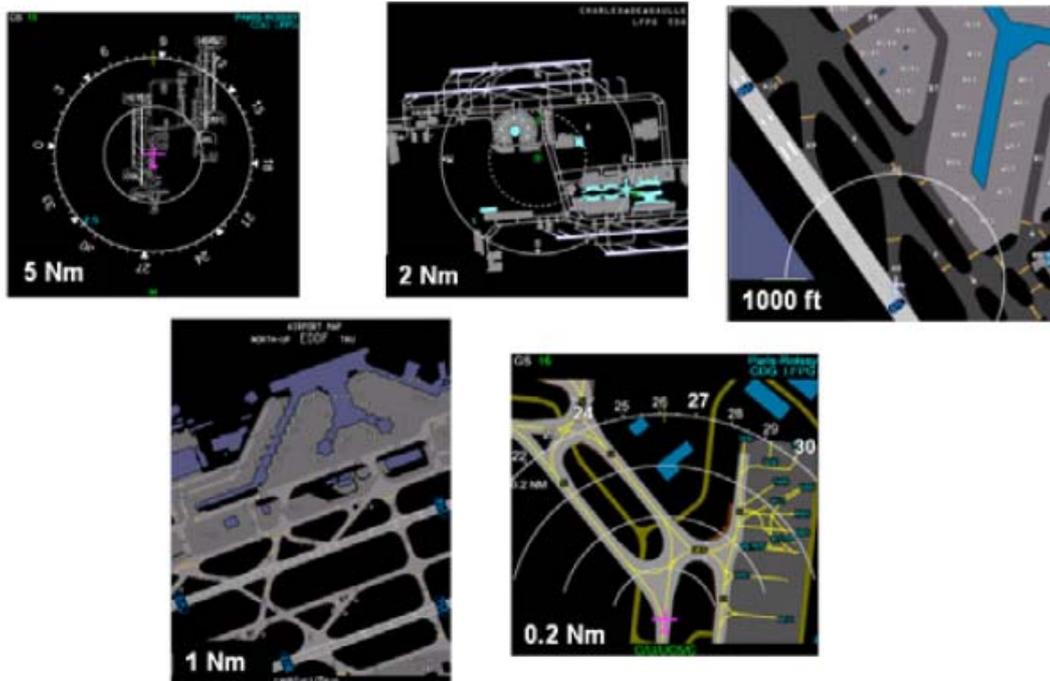


図 12：レンジ別の表示例

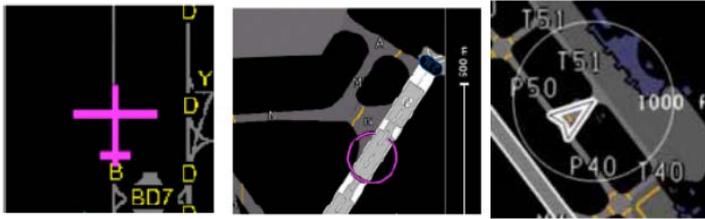


図 13：機位表示の例

その他の新技術としてレンジやモードの変更時も画像が途切れることなくスムーズに切り替わるよう工夫されているということがあげられます。これによりパイロットが実際に使用している場合でも現在位置を見失うことがないようになっています。

また機位の表示についても、それぞれのメーカーにより機体シンボルマーク、リング表示あるいは三角形表示であったりします。

データベースには表示すべきたくさんの情報がありますが、大きなレンジで表示していればすべての誘導路を表示したり、エプロン導入線までも表示したりすることはできないので、ある特定のレンジにおいては一定のルールに従って表示を省略する必要があります。（概略表示）

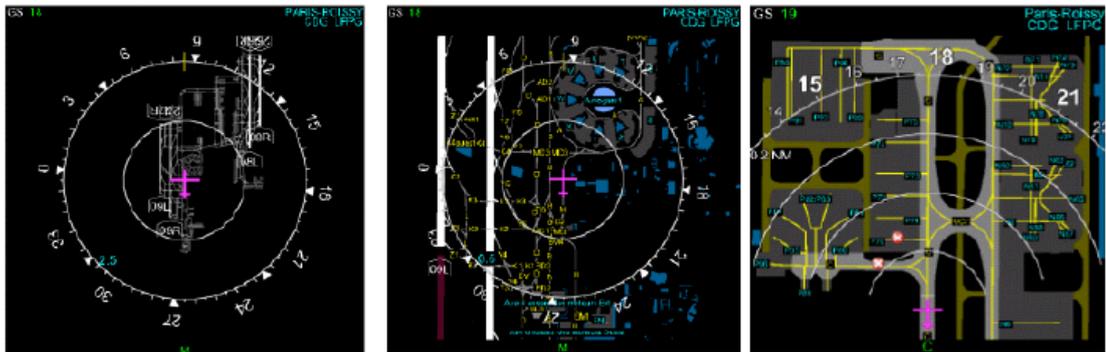


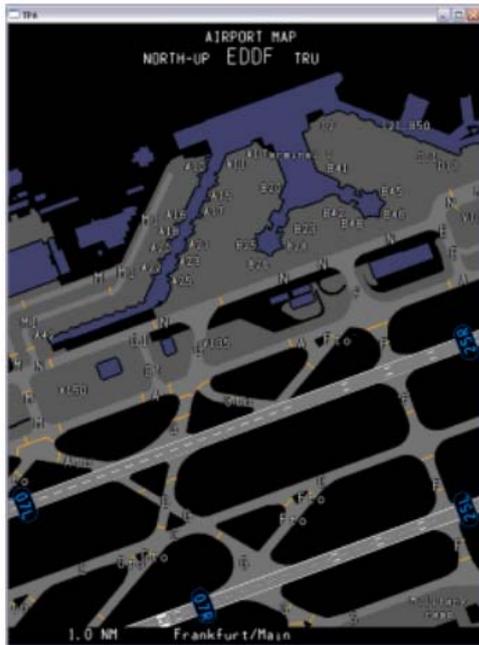
図 14：エアバス機での概略表示の実例

しかしこのようなルールはそれぞれのメーカーにより異なっているのが現状です。たとえば A380 の OANS では誘導路中心線やエプロン導入線を表示できますが、ボーイング機向けの Jeppesen 社製 EFB ではできません。これはエアバス機の OANS は、EFB と違って単に情報のみを表示するだけではなく、それ自体でナビゲーションを行えるようにしているためです。基本的に概略表示は自動的に行われますが、パイロットが必要に応じて手動で選択表示することも可能となっています。

AMM は特に大規模空港においてランウェイインカーションを防止するのに有効です。米国では 2003～2005 年の間に 168 件のランウェイインカーションがありました。このうちほぼ半数の 81 件はパイロットエラーによって引き起こされていたことがわかっています。ある報告書では、これらのエラーは位置に関する状況認識の欠如から引き起こされたものとされて

おり、対応策のうちの最も有効なのは、機体への AMM 搭載であるといえるでしょう。

ヨーロッパでも 2002 年に 350 件のランウェイインカーションが報告されています。これは毎日およそ 1 件のランウェイインカーションが発生しており、2 週間に 1 回は非常に危険な状況に至っているということを意味しています。テネリフェ事故やミラノ事故は、このランウェイインカーションによって引き起こされたことはよく知られています。



AMM の画面上では滑走路が強調されて表示されるので、このシステムを装備していればランウェイインカーション防止に多大な効果が期待できます。常に滑走路番号を伴って表示され、滑走路の標識も明確に描かれているので、その判別は容易です。また、将来、画面上に他の地上移動中の航空機影を個々に表示できるようになると、さらに安全性が向上するでしょう。そうなればインカーションが発生する前にパイロットが気がつき、それを回避することが可能となります。

現在、すでに滑走路手前の誘導路上には誘導路停止位置表示がペイントされ、あるいはストップ・バーが
図 15：滑走路番号を伴った表示例 運用されています。いくつかの

空港では、その先が滑走路であることに気づかせるために、新たな表示が考案されています。その他にも滑走路への誤進入を防止するために多くの手順や規定が定められていますが、AMM を使えば、滑走路に入った場合にはパイロットに対して警告を発するようになっています。エアバス機の OANS では図 17 に示すように滑走路接近警告が出るようになっています。



図 16：パリ、シャルルドゴール空港における、前方が滑走路であることを示す路面表示

画像は大変わかりやすくなっているので、滑走路を離脱する場合、着陸したパイロットが急ブレーキをかけることなくスムーズに滑走路を離脱できます。このため指示された誘導路を間違えて立ち往生することがなく、滑走路占有時間を短くすることができます。言い換え

れば、安全への余裕度が増すということになるでしょう。

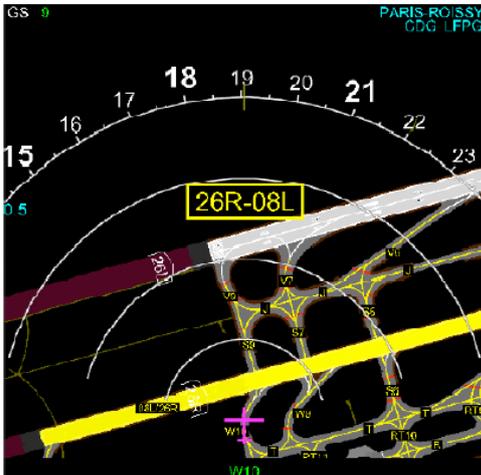


図 18：ゲート番号が表示されている例

図 17：エアバス機における滑走路接近警告

また、AMM では到着ゲート番号を表示することもできます。パイロットが前もって到着ゲートの場所を入力しておけば、エアバス機の OANS では自動的にその位置が強調された緑色の旗で表示されます。（図 19 参照）

5. 運用上の有益性

ヒューマンファクターの観点からも AMM の運用評価が行われ、AMM の使用により地上移動時間の短縮、外部監視の強化に伴いエラーが減少する、ということが明らかになっています。t-NASA の研究により、ヘッドアップディスプレイ（HUD）と組み合わせた場合や、今まで紹介したような AMM をさまざまな気象条件の下で使用した場合には、一般的に地上移動の時間が短縮されそうということがわかってきました。

誘導路が複雑に配置されていてもその都度停止して確認することがないため、過度に速度を落とすことなく機体を移動させることができます。このことは客観的なデータにも現れています。従来のように紙の空港面図を使用した場合での平均移動速度は 14.6kt であったのに対し、AMM や HUD を利用した場合には 16.3kt となりました。

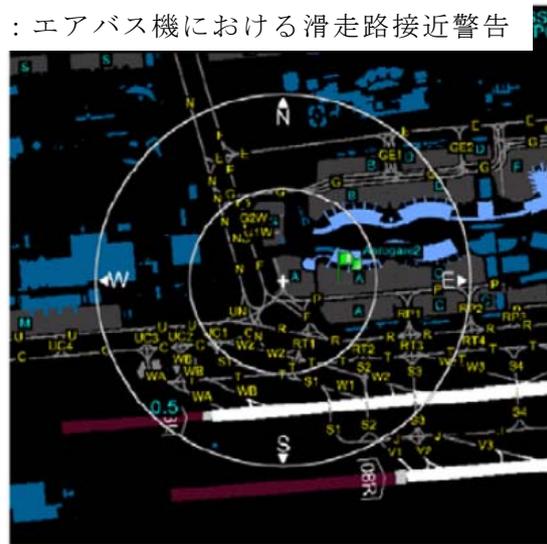


図 19：エアバス機でのゲート位置表示例

さて
バス
よ



6. 今後の展開

AMM システムは、10 年間に及ぶ業界による専門的な研究により開発が進んできました。これらの目的は AMM の運用拡大にあります。最も早期の導入が望まれているのは、AMM にガイダンス機能を盛り込むことであり、現在、一部の機能についてはすでに評価試験が始まっています。

このうち地上走行における経路誘導機能には、指定走行経路のシステムへの入力をパイロットが手入力で行う方法と、データリンクを介して ATC から直接送信

図 20：地上走行経路指示表示 (TU-Darmstadt 提供) される方法があり

ます。指定走行経路は AMM に表示は視覚情報として認識することができ、閉鎖や特定のゲート制限情報などといった、航空会社によって異なる運航情報もこれに含めて表示させることができます。経路情報表示機能は、ヒューマンエラーが入り込む余地をなくし、パイロットの状況認識レベルを向上させることができます。万が一パイロットが指定の経路からはずれた場合でも、警告を出すことができます。

現在の空港施設において走行経路の自動選択を行うためには、ATC と航空機とのデジタルリンクが必要です。ATC はデジタル化され、セキュリティ、信頼性にも問題ない方法で、遅滞なく特定の航空機に対して経路を指示する必要があります。AMM に走行経路を表示させるためには、ATC と AMM システムの間に、統一されたルールが存在する必要があります。

他の航空機も AMM に表示することができます。この機能を使えば関連する航空機が後方など操縦席から見えない場合でも把握でき、万一接近しすぎるような場合でも警告を出したり、回避操作を表示させたりすることができます。地上走行中でもモード S トランスポンダー、ADS-B や TIS-B の運用で正確な位置を表示させることが可能となります。もしも地上車両がこの ADS-B を装備しているか、または地上監視レーダーにより捕捉されていれば、同様に AMM に正確な位置を表示させることが可能です。

その他、ノータムや雪氷状況、ATIS、空港周辺の気象状況についてもデータリンクシステムを通して AMM に表示させることができます。多様な情報をパイロットに提供することにより、閉鎖滑走路や制限されたエプロン地区への進入といったエラーを防ぐこともできます。

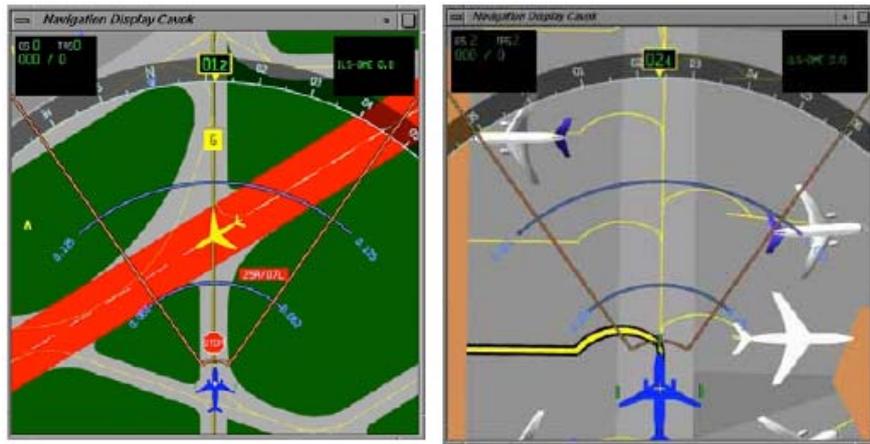


図 21：関連他機表示の例（TU-Darmstadt 提供）

7. まとめ

次世代航空機に AMM を装備することにより、安全で効率的な運航を行うための多くの機能が利用可能となります。重要なことは、AMM の装備によりパイロットの状況認識能力が向上し、その結果、安全性が向上するのだ、ということです。この新たな技術はすでに一部の民間機では利用されており、今後も多くの機体に装備が進んでいくことでしょう。

さらに研究開発を進めていくことで、AMM は、地上車両の情報、航空機相互の衝突防止、あるいは相互の位置予測等といった安全性の向上を図る多くの機能についての基本装備となるでしょう。すこし大げさですが、AMM は 1970 年代に開発の進んだ FMS と同じくらい重要であるかもしれません。

共同開発を通して、航空の発展のためには利益の追求を第一としない開発も実際に可能である、ということが示されました。またデータベース情報の公開により短期間でかつコストを抑えた新たな技術サポートも可能になりました。今後も民間航空機における AMM の装備はさらに進み、安全性も高まることでしょう。

（文責：ANA）

Celebrating TAWS Saves, But Lessons Still to be Learned**TAWS (GPWS) は有効だが...**

Dan Gurney

序 論

今回のセミナーでは進入と着陸フェーズに TAWS (Terrain Awareness Warning System/対地接近警報装置) が作動し、あわや大惨事を免れた 8 件の CFIT (Controlled Flight Into Terrain) インシデントを紹介します。

さらに航空業界は、いまだに解明されていない潜在的な脅威により、ヒューマンエラーを引き起こし易い状況やエラー防止の誤った対応などに注目している。人間の思考や行動にエラーが伴うのは常であり、その一般的な特徴は既に解明されていて、今回の CFIT インシデントからも幾つかのエラーが散見された。

この報告書の目的は関与した者の懲罰を論ずるのではなく、安全情報を共有することの重要性を奨励することである。従ってインシデントを起こした航空事業者、機材、乗務員の情報の秘匿性が確保され免責が保障された事により、安全報告が活性化され制度を成功へ導くと確信している。

背 景

これまでの航空機事故を振り返ってみると常に CFIT は事故の主要な原因であった。この危険に
応えて、航空産業は飛行機が不用意に地表に異常接近した際、自動的にパイロットに警報を発する GPWS (Ground Proximity Warning System / 対地接近警報装置) を開発した。1974 年から大型民間航空機への装備が義務付けられ、更に 2000 年には小型機民間航空機に対しても GPWS の装備義務が拡大され、CFIT 事故の数は際立って減少した。(図-1)

GPWS は航空機直下の地勢しか検知できない。もし進路上に急激に突起するような地勢の変化があるような場合では、警報が発してからでは回避操作が間に合わない可能性がある。さらに、GPWS は機体が着陸形態であったりスイッチが切られていたりすると警報を発しないようにプログラムされ、100% 完全な警報装置とは言えないが、事故発生率の減少に大きく貢献している。

その後 GPS (Global Positioning System / 全地球測位システム) という精度の高い航法システムを利用し、地勢を記録したデータベースとカップリングさせることにより、従来の GPWS 精度と機能の短所を補う EGPWS (Enhanced Ground Proximity Warning System) が開発された。EGPWS を装備することにより、航空機は現在位置とデータベースの地形とを照らし合わせることができ、パイロットがタイムリーな警告あるいは警報受けることが可能となった。EGPWS (総称的に TAWS) の開発により、急激な角度で立ち上がる地形や滑走路進入端まで警告エリアが拡張された。

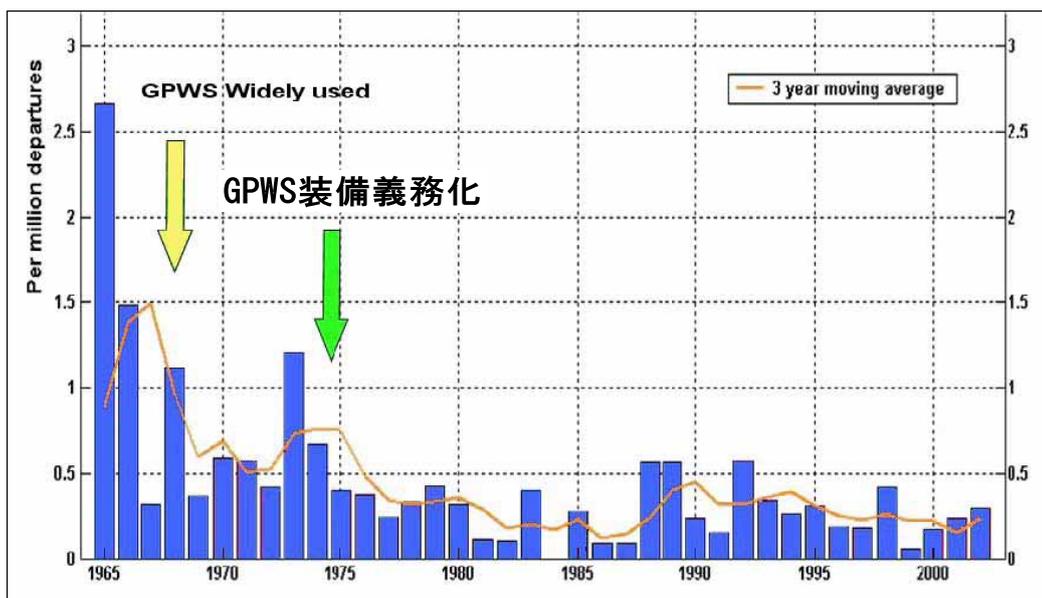


図-1. CFIT Accident rate. Reduction after introducing GPWS

EGPWS/TAWS の技術が導入されたことにより、現在に至るまでの 5 年間、EGPWS を装備した民間航空機は CFIT 事故に遭遇していない。なお、現在は座席数が 6 席以上のターボプロップ機に対しても EGPWS の装備が義務付けられている。

調査内容

以下は調査報告書などからの追加情報は参考にせず、著者と選出された数名のエアラインパイロットにより事例報告書を基に分析した内容である。分析にあたり乗員のインタビュー記録などは入手できず、提供されている情報は限られていたが、空港、飛行経路、降下角度など今回の分析に必要な情報は十分であった。

事例分析は ALAR(Approach & Landing Accident Reduction/FSF) リスク認識ツールの監査概念を参考にし、運航の安全にとっての脅威やヒューマンエラーを誘発する潜在的な要因に焦点をあてた。なお、EGPWS に登録されている地勢データや位置情報、高度および速度の記録、また使用されたアプローチチャート等を基に飛行経路や運航状況を割り出し、これらのデータを基に推定される降下の Path と飛行経路照らし合わせた。調査はあくまでも推測の域を脱するものではないが、データの分析に関わったパイロット達は非常に現実的で、識別されたエラーとそれを誘発した要因には高い信頼性があると断言している。

この報告書では、「エラー」の概念は人間の行動の結果であり、事象が発生後に発見、または事実関係から「もし・・・だとしたら」と振り返った時にはじめて明確にされるもので、エラーその物が事象の原因と捉えるべきでない。

「ヒューマンエラーは結果であって、原因ではない。エラーは、その上流にある作業現場や組織要因によって形づくられ、そして引き起こされたものである。エラーを特定することは、原因調

査の単なる始まりであって、終わりではない。」（「組織事故」ジェームス リーズン著）

「脅威」に対して一般的に運航乗務員が関与できないが、一定の安全係数を維持するには組織的な管理体制、乗務員の注意喚起と対応が必要と考えられている。なお、コンチネンタル航空の Don Gunther 機長は、「エラー・マネージメントで過去を振りかえる事により、スレット・マネージメントが将来の手助けとなる。」と言っている。

回避可能な事故

これまでに報告された CFIT 関連の事例の中には重大インシデントとして調査の対象となっているものもある。また航空機メーカーや航空事業者も独自に事例を調査し、航空機がどのようにして危険な状態に陥ってしまったかを解析し、パイロットがより早く危険を察知できるようにする研究を進めている。

この報告書では不用意な降下が起因して発生した事象を分析し、そこに潜む脅威の本質と乗員の行動に焦点をあててみた。検証した事象の件数が少なかったため、エアラインの運航規模や地域から見られる共通性までは読み取れなかったが、これまでの CFIT 事故で報告されている内容と同類の要因が散見された。

検証した事象では全て FMS および EFIS 装備機で、そのうちの数機は FMS RNAV と VNAV アプローチが可能な機材だった。紹介する事例は全て非精密進入で発生していて、一機は民間の大型機だった。

図-2 は夫々の発生場所を示している。2 例は降下開始時期の判断ミスで、滑走路進入端から 5nm 以遠の対地 500 feet 以上で発生し、残りの事例は全て 5nm 以内で対地 500 feet 以下の高度で発生していた。

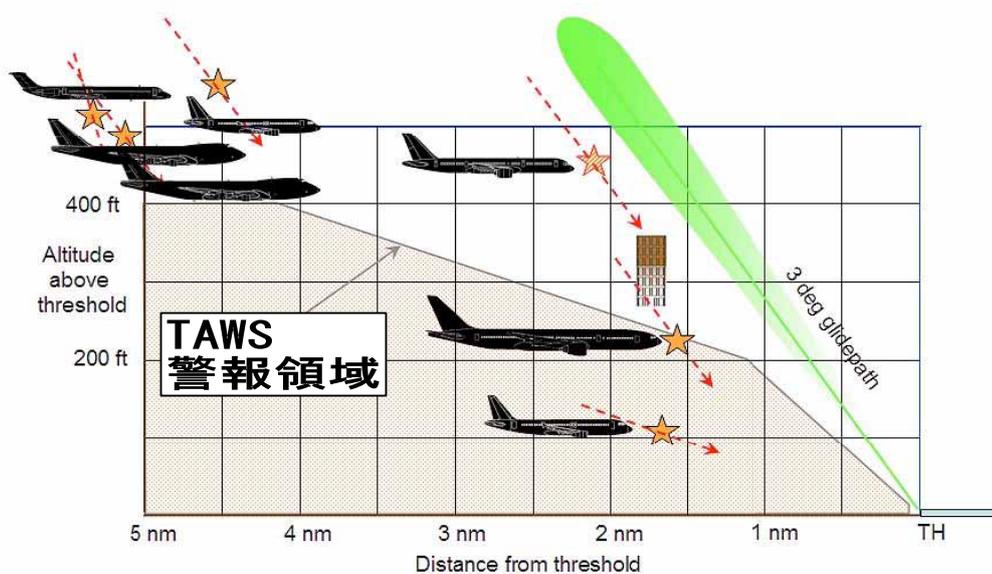


図-2. Warnings (saves) below 500 ft

図-2 に示す TAWS 警報領域は、水平な地面上での EGPWS の「対地回避高度」だが、実際には警報領域の高度は滑走路付近の地形や傾斜等に比例したもので滑走路からの高度として計算される。つまり、警報装置はアプローチの際には高い地面が予めあることを想定している。言い換えれば、もし航空機が飛行場のある丘の下の谷間にあるとすれば、間違った地形情報によってパイロットに警報を発してしまう。図-2 に示されるそれぞれの警報の発せられた高度が、インシデントのあった飛行場での実際の対地警報領域で、それぞれのインシデントは比較・分析し易いように滑走路スレッシュホールドからの距離として印されている。

各メーカーの TAWS 機器の警報領域は概念的にほとんど差がないが、パイロットは使用するにあたり、TAWS の運用要領や回避操作手順や限界を十分に精通しておく必要がある。さらに TAWS 製造業者は必要に応じて CFIT 事故の調査報告を基に改良を重ねているので、航空会社は最新版のソフトウェアと地勢データベースの登録が必須である。

■ 事例-1： 夜間の Visual Approach (視認進入)

クルーは夜間、VOR/DME アプローチチャートを参考にしながら進入を開始した。FAF(Final Approach Fix)は DME 局から 5 nm で空港からは 5.4 nm の地点に設定されていた。

FAF を通過後、図-3 で示されている適切な Path の下方へ降下して進入を続けた。空港の手前 1.5 nm の地点で対地 250 feet (空港の標高から+124 feet) まで降下してしまい、GPWS の「TERRAIN PULL UP」警報が作動した。クルーは降下率を 300 ft/min におさえて無事に着陸した。

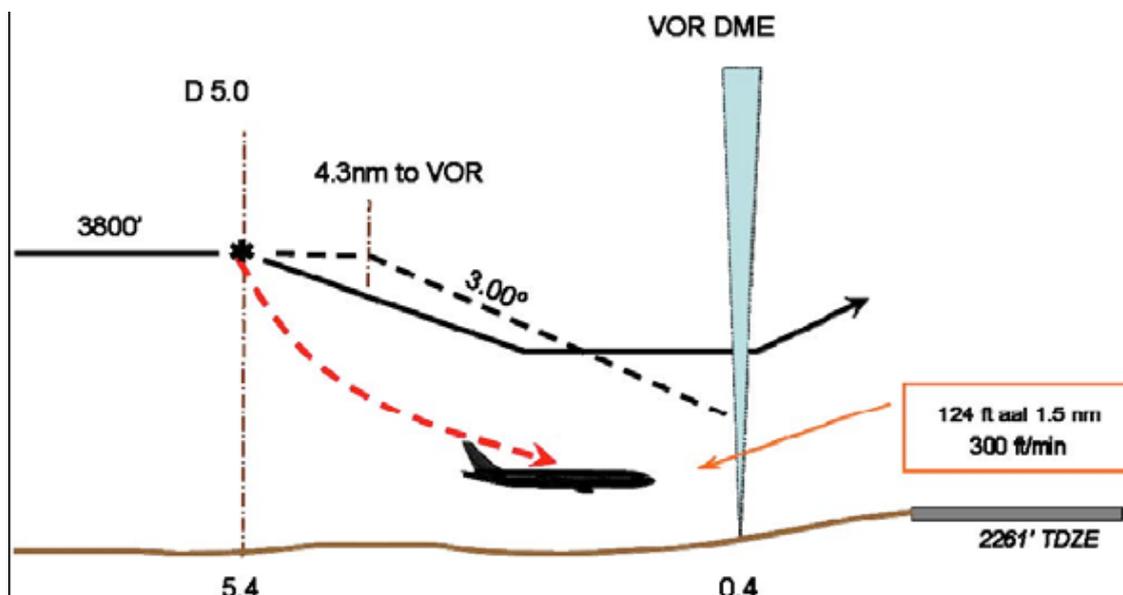


図-3. Vertical profile

進入方式のデザインにはいくつかの特徴があり、それらが事象を誘発した要因であったと考えられる。以下の項目は安全性に対しての潜在的な脅威であると考えられる。

滑走路進入端からの 3° Path 会合点は FAF ではなく 4.3 DME であった。クルーが FAF を 3° Path の会合点と勘違いして適切な Path の下方へ降下してしまった可能性がある。なお VNAV アプローチでも、FMS にスレッシュホールド通過高度と照合せずに DME の値を入力していたとすると、同様の不具合が発生する。

DME 局は滑走路進入端に併置されなかったが、もしクルーが DME の表示を滑走路進入端からの距離と誤解したのであれば 3° Path の会合点の 0.4nm 手前で降下してしまった理由が裏付けられる。更にチャートに描かれていたプロファイルが正確な縮尺でなく、滑走路進入端から 0.4nm に設置されている VOR/DME の地点がおよそ 1.5nm に相当するようにも読み取れ、クルーに違和感を与えていた可能性もある。

クルーが VNAV のプロファイルを参考に飛行していたか、または独自の換算表を使用していたかは不明だが、アプローチチャートには進入降下の参考となる DME と高度の換算表が記載されていなかった。

上記で述べた推理では DFDR で解析された航空機のたどった Path の説明が見つからないが、図-3 で示されている「弓形」の航空機の飛行した Path を表す点線（最初は急な角度で降下し、その後降下率を少なくしてフラットな Path に変わる線）はパイロットがブラックホール現象下で錯覚した時の典型的なパターンと言える。

夜間の Visual Approach

長い直進進入

僻地に位置している空港で周辺には町の明かりが無い

上昇勾配となっている滑走路手前の地形

ブラックホール現象下では通常より高い高度にいるような錯覚を誘発し易く、適切な Path より下方に降下航し、最悪の場合は滑走路の手前で接地してしまう結果となることがある。

教訓：

1. ブラックホール現象はアプローチチャート、Airport Briefing 等から事前にその存在の有無を認識することが可能で、クルー間で十分にブリーフィングする事により回避またはそれによる影響を軽減できる脅威である。
2. 正常な Flight Path からのずれが生じた場合に、相互モニターや PNF によるアドバイスが受けられないと危険な状況に陥りやすくなる。ブラックホール現象が存在するような時は PNF が PF と同じ Visual Reference で判断するのではなく、距離と高度の照合や VNAV Path など PF とは別の方法でモニターし、Flight Path は少なくとも 300 feet (1nm) 毎に確認するべきである。
3. EFIS の画面上には必ず Runway が表示されるように Range をセットし、Vertical Profile が表示可能な計器を装備しているのであれば、最終進入においては必ずクロスチェックを忘

れてはならない。

4. この事例の場合、パイロットが錯覚し適切な Flight Path から逸脱したのなら、相互モニターが不十分であったか、全く実施されていなかった事となる。

■ 事例-2： 昼間の IFR VOR/DME Approach

クルーは夜間、図-4 に示す VOR/DME での進入を開始したが、何故か FAF の 4nm 手前付近から降下を開始してしまった。当該アプローチの MDA は 470 feet であったが、降下中 540 feet、滑走路の手前 4.5nm で GPWS の「TERRAIN PULL UP」警報が作動したため、パイロットは降下を断念し回避操作を行った。図-4 は当該機のたどったプロファイル、図-5 は VOR/DME アプローチの経路を平面図で表している。

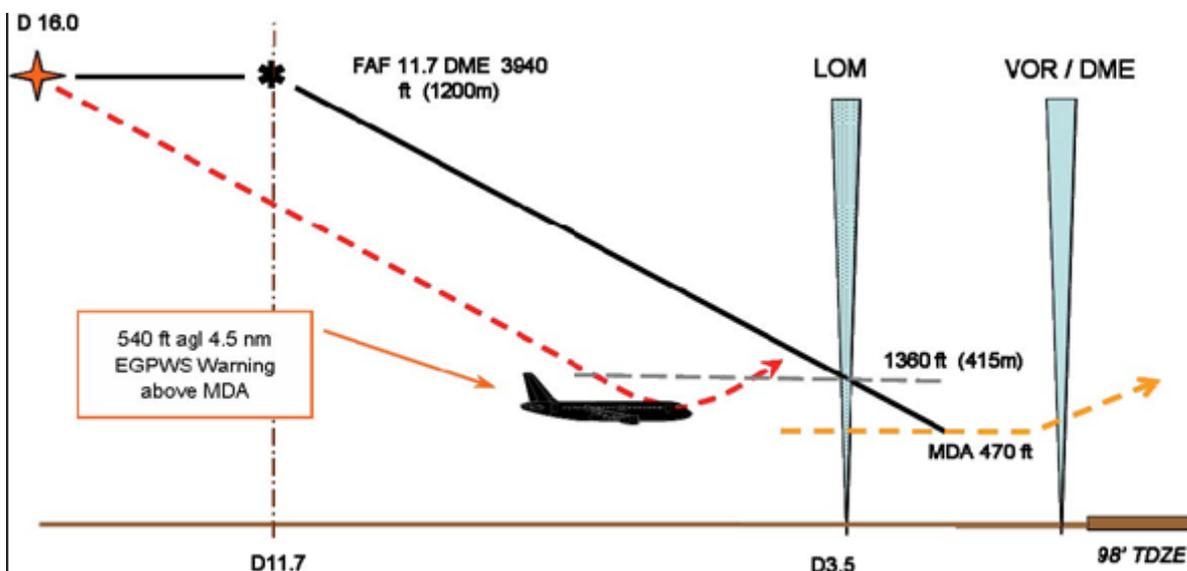


図-4. Vertical profile

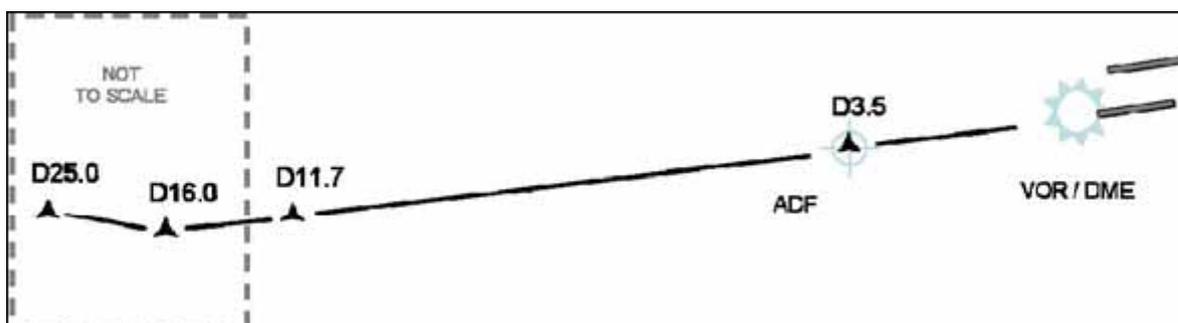


図-5. Approach plan view; dotted box.

以下の項目は安全性に対して潜在していた脅威であると考えられる。

- 当該エアラインはメートル高度で運航していた
- チャートに記載されている DME の値は滑走路進入端からの距離と整合していない
- チャートの縮尺が正確でない (図-5: 点線で囲まれている部分)

FAF が 11.7 DME で滑走路から離れたところに設定されている

図-5 の平面図に記載されている “D25.0” は IAF (初期進入 FIX) で “D16.0” が IF (中間進入 FIX) となっているが、使用されたチャートには明記されていなかった。

使用されたチャートの下方にはメートルとフィートの換算表はあったが、Fix には feet しか記載されていなかった。しかしこの事例で最も可能性が高いと思われる原因は、パイロットが 16.0 DME の IF を FAF と勘違いして 4.3nm 手前から降下を開始し、その結果、以下に述べるエラーを誘発したと推測される。

アプローチチャートに記載されている IF を FAF と勘違いしてしまった
FMS へのデータ入力ミス、もしくは FMS か EFIS の表示の読み取りミス

降下開始地点の確認を失念させた大きな要因として考えられる要素は：

機上の DME 表示とチャートに書かれていた feet/meter の換算表とを照らし合わせずに降下 LOM (マーカー) 通過高度を事前に確認せずに進入開始してしまった。

空港・使用滑走路を EFIS (電子飛行計器システム) 上に表示させていなかった

EFIS の Map 表示を 10nm スケールにしていたため、11.7 DME の FAF (滑走路から 12nm) の地点では滑走路が表示されていなかった。

EFIS に表示されていた ADF の記号を空港と勘違いし、そこに向けて最低高度までの降下を計画した。

教訓：

1. 単純なミスや誤解の発生は決して珍しい事ではない。この事例では両方のパイロットが同時に同じミスを指定待った可能性がある。これを防止するには、一枚のチャートでなく夫々のチャートでクロスチェックしながら注意深くブリーフィングする手順を定める必要がある。
2. メートル高度による運航など通常と異なる運航を行う際には十分に注意し、通常以上に相互モニターと確認行為を行うことが重要である。
3. 最終進入を開始する際は必ず EFIS に滑走路を表示させ、降下中は高度計と滑走路からの距離の比較を怠ってはいけない。(3° Path は凡そ 300 ft/nm)
4. 進入開始後は頻繁に自機の高度と滑走路からの位置関係を照らし合わせる事が大切で、高度のチェックポイントをマーカーや限定された地点の上空通過まで待つてしまうと、高度の異変に気付くのが遅れ、EGPWS の警報が作動する可能性がある。

パイロットは進入に際してのブリーフィング時に使用するチャートが最新版かを確認しますが、果たしてその記述内容を吟味し細かくチェックしているのだろうか？

■ 事例-3： 夜間 VFR (haze) VOR/DME、大型機

クルーは降下開始地点の 2nm 手前から降下を開始し、6.7nm の地点で 250 feet AGL まで降下してしまい「TERRAIN PULL UP」警報が作動した。機体を MDA まで上昇させて 1.5nm ほど水平飛行をしたが、「TOO LOW TERRAIN」警報が作動したため回避操作に移った。

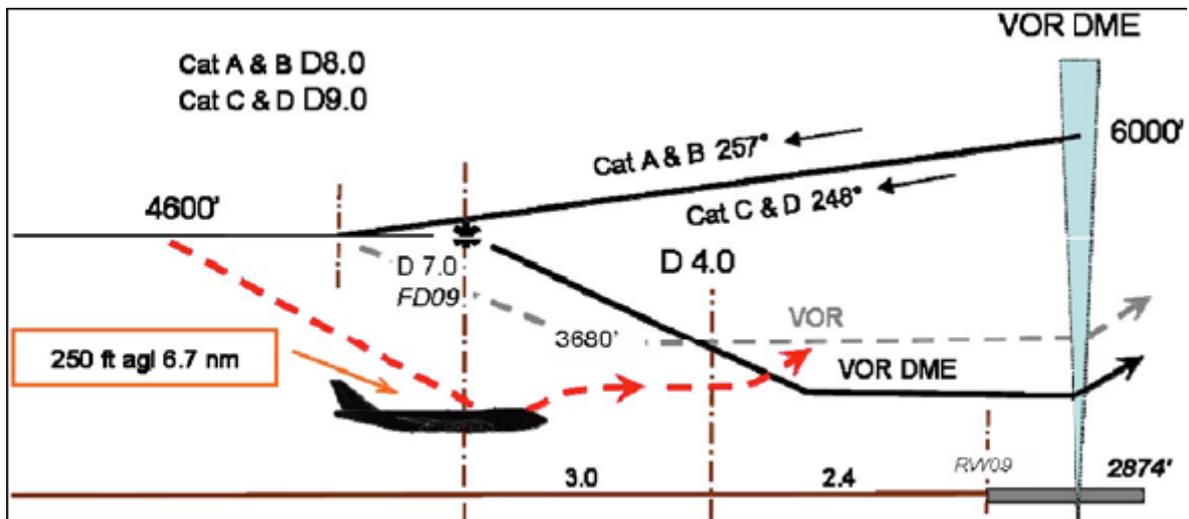


図-6. Vertical profile and erroneous flight path

図-6 はアプローチのプロファイルと機の軌跡である。

この事例でクルーが 9 DME で降下を開始してしまった誘因として以下が考えられる。

使用されたアプローチチャートは VOR/DME および VOR であったが、RNAV アプローチ用の Waypoint として「FD09、RW09」が併記されていた。

このアプローチでは本来 7 DME の FAF から降下を開始する事になっているが、チャートに記載されているカテゴリ C & D の方式旋回開始地点を表す D9.0 を降下開始地点と読み違えてしまった。

FMS で RWY 09 の FAF (D7.0) の Waypoint として登録されている「FD09」を DME 表示と誤解してしまった。

この VOR アプローチは DME を使用しない進入方式だが、RNAV アプローチに適用される数値が併記されていたため、方式旋回の上部に書かれている D8.0/D9.0 を降下開始地点と誤解した可能性がある。

以下のエラーやプロシーチャーからの逸脱行為が考察される。

クルーは故意に早めに降下を開始した

ブラックホール現象により錯覚状態に陥っていた。

クルーは FMS に登録されていたアプローチの Inbound コースに、9nm から滑走路の延長線上を飛行しようと考え waypoint 「089°/9」を追加したが、これを FAF の降下開始点と勘違いしてしまった。(図-7 参照)

クルーは遠方に滑走路を視認していたが、EGPWS が最初の警報を発した時に MDA まで上昇した進入を継続した。更に 1.5nm ほど飛行してからの 2 度目の警報に対し、クルーは回避操作を躊躇していた。

EFIS 上に滑走路を表示させていなかった。

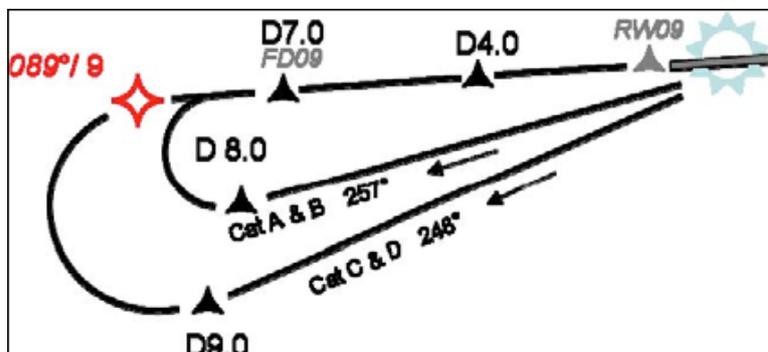


図-7. FMS / crew generated waypoint; erroneous descent point.

確認された事実：

距離・高度換算表が在ったにも拘らず確認を怠った

最初の EGPWS 警報が作動しても安全高度まで上昇しなかった

機は FAF 通過直後で 1,500 feet も低い MDA 高度で水平飛行に移っていた

クルーは非精密進入を飛行中していたが、500 feet AGL で作動する電波高度計の表示にも注意を払わず、状況の把握に関して緩慢だった。

教訓：

1. FMS のデータとチャートに書かれている内容を EFIS の表示と照らし合わせ、クルー間の認識に相違が無いことを確認する。
2. EGPWS 警報が発せられた際には直ちに定められた手順で安全高度まで上昇する。今回の事例では MDA が安全高度とは言えない。
3. 進入開始後は滑走路からの距離と高度を絶えずモニターし、チェックポイントで必ず適正な高度であるかを確認する。

■ 事例-4: 夜間 VFR. 誤進入. EFIS / FMS 装備機

夜間 DME Arc 経路を飛行し滑走路へのアライン中、7nm 先の滑走路を視認し降下を開始した。その後「TERRAIN」警報が発せられ、クルーは別の空港へ進入している事に気付いた。図-8 に機のたどった軌跡を示す。

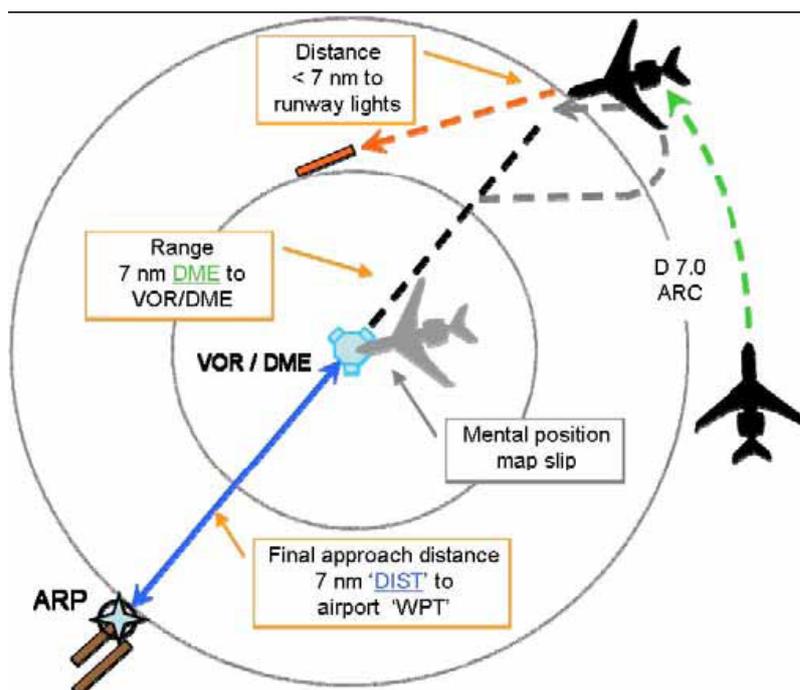


図-8. DME Arc procedure, wrong airport.

脅威とエラー

アプローチは7 DME の Arc で 1,620 feet まで降下し、その後 VOR/DME 局上を 1,600 feet で通過し7nm 先の滑走路に着陸する直線進入方式だった。なお Arc 経路の最終部周辺には繁華街があり、誤認した滑走路までの距離は7nm で最終進入の距離と同じだった。

夫々の滑走路の方位が近かった(30°以内)事と周辺の町の明かりによりパイロットが誤認し、次に示す項目がエラーを誘発した可能性が高いと考えられる。

倦怠感や疲労により注意力が低下していた可能性

- ▶ 時間経過と位置把握の認識力の低下
- ▶ 正確にアプローチを飛行する思考力の低下
- ▶ 機外の地形と計器の位置表示の照合不足または欠如。
- ▶ クルーの思い込みによる滑走路の誤認

クルーの思い込みを誘発した潜在的な要因として以下の3項目が影響したと考えられる。

- ▶ 類似した滑走路方位
- ▶ 方式旋回の高度と最終進入開始高度が殆ど同じ高度だった
- ▶ DME Arc の7nm と VOR/DME 局から滑走路までの距離が同じであった事による勘違い

もしクルーが FMS に登録されている通りに飛行していたならば、Arc 以降も問題なく DME 局上を通過し滑走路へと導かれたはずだ。しかしこの事例ではクルーの注意力が散漫だったことにより、計器に表示されていた情報が見落とされてしまったと思える。また、このアプローチ精通していることによる油断がミスの一因とも考えられる。

クルーは DME 表示 7nm が最終進入の降下開始地点だと言うことは理解していた。Arc 経路から滑走路方向に旋回を開始した時、DME の表示が 7nm になるのを確認し、同時に前方の滑走路照明を視認したことにより全ての条件が整ったと勘違いし、誤った滑走路を視認しながら降下を始めてしまった。しかし図-8でも分かるように、滑走路は DME 局から 7nm の所に在り、DME が滑走路進入端に設置されていたわけではない。

教訓:

1. 「いつもこうして問題が無いのだから・・・」と安易に考えないこと
2. 人間はストレスや倦怠感、疲労により注意力が散漫になり状況認識力が低下してエラーを起こしやすくなってしまふ。パイロットはアプローチを開始する前には注意力を集中し、進入・降下の計画を吟味しなければならない。
3. ビジュアルアプローチを実施する際は常に計器の表示とクロスチェックしながら機の位置関係把握に努め、目に入った照明により思い込みしないよう注意する。

■ 事例-5： 夜間 IFR - Obstacle

LOC DME アプローチを正規の Path より 250 feet 低めで飛行していた。これは約 1nm 手前から降下開始したに等しい。滑走路から 2.2nm の地点を 480 feet 通過した時に「OBSTACLE, OBSTACLE, PULL UP」が作動し 2 秒以内で回避操作が開始された。障害物はコースの下滑走路進入端から 1.8nm 手前の高さ 340 feet の建造物だった。

このアプローチの FAF は DME もしくは他の VOR と交差する方位線で構成されていて、DME が使用できない場合は MDA が高くなっている。なお DME 局は滑走路進入端から 0.8nm 遠方に設置されていた。このアプローチでは高度を確認するのは一箇所しかなく、その後は MDA で滑走路を視認して進入を継続するか進入復行するように定められていた。またチャートにはスタビライズアプローチの参考となる Path の記載は無くステップダウン方式でしかプロファイルが描かれていなかった。なお、高度の換算表もチャートに記載されていなかった。

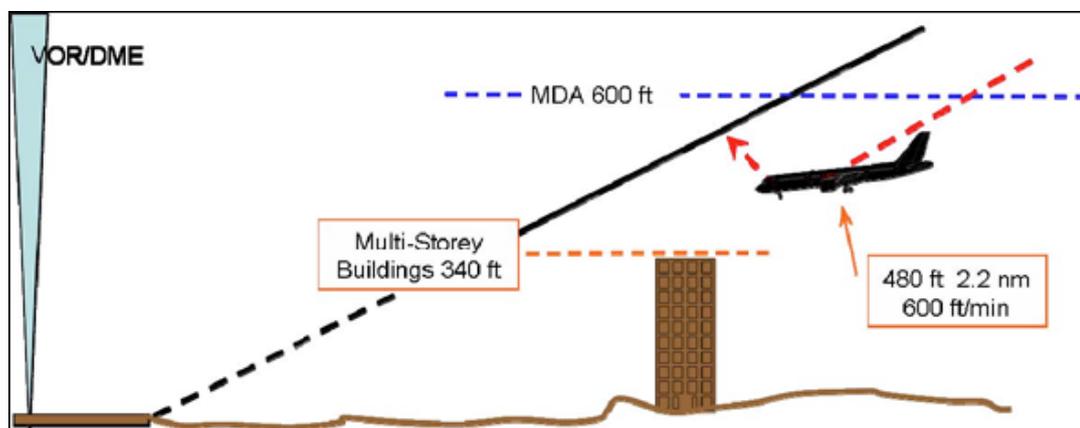


図-9. Night IFR. Obstacle warning.

クルーが高度換算表を使用していたのか若しくは早めに降下を開始し、機が低めの Path で飛行していた理由は明らかになっていないが、エラーに気付かずそのまま進入を続けていたならば障害物に激突していた。

MDA 以下に降下してから警報が作動した時に、クルーは霧の中にぼんやりと進入灯火が見えたと言っている。しかし、クルーが見間違えたのは滑走路手前の道路の街灯で、交差点等や信号機があたかも Cross bar や PAPI のように見えてしまったと結論付けている。

教訓:

1. 私の知る限りでは、この事例は初めての EGPWS OBSTACLE 機能が作動した事例だった。
2. 全ての EGPWS に OBSTACLE 機能を付加するには、内部の配線を数箇所変更することで簡単に改修が可能となっている。したがってエアラインは改修計画を進めるべきと考える。
3. 実施するアプローチの MDA と降下開始地点を正しく理解することは非常に重要である
4. 非精密進入では最終進入の正確な降下率と速度を維持することにより、Path から大きく逸脱を避けられる。したがって非精密進入を実施する前に綿密な計画を練っておくべきである。
5. 視程が悪い時は灯火を誤認し易くなるので、視認した灯火が何であるか慎重に判断し、思い込みしないよう注意する必要がある。
6. 滑走路を視認した直後に状況を正確に判断することは難しい。通常の場合 PNF が積極的に判断する事は無いが、もし仮に PNF が誤った判断をすると PF にもその影響を及ぼしてしまい兼ねない。したがって MDA 以下へ安全な降下を継続するには高度と滑走路までの距離を照合すると同時に機の針路と速度を確実にモニターすることが重要である。

■ 事例-6: IFR、非精密進入

パイロットは ILS アプローチを計画しブリーフィングを実施したが、降下開始後 IAF の直前で ILS の地上機器が故障したので、パイロットは進入方式を VOR/DME アプローチに変更し、再びブリーフィングを行った。

降下は通常の手順で開始され、安定したアプローチが確立していた。クルーは高度・距離情報の相互確認は実施していた。航空機は降下を続け高度 500 feet を通過した際、突然「TERRAIN PULL UP」の警報が鳴りパイロットは直ちに航空機を上昇させた。航空機はスレッシュホールドから 6nm の距離にあり、低飛行経路は 4nm 点での降下高度に相当するものだった。

NAA (National Aviation Authority) は様々なプロシーチャーの設計およびその認可に責任を有しており、NAA はチャート出版会社に対しマスターコピーを配布することになっていたが、チャート自体のフォーマットは特に指定していなかった。

ILS プロシーチャーにはスレッシュホールドから 0.1nm の DME 距離情報が使用される。

一方 VOR/DME プロシージャーは最終進入上 3.8nm の地点にからの DME 距離情報が使用される。

NAA は既に ILS と VOR/DME それぞれの進入方式につき別のプロシージャーを発行しており、それぞれ明確に降下地点が明記され、高度・距離情報の表も各チャートにて確認できる。VOR チャートには DME 距離情報、そして滑走路スレッシュホールドからのからの距離情報も提供され、FMS (VNAV) でそれらの情報は確認可能となっている。チャート、そして高度・距離表はそれぞれ明瞭である。各運航事業者により使用されるチャートや換算表は図-11 に類似したものと思われる。

バーティカル プロファイルは ILS と VOR/DME のプロシージャーそれぞれを融合させた形で、さらにローカライザーグライドスロープ故障時で ILS DME 使用可能の場合のプロシージャーも含まれている。

高度・距離表もまたマスタープロシージャー表との融合型であり、各々該当する DME 局からの距離を提供している。ただ LOC と VOR/DME 進入方式の距離情報は提供されているが、ILS の記載は無いため、パイロットは ILS の距離情報は LOC のそれと同等だと考えなければならない。表は水平方向に LOC と VOR/DME の別に区切られていて、それぞれ該当する高度と距離が対になって記載されている。

アプローチチャートにはその他、3 つの進入方式について広範囲にわたる情報が記載されている。明確さを欠くかもしれないが、チャートはその他類似するプロシージャーに使われたものを融合したものであった。

高度・距離表のフォーマットの形式は安全性を向上させ脅威要素を減らすと同時に、情報の誤読エラーの危険性を生むきっかけにもなっている。高度値は気圧設定、そして接地点上の高度と 2 種類の数字で示されている。これはパイロットの思考を散々させ情報の把握を遅らせるとともに思考上の仕事量を増やす結果となる。同様に VOR の DME 情報に見られる「BEFORE」や「AFTER」の注意書きも複雑さを増す要因の一つである。どの様なエラー防止のための数値も結果的に思考上の仕事量や読解の難易度を増すものであってはならない。

表には距離情報が高度情報の上に表示してある。事例-2 で紹介された様に、距離以前に高度情報を考慮することが、進入飛行経路を監視する上で重要不可欠である。よってこの表のフォーマット形式ではパイロットに距離情報を高度情報以前に優先するという先入観を与えかねない。さらに言えば上段の LOC の距離情報の方が、下段の VOR 距離情報に比べて重要であるという優先順位を付けさせてしまう可能性がある。パイロットは通常チャートを読むにあたり上から下へと読むため、下方に行けば行くほど飛行する進入方式のを理解するのに集中力を要し、それに加え VOR の情報をチャートの下方に探す努力が必要となってくる。

進入方式の合併記載およびチャートフォーマットは、恐らく出版側の印刷枚数の利便性を求めている結果であると推測がつく。

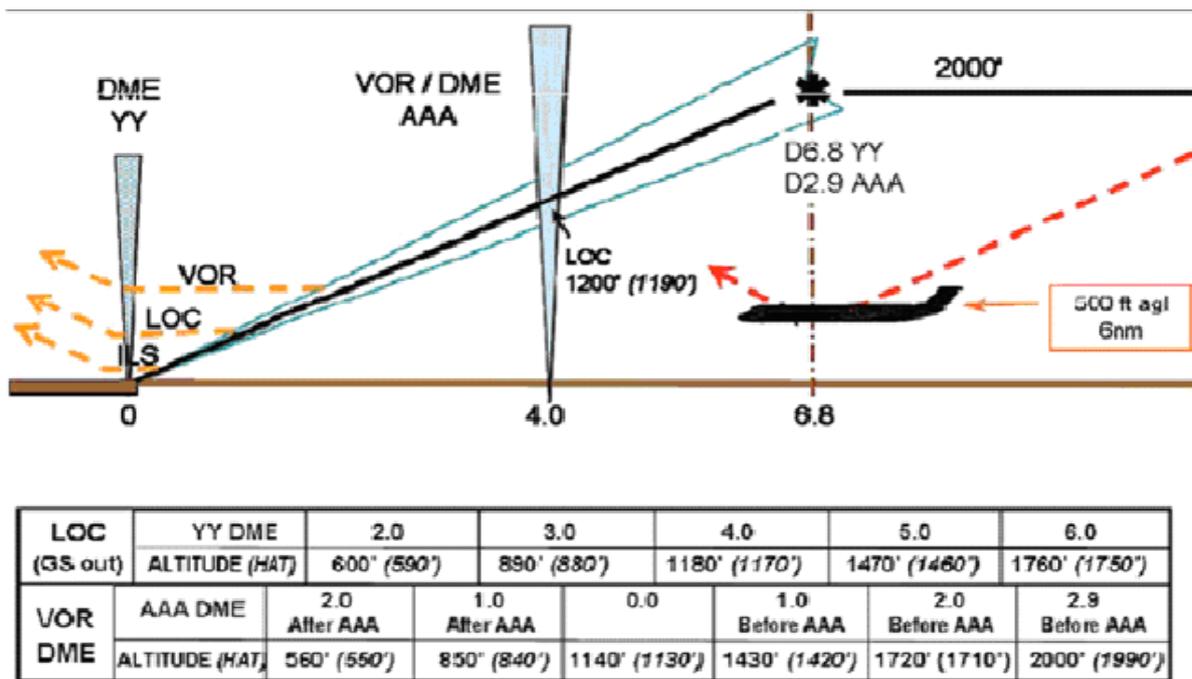


図-11. Combined ILS, LOC (GS out) and VOR DME Procedures.

最も可能性のあるシナリオとして、降下は VOR から 2.9nm の代わりに 6.8nm の距離で開始されたのだろう。パイロットはその後 DME を ILS から VOR に再度設定し直すことには成功したが、想像上での自らの位置を DME の情報と合うように 4nm 移動させることには失敗した。結論としてアプローチチャートに慣れておらず結果として LOC (GS out) の高度・距離情報を VOR/DME 表と見間違えて監視用を使用した。進入は一見安全かつ正しく行われているように見えた。

このような違う表の距離・高度情報を使用するといったエラーはそれぞれを別の 2 枚のチャートにする、もしくは改良されたフォーマットの使用などによって未然に防げたはずである。

教訓:

1. 遅い段階での進入方式の変更や即急なブリーフィングは、パイロットのエラーを誘発させる脅威となる。
2. 複数の進入方式を併記しチャートの簡素化や効率性を重視することは、パイロットにとって潜在的な脅威となってしまう。
3. 監視(モニタリング)は正しい情報と照らし合わせることによって初めてその効果を発する。

考察と要約

脅威とエラー: 分析結果は日々の運航の中に潜在している数多くの脅威とエラーを確認している。大半のパイロットは殆どの場合それらの脅威を上手く管理し、エラーの発生傾向のある行動をとらないように気を付けているが、ある事情もしくは特定の状況のもと、脅威とエラーが人間の制御能力を超えることがあり、そのような場合テクノロジーによる解決が必要とされる。脅威が地表や障害物への異常接近に関する時、

TAWS はパイロットに警報を発するが、最終的にはパイロット自身が警報の発せられる前後どちらにせよ、それらの脅威マネージメント、及びエラーの防止に対しての最終責任がある。

インシデントにおける脅威は大きく 2 種類に分けることが出来る：一つは普段の運航形態の中に見られるもので単独で過度のリスクを伴わない脅威。二つ目は特定のフライトで特定の条件のもと存在する脅威で、こちらも単独で特別考慮の必要の無いもの。ただしこれら 2 種類の脅威が同時に存在する時にエラーの可能性は著しく高上する。

既存する脅威： 空港の立地条件によるブラックホール現象の影響度、進入チャートの高度・距離表の欠如、不明瞭なプロシージャやチャートのレイアウト又は縮尺度、チャートのフォーマット、非精密進入方式での運行、そしてオフセット DME 距離情報
特定の状況下で発生する脅威： 夜間、I F R、終盤での計画の変更、警報や警告に対する適切な対応の欠落

既存する脅威状態は全て管理監査などや、パイロットの自己警戒により認識することができる。リスク管理の査定課程において注意すべきはそれら以外のリスクを倍増させ得る状況である。例えばブラックホール現象傾向の強いとされる滑走路は夜間には重大なリスクを伴う。同様にチャートに不慣れな状態で非精密進入を飛ぶ事も著しくリスクを高める要因となる。全ての状況下において、潜在的脅威又はそれら以外の脅威が確認された場合には直ちに報告され、削除され、そして未然に防がれるべきである。パイロット自身が最後の砦として潜在的脅威の状態を認識することは非常に重要である。それには、注意深い配慮や正しい飛行経路を保持するためのスキャンパターンの確立、そして様々な脅威状況の下に隠れるリスクを未然に防ぎ、若しくは削減するためのパイロットの決断が必要になってくる。

これらのインシデントで紹介されたパイロットの犯してしまったと分析・推測されるエラーは全てある事情や条件、パイロットに確認されず間違った処置を施された脅威状況に起因するものである。パイロットは置かれた状況そのものを理解しなかったか、もしくは理解していたとしても与えられた状況に対して間違った処置方法を取ったといえる。

状況を把握していると勘違い・状況認識の欠如： このカテゴリーに含まれるエラーは視覚的錯覚、視覚的なヒントやプロシージャ(チャートや SOP)の解釈違い、または正確な思考モデルが確立できずに自機の位置を勘違いするなどがある。これらは思考過程に起因するエラーであり、言い換えれば私達が何を考え、いかに考え、何に焦点を合わせ注意を払い、何故それを重要と考えるのかということである。

不適切な対処方法の選択： エラーの殆どは単なるつまらない間違いや失敗、又はうっかりミスなどであり、多かれ少なかれ怠慢な訓練や自己の鍛錬不足などによるものである。それらは思考認識の不十分な統制、すなわち私達の思想を司る部分に起因する。例として自己訓練、二重確認、時間管理、先入観を無くしそして結論を焦り過ぎないことだ。

全てのエラーは自己もしくは相互確認により検出されるべきで、同じ思考モデルを共有するためのコミュニケーション、事実の相互確認とそれらの理解、そして飛行経路や自らを含むクルー全体の相互理解状況の監視などの CRM スキルを要する。通常の運航の中でエラーが発見された場合には直ちに報告されるべきで、その結果起因する事由が特定、見極め、そして根拠付けされれば安全な対抗策を打つことができる。クルーはエラーについて率直に話し合い、加担した要素とエラーの発見と回復のメカニズムを見極めるべきだ。良い意見、それほど良くない意見、興味深い事実や未知の事実、そして発生した原因に注目すべきだ。各個人がエラーに対する理解を深め、それらの生じた状況や状態脅威もしくはエラーに繋がったかも知れない行動を明確にするためにセルフブリーフィングを行うことは絶対に不可欠なのだ。エラーは学習の源で、価値ある経験を積む絶好のチャンスでもある。

監視行為： 監視行為は脅威&エラー管理において不可欠な側面の一つであるにも関わらず、紹介した全てのインシデントにおいて、どういうわけか機能しなかった。あるインシデントでは、情報の不足(高度・距離表)もしくは EFIS MAP など提供されていた情報を適切に使用出来なかったためであった。これらの問題への解決には的確な情報を提供するという組織的な動きに加え、クルーがそれらの情報を有効に活用する姿勢が大切である。

監視行為は正確かつ明確に行い、上手に適用または実施されるよう訓練そして演習されるべきである。効果的な監視行為とは完全に独立したものであるべきで、双方のパイロットが同じ情報源を使って相互確認していたのでは少しの意味もなさない。このことは降下 Path のコントロールの際にも重要であり、例えば PM (Pilot Monitoring) がアプローチの際に高度・距離情報をコールアウトするにしても、PF (Pilot Flying) に誤った情報を伝える、若しくは情報の源となるもの自体が正確でなければ全く意味を成さず独立した監視行為とは言えない。独立した監視行為とは、まずアプローチブリーフィングの段階から始まり、各パイロットはそれぞれの当該アプローチ計画の理解に基づいてチャートの細部を相互確認する。ブリーフィングは思考上での飛行計画の立案で、相互確認する内容を明確にするための手法である。クルー間で共通の認識と理解を共有するのも勿論だが、状況に最も適した思考モデルであることが最重要と言える。

状況認識： 人には無意識のうちに内心ひそかに「こうなれば良いのに・・・」と想像する傾向がある。つまり通常予期している事についての対処方法を優先するが故に、理論に基づいた思考や判断を蔑ろにしがちでなる。従ってクルーはそのような思考回路を上手くコントロールし、常に「何が?」「いつ?」「何処で?」「どうして?」「どの様に?」といった自己質問を早期の段階でする必要がある。紹介した全ての事例で、クルーは自機の滑走路、高度、距離、時間に対する状況を正確に把握できていなかった。

判断は目的を明確にした上でくださるべきで、進入と着陸の目的は滑走路に安全に着陸することである。つまり状況把握プロセスで注意しなければならないのは、滑走路と自機の相対的な位置関係の情報で、進入中は絶えず変化する滑走路と自機の位置情報を更新し続けなければならない。また EFIS 等の画面に滑走路を表示さ、Vertical Display に注意を払い、進入出発の際には TAWS の TERRAIN Mode を選択するべきである。

ストレス： TAWS の警報は予期しない時に作動するので、クルーにとっては驚きとストレスの原因となる。パイロットはまず正確に状況を認識しようと試み、さらに驚きやストレスの影響で回避操作に遅れが生じてしまう。

TAWS の警報が作動した時は躊躇せずに回避操作をとることが重要となる。パイロットの回避操作スキルはシミュレーター訓練で付与し、不意でストレスの多い状況下で行うことによりその効果は向上する。ディブリーフィングで、クルーは訓練中の TAWS 警報は前後関係が矛盾していて、自分達は正しい自機の位置を把握していて地形的脅威は無かったと主張するかもしれない。しかし、その様な主張に対しては「まさにその考えが全てのインシデントで紹介されたクルー達が固執していた可能性のある誤った先入観的思考状態であり、『TAWS 警報の誤作動で、自分達の誤りではない』と彼等は自機の位置認識が正しいと信じ込んでいたのですよ」と言えばよい。訓練を行うにあたり訓練生のこのような思考、および操作前に現在状況を把握しようとする願望を取り除くことは絶対に不可欠なのだ。回避操作は躊躇無く行われなければならない。マニュアルの回避手順の記述の中で、「もし視覚で～」や「もし位置について確かであれば～」などの、以前よく GPWS に見られた表現は避けるべきである。何故なら、状況判断に要する思考の時間及び精神力が更にクルーの回避操作を遅らせるからである。クルーは全ての警報に対して当該状況を考慮せずに直ちに反応しなければならない。詳しい状況確認は飛行後のディブリーフィング課程において全て明らかになる。

結 論

これまで紹介した 6 つの事例は、結果的に安全を保てたわけで、単に「ラッキー」だっただけで手放しでは喜べない。全ての事例で使用されていた航空機は現在の最先端の技術を導入した機材だったのにも関わらず地面衝突の危険に晒された結果となっていた。殆どのケースで、クルーは明らかに自機と滑走路の時間及び距離的な相対関係を認識しておらず、その内 2 つのインシデントにおいて航空機は超低高度で飛行し、滑走路から 1.5nm の位置にも関わらず着陸しようと試みていた。また障害物警報が作動した事例は、その運航事業者の保有する機材で唯一、障害物モードが装備されていた入れられていたその航空機で発生したインシデントだった。

■ 事例 7： 夜間ビジュアルアプローチ

クルーはビジュアルアプローチのブリーフィングを行い、高度計を空港の標高より約 1,500 feet 高い 4,200 feet にプリセットした。空港には ILS が装備されていて RNAV アプローチも設定されていた。滑走路から 10 nm の地点を降下中 5,300 feet で TAWS 「TERRAIN AHEAD」警報が発せられた。前方 1,500 feet 下方の地形をクリアできないためであった。しかしクルーは降下を継続し 4,600 feet で「TERRAIN PULL UP」警報が発せられた。クルーは一旦水平飛行を実施し障害物とのクリアランスを視認した後更に進入を続けたと後に証言している。さらに目視飛行を続け、ILS Glide Path に会合するまで「TOO LOW GEAR」の TAWS 警告も発せられていた。EGPWS の記録にはクルーが思った様な水平飛行は確認されず、彼等が飛行していると信じていたより随分下方を飛行した記録が残っていた。データで確認されるところによると、最小対地間隔は 500 feet で、最も高い 4,180 feet の障害物からは、300 feet 以下の間隔しか保てていなかったことが分かつ

た。飛行経路のプロファイルは図-12 の通りである。

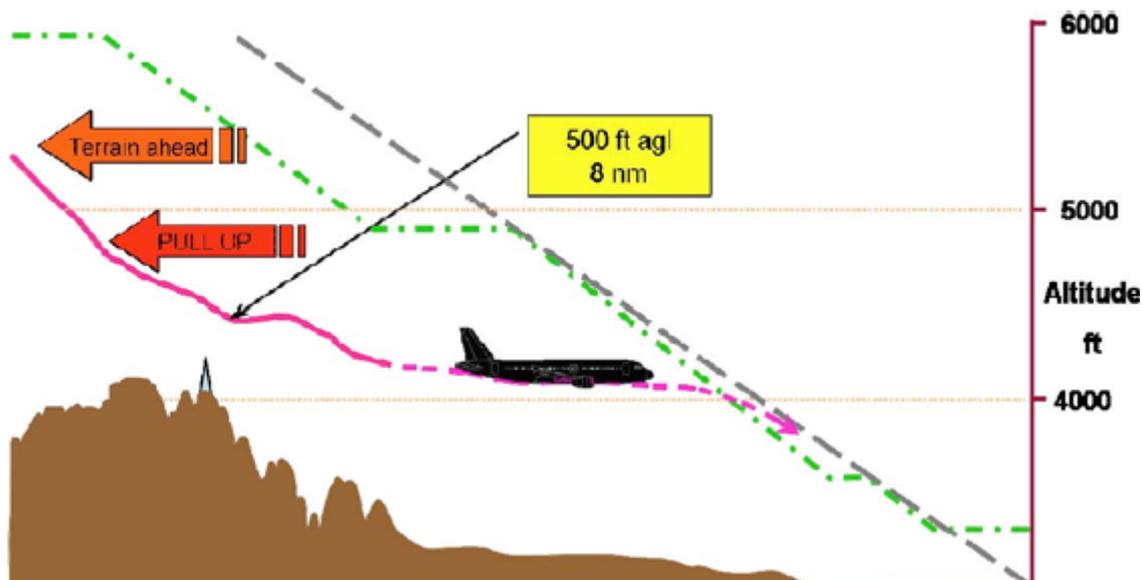


図-12

分析結果により以下の 3 通りのシナリオが考えられる:

高度計の設定ミス。高度誤差は 1,000 feet から 1,500 feet 程。このシナリオの可能性は捨てきれず、クルーの安全な飛行経路であるとの認識を助長したかもしれないが、このインシデントの主要因とは考えにくい。

距離情報を誤認し、開始地点より 5nm も早く降下を開始してしまったというシナリオ。しかし DME/TACAN はスレッシュホールドから 0.5nm 以内の位置にあり、数値の読み間違いをしても大きな相違とは考慮されない値である。なお、空港周辺には間違えうる他の DME 局は存在しない。クルーが視覚的錯覚に陥り、その結果早期降下開始となり次第に低飛行経路を助長したというシナリオ。このインシデントにおいてブラックホール現象の起こりうる条件は存在しており飛行経路は特徴的な弓形になっている。結論としてこのシナリオがクルーの経験した最も見込みのあるシナリオと言える。

教訓:

夜間飛行は絶えずブラックホール現象の脅威に曝されていると言える。

幻想は同時に両方のパイロットに影響を及ぼし事がある。この状況下では上下の感覚が無くなり、パイロットが機外の風景だけで TAWS 回避操作を判断する事ができなくなる。

昼夜を問わず、ビジュアルアプローチする際には相対的に位置と高度を比較する手順を SOP として定める。

精密進入方式が設定されているのであれば、ビジュアルアプローチであっても有効に活用し計器の表示をモニターする。

Vertical Path が表示される機器を装備しているのであれば、ビジュアルアプローチであっても参考にする。

アプローチブリーフィングでは飛行する各セクターの最低安全高度を考慮する。

TAWS “Obstacle Mode”の活用(事例-5 参照)

5nm of the airport.

早めの MCP 高度プリセットは控える。4,200 feet は空港から 5nm 以内での安全高度。

ビジュアルアプローチする際は EFIS に必ず滑走路が表示されているように Range を調整する。

クルーは TAWS の警報が作動した際は躊躇せずに回避操作を行う事。

■ 事例 8： 夜間ビジュアル～二度の対地接近

空港には計器進入及び RNAV アプローチが設定されていたが、クルーはビジュアルアプローチを選択した。DME ARC 進入経路に沿って進入中、航空機は初期進入高度の 6,800 feet を下回って飛行していた。ARC 経路のベースターン付近は空港から 14 nm の地点で、副操縦士側の窓から 70 度右前方に見えていた。高度 5,000 feet (約スレッシュホールド+2,800 feet) を 1,100 feet/min で通過した際、TAWS の「TERRAIN PULL UP」警報が発せられた。後に ND (Navigation Display) マップ上に Terrain 表示がポップアップし、画面全体が赤色に変わったとクルーが報告している。クルーは直ちに降下を止め上昇し、EFIS の Terrain 表示は徐々に警戒レベルの低い色彩に変化して始めた。しかし、クルーは何故警報が発せられたか理解できず、警告は誤ったものであると憶測したことはほぼ確実な推測される。なぜなら最低扇形高度は 8,400 feet で、航空機は依然その 2,000 feet も下方を飛行し続けていた。その後再び降下を開始し、高度 4,400 feet を 1,300 feet/min で通過しながら最終進入コースへ変針した。その後さらに降下率を 2,100 feet/min に増やすと、今度は「TERRAIN AHEAD」警報が発せられた。クルーは EGPWS の TERR スイッチを OFF にして進入を継続した。この時点で地表との間隔は 1,000 feet で更に 700 feet に迫っていた。他の多くの EGPWS の警報機能を OFF にしても、GPWS のモード 1～7 は依然有効機能として残る。よって当該クルーが TERR OFF を選択して間もなくモード 1 機能による「SINK RATE」警報が発せられた。飛行経路のプロファイルは図-13 の通りである。

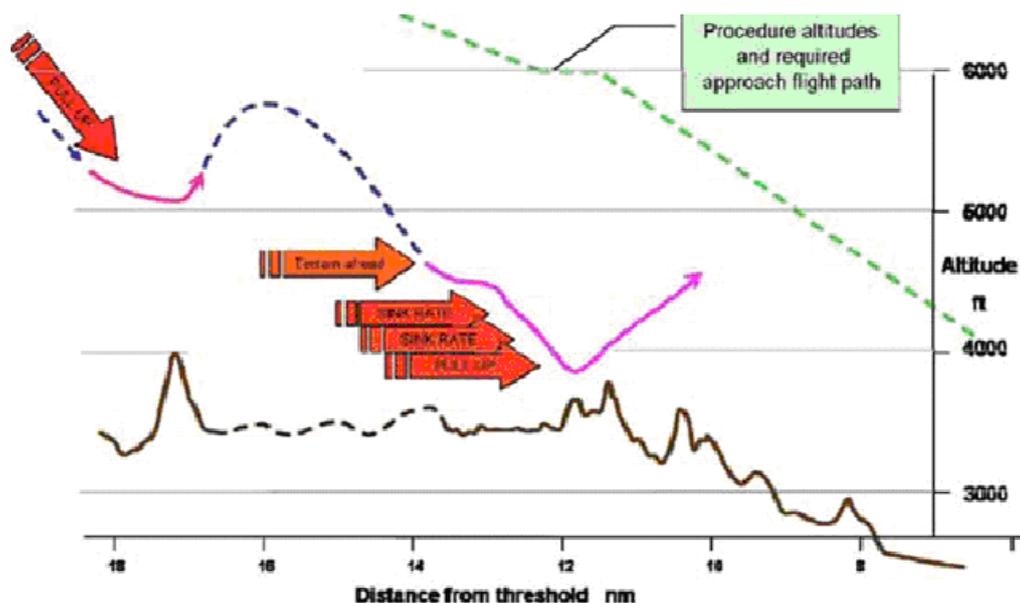


図-13: Two encounters, EGPWS and GPWS

降下は更に 2,000 feet/min で継続され対地間隔 420 feet (電波高度計の高度) の地点で継続的な「SINK RATE」「PULL UP」警報が発せられた (Mode 2)。クルーは二回目の警告シリーズが発せられてから約 30 秒後、ようやく警報従い回避操作を開始した。その時、機体と地表面の間隔はわずか 160 feet しかなかった。

クルーが状況を正確に認識していたかは、限られた情報量のため断定するまでには至らないが、当該クルーに影響を与えたと考えられる疲労、訓練、最近の飛行経験などのヒューマンファクターの要因は見当たらなかった。またクルー自身による飛行及び各操作の意図の説明も得られなかった。しかしながら、以下の要因がこのインシデントに加担した要因だと考えられる。

クルーは飛行場を視認し続けが、双方ともブラックホール現象に陥っていたという仮定シナリオ。錯覚が起こるのに必要な条件は全て存在しており、さらに弧を描きながらの進入であったために最終進入経路に差し掛かる前の滑走路との位置関係なども、更なる悪影響を及ぼした要因となった可能性がある。図-14 と図-15 は初期警報の段階での景観をグラフィック再現したものである。



図-14. Night scene – apparent safety.



図-15. Reality.

クルーが高度計の高度計の設定を誤ったか、間違っただけを用いていたという仮定シナリオ。初期段階の高度誤差は 1 インチの高度計の設定違いの際に生じる誤差に近い。(例えば 29.77 を 28.77 の代わりに設定する)あるいは飛行場での値は 28.92 だったのにも関わらず当該進入に際し標準値 (29.92) が選択された。どちらの場合にせよ航空機は最低でも指示高度の最低 1,000 feet 下方にあったことになる。

航空機は DME ARC とほぼ同様の進入経路を飛行していたため、飛行場からの距離を誤解したとは考えにくい。管制官から早い段階でビジュアルアプローチが許可され、その時点で 4,300 feet (9.3nm 以内) しか安全は確保されていない)まで降下可能との誤った判断を招いた可能性はある。クルーはこの許可によって自機の位置の相互確認無しに早期降下を開始したか、あるいはビジュアルアプローチを継続し距離に関して少なく見積もってしまったかである。これと同様の状況認識は最終進入にも見られる。図-16 と図-17 はクルーが実際には要求されたグライド Path の 2,000 feet も下方に在ったのにも関わらず、高い降下角を用い彼等の正しいと信じ込んでいた降下飛行経路に戻ろうとし発生した二度目の警報時の再現グラフィック図である。このクルーの動作分析は飽くまでも推測の領域のもので、このインシデントに関しての乗員報告書やディブリーフ

書類、又は調査書類なども入手できなかった。

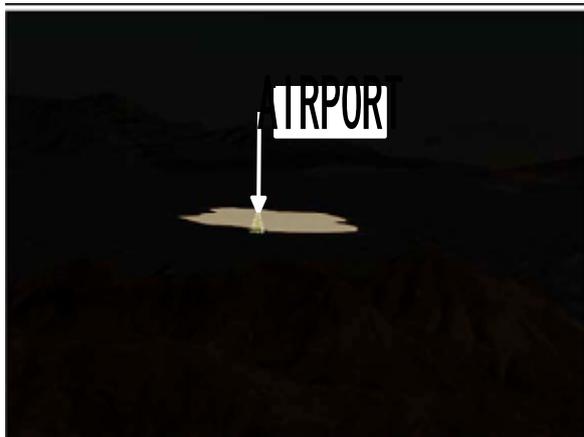


図-16: final approach – black hole.

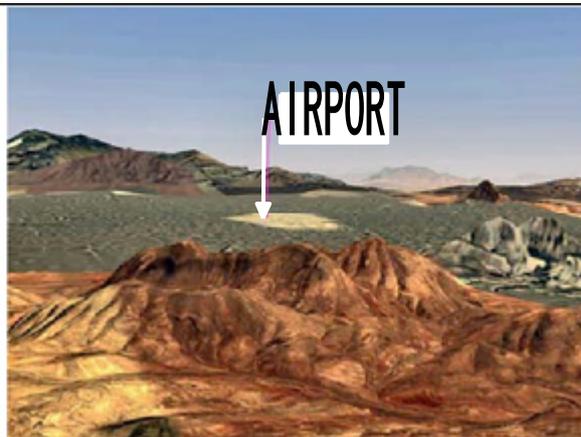


図-17: reality.

事前に予測できる情報なしに突然 TAWS 警報が作動するば、クルーが驚き慌てるのは当然の反応と言え、この事例で ND マップ上に Terrain 表示がポップアップし、画面全体が赤色に変わったの報告からも伺える。もし降下前にクルーが EGPWS TERRAIN スイッチを ON とし、色が徐々に対地接近警戒レベルに変色していく様をモニターしていたならば、驚きやストレスは軽減されるのではないだろうか。

当該クルーは安全高度まで上昇し状況を分析しようとしなかった。何がクルーの誤った状況認識を支えていたのだろう。警報後も自機の位置や高度を全く疑うことすらしなかったのだ。このような状況認識を支える強い要素は、滑走路が視認できるという視覚情報、または高度計の指示高度などの計器類の情報だったと思える。よって視認錯覚や高度計の誤設定、あるいはそれら両方の要因の組み合わせが双方のパイロットに安全な状況であると誤解させたと考えられる。

さらに最初の機首上げ回避操作時に EFIS ND 画面の地形色が逆に変色してゆくのを確認することで、クルーの認識が正しいと確信した可能性がある。

クルーが EGPWS 機能をオフにした明確な理由は解明されていないが、もし当該クルーが以前に FMS マップシフトや航空保安施設の障害による誤った TAWS 警報を経験していたとしたら、無意識の内にも TAWS は時に意味も無い誤警報を発することがあると間違えた所信を持っていた可能性がある。クルーの高度に関する誤った認識に加え、最初の警報は意味の無いものであるとの所信により重要な警報システムのスイッチを切ってしまったと推測することができる。

もし管制官が早い段階で進入の許可を発出していたとすれば、そのクリアランスによってクルーは同時に更なる降下も可能であるとの誤認識を持ち降下を継続した可能性がある。この飛行場では航空機が最終進入経路にあっても、9~10nm の地点で進入・降下のクリアランスを発出することがより安全な方法だといえる。しかし、DME ARC プロシージャールの際中に滑走路から 14nm 以遠の段階で航空機にクリアランスが発出されれば、それによって間違った状況安全認識を与え、早期降下を開始してしまう恐れがある。

なお、最低扇形高度警報 (MSAW) の未運用、VNAV 進入方式選択を選択しなかったこと、そして偶発的に利用可能であった GPWS モードの存在が安全の論点として上げられる。

当該飛行場は大きさも場所も最低扇形高度警報が装備されていると期待できる飛行場であり、よってインシデント7で紹介した MSAW の評言と観測がここにも適用される。

VNAV アプローチは利用可能であった。VNAV アプローチの Waypoint は QNH データに基づく気圧高度により構成されているので、いくら VNAV アプローチが一般的に非精密進入より優れた安全マージンを有していると奨励されていても、結局はクルー自身による正確な QNH 値の設定、及び高度と距離の相互確認に大きく依存している。QNH の設定誤差は FMS VNAV の Path 計算に影響し、双方の高度計表示の相違などにより潜在脅威は倍増する。高度計の誤設定は適切な SOP を使用し、真高度として画面に高度が表示されるよう TAWS が内蔵された GPS を使用していることを確認することで軽減される。

EGPWS が使用されていない際に有効な GPWS は二つのセーフティーネットをパイロットに提供している。一つは EGPWS の警報を誤報だと勘違いし OFF にした状態でも警報を発してくれる。二つ目として GPWS Mode-2 は機体が着陸体制(ギアとフラップ)として整っていない場合に「PULLUP」警報を発する。この事例ではギアは降りていたがフラップの設定は完了していなかった。つまり、「SINK RATE」の警告に重ねられて発せられた「PULL UP」警告が強調され最後のヒントとなり、当初の所信を捨て回避操作を間一髪のところまで開始できた可能性がある。「PULL UP」の警告無しではクルーは機首上げ操作を行わなかったであろうと推測するには証拠不十分であるが、クルーは進入中に「SINK RATE」の警告を再三無視し進入を続けた。

事例から学ぶ教訓:

1. 乗員には TAWS システムに関して、ディスプレイに表示される地勢の色が意味する正確な知識が要求される。
2. EGPWS は従来の TAWS と比べ、精度が向上している。
3. 降下中いずれか片方の TAWS を EFIS ND 画面に表示し、進入開始後は地勢情報をモニターする。PEAK MODE が装備されている場合は PEAK MODE を使用する。
4. 警報が作動した場合は直ちに空域内の安全高度まで上昇する。相互のパイロットが高度計をミスセットしていたとすると、進入方式で定められている高度は必ずしも安全な高度とは言えない。
5. 高度計は夫々が独自に確認してセットし、相互の高度計に示されている数値を比較しながらクロスチェック要領を SOP に明記する。
6. 進入中に TAWS が作動した場合、原因を究明すると同時に管制へも通報し高度計のセット値と時機の位置を再確認する。EFIS の画面には必ず滑走路を表示させ、電波高度計の値が FAF 手前で 500 feet 以下でないことを併せて確認する。
7. システムの誤作動と判断して安易に TAWS のスイッチを切るのではなく、警報作動の原因を究明する。
8. TAWS 回避操作の例外として、「もし目視で地表が確認でき…」と言うような記述は乗員の危機感を緩慢にするだけでなく、幻覚に陥ってしまった時の最善の対応とはならない。

論 点

最近のインシデントは夜間における有視界飛行進入が航空機の運航に多大なリスクを生じさせるとの傾向を物語っている。特筆すべき危険要素は人間のブラックホール現象に対する弱さであって、さらに双方のパイロットが同時にこの現象に陥ってしまうことも考えられる。主要なエラーはクルーが TAWS 警報に対して躊躇せずに回避操作を実施しなかったことである。このようなクルーの行動を誘発する潜在的な要因があるとすると、ACAS、ウィンドシアおよび RAAS (Runway Awareness and Advisory System) など他の警報が発生した時でも、クルーが今回と同様の反応をする可能性が考えられる。クルーの誤った状況認識や操作手順を誘発した要因には不十分な知識、過去に体験した機器の誤報に起因する誤った先入観、そして QNH の設定、相互監視、および回避操作手順における条件文などに挙げられるプロシージャ全般の不備などが考えられる。

結 論

今回紹介した事例では TAWS は適時に警報を発していたが、乗員が十分な注意を払わなかった。クルーの不適切な対応により安全に対しての余裕がなくなり、更に望ましくない状況へ陥ってしまう結果へと繋がってしまう。

TAWS は迫る「危険」を視覚で感知させてくれるが、乗員はその対応方法には熟知しておかなければならない。

TAWS は警報を発するだけで、誤った回避操作を修正する機能は無い。あくまでも乗員の適切な判断と正確な回避操作が要求される。

TAWS を使用するにあたり、パイロットは事前に訓練を受ける必要がある。訓練することでクルーは容易に脅威やエラーの起こりうる状況を認識できるようになる。さらに情報共有の文化、及び自己の失敗を報告しても非難されることのない環境を築き、日常の運航に潜在する脅威の削減及び排除に取り組まなくてはならない。

革新的な技術の向上により CFIT 事故の発生率を大きく減少させることができたが、決して油断してはならない。今後も航空界全体で安全の維持・向上を目指し、永続的に取り組んでいく必要がある。

THE PROTECTION OF SAFETY INFORMATION:

A SUCCESS STORY

Captain Daniel Maurino

Flight Safety and Human Factors Programme, ICAO

1. 背景

国際民間航空の目覚ましい安全記録は主に次の 3 つのキー・ファクターに負うところが大きい : a) 航空関係の組織とそのスタッフの安全に対する献身 : b) 安全情報の開発と自由な交換に基づく継続的な学習プロセス : c) エラーを予防措置に転じる能力。民間航空の安全の向上を目指す努力は経験上のデータに基づくべきであると予てより認識されている。民間航空にとって利用可能なこのようなデータ・ソースは幾つかあり、その組み合わせにより航空機の運航における強さと弱みに関し確固とした理解を得る根拠が提供される。

長年にわたり、事故やインシデントから得られる情報は、機器の設計、整備の手順、運航乗務員の訓練、航空管制システム、空港の設計・機能、航空気象の支援サービス及びその他航空輸送システムの安全に係わるクリティカルな面の改善を目指す活動の根幹を形成していた。一方、近年の技術革新は、安全データの収集、処理、交換のシステム（事故・インシデント調査記録と義務的報告制度も含め、以下「SDCPS」（safety data collection and processing system）という。）を急速に発展させてきた。この SDCPS は安全管理システム（Safety Management System（SMS））の柱を形成するとともに、安全に係わる是正対策と事前予防的（proactive）長期戦略の実行に供される情報を創出している。

SDCPS の各情報の主たる相違は収集されるヒューマン・パフォーマンスのデータに係わるものである。事故や重大インシデントの多くは環境の要因の連鎖の反映であり、その発生は稀である。従って、専ら事故や重大インシデントの調査から得られる情報のみを用いて、タイムリーに運航の不安全事象を明らかにし適切な措置を講じることは往々にして難しい。また、事故や重大インシデントは航空のシステムの失敗であり、それらの調査から得られるヒューマン・パフォーマンスのデータは必然的に不成功であったシステムあるいはヒューマン・パフォーマンスを反映している。

一方、いかなる定型的な航空機の運航においても、他の人間活動と同じように、頻発する、重大ではない、つまらないエラー（例えば、周波数あるいは高度の誤ったセット、不正確なリードバックの受認、スイッチやレバーの誤操作等）が生じる。このようなエラーはヒュー

マン・パフォーマンスの人間生来の限界あるいは全身的な短所によって生じるが、多くの場合はこの複合によって生じる。頻発する重大ではないエラーも、事故や重大インシデントにおける発生は稀ではあるものの重大なエラーと同じような損害を与えるポテンシャルを包含していることは依然として事実である。しかし、a)航空機の運航に携わる者が成功する対抗戦略を採用し、b)システムの効果のある防御が役割を果たし抑止策として機能することによって、このような損害を与えるポテンシャルは無力になる。SDCPS は、成功する対抗戦略と十分に機能するシステム防御を獲得する。

システムの安全上の見地から、運航上のエラー対策を推進するためには、事故や重大インシデントの調査から得られる失敗事例から学ぶものを、SDCPS から得られる成功した戦略と防御に関する情報によって補完することが肝要である。SDCPS は安全データを収集する手段によって a)個人報告、b)電子媒体、c)直接のオブザーブの大きく 3 つに分けられる。SDCPS は僅かな例外を除き自発的なものであり、例外なくすべてが秘匿性を有し且つ非懲罰的なものである。また、SDCPS は日常的にデータを収集することから、安全対策と長期的戦略を支える大量の情報を創出している。

航空会社における個人報告制度により安全データを収集する試みには、他のものとともに Aviation Safety Action Program (ASAP)¹ も含まれる。Flight Operations Quality Assurance (FOQA) Program のような Flight data analysis (FDA) programs は電子媒体による安全データを収集するシステムの一例である。また、Line Operations Safety Audit (LOSA) と Normal Operations Safety Survey (NOSS)² は、特別に専門的な訓練を受けたオブザーバによって、夫々、運航乗務員あるいは管制官の業務から安全データを収集するシステムの例であり、成功したシステムやヒューマン・パフォーマンスを記録することができるため、ヒューマン・エラー対策を進める上でより一層の十分な成果を導いている。

2. 国際的な状況

SDCPS は、運航上のエラーはなぜ発生し、その発生を極力抑えるために何が可能で、安全阻害の影響をいかに阻止するかという点について、民間航空界におけるこれまでよりも一層深い理解を可能にしてきた。運航上のエラーの大多数は不注意によるものであることは疑う余地はないところであり、十分に訓練を受け十分な意志を持つ者が入念に設計された機器を整備、操作あるいは操縦してエラーが生じている。故意の行為、本質的な悪弊、サボタージュ、あるいは違反の結果エラーが生じる事態は稀であり、適切な処分制度は責任 (accountability) を全うする鎖が破断しないことを確かなものにしていく。二つのアプロー

チ、即ち運航上の不注意なエラーに関する深い理解と不正行為の場合の適切な処分のルール
の組み合わせは、一方で違反者の避難場所は存在しないことを確かなものにして、民間航空
の安全に対し十分に貢献してきた。

しかし近年、民間航空界において運航上のエラーの取り扱いの際、SDCPS から得られる情
報が懲戒あるいは処分の目的に用いられるとともに、訴訟手続の証拠として許容される傾向
が見られるようになってきた。更に訴訟手続において、係わった個人に対し刑事告発が行わ
れる状況も生じている。運航上の不注意なエラーから生じる事象に対し刑事告発が行われる
場合、航空の安全に悪影響を与えるとともに、航空の安全の向上に必須である安全情報の開
発と自由な交換を阻害する可能性が生じることになる。

国際民間航空界ではこれまで SDCPS の保護に関して数多くの取り組みが行われてきたが、
慎重に対処すべき問題がある中で、民間航空の努力の目的と一貫性の統一を与える枠組みが
欠くべからざるものとなっている。安全情報の保護を確実なものにする努力は、安全情報を
保護する必要性と裁判を執行する責任という両者間の利害の極めてデリケートな調和に向け
られなければならない。ICAO 締約国内の裁判執行の法律と相容れない可能性のある情報保
護の計画を避けるため、利害の調和に関し慎重なアプローチが求められている。ICAO では
安全情報の一定のソースの保護に関し、次に示すように、総会決議（Assembly Resolution）³
を採択し国際民間航空条約附属書（Annex）を制定している。

* 第 33 回 ICAO 総会決議 A33-17 「事故及びインシデントの一定の記録の非開示」（第 33
回総会：2001 年 9 月 25 日～10 月 5 日）

総会は、締約国に対し、国際民間航空条約第 13 附属書 5.12 項に準拠し事故及びインシ
デントの一定の記録を保護するために自国の法規及び政策を検証し必要であれば調整を行
うよう促すとともに、ICAO 事務局に対し、本件に関し締約国を支援するガイダンス・マ
テリアルを策定するよう指示する。

* 第 33 回 ICAO 総会決議 A33-16 「ICAO Global Aviation Safety Plan（GASP）」⁴

総会は、ICAO 理事会及び事務局に対し、特典を与えられる情報の保護を正当に考慮し
安全情報の報告及び交換の改善に関する締約国の努力に参画するよう指示し、締約国に対
し、事故防止の努力の様々な要素の適切なバランスを達成するため自国の法規を検証し必
要であれば調整を行い、航空安全に影響を与える可能性のある事象の自発的報告を奨励す
るよう促すとともに、ICAO に対し、本件に関し締約国を支援するガイダンス・マテリア
ルを策定するよう指示する。

- * 第 31 回 ICAO 総会決議 A31-10 「民間航空の事故防止対策の改善」（第 31 回総会：1995 年 9 月 19 日～10 月 4 日）

総会は、締約国に対し、予測される民間航空の発展に伴い安全に対する新たな取り組みを推進するため、自発的で非懲罰的な報告制度の実施を促す。

- * 国際民間航空条約第 13 附属書「航空事故及びインシデント調査」5.12 項⁵

事故及びインシデント調査で得られる、調査当局による聞き取りに対する関係者の陳述、航空機の運航に携わった者の会話、医学的及び個人的情報、CVR 音声記録とトランスクリプト、及び情報分析で述べられた意見は、国の裁判を執行する適切な司法当局が、当該情報の開示は当該調査と将来のいかなる調査に与える可能性のある国内的あるいは国際的な悪影響よりも重要であると決定しない限り、事故及びインシデント調査以外の目的に利用されてはならない。

- * 国際民間航空条約第 13 附属書 8.3 項

自発的インシデント報告制度は非懲罰的でなければならず、情報のソースは保護されなければならない。

- * 国際民間航空条約第 6 附属書「航空機の運航」第 I 部 3.2.4 項⁶

flight data analysis programs は非懲罰的でなければならず、データのソースを保護する仕組みを持たなければならない。

総会決議 A33-17 及び第 13 附属書 5.12 項は、事故やインシデントの一定の記録から得られる情報の保護に関するものである。総会決議 A33-16、A31-10、第 13 附属書 8.3 項及び第 6 附属書 3.2.4 項は、個人報告及び電子媒体による安全データ収集システムに関するものである。ICAO には直接的なオブザーブによる安全データ収集システムに関する基準等はない。

事故やインシデントの一定の記録の保護に関する ICAO 基準第 13 附属書 5.12 項が訴訟手続上認められていることは明確である。一方、新たな SDCPS から収集される情報についてはこれと同様の明確な保護は確立されていない。第 13 附属書 5.12 項のような明確な記述がないために、安全データ収集システムから得られる情報は運航者あるいはサービス・プロバイダー（管制機関）の内部の協定によって保護されている。このような協定による SDCPS から得られる情報について、各締約国の種々の裁判制度における法的保護を確認することは難しい。

ほとんどの国は、安全データ収集システムの個人報告と電子媒体の情報を保護する国内法令を發布していない。幾つかの国では、このような法令措置には法制の改革が求められる可能性がある。また、今のところ、安全データ収集システムの直接的なオブザーブによる情報の保護を法制化した国はない。現行の ICAO 基準とともに国際あるいは国内法令は、事故やインシデントの記録以外の SDCPS から得られる情報の保護を十分に規定していないため、多くの国では国内法令の下でこれらの情報が適切に保護されない可能性がある。従って、関連するあらゆる SDCPS の保護を包含する法令ガイダンスを策定する必要性が生じている。この法令ガイダンスは、国際的な合意の産物でなければならず、前述の慎重なアプローチに適合するものでなければならない。

3. ICAO の活動

2004 年 9 月 28 日～10 月 8 日に開催された第 35 回 ICAO 総会において、安全情報のソースの保護と安全情報の自由な流通について議論が行われ、総会決議 A35-17³「航空の安全の向上を図るための安全データ収集・分析システムから得られる情報の保護」が採択された。この決議 A35-17 は、総会が理事会に対し、国の適切な裁判の執行が許容される限りにおいて、関連する全ての安全データ収集・分析システムの情報を保護する締約国内の法規制定を支援する適切な法令ガイダンスの策定を指示するものである。

総会決議 A35-17 で求められた法令ガイダンスの策定の第一段階として、ICAO は数ヶ国に対し SDCPS の情報を保護する法規の例を提供するよう要請した。次いで ICAO は各国から提供された資料の分析を行い、各国法規の共通の特徴と概念を探查した。ICAO の法令ガイダンスは抽出された法規の原則を列記したものとなっている。

効果的な普及手段について考慮が払われ、ICAO 法令ガイダンス⁷は第 13 附属書の Attachment E として新設し、同附属書の第 5 章と第 8 章及び第 6 附属書第 I 部第 3.2.4 項⁶に参照する注を付すこととなった。

4. ICAO 法令ガイダンス

ICAO 法令ガイダンスは、国の適切な裁判の執行が許容される限りにおいて、SDCPS から収集される情報を保護する国内法規を締約国が制定する支援を目指している。ガイダンスの目的は、唯一航空の安全の向上のために収集される情報について不適切な使用を防止することにある。

各締約国において安全情報の保護に関する国内法規を策定する際に、国内の政策や手続に従った柔軟な条文策定が許容されるべきことを念頭に、ICAO 法令ガイダンスは、各国の個々の必要性を満たすために適応できる原則を列記する形を取っている。法令ガイダンスに示される原則は次のとおりである。

a) 一般原則

- * 安全情報の不適切な使用防止の唯一の目的は、適切且つタイムリーな予防措置を講じ航空の安全の向上が図られるように安全情報の継続的な利用可能性を確実なものにすることである。
- * 国の適切な裁判の執行に関与することが安全情報の保護の目的ではない。
- * 安全情報の保護に関する国内法規は、航空の安全の向上を図るための安全情報を保護するニーズと適切な裁判を執行するニーズが調和することを確実なものにしなければならない。
- * 安全情報の保護に関する国内法規は情報の不適切な使用を防止しなければならない。
- * 明示された条件のもとで安全情報を保護することは国の安全に関する責任の一部を構成している。

b) 安全情報保護の原則

- * 必ずしもこれに限定されるものではないが情報収集は明確に安全を目的とし且つ情報の開示は継続的なその利用可能性を抑制するという明示された条件に従い、安全情報を不適切な使用から保護しなければならない。
- * 保護は安全情報の性状に基づき各 SDCPS に対し特有のものでなければならない。
- * 明示された条件に従い安全情報を保護する正式な手続が確立されていなければならない。
- * 安全情報は収集される目的と相違して使用されてはならない。
- * 懲戒、民事、行政、あるいは刑事訴訟手続における安全情報の利用は、国内法で与えられる適切な保護条項の下においてのみ実行されなければならない。

c) 安全情報保護の除外の原則

* 安全情報の保護の除外は国内法規によって次に示す場合にはじめて与えられなければならない。

▶ 当該事象が、損害を発生させる意図を持った行為、損害が発生するであろうという知識を持った行為、無謀と同等の行為、甚大な怠慢、あるいは意図的な不正行為であると法律に準拠して推定される行動により起因した証拠が存在する場合

▶ 当該事象が、損害を発生させる意図を持った行為、損害が発生するであろうという知識を持った行為、無謀と同等の行為、甚大な怠慢、あるいは意図的な不正行為により起因した可能性を示す合理的な状況があると適切な当局が考察する場合

▶ 安全情報の開示は、適切な裁判の執行にとって必要であり、且つ当該開示が将来の安全情報の利用可能性に与える可能性のある国内的あるいは国際的な悪影響よりも重要であると適切な当局が精査に基づき決定する場合

d) 安全情報の公共の開示の原則

* 上述の情報保護及び除外の原則に従い、安全情報の公共の開示を求める者は当該開示を正当化しなければならない。

* 安全情報の開示の正式な原則が確立されなければならない。当該原則には、必ずしもそれに限定されるものではないが次の事項を含まなければならない。

▶ 安全情報の開示が安全を危うくする状況の修正あるいは政策や規則の変更のために必要であること

▶ 安全情報の開示が安全の向上を図るための将来の情報の利用可能性を抑制しないこと

▶ 安全情報に含まれている関連個人情報の開示が該当するプライバシー保護法に適合していること

▶ 安全情報の開示が匿名化、要約化あるいは集合化された形で行われること

e) 安全情報管理者の責務の原則

* 各 SDCPS は指定された管理者を持たなければならない。

* 安全情報管理者の責務は、次の場合を除き情報の開示に関し可能な限りあらゆる保護を講じることにある。

▶ 安全情報管理者が情報ソースから開示の承諾を得ている場合

▶ 安全情報管理者が情報の開示が保護の除外の原則に従っていることを納得している場合

f) 録音された情報の保護の原則

* CVR のような法令上要求されている勤務環境の録音は、他の職務では被ることのないプライバシーの侵害を航空機の運航に携わる者に与えていると認識される可能性があることを考慮し、

▶ 前述の情報保護及び除外の原則に従い、国内法規は、法令上要求されている勤務環境の録音は特権的な保護情報、即ち高度な保護に値する情報であることに留意しなければならない。また、

▶ 国内法規は、勤務環境の録音に対する秘匿性と公衆のアクセスに関し明示された保護手段を設けなければならない。このような録音に対する明示された保護手段には非開示の命令発出を含むことができる。

5. 結論

本稿で述べた ICAO 法令ガイダンスの策定は、長期にわたり継続している問題の解決に向けた第一段階に過ぎない。本問題の核心は実行することであり、ICAO 法令ガイダンスに基づき安全情報の保護に関する国内法令を制定することは政治的な意志を必要とする。そのような政治的意思が真に存在するか否かはこれから見届けられなければならない。時が審判者になるであろう。

(訳注)

1) Aviation Safety Action Program (ASAP) は、事故・インシデントを防止し航空の安全の向上を図るため、航空会社・Repair Station の従業員から会社と連邦航空局 (FAA) に対して自発的に報告される安全情報に基づき是正対策を講じる米国の安全対策プログラム。報告者は一定の条件の下で違反に対する処分を免責される。当該プログラムは FAA、企業及び従業員代表間で MOU を締結して実施される。安全情報の分析と是正対策の策定は MOU 締結者の代表で構成される委員会で行われる。(参照：FAAAC No. 120-66)

2) Normal Operations Safety Survey (NOSS) は、操縦席の運航業務をモニターして threat & error を収集し分析・評価を行う LOSA と同様に、管制機関の管制官業務をモニターして安全情報を収集・分析・評価する制度。2002 年頃より ICAO を中心に各国管制機関、EUROCONTROL 等により検討が進められ、一部の国で既にトライアルが始められている。LOSA と同様に NOSS は米国テキサス大学がプログラム開発を行っている。

3) ICAO 総会決議 A33-17、A33-16、A31-10 及び後述の A35-17 の全文を参考資料として本稿の別添に付す。

4) Global Aviation Safety Plan (GASP) は、航空事故率と事故件数低減を目的に、事故とインシデントの原因を分析し、安全上の課題を見極め、安全情報を共有して安全意識を高め、世界の民間航空の安全対策を推進する ICAO 計画。1992 年 ICAO 航空委員会 (ANC) が理事会に対し提案し、1998 年の第 32 回総会で締約国の支持が決議され、その後も本プログラムに関する総会決議が行われている。

5) 記録の非開示に関する 5.12 項に、事故及びインシデント調査当局が調査以外の目的に利用してはならない記録として新たに管制機関による音声記録とトランスクリプトを追加する第 13 附属書第 11 改定が、2006 年 7 月 17 日に発効 (effective) し 2006 年 11 月 23 日から適用 (applicable) された。

6) flight data analysis programs に関する 3.2.4 項は、2006 年 7 月 17 日に発効し 2006 年 11 月 23 日から適用された第 6 附属書第 30 改定において 3.2.8 項に変更されている。

7) 2004 年総会決議 A35-17 に基づく法令ガイダンスは、第 13 附属書第 11 改定で「Attachment

E. Legal guidance for the protection of information from safety data collection and processing systems」として新設され、本文に参照の注が付記され、2006 年 7 月 17 日に発効し 2006 年 11 月 23 日から適用されている。同じく注を付記する第 6 附属書第 30 改定も同日に夫々発効し適用されている。

なおこの法令ガイダンスのイントロダクションで、SDCPS の対象は、分析・報告システム、データベース、情報交換スキーム及び記録された情報で、以下のものを含むことが示され、Safety Management Manual (SMM) (ICAO Doc 9859) が参考になることも記載されている。

- * 第 13 附属書第 5 章に規定する事故及びインシデント調査に関する記録
- * 第 13 附属書第 8 章に規定する義務的インシデント報告制度
- * 第 13 附属書第 8 章に規定する自発的インシデント報告制度
- * マニュアルでデータを収集する制度とともに第 6 附属書第 I 部第 3 章に規定する自動的にデータを収集する制度を含む個人報告制度

文責：(ATEC)

別添： ICAO 総会決議 (Assembly Resolutions)

1. A31-10: Improving accident prevention in civil aviation

Whereas the primary objective of the Organization continues to be that of ensuring the safety of international civil aviation world-wide;

Whereas it is essential that aircraft accidents and incidents, wherever they occur, be promptly and thoroughly investigated and reported, and that lessons learned from investigations, including safety recommendations, be promptly disseminated to other Contracting States concerned and to ICAO for prevention purposes;

Whereas efforts to implement regulations in themselves are not sufficient to reduce the accident rate;

Noting that repetitive accident types continue to occur in air transport operations world-wide;

Recognizing that the volume of air transport operations is expected to increase significantly in the coming years;

Recognizing that combined with the expected increase in operations, the relatively unchanged trend in the accident rate over the past several years might lead to an increase in the number of accidents per year;

Recognizing that there are many challenges to effective accident prevention, and that more effective identification and correction of aviation hazards and system deficiencies are required in order to complement regulatory efforts in further reducing the number of world-wide accidents and to improve the accident rate; and

Recognizing that a number of States have introduced non-punitive accident prevention activities to complement their regulatory safety programmes;

The Assembly:

Calls on Contracting States to reaffirm their commitment to the safety of civil aviation;

Urges Contracting States, in adhering to the provisions of Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation, to take prompt action to investigate and report on aircraft accidents and incidents and disseminate the information, including safety recommendations, to other Contracting States concerned and ICAO, so as to make more effective the accident prevention efforts of States and ICAO;

Urges Contracting States to undertake every effort to enhance accident prevention measures, particularly in the areas of personnel training, information feedback and analysis and to implement voluntary and non-punitive reporting systems, so as to meet the new challenges in managing flight safety, posed by the anticipated growth and complexity of civil aviation; and

Urges Contracting States to co-operate with ICAO and other States in a position to do so, in the development and implementation of accident prevention measures designed to integrate skills and resources to achieve a consistently high level of safety throughout civil aviation.

2. A33-16: ICAO Global Aviation Safety Plan (GASP)

Reaffirming that the primary objective of the Organization continues to be to improve the safety of international civil aviation worldwide;

Recognizing that the worldwide rate for fatal accidents in air transport operations has been stagnant at a low level for a number of years;

Noting that the expected increase in the volume of international civil aviation will result in an increasing number of aircraft accidents unless the accident rate is reduced;

Realizing that the public's perception of aviation safety is largely based on the number of aircraft accidents rather than the accident rate;

Recognizing that improvements in the accident rate will require new approaches, in particular proactive and risk analysis based approaches, on the part of all participants in the aviation industry, including ICAO, States, aircraft manufacturers and operators;

Recognizing that the human element in the aviation system is of paramount importance to accident

prevention initiatives and aviation safety; and

Noting with concern that controlled flight into terrain (CFIT) and approach and landing type accidents remain as significant accidents in airline operations;

The Assembly:

1. *Stresses* the need for a reduction in the number and rate of fatal accidents in air transport operations;
2. *Urges* Contracting States to adopt the GASP objectives to reduce aircraft accidents and to reduce the worldwide accident rate;
3. *Urges* Contracting States to apply the political will to take the remedial action identified by USOAP audits, to correct the deficiencies identified in the regional planning process and related activities, and to promulgate the necessary regulations to implement the safety systems developed under the GASP umbrella;
4. *Reiterates* the need for implementation of the ICAO prevention of controlled flight into terrain (CFIT) and approach and landing accident reduction (ALAR) programmes;
5. *Urges* all Contracting States to provide the needed support for the various elements of the ICAO Global Aviation Safety Plan;
6. *Endorses* the concept of concentrating the safety-related activities of ICAO on those safety initiatives, planned or currently under way, that offer the best safety dividend in terms of reducing the accident rate;
7. *Requests* the Council and Secretary General to ensure that all safety-related items that fall under the GASP umbrella are fully funded in the ICAO budget, including safety-related tasks performed by the Regional Offices;
8. *Instructs* the Council and Secretary General to participate in efforts by States to improve existing safety database systems and the exchange of safety-related information, and to participate in activities

aimed at the development of a comprehensive data analysis and information dissemination network, taking into account the need to adequately protect privileged information and its sources;

9. *Encourages* the free communication of safety-related information amongst users of the aviation system, including the reporting of accident and incident data by States to the ICAO Accident/Incident Data Reporting (ADREP) system;

10. *Urges* all Contracting States to examine and, if necessary, adjust their laws, regulations, and policies to achieve the proper balance among the various elements of accident prevention efforts (e.g. regulation, enforcement, training, and incentives to encourage voluntary reporting) and to encourage increased voluntary reporting of events that could affect aviation safety, and *instructs* ICAO to develop appropriate policies and guidance in this respect;

11. *Urges* all Contracting States to ensure that their aircraft operators, providers of air navigation services and equipment, and maintenance organizations have the necessary procedures and policies for voluntary reporting of events that could affect aviation safety;

12. *Requests* the Council to develop a programme to encourage States to implement approach procedures with vertical guidance (APV) utilizing such inputs as GNSS or DME/DME, in accordance with ICAO provisions.

13. *Encourages* States to foster regional safety groups;

14. *Encourages* States to foster the creation of international advisory groups of experts, or other initiatives where appropriate, on aviation safety and assistance to:

a) bring together the efforts, experience and the resources of interested countries, international and regional organizations, aviation manufacturers and operators, financial and other funding institutions and of ICAO;

b) study the aviation safety issues of a subgroup of member States;

c) develop a civil aviation safety management framework and recommendations for improving safety and providing assistance; and

15. *Instructs* the Secretary General to distribute the GASP document on a regular basis through a State letter and on the ICAO public Web site.

16. *Instructs* the Council to provide a progress report on the ICAO Global Aviation Safety Plan to future sessions of the Assembly.

3. A33-17: Non-disclosure of certain accident and incident records

Whereas the primary objective of the Organization continues to be that of ensuring the safety of international civil aviation worldwide;

Whereas it is essential that cognizance be taken that it is not the purpose of the investigation of accidents and incidents to apportion blame or liability;

Recognizing that it is essential that all relevant information be made available to the accident investigators to facilitate the establishment of the causes of accidents and incidents in order to enable preventative action to be taken;

Recognizing that the prevention of accidents is essential to safeguard the continued confidence in air transport;

Recognizing that public attention will continue to focus on States' investigative actions, including calls for access to accident and incident records;

Recognizing that the protection of certain accident and incident records from inappropriate use is essential to ensure the continued availability of all relevant information to accident investigators in future investigations;

Recognizing that the measures taken so far to ensure the protection of certain accident and incident records may not be sufficient, and *noting* that a consideration by ICAO of the legal aspects involved is warranted;

The Assembly:

1. *Urges* Contracting States to examine and if necessary adjust their laws, regulations and policies to protect certain accident and incident records in compliance with paragraph 5.12 of Annex 13, in order to mitigate impediments to accident and incident investigations;
2. *Instructs* the Council to give further consideration to the legal aspects of the subject of protection of certain accident and incident records; and
3. *Instructs* the Secretary General to develop appropriate guidance material related to laws and regulations to protect certain accident and incident records.
4. *Instructs* the Council to further examine the current provisions of Annex 13 with an objective of strengthening those provisions related to the protection of and limiting access to authorized persons and parties to privileged information gathered during accident and incident investigations and in the preparation and publication of accident reports.

4. A35-17: Protecting information from safety data collection and processing systems in order to improve aviation safety

Whereas the primary objective of the Organization continues to be that of ensuring the safety of international civil aviation worldwide;

Recognizing the importance of the free communication of safety information amongst the stakeholders of the aviation system;

Recognizing that the protection of safety information from inappropriate use is essential to ensure the continued availability of all relevant safety information, to enable proper and timely preventive actions to be taken;

Concerned by a trend for safety information to be used for disciplinary and enforcement actions, and to be admitted as evidence in judicial proceedings;

Mindful that the use of safety information for other than safety-related purposes may inhibit the provision of such information, with an adverse effect on aviation safety;

Considering that a balance needs to be struck between the need for the protection of safety information and the need for the proper administration of justice;

Recognizing that technological advances have made possible new safety data collection, processing and exchange systems, resulting in multiple sources of safety information that are essential in order to improve aviation safety;

Noting that existing international laws, as well as national laws and regulations in many States may not adequately address the manner in which safety information is protected from inappropriate use;

The Assembly:

1. *Instructs* the Council to develop appropriate legal guidance that will assist States to enact national laws and regulations to protect information from all relevant safety data collection and processing systems, while allowing for the proper administration of justice in the State;
2. *Urges* all Contracting States to examine their existing legislation and adjust as necessary, or enact laws and regulations to protect information from all relevant safety data collection and processing systems based, to the extent possible, on the legal guidance developed by ICAO; and
3. *Instructs* the Council to provide a progress report to the next ordinary Session of the Assembly on this matter.

自動化中毒(依存)症と治療法

Capt. Dennis J. Landy¹

ALPA Air Safety Committee Special Projects

1. 概要

日々の通常運航で自動化機能ばかりを使っていると、自動化システムなしでパイロットが意図するとおり正確に操縦する能力が劣化していく。また同様に重要なことだが、自動化システムがおかしくなったとき、それに気付いて解決の手を打つ能力を失うパイロットもいる。特にピトースタティックシステムについてこの傾向が見られる。

通常運航において、自動化システムはすばらしい効用をもたらしてくれる。しかし通常運航の中で短時間を割いて、自動化機能を使わずに飛行することや、自動化システムが算出したものとは違うフライトパスを飛行すべき機会がある。パイロットは自動化システムが頼りにならない例外的な事態に必要なスキルレベルを維持するため、訓練を受けるとともに、航空会社はそのための推奨運用手順を提供すべきである。

2. 自動化中毒症とは？

自動化中毒の症状の典型は、何の変哲もないはずのミス・アプローチ・プロシーダを実行する際に、パイロットの認知活動すべて又はほとんどが速度・姿勢・方位を維持するという「単純タスク」に費やされてしまう場合である。技量を備えた計器飛行パイロットは、速度・姿勢・方位を維持するタスクに認知能力をたくさん振り向けなくてもよい。IFR 訓練の中で、パイロットは基本姿勢計器飛行 (Basic Attitude Instrument Flying) のスキルをマスターし、その上で三次元の航行・操縦という複雑な「知識ベース」のタスクに彼の認知機能を集中させることができる。

2000 年、DC-9 から A320 への移行で私が受けた訓練は、ほとんどの事態に対して使える自動化システムを機能させて対応することだった。訓練はどれもこれもオートメーションを使いこなす技量の達成に向けられていた。特定の自動化システムが不作動だったり、自動化システムの使用が禁じられていたりする場合を例外として、全ての自動化システムを利用する以外の方法で飛行機を飛ばすことはほとんど訓練の対象外だった。

エアバス乗務の 1 年目、基本姿勢計器飛行を実践する機会は殆ど無かった。飛行機はたいてい完璧に飛行した。「自動化のびっくり現象」の多くは、装備品の機能異常ではなく、操作エラーか ATC 要求のためだった。また移行訓練から定期訓練まで 12 カ月のあいだ、ゴーアラウンドまたはミスアプローチの機会は一度もなかった。

初めての審査フライトは全く思いがけない結果だった。自動化システムを意図的に故障させたり、所望のフライトパスが当初の予定から変えられると、私は慌てふためいて機体のコントロールに集中していた。ND のグリーンライン (FMGC に組み込まれ、フラットパネルに表示されたコース) の助けなしでは、私

¹現在ノースウェスト航空 DC-10 機長。ノースセントラル航空、リパブリック航空、ノースウェスト航空での 27 年を含め、飛行時間 25,000 時間。ALPA Air Safety Committee で数々の活動に参画。全国 MMEL Committee 議長、ALPA NWA 支部 Technical Operations Chairman。

の認知活動は対気速度・高度および方位を維持する単純なタスクに集中してしまった。訓練タスク、その他のタスクには気が回らず、計器スキャンや航法装備の操作はろくにできなかった。私の経験は例外ではなかった。自動化が基本スキルに及ぼす影響を心配する声を多くのパイロットから聞いた。要するに、我々は自動化中毒症に罹っていたのだ。

3. 自動化の利点

新世代航空機の自動化システムが素晴らしい効果を発揮していることは疑いない。さらに全自動化航空機は従来不可能だったフライトパスも実現している。航空輸送が公衆の期待に応じて成功を続けるためには、これらの先進技術を利用し発展させなければならない。

表 1 自動化システムがもたらす利点	表 2 複雑な自動化 — 他の利点
<ul style="list-style-type: none"> - 事故発生率の低下 - 人間より高い精度 - いつでも同じ結果 (たいていの場合) - 検証できる標準 - 複雑なタスクを続けても疲れない 	<ul style="list-style-type: none"> ● 新しいフライトプロファイルをソフト変更だけで実現できる (ハード設計変更不要) - Airbus 318 : ロンドン City airport の急角度アプローチ (8° グライドスロープ) - Embraer 170 : 急角度アプローチソフトウェア <p>新型装備には大型番犬機能あり</p> <ul style="list-style-type: none"> ● コンピュータを下手にいじり回すと嘔みつく

4. 自動化中毒症と航空機事故

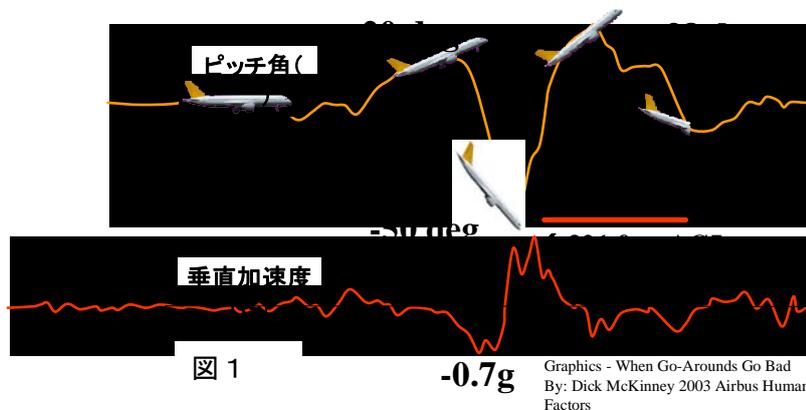
しかし懸念すべき事象も起きている。

航空安全財団 FSF の ALAR Toolkit には、次の統計が示されている ;

- ・ 進入着陸事故 (Approach and Landing Accidents / ALA) のうち 78% はタイムリーにゴーアラウンドすることで回避可能だった。
- ・ 実際にゴーアラウンドしたのは 17%。しかしその中で数機はクラッシュした。

なぜクラッシュしたのか？ それは自動化航空機のパイロットが悲劇的な解釈の難しい何らかのエラーを犯したからであった。FSF の進入着陸の低減 (ALAR) 研究に参画した Dick McKinney 機長は、2003 年ニューヨーク市で開かれたエアバス社ヒューマンファクターズ安全フォーラムで「ゴーアラウンドが失敗するとき」と題する講演を行った。

右図は 2002 年 1 月オスロ空港で起きたゴーアラウンド時に発生した重大インシデント事象の経過がいかに深刻だったかを示す。講演の結論として、「進入着陸事故 ALA には共通の要素が見受けられる。それはパイロットの基本姿勢計器飛行スキルの欠



如である。事故機のパイロットは、基本姿勢計器飛行訓練段階の訓練生に見られるものと共通のエラーを犯した」としている。浮かび上がる疑問は、「蒸気機関車飛行機 = Non-Glass Cockpit 機」で素晴らしい姿

勢計器飛行スキルを育てていたパイロットが、なぜ「自動化システムのびっくり現象」に圧倒されてしまうのか、ということである。

自動化システムに頼ることの影響は、長い間に気付かれぬまま、基本だったはずの「姿勢計器飛行」スキルが劣化することと、飛行時間とともに自動化環境に慣れるに従って自動化システムをマスターした気になって頼り切ってしまうことの両面で発生する。この組み合わせは深刻な結果をもたらすことがある。飛行に何の問題もない第二世代、第三世代グラスコックピット機が何機も地表に激突したり、自動化システムに適合しない状況に引き出されたりする事態が発生している。これらの航空機や運航乗務員は「自動化のびっくり／想定外現象」に遭遇したのだ。これは、FMS/FMGC に設定したこととパイロットが望むフライトパスが大きくかけ離れた場合に必ず起きる。「自動化のびっくり・想定外」という事態は、操作エラー・FMC/FMGC ソフトウェア設計・ATC 要求およびピトースタティック系統のエラーなどによって引き起こされる。また飛行中の予見できない幾多の事態によっても発生する。

表 3：自動化のびっくり（想定外）事象事例

<ul style="list-style-type: none"> ● 整備・機材に起因するもの <ul style="list-style-type: none"> ➤ 動圧孔、静圧孔がテープその他で覆われる <ul style="list-style-type: none"> －エアロペルー B757 1996.10.02 －ビルゲン航空 B757 1996.02.06 －FedEx MD-11 1999.10.17 ➤ 誤った修理またはトラブルシュート <ul style="list-style-type: none"> －大韓航空 B747F 1999.02.22 	<ul style="list-style-type: none"> ● 型式承認後の、ハード・ソフト改修 <ul style="list-style-type: none"> －イベリア航空 A320 2001.02.07 －Thales-Smith FMS Rev 1 & Rev 1+ ● ソフトウェアの改修には、航空機の型式審査と同様の監督が必要
--	--

(各事故の概要は本文末尾参照)

Thales-Smith FMGC では、PRIMO へ Go Direct しようとしたときフリーズが発生した。Go Direct 操作の前は、HDG モードで飛行しており、FMS に Arrival Route を入力してなかったが、SHAND からの ILS RWY 25L は組み込み済みだった。操作を繰り返して「命令処理待ち Stacking」からタイムアウトでフリーズしてしまった。自動化システムを全て切り、手動操縦で ILS アプローチが行われた。FAF である SHAND を通過したとき、操作しないのに「処理待ち」は解消した。

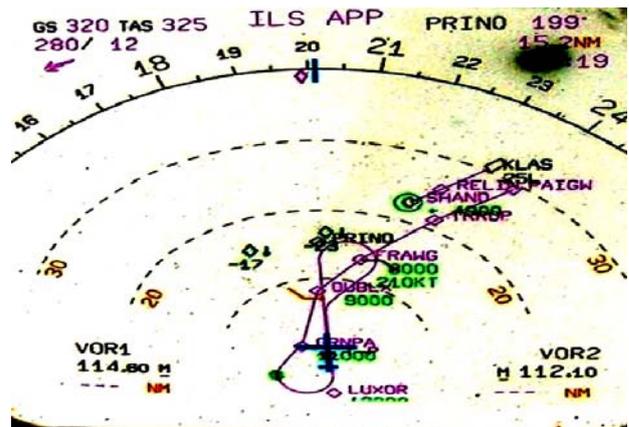


図 2

5. 自動化中毒症の防止と治療

DC-9 など従来の「蒸気機関車」航空機から A320 に移行するのは、操縦がフライ・バイ・ワイヤになることや計器表示が激変することなど、パイロットにとってチャレンジといえる。トリムシステムのフィードバックがない、サイドスティック・オートスロットルのモード変化などは、従来のパイロットが直感的に実行できるよう身につけてきたスキルを無効にした。旧世代機では意識することなく実行していた意志決定を、明確で合理的な意志決定に変える訓練が必要となる。A320 以降訓練の初期段階では、特にこのことが障壁となりやすい。また、パイロットの計器スキャンが物理的・身体的に変わることや、丸形（円弧）表示からテープ表示（PFD 等の中）に変わること、訓練生にとっては問題となる。

訓練の効率化と訓練時間短縮の中で見過ごされてきたことに着目すると、訓練に以下の施策を講じる必要がある。

表4: 自動化中毒症の予防(訓練)

- 初期訓練に含むべきこと
 - ・パイロットが持っているスキルの活用
「知っていること」から始め「知らないこと」を次に
 - ・ルールベースの行動を育成できる演練過程
- 姿勢計器飛行はルールベースの行動である。
- ルールベースの行動は、姿勢計器飛行を習得したパイロット達の頭脳活動（容量に限界がある）をフライトパス問題の解決にふり向けさせる。

表5: 自動化中毒症の予防(訓練)ー続き

1. 「自動化のびっくり／想定外」解決に自信を持てるための訓練時間を確保すること。訓練プログラムの全体を通じて、広い範囲の「典型的」びっくり事象を体験し、マスターさせること。
2. 初期経験 (IOE / Initial Operating Experience、日本の OJT に類似) の中で、あらゆるレベルの自動化機能低下（一部を使わない）を実習し、全ての結果に自信を付けさせる。これは、**新しいスキルの訓練ではない。**

では、ライン運航で基本姿勢計器飛行のスキルを維持する（すでに自動化中毒症に罹ってしまったかもしれないパイロットの回復を含む）ためにはどうすればよいだろう？

私の提案は、ライン運航の中でワークロードが高くないフライトフェーズにおいて、自動化だけに頼らないフライトを実行／練習することである。

もちろん日常運航は会社の運航ポリシーに基づく SOP に基づいて標準化された方式で実行されるべきである。AOM には次のように記載されていて、私の提案はその方針に則ったつもりだ。

「自動化システムを効果的に利用することは安全及び運航能力を強化する。パイロットは飛行機がこれらの安全と運航能力を最適化できるよう、適正な自動化レベルを利用すべきである。機種に応じて自動化技術は異なるが、自動化システム使用の最適レベルとは、以下の2つを満足できる状態である。

1. 状況認識が維持される
2. ワークロードが最適状態にマネージされる

パイロットは、あらゆるレベルの自動化に対応する技量 (Proficiency) を維持すべきである。全ての運航乗務員は自動化システム使用のレベルと関わりなく、フライトの安全に責任を有する。」

しかし、自分が「自動化レベル低下」のプラクティスを始めようと相談してみると、思いがけないことに私の提案は多くの訓練・審査関係者からの反発を受けた。乗務中に実行したとき、相棒クルーからの反応も同様だった。

- ・グラスコックピット機を、自動化機能を全てエンゲージしないで運航するなど問題外
- ・追求されるかもしれない結果責任が大きすぎる。会社の法務部門は決してそんなことを許さない。
- ・ただのライン機長の身で、こんな風に運航機で実験をする権限はない。
- ・騒ぎを起こして何になる？

とはいえ、私がやって見せてから彼らに「自動化レベル低下」状態のフライトをやらせようと、表明される意見は変わらなくても、態度は変わった。

その後、訓練・審査・運航安全に携わる多くの会社・ALPA・FAA の人々の協力を得て、延べ数千時間の検討結果を、ライン運航における「自動化レベル低下」飛行の体験／練習プログラムとしてとりまとめた。このプログラムの多くは、ワークロードが高くない「10,000 フィート以上、DAY VMC」に限定したもので、次の要素を含む

[A320 の例]

1. Auto Pilot を切る
2. Auto Thrust を切る
3. Flight Director (FD) を切る
 - 3.1 Flight Mode Annunciater (FD FMA) 表示を消す

これらの条件下でのオペレーションおよび機能回復操作

訳注：講演には含まれていないが、配付された関連論文には 8 ページに及ぶライン運航での実践シラバスと考察が記されている。

表6: 自動化中毒症からの回復(ライン運航)
= 束縛からの解放 =

- 日常の通常運航の中で
 - ・ 自動化レベルを低下させた飛行の実践 / Practice を重ねる
 - ・ Practice の間隔と頻度要件を決める
- 規制当局 / 航空会社は、前項を行うパイロット達が不利を被ることがないように保証する。
- 「低スレット環境」で自動化機能を使わない飛行を体験のため実行すると「自分の将来に差し障りが・・・？」という考えの一掃

表6- 続き -

- 生み出される免疫：
 - 「自動化中毒症」耐性：訓練と実践を通じて
 - 「自動化のびっくり現象」耐性：お粗末な設計やテストの結果、ライン運航で現れる事態にもたじろがない。
- その結果：グラスコックピット機の乗務は楽しい
- エアバス機は Beautiful Bird。思い通りに操縦させてくれ。

運航会社がこれらの運用手順を定めて推奨することを期待したい。

＝自動化のびっくり／想定外事象に関わる事故の例＝

表 3 参照

1996年10月2日 B757 エアロペルー603便 搭乗者70名全員死亡

場所：リマ（ペルー）から45マイル北西

603便は0:42 リマ空港 RWY15 からサンチアゴに向けて出発した。離陸から5分後、クルーから管制に計器の不具合があつて引き返したいとの連絡が入った。上昇中、速度指示も高度指示も低すぎた。気流はCalmだったがウィンドシア警報が急に作動した。同機はLimaへの引き返しに先だつて13,000ftに上昇した。引き返しの途中、機長の高度表示と速度表示は過大となり、オーバースピード警報が作動した。副操縦士の速度表示は低く、ストール警報が作動した。同機は降下を続け、海面に衝突した。接水時の速度は280ノットだったが、機長側の計器表示は9,500フィート、450ノットだった。

揚収された胴体破片の左側静圧孔（3箇所）がマスキングテープで覆われていた。同機の出発前に機体洗浄が行われていた。

1996年2月6日 B-757 ビルゲン航空301便 搭乗者189名全員死亡【Aviation Safety Networkより】

場所：ドミニカ共和国プエルト・プラタ

301便はカナダ・ガンダー経由ベルリン行きチャーター便としてプエルト・プラタ空港から23:42出発。離陸滑走中約80ノットで、機長側の速度計指示に異常。COP側の計器は正常であり離陸・上昇を続けた。4,700フィート通過時、機長の速度計は350ノットを表示し、AP/ATHはピッチアップ、パワー低下に向けて作動した。ほぼ同時にRUDDER RATIO、MACH/AIRSPEEDのアドバイザリ警報あり。その後機長・副操縦士とも混乱に陥り、オーバースピード警報とストール警報が同時に作動する事態となる。

最終的にAPを外しフルスラストに操作したが、離陸から5分後に海面に激突した。

301便の出発まで、同機はプエルト・プラタ空港に数日間駐機していた。何かがピトー管を詰まらせたものと推定される。

1999年10月17日 MD-11 FedEx

場所：スビックベイ空港（フィリピン）

上海発スビックベイ行き貨物機。昆虫がピトー管を詰まらせたことにパイロットが気付かなかった。進入速度過大・ロングタッチダウンとなりオーバーラン。

http://www.nts.gov/ntsb/brief.asp?ev_id=20001212X19933&key=1

1999年12月22日 B747 大韓航空

場所：スタンステッド空港（イギリス）

ミラノに向けて離陸したのち、約900フィートでADI Comparator警報あり。同機は左90°までロールを続け、離陸から約1分後に墜落した。

前便でCAP ADIのロール指示がUnreliableとの報告があり、地上整備士はADIコネクターのピンに異常を発見、修正して同機をクルーにリリースした。多くの事故要因のうち実際のハードウェア異常は、No. 1 INUから誤ったロール信号がADIに送られたことだったと推定されている。

http://www.aai.gov.uk/sites/aai/cms_resources/dft_avsafety_pdf_023258.pdf

2001年2月7日 A320 イベリア航空

場所：ビルバオ空港（スペイン）

ILS 進入中、約 200 ft AGL で強いタービュランスに遭遇し、70 ft AGL までにダウンドラフトおよび Tailwind Gust があり GPWS 警報が鳴った。機長はゴーアラウンドをコールして操縦を交代しようとしたが、サイドスティックの操縦切り替えボタンは押さなかった。スロットルは離陸・ゴーアラウンド（TOGA）推力にセットされたが、急変する風と二重操縦の影響が重なり、操縦システムはアルファフロア保護（失速防止）モードに入って機体姿勢はノーズダウンとなった。同機は 1,200 FPM で接地し、ノーズギアが破損した。特定フラップ角の進入速度を 10 ノット速くする暫定対策が取られ、その後、操縦システムのソフトウェア改修が行われた。

2002年1月22日 B757-200 アイスランド航空

場所：オスロ空港

Keflavik から Oslo への定期便 FI-315 は、予報より強い背風（地上は微風）の中で降下・進入を行った。進入は高めのままスタビライズできず、同機は低高度からゴーアラウンドした。その際、機体ピッチはプラス 20°～マイナス 50°に変化し、運動包囲線のマイナス G、プラス G とも超過した。異常な降下から回復したのは地上高（RA）321 ft AGL だった。同機はゴーアラウンドから再度のアプローチを行い、無事着陸した。負傷者は無かった。同機は整備点検を受けないまま次便に就航したが、事後に検査が行われ損傷は無かった。

http://www.aibn.no/items/427/144/2216032084/TF_FIO_eng.pdf

[http://www.rnf.is/media/skyrslur/2002/Flugatvik_TF-FIO_vid_Gardermoenflugvoll_22._januar_2002._\(Enderutgafa\).pdf](http://www.rnf.is/media/skyrslur/2002/Flugatvik_TF-FIO_vid_Gardermoenflugvoll_22._januar_2002._(Enderutgafa).pdf)

その他、コクピットの自動化と運航乗務員 Duty に関わる参考資料

The Interfaces Between Flightcrews and Modern Flight Deck Systems (Human Factors Working Group Report 1996)

http://www.faa.gov/education_research/training/aqp/library/media/interfac.pdf

http://www.faa.gov/aircraft/air_cert/design_approvals/csta/publications/media/flightcrews_flightdeck_report.pdf

CAA Paper 2004/10 Flight Crew Reliance on Automation, Summary Table 1

http://www.caa.co.uk/docs/33/2004_10.PDF

FAA Certification Process (CPS) study report 2003

http://www.aia-aerospace.org/issues/subject/faa/faa_cert_study.pdf

（担当：ATEC）

Runway FOD Detection Radar

滑走路上の障害物を探知するレーダー

Craig Richmond

Nassau Airport Development Company (Vancouver Airport Services)

and

Brett Patterson

Vancouver International Airport Authority

滑走路は現代の航空機にとって非常に重要である。航空機が大型化、高速化するにつれよりスムーズでクリーンな滑走路が必要とされる。滑走路上に障害物が無いことが目標である。この目標を達成するためにレーザー光線やレーダーを使った最新技術がテストされ採用されている。滑走路の表面に障害物が無いことが求められるが、現在の滑走路上の障害物の検知は目視に頼っている。

現在の滑走路上の障害物の探知

滑走路上の障害物は航空業界にとって脅威である。我が社の推定によると滑走路上の障害物によって起こされる年間の損害額は 5 億円を上回る。しかしながら最も重要なのは航空機及び人命が危険にさらされることである。

バンクーバーエアポートではかつては自動車に係官が乗って目視で点検していた。

ICAO の基準によると最低でも 6 時間に 1 回の滑走路のチェックを必要としている。バンクーバー空港ではこの基準に従って 1 日 4 回の目視点検を行っていたが、2000年には 2 回のひよつとすると重大事故になる可能性のあった滑走路上の障害物によるインシデントが発生した。

滑走路上の障害物によるインシデント

2000 年 3 月にパイロットから滑走路上に障害物が落ちているとの報告があった。ただちに調査された結果、エンジンカウルの破片がクロスウィンドランウェイとメインランウェイの側で発見された。

破片の幾つかは非常に大きく、離陸または着陸する航空機にとって非常に危険であった。

このカウルはエアバス A330 から落ちた物であった。障害物が最初に発見されるまでに、少なくとも 10 機の航空機が離陸していた。



図1



図2

2 番目のインシデントは2000年の 11 月に起きた。滑走路の目視点検が終わり、障害物が何も
ないことが報告された直後に発生した。離陸した DASH8から大きなアルミのチューブが落下し
着陸した航空機がその上を踏み越えた。

これら2件のインシデントにより、人間による探知の限界と滑走路の目視点検と目視点検の間の
時間が問題だと言うことが言えるだろう。

人間の目視による滑走路点検の限界

現在行われている人間の目視による滑走路点検は幾つかの点で重大な限界がある。

人間は疲労する。また無線の交信等で意識がそれにとられる。また点検による滑走路の閉鎖
時間を最小にしようというプレッシャーがかかる。

人間は人により目視能力が違う。

人間の目はその中心部では非常に高い精度を持っているが周辺視野の視力は落ちる。

この限られた周辺視野で時速80キロの車から60m幅の滑走路を見おとしなく点検することは
難しい。

滑走路路上に付着したタイヤのゴムの上に落ちたタイヤの破片のようにある状況下では目視によ
る発見は困難である。

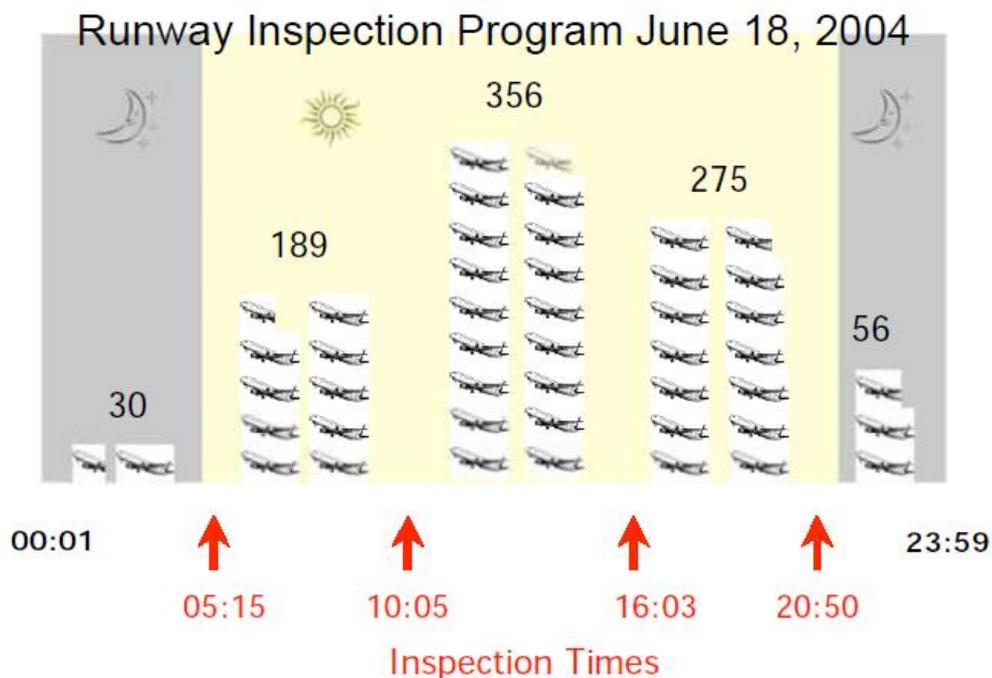
夜間または様々な気象条件かでは目視による発見が困難な時がある。

滑走路チェックの間隔

離着陸の多い空港において滑走路チェックを適切に行うことは容易ではない。これらの空港に

において1分に1機の離発着があることは珍しいことではない。滑走路の点検は障害物が発見された時か、交通量が許した時に行われる。図3はバンクーバーの2004年のある1日のサンプルである。グラフは滑走路チェックの間に最低でも86機、最高356機の離着陸があったことを示している。もし1時間に1回滑走路チェックを行ったとしてもその間には非常に多くの航空機が離発着を行う。

現在の滑走路チェックの方法は問題があると言わざるを得ない。このことと先に紹介した2例のインシデントの結果、バンクーバー空港は自動システムによる解決を探することを決定した。



• “Enhancing Safety Worldwide” • Paris, France • October 2006 4

技術的検証

レーザー光、テレビカメラ、赤外線等のシステムが試されたがそのどれもが十分な性能を発揮できなかった。

2001年にバンクーバー空港はミリ波を使用したレーダーによる滑走路上の障害物検知のデモンストレーションに成功していたレーダーのスペシャリスト QinetiQ グループと連絡をとった。

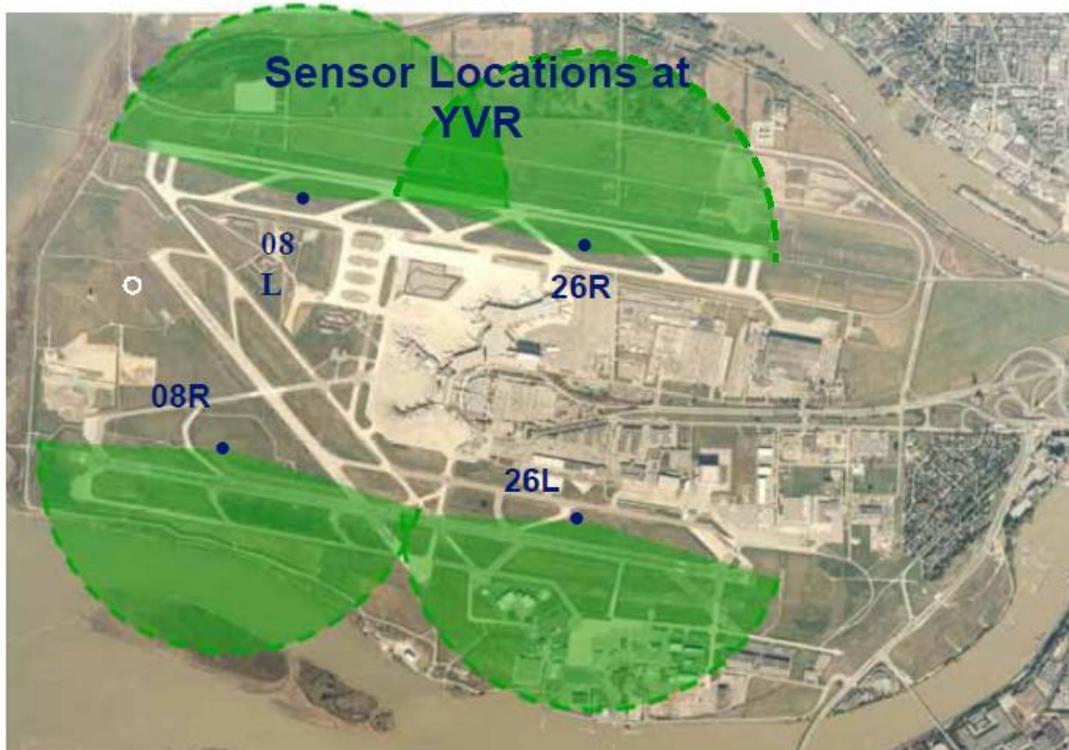
バンクーバー空港における障害物探知レーダー

バンクーバーは2本の平行滑走路 08L/26R と 08R/26L 9,940 ft (3,030 m) and 11,500 ft (3,505 m) 及び1本の横風滑走路 12/30 7,300 ft (2,225 m)、合計3本の滑走路がある。全ての滑走路

は200ft(60m)幅であり、平行滑走路は互いに5700ft(1740m)離れている。
99%の運航は平行滑走路で行われており、危険率とコストを考慮すると平行滑走路に設置することとした。

設計の目標値は2インチ(約5センチ)のボルトをアンテナから200mから2000mの範囲で発見することとされた。このため各平行滑走路のスレッショルドから三分の一の距離の所に1台ずつ合計4台のレーダーが設置されることとなった。

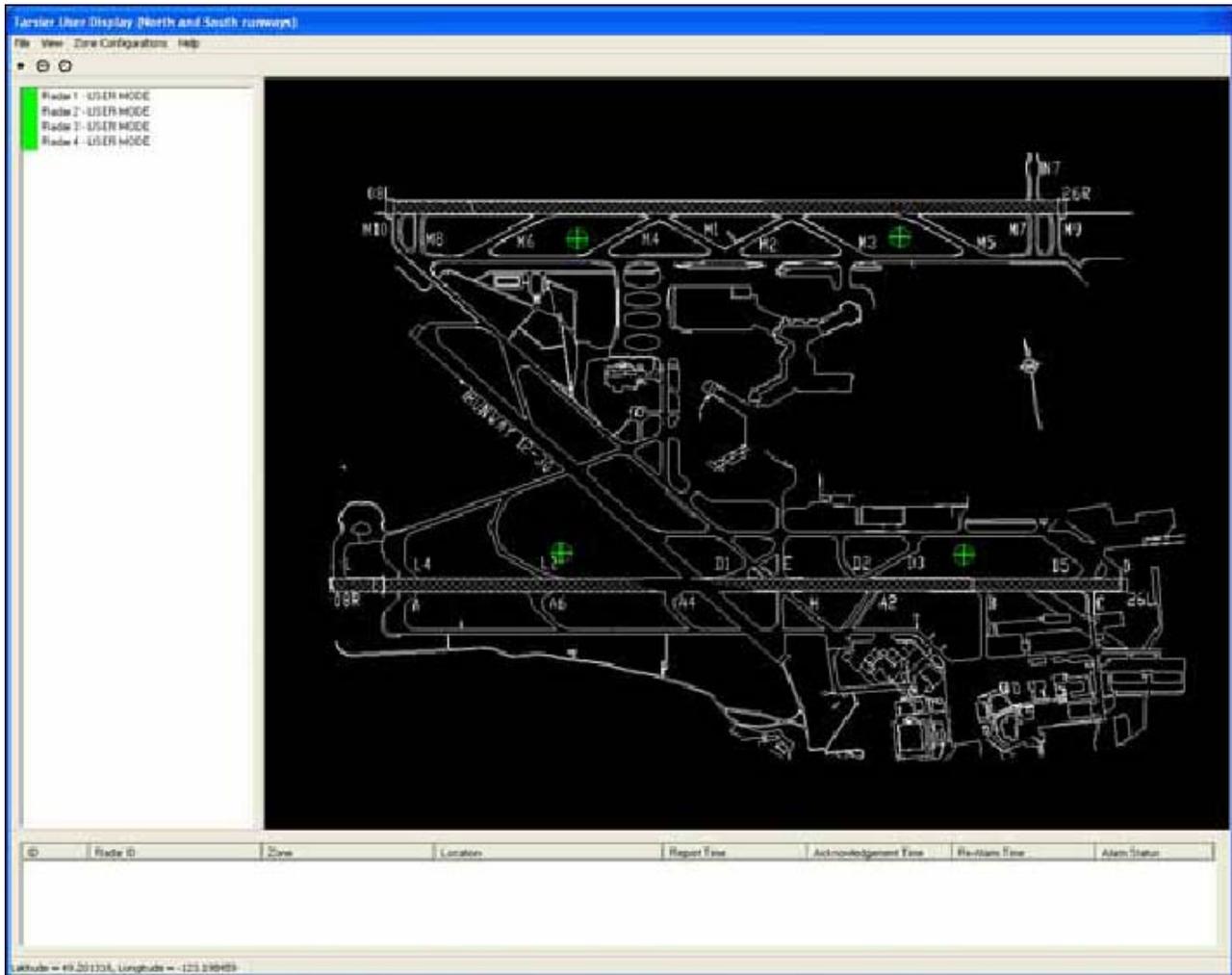
アンテナの高さは設置場所により3.4mから7.2mとされた。



バンクーバーにおいてレーダーは94.5Ghzの周波数を使用している。最大出力は -8dbWであり、EIRP (effective isotropic radiated power)は 39dBW である。

カナダの航空局により既存の如何なるナビゲーションシステムとも干渉しないことが確認された。

ディスプレイには障害物が検知されるまでは何も表示されない。障害物が検知されるとアラームが鳴り、ディスプレイに障害物の位置が表示される。さらに正確な障害物の緯度、経度が表示される。この緯度経度は障害物を取り除くための車に転送され、自動車は正確に障害物にたどりつけるようになっている。如何なる天候かでもシステムは自動的に作動している。



上の図のように空港のディスプレイには全ての滑走路、タクシーウェイ、エプロンが表示されている。アラームモードでは障害物の位置が表示される。画面の左にはシステムの状態が表示され、下部には発見された障害物の位置が表示される。



偽の警報

システムが成功するかどうかはどれぐらい偽の警報が出るかにかかっている。ここでいう偽の警報とは、警報が出された場所に行ってみたが何の障害物も発見されなかった場合を言う。このためレーダーが 4 回同じ場所に障害物を探知して始めて警報が作動するように設定された。

現在レーダーは毎秒2.5度から1度の角度動く、つまり 1 回転するのに 72 秒から 180 秒かかる。このため障害物が発生してから警報が鳴るまで若干時間がかかる。現在の目標は 3 分以下にすることである。

もう一つの問題は滑走路上の氷または雪等へのシステムの反応である。このため検知ゾーンを変化できるようにしている。このシステムはまだ冬期において運用されていないため、雪及び氷に対しての実験はまだ済んでいない。

バンクーバーでのオペレーション

システムが障害物を検知するとただちに管制塔に伝えられる。

スタンダードオペレーションは障害物が検知された滑走路を直ちに閉鎖される。

パイロットからすると当該滑走路からの離陸は認められない。

タッチダウンポイントから 1 マイル以内の航空機の進入着陸は認められる。

タッチダウンポイントから2マイル以遠の航空機はゴーアラウンドを指示される。

タッチダウンポイントから 1 マイル以遠、2 マイル以内の航空機については管制官の宰領によ

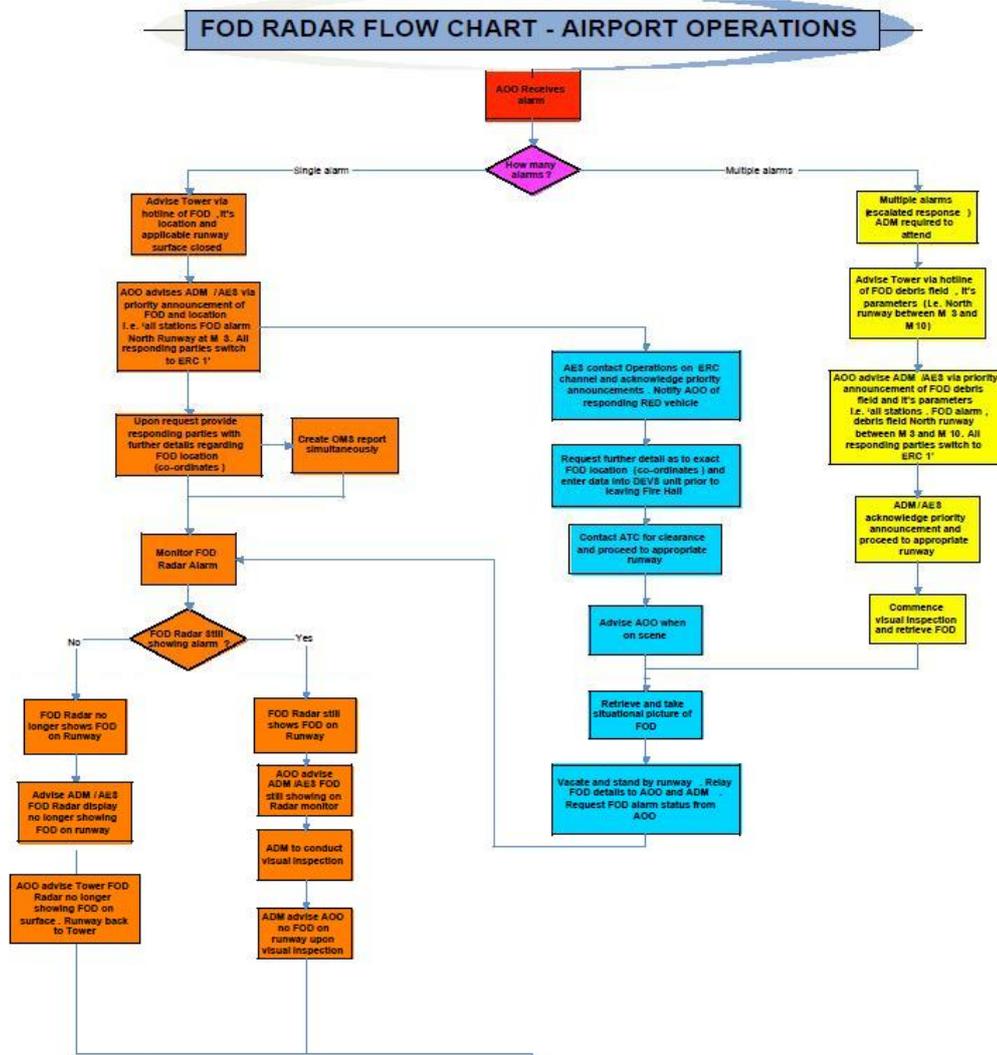
る。

滑走路上の障害物を検知した場合の平均滑走路閉鎖時間は9分間である。

運用試験の間に滑走路障害物探知レーダーは、全ての場合においてパイロットからの報告や地上の点検で発見される前に障害物を検知した。緯度経度による場所の特定は障害物から3 m以内であった。自動車には GPS が積まれ、障害物がどこにあるかが表示されるようになっている。

一端障害物が滑走路から取り除かれた後は、最低 1 回のレーダーによるスキャンで障害物がもはや存在しないことが確認されたあと、滑走路の運用が再開される。

テスト期間中緯度経度無しでは人間は障害物が発見できなかった。



現状の問題点

夜間、閉鎖滑走路上で警報が発生することがある。これは野生動物によるものと考えられるが、今後の詳細な調査が必要である。

レーダーの性能は非常に良い。滑走路の継ぎ目から生えた草やジェットエンジンのブラストで滑走路上に飛ばされた土と草の固まりさえ探知した。

建物からの反射電波によるフォールスアラームが発生したがアンテナの角度調整とプログラムの改修で無くなった。

将来

現在の探知までの時間を短縮するために障害物の大きさによって警報を出すまでのレーダーの検知回数を変えることが考えられる。比較的大きな障害物の場合現在の 4 スキャンから 2 スキャンで警報が発生するように変えることにより、偽の警報の発生率と警報までの時間の両者を最適化できる。

警報システムと連動したテレビカメラの設置

自動的に警報が発生した場所を向きかつ拡大して映像を映し出すテレビカメラを設置することにより、警報を起こした物体を確認するまでの時間が短縮できる。

結論

歴史的に滑走路の安全性は目視による点検とパイロットの報告に頼っていた。これらの問題は両者ともに限界を抱えている点にある。レーダーを使用したシステムを導入することにより、いかなる天候の時もまた昼間、夜間を問わず滑走路を監視することができる。

また、障害物をただちに取り除くことができるために滑走路の運用効率を上げることができる。

今後のシステムの検証により、滑走路混雑時間の滑走路の目視点検を省略することができる。

(文責 JAL)

「安全マネジメントシステム (SMS) : あなたのプログラムは、SMS ですか？ それとも新しいタイトルをつけただけの古いプログラムですか？」

By Michael L. Barr (USC: University of Southern California)

20 世紀の後半 50 年の間、安全マネジメントはその組織の任務と幾度となく衝突してきた。安全部門は、その組織の目的の主流から外れた所にあると思われていた。安全部門は、ビジネスを遂行する上でのコストと考えられており、その組織のゴールを達成するための事前予防的な (proactive) 支柱だとは考えられていなかった。あらゆる組織の第一の目的は、その任務を成功させる事にあるということ、安全部門は理解していなかった。その任務とは、生産性や収益性を上げることかもしれないし、又その任務を完遂する事 (例えば捜索と救難のように) であるかもしれない。従って、「安全第一」ではないのである。それでは、安全は二番目三番目なのだろうか？ その会社のゴールと優先順位において、何番目にランクされるべきものなのだろうか？ 私は、安全には、そのような「何番目の優先順位」といったような一元的な考え方はそぐわないと思う。ブロック塀を思い浮かべよう。そのブロックの一つひとつが、ある組織の部門であるとしよう。もしブロックを単に積み重ねただけであれば、弱くて塀にはなりえない。もしブロックの間にセメントを入れれば、その塀は強いものとなり、外からの圧力に耐えることができる。安全部門はその会社を団結させるセメントのようなものである。安全部門がその組織のセメント役を果たす事によって、その組織のニーズと要求に合致し、より良い結果を生むことができる。

初期の安全マネジメントプログラムは、完全な事後対応型 (reactive) であった。1960 年から 1970 年の間、安全部門はもっぱら訓練と調査のみを実施していた。それぞれの従業員が、事故やインシデントを防止するというそれぞれ自分のコミットメントに対して責任を負っていた。彼らは、自らエラーやその背後に隠れた不安全要素を確認することをせず、不安全事象が発生するのをじっと待っていた。そして、その発生した不安全事象の重大性により、どういう対策をとるかが決められた。ほとんど損害や負傷のなかった事象は、例えそれが将来破局的な結果をもたらす可能性を持っていても、ほとんど注意を払われる事はなかった。これは「血の優先順位」とでも言えるかもしれない。なぜ以前はそれが安全に対する一般的なアプローチだったのだろうか？ 第一に、簡単だったからである。発生した不安全事象にはさまざまな教訓があるのだが、そのうち修正しうるエラーにしか光を当てなかった。第二に、主体的にやるべきことを得るためにしばしば必要とされるデータや解析を行う必要がなかったからである。第三に、その事象が将来再び起こらないようにするための対策の必要性ということにおいて、意見の相違がなかったからである。つまりそのようなシステムには大きな欠点はなかった。問題点を発見するためには、最初の事象が発生する必要があったので、そのようなシステムは単に同じ事象が再び発生する事を防止するのみであった。さらに、長い目で見れば、それは費用対効果の点において優れている。

るとはいえない。犠牲が大きい事象が発生して初めてリスクが確認され、修正されるからである。

1970 年から 1990 年の間、安全上の障害の確認と調査がそのプログラムに追加された。発生するかもしれない事象を確認し、対策をとるようマネジメントを説得するのは、ただ安全部門だけの役割であった。調査が実施された。安全部門はマネジメントのためのスパイと見られていて、その組織のミッションの日々の計画や生産活動に、決して加わる事はなかった。

安全マネジメントシステム (SMS) は、安全部門が本来持っている事後対応型の性質を解決しようとするものである。SMS は安全を他のビジネス機能と同じレベルにおくものである。組織は、その安全プログラムが成功するように実質的に変えることをせずに、そのプログラムの名称を SMS に変更するだけということをし、度々行ってきた。名称だけを SMS に変えた安全プログラムには、ゴール、目的、書かれたポリシー、リスクマネジメント、アカウントビリティや監査などの分野が含まれていない。また、発生事象がいまだに情報を得る主な方法となっている。

SMS の歴史には 3 つの主なマイルストーンがある。Edwards (1951 年) による Total Quality Management (TQC)、Demming (1954) による Management by Objective (MBO)、それに 1987 年の ISO 9000 である。これらには、すべてのビジネススクール卒業生が非常に良く知っているマネジメントのツールがあり、概念がある。TQM は、戦略的思考を追及し、真の要件を設定し、予防に集中し、慢性的な損害を減少させ、建設的な手法を用い、そして会社内のすべての機能に適用される。MBO はゴールがあり、目的を設定して、監査および評価を通じてゴールへの到達状況をモニターする。そして将来のゴールを設定するために、結果をレビューする。ISO 9000 はプログラムの品質を保証する。SMS はこれらの概念を採用し、組織の任務の欠くことのできない一部となった。

SMS に関する ICAO のマニュアルには、SMS に必要とされるものとして下記の機能を挙げている。

- 明示された安全ポリシー
- 安全に関する遂行度合いを計画し、測定するための明示されたプロセス
- 人員が訓練され、能力を有することを保証するプロセス
- 安全上の障害を確認し、リスクを評価して管理するプロセス
- 安全上の障害、および再発防止のために能動的な対策をとるために発生した事故、インシデントを組織内に報告する事前予防的なプロセス
- すべての SMS プロセスの文書化および人員に責任を認識させるための教育システ

ム

- 定期的に SMS のレビューまたは監査を行うためのプロセス
- 責務（アカウンタビリティ）のプロセス

多くの組織の安全プログラムをレビューしたところ、上記の SMS の要素の多くが欠けている事が分かった。その安全プログラムは、いまだに会社の主流から外れており、他の部門からの強い協力を欠いている。リスクを見つけるには 3 つの主なインプットがある。個々のリスクの確認、トップマネジメントの交代、そして運航における安全のレビューである。多くの組織は、従業員が安全上の障害を安全部門にレポートするシステムを持っている。SMS はその会社の運営に大きな変化（例えば、新機種の導入や新しい任務など）があったときにはいつでも安全上の障害を深く分析する事を求めている。また、トップマネジメントが交代した際には、会社のすべての部門がオペレーションにおける可能性のある安全上の障害を確認し、そのリスクを評価する事を求めている。そのリスクの評価が完了したら、それらのリスクを緩和する計画が実行されなければならない。すべての組織のポリシーと手順の定期的な安全面でのレビューが完遂されなければならない。このレビューでは、現行のポリシーと手順が実行されているか、その任務の要求に合致する事において成功しているかどうかを確認する事になる。

SMS を成功させるためには、安全についてのポリシーおよび包み隠しのない報告についてのポリシーをはっきりと述べておくべきである。もしも個人が安全上の障害やインシデントを報告した事によって罰せられるのであれば、将来いかなる事象も報告されなくなるということが分かっている。これでは個人が責められる事がないシステムとは言えない。一方、もしもある人が意図的にルールを破ったとしたら、マネジメントはそれ相応の対応をしなければならない。その組織の中に長い期間存在している隠れた不安全要素のせいで多くの失敗が起こる。包み隠しのない報告はこれらの隠れた不安全要素を特定し、将来の事故災難を防ぐことに役に立つに違いない。

安全システムには、トップマネジメントの言葉による、そして目に見える形でのサポートが必要である。中間管理層と現場の管理者の参加は、従業員の参加と同じくらい極めて重要である。会社の従業員はそのプログラムを、組織の毎日の運営において前向きに、かつ有益なものであると考えなければならない。

安全に対する管理されたアプローチのように、SMS プログラムには多くの建設的なアプローチがある。そのひとつは、安全部門をその他のすべてのビジネス機能と同じ土俵に乗せるということである。運航や財務管理などに対するものと同様に、SMS にも同じルールや手順が適用される。また、SMS はリスクを管理する事によって生産性を向上させる。SMS

では、プログラムを評価する基礎としてデータを使用することにより、そのプログラムの成功が判断されるようなゴールや目的が設定される。その一方で、克服しなければならないかもしれない困難さもある。SMS では非常に多くの文書化が必要であり、責務（アカウントビリティ）の定義が必要である。SMS では、ただポリシーと手順を監査するのみである。従ってマネジメントは、従業員が実際にその組織の基準を守っているかどうかを知ることにはできない。どんなに最良のポリシーと手順があっても、それらが守られないのであればほとんど役に立たない。特定の業務評価の計画をしっかりとめ込む事が推奨される。もしこれが完遂されないと、ちょっとした事故や災害が起こった時に初めて、ポリシーや手順が守られていない事をマネジメントが知ることになる。最後に、多くの SMS プログラムは、それが会社の文化の一部とはなっていないために、マネージャーやスーパーバイザーのすべてのレベルから全面的なサポートを得ているといったことがない。全面的なマネジメントのサポートがなければ、このプログラムは成功しない。

資格を得ていない人が SMS プログラムを管理する重要な地位についているということが、あまりにもたびたび起きている。SMS マネージャーはリスクマネジメントとリスクアナリシスに関して正式な教育を受けていなければならない。彼らは、問題の真の原因に到達する事のできる直観力のある調査者である必要がある。監査と業務評価は SMS マネージャーにとって必要な能力である。多分あらゆるものの中で一番大切な能力は、書くことと話すことの両方におけるコミュニケーションの能力であろう。そのマネージャーがどんなに良い調査者であっても、良い監査者や分析者であっても、推奨する事をマネジメントにうまく伝えられなければすべては無駄になる。

安全マネジメントシステムは、組織のリソースを大切に使うためのビジネスアプローチである。それは、他のビジネス機能と同じように実施される。このような意味において、安全部門はマネジメントチームの一部であり、意思決定のプロセスの蚊帳の外においておかれるものではない。SMS は事故やインシデントのリスクを減らす事により生産性と収益性を向上する助けとなる。また SMS は、ビジネスを遂行する効率的な方法である。

(以 上)

コスト低減を目指すエアラインにおける 疲労リスク管理統合化システム

Simon Stewart¹, Alexandra Holmes², Paul Jackson² and Rafeef Abboud¹
easyJet Airline Company Ltd¹, Clockwork Consultants Ltd², United Kingdom

1. はじめに

本レポートは、低コストで運航する大手キャリア “Low Cost Carrier (LCC)” 「EasyJet」によって開発された “Fatigue Risk Management System (FRMS)” の事例を報告するものです。

まず、現在の英国 “UK Civil Aviation Authority (CAA) Flight Time Limitations (FTL)” (CAAの飛行時間規則) をクリアする勤務体制を開発するために用意されたセーフティーケースを紹介します。

さらに、疲労リスクの証拠となる運航データもあわせて報告し、これらのデータが、疲労リスクコントロールとエアラインのFRMS設計に対して、どれくらい影響したかを解説します。

最後に、システム全体の1つの要素としての疲労リスクを管理する、安全管理システム “Safety Management System” (SIRA) の概要を説明します。

2. 背景

2005年4月、EasyJet は、現在の FTL の緩和を与えられた、初めての大手航空会社となりました。

それは、英国CAAが、安全症例報告「6ヵ月間の勤務シフト試行」の結果に基づき、運航緩和に同意したことです。

この勤務シフトは、「5/2/5/4シフト勤務」(5日間の早朝出勤、2日間の休暇、5日間の遅い出勤、4日間の休暇)と呼ばれ、3日間の連続早朝出勤の制限を設けたFTL - CAP 371の制限を超えたものでした。

EasyJet は、このシフト体制が、疲労リスクとフライトデッキエラー両方の軽減について効果があると言う証明のため、比較対象として、「6/3シフト勤務」(3日間の早朝出勤、3日間の遅い出勤、3日間の休暇)を用意しました。

そして「5/2/5/4シフト勤務」は現在、14のベースで運用中です。

CAA緩和の要件は、easyJet が、FRMSを履行するということでした。FRMSは、疲労リスクを合理的かつ実践的に測定し、最低限それを管理し、そして軽減させるというしっかりとした根拠のあるシステムです。(オーストラリア安全輸送局、疲労管理課、2001)

FRMSは、既に運用されている安全管理システム” Safety Management System

(SMS) ”の一部として組み込まれており、疲労リスク以外の危険と併せて管理されます。

疲労リスクの管理は、近年開発され、オーストラリアとニュージーランドの航空業界で、はじめて一般に紹介されました。(CASA 2003、オーストラリア Safety Transport局2006)

3. 安全ケースの開発

3.1 低コストキャリアーと疲労リスク

EasyJet は、ヨーロッパで運航する、低コスト近距離専門の航空会社です。彼らは現在、燃料高騰、熟練者不足、年々減少する利益率を背景とした、非常に過酷な業界競争にさらされた中で運航をしています。

そこで生き残るためには、直接経費は最小に、そして資源利用は最大に利用されなければなりません。

そこで、クルーリソースを最大限に活用するために、低コストキャリアーは、高い生産性を生み出すための特別な勤務時間、複数のセクター勤務、最小限のクルーの休暇となるシフト体制を採用しました。

しかし、これらのシフト勤務では、情報に基づいた管理が出来ず、クルーの機敏さやパフォーマンスに有害な結果がでたり、受け入れがたいレベルまで疲労リスクが増大する危険がありました。

3.2 FTLコンプライアンス (遵守) の批評

航空業界など安全性を重視する産業で利用される、もっとも一般的な疲労リスク管理の方法として、FTLコンプライアンス、又は、労働時間限界 (リミテーションズ) ”Hours of Work” (HoW) というものがあります。

しかし、疲労リスクコントロールの為のHoWでのリミテーション効果が、決して指導的なものではなく、シフトを作る為の見本としてでしか利用されていないと批判されました。

この批判の背景として、HoWに関する、いくつかの制限が存在しました。

HoW限界には科学的根拠が無く、実際の労働人口に対する十分な測定値推定値が無く、疲労リスクを不注意に助長すると言うことが示されました。

さらに、Howは、別々の航空法の権威により提供された模範なルールで、明確な隔たりがあると言われました。

3.3 「5/2/5/4シフト勤務」の試行

そして、LCC (低コストキャリア) に関わる疲労リスク可能性の認識と、FTLを

遵守する為の疲労リスク管理の潜在的弱点を認識した EasyJet は、人的要因モニタープログラム "Human Factors Monitoring Program" (HFMP) を開発しました。

この HFMP は、フライトクルーの疲労、シフト勤務の実行と人為ミス、これらの変数の間の相互作用を評価するように設計されたものです。

HFMP は、既存の "Safety Management System (SMS) databases" , 例えば、飛行データ監視システム "Flight Data Monitoring (FDM) からデータを取得する多層プログラムで、さらに、測定値として、労働時間と睡眠時間の関係から算出する疲労度が加味されています。

HFMP は、「5/2/5/4シフト勤務」を試行している2つの基地で適用され、同時進行で「6/3シフト勤務」も適用されました。

この「5/2/5/4シフト勤務」は、累積稼働日数を減らし、早朝出勤のシフトから遅い出勤のシフトに転換する時の休暇日数を増やすことによって、疲労を減らすと予想されました。

結果、HFMP で集められたデータは、「6/3シフト勤務」と比較して、「5/2/5/4シフト勤務」のほうが、疲労リスクが減ることを示していました。

HFMP 調査結果（それはCAAに示された安全ケースの基礎を作りました）の例は、下記の通りです。：

- 2つのシフト勤務は、FAIDと呼ばれる、疲労を数値モデル化するソフトウェアを使って評価された。

「6/3シフト勤務」の人のうち、1.8パーセントが、大きなまたは非常に大きな疲労リスクにさらされており、対して「5/2/5/4シフト勤務」では0.7パーセントの人がこれらのカテゴリーに該当した。

- ライン運航安全性検査 (LOSA) オブザーバーが、両シフト勤務について、クルーに対する脅威とエラーを記録しました。

「6/3シフト勤務」では、1セクターあたり平均5.2エラーレートの記録に対し、「5/2/5/4シフト勤務」では、2.6に減りました。

「5/2/5/4シフト勤務」は、CAAによる承認の後、英国の英国エアラインパイロット連盟 "Airline Pilots Association" (BALPA) に属しているクルーの推薦を受け、推薦したメンバーの91パーセントが、「5/2/5/4シフト勤務」で疲労しないと感じたと証言し、そして、93パーセントが新しいシフト勤務を支持しました。

3.4 実際の睡眠時間

HFMP で収集されたデータは、疲労リスクが「5/2/5/4シフト勤務」で減ることを示しましたが、クルーによっては、実際得られる睡眠量に関するデータから、疲労リスクに対して、更なる注意が必要であるとされました。

試行の間、22人のパイロットに、“Actiwatch”（腕時計状の装置で、装着者の活動や睡眠をモニターする）を装着してもらいました。

集められたデータによると、遅いシフト勤務より早朝勤務の方が、睡眠時間が少ない事がわかりました。

そしてクルーの睡眠時間は、フランスの近距離パイロットの睡眠時間記録と比較されましたが、フランスの場合、早朝出勤の場合で5時間41分、「午後のフライト」の場合で7時間26分が平均睡眠時間でした。

easyJet のクルーとフランスのパイロットの報告から、早朝出勤における短い睡眠時間は、睡眠時間を延ばす事が困難な事、言い換えれば早く睡眠を取る事が困難だと説明しています。

深刻な睡眠不足がハイライトされたことに加え、この研究では、睡眠による損失が「5/2/5/4シフト勤務」サイクル全体で累積していることを示しました。勤務日程にかかわらず、得られる睡眠の量が、乗員の間で大きく異なる事が判りました。

例えば、幼児を持つクルーの早朝勤務では、比較的長く睡眠時間を得られること、反対に、年配の家族構成を持つクルーでは、遅い勤務の場合において、長めの睡眠時間を得ることがわかりました。

深刻な睡眠不足とその累積、睡眠不足の回復と安全なクルー操作と、それぞれの因果関係の関係は、まだ十分解明されておらず、今後更にFRMS で詳しく調査される事でしょう。

FRMSの中で、睡眠不足の累積による損失と個人差（性格とライフスタイル）は、パフォーマンスと疲労リスクが、重要な要因として認識されています。

4. 「5/2/5/4シフト勤務」の運用

ここまでは、「5/2/5/4シフト勤務」への移行をサポートした安全ケースの概要を述べ、そして、独自のFRMSデザインへ導くいくつかの初期情報を紹介しました。

2005年4月、「5/2/5/4シフト勤務」は、全14ベースでロールアウトしました。

ここでは、システムの安全性についての伝統的計測方法が、新しい勤務シフトにどのように効果があったか報告し、さらに、FRMSデザインの測定値に基づく改善例を紹介します。

この「5/2/5/4シフト勤務」は、北半球の夏休み期間（5月～10月）繁忙期と同じ時期に導入されました。

そして作業負荷は、新しいルートの導入とクルー確保の難しさの為に、増加しました。

その負担増加は、クルーの労働時間増加や、休暇の減少、そして勤務シフトの混乱を意味します。

その結果、Figure1で示すように、年率換算ブロック時間（飛行時間）は、900時

間の定められた制限値ぎりぎりまで増加しました。



Figure1 「5/2/5/4シフト勤務」の全ベースへの導入(2005年4月)前後での、年率換算ブロック時間の分類

このSMSツールは、「5/2/5/4」導入と作業負担増加は、安全の為に必要で一時的なものであるとしました。

そして飛行データ監視システム(FDM)で採用されたSMSシステムツールは、重大なFDMイベントであるインシデントレポート、例えば、複合エラー、500フィートエラー、等の分析をするものです。

また、FDMイベント率は、前年(2004年6月～10月対2005)同期間と比べて1/3以下と言う結果でした。

これは、リスクが十分にコントロールされたことを示す結果でしたが、同時に、クルーからは、疲労に対する非公式な不満が以前よりも増え、CAAへの匿名報告が、同じように増加する結果となりました。

システムリスクを、より詳細に捕える為に、運航リスクグループ“Operations Risk Group”(保安部)は、5つの異なるベースで実施するクルーワークショップを含むリスク分析システム(System Hazard Analysis:SHA process)プロセスを実行しました。

このSHAプロセスは、系統的に分類したリスク要素、疲労リスク要素、勤務時間の漸減(FAIDに再プログラムされる)そして疲労リスクの等級付けを提供するもので、クルーインタビューに加えて、エアセーフティレポート“Air Safety Reports”(クルーのエラー報告)、飛行データ監視“Flight Data Monitoring”(FDM:疲労変数、勤務日、勤務週、セクター、クルーベース、ルート、年齢、その他)、調査内容のレビュー、運航部(ベースクルー、病気、人事裁量、適法な勤務シフト)による調整、航空身体検査医と一緒に実施されるインタビュー、等の分析から成ります。

ここでの作業では、低リスクFDMイベントの記録と分析の実施プロセス、また、

疲労を会社に報告するシステムの開発が開始され、両方のプロセスは、FRMSの成功にとって不可欠なものであると考えられました。

5. クルーワークショップ

クルーワークショップは、2005年7月、8月に、小さなベース（A、B、Cの3拠点）と、大きなベース（EとFの2拠点）で行われました。

ワークショップの狙いは、疲労要因（例えば労働時間など）の知識、そしてそれらがクルーのパフォーマンスに顕著に影響する事を良く理解することにあります。このワークショップでは、疲労をもたらすいくつかの要素が浮き彫りにされました。その中で、おおきな要素としては、以下に掲げたものです。

作業負荷（ワークロード） / 気苦労（ハッスル）

高密度高度の空域、忙しい空港、技術的な失敗、不適切な手荷物ハンドリング、航空機へのタラップ接続遅れ、クルールームのコンピュータの使い勝手（インタフェース）の悪さ、遠くの航空機ポットへのクルー輸送の遅れ、ブリーフィングルームと航空機間のセキュリティ通過の困難。

スケジュールリング

便数の増加、長い勤務時間、複数の勤務シフト変更、交互に来る5日間早朝/遅番出勤と2日間の休暇、これらによって累積した疲労は、家庭内の義務に参加する事や、夏の繁忙期の乗務からくる疲労からの回復には、全く不十分でした。

「ワークロード/ハッスル」と「スケジュールリング」それぞれの要素の類似関係は、特に「近距離」航空会社にとって、疲労の主観的な評価にたいして、重要な影響を及ぼすことがわかりました。

たとえば、2つの近距離輸送のキャリアー（KLM-英国とBMI）の調査では、その「気苦労」"hassle factors" が疲労のかなりの決定要素となることがわかりました。これらの影響は、フライトが、最小の所用時間で、複数路をこなさなければならない勤務日に倍加しています。

6. 運航要因と疲労リスク

システムの安全に関わる「ワークロード/ハッスル」要素のさらなる研究の為、ワークショップが出した結論は、FDMデータベースに上書きされることになりました。

そこで、このセクションでは、この調査の結果とそれが社内のFRMSのデザインにどう影響したかを述べます。

6.1 疲労リスクの証拠

クルーから提出された気苦勞要因のレポートは、なんらかの要因が単独で起こるのではなく、他の要因も一緒になって発生し、更に危険度が増すことを示しました。

ベースE (FDMデータベースの報告で過度に多かった) では、運航要素について、疲労に関する影響が、特に明瞭でした。

クルーが経験した「気苦勞」要因の多くは、駐車場からターミナルへの輸送でした。

輸送には、およそ30分の時間がかかりました。

そこで、クルーは、これらの要因を克服する為に「必要な時間を延ばす」方法を考えました。

ベースEでは、これらの問題が、平均的勤務シフトで、平均1時間のサービス残業が行われていると結論づけられました。

そこで、クルー輸送がどんなに困難であるか、またどのように疲労に影響を与えていたかを判断するため、FAIDと呼ぶ、疲労と労働の分析モデルを利用することにしました。

7月と8月のクルー勤務シフトで、勤務開始と勤務終了時間の分析をしたところ、勤務開始時間は、60分進められており、そこで、第2次FAID分析のために再びプログラムされました。

この勤務時間の延長は、計画よりも、0.3パーセントから4.2パーセントに、非常に高いレベルで (FAIDスコア>75) 増加し、同時に、疲労リスクも増加させました。

仕事に費やされる時間が延びる事よりも、クルーの輸送が、大きくパフォーマンスに影響をしました。

例えば、クルーがターミナルに到着するまで、その分、時間要素のプレッシャーが増えました。

6.2 セクター1上のFDMイベント

ワークショップでのクルーの報告では、その日の勤務の最初のセクターの前に、最も多く問題が発生しています。

たとえば、クルールームに到着すると同時に、クルーは必要なフライト情報にアクセスするため、コンピュータにログオンするのに苦勞します。

それによって、フライトプランに費やす時間、ブリーフィングの時間を制限することになります。

同様に、駐機場までの長い道のり、ターミナルセキュリティの通過の困難が、定刻運航と管制から割り当てられたタイムスロットを気にするクルーに対しプレッシャーとなります。

FDMイベントデータベース (FDMデータとして、イベントが14ヵ月の間収集さ

れ、セクター毎に分類された)の分析で、大多数のイベントがセクター1に起こることが分かりました。

妥当な解釈としては、気苦勞 (ハッスル) の FDM イベントが、最初のセクターでピークとなるようです。

気苦勞とFDMイベントの間の因果関係の詳しい事は判りません。

認識すべき重要な点は、疲労リスクは、それがFDMイベントと安全なパフォーマンスの発生を決定する多くの要因のうちのたった1つであるということです。

これを考慮して、FRMSが全体システムリスクの1つの要素として、疲労リスクを考え、SMSに組み込むとの結論をだしました。

6.3 「5/2/5/4シフト勤務」の中でのFDMイベント

ワークショップで、クルーは、ほとんどが早朝出勤任務のブロックの終わり頃に疲労がピークに達する、と感じると報告しました。

この報告は、クルーの睡眠時間についての研究の結果に基づいて予想されたとおり、FAIDが示す仕事の疲労分析に一致しました。

例えば、睡眠期間は、遅い勤務と比較して、早朝勤務で短くなります。

また、睡眠損失の影響は累積的であることが示されました。

疲労分析と対照して、FDMデータセットの更なる分析で、複合エラー、500フィートエラーが遅い勤務シーケンスの1日目、2日目にしばしば起こることが分かりました。

これは「5/2/5/4シフト勤務」パターンを試行と対照的です。

クルーは、遅い勤務で、セクターにつき2つのエラーを犯しましたが、比較して早朝勤務では、セクターにつき平均2.8のエラーを犯しました。

FDMが純粋に疲労に関連されたパフォーマンスの計測だけをしているわけではありませんし、早朝出勤による睡眠不足の結論と、遅番出勤のFDMイベントより一般的と言う事に、必ずしも意味があるというわけではありません。

また、分析のために使ったデータセットは、FDMイベントとクルー休息、早朝出勤語の休暇からの復帰など、分析するに足りる十分な量とは言えませんでした。

疲労と人為ミスの危険性が、線形的に関連があると仮定することは、現実的でないかもしれませんが、その疲労と人為ミスの関係の複雑な性質は、「5/2/5/4シフト勤務」に参加したクルーの調査の結果でも、ハイライトされました。

ほとんどのクルーが、疲労すると感じて、勤務4日目と5日目に自動操縦装置に最も依存していると報告したのです。

クルーは疲労すると、判で押したように、自動操縦装置を使うかもしれません。

これが本当ならば、増加した疲労は、いくつかの点(自動操縦装置を使う事)で、人為ミスをとらえ損なっているのかもしれません。

すなわち、クルーが飛行に参加していない飛行では、それが人為ミスの減少と関係し、エラーを犯す機会が減ります。

7. リスク軽減 - SIRA

FTL規制をクリアした運航と「5/2/5/4シフト勤務」の試行によるセーフティーケースの開発経験は、EasyJet にとって、洗練されたFRMSを開発するのを可能にしました。

同社は、よくデザインされた勤務シフトでさえ、疲労リスクからの十分な保護を提供できないと認めています。

EasyJet FRMS は、いろいろな疲労の計測値（予想値、実際値、鋭敏値、累積値）収集、疲労換算値（労働負荷、勤務体系）、人間のパフォーマンス（たとえば低リスクFDMイベント）評価など、複数の計測の修正を取り入れるように設計されています。

この情報は、適切なオペレーションに対する疲労リスク限界の明示を助け、継続的なリスク検知・データに基づく変更の為にモニタリングプログラムの基礎を形作りました。

意義深い事は、「作業負荷/気苦労」が、全体システムリスクに影響する要素の内の一つであるという事実が、ハイライトされた事でした。

収集されたデータ、睡眠の分析、クルーレポート（疲労の報告）、FDM疲労換算値分析、仕事率測定基準（任務時間、病気、判断分析、摩擦）、航空身体検査医との共同の研究により、「5/3/5/4シフト勤務」パターンの実施に至ったわけです。

これは、休暇を、早朝勤務と遅い出勤の間のリスク軽減ステップとして、1日分多く入れてプログラムされました。

これはクルーの欠員無しで、さらに効果の出る勤務シフトです。

一連の行動において、フライトクルーの疲労、作業負荷、スケジューリングの試行とクルーのリカバリー、FRMSのフレームワークの範囲内で、それぞれ理解されるまで、会社、航空局とパイロット組合（BALPA）ともに、お互い協力することになりました。

この地域の更なる調査を容易にするために、FRMS は、“Systems Integrated Risk Assessment” と呼ぶ、より幅広いリスク管理システムに含まれるように設計されました（SIRA;図2を見てください）。

SIRAは全体システムのリスクを考えるものです。

SIRAは、リスクのあるオペレーションソースの検知、リスク知識のコード化と分析、システム防衛力のチェックと、必要に応じて、操作上のリスクを減らすための処置実現の探知を含みます。

SIRAは、スチュワートとアブードによって採用された疲労危険度査定に適用される、統合したパフォーマンス評価への全体論のアプローチの延長でした。

SIRAは、トフトとレノルズの動的学習モデル “Active Learning Model” の中の組織的学習のゴールとして、カナダ運輸安全委員会 “Transport Safety Board of Canada”の安全複合検知方式 “Integrated Safety Investigation Methodology (ISIM)

によって提案される、インシデント/アクシデント調査への「縦深防御」アプローチに基づき行われます。

“Active Learning Model” (ALM) は、オペレーションシステムの危険を減らすか、コントロールするために、組織的学習と行動ステップを関連づけています。

SIRAアプローチも、DSMEプロセス（定義、選択と実行、モニターと評価）と6-シグマアプローチ（定義、測定、分析、デザイン、確認）を考慮にしています。

8. 結論

これらのアプローチを集積して、拡張することによって、SIRAは、リスクモデルプラットフォームとシステムの許容リミットに基づく、戦略的な組織的学習と報告ステージを網羅することになります。

システムリスクデータベースは、疲労換算値の色々な値に対応する為にフリーテキスト入力と、数的な分析を行うことを考慮に入れました。

そして、戦術的、戦略的なサイクルのモデルが同期しており、たとえ同期を外れても、戦略プロセスはシステムリスク知識をエンコードするようになっています。

つまり、SIRAは企業が航空局にカンパニーリスクに関する動的な情報を提供することと同様に、疲労危険を減らして、管理するのを可能にしたのです。

Operational Interface	操作インタフェース
System Sensory Network	システムセンサーネットワーク
System Risk Database	システムリスクデータベース
Data mining and refinement of metric variables	データの整理整頓
System Defence Analysis	システム防御分析
Safety Boundary Calculation	安全境界の計算
System Risk Model	システムリスクモデル
Encoding Risk Knowledge	リスクナレッジのエンコード（記号化）
Informs Company Tactical and Strategic	企業戦術・戦略の通知
Informs Regulatory Authority	規制当局への通知
Strategic Process	戦略プロセス
Organizational Learning	組織的学習
Tactical Process	戦術プロセス
Risk Acceptance/Control	リスク受け入れ/コントロール
Evaluate Decision/Control	評価決定/コントロール
Day-to-Day Operations	毎日の運航

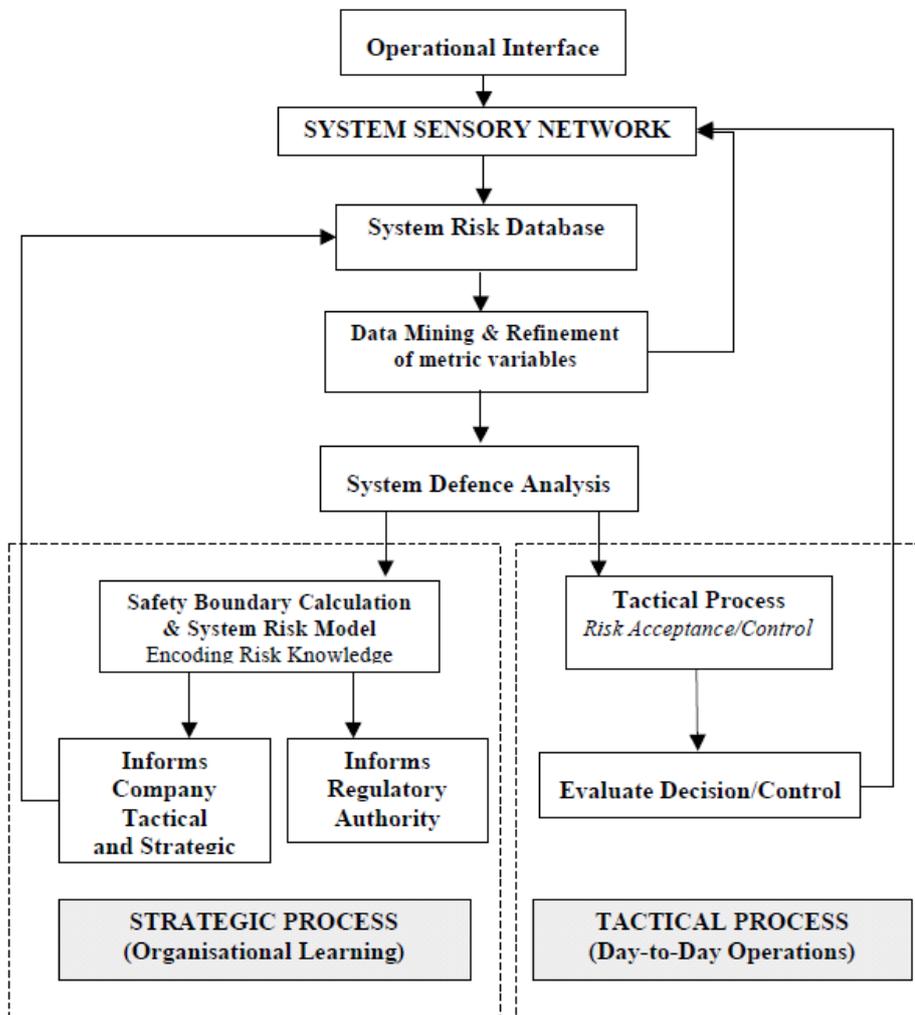


Figure2 SIRAの概要(システム統合した危険度査定)