

航空安全プログラム 2 乱気流事故防止技術

安全なそして安心できる航空輸送実現のためのボタンタッチ — 晴天乱気流事故低減に向けた研究開発

町田 茂*

はじめに

1985年8月12日夕刻、筆者は中央自動車道を諏訪湖から東京方面に向けて車を走らせていました。甲府を過ぎてしばらくすると、進行方向へ向かって左側の山の空が少し赤みを帯びていることに気が付きました。この方向は、明らかに北方向であり、夕焼けではないことは誰にでも分かります。その後、都内に人を届けてから、家のある埼玉県に向けて運転をしていましたが、車のラジオから聞こえてくるニュースは、羽田発大阪行きの日本航空123便に何かトラブルがあったらしい事を継続して報道していました。中央道で見た赤い空は、群馬方向でした。距離的に見て関係ないかもしれませんが、今でも強く記憶に残っています。

本稿を執筆している最中、本年8月12日の日本経済新聞の社会面には、33年前に発生したその「日航ジャンボ機墜落事故」の慰霊登山に関する記事が小さく載っていましたが、紙面上そのすぐ上には、8月10日に発生した群馬県の防災ヘリコプターの墜落事故の記事が紙面の四分の一の広さで報道されていました。ライト兄弟が飛行機を初めて飛ばしてから百年以上経つ現在でも、事故は後を絶ちません。本稿の主題である「乱気流事故防止」に入る前に、航空輸送の現状と航空安全について触れたいと思います。

1. 航空輸送の現状

航空輸送は、国内および国際経済活動の大動脈であるとともに非常に安全な輸送手段であり、今や欠くことのできない輸送手段です。しかし、万が一

事故が起ると、短期的には欠航や特定機種の飛行停止による輸送量減、長期的には航空機利用者への心理的影響等があり、それらが及ぼす社会的影響が、他の輸送手段に比べて大きいことも確かです。具体的に見ていきましょう。

(1) 航空輸送の規模

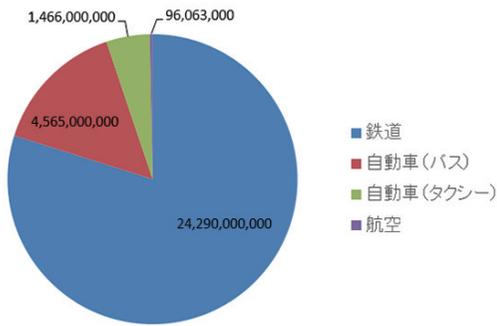
まずは国内です。図1には、2015年度(平成27年度)の旅客輸送量の国内の各輸送手段との比較を示しています。図1aは輸送した人数、図1bには何人を何km輸送したかを人kmの単位で比較しています。輸送した人数では鉄道が圧倒的で、バス、タクシーの順となり、航空はわずか0.3%です。しかし、輸送した距離を考慮した人kmでは航空は15.1%となり、他の輸送手段に対して長距離の旅客輸送を担当していることが分かります。文献²では、国内における各旅客輸送機関の移動距離別の分担率をまとめていますが、これによると300kmまでは自動車、300kmを超えて900km未満は鉄道、900km当たりからそれ以上は航空の世界となっており、901km以上の移動では航空の分担率が80%を超えています。

次に国内貨物輸送を見てみます。図2では、同じく貨物輸送量トンと距離を考慮したトンkmで比較しています。これには船舶貨物輸送を含んでいますが、この分野ではトンですと自動車と船舶が圧倒的で、距離を考慮すると自動車と船舶が同等分担レベルであることが分かります。航空は距離を考慮してもわずかです。

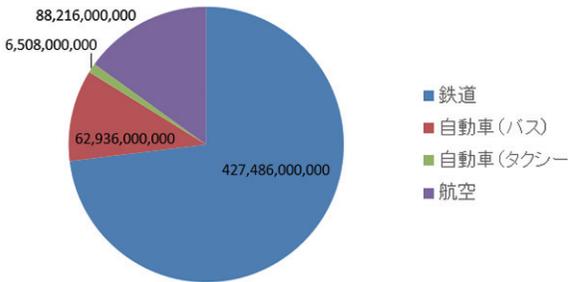
次に、国際輸送を見てみましょう。旅客輸送ですが、法務省出入国管理統計表³の2017年(平成29年)データによると、人数で航空利用が98%、船舶利用が2%で、圧倒的に航空輸送です。

* Shigeru MACHIDA

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
航空技術部門 航空システム研究ユニット
ウェザーセイフティアピオニクス技術研究グループ
研究領域上席

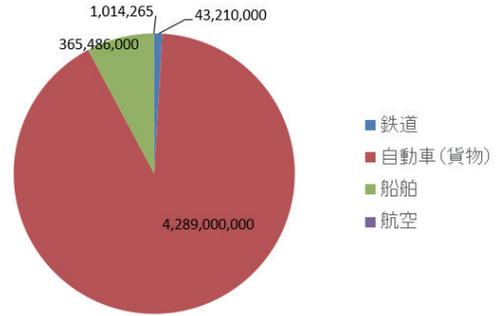


a) 旅客輸送人数 (人)

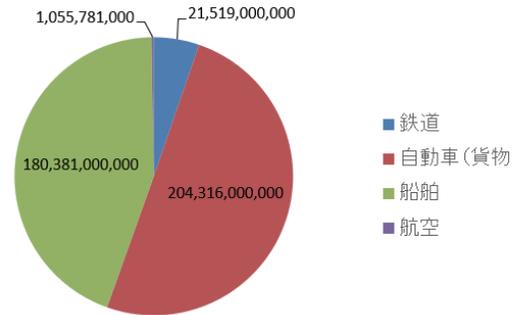


b) 旅客輸送人キロ (人 km)

図1 国内旅客輸送量の比較¹⁾



a) 貨物輸送量トン (Ton)



b) 貨物輸送量トンキロ (Ton km)

図2 国内貨物輸送の比較¹⁾

貨物輸送を調べてみると、トン単位で航空(2015年度(平成27年度))¹⁾は0.2%、船舶は(2015年(平成27年))⁴⁾99.8%でこちらは船舶が圧倒的です。

これらのことから、航空輸送は、国内の長距離輸送を分担していること、国際では旅客をほとんど担当していることが分かり、それ故に人の移動に対する社会的任務を有していると言えます。

(2) 非常に安全な輸送手段

現在の航空輸送の安全性について、文献^{1), 5) ~8)}のデータより他の旅客輸送手段と比較して確認したいと思います。図3は、2015年度(平成27年度)(自動車輸送のみ2015年(平成27年))の国内の道路交通事故と旅客輸送機関の事故による死者数、図4は、各旅客輸送手段の死亡率(一億人・km当たりの死者数)です。死者数、死亡率ともに定期航空輸送はゼロであり、高い安全性を示し

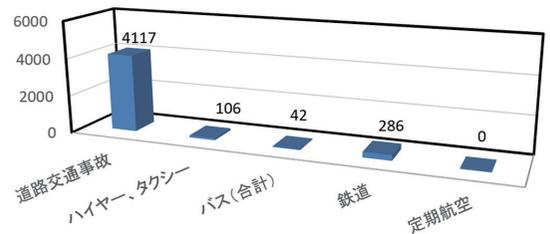


図3 国内の道路交通事故と旅客輸送機関の事故による死者数(2015年度(平成27年度))

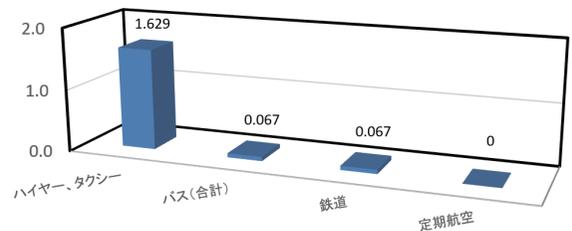


図4 各旅客輸送手段の死亡率(2015年度(平成27年度))

ています。定期航空輸送は、定期便を運航する本邦航空運送事業者（客席数が100又は最大離陸重量が5万キログラムを超える航空機を使用して航空運送事業を営む本邦航空運送事業者）による輸送を言い、1985年（昭和60年）8月12日の事故以降、死亡事故ゼロを維持しています。ただし、運輸安全委員会年報2018⁹⁾によると、2017年（平成29年）の大型機（最大離陸重量が5,700kgを超える飛行機）の航空事故扱いとなった案件は2件あり、どちらも機体の動揺により客室乗務員が負傷しています。また、県警ヘリコプタや防災ヘリコプタ（回転翼航空機）による事故が2件発生し、死者が出ていることも事実です。

（3）社会的影響

航空輸送は非常に安全な輸送手段であるものの、いったん事故が起こった場合の社会に与える影響が、他の輸送手段に比べて大きいと感じます。少し具体的に、航空輸送の事故が発生した場合、特に死亡事故の場合の影響範囲を見ていきましょう。人的被害（搭乗中および地上で巻き込まれる場合）はもちろんのこと、亡くなった方の家庭や所属していた会社への影響、物的被害（事故機体、事故に巻き込まれた空港施設や地上設備）、捜索救命費用、遺体安置・身元確認費用、原因調査費用（運輸安全委員会、エアライン、機体メーカ、関連部品メーカ）、事故機体と同型機や関係する装置・部品を搭載している航空機の運航停止による航空便数減とこのためのエアライン収入減がまず挙げられます。事故発生より少し時間が過ぎてから、事故機体等の撤去費用、機体修理、代替機購入費用、航空需要減なども考えられます。

これらの内、社会への心理的影響が反映される「航空需要減」について、「日航ジャンボ機墜落事故」を例として見てみます。1986年度（昭和61年度）と1987年度（昭和62年度）の運輸省運輸白書^{10)、11)}によると、1985年度（昭和60年度）の航空輸送はこの事故の影響で前年比輸送人員2.1%、輸送人キロ1.1%減少したとしています。前年月比で見ると、事故直後の10月は10%を超える減となっています。また、この事故の影響により航空利用予定者が航空利用を止めたり他の

交通機関の利用に変えたりした「航空旅客の逸走」があったかを試算しており、事故後から1986年（昭和61年）6月まで逸走量約440万人、逸走率（事故が発生しなかったと仮定した場合の推定輸送人数に対する割合）10.7%となり事故の社会に対する影響の大きさが分かります。さらに、運輸白書では、国内航空輸送人員のデータから、1986年（昭和61年）7月～9月には前年の航空機事故による輸送人員の低迷状態から回復しつつあるとしています。航空機事故による航空利用予定者への心理的影響（旅客逸走）はエアラインの営業収入減をもたらすだけでなく、空港への交通利用減、空港内での購買等消費減、空港内関連事業（地上での荷物移動、空港設備運用・維持、清掃等）収入源、人員移動や物流の一時低迷による経済活動への影響など、様々な分野に影響を与えられます。このことは、航空輸送が国内および国際経済活動の中の大動脈であるために、航空機事故が大きな社会的影響を与えることを説明しています。

2. 晴天乱気流事故低減に必要な技術の開発:SafeAvioプロジェクト紹介

国土交通省運輸安全委員会の航空事故調査報告書¹²⁾の情報を基に分析したところ、旅客機の事故の半数以上は乱気流等の気象現象に関連しており（図5）、その件数は増加傾向にあるとの報告もあります。図5の中の「乱気流等による事故」を詳しく見ていくと、負傷者は、乗客約60%、客室乗務員約40%、負傷位置は、後方が約70%となっていました。

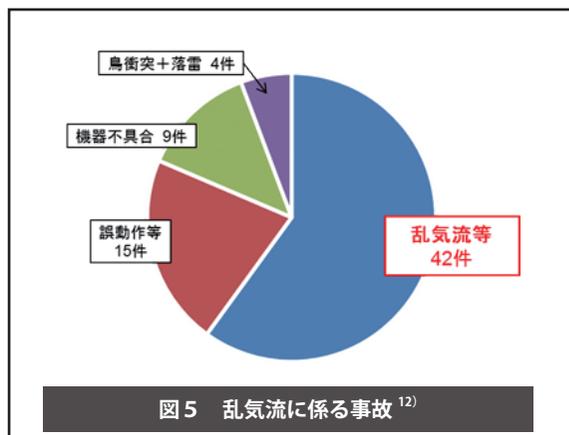




図6 ケルビン・ヘルムホルツ不安定の特徴を示す雲の形状

各機種や客室内レイアウトにより違いますが、最小客室乗務員数の要求があり、例えばボーイング787型機のある客室レイアウトでは、乗客300名に対して6名の要求です。つまり、乗客50名に対して客室乗務員は1人となります¹³⁾。「負傷者は、乗客約60%、客室乗務員約40%」の事実は、乗客のほうが割合の数字上多いのですが、50対1を考慮すると、客室乗務員の負傷するリスクが非常に高いことが分かります。また、機体後方で負傷者が多いのは、ギャレィや化粧室があり人通りが多いことと、機体の空力特性が理由で乱気流に遭遇した時に前方より後方の方が大きく揺れることが原因と考えられます。従って、晴天乱気流による負傷事故は、乗客だけでなく、そこを職場とする客室乗務員も極めて重要な解決すべき課題なのです。

現在、乱気流予報や先行機からの情報を基に継続的な安全運航の努力がエアラインによってなされていますが、日本上空では、年に約2件程度、乱気流が原因と考えられる航空機事故が発生しています。

乱気流を検知するために旅客機には気象レーダの装備が義務付けられていますが、雲や水分を伴わない晴天乱気流は電波を用いたレーダの映像には写し出すことができません。従って、晴天乱気流に起因する事故の低減には、晴天乱気流を検知することはもちろん、瞬時に危険性を判断し、その結果をパイロットへ適切にインプットするとともに、

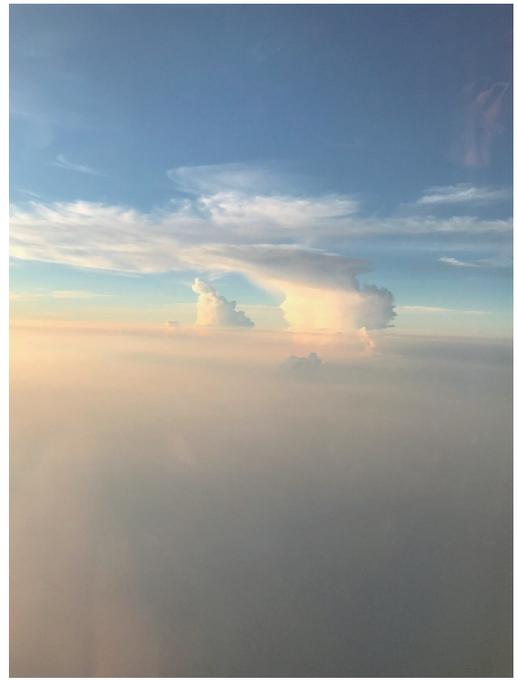


図7 2018年8月に東京上空に発生した積乱雲

最終的には客室での対応や危険回避操作が必要となります。

このような現状を踏まえ、JAXA 航空技術部門では、1990年代よりレーザを用いた晴天乱気流を検知することが出来るドップラーライダー技術研究を進めてきていました。この技術は、目に優しい波長のレーザ光を機体の前方に照射し、空中の微粒子に反射した光の情報を使って、晴天乱気流までの距離と乱れを知る技術です。このドップラーライダーをベースに、機体前方に存在する乱気流についての情報をパイロットへ提供する航空機用乱気流事故防止システムの技術実証に、JAXAにおける研究開発プロジェクト(SafeAvioプロジェクト)として取り組んできました。

2.1 そもそも乱気流とは

乱気流とは何を指すのか。ここでは、気象庁の解説資料¹⁴⁾をベースに説明します。乱気流とは、飛行中の大気の乱れにより航空機に動揺(ゆれ)を与える気流のことで、航空機の運航に影響する気象現象としての大気の乱れは、次の四種類に分けることができます。

・晴天乱気流

晴天域または巻雲域で発生する乱気流で巻雲の特徴から目視確認できる場合がありますが、多くは突然遭遇します。高高度で発生する要因は、密度が異なる空気層の境で風の上下方向の風速の差が大きい時に起きる不安定（ケルビン・ヘルムホルツ不安定）と考えられています。中・下層の乱気流は、風の上下方向の風速の差に加えて、山岳波や地表面付近からの日射や寒気流入による上下方向気流が複合的に作用して発生すると考えられています。

・雲中乱気流

雲の中での上下気流であり、積乱雲では強い乱気流が発生しやすいものの、現在、旅客機には気象レーダの搭載が義務付けられており、その利用が適切であれば回避することが出来ます。

・山岳波による乱気流

強風が山を越えた際に風下で発する乱気流です。

・低層の乱気流とウインドシヤ

低層の強風、顕著な風向・風速の変化を伴う前線通過、突風を伴う強風、発達した積乱雲によって発生します。

前述の通り、日本上空では年間約2件程度、乱気流に起因した事故が発生しており、その傾向は変わっていません。地球温暖化の影響や航空機輸送の増大を考えると、むしろ事故が増加することを覚悟する必要があります。発生時の高度は、巡航高度（約20,000～40,000ft、約6,100～12,200m）から下降、着陸進入および着陸まで幅広い範囲で、また、一年を通じて事故は発生しています。

2.2 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、JAXAが有する乱気流検知技術をより高度化し、巡航中の乱気流検知技術、および墜落に至る危険性が高い着陸進入中の乱気流情報をパイロットに提供する情報提供技術を開発するとともに、飛行試験により実証するものです。図8には、乱気流事故を防止するためのこの技術を



使った運用コンセプトを示します。上空での巡航飛行時や着陸に向けて降下を行っている時、つまり比較的高い高度を飛行している場合は、「機体の前方のどの方向にどれくらいの強さの乱気流があるか」の情報をパイロットに対して提供します。パイロットはより早くシートベルトサインをオンにすることにより、乗客や客室乗務員が着席しシートベルトを締めるまでの時間を確保することができます。着席しシートベルトさえ正しく締めていれば、機体が揺れても搭乗者は放り出されることなく傷害を負うことは有りません。降下を開始してしばらくすると空港への着陸進入となりますが、この時点でパイロットが前方にある乱気流の情報を受けた場合、パイロットの判断で着陸のやり直し（着陸復行）を行うことができます。そうすれば、乱気流を避けることができます。

本プロジェクトは、2013年3月にプロジェクトのための準備を始め、2014年度中頃に本格的なプロジェクトに移行、2016年の12月から2017年2月に掛けて技術実証のために飛行試験を実施し、2017年6月にプロジェクト活動を計画通り終了しました。

プロジェクト実施に当たっては、JAXA外部の方々と連携して実施してきました。乱気流事故低減の必要性を共有する機関の方々（必要な技術開発に関係する大学、装備品メーカ、機体製造メーカ、エアライン）が集まり、2012年（平成24年）6月に「Safe Avio 研究会」（委員長：鈴木真二東京大学教授）が設置され、乱気流に関連した航空機事故防止を主目的とする突風応答・荷重軽減のため

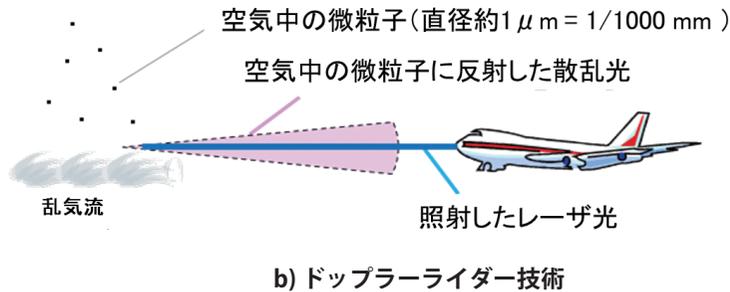
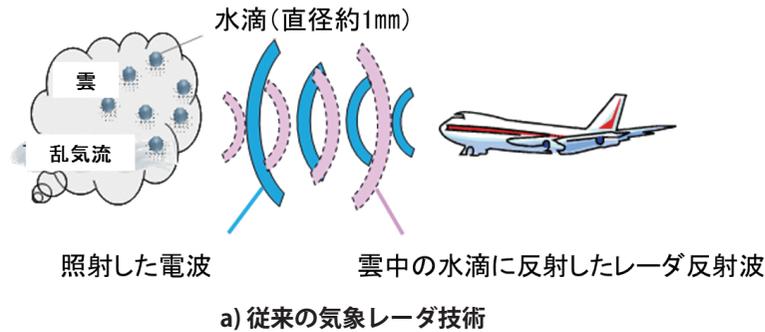


図9 乱気流を見つける技術

のアビオニクスの研究開発に必要な技術課題、開発・実証計画、実現のための役割分担などについて、共通認識を持つ場です。JAXAはそのメンバーとして参加しており、本プロジェクトの推進に当たって、計画段階より研究会の中で議論いただきました。研究会に参加されたパイロットの方々には、最終的にシミュレーター等による評価にも参加いただき、実用化に向けて多くのご意見をいただいております。

2.3 晴天乱気流を見つける技術

先に述べた「レーザを用い晴天乱気流を検知することが出来るドップラーライダー技術」について、簡単に説明します。図9a)は、現在旅客機への搭載が義務付けられている気象レーダ技術を示しています。航空機から電波を前方に照射し、雲にある水滴に反射した反射波を受信するのですが、受信信号に含まれる情報より前方の雲の状態や乱気流の存在を知ることができます。しかし、晴天状態では戻ってくる反射波がないために、乱気流の有無は分かりません。図9b)に示すドップラーライダー

技術では、前方にレーザー光(ただし、本プロジェクトでは目に安全な波長を使っています。)を照射し、空気中の微粒子(直径1000分の1mm程度)に反射した散乱光を受信します。受信した散乱光には、微粒子付近の気流の航空機との相対速度や気流の乱れの情報が入っており、それらをリアルタイムで解析することにより晴天乱気流の有無や強度を知ることができるのです。

2.4 開発した技術

本プロジェクトにて開発された技術は、ドップラーライダー技術を使った晴天乱気流の「検知」と「情報提供」の2つの技術です。乱気流検知装置は、有色ノイズ低減技術などJAXA特許を適用して開発し、有害なノイズを低減し有効な信号を取り出すことにより遠方からの非常に微弱な散乱光を検知します(図10)。また、情報提供技術は、機体前方にある乱気流の情報として、警報を出すだけでなく、存在する乱気流の方位と突入までの時間を表示するとともに、対気速度予測表示(国内/国際特許出願)を世界で初めて開発・実証しました。この対



図 10 乱気流検知装置

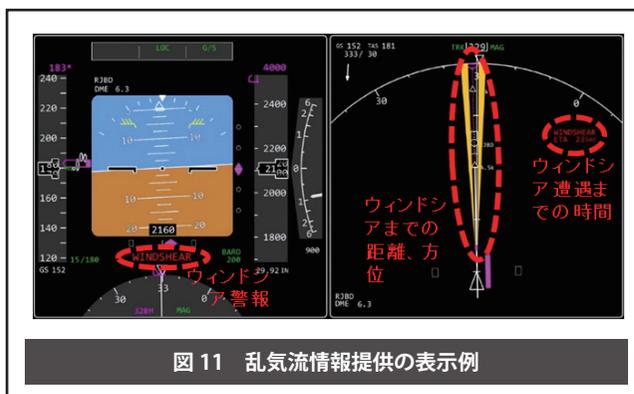


図 11 乱気流情報提供の表示例

気速度予測表示により 5～20 秒後の対気速度の変化が分かるので、着陸進入時、パイロットのエンジン推力調整等のワークロードを減らすのに役立ちます。図 11 に、乱気流情報提供装置の表示例を示します。

2.5 飛行実証と成果

(1) 飛行実証用航空機システム

開発した技術の飛行実証に用いた飛行実証システムを、図 12 に示します。「実験用航空機」は、ダイヤモンドエアサービス株式会社所有のグラマン・アメリカン・エイビエーション式 G-1159 型（ガルフストリーム II 型）であり、胴体前方下部に観測用ポッドを装着し飛行実証を行いました（図 13）。また、機体には、エアロゾル（レーザーを反射する空気中の微粒子）密度計測用のパーティクルカウンターを含めた計測装置、データ収集装置等を搭載しました。「実証システム」とは、飛行場、空域、地上支援機材および気象予報を含めた飛行実証用航空機システム以外を示します。

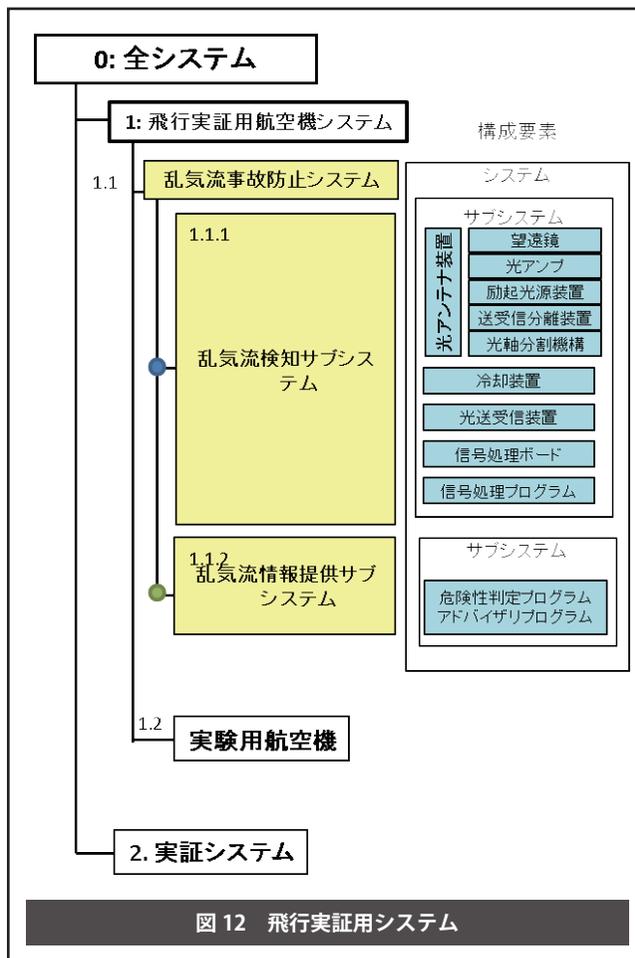


図 12 飛行実証用システム

(2) 飛行試験

前述の飛行実証用航空機システムを用いて、飛行実証を行いました。飛行試験は、2016 年 12 月 17 日～20 日（フライト数：3 回）と、2017 年 1 月 14 日～2 月 15 日（フライト数：16 回）の



図 13 飛行実証用航空機システム

乱気流を検知できるかは、前方の空中にある微粒子の密度に強く影響されます。「平均 17.5km 遠方」でしたが、ある時は数 km、ある時は 30km 以上と、自然現象相手ですのでかなりばらつくものです。ところで、「17.5km」は遭遇するまでの残り時間約 70 秒に相当します。文献¹⁵⁾によれば、70 秒間は、シートベルト非着用による負傷者を 6 割以上減らすことが可能な時間に相当します。

3. 実用化に向けた活動

SafeAvio プロジェクトで、晴天乱気流を検知し、パイロットへ情報提供する技術を実証しました。しかし、これだけで直ぐに実際の航空機への搭載とはなりません。ここでは、実用化に向けた取り組みについて説明します。

3.1 ボーイング社 ecoDemonstrator2018 プログラムでの飛行試験

上記で説明した飛行実証結果が評価され、2017 年 2 月に JAXA の晴天乱気流検知システムが、ボーイング社の ecoDemonstrator2018 プログラムで飛行試験する搭載技術の一つとして選ばれ、2018 年 3 月から 4 月に掛けてボーイング社による飛行試験が米国ワシントン州シアトルを拠点として行われました。この ecoDemonstrator2018 プログラムは、航空機の安全飛行と環境性能の向上を目的として、様々な技術を実際の航空機に搭載してボーイング社が飛行試験を行うものです。2012 年に最初のプログラムが実施され、5 回目となる今

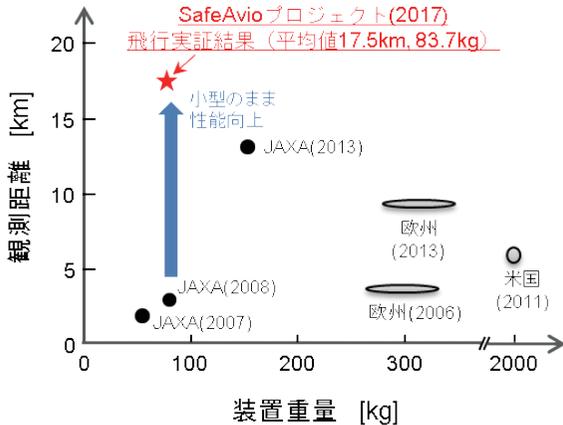


図 14 飛行実証成果

2 キャンペーン行い、合計 19 フライトです。前半は、主に機体動揺低減制御に必要な短距離を精度よく計測するモードの実証、後半は乱気流情報提供機能のウィンドシヤ検出の性能要求、乱気流情報提供機能の乱気流検出の機能要求、乱気流情報提供サブシステムのアドバイザリ機能(計器表示)の機能要求、乱気流検知サブシステムの遠距離観測モードの性能要求を満足することを飛行実証することが目的です。

具体的な乱気流検知サブシステムの遠距離観測モードの性能要求は、14km 以上遠方の乱気流を重量 95kg 以下の乱気流検知装置で検知することでした。この要求の設定根拠は、「巡航時にシートベルト非着用者が着用に必要な 1 分以上の対処時間を与えるシステムを乗客 1 人分+荷物の重量で実現する」です。飛行試験の結果、平均 17.5km 遠方の乱気流を重量 83.7kg の装置で検知を実証し、要求を満足するとともに世界トップの性能を実証しました(図 14)。なお、本技術は空気中の微粒子からの反射を利用しているために、どれくらい遠方の



図 15 飛行試験で使用した機体 - FedEx 社所有の B777f (機体番号 N878FD) (写真: Boeing 社ご提供)



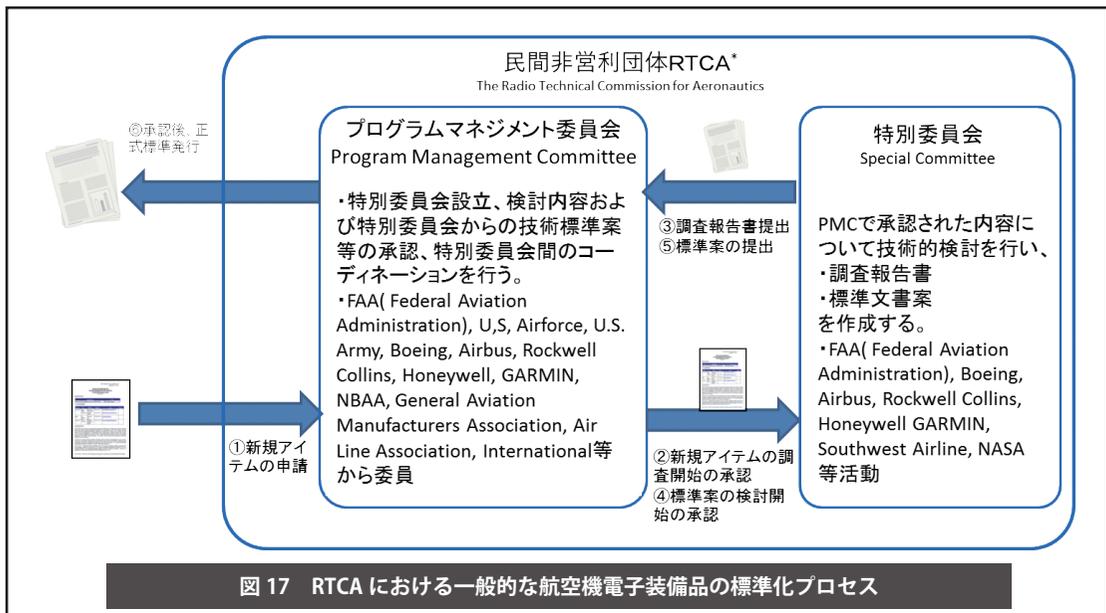
図 16 飛行試験担当者と飛行試験機 (B777f) (胴体左舷側に当装置からレーザー光を出すための窓付きフェアリングを取り付けた状態) (写真: Boeing 社ご提供)

回は大型貨物機 (ボーイング 777 freighter) を使用して飛行試験が行なわれ、JAXA は晴天乱気流検知システムを製作した三菱電機株式会社と連携し、ボーイング社の飛行試験を支援しました。この飛行試験の意義は、大型旅客機への実装の実現性の確認、実用化に向けた技術課題の確認であり、大手機体製造メーカの評価を得られる絶好の機会となります。飛行試験後、ボーイング社から、航空機アビオニクスとしての乱気流検知装置と情報提供装置の実用化に向けた評価を得られたほか、航空機への搭載、搭載後の調整および運用に関する技術課題などの知見が得られました。JAXA のプロジェクトにおける小型ジェット機による飛行実証に加え、

このボーイング社の機体による飛行実証は、本装置に対するエアライン、他の機体メーカ、標準化団体 (RTCA、SAE 等) 及び航空規制当局への必要性認識向上と実用化に不可欠な標準化プロセスの加速が大きく貢献すると期待できます。

3.2 標準化プロセスの検討開始

民間航空機搭載用の装備品は、搭載用として必要な技術要求 (技術標準) を満足する必要があります。米国では RTCA (米国航空無線技術委員会 (Radio Technical Commission for Aeronautics)) が民間航空機搭載用電子装備品の技術標準を作成しており、事実上国際標準となります。以前より RTCA へ働きかけを行ってきたところ、ボーイング社における ecoDemonstrator2018 での飛行試験が功を奏したのか、2018 年 7 月に RTCA において航空機搭載型晴天乱気流検知装置に関する技術標準作成に向けた調査・検討プロセスが開始されることとなりました。図 17 に、RTCA における検討プロセスを特別委員会 Special Committee (SC) 230 Airborne Weather Detection Systems を例として示します。現在、特別委員会において新たな Working Group が作られ活動を開始しています。図 17 では、プロセス②「新規アイテムの調査開始の承認」後の特別委員会での検討作業となります。実用化に向けた、非常に大きな一



歩と言えます。

3.3 耐空性を確認する上で必要となる技術の開発

航空機に新たな装備品を搭載するためには、その航空機用としての有効性や安全性、所謂耐空性を確認する必要があります。2013年(平成25年度)から始まった国土交通省総合政策局技術政策課の交通運輸技術開発推進制度における「交通・輸送システムの安全性・信頼性等向上」に関する研究開発業務として「機上の乱気流事故防止システムに対する信頼性評価の研究開発」をJAXAが受託し、耐空性を確認する上で必要となる技術の開発を行いました。具体的には、装置性能を評価するために必要な大気条件の標準化、システムの信頼性評価およびレーザ光の安全性評価について、2013年度から2015年度の3年間で実施しました。概要については、文献¹⁶⁾を参照ください。

3.4 いざという時の客室内での安全手順

研究開発機関として、技術をメーカーに移転するレベルまでの実証をするだけでは実用化に対して不十分です。この技術が実際の運航に使われて、パイロットに「あと〇〇秒で強度“強”の乱気流に遭遇する」との情報が与えられた場合、客室ではどのように対応すべきか、この安全手順を日本航空株式会社と共同で検討しています。機体が揺れに遭遇した際の人体挙動シミュレーションができる解析ツールを使い、乗員または乗客が着席していない場合、つまり乗客であればトイレ等の目的で通路やトイレ周りに立っているとき、乗員であれば通路で食事などのサービスを行っている場合とギャレイで作業をしているときの最善策を検討しています。どこをどのようにつかんでいるのがベターか、カート(食事などを格納する移動式格納箱)を短時間でどの位置に置いておくのがベターか、等々。単なる技術開発だけでなく、最終ユーザであるエアラインの方々と共にシステムの使用法の検討・提案を行っています。

4. 今後に向けて

航空輸送について、他の輸送手段と比較しながら、輸送規模、安全性、そして事故が発生した場合の社会的影響について説明しました。その次に、晴

天乱気流事故低減に必要な技術の開発(SafeAvioプロジェクト)について、プロジェクトの概要、飛行実証試験内容、およびプロジェクトの成果について説明しました。また、この結果が評価され、ボーイング社のecoDemonstrator2018プログラムにて飛行試験を実施したこと、それから実用化に向けた活動について、新しい機器を旅客機へ搭載するための技術標準作成と搭載のための耐空性証明の手法策定、さらには、乱気流を検知しパイロットへ情報が渡った後の手順(客室内での安全手順など)も紹介しました。

文献¹⁷⁾によると、「安全」とは、「航空活動に関連するリスクが受け入れ可能なレベルまで低減され制御されている状態をいう。」とあります。特徴的なことは、「リスクが受け入れ可能なレベルまで低減」の意味するところです。先に「日航ジャンボ機墜落事故」後の社会的影響について説明しましたが、その中で「航空旅客の逸走」は、正に航空利用予定者が感じる航空輸送のリスクレベルが「リスクが受け入れ可能なレベル」よりも約1年間事故以前に比べて上がったことを意味しています。航空利用予定者が感じる航空輸送のリスクレベルは一瞬で上がるのですが、元通りのレベルに回復するためには膨大な費用と時間がかかるのが現実です。このために、今の安全状態を維持するために、また少しでも発生している事故を減らすため、航空安全にかかわる技術の研究開発は継続して行う必要があります。

航空機の飛行安全を確保する上で、警鐘ともいうべき航空機事故と多くの犠牲が過去にあったこと、また、これらの犠牲の上、多くの技術者と研究者、運航者および航空安全規制当局の絶え間ない努力のバトンタッチにより、我々は航空安全を享受していることを記憶しておきたいと思います。

事故が起こらないのは当然であり、安全以上に安心であることが要求されます。航空安全の道は永遠に続いており、そのためのバトンは確実に受け渡さなければならないと考えています。

参考文献

- 1) 総務省統計局、第 67 回 日本統計年鑑、<http://www.stat.go.jp/data/nenkan/67nenkan/zenbun/jp67/top.html>、平成 30 年)
- 2) 武藤雅威、柴田宗典、鉄道の利便性～他の交通機関と比較して、公益財団法人鉄道総合技術研究所 RRR Railway Research Review 2010.1 Vol.67 No.1、2010 年
- 3) 法務省、出入国管理統計統計表 2017 年、http://www.moj.go.jp/housei/toukei/toukei_ichiran_nyukan.html
- 4) 国土交通省海事局、海事レポート 2017、http://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_tk1_000063.html
- 5) 内閣府、平成 28 年度 交通安全白書、平成 28 年 6 月、http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/h28kou_haku/zenbun/index.html
- 6) 国土交通省自動車局 自動車運輸事業用自動車事故統計年報(自動車交通の輸送の安全にかかわる情報)(平成 28 年)、平成 29 年 2 月
- 7) 国土交通省鉄道局 鉄軌道輸送の安全に関わる情報 平成 29 年度、平成 30 年 7 月
- 8) 国土交通省航空局、航空輸送の安全にかかわる情報(平成 29 年度分)、平成 30 年 7 月
- 9) 国土交通省 運輸安全委員会、運輸安全委員会年報 2018《平成 30 年 6 月発行》、http://www.mlit.go.jp/jtsb/bunseki-kankoubutu/jtsbannualreport/jtsbannualreport_new.html
- 10) 国土交通省、運輸白書 昭和 61 年度、<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/transport/shouwa61/ind000901/001.html>
- 11) 国土交通省、運輸白書 昭和 62 度、<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/transport/shouwa62/ind000901/001.html>
- 12) 国土交通省運輸安全委員会、航空事故調査報告書(1990-2014)、<http://www.mlit.go.jp/jtsb/>
- 13) European Aviation Safety Agency, EASA TYPE-CERTIFICATE DATA SHEET No. EASA.IM.A.115 For BOEING 787, 09 May 2018
- 14) 気象衛星センター、気象衛星画像の解析と利用 - 航空気象編一、平成 14 年 3 月
- 15) Rodney K. Bogue, Kenneth Larcher, Aircraft Cabin Turbulence Warning Experiment, NASA/TP-2006-213671, April 2006
- 16) 井之口浜木, 秋山智浩, 濱田吉郎, 町田茂:“機上の乱気流事故防止システムに対する信頼性評価の研究開発(その 3)”, 第 54 回飛行機シンポジウム, 2L01, 2016
- 17) 国土交通省航空局 国空安企第 29 号 航空安全プログラム(平成 25 年 10 月 8 日制定)