

## JL356 B747-400(JA8903)事故調査報告書の問題点

AA2006-1- 日本航空株式会社所属 (JA8903)

事故発生は平成 14 年(2002)10 月 21 日、報告書発表は平成 18 年(2006)1 月 27 日。

この事故は 2002 年 10 月 21 日に発生し、事故調査委員会において 3 年 2 ヶ月もの歳月をかけて調査が行われたものですが、報告書の内容は「乗員の証言に基づいた検証がほとんどなされていない」ことや、「事故の引き金となった気象状況についての解析が不十分である」こと、それと「検証の根拠となる資料が示されておらず、信頼性に乏しい」ことなどの問題点が見られます。

日乗連では、このような事故調査では再発防止に全く寄与しないと感じていますが、ここで上記 3 点の問題点を中心に、事故調査報告書を検討してみます。

### [事故調査報告書の記載内容]

#### 1. 事故の概要

事故調査報告書の(1 ページ)には、< 1.1 航空事故の概要 > として以下のように記述してあります。

**日本航空株式会社所属ボーイング式 747-400D 型 JA8903 は、平成 14 年 10 月 21 日(月)、日本航空株式会社の定期 356 便として福岡空港を離陸し、東京国際空港へ向け、巡航高度から降下中、10 時 57 分ごろ、浜松市南東約 8nm の海上上空、高度約 39,000ft において、機体が動揺し、その際、乗客 3 名及び客室乗務員 1 名計 4 名が重傷、乗客 18 名及び客室乗務員 11 名計 29 名が軽傷を負った。同機には、機長ほか乗務員 14 名、乗客 541 名(うち幼児 3 名を含む) 計 556 名が搭乗していた。同機は、機体が動揺した際、機内の一部が損傷した。**

事故当時の状況を簡単に説明すると、事故機である日本航空 356 便 (JL356) は、福岡から羽田に向かって浜松市付近の高度約 39000ft (約 11900m) を飛行していましたが、羽田への着陸のため降下を開始した直後に速度が急激に増加し始めました。自動操縦装置に減速するための入力を行い、スピードブレーキを開いた頃に機首が上がる感じがし、失速警報が鳴ったために操縦桿により機首上げを抑える操作を行いましたが、その際に機体が動揺(8 度を超える機首変動)して負傷者が発生したというものです。



また、< 4 原因 >として報告書の(62 ページ)には、次のように結論付けています。

**本事故は、同機が降下中、ピッチの急増とその後のピッチの変動が発生したため、乗客及び客室乗務員が宙に浮き上がって天井に頭等を打ちつけた際、及び床等に落下して腰等を打った際、負傷したことによるものと推定される。ピッチの変動が発生した際、シートベルト着用のサインは点灯されておらず、着席中の乗客の一部がシートベルトを着用していなかったこと、また、客室乗務員が業務実施中であったことが負傷者の発生に関与したものと推定される。ピッチの急増とその後のピッチの変動は、以下の過程により発生するに至ったものと推定される。**

- (1) 強いウィンドシヤーに遭遇して対気速度(CAS/MACH 数)が急増し、オートパイロットは速度を減ずる応答をした。
- (2) 機体ピッチ角が急増した。このとき、スピードブレーキが使用された可能性考えられる。
- (3) オートパイロットがディスエンゲージされ、マニュアル操縦に移行する際の操縦士の操舵に伴い、ピッチが振動的に変動した。

**なお、ピッチが振動的に変動したことについては、高高度においてMACH 数が $M_{mo}$ を超えそうになり、さらにスティック・シェーカーが作動したときに、オートパイロットをディスエンゲージしてマニュアル操縦に移行する要領及びマニュアル操縦の際の操縦特性を操縦士が十分に体得する機会がなかったことが関与した可能性が考えられる。**

上記の報告書<原因>の記述は、以下のような意味です。

JL356 は降下開始直後に飛行機の機首角度が急に変化し、シートベルトを締めていなかった乗客と客室乗務員が、天井や床に体を打ちつけて負傷した。

機首角度が急変した理由は、次のとおり。

- (1) 気流の乱れにより飛行速度が急激に増加し、自動操縦装置はそれに対応するために機首上げを行った。
- (2) 機首角度が急に上向きになったが、この時、翼上面にある抵抗板(スピードブレーキ)が開かれた可能性がある。
- (3) 自動操縦装置が解除され、手動操縦に切り替わる際に、操縦士の操作によって機首角度が振動的に上下した。

機首角度が振動的に上下した理由は、高高度で飛行速度が急に増加して制限速度を超えそうになり、さらに失速警報が作動して手動操縦に移る時の操作要領や、手動操縦時の操縦特性をパイロットが十分に体得する機会がなかったことが関与したためとされています。

#### [報告書の問題点]

事故調査報告書のもっとも大きな問題点は、「ピッチアップ(機首を上げる動き)が発生した原因の解析が不十分である」という点にあります。

当報告書の< 4 原因 (2) > では、「機体ピッチ角が急増した」との記載がありますが、ピッチアップ後に生じた機首振動(機首の上下変動)中の操縦操作に関する記載に重点が置かれ、事故の引き金となった「なぜ急激なピッチアップ(8度を超える)が生じたか」についての解析や記述が十分になされていません。そのため、報告書を読んだ人が、この事故を「乗員の不適切な操縦で発生した」と見誤る可能性があります。これでは単に飛行中に異常な機首上げがあった際の修正操作に対する注意喚起にとどまり、“飛行中の異常な機首上げ”の原因の究明にはつながりません。

自動操縦を使用した通常の降下での機首変動は、大きくても2度程度です。自動操縦中になぜ8度を超えるピッチアップが発生したかという点の検証が不可欠です。

機体ピッチ角を増加させる要因としては、スピードブレーキを使用した時に生じる機首上げ傾向や、ウインドシヤー(風向風速の急変)による気流の渦の影響などが考えられます。

乗員はスピードブレーキを使用したと証言しているにもかかわらず、事故調は乗員の証言と異なりスピードブレーキが使用されなかったとの前提で数値シミュレーションを行い、一方では< 4 原因 (2) > に、「このとき、スピードブレーキが使用された可能性が考えられる」と記述していません。このように事故調査報告書には、解析の方法に一貫性が見られません。

また当機は強いウインドシヤー(風向風速の急変)の中を飛行していると認定していながら(47ページ)、ウインドシヤーが航空機の運動に与える影響については、何の記載もありません。

問題点として具体的には、以下の4点があげられます。

- 1 当該乗員の証言に基づく検証を行っていない
- 2 強いウインドシヤーに関する調査がなされていない
- 3 数値解析の信頼性に疑問がある
- 4 シミュレーターを用いた模擬飛行試験に疑問がある。

### 1. 当該乗員の証言に基づく検証を行っていない。

当該乗員は事故調の事情聴取の際に、速度が急増したことに対処するために、スピードブレーキを使用したと証言していますが、飛行記録装置には何故かスピードブレーキを使用した記録が残っていませんでした。飛行速度が急激に増加した場合、乗員としてはスピードブレーキを開いて減速を試みるのが普通です。スピードブレーキを使用したことを裏付ける根拠として、操縦室内にいた3名の操縦士全員がスピードブレーキが使用されたことを証言していることや、客室乗務員が「ゴーと言う音がした」と証言していること、音声記録装置にスピードブレーキのレバーの操作音と思われる「カチャ」という音の記録があることなどがあります。事故調査報告書の52ページでも、「乗員はスピードブレーキを使用したと証言している」、「スピードブレーキを使用すると、一般に機首上げ傾向がある」と記載しているにもかかわらず、数値解析やシミュレーター検証はスピードブレーキが使用されなかった事を前提に行われています。

このような場合には、スピードブレーキを使用した時と使用しなかった時それぞれについての検

証が行われるべきではないでしょうか。

過去にも、自動操縦を使用中にスピードブレーキの操作により急激な機首上げが生じた事故やインシデントが複数発生しており、それらの事例の真の原因はいまだに解明されていません。

日乗連などの独自の実験でも、スピードブレーキによる機首上げ効果は通常は自動操縦によって補正されるものの、何度も繰り返し実験する中で“ JL356 事故 ” と似た傾向の機首上げも再現されています。スピードブレーキを開くと機体は機首を上げる傾向を持っています。この傾向は自動操縦装置によって修正されるはずですが、何らかの理由により自動操縦装置がスピードブレーキによる機首上げ傾向を抑えきれない可能性も考えられます。大気の状態が激しく変化しているときは、自動操縦装置のコンピューターには各種センサーから一度に多くの情報が入力され、計算能力を超えると設計通りに作動しなくなる可能性も考えられるため、自動操縦装置の機能まで含めた調査がなされなければなりません。

通常とは異なる状況があった部分にこそ事故の本質が潜んでいると見るべきで、JL356 で通常とは異なる機体の動きが発生した理由、つまりその時に関与した可能性のあるあらゆる要素を探ることが、再発防止のための事故調査のあるべき姿勢だと考えます。

事故調は、スピードブレーキが使用した記録がなかったのはそれが1秒以内の操作であった可能性があるとしています。しかしスピードブレーキを使用した場合、実際にスピードが減少し始めるまでにはある程度の時間を要することや、乗客に不快感を与えないようにスピードブレーキはゆっくりと操作されることから、報告書の記述のような短時間のスピードブレーキの操作は一般的パイロットの感覚からしてありえませんが、またシミュレーターでどんなにすばやく操作をしても、3秒程度の作動記録が残されます。

JL356 と似たような急激な機首上げによって負傷者が発生した 1997 年 6 月の JL706 事故のケースでは、同じくスピードブレーキの機首上げを自動操縦装置が抑えきれなかった可能性が考えられています。JL706 では、事故発生当時に自動操縦コンピューターが短時間作動を停止した様子がかがわれ、同時に飛行記録も1秒間記録が抜け落ちており、その直前の飛行記録装置の CPU の負荷は 100% と記録されていました。

つまり、ウインドシアーによる外気データの急激な変化をコンピューターが処理できず、一時的に飽和して機能を停止した可能性もあると日乗連では考えています。

事故調は非現実的な推測を重ねるのではなく、音声記録や飛行記録装置および各コンピューターの作動記録に乗員の証言を加味し、「スピードブレーキの操作記録が残らなかったのはなぜか」、「スピードブレーキによる機首上げ効果はどの程度か」、「スピードブレーキの機首上げを自動操縦装置が抑えきれなかったのはなぜか」といった点を、もれなく検討すべきではないでしょうか。

## 2 . 強いウインドシアー（高度差による風向風速の急変）に関する調査がなされていない

ウインドシアーとは、風速が高度によりどのくらい変化するかを示す値であり、通常の運航では 1000 フィートの高度差につき風速が 6 ノット (300m につき 3m/s) 以上変化する場合、パイロットは揺れの可能性があるとして注目します。2 章 < 認定した事実 > および 3 章 < 事実を認定した理由 > には飛行記録から 40 ノット /1000 フィート (300m につき 20m/s の変化) を超える強いウインドシアーが算出されたことが記述されていますが、その事は「気象情報として事前に予知することが

出来なかった」としか記されておらず、気象予報に問題はなかったという面からしか捉えられていません。しかし 1000 フィートの高度変化に対して 40 ノットを超えるような猛烈な風速変化は、空气中にロールケーキを横にしたような渦を作ることが知られています。そのような渦に遭遇すると、翼に当たる空気の流れが大きく変化し、飛行機の運動に顕著な影響を及ぼすことは当然考えられます。このような重要なポイントが全く調査されていないことは、気流の変化が関与したと思われる事故の調査としては、まったく不十分といわざるを得ません。

報告書 24 ページ<2.11.1 気象状況の調査(5)ACMS データによる風の鉛直シヤー>には以下のように記されています。

**「 算出の仮定 航空機がタービュランスを受けているときには、空気の流れの中には多数の渦があり、気流は乱れているので・・・中略・・・3 秒間の風の算術平均値を算出した。」**

また、2.11.2<同機が降下中に受けた風>の項では、「**上下風については、 $\pm 8\text{kt}$  以下と推算された。**」33 ページ<数値シミュレーションによる機体運動の解析>には、「**上下風の影響を調べるため、上下風をなしとした数値シミュレーションでは、上下風ありの場合との差が極めてわずかであった**」と記載していますが、いずれも根拠となるデータは添付されていません。

### 3 . 数値解析の信頼性に疑問がある。

<2.11.7 機体運動の数値シミュレーション>には、飛行記録などのデータに基づいて事故調の推論を裏付けるために数値シミュレーションを行った内容が、以下のように記述されています。

**事故発生前後の飛行状態について、DFDR およびACMS データに基づいて検討した後、機体運動を数値シミュレーションによって再現できることを確認し、さらに操縦入力や風速を変化させた数値シミュレーションを行うことによって事故発生前後の機体運動を解析した。**

日本の事故調査においては、実機検証による原因調査は行われておらず、しばしばコンピューターを用いた数値解析という手法を使って事故解析を行っています。

近年コンピューターが飛躍的に発達し、航空機の設計や運航には欠かせないものとなっており、新型機では実機を飛ばす前に飛行性能や飛行特性がわかると言われているほどで、事故の解析にコンピューターを用いた場合でも、適切なプログラムとデータを用いればかなり正確な解析が可能であろうことに我々も疑問を持ちません。

しかし日本の事故調査委員会で行われている手法には大いに疑問

を持たざるを得ません。なぜならば、数値解析にどのようなシミュレーションコード(注1)が使用され、どのようなデータを入力し、その結果どのような数値が出たかはまったく公表されず、結論だけが示されているからです。

数値解析は第3者が解析結果の信憑性を検証できるだけのデータが示されることが必要で、それができない報告書では科学的な意味合いが薄れてしまいます。

鉄道事故調査に関することではありますが、NIKKEI MONOZUKURI(2007年11月号)に佐藤国仁氏による<福知山線事故の真実、事故調査報告書に異議あり>という記事があり、その中で報告書の追試に関して次のような指摘がされています。

「まずシミュレーションだが、基礎となる緒元も使用した力学モデルも十分に示されていない。さらに結果についても、簡単な絵があるだけで、数量データは一切記載されていない。故に、報告書

## 機体運動の数値解析

### 1 運動解析に使用したデータ及び技術資料

- (1) ACMSデータ
- (2) DFDRデータ
- (3) ボーイング社の747-400訓練用シミュレーター空力モデル
- (4) ボーイング社の747-400訓練用シミュレーター操縦系統モデル
- (6) ボーイング747-400 Performance Engineers Manual (CF6-80C2 B1F) 推力モデル
- (6) 機体重心周りの慣性モーメント及び慣性乗積
- (7) A/P、A/Tの動作モード及びロジック
- (8) 加藤寛一郎・大屋昭男・柄沢研治著「航空機力学入門」(昭和57年11月20日、(財団法人)東京大学出版会発行)

### 2 数値シミュレーションの仮定及び初期値

- (1) 仮定
  - ① ACMSとDFDRの垂直加速度データを比較することにより、ACMSのDFDRからの時刻のずれを補正した。
  - ② 運動解析を行う区間は、トリムが取れた定常降下状態と見なすことができ、かつCASの変動が始まる前である10時57分16秒から、記録データの大きな変動がほぼ収まった同57分56秒の40秒間とする。
  - ③ 機体は全体が一つの剛体であって、弾性変形はしない。ただし、訓練用シミュレーター空力モデルに含まれている機体の弾性変形による影響(機体を受ける空気力に弾性変形が及ぼす影響)は考慮に入れる。
  - ④ 横・方向運動に係わる飛行状態及び舵角の変動は小さかったため、横方向運動及び横方向の操縦が縦運動に及ぼす影響は無視し得ると考えられるので、機体の縦運動及び縦操縦入力のみを解析する。
  - ⑤ 別添2に示した水平面内の風及び上下風の両方を考慮した。
  - ⑥ 10時57分16秒におけるACMS記録より算出した大気圧、気温及び空気密度を初期値とし、その後の高度変化に伴う大気圧、気温、空気密度の変化量は、標準大気と同じとする。

のシミュレーションを追試することが全く出来ないのだ。」

佐藤氏の指摘は航空機の事故調査においても全く同じことが言えます。航空機が運航される環境、システムはより複雑です。数値解析やシミュレーターを利用することは、科学的な検証に有効ですが、追試に必要なデータを公表することはもちろん、解析方法（シミュレーションコード）そのものが検証に適切であるかどうか説明されなければなりません。

更に事故調査委員会が行っている数値解析では、使用されたデータに関しても疑問があります。例えば、JL356 の事故は機首角度の異常な動きに係る事故ですから、機首角度の変化についての解析が最も重要になりますが、事故調査委員会の調査では操縦桿の動きに追随していないアウトボードのエレベーターの値を全体のエレベーターの動きとして仮定して使用したり、水平安定板は57分41秒のデータのまま動いてないと仮定して数値シミュレーションを行ったりしています。

事故調査報告書の31ページ<エレベーター>や<水平安定板>の記述に見られるように、事故調査委員会はエレベーターの動きや水平安定板の動きに通常では考えられない異常があったことは認めているのですから、通常では考えられない状況が発生した理由を調査することこそ重要であり、発生した状況に合うようにデータを選択して行った数値解析では、検証の意味をなさないと言えるでしょう。

真に事故原因を究明しようとするのであれば、なぜ4枚のエレベーターの動きがばらばらで、またなぜ変位しないはずの水平尾翼の位置が変位したか、そのことがピッチ方向にどう影響し、どう事故に結びついたのかを調査するべきではないでしょうか。

気象条件も数値解析の重要な前提条件の一つです。気象条件の中でも特に風向風速は重要な要素ですが、乱気流中では刻々と風向風速が大きく変動するため、その変化の詳細をデータから掴むことは出来ません。第2項ウインドシアのところでも述べたように、当報告書の計算では、実際とは違い平均の風向風速を利用していますが、短時間で風向風速が大きく変化する乱気流の中での出来事を平均風で検証しても、当時の状況とはかなり異なる結果しか期待できません。

#### 4. シミュレーターを用いた模擬飛行試験に疑問がある

事故調査委員会は、数値解析と共にフライト・シミュレーターを用いて模擬飛行試験を行っていますが、シミュレーターは通常の飛行ではめったに遭遇しないような激しい気流の中での飛行状態を再現するには作られていないため、検証結果の信憑性には大きな疑問が残ります。事故調も「高高度では低高度ほどは模擬の程度は高くない」とし、検証の目的は「厳密な定量的データの取得を目的としたものではなく、事故が発生したときの飛行の再現を目指したものであり、また、対気速度が急増した時、対応操作を変えた場合の定性的な飛行状態の把握のために行ったものである」（36ページ）としています。

特に機首の上下運動に関する模擬の程度が問題になります。当事故では、機首の変動中に失速警報装置が作動していますが、これはシミュレーターでは再現できませんでした。事故調の検証では、失速警報装置を作動させるために操縦桿を引き上げる故意の操作が必要でしたが、これは事故当時

の操縦操作とは異なるうえ、スピードブレーキも乗員の証言とは全く異なる極めて短時間使用した場合についてのみの検証となっています。

37 ページには「機体運動等の傾向はおおむね模擬できた」と記載されていますが、事故当時と異なる操作や飛行状態を基にしたシミュレーションで機体運動の再現ができたとしても、それは当時の飛行状況とは全く異なる条件下での検証であり、原因調査に結びつくものではありません。

## 5. 日乗連のコメント

このように、事故調査委員会が行った JAL356 便の事故調査は、発生した機体の動きを人為操作との関係のみに着目して原因を推定し、推定の根拠さえ報告書では明らかにされていません。結局のところ、この事故調査では何も解明していないということが言えます。

事故や重大なトラブルにはその大半のケースで人のエラーが関わっているとされますが、エラーは操縦士や整備士など現場の作業員だけが犯すものではありません。国際民間航空機関が指摘する「考えられるエラー」の範囲は作業員のみではなく、航空機を運航する会社の教育や規定および経営方針、そして機体の運航や規定を認可し安全を監督する国の機関、さらに機体や装置の設計者にまで及びます。事故調査は事故の背景を可能な限りさかのぼって調査しなければ、再発防止に寄与する調査はできないと言われるゆえんです。

そのような効果的な事故調査は、熱意に燃え熟練した調査官と、「安全」と「公共の福祉」を正しく理解し、利害関係者から独立した事故調査機関があって初めて成し遂げられるものです。

最終的には、事故調査は公共の福祉のために行われるものであり、そこには利用者の視点で安全を考えるとという基本的な認識が必要でしょう。

そのような事故調査が日本でも実現するよう、日乗連はあらゆる活動を行っていきます。

### 注1：シミュレーションコード（文科省物理学者による解説）

機体の運動を数値シミュレーションで解析する場合に使用するソフトをシミュレーションコードと呼ぶ。その機体が持つ各種フィードバック機構等を含めた機械性能特性（\*）、機体運動特性が全て織り込まれているかどうかポイントになる。他手段で事前に機体の動作、応答の様子が判明している代表的運動状態を複数件（乱気流等の特異周辺環境下での機体運動、失速等の人為的操縦モードでの機体運動）についてシミュレーション結果で再現が確認されれば、それをもって「シミュレーションコードの妥当性が確認された」と云う。但し、特異環境化でのシミュレーション結果の妥当性の判断は極めて難しい、わずかな初期条件・境界条件の取り方の違いで結果が大きく異なる場合がある。その違いがシミュレーションコードに内包する問題に由来するのか(A)、自然環境、機体の応答特性、人為的制御の3つの要素が複雑にリンクした結果(B)として物理的に必然的結果なのかの判断は検討を要する。多くの場合は前者(A)が疑われる。重大事故の再現実験は不可能なのであるから、初期条件・境界条件を含む用いられたパラメーターのとり得る可能な範囲で膨大なシミュレーションを繰り返し、実際の特異な機体運動を引き起こすパラメーター領域を把握する事が必要になる。そのパラメーター領域が現実から大幅に逸脱しているのなら、シミュレーションコード自身に立ち返っての検討が求められる。



