



QF72 便の事故報告書(1)

A330 巡航中の姿勢急変

1. はじめに

今回ご紹介する事例は2008年10月、Qantas Airways (QF) 72便 (Airbus A330) が巡航中にシステムの異常により急に機首下げとなり、負傷者が出る事故となったものです。昨年の6月に Interim Report までをお伝えしていました。(日乗連ニュース No.34-84~86) AF447の最終報告書の紹介に続き、この事故の最終報告書をご紹介します。

2. 便出発から巡航中の異常発生まで

2008年10月7日 QF 72 便は現地時刻 09:32 (01:32 UTC) にシンガポールを離陸し、オーストラリアのパーズに向かっていました。乗客は303名、客室乗員9名、パイロット3名の計315名が搭乗していました。天候は良好で揺れもありませんでした。

12:40:28 ころ使っていた Autopilot-1 が作動を停止し、ECAM (Electronic Centralized Aircraft Monitor) に AUTO FLT AP OFF 表示が出て、Master Caution のチャイム音が鳴りました。左席の機長は手動操縦を始め、Autopilot-2 を入れようとしてしまいましたが不調でした。それで Autopilot-1 を入れようとしてしまいましたが、双方とも作動しませんでした。パイロットが ECAM の AUTO FLT の表示を消すと、NAV IRI FAULT の表示が出ました。これは Air Data Inertial Reference Unit (ADIRU) の Inertial Reference Part (慣性航法部分) の故障という表示でした。続いて失速警報と速度超過警報がごく短時間作動し、機長側の Primary Flight Display (PFD) の速度と高度の表示が変動しはじめました。

12:42:27 急に機首下げ 8.4 度の姿勢となり、過重はマイナス 0.80 G、690 ft の高度逸脱 (低下) となりました。機長は直ちに操縦桿を引いて機首下げ傾向を止めようとしてしまいましたが、最初は操縦桿が効かない状態で、少しして操縦を取り戻し、FL 370 に戻るよう操作しました。この間にシートベルトを締めていなかったり、通路に立っていた乗客、客室乗員が天井まで飛ばされ、重傷 12 名 (内乗員 1 名)、軽傷 107 名 (内乗員 8 名) の怪我人が出ました。

3. またも機首下げとなる

高度低下を修正したのち、パイロットは ECAM に出ている複数の警報の処置を始めました。操作手順に従い、関連システムの操作を行っているとき 12:45:08 に又も機首下げとなりました。姿勢は機首下げ 3.5 度で、荷重はプラス 0.2 G 高度低下は 400 ft でした。2 度目の機首下げの方が動きが小さく、怪我人が出るような事態ではありませんでした。

12:49 航空管制に PAN PAN (警戒を要する段階) を前置して、操縦系統不調、怪我人発生により Learmonth 空港へ直行し着陸することを求めました。(最初の機首下げが発生した場所は Learmonth 空港の 154 km 西でした) その後、機長は MAYDAY (遭難状態) を宣言し、同空港近くで旋回して高度を処理したのち着陸しました。



4. 責任を負うべき人とか組織は存在せず

ATSB（オーストラリア運輸安全委員会）の最終報告書の Findings は短く「この事故に関し、責任を負うべき組織とか個人は無い。」というものでした。パイロットについては Executive Summary に“The flight crew's responses to the emergency were timely and appropriate.”（緊急事態に対するパイロットの対応は時宜を得た適切なものであった）とあり、高く評価されていました。

5. ARINC 429 Data Transfer System

少し長くなりますが、航空機内のデータ移送の概念がないとデータ急変の理由が分からないため、データ移送から説明します。新しい旅客機のコンピューター、飛行計器、操縦系統、フライトレコーダー等は ARINC【注 1】の幾つかの規格のデータバスで繋がっています。A330 の操縦系統は ARINC 429 というデータバスが使われていました。429 は 32 bit が 1 語となっており、複雑なデータは 2 語を使うものもあります。その内容は下記の如くとなっています。

Label	Source/Destination Identifier	Data	Sign/Status Matrix	Parity
1~8	9~10	11~29	30~31	32

- * 最初にある Label は高度、速度、迎え角などデータの種類です。
- * 次の Source/Destination Identifier は発信元と送り先です。
- * 中央部分の 11~29 bit がデータ本体です。
- * Sign/Status Matrix は Failure、No Data などデータの状態を示します。
- * Parity はデータビットが偶数か奇数かで照合を行います。
- * データの種類により異なりますが、データ転送は毎秒 2-50 回と非常に短い間隔で行われています。

【注 1】 ARINC : Aeronautical Radio Inc. 1920 年代後半に設立された米国 Maryland 州に本部を置く通信会社、電子機器メーカーであり、航空関連システムの詳細規格を作成している。身近なところでは太平洋 HF 等の San Francisco のコールサインを持つ通信局も ARINC である。

6. データの急変動 (Spike) の正体

Spike と呼ばれるデータ急変動の多くは、データそのものの変動ではなく、Label が違ったため他のデータの数値が入り込み異常な値となるものです。高度 37,012 ft のデータは 14 bit 目からを使い 01000100001001 ですが、このデータの Label が間違っていて AOA（迎え角）となっていると、AOA は 20 bit 目からを使っていますので、00001001 の部分が有効となり 50.625 度という極端な数値となります。【注 2】また 37,012 ft の Label が Mach（マッハ数：音速に対する比率）とされると、Mach 0.82 あたりで飛んでいるにも関わらず 0.132 と極端に小さな数字となります。一方、このような関連性が不明である急変動と、多数のシステム不具合情報もあった模様です。転送されるデータの全てを FDR の記録に残すには多すぎるため、完全には追跡できない部分がありました。なお Mach、高度と AOA は毎秒 25 回転送される設定となっていました。

【注 2】 A330 では巡航中の AOA は 2 度程度が正常値である。

7. ADIRU Data-Spike Failure Mode

A330は操縦系統のデータを算出するLTN-101 Air Data Inertial Reference Unit (ADIRU)を3台積んでいます。ADIRUの作動はADR (Air Data Reference : 高度、速度、迎え角等)と、IR (Inertial Reference : 機体の位置、姿勢等)の2つに分かれています。この事故ではADIRU No.1が、何ら不調情報を出さずに、1秒以内の短い時間のADRデータ急変を繰り返しました。またIRでも多数のデータ急変が起りましたが、急変IRデータの大部分にinvalidと不調を示す情報が付いており、こちらは大きな障害とはなりませんでした。この種の故障をData-Spike Failure Modeと呼んでおり、非常に希にしか発生しないものです。不思議なことに全部Qantas 航空で起こっており、2回は同じ機体(同じADIRU)、もう一度は製造日が近い別のADIRUでした。

8. 操縦系統のデータ急変対策

1つのデータに異常があっても、Flight Control Primary Computer (FCPC : 主操縦系統)は、簡単には乱されないよう作られています。A330では、他の多くのデータは3つを比較して平均値を使うのを基本としていますが、AOAはNo.1とNo.2の平均を使う設定となりました。AOAセンサーNo.3は機体右側No.2の少し下に取り付けられているため、Side Slipを考慮するとNo.1とNo.2の平均を使うのが良いとされたためです。No.3を含め1つのAOAが他と大きく違っている場合は1.2秒間、差が出る直前の数値を使い、データの急変による操縦系統の乱れを防止しています。その場合データ急変が1秒間連続すれば、そのADRは使用不能とされ、残る2つの平均が用いられます。かなり十分な対策が設定されていましたが、データ急変が断続的で、たまたま1.2秒後に急変の状態だと、急変データを平均に使ってしまうシステムの隙間があり、事故は偶然その隙間に合致したため発生しました。

9. 信頼性要件は満たしている

このFailure ModeはLTN-101搭載機で1億2800万飛行時間の間に3回発生しているだけです。更に姿勢の急変で怪我人が出てHazardousとされたケースは1件のみです。A330/A340の2800万時間の飛行より算出すると 3.6×10^{-8} (マイナス8乗) per flight hour 以下となり、Hazardous 事態確率の推奨範囲に入っています。しかし現に怪我人が出る事態となったため、操縦系統のロジック、特に1.2秒後の作動が見直され、信頼性を高める変更がなされました。

