



AF447 便の事故報告書(3)

14. 2003年11月のTAM社インシデント

上記の13例にはブラジルのTAM社のものが2例含まれています。同社の別の事例は、パイロットの報告が入手できなかったため解析には入れなかったものの、参考になると事故報告書に含まれていました。2003年11月TAM社のA330-200がFL360を巡航中少なくとも2つのピトー管が凍結しました。速度計に異常が出てAPが作動を停止したとき、双方のパイロットは大きく機首上げの操作をしました。片方の操縦桿は機首上げ一杯まで引いています。ごく短時間で機首上げ角は8度となり失速警報が作動しました。しばらく、このような操作をしたため、機首上げは13度、AOAの最大値は10度に達しました。次いで失速警報を認識したパイロットは大きく機首下げの操作をしました。事態が収まるまで4分間のLoad Factorは1.96Gから-0.26Gと大きく変動しています。しかしながら高度の逸脱は600ft以下に収まっています。

15. PFは何故大きく機首上げとしたか

AF447の事故の最大の要素は右席の副操縦士(PF)の大きすぎる機首上げ操作であると思われます。では何故大きく機首上げとしたのでしょうか。PFが、自動操縦が突然切れて驚いたことに関係していると考えられています。そのとき気流の変化で右に8度ほど傾いたため、急いで修正しようとしてしまいました。しかし操縦ロジックが変わっており、ロール方向はDirect Lawという操縦桿の動きに直結したものとなっていました。続く30秒ほどの間に操縦桿を左右に動かし、一杯2回、5分の4を2回、4分の3を2回のように、ふらついた状態が続いています。高高度でのNormal Law以外の操縦訓練の不足が明白に出ています。左右の傾きに気を取られて焦りが生じ、力が入って大きく引く操作が加わったものと想像されています。PNFが降下するように言ったため一度37,500ftで上昇率を小さくしています。しかしPNFが休養中の機長を呼び出そうとしたとき又機首上げ傾向となっています。失速警報が作動して推力を(TOGA: 離陸最大推力)にした直後には4分の3の大きな機首上げ操作をしています。必要なデータが得られず断続的に不正確な指示を出したFDを追ったという見方もあります。機首上の最大値は、記録された高度の上限37,924ftに達する直前で、17.9度でした。

(多くのジェット機の巡航中の姿勢は2.0-2.5度機首上げであり、TCASによる衝突回避操作でも元の姿勢より2度変化させるのが基本とされています。)失速警報を認識したTAMのパイロットが大きく機首下げとして事故にならずに済んだのとは大差が生じました。

16. ADS-Cが作動していたら

事故当時ブラジルのAtlantico CenterはHF通信しか作動しておらず、CPDLCとかADS-Cなど衛星通信を経由する管制通信は行われていませんでした。



HF 通信は、電離層の変化や帯電した雲の影響を受けやすく、洋上の FIR 1 つを通信設定出来ずに通過することも少なくありません。つまり HF 通信だけだと捜索救難の初動は相当遅れる可能性が常にあります。

エアフランスには ACARS というデータ通信が繋がっており、運航担当者からのメッセージが届いたり、故障メッセージが自動送信されたりしていました。AF447 からの最後の通信は ACARS の故障メッセージ自動送信でした。航空管制用のデータ通信 CPDLC は 1 箇所の管制機関に接続 (log on) できるものですが、この事故に関係する空域では作動していませんでした。自動監視の ADS-C はシステムとしては 3 箇所同時に接続が可能でした。DAKAR には ADS-C の機能がありましたが、AF447 が接続しようとした最初の 2 回は、フライトプランが届いていないため接続不能でした。

その後、DAKAR の管制官がシステムに AF447 を入れたので、洋上管制の画面にはフライトプランのデータによる推定位置が表示されるようになりました。しかし入れたデータが不完全であったため、AF447 がもう一度やっても接続できませんでした。DAKAR の ADS-C は次のような設定となっていました。FIR 内において、次とその次の Waypoint 通過予想時刻を含む位置通報を受ける。896 秒 (約 15 分) 間隔で現在位置と高度の通報を受ける。高度 200 ft、経路 10 nm 以上の逸脱の通報を受ける。位置通報が 3 分以内に届かない場合、その旨の連絡を受ける。AF447 便の経緯を前記のシステム要件に当てはめて検討したところ、遭難位置の確定には寄与しなかったものの、捜索救難の Critical Phase の発動がもう少し早くなったと見られています。

17. 遭難位置確定のための方策

洋上に航空機が墜落した場合、ELT (Emergency Locator Transmitter : 航空機用救命無線機) は衝撃で破損するか海中に没して役に立たないことが多いです。AF447 でも ELT の作動は受信されていません。BEA は現有の衛星通信システムで、遭難位置の推定範囲を小さくするため、過去の事故例のデータを当てはめ詳細に検討しました。

静止衛星だけでなく、低軌道を廻り極地でも有効な Iridium の能力も考慮されました。費用の面等を考慮すると、考えられるのは以下の 3 つの方策であるとされ、Recommendation が出されました。

- a) 墜落に至る前に関連データを衛星通信で送信するシステムとする。
- b) ELT を、機体に異常事態が発生した場合に、直ちに送信を始める設定に変更する。
- c) (CPDLC または ADS-C の) Position Report の間隔を短くする。

18. 海底の DFR などを早く発見するには

事故機の残骸の発見のため BEA は多くの専門家に事故当時の潮流の解析を依頼しました。しかし赤道近くの潮流を予想するのは容易ではありませんでした。6 月 6 日から 26 日の間に浮上している残骸等が発見された場所は南北に 300km 以上にも広がっていました。それで事故現場と思われる海域に真っ先に到着した捜索航空機が、海面に浮き電波を発信するブイを投下して、海流を掴み機体の沈んだ位置を特定しやすくする Recommendation が出ました。また海中に沈んだ FDR 等は発見を容易とするために Underwater Locator Beacon (ULB : 通称 Pinger) が付いており、現在の規定では超音波 37.5 KHz を毎秒 1 回 30 日間発することになっていました。海底捜索の Phase 1 はこの音波を探知するものでしたが、上手く行きませんでした。このため探知を確実にするため、作動日数を 90 日とし、8.5-9.5 KHz の ULB も追加するべきという Recommendation も出ました。

19. FD の表示を追ったか

大きな機首上げ操作は、ロール方向の操舵に注意が集中し力が入りすぎただけでは説明できない部分があります。特に失速警報が作動したのち、推力を最大 (TOGA) にして、大きく機首上げ操作を行っている部分です。現在の規定では FDR は機長席とスタンバイ計器の表示を記録するようになっており、副操縦士 (右) 側の表示は記録されていません。これに関しては Cockpit Image Recorder が有益であるとされています。しかしコンピューターの作動を解析して右側の FD の指示を推定できました。FD は断続的に消えたり出たりしていますが、出ている時間の大半は機首上げ側を示していました。失速警報は FD には何ら反映されず、機長が操縦席に戻ったときには、連続して失速警報が作動し続けていましたが、FD はほぼ機首上げ一杯を示していました。

20. PNF はもっとフライトに注意を

事故報告書は略語 PNF を使っていますが、多くの航空会社では PM (Pilot Monitoring) を使っています。操縦操作はしなくても常に飛行機の運航状況を見ているべきという概念からと想像しています。AP が作動を停止し、PF が手動操縦を始めて大きな機首上げ操作を行ったとき、PNF がもっと早くアドバイスを与えるべきであったとされています。2,000 ft 近く上昇したのち PNF の助言で少し機首を下げて、まだ 1,000 ft/min 近くで上昇していました。そこで「もっと機首下げだ。FL350 に戻れ。」と強く言うべきでした。PNF は休憩中の機長を呼び出すのに注意をむけ、そのころの飛行の推移を完全追っていないので、彼も操縦席に戻った機長に何が起こったか言うことができませんでした。失速警報が作動し、大きく機首上げ傾向にあるときに PNF は「横方向の操舵は出来るだけ小さく」などと言っており失速警報を認識していませんでした。副操縦士二人が在席しているときの、業務分担とか CRM 能力に欠陥があったと見られています。

21. 何もしなければ何も起こらなかった

A330 の操縦ロジックは飛行状態とシステムの状態により切り替わります。AP が作動を停止した後の作動は、正確に言うと Alternate 2B Mode でした。この Mode では操縦桿を前後方向に動かさなければ水平飛行を保つ能力があり、速度が変化した場合は昇降舵に加え水平安定板も自動で動く状態でした。FDR のデータを細かく解析してシミュレーションを行いました。何も操作しなかった場合、右バンクは最大 15 度で収まり、しばらく右バンク 10 度程度で飛んだものの、横方向の動きは穏やかで安全なものでした。高度は一度 300 ft 程度下がりますが 30 秒後には FL350 で見事に水平飛行に戻っています。つまり、パイロットが何もしなければ何も起こらなかった、という結果となりました。

しかし何時も操作しないのが良いとは限りません。パイロットが舵を一杯まで操作して高い評価を得た事もあります。(日乗連ニュース No.34-84~86)

22. 最後に

AF447 便の事故報告書をざっと紹介しましたが、パイロットに関するものに重点を置きました。BEA の報告書原文はフランス語ですが、英文訳も BEA ホームページからダウンロードできますので、詳しくはそちらをご覧ください。

<http://www.bea.aero/en/enquetes/flight.af.447/flight.af.447.php>