

AF447 便の事故報告書(2)

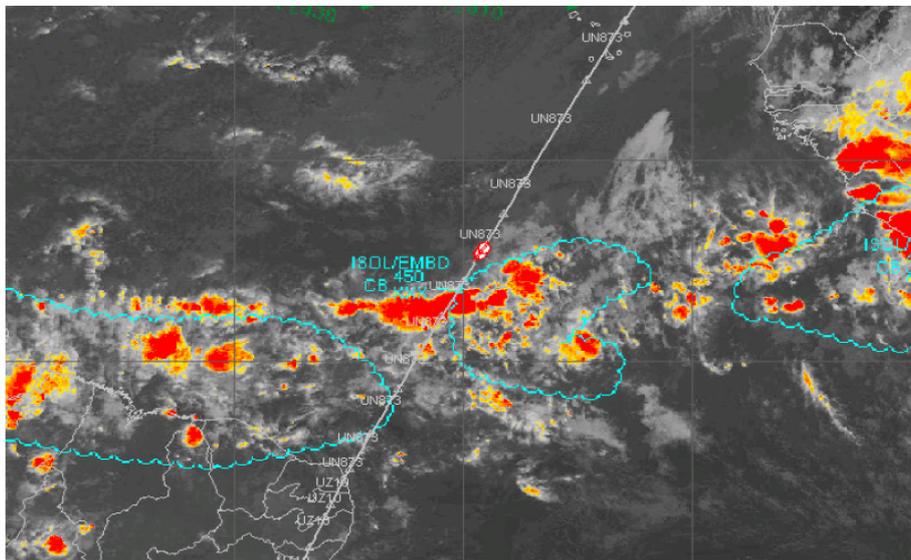
9. 極端な失速状態

文章では長くなりますが、ピトー管の凍結から海面に激突するまで4分半ほどの出来事でした。しかしピトー管の凍結は29秒から1分未満と判断されています。機長が操縦席に戻った直後に、全ての速度表示が消えたのは速度が表示されないほど低下したためであり、失速警報が止まったのも速度が低くなりすぎてAOAが意味をなさない領域となったためです。

10. 事故現場の気象状態

添付の図は事故当日の TEMSI (Significant Weather Chart: 悪天候予想図) に 0:00 の Meteosat 9衛星の赤外線画像を重ねたものです。飛行計画の経路は予想図の2つの雲域に接しており、そこでは FL250 以下より FL450 までの単独または他の雲に埋もれた形の積乱雲があると出ていました。予想では赤道付近 FL340 の一番高い温度は-40°Cで標準大気より13°C高いものでした。赤外線画像では、飛行経路は成熟期の積乱雲を突っ切る状態であり、FL350では各所でかなりの揺れがあったと想像されています。また雷電現象も見られたと思われませんが、過冷却水滴があった確率は低く、あったとしても量は少ないと解析されています。

IR -40° du 01 juin 00 h 00 + extrait TEMSI London 01 juin 00h 00



11. 前後の便のパイロットの聴取

BEA は AF447 の前後を飛んだ便の乗員の聴取を行いました。

- IB6024 便 (A340) はリオデジャネイロ発で FL370 を飛んでおり、AF447 の 12 分後に ORARO を通過しました。INTOL を過ぎたとき典型的な ITCZ 気象に遭遇しました。TASIL の 70 nm より 30 nm 手前の部分が特に顕著でした。パイロットは東 (右側) に 30 nm の悪天域回避操作を行いました。また次の DAKAR FIR との通信設定には手間取ったそうです。

- b) AF459 便 (A330-200) は FL350 で ORARO を AF447 の 37 分後に通過しました。気象レーダー上では確認できなかったのですが、NATAL 付近で積乱雲の頂上に入り機体は揺れはじめました。機長は西 (左側) に 20 nm の回避操作を始めました。ところが気象レーダー 160 nm 範囲に 150 nm もの幅の積乱雲の連続像が見えたため、70-80 nm と大きく右に回避を行い、FL370 へ管制許可を得て上昇しました。DAKAR FIR に入っても HF 通信は不調で 28 分も通信設定が出来ず、ADS-C も不調でした。3:45 ころ DAKAR と HF 通信が可能となり、AF447 に連絡を取るよう依頼され 121.5 MHz と 123.45 MHz で呼び出しを試みましたが、もう AF447 からは応答がありませんでした。
- c) LH507 便 (B747-400) は FL350 で AF447 の 20 分後を飛んでいました。ORARO 付近で雲頂近くとなり、レーダー気象像は緑色 (弱い反射) でした。回避が必要と判断し、西 (左側) に約 10 nm 飛行コースを変更しました。その悪天域を通過する 15 分ほどの間、揺れは Moderate 程度であり、擾乱通過の速度に減じました。雷電現象は見られませんでした。機長側の窓に明るいセントエルモの火が見えました。彼らは 121.5 MHz の遭難通信周波数を聴取していましたが、AF447 からの送信はなかったと証言しています。

12. A330 のピトー管の変更の経緯

A330 に最初に装備されていたピトー管は Goodrich 社 0851GR でした。幾つかの故障例を検討した結果、このピトー管は氷晶とか降水現象中を飛行する場合、耐空性基準範囲内でも不調となる可能性が高いと判断されました。2001 年 8 月フランス航空局は AD (Airworthiness Directive : 耐空性改善命令) を出し、2003 年 12 月までに Goodrich 社 0851HL または Thale 社 C16195AA と交換することを義務付けました。エアフランスに納入された A330 は最初から Thale C16195AA を装備していましたので、この AD による整備作業は必要ありませんでした。しかし降水量が多い場合とか氷が附着する状態では速度計の不調報告が続くため、2007 年 9 月にエアバス社は Service Bulletin を出し、ピトー管を C16195BA に交換することを推奨しました。エアフランスは、その時点では、故障で交換する場合は C16195BA に換えると決めました。

その後、エアバス社とエアフランスの間で何度かやりとりがありましたが、2009 年 3 月末にエアフランス 1 件を含む 2 件の一時的速度指示喪失があり、エアフランスで検討した結果、A330/A340 の長距離便機材のピトー管を全て C16195BA に交換することを決めました。交換のためピトー管を発注し、最初の納入があったのは AF447 便事故の 6 日前でした。AF447 便の機体に装備されていたピトー管は交換前の C16195AA でした。しかし一番凍結が起こりにくいと判断されるのは 0851HL と想像されるため、EASA (European Air Safety Agency) は 2009 年 7 月 AD No.2009-0195 を発行し、No.1 と No.3 を 0851HL に交換することを義務付け、No.2 は 16195BA または 0815HL のいずれかの選択とし、16195AA は 2010 年 1 月以降の使用が禁じられました。加えてピトー管の点検間隔も短くされました。エアバスはすぐこの AD に従い、2009 年 8 月初旬には No.1 と No.3 を 0851HL に交換し、2010 年 1 月中旬より 2 月初旬の間に No.2 も 0851HL に交換しました。

13. 類似インシデントの調査

BEA (フランスの事故調査委員会) は A330/A340 で巡航中に起こった同種事例を調べました。エアフランスを含む 5 社の 13 件のデータが集まり、一部のパイロットは聴取にも応じました。データは完全には揃っていないものもありましたが、故障傾向と共通点が見いだされました。

まず外的要因から列記しますと、

- a) FL340 から FL390 で発生した。
- b) 大気は極端に不安定で対流現象が活発であった。
- c) 12 例では外気温度は -40°C 以下で、10 件は標準大気より $0\sim 6$ 度気温が高く、3 件は 10 度以上高かった。
- d) パイロットは飛行経路上には顕著な気象レーダー反射像は見えていないが、周囲とか低空には悪天域があった。
- e) 3 例でパイロットが雨または氷を視認または音で感じた。
- f) 13 例すべて IMC (計器飛行気象状態) で発生した。
- g) 多くの場合、異常が発生する間に外気温度表示は $10\sim 12$ 度上がるが、1 件では温度上昇は僅かであった。
- h) 13 例全てでタービュランスを伴い、パイロットの感触では Light から Strong であり、記録された垂直加速度は $0.75/1.2\text{G}$ から $0.2/1.9\text{G}$ であった。

自動操縦などの作動を列記すると、

- a) 全ケースで自動操縦 (Autopilot : 以下 AP と表示) はパイロットの操作なしで、作動を停止した。
- b) 全ケースで異常が解消したのち AP、自動推力調節 (Auto Thrust : 以下 AT と表示) が使用できた。
- c) 12 例で操縦ロジックは Alternate Mode に変わり、飛行中には Normal Mode に戻らなかった。1 例のみ Alternate Mode になった後 Normal Mode に戻った。
- d) AP の停止は、多くの場合、FD (Flight Director) の表示喪失と連動して起こった。FD が少し遅れて消えることもあった。しばらくして FD の表示は戻った。(FD は Disengage ではなく、Engage のまま表示が消え、のちに表示が戻った。)
- e) 7 例では状態が完全に復帰しないうちに AP が戻された。2 例では速度表示が出ても誤差が大きい状態で AP が戻された。
- f) 10 例では AT は作動を停止し、最後の推力を保つ Thrust Lock Function が作動した。そのうち 5 例では Thrust Lock のまま 1 分以上飛んでいた。
- g) 1 例ではパイロットが AT を切り、乱気流中に推奨される推力を設定した。
- h) 2 例では AT は作動を停止せず、FD も作動したままであった。エンジン推力は $\text{N1 } 48\%$ から 100% まで大きく変動した。

失速警報とパイロットの操作などを列記すると、

- a) 9 例において失速警報が (短時間) 作動した。この失速警報は Alternate Mode に変わり、タービュランス域を通過したことに関係している。(A330 では Normal Mode では失速警報は作動せず、手動操縦でも操縦系統が自動回復操作を行うようになっている。)
- b) 速度計が連続的に不作動となった時間は最長 3 分 20 秒であった。
- c) システムの異常による高度変動はおおむね $1,000\text{ ft}$ 以内であった。5 例はパイロットの判断で降下を行っており、そのうち 1 例は $3,500\text{ ft}$ 降下した。失速警報が降下の判断の要素となっていた。
- d) 4 例ではパイロットは速度計が使い物にならぬとは判断していなかった。2 例では AOA の不一致による誤表示と結論づけ、2 例では速度計の誤差が多いとは考えたが、使い物にならぬとは判断しなかった。
- e) 13 例のパイロットはこの故障発生時に、まず飛ぶことを優先し、巡航高度を維持するか、少し降下して安定した状態で飛ぶことを目指した。関連チェックリストもあるが、それを開いたり、内容を思い出したりしたパイロットはおらず、基本的パイロット技量で処置が行われた。