

燃えるジェットエンジン

松浦 俊博

「ちょっと、飛行機が燃えてるよ」。アイパッドでニュースを見ていた妻に呼ばれて画面を見ると、右翼のエンジンが燃えながら飛行している。「燃料タンクに引火したら爆発する」と目が釘付けになった。

米国デンバー空港近くで現地時間 2 月 20 日に起きたユナイテッド航空 (UA) ホノルル行き B777-200 型機のエンジン損傷・出火事故である。離陸 4 分後に右エンジンのファンブレード飛散トラブルが発生して引き返し、離陸 24 分後に着陸した。空港周辺の住宅地にエンジン部品が落下したが、付近の人にも 240 名ほどの乗客乗員にも怪我人は無かった。

同機種で類似のエンジン損傷事故が過去に 2 度起きていた。2018 年 2 月に UA サンフランシスコ発ホノルル行きが着陸前の巡行時にエンジン故障したが 40 分後に無事緊急着陸。また、昨年 12 月には JAL 沖縄発羽田行きが離陸直後にエンジン故障し沖縄空港に引き返した。両ケースとも出火は免れた。

まず、デンバーでの事故が起きた時に乗員はどんな目にあっただのかを想像してみる。死傷者が出なかったのは幸運だったと思う。エンジン製造責任や運航管理責任を逃れたい場合は「2 つあるエンジンの片方が故障しても安全だと確認された」と言うかもしれないが、そういうことではない。現実はこの具合だ。まず「ドーン」という爆発音が聞こえ、機体は激しく振動し大きい騒音に包まれる。急ブレーキがかかったように、体は前方へ投げ出される。機体は右側に旋回しようとして時計回りに回転し、左側の主翼が上がる。オートパイロットシステムにより垂直尾翼の大きな方向舵と、主翼後部の補助翼や水平尾翼の昇降舵が動き機体のバランスをとる。事故発生時は高度 4km まで上昇し、フラップをあげて時速 470km から加速して上昇を始めたばかりだった。

幸いにもエンジン故障だということがすぐにわかったので、パイロットはすかさず異常時の操作を開始する。故障エンジンを止めて燃料供給を遮断し消火装置を生かす。空港の管制官と連絡を取り、左旋回して高度を 2.7km に下げ着陸準備を進める。

火災はエンジン後部で起きていたので、燃料に引火したわけではなく、潤滑油が漏れてそれに引火したのだろう。しかし、燃えるエンジンを見る乗客たちは生きた心地がしなかったに違いない。

ファンブレード飛散から2秒以内に、ブレードとケブラー繊維でできた強靱なエンジンケースの衝突の衝撃により、エンジン入口部に取り付けられたカウリングという直径3mを超えるリング状部品が脱落した。そして民家の庭に落ちた。その他多くの部品が脱落して地上に落ちた。人的被害が無かったのは全く幸運だった。もし、高度4kmの上空で脱落部品が機体に衝突して窓が破れたら、乗客が吸い出される人身事故になっていたろう。

ファンブレード1本の重量は16kgほどである。飛散したブレードは隣のブレードに衝突し、その上部も飛散している。これらはおそらくファンケースの後部に投げ出されただろう。事故時の回転数は毎分3000回転弱だったと考えると、飛散したブレードに働いていた遠心力は合計100トンをはるかに超える。この力がエンジンのロータを揺さぶる。エンジン推力約38トンや機体の最大離陸重量約250トンと同レベルの大きい力であり、機体が激しく振動するわけだ。この状態が続くとエンジン取り付け部が壊れてエンジンが機体から脱落する可能性もある。

エンジンは運転中には後部の低圧タービンによって、正面から見て反時計回りに回転している。エンジン停止後は、上流から吹き付ける空気の流れにより風車として回転するので運転中と反対方向に回転する。回転数は高くないが破片は飛んでくる。破片により尾翼が損傷すると機体の姿勢を制御できなくなる。

離陸直後は燃料を多く積んでいるので、そのまま着陸すると重量オーバーになる。しかし、最近は燃料を捨てずにそのまま着陸することが多い。特に火災が生じていると燃料廃却は絶対にできない。重量オーバーでの着陸は、十分な減速が出来ずに滑走路をオーバーランする危険性もあるので長い滑走路を選ぶ。また、着地する際の速度を下げるため、主翼のフラップを最大限に広げて失速しないように操作することになる。

B777-200型機にはメーカーの異なる3種類のエンジンが20年以上前から適用されている。事故を起こしたPW4000(Pratt & Whitney製)のほかに、トラブルのないTrent 800(Rolls-Royce製)やGE90(GE製)がある。PW4000の使用実績は長いけれども、3件の類似事故が生じたことを考えると設計・製造に問題があったことは否めない。ちなみに日本政府専用機B777-300ER機のエンジンはGE90-115Bであり、今回の事故機のものとは相当異なる。

PW4000 に組立てられる 22 本のファンブレードは外径 2.85m で、1 本あたり長さ 105cm、幅 54cm、重量 16kg と大きい。中空ハニカム構造で、チタン合金の板を摩擦攪拌接合で貼り合わせて軽量化している。回転軸への取り付け部分は中実構造である。破損過程で最初に割れが生じた部位は、取り付け部の中実構造から中空構造に変化する境界に近い。さらに、この部分はブレード形状が急激に変化する部位である。このように構造や形状が急に変わる部分は壊れやすい。

事故対策が困難である理由は、最初に割れが生じる部位が表面ではなく中空ブレードの内部にあることである。小さな割れでも表面にあれば見つけて対策を打てるが、内部にあれば検査は非常に難しくなる。これが中空構造の泣き所だ。なぜこんな部位に割れが生じるのか。ブレードの形状は根元から頂部へ大きな振じりを伴う。高速回転すると高い遠心力が働き引っ張られることにより、振じりが戻ろうとする。この振じり戻りにより中空ブレード内部に大きな歪が生じる。飛行機の離着陸の度に、歪が繰り返し加わることにより割れが生じる。私も蒸気タービンの長大ブレード開発に長年携わり、ブレードの飛散もいくつか経験しているのでこのメカニズムは想像できる。

中空構造でなければ大丈夫だろうか。最近では CFRP(炭素繊維強化プラスチック)のシートを重ねて貼り合わせ、ファンブレードを製作することが一般的になりつつあるが、ブレード内部の貼り合わせ面が剥離するという弱点もあると思う。検査は可能であり、中空ブレードの検査よりは確実だが、あまり容易ではなさそうだ。

技術に完璧な解答がないことはよく認識されているが、それならば、大きな事故を防ぐには有効な検査が確実にできる事を前提にしなければならない。その前提のもとにのみ、新技術の適用が許される。



右エンジン故障し、煙を出しながら飛行する UA 機



右エンジンのファンブレード飛散



民家の庭に落下したエンジンのカウリング



右エンジンのカウリング脱落、後部火災

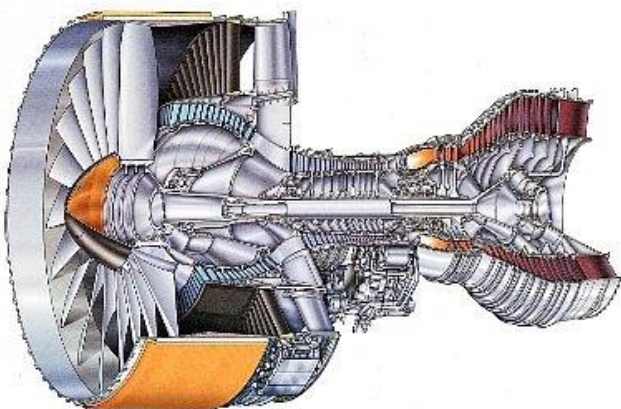
2月20日に起きたユナイテッド航空 (UA) ホノルル行き B777-200 型機のエンジン損傷・出火事故

現地時間 13:04、デンバー国際空港の滑走路 25 から離陸した。離陸から 4 分後、13,000 フィート(約 4,000m)を上昇中同機は現地時間 13 時 28 分、滑走路 26 に無事着陸した。総飛行時間は 24 分であった。

ボーイングは 2013 年に P&W PW4000 シリーズを搭載した B777 の生産を停止し、他のエンジンを推奨している。

(写真出典 : YouTube “ UNITED 328 Engine Failure! WHAT CHECKLISTS did the pilots use?”)

PW4000 112-INCH FAN ENGINE



©2014 UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION - PRATT & WHITNEY DIVISION

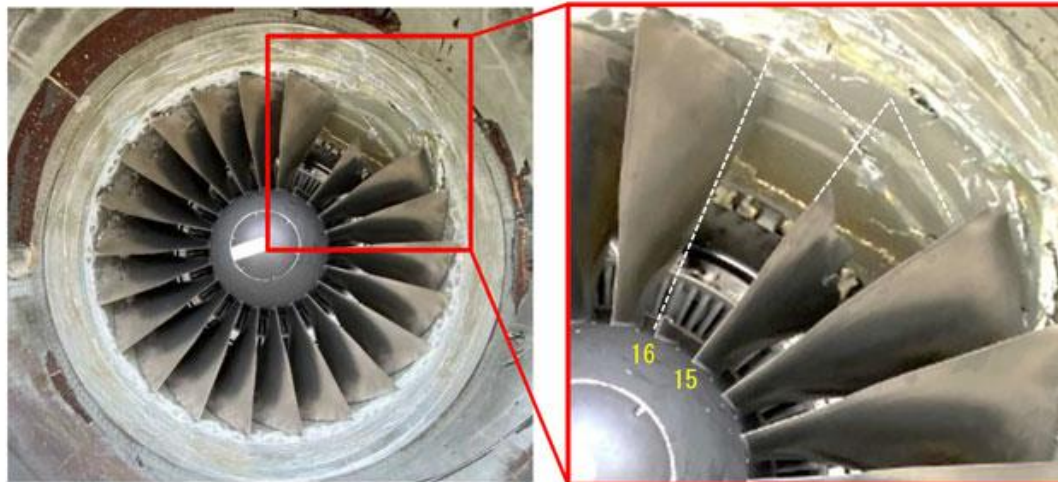


図1 左側エンジンインレット部



図2 ファンブレードの破損状況



図3 16番ブレードの破面
破面は、主翼の破面と類似している。(写真出典:UTC資料)

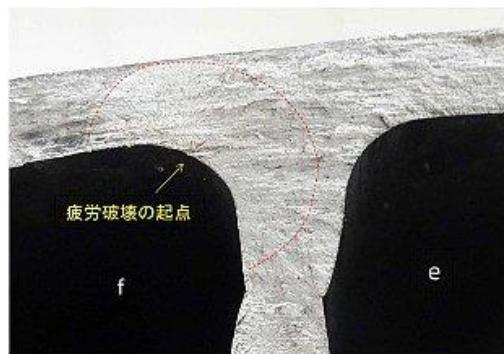


図4 16番ブレードの破面拡大写真
破面は、主翼の破面と類似している。(写真出典:UTC資料)

昨年12月に起きた JAL 沖縄発羽田行き B777-200 型機エンジン損傷事故

昨年12月4日午前11時34分に出発して同44分に離陸したが、那覇空港の北約100キロを飛行中に左エンジンの不具合が見つかり、同53分に緊急着陸を宣言。午後0時23分に那覇のB滑走路へ着陸。離陸6分後、高度16,000フィートでファンカウルの部分的な喪失を起こした。

(写真出典:UTC 資料、運輸安全委員会 (JTSB) 資料)