

航空機事故と採られた対策の歴史

1952 年 デ・ハビラント社製“コメット”の就航



1953 年 コメット機空中分解により墜落

*** 事故原因:** 油圧増力式操縦桿（自動車のパワーステアリングと同じ様な機能）が軽過ぎ、かつ反力が殆ど感じられないため、人力操舵機に慣れたパイロットが急激な操作を行ってしまうことが事故の原因の一つだった

*** 事故後の対策:** 油圧増力式の操縦桿に“Load Feel Mechanism（操縦桿の操作量に応じて反力が感じられるような装置）”の導入を義務化した

1954 年 コメット機2機連続で空中爆発により墜落

*** 緊急に取られた措置:** 同型式機の耐空証明を停止（→同型式機全ての運航停止）し、事故機の破片を回収して大規模な再現実験を実施した

*** 事故原因:** 客室内の与圧の繰り返しにより、胴体外板が一気に疲労破壊を起こした

*** 事故後の対策:** 航空機の耐疲労設計の導入（フェイルセーフ構造の高度化など）と疲労強度確認試験の見直しを行った

1966 年 英国海外航空(BOAC)・B707 墜落

乗員・乗客124人全員がこの事故で死亡；

*** 事故原因:** 有視界飛行方式で航空路ではない空域を飛行中、富士山の風下側に発生する強い晴天乱気流（Clear Air Turbulence）に突入し、設計値を大きく超える大きな荷重（重力の 7.5 倍）がかかり主翼、尾翼が一瞬のうちに破壊されて墜落

*** 事故後の対策:** 原則として指定された航空路を飛行すること。有視界飛行では、強い晴天乱気流が予想される気象条件の空域は飛行しないこと（運航ルールの改善）

1974 年 トルコ航空・DC10 墜落

乗員・乗客346人全員がこの事故で死亡；

* **事故原因**: 高度 12,000ft (約 3,600 メートル / 約 0.64 気圧) で後部貨物室ドアが開き、減圧による客室の床の変形で床下を通っていた操縦系統 (方向舵、昇降舵、水平尾翼、センターエンジンをコントロールするケーブル、油圧パイプ) が破壊され、操縦不能となって墜落

* 空中で貨物室ドアが開いた原因: ①整備士による不完全なドアロック (←注意書きの英語が読めなかった) ②ドア作動用のモーターの回転力不足 ③ドアロックが不完全な状態でもドア警告灯が消灯してしまう

<注> 客室のドアや小さな貨物室のドアは“プラグ式”のドア構造 (コルクの栓の様な形状をしており、客室内の圧力が外気圧より高ければきつく締まる様になっている) となっている為、空中でドアが開くことはない

* 当該事故の 2 年前にアメリカン航空 DC10 が同様な理由で後部貨物室ドアが開き、操縦困難になったものの、緊急着陸に成功した事例があった。これを受けて FAA が後部貨物室ドアの AD (Airworthiness Directives / 耐空性改善命令) を出そうとしたが、政治的意図により FAA 上層部に握りつぶされていた。

* **事故後の対策** (DC10 だけでなく B747、等の全大型機が対象): ①客室床面の強度向上 ②貨物室に急減圧が起こった場合、客室内の大量の空気が瞬時に抜け、客室床の変形が起こらない様に大きな“穴”を設置 ③昇降舵・方向舵のコントロールケーブルの経路を床下から胴体横に変更

1977 年 ダン・エア (英国)・B707 墜落

着陸進入中に水平尾翼が脱落して墜落。当該機は貨物機であったため乗員 6 名旅客 1 名の死亡にとどまった;

* **事故原因**: **水平尾翼の後ろ桁** (Spar / 翼の長手方向の加重を支えている太い部材; 通常 2~3 本で構成されている) の上部が**金属疲労で破壊** (亀裂の発生から 7200 回の離発着で発生) され、同時にフェイルセーフになっているはずの中央桁も破壊されて水平尾翼全体の脱落に至った。**根本原因は不適切なフェイルセーフ設計**ということになるが、機体設計の時点で、この破壊モード (破壊に至るプロセス) を想定することはできなかった。

* **事故後の対策**: ①高稼働機を対象とした追加の検査要目の設定 ②**損傷許容設計**の導入

* **損傷許容設計**とは: 破壊されても深刻な事態にならない構造をあえて作り損傷の早期発見と重要な構造に破壊が連鎖しないようにすること、あるいは構造をうまく分離することによって破壊の重要部分への進展を防ぐような設計手法

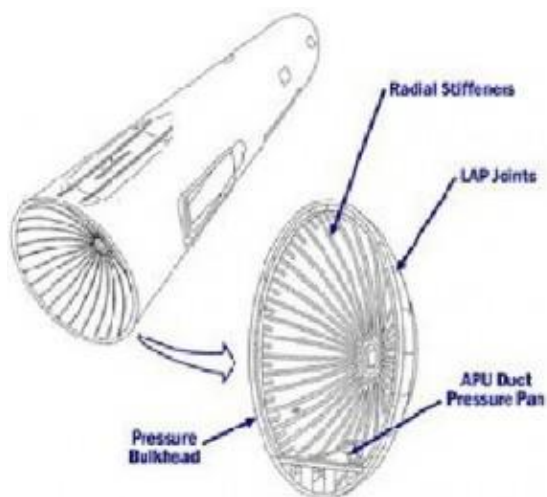
事故後の調査で同型機 521 機のうち 38 機に亀裂が発見されており、上記対策によって多くの深刻な事故の発生を抑止できたことがわかんと思います。

1985 年 操縦系統が失われた日本航空・B747 が御巣鷹山に墜落乗員・乗客 520 人死亡;

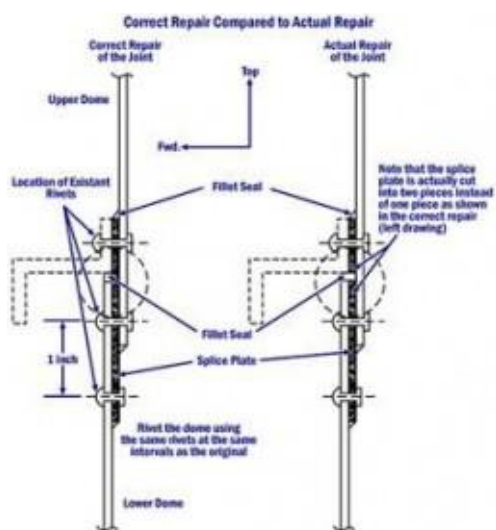
* **事故原因**: 1978 年の“尻もち事故”で損傷した圧力隔壁をメーカーであるボーイング社が修理を行ったが、その際**構造修理マニュアル (SRM / Structure Repair Manual) に沿った作業を行わなかった為、その後の離発着で圧力隔壁の疲労破壊が起こり、操縦不能となって墜落した。**



事故現場から回収した圧力隔壁の損傷状態



圧力隔壁(“Pressure Bulkhead”;上図):客室内の与圧をこのお椀型の隔壁で支えている(FAA の公開資料より抜粋)



上の図で左が正しい修理方法。右が間違えた実際の修理方法:黒く塗りつぶしてあるジュラルミンの板が

中心でつながっていない⇒上の板と下の板は結果として、それぞれ一つのリベットで繋がっておるだけとなる。左側の正しい修理方法の場合、それぞれ二つのリベットで繋がっている(FAA の公開資料より抜粋)

圧力隔壁を設計する段階で、①圧力隔壁が急激に破壊されると尾部構造(垂直尾翼、水平尾翼など)も同時に著しく破壊されてしまうこと、②圧力隔壁が急激に破壊されると操縦に不可欠な油圧システムの全系統(フェイルセーフの目的で独立した4系統で構成されている)が同時に不動作となること、は想定していなかった

*** 事故後の対策:** ①方向舵、昇降舵、水平尾翼を操作する油圧システムのパイプの経路変更(床下から胴体側面)を行うと共に油圧パイプにチェックバルブ(パイプ破壊に伴う作動油の喪失を食い止める為のバルブ)を増設する ②大規模修理実施後の追加整備要目(航空機が廃棄されるまで継続実施を義務付ける)を設定する(←日本国籍機のみ)

*** 類似事故:2002 年 中華航空・B747 墜落(乗員・乗客225人全員死亡)。**事故原因は修理作業を行った中華航空が SRM に沿った修理をしなかった為であり、JAL・B747 事故と全く同じ

2013 年 日本航空・全日空 B787 バッテリー火災事故

*** 事故、対策、等の一連の過程:**

- 1) 1 月 7 日、(JAL)ボストン空港に着陸した機体の補助電源系統のバッテリーに火災発生
- 2) 1 月 16 日、(ANA)飛行中に電気室のメインバッテリーが火災を起こし、高松空港に緊急着陸
- 3) 1 月 16 日、FAA(連邦航空局)は **787 の運航停止命令**を発動(34 年ぶり)、国土交通省も同様の命令を発動
- 4) 1 月 20 日、日本の運輸安全委員会が米国の調査チームと連携して事故調査開始
- 5) 1 月 20 日、ボーイング社、新規製造機体の引渡し停止
- 6) 1 月 21 日、航空法に基づき国交省は FAA と合同で、バッテリーを製造している“GS ユアサコーポレーション”に立入検査実施
- 7) 1 月 25 日、ボーイング社は本件に関する数百人規模の特別チームを結成
- 8) 1 月 25 日、FAA の能力に疑問を抱き、米国上院が公聴会を開催し FAA 幹部を追及する方針を決定。調査には、リチウムイオン電池の研究で知られているアルゴンヌ国立研究所と NASA に協力を求めた
- 9) 1 月 28 日、航空法に基づき国交省は FAA(連邦航空局)と合同で、バッテリーの制御装置を製造している“関東航空計器”に立入検査を実施
- 10) 2 月 7 日、ボーイング社、バッテリーの設計変更検討開始
- 11) 3 月 1 日、ボーイング社、国交省に以下を説明:

*** 火災発生の原因の特定はできなかった**

⇒ **考えられる火災発生の原因の全て(100 項目)に対して対策を立てる(設計変更)。**主なものは; ①バッテリー・セル対策:最大電圧引下／最小電圧引上、結露の排水溝設置、セル周囲の絶縁 ②バッテリー・セル間の熱暴走対策として絶縁材の追加、耐熱素材による配線、気化した電解液の排出口を設置 ③ケース全体の対策として、バッテリー全体を新たなステンレスのケースで覆い、気化した電解液を機外に排出する配管を設置

- 12) 4 月 6 日、ボーイング社、バッテリーの設計変更について FAA の認可を得るために試験飛行を開始
- 13) 4 月 19 日、FAA、設計変更を認可
- 14) 4 月 26 日、FAA・AD(Airworthiness Directives)発行 15) 4 月 26 日、国交省・耐空性改善通報発行(上記 AD を呼び出している)

- 16) JAL、ANA は上記 AD に加え以下の追加処置を行った: ①改修実施後の確認飛行 ②飛行中のバッテリー監視装置の設置及びバッテリーのサンプリング検査の実施 ③パイロットの慣熟飛行の実施 ④利用者に対する情報開示、
- 16) 4 月 22 日、JAL、ANA 共に改修作業開始
- 17) 6 月 1 日、JAL、ANA **定期便復帰**(運航停止期間:136 日)
- 18) 2014 年 1 月 14 日、JAL787 バッテリーから発煙 ⇒ボーイング社 JAL と協力して原因調査開始 ⇒ 国交省、メーカーである GS ユアサと原因調査開始 ⇒国交省、**安全運航に支障なしとの見解表明**
- 19) 2014 年 9 月 25 日 **運輸安全委員会が最終報告書発表:「事故原因は特定できなかった」**