

## PW4077付き777が運航停止

2021-02-25

Q: どのような出来事ですか？

A: 2021年2月22日、米国連邦航空局（FAA）は2月20日に起きたエアーウェイ航空328便のインシデントと同種の2件のインシデントを受けて、ボーイング777-200に搭載されているプラット&ホイットニー社製PW4077エンジンの緊急点検を指令しました。そのために、該当する62機の777-200が点検のために運航停止になっています。62機の内訳は、米国のエアーウェイ航空が24機、日本のJALが9機、ANAが11機、韓国のKALが7機、アジア航空が7機、ジン航空が4機です。英国は該当する777-200の英国への乗り入れを全面的に禁止しました。わが国の航空局（JCAB）は運航停止の対象を32機に拡大していますが、現在のところその根拠は定かではありません。

Q: エアーウェイ航空328便のインシデントとはどういうものですか？

A: 2021年2月20日13時04分、米国ハワイ州ホノルルに向けてコロラド州デンバー国際空港を離陸したエアーウェイ航空328便（ボーイング777-200）が、離陸4分後に右側エンジン（PW4077）の破損による火災でデンバー国際空港に引き返しました。破損は専門用語で「Uncontained Failure」といわれる「ブレード類がエンジンの外部に飛び出すトラブル」です。飛行中にインレットカウル（Inlet Cowl）とファンカウル（Fan Cowl）、内部部品の一部が離脱して、ブルームフィールドの住宅地に落下しました。幸いにも、主翼の燃料タンクや胴体の操縦システム、乗客への危害はありませんでした。328便は旋回して直ちにデンバー国際空港に戻り、13時28分に滑走路26に無事着陸しました。搭乗者と地上の住民の負傷は報告されていません。



図.1 破損した328便の右側エンジン

Q: これまでの「同種の2件のインシデント」とは、どういうものですか？

A: 1件目は、2018年2月13日に起きたエアーウェイ航空1175便（ボーイング777-200、PW4077）のインシデントです。1175便はサンフランシスコ国際空港からホノルル国際空港に向かっていました。着陸の40分前に右側エンジンが破損しましたが、目的地のホノルル国際空港に無事着陸しました。状況は328便のインシデントに酷似してい

## HuFac Solutions, Inc.

ます。2件目は、2020年12月4日に起きたJAL904便（ボーイング777-200、PW4077）のインシデントです。904便は那覇国際空港から羽田空港に向かっていた。離陸後しばらくして左側エンジンが損傷しましたが、那覇国際空港に無事戻りました。状況はやはり328便のインシデントに似ています。運輸安全委員会（JTSB）が重大インシデントに指定して調査を続けています。

Q: 一連のインシデントの原因については米国のNTSBやFAA、ボーイング、プラット&ホイットニーが調査していますが、御社がトップダウン思考で分析すればどのような原因が推測されますか？

A: 米国の錚々たる権威筋に選考して原因を推測するわけですから、大胆な推測になることは否めません。ですが、それほど本質を外した推測にはならないと思います。トップダウン思考では、広い視野で事実注目して、深い洞察力を発揮します。

Q: 広い視野で注目するのはどのような事実ですか？

A: 先ず注目するのは図.1の写真に写されているエンジンの損傷状況です。このような「Uncontained Failure」は前代未聞です。これまでのものとはまったく異なる原因によるものと推測されます。次に注目するのが、FAAはPW4077を搭載している777-200のみを運航停止の対象にしているという事実です。PW4000シリーズのエンジンはエアバス機を含む数多くの機種に搭載されていて、その1つであるPW4077も777-200以外の機種にも搭載されています。それにもかかわらず対象をPW4077を搭載している777-200に限定しているのは、この機種とエンジンの組み合わせに原因があると考えていると推測されます。

Q: 他にも注目する事実がありますか？

A: 図.2の報道写真です。このような状況も前代未聞といわざるを得ません。通常の「Uncontained Failure」は破損したタービンやファンブレードがエンジンのカバーを突き破るというものです。ですが、図.2の写真はまったく異なる状況が起きたことを示唆しています。



図.2 住宅地に落下したエンジンのインレットカウル

**HuFac Solutions, Inc.**

Q: 「機種とエンジンの組み合わせに原因がある」と推測されるということですが、777-200 と PW4077 の組み合わせに何か特殊性があるのですか？

A: その通りです。特殊性とは、米国や日本、韓国の限られた航空会社がこの組み合わせの機体を運航していることにも関係があります。

Q: 具体的にはどういうことですか？

A: 777-200とPW4077の組み合わせを運航している米国や日本、韓国の航空会社はすべてハワイに定期便あるいはチャーター便を飛ばしています。「この世の楽園」ともいわれるハワイへの路線は世界でも有数の「ドル箱路線」です。以前は各航空会社がボーイング747で大量の旅客をハワイに運んでいましたが、時代の変化で4発や3発のエンジン機が双発エンジン機に変わっていきました。747に匹敵する数の乗客を運べる双発エンジン機が777です。ですが、777が太平洋の真ん中に位置するハワイに就航するには安全上の制約がありました。ETOPS (Extended-range Twin-engine Operational Performance Standards、双発機による洋上長距離飛行) とよばれる大洋上を安全に飛行するための運航ルールです。ETOPSとは、エンジン1発故障時に所定の時間を飛行できる範囲に安全に着陸できる空港がなければならないというルールです。ETOPSを満足できなければ、航空機は陸や島の近くを曲線の飛行経路で飛ばねばならず、燃料消費が大幅に増加します。現在は太平洋上に180分のETOPSが適用されていて、ハワイはほぼ直線経路で飛行できます。ボーイングとプラット&ホイットニーは、777-200とPW4077の組み合わせがハワイへのETOPS飛行に適していると米国や日本、韓国の航空会社に売り込みました。

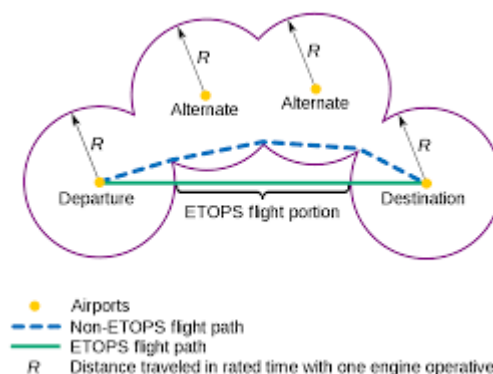


図. 3 ETOPSの概念図

Q: ハワイへの ETOPS 飛行に適合させるために、どのような理念で PW4077 を設計したのですか？

A: 設計理念は、①180 分の飛行距離を伸ばすための燃費の向上、②エンジン停止の確率を減らすための品質の向上、③乗客数と貨物量を増やすためのエンジン推力の増大、④緊急着陸した空港へ交換用エンジンを容易に運ぶための方策などです。④は、他のエンジンとは異なる PW4077 の特異な設計理念と

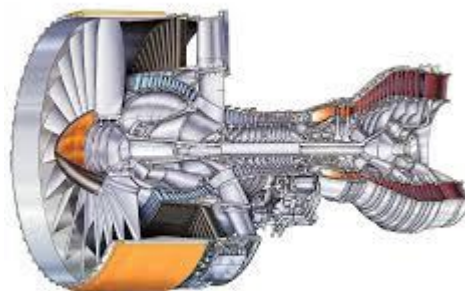
**HuFac Solutions, Inc.**

いえます。

Q: 具体的には ④はどのような設計理念なのですか？

A: 従来の4発エンジン機や3発エンジン機では、緊急着陸した空港へ交換用エンジンを運ぶために交換用エンジンを主翼に装着して運ぶという方法をとっていました。ですが、双発エンジン機ではそれができません。その代わりに、747貨物機などで交換用エンジンを運ぶという方法をとっています。747貨物機でエンジンを運ぶには、エンジンの直径が胴体の内径以下でなければなりません。ところが、PW4077のファンの直径は上記③の設計理念から推力を増すために112インチ（2.85メートル）とPW4000シリーズの中でも最も大きくなっていました。これでは747貨物機で運ぶことはできません。そこでプラット&ホイットニーが考えた対策が、PW4077の前部のファンケースをエンジン本体から分離して747貨物機に収納するという大幅な設計変更です。分離して運ばれたファンケースは、エンジンを機体に取り付ける際に組み立てることになりました。

**PW4000 112-INCH FAN ENGINE**



©2014 United Technologies Corporation - Pratt & Whitney Division

図. 4 PW4000-112シリーズのエンジン

Q: エンジンを機体に取り付ける際にファンケースを組み立てるというPW4077の設計の特殊性は、一連のインシデントとはどんな因果関係があるのですか？

A: 2つあると思います。1つは、ファンケースが分離されていることで構造が不安定になることです。ファンケースは常に高速の空気流にさらされているために、取り付けが悪ければ振動してファンブレードに影響を及ぼす可能性があります。もう1つは、本来はエンジン工場で組み立てるファンケースを機体側 (On Ship) で組み立てるために作業品質が落ちることです。エンジン工場で働く整備士と機体側で働く整備士では、ファンケースの組み立てに関する技量と注意力に差があります。それに、機体側の職場環境はエンジン工場のそれとくらべて一般的に劣悪と考えなければなりません。当然、整備エラーの可能性が増えることとなります。

Q: 一連のインシデントではファンブレードが金属疲労で損傷したというNTSBなどの見解がありますが、PW4077

***HuFac Solutions, Inc.***

に採用されている中空材製のファンブレードに強度上の問題があると考えられますか？

A: 一連のインシデントではそのような見解もあるようです。ですが、図. 1の写真からは別の見方ができるかも知れません。弊社は、PW4077の設計変更に起因するファンケースの経年的な緩みと振動がファンブレードの金属疲労を助長したのではないかと疑っています。いずれにしても、単なるファンブレードの破損ではないような気がしています。

Q: PW4077の特殊な設計が一連のインシデントの原因であるかどうかはまだわかりませんが、そうだとすればどのような教訓に結びつくと思いますか？

A: この情報におけるトップダウン思考の推測は一般には突飛と思えるかも知れません。ですが、まったくあり得ないことではありません。ボトムアップ思考の技術者には、狭い視野で「技術がほとんどの問題を解決できる」と錯覚して間違った設計をする傾向があります。技術だけで解決できる問題はほとんどありません。時にはトップダウン思考で整備に関わる人間のエラーについても考えてみる必要があります。あるいは、設計したシステムが置かれている自然環境についても考慮する必要があります。今般の原因調査を通じてボーイングやプラットアンドホイットニーの技術者、FAAの審査官、NTSBの調査官がそういった教訓を得ることになるかも知れません。総じていえば、技術革新や大幅な設計変更に際しては、メリットだけでなくデメリットもあることを念頭に置いて、謙虚な気持ちで特段の注意を払う必要があると思います。

本情報に関する連絡先：

(株)ヒューファクソリューションズ

URL: <http://www.hufac.co.jp>

E-mail: [info@hufac.co.jp](mailto:info@hufac.co.jp)