

所 属 フェデラル エクスプレス コーポレーション
型 式 マクドネル・ダグラス式MD-11F型
登録記号 N526FE
事故種類 着陸時の機体損壊及び火災
発生日時 平成21年3月23日 6時49分ごろ
発生場所 成田国際空港A滑走路

航空事故の概要

- フェデラル エクスプレス コーポレーション所属マクドネル・ダグラス式MD-11F型N526FEは、平成21年3月23日(月)06時49分(日本時間、特に記す場合を除き、以下同じ。)ごろ、同社の定期FDX80便(貨物便)として成田国際空港滑走路34Lへの着陸の際にバウンドを繰り返し、左主翼が胴体付け根付近で破断して出火した。機体は炎上しながら左にロールして裏返しとなり、滑走路西側の草地に停止した。
- 同機には、機長及び副操縦士1名が搭乗していたが両名とも死亡した。
- 同機は大破し、火災により機体の大部分が焼損した。

経過報告

- 平成22年4月16日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通大臣に対して経過報告を行い、公表した。

事実情報

- フェデラル エクスプレス コーポレーション(以下「同社」という。)所属マクドネル・ダグラス式MD-11F型N526FE(以下「同機」という。)は、平成21年3月23日、同社の定期FDX80便(貨物便)として、広州白雲国際空港を離陸し成田国際空港へ向けて飛行
- 同機には機長及び副操縦士の2名が搭乗
- 機長が左操縦席に着座してPM業務
- 副操縦士が右操縦席に着座してPF業務

1 電波高度を 50ft 通過のころ

6 時 48 分 15.6 秒



6 電波高度 30ft を通過のころ

6 時 48 分 17.0 秒



10 電波高度 20ft を通過のころ

6 時 48 分 18.0 秒



48分18秒: 高度20ftを切ったころ、それまで 1.1° で一定していたピッチ角が一時的に 0.7° に減少

その後、操縦桿が後方に操作

($0.8^{\circ} \sim 1.5^{\circ} \sim 1.2^{\circ} \sim 1.1^{\circ}$)

約1秒後(48分18~19秒)にピッチ角が連続的に増加

($0.7^{\circ} \sim 1.1^{\circ} \sim 1.8^{\circ} \sim 2.5^{\circ} \sim 2.8^{\circ} \sim 3.5^{\circ}$)

17 最初の接地

6時48分19.9秒



接地直前の48分19~20秒: 操縦桿が前方に大きく操作(1.1° ~ -4.9°)、ピッチ角は 4.2° から 4.6° に増加

21 スポイラー展開

6時48分21.0秒



バウンド

操縦桿は接地前後に前方に操作

-4.9° ~ -6.3° ~ -6.7° ~ -5.7°

約1秒間でピッチ角は

4.6° ~ -1.8°

22 最初のバウンド 6時48分21.2秒



24 2回目の接地 (前脚) 6時48分21.8秒



25 2回目の接地 (主脚) 6時48分22.0秒



主脚が浮き上がった48分21秒
ごろにAGSは展開

48分22秒:前脚、主脚の順で2
回目の接地

垂直加速度の記録の最高値
2.21G

前脚接地時のピッチ角は -1.8° 、
大きな衝撃音が録音

接地時のCAS:161.0kt、

機首方位: 331.9°

ロール角: -0.4°

EPR:1.0

グラウンド・スポイラー:収納

27 2回目のバウンド 6時48分22.6秒



ピッチ角が増加

2.5° ~ 3.5° ~ 4.6° ~ 5.6° ~ 6.3° ~ 6.7°
一旦は減少(-2.6°)した操縦桿
の前方への操作量が再び増加
-2.6° ~ -4.3° ~ -7.5°

31 ピッチ角約 6.7° 6時48分23.6秒



48分25秒

No.2とNo.3エンジンのEPRが1.0
から1.1に増加
ピッチ角が減少し始め2.5°
バウンドの最高点(16ft)が記録

37 最高点 6時48分25.2秒



その後48分26秒~27秒

操縦桿は後方に操作

-1.1° ~ 1.6° ~ 0.9°

ピッチ角

-1.1° ~ -2.8° ~ -3.9° ~ -4.6° ~ -4.9°

43 3回目の接地 (前脚) 6時48分26.8秒



44 3回目の接地直後 (主脚) 6時48分27.1秒



45 胴体が右に捻れる 6時48分27.4秒



48分27秒:再度前脚、左主脚、中央脚、右主脚の順に接地

No.2及びNo.3エンジンのEPR: 1.0

CAS: 157~147kt、

ピッチ角: -4.6°

ロール角: -3.9°

垂直加速度の最大: 3.06G

いったん1.97G、再び2.98

前後方向加速度の最大値:

後方0.39G、

横方向加速度: 左0.5G



ピッチ角再び増加

3.9° ~6.0° ~8.1° ~10.2° ~11.2°

左へのロール角も増加

-3.5° ~-4.2° ~-12.7° ~-26.7°

ピッチ角は11.2° をピークに減少

ロール角は-140.3°

48分29秒:左エンジンの後方付近で火炎が発生した。

ピッチ角:約10°

ロール角:約-15°

機長

所持薬剤

睡眠剤

鎮痛剤

薬物検査(尿)

・ベンゾジアゼピン類

・イブプロフェン

・テマゼパム(ベンゾジアゼピン類)

死因

胸部臓器損傷

副操縦士

薬剤の所持なし

薬物反応なし

死因

全身熱傷(気道熱傷)に基づく熱傷死

FAA

オキシコドン、ジアゼパム(ヴァリウム)及びテマゼパムを常用することを認めていない。

しかしながら、不定期(1ヶ月に2度未満と定義)にこれらの薬剤を服用することは可能。

ただし、ガイダンスにはその薬剤に長い副作用がないこと、及び薬物を必要とする基礎疾患が航空業務の安全な遂行に干渉しないことを前提とする。

さらに、一旦服用した場合、航空機を操縦する前にその薬剤の服用間隔の少なくとも5倍の間隔を置かなければならない。

- 機長

長期療養後に復帰訓練を行い、2009年2月15日及び2月16日に実施された審査では、横風25ktの着陸及びゴーアラウンド等の科目が実施され、適正と評価。

バウンド・リカバリー訓練は2006年8月20日に実施。

- 副操縦士

同社の規定に従った訓練を受けていた。

2008年10月17日に実施された審査では、機長と同じく、横風25kt

着陸及びゴーアラウンド等の科目が実施され、適正と評価。

バウンド・リカバリー訓練は2006年9月13日に実施。

可燃物の搭載

- 着陸時の残燃料 約28,000ℓ
- 可燃性の積載物
 - ポリシラザン 5.0ℓ × 75個
 - エタノール 7.5ℓ × 2個

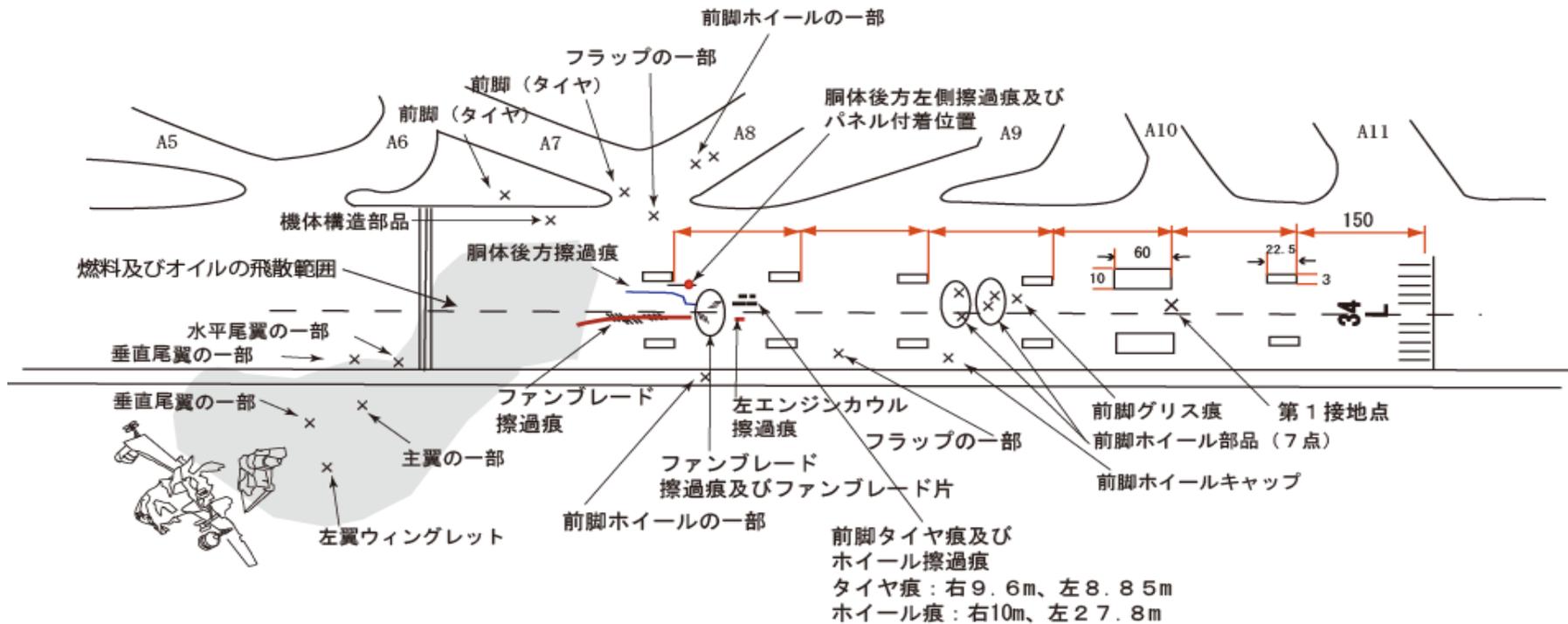
06時30分 風向 320°、風速 26kt、GUST 40kt/13kt、
卓越視程 10km以上、

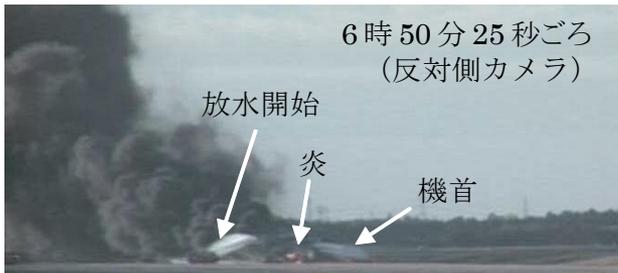
P/RR(プレッシャー/ライジングラピッドリー)

06時50分 風向 310°、風速 27kt、GUST 39kt/16kt、
卓越視程 10km以上、

P/RR(プレッシャー/ライジングラピッドリー)

NCA007便、NCA228便及びNCA037便には、プレディク
ティブ型及びリアクティブ型のウインドシアア警報装置が搭載
されていたが、いずれも警報の発生はなかった。





出動車両等

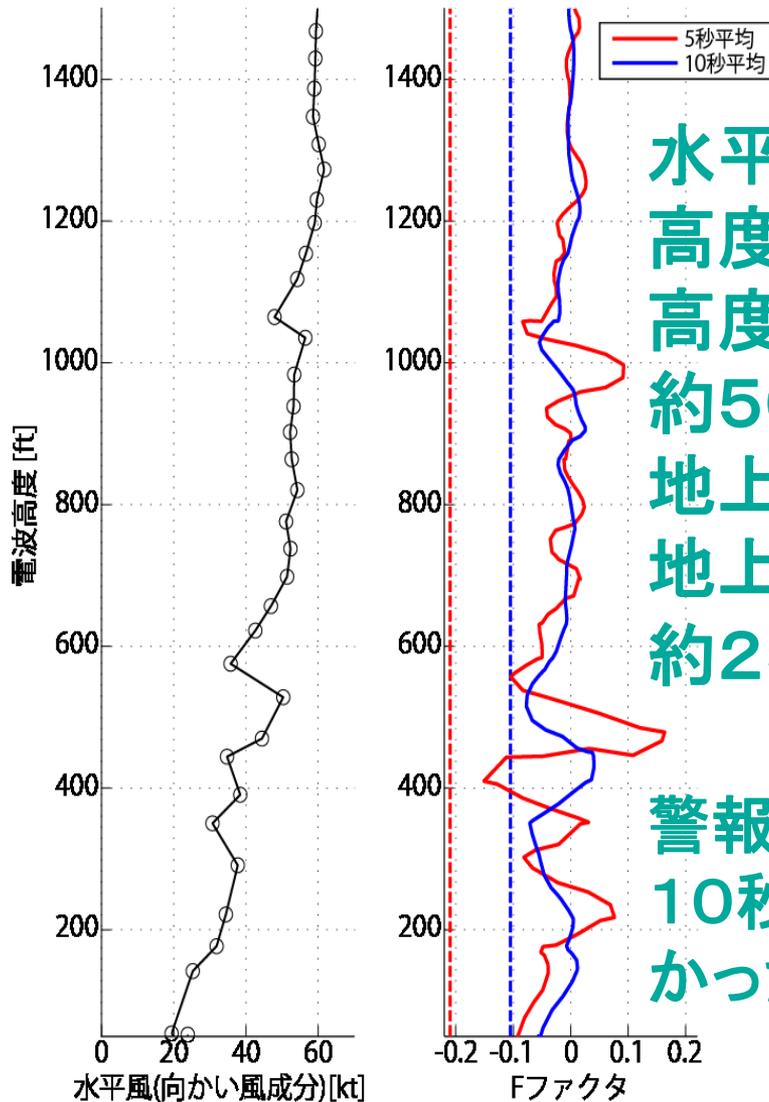
総計 47台

出動人員 137名

使用消火剤

水成膜泡消火薬剤
(メガフォームF-623T)
5,540ℓ (3%濃度使用)

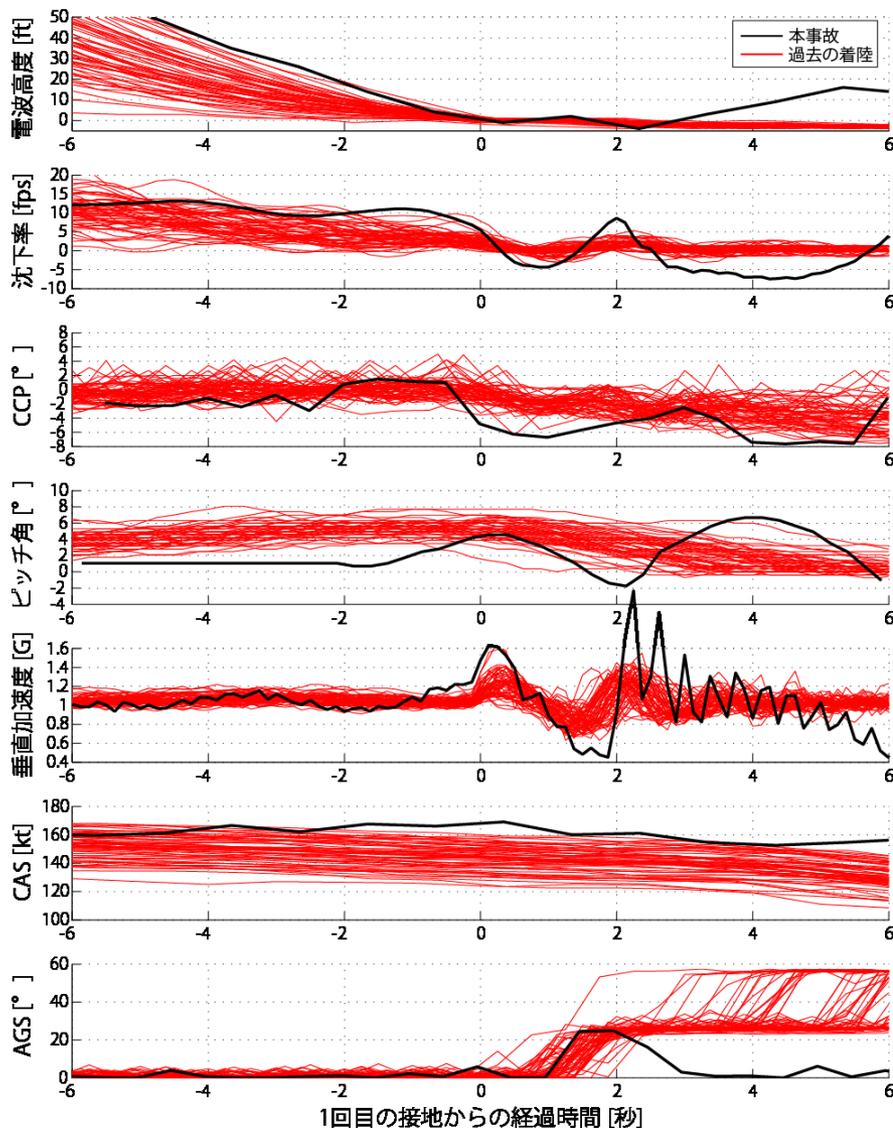
同機のウィンドシアア警報装置の作動状況



水平風の向かい風成分
 高度約1,000ft以上 約60kt、
 高度約1,000ftから高度約500ft
 約50kt、
 地上付近 約25kt
 地上付近と高度500ft以上との風速差
 約25kt

警報装置は、閾値(5秒平均で-0.21
 10秒平均で-0.105)を超えていな
 かったので作動せず

同機の本事故の着陸と本事故前60回の着陸



進入角が大きく沈下率が大
接地前後の操縦桿の操作量
が大

接地前後の機首の上下変動
が大

AGSが最大の60° まで展
開せず、接地の約2秒後から
収納

着陸時に2回のプラスの垂直
加速度のピークが多く見られ
る

分析・運航乗務員の健康状態と訓練状況

機長は復帰訓練後の審査で適正と評価されていた
副操縦士は定められた訓練及び審査を受けていた

機長、副操縦士ともに睡眠も休養も十分にあった

機長、副操縦士ともに飛行前の健康状態には問題はなかった(家族、他の運航乗務員の口述)

機長の尿中から禁止薬剤が検出されたが、血液中からは検出されず服薬の影響はないと考えられる

分析・操縦操作及び機体の動き

進入中電波高度200ftまでオートパイロット及びオートスロットルがオンの状態で、ほぼグライドスロープに乗って飛行

対気速度の大きな変化や3舵の動きから、気流の乱れがあったものと推定

飛行自体を危険とする程度のウインドシアーは発生していなかったものと推定

同機の機長及び副操縦士は、風向風速の変化や気流の乱れについて、体感していたことに加え、管制官からの情報により認識していたものと推定

分析・操縦操作及び機体の動き

電波高度約200ft・オートパイロットのみがオフ以降はPFである副操縦士による手動操縦が行われたものと推定

オートスロットルはオフにされることなく使用

オートスロットルに依存し、積極的かつ適切にオーバーライドして手動による操縦を行わなかったため、風速が変化する中、速度保持が困難であったものと推定

またピッチ角も 0.4° ~ 3.5° の範囲で変動

これら速度、ピッチ角の変動、大きな降下率及びデクラブが、その後に行われるフレア操作を困難にした

分析・操縦操作及び機体の動き

電波高度20ft・・・フレアが遅れて開始
フレアの操作量及び操作速度は大

1回目の接地時の最大の垂直加速度は約1.63G

通常より大きな沈下率(約7fps)で接地したために
強い地面反力を受けたこと、及び接地時の揚力が
機体を浮き上がらせるのに十分の大きさ(接地直前
の垂直加速度は約1.24G)であったことから、接地
後に同機はバウンド

分析・操縦操作及び機体の動き

1回目の接地前後に操縦桿が大きく前方に操作
バウンド中に同機の機首は急激に下がる

2回目の接地時のピッチ角は -1.8°

前脚から接地、その直後に主脚が接地した

この際、前脚に大きな衝撃が加わり、前脚の部品の一部
が脱落

バウンド時にとるべき対応操作として、バウンド・リカバ
リー操作又はゴーアラウンド

同機はバウンドしながらピッチ角が減少していたために、
パイロットの目線は継続的に地面に近づく状況となってP
Fはバウンドしたとの認識を持つことは困難であった可能
性が考えられる。バウンドに対応した操縦操作は何れも
実施されなかった

分析・操縦操作及び機体の動き

2回目の接地は前脚が先・・・地面からの反力・・・ピッチ角が急激に増加

2回目の大きなバウンドが生じた

操縦桿の前方への操作に伴ってピッチ角は急激に減少し、同機は上昇から降下に転じた

バウンド・リカバリー操作あるいはゴーアラウンドを行う最後の機会

PFがバウンド中のピッチ角と高度を正確に判断することは困難

分析・操縦操作及び機体の動き

3回目の接地・・・ピッチ角が -4.9° 、沈下率が21.5fps
同機が保有していた垂直方向の力学的エネルギーが構造に対する設計要求値(終極荷重)の約6.8倍
先に接地した前脚ホイールや前脚オレオのシリンダー内部が破壊

前脚接地直後、先に接地した左主脚から、左主翼構造に伝えられた垂直方向が卓越した荷重が設計荷重(終極荷重)を大幅に上回っていた
左主翼が胴体側で破断
右主翼の揚力のみとなり左にロールした

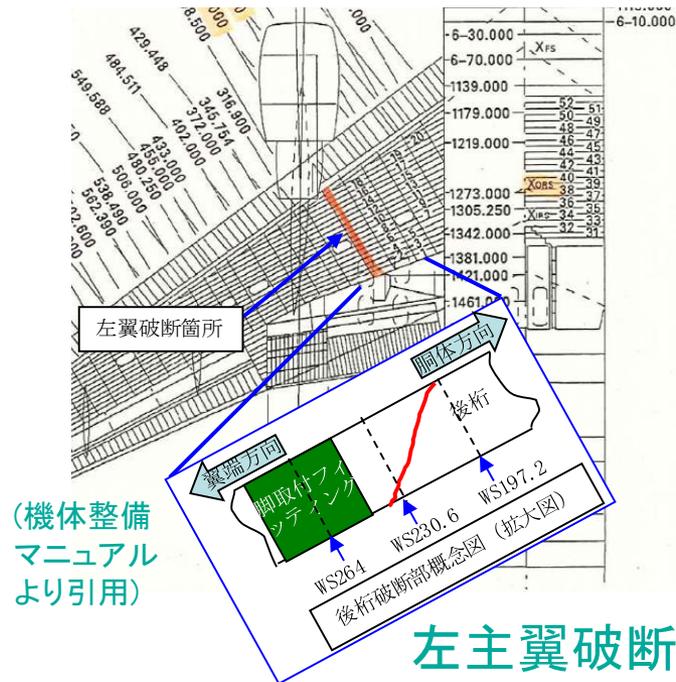
分析・操縦操作及び機体の動き

機長はPMとして、進入経路及び諸元の逸脱に対するアドバイス、有効なアシスト及びテークオーバーを実施しなかった

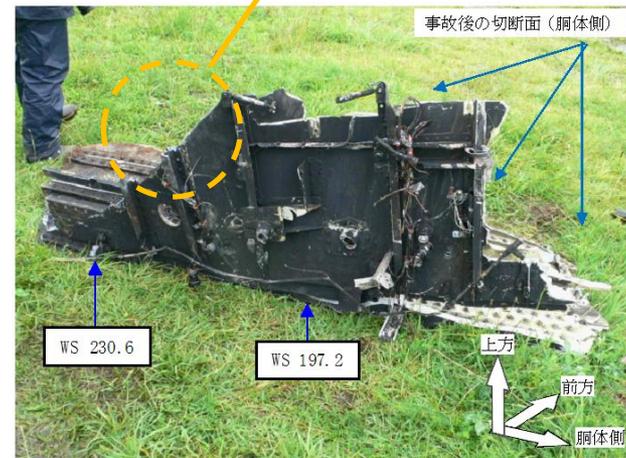
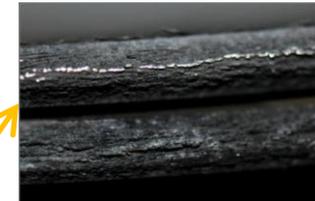
左主翼の破壊状況

《左主翼後桁の破断部》

- 破断面は約45度の傾き
- 後桁は2枚の板が重ねられた構造であるが、2枚ともほぼ同じ位置で破断
- 破断面調査の結果、繰り返し荷重で破断した形跡はなく、大きい荷重で急速に破壊した様子が観察



左主翼後桁破断面



脚の破壊状況

- 前脚：機体に取り付いた状態。ホイール部品及び支柱内部部品の一部が破損。
- 左主脚：左主翼に取り付いた状態。前方トラニオン・ボルト（ヒューズ・ピン）は、僅かな変形があったものの、破断していなかった。
- 右主脚：機体に取り付いた状態。構造損傷は見られず。
- 中央脚：機体に取り付いた状態。支柱が底付きしていた。



3回目の接地時の垂直方向の力学的エネルギー

《左主翼が破断した3回目接地時の垂直方向の力学的エネルギー》

・ FAAの規定値(終極荷重)の約6.8倍

表 接地時の垂直方向の力学的エネルギーの推定結果

	同機の3回目の接地	ニューアーク事故	FAA規定値(注1)	主翼破断ケース(注2)
機体重量(lb)	405,000	452,000	491,500(注1)	—
接地直前の沈下率(fps)	21.5	11.0	12.0	—
接地直前の揚力(G)	0.6	0.5	1.0	—
接地直前のロールレート(deg/s)	-0.9	7.0	0.0	—
接地直前のピッチレート(deg/s)	1.2	0.0	0.0	—
垂直方向の力学的エネルギー(lb-ft-s)	3,375,390	1,573,754	494,553	1,500,000
垂直方向の力学的エネルギー/ニューアーク事例(%)	214	100	31	95
垂直方向の力学的エネルギー/FAR規定値(%)	683	318	100	303
垂直方向の力学的エネルギー/主翼破壊ケース(%)	225	105	33	100

注1) 1主脚に対し最大着陸重量の45%が付加されると仮定、注2) NTSBのニューアーク事故報告書

左主翼構造の破壊

《3回目の接地》

- 前脚の接地した後、左主脚、中央脚、右主脚の順に接地したものと推定
- 沈下率21.5fps、同機の垂直方向の力学的エネルギーが、構造に対する設計要求値(終極荷重)の約6.8倍に達していたものと推定
- 接地時において垂直方向の加速度が卓越していたものと推定
(記録された加速度:垂直方向:3.06G、後方:0.39G、横方向:0.5G)
- 一番先に接地した左主脚からの過大な垂直方向の過大な荷重により、左主翼が左主脚取付部近傍の胴体側で破断したものと推定

《左主翼破断後》

- 左主翼が破断し、同機に発生する揚力が右主翼の揚力のみとなり、同機は左にロールを続けて裏返しになったものと推定

《火災の発生》

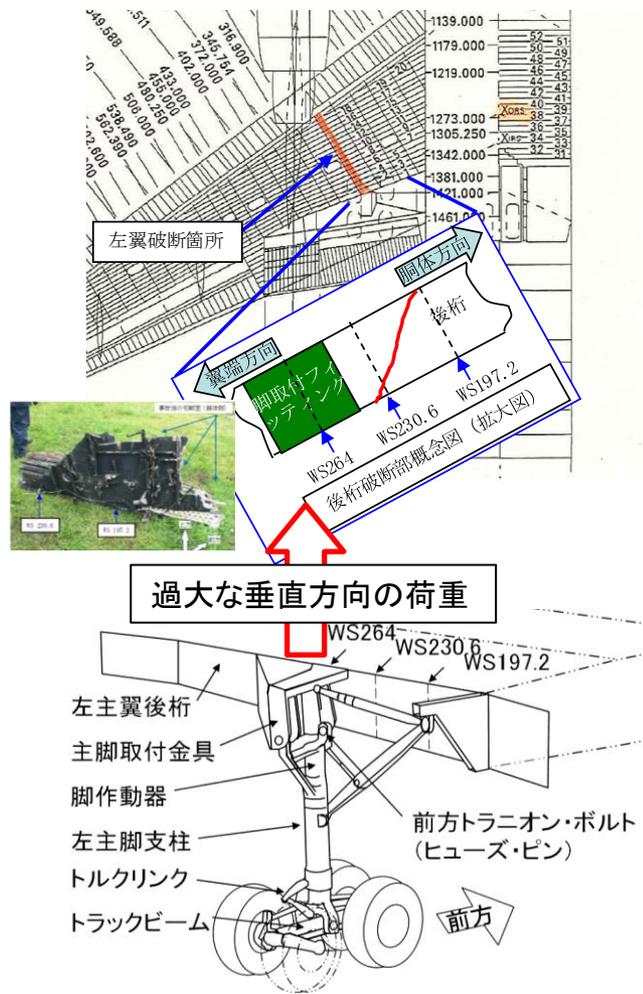
- 左主翼の後桁及び外板は燃料タンクを構成する構造であったことから、左主翼の破断部位から燃料が漏れ出し、火災に進展したものと推定

構造破壊による燃料の流出

- 同型式機には、主脚の取付構造にヒューズ・ピンが組み込まれ、過大な荷重を受けた際には主脚が分離するよう設計されていた。
- しかし、本事故では、同ピンは垂直方向（上方向）の過大な荷重によって破断せず、主脚は分離されなかった。（→左主脚からの過大な垂直方向の荷重伝達による左主翼構造の破壊）



- 主脚が分離していれば、燃料タンクを構成する構造部材が最初に破壊して燃料タンクから燃料が急速に漏れる事態は軽減された可能性がある。
- ただし、本事故のように力学的エネルギーが過大な場合には、脚だけで吸収できず、最終的に主翼が破断することは防げなかった可能性がある。



脚の設計基準

- 同型式機に適用された設計基準では、離着陸時の上方及び後方への向きを勘案した過大な荷重を受けて破壊した場合、燃料漏れが火災の原因とならないよう設計することが求められ、同型式機には、主脚の取付構造にヒューズ・ピンが組み込まれていた。
- 本事故において同ヒューズ・ピンが破断しなかったことについては、同型式機の型式証明において、審査当時の基準の解釈により、垂直方向が卓越した過大荷重による破壊モードが想定されていなかったことが関与。
- FAAは、現在、後方向荷重と垂直方向荷重とのあらゆる合理的な組合せを適用するように解釈。(ボーイング787型機等の新型式機に既に適用)
- FAAは、基準改正の手続きを進めているが、基準の改正案には垂直荷重が卓越する場合の想定は含めず、現在の基準解釈については、基準の改正ではなく解釈指針として発行する予定。
- 解釈指針は適合性を証明する方法を例示するものにすぎない。解釈指針ではなく基準そのものを改正し、垂直方向が卓越する場合の想定を義務化することが必要。
- 同型式機について、設計変更を行うことが望ましいが、それが行われなない場合は、ハードランディング等の発生を極力低下させるための対策が必要。

原因

本事故は、同機が、成田国際空港滑走路34Lに着陸した際、ポーポイズに陥り、3回目の接地時に左主脚から左主翼構造に伝わった荷重が設計値（終極荷重）を大幅に上回るものとなったため、左主翼が破断したものと推定される。

同機は左主翼から漏れ出した燃料に着火して火災を起こし、左にロールしながら進み、同滑走路の左側にある草地に裏返しの状態で停止したものと推定される。

直接的な要因

(1) 1回目の接地前から接地後にかけて操縦桿を大きく前方に操作したため、1回目のバウンド中に急激に機首が下がり、この結果2回目の接地が前脚からとなって接地後に地面からの反力で機首が大きく上がり、2回目の大きなバウンドが生じたこと。

(2) 2回目のバウンド中に、推力を使用せずにピッチ角の制御のみで同機をコントロールしようとして、操縦桿を大きく操作したこと。

間接的な要因

(1) 風向風速の変化や気流の乱れにより、速度やピッチ角が安定せず、降下率が大きな状態で進入したこと。

(2) フレアの開始が遅れ、急激で大きなフレア操作となり、1回目のバウンドが生じたこと。

(3) バウンド中のピッチ角の急激な変化により、運航乗務員がバウンド中のピッチ角と高度(主脚の滑走路高)を正確に判断することが困難であった可能性があること。

(4) PMのアドバイス、オーバーライド及びテイク・オーバーが十分に行われなかったこと。

また、左主脚支持構造のヒューズ・ピンが破断し主脚が分離していれば、燃料タンクの損傷が軽減され、急速な火災の広がりが抑制された可能性がある。同ヒューズ・ピンが破断しなかったことについては、審査当時の基準の解釈により、垂直方向が卓越した過大な荷重による破壊モードが想定されていなかったことが関与したものと考えられる。

安全勧告 米国連邦航空局が講ずるべき措置

(1) 設計審査当時の基準解釈により、MD-11系列型機はFAR 25.721(a)の要件に適合していると評価されていたものの、垂直方向の卓越する過大な荷重による破壊モードでは構造破壊を生じ、火災に至る燃料漏れが発生する可能性のある設計になっていた。今後このような設計が認められるべきではないので、解釈指針ではなく基準そのものを改正し、垂直荷重が卓越する場合の想定を義務化すること。

(2) 本事故における機体の火災では、事故発生後の早い時期に火災による熱、煙等が操縦室に到達していた可能性が考えられ、このことが迅速な外部からの救助活動を困難にした可能性が考えられる。搭乗者の生存性を高めるため、機体に火災が発生した場合に、熱、煙、有毒ガス等が搭乗者区画に入り込みにくくなる区画の分離方法について研究を行い、実効性のある改善策があれば、それを実機に適用することについて検討すること。

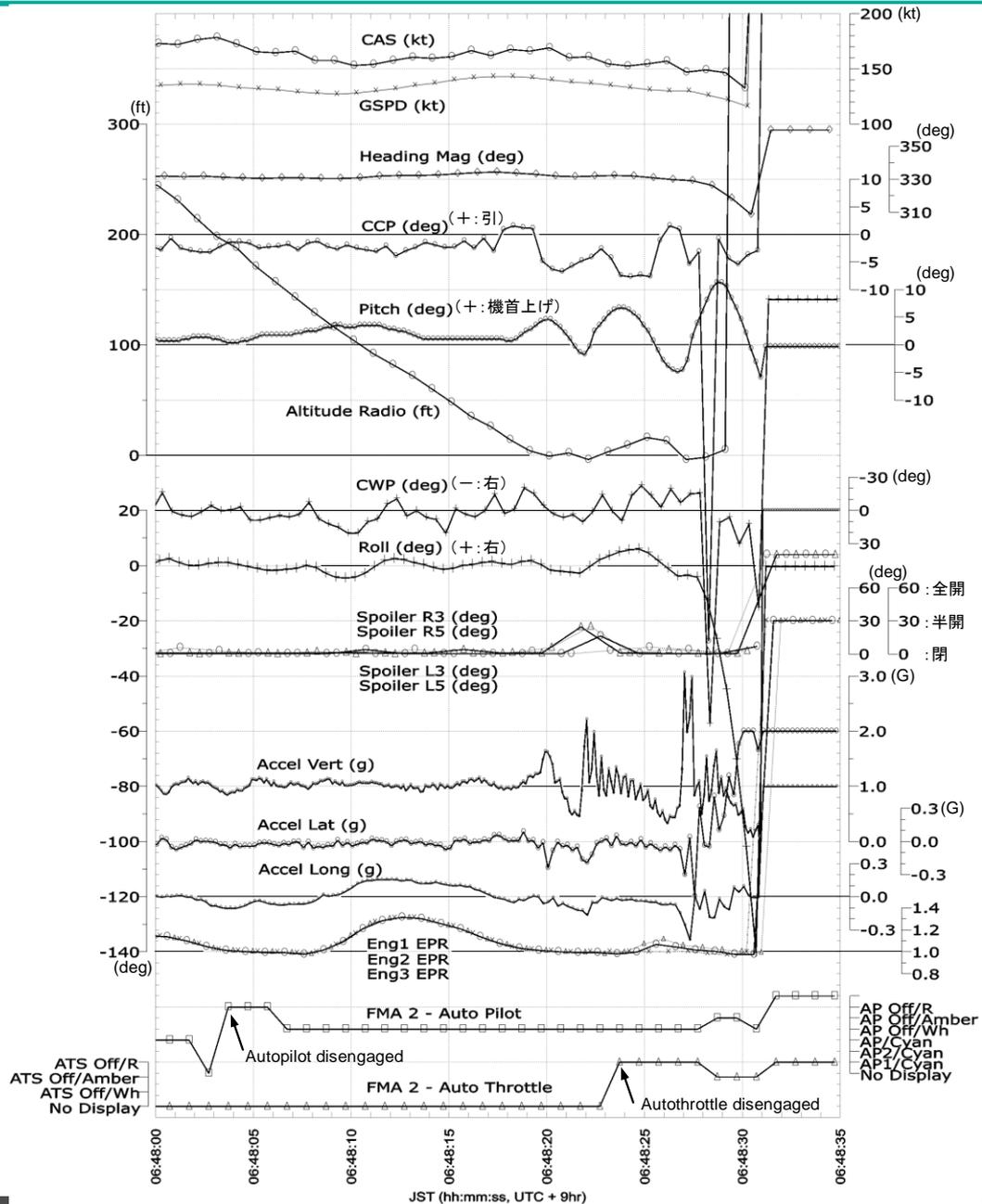
安全勧告 ボーイング社に対して指導すべき措置

主脚取り付け構造の設計変更及び以下に記した項目について検討を行うよう指導すること

(1) ハード・ランディングやバウンドの発生の可能性を低減させるため、LSASのさらなる機能向上やAGS展開遅れ時間の短縮などによる操縦・運動特性を改善すること。

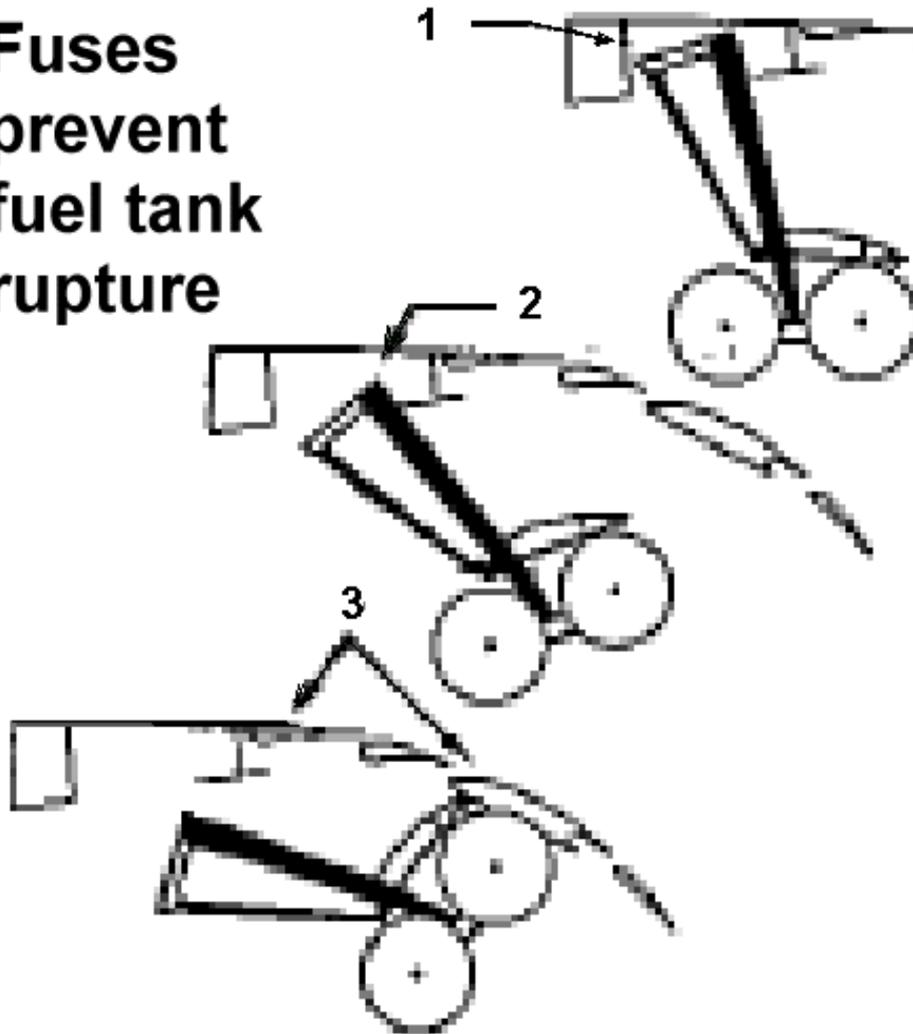
LSASの機能向上の例としては、MD-11系列型機の構造破壊を伴ったハード・ランディング事例で共通している接地前後の操縦操作による急激な機首下げが生ずるのを抑制する機能、及びバウンド後のバウンド・リカバリー又はゴーアラウンド操作を支援する機能等が考えられる。

(2) 過大なバウンドへの対応及び操縦者のゴーアラウンドの判断に資するため、継続的に主脚が滑走路路上にあること、あるいはバウンドしていることを視覚表示装置及び音声警報装置により運航乗務員が容易に知ることができるように、MD-11系列型機を改善すること。



ヒューズピン破断による燃料タンク損傷防止 (航空技術2011年3月号p45)

**Fuses
prevent
fuel tank
rupture**



- 1. Fuse pins fail at rear spar**
- 2. Support beam is pried out of wing trailing edge**
- 3. Damage directed away from fuel tank**