

航空事故調査報告書

I 日本航空株式会社所属

ボーイング式777-200型

JA701J

着陸復行時のテールストライク（機体後部接触）による損傷

II 個人所属

ビーバー式RX550-R503L型（超軽量動力機、舵面操縦型、複座）

JR1096

復行時の墜落

平成26年12月18日

本報告書の調査は、本件航空事故に関し、運輸安全委員会設置法及び国際民間航空条約第13附属書に従い、運輸安全委員会により、航空事故及び事故に伴い発生した被害の原因を究明し、事故の防止及び被害の軽減に寄与することを目的として行われたものであり、事故の責任を問うために行われたものではない。

運輸安全委員会
委員長 後藤 昇 弘

《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

本報告書の本文中「3 分 析」に用いる分析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

- ① 断定できる場合
・・・「認められる」
- ② 断定できないが、ほぼ間違いない場合
・・・「推定される」
- ③ 可能性が高い場合
・・・「考えられる」
- ④ 可能性がある場合
・・・「可能性が考えられる」
・・・「可能性があると考えられる」

I 日本航空株式会社所属
ボーイング式777-200型
JA701J
着陸復行時のテールストライク（機体後部接触）による
損傷

航空事故調査報告書

所 属 日本航空株式会社
型 式 ボーイング式777-200型
登録記号 JA701J
事故種類 着陸復行時のテールストライク（機体後部接触）による損傷
発生日時 平成24年3月31日 16時08分ごろ
発生場所 東京国際空港滑走路34L上

平成26年12月5日

運輸安全委員会（航空部会）議決

委 員 長	後 藤 昇 弘（部会長）
委 員	遠 藤 信 介
委 員	石 川 敏 行
委 員	田 村 貞 雄
委 員	首 藤 由 紀
委 員	田 中 敬 司

要 旨

<概要>

日本航空株式会社所属ボーイング式777-200型JA701Jは、平成24年3月31日（土）、上海（虹橋）空港を離陸して飛行後、東京国際空港の滑走路34Lに進入し、16時08分ごろ、滑走路に接地した後に復行を行った際、機体後方下部が滑走路に接触し、機体を損傷した。その後、同機は16時35分、東京国際空港に着陸した。

同機には、機長ほか乗務員11名及び乗客296名の計308名が搭乗していたが、死傷者はいなかった。

同機は中破したが、火災は発生しなかった。

<原因>

本事故は、同機が接地後、機首を大きく上げた状態で滑走し続けたため、機体後部が滑走路に接触して損傷したものと推定される。

機首を大きく上げた状態で滑走し続けたことについては、接地後、機長が、復行の必要なバウンドをしていると感じてハードランディングを避けるため復行を決意し、その後、リバーススラスト・レバーが操作されていることに気付いた後においても復行を継続したことで、エンジン出力増加までに時間を要したこと及び操縦桿を引き続けたことによるものと考えられる。また、機長が副操縦士の操縦を補助していた状態で、テイクオーバーの宣言がなかったため、機長の意図が副操縦士に伝わらず、一時的にPF（主として操縦業務を担当する操縦士）とPM（主として操縦以外の業務を担当する操縦士）の役割分担が不明確な状態となり、PMの業務である飛行諸元のモニターが不十分になったことが関与した可能性が考えられる。

報告書で用いた主な略語は、次のとおりである。

AOM	: Aircraft Operating Manual
ATIS	: Automatic Terminal Information Service
CIG	: Ceiling
CMV	: Converted Meteorological Visibility
CVR	: Cockpit Voice Recorder
DFDR	: Digital Flight Data Recorder
EICAS	: Engine Indication and Crew Alerting System
F/D	: Flight Director
FL	: Flight Level
ILS	: Instrument Landing System
INTRNS	: In Transit
MAC	: Mean Aerodynamic Chord
PAPI	: Precision Approach Path Indicator
PAR	: Precision Approach Radar
PF	: Pilot Flying
PIC	: Pilot-In-Command
PIREP	: Pilot Report
PM	: Pilot Monitoring
RA	: Radio Altitude
RNAV	: Area Navigation
RVR	: Runway Visual Range
TEM	: Threat and Error Management
TO/GA	: Take Off / Go Around
VHF	: Very High Frequency
VIS	: Visibility
WOW	: Weight On Wheel

単位換算表

1 ft	: 0.3048 m
1 kt	: 1.852 km/h (0.5144 m/s)
1 lb	: 0.4536 kg
1 psi	: 0.06895 bar : 0.07031 kgf/cm ²

1 航空事故調査の経過

1.1 航空事故の概要

日本航空株式会社所属ボーイング式777-200型JA701Jは、平成24年3月31日（土）、上海（虹橋）空港を離陸して飛行後、東京国際空港の滑走路34Lに進入し、16時08分ごろ、滑走路に接地した後に復行を行った際、機体後方下部が滑走路に接触し、機体を損傷した。その後、同機は16時35分、東京国際空港に着陸した。

同機には、機長ほか乗務員11名及び乗客296名の計308名が搭乗していたが、死傷者はいなかった。

同機は中破したが、火災は発生しなかった。

1.2 航空事故調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成24年3月31日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか2名の航空事故調査官を指名した。

1.2.2 関係国の代表

本調査には、事故機の設計・製造国である米国の代表が参加した。

1.2.3 調査の実施時期

平成24年4月1日	口述聴取及び機体調査
平成24年4月2日	現場調査及び機体調査
平成24年4月17日	口述聴取

1.2.4 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

1.2.5 関係国への意見照会

関係国に対し、意見照会を行った。

2 事実情報

2.1 飛行の経過

日本航空株式会社（以下「同社」という。）所属ボーイング式777-200型JA701J（以下「同機」という。）は、平成24年3月31日、同社の定期82便として、上海（虹橋）空港を14時00分（日本標準時、以下同じ。）に離陸して飛行後、東京国際空港の滑走路34Lに進入した。

同機の飛行計画の概要は、次のとおりであった。

飛行方式：計器飛行方式、出発地：上海（虹橋）空港、移動開始時刻：13時50分、巡航速度：445kt、巡航高度：FL290、経路：（略）～Y21（RNAVルート）～ADDUM（位置通報点）、目的地：東京国際空港、所要時間：1時間58分、持久時間で表された燃料搭載量：4時間53分、代替空港：関西国際空港

進入開始時、同機の操縦室には、機長がPM（主として操縦以外の業務を担当する操縦士）として左操縦席に、副操縦士がPF（主として操縦業務を担当する操縦士）として右操縦席に着座していた。

事故に至るまでの同機の飛行経過は、飛行記録装置（以下「DFDR」という。）、操縦室用音声記録装置（以下「CVR」という。）、東京国際空港のマルチラテレーション・システム^{*1}及び空港面探知レーダーの記録並びに管制交信記録及び乗務員の口述によれば、概略次のとおりであった。

2.1.1 DFDR、CVR、マルチラテレーション・システム及び空港面探知レーダーの記録並びに管制交信記録による飛行の経過

16時01分34秒	飛行場管制席（以下「タワー」という。）は、同機に滑走路34Lへの着陸許可を発出し、風向020°、風速17ktを通報した。
同 01分42秒	同機は、タワーに34Lへの着陸許可を復唱した。
同 01分45秒	タワーは、同機に高度800ftにてウィンドシアアが報告されていること及び風速が25ktの振れ幅で増減していることを通報した。
同 05分40秒	フラップ・レバー位置が25°となった。

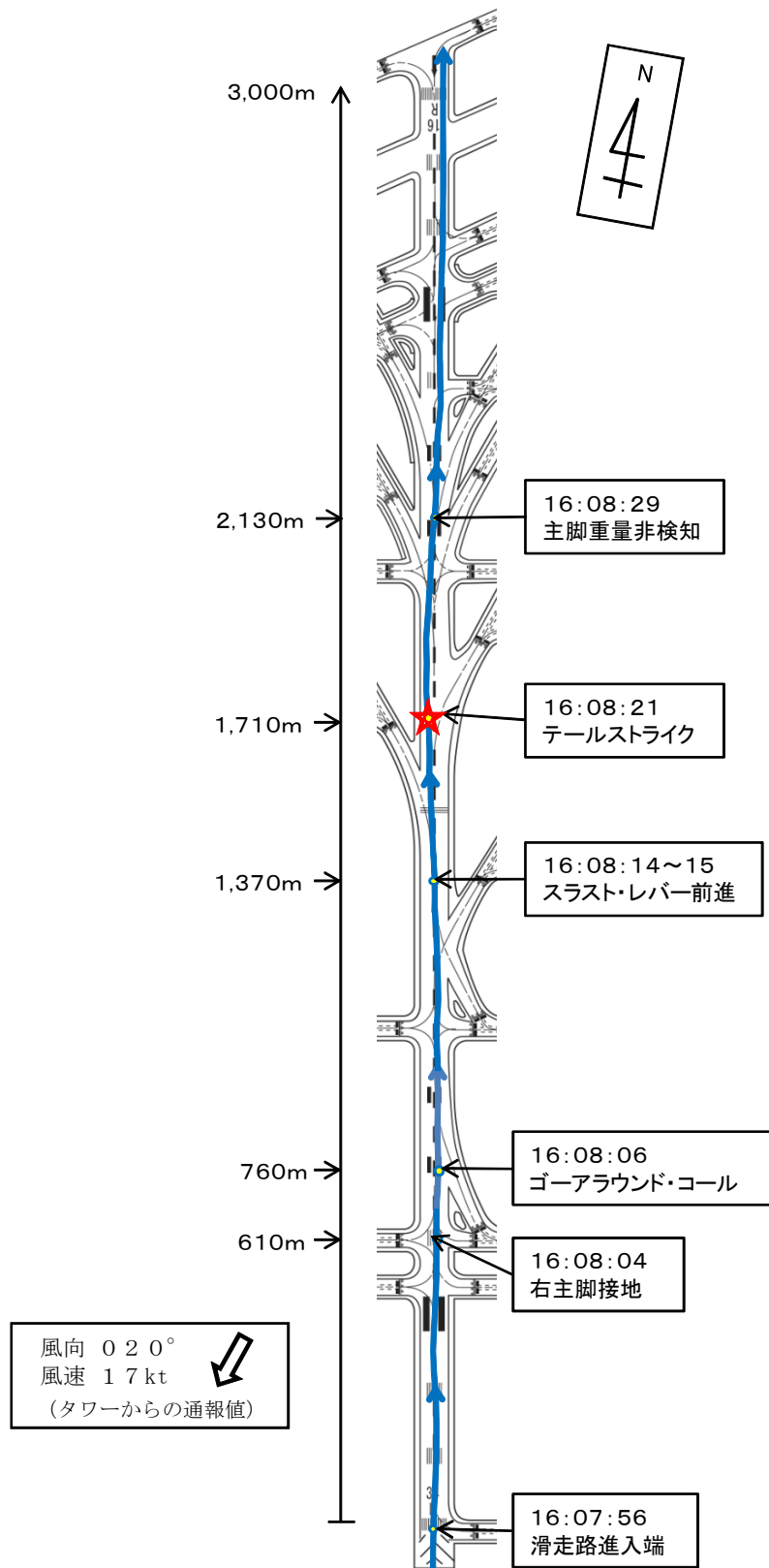
*1 「マルチラテレーション・システム」とは、航空機に搭載された航空管制用のトランスポンダーから送信される信号を空港に設置された複数の受信局により受信し、航空機の位置を測定するシステムである。

16時06分36秒 ～07分10秒	電波高度約1,150～650ftの間で、風向が210°から時計回りに070°まで変化した後、反時計回りに変化して240°となり、再び時計周りに変化して010°となった。また、この間、風速が5ktから10ktとなり、再び5ktとなった後13ktとなった。
同 06分43秒	電波高度が約1,000ftとなった。
同 07分35秒	電波高度334ftにおいてオートパイロットがオフとなった。
同 07分56秒	ほぼ滑走路中心線上で滑走路進入端を対気速度152kt、電波高度41ftで通過した。
同 07分58秒	「Fifty」(自動音声)のコールアウトがあった。 副操縦士の操縦桿が機首上げ方向に引かれた。
同 07分59秒	「Thirty」(自動音声)のコールアウトがあった。
同 08分00秒	「Twenty」(自動音声)のコールアウトがあった。
同 08分04秒	「Ten」(自動音声)のコールアウトがあった。 右主脚に重量が掛かり(接地)、スピードブレーキ・レバーがアップ方向に動いて、スポイラーが展開され始めた。スラスト・レバーがアイドルとなった。 副操縦士の操縦桿が機首上げ方向に引かれており、機長の操縦桿が機首下げ方向に押されていた。
同 08分05秒	このとき、対気速度145kt、ピッチ角3.3°、ロール角右に2.1°、垂直加速度1.27Gで、滑走路進入端から約610mであった。 左主脚が接地した後、一瞬、左主脚に重量が掛からない状態となった。リバーススラスト・レバーがインターロック位置となった。 機長の操縦桿が機首上げ方向に引かれた。
同 08分05秒 ～08秒	対気速度144kt、ピッチ角1.8°、ロール角右に0.7°となった。 垂直加速度が、0.52～1.62Gの間で大きく2回変動した。
同 08分06秒	機長の操縦桿が機首下げ方向に押された。 機長が「ゴーアラウンド、ゴーアラウンド」とコールした。 左主脚に重量が掛かり、主脚のブレーキ圧力が上昇し始めた。 このとき、対気速度142kt、ピッチ角2.5°で、滑走路進入端から約760mであった。

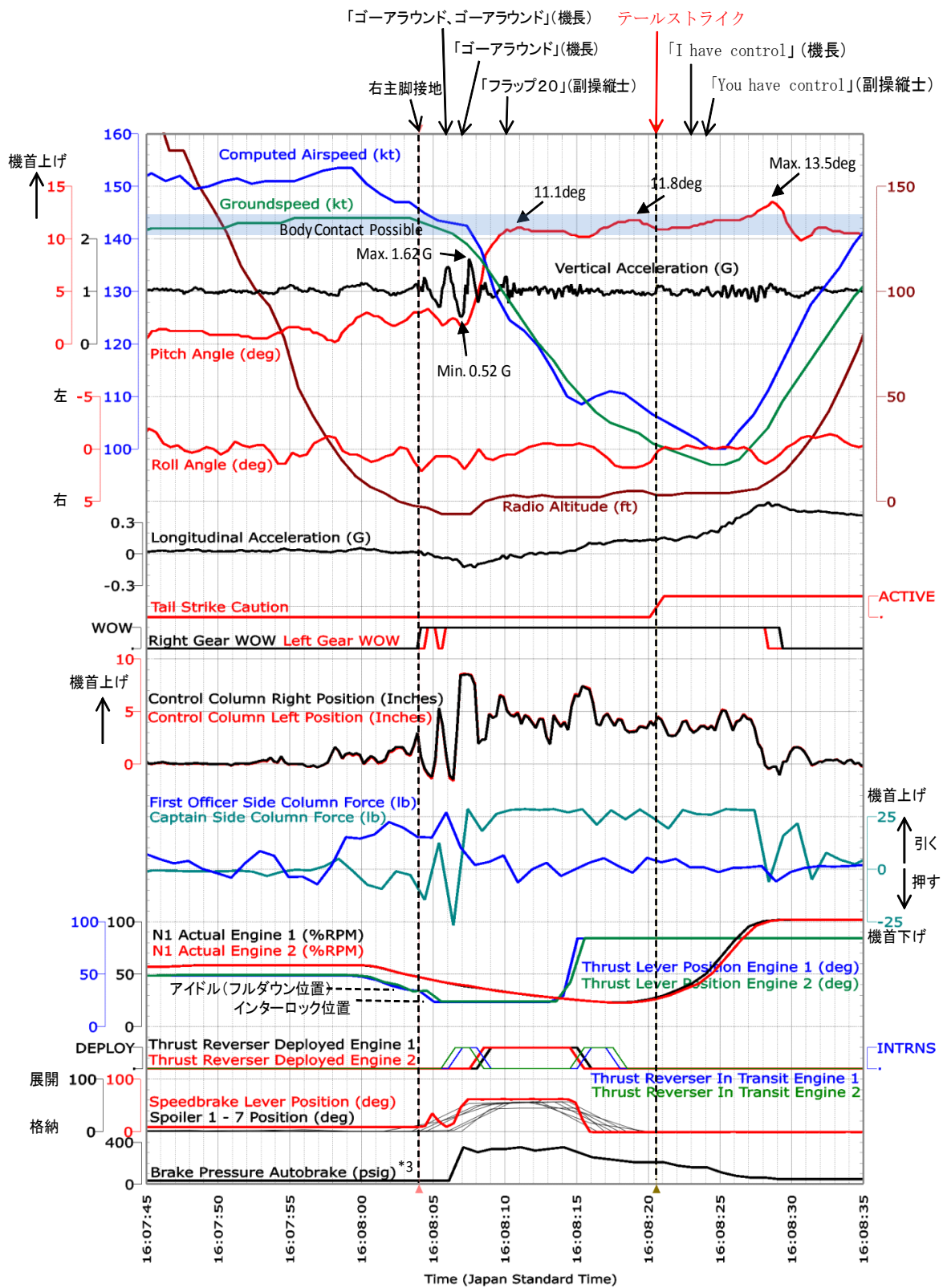
16時08分07秒	機長が「ゴーアラウンド」とコールした。 機長の操縦桿が機首上げ方向に引かれ、副操縦士の操縦桿への入力が増加し始めた。 操縦桿の位置が急激に機首上げとなった。
同 08分09秒	ピッチ角10.4°、対気速度130ktとなった。
同 08分10秒	副操縦士が「フラップ20」とコールした。 全てのスポイラーが全開となった。
同 08分14秒 ～15秒	リバーススラスト・レバーがフルダウン位置に戻され、スラスト・レバーが前方に進められた。主脚のブレーキ圧力が低下し始めた。また、スピードブレーキ・レバーがダウン方向に動き、スポイラーが格納され始めた。 このとき、対気速度が108ktで、滑走路進入端から約1,370mであった。
同 08分21秒	Tail StrikeのCaution ^{*2} が発生した。 このとき、対気速度105kt、ピッチ角11.0°で、滑走路進入端から約1,710mであった。 エンジン出力が増加し始めた。 副操縦士が「フラップ20にします。」とコールした。
同 08分23秒	機長が「I have control」とコールした。 フラップ・レバー位置が20°となった。
同 08分24秒	副操縦士が「You have control」とコールした。
同 08分24秒	対地速度が最小値100ktとなった。
同 08分28秒	ピッチ角が最大値13.5°となった。
同 08分29秒	主脚に重量が掛からなくなった。 このとき、対気速度は116ktで、滑走路進入端から約2,130mであった。
同 08分32秒	副操縦士は、タワーに復行したことを通報した。
同 08分33秒	副操縦士は、「Positive Rate」とコールした。
同 08分42秒	副操縦士は、「ギア上げます。」とコールした。
同 08分43秒	機長は、「ギアアップ」とコールした。
同 08分45秒	ギア・レバーがアップ位置となった。
同 09分03秒	副操縦士は、タワーにテールストライクしたことを通報した。

*2 「Tail StrikeのCaution」は、機体後方下部に取り付けられているテールストライクセンサーが地面と接触して破壊された場合に発生する。

なお、この間、前脚が接地することはなかった。



図A 推定飛行経路図



図B DFDRの記録

*3 「psig」とは、大気圧をゼロとする圧力単位である。

2.1.2 乗務員の口述

(1) 機長

機長は、副操縦士の操縦で滑走路34Lに進入中、着陸便の情報で1,200ftぐらいにウィンドシアアがあることを聞くとともに、最終進入経路に交差するような線状の雲を確認した。機長は、副操縦士にそこを通過するときに大きな風の変化があるので、オートパイロットはその変化が終わるまで切らないように、また、通常より少し早めの速度で飛行するように指示した。実際に高度1,200ft付近で風の変化はあったが、その後はほぼ安定していた。

進入中、右手をスラスト・レバーの下部に、左手を操縦桿に添えていた。

接地前、スラスト・レバーをそろそろ引いた方が良くないと判断し、少し引くような感じで操作した。そのとき、副操縦士もスラスト・レバーを引いていたかもしれないと思った。

副操縦士がフレアを開始するタイミング及びフレア量は、機長に違和感のない程度であり、接地姿勢は、ほぼ通常で、ピッチ角は3～4°ぐらいだったと思った。

接地はおおむねスムーズなソフトランディングだったが、機長は、その後浮き上がる感じがしたため、無意識に操縦桿を押したかもしれないと思った。機長は、沈む感じがして再接地後、機体が再び浮き上がったように感じ、継続して空中に浮揚していると認識した。次に接地するときはハードランディングになると判断して、ゴーアラウンドをコールした。このとき、スピードブレーキ・レバーが作動した認識はなかった。

ゴーアラウンドをコール後、副操縦士がスラスト・レバーを前方に進めないで「I have control」とコールし、テイクオーバーを決断した。スラスト・レバーを前方に進めることができないので、視線をスラスト・レバーに移したところ、リバーススラスト・レバーがインターロック位置に引かれていることに気付いた。リバーススラスト・レバーを元に戻した後、スラスト・レバーを前方に進めて、エンジン推力の増加を計器で確認した。

エンジン推力が増加するとピッチが上がる傾向があるので、操縦桿を押さえながら機体が上昇するのを待った。その間に、通常の復行操作としてフラップを20にするよう副操縦士に指示を出し、副操縦士がその操作をした。

ちょうどその頃に機体が上昇を始め、副操縦士から「ギアアップしますか。」とのアドバイスがあったので、ギアアップをオーダーした。

副操縦士がギア・レバーに手を伸ばしたときに、マスターコーションが鳴り、副操縦士から「テールストライク(のメッセージ)が出ています。」とコールがあった。機体が上昇し安定してから、テールストライクの可能性があること

をタワーに通報するよう副操縦士に指示した。

タワーに通報後、副操縦士から、まだギアが降りたままであるとのアドバイスがあったので、再度ギアを上げるよう指示した。

4,000ftで水平飛行し、テールストライクのチェックリストを実施した。

着陸の準備をした後、客室後方担当の客室乗務員から、復行のときに機体後部を擦ったような金属音があったとの報告を受けた。

その後、機長の操縦により、滑走路34Lに着陸した。

復行中にテールストライクの異音や衝撃を全く感じなかった。また、その他の機体システムにも異常を感じなかった。

(2) 副操縦士

副操縦士は、PFとして右席で操縦を担当した。着陸のためにフラップを25にセットし、オートブレーキは3をセットした。アプローチスピードは風による修正分の10ktを加えて150ktとした。進入中、気流が良くない状態は続いていたが、高度約500ft以下では安定していた。滑走路はよく見えており、雨は降っていなかった。機長から、ハンガーを越えてくる風の影響で、接地点付近の風が乱れる可能性があるとのアドバイスがあった。

副操縦士は、気流が安定した後、オートパイロット及びオートスロットルをオフとし手動操縦に移行した。これ以降、想像していたほどのハンガー越えの風の影響は感じなかった。

副操縦士は、接地するまで自分のイメージどおり操縦し、接地はスムーズであったと感じた。接地した音と感覚があったのでリバーススラスト・レバーをインターロック位置まで引いた。スピードブレーキ・レバーの動きは覚えておらず、また機長から「スピードブレーキ・アップ」のコールがあったかどうかについても覚えていない。

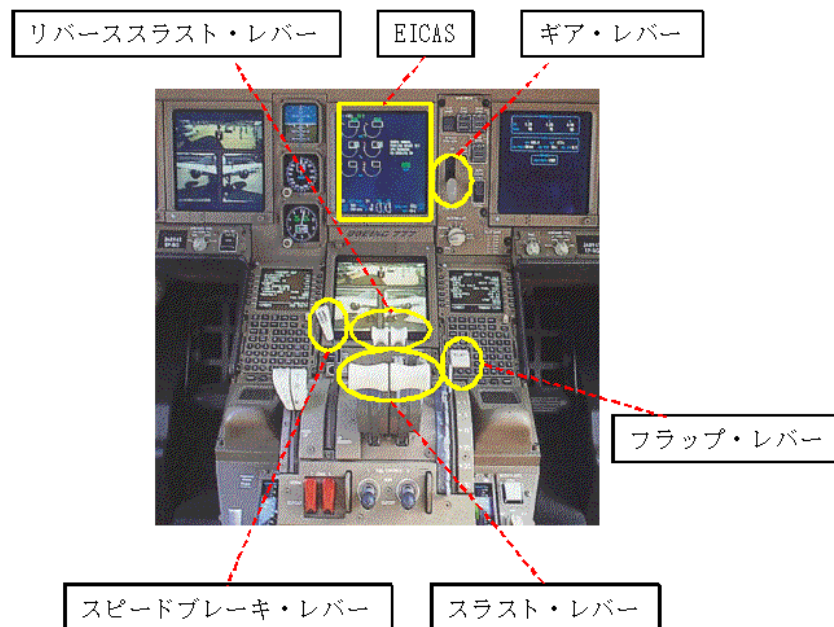
副操縦士は、接地した感触とリバーススラスト・レバーを引くことのできたので主脚は接地していると判断し、機首が下がってくるのを操縦桿を引いて支えようと思っていた。しかしそのとき、再度接地した感触があり、機体は浮き上がっていないと思っていたことから、おかしいなと感じた。

前脚を接地させる頃、機長からゴーアラウンドのコールがあり、TO/GAスイッチを押そうとしたができなかった。このとき、リバーススラスト・レバーはフルダウン位置に戻しておらず、インターロック位置になっていることを機長に言わなかった。機長がスラスト・レバーを前方に進めようとしているとき、ピッチ角は約10°だったと思った。機長がリバーススラスト・レバーをフルダウン位置に戻すところは見えていなかった。

機長がどの時点で「I have」と言い、自分が「You have」と返答したかど

うか、また、いつどのように操縦を交替したのかはつきり覚えていない。

復行の途中で、マスターコーションが鳴ったのでEICASを見たところ、テールストライクのメッセージが表示されていたが、機体後部を擦った音や振動は感じなかった。



写真A 操縦室

(3) 前任客室乗務員

客室最前方左側のドア付近の座席に着座していた。

着陸時、通常より大きい上下の揺れがあり、接地のショックは大きく感じた。接地した後は、減速はあまり感じず、徐々に加速して機首が上がっていった。

上昇中、左側最後方の客室乗務員から、着陸したときに後方で金属を引きずるような音が聞こえたとの連絡があった。

その客室乗務員に、状況を運航乗務員に報告するよう指示した。

本事故の発生場所は、東京国際空港の滑走路34Lの進入端から約1,710mの位置（北緯35度33分01秒、東経139度46分34秒）で、発生日時は、平成24年3月31日、16時08分ごろであった。

2.2 航空機の損壊に関する情報

2.2.1 損壊の程度

中 破

2.2.2 航空機各部の損壊の状況

機体後方下部の外板に、長さ約11m、幅約40cmの擦過痕があり、亀裂や穴が

あった。この範囲のフレームが露出し、損傷していた。テールストライクセンサーは削り取られていた。また、後部圧力隔壁の下部が僅かに変形していた。

(写真 機体の損傷状況 参照)

2.3 航空機乗組員に関する情報

(1) 機長 男性 42歳

定期運送用操縦士技能証明書（飛行機）	平成19年 5月31日
限定事項 ボーイング式777型	平成17年 2月22日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成24年 4月29日
総飛行時間	6,848時間49分
最近30日間の飛行時間	45時間56分
同型式による飛行時間	3,754時間27分
最近30日間の飛行時間	45時間56分
社内資格	
機長は、右席の副操縦士にPFとして操縦を行わせることのできるLeft Approved機長の社内資格を取得していた。	

(2) 副操縦士 男性 29歳

事業用操縦士技能証明書（飛行機）	平成18年 8月2日
限定事項 ボーイング式777型	平成20年11月12日
計器飛行証明	平成18年 8月4日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成25年 3月23日
総飛行時間	1,810時間59分
最近30日間の飛行時間	61時間01分
同型式による飛行時間	1,506時間38分
最近30日間の飛行時間	61時間01分

2.4 航空機に関する情報

2.4.1 航空機

型 式	ボーイング式777-200型
製造番号	32889
製造年月日	平成14年6月18日
耐空証明書	第2009-160号
有効期限	平成21年10月1日から航空法第113条の2の許可に

基づき承認された整備管理マニュアル（株式会社 J A L エンジニアリング）の適用を受けている期間

耐空類別	飛行機 輸送T
総飛行時間	30,856時間06分
定期点検(07A点検、平成24年2月1日実施)後の飛行時間	670時間02分

(付図1 ボーイング式777-200型三面図 参照)

2.4.2 重量及び重心位置

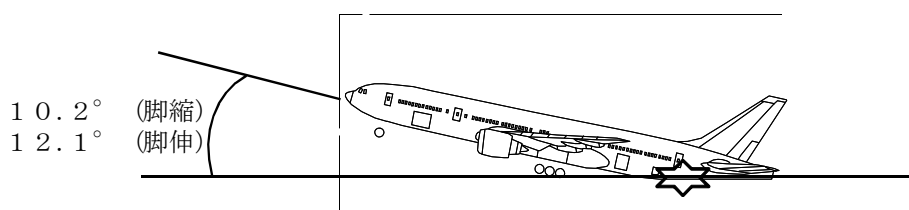
事故発生当時、同機の重量は423,532lb、重心位置は、27.8%MACと推算され、いずれも許容範囲（最大着陸重量470,000lb、事故発生当時の重量に対応する重心範囲14.0～44.0%MAC）内であったものと推定される。

2.4.3 着陸に必要な滑走路長

同社の777航空機運用規程（以下「AOM」という。）のVref Speed & Landing Field Lengthによれば、着陸に必要な滑走路長は、機体重量（420,000lb）、フラップ位置（25）、滑走路の状態（WET、平均海面上、勾配なし）、無風、外気温（15℃）において、約1,800mであった。

2.4.4 テールストライクするピッチ角

同機は、主脚の緩衝装置が完全に圧縮されている場合はピッチ角が10.2°で、主脚の緩衝装置が完全に伸びている場合は、12.1°で機体後部が地面に接触する。



図C テールストライクするピッチ角

2.5 気象に関する情報

2.5.1 定時飛行場実況気象

16時00分に発表された東京国際空港の定時飛行場実況気象は、次のとおりであった。

風向 360°、風速 17kt、卓越視程 7km、しゅう雨
雲 雲量 FEW 雲形 層雲 雲底の高さ 1,000ft、
雲量 BKN 雲形 積雲 雲底の高さ 1,200ft、

雲量 BKN 雲形 層積雲 雲底の高さ 1,500ft、
気温 10℃、露点温度 7℃
高度計規正值 (QNH) 29.48 inHg

2.5.2 地上風の状況

東京国際空港滑走路34Lの瞬間風向及び瞬間風速について、各5分間を平均すると次のとおりであった。

時刻	15:50～15:55	15:55～16:00	16:00～16:05	16:05～16:10
風向	010°	006°	010°	007°
風速	14kt	14kt	14kt	12kt

2.6 DFDR及びCVRに関する情報

同機には、米国ハネウェル社製のDFDR（パーツナンバー：980-4700-042）及びCVR（パーツナンバー：980-6022-001）が装備されており、いずれにも本事故発生当時の記録が残されていた。

DFDR及びCVRの時刻校正は、管制交信記録に記載された時報と、DFDRに記録されたVHF無線送信信号及びCVRに記録された管制交信を対応させることにより行った。

2.7 事故現場に関する情報

東京国際空港は、4本の滑走路を有しており、滑走路34Lは、長さ3,000m（9,840ft）、幅60m（200ft）で、グルーピング（滑走路表面に刻まれた溝）が施され、接地点標高は18.4ftである。ILS及びPAPIが設置されており、進入角度はいずれも3°である。ILSのグライド・パス・アンテナは進入端から338mの滑走路右側に設置されており、またPAPIは進入端から449mの滑走路左側に設置されている。

滑走路34L上には、他機の離着陸等による多数の痕跡があったため、同機の機体後方下部が接触した擦過痕を特定することができなかった。なお、滑走路、灯火及びマーキングに損傷はなかった。

2.8 その他必要な事項

2.8.1 スピードブレーキ

AOM Supplement に次の記述があった。（抜粋）

Spoiler Speedbrake Operation

（略）

Speedbrake Spoiler は、Control Stand 上の Speedbrake Lever で Control する。Speedbrake Lever には、以下のように Mark された位置が3つある。

- DOWN
- ARMED
- UP

Speedbrake Leverを、ARMED PositionとUP Position の間で操作することもできる。

ARMED Position にある場合、Landing Gear が確実に Ground に着いて (Not Tilt)、両方の Thrust Lever が Idle になると、Speedbrake Lever は後方の Up Position まで動く。

地上にて、いずれかの Thrust Lever が Reverse Idle Detent まで動かされると、Speedbrake が自動的に Extend される。この場合は、Speedbrake Lever は間の Link により、Speedbrake Lever が DOWN Detent から外される。続いて Speedbrake Lever が後方へ動かされ、Speedbrake が Extendされる。いずれかの Thrust Lever が Takeoff Position に Advance されると、Speedbrake Leverは DOWN Positionに動かされる。

2.8.2 スラスト・リバーサー

AOM Supplement に次の記述があった。(抜粋)

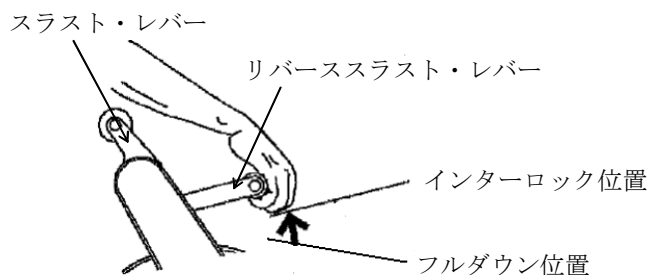
Thrust Reverser System

(略)

Reverse Thrust Leverは、Forward Thrust Lever が Idle Position にある場合にのみ引き上げることができる。

(略)

Reverse Thrust Lever を Full Down 位置まで戻すと、Reverser が Stow し、Locked Position に Retractする。Reverse Thrust Lever を Full Down 位置にしない限り、Thrust Lever は前方に動かすことはできない。



図D リバーズスラスト・レバー

2.8.3 オートブレーキ

AOM Supplement に次の記述があった。(抜粋)

Autobrake system

Autobrake System は Landing 時に Preselect された減速率で自動的に Braking を行う。

(略)

Landing

Landing に対して、5段階の減速率を Select することができる。但し、Dry Runway では Landing Mode における Autobrake の最大減速率は Full Pedal Braking で得られる減速率より小さい。

Landing 後、以下の状態になると、Autobrake が作動する。

- ・両方の Thrust Lever が Idle へ Retard される。
- ・Wheel が Spin Up する。

Select した減速率に関係なく、Main Gear の Touchdown とほぼ同時に Autobrake がかかる。MAX AUTO が Select されている場合、Pitch Angle が 1° を下回るまで減速率は、AUTOBRAKE 4 の Level に制限され、その後、MAX AUTO の Level に増加する。減速率は、System を Disarm することなく、Selector を回すだけで変更することができる。

Thrust Reverser や Spoiler などの減速操作が加わると、機体の減速率が Select された Level となるよう Autobrake Pressure は減少する。Autobrake System は、Disarm されるか、または機体が完全に停止するまで Braking を行う。

2.8.4 着陸時の操作に関わる規定

- (1) Operations Manual には、副操縦士が右席で操縦するための実施基準について、次の記述があった。

5-5-4 副操縦士資格者の操縦実施基準 (抜粋)

- (3) PIC は飛行前の Briefing において副操縦士資格者と十分な打ち合わせを行うこと。特に離着陸に際しては、事前に所定の Procedure 等を確認すること。
- (4) PIC は副操縦士資格者に操縦を行なわせる場合、“You Have (control)” を Call Out すること。中止させる場合、“I Have (control)” を Call Out して、副操縦士資格者に通常の業務に復するように命じること。
- (5) PIC は副操縦士資格者の操作、航空機の状態等につき、嚴重なモニターを行い、常時副操縦士資格者を Take Over できる態勢にあること。副操縦士資格者の操作が不適切な場合、直ちに、操縦を Take Over すること。

- (6) 副操縦士資格者が左席にて PF Duty にある場合を除き、PIC は離陸中止、進入復行および着陸復行の場合、自ら操縦を行なうこと。なお、進入復行および着陸復行における初期操縦操作については、副操縦士資格者に行わせることができる。

5-5-4 別表 副操縦士資格者の右席および左席操縦実施範囲
制限条件

1. 離陸および着陸については、以下の各条件を満たすこと。

- (1) 使用滑走路の状態が Aircraft Operating Manual に定める Dry、Dump、Wet Grooved または Qualified Dry であること。
- (2) 滑走路に Required Field Length の15%または、1,000ft のいずれか大なる方の余裕があること。
- (3) 横風成分が 15kt を超えないこと。
- (4) 性能に影響を及ぼす故障を伴わないこと。
- (5) 気象状態が離陸時は離陸開始時に、着陸時には最終進入開始時に下表の状態以上であること。なお、視程については通報される視程値 (VIS、RV R) により状態を判断し、CMVによる換算は行わない。

Category	(略)	Landing	
		PRECISION (ILS, PAR)	(略)
(略)			
D	(略)	CIG. 400 -R1600/1600*4	(略)

(2) AOMには、着陸時の操作について、次の記述があった。

Landing Roll Procedure

WARNING : Reverse Thrust Lever を操作した後は、**Full Stop** しなければならない。

PF	PM
Thrust Levers が Close になることを確認する。 SPEEDBRAKE Lever が UPになることを確認する。	SPEEDBRAKE Lever が UP になることを確認し、“SPEEDBRAKE UP” と呼称する。 UPにならない場合は、“NO SPEEDBRAKE”

*4 「R1600/1600」とは、RVR (滑走路視距離) が1,600m又は卓越視程が1,600mのことである。

同時に <i>Reverse Thrust Lever</i> を <i>Interlock</i> 位置にする。 <i>SPEEDBRAKE Lever</i> が自動的に UP にならなければ、Manual で <i>SPEEDBRAKE Lever</i> を UP にする。	と呼称する。
<i>Rollout</i> を Monitor する。	
<i>Autobrake Operation</i> が正常であることを確認する。	
必要により、 <i>Reverse Thrust</i> を Apply する。	<i>EICAS</i> 上の <i>REV</i> が Green であることを確認する。

(3) AOMには、復行手順について、次の記述があった。

Go-Around and Missed Approach Procedure

<i>PF</i>	<i>PM</i>
“GO AROUND” と呼称する。 <i>TO/GA Switch</i> を Push すると同時に “FLAPS 20” を指示する。	
	<i>FLAP Lever</i> を 20 に Set する。
<i>Go-Around Attitude</i> に <i>Rotation</i> すること、および <i>Thrust</i> が Increase することを確認する。	
	適切な <i>Go-Around Thrust</i> が得られていることを確認する。必要に応じ、調整する。
<i>Altimeter</i> により上昇を確認し、“GEAR UP” を指示する。	<i>Altimeter</i> により上昇を確認し、“POSITIVE RATE” と呼称する。 <i>Landing Gear Lever</i> を UP にする。

(4) 同社の 777 Flight Technical Guideには、復行に関して、次の記述があった。(抜粋)

① *Go Around* 時の注意点

Landing 時に *ENG idle Thrust* は、System 上、RA 5 ft 以下が 5 秒以上経過すると *Approach Idle* から *Minimum (Ground) Idle* に移行する。

Touch Down 後に *Go Around* を行う場合、*Thrust Lever* を Advance しても *Minimum Idle* に移行後では *Go Around Thrust* を得るのに 10 秒程度の時間が必要であることに十分留意する。

② Bounced Landing Recovery

Bounce してしまった時は、その姿勢を保つか、正常な Landing Attitude に戻し、必要により Thrust を増加させ降下率を Control する。Shallowな Bounce や Skip の場合は Thrust を足す必要は無い。高く大きく Bounce した場合は Go-Around を開始する。Go-Around Thrust を Apply し、通常の Go-Around Procedure にしたがう。Go-Around の際にも再接地の可能性があるので、Landing Gear は Positive Rate of Climb を確認するまで上げないこと。

Thrust が残り過ぎていると Bounce を起こしやすく、また Touchdown 後の Auto Speedbrake の作動に支障をきたす。

③ Over-Rotation during Go-Around

Flare 中または接地後の Go-Around も、Tail Strike の要因となる。Go-Around が開始されると、F/D は直ちに Go-Around の Pitch Attitude を指示する。あわててこの Pitch Command Bar まで引き起こすと、機体が上昇する前に Tail Strike となってしまう。Go-Around に際しては、Positive な Pitch Attitude の Control と同じように、Thrust を増加させることが必要である。Thrust の増加が Pitch の増加に対して不足していると速度が減少し、Tail Strike を起こしやすくなる。そのほか、接地直前に Go-Around を開始した際に、Landing Gear の接地を避けたいという気持ちになることも Tail Strike の要因となる。このような心配は必要のないものである。Go-Around の開始時期によっては、Landing Gear が短時間接地することもあるが、問題はない。これは Autoland and Go-Around Certification Program の中で検証されている。

④ Go-Around after Touchdown

接地直前もしくは直後に開始された Go-Around ならば、通常の Go-Around Procedure を続ける。F/D Go-Around Mode は、その間の Maneuver 中 Go-Around Guidance を出し続ける。

接地後 Reverse を入れる前の Go-Around ならば Thrust Lever を前に進めると Speed Brake は Retract し、Autobrake は Disarm する。F/D Go-Around Mode は再浮揚後、Go-Around Mode を Select するまで使えない。

Touch Down 後、Reverse Thrust Lever を操作したら Full Stop しなければならない。Engine が Reverse になったままでは、安全な飛行を継続することはできない。

⑤ Automatic Brakes

Main Gear が Touchdown したら直ちに Reverse 操作を開始し、Fullに

使用することによって *Autobrake System* は *Brake Pressure* を *Minimum Level* に抑える。

(略)

接地後できるだけ速やかに *Reverse Thrust* を適切に使用することは重要であり、これにより *Brake Temperature* の上昇を抑え、*Tire* と *Brake* の摩耗を少なくし、*Slippery Runway* での *Stop Distance* を短縮させることができる。

(5) 同社の *Operations Guide* には、副操縦士の右席操縦時のテイクオーバーに関して、次の記述があった。(抜粋)

1. *Take Over* について

(略)

③ 機長は *Take Over* する時には操縦の連続性を確保するために機が自分の *Control* 下にあることを確認した後、「*I have (Control)*」と *Call* する。(略)

④ 機長は *Take Over* した時、副操縦士が円滑に *PM Duty* に戻れない可能性があることを予想しておくこと。

Take Over した後は状況により、機長は副操縦士に必要な指示を行うことが大切である。

2.8.5 運航乗務員の職務

AOMに次の記述があった。(抜粋)

Crew Duties

(略)

PF

- *Taxiing*
- *Flight Path and Airspeed Control*
- *Airplane Configuration*
- *Navigation*

PM

- *Monitoring Taxiing, Flight Path, Airspeed, Airplane Configuration and Navigation*
- *Checklist Reading*
- *Communications*
- *Tasks asked for by the PF*

2.8.6 リバー操作後の着陸復行

同機的设计・製造者であるボーイング社は、通常に着陸しリバー操作した後の着陸復行が777型機において過去3年間で4件発生したことに鑑み、本事故発生後の平成24年7月24日に777型機の使用자에게「Multi Operator Message」を发出した。

[MESSAGE NUMBER:MOM-MOM-12-0503-01B]Multi Operator Message

MESSAGE DATE: 24 Jul 2012 0857 US PACIFIC TIME / 24 Jul 2012 1557 GMT (抜粋)

There are several risk items that are incurred by rejecting a landing after reverse thrust has been selected, these include:

- 1. A reverser could fail to re-stow properly. Becoming airborne with a reverser deployed could be catastrophic.*
- 2. A significant amount of time and runway distance will be used to accelerate to rotation speed, increasing the risk of runway overrun.*
- 3. Lack of visibility to the side of runway could exist if the airplane is rotated prematurely. This increases the risk of a high speed runway excursion.*
- 4. An increased risk of tail strike is present as the tendency is to rotate prematurely.*

(抄訳)

リバー操作後の着陸復行には次のようないくつかの危険性がある。

- 1 リバーサーが適切に再格納されないことがあり、リバーサーが展開したまま浮揚した場合、破滅的な事態となる。
- 2 ローテーション速度までの加速に長時間と長距離を要することにより、滑走路をオーバーランする危険性が增大する。
- 3 過早にローテーションされた場合に生じる滑走路横方向への視界不足により、高速で滑走路を逸脱する危険性が增大する。
- 4 過早なローテーション傾向により、テールストライクの危険性が增大する。

3 分析

3.1 運航乗務員の資格等

機長及び副操縦士は、適法な航空従事者技能証明及び有効な航空身体検査証明を有していた。

3.2 航空機の耐空証明等

同機は有効な耐空証明を有しており、所定の整備及び点検が行われていた。

3.3 気象との関連

2.5.1に記述したとおり、本事故関連時間帯の東京国際空港の天気は曇り、にわか雨があり、視程はおおむね良好で有視界気象状態にあったものと推定される。

2.5.2に記述したとおり、本事故関連時間帯の滑走路34Lの風の状況は、おおむね010°（真方位）方向から14kt程度であったものと推定される。これは、滑走路34Lに対し、右約40°方向からの向かい風になり、横風成分は9kt、向かい風成分は11ktとなる。

事故当時の気象状態は、2.8.4(1)に記述した同社が定める副操縦士の右席操縦が実施可能な範囲であるとともに、本事故の発生に関連した可能性は低いものと考えられる。

3.4 復行に至る状況

3.4.1 進入

(1) 進入時の状況

2.1.1に記述したとおり、進入中の電波高度約1,150～650ftの間、風向風速に多少の変動があり、その後、電波高度334ftでオートパイロットが解除され、図Bに示したとおり、右主脚接地の約7秒前まで副操縦士のみが操縦桿を操作し、速度及びピッチ角はほぼ安定しており、電波高度計の変化も標準的であった。また、2.1.2に記述したとおり、機長は、オートパイロットを風の変化が終わるまで切らないように副操縦士に指示したと述べ、副操縦士は、気流が安定した後、オートパイロット及びオートスロットルをオフとし手動操縦に移行したと述べている。

このことから、副操縦士は、機長の指示どおり、予想されていたウィンドシアア空域を通過してから手動操縦とし、安定して進入させていたものと推定される。

(2) 副操縦士による操縦

2.3に記述したとおり、機長は、Left Approved 機長の社内資格を取得していた。2.5.1によれば、着陸時の使用滑走路（34L）の状態は、2.8.4(1)に記述した副操縦士資格者の右席操縦実施範囲の制限条件として認められた「Wet Grooved」であった。また、その際に必要な滑走路長は、計算すると約2,100mとなり、34Lの使用滑走路長3,000mに対し十分な余裕があった。さらに、着陸時、機体に異常はなく、3.3に記述したとおり、気象状態は右席操縦実施可能な範囲であった。

これらのことから、副操縦士が右席で操縦することについては、規定に適合していたものと推定される。

3.4.2 接地

(1) 接地時の状況

2.1.1に記述したとおり、16時08分04秒、滑走路進入端から約610mの地点にピッチ角 3.3° 、ロール角右に 2.1° 、垂直加速度 $1.27G$ で右主脚が接地した。続いて、図Bに示したとおり、左主脚が接地した後、一瞬左主脚に重量が掛からない状態となったが、ピッチ角、ロール角及び電波高度に変動はなかった。

このことから、同機は、目標点標識を少し過ぎた付近に、右に少しロールした状態で右主脚から接地し、続いて左主脚が接地後、一瞬左主脚の緩衝装置が伸縮したものと考えられる。

(2) 接地操作

図Bに示したとおり、右主脚が接地する約6秒前の16時07分58秒、副操縦士が操縦桿を引き、フレアを開始した頃、機長は操縦桿を操作し始めており、接地後、機長が操縦桿を大きく操作したことに連れて、副操縦士の操縦桿への入力が増加していた。

また、2.1.2に記述したとおり、副操縦士は、接地するまで自分のイメージどおり操縦し、接地はスムーズであったと感じたと述べ、機長は、進入中、右手をスラスト・レバーの下部に、左手を操縦桿に添えていて、接地前、スラスト・レバーをそろそろ引いた方が良くと判断し、少し引くような感じで操作したと述べている。

これらのことから、副操縦士は、フレアを開始した頃から機長に操縦を補助されていたものと推定される。

(3) バウンドの認識

図Bに示したとおり、右主脚の接地後、機長は、副操縦士の操縦を補助し

ようとして、操縦桿を機首上げ及び下げ方向に大きく操作しており、同機の垂直加速度が大きく2回変動していた。また、2.1.2(1)に記述したとおり、機長は、沈む感じがして再接地後、機体が再び浮き上がったように感じ、継続して空中に浮揚していると認識したと述べている。

機長は、接地後に生じた垂直加速度の変化により同機がバウンドし浮揚しているように感じたものと考えられる。しかし、同機は、(1)に記述したとおり、左主脚の緩衝装置が一瞬伸縮したものの、主脚が滑走路から離れるバウンドは発生していなかったものと考えられる。

また、垂直加速度が大きく変化したことについては、機長が操縦桿を大きく操作したことによるものと考えられる。

(4) スピードブレーキ・レバー作動の確認

2.8.1に記述したとおり、スピードブレーキ・レバーは、主脚が接地して、スラスト・レバーがアイドルになるとアップ方向に動く。また、2.8.4(2)に記述したとおり、PMは、着陸時、スピードブレーキ・レバーの動きを確認し、レバーの状態をコールすることになっている。

図Bに示したとおり、スピードブレーキ・レバーは、主脚が接地後、アップ方向に動いていたが、2.1.2(1)に記述したとおり、機長は、スピードブレーキ・レバーが作動した認識はなかったと述べており、また、CVRの記録に当該レバーに関するコールはなかった。

機長は、(3)に記述したとおり、機体がバウンドし浮揚しているように感じ、機外を見て姿勢の把握を優先していたこと及びその後、復行を決意したことから、PMとしてスピードブレーキ・レバーの動きを確認していなかったものと考えられる。

(5) リバース操作

2.8.4(2)に記述したとおり、PFは、着陸時、スラスト・レバーを引き、スピードブレーキ・レバーがアップになることを確認すると同時にリバーススラスト・レバーをインターロック位置にすることになっている。

2.1.1に記述したとおり、両主脚が接地した16時08分05秒にリバーススラスト・レバーがインターロック位置となっており、2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、接地した音と感触があったのでリバーススラスト・レバーをインターロック位置まで引いたと述べている。

このことから、副操縦士は、接地を認識しリバース操作を行ったものと推定される。

一方、2.1.2(1)に記述したとおり、機長は、スラスト・レバーを前方に進めることができないため、視線をレバーに移したところ、リバーススラスト・

レバーがインターロック位置に引かれていることに気付いたと述べている。

このことから、機長は、(4)と同様に、機外を見て姿勢の把握を優先していたため、副操縦士のリバース操作を認識していなかったものと考えられる。

3.4.3 復行

(1) 復行の判断

3.4.2(3)に記述したとおり、機長は、機体がバウンドし浮揚しているように感じ、2.1.2(1)に記述したとおり、次に接地するときはハードランディングになると判断し、ゴーアラウンドをコールしたと述べている。

このことから、機長は、機体が2.8.4(4)②に記述のうち、復行の必要なバウンドをしていると感じてハードランディングを避けるため復行を決意したものと推定される。

2.8.4(2)に記述したとおり、AOMには、リバーススラスト・レバーを操作した後は、フルストップしなければならないと規定されている。しかし、3.4.2(5)に記述したとおり、機長は、副操縦士のリバース操作を認識していなかった。仮に、機長（PM）が副操縦士（PF）のリバース操作をモニターしているか、又は副操縦士からリバース操作したことを知らされていれば、復行をしなかった可能性が考えられる。

ただし、機長は、その後、リバーススラスト・レバーが操作されていることに気付いた後も復行を継続している。リバース操作後の着陸復行には、2.8.6に記述した危険性が伴うので、リバーススラスト・レバー操作後はフルストップしなければならないことがAOMに規定されていることをよく認識すべきである。

(2) 復行の指示

2.1.1に記述したとおり、機長は、16時08分06秒及び07秒にゴーアラウンドを3回コールしており、2.1.2(1)に記述したとおり、ゴーアラウンドをコール後、副操縦士がスラスト・レバーを進めなかったと述べている。

(1)に記述したとおり、機長は、ハードランディングを避けるため復行を決意し、副操縦士に指示したが、このとき機外を見て姿勢の把握を優先している状況で、短時間に何度もゴーアラウンドのコールをしていることから、余裕のない状況下での指示であったものと考えられる。

(3) 副操縦士の操作

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、接地するまで自分のイメージどおり操縦し、接地はスムーズであったと感じた。接地した音と感覚があったのでリバーススラスト・レバーをインターロック位置まで引いた。機首が下

がってくるのを操縦桿を引いて支えようと思っていた。前脚を接地させる頃、機長からゴーアラウンドのコールがあり、TO/GAスイッチを押そうとしたができなかったと述べている。

このことから、副操縦士は、通常どおり接地操作を行っていたが、機長から予想外の復行の指示を受けたため、リバーススラスト・レバーがインターロック位置にあってスラスト・レバーを前方に進めることができない状態であるにもかかわらず、TO/GAスイッチを押そうとした可能性が考えられる。

3.4.4 テイクオーバー

- (1) 2.1.1に記述したとおり、機長は、16時08分06秒及び07秒にゴーアラウンドをコールしており、その16秒後、テールストライク発生から2秒後に「I have control」とコールしていた。

2.1.2(1)に記述したとおり、機長は、ゴーアラウンドをコール後、副操縦士がスラスト・レバーを前方に進めないで「I have control」とコールし、テイクオーバーを決断したと述べている。

このことから、機長は、副操縦士に復行を指示したものの、操作をしなかったため、操縦のテイクオーバーを開始したものと推定される。また、3.4.3(2)に記述したとおり、機体姿勢の把握を優先し、余裕のない状況下で復行を指示したが、「I have control」とコールして操縦のテイクオーバーを宣言したのは、上記のとおり、ゴーアラウンドのコールから16秒後、テールストライク発生から2秒後のことであった。

なお、2.8.4(5)に記述したとおり、機長は、テイクオーバー後に副操縦士が円滑にPM業務に戻れない可能性があることを予想し、状況により副操縦士に必要な指示を行うことが大切であるが、CVRにはその指示を行った記録がなかった。

- (2) 2.1.1に記述したとおり、副操縦士は、機長がゴーアラウンドをコールし、操縦桿を操作し始めた後の16時08分10秒、PFの復行手順である「フラップ20」を指示している。また、3.4.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、フレアを開始した頃から機長に操縦を補助されており、その後、操縦桿への入力が増少していた。

このことから、副操縦士は、ゴーアラウンドのコール後も機長の操縦の補助が継続していると判断し、機長に操縦を委ねながらも機長からテイクオーバーのコールがあるまで、PFとして業務を継続していたものと考えられる。

- (3) 以上のことから、機長が副操縦士の操縦を補助していた状態で、テイクオーバーの宣言がなかったため、機長の意図が副操縦士に伝わらず、一時的に

P FとPMの役割分担が不明確な状態となり、2.8.5に記述したPMの業務であるピッチ角、速度等の飛行諸元のモニターが不十分になった可能性が考えられる。

3.4.5 テールストライク

(1) 接地後の状況

図Bに示したとおり、主脚の接地後、スポイラーが展開し始め、主脚のブレーキ圧力が上昇し始めた。その後、速度の減少とともにピッチ角が増加し、2.4.4に記述した主脚の緩衝装置が圧縮された場合にテールストライクが発生する角度 10.2° 以上を維持していた。

このことから、同機は、接地後、スポイラー及びオートブレーキにより減速しながら急激に機首を上げ、テールストライクが発生するピッチ角で滑走していたものと推定される。

(2) 接地後の操作

図Bに示したとおり、スラスト・レバーは、機長のゴーアラウンドのコールから8秒後の16時08分14秒ごろに前方に進められ、その6秒後、エンジン出力が増加し始めた。また、2.1.2(1)に記述したとおり、機長は、ゴーアラウンドをコール後、スラスト・レバーを前方に進めることができず、リバーススラスト・レバーがインターロック位置に引かれていることに気付き、その後、リバーススラスト・レバーを元に戻しスラスト・レバーを前方に進めたと述べている。

このことから、機長は、3.4.2(5)に記述したとおり、副操縦士のリバース操作を認識していなかったため、直ちにスラスト・レバーを進めることができなかったものと考えられる。機長は、2.8.4(2)に記述したAOMにあるとおり、リバーススラスト・レバーが操作されていることに気付いた時点で復行を中止し着陸を継続すべきところ、リバーススラスト・レバーをフルダウン位置に戻してからスラスト・レバーを操作したため、グランドアイドルまで下がっていたエンジンは出力増加まで時間を要したものと推定される。

図Bに示したとおり、ゴーアラウンドのコール後の16時08分07秒ごろから機長は操縦桿を機首上げ方向に引き続けており、ピッチ角が急激に増加して、 10.2° 以上を維持していた。

3.4.3(1)に記述したとおり、機長が、復行の必要なバウンドをしていると感じてハードランディングを避けるため復行を決意し、操縦桿を引いて機首上げ姿勢を維持しようとしていたものと推定される。

(3) テールストライクの発生

(1)に記述したとおり、同機は、機首を大きく上げた状態で滑走していたが、(2)に記述したとおり、エンジン出力が増加するまで時間を要したため、更に滑走し続け、機体後部が滑走路に接触して、Tail StrikeのCautionが発生したものと推定される。また、3.4.4(3)に記述したとおり、一時的にPFとPMの役割分担が不明確な状態となり、PMの業務である飛行諸元のモニターが不十分になったことが、機首を大きく上げた状態で滑走し続けたことに関与した可能性が考えられる。

2.2.2に記述したとおり、機体後部を長く引きずった痕跡があること及び図Bに示したとおり、同機は、16時08分21秒にTail StrikeのCautionが発生した後も大きなピッチ角が継続していたことから、再浮揚する付近までの約7秒間テールストライクの状態が継続していたものと推定される。

(付図2 事故要因の連鎖状況図 参照)

3.5 右席操縦におけるテールストライク防止

副操縦士がPFとして、機長がPMとして着陸を行う場合、テールストライクを防止するために、次のようなことが考えられる。

(1) 進入前

機長及び副操縦士は、進入・着陸時の留意事項等について相互に確認し、認識に齟齬のないようにしておく。

機長は、副操縦士に対しテイクオーバーするときの要領等について説明しておく。

(2) 進入中

副操縦士は、機長に自分の意志を正確に伝える。

機長は、PM業務のほか、副操縦士の操作について常にモニターし、必要な場合には安全に関し適宜アドバイスを行う。ただし、アドバイスだけでは対処できないような場合は、直ちにテイクオーバーする。その場合、機長は、テイクオーバーする宣言を確実に言い、副操縦士が直ちにPM業務に復することができるようにする。

(3) 接地後

副操縦士は、リバース操作後には着陸復行できないことをよく認識し、リバーススラスト・レバーを慎重に操作する。

機長は、副操縦士の操作を常にモニターするとともに、PM業務を確実に言い、必要な場合には直ちにテイクオーバーする。

運航乗務員は、地上滑走中、機体の姿勢を確実にモニターし、テールストライクの危険があるような異常姿勢にならないように注意する。

4 結 論

4.1 分析の要約

- (1) 事故当時の気象状態が事故の発生に関連した可能性は低いものと考えられる。

(3.3)^{*5}

- (2) 副操縦士は、機長の指示どおり、予想されていたウィンドシア一空域を通過してから手動操縦とし、安定して進入させていたものと推定される。

副操縦士が右席で操縦することについては、規定に適合していたものと推定される。(3.4.1)

- (3) 同機は、目標点標識を少し過ぎた付近に、右に少しロールした状態で右主脚から接地し、続いて左主脚が接地後、一瞬左主脚の緩衝装置が伸縮したものと考えられる。

副操縦士は、フレアを開始した頃から機長に操縦を補助されていたものと推定される。

機長は、接地後に生じた垂直加速度の変化により同機がバウンドし浮揚しているように感じたものと考えられる。

機長は、機体がバウンドし浮揚しているように感じ、機外を見て姿勢の把握を優先していたこと及びその後、復行を決意したことから、PMとしてスピードブレーキ・レバーの動きを確認していなかったものと考えられる。

副操縦士は、接地を認識しリバース操作を行ったものと推定される。機長は、機外を見て姿勢の把握を優先していたため、副操縦士のリバース操作を認識していなかったものと考えられる。(3.4.2)

- (4) 機長が、復行の必要なバウンドをしていると感じてハードランディングを避けるため復行を決意したものと推定される。

機長は、復行を決意し、副操縦士に指示したが、このとき機外を見て姿勢の把握を優先している状況で、短時間に何度もゴーアラウンドのコールをしていることから、余裕のない状況下での指示であったものと考えられる。

副操縦士は、通常どおり接地操作を行っていたが、機長から予想外の復行の指示を受けたため、リバーススラスト・レバーがインターロック位置にあってスラスト・レバーを前方に進めることができない状態であるにもかかわらず、TO/GAスイッチを押そうとした可能性が考えられる。(3.4.3)

- (5) 機長は、副操縦士に復行を指示したものの、操作をしなかったため、操縦のテイクオーバーを開始したものと推定される。

*5 本項の各文章末尾に記載した数字は、当該記述に関連する「3.分析」の主な項番号を示す。

機長が副操縦士の操縦を補助していた状態で、テイクオーバーの宣言がなかったため、機長の意図が副操縦士に伝わらず、一時的にPFとPMの役割分担が不明確な状態となり、PMの業務であるピッチ角、速度等の飛行諸元のモニターが不十分になった可能性が考えられる。(3.4.4)

- (6) 同機は、接地後、スポイラー及びオートブレーキにより減速しながら急激に機首を上げ、テールストライクが発生するピッチ角で滑走していたものと推定される。

機長は、副操縦士のリバース操作を認識していなかったため、直ちにスラスト・レバーを進めることができなかったものと考えられる。機長は、リバーススラスト・レバーが操作されていることに気付いた時点で復行を中止し着陸を継続すべきところ、リバーススラスト・レバーをフルダウン位置に戻してからスラスト・レバーを操作したため、グラウンドアイドルまで下がっていたエンジンは出力増加まで時間を要したものと推定される。

機長が、復行の必要なバウンドをしていると感じてハードランディングを避けるため復行を決意し、操縦桿を引いて機首上げ姿勢を維持しようとしていたものと推定される。

同機は、機首を大きく上げた状態で滑走していたが、エンジン出力が増加するまで時間を要したため、更に滑走し続け、機体後部が滑走路に接触して、Tail StrikeのCautionが発生したものと推定される。また、一時的にPFとPMの役割分担が不明確な状態となり、PMの業務である飛行諸元のモニターが不十分になったことが、機首を大きく上げた状態で滑走し続けたことに関与した可能性が考えられる。(3.4.5)

4.2 原因

本事故は、同機が接地後、機首を大きく上げた状態で滑走し続けたため、機体後部が滑走路に接触して損傷したものと推定される。

機首を大きく上げた状態で滑走し続けたことについては、接地後、機長が、復行の必要なバウンドをしていると感じてハードランディングを避けるため復行を決意し、その後、リバーススラスト・レバーが操作されていることに気付いた後においても復行を継続したことで、エンジン出力増加までに時間を要したこと及び操縦桿を引き続けたことによるものと考えられる。また、機長が副操縦士の操縦を補助していた状態で、テイクオーバーの宣言がなかったため、機長の意図が副操縦士に伝わらず、一時的にPFとPMの役割分担が不明確な状態となり、PMの業務である飛行諸元のモニターが不十分になったことが関与した可能性が考えられる。

5 再発防止策

5.1 事故後に同社により講じられた措置

5.1.1 事故発生後の指示

同社は、本事故の発生に鑑み、運航訓練審査企画部長通報により、運航乗務員に対し次の指示を実施した。

(1) 適切なテイクオーバー

副操縦士に右席で操縦させている場合、機長が副操縦士の修正操作として操縦装置等に入力するアシストという考え方を認めていないこと、並びにそれによりPF及びPMの業務が不明確になること等の不安全要素を説明し、そのような場合にはテイクオーバーすることを指示した。

また、テイクオーバーした場合、副操縦士は円滑にPM業務に戻れない可能性があること、PF及びPM双方が適切なブリーフィングを通して正しい共通認識・危機感を持ってクルー間のコーディネーションを図ることの重要性について説明した。

(2) 副操縦士が右席で離着陸を実施するための気象条件

本事故及び前年に発生したテールスキッドの接触事案について、右席操縦の制限条件を満たしていたものの台風・低気圧の通過後で比較的風の強い日であったという共通点に着目し、Operations Manual に規定した気象条件に加え、次のような場合、右席操縦による離着陸を見合わせることを指示した。

- ・ 正対風成分が25ktを超える場合
- ・ 追い風成分が10ktを超える場合
- ・ 突風成分が10ktを超える場合
- ・ ATISやPIREPなどで10ktを超えるウィンドシアアが通報されている場合
- ・ 強い乱気流が予想される場合
- ・ 台風、前線通過時前後など悪天が予想される場合

5.1.2 Operations Guide の改正

運航のガイドラインとしている Operations Guide を改正し、主に次のことを明示した。

(1) 副操縦士右席操縦実施

- ① 機長によるアドバイスは口頭での指示である。
- ② 高度300ft以下はアドバイスによる修正ではなくテイクオーバーする。

- ③ バウンスやスキップ状態になった場合には、テイクオーバーする。
 - ④ 着陸時スピードブレーキ・レバーがアップにならない場合は、テイクオーバーする。
- (2) 適切なテイクオーバーの実施
- ① テイクオーバー後は、着陸に固執して復行をためらうことがないようにする。
 - ② 機長はPMのまま、アシストとして操縦装置等に入力することはせずテイクオーバーする。
 - ③ 機長によるアドバイスは口頭での指示である。
 - ④ 高度300ft以下はアドバイスによる修正ではなくテイクオーバーする。
 - ⑤ バウンスやスキップ状態になった場合には、テイクオーバーする。

5.1.3 集合座学

平成24年6月1日から30日までの間、運航乗務員を対象に次の内容の座学等を行った。

- (1) アンケート調査
 - テイクオーバーの経験、PM業務中の不具合経験及び右席操縦の実施を迷った経験についてアンケート調査
- (2) 同社における右席操縦時のテールストライク・テールコンタクト事例の紹介
- (3) テイクオーバーを主眼として事故調査報告書に基づく事件事例研究
- (4) Operations Guide 及び運航訓練審査企画部長通報の改正点の説明並びに討議等
- (5) 右席操縦時のリスクマネジメント（TEM）の重要性等について
 - ① 進入中のTEM
 - 危険要素の発見、対処方法の検討及びクルー間の共有
 - 安全確保のための質問と主張
 - ② PF及びPMの思い描く操縦操作等を共有するための綿密なブリーフィング
 - ③ 適切なテイクオーバーの時機
 - 300ft以下の高度でアドバイスが必要なときはテイクオーバーする。
 - ④ テイクオーバー後のPFとPMの役割分担
 - テイクオーバー後はPM業務がおろそかになりやすいことに留意
 - PFとの相互監視におけるPM業務の重要性を再認識

5.1.4 シミュレーター訓練

Left Approved 機長資格保有者に対して次の内容のシミュレーター訓練を実施した。

(1) PM業務の重要性の再確認

左席でPM業務を行う際に負荷のかかる視程、雲底、風等の状態を設定した上で、接地後のシステム故障等を設定し、適切なコールアウトにより状況を共有し、適切な対応を実施できることを確認する。

(2) 適切なテイクオーバーの実施・確認

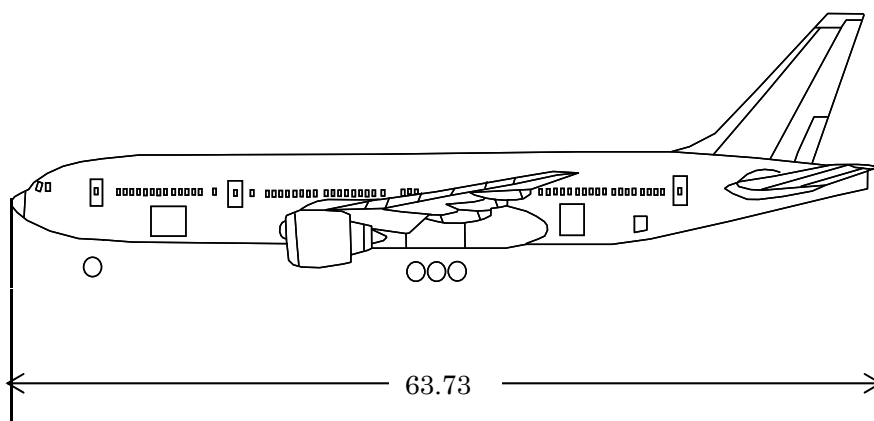
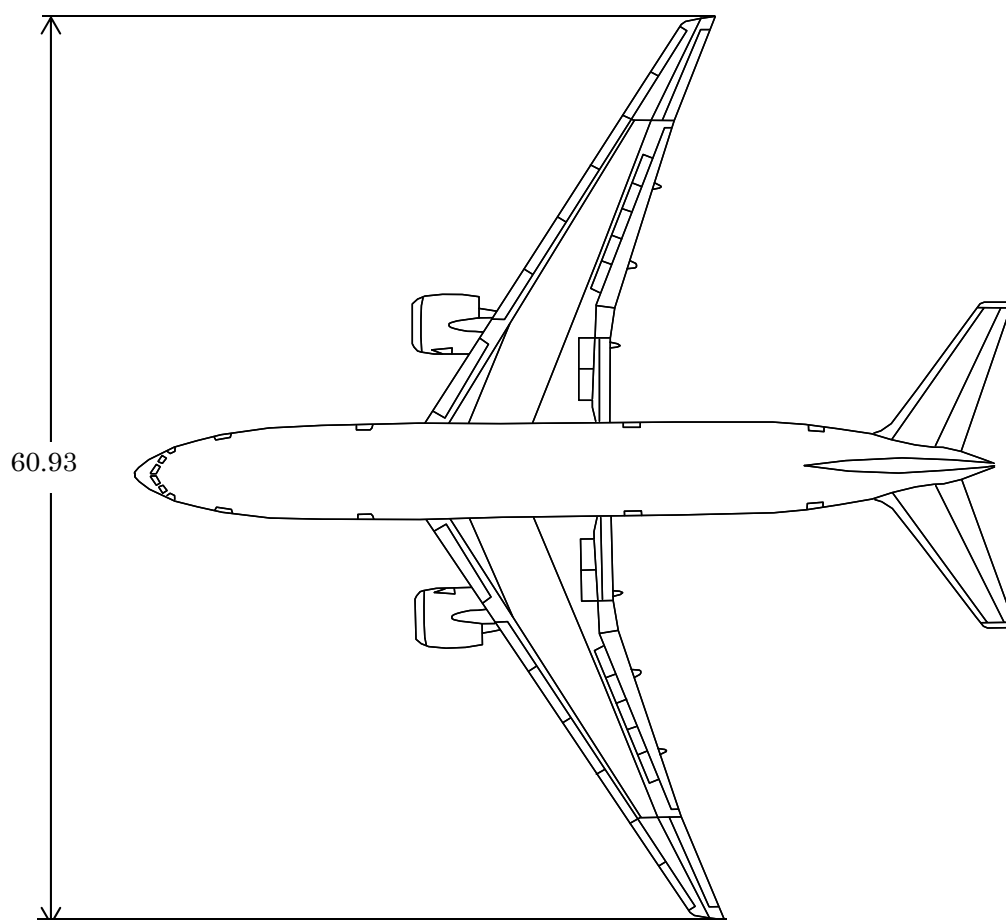
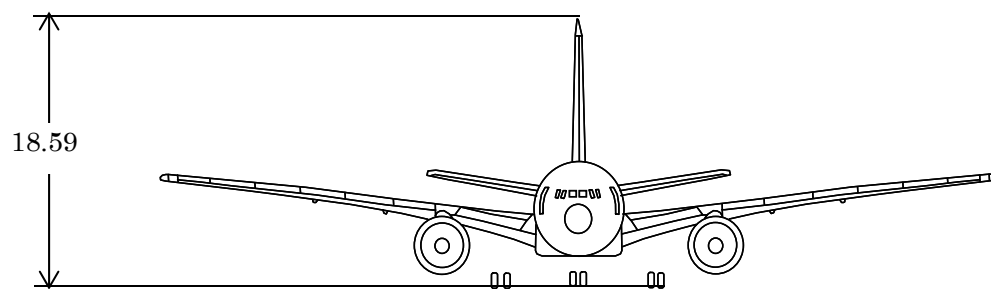
高度300ft前後又は接地点付近での状況の変化を適切に認識し、安全かつ速やかにテイクオーバーが実施できることを確認する。

(3) 接地付近からテイクオーバーした後の安全な復行

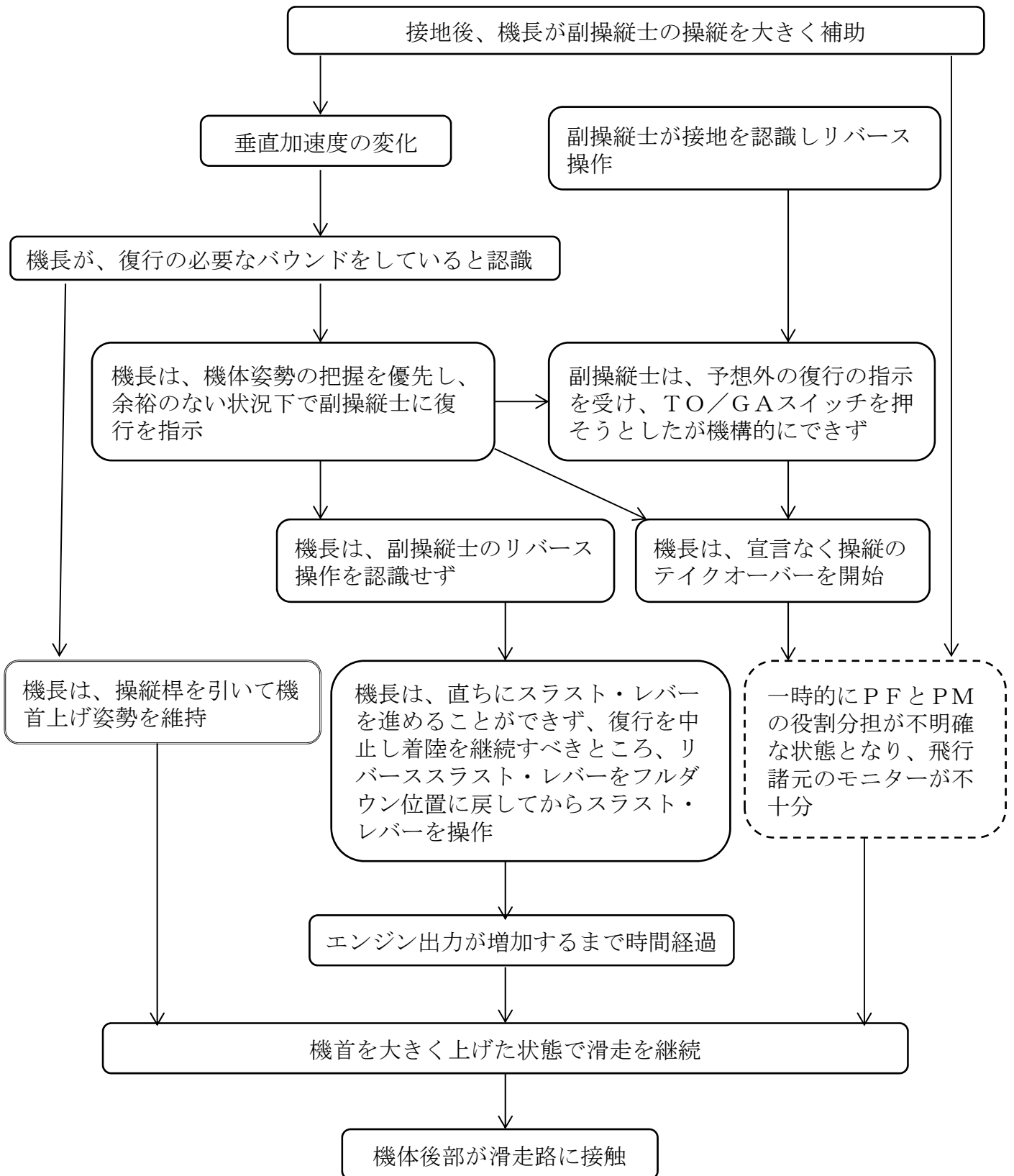
接地付近から復行が必要になった場合、安全に復行できるように機体のエネルギー及び姿勢(特にピッチ)を適切にコントロールしながら複数回復行を演練する。

付図1 ボーイング式777-200型三面図

単位：m



付図2 事故要因の連鎖状況図



- DFDR等の記録、関係者の口述等からほぼ間違いのない事象
- ⋯ 関連状況等から可能性が考えられる事象

写真 機体の損傷状況

