

AA2023-5

# 航空事故調査報告書

I 日本貨物航空株式会社所属

ボーイング式747-8F型

JA13KZ

復行時のテールストライク（胴体後部下面接触）による機体の損傷

II 個人所属

セスナ式172P型

JA3969

地上走行中の主翼損傷（エプロン照明灯に接触）

III 岡山航空株式会社所属

セスナ式172R型

JA123R

鳥衝突による機体損傷

IV 株式会社Japan General Aviation Service所属

シーラス式SR20型

JA01TC

着陸時の機体損傷

令和5年8月31日



運輸安全委員会  
Japan Transport Safety Board

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 武田 展雄

## 《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 日本貨物航空株式会社所属  
ボーイング式747-8F型  
JA13KZ  
復行時のテールストライク（胴体後部下面接触）  
による機体の損傷

# 航空事故調査報告書

所 属 日本貨物航空株式会社  
型 式 ボーイング式747-8F型  
登録記号 JA13KZ  
事故種類 復行時のテールストライク（胴体後部下面接触）による機体の損傷  
発生日時 令和3年2月1日 18時51分ごろ  
発生場所 成田国際空港 滑走路16R

令和5年7月21日  
運輸安全委員会（航空部会）議決  
委 員 長 武 田 展 雄（部会長）  
委 員 島 村 淳  
委 員 丸 井 祐 一  
委 員 早 田 久 子  
委 員 中 西 美 和  
委 員 津 田 宏 果

## 1 調査の経過

1.1 事故の概要	<p>日本貨物航空株式会社所属ボーイング式747-8F型JA13KZは、令和3年2月1日（月）18時51分ごろ、成田国際空港の滑走路16Rへの着陸時に、バウンドし機体の姿勢が不安定となったため、復行したが、機体後部下面が滑走路に接触し、機体を損傷した。</p> <p>同機には、機長ほか乗務員1名、計2名が搭乗していたが、負傷者はいなかった。</p>
1.2 調査の概要	<p>運輸安全委員会は、令和3年2月1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。本調査には、事故機的设计・製造国であるアメリカ合衆国の代表が参加した。</p> <p>原因関係者からの意見聴取及び関係国への意見照会を行った。</p>

## 2 事実情報

2.1 飛行の経過	<p>機長及び副操縦士の口述、飛行記録装置（FDR）、クイック・アクセス・レコーダー（QAR）及び操縦室音声記録装置（CVR）の記録並びに管制交信記録によれば、飛行の経過は概略次のとおりであった。</p> <p>(1) 成田国際空港の進入までの状況 日本貨物航空株式会社所属ボーイング式747-8F型JA13K</p>	
-----------	---	--

図1 同機

	<p>Zは、令和3年2月1日、同社の定期258便として、15時34分（時刻は日本標準時、以下同じ。）に香港国際空港を成田国際空港（以下「同空港」という。）に向けて離陸した。同機には、機長がPF*1として左操縦席に、副操縦士がPM*1として右操縦席に着座していた。</p> <p>機長及び副操縦士は、前日はシンガポール共和国で宿泊だったが、乗務はなく、睡眠は十分に取れ、出発前に疲労はなく体調にも問題ないと感じていた。</p> <p>当日、当該便の前に、同機及び同運航乗務員にてシンガポール・チャンギ国際空港から香港国際空港へのフライト（飛行時間3時間55分）が行われていた。</p> <p>(2) 進入から接地までの状況</p> <p>18時00分に発出された同空港のATIS情報*2で、同空港の風の情報（180° / 2kt）を入手した。また、同情報にはタービュランス及びウィンドシアアに関する情報はなかった。</p> <p>機長は、着陸形態をフラップ30°、オートブレーキ3及び進入速度<math>V_{Ref}^{*3} + 5KIAS^{*4}</math>で進入することとし、同空港への降下開始前に、ランディングブリーフィングを実施した。通常どおりのブリーフィングが行われ、特記事項はなかった。</p> <p>同機は、東京ターミナル管制所成田入域管制席管制官から同空港のILS*5 Y RWY 16 Rの精密セグメント*6にレーダー誘導された。同機はオートパイロット及びオートスロットルを使用していた。</p> <p>18時47分11秒、同機は成田飛行場管制所飛行場管制席管制官（成田タワー）と交信し、ILS Y RWY 16 R進入の精密セグメントの開始地点PERCHに近づいていることを伝えた（図3参照）。</p> <p>18時48分33秒、最終進入中の同機が、成田タワーに地上風を聞いたところ、成田タワーは200° / 5ktと答えた。</p> <p>18時49分21秒、成田タワーは同機に着陸許可の発出及び地上風（200° / 4kt）を通報し、同機は応答した。</p> <p>同機は滑走路16 R（滑走路磁方位157°、滑走路進入端標高130</p>
--	---

\*1 「PF」及び「PM」とは、2名で操縦する航空機における役割分担からパイロットを識別する用語である。PFはPilot Flyingの略で、主に航空機の操縦操作を行う。PMは、Pilot Monitoringの略で、主に航空機の飛行状態のモニター、PFの操作のクロスチェック及び操縦以外の業務を行う。

\*2 「ATIS情報」とは、飛行場に発着する航空機を対象に提供される、当該飛行場の進入方式、使用滑走路、飛行場の状態、気象情報等に関する情報である。

\*3 「 $V_{Ref}$ 」とは、航空機が着陸するために滑走路進入端を通過する際の基準となる対気速度のことである。

\*4 「KIAS」とは、ノットで表示された指示対気速度のことである。

\*5 「ILS (Instrument Landing System: 計器着陸装置)」とは、着陸のため進入中の航空機に対し、指向性のある電波を発射し滑走路への進入コースを指示する無線着陸援助装置のことであり、滑走路への進入コースの中心から左右のずれを示すローカライザー (LOC) と適切な進入角を示すグライド・スロープ (GS) 及び滑走路までの距離を示すマーカービーコン、ターミナルDME又は代替フィックスから構成される。

パイロットは、機上の指針方向に飛行することにより適切な進入コースに乗ることができる。

LOC信号のコース幅 (表示装置の一番左のドットから右のドットまでの幅 (左右2ドット)) は、滑走路進入端で約210m (700ft) になるように調整されている。

GSビームの幅 (表示装置の一番上から一番下のドットまでの幅 (上下2ドット)) は約1.44°の厚みをもっている。

\*6 同空港のILS Y RWY 16 Rの精密セグメントは、パイロットはPERCHを2,800ftで通過後、方位157°を3.0°のパスで降下する。本進入方式の決心高度はILSカテゴリーIの場合、330ftである。

	<p>ft、滑走路長4,000m)への進入中、横風に対してクラブ<sup>*7</sup>角を右に約10°取っていた。</p> <p>18時50分23秒、同機は高度635ft(滑走路標高からの高さ500ft(500ft Above Field Elevation(AFE)))を通過した。副操縦士は、「500ft」とコールアウトし、機長はそれに対し「スタビライズド」(安定した進入である)と答えた。</p> <p>18時50分31秒、同機は高度542ft(電波高度計<sup>*8</sup>の高度(RA)500ft)でRunway Alignment Mode(2.6節(4)参照)に入った。</p> <p>それ以降のFDR及びQARの記録は、付図1(18時50分30秒から18時51分45秒)及び付図2(18時51分00秒から18時51分35秒拡大図)のとおりである。</p> <p>18時50分37秒、機長は高度460ft(RA352ft)でオートパイロットを解除し、手動操縦へ移行(付図1①参照)した。</p> <p>オートパイロットを解除したとき、FDRに記録されていた風は218°/22ktであったが、同機が降下するにつれ、風速は徐々に減少し始めた。</p> <p>オートパイロットが解除されたため、Runway Alignment Modeが解除され、それまで左に切られていたラダーが中立位置に戻り(付図1②参照)、同機の機首は右方向(風上側)に向いた。そのため、同機は滑走路に対して右方向に偏向し始めた。オートパイロットから手動操縦に移行したとき、機長によるラダー操作はなかった。</p> <p>18時50分39秒、同機は決心高度<sup>*9</sup>手前100ft(高度430ft)を通過した。副操縦士は、「アプローチミニマ」とコールアウトし、機長はそれに対し「チェック」と答えた。</p> <p>18時50分42秒、機長はオートスロットルを解除した。</p> <p>18時50分43秒、機長は、それまでは66%程度であったエンジン回転数(N1<sup>*10</sup>)を増加させ、75~77%にした。</p> <p>機体のピッチ角が増加し、同機はグライドスロープ(GS)の適切な進入角(オングライドパス)から上方向に逸脱し始めた。</p> <p>18時50分47秒、同機は決心高度(高度330ft)を通過した。副操縦士は、「ミニマ」とコールアウトし、機長はそれに対し「ランディング」と答え、視点を外部視界へと切り替えた。</p> <p>18時50分50秒、同機が高度289ft(154ft AFE)を通過したとき、GSのオングライドパスからの逸脱が+1.02ドット(付図1③)となり、ローカライザー(LOC)の進入コースの中心(オンコース)からの逸脱が右方向へ0.2ドットとなった。</p> <p>機長は、右に偏向した同機を滑走路中心線に戻すため、同機を左にロール(ロール角左4.2°)させ、左ラダーペダルを踏み(左8.8°、同機のラダーペダルの最大位置は20°)、修正しようとした。</p>
--	--

\*7 「クラブ」とは、横風時の着陸において、横風によって流される量だけ機首を風上側に向けて進入する方法である。

\*8 「電波高度計」とは、電波を用いた高度計のことで、気圧高度計と異なり、高度の直接測定を行う。自機から鉛直下方に電波を放射し、その地上からの反射波を測定する。

\*9 「決心高度」とは、着陸に向けての進入の継続可否を判断する進入限界高度のことである。

\*10 「N1」とは、エンジンのファンと低圧圧縮機(LPC)及び低圧タービン(LPT)の回転数のことで、当該エンジンでは、エンジン最大推進力付近の回転数3,280rpmが100%として表示される

しかし、18時50分53秒、同機が高度235ft(100ft AFE)を通過したとき、LOCのオンコースからの逸脱は、右方向に0.28ドット、GSのオングライドパスからの逸脱は+1.59ドット(付図1④参照)となり、適切な飛行経路からの逸脱は更に広がった。

18時50分55秒、機長は機首下げ操作を行い、N1が65%程度になるまで推力を減少させ、降下経路の修正を試みた。

18時50分56秒、降下率(V/S)が増加し、一時-1,024 fpm(付図1⑤参照)となった。

FDRに記録されていた風速は、これ以降、増加し始めた。

18時51分03秒、滑走路末端を通過し、機長はフォワード・スラストレバーをアイドル位置にした。

同機は滑走路中心線から左に偏向し始めた。機長は、同機を滑走路中心線へ戻すため、右ラダーペダルを踏み(右11.5°(付図1⑥参照))、修正操作を行った。

18時51分04秒、機長は、同機が中心線に戻って来たので、右ラダーペダルを緩めた。LOCのオンコースからの逸脱は0ドットとなった(高度128ft(RA6ft))。

18時51分05秒、132ft(RA3ft)で、FDRに記録されていた右からの横風が最大となった(240°/22kt(付図1⑦参照))。機長は、同機を右にロールさせ、右ラダーペダルを踏んだ(右7.2°)。

風は18時50分54秒から18時51分05秒の11秒間で146°/02ktから240°/22ktと変化した。

機長は、接地間際まで、気流が乱れていると感じていた。

副操縦士は、高度500ft以下で気流が乱れていると感じていた。

### (3) 接地から復行までの状況

同機は、右にロール角(右4.2°)をとったままの状態、右主脚(右ボディギア及び右ウイングギア)が接地(付図2①参照)した。接地点位置は、滑走路進入端から520m(目標点標識の中心(430m)より90m奥)であった。接地時の機首方位(HDG)は163°(付図2②参照)であった。機長は、同機のHDGを滑走路磁方位に合わせるために左ラダーペダルを踏んだ。

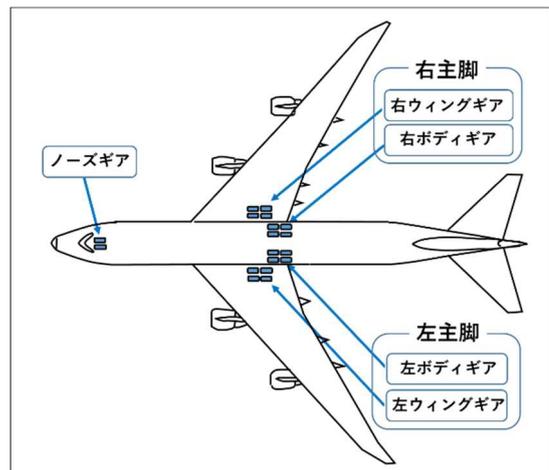


図2 ギア位置

18時51分06秒、ロール角が右4.2°で、左ボディギアが接地(付図2③参照)したが、バウンド(付図2④参照)した。スピードブレー

	<p>キ*11が展開したが、すぐに閉じた（スピードブレーキの作動状況は付図2⑥参照）。</p> <p>18時51分08秒、ロール角が右に3.9°で、左ボディギアが再接地し、左ウィングギアも接地（付図2⑤参照）した。再びスピードブレーキが展開し始めた。副操縦士は、手順（2.6節(11)参照）に従い「スピードブレーキアップ」とコールした。機長は、通常の着陸滑走の手順（2.6節(11)参照）どおりにリバー・スラストレバーを引き上げ、スラスト・リバーサーを作動（付図2⑦参照）させた。しかし、機長は、自身が行ったリバー・スラストレバーの操作を自覚していなかった。ピッチ角は減少し始めた。</p> <p>18時51分09秒、ロール角が右に2.5°で、右ボディギア、左ボディギア及び左ウィングギアがバウンド（付図2⑧参照）した。スピードブレーキは一旦閉じかけたが、すぐに展開した。その後、ロール角がほぼ水平となり、ノーズギアを除く全てのギアが接地した。ピッチ角は1.4°となった。</p> <p>18時51分10秒、スラスト・リバーサーの作動のため、エンジンのトランスレーティング・カウル（TC）*12が展開し始めた。副操縦士は、「リバーサーズ」とコールした。しかし、副操縦士は自身が行ったコールを自覚していなかった。ピッチ角が上がり始めた。この後3.5秒間でピッチ角は1.4°から9.8°（付図2⑨参照）となった。その変化量は、2.4 deg/sであった。</p> <p>18時51分11秒、全てのエンジンのTCが展開した。</p> <p>18時51分12秒、機長は、接地後から、左右の翼が交互に上下しその後も収まらず、浮揚感も感じたため、復行を決意し「ゴーアラウンド（GA）」とコールし、リバー・スラストレバーをダウン位置にし、フォワード・スラストレバーを最大操作量の位置（付図2⑩参照）まで進め復行操作を開始した。機長は、機体の着陸を恐れ、通常の復行操作手順ではなくウィンドシアーからの脱出のための操作手順に従いフラップは30°のまま復行操作を行った。機長は、機体の姿勢の変化が気になり、機体の速度を見ていなかった。</p> <p>18時51分13秒、Pitch Augmentation Control System（PACS）（2.6節(13)参照）は作動（PACSの作動状況は付図2⑪参照）したが、ピッチ角は、9.8°（付図2⑫参照）となった。速度は139 KIAS（付図2⑬参照）まで減少した。TCは閉鎖方向に動き始めた。</p> <p>18時51分15秒、全てのエンジンのTCが完全閉鎖した（TCの作動状況は付図2⑭参照）。TCが完全閉鎖したエンジンから徐々にN1が上昇（付図2⑮参照）し始めた。運航乗務員はエンジンの回転数の増加が</p>
--	--

\*11 ボーイング式747-8Fには翼上面にスピードブレーキとして働く片翼6枚（両翼12枚）のスポイラーがある。地上において、スピードブレーキレバーがアーム位置にあり、No. 1及びNo. 3エンジンのスラストレバーがアイドル位置近くにあり、少なくとも右主脚の一つ及び左主脚（左ボディギア及び左ウィングギア）の一つが接地するとスピードブレーキレバーがアップ位置に動き、全てのスポイラーが展開される。

\*12 「トランスレーティング・カウル（TC）」とは、エンジンからの前進推力を後方に噴射するための役割と、着陸後、航空機の速度を落とすために後方にスライドし、前進推力の噴流をせき止め、その噴流を斜め前方に噴射させる役割を持つカウリングの一部のことをいう。TCはリバー・スラストレバーを引き上げるにより後方に動き展開される。TCが展開されるとフォワード・スラストレバーを最大操作量位置まで進めても、TCが完全閉鎖するまでエンジンの制御上、エンジン推力は増加されない。

遅いと感じていたが、それはN1がミニマムアイドルまで低下していたためだと思っていた。

18時51分21秒、速度は地上滑走中の最低値の123KIAS（付図2⑯参照）となった。その後、速度は増加し始めた。

18時51分25秒、全てのエンジンのN1が90%を超えた（付図2⑰参照）。PACSは作動（PACSの作動状況は付図2⑱参照）したが、その後3秒間、ピッチ角は9.8°（付図2⑲参照）となった。速度は132KIASから134KIASとなった。同機は、ノーズギアを接地しないまま地上滑走をした。機長は、地上滑走中も機体の姿勢の変化と滑走路残距離が気になり、機体の速度を見ていなかった。18時51分26秒、ロール角が左に2.5°となり、右ウィングギアが浮揚（付図2⑳参照）した。

18時51分31秒、同機は復行した。ピッチ角は10.2°（付図2㉑参照）、速度は143KIAS、ロール角は左2.8°であった。滑走路残距離は1,619mであった。

#### (4) 復行後の状況

復行してから2秒間、失速警報装置が作動（付図2㉒参照）した。副操縦士は「プッシュノーズダウン」とコールアウトし、機長にピッチ角を下げさせるように注意を促した。

18時51分40秒、成田タワーに復行したことを通報した。

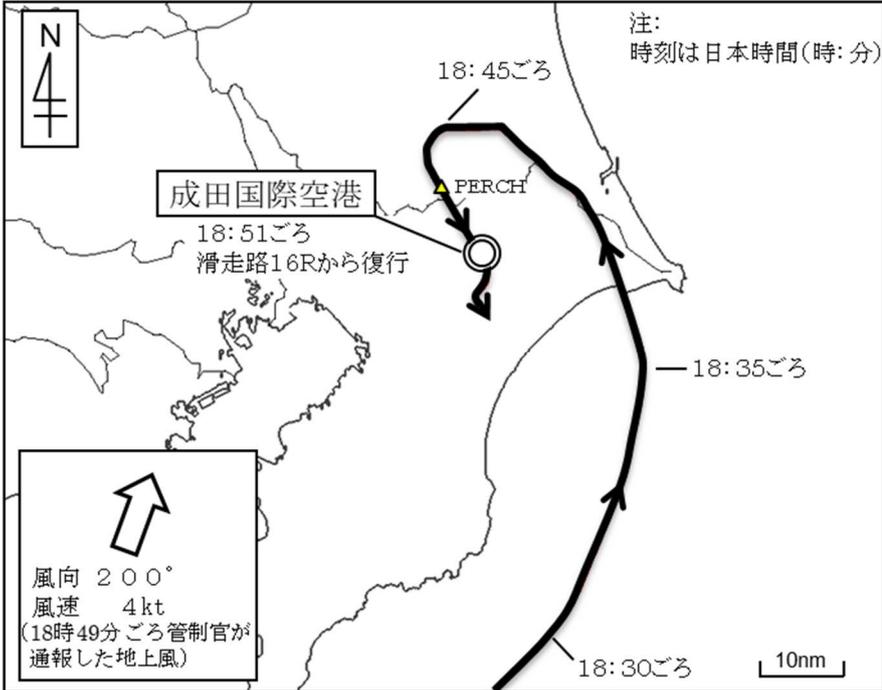
18時52分07秒、成田タワーから成田出域管制席への移管を指示した。その際に成田タワーから復行の理由を聞かれ、運航乗務員は「ウィンドシアアのため」と答えた。

同機は、2回目の進入では気流の乱れを考慮し、着陸形態をフラップ25°、進入速度を $V_{Ref} + 8$  KIASとして進入した。

先行着陸機からタワーに対して、接地間際にウィンドシアアに遭遇したとの通報があった。

19時08分12秒、同機は滑走路16Rに着陸した。

スポットイン後、機体の外部点検を行った整備士は、機体後部下面に擦過痕を発見した。運航乗務員は、整備士から報告を受けるまでテールストライクに気が付かなかった。

	 <p>注: 時刻は日本時間(時:分)</p> <p>18:45ごろ</p> <p>成田国際空港</p> <p>18:51ごろ 滑走路16Rから復行</p> <p>PERCH</p> <p>18:35ごろ</p> <p>18:30ごろ</p> <p>10nm</p> <p>風向 200° 風速 4kt (18時49分ごろ管制官が 通報した地上風)</p> <p>図3 推定飛行経路図</p> <p>本事故の発生場所は、成田国際空港の滑走路16R上（北緯35度45分19秒、東経140度22分56秒）で、発生日時は、令和3年2月1日、18時51分ごろであった。</p>
2.2 損壊	<p>航空機の損壊の程度 中破</p> <p>機体後部下面の外板及び構造部材における損傷及び変形</p>
2.3 乗組員等	<p>(1) 機長 61歳</p> <p>定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） 平成13年11月8日</p> <p>限定事項 ボーイング式747-400型*13 平成19年5月17日</p> <p>第1種航空身体検査証明書 有効期限 令和3年5月11日</p> <p>総飛行時間 19,626時間09分</p> <p>最近30日間の飛行時間 46時間45分</p> <p>同型式機による飛行時間 6,670時間29分</p> <p>最近30日間の飛行時間 46時間45分</p> <p>(2) 副操縦士 36歳</p> <p>定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） 平成28年5月26日</p> <p>限定事項 ボーイング式747-400型 平成28年5月2日</p> <p>第1種航空身体検査証明書 有効期限 令和3年7月6日</p> <p>総飛行時間 7,052時間56分</p> <p>最近30日間の飛行時間 62時間00分</p> <p>同型式機による飛行時間 2,154時間38分</p> <p>最近30日間の飛行時間 62時間00分</p>
2.4 航空機等	<p>航空機型式：ボーイング式747-8F型</p>

\*13 航空法第25条並びに航空法施行規則第53条及び54条の規定に基づく技能証明の限定において、ボーイング式747-400型とボーイング式747-8F型は同じ型式限定である。

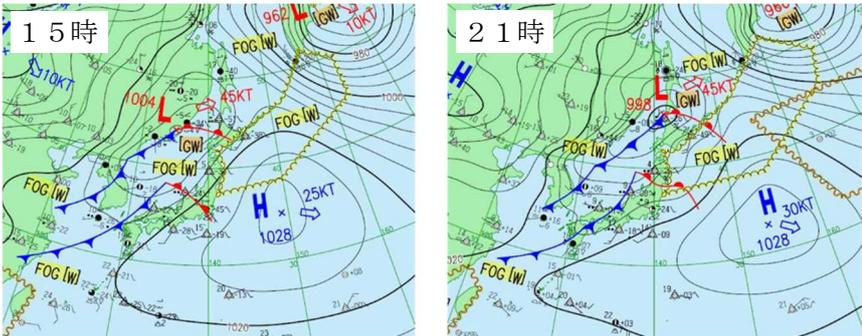
	<p>製造番号：36138、製造年月日：平成23年2月3日          耐空証明書：第東-2020-121号、有効期限：整備規程（日本貨物航空株式会社）の適用を受けている期間          耐空類別：飛行機 輸送T、総飛行時間：32,305時間37分          本事故発生時、同機の重量及び重心位置は、許容範囲内にあった。</p>
<p>2.5 気象</p>	<p>(1) 同空港の飛行場気象解説情報</p> <p>令和3年2月1日16時に成田航空地方気象台が発表した同空港の飛行場気象解説情報によると、関東・中部地域の天気概況に関しては、1日09時では東シナ海から西日本に前線がのびており、沿海州には前線を伴った低気圧があって北東進していると発表した。同空港に関するコメントとして、1日18時ごろには、ウィンドシアーに関する飛行場気象情報を発表する見込みであるとしていた。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <p>図4 令和3年2月1日 アジア太平洋地上天気図抜粋（参考）</p> <p>(2) 同空港の定時飛行場実況気象通報式 (METAR) 及び着陸用飛行場予報</p> <p>18時00分 風向 180°、風速 2kt、卓越視程 10km 以上、          雲 雲量 1/8 雲形 積雲 雲底の高さ 2,000ft、          雲量 3/8 雲形 高積雲 雲底の高さ 14,000ft、          気温 7℃、露点温度 6℃          高度計規正值 (QNH) 30.08 inHg          気象要素に重要な変化が予報されない</p> <p>18時30分 風向 160°、風速 6kt、          風向変動 140° ~ 200°、卓越視程 10km 以上、          雲 雲量 1/8 雲形 積雲 雲底の高さ 2,000ft、          雲量 3/8 雲形 高積雲 雲底の高さ 13,000ft、          気温 9℃、露点温度 6℃          高度計規正值 (QNH) 30.06 inHg          気象要素に重要な変化が予報されない</p> <p>19時00分 風向 210°、風速 9kt、卓越視程 10km 以上、          雲 雲量 1/8 雲形 積雲 雲底の高さ 2,500ft、          気温 10℃、露点温度 6℃          高度計規正值 (QNH) 30.05 inHg          気象要素に重要な変化が予報されない</p> <p>(3) 同空港の事故発生時間帯の滑走路16Rにおける空港低層風情報 (ALWIN) は、次のとおりであった。</p>

表1 滑走路16R空港低層風情報 (ALWIN)

観測時刻	18時48分	18時50分	18時53分
高度 (ft)	風向(°)/風速 (kt)	風向(°)/風速 (kt)	風向(°)/風速 (kt)
1,000	230/37	230/31	230/28
750	210/28	220/30	220/30
500	200/20	210/24	220/26
400	200/18	210/21	210/24
300	210/15	210/17	210/20
200	210/13	210/14	200/16
100	220/10	220/12	210/12
50	220/08	220/09	210/10
地上	200/04	220/05	220/06

2.6 その他必要な事項

(1) 機体の損傷状況

機体後部下面の外板に、全長約3.0m、最大幅約0.9mの損傷があり、内部の構造部材が変形していた。

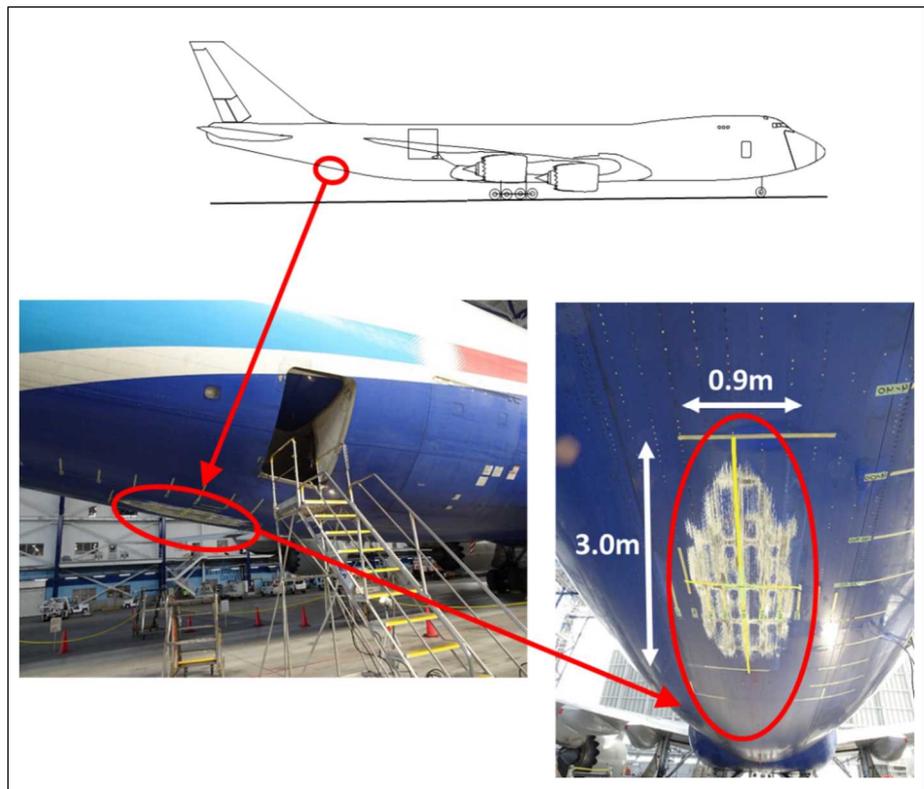


図5 損傷状況

(2) 映像記録

成田市さくらの山で同空港に着陸する航空機の動画を撮影していた目撃者がいた。撮影された動画には、同機が接地しバウンドした後に、大きく機首が上がった様子が映像で記録されていた。

(3) 滑走路点検

成田国際空港株式会社 (NAA) は、本事案を受け、同機の着陸後、滑走

	<p>路点検を実施したが、同機のテールストライクに係る滑走路への擦過痕は確認できなかった。</p> <p>(4) Runway Alignment Mode について</p> <p>同機の Automatic Flight System には、Runway Alignment Mode が装備されている。</p> <p>Runway Alignment Mode は、横風下において通常のオートパイロット作動時にクラブを取って飛行させた後、風上側にバンク（サイドスリップ）させ、クラブとサイドスリップを併用することにより、機体を着陸滑走路にまっすぐに進入させるための機能である。</p> <p>オートパイロットによるラダーコントロールが作動している状態でオートパイロットを解除すると、ラダーが中立位置（トリムをとっていたらトリム位置）に戻るため、機首は風上側に変位する。そのため、パイロットは手動操縦へスムーズに移行するために、ラダー操作を行い機体のバランスを保つ必要がある。</p> <p>(5) スタビライズド・アプローチに関する規定</p> <p>同社 Airplane Operations Manual (AOM<sup>*14</sup>) には、スタビライズド・アプローチ（安定した進入）について以下の記載がある。（抜粋）</p> <p>スタビライズド・アプローチとは、1,000ft AFE までに下記スタビライズド状態を確立し進入・着陸することをいう。1,000ft AFE までにスタビライズド状態を確立できない場合、または1,000ft AFE 以降継続してスタビライズド状態を維持できない場合、躊躇なく復行しなければならない。</p> <p>スタビライズド状態とは以下に示す基準を全て満たしていることをいう。</p> <p style="text-align: center;">（中略）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機体が適切な飛行経路を飛行していること。</li> <li>・小さなHDG/ピッチ角の修正だけで適切な飛行経路を維持できること。</li> </ul> <p style="text-align: center;">（中略）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・V/Sが1,000fpm以下であること。（大きい着陸重量、気象状況等により1,000fpmを超えるV/Sが必要な場合を除く。ただし、適切なV/Sを事前に確認しておくこと。）</li> </ul> <p style="text-align: center;">（中略）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ILS進入では、GSのオングライドパスおよびLOCのオンコースからの逸脱は1ドット以内にあること。</li> </ul> <p>(6) ウィンドシアー遭遇時の飛行に関する規定</p> <p>同社のAOMにはウィンドシアー遭遇時の飛行について以下の内容の記載がある。</p> <p>飛行中にウィンドシアーに遭遇した場合、Windshear Escape Maneuver（ウィンドシアーからの脱出操作）を実施する。</p> <p>手動操縦の場合、PFはオートパイロットを解除し、直ちに最大推力を</p>
--	--

\*14 「AOM」とは、航空機の性能、運用及び乗員の操作に関する規定で、機種ごとに設定されており、航空機メーカー発行のマニュアルを基に、航空会社が検討を加えて発行している。運用限界、通常操作、緊急・故障時操作、諸系統及びその操作、性能、特殊運航、ウェイト・アンド・バランス等を規定している。

	<p>セットする。PMは最大推力がセットされたことを確認する。</p> <p>ウィンドシアアの危険性がなくなるまで、フラップ又はギア位置を変更してはならない。</p> <p>(7) コールアウトに関する規定</p> <p>同社のAOMには、PMは1,000ft AFE以下において、意図する飛行経路からの逸脱を認めた場合のコールアウトに関して以下の内容の記載がある。</p> <p>降下率が1,000fpmを超えた場合は「シンク・レート」とコールアウトする。</p> <p>GSのオングライドパスから1ドットを超えた場合は、「グライド・スロープ」とコールアウトする。</p> <p>(8) 復行に関する規定</p> <p>同社のOperations Manual (OM<sup>*15</sup>) SUPPLEMENTには、復行に関して、以下の内容の記載がある。</p> <p>AOMに定めるスタビライズド・アプローチを確立し得ないと判断したとき、あるいはスタビライズド・アプローチの要件を継続して満足できない場合、復行を実施する。</p> <p>(9) 復行操作の手順に関する規定</p> <p>同社のAOMには復行操作の手順について以下の内容の記載がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・PFは、「ゴーアラウンド」とコールすると同時にスラストレバーのTO/GAスイッチ<sup>*16</sup>を押し、「フラップ20」とコールする。</li> <li>・PFの指示に従い、PMは、フラップを20°にセットする。</li> </ul> <p>(10) テールストライク</p> <p>同社のFlight Crew Training Manual (FCTM<sup>*17</sup>)には、着陸時のテールストライクの要因として以下の記載がある。(抜粋)</p> <p>着陸における危険要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・不安定な進入</li> </ul> <p>フライトレコーダーのデータによると、500フィート以下で安定しない状態で飛行を続ける乗務員は、めったに進入を安定させることができない。</p> <p style="text-align: center;">(中略)</p> <p>接地時にスポイラーを展開したまま急激にピッチ角を上げると、スポイラー(スピードブレーキ)によって機首上げの力が加わりピッチ姿勢が増大しテールストライクを起こす可能性が高くなる。</p> <p style="text-align: center;">(中略)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・復行時の過大な機首上げ</li> </ul> <p>着陸時のフレア操作時や着陸後など進入のかなり遅い段階で行われる復行はテールストライクの原因の一つである。(中略)パイロットがピッチコマンドのバーまでピッチを急激に上げると、飛行機がそれに</p>
--	---

\*15 「OM」とは、運航関係の業務に関する基本方針、実施大綱、規則などを定めたもので、航空会社の方針に基づいて設定されており、運航管理、運航基準、地上運航従事者、乗員、最低気象条件、緊急対策、その他で構成されている。

\*16 「TO/GAスイッチ」とは、スラストレバーに付いているオートスロットルに関連するスイッチのことをいう。離陸の際に押すとスラストレバーはオートスロットルにより離陸推力まで進められ、進入中に押すとスラストレバーは、オートスロットルによりゴーアラウンド推力まで進められる。

\*17 「FCTM」とは、同型機の操縦方法に関する実践的な情報をパイロットに提供するためのマニュアルである。

反応して上昇し始める前にテールストライクを起こすことがある。復行においては、ピッチ姿勢の確立だけではなく、推力を増加させることが必要である。推力の増加がピッチ姿勢の増加に対して十分でない場合、速度が低下してテールストライクを起こす可能性が高くなる。

(11) 着陸滑走に関する規定

同社のAOMには、着陸滑走に関して、以下の記載がある。(抜粋)

Landing Roll Procedure (地上滑走手順)

PF	PM
スラストレバーが閉じていることを確認すること。 スピードブレーキレバーがアップであることを確認すること。	スピードブレーキレバーがアップであることを確認する。 "スピードブレーキアップ"とコールする。 (中略)
ロールアウトの進捗をモニターする。	
(中略)	
警告：リバース・スラストレバー作動後はフルストップしなければならない。 エンジンがリバースのままでは、安全な飛行ができない。	
遅滞なく、リバース・スラストレバーをインターロック位置まで動かし、インターロックが解除されるまで軽く圧力をかけたままにする。その後、必要に応じて、リバース推力を加える。	フォワード・スラストレバーが閉じていることを確認する。 全てのリバース・インジケーターが緑色になったら、"リバーサーズノーマル"とコールする。 (中略)

(12) スラストレバー

① 同社のAOMには、スラストレバーについて以下の記載がある。(抜粋)

a リバース・スラストレバー (図6①)

エンジンのリバース・スラストを制御する。

リバース・スラストはフォワード・スラストレバーがアイドル位置になっているときのみに操作することができる。

自動的にスピードブレーキを作動させる。

b フォワード・スラストレバー (図6②)

エンジンのフォワード・スラストを制御する。スラストレバーはリバース・スラストレバーがダウン位置にないと前に動かすことはできない。

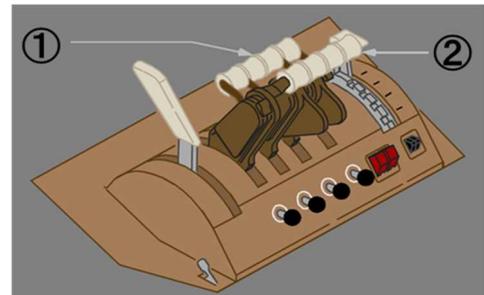


図6 スラストレバー

② 同社のFCTMには、リバース・スラストレバーの操作方法について以下の記載がある（図7）

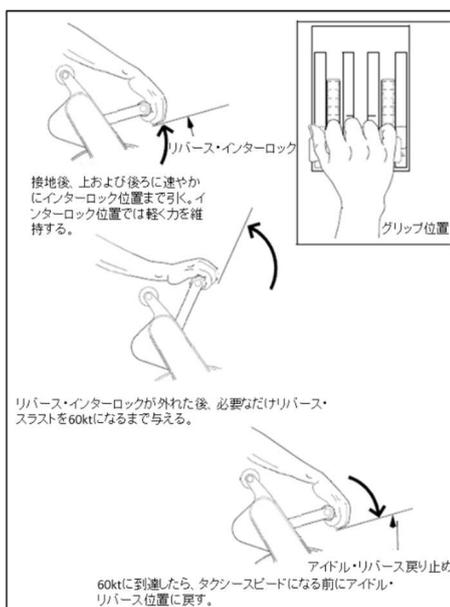


図7 リバース・スラストレバー操作方法

(13) PACSについて

同社のAOMには、PACSについて、以下の記載がある。（抜粋）

PACSは、ピッチの安定性と着陸時のフレアを補助するシステムである。

PACSは、ピッチ方向の機体の安定性の維持及び着陸時の引き起こし操作を補助するものである。PACSによりエレベーターの作動が制御されるが、PACSの動作が操縦桿に反映されることはない。

PACSには以下の機能がある。

- ・ 高迎角時・・・PACSはAOA<sup>\*18</sup>ベーンによって検知された迎角が計算された閾値より大きい場合、エレベーターを機首下げ方向に動かす。

（中略）

- ・ テールストライク・プロテクション・・・離陸及び着陸の際、PACSはテールストライクの可能性を計算し、航空機の尾部が地面に接触しないように必要に応じて機首下げ方向にエレベーターを動かす。

\*18 「AOA」とは、迎え角のことであり、翼が一様な気流の中に置かれたとき、この気流の方向と翼弦線のなす角度のことである。

(14) 通常着陸時の地上接触（グラウンドコンタクト）について

同社のFCTMには、通常着陸時のグラウンドコンタクトについて以下の内容の記載がある。

ロール角0°、ピッチ角10.2°からロール角5.4°、ピッチ角10.8°までを結ぶ線分（図8赤線）を超えるとボディギア、テールが接触する可能性がある。

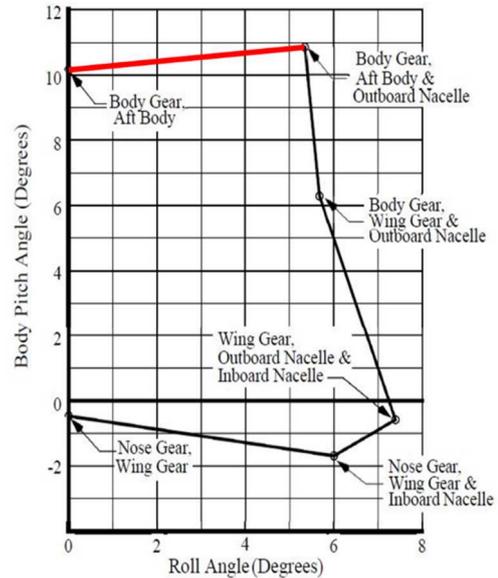


図8 グラウンドコンタクトアングル  
(通常着陸時)

(15) 運航乗務員の乗務割及びアルコール検査

同社のOMには、乗務割の基準に関して、以下の記載がある。(抜粋)

運航乗務員の編成	連続24時間における			乗務時間		
	乗務時間	勤務時間	着陸回数	1 暦月	3 暦月	1 暦年
国際 運航 機長資格操縦士 1名 機長資格操縦士 または 副操縦士操縦士 1名	12 時間	15 時間	5回	95 時間	250 時間	940 時間

機長及び副操縦士は、連続24時間における乗務時間8時間53分及び勤務時間14時間10分であり、この乗務割の基準に則って、乗務を実施していた。

シンガポール・チャンギ国際空港出発前及び成田国際空港到着後に行われたアルコール検査は、機長及び副操縦士ともに、0.00mg/Lであった。

(16) 機長及び副操縦士の受けた教育・訓練及び審査の状況

本事故発生までの間、定期的に訓練及び審査を受けており、マネージメント、モニター業務、LOFT<sup>\*19</sup>訓練及び年度ごとにCrew Resource Management (CRM) スキルのテーマを設けて行われたCRM/Threat and Error Management (TEM) 訓練等の総合所見に問題はなかった。

(17) CRM/TEMについて

① TEM

ヒューマンエラーに起因する航空事故を防止するため、従来からCR

\*19 「LOFT」とは、Line Oriented Flight Training の略で、通常の運航乗務員編成により模擬飛行装置を使用して、路線訓練における通常状態並びに発生する可能性のある異常状態及び緊急状態の模擬を行い、CRMを実施する能力の向上を目的とした訓練のことをいう。

	<p>M/LOFTに代表されるヒューマンファクター訓練が運航乗務員に対して導入されているが、現在では、ヒューマンエラーは必ず発生するという考えの下でTEMの概念が運航乗務員の訓練等の要件に含まれている。ここでいうThreat（スレット）とは、運航を複雑にし、エラーを誘発する様々な要因で、適切に対応しないと安全マージンを減少させてしまう脅威のことであり、Error（エラー）とは、組織若しくは運航乗務員の意図又は予期から逸脱することにつながる運航乗務員の作為若しくは不作為のことである。TEMを実践するため、運航乗務員は、CRMスキルの発揮が求められる。</p> <p>② CRMスキル</p> <p>米国連邦航空局（Federal Aviation Administration（FAA））発行のCrew Resource Management：An Introductory Handbook（CRM HDBK）には、CRMスキルは、コミュニケーションと意思決定、チーム形成と維持及びワークロードの管理と状況認識に分類されることが記述されている。</p> <p>このうち、状況認識マネジメントについて、FAAの「モニター業務に関する通達」には、以下の記述がある。（抜粋）</p> <p>クルーパーフォーマンス、インシデント及び事故に関する研究の結果、航空安全にとっての脆弱点として「不十分なモニターやクロスチェック」が明らかにされてきた。エラーや不安全状況を検知することが事故に繋がるイベントの連鎖を断ち切ることから、有効なモニターやクロスチェックは、事故を防ぐ最後の砦であり、防御線である。（中略）運航乗務員は、安全マージンを脅かす可能性のある事象を特定し、未然に防ぎ、軽減するためにモニターしなければならない。</p> <p>コミュニケーションについては、FAAのCRM HDBKには、操縦室内での情報交換が重要であること、有効なコミュニケーションのためには、懸念や助言は積極的にはっきりと表明することが重要であると指摘されている。</p> <p>(18) 同空港におけるウィンドシアーが関与して発生した航空事故</p> <p>同空港におけるウィンドシアーが関与して発生した類似事案として、平成2年3月24日14時12分ごろ、滑走路16（現滑走路16R）へ着陸する際ハード・ランディングして、左主翼翼根部リヤ・スパー及びその周辺部が破損し、第1燃料タンクから燃料が流出した航空事故（<a href="https://www.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/rep-acci/92-2B-VR-HOC.pdf">https://www.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/rep-acci/92-2B-VR-HOC.pdf</a>）及び平成24年6月20日13時23分ごろ、滑走路16Rへ着陸の際にバウンドし、強い衝撃により機体を損傷した航空事故（<a href="https://www.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/rep-acci/AA2016-6-2-JA610A.pdf">https://www.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/rep-acci/AA2016-6-2-JA610A.pdf</a>）がある。</p>
--	---

### 3 分析

<p>(1) 気象との関係</p> <p>FDRに記録された風及び運航乗務員の口述から、高度500ft以下で、横風が強かったことが推定され、また、気流の乱れがあった可能性が考えられる。</p> <p>運航乗務員は、地上での風速の通報が5kt未満であったものの、上空では横風が20ktを超えている状況であったことから、進入時のブリーフィングなどで横風等の気流の乱れに対する対応</p>
---

(復行)などを事前に検討し、運航乗務員間で共有しておく必要があったものと考えられる。

## (2) 進入時の状況及び着陸の判断

同機のFDR及びQARの記録から、同機は、オートパイロット解除までは安定した進入であったと認められる。

機長は高度460ft (RA341ft) のときにオートパイロットを解除した。オートパイロットが解除されたため、Runway Alignment Modeがキャンセルとなり、左に切られていたラダーが中立位置(トリム位置)に戻り、同機の機首は風上側へ変位し始めた。機長は、同機のこの挙動に対する適切なラダー操作及び横風に対する適切な操作ができなかったため、同機の進路が右に偏向し、滑走路中心線から右に逸脱したものと考えられる。

機長が適切な操作ができなかったことについては、機長は、低高度でのオートパイロットの解除をスレットとして認識できていなかったものと考えられる。

その後、機長は、オートスロットルを解除し推力を増加させた。推力の増加によりピッチ角が上がったため、GSのオングライドパスから逸脱したものと考えられる。

GSのオングライドパスからの逸脱量は、同社のスタビライズド・アプローチの規定を超えたが、機長は修正可能と判断して進入を継続したものと考えられる。LOCのオンコースからの逸脱は、機長が接地寸前にラダー操作することによって修正されたが、同機の進入は、スタビライズド・アプローチが維持されておらず、機長は、早期に復行を行うべきであったものと考えられる。また、副操縦士は、GSのオングライドパスからの逸脱量及びV/Sが同社の規定を超えたときにコールアウトして、直ちに機長に復行を促すべきであったものと考えられる。

## (3) 接地時の状況

同機は、右に4.2°のロール角をとったままの状態、HDGが滑走路磁方位より6.0°右で、右主脚から接地した。接地後、機長は、同機のHDGを滑走路磁方位に合わせるために左ラダーペダルを踏んだ。左ボディギアは接地したが、バウンドしたため、左ウィングギアは接地しなかった。この時、機長は、右からの横風に対して、右翼を下げるためのエルロンを使い、左へのロールスピードを抑える必要があった可能性が考えられる。スピードブレーキは展開したが、すぐに閉じた。

接地3秒後、全ての主脚が接地し、再びスピードブレーキが展開し始めた。機長は、副操縦士の「スピードブレーキアップ」のコールを聞き、反射的にリバーサー・スラストレバーを操作したのと考えられる。リバーサー・スラストレバーが操作されたことによって、スラスト・リバーサーが作動し、副操縦士は「リバーサーズ」とコールした。これは、スラスト・リバーサーが作動したときにコールする「リバーサーズノーマル」を言い掛けたものと考えられる。しかし、機長及び副操縦士はスラスト・リバーサーの作動を覚えていなかった。機長及び副操縦士が、スラスト・リバーサーの作動を覚えていなかったことについては、機長の操作及び副操縦士のコールが、いずれも反射的な反応となっていたこと、及び着陸後、同機の挙動が不安定であったためその挙動の変化に気を取られていたことによるものと考えられる。

リバーサー・スラストレバーの操作は接地の確認を一つの要素のみ(例えば、スピードブレーキアップのコールのみ、など)で行うのではなく、主脚の確実な接地やオートブレーキの作動を意識的に確認してから操作すべきである。

一時1.4°まで減少したピッチ角は、展開され始めたスピードブレーキにより発生した機首上げの力の影響により機首上げ方向へ増加し始めたものと考えられる。

## (4) 復行の判断

機長は接地後、同機がバウンドを繰り返し姿勢が不安定であり、ピッチ角が機首上げ方向に増加したことに伴う浮揚感を感じたため、復行を決断したのと考えられる。

しかし、機長が復行を決断したとき、既にスラスト・リバーサーを作動させており、AOMの規

定に反することになることから、この段階からの復行は適切ではなかったと考えられる。機長は、機首を下げてノーズギアを早く接地させ方向性を保持して着陸滑走し、フルストップすべきであった。復行の判断は、機体の状況を的確に把握したうえで行うべきである。

(5) 復行の操作

機長は、「ゴーアラウンド (GA)」とコールし、リバーズ・スラストレバーをダウン位置にし、フォワード・スラストレバーを最大操作量の位置まで進め復行操作を開始した。しかし、既にスラスト・リバーサーを作動させていたため、TCが完全閉鎖するまでエンジン推力が増加せず、速度が増加するまで時間を要したものと考えられる。復行操作時、機長は、機体の姿勢の変化及び滑走路残距離が気になり、機体の速度を見ていなかった。同機は機体が浮揚するために必要な速度を得られないまま、機長により、過度な機首上げ姿勢を継続する操作が行われたものと考えられる。

機長による過度な機首上げ姿勢を継続する操作が行われたことについては、機長が、同機が浮揚した状態であると判断し、ウィンドシアーの影響によって機体が到着することを恐れて、速やかに地上から離れようとしたことによるものと考えられる。

機長が浮揚した状態であると判断したことについては、同機がバウンドしたことに加え、夜間であったため滑走路やその周辺の地物が見えづらく、高度や姿勢の判定が難しい状況にあった可能性が考えられる。

(6) 復行操作時の同機の状況

復行操作時、PACSが作動し、テールストライクが発生しないよう機首下げ方向にエレベーターを制御していたが、18時51分13秒に、同機のピッチ角は $9.8^{\circ}$ となった。そのときの速度は139 KIASであった。

更にその後の復行のための地上滑走中にもPACSが作動し、テールストライクが発生しないよう機首下げ方向にエレベーターを制御していたが、18時51分25秒から3秒間、ピッチ角は $9.8^{\circ}$ となった。速度は130 KIASから136 KIASとなった。

同機が浮揚したときのピッチ角は $10.2^{\circ}$ 、バンク角は左 $2.8^{\circ}$ 及び速度は143 KIASであった。

(7) テールストライクの発生

テールストライクがどの時点で発生したのかは、滑走路上の痕跡も発見できていないことから、特定できないものの、映像記録、機体の状況(3.5秒間でピッチ角が $1.4^{\circ}$ から $9.8^{\circ}$ に大きく変化し、速度139 KIASまで減速、スポイラーが展開され、PACSが作動)及び2.6(14)を参考に分析すると、復行操作時(18時51分13秒)に発生したものと推定される。

さらに、地上滑走中の18時51分25秒から18時51分28秒の機体の状況(ピッチ角が3秒間 $9.8^{\circ}$ となり、速度は132 KIASから134 KIASと低速で、PACSが作動)及び浮揚時(18時51分31秒)の機体の状況(ピッチ角が $10.2^{\circ}$ 、速度は143 KIAS、バンク角は左 $2.8^{\circ}$ )を分析すると、その際にもテールストライクが発生した可能性が考えられる。

(8) 浮揚直後の同機の状況

浮揚直後、2秒間、失速警報装置が作動した。これは浮揚したときの同機の速度が失速速度に近かったことを裏付けるもので、同機は、失速するおそれがあったものと考えられる。しかし、副操縦士のアサーションによりこの事態は回避された。

エラーや不安全状況を検知することが事故につながるイベントの連鎖を断ち切ることから、有効なモニターやクロスチェックは大変重要である。

(9) 同社におけるCRM/TEM教育・訓練

同社では、運航乗務員に対して、LOFT訓練及び座学訓練を定期的実施しており、座学のCRM/TEM訓練では年度ごとにCRMスキルのテーマを設けて教育する等、CRM/TEM教育・訓練に取り組んできたものと考えられる。しかし、3(2)に記述したとおり、本事故発生時、

機長及び副操縦士のCRM/TEMの実践状況については、改善の余地もあったものと考えられる。同社は、引き続き、運航乗務員に対するCRM/TEM教育・訓練を継続、強化し、運航乗務員にCRM/TEMのスキルが十分に定着するよう努めることが重要である。

#### 4 原因

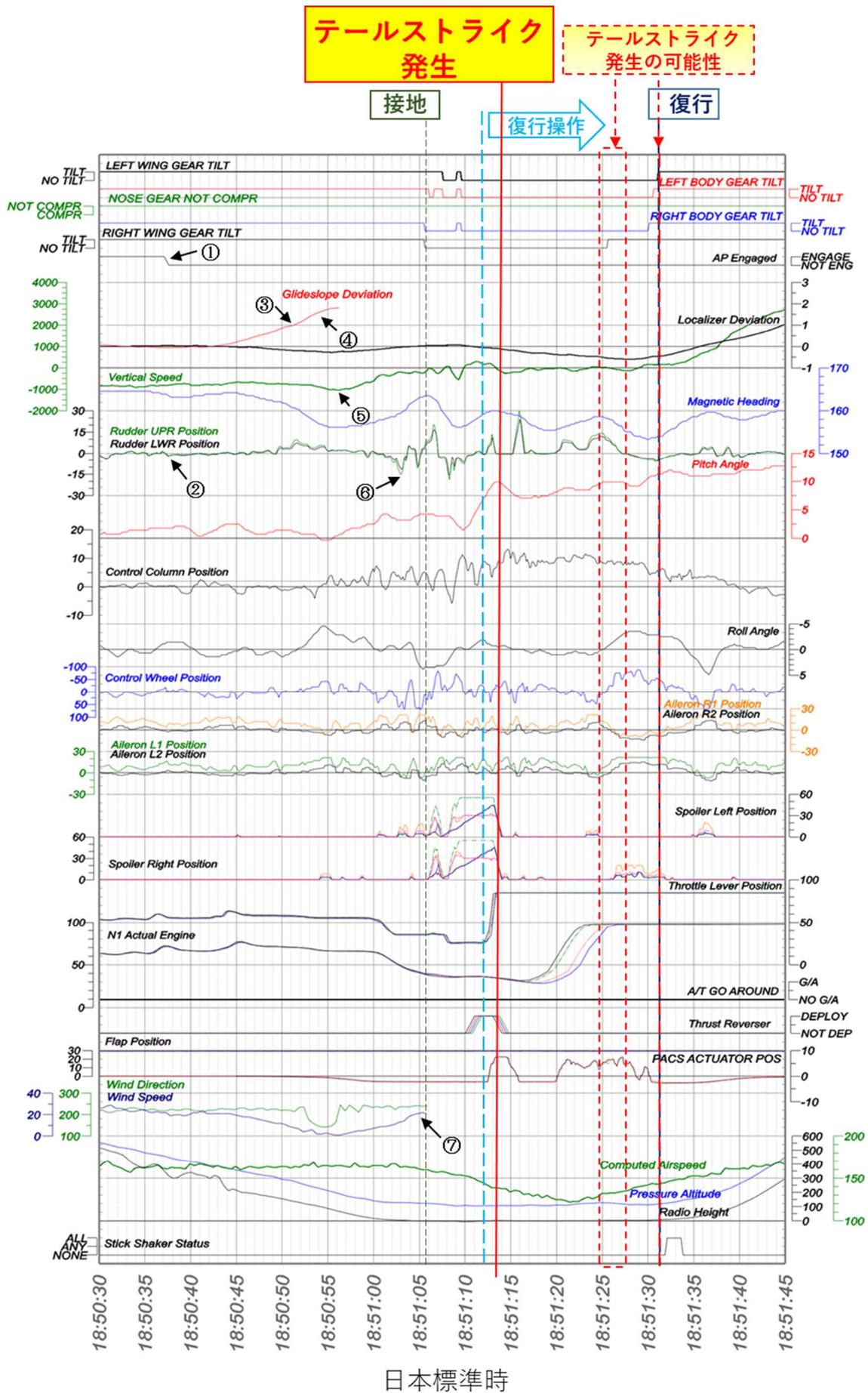
本事故は、同機が接地後バウンドして機体の姿勢が不安定となり復行操作を行った際、機体の速度が不十分なままピッチ角が過大となったため、機体後部下面が滑走路に接触したものと考えられる。接地後、バウンドしたことについては、横風への対応が不十分であった可能性が考えられる。機速が不十分なまま過大なピッチ角となったことについては、機長が接地後に反射的にスラスト・リバーサーを作動させていたため、復行操作により機速が増加するまで時間を要した状況で、残りの滑走路長などを懸念し、速やかに地上から離れようと、機体の速度を確認しないまま、機首上げ操作を行ったことによるものと考えられる。

#### 5 再発防止策

<p>5.1 必要と考えられる再発防止策</p>	<p>同社は、運航乗務員に対して、スタビライズド・アプローチ及び復行の手順について、AOMの規定を遵守させる必要があると考えられる。</p> <p>また、本事案を検証し、それらをCRM/TEM教育・訓練の内容に反映させ、運航乗務員が適切にCRMスキルを発揮してTEMを実践できるよう、同社のCRM/TEM教育・訓練を強化していく必要があると考えられる。</p>
<p>5.2 本事故発生後に講じられた再発防止策</p>	<p>本事故発生後、同社は以下の再発防止策を講じた。</p> <p>(1) 当該運航乗務員に対する措置</p> <p>① 機長</p> <p>a 地上座学訓練による以下の知識の再確認を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・復行の考え方、スタビライズド・アプローチ、操縦一般及び自動操縦一般に関する規定の再確認</li> <li>・CRM/TEM及び同社の運航乗務員に求められる能力の再確認</li> </ul> <p>b ボーイング式747-8Fの操縦に関する以下の知識の再確認及びシミュレーター訓練を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・シミュレーターによる基礎操縦訓練</li> <li>・シミュレーターによる状況認識力及び判断力訓練</li> <li>・シミュレーターによる特定シナリオを設定しての訓練及び効果測定</li> </ul> <p>② 副操縦士</p> <p>a 地上座学訓練による以下の知識の再確認を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全管理規程、OMの運航乗務員の職務、復行の考え方及びAOMのスタンダード・コールアウト訓練</li> <li>・CRM/TEM訓練</li> </ul> <p>b 上記地上座学訓練後の知識、技量向上確認を含んだシミュレーター訓練を行った。</p> <p>(2) 全運航乗務員に対する措置</p> <p>① 地上座学訓練による以下の知識の再確認を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a スタビライズド・アプローチ及び復行の考え方の再徹底の周知</li> <li>b スピードブレーキアップ時のコール後のリバーサー・スラストレバー操作に関する注意喚起</li> <li>c Autopilot Flight Director System (AFDS) の Approach Landing</li> </ul>

	<p>Logic (接地後に復行を行う際の留意点を含む)に関する教育の実施及び定期審査における口述審査での定着度の確認</p> <p>② シミュレーターにより以下の付加訓練を行った。</p> <p>a 付加訓練に『Shallow Bounce ⇒ Landing or Go Around』を追加及び実施</p>
--	--

付図1 FDR及びQARの記録（18時50分30秒から18時51分45秒）



付図2 FDR及びQARの記録（18時51分00秒から18時51分35秒の拡大図）

