

航空事故調査報告書

I 海上保安庁所属

ボンバルディア式DHC-8-315型 JA727B

着陸時の機体損傷

II 全日本空輸株式会社所属

ボーイング式767-300型 JA610A

ハードランディングによる機体損傷

平成28年7月28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 中橋 和博

《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」

II 全日本空輸株式会社所属
ボーイング式767-300型
JA610A
ハードランディングによる機体損傷

航空事故調査報告書

所 属 全日本空輸株式会社
型 式 ボーイング式767-300型
登録記号 JA610A
事故種類 ハードランディングによる機体損傷
発生日時 平成24年6月20日 13時23分ごろ
発生場所 成田国際空港

平成28年7月8日
運輸安全委員会（航空部会）議決
委 員 長 中 橋 和 博（部会長）
委 員 宮 下 徹
委 員 石 川 敏 行
委 員 田 村 貞 雄
委 員 田 中 敬 司
委 員 中 西 美 和

要 旨

<概要>

全日本空輸株式会社所属ボーイング式767-300型JA610Aは、平成24年6月20日（水）、13時23分ごろ、同社の定期956便として成田国際空港滑走路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。

同機には、機長ほか乗務員9名及び乗客183名の計193名が搭乗していたが、そのうち客室乗務員4名が軽傷を負った。

同機は中破したが、火災は発生しなかった。

<原因>

本事故は、同機が成田国際空港滑走路16Rに着陸した際にバウンドし、その後に強い前脚接地となったため、機体が損傷したものと推定される。

強い前脚接地となったことについては、機長がバウンドしたことを認識できず、前脚を早めに接地させようと機首下げ操作を行ったことによるものと考えられる。

本事故の発生には、同機が、成田空港周辺で強い南西風時に発生する激しい突風を伴う横風により、機体姿勢の安定しない状態で着陸を継続したことが関与したものと考えられる。

本報告書で用いた略語は、次のとおりである。

AOM	: Airplane Operations Manual
AOR	: Airplane Operations Reference
AP	: Auto Pilot
AT	: Autothrottle
BRK	: Brake
CAS	: Computed Air Speed
CCP	: Control Column Position
CFIT	: Controlled Flight Into Terrain
CG	: Center of Gravity
CVR	: Cockpit Voice Recorder
CWP	: Control Wheel Position
DA	: Decision Altitude
FAF	: Final Approach Fix
FCTM	: Flight Crew Training Manual
FD	: Flight Director
FDR	: Flight Data Recorder
FL	: Flight Level
GPWS	: Ground Proximity Warning System
ILS	: Instrument Landing System
MAC	: Mean Aerodynamic Chord
MDA	: Minimum Descent Altitude
PF	: Pilot Flying
PM	: Pilot Monitoring
RA	: Radio Altitude
REV	: Reverse
RWY	: Runway
SPD	: Speed
STA	: Body Station
UTC	: Coordinated Universal Time
V _{REF}	: Reference Landing Speed

单位换算表

1 ft	: 0.3048 m
1 in	: 2.54 cm
1 nm	: 1,852 m
1 lb	: 0.4536 kg
1 kt	: 1.852 km/h (0.5144 m/s)
1 气压	: 1,013 hPa (29.92 inHg)

目 次

1	航空事故調査の経過	
1.1	航空事故の概要	1
1.2	航空事故調査の概要	1
1.2.1	調査組織	1
1.2.2	関係国の代表	1
1.2.3	調査の実施時期	1
1.2.4	原因関係者からの意見聴取	2
1.2.5	関係国への意見照会	2
2	事実情報	
2.1	飛行の経過	2
2.1.1	管制交信記録、FDR及びCVRの記録による飛行の経過	3
2.1.2	運航乗務員の口述	6
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	9
2.3	航空機の損壊に関する情報	9
2.3.1	損壊の程度	9
2.3.2	航空機各部の損壊の状況	9
2.3.3	損壊の細部状況	9
2.4	航空機乗組員に関する情報	10
2.5	航空機に関する情報	10
2.5.1	航空機	10
2.5.2	重量及び重心位置	11
2.5.3	同機の整備及び修理の記録	11
2.6	気象に関する情報	11
2.6.1	地上天気図等による概況	11
2.6.2	航空気象の観測値	12
2.6.3	ドップラーライダー観測データ	12
2.6.4	風向風速の観測値	15
2.6.5	ウィンドシアー及びゴアアラウンド機の情報	16
2.6.6	成田空港の特徴的な気象事例	16
2.7	フライトレコーダーに関する情報	19
2.8	試験及び研究に関する情報	19
2.8.1	胴体損傷部の破面解析	19

2.8.2	ウインドシアア警報	19
2.8.3	機体製造者による解析	19
2.8.4	タイヤ製造者による解析	21
2.9	同社のマニュアル類の記載事項	21
2.9.1	飛行機運用規程 (AOM)	21
2.9.2	AIRPLANE OPERATIONS REFERENCE (AOR)	23
2.10	操縦訓練について	25
2.10.1	運航乗務員の定期訓練について	25
2.10.2	同社の訓練マニュアル (抜粋)	25
2.10.3	機体製造者の運航乗務員訓練マニュアル (FC TM)	26
2.11	その他必要な事項	30
2.11.1	機体製造者の事故事例研究資料	30
2.11.2	同社グループの情報誌	33
2.11.3	参考となる過去の事故例について	33
2.11.4	同社グループ会社におけるテールストライク事故について	35
3	分析	
3.1	乗務員等の資格	35
3.2	航空機の耐空証明等	36
3.3	気象との関連	36
3.3.1	事故当時の気象概要	36
3.3.2	気象解析	36
3.3.3	事故当時の風の操縦操作への影響	38
3.3.4	過去の事故との比較	38
3.4	同機の飛行状況	38
3.4.1	FAF通過からAPがオフ (高度450ft) となるまで	38
3.4.2	APがオフとなってから滑走路進入端まで	39
3.4.3	滑走路進入端通過から1回目の右主脚の接地まで	39
3.4.4	1回目の右主脚の接地以降	40
3.5	胴体上部の損壊について	41
3.6	接地時の機首下げ操作について	42
4	結論	
4.1	分析の要約	43
4.2	原因	44
5	再発防止策	
5.1	事故後に講じられた事故等防止策	45

5.1.1 同社により講じられた措置	45
付図1 ボーイング式767-300型三面図	46
付図2 推定飛行経路図(接地前後)	47
付図3-1 FDRの記録(2,800~0ft)	48
付図3-2 FDRの記録(600~0ft)	49
付図3-3 FDRの記録(100~0ft)	50
付図4 フレア一時の事象(降下率及び自動コール)	51
付図5-1 アジア地上天気図(拡大)	52
付図5-2 850hPa高層天気図(拡大)	52
写真1 事故機	53
写真2 外板及び構造部材の破断及び変形	53

1 航空事故調査の経過

1.1 航空事故の概要

全日本空輸株式会社所属ボーイング式767-300型JA610Aは、平成24年6月20日（水）、13時23分ごろ、同社の定期956便として成田国際空港滑走路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。

同機には、機長ほか乗務員9名及び乗客183名の計193名が搭乗していたが、そのうち客室乗務員4名が軽傷を負った。

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

(1) 運輸安全委員会は、平成24年6月20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。

(2) 本事故に関し、次の専門的事項の調査のため、2名の専門委員が任命された。

① 機体構造に関する調査

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構（JAXA、現：国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構）

航空本部 機体構造グループ

神田 淳

（平成24年8月3日任命）

② 機体運動に関する調査

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構（JAXA、現：国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構）

航空本部 飛行技術研究グループ

久保 大輔

（平成24年8月3日任命）

(3) 本事故に関し、独立行政法人 材料・物質研究所（NIMS、現：国立研究開発法人 材料・物質研究機構）に胴体損傷部の破面解析を委託した。

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 6 月20日

口述聴取

同年 6 月21日

口述聴取及び機体調査

平成24年 6月28日	機体調査
同年 7月23日及び24日	機体調査
同年 8月7日～9月6日	損傷部の破面解析
同年 8月8日及び9日	前脚の分解調査
同年 8月31日	機体調査
同年 9月13日	前脚ホイールの分解調査
同年10月 3日	運航会社の調査
平成25年 6月 7日	調査事項に係る調整会議
平成24年 8月29日～ 平成27年 9月24日	構造及び運動解析

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

全日本空輸株式会社（以下「同社」という。）所属ボーイング式767-300型JA610A（以下「同機」という。）は、平成24年6月20日、同社の定期956便として北京首都国際空港を10時26分（特記ない限り以下、日本標準時）に離陸し、成田国際空港（以下「成田空港」という。）へ向けて飛行していた。

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

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：北京首都国際空港、移動開始時刻：00時30分（UTC）、巡航速度：865km/h、巡航高度：S1070、
経路：略～A597（航空路）～LANAT（位置通報点）～Y51（RNAV経路）～SAMON（ウェイポイント）～Y517（RNAV経路）～LIVET（ウェイポイント）～Y303（RNAV経路）～SWAMP（位置通報点）／巡航速度：480kt、巡航高度：FL350、経路：Y30（RNA

V経路) ~MELON (ウェイポイント)

目的地：成田国際空港、所要時間：3時間03分、

持久時間で表された燃料搭載量：5時間07分、代替空港：東京国際空港

その後、事故に至るまでの飛行の経過は、管制交信記録、飛行記録装置（以下「FDR」という。）の記録及び操縦室用音声記録装置（以下「CVR」という。）の記録並びに乗務員の口述によれば、概略次のとおりであった。

2.1.1 管制交信記録、FDR及びCVRの記録による飛行の経過

12時33分～37分ごろ 同機がFL390を巡航中、機長は、アプローチブリーフィングを行い、着陸滑走路は16Rを要求すること、目標進入速度を参照着陸速度（ V_{REF}^{*1} ：当時の重量で138kt）+7ktとすること、オートブレーキの設定を3にすること等を決めた。

13時04分ごろ 同機は、高度11,000ftに向けて降下中、東京進入管制所捜索管制席（以下「東京アプローチ」という。）と通信設定し、着陸滑走路16Lを指示されたが、着陸滑走路16Rを要求した。その後、東京アプローチは同機に着陸滑走路16Rを許可し、レーダー誘導を開始した。

同08分ごろ 東京アプローチは、他機の間合せに対し、滑走路16Lの着陸時のウィンドシアア^{*2}レポート（高度700～500ftで10ktロス、ボーイング767型機による4分前の報告）を通報した。また、滑走路16Rの着陸においては、ウィンドシアアレポートは出ていない旨を通報した。

同12分ごろ 同機は、東京進入管制所入域管制席（以下「東京レーダー」という。）と通信設定した。

同17分ごろ 東京レーダーは、同機に滑走路16RへのILS進入を許可した。

同18分31秒 同機は、成田飛行場管制所（以下「タワー」という。）と通信設定を行った。

タワーは、同機に滑走路16Rへの着陸を許可し、風向230°、風速8ktを通報した。同機は着陸許可を復唱した。

*1 「 V_{REF} 」とは、着陸時に基準となる速度のことである。

*2 「ウィンドシアア (Wind Shear)」とは、風向・風速が水平方向又は垂直方向に顕著に変化することである。

13時18分53秒 タワーは、同機に対し、着陸後にウィンドシアー情報を報告するよう要請した。同機は了解した。

同19分00秒 機長及び副操縦士は、計器上の風速（その飛行高度での風速）が44ktに増えたことについて会話をした。

同19分24秒 高度2,800ftで、機長が「Glideslope Capture」（グライドスロープ捕捉）とコールし、副操縦士も同様にコールした。

同19分38秒 同機は、最終進入フィックス（滑走路16R進入端から8nm地点、以下「FAF」という。）を通過した。

同19分43秒 機長は、副操縦士にギアダウンを指示し、その後、フラップ20を指示した。

同20分09秒 機長及び副操縦士は、ランディングチェックリストを開始し、「フラップ」項目を残して一旦中断した。

同20分14秒 機長は、計器上の風速が50ktあり、（ウィンドシアー警報が）出そうだと発声し、副操縦士とともに同警報が出た場合の処置を確認した。

同20分33秒 副操縦士が滑走路視認をコールし、機長も視認をコールした。

同20分55秒 機長は、副操縦士にフラップ25を指示し、副操縦士とともにフラップ25を確認した後、ランディングチェックリストを完了した。

同21分ごろ 風向風速の変化が始まった。ロール角及びピッチ角が変動し始め、以後、ロール角 $\pm 5^\circ$ （+：右ロール）以上、ピッチ角 $\pm 3^\circ$ （+：機首上げ）程度の変動が継続した。

同21分19秒 機長は、目標進入速度を $V_{REF} + 10\text{kt}$ （148kt）に変更した。

同21分28秒 副操縦士が高度1,000ftをコールし、機長は「No Flag」（計器が正常に作動している）と答えた。

同21分41秒 副操縦士が計器上の風速が35kt程度であることを告げた。

同22分10秒 副操縦士が高度500ftをコールし、機長は「Stabilized」（安定している）と答えて進入を継続した。

- 13時22分16秒 副操縦士が「Airspeed」（対気速度が所定の範囲から外れている）とコールし、機長は「Checked」（確認した）と答えた。
このころ、FDRに対気速度140kt（目標進入速度より8kt遅い）が記録された。
- 同22分19秒 オートスロットル（以下「AT」という。）が解除され、続いてオートパイロット（以下「AP」という。）が解除された。
- 同22分31秒 FDRに対気速度164kt（目標進入速度より16kt速い）が記録された。
- 同22分33秒 副操縦士が「Minimum」（進入限界高度）とコールし、機長は「Landing」（着陸する）と答えた。このとき、FDRには対気速度150kt（目標進入速度より2kt速い）が記録された。
- 同22分36秒 FDRに対気速度137kt（目標進入速度より11kt遅い）が記録された。
- 同22分40秒 副操縦士が再び「Airspeed」とコールして対気速度への注意を促し、機長は「Checked」と答えた。
このころ、FDRに対気速度159kt（目標進入速度より11kt速い）が記録された。
- 同22分41秒 「One hundred」（電波高度100ft）の自動音声によるコールアウト^{*3}（以下「自動コール」という。）があった。続いて、「Fifty」（同50ft）、「Thirty」（同30ft）、「Twenty」（同20ft）及び「Ten」（同10ft）の自動コールがあった。
- 同22分47秒 FDRにピッチ角 -1.6° が記録された。
- 同22分49秒 ピッチ角約 $+5^{\circ}$ 、ロール角約 $+4^{\circ}$ 、対気速度143ktで、右主脚のみが接地（垂直加速度：1.58G）したが、約1秒後に同機はバウンドして浮揚した。
- 同22分51秒 前脚が接地した直後に右主脚が再接地し、続いて左主脚が接地（垂直加速度：1.72G）した。
- 同22分52秒 前脚がバウンドして浮き上がった。スピードブレーキが展開し、スラストリバーサーが開き始めた。

*3 「自動音声によるコールアウト」とは、電波で測定された対地高度（ft）が英語で発声され、操縦士にとってはフレーア開始タイミング及び降下率などを把握する一助となるものである。

13時22分53秒 前脚が再接地し、このとき、FDRに垂直加速度の最大値1.82Gが記録された。

同23分14秒 副操縦士が「Autobrakes」（オートブレーキ解除）とコールした。

同23分18秒 副操縦士が「Sixty」（対気速度60kt）とコールした。

この進入中、ウィンドシアア警報が発生した記録はなかった。また、同機のCCP（操縦桿^{かん}の位置）に対するエレベーターの動きが、CWP（操縦輪の位置）に対するエルロンの動きが、それぞれ連動していた。接地後、副操縦士によるスピードブレーキに関するコールはなかった。

（付図2 推定飛行経路（接地前後）、付図3-1～3 FDRの記録、付図4 フレアー時の事象（降下率及び自動コール） 参照）

2.1.2 運航乗務員の口述

(1) 機長

機長は、出発前に機内で同便の出発前ブリーフィングを受け、北京首都国際空港の管制混雑、成田空港到着時の気象の影響による混雑を予測した。飛行計画では20分間の予備燃料を追加搭載することが提示されており、機長はこれを了承した。また、機長が同便のPFを、副操縦士がPMを担当することとした。

機長は、客室乗務員とのブリーフィングにおいて、成田空港への到着予定時間帯に突風を伴う強い横風が予測されていることから、進入時の気流の乱れ及びゴーアラウンド（復行）の可能性のあることを伝えていた。

同機は、出発後おおむね順調に飛行した。機長は、着陸に向けた降下前に成田空港の気象情報を入手し、成田空港では突風を伴った強い南西風が卓越していること及び同機の着陸滑走路が16Lであることを認識した上で、副操縦士とブリーフィングを行った。その際、機長は、着陸時のフラップは25^{*4}を選択し、目標進入速度を $V_{REF} + 7^{*5}$ の145ktとすること、管制機関に滑走路長が長い滑走路16Rへの着陸を要求することを伝え、安全に関して積極的にアドバイスすることを要請した。

機長は、着陸予定時刻の約10分前にシートベルト着用サインを点灯させ、客室乗務員に対して着陸のための最終確認の合図を出した。同機は、東京

*4 同機の着陸時のフラップは、25と30が選択できる。

*5 ここでいう「+7」とは、 V_{REF} にプラスするWind Additive（追加速度分）が7ktということである。操縦士は、風の状況などを考え、適宜この追加速度分の値を決めている。

レーダーから滑走路16Rへの進入を許可され、その後、タワーから着陸許可を受けた。機長はAPとATを継続使用しながら最終の進入態勢に入り、着陸前のチェックリストを完了した。

グライドスロープに会合する高度約2,800ftから、機首右側からの横風が強くなるとともに突風が顕著になったことから、機長は速度の急激な減少に対処するため、目標進入速度を $V_{REF} + 10$ の148ktに変更した。

機長は、高度約1,000ftの時点で、操縦席の計器に表示される風が横風成分で約30ktであり、タワーが報じた風^{*6}が8ktであったため、着陸進入中のどこかでウィンドシアアがあることを予想した。高度500ft近くになって横風成分が少し弱まってきたため、AT及びAPを解除し、手動操縦に切り替えた。

高度約1,000ft以下で、副操縦士から速度に関するデビエーション・コール^{*7}が何回かあったことは記憶しているが、適宜対応し、パス（進入角）は常に適切に維持できていた。進入中、ウィンドシアア警報は発生しなかった。

機長は、滑走路進入端で目安のパワー^{*8}が入っていることを確認し、自動コールも参考にしてフレア操作に入った。若干の風上への偏流修正角は残っていたが、機軸はほぼ滑走路中心線に合うように操縦していた。機長は、50 (fifty)、30 (thirty)、20 (twenty)、10 (ten) の自動コールのうち、20 (twenty) と10 (ten) の自動コールの間隔がいつもよりも短かったことと、機体の急な沈みを感じたことで、(エレベータで) 機首上げの操作を行った。同機は機首上げの姿勢となり、強めの衝撃を伴った着陸となった。副操縦士からスピードブレーキについてのコールはなかった。

機長は、同機が右主脚から着地して着陸滑走を始めたと思い、強い横風下での着陸滑走では方向維持のため、前脚を早めに接地させた方が安全だろうと考え、操縦桿を前方に押す機首下げ操作を行った。主脚は接地した状態のままであると思っていたが、同機は機首下げ姿勢となって前脚から接地した。このとき、機長は同機がバウンドして主脚が浮き上がっていたことを認識した。

その後、主脚が強く接地し前脚が浮き上がった。この時点では方向維持を

*6 「タワーが報じる風」は、滑走路接地帯付近で計測された2分間平均風である。

*7 「デビエーション・コール (Deviation Call)」とは、航空機運用規程の通常操作に定められているもので、速度及び降下率などが所定の範囲から外れた場合に、PMがPFに対して行うコールのことである。進入速度については、目標進入速度から10ktを超えて増速又は-5kt未満に減速した場合に行うことが目安となっている。

*8 「目安のパワー」とは、安定的に速度を維持するために、操縦士が目安として使用している推力の設定値のことである。

第一に考え、リバース操作は開始していなかった。機長は、瞬間的にゴーアラウンドも考えたが、同社グループ会社のテールストライク事故（2.11.4に後述）を思い出し、テールストライクを避けることが脳裏に浮かんだため、ゴーアラウンドはせず姿勢を立て直して、（前脚を）再接地させることとした。

同機が誘導路に入り駐機場への地上走行中、操縦室から客室乗務員に客室内の状況を問い合わせたところ、異常はないとの回答だった。

同機は、駐機場に入るまで正常に地上走行できていた。

駐機後、整備士に強めの着陸となったことを伝え、外部点検を行った整備士から機体に損傷があるとの報告を受けた。

(2) 副操縦士

出発前ブリーフィングで、同機の到着時間帯に成田空港では強い横風となる気象予報を確認しており、副操縦士は、巡航中から成田空港の風の状況を気にして、成田空港の気象情報を逐次入手していた。降下開始前のブリーフィングで、滑走路16Rと16Lを比較すると、相対的に滑走路16Rの方が風速が弱く滑走路長も長いので、滑走路16Rの着陸を要求すると機長から言われた。その後、滑走路16Rへの着陸を東京アプローチに要求し、許可された。

機長は、当初、目標進入速度を $V_{REF} + 7$ としたが、最終進入に入ったころ、 $V_{REF} + 10$ に変更した。

対地高度1,000ft以下で、速度のデビエーション・コールを複数回行った。その最後は、進入限界高度付近で目標進入速度より10ktを超えたためのデビエーション・コールだったと思う。同機の手前は次第に減ってきていたが、目安のパワーである約60%が入っていたので、速度維持のパワーとしては十分だと思っていた。同機の手前も問題はなかった。フレイアは約30ftから始め、そこまでのピッチに違和感はなかったが、自動コールの「20」と「10」の間隔がいつもより短く、降下率が大きいと思ったときに、右主脚から接地した。ハードランディングとは思わなかった。また、同機が浮いたような感覚はなかったため、通常の着陸後の手順に従って、スピードブレーキが立ち上がることを確認するため、左操縦席右横のスピードブレーキレバーに視線を移動させようとしたとき、ピッチが急激にダウンしていることに気が付き、視線を前方に移してしまったため、スピードブレーキについてのコールができなかった。その際の前脚の接地による衝撃はかなり大きかった。

その後、同機は主脚が接地して前脚が跳ね上がった。次の前脚の接地後、

再び前脚が跳ね上がるようであれば、危険な状態であるためゴーアラウンドをコールしようと思った。しかし、前脚は再び浮くことはなかったので、このまま停止できると思った。

オート・ブレーキは3のままセットされており、機長は通常どおりリバーズ操作を行った。

駐機後、整備士から、機体に損傷があることを伝えられた。

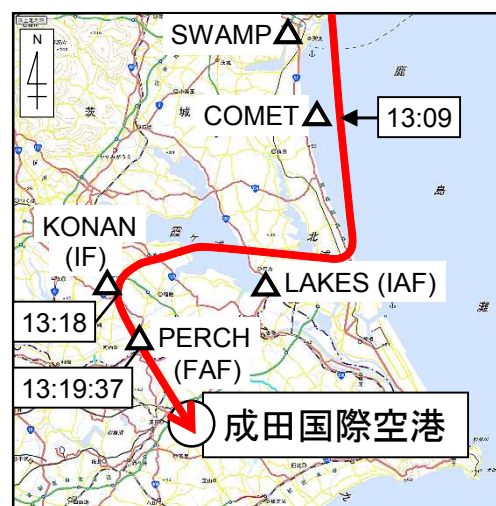


図 2.1 推定飛行経路

本事故の発生場所は、成田空港滑走路16R（北緯35度50分30秒、東経140度38分50秒）で、発生日時は、平成24年6月20日、13時23分ごろであった。

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

同機には、機長ほか乗務員9名及び乗客183名の合計193名が搭乗していたが、客室乗務員4名が軽傷を負った。

2.3 航空機の損壊に関する情報

2.3.1 損壊の程度

中 破

2.3.2 航空機各部の損壊の状況

外板（胴体）	破断及び変形
構造部材（胴体）	破断及び変形
前脚	変形

2.3.3 損壊の細部状況

(1) 外板（胴体）

胴体前方上部に、破断、変形及びゆがみ（STA^{*9}654+22～654+66）が認められた。また、前脚格納部付近（STA276～303）に微小なゆがみが認められた。

*9 「STA」とは、機体の機軸方向の位置（Body Station/Fuselage Station）を表わすもので、一般的に、機首前方の仮想的な垂直面からのインチ単位の距離で表される。

(2) 構造部材（胴体）

胴体のフレーム 1 本（STA654+44）及びストリンガー 3 6 本（STA654～654+110）に亀裂及び変形が認められた。

(3) 前脚

前脚には、前脚用タイヤ 2 本が取り付けられている。

車軸の上方への変形、ホイールの変形並びにショックストラット及びインナーシリンダーに擦過痕が認められた。タイヤ製造者の調査により、タイヤ内側に、タイヤ内面同士の接触痕及びしわが見つかった。（2.8.4で後述）

（写真 1 事故機、写真 2 外板及び構造部材の破断及び変形 参照）

2.4 航空機乗組員に関する情報

(1) 機長 男性 44歳

定期運送用操縦士技能証明書（飛行機）	平成17年 2月 7日
限定事項 ボーイング式767型	平成 9年 7月 17日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成25年 6月 19日
総飛行時間	9,249時間25分
最近30日間の飛行時間	69時間50分
同型式機による飛行時間	6,408時間53分
最近30日間の飛行時間	69時間50分

(2) 副操縦士 男性 30歳

事業用操縦士技能証明書（飛行機）	平成19年 2月 23日
限定事項 ボーイング式767型	平成20年 8月 18日
計器飛行証明	平成19年 11月 16日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成25年 2月 2日
総飛行時間	1,847時間21分
最近30日間の飛行時間	60時間38分
同型式機による飛行時間	1,592時間51分
最近30日間の飛行時間	60時間38分

2.5 航空機に関する情報

2.5.1 航空機

型 式	ボーイング式767-300型
製造番号	32979

製造年月日	平成14年11月22日
耐空証明書	第2003-009号
有効期限	平成15年4月16日から整備規程（全日本空輸株式会社）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	28,043時間04分
定期点検（C05C点検、平成23年1月31日実施）後の飛行時間	4,992時間06分
（付図1 ボーイング式767-300型三面図 参照）	

2.5.2 重量及び重心位置

事故当時、同機の重量は274,400lb、重心位置は25.5%MAC^{*10}と推算され、いずれも許容範囲（最大着陸重量345,000lb、事故当時の重量に対応する重心範囲11.8～32.9%MAC）内にあったものと推定される。

2.5.3 同機の整備及び修理の記録

同機の整備記録によると、事故発生時に不具合はなく、胴体上部の大規模修理を含む構造部材への修理の履歴はなかった。

2.6 気象に関する情報

2.6.1 地上天気図等による概況

平成24年6月20日15時のアジア地上天気図によると、東北地方の東海上に北東へ移動中の台風第4号から変わった中心気圧998hPaの低気圧があり、この低気圧から寒冷前線が関東の沿岸海上を通過して九州南部にのびていた。さらに、日本海には東に移動中の中心気圧996hPaの低気圧があった。また、日本の南海上には中心気圧1,016hPaの高気圧が停滞しており、上記2つの低気圧との間で気圧の傾きが大きくなりつつあった。

千葉県天気は、晴れで強風が予想されていた。

さらに、平成24年6月20日09時の850hPa高層天気図によると、北陸、関東から小笠原諸島にかけての上空1,500m付近は、日本海にある低気圧の影響による南西風の場合であり、この時点での風速は20ktであった。

*10 「MAC」とは、空力平均翼弦のことをいう。翼の空力的な特性を代表する翼弦のことで、後退翼など翼弦が一定でない場合にその代表翼弦長を表す。25.5%MACとは、この空力平均翼弦の前から25.5%の位置を示す。

本事故関連時間帯である13時20分のアメダスデータ（風向・風速）では、東京湾から成田空港付近にかけて南西風が卓越しており、強風域が観測されていた。（図2.6.1 参照）

一方、同時刻のレーダー観測データによると、成田空港を含む関東平野では、降水域（レーダーエコー）は観測されていなかった。

（付図5-1 アジア地上天気図（拡大）、付図5-2 850hPa高層天気図（拡大） 参照）

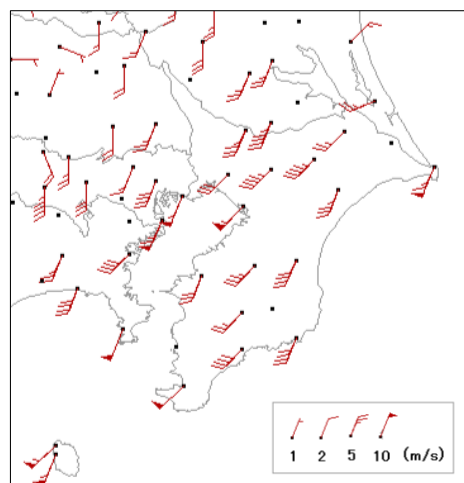


図 2.6.1 アメダスデータ
（風向・風速）

2.6.2 航空気象の観測値

本事故に関連する時間帯における成田空港の定時航空気象観測報は、次のとおりであった。

13時00分 風向 220°、風向変動 170°～250°、風速 14kt、
最大瞬間風速 27kt、卓越視程 10km以上、
雲 雲量 1/8 雲形 積雲 雲底の高さ 2,500ft、
雲量 5/8 雲形 高積雲 雲底の高さ 18,000ft、
気温 28℃、露点温度 22℃、
高度計規正值（QNH） 29.47 inHg、
ウインドシア^{*11} 滑走路16R

13時30分 風向 230°、風速 16kt、最大瞬間風速 29kt、
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 28℃、露点温度 21℃、
高度計規正值（QNH） 29.48 inHg、
ウインドシア 滑走路16L

2.6.3 ドップラーライダー観測データ

ドップラーライダーは、レーザーを空中に照射しながら回転し、仰角を段階的に上下（全方位の仰角1°、2°、3°及び45°並びに方位角336°の仰角0°から90°を1つのパターンとして、2分30秒間で行う）させながら、空中

*11 観測時刻前30分以内に、滑走路面上1,600ft以下の進入域又は離陸域において、航空機の運航に影響を及ぼすおそれのあるウインドシアの情報が入手された場合、「WS」に続いて当該滑走路番号が示される。

に浮遊するエアロゾル（空気中の微小なほこり等）の動きを観測することで風の速度、速度幅等を計測する装置である。

ドップラー速度は、観測点であるドップラーライダーを中心とした風速成分であり、近づいてくる成分を寒色系、遠ざかる成分を暖色系で表示している。なお、風向とレーザービームが直行する方向に近い範囲では、観測点に近づく又は遠ざかるという風の成分がないため白色系の表示となる。

シアーラインは、任意の隣り合う2領域の速度差が5 m/s以上の場合に、この境界を線で表示したものである。

なお、特に警戒する空域として、滑走路と滑走路両端から進入側3 nm、離陸側2 nm、幅1 nm、高度1,600 ft以下の空域（ディテクションエリア）が設けられ、この空域において、向かい風成分の速度に20 kt以上の増減が観測されると、低層ウィンドシアー情報（ウィンドシアーアラート）として管制機関から提供される。

速度幅は、空間におけるエアロゾルの移動方向や速度を観測することによって任意の空間における風の乱れの度合いを表したもので、空間内のすべてのエアロゾルの動きが一樣ならば速度幅は0（ゼロ）となるが、瞬間的に強い風（突風）を含む風が吹くと速度幅が大きくなる。その速度幅が4.5 m/sを超えた領域をTURB（乱気流）と表している。

なお、成田空港でのシアーライン及び乱気流の検出には仰角2°の観測データが使用されている。

本事故当時の成田空港におけるドップラー速度及び速度幅は以下のとおりであった。

(1) ドップラー速度（仰角2°）

13時21分43秒のドップラー速度観測データによると、ドップラーライダーの南西側（方位約140°～320°）にライダーサイトに近づいてくる成分の寒色系、北東側（320°～140°）に遠ざかる成分の暖色系が明瞭に分布しており、南西の風であった。また、風向に平行な筋状の強風域が現れており、この強風域が滑走路16R進入端及び接地帯付近から延びている。

2012/06/20 04:21:43 (UTC)LIDARドップラー速度(第2仰角) 成田(RJAA)
LIDAR Doppler Vclivity (2nd EL)

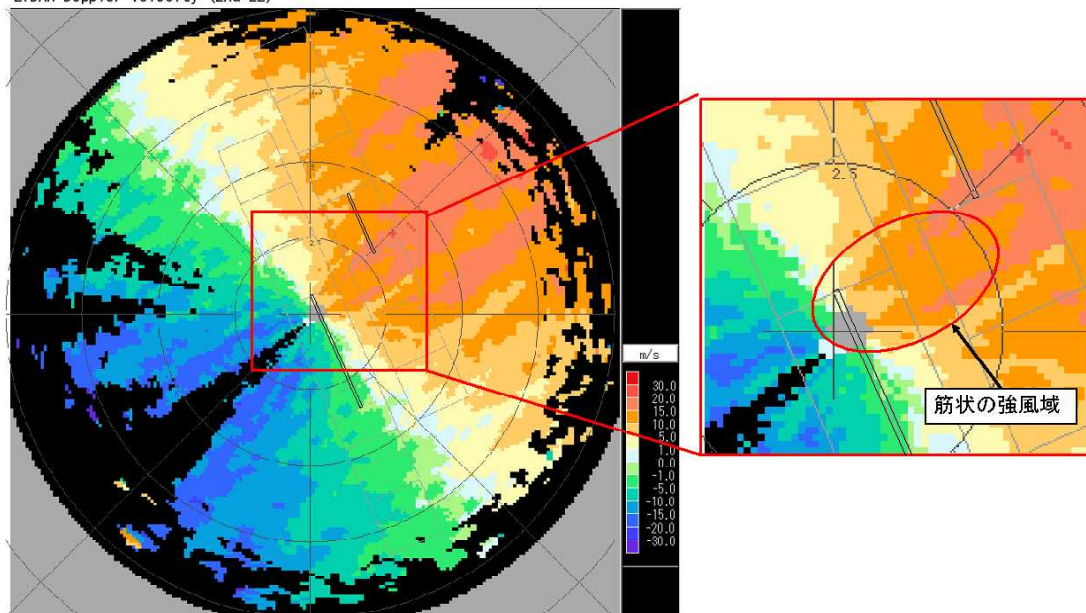


図2.6.3(1) ドップラー速度観測データ (仰角 2°)

(2) 速度幅 (仰角 1°)

13時22分20秒の速度幅観測データによると、滑走路16R進入端付近と滑走路上の接地帯付近に、強い乱気流が存在すると考えられる赤色表示(風速7.0m/s以上の速度幅)が現れている。

2012/06/20 04:22:20 (UTC)LIDAR速度幅(第1仰角) 成田(RJAA)
LIDAR Spectrum Width (1st EL)

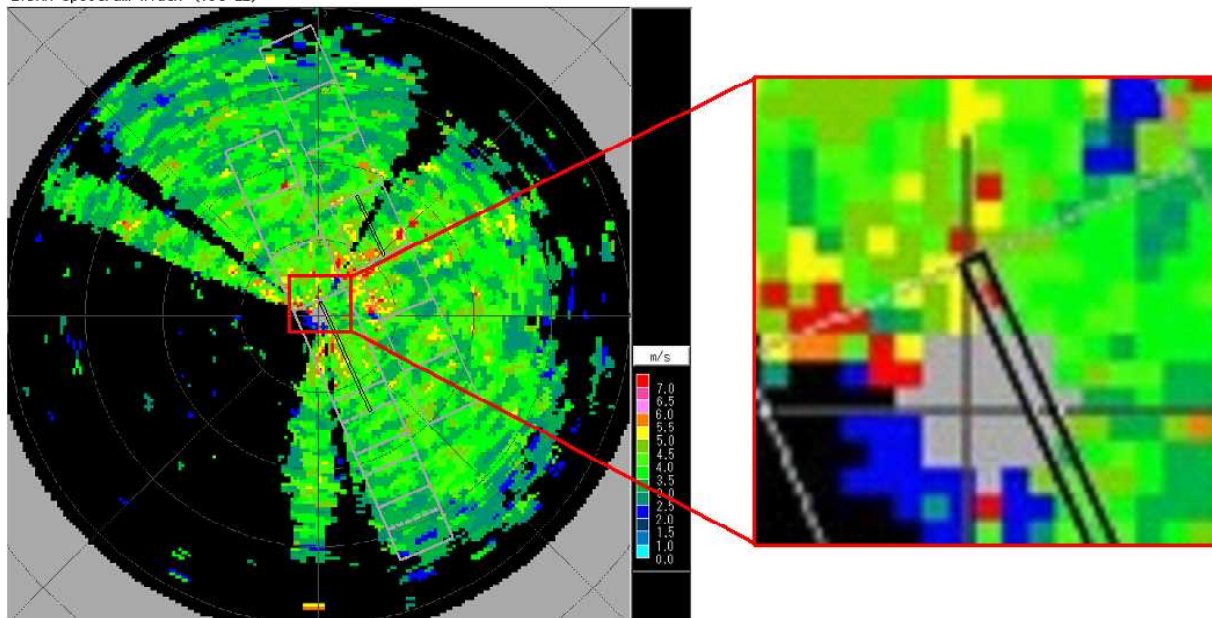


図2.6.3(2) 速度幅観測データ (仰角 1°)

2.6.4 風向風速の観測値

事故関連時間帯における成田空港滑走路16R接地帯付近の瞬間風向風速の観測値は、図2.6.4-1のとおりであった。

これによると、13時10分から同40分まで、風向は約160°から280°の間で、風速は約2ktから24ktの間で変動していた。

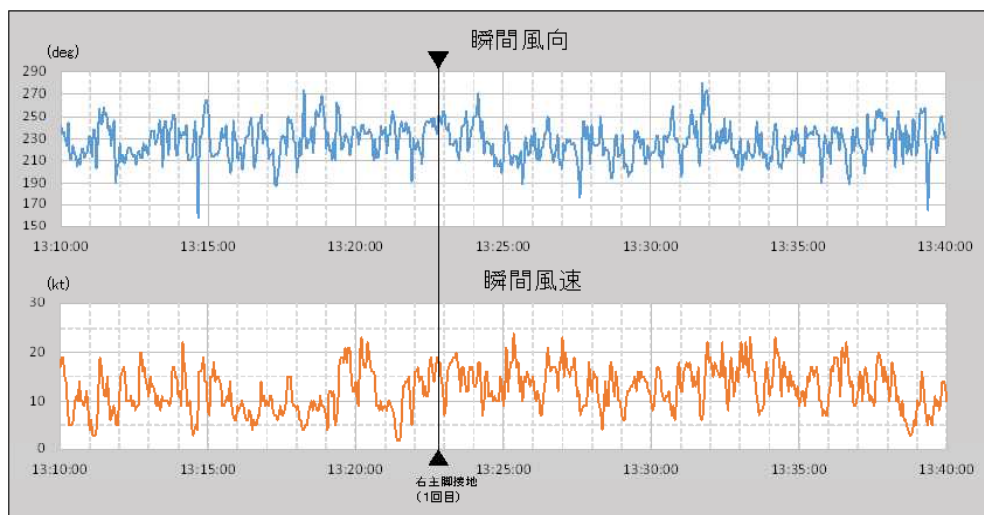


図2.6.4-1 瞬間風向風速観測データ

(瞬間風向風速の観測データは、3秒間隔で記録されている。)

さらに、2分間平均風向風速のデータ(図2.6.4-2 参照)では、同時時間帯の最大瞬間風速は約14ktから28kt、最小瞬間風速は2ktから9ktで、風向は約225°から245°の間で変動していた。

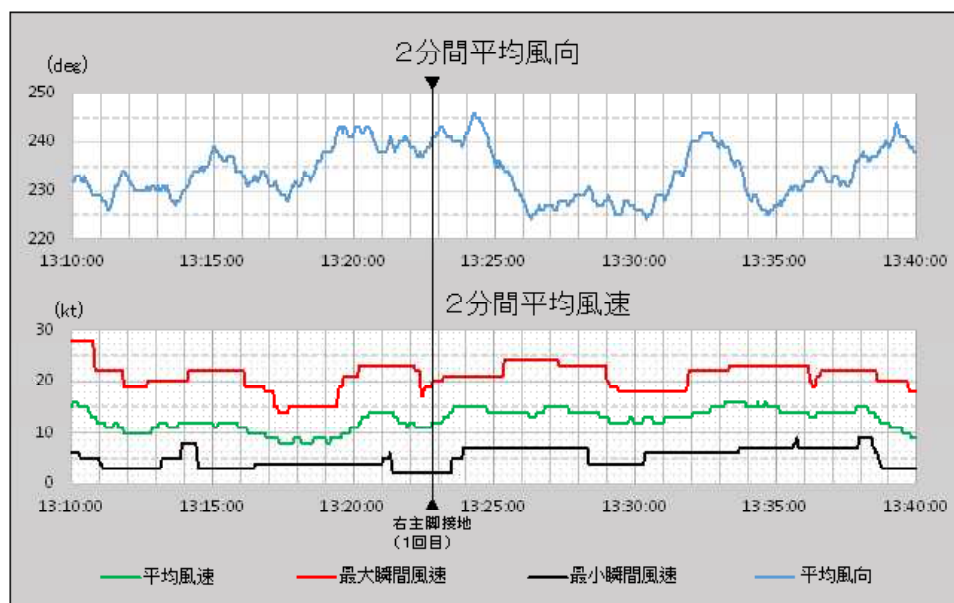


図2.6.4-2 2分間平均風向風速観測データ

2.6.5 ウィンドシアーク及びゴーアラウンド機の情報

タワーでは、空港気象ドップラーレーダー又は空港気象ドップラーライダーによる風の観測値が一定基準を超えた場合に、気象庁成田航空地方気象台からの情報提供を受け、「低層ウィンドシアーク情報文^{*12}」を発出しているが、本事故関連時間帯（13：00～14：00）に発表された滑走路16Rに関する低層ウィンドシアーク情報文はなかった。

また、事故当日の10時から15時までの間にゴーアラウンドを行った機体から寄せられた理由は、いずれもウィンドシアークであった。（表2.6.5 参照）

表2.6.5 ゴーアラウンドの理由

着陸時刻（JST）	滑走路	理由
10：15	16R	ウィンドシアーク
11：46	16L	ウィンドシアーク
13：53	16L	ウィンドシアーク
14：45	16R	ウィンドシアーク
14：49	16R	ウィンドシアーク

2.6.6 成田空港の特徴的な気象事例

成田航空地方気象台が作成した資料、ドップラーライダー利用の手引き（平成21年3月）によると、「成田空港では、南西強風時にウィンドシアークが多発することが知られている。」とされ、成田空港の特徴的な気象事例について、以下のとおり記載されている。（項番号、滑走路の表記及び図番を一部加筆修正）

(1) 空港周辺の地形

RWY16R側に集中してシアークラインが検出されるのは、空港周辺の地形が大きく影響していると考えられる。図2.6.6(1)は空港の南西側の地形である。成田空港は高台にあり、空港周辺には所々線状に谷地が存在している。特にA滑走路の西側では滑走路と平行に大きな谷地が北西に伸び、

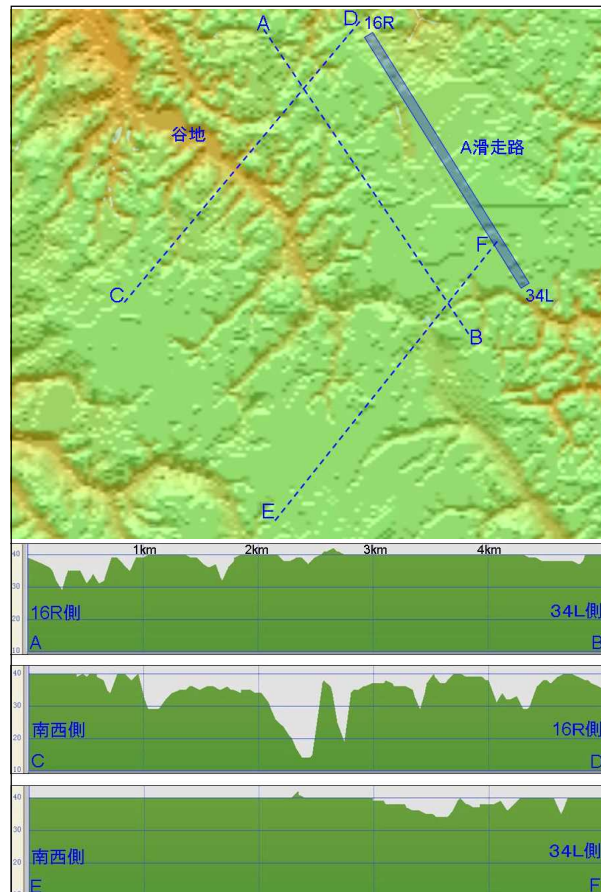


図2.6.6(1) 成田空港周辺の地形図
(A-B、C-D、E-Fは地形断面図に対応する)

*12 「低層ウィンドシアーク情報文」には、WSA（ウィンドシアークアラート）とMBA（マイクロバーストアラート）がある。進入経路上、離陸経路上又は滑走路（滑走路を中心とした幅1nm、長さは滑走路と滑走路端から進入（着陸）側3nm、離陸側2nm、高度1,600ftまでの間の領域）において、WSAは20kt以上の向かい風成分の増加又は減少が観測された場合、MBAは30kt以上の向かい風成分の減少が観測された場合に発表される。

そこから直交する細い谷地が南西・北東方向に伸びている。A-Bの断面を見ると、中央付近から北西方向のAにかけて起伏が大きくなっているのが分かる。また、滑走路端の16Rと34Lへの影響を見るために滑走路から南西方向5kmの断面C-DとE-Fを比較すると、C-Dは起伏が大きい（高低差約25m）のに比べ、E-Fは平坦な地形になっている。このことからRWY16R側は、地形の起伏が最も大きな場所であることが確認できた。

(2) 風向別に見るシアライン検出状況

2002年から2006年までの風向別操縦士報告件数のグラフが参考に掲示されている。

(図2.6.6(2) 参照)

この図から、風向約220°（南西風）のときの報告が最も多いことが読み取れる。このことについて、前出の資料では、以下のように述べている。

風向別操縦士報告からも、成田空港では、南西、北西、北東の3方向に報告が集中していることが分かる。南西強風時に操縦士報告が最も多い理由は、北西強風に比べて南西強風時では滑走路に直交する形でシアラインが形成されやすく、横風によるウィンドシアーの影響がより大きくなることが一因と考えられる。

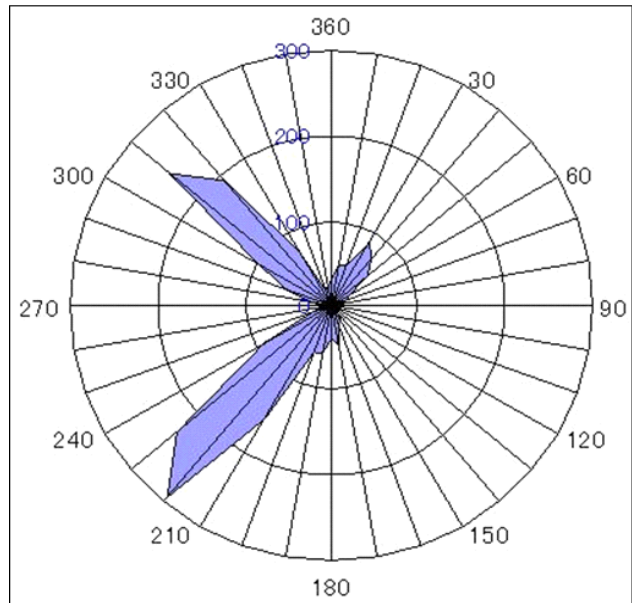


図2.6.6(2) 風向別操縦士報告件数
(2002年～2006年)

(3) 地形の影響

ア 地形図

図2.6.6(3)-1は空港周辺の地形図である。空港は千葉県北部の下総台地上に位置し、空港周辺には谷状の浸食地（谷地）が無数に散在している。特に、空港の西側から北側にかけては北西側から南東方向に伸びる谷地（青線）とそれに直交する南西から北東方向を指向する筋状の谷地

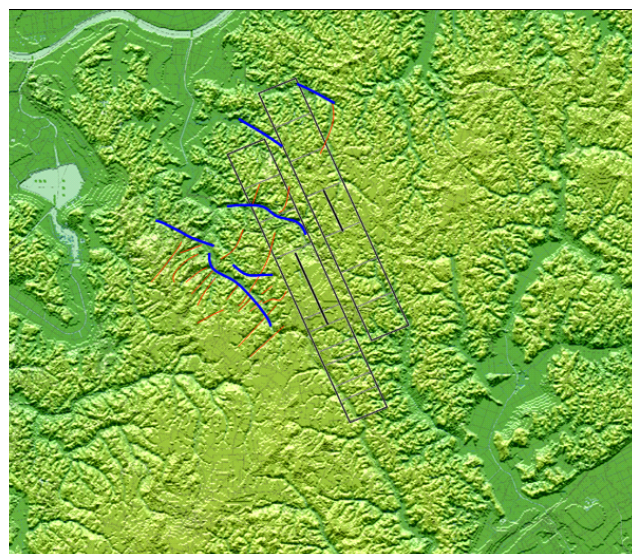


図2.6.6(3)-1 空港周辺の地形
(赤青線は谷地を表す)

(赤線) とが数多く存在している。なかでも赤線で示した谷地は、その走向から南西強風時に発生するシアラインと密接に関係していることを示唆している。

イ シミュレーション

先に述べたように空港が高台にあるため、低地を吹いた風は乗り上げるような形で空港に吹き込むことになる。これは斜面を上がる風が収束することによる加速が考えられ、また、谷地は風の通過する流路を狭めるため、ここを吹き抜ける風は加速することが考えられる。これは川の流域が細くなると流速が早くなることと似ている。

図2.6.6(3)-2および図2.6.6(3)-3は空港付近の地形を簡単なモデルにし、風の流る様子を二次元シミュレーションによってイメージ化したものである。これは渦の存在しないポテンシャル流であり、実際には粘性が存在する風の流れとは異なるが、どちらも流体が加速する様子が表現されている。

図2.6.6(3)-2は、図の左から右へ風が吹き、風が谷地から空港へ吹き上げる時に風速が加速している様子が分かる（暖色ほど風速が速い）。

図2.6.6(3)-3は、図上が北で、南西から風が吹いている様子である。谷地を吹き抜ける時に風が加速されることが分かる。特に、南西風時に着陸に使用する滑走路の16R付近では顕著に表現されている。この加速された風は、谷地を通過しない南西風との間に風速差を生じさせることにもなる。

以上のように、地形図からわかった空港周辺の地形の特徴を加味した風

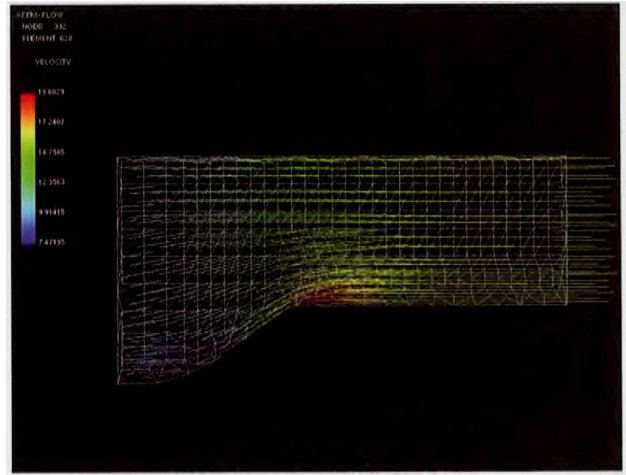


図2.6.6(3)-2 空港に吹き上げる風

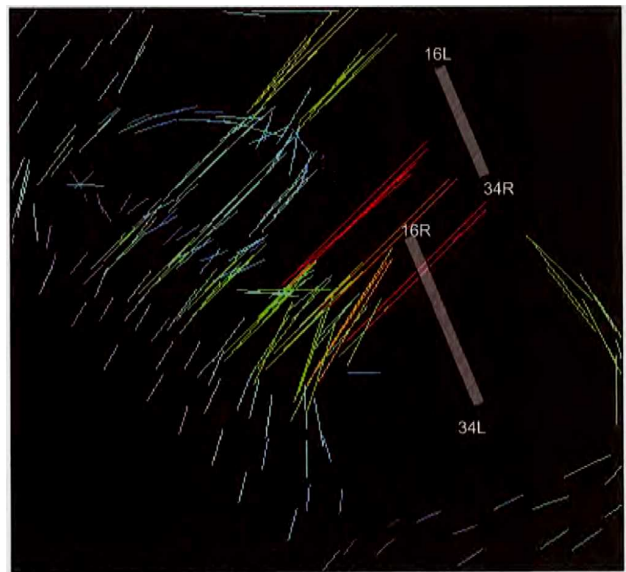


図2.6.6(3)-3 谷地を吹き抜ける風

のシミュレーションによって、南西強風時の着陸コース側で多数のシアラインが検出される原因の解明と多数のウィンドシア報告の理由を裏付けることができた。

「図2.6.6(3)-1は国土地理院発行数値地図50000（地図画像）をカシミール3Dにて描画したものである。」

「図2.6.6(3)-2、図2.6.6(3)-3はXFEM (JIKO's Software for CAE) によりシミュレーションしたものである。」

2.7 フライトレコーダーに関する情報

同機には、約25時間記録可能な米国ハネウェル社製FDR及び約2時間記録可能な米国L3コミュニケーションズ社製CVRが装備されていた。これらのフライトレコーダーには、本事故発生当時の記録が残されていた。

FDR及びCVRの時刻校正は、管制交信記録に記録された時報と、FDR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。

2.8 試験及び研究に関する情報

2.8.1 胴体損傷部の破面解析

機体調査で見つかった胴体上部の外板損傷部の破面を簡易解析したところ、疲労破壊が疑われたため、NIMSへ詳細な解析を依頼した。その結果、破面には疲労破壊の痕跡は認められず、過負荷による延性破壊により破断したものと推定された。

2.8.2 ウィンドシア警報

同機には、ウィンドシアに遭遇したことを検知し警報を発するReactive型の装置と進行方向にあるウィンドシアを搭載された気象レーダーにより検知し警報を発するPredictive型の装置の両方が装備されていた。

FDRの記録によれば、事故当時、Reactive型及びPredictive型の両装置でウィンドシアは検知されず、ウィンドシア警報は作動していなかった。

2.8.3 機体製造者による解析

FDRの記録及び機体損傷から機体製造者が行った解析の結果は、以下のとおりであった。

(1) 風の状況

同機が滑走路進入端から接地するまでの間に、横風成分は±10kt以上変化している。また、接地時に弱い向かい風成分が背風へと変化した。これら

の風の変化は、滑走路進入端通過以降における滑走路路上において、機体の降下角を維持するための運航乗務員の作業負荷を増加させるものである。(図2.8.3(1) 参照)

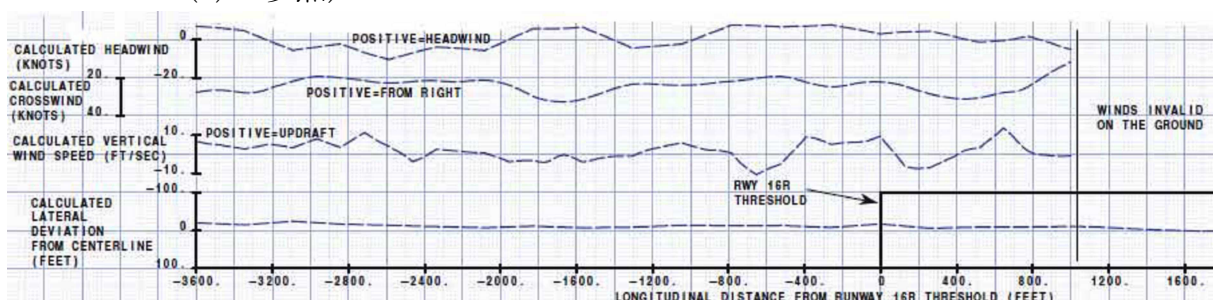


図2.8.3(1) 機体製造者による風の解析

(2) Stabilized Approach (安定した進入) の基準

Stabilized Approachの基準は、767 FCTMに記載されている。同機の進入において、進入の早い時期はStabilized Approachの基準に合致している。また、767 FCTMには、「機体が滑走路進入端を通過するとき、通常の操作により安定した飛行経路上にいないなければならない。」と記載されている。本事故時は、推奨されるStabilized Approachの限界値にしばしば達した進入であったが、限界値を継続して超過することはなかった。

(3) 強い前脚接地

最初の右主脚バウンド後に発生した機首下げ運動が運航乗務員によって抑制されず、1回目の強い前脚接地が発生した。運航乗務員が前方一杯に機首下げ操作を行い、非常に大きな機首下げ率が生じた後に、2回目の強い前脚接地が発生した。

(4) 前脚及び胴体への荷重

FDRデータは、荷重を計算するために必要なパラメータのサンプルレートが低いため、正確な荷重計算を行うために使用することができない。その代わりに、本事故による前脚の最大荷重は機体前方への損傷に基づいて計算され、前脚の荷重は150,000lb以上と推定された。この推定された前脚への荷重は、設計要求及び前方

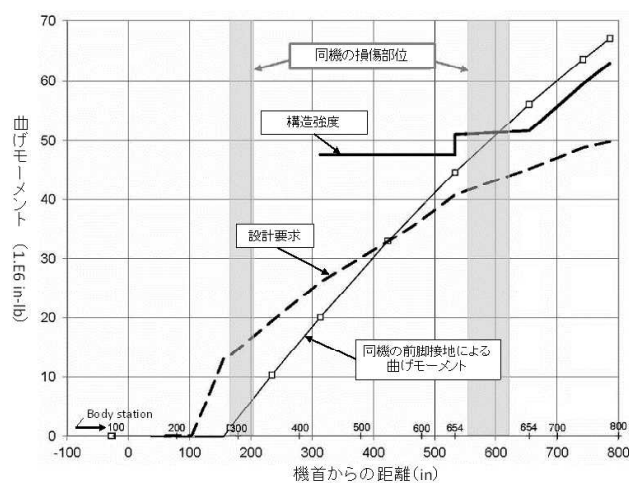


図2.8.3(4)-1 曲げモーメントの推定 (1回目の前脚接地)

胴体の構造強度の両方を上回る曲げモーメントを受けたことを示している。前方胴体の損傷は、1回目又は2回目の強い前脚接地のどちらか又は両方で発生した可能性がある。(図2.8.3(4)-1及び図2.8.3(4)-2 参照)

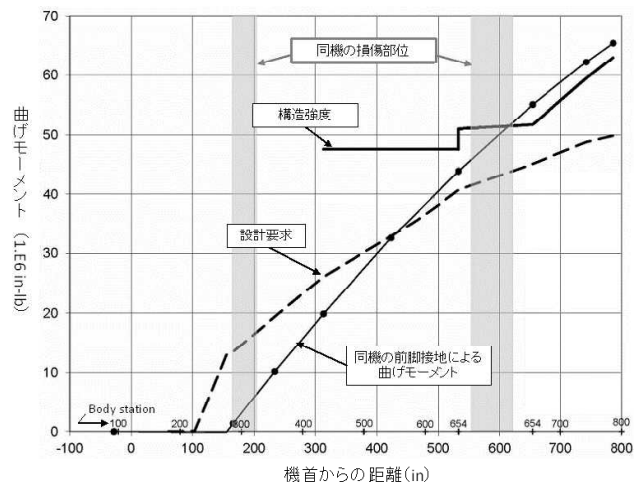


図2.8.3(4)-2 曲げモーメントの推定
(2回目の前脚接地)

2.8.4 タイヤ製造者による解析

タイヤ製造者において、同機の主脚用タイヤ及び前脚用タイヤ各1本の調査を行った。その結果、主脚のタイヤ内側にはタイヤ内面同士の接触痕及びしわ等がなく、タイヤ内面同士の接触には至っていなかったと推察された。

前脚のタイヤ内側にはタイヤ内面同士の接触痕及びしわが全周に確認され、タイヤ内面同士が接触した状態のまま、最低1回転以上走行したものと推察された。(写真2.8.4-1、写真2.8.4-2 参照)

タイヤ製造者は、前脚のタイヤが規定内圧(165psi)のとき、タイヤ内面同士の接触が発生する荷重は、規定荷重(24,100lb)の約3倍(72,300lb)以上と推定されるとしている。



写真2.8.4-1 主脚用タイヤ内部



写真2.8.4-2 前脚用タイヤ内部
(赤枠が接触痕、黄枠がしわを示す)

2.9 同社のマニュアル類の記載事項

2.9.1 飛行機運用規程(AOM)

同社のAOMには以下のように記載されている。(抜粋)

第1章 Limitations (制限事項)

1-4 Miscellaneous Limits

離着陸時の最大横風

滑走路の状態に対応した離着陸時の最大横風値は下記の通りとする。ただし離陸後または着陸決定後の一時的な超過は許容する。

滑走路状態 DRY *13 (DAMP *14 を含む) 最大横風値 33 (KTS)

第3章 Normal Procedure

3-1-5 Standard Callouts

以下に示すConditionにおいて、担当者 (Caller) は所定のCalloutを行う。Crew Memberは担当以外のCalloutについてもObserveし、所定のCalloutが行われなかったことを認めた場合は適宜所定のCalloutを行う。PFは、所定のCallout以外では“CHECKED”または復唱することによるAcknowledgeを行う。ただしAutoland時のAutopilot StatusのCalloutに対してはAcknowledgeしなくてもよい。

(略)

Deviation Call

CONDITION	PF	PM
After 1,000 ft AFE, significant deviation from target approach speed, sink rate, localizer and glideslope	-----	AIRSPEED or $V_{REF} \pm$ ____ (KNOT), SINK RATE or SINK ____ (FEET PER MINUTES), LOCALIZER or ____ DOT LEFT / RIGHT, GLIDESLOPE or ____ DOT ABOVE / BELOW

Significant Deviationの目安

Airspeed : Above 10 KIAS or below 5 KIAS (with landing flap)

3-1-8 Use of Autopilot, Autothrottle and FMS

Autolandを実施しない場合、ApproachにおけるAutopilotの使用はDA/MDAまでであり、DA通過後、またはMDA未満の高度へ降下する際には、速やかにAutopilotをDisengageする。

ApproachにおいてAutopilotをDisengageする場合には、AutothrottleもDisconnectする。

*13 「DRY」とは、路面が雪氷等で覆われていなく、乾いた状態をいう。

*14 「DAMP」とは、路面は湿っているが水膜はほとんどない状態。水膜の深さは約0.3mm (0.01in) 未満。

3-1-16 Stabilized Approach

滑走路高1,000ft (Circling Approachにおいては滑走路高500ft) 通過までに、LANDING CHECKLISTを完了し、機はStabilize (安定) していること。機がStabilizeしているとは以下の状態にあることをいう。

- ・ 適正な姿勢、位置にあること。
- ・ Airspeedおよび降下率が所定の範囲内であること。
- ・ Engine Thrustが適切であること。

上記高度通過までにStabilized Approachを確立できない場合はGo-Aroundしなければならない。また、これ以下の高度においてStabilizeしていない状態が継続する場合もGo-Aroundしなければならない。

Note: Circling Approach以外のApproach においてATC等の制約により滑走路高1,000ft通過までにStabilized Approachを確立できない場合は可能な限り速やかにStabilized Approachを確立すること。

3-1-18 Go-Around (ゴーアラウンド)

進入、着陸を続行した場合に、その後の安全が懸念される場合には、躊躇なくGo-Aroundしなければならない。

着陸の安全が懸念される場合には、PMも機長/副操縦士によらず、“Go-Around” とCallする。

PMによるGo-AroundのCallがあった場合でも最終的な判断は機長 (PIC) が行う。

Go-Aroundの実施はGo-Around and Missed Approach Procedureに従う。

2.9.2 AIRPLANE OPERATIONS REFERENCE (AOR)

同社のAORは、ボーイング式767型機の運航に関する参考資料で、飛行機運用規程の内容を補足又は解説したものとして設定されており、以下のように記載されている。(抜粋)

第2章 Procedure Reference

2-1-13 Stabilized Approachについて

1. Stabilized Approachとは

Stabilized Approachは進入着陸時の事故を防止する重要なConceptである。

飛行機はCruiseから高度、速度、コースならびにConfigurationを変化させつつFinal Approachに至る。Final ApproachおよびLandingは事故の

約半数が発生するCriticalなPhaseである。

Final ApproachはConfigurationを整え、速度、降下率、飛行経路を安定させLandingに向かう重要なPhaseである。

(略)

Stabilized Approachを実践することにより以下の利点がある。

- ・ 姿勢、コース、パス、Airspeed、降下率、Engine ThrustのMonitorによるSituational Awarenessの増大。
- ・ Minimum Stabilization HeightまでにLanding Configurationを作ることにより、低高度におけるConfiguration Changeを防ぎ、また、ATCとのCommunication、Weatherの変化、System Operationへの対応の余裕を作る。
- ・ Minimum Stabilization HeightおよびDeviation のCriteriaを設定することにより適切なLanding/Go-Aroundの判断を可能とする。
- ・ 適切な速度、接地点による着陸性能余裕を作る。

2. Stabilized Approachの条件

(1) 「機がStabilizeしている状態」

AOM第3章Standard CalloutのDeviation Callで指定されている値を参考に「機がStabilizeしている状態」であるかを判断する。ただし、例えば、風向き^{じょうらん}の急激な変化や気流の擾乱等によりStabilized Approachに関係するParameterがSignificant Deviationの目安を超過するような場合であっても、それが一時的であり、かつ、修正可能な範囲内であり、積極的に修正される方向の場合は許容される。

(略)

(2) Stabilized ApproachにおけるGo-Aroundの考え方

① Minimum Stabilization Heightまで

Minimum Stabilization HeightまでにStabilized Approachを確立することができなければ、それ以降、進入を継続することはできず、Go-Aroundしなければならない。

② Minimum Stabilization Height以降

Minimum Stabilization HeightまでにStabilized Approachを確立していれば、それ以降進入を継続することができるが、それ以降Flare開始まで上述した「Stabilizeしている状態」ではない状態が継続する場合もGo-Aroundしなければならない。

2.10 操縦訓練について

2.10.1 運航乗務員の定期訓練について

同社の同型式機の定期訓練は、年1回、定期的に行われている。

(1) 機長

同社の規定に従った訓練を受けていた。ウィンドシアアの科目は毎年行われており、適正と評価されていた。

(2) 副操縦士

同社の規定に従った訓練を受けていた。ウィンドシアアの科目は毎年行われており、適正と評価されていた。

2.10.2 同社の訓練マニュアル（抜粋）

(1) Flare and Touchdown

① Flareは、30FtRA付近からBack Pressureをかけ始め、20FtRAでPositiveにPitchが変化するように操作を行いLandingのPath（概ねApproach Pathの1/2～1/3）へ移行させる。

② Pathが確実に変化したらThrustをゆっくりと絞り始める。

③ 接地まで機首が下がらないよう連続的にBack Pressureを増加させTouch Down Zone内に接地させる。最終的なFlare Pitchは5°程度となる。Thrust ReduceおよびAirspeedの減少に伴うPitch Down Momentに負けないようにするためには、目線をFlare開始と同時に徐々にRunway Endに移していくと良い。

これらの操作により、理論上はTouch Down Pointに接地するはずであるが、Flare開始後はTouch Down Pointに接地させようとする操舵^だをしてはならない。Zone内に接地させることのみ心掛ければ良い。

④ Main Gear接地後、急激にControl Columnを動かしてはならない。またFlareを行っている最中、あるいはTouch Downの後、Trimをとってはならない。このような操作はTouchdown以降のPitch Attitudeを増加させ、Tail Strikeの可能性を増加させる原因となる。

また完璧なSmooth Landingを試みてPitch Attitudeを増加させFlareを引き伸ばしてはいけない。また、Nose Wheelを空中に支え続けるのも良くない。

Main GearがTouch Downしたら、Nose WheelをRunway上にスムーズに降りし始める。最近、発行されたボーイングのAeromagazineでは、Tail Strikeを防止^{ため}する為には、Main Gear接地後速やかにNose Gearを接地させること、また接地後、Nose UpによるAerodynamic Brakeを使用しないことと

言っている。

上記操作は、静穏な大気状態における標準的な操舵法であり、強風、擾乱、Gustが存在する状況においては、上記を基本とし、状況に応じた対応が必要となる。

50Ft (RA) 付近からTouchdownまでの間、Radio AltimeterのAuto Calloutは、Pathを判断するために有効である。STD Callout (Threshold) を含めRAの各Callと位置関係を把握しておくこと。

(2) After Touchdown and Landing Roll

Main Wheel接地後Auto Brake、Reverse Thrust Operation及びSpeed BrakeExtendによるPitch Momentの変化によりTailの接地やNose Wheelの急激な接地になり易^{やす}いため注意が必要である。

(略)

Landing Roll はRudder Steeringで行い、Centerline をKeepする為には、目線を遠方に置いておく^{やす}と容易である。

Turnoff時のSpeedに減速した後、Auto BrakeをDisarmし、Rudder SteeringからNose Wheel Steeringへ移行する。

^{なお}尚、Reverse Thrustは“60kt”のCallでSmooth にReverse Idleに戻し、Reverse IdleがStabilizeした事を確認して、Forward Idleとする。

2.10.3 機体製造者の運航乗務員訓練マニュアル (F C T M)

機体製造者の運航乗務員訓練マニュアル (F C T M) では、着陸時の前脚を接地させる操作について以下のように記載されている。(抜粋)

Landing Roll

Avoid touching down with thrust above idle since this may establish an airplane nose up pitch tendency and increases landing roll.

After main gear touchdown, initiate the landing roll procedure. If the speedbrakes do not extend automatically move the speedbrake lever to the UP position without delay. Fly the nose wheels smoothly onto the runway without delay. Control column movement forward of neutral should not be required. Do not attempt to hold the nose wheels off the runway. Holding the nose up after touchdown for aerodynamic braking is not an effective braking technique and results in high nose gear sink rates upon brake application and reduced braking effectiveness.

To avoid possible airplane structural damage, do not make large nose

down control column movements before the nose wheels are lowered to the runway.

To avoid the risk of a tail strike, do not allow the pitch attitude to increase after touchdown. However, applying excessive nose down elevator during landing can result in substantial forward fuselage damage. Do not use full down elevator. Use an appropriate autobrake setting or manually apply wheel brakes smoothly with steadily increasing pedal pressure as required for runway condition and runway length available. Maintain deceleration rate with constant or increasing brake pressure as required until stopped or desired taxi speed is reached.

(仮訳)

着陸滑走

スラストがアイドルになっていない状態で着陸すると、飛行機を機首上げさせ、着陸滑走（距離）を増加させることとなるため、避けるべきである。

主脚が着いたら、着陸滑走手順を開始する。スピードブレーキが自動的に作動しないときは、スピードブレーキレバーを直ちにアップにすること。そして、遅滞なく前脚をスムーズに滑走路に降ろすこと。操縦桿を中立位置以上に前方に押す操作は不要である。前脚を滑走路に着けないように操縦桿を保持（操作）してはならない。（主脚）接地後、空力的ブレーキのために機首上げ姿勢を保持することは有効な制動テクニックではなく、ブレーキをかけたときにノーズの降下率を早めることになり、制動効率が悪くなる。

航空機の構造損傷を避けるため、前脚が滑走路に接地する前に、操縦桿への大きな機首下げ操作を行ってはならない。

テールストライクの危険性を避けるためには、接地後に機首が上がらないようにしなければならない。しかし、着陸時に、機首下げのため過大なエレベーター操作をすると、胴体前方部分への甚大な損傷をもたらすことになる。フルダウンのエレベーター操作を行ってはならない。滑走路の状態及び長さに応じて、適切なオート・ブレーキの設定とするか、あるいはスムーズで安定したマニュアルでのブレーキング操作を行うこと。停止するか、あるいは望ましいタクシー速度になるまで、一定のブレーキ圧、又は徐々にブレーキ圧を増加させて減速率を保つこと（が大切である）。

Bounced Landing Recovery <FCTM 6.21>

If the airplane should bounce, hold or re-establish a normal landing attitude and add thrust as necessary to control the rate of descent. Thrust need not be added for a shallow bounce or skip. When a high, hard bounce occurs, initiate a go-around.

Apply go-around thrust and use normal go-around procedures. Do not retract the landing gear until a positive rate of climb is established because a second touchdown may occur during the go-around.

If higher than idle thrust is maintained through initial touchdown, the automatic speedbrake deployment may be disabled even when the speedbrakes are armed.

This can result in a bounced landing.

If the speedbrakes started to extend on the initial touchdown, they will retract once the airplane becomes airborne again on a bounce, even if thrust is not increased.

The speedbrakes must then be manually extended after the airplane returns to the runway.

(仮訳)

バウンド着陸からの回復<FCTM 6.21>

もしも、航空機が着陸でバウンドしたときは、正常な機体姿勢を維持あるいは再構築して、必要によりスラスト（推力）を足して（再接地までの）降下率を制御すること。ちょっとしたバウンドあるいはスキップの場合は、スラストを足す必要はない。もし、高く大きくバウンドした場合は、ゴーアラウンドすること。ゴーアラウンド・スラストを入れ、通常のゴーアラウンド手順に従うこと。ゴーアラウンド中に再接地の可能性があるので、昇降計が上昇に転ずるまで着陸装置は上げないこと。

最初の接地でスラストが残っていると、スピードブレーキ（レバー）をアームにしても、スピードブレーキは自動的に展開しないかもしれない。

そして、このために、バウンド着陸になるかもしれない。

最初の接地で、スピードブレーキが展開し始めたならば、バウンド後、航空機が浮揚すると、たとえスラストが足されなくても、スピードブレーキは、格納されるであろう。

（この後の）再接地時には、スピードブレーキは、（自動展開しないので）手動で展開させなければならない。

Go-Around after Touchdown <FCTM 5.74>

If a go-around is initiated before touchdown and touchdown occurs, continue with normal go-around procedures. The F/D go-around mode will continue to provide go-around guidance commands throughout the maneuver.

If a go-around is initiated after touchdown but before thrust reverser selection, auto speedbrakes retract and autobrakes disarm as thrust levers are advanced. The F/D go-around mode will not be available until go-around is selected after becoming airborne.

Once reverse thrust is initiated following touchdown, a full stop landing must be made. If an engine stays in reverse, safe flight is not possible.

(仮訳)

接地後のゴーアラウンド<FCTM 5.74>

接地前にゴーアラウンドを開始して、接地してしまっても、通常のゴーアラウンド手順を続けること。FDのGA (Go-Around) モードは、GAに必要な指示を表示し続けてくれる。

接地はしてもリバース操作を行っていない段階で、ゴーアラウンドを開始した場合、スラストレバーを進めることにより、スピードブレーキは格納され、オートブレーキは解除される。浮揚後、ゴーアラウンドモードが選択されると、FDのGAモードは利用できるようになる。

接地後、リバース操作が開始されたら、(ゴーアラウンドは禁止で) 着陸してフルストップさせなければならない。エンジンがリバースに入った状態では、安全な飛行はできない。

① *Over-Rotation during Go-Around*

Go-arounds initiated very late in the approach, such as during the landing flare or after touching down, are a common cause of tail strikes. When the go-around mode is initiated, the flight director immediately commands a go-around pitch attitude. If the pilot flying abruptly rotates up to the pitch command bar, a tail strike can occur before the airplane responds and begins climbing. During a go-around, an increase in thrust as well as a positive pitch attitude is needed. If the thrust increase is not adequate for the increased pitch

attitude, the resulting speed decay will likely result in a tail strike. Another contributing factor in tail strikes may be a strong desire by the flight crew to avoid landing gear contact after initiating a late go-around when the airplane is still over the runway. In general, this concern is not warranted because a brief landing gear touchdown during a late go-around is acceptable. This had been demonstrated during autoland and go-around certification programs.

(仮訳)

① ゴーアラウンド時の過大引きし

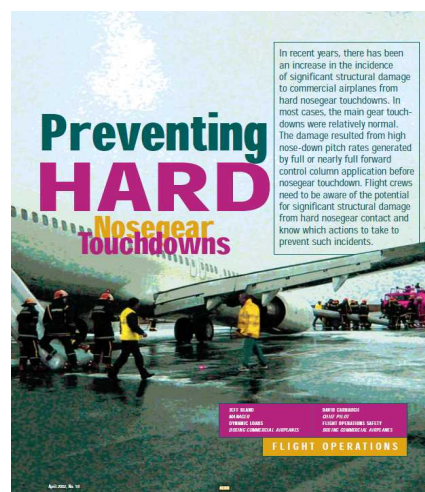
着陸のためのフレア中あるいは接地後など、進入の最終段階でのゴーアラウンドは、よくテールストライクを起こすことがある。ゴーアラウンドが開始されると、FDは、直ちにゴーアラウンドのピッチ（上昇姿勢）にするよう指示を出す。PFが、急激にこのピッチ・コマンド・バー（上昇姿勢の指示標識）まで機首上げ操作を行うと、機体が反応して（上昇姿勢になり）上昇を始める前にテールストライクを起こしてしまう。ゴーアラウンドに際しては、上昇のためのピッチ姿勢と同様に、スラストが必要である。上昇姿勢のためのスラストが十分でない場合は、（適切な上昇）速度が得られず、テールストライクを起こしやすくなる。そのほか、進入の最終段階で、機体がまだ滑走路にいたときにゴーアラウンドを開始した場合、パイロットが、どうしても着陸装置を接地させたくないという気持ちになってしまうことがテールストライクの原因となることもある。一般的に、ゴーアラウンドの開始が遅れて、着陸装置が短時間接地しても問題はなく、この種の心配は無用である。このことは、自動着陸、自動着陸復行の検証で実証されている。

2.1.1 その他必要な事項

2.11.1 機体製造者の事故事例研究資料

米国機体製造者定期刊行雑誌「AERO: April 2002 No. 18」のFLIGHT OPERATIONS項目として、「Preventing Hard Nosegear Touchdowns」と題した資料がある。

これは、2.11.3に後述する過去の同種事例に鑑みて、機体製造者として運航関係者に対して有効と思われる新しい資料教材の提供の一環として出されたものである。機体製造者は、これに対応する資料映



像ビデオも作製していた。

(以下AEROより抜粋)

Preventing Hard Nosegear Touchdowns

In recent years, there has been an increase in the incident of significant structural damage to commercial airplanes from hard nosegear touchdowns. In most cases, the main gear touchdowns were relatively normal.

The damage resulted from high nose-down pitch rates generated by full or nearly full forward control column application before nosegear touchdown. Flight crews need to be aware of the potential for significant structural damage from hard nosegear contact and know which actions to take to prevent such incidents.

(Omitted)

Hard nosegear landings can produce heavy loads on the nosegear and its support structure. The resulting high stresses in the forward-fuselage upper crown and between the flight deck and wing front spar can cause the fuselage structure to buckle. Appropriate actions by the flight crew can help prevent such incidents.

(Omitted)

With the nose down, spoilers up, and thrust reversers deployed, the airplane is in the correct stopping configuration. This should be established as soon as is practical during landing. Forward column movement should not be applied to lower the nose rapidly in an effort to improve landing performance or directional control. The rudder provides the required directional control until the airplane is at a relatively low speed, then rudder pedal nosewheel steering is used to complete the landing rollout. Large forward column displacement does not improve the effectiveness of nosewheel steering and may reduce the effectiveness of main-wheel braking because it reduces the amount of weight on the main gear.

(仮訳)

強い前脚接地の回避

強い前脚接地による民航機の大きな構造損傷となるインシデントが、最近増

加している。このほとんどのケースでは、主脚の接地は比較的ノーマルであった。

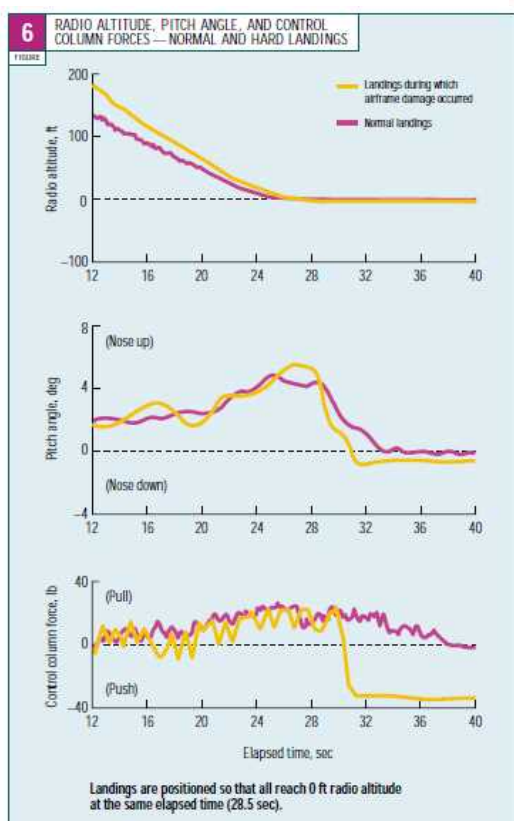
構造損傷は、前脚が接地する前に行った、最大若しくは最大に近い前方向への操縦桿操作による、急激な機首下げによって引き起こされていた。パイロットは、強い前脚接地による重大な構造損傷の潜在性を認識すべきであり、この種のインシデントを防ぐための操作を知っておく必要がある。

(略)

強い前脚接地は、前脚とその補助構造に大きな負荷を生む。機体前方の上部と操縦席と主翼前桁部材の間への高負荷は、胴体構造の座屈を招く。パイロットの適切な操作が、この種のインシデントを防ぐことができる。

(略)

機首が下がって、スポイラーが立ち、リバーズが入ることで、飛行機は正しく止まる状態になる。これは、実際の着陸では、すぐに確立されなければならない。着陸（制止）性能の向上や方向維持のために、機首を急いで下げようとして、操縦桿を前方に押す操作は行うべきではない。飛行機が低速になるまで、必要な方向維持はラダーで制御できる。そして、ラダーでの前輪のステアリングが、着陸後滑走（の方向維持）に使われる。操縦桿への大きな前方への力は、前輪のステアリングの効果を改善しないし、主脚にかかる重量を減ずることになることから、主脚のブレーキの効果を減ずるかもしれない。



SUMMARY

Flight crews can reduce the chances of airplane damage from hard nosegear contact by avoiding high derotation rates and excessive forward column inputs. In the event of a hard landing, the flight crew should report the event to the engineering and maintenance departments so that the airplane can be inspected for potential structural damage.

(仮訳)

要約

運航乗務員は、大きい機首下げ率及び過大な前方への操縦桿の操作を回避することにより、前脚が激しく接地することによる機体への損傷の可能性を減らすことができる。ハードランディングが生じたときは、運航乗務員は、構造損傷の有無が検査されるよう

に技術及び整備部門へ、その発生を報告すべきである。

2.11.2 同社グループの情報誌

以下は、本事故の3か月前（2012年3月12日）に同社が発行したもので、機体製造者の事故事例研究資料AERO（2.11.1 参照）を紹介しながら「Nose Landing GearのHard Landingを回避する」ことについて、同社グループの情報誌（The Flight ANA Group）に掲載された記事である。（抜粋）

4. *Nose Landing GearのHard Landingを回避するために*

次に、Avoiding Hard Landingの観点から見てみましょう。

Nose Landing Gear 接地後のControl Column のForward Pressureを意識するあまり、Nose Landing Gearが接地する前に、無意識に急いでControl ColumnにForward Pressureをかけてしまい、Nose Landing GearをHardに打ち付け、事故となった事例が海外にて報告されています。

Nose Landing GearのHard Landingを避ける意味においても、このような操作は避ける必要があると言えます。

2.11.3 参考となる過去の事故例について

2.11.3.1 同型式機における類似損傷事故

米国及び英国の事故調査機関によると、本事例の損傷に類似した以下のような過去の事故事例がある。

(1) 胴体上部の設計変更前の事例

胴体上部の設計変更前の事例は、以下の3件である。

- ① 1992年 1月16日 濟州国際空港 韓国
- ② 1992年10月27日 サンパウロ国際空港 ブラジル
- ③ 1993年12月31日 ワルシャワ・ショパン空港 ポーランド

上記の3事例は、急激な機首下げによる強い着陸という類似した特徴を有している。当該3事例により、機体製造者は、以下の対策を行った。

- ・ 機体前方の胴体上部の構造の強化
- ・ 前脚の最大衝撃を緩和するようにMetering Pinの変更
- ・ ボーイング式767型機の操縦士向けトレーニング教材（ビデオ）の作成及び運航者向け情報誌での強い前脚接地による機体損傷に至る可能性の周知

(2) 2009年4月20日 ジョン・エフ・ケネディー空港 米国 米国NTSBによる調査報告書の原因は、以下のとおりである。

Conclusion

The National Transportation Safety Board determines the probable cause(s) of this accident as follows.

The first officer's input of full nose down elevator at touchdown. Contributing to the accident was the gusty wind conditions.

(仮訳)

結論

NTSBは、この事故の推定原因を下記のとおりと決定する。

接地時の副操縦士による操作限度までのエレベーターへの機首下げ操作事故への関与要因は、突風を含む風の状況であった。

(3) 2010年10月3日 ブリストル空港 英国

英国AAIBによる調査報告書の原因は、以下のとおりである。

Conclusion

Damage to the fuselage occurred as a result of rapid de-rotation of the aircraft following a hard landing on the main landing gear. The runway profile, nuisance GPWS alerts and the meteorological conditions may have influenced the landing.

(仮訳)

結論

胴体の損傷は、主脚接地時のハードランディングに続いて、機体の急激な機首下げの結果によって発生した。滑走路の形状、不必要なGPWS警報及び気象条件が本件に関与した可能性が考えられる。

2.11.3.2 成田空港における過去のハードランディング事故

平成2年3月24日14時12分ごろ、成田空港で発生したハードランディングによる機体損傷により燃料が漏れる事故が発生した。以下が、その航空事故調査報告書からの抜粋である。

(1) 航空事故の概要

キャセイ・パシフィック航空会社所属ロッキード式L1011-385-1型VR-HOCは、平成2年(1990年)3月24日、同社定期便508として香港国際空港を出発し、14時12分ごろ、新東京国際空港(現成田空港)の滑走路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。火災は発生しなかった。

事故機には、乗組員18名及び乗客283名計301名が搭乗しており、

緊急脱出が行われた際、乗客2名が重傷を負った。

(2) 原因

本事故は、事故機が、風向風速が大きく変動する横風の中を進入して、着陸のためのディクラブ操作を開始した直後に、その直前に吹いていた強い真横の風が急減するとともに、一時的に追い風になるという変化に遭遇し、機長が適切な着陸操作を行うことができずハード・ランディングしたことによるものと推定される。

(3) 事故当時の気象状態

事故発生当時の成田空港は、三陸沖の低気圧からのびる寒冷前線の前面の暖域内にあり、伊豆半島から東京湾を通り成田空港付近に達する南西の強風帯の中にあつたと認められる。

2分間平均風向風速計の記録によると、事故は滑走路16の風向変動が大きく風速の極大値が大きい時間帯に発生している。

試験研究の結果から、事故機の進入・着陸時の風向風速は、場所によって大きく変化していたと推定される。また、この風向風速の変化は、主に飛行経路下及び風上側の地形の影響を考えると説明しやすい。

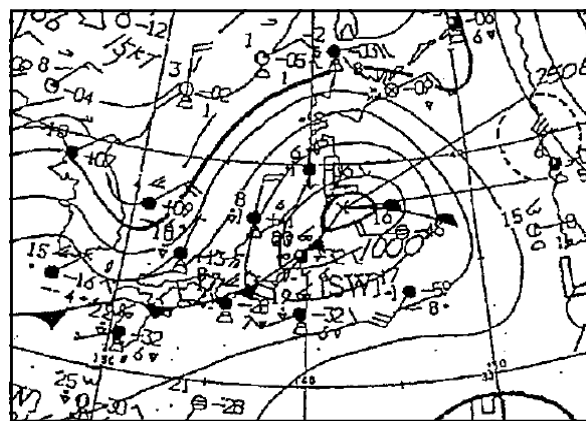


図 2.11.3.2(3) 地上天気図
(日本周辺)

2.11.4 同社グループ会社におけるテールストライク事故について

同社では、平成24年2月5日に仙台空港で発生した同社グループ会社のA320型機によるテールストライク事故を受けて、同社グループ会社の中運航乗務員に対して、発生状況や留意事項を周知する文書を発行した。

3 分析

3.1 乗務員等の資格

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

3.3.1 事故当時の気象概要

事故当時の気象概要は、2.6.1に記述したとおり、東北地方の東海上にある低気圧から寒冷前線が関東沿岸海上を通過して九州南部にのびていた。アメダスデータ（風向・風速）から、成田空港は南西風の強風域内にあったものと推定される。

2.6.2に記述した13時00分及び13時30分の成田空港の定時航空気象観測報から、事故当時の成田空港の気象状態は、卓越視程は10km以上で良好であり、風はガスト（突風）を伴った南西風であったと推定される。

3.3.2 気象解析

3.3.2.1 南西強風時に成田空港周辺の地形が風に与える影響

2.6.6の資料によると、成田空港は高台となっており、南西方向から成田空港へ向かう地形には、線状の谷地が存在している。空港周辺のこれらの谷地は、滑走路16Rへの進入コース及び滑走路16R進入端側の滑走路路上に向かう形となっており、南西風の場合、低地からの風が斜面を上がることで高台において風が収束して加速し、更に谷地が風の流路を狭めることにより、この谷地を吹き抜ける風を加速させる。この加速された風は、谷地を通過しない風との間に風速差を生じさせることになるとされている。

また、風向別操縦士報告件数からも、南西強風のときにウィンドシアアが最も多く報告されている。

これらのことから、南西強風時に成田空港周辺の地形の影響により、滑走路16Rの進入コース及び滑走路16R進入端側の滑走路路上で、激しい風の乱れが発生することがあるものと推定される。

3.3.2.2 滑走路16Rの風速の変化

2.6.4で記述した成田空港滑走路16R接地帯付近の瞬間風向風速の観測値から、事故発生前後（13時21分から13時24分まで）の向かい風成分及び横風成分を求めると、図3.3.2.2のようになる。

横風成分は、1kt～19ktで変動しているが、2.9.1に記載したAOMの離着陸時の最大横風値の範囲内であったものと推定される。

向かい風成分については、接地前後で約7ktの急な減少が発生している。

瞬間風向風速の観測値の変動の傾向から、突風を伴う大きい風速変化があったも

のと考えられる。

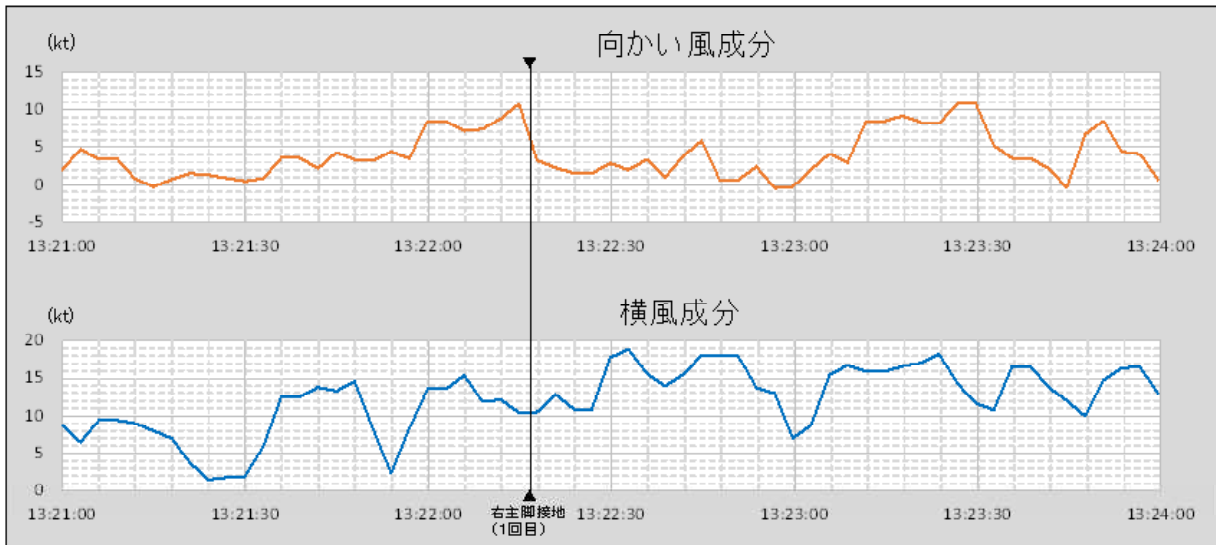


図 3.3.2.2 事故前後の向かい風成分及び横風成分

3.3.2.3 ウィンドシアアについて

2.6.5で記述したとおり、事故関連時間帯に発表された滑走路16Rに関する低層ウィンドシアア情報文はなく、地上観測によるウィンドシアアは検出されていなかった。また、事故当日の10時から15時の間に滑走路16R及び16Lにおいてウィンドシアアによるゴーアラウンドが5件発生しているが、事故関連時間帯の滑走路16Rでは、同機を含めてウィンドシアアによるゴーアラウンドはなかった。さらに、2.1.1の飛行の経過及び2.1.2の運航乗務員の口述においても、機上のウィンドシアア警報は発生していなかった。

これらのことから、同機の進入中にウィンドシアア警報が発生するほどのウィンドシアアは発生していなかったものと考えられる。

3.3.2.4 事故当時の風の状況

3.3.1で述べたように、事故当時、成田空港は南西風の強風域内にあったことから、3.3.2.1で述べた南西強風時に成田空港周辺の地形の影響により発生する激しい風の乱れが、滑走路16Rの進入コース及び滑走路16R進入端側の滑走路上にあったものと推定される。

2.6.3(1)のドップラーライダーで観測されたドップラー速度（図2.6.3(1)参照）では、滑走路16R進入端及び接地帯付近を通る筋状の強風域が観測されている。これは、2.6.6で記述した成田空港周辺における南西風が吹いているときのシミュレーション結果（図2.6.6(3)-3参照）と強風域の分布が類似している。さらに、2.6.3(2)で記述したとおり、13時22分20秒のドップラーライダーによる速度幅の観測データでは、滑走路16Rの接地帯付近において、乱気流とされる

4. 5m/sを超える7m/s（13.6kt）以上の風の乱れが観測されている。

また、2.8.3で記述した機体製造者による解析においても、同機の進入中及び接地直前に、計算により求められた向かい風成分、横風成分及び垂直方向の風が変化していたとされており、特に滑走路16R進入端を通過した後、向かい風成分が接地直前に減少し、右からの横風成分は一旦増加してから約20ktの減少が生じており、垂直成分の風については滑走路16R進入端通過直後に上昇風から下降風に変化し、その後さらに上昇風へと変化してから接地直前に収まっていることを示している。

これらのことから、同機の着陸時の風は、滑走路16Rの進入コース上及び滑走路16R進入端から接地帯付近において、風向が安定せず、風速が激しく乱れている状態であったものと推定される。

3.3.3 事故当時の風の操縦操作への影響

3.3.2.4で述べた事故当時の風の状況及び2.8.3(1)で記述した機体製造者の解析から、事故当時の風の状況での進入及び着陸は、非常に操縦操作が難しい状況であったものと考えられる。

3.3.4 過去の事故との比較

2.11.3.2で記述した成田空港におけるハードランディング事故と本事故時の気象状態は、東北地方の東海上にある低気圧から寒冷前線が関東近郊を通過のびていること、また、成田空港が南西風の強風域内にあったことなどから、類似していたものと推定される。

3.4 同機の飛行状況

3.4.1 FAF通過からAPがオフ（高度約450ft）となるまで

2.1.1の記述及び付図3-1によると、同機はAP及びATがオンの状態で降下しながらFAFを通過した。FAF通過から高度約1,600ftまでの降下中、ピッチ角、ロール角及び速度の変化は緩やかで小さく、機体姿勢を保持することが難しい状況ではなかったものと推定される。

高度1,600ftを通過後、13時21分ごろから風向風速の変化により、それまでより大きい機体姿勢の変動が始まった。

同じころ、機長は、目標進入速度を148kt（ $V_{REF} + 10$ kt）に増速するため、APの速度設定を変更した。目標進入速度を速い速度に変更したことについては、風向風速の変化が大きくなったことによるものと考えられ、この時点の風の状況を考慮すると、妥当な判断であったものと考えられる。

高度1,600ftからAPがオフとなるまでの風速の変化は、数秒ごとに増減を繰り返しており、同機のピッチ角、ロール角及び速度が短い周期で大きく変動していることから、機体姿勢や速度を保持することが難しい状況となりつつあったものと推定される。

2.1.1の記述及び付図3-2によると、13時22分10秒、副操縦士が高度500ftをコールし、機長が「Stabilized」（安定している）と答えている。このとき、機体姿勢の変化は大きかったものの適切な進入経路上を飛行しており、速度にもデビエーション・コールの範囲を超える変化がなかったことなどから、同機の飛行は、2.9.1及び2.9.2の「機がStabilizedしている状態」であったものと考えられる。

その後、13時22分16秒、同機の速度は目標進入速度より5kt以上遅い140ktとなったため、副操縦士がデビエーション・コールを行い、スラストが増加されたことで速度が回復している。

3.4.2 APがオフとなってから滑走路進入端まで

2.1.1の記述及び付図3-2によると、同機は、ATをオフとした後、高度約450ft（対地高度340ft）でAPがオフにされた。この時点では、同機は進入限界高度（対地高度200ft）まで降下していなかったことから、この時点でAPをオフにしたことは、2.9.1の規定に従ったものと推定される。

APがオフとなってから進入限界高度までの操縦桿の動き（以下「CCP」という。）、操縦輪の動き（以下「CWP」という。）及び機体姿勢は、APがオフになるまでの1分間と比べて同程度の変化であった。その後、滑走路進入端までの進入中、同機のロール角の変化の周期が短くなり、ロールの修正操作も小刻みに大きく行われるようになった。

また、同時期のピッチ角は $+2.6^{\circ}$ から -1.8° の間で、変化の周期が短くなる傾向であり、ピッチの修正操作もロールの修正操作と同様の操作となっている。

さらに、同時期の速度は164～137ktの間で変動しており、デビエーション・コールの上限及び下限を超える範囲での変化が短い周期で生じていた。

これらの結果、進入限界高度から滑走路進入端の間に機首下げ姿勢になったこと、デビエーション・コールの範囲を超えた速度の変動が断続的に発生していたことから、安定した機体姿勢（Stabilized Approach）を維持することが難しい状況になっていたと考えられる。

3.4.3 滑走路進入端通過から1回目の右主脚の接地まで

2.1.1の記述及び付図3-3によると、同機が滑走路進入端を通過後、ピッチ角

が約 $+1.9^{\circ}$ から -1.6° に変化している。対地高度40～30ftで機首下げ操作が行われ、フレアー操作を開始する対地高度約30ftで機首が下がりだし、対地高度約30～20ftにおいて、垂直加速度が0.6Gまで減少して機首下げ姿勢となった。このときの風の状況は、3.3.2.4に記述したとおり、上昇風から下降風へ、そして再度、上昇風へと変化してから収まるとともに、向かい風成分の減少及び横風成分の増加から減少となる変化があったと考えられる。これらのことから、このときのピッチ角の変化は、機首下げ操作に加えて風の乱れが影響したものと考えられる。

付図3-3によると、ピッチ角が下がり機体が沈み込んだ際、スラストレバーが僅かに前方に操作されたが、降下率を十分に減少させるためには、エンジン推力の増加量が足りなかったものと推定される。

2.1.2(1)の口述において、機長は対地高度20～10ftにおいて機体の沈み込みを感じており、付図4に示した降下率から滑走路進入端通過後の13時22分45秒以降の対地高度37ftから接地までの間に、降下率が約400～600ft/minとなっている。このことから、適切なフレアー操作を行えなかったために、降下率を十分に減少させることができなかったものと推定される。

その後、急激に機首が上がり、この急激な機首上げを抑えるために一時的に機首下げ操作が行われたことでピッチ角の上昇率は抑えられ、再び機首上げ操作が行われたことで機首上げが緩やかに継続されたものと考えられる。

本事故の着陸において、滑走路長の長い滑走路16Rを選択していることから、滑走路長を有効に使用して滑走路進入端通過後はピッチを下げないようにしながら接地させることも可能であったと考えられる。同機は滑走路進入端通過後、ピッチが大きく下がった時点で適切な接地操作が行えないと判断し、着陸を継続すべきではなかったものと考えられる。

13時22分49秒、ピッチ角 $+4.9^{\circ}$ 、ロール角 $+4^{\circ}$ 、速度143ktで同機の右主脚が接地した。

3.4.4 1回目の右主脚の接地以降

2.1.1及び付図3-3によると、1回目の右主脚の接地時、同機は右に約 4° 傾き、約 5° の機首上げ姿勢であった。このとき、FDRに記録された垂直加速度は1.58Gであった。1回目の右主脚の接地後、同機の姿勢は、左方向へロールしピッチ角は減少していた。

同機は、1回目の右主脚の接地から約1秒後にバウンドし、浮揚した。なお、片脚着陸のため、スピードブレーキは展開しなかった。その後、同機のピッチ角がマイナス（機首下げ）となり前脚から接地した。前脚の接地に続き右主脚が再接地し、

続いて左主脚が接地した。このとき、FDRには垂直加速度1.72Gが記録されている。

前脚の接地から約1秒後、前脚のみがバウンドして浮き上がるのとほぼ同時に、スピードブレーキが展開しスラストリバーサーが開き始めた。

2.1.2(1)、(2)の機長及び副操縦士の口述によれば、機長及び副操縦士ともに、1回目の右主脚接地の際、同機がバウンドしたことを認識できなかったものと推定される。これは、操縦室が機体前方にあるため、主脚がある機体中央部分がバウンドにより上昇しても、同時に機首が下がると、操縦室では機体の浮揚を体感しにくいことによるものと考えられる。

副操縦士は、スピードブレーキ状態のコールを行っていなかったが、右主脚がバウンドしてから前脚が接地するまでの時間は約1秒であり、仮にコールが行われていたとしてもPFである機長がバウンドを認識して対応する操作はできなかったものと考えられる。

付図3-3によると、1回目の右主脚接地直前から機首下げの操作が行われている。これは、機首が急速に上がりつつあったため、ピッチ角の上昇を抑えるために、機首下げ操作を行ったものと考えられる。この操作により、右主脚のバウンドに続いて、前脚が接地する際の機首下げ速度が速くなり、強い前脚接地となったものと考えられる。

右主脚が浮揚してから機首がマイナスピッチとなった時点で、2.1.2(1)の口述にあるとおり、機長は同機がバウンドして浮揚していたことに気付いたものと推定される。

前脚からの接地となった以降、前方一杯の機首下げ操作が行われている。これは、2.1.2(1)で記述したとおり、機長が強い横風下での着陸後滑走では方向維持のため、前脚を早めに接地させた方が安全だと考えたことによる操作と推定される。(接地後の前脚を下げる操作については、3.6で後述)

この機首下げの操作が継続され、2回目の強い前脚接地となったものと考えられる。

3.5 胴体上部の損壊について

3.4.4で記述したとおり、着陸時の各脚の接地状況は、右主脚がバウンドした後、前脚が接地(1回目)しており、この瞬間は前脚のみが接地していた。その後、右主脚、左主脚の順に接地した後、前脚がバウンドして再接地(2回目)している。主脚の接地による荷重は、機体重心付近に加わる上向き荷重であるため、胴体前方上部の座屈に伴う損傷につながったとは考えられない。したがって、胴体前方上部の損傷が生じたのは、前脚に大きな荷重が加わったときと推定される。

2.8.4で記述したタイヤ製造者の解析によると、事故後に調査した前脚用タイヤ（片側）の状況から、タイヤ内面同士が接触していたことが確認されている。また、タイヤ内面同士の接触が発生した場合のタイヤ1本当たりの荷重は規定荷重（24,100lb）の約3倍（72,300lb）以上と推定されている。1回目及び2回目の前脚接地時の機体ロール角は十分に小さかったため、1回目又は2回目の前脚接地時のどちらか又は両方で、前脚には前脚用タイヤ2本分のタイヤ内面同士が接触する約145,000lb以上の荷重が加わったと推定される。

また、1回目の前脚接地時におけるピッチ角速度の変化率は、機体製造者による飛行データ解析により、45deg/s²程度であったものと考えられる。この1回目の前脚接地の前後ではエレベータ舵角が小さいことから、全機体の空力的なピッチモーメント荷重を十分に小さかったものとしてその影響を無視すると、機体のピッチ角変化に寄与した荷重は前脚への荷重のみとなる。このような仮定から、45deg/s²のピッチ角変化率を生じさせるのに必要な前脚荷重を計算すると約150,000lbであった。

2回目の接地時に関しては、主脚は接地状態であること、エレベータ舵角が大きく空力的な寄与が大きいこと、また、接地前後の上下加速度やピッチ角変化率のデータの変動も大きいことから、前脚に生じたであろう荷重を精度良く推定することは困難であった。

タイヤ製造者の解析によるタイヤに加わった荷重と、飛行データのピッチ角速度の変化率から推定した1回目の接地における前脚荷重はほぼ一致している。

上記のことに基づき、事故当時の前脚接地時における前脚への荷重は、約150,000lbと考えられ、これは機体製造者の解析と矛盾しない結果となった。

約150,000lbの荷重が前脚に働いたと推定すれば、損傷部位において設計要求及び前方胴体の構造強度の両方を上回る曲げモーメントを受けたことになり（図2.8.3(4)-1及び図2.8.3(4)-2 参照）、胴体前方上部の損傷は、1回目又は2回目の強い前脚接地のどちらか又は両方で発生したものと考えられる。

3.6 接地時の機首下げ操作について

2.11.3.1(1)に記述したとおり、同型式機による1992年から1993年に発生した3件の類似損傷事故は、いずれも急激な機首下げによる強い前脚接地が事故に関与したものとされ、これを受けて機体製造者は設計変更を行うとともに、強い前脚接地を防止する目的で事故事例研修資料（2.11.1 参照）を作成し、同型式機の運航者に配付した。

この資料では、急激な機首下げによる大きな構造損傷となる事故は、操縦士の適切な操作によって防ぐことができるとされている。また、制動性能の向上や方向維持のために前脚を急いで接地させようとする機首下げ操作は行うべきではないとされてい

る。

2. 10. 3に記述した機体製造者の訓練資料においても、着陸時の過大な機首下げ操作は、急激な機首下げによる強い前脚接地から胴体前方部分への重大な損傷につながるため、行ってはならないとされている。

さらに、2. 11. 2に記述した同社の情報紙では、主脚接地後に前脚を早く接地させた方が良く考える運航乗務員がいることを挙げ、上記の機体製造者の事故事例研究資料を引用して、これはジェット旅客機においては適切ではないことが記載されている。同社グループの運航乗務員へ着陸時の急激な機首下げ操作による前脚の接地操作は行わないことを周知する目的であったが、本事故の防止には至らなかった。

2. 1. 2(1)の機長の口述では、機長は、強い横風下での着陸後滑走では方向維持のため、前脚を早めに接地させた方が安全だろうと考え、機首下げの操作を行ったと述べている。上述したとおり、これは誤った認識であり、運航乗務員は、接地時の過大な機首下げ操作は行うべきではないことを十分に認識することが、同種事例の再発防止として必要である。

4 結 論

4. 1 分析の要約

(1) 気象との関連

南西強風時に成田空港周辺の地形の影響により、滑走路16Rの進入コース及び進入端側の滑走路上で、激しい風の乱れが発生することがあったものと推定される。(3. 3. 2. 1) ^{*15}

事故時の風の状況は、滑走路16Rの進入コース及び進入端から接地帯付近では、風向が安定せず、風速が激しく乱れている状態であったものと推定される。

(3. 3. 2. 4)

事故当時の風の状況での進入及び着陸は、非常に操縦操作が難しい状況であったものと考えられる。(3. 3. 3)

(2) 同機の飛行状況

APがオフとなるまで、風速が数秒ごとに増減を繰り返しており、同機のピッチ角、ロール角及び速度が短い周期で大きく変動していることから、機体姿勢や速度を保持することが難しい状況となりつつあったものと推定される。(3. 4. 1)

進入限界高度から滑走路進入端を通過の間に機首下げ姿勢になったこと、速度

*15 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。

がデビエーション・コールの範囲を超えた変動が断続的に発生していたことから、安定した機体姿勢（Stabilized Approach）を維持することが難しい状況になっていたと考えられる。（3.4.2）

滑走路進入端通過後、同機は、対地高度約30～20ftにおいて機首下げ姿勢となっており、このピッチ角の変化は、機首下げ操作に加えて風の乱れが影響したものと考えられる。対地高度37ftから接地までの降下率が約400～600ft/minとなっていることから、適切なフレアー操作を行えなかったために、降下率を十分に減少させることができなかったものと推定される。滑走路進入端通過後、ピッチが大きく下がった時点で、適切なフレアーが行えないと判断し、着陸を継続すべきではなかったものと考えられる。（3.4.3）

1回目の右主脚接地直前から行われた機首下げ操作により、右主脚のバウンドに続いて、前脚が接地する際の機首下げ速度が速くなり、強い前脚接地となったものと考えられる。前脚からの接地となった以降、前方一杯の機首下げ操作が行われており、2回目の強い前脚接地となったものと考えられる。（3.4.4）

(3) 胴体前方上部の損壊について

胴体前方上部の損傷は、1回目又は2回目の強い前脚接地のどちらか又は両方で発生したものと考えられる。（3.5）

(4) 接地時の機首下げ操作について

着陸時の過大な機首下げ操作は、急激な機首下げによる強い前脚接地から胴体前方部分への重大な損傷につながるため、行ってはならない。運航乗務員は、接地時の過大な機首下げ操作は行うべきでないことを十分に認識することが、同種事例の再発防止として必要である。（3.6）

4.2 原因

本事故は、同機が成田国際空港滑走路16Rに着陸した際にバウンドし、その後に強い前脚接地となったため、機体が損傷したものと推定される。

強い前脚接地となったことについては、機長がバウンドしたことを認識できず、前脚を早めに接地させようと機首下げ操作を行ったことによるものと考えられる。

本事故の発生には、同機が、成田空港周辺で強い南西風時に発生する激しい突風を伴う横風により、機体姿勢の安定しない状態で着陸を継続したことが関与したものと考えられる。

5 再発防止策

5.1 事故後に講じられた事故等防止策

5.1.1 同社により講じられた措置

① 前脚の強い接地を回避させるための対策

以下の内容を「前脚を接地させる際の注意点」のINFORMATIONとして発行し、運航乗務員へ周知した。

- ・ 主脚接地後の機首下げ操作は慎重に行うこと。
- ・ 主脚が接地／空中か確実に判断がつくまでは、機体姿勢を適切に維持し、大きな機首下げ操作や機首上げ操作は避けること。

② 定期訓練に関する対策

- ・ 定期訓練の科目に、BouncingとFloatingの要素を追加した。
- ・ 自社の経験だけでなく、世界的なインシデントの情報やそれに基づく対策・訓練を参考にした必要な訓練を検討し、適宜定期訓練等に反映する仕組み作りを行う。

③ 知識付与による対策

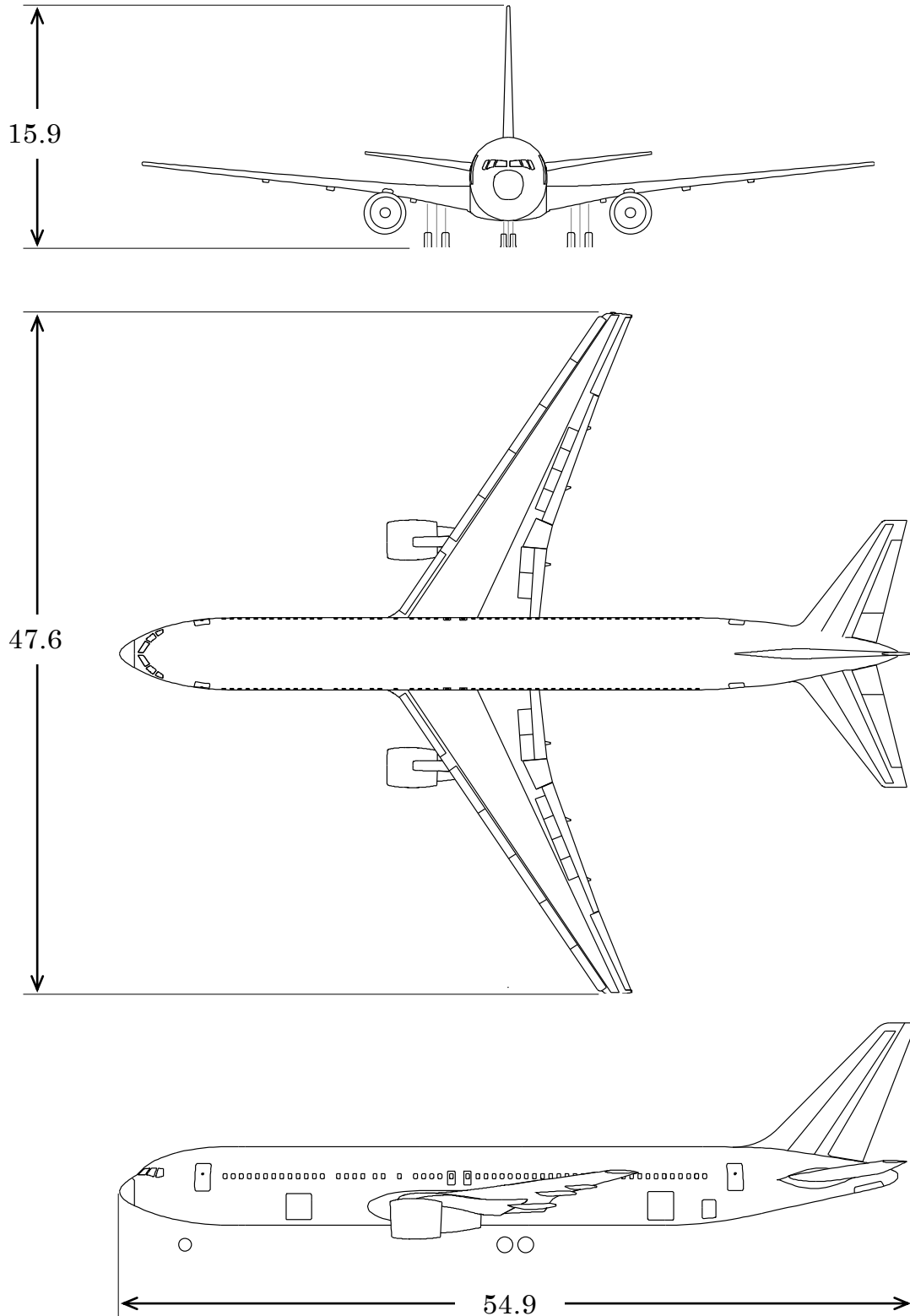
- ・ 本事例の詳細を社内情報紙『The Flight』等を通して運航乗務員へ周知した。
- ・ 運航乗務員に対して、機体製造者の視聴覚教材を使用した学習環境を設定した。
- ・ 新概念「水平ロール対流」モデルと、当該事象へのモデルの適用を、『The Flight ANA Group』により運航乗務員に周知するとともに運航管理者・運航支援者に対して教育を実施し、『Weather Handbook』に事例解析としての記載を行った。
- ・ Windshear Alertの作動条件を確認し、『The Flight ANA Group』により運航乗務員に周知を行った。

④ FCTMのドキュメント化による対策

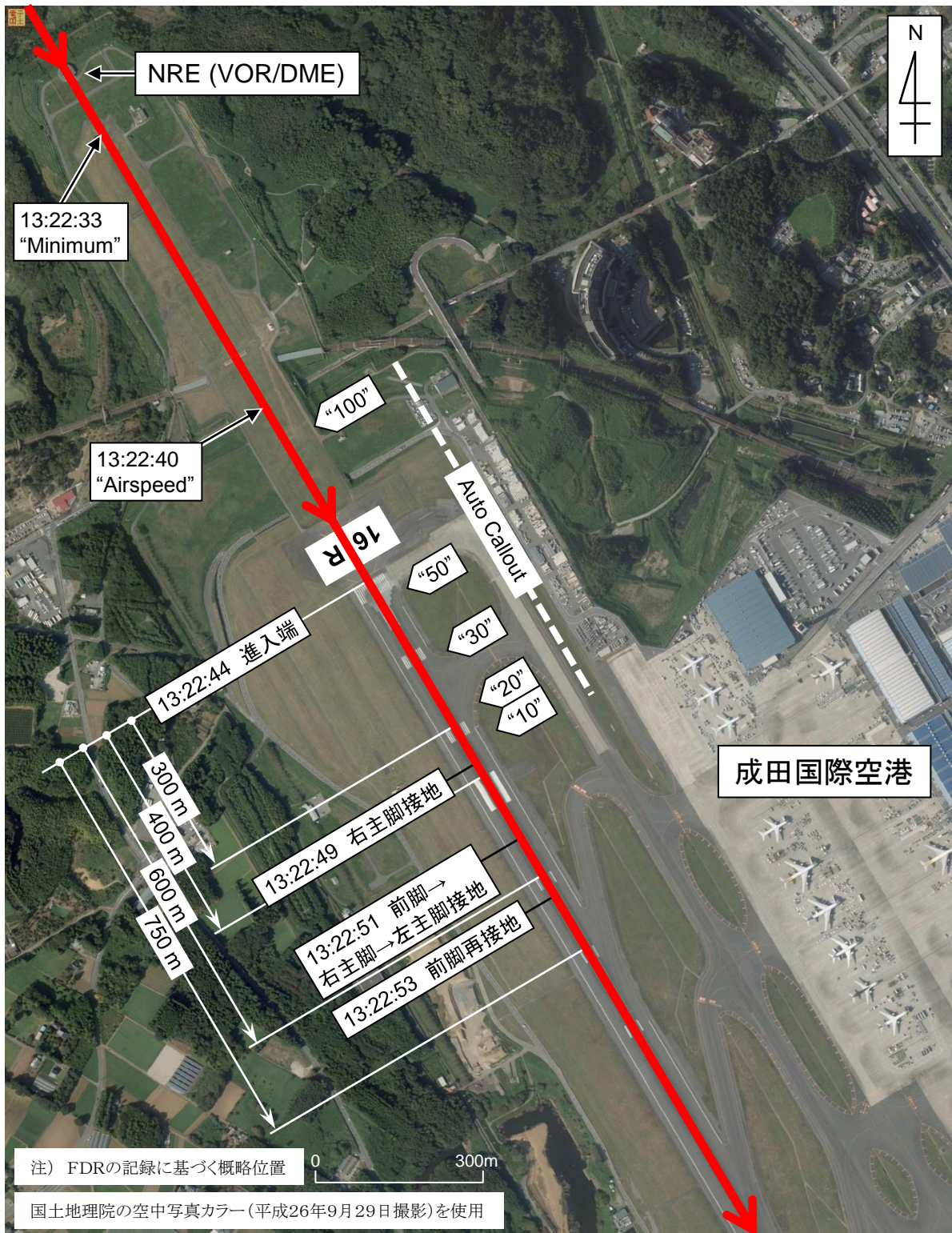
- ・ 運航乗務員が、Boeing FCTMを随時確認できる環境を設定した。
- ・ Boeing FCTMの安全上必要な部分を、自社訓練資料に取り入れるとともに各種規程に反映する作業を継続している。

付図1 ボーイング式767-300型三面図

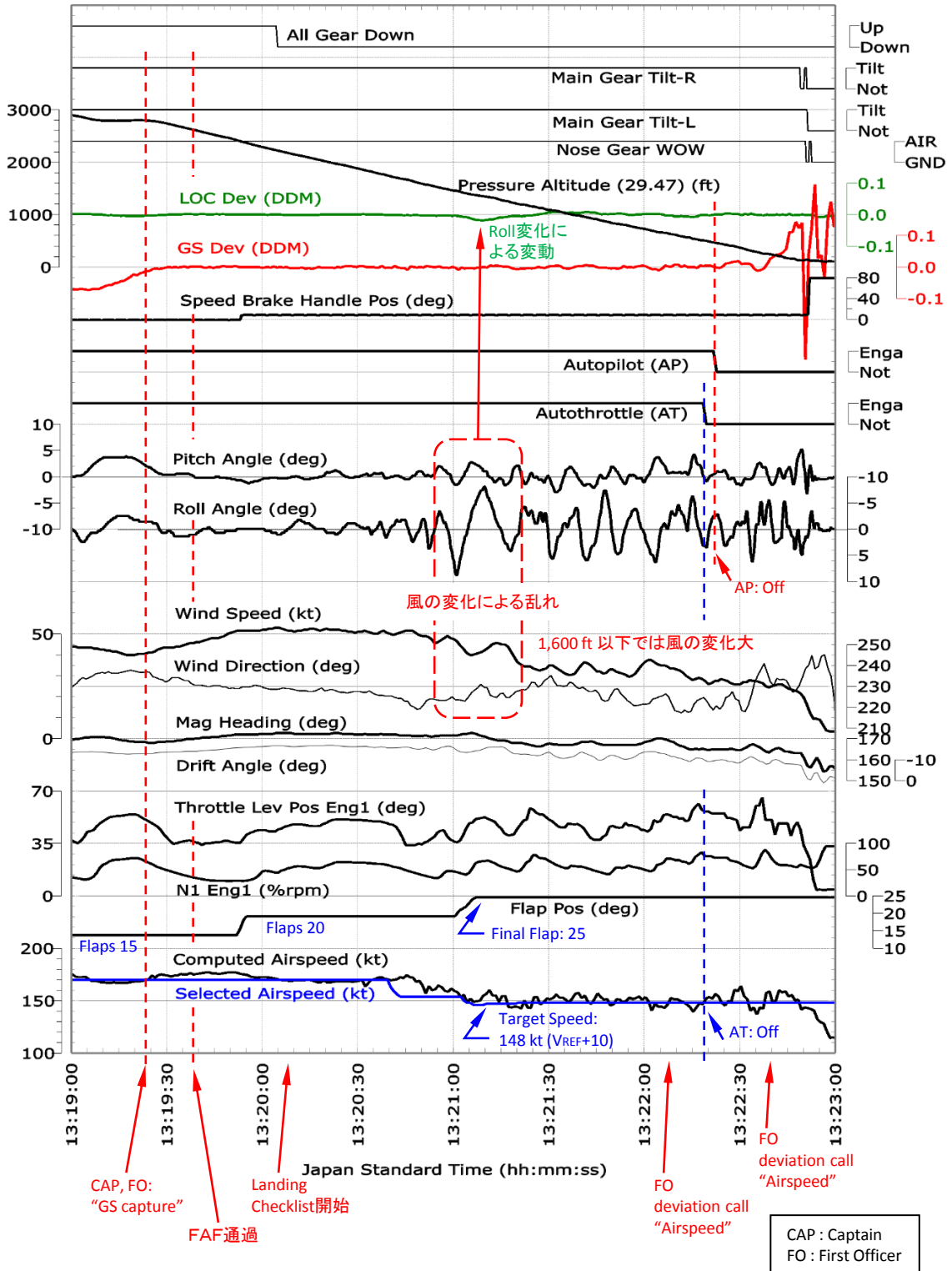
単位：m



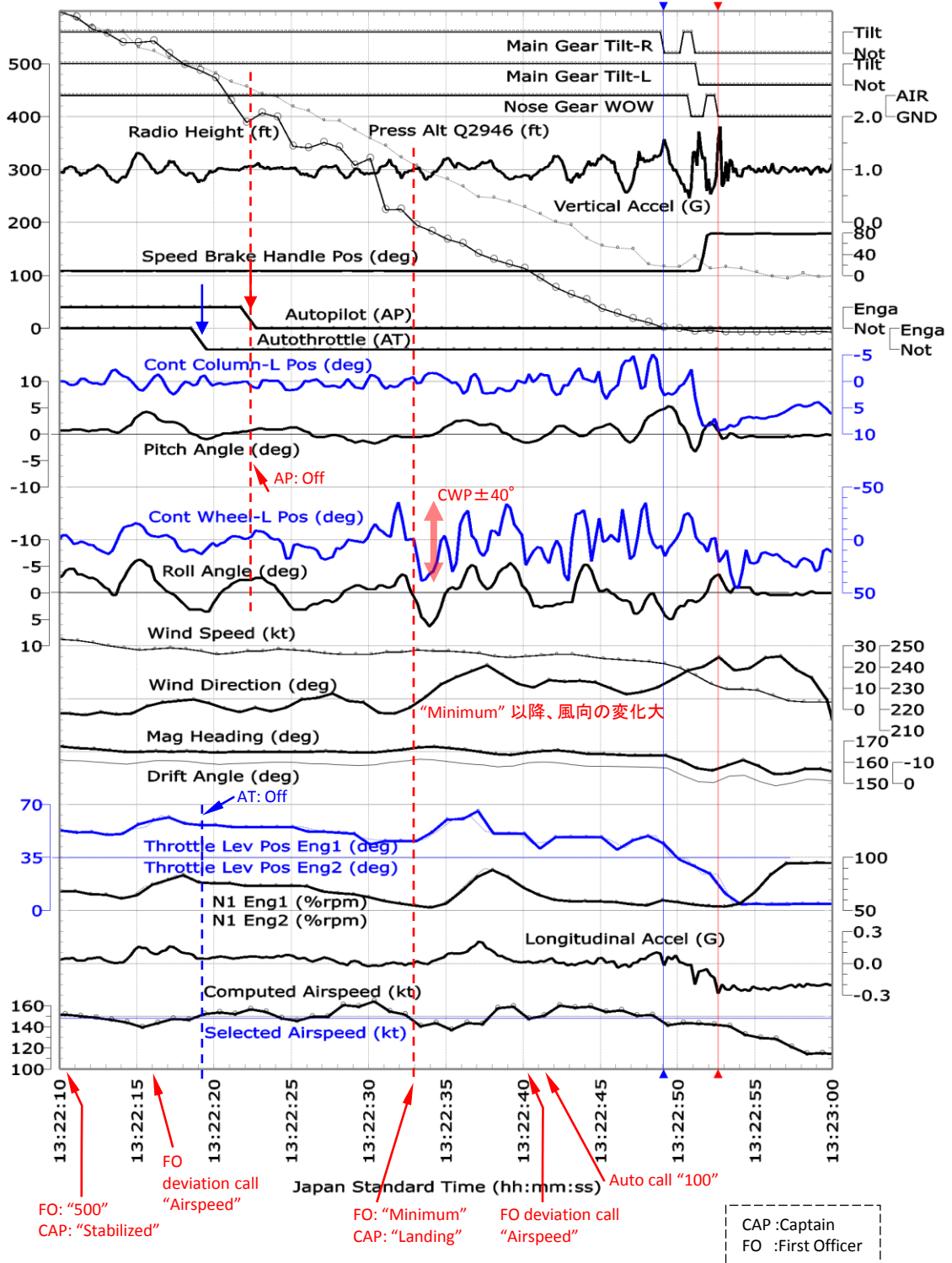
付図2 推定飛行経路（接地前後）



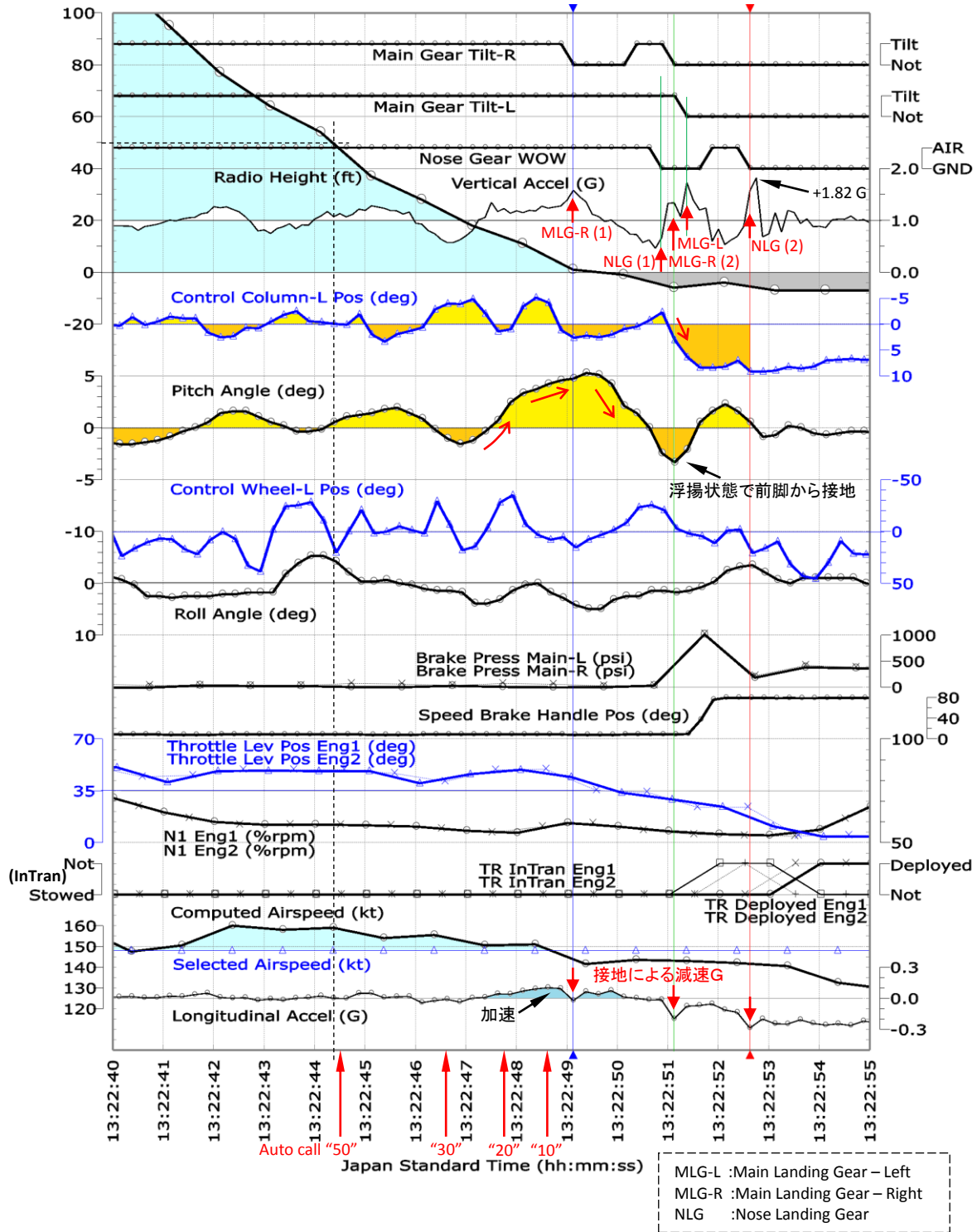
付図 3 - 1 FDR の記録 (2,800~0ft)



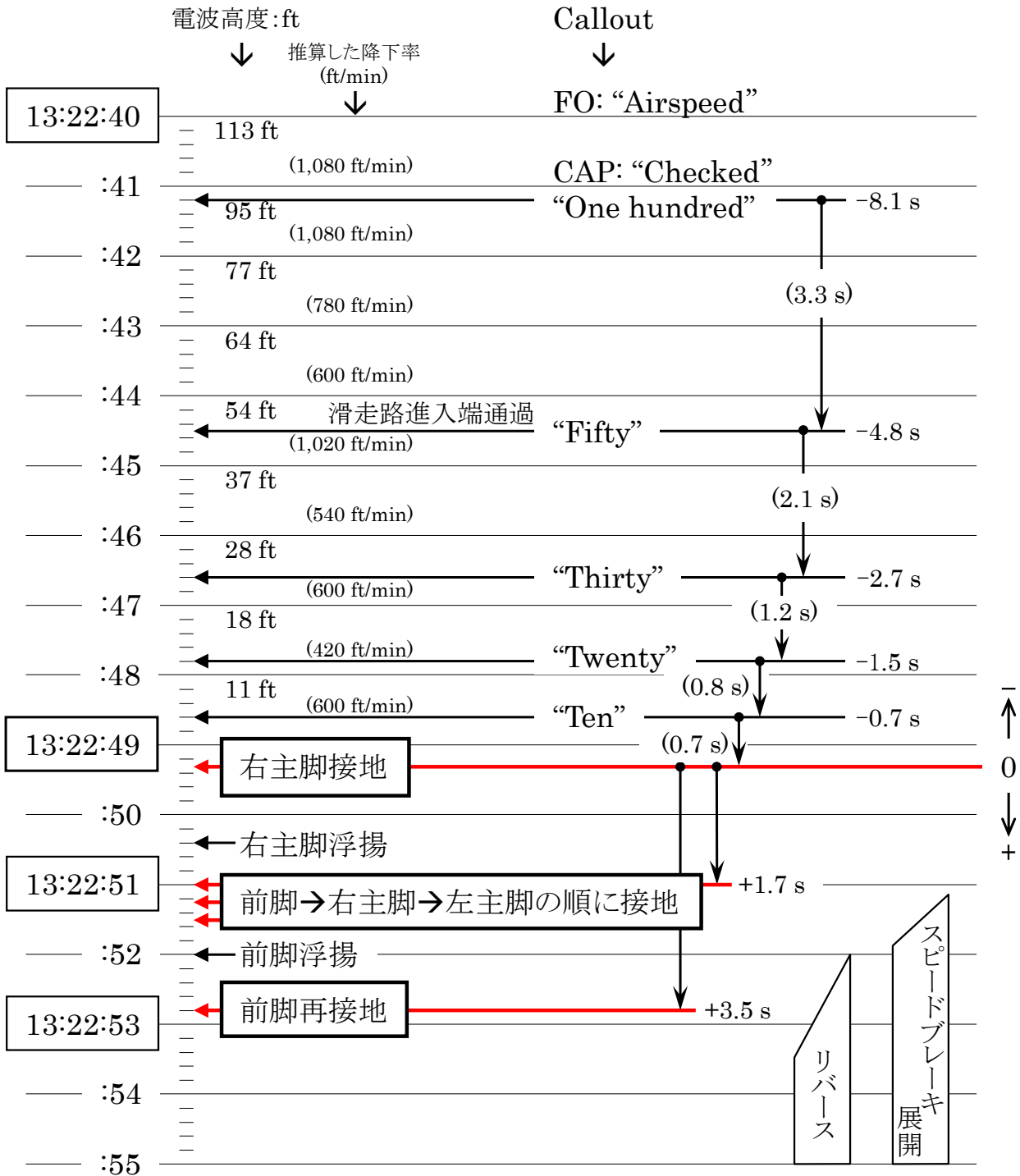
付図3-2 FDRの記録 (600~0ft)



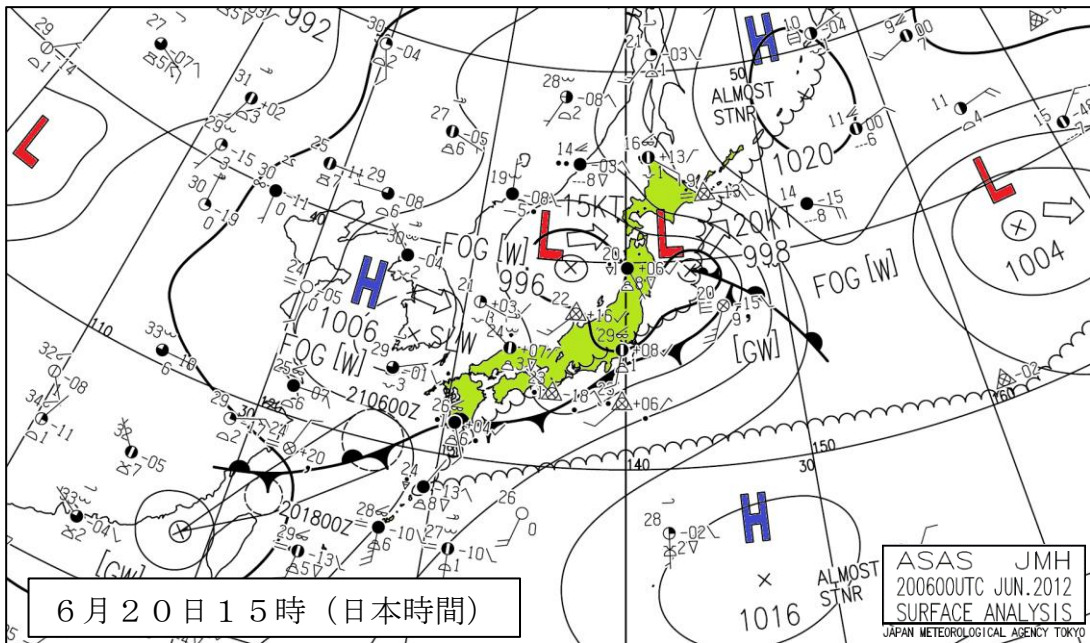
付図3-3 FDRの記録 (100~0ft)



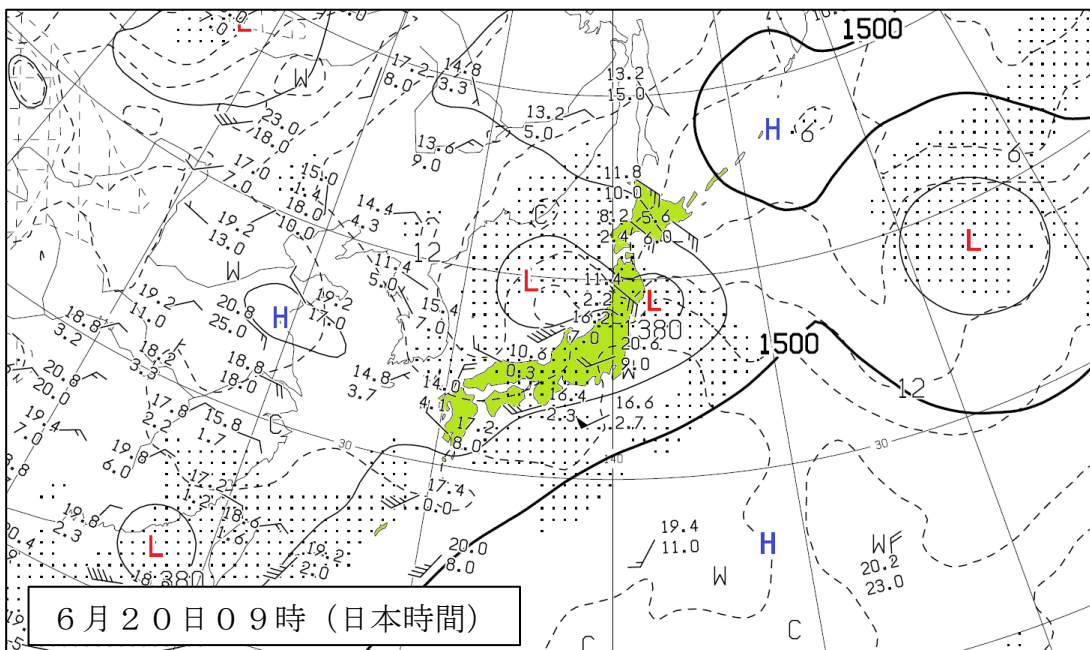
付図4 フレアー時の事象（降下率及び自動コール）



付図5-1 アジア地上天気図 (拡大)



付図5-2 850hPa 高層天気図 (拡大)



ANALYSIS 850hPa: HEIGHT(M), TEMP(°C), WET AREA::(T-TD<3°C)

AUPQ78 200000UTC JUN 2012

写真1 事故機



写真2 外板及び構造部材の破断及び変形



※写真2は、写真1の矢印部を機体内側から撮影した。