

AA2013-7

航空事故調査報告書

エアーニッポン株式会社所属

エアバス・インダストリー式A320-200型 JA8384

テールストライク（機体後部接触）による損傷

平成25年 9 月 27 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」

エアーニッポン株式会社所属
エアバス・インダストリー式A320-200型
JA8384
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 エアーニッポン株式会社
型 式 エアバス・インダストリー式A320-200型
登録記号 JA8384
事故種類 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2月5日 09時03分ごろ
発生場所 仙台空港滑走路27上

平成25年 9 月13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>

エアーニッポン株式会社所属エアバス・インダストリー式A320-200型JA8384は、運送の共同引受をしていた全日本空輸株式会社の定期731便として、平成24年2月5日（日）、大阪国際空港を離陸して飛行後、仙台空港の滑走路27に進入し、09時03分ごろ滑走路上で着陸の復行を行った際、機体後方下部が滑走路に接触し、機体が損傷した。その後、同機は09時27分ごろ仙台空港に着陸した。

同機には、機長ほか乗務員5名、乗客160名の計166名が搭乗していたが、負傷者はいなかった。

<原因>

本事故は、同機が滑走路27に接地した後に着陸の復行を行った際、機首が急激に

上昇したため、機体後方下部が滑走路に接触して損傷したものと推定される。

機首が急激に上昇したのは、衝撃が小さな接地であったため、機長が、主脚が接地したことを認識できないままサイドスティックを手前（機首上げ方向）に一杯引いた状態で復行を行い、その復行操作によりピッチング・モーメントの均衡が崩れ、主として昇降舵の機首上げ方向の大きな変位により大きな機首上げモーメントが生じたことによるものと推定される。

報告書で用いた主な略語は、次のとおりである。

ADIRS	: Air Data Inertial Reference System
AGL	: Above Ground Level
AOM	: Airplane Operations Manual
AOR	: Airplane Operations Reference
ASAP	: As Soon As Possible
A/P	: Auto Pilot
A/T	: Auto Thrust
BRK	: Brake
CAT-I	: Category-One
C'K	: Check
CVR	: Cockpit Voice Recorder
DECEL	: Deceleration
DFDR	: Digital Flight Data Recorder
ECAM	: Electronic Centralized Aircraft Monitor
ELAC	: Elevator Aileron Computer
ENG	: Engine
FCOM	: Flight Crew Operating Manual
FL	: Flight Level
FMGC	: Flight Management Guidance Envelope Computer
FOBNI	: Flight Operations Briefing Notes
F/CTL	: Flight Control
GS	: Glide Slope
ILS	: Instrument Landing System
LDG	: Landing
LO	: Low
MAC	: Mean Aerodynamic Chord
MAX	: Maximum
MCDU	: Multipurpose Control and Display Unit
MED	: Medium
MSA	: Minimum Safe Altitude
PACK	: Pressurization and Air Conditioning Kit
PAPI	: Precision Approach Path Indicator
pb	: Push Button

P F	: Pilot Flying
P F D	: Primary Flight Display
P I C	: Pilot-In-Command
P M	: Pilot Monitoring
Q A R	: Quick Access Recorder
R A	: Radio Altitude
R E V	: Reverse
R N A V	: Area Navigation
S P D	: Speed
S R S	: Speed Reference System
T H S	: Trimmable Horizontal Stabilizer
T O / G A	: Take Off / Go Around
V H F	: Very High Frequency

单位换算表

1 ft	: 0.3048 m
1 kt	: 1.852 km/h (0.5144 m/s)
1 nm	: 1,852 m
1 lb	: 0.4536 kg

目 次

1	航空事故調査の経過	1
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	1
1.2.5	関係国への意見照会	1
2	事実情報	2
2.1	飛行の経過	2
2.1.1	DFDRの記録、CVRの記録及び管制交信記録による飛行の経過	2
2.1.2	乗務員の口述	7
2.2	航空機の損壊に関する情報	10
2.2.1	損壊の程度	10
2.2.2	航空機各部の損壊の状況	10
2.3	航空機乗組員等に関する情報	11
2.4	航空機に関する情報	12
2.4.1	航空機	12
2.4.2	重量及び重心位置	12
2.4.3	地上とのクリアランス	12
2.5	気象に関する情報	13
2.6	DFDR及びCVRに関する情報	13
2.7	事故現場に関する情報	13
2.8	DFDRに残されていたデータ及びQARデータ	14
2.9	その他必要な事項	15
2.9.1	ピッチ軸回りの運動特性	15
2.9.2	スポイラー	16
2.9.3	スラスト・レバー	17
2.9.4	飛行機運用規程 (AOM)	17
2.9.5	FLIGHT CREW OPERATING MANUAL (FCOM)	23
2.9.6	Flight Operations Briefing Notes (FOBN)	24

2.9.7	訓練マニュアル	25
2.9.8	AIRPLANE OPERATIONS REFERENCE (AOR)	25
2.9.9	設計・製造者によるテールストライク予防策	27
3	分析	28
3.1	運航乗務員の資格等	28
3.2	航空機の耐空証明書等	28
3.3	気象との関連	28
3.4	復行に至る状況	28
3.4.1	仙台空港への降下及び進入	28
3.4.2	接地	29
3.4.3	着陸滑走	31
3.4.4	復行	33
3.4.5	復行時のピッチング・モーメント	34
3.5	テールストライクの認識	36
3.5.1	復行後の状況	36
3.5.2	運航乗務員の認識	36
3.5.3	テールストライク・チェックリスト	36
3.6	復行の決断	37
3.7	設計・製造者によるテールストライク予防策の本件における有効性	37
4	結論	38
4.1	分析の要約	38
4.2	原因	39
5	再発防止策	39
5.1	事故後に講じられた再発防止策	39
5.2	今後必要とされる再発防止策	40
5.2.1	接地を認識できる仕組み	40
5.2.2	復行に関する注意喚起及び訓練	40
付図1	推定飛行経路図	41
付図2	エアバス・インダストリー式A320-200型三面図	42
付図3	DFDR及びCVRによる接地の状況	43

本文中の図、写真及び表の一覧

図A	推定進入経路図	3
図B	推定最終進入角	4
図C	D F D Rの記録	5
図D	地上とのクリアランス	1 2
図E	接地時の垂直加速度	1 5
図F	同型式機の尾部	1 5
図G	ピッチング・モーメント	1 6
図H	スポイラー	1 6
図J	E C A Mホイールページ	1 6
図K	同機のスラスト・レバー	1 7
写真A	操縦室	8
写真B	機体の損傷状況	1 1
写真C	滑走路の状況	1 4
表A	ピッチング・モーメント	1 6

1 航空事故調査の経過

1.1 航空事故の概要

エアーニッポン株式会社所属エアバス・インダストリー式A320-200型JA8384は、運送の共同引受をしていた全日本空輸株式会社の定期731便として、平成24年2月5日（日）、大阪国際空港を離陸して飛行後、仙台空港の滑走路27に進入し、09時03分ごろ滑走路上で着陸の復行を行った際、機体後方下部が滑走路に接触し、機体が損傷した。その後、同機は09時27分ごろ仙台空港に着陸した。

同機には、機長ほか乗務員5名、乗客160名の計166名が搭乗していたが、負傷者はいなかった。

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2月5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・製造国であるフランスの代表が参加した。

1.2.3 調査の実施時期

平成24年 2 月 5 日	口述聴取
平成24年 2 月 6 日	口述聴取、機体調査及び現場調査
平成24年 2 月 7 日	現場調査
平成24年 2 月14日	口述聴取
平成24年 3 月 8 日	口述聴取
平成24年 3 月26日	口述聴取
平成24年 4 月13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

エアーニッポン株式会社（以下「同社」という。現在は全日本空輸株式会社）所属エアバス・インダストリー式A320-200型JA8384（以下「同機」という。）は、運送の共同引受をしていた全日本空輸株式会社の定期731便として、平成24年2月5日、大阪国際空港を離陸して飛行後、仙台空港の滑走路27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：大阪国際空港、移動開始時刻：08時05分、巡航速度：456kt、巡航高度：FL350、経路：（略）～Y15（RNAVルート）～OWLET（ウェイポイント）、目的地：仙台空港、所要時間：0時間51分、持久時間で表された燃料搭載量：4時間01分、代替空港：東京国際空港

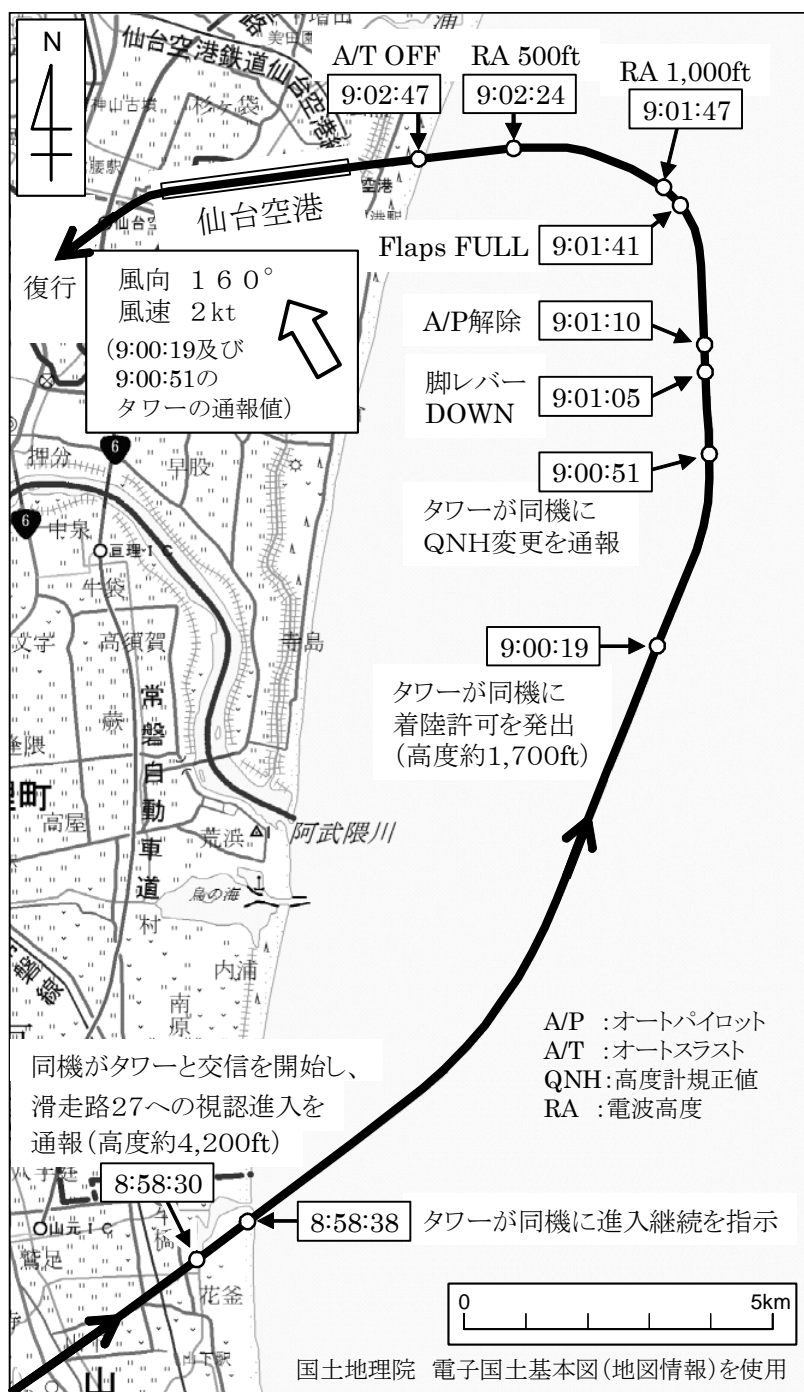
本事故発生当時、同機の操縦室には、機長がPF（主として操縦業務を担当する操縦士）として左操縦席に、副操縦士がPM（主として操縦以外の業務を担当する操縦士）として右操縦席に着座していた。

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。）の記録、操縦室用音声記録装置（以下「CVR」という。）の記録、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の記録、CVRの記録及び管制交信記録による飛行の経過

8時58分30秒	同機は、仙台飛行場管制所（以下「タワー」という。）と交信を開始し、滑走路27へ視認進入を行う旨を通報した。
同58分38秒	タワーは、同機に進入継続を指示した。
9時00分19秒	タワーは、同機に滑走路27への着陸許可を発出し、風向160°、風速2ktを通報した。 同機は着陸許可を復唱した。
同00分51秒	タワーは、同機に高度計規正值（QNH）の変更及び風の情報（風向160°、風速2kt）を通報した。
同01分05秒	脚レバーがDOWN位置となった。
同01分10秒	オートパイロット（以下「A/P」という。）が解除された。
同01分41秒	フラップがフルダウン位置（フラップ35°及びスラット

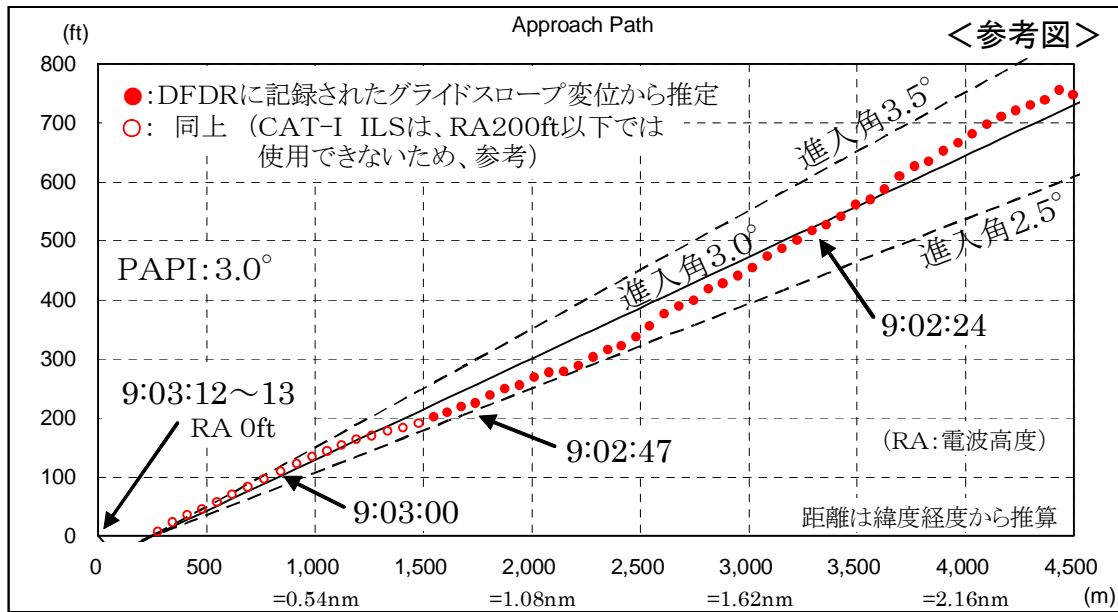
27°) となった。ランディング・チェックリストが実施された。



図A 推定進入経路図

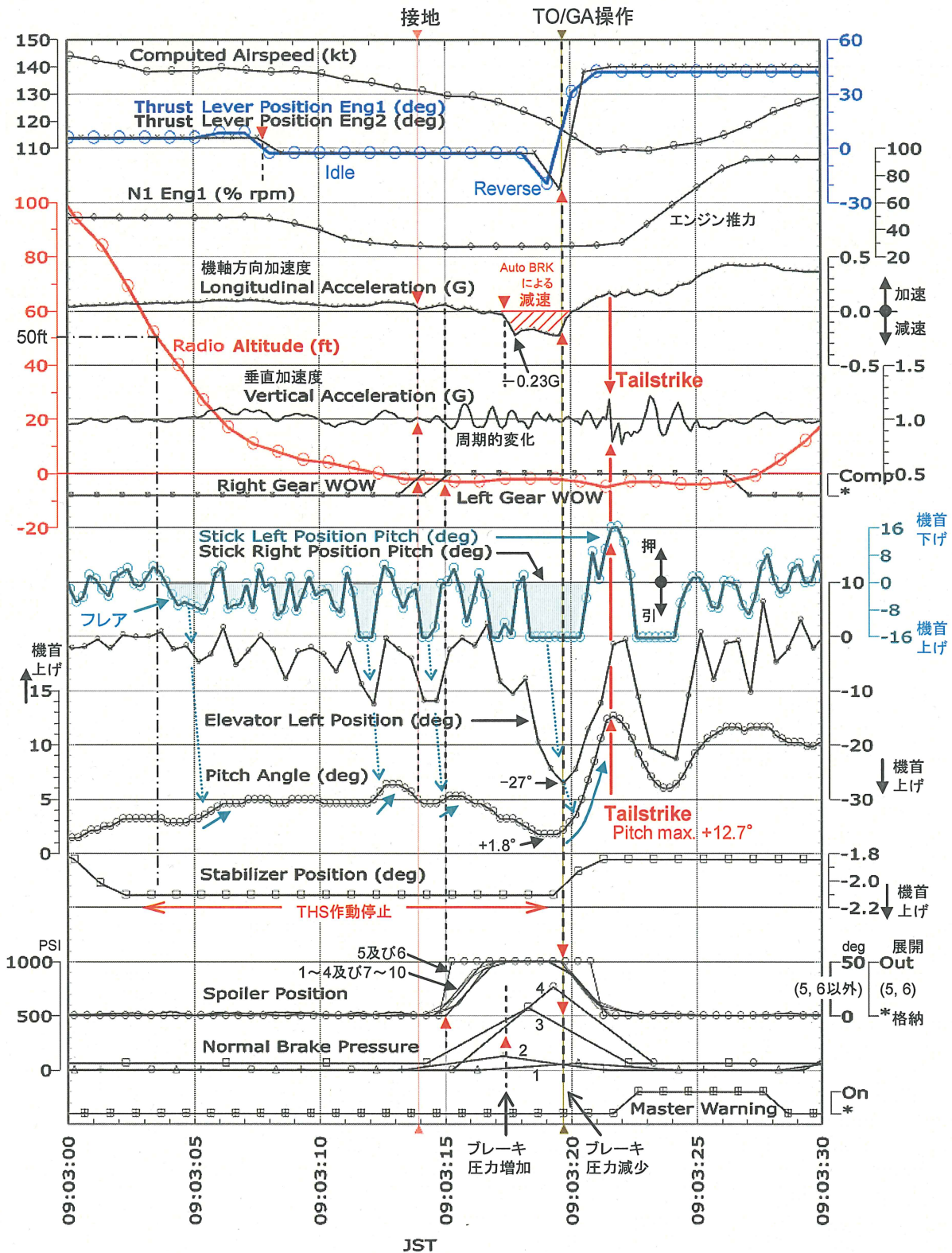
- 同01分47秒 同機の電波高度が1,000ftとなった。
- 同02分24秒 同機の電波高度が500ftとなり、副操縦士が「Five hundred」とコールし、機長は「Stabilized」と答えた。
- 同02分35～50秒ごろ

同機の進入角が一時的に低くなった。



図B 推定最終進入角
(同機は視認進入であったため、参考図)

- 同02分47秒 オートスラスト (以下「A/T」という。) が解除された。
- 同03分00秒 「One hundred」 (電波高度100ft) の自動音声によるコールアウト (以下「自動コールアウト」という。) があった。
- 同03分02秒 水平安定板 (以下「THS」という。) の動きが停止した。
- 同03分04秒 同機は滑走路27進入端を、電波高度約50ft、対気速度138kt、ピッチ角3.2° で通過し、「Fifty」 (電波高度50ft) の自動コールアウトがあった。
- 同03分05~08秒ごろ 「Thirty」 (電波高度30ft)、「Twenty」 (同20ft) 及び「Retard」 (スラストレバーをアイドル位置に戻すこと) の自動コールアウトがあった。
- 同03分08秒 スラストレバーがアイドル位置となった。
- 同03分08~10秒ごろ 2回目及び3回目の「Retard」の自動コールアウトがあった。



図C DFDRの記録

同03分14~15秒過ぎ

同機の右主脚が滑走路に接地し、続いて左主脚が接地した。
CVRの記録では主脚の接地音や滑走音等は確認できな

かった。このときの対気速度は130kt、垂直加速度の変化は、0.98～1.04G程度であった。

両主脚が接地すると同時にスポイラーが展開し始めた。機長が「ああ、だめだ」と発声した。

同03分15～18秒ごろ

垂直加速度が0.91～1.15Gの間で周期的に変化した。

同03分17秒

全てのスポイラーが全開となった。機軸方向加速度が減速を示し、-0.23Gとなった。このころから、CVRに記録された主脚の滑走音や機体の振動音と思われる音が徐々に大きくなり始めた。

同03分18～20秒ごろ

左席（機長）のサイドスティックが手前（機首上げ方向）一杯（-16°）に引かれ、その状態が約2秒間続いた。

同03分19秒

スラスト・レバーが一瞬リバース位置となった。

その後、機長が「ゴーアラウンド」とコールした。

同03分20秒

昇降舵の変位が-27°（最大変位角：-30°、負の値は機首上げ）となった。

スラスト・レバーがTO/GA位置となり、スポイラーが格納され始めた。機軸方向加速度がほぼゼロとなり、減速が止まった。

THSが機首下げ方向に動き始めた。

同03分22秒

ピッチ角がこの進入時の最大値である+12.7°となり、垂直加速度が急激に変化した。

同03分23秒

マスター・ワーニング（連続した繰り返しチャイム音）が発せられた。

同03分27秒

両主脚が滑走路を離れた。

主脚が接地している間、前脚が接地することはなかった。

同03分30秒

フラップレバーがフルダウンから1段上がった。

同03分32秒

脚レバーがUP位置となった

同03分40秒

副操縦士はタワーに復行を通報した。

同06分31秒

チーフパーサーは副操縦士に、後方で異音がしたこと及び機体が尻もちをついた可能性があることを通報した。

同07分10秒

副操縦士はタワーに、復行時に客室で異音がしたためテールストライクの可能性があることを通報し、滑走路点検を依頼した。滑走路27の最終進入経路に向けて左旋回中の

	同機は、再び上昇した。
同 0 8 分 ごろ	同機は、南側ダウンウインド付近の高度約 1, 5 0 0 ft で旋回しながら待機した。
同 1 4 分 4 3 秒	タワーは同機に、滑走路上に白い痕跡があったことを通報した。
同 2 7 分 ごろ	同機は仙台空港の滑走路 2 7 に着陸した。

2.1.2 乗務員の口述

(1) 機長

当日の朝、機長はいつもより早めに大阪国際空港に到着した。

この日、当該便が最初のフライトで、左席で操縦を担当していた。仙台空港の風は、やや追い風となるが滑走路 2 7 への着陸には全く問題ないと考えていた。仙台アプローチ（仙台ターミナル管制所）と交信した時点で空港が見えていたので、滑走路 2 7 への視認進入を要求した。高度を処理し、ファイナルへ向けて飛行を続けた。

帰りの燃料も搭載していたため、やや重めの重量であった。マネージド・スピード（2.9.4（2）及び2.9.8（2）に後述）を使って進入し、ファイナルコース上に風の変化によるウェーブが若干あり、速度計がやや振れている状況であったが、機体は安定していた。フラップをフルダウンにし、オートブレーキは3段階（MAX/MED/LO、着陸時はMAX使用不可）の減速率設定の中間であるMEDに設定していた。

進入端付近では、PAPI（進入角指示灯）が適正な進入角を意味する「赤赤白白」であり、「Fifty」という自動コールアウトを聞いたので、ほぼオンパス（正常な進入角）と判断したが、風が回ったのか、ややアップウオッシュ（吹き上げ）で機体がちょっと上げられた感じがしたため、ピッチを深め（機首下げ）にしたように思う。それにより速度がやや多くなってスラスト・レバーを絞った。接地間際に通常フレア操作を行ったつもりだったが、やや早かったのか、フローティング（接地せず、意図しないまま滑走路を低高度で飛行し続ける状態）となり、接地帯標識を過ぎて思いのほか伸びてしまった。

接地のショックは感じなかったものの、周辺の視野の状況から接地していると思い、リバーズ・レバーを引いた。ほぼ同時に機体に失速のバフェットのような振動を感じたため、これは通常ではないと思った。まだ空中にいるものと判断し、ゴーアラウンドを決断してスラスト・レバーをTO/GAに入れた。

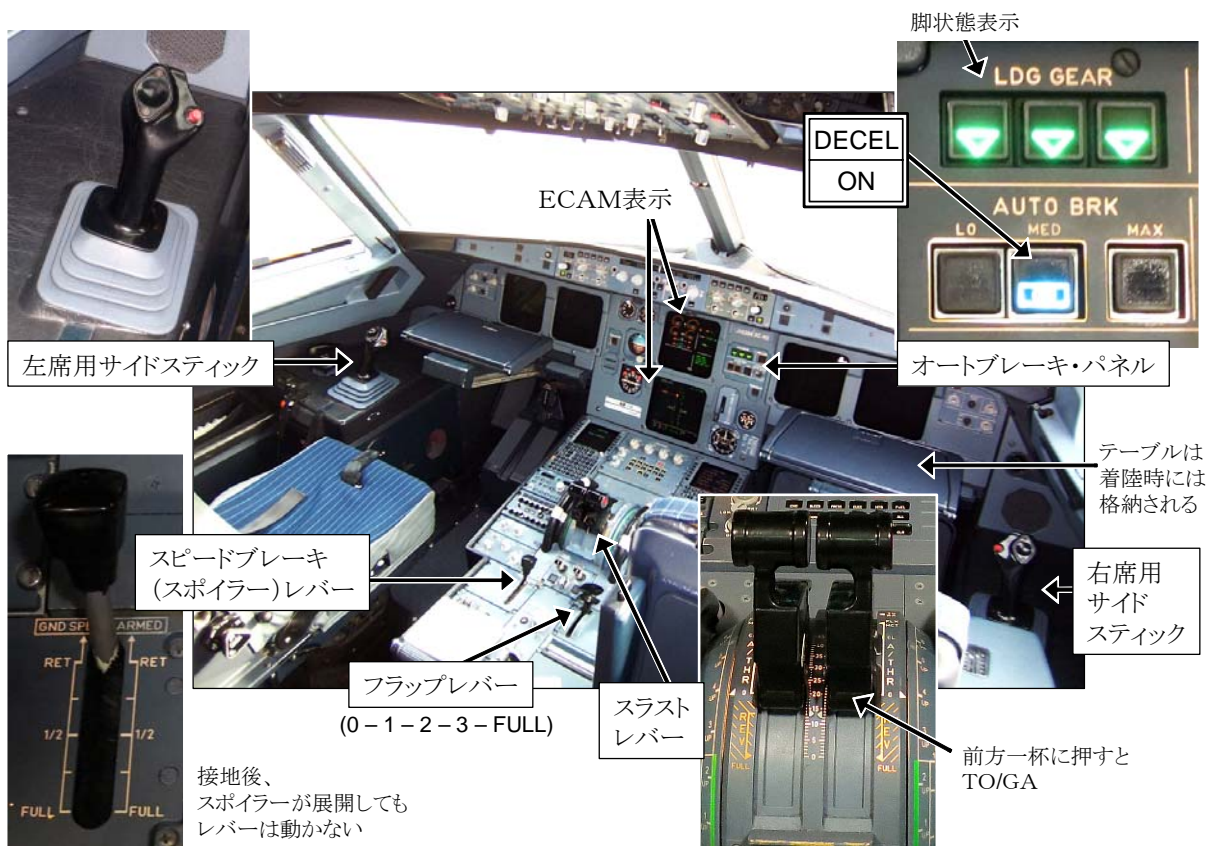
ゴーアラウンド操作の過程で、多分右主脚が接地したが、そのまま上昇を続けた。ゴーアラウンド中は滑走路の終端が見えており、計器を見る必要はなかったため、ピッチ角が実際に何度だったかは分からない。通常のゴーアラウンド操作と何ら変わることはなかった。

ゴーアラウンド中、早い段階で客室乗務員から呼出しがあったが、操作中の対応は危険なので、一旦応答を保留した。場周経路を回って着陸しようとしていたところ再び客室乗務員から呼出しがあり、後方で大きな音がしたと連絡があったため、一旦着陸を見合わせて再度復行した。テールストライクの可能性を考え、タワーに滑走路の点検を要求した。

滑走路点検終了後、滑走路に白い塗料の付着があると知らされたため、テールストライクの可能性が濃厚であると判断した。特に機体振動等はなく、そのまま仙台空港に着陸することとし、3回目の進入で着陸した。

通常、着陸してスポイラーが立ち上がると、自然にピッチアップしてくるのを感じるが、最初の進入着陸時は特段それを感じることはなかった。

フローティングは、通常、風が強いなどエネルギーが余って浮いている状況なので、対気速度があるため不安は余り感じない。しかし、このときは風も弱くエネルギーがほとんどない状態でフローティングしており、その時間



写真A 操縦室

経過から緊迫した状況だと感じていた。

通常は、フレアをかけ、サイドスティックを引いて機首を支えていても、徐々に機体が沈んできて主脚が接地するものだが、このときは接地の感覚が得られなかったためフローティングと判断した。その状態が継続すると、いつゴーアラウンドをすべきかという思いにだんだん変わってくる。接地が伸びているときは高さの判定をしている微妙なときであり、疑わしきは安全サイドにと考えてゴーアラウンドを行った。ゴーアラウンドするか着陸させるかの二者択一であり、ゴーアラウンドした方が安全度は高いと思っている。振動をきっかけに失速するような状況を感じたのだから、滑走路の残距離が十分あったとしても着陸を中止すべきだと考える。危険を感じたときは躊躇なくちゆうちよゴーアラウンドするように考えている。

これまで、接地時にショックを感じないということにはなかった。

(2) 副操縦士

天気も良好で、通常どおりのフライトで進んでいった。仙台の天気も良好であったので、滑走路27への視認進入を要求した。

進入中、多少気流の乱れがあり、一時的に4レッド（PAPIが4灯とも赤：進入角が低いことを示す）になったが、副操縦士がデビエーション・コール（標準的な進入状態からの変位が大きい場合の注意喚起）をする前に機長が修正操作をしており、不安定とは思わなかった。

機長は通常どおりに進入してフレアを行っていた。副操縦士は、若干風の変化があり多少ロングタッチ（接地点が先に伸びること）気味になるのではないかと思ったが、標準運航の範囲内に接地でき、極端に危険になる認識はなく、通常どおり着陸すると思っていた。

まもなく主脚が接地するだろうという頃に、機長のゴーアラウンド・コールを聞いた。ほぼ同時に主脚がハードな感じに接地し、一瞬マスター・ワーニングの警報音が鳴った。それからゴーアラウンドの操作に移っていった。このときどこかを擦ったという認識はなかった。滑走路の終端は見えしており、引き起こしが急激だったという感覚はなかった。

スポイラーの作動は、接地した後にECAM（電子式集中化機体モニター）画面で確認し、正常に立ち上がらない場合には「NO SPOILERS」とコールすることになっている。このときは接地した認識がなかったため、まだECAM画面に目を向けていなかった。（2.9.2参照）

ゴーアラウンドした後、ベースターン付近でチーフパーサーから、大きな異音がしたので、テールストライクしたのではないか、という連絡があった。もしテールを擦っていれば滑走路に何か異物があるかもしれないと思い、

機長と共通の認識の下、副操縦士がタワーに滑走路点検を依頼した。

これまで、着陸時に接地していることに気付かないことはなかった。

(3) チーフパーサー（L 1：前方左側）

進入中、不自然な感じはなく、異常は感じなかった。間もなく着陸というとき、着陸を見合わせて上昇した。ゴーアラウンドの際、通常と違う音と衝撃を感じ、何か障害物に当たったような気がした。機内アナウンスを行った後、後方の客室乗務員から異音が生じた旨の連絡があった。

チーフパーサーは、異音が生じたこと及び尻もちをついた可能性があることをインターホンで運航乗務員に伝えた。操縦室からは、ゴーアラウンドの理由は風のためで、異音はゴーアラウンド時の車輪の接地音であると言われた。

(4) 後方の客室乗務員（L 2：後方左側、後向き着座及びR 2：後方右側、前向き着座）

L 2の客室乗務員は、風が強い等の感じはなく、いつもと変わらずに進入したと思った。間もなく接地するということ、地面との角度がいつもと違っており、機首が上がったと感じた瞬間、大きな音がして機体後部を引きずったと思った。

R 2の客室乗務員は、ターミナルが見えてきて機首が上がった感じがしたところ、後部ギャレーの下から引きずってこすった音を聞いた。チーフパーサーが客室にアナウンスした後、L 2の客室乗務員がチーフパーサーに状況を伝えた。

本事故の発生場所は、仙台空港の滑走路27進入端から約1,140mの位置（北緯38度08分27秒、東経140度55分11秒）で、発生時刻は09時03分ごろであった。

（付図1 推定飛行経路図、付図3 DFDR及びCVRによる接地の状況 参照）

2.2 航空機の損壊に関する情報

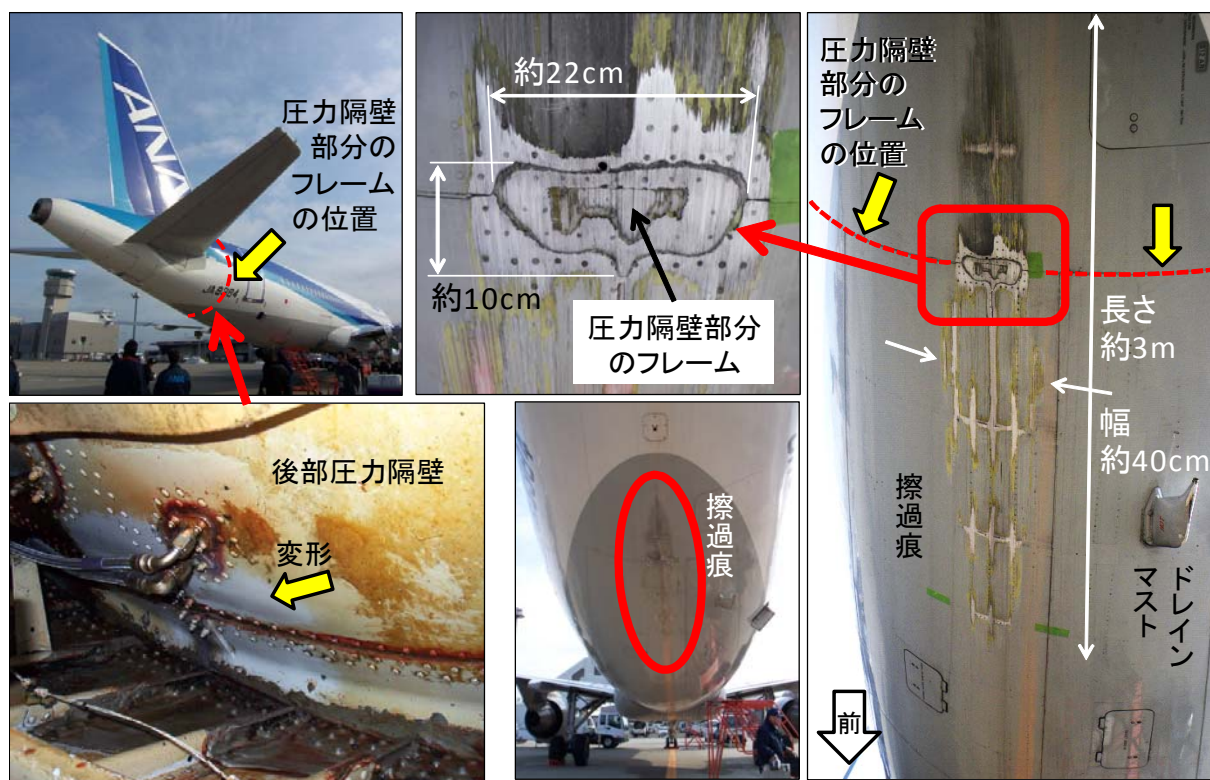
2.2.1 損壊の程度

中 破

2.2.2 航空機各部の損壊の状況

胴体の後方下部の外板に、長さ約3m、幅約40cmの擦過痕があり、ドレイン・マスト2本が損傷していた。後部圧力隔壁の下部が僅かに変形しており、その付近

のフレームが損傷していた。



写真B 機体の損傷状況

2.3 航空機乗組員等に関する情報

(1) 機長 男性 46歳

定期運送用操縦士技能証明書（飛行機）

平成15年3月28日

限定事項 エアバス式A320型

平成7年7月7日

第1種航空身体検査証明書

有効期限

平成24年7月11日

総飛行時間

10,211時間51分

最近30日間の飛行時間

56時間29分

同型式機による飛行時間

8,042時間27分

最近30日間の飛行時間

56時間29分

(2) 副操縦士 男性 31歳

事業用操縦士技能証明書（飛行機）

平成17年10月28日

限定事項 エアバス式A320型

平成23年1月28日

計器飛行証明

平成17年11月4日

第1種航空身体検査証明書

有効期限

平成24年2月26日

総飛行時間

2,642時間16分

最近30日間の飛行時間	53時間04分
同型式機による飛行時間	573時間57分
最近30日間の飛行時間	53時間04分

2.4 航空機に関する情報

2.4.1 航空機

型 式	エアバス・インダストリー式A320-200型
製造番号	151
製造年月日	平成2年12月18日
耐空証明書	第東-10-566号
有効期限	平成10年10月28日から整備規程（全日本空輸株式会社又は本航空機を全日本空輸株式会社との共通事業機として使用するその他の航空運送事業者）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	43,423時間57分
定期点検(C17点検、平成23年7月28日実施)後の飛行時間	1,089時間19分

(付図2 エアバス・インダストリー式A320-200型三面図 参照)

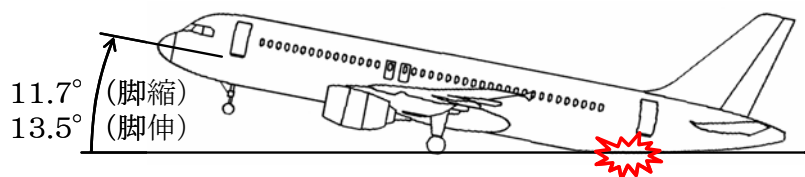
2.4.2 重量及び重心位置

事故発生当時、同機の重量は136,700lb、重心位置は29.8%MACと推算され、いずれも許容範囲（最大着陸重量142,198lb、事故発生当時の重量に対応する重心範囲20.5～38.9%MAC）内にあったものと推定される。

2.4.3 地上とのクリアランス

同機は、ロール角（水平から左右への傾き、右+） 0° で主脚が接地した場合、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（水平から前後への傾き、機首上げ+）が 11.7° で、主脚の緩衝装置が完全に伸びている場合は 13.5° で、機体後部が地面に接触する。（2.9.5（1）参照）

同機には、テールストライクの発生を検出し、運航乗務員に知らせるような仕組みはない。



図D 地上とのクリアランス

2.5 気象に関する情報

同機の着陸時間帯における仙台空港の航空気象観測値は、次のとおりであった。

09時00分 風向 変動、風速 2kt、卓越視程 60km、
雲 雲量 FEW (1/8) 雲形 積雲 雲底の高さ 2,000ft、
気温 1℃、露点温度 -8℃、
高度計規正值 (QNH) 30.28inHg

09時11分 風向 変動、風速 2kt、卓越視程 60km、
雲 雲量 FEW (1/8) 雲形 積雲 雲底の高さ 2,000ft、
気温 2℃、露点温度 -8℃、
高度計規正值 (QNH) 30.28inHg

また、仙台空港には、滑走路09/27に沿って3か所（09側、中央付近及び27側）に風向風速計が設置されている。本事故関連時間帯の、発生場所に近い27側及び中央付近にある2か所の瞬間風向風速は、約140°～170°、2ktで、いずれも大きな変動は観測されていなかった。

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：980-4700-003）及び米国L-3コミュニケーションズ社製のCVR（パーツナンバー：S200-0012-00）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、管制交信記録に記録された時報と、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。

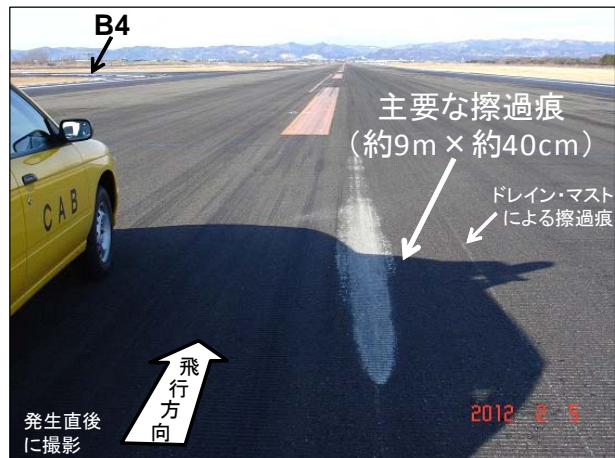
2.7 事故現場に関する情報

仙台空港は標高5.6ftで、滑走路は、長さ3,000m、幅45mの09/27、及び長さ1,200m、幅45mの12/30の2本を有している。滑走路27のPAPIの角度は3°で、進入端から439mの滑走路左側に設置されている。

滑走路27上には、27進入端から約1,140mの地点に、長さ約9m、幅約40cmにわたる白い擦過痕があり、グルービング（排水や制動効果向上のため、滑走路表面に横溝を刻むこと）の溝には金属片が残されていた。また、その痕跡に並行して、飛行方向右側には細い擦過痕が残されていた。これらの滑走路上の痕跡の状態は、同機の胴体後方下部の擦過痕及びドレイン・マストの損傷位置とほぼ一致していた。

滑走路、灯火及びマーキングに損傷はなかった。

（付図1 推定飛行経路図 参照）



写真C 滑走路の状況

2.8 DFDRに残されていたデータ及びQARデータ

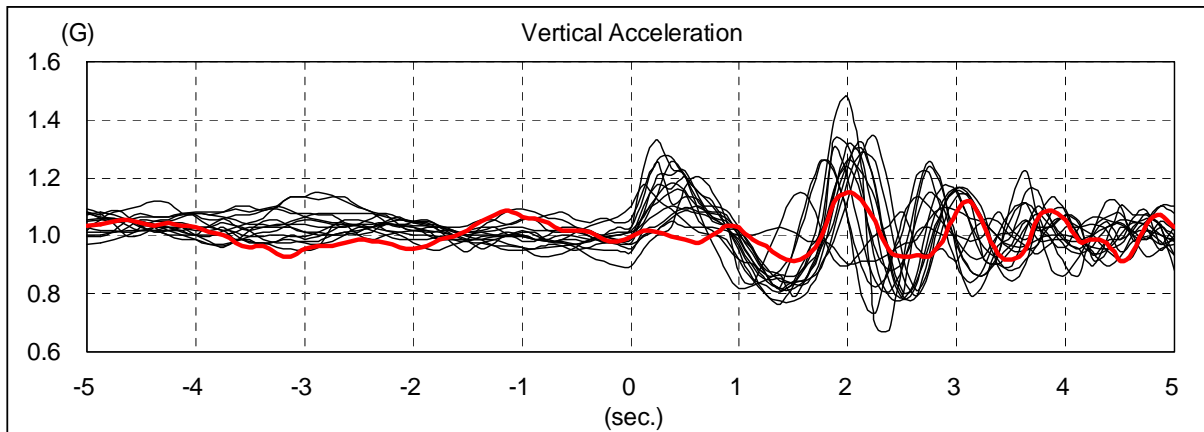
同機のDFDRに残されていた15回（事故前の13回、事故時及び事故後）の接地時の垂直加速度の記録を比較した。

ほとんどの着陸において、主脚接地時は垂直加速度の値が+側に急激に増加（増分平均+0.19G）していたが、本事故発生時は、右主脚の接地に続いて左主脚が接地したときの垂直加速度の変化は0.98～1.04G（増分+0.06G）の範囲に収まっていた。

また、スラスト・リバーサーの作動状況及びコンピュータにより計算される速度の一部については、DFDRの記録に加えてQARの記録も分析に使用した。

DFDRにおいては、いずれのエンジンもスラスト・リバーサーのロックが解除された記録は残されていなかったが、QARの記録によれば、同機の両エンジンのスラスト・リバーサーは、スラスト・レバーが一時的にフルリバー位置となったとき、一瞬ロックが解除された記録が残されていた。

また、QARの記録によれば、同機の最終進入中の V_{LS} （2.9.4（2）に後述）は、130.25ktであった。



- ◇ DFDRに残されていた15回の接地における垂直加速度(縦軸、単位:G)の変化を示す
- ◇ 主脚のいずれかが接地した時刻を0(横軸、単位:秒)とした
- ◇ いずれの波形もスムージング(平滑化)した
- ◇ 赤太線は事故発生時を示す

図E 接地時の垂直加速度

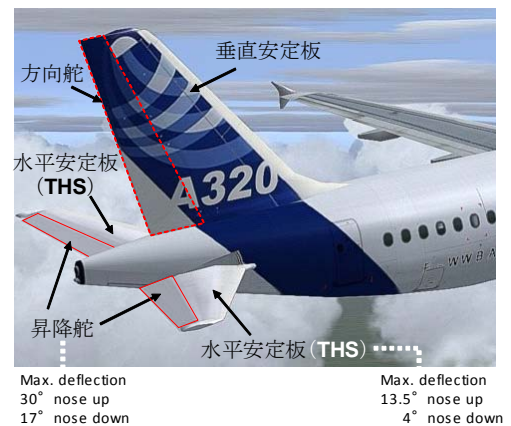
2.9 その他必要な事項

2.9.1 ピッチ軸回りの運動特性

(1) ピッチの制御

同機のピッチの制御は、昇降舵及びTHSにより行われる。昇降舵の上げ／下げの動きは、サイドスティックの前後の操作(引く／押す)により制御される。

昇降舵の最大舵角は、機首上げ側 30° 、機首下げ側 17° であり、THSの最大舵角は、機首上げ側 13.5° 、機首下げ側 4° である。



図F 同型式機の尾部

なお、本報告書において舵の「上げ／下げ」とは、昇降舵の場合は後縁の動きを、THSの場合は前縁の動きをいう。

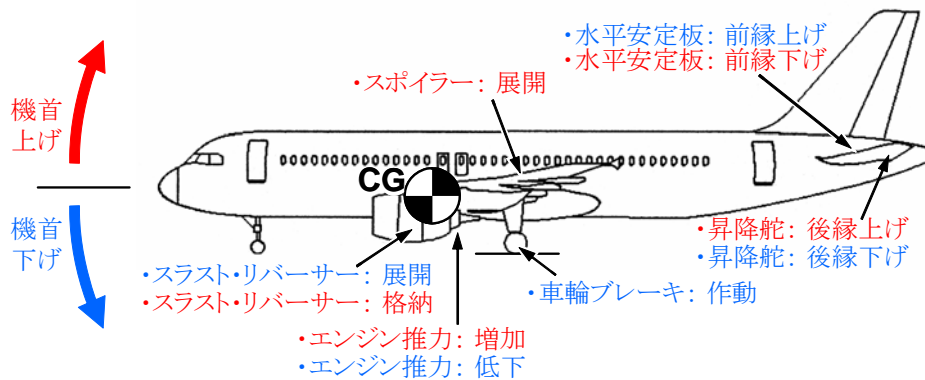
(2) ピッチング・モーメント

滑走路に接地した後、復行する場合における機首の上げ／下げの挙動は、一般に、次の表A及び図Gに示す要素を考慮する必要がある。

	機首上げ	機首下げ
昇降舵	後縁上げ	後縁下げ
水平安定板	前縁下げ	前縁上げ
車輪ブレーキ	--	ブレーキ圧力増加
スポイラー 注)	展開	--
スラスト・リバーサー	格納	展開
エンジン推力	増加	減少

注) 機首の挙動を相殺する自動制御等は考慮していない

表A ピッチング・モーメント



図G ピッチング・モーメント

2.9.2 スポイラー

同機のスポイラーは、左右の主翼に5枚ずつ、計10枚装備されている。主脚が接地すると、これら10枚全てが立ち上がって主翼の揚力を低下させる働きを持ち、減速効果もある。

スポイラーが正常に立ち上がると、ECAMホイールページに、図Jに示す緑色の上向き矢印が表示される。(2.9.4 (5)参照)



図H スポイラー



スポイラー 2.5°
以上展開時



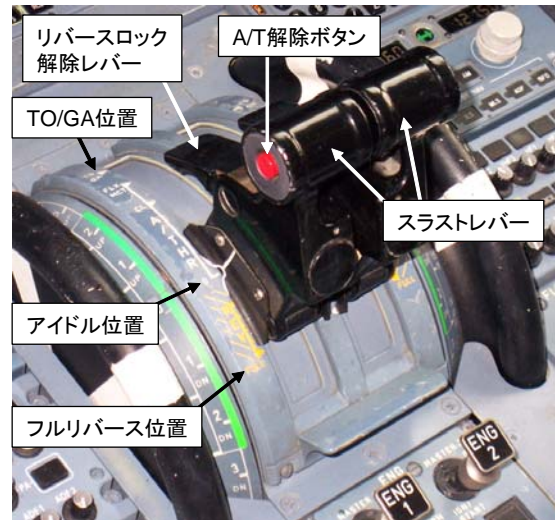
図J ECAMホイールページ

2.9.3 スラスト・レバー

スラスト・レバーを前方に一杯（+40°）に進めると、TO/GAにセットされる。

スラスト・レバーをアイドル位置（0°）まで戻し、ロックを外して更に手前に引くとリバースに入り、エンジンのスラスト・リバーサーが作動する。手前に一杯引いた位置（-20°）がフルリバースとなる。

スラスト・レバーは、空中でもリバース位置に操作することは可能であるが、設計上、その場合はスラスト・リバーサーが作動しないようになっている。



図K 同機のスラスト・レバー

2.9.4 飛行機運用規程（AOM）

(1) ゴーアラウンド及び着陸の手順

同社が定めた同機の前飛行機運用規程 第3章 NORMAL PROCEDURESには、以下の記述がある。（抜粋）

3-1-15 GO-AROUND

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 があつた場合でも最終的な判断は機長（PIC）が行う。

Go-Around の実施は 3-9-2 GO AROUND PROCEDURE に従う。

3-9-2 GO AROUND PROCEDURE

<i>PF</i>	<i>PM</i>
<p>以下を同時に実施する：</p> <p><i>Call “GO AROUND, FLAP 3 (OR 2)”</i></p> <p><i>Go Around</i> 前の <i>Flap</i> よりも 1 段浅い <i>Flap</i> を指示する。</p> <p><i>THRUST Levers ... TO/GA (NOTE 1)</i></p> <p><i>Rotation PERFORM</i></p> <p><i>Autopilot</i> を使用していない場合、<i>SRS Pitch Command Bar</i> で指示された <i>Pitch Attitude</i> まで <i>Smooth</i> に</p>	<p><i>FLAPS LeverSET 3 (OR 2)</i></p>

引き起こす。	
	“ <i>POSITIVE (CLIMB)</i> ” を Call する。
“ <i>GEAR UP</i> ” を Call する。	<i>Landing Gear Lever UP</i>
<i>AFTER TAKEOFF Procedure</i> に従う。 (<i>NOTE 2, NOTE 3</i>)	
(<i>NOTE 1, NOTE 2</i> 及び <i>NOTE 3</i> は省略)	

3-9-3 LANDING ROLL PROCEDURE

PF	PM
<i>Thrust Levers IDLE</i> 同時に <i>BRAKES APPLY</i> <i>Auto Brake</i> の作動を確認する。 必要ならば、両方の <i>Brake Pedal</i> に <i>Pressure</i> をかけて、 <i>Brake Control</i> を <i>Take Over</i> する。	<i>Spoilers CHECK</i> 接地後、 <i>Ground Spoiler</i> が完全に立ち上がることを、 <i>ECAM WHEEL Page</i> で確認する。 <i>UP</i> 位置にならない場合； “ <i>NO SPOILERS</i> ” と Call する。
<i>Thrust Levers REV</i> (リバース) <i>Main Landing Gear</i> の接地後、直ちに <i>MAX REV*</i> とする。 <i>CAUTION</i> : <i>Reverse Thrust</i> を使用した後で、 <i>Go Around</i> を試み てはならない。	<i>ECAM Upper Display</i> に <i>REV</i> (<i>Green</i>) が表示されることを確認する。 <i>Engine Parameter</i> を <i>Monitor</i> する。
<i>Deceleration</i>	<i>CHECK</i> 減速していることを確認する。 (略)

* : 騒音軽減等で要求される場合や *Stopping Distance* に対して滑走路長に十分な余裕がある場合には *MAX REV* でなくてもよい。

(2) 進入速度

同機の飛行機運用規程 第3章 *NORMAL PROCEDURES* 及び第4章 *SUPPLEMENTARY PROCEDURES* には、以下の記述がある。(抜粋)

3-1-14 TARGET APPROACH SPEED

Managed Speed の使用が推奨される。ただし、*Managed* と *Selected Speed* の特性を考慮の上、状況に応じ *PF* が決定する。

4-2-1 Airplane General

OPERATING SPEEDS DEFINITION

V_{LS} : *Lowest Selectable Speed*. *Airspeed Scale* 横の *Amber Strip* の上端がこの *Speed* を示している。(以下略)

V_{APP} : *Final Approach Speed*. (略)

$$V_{APP} = V_{LS} + \text{Wind Correction} + 5kt$$

(以下略)

V_{APP TARGET} : (略)

風向／風速が不安定な状況での *Speed Guidance* として有効 (略)

$$V_{APP TARGET} = GS_{mini} + \text{Actual Headwind (ADIRS で計測)}$$

$$GS_{mini} = V_{APP} - \text{Tower Headwind (MCDU に入力された Tower Wind をもとに FMGC が算出する滑走路に沿った Head Wind Component)}$$

- (3) スピードブレーキ及びスポイラーの動作並びにピッチ制御則
同機の飛行機運用規程 第 6 章 SYSTEM DESCRIPTIONS には、以下の記述がある。(抜粋)

6-9 FLIGHT CONTROLS

DESCRIPTION

SPEED BRAKES AND GROUND SPOILERS

GROUND SPOILERS CONTROL

Full Extension - Landing Phase

Ground Spoiler は以下の場合、自動的に *Extend* する。

- *Ground Spoiler* が *Arm* されており、両方の *Thrust Lever* が *Idle Position* の場合に、両方の *Main Landing Gear* が接地した場合。

Retraction

Ground Spoiler は以下の場合、*Retract* する。

- (略)
- *Touch and Go* において、少なくとも 1 つの *Thrust Lever* が 20° 以上 *Advance* された場合。

NOTE : *Landing Gear* は以下のいずれかの場合、接地したと見なされる。

- 両方の *Landing Gear* の *Wheel Speed* が 72kt を超えた場合。
- *RA* が 6ft 未満になり、かつ、*Both Main Gear Strut* が *Compress* した場合。

NORMAL LAW

PITCH CONTROL

GROUND MODE

Ground Mode では *Sidestick* の作動量と *Elevator* の作動量が *Direct* な

関係にあり、*Auto Trim* は作動しない。

THS は自動的に 0° (*Green Band* 内) に *Set* される。

After Landing では、*Pitch Attitude* が 2.5° を超えると直ちに、*THS* の 0° への *Reset* は *Stop* し、*Freeze* される。*Pitch Attitude* が 2.5° 未満になると直ぐに 0° への自動的 *Reset* が再開する。

※引用注： この他、接地して5秒後にグラウンド・モードがアクティブ (グラウンド制御則) になることが示されている。

FLIGHT MODE

Flight Mode は *Takeoff* から *Landing* 時の *Flare Mode* に切り換わるまで *Active* である。

Automatic Pitch Trim は、以下の場合に *Freeze* される。

— (略)

— *Radio Alt* で *50ft* 以下 (*A/P Engage* の時は *100ft* 以下)

FLARE MODE

Landing 時 *50ft* 以下になると、*Flight Mode* は *Flare Mode* に切り換わる。

50ft 時の *Attitude* は *Memory* され、*Pitch Attitude Control* の *Initial Reference* として使われる。

30ft 以下になると、*50ft* 時の *Attitude* から 8 秒かけて -2° まで *Pitch Down* にする。従って、機体を *Flare* させるための *Pilot* の操作が必要である。

(4) オートブレーキ

同機の飛行機運用規程 第6章 SYSTEM DESCRIPTIONS には、以下の記述がある。(抜粋)

③ *AUTO BRK panel*

MAX, MED, LO pb (押しボタン) *Switch (Spring Loaded)* により所望の減速率を *Select* し、*Arming* する。

— *MAX Mode* は通常 *Takeoff* 時に使用する。(略)

— *MED* または *LO Mode* は、通常 *Landing* に際して使用される。

• *LO Mode* (略)

• *MED Mode* を *Select* すると、*Ground Spoiler Deploy* の 2 秒後に、 3.0 m/s^2 (9.8 ft/s^2) の減速率を得られるように *Pressure* が供給される。

— *Lights* :

• 実際に機体が *Select* された減速率の 80%を得ているとき *Green* の *DECEL Light* が点灯する。

NOTE : Slippery Runway では、*Antiskid* の作動によりあらかじめ設定した減速率に達しない可能性がある。その場合、*DECEL Light* は点灯しないが、*Autobrake* は作動している。

(5) ECAMホイールページ

同機の飛行機運用規程 第6章 SYSTEM DESCRIPTIONS 6-15 LANDING GEAR には、以下の記述がある。(抜粋)

BRAKES AND ANTI-SKID

CONTROLS AND INDICATORS

ECAM WHEEL PAGE (*FLT CTL Page* と同じ *Indication* が表示される。)

③ *AUTO BRK*

AUTO BRK 表示の下に *Select* した減速率に応じて *MED*, *LO*, *MAX* が表示される

ECAM F/CTL PAGE

① *Spoilers/Speed Brakes*

△ : *SPOILER DEFLECTED BY MORE THAN 2.5° (GREEN)*

— : *SPOILER RETRACTED (GREEN)*

△ : *SPOILER FAULT DEFLECTED (AMBER)*

⊥ : *SPOILER FAULT RETRACTED (AMBER)*

(6) 自動コールアウト

同機の飛行機運用規程 第6章 SYSTEM DESCRIPTIONS には、以下の記述がある。(抜粋)

RADIO ALTIMETER

AUTOMATIC CALL OUT

(略) *100ft* 以下の *Radio height Announcement* を *Loudspeaker* を通して *Synthetic Voice* で知らせる。(略)

Predetermined CALL OUT

Altitude Call Out は、以下の表に示された *Threshold* で行われる。

<i>Height</i>	<i>Call Out</i>
(略)	(略)
100	ONE HUNDRED
50	FIFTY
30	THIRTY
20	TWENTY

10 (略)	TEN (略)
-----------	------------

機体高度が上記の高度を維持している場合には、対応する *Call Out* が一定周期でくり返される。

Intermediate CALL OUT

Call Out と次の *Altitude* の *Call Out* の時間が長すぎる場合 ((略) 50ft 以下では 4 秒以上)、現在の高度に対応した *Call Out* が 4 秒おきにくり返される。(略)

Retard Announcement

以下の場合に “*RETARD*” *Call Out* がなされる。

- (略)
- 20ft RA で、*Autothrust* が *Engage* されていない (略) 場合。

(7) テールストライク時のチェックリスト

同機の飛行機運用規程 第 2 章 NON-NORMAL PROCEDURES には、以下の記述がある。(抜粋)

TAIL STRIKE

LAND ASAP (できるだけ早く着陸せよ)

CAUTION: *Structural Damage* の可能性があるため、
機体を与圧してはならない。

- *MAX FL* (最高飛行高度)..... 100 or MSA PF
- *RAM AIR* ON PM
- *PACK 1 and 2* (与圧空調設備)..... OFF PM

2.9.5 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL (FCOM)

(1) 地上とのクリアランス

同機の設計・製造者が発行する同機のFCOMのSTANDARD OPERATING PROCEDURES—LANDING (右図)には、GROUND CLEARANCE DIAGRAMが示されており、以下の情報を読み取ることができる。(抜粋)

機体のロール角が 0° で主脚が接地したとき、

- ・緩衝装置が完全に圧縮された場合は、ピッチ角が 11.7°

- ・緩衝装置が圧縮されていない場合は、ピッチ角が 13.5° で機体後部が接触する。

また、以下の記述がある。(仮訳)

地上とのクリアランス

高い高さでのフレアは避けること

グラウンドスポイラー展開時の機首上げ特性に注意すること。

(2) フレア

同機のFCOMのSTANDARD OPERATING PROCEDURES—LANDINGには、以下の記述がある。(抜粋、仮訳)

フレア

- ・安定した進入状態でのフレア高度は、約 30ft である。

フレア 実施

姿勢 モニター

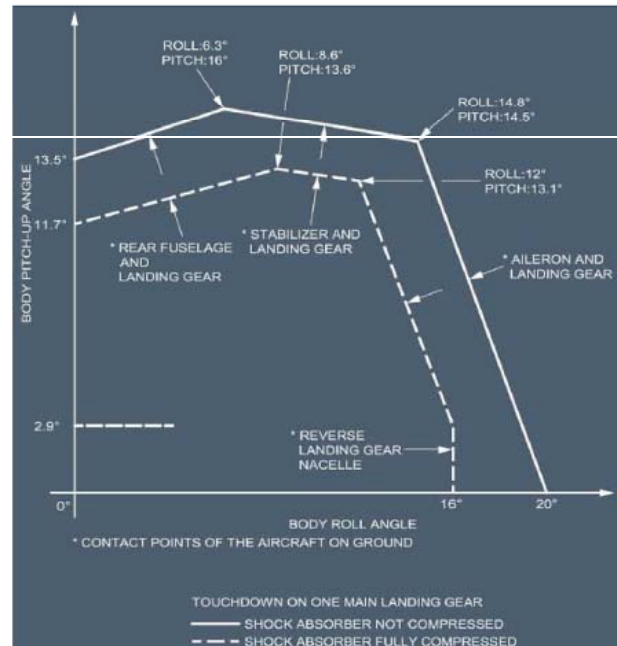
PMは姿勢をモニターし、次のとおりコールする。

- ピッチ角が 10° に達したら「ピッチ、ピッチ」

- バンク角が 7° に達したら「バンク、バンク」

スラスト・レバー アイドル

マニュアル着陸時、「リタード」のコールアウトは、スラスト・レバーをアイドル位置に戻すことを操縦者に気付かせるため、電波高度 20ft で発せられる。



2.9.6 Flight Operations Briefing Notes (FOBN)

(1) 着陸時のテールストライクの予防

同機の設計・製造者が発行するFOBNのLanding Techniques - Preventing Tailstrike at Landingには、以下の記述がある。(抜粋、仮訳)

IV 予防法と防御

IV.1 飛行方法

着陸

操縦者は、過度にスムーズな着陸をしようとして、航空機の接地を遅らせることは避けるべきである。

主脚接地後、PFはすぐにサイドスティックを引く力を弱め、(略) 前輪をスムーズに、遅れることなく滑走路上下に下ろすこと。

PMは姿勢のモニターを続ける。

V 要点のまとめ

・(略)

・特にスムーズな着陸をしようとして航空機の接地を遅らせてはならない。

(2) 離陸時のテールストライクの予防

FOBNのTakeoff and Departure Operations - Preventing Tailstrike at Takeoffには、以下の記述がある。(抜粋、仮訳)

III 離陸時のテールストライクに関する運用及びヒューマンファクター

III.2 ローテーション(引起し) 技法

ローテーション・レート(引起し率)が速すぎるとテールストライクのリスクが増し、遅すぎると離陸滑走距離が伸びる。

定められたローテーション・レートで満足できない場合でも、操縦者は、航空機のピッチが鋭く反応する原因となる、急激で大きな修正を避けるべきである。

ローテーション・レートを増加させるため、浮揚のころに大きく遅いサイドスティックを引く操作を行うと、テールストライクの可能性は著しく増加する。大きな慣性を持つ(例えば胴体の長い)航空機にとって、サイドスティック操作により生成される初期のローテーション・レートは増加に時間を要するため、特にリスクとなる。

IV 予防法と防御

IV.2 運航乗務員によるローテーション技法

・ V_R (ローテーション速度)になったら、運航乗務員はサイドスティックをスムーズに手前に引き、毎秒約 3° を維持するようにローテーションを始めること。

2.9.7 訓練マニュアル

基本的な着陸方法

同社が定めた同型式機の訓練マニュアルには、以下の記述がある。(抜粋)

1. LANDING GENERAL

2. A320 の基本的着陸方法

(略) A320 の平均的最終進入速度を考慮すると、Flare 開始高度は 20ft AGL 前後が適当な高度であると考えられる。(略)

(3) FLARE から TOUCHDOWN

1) FLARE 開始高度

Flare 開始高度は 20ft 前後が適当である。

その認知には RA "20ft" の AUTO Call Out が有効であるが、"30ft" の Call Out を聞いたならば Flare 開始の準備をしなければならない。

(4) LANDING ROLL

1) REVERSE THRUST

Main LDG Gear が接地したならば速やかに Reverse を Max にし、保持する。

70kt で Smooth に Idle Reverse 位置に戻し、一旦 Hold する。

4) SIDESTICK 及び STEERING

Tail Strike を引き起こす可能性があるため、接地後 Pitch Attitude を増加させてはならない。Nose Gear を速やかにかつ Smooth に接地させる。

11. GO AROUND (AOM3-9-2)

<要点及び留意点>

- ・MANUAL GO AROUND での INITIAL TARGET PITCH は、2ENG 15°、1ENG 10° である。その後、SPD を C'K し SRS COMMAND に合わせる。2ENG の場合は、20° を超えないように注意すること。

この他、「TOUCH DOWN POINTの判定」として、「A320 TOUCH DOWN ZONE」が、進入端から 500～1,750 ft (約 150～530 m) の間であることが図示されている。

同社によれば、本事故発生当時、着陸時に主脚が接地してスポイラーが展開し、オートブレーキが作動した後から復行を行うような訓練は行われていなかった。

2.9.8 AIRPLANE OPERATIONS REFERENCE (AOR)

(1) テールストライク防止

同社が定めた同機のAORには、以下の記述がある。(抜粋)

2-1-12 Avoiding Tail Contact

1. Ground Pitch and Roll Angle Limit

(略)

③ Tail Contact Vs Pitch Angle

Roll Angle が 0° のとき *Shock Absorber Not Compressed* の状態では *Pitch Angle* 13.5° 、*Shock Absorber Fully Compressed* の状態では *Pitch Angle* 11.7° で *Tail Contact* の可能性がある。

2. Operational Guidances

A. Takeoff Rotation and Lift off

所定の V_R (ローテーション速度) より約 $3^\circ / \text{sec}$ の *Pitch Up Rate* で *SRS Mode* の *Pitch*、ただし最大で 20° まで、*Smooth* に引き起こす。

(略)

B. Landing Flare and Touchdown

- ・適正な *Approach Speed* を維持する。

(略)

- ・過大な *Bleed off* (減速させること) を避ける。

(略) V_{TD} (接地時の速度) = V_{REF} (着陸基準速度) での *Touchdown Pitch Angle* は約 6.5° であり、 V_{TD} が小さくなれば θ_{TD} (ピッチ角) は大きくなる。従って余り大きく *Bleed off* すると *Tail Contact* が発生しやすくなる。

- ・*Floating* させない。

出来るだけ *Smooth* な接地を行おうとして *Floating* させるような操作は高い頭上げ姿勢になり、また対地感覚が損なわれることともあいまって *Tail Contact* が発生しやすくなる。

- ・適正な高度で *Flare* を開始する。

高い位置で引き起こし、かつ *Power* も絞ると *Sink Rate* の増加を防ぐ手段は *Pitch Up* のみとなる。

Flare は通常約 20FT から開始する。

Power も約 20FT から次第に *Reduce* する。

- ・*Touchdown* 後は速やかに *Nose Gear* を接地させる。

Ground Spoiler の *Extension* が *Pitch Up* につながることに留意する。

(2) マネージド・スピード

同機の AOR には、以下の記述がある。(抜粋)

2-1-19 Managed Speed の運用について

A320 型機には *Target Approach Speed* として *Selected Speed* と

Managed Speed の 2 種類がある。(略)

Managed Speed とは (略) *Touch Down* 時に想定される *Ground Speed* (*GS_{mini}* という) を進入中に下回らないよう、*FMGS* が *Target Approach Speed* をその時々により変化させて速度計に表示するものである。

Managed Speed は風が一定度強い場合に有効であり (以下略)

Managed Speed において風の変化にともない *Target Approach Speed* が変化するのとは下記の場合のみで、それ以外の場合は変化しない。

①地上風の *Head* 成分が 10kt 以下の場合、現在の風の *Head* 成分が 10kt より大きい時 (略)

つまり、*Managed Speed* で *VAPP TARGET* が *VAPP* から変化するのとは、*Actual Headwind* 成分がある程度強く (10kt 以上) かつ *Tower Headwind* 成分より大きい場合のみである。(略)

VAPP TARGET の最小値は *VAPP* である。

2.9.9 設計・製造者によるテールストライク予防策

設計・製造者が発行する安全情報誌に掲載されたテールストライク予防の記事及び関連資料等によると、以下の(1)及び(2)のとおりであった。

同機には、設計・製造者がオプションとして提供する以下の(1)及び(2)の改善策が導入されていなかった。

(1) 飛行制御プログラムの改善

設計・製造者は、2008年4月、A320及びA321型機のフレア制御則 (flare law) を改善した。これは、昇降舵・補助翼コンピューター (ELAC) のソフトウェアを改修することにより、着陸時におけるサイドスティック操作による機首上げ率 (°/秒) を制限するものである。

このフレア制御則は、接地後にスポイラーが展開したときに作動するため、離陸時又は復行時には働かず、着陸時にのみ有効となる。また、ピッチ角が 2.5° 未満で、かつ、5秒間地上にいと、フレア制御則からグラウンド制御則 (ground law) に移行するため、機首上げ率の制限機能は働かなくなる。

(2) 警告表示及び警告音

表示管理及び飛行警報のコンピューターを改修することにより、最大機首上げ可能角度を示すピッチ・リミット・インジケーターを PFD に表示する機能及びピッチ角が一定の値を超えると「ピッチ、ピッチ」という音声警告を発する機能を提供している。

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 航空機の耐空証明書等

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に記述したとおり、本事故関連時間帯の仙台空港は視程が良く、低い高度に雲はほとんどなかった。また、仙台空港の風は、設置されている風向風速計の記録によれば、同機が進入した滑走路27の、27側及び中央付近にある2か所については、本事故関連時間帯に大きな変動は観測されていなかった。

一方、2.1.2(1)に記述したように、機長は、滑走路27進入端付近で機体が少し上げられたと感じたことから、その付近の風向風速は多少の変動があった可能性も考えられる。

これらのことから、当時の気象状態は、着陸に影響を及ぼすほどのものではなく、本事故に直接の関連はなかったものと推定される。

3.4 復行に至る状況

3.4.1 仙台空港への降下及び進入

2.1.2(1)に記述したとおり、機長は左席に着座し、PFとして操縦していた。DFDRの記録によれば、仙台空港への降下及び進入から復行後まで、副操縦士が右席用のサイドスティックを操作することはなかった。

同機は、09時過ぎにタワーから着陸許可を得て、視認進入により滑走路27の最終進入コースへと降下を継続した。

(1) 進入角

2.1.1に記述したとおり、機長は、最終進入コース上の高度500ft付近で「Stabilized」と進入が安定している旨をコールした。同機はおおむね安定した進入を継続していたが、図Bに示した推定最終進入角のように、電波高度400～200ft付近で一時的に低い進入角となった。2.1.2(2)に記述したPAPIが一時的に4レッドになったのは、この付近であったものと推定される。

その後、同機は、電波高度約200ftでA/Tが解除され、標準的な進入角に戻りつつ、滑走路27に向かった。

(2) 降下率

2.1.1に記述したとおり、「One hundred」及びその約4秒後の「Fifty」の自動コールアウトがあったときの時間間隔及び電波高度から推算すると、この付近の同機の降下率は約740ft/minとなり、標準的な3°の進入角における降下率（対地速度140ktで742ft/min、同135ktで715ft/min）であったものと推定される。

(3) 進入速度

2.1.1に記述したとおり、09時03分02秒、THSの動きが停止し、電波高度約50ftで滑走路27進入端上空を通過した。A/Tが解除された電波高度約200ft付近から、滑走路27進入端上空を電波高度約50ftで通過するまでの速度は、134～144ktであった。

2.1.2(1)に記述したとおり、機長は進入速度の目標としてマネージド・スピードを使用していた。2.5に記述したとおり仙台空港の地上風は約2ktと弱かったことから、進入コース上の向かい風成分は10kt未満であったものと考えられ、2.9.8(2)の記述によれば、 $V_{APP TARGET}$ は風による修正が加えられず、 $V_{APP TARGET} = V_{APP}$ であったものと推定される。

2.8に記述したQARの記録によれば、最終進入中の V_{LS} は130.25ktであったことから、 V_{APP} （すなわち、 $V_{APP TARGET}$ ）は約135kt（ $V_{LS} + 5kt$ ）であったものと推定される。このことから、134～144kt（中間値で139kt）での進入は、マネージド・スピードが示す目標速度より僅かに速めであったものと推定される。

3.4.2 接地

(1) フレア及びスラストアイドルの時機

2.1.1に記述したとおり、同機が滑走路27進入端を通過したところから、「Fifty」、「Thirty」及び「Twenty」の自動コールアウトがあり、その後「Retard」の自動コールアウトが3回発せられた。

図Cに示したとおり、電波高度50ft以下になったところからサイドスティックがやや引かれ、電波高度30ft付近からピッチ角が上昇し始めたことから、機長はこの頃フレアを開始したものと推定される。

フレアの開始高度は、2.9.5(2)に記述したFCOMによれば約30ft、2.9.7に記述した訓練マニュアル及び2.9.8(1)に記述したAORによれば20ft前後が適当とされており、事故発生時は、僅かに早めのフレア開始で

はあったが、おおむね標準的な操作であったものと推定される。

フレア開始から約4秒後、最初の「Retard」の自動コールアウトの直後に、スラスト・レバーがアイドル位置に戻された。2.9.8(1)に記述したAORによれば約20ftから次第に推力を絞るとされており、この時機は、電波高度20ft以下であったが、おおむね標準的なものであったと推定される。このときの対気速度は138ktであった。

(2) 接地直前の高さ

2.1.1に記述したとおり、電波高度20ftの自動コールアウトの後、「Retard」の自動コールアウトが3回行われた。10ftの自動コールアウトは「Retard」と重なり、コールされなかった。同機の右主脚が最初に接地するまでに、20ftの自動コールアウトから約7秒以上、また、最後の「Retard」の自動コールアウトから約4秒以上経過しており、この間に自動コールアウトが繰り返されることはなかった。

したがって、2.9.4(6)の記述から、同機は滑走路を10ft未満の高さで飛行しつつ、接地がやや伸びたものと推定される。

(3) 接地時の状況

図Cによれば、フレア開始後、約5°で安定していたピッチ角は、接地直前には最大6.3°にまで上昇した。これは、接地に備えたサイドスティック操作によるもので、2.9.8(1)に記述した約6.5°とされている接地時の標準的なピッチ角となっていたものと推定される。

DFDRの記録によれば、同機は、滑走路27進入端からおおむね700m（B5誘導路付近）の滑走路上に右主脚が先に接地し、続いて左主脚が接地したものと推定される。

2.8に記述したとおり、DFDRに残されていた15回の接地の垂直加速度の変化を比較すると、事故発生時の接地の衝撃が小さかったこと、2.1.1に記述したとおり、CVRの記録に主脚の明確な接地音や滑走音、機体の振動音等を確認できなかったこと及び2.1.2の口述から、機長及び副操縦士は主脚の接地に気付かなかったものと推定される。

CVRの記録によれば、両主脚接地の直後に、機長が「ああ、だめだ」と発声しており、これは主脚が接地しないことを意味したものと推定される。これは、このとき機長には主脚接地の認識がなかったことを裏付けるものと考えられる。

(4) 昇降舵の追従、THS及びフレア制御則の影響

図Cに示したとおり、サイドスティックのピッチ軸の操作と昇降舵の動きは良く連動していたことから、ピッチ軸の操縦系統に問題はなかったものと

推定される。また、電波高度50ft付近を通過してからTO/GAにセットされるまでの間は、THSの作動が停止していたことから、フレア操作及び主脚接地時にはTHSの変化による操縦への影響はなかった。

また、2.9.4(3)に記述したとおり、電波高度30ft以下になると、8秒間かけてフレア・モードによる機首下げ制御が行われる。事故発生時には、図Cに示したように、09時03分05秒過ぎに電波高度が30ftとなり、電波高度50ft時に約3.2°であったピッチ角を、毎秒約0.65°の割合で、8秒後の同03分13秒ごろまで機首を下げる制御が行われたものと推定される。ちょうどこの制御が終わった頃右主脚が接地し、続いて左主脚が接地した。この間、機長はサイドスティックをおおむね機首上げ方向に操作して機首が下がるのを支えており、フレア・モードの制御則が本事故の発生に影響を及ぼすことはなかったものと推定される。

3.4.3 着陸滑走

(1) PMによるスポイラー作動の確認

2.9.4(3)に記述したとおり、両主脚が接地したことによりスポイラーが自動的に展開し始め、図Cに示したとおり、約2秒間で左右計10枚のスポイラー全てが完全に立ち上がった。

2.9.2に記述したとおり、ECAMのホイール・ページにはスポイラーの作動状況が表示される。2.9.4(1)に記述したとおり、PMは接地後この表示を確認し、スポイラーが完全に立ち上がらない場合は「NO SPOILERS」とコールすることになっている。

この表示は、必ずしも主脚の接地を確認するためのものではないが、両主脚が接地しなければスポイラーが完全に展開しないことから、接地の確認とほぼ同様に利用することができると考えられる。

両主脚の接地によりスポイラーが自動的に展開し始めたため、ECAM画面には2.9.2及び2.9.4(5)に記述したスポイラー展開の表示がされていたものと推定される。しかし、3.4.2(3)に記述したとおり、副操縦士は、機長と同様に主脚が接地したことに気付かず、フローティング状態が継続していると思っていたことから、2.1.2(2)に記述したように、まだECAMのホイール・ページに目を向けていなかったことは、PMとして接地後のスポイラー展開の確認を行う段階にはなっていなかったためと推定される。

(2) オートブレーキの作動及び表示

その後、2.1.2(1)及び2.9.4(4)に記述したとおり、「MED」（減速率「中」）に設定されていたオートブレーキが作動し始めた。主車輪のブレー

キ圧力が上昇したことにより、機軸方向の加速度は $-0.23G$ （負の値は減速）を記録し、減速率が大きくなった。

このことから、2.9.4(4)に記述したとおり、写真Aに示したオートブレーキ・パネルの「DECEL」（減速）ライトが点灯した可能性が考えられる。この表示は減速率を示すもので、必ずしも主脚の接地を確認するためのものではないが、操縦士は、このライトの点灯によっても接地を認識することができたものと考えられる。

しかし、PMは、前記(1)に記述したとおり、スポイラー展開の確認を行う段階にはなっていないと考えていたため、AOMでは求められていないDECELライトの点灯確認には至らなかったものと考えられる。

(3) 接地を認識できた可能性

2.1.1に記述したとおり、CVRの記録によれば、ブレーキ圧力が上昇した頃から、主脚の滑走音や機体の振動音と思われる音が徐々に大きくなり始めた。また、両主脚接地後は、垂直加速度の記録が $0.91\sim 1.15G$ の間で周期的に変化しており、これは接地した機体の荷重の変化による上下動によるものと推定される。これらのこと及び前記(2)で述べた減速率の増加から、機長及び副操縦士は、接地の瞬間は認識できなかったとしても、その後に機体が既に接地していることを体感できる可能性はあったものと考えられる。

(4) サイドスティック操作及びフローティングの誤認

図Cに示したとおり、同機は主脚が接地したことにより機首が徐々に下がってきていたが、3.4.2(3)に記述したとおり、機長及び副操縦士は主脚の接地に気付かず、同機がフローティング状態にあると考えていたものと推定される。そのため機長は、機首が下がって前脚から先に接地することを避けようとして、サイドスティック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。

それにもかかわらず機首が下がり続けたため、サイドスティックが手前一杯に引かれた状態となったものと推定される。その操作により昇降舵は最大変位角に近い -27° まで変位した。

2.1.2(1)に記述したとおり、機長は、フローティングと感じていた時間の経過とともに速度は徐々に減少しつつあり、機体のエネルギーがほとんどない状態でフローティングが継続するのは好ましくないと考えていたものと推定される。そのため、機長は、着陸させるより復行した方がより安全と考え、いつ復行を決断すべきかという思いが徐々に強くなっていったものと推定される。

3.4.4 復行

(1) 機長のリバース操作及び復行操作

2.9.4(3)及び(4)に記述したとおり、両主脚が接地したことによりスポイラーが完全に展開し、オートブレーキが作動してブレーキ圧力が上昇した。その後、図Cに示したとおり、09時03分19～21秒、スラスト・レバーがほぼフル・リバース位置となった直後に、TO/GA位置に進められた。

これは、2.1.2(1)に記述したことから、機長が視界の状況から考えて既に主脚が接地しているものと判断し、スラスト・レバーを一旦リバースに操作したものの、直後にバフェットのような振動を感じたため、まだ空中にいると思い直し、復行を決断したことによるものと推定される。機長がバフェットと感じたのは、DFDRの記録によれば既に両主脚が接地した状態であったことから、実際には地上滑走による振動であったものと推定される。

図Cに示したとおり、機長がスラスト・レバーをTO/GA位置に進めたとき、ピッチ角は約 1.8° まで機首が下がってきており、サイドスティックは手前一杯に引かれた状態が継続し、昇降舵は最大変位角の -30° に近い -27° まで機首上げ方向に変位していた。TO/GA操作により、オートブレーキが解除されてブレーキ圧力が解放されるとともに、スポイラーが格納され始めた。また、THSが -2.1° からプラス（機首上げ効果が弱まる）方向に動き始めた。

(2) テールストライクの発生

図Cに示したとおり、09時03分20～22秒ごろ、ピッチ角が上昇し始め、機長はサイドスティックを機首下げ方向まで戻したが、機首は最大 $+12.7^{\circ}$ まで上昇した。

このとき同機のピッチ角は、2.25秒間に $+1.8^{\circ}$ から $+12.7^{\circ}$ まで急激に上昇した。これは、平均約 $4.4^{\circ}/\text{秒}$ （瞬間的には最大約 $8.4^{\circ}/\text{秒}$ ）の機首上げ率となり、2.9.6(2)のFOBN及び2.9.8のAORに記述されている、離陸時に推奨される約 $3^{\circ}/\text{秒}$ の機首上げ率に比べて大きな値（急激な機首上げ）となっていた。しかし、2.1.2の口述から、機長及び副操縦士は、復行操作中に機首が大きく上昇した認識はなかったものと推定される。

図Cに示したとおり、同03分22秒ごろ、垂直加速度がごく短時間に大きく変化したこと、ピッチ角が最大の 12.7° となったこと、及び、2.4.3に記述したとおり機体後方下部が滑走路に接触する角度は $11.7^{\circ} \sim 13.5^{\circ}$ であることから、このときにテールストライクが発生したものと推定される。

2.1.2(1)及び(2)に記述した口述のとおり、機長が復行操作の過程で右主脚が接地したと感じ、副操縦士が主脚がハードな感じに接地したと感じたのは、テールストライクによる衝撃を主脚の接地と誤認したものと推定される。

(3) リバー操作等による影響

2.8に記述したQARの記録によれば、機長がスラスト・レバーをリバーに操作したとき、リバーサー・ドアのロックが解除された（DFDRの記録にはロックが解除された記録はなかった）が、リバーサー・ドアが展開した記録はDFDRにもQARにもなかった。

これは、リバーサー・ドアが展開し始める前にスラスト・レバーがTO/GA位置に進められたことにより、スラスト・リバーサーが作動しなかったものと推定される。すなわち、この一時的なリバー操作によってリバー推力が発生することはなく、この操作が本事故に直接影響することはなかったものと推定される。

なお、結果的に本事故には該当しないが、スラスト・リバーサー作動後の復行操作は、左右のリバーサー・ドア格納の不均衡やエンジン回転上昇の遅れ等、不安全要素が考えられるため、2.9.4(1)のAOMに記述されているように、行うべきではない。

(4) マスター・ワーニングの発生

2.1.1に記述したとおり、同機は、着陸のため09時01分41秒ごろフラップが全開の位置となった。その状態のまま、滑走路から復行しようとしてスラスト・レバーをTO/GA位置に進めたため、Takeoff Configurationワーニング発生の条件（滑走路上でフラップ全開のままTO/GA推力を加えた場合）を満たし、警報が発せられたものと推定される。

2.1.1及び2.1.2(2)に記述した、復行する際の警報音は、Takeoff Configurationワーニングが発生したことによるマスター・ワーニングであったものと推定される。

3.4.5 復行時のピッチング・モーメント

3.4.4(1)に記述したとおり、サイドスティックが手前一杯に引かれている状況において、スラスト・レバーがTO/GA位置に進められたことにより主車輪のブレーキ圧力が開放され、全開となっていたスポイラーが格納され始めた。また、THSが作動し始めた。

このとき、2.9.1(2)に記述したピッチング・モーメントは、同機については以下のとおりである。

(1) 昇降舵

3.4.3(4)に記述したとおり、サイドスティックが手前一杯に引かれた状態が継続したことにより、昇降舵が最大変位角の -30° に近い -27° まで機首上げ方向に大きく変位した。TO/GA操作以後、昇降舵は徐々に戻り始めたが、変位角が大きかったため大きな機首上げモーメントが生じていたものと推定される。

(2) THS

図Cに示したとおり、同機が約50ftで滑走路27進入端を通過して以降、THSは -2.11° （負の値は機首上げ方向）を保ったまま約17秒間、作動を停止していた。TO/GA操作以後、THSは機首上げ効果が弱まる方向に $+0.26^{\circ}$ 動いて -1.85° となったが、依然として機首上げモーメントは生じていたものと推定される。

(3) 主車輪のブレーキ

3.4.4(1)に記述したとおり、TO/GA操作により、加圧されていた主車輪のブレーキ圧力が解放されたため、それまでブレーキ作動により生じていた機首下げモーメントがなくなったものと推定される。

(4) スポイラー

3.4.4(1)に記述したとおり、TO/GA操作により、完全に展開していた10枚のスポイラーが格納され始めた。設計・製造者によれば、同機のスポイラー展開時の機首上げモーメントは、制御則により最小化されるため一時的なものとなり、スポイラー格納時においてもピッチング・モーメントに大きな影響は与えなかったとしている。

(5) スラスト・リバーサー

3.4.4(3)に記述したとおり、リバーサー・ドアのロックが解除されたのみで、スラスト・リバーサーが作動することはなかったため、ピッチング・モーメントに影響はなかったものと推定される。

(6) エンジン推力

図Cに示したとおり、TO/GA操作によりエンジン推力が追従して増加するには数秒間を要したため、急激な機首上げが発生した際のピッチング・モーメントに影響はなかったものと推定される。

これら(1)～(6)を総合すると、次のとおりであったものと推定される。

主脚が接地してからTO/GA操作が行われる直前までは、徐々に機首が下がってきていたことから、これらのピッチング・モーメントは、総合的にやや機首下げ傾向ながら、おおむね均衡していた。TO/GA操作が行われた結果、ピッチング・モーメントの均衡が崩れ、主として(1)に示した昇降舵の大きな変位が、結果的に急激な機首上げに大きく影響することとなった。

3.5 テールストライクの認識

3.5.1 復行後の状況

D F D Rの記録によれば、同機はフラップをフルダウンから1段上げ、脚を格納した後、高度約1,000ftで左側ダウンウインドに入った。その後、後方の客室乗務員は、チーフパーサーによる乗客へのアナウンスが終了後、後方で異音が生じたためテールストライクの可能性があることをチーフパーサーに伝え、チーフパーサーはその情報を運航乗務員に伝えた。そのため機長は再度復行し、念のため滑走路点検をタワーに要請した。同機は高度1,500ftまで上昇し、南側ダウンウインド付近でホールドした。

一般に、テールストライク発生時に運航乗務員が必ずしも認識できるとは限らず、それに気付かないまま高い高度に上昇すると危険を伴うことがあるため、客室乗務員が後部の異音等に気付いた場合、早期に運航乗務員に通報することは重要である。

3.5.2 運航乗務員の認識

C V Rの記録及び2.1.2に記述した口述によれば、機長及び副操縦士は、フローティング状態から復行した際に主脚が滑走路に接地したため、音と衝撃を感じたものと考えており、チーフパーサーから通報を受けるまで、機体後方下部が滑走路に接触した認識はなかったものと推定される。

機長及び副操縦士は、チーフパーサーからの通報を受け、機体後方下部が滑走路に接触した可能性があることを意識し、損傷した破片等が滑走路に残留している可能性を考慮して、念のため滑走路点検をタワーに依頼したものと推定される。

機長及び副操縦士は、左側ダウンウインドで待機中、タワーから滑走路に白い痕跡があったことを伝えられ、機体後方下部が滑走路に接触した可能性があるかと判断したものと推定される。

3.5.3 テールストライク・チェックリスト

2.9.4(7)に記述したとおり、同機のAOMにはテールストライク時のチェックリストが定められているが、C V R記録によれば、本事故発生後にこのチェックリストは実施されていなかった。

2.9.4(7)に記述したとおり、このチェックリストには、できるだけ早く着陸すること及び与圧しないことが記載されている。同機は事故発生後、高度約1,500ftまでしか上昇しなかったことから、チェックリストを実施しなかったことによる機体への影響はなかったものと推定される。

3.6 復行の決断

2.9.4(1)に記述した復行の手順では、「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は、躊躇なくGo-Aroundしなければならない。」とされている。

3.4.3(4)に記述したとおり、機長は、主脚が接地しないままフローティング状態が継続していると考えていたが、もし接地していたとしても、その状態から復行することに問題はなく、3.4.4(1)に記述したとおり、機体の振動をバフェットと感じたことから、復行した方が安全と考えたものと推定される。復行の決断の遅れは、一般的には安全運航へのリスクが大きくなる。

一方、2.9.4(1)に記述した着陸の手順では、リバーズ推力を使用した後で復行を試みてはならないとされている。これは、スラスト・リバーサーの作動により大きく減速した後からの復行は、リスクが大きいため禁止されているものと考えられ、機長が、一時的ではあったがフル・リバーズ操作を行ったにもかかわらず、TO/GA操作を行ったのは、スラスト・リバーサーによる大きな減速効果がまだ現れていないと考え、その時点においては、「その後の安全が懸念される場合は、躊躇なくGo-Around」という基本的な考え方に従い、復行を決断したものと推定される。

実際には、これまで述べたとおり、両主脚が既に接地していたことから復行する必要はなく、そのまま着陸できる状況であった。しかし、機長及び副操縦士が共に接地を確実に認識できなかったことから、機長が復行を決断したものと推定される。

3.7 設計・製造者によるテールストライク予防策の本件における有効性

2.9.9に記述したとおり、設計・製造者は、テールストライク予防策として、着陸時に有効なものとして「飛行制御プログラムの改善」を、また、離陸時及び着陸時の両方に有効なものとしては「警告表示及び警告音」を発する機能を提供している。

これらの対策は一般的には有効であるが、本件のように通常の離陸又は着陸操作と異なり、接地後の減速過程から復行を行ってピッチングモーメントが急激に大きく変化するような挙動には、以下の理由により、必ずしも有効に機能しない場合があると考えられる。

- (1) スラスト・レバーをTO/GAにセットするとスポイラーが格納され、2.9.9(1)に記述したように、機首上げ率の制限機能が作動しなくなること
- (2) スラスト・レバーをTO/GAにセットしたとき、本件では既にフレア制御則からグラウンド制御則に移行しており、2.9.9(1)に記述したように、機首上げ率の制限機能が作動しなかったこと
- (3) 急激な機首上げが発生したとき、2.9.9(2)に記述したピッチ・リミット・インジケータ及び音声警報があっても、操縦者がこの急激な挙動を抑える対応をとることは困難であること

4 結 論

4.1 分析の要約

(1) 同機は、滑走路27進入端付近においては標準的な降下率で、僅かに速めの進入速度であったものと推定される。(3.4.1)*1

(2) 機長のフレア開始及びスラストアイドルの時機はおおむね標準的なものであったと推定される。同機は、滑走路を10ft未満の高さで飛行しつつ接地がやや伸び、滑走路27進入端からおおむね700m付近に標準的なピッチ角で接地したものと推定される。このとき、衝撃が小さな接地となり、機長及び副操縦士は主脚の接地に気付かなかったものと推定される。

THSの変化による操縦への影響はなく、また、フレア・モードの制御則が本事故の発生に影響を及ぼすことはなかったものと推定される。(3.4.2)

(3) 接地直後の状況等から、機長及び副操縦士が機体が既に接地していることを体感できる可能性はあったものと考えられる。

副操縦士は、接地後のスポイラー展開の確認を行う段階にはなっていなかったため、まだ、ECAMのホイール・ページを見ていなかったものと推定される。

機長はフローティング状態にあると考えて、前脚から先に接地することを避けようと機首上げ姿勢を維持しており、機体のエネルギーがほとんどない状態でフローティングが継続するのは好ましくないため復行した方が安全と考え、いつ復行を決断すべきかの思いが徐々に強くなっていったものと推定される。

(3.4.3)

(4) 機長は、視界の状況から考えて既に主脚が接地しているものと判断してリバーズ操作を行ったが、直後に、地上滑走による振動をバフェットのような振動と感じたため、まだ空中にいると思い直し、復行を決断したものと推定される。

機長が復行操作を行ったとき、それまでおおむね保たれていたピッチング・モーメントの均衡が崩れ、主として昇降舵の大きな変位が影響して急激な機首上げとなり、テールストライクが発生したものと推定される。(3.4.4、3.4.5)

(5) 機長及び副操縦士は、機体後方下部が滑走路に接触した認識はなかったが、客室乗務員からの通報によりその可能性を考慮して滑走路点検を依頼し、タワーから滑走路上の痕跡の通報を受けて、機体後方下部が滑走路に接触した可能性があるかと判断したものと推定される。(3.5)

*1 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。

- (6) 機長及び副操縦士は共に接地を確実に認識できず、機長は、一旦リバーズ操作を行ったものの減速効果がまだ表れていないと考え、復行を決断したものと推定される。(3.6)

4.2 原因

本事故は、同機が滑走路27に接地した後に着陸の復行を行った際、機首が急激に上昇したため、機体後方下部が滑走路に接触して損傷したものと推定される。

機首が急激に上昇したのは、衝撃が小さな接地であったため、機長が、主脚が接地したことを認識できないままサイドスティックを手前（機首上げ方向）に一杯引いた状態で復行を行い、その復行操作によりピッチング・モーメントの均衡が崩れ、主として昇降舵の機首上げ方向の大きな変位により大きな機首上げモーメントが生じたことによるものと推定される。

5 再発防止策

5.1 事故後に講じられた再発防止策

平成24年4月1日に同社と合併した全日本空輸株式会社は、同様の事象の発生を未然に防ぐため、以下の措置を講じた。

(1) 接地の確実な認識に関する対策

接地後、PMがスポイラーが立ち上がったことをPFに確実に伝えるため、AOMの通常操作「Landing Roll Procedure」に“SPOILERS”のコールアウトを設定することとし、平成24年6月28日付けでAOMブリテンを発行した。

(2) フローティングと認識した際の留意に関する対策

現行のAORに設定されている“Avoiding Tail Contact”項の中に、今回の事象に至った要因及びフローティングと認識した際のPMの計器監視の必要性と留意点について追記することとし、AOR発行に先行して平成24年6月15日付けINFORMATIONを発行した。このINFORMATIONは、今後AOR化する予定となっている。

(3) 定期訓練における復行訓練に関する対策

接地又は接地する可能性のある低高度からの復行を定期訓練に組み込むこととし、平成24年7月1日、全機種種の定期訓練において、接地からの復行訓練を開始した。

(4) 事例紹介による再発防止に関する対策

今回の事例の詳細を運航乗務員に知らせることにより、再発防止、更には原因の異なる機体後方下部接触をも予防できるよう、平成24年9月20日に発行した社内誌で本事故について取り上げた。

5.2 今後必要とされる再発防止策

5.2.1 接地を認識できる仕組み

本事故は、着陸の際、運航乗務員が主脚が接地したことに気付かず、フローティングが継続していると考えて着陸の復行を行ったが、その際に急激なピッチの挙動変化が発生して機体が損傷したものである。主脚が接地したことを運航乗務員が確実に認識できていれば、本事故が発生することはなかった。

通常、主脚が接地すると、運航乗務員はある程度の衝撃を体感するとともに、その後の地上滑走の振動や滑走音等を認識できるものである。過度にスムーズな接地は避けるよう注意喚起されてはいるものの、まれには意図せずスムーズな接地となる場合があると考えられる。

スポイラーが正常に展開した時のコールアウト等、運用上の手法で改善が期待できる部分もあるが、同時に機体側にも接地を確実に認識できる仕組みがあれば、大きな事故につながる可能性のある過大なバウンドへの対応及び操縦者の復行の判断にも資することになり、再発防止に一層の効果が期待できると考えられる。

したがって、航空機的设计・製造者は、脚の接地を確実に認識できる仕組みの開発、導入及び普及について検討することが望ましい。

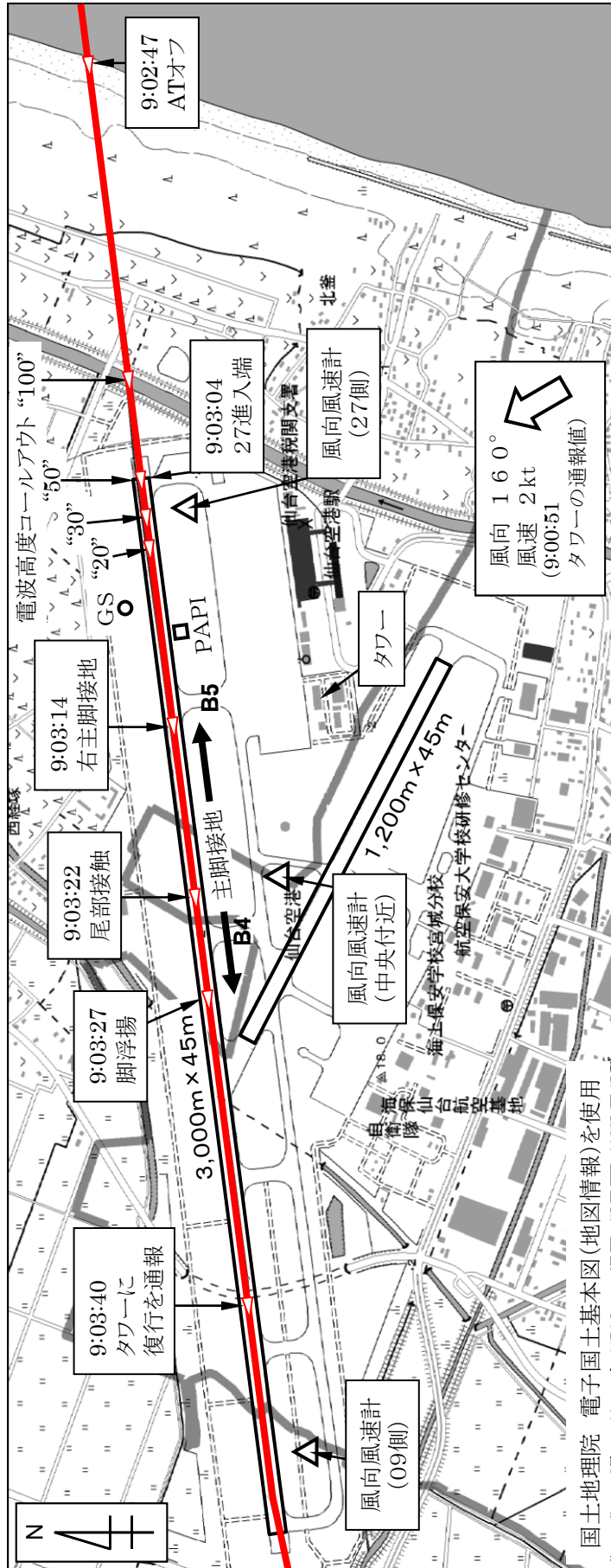
5.2.2 復行に関する注意喚起及び訓練

本件のように、主脚が滑走路に接地後、スポイラーが展開して自動ブレーキが作動した後の復行は想定されておらず、同社においては対応する訓練等は行われていなかった。このような状況から復行する機会はほとんどないものと考えられるが、やむを得ず同様の状況から復行する必要性が生じた際には、本件のようにピッチ軸の挙動が急激に大きく変化する場合があります、操縦操作に細心の注意を払う必要がある。

また、瞬間的に発生する大きな挙動変化に対しては、現在、設計・製造者が提供しているテールストライク予防策を導入しても、必ずしも対応し切れない可能性がある。

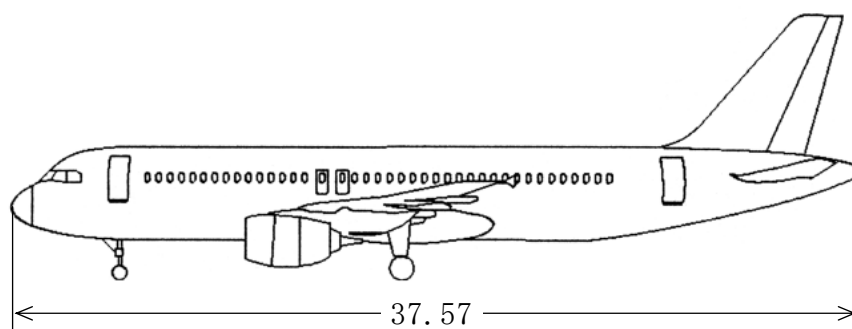
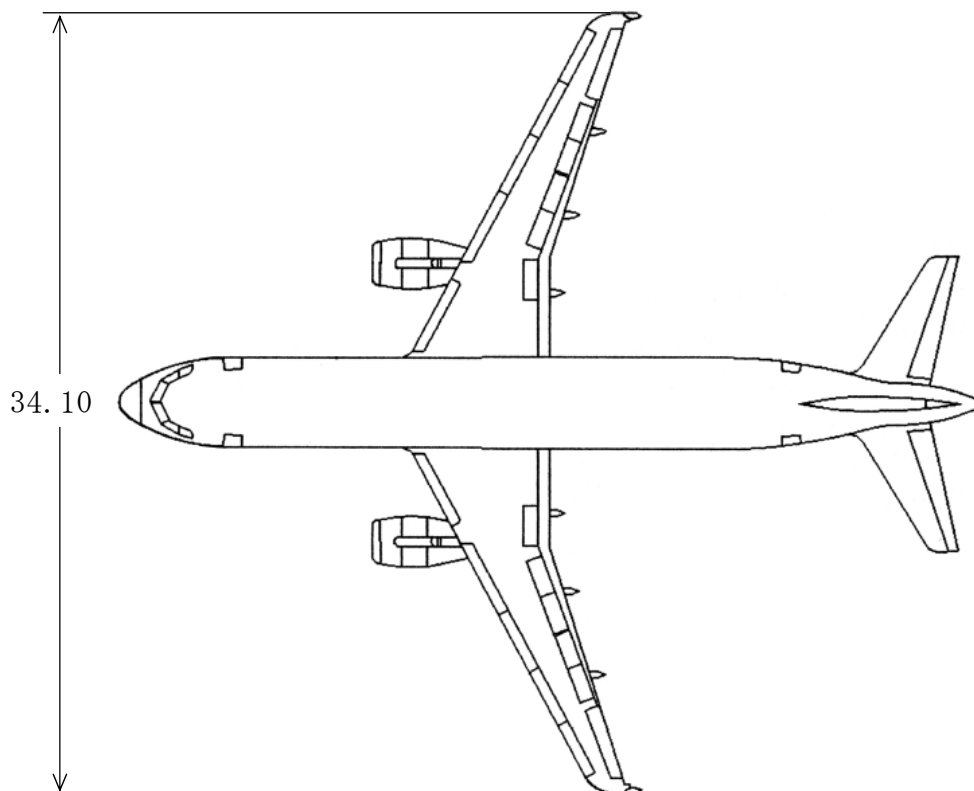
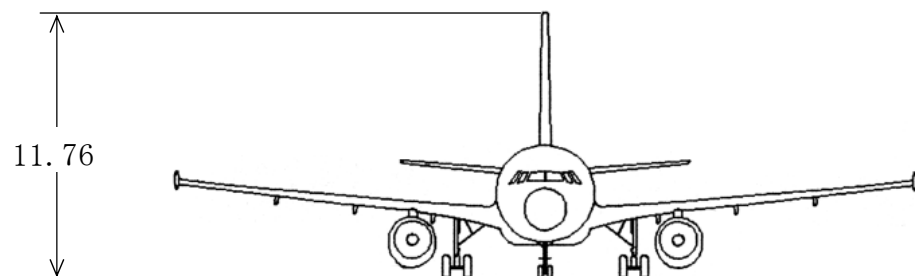
これらのことから、同型式機を使用する運航者は、操縦者に対し、同様の状況から復行する場合の操縦操作について、あらかじめ十分な注意喚起及び訓練を実施することが望ましい。

付図1 推定飛行経路図



付図2 エアバス・インダストリー式A320-200型
三面図

単位：m



付図3 D F D R及びC V Rによる接地の状況

