

## 航空重大インシデント調査報告書

- |   |
|---|
| <p>I 全日本空輸株式会社所属<br/>ボーイング式737-800型 JA57AN<br/>オーバーラン</p> |
|---|
- II エアーニッポン株式会社所属  
ボーイング式737-700型 JA16AN  
異常姿勢からの急降下
- III 全日本空輸株式会社所属  
ボーイング式787-8型 JA804A  
非常脱出スライド使用による非常脱出

平成26年 9 月 25 日

本報告書の調査は、本件航空重大インシデントに関し、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、航空事故等の防止に寄与することを目的として行われたものであり、本事案の責任を問うために行われたものではない。

運輸安全委員会  
委員長 後藤 昇 弘

《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

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

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

I 全日本空輸株式会社所属  
ボーイング式737-800型 JA57AN  
オーバーラン

# 航空重大インシデント調査報告書

所 属 全日本空輸株式会社  
型 式 ボーイング式737-800型  
登 録 記 号 JA57AN  
インシデント種類 オーバーラン  
発 生 日 時 平成24年12月8日 22時26分ごろ  
発 生 場 所 庄内空港滑走路東端

平成26年8月22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>

全日本空輸株式会社所属ボーイング式737-800型JA57ANは、平成24年12月8日（土）、同社の定期899便として東京国際空港を離陸し、22時26分ごろ庄内空港に着陸した際、滑走路をオーバーランし草地で停止した。

同機には、機長ほか乗務員5名、乗客161名の計167名が搭乗していたが、負傷者はなく、航空機の損壊もなかった。

### <原因>

本重大インシデントは、同機が着陸した際、通報された滑走路の状態が発揮できるはずの制動力が得られなかったため、滑走路をオーバーランしたものと推定される。

同機が通報された滑走路の状態が発揮できるはずの制動力が得られなかったことについては、氷点に近い気温における降雪等により滑走路状態が雪氷状況調査時から変化したことが影響したものと考えられる。

本報告書で用いた主な略語は、次のとおりである。

AACU	: Antiskid/Autobrake Control Unit
AC	: Advisory Circular
AFTN	: Aeronautical Fixed Telecommunication Network
AOM	: Airplane Operations Manual
ARC	: Aviation Rule Making Committee
ATC	: Air Traffic Control
CAS	: Computed Air Speed
CMM	: Component Maintenance Manual
CMV	: Converted Meteorological Visibility
CVR	: Cockpit Voice Recorder
DFDR	: Digital Flight Data Recorder
EPROM	: Electrical Programmable Read Only Memory
ETA	: Estimated Time of Arrival
FAA	: Federal Aviation Administration
FL	: Flight Level
FMC	: Flight Management Computer
GS	: Ground Speed
ICAO	: International Civil Aviation Organization
LSPS	: Low Speed Performance Software
MAC	: Mean Aerodynamic Chord
NOTAM	: Notice to Airmen
NTSB	: National Transportation Safety Board
NVM	: Non Volatile Memory
PAPI	: Precision Approach Path Indicator
QAR	: Quick Access Recorder
QRH	: Quick Reference Handbook
RTO	: Rejected Take Off
RVR	: Runway Visual Range
SNOWTAM	: Snow NOTAM
TALPA	: Takeoff and Landing Performance Assessment
VOR	: VHF Omni-directional radio Range

## 单位换算表

1 nm	: 1, 8 5 2 m
1 气压	: 2 9. 9 2 inHg : 1, 0 1 3 hPa
1 psi	: 0. 0 6 8 9 5 bar
1 ft	: 0. 3 0 4 8 m
1 kt	: 1. 8 5 2 km/h (0. 5 1 4 4 m/s)
1 in	: 2. 5 4 cm



# 目 次

	頁
1 航空重大インシデント調査の経過	1
1.1 航空重大インシデントの概要	1
1.2 航空重大インシデント調査の概要	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	1
2.1 飛行の経過	1
2.1.1 管制交信記録、DFDR及びCVRの記録による飛行の経過	2
2.1.2 乗務員の口述	6
2.1.3 情報官の口述	9
2.2 人の負傷	9
2.3 航空機の損壊に関する情報	9
2.4 航空機乗組員に関する情報	9
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	10
2.6 気象に関する情報	11
2.6.1 地上天気図による概況	11
2.6.2 同空港の航空気象の観測値	11
2.6.3 レーダー観測データの情報	12
2.6.4 同空港の瞬間風向風速の観測値	13
2.6.5 同空港の雪氷状況調査に関する情報	14
2.6.6 除雪担当者の口述	16
2.7 DFDR及びCVRに関する情報	17
2.8 本重大インシデント発生現場に関する情報	17
2.8.1 同空港の状況	17
2.8.2 同機の状況	18
2.9 火災及び消防に関する情報	19

2.10	事実を認定するための試験及び研究	19
2.10.1	庄内空港における同機の機材に関する点検	19
2.10.2	ブレーキ・アッセンブリーの詳細点検	19
2.10.3	ホイール・アッセンブリーの詳細点検	20
2.10.4	AACUの詳細点検	20
2.10.5	飛行機の制動係数及び着陸停止距離の推算	20
2.11	その他必要な事項	22
2.11.1	滑りやすい滑走路への離着陸の制限に関する同社の規定	22
2.11.2	同社の滑りやすい滑走路における離着陸の訓練	27
2.11.3	アンチスキッド／オートブレーキ・システムの概要	28
2.11.4	スラストレバーの概要	28
2.11.5	雪氷調査の改善動向	29
3	分析	30
3.1	乗務員等の資格	30
3.2	航空機の耐空証明等	30
3.3	気象との関連	30
3.3.1	同機の使用滑走路	30
3.3.2	同機の着陸時の風の状況	31
3.3.3	滑走路の状態	32
3.4	制動に関わる装置の状況	32
3.5	地上滑走の状況	33
3.6	飛行機の制動係数及び着陸停止距離について	35
3.7	アンチスキッド・システムの作動	35
3.8	進入形態及び着陸後の手順について	36
3.9	空港消防隊の対応について	37
3.10	乗員の訓練について	37
3.11	雪氷調査の改善動向について	37
4	結論	37
4.1	分析の要約	37
4.2	原因	40
5	再発防止策	40

付図1	推定飛行経路図	.....	43
付図2	D F D Rの記録	.....	44
付図3	ボーイング式737-800型三面図	.....	45

# 1 航空重大インシデント調査の経過

## 1.1 航空重大インシデントの概要

全日本空輸株式会社所属ボーイング式737-800型JA57ANは、平成24年12月8日（土）、同社の定期899便として東京国際空港を離陸し、22時26分ごろ庄内空港に着陸した際、滑走路をオーバーランし草地で停止した。

同機には、機長ほか乗務員5名、乗客161名の計167名が搭乗していたが、負傷者はなく、航空機の損壊もなかった。

## 1.2 航空重大インシデント調査の概要

本件は、航空法施行規則第166条の4第3号「オーバーラン（航空機が自ら地上走行できなくなった場合）」に該当し、航空重大インシデントとして取り扱われることとなったものである。

### 1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成24年12月9日、本重大インシデント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、重大インシデント機的设计・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12月9日及び10日 口述聴取、機体及び現場調査

平成24年12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

全日本空輸株式会社（以下「同社」という。）所属ボーイング式737-800型

J A 5 7 A N（以下「同機」という。）は、平成24年12月8日、同社の定期899便として東京国際空港を20時56分に離陸し、庄内空港（以下「同空港」という。）に向かっていた。

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：東京国際空港、移動開始時刻：20時15分、巡航速度：437kt、巡航高度：FL270<sup>\*1</sup>、

経路：PLUTO（ウェイポイント）～SYE（関宿VOR/DME）～Y11（RNAV経路）～JD（日光NDB）～Y115（RNAV経路）～USUBA（ウェイポイント）～YSE（庄内VOR/DME）

目的地：同空港、代替空港：東京国際空港、所要時間：45分、

持久時間で表された燃料搭載量：3時間47分

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。

その後、本重大インシデントに至るまでの経過は、管制交信記録、飛行記録装置（以下「DFDR」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及び航空管制運航情報官（以下「情報官」という。）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、DFDR及びCVRの記録による飛行の経過

### 2.1.1.1 進入及び着陸

21時19分11秒 同社庄内空港所（以下「同社庄内」という。）は同機に、弱いエコーが庄内周辺にかぶってきて北東に動いていること、幅を持っているのでおそらく着陸までは続くこと、細かい雪が降っているが滑走路に積もるような状況ではないこと、雪氷状況調査を行っており25分から30分ごろ調査結果を報告できるであろうといったことを通報した。

同 28分11秒 同機は、同空港に向けて降下中、庄内VOR（以下「同VOR」という。）の南約18nm、約9,500ftにおいて、庄内飛行場対空援助局情報官（以下「レディオ」という。）と交信を開始した。

同 28分17秒 同機はレディオに、進入許可を受けており、同VOR上空

---

\*1 「FL」とは、高空で用いられる飛行高度であり、続く3桁の数字で100ft単位の高度を表している。これは、気圧高度計の規制値を国際標準大気（平均海面上での気圧（1,013.2hPa）にセットして得られる気圧高度であり、一般的に真高度とは一致しない。我が国では平均海面から14,000以上の飛行高度に用いられる。FL270は平均海面から27,000ftの飛行高度のことである。

- から滑走路27へのローライザー進入を実施する、同VOR通過予定33分と通報した。
- 21時28分29秒 レディオは同機に、風向310°（磁方位、以下同じ）、風速10kt及び気温1℃を通報した。
- 同 28分49秒 レディオは同機に、同空港21時26分の雪氷状況調査の結果を通報した。
- 同 33分30秒 同機はレディオに、同VOR上空通過、滑走路27へのローライザー進入の開始を通報した。
- 同 33分34秒 レディオは同機に、風向340°、風速9ktを通報した。
- 同 36分25秒 レディオは同機に、21時24分の視程4,000mを通報した。
- 同 36分46秒 レディオは、21時35分の視程500mを一方送信（返信を求めない通信）した。
- 同 37分35秒 レディオは同機に、同社庄内の依頼により雪氷状況調査を行うため、ゴーアラウンドできるか確認した。
- 同 37分41秒 同機は了承し、同VOR上空3,500ftでの待機を要求し、許可された。
- 同 37分52秒 同機はレディオに、進入復行の実施を通報した。
- 同 41分27秒 同機はレディオに、6,000ftへの上昇を要求し許可された。
- 同 57分08秒 同機はレディオに、12,000ftへの上昇を要求した。
- 同 58分32秒 レディオは同機に、同VOR上空12,000ftでの待機の許可を通報した。
- 22時00分10秒 レディオは、22時00分の特別観測気象報を一方送信した。
- 同 01分52秒 同機はレディオに、12,000ft到達を通報した。
- 同 03分25秒 レディオは同機に、滑走路09側、風向020°、風速3kt、滑走路27側、風向020°、風速3ktを通報した。
- 同 08分17秒 レディオは同機に、22時07分、滑走路再開を通報した。
- 同 08分43秒 同機はレディオに、同VOR上空から滑走路09へのILS進入の許可及び待機経路内での降下を要求した。
- 同 09分42秒 レディオは同機に、同空港への進入許可を通報した。
- 同 12分03秒 レディオは同機に、22時07分のスノータム（SNOWTAM、

- 雪氷状況に係るノータム<sup>\*2</sup>) を通報した。
- 22時15分16秒 レディオは同機に、地上の風は横風、風向010° 風速4ktと通報した。
- 同 18分52秒 同機はレディオに、同VOR上空離脱を通報した。
- 同 18分56秒 レディオは同機に、風向360°、風速4ktを通報し、ベースターン完了の通報を指示した。
- 同 22分48秒 同機はレディオに、ベースターン・インバウンド（ベースターンの後半）を通報した。
- 同 22分50秒 レディオは同機に、滑走路09がクリアであること及び風向320°、風速13ktを通報した。
- 同 24分09秒 レディオは、22時24分の特別観測気象報、視程3,000m並びに弱いしゅう雨性の雪及び雪あられを一方送信した。
- 同 24分27秒 レディオは、風向310°、風速11ktを一方送信した。
- 同 24分40秒 同機のフラップが30にセットされた。
- 同 25分28秒 レディオは、風向320°、風速11ktを一方送信した。
- 同 25分42秒 同機の気圧高度674ft、地上高度408ft、対気速度(CAS)142kt、対地速度(GS)154ktで、オートパイロットがディスエンゲージした（手動操縦となった）。
- 同 25分51秒 同機の気圧高度540ft、地上高度298ft、CAS145kt、GS153ktで、ミニマム<sup>\*3</sup>の自動音声が発動した。
- 同 26分11秒 同機の両主脚がCAS140kt、GS147ktで滑走路09の進入端から約480m前方（接地帯標識の中）の中心線付近に接地した。

#### 2.1.1.2 地上滑走

##### (1) 接地直後（22時26分11秒～16秒の間）

主脚の接地直後の同26分12秒、オートブレーキが発動しブレーキ圧が上昇、スピードブレーキが展開、リバーズ・スラストレバー（2.11.4参照）が最大まで移動しスラストリバーサー（エンジンの推力を利用したブレーキのシステム）が発動するとともにエンジン出力が急上昇した。減速率（負の

\*2 「ノータム（NOTAM）」とは、航空情報機関が発行する航空機の運航に必要な情報の一種で、国際航空固定通信網（AFTN）により配布される航空関係施設、業務、方式及び危険などに係る設定、状態又は変更等に関する情報のことをいう。

\*3 電波高度計システムは、電波高度計により測定した対地高度が予め設定した高度となったとき、注意を促す「ミニマム」の自動音声を発する。

機軸方向加速度)は急に増加し、0.22Gを超えるとブレーキ圧の降下が始まり、最大0.27Gまで増加した減速率は0.22Gまで戻った。この間、CASは140ktから116ktへ、GSは147ktから127ktへと減少した。

(2) オートブレーキによる減速中 (同26分16秒～30秒の間)

減速率は、0.22Gで推移した。ブレーキ圧は、除々に上昇したが1,000psi以下であった。同26分21秒、機長が「オートブレーキ・ディスプレイします。」と発声、同26分30秒、ブレーキ圧が一瞬1,000psi以上まで上昇し、同時にオートブレーキが解除された。このときの滑走路残距離は約500mだった。同26分29秒、副操縦士が「60」と発声、リバーズ・スラストレバーが最大から戻り始めた。この間、CASは116ktから59ktへ、GSは127ktから70ktへと減少した。

(3) マニュアルブレーキによる減速中 (同26分30秒～38秒の間)

オートブレーキの解除直後、スラストリバーサー及びスピードブレーキが作動している時点においても、減速率は振れ幅が大きくなり徐々に減少した。同26分35秒、ブレーキ圧が一瞬低下してすぐに上昇した。同26分36秒、リバーズ・スラストレバーがアイドル位置(2.11.4参照)に移動した。ブレーキ圧は徐々に上昇し、同26分36秒、副操縦士が「まだGS50あります」と発声し、同26分38秒、最大圧(3,000psi)まで上昇した。同時に、リバーズ・スラストレバーがダウン位置(2.11.4参照)に移動し、スラストリバーサー・スリーブ(スラストリバーサーを構成するエンジンの推力の方向を変える部品)は格納、エンジン出力が低下した。この時、滑走路残距離は約230mだった。この間、CASは59ktから45kt以下の指示限界へ、GSは70ktから54ktへと減少した。

(4) 異常を感知し緊急操作した間 (同26分38秒～55秒の間)

ブレーキ圧は常に最大で推移した。同26分38秒、機長が「やばい」を連続して発声、同26分40秒、副操縦士が「危ないです」と発声した。同26分45秒、ラダーペダルが左最大まで動き、機首方位が左へ約5°偏向したが、ラダーペダルが中立になると機首方位も元に戻った。

また、同26分41秒、機長が「やばい、止まらない」と発声し、同26分43秒、リバーズ・スラストレバーがダウン位置からアイドル位置に移動、同26分45秒、滑走路残距離が約80mの時、リバーズ・スラストレバーが最大に移動した。エンジン出力は、その時点までにほぼアイドル回転数にまで低下していた。同26分47秒ごろからエンジン出力がゆっくりと上昇を開始した。しかし、GS約30ktとなった同26分51～53秒にかけて、



0.1 Gで推移していた減速率が急に減少した。ラダーペダルが左に動き、徐々に機首方向が左へ偏向していった。

(5) 過走帯をオーバーラン後（同26分55秒～同27分08秒の間）

同26分55秒、同機が過走帯の末端をGS18ktで通過したが、このときまでにエンジン出力が急上昇し減速率が0.2 Gまで急激に増加した。過走帯末端通過後の同26分56秒、減速率が、最大である0.34 Gまで一瞬増加した後、すぐに減少し停止するまで0.2 Gで推移した。同26分57秒、スラストレバーがダウン位置に移動、スラストリバーサーが格納し、ほぼ最大となったエンジン出力が低下し始めた。

同27分01秒、機首方位046°で同機が停止、同27分05秒、機長が「言って、オーバーラン」と発声、同27分08秒、同機はレディオに、タクシー不可、オーバーランと通報した。

(付図1 推定飛行経路図及び付図2 DFDRの記録 参照)

## 2.1.2 乗務員の口述

### (1) 機長

機長は、北日本の低気圧が発達しつつあり同空港はそれに近いことから、雪、強風、乱気流に重点を置いて飛行前の確認を実施した。同空港には筋状の雪雲が断続的に流入しており、視程が悪い時もあれば良い時もあると考えた。燃料を通常より1時間分多めに搭載し、雪が積もった滑りやすい状態での着陸性能の計算を確認し、飛行計画を承認した。客室乗務員との打合せで、同空港は降雪があり風も強く、着陸前はかなり揺れること、風のピーク時にはゴーアラウンドもあり得ることを示唆した。同機の定刻は20時15分出発、1時間後の21時15分到着であるが、前便の東京国際空港到着が遅れ、同機は、20時40分過ぎに出発した。

機長は、同空港上空到達前に、同空港では強弱を伴いながら強い北西風が吹いていること、滑走路に積雪はないが濡れている状態であることを確認した。風に正対する滑走路27へのローライザーによる非精密進入を準備し、降下を開始した。

同社庄内からの無線で雪雲が同空港に近づいているが着陸できなくなるほど視程又は雲高の悪化はないとの情報を受け、同機は、同VOR上空から滑走路27へのローライザー進入を実施した。ベースターン中に同社庄内及びレディオから、視程が500m、雲高を測定するシーロメーターでは150ftとの情報を受けた。このような状態では進入しても着陸できないので進入を止めることを検討していた時、レディオから雪氷状況調査を行うので進入復

行するように言われ、進入を中止した。

同機は、高度3,500ftまで上昇し同VOR上空での待機経路に入ったが気流が悪く、管制許可を受け6,000ftでの待機を実施した。しかし、この高度でも気流が悪く、さらに着氷が激しかったので、管制許可を受け12,000ftまで上昇して待機した。その高度は時々雲にかかるがほぼ雲の上であり、揺れもかなり収まったので、一旦シートベルト着用サインを消灯した。

待機中に地上の風が弱まり風向が北東に変化している情報が入ったため、機長は、滑走路09へのILS進入の準備をした。滑走路が再開したとの情報が入り、降下しつつ着陸準備を行い、シートベルト着用サインを点灯し、進入を続けた。進入中にスノータムが入ったが、滑走路の滑りやすさを示すブレーキングアクションはグッド(2.6.5(2)参照)とのことで、着陸重量に対して追い風10ktまで許容されることを確認した。このときは追い風成分はなく、性能上問題ないと判断して進入を続けた。着陸時のフラップは30を選択した。

進入中に風向が北西に変わったとの情報が入り、機長は、追い風で滑りやすい滑走路に着陸することになるが、追い風成分が10ktまでならば下りられるということを副操縦士と共に確認し、進入を続けた。進入速度は、FMC(航法に必要な計算を行うコンピューター)で算出された参考速度が135ktであり、規定により+5ktの140ktをターゲット速度とした。

最終進入経路に入る時に位置を通報し滑走路がクリアとの通報があり、その時、風向320°風速11ktだった。この風は追い風成分が7ktということであり、限界である10kt以下なので進入を続けた。機長は、高度700ftで進入灯を視認し着陸を決心し、その後、オートパイロットから手動に切り替えた。最終進入中は、接地間際まで乱気流があり多少のスピードの増減があった。過大な進入速度又は経路からの著しい逸脱等はなかったが、ターゲット速度から-5kt又は+10ktを超えたときに出される「エアスピード」のデヴィエーション・コール(副操縦士による注意)が1回あった。PAPI(進入角指示灯)は、4レッドや4ホワイトになることなく通常の範囲にあり、フレアも通常どおりでフローティングすることなく接地した。高度の自動コールアウトも普段と変わらなかった。滑走路端から450mの位置から始まる接地帯標識(長さ22.5m)の端までに接地できなければゴーアラウンドするつもりでいたが、接地位置はそれより手前だと思った。滑走路は思っていたより白いと感じたが、滑走路標識は見えていた。

接地とほぼ同時にスピードブレーキが作動し、スラストリバーサーを使用

した。オートブレーキは、弱い方から1、2、3、MAXという段階になっており、最小停止距離が必要なときにMAXを使用するようには規定されているが、性能に余裕があると判断し3を使用した。通常であればオートブレーキ3でも減速感を感じるが、今回は自動的にオートブレーキが利いてくる段階で減速感が物足りないと感じた。その後も物足りなさを感じて早めにマニュアルでブレーキを踏んだが減速感が変わらず、さらに踏み込んだがそれでも変わらず、タイヤ自体が滑っているのではないかと考え一度ブレーキを緩めタイヤを路面に噛ませてまた踏むような操作をした。スラストリバーサーは、アイドル位置まで戻したつもりだったが、後にクイック・アクセス・レコーダー（以下「QAR」という。）の記録を確認したところ、ダウン位置まで戻していた。もう一度、ブレーキとスラストリバーサーを最大に使用したが、減速感は得られなかった。そのうち、滑走路の残距離が無くなり、ブレーキとスラストリバーサーを最大に使用した状態で滑走路の終端、その後、過走帯の終端を越え、東側の着陸帯の草地でやっと止まった。埋め込み式ではない過走帯灯を左に避けることができたので、ステアリングは利いていた。スラストリバーサー及びオートブレーキを作動させたときの表示は、確認できた。不具合の表示は何も出ていなかった。

その後、会社、レディオ及び客室乗務員にオーバーランしたことを伝え、機体及び客室の状況等を確認した。

## (2) 副操縦士

副操縦士は、同空港上空で待機中、気流が悪く着氷も激しく被雷のおそれもあり、厳しい状況だと感じ、高度を上げることを進言した。12,000ftで待機中は気流が落ち着いていた。最終進入中は、気流がかなり悪く速度がかなり上下していた。ターゲット速度から10ktを超えたことがあったが、グライドスロープ及びローライザーからの逸脱はなく、PAPIは2レッド2ホワイトで、姿勢は安定しパワーで速度をコントロールしていた。

着陸が伸びたとは感じず、接地後にスピードブレーキが上がったのを確認した。機長が遅滞なくスラストリバーサーを引いたのも確認し、その時はすぐに停止すると感じた。CASを表示するスピードテープの指示を確認し、「60kt」のコールをした後、機長がスラストリバーサーを戻し始めて、減速が一時的に弱くなった気がした。GSと滑走路残距離を見比べて減速が遅いと判断し、「まだ50ktある」と言った。機長は再度スラストリバーサーを引いたが減速せず、副操縦士もブレーキを踏んだ。機長は、滑走路中心線の延長にある灯火を避けると言って、左に機首を振りオーバーランした。着陸滑走中、機首が振れることはなく、中心線を維持していた。

### (3) チーフパーサー

チーフパーサーは、着陸時、左前方の客室乗務員席に座っていた。進入中は大きく揺れていたが、接地はスムーズだった。接地後しばらくして雪と氷が交じった上を通るときに感じるガリガリとした感覚が一時的にあり、いつもどおりの減速感がなかった。同機が停止し、オーバーランしたとの連絡が機長からあり、乗客の様子を確認したが、けが人はいなかった。

#### 2.1.3 情報官の口述

情報官は、管制塔で1人で勤務していた。同機が着陸したときは雪が降っており、同機を視認したのは滑走路近くだった。管制塔近くは比較的に見えていたが、最終進入経路付近は見えにくかった。同機が接地するのを確認し、到着情報の入力を行い、滑走路の中間を過ぎたぐらいでもう一度同機を見たがいつもより少し速度が速いと感じた。同機が止まるまでは見ておらず、同機からオーバーランの報告があり、クラッシュホン（緊急用直通電話）にて一斉通報を行った。

本重大インシデントの発生場所は、庄内空港滑走路東端（北緯38度48分51秒、東経139度47分58秒）で、発生時刻は22時26分ごろであった。

（付図1 推定飛行経路図 参照）

#### 2.2 人の負傷

人の負傷はなかった。

#### 2.3 航空機の損壊に関する情報

航空機の損壊はなかった。

#### 2.4 航空機乗組員に関する情報

##### (1) 機長 男性 35歳

定期運送用操縦士技能証明書（飛行機）	平成23年 5月26日
限定事項 ボーイング式B737型	平成17年 2月28日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成25年10月 1日
総飛行時間	4,494時間40分
最近30日間の飛行時間	38時間24分
同型式機による飛行時間	4,272時間56分
最近30日間の飛行時間	38時間24分

(2) 副操縦士 男性 25歳

事業用操縦士技能証明書（飛行機）	平成22年 6月25日
限定事項 ボーイング式B737型	平成23年 6月16日
計器飛行証明	平成22年 7月1日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成25年 7月29日
総飛行時間	1,014時間02分
最近30日間の飛行時間	57時間46分
同型式機による飛行時間	790時間43分
最近30日間の飛行時間	57時間46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B737-800型
製造番号	33894
製造年月日	平成21年 7月10日
耐空証明書	第2009-026号
有効期限	平成21年9月25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	7,615時間44分
定期点検後（C02C点検、平成24年5月29日実施）の飛行時間	1,264時間14分

（付図3 ボーイング式B737-800型三面図 参照）

### 2.5.2 重量及び重心位置

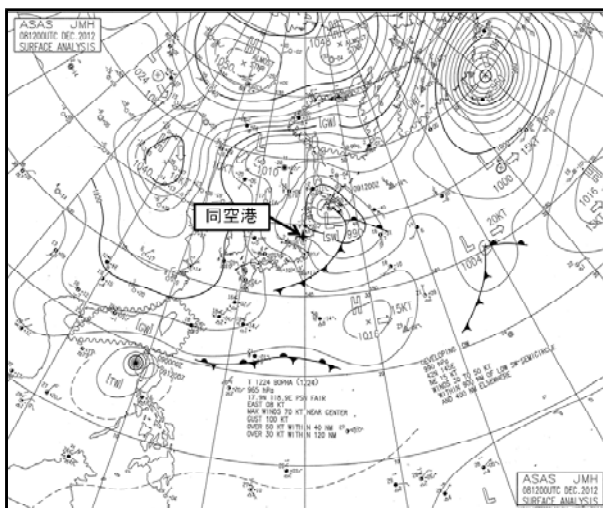
本重大インシデント発生当時、同機の重量は132,900lb、重心位置は23.1%MAC<sup>\*4</sup>と推算され、いずれも許容範囲（最大着陸重量144,000lb、本重大インシデント発生当時の重量に対応する離着陸時の重心範囲-6~36%MAC）内にあったものと推定される。

\*4 「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平均を表す。23.1%MACとは、この空力平均翼弦の前縁から23.1%の位置を示す。

## 2.6 気象に関する情報

### 2.6.1 地上天気図による概況

12月8日21時のアジア地上天気図（右図）によると、北海道の南東海上に中心を持つ発達した低気圧が北東へ移動しつつあり、日本付近は西高東低の冬型の気圧配置となっていた。同空港のある東北地方付近の等圧線の間隔は、込み合っている状況であった。



### 2.6.2 同空港の航空気象の観測値

本重大インシデントに関連する時間帯における同空港の定時及び特別航空気象観測報は、次のとおりであった。

21時24分 風向 280°、風向変動 240°～330°、風速 13kt、

最大瞬間風速 25kt、卓越視程 4km、弱いしゅう雨性の雪、

雲 雲量 1/8 雲形 層雲 雲底の高さ 800ft

雲量 7/8 雲形 積雲 雲底の高さ 3,500ft

気温 1°C、露点温度 -3°C

高度計規正值 (QNH) 29.64 inHg

21時35分 風向 340°、風向変動 300°～010°、風速 12kt、

最大瞬間風速 27kt、卓越視程 500m、

RVR 滑走路09側1800mの測定範囲以上 変化なし、

弱い雪、

雲 雲量 7/8 雲形 層雲 雲底の高さ 800ft

気温 1°C、露点温度 -2°C

高度計規正值 (QNH) 29.64 inHg

21時45分 風向 340°、風向変動 300°～360°、風速 9kt、

最大瞬間風速 19kt、卓越視程 1km、

RVR 滑走路09側1800mの測定範囲以上 上昇中

最小1,600m、弱い雪、

雲 雲量 7/8 雲形 層雲 雲底の高さ 800ft

気温 0°C、露点温度 -2°C

高度計規正值 (QNH) 29.65 inHg

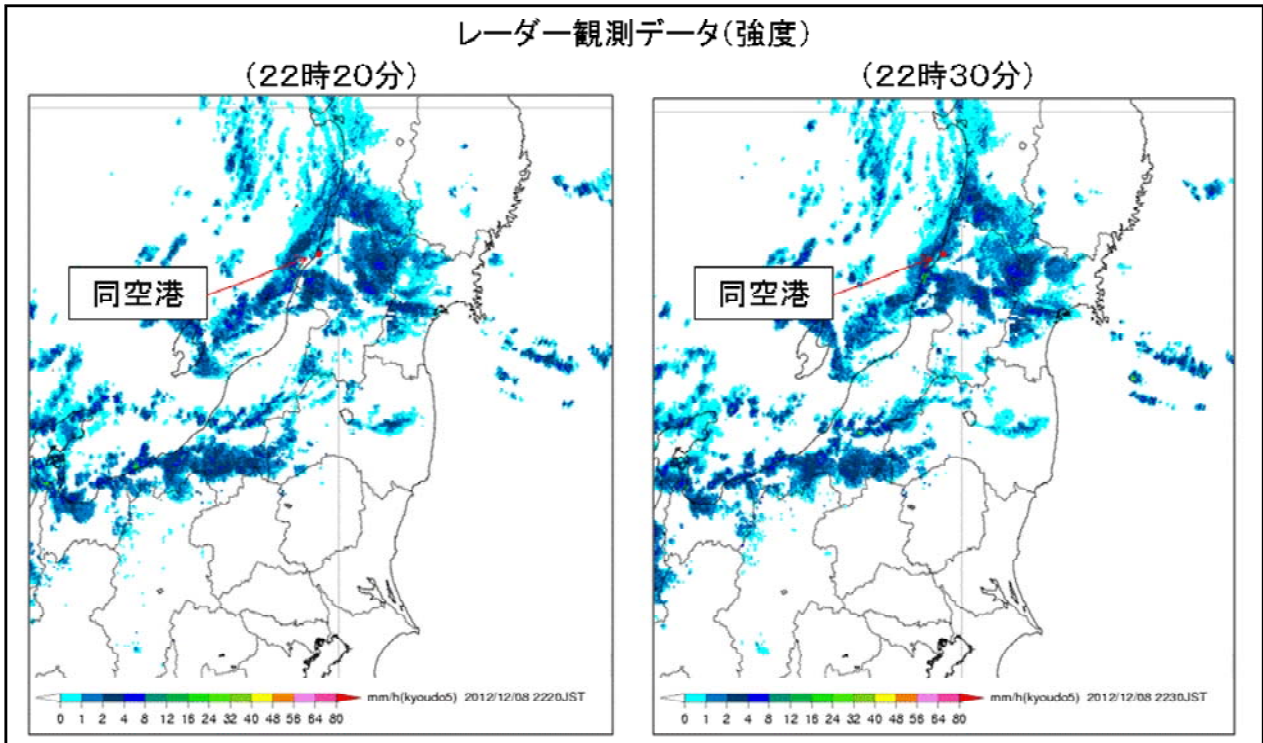
21時54分 風向 340°、風向変動 310°～020°、風速 8kt、

卓越視程 4km、弱い雪、

雲 雲量 1/8 雲形 層雲 雲底の高さ 200ft  
     雲量 7/8 雲形 層雲 雲底の高さ 800ft  
 気温 0℃、露点温度 -2℃  
 高度計規正值 (QNH) 29.65 inHg  
 22時00分 風向 360°、風向変動 310° ~ 060°、風速 6kt、  
 卓越視程 4km、弱い雪、  
 雲 雲量 1/8 雲形 層雲 雲底の高さ 200ft  
     雲量 7/8 雲形 層雲 雲底の高さ 800ft  
 気温 0℃、露点温度 -2℃  
 高度計規正值 (QNH) 29.64 inHg  
 22時24分 風向 310°、風速 8kt、最大瞬間風速 19kt、  
 卓越視程 3km、弱いしゅう雨性の雪 雪あられ、  
 雲 雲量 1/8 雲形 層雲 雲底の高さ 200ft  
     雲量 7/8 雲形 層雲 雲底の高さ 800ft  
 気温 1℃、露点温度 -1℃  
 高度計規正值 (QNH) 29.63 inHg  
 22時32分 風向 320°、風向変動 280° ~ 350°、風速 13kt、  
 卓越視程 1,500m、  
 RVR 滑走路09側1,800mの測定範囲以上 変化なし、  
 弱いしゅう雨性の雪、  
 雲 雲量 1/8 雲形 層雲 雲底の高さ 200ft  
     雲量 7/8 雲形 層雲 雲底の高さ 800ft  
 気温 1℃、露点温度 -1℃  
 高度計規正值 (QNH) 29.63 inHg

### 2.6.3 レーダー観測データの情報

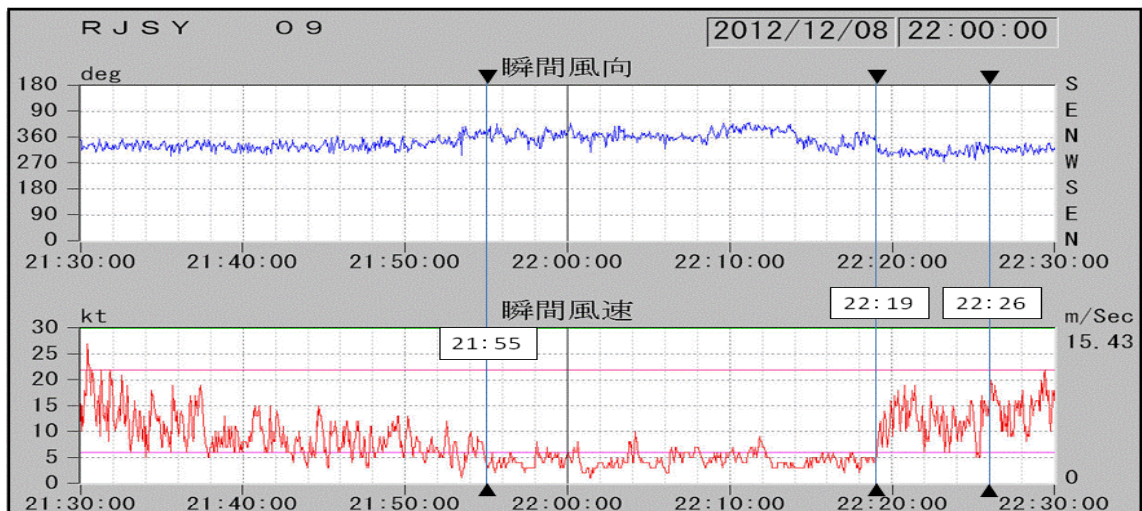
本重大インシデント発生に関連する時間帯における同空港のレーダー観測データの状況は、次図のとおりであった。同空港周辺のエコーは、南北に筋状になり頂高度が約6,700~13,300ft (2~4km)、一部約13,300~20,000ft (4~6km) に達し、エコー全体は南東へ進んでいた。同空港は、22時20分にエコーのはざまの北西側の縁にあり、22時30分には完全に強いエコーの中に入っていた。



#### 2.6.4 同空港の瞬間風向風速の観測値

本重大インシデントに関連する時間帯における同空港滑走路09接地点付近の瞬間風向風速の観測値は、次図のとおりであった。

21時30分ごろは、風向はほぼ北西から25ktを超える瞬間風速の極値が出ていたものが21時55分ごろまでに徐々に弱まっていた。21時55分ごろから22時19分ごろまでは、風向は北西から北東の間を変動し、瞬間風速は10kt近い極値が2回、5ktを超える極値は数回出てはいるがほぼ5kt以下で推移していた。22時19分から急に10ktを超える瞬間風速となり、風向はほぼ北西で安定した。22時26分09秒に、 $332^{\circ}$  20ktの極値が観測された。





## 2.6.5 同空港の雪氷状況調査に関する情報

### (1) スノータムの値

本重大インシデントに関連する時間帯におけるスノータムは、次のとおりであった。

22時07分 滑走路A地区（滑走路09側1／3部分） ウェットスノー、  
 深さ 2mm、覆域 40%未満、  
 ブレーキングアクション グッド、  
 滑走路B地区（滑走路中央1／3部分） ウェットスノー、  
 深さ 2mm、覆域 60%未満、  
 ブレーキングアクション グッド、  
 滑走路C地区（滑走路27側1／3部分） ウェットスノー、  
 深さ 2mm、覆域 80%未満、  
 ブレーキングアクション グッド、  
 タクシーウェイ及びスポット2のブレーキングアクション  
 グッド

### (2) 積雪の種類及びブレーキングアクション

重大インシデント時の同空港の雪氷状況調査は、国土交通省航空局が示した「空港保安管理規程ガイドライン」に基づき、同局が制定した「空港運用業務指針」を参照に山形県庄内総合支庁建設部庄内空港事務所が作成した「除雪関係業務マニュアル（平成24年度）」（以下「除雪マニュアル」という。）に従って実施されていた。除雪マニュアルには、積雪の種類及びブレーキングアクションについて次の記載があった。

#### 4 積雪の種類及びブレーキングアクション

##### (1) 積雪の種類

①	DRY SNOW ドライスノー	乾燥した雪及び水分をあまり含まない普通の雪
②	WET SNOW ウェットスノー	水分をかなり含んでおり、手袋をした手で握ると水がにじんだり染み出る状態の雪
③	SLUSH スラッシュ	水分を十分に含んでおり、かかと又はつま先で踏みつけたり蹴ったりするとスラッシュが上がる状態の雪
④	COMPACTED SNOW コンパクトスノー	除雪機材等で押し固められた状態の雪

⑤	ICE アイス	氷
---	------------	---

(2) ブレーキングアクション

①	GOOD グッド	摩擦係数 ( $\mu$ ) 0.40以上
②	MEDIUM TO GOOD ミディアム・トゥー・グッド	摩擦係数 ( $\mu$ ) 0.36以上 0.40未満
③	MEDIUM ミディアム	摩擦係数 ( $\mu$ ) 0.30以上 0.36未満
④	MEDIUM TO POOR ミディアム・トゥー・プア	摩擦係数 ( $\mu$ ) 0.26以上 0.30未満
⑤	POOR プア	摩擦係数 ( $\mu$ ) 0.20以上 0.26未満
⑥	VERY POOR ベリー・プア	摩擦係数 ( $\mu$ ) 0.20未満

(3) 積雪の種類及びブレーキングアクションに係る留意事項

- ・ スラッシュの場合は、摩擦係数は測定しない。

(以下省略)

(3) 除雪開始基準

除雪マニュアルに以下の記載がある。

(1) 除雪開始基準

除雪計画では、

- ① 滑走路、誘導路、エプロン積雪3cm以上となったとき、或いは3cm以上積もると判断される場合
- ② ブレーキングアクションがMedium To Poor以下 ( $\mu = 0.30$ 未満)
- ③ 凍結が予想される場合
- ④ その他必要と認められる場合

となっているが、航空機の離発着に支障がないように、滑走路が積雪で一面白くなったときやエアラインから要請があったとき等に開始している。

(4) 摩擦係数の測定値

(1)に記述した22時07分のスノータム作成時に使用した摩擦係数 ( $\mu$ )

の実際の測定値は、同空港で使用しているASF T社製測定装置の測定結果によると次のとおりであった。

測定時刻 21時59分50秒、滑走路A地区 0.69、  
滑走路B地区 0.60、滑走路C地区 0.56、  
最大 0.79、最小 0.30、平均 0.62、  
地表温度  $-0.42^{\circ}\text{C}$ 、気温  $0.95^{\circ}\text{C}$ 、氷 0%

#### 2.6.6 除雪担当者の口述

除雪担当者は、同空港の除雪及び雪氷状況調査を担当していた。当日、同機の着陸のため、20時40分ごろから滑走路点検を開始したところ、同機の到着予定が21時41分との連絡が入った。21時05分ごろの滑走路の状況は、ウェットノーマル（雪氷がなく濡れている状態）であり、その旨を同社庄内に通報した。同社庄内から、21時15分から20分ごろエコーに入りそうなので、21時25分までにもう一度雪氷状況調査をするように要請が入り、情報官からは21時29分までに滑走路から出るように指示が入った。21時26分ごろの滑走路の状況は、ウェットノーマルであり、情報官に通報し、同社庄内も傍受し了解した。

除雪担当者が事務所に戻った21時30分ごろ、事務所から滑走路が見えないくらい激しい降雪となり、雪が溶けそうになかった。21時40分ごろには駐機場が白くなり除雪を行うこととし、除雪隊に除雪作業に要する時間を確認したところ、20分との回答があった。22時10分まで滑走路を閉鎖するノータムの要求を情報官に提出した。21時45分ごろから6台の除雪車で構成された除雪隊による除雪が始まった。除雪は、プラウ（雪を押し退ける形状の除雪器具）と路面の隙間を空けずにぴったりつけて除雪し、スノーパー（回転するブラシ状の除雪器具）もかける。除雪隊は誘導路から滑走路に入り、まず東向きに滑走路北側の除雪を行い、東側転回区域の滑走路の幅の除雪を行い、ターンした後、西向きに滑走路南側を除雪し、その間、除雪担当者は東側で待機した。除雪隊が西側に到達したとの無線を受け、除雪担当者は、西向きにブレーキングアクションの測定を開始した。除雪隊は西側の転回区域を除雪し、次に東向きに滑走路の北側を除雪していた。除雪担当者は、西側に到達すると西側の転回区域の測定を行い、その終了時刻が21時58分だった。除雪隊が誘導路に到達したとの無線を受け除雪担当者は、東向きに測定を開始し、それが終了したのが21時59分であった。そして除雪隊に退避の指示を出し、除雪隊は誘導路を除雪しつつ退避した。除雪担当者は、東側の転回区域の測定は行わず、誘導路の測定を実施し、それが終了したのが22時06分であった。その後、2番スポット（駐機位置）のみを測定してから退避し、航空局に連絡したのが22時07分だった。そこで雪氷状況の測定結果を報告した。同社庄内からは、

無線を傍受したことと、同機の進入方向が変わったとの連絡があった。

滑走路上の降雪の状態は、除雪前が100%覆われており、除雪後が西から滑走路の3分の1ずつで40%、60%、80%と判断した。積雪は目視で2mmと判断した。除雪マニュアル上、スラッシュの場合は摩擦係数を測定しないことになっているが、除雪担当者は、現地で路面に足を踏み入れて確認しスラッシュとは判断しなかった。

滑走路が再開した後も雪は降っていたが、21時30分ごろほど激しい雪ではなく視界は確保されており、再度除雪は行わず同機が到着するまで進入方向を見ていた。同機の接地位置がどこかはよくわからなかったが、なかなか速度が落ちないと感じた。同機が停止し動かないと思っていたら、無線でオーバーランしたことを聞いた。

## 2.7 DFDR及びCVRに関する情報

同機には、米国ハネウェル社製のDFDR（パーツナンバー：980-4700-042）及びL3コミュニケーションズ社製CVR（パーツナンバー：2100-1020-00）が装備されており、本重大インシデント発生時の記録が残されていた。

なお、DFDR及びCVRの時刻校正は、管制交信記録に記録されたNTTの時報と、DFDR及びCVRに記録されたVHF送信キーイング信号とを対応させることにより行った。

## 2.8 本重大インシデント発生現場に関する情報

### 2.8.1 同空港の状況

同空港は、東北地方の日本海に面した豪雪地帯である庄内平野の海岸近くに所在している。運用時間は、07時00分から22時00分である。滑走路は、09（088°）及び27（268°）のほぼ東西方向で、幅45m、長さ2,000m、西端の標高59ft、東端の標高86ftと、西側から見て0.4%の上り勾配となっている。滑走路の両端には長さ60mの舗装された過走帯が設けられており、その外側は草地となっている。滑走路表面には、幅30m、長さ2,000mにわたり、グルーピング（掘削された溝）が施されている。

計器進入方式は、滑走路09にILSカテゴリーIの精密進入が設定され（本重大インシデント時は平成21年8月27日改正版）、決心高度<sup>\*5</sup>271ft、最低気象

\*5 「決心高度」とは、精密進入又は垂直方向の経路情報を伴う非精密進入を行う場合の進入限界高度。平均海面からの高度で示される。

条件RVR/CMV\*6 600m、滑走路27にはローライザーによる非精密進入が設定され（同平成21年8月27日改正版）最低降下高度520ft、同機が属するカテゴリーのCMVは1,400mであった。

なお、本件発生時は進入灯及び滑走路灯が運用されていた夜間であるので、地上視程からCMVへの換算率は、2.0となる。

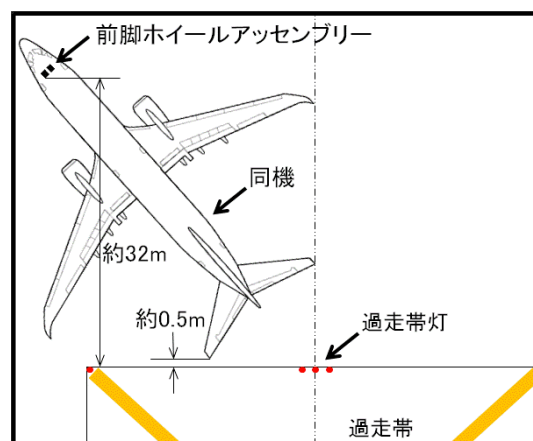
## 2.8.2 同機の状況

同機は、滑走路を東側にオーバーランし、前脚ホイールアッセンブリ（車輪）が過走帯を約32m越え、薄い積雪のある草地に機首方向を046°で停止していた。過走帯終端から最も近い同機の左水平尾翼の先端までの距離は、約0.5mであった。右主翼及び右水平尾翼の先端が滑走路中心線のほぼ延長線上にあった。

滑走路及び過走帯上に同機のものと思われるタイヤ痕は確認できなかった。草地の車輪の通過痕は、過走帯付近で約070°方向を向いており、徐々に左へ向かって弧を描いていた。

前脚は、車輪の直径の約30%、土がホイールに少しかかる程度まで埋まっていた。左主脚は、車輪の直径の約10%、ゴムの部分の一部が土に埋まっていた。右主脚は、車輪の直径の約40%、ホイールの中心近くまで土に埋まっていた。

オーバーランした同機(9日早朝、同社撮影)



同機の前脚(9日未明、同社撮影)



同機の左主脚(9日未明、同社撮影)



同機の右主脚(9日未明、同社撮影)



\*6 「CMV (地上視程換算値)」とは、観測された地上視程(卓越視程)の値に、航空灯火の運用状態と昼夜の別によって一定の倍率を掛けて得られた値をいう。進入方式の最低気象条件(ランディングミナ)において、RVRが利用できない場合及びRVRが最大運用値を超える場合には、CMVが適用される。

## 2.9 火災及び消防に関する情報

22時28分ごろ、管制塔から「オーバーランした模様」とのクラッシュホン第1報が入り、空港消防隊は車庫で待機した。22時35分ごろ「けが人なし、機体損傷なし、火災なしの模様」とのクラッシュホン第2報が入り、引き続き車庫で待機した。22時52分ごろ「けが人なし、機体損傷なし、火災なし、追加及び変更時連絡します」とのクラッシュホンの第3報が入り、引き続き車庫で待機した。9日04時25分ごろ、待機を解除した。

## 2.10 事実を認定するための試験及び研究

### 2.10.1 庄内空港における同機の機材に関する点検

同社は、本重大インシデント発生後、庄内空港において、同機から取り下すことなく実施できる機材の試験及び点検を実施した。各試験及び点検の状況は、次のとおりであった。

#### (1) ブレーキシステム

平成24年12月10日～11日の間、同機のブレーキシステムの点検を実施したが、異常はなかった。

#### (2) 自動ブレーキシステム

平成24年12月11日、同機の自動ブレーキシステムについて点検を実施したが、異常はなかった。

#### (3) ホイール及びタイヤ

平成24年12月9日、同機のホイール及びタイヤの点検を実施したが、異常はなかった。前脚の右タイヤに深さ3mm（限界4mm）、長さ39mm（限界40mm）、幅0.100in（限界0.125in）の切傷があったが、限界内であった。

#### (4) スラストリバーサー

平成24年12月12日、同機のスラストリバーサーの作動点検を実施したが、異常はなかった。

#### (5) エンジン補機

平成24年12月12日、同機のエンジン補機について点検を実施したが、いずれも異常はなかった。

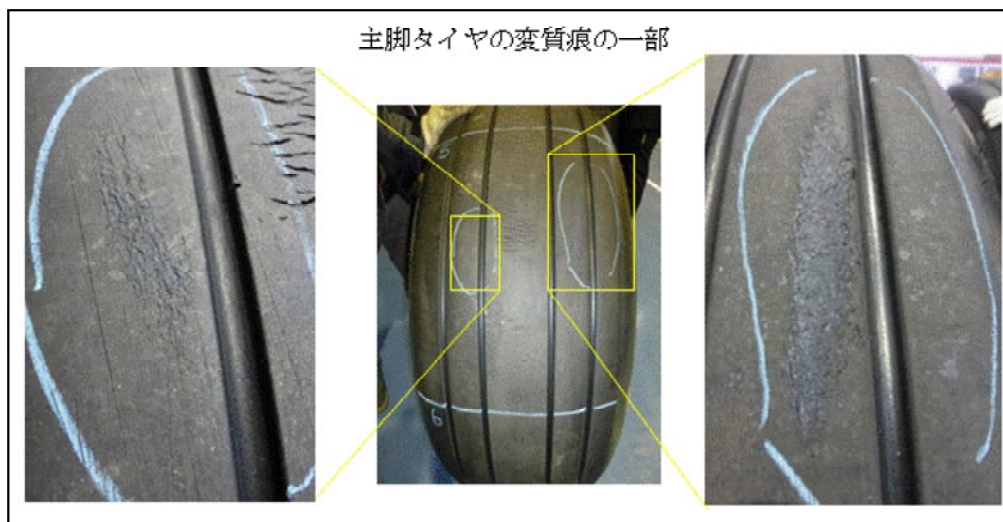
### 2.10.2 ブレーキ・アッセンブリーの詳細点検

同機から取り下した4台のブレーキ・アッセンブリーは、同社から整備を請け負っている整備会社において、詳細点検が実施されたが異常はなかった。

### 2.10.3 ホイール・アッセンブリーの詳細点検

同機から取り下した前脚の左右及び両主脚の左右（左から第1～第4）、計6台のホイール・アッセンブリーは、同社から整備を請け負っている整備会社において、詳細点検が実施された。

タイヤ外観目視点検の結果、全主脚ホイール・アッセンブリーのタイヤ表面の一部に写真のようなトレッドゴムの変質痕が見られた。その他に異常はなかった。



### 2.10.4 AACUの詳細点検

同機から取り下したAACUは、製造者において詳細点検が実施されたが、異常はなかった。

### 2.10.5 飛行機の制動係数及び着陸停止距離の推算

同機のQARのデータを同機の設計・製造者に送付し、飛行機の制動係数及び着陸停止距離の解析を依頼したところ、次の情報が得られた。

#### (1) 飛行機の制動係数

飛行機の制動係数 ( $\mu_A$ ) は、ホイールに作用する垂直荷重に対するホイールブレーキ力の比率として定義される動摩擦係数である。ホイールブレーキ力は、飛行機の全制動力から空力抵抗及びスラストリバーサーの推力を差し引いたものである。ホイールに作用する垂直荷重は、(重量) - (揚力) である。

重量	: W
揚力	: L
ホイールに作用する垂直荷重	: $F_w$
ホイールブレーキ力	: $D_w$
空気抵抗	: $D_A$

スラストリバーサーの推力 :  $D_R$

全制動力 :  $D_T$

とすると、 $\mu_A$ との関係を式に表すと次のとおりとなる。

$$D_W = \mu_A \cdot F_W$$

$$D_T = D_W + D_A + D_R$$

$$F_W = W - L$$

よって、 $\mu_A = (D_T - D_A - D_R) / (W - L)$

すなわち、 $\mu_A$ は、空港の地上車両で測定されているタイヤと路面の摩擦係数 ( $\mu$ ) とは必ずしも一致しない。

QARのデータを基に同機のマニュアルブレーキが使用された時からの着陸滑走中において算出された $\mu_A$ の平均値は、約0.08であった。

## (2) 着陸停止距離

設計・製造者が開発し離着陸性能等の計算に使用する解析ツールであるロー・スピード・パフォーマンス・ソフトウェア (LSPS) を使用し、ブレーキの状態がオートブレーキ3、オートブレーキMAX及びマニュアルブレーキ最大であるとき、滑走路全体の状態がグッド、ミディアム及びプアの場合並びに $\mu_A$ が0.08の場合について、同機の滑走路進入端からの停止距離を算出したものが下表である。

なお、これらの結果は、ブレーキ操作を除き本重大インシデントのQARのデータに基づき算出されたものである。

ブレーキの状態	滑走路状態又は $\mu_A = 0.08$	停止距離
オートブレーキ3	グッド	6,085 ft (1,856 m)
	ミディアム	6,676 ft (2,036 m)
	プア	7,955 ft (2,426 m)
	$\mu_A = 0.08$	7,025 ft (2,143 m)
オートブレーキ MAX	グッド	4,935 ft (1,505 m)
	ミディアム	6,274 ft (1,914 m)
	プア	7,834 ft (2,389 m)
	$\mu_A = 0.08$	6,758 ft (2,061 m)
	グッド	4,608 ft (1,405 m)



マニュアルブレーキ 最大	ミディアム	6,113 ft (1,864 m)
	プア	7,807 ft (2,381 m)
	$\mu_A = 0.08$	6,646 ft (2,027 m)

## 2.11 その他必要な事項

### 2.11.1 滑りやすい滑走路への離着陸の制限に関する同社の規定

同社の飛行機運用規程 (AOM) には、滑りやすい滑走路への着陸に関して次の記載があった。

#### 1-2 Airplane Limits

(略)

#### Operational Limits

##### Maximum Takeoff and Landing Tailwind:

Runway Length	Maximum Takeoff and Landing Tailwind
1801 m以上	15 kt
1800 m以下	10 kt

(略)

#### 1-4 Miscellaneous Limits

(略)

#### 離着陸時の最大横風値

型式証明において乾いた滑走路面で実証された離着陸時の最大横風成分 (平均風) は33 ktであり、この値は会社としての運用上の上限とする。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、離陸開始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		最大横風値 (kt)	
DRY (DAMPを含む)		33	
WET (Grooving 有)		25	
WET (Grooving 無)		20	
FLOODED		10	
ICE または SNOW	Braking Action	GOOD	20
		MEDIUM TO GOOD	20 (15)*
		MEDIUM	20 (15)*
		MEDIUM TO POOR	15 (10)*

		<i>POOR</i>	10
<i>SLUSH</i>	積雪深	2mm以下	15
		3~12mm	10

\* ( )内の値は、-700/700ER (ボーイング式737-700型及び737-700ER型のこと) は2,000m未満、-800 (ボーイング式737-800型のこと) は2,100m未満の滑走路に着陸する場合に適用する。

(略)

#### 滑走路状態による制限

##### 1. 積雪または水深による制限

滑走路状態が以下に該当する場合は、離着陸を行ってはならない。

- 深さ13mm (0.51inch) 以上の水あるいはSlush
- 深さ51mm (2.01inch) 以上のWet Snow
- 深さ71mm (2.80inch) 以上のDry Snow (離陸)
- 深さ153mm (6.01inch) 以上のDry Snow (着陸)

##### 2. Braking Actionによる制限

Braking ActionがVERY POOR以下 (滑走路摩擦係数測定装置による測定値が0.19以下) の場合は離着陸を行ってはならない。

**Note 1 :** 積雪の種類、積雪深およびBraking Actionは通常滑走路を3区分してReportされるが、3区分のうち1区分でも上記1、2のいずれかに該当する場合は離着陸を禁止する。

(略)

#### 4-3-3 Landing on Slippery Runways

(略)

Landing Roll中のできるだけ早い時機に、High Powerで左右均等にThrust Reverserを用いる。Thrust ReverserはHigh Speedで最も効果がある。

Nose GearをRunwayにおろしている間に、Reverse Thrust LeverをInterlockまで引き上げる。

そしてReverse InterlockがReleaseしたら、さらにReverse Thrust Leverを左右均等にFull Reverse位置まで引き上げ、60KIAS (kt : 指示対気速度) になるまでそのまま保持する。このとき、必要に応じてReverse Thrustを調整し、Engine Limitを越えないようにする。そして、60KIASになったらゆっくりとReverse Thrust Leverを戻しはじめ、Safe Taxi SpeedになるまでにIdle Reverseに戻す。

緊急時には、機が完全に停止するまでMaximum Reverse Thrustを用いてもよい。

(略)

着陸前にAuto Brake Systemを所望の減速率にSelectする。

- ・最短停止距離を必要とする場合：Max
- ・最短停止距離を必要としない場合：3

(略)

下表はSlippery Runwayに着陸するときのRecommended Procedureを要約したものである。(下線は運輸安全委員会による。)

<i>Phase</i>	<i>Recommended Procedure</i>	<i>Remarks</i>
<i>Approach</i>	<p>1. Tail Wind Landingは極力避ける。</p> <p>2. Final Approachにおいては、機をGlide PathおよびRunway Centerlineに乗せ、所定のSpeedを遵守する。</p> <p>3. Auto Brake Systemを3又はMAXにSelectする。</p> <p>4. SpeedbrakeをArmする。</p> <p>5. 雲から出た時に、Crab Angleをとっていることにより、RunwayのRelative Bearingを間違わないようにする。</p> <p>6. Flareする前にZero Drift Conditionを確立することができなければGo-Aroundを考える。</p>	
<i>Flare</i>	<p>1. Flare中にFloatingさせたり、Driftを増加させたりしてはならない。</p> <p>2. Crosswind時にはCrabをとったまま接地する。</p>	Crabをとったまま接地するとMain Gear Crab効果がでて、Auto SpoilerとAuto Brakeがより早く作動する。

<p>Touchdown</p>	<p>1. できるだけCenterline近くに堅固な接地をする。</p> <p>2. Speedが早すぎる場合でも機体を確実にAiming Pointにもっていく。</p> <p>3. もし接地点が大きく延びそうな場合には、Go-Aroundを考える。</p>	<p>堅固な接地の方がWheelのSpin-upがよくなる。</p> <p>空中よりもRunway上の方が、約3倍の減速効果がある。従って、SpeedをBleed Offするために機体を空中にFloatさせてはならない。</p>
<p>Transition to Braking Configuration (Expedite All Item)</p>	<p>1. Main Gearが接地したら、直ちにSpeed BrakeのUpを確認する。</p>	<p>もしSpeedbrakeが自動的にUpしない場合には直ちにManualでUpする。</p>
<p>2. 直ちにNose GearをRunwayにつける。</p>		
<p>3. Nose Gearをおろしている間にReverserをInterlockまで引き上げる。</p>		
<p>4. Auto Brakeを使用しない場合は、Nose Gearが接地したら中ないし強度Steady Pedal Pressureをかける。</p>	<p><u>Brake PedalをCycleしてはならない。</u></p>	
<p>5. Auto Brake SystemはWheelがSpin-Upしたら左右均等でBrakingを開始する。Normal BrakingをかけることによりいつでもAuto Brake SystemをDisarmし、Manual Brakingに切り換えることができる。</p>		
<p>6. Reverse InterlockがReleaseしたら左右均等にMaximum Reverseをかける。</p>	<p>Reverse ThrustはHigh Speedでより効果がある。</p>	

<i>Rollout</i>	<p>1. <i>Wing Level</i>を保つ。</p> <p>2. <i>High Speed</i> (約60KIAS以上) では<i>Rudder</i>で方向を維持する。</p> <p>3. <i>Low Speed</i>では<i>Nose Wheel Steering</i>と<i>Rudder</i>で方向Controlを行う。</p>	<i>Braking</i> と直進性をよくする。
<i>Skid or Loss of Directional Control</i>	<p>1. 直ちに<i>Brake</i>をReleaseする。</p> <p>2. <i>Reverse Idle</i>にもどし、<i>Wing Level</i>を保つ。</p> <p>3. 必要に応じ、<i>Nose Wheel Steering</i>、<i>Rudder</i>及び<i>Differential Brake</i>を用いて機を<i>Center line</i>に戻す。</p> <p>4. 機を<i>Center Line</i>近くで<i>Runway</i>に並行に戻したら最大の減速効果が得られるように<i>Reverse Thrust</i>と<i>Brake</i>を用いる。</p>	<p><u><i>Full Reverse Cycle</i>を避ける。</u></p> <p><i>Very Slippery Runway</i>における最適な<i>Nose Wheel Steering Angle</i>は1-2°である。大きく急激な<i>Steering</i>は避ける。</p>
<i>Turnoff</i>	1. <i>Turnoff</i> する前に安全な <i>Speed</i> まで下げておく。	<i>Touchdown Zone</i> 、 <i>Taxiway</i> 取付け部または <i>Marking</i> 上では特にすべりやすいので注意する。

(以下略)

なお、同社によると、上記表中、下線の用語の意味は以下の通りであった。

- ・ 「*Brake Pedal*を*Cycle*してはならない。」は、「*Brake Pedal*を調節してはならない。」の意味。
- ・ 「*Full Reverse Cycle*を避ける。」は、「再度*Reverse*を使用する必要が生じる場合に備え、*ダウン*位置まで戻すことは避ける。」の意味。
- ・ 「*Skid or Loss of Directional Control*」の項目はAOM 4-3-3-(3)に記載される「*Reverse Thrust and Cross-wind*」を要約したものであり、ここでいう「*Skid*」とは、「機体が横滑りした状態のみ」の意味。

## 2.11.2 同社の滑りやすい滑走路における離着陸の訓練

### (1) 定期訓練 (QUALIFICATIONS MANUAL SUPPLEMENT に設定)

#### ① 概要

滑りやすい滑走路への着陸訓練は、定期訓練の1科目である「Adverse Weather」の中の「Cold Weather Operation」として、シミュレーター訓練により実施している。

#### ② 対象者

機長及び副操縦士

#### ③ 訓練頻度

1年に1回

#### ④ 訓練内容 (概要)

誘導路及び滑走路状態を $\mu=0.15$ に設定し、以下の項目を実施

- ・ RTO (離陸中止) 1回
- ・  $V_1$ 後の1発動機故障、1発動機での着陸1回
- ・ 両発動機での着陸1回

### (2) 冬期運航経験 (QUALIFICATIONS MANUAL SUPPLEMENT に設定)

#### ① 概要

シミュレーター訓練により実施している。

#### ② 対象者

機長としての冬期運航経験のない新任機長

#### ③ 訓練内容 (概要)

誘導路及び滑走路状態を $\mu=0.20$ に設定し、以下の項目を実施

- ・ 1発動機故障でのRTO (低速)
- ・ 1発動機故障でのRTO (高速 ( $V_1$ 付近))
- ・  $V_1$ 後の1発動機故障
- ・ 横風離陸

### (3) 同機の機長及び副操縦士の滑りやすい滑走路における離着陸の訓練

#### ① 機長

定期訓練

平成24年11月6日

冬期運航経験

平成23年7月21日

#### ② 副操縦士

定期訓練

平成24年11月29日

### 2.11.3 アンチスキッド／オートブレーキ・システムの概要

#### (1) アンチスキッド・システム

アンチスキッド・システムは、ブレーキ使用時にホイール・スキッドを防ぐようにブレーキ・システムをコントロールする。

##### ① スキッド・コントロール

ノーマル・アンチスキッドは、ホイール・スピード<sup>\*7</sup> 8kt以上で各ホイールの減速度をコントロールするために作動する。

##### ② ロックト・ホイール・プロテクション

ホイール・スピードが25ktを超えると両インボード及び両アウトボードホイールのホイールスピードを比較し、一定の差が生じるとスローワー・ホイール側のブレーキ圧をリリースする。

##### ③ タッチダウン・プロテクション

機体が空中又は接地後0.5秒間は、第2及び第4ホイールブレーキの作動を防ぐ。

##### ④ ハイドロプレーン・プロテクション

GSがホイール・スピードより50kt以上速くなった場合、第1及び第3ホイールのブレーキ圧を減少させる。

#### (2) オートブレーキ・システム

オートブレーキ・システムは、離着陸時の減速率を制御する。離陸時はRTO（離陸中止）を選択し、離陸を中止した場合にブレーキ圧をコントロールする。着陸時は、機体が着地してから完全に停止するまでの間、パイロットが1、2、3、MAXの中からオートブレーキ・セレクタースイッチで選択したレベルの減速率を維持するようにブレーキ圧をコントロールする。

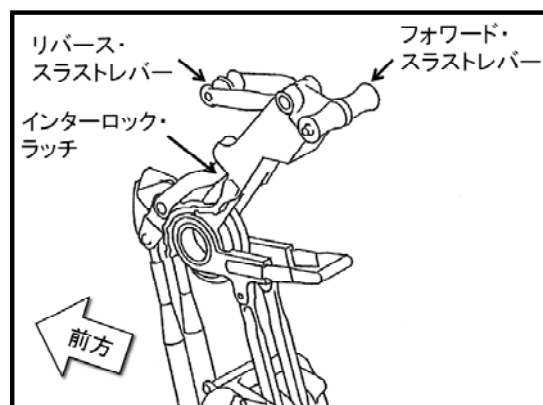
RTOの場合、常に3,000psiのブレーキ圧が掛けられる。各減速率は、1が0.12G、2が0.16G、3が0.22G、MAXの場合、80kt以上が0.44G、80kt未満が0.37Gとなる。そのときの最大のブレーキ圧は、1が1,285psi、2が1,500psi、3が2,000psi、MAXが3,000psiとなる。

### 2.11.4 スラストレバーの概要

手動でエンジン出力を制御するために、スラストレバーを使用する。前方への出力制御に使用するフォワード・スラストレバー及びスラストリバーサーを使用する

\*7 「ホイール・スピード」とは、車輪の回転速度から換算した機体速度を言い、地面と車輪の間に滑りがない場合はGSに等しいが、滑りがあるとGSより小さくなる。

ときの出力制御のためのリバース・スラストレバーが、エンジンごとに独立している。リバース・スラストレバーは、フォワード・スラストレバー上にある。インターロック・ラッチが、フォワード・スラストレバー及びリバース・スラストレバーが同時に作動することを防止している。



スラストリバーサーを作動させるには、フォワード・スラストレバーをアイドル位置に置き、リバース・スラストレバーをダウン位置からアイドル位置に持ち上げる。この操作により、スラストリバーサー・スリーブの展開が始まる。両エンジンのスラストリバーサー・スリーブが60%以上展開した時点でインターロック・ラッチが解除され、リバーススラスト・レバーを手前に引くことでスラストリバーサーの出力を無段階に制御する。展開したスラストリバーサー・スリーブは、リバース・スラストレバーをダウン位置に戻すことで元の位置に格納される。

## 2.11.5 雪氷調査の改善動向

### (1) 米国の動向

平成17年12月8日、米国シカゴ・ミッドウェー国際空港で発生したB737-700型機のオーバーラン事故の事故調査を行った国家運輸安全委員会（NTSB）は、平成19年10月4日及び同10月16日、計8項目の安全勧告を連邦航空局（FAA）に対して行った。これらを受けて、FAAは、平成20年12月9日、AC150/5200-30C (Airport Winter Safety and Operation) を改正するとともに、離着陸性能の評価に取り組むための航空規則制定委員会（TALPA/ARC）を設立した。このメンバーには、監督官庁、航空会社、航空機製造会社、空港管理者等が入り、「雪氷等に覆われた滑走路」（contaminated runway）における離着陸性能の評価に関連する連邦規則の改定の必要性について、検討を進めた。

滑走路の雪氷調査に関しては、TALPA/ARCのAirport/Part139 Working Group（空港／パート139作業部会）が中心となって検討を行い、平成21年4月9日、FAAに対し勧告を行った。この勧告の概要は、空港管理者による滑走路の状況評価を行う根拠として、また、航空機製造者が提供する雪氷等の種類と深さに対する航空機の性能データに基づいてパイロットが報告された滑走路の状況を標準化されたフォーマットによって解釈するために、舗装滑走路の状況評価表（マトリックス）を使用するというもので



ある。

TALPA/ARCの勧告にある評価手法がこれまでの手法と大きく異なるため、平成21年から平成22年にかけての冬季に、アラスカ州等の10の空港において、マトリックスの有用性等を確認する運用トライアルが実施された。現在は、運用トライアルの結果を元にAC150/5200-30Cの改正に向けて作業が進められている。

## (2) 国際民間航空機関（ICAO）の動向

ICAOが採用している雪氷調査の報告様式は1960年代に策定されたものであるが、ICAOは、世界統一報告方式（Global Reporting Format）の採用に向けた作業を開始するとともに、上記TALPA/ARCとの調和を検討している。

## (3) 我が国の動向

国土交通省航空局は、平成23年度において、「冬季における空港運用の高質化に関する調査」により、米国FAAの研究成果を調査した。また、平成24年度から、「冬季空港運用トライアル方式」として、米国FAAの研究成果を準用した雪氷調査方式を模擬で実施し、現行の我が国の雪氷調査方式との比較を行い、新たな方式を我が国に導入することに向けての問題点及び課題の抽出を行っている。

# 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、所定の整備が行われていた。

## 3.3 気象との関連

### 3.3.1 同機の使用滑走路

2.6に記述したとおり、本インシデント発生時ごろの同空港周辺の気象は、冬型の気圧配置に伴い南北に筋状となって大きく発達したエコーが西から東へと次々に通過し、同空港では激しい気象の変化が生じていたものと推定される。2.1.2に記述したとおり、機長は、飛行前の確認で、降雪、強風、乱気流といった厳しい気

象状況を予測し、対策を考慮した上で出発地を離陸したものと推定される。

2.1.2に記述したとおり、機長は、21時19分11秒に同社庄内等から入手した同空港到着前の気象情報から、同空港では強弱を伴った強い北西風が吹いていること、滑走路に積雪はないがぬれている状態であることを確認し、雪雲が同空港に近づいているが着陸できなくなるほど視程又は雲高の悪化はないと考え、最初の進入方向を滑走路27に決定したものと推定される。その後機長は、上空で待機中に、地上の風が弱まり風向が北東に変化している情報が入ったため、滑走路09へのILS進入を選択し、進入中に入手した滑走路状態に対し風が変化しても性能上問題ないことを確認し、着陸を決断したものと推定される。2.8.1に記述したとおり、同空港の運用時間は22時00分であった。一方で、2.1.2に記述したとおり、同機の時刻表上の到着予定が21時15分であり、同機の到着は大幅に遅れた。しかし、機長の決断の理由は上記のとおりであるので、到着の遅れは機長の使用滑走路選択の判断に影響しなかったものと考えられる。

2.8.1に記述したとおり、同空港の滑走路27へのローライザー進入の最低気象条件は、同機の 카테고리Cの場合、CMV1,400mが適用される。2.6.2に記述したとおり、同機の1回目の進入にあたる21時35分には卓越視程500mが観測されているが、これは2.8.1に記述したとおりCMV1,000mに変換されるもので、この時だけは滑走路27へのローライザー進入の最低気象条件未満であったものと推定される。その後は一旦回復したものの同機の着陸後に再度視程が悪化し、22時32分に卓越視程1,500mが観測されたが、滑走路27へのローライザー進入の最低気象条件未満となることはなかった。2.8.1に記述したとおり、滑走路09へのILS 카테고리Iの精密進入の最低気象条件はRVR/CMV600mであり、同機の1回目の進入から着陸するまでの間、最低気象条件未満となることはなかったものと推定される。

### 3.3.2 同機の着陸時の風の状況

2.1.1に記述したとおり、レディオは同機に対し頻繁に気象状況を通報しており、同機の着陸前は、22時24分09秒（接地の2分前）に視程及び降雪等の状況、同25分28秒（接地の41秒前）に風の情報が一方送信されていたため、同機は、最新の気象状況を把握していたものと推定される。

レディオが同25分28秒に送信した風の情報は、風向320°、風速11ktであり、これは追い風成分7kt、左横風成分9ktに相当する。ブレーキングアクションがグッドであった場合は、2.11.1に記述したとおり、追い風成分の制限は15kt、横風成分の制限は20ktであるため、着陸を判断する時点での通報された風は制限内であった。

なお、2.6.4に記述したとおり、風速が大きく変動しており、同機の主脚が接地

する直前の同26分09秒の実際の風は、瞬間的に風向332° 風速20ktであり、追い風成分9kt、左横風成分18ktであったものと考えられる。

### 3.3.3 滑走路の状態

2.6.6に記述したとおり、滑走路の摩擦係数は除雪を行った直後に測定され、2.6.5に記述したとおり、22時07分に発表されたスノータムのブレーキングアクションは滑走路の全域においてグッドであった。また、除雪担当者の確認によりスラッシュとは判断されなかった。この時の雪氷状況調査は、2.6.5(2)に記述したとおり、除雪マニュアルに従って実施されており、除雪の方法、スラッシュかどうかの判断、測定の方法等について適切であったものと考えられる。2.6.5(1)及び2.6.6に記述したとおり、滑走路の積雪の状態は、除雪後、西側から3分の1ずつで40%、60%、80%となっており、同機の着陸滑走の終盤になるほど雪が残っていたものと考えられる。摩擦係数の測定は22時06分に終了していることから、同機が着陸するまで20分ほど経過し、2.6.2及び2.6.6に記述したとおり、その間に弱いしゅう雨性の雪及び雪あられが継続して降っていたため、測定時と同機の着陸時の滑走路状態は変化していたものと考えられる。ただし、2.6.6に記述したとおり、除雪後の降雪は激しいものではなく、2.6.5(3)に記述した除雪開始基準を超えるものではなかったものと推定される。

2.6.2に記述したとおり、気温が1℃と氷点に近いが氷点下ではなかったことから、降った雪又は雪あられは一部が溶けて水となり一部は溶けずに固体のまま残っていたものと考えられる。また、2.1.2に記述した「滑走路は思っていたより白く感じたが、滑走路標識は見えていた。」との口述は、滑走路に溶けずに残っている雪又は雪あられに薄く覆われていたことを示しているものと考えられる。これらのことから、同機の着陸時の滑走路状態は、雪氷状況調査を行った時からの時間的経過によりスラッシュ等の状態に変化していたものと考えられる。

## 3.4 制動に関わる装置の状況

2.10.1、2.10.2、2.10.3及び2.10.4に記述したとおり、同機の制動に関わる装置に異常はなかったものと推定される。

2.10.3に記述した全主脚ホイール・アッセンブリーに見られたタイヤ表面の一部のトレッドゴムの変質痕は、極めて低速時に発生したハイドロプレーン現象<sup>\*8</sup>による可能性が考えられる。

---

\*8 「ハイドロプレーン現象」とは、路面が冠水したところを車両等が走行中に、タイヤと路面の間に薄い水の膜ができ、タイヤと路面との摩擦が失われ、制御が効かなくなる現象のことをいう。

### 3.5 地上滑走の状況

#### (1) 接地及びその直後

2.1.1.1に記述したとおり、同機は、フラップ30の形態で庄内空港の滑走路09へILSの進入方式で進入し、22時26分11秒、滑走路09の進入端から約480m前方の中心線付近に、CAS140kt、GS147ktで接地したものと推定される。

2.1.1.2(1)に記述したとおり、接地直後、オートブレーキが作動しブレーキ圧が上昇、スピードブレーキが展開、スラストリバーサーが作動するとともにエンジン出力が急上昇した。減速率は急激に増加し、0.22Gを超えるとブレーキ圧の降下が始まり、最大0.27Gまで増加した減速率は0.22Gまで戻ったことから、オートブレーキは、3にセットされ、2.11.3(2)に記述した設計どおりに作動したものと推定される。この間はCASが116kt以上あり、空気の流れを利用するスピードブレーキ及びスラストリバーサーによる制動力が大きく作用していたものと推定される。

#### (2) オートブレーキによる減速中

2.1.1.2(2)に記述したとおり、減速率は0.22Gで推移し、ブレーキ圧は1,000psi以下であったため、2.11.3(2)に記述したオートブレーキ3の最大ブレーキ圧2,000psiと比較すると、同機は、余裕あるブレーキ圧によりコントロールされた減速率で、正常に減速していたものと推定される。ブレーキ圧が徐々に上昇していったのは、CASが116ktから59ktへ減少するに従いスピードブレーキ及びスラストリバーサーによる制動力が弱まり、それを補うようにオートブレーキがコントロールしていたものと推定される。2.1.1.2(2)に記述したとおり、同26分21秒に機長は「オートブレーキ・ディスプレイします」と発声したことから、同26分30秒にブレーキ圧が急に上がったのは、機長がブレーキを踏んだことによるものと推定される。また、この操作によりオートブレーキが解除したものと推定される。

#### (3) マニュアルブレーキによる減速中

2.1.1.2(2)及び2.1.1.2(3)に記述したとおり、滑走路残距離が約500mで機長がブレーキを踏んだことによりオートブレーキが解除したが、その直後から、スラストリバーサー及びスピードブレーキが作動している時点においても、減速率は振れ幅が大きくなり徐々に減少した。マニュアルブレーキは、オートブレーキのように減速率に応じてブレーキ圧を正確にコントロールすることが困難であり、また最初は最大に踏み込まれていなかったため、オートブレーキの解除が制動力の低下に影響した可能性が考えられる。また、CASが60ktを下回ったことで、スピードブレーキの制動力は低下したものと推定される。

さらに、追い風がスラストリバーサーの制動力に影響した可能性が考えられる。

同26分35秒、ブレーキ圧が一瞬低下しすぐに上昇したのは、2.1.2に記述した、機長がタイヤ自体が滑っているのではないかと考え一度ブレーキを緩めタイヤを路面に噛ませてまた踏むように行った操作によるものと考えられる。

同26分29秒、副操縦士が「60」と発声しリバース・スラストレバーが最大から離れたが、リバース・スラストレバーがアイドル位置に移動するまで同26分35秒と6秒かかったのは、機長が減速感をあまり感じず様子を見ていたことによる可能性が考えられる。

同26分36秒、副操縦士が「まだGS50あります。」と発声し、同26分38秒、滑走路残距離が約230mの時、ブレーキ圧が最大圧(3,000psi)まで上昇した。それと同時に、リバース・スラストレバーがダウン位置に移動し、スラストリバーサー・スリーブは格納し、エンジン出力はフォワードアイドルとなり減速率は更に低下した。このことが、直後に使用するリバース・スラストの立ち上がりの遅れに影響したものと推定される。

#### (4) 異常を感知し緊急操作した間

2.1.1.2(4)に記述したとおり、ブレーキ圧が常に最大で推移していたことは、2.1.2及び2.1.3に記述したとおり、機長及び副操縦士が同時にブレーキペダルを踏み込んでいたことによるものと考えられる。2.1.1.2(4)に記述したとおり、同26分43秒にリバース・スラストレバーがダウン位置からアイドル位置に移動したが、この時点で機長は、2回目のスラストリバーサーの使用を決意した可能性が考えられる。滑走路残距離が約80mの時にリバース・スラストレバーが最大に移動したが、エンジン出力がほぼアイドル回転数にまで低下していたため、出力の上昇に時間がかかったものと推定される。GS約30ktとなった同26分51～53秒にかけて0.1Gで推移していた減速率が急に減少したことは、車輪が完全にロックし、3.4に記述した極めて低速時に発生したハイドロプレーン現象が、グルーピングが施されておらず除雪もされていない過走帯において発生したことを示している可能性が考えられる。

その後、同26分53～55秒にかけてエンジン回転数の上昇と共に減速率も大きくなった。

2.1.1.2(4)に記述したとおり、ラダーペダルが左に動き、徐々に機首方向が左へ偏向したのは、2.1.2の口述にあるとおり、埋め込み式ではない過走帯灯を避ける操作であったものと推定される。また、このことから、同機の機首方位は制御できていたものと推定される。

#### (5) 過走帯をオーバーラン後

減速率が最大である0.34Gまで一瞬増加した後、すぐに減少してから同

機が停止するまで0.2Gで推移したのは、スラストリバーサー及びホイールブレーキの制動力の他、2.8.2に記述したとおり、柔らかい草地に車輪が埋まり地面からの抵抗が増加したことによるものと考えられる。

### 3.6 飛行機の制動係数及び着陸停止距離について

2.10.5(1)に記述したとおり、同機のQARのデータを基にマニュアルブレーキ最大が使用された時からの着陸滑走中において算出された同機の制動係数 $\mu_A$ の平均値は、約0.08であった。2.10.5(2)に記述したとおり、同機の設計及び製造会社が開発した離着陸性能等の計算に使用する解析ツールを用い、ブレーキの状態がオートブレーキ3、オートブレーキMAX及びマニュアルブレーキ最大のそれぞれについて、滑走路状態がグッド、ミディアム、プア及び $\mu_A=0.08$ の着陸停止距離を算出したところ、ブレーキの状態がいずれの場合も $\mu_A=0.08$ の着陸停止距離は、ミディアムとプアの間であった。

3.3.3及び3.5(3)に記述したとおり、ブレーキ圧が最大であった滑走路の東側約230mの区間の状態がスラッシュ等となり、滑走路状態としてはミディアム・トゥー・プア相当となっていたことが、タイヤと路面の摩擦力の低下に影響したものと考えられる。

2.10.5(2)に記述した表にあるとおり、本重大インシデントのQARのデータを基に算出した着陸停止距離によると、同機は、滑走路状態がグッドであればオートブレーキ3であっても停止距離が1,856mと滑走路の中で停止できたものと推定される。しかし、仮に、滑走路全体が東側約230mと同様の $\mu_A=0.08$ であったとした場合、ブレーキ操作以外を本重大インシデントと同様の操作とすると、オートブレーキ3であれば停止距離は2,143mと滑走路を143m超過し、オートブレーキMAXであれば2,061mと滑走路を61m超過し、マニュアルブレーキ最大であれば2,027mと滑走路を27m超過し、いずれのブレーキ操作でも滑走路の中では停止できなかった可能性が考えられる。したがって、スラストリバーサーを通常よりも長く使用することで、着陸停止距離をより短くできた可能性が考えられる。

### 3.7 アンチスキッド・システムの作動

2.10.4に記述したAACUの詳細点検において異常がなかったことから、2.11.3(1)に記述した同機のアンチスキッド・システムにある各機能は、正常に作動していたものと推定される。

3.6に記述したとおり、滑走路の状態がスラッシュとなっていたことによりタイヤと路面の摩擦力が低下した可能性が考えられる。一方、3.4及び3.5(4)に記述したとおり、同機の主脚のタイヤ表面には極めて低速時に発生したハイドロプレーン現象による可能性が考えられる変質痕が残されていた。

2.11.3(1)に記述したとおり、同機にハイドロプレーン現象が生じ、GSとホイール・スピードの差が50kt以上となった場合はハイドロプレーン・プロテクションが作動し、それに至らない場合でもスキッド・コントロールが作動するが、ホイール・スピードが8kt未満の場合はスキッド・コントロールも作動しない。3.4に記述したトレッドゴムの変質痕は、3.5(4)に記述したようにGS約30kt付近で発生した可能性が考えられるが、その時点でホイールスピードが8kt未満になり、スキッド・コントロールの作動も停止したため、車輪が完全にロックしたことにより発生した可能性が考えられる。このことから、GSとホイール・スピードの間に、その時点で約22ktの差が生じていた可能性が考えられる。

### 3.8 進入形態及び着陸後の手順について

着陸時のフラップ位置のセット、オートブレーキのセット及び作動並びにスピードブレーキの作動は、通報されたブレーキングアクションがグッドの状況において、2.11.1に記述したRecommended Procedureに対し、逸脱はなかったものと考えられる。ただし、Recommended Procedureでブレーキをリリースしスラストリバーサーをアイドル位置に戻すことが推奨されているPhaseである「Skid or Loss of Directional Control」における「Skid」は、2.11.1に記述したように、「機体が横滑りした状態のみ」を意味し、「タイヤの滑り」を意味しないことに注意すべきである。降雪時の2,000mの滑走路において十分な制動効果を感じていなかったにもかかわらず、マニュアルブレーキを最大に踏み込まず途中で緩めたこと及びリバーサー・スラストレバーをアイドルまで戻したことについては、Recommended Procedureにない操作であったものと考えられるが、オーバーランへの影響については不明であった。また、リバーサー・スラストレバーをアイドル位置まで戻すつもりでダウン位置まで戻した操作は、その直後に使用するリバーサー・スラストの立ち上がりの遅れに影響したものであり、慎重さが不足していたものと考えられる。

3.6に記述したとおり、同機の着陸時の滑走路の状態は、通報されたブレーキングアクションであるグッドを下回っていたものと考えられる。本重大インシデント発生時よりも着陸距離を短くするためには、フラップ位置を40として進入速度を低下させること、オートブレーキをMAXとしたり十分長く使用すること及びスラストリバーサーをより長く使用することといった操作が考えられる。特に、滑りやすい滑走路上では、車輪のブレーキが期待される性能を発揮できない場合がある。その際、すぐにスラストリバーサーを使用するために、リバーサー・スラストレバーは、ダウン位置まで戻さず、アイドル位置に保持しておく必要があると考えられる。

雪氷状況調査を着陸時にリアルタイムで実施することは困難であるため、特に気象の変化が激しい状況においては、通報されたブレーキングアクションよりも厳しい状況を想定し、より安全性の高い進入形態の設定及び着陸後の停止操作を行うことが望

ましいと考えられる。

### 3.9 空港消防隊の対応について

2.9に記述したとおり、空港消防隊は、管制塔から「オーバーランした模様」とのクラッシュホン第1報が入った後も車庫で待機していたが、火災等が発生した場合に備え直ちに現場に出動するべきであったと考えられる。

### 3.10 乗員の訓練について

2.11.2に記述したとおり、同社では、滑りやすい滑走路における離着陸の訓練を、機長及び副操縦士に対し定期訓練で年1回実施するとともに、機長昇格時には冬期運航経験として実施していた。同機の機長及び副操縦士は、規定どおりに訓練を受けており、手順どおりに実施することはできた。しかしながら、AOMの正しい理解を含め、本重大インシデント時のように天候が急変する状況において、3.8に記述したようなより安全性の高い進入形態の設定及び着陸後の停止操作について、教育及び訓練を通じ十分な理解を図るとともに、適切な状況判断に資するための知識の定着を図ることが望ましいと考えられる。

### 3.11 雪氷調査の改善動向について

2.11.5に記述したとおり、米国及び国際機関において雪氷調査の新たな方式についての見直しが進められ、我が国においても国土交通省航空局において新たな方式を我が国に導入することに向けての問題点及び課題の抽出が行われている。より実際の滑走路状態に近い情報が操縦士に伝達され、操縦士の適切な判断及び操作が可能となるような方式が、できるだけ早い時期に導入されることが望まれる。

## 4 結 論

### 4.1 分析の要約

#### (1) 気象

同空港周辺の気象は、冬型の気圧配置に伴い南北に筋状となって大きく発達したエコーが西から東へと次々に通過し、同空港では激しい気象の変化が生じていたものと推定される。機長は、上空で待機中の風の状況から滑走路09へのILS進入を選択し、進入中に気象が変化したが許容範囲であることを確認



し、着陸を決断したものと推定される。 (3.3.1) \*9

着陸を判断する時点での通報された風は制限内であった。 (3.3.2)

同機の着陸時の滑走路状態は、雪氷状況調査を行った時からの時間的経過によりスラッシュ等の状態に変化していたものと考えられる。 (3.3.3)

## (2) 制動に関わる装置の状況

全主脚ホイール・アッセンブリーに見られたタイヤ表面の一部のトレッドゴムの変質痕は、極めて低速時に発生したハイドロプレーン現象による可能性が考えられる。 (3.4)

## (3) 地上滑走の状況

同機は、フラップ30の形態で庄内空港の滑走路09へILSの進入方式で進入し、22時26分11秒、滑走路09の進入端から約480m前方の中心線付近に、CAS140kt、GS147ktで接地したものと推定される。接地直後に、オートブレーキ、スピードブレーキ及びスラストリバーサーは、正常に作動したものと推定される。

滑走路残距離が約500mで機長がブレーキを踏んだことによりオートブレーキが解除したものと推定される。

マニュアルブレーキは、オートブレーキのように減速率に応じてブレーキ圧を正確にコントロールすることが困難であり、また最初は最大に踏み込まれていなかったため、オートブレーキの解除が制動力の低下に影響した可能性が考えられる。追い風がスラストリバーサーの制動力に影響した可能性が考えられる。同26分38秒、滑走路残距離が約230mの時、ブレーキ圧が最大圧まで上昇した。それと同時に、リバーサー・スラストレバーがダウン位置に移動し、スラストリバーサー・スリーブは格納し、エンジン出力はフォワードアイドルとなり減速率は更に低下した。このことが、直後に使用するリバーサー・スラストの立ち上がりの遅れに影響したものと推定される。

同26分43秒にリバーサー・スラストレバーがダウン位置からアイドル位置に移動したが、この時点で機長は、2回目のスラストリバーサーの使用を決意した可能性が考えられる。滑走路残距離が約80mの時にリバーサー・スラストレバーが最大に移動したが、エンジン出力がほぼアイドル回転数にまで低下していたため、出力の上昇に時間がかかったものと推定される。同26分51～53秒にかけて、車輪が完全にロックし、極めて低速時に発生したハイドロプレーン現象が、グルーピングが施されておらず除雪もされていない過走帯において発生した可能性が考えられる。

同機の機首方位は制御できていたものと推定される。 (3.5)

---

\*9 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。

(4) 飛行機の制動係数及び着陸停止距離について

同機のQARのデータから本重大インシデント発生時の条件で、マニュアルブレーキが使用された時からの滑走路について算出された同機の制動係数 $\mu_A$ の平均値は約0.08で、滑走路状態がミディアムとプアの間であった。マニュアルブレーキ最大であった滑走路の東側約230mの区間の状態がスラッシュ等となり、滑走路状態としてはミディアム・トゥー・プア相当となっていたことが、タイヤと路面の摩擦力の低下に影響したものと考えられる。同機は、滑走路状態がグッドであればオートブレーキ3であっても滑走路の中で停止できたものと推定される。しかし、仮に、滑走路全体が東側約230mと同様の $\mu_A = 0.08$ であったとした場合、ブレーキ操作以外を本重大インシデントと同様の操作とすると、オートブレーキ3、オートブレーキMAX及びマニュアルブレーキ最大のいずれのブレーキ操作でも滑走路の中では停止できなかった可能性が考えられる。スラストリバーサーを通常よりも長く使用することで、滑走路距離をより短くできた可能性が考えられる。(3.6)

(5) アンチスキッド・システムの作動

アンチスキッド・システムにある各機能は、正常に作動していたものと推定されるが、トレッドゴムの変質痕は、GS約30kt付近でホイールスピードが8kt未満になり、スキッド・コントロールの作動も停止したため、車輪が完全にロックしたことにより発生した可能性が考えられる。(3.7)

(6) 進入形態及び着陸後の手順について

降雪時の2,000mの滑走路において十分な制動効果を感じていなかったにもかかわらず、マニュアルブレーキを最大に踏み込まず途中で緩めたこと及びリバーサー・スラストレバーをアイドル位置まで戻したことについては、Recommended Procedureにない操作であったものと考えられるが、オーバーランへの影響については不明であった。また、リバーサー・スラストレバーをアイドル位置まで戻すつもりでダウン位置まで戻した操作は、慎重さが不足していたものと考えられる。滑り易い滑走路上では、リバーサー・スラストレバーはアイドル位置に保持しておく必要があると考えられる。気象の変化が激しい状況においては、通報されたブレーキングアクションよりも厳しい状況を想定し、より安全性の高い進入形態の設定及び着陸後の停止操作を行うことが望ましいと考えられる。(3.8)

(7) 空港消防隊の対応について

空港消防隊は、クラッシュホン第1報で直ちに現場に出動するべきであったと考えられる。(3.9)

(8) 乗員の訓練について

AOMの正しい理解を含め、天候が急変するような状況におけるより安全性

の高い進入形態の設定及び着陸後の停止操作について、教育及び訓練を通じ十分な理解を図るとともに、適切な状況判断に資するための知識の定着を図ることが望ましいと考えられる。(3.10)

(9) 雪氷調査の改善動向について

雪氷調査の新たな方式について見直しが進められているが、より実際の滑走路状態に近い情報が操縦士に伝達され、操縦士の適切な判断及び操作が可能となるような方式が、できるだけ早い時期に導入されることが望まれる。

(3.11)

#### 4.2 原因

本重大インシデントは、同機が着陸した際、通報された滑走路の状態が発揮できるはずの制動力が得られなかったため、滑走路をオーバーランしたものと推定される。

同機が通報された滑走路の状態が発揮できるはずの制動力が得られなかったことについては、氷点に近い気温における降雪等により滑走路状態が雪氷状況調査時から変化したことが影響したものと考えられる。

## 5 再発防止策

本重大インシデント後に同社により講じられた措置

- (1) 本重大インシデントの発生に鑑み、全運航乗務員を対象に雪氷着陸性能基準及びオートブレーキを使用した場合の着陸性能、並びに雪氷滑走路における着陸時の主な留意点について解説した社内向け文書を発行し周知を図った（平成24年12月）。

なお、本文書に記述された主な留意点は以下のとおり。

- ① 着陸性能に余裕がない場合、Autobrakeの停止性能を考慮したAutobrake Setting値の選定。
- ② Autobrakeでブレーキ効果が確認できない場合、Manual Brakeの使用（PMはPFにAutobrake DisengageをNotify）。
- ③ 接地後、速やかにFullリバースの使用。
- ④ FullリバースからIdleリバースへカットバックする際、急激な操作による減速率の急激な減少を避ける。
- ⑤ Taxi Speedに減少するまでIdleリバースの使用。
- ⑥ Idleリバース、Manual Full Brakeで所望の減速率が得られない等、緊急時には機体が完全に停止するまでFullリバースの使用。

- (2) 運航規程の一部を成す飛行機運用規程に掲載されている雪氷滑走路での着陸滑走中の機体横滑りへの対処方法の理解促進を目的とした、社内向けの文書を発行し周知した（平成25年1月）。

なお、本文書に次の記載がある。

「*Skid or loss of Directional Control*」の項目は、4-3-3-(3)に記載される「*Reverse Thrust and Cross-wind*」を要約したものであり、ここでいう「*Skid*」とは機体が横滑りした状態のみを意味している。

- (3) 当該型式機を対象に、雪氷着陸性能基準及びオートブレーキを使用した場合の着陸性能、並びに雪氷滑走路における着陸時の留意事項について解説した社内向けの文書を発行し周知を図った（平成25年2月）。

なお、本文書に記述された雪氷滑走路におけるAutobrakeを使用する場合の留意事項の概要は以下のとおり。

- ① 着陸性能に余裕がない場合、滑走路状態、アプローチスピード、*Tail Wind*等に応じ着陸路長を算出し、必要に応じAutobrake MAXを選択する。  
(以下略)
- ② 接地後、速やかにFull Reverseを使用する。
- ③ 着陸後、選択したAutobrakeで所望の減速率が得られない場合にはManual Brakeを使用する。
- ④ Full ReverseからIdle Reverseに戻す場合、急激な操作による減速率の急激な減少を避ける。

- (4) 雪氷滑走路におけるオーバーラン事象の再発防止を目的に、社内の安全啓発誌を通じて本重大インシデントの事例紹介及び雪氷滑走路における運航の留意点を共有した（平成25年11月）。

なお、本安全啓発誌に記述されたTailwindで着陸する場合の注意事項の一部は以下のとおり。

一般にTailwindが強くなるほど、フレアーが難しくなり、Touchdown Pointがばらつく傾向があります。

特に2,000m以下の雪氷滑走路ではもともと性能余裕がないため、Tailwindで着陸する場合には、風向、風速の変化傾向、ガストに応じて適切なマージンを取り、Target Approach Speedを維持し、Aiming Pointに確実に接地するように機体をコントロールすることが重要です。

Stabilized Approachから外れた場合、あるいはTouchdown Pointが所望の地点より伸びた場合には躊躇せずGo Aroundします。

さらに、雪氷滑走路に着陸する場合の具体的な留意点としては以下のとおり。

着陸性能を確認後、Landing Distance with Automatic Wheel Brake Table等を用いて、Landing Distanceを把握し、着陸Flap、Auto Brake Settingを

選定します。この時、雪氷滑走路では一番深いLanding Flap、強いAutobrake Settingの使用を基本に、実際の滑走路長に応じて最適なFlap、Autobrake Settingを選定します。

なお、2,000m以下の雪氷滑走路では、雪氷部分が部分的であることが明らかかな場合（SNOWTAMのCoverageが20%未満等）を除き、B737、B767、B787では、Autobrake MAXを推奨します。

- (5) 地上運航従事者（運航管理者及び運航支援者）に対し、本重大インシデントの概要及び雪氷滑走路に関する留意点等を業務連絡にて周知し、注意喚起を行った（平成25年11月）。

留意点の概要は、次のとおり。

- ① 雪氷滑走路状態の変化について（特に外気温が0℃付近でCoverageが60%を超えるWet Snow、Slush等が報じられている場合）

- a 滑走路状態が悪化している可能性と対応について空港管理者と十分情報を共有し、当該状態が悪化しないように対応すること。
- b 可能な限り着陸に近いタイミングで滑走路状態を把握し、運航乗務員に報告すること。

- ② 雪氷滑走路でのTail Windの通報等について

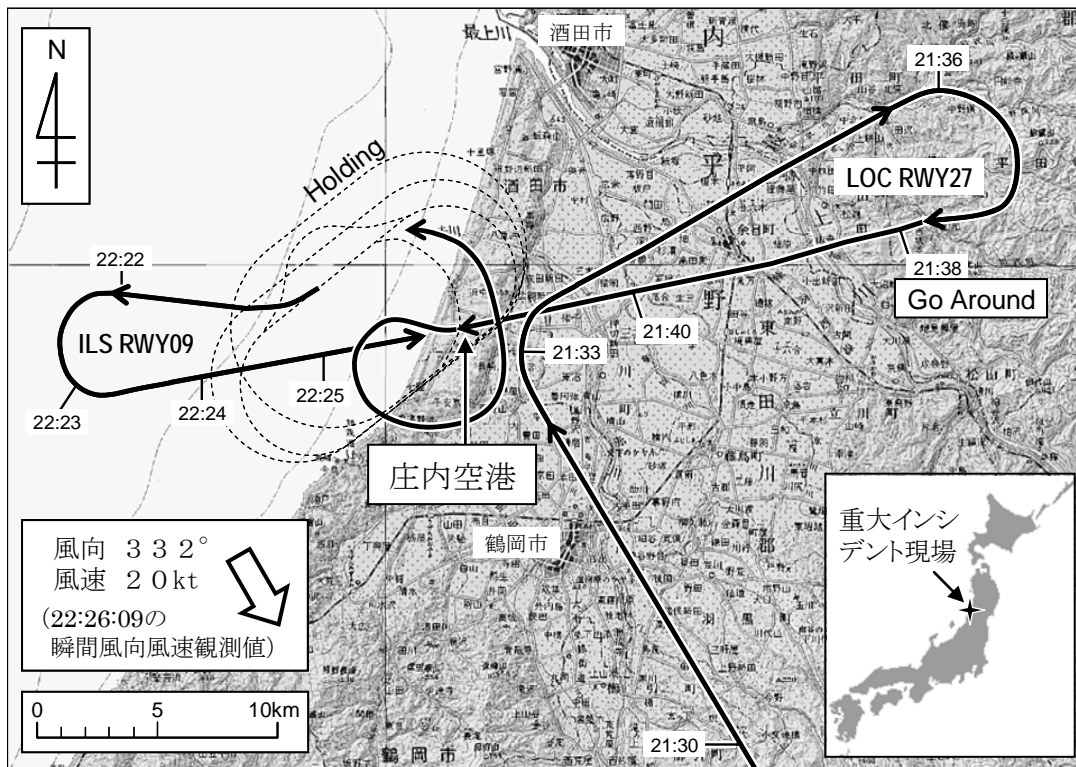
風がHead WindからTail Windに変わった場合、あるいはTail Windがさらに増速した場合などは、速やかに着陸機に通報することが重要である。

- (6) 飛行機運用規程に掲載されているオートブレーキ使用時の停止距離を示したLanding Distance with Automatic Wheel brakeの表を、運航中にも簡便に参照できるよう実用的な様式に変更し、Performance Handbook（運航乗務員が機上で容易に参照できるよう使用頻度の高い性能データをまとめたもの）に反映した（平成25年11月）。

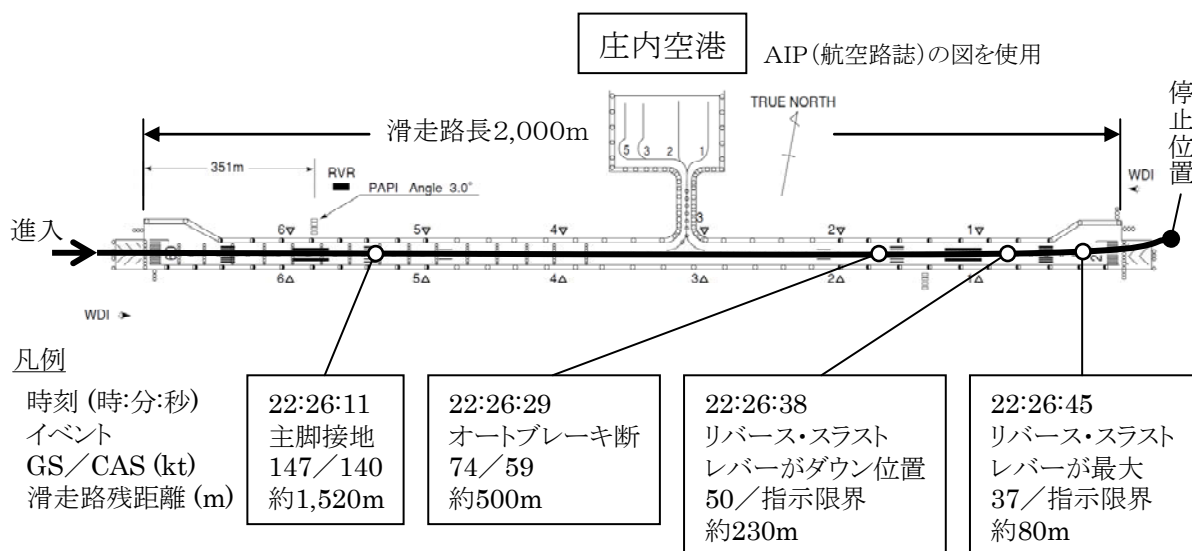
- (7) 平成25年度冬期の庄内空港における雪氷時の対応として、必要に応じて着陸前に再度雪氷調査を行う体制を関係各所と調整し、その運用要領を業務連絡にて社内関係者に周知を図った（平成25年12月）。

具体的には、庄内空港での雪氷状況調査は、ETA（予定到着時刻）の20分前を目途に到着機にその結果が通報できるように行われるが、その後、気象状況により滑走路状態の悪化が予想され、かつ地上測定体制が整った場合には再度雪氷状況調査を行い、ETAの10分前を目途に到着機にその結果をレディオから通報する。

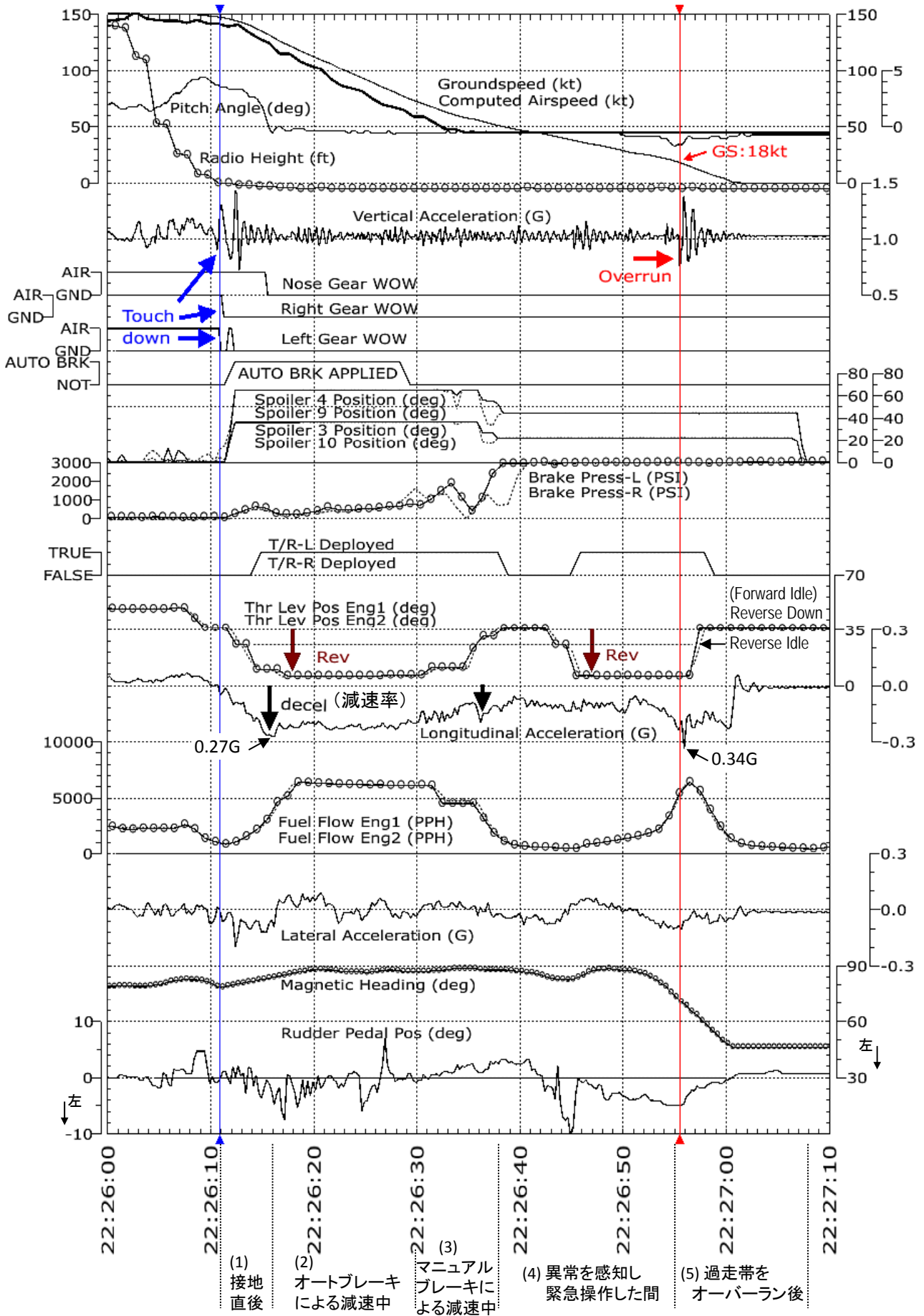
付図1 推定飛行経路図



国土地理院20万分1地形図を使用



付図2 DFDRの記録



付図3 ボーイング式737-800型三面図

単位：m

