

## 航空重大インシデント調査報告書

I ジェットスター・ジャパン株式会社所属  
エアバス式A320-232型 JA04JJ  
機長及び副操縦士側の速度表示の不良

II 個人所属  
ビーチクラフト式A36型 JA3842  
発動機の継続的な出力の損失

III 朝日航洋株式会社所属  
ユーロコプター式AS350B3型（回転翼航空機）JA6512  
つり下げ輸送中における物件の落下

平成30年8月30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 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」

I ジェットスター・ジャパン株式会社所属  
エアバス式A320-232型 JA04JJ  
機長及び副操縦士側の速度表示の不良

# 航空重大インシデント調査報告書

所 属 ジェットスター・ジャパン株式会社  
型 式 エアバス式A320-232型  
登 録 記 号 JA04JJ  
インシデント種類 機長及び副操縦士側の速度表示の不良  
発 生 日 時 平成28年7月9日 09時38分  
発 生 場 所 中部国際空港の南南東約9.6km、高度37,000ft

平成30年7月27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	丸 井 祐 一
委 員	田 中 敬 司
委 員	中 西 美 和

## 要 旨

### <概要>

ジェットスター・ジャパン株式会社所属エアバス式A320-232型JA04JJは、平成28年7月9日（土）、同社の定期502便として福岡空港を出発して成田国際空港に向けて中部国際空港の南南東約9.6km、高度37,000ftを飛行中、09時38分から機長及び副操縦士側の速度表示が一時的に不良となった。その後、同機は、高度25,000ftまで降下して飛行を継続し、10時26分、成田国際空港に着陸した。

同機には、機長ほか乗務員5名及び乗客150名の計156名が搭乗していたが負傷者はいなかった。

同機に損傷はなかった。

<原因>

本重大インシデントは、J A 0 4 J J が高度 3 7, 0 0 0 ft を飛行中、ピトー管が着氷したため、機長及び副操縦士側の速度表示が一時的に不良となったものと考えられる。

ピトー管が着氷したことについては、同機が高高度まで発達した積乱雲の近傍に存在する氷晶域を飛行したことによる可能性が考えられる。

本報告書で用いた略語は、次のとおりである。

AC	: Advisory Circular
AD	: Airworthiness Directive
ADIRU	: Air Data/Inertial Reference Unit
ADM	: Air Data Module
ADR	: Air Data Reference
AIM-j	: Aeronautical Information Manual Japan
AOA	: Angle of Attack
AP	: Auto Pilot
AT	: Auto Thrust
ATC	: Air Traffic Control
BITE	: Built-in Test Equipment
CAOA	: Computed Angle of Attack
CAS	: Computed Airspeed
CASISIS	: Computed Airspeed Integrated Standby Instrument System
CFDIU	: Centralized Flight Data Interface and Management Unit
CVR	: Cockpit Voice Recorder
dB	: decibel
EASA	: European Aviation Safety Agency
ECAM	: Electronic Centralized Aircraft Monitoring
ELAC	: Elevator Aileron Computer
FCOM	: Flight Crew Operation Manual
FC TM	: Flight Crew Techniques Manual
FDR	: Flight Data Recorder
FL	: Flight Level
IR	: Insulation Resistance
JST	: Japan Standard Time
MAC	: Mean Aerodynamic Chord
NCD	: Non Computed Data
ND	: Navigation Display
PFD	: Primary Flight Display
QAR	: Quick Access Recorder
QRH	: Quick Reference Handbook

S A T : Static Air Temperature  
T A T : Total Air Temperature  
T L : Thrust Lever  
U T C : Universal Time Coordinate

#### 单位换算表

1 ft : 0.3048 m  
1 in : 25.40 mm  
1 nm : 1,852 m  
1 lb : 0.4536 kg  
1 kt : 1.852 km/h (0.5144 m/s)  
1 气压 : 29.92 inHg : 1,013 hPa  
5.5 dBZ : 100 mm/h



## 目 次

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	2
2	事実情報	2
2.1	飛行の経過	2
2.1.1	管制交信記録並びにFDR及びQARの記録による飛行の経過	2
2.1.2	運航乗務員の口述	4
2.2	人の負傷	5
2.3	航空機の損壊に関する情報	5
2.4	航空機乗組員に関する情報	5
2.5	航空機に関する情報	6
2.5.1	航空機	6
2.5.2	重量及び重心位置	6
2.5.3	同機の整備及び修理の記録	7
2.6	気象に関する情報	7
2.6.1	地上天気図等による概況	7
2.6.2	レーダー観測データ	9
2.7	フライトレコーダーに関する情報	10
2.8	試験及び研究に関する情報	10
2.8.1	ピトー管の整備状況	10
2.8.2	ピトー管の試験	11
2.9	その他必要な事項	11
2.9.1	着氷	11
2.9.2	氷晶に関する情報	12
2.9.3	速度表示の不良に関する情報	22
2.9.4	NAV ADR DISAGREE表示について	23

2.9.5	F/CTL ALTERNATE LAW表示について	24
2.9.6	機体システム	25
2.9.7	同機に記録されたメッセージ	27
2.9.8	耐空性改善通報（TC D-5734B-2015）の発行について	27
2.9.9	対気速度系統に関する新基準	28
2.9.10	関連する情報	28
3	分析	28
3.1	乗務員等の資格	28
3.2	航空機の耐空証明等	28
3.3	気象との関連	29
3.4	同機に関する事象	29
3.4.1	No.2ピトー管の損傷	29
3.4.2	速度表示の不良について	29
3.5	氷晶の回避について	31
4	原因	32
5	再発防止策	32
5.1	重大インシデント後に講じられた再発防止策	32
5.1.1	同社が講じた措置	32

## 添 付 資 料

付図1	エアバス式A320-232型三面図	33
写真2	重大インシデント機	33
付図2	FDR等の記録	34

# 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

ジェットスター・ジャパン株式会社所属エアバス式A320-232型JA04Jは、平成28年7月9日（土）、同社の定期502便として福岡空港を出発して成田国際空港に向けて中部国際空港の南南東約96km、高度37,000ftを飛行中、09時38分から機長及び副操縦士側の速度表示が一時的に不良となった。その後、同機は、高度25,000ftまで降下して飛行を継続し、10時26分、成田国際空港に着陸した。

同機には、機長ほか乗務員5名及び乗客150名の計156名が搭乗していたが負傷者はいなかった。

同機に損傷はなかった。

## 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（昭和27年7月31日運輸省令第56号）第166条の4第9号に規定された「航空機に装備された1又は2以上のシステムにおける航空機の航行の安全に障害となる複数の故障」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28年7月12日、重大インシデント発生の通報を受け、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の設計・製造国であるフランス共和国の代表、顧問及び部品の製造国であるアメリカ合衆国の代表が参加した。

### 1.2.3 調査の実施時期

平成28年 7月12日～13日 口述聴取及び機体調査  
同年 8月24日～25日 ピトー管の詳細調査

### 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

ジェットスター・ジャパン株式会社（以下「同社」という。）所属エアバス式A320-232型JA04JJ（以下「同機」という。）は、平成28年7月9日、同社の定期501便として成田国際空港を離陸して福岡空港に着陸後の折り返しの同社の定期502便として、福岡空港を08時50分に離陸し成田国際空港へ向けて飛行していた。

同機には、機長ほか乗務員5名及び乗客150名の計156名が搭乗していた。

本重大インシデント発生当時、同機の操縦席には、機長がPF<sup>\*1</sup>として左操縦席に、副操縦士がPM<sup>\*1</sup>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：福岡空港、移動開始時刻：08時40分、巡航速度：452kt、巡航高度：FL<sup>\*2</sup>370、経路：SABAR<sup>サブアー</sup>～Y81（RNAV経路）～BINKS<sup>ピンクス</sup> 目的地：成田国際空港、所要時間：1時間24分、持久時間で表された燃料搭載量：2時間40分、代替空港：東京国際空港

機長及び副操縦士の口述並びに飛行記録装置（以下「FDR<sup>\*3</sup>」という。）の記録及び管制交信記録によれば、本重大インシデントに至るまでの飛行の経過は、概略次のとおりであった。

#### 2.1.1 管制交信記録並びにFDR及びQAR<sup>\*4</sup>の記録による飛行の経過

09時14分ごろ 同機は、FL370を巡航中、悪天回避のため予定経路から20nm北側へそれることを福岡コントロールに要求し、承認を受けた。

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

\*2 「FL」とは、標準大気の高圧力高度で、高度計規正值を29.92inHgにセットしたときの高度計の指示（単位はft）を100で除した数値で表される高度である。日本では、通常14,000ft以上の飛行高度はフライトレベルが使用される。例として、FL200は高度20,000ftを表す。

\*3 「FDR」については、2.7参照。

\*4 「QAR」とは、Quick Access Recorderの略で、主に運航の品質向上を目的とした飛行データを記録する装置をいう。

- 同 20 分ごろ 同機は、更に 5 nm北側へ悪天回避を福岡コントロールに要求し、承認を受けた。
- 同 23 分 16 秒 同機は、東京コントロールに、25 nm北側への悪天回避が承認されていることを伝えた。東京コントロールは、<sup>ブン</sup><sup>グ</sup>BUNGU（ウェイポイント）に直行できるようになったら報告するよう指示した。
- 同 30 分 18 秒 同機は、BUNGUへの直行を要求し、承認された。
- 同 33 分 11 秒 同機は、25 nm南側へ悪天回避を要求し、承認された。
- 同 36 分 18 秒 同機は、<sup>イ</sup><sup>セ</sup><sup>ビ</sup>ISEBI（ウェイポイント）上空、FL 370と通報した。
- 同 37 分 07 秒 東京コントロールは、BUNGUへ直行できるか尋ねたが、同機は中程度の揺れのため悪天回避を要求した。東京コントロールは、それを承認し、悪天域を抜けたら報告するよう指示した。
- 同 37 分 42 秒 AOAIRS<sup>\*5</sup>2が大きく振れ始めた。
- 同 37 分 53 秒 AOAIRS 2の振れが止まった2秒後にCAS<sup>\*6</sup>が大きく振れ始めた。ECAM<sup>\*7</sup>にNAV ADR DISAGREE<sup>\*8</sup>メッセージが表示された。
- 同 37 分 55 秒 同機のAuto Pilot（AP）及びAuto Thrust（AT）は自動的に解除され、その3秒後にAPを解除するスイッチが押された。
- 同 38 分 03 秒 同機は、降下を要求し、東京コントロールは、FL 350までの降下を指示した。同機は、さらに「Unreliable airspeed」（速度表示の不良）のためFL 250への降下を要求し承認された。機体高度が一時的に上昇を示した。このときのFDRに記録された高度計と統合型予備計器との高度差は、800 ftに達していた。
- 同 39 分 36 秒 同機は、BUNGUへの直行を要求し、承認された。Thrust LeverはCLIMB位置にセットされた。
- 同 45 分 50 秒 同機は、東京コントロールに、FL 370付近で強い着

\*5 「AOAIRS」とは、AOAセンサーが直接検知した迎角データに、位置情報等を得るInertia Reference Unitからのデータを加えて補正したものをいう。CASが60kt未満のときには、AOAIRSはNCD（無効なデータ）となる。CASについては、脚注6参照。

\*6 「CAS」とは、Computed Airspeedの略で、ADR 1又はADR 2からの速度データをktで表示している。ADRについては、脚注27参照。

\*7 「ECAM」とは、Electronic Centralized Aircraft Monitoringの略で、操縦室の計器板中央に配置され、運航乗務員に対して機体システムの状態、故障、チェックリスト又は操作状況を視覚で与える装置をいう。

\*8 「NAV ADR DISAGREE」については、2.9.4参照。

氷に遭遇した可能性があり、一時的に速度表示が読めなくなったが回復したことを報告した。

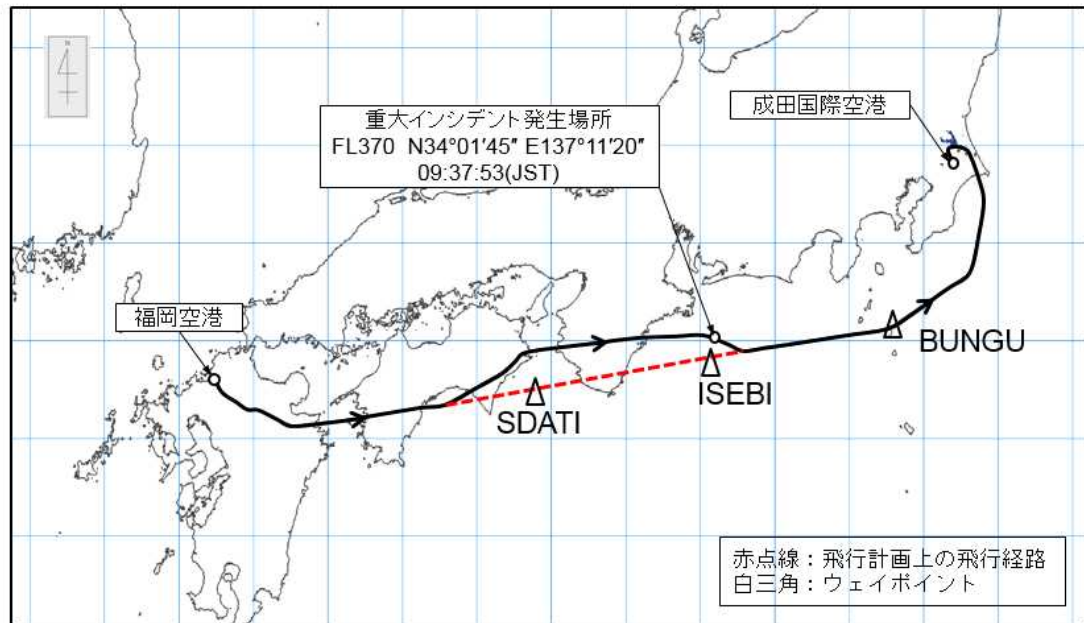


図1 推定飛行経路図

## 2.1.2 運航乗務員の口述

### (1) 機長

同機は、成田空港の天候が悪化傾向だったので、飛行計画の燃料にExtra fuel<sup>\*9</sup>を追加した。機長は、乗客に対して福岡空港を出発後、約40分で揺れが始まる可能性があることを伝えた。

同機がFL370を巡航中、機上レーダーには緑色、時々黄色のエコーが帯状に映っていたため、SDATI（ウェイポイント）の80nm手前（西側）から、飛行計画上の経路よりも20nm程度北側にそれて飛行した。ISEBIの正横に達したところで雨が機体に当たる音を聞いた。その時のSAT（真外気温度）は-44℃だった。その直後に副操縦士から、副操縦士席のPFDの速度表示が正常でない旨の発言があり、副操縦士側の速度表示が上下に激しく揺れていた。機長席のPFDも確認したところ、同様に速度表示が上下に激しく揺れていた。再び、副操縦士席の速度表示を確認したときには速度表示に不良を示すFlagが出た。機長は、APとATを解除して、機体が失速しないように、ピッチ姿勢角を2.5°から5.0°の間に維持するように飛行した。失速警報は作動していなかった。

\*9 「Extra fuel」とは、機長及び/又は運航管理者の決定により追加される燃料をいう。目的地又は代替飛行場の気象に変化が予想される場合などに搭載することがある。

ECAMにはNAV ADR DISAGREEメッセージが表示されていた。また、PFDにはフライトコントロール・コンピューターがAlternate Law<sup>\*10</sup>へ移行したことを示す表示が出ていた。

同機はATC<sup>\*11</sup>に降下を要求した。同機が降下を開始してまもなく機長席と副操縦士席の速度表示が正常に戻ったことからATとAPを手動で再び作動させた。機長は、主翼と検氷装置を目視確認したが着氷はなかった。

同機がFL250まで降下したところで、客室乗務員に発生した事象を説明し、目的地へ飛行を継続した。

## (2) 副操縦士

飛行経路は雲中だったと思う。機上レーダー上のエコーは緑であった。軽い揺れが続いていたが、ふだんと変わったことは感じなかった。ISEBIの正横付近で、雨が操縦室前方窓に当たるような「サーッ」という音がして、速度表示のふらつきに気付いた。高度が高いのに雨音がすることに違和感を感じて、アイスクリスタル（氷晶）<sup>\*12</sup>のことが一瞬頭をよぎった。

同機が降下を開始して間もなく、機長から速度表示が正常に戻った旨の発言があり、副操縦士席の速度表示及び統合型予備計器の速度表示を確認したところ正常と思われる値であった。

飛行中、機上レーダーはALLモード<sup>\*13</sup>を選択していた。

本重大インシデントの発生場所は、中部国際空港の南南東約9.6km、高度37,000ft（北緯34度1分45秒、東経137度11分20秒）で、発生日時は、平成28年7月9日、09時38分であった。

## 2.2 人の負傷

負傷者はなかった。

## 2.3 航空機の損壊に関する情報

損傷はなかった。

## 2.4 航空機乗組員に関する情報

(1) 機長 男性 43歳

---

\*10 「Alternate Law」については、2.9.5参照。

\*11 「ATC」とは、Air Traffic Controlの略で、航空交通管制の総称をさすが、ここでは東京管制区管制所 関東南Bセクターをいう。

\*12 「アイスクリスタル（氷晶）」については、2.9.2参照

\*13 「ALLモード」については、2.9.6.4参照。

定期運送用操縦士技能証明書（飛行機）	平成25年12月20日
限定事項 エアバス式A320型	平成24年5月7日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成29年2月9日
総飛行時間	7,184時間25分
最近30日間の飛行時間	64時間46分
同型式機による飛行時間	2,997時間56分
最近30日間の飛行時間	64時間46分

(2) 副操縦士                      男性    35歳

事業用操縦士技能証明書（飛行機）	平成21年8月13日
限定事項 エアバス式A320型	平成27年1月9日
計器飛行証明	平成22年3月12日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成28年10月13日
総飛行時間	3,151時間38分
最近30日間の飛行時間	81時間42分
同型式機による飛行時間	1,355時間27分
最近30日間の飛行時間	81時間42分

## 2.5 航空機に関する情報

### 2.5.1 航空機

型            式	エアバス式A320-232型
製造番号	5245
製造年月日	平成24年8月6日
耐空証明書	東-28-119号
有効期限	平成28年6月17日から平成29年6月30日
耐空類別	飛行機 輸送T
総飛行時間	9,938時間39分
定期点検後（2C点検、平成27年10月26日実施）の飛行時間	1,897時間31分

(付図1 エアバス式A320-232型三面図、写真2 重大インシデント機参照)

### 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134,600lb、重心位置は33.



6%MAC<sup>\*14</sup>と推算され、いずれも許容範囲（最大着陸重量169,750lb、本重大インシデント発生当時の重量に対応する重心範囲20.5～38.2%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

同機の整備実施記録によると、平成27年9月から10月にかけて実施された重整備時に、速度系統及び静圧系統の点検が実施され、問題はなかった。

## 2.6 気象に関する情報

### 2.6.1 地上天気図等による概況

- (1) 平成28年7月9日09時気象庁発表の地上天気図によると、前線が関東の沿岸海上を通過して九州南部に延びており、この前線上に東へ移動中の中心気圧1,006hPaの低気圧があった。さらに台湾付近には、中心気圧985hPaの台風1号があった。（図2 参照）

また、同日03時40分気象庁発表の短期予報解説資料によると、低気圧は9日夜にかけて西日本から東日本を通過し、10日未明には関東の東海上に達する、低気圧が引き込む暖湿気の影響で、9日は西日本から東日本で大気の状態が非常に不安定となり、太平洋側を中心に非常に激しい雨が降る見込みであり、特に前線が停滞する西日本では、九州南部を中心に雨量が多くなるおそれがあった。

---

\*14 「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。33.6%MACとは、この空力平均翼弦の前縁から33.6%の位置を示す。

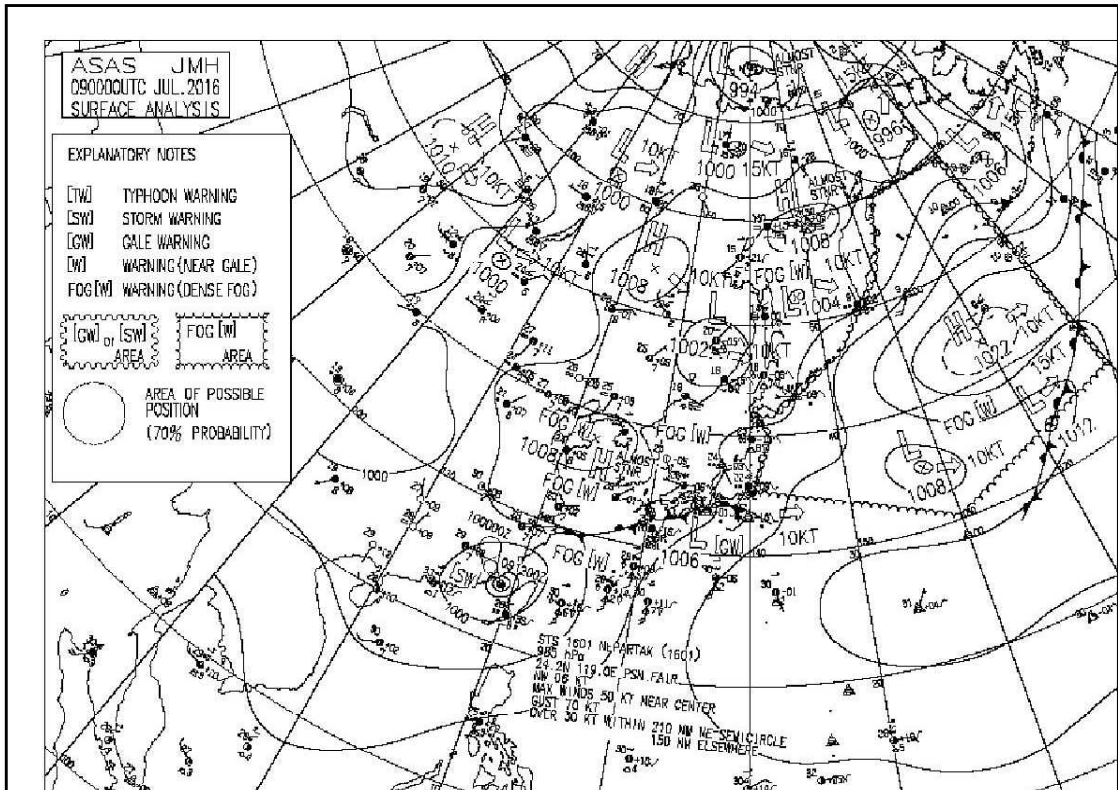


図2 地上天気図 平成28年7月9日09時発表

(2) 同年7月9日03時15分気象庁発表の向こう6時間を予報対象とする国内悪天予想図によると、悪天域（雲中）が東海地方の一部、近畿地方南部及び四国地方東部にまで広がり、東へ15ktで移動すると予想されていた。それに伴い、並の乱気流と着氷、雨、雷電、積乱雲を含む雲量5/8～7/8（BKN<sup>\*15</sup>）程度の積雲が予想されていた。（図3 参照）

また、機長はこの悪天予想図を本重大インシデント発生当日初便の成田空港出発時点のブリーフィングにおいて、運航管理者から入手していた。

\*15 「BKN」とは、雲によって覆われた部分の全天空に対する見かけ上の割合を報じる雲量のうち、5/8～7/8のことをいう。

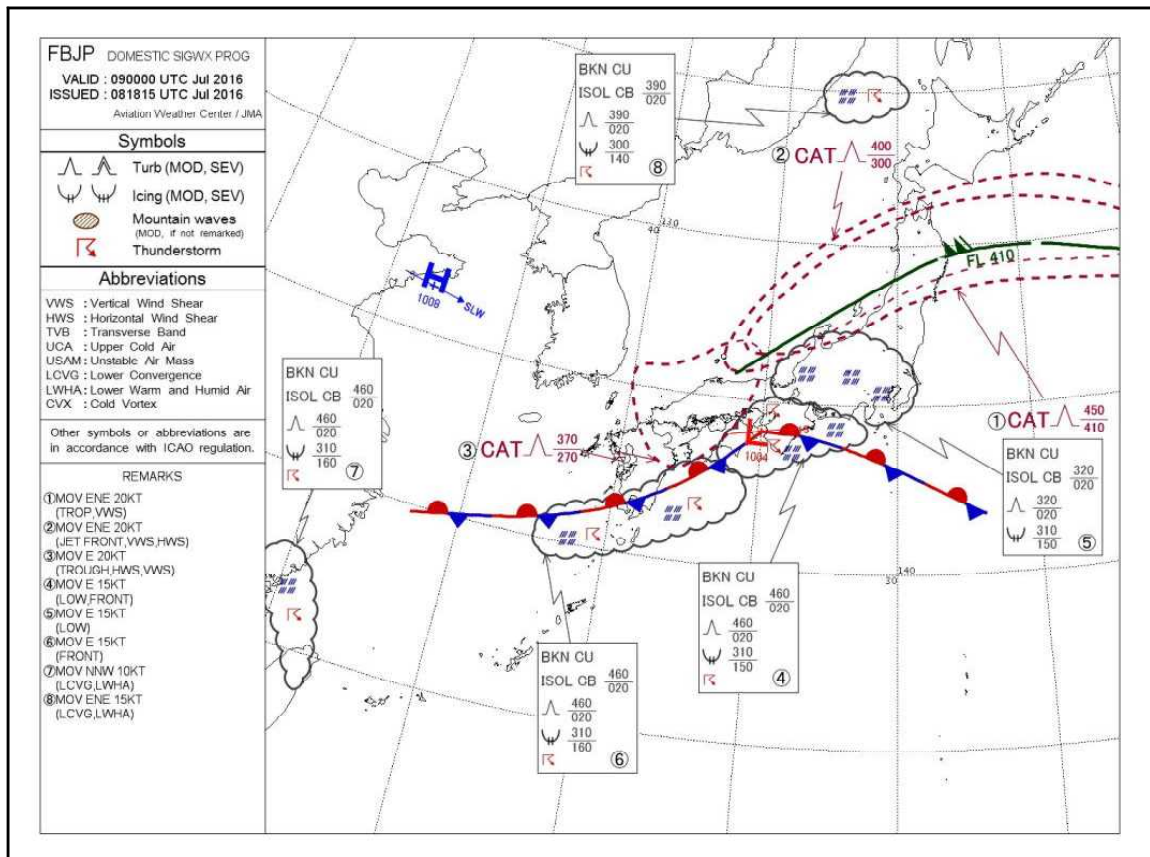


図3 国内悪天予想図 平成28年7月9日03時15分発表

## 2.6.2 レーダー観測データ

### (1) エコー強度

気象庁のエコー強度<sup>\*16</sup>の図（以下「エコー強度図」という。）によると、9時40分（日本標準時）における本重大インシデント発生場所付近のすぐ南側に範囲は狭いが80mm/h以上の降水に相当する非常に強い強度のエコー域があった。また、16～24mm/h及び24～32mm/hの降水に相当するエコー域が東海道沖南側に広がっていた。（図4 エコー強度図と推定飛行経路の合成図 参照）

### (2) エコー頂高度

気象庁のエコー頂高度<sup>\*17</sup>の図（以下「エコー頂高度図」という。）によると、9時40分（日本標準時）における本重大インシデント発生場所付近のすぐ南側にエコー頂高度12～14km（39,370～45,931ft）のエコーがあった。（図5 エコー頂高度図と推定飛行経路の合成図 参照）

\*16 「エコー強度」とは、気象庁が地上の気象レーダーにより、水分を含む雲等を探知し、反射してくる電波エコーを雨量に換算して、降水域の強度を表示したものをいう。

\*17 「エコー頂高度」とは、気象庁がレーダー観測により表示したレーダーエコーの最高値の高さをいう。

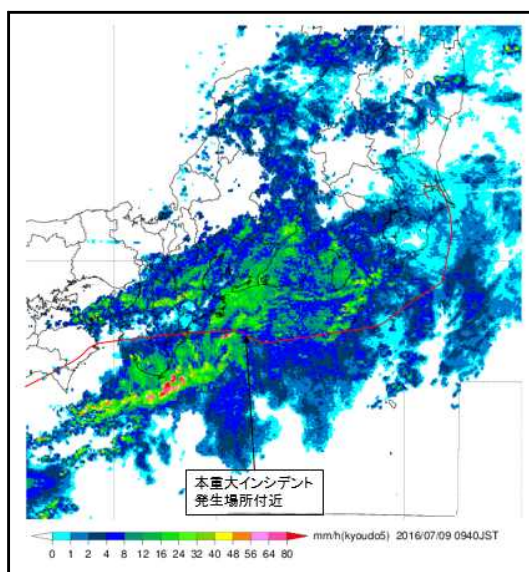


図4 エコー強度図と  
推定飛行経路の合成図

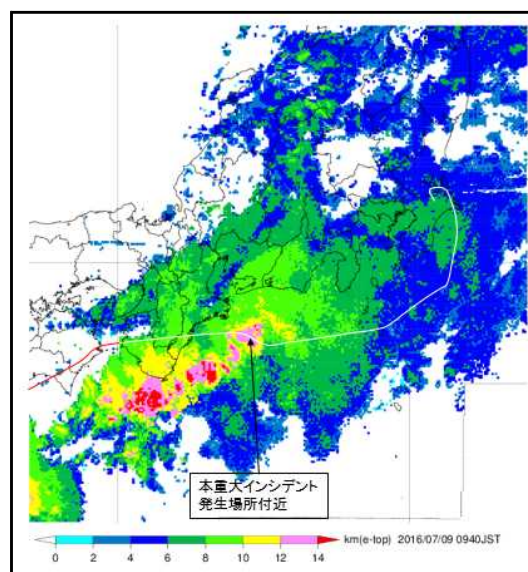


図5 エコー頂高度図と  
推定飛行経路の合成図

## 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の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のCVR<sup>\*18</sup>が装備されていた。同機は、本重大インシデント発生後もFDR及びCVRが取卸しされることなく運航が継続され、FDRには本重大インシデント発生当時の記録が残されていたが、CVRはその記録が上書き消去されていた。またFDRの記録を補完するため、QARに記録されたデータについても利用した。

FDR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無線送信信号を対応させることにより行った。

なお、CASについてはADR1又はADR2のどちらのデータも記録しているかは、記録されない。

## 2.8 試験及び研究に関する情報

### 2.8.1 ピトー管の整備状況

平成27年9月から10月にかけて実施された重整備作業において、整備マニュアルに従い同機に装備されていた3つのピトー管（No.1は機長用、No.2は副操縦士用、No.3は統合型予備計器用）の絶縁抵抗試験（以下「IR試験」という。）が実施され、測定箇所全てにおいて既定値内であることが確認されている。重整

\*18 「CVR」とは、Cockpit Voice Recorderの略で、操縦室の音声を記録する装置をいう。

備以降にピトー管が交換された記録はなかった。

本重大インシデント発生当日の同機に対する飛行前点検において不具合は確認されなかった。また、成田空港到着後の外観点検においても、3つのピトー管に損傷は確認されなかった。

## 2.8.2 ピトー管の試験

同機に装備されていた3つのピトー管の機能を確認するため、平成28年8月24日から同25日にかけて、ピトー管の製造者において試験（IR試験、電力量消費試験、漏洩試験）を実施した。No.2ピトー管について、受入検査で異常な曲がり<sup>えい</sup>が確認されるとともに、IR試験では基準を下回る値であることが確認された。No.1及びNo.3ピトー管については、不具合は確認されなかった。

## 2.9 その他必要な事項

### 2.9.1 着氷

A I M - j <sup>\*19</sup> 2016年前期版（監修国土交通省航空局 気象庁監修（第8章）平成28年6月20日発行）に以下の記載がある。

#### 856. 強い着氷 e. 高濃度氷晶による着氷 (Ice Crystal Icing)

活発な積乱雲に伴う対流現象 (Convective Weather) 近傍の着氷域よりも高い高度において、高濃度な氷晶 (Ice Crystal) 域に遭遇することがある。

Ice Crystalは空気中の冷たい機体表面では弾かれ着氷することはないが、エンジンに流入するとIce Crystalの一部がエンジン・コンプレッサーに付着し堆積する。その堆積した氷が剥がれ、後段のコンプレッサーに衝突することによってブレードが損傷し、エンジンの異常振動の原因となったり、氷晶が急激に昇華することにより異常燃焼となり推力低下やフレームアウトに至る場合もある。

Ice Crystalは非常に小さな氷晶であるため、機上レーダーで直接認識することは困難であるが、強い降雨域の上空および近傍で高密度なIce Crystalが存在することが確認されていることから、雲中を飛行中は飛行高度付近にレーダーエコーが無くても飛行高度下方（着氷域付近）に並～強のエコーがある場合は、そのエリア上空を避けて飛行することが望ましい。

\*19 「A I M - j」とは、Aeronautical Information Manual Japanの略で、主に日本の空域を飛行するために必要な基本的情報、一般的な飛行の手順、ATCの手順が記載されている。また、気象に関する基本的な情報、航空の安全に影響を与える諸要素の解説、日常の運航に参考となる諸資料及び航空管制に関する用語の解説等も含んでいる。

## 2.9.2 氷晶に関する情報

### 2.9.2.1 製造者からの情報

製造者のFLIGHT CREW TECHNIQUES MANUAL（以下「FCTM<sup>\*20</sup>」という。）に以下の記述がある（図6-1から6-3 同社に提供されたFCTM 参照）。なお、氷晶に関連する内容を含む改訂がなされたFCTMが同社に提供されたのは本重大インシデント発生後の平成29年3月22日であり、それ以前の同社における社内教育では氷晶に関する情報についての知識付与に重点を置いた内容は扱われていなかった。

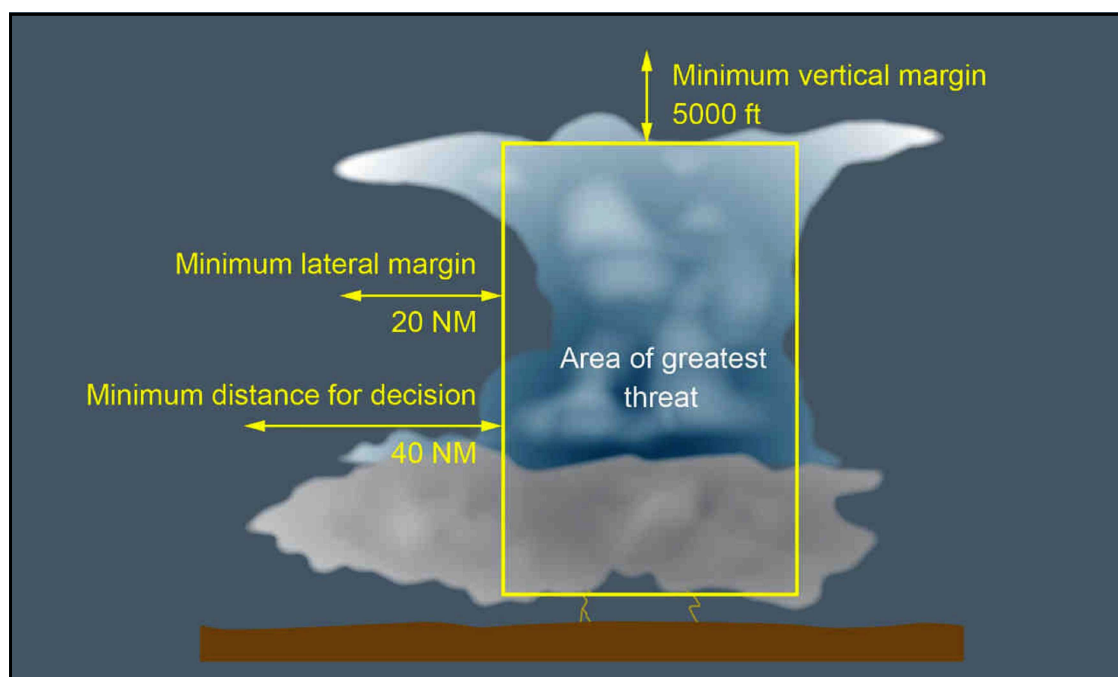


図6-1 積乱雲からの一般的な回避距離の図

### *Ice Crystals*

#### *GENERAL*

*Clouds are made of particles of water that can be either liquid or solid. Ice crystals are very small solid water particles. In some areas, there may be a very high concentration of ice crystals that may have adverse effect on the aircraft.*

*Areas of ice crystals are usually next to, or above the core of convective clouds that have high-intensity precipitation. However, areas of ice*

\*20 「FCTM」とは、FCOMを補完し、同型機の操縦方法に関する実践的な情報をパイロットに提供するためのマニュアルをいう。



*crystals may sometimes even be several nautical miles away from the core of the associated convective cloud.*

*When ice crystals get in contact with a hot surface, they melt. Depending on the type of surface, a water film may appear. On the windshield, this water film creates not-expected appearance of "rain" at temperatures too low for liquid water to exist.*

*If there is a specific airflow towards a zone of the aircraft where water can build up, accretion may occur and create a block of ice. This is why flight in areas of ice crystals may result in various effects, for example engine vibrations, engine power loss, engine damage, or icing of air data probes.*

(仮訳)

氷晶

一般

雲は、液体か固体の水の粒子からなる。氷晶はとても小さな固体の水粒である。場所によっては、航空機に悪影響を与えうる極めて高密度の氷晶の場合がある。

氷晶の範囲は、通常、猛烈な降水がある対流雲の近くか中心の上方に存在する。しかしながら、氷晶の範囲は、ときに、関係する対流雲の中心から数マイル離れたところにまで存在する場合がある。

熱せられた表面に氷晶が触れると溶ける。表面の形状によって水膜が発生することもある。ウインド・シールド（コックピット前面の窓）にあたると、この水膜は液状の水が存在しえないような低い温度下でも、予期しない（擬似的な）“雨”の状況を作り出す。

水が堆積しうる航空機の部位に向かって特定の空気流がある場合、氷晶が積み重なり氷塊を生むこともある。このことが、氷晶の空域で飛行する場合に、さまざまな影響、例えばエンジン振動、エンジン出力損失、エンジン損傷又はエアデータ・プローブの着氷といった結果が生じる理由である。

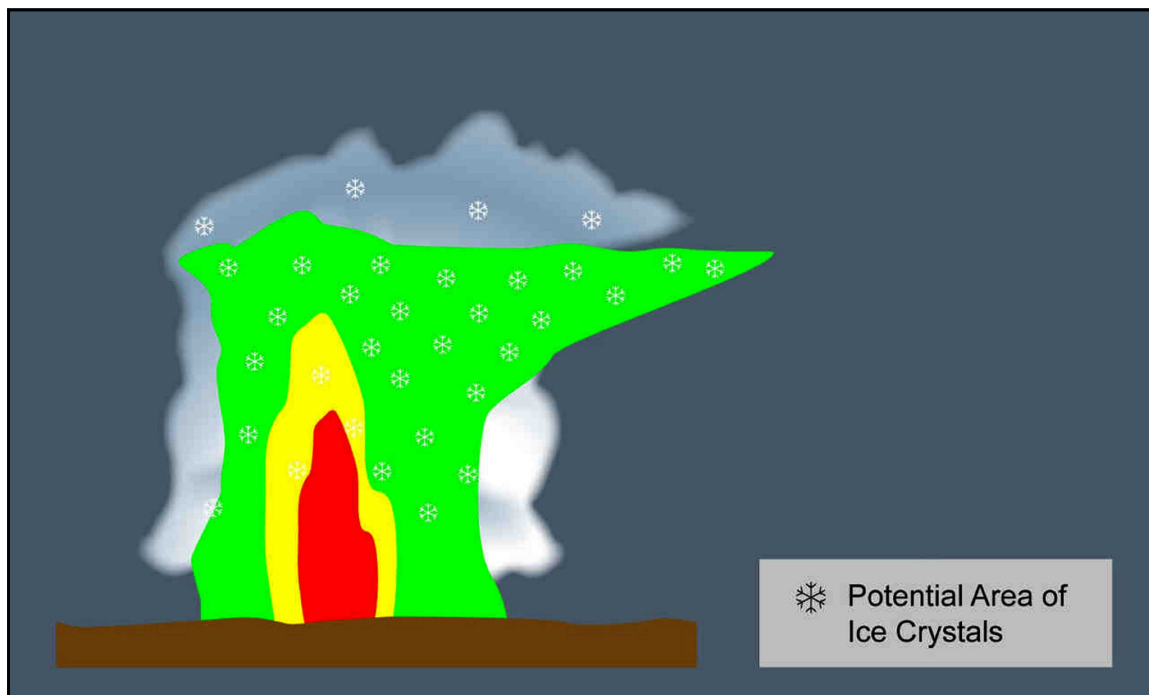


図6-2 孤立型積乱雲  
(図中の色については、脚注32参照)

#### DETECTION OF ICE CRYSTALS

*Ice crystals are difficult to detect with the weather radar, because their reflectivity is very low due to both their small size and solid state. In addition, in areas of ice crystals, the flight crew should not expect significant icing of the airframe. This is because ice crystals bounce off cold aircraft surfaces. This is why even the ice detection system does not detect ice crystals, because ice crystals do not build up on ice detectors and visual ice indicators.*

*However, areas of ice crystals are usually associated with visible moisture. Ice crystals can be indicated by one or more of the following:*

- *Appearance of rain on the windshield at temperatures too low for rain to exist. This "rain" is usually associated with a "Shhhh" noise*
  - *Small accumulation of ice particles on wipers*
  - *Smell of ozone or Saint Elmo's fire*
  - *Aircraft TAT indication that remains near 0°C (due to freezing of the TAT probe)*
  - *Light to moderate turbulence in IMC at high altitude*
  - *No significant radar echo at high aircraft altitude, combined with:*



- *High-intensity precipitation that appears below the aircraft, or*
- *Aircraft position downwind of a very active convective cloud.*

(仮訳)

#### 氷晶の検出

氷晶を機上レーダーで検知することは、その大きさが小さく固体状態であることから反射率がとても低く困難である。さらに、乗務員は氷晶のある場所では、機体への著しい着氷により検知できると期待してはならない。これは、氷晶が、冷えた機体外板に衝突して跳ね返るためである。これが着氷感知装置でさえも氷晶を感知することができない理由であり、氷晶は、着氷感知装置及び目視確認用の検氷装置に堆積しない。

しかしながら、氷晶の空域は、通常、目視可能な大気中の水分に伴って存在している。氷晶の存在は、以下の一つ以上の特徴により示される。

- －雨が存在するには低すぎる外気温度において、ウインド・シールドにぶつかる雨の出現。この“雨”は、通常シューという音（ウインド・シールドにぶつかる音）を伴う
- －少量の氷粒のワイパーへの堆積
- －オゾンの臭い又はセントエルモの火
- －全温度計の指示が0℃付近を表示する（TATプローブの凍結による）
- －高高度における計器気象状態（IMC）で、弱から並程度のタービュランス
- －高高度において目立ったレーダーエコーがないことに併せて
  - 航空機の下方に強い降水強度が存在する又は、
  - 航空機が極めて活発な対流性の雲の風下側に位置している。

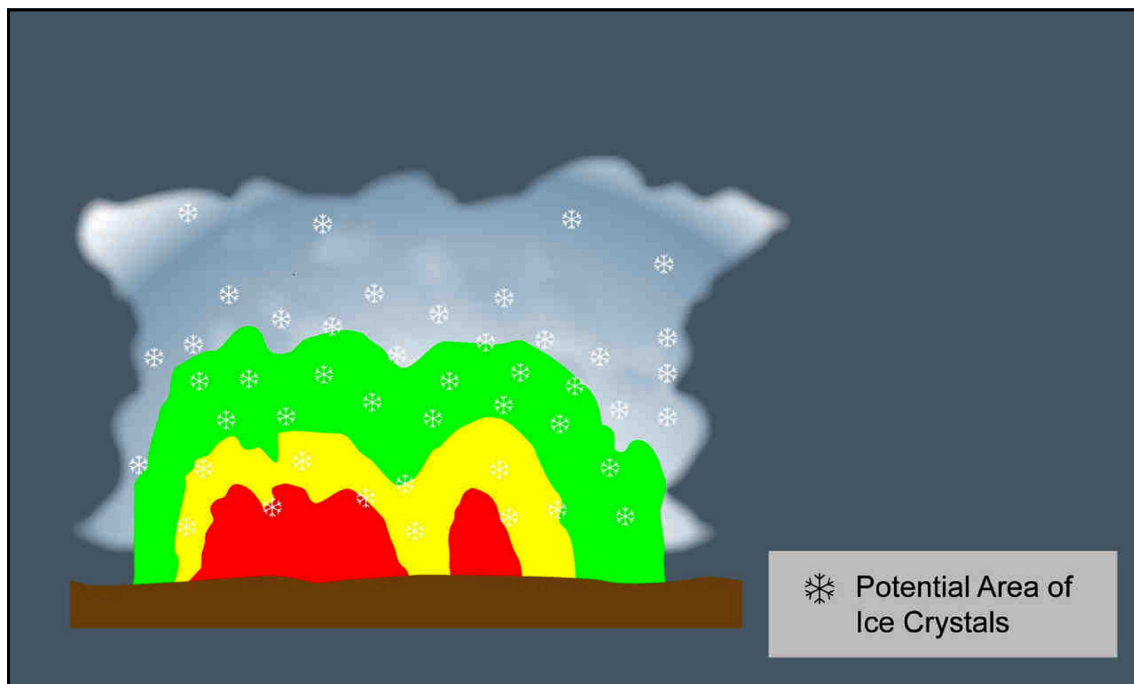


図6-3 メソ<sup>\*21</sup>対流系  
(図中の色については、脚注32参照)

#### OPERATIONAL RECOMMENDATIONS FOR CRYSTALS

*If possible, the flight crew should avoid flight into areas that have a high concentration of ice crystals. The following recommendations apply:*

*- Use the weather radar:*

- Identify areas that have a strong echo, and perform a detailed analysis of the structure of the convective clouds*

- If necessary, use the weather radar manual modes for a more precise analysis*

- Pay particular attention to strong echoes below the aircraft and to downwind areas.*

*-To avoid convective clouds, comply with operational recommendations, particularly:*

- Prefer lateral to vertical avoidance*

- Comply with the avoidance margins*

- Deviate upwinds instead of downwind.*

\*21 「メソ」とは、気象現象の空間スケールのうち2000～2kmのものをいうが、一般的にメソスケールと表現され数100km規模を意味することが多い。

*If the aircraft encounters ice crystals precipitation despite avoidance action, and if this results in engines or probes misbehaviors, the published procedures and recommendations apply, and in particular:*

- ECAM alerts related to engine failure or engine stall*
- ECAM alerts related to probe failure*
- QRH procedures such as the ones linked to unreliable airspeed indication, engine vibrations, engine relight in flight...*

(仮訳)

氷晶に対処するための運用上の推奨事項

可能であれば、乗務員は高密度の氷晶域への飛行を避けるべきである。以下の推奨事項に従う。:

- 機上レーダーを使用し、
  - ・強いエコーがある範囲を識別し、対流雲の構造について詳細な分析を行うこと。
  - ・より厳密な解析のため機上レーダーを必要に応じて、手動モードで使用する
- ・航空機の下方及び風下領域の強いエコーに特に注意を払うこと。
- 対流性の雲に注意を払い、運航の推奨手順に従うこと、特に
  - ・垂直方向ではなく水平方向へ回避すること
  - ・余裕を持って回避すること
  - ・風下よりも風上に経路を避けること

回避行動にもかかわらず航空機が氷晶に遭遇した場合、及び結果としてエンジン又はプローブが異常作動となった場合、発行された手順及び推奨手順に従うこと、特に

- エンジン故障又はエンジン失速に関連する E C A M 警報
- プローブの故障に関連する E C A M 警報
- 信頼できない速度表示、エンジン振動、飛行中のエンジン再始動に関連する Q R H<sup>\*22</sup> 手順

---

\*22 「QRH」とは、Quick Reference Handbookの略で、実運航における緊急時の迅速な検索、閲覧を目的としており、飛行機運用規程の一部を掲載するものをいう。

## 2.9.2.2 米国連邦航空局の情報

米国連邦航空局（以下「F A A」という。）のA C<sup>\*23</sup>（A C 9 1 - 7 4 B Pilot Guide:Flight in Icing Conditions）に対流現象及び着氷について以下の記載がある。

### *2-4 CONVECTIVE WEATHER AND ICE CRYSTALS*

#### *a. Cnvective Weather Systems.*

*Convective weather systems, especially those associated with tropical weather fronts, can pump large quantities of moisture to high altitudes that freezes into ice crystals that can remain aloft. These ice crystals can remain as a cloud well after the convective system has decayed. Clouds and temperatures less than 10 °C are better indicators of the possible presence of ice crystals when near convective weather.*

(抄訳)

#### 2 - 4 対流現象と氷晶

##### a. 対流現象

対流現象により大量の水分が氷晶として高高度まで存在する。

##### *b. Hazards.*

*Above flight level (FL) 250, clouds contain little liquid water and mostly contain ice particles. These clouds with no liquid water have about 20 times less radar reflectivity than rain drops, and therefore are difficult to detect. Airborne weather radar will receive little to no returns at these altitudes unless it is tilted down to lower altitudes near or below the freezing level. Strong returns from the lower altitudes indicate the possibility of hail, severe turbulence, or large quantities of ice crystals that could be encountered above and accrete inside turbine engines when overflying these areas. Large deposits may ultimately result in engine upset, engine damage from ice shedding, power loss, or engine shutdown.*

---

\*23 「A C」とは、Advisory Circularの略で、F A Aが刊行する文書で、航空関係者に情報を伝えるものであり、航空業界には有益な情報が記載されている。

(抄訳)

b. ハザード

FL250以上では、雲は液状の水を少量しか含まずほとんど氷の粒子で構成され、雨粒に比べて機上レーダーの反射が20分の1であり検知が難しい。

(中略)

3-11 EFFECTS OF ICING ON CRITICAL SYSTEMS.

a. Pitot Tube.

*The pitot tube is particularly vulnerable to icing because even light icing can block the entry hole of the pitot tube where ram air enters the system. This will affect the airspeed indicator and is the reason most airplanes are equipped with a pitot heating system. The pitot heater usually consists of coiled wire heating elements wrapped around the air entry tube. If the pitot tube becomes blocked, and its associated drain hole remains clear, ram air no longer is able to enter the pitot system. Air already in the system will vent through the drain hole, and the remaining will drop to ambient (i. e., outside) pressure. Under these circumstances, the airspeed indicator reading decreases to zero because the airspeed indicator senses no difference between ram and static air pressure. If the pitot tube, drain hole, and static system all become blocked in flight changes in airspeed will not be indicated, due to the trapped pressures. However, if the static system remains clear, the airspeed indicator would display a higher-than-actual airspeed as the altitude increased. As altitude is decreased, the airspeed indicator would display a lower-than-actual airspeed.*

(抄訳)

3-11 重要なシステムへの着氷の影響

a. ピトー管

ピトー管には圧縮された空気が流入する入口の穴が軽度の着氷であっても塞がれるため着氷の影響を受けやすく、入口のチューブには電熱線による着氷防止が図られているが、ピトー管が閉塞すると圧縮された空気がシステムに流入できず、状況により速度計の指示値がゼロを示したり、機速が変化しても一定値を示したり、高度上昇又は降下に伴って速度指示が実際速度よりも速く又は遅く表示されることもある。

(中略)

c. *Stall Warning Systems.*

- (1) *Stall warning systems provide essential information to pilots. A loss of these systems can exacerbate an already hazardous situation. These systems range from a sophisticated stall warning vane to a simple airflow-activated stall warning switch. The stall warning vane (also called an “AOA sensor” since it is a part of the stall warning system) has a wedge-like shape, has freedom to rotate about a horizontal axis, and is connected to a transducer that converts the vane’s movements into electrical signals transmitted to the airplane’s flight data computer. Normally, the vane is heated electrically to prevent ice formation. The transducer is also heated to prevent moisture from condensing on it when the vane heater is operating. If the vane collects ice, it may send erroneous signals to such equipment as stick shakers or stall warning devices. Aircraft that use a stall horn connected to the stall warning switch may not give any indication of stall if the stall indicator opening or switch becomes frozen.*

(抄訳)

c. 失速警報システム

- (1) 失速警報システムは操縦士に極めて重要な情報を与え、機能喪失は危機的な状況を悪化させる。システムの一部であるAOAセンサーは水平な軸を中心として自由に動くくさび形をしており、フライト・データー・コンピューターにセンサーの動きを電気信号として伝える。AOAセンサーは加熱されているが、凍結した場合、失速警報システムが誤った信号を送る可能性がある。

(中略)

f. *Outside Air Temperature (OAT)/True Air Temperature (TAT) Probe.*

- (1) *Ice crystals can clog and freeze over the heated temperature probe on some aircraft. This tendency to freeze over appears to be sensitive to the location of the probe on the airframe. If the OAT/TAT probe freezes over, the indicated temperature will erroneously rise to 0°C and hold. In this situation, some aircraft systems will alert the flightcrew that*

*there is a disagreement between various ambient temperature sensors, thus indicating the presence of ice crystals.*

(抄訳)

f. 外気温度計 (OAT) / 全温度 (TAT) <sup>\*24</sup>プローブ

- (1) 氷晶が外気温度/真温度プローブを凍結させた場合、指示温度が0℃に上昇する。航空機によって他の温度センサーからの情報の不一致を警告するものもあり、これにより氷晶が存在することが示される。

#### 5-7. CRUISE.

*An aircraft that is certificated for flight in icing conditions will be able to cope with most icing encounters provided that its ice protection systems are operating properly and that the exposure is not extended beyond their capabilities. However, if it is possible to exit the icing conditions by a change in altitude or flightpath, this is certainly advisable. During any icing encounter, the pilot should carefully monitor the behavior of the aircraft and know when to activate the airplane's anti-ice and deicing systems.*

(抄訳)

#### 5-7 巡航

着氷気象状態での飛行が証明されている航空機は、防氷装置が適切に使用され、その能力を超えて着氷にさらされない限り、遭遇するほとんどの着氷に対処できる。しかしながら、高度や飛行経路を変更することにより着氷気象状態から脱出することが可能であれば、そうすべきである。いかなる着氷の遭遇であっても、操縦士は注意深く航空機の挙動を監視し、いつ防除氷装置を作動させるべきかを察知すべきである。

(中略)

g *Airspeed Monitoring.*

*It is critical that the pilot monitor airspeed to assure that at least the minimum flight speed for the configuration and environmental conditions is*

---

\*24 「全温度 (TAT)」とは、Total Air Temperatureの略で、流れのよどみ点温度のことであって航空機の場合、TATと機速から換算して外気温度を求めるためのものをいう。

*maintained. There have been events in which the airspeed loss from cruise to stall occurred in a matter of minutes.*

(抄訳)

#### g 速度の監視

その時の航空機の形態及び環境条件での最小飛行速度は、少なくとも確実に維持するように、操縦士が速度を監視することが極めて重要である。わずか数分のうちに巡航状態から失速に至るまでの速度低下が起きた事案が発生している。

(中略)

#### h Weather Systems.

*The pilot should exercise care when operating turbine engine powered aircraft in or around convective weather systems. Ice crystals can be accreting in the engine even though the airframe and ice detectors may not show any indications of an icing environment. This can occur at very low ambient temperatures and high altitudes. The pilot should activate nacelle and engine anti-ice systems if the presence of ice crystals is suspected and follow the procedures outlined in the aircraft's AFM as needed.*

(抄訳)

#### h 気象

タービンエンジンの航空機の操縦士は、対流気象の中又はその付近を運航する時は十分注意すべきである。氷晶は、たとえ機体構造や検氷装置が着氷状態を示していなくてもエンジンに堆積することがある。これは、非常に低い外気温度及び高高度で発生する。操縦士は、氷晶の存在が疑われる場合にはナセルとエンジンの防氷装置を作動させ、必要に応じて飛行規程に記載された手順に従うべきである。

### 2.9.3 速度表示の不良に関する情報

製造者が提供するFC TMには速度表示の不良に関して概略次のとおり記載されている。

- ① 機体の速度と高度に関連する誤った情報の大部分は、ピトー管や静圧孔の詰まりなどに起因するものであるが、ADRは機体の速度と高度に関係するほとんどの障害を検知する。これらの障害により操縦室における速度又は高度情報が失われたり、それに関連するメッセージ (NAV ADR DIS



AGREE) が ECAM に表示されることがある。

② 速度表示の不良に対応する QRH の手順は二つの目的がある：

- 機体を安全に飛ばすこと
- 不具合のある ADR を特定して隔離すること

さらに、次のステップを続ける。

1. Memory Item<sup>\*25</sup> (必要があれば)
2. 飛行経路を安定させる
3. 故障探求と隔離
4. 基準ピッチ姿勢角 / 基準出力を用いて飛行する

③ 高高度においてピトー管が閉塞した場合

運航中に発生する事象の分析は以下のとおり、

- 低高度における速度表示の不良のほとんどは、雨、重大な着氷又は外的要因によるピトー管の閉塞のためで、一時的な現象ではない。
- 一般的に FL 250 を越える、高高度における、速度表示の不良はほとんどが一時的な現象である：ほとんどが水分や特定の気象状態における氷によるピトー管の閉塞によって生じる。これまでの実績では、そのような閉塞は、一般的には数分以内に解消することが明らかとなっており、その後は通常の色度表示に回復する。

#### 2.9.4 NAV ADR DISAGREE 表示について

同機は、3 台の ADIRU<sup>\*26</sup> を装備しており、ADIRU を構成するユニットのうち ADR<sup>\*27</sup> については、迎角 (AOA) センサー、ピトー管、静圧孔及び全温度 (TAT) プローブからのエアデーターが入力される。ピトー管及び静圧孔からのエアデーターは、一旦、ADM<sup>\*28</sup> で電気信号に変換されて各 ADIRU に送られる (図 7 速度系統の概念図 参照)。また、コンピューター (ELAC<sup>\*29</sup>) に入力される 3 系統の ADR データー (ADR 1、ADR 2 及び ADR 3) の中央値を算

---

\*25 「Memory Item」とは、非常操作のうち、即座の対応が必要でありチェックリスト等を参照せずにあらかじめ記憶している手順に従って操作を行う必要がある項目をいう。

\*26 「ADIRU」とは、Air Data / Inertial Reference Unit の略で、機体のエアデーターを得る ADR ユニットと、位置情報等を得る IR ユニートを統合した装置をいう。ADIRU 1 の情報は機長席側の PFD 及び ND に、ADIRU 2 の情報は副操縦士席側の PFD 及び ND にそれぞれ表示される。ADIRU 3 の情報は必要に応じて、機長席側又は副操縦士席側に切り替えて表示することができる。

\*27 「ADR」とは、Air Data Reference の略で、機体のエアデーターである速度情報及び高度情報を得るユニットをいう。

\*28 「ADM」とは、Air Data Module の略で、ピトー管及び静圧孔からのエアデーターを電気信号に変換する装置のこと。変換された信号は必要に応じて ADIRU などの電子機器に送られる。

\*29 「ELAC」とは、Elevator Aileron Computer の略で、演算処理されたピッチ姿勢指示及びロール姿勢指示に関連するフライトコントロールのサーボに伝達して作動させる装置をいう。

出し、中央値と比較することで個々のADRデータの正誤を判定している。コンピューターが正しいと判定した値の場合に、それらのデータは飛行を制御するコンピューターに出力される。

次の事象が発生した場合には、自動でAPとATが解除されてECAMにNAVADR DISAGREEの注意表示が表れる。

- ・ 1台のADRが故障又はELACに入力されたデータが誤りと判断されて、残り2台のADR間でデータ（速度又は迎角）に不一致がある場合

ADRデータの誤りが一時的で、正しいデータに回復した場合、解除されたAPとATはパイロットの操作により再び作動させることができる。

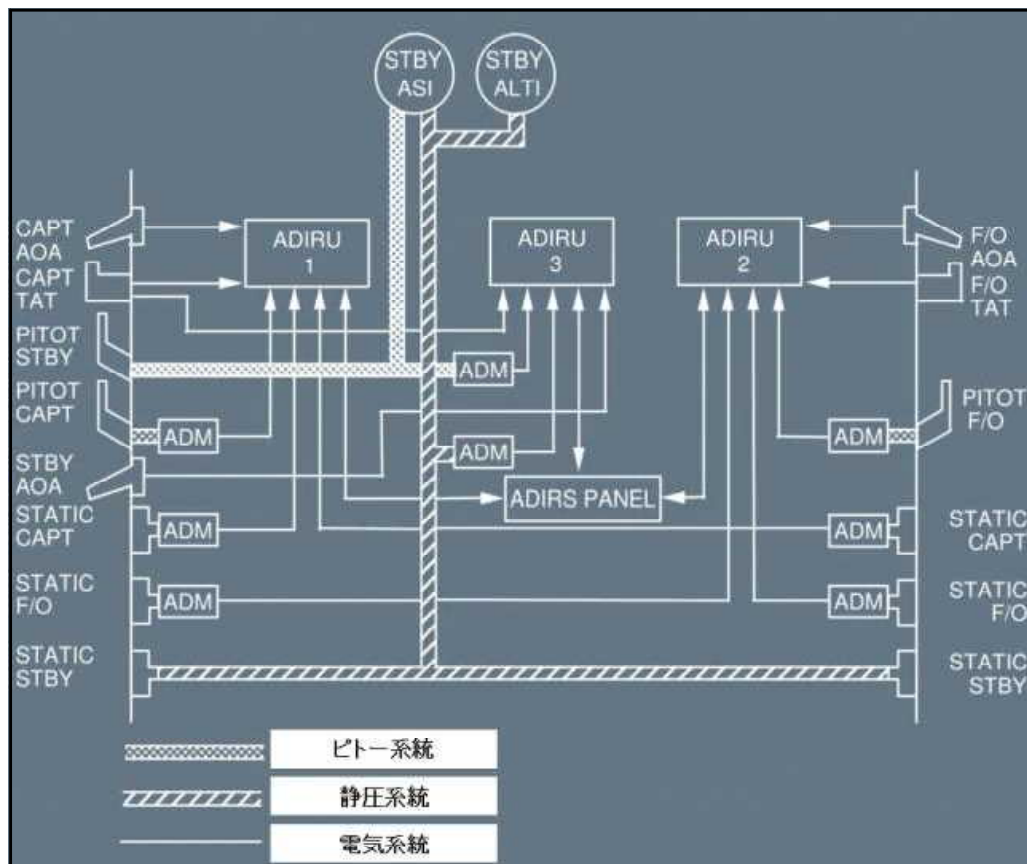


図7 速度系統の概念図

ADRとPFDの関係については通常、ADR 1 データは、左席のPFDに表示され、ADR 2 データは右席のPFDに表示される。ADR 3 データは統合型予備計器に表示されるが、切り替え操作により左席又は右席のPFDに表示させることができる。

### 2.9.5 F/CTL ALTERNATE LAW表示について

同機には、PFが機体を操縦するために操作するサイドスティックへの入力と機体の応答について制御規則 (Law) と呼ばれる関係がある。飛行制御装置 (フライ

トコントロール・システム) 又はその関連装置に故障が発生すると、コンピューターはフライトコントロール・システムのLawを通常Normal Law<sup>\*30</sup>から故障の段階に応じて、Alternate Law、Direct Law<sup>\*31</sup>へと変化させる。

同機に発生した速度表示の不良は、コンピューターのLawをNormal LawからAlternate Lawへと変化させ、その結果失速を防止するための保護機能(High Angle of Attack Protection) 及び超過速度を超えないための保護機能(High Speed Protection)は停止し、ECAMにF/CTL ALTERNATE LAWの注意表示が表れるとともに、PFDに琥珀色のx印が表示された(図8 PFDに表示されるNormal LawからAlternate Lawへの変化 参照)。

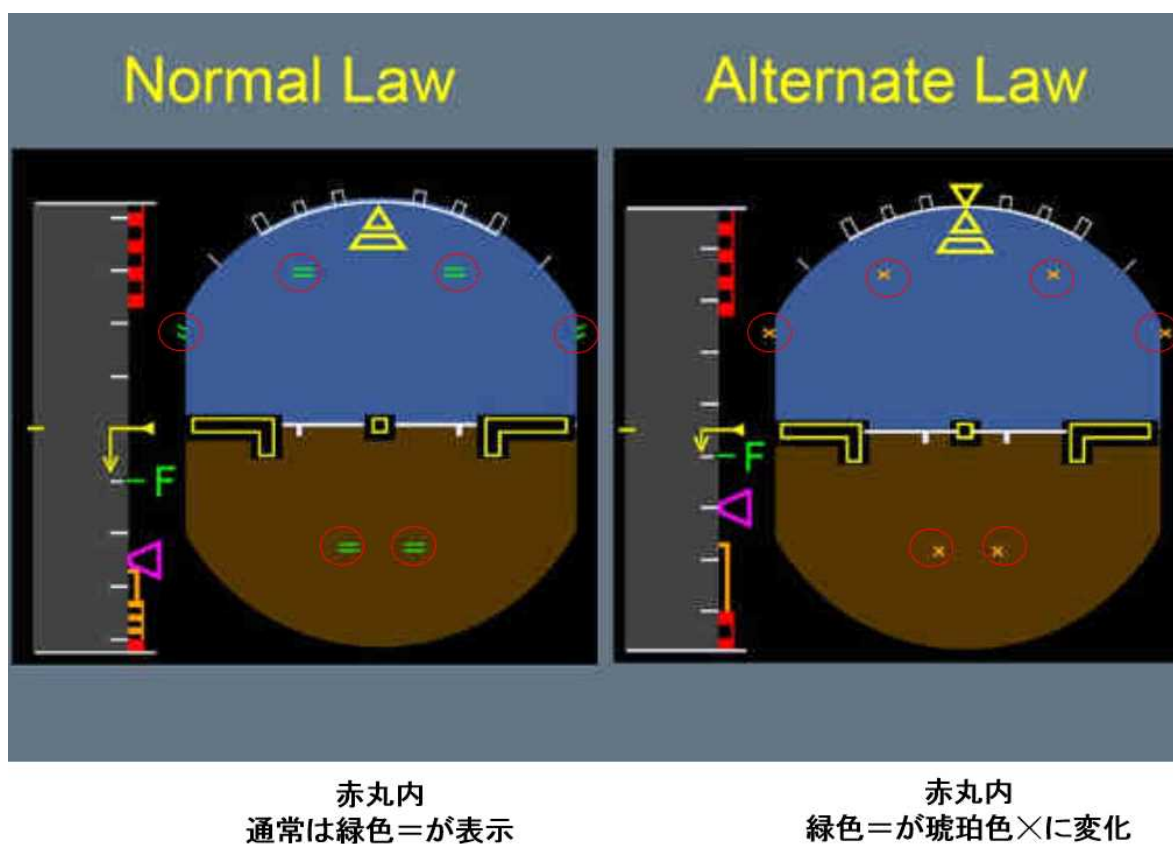


図8 PFDに表示されるNormal LawからAlternate Lawへの変化

## 2.9.6 機体システム

### 2.9.6.1 プローブ類の着氷防止 (Probe Ice Protection)

同機のエアデータター・プローブ類 (AOAセンサー、ピトー管、静圧孔及びTA

\*30 「Normal Law」は、操縦に関連するコンピューターが前もって設定された飛行範囲の限界値内に機体を維持しようと、操縦士が過大な操縦をした場合に保護機能が作動する。

\*31 「Direct Law」は、操縦に関連するコンピューターが複数故障するなどした場合に、飛行範囲の限界値内に機体を維持しようとする保護機能が停止する。

Tプローブ)は、着氷を防止するため電氣的に加熱している。エアデーター・システムから信頼性のある情報を得るため、少なくとも1台のエンジンが作動している間、エアデーター・プローブ類は自動的に加熱されている。各エアデーター・プローブ類は、エアデーター・システムの各チャンネルにつながれている。各チャンネルのヒーター・システムはプローブ・ヒーター・コンピューターによりコントロールされている。

#### 2.9.6.2 ウインドウ・ヒート (Window Heat)

操縦室前方窓の着氷防止及び側方窓のくもり止めは、電氣的に加熱されており、少なくとも1台のエンジンが作動している間は、自動的に加熱されている。

#### 2.9.6.3 検氷装置 (Ice Indicator)

同機の検氷装置は、操縦室前方窓の外側にある突起状の部品で、機長及び副操縦士が目視で着氷を確認する。(写真1 同機の検氷装置 参照)

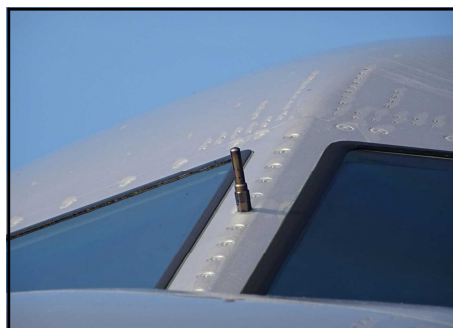


写真1 同機の検氷装置

#### 2.9.6.4 機上レーダー (Weather Radar)

同機の機上レーダーは、航空機前方に短い波長の電波を送り、電波の反射波を解析して3次元画像を構成し前方の雲等の状況を把握するものである。飛行中は、コントロール・パネルで関連する画像の表示モードを選択して、NDに表示することができる。

なお、NDに表示されるレーダーエコーの色の識別については、降水量とレーダーの反射率に関連し、弱い方から緑<sup>\*32</sup>、黄色、赤の3色が使用されている。画像の表示モードは、概略次の3通りがある。

- (1) ALL : 飛行する経路方向に対して左右方向80°、上下方向15°の範囲を表示
- (2) ON PATH : 飛行する経路方向に対して左右方向80°、上下方向については飛行高度±4,000ftを表示
- (3) ELEVATION : 選択した飛行高度の経路方向に対して左右方向80°のみを表示

\*32 エコーが「緑」とは、機上レーダーから発射されたビームの跳ね返りが弱く、反射率が20-30dBZで降雨量が1時間あたり0.7mmから4.0mmの場合にNDに表示される色をいう。

なお、黄は反射率が30-40dBZで降雨量が1時間あたり4.0mmから12.0mm、赤は反射率が40dBZ以上、降雨量が1時間あたり12.0mm以上となる。

## 2.9.7 同機に記録されたメッセージ

同機に装備されている、飛行中における機体の状況を記録する装置（CFDIU<sup>\*33</sup>）には、飛行中に表示された機体の状態に関するメッセージと機体の故障に関するメッセージの2種類が記録される。また、同機の装備品の多くはBITE<sup>\*34</sup>機能を有しており、故障を記録するとともにCFDIUに故障情報を伝達することができる。着陸後にCFDIUから、本重大インシデントに関連する記録を、ポストフライトデータ<sup>\*35</sup>として取り出した。同機的主要なポストフライトデータは次のとおりである。

### (1) 機体の故障に関するメッセージ

- ・ 09時37分、ADR2からの信号が正常でなかった記録
- ・ 09時38分、ADR1からの信号が正常でなかった記録

### (2) 機体の状態に関するメッセージ

- ・ 09時37分、メッセージ「F/CTL ALTERNATE LAW」を表示したことの記録
- ・ 09時37分、メッセージ「NAV ADR DISAGREE」を表示したことの記録

## 2.9.8 耐空性改善通報（TC D-5734B-2015）の発行について

EASA<sup>\*36</sup>は、平成26年10月に同型式機に対して部品番号C16195AA型から防氷能力が強化されたC16195BA型のピトー管への交換を求めるAD<sup>\*37</sup>を発行した。その後、二度の改訂が実施され平成27年10月9日に発行された最新版のADの内容についての概略は次のとおりである。

特定の気象条件においてピトー管が影響を受けることにより、対気速度に誤指示が生じる不具合を防止するためC16195BA型に取り換えを要求したが、C16195BA型ピトー管も高高度における氷晶に耐える堅牢<sup>けんろう</sup>さを証明できなかった。そのため、更なる改修型のピトー管への交換を求める。

それを受けて我が国でも、航空局が同じ内容の耐空性改善通報（TC D-5734B-2015）を発行した。

---

\*33 「CFDIU」とは、Centralized Flight Data Interface and Management Unitの略で、機体の様々なパラメータをデジタル信号等で受け取り処理する装置をいう。

\*34 「BITE」とは、Built-in Test Equipmentの略で、アビオニクスなどの装備品に組み込まれた自己診断装置をいう。

\*35 「ポストフライトデータ」とは、整備士が容易に故障探求するための手助けをする記録のことで、〇時〇分まで記録されて表示されるが、秒単位の表示はない。

\*36 「EASA」とは、European Aviation Safety Agencyの略で、欧州航空安全局をいう。

\*37 「AD」とは、Airworthiness Directiveの略で、航空機等を安全が受け入れ可能な水準まで回復させる行為を要求する文書をいう。ここでいうADとはEASAが発行したものをいう。

なお、同機のピトー管は、機体製造時より、更に凍結防止能力を向上したUTAS社製部品番号0851HL型のピトー管が装備されていた。

#### 2.9.9 対気速度系統に関する新基準

EASAは平成27年3月に、耐空類別輸送T類の飛行機に関する設計基準及びエンジンに関する設計基準を改訂し、新たに設定されたそれぞれ過冷却水滴<sup>\*38</sup>が存在する状態、過冷却水滴及び氷晶が混在する状態並びに氷晶が存在する状態の各条件下で対気速度計プローブが正常に機能することの証明を求める要件を導入したが、同要件は2015年（平成27年）3月12日以降に新たに航空機の設計に対する申請を行った航空機に適用されることとなっており、同型式機には適用されていない。

#### 2.9.10 関連する情報

- ① 氷晶の影響によりピトー管が正常に作動せず発生した速度表示の不良が影響した事案として、平成21年6月1日に大西洋沖で発生したエールフランスAF447便の航空事故や、平成21年10月28日に太平洋沖で発生したジェットスター12便のインシデントなどがある。
- ② 全日本空輸株式会社や株式会社スターフライヤーなど本邦定期航空運送事業者等の対応として、エアバス式A320型を運航する会社は、AF447便の事故報告書が発行されたことを受けて、社内向けに発行している安全情報紙で、独自分析を加えUnreliable Airspeedに関連する注意喚起を実施している。

## 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ており、所定の整備及び点検が行われていた。

---

\*38 「過冷却水滴」とは、水が0℃になっても凍結しない水滴のうち、経がやや大きめのものをいう。また、過冷却水滴は着氷の原因にもなる。

### 3.3 気象との関連

本重大インシデント発生場所付近の気象状況は、2.6.1(1)に記述したとおり、前線や低気圧に向かって南から暖湿気が流入したことで、西日本から東日本の太平洋側で激しい降水現象があったものと推定される。また、暖湿気が流入して対流現象が活発になったことで、2.6.2に記述したとおり、エコー頂高度が12～14km(39,370～45,931ft)に達するほど発達した積乱雲が発生していたものと推定される。さらに、2.6.1(2)に記述した悪天予想から、悪天域(雲中)には、並の乱気流と着氷、雨、雷電、積乱雲が存在していたものと推定される。

2.1.2に記述したとおり、機長及び副操縦士は、機上レーダーのエコーが緑の空域において、SATが-44℃でコックピット窓に雨が当たるような音を聞いたと口述しているが、一般的に自然界に存在する水は過冷却して液体のまま存在する限界はおおよそ-40℃と考えられている。そのため、2.9.6.2に記述したとおり着氷防止のために電氣的に加熱されているコックピット窓に氷晶が当たり溶けたことによる可能性が考えられる。また、2.1.2の機長及び副操縦士の口述並びに2.9.2の氷晶に関する情報で記述したとおり、コックピット窓に雨が当たるような音を聞いた後、機体の翼及び検氷装置に着氷の痕跡がなかったことは、同機が前線の中に存在した対流現象が非常に活発となる発達した積乱雲の近くかその中心の上方に存在する氷晶に遭遇していた可能性が考えられる。氷晶に遭遇していた間、No.1及びNo.2ピトー管が着氷したことで、機長側及び副操縦士側の一時的な速度表示の不良に至ったものと考えられる。

### 3.4 同機に関する事象

#### 3.4.1 No.2ピトー管の損傷

No.2ピトー管に関しては、2.5.3に記述した重整備以後に故障はなく交換されておらず、2.9.7に記述したポストフライトデーターによれば故障したことを示す明確な記録はなかった。また、2.1.2の機長の口述のとおり、APとATを再びエンゲージできたのは、2.9.4に記述したADRデーターの誤りがピトー管の着氷により一時的に発生したものであったためと考えられる。そのため、本重大インシデント発生当時、ピトー管は故障していなかったものと考えられる。一方で、2.8.2に記述した製造者の受入検査で発見されたNo.2ピトー管の曲がりの確認されたことについては、2.8.1に記述したとおり本重大インシデント発生後に実施した外観点検で損傷は確認されていないことから、ピトー管を製造者へ送付する際に発生した可能性が考えられるが、これを明らかにすることはできなかった。また、速度表示の不良とピトー管の曲がりとの関連性を明らかにすることはできなかった。

#### 3.4.2 速度表示の不良について

2.7に記述したとおり、FDRに記録されるCASは、ADR1又はADR2

のどちらか一方からのデーターによるため、通常、ADR 1からのデーターが無効となるとADR 2からのデーターに切り替わる。FDR及びQARに記録されたパラメータ（付図2参照）、2.1.2に記述した機長及び副操縦士の口述並びに2.9.7に記述したポストフライトデーターから、時間の経過と速度表示について以下のとおり分析する。

(1) 9時37分42秒から9時37分53秒まで

QARによればAOA IRS 2がNCDとして記録されていた。このことから、この時点までにADR 2のCASデーターが60ktを下回ったものと考えられる。この間、CASは大きく変動していないことから、CASはADR 1からのデーターであり、ADR 1のCASデーターは正常であったものと推定される。また、2.9.4に記述したとおり、ELACはADR 2から入力される信号が中央値から大きく外れたことで、一時的にデーターを誤りとしたものと推定される。

(2) 9時37分53秒から9時38分21秒まで

9時37分53秒から同38分21秒までの約28秒間にCASが260kt～50ktの範囲で極めて短周期で変動していたことが記録されていた。このことについては、この間に正常であったADR 1のCASデーターが変動して、機長席及び副操縦士席の速度表示が激しく揺れ動いたり、フラグが現れたりしたことにつながったものと推定される。また、2.9.4に記述したとおり、ADR 2からのデーターが誤りとされた状態でADR 1とADR 3の速度が不一致となったことからNAV ADR DISAGREEが表示されたものと推定される。

FDRによれば37分55秒付近で、ATとAPは自動的に解除されているが、37分58秒に機長もAPの解除操作を行っている。このことについては、速度表示の不良に対応する記憶していた操作手順として実施したのと考えられる。また、2.9.3に記述したとおり、QRHには速度表示の不良が発生した場合に基準とすべき機体姿勢と機体重量に対するエンジン出力の関係が記載されている。2.1.2に記述した口述のとおり、機長は、記憶していた操作手順によりピッチ姿勢角を $2.5^{\circ}$  付近とし、エンジン出力をCLIMB位置にセットし、当日の気象条件を加味して同機の安全な飛行を継続させるように操縦を行った。その後、短時間で速度表示の不良が解消したのと考えられる。

(3) 9時38分21秒から9時38分33秒まで

FDRに記録されていたAOAのデーターが大きく変動し、QARに記録されていたAOA IRS 1のデーターがNCDとなっていることから、この



間、ADR 1からのCASデータは60ktを下回っていたものと推定される。一方で、FDRに記録されているCASの変動が収まっていることから、FDRに記録されていたCASデータがADR 1からADR 2に切り替わったものと推定される。

(4) 9時38分33秒以降

FDRによれば9時38分33秒に気圧高度が37,500ftから36,900ftに急激に変化しているが、これについては統合型予備計器の高度情報及びピッチ姿勢角の変化と比較して実際の機体の動きと一致しないものと考えられる。そのため、この気圧高度の変化については、記録された静圧システムのデータが切り替わったことによるものと推定される。FDRに記録されたCASデータがこの時点で切り替わっていた場合は、機長側の速度が回復した可能性が考えられる。FDRによれば39分20秒付近で、機長はATとAPを再び作動した。このことから、2.9.4に記述したとおりADR 1及びADR 2からの誤ったデータが一時的であったと推定される。

### 3.5 氷晶の回避について

機長及び副操縦士は、機上レーダーの情報を参考に、図4に示したエコー強度が比較的弱い空域の経路を飛行していたものと推定されるが、成田国際空港へ向かう途中では前線を越える必要があり、3.3に記述したとおり、同機は氷晶に遭遇した可能性が考えられるが、2.9.1に記述したとおり氷晶はその結晶が非常に小さいことから、機長が機上レーダーで直接検知することは、難しかったものと考えられる。同様の事象を可能な限り事前に予測し回避するために、同社は2.9.2.1に記述した製造者が提供するFC TMを用いて社内の関係者に教育を実施することが望まれる。

また、同機は、氷晶に遭遇していた間、機長及び副操縦士側の速度表示が不良となった可能性が考えられるが、本事象発生から速度表示の回復までの短い時間に、機長と副操縦士は同機の安全な飛行を継続させるように適切な対応を行ったものと考えられる。本事案同様に、氷晶に遭遇し速度表示の不良が継続する事象が発生した場合等は、2.9.3に記述した速度表示の不良に対応するQRHを参照して機体を安定させた後、機体姿勢と出力を維持した状態で早期に氷晶域を脱出することが安全上重要であると考えられるため、運航乗務員に対してQRHに従った対処について注意喚起することが望まれる。

## 4 原因

本重大インシデントは、同機が高度37,000ftを飛行中、ピトー管が着氷したため、機長及び副操縦士側の速度表示が一時的に不良となったものと考えられる。

ピトー管が着氷したことについては、同機が高高度まで発達した積乱雲の近傍に存在する氷晶域を飛行したことによる可能性が考えられる。

## 5 再発防止策

### 5.1 重大インシデント後に講じられた再発防止策

#### 5.1.1 同社が講じた措置

- ① 同社は、平成29年8月1日付けで、製造者より提供された氷晶に関連する情報を、同社社内規定のFC TMに反映するとともに、運航乗務員に対して電子媒体にて配付した。
- ② 運航乗務員が、模擬飛行装置を使用した定期訓練のUnreliable Airspeed 課目の事前ブリーフィングで着氷に関する最新情報を確認することについて、手順の追加を訓練要領の定例改訂（平成30年7月実施予定）で行うこととした。
- ③ 運航管理者及びその補助者が、定期訓練で着氷に関する最新情報を確認することについて、手順の追加を訓練要領の定例改訂（平成30年7月実施予定）で行うこととした。

# 付図1 エアバス式A320-232型三面図

単位：m

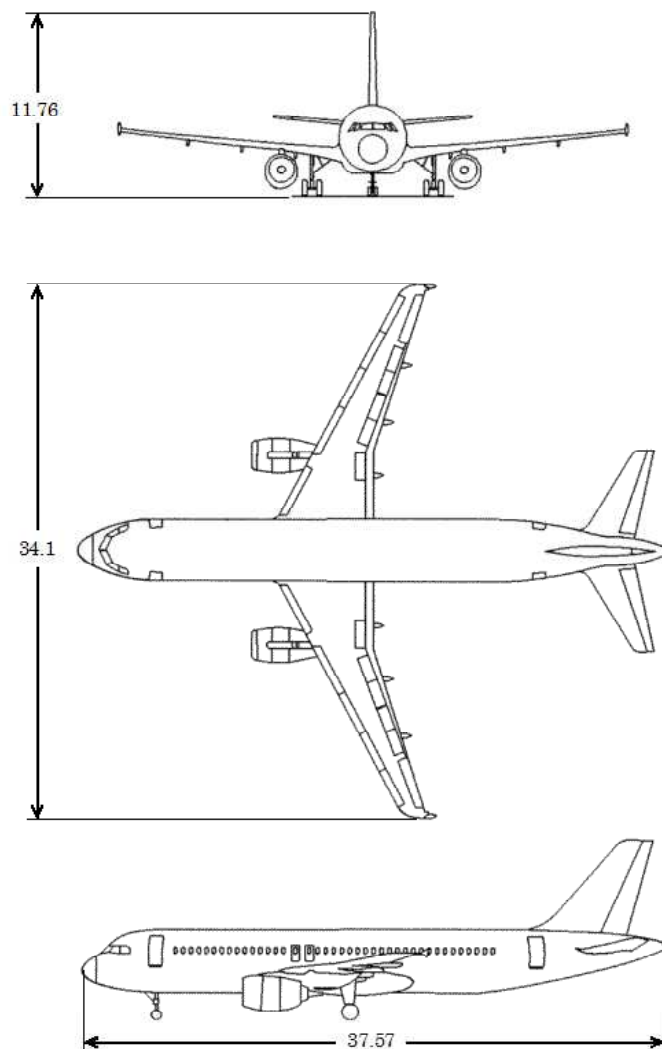


写真2 重大インシデント機



# 付図2 FDR等の記録

