

航空重大インシデント調査報告書

所 属 Prime Jet, LLC
型 式 ガルフストリーム・エアロスペース式G-IV型
登 録 記 号 N146BG
インシデント種類 航空機の航行の安全に障害となる複数の故障
発 生 日 時 令和2年5月22日 19時58分ごろ
発 生 場 所 東京国際空港の南西約300kmの上空、高度約13,200m

令和6年8月2日

運輸安全委員会（航空部会）議決

委 員 長 武 田 展 雄（部会長）
委 員 島 村 淳
委 員 丸 井 祐 一
委 員 早 田 久 子
委 員 中 西 美 和
委 員 津 田 宏 果

1 調査の経過

1.1 重大インシデントの概要	<p>Prime Jet, LLC所属ガルフストリーム・エアロスペース式G-IV型N146BGは、令和2年5月22日（金）、機体空輸のため、プノンペン国際空港を離陸して東京国際空港に向けて巡航中、2台装備されたデジタル・エアデータ・コンピューター^{*1}（DADC）のうち、運航乗務員が故障と判断した1台を不作動とした後、着陸に向けて降下を開始した際に、残りの1台からエアデータの供給を受けていた両操縦席のプライマリー・フライト・ディスプレイ^{*2}（PFD）の速度表示が不正確になった。その後、同機は、東京国際空港に着陸した。</p> <p>同機には、機長のほか乗務員2名計3名が搭乗していたが、負傷者はなく、機体の損傷もなかった。</p>
1.2 調査の概要	<p>本件は、航空法施行規則の一部を改正する省令（令2国土交通省令88）による改正前の航空法施行規則（昭27運輸省令56）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。</p> <p>運輸安全委員会は、令和2年5月24日、本重大インシデント発生 of 通報を受け、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。</p> <p>本調査には、重大インシデント機の設計・製造国、登録国及び運航者国であるアメリカ合衆国が参加した。</p> <p>なお、本調査において、本重大インシデントの発生場所が公海上であったことが判明したが、同機の登録国より国際民間航空条約第13附属書の規定に基づき本調査の全部を委任された。</p>

*1 「デジタル・エアデータ・コンピューター」とは、外気の情報を処理して高度・速度・温度等をデジタル出力する装置のことである。

*2 「プライマリー・フライト・ディスプレイ」とは、姿勢、高度、速度等の飛行に必要な情報を表示する統合計器である。

原因関係者からの意見聴取及び関係国への意見照会を行った。

2 事実情報

2.1 飛行の経過

機長及び副操縦士の口述並びに飛行記録装置（DFDR）の記録によれば、飛行の経過は概略次のとおりであった。

Prime Jet, LLC所属ガルフストリーム・エアロスペース式G-IV型N146BGは、令和2年5月22日、機長ほか乗務員2名計3名が搭乗し、機体空輸のため、14時46分（時刻は日本標準時、以下同じ。）にプノンペン国際空港（カンボジア王国）を離陸した。同機は、気圧高度41,000ft（フライトレベル（FL^{*3}）410）で巡航した後、段階的に高度を上げ、17時23分ごろからFL450で巡航を開始した。巡航中の気流はおおむね安定していた。同機には、機長がPF^{*4}として左操縦席に、副操縦士がPM^{*4}として右操縦席に着座していた。



図1 同機

東京国際空港に着陸する約1時間前、2台あるDADCの不整合を示すメッセージ“DADC MISCOMPARE”がEngine Indication and Crew Alerting System（EICAS：エンジン計器・乗員警告システム）に表示された。この時、左操縦席のPFDはNo.1DADC、右操縦席のPFDはNo.2DADCが計算したデータを表示しており（図4の①まで）、各PFDにDADCの故障を示すフラッグ（赤い×印）は表示されていない。

運航乗務員は、QRH^{*5} DADC MISCOMPAREの手順に従い、PFDのマッハ数が、左操縦席は0.79、右操縦席は0.82であったのに対し、予備速度計のマッハ数は0.81を表示していることを確認したことから、予備速度計の値に近い右操縦席側PFDにデータを提供するNo.2DADCが正しいと判断した。19時29分14秒、機長は、左操縦席側のディスプレイ・コントローラ^{*6}によってNo.2DADCを選択した（図4①～②）。運航乗務員は、No.1DADCのサーキット・ブレーカーを抜いて電源を遮断し、同DADCを不作為とした。

*3 「FL」とは、標準大気気圧高度で、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FLが使用される。例として、FL410は高度41,000ftを表す。

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

*5 「QRH」とは、Quick Reference Handbookの略で、実運航における迅速な検索、閲覧を目的に緊急時操作や性能に関するAirplane Flight Manualの内容を記載したものをいう。

*6 「ディスプレイ・コントローラ」とは、各操縦席の前に装備された押しボタンにより、PFDに表示されるデータ（航法データ、センサーなど）の切換えを行う装置である。

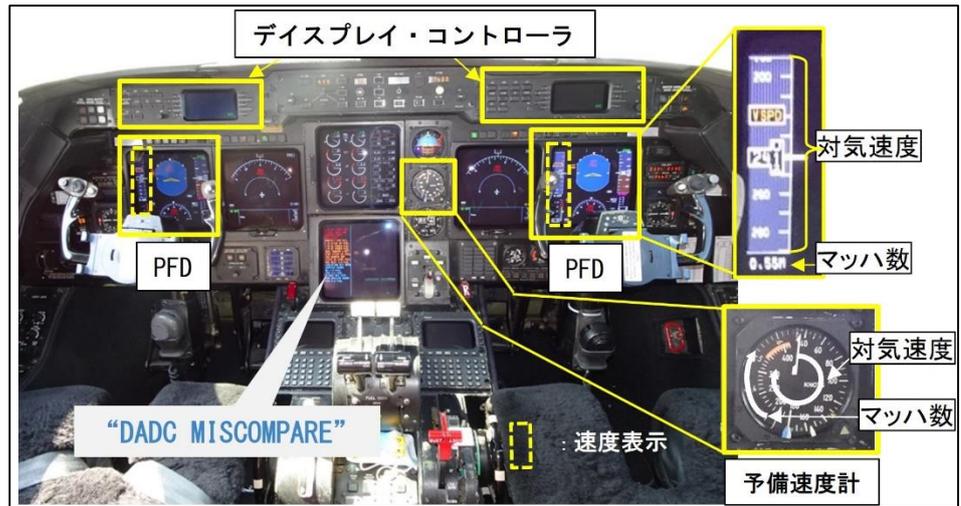


図2 操縦席

19時30分00秒、運航乗務員がオート・パイロットを使用したところ、オート・パイロットの機能の一部が作動しなかったことから、運航乗務員は、No. 2 DADCの故障を疑い、No. 1 DADCのサーキット・ブレーカーを入れて、同DADCを作動させ、No. 2 DADCのサーキット・ブレーカーを抜いて電源を遮断し、同DADCを不作為とした。19時30分39秒、運航乗務員が、再度オート・パイロットの使用を試みたところ、同装置は正常に作動した。機長及び副操縦士は、それぞれのディスプレイ・コントローラでNo. 1 DADCを選択して飛行を継続した(図4②～⑤)。

19時57分、同機は、FL450から一定のマッハ数を維持しながら東京国際空港に向けて降下を開始した。同機が降下を開始して間もなく、左右操縦席のPFDの指示対気速度が減少する(図4③参照)一方で予備速度計の指示対気速度は増加した。19時58分ごろ、エンジン推力を減少させていたオート・スロットルがエンジン推力を増加させ(図4④参照)、予備速度計の指示対気速度が更に増加したため、運航乗務員はオート・スロットルを解除した。

運航乗務員は左右のPFDの速度表示が不正確になったものと判断し、速度計の誤表示が疑われる場合に使用されるQRHのSuspected Erroneous/Unreliable Airspeed Indications(以下「Unreliable Airspeed Indications」という。)の手順に従い、予備速度計及び予備高度計をモニターしながら機体姿勢及び推力をコントロールして飛行を継続した。また、運航乗務員は、速度表示が不正確になったことへの対応として、No. 2 DADCを再作動させ、左操縦席のディスプレイ・コントローラによって同DADCを選択した(図4⑤以降)。

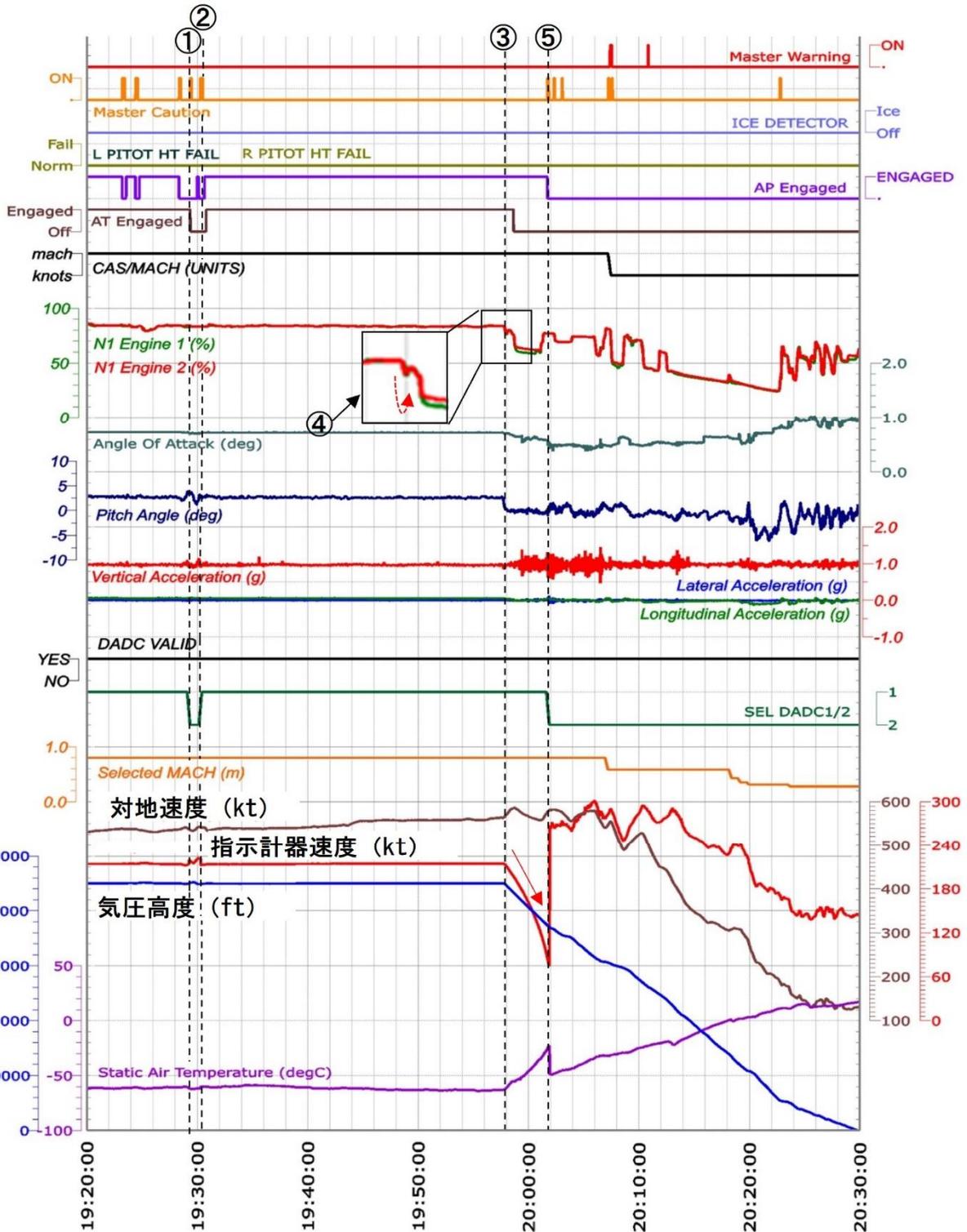
運航乗務員は、Unreliable Airspeed Indicationsの手順に従い、20



図3 推定飛行経路図

時08分ごろ管制上の優先権を要請し、20時30分に東京国際空港滑走路34Lに着陸した。

本重大インシデントの発生場所は、東京国際空港の南西約300kmの上空(北緯33度36分42秒、東経137度37分12秒付近)、FL446付近で、発生日時は、令和2年5月22日19時58分ごろであった。



日本標準時

図4 DFDRの記録

(注) DFDRは、左操縦席側のディスプレイ・コントローラによって選択されたDADCのデータのみを記録する。

2.2 負傷者	なし
2.3 損壊	なし
2.4 乗組員等	<p>(1) 機長 33歳</p> <p>定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） 2017年12月20日 限定事項：ガルフストリーム・エアロスペース式G-I V型 2017年12月20日</p> <p>第1種航空身体検査証明書 有効期限：2021年6月30日 総飛行時間 4,981時間54分 最近30日間の飛行時間 30時間12分 同型式機による飛行時間 412時間18分 最近30日間の飛行時間 30時間12分</p> <p>(2) 副操縦士 34歳</p> <p>定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） 2020年3月23日 限定事項：ガルフストリーム・エアロスペース式G-I V型 2019年6月13日</p> <p>第1種航空身体検査証明書 有効期限：2020年11月20日 総飛行時間 5,730時間18分 最近30日間の飛行時間 78時間24分 同型式機による飛行時間 1,850時間00分 最近30日間の飛行時間 47時間12分</p>
2.5 航空機等	<p>航空機型式：ガルフストリーム・エアロスペース式G-I V型 製造番号：1146、製造年月日：平成2年9月11日 耐空証明書 発行年月日：平成2年9月11日、耐空類別：飛行機 輸送T 総飛行時間 16,783時間03分</p> <p>本重大インシデント発生時、同機の重量及び重心位置は、いずれも許容範囲内にあった。</p>
2.6 気象	<p>(1) 地上天気図</p> <p>5月22日18時の速報天気図によれば、日本の南の太平洋上には、東西にのびる停滞前線（梅雨前線）が沖縄地方から更に西にのびており、その前線上の中心気圧1,000hPa及び1,004hPaの二つの低気圧が、それぞれ30km/h及び35km/hの速さで東北東に移動していた。</p> <p>(2) 気象衛星画像（水蒸気画像及び赤外面像）</p> <p>水蒸気画像によれば、本重大インシデント関連時間帯、同機の飛行経路周辺は白く表現されており、水蒸気量が多い状態であった。</p>



図5 18時の速報天気図（抜粋）

また、赤外画像によれば、本重大インシデント発生時間帯、同機の飛行経路周辺は白く表されており、雲頂高度が高い雲が観測されていた。

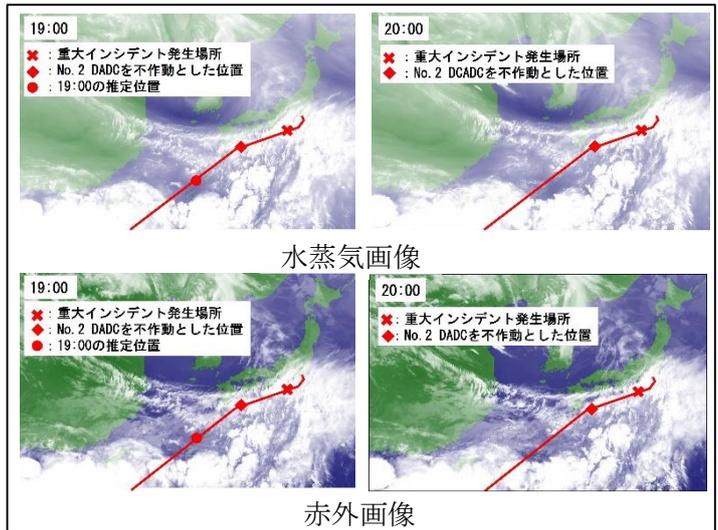


図6 気象衛星画像（抜粋）

(3) レーダー合成図（エコー*7頂高度及びエコー強度）

本重大インシデントの関連時間帯、九州の南海上に雲頂高度9～10km、紀伊半島の南東海上に雲頂高度7～8kmのレーダー・エコーが観測されていた。

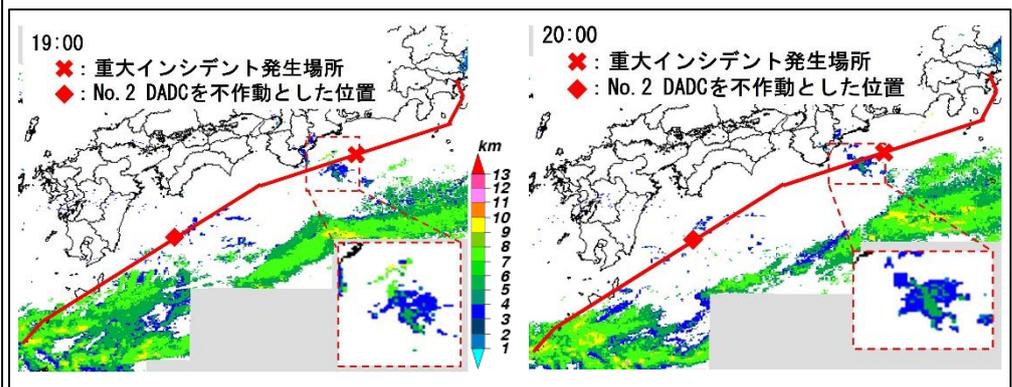


図7 レーダー合成図（エコー頂高度）（抜粋）

また、それぞれの雲頂高度のエコー域におけるエコー強度の最大値は、4～8mm/h及び40～48mm/hと解析されていた。

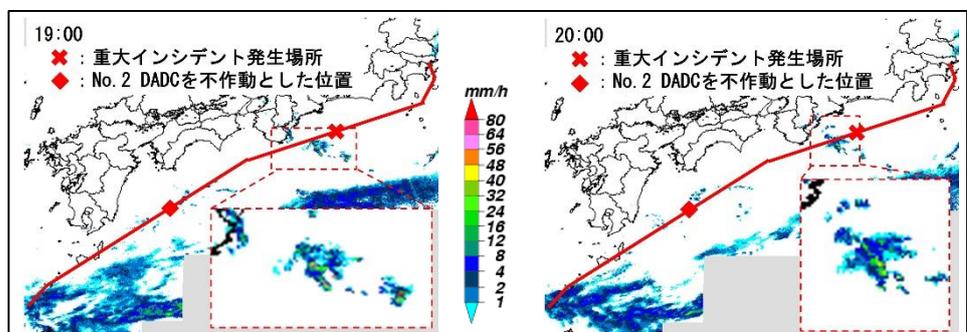


図8 レーダー合成図（エコー強度）（抜粋）

(4) 広域雲画像情報

毎時、気象衛星からの情報を基に自動解析された雲の情報図である広域雲

*7 「エコー」とは、気象レーダー装置から発射された電波が、雨粒や氷粒などに反射し、レーダー装置で受信された反射波をいう。この反射波から降水域の分布や強度などを観測することができ、この降水域をエコーと呼ぶこともある。

画像情報によれば、18時の時点で、台湾の南に最大雲頂高度が54,000ftの積乱雲域、沖縄の南に雲頂高度47,000ftの孤立した積乱雲及び最大雲頂高度53,000ftの積乱雲域が解析されていた。

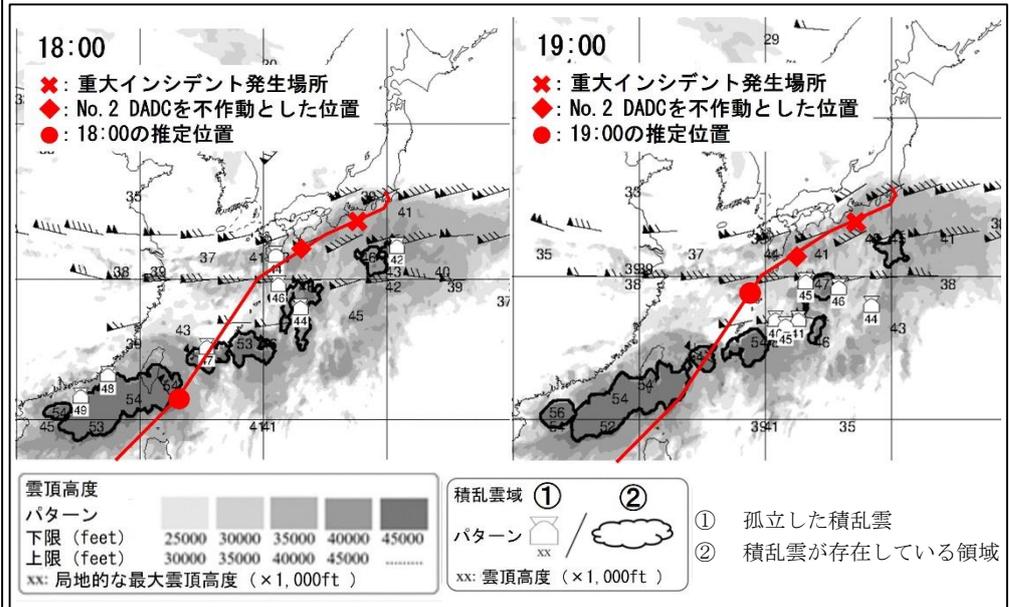


図9 広域雲画像情報（抜粋）

(5) 毎時大気解析

19時の毎時大気解析（断面図：鹿児島ー東京）によれば、同機の推定降下開始地点付近では、FL450及びFL430の風向に大きな変化はなく、風速は、いずれの高度においても110ktと解析されていた。

また、FL410以上の気温は、-65℃以下と解析されていた。

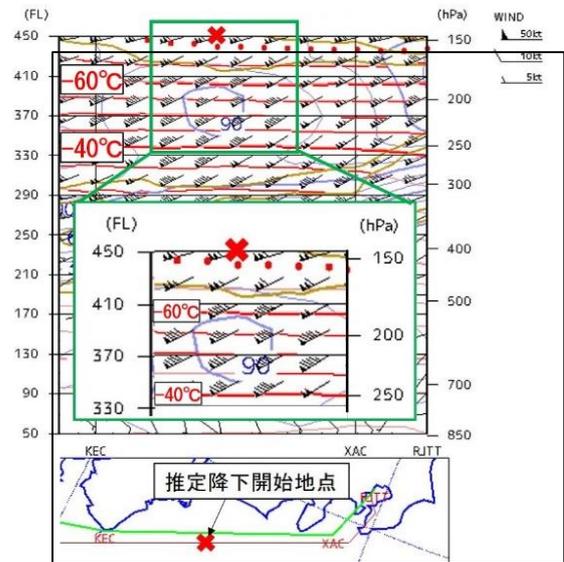


図10 19時の毎時大気解析
（断面図：鹿児島ー東京）

2.7 その他必要な事項

(1) ピトー・スタティック・システム

同機は、胴体前部上方の左右に装備された二つのピトー管によって流入する空気の圧力（全圧）を計測しており、左側がNo.1 DADC、右側がNo.2 DADCにそれぞれ全圧の計測値を供給する。また、乗降口の前にもピトー管が装備されており、予備速度計に全圧の計測値を供給する。

胴体左右側面に大気圧（静圧）を測定する四つの静圧孔が装備されており、No.1 DADC、No.2 DADC、予備高度計及び与圧システムに静圧の計測値を供給している。

各DADCは、対応するピトー管及び静圧孔が計測した全圧と静圧の差（動圧）から速度を、静圧から高度を計算する。予備速度計及び予備高度計は、DADCを介すことなく、対応するピトー管及び静圧孔の計測値から速度及び高度を表示する。

左右のPFDは、左右それぞれの操縦席の前に装備されたディスプレイ・コントローラで運航乗務員が選択したDADCが計算した速度及び高度を表示する。

なお、それぞれのピトー管は、パイロットのスイッチ操作により、電気ヒーターで防氷される機構となっており、スイッチがOFF位置にある場合、当該スイッチはこはく色で「OFF」と点灯する。また、スイッチがONとなっていた場合、ヒーターへの電流が規定値を下回るとCASメッセージ*8「L/R/STBY PITOT HT FAIL」が表示される。運航乗務員の口述によると、各ピトー・ヒーター・スイッチをONとしており、同メッセージも表示されていない。また、予備ピトー管に関する記録はないが、左右のピトー管に関して同メッセージが表示されたことを示すDFDRの記録もなかった。

一方、四つの静圧孔にはヒーターが装備されていない。

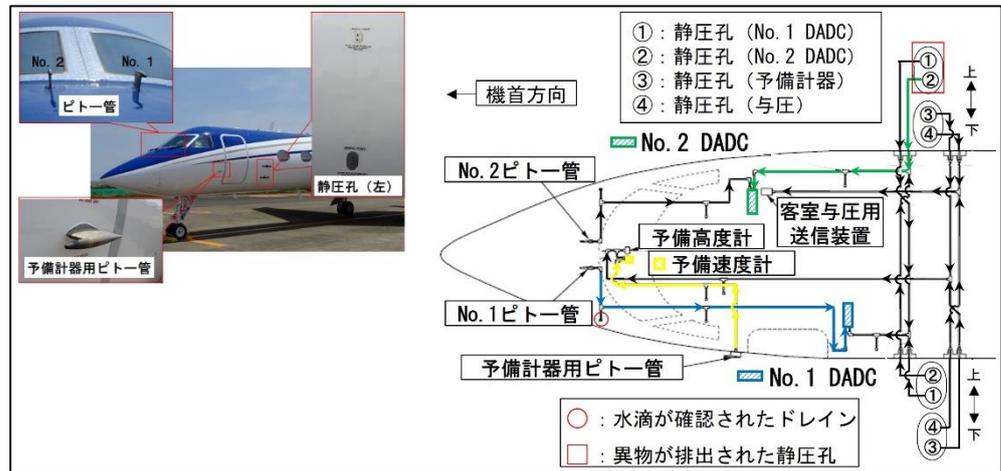


図 11 ピトー・スタティック・システム

高圧空気を用いたピトー・スタティック・システムの詳細調査において、No. 1ピトー・システムのドレインから数滴の水滴が排出されるとともに、胴体右側のNo. 1 DADC及び/又はNo. 2 DADCに静圧を供給する静圧孔から異物が排出されたが、いずれの静圧孔から排出されたかは明らかではない。排出された異物について、走査電子顕微鏡を使用して観察したところ、葉脈が認められた。

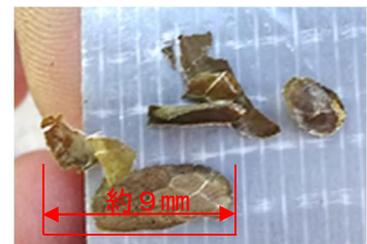


図 12 静圧孔から排出された異物

(2) CASメッセージ“DADC MISCOMPARE”への対応手順

同メッセージは、航空機に危険を及ぼさない程度の故障を示すアドバイザリー・メッセージの一種であり、フライト・ガイダンス・コンピューターが、No. 1 DADC及びNo. 2 DADCの出力（動圧、真対気速度、指示対気

*8 「CASメッセージ」とは、エンジン及び諸システムの作動状態の表示並びに各種システムの作動状況のモニターを行うEICASによって、システムに異常状態が発生した場合に表示されるメッセージである。

速度、気圧高度、マッハ数)の間に基準値を超える差を検知した場合に表示される。マッハ数については、両操縦席のマッハ数の表示が0.7を超えている場合に0.02以上の差が検知されると同メッセージが表示される。

同メッセージが表示された場合に、運航乗務員はQRHのメッセージ・インデックス(図13)を参照し、DADC MISCOMPAREメッセージに対するQRH(図14)のCorrective Action(対応手順)を実施する。QRH(図14)の対応手順は、概略次のとおりである。

1. PFD、ナビゲーション・ディスプレイ(ND)、予備飛行計器、ガイダンス・パネル、与圧コントロール、トランスポンダー・パネルを参考にして故障のあるDADCを特定する。
2. 1.に示した計器類の入力として良好なDADCを選択する。
3. サーキット・ブレーカーを抜くことによって故障したDADCを隔離する。
4. メッセージが消去されたことを確認する。
5. 必要に応じて、ヨー・ダンパー及びオート・パイロットを再接続する。

「DADC failures」を参照。

Quick Reference Handbook GULFSTREAM IV	
Advisory (Blue) Messages and Annunciations Index	
Message	Page
AC EXT POWER (DC EXT POWER Also)	MC-4
AP CTRL SW STUCK.....	MC-4
(中略)	
CPL DATA INVALID	MC-8
DADC 1-2 FAIL.....	MC-8
DADC MISCOMPARE	MC-9
(中略)	
REVISION 24 (RE-ISSUE) MESSAGES AND ANNUNCIATIONS Mar 17/10 Page MC - 1	

図13 QRH メッセージ・インデックス (抜粋)

Quick Reference Handbook GULFSTREAM IV		
Advisory (Blue) Messages and Annunciations, ctd... AFM 3B		
Message:	Cause(s):	Corrective Action:
DADC MISCOMPARE	Priority FGC has detected an unflagged miscompare between DADC 1 and DADC 2.	1. Identify faulty DADC by reference to PFD, ND, standby flight instruments, guidance panel, pressure control and transponder panel. 2. Select good DADC to those panels. 3. Isolate faulty DADC with CB: (DADC #1: CP, F-3; DADC #2: CP, G-3.) 4. Check message clear. 5. Re-engage yaw damper and autopilot if desired. See DADC Failures, page EA-36.
(中略)		
REVISION 24 (RE-ISSUE) MESSAGES AND ANNUNCIATIONS Mar 17/10 Page MC - 9		

図14 QRH DADC MISCOMPARE

参照先において、DADC failuresは二つに分類されており、QRHの記述は概略次のとおりである。

① Flagged DADC failure

CASメッセージ「DADC 1 (or 2) FAIL」が表示されるとともに、ディスプレイ・コントローラにより故障したDADCのエアデータを使用しているPFDの四つのエアデータ(速度、高度、AOA*9及び昇降率)の全てについて、目盛りに赤い「×」印が表示されるため、故障を容易に認識できる。

② Unflagged DADC failure

CASメッセージ「DADC MISCOMPARE」が表示される。故障を容易に認識できないこともあるが、次の事象が起こる可能性がある。

*9 「AOA」とは、Angle of Attackの略で、迎え角のことであり、翼が一樣な気流の中に置かれたとき、この気流の方向と翼弦(翼の前縁と後縁を結ぶ直線)とのなす角度である。

- a オート・パイロット及びヨー・ダンパーは解除され、故障したDADCが特定され、サーキット・ブレーカーを抜くことによって隔離されるまで再度接続することはできない。
- b ピッチ・トリムは使用できる。

運航乗務員は、CASメッセージ「DADC MISCOMPARE」への対応として、Unflagged DADC failures の手順（図15）を実施する。

図15の記述内容は、概略次のとおりである。

Unflagged DADC failure が疑われる場合：

Quick Reference Handbook **GULFSTREAM IV**

DADC Failures, ctd... **AFM 3-18-50**

“Unflagged” DADC Failures

An “unflagged” DADC failure will produce a **DADC MISCOMPARE** CAS message. The failure may not be readily apparent, but the following can be expected to occur:

- The autopilot and yaw damper will disconnect and will not re-engage until the faulty DADC has been identified and isolated by pulling its circuit breaker
- Pitch trim will remain operative

If an “unflagged” DADC failure is suspected:

1. Faulty DADCATTEMPT TO IDENTIFY USING PFD COMPARATOR “IAS/ALT” WARNINGS

To determine which system is correct,

2. Independent Data Source (Standby Flight Instrumentation) ESTABLISH

With reference to independent data source established:

3. Other DADC Outputs (Pressurization System, AOA Indexers, Transponders).....CHECK FOR INDICATIONS OF FAULTY OPERATION

If observation leads to a determination of which DADC is faulty:

4. Opposite (Good) DADC SELECT AS DATA SOURCE ON DISPLAY CONTROLLERS, GUIDANCE PANEL, CABIN PRESSURE CONTROL PANEL, ETC.
5. Faulty DADCISOLATE BY PULLING ITS CIRCUIT BREAKER (DADC #1: CP, F-3; DADC #2: CP, G-3)

When at least one (1) minute has elapsed since pulling the faulty DADC circuit breaker:

6. Autopilot RE-ENGAGE

図15 QRH DADC failures (抜粋)

設計・製造者は、故障したDADCのサーキット・ブレーカーを抜いた後、オート・パイロットを再接続する前に少なくとも1分待つ理由について、システムをリセットするための一般的な推奨時間との見解を示している。また、設計・製造者は、運航乗務員が故障と判断したDADCを不作為とした後、オート・パイロットを再接続した時点で同装置が正常に作動しない場合であっても、その時点で使用しているDADCが故障したと判断することは適切でないとの見解を示している。さらに、設計・製造者は、本重大インシデント時のように高度、速度の変化が小さい巡航中に DADC MISCOMPARE メッセージが表示された場合、時間をかけて状況を分析する必要があり、そ

1. PFDに表示される警告「IAS/ALT」*10によって故障したDADCを見極める。
2. どちらのシステムが正しいかを判断するため、独立したデータ・ソース（予備計器類）を基準として用いる。
3. 基準となる独立したデータ・ソースを参考に他のDADC出力（与圧システム、AOA表示、トランスポンダー）で動作不良の兆候がないかを確認する。
4. 故障したDADCを判断できる場合、良好なDADCをディスプレイ・コントローラ、与圧コントロールパネルなどのデータ・ソースとして選択する。
5. サーキット・ブレーカーを抜くことによって故障したDADCを隔離する。
6. 故障したDADCのサーキット・ブレーカーを抜いた後、少なくとも1分経過した時点で、オート・パイロットを再接続する。

*10 「IAS/ALT」は、速度及び高度に関する警告であり、左操縦席及び右操縦席で選択されたそれぞれの入力データが比較され、速度については20kt、高度については200ftを超える差が検出された場合にPFDに「IAS」、「ALT」と表示される。

の際には Unreliable Airspeed Indications の手順を行うことも一つの方法であるとの見解を示している。

(3) Unreliable Airspeed Indications

QRH “Suspected Erroneous/Unreliable Airspeed Indications” の巡航中の手順の記述は、概略次のとおりである。

DADCの故障の有無にかかわらず、予備速度計を含めて一つ以上の速度表示に誤りが疑われ、信頼できない場合、ピッチ及びパワー（燃料流量）を安定させ、AOAインジケータで迎え角を飛行の段階に応じた標準に戻す。

なお、速度超過状態になった場合は、ピッチ、推力設定及びAOAを確認し、AOAを0.30から0.50の間に維持する。もし、速度超過状態が継続する場合は、パワーを減少させ、水平飛行を維持するように0.50を超えない範囲でAOAを増加させる。

オート・パイロット及びオート・スロットルを解除する。

ピトー及び予備ピトー・ヒーターが作動状態にあること及びそれぞれのサーキット・ブレーカーが押し込まれていることを確認し、着氷状態を飛行中の場合は、速やかに着氷状態から離脱する。

管制機関に状況を通報し、最も近い着陸に適した空港に向かい着陸する。

巡航中に発生した場合は、現行の姿勢、推力設定（燃料流量）及び標準のAOAを維持する。指示対気速度とマニュアルを基に予測される対気速度との比較、又は、IRS^{*11}及びGPSの対地速度並びにコンピュータ処理された飛行計画の予測対地速度を使用して飛行を継続するために適している対気速度のソースを判断する。引き続き、ピッチ、推力設定（燃料流量）及びAOAをモニターする。

ピトー・スタティックの着氷／閉塞時の状況及び原因は、次のとおりである。

- ・対気速度情報及び高度情報が、ピッチ姿勢及び推力設定とつじつまが合わない。
- ・対気速度／マッハ数表示に故障を示すフラッグが現れる。
- ・対気速度が変動する。
- ・左右の対気速度表示に差異が現れる。
- ・速度超過表示が現れる。
- ・速度超過表示と失速警報が同時に現れる。
- ・レドーム^{*12}が紛失又は損傷した。

(4) 米国連邦航空局（FAA）の情報

FAAのAC^{*13}（AC 91-74B Pilot Guide:Flight in Icing Conditions）に対流現象及び着氷について次の記載がある。

2-4 CONVECTIVE WEATHER AND ICE CRYSTALS

a. *Convective Weather Systems.* Convective weather systems,

*11 「IRS」とは、Inertial Reference Systemの略であり、機体に働く慣性力を計測することによって外部からの電波などの航法援助なしに航法に必要な情報が得られる装置である。

*12 「レドーム」とは、レーダーのアンテナを格納し、風雨や太陽光から保護するためのカバーのことである。

*13 「AC」とは、Advisory Circularの略で、FAA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。

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.*

(抄訳)

b. ハザード

FL 250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約20分の1であり検知が難しい。

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。入口の穴は、着氷の影響を受けやすく、軽度の着氷であっても閉塞するため、入口は電熱線による防氷が図られているが、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よりも速く又は遅く表示されることもある。

3 分析

(1) 静圧孔からの異物について

高压空気を用いた詳細調査において、胴体右側の静圧孔から排出された異物には葉脈が認められたことから、植物の葉の一部と考えられる。

CASメッセージ“DADC MISCOMPARE”への対応としてNo. 1 DADCを不作動とした時を除き、No. 1 DADCのデータがDFDRに記録されており、上昇、巡航及び降下中にNo. 2 DADCのデータがDFDRに記録されるまで、No. 1 DADCが計算した気圧高度に異常は認められない。また、降下中にNo. 2 DADCからのデータが、DFDRに記録されるようになった(図4⑤)以降も同DADCが計算した気圧高度に異常は認められない。以上のことから、高压空気を用いた詳細調査において静圧孔から排出された異物は、同機の飛行に影響しなかったと推定される。

(2) 推定飛行経路付近の気象状況

同機の推定飛行経路付近には、18時ごろから19時ごろにかけて雲頂高度が45,000ftを超える孤立した積乱雲及び積乱雲域が解析されていた。また、本州の南海上は水蒸気の多い状態であり、紀伊半島の南東海上にはレーダー・エコーが観測されていたことから、同機は、DADC MISCOMPAREメッセージが表示される前から降下を開始する時点までの間、積乱雲の対流現象により氷晶が存在していた空域を飛行していた可能性が考えられる。

(3) 航行の安全に障害となる複数の故障

同機は、左操縦席のPFDにNo. 1 DADC、右操縦席のPFDにNo. 2 DADCからのデータを表示させていたが、巡行中に表示されたDADC MISCOMPAREメッセージへの対応として、運航乗務員は故障と判断したNo. 2 DADCを不作動とした。その結果、両操縦席のPFDがNo. 1 DADCからのデータを使用する状況となった中で、同機が降下を開始した際に、両操縦席のPFDの速度表示が不正確となったため、「航行の安全に障害となる複数の故障」として取り扱われることになったと認められる。

① No. 1 DADC

同機が、No. 1 DADCのみを作動させた状態でオート・パイロットを使用してFL450

から降下を開始した際に、運航乗務員は両操縦席のPFDの速度表示の減少、予備速度計の速度表示の増加及び推力を減じていたオート・スロットルの推力を増大させる方向への動きを認知した。このとき、DFDRは、IRSによって計算された対地速度の増加を記録している一方で、No. 1 DADCが計算した指示対気速度の減少を記録している。図10によれば、同機が降下を開始した地点付近ではFL450からFL430にかけて風速の変化がほとんどなかったと考えられることから、DFDRに記録された対地速度の変化は、実際に対気速度が増加したことによるものと考えられる。したがって、予備速度計は正常な値を示していたものと考えられる。一方、DFDRに記録されたNo. 1 DADCが計算した指示対気速度の減少は、同DADCに全圧を供給するNo. 1ピトー・ラインが閉塞したため、閉塞時の全圧がピトー・ライン内で維持された状態で、同機が降下したことに伴い静圧が上昇したことによるものと考えられる。

No. 1ピトー・ラインの閉塞については、同ピトー・ラインのドレイン孔から水滴が排出されたこと、及び同機の飛行経路付近の空域に対流活動を示す積乱雲及び積乱雲域が解析されていたことから、同機が氷晶の存在する空域を飛行したため、氷晶がピトー管内に浸入し、ピトー・

ヒーターによって一度液体状に変化した後、ピトー・ライン内の温度調節が行われていない箇所再度凍ったことによる可能性が考えられる。氷晶がピトー管に浸入した時期については、DFDRに巡航中の速度の変化がほとんど記録されておらず、降下を開始した直後から静圧の増加による対気速度

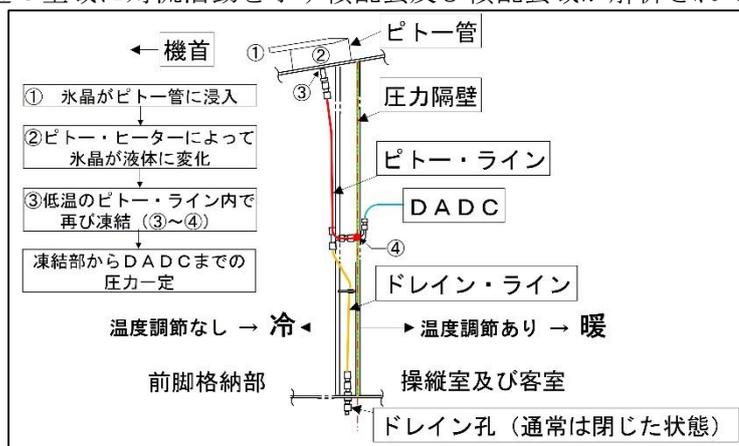


図16 ピトー・ラインの閉塞の概要

の減少が記録されていることから、降下を開始する以前の巡航中であつた可能性が考えられる。

② No. 2 DADC

DADC MISCOMPARE メッセージが表示された際に、運航乗務員はQRHの同メッセージに対する手順に従い、左右操縦席のPFD及び予備速度計の速度表示を基に左操縦席のPFDにエアデータを供給しているNo. 1 DADCが故障したと判断し、サーキット・ブレーカーを抜いて同DADCを不作動とした。しかしながら、運航乗務員が、No. 2 DADCのみを作動させた状態でオート・パイロットの使用を試みたところ、その機能の一部が作動しなかったため、運航乗務員は、No. 1 DADCではなくNo. 2 DADCが故障したと判断し直し、No. 1 DADCを再作動させ、No. 2 DADCを不作動とした。

その後、運航乗務員は、降下時にNo. 1 DADCがエアデータを供給していた左右のPFDの速度表示が不正確となったことへの対応として、No. 2 DADCのサーキット・ブレーカーを入れ、左操縦席側のディスプレイ・コントローラでNo. 2 DADCを選択し、以後、DFDRにはNo. 2 DADCからのデータによる速度及び高度が記録されることとなった。

降下中に左操縦席側のディスプレイ・コントローラでNo. 2 DADCが選択され、DFDRに同DADCの情報が記録された以降、異物が排出された静圧孔を使用して同DADCが計算した高度の記録に異常な値が記録されていないことに加えて、速度に関する記録についても異常と考えられる値を記録していないことから、異物の混入による同DADCへの影響はなく、同DADCは正常に作動していたものと推定される。しかしながら、降下中にNo. 2 DADCの情報が記録される以前の同DADCの作動状況は、DFDRにほとんど記録がなく、同DADCの作動状況を確認するための客観的な事実情報が少ないことから、明らかにすることはできな

かった。

(4) 運航乗務員の対応

① 故障したDADCの特定

運航乗務員は、DADC MISCOMPARE メッセージに対応するため、QRHのメッセージ・インデックス(図13)を参照し、QRH(図14)のCorrective Action(対応手順)に従って、予備速度計を基準として、No.1DADCの故障と判断したものと考えられる。しかしながら、その後、運航乗務員は、オート・パイロットを接続した際、この機能の一部が作動しなかったことから、No.2DADCが故障したものと判断をし直したものと考えられる。QRH(図14)には、DADCの故障を判断する情報としてオート・パイロットの作動状況は含まれていないことから、この判断は、運航乗務員の独自の判断と考えられる。

② オート・パイロットの一部不動作

DFDRは、No.1DADCのサーキット・ブレーカーが抜かれた時刻を記録していないが、19時29分14秒にそれまでNo.1DADCが選択されていた左操縦席のPFDのデータ・ソースとしてNo.2DADCが選択されたこと、及び同30分00秒にオート・パイロットが接続されたことを記録している。QRH(図14)の対応手順によれば、運航乗務員は、故障したDADCを特定した後に、計器類のデータ・ソースとして良好と判断したDADC(ここではNo.2DADC)を選択することとなっている。さらに、運航乗務員は、DADC MISCOMPARE メッセージが表示されていないことを確認した後に、故障と判断したDADC(ここではNo.1DADC)のサーキット・ブレーカーを抜くこととなっていることから、運航乗務員は、19時29分14秒以降にNo.1DADCのサーキット・ブレーカーを抜き、同DADCを不動作としたと考えられる。その結果、No.1DADCのサーキット・ブレーカーを抜き、オート・パイロットを接続するまでの時間は、設計・製造者が故障の発生したシステムをリセットするために必要な時間として推奨する1分に満たない時間となったため、オート・パイロットの機能の一部が作動しなかった可能性が考えられる。

③ QRH(Quick Reference Handbook)

QRH(図14)は、DADC MISCOMPARE メッセージに対応する一連の手順全体を示しているが、QRH(図14)が参照を求めるQRH(図15)でも一部の手順について重複して記述されるなど、不具合に迅速に対応するための手順としては必ずしも整理されていない構成となっていると考えられる。また、QRH(図15)では、オート・パイロットの再接続時に1分待機するよう記述しているが、QRH(図14)では、オート・パイロットの再接続の手順を示しているにもかかわらず、1分待機についての記述はなかった。運航乗務員は、DADC MISCOMPARE メッセージへの対応として、最初にQRH(図14)を実施したと考えられることから、1分待機する必要性をQRH(図14)から読み取ることはできなかったものと考えられる。

また、運航乗務員は、オート・パイロットの機能の一部が作動しなかったことをDADCの故障を判断する根拠としたものと考えられるが、設計・製造者は、運航乗務員が故障と判断したDADCを不動作とした後、オート・パイロットを再接続した時点で同装置が正常に作動しない場合であっても、その時点で使用しているDADCが故障したと判断することは適切でないとの見解を示している。しかしながら、QRH(図14)及びQRH(図15)には、設計・製造者の見解を示す記述がなく、QRH(図15)には、故障したDADCが隔離されるまでオート・パイロットを接続できない可能性があるという記述があった。さらに、設計・製造者は、本重大インシデント時のように高度、速度の変化が小さい巡航中にDADC MISCOMPARE メッセージが表示された場合は、Unreliable Airspeed Indications の手順を行うことも一つの方法であるとの見解を示しているが、これについてもQRHに記載がないことから、運航乗務員が故障したDADCを特定する際の手順として選択しなかった可能性が考えられる。

設計・製造者は、対応手順を明確化するとともに、対応を行う上で必要な情報を運航乗務員に提供するため、これらQRHの記述内容について再整理することが必要と考えられる。

④ 複数のDADC故障時の対応

No. 2 DADCを不作動とした後、同機は、運航乗務員が不正確になったPFDの速度表示を認知するまで、オート・パイロットによる飛行を継続したと認められる。

同機が降下を開始して間もなく、両操縦席のPFDの速度表示が不正確になって以降、運航乗務員は、QRHのUnreliable Airspeed Indicationsの手順に従って同機の姿勢、推力を飛行状況に合わせ、予備計器を参考にしながら、同機を安全に東京国際空港に着陸させたと認められる。

4 原因

本重大インシデントは、同機が、DADC MISCOMPARE メッセージへの対応として、運航乗務員が故障と判断したNo. 2 DADCを不作動とし、両操縦席のPFDがNo. 1 DADCからのデータを使用していた状態で降下を開始した際に、両操縦席のPFDの速度表示が不正確となったため、航行の安全に障害となる複数の故障として取り扱われることになったと認められる。

No. 1 DADCからのデータを使用していた両操縦席のPFDの速度表示が不正確となったことについては、同機が、氷晶の存在する空域を飛行し、No. 1 ピトー・ラインが閉塞したことによる可能性が考えられる。

運航乗務員が故障と判断したNo. 2 DADCの作動状況については、降下中を除きDFDRにほとんど記録がなく、客観的な事実情報が少ないことから明らかにすることはできなかった。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策	分析に示したとおり、設計・製造者は、DADC MISCOMPARE メッセージに関連するQRHの記述内容を再整理することが必要と考えられる。
5.2 本重大インシデント後に講じられた再発防止策	<p>設計・製造者は、同型式機の Airplane Flight Manual 及びQRHの DADC MISCOMPARE 並びに DADC failures に関する記述を改定することとした。</p> <p>(1) DADC MISCOMPARE</p> <p>QRHに記載された同メッセージへの対応手順の一部を削除し、DADC Failures を参照することのみとし、同メッセージへの対応手順や注意事項を明確にした。</p> <p>(2) DADC failures</p> <p>直線水平飛行中は、どちらのDADCに故障が発生しているかを判断することは難しいため、速度、高度を変化させてエアデータの差を大きくすることで、故障したシステムを見極めることが容易になると追記した。さらに、故障したDADCを見極めることができない場合は、Suspected Erroneous/Unreliable Airspeed Indications を参照することが推奨されると追記した。</p>