

航空事故調査報告書

エス・ジー・シー佐賀航空株式会社所属	J A 4 4 R H
日本航空株式会社所属	J A 8 9 0 3
海上保安庁所属	J A 6 9 0 3
個人所属	J A 2 7 0 3

平成18年 1 月27日

航空・鉄道事故調査委員会

本報告書の調査は、エス・ジー・シー佐賀航空株式会社所属JA44RH他
3件の航空事故に関し、航空・鉄道事故調査委員会設置法及び国際民間航
空条約第13附属書に従い、航空・鉄道事故調査委員会により、航空事故
の原因を究明し、事故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、事故の責任を問うために行われたものではない。

航空・鉄道事故調査委員会

委員長 佐藤 淳 造

日本航空株式会社所属 JA8903

本書で用いた略語等は、次のとおりである。

A C A R S	: Aircraft Communications Addressing and Reporting System
A C M S	: Aircraft Condition Monitoring System
A D C	: Air Data Computer
A F D S	: Autopilot Flight Director System
A F M	: Airplane Flight Manual
A L T	: Altitude
A O A	: Angle Of Attack
A O M	: Aircraft Operating Manual
A P C	: Aircraft Pilot Coupling
A / P	: Autopilot
A / T	: Autothrottle
A T C	: Air Traffic Control
C A	: Cabin Attendant
C A P P I	: Constant Altitude Plan Position Indicator
C A T	: Clear Air Turbulence
C A S	: Computed Air Speed
C C P	: Control Column Position
C D U	: Control Display Unit
C V R	: Cockpit Voice Recorder
D F D R	: Digital Flight Data Recorder
D M E	: Distance Measuring Equipment
E C O N	: Economy
E I C A S	: Engine Indication and Crew Alerting System
F A A	: Federal Aviation Administration
F C C	: Flight Control Computer
F C S	: Flight Control System
F D	: Flight Director
F L	: Flight Level
F L C H	: Flight Level Change
F M C	: Flight Management Computer
F M S	: Flight Management System
I A S	: Indicated Air Speed
I C A O	: International Civil Aviation Organization

I R U : Inertial Reference Unit
J S T : Japan Standard Time
K I A S : Knots Indicated Air Speed
L N A V : Lateral Navigation
M A C : Mean Aerodynamic Chord
M C P : Mode Control Panel
M_{MO} : Maximum Operating Limit Speed
n m : Nautical Mile
N 1 : Low Pressure Rotor Speed
O M : Operations Manual
P A : Passenger Address
P C P : Power Control Package
P F : Pilot Flying
P F D : Primary Flight Display
P I C : Pilot In Command
P I O : Pilot Involved Oscillation, or Pilot Induced Oscillation
P N F : Pilot Not Flying
P T H : Path
P V S : Pilot-Vehicle System
Q N H : Pressure Setting to Indicate Elevation above Mean Sea
Level
R N A V : Area Navigation
S A T : Static Air Temperature
S P D : Speed
T A S : True Air Speed
T C A S : Traffic Alert and Collision Avoidance System
T O D : Top Of Descent
T U R B : Turbulence
U T C : Universal Time Coordinated
V N A V : Vertical Navigation
V O R : VHF Omni-directional Radio Range
V O R T A C : VHF Omni-directional Radio Range Tactical Air Navigation
V_{MO} : Maximum Operating Limit Speed
V / S : Vertical Speed

目 次

1	航空事故調査の経過	1
1.1	航空事故の概要	1
1.2	航空事故調査の概要	1
1.2.1	調査組織	2
1.2.2	外国の代表、顧問	2
1.2.3	調査の実施時期	2
1.2.4	経過報告	2
1.2.5	原因関係者からの意見聴取	2
1.2.6	調査参加国への意見照会	3
2	認定した事実	3
2.1	飛行の経過	3
2.1.1	飛行記録装置の記録、操縦室用音声記録装置の記録及び管制交信記録 による飛行の経過	3
2.1.2	飛行の経過に関する運航乗務員の口述	7
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	11
2.3	航空機の損壊に関する情報	11
2.4	航空機乗組員等に関する情報	12
2.4.1	運航乗務員	12
2.4.2	客室乗務員	13
2.5	航空機に関する情報	14
2.5.1	航空機	14
2.5.2	エンジン	14
2.5.3	重量及び重心位置	14
2.5.4	燃料及び潤滑油	14
2.6	気象に関する情報	15
2.6.1	天気概況	15
2.6.2	気象衛星の雲画像	15
2.6.3	雲解析情報図	15
2.6.4	名古屋レーダーC A P P I図及びエコー頂図	15
2.6.5	高層気象	15
2.6.6	タービュランス情報	16
2.7	通信に関する情報	17

2.8	DFDR及びCVRに関する情報	17
2.9	医学に関する情報	18
2.9.1	重傷者の負傷の状況	18
2.9.2	軽傷者の負傷の状況	19
2.10	人の生存、死亡又は負傷に係りのある捜索、救難及び避難等に関する情報	19
2.10.1	事故発生前後の機内の状況	19
2.10.2	地上における同社及び関係機関の対応	22
2.11	事実を認定するための試験及び研究	23
2.11.1	気象状況の調査	23
2.11.2	同機が降下中に受けた風	26
2.11.3	ボーイング747-400D型機の縦操縦系統	26
2.11.4	ボーイング747-400D型機の手動によるエレベーターの操作	27
2.11.5	ボーイング747-400D型機のオートパイロットによるエレベーターの作動	27
2.11.6	本事故後に実施したオートパイロットの点検等	29
2.11.7	機体運動の数値シミュレーション	30
2.11.8	操縦室及び客室後方における垂直加速度	35
2.11.9	フライト・シミュレーターによる模擬飛行試験等	35
2.12	その他必要な事項	39
2.12.1	V _{MO} /M _{MO} に関する関連文書の記述	39
2.12.2	ウィンドシヤーに遭遇した場合の手順	42
2.12.3	オート・フライト・オペレーションに関する同社の記述	42
2.12.4	フライト・シミュレーターによる飛行訓練	43
2.12.5	同社の副操縦士の「演練」について	44
2.12.6	シートベルト着用に関する同社の社内規定	45
2.12.7	負傷者発生時における情報伝達及び救急活動に関する同社の社内規定	45
3	事実を認定した理由	46
3.1	運航乗務員の技能証明等	46
3.2	機体の耐空証明等	46
3.3	気象の状況	46
3.4	強いウィンドシヤーの予測	47
3.5	事故発生直後までの同機の飛行状況	48

3.5.1	降下開始から降下中にMACH数がM _{MO} に接近するまで	48
3.5.2	MACH数がM _{MO} に接近してから事故発生直後まで	49
3.6	ピッチの急増とその後のピッチの変動	50
3.6.1	対気速度の急激な増加とオートパイロットの応答	50
3.6.2	機体ピッチ角の増加	51
3.6.3	オートパイロットのディスエンゲージとマニュアル操縦によるピッチの変動	54
3.7	操縦操作に関与した要因	55
3.8	DFDR及びACMS記録について	57
3.9	M _{MO} を超過しそうになった場合の対処方法及びフライト・シミュレーターによる教育・訓練について	58
3.10	シートベルト・サインの点灯とシートベルトの着用状況	60
3.11	負傷者の発生状況	60
3.12	救急活動	61
3.12.1	客室内における救急活動	61
3.12.2	地上における救急活動	61
4	原因	62
5	所見	63
6	参考事項	64
	付図、写真及び別添一覧	65

< 余 白 >

航空事故調査報告書

所 属 日本航空株式会社
型 式 ボーイング式 747 - 400D 型
登録記号 JA8903
発生日時 平成14年10月21日 10時57分ごろ
発生場所 浜松市南東約 8 nm の海上上空

平成17年12月21日

航空・鉄道事故調査委員会（航空部会）議決

委 員 長	佐 藤 淳 造（部会長）
委 員	楠 木 行 雄
委 員	加 藤 晋
委 員	松 浦 純 雄
委 員	垣 本 由 紀 子
委 員	松 尾 亜 紀 子

1 航空事故調査の経過

1.1 航空事故の概要

日本航空株式会社所属ボーイング式 747 - 400D 型 JA8903 は、平成14年10月21日（月）、日本航空株式会社の定期356便として福岡空港を離陸し、東京国際空港へ向け、巡航高度から降下中、10時57分ごろ、浜松市南東約 8 nm の海上上空、高度約 39,000 ft において、機体が動揺し、その際、乗客3名及び客室乗務員1名計4名が重傷、乗客18名及び客室乗務員11名計29名が軽傷を負った。

同機には、機長ほか乗務員14名、乗客541名（うち幼児3名を含む。）計556名が搭乗していた。

同機は、機体が動揺した際、機内の一部が損傷した。

1.2 航空事故調査の概要

1.2.1 調査組織

- (1) 航空・鉄道事故調査委員会は、平成14年10月21日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか3名の航空事故調査官を指名した。
- (2) 本事故に関し、次の専門的事項の調査のため、3名の専門委員が任命された。

機体運動に関する調査

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
飛行試験技術開発センター
飛行実験チーム チームリーダー

増位 和也

(平成15年1月15日任命)

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部
飛行安全技術開発センター
ヘリコプター飛行安全チーム

又吉 直樹

(平成15年1月15日任命)

気象に関する調査

社団法人 日本航空機操縦士協会顧問
理学博士

中山 章

(平成15年1月15日任命)

1.2.2 外国の代表、顧問

本調査には、事故機の設計・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14年10月21日及び22日

機体調査及び口述聴取

平成16年2月20日

フライト・シミュレーターによる模
擬飛行試験

1.2.4 経過報告

平成15年9月26日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通大臣に対して経過報告を行い公表した。

1.2.5 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。

1.2.6 調査参加国への意見照会

調査参加国に対し意見照会を行った。

2 認定した事実

2.1 飛行の経過

日本航空株式会社（現「株式会社日本航空インターナショナル」）所属ボーイング式747-400D型JA8903（以下「同機」という。）は、平成14年10月21日、機長ほか乗務員14名、乗客541名（うち幼児3名を含む。）計556名が搭乗し、日本航空株式会社（以下「同社」という。）の定期356便として、10時12分、福岡空港から東京国際空港へ向けて離陸した。

同機には、機長がPNF（主として操縦以外の業務を担当する操縦士）として左操縦席に、演練中^{（注1）}の副操縦士がPF（主として操縦業務を担当する操縦士）として右操縦席に、さらに、同乗の副操縦士1名がオブザーブ・シートに着座していた。

東京空港事務所に提出され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：10時00分、巡航速度：488kt、巡航高度：FL410^{（注2）}、経路：TAE（大分VOR/DME）～Y23（RNAV経路）～VIOLA（位置通報点）～Y21（RNAV経路）～XAC（大島VORTAC）～V17（航空路）～WESTN（位置通報点）、目的地：東京国際空港、所要時間：1時間07分、代替飛行場：名古屋空港、持久時間で表された燃料搭載量：3時間19分

（注1）2.12.5参照

（注2）「FL」とは、高度計規制値を29.92 inHgにセットしたときの高度計の指示値を100で除した数値で表される高度である。当初ファイルされていた同機の巡航高度は、FL370であったが、福岡空港出発前にFL410に変更された。

2.1.1 飛行記録装置の記録、操縦室用音声記録装置の記録及び管制交信記録による飛行の経過

飛行記録装置（以下「DFDR」という。）の記録、航空機状態監視システム（以下「ACMS」という。）操縦室用音声記録装置（以下「CVR」という。）の記録及び管制交信記録によれば、飛行の経過は、概略次のとおりであった。

10時35分ごろ、同機は、巡航高度FL410に到達した。

同52分ごろ、同機がFL410で巡航中、東京管制区管制所（以下「東京コントロール」という。）は同機に対し、交信周波数を123.7MHzに変更するよう指示し、同機は周波数を変更した。

同55分ごろ、同機は東京コントロールに対し、降下を要求した。これに対し、東京コントロールは、「Japan air 356 roger, descend and maintain Flight Level 160, cross SPENS at Flight Level 160」と指示した。

同56分35秒、同機は、FL410より、FMC^(注3)が計算したトップ・オブ・ディセント（降下開始点、以下「TOD」という。）からVNAV/PTHモード^(注4)により降下を開始した。

同57分18秒、N1がアイドル付近に低下し、同機は、高度約39,885ftをMACH0.864で降下していた。

同57分19秒、MACH0.871となり、MACH数がやや増減する傾向が始まった。

同57分26秒、MACH0.886となった。

同57分27秒、MACH0.879となった。

同57分28秒、MACH0.881となり、機長が「スピード、スピード」とコールした。

同57分29秒、高度約39,450ftでオートパイロットのピッチ・モードがVNAV/PTHモードからVNAV/SPDモード^(注4)に替わった。この時、MACH0.866であった。

同57分30秒、MACH0.865となった。

同57分31秒、MACH0.859となった。

同57分32秒、MCP^(注5)のセレクト速度は、MACH0.86となった。

同57分33秒、MACH0.867となり、機長が「インターベンション^(注6)して、これでもっと戻してくれ」とコールした。

同57分34秒、MACH0.865となった。

同57分35秒、MACH0.869となった。

同57分36秒、MCPのセレクト速度はMACH0.80となり、MACH数はMACH0.876となった。

同57分37秒、MACH0.867となった。

同57分38秒、MACH0.914となった。同時刻、CCPが+0.5°とやや機首上げ側（操縦桿の位置で、プラスの値は機首上げを示す。）に増加し、機体ピッチ角が-0.4°、AOA（迎え角）が-12.1°^(注7)となり、垂直加速度も+1.14G

(+は上向きの加速度を示す。ACMSのIRUのデータは+1.16G)となった。

同57分39秒、MACH0.889となり、CCPが+1.2°と機首上げ側に更に増加し、機体ピッチ角が0°、AOAが-12.3°になり、垂直加速度も約+1.24G(IRUは+1.33G)となった。

同57分40秒、MACH0.903となった。同時刻、CCPは+4.6°となり、機体ピッチ角は更に機首上げ側の+2.5°に増加し、AOAが-9.8°となり、垂直加速度は約+1.89G(IRUは+1.88G)となった。

同57分41秒、MACH0.884となり、CCPは-1.4°と機首下げ側に動き始め、機体ピッチ角が+6.4°、AOAが-5.4°、垂直加速度が約+1.95G(IRUは+1.91G)となり、スティック・シェーカーが作動した。高度は約39,040ftであった。

同57分42秒、MACH0.871となり、CCPは機首下げ側に大きく(-9.6°)動き、機体ピッチ角は+8.3°、AOAは-7.9°となり、垂直加速度が約+1.86G、スティック・シェーカーが作動した。また、オートパイロットはディスエンゲージとなった。高度は約38,940ftであった。

同57分43秒、機長が「アイ・ハブ・コントロール」、副操縦士が「ユー・ハブ・コントロール」とコールした。MACH0.859となり、CCPは機首下げ側-12.5°、機体ピッチ角が+5.2°、AOAは-17.2°、垂直加速度が約-0.39Gとなった。

同57分44秒、MACH0.854となり、CCPは+2.3°、機体ピッチ角は-1.5°、AOAは-19.5°、垂直加速度は約-0.34Gであった。

同57分45秒、MACH0.853、CCPは+4.0°、機体ピッチ角は+0.8°、AOAは-13.5°となり、垂直加速度が約+1.72Gとなった。

「カシャ」というような金属的な小さい音が発生した。

同57分46秒、MACH0.847、CCPは-3.3°、機体ピッチ角は+6.1°、AOAは-6.1°となり、垂直加速度は約+1.77Gとなった。

同57分47秒、機長が「(シート)ベルト・オン」をコールした。MACH 0.847、CCP - 4.9°、機体ピッチ角 + 6.2°、AOA - 11.4°、垂直加速度約 + 1.48 Gとなった。再びスティック・シェーカーが作動した。

同57分48秒、MACH 0.842、CCPは - 3.7°、機体ピッチ角 + 2.6°、AOAは - 15.8°、垂直加速度約 + 0.66 Gとなった。

同57分50秒、機長が「イグニッション・オン」をコールした。MACH 0.831、CCP + 1.5°、機体ピッチ角 + 2.8°、AOAは - 11.3°、垂直加速度約 + 1.34 Gとなった。

同57分52秒、垂直加速度約 + 0.79 Gとなって以降、機体ピッチ及び垂直加速度の大きな振幅の動きはなくなった。

同58分03秒、CAによる「皆様、ベルトをしっかりとお締めください」との機内放送があった。

同59分28秒、オートパイロットが、再びエンゲージされた。

同59分35秒、客室乗務員から、タービュランスで倒れた乗客がいる旨の最初の報告が機長に対してなされた。これ以降、客室乗務員から機内の状況の報告、機長からの指示等が何度かあった。

11時04分59秒、同機から、同社の羽田無線局(カンパニー・レディオ)に、TB4(注8)の揺れに遭遇して乗客がけがをしているが症状はまだ分からないこと、また、救急車等の手配が必要となった場合は後ほど連絡する旨を通報した。

同06分10秒、東京コントロールは、同機に東京進入管制所と交信するよう指示し、同機は、東京進入管制所のレーダー誘導を受けて東京国際空港への進入を開始した。

11時23分、同機は東京国際空港に着陸した。

事故発生場所は、浜松市南東約8nmの海上上空の高度約39,000ftで、事故発生時刻は、大きな垂直加速度(G)が記録された10時57分ごろであった。

(注3)「FMC」とは、離陸から着陸までの全飛行領域にわたって飛行管理(航法、操縦、推力調整、誘導等)を自動的に行うFMSの中核となるコンピューターである。

(注4)「VNAV/PTHモード」、「VNAV/SPDモード」とは、オートパイロットのピッチ・モードの一つであるVNAVモードの細部モードである。

VNAV/PTHモードのとき、オートパイロットは、FMCのターゲット高度あるいはVNAV PATHを維持するようにピッチを制御する。

A / Tは、スピード・モードで作動する。

VNAV/SPDモードのとき、オートパイロットは、ターゲット速度を維持するようにピッチを制御する。A / Tは、フライトのフェーズに応じて、THR REF (FMSで選択される各種のスラスト)、THR (ピッチ・モードによって必要とされるClimb/Descent Rateを維持するためのスラスト) 及びIDLE等のモードで作動する。

(注5)「MCP」とは、操縦席のグレアシールド・パネルにあり、操縦士がフライト・ディレクター、オートパイロット及びFMCのオートスロットル・システムのエンゲージ、モードの選択及びコントロールをするためのコントロール・スイッチ及びディスプレイが装着されているパネルである。

(注6)「インターベンション」とは、「スピード・インターベンション」を略して言ったもので、オートパイロットが維持する飛行速度を、操縦士がMCPから一時的にコントロールすることをいう。2.11.5(6)参照

(注7)AOAの値は、ADCが算出した迎え角の値であり、ベーンによって測定した迎え角の値とは異なる。

(注8)「TB4」とは、同社のOPERATIONS MANUAL SUPPLEMENT中の「社内におけるタービュランス通報の基準」において定められている、カンパニー・レディオやACARSを利用して通報を行う場合のタービュランスの強さを表すために使用する用語の一つであり、ICAO/FAAの基準におけるMODERATEと同等の強さとされている。なお、タービュランスの強さは、TB0 (Smooth) ~ TB7 (Extreme)まで分類されている。

(付図1、3-1、3-2、3-3、3-4及び写真1、2、3参照)

2.1.2 飛行の経過に関する運航乗務員の口述

(1) 機長

事故当日は、副操縦士昇格直後の路線での右席におけるPF業務を演練中の副操縦士(以下「副操縦士」という。)及び同乗の副操縦士と計3名の編成であった。羽田から福岡往復の353便及び356便とも離陸から着陸まで副操縦士にPF業務を実施させる予定であった。

06時にショーアップし、通常どおり、ディスパッチ・ブリーフィングを受けた。気象状況は、アメダス等により確認し、全般的に雲が広がっていてエコーが点在していること、また、雲中飛行では、多少「ガタガタ」と揺れがあるのではないかとということであった。

飛行高度の選定は、副操縦士に判断させた。また、客室乗務員には、副操縦士からブリーフィングをさせた。

福岡への飛行中、串本付近の高度35,000ftでTB4の乱気流があったという報告をACARSで受けたが、福岡へ飛行している353便には直接影響のある情報ではないと考えた。

福岡到着後、帰りの356便の高度の選定に当たり、353便で飛行中に受けた乱気流に関する情報を考慮して、ファイルしていた高度をFL370からFL410に変更した。

福岡から羽田への356便は、副操縦士が右席で操縦して、福岡を離陸した。MIKNIポイントに向かう途中から「ダイレクト・フルート」(フルートに真っ直ぐ向かえ。)というATCクリアランスがきて、高度41,000ftで順調に飛行していた。オートパイロットは、センターを使用し、VNAV/PTHモードであった。

高度41,000ftでは、全く雲はなく、揺れもなかった。その後、層雲系の雲の上を飛行するオン・トップ飛行になった。

フルートのほぼ上空で東京コントロールから「Present position direct Oshima」という指示がきた。フルートを過ぎて、トップ・オブ・ディセントから、VNAV/PTHモード及びECONスピード(注9)で降下を開始した。

降下開始時、ウェザー・レーダーにエコーと考えられるようなものは映っていなかったことから、シートベルト・サインはオンとしなかった。また、「カタカタ」と揺れだして速度が増加し始めた時は、その対処を優先したためシートベルト・サインをオンにはしなかった。

降下を開始して、高度約39,000ftぐらいから「カタカタ」と揺れてきた。対気速度計のトレンド・インディケーション(注10)が速度が増加するという指示を出したので、副操縦士がスピード・インターベンションの操作をして、スイッチを押した時、スピードはMACH0.86であった。そこで、私がコマンド・スピードをMACH0.80にセットしたが、スピードのトレンド・インディケーションが更に増加する傾向にあった。

その後のことは、時系列的にどれが先か後かというのは、ちょっとはっきりしないが、スピード・ブレーキを私が引いた。それから、「アイ・ハブ」とコールした。その後に、ピッチ・アップする傾向を感じた。その後、スティック・シェーカーの作動があった。そして、私が、ピッチ・ダウンをした。その時、お尻がふわっと上がるようなマイナスGを感じた。

オートパイロットは、私がオフにしたのか、あるいは、オフとなったのかははっきりしない。機体がコントロールできている状態だと確認したときは、オフであった。そして、シートベルト・サインをオンとし、その後にPA(機内放送装置)でシートベルトを着用するようにアナウンスした。

揺れがあった辺りでは、雲中かどうかは分からなかったが、ウエザー・レーダーにはエコーと考えられるようなものは何も映っていなかった。

揺れに遭遇する前の飛行中、フルート上空、高度37,000ftにおいてTB4のタービュランスがあったという情報が、ACARSにより送られてきた。ただ、そのときは、高度41,000ftを飛行していたこと、その高度では全く揺れはなかったこと、雲の状況を見ても対流雲らしきものはなかったこと、また、揺れに関するレポートは、その時間帯では、自社の定期便を含め他に何機も飛んでいるはずであるが、その1件だけであったことから、揺れがあるとは思わなかった。

(2) 副操縦士

事故当日06時から、機長、同乗の副操縦士、ディスパッチャーとの4名で、その日1日のブリーフィングをした。航路上はどの高度でも揺れが予想されたが、高度の決定は私に任されたので、羽田から福岡に向かう353便には、雲中飛行となるが揺れが少ないと判断して、高度31,000ftを選択した。

羽田を離陸し、高度31,000ftにレベルオフしたが、雲中飛行で揺れが「カタカタ」と続いていた。高度39,000ftを飛行している他機の情報では、その高度がスムーズとのことから、最初高度35,000ftに上昇したが、高度31,000ftと変わらなかった。その後、高度39,000ftに上昇すると、雲の上に出て気流は安定していた。

福岡から羽田に戻る356便の高度は、353便で揺れと雲の状況を見てきたので、ファイルしていたFL370からFL410に変更した。

私が操縦して福岡を離陸し、大分VOR/DMEの手前からダイレクト・フルートで飛行した。高度41,000ftでは、雲もなく、揺れもなかった。

当該便はスケジュールどおりであったので、ECONスピードで飛行し、降下もTODから開始した。TODはフルートを過ぎて焼津アビーム（焼津を真横に見る線上）との間くらいであった。

オートパイロットを使用して高度41,000ftから降下していくと、高度39,000ft付近に積雲系ではなく、ちょっとべたーとしている層雲系の雲がかかっていた。雲に入るなどと思っているところから「カタカタ」と揺れ出して、揺れたなと思うと同時に、速度計のトレンド・インディケーションが急激に伸び出した。その量が非常に大きかったので、すぐスピード・インターベンションをして加速しないような操作をした。最初IASが表示され、表示をMACHに切り替えるとその段階ではMACH0.86を指示していた。機長が、まだ速度があり過ぎるということでMACH0.80にセット

し直した。速度がすぐに下がらなかったため、機長がスピード・ブレーキを引いたが、それでも減速せず、急激なピッチ・アップが発生し、それと同時にスティック・シェーカーが作動した。その前後の何時か分からないが、機長が「アイ・ハブ・コントロール」とコールしたので、「ユー・ハブ・コントロール」とコールし、PF業務を機長に替わった。

オートパイロットは、私がチェックした段階ではもう外れていた。ただ、機長が意図的に外したのか、又は外す操作をしていないのに外れたのかについては分からなかった。PF中は減速操作のためのスピード・インターベンションなど全ての操作はMCPを操作することによって行い、操縦桿でオーバーライドするような操作やマニュアル操縦に切り替えるなどの操作はしなかった。

ピッチ・アップの次にピッチ・ダウンの状態になって、その段階で若干マイナスGを感じた。

その後、しばらくマニュアル操縦で降下をした後、機長が「オートパイロット、オン」とオーダーをした。シートベルト・サインは、タービュランスに遭遇した時点で機長がオンにしたと思う。

(3) 同乗の副操縦士

羽田から福岡への353便及び福岡から羽田への356便ともオブザーブ・シートで飛行をオブザーブしていた。

356便で高度41,000ftを飛行中、気流はスムーズであった。降下を開始して高度39,000ftあたりで「ガタガタ」と揺れだし、速度が増加する傾向があった。この時点まで、右席の副操縦士がPF業務を行っていた。

それで、スピード・インターベンションをどちらがやったのかモニターはしていなかったが、機長がMACH0.86か0.85からMACH0.80にしたと思う。MACH0.80にコマンドしたが、まだ速度が増加する傾向があったので、機長はスピード・ブレーキを使うんだなと思ったが、どの程度使ったかについては、後ろの席からは分からなかった。

その時、体感で飛行機のピッチが上がる傾向があり、スティック・シェーカーが作動した。そして、時間的にゆっくりモニターしているまもなく、飛行機がノーズ・ダウンしたときに少しマイナスのGが掛かって、若干お尻が浮くような傾向を感じた。

そして、高度38,000ftぐらいになったときには、飛行機は比較的落ち着きを取り戻していた。オートパイロットがいつオフになったのかは、後ろの席からは分からなかった。この間、オートパイロットがオフとなった時

のウォーニングは何も確認していない。

これら一連の流れは非常に短時間で、揺れ始めてから落ち着くまでの高度の差も1,000ftぐらいであったので、風の変化をモニターするような余裕はなかった。

(注9)「ECONスピード」とは、経済的な運航速度として通常使用されている速度である。事故当時のECONスピードは、約MACH0.865であった。なお、B747-400型機の最大運用限界速度(M_{MO})は、MACH0.92である。

(注10)「トレンド・インディケーション」とは、PFD(主飛行表示装置:操縦席の左右前方パネルに装備され、速度、姿勢、操縦指令、オートパイロットの状態、高度、上昇降下率、機首方位、及び航跡に関する各種情報を表示する装置)のAirspeed/MACH(速度)ディスプレイ上に現在の加速又は減速を基に10秒後の予想対気速度を矢印によって示すものである。

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

乗客3名及び客室乗務員1名計4名が重傷を負い、乗客18名及び客室乗務員11名計29名が軽傷を負った。

(付図4参照)

2.3 航空機の損壊に関する情報

客室内装が小破した。

各部の破損状況の詳細は、以下のとおりであった。()内は付図5中の位置番号を示す。

(1) 座席

座席47Gの右側アームレストが変形していた。()

(2) 天井板

座席56G付近、右側通路上の天井板パネルが亀裂を生じ、パネルは外れていた。()

座席47G付近、右側通路上の天井パネルが上側に外れ、そのパネルを留めるラッチの上に乗掛かっていた。()

(3) ダクト

右側通路上の座席56G付近の天井裏にあるラバトリーとギャレーのベント用のダクトがつぶれ、かつベント・ファンへの分岐点の接着が剥がれ、分岐するダクトが外れていた。()

(付図5及び写真1、2、3参照)

2.4 航空機乗組員等に関する情報

2.4.1 運航乗務員

- (1) 機長 男性 40歳
- | | |
|--------------------|------------|
| 定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） | 平成8年7月25日 |
| 限定事項 陸上多発機 | 昭和59年8月20日 |
| ボーイング式747型 | 平成2年6月28日 |
| ボーイング式747-400型 | 平成4年8月4日 |
| 第1種航空身体検査証明書 | |
| 有効期限 | 平成15年1月28日 |
| 総飛行時間 | 7,270時間19分 |
| 最近30日間の飛行時間 | 40時間22分 |
| 同型式機による飛行時間 | 4,569時間23分 |
| 最近30日間の飛行時間 | 40時間22分 |
| 同型式機機長発令 | 平成10年7月7日 |
- (2) 副操縦士 男性 29歳
- | | |
|------------------|-------------|
| 事業用操縦士技能証明書（飛行機） | 平成11年8月27日 |
| 限定事項 陸上多発機 | 平成11年8月27日 |
| ボーイング式747-400型 | 平成13年11月1日 |
| 計器飛行証明 | 平成11年8月27日 |
| 第1種航空身体検査証明書 | |
| 有効期限 | 平成15年03月18日 |
| 総飛行時間 | 457時間31分 |
| 最近30日間の飛行時間 | 12時間07分 |
| 同型式機による飛行時間 | 148時間37分 |
| 最近30日間の飛行時間 | 12時間07分 |
| 同型式機副操縦士発令 | 平成14年8月13日 |
- (3) 同乗の副操縦士 男性 36歳
- | | |
|--------------------|------------|
| 定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） | 平成14年9月13日 |
| 限定事項 陸上多発機 | 平成4年7月27日 |
| ボーイング式747-400型 | 平成5年11月19日 |
| 第1種航空身体検査証明書 | |
| 有効期限 | 平成15年8月7日 |
| 総飛行時間 | 4,460時間56分 |

最近30日間の飛行時間	30時間01分
同型式機による飛行時間	4,180時間06分
最近30日間の飛行時間	30時間01分
同型式機副操縦士発令	平成6年5月10日

2.4.2 客室乗務員

(1) 前任客室乗務員	女性	35歳	
乗務配置			L 1 コンパートメントA
総乗務時間			9,694時間59分
(2) 客室乗務員A	女性	35歳	
乗務配置			R 1 コンパートメントA
総乗務時間			8,747時間00分
(3) 客室乗務員B	女性	31歳	
乗務配置			L 2 コンパートメントB
総乗務時間			5,776時間58分
(4) 客室乗務員C	女性	34歳	
乗務配置			R 2 コンパートメントB
総乗務時間			7,378時間50分
(5) 客室乗務員D	女性	37歳	
乗務配置			L 3 コンパートメントC
総乗務時間			12,572時間03分
(6) 客室乗務員E	女性	41歳	
乗務配置			R 3 コンパートメントC
総乗務時間			11,507時間59分
(7) 客室乗務員F	女性	34歳	
乗務配置			L 4 コンパートメントD
総乗務時間			6,841時間12分
(8) 客室乗務員G	女性	38歳	
乗務配置			R 4 コンパートメントD
総乗務時間			9,871時間27分
(9) 客室乗務員H	女性	39歳	
乗務配置			L 5 コンパートメントE
総乗務時間			11,094時間26分
(10) 客室乗務員I	女性	30歳	
乗務配置			R 5 コンパートメントE

総乗務時間				5,842時間02分
(11) 客室乗務員 J	女性	41歳		
乗務配置				UL アッパーデッキ
総乗務時間				13,861時間48分
(12) 客室乗務員 K	女性	37歳		
乗務配置				UR アッパーデッキ
総乗務時間				8,234時間44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747-400D型
製造番号	26345
製造年月日	平成4年8月17日
耐空証明書	第99-031号
有効期限	平成11年1月13日から整備規程(日本航空株式会社)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	21,525時間32分
定期点検(7C検査、平成13年12月6日実施)後の飛行時間	1,927時間43分

(付図2参照)

2.5.2 エンジン

型 式	ジェネラル・エレクトリック式CF6-80C2B1F型			
	No.1	No.2	No.3	No.4
製造番号	702223	702218	706236	704951
製造年月日	1989年7月18日	1989年7月11日	2000年10月11日	1999年9月16日
総使用時間	37,534時間19分	41,471時間23分	6,966時間19分	11,706時間13分

2.5.3 重量及び重心位置

事故当時、同機の重量は519,000lb、重心位置は21.0%MACと推算され、いずれも許容範囲(最大着陸重量574,000lb、事故時の重量に対応する重心範囲13~30%MAC)内にあったものと推定される。

2.5.4 燃料及び潤滑油

燃料は航空燃料ジェットA-1、潤滑油はモービル・ジェット・オイル であつ

た。

2.6 気象に関する情報

2.6.1 天気概況

平成14年10月21日05時、名古屋地方気象台が発表した天気概況は、次のとおりであった。

紀伊半島沖には前線を伴った低気圧があつて、発達しながら東北東へ進んでいます。このため、東海地方は全般に雨となっています。東海地方の今日は、低気圧が東海道沖を通過するため、昼前まで雨となりますが夕方には晴れてくる見込みです。

なお、10月21日09時の地上天気図によると、紀伊半島の南東海上に1,002 hPaの低気圧があり、発達しながら時速約20 kmで北東に進んでいた。この低気圧から温暖前線が東方に延び、寒冷前線が南西方向に延びて九州の南方海上に達していた。この低気圧は15時には関東の東海上に達し、996 hPaに発達した。

(付図6-1、6-2参照)

2.6.2 気象衛星の雲画像

平成14年10月21日11時発表の気象衛星の雲画像(水蒸気画像)によると東海地方及び東海地方沖には上昇流を示す雲画像が確認された。

(付図7参照)

2.6.3 雲解析情報図

平成14年10月21日09時の雲解析情報図によると、紀伊半島沖、東海沖から伊豆諸島付近では積乱雲を含む対流雲域があり、東北東に移動していた。

(付図8参照)

2.6.4 名古屋レーダーCAPP I図及びエコー頂図

平成14年10月21日11時の気象庁名古屋レーダーのCAPP I図(等高度面データ)によると、ウェザー・エコーは、高度10 km及び8 kmでは見られず、高度6 kmでは紀伊半島沖及び御前崎沖に確認できるが、浜松市沖にはほとんど見られなかった。

(付図9参照)

2.6.5 高層気象

事故前日の平成14年10月20日21時には、バイカル湖の東に寒冷低気圧があり、これに伴う気圧の谷はゆっくりと東に移動していた。この低気圧の南西側には強風域があり、北海道付近にも強風域があった。また、低気圧南西側の強風域の下方には、地上低気圧と結び付いた気圧の谷があり東進していた。

低気圧南西側強風域付近の高層観測地点における、平成14年10月21日09時及び21時の極大風の風向及び風速、極大風の観測された高度及びその高度における温位^(注11)を以下に示す。

表中、21時欄の風速の括弧内は、09時との風速差を示す。

地点	10月21日09時			10月21日21時		
	高度(hPa) (注12)	極大風 (風向(°)/ 風速(kt))	温位(K)	高度(hPa)	極大風 (風向(°)/ 風速(kt))	温位(K)
福岡	193 ~ 183	265/109	355 ~ 358	224 ~ 158	275/107(-2)	345 ~ 363
鹿児島	236	270/96	347	259 ~ 246	280/111(+15)	343
米子	151	265/101	370	152	260/105(+4)	370
潮岬	172 ~ 164	265/93	357 ~ 361	162	260/107(+14)	363
浜松	176 ~ 167	260/97	355 ~ 360	189 ~ 180	255/107(+10)	360 ~ 364
輪島	160	255/93	363	179	250/95(+2)	348
館野	248	245/86	335	195	240/97(+11)	357
八丈島	191 ~ 181	275/80	350	205	255/93(+13)	355

(付図10、11、12参照)

(注11)「温位」とは、ある気塊を断熱変化させることによって、初めの気圧、温度の気塊を1,000hPaの気圧にしたときの温度であり、絶対温度(K)で表される。温位により高度の異なった空気の暖かさを比較することができる。

(注12)「高度(hPa)」とは、気圧で表した高度であり、標準大気で換算すると、200hPaが約3,800ft、250hPaが約3,950ft、500hPaが約1,820ftとなる。なお、41,000ftは約1,78hPa、39,000ftは約1,96hPaとなる。

2.6.6 タービュランス情報

(1) 飛行計画作成時の運航担任者のブリーフィング

事故当日の福岡往復の353便及び356便について、東京国際空港で機長等にブリーフィングを行った運航担任者によれば、概略次のとおりであった。

午前6時から福岡往復の353便及び356便の機長等にブリーフィングを実施した。ブリーフィングには、その時点で最新の気象情報を使用した。この時点では国内線は飛行していなかったため、福岡便に関連する他のパイロットからのレポートはなかった。

福岡往復については、全般的に雲が広がっていてエコーが点在していること、また、悪天予想図等によると、雲中飛行で多少揺れがあるが、CAT（晴天乱気流）は予想されていなかったため、CATについてはブリーフィングしなかった。

（付図13参照）

（2） 飛行中の情報

同機の運航乗務員によると、福岡往復の353便及び356便に関し、タービュランスに関する情報は次の2件だけであった。

福岡への353便で飛行中、串本付近の高度35,000ftにおいてTB4の乱気流があったという情報がACARSで送られてきた。

356便で飛行中、フルート（位置通報点）上空高度37,000ftでTB4の乱気流があったという情報がACARSで送られてきた。

2.7 通信に関する情報

同機は、降下開始前から事故発生までの間、東京コントロール関東南Cセクターと交信しているが、通信状況は良好であった。

2.8 DFDR及びCVRに関する情報

（1） DFDR

同機には、米国ハネウェル社製DFDR（パーツ・ナンバー：980-4700-033）が搭載されており、正常に記録されていた。

DFDRに記録されていた時刻は電波時計の時刻であり、これと管制機関との交信記録に記録されていたNTTの時報と照合した結果、両方の時刻は一致した。

解析には、DFDRに含まれていなかったデータを補うため、ACMSに記録されていたデータも使用した。

（2） CVR

同機には、120分の録音が可能な米国ハネウェル社製CVR（パーツ・

ナンバー：0980 - 6022 - 001) が搭載されており正常に記録されていた。

CVRとDFDRの時刻合わせについては、DFDRに記録されていたVHF送信機のキーイング信号とCVRに記録されていた管制交信の音声記録とを照合することにより行った。

2.9 医学に関する情報

2.9.1 重傷者の負傷の状況

重傷を負った乗客3名及び客室乗務員1名の負傷の部位、程度及び負傷者の口述による負傷時の状況は、概略次のとおりであった。

- (1) 乗客 男性 37歳(座席43Kで着席中)
負傷の部位・程度：右鎖骨骨折、右腕打撲
負傷時の状況概要：シートベルトを着用せずシートを倒して寝ていたところ、「カタカタ」と音がして横揺れがしたので、シートを起こそうとしたら、体が天井まで浮き上がり、落下したとき床に右肩を強打した。
- (2) 乗客 男性 31歳(座席47Eで着席中)
負傷の部位・程度：腰骨骨折、右腕打撲
負傷時の状況概要：シートベルトを着用せず着席していたところ、すごい音がして上に投げられるように体が天井まで浮き上がり、落下したとき肘掛けに腰を強打した。
- (3) 乗客 男性 36歳(座席56Fで着席中)
負傷の部位・程度：頸椎震盪
負傷時の状況概要：シートベルトを着用せず着席していたところ、体が天井まで浮き上がり、首と肩を天井に衝突させた。その後、座席58H付近の通路に落下した。
- (4) 客室乗務員E 女性 41歳(アフターギャレーで作業中)
負傷の部位・程度：頭部及び腰部の打撲並びに脳震盪
負傷時の状況概要：飲物のサービスの回収が終わり、アフターギャレーで次の機内サービスの準備をしようとしていたところ、大きな揺れがあった。両手でギャレーの手すりにつかまってしゃがんだが、あつと言う間に体が天井まで浮き上がり、天井に頭部が衝突した。その直後、床に落下し、頭部と腰部を強打した。

2.9.2 軽傷者の負傷の状況

軽傷を負った乗客18名及び客室乗務員11名の負傷状況は、乗客及び客室乗務員の口述を総合すると、概略次のとおりであった。

(1) 乗客

乗客は、揺れに遭遇した際、トイレ内で体が浮き上がり、天井に頭部等をぶつけたこと、通路を歩行中、着席直前に体が浮き上がり、天井に頭部等をぶつけたこと、あるいは、着席中に体が浮き上がり、天井に、又は落下したとき床に頭部等をぶつけたことにより負傷した。

なお、軽傷を負った乗客18名のうち15名は着席中であったが、そのシートベルト着用状況は、着用者が6名、非着用者が7名、着用不明が2名であった。なお、着用者のうち3名は緩めに締めていた。

(2) 客室乗務員

客室乗務員は、上部客室で2名、前方ギャレー付近で2名、中央ギャレー付近で2名及び後方ギャレーで3名が機内販売、機内サービスの片付け等を実施中、また、R3ドア付近で2名が機内販売を実施中、揺れに遭遇して全員が浮き上がり、天井に頭部等をぶつけたこと、及び体が浮き上がるのを防ごうと手すり等につかまった際、あるいは落下した際、床に腰部等を打ち付けたことにより負傷した。

機体後方部で業務を行っていた者ほど天井への衝突、床への落下が激しく、その衝撃で負傷した。

2.10 人の生存、死亡又は負傷に関係のある捜索、救難及び避難等に関する情報

2.10.1 事故発生前後の機内の状況

事故発生前後の機内の状況は、機長、客室乗務員及び乗客の口述によれば、概略次のとおりであった。

(1) 機長

高度39,000ft付近を降下中、スピードの急増に遭遇し、スピード・ブレーキを引き、「アイ・ハブ」とコールした。機体がピッチ・アップする傾向を感じた後、スティック・シェーカーが作動し、私がピッチ・ダウンの操作をした。そのとき、お尻がふわっと上がるようなマイナスGを感じた。その後、機体が安定しているのを確認してシートベルト・サインを入れ、機内放送でもシートベルトを着用するようにアナウンスした。

チーフ・パーサーを呼び出して、客室の状況を知らせよう連絡した。

客室から何回か報告があり、乗客一人が出血していること、肩等を打撲した乗客がいること、客室乗務員一人がけがをしていること、また、天井の一

部が落ちたという報告を受けた。

出血している人がいるという情報を受け、カンパニー・レディオで自社の羽田空港支店に救急車の待機を要請した。

客室乗務員から、けが人の処置及び機内の片付け等の作業を行いたいとの要望があったので、これ以降は大きな揺れはないと判断し、また、シートベルト・サインがオンのままでは、客室乗務員の処置に支障があると思い、シートベルト・サインは高度16,000ftまで降下する前にオフとした。それで客室乗務員に処置をしてもらいながら、我々は通常の降下を続けた。

(2) 客室乗務員

同機の客室乗務員は、全員、羽田福岡の往路の定期353便から同機の運航乗務員とともに乗務していた。353便の出発前、副操縦士から、離陸後約30分間揺れが予想されるので注意してサービスを行うこと等のブリーフィングがなされた。

復路の356便出発前の副操縦士からのブリーフィングでは、離陸後約30分間揺れが予想されるのでシートベルト着用サインを点灯すること、その後は、特に大きな揺れはないので特に問題はないこと、高度をFL370からFL410に変更すること等のブリーフィングがなされた。

大きな揺れがあった後、しばらくしてシートベルト着用のサインが点灯し、乗客にシートベルト着用の案内を放送した。すぐに、運航乗務員からも同様に、シートベルト着用の案内があった。

運航乗務員から先任客室乗務員に客室の状況を報告するよう指示があったので、先任客室乗務員は、各セクションの客室乗務員に客室の状況を確認させたところ、後方客室において出血している乗客、肩を打撲している乗客及び客室乗務員の負傷者がいるとの報告があり、そのことを運航乗務員へ伝えた。また、後方客室よりドクター・コールの要請があったが、シートベルト着用のサインが点灯しているため今は無理であると回答した。その間、客室後方では、負傷した乗客の応急処置が行われた。

なお、客室各部の概要は以下のとおりであった。

上部客室

上部客室では、飲物サービス及び機内販売が終了し、その片付け中、着席を要するほどではない揺れがあり、その後、サービスに差し支えない程度の「カタカタ」という揺れがあったが、あつと言う間に体が宙に浮くような大きな揺れが来た。その時、ギャレーにいた客室乗務員は、ギャレーの手すりに片手でつかまったが、ふわふわと浮き無重力のような感じで天井まで浮き上がり、天井で頭を打ち、床に落ちて座り込んだ。ギャレー前

方の座席のポケットから本が飛び出したのか、天井から落ちてくるのが見えた。メイン・デッキへ降りようと階段にいた客室乗務員は、階段の手すりに両手でつかまっていたが、体操競技の平行棒のように体が浮き上がり階段に落ちた。上部客室の乗客は、全員がシートベルトを着用していた模様で、特に変わったことはなかった。

主客室後方付近

後方ギャレーでは、4名の客室乗務員が機内サービス後の片付けを行っていたが、いつもと違う揺れと「ガーッ」という地鳴りのような音の後、突然、大きな揺れがあり、4名とも体が宙に浮き、天井やギャレーの手すりで頭を打つなどした。その際、1名の客室乗務員が重傷を負った。その後、シートベルト着用のサインが点灯したため、乗客に対し、着席してシートベルトを着用するように案内したが、後方の43H付近及び58H付近でも負傷者がいることが分かり、ドクター・コールを行った。その結果、協力の申し出のあった医師及び看護師とともに負傷者の応急処置を行った。なお、58H付近の負傷者は座席に着席させられない状況であったため、仰向けで座席に固定した状態で着陸した。

主客室中央付近

主客室中央にあるR3ドア付近にて機内販売を行っていた客室乗務員2名は、いつもと違う横揺れを感じ、「ゴーツ」という音とともに、いったん、下に沈み込んだ後、体が浮き上がり、うち1名は天井で頭を打った。

なお、前方ギャレーから後方を見ていた客室乗務員によると、カートも約1m浮き上がった。その後、カートのストップ・バーをかけて、それぞれ近くのジャンプ・シートに着席した。そのとき、シートベルト着用のサインが点灯したので、立ち上がっている乗客に対し、着席するように案内し、Dコンパートメント(R3/L3ドア～R4/L4ドアの間)には負傷者がいないこととトイレも問題ないことを先任客室乗務員に通報した。

主客室前方付近

中央のギャレーでは、2名の客室乗務員が機内サービス後の片付けをしていたところ、横揺れと下から突き上げるような揺れがあり、体が天井にたたきつけられそうな感じだったのでギャレーの手すりに両手でつかまって浮き上がるのを必死に押さえた。その後、それぞれ近くのジャンプ・シートに着席した。

Cコンパートメント(R2/L2ドア～R3/L3ドアの間)の乗客はほとんどシートベルトを着用して就寝していた。

(3) 乗客

機体後部の客席にシートベルトを着用しないで着席していて重傷を負った乗客によると、隣の席に子供をシートベルトを着用させて座らせ、その子供と自分の間に肘掛けを上げてもう一人の子供を座らせていたところ、大きく横に揺れた後、子供とともに天井まで浮き上がった。しばらく止まったように感じたが、今度は通路の床に落下した。隣の席の子供はシートベルトを着用していたので浮き上がらなかった。

客席後方に着席していて重傷を負った別の乗客によると、2、3回横揺れがあって、ちょっと揺れたかなと思ったら、体が天井まで浮き上がって振り落とされるような感じで通路に落ちた。シートベルトは着用していなかった。

上部客室の乗客によると、膝の上に置いていたパソコンが少し浮いたり、シートベルトを着用していた乗客でも一部、体がふわっと浮いた。

2.10.2 地上における同社及び関係機関の対応

同社羽田空港支店の旅客部は、11時10分ごろ、同機が乱気流に遭遇して負傷者が発生し、救急車を要請しているとの情報を入手した。同旅客部は11時16分ごろ、乱気流により乗客3名が負傷した模様、到着予定が11時24分であること、使用予定スポットが12番であり、空港ビルのゲート4番で待ち合わせるとの情報を119番通報した。

一方、東京消防庁によると、上記通報を受けた総合指令所からの出動指令に基づき、蒲田消防署、蒲田消防署羽田出張所及び大森消防署山谷出張所の救急車各1台並びに蒲田消防署指揮隊の指揮車両1台及び蒲田消防署空港分署のポンプ車1台が出動し、指定場所のゲート4番に11時29分ごろから34分ごろにかけて到着した。

11時29分、同機はスポット12番にスポット・インし、救急車等は同36分ごろ機側に到着した。乗客が降機中だったため降機を待つ機内に入り救助活動を開始したところ、初期情報の3名を含め合計9名程度負傷者がいるとの情報が同社からあったため、11時50分ごろ総合指令所へ救急車2台の追加要請を行った。

総合指令所は蒲田消防署空港分署及び大森消防署馬込出張所に救急車各1台の出動を指令し、それぞれ12時05分ごろと同16分ごろ、4番ゲート前に到着した。その後の救助活動により全部で14名の負傷者を確認し、再度、12時18分ごろ、総合指令所へ1台の救急車の出動を要請し、総合指令所からの指令により矢口消防署の1台が12時40分ごろ到着した。

体調の不調を訴えた者を含めて乗客12名、客室乗務員7名、合計19名を病院へ搬送した。また、その後、体調の不調を訴えた乗客9名は、自宅近くの病院において受診し、客室乗務員5名は同社の診療所において受診した。

2.1.1 事実を認定するための試験及び研究

2.11.1 気象状況の調査

(1) 対流雲の状況

付図8の平成14年10月21日09時の雲解析情報図によると、紀伊半島沖、東海沖から伊豆諸島付近では積乱雲を含む対流雲域があり、東北東に移動していた。付図9の同21日11時の気象庁名古屋レーダーのCAPI図によると、6kmの高度にはエコーは見られたが、8km以上の高度にはエコーは見られなかった。

(2) 亜熱帯ジェット気流の動向

付図10のアジア200hPa天気図によると、亜熱帯ジェット気流（同図中にs~s'で示した。）に伴う120kt以上の強風域（斜線部）があり、北海道の緯度には寒帯前線ジェット気流（同図中にp~p'で示した。）がある。両ジェット気流は温位が異なり、前者の温位はおよそ355~360K、後者の温位は330Kである。

亜熱帯ジェット気流s~s'は、10月20日21時（10月20日12UTC）から事故当日の同21日21時（10月21日12UTC）にかけて東に移動しており、100ktの等値線と亜熱帯ジェット気流の先端s'とに着目すると、亜熱帯ジェット気流の先端s'は、本州の南岸に沿って東進し、21日の09時と21時の間に事故地点を通過している。

この亜熱帯ジェット気流の温位は355~360Kであるので、2.6.5の高層観測地点における、10月21日09時及び21時の極大風の高度及び温位から、09時、21時ともに温位が亜熱帯ジェット気流の条件を満たしている地点は、潮岬、浜松、八丈島、福岡である。さらに、この4地点のうち事故当日の09時から21時の間に亜熱帯ジェット気流の先端部s'が通過した地点、すなわち風速が増加した地点は、福岡は同日09時には既に通過していたので、潮岬、浜松、八丈島の3地点である。また、2.6.5によれば極大風の高度が下がっているのは浜松と八丈島である。

これらのことから、亜熱帯ジェット気流の先端部s'が事故地点を通過するころには、風は強まって、極大風の高度は下降しているものと推定される。

(3) 亜熱帯ジェット気流下方のトラフ

付図11のアジア500hPa天気図によると、亜熱帯ジェット気流の下方をトラフ（気圧の谷）が通過している。

付図12によると、21日09時には250hPa天気図にTで示すトラフが九州東岸にあるが、アジア200hPa天気図にはない。21日15時には、

250 hPa天気図のトラフは東進しT の位置にあり、また、同15時の200 hPa天気図にも、250 hPa天気図とほぼ同じ位置にトラフがある。すなわち、21日09時にはトラフは250 hPaの高さまでにしか存在しなかったが、15時には200 hPaの高さまで発達していた。

(4) 高層気象観測値による風の鉛直シヤー

平成14年10月21日09時及び21時観測の浜松上空の気温及び風速分布を示したものが付図14である。これによると、事故の発生高度付近の鉛直シヤー（ベクトル）は、21日09時にはm点（高度は176 hPa、風は $260^{\circ}/97\text{kt}$ ）とn点（高度は200 hPa、風は $255^{\circ}/86\text{kt}$ ）との間の平均が約 $5\text{kt}/1,000\text{ft}$ と小さく、21日21時にはジェット気流の下方の189～200 hPaの狭い観測高度間で、約 $8\text{kt}/1,000\text{ft}$ であった。

このように、高層気象観測値からは、同機が事故時に飛行していた高度付近に強い鉛直シヤーの存在を確認することはできなかった。

(5) A C M S データによる風の鉛直シヤー

算出の仮定

航空機がタービュランスを受けているときには、空気の流れの中には多数の渦があり、気流は乱れているので、A C M Sの1秒ごとの変化が激しい風の値からウインドシヤーやC A Tの原因であるケルビン・ヘルムホルツ不安定（注¹³）の予想に必要な基本場の風を知ることは難しい。したがって、ある時点の気流の乱れが小さく、基本場を表していると考えてよい指標として、「航空機の受けた垂直加速度の1 Gからの偏差が $\pm 0.1\text{G}$ 以下のデータが連続して3秒間以上続くこと」と仮定して、この条件に合致する風のデータを選び、3秒間の風の算術平均値を算出した。

また、気温のデータは2秒ごとに記録されているので前後の値を平均した。以上の算出結果を付図14にプロットした。

風の鉛直シヤー

上記 で算出した風を付図14へプロットしたのから次のようなことが読み取られる。

- a 2.6.5中の表によると、浜松上空の極大風（ジェット気流）の高度は、21日09時の176～167 hPaから同21時の189～180 hPaにかけての12時間の間に約 1hPa/h の割合で下降している。

事故が発生した時刻の風速の鉛直分布は、実線kで示したように09時のm点とn点とを結ぶ線とほぼ平行であり、09時と同じ風速分布の傾きをしている下限の高度はP点（高度39,807 ft、風 $258^{\circ}/$

100kt)である。これはジェット気流に伴う強風の影響はこの高度までであることを示している。

b 実線kで示したACMSデータに見られる強風域の風速は、09時のm点とn点を結ぶ線で示される強風域と21時観測の強風域の風速とのほぼ中間の値である。すなわち、09時から約2時間後の事故時までは風速が急速に増加している。

c 高度39,000ft付近の風向は、09時観測のn点では255°であったが、事故時のACMSデータではQ点(高度38,847ft)付近の高度まで、風向は246°~248°となっており、09時の風向よりも7°~9°南風成分が増し、また、風速はQ点で246°/78ktまで減少している。

上記(3)に記述したように、ジェット気流の下方にはトラフがあり、これは09時には250hPaの高度までにしか存在しなかったが、東進しながら上方にも発達し、15時には200hPaまで達している。トラフの前面には上昇流があり、これは付図7の気象衛星画像(水蒸気画像)でも確認できる。この上昇気流のために、下層の風速の小さい南風成分の卓越した風が上方に輸送され、09時には付図14中でS点(250hPa)が240°の風の上限であったものが、事故発生時刻にはQ点(200hPa)の高度まで風向は246°~248°となり、風速が09時の値に比べ約8kt低下している。

d ACMSデータから事故発生時刻の鉛直シャーを推算すると次のとおりである。

- ・ 付図14のACMSのデータでP点とQ点を用いた場合

この区間は、ジェット気流に伴う強風の下降した下限のP点と、南風成分を持った風の上限のQ点の間である。

鉛直シャーは、約30kt/1,000ftと推算される。

- ・ 付図14のACMSのデータでR点とQ点を用いた場合

P点のすぐ下で±0.1G以上が2秒続いた後のR点(高度39,367ft、風255°/95kt)までは航空機が受けた加速度が小さいので、R点とQ点の間を用いた。

鉛直シャーは、約40kt/1,000ftと推算される。

(6) 同一高度面内における風の急変

ACMSデータでは10時57分36秒に高度39,127ftで風252°/90ktであったが、同57分38秒には、高度39,130ftで風247°/78ktと急減した。

(注13)「ケルビン・ヘルムホルツ不安定」とは、重い流体の上に軽い流体が重なった静的に安定な流体でも、両者が違った水平速度で動くと、与えられた密度差に応じて速度差がある臨界値を超えた時、境界面で発達する不安定をいい、この時できる波動をK-H波と呼んでいる。多くのCATはこれによると考えられている。

2.11.2 同機が降下中に受けた風

2.11.7に述べる数値シミュレーションに必要となる風のデータを求めるため、ACMSのデータから、機体の姿勢変化の影響を補正して、風ベクトルを対地速度ベクトルと対気速度ベクトルの差として求め、同機が事故発生高度付近で受けた風向及び風速を推算した。推算結果の細部は別添2のとおりである。

同機は、事故発生前の約5秒間で追い風成分が約30kt低下していた。また、このとき、風向も約10°変動していた。これにより、対気速度(CAS)が約20kt急増していた。一方、上下風については、±8kt以下と推算された。

2.11.3 ボーイング式747-400D型機の縦操縦系統

(1) エレベーター及びエレベーター駆動系統

エレベーターは胴体に近いインボード・エレベーター左右2枚と胴体に遠いアウトボード・エレベーター左右2枚、計4枚が配置されている。

エレベーターを駆動するPCPには、機体に装備されている油圧4系統のうち2系統で動くタンDEM型PCPと1系統で動くシングル型PCPとがある。

インボード・エレベーターにはタンDEM型PCPが連結されており、アウトボード・エレベーターにはシングル型PCPが連結されている。インボード・エレベーターの動きはスレイブ・リンクによりアウトボード・エレベーターのPCPに伝えられ、アウトボード・エレベーターはインボード・エレベーターに追従して動く。

左右のインボード・エレベーター、左右のアウトボード・エレベーターは、それぞれ同じ舵角となる。インボード・エレベーター2枚はアウトボード・エレベーター2枚よりも常に2°後縁上げとなるように制御されている。操縦桿が中立の状態では、インボード・エレベーター2枚は1°後縁上げ、アウトボード・エレベーター2枚は1°後縁下げに制御されている。操縦士及びオートパイロットによるエレベーター操作の動きは、エレベーター直近に設けられている1つのトルクチューブに加えられ、同トルクチューブの動きがリンク機構によって左右インボード・エレベーターを駆動するPCPに伝

達される。

エレベーターの作動範囲は、機首上げ側 25° 及び機首下げ側 15° の計 40° である。

(2) エレベーター・フィール・システム

エレベーター・フィール・システムは、人工的にエレベーターの操舵感覚を与えている。操縦士が操舵に要する力は、対気速度（動圧）に応じて大きくなり、また、重心位置が変化しても操舵感覚が変わらないようにしてあり、これによって、操縦士がオーバー・コントロールすることを防いでいる。

(3) スティック・シェーカー

対気速度が失速速度に接近していることを警報するため、操縦桿にシェーカーが取り付けられている。このシェーカーが作動する条件は、ベーンによって測定した迎え角、ピッチ・レート、フラップ、MACH 数、スピード・ブレーキ及び脚の状態に応じて変動する。

2.11.4 ボーイング式 747 - 400 D 型機の手動によるエレベーターの操作

左右の操縦桿はトルクチューブで連結され、操縦桿の前、後方向（降下、上昇）の動きは、操縦席の下方に位置するフォワード・クォードラントに伝えられ、更にケーブルにより水平安定板後方のアフト・クォードラントに伝えられる。

アフト・クォードラントの動きは、コントロール・ロッドでタンデム型 PCP の入力となり、インボード・エレベーターが動き、インボード・エレベーターに連結されているスレイブ・リンクを介しシングル型 PCP への入力となり、アウトボード・エレベーターが動く。

なお、手動によりエレベーターを動かすことができる操舵速度は、角速度で最大 50°/s である。

2.11.5 ボーイング式 747 - 400 D 型機のオートパイロットによるエレベーターの作動

オートパイロットは、レフト、センター、ライトの 3 系統が装備されている。自動着陸進入（高度 1,500 ft 以下）においては、3 系統のオートパイロットが同時に使用されるが、その他の飛行形態では、選択された 1 系統が使用される。

- (1) FCC が計算した量に従いエレベーターのアフト・クォードラントを動かす 3 台（レフト、センター、ライト）のオートパイロット・アクチュエーターが配置されており、それぞれのアクチュエーターはそれぞれ別の油圧系統で動く。

オートパイロット・アクチュエーターによるエレベーター操作の動きは、

エレベーター直近に設けられているトルクチューブ及び同トルクチューブに接続されているエレベーター用ケーブルを介して操縦桿にフィードバックされる。すなわち、オートパイロットがエレベーターを操舵している場合、エレベーターの動きに応じて操縦桿が動く。

- (2) オートパイロットによるエレベーター・コントロールは、速度、水平方向の加速度、垂直方向の加速度、機体ピッチ姿勢の変化により生じる垂直加速度を制限している。VNAVモードのとき、オートパイロットのピッチ・コントロールは、 $\pm 0.15 G$ に制限される。VNAVモード時のピッチ・コントロールのG制限の値は、 V_{mo}/M_{mo} 近く速度プロテクションの領域においても変わらない。

- (3) オートパイロットのマニュアル・オーバーライド

「マニュアル・オーバーライド」とは、オートパイロットがエンゲージされている時に、操縦士が操縦桿に力を加えることにより、オートパイロットの指示と異なる舵角とすることを意味しており、以下、本報告書でも「マニュアル・オーバーライド」という用語は同じ意味で使用する。

ボーイング式747-400D型機の場合、1系統のみのオートパイロットがエンゲージしているとき、操縦士は操縦桿に力を加えることによってオートパイロットをマニュアル・オーバーライドすることができる。このマニュアル・オーバーライドの操作によってオートパイロットがディスエンゲージすることはない。

なお、1系統のみのオートパイロットがエンゲージしている時に、操縦士が操縦桿に力を加えてオートパイロットをマニュアル・オーバーライドした場合、FCCがオートパイロット・サーボの位置とエレベーター舵角とをモニターしていて、両者が一致しない時間が6秒続くとオートパイロット・コーション（EICAS上にAmberで“AUTOPILLOT”のコーション・メッセージの表示、オーラル・コーションの発生、及びマスター・コーション・ライトの点灯）を発生させるよう信号を出す。

- (4) VNAV/PTHモード

VNAV/PTHモードでの降下は、飛行経路上のフィックスを、設定した高度で通過しようとする際に使用される。

VNAV/PTHモードで降下中、降下パス角が風の変化等で変わると、オートパイロットは、計画されたFMC降下経路を維持するようにエレベーターにより機体のピッチ姿勢をコントロールする。

- (5) VNAV/SPDモード

VNAV/SPDモードの降下では、オートパイロットは、ターゲット速

度を維持するようにエレベーターにより機体のピッチ姿勢をコントロールする。

(6) スピード・インターベンション

スピード・インターベンションは、FMCがコントロールしているオートパイロットのコマンド・スピードを、操縦士が一時的にMCPを操作して変更することをいう。

ピッチ・モードがVNAVモードであるときに、MCPのIAS/MACHセレクターを押すと、押す度にIAS/MACHウィンドウがオープンとクローズに交互に切り換えられ、オープンするとき、FMCスピード・インターベンションが可能となり、コマンド・スピードをIAS/MACHセレクターによりセットできる。

スピード・インターベンションすると、VNAV/PTHモードで降下時はVNAV/SPDモードに変わり、オートパイロットはセレクトされたスピードを維持するようにエレベーターにより機体のピッチ姿勢をコントロールする。

なお、IAS/MACHウィンドウがクローズのとき、オートパイロットはFMCによって計算されたターゲット・スピードを維持するようにエレベーターにより機体のピッチ姿勢をコントロールする。

(7) オートパイロットが使用するスピード

ADCから供給される機体の速度にはタービュランスや不安定な大気によって引き起こされる短期の変動が含まれている。この影響を最小限にするため、速度の生データはフィルターが掛けられ、このフィルターが掛けられた速度データがオートパイロットによる速度コントロールに使用されている。VNAV/SPDモードでは、このフィルターを掛ける作業はFMCにおけるピッチ・コマンド計算の主要な部分となっている。したがって、VNAV/SPDモードで使用されている速度は、操縦士が見ているPFD上に表示されている速度とは異なっている。

VNAVモードで降下経路を飛行しているとき、速度が V_{mo}/M_{mo} の11 kt以下になると、オートパイロットはVNAV/PTHモードからVNAV/SPDモードに移行する。VNAV/SPDモードでスピード・プロテクションがアクティブになると、オートパイロットは $V_{mo}/M_{mo} - 16$ ktを目標として速度をコントロールする。

2.11.6 本事故後に実施したオートパイロットの点検等

事故後、以下の点検を実施したが、不具合は認められなかった。

なお、運航乗務員は、事故時の飛行においてオートパイロットがディスエンゲージとなったことに関し、オートパイロットの不具合を示す事象又は計器への表示があったという口述はしなかった。

(1) 飛行間点検によるオートパイロットの状況の確認

事故時の飛行及びそれ以前の飛行について、航空日誌にはオートパイロットの不具合は記録されていなかった。

A C M Sにより事故時の飛行においてオートパイロットに不具合があったかどうかを確認したが、不具合の記録はなかった。また、オートパイロット・コーションが発生したという記録もなかった。さらに、E I C A Sにより飛行間点検時のオートパイロットの状況を確認したが、故障等の表示はなかった。

(2) エンゲージ、ディスエンゲージ機能の点検

同機に電源及び油圧を投入し、オートパイロットのエンゲージ、ディスエンゲージ機能の点検を実施した。

オートパイロットをエンゲージしてから、操縦輪のディスエンゲージ・スイッチを1回押すと、オートパイロットがディスエンゲージし、マスター・ウォーニング・ライトが点灯し、オーラル・ウォーニング（サイレン）が作動した。また、ディスエンゲージ・スイッチの1回目続く2回目の押し操作で、マスター・ウォーニング・ライトが消灯し、オーラル・ウォーニング（サイレン）が鳴り止んだ。

この作動の状況は、A O Mに記載されているとおりであり、正常であった。

なお、C V R記録には、オートパイロットがオフになった時刻にオーラル・ウォーニング（サイレン）は記録されていなかった。

2.11.7 機体運動の数値シミュレーション

事故発生前後の飛行状態について、D F D R及びA C M Sデータに基づいて検討した後、機体運動を数値シミュレーションによって再現できることを確認し、さらに操縦入力や風速を変化させた数値シミュレーションを行うことによって事故発生前後の機体運動を解析した。概要は次のとおりである。（別添3参照）

(1) 記録データに関する考察

運動解析に使用するデータの選択

A C M Sデータは、D F D Rデータより記録されている項目数が多く、運動解析に重要ないくつかの項目については記録レート（時間当たりの記録回数）も高いことから、本運動解析ではA C M Sデータを使用することとした。

ACMSデータとDFDRデータの整合性

ACMS及びDFDRの記録したデータ間には時刻のずれがあったので、その時刻のずれを記録レートの高い垂直加速度データを基準として補正した。

その結果、CAS、機体ピッチ角、コラム舵角 col、エレベーター舵角 eのデータについては、CAS及び4枚すべての eはACMSデータとDFDRデータがほぼ一致しており、及び colは、DFDRの時刻がACMSの時刻より遅れているように見えるが、波形はほぼ一致している。したがって、ACMSデータとDFDRデータの間には矛盾はないと考えられる。(別添3 A図参照)

スピード・ブレーキの記録

機長を含めた運航乗務員が、スピード・ブレーキを使用したこと、又はその可能性について口述しているが、事故関連時間帯のスピード・ブレーキ・レバーのデータはゼロ、すなわち使用されていない位置にあった。また、このとき、スピード・ブレーキとして作動するNo.4スポイラーの記録は常にゼロ位置にあった。

ACMSデータは記録レートが1Hz(1秒間に1回)であるのでスピード・ブレーキ作動時間が1秒以内の場合は記録されない可能性もある。なお、DFDRデータも記録レートが1Hzであるが、これにも、このときスピード・ブレーキ・レバーが作動した記録はなかった。

エレベーター

ACMSデータにおけるエレベーター舵角には、次のような矛盾が見られた。

- a エレベーターに大きな動きが見られる時間、特に、オートパイロットがオフになった直後の10時57分42~43秒の2秒間については、内側エレベーターの動きが外側エレベーターよりも約7°大きい。また、左右エレベーターの舵角差も1°を超え、3°に達している。エレベーターの駆動機構からはこのような差が生じることは考えにくい。

(別添3 B図参照)

- b コントロール・コラムの動きに対し内側エレベーターはほぼ直線的に変化している。しかし、57分42~43秒の2秒間については、8°以上のコラム押しに対し、外側エレベーター舵角は、ほぼ一定(約5°及び7°の後縁下げ)となっており、直線性が保たれていない。

(別添3 C図参照)

水平安定板

オートパイロットがオフとなる直前の10時57分41秒ごろから同57分54秒ごろまでの間、水平安定板(以下「スタビライザー」という。)位置のデータが変動していることについては、スタビライザーを上下させるための指令信号の記録には、その指令信号が出されたデータがないこと、また、スタビライザーを動かす機構上、急激な位置の変更はできないと考えられることから、機体の製造者の見解によれば、実際にスタビライザーの位置が変わったものではなく、弾性変形等による歪みを記録したものである可能性が指摘された。

スタビライザー位置の記録は1回/2秒であり、したがって、上記のようにデータが変動している間のスタビライザーの位置は、同57分41秒のデータのままであったとした。

(2) 数値シミュレーションによる機体運動の再現

機体運動を再現するため、エレベーター舵角の時歴としてACMSデータをそのまま使用した場合、及び外側エレベーター舵角のACMS時歴を内側と外側両方のエレベーターの動きと仮定した場合について数値シミュレーションを行った。なお、数値シミュレーションとの比較に使用したACMSデータは、2.11.7(1) から、スピード・ブレーキは作動していない場合に相当するものとして扱った。

数値シミュレーションの結果、以下のように、外側エレベーター舵角のACMS時歴を内側と外側両方のエレベーターの動きと仮定した場合、事故時の機体運動とよく一致した。

エレベーター舵角の時歴としてACMSデータをそのまま使用した場合最初のピッチ・アップまでは、数値シミュレーションとACMS時歴はよく一致しているが、以降は両者の間に差が見られる。特に、数値シミュレーションでは $\dot{\theta}$ の変化が大きく、かつ θ の値がACMS時歴より小さい。このためCAS及びTASがACMS時歴より大きく、ACMSでは水平飛行であった部分が数値シミュレーションでは降下飛行となった。

数値シミュレーションの垂直加速度 N_z IRUは、負のピーク値についてはACMS時歴とほぼ一致したが、正のピーク値についてはACMS時歴より小さかった。

数値シミュレーションによる重心位置の垂直加速度 N_z CGの値は、正のピーク値についてはACMS時歴とほぼ一致した。数値シミュレーションの N_z IRU及び N_z CGは、いずれもACMS時歴より位相が進んでいた。

外側エレベーター舵角のACMS時歴を内側と外側両方のエレベーターの動きと仮定した場合

NzIRU及びNzCGを除いて、数値シミュレーション結果とACMS時歴はよく一致した。特に、上記で最初のピッチ・アップ以降ACMS時歴との差が大きかったCAS、高度もよく一致した。

垂直加速度については、上記と比べてNzIRU及びNzCGとも変化量が小さくなったが、数値シミュレーションの方が位相が進んでいる点は同じであった。

(別添3 D図参照)

(3) 数値シミュレーションによる機体運動の解析

本解析では、風速の変化、エレベーター操舵及びスピード・ブレーキ操作の影響による機体運動の解析を実施した。

上記(2)に記述したように、外側エレベーターのACMS時歴を内外両方のエレベーターの動きと仮定した場合、ACMS時歴とよく一致するシミュレーション結果を得た。したがって、以降の機体運動の解析では、外側エレベーターのACMS時歴を、内外両方のエレベーターの動きとして事故前後の飛行状態を数値シミュレーションで再現するための操縦入力とした。

なお、DFDR及びACMSデータによると、スピード・ブレーキ・レバーの作動の記録はなかったが、運航乗務員は機長がスピード・ブレーキ・レバーを引いたと口述しており、その作動のタイミングを推定して事故前後の飛行状態を再現するための操縦入力とするケースも実施した。

解析結果については、以下のとおりであった。

風速変化の影響について

風がなかったと仮定した場合、TASはほぼ一定で、CASは降下に伴う大気圧の増加で緩やかに増加した。エレベーターの操舵によるピッチ運動が発生するが、最初のピッチ・アップ運動を除き、及び機体ピッチ・レート q 、AOA、NzIRU及びNzCGの変化量は事故発生前後と同じ風がある場合とほぼ同じであった。最初のピッチ・アップ運動によるの変化が半分以下になり、その差はピッチ運動中の中心値やピッチ運動収束後の差となって残った。この差は降下率の違いとなり、また、最初のピッチ・アップ運動が小さくなることによって、そのときの垂直加速度の正のピーク値も小さくなった。

すなわち、事故発生前後に同機が遭遇した風速変化は、対気速度の急激な変化を発生させ、最初のピッチ・アップ運動の一部となった。

なお、上下風の影響を調べるため、上下風をなしとした数値シミュレーションでは、上下風ありの場合との差が極めてわずかであった。

(別添3 E図参照)

エレベーター操舵の影響について

- a 事故発生前後と同じ風の条件において、ウィンドシヤー遭遇直前でエレベーターを固定した場合

(解析結果)

強いウィンドシヤーに遭遇する同57分36秒にエレベーターを固定したと仮定した場合、以降、の単調な増加と降下率の減少が生じた。

は最終的に約5°となり、機体は上昇し、事故時と同じエレベーター操舵を行った場合より約300ft高くなった。(シミュレーション区間の最後における高度である。)一方、対気速度は、エレベーターの操舵を行った場合とほぼ同じ変化(CASで差は5kt未満)を示した。

この間のピッチ運動は、エレベーターの操舵を行った場合に比べてはるかに小さく、したがって、NzCGも+0.86~+1.38Gであった。

すなわち、ウィンドシヤーによる急激な速度増加を抑えるためのエレベーターの操舵を行わなかった場合でも、対気速度の最大値はエレベーターの操舵を行った場合と変わらず(CASで285kt)、大きなピッチ運動及びそれに伴う大きな垂直加速度の変化を生じることにはなかった。ただし、この場合、定常降下飛行を続けることはできず、機体は上昇に転じた。

(別添3 F図参照)

- b ウィンドシヤーによる急激な速度増加を抑えるためピッチ・アップ操作の後、を戻すためのピッチ・ダウン操作を行い、その状態でエレベーターを5秒間保持した後に戻した場合

(解析結果)

は、最大約7°になった後、ピッチ・ダウン操作により、約3°に落ち着いた。対気速度及び高度は、事故発生時と同じエレベーター操舵を行った場合とほぼ同じ変化を示した。事故発生時と比べ、最初のピッチ・アップ後のピッチ・ダウン運動は緩やかであり、のオーバーシュートも少なく、エレベーター固定の2秒後にはほぼ一定となった。NzCGは、ピッチ・アップ時+1.76Gに達するが、ピッチ・ダウン時の最小は+0.59Gであり、その後は+0.91~+1.23Gであった。

すなわち、ウィンドシヤーによる急激な速度増加を抑えるためピッチ・アップ操作後、ピッチ姿勢角を戻すための緩やかなピッチ・ダウン操作を行い、その後エレベーターを固定した場合、振動的なピッチ運動をほとんど生じることなく、ピッチ姿勢角は戻った。また、ピッチ・ダウン以降の垂直加速度の変化は事故発生時の40%未満とな

り、特に大きな下向き加速度が生じることはなかった。

(別添3 G図参照)

スピード・ブレーキ操作の影響について

強いウィンドシヤー遭遇後、対気速度の増加を抑えようとして、スピード・ブレーキを飛行中の最大位置(No.3、4、9及び10スポイラーの角度は45°、No.5~8スポイラーの角度は20°)まで使用したと仮定した場合(DFDRに記録されるスピード・ブレーキのデータが1秒に1回のレートで取得されるため、使用時間は、DFDRにデータが残っていない可能性があると考えられる約2秒間とした。)

(解析結果)

スピード・ブレーキを作動させるとピッチ・レートが変化し、少し遅れて、AOA及びNzCGの増加が見られた。スピード・ブレーキが作動しない場合と比較すると、のピーク値は約3°増加し、NzCGは約0.3G増加した。また、対気速度の減少がわずかに早かった。

(別添3 H図参照)

2.11.8 操縦室及び客室後方における垂直加速度

ACMSデータから、操縦室、重傷者が発生した座席位置及び客室最後方化粧室位置で発生した垂直加速度がどの程度であったかを求めた。

推算の方法及び推算結果は、別添4のとおりである。

操縦室では、最初のピッチ・アップ時に最大の+1.7G、最初のピッチ・ダウン時に最小の+0.2Gと推算された。

座席位置47列では、最大+2.0G、最小-0.6Gと推算された。

最後方の化粧室では、最初のピッチ・アップ時に最大の+2.1G、最初のピッチ・ダウン時に最小の-0.9Gと推算された。

垂直加速度には、機体前後の位置による違いが大きく影響し、その振幅は胴体後方に行くに従い大きくなった。

2.11.9 フライト・シミュレーターによる模擬飛行試験等

同機の事故時の飛行の再現、M_{MO}に接近した状況からの回復及びスティック・シェーカー作動時の回復についてフライト・シミュレーターによる模擬飛行試験等を行った。

試験に使用したB747-400型フライト・シミュレーターは、第1種模擬飛行装置で高度なビジュアル装置及びモーション装置を有し、最も模擬の程度が高いフェイズ3の装置として国土交通省航空局が認定している機材である。

事故機は、B747-400D型であるが、当該型式のフライト・シミュレーターは利用できるものが国内にないため、B747-400型のものを用いて試験を行った。両型式機の外形上の違いは、主翼端のウィングレットの有無であるが、本事故調査におけるフライト・シミュレーターによる模擬飛行試験結果に影響するような顕著な差はない。

なお、同フライト・シミュレーターの利用者によると、同フライト・シミュレーターは次のような特性等があるとのことであった。

- ・ 高高度飛行時の特性

低高度での空中操作では実機とほぼ同様の性能を有しており、訓練に必要な精度で模擬されているが、高高度では低高度ほどは模擬の程度は高くない。

- ・ フライト・シミュレーター搭載のFCC

実機搭載のFCCと異なっているため、少なくとも、FLCHモードでは挙動が正確に反映されていない可能性がある。

- ・ 風の模擬

通常の訓練では、複雑な風はセットされていない。

- ・ マニュアル・オーバーライド・フォース

オートパイロットを1系統エンゲージしている状態でオートパイロットをマニュアル・オーバーライドする場合のオーバーライド・フォースは、実機では27lbとされるが、同シミュレーターではその値より小さい。

しかしながら、本事故調査におけるフライト・シミュレーターによる模擬飛行試験は、厳密な定量的データの取得を目的としたものではなく、事故が発生した時の飛行の再現を目指したものであり、また、対気速度が急増したとき、対応操作を変えた場合の定性的な飛行状態の把握のために行ったものである。

- (1) 模擬飛行試験の飛行諸元等の設定

事故時のACMSデータから、事故となった降下中の高度約39,800ftから高度約38,800ftの間に、26個の風のデータを選択してプログラムした。

航空機の諸元は、同機の事故発生時の状態と同じ値を設定した。また、同機はFMCが計算したトップ・オブ・ディセントの地点からVNAV/PTHモードによって降下を開始していることから、事故時の降下の状況を模擬するため、同機の運航乗務員が使用していたフライト・ログに記載されていた風のデータを基に、通常、使用されると考えられる風の数値をFMCに入力し、トップ・オブ・ディセントの位置を計算した。

- (2) 模擬飛行試験等の結果

上述したように、同社のフライト・シミュレーターは、高高度においては、

低高度ほどは模擬の程度は高くないと考えられるため、模擬飛行試験等の結果についてはそのまま実機の動きと考えることはできないが、機体運動等の傾向は概ね模擬できた。

模擬飛行試験等の結果は、概略次のとおりであった。

事故発生時の飛行の再現

オートパイロットによりVNAV/PTHモードで降下中、PFDのAirspeed/MACHディスプレイ上に、対気速度の変動及びMACH0.91を超える急激な増加、更に対気速度が M_{MO} を超えて増加するというトレンド・インディケーションによる予測が再現された。

スピード・インターベンションしてMACH0.80をセットした後、更に速度の増加を抑えるため、操縦桿を引いてオートパイロットをマニュアル・オーバーライドし、スティック・シェーカーを作動させた。その後、オートパイロットをディスエンゲージし、機首を下げてピッチ姿勢を安定させようとする操作で、2～3回の振動の後、ピッチ姿勢は概ね安定した。機体の一連の動きは概ね事故時の飛行の様相を再現していた。

ただし、オートパイロットがエンゲージ中にスティック・シェーカーが作動するような状況は、ピッチ角がDFDRに記録されていた時機に、記録されていた大きさになるように操縦桿を引く操作によって再現した。これは、スピード・ブレーキを使用するのみ等の本操作以外の操作ではスティック・シェーカーの作動が再現できなかったためである。しかしながら、事故時の飛行においては、操縦士が実際に操縦桿を引く操作をしたためスティック・シェーカーが作動するような状況になったのかどうかは、本フライト・シミュレーターによる模擬飛行試験のみでは判定できなかった。

M_{MO} に接近した状況からの回復

事故時の降下中のACMSデータから風のデータを選択してプログラムした結果、対気速度の変動及びMACH0.91を超える急激な増加、更に対気速度が M_{MO} を超えて増加するというトレンド・インディケーションによる予測を再現できたので、この状況から回復するための各種の方法について模擬飛行試験を行った。

a オートパイロットに任せる方法

オートパイロットの各種モードを選択して実施したが、各ケースとも速度が急増する状況は同じであった。

(a) スピード・インターベンションのみを実施した場合

スピード・インターベンションしてMACH0.80とした。

MACH数は、MACH0.91を少し超えたが、 M_{MO} を超えること

なく、以降、ゆっくりとMACH0.80に向けて減少していった。

MACH数が急増したことにより、約2°のピッチの増加と垂直加速度の増加が見られた。

(b) ALT HOLDモードを選択した場合

ALT HOLDモードをMACH数が急増している時(MACH0.88~0.89)に選択した。MACH数は、MACH0.91を少し超えたが、以降、ゆっくりと減少していった。また、MACH数の急増時に垂直加速度の増加が見られた。

(c) V/Sモードを選択した場合

V/Sモードを選択し、スピード・インターベンションしてMACH0.80とした後、上昇、降下率を0ft/minとした。MACH数は、当初、上記(a)、(b)の場合と同じ傾向を示したが、その後はより緩やかに減少していった。

V/Sモードを選択した後、上昇率を+1,000ft/minとした。この場合、当初のMACH数の減少には、0ft/minの場合と大きな差は見られなかった。その後のMACH数の減少は、上昇、降下率を0ft/minとした場合より早かったが、ALT HOLDモードを選択した場合とほぼ同様であった。

(d) FLCHモードを選択した場合

スピード・インターベンションしてMACH0.80とし、FLCHモード選択した。この場合、ピッチの変化が速く、また、垂直加速度の変化が大きく、MACH数の減少も早かった。

(e) スピード・ブレーキを使用した場合

スピード・ブレーキを飛行中の最大使用可能位置まで急激に使用する操作を実施した。この場合、MACH数が最大約MACH0.905となったが、その後は緩やかに減少した。

スピード・ブレーキを飛行中の最大使用可能位置まで滑らかに使用する操作を実施した。この場合、MACH数が最大約MACH0.91となったが、その後のMACH数の減少は、スピード・ブレーキを急激に使用した場合と大きな差はなかった。ただし急激に使用したときは、滑らかに使用したときに比べ、ピッチ変化および垂直加速度の増加が大きかった。

スピード・インターベンションしてMACH0.80とした後、スピード・ブレーキを急激に使用する操作をした。この場合、MACH数の減少はスピード・ブレーキ使用のケース中では最も早かった。

- b オートパイロットをディスエンゲージした後、マニュアル操縦で減速する方法

操縦桿を素速く引いて機首上げ操作をした。この場合、ピッチ・アップが大きくなり、やや大きい正の垂直加速度が発生し、ピッチが安定するまで1～2回のピッチ振動があった。MACH数の急増には対応できなかったが、高度が上昇に移り、以降のMACH数の減少は早かった。

操縦桿を滑らかに引く操作をした。この場合、ピッチ・アップが小さく、ピッチの振動傾向もなく、垂直加速度の変動、MACH数の減少は緩やかであった。

スティック・シェーカー作動からの回復

スピード・インターベンションしてMACH0.80とした後、オートパイロットをマニュアル・オーバーライドしてスティック・シェーカーを作動させ、その後、スティック・シェーカー作動からの回復を図った。

- a スティック・シェーカー作動後、オートパイロットに任せた場合

操縦桿を引いたことによりピッチ・アップとなり、垂直加速度が増加し、MACH数が減少した。マニュアル・オーバーライドを止めた後、上がったピッチが緩やかに下がり、振動する傾向はなかった。

- b スティック・シェーカー作動後、オートパイロットをディスエンゲージしてマニュアル操縦をした場合

ピッチを下げようとする操縦桿の動きが速いと、操縦桿が中立位置を超え、ピッチが急激に下がってオーバーシュートし、安定するまでに2回ほど上下動した。垂直加速度もマイナス値をとるほどになった。

ピッチを下げようとする操縦桿の動きをゆっくりとし、中立位置付近に止めようとする操作では、ピッチが緩やかに戻り、垂直加速度の変化も緩やかであった。

スピード・インターベンションは、事故時の飛行で実施されたと考えられるタイミングで実施したが、インターベンションの操作に対するMACH数の減少は非常に緩やかであった。また、MACH数の増加を抑えようとして、オートパイロットの各種のモードを選択したが、MACH数の減少は同様に緩やかであった。なお、機体の縦方向の動きを模擬するために、ピッチ角がDFDRに記録された時機に、記録されていた大きさになるように操縦桿を動かす操作は、かなり大きな操作となった。

2.1.2 その他必要な事項

2.12.1 V_{MO}/M_{MO}に関する関連文書の記述

(1) AOM

同社は、B747-400 AOMにおけるOperating Limitations中、Maximum Operating Limit Speed(V_{MO}/M_{MO})の記述を、平成13年8月29日、次のように「故意に」という文言を付け加える改定をした。

・Maximum Operating Limit Speed V_{MO}/M_{MO} は、いかなる飛行段階においても故意に超えてはならない。

(2) OPERATIONS INFORMATION

同社は、平成10年3月16日付けで、「Overspeed(V_{MO}/M_{MO})への対応」というタイトルの「OPERATIONS INFORMATION」を発行していた。

その中で、 V_{MO}/M_{MO} を超えそうになった場合及び超えた場合の対処方法、並びに V_{MO}/M_{MO} についての考え方等が記述されている。同「OPERATIONS INFORMATION」の概要(要旨)は、次のとおりである。

V_{MO}/M_{MO} への接近の度合いと緊急度、Flight Phase、使用するModeにより多少の違いはありますが、対応措置をとったにもかかわらず風の急激な変化等によりAutomatic Flight Systemによる機速の制御が追いつかなくなると判断される場合は、最終的にはAutopilotをDisengage、AutothrottleをManualでOverrideまたはDisconnectし機体をControlする必要があります。Automatic Flight SystemによるOverspeed Protectionは、 V_{MO}/M_{MO} をある程度超えたときに働くModeもあり、必ずしも V_{MO}/M_{MO} を超えないように設計されたものではありません。また、Automatic Flight Systemは、いかなる外的擾乱のもとでも必ずPilotの意図どおりに機速の制御を行うように設計されているわけではないことを今一度Remind願います。しかしながら、本来、 V_{MO}/M_{MO} は故意に超えて運用してはならない速度であるものの、一時的にこの速度を超えたしまった場合でもあわてて急激な操作で対応する必要はありません。

1. V_{MO}/M_{MO} を超えそうになった場合及び超えた場合の対処方法

飛行中、 V_{MO}/M_{MO} に近づくのは、Heavy Weight時や風の変化でHead Windが増える、又はTail Windが減る場合にその可能性があります。このことが予測される場合には、ECON Speedに固執することなく、あらかじめ V_{MO}/M_{MO} から余裕のある適切な速度で運航に努めることが肝要です。

すなわち、SpeedのMonitorを注意深く実施し、 V_{MO}/M_{MO} を超える恐れがある場合は早めにVNAV Speed Intervention、FLCH Modeを利用したり、状況に応じてSpeed Brakeを併用するなどして V_{MO}/M_{MO} を超えないように努めることが大切です。

しかしながら、上記のProcedureを実施する余裕がない場合、又は実施

しても更にVmo/Mmoへ接近する場合、又はすでに超えてしまった場合は、AutopilotをDisengage及びAutothrottleをDisconnectしたうえで各Flight Phaseに応じて以下の対応が考えられます。

(Descent) まずThrustがIdleであることを確認し、SmoothにPitch Upする。さらに必要であればSpeed Brakeを利用する。

また、AutopilotをDisengageする際及びPitch Upする際は、機体の姿勢が急激に変化することがないように十分注意する。

また、Speed Brakeを使用する場合は、Pitch Attitudeが変化することに注意すると共に、Retractすることにより再度Over Speedとならぬよう注意する。

2. Vmo/Mmoについての考え方

Vmo/Mmoは航空機運用規程の運用限界として定められたものであり、「運航乗務員が運航においてこれを超えて操作または運用してはならない限界」とされています。

一方、耐空性審査要領の対気速度限界では「最大運用限界速度を、(飛行試験又は操縦訓練のためにもっと高い速度を認められる場合を除き)いかなる飛行状態においても故意に超えてはならない。

Vmo/Mmoは、設計巡航速度 V_c/M_c 以下で、かつ、設計急降下速度 V_d/M_d などの最大速度より十分小さくなるように定め、運用中不用意に後者の速度を超える可能性はほとんどないようにしなければならない。」ことが求められています。

したがって「Vmo/Mmoを故意に超過することは許されませんが、風の急変等により止むを得ず一時的に超過することは、設計上許される範囲である」ということです。したがって止むを得ずVmo/Mmoを超過しそうになった場合、または超過してしまった場合は、あわてることなく通常の減速操作を実施することによって、 V_d/M_d に達することなく安全にVmo/Mmo以下の速度へ減速でき、危険な状態は回避できるということです。つまりVmo/Mmoを超過しても特別・緊急の操作は必要ありません。(ただし、Log Bookへの記入は必要です。)

3. システムの説明

A. Overspeed Protection

「Automatic Flight Systemが使用されている場合は、AutopilotやA/TによるSpeed Protectionが装備されていても、Pilotは連続的にFlight PathをMonitorし、OverspeedのようなDeviationに対して適切なActionを取らなければならないというのがこのProtectionに対する

BoeingのOperational Philosophyです。」

B. Airspeed Filter

AutopilotのSpeed Controlに使用されるAirspeedは、Turbulent Flight時Smoothな機体のControlを行うため、Air dataからの速度データに含まれるノイズを除去するFilterを介している。したがって、Windshear等で急激かつ大きな機速の変化があると、FCCの内部で使用されるAirspeedはIndicated Airspeedに対し若干のDeviateと遅れを生じることがあります。

C. G-Control

Autopilotは航空機にかかるGの変化がある値以下になるように航空機をControlする。Speed Correction Controlもこの範囲内で行われ、必ずしもPilotの意図どおりの機速の制御を行うようには設計されていません。

D. Descent時のSpeed Brakeの使用

PitchでAirspeedをControlしているModeを使用中は、Speed Brakeを使っても十分なPitch Up Conditionを得られず、結果として所望の減速効果が得られない場合もあるので注意が必要である。

2.12.2 ウィンドシヤーに遭遇した場合の手順

同社のAOMのNon-Normal Maneuvers中の「Windshearに遭遇した場合」には、「飛行中にWindshearに遭遇した場合、Windshear Escape Maneuver Procedureを実施する」と記述されている。また、Windshear Escape Maneuver中にWARNINGとして、「Severe Windshearの場合、AFDSのPerformance Capabilityを超えている場合がある。必要であれば、PFはAutopilotをDisengageおよびAutothrottleをDisconnectし、マニュアルで飛行しなければならない」と記述されている。

2.12.3 オート・フライト・オペレーションに関する同社の記述

同社の平成13年11月のOPERATIONS MANUALの改定で、OPERATIONS MANUAL Supplementの「Supplement2-1 飛行の準備及び実施、飛行の実施、-1 一般、5. Auto Flight Operation」には、次のような記述がある。(抜粋)

(略)

Auto Flight Systemの使用が不適切と判断された場合、作動の状況が運航乗務員の意図したものと相違した場合は、速やかにModeの変更や使用の中止等の適切な対処をしなければならない。

(1) (略)

Autopilotを使用して飛行している場合は、AutopilotをManual Overrideしてはならない。また、操縦桿に力を加えた状態で、AutopilotをDisconnectしてはならない」

(以下、略)

また、同社のOperations news(747-400 Crew限定、DEC-14-2001)「AutopilotをManual Overrideした場合の悪影響について」には、OMが改定されたことについて細部を解説し、「“Autopilotを使用して飛行している場合は、AutopilotをManual Overrideしてはならない”こと、及び“操縦桿に力を加えた状態で、AutopilotをDisconnectしてはならない”ことが明記されたこと、並びに“作動がPilotの意図と異なる場合は、よりの確なModeへの変更、Basic Modeへの回帰、さらにはDisengage SwitchによりAutopilotをDisconnectすること、AutopilotをManual Overrideすると下記の状況になるとともに、万が一Column等に力を加えた状態でAutopilotをDisconnectすると、機体が予期しない動きをする危険性がある”」と記述されている。

1. Single Channel EngagedでのPitch軸のOverride

A. Pitch軸のOverride (この場合はAutopilot NOT Disengage)

AutopilotがEngageされている時にControl Columnに力を加えると、ElevatorはColumnの動きにしたがって作動する。数秒後Autopilot CommandによりStabilizerがElevatorと反対の方向に動き始め、結果としてManual Overrideの効果は得られなくなる。さらに、Stabilizer Trimに反して力を加えると、Control Column Cutoffが作動することにより、Stabilizerの動きが止まる。その後はElevatorの作用によりPitch軸のControlが行われる。

(以下、略)

2.12.4 フライト・シミュレーターによる飛行訓練

(1) 高高度飛行訓練

本事故前、同社は、B747-400型機の「インフライト・マニューバー」体験科目として、マニュアル操縦訓練を実施していた。

同社の機長及び副操縦士は、中間基準月の定期訓練時に、また、副操縦士候補者は、副操縦士初期訓練のシミュレーター訓練時にこの訓練を実施することとされていた。訓練の内容は、高高度を高速度で飛行中、マニュアル操縦で旋回に入れてバンクを深くしていき、高速バフェットが発生したら水平直線飛行に戻して回復するというものである。

なお、同社は、平成9年6月8日に発生したダグラス式MD-11型JA8580航空事故に係る建議に基づき、ウィンドシヤーに遭遇したことをき

っかけとして発生する可能性があるP I O（注14）に陥ることによる事故の再発防止及び発生した場合の適切な対応のための教育訓練について、MD - 1 1 型機に係る措置として、Advanced Trainingの中で、Overspeed時のAuto pilotによる対応を体験する科目及びHigh Altitude Characteristicの訓練においてTurbulence Modeを追加して、より迫真性のある環境を設定する等の訓練方法を採用していた。

しかしながら、B 7 4 7 - 4 0 0 型機については、自動操縦装置の特性と縦安定性がMD - 1 1 型機と異なることが確認されたとして、ウィンドシヤーに遭遇して対気速度が急増し、 V_{MO}/M_{MO} を超えそうになった、又は超えた状況でマニュアル操縦に移行して減速し、高高度飛行時の操縦特性を経験するような訓練は設定されていなかった。

(2) 失速訓練

同社のパイロット・フライト・トレーニング・ガイドには、オートパイロットをエンゲージした状態でアプローチ・トゥ・ストール（失速状態への接近）に遭遇した場合の操作について、概略次のように記述されている。

オートパイロットをエンゲージでアプローチ・トゥ・ストールに遭遇した場合は、リミット・スラストをアプライし、ノーマル・スピードに戻るようにする。ハイ・アルティチュードでは、マニューバリング・スピードを回復するため少々降下することが必要となるかもしれない。オートパイロットのレスポンスが十分でないときは、デイスエンゲージすること。

(注14)「P I O(Pilot-Involved Oscillation)」とは、飛行制御システムを含む航空機とパイロットの動きが結びついて不安定なPilot-Vehicle Systemを形成し、その結果が振動的な航空機の動きとなる場合のことをいう。

2.12.5 同社の副操縦士の「演練」について

副操縦士は同社のOMに定める副操縦士の資格要件を満足していた。

同社では、Qualification Manualの下部規程で内規であるQualification Manual細則集により、副操縦士発令直後については、教育方針等を徹底するため、副操縦士発令前の「訓練」と区別した副操縦士発令後の「Proficiency Stage」として、指導機長を限定し、標準15回の路線でのPF業務を含む「演練」を実施することとしている。本事故時の機長は運航乗員訓練部操縦教官であり、指導機長としての資格を有していた。

なお、同乗していた副操縦士資格を有する操縦士は当日の定期便において便ごとに副操縦士業務を交代で実施するための操縦士であり、当該便の後に予定されていた543便（羽田～函館）において副操縦士業務を実施する予定であった。

2.12.6 シートベルト着用に関する同社の社内規定

同社のOMに以下のとおり規定されている。

9 - 3 - 3 ベルト着用サインおよび旅客の座席ベルト着用等

1. PIC^(注15)は以下の場合ベルト着用サインを点灯する。なお、ベルト着用サイン不作動の場合には、他の手段により徹底を図る。

(1) 地上移動中

(2) 離着陸時

注) 着陸のためのベルト着用サインは、原則として客室乗務員へ10,000 ftを通知して点灯する。

(3) 乱気流中の飛行および乱気流が予測された場合

(4) その他必要と認めた場合

2. 客室乗務員は、飛行中(航空機が離陸してから着陸するまでの間)

ベルト着用サインが点灯した時には、旅客に対し機内アナウンスによりその徹底を図る。なお、長時間ベルト着用サインが点灯している場合、適切な間隔で繰り返し徹底を図る。

また、ベルト着用サイン消灯時においても、着席中は常時座席ベルトを着用するよう機内アナウンス等で徹底を図る。

(注15)「PIC」とは、乗務を命じられた航空機の運航と安全に対し最終責任を有する機長をいう。

2.12.7 負傷者発生時における情報伝達及び救急活動に関する同社の社内規定

同社のOMに以下のとおり規定されている。(抜粋)

9 - 3 - 8 疾病、死亡発生時の措置(飛行中)

1. 疾病(負傷、発病等)

(1) 先任客室乗務員は、直ちにPICに報告する。

(2) PICは旅客中の医師または看護婦に援助を依頼し、その助言に従い、適切な措置をとる。

(3) 上記(2)の援助が得られない場合は以下による。

a. 客室乗務員は所定の救急処置をとる。

b. PICは旅客の状況を地上関係先に連絡し、医師の助言等を依頼する。

(4) PICは必要に応じ、高度、航路等の変更を行うとともに事態切迫の場合は、緊急着陸を行うことができる。

また必要に応じ、地上関係先に救急車の手配を依頼する。

3 事実を認定した理由

3.1 運航乗務員の技能証明等

機長及び副操縦士は、適法な航空従事者技能証明及び有効な航空身体検査証明を有していた。

3.2 機体の耐空証明等

同機は有効な耐空証明を有し、所定の整備、点検が実施されていた。

事故後の機体の調査等の結果、同機の操縦装置及びオートパイロットに異常はなかったものと推定される。

3.3 気象の状況

事故が発生した時間帯における、同機が降下中であつた飛行空域及び飛行高度付近の気象状況は、以下のようであつたものと推定される。

(1) 対流雲による影響

2.6.1に記述したように、平成14年10月21日、紀伊半島沖には前線を伴った低気圧があり、発達しながら東北東へ進んでいた。付図8に示す09時の雲解析情報図によれば、紀伊半島沖、東海沖から伊豆諸島付近では積乱雲を含む対流雲域があつた。

しかしながら、2.11.1(1)に記述したように、21日11時の気象庁名古屋レーダーのC A P P I図(付図9)によると、同機は、事故が発生した時、高度が約39,000ftであつたことから、対流雲の頂上から更に上方へ20,000ft以上離れた高度を飛行していたと推定される。

また、運航乗務員は、降下中、揺れがあつた辺りでは、ウェザー・レーダーにはエコーと考えられるようなものは何も映っておらず、さらに、高度39,000ft付近に積雲系でなく、層雲系の雲が掛かっていたと述べている。

これらのことから、事故が発生した時、同機は、対流雲による直接の影響は受けなかつたものと推定される。

(2) ウィンドシヤーについて

亜熱帯ジェット気流と下方のトラフの影響

2.11.1(2)に記述したように、亜熱帯ジェット気流の先端が本州の南岸に沿って東進し、21日の09時~21時の間に事故発生地点を通過するころは、風は強まって、風速が極大値をとる高度は下降していたものと推定

される。また、2.11.1(3)に記述したように、亜熱帯ジェット気流の下方にはトラフがあり、そのトラフは、21日15時には200hPaの高さまで発達して事故発生地点の西方にあった。したがって、2.11.1(5) cに記述したように、事故発生地点付近はトラフ前面の上昇流の場であり、下層の風速の小さい南風成分の卓越した空気塊が、200hPa(高度約39,000ft)付近まで輸送されたものと推定される。

風の鉛直シヤー

2.11.1(4)に記述したように、事故発生地点に最も近い高層気象観測地点である浜松の21日09時の高層気象観測値を用いて推算した、事故発生高度付近の鉛直シヤーは、約5kt/1,000ftと小さく、21日21時の鉛直シヤーは約8kt/1,000ftであった。

しかしながら、ACMSデータから算出した鉛直シヤーは、同機の事故が発生した高度付近では、約40kt/1,000ftという非常に大きな値であった。このように強い鉛直シヤーは、下降しながら東進してきたジェット気流が下方のトラフの前面の上昇流を持った流れに阻止されて、発生したものと考えられる。

同一高度面内における風の急変

2.11.1(6)に記述したように、ACMSデータによると、同一高度面内で風の急変が発生していた。このように、風の急変が同一高度面内で発生していたのは、鉛直シヤーの存在による大気のカルビン・ヘルムホルツ不安定によって発生した局所的な大気の擾乱によるものと考えられる。

3.4 強いウィンドシヤーの予測

同機の事故発生地点に近い浜松における事故発生時刻に最も近い21日09時の高層気象観測値からは、事故発生高度付近の鉛直シヤーは約5kt/1,000ft、21日21時の観測値からは約8kt/1,000ftと推算された。一方、約40kt/1,000ftという非常に強い鉛直シヤーの値は、事故後のACMSデータから推算されたものである。高層気象観測値は観測時刻、地点が事故地点と最も近い値を使用した。気象データは時々刻々変化しており、ACMSの気象データは、時間的、空間的に正に事故発生時のものであること、また、付図14のACMSデータから推算した鉛直シヤーは高度差が500ft程度の狭い高度帯で生じていることから、気象観測値から算出した鉛直シヤーの値と大きく異なることは起こり得るものと考えられる。

2.6.6に記述したように、飛行前の気象ブリーフィングにおける気象資料及び他の気象資料には、同機の福岡往復の飛行に影響するようなCATは予想されていなかったこと、運航乗務員は、飛行中、飛行経路上の位置通報点フルートの上空、高度

37,000ftでモデレートタービュランスがあったという情報は受けていたが、その時間帯では同社の定期便を含め他に何機も飛んでいるはずであるのに揺れに関するレポートはその1件だけであったと口述していること、また同機の飛行高度が41,000ftであり、タービュランス情報のあった高度37,000ftとは異なっていたこと、及びタービュランス情報のあった位置通報点フルートを通過後に降下を開始しているためタービュランスのある空域、高度は回避したと判断したものと推定されることから、降下中に強いウィンドシヤーに遭遇することは予測できなかったものと推定される。

3.5 事故発生直後までの同機の飛行状況

DFDR記録、ACMS記録、CVR記録、管制交信記録等によれば、同機がフルートの東約30nmで巡航高度FL410から降下を開始して以降、事故発生直後までの飛行状況は、以下のとおりであった。

3.5.1 降下開始から降下中にMACH数がM_{MO}に接近するまで

運航乗務員の口述から、PF業務は、離陸時から副操縦士が担当していた。

同機は、福岡空港を離陸後、FL410でほとんど揺れることもなく巡航し、10時56分35秒ごろ、FL160に向けてFMCが計算したTOD（フルートの東約30nm）からECONスピードで降下を開始した。

同57分18秒、オートパイロットはレフト、センター、ライトのうちセンターがエンゲージされ、4つのエンジンのN1は、ほぼアイドル付近で安定し、機体のピッチを変えることにより降下経路がコントロールされるVNAV/PTHモードで、MACH0.864で降下していた。

同57分19秒、高度約39,800ftを通過し、MACH数が変動しながら増加し始めた。これは、DFDR及び別添2に示したACMSのデータから推定した風がこのころから変動が始まっており、同機が風速の変動を受け始めたことによるものと推定される。

同57分26秒、高度約39,600ftで、MACH0.886に増加した。

同57分27秒MACH0.879となった。

同57分28秒、機長が「スピード、スピード」とコールし、PF業務を担当していた副操縦士に注意を喚起した。

同57分29秒、高度約39,450ftで、オートパイロットの降下モードがVNAV/PTHモードからVNAV/SPDモードに変わった。これは、副操縦士が、機長から速度増加の注意喚起を受け、スピード・インターベンションして減速するため、MCPのIAS/MACHセレクターを押したことにより、オートパイロットの降下モードが変わったことによるものと推定される。このとき、MACH

0.866であった。

同57分30秒、MACH0.865となり、同57分31秒、MACH0.859とやや低下した。

同57分33秒、MACH0.867と再び増加傾向を示したため、機長は「インターベンションして、これでもっと戻してくれ」と、オートパイロットに対するコマンド・スピードを下げるよう副操縦士に指導した。

同57分34秒、MACH0.865となり、同57分35秒、MACH0.869となった。

同57分36秒、MCPのセレクト速度がMACH0.80となった。これは、運航乗務員が口述しているように、機長が、スピード・インターベンションしてコマンド・スピードを下げるよう指導するとともに、機長自らIAS/MACHセクターによりセットしたものと推定される。しかし、MACH数は、MACH0.876と更に増加する傾向を示した。

3.5.2 MACH数が M_{MO} に接近してから事故発生直後まで

10時57分37秒、MACH数がMACH0.867にいったん低下した。垂直加速度が+1.14G(ACMSデータでは+1.13G)となり、オートパイロットがVNAVモード時の垂直加速度制限の範囲で速度をコントロールしていたものと推定される。

同57分38秒、MACH0.914、垂直加速度+1.14G(ACMSデータでは、MACH0.912、垂直加速度+1.16G)となった。

同57分39秒、エレベーターが機首上げ側に大きく動き+5.9°を示し、垂直加速度が+1.24Gに増加し、MACH0.889となった。運航乗務員の口述では、急激なピッチ・アップとスティック・シェーカーの作動がスピード・ブレーキ・レバーを引いた直後であったとのことから、このころ機長がスピード・ブレーキ・レバーを引いた可能性が考えられる。

同57分40秒、MACH0.903となった。同時刻、CCPは機首上げ側に+4.6°動き、機体ピッチ角はそれまでのマイナス側から機首上げの+2.5°に増加し、垂直加速度は+1.89Gとなった。この垂直加速度の増加は、オートパイロットのVNAVモード時の垂直加速度制限を超えていた。

同57分41秒、CCPは機首下げ側に戻り始めたが、機体ピッチ角は+6.4°、垂直加速度が+1.95Gとなり、スティック・シェーカーが作動した。

同57分42秒、CCPは機首下げ側に大きく(-9.6°)動いたが、機体ピッチ角は+8.3°で、垂直加速度が+1.86G、スティック・シェーカーが作動し、また、オートパイロットがオフになっていた。オートパイロットがオフになっ

てからDFDRに記録されるまでには時間の遅れがあることから、オートパイロットが実際にオフとなった時刻は42秒より早い可能性があると考えられる。

同57分43秒、CCPは機首下げ側に最も大きい -12.5° 、機体ピッチ角が $+5.2^{\circ}$ となり、垂直加速度が $-0.39G$ となった。同時刻、機長及び副操縦士がPF業務を交代する「アイ・ハブ・コントロール」、「ユー・ハブ・コントロール」のコールをしており、このころ機長が副操縦士から操縦を替わったものと推定される。しかしながら、本飛行においては、機長は、演練中の副操縦士を指導する立場にあり、また、航空機が急に運用限界速度に接近したことから、PF業務の交替をコールする以前にも操縦操作に係わった可能性も考えられる。

同57分44秒、CCPは $+2.3^{\circ}$ となり、機体ピッチ角は -1.5° 、垂直加速度は $-0.34G$ であった。

同57分45～46秒にかけて、垂直加速度が $+1.7G$ を超え、同57分47秒、スティック・シェーカーが再び作動した。同57分48秒に垂直加速度が $+0.66G$ 、同57分50秒、垂直加速度が $+1.34G$ 、同57分52秒、垂直加速度が $+0.79G$ となって以降、大きなピッチの動きはなくなった。

3.6 ピッチの急増とその後のピッチの変動

降下中におけるピッチの急増とその後のピッチの変動は、以下の3.6.1から3.6.3までの過程により発生するに至ったものと推定される。

3.6.1 対気速度の急激な増加とオートパイロットの応答

(1) 同機が受けた風の変化

同機が、MACH約 0.865 で降下中、10時57分26秒、高度約 $39,600ft$ で、MACH 0.886 に増加し、同57分31秒、いったんMACH 0.859 とやや低下した。

その後、同57分38秒、MACH 0.914 と同機の M_{MO} のMACH 0.92 に接近した。(ACMSデータでは、同時刻、MACH 0.912)

別添2のACMSデータから推定した風によると、MACH数が急増した際、追い風が急激に減少しており、強いウィンドシヤーに遭遇したものと推定される。追い風の急減は、機体にとっては向い風が急増したこととなる。MACH数が急増したころの約5秒間で追い風成分が約 $30kt$ 近く低下しており、これにより対気速度(CAS)が約 $20kt$ 急増したものと推定される。

一方、上下方向の風速成分は事故時においても $\pm 8kt$ 以下の変動にとどまっていた。この上下風成分の変動は、迎え角変動にして $\pm 1^{\circ}$ 弱であり、機体運動に大きな影響を及ぼさなかったものと推定される。

なお、乗客及び客室乗務員が口述していた上下方向の大きな揺れの直前の

横揺れは、このウィンドシヤーに遭遇したことにより生じた可能性が考えられる。

(2) オートパイロットの応答

2.11.5(2)に記述したように、オートパイロットの速度コントロールは、VNAVモード時、 V_{mo}/M_{mo} 近くの速度プロテクションの領域を含めて垂直加速度の変化を0.15Gに制限している。

降下開始から10時57分38秒までは、垂直加速度は+1.14Gまでが記録されており、途中、MCPによりMACH0.80へのスピード・インターベンションが行われ、VNAV/SPDモードになったが、オートパイロットはVNAVモード時の垂直加速度制限の範囲0.15G内で速度をコントロールしていたものと推定される。

同57分38秒から、MACH数が急増した。

同57分39秒、垂直加速度がオートパイロットのVNAVモード時の垂直加速度制限の範囲を超えて増加した。

2.11.5(7)に記述したように、オートパイロットが使用する速度は、ADCから供給される機体の速度に対し、FMCがVNAVピッチ・コマンドを計算中にフィルターが掛けられるため、CASと同じ値までは急増はしないが、対気速度が最大運用限界速度近くまで増加しており、最大運用限界速度を超過しないようにVNAVのスピード・プロテクションが働くような速度範囲の $V_{mo}/M_{mo} - 11$ ktに至っていたことも考えられる。しかしながら、この V_{mo}/M_{mo} 近くの速度範囲においても、オートパイロットは、VNAVモード時の垂直加速度制限0.15Gの増加の範囲内でピッチにより対気速度をコントロールしていたものと考えられる。

3.6.2 機体ピッチ角の増加

(1) スピード・ブレーキ操作の影響

10時57分38秒にMACH数がMACH0.914へ急増した後、同57分39秒、MACH0.889を示した。CCPが+1.2°と機首上げ側に増加し、エレベーター舵角が+5.9°となり、垂直加速度が約+1.24Gとなった。(同時刻のACMSデータによると、CCPが+5.1°とその前の1秒間の+0.4°から急増し、左内側エレベーター舵角が+4.8°と前秒の+1.9°から増加している。)

同57分40秒、MACH0.903となり、CCPが+4.6°と機首上げ側に大きく動き、機体ピッチ角がそれまでの0°以下から+2.5°になり、垂直加速度が約+1.89Gに急増した。(同時刻のACMSデータによ

ると、CCPが+3.3°、左内側エレベーター舵角が+4.3°、機体ピッチ角が+5.6°となっている。)

運航乗務員の口述によると、副操縦士がPF業務を行っていたが、対気速度の急増を見て、機長が減速しようとしてスピード・ブレーキ・レバーを引いたとしている。

スピード・ブレーキを使用すると一般的な特性としては、機首上げ方向のピッチング・モーメントが発生して機首を上げること、及び抵抗が増加して減速する効果がある。しかしながら、1～2秒間程度の短時間のスピード・ブレーキの作動は、対気速度や高度にはほとんど影響を与えることはなく、小さなピッチ運動により垂直加速度が一時的に増加するものと推定される。

2.11.7(3) に記述したように、スピード・ブレーキ操作の影響についての数値シミュレーションによると、スピード・ブレーキが作動しない場合に比し、ピッチ角が約3°増加し、NzCGが約0.3G増加した。

また、2.11.9(2) a(e)に記述したように、フライト・シミュレーターによる模擬飛行試験でも、スピード・ブレーキ使用当初はピッチ・アップが見られるが、速度の低下は緩やかであった。

DFDR記録及びACMS記録によると、この時間帯のスピード・ブレーキ・レバー位置及びスピード・ブレーキとして作動するスポイラーの舵角には、スピード・ブレーキが使用されたというデータはなかった。しかしながら、DFDR、ACMSは記録レートが1秒間に1回であるので、スピード・ブレーキ作動時間が1～2秒程度のごく短時間の場合は記録されない可能性も考えられ、ごく短時間スピード・ブレーキが使用された可能性が考えられる。また、客室乗務員が大きな揺れの前に「いつもと違う揺れと地鳴りのような音」を聞いたと口述していることから、このころ、スピード・ブレーキが使用された可能性が考えられる。ただ、客室乗務員が聞いたと口述している音については、風の急変に遭遇した時に生じた可能性も考えられる。

なお、CVRには、10時57分43秒に機長が操縦を交代した直後の同57分45秒に「カシャ」という金属的な音が記録されていたが、機長が引き上げたスピード・ブレーキ・レバーを元に戻したときに発生した音の可能性も考えられた。しかし、MACH数の急増後から上述のころまでの約5秒間スピード・ブレーキを使用していたとすると、DFDR等にデータが明確に記録されると考えられることから、この金属的な音は、スピード・ブレーキ・レバーを元に戻したときに発生した音ではなかったものと考えられる。

また、2.12.1(2)の3.D.によれば、VNAV/SPDモードのように、ピッチでスピードを制御するモードのときにスピード・ブレーキを使用しても

十分な減速効果が得られない場合もあると注意が喚起されている。

このように、スピード・ブレーキは減速効果が緩やかであると考えられることから、DFDR及びACMSに記録がないようなごく短時間で、かつ最大ではない程度にスピード・ブレーキを使用したとしても、対気速度の増加を押さえ、また、更に対気速度を低下させる効果は小さかったものと考えられるが、10時57分39秒以後の機体ピッチ角の増加に關与した可能性も考えられる。

(2) 対気速度の急増とエレベーターの動き

数値シミュレーションによる機体運動の解析によると、風速の変化は対気速度の急激な変化を発生させ、最初のピッチ・アップ運動の要因の一部になったものと推定される。さらに、機体ピッチ角の増加及びそれに伴う垂直加速度の増加は、エレベーターの動きに連動しているものと考えられる。すなわち、10時57分34～36秒ごろ、MACH0.80のスピード・インターベンションがされた以降、オートパイロットはVNAVモード時の垂直加速度制限の0.15Gの範囲で対気速度をコントロールしようとしていたものと推定される。

対気速度が急増した同57分39秒、CCPが+1.2°と機首上げ側に増加し、エレベーター舵角が+5.9°となり、垂直加速度が約+1.24Gとなった。同57分40秒、CCPが+4.6°と機首上げ側に大きく動き、機体ピッチ角がそれまでの0°以下から+2.5°になり、垂直加速度が+1.89Gに急増した。このように、垂直加速度はオートパイロットの制御の範囲を超えて増加している。

オートパイロットが制御するVNAVモード時の垂直加速度の範囲で使用されるエレベーター舵角は約3°とされている。これを超える舵角については、前述したように、オートパイロットがVNAVモード時の垂直加速度制限を超えてピッチにより最大運用限界速度を超過しないように対気速度をコントロールするために操舵したものではないと考えられる。

2.11.5(1)に記述したように、オートパイロットによるエレベーターの動きは操縦桿にフィードバックされる。また、同機には操縦士が操縦桿を操舵したことを識別するセンサーはなく、したがってそのデータもない。このため、エレベーターの動きがオートパイロットによるものか操縦士が操縦桿を操舵したことによるものかを知ることはできない。ただし、2.11.5(3)に記述したように、オートパイロットが1系統エンゲージ時に操縦士が操縦桿により6秒以上の間マニュアル・オーバーライドをすると、オートパイロット・コーションが発生する。本事故の場合、DFDR等に同コーションが発生し

た記録がなく、運航乗務員もコーションが発生したとの口述をしていない。このことから、操縦士は操縦桿によりオートパイロットを少なくとも6秒以上のマニュアル・オーバーライドはしていないと考えられるが、その有無を明らかにすることはできなかった。

3.6.3 オートパイロットのディスエンゲージとマニュアル操縦によるピッチの変動

10時57分41秒、MACH0.884、機体ピッチ角が+6.4°となり、スティック・シェーカーが作動した。2.11.3(3)に記述したように、スティック・シェーカーが作動する条件は、ベーンによって測定した迎え角、ピッチ・レート、フラップ、MACH数、スピード・ブレーキ及び脚の状態によっている。したがって、この時のスティック・シェーカーの作動は、機体ピッチ角が急増して迎え角が急増し、スティック・シェーカーが作動するしきい値を超えたことによるものと推定される。同時刻、CCP及びエレベーターは下げ側に動き始めているが、これは、スティック・シェーカーが作動したため、副操縦士又は機長により失速への接近からの回復のための機首下げ操作がされたことによるものと考えられる。なお、オートパイロットは、エンゲージと記録されていたが、DFDR及びACMS記録ではオートパイロットのエンゲージ、ディスエンゲージの記録レートが1秒に1回であること、また、ディスエンゲージとなってから記録されるまでに時間の遅れが最大で1秒以上あることから、ほぼ同時刻にディスエンゲージされ、その後、機首下げ操作がされたものと考えられる。

同57分42秒、オートパイロットはオフとなっているが、2.11.5に記述したように、オートパイロットに不具合があったという記録がないこと、また、CVR記録にオートパイロットが切れた場合に発生するオーラル・ウォーニング(サイレン)が記録されていないことから、操縦士が、通常、オートパイロットをディスエンゲージする際に行う、ディスエンゲージ・スイッチを素速く連続して2回押す操作により、オートパイロットをディスエンゲージしたものと考えられる。この時のオートパイロットのディスエンゲージ操作については、PFであった副操縦士が、機長が意図的に行ったのか分からないが自らは行ってはいない旨を口述していること、また、機長は、はっきりしないが自ら行ったか、あるいは、オートパイロット自身がオフとなってしまったと口述していることから、スティック・シェーカーが作動したことに素早く対応するため、機長が行ったことが考えられる。

同時刻、CCPは機首下げ側に大きく動いているが、同57分41秒にスティック・シェーカーが作動したので、失速への接近からの回復のため、オートパイロットがディスエンゲージされ、マニュアル操縦により下げ舵がとられたことによるものと推定される。

同57分43秒、機長が「アイ・ハブ・コントロール」とコールして操縦を替わったが、CCPが最も機首下げ側の -12.5° となり、垂直加速度が $-0.39G$ を記録した。

同57分44秒、CCPが機首上げ側に戻り、同57分47秒、再びスティック・シェーカーが作動したが、オートパイロットをディスエンゲージ後の最初のピッチ・ダウンが大きかったため、その動きを抑えようとした上げ舵操作も大きくなり、その後もピッチが変動したものと推定される。

同機が強いウィンドシヤーに遭遇して対気速度(CAS/MACH数)が急増した後、ピッチ方向の顕著な動きは、オートパイロットがディスエンゲージされた以降のマニュアル操縦時に起きている。強いウィンドシヤーに遭遇したことはピッチ方向の動きのきっかけとなったが、オートパイロットがディスエンゲージされた後のピッチの大きな変動には、数値シミュレーションの解析結果によれば、エレベーターの動きが主として寄与しており、大気の影響は小さかったものと考えられる。

3.7 操縦操作に関与した要因

対気速度が急増した時、機体ピッチ角が急増し、垂直加速度が急増したものと推定され、スティック・シェーカーが作動したため、操縦士によりオートパイロットがディスエンゲージされ、急激なピッチ・ダウンが発生した。その後、操縦士は、操縦桿による操舵によりピッチ応答を制御しようとし、2回ほどで収束したが大きなピッチの変動が繰り返されたと推定される。このような操縦操作となったことについては、以下のことが関与したことが考えられる。

(1) 対気速度の急増を予想していなかったこと

降下当初にPF業務を担当していた副操縦士は、「速度計のトレンド・インディケーションが急激に伸び出し、その量が非常に大きかったので、すぐスピード・インターベンションをして加速しないような操作をした。速度が直ぐに下がらなかったため、機長がスピード・ブレーキを引いたが、それでも減速しなかった」と口述している。

この対気速度の急増は、3.6.1(1)に記述したように、追い風成分の低下によるものと推定され、事故発生前の約5秒間で追い風成分が約30kt低下し、これにより対気速度(CAS)が約20kt急増した。2.11.9(2)に記述したように、フライト・シミュレーターによる事故時の飛行の再現においても、PF DのAirspeed/MACH ディスプレー上にMACH数の変動及びMACH 0.91を超える急激な増加、並びにMACH数が M_{MO} を超えて増加しようとするトレンド・インディケーションの状況が表示された。

機長は、降下中に揺れに遭遇するとは思わなかった旨を口述しており、他の運航乗務員を含め、ウィンドシヤーによる対気速度の急増は予想していなかったものと推定される。

運航乗務員は、このような気象状況の認識の下で飛行中、突然激しいウィンドシヤーに遭遇して、対気速度の増加量及び増加率が非常に大きかったこと、さらに、速度計のトレンド・インディケーションが急激に伸び出し、その量が非常に大きく、 M_{MO} を大きく超過しようとするようなMACH数の急増傾向を見て、緊急状態に陥った時のような心理状態になったことが考えられる。また、MCPの操作によりスピード・インターベンションをしたが、オートパイロットの速度制御の効果がすぐには現れず、オートパイロットではそのときの速度の急増に対処できないと判断したことが考えられる。これらのことが運航乗務員の操縦操作に影響したことが考えられる。

(2) 降下速度の選定

同機は、事故となった降下時、ECONスピードで飛行し、その値はMACH数で約0.865であった。2.12.1(2)に記述したように、同社のOPERATIONS INFORMATIONには、「飛行中、 V_{mo}/M_{mo} に近づくのは、Heavy Weight時や風の変化でHead Windが増える、又はTail Windが減る場合にその可能性があります。このことが予測される場合には、ECON Speedに固執することなく、あらかじめ V_{mo}/M_{mo} から余裕のある適切な速度で運航することが肝要である。」と記述されている。

運航乗務員は、ウィンドシヤーに遭遇して M_{MO} を超過しようとするようなMACH数の急増を予測していなかったため、通常使用されているECONスピードを使用することに疑問を持っていなかったことが考えられる。

(3) 高高度におけるマニュアル操縦特性

操縦桿に力を加えてエレベーターを動かして機体のピッチを変化させると、ピッチの変化に伴い垂直加速度が発生する。

高高度では空気密度が小さく、機体の運動に対する空気力によるダンピングが小さい。このため、エレベーターを動かして機体ピッチを変化させようとする、低高度における場合よりもしばしばオーバーコントロールとなって大きな垂直加速度が発生する可能性が高い。

本事故時には、対気速度の急増と引き続くスティック・シェーカーの作動に対処する間にオートパイロットをディスエンゲージするとき、前(1)に記述したように運航乗務員がオートパイロットをディスエンゲージするような事態になることを予期していなかったと推定されること及びピッチ方向の飛行データが変化している状態であったこと等から、スムーズにマニュアル操縦

に移行することができず、急激に大きく操縦桿が動いてエレベーターが急激に操舵され、高高度であったため機体ピッチ運動に対する空気力によるダンピングが低いことも関与して大きなピッチの変動が生じ、同時に大きな垂直加速度が発生したものと推定される。

高高度においてマニュアル操縦をする場合は、少しずつゆっくり、かつ滑らかにピッチをコントロールする必要がある。

(4) 機長による操縦のテイク・オーバー

機長の口述によると、操縦をテイク・オーバーし、その後ピッチ・アップする傾向を感じ、スティック・シェーカーが作動したので、ピッチ・ダウン操作をしたとしている。

DFDR、CVR記録からは、操縦のテイク・オーバーは、ピッチ・ダウンの操作をしている最中にされたと推定され、この時、操縦桿が動いている状態であったと推定されることから、スムーズに操縦が引き継がれる状況ではなかったと考えられ、このことが機体の大きなピッチ下げの一因になった可能性が考えられる。

3.8 DFDR及びACMS記録について

2.11.7(1)、(2)に記述したように、DFDR及びACMSの記録には、以下のような不合理が見受けられた。

- (1) 機長を含めた運航乗務員が、スピード・ブレーキを使用したこと、又はその可能性について口述しているが、スピード・ブレーキ・レバー及びスポイラーの動きを示す記録がない。
- (2) スタビライザーの動きを示す記録に、スタビライザーを動かすための指令信号のデータがない間に、スタビライザーを動かす機構上からは不可能と考えられる急激な動きが含まれている。
- (3) オートパイロットがディスエンゲージされてエレベーター舵角が大きく変動しているとき、外側エレベーター舵角のデータには非線形な動きが、また、内側エレベーター舵角の動きには、外側エレベーターとの間に設けられている機構上の角度差以上の角度が含まれている。
- (4) 数値シミュレーションにおいて、エレベーター舵角の時歴としてACMSデータを使用した場合、数値シミュレーションとACMS時歴の間に差が見られ、外側エレベーターのACMS時歴を内側及び外側エレベーターの動きと仮定した場合、事故時の機体運動とよく一致した。

これらのうち、(1)については、口述内容が正しいとすれば、スピード・ブレーキ

作動時間が短く、DFDRデータ等の記録レートの関係上、この作動を捉えきれなかった可能性が考えられる。しかしながら、その原因を明らかにすることはできなかった。

(2)については、実際にスタビライザーの動きを記録したものでなく、弾性変形による動きを記録したことによるものと考えられる。さらに、(3)及び(4)に関しては、ACMS等のエレベーター舵角等のデータ記録レートが限られていること及び記録されたCCPデータとエレベーター舵角データとの時間的アラインメントが失われていることによるものと考えられる。

3.9 M_{MO}を超過しそうになった場合の対処方法及びフライト・シミュレーターによる教育・訓練について

- (1) 本事故発生前、平成13年7月までは、同社のB747-400AOMにおいて、M_{MO}について、「・Maximum Operating Limit Speed V_{MO}/M_{MO}は、いかなる飛行段階においても超えてはならない」と記述されていた。その後、平成13年8月に「いかなる飛行段階においても故意に超えてはならない」と修正された。

また、同社は、別添6に記述した「OPERATIONS INFORMATION No.400-184 (DATE: NOV 10, 2003)」で「Overspeed (V_{MO}/M_{MO}) への対応」を改訂したが、2.12.1(2)に記述したように、改訂以前の「OPERATIONS INFORMATION」で「Overspeed(V_{MO}/M_{MO})への対応」(平成10年3月16日)において、V_{MO}/M_{MO}を超過しそうになった場合及び超えた場合の対応方法、並びにV_{MO}/M_{MO}についての考え方を記述し、操縦士への周知を図っていた。その中では、対応措置をとったにもかかわらず、更にV_{MO}/M_{MO}へ接近する場合、又はすでに超えてしまった場合は、オートパイロットをディスエンゲージしたうえで、降下中であればスムーズにピッチ・アップし、必要であればスピード・ブレーキを使用すること、また、オートパイロットをディスエンゲージする際及びピッチ・アップする際は機体姿勢が急激に変化することがないように注意することを記述していた。

さらに、2.12.2に記述したように、同機のAOMには、シビヤー・ウィンドシャーに遭遇し、飛行の状況がオートパイロットの能力を超えていると考えられるような場合、必要があればオートパイロットをディスエンゲージして、操縦士がマニュアルで操縦しなければならないと記述されている。また、同社のOMにおいて、「Autopilotを使用して飛行している場合は、AutopilotをManual Overrideしてはならない。操縦桿に力を加えた状態でAutopilotをDisconnectしてはならない」と記述され、更にその細部について

「Operation news」により説明している。

- (2) 2.12.4(1)に記述したように、同社ではフライト・シミュレーターを用いて高高度、高速度における飛行特性を体得するための飛行訓練を実施しており、この際、マニュアル操縦を実施している。しかしながら、高空におけるマニュアル操縦の特性、特に、同じ操縦入力でも、低高度に比し、高高度では大きなピッチ運動を生じさせることを体験し、小さく滑らかな操舵を体得するような訓練課目はなかった。

また、高高度を降下中、急激に大きな風の変化を受けたことによって生ずる急激な対気速度の変化を設定し、 M_{MO} を超過しそうになる場合、又は超過した場合、さらにスティック・シェーカーが作動したときに、オートパイロットをディスエンゲージしてマニュアル操縦に移行する要領、及びその際の操縦特性について、操縦士が体得する訓練はされていなかった。このことが、本事故のピッチ変動の発生に關与した可能性が考えられる。

(1)に記述したように、操縦士は、極度に緊張を強いられる飛行状況下で、最終的にマニュアル操縦に移行して飛行機をコントロールすることが求められる場合があり、そのような極度に緊張を強いられる状況下では、必要とされる以上の操舵量を使うことになる。2.11.7(3) bに記述したように、数値シミュレーションでは、増加した機体ピッチ角を下げる操作を適切な量で緩やかに行い、その後エレベーターを固定すれば、振動的なピッチ運動はほとんど生じず、大きな垂直加速度は生じることはなかった。また、2.11.9(2) bに記述したフライト・シミュレーターによる模擬飛行試験では、 M_{MO} に接近した状況から回復するため、オートパイロットをディスエンゲージした後、マニュアル操縦で減速する場合、滑らかな操縦桿操作をするとピッチの変動傾向はなかった。

しかしながら、極度に緊張を強いられる状況下でマニュアル操縦に移行し、機体姿勢が急激に変化しない上述のような操作は、知識を持っているだけでできるものではなく、訓練によって身に付けておくことにより、必要な時に実行できるものと考えられる。したがって、2.11.9に記述したように、フライト・シミュレーターは高高度飛行時の操縦特性が低高度ほどは模擬の程度が高くないと考えられているが、操縦感覚に多少の不利な点があったとしても、操縦士が、 V_{mo}/M_{mo} を超過しそうになり、あるいは、更にスティック・シェーカーが作動したときに、オートパイロットをディスエンゲージしてマニュアル操縦に移行する要領、及びマニュアル操縦の要領等を実地に訓練し、身に付けておくことは重要である。

3.10 シートベルト・サインの点灯とシートベルトの着用状況

- (1) C V R記録によると、10時14分ごろ、シートベルト・サインが消えた際、客室乗務員が、座席に着席しているときは常にシートベルトを着用するよう、機内放送をしていた。

その後、機長がシートベルト・サインの点灯指示を出したのは、降下中、ピッチ変動が発生した後であった。

事故が発生した時、シートベルト・サインが点灯されていなかったことについては、3.4に記述したように、運航乗務員が、降下中、強いウィンドシヤーに遭遇することを予測していなかったことによるものと推定される。

また、最初の大きな揺れがあった時に、シートベルト・サインが点灯しなかったのは、機長が速度増加への対応に専念していたため、そのスイッチを操作する余裕がなかったことによるものと推定される。

- (2) 揺れが発生したのは同機が降下を開始してまもなくの時であり、乗務員及び乗客の口述から、シートベルト着用のサインは点灯されていなかったものと推定される。このとき、客室においては、客室乗務員は、飲物の機内サービスを終了し、機内販売を行っているか、又は機内サービスの片付けを行っていたものと推定される。

乗客の口述から、重傷を負った乗客は、3名とも着席していたがシートベルトを着用していなかった。また、軽傷を負った乗客18名の内15名は着席していたが、そのうち着用が不明なものを含め、9名はシートベルトを着用していなかった。すなわち、着席中に負傷を負った18名のうち、12名がシートベルトを着用せず、6名がシートベルトを着用していた。

負傷者にシートベルト非着用者が多く、特に重傷者が発生していること、また、シートベルト着用で負傷した6名のうち3名はシートベルトを適切に着用していなかったと推定されることから、着席中はシートベルトを常時、適切に着用することが負傷者の発生を減少させるため必要であると考えられる。

客室乗務員は、機内販売中、あるいは機内サービス後の片付けを行っていたので、全員着席していなかったものと推定される。

本事故のように急激な機体の動揺が発生した場合、通路等を歩行中の乗客及び作業中の客室乗務員は浮揚して負傷する可能性が高く、通路からつかまりやすいハンド・グリップ等を設けることにより、身体の浮揚を抑えることが負傷を防ぐことに有効であると考えられる。

3.11 負傷者の発生状況

本事故においては、客室後方にいた乗客3名及び客室乗務員1名が重傷を負った。また、客室後方で乗客14名、客室乗務員5名が、客室前方で乗客4名、客室乗務員6名が軽傷を負った。

2.11.8で述べたように、別添4の操縦室及び客室後方における垂直加速度の推定から、客室後方には、前方よりも大きな垂直加速度が生じたと推定される。このことにより、客室後方において重傷者と大半の軽傷者が発生したものと推定される。

重傷者は、全員シートベルトをしていなかった。重傷者は天井に頭部等を打ちつけた際、及び床等に落下して腰等を打った際に負傷したものと推定される。なお、着席中、シートベルトを着用していないで軽傷で済んだ者もいたが、重傷者の場合と同様に天井に当たったり、床に落下したりしており、重傷となる可能性はあったと考えられる。

一方で、飛行中、大多数の乗客はシートベルトを着用していたと推定されるが、シートベルト・サインが消灯していても、着席している場合には、シートベルトの着用を徹底することにより、重傷者の発生を防ぐことができるものと推定される。

3.1.2 救急活動

3.12.1 客室内における救急活動

客室乗務員及び乗客の口述並びにCVR記録によると、揺れが発生した直後、シートベルト・サインが点灯したため、客室乗務員は、乗客に対しシートベルト着用の放送を行ったと推定される。

また、客室内では、客室乗務員による乗客の負傷状況に関する点検が実施され、その状況が前任客室乗務員経由で運航乗務員に報告されたものと推定される。

客室後方では、CAから乗客への問いかけによる負傷の有無の確認、メディカル・キット、ドクターズ・キットによる応急処置等、また、同乗していた医師及び看護師の協力を得ながらの救急活動が実施されたと推定される。しかし、負傷者の状況に関する客室乗務員から運航乗務員への報告は、初期の報告では負傷の程度が重い3名の乗客に限られており、これに基づき、運航乗務員から地上に対し救急車の要請がなされたものと推定される。その後、客室乗務員からは、負傷の程度が軽い乗客については、運航乗務員に報告がなされなかったものと推定される。

3.12.2 地上における救急活動

同社羽田空港支店が同機からの救急車の要請を受けたのは11時06分ごろで、同支店旅客部が119番通報により救急車を要請したのは11時16分ごろであった。その際、同支店旅客部は、負傷者が3名いること、同機の到着予定時刻が11時24分であること、使用予定スポットが12番であり、空港ビルのゲート4番で

待機することを連絡したと推定される。

また、東京消防庁は、負傷者が3名との通報を受け、通常、救急車による搬送は負傷者1名につき1台を出動させることから、蒲田消防署、蒲田消防署羽田出張所及び大森消防署山谷出張所から各1台、計3台の救急車に出動指令を出した。

救急車は、同機の着陸から6分後の11時29分から34分ごろまでにゲート4番の前に到着したと推定される。

その後、同機の機内で救助活動を開始したところ、11時50分ごろ、全部で9名の負傷者を確認したため、更に2台の救急車の要請を行い、12時18分ごろ、全部で14名の負傷者を確認したため、再度1台の救急車の要請を本部に無線により行った。

本事故において、救急車の出動要請が2度も追加されたことは、当初、重傷相当の負傷者数のみが通報されていたが、軽傷者については着陸後に乗客から申告がなされたためと推定される。

4 原因

本事故は、同機が降下中、ピッチの急増とその後のピッチの変動が発生したため、乗客及び客室乗務員が宙に浮き上がって天井に頭等を打ちつけた際、及び床等に落下して腰等を打った際、負傷したことによるものと推定される。

ピッチの変動が発生した際、シートベルト着用のサインは点灯されておらず、着席中の乗客の一部がシートベルトを着用していなかったこと、また、客室乗務員が業務実施中であったことが負傷者の発生に関与したものと推定される。

ピッチの急増とその後のピッチの変動は、以下の過程により発生するに至ったものと推定される。

- (1) 強いウィンドシヤーに遭遇して対気速度(CAS/MACH数)が急増し、オートパイロットは速度を減ずる応答をした。
- (2) 機体ピッチ角が急増した。このとき、スピード・ブレーキが使用された可能性が考えられる。
- (3) オートパイロットがディスエンゲージされ、マニュアル操縦に移行する際の操縦士の操舵に伴い、ピッチが振動的に変動した。

なお、ピッチが振動的に変動したことについては、高高度においてMACH数が M_{MO} を超えそうになり、さらにスティック・シェーカーが作動したときに、オートパイロットをディスエンゲージしてマニュアル操縦に移行する要領及びマニュアル操縦

の際の操縦特性を操縦士が十分に体得する機会がなかったことが関与した可能性が考えられる。

5 所見

5.1 振動的なピッチ変動発生の可能性への留意

本事故は、飛行中にウィンドシヤーに遭遇して、これによる対気速度の急激な変化にパイロットが対処する間に機体ピッチが周期的に増減を繰り返したため、乗員・乗客に負傷者が発生したものと推定される。これまでも我が国においても、ウィンドシヤー遭遇をきっかけとしてピッチの振動的な変動（以後「ピッチ振動」という。）が繰り返された類似の事故が発生している。

厳格な試験飛行を経て型式証明を取得し、航空運送事業に使用されている機材であっても、このようなピッチ振動に陥る危険を有していることは、一般に広く認識されているものではない。しばしば、振幅が小さい変動の場合には、ピッチ振動が生じたことに気付かぬまま、過ぎていることもあるといわれている。また、運航の経過を記録しているフライト・データ・レコーダーの記録を点検しても、試験飛行時に使用されるレコーダーに比べて記録データ間の時間間隔が長く、ピッチ振動の発生を確実に識別することはしばしば困難である。これらのことから、運用段階にある航空機のピッチ振動発生の実状は正確には把握されていない。ピッチ振動は、機体の特性が関与して発生するもので、あらかじめその発生を予測することは困難である上、シミュレーターによる再現も必ずしも保証されていない。したがって、過去の事例に照らし合わせると、今後も非常にまれではあっても同様のピッチ振動に基づく事故・インシデントが再発する可能性が考えられる。

この有害なピッチ振動の発生を事前に回避する有効な手段は、必ずしも確立されていないが、風速の急変化などのため、オートパイロットを使用せずに、パイロットが手動で機体を操縦する必要性が生じた折には、急激で舵の動きが大きい操舵を行うと、パイロットの操舵とそれに対する機体の時間遅れを含んだ動的な応答が組み合わさり、パイロットの意図に反してオーバーコントロールに陥り、振動的な動きが発生する可能性が高まると考えられている。特に飛行高度が高く、空気密度が低いところでは、機体の動揺に対する空力減衰が減少し、操舵に対する機体の動きが過敏になりやすく、したがって、ピッチ振動の発生可能性がさらに高まると考えられる。万一、ピッチ振動が発生した場合には、パイロットによる操舵入力を一時的に停止あるいは減少させ、パイロットの応答と航空機の応答との結びつきを減少させること、すなわち、

パイロットと航空機との相互作用の閉ループからパイロットを外すことがピッチ振動を終息させるのに有効であると考えられる。航空運送事業を行う運航会社は、ピッチ振動による事故発生を減少させる上で、パイロットに対し、ウィンドシヤーなどによる過渡的な機体の動揺がきっかけとなって、ピッチ振動が発生する可能性の存在に、日頃から常に留意するよう啓蒙するとともに、継続して認識を新たにさせることが重要である。

6 参考事項

本事故に関連する措置等で、本事故後に同社により講じられた措置は、次のとおりである。

- (1) 平成15年1月9日、OPERATIONS INFORMATION NO.400-177を発行し、「High Altitude におけるStick shakerの作動に対して」について、社内に周知した。
(別添5参照)
- (2) 平成15年11月10日、OPERATIONS INFORMATION NO.400-184を発行し、「Overspeed(Vmo/Mmo)への対応」について、社内に周知した。
(別添6参照)
- (3) 平成15年11月10日、「Over Speedへの対応に関する訓練等の開始について」を発行し、同社が運用している全機種を対象にして、Advanced Trainingの場において、風が急変してOver speedに至る状況を模擬し、これに対する対処を体験する訓練を平成15年11月15日から開始した。

付図、写真及び別添一覧

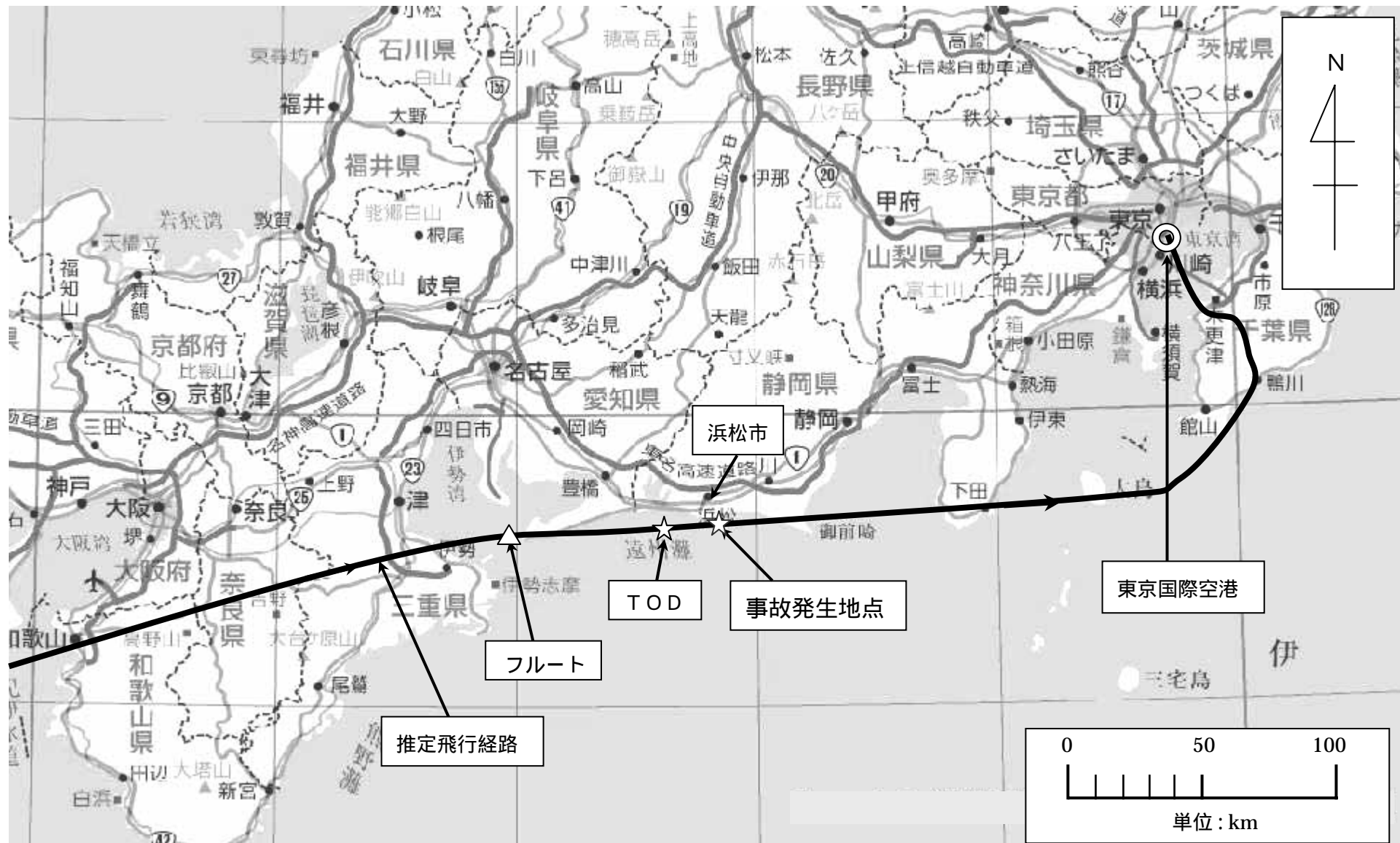
- 付図1 推定飛行経路図
- 付図2 ボーイング式747-400D型三面図
- 付図3 - 1 DFDR記録 - 1
- 付図3 - 2 DFDR及びACMS記録 - 2
- 付図3 - 3 DFDR記録 - 3
- 付図3 - 4 DFDR記録 - 4
- 付図4 事故発生時の負傷者の位置
- 付図5 客室の主な損傷状況
- 付図6 - 1 アジア地上天気図(平成14年10月21日09時)
- 付図6 - 2 アジア地上天気図(平成14年10月21日15時)
- 付図7 気象衛星雲画像(水蒸気画像:平成14年10月21日11時)
- 付図8 雲解析情報図(平成14年10月21日09時)
- 付図9 名古屋レーダーCAPI図(平成14年10月21日11時、高度10 km、8 km、6 km)
- 付図10 アジア200hPa天気図(平成14年10月20日21時、21日09時及び21日21時)
- 付図11 アジア500hPa天気図(平成14年10月21日09時及び21時)
- 付図12 200hPa及び250hPa天気図(平成14年10月21日09時及び15時)
- 付図13 国内悪天予想図(平成14年10月21日00時~09時)
- 付図14 浜松上空の気温及び風速分布(平成14年10月21日09時、21時)

- 写真1 損傷した座席
- 写真2 外れた天井パネル
- 写真3 ダクトのつぶれと分離

- 別添1 CVR記録
- 別添2 ACMSデータから推定した風
- 別添3 機体運動の数値解析
- 別添4 操縦室及び客室後方における垂直加速度の推定値
- 別添5 同社のOPERATIONS INFORMATION NO.400-177の概要
- 別添6 同社のOPERATIONS INFORMATION NO.400-184の概要

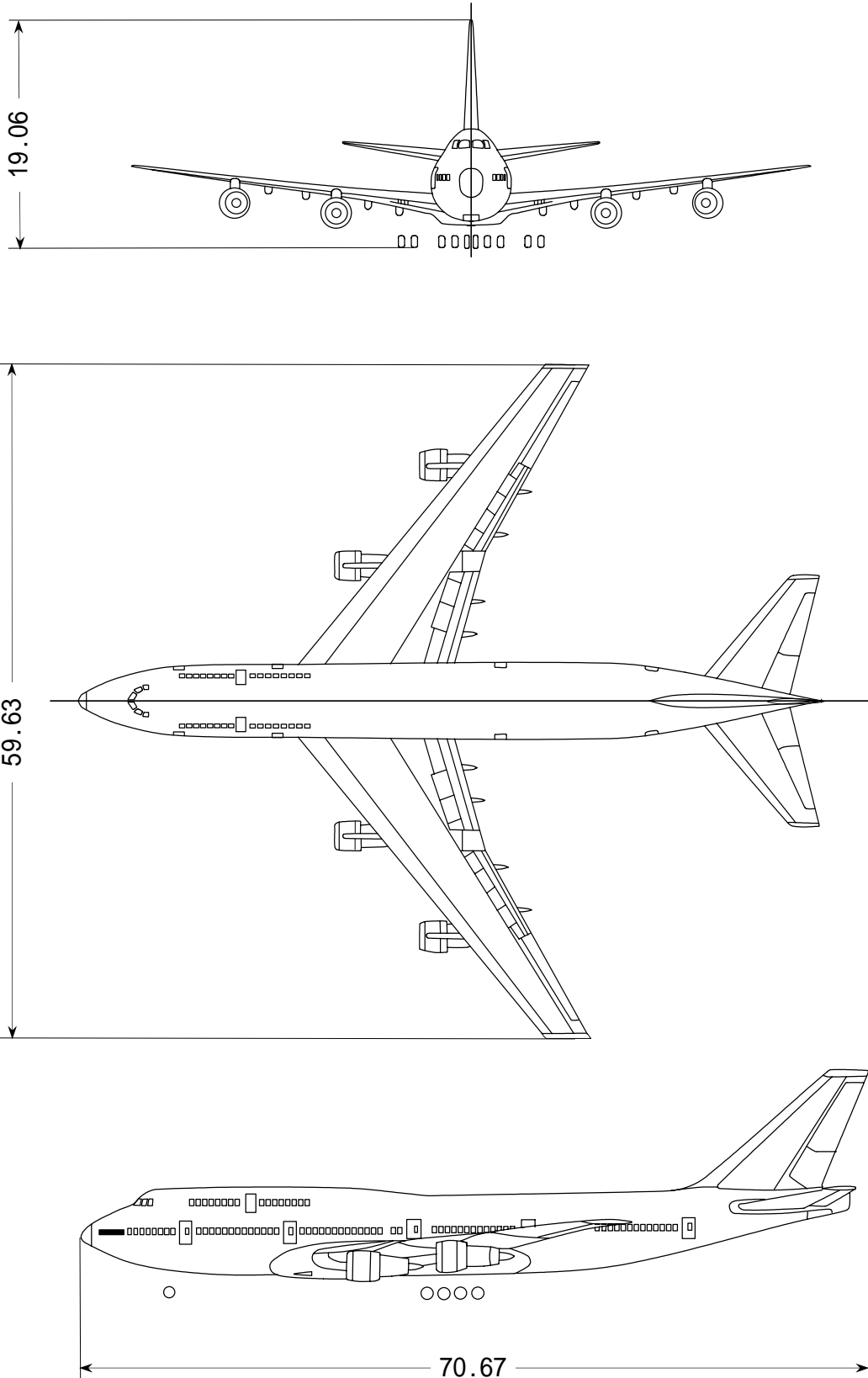
< 余 白 >

付図1 推定飛行経路図

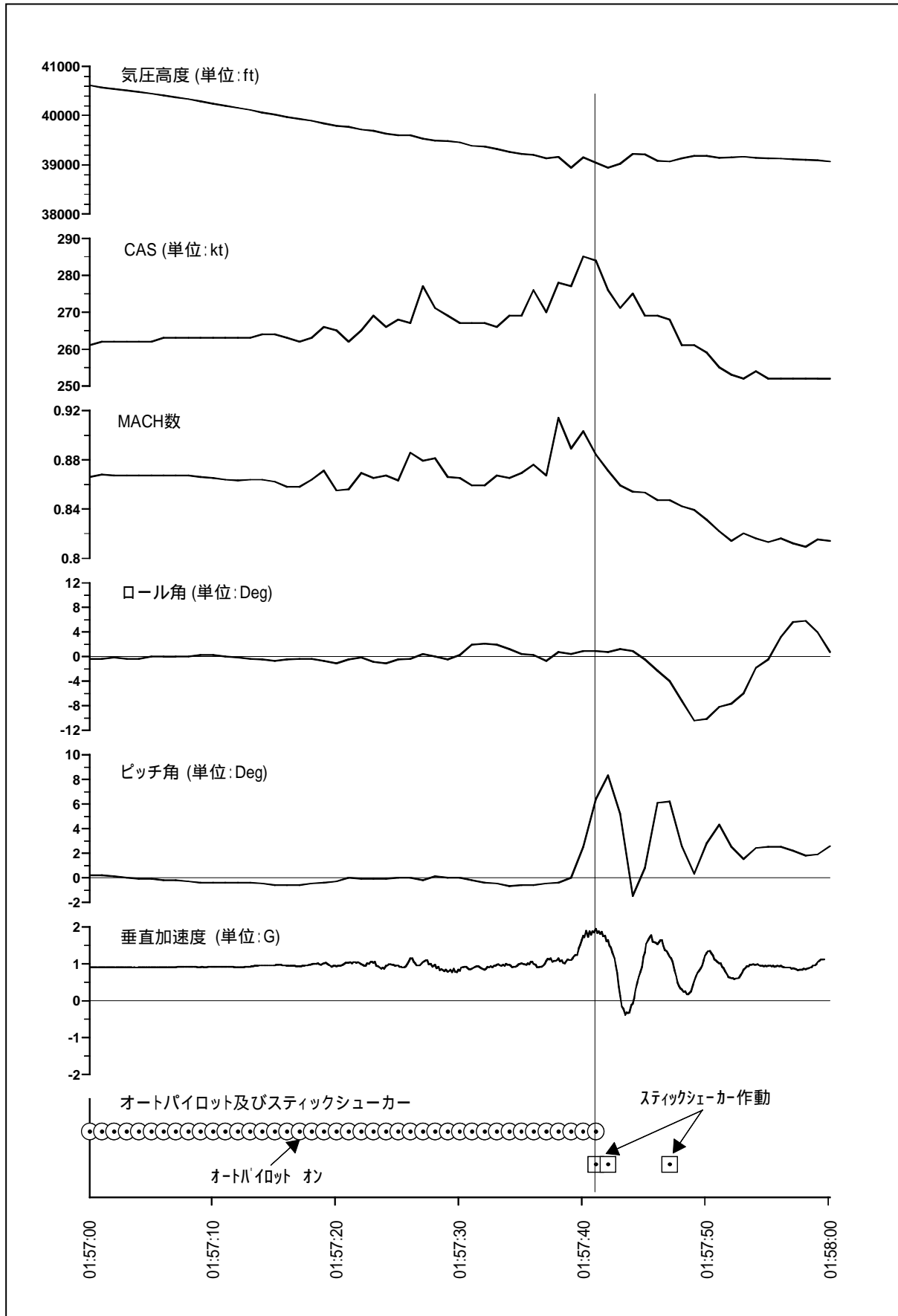


付図2 ボーイング式747-400D型三面図

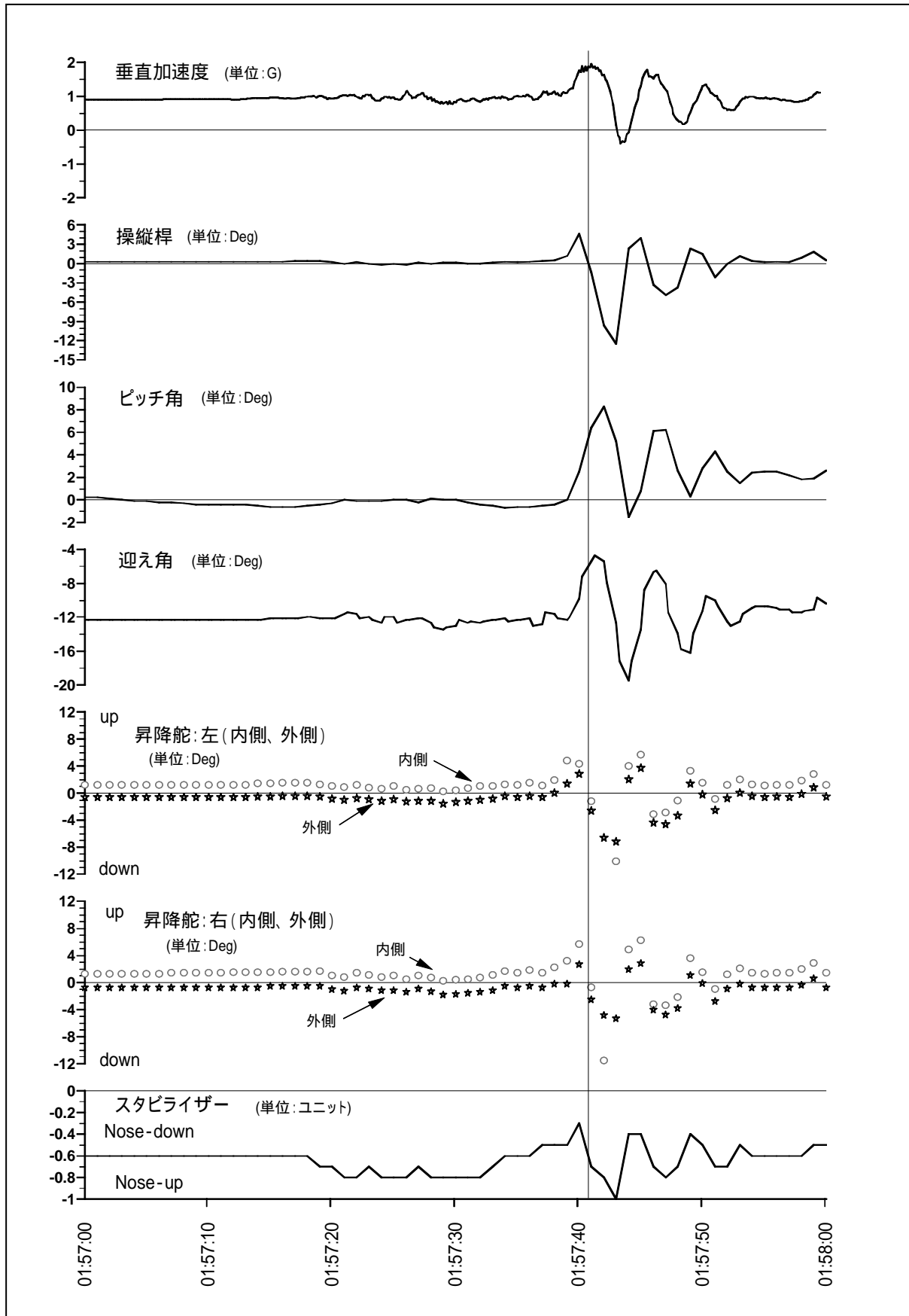
単位：m



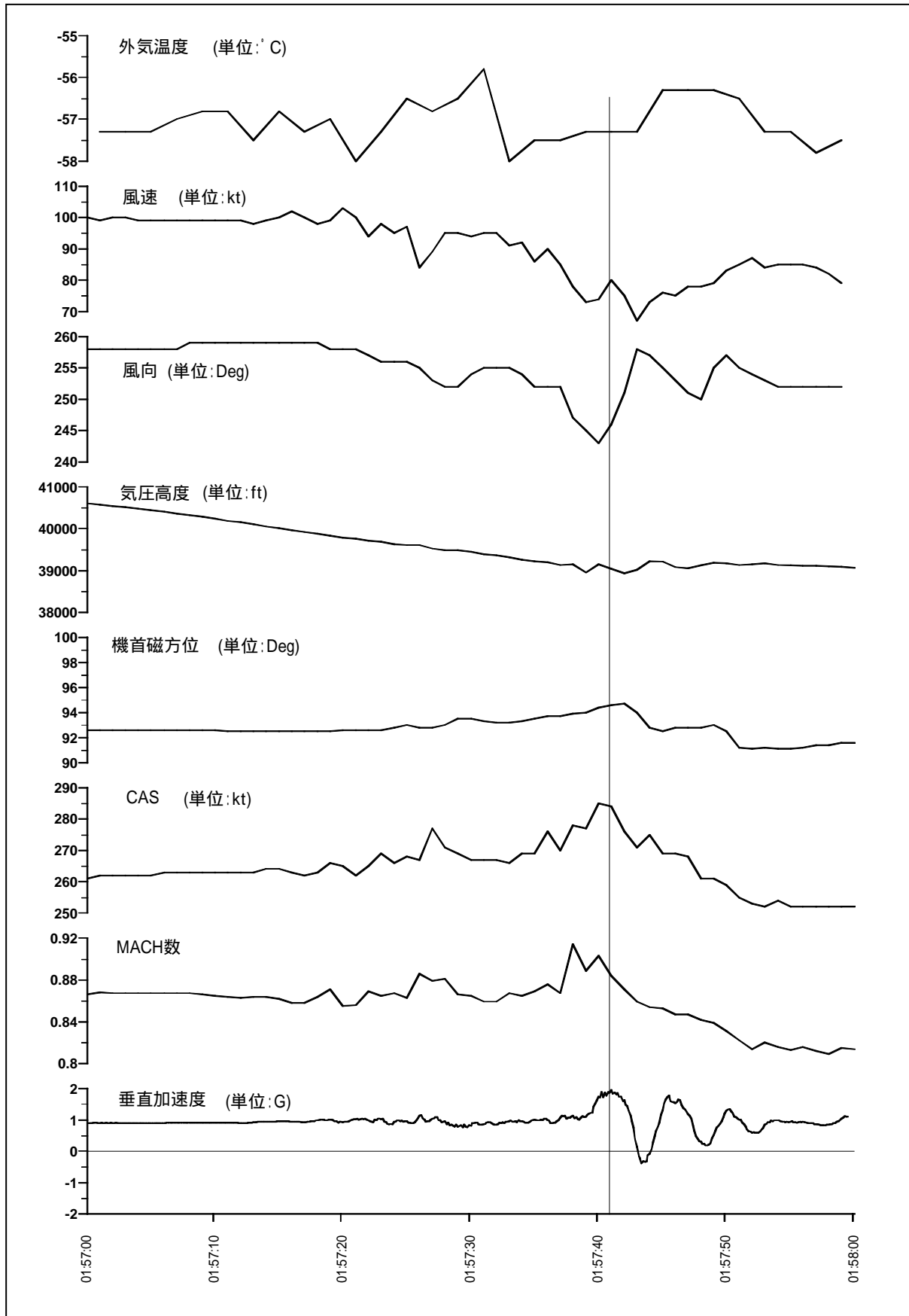
付図3 - 1 DFDR 記録 - 1



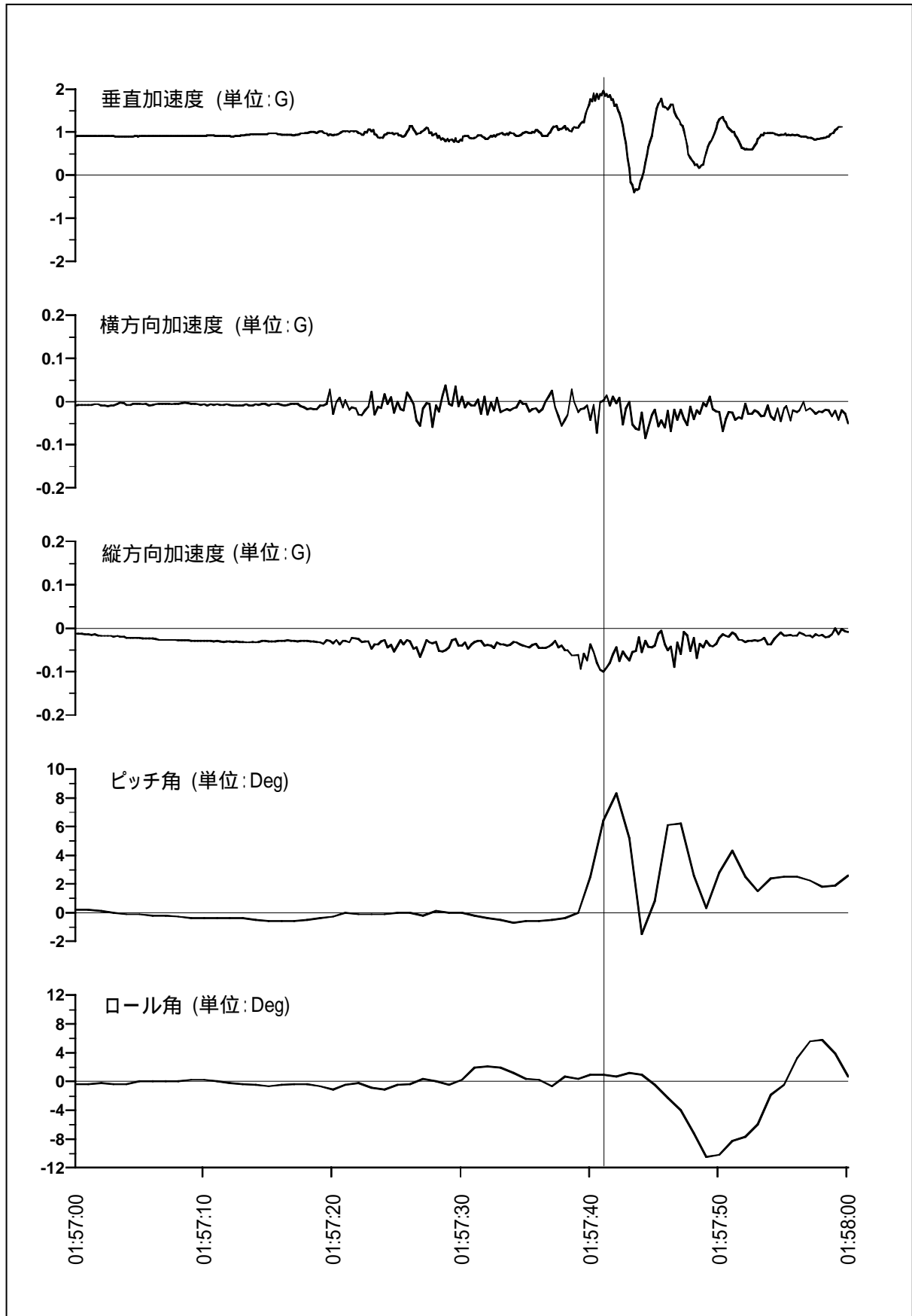
付図3 - 2 DFDR 及び ACMS 記録 - 2



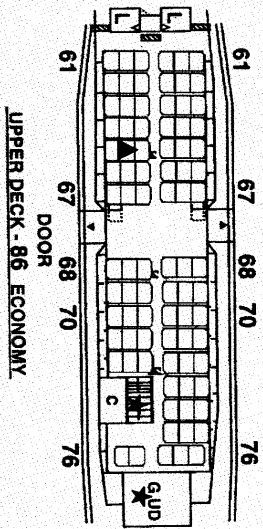
付図3 - 3 DFDR 記録 - 3



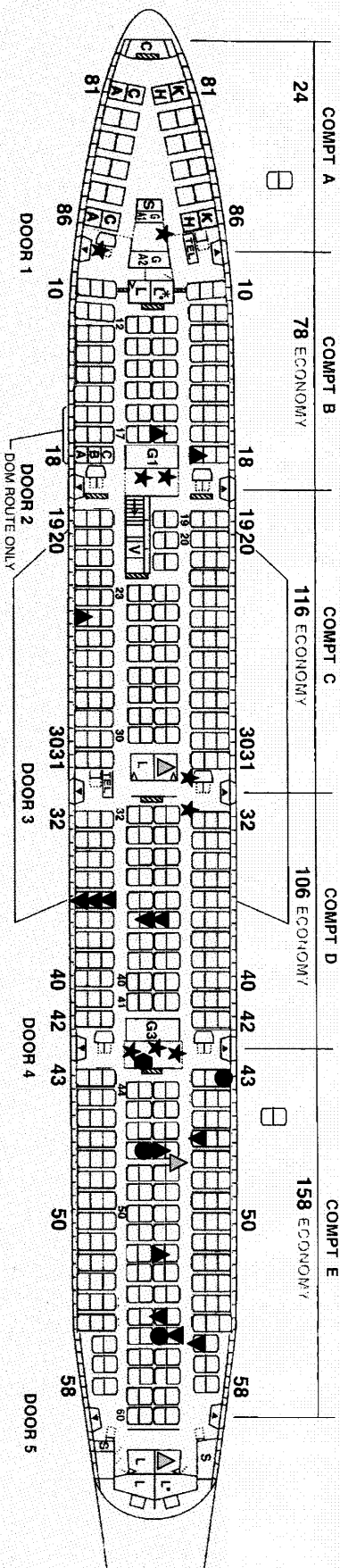
付図3 - 4 DFDR記録 - 4



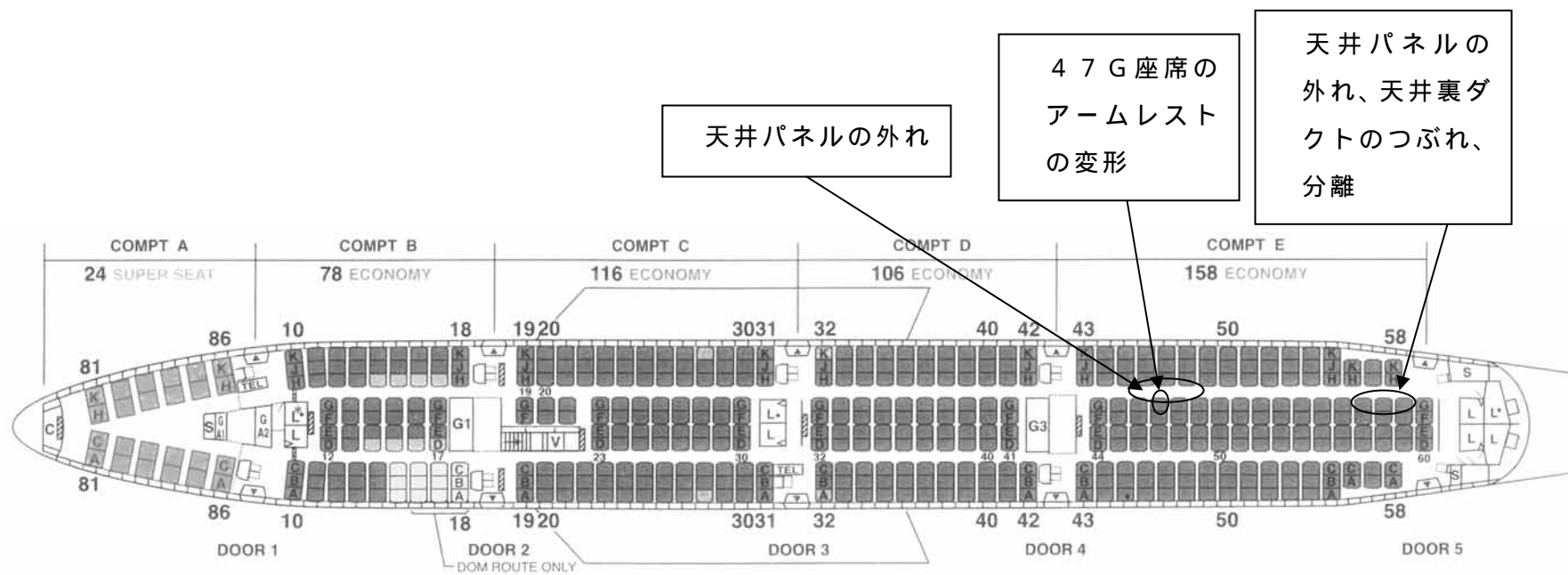
付図 4 事故発生時の負傷者の位置



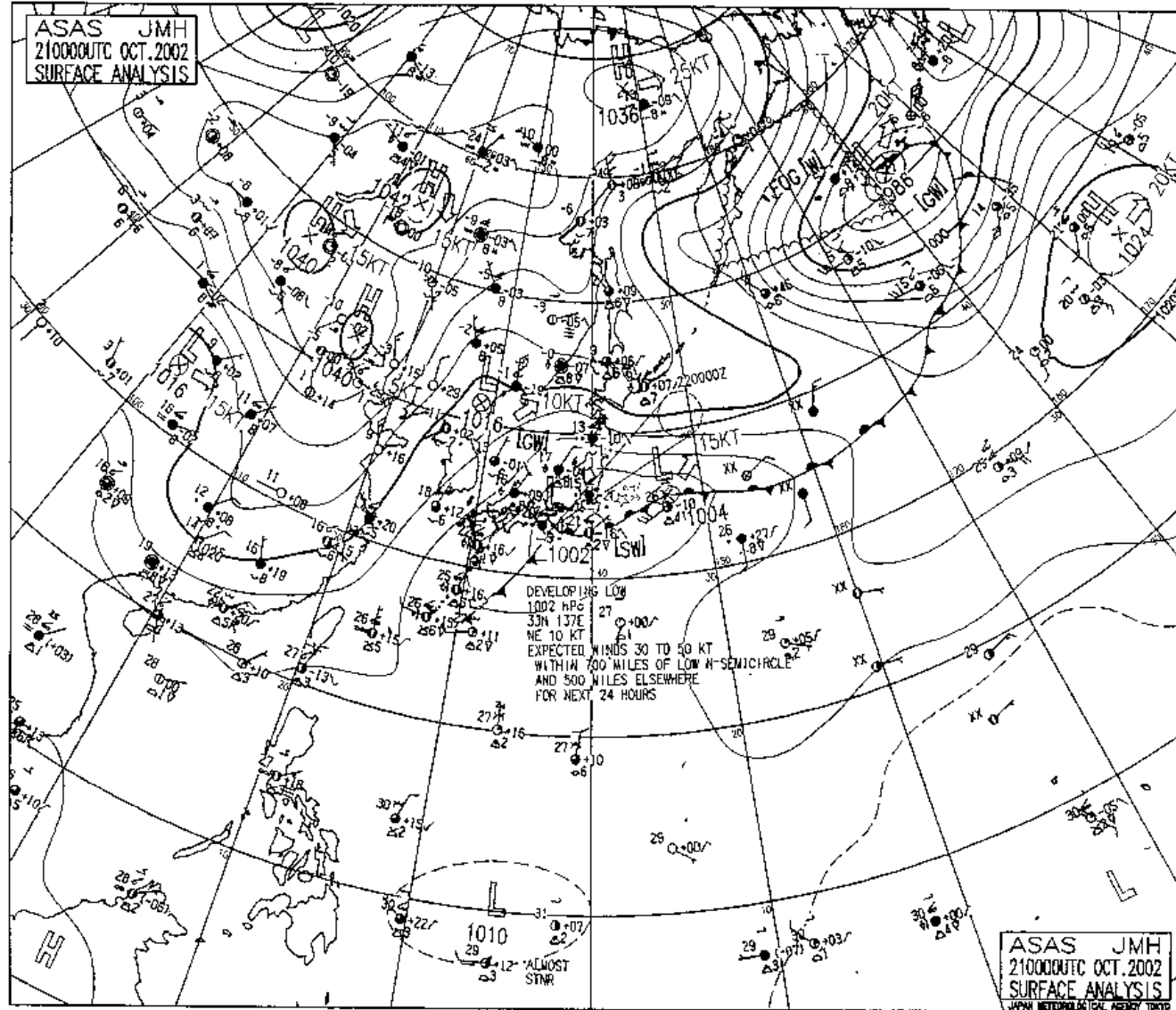
●	重傷 (乗客 3 名、シートベルト非着用)
◆	重傷 (客室乗務員 1 名)
▲	軽傷 (乗客：シートベルト着用 6 名)
△	軽傷 (乗客：離席 3 名)
▼	軽傷 (乗客：シートベルト非着用 7 名、不明 2 名)
★	軽傷 (客室乗務員 1 1 名)



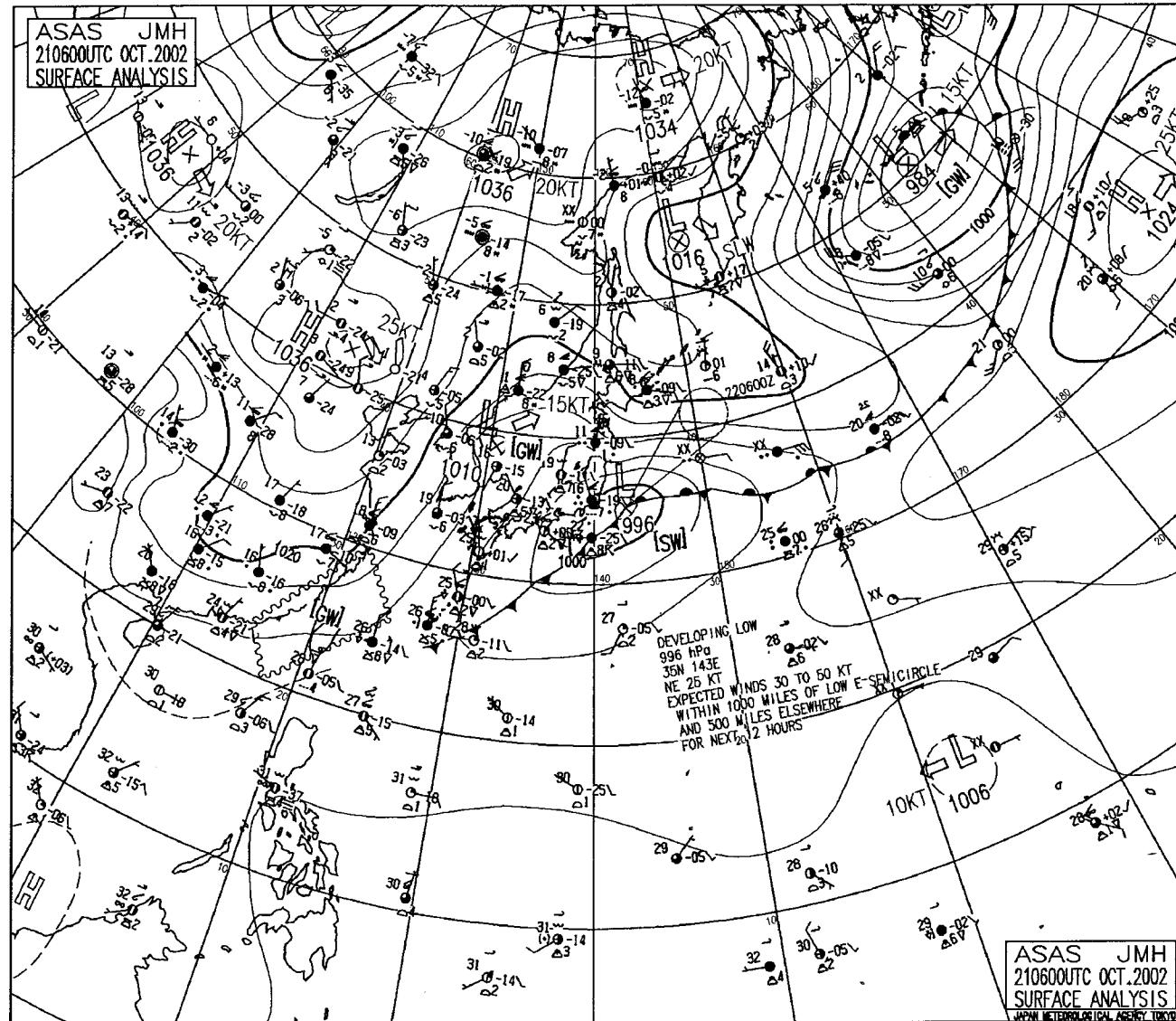
付図5 客室の主な損傷状況



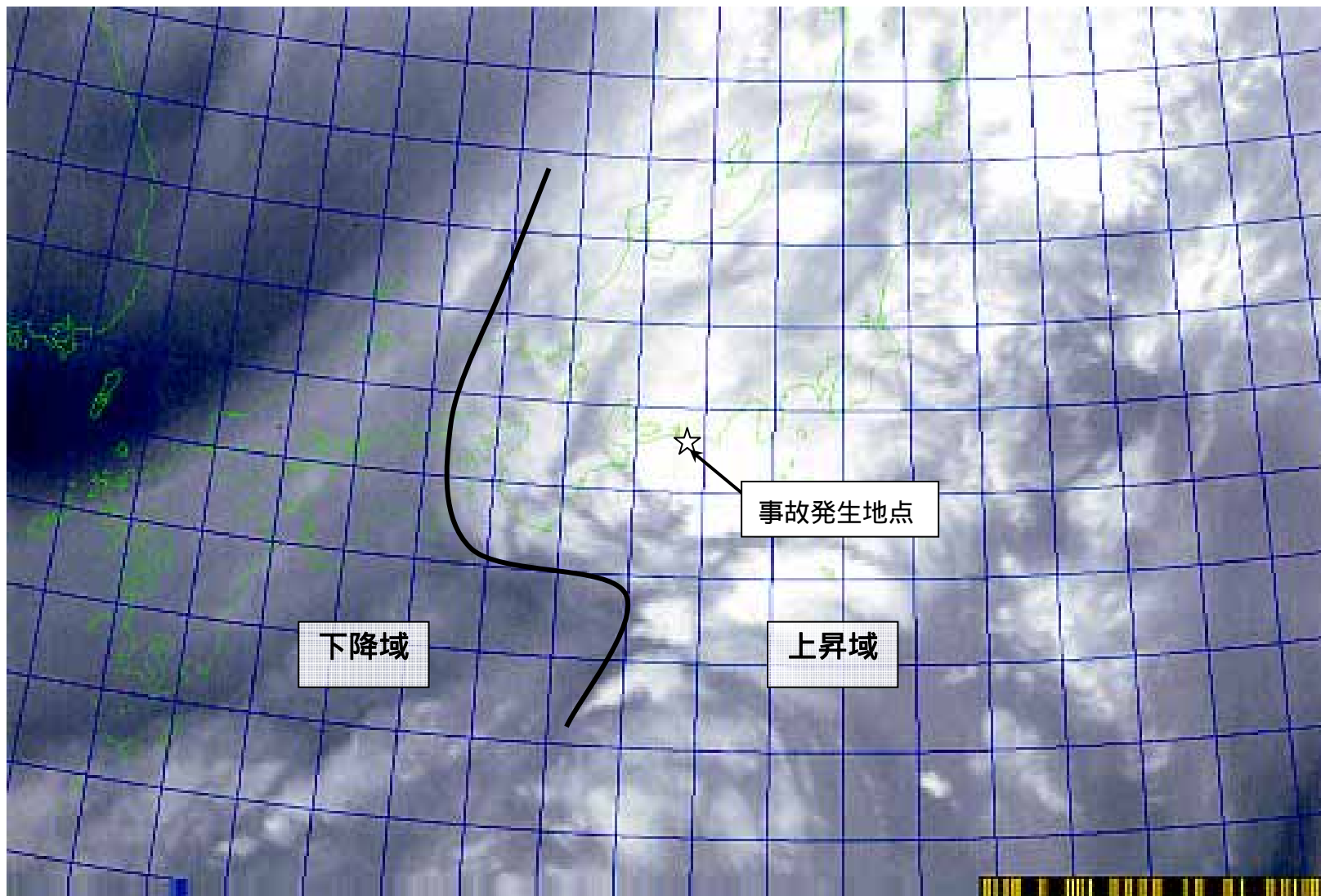
付図6 1 アジア地上天気図 (平成14年10月21日09時)



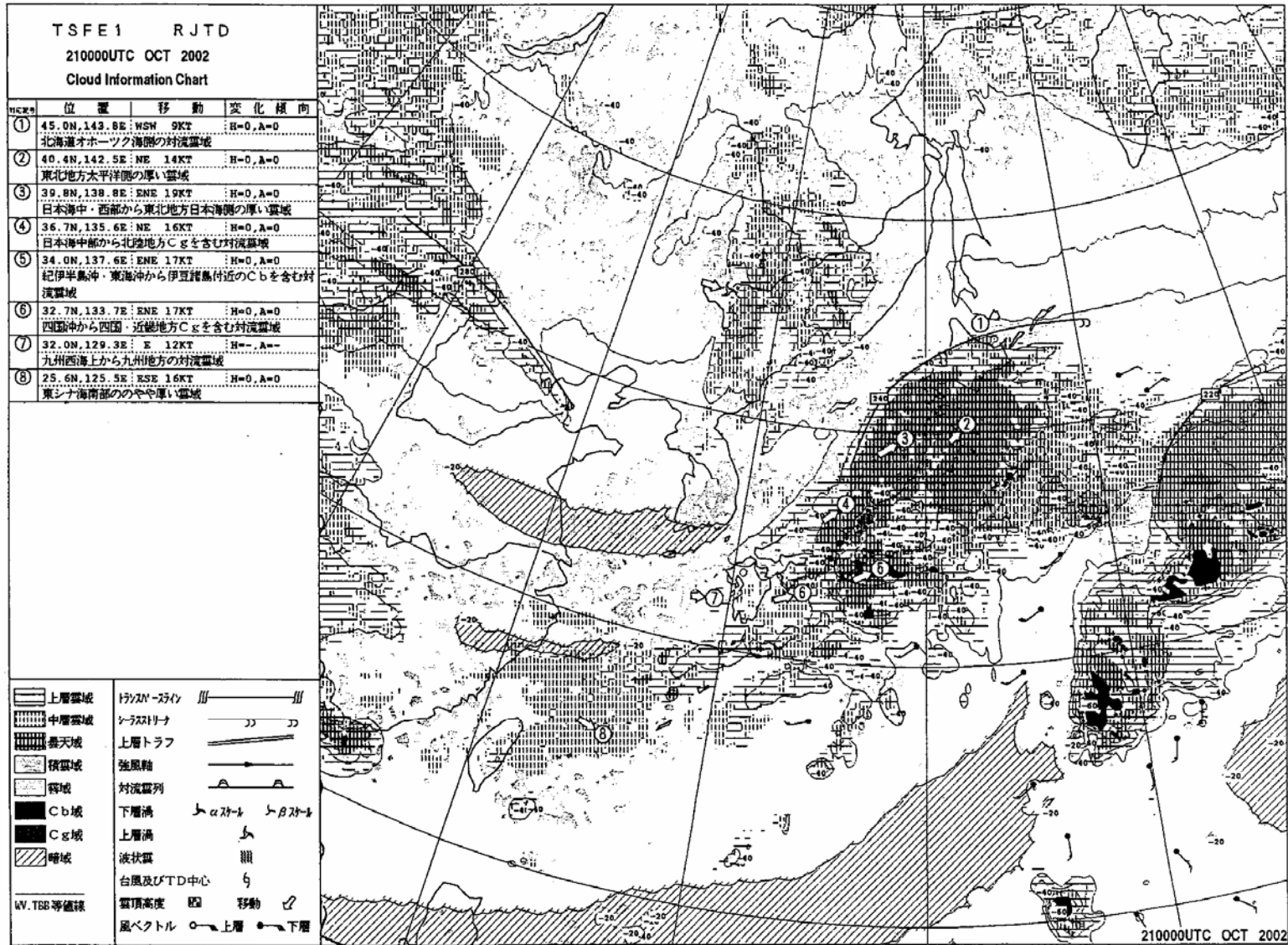
付図6 2 アジア地上天気図(平成14年10月21日15時)



付図7 気象衛星雲画像（水蒸気画像：平成14年10月21日11時）

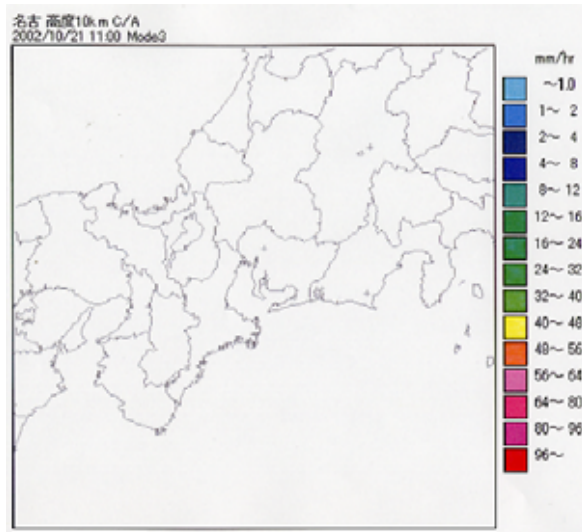


付図8 雲解析情報図(平成14年10月21日09時)

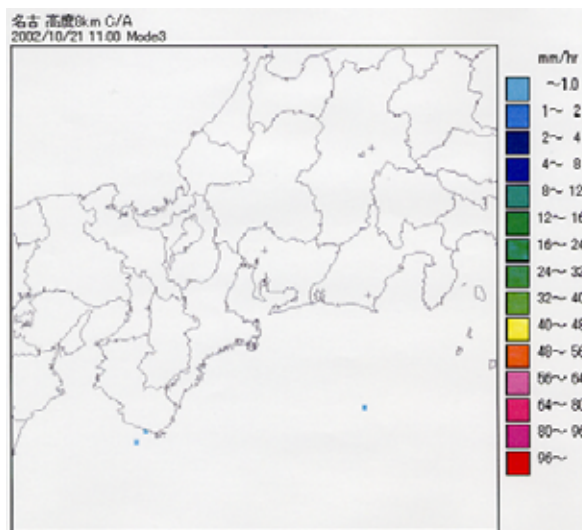


付図9 名古屋レーダー-CAPPI図

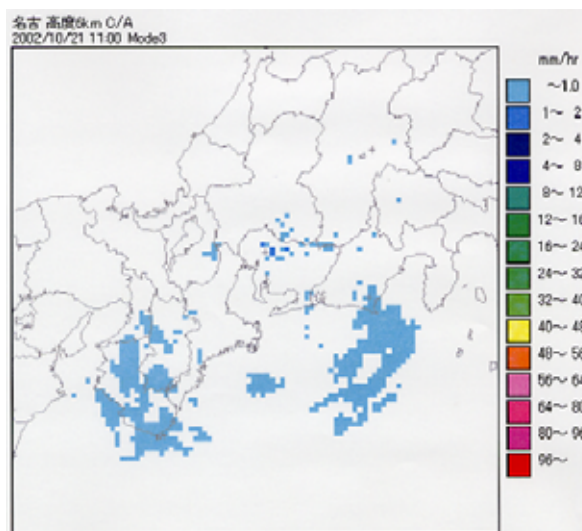
(平成14年10月21日11時、高度10km、8km、6km)



高度 10 km

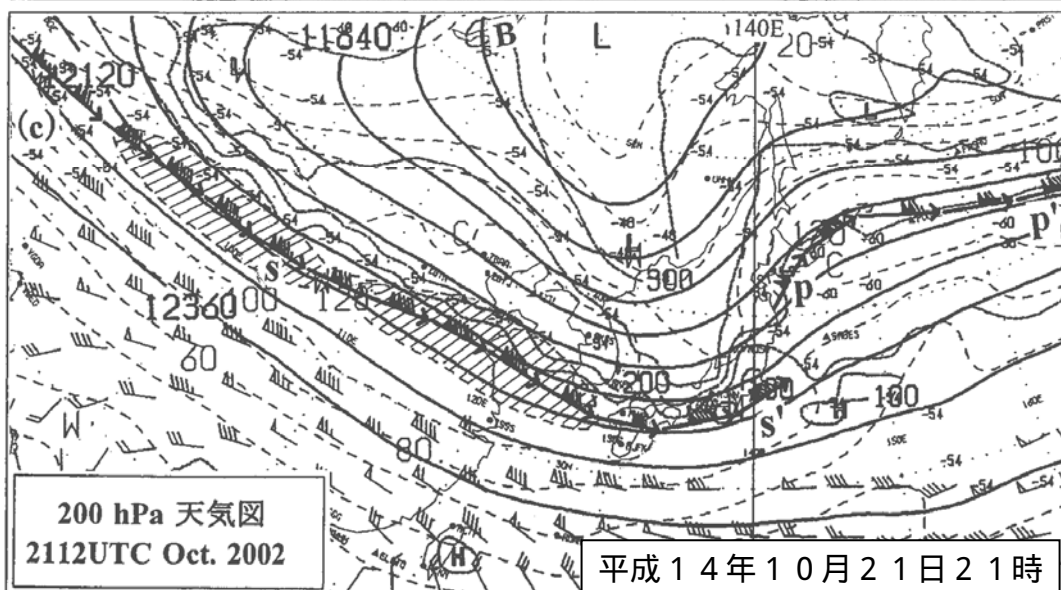
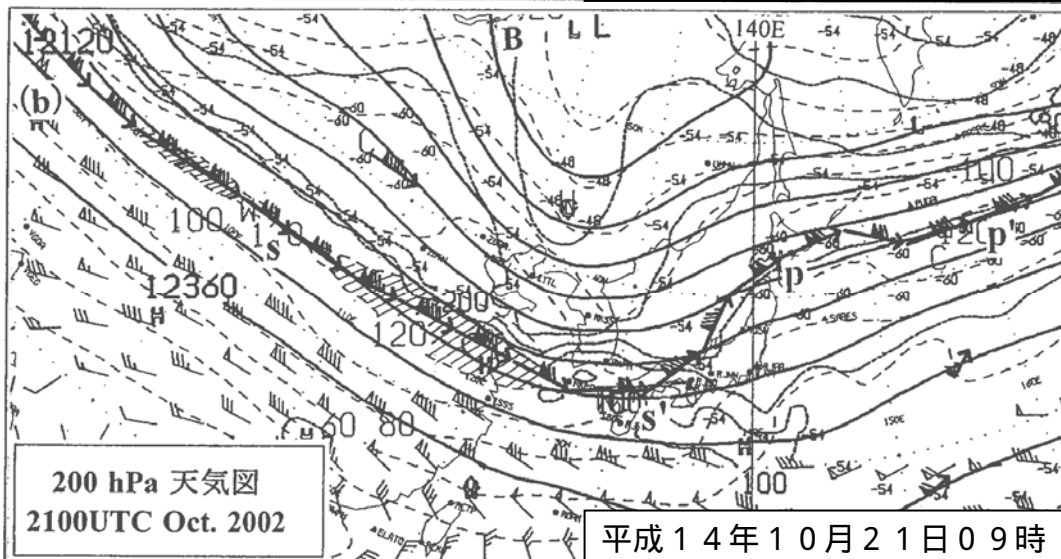
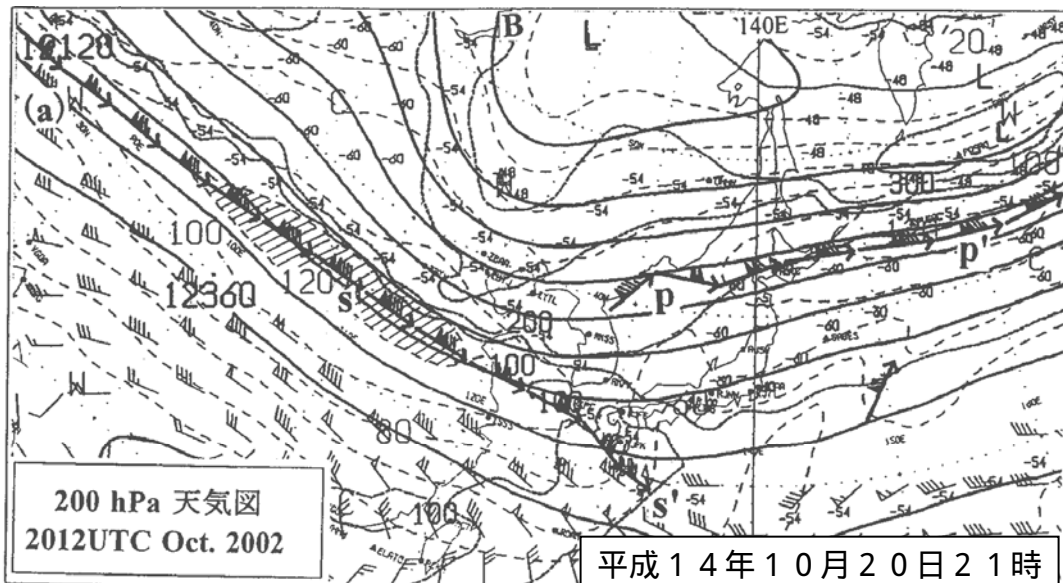


高度 8 km



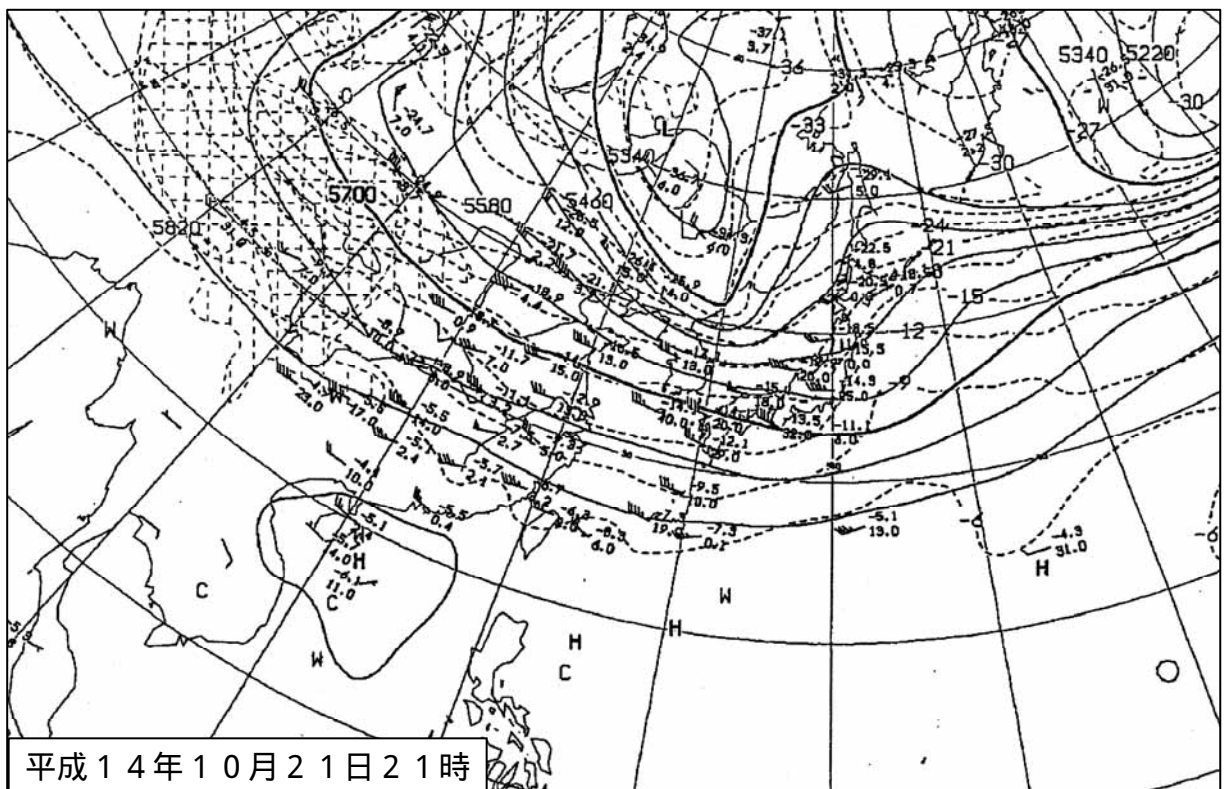
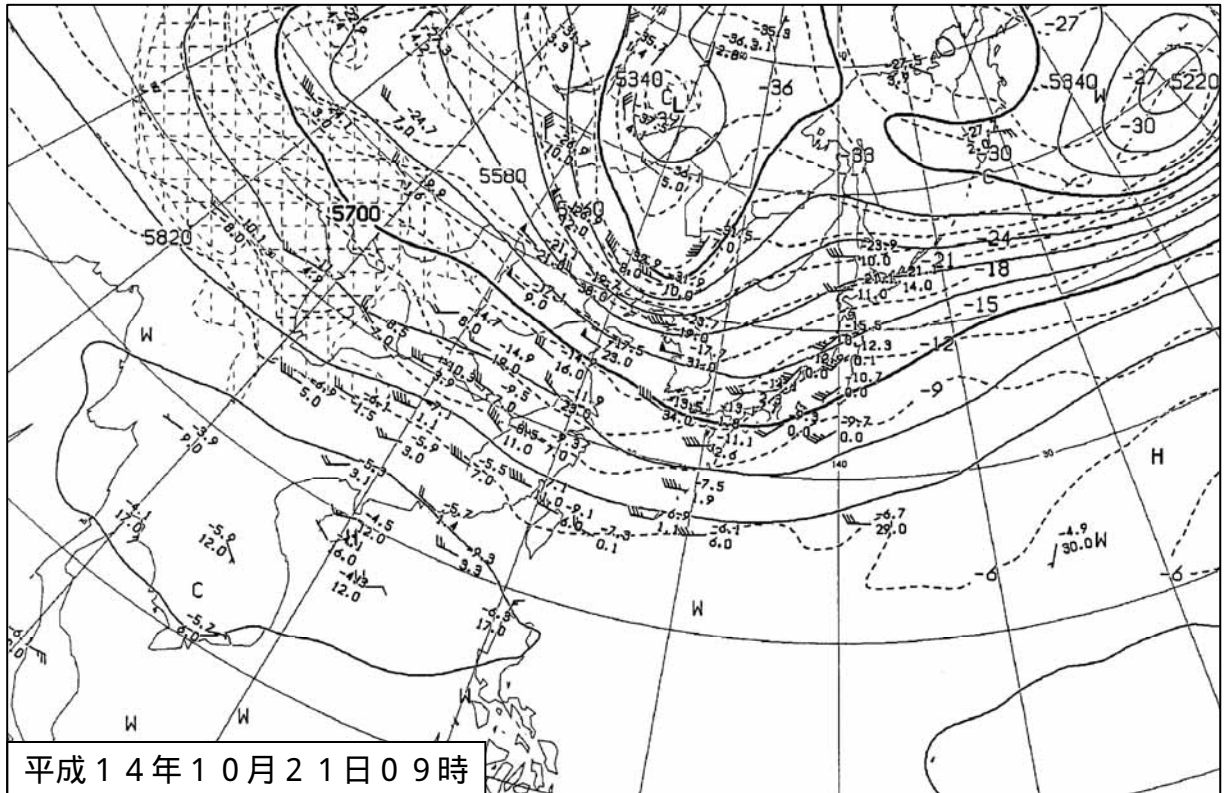
高度 6 km

付図10 アジア200hPa天気図
 (平成14年10月20日21時、21日09時及び21時)

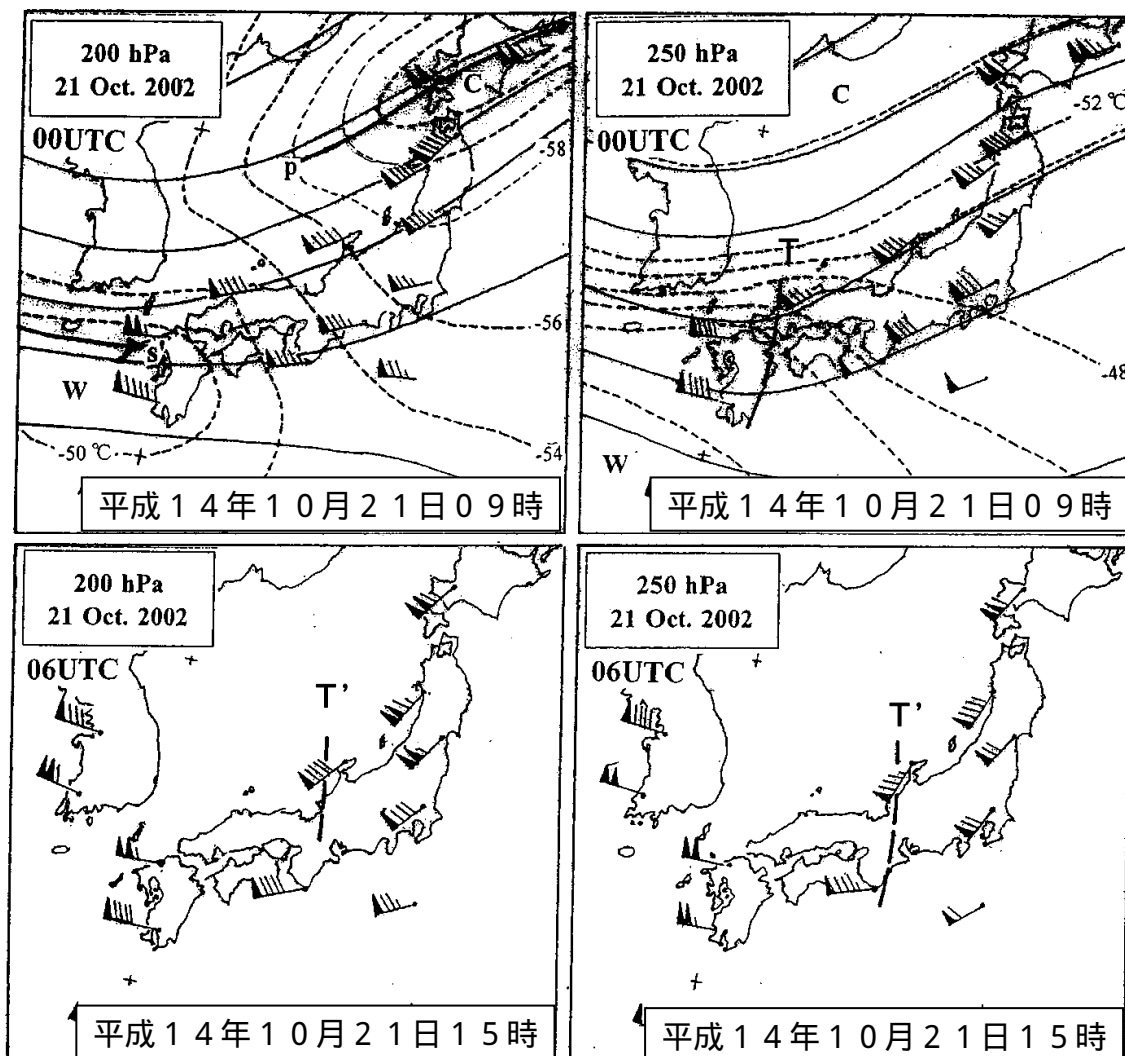


s - s', p - p' : ジェット気流

付図11 アジア500hPa天気図
 (平成14年10月21日09時及び21時)

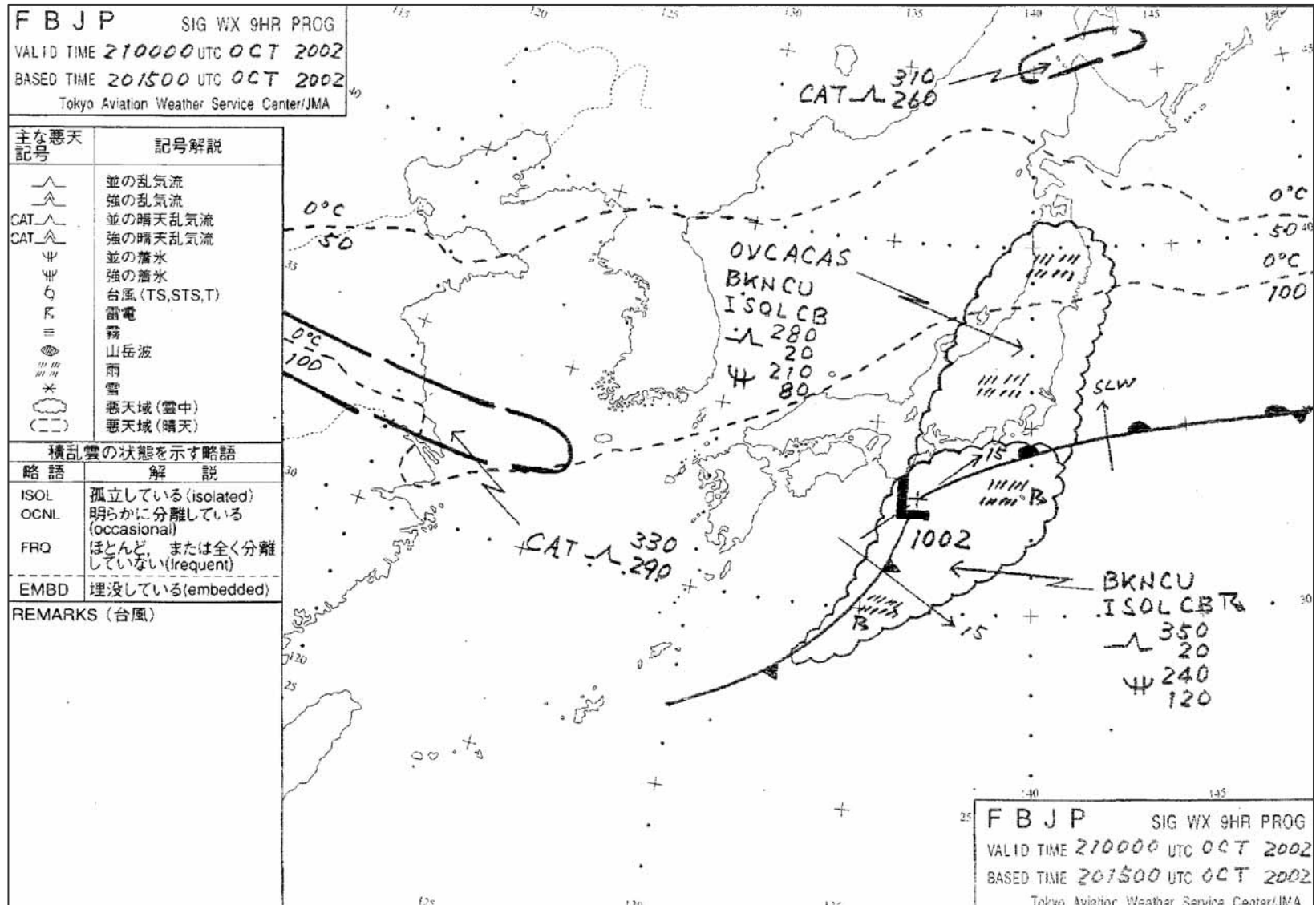


付図12 200hPa及び250hPa天気図
 (平成14年10月21日09時及び15時)

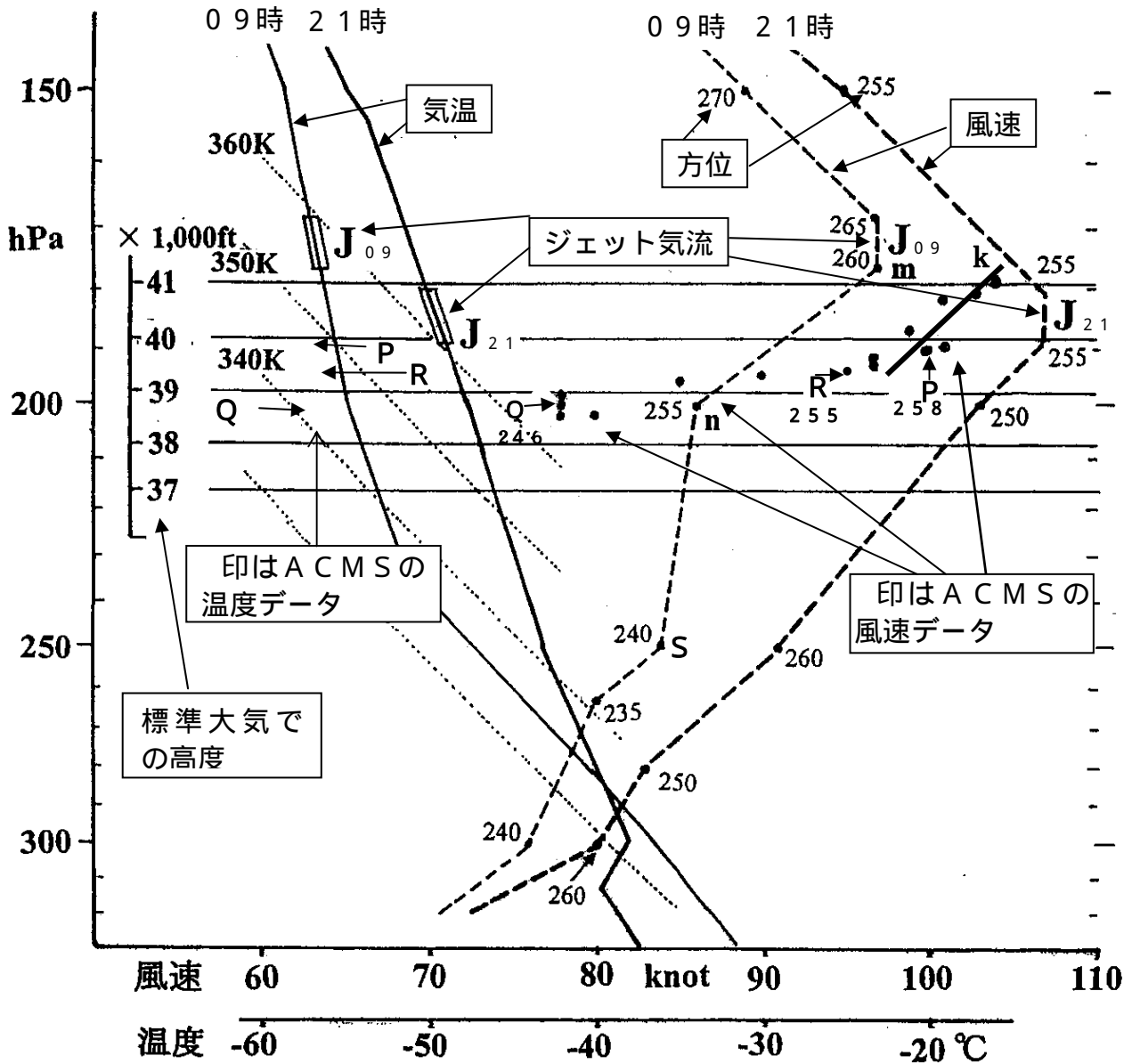


s' : ジェット気流 (東端)
 p : ジェット気流 (西端)
 T, T' : トラフ (気圧の谷)

付図 1 3 国内悪天予想図 (平成 1 4 年 1 0 月 2 1 日 0 0 時 ~ 0 9 時)



付図 1 4 浜松上空の気温及び風速分布
 (平成 1 4 年 1 0 月 2 1 日 0 9 時、 2 1 時)



(注) グラフ中の J はジェット気流を示し、事故前後の高度に対する気温及び風速を表している。
 風速のグラフの数字はその風向を示す。

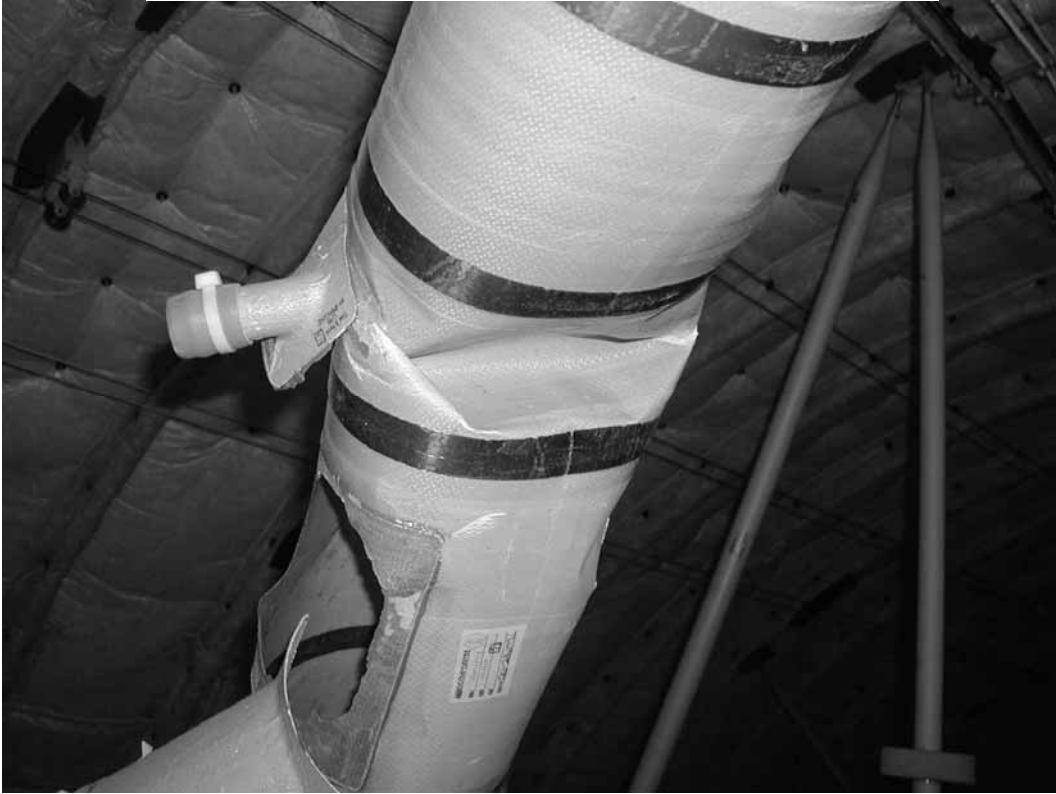
写真1 損傷した座席



写真2 外れた天井パネル



写真 3 ダクトのつぶれと分離



C V R 記録

(凡例) ??? は不明な発音等を示す。・・・ は不発声部分を示す。

日本標準時 (時：分：秒)	発信源	内 容
10：14：ごろ	C A	皆様、ただいまシートベルト着用のサインが消えましたが、飛行中は突然揺れることがございます。座席にお座りの際は、皆様の安全のため、常にシートベルトをお締めおき下さい。
10：55：04	副操縦士	コンタクトしてリクエスト・ローワーお願いします。
10：55：08	機長	「Tokyo Control Japan air 356 request descend」
10：55：12	東京コントロール	「Japan air 356 roger, descend and maintain Flight Level 160, cross SPENS at Flight Level 160」
10：55：18	機長	「Descend cross SPENS at 160, Japan air 356」
10：55：25	副操縦士	それじゃ、トップ・オブ・ディセントから降下を開始します。
10：57：10	機長	「Tokyo Control, Japan air 356 leaving 410 for 160」
10：57：28	機長	スピード、スピード
10：57：33	機長	インターベンションして、これでもっと戻してくれ……。
10：57：41		スティック・シェーカーと思われる音(約3秒間)
10：57：43	機長、副操縦士	「アイ・ハブ・コントロール」「ユー・ハブ・コントロール」
10：57：45		「カシャ」というような金属的な小さな音
10：57：47	機長	ベルト・オン
		スティック・シェーカーと思われる音(約2秒間)
10：57：50	機長	イグニッション・オン
10：58：03	C A (P A)	皆様、ベルトをしっかりとお締めください。
10：58：38	機長 (P A)	ご搭乗の皆様、こちらは操縦室です。ただいま、気流の変化のため、悪い気流の中を飛行することになりました。客室乗務員も直ちに着席して下さい。この先は概ね良好と思われませんが、確実に座席にお戻りの上、シートベルトをお締め下さい。
10：59：02	機長 (P A)	「Ladies and gentlemen, from the cockpit. Please, return to your seat immediately and fasten seatbelt. We had flight condition due to wind change.」
10：59：33	機長	はい、機長です。
10：59：34	C A	アールフォーです。ちょっと今タービュランスで、倒れられたお客様がいらっしゃいますので、ちょっとの間、座席まで移動させても大丈夫でしょうか。
10：59：44	機長	そうしてください。救急車とか必要でしたら、そう言って

下さい。

11 : 00 : 52 機長 しばらくアイ・ハブでいくからね。

11 : 01 : 19 機長 はい、機長です。

11 : 01 : 21 C A キャビンの状況ですが、まだ状況しか聞いておりませんが、天井が1枚落ちていることと、流血しているお客様がいらっしゃる、このあとベルト着用のサインが消えるまでどのくらいかかるでしょうか。

11 : 01 : 44 機長 ええーとですね<あと10分くらいそのままベルト・オンにしておきます。

11 : 01 : 48 C A 怪我しているお客様が心配なんです、それは立たない方がよろしいでしょうか。

11 : 01 : 52 機長 怪我しているお客様のケアだけをお願いします。
あとのお客様は座ったままでお願いします。それから、カートとかは大丈夫ですか。

11 : 02 : 00 C A ええーとですね、カートは大丈夫なんです、ジュースなどが、ギャレーにおいておりましたジュースやポットなどがギャレーに散乱しておまして。

11 : 02 : 07 機長 じゃー、それは、10分後でも大丈夫ですね。

11 : 02 : 09 C A そちらについては大丈夫です。

11 : 03 : 26 C A 皆様にご案内いたします。ただいま、当機、気流の悪い中を通過しております。なお、この先10分間ほど気流の悪いなかを通過する見込みでございますので、シートベルトサイン点灯中のお手洗いの使用はご遠慮下さいませ。

11 : 03 : 39 機長 揺れたのは、高度いくつだった？
副操縦士 39から38です。

11 : 03 : 53 機長 風、ちょっと見てた？
副操縦士 風はちょっと。
機長 わかんない？

11 : 03 : 59 機長 39の風はいくらだった？ え、取ってない。
ああ、いいよ。90ktぐらい、それぐらいだったよな。

11 : 04 : 19 機長 えー、じゃ、カンパニーに連絡して、「アイ・ハブ ATC」、状況を伝えて。フルート過ぎて、ディセンド開始して、高度39,000ぐらいでTB4で、お客さん怪我して、いま手当てをしていると。その後の状況はいま分からないので、また状況が分かり次第、救急車が必要かどうか、そのあと連絡しますと。

11 : 04 : 27 副操縦士 はい、わかりました。「ユー・ハブ ATC」
機長 「アイ・ハブ ATC」

11 : 04 : 54 機長 ATC、一緒に聞いててね。

11 : 04 : 59 副操縦士 (カンパニー) Japan Air Tokyo, Japan Air 356, フルートを過ぎて焼津の手前で降下しているとき、高度39,000から38,000にかけて、ジャスト・オン・トップ付近でTB4の揺れに遭遇しました。お客様が怪我をしており、症状の方はまだわかりません。救急車等の手配が必要でしたら、後

		程また連絡します。
11 : 05 : 27	カンパニー	Japan Air 356, 了解しました。怪我のお客様のレポートをお待ちしております。
11 : 05 : 34	副操縦士	はい、わかりました。
11 : 07 : 35	C A	お客様の怪我の状態ですけど、お客様が頭を天井にぶつけて、それで天井が落ちたようです。その方については、意識はありますが、ちょっと流血をなさっているようで、今は動けないような状況ですが、まわりのお客様がズボンのベルトを外していただいて、動かないように押さえてくださっているそうです。もう一人、鎖骨を打った方がいらっしゃいますが、意識があるということ以外には分かっておりません。
		それから、客室乗務員が一人怪我をしています。その方は目の上を3 cmほど切っています。
11 : 08 : 16	機長	その方は継続乗務できますか。救急車は必要ですか。
11 : 08 : 55	C A	状況を見に行ってみます。救急車は呼んで頂くことになると思います。
11 : 09 : 00	機長	今の状況をカンパニーに説明して、意識はないということではないが、一応、救急車を呼んでくれと。
11 : 13 : 18	C A	負傷者の状況ですが、倒れて動けないお客様と、肩を脱臼している方がお二人いらっしゃいます。救急車の手配をお願いします。また、乗務員は継続乗務できない状況です。

この後は、乗客の怪我の状況に関するC Aとの会話、カンパニーとの交信及びA T Cとの交信等が記録されている。

以下、省略

A C M S データから推定した風

1 風の推定手法

風ベクトルは、航空機の対地速度ベクトルと対気速度ベクトルの差として得られる。対地及び対気速度ベクトルを算出するために、以下のデータ及び仮定を用いた。

(1) 使用した A C M S データ

- ・機体姿勢（ピッチ、ロール、ヨー）
- ・対地速度の絶対値、Track角、昇降率
- ・対気速度の絶対値（C A S）、S A T、気圧高度、迎え角、上下方向加速度

(2) 使用した仮定

- ・記録データに遅れはない。
- ・横滑り角はゼロ（横滑り角にほぼ比例する左右方向の加速度が小さいため）

なお、センサー位置の補正で必要となる機体姿勢角速度は、記録レートが低いデータを用いず、姿勢角のスプライン補間による数値微分値を用いた。また、迎え角はシミュレーター用数学モデルに記載されている手法により補正した値を用いた。

2 推定の過程

- (1) 風の算出に用いるすべてのデータを、上下加速度に合わせて 8 Hz にスプライン補間し、同期を取る。
- (2) CAS、SAT、気圧高度から真対気速度（TAS）を算出する。
- (3) 機体運動の影響を補正した迎え角（横滑り角はゼロと仮定）と(2)で算出したTASを用いて、迎え角ベーン位置での対気速度の機体軸成分を算出する。
- (4) 機体姿勢角速度を用いて機体運動の影響を補正することで、(3)で算出した迎え角ベーン位置の対気速度の機体軸成分から機体重心位置での対気速度の機体軸成分を算出する。
- (5) 機体姿勢角と(4)で算出した機体重心位置での対気速度の機体軸成分を用いて、同位置での対気速度の慣性軸成分を算出する。
- (6) IRUの対地速度と機体姿勢角出力を用いて、IRU搭載位置での対地速度の慣性軸成分を算出する。
- (7) 機体姿勢角速度を用いて機体運動の影響を補正することで、(6)で算出したIRU搭載位置での対地速度の慣性軸成分から機体重心位置での対地速度の慣性軸成分を算出する。
- (8) (5)及び(7)で算出した機体重心位置での対気速度及び対地速度の差を取り、風

を算出する。

3 推定結果

推定結果は、図のとおりである。

水平面内の風向、風速及びTASについては、ACMSの記録値も併せて示した。

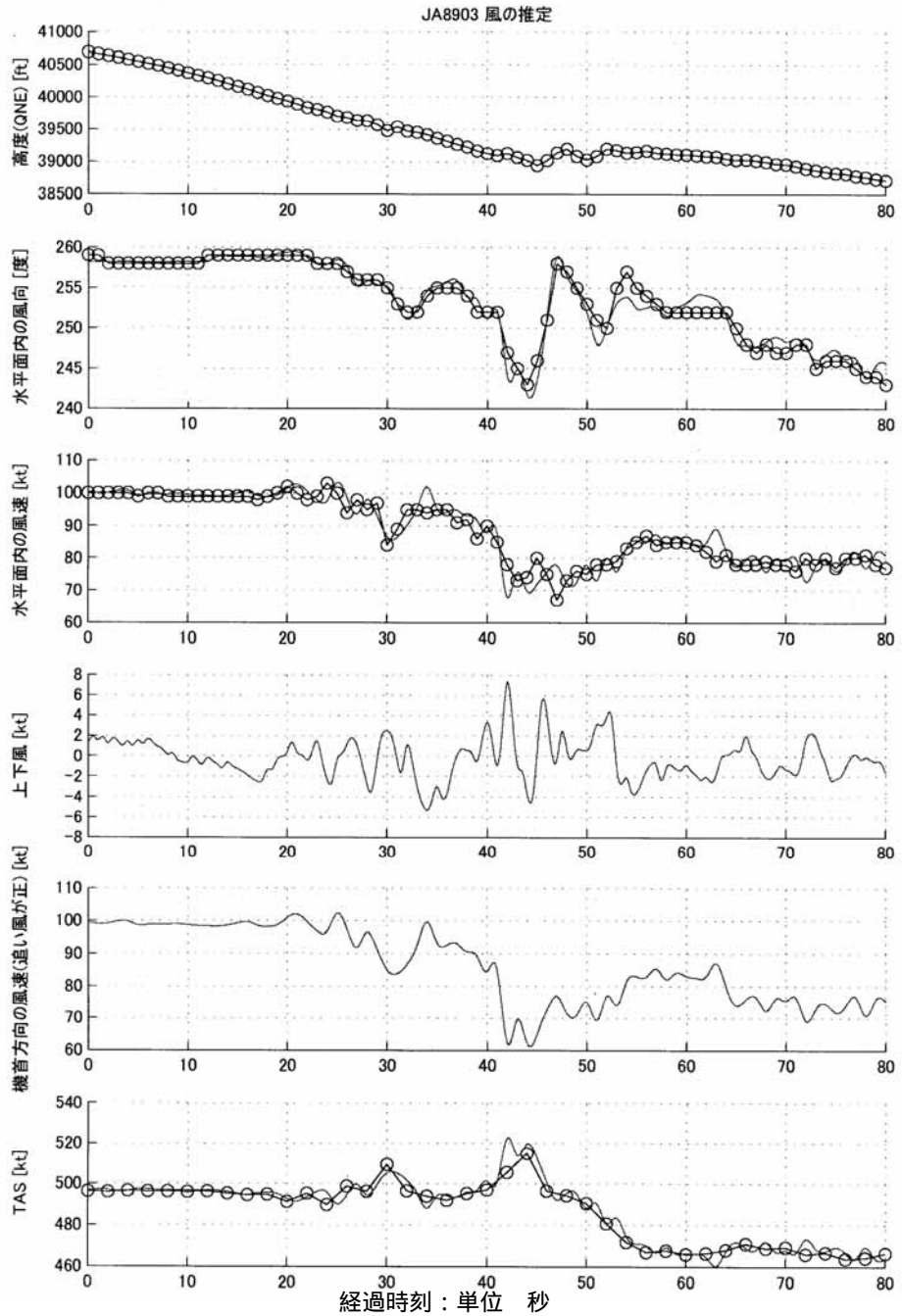
推定値は、ACMSの記録値とほぼ一致しており、事故発生前の約5秒間で追い風成分が約30kt低下している。これにより対気速度が20kt以上急増したものと考えられる。一方、上下風は、事故時においても±8kt以下の変動にとどまっている。この上下風変動は、迎え角変動にして±1°程度であり、機体運動に大きな影響を及ぼしたとは考えにくい。なお、上下風の推定に重要な迎え角の記録レートが1Hz（1秒間に1回）と低く、かつ迎え角ベーンの動特性の問題もあるため、実際のピーク値はこの推定値より大きくなる可能性はあるが、1Hzより周期の速い上下風の変動が周期4～5秒程度の機体運動へ及ぼす影響は小さいと考えられる。

風の状況（上下風及び機軸前後方向）

時刻は、10時56分56秒から（46目盛が10時57分42秒である。）

実線は風の推定値

印はACMSの時歴



機体運動の数値解析

1 運動解析に使用したデータ及び技術資料

- (1) A C M S データ
- (2) D F D R データ
- (3) ボーイング社の 7 4 7 - 4 0 0 訓練用シミュレーター空力モデル
- (4) ボーイング社の 7 4 7 - 4 0 0 訓練用シミュレーター操縦システムモデル
- (5) ボーイング 7 4 7 - 4 0 0 Performance Engineers Manual (C F 6 - 8 0 C 2 B 1 F) 推力モデル
- (6) 機体重心周りの慣性能率及び慣性乗積
- (7) A / P、A / T の動作モード及びロジック
- (8) 加藤寛一郎・大屋昭男・柄沢研治著「航空機力学入門」(昭和 5 7 年 1 1 月 2 0 日、(財団法人)東京大学出版会発行)

2 数値シミュレーションの仮定及び初期値

(1) 仮定

A C M S と D F D R の垂直加速度データを比較することにより、A C M S の D F D R からの時刻のずれを補正した。

運動解析を行う区間は、トリムが取れた定常降下状態と見なすことができ、かつ C A S の変動が始まる前である 1 0 時 5 7 分 1 6 秒から、記録データの大きな変動がほぼ収まった同 5 7 分 5 6 秒の 4 0 秒間とする。

機体は全体が一つの剛体であって、弾性変形はしない。ただし、訓練用シミュレーター空力モデルに含まれている機体の弾性変形による影響(機体を受ける空気力に弾性変形が及ぼす影響)は考慮に入れる。

横・方向運動に係わる飛行状態及び舵角の変動は小さかったため、横方向運動及び横方向の操縦が縦運動に及ぼす影響は無視し得ると考えられるので、機体の縦運動及び縦操縦入力のみを解析する。

別添 2 に示した水平面内の風及び上下風の両方を考慮した。

1 0 時 5 7 分 1 6 秒における A C M S 記録より算出した大気圧、気温及び空気密度を初期値とし、その後の高度変化に伴う大気圧、気温、空気密度の変化量は、標準大気と同じとする。

(2) 初期トリム条件(初期値)

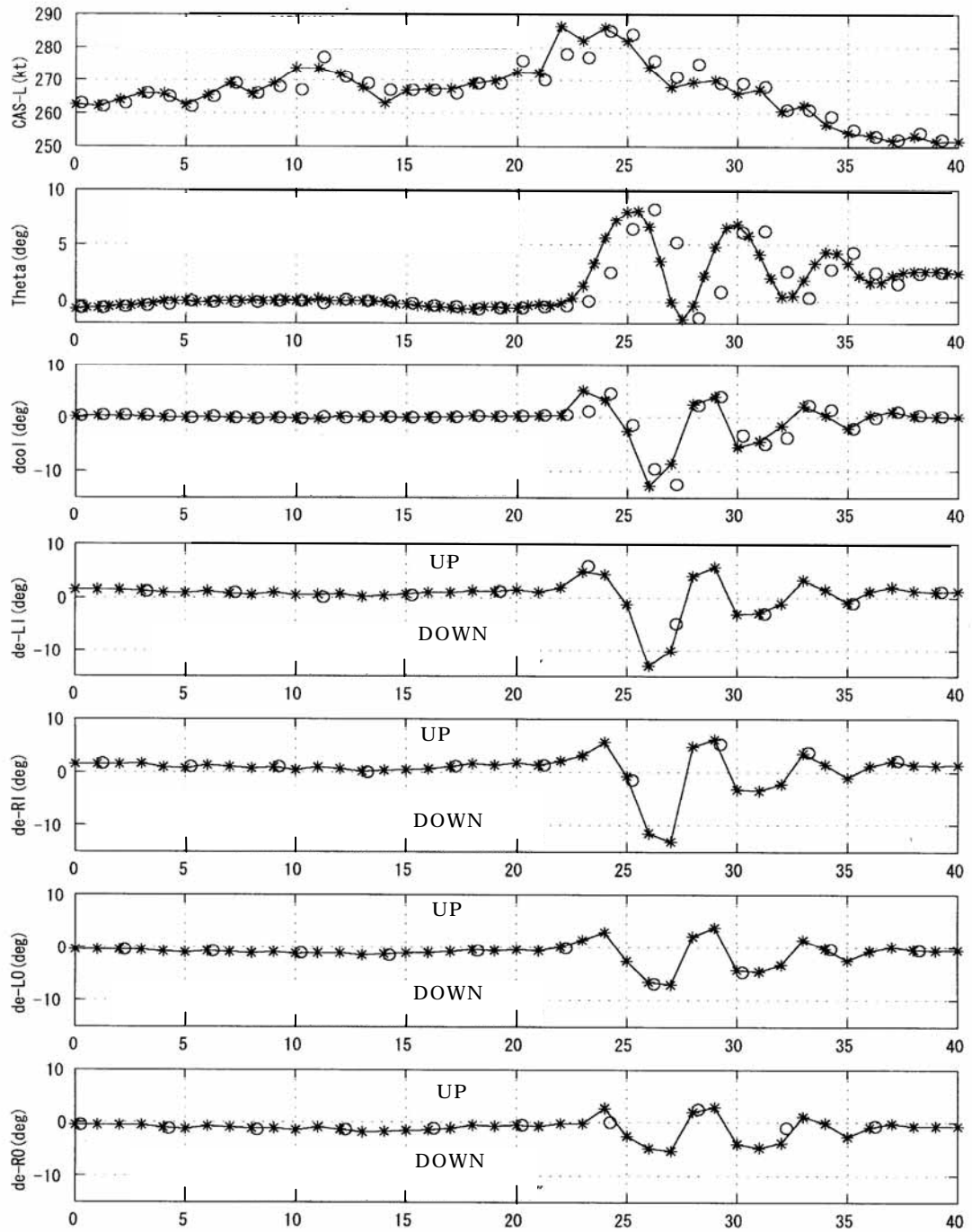
エンジン・ファン回転数 N 1 と C A S ができる限り一定となった 1 0 時 5 7 分

16秒におけるACMSデータのうち、真対気速度、気圧高度、気温、エンジン・ファン回転数N1、バンク角、機首真方位、機体重量及び機体重心位置の値を固定してトリム計算を行い、数値シミュレーションの初期トリム条件（初期値）を決定した。トリム計算によって得られたトリム飛行条件（迎え角、ピッチ姿勢角、水平安定板取付角）は、以下のように実際の飛行状態（ACMSデータ）とほぼ一致しており、数値シミュレーションの初期トリム飛行条件とした。

なお、本運動解析及び数値シミュレーションに使用されている記号の表示については次のとおりである。

項目名	記号（本文）	記号（図）	単位
較正対気速度	CAS	CAS-L	kt
迎角(AOAセンサ出力値)	AOA	AOA-L	deg
ピッチ姿勢角		Theta	deg
ピッチレート	q	q	deg/s
コラム操作角	col	dcol	deg
左内側昇降舵角	e-LI	de-LI	deg
右内側昇降舵角	e-RI	de-RI	deg
左外側昇降舵角	e-LO	de-LO	deg
右外側昇降舵角	e-RO	de-RO	deg
水平安定板取付け角	STB	dSTB	unit
No. 4 スポイラー舵角	SP4	dSP4	deg
No. 12 スポイラー舵角	SP12	dSP12	deg
真対気速度	TAS	TAS	kt
機体重心位置における垂直加速度	NzCG	NzCG	g
I R U位置における垂直加速度	NzIRU	NzIRU	g
高度（ACMSデータは気圧高度）		H	ft
左右内側昇降舵角の平均値（数値シミュレーション）		de-IN	deg
左右外側昇降舵角の平均値（数値シミュレーション）		de-OUT	deg

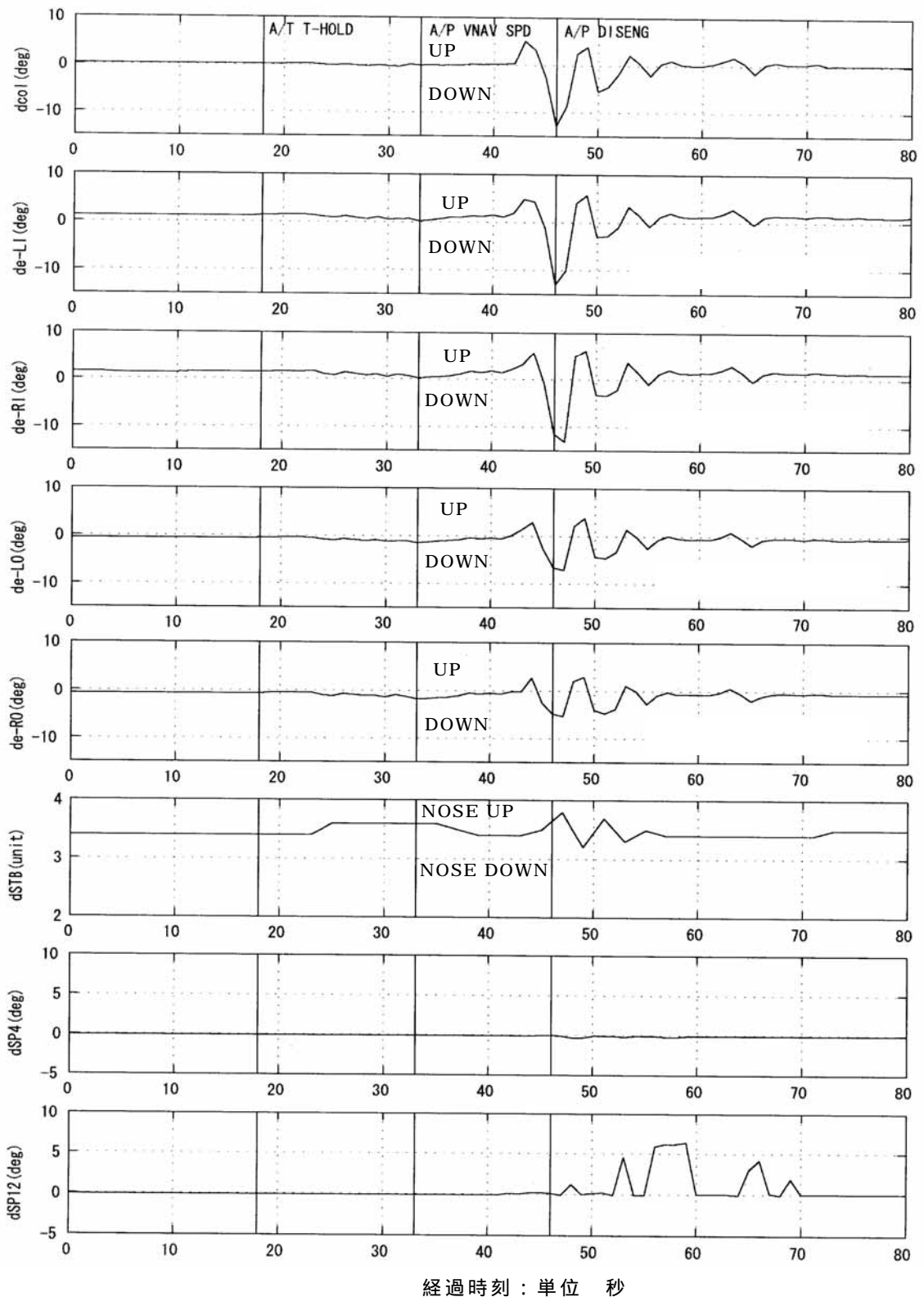
A図 DFDR及びACMSの記録値の比較



経過時刻：単位 秒

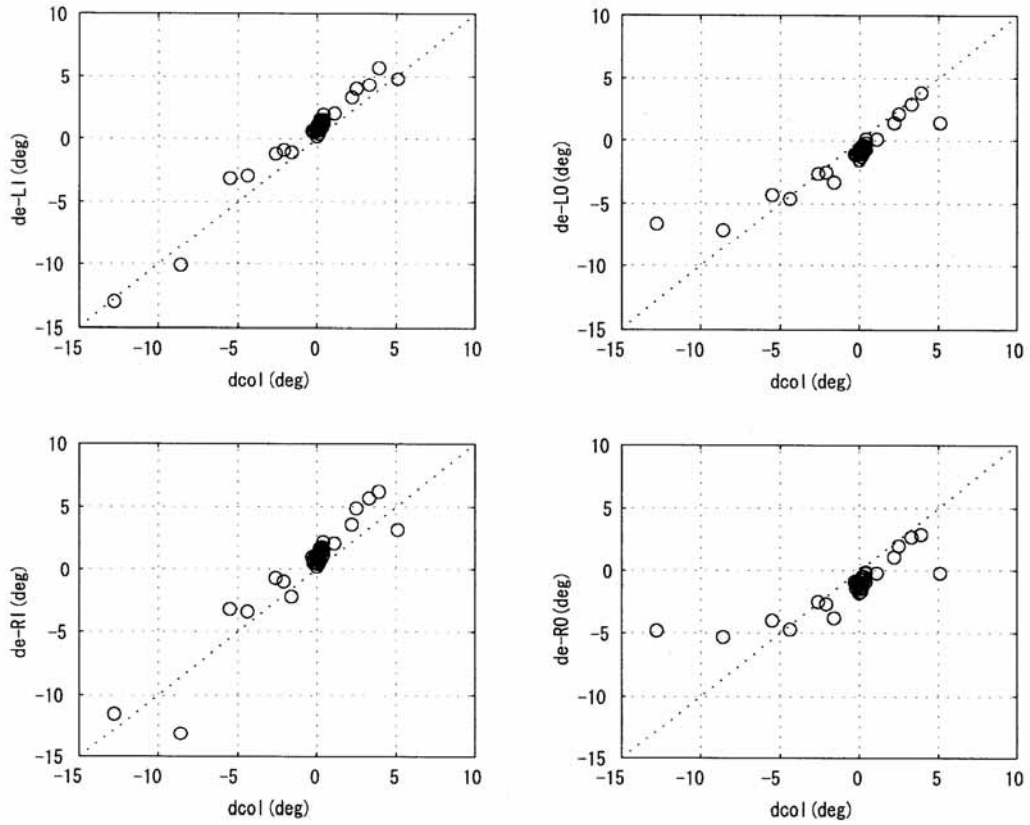
時刻は 10 時 57 分 16 秒から始まっている。(26 目盛が 10 時 57 分 42 秒である。)
 —*— は ACMS の値
 印は DFDR の値

B 図 A C M S 記録による縦の操縦系統の動き



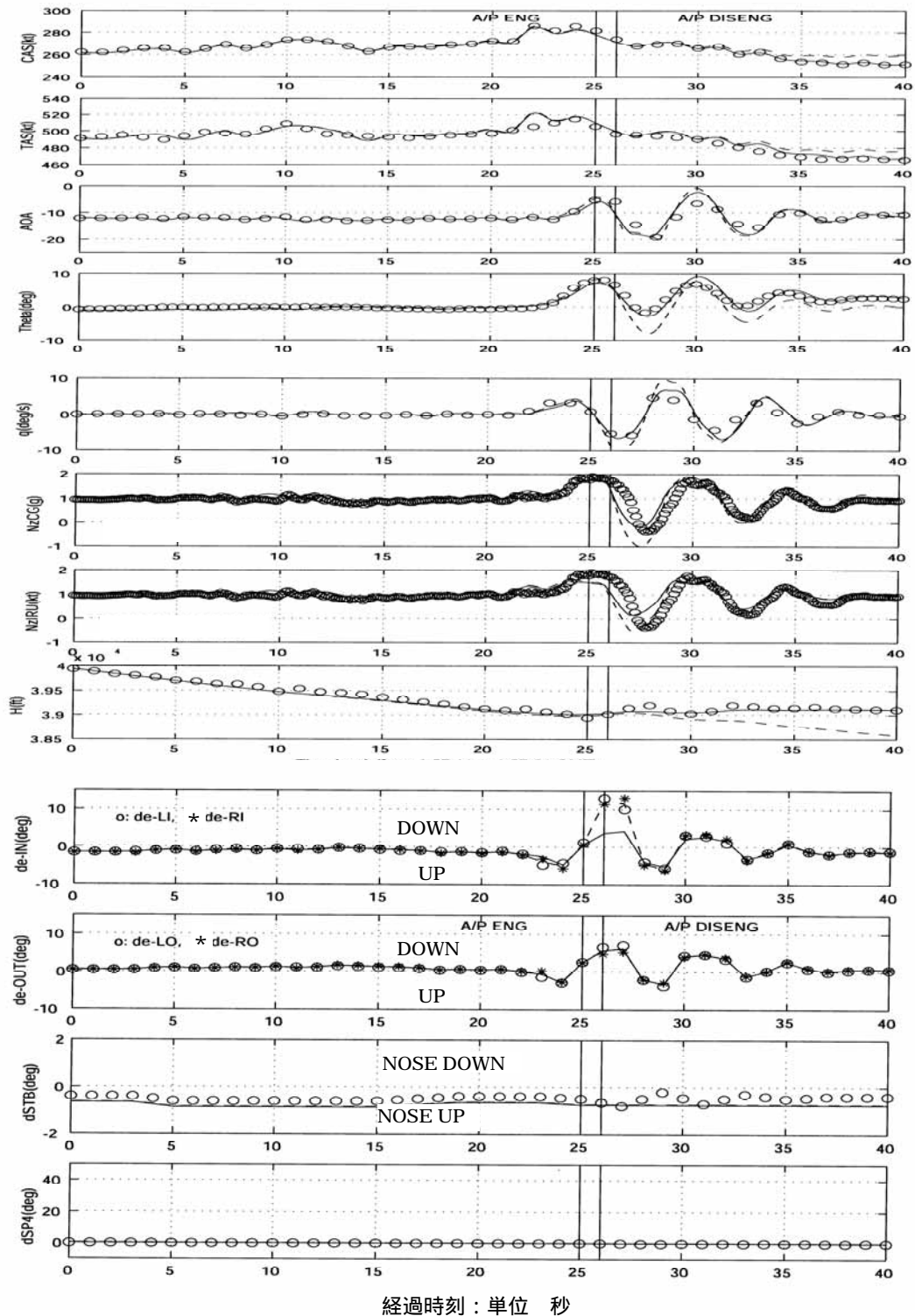
時刻は10時56分55秒から始まっている。(46目盛りが10時57分42秒である。) 昇降舵及び水平安定板の符号がD~I図とは、逆符号である。

C 図 コラム操舵角 dcol と各昇降舵角 de の関係
(A C M S データ)



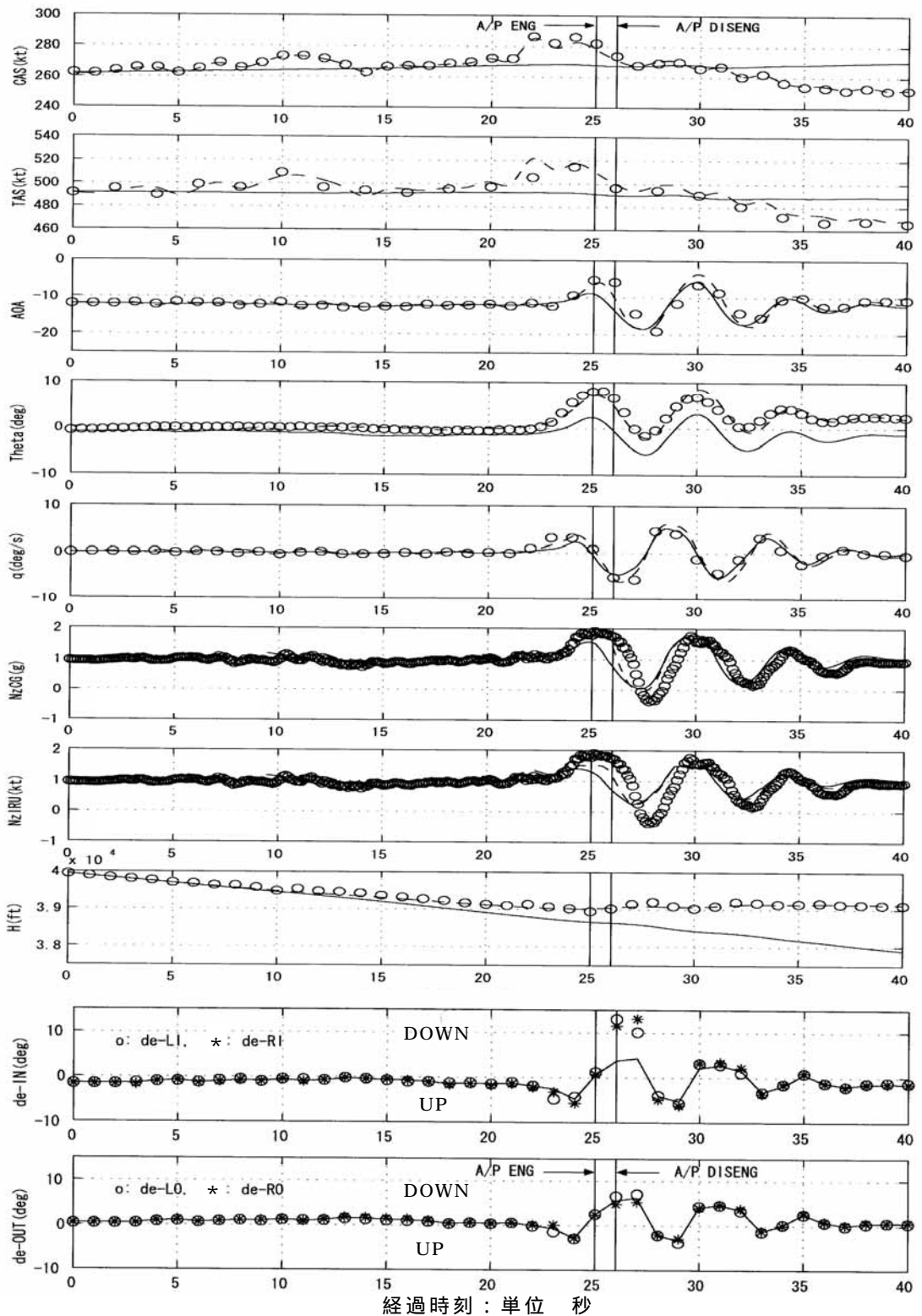
(注) 図の中の黒い部分は、データが重なったところ

D図 内側及び外側昇降舵の操舵角の影響の比較



時刻は10時57分16秒から始まっている。(目盛26が10時57分42秒である)
 実線は、外側昇降舵の ACMS 記録舵角値を内外両昇降舵の動きと仮定した場合のシミュレーション値
 破線は、外側及び内側の昇降舵の舵角をそれぞれ ACMS の記録値のとおりとした場合のシミュレーション値
 及び*印はACMSの時歴

E図 風がなかったと仮定した場合



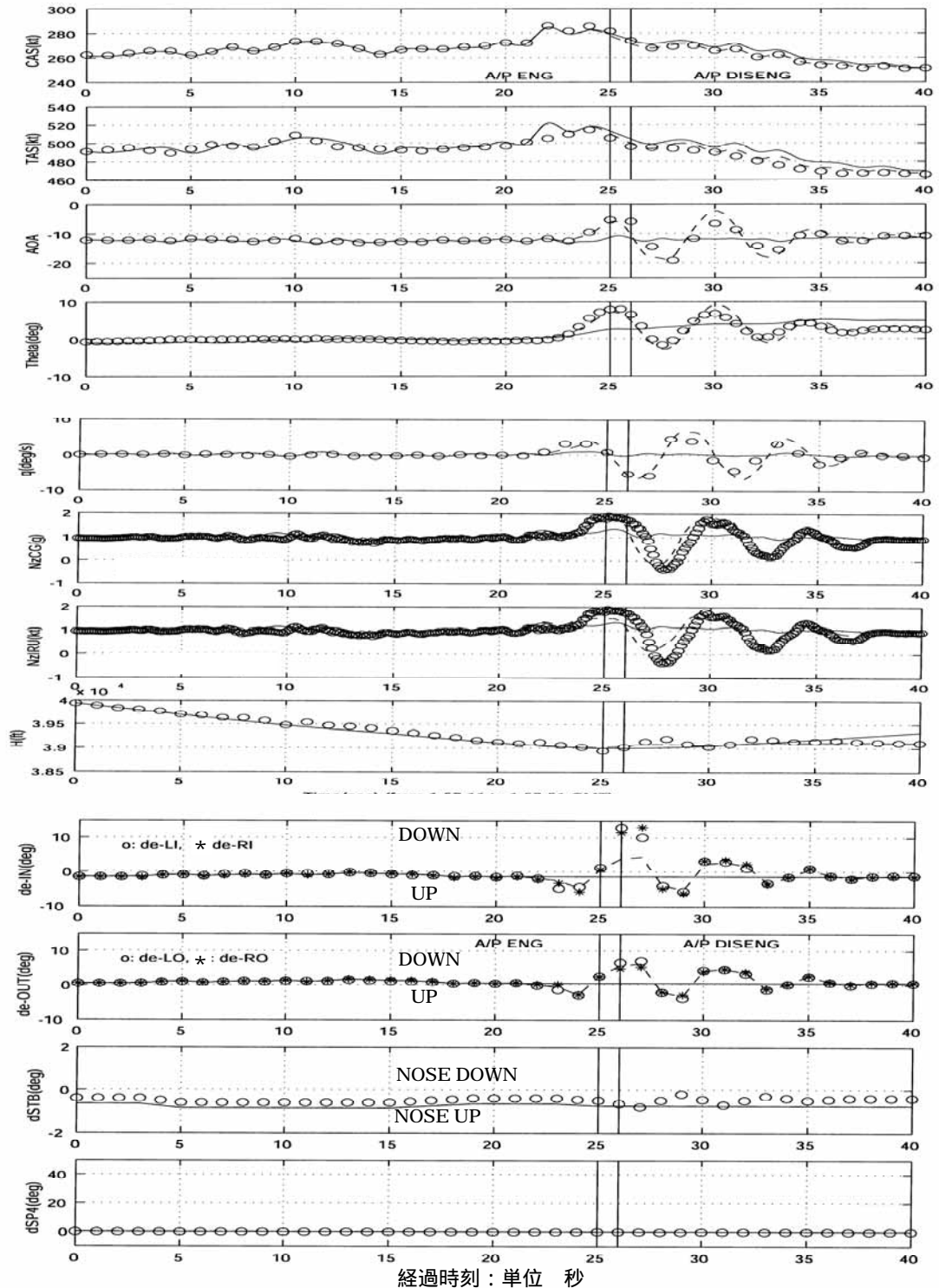
時刻は10時57分16秒から始まっている。(目盛26が10時57分42秒である。)

実線は、風がなかったと仮定した場合のシミュレーション値

破線は、外側昇降舵のACMS記録舵角値を内外両昇降舵の動きと仮定した場合のシミュレーション値 (D図の実線と同じ)

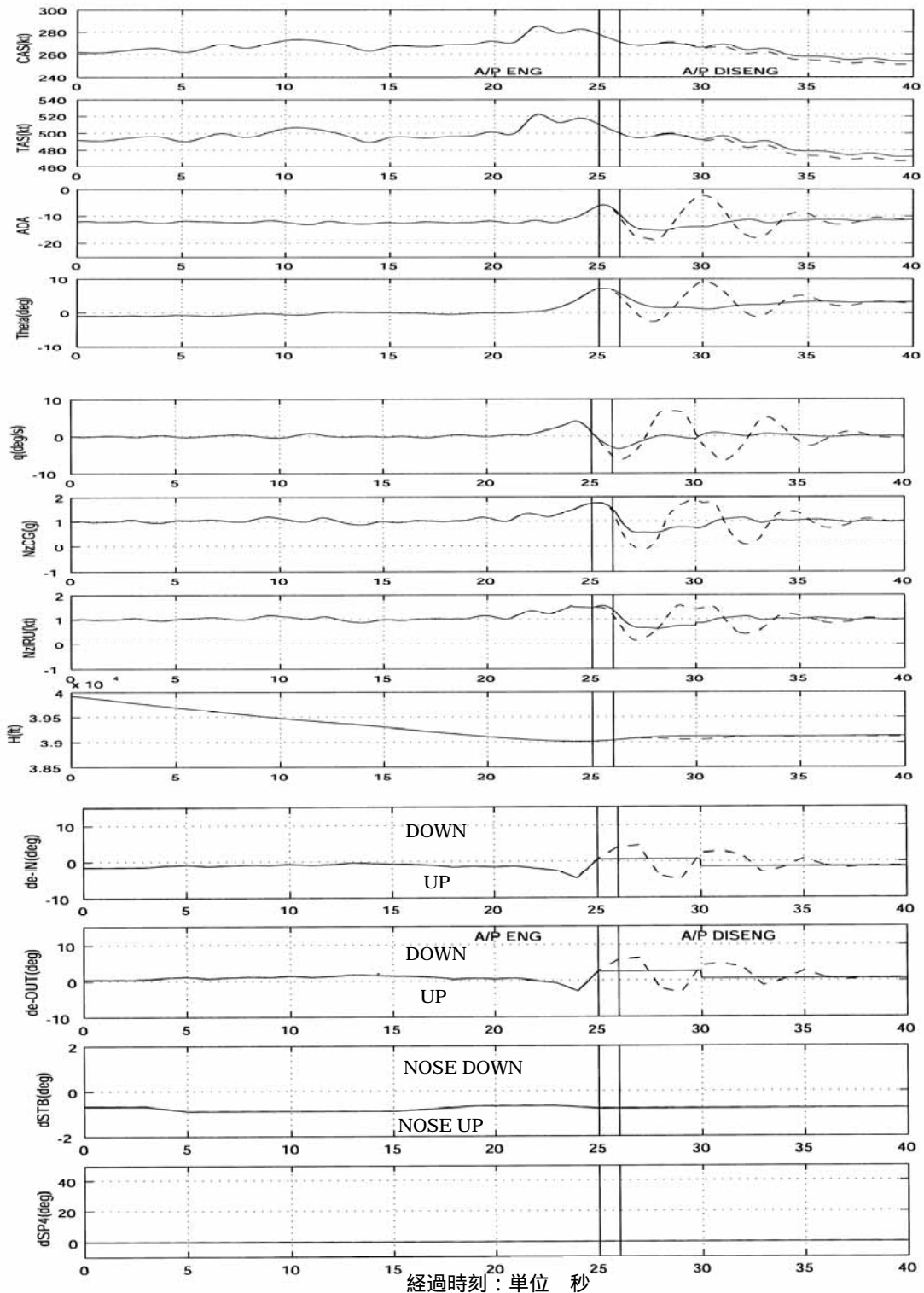
及び*印はACMSの時歴

F 図 昇降舵固定の効果



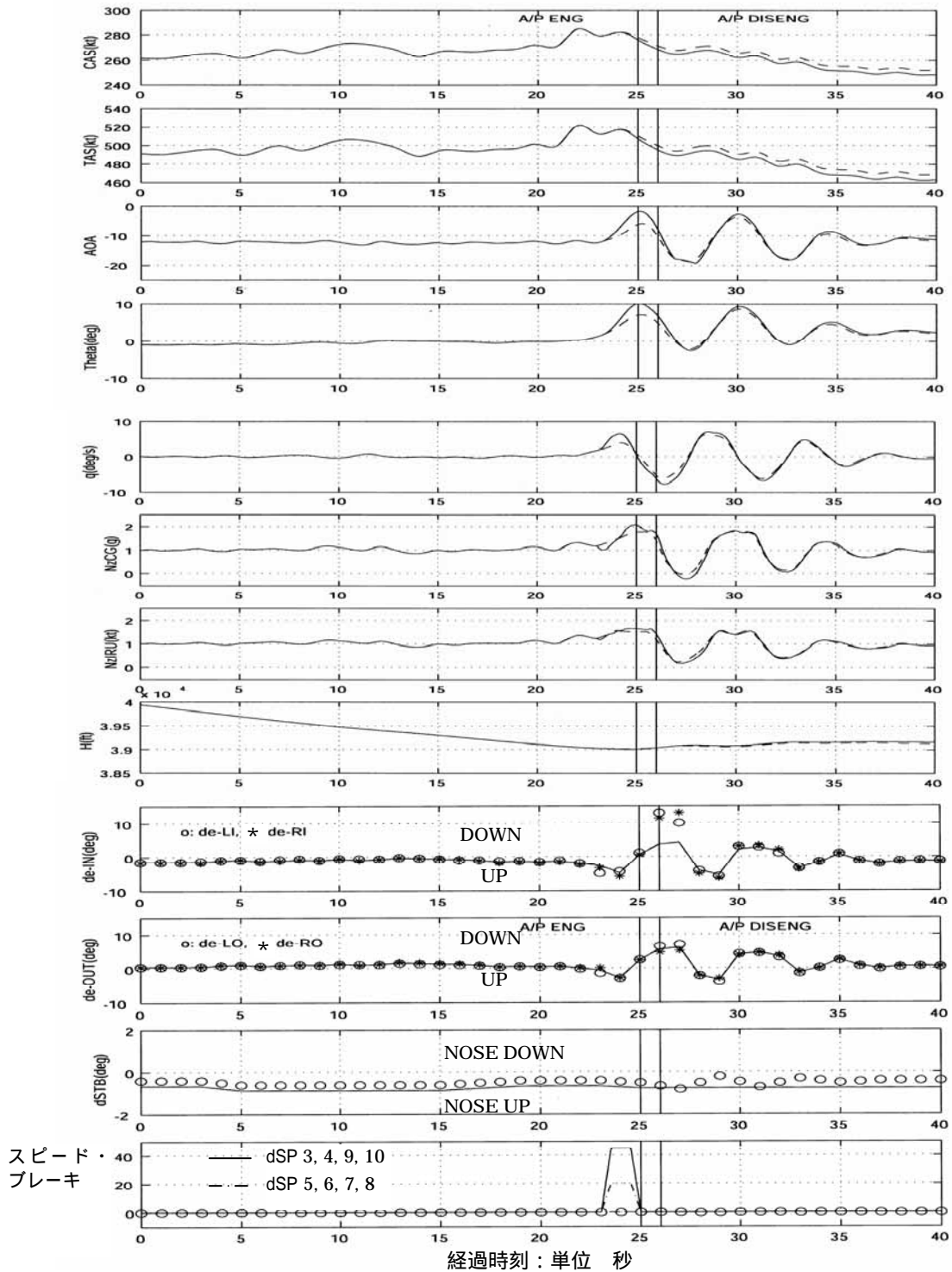
時刻は10時57分16秒から始まっている。(目盛26が10時57分42秒である。)
 実線は、昇降舵角をウィンドシヤー遭遇直前(10時57分36秒)から、その時刻の値に固定した場合のシミュレーションの値
 破線は、外側昇降舵のACMSの舵角値を内外両昇降舵の動きと仮定した場合のシミュレーション値(D図の実線と同じ)
 及び*印はACMSの時歴

G図 動揺を小さく留める昇降舵操舵の一例



時刻は10時57分16秒から始まっている。(26目盛が10時57分42秒である。)
 実線は、ピッチ・アップ後、昇降舵をダウン操作し、その直後5秒間保持した後に
 戻した場合のシミュレーションの値
 破線は、外側昇降舵のACMSの舵角値を内外両昇降舵の動きと仮定した場合のシミュ
 レーション値（D図の実線と同じ）

H図 スピード・ブレーキ1秒アップの場合



時刻は10時57分16秒から始まっている。(目盛26が10時57分42秒である)
 実線は、スピード・ブレーキを1秒間使用した場合のシミュレーションの値
 破線は、外側昇降舵のACMSの舵角値を内外両昇降舵の動きと仮定した場合におけるスピード・ブレーキを使用していないときのシミュレーション値(D図の実線の場合と同じ)及び*印はACMSの時歴

操縦室及び客室後方における垂直加速度の推定値

1 加速度の推定手法

(1) 使用した仮定

機体は剛体である。(変形しない。)

記録データ間に相対的な時刻のずれはない。

(2) 使用したデータ

機体姿勢：ピッチ (2 Hz)、ロール (2 Hz)、機首方位 (1 Hz)

加速度：前後 (1 Hz)、左右 (1 Hz)、上下 (8 Hz)

(3) すべてのデータを上下加速度に合わせて 8 Hz にスプライン補間し、同期をとり、同時に機体姿勢角のスプライン補間により、機体姿勢角の角速度及び角加速度を算出した。

機体姿勢角の角速度及び角加速度を用いて機体の剛体運動の影響を補正することで、ACMSの加速度記録値から任意の位置での加速度 (8 Hz) を算出した。

2 推定結果

操縦室、座席 4 3 列、座席 4 7 列及び客室最後方化粧室について、ピッチ角が変動した時の上下加速度の推定結果を図に示す。

上下加速度には機体前後方の位置の違いが大きく影響し、その振幅は胴体後方に行くに従い大きくなっている。ほぼ重心位置で計測している ACMS 記録値の最大振幅が約 2.3 G であるのに対し、座席 4 3 列、4 7 列では約 2.6 G、客室最後方化粧室では約 3 G となっている。一方、操縦室の最大振幅は、約 1.6 G と小さい。

また、操縦室以外では固定されていない物体が宙に浮く目安となる負の加速度が生じており、そのピーク値は、ACMS 記録値が - 0.37 G であるのに対し、座席 4 3 列、4 7 列では - 0.43 G 前後、最後方化粧室では - 0.9 G 弱に達している。固定されていない物体から天井までの高さを 1.5 ~ 2 m とした場合、この負の加速度変動により、座席 4 3 列、4 7 列では、物体は 4 m/s 前後、最後方化粧室では 5 m/s 強の速度で天井に接することになる。(物体の空気抵抗は無視して算出。5 m/s の速度は、1.3 m の高さから落下したときと同等の速度である。)

3 推定誤差の見積もり

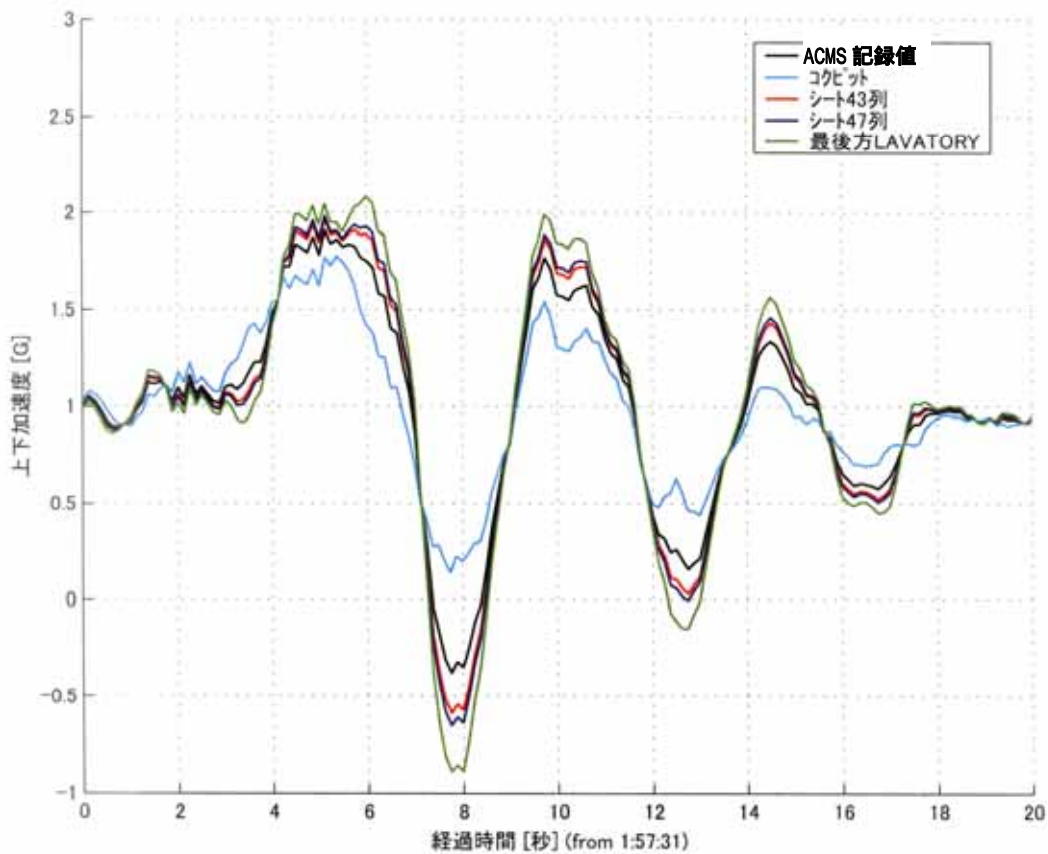
(1) データの同期誤差による推定誤差

ピッチ角の変動時の上下加速度の記録値とピッチ角の記録値の同期精度が重要であるが、両データ間に相対的な時刻のずれがないと仮定して同期を取った結

果、ピッチ角振動時の両者の位相差は時間にして0.22秒であった。これは線形運動解析による推定値約0.2秒とほぼ一致しており、仮定は妥当であると考えられる。したがって、同期誤差による推定誤差は十分小さいと考えられる。

(2) 胴体の弾性変形による推定誤差

実際の機体は、仮定したような剛体ではなく、乱気流や操舵により生じる空気力等により弾性変形する。機体の弾性変形により生じる加速度は、機種や飛行状態により異なるため正確な推定は困難である。今回のケースに対して簡易な手法で検討した結果では、胴体後端で弾性変形による上下加速度が ± 0.2 G程度に達する可能性があり、推定結果にはこの程度の誤差が含まれる可能性がある。



同社のOPERATIONS INFORMATION No.400-177 (DATE.JAN 09,2003) の概要

「High Altitudeにおける Stick Shakerの作動に対して」

Stick shaker作動時、Approach to Stall Recovery ProcedureによりRecovery操作を実施することが基本です。しかし、大気擾乱の中SpeedにMarginがあり、Autopilotの作動に問題がなく、Stick shakerが継続的に作動していなければAutopilotをDisengageする必要はありません。なお、Stick shakerが継続的に作動する、Speedが回復しない、AttitudeのRecoveryが十分でない場合には、速やかにAutopilotをDisengageしRecovery操作を実施して下さい。

1 大気擾乱によるStick Shakerの作動

747-400のStick shakerの作動は、AOA、TAS及びPitch Rateを基に計算されている。

Turbulent中、特に強いUp/Down Draftの中では、SpeedはMinimum Speedに対して十分なMarginがあるにもかかわらず、一時的にAOAが大きくなり、Stick shakerが作動することがある。

2 Stick Shaker作動時の対応

Stick shaker作動時、上記の操作をして下さい。

Safe Speedの確保に努め、高度よりAttitudeのControlが重要です。旋回中であればWing Levelとする必要がある。常に基本となるPitch、Thrustを念頭に置いたOperationが望まれます。

AutopilotをDisengageしManual FlightにてRecoveryする場合、特にHigh AltitudeにおいてはManeuvering Stabilityを考慮し、Pitch操作はより小さく、ゆっくり、かつSmoothに行う必要があります。

3 High Altitudeにおける操縦特性

Control Columnに力を加えPitch変化をもたらすと、そのPitch RateによりGが発生します。同じGを発生させる力を比較すると、Low AltitudeとHigh Altitudeとでは大きな差があります。

High Altitudeでは空気密度が小さく、機体の動きに対するDampingが小さいことから、高空で低空と同じInputを使うと、大きなGが発生することになります。

High Altitudeではより小さく、ゆっくり、かつSmoothなPitch Controlが要求されます。

同社のOPERATIONS INFORMATION No.400-184 (DATE : NOV 10,2003) の概要

「Overspeed (Vmo/Mmo) への対応」

Vmo/Mmoに接近することが予想される場合には、早めにVmo/Mmoに対して余裕のある適切な速度設定を行い、Speedを注意深くMonitorすることが大切です。

それでもVmo/Mmoに接近またはVmo/Mmoを超過した場合は、更に低い速度を入力したり、V/SやALT Hold等への変更等、Auto Flight System (AFS) を有効に使用して、Speed Recoveryに努めることが大切です。Speed Brakeの操作はゆっくりと慎重に行うよう注意して下さい。

AFSはゆっくりとSpeed Recoveryするよう設計されているため、急激に風が変化する場合は、一時的にVmo/Mmoを超えることがあります。このような時でもAFSがSpeed Recoveryをしていると判断できるときはAFSをそのまま使用し、Manual Controlによる減速操作をする必要はありません。

しかしながらAFSがPilotの意図どおり反応しない、又は反応が十分でないと判断される場合は、慌てることなくAutopilotをDisengage及びAutothrottleをDisconnectして、Manual Controlにて減速操作を実施してください。ManualでのPitch Control及びSpeed Brakeの操作は特にゆっくりと慎重に行うよう注意して下さい。

1 Vmo/Mmoに接近しないために

Climb、Cruise、DescentにおけるVmo/Mmoに近いECON Speed Operationでは、風の急変でHead Windが増える、又はTail Windが減る場合に、Vmo/Mmoに接近する可能性が高くなります。このことが予測される場合や速度増加の傾向が認められた場合には、ECON Speedに固執することなく、早めにVmo/Mmoに対して余裕のある適切な速度設定を行うとともに、Speedを注意深くMonitorすることが大切です。

2 Vmo/Mmoに接近またはVmo/Mmoを超過した場合 < Auto Flight System による Speed Recovery >

A. 1項のように余裕のある速度設定を行っても、予期しない風の変化等によりVmo/Mmoに接近した場合は、早めに下記操作を効果的に組み合わせて実施することにより、Vmo/Mmoを超えないよう努めることが大切である。

- a ThrustをReduceする。(AutothrottleはManual Overrideしても構わないが、絞り過ぎないように注意が必要です。)
- b Auto Flight SystemにLower SpeedをCommandする。
- c V/SやALT HoldのBasic Modeに変更する。
- d Speed Brakeを使用する。

B. 急激な速度増加のため上記操作を実施する余裕がなくVmo/Mmoを超過した場合には、まず、Thrust ReductionそしてSpeed Brakeを使用することが効果的である。

また、回復過程でのPitch変化を最小限に抑える必要がある場合には、PitchでSpeedを制御するVNAV SPD及びFLCH Modeより、Basic Modeの使用が適しています。

注：Descent中に速度が急激に増加している場合、FLCH Modeでは、所定の減速率が得られるまでPitch Upを続けるため、Pitch Attitudeに十分な注意が必要です。

C. Speed Brakeの操作においては、急なPitch Momentの変化を招かないよう、更にRetractの際は、Pitch Down Momentを考慮し、再びOverspeedとならないよう、ゆっくりとSmoothに操作する。

D. 上記の操作の過程で、又は急激な風の変化等により、Vmo/Mmoを若干超えてしまう可能性があるが、そのような場合でも慌てることなくAirspeedを継続してMonitorして下さい。ほとんどの場合、これらの対応により、AFSを使用して無理なくSpeed Recoveryすることができます。

なお、VNAV SPD、V/S Mode等は乗客の快適性等の観点から、大きな反応をしないよう設計されているため、Speed Recoveryが遅く感じられることがありますが、AutopilotをEngageしたままOverrideしてもPilotが意図する効果が得られないばかりか、万が一Columnに力を加えた状態でAutopilotをDisengageすると、機体が予期しない動きをする可能性があるため、これらの行為はOMで禁止されています。

3 それでも機速の減少が認められない場合

AFSによるSpeed Recoveryを実施したにもかかわらず、AFSがPilotの意図どおり反応しない、又は反応が十分でないと判断される場合は、AutopilotをDisengage及びAutothrottleをDisconnectして、Flight Phaseに応じて対応操作を実施する。

Descent： まず、Thrust Idleを確認し、SmoothにPitch Upする。更に必要であれば、Speed Brakeを使用する。

4 Manual Controlでの注意点

Manual ControlでのPitch Up操作およびSpeed Brakeの使用においては、機体の姿勢が急激に変化しないよう、十分に注意して下さい。特に高高度、高速の飛行状態では、Pitch Controlに必要なColumn Forceが小さくなるため、慎重なControlが必要となります。

5 Vmo/Mmoとは

AOMにもあるように、Vmo/Mmoとは「いかなる飛行段階においても故意に超えてはならない速度」です。また耐空性審査要領には、「Vmo/Mmoは、設計急降下速度Vd/Mdなどの最大速度より十分小さくなるように定め、運用中不用意に最大速度を超える

可能性がほとんどないようにしなければならない」ことが定められています。
したがって、風の急激な変化等により、一時的にVmo/Mmoを超過することは設計上許容されているため、そのような場合でも、慌てることなく落ち着いて対応して下さい。

6 その他

AFSにはSpeed Controlに関するいくつかの機能が搭載されており、乗客の快適性等を維持する目的で、大きな反応をしないように設計されています。その結果Speed Recoveryに要する時間が、Pilotの意図に比べて長くなる可能性があります。

参 考

本報告書本文中に用いる解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 事実を認定した理由」に用いる解析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

断定できる場合

・・・「認められる」

断定できないが、ほぼ間違いない場合

・・・「推定される」

可能性が高い場合

・・・「考えられる」

可能性がある場合

・・・「可能性が考えられる」