

航空重大インシデント調査報告書

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

II エアーニッポン株式会社所属
ボーイング式737-700型 JA16AN
異常姿勢からの急降下

III 全日本空輸株式会社所属
ボーイング式787-8型 JA804A
非常脱出スライド使用による非常脱出

平成26年 9 月 25 日

本報告書の調査は、本件航空事故に関し、運輸安全委員会設置法及び国際民間航空条約第13附属書に従い、運輸安全委員会により、航空事故及び事故に伴い発生した被害の原因を究明し、事故の防止及び被害の軽減に寄与することを目的として行われたものであり、事故の責任を問うために行われたものではない。

運輸安全委員会
委員長 後藤 昇 弘

《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

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

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

II エアーニッポン株式会社所属
ボーイング式737-700型 JA16AN
異常姿勢からの急降下

航空重大インシデント調査報告書

所 属 エアーニッポン株式会社
型 式 ボーイング式737-700型
登 録 記 号 JA16AN
インシデント種類 異常姿勢からの急降下
発 生 日 時 平成23年9月6日 22時49分ごろ
発 生 場 所 串本の東約69nm、高度41,000ft

平成26年9月19日

運輸安全委員会（航空部会）議決

委 員 長 後 藤 昇 弘（部会長）
委 員 遠 藤 信 介
委 員 石 川 敏 行
委 員 田 村 貞 雄
委 員 首 藤 由 紀
委 員 田 中 敬 司

要 旨

<概要>

エアーニッポン株式会社所属ボーイング式737-700型JA16ANは、平成23年9月6日（火）、全日本空輸株式会社の定期140便として那覇空港から東京国際空港へ向けて飛行中、22時49分ごろ、串本の東約69nm、高度41,000ftにおいて、機体が異常な姿勢になり急降下した。

同機には、機長、副操縦士、客室乗務員3名、乗客112名の計117名が搭乗していたが、そのうち客室乗務員2名が軽傷を負った。

機体の損壊はなかった。

<原因>

本重大インシデントは、同機の飛行中、操縦室に機長を入室させるため、副操縦士がドアロックセレクターを操作するつもりで誤ってラダートリムコントロールを操作

したことにより、オートパイロットによる姿勢の維持が限界を超えて機体が異常な姿勢となるとともに、その認知が遅れ、加えてその後の姿勢回復操作の一部が不適切又は不十分であったため、更に異常な姿勢となり、浮揚する力を失ったことなどから急降下に至り、「航空機の操縦に障害が発生した事態」に準ずる状態に陥ったものと推定される。

ドアロックセレクターを操作するつもりで誤ってラダートリムコントロールを操作したことについては、副操縦士に以前乗務していた737-500のドアロックセレクターの操作記憶が十分に修正されずに残っていたこと、及び737-500のドアロックセレクターと737-700のラダートリムコントロールの配置・形状・大きさ・操作上の類似点が関与したと考えられる。以前の操作記憶が十分に修正されずに残っていたことについては、副操縦士にはドアロックセレクターの配置変更が身に付いていなかった可能性が考えられ、これには配置変更したスイッチの操作をどのように訓練するのかについて、エアーニッポン株式会社を含めた航空会社が検討・策定して国土交通省航空局が審査・承認する、差異訓練に関する訓練・審査の内容を決定するための現在の仕組みが十分に機能していなかったことが関与した可能性が考えられる。また、副操縦士が適切にタスク管理できなかつたことが誤操作に関与したと考えられる。

誤操作の認知が遅れたことについては、ドアロックセレクターとラダートリムコントロールの操作上の類似点が関与した可能性が考えられる。また、副操縦士がオートパイロットによる操縦に依存し、飛行状態を監視する意識が不十分であったことが関与した可能性が考えられる。

回復操作の一部が不適切又は不十分であったことについては、回復操作中にスティックシェーカーが作動するという予期しなかつた異常事態に副操縦士が驚き混乱したことが関与した可能性が考えられる。驚き混乱したことには、失速警報を伴った異常姿勢からの回復訓練、及び予期しないで発生する異常姿勢から回復する訓練を受けていなかつたため、副操縦士には本重大インシデント時にそれらが初めての経験であったこと、及び高高度における異常姿勢からの回復訓練を副操縦士が受けていなかつたことが関与した可能性が考えられる。

<勧告等>

1 全日本空輸株式会社に対する勧告

エアーニッポン株式会社のボーイング式737型機の運航に係る業務を承継した全日本空輸株式会社に対し、次の措置を講じるよう勧告する。

- ・ 運航乗務員が1名で運航を継続する場合の基本的遵守事項の徹底とその教育
- ・ 高高度における失速警報を伴った異常姿勢からの回復訓練の実施

2 国土交通大臣に対する勧告

国土交通大臣が、次の施策を講じるよう勧告する。

- ・ 異常姿勢からの回復訓練の実施に係る航空運送事業者の指導等

3 米国連邦航空局（F A A）に対する安全勧告

米国連邦航空局（F A A）が航空機設計・製造者（ボーイング社）に対して、次の措置を講じるように指導することを勧告する。

- ・ 737系列型機のドアロックセレクターとラダートリムコントロールとの類似性を低減又は解消する必要性の検討

本報告書で用いた主な略語は、次のとおりである。

A C	: Advisory Circular
A C M S	: Aircraft Condition Monitoring System
A E パネル	: Aft Electronic Panel
A O A	: Angle of Attack
A O M	: Airplane Operations Manual
A O R	: Airplane Operations Reference
A T C	: Air Traffic Controller
C A	: Cabin Attendant
C C W	: Counterclockwise
C D U	: Control Display Unit
C V R	: Cockpit Voice Recorder
C R M	: Crew Resource Management
C W	: Clockwise
C W S	: Control Wheel Steering
D F D R	: Digital Flight Data Recorder
E A S A	: European Aviation Safety Agency
F A A	: Federal Aviation Administration
F A R	: Federal Aviation Regulation
F L	: Flight Level
F M C	: Flight Management Computer
F R M S	: Fatigue Risk Management Systems
F S B	: Flight Standardization Board
F S T D	: Flight Simulation Training Device
G P W S	: Ground Proximity Warning System
I C A O	: International Civil Aviation Organization
L N A V	: Lateral Navigation
L O F T	: Line Oriented Flight Training
M A C	: Mean Aerodynamic Chord
M A C H	: Mach Number
O D R	: Operator Differences Requirements
O M	: Operations Manual
P F	: Pilot Flying
P F D	: Primary Flight Display
P M	: Pilot Monitoring

Q A R	: Quick Access Recorder
S A F O	: Safety Alerts for Operators
S T C	: Supplemental Type Certificate
T C	: Type Certification
T S I	: Technical Service Information
U R T	: Upset Recovery Training
V D / M D	: Design Dive Speed/ Corresponding Mach Number
V H F	: Very High Frequency
V M O / M M O	: Maximum Operating Limit Speed/ Corresponding Mach Number
V N A V	: Vertical Navigation
V O R / D M E	: VHF Omnidirectional Radio range/ Distance Measuring Equipment
V O R T A C	: VOR and Tactical Air Navigation system

单位换算表

1 ft	: 0.3048 m
1 in	: 0.0254 m
1 kt	: 1.852 km/h
1 lb	: 0.4536 kg
1 nm	: 1.852 m

目 次

1	航空重大インシデント調査の経過	1
1.1	航空重大インシデントの概要	1
1.2	航空重大インシデント調査の概要	1
1.2.1	調査組織	1
1.2.2	関係国の代表、顧問	1
1.2.3	調査の実施時期	1
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	関係国への意見照会	2
2	事実情報	2
2.1	飛行の経過	2
2.1.1	飛行記録装置の記録等による飛行の経過	3
2.1.2	関係者の口述	10
2.2	人の負傷	17
2.3	航空機の損壊に関する情報	17
2.4	航空機乗組員に関する情報	17
2.4.1	経歴の概要	17
2.4.2	副操縦士の業務経歴と訓練状況	18
2.5	航空機に関する情報	19
2.5.1	航空機	19
2.5.2	重量及び重心位置	19
2.5.3	ラダートリムSWとドアロックセレクター	19
2.5.4	ラダートリムSWの詳細	22
2.5.5	ドアロックセレクターの詳細	24
2.5.6	両型式機の両スイッチ	25
2.5.7	ラダーペダルとラダートリムインジケータ指示値の変位	27
2.5.8	コラムの変位量	27
2.5.9	CDUの詳細	27
2.6	気象に関する情報	28
2.6.1	気象に関する情報	28
2.6.2	夜間の明るさに関する情報	28
2.7	DFDR及びCVR（操縦室用音声記録装置）の情報	28

2.8	フライトシミュレーターによる調査	28
2.8.1	ラダートリムSWの操作と機体の運動	29
2.8.2	異常姿勢からの回復操作と機体の運動	30
2.9	運航乗務員の訓練に関する情報	31
2.9.1	ドアロックセレクターの操作に関連する訓練	31
2.9.2	ラダートリムSWの操作に係る訓練	33
2.9.3	異常姿勢からの回復に係る訓練	33
2.9.4	高高度の運航に係る訓練	35
2.9.5	運航乗務員の訓練に関する国際的動向	36
2.9.6	1名で操縦中に異常状態になることを想定した安全教育	40
2.10	重大インシデント発生後の対応に関する情報	41
2.10.1	航空機の点検整備状況	41
2.10.2	関係者の口述	42
2.11	点検整備の規定に関する情報	43
2.11.1	乱気流、失速、設計速度超過等の場合の点検整備	43
2.11.2	機長の報告	44
2.11.3	整備作業とQARの取扱い	45
2.12	その他必要な情報	45
2.12.1	ボーイング社のラダートリムSWの形状	45
2.12.2	フライファースト	45
2.12.3	機長の操縦室退室に関連する規定	46
2.12.4	飛行中の操縦室入室手順	47
2.12.5	AOAとスティックシェーカー	47
2.12.6	オーバースピードワーニング	48
2.12.7	Aircraft Condition Monitoring System (ACMS)	48
3	分析	49
3.1	一般事項	49
3.1.1	乗組員の資格と健康状態等	49
3.1.2	航空機の耐空証明書等	49
3.1.3	気象との関連	49
3.2	副操縦士のスイッチ操作に係る分析	49
3.2.1	誤ってラダートリムSWを操作した経過	49
3.2.2	737-500のドアロックセレクターの操作記憶	50
3.2.3	両スイッチの類似点	50
3.2.4	副操縦士の経験と機長の入室	54

3.2.5	両スイッチの操作に関連する訓練	55
3.2.6	両スイッチの配置変更と運航乗務員に対する訓練・審査の管理体制	55
3.2.7	CDUの操作	56
3.2.8	タスク管理	57
3.2.9	操縦室の明るさ	58
3.3	誤操作の認知に係る分析	58
3.3.1	誤操作を認知するまでの状況	59
3.3.2	両スイッチの操作性	59
3.3.3	両スイッチの作動音	60
3.3.4	操縦桿の変位とその感知	60
3.3.5	ラダーペダルの変位とその感知	61
3.3.6	飛行状態の監視	61
3.3.7	飛行状態の監視に係る教育	61
3.3.8	機長の再度の入室合図	62
3.3.9	夜間飛行の影響	63
3.3.10	バンクアングルアラートの作動	63
3.4	副操縦士の回復操作に係る分析	64
3.4.1	回復操作を開始してから異常姿勢を回復するまでの状況	64
3.4.2	副操縦士の状況認識	65
3.4.3	操縦桿の操作とスティックシェーカーの作動	65
3.4.4	ラダートリムSWの操作	67
3.4.5	ラダーペダルの操作	69
3.4.6	スティックシェーカーとオーバースピードワーニングの作動	69
3.4.7	副操縦士の操縦訓練	71
3.4.8	オートパイロット及びオートスロットルの設定	73
3.4.9	夜間飛行の影響	74
3.4.10	ドアを開けようとした機長の行為	75
3.5	管制機関への報告	75
3.6	重大インシデント発生後の点検整備	76
3.6.1	伝達された情報とその対応	76
3.6.2	情報入手・伝達の分析	78
3.6.3	調査・解析に係る分析	78
3.6.4	安全運航上のリスク	80

4	結論	80
4.1	分析の要約	80
4.1.1	一般事項	80
4.1.2	副操縦士の誤操作	80
4.1.3	誤操作の認知の遅れ	81
4.1.4	不適切又は不十分な回復操作	82
4.2	原因	83
4.3	その他判明した安全に関する事項	84
4.3.1	重大インシデント発生後の点検整備	84
4.3.2	酸素マスクの使用	84
5	再発防止策	85
5.1	同社、全日本空輸株式会社及びANAグループにより講じられた再発防止策	85
5.1.1	ラダートリムSWの誤操作とその認知の遅れに関する対策	85
5.1.2	不適切又は不十分な回復操作に関する対策	87
5.1.3	酸素マスクの着用に関する対策	87
5.1.4	特別点検の実施が混乱したことに関する対策	88
5.2	国土交通省航空局により講じられた再発防止策	88
5.3	今後必要とされる再発防止策	88
5.3.1	ラダートリムSWの誤操作及びその認知の遅れに関する対策	88
5.3.2	不適切又は不十分な回復操作に関する対策	89
6	勧告等	89
6.1	全日本空輸株式会社に対する勧告	89
6.1.1	運航乗務員が1名で運行を継続する場合の基本的遵守事項の徹底とその教育	90
6.1.2	高高度における失速警報等を伴った異常姿勢からの回復訓練の実施	90
6.2	国土交通大臣に対する勧告	90
6.3	FAAに対する安全勧告	91
	付表 イベント一覧表	93
	付図1 推定飛行経路図	94
	付図2 DFDRの記録(概要)	95
	付図3 DFDRの記録(ROLL)	96
	付図4 DFDRの記録(PITCH)	97

付図 5	DFDR の記録 (YAW)	98
写真 1	重大インシデント機	99
写真 2	計器類の配置	99
添付 1	管制交信記録 (東京航空交通管制部)	
添付 2	航空機の基本的な操縦系統	
添付 3	同社が運航乗務員に実施する訓練	
添付 4	要因分類表	

1 航空重大インシデント調査の経過

1.1 航空重大インシデントの概要

エアーニッポン株式会社所属ボーイング式737-700型JA16ANは、平成23年9月6日（火）、全日本空輸株式会社の定期140便として那覇空港から東京国際空港へ向けて飛行中、22時49分ごろ、串本の東約69nm、高度41,000ftにおいて、機体が異常な姿勢になり急降下した。

同機には、機長、副操縦士、客室乗務員3名、乗客112名（うち幼児1名）の計117名が搭乗していたが、そのうち客室乗務員2名が軽傷を負った。

機体の損壊はなかった。

（付図1 推定飛行経路図 参照）

1.2 航空重大インシデント調査の概要

本件は、航空法施行規則第166条の4第13号に規定された「気流の擾乱その他の異常な気象状態との遭遇、航空機に装備された装置の故障又は対気速度限界、制限荷重倍数限界若しくは運用高度限界を超えた飛行により航空機の操縦に障害が発生した事態」に準ずる事態（同第16号）とみなされ、航空重大インシデントとして取り扱われることとなったものである。

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成23年9月7日、本重大インシデントの調査を担当する主管調査官ほか2名の航空事故調査官を指名した。

1.2.2 関係国の代表、顧問

本調査には、重大インシデント機の設計・製造国である米国の代表が参加した。

1.2.3 調査の実施時期

平成23年9月8日及び9日	運航会社の調査及び口述聴取
平成23年9月12日	口述聴取
平成23年9月28日	調査の進捗状況報告
平成23年10月28日	機体調査、運航会社の調査及び口述聴取
平成23年11月9日	口述聴取
平成23年12月7日	フライトシミュレーターによる機体の運動の確認 運航会社の調査
平成24年1月19日	運航会社の調査

1.2.4 経過報告

平成24年8月31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 関係国への意見照会

関係国に対し、意見照会を行った。

2 事実情報

2.1 飛行の経過

エア・ニッポン株式会社（以下「同社」という。）所属のボーイング式737-700型JA16AN（以下「同機」という。）は、平成23年9月6日21時15分、東京国際空港へ向けて那覇空港を離陸した。

同機の飛行計画の概要は、次のとおりであった。

巡航速度：451kt、巡航高度：FL^{*1}410、経路：ALC（奄美VORTAC）～POMAS～Y574～SHIBK～Y57～JERID～Y571～SOPHY～Y52～CHALK～Y21～NJC（新島VORTAC）～Y213～PQE（館山VOR/DME）～Y108～KAIHO

目的地：東京国際空港、所要時間：2時間4分、持久時間で表された燃料搭載量：4時間4分、代替空港：中部国際空港

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

同機は、本重大インシデントの発生直前には、オートパイロット（LNAV/VNAVモード^{*2}）で、FL410、マッハ0.73を維持してSAKAK（付図1拡大図右上部に示すポイント）に向かって飛行していた。

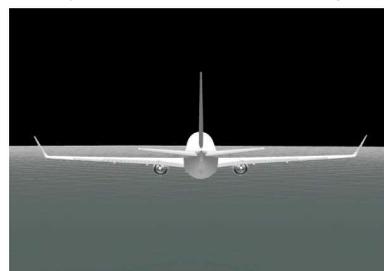
*1 「FL」とは、航空で用いられる飛行高度であり、続く3桁の数字で100ft単位の高度を表している。これは、気圧高度計の規正值を国際標準大気（平均海面上での気圧（1,013.2hPa））にセットして得られる気圧高度であり、一般に真高度とは一致しない。我が国では平均海面から14,000ft以上の飛行高度に用いられる。FL410は平均海面から41,000ftの飛行高度のことである。

*2 「LNAV/VNAVモード」とは、オートパイロットの動作モードの一つであり、LNAVモードは航空機の水平方向のナビゲーションを行い、FMC（Flight Management Computer）に設定した経路を維持するためにロール角をコントロールする。VNAVモードは航空機の垂直方向のナビゲーションを行い、FMCに設定した高度、速度をターゲットにピッチ角とオートスロットルをコントロールする。

2.1.1 飛行記録装置の記録等による飛行の経過

飛行記録装置（以下「DFDR」という。）の記録（付図2～5）、管制交信記録（添付1）、運航乗務員の口述、QAR^{*3}の記録等によれば、飛行経過の概略は次のとおりであった。

なお、文中の〔 〕内はイベント識別記号（A～Z、a～d、GPWS）とそのイベントを記述している「付図」の番号を示している。それぞれのイベントの概要は報告書末尾の「付表 イベント一覧表」にまとめている。機体と操縦桿の画像は、DFDRのデータを専用のソフトウェアで再現したものであり、操縦桿のホイール（CONTROL WHEEL：以下「ホイール」という。）と同コラム（CONTROL COLUMN：以下「コラム」という。）の中立位置（DFDRのControl Wheel Position 及び Control Column Position が0°に相当する位置）を操縦桿の画像の背景に影として示した（当該航空機の操縦、各部の名称と動作、機体の運動については「添付2」を参照のこと）。また、文中の速度、角度等については、断りがない場合には一定の周期ごとにDFDRに記録された数値を使用している。したがって、記録上の最大値（最小値）は必ずしも実際の最大値（最小値）とは一致しない。



正常に飛行していた同機

22時46分42秒 機長が、化粧室利用のため、操縦室から退室した。

〔A：付図1、2〕

22時48分04秒 東京航空交通管制部航空の担当管制官（以下、単に「管制官」という。）から、経路を変更し、PQE（館山VOR/DME）に向かうよう指示を受けた。

同 08秒 副操縦士が管制官の指示を復唱した。〔B：付図1、2〕
復唱後CDU^{*4}に経路変更（右に約3°変針させる内容）をセットした（CDUの位置は写真2を参照）。

副操縦士が経路変更をセットしているときに、機長が操縦室に入室するための合図を送った。

*3 「クイック・アクセス・レコーダー（QAR）」とは、航空会社がより高い品質管理や安全管理を目的にして任意に機体に搭載するもので、種々の飛行データを記録している。ほとんどのものは、光ディスク、半導体メモリなどの取り外し式媒体にデータを記録しているため、一連の飛行終了後に機体から取り外すことができる。

*4 「CDU（Control Display Unit）」とは、オートパイロット、オートスロットルを制御するFMCに所望の経路、高度、速度などを設定するための装置である。所望の経路などをセットした後、実行するという手順でFMCに設定する。

22時48分25秒 CDUで経路変更を実行した。

〔C：付図1、2〕

LNAVによる経路変更の実行により、エルロン（補助翼）が動作し、その動作に対応して操縦桿のホイールが時計回り（以下「CW」(Clockwise) という。）に約 -10° まで変位した。これにより、機体は右約 3° までロールした。ホイールが変位している間、Control Wheel Force（ホイールを操作する力）は掛かっていなかった。

〔C：付図3〕

同 28秒 ラダートリムコントロール^{*5}

（以下「ラダートリムSW」という。）が反時計回り（以下「CCW」(Counterclockwise) という。）に2回操作された。

〔D：付図1～5〕

LEFTの位置に保持した1回目の6秒間、1度操作を休止して中立になった2秒間、更に2回目の6秒間の計約14秒間で、ラダー（方向舵）が左に動作して約 -5° まで変位した。

その変位に対応して左側／右側

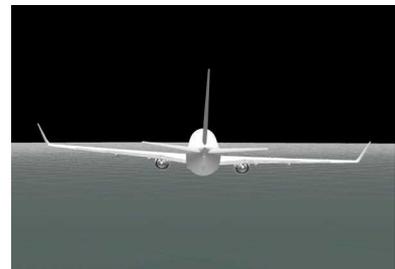
ラダーペダルが前方／後方に約 2° （18mm）変位した。



約 -10° のホイール



CDUの操作（イメージ）



ロール角右約 3°



ラダートリムSWの操作（イメージ）

*5 「ラダートリムコントロール」とは、ラダーの中立位置を左右どちらかに変位させるために操作するスイッチである。ラダーペダルを操作することなくラダーの位置を変位させるものであり、パイロットがラダーペダルを操作し続ける負担を軽減させるために設けられている。片方のエンジンが停止したときなど、機首を変針させるモーメントが継続する場合等に使用する。



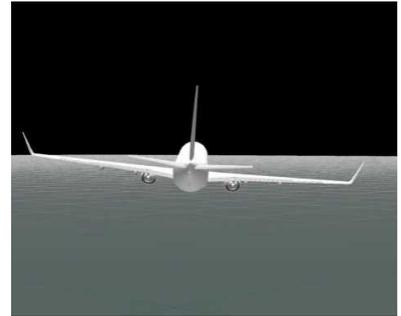
約-22°のホイール

22時48分35秒

ラダーペダルが変位している間 Rudder Pedal Force (ラダーペダルを操作する力) が約 8 lb 右側のペダルに掛かっていた。〔D：付図5〕

FMCに設定した経路を外れて左に変針しようとする動きをLNAVが修正しようとしたオートパイロットのコマンドにより、エルロンが動作し、その動作に対応して、ホイールが更にCWに約-22°まで変位した。ホイールの変位の間 Control Wheel Force は掛かっていなかった。〔E：付図3〕

ラダーが左に変位したことで、機首方向が進行方向に対して左に向き始め、これにより右翼の揚力が増加するとともに左翼の揚力が減少し、機体が左ロールを始めた。

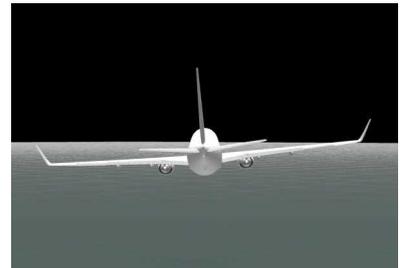


ラダートリムSWを1回目に操作した直後の姿勢

同 36秒

機体の左ロールが水平を越えた。LNAVの修正によるオートパイロットのコマンドが限界に達し、エルロンがそれ以上動作しなかったことから、ホイールは約-22°以上には変位しなかった。

〔F：付図3〕



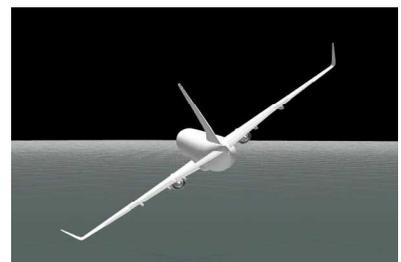
水平を越えて左にロール

同 40秒

ラダーが左に変位した状態で機体がロールを始めたことによる、鉛直方向の機首下げの動きをVNAVが修正しようとしたオートパイロットのコマンドにより、エレベーター(昇降舵)が動作し、その動作に対応して操縦桿のコラムが後方(After: Pull)に約+2°まで変位した。コラムが変位している間 Control Column Force (コラムを操作する力) は掛かっていなかった。〔G：付図4〕

同 43秒

機体の速度が低下してきたことに対して、速度をマッハ0.73(以下「M0.73」のように表記する。)を維持するため、VNAVの修正



22時48分43秒

によるオートスロットル^{*6}のコマンドにより、Throttle Lever Position が少しずつ増加する方向に変位し始めた。

〔H：付図4〕

2 2時4 8分4 3秒 バンクアングルアラート^{*7}（「バンクアングル、バンクアングル」との音声警報）が作動した（～4 6秒）。

〔GPWS：付図3〕

同 4 5秒 副操縦士は、姿勢を回復しようと、ホイールをCW方向に操作した。

ホイールは一瞬CCWに変位した後、約 -97° までCWに変位した。Control Wheel Forceは、一瞬CCW方向に掛かった直後、CW方向に最大で約3 9 lb掛かった。

〔I：付図3〕

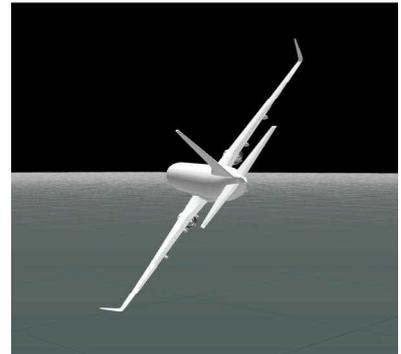
この操作によりオートパイロットは、LNAVモードがオフになり、CWSロールモード^{*8}がオンとなった。

〔I：付図3〕

ホイールの変位に応じてエルロンが動作した。

〔I：付図3〕

同 4 5秒 ピッチ角が大きく機首下げ方向に変化し始めた。VNAVの修正によるオートパイロットのコマンドが限界に達し、エレベータはそれ以上動作しなかったことから、コラムは、約 $+2^{\circ}$ で一定の角度であっ



ホイール操作開始直後

た。この間、Control Column Forceは掛かっていなかった。

〔J：付図4〕

*6 「オートスロットル」とは、エンジンの出力を自動的に制御するものであり、VNAVモードで巡航中であればFMCから指示される速度・高度を維持するように制御する。VNAVモードからCWSピッチモードに移行するとパイロットが入力設定した速度を維持する。パイロットはいつでもスロットルレバーをマニュアルでコントロールできる。

*7 「バンクアングルアラート」とは、機体が一定以上バンク（ロールと同義語）すると合成音声で警告するものである。同機の場合はロール角が $\pm 35^{\circ}$ 、 $\pm 40^{\circ}$ 、 $\pm 45^{\circ}$ を超えた場合にそれぞれ「バンクアングル、バンクアングル」という音声警報が1回作動するようになっていた。本件のバンクアングルアラート作動時刻は、DFDRのデータで、GPWS製造会社の研究室でシミュレーションした結果に基づき特定した。

*8 「CWSロールモード」とは、オートパイロットのモードの一つであり、オートパイロットはパイロットによるホイールの操作により、ロールをコントロールする。LNAVモードの時に一定（約1 01b）以上の力（Hi Detent）でホイールを操作するとCWSロールモードに移行する。さらに、2 51b以上の力でホイールを操作すると、オートパイロットによるコントロールを越えて、ロールをコントロールすることができる（Mechanical Override）。自動的にLNAVモードに戻ることはない。

22時48分46秒 右側のラダーペダルが約23lbで踏み込まれ、それに応じてラダーが右に動作して約 -2.8° まで変位した。
(~49秒) [K:付図5]

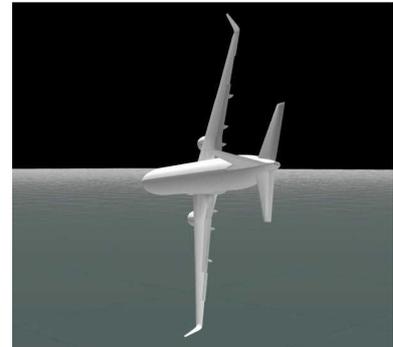
同 47秒 スティックシェーカー^{*9}が作動した。 [L:付図3、4]

同 48秒 ホイールをCW方向に操作したことで、ロール角は約 -80° をピークに回復に向かった。しかしながら、ロール角がピークに達した頃、ホイールは、CW方向への力が緩み、反対のCCW方向への力が約9lb掛かったため、反転し、

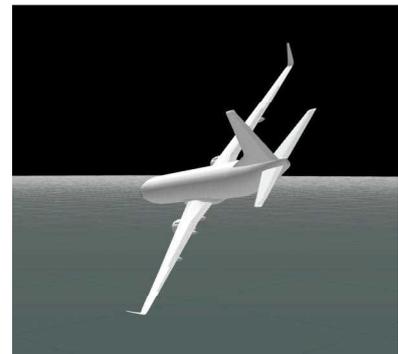


約 $+17^{\circ}$ のホイール

ほぼ中立位置まで戻り、最終的にはホイールの中立位置を越えてCCW方向へ約 $+17^{\circ}$ に至るまで操作された。ホイールのCW方向への力が緩んだ状態は約3秒間維持された。ホイールの力が緩んで戻ったのと同時に右ラダーペダルの力も緩み、ラダーは元の位置であった約 -5° に戻った。 [L:付図3、4]



約 -80° で止まったロール



約 -50° に回復したロール

コラムは一瞬前方に操作され、Control Column Positionもそれに応じて変位し、エレベータが1秒間下方に動作したが、ホイールの力が緩むのと同時にコラムの力も緩んだことから、コラムは元の位置まで戻った。 [L:付図4]

同 51秒 ロール角が約 -50° まで回復したが、再び左ロールを始めた。 [M:付図3]

その間、ホイールはCW方向約 -35° に維持されていた。

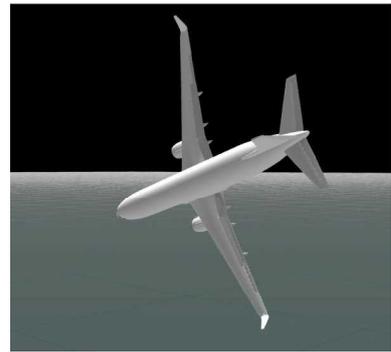
*9 「スティックシェーカー(Stick Shaker)」とは、代表的な失速警報(Stall Warning)の一つであって、失速状態になる前にコラムを振動させ、パイロットに警告するシステムである。

2 2 時 4 8 分 5 2 秒



約-35° のホイール

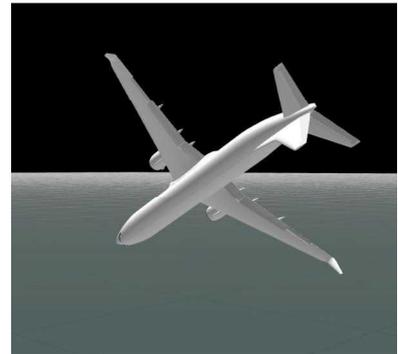
ラダートリムSWをCW方向（ラダーを中立に変位させる方向）に操作した（～55秒）。〔N：付図3～5〕ラダートリムはラダーを中立方向に作動させていたが、Rudder Positionは中立側に変位しなかった。



再び左にロール

同 5 3 秒 飛行高度が急速に下がっていった。48分53秒の前後2秒間では平均約200ft/秒で降下し、49分00秒の前後2秒間では平均約440ft/秒で降下して、49分16秒には34,676ftまで降下した。〔O：付図3～5〕

同 5 6 秒 コラムが一定以上の力で押されたことによりVNAVモードがオフとなり、CWSピッチモード*10がオンとなった。〔P：付図4〕



ロール角-131.7°



約-98° のホイール

Throttle Lever Position が減少する方向に直線的に変位していった。〔Q：付図4〕ロール角が左方向最大値である-131.7°になった。以降、ホイールを約-98°までCW方向に操作したことなどからロール角は徐々に水平方向に回復していった。ホイールの変位に応じてエルロンが動作した。〔P：付図3〕

同 5 9 秒 ピッチ角が機首下げ最大値である-35°になった。〔R：付図4〕



ピッチ角-35°

2 2 時 4 9 分 0 0 秒 コラムが断続的に引かれ始

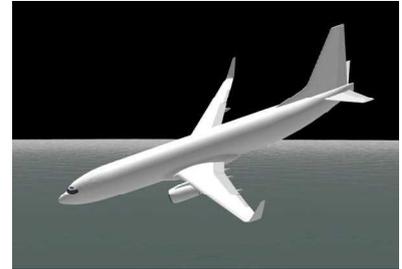
*10 「CWSピッチモード」とは、オートパイロットのモードの一つであり、オートパイロットはパイロットによるコラムの操作により、ピッチをコントロールする。VNAVモードの時に一定（約211b）以上の力（Hi Detent）でコラムを操作するとCWSピッチモードに移行する。さらに、251b以上の力でコラムを操作すると、オートパイロットによるコントロールを越えて、ピッチをコントロールすることができる（Mechanical Override）。自動的にVNAVモードに戻ることはない。



ホイールが操作されながら断続的に引かれるコラム

め、ピッチ角が回復に向かっていった。コラムの変位に応じてエレベーターが動作し、追従するようにピッチ角が回復していった（～26秒）。〔S：付図4〕

この間、ピッチ角が回復する機体の運動に合わせて、Angle of Attack*11と Vertical Acceleration（垂直方向の加速度：荷重倍数）が大きくなり、スティックシェーカーが断続的に作動した。さらに、同05秒からはオーバースピードワーニングも断続的に作動した。



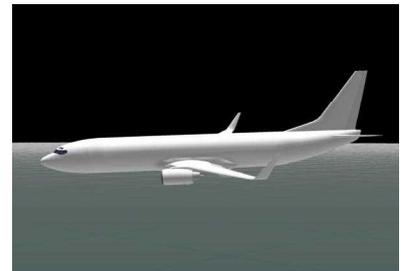
回復していくピッチ角

〔S：付図4〕

22時49分02秒 ロール角が -25° 付近で変動が小さくなった。以降は、このロール角の付近で不規則なホイールの動きに従った機体の運動が続いた。〔T：付図3〕

同 03秒 速度が対気速度限界（M0.82）を超過（以下「速度超過」という。）し、同13秒に最大M0.828となった（～14秒）。

〔U：付図1～5〕



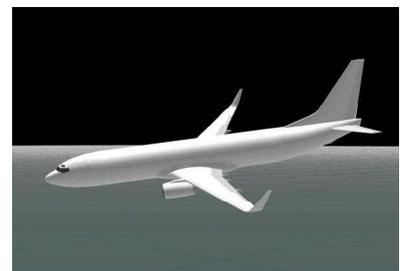
M0.828になった時の姿勢

同 04秒 荷重倍数が断続的に制限荷重倍数限界（2.50G）を超過（以下「荷重超過」という。）し、同9秒に最大2.68Gとなった（～09秒）。

〔U：付図1、2、4〕

同 16秒 高度約35,000ftで急降下が収まった。

以降は、高度が不安定な状態が続いた。〔V：付図2〕



2.68Gになった時の姿勢

同 26秒 ピッチ角が 8° 付近で変動幅が小さくなり、荷重倍数も1G付近で変動幅が小さくなった。これ以降、徐々にピッチは安定していったが、

*11 「Angle of Attack (AOA)」とは、迎え角のことであり、翼が一様な気流の中に置かれたとき、この気流の方向と翼弦線のなす角度である。一様な気流の中でピッチ角が増大するとAOAも増大するが、気流が変化するとピッチ角が増大しなくてもAOAが増大することがある。

不規則な運動が続いた。〔W：付図4〕

22時49分40秒 ラダートリムSWをCW方向（ラダーを中立に変位させる方向）に操作した（1秒間程度）。この後、4回ラダートリムの回復操作があった。〔付図2〕

22時50分11秒 機長が操縦室に入室した。
〔X：付図1、2〕

同 38秒 オートスロットルがオフになった。〔Y：付図2〕
副操縦士に代わり、機長が操縦を開始した。



機長が入室した時の姿勢

同 39秒 オートパイロットが一時的にオフになった（～45秒）。
〔Z：付図2〕

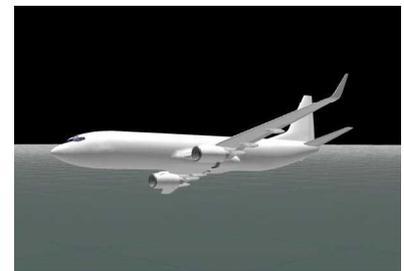
機長がオートパイロットの再設定を開始した。

同 43秒 副操縦士は、管制官にFL360、現在機首方位の維持を要求した（～47秒）。〔a：付図1、2〕

22時51分49秒 LNAVモードになった。〔b：付図2〕

22時52分07秒 副操縦士は、管制官にPQEに向かうことを報告した（～14秒）。〔c：付図1、2〕その後、管制官との交信において、急降下に関する報告はなかった。

同 13秒 オートスロットルがオンになり、ほぼ正常な飛行状態になった。〔d：付図2〕



22時52分13秒

本重大インシデントの発生場所は、串本の東約69nm（北緯33度16分43秒、東経137度09分08秒）の太平洋上空41,000ftで、発生日時は平成23年9月6日22時49分ごろであった。

2.1.2 関係者の口述

(1) 機長

当日、那覇空港に出頭した際に、機長は副操縦士と互いの健康状態を確認した。

同機は、離陸後、本重大インシデント発生まで、高度41,000ftで通常どおり、問題もなく飛行していた。操縦室内は、明るくすると外部が見えなくなるので、フラッドライト（投光照明）は使用せずに、バックライトを

使って明るさを抑え、確実に見える明るさに調整していた。

機長は、NJC（新島VORTAC）の手前約80nmで、化粧室を利用するため操縦室から退室した。それまで、副操縦士には変わった様子はなかった。その後、操縦室に戻ろうとして、操縦室入口のドアの外から所定の合図を送った。

機長が解錠を待っていると、しばらくして機体が傾き始め、操縦室の中からドア越しに、オーバースピードワーニング、バンクアングルアラート等の警報音を聞いた。その後、機長は再度合図を送ったが解錠されなかった。

機長は、強い垂直方向の加速度（以下「G」という。）で立っていることができなくなった。操縦室入口のドアに向かって、右下の方向に体が床に押さえ付けられる状態になった。降下をしながら左へ傾いていると感じたが、降下や傾きがどの程度なのかは分からなかった。機長は、副操縦士がインキャパシテーション^{*12}になっているのではないかとも思った。

機長は、自ら操縦室入口のドアを開けることにしたが、強いGの影響からドアを開けるのにしばらく時間が掛かった。

強いGが収まった頃、操縦室に入ることができた。機長は、高度が35,000ft～36,000ftで、機首方位が大きく変わっていることを確認した。副操縦士が機体の水平状態を維持させているように見えた。

操縦室に入ったときには、ある程度機体の姿勢は安定していて、若干のピッチの変化が起きていたが、機長は通常どおりに着席した。副操縦士からラダートリムSWを動かしてしまったとの報告を最初に受けた。

機長は、副操縦士から操縦を替わり、ヘディングセレクトモード、レベルチェンジモードを実行して、正常に働かせた中で、オートパイロットをオンにし、オートスロットルのスイッチを入れた。それにより通常の飛行状態を確保できたと考えた。

機長は、副操縦士から「管制官からPQEに向かうよう指示を受けている」と聞いた。入室してしばらくは、ヘッドセットを装着していなかったのが確かではないが、管制官から副操縦士が「ダイレクトPQEに向かっていますか？」という質問を受けたようなやりとりに聞こえたため、副操縦士にそれを確認して、機長はPQEに向かって旋回させていった。

機長は、その後、機体の振動、パラメーター、トリムを確認した。それらは通常のフライトと同様と判断したので、そのまま東京国際空港に向けて飛

*12 「インキャパシテーション (Incapacitation)」とは、肉体的あるいは精神的な機能喪失が生じて、職務能力が低下または全くなくなる状態のことである。

行を継続した。

機長は、副操縦士が精神的に相当動揺しているようだったので、PMの業務に専念するようにと指示した。CAに乗客の安全を確認させるとともに、CA自身の外傷の有無を確認した。乗客及びCAに外傷はないという報告があった。機長は、東京国際空港が近かったので着陸を優先させることを考え、着陸までの間会社には本件の発生を報告しなかった。

機長は、後になってCAの軽傷者が2人ということを知った。

(2) 副操縦士

体調は特に悪くはなかった。ベルト着用サインは消灯して巡航していた。静岡沖近くになり、機長が化粧室利用のため離席するとのことだったので、副操縦士はPF業務を引き継ぎ、その後、機長は操縦室から退室した。副操縦士は、フライト中に機長が操縦室から退室することは半年に1回程度のことであったと記憶しており、ボーイング式737-700型機（以下「737-700」という。）乗務中では今回が初めての経験だったと口述聴取の過程で思い起こした。入室時の手順に関しては、その日の初便のブリーフィングで機長が約束を決めていた。

副操縦士は、機長退室中に酸素マスクを使用していなかった。機長が退室する際にマスク使用に関して確認することはなかった。機長退室中は副操縦士の意識ははっきりしていた。副操縦士は、25,000ft以上で操縦室に1名になる場合には酸素マスクを着用しなければならない規定があることは知っていたが、営業運航中にマスクを着用したのは年に1回あったかどうかであったと記憶していた。

副操縦士は、それまで、化粧室利用などで1分くらい離席する場合に、そのときの機長から「いいよ」「すぐマスクを取れるように」などと言われることが半分程度だった。逆の場合、機長も着用していないことがあったので、副操縦士はそれで良いと思っていた。

しばらくして、管制官から、経路を変更しPQEに向かうよう指示を受けた。副操縦士が経路変更をCDUにセットしているときに、機長からドアの解錠を求める所定の合図があった。副操縦士は、CDUにセットした経路変更を実行した後なのか前なのか定かではないが、操縦室のドアを開けるため、Aft Electronic Panel（以下「AEパネル」という。）にあるドアロック解除のスイッチ（以下「ドアロックセレクター」という。）に左手を伸ばしたことを覚えていた。

副操縦士は、ドア外部モニター画面に映る監視カメラの映像で機長の顔を確認して、スイッチを操作した。ドアロックセレクターの操作によるド

アロックシステムの解錠の作動音が聞こえなかったことには疑問を抱かなかった。疑問を抱かなかったことについて、副操縦士は、737-700では巡航中にドアロックセレクターを操作するのは初めての経験であったため、どんな感じで聞こえるのか分からなかったのではないかと後になって考えた。

副操縦士は、すぐ入ってくると思っていた機長が入ってこないことに疑問を抱き、映像をよく見ると機長がドアを開けられない様子だったので、操作している手元を確認したところ、誤ってラダートリムSWを操作していることに初めて気が付いた。どのくらいの時間保持していたのか覚えていなかった。

誤ってラダートリムSWを操作したことについて、副操縦士は、平成23年5月までボーイング式737-500型機（以下「737-500」という。）に乗務していたが、その737-500のドアロックセレクターはAEパネルの中央、ほぼ737-700のラダートリムSWの位置にあったので、ラダートリムSWを誤って操作したのではないかと後になって考えた。そのとき、ラダートリムSWを見た上で、さらにドアロックセレクターのときのように押し込むように回したと記憶していた。副操縦士は、今回のことがあるまでは、間違えてラダートリムSWを操作したことも、間違えて操作しそうになることもなかった。

副操縦士は、ドアを開くために、ドアロックセレクターをCCW方向に回して保持するつもりが、ラダートリムSWをCCW方向に回して保持したためにラダーが作動したと考えた。

副操縦士は、ラダーが作動したのであれば、機体が大きく傾くと予想して前方のPFDを見たところ、左方向にバンクが入っていたと記憶していた。副操縦士は、そのときホイールに手が掛かっていたかどうかについては記憶がなかったとしているが、一般に悪天の場合には手を掛けていることがあるとしている。機体は更に大きくバンクし始めた。バンクアングルアラートが作動した記憶はなかった。

副操縦士は、左バンクを修正するために、ホイールを右方向に大きく操作した。その後、機長がドアを開けようとする音が何度か聞こえたが、修正することに集中するのが良いと考えて、再びAEパネルを見なかったと記憶していた。

副操縦士は、ホイールをしっかりとつかんで、オートパイロットをオフにする余裕がないまま、オートパイロットをオーバーライドして、ホイールの操作で修正していった。このときオートパイロットのモード表示がどうだった

のかは覚えていなかった。

副操縦士は、修正操作の中で、ラダートリムを元に戻すための操作をしたが、どの時点でどのくらい戻したのかは覚えていなかった。ラダーペダルには足を載せていたが、ホイールで翼を水平に戻すことが良いと考えて、修正操作にラダーは使わなかったとしている。さらに、ホイールが重たかったことから、オートスロットルをオフにしたりスロットルレバーを操作する余裕はないと考えた。

副操縦士は、異常な姿勢であるとは感じたが、どのくらいバンクやピッチが入ったかについてはよく分かっていなかった。修正しているうちに大きく降下し、エアスピードも増加し、オーバースピードワーニングの警報が作動したことを記憶していたが、どのくらいの時間続いたのかは覚えていなかった。スティックシェーカーが作動した記憶はなかった。また、Gは感じていなかった。

その後、翼が水平に戻り、またピッチも安定してきた。副操縦士がラダートリムを元に戻した頃、機長がドアを開け操縦室に入室してきた。

この頃、高度36,000ftで現在の方角を維持すると管制官に伝え承認された。これはこのまま正常な姿勢で飛行できると判断した高度と方位であった。このとき、管制官にPQEに向かっているのか確認されたので、副操縦士は、そうしていると回答した。副操縦士には、管制官から最初にPQEに向かうように指示されて以降この通信まで、管制官から呼び掛けられた記憶はなかった。

機長から状況を聞かれたので、副操縦士は、ドアロックセレクターと間違えてラダートリムSWを動かしてしまったことと、高度36,000ft、現在の方角を維持することで管制官の承認済みであることを報告した。

操縦を交代した後、機長がオートパイロットを設定した。その後はアプローチの準備などで忙殺されたため、副操縦士は詳しい状況は後で説明することにした。

スポットイン後、副操縦士は、機長に対して「速度超過、オーバークンクで機体が不安定になったが、どの程度だったかは分からない。バンクはかなり入った可能性が考えられる。コラムを引いてピッチを持ち上げた。」と説明した。

副操縦士は経路変更のために行ったCDUの操作について、管制官からの管制指示を保留した上、機長が操縦室に戻ってから確認した上でそれを受諾し、2名で確認した上で実施するべきだったと後になって考えた。

(3) 客室乗務員A (L1CA^{*13})

機長から、化粧室を使いたいとの連絡が入った。客室乗務員Aは、ギャレー前のカーテンを閉めて、機長が操縦室を出て化粧室に入室し、退室する様子を確認していた。

化粧室を退室した機長は操縦室入室のため所定の合図をしていた。直後に、客室乗務員Aから、サービスインターホンで操縦室を呼び出したが応答がなかった。客室乗務員Aは、機長は再度合図をしながら、操縦室内に向けて開けるように言っていたが、反応がないように感じた。

客室乗務員Aは、おかしいと思ったその直後に、震度1ぐらいの縦揺れの地震のような揺れを感じ、機体が少し左に傾くような感じを受けた。加えて、体が下に引かれるような力で立っていられなくなった。機首が下がっている感じはしなかった。

機長は、入室しようとしていたが、体を安定させられない状態になっており、入室操作ができないと訴えていた。そこで、客室乗務員Aは、両膝と左手を床に付いて、右手で入室操作を試みたが、手が上がらないほどのGを感じた。ドア越しに操縦室からのピッ、ピッというような警報音が聞こえた。

客室乗務員Aは、その後も強いGでひざまずいていた。機長が入室するまでの間、副操縦士がインキャパシテーションではないかと機長と話した。

その後、ゆっくりとGが小さくなり、ドアも解錠されたので、機長がドアを開き操縦室に入っていった。客室乗務員Aは、直ちにカーテンを開けCAシートに着座してベルトを締めた。

客室乗務員Aは、この頃から揺れやGを感じなくなったので、後方にサービスインターホンで状況を確認した。化粧室の使用を含めて、着席している状態で見える範囲のキャビンの様子や不具合を確認した。

その後、機長からサービスインターホンで、乗客やCAの状況の確認があったので、客室乗務員Aは、乗客、CAとも着席しており、今のところ外傷などの情報はないと報告した。

客室乗務員が客室確認を行ったが、特に乗客から申告はなく、困惑している様子もなかった。確認終了後、23時くらいに、客室乗務員Aは機長に対して、乗客、CA、共に外傷がないこと、機内の破損状況も見られないこと、離席している乗客もなかったことを報告した。特に異常を訴える乗客はなく、落ち着いている状況だった。

*13 「L1CA」とは、配置に基づく客室乗務員の呼称である。「L」は左側、「1」は前から1番目のドアの位置という意味になる。同機にはL1CA、L2CA、R2CAの3名が乗務していた。

通常どおり着陸、スポットインして、乗客が降機した後の客室点検を開始して1～2分たった頃、機長と副操縦士が操縦室から退室してきた。

客室乗務員Aは、機長に対して、乗客に外傷や体調の異常はなかったこと、質問なども受けなかったこと、CAの外傷や体調の状況を再度報告した。特にL2CAが腰の痛みと少しのしびれの違和感を覚えていると報告した。

(4) 客室乗務員B (R2CA)

機長が、化粧室を使用するため、客室に出てきたのでL1CA (客室乗務員A) が対応した。その間、客室乗務員Bは、L2CAと後方ギャレーで業務をしていた。

22時49分ごろに強い揺れがあった。客室乗務員Bは、下に押し付けられるような揺れを感じた。何かにつかまって^{かが}屈んでいないと体勢が維持できないような、体全体が重い感じがした。客室から悲鳴などはなかった。

客室乗務員Bは、ゴゴゴという音がして、飛行機が通常ではない動きをしていることだけは分かった。程度は不明だが機体が傾いていて、下に押し付けられている状況だが降下していると感じた。

22時58分ごろにベルト着用サインが消灯したので、客室乗務員Bは、客室状況の確認、乗客の確認を行い、けが人の有無、乗客の状態、機内の破損状況をL1CA (客室乗務員A) に報告した。ギャレーではキャンデーが散乱していたが、客室には散乱しているものはなかった。

(5) 管制官

管制官は、同機の管制移管を受けたときには、羽田到着機を5機程度管制していた。22時48分ごろ、同機に経路を変更しPQEに向かうように指示した。

管制官が、その後、ディスプレイ上の同機のターゲット (以下「同機のターゲット」という。) を見ると、高度表示の数値が下がっており、航跡も若干北に向いていた。管制官は、それがコースト表示 (レーダーが同機を一時的に見失った状態) であったかどうかはよく覚えていなかった。

その後の航跡が北に向かっていたので、管制官は異常を感じた。隣にいた調整席の管制官も同機のターゲットに注目した。レーダーの誤表示かとも考えて、2～3スキャン (20～30秒程度) 様子を見ていた。

その後、管制官は、誤表示ではないと分かったので、同機に呼び掛けたが、同機から応答はなかった。調整席の管制官は、同機の動向に関して、北側隣接セクターの管制官と調整した。

管制官が何回か同機に呼び掛け続けたところ、同機から返事があり、高度は36,000ftに戻っていることと経路もPQEに向かっているというよ

うな報告だったので了承した。

管制官は、このとき同機に何か起きたのだと思ったが、このようなときにはこちらから交信しない方が良いと判断したため、何が起こったのかは聞かなかった。

しばらくして、管制官は、同機のターゲットから航跡はPQEに向かっている確認がとれ、高度も同機から報告があった36,000ftであることを確認した。管制官は、同機に何が起きたのか分からなかったこともあり、周りに他の航空機がいなかったため、同機に希望の高度がないか聞いた。同機は36,000ftが良いということだったので、管制官は、もう一度36,000ftでPQEに向かうよう指示した。

この時点で、管制官は、何か起きたのだろうがもう落ち着いたのだと判断した。

次の管制官との交替の時間になったため、管制官が同機に対し飛行に支障がないか確認したところ、同機は支障がないとのことだった。管制官は、管制上知っておいた方がよいことがあれば乗員はレポートするはずだと判断し、これでもう良いのだと思った。

2.2 人の負傷

立ち上がった状態で業務をしていた客室乗務員2名が軽傷を負った。

2.3 航空機の損壊に関する情報

本重大インシデント発生後実施した点検では、航空機の損壊は認められなかった。

2.4 航空機乗組員に関する情報

2.4.1 経歴の概要

(1) 機長 男性 64歳

定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） 昭和50年 7月23日

限定事項 ボーイング式737型機 昭和58年 3月31日

第1種航空身体検査証明書

有効期限 平成23年11月21日

総飛行時間 16,518時間47分

最近30日間の飛行時間 58時間21分

同型式機による飛行時間 64時間14分

最近30日間の飛行時間 58時間21分

(2) 副操縦士 男性 38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 ボーイング式737型機	平成18年 8 月30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24年 1 月24日
総飛行時間	2,930時間12分
最近30日間の飛行時間	63時間37分
同型式機による飛行時間	197時間13分
最近30日間の飛行時間	63時間37分

2.4.2 副操縦士の業務経歴と訓練状況

(1) 業務経歴

平成19年 1 月24日：737-500に副操縦士資格で最初の乗務
平成23年 5 月 8 日：737-500に副操縦士資格で最後の乗務
同 年 5 月31日：737-700/800の差異訓練審査
同 年 6 月 8 日：経験フライト（2レグ）
同 年 6 月10日：737-700に副操縦士資格で最初の乗務

(2) 訓練状況

副操縦士の訓練は次のとおり実施されていた。それぞれの訓練の概要は添付3のとおりである。

- ・ブリッジ訓練 ：平成17年10月審査
- ・副操縦士任用訓練：平成18年8月（座学、フライトシミュレーター・LCL課程）審査
 平成19年1月（路線課程）審査
- ・定期訓練 ：平成19年3月、平成20年2月、平成21年2月、
 平成22年2月、平成23年2月実施
 技能審査：平成19年7月、平成20年7月、平成21年9月、
 平成22年8月実施
 路線審査：平成20年1月、平成21年2月、平成22年1月、
 平成23年1月実施
- ・LOFT ：平成19年2月、平成20年2月、平成21年1月
 平成22年2月、平成23年1月修了
- ・差異訓練 ：平成23年5月審査

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737-700型
製造番号	33889
製造年月日	平成20年1月11日
耐空証明書	第2008-066号
有効期限	平成20年12月22日から整備規程の適用を受けている期間
耐空類別	飛行機 輸送T
総飛行時間	7,968時間45分
定期点検(CO2点検、平成21年11月17日実施)後の飛行時間	1,097時間00分

2.5.2 重量及び重心位置

本重大インシデント当時、同機の重量は117,900lb、重心位置は25.7%MAC（空力平均翼弦）と推算され、いずれも許容範囲（最大離陸重量132,200lb、本重大インシデント当時の重量に対応する重心範囲13.3～28.8%MAC）内にあったものと推定される。

2.5.3 ラダートリムSWとドアロックセレクター

ラダートリムSWとドアロックセレクター（以下「両スイッチ」という。）は、次の写真に示すとおり、左右の操縦席の中間、スロットルレバーの後方に位置するAEパネルに20cmの間隔で配置されている。夜間は、操縦室の他のパネルやスイッチと同様に、運航乗務員が照明を調整することで視認性を確保している。



同機のAEパネルの両スイッチ

両スイッチの配置の理由について、ボーイング社に確認したところ次のとおり回答があった。

The primary reason for the location of the rudder trim and flight deck door lock controls is commonality, particularly the rudder trim.

The rudder trim control is located in a similar position on many different aircraft models. This reduces negative transfer errors as pilots move from type to type. Similarly, the Flight Deck Door Lock Panel is in the aft aisle stand. This location helps provide commonality to the various retrofit installation of the flight deck door lock systems. One of the factors in control location is similarity of adjacent controls.

In this particular case of the rudder trim and flight deck door, the two controls differ in location, size, shape, and motion (the flight deck door switch must be depressed before it will rotate counter-clockwise, while the rudder trim control does not move vertically).

In addition to similarity of adjacent controls, there are many other factors that go into control placement and selection. These factors include logical groupings, reach requirements, frequency of use, how the controls are used, and others. Regulatory requirements for flight deck controls can be found in FAR 25. 777 and 25. 779.

****抄訳****

ラダートリムSWとドアロックセレクター、特にラダートリムSWの配置の理由は異なる機種間での共通性である。ラダートリムSWは、他の多くのモデルの航空機も同じような位置にある。このことで、パイロットが他のモデルに乗り換えたときのエラーを低減させている。

同様にドアロックセレクターもAEパネルに配置している。この場所は、フライトデッキドアロックシステムの様々な遡及的改造において、機種間に共通性を与えるのに役立っている。制御装置の配置におけるもうひとつの要素は、近接した制御装置の類似性である。

このラダートリムSWとドアロックセレクターの場合、これら2つの制御装置は、位置、大きさ、形状及び動き（ドアロックセレクターはCCWに回す前に押し込まなければならないのに対して、ラダートリムSWは垂直方向に動かない。）に違いがある。

近接した制御装置の類似性に加えて、論理的なグループ化、リーチ、使用頻度、使用方法等の様々な要件が、配置や選択の要件に含まれる。

操縦室の制御装置の規制要件はFAR 25. 777及び同 25. 779にある。

****抄訳終わり****

同型式の型式証明（TC）において適用された FAR^{*14} 25.777及び25.779には、操縦室の制御装置の基準が設定されており、ボーイング社はこの基準にのっとり操縦室のスイッチの配置、形状、動きなどを設計している。当該基準は次のとおり規定している。

FAR25.777 Cockpit controls.

(a) Each cockpit control must be located to provide convenient operation and to prevent confusion and inadvertent operation.

(b) The direction of movement of cockpit controls must meet the requirements of Sec. 25.779. (後略)

FAR25.779 Motion and effect of cockpit controls.

Cockpit controls must be designed so that they operate in accordance with the following movement and actuation:

(a) Aerodynamic controls:

(1) Primary.

(中略)

(2) Secondary.

<i>Controls</i>	<i>Motion and effect</i>
	(中略)
<i>Trim tabs (or equivalent)</i>	<i>Rotate to produce similar rotation of the airplane about an axis parallel to the axis of the control.</i>

(後略)

****抄訳****

FAR25.777 操縦室の操作装置

(a) 全ての操縦室の操作装置は、操作に便利であり、かつ、混同したり、不注意な操作をすることのないよう配置しなければならない。

(b) 操縦室の操作装置の作動方向は、FAR25.779 の要件に適合するものでなければならない。(後略)

FAR25.779 操縦室の操作装置の操作及びその効果

操縦室の操作装置は、次に掲げる操作と作動の向きに従って機能するように設計しなければならない。

*14 「連邦航空規則（FAR）」とは、米国連邦航空局（FAA）の規則集であり、その規則は、航空の型式証明の発行、航空従事者の免許付与、民間航空活動の監視、民間航空の安全確保等について細部にわたっている。

(a) 主操縦装置及び補助操縦装置

(1) 主操縦装置

(中略)

(2) 補助操縦装置

操作装置	操作とその効果
	(中略)
トリムタブ (又はこれに相当するもの)	トリムタブ操作装置の軸に平行な軸周りに飛行機に同じ向きの回転を生じる

(後略)

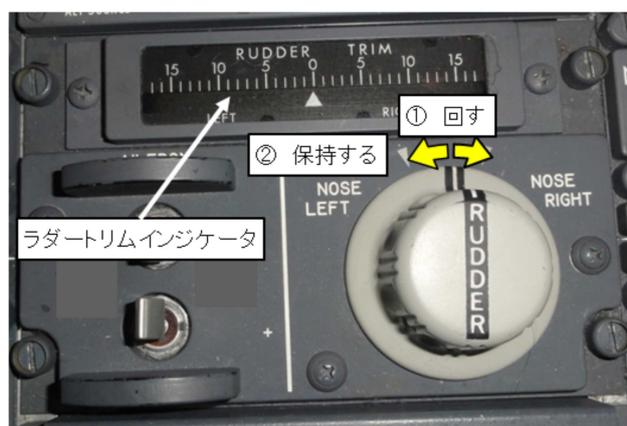
抄訳終わり

2.5.4 ラダートリムSWの詳細

737-700 (当該機) 及び737-500 (以前乗務していた型式機) (以下「両型式機」という。) のラダートリムSWは同一仕様であり、バネの力で中立位置に Hold されている。ラダートリムSWをCCW、CWどちらかに30°回転 (トルクは6.0 lbf・in^{*15}必要である。) させると、機械的にそれ以上回転できなくなる位置がある。その位置で、内部接点がONとなる。手を離すとバネの力で再び中立位置に戻り、内部接点がOFFとなる。

内部接点がONになっている間、ラダートリム電動アクチュエーターが作動し続けて、ラダーの中立位置を左右どちらかに変位させる、すなわちラダートリムSWをCCW (NOSE LEFT) に30°回した状態で保持すると、保持した時間分だけラダーが左に作動し続け、中立位置に戻すとラダーは変位した位置で停止したままの状態になる。

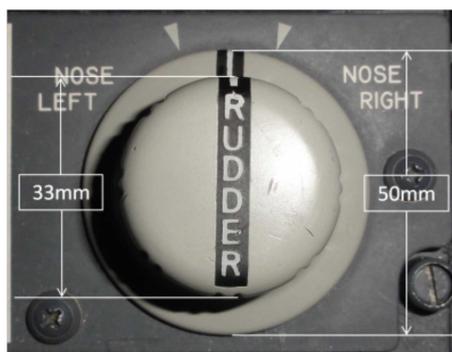
ラダートリムSWには操作音がなく、操作によるラダーの作動音は操縦席では聞こえない。ラダートリムインジケータにラダートリムの操作量がユニット (目盛り) を単位として表示される。1秒間ラダートリムSWを保持するとラダートリムインジケータの指示値は約0.5ユニッ



ラダートリムSWの操作

*15 「lbf・in」とは、インチ・ポンド単位系のトルク (力のモーメント) の単位であり、回転の中心から力点までの距離と力点にかかる力の積で表す。S I 単位系に換算すると 1 lbf・in ≒ 11.30 N・cm、重力単位系に換算すると 1 lbf・in ≒ 1.152 kgf・cm となる。

ト変位する。



ラダートリムSWの外観



ラダートリムSWの変位量

また、ラダートリムSWのつまみには、滑り止めのための溝がある。

訓練以外でのラダートリムの操作は、次の場合に行われている。

(1) 飛行前点検

飛行機運用規程^{*16}（本報告書においては同社の「飛行機運用規程 BOEING 737-700/800 型」のことであり、以下「AOM」という。）「3-4 Preliminary Preflight Procedure-PF」の規定に基づき、操縦席に着座した状態で動作点検を行っている。

(2) エンジントラブルなどの緊急時

シングルエンジン（飛行中、2基あるエンジンの1基において、何らかの原因で出力が大幅に減衰あるいは喪失した状態）になった場合には、推力の差で発生する機体のYAWを相殺するために、継続的にラダー操作を行う必要があるが、その場合にラダーペダルを踏み続けるパイロットの負担を減少させるためにラダートリムを使用する。



ラダートリムSWの操作

(3) 飛行姿勢の微調整

飛行中に、機体が左右に僅かにROLLあるいはYAWした状態が続くとき、ラダートリムを調整して姿勢を微調整する場合がある。

*16 「飛行機運用規程（AOM）」とは、航空機の性能、運用、乗員の操作に関する規定で、各機種ごとに設定されており、航空機メーカー発行のマニュアルを基に、航空会社が検討を加えて発行している。運用限界、通常操作、緊急・故障時操作、諸系統及びその操作、性能、特殊運航、ウェイト・アンド・バランス等を規定している。

2.5.5 ドアロックセレクターの詳細

ドアロックセレクターは両型式機では形状に違いがあるが、操作は同様であり、バネの力で中立位置 (AUTO) に Hold されている。ノブを垂直に押し込んでからCCWに45°回転 (トルクは3.0 lbf・in必要である。) させると、機械的にそれ以上回転できなくなる位置 (UNLKD) がある。UNLKDの位置で内部接点がONとなる。手を離すとバネの力で、再び AUTO の位置に戻り、接点がOFFとなる。

内部接点がONの間、操縦室のドアは解錠状態になる。すなわち、通常は操縦室のドアは施錠されており、ドアロックセレクターを UNLKD に保持している間だけドアを解錠状態にすることができる。ただし、このスイッチはCCWに力を加えた状態でも、押し込むことが可能である。



ドアロックセレクターの操作
(737-700)



ドアロックセレクターの外観
(737-700)

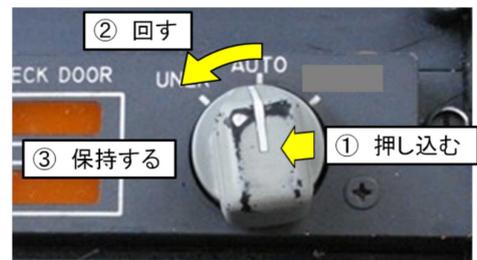


ドアロックセレクターの変位量
(737-700)

解錠状態にある場合のみ、客室側から操縦室入口のドアを開くことができる。

ドアロックセレクターの操作音はないが、解錠・施錠するための機械的な作動音が発生し、それは操縦席で聞き取れるものであった。Operations Manual^{*17} (以下「OM」という。) 及びAOMにはこの作動音で操作の結果を確認する手順は示されていない。また、ドアロックセレクターの設定位置 (解錠されているか否か) を表示する機能はなかった。

なお、737-500に取り付けられているドアロックセレクターの操作、外観及び変位量は次図のとおりであった。737-500のド

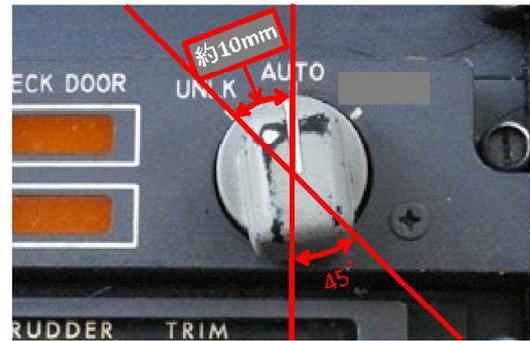


ドアロックセレクターの操作
(737-500)

*17 「オペレーションズ・マニュアル (OM)」とは、運航関係の業務に関する基本方針、実施大綱、規則などを定めたもので、航空会社の方針に基づいて設定されており、運航管理、運航基準、地上運航従事者、乗員、最低気象条件、緊急対策、その他で構成されている。飛行計画、飛行方式、航法に関する方針、基準、運航管理者・乗員などの訓練や審査、運航可能な気象条件、ハイジャック対策などが規定されている。国土交通省航空局は、航空法の規定に基づいてOMを審査及び承認している。



ドアロックセレクターの外観
(737-500)



ドアロックセレクターの変位量
(737-500)

アロックセレクターも、737-700と同様に、円盤状の「つば」の上に縦長のつまみが付いた構造になっていたが、つまみの形状及び寸法が異なっていた。

(1) 飛行前点検における操作

運航乗務員は、その日の初便の飛行前点検において、AOMの「3-4 Preliminary Preflight Procedure-PM」及び同「4-2-1 Flight Deck Door Access System Test」の規定に基づき、ドアロックセレクターを操作し、その動作を確認している。ドアロックセレクターの操作とドアの開閉の連携を確認する必要から、この点検ではAEパネルの後方に立った位置でドアロックセレクターを操作している。

その日の第2便以降については、AOMの「3-4 Preliminary Preflight Procedure-PM」に基づき、ドアロックセレクターの設定と異常表示がないかを、操縦席に着座した状態で、目視で確認している。

(2) 飛行中における操作

飛行中に運航乗務員がドアロックセレクターを操作する機会は、本重大インシデント発生時のように、運航乗務員のうちどちらか1名が操縦室を離れ、入室しようとするときに、操縦室に残った運航乗務員が操作する機会がほとんどであり、飛行時間が短い国内線においてはその機会は少ない。

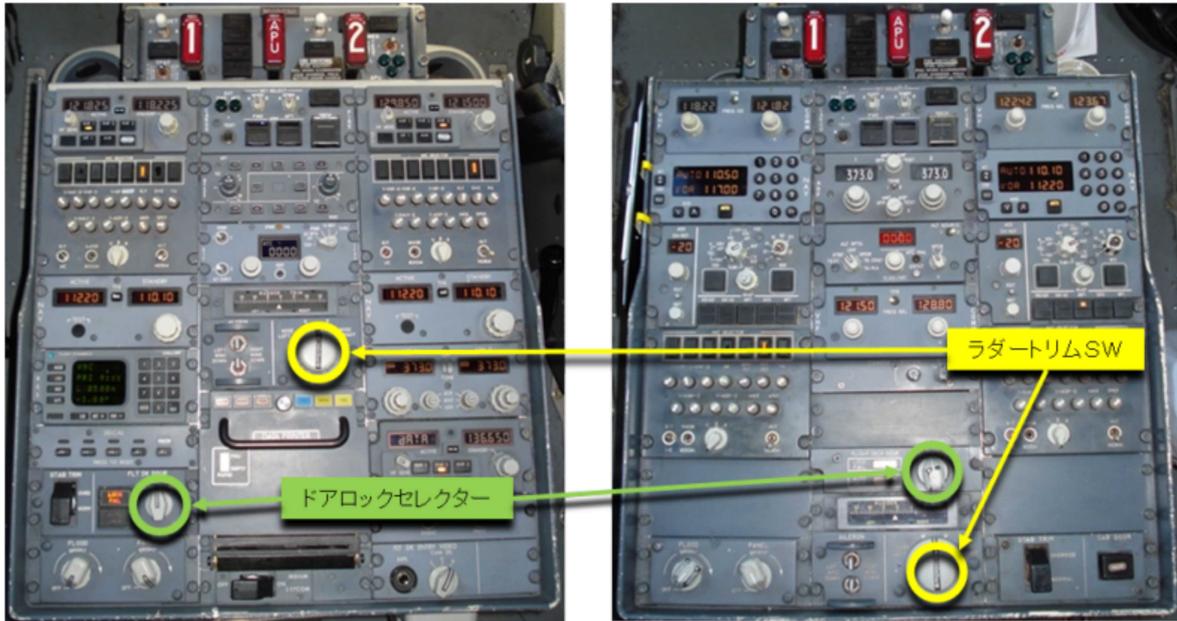


飛行中のドアロックセレクターの操作

2.5.6 両型式機の両スイッチ

副操縦士は平成23年5月まで737-500に乗務していた。その後、差異訓

練・審査を受けて平成23年6月から737-700に乗務した。
両型式機それぞれの、両スイッチの配置は次図のとおりである。



737-700 (同機)

737-500 (以前乗務していた型式機)

(1) 737-500における配置決定経緯

航空機の客室側から操縦室への侵入を阻止し、ハイジャックを防止するため、強化型操縦室扉の装備が平成15年11月から義務化された。これにより、既に定期便として運航していた737-500の操縦室に強化型扉を改造・整備する必要が生じた。

これを受け、同社は株式会社ジャムコ（強化型操縦室扉のSTC HOLDER^{*18}）と協議の上、ドアロックセレクターの取付位置を決定した。取付位置は、同社の整備と運航両部門が関わって、次の条件から決定した。

- ・左右どちらの席からもアクセス可能であること。
- ・737-500を始めそれ以外の当時運航していたボーイング式737型機のどのモデルでも同じ位置であること。

この改造・整備に当たって、ラダートリムSWの位置は変更されていない。

(2) 737-700における配置決定経緯

737-700の導入にあたり、同社は運航乗務員の意見等を参考にし、ボーイング社と協議の上、AEパネルのスイッチの配置を決定した。配置検討の前提条件は、737-500は将来的には退役機種であること、運航乗務員が同一時期に両型式機に乗務すること（混乗）は行わないことであった。

*18 「STC HOLDER (Supplemental Type Certificate Holder)」とは、型式証明 (TC) を取得済みの航空機に対して、当該型式に係るTCの取得者以外の者が、設計変更を行う場合に取得する追加型式設計承認 (STC) を保有している者のことである。

同社の説明によれば、これらのことから両型式機のスイッチ・パネル配置に、機種間の高度な共通性 (Commonality) を確保することは考えなかった。具体的には次の検討事項および条件から配置を決定した。

- ・機種間の高度な共通性を確保すると、将来的には737-700の使用感を悪くするおそれがある。
- ・737-700で新たに装備した、パネル類の空きスペースの制約を考慮した最適レイアウトを検討する。
- ・ラダートリムSWは体の小さい運航乗務員を考慮して、可能な限り前方(前頁左側写真では上方)に配置する。

2.5.7 ラダーペダルとラダートリムインジケータ指示値の変位

ラダートリムSWを操作するとラダーの中立位置が左右に変位するほか、その変位に応じて、ラダーペダルポジションも変位する。

調査の結果、737-700における、ラダートリムSWの操作時間 (T)、左ラダーペダル前縁の変位量 (S) 及びラダートリムインジケータの指示値 (U) の関係は次のとおりであった。

ペダル変位速度： $S/T = 1.5$ (mm/sec)

指示値変位速度： $U/T = 0.5$ (unit/sec)

指示値単位のペダル変位量： $S/U = 3$ (mm/unit)

本重大インシデントでは、副操縦士はラダートリムSWをCCWに合計約12秒間操作していたので、その間で左ラダーペダルは18mm前方に変位し、右側ラダーペダルは18mm後方に変位し、インジケータの指示値は6ユニット動いたことになる。

2.5.8 コラムの変位量

同型機のコラムの変位について調査したところ、22時48分40秒にDFDRに記録されていた Control Column Position 2° (ラダートリムによるラダーの変位を補正するためにオートパイロットがエレベーターを動作させた操作量) に相当するコラム上端の変位量 (距離) は約3.5cmであった。

2.5.9 CDUの詳細

右席用のCDUは、写真2のとおり、左席と右席の間にあるAEパネルの前方部分にある Forward Aisle Stand の右席寄り部分に配置されており、その操作については、同社のAOM(737-NG)3-1-9に次のとおり規定されている。

(前略) 飛行中(TAXIを含む)においては両方の乗員がCDUのOperationに集中してしまう危険性を避けるため、CDUの入力は原則としてPMが実施する。ただし、EXEC Keyを使用する場合、Executeする内容をPFが確認してからPMがEXEC Keyを押す。(後略)

2.6 気象に関する情報

2.6.1 気象に関する情報

調査において収集した気象情報には、本件定期140便の運航に関わる悪天等の情報は認められなかった。また、運航乗務員及び客室乗務員の口述においても、悪天に関する情報はなかった。

2.6.2 夜間の明るさに関する情報

平成23年9月6日の事象発生地点の月に関する情報は次のとおりであった。

- ・月齢 : 8 (ほぼ上弦の半月)
- ・月の出時刻/方位 : 13時42分/115°
- ・月の入り時刻/方位 : 00時40分(7日)/246°
- ・正中時刻/高度 : 19時10分/34°
- ・事象発生時の方位/高度 : 230°/15° (同機の真後ろで仰角15°)

2.7 DFDR及びCVR (操縦室用音声記録装置) の情報

同機には、ハネウェル社製DFDR (パーツナンバー : 980-4700-042) 及びL3コミュニケーションズ社製CVR (パーツナンバー : 2100-1020-00) が装備されていた。

DFDRには、本重大インシデント発生時の記録が残っていたが、CVRは既に上書きされ有用な記録は残っていなかった。時刻は、DFDRに残されていた管制交信時のVHF送信キーの記録と管制交信記録に残されていた時報を照合して特定した。

2.8 フライトシミュレーターによる調査

フライトシミュレーターを用いて①ラダートリムSWの操作と航空機の機体の運動、②異常姿勢からの回復操作と機体の運動を確認した。

使用したフライトシミュレーターの諸元は次のとおりである。

型式 : タレス トレーニング アンド シミュレーション式 B737-700型

製造番号 : 61221558-040

種類及び区分 : 模擬飛行装置レベルD

模擬対象航空機型式 : ボーイング式737-700型

2.8.1 ラダートリムSWの操作と機体の運動

オートパイロット（LNAV/VNAVモード）、オートスロットルにより、高度41,000ftをM0.73で水平飛行中、ラダートリムSWを操作した場合の機体の運動について確認した。

(1) オートパイロット（LNAV/VNAVモード）による姿勢の維持

ラダートリムSWをCCWに操作して、ラダートリムインジケータの指示値を1ユニットずつ変位させ、そのときの機体の運動について確認し、次のとおりの結果となった。

－1～－3ユニットまで：航空機の方位と高度は安定的に維持され飛行を続けた。－3ユニットでは機体はロール角右約 2.5° となり、機首方位がCCWに 1° 変位した。

－4ユニット：機体は左にロールし始め、ロール角は継続的に増加していった。記録では最大 -128° まで増加し、その後、激しく増減を繰り返した。ロール角が -45° を超えた辺りからピッチ角が継続的に下がっていった。最大で -85° まで下がり、その後大きく増減を繰り返した。

－4ユニットでロール角、ピッチ角の変位が止まらなくなったことから、ここで確認を中止し、－5、－6ユニットの設定は省略した。

このことから、ラダートリムSWの操作に対してオートパイロット（LNAV/VNAVモード）が姿勢を維持できる限度は、ラダートリムインジケータの表示で、おおむね－3ユニット（本重大インシデントの操作量の半分程度）までであったと確認した。また、一度崩れてしまった姿勢はオートパイロットでは回復できないことを確認した。

(2) ラダートリムの操作量とロール角の関係

ラダートリムインジケータの表示で－4ユニットにした場合、ロール角が -60° に到達するのに要する時間は約57秒であった。

ラダートリムSWを6秒間（－3ユニットまで）操作して2秒操作を中断し、更に6秒間（－6ユニット）操作した場合は、2回目の操作のあとロール角が -60° に到達するのに要した時間は9秒であった。

これにより、ラダートリムSWの操作時間が長いほど、ロール角が大きく変位するのに要する時間が加速度的に短くなることを確認した。



左60° にロールしている状態 (フライトシミュレーターの表示)

2.8.2 異常姿勢からの回復操作と機体の運動

同機の飛行状況を再現するため、本重大インシデント発生時の状況を模擬して、オートパイロット (LNAV/VNAVモード)、オートスロットルにより、高度41,000ftをM0.73、ロール角 -0.2° ~ -1.7° 、ピッチ角 3.2° ~ 3.3° で水平飛行中、ラダートリムSWを操作した。

ラダートリムSWは6秒間 (-3ユニットまで) 操作して2秒操作を中断し、更に6秒間 (-6ユニット) 操作した。

ロール角がおおむね -50° に至った時点から、2.9.3に後述するAOM 2-3-1 Non-Normal Maneuversに基づく回復操作 (①Wing Level への最短の方向へ Roll する。②ラダーペダルは極力操作しない。) を実施した場合について機体の運動を確認した。本確認においては、3回の試みで3回とも姿勢を回復することができた。

異常姿勢から回復するまでの、機体の運動に関する記録の一例は次のとおりであった。(時間は全て回復操作開始からの経過時間である。)

- ・ロール角の変化：約1秒後に左方向最大である約 -55° となった後回復に向かい、約5秒後に約 -20° 、約13秒後に水平となった。
- ・ピッチ角の変化：回復操作開始時点で機首上げ方向に約 4.1° となった後、約2秒後に最小約 0.4° 、約7秒後に最大 8.5° を記し、徐々に安定していった。
- ・機首方位の変化：ラダートリムSWの操作後、姿勢回復操作開始時点までに、CCW方向に約 30° 変化したが、ロール角が -20° に回復した時点で約 40° まで変化し、約17秒後に最大である約 42° まで変化した。

- ・機体の高度：ラダートリムSW操作開始前41,022ftであったが、約7秒後に最小である40,912ftになった。
- ・機体の速度：ラダートリムSW操作開始前M0.7341であったが、姿勢回復操作開始時点までに最大でM0.7359になり、約12秒後に最小であるM0.7085になった。
- ・荷重倍数：ラダートリムSWの操作後、回復操作開始時点までに、最大約1.54Gになったが、約6秒後に回復操作中では最大である約1.52Gになった、約13秒後には最小である約0.82Gになった。

2.9 運航乗務員の訓練に関する情報

同社の運航乗務員に対する訓練のうち、本重大インシデントに関連のある訓練の概要は添付3のとおりである。具体的な訓練内容は次のとおりであった。なお、運航乗務員の訓練内容は国土交通省航空局が審査及び承認している。

2.9.1 ドアロックセレクターの操作に関連する訓練

同社においては、ドアロックセレクターの操作に関連する訓練を、副操縦士任用訓練路線課程（添付3を参照）で実施していた。

当該訓練は、その日の初便において、AOM「3-4 Preliminary Preflight Procedure-PM」及び同「4-2-1(9) Flight Deck Door Access System Test」の規定に基づき、飛行前点検でドアロックセレクターを操作してその動作を点検することで実施していた。この点検では、ドアロックセレクターの操作とドアの開閉との連携を確認する必要から、AEパネルの後方に立った位置でドアロックセレクターを操作していた。その日の第2便以降での訓練は、AOM「3-4 Preliminary Preflight Procedure-PM」に基づき、ドアロックセレクターの設定位置と異常表示の有無について着座状態で目視で確認することで行っていた。

同社が実施している、運航乗務員に対する訓練において、ドアロックセレクターを着座状態で操作することはなかった。

また、差異訓練における操縦室のスイッチの配置に関しては自学自習（e-ラーニングと配付資料の学習）であり、ドアロックセレクターの配置の違いについては学習させていたが、同社に両スイッチが誤認しやすいスイッチとの認識がなかったことから、誤操作の可能性についての注意は与えていなかった。

なお、差異訓練で最低限必要な訓練項目はFSB^{*19} Reportに要件が挙げられているが、ドアロックセレクターに関して、737-500から737-700に乗り換えるための訓練要件に「資料配付での学習」との記述があった。これは、ボーイング社が製造する737系列型式機では、737-700において初めて、2.5.6(1)に記述した強化型操縦室扉を装備することになったことによるものであった。

同社は、737-700の差異訓練に適用する訓練・審査の内容を検討する際に、FSB Reportを参考資料として利用していた。ここで、737-500のドアロックセレクターは、STC HOLDERと協議の上取り付けて、既に運用しており、形状、操作性なども737-700に予定しているドアロックセレクターと同様なものであったことから、737-700への差異訓練では、ドアロックセレクターについてはFSB Reportにおける737-500から737-700への移行訓練と同じく自学自習（eラーニング、資料配付等）で実施された。米国のODRテーブルを用いた検討システムに相当する、基準となる航空機と新規導入する航空機個別の相違点に関する詳細な比較・検討は、日本国内では制度上義務付けされていないため実施されなかった。

国土交通省航空局は、同社が策定した737-700の差異訓練を、型式の差異に関する同社の説明を受け訓練内容の適切性を審査した。

本重大インシデントでのスイッチ操作が明らかになるまで、同社において、両スイッチを誤認して操作しそうになったことが話題になったことはなかったとのことであった。なお、同社は、本重大インシデントを受けて実施した「点検フライト」の実施報告に併せて、点検フライトを実施した全運航乗務員を対象に、全体の品質向上を目的にした「誤操作の可能性があるSwitch類の情報共有」というアンケート形式の調査を行った。本アンケートは「過去の経験を基に各機種における誤操作の可能性があるSwitch類について自由に記載させるもの」であったが、様々な「誤操作の可能性があるSwitch類の組合せ」の情報が寄せられた。そのなかの一部に「737-500のドアロックセレクターと737-700のラダートリムSWが非常に近く、移行時に間違える可能性がある。」「この2つのスイッチはモーメンタリーのロータリースイッチであるという点が同じで、思い込みから抜け出せない可能性

*19 「FSB (Flight Standardization Board)」とは、型式評価を必要とする航空機について、新規あるいは変更された型式証明 (TC) ごとの、操縦士の資格取得基準 (最低限の訓練、審査等の要件) を決定するために設置される審査会である。FSB Reportは当該審査会が作成した報告書であり、航空会社の訓練計画や操縦士免許の承認に用いられる。各運航国はこのReportに基づいて、自国の操縦士の資格取得基準等を定めることが一般的になっている。差異訓練で必要になる最低限の訓練要件もこの報告書に規定されている。米国内では、運航会社が導入するそれぞれの航空機について、基準となる航空機との相違点を明確にするために、ODRテーブルと呼ばれる比較検討資料を作成して詳細に相違点をピックアップし、訓練項目の詳細を検討するシステムとなっている。

がある。」などの回答があった。

2.9.2 ラダートリムSWの操作に係る訓練

ラダートリムSWを操作する必要がある訓練は、副操縦士任用訓練、定期訓練、差異訓練等において、主にフライトシミュレーターで実施していた。ラダートリムSWの操作が必要な訓練は、シングルエンジンの科目で実施しており、その訓練では頻繁にラダートリムSWを操作する。

当該副操縦士は、平成23年5月に実施した差異訓練においてラダートリムSW操作を行っていた。

なお、差異訓練で最低限必要な訓練項目はFSB Reportに要件が挙げられているが、ラダートリムSWの操作に関して、737-500から737-700に乗り換えるための訓練要件にはなっていない。

2.9.3 異常姿勢からの回復に係る訓練

副操縦士の異常姿勢からの回復訓練 (Upset Recovery Training) は定期訓練において、フライトシミュレーターで実施していた。当該訓練は、AOM「2-3-1 Non-Normal Maneuvers」に規定する手順で異常姿勢を回復させることを到達目標にしていた。

AOM 2-3-1 に規定する、異常姿勢 (Upset) の状態とその回復手順は次のとおりである。この回復手順はボーイング社が提供している Flight Crew Operations Manualに基づいて作成されているため、航空機型式が同じであれば運航会社が違ってもほぼ同じ内容になっていた。

Upset Recovery

Upset とは一般的に、意図せずに下記の状況になった場合と定義される。

- ・ 25° を超える *Nose Up Pitch Attitude*
- ・ 10° を超える *Nose Down Pitch Attitude*
- ・ 45° を超える *Bank Angle*
- ・ 上記の範囲内ではあっても、状況に不適切な *Airspeed* での飛行

以下の *Technique* は機を立て直すための操作の過程を示している。これらの操作手順は *Guidance* であり、状況に応じ手順を入れ替えて実施しても良い。*Recovery* が始まれば全ての操作手順を実施する必要はない。必要な場合、*Pitch Trim* は控えめに使用する。*Aileron* による *Roll Control* が効かず、かつ機が *Stall* 状態でない場合に限り、*Rudder* による *Roll Control* の *Assist* を考慮する。ただし、その場合でも *Rudder* は慎重に操作しなければならない。

これらの Technique は機が Stall していないことを前提にしている。いかなる姿勢においても Stall 状態になりうるが、それは下記のいくつかの現象を伴う Stick Shaker の連続的な作動により認識できる。

- ・ Buffet (時には強い場合がある。)
- ・ Pitch や Roll Control が困難
- ・ Descent Rate が止められない。

機が Stall している場合は、まず、Stall 状態からの回復をはからなければならない。機が Stall 状態から脱し、Stick Shaker の作動が止まるまで Elevator を Nose Down に維持しなければならない。

Nose High Recovery

(中略)

Nose Low Recovery

P F	P M
<ul style="list-style-type: none"> ・ 状況を認識し、確認する。 	
<ul style="list-style-type: none"> ・ Autopilot 及び Autothrottle を Disengage する。 ・ Stall 状態であれば、まず Stall から回復する。 ・ *Wing Level への最短の方向へ Roll する。 (Bank Angle が 90° を超えている場合は機体に負荷をかけないように Wing Level にする。) ・ 以下によって Level Flight に Recovery する。 <ul style="list-style-type: none"> － Nose Up Elevator を使用する － *必要なら Nose Up Trim を使用する － 必要に応じ Thrust と Spoiler を調整する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ Recovery 中、Attitude、Airspeed、および Altitude を適宜 Callout する。 ・ 必要な操作が全て実施されていることを確認する。実施されていない項目があればその旨 Callout する。

WARNING: *Pitch Trim や Rudder の過大な使用は Upset 状態を更に悪化させ、Loss of Control や機体構造へ大きな負荷をかける可能性がある。

同社が定期訓練で実施する Upset Recovery Training で、フライトシミュレーターに設定する異常姿勢は次のとおりであり、①と③、あるいは②と③の組合せで実施していた。組合せは訓練日の担当教官が決定していた。

- ① Excessive climb angle +30° (ピッチ角 + 30°)
- ② Excessive dive angle -15° (ピッチ角 - 15°)

③ *Excessive bank angle right/left +115° /-115°* (ロール角±115°)

同社の Upset Recovery Trainingは、高度10,000ft以下で実施していた。
失速警報が作動することを想定した当該訓練は実施していなかった。

また、フライトシミュレーターによる訓練中、次に与えられる課題が Upset Recovery である場合には、教官から「目を閉じて下さい」などと指示されるため、当該訓練の訓練生は、次の課題が Upset Recovery であることを予期できる状況にあった。

なお、ANAグループ（全日本空輸株式会社、株式会社エアーアジア及びANAウィングス株式会社）及びJALグループ（日本航空株式会社、株式会社ジェイエア、日本トランスオーシャン航空株式会社、株式会社JALエクスプレス、琉球エアークommunicuter株式会社、日本エアークommunicuter株式会社及びジェットスター・ジャパン株式会社）の各社において、高度25,000ft以上（以下「高高度」あるいは「High Altitude」という。）で Upset Recovery Trainingを実施している航空会社は存在していない（平成25年10月1日現在）。

2.9.4 高高度の運航に係る訓練

同社は、高高度の運航に関する訓練を、ブリッジ訓練（添付3を参照）においては座学とフライトシミュレーターによる実技で、定期訓練においてはフライトシミュレーターによる実技で実施していた。

高高度に関する学科訓練及びフライトシミュレーターを用いた訓練について、同社の「Bridge Training Manual」に次のとおり規定していた。

学科訓練（中略）

④運用性能：(21+00)（中略）

⑤JET ENGINE：(14+00)

BRIDGE訓練目的

本BRIDGE訓練はB737-500模擬飛行装置を使用し、第4世代JET機に副操縦士昇格させるにあたり以下の点について対応することのできる能力の付与を行うことを目的とする。（中略）

BRIDGE 訓練概要

1) JET機特有の高高度・高速度での運用

訓練概要：High Alt Operation（体験科目）

訓練目的：Knowledge に対する付与（High Alt Operation に対する体験）

訓練科目：FLT Characteristics

2) JET機の運動特性

訓練概要 : JET Maneuver (体験科目)

訓練目的 : Technical Skill に対する付与 (後退翼、JET ENG の特徴及び理解)

訓練科目 : FLT Characteristics (中略)

ブリッジ訓練の学科訓練においては「高高度を高速で飛行する場合の飛行特性」に関する知識付与を行っていた。フライトシミュレーターを用いた訓練においては「High Altitude Operation」として次の体験訓練を実施していた。

- Mach/IAS Change Over
- Recovery Mach Buffet/Speed Buffet/Turn "G" Buffet
- EMERGENCY DESCENT
- ENG FLAME OUT then DRIFT DOWN

定期訓練においては、フライトシミュレーターを用いて「DRIFT DOWN (エンジン1機が故障した場合の降下)」「RAPID DECOMPRESSION and EMERGENCY DESCENT (機内気圧が急に減圧した場合の緊急降下)」等の課題が高高度で実施されるが、いずれの場合もオートパイロットに降下目標高度を設定して実行させるという内容の訓練である。

高高度で飛行中に、オートパイロットをオフにして事態に対応する訓練を実施しているものには「Traffic Avoidance (衝突防止)」があった。

2.9.5 運航乗務員の訓練に関する国際的動向

(1) Upset Recovery Training について

Airplane Upset Recovery Training Aid ^{*20}Revision 2 (November 2008) の SECTION 1 Overview for Management 1.1 General Goal and Objective に次のとおり記述されている。

The goal of the Airplane Upset Recovery Training Aid is to increase the pilot's ability to recognize and avoid situations that can lead to airplane upsets and improve the pilot's ability to recover control of

*20 「Airplane Upset Recovery Training Aid」とは、世界の航空機製造会社、航空機運航会社、パイロット協会、飛行訓練組織、及び政府と監督機関が共同で開発した、異常姿勢からの回復訓練のためのリソースとなる補助教材であり、異常姿勢から生じる制御不能に起因するアクシデント件数を減少させるための訓練に利用されている。最新のRevision2では、高高度における異常姿勢からの回復にかかる当該訓練が開発され教材が追加されている。

an airplane that has exceeded the normal flight regime. This can be accomplished by increasing awareness of potential upset situations and knowledge of flight dynamics and by application of this knowledge during simulator training scenarios.

****抄訳****

この補助教材の目標は、パイロットが異常姿勢に至る事態を認識・回避し、異常姿勢からの回復能力を増強させることにある。これは、異常姿勢に陥る可能性のある状況に対する認識力と飛行力学の知識を高め、その知識をシミュレーター訓練中に適用することで達成される。

****抄訳終わり****

また、同訓練補助教材の Section 3 Example Airplane Upset Recovery Training Program にはシミュレーターの性能限界とその影響について次のとおり記述されている。

However, airplane upsets often will involve g load excursions and these cannot be duplicated within the simulator environment. They have not been designed for the purpose of replicating upsets, and as such, whenever maneuvering involves vertical or lateral loading, the realism degrades. This is a very important point for both the trainee and the instructor. Instructional content must acknowledge this limitation and fortify instructional content based upon the trainee's prior flight experience with g load excursions. Without this instructional input, a positive learning goal can be transformed into a negative learning experience.

****抄訳****

しかしながら、異常姿勢になった場合には大きな g 荷重が掛かることが多いが、シミュレーターでは再現することができない。シミュレーターは異常姿勢を再現することを目的に設計されたものではなく、垂直か横方向の荷重が関係するときは常に現実性が低下する。これは、訓練生とインストラクターにとって非常に重要なことである。訓練内容はこの制約を踏まえたものでなければならない。そして、訓練生のそれまでの過荷重の飛行経験に基づき訓練内容を補強しなければならない。このような措置を行わないと、訓練が逆

例示されたフィードバックディスプレイの上段に配置された2画面が動作確認エンベロープを表示している。

****抄訳****

添付A

Upset Recovery 演習の評価

1. 基礎的要件：Upset Recovery Training (URT)演習の認可のための基本要素は以下のとおりである。

- a. 用意されたURTタスクを実行している間は、FSTDが設計された動作確認エンベロープ内に留まることが確かめられること。
- b. URT タスクを実施する練習生の技倆を適切に評価するための最小限のフィードバックツールを、インストラクター／評価者に提供すること。

****抄訳終わり****

また、FAAは、2013年11月5日、米国航空会社に対して、乗員の教育訓練プログラムを5年以内に抜本的に改善することを求める規則改正を行った。これは、2009年2月12日に発生したコルガン航空DHC-8-400の失速墜落事故（搭乗者全員49名と地上の1名が死亡）を契機としたものであり、同改正では失速及び異常姿勢に関する教育訓練の内容を大幅に強化し、失速及び異常姿勢の認知、予防及び回復操作のシミュレーター訓練を義務化している。さらに、FAAはシミュレーターの訓練効果を高めるため、失速や異常姿勢に陥った状態を適切に模擬できるようにシミュレーターの再現性を高めることを求める規則改正も検討中である。

EASAにおいても、FAAと同様に、異常姿勢からの回復訓練の強化を求める規則改正を検討中である。（上記コルガン航空の事故と同年に発生したエアフランスA330の墜落事故（2009年6月1日、搭乗者全員228名死亡）もコルガン航空DHC-8-400と同様にストールに陥り、異常姿勢から回復できないまま墜落に至っている。）

(2) 予期せぬ事態に対応する訓練

近年のUpset事故を踏まえ、一部のパイロットが予期せぬ事態（特に初期の失速状態）に対応する能力を有していない状況が確認されたことで、予期せぬ事態への操縦士の対応能力を高めることがUpset RecoveryとStall Recoveryにおける喫緊の課題であると認識され、対策の強化が国際的に図ら

れている。

そのような国際的取組の最近の成果は、2012年8月に発行されたFAAのAC120-109 (Stall and Stick Pusher Training)である。このACの作成には、ボーイング、エアバスを始めとする航空機製造会社や欧米主要航空会社、国際的パイロット団体などが参加している。このACでは、予期せぬ事態に対する訓練の重要性が次のように強調されている。

Startle has been a factor in stall incidents and accidents. Although it may be difficult to create the physiological response of startle in the training environment, if achieved, startle events may provide a powerful lesson for the crew. The goal of using startle in training is to provide the crew with a startle experience which allows for the effective recovery of the airplane. Considerable care should be used in startle training to avoid negative learning.

****抄訳****

失速を伴うインシデントや事故において、「驚き」は一つの要因であった。訓練の環境においては、驚きの生理的反応を生じさせることは難しいであろうが、もしそのようなことが可能であれば、クルーには効果的なレッスンとなるだろう。訓練に驚きを入れる目的は、クルーに、飛行機の効果的な回復に役立つ驚きの経験を与えることにある。驚きの訓練は、逆効果を生じさせないように注意深く行わなければならない。

****抄訳終わり****

2.9.6 1名で操縦中に異常状態になることを想定した安全教育

同機は2名で操縦する飛行機であることから、同社では運航乗務員に対し、1名で操縦しているときに異常事態になることを想定して、飛行状態を監視し異常状態を未然に防止する、あるいは異常状態に対処するための安全教育については実施していない。なお、平成25年11月1日現在、ANAグループ及びJALグループにおいて、1名で操縦しているときに異常事態になることを想定した安全教育を実施している航空会社は存在しない。

2.10 重大インシデント発生後の対応に関する情報

2.10.1 航空機の点検整備状況

同機が東京国際空港に到着後、本重大インシデントの発生を受けて、同社は次のとおり特別点検を実施した。

(1) 平成23年9月6日

同機がスポットインした後で、整備士Aは同機において運航乗務員から次のとおりの情報を入手した。

- ・操縦室のドアを解錠しようとして、誤ってラダートリムSWを操作した。
- ・バンクし、機首下げとなって速度超過となった。超過した速度は不明。

その後、整備士Bは乗員室において状況確認を行い、運航乗務員から次のとおりの情報を入手した。

- ・41,000ft付近で左にバンクし、更にバンクが深くなったため、修正操作をしたが、オーバースピードワーニングが作動した。

整備士は運航乗務員の報告を受けて、同社の機体作業基準^{*22} P A R T II (以下「機体作業基準」という。)に規定する「最大運用限界速度 (M M O) を超過した場合必要になる特別点検 (H 項)」(詳細は後述)を実施し、異常がないことを確認した。さらに、同機のQ A R を機体から取り外し保管した。なお、この特別点検は点検項目が非常に多いことなどから点検に長時間を要し、点検開始時刻が遅れると翌日の運航スケジュールに影響を与えてしまうことになる。このため、Q A R のデータを基に最大運用限界速度を超過したか否かを確認することなく安全サイドを選択して実施が決定されたものである。

(2) 平成23年9月7日

同機はスケジュールどおりに4便運航した。

機長の報告を受けて運航部門がQ A R を解析していたところ、同機は、本重大インシデント発生時に、荷重倍数が制限荷重限界 (+ 2.50 G) を超えて + 2.68 G に達していたことが確認された。

確認された時点で駐機中であった同機に対して、機体作業基準に規定する「制限荷重限界を超えた場合に必要になる特別点検 (J 項)」(詳細は後述)を実施し、異常がないことを確認した。その後1便運航した。

(3) 平成23年9月8日

整備部門がQ A R の解析を更に進めたところ、スティックシェーカーが作

*22 「機体作業基準」とは、航空法に基づき、航空運送事業者が作成し、国土交通大臣の認可を受けることが義務付けられている整備規程(整備従事者、整備基地、整備の方式、整備の実施方法等を規定したもの)の付属書の一つであり、製造者が作成した整備に関する技術資料に基づき航空機の整備の実施方法及び不具合が発生した場合に修理等の処置を行う手順を定めたものである。

動していることが確認されたため、機体作業基準に規定する「失速があった場合に必要になる特別点検（I項）」（詳細は後述）を実施し、異常がないことを確認した。同日は同機の運航を終日休止した。

2.10.2 関係者の口述

(1) 機長

着陸してスポットイン後、機長は、整備士Aからサービスインターホンで異常の有無を確認されたので、速度超過とオーバーストックした可能性があると話した。

機長は、乗客の降機後、操縦室に入ってきた整備士Aに状況を話した。詳しいデータがないことから、とにかく速度超過とオーバーストックした可能性があるので調べてほしいと話した。

機長は、その後、乗員課長と連絡を取りながら、乗員室に戻り、レポートを書くなどしていた。そこに整備士Bが来て、どういう状況か聞かれた。機長は、よく分からないことを伝えるわけにはいかないと判断し、とりあえず速度超過とオーバーストックした可能性があるが具体的な数値はQARの解析が必要だと話したところ、整備士Bは納得して帰って行ったと記憶していた。

(2) 副操縦士

乗員室には整備士Bがいた。状況を聞かれたので、機長が、速度超過とオーバーストックがあったがどの程度かは分からないと答えた。「整備士Bは調べてみると回答したような気がする」と副操縦士は曖昧に記憶していた。

副操縦士は、機長に対し、経路を変更しPQEに向かえと管制官から指示がありアクセプトしたこと、CDUの入力操作中に入室の合図があったこと、誤ってラダートリムSWを動かしたこと、737-500の感覚でドアロックセレクターを回すようにラダートリムSWを回したことを報告して、情報を共有した。

その後、副操縦士は機長と共に乗員室でレポートを作成した。フライトログは機長が入力した。速度超過、オーバーストックを入力した。

00時30分ごろ、乗員課長から電話連絡が入ったので、副操縦士は状況を報告した。副操縦士は、機長が化粧室に行き戻るときに発生したこと、スイッチを間違えたこと、オーバーストックして姿勢が不安定になったこと、速度超過があったこと、高度が41,000ftから36,000ftに降下したことなどを報告した。

乗員課長から帰宅の許可があったので、副操縦士は午前1時前後に帰宅した。

(3) 乗員課長

就寝中、23時48分に当該機長から運航トラブルについて、携帯電話に連絡が入った。乗員課長は、機長の報告内容を次のとおり記憶していた。

「新島の西80nm、高度41,000ftで機長がトイレから戻って操縦室のドアを開けようとしたときに発生した。

ドア越しにオーバースピードワーニングとバンクアングルアラートが聞こえた。その後入室し、操縦を交替した。操縦室にいなかったから見てはいないが、副操縦士はドアロックセレクターとラダートリムSWを間違えて操作したと説明した。操縦を交替した時点で高度は36,000ftを維持していた。着陸後、整備士に最大運用限界速度(MMO)を超過した措置をお願いした。」

2.11 点検整備の規定に関する情報

2.11.1 乱気流、失速、設計速度超過等の場合の点検整備

乱気流、失速、設計速度超過等の場合の点検整備について、同社の機体作業基準の概要は次のとおりである。

- (1) 速度が最大運用限界速度(MMO)を $M0.02$ 以上超過した場合
Examine Airplane Structure(H) (以下「H項」という。)を実施する。
- (2) タービュランスに遭遇して、荷重倍数が $+2.5G$ を超えた場合
H項に加えて、Cabin Inspections(J) (以下「J項」という。)を実施する。
- (3) 初期バフエット(翼面の気流の剥離による振動)が発生した若しくはスティックシェーカーが作動した後、失速に至った場合
Stall (After Initial Buffet or Stick Shaker) Structural Inspection(I) (以下「I項」という。)を実施する。

これらの点検は、機長の報告を受けて、調査し実施するものとしていた。

また、同社はボーイング社に問い合わせ、I項は全てH項に包含されている(H項を実施した場合には改めてI項を単独で実施する必要がない。)ことを確認した。H項、I項及びJ項の点検内容並びに確認されたそれらの包含関係は次表のとおりであった。

同社が実施した特別点検の内容と包含関係

点 検 内 容	H項	I項	J項
①胴体外板を機体外から詳細点検 (部位：主脚格納庫竜骨ならびに胴体後方部)	○		
②圧力隔壁ならびに圧力隔壁後方部の詳細点検 (水平尾翼の作動メカニズムの点検を含む)	○	○	
③水平尾翼外観点検	○	○	
④昇降舵外観点検	○	○	
⑤垂直尾翼外観点検	○		
⑥方向舵外観点検	○		
⑦主翼/胴体取付部外観点検	○		
⑧主翼外観点検	○		
⑨主翼翼端外観点検	○		
⑩補助翼外観点検	○		
⑪各動翼の作動点検 (スムーズに動くことを確認)	○	○	
⑫エンジン・カウリングの外観点検	○		
⑬燃料・作動油漏れ点検	○		
⑭着陸装置扉、噴出口及び点検口の点検	○		
⑮客室内の天井パネル/手荷物収納棚等の目視点検			○

2.11.2 機長の報告

機長が整備士に行う報告に関して、OMの2-4-2の③では次のとおり規定している。

なお、飛行中の飛行機の状態について、特に異常を認めた事項は整備担当者に報告する。

また、OMの S-8-5 の 3. Air Safety Reportの③「会社が報告を求めるもの」には、本件に関連するものとして次の規定がある。

3-3-6 運用限界を超えた場合 (突風等により瞬間的に運用限界を超えた場合で、かつ機体、重要なシステムへの損傷や操縦性への影響がない場合)

3-3-13 飛行中に Stall Warning が作動、あるいは Buffet が発生した場合

3-3-16 Severe Turbulence に遭遇した場合

3-3-17 意図せずに高度、速度、姿勢が大きく変化した場合

2.11.3 整備作業とQARの取扱い

飛行記録（DFDR、QAR）とその解析等について、同社は「飛行記録取扱要領」を定めていた。整備作業の一環として飛行記録データを解析する必要があった場合にはこの要領が適用されることとなっていた。

整備本部ラインメンテナンスセンターは、同要領に基づき、飛行記録解析システムの使用と、ユーザーアカウントの使用を許可されていた。

2.12 その他必要な情報

2.12.1 ボーイング社のラダートリムSWの形状

ボーイング社が設計・製造している、737系列型式機を除く機種種のラダートリムSWの形状は、右図に示した777シリーズの例に示すとおり、「つば」がない円筒形となっている。



777のラダートリムSW

2.12.2 フライファースト

フライファーストとは「航空機を安全に運航させるために必要なことを最優先にして行動する」という、運航乗務員の行動規範のことである。換言すれば、いかなる状況下においても、機体の操縦／制御とそれに必要な監視を継続するということであり、同社を含めた運航会社の運航乗務員においては共通の理解となっている。

本重大インシデント発生当時、同社はAOR（Airplane Operations Reference：AOMの内容を補足又は解説したもの。）に、操作手順設定上の方針として「いかなる状況下であっても『飛行の継続』が安全第一であり、全ての操作に対して、Fly Firstを最優先とする。」と規定していた。

なお、全日本空輸株式会社の当時のPOLICY MANUAL^{*23} 4-1-1には、次のとおり規定されていたので、参考のために引用する。

4-1-1 Fly First

運航乗務員は、いかなる状況においても、機体の Control とそれに必要な Monitor を継続しなければならない。

- ① PFは、適切な機体姿勢、速度、高度、 Configuration の維持および Steering 操作に努めなければならない。
- ② PMは、可能な範囲でこれらを Monitor し、疑問が生じた場合は自身の考える

*23 「POLICY MANUAL」とは、運航会社が任意で制定する社内規程であり、主に運航乗務員を対象として、会社の運航理念、運航業務全般にわたる基本事項等を定めるものである。運航乗務員は、本マニュアルに従って行動することが求められている。

ところに従い、躊躇なくAssertionする。

③ 機長は飛行の Priority と運航乗務員の役割分担を明確にする。

2.12.3 機長の操縦室退室に関連する規定

飛行中に1名の操縦士が操縦席を離れる場合に関連して、同社はOMに次のとおり規定していた。

8-9 機長の権限及び責任（中略）

⑦ 機長は、操縦席を離れる場合、予測される事項について代行者に必要な指示を与えると共に、操縦室に戻った際、代行者より、離席中の運航について速やかに報告を受けなければならない。（後略）

2-3-7 運航乗務員による酸素マスクの使用（中略）

② 高度25,000ft以上でやむを得ず一名の操縦士が操縦席を離れる場合、その者が帰着するまでの間、他の操縦士は酸素マスクを使用する。

飛行中、運航乗務員のうち1名が操縦室を離れて他の運航乗務員が操縦室に1名となる場合において、安全運航を維持するために遵守すべき基本的事項（以下「運航乗務員が1名で運航を継続する場合の基本的遵守事項」という。）に係る具体的な規定は同社になかった。

一方、操縦室の操縦士が1名となる場合に関連して、ICAOのFRMS^{*24} Manual for Regulators, Appendix B. Procedures for controlled rest on the flight deck（操縦室における管理された休憩の手続き）に運航乗務員の休憩について記述されている。本 Appendix B は操縦室内で運航乗務員のうち1名が仮眠する場合の注意書きに相当するものであるが、結果的に1名が仮眠する場合は単独で操縦することになり、そのとき緊急事態になった場合には運航乗務員が1名で操縦室に残っているときに緊急事態になった場合と共通点があるので、次にその一部を引用する。

・ *It should only be used during low workload phases of flight (for example, during cruise flight).*

・ *The autopilot and auto-thrust systems (if available) should be operational.*

*24 「FRMS (Fatigue Risk Management Systems)」とは、業務遂行中の乗員が適正な覚醒レベルを保つことを目的に、科学的原理、知識及び運航経験に基づき、データにより疲労関連の安全リスクを継続的に監視・管理する手段である。

・ Any routine system or operational intervention which would normally require a cross check should be planned to occur outside controlled rest periods.

・ Hand-over of duties should be reviewed.

・ During controlled rest, the non-resting pilot must perform the duties of the pilot flying and the pilot monitoring, be able to exercise control of the aircraft at all times, and maintain situational awareness.

・ Procedures for controlled rest on the flight deck should be published and included in the Operations Manual.

****抄訳****

- ・ フライト中のワークロードが低い時間（例えば巡航中）を利用する。
- ・ 使用可能ならば、オートパイロットとオートスロットルを使用する。
- ・ 通常クロスチェックを必要とする事項は、管理された休憩時間外に行うよう計画する。
- ・ 引継事項をチェックする。
- ・ 管理された休憩の間、休憩しない操縦士はPFとPMの業務を遂行する必要がある、いつでも操縦を行うことができるようにして、状況認識のレベルを維持する。
- ・ 操縦室における管理された休憩の手順は、OMに含まれて発行されなければならない。

****抄訳終わり****

2.12.4 飛行中の操縦室入室手順

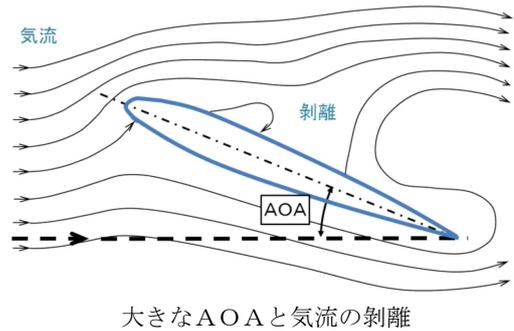
飛行中の操縦室入室手順に関してOMの 6-2② に「操縦室ドアの開閉を行う場合は、機長の許可を受けた上、所定の方法にて行うこと。」と規定していた。

当日の入室手順は、機長が具体的な手順を定めて乗務員に周知していた。その手順によれば、運航乗務員が入室する場合は所定の合図を送ることになっていた。

2.12.5 AOAとスティックシェーカー

失速状態とは、AOAが大きくなると、翼の上面を流れる気流が翼から剥離して、揚力が減少し、大きな抗力（機体の速度を落とす力）が発生する現象をいい、そうなるときのAOAを失速迎え角（AOAs）という。

AOAsはレイノルズ数（物体の周囲の流体の流れにおいて、慣性力と粘性力のどちらが支配的かを表した数値であり、数値が大きくなるほど慣性力が支配的になる。）に対応している。また、AOAがAOAsを上回ると、右図のように流れが翼の表面から剥離し、揚力が失われる（失速）。



多くの失速警報システムは、不用意に失速状態に入るのを防ぐために、AOAsに十分なマージンを持った失速警報迎え角（AOAs_s）を失速警報システム内に設定し、計測した迎え角がAOAs_sを上回ると失速警報を作動させる仕組みになっている。

なお、同機の失速警報システムには上記の仕組みが採用されており、スティックシェーカーが実装されている。

2.12.6 オーバースピードワーニング

航空機の運用速度は、設計速度を基準として設定されるものである。設計速度は、機体の強度の要件を満足し、翼面の気流の剥離による振動などが一定の制限内で、安全に飛行できる設計基準として設定されるものである。

最大運用限界速度（ V_{MO}/M_{MO} ）は上昇・巡航・降下など全ての飛行段階で故意に超過してはいけない速度のことである。一般的に、 V_{MO}/M_{MO} は、設計急降下速度（ V_D/M_D ：設計速度では最大のものである。）より十分低い速度が選ばれる。同機の M_{MO} は $M_{0.82}$ 、 M_D は $M_{0.89}$ である。

オーバースピードワーニングは、機体の速度が V_{MO}/M_{MO} を超過すると操縦士にクラッカー音で警告するものである。

2.12.7 Aircraft Condition Monitoring System (ACMS) ^{*25}

同機にはACMSが導入されていたが、主にエンジンの状態をモニターすることで、整備を確実に進めるためのシステムであった。今回のように速度超過、制限荷重限界超過、失速の可能性のある状態（Stick Shaker作動）になった場合に、運航乗務員若しくは整備士に通知するような機能は導入されていなかった。

*25 「Aircraft Condition Monitoring System（機体状況監視システム）」とは、エンジン、APU（補助動力装置）及び各種機上システムのデータを収集し、何らかの事象が発生した場合、QARに記録、ディスプレイに表示、機上プリンターに印刷、地上の整備等に報告するシステムである。機上のハードウェアやシステムコアソフトウェアといった既存のプラットフォームの上に、アプリケーションソフトウェアとして構築するものであり、航空会社独自で仕様を決めて導入している。

3 分析

3.1 一般事項

3.1.1 乗務員の資格と健康状態等

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。また、2.1.2(1)及び(2)に記述したとおり、両名の本重大インシデント発生時における健康状態は良好であったものと推定される。

3.1.2 航空機の耐空証明書等

同機は、有効な耐空証明を有し、所定の整備及び点検が行われていた。

機体の異常を示すデータ、口述はなかったことから、同機の機体の状態は本重大インシデント発生には関与していなかったものと推定される。

3.1.3 気象との関連

当日の気象状態は、本重大インシデント発生には関与していなかったものと推定される。

3.2 副操縦士のスイッチ操作に係る分析

2.1.1 及び 2.1.2(2) に記述したとおり、本重大インシデントではドアロックセレクターを操作するつもりで、誤ってラダートリムSWを操作したことが発端となり、様々な事象を経て機体が急降下するに至ったものと推定される。また、2.5.3 に記述したとおり、この両スイッチはAEパネル上に配置されているものである。

誤ってラダートリムSWを操作することがなければ、その後の全ての事象は発生しなかったものと認められるので、副操縦士のスイッチ操作について詳細を分析した。

3.2.1 誤ってラダートリムSWを操作した経過

2.1.1 及び 2.1.2(2) に記述したとおり、副操縦士が誤ってラダートリムSWを操作した経過は、おおむね、次のとおりであったものと推定される。

- ・機長が操縦室から退室し、副操縦士が1名で操縦している状況であった。
- ・副操縦士は、管制官から経路変更の指示を受け、CDUに経路変更を入力した。
- ・副操縦士が経路変更を入力しているときに、機長から入室の合図があった。
- ・副操縦士は、経路変更の実行をCDUに入力した。
- ・副操縦士は、解錠を待つ機長をモニターで確認した。
- ・ドアロックセレクターを操作するつもりで誤ってラダートリムSWを操作した。

3.2.2 737-500のドアロックセレクターの操作記憶

2.4.2に記述したとおり、737-500は初めて副操縦士として乗務した型式機であることから、副操縦士は操縦室のスイッチの配置や操作方法についても、十分に訓練したものと考えられる。訓練修了後、副操縦士は、平成19年1月24日から平成23年5月8日までの約4年3か月の期間、737-500に乗務していたが、2.1.2(2)に記述したとおり、その期間中は半年に1回程度機長がフライト中に退室しており、その際に行ったドアロックセレクターの操作は、手を伸ばす、見る、押し込む、回す、保持するといった一連の操作記憶として副操縦士にさらに定着していったものと考えられる。その結果として2.1.2(2)に記述したとおり、今回のことがあるまで(737-500に乗務中)は、間違っラダートリムSWを操作したことも、間違っ操作しそうになることもなかったと考えられる。

しかしながら、737-700に機種変更して以降のドアロックセレクターの乗務中の操作機会は、2.5.5(1)に記述したとおり、飛行前点検において、その日の初便であった場合にAEパネル後方に立った状態での操作であり、着座状態での操作ではなかった。さらに、2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は737-700に乗務を開始してから、飛行中にドアロックセレクターを操作しようとしたのは、今回が初めてであったとしている。したがって、737-700の乗務経験においては737-500のドアロックセレクターの操作記憶を修正する機会は十分でなかったと考えられる。

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、ほぼ737-500のドアロックセレクターの位置にあった737-700のラダートリムSWをドアロックセレクターのように押し込むように回したとしている。したがって、737-500におけるドアロックセレクターの操作記憶が十分に修正されずに残ったまま今回の誤操作に至ったと考えられる。

これらのことから、副操縦士に737-500のドアロックセレクターの操作記憶が十分に修正されずに残っていたことが誤操作に関与したと考えられる。

3.2.3 両スイッチの類似点

2.1.1(2)に記述したとおり、副操縦士はドアロックセレクターを操作するつもりで、ラダートリムSWを見た上で、ドアロックセレクターのときのように押し込むように回したとしている。また、2.9.1に記述したとおり、本重大インシデント発生を受けて実施した同社のアンケート形式の調査において「737-500のドアロックセレクターと737-700のラダートリムSWが非常に近く、移行時に間違っ可能性がある。」「この2つのスイッチはモーメンタリーのロータリースイッチであるという点が同じで、思い込みから抜け出せない可能性がある。」との回答が

寄せられた。

これらのことから、2.5.4及び2.5.5に記述した形状の相違があるにもかかわらず両スイッチが間違いやすいものとなっている可能性があるので、両スイッチについて詳細に分析することとした。

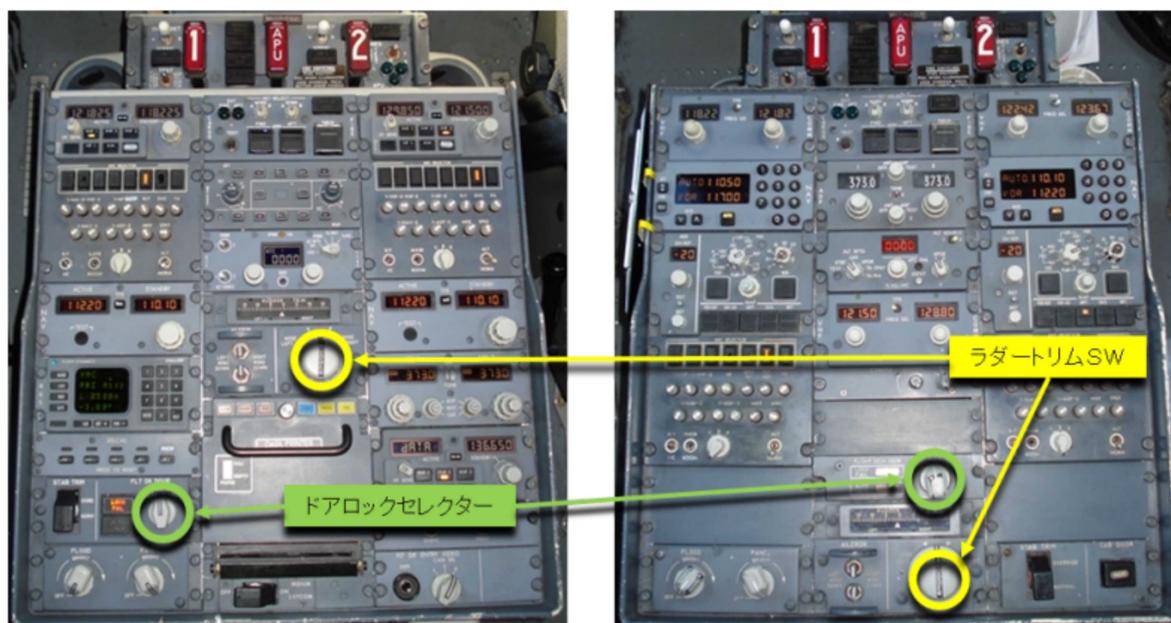
(1) 両型式機の両スイッチの配置

2.5.6に記述したとおり、副操縦士が以前乗務していた737-500も、737-700と同様に両スイッチはAEパネルに配置されていた。

右席に着座していた副操縦士は、写真2及び2.1.1の22時48分25秒に記述したとおり、CDUに左手で経路変更の実行を入力した後、外部モニターで機長を確認しながら、その左手を後方に移動させてドアロックセレクターを操作しようとしたものと考えられる。

一方、2.5.3及び2.5.6に記述したとおり、737-700のラダートリムSWの位置は、着座した副操縦士の左側やや後方の「AEパネルの中央付近」であり、副操縦士の操作記憶に修正されずに残っていたと考えられる737-500のドアロックセレクターはその約10cm後方に位置することになる。

また、左手を前から後ろに、パネル中央付近を動かしてきたとき、最初に触れる丸いスイッチが、737-500の場合にはドアロックセレクターで、737-700の場合はラダートリムSWということになる。



737-700 (同機)

737-500 (副操縦士が以前乗務していた型式機)

このことから、誤操作には、737-500のドアロックセレクターと、737-700のラダートリムSWの配置が近接していたことが関与したと考えられる。

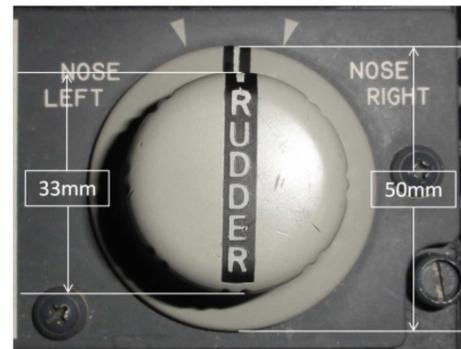
(2) 両スイッチの大きさや形状

2.5.4及び2.5.5に記述したとおり、737-500のドアロックセレクターと737-700のラダートリムSWは全体的には大きさや形状が異なっている。しかしながら、詳細に見ると次の類似点がある。

まず、これらのスイッチには最下部に「つば」が付いていて、押し込もうとする力を受けとめやすい形状になっている。また、両スイッチは、操作する場合には「トルク」が必要になるため、第1指から第3指を用いてしっかりとつまんで回さなければならない大きさであると考えられる。



ドアロックセレクターの外観
(737-500)



ラダートリムSWの外観

この、「つば」付きの形状としっかりとつままなければ回せない大きさという類似点が誤操作に関与したと考えられる。

なお、2.12.1に記述したとおり、ボーイング社の他機種においては、「つば」がない円筒形のラダートリムSWが採用されており、ドアロックセレクターの形状とは類似性が低いと考えられる。

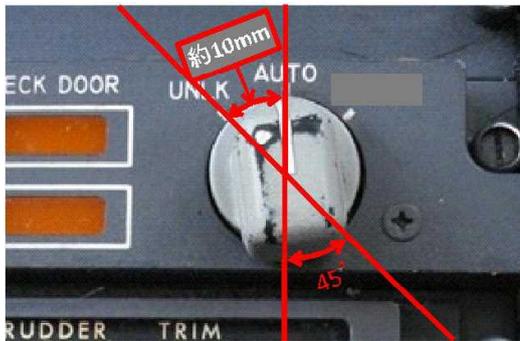
(3) 両スイッチの動き（操作性）

2.5.4及び2.5.5に両スイッチの操作性について記述したが、737-500のドアロックセレクターと737-700のラダートリムSWそれぞれの操作上の類似点を分析・整理すると下表のとおりとなった。使用している略号は、表中に限り、「RUDT」はラダートリムSW、「DOOR」はドアロックセレクターである。分析結果は類似性の高いものから順に◎、○、△で表した。

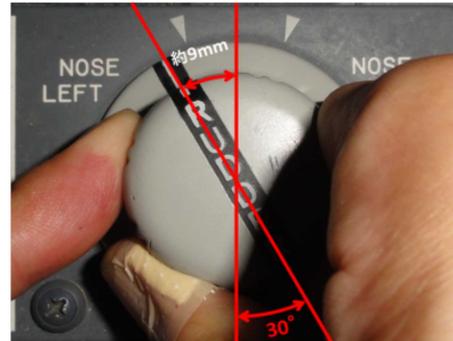
操作上の類似点分析表

中立位置
<p>RUDT：バネの力で HOLD されている。</p> <p>DOOR：バネの力で HOLD されている。</p> <p>類似性：両者共にバネの力で中立位置に HOLD されていて、操作するにはトルクが必要であり、力を抜くと中立位置に戻る機構になっている。</p> <p>類似の程度：◎</p>
操作方法
<p>RUDT：①回す ②保持する</p> <p>DOOR：①押し込む ②回す ③保持する</p> <p>類似性：両者の類似性について、2.5.3 のとおりボーイング社は「DOORはC C Wに回す前に押し込む必要があり、RUDT は垂直方向には動かない。」(DOOR は2アクションで RUDT は1アクション) と説明している。しかしながら、2.1.2(2) では、当該副操縦士は「RUDT をDOOR の時のように押し込むように回した」と口述しており、2.5.4 及び 2.5.5 のとおり両スイッチには「つば」が付いていて押し込む操作を受け止める構造になっている。調査においても、DOORはC C Wに回転させる力を加えながら押し込むことが可能であることが確認された。したがって、操作性の違いは大きなものではないと考えられる。さらに、両スイッチは、バネの力に逆らって回して保持するという類似した操作となっている。</p> <p>類似の程度：○</p>
回転角 (量)
<p>RUDT：スイッチがオンとなる角度は30°</p> <p>DOOR：スイッチがオンとなる角度は45°</p> <p>類似性：RUDT の回転角は30° で、操作の力点(つまみの外周)における変位量は約9mmである。また、DOOR の回転角は45° で、操作の力点(つまみの上端付近)の変位量は約10mmである。したがって、操作感覚は回転角の違いほど大きく感じない可能性が考えられる。</p> <p>類似の程度：○</p>
トルク
<p>RUDT：30° 回転させた位置で最大6.0 lbf・in</p> <p>DOOR：45° 回転させた位置で最大3.0 lbf・in</p> <p>類似性：RUDT は DOOR の2倍のトルクが必要であるが、中心から力点までの半径の比はおおむね33：28となるため、力点に必要な操作力は1.7倍程度となる。RUDT を回転させるには DOOR より大きな力が必要になるという違いがある。</p> <p>類似の程度：△</p>
操作音 (作動音)
<p>RUDT：操作音はない。ラダートリムの作動音は操縦席では聞こえない。</p> <p>DOOR：操作音はないが、操作によるドアロックシステムの機械的な作動音が発生し、操縦席で聞き取れる。</p> <p>類似性：両スイッチには操作音がないという類似点がある。誤って RUDT を操作したため、解錠の作動音が聞こえなかったことに疑問を抱かなかったことは 3.3.3 で解析する。</p> <p>類似の程度：○</p>

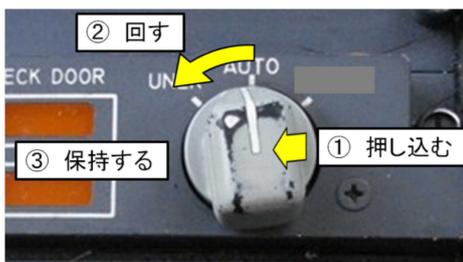
上記のとおり、737-500のドアロックセレクターと737-700のラダートリムSWの動き（操作性）には、相違点も認められるが、いくつかの類似点があり、これらの類似点が誤操作に関与したと考えられる。



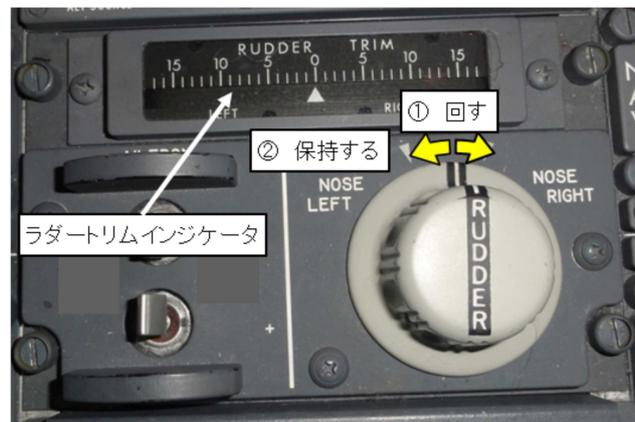
ドアロックセレクターの変位量
(737-500)



ラダートリムSWの変位量



ドアロックセレクターの操作
(737-500)



ラダートリムSWの操作

3. 2. 4 副操縦士の経験と機長の入室

2. 1. 2(2) に記述したとおり、機長の退室により、副操縦士は737-700乗務中では今回が初めて飛行中に1名で操縦したとのことであった。また、2. 4. 2(1) に記述したとおり、737-700に副操縦士として乗務を開始してからおおむね3か月であった。さらに、2. 4. 1 に記述したとおり、機長と副操縦士は乗務経験に大きな差があった。

これらのことから、737-700の乗務経験が少ない中で、初めて1名で操縦していた副操縦士が、機長から入室の合図を受け、機長を早く操縦室に入室させたいという思いになった可能性が考えられる。このことが、2. 5. 9 に記述したとおり、本来PMが入力してPFが確認した後PMが実行すべきCDU操作を1名で行っていた副操縦士にドアロックセレクターの操作を急がせ、誤操作に関与した可能性が考えられる。

3.2.5 両スイッチの操作に関連する訓練

2.9.2 に記述したとおり、同社は、ラダートリムSWの操作が必要な訓練を実施しており、2.4.2 に記述したとおり、当該副操縦士は直近では、平成23年5月の差異訓練で当該訓練を実施した。この訓練では実際にラダートリムSWを操作することになる。

一方、2.9.1 に記述したとおり、同社はドアロックセレクターの操作に関連する訓練を実施しているが、着座状態でドアロックセレクターを操作することがある訓練は実施していない。また、操縦士の機種変更に係る差異訓練においては、スイッチの配置に関しては自学自習（e-ラーニングと配付資料の学習）であり、当該副操縦士はドアロックセレクターの配置の違いについては学習していたが誤操作の可能性についての注意は与えられていなかった。さらに、当該訓練においてドアロックセレクターを着座した状態で一度も操作することなく、副操縦士として737-700の乗務を開始したと推定される。

2.5.5(1) に記述したとおり、ドアロックセレクターの乗務中の操作機会は、飛行当日初便の飛行前点検におけるAEパネル後方に立った状態での操作であるが、着座状態での操作ではないことから配置の違いを認識するための訓練的要素は少ないと考えられる。

これらのことから、以前乗務していたことで副操縦士に残っていた737-500のドアロックセレクターの操作記憶を差異訓練によって十分修正することができず、副操縦士にドアロックセレクターの配置変更が身に付いていなかったと考えられる。

3.2.6 両スイッチの配置変更と運航乗務員に対する訓練・審査の管理体制

2.5.6(2) に記述したとおり、737-700を導入するに当たって、同社は「混乗は行わない」ことを前提条件に、運航乗務員の意見も参考にしてAEパネルのスイッチ類の配置を決定し、737-500の配置から、ラダートリムSWの位置は前方に、ドアロックセレクターの位置は左方に移動させた。

同社は、両スイッチについて、2.5.3 に記述したボーイング社の回答にもある「機種間の共通性」を高度なレベルで確保するよりも、これから導入する737-700の使いやすさなどを優先して配置を決定した。しかしながら、2.9.1 に記述したとおり、差異訓練では、ラダートリムSWの配置変更等に伴って移動させたドアロックセレクターについては資料配付などの自学自習であった。

これらのことから、配置の変更を行うに当たって「機種間の高度な共通性」を確保せずに配置を変更したことが、乗員訓練に十分反映されなかったと考えられる。

2.9.1 に記述したとおり、差異訓練の訓練内容について、同社はFAAのFSB

R e p o r tを利用して、訓練を検討・策定し、国土交通省航空局がその訓練を審査し承認した。このとき、米国内で行われているODRテーブルのような仕組みを活用して、航空機ごとの違いを詳細に比較し検討することが十分に行われていたならば、機種間の高度な共通性を確保しないで配置を変更した本件の両スイッチの操作について「間違いやすい」と訓練生に注意する訓練内容になった可能性が考えられる。

すなわち、ドアロックセレクターの配置変更が副操縦士の身に付いていなかったことには、配置変更した操縦室のスイッチの操作をどのように訓練するのかについて、同社を含めた運航会社が検討・策定して国土交通省航空局が審査・承認する、差異訓練に関する訓練・審査の内容を決定するための現在の仕組みが十分に機能していなかったことが関与した可能性が考えられる。

3.2.7 CDUの操作

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は今回の経路変更のためのCDUの操作について、管制指示を保留した上で、機長が操縦室に戻ってから2名で確認した上で実施するべきだったとしているが、これは副操縦士が管制指示を受けた時刻、飛行フェーズ、周辺の航空機の飛行状況などから管制指示を保留するべきだったとしているものと考えられる。管制指示は原則的には直ちに対応すべきものであるが、この時のCDU操作については、当時の状況を踏まえれば、必ずしも直ちに実行する必要がない操作であったものと考えられる。

2.1.1、2.1.2(1)及び添付1に記述したとおり、機長の退室（22時46分42秒）、管制指示（22時48分04秒）、管制指示の復唱（22時48分08秒～同11秒）、経路変更のためのCDU操作開始、機長の入室合図、CDU操作を継続して経路変更の実行操作（22時48分25秒）と経過し、その操作中に機長を確認し、ドアロックセレクターを操作しようとして誤操作に至った（22時48分28秒）と考えられる。

すなわち、機長の退室から起算すると、1分22秒後から受けた管制指示を、同じく1分31秒後から14秒間掛かってCDUに入力・実行しようとして、入力中に機長の入室合図があったことになる。副操縦士は化粧室の利用で席を離れるのは1分くらいとしていることから、機長が入室するまで待つてCDU操作することも可能であったと考えられる。副操縦士がこの操作をしていなければ、機長の合図を受け、機長を確認してドアロックを解錠することのみ行えばよいことになるため、誤操作に至る可能性は小さかったと考えられる。

これらのことから、副操縦士が操縦室に1名しかいない状況で保留可能であったCDUの操作をしたことが誤操作に関与した可能性が考えられる。

また、2.5.9に記述したとおり、AOMでは、飛行中に EXEC Key（実行キー）を使用する場合のCDU操作はPMが入力しPFが確認した上でPMが EXEC Key を押す（実行操作することと規定している。原則2名で実施することになっており、かつ保留可能であったCDUの操作を副操縦士が行ったことに関しては、2.12.3に記述したとおり、操縦室に1名しかいない状況でどのように対応すべきかについて同社が具体的に規定していなかったことが背景にあったと考えられる。

3.2.8 タスク管理

2.1.1の22時48分25秒及び同28秒に記述したとおり、当該副操縦士は、CDUで経路変更を実行してから、約3秒後にラダートリムSWを操作した。イベント識別記号（以下「イベント」という。）Cのとおり、CDUの実行操作後、同30秒にホイールはCWに約10°まで変位し、同様に右に約3°までロールした。しかしながら、イベントDに示したとおり、その同30秒の時点では、当該副操縦士は既にラダートリムSWを操作していた。

その後、正常であれば、経路変更に必要なだけロール角が得られれば、ホイールはほぼ中立位置まで戻る。しかしながら、副操縦士はホイールが中立位置に戻る動きを始める前にラダートリムSWを操作した。その結果、ホイールは中立位置に戻る動きを示さなかった。

これらのことは、副操縦士が自らの操縦操作（CDUで経路変更を実行）の結果を十分確認する前に、外部モニターに目を移して機長を確認し、ドアロックセレクターを操作しようとしたことを示していると考えられる。

2.12.2に記述したとおり、フライファーストを維持する視点からは、副操縦士は「適切な機体姿勢、速度、高度、Configurationの維持およびSteering操作に努めなければならない」ため、これらが不可欠であり最も優先されなければならないタスクであると考えられる。本件においては、最低限、経路変更に必要なロール角を得るための、一連の操縦操作が完了してホイールがほぼ中立位置に戻るまでは、機体姿勢（操縦操作の結果）の監視に専念すべきであったと考えられる。適切にタスク管理されていれば、一連の操縦操作が完了してからドアロックセレクターを操作したと考えられ、ドアロックセレクターを十分に確認できた可能性があると考えられる。

さらに、当該副操縦士が操縦操作の結果の監視に専念する意識があれば、たとえ誤操作があったとしても、ラダーの変位の影響でホイールが中立位置方向に戻ってこないことに気が付いた可能性が考えられ、その時点でラダートリムSW操作を中止するなど、異常姿勢に至る前に対処できた可能性が考えられる。

すなわち、最も優先されなければいけないタスクである一連の操縦操作が完了し

ないままでドアロックセレクターの操作を試みたことから、2つのタスクを同時に実施することになったと推定される。このことにより、副操縦士はドアロックセレクターを十分確認できないまま操作した、もしくは、3.2.2に記述した「十分修正されずに残っていた737-500のドアロックセレクターの操作記憶」が引き出されて操作した可能性が考えられ、さらに、ホイールの不自然な動きに気が付かなかった可能性が考えられる。

これらのことから、副操縦士が、同時に複数のタスクを実施せず優先順位を付けて実行すること、機体の操縦を優先しそれ以外の操作を実施する場合においても操縦に最大限の注意を払うことなどのタスク管理を適切に行えなかったことが、誤操作に関与したと考えられる。

また、タスク管理を適切に行えなかったことに関しては、2.12.3に記述したとおり、操縦室に1名しかいない状況でどのように対応すべきかについて同社が具体的に規定していなかったことが背景にあったと考えられる。

3.2.9 操縦室の明るさ

2.1.2.(1)に記述したとおり、機長は操縦室内はバックライトを使って、確実に見える明るさに調整していたとしており、2.1.2(2)の口述のとおり、当該副操縦士は「ラダートリムSWを見た上で回してしまった」「手元を確認したところラダートリムSWを操作していることに気が付いた」としていることから、当時の操縦室内はスイッチ類が見づらい状況ではなく、操縦室の明るさが誤操作に関与した可能性は低いと推定される。

3.3 誤操作の認知に係る分析

2.8.1のフライトシミュレーターの調査結果から、誤操作を認知するまでの時期とその後の修正可能性は、次のとおりと推定される。

- ・ラダートリムSWを操作してラダーを変位させても、ラダートリムインジケータで、約-3ユニット(2.5.7に記述したとおり、約6秒間の操作に相当する)までの変位であれば、LNAVによるオートパイロットのコマンドで機体の姿勢が修正され、針路が維持される。したがって、この段階で副操縦士が誤操作に気付けば、ラダートリムSWをRIGHTに操作してラダートリムインジケータの±0付近に戻すことで誤操作を修正できた。
- ・ラダーの変位が、ラダートリムインジケータで-4ユニット以上となると、オートパイロットの修正限界を超えて、左ロール角が増大する。-4ユニットでは操作の後ロール角が-60°に到達するのに要した時間は約5.7秒であったが、-6ユニットでは要した時間は約9秒であった。したがって、誤操作の認知が早く、

誤操作している時間が短いほど、変位するロール角が浅くなり、ラダー変位が少ないことから機体をロールさせる力も弱いので、ホイールによる回復操作も容易となる。

これらのことにより、誤操作の認知の遅れから、オートパイロットによる姿勢の修正限界を超えてロールし、更に異常な姿勢になったと考えられるため、副操縦士の誤操作の認知について詳細を分析した。

3.3.1 誤操作を認知するまでの状況

2.1.1、2.1.2(2)及び2.5.7の記述から、副操縦士が、誤ってラダートリムSWを操作したことに気付くまでの経過は、おおむね次のとおりであったと推定される。

- ・副操縦士は、スイッチの形状・操作性の違いに気付かずに操作し続けた。
- ・ラダーペダルが18mm前方あるいは後方に変位した。
- ・ホイールが約 -10° から約 -22° までCWに変位した。
- ・右に傾いていた機体が、水平を越えて左にロールした。
- ・コラムが約 2° （上端が約3.5cm）後方に変位した。
- ・副操縦士は、入室できない機長をモニターで確認した。
- ・副操縦士は、手元を見て、ラダートリムSWを誤操作していることに気が付いた。

3.3.2 両スイッチの操作性

3.2.3に記述したとおり、両スイッチの操作性にはいくつかの類似点がある。特に、両スイッチには、「回した状態で保持」することで目的が果たされるという類似点がある。ラダートリムSWは「LEFTかRIGHTに保持」している時間だけラダーが変位し続けることで所望のラダーの角度が得られ、ドアロックセレクターは「UNLOCKに保持」している時間だけドアの解錠状態を維持することで客室側からドアを開けることができる。

また、ドアを解錠するつもりでラダートリムSWを操作した副操縦士は、機体の状況をモニターする意識に加えて、ドア外部モニター画面の機長の様子や機長の入室の気配に意識が向けられることになったと考えられる。

このような状況で、両スイッチには「回した状態で保持する」という操作上の類似点があるため、副操縦士は、長時間操作し続けることに違和感を覚えなかった可能性が考えられる。したがって「回した状態で保持」という操作上の類似点は、誤操作の認知の遅れに関与した可能性が考えられる。

3.3.3 両スイッチの作動音

2.5.4 及び2.5.5 に記述したとおり、ラダートリムSWの操作に伴うラダーの作動音は操縦席では聞こえないのに対し、ドアロックセレクターの操作に伴うドアロックシステムの機械的作動音は操縦席で聞き取れるものである。しかし、2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士はドアロックセレクターの操作に伴う作動音が聞こえなかったことに疑問を抱かなかつたとしている。

2.1.1 の22時48分28秒イベントDに記述したとおり、ラダートリムSWは2回操作されていることから、副操縦士はドアロックセレクターを2回操作したつもりだったと考えられ、その2回とも作動音が聞こえなかったことに疑問を抱かなかつたと考えられる。

このように、副操縦士が作動音が聞こえなかったことに疑問を抱かなかつたのは、2.1.2(2) に記述したとおり、737-700では巡航中にドアロックセレクターを操作するのは初めての経験であったため、どんな感じで聞こえるのか分からなかったとしており、このことについて、可能性としては否定できないと考えられる。また、2.5.5 の記述のとおり、OM、AOM等には、ドアロックセレクターの操作の結果を作動音で確認する手順は示されていない。

しかしながら、副操縦士が、ドアロックシステムの作動音が聞こえなかったことに疑問を抱いていれば、誤操作を早期に認識できた可能性が考えられる。

3.3.4 操縦桿の変位とその感知

2.1.2(2) に記述したとおり、副操縦士は、操縦桿に手を掛けていたかどうかについて記憶がなかったとしているが、悪天の場合には手を掛けることがあるとしている。

副操縦士がラダートリムSWを誤操作してから、姿勢を維持しようとするオートパイロットのコマンドによりホイールが約 -10° から約 -22° まで変位し、コラムが約 $+2^{\circ}$ (2.5.8 に記述したとおり約3.5 cm) 変位しているが、2.1.2(2) の口述によれば、副操縦士は操作している手元を見て誤操作に気が付き、前方のPFDを見て左にバンクしているのを確認したとしている。このことから、副操縦士は操縦桿に手を添えていなかったものと推定される。



-10° に変位したホイール



-22° に変位したホイール

3.3.5 ラダーペダルの変位とその感知

2.1.1の22時48分28秒イベントD及び2.5.7に記述したとおり、ラダートリムSWをLEFTに保持していた約12秒間で、ラダーペダルは左側ペダルが前方に、右側ペダルが後方に約18mm変位したと推定される。その間、ラダーペダルにはその変位を妨げるように、右ペダルに8lbの力が掛かっていた。

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士はラダーペダルに足を載せていたとしており、また同時に操作している手元を見て誤操作に気が付いたともしていることから、ラダートリムSWの操作中、副操縦士はラダーペダルに足を載せてはいたが、この変位に気付かなかったと推定される。

これは、当該型式の航空機は、オートパイロットで巡航中、シングルエンジンなどの異常時を除けば、ラダーペダルを操作することはほとんどないことから、今回の場合でも、副操縦士はラダーペダルに足を載せてはいたがラダーの変位をモニターしようとする意識はなかったと考えられる。

3.3.6 飛行状態の監視

2.1.1に記述したとおり、ラダートリムSWを操作してからはラダーペダル、ホイール及びコラムが変位し、右に傾いていた機体が水平を越えて左にロールするなど、様々な変化が起きており、操縦関係の装置やPFDの表示などの変化が現れている。しかしながら、2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は操作している手元を見て、初めて誤操作に気が付いたとしていることから、副操縦士はそれらの変化に気付かなかったと推定される。誤操作してからそれを認知するまでのこの約14秒間、副操縦士はドアロックセレクターを操作するつもりで行ったラダートリムSWの2回の操作と、ドア外部モニターの確認に気を取られていたものと推定される。副操縦士は操縦室のそれらの変化にもっと早期に気が付くべきであった。

本件の場合、操縦以外の行為が少なかったにもかかわらず、約14秒間もの間、操縦以外の行為に気を取られたのは、副操縦士がオートパイロットによる操縦に依存し、飛行状態を監視する意識が不十分であったことによるものと考えられ、これらにより誤操作の認知が遅れた可能性が考えられる。

また、飛行状態を監視する意識が不十分であったことに関しては、2.12.3に記述したとおり、操縦室に1名しかいない状況でどのように対応すべきかについて同社は具体的に規定していなかったことが背景にあったと考えられる。

3.3.7 飛行状態の監視に係る教育

2.9.6に記述したとおり、同社は1名で操縦しているときに異常事態になることを想定して、飛行状態を監視し異常状態を未然に防止するための安全教育について

は実施していない。

しかしながら、生理的な理由などによってどちらか1名の操縦士が退室することは想定され、2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士が飛行中に機長が操縦室から退室することは半年に1回程度のことであったとしていることから、機会が少ない中でも1名で操縦する機会は確実にあると考えられることから、1名で操縦しているときに思い掛けない事態に遭遇することなどが十分あり得ると考えられる。

本件においては、ラダートリムSWを誤操作した結果、姿勢を崩して急降下に至った。ここでは、3.3.6に記述したとおり、オートパイロットによる操縦に依存し、飛行状態を監視する意識が不十分であったことから、誤操作後に起こった様々な変化に気が付かなかったと考えられる。

これらのことから、1名で操縦中はいつもに増して飛行状態を監視し異常状態を未然に防止する意識を持つといった安全教育を受けていなかったことが、誤操作の認知が遅れたことの背景にあったと考えられる。

3.3.8 機長の再度の入室合図

2.12.4に記述したとおり、操縦室への入室は所定の方法で行うことになっており、2.1.2(2)に記述したとおり、当日は機長が定めた入室合図を行なうこととし、そのとおり実行されたと考えられるので、規定上の問題はなかったと考えられる。

しかしながら、2.1.2(3)に記述したとおり、客室乗務員Aは、最初の入室合図に反応がなかったことで、機長は再度合図を送りながらドアを開けるように言っていたとしている。

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は「ドア外部モニター画面に映る機長の顔を確認してそのスイッチを操作した。(中略)すぐ入ってくると思っていた機長が入ってこないことに疑問を抱き、映像をよく見ると機長がドアを開けられない様子だったので…」としている。副操縦士はこの間、外部モニターの画像を確認することに気を取られ、PFDの表示画面などの計器類から目を離している時間が長くなった可能性が考えられる。

さらに、機長のこの解錠を促す行為は、副操縦士のドアロックセレクターの2回目の操作や長時間のUnlock状態の保持(実際にはラダートリムSWを2回操作し、長時間LEFTに保持した。)に関与した可能性が考えられる。機長を早く操縦室に入室させようと、ドアを解錠する行為に気を取られたことで、副操縦士は姿勢の変化に気付くのが遅れた可能性が考えられる。

このことから、機長の更なる入室合図は、副操縦士の誤操作の認知が遅れたことに関与した可能性が考えられる。

3.3.9 夜間飛行の影響

一般的に、夜間の飛行では、外部の状況、PFDの表示画面、その他のパネル類などをモニターすることで飛行姿勢を認識しながら飛行している。通常、外部の状況、PFDの表示画面、スイッチやパネル類が見やすくなるように、運航乗務員が自ら明るさを調整している。また、運航乗務員は、与えられた条件に応じて、飛行姿勢の認識に関する情報の意識レベルを適正に配分していると考えられる。

2.1.2.(1)に記述したとおり、機長は操縦室内はバックライトを使って、確実に見える明るさに調整していたとしており、2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は操作している手元を確認したところラダートリムSWを操作していることに気が付き、さらに前方のPFDを見て姿勢の異常を確認したとしていることから、当時の操縦室内はPFDの表示画面、スイッチやパネル類が見づらい状況ではなかったと推定される。

しかしながら、外部を確認しやすくするため操縦室内は薄暗い状態であり、黒色に塗装された操縦桿の動きは、昼間より視認しづらい状態であったと考えられる。

また、本重大インシデント発生時刻における、月明の状況は2.6.2に記述したとおり、半月が機体の真後ろにあり、仰角は 15° であったと推定されることから、操縦室から月が見えることはなく、さらに、外部の雲や水平線等がはっきりと認識できる状況ではなかったと考えられる。

さらに、付図1のとおり、発生場所は太平洋上を北上中で陸地から離れており、操縦席の右席に着座していた副操縦士は、左方の市街地の灯りを基準とする、継続的かつ直感的な姿勢認識はできていなかった可能性が考えられる。

これらのことから、操縦室の明るさ、月明及び飛行コースは誤操作の認知が遅れた背景にあった可能性が考えられる。

3.3.10 バンクアングルアラートの作動

バンクアングルアラートはDFDRに記録されない項目であった。2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士はバンクアングルアラートが作動した記憶がないとしていたが、2.1.2(1)に記述したとおり、機長はバンクアングルアラートが聞こえたとしているので、バンクアングルアラートは正常に作動したものと推定される。

副操縦士がラダートリムSWを誤操作していることに気が付いたのは、DFDRのデータでは、ラダートリムSWのLEFT操作を終了した22時48分42秒と考えられる。

ここで、バンクアングルアラートの作動開始は、付図3に示したとおり、ラダートリムSWのLEFT操作が終了した直後の同43秒であった。

これらのことから、バンクアングルアラートは作動したが、誤操作の早期認知に

は寄与しなかったと推定される。

副操縦士にバンクアングルアラートが作動した記憶がないのは、誤操作に気が付き、姿勢の確認、回復操作と動作が移行する中で作動したため、冷静さを失っていたことから聞き逃した、若しくは記憶を喪失した可能性が考えられる。

3.4 副操縦士の回復操作に係る分析

2.8.2 に記述したフライトシミュレーターの調査結果から、副操縦士がAOMに基づいた回復操作を実施した場合には、急降下に至る前にロール角が回復し、ピッチ角は一時的に不安定になるが大きな機首下げ状態にはならないで回復したと推定される。

このことから、副操縦士が適切又は十分な回復操作を行っていなかったことで、さらに異常姿勢となった可能性がある。したがって、副操縦士の回復操作の詳細を分析した。

3.4.1 回復操作を開始してから異常姿勢を回復するまでの状況

副操縦士が行った回復操作と、それによる機体の運動は、おおむね次のとおりであったと推定される。

- ・操縦桿のホイールをCWに大きく操作して回復操作を開始した。この時点でロール角が -50° を超えていた。
- ・ロール角が -80° をピークに回復に向かった。
- ・操縦桿のホイールは、力が緩み、反対方向に力が掛かったため反転し、中立を越える位置まで戻った。
- ・ラダートリムを元に戻すためラダートリムSWをRIGHTに3秒間操作した。
- ・ラダートリムSWを操作している間、十分にホイールが操作されなかった。
- ・約 -50° まで回復していたロール角が、再び深くなり最大(-131.7°)になった。
- ・再びホイールをCWに大きく操作した。
- ・左ロール角が回復に向かった。
- ・機首下げが最大(-35°)になった。
- ・ホイールとコラムを操作して徐々に姿勢を回復させた。

この間、次の事項が発生した。

- ・スティックシェーカーが作動した。
- ・急激に降下し、速度が増加していった。
- ・オーバースピードワーニングが作動した。
- ・速度が最大値(M0.828)になった。

- ・機首上げにより、断続的に荷重倍数が大きくなった。
- ・荷重倍数が最大値（2.68G）になった。

3.4.2 副操縦士の状況認識

2.9.3 の Nose Low Recovery の表中に記述したとおり、AOMには、Upset からの回復操作では「状況を認識し、確認する」ことをまず第一に行うこととしている。これは正しく状況認識することにより効果的な回復操作を選択しなければ、より深刻な事態に陥る可能性があるためである。

2.1.2(2) に記述したとおり、副操縦士は、PFDにより左にバンクが入り更にそれが大きくなっていくのを見て、ホイールをバンクとは反対のCW方向に大きく操作したとしており、このことは、2.1.1 の22時48分45秒及び付図3のイベントIに記述したとおり、DFDRのデータからもホイールをロールと反対のCW方向に大きく操作しているのが分かる。

その後も、付図3の Roll Angle、Control Wheel Position、Control Wheel Force のデータが示すとおり、副操縦士は左のロールに対しておおむねホイールをCW方向に操作している。

これらのことから、副操縦士は、異常姿勢に気が付いた時点で左にロールしていることを、その後も、機体がおおむね左にロールしていることを認識していたと考えられる。

同じく2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、スポットイン後、機長にコラムを引いてピッチを持ち上げたと説明したとしており、付図4の Pitch Angle、Control Column Position、Control Column Force のデータが示すとおり、ロール角がほぼ安定した22時49分02秒以降、イベントSでは、コラムを断続的にNose Up側に引く操作をしている。

2.9.3 の記述のとおり、AOMの Nose Low Recovery では、Wing Level（左右の翼が水平になること。）への最短の方向へロールし、それからNose Up Elevator（コラム）で水平飛行に回復することとしており、定期訓練等においてもこのように操作している。

これらのことから、2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、どのくらいロールしたか、どのくらいピッチがダウンしたかは分かっていなかったとしているが、機体のロールやピッチの状況についてはおおむね認識していたと考えられる。

3.4.3 操縦桿の操作とスティックシェーカーの作動

2.1.2(2) に記述したとおり、副操縦士は翼を水平に戻すための回復操作に専念していたとしている。

しかしながら、2.1.1の22時48分48秒イベントLに記述したとおり、副操縦士は、回復操作であるCW方向へのホイールの力を緩め、さらに反対のCCW方向に91bの力で操作した。その結果ホイールは、中立位置を通り過ぎるまで急激に戻った。この操作により、約 -50° まで回復したロール角が再び左に大きくなっていった。この時コラムは、一瞬前方に操作され、ホイールの力を緩めると同時にコラムの力が緩められたことにより、直前の位置まで戻っている。

2.1.1の22時48分45秒イベントIに記述したとおり、副操縦士は、ホイールを最大 $-391b$ の力で -97° すなわちホイールをほぼ一杯までCWに操作していたことになる。この操作により、増加していたロール角が約 -80° をピークに回復に向かった。このとき、このようにホイールを一杯に操作したままで、左に傾いた状態のロール角がそのピークに達して右方向に回復していくと、右への急激なロールの運動となってしまうことがあり、そうなれば、機体は水平を越えて右にロールしてしまうことになる。これを避けるため、本来であれば、ロール角がピークに近づいたらホイールの力を徐々に緩めて、ロール角の回復に合わせるようにホイールをCCW方向に戻していく必要がある。



-97°まで操作したホイール

副操縦士がホイールの力を緩めて反対の方向に操作する直前には、2.1.1の22時48分47秒イベントLに記述したとおり、スティックシェーカーが作動している。2.12.5に記述したとおり、スティックシェーカーはAOAを計測して、失速状態に入るおそれがあるときに作動するものであり、この時もAOAが失速警報システムのAOA_{ss}を超えたことからスティックシェーカーが作動したものと考えられる。ここで、2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士はスティックシェーカーの作動は記憶していないとしている。

付図3及び4に示したとおり、イベントLのスティックシェーカー作動時には、一瞬コラムが前方に操作され、直後にホイールは中立位置を越えるまで戻され、コラムも操作前の位置に戻っている。

また、2.9.3に記述したとおり、AOM Upset Recoveryでは「機がStallしている場合は、まず、Stall状態からの回復をはからなければならない。機がStall状態から脱し、Stick Shakerの作動が止まるまでElevator(コラム)をNose Down(前方に操作した状態)に維持しなければならない」としている。これは、失速状態からの回復には、コラムを前方に操作して機首を下げることで、AOAを小さくすることが効果的であることを示唆している。

これらのことから、2.1.1の22時48分45秒イベントIからイベントLまでの一連の状況は次のとおりであったと考えられる。

副操縦士は、左に傾いていく機体の姿勢を回復させるため、22時48分46秒からホイールをCW方向に大きく操作したと考えられる。その操作の過程で、同47秒からスティックシェーカーが作動したため、副操縦士はスティックシェーカーの作動を止めようと同47秒からコラムを前方に操作していったと考えられる。

副操縦士は、同48秒には最大-39lbの力でホイールをCW方向ほぼ一杯の-97°まで操作したが、スティックシェーカーの作動が続いた状況で、ホイールの力を急に緩め、さらにCCW方向に+9lbの力を掛けたものと推定される。同時にコラムの力を緩めたことで、ホイールは中立位置を越えるまで、コラムは元の位置まで急激に戻ったと考えられる。

付図4に示したとおり、イベントLでは、同47秒からのコラムを前方に操作したことにより、同49秒にスティックシェーカーの作動が停止したと考えられるので、ここでホイールをロール角の回復に合わせるようにCCW方向に戻していれば、ホイールを-45°付近まで戻したところで、機体をほぼWING LEVELに近い姿勢に回復できた可能性が考えられる。

しかしながら、急激に中立位置を越えるまで戻してしまった不適切なホイールの操作により、回復に向かっていたロール角が再び大きくなり、さらに、3.4.4に記述する、その後の不十分な-35°のホイール操作と相まって、ロール角が最大で-131.7°となるまでに達したものと考えられる。

ここで、副操縦士はスティックシェーカーの作動は記憶していないとしているが、ホイールの力を急に緩め、反対方向に力を入れてホイールを中立位置を越えるまで戻した副操縦士の不適切な操作には、ホイールを一杯に操作している状態でスティックシェーカーが作動していることに対する副操縦士の驚きと混乱が関与した可能性が考えられる。

この後、付図4に示したとおり、イベントL直後の同51秒からのスティックシェーカーの作動時においては、副操縦士はコラムを緩やかに前方に操作している。ここでもAOAの改善があったことから同53秒にスティックシェーカーの作動が停止したと考えられる。機首が下がっている中でもコラムを前方に操作していることなどから、この操作時点では副操縦士は冷静な判断を取り戻しつつあったと考えられる。

3.4.4 ラダートリムSWの操作

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士はラダートリムを元に戻す操作を、異常姿勢の回復操作中に実施したとしている。DFDRのデータによると、副操縦士は

2.1.1 の 2 2 時 4 8 分 5 2 秒 イベント N で最初の操作を行っている。この操作は自身が行った誤操作によるラダーの変位を元に戻すための試みであったと考えられる。

しかしながら、付図 3 に示したとおり、この間ホイールの CW 方向への力は約 2 1 lb であったため、オートパイロットの限界をオーバーライドすることができず、ホイールの CW 方向の操作が不十分 (-35° 程度) になったことから、一旦 -50° まで回復したロール角が再び増大したと考えられる。



ラダートリム SW の操作 (イメージ)

これは、ラダートリムを元に戻すことに副操縦士の注意が向かい、姿勢の状況認識がおろそかになったこと、及び左手でラダートリム SW を操作していたためホイールを右手だけで操作していたことによるものと推定される。



付図 3 に示したとおり、イベント N のラダートリムの回復操作を実施した後は、ホイールの CW 方向への力がオートパイロットをオーバーライドして操作するのに十分な大

-35° に維持したホイール

きさ (2 5 lb 以上) に回復したことから、ホイールは CW 方向に -98° まで操作されており、ロール角はこの操作によって、最大 -131.7° から回復に向かったものと推定される。

一方、付図 5 に示したとおり、イベント N の Rudder Position のデータは、このラダートリム SW の操作によっても、ラダーの変位は -5° 程度を維持したまま変化していない。データの上では Rudder Pedal Force が +2 0 lb (左ラダーペダルに掛かっている状態) となっている。

2.1.2(2) に記述したとおり、副操縦士は修正操作にラダーは使わなかったとしており、この状況で意識的に左ラダーペダルを踏み込むことは常識的には考えられない。このことから、このとき右手でホイールを操作しながら左手でラダートリム SW を元に戻す操作をしていたため、副操縦士の体が突っ張るように緊張した状態になったことでラダートリム SW の操作によるラダーペダルの変位を阻害したことから、左ラダーペダルに力が掛かったデータが残った可能性が考えられる。

2.8.2 のフライトシミュレーターによる確認によれば、ホイール操作によるロール角の回復は、ラダーの変位によるヨーイングに伴うロールの運動を十分リカバリーできると考えられる。したがって、ラダートリムを元に戻す操作は、ホイールの操作によって姿勢を Wing Level 程度に回復させてから実施するべきであったと考えられる。

これらのことから、回復操作のために最初に行ったラダートリム SW の操作は、

結果的に機体の姿勢回復には寄与することではなく、さらに状況を悪化させることになったものと推定される。

3.4.5 ラダーペダルの操作

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は修正操作にラダーは使わなかったとしているが、2.1.1の22時48分46秒イベントKに記述したとおり、ホイールによる回復操作とほぼ同時に右ラダーペダルが約23lbで踏み込まれている。

これについて、今回のようにホイールをCW方向に大きく操作した場合には、一連の操作として、右ラダーペダルを踏み込むのは、自然であり一般的な操作である。

また、その直後、副操縦士が左ラダーペダルを約20lbで踏み込んだようなデータが記録されている。これは、3.4.4に記述したとおり、意図することなく両足に力が入り、ラダートリムSWの操作によるラダーペダルの変位を阻害することになったものと考えられる。

これらのことから、副操縦士は、何らかの意図を持ってラダーペダルを操作していたのではないと考えられる。

2.9.3に記述したとおり、AOMのUpset Recoveryでは「Aileron（ホイール）によるRoll Controlが効かず、かつ機がStall状態でない場合に限りRudder（Pedal）によるRoll ControlのAssistを考慮する。」「Rudder（Pedal）の過大な使用はUpset状態を更に悪化させ、Loss of Controlや機体構造へ大きな負荷をかける可能性がある。」としている。また、これに基づく、同社の定期訓練等においては、姿勢回復訓練でラダーを積極的に用いることはない。副操縦士がラダーペダルを積極的に操作する意図を持たなかったことは、このことが背景にあった可能性が考えられる。

3.4.6 スティックシェーカーとオーバースピードワーニングの作動

イベントS及びUのDFDRの記録では、スティックシェーカーとオーバースピードワーニングが同時に発生していた。

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士はコラムを引いてピッチを持ち上げたとしており、イベントS及びUにおいて、副操縦士は、ホイールの操作でおおむねWING LEVEL状態を維持しながら、コラムを周期的に前後に変位させる操作を行ない、下がったピッチを回復するための操作を行ったと考えられる。急降下を継続しながらピッチを引き起こす操作は、AOAを増加させたことからスティックシェーカーが作動したと考えられる。

付図4に示したとおり、イベントSでは、副操縦士がコラムを後方に変位させる（PULL：引く）とAOAと荷重倍数（Vertical Acceleration）が増加し、前方に

変位させる（PUSH：押す）とAOAと荷重倍数が減少した。AOAが大きくなっている間、スティックシェーカーが作動し、荷重倍数は制限値である2.5Gを3回超過して最大2.68Gになった。

また、同時に、イベントLからUにかけては、ロール角が大きくなったことで、ロール角に応じて揚力の向きが変化し、鉛直方向に機体を浮揚させる力が減少したことに加え、左ロール角が大きい状態でラダーが左に変位していることにより、機体の飛行方向を降下方向に向かわせたと考えられる。

これにより、最大で約440ft/秒の降下となったことから、機体の速度が増加し、MMOであるMO.82を超えて最大MO.828になった。この間、2.12.6に記述したオーバースピードワーニングが作動した。

このように、MMOを超えるような機体の速度であったにもかかわらず、AOAが大きくなったことで、オーバースピードワーニングとスティックシェーカーが同時に作動していたと推定される。

イベントSの回復操作を時系列的に分析すると次のとおりとなる。

副操縦士は、下がっていたピッチ角を修正するためにコラムを引き Control Column Position は後方に変位していったが、AOAが大きくなったのでスティックシェーカーが作動した。そこで、失速状態を回避するためコラムの力を抜いたことからControl Column Position は前方（中立方向）に変位したと推定される。

しかし、いまだに下向きだったピッチ角を修正するため、再びコラムを引き Control Column Position が後方に変位したが、スティックシェーカーが作動した（若しくは作動していた）のでコラムを前方に押し中立方向に変位させたと推定される。そのような、コラムを前後に変位させる操作を繰り返すうちピッチ角が徐々に回復していったと考えられるが、Control Column Position が後方に変位するたびにそれに合わせて荷重倍数が大きくなり、3回にわたり制限値を超えたものと推定される。また、機体の急降下が継続したため、機体の速度が増加してMMOを超えたのでオーバースピードワーニングが作動したものと推定される。

オーバースピードワーニングから回避するためには、機体の速度をMMOより低くするための操縦を行わなければならないが、3.4.2に記述したピッチ角を回復するためにコラムを引いた操作が速度を低くする操作にもなっていたと考えられる。

結局、副操縦士はオーバースピードワーニングの作動を止めるにはコラムを引かねばならず、スティックシェーカーの作動を止めるにはコラムを押しなければならないという状況にあったと推定される。

コラムを前後に変位させる操作を繰り返し行うことは精一杯のものであったと考えられるが、この状況に至っては他に有効な手段もなかったと考えられる。

3.4.7 副操縦士の操縦訓練

(1) 異常姿勢からの回復訓練

2.9.3 に記述したとおり、同社は、定期訓練において、フライトシミュレーターを利用して飛行高度10,000ft以下で当該訓練を実施している。この高度で実施する主な理由は、低い高度で異常姿勢に陥った場合は、姿勢回復操作のために失ってもよい高さに余裕がないため、制限された状況での回復テクニックを維持することは重要なことだからである。2つ目の理由は、フライトシミュレーターによる高高度の異常姿勢とその回復過程の再現に、フライトシミュレーターの性能の限界があることである。

2.9.3 に記述したとおり、同社は、AOMに異常姿勢からの回復操作では、失速状態から脱するための操作がどの回復操作よりも優先すると規定しているが、失速警報が作動することを想定した当該訓練を実施していない。これは10,000ft以下で実施している異常姿勢からの回復訓練では、失速警報が作動するのは回復操作がうまく実施できなかった場合に限られることから、回復訓練中に失速警報が作動する可能性が低いことによるものと考えられる。

また、同社のフライトシミュレーターによる訓練は、次の課題が Upset Recovery であることが訓練生に予期できるシナリオで実施されていることから、予期しないで発生する異常姿勢に対応する、いわゆる驚きへの対応の要素を取り入れた訓練にはなっていないと考えられる。

しかしながら、2.9.5(2) に記述したとおり、近年、予期せぬ事態に一部の操縦士が適切に対応する能力を有していない状況が確認されたことで、国際的には、予期せぬ事態への操縦士に対応能力を高めるための訓練の重要性が認識されている。

副操縦士は、失速警報を伴った異常姿勢からの回復訓練、及び予期しないで発生する異常姿勢から回復する訓練も受けていなかった。すなわち、副操縦士にとって、不意に発生した異常姿勢、回復操作の過程で発生したスティックシェーカーの作動は、訓練・実機のいずれにおいても初めての経験であったことから、副操縦士がそれらに驚き混乱した可能性が考えられ、このことが不適切又は不十分な回復操作に関与した可能性が考えられる。

(2) 高高度における異常姿勢からの回復訓練

2.9.4 に記述したとおり、同社ではブリッジ訓練において高高度の運航に関する訓練を実施しているが、当該訓練は添付3のとおり基礎訓練修了後に一度だけ実施するものである。当該訓練の座学では、高高度を高速で飛行する場合の空力特性等の知識付与を行い、フライトシミュレーターにより

「Recovery Mach Buffet/ Speed Buffet/ Turn "G" Buffet (様々な失速の兆候からの回復)」「EMERGENCY DESCEND (緊急降下)」「ENG FLAME OUT then DRIFT DOWN (エンジン1基が故障した場合の降下)」等の体験訓練を実施している。

定期訓練においては、フライトシミュレーターを用いて「DRIFT DOWN」「RAPID DECOMPRESSION and EMERGENCY DESCENT」等の課題が高高度で実施されるが、いずれの場合もオートパイロットに降下目標高度を設定して実行させるといった内容の訓練である。

2.9.3に記述したことから、高高度でオートパイロットをオフにする必要がある異常姿勢からの回復訓練を、定期的に行っている航空運送事業者は国内には存在していないと考えられる。

この現状から、当該副操縦士を含めて航空運送事業者に所属する一般的な操縦士は、高高度における飛行特性などの最新知識の付与に係る教育・訓練の機会が少なく、高高度における異常姿勢からの回復に関する訓練は受けていないと考えられる。

2.9.5(1)に記述したとおり、Airplane Upset Recovery Training Aid Revision 2が発行され、世界各国でこの補助教材に沿った訓練を実現すべく努力している。この補助教材によれば異常姿勢からの回復訓練は、状況認識力と飛行力学の知識を高めてシミュレーター訓練中に適用することで達成されるとしており、高高度における当該訓練も紹介されている。

また同時に、この補助教材では、シミュレーターを利用した異常姿勢からの回復訓練は、シミュレーターの再現性に制約があることから、訓練内容はその制約を踏まえたものでなければ、訓練が逆効果になる可能性があるとしている。これに関連して、F A AはFlight Simulation Training Device Guidance Bulletin 11-05において、回復過程でシミュレーターの再現性の限界を超えた場合に、インストラクターにそれが分かるようなシステムの開発と装備を促しており、既存のシミュレーターを異常姿勢からの回復訓練で更に効果的に活用する方策を模索している。なお、本ガイダンスブリテンは再現性の問題から制約が多いシミュレーターが、本格的に再現性の向上が図られるまでの中継ぎ的なものと考えられる。

2.9.5(1)に記述したとおり、F A Aは、2013年11月5日、米国航空会社に対して、乗員の教育訓練プログラムを5年以内に抜本的に改善することを求める規則改正を行った。同改正では失速及び異常姿勢に関する教育訓練の内容を大幅に強化し、失速及び異常姿勢の認知、予防及び回復操作のシミュレーター訓練を義務化している。さらに、F A Aはシミュレーターの訓練効果を高めるため、失速や異常姿勢に陥った状態を適切に模擬できるよう

にシミュレーターの再現性を高めることを求める規則改正も検討中である。また、EASAにおいても、FAAと同様に、異常姿勢からの回復訓練の強化を求める規則改正を検討中である。これらのことから、高高度における異常姿勢からの回復訓練のより効果的な実施のためには、さらなる研究開発により実際の航空機に近い挙動が再現されるようシミュレーターが大幅に性能向上されることが期待される。

高高度での異常姿勢の回復操作では、その姿勢やコラムの操作による大きなAOAから失速状態に、高度の喪失から速度超過に陥りやすくなることはよく知られている。本重大インシデント時には、3.4.3に記述したとおり、イベントLでの回復操作で大きくホイールを操作した際にスティックシェーカーが作動しそれに副操縦士が驚き混乱したことで不適切又は不十分な回復操作になった可能性が考えられる。

しかしながら、訓練の機会が十分に与えられていれば、このような事態に直面しても、冷静に状況を認識し、より適切に対応できる可能性が高くなっていったと考えられる。

これらのことから、高高度における異常姿勢からの回復訓練が十分でなかったことが背景となって、スティックシェーカーの作動に驚き混乱したことが不適切又は不十分な回復操作に関与した可能性が考えられる。

3.4.8 オートパイロット及びオートスロットルの設定

今回の副操縦士による一連の回復操作では、オートパイロット及びオートスロットルはエンゲージされた（オンの）ままであった。

一方、AOMでは2.9.3のNose Low Recoveryの表中にあるとおり、オートパイロット及びオートスロットルで飛行中に異常姿勢になった場合には、オートパイロット及びオートスロットルをディスエンゲージ（オフに）するとしている。これは、一般的にオートパイロット及びオートスロットルで飛行中に異常姿勢になるのは、オートパイロットあるいは（及び）オートスロットルが正常に動作していない可能性があることを考慮したものであると考えられる。

操縦士が、オートパイロットを意図的にディスエンゲージするには、ホイールに取り付けられているディスエンゲージボタンを^{おうか}押下するか、PFDの上方に位置するMCPパネル上のディスエンゲージボタンを押下しなければならない。

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、姿勢の立て直しにホイールを操作してとっさに修正することで精一杯で、オートパイロットをディスエンゲージする余裕はなく、オートパイロットをオーバーライドして操縦していたとしている。

付図2、3及び4に示したとおり、副操縦士の回復操作中、イベントIでCWSロールモードに移行し、イベントPでCWSピッチモードに移行したが、オートパイロットはオンのままであった。

今回の重大インシデントにおいて異常姿勢になったのは、ラダートリムSWを操作したことが起点となった。さらに、付図3、4及び5に示したとおり、それぞれのCWSモードにおける操縦桿の操作意志（ホイールとコラムに加えた力）に、ホイール（エルロン）、コラム（エレベーター）がおおむねスムーズに動作していた。回復操作初期段階においては、CW方向のホイール操作に25lb以上の力が必要であったと推定されるが、エルロンのコントロールに支障を来すものではなかったと考えられる。これはコラムとエレベーターについても同様である

これらのことに加えて、付図3、4及び5に示したとおり、機体の運動もおおむねそれらに応答していることから、副操縦士がオートパイロットをディスエンゲージしなかったことは、回復操作に重大な影響を与えるものではなかったと考えられる。

また、操縦士がオートスロットルを意図的にディスエンゲージするには、スラストレバーのノブにあるディスエンゲージボタンを押下しなければならない。2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は姿勢の立て直しに精一杯で、オートスロットルをディスエンゲージしたり、スラストレバーを操作する余裕はなかったとしている。

付図3及び4に示したとおり、オートスロットルは同機の数値に応じて、緩やかではあるが自動的にスラスト（推力）をコントロールしていた。副操縦士はスラストレバーを操作する余裕はなかったとのことであり、副操縦士がコントロールできなかったスラストをオートスロットルがコントロールしていたことから、副操縦士がオートスロットルをディスエンゲージしなかったことが回復操作に与えた影響は小さく、むしろ回復操作を補完していたものと考えられる。

3.4.9 夜間飛行の影響

回復操作を行った時点での操縦室の状況は、付図1のとおり、発生場所は太平洋上を北上中で陸地から離れており、操縦席の右席に着座していた副操縦士は、左方の市街地の灯りを基準とする、継続的かつ直感的な姿勢認識はできてはいなかった可能性が考えられる。

しかしながら、異常姿勢に陥った場合には、外部の状況よりはむしろPFDの表示画面などの計器類で飛行姿勢を認識しながら回復操作を行うのが一般的な操縦方法である。

これらのことから、夜間飛行は正しい状況認識と適切な回復操作ができなかったことの背景にあったと考えられるが、夜間飛行そのものが冷静な判断に基づく適切又は十分な回復操作ができなかったことには関与していないと考えられる。

3.4.10 ドアを開けようとした機長の行為

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、回復操作に入った後、何回かの機長のドアを開けようとする音に気が付いていたが、姿勢を修正する操作に集中したとしている。ドアを開けようとする機長の行為は、所定の合図を再度行ってから、入室するまでの間に行われたものと推定される。

本調査において、この行為が、副操縦士の回復操作に関与したかどうかについては明らかにすることはできなかった。しかしながら、同じく2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、スティックシェーカーの作動が記憶にない、どのくらい傾いたのかは分からなかったなどと回復操作中の記憶には曖昧なところがあるのにもかかわらず、機長のドアを開けようとする行為について記憶があるとしている。

このことは、機長のその行為が深く脳裏に刻まれたということになり、その影響を否定することはできないことから、ドアを開けようとした機長の行為は副操縦士の冷静な判断に影響を与えた可能性が考えられる。

3.5 管制機関への報告

同機の管制機関への報告は、副操縦士と管制官の口述（2.1.2(2)及び(5)）及び管制交信記録（添付1）に記述したとおりである。

副操縦士が経路変更の管制指示を受けて復唱してから、次に管制官に応答したのは、機長が操縦室に入室して、副操縦士から操縦を交代した後の22時50分43秒であった。その間、異常を感じた管制官から2回の呼出しがあったが副操縦士が応答したのは3回目の呼出し後であった。

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は3回目の呼出しまで管制官から呼び出された記憶がないとのことであった。CVRの記録が残されていなかったことから、同機内でどのような状況であったかは確認できなかったが、2.1.1に記述したとおり、22時50分11秒に機長が入室し、添付1の管制交信記録に記述したとおり、22時50分16秒に管制官が呼出しを開始したことから、この呼出しは機長が入室し着座する頃から始まったと考えられる。3回目の呼出しまでの間、操縦室では機長への状況説明、操縦の交替が行われていたものと考えられる。このような状況であったため、副操縦士はこの呼出しが聞こえていたとしても対応を後回しにした可能性があり、またその記憶は精神的な動揺から喪失した可能性が考えられる。

22時50分43秒の応答で、副操縦士は「request maintain FL360 maintain heading」とFL360と現在の機首方位を維持することを管制官に要求（イベントa）し、承認を受けている。管制官から指示のあった経路、高度を逸脱した報告としては、時間が経過しているが、異常姿勢からの回復操作の状況から遅延したものと考えられる。

22時52分07秒に副操縦士は、FL360に戻ったこととPQEに向かっていることを管制官に報告し（イベントc）、異常を感じた管制官から、どの高度でも対応できるがどの高度を要求するのかといった質問があったが、引き続きFL360でPQEに向かうことを要求した。

22時55分16秒に管制官から呼出しがあり、大丈夫なのかPQEに向かえるのか確認され、副操縦士は大丈夫であることを報告した。22時57分11秒に副操縦士はFL350を要求し、管制官に承認され復唱している。22時59分32秒には管制官から（目的地が近づいたことにより）PQEで到達する高度を指定する管制指示があり、副操縦士は復唱した。23時06分19秒に副操縦士はFL350を離れることを管制官に報告した。

2.1.2(5)に記述したとおり、管制官は、同機の異常を感知してから、積極的に交信しない方が良くと判断して、何が起こったのかは聞かなかったとしている。しかしながら、その後も、何かあれば航空機から報告してくるだろうと判断したとしていることから、結果として管制官が知り得た情報が余りにも少ないことになった。

以上のことから、機長(若しくは副操縦士)と管制官は、22時57分11秒以降の交信等の機会を利用して、高度、針路を逸脱した理由について十分な報告・確認を相互に行うことは可能であったと考えられる。

3.6 重大インシデント発生後の点検整備

本重大インシデント発生後、2.10.1に記述したとおり、同社は同機の特別点検を実施したが、2.11.1に記述したH項、J項、I項を3日間にわたって実施し、H項の終了からI項が終了するまでの間、運航に供したことから、特別点検実施の経過と安全運航上のリスクを分析することとした。

3.6.1 伝達された情報とその対応

2.11.1に記述したとおり、整備士は、機長の報告を受けて調査し、必要になる点検を実施することになっている。2.11.2に記述したとおり、本重大インシデント発生を受けて、機長が報告するべき事項のうち、整備士に伝える必要があった事項は、AOMに規定する運用限界（MMO：M0.82、荷重倍数：2.5G）を超えた場合、及び飛行中にスティックシェーカーが作動した場合に該当することであったと考えられる。2.10.1及び2.10.2等の記述から、関係者がどのような情報を得てどのように対応したのかを整理すると、次のとおりであった。

(1) 運用限界（MMO）の超過

2.12.6に記述したとおり、オーバースピードワーニングは機体の速度がMMOであるM0.82を超過すると作動するが、2.11.1(1)に記述したと

おり、H項はMMOをMO.02以上超過した場合に実施することとなっている。

副操縦士は機長に、機長は整備士に、オーバースピードワーニングが作動した事実から、速度超過になったことを報告した。さらに、機長は整備士に具体的な数値は不明であり、それにはQARの解析が必要だと報告した。

この報告を受け、整備士は安全サイドを選択してH項を実施するか、QARのデータを解析してからH項の実施を判断するか決めねばならなかった。結局、整備士は、QARは取り下ろしたが、2.11.3に記述したデータ解析に必要な手続きを経てデータの解析を実施することをせず、H項を実施し異常がないことを確認した。

2.10.1(1)に記述したとおり、H項の実施については、点検項目が非常に多いことなどから翌日の運航スケジュールに影響が出ないようにするため、安全サイドを選択して決断したものである。

(2) 運用限界（荷重倍数）の超過

9月7日、整備士は、運航部門からの情報を受けて荷重倍数が制限荷重限界を超えて、最大で2.68Gになっていたことを確認した。2.11.1(2)に記述したとおり、荷重倍数が制限荷重限界+2.5Gを超えた場合には、H項とJ項を実施する必要があったが、整備士は、前日（6日）にH項を実施して異常がなかったことから、J項を追加実施し異常がないことを確認した。

副操縦士は、2.1.2(2)に記述したとおり、大きなG（荷重倍数）を感じていなかったことから、機長に対して、大きなGは報告しなかったが、36,000ftに降下したこと、ピッチでコラムを持ち上げたことを報告した。

機長は、副操縦士から具体的に大きなGの報告はなかったが、機長自身は立ち上がれないほどのGを感じたにもかかわらず、整備士には大きなGを感じたことを報告しなかった。機長は、バンクが入り、機首下げとなって速度超過したと整備士には報告した。

(3) スティックシェーカーの作動

2.12.5に記述したとおり、スティックシェーカーは失速状態から十分なマージンを持って作動する仕組みになっている。2.11.1(3)に記述したとおり、スティックシェーカーが作動した後失速に至った場合にはI項を実施する必要がある。整備士は、8日になりQARを分析してスティックシェーカーが作動したことを確認したためI項を実施した。

しかしながら、2.11.1に記述したとおり、後日ボーイング社に確認したところ、I項の点検内容は全てH項に包含されていることが判明したため、結果的にI項の点検を実施する必要はなかったと考えられる。

本重大インシデント発生時の機体作業基準の一部に不明確な点があったた

め、包含関係が明確でなかったことからこのような手順となってしまうと
考えられる。ボーイング社が整備マニュアルを改訂（平成23年10月15
日）し、必要な点検内容が明確になったことから現在はこのような手順とな
ることはない。また、同社は機体作業基準をそれに合わせて改訂（平成24
年2月15日）した。

副操縦士は、スティックシェーカーが作動した記憶がなかったことから、
機長にはその作動を報告していない。機長は、スティックシェーカーの作動
について副操縦士の報告がなかったことから、整備士には報告しなかった。

3.6.2 情報入手・伝達の分析

副操縦士は、機長が報告すべき事項について、それらの発生時点で操縦者
であったことから、できる限り詳細に機長に報告する必要があったと考えられる。
しかしながら、副操縦士は、相当に動揺していたと考えられ、積極的に記憶を呼び
起こして報告する精神状態ではなかった可能性が考えられる。

機長は、速度超過になったことについては、副操縦士の報告と自らの記憶から整備
士に報告したが、荷重超過の可能性については報告しなかったと推定される。自
身が強いGを感じていたことから、機長は、荷重超過を推測可能であったと考えら
れ、安全を優先して、荷重超過の可能性について整備士に報告することもできた
と考えられる。

また、機長は、副操縦士からなるべく多くの情報を聞き出すために、副操縦士の
記憶を呼び起こす努力が十分でなかった可能性が考えられる。

これらのことから、同機で発生した事象について、機長が十分整理できなかつた
ことで、整備士に伝わらず、特別点検の実施が混乱したと考えられる。

整備士は、機長から、バンクが入り機首下げになって速度超過となったとの報告
を受け、速度超過のみを想定したと推定される。

3.6.3 調査・解析に係る分析

本重大インシデント発生後の特別点検は、2.11.1に記述したとおり、速度超過は
MMOであるMO.82をMO.02以上超過した場合、荷重超過はGが+2.5Gを
超えた場合、失速状態はスティックシェーカーが作動あるいは初期バフエットが発
生したあと失速に至った場合に相当し、それぞれ該当する特別点検を実施するこ
とが、具体的に機体作業基準に定められている。

ここで、2.11.2に記述したとおり、機長の報告は、運用限界を超えた場合（速度
であればオーバースピードワーニングが作動した場合、荷重であれば2.5Gを超
えた場合であるが、当時、荷重の具体的な数値を操縦室で知る方法は存在しなかつ

た)、飛行中に Stall Warning (スティックシェーカー) が作動、あるいは Buffet が発生した場合、Severe Turbulence に遭遇した場合、意図せずに高度、速度、姿勢が大きく変化した場合となっており、機体作業基準にあるような具体的なしきい値は設けていない。したがって、規定上からは機長の報告後、整備士の調査・解析で実際の値を確認することが必要になっていると考えられる。

本事案においては、速度超過については最大でM0.008超過したが、整備が必要なM0.02以上の超過には至らなかったため、DFDR (QAR)に残されたデータからはH項を実施する必要はなかったと考えられる。

荷重超過については、最大値が+2.68Gであったことから、J項を実施する必要があったと考えられる。

また、同じく付図3及び4に示したとおり、スティックシェーカーが作動している間、揚力の減少 (Vertical Acceleration が継続的に1G以下になる)、大きな抗力の発生 (Longitudinal Acceleration が継続的に0Gを大きく下回る)が見られず、エルロンとエレベーターの変位と機体の動きに著しい食い違いがないことから失速状態には至っていないと考えられるためI項を実施する必要はなかった。

同社の737-700における、当該調査・解析では、QARのデータを利用することが確実な方法であるが、データを取り下ろし分析するためには一定の手続きが必要となっている。このため、次の運航に使用するなど時間の制約があるなかで、機長の報告があった場合には、安全サイドを選択して、しきい値を超えているかどうかQARのデータを確認することなく、超えた場合に該当する点検を実施するケースが多いと考えられ、本件の場合も速度超過に係る点検はそのように実施している。

しかしながら、航空機で発生した事象が整備士にうまく伝わらなかった場合などでは、調査・解析を実施するフェーズに直ちに移行しない可能性が考えられる。この場合、必要な点検を速やかに実施できないこととなり、点検を実施する前に運航に供してしまう事態が発生する可能性が考えられる。

本件においては、機長が速度超過とオーバーストールの可能性があるが具体的な数値はQARの解析が必要だと報告したため、整備士は速度超過に関わる点検を安全サイドを選択して実施したことで、この時点ではQARの解析を行わなかった。

また、機体に大きなGが掛かったこと、及びスティックシェーカーが作動したことが機長から整備士に伝わらなかったことが、この時点では荷重倍数超過や失速の可能性についてQARを解析することに結び付かず、特別点検の実施に混乱を来してしまった。

これらのことから、特別点検が必要かどうかの判断の起点を、機長の報告に大きく依存していたことが、調査・解析が後手に回り、特別点検の実施に混乱を来したことに関与した可能性が考えられる。2.12.7に記述したACMSの運用拡大を実施

し、特別点検の必要性判断の参考情報とすることも検討するべきである。

3.6.4 安全運航上のリスク

本来は、H項、J項、I項を全て6日に実施するべきであったところを、H項は6日、J項は7日、I項は8日と本重大インシデントの詳細な情報が明らかになっていくごとに実施したことから、J項とI項を実施する前に運航に供した。

2.10.1に記述したとおり、実施した全ての特別点検で異常はなかった。また、3.6.3に記述したとおり、残されたデータからはH項とI項は実施する必要がなかった。加えて、直ちに行わなければならなかったJ項も、客室の天井パネル、手荷物収納棚等の目視点検であることから、通常業務の中で運航乗務員、客室乗務員、地上整備員などが容易に異常を検知できるものであった。こういったことから、結果的には安全運航上のリスクはほぼ存在しなかったと考えられる。

しかしながら、荷重超過の可能性、スティックシェーカーの作動、QARの解析の必要性といったことが機長から整備士に伝わらなかったこと、整備士がそれらを認識するのに時間を要したことが、特別点検の実施を混乱させたことは事実である。このことは、情報入手・伝達、そこを起点にした調査・分析の当時の手順には特別点検の実施を混乱させる要因があったと考えられる。

4 結 論

4.1 分析の要約

4.1.1 一般事項

機長及び副操縦士は、適法な航空従事者技能証明と有効な航空身体検査証明を有しており、健康状態は良好であったと推定される。また、同機は、有効な耐空証明を有し、所定の整備及び点検が行われていたこと、及び異常を示すデータや口述がなかったことから同機の機体の状態は本重大インシデント発生には関与していなかったものと推定される。さらに、当日の気象状態は、本重大インシデントの発生に関連はなかったものと推定される。(3.1) ^{*26}

4.1.2 副操縦士の誤操作

副操縦士に以前乗務していた737-500のドアロックセレクターの操作記憶が十分に修正されずに残っていたこと、さらに当該ドアロックセレクターと737-700のラダートリムSWの配置・形状・大きさ・操作上の類似点が誤操作に関

*26 本項の各文章末尾に記載した数字は、当該記述に関連する「3 分析」の主な項番号を示す。

与したと考えられる。(3.2.2、3.2.3)

機長の入室の合図が、CDUを操作中であった副操縦士にドアロックセレクターの操作を急がせ、誤操作に関与した可能性が考えられる。(3.2.4)

737-500のドアロックセレクターの操作記憶が十分に修正されずに残っていたことについては、副操縦士には、差異訓練においてドアロックセレクターの配置変更が身に付いていなかったと考えられる。これには、配置変更したスイッチの操作をどのように訓練するのかについて、同社を含めた運航会社が検討・策定して国土交通省航空局が審査・承認する、差異訓練に関する訓練・審査の内容を決定するための現在の仕組みが十分に機能していなかったことが関与した可能性が考えられる。(3.2.5、3.2.6)

また、副操縦士が、保留可能であったCDUの操作を行ったこと及び適切にタスク管理できなかつたことが誤操作に関与したと考えられる。これには操縦室に1名しかいない状況でこれらに関してどのように対応すべきかについて同社が具体的に規定していなかったことが背景にあったと考えられる。(3.2.7、3.2.8)

4.1.3 誤操作の認知の遅れ

フライトシミュレーターの調査結果は、誤操作の認知の遅れから異常姿勢に陥ったことを示している。この認知の遅れについては、次のことが関与したものと考えられる。(3.3冒頭)

(1) 両スイッチの操作上の類似点

両スイッチには「回した状態で保持する」という操作上の類似点があるため、副操縦士は、ドアロックセレクターを操作するつもりでラダートリムSWを操作している間、保持し続けることに違和感を覚えなかつた可能性があること。(3.3.2)

(2) 飛行状態の監視

副操縦士が、オートパイロットによる操縦に依存し、飛行状態を監視する意識が不十分であった可能性があること。また、これらに関して操縦室に1名しかいない状況でどのように対応すべきかについて同社は具体的に規定していなかつたこと、及び副操縦士がそれらの安全教育を受けていなかつたことが背景にあったと考えられること。(3.3.6、3.3.7)

(3) その他の関与要因

機長からの再度の入室合図があつたことで、副操縦士がドアを解錠する行為に気を取られた可能性があること。(3.3.8)

夜間飛行であつたことが、背景になった可能性があること。(3.3.9)

なお、バンクアングルアラートは、誤操作の早期認知には寄与しなかつたと推定

される。(3.3.10)

4.1.4 不適切又は不十分な回復操作

副操縦士は、ロールとピッチに対応して、ホイールとコラムをおおむね回復させる方向に操作したことから、ロールやピッチの状況を認識していたと考えられる。

(3.4.2)

CW方向にほぼ一杯ホイールを操作した時はロール角が一時回復に向かったが、スティックシェーカーが作動しその作動が続いた状況で、副操縦士は、ホイールの力を緩め、反対方向に力を入れてホイールを中立位置を越えるまで急激に戻した。これにより、左ロール角が再び大きくなったと考えられる。このホイールの操作には、ホイールを一杯に操作した状態でスティックシェーカーが作動しているという予期しなかった事態に、副操縦士が驚き混乱した可能性が考えられる。これが、結果的には不適切な回復操作となったと考えられる。(3.4.3)

その直後、副操縦士はラダートリムを元に戻す操作を行ったが、その間、姿勢の状況認識がおろそかになり、ホイールのCW方向への操作が不十分となったため、再び左ロール角が増大することになったと考えられる。ラダートリムを元に戻す操作は、姿勢をおおむね回復してから行うべきであったと考えられる。(3.4.4)

また、副操縦士は、ピッチ角を回復するため、コラムを引いていったと考えられるが、このときAOAの増加によりスティックシェーカーが作動したと考えられる。失速状態を回避するためコラムを前に押しとピッチ下げが大きくなったので、再びコラムを引くとスティックシェーカーが作動するということを繰り返したと考えられる。

また同時に、大きなロール角により機体は急降下し、機体の速度は増加していったと考えられ、機体の速度がMMOを超えている間、オーバースピードワーニングが作動した。

このように、スティックシェーカーとオーバースピードワーニングが同時に作動したことが推定される状況の中で、副操縦士はコラムを前後に変位させる操作を繰り返したと考えられ、この間数回にわたり制限荷重倍数限界と対気速度限界を超過したが、最終的にピッチ角は回復した。(3.4.6)

フライトシミュレーターの調査等から、上記の副操縦士の回復操作は不適切又は不十分な回復操作であった可能性が考えられる。不適切又は不十分な回復操作となったことについては、次のことが関与したものと考えられる。(3.4冒頭)

(1) 異常姿勢からの回復訓練

副操縦士は、失速警報を伴った異常姿勢からの回復訓練、及び予期しないで発生する異常姿勢から回復する訓練を受けていなかったため、不意に発生

した異常姿勢、回復操作の過程で発生したスティックシェーカーの作動は初めての経験であったことから、副操縦士が驚き混乱した可能性があること。

(3.4.7(1))

(2) 高高度における異常姿勢からの回復訓練

副操縦士は、高高度における異常姿勢からの回復訓練を受けていなかったことから、スティックシェーカーの作動に驚き混乱した可能性があること。

(3.4.7(2))

(3) その他

機長のドアを開けようとする行為が、副操縦士の冷静な判断に影響を与えた可能性があること。(3.4.10)

なお、副操縦士が操縦桿を操作して、オートパイロットのCWSモードで回復操作を行ったことは、回復操作に重大な影響を与えるものではなかったと考えられる。

また、オートスロットルがオンになっていたことは、回復操作に与える影響は小さく、回復操作を補完していたものと考えられる。(3.4.8)

4.2 原因

本重大インシデントは、同機の飛行中、操縦室に機長を入室させるため、副操縦士がドアロックセレクターを操作するつもりで誤ってラダートリムSWを操作したことにより、オートパイロットによる姿勢の維持が限界を超えて機体が異常な姿勢となるとともに、その認知が遅れ、加えてその後の姿勢回復操作の一部が不適切又は不十分であったため、更に異常な姿勢となり、浮揚する力を失ったことなどから急降下に至り、「航空機の操縦に障害が発生した事態」に準ずる状態に陥ったものと推定される。

ドアロックセレクターを操作するつもりで誤ってラダートリムSWを操作したことについては、副操縦士に以前乗務していた737-500のドアロックセレクターの操作記憶が十分に修正されずに残っていたこと、及び737-500のドアロックセレクターと737-700のラダートリムSWの配置・形状・大きさ・操作上の類似点に関与したと考えられる。以前の操作記憶が十分に修正されずに残っていたことについては、副操縦士にはドアロックセレクターの配置変更が身に付いていなかった可能性が考えられ、これには配置変更したスイッチの操作をどのように訓練するのかについて、同社を含めた運航会社が検討・策定して国土交通省航空局が審査・承認する、差異訓練に関する訓練・審査の内容を決定するための現在の仕組みが十分に機能していなかったことが関与した可能性が考えられる。また、副操縦士が適切にタスク管理できなかつたことが誤操作に関与したと考えられる。

誤操作の認知が遅れたことについては、ドアロックセレクターとラダートリムSWの操作上の類似点に関与した可能性が考えられる。また、副操縦士がオートパイロ

トによる操縦に依存し、飛行状態を監視する意識が不十分であったことが関与した可能性が考えられる。

回復操作の一部が不適切又は不十分であったことについては、回復操作中にスティックシェーカーが作動するという予期しなかった異常事態に副操縦士が驚き混乱したことが関与した可能性が考えられる。驚き混乱したことには、失速警報を伴った異常姿勢からの回復訓練、及び予期しないで発生する異常姿勢から回復する訓練を受けていなかったため、副操縦士には本重大インシデント時にそれらが初めての経験であったこと、及び高高度における異常姿勢からの回復訓練を副操縦士が受けていなかったことが関与した可能性が考えられる。

4.3 その他判明した安全に関する事項

4.3.1 重大インシデント発生後の点検整備

本重大インシデント発生後、同社は必要な全ての特別点検を終了する前に運航に供したが、実施した特別点検で異常はなかったことなどから、結果的には安全運航上のリスクはほぼ存在しなかったと考えられる。しかしながら、情報入手及び伝達、そこを起点にした調査及び分析の当時の手順には特別点検の実施を混乱させる要因があったと考えられる。

(1) 情報の入手及び伝達

同機で発生した事象について、機長が十分整理できなかつたことで整備士に伝わらなかつたことが、特別点検の実施を混乱させたことに関与したと考えられる。

(2) 調査及び解析

同社が、特別点検が必要かどうかの判断の起点を、機長の報告に大きく依存していたことで調査・解析が後手に回り、特別点検の実施が混乱したことに関与した可能性が考えられる。

4.3.2 酸素マスクの使用

2.12.3 に記述したとおり、同社はOMに「高度25,000ft以上でやむを得ず1名の操縦士が操縦席を離れる場合、その者が帰着するまでの間、他の操縦士は酸素マスクを使用する。」と規定している。機長が退室した時点で、同機は41,000ftを巡航していたことからこの規定が適用されることになる。

しかし、2.1.2(2)に記述したとおり、本重大インシデント発生時には、副操縦士は「機長退室中に酸素マスクを使用していなかつた。」としており、マスクを使用しなければならぬ規定の存在を知っていたにもかかわらず使用していなかつた。

5 再発防止策

5.1 同社、全日本空輸株式会社及びANAグループにより講じられた再発防止策

5.1.1 ラダートリムSWの誤操作とその認知の遅れに関する対策

(1) 飛行中運航乗務員が操縦室に1名になる場合の留意事項の制定・配布

同社は運航乗務員のうち1名が操縦室を離れる場合の留意事項を制定した。

操縦室から1名退出するときに安全運航を維持するための退出前、退出中、帰着時の留意事項を定めてOM information (OMの規定に係る一時的な周知が必要な場合に発行するものであり、有効期間中はOMと共に機内に常備される。)として配布し、運航乗務員にはその内容のチェックリストを携帯させた。留意事項は次のとおりである (一部省略)。

①退出前

- ・退出時期は、ワークロードが高くない適当な時期を選定するとともに、国際運航においてはFIRの境界付近を避けること。
- ・退出時間中に想定される運航上の留意事項を相互確認すること。
- ・入室する際の手順を相互確認すること。
- ・退出する操縦士は他の操縦士が「必要なときに直ちに Autopilot 及び Autothrottle を Takeover できる姿勢が整えられていること」「酸素マスクを着用すること (25,000ft以上を飛行中)」「(中略) ATC に対し確実に送受信できる状態であること」を確認すること。

②退出中

操縦室に止まる操縦士は以下の事項を遵守すること。

- ・Fly First とする。ここでいう Fly first とは「Flight Path and Airspeed Control」「Airplane Configuration」「Navigation」を最大限優先することを言う。
- ・飛行状態の Monitor 機能の低下を補完するため、Rudder Pedal には常時足を添えておくこと。
- ・必要なときには直ちに Autopilot 及び Autothrottle を Takeover できるように姿勢を整えておくこと。
- ・CDUの入力、(中略) その他機体の各システムを操作する際は、冷静沈着な行動により誤操作を防止すると共に、操作結果を確認し、操作の信頼性を確保すること。

- ・ A T Cに疑義が生じた場合は必ず *Confirm* すること。
- ・ 業務の優先順位を適切に判断し、(中略) 2つの操作を同時に実施しようとしないうこと。
- ・ 急を要する場合を除き、会社無線、(中略) ならびに退出した操縦士の入室に係る連絡以外の *Cabin* との *Communication* は避けること。

③帰着後

- ・ 退出中の運航状況や入手した情報について共有を行うこと。

この対策は同社内で実施したものであったが、同社と全日本空輸株式会社が平成24年4月1日に合併したことにより、現在、上記「OM information」は存在しない。

本重大インシデント発生などを受けて、ANAグループとしては、運航乗務員を対象として安全かつ高品質な運航推進のために事例の紹介・解説をするために発行している、全社共通の発行物（「The Flight ANA Group」平成24年6月11日付け）に「操縦室内に操縦士が1名となる場合の留意事項」を次のとおり紹介した。

- ① 操縦室を離れ、操縦室内の操縦士が1名になる時期は、ワークロードが低い時期を選ぶ。
- ② 操縦室を離れる前に、残された操縦士に予想される運航上の業務の引継ぎを実施する。
- ③ 操縦室を離れる前に、コクピットドアのスイッチの位置、ドア解錠の合図を相互確認する。
- ④ 操縦室を離れる操縦士は、規程上必要な場合、残された操縦士の酸素マスクの確実な着用を確認する。
- ⑤ 使用可能ならば、オートパイロットとオートスロットルを使用し、操縦桿をいつでも操作できる態勢を保つ。
- ⑥ 残された操縦士は、自機の状況を常に把握し、同時に複数の業務を実施することなく、常に優先順位をつけて業務を遂行する。また、可能な限り不急の業務を実施しない。
- ⑦ 入室の合図があった場合、コクピットドアのスイッチを目視で確認の上、慌てることなく確実に操作する。
- ⑧ 操縦室を離れていた操縦士が戻った際、離席中の運航状況を相互に確認し、情報を共有する。

なお、全日本空輸株式会社は平成24年8月1日付けで、POLICY MANUAL 4-1-1 Fly First に「運航乗務員は、操縦室内に操縦士が1名となる場合には、PM不在となることを認識して、機体の Control を優先し、それ以外の操作を実施する場合には最大限の注意を払う。」を追加し発行（同日発効）した。また、同日付けで「POLICY MANUAL資料リスト」（POLICY MANUALの理解を深めるために参考資料をリストアップして発行されるもの。）に上記「The Flight ANA Group」の発行記号番号とそのトピック名称（操縦室に操縦士が1名となる場合の留意事項）のみを追記して発行（同日発効）した。

(2) 確実なスイッチ操作に係る訓練の充実

確実なスイッチ操作を、定期訓練、定期審査における重点的な指導項目とした。この施策はANAグループ内で実施された。

(3) 誤操作しやすいスイッチの認知に係る訓練の追加

737-500から737-700NG（737-700又は737-800）への差異訓練に、誤操作をしやすいスイッチの存在について訓練項目を追加した。この施策は同社で実施されANAグループに継承された。

(4) 誤操作しやすいスイッチの認知に係る施策の水平展開

全機種について、業務点検を通じて誤操作の可能性のあるスイッチを調査し、全社共通の発行物で周知した。この施策はANAグループ内で実施された。

5.1.2 不適切又は不十分な回復操作に関する対策

(1) 事例による基本動作の教育の充実

視覚教材を利用して、本事例を紹介し、基本動作の教育を行った。この施策はANAグループ内で実施された。

(2) 高高度での異常姿勢からの回復に係る訓練の準備

国際標準になりつつある、高高度での異常姿勢からの回復訓練等に関して情報収集を行い、遅滞なく実施できるよう準備している。この施策はANAグループ内を代表して全日本空輸株式会社が実施している。

5.1.3 酸素マスクの着用に関する対策

酸素マスクの着用に関しては、5.1.1(1)の対策に、留意事項として含めて規定した。この施策は同社内で実施された。

5.1.4 特別点検の実施が混乱したことに関する対策

(1) T S I 発行によるコミュニケーションの促進

整備士に対してT S I（運航限界等超過時の報告を受けた際の対応）を発行して、運航乗務員と整備士間のコミュニケーションの促進を図った。この施策はANAグループで実施された。

(2) ACMSの運用拡大

特別点検実施の判断で必要になるしきい値を超えた場合に、運航乗務員あるいは整備士がそれを認知できるように、ACMSの運用を拡大し、他機種を含めて順次導入している。この施策はANAグループで実施されている。

5.2 国土交通省航空局により講じられた再発防止策

「型式移行訓練等に関するQUALIFICATIONS MANUALの審査方法について」を制定し、申請のあった差異訓練について、FAAで用いているようなODRテーブルの仕組みを参考とし、申請者が作成した差異が明確になるような資料により審査することとした。

5.3 今後必要とされる再発防止策

5.3.1 ラダートリムSWの誤操作及びその認知の遅れに関する対策

(1) 制御スイッチの機種間の共通性・類似性に係る対策の検討

航空機設計・製造者（ボーイング社）は、737系列型式機におけるラダートリムSWとドアロックセレクターに関して、本報告書で指摘したそれらの形状・大きさ・操作性のそれぞれの類似性を低減又は解消する必要性について検討するべきである。特にラダートリムSWの形状と大きさについて、737系列型式機を除くボーイング社の機種 of ラダートリムSWに見られる、「つば」がない円筒形の直径約50mmの構造に変更し、触れただけで形状や大きさの違いが判別できるようにすることの有効性を検討するべきである。

(2) 運航乗務員が1名で運航を継続する場合の基本的遵守事項の徹底とその教育

本件における操縦室に1名しかいない状況での対応について、同社がOM Informationを発行することなどで実施した再発防止策は、本報告書で指摘した関与要因であるCDUの操作、タスク管理、飛行状態の監視について、それらの対策をおおむね包含したものであった。

全日本空輸株式会社は、同社との合併に際し同社が実施したこの再発防止策について、POLICY MANUALに「機体のControlを優先し、それ以外の操作を実施する場合には最大限の注意を払う。」と追加し、当該資

料リストに、当該 OM Information に記述した再発防止策の情報を記事としてまとめた「The Flight ANA Group」の発行記号番号とそのトピック名称（操縦室に操縦士が1名となる場合の留意事項）のみを追記して発行することで対応した。しかしながら、この再発防止策では、具体的な運航乗務員の遵守事項を示したものが、事例を紹介・解説するための機関誌となっていることから、遵守事項が全運航乗務員に徹底されない可能性があり、継続的に教育されない可能性もあることから、その効果は限定的で一時的なものとなる可能性が考えられる。

したがって、原因関係者である同社のボーイング式737型機の運航業務を承継した全日本空輸株式会社は、同社が発行した OM Information と「The Flight ANA Group」の当該再発防止策を、具体的かつ恒久的な基本的遵守事項とすることで全運航乗務員に徹底させ、継続的に教育していくべきである。

5.3.2 不適切又は不十分な回復操作に関する対策

(1) 高高度における失速警報等を伴った異常姿勢からの回復訓練の実施

運航会社は「異常姿勢からの回復訓練」を、フライトシミュレーターの再現性能の限界を考慮した上で高高度で実施するべきである。これに必要であれば、回復過程がシミュレーターの再現性能の限界を超えたかどうかを判定できるシステムを導入するべきである。さらに、失速警報等が同時に作動するシナリオや、異常姿勢が訓練生に予期されないで発現するシナリオを作成するべきである。

(2) フライトシミュレーターの再現性向上

フライトシミュレーターの製造会社は、高高度で失速の前兆現象を伴った場合の異常姿勢からの回復訓練におけるシミュレーターの再現性を改良するため、更に研究開発を進めていくべきである。

6 勧告等

6.1 全日本空輸株式会社（原因関係者であるエアーニッポン株式会社からボーイング式737型機の運航業務を承継した航空運送事業者）に対する勧告

本重大インシデントは、同機の飛行中、操縦室に機長を入室させるため、副操縦士がドアロックセレクターを操作するつもりで誤ってラダートリムコントロールを操作したことにより、オートパイロットによる姿勢の維持が限界を超えて機体が異常な姿

勢となるとともに、その認知が遅れ、加えてその後の姿勢回復操作の一部が不適切又は不十分であったため、更に異常な姿勢となり、浮揚する力を失ったことなどから急降下に至り、「航空機の操縦に障害が発生した事態」に準ずる状態に陥ったものと推定される。

このうち、誤ってラダートリムコントロールを操作したことについては、副操縦士が適切にタスク管理できなかつたこと、誤操作の認知が遅れたことについては、副操縦士がオートパイロットによる操縦に依存し、飛行状態を監視する意識が不十分であったことが関与した可能性が考えられる。これらに関しては、操縦室に1名しかいない状況においての対応を具体的に規定していなかつたことがその背景にあったと考えられる。

また、回復操作の一部が不適切又は不十分であったことについては、回復操作中にスティックシェーカーが作動するという予期しなかつた異常事態に副操縦士が驚き混乱したことが関与した可能性が考えられる。驚き混乱したことには、高高度における失速警報等を伴った異常姿勢からの回復訓練、及び予期しないで発生する異常姿勢から回復する訓練を受けていなかつたことが関与した可能性が考えられる。

このため、運輸安全委員会は、本重大インシデントの調査結果を踏まえ、エアーニッポン株式会社のボーイング式737型機の運航に係る業務を承継した全日本空輸株式会社に対して、運輸安全委員会設置法第27条第1項の規定に基づき、以下の措置を講じるよう勧告する。

なお、本勧告に基づく措置は、国際的動向を十分把握した上で実施すること。

6.1.1 運航乗務員が1名で運航を継続する場合の基本的遵守事項の徹底とその教育
エアーニッポン株式会社が発行した OM Information と「The Flight ANA Group」の当該再発防止策を、具体的かつ恒久的な基本的遵守事項として全運航乗務員に徹底させ、継続的に教育していくこと。

6.1.2 高高度における失速警報等を伴った異常姿勢からの回復訓練の実施

「異常姿勢からの回復訓練」を、フライトシミュレーターの再現性能の限界を考慮した上で高高度で実施すること。これに必要であれば、回復過程がシミュレーターの再現性能の限界を超えたかどうかを判定できるシステムを導入すること。さらに、失速警報等が同時に作動するシナリオや、異常姿勢が訓練生に予期されないで発現するシナリオを作成すること。

6.2 国土交通大臣に対する勧告

本重大インシデントは、同機の飛行中、操縦室に機長を入室させるため、副操縦士

がドアロックセレクターを操作するつもりで誤ってラダートリムコントロールを操作したことにより、オートパイロットによる姿勢の維持が限界を超えて機体が異常な姿勢となるとともに、その認知が遅れ、加えてその後の姿勢回復操作の一部が不適切又は不十分であったため、更に異常な姿勢となり、浮揚する力を失ったことなどから急降下に至り、「航空機の操縦に障害が発生した事態」に準ずる状態に陥ったものと推定される。

このうち、回復操作の一部が不適切又は不十分であったことについては、回復操作中にスティックシェーカーが作動するという予期しなかった異常事態に副操縦士が驚き混乱したことが関与した可能性が考えられる。驚き混乱したことには、高高度における失速警報等を伴った異常姿勢からの回復訓練、及び予期しないで発生する異常姿勢から回復する訓練を受けていなかったことが関与した可能性が考えられる。

上記で指摘した本重大インシデント発生の要因については、エアーニッポン株式会社ばかりではなく他の航空運送事業者にも共通するところがあるものと考えられ、これに対応策を講ずることが再発防止に寄与するものと考えられる。

このため、運輸安全委員会は、本重大インシデントの調査結果を踏まえ、国土交通大臣に対して、運輸安全委員会設置法第26条第1項の規定に基づき、次の施策を講じるよう勧告する。

航空運送事業者に対して、「異常姿勢からの回復訓練」を義務化することについて検討するとともに、当該訓練をフライトシミュレーターの再現性能限界を考慮した上で高高度で実施するよう指導すること。なお、必要に応じて、当該訓練において回復過程がシミュレーターの再現性能の限界を超えたかどうかを判定できるシステムの導入を促進すること。

さらに、失速警報等が同時に作動することがあるように、また、異常姿勢が訓練生に予期されないで発現するようにシナリオを作成して当該訓練を実施するよう指導すること。

なお、本勧告に基づく施策は、国際的動向を十分把握した上で実施すること。

6.3 FAAに対する安全勧告

本重大インシデントは、同機の飛行中、操縦室に機長を入室させるため、副操縦士がドアロックセレクターを操作するつもりで誤ってラダートリムコントロールを操作したことにより、オートパイロットによる姿勢の維持が限界を超えて機体が異常な姿勢となるとともに、その認知が遅れ、加えてその後の姿勢回復操作の一部が不適切又は不十分であったため、更に異常な姿勢となり、浮揚する力を失ったことなどから急降下に至り、「航空機の操縦に障害が発生した事態」に準ずる状態に陥ったものと推定される。

このうち、ドアロックセレクターを操作するつもりで誤ってラダートリムコントロールを操作したことについては、737-500のドアロックセレクターと737-700のラダートリムコントロールの形状・大きさ・操作上の類似点が要因になったと考えられる。

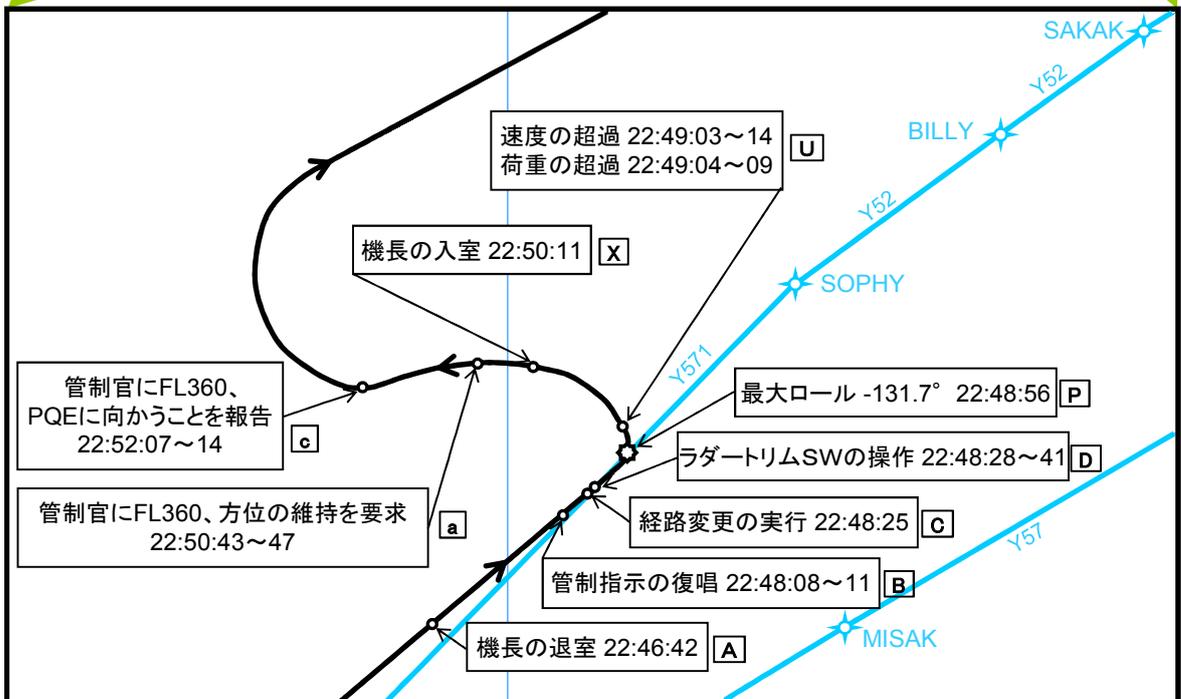
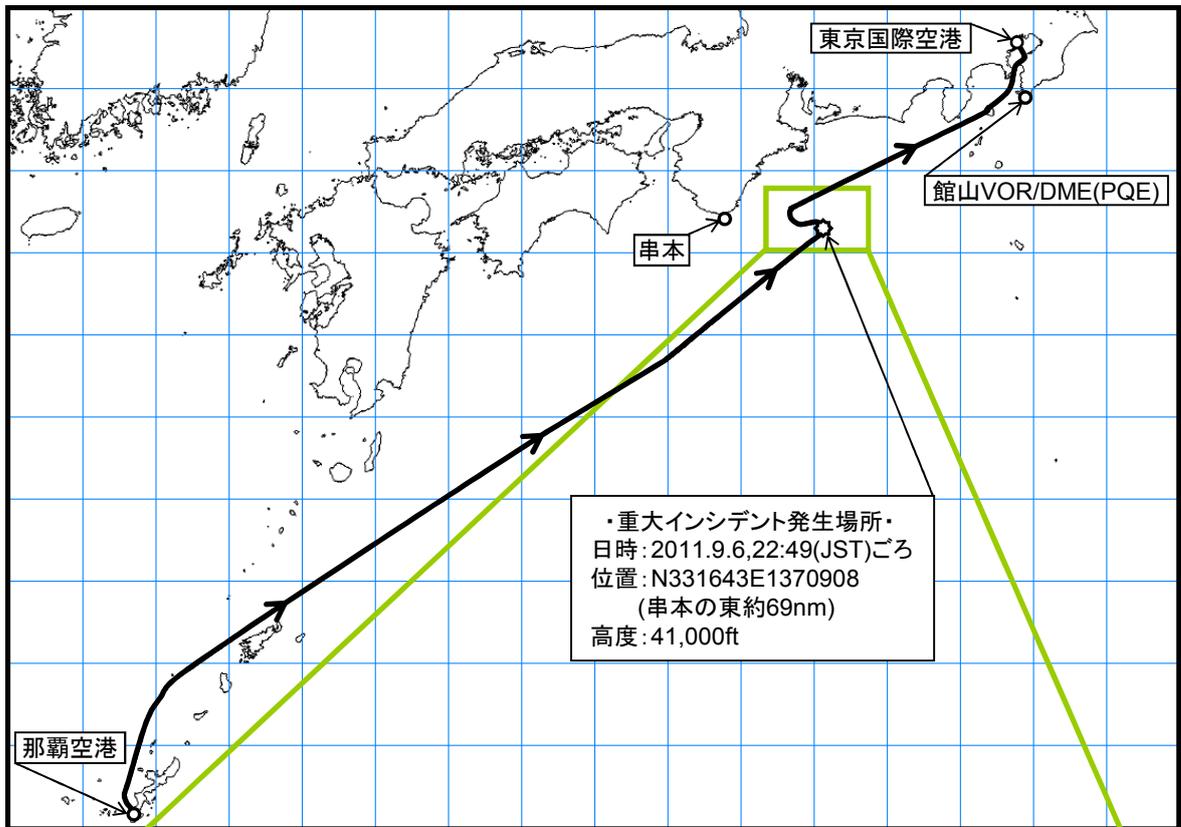
運輸安全委員会は、本重大インシデント調査の結果を踏まえ、米国連邦航空局（FAA）が、航空機設計・製造者（ボーイング社）に対して、次の措置を講じるよう指導することを勧告する。

737系列型式機におけるラダートリムコントロールとドアロックセレクターに関して、本報告書で指摘したそれらの形状・大きさ・操作上のそれぞれの類似性を低減又は解消する必要性について検討すること。特にラダートリムコントロールの形状と大きさについて、737系列型式機を除くボーイング社の機種種のラダートリムコントロールに見られる、「つば」がない円筒形の直径約50mmの構造に変更し、触れただけで違いが判別できるようにすることの有効性を検討すること。

付表 イベント一覧表

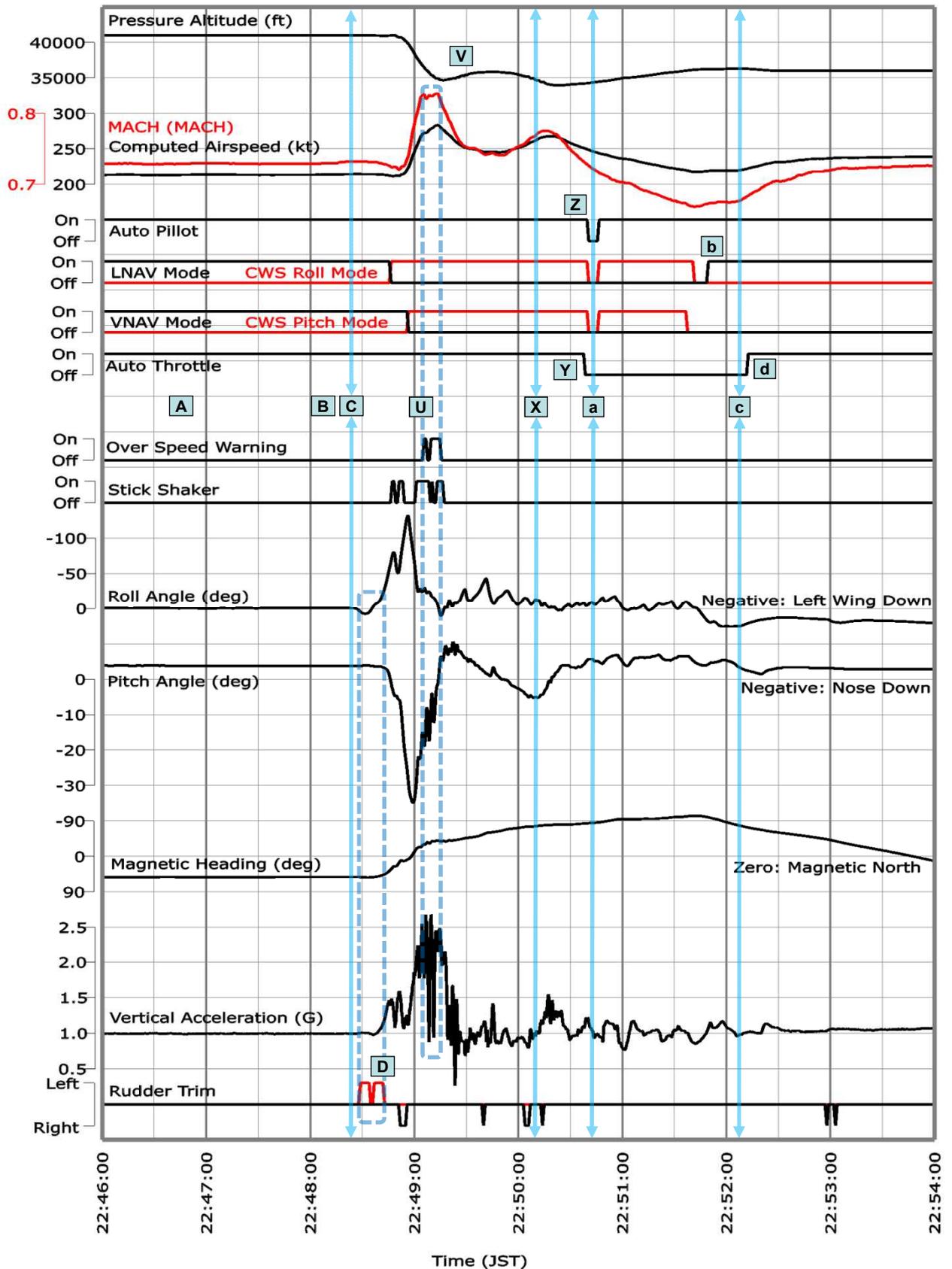
記号	時刻	イベント概要
A	22:46:42	機長の退室
	22:48:04	管制指示
B	22:48:08	管制指示の復唱
	22:48:--	C D Uにデータセット、機長の入室合図
C	22:48:25	C D Uで経路変更の実行
D	22:48:28	ラダートリム S W の操作
E	22:48:35	L N A V の修正と限界
F	22:48:36	水平を越えた左ロール
G	22:48:40	V N A V の高度維持
H	22:48:43	オートスロットルによる推力増加
G P W S	22:48:43	バンクアングルアラート
I	22:48:45	ホイールを C W に操作して回復操作の開始
J	22:48:45	V N A V の修正限界
K	22:48:46	右ラダーペダルの踏み込み
L	22:48:48	失速警報と水平位置を越えて戻したホイール
M	22:48:51	再び大きくなった左ロール
N	22:48:52	ラダートリム S W を元に戻す操作
O	22:48:53	急降下の始まり
P	22:48:56	左ロール -131.7°
Q	22:48:56	オートスロットルによる推力減少
R	22:48:59	機首下げ -35°
S	22:49:00	コラムの引起しと失速警報
T	22:49:02	ロール角の持直し
U	22:49:03	速度超過
	22:49:04	荷重超過
V	22:49:16	収まった急降下
W	22:49:26	ピッチ角の持直し
X	22:50:11	機長の入室
Y	22:50:38	操縦交替
Z	22:50:39	オートパイロットの再設定
a	22:50:43	管制官との交信
b	22:51:49	L N A V モードに設定
c	22:52:07	管制官との交信
d	22:52:13	ほぼ正常な飛行状態

付図1 推定飛行経路図



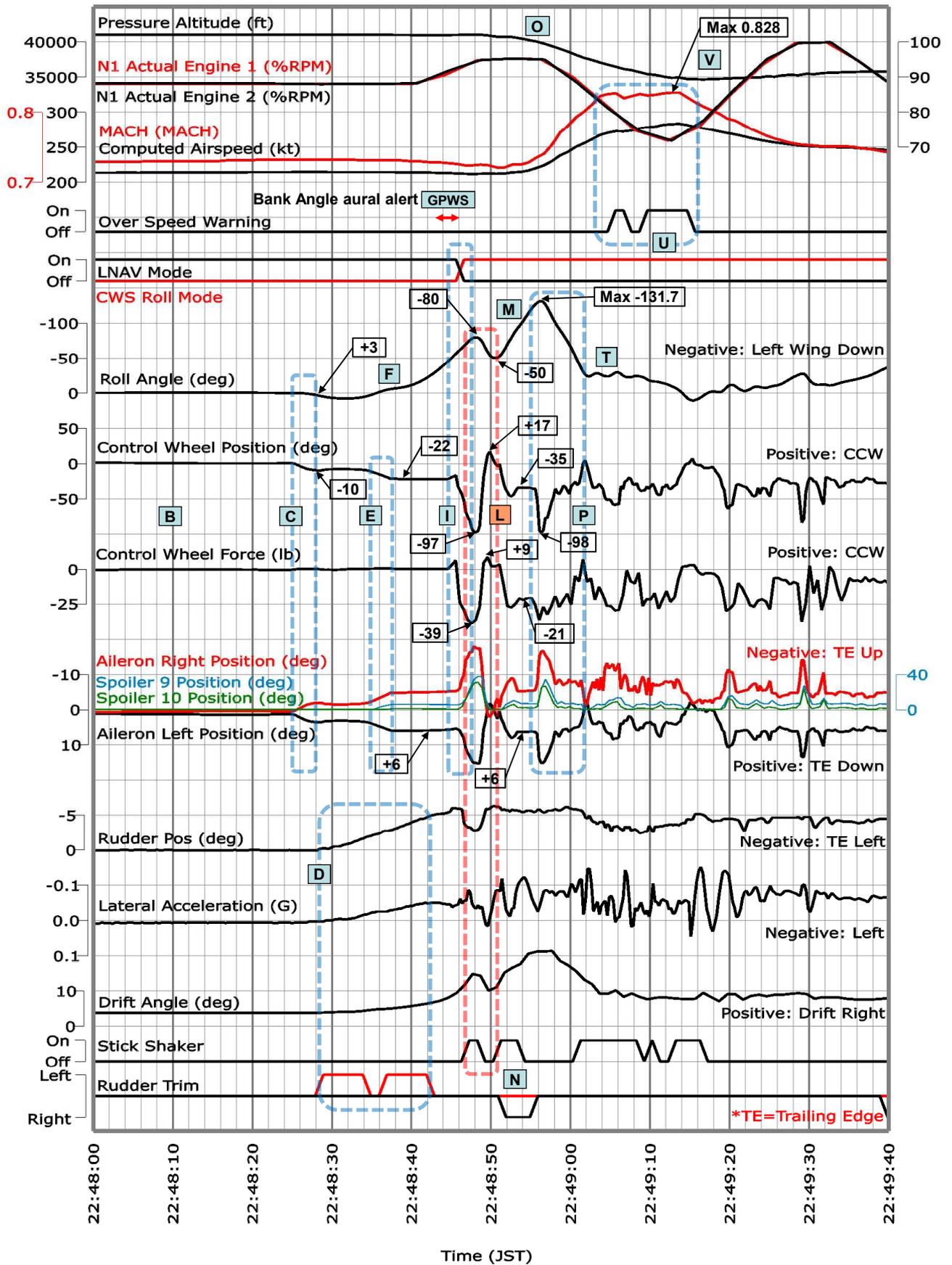
※図中で用いている記号(A~Z, a~d, GPWS)はイベント識別記号であり、イベントの概要は「付表 イベント一覧表」を参照のこと。

付図2 DFDRの記録 (概要)



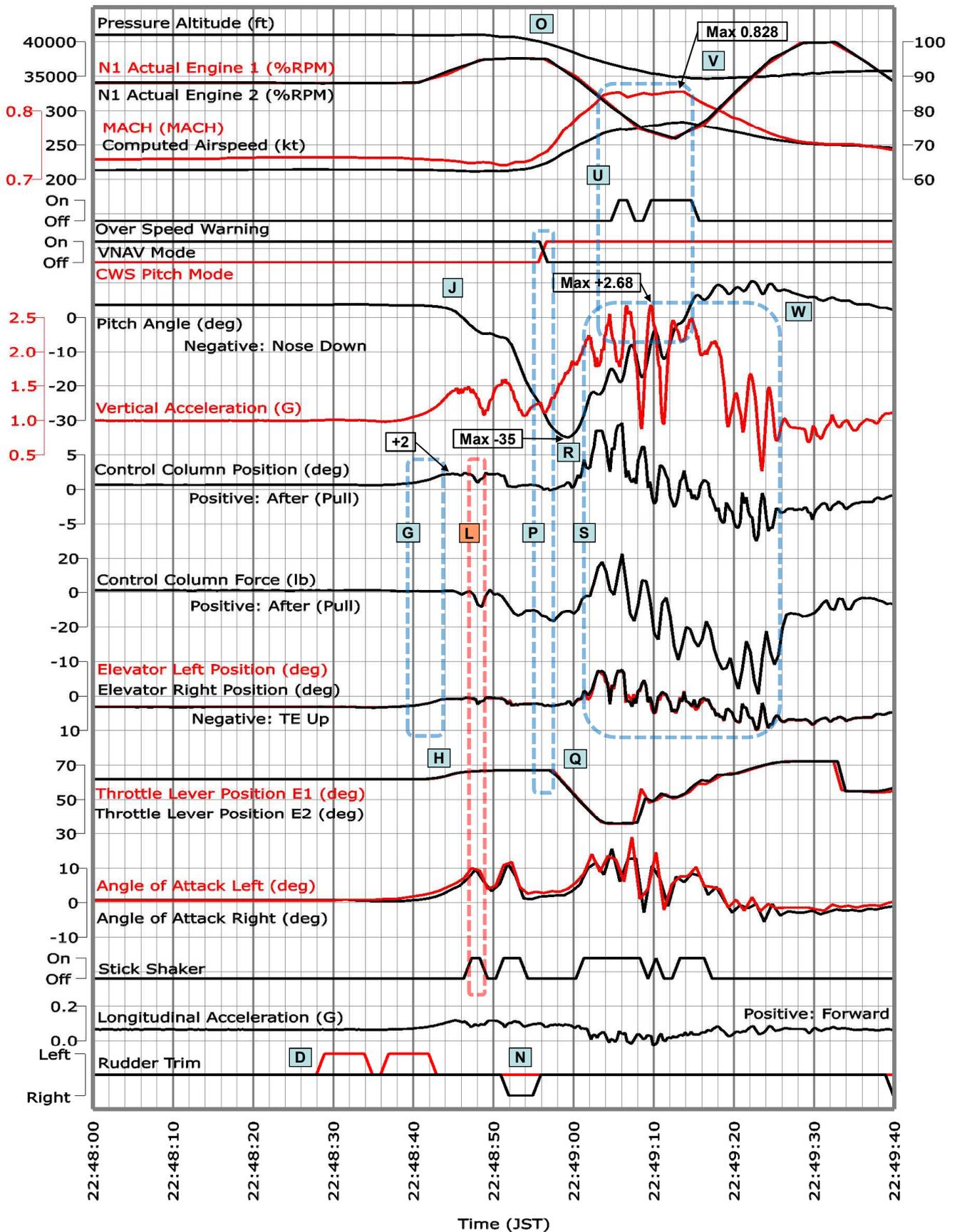
※図中で用いている記号(A~Z, a~d, GPWS)はイベント識別記号であり、イベントの概要は「付表 イベント一覧表」を参照のこと。

付図3 DFDRの記録 (ROLL)



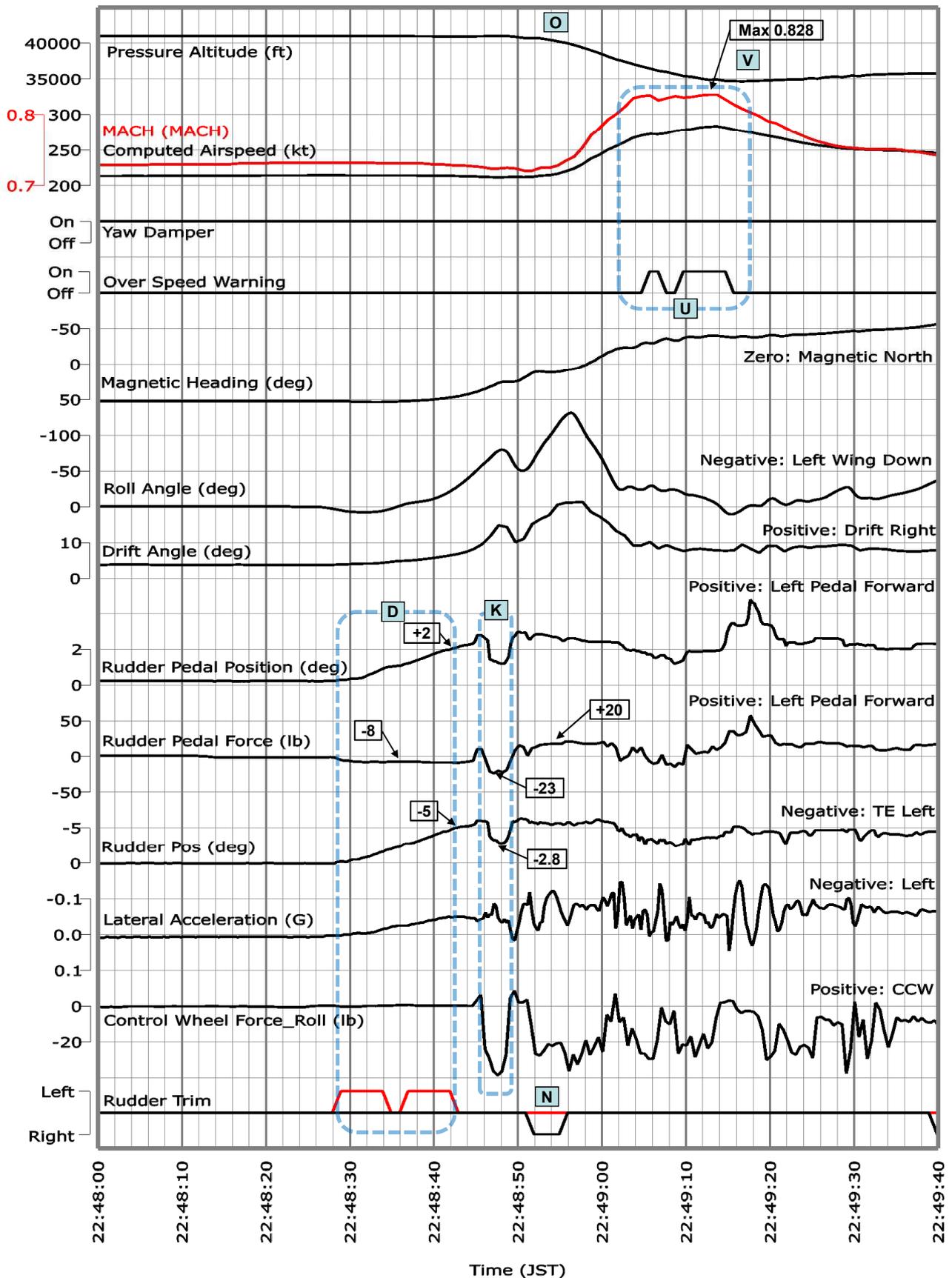
※図中で用いている記号(A~Z, a~d, GPWS)はイベント識別記号であり、イベントの概要は「付表 イベント一覧表」を参照のこと。

付図4 DFDRの記録 (PITCH)



※図中で用いている記号(A~Z, a~d, GPWS)はイベント識別記号であり、イベントの概要は「付表 イベント一覧表」を参照のこと。

付図5 DFDRの記録 (YAW)



※図中で用いている記号(A~Z, a~d, GPWS)はイベント識別記号であり、イベントの概要は「付表 イベント一覧表」を参照のこと。

写真1 重大インシデント機



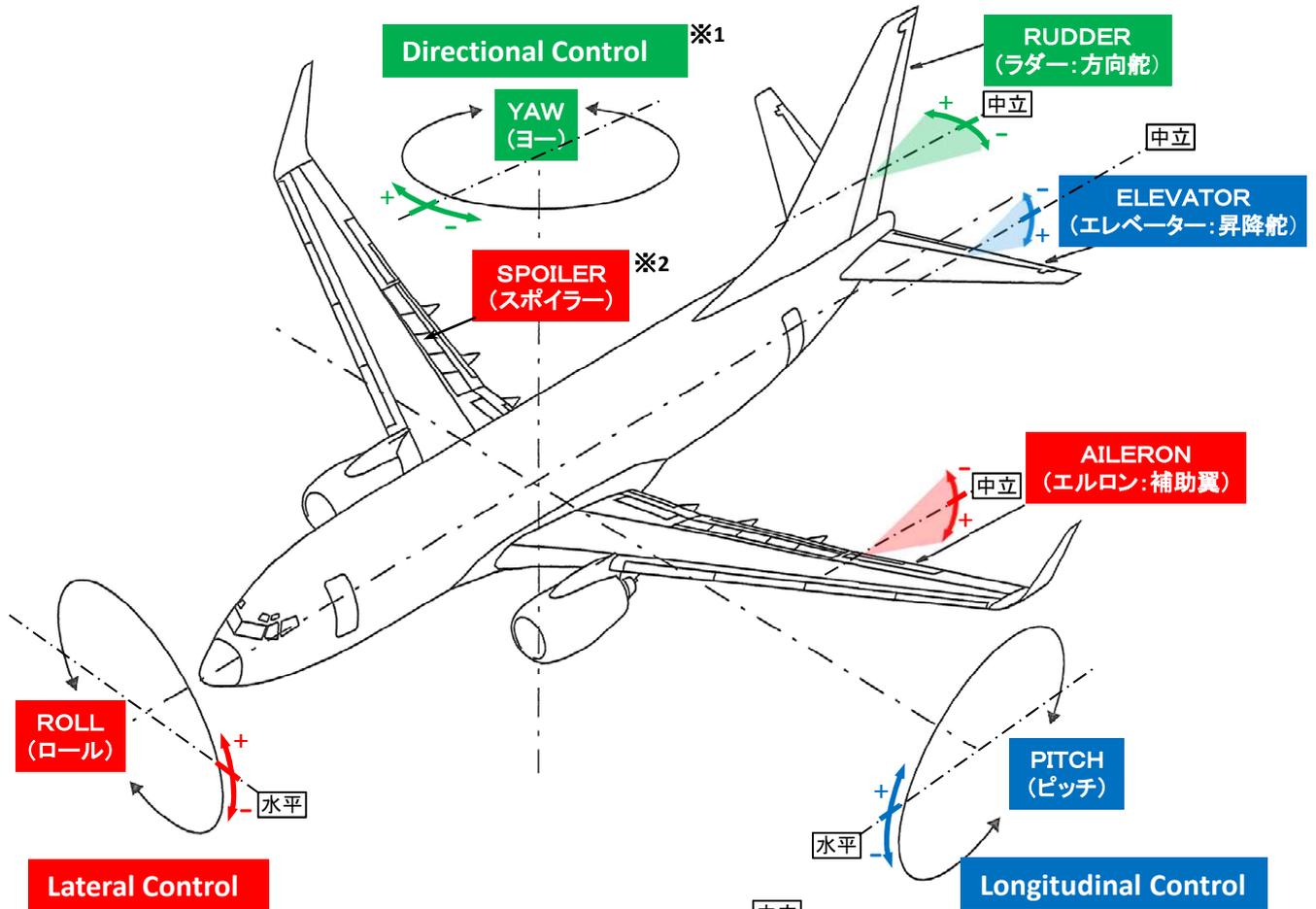
写真2 計器類の配置



添付 1 管制交信記録 (東京航空交通管制部)

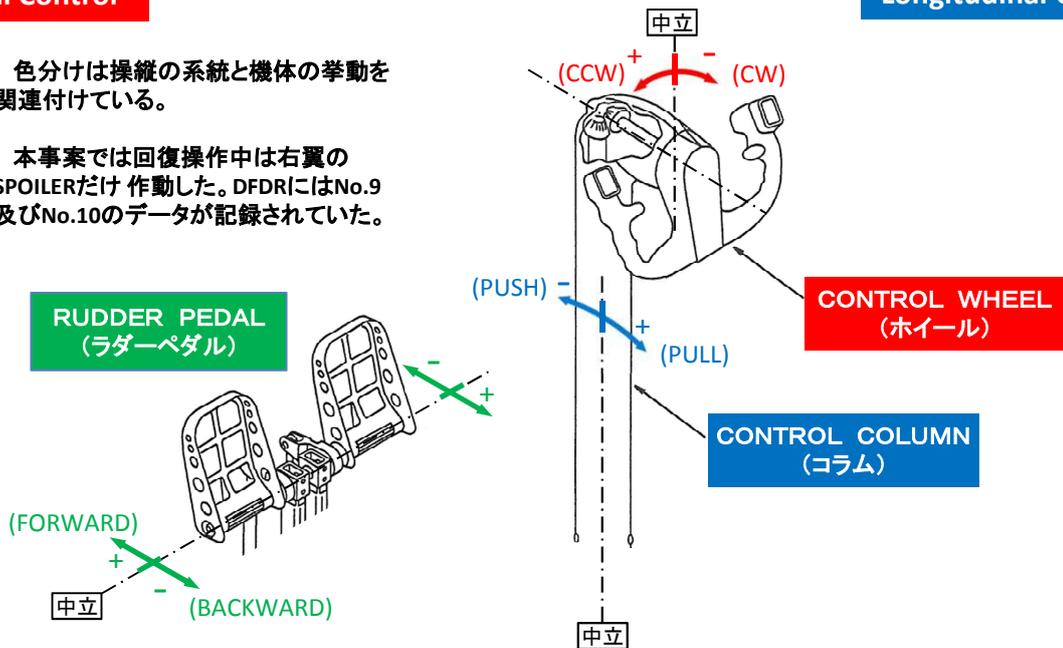
開始時刻	終了時刻	交信者	交信内容
22:48:04	22:48:07	ATC	ANA140 recleared direct PQE.
22:48:08	22:48:11	ANA140	Recleared direct PQE ANA140.
22:50:15	22:50:16	ATC	ANA140 Tokyo.
22:50:22	22:50:23	ATC	ANA140 Tokyo Control.
22:50:39	22:50:43	ATC	ANA140 ANA140 Tokyo Control if you read me...
22:50:43	22:50:47	ANA140	(ANA1)40 very sorry request maintain FL360 maintain heading please.
22:50:48	22:50:53	ATC	ANA140 roger, maintain FL360, and confirm direct PQE?
22:50:53	22:50:57	ANA140	Roger ah now maintain heading returning PQE.
22:50:58	22:51:01	ATC	ANA140 roger, maintain FL360.
22:51:01	22:51:03	ANA140	Maintain FL360.
22:52:07	22:52:14	ANA140	Tokyo Control ANA140 now returning FL360, returning PQE, very sorry.
22:52:15	22:52:19	ATC	ANA140 roger, what altitude do you request? Any altitude available.
22:52:21	22:52:24	ANA140	はい、360 ANA140, very sorry.
22:52:25	22:52:27	ATC	ANA140 roger, maintain FL360.
22:55:16	22:55:18	ATC	ANA140 Tokyo.
22:55:19	22:55:20	ANA140	ANA140 go ahead.
22:55:21	22:55:25	ATC	ANA140 are you OK? Can you go direct PQE now?
22:55:27	22:55:30	ANA140	Now ah OK, very sorry, now PQE ANA140.
22:55:31	22:55:32	ATC	ANA140 roger.
22:57:11	22:57:15	ANA140	Tokyo Control ANA140 request FL350.
22:57:17	22:57:20	ATC	ANA140 descend and maintain FL350.
22:57:21	22:57:24	ANA140	Roger descend and maintain FL350 ANA140.
22:59:32	22:59:39	ATC	ANA140 descend to reach 10,000 by PQE, QNH now 2961.
22:59:40	22:59:45	ANA140	2961 descend to reach 10,000 by PQE ANA140.
23:06:19	14:06:23	ANA140	Tokyo Control ANA140 leaving FL350.
23:06:24	14:06:24	ATC	Roger copied.
23:11:28	14:11:32	ATC	ANA140 contact Tokyo Approach 119.1.
23:11:32	14:11:37	ANA140	Contact Tokyo Approach 119.1, ANA140 very sorry good bye.
23:11:38	14:11:38	ATC	Good day.

添付2 航空機の基本的な操縦系統



※1 色分けは操縦の系統と機体の挙動を関連付けている。

※2 本事案では回復操作中は右翼の SPOILER だけ 作動した。DFDR には No.9 及び No.10 のデータが記録されていた。



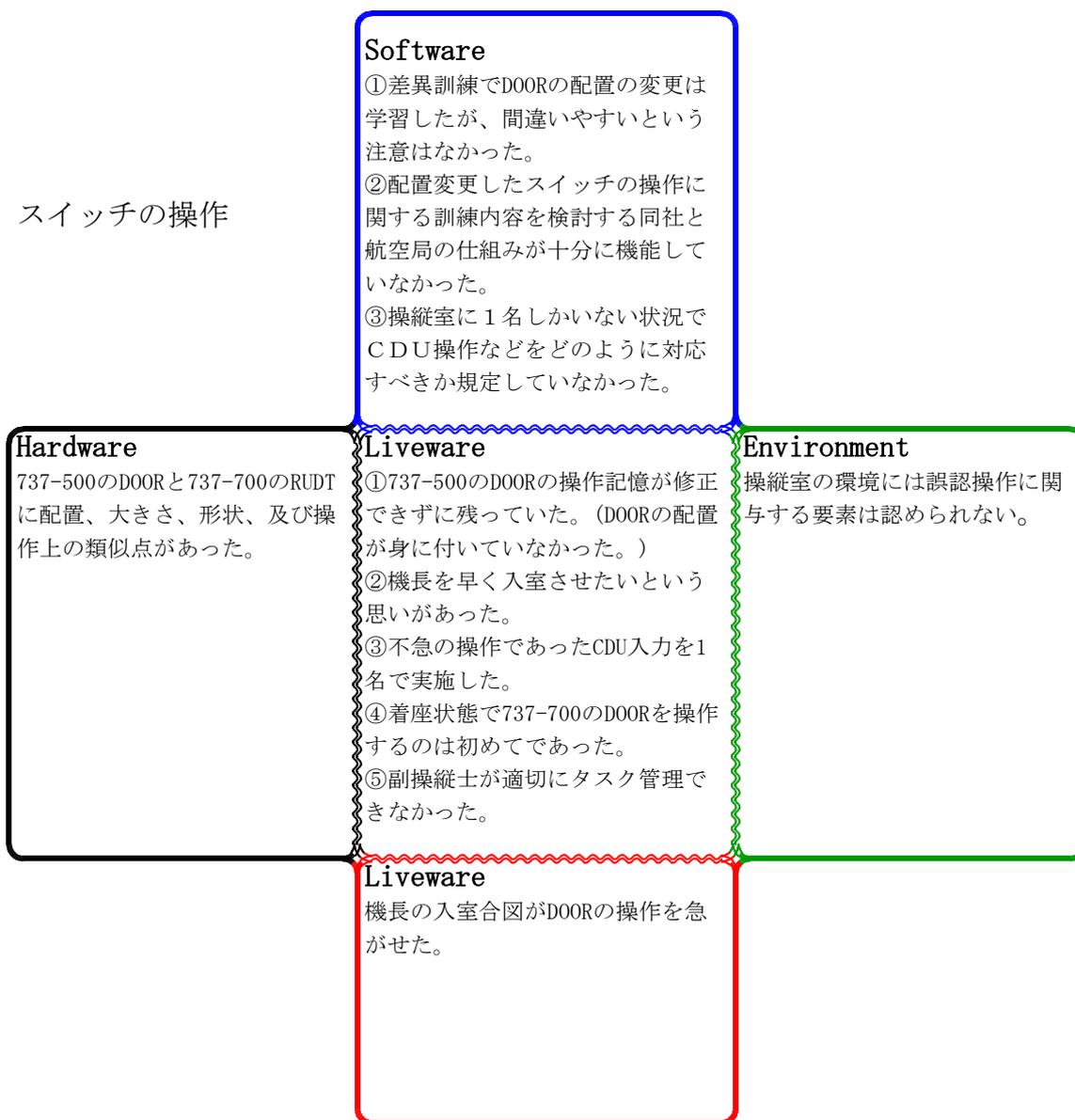
添付3 同社が運航乗務員に実施する訓練

同社が運航乗務員に実施している訓練のうち、本重大インシデントに関連がある訓練を訓練課程ごとに整理すると、その概要は次のとおりである。

- ・基礎訓練課程：事業用操縦士技能証明と計器飛行証明を取得するための訓練である。入社前にこれらの資格を訓練生が取得している場合は、この訓練は実施されない。
- ・ブリッジ訓練：基礎訓練修了者に、第4世代JET機並びに航空運送事業者の操縦士となるための知識及び技能を付与する訓練である。主に、二人で操縦する航空機、高高度を高速で飛行する航空機の運用について教育している。入社後一度だけ実施している。
- ・副操縦士任用訓練：ブリッジ訓練修了者に、同社の副操縦士として乗務するに当たって必要な知識や技能を付与するための訓練である。「座学課程」、「シミュレーター課程（模擬飛行訓練）」、「LCL課程（下地島における実機操縦訓練）」、及び「路線課程（第2副操縦士として乗務しながら受けるOJT）」がある。
- ・定期訓練：資格に関わる知識や技能維持を目的として、操縦士として乗務している中で実施する訓練であり、座学とシミュレーターによる模擬飛行訓練がある。年1回実施している。
- ・LOFT：Line Oriented Flight Trainingのことであり、シミュレーターを使用し、日常の運航の中での通常状態並びに発生する可能性のある異常状態・緊急状態を模したフライトを行い、個人及びクルーの一員としてフライト中に起こる出来事に的確に対応するための訓練である。年1回実施している。
- ・差異訓練：ある型式（例：737-500）の乗務資格保有者が、他の同系列型式（例：737-700）の乗務資格を取得しようとする場合に必要な訓練を差異訓練といい、同社が検討・策定し国土交通省航空局が審査・承認する「差異訓練・審査基準」に基づく座学及び模擬飛行訓練によって差異を習得し、必要な審査に合格しなければならない。

添付4 要因分類表

スイッチの操作



注1) 本要因分類表は、本調査がSHELモデルを活用して情報の洗い出しを行ったことから、本調査の要因分析結果をSHELモデルで分類整理したものであり、本報告書の理解のために添付した。SHELモデルは、事故やインシデントの原因究明において、当事者を含めた5つの分類から要因を分析する手法で用いられるものである。L（当事者自身）とそれを取り巻く、S（ソフトウェア）、H（ハードウェア）、E（環境）、L（当事者以外の人間）と当事者との関わりが、事故やインシデントの要因になっていなかったのかを分析することで、様々な要因を洗い出すために使用する。

注2) 本表の見方

中央の Liveware は当事者であり、本件では副操縦士ということになる。周りの四つの四角は当事者と関わりを持つ、Hardware (スイッチ、機体の機能等)、Software (規定、マニュアル、訓練等)、Environment (明るさ、騒音、気温等)、Liveware (当事者以外の人:この場合は機長その他の乗員、管制官等) となる。

中央の Liveware と周りの四角の間の波線は、それぞれがかみ合っている様子を示しており、周りの四角の色使いをそのままこの波線の色使いとしていることでその関連性を表現している。このかみ合いがうまくいかないことで本件が発生したという整理である。

それぞれの四角内の記述は、今回の事案で Hardware、Software、Environment それぞれに該当する「かみ合っていない」いわゆる要因となったものである。なお、最後に残った中央の Liveware の記述は当事者自身の要因を整理した。

注3) 本表で用いた略号

「DOOR」はドアロックセレクター、「RUDT」はラダートリム SW、「SSK」はスティックシェーカーである。



回復操作

Software

- ①副操縦士は、失速警報（SSK）を伴う、予期していない異常姿勢からの回復訓練を受けていなかった。
- ②副操縦士は高高度における異常姿勢からの回復訓練を受けていなかった。

Hardware

副操縦士はオートパイロット及びオートスロットルをオフにしなかったが、回復操作に重大な影響を与えなかった。オートスロットルは、余裕がなかった副操縦士の回復操作を補った。

Liveware

- ①ホイールを一杯に操作した状態でSSKが作動しているという予期しなかった事態に副操縦士が驚き混乱した。
- ②ロール角が回復していくのを待たずにホイールの力を緩めて、反対方向に力を入れてホイールを中立位置を越えるまで戻した。
- ③ラダートリムを戻す操作により、姿勢の状況認識がおろそかになり、オートパイロットをオーバーライドするための十分なホイールの操作ができなかった。

Environment

夜間飛行は、異常姿勢の回復操作に直接影響しなかった。

Liveware

機長のドアを開けようとする行為が、副操縦士の冷静な判断に影響を与えた。