

航空重大インシデント調査報告書

- I ピーチ・アビエーション株式会社所属
エアバス式A320-214型 JA802P
水面への衝突を回避するための緊急操作

平成28年7月28日

本報告書の調査は、本件航空重大インシデントに関し、運輸安全委員会設置法及び国際民間航空条約第13附属書に従い、運輸安全委員会により、航空事故等の防止に寄与することを目的として行われたものであり、本事案の責任を問うために行われたものではない。

運輸安全委員会
委員長 中橋 和博

《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

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

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

I ピーチ・アビエーション株式会社所属
エアバス式A320-214型
JA802P
水面への衝突を回避するための緊急操作

航空重大インシデント調査報告書

所 属	ピーチ・アビエーション株式会社
型 式	エアバス式A320-214型
登 録 記 号	JA802P
インシデント種類	水面への衝突を回避するための緊急操作
発 生 日 時	平成26年4月28日 11時47分
発 生 場 所	那覇空港の北約7km、高度約300ft

平成28年7月8日

運輸安全委員会（航空部会）議決

委 員 長	中 橋 和 博 (部会長)
委 員	宮 下 徹
委 員	石 川 敏 行
委 員	田 村 貞 雄
委 員	田 中 敬 司
委 員	中 西 美 和

要 旨

<概要>

ピーチ・アビエーション株式会社所属エアバス式A320-214型JA802Pは、平成26年4月28日（月）、同社の定期252便として、新石垣空港を出発し、那覇空港の滑走路18への精測レーダー誘導による進入中、高度が低下したことから、11時47分ごろ、那覇空港の北約4nm地点で、機長は、水面への衝突を回避するための緊急操作として、進入復行を行った。その際、強化型対地接近警報装置が警報を発出した。その後、同機は12時10分、那覇空港に着陸した。

同機には、機長ほか乗務員5名及び乗客53名の計59名が搭乗していたが、負傷者はいなかった。

同機の機体に損傷はなかった。

<原因>

本重大インシデントは、同機が那覇空港の滑走路18への精測レーダー誘導による進入中、同機が降下を開始し、降下が継続したため、機長が、水面への衝突を回避するための緊急操作を行ったことによるものと推定される。

同機が降下を開始したことについては、機長の意図しない操作によるものであったと考えられる。同機の降下が継続したことについては、機長及び副操縦士が、同機の高度維持を自動操縦装置に委ね、タスクの優先順位付けを適切に行わなかったため、高度監視についての注意力が低下したことによるものと考えられる。

また、那覇着陸誘導管制所において、グライドパス会合前の管制機がレーダー安全圏を逸脱して降下する可能性についてのリスク管理が十分ではなかったことが、結果的に同機の継続的な降下に関与したと考えられる。

本報告書で用いた略語は、次のとおりである。

AP	: Auto Pilot
ARTS	: Automated Radar Terminal System
AT	: Auto Thrust
ATC	: Air Traffic Control
ATIS	: Automatic Terminal Information Service
CAT	: Category
CFIT	: Controlled Flight Into Terrain
CG	: Center of Gravity
CRM	: Crew Resource Management
CVR	: Cockpit Voice Recorder
DME	: Distance Measuring Equipment
ECAM	: Electronic Centralized Aircraft Monitor
EGPWS	: Enhanced Ground Proximity Warning System
FAA	: Federal Aviation Administration
FCOM	: Flight Crew Operating Manual
FCTM	: Flight Crew Training Manual
FCU	: Flight Control Unit
FD	: Flight Director
FDR	: Flight Data Recorder
FMA	: Flight Mode Annunciator
FMGC	: Flight Management Guidance Computer
FMGS	: Flight Management Guidance System
FPA	: Flight Path Angle
fpm	: feet per minute
GA	: Go Around
GCA	: Ground Controlled Approach
GPWS	: Ground Proximity Warning System
HDG	: Heading
ICAO	: International Civil Aviation Organization
ILS	: Instrument Landing System
IMC	: Instrument Meteorological Conditions
LA	: Low Altitude Warning
LSC	: Lower Safety Cursor

MAC	: Mean Aerodynamic Chord
MCDU	: Multipurpose Control Display Unit
MSAW	: Minimum Safe Altitude Warning
ND	: Navigation Display
OM	: Operations Manual
OMS	: Operations Manual Supplement
PANS-ATM	: The Procedures for Air Navigation Services - Air Traffic Management
PAR	: Precision Approach Radar
pb	: push button
PF	: Pilot Flying
PFD	: Primary Flight Display
PM	: Pilot Monitoring
PNF	: Pilot Not Flying
QAR	: Quick Access Recorder
RVR	: Runway Visual Range
RWY	: Runway
SPD	: Speed
TAD	: Terrain Awareness and Display
TCF	: Terrain Clearance Floor
TOGA	: Take Off Go Around
VOR	: VHF Omnidirectional Range
VORTAC	: VHF Omnidirectional Range Tactical Air Navigation System
VS	: Vertical Speed
WGL	: Wireless Ground Data Link

单位换算表

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

目 次

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	1
1.2	航空重大インシデント調査の概要	1
1.2.1	調査組織	1
1.2.2	関係国の代表	1
1.2.3	調査の実施時期	1
1.2.4	原因関係者からの意見聴取	2
1.2.5	関係国への意見照会	2
2	事実情報	
2.1	飛行の経過	2
2.1.1	FDR、EGPWS警報の記録及び管制交信記録による飛行の経過	3
2.1.2	関係者の口述	6
2.2	人の負傷	13
2.3	航空機の損壊に関する情報	13
2.4	航空機乗組員及び航空管制官に関する情報	13
2.4.1	運航乗務員	13
2.4.2	航空管制官	14
2.5	航空機に関する情報	14
2.5.1	航空機	14
2.5.2	重量及び重心位置	15
2.6	気象に関する情報	15
2.6.1	同空港の気象状態	15
2.6.2	定時気象観測報	15
2.7	フライトレコーダーに関する情報	16
2.8	重大インシデント現場に関する情報	16
2.8.1	同空港の概要と周辺状況	16
2.8.2	PAR進入	17
2.9	同空港RWY 18への標準的な進入	17
2.9.1	安定した進入のための要件	17
2.9.2	進入の手順	18
2.10	計器類の操作と表示	19
2.10.1	計器盤	19

2.10.2	PFD及びND	20
2.10.3	VSノブ	21
2.10.4	スラスト・レバー	21
2.10.5	高度警報	21
2.1.1	同社の規定	22
2.11.1	乗員の業務分担	22
2.11.2	FMAの監視	22
2.11.3	スタンダード・コールアウト	23
2.11.4	チェックリスト	25
2.1.2	パイロットの基本原則 (GOLDEN RULES FOR PILOTS)	25
2.12.1	飛行すること。	26
2.12.2	自動化システムの活用	27
2.12.3	FMAの理解	28
2.1.3	米国における飛行の安全に関する調査報告書等	29
2.13.1	自動化への依存	29
2.13.2	タスク/ワークロード・マネージメント	30
2.13.3	飛行の監視の重要性	32
2.1.4	FDRの記録	33
2.1.5	EGPWS (Enhanced Ground Proximity Warning System)	36
2.15.1	EGPWSの強化機能	36
2.15.2	EGPWSの記録	37
2.15.3	EGPWS警報発出時の対応	39
2.15.4	EGPWS警報の発出に関する同機の製造者の見解	39
2.1.6	フライト・シミュレーターを使用した調査	40
2.1.7	運航乗務員の教育及び訓練	40
2.17.1	同型機の教育及び訓練	40
2.17.2	空港資格要件	40
2.17.3	機長及び副操縦士の過去のPAR進入の経験	41
2.1.8	本重大インシデント発生後の機長からの報告	41
2.18.1	機長と副操縦士による状況の確認	41
2.18.2	機長の報告の義務	41
2.18.3	機長報告に対する同社内の対応	42
2.1.9	着陸誘導管制所の業務	42
2.19.1	本重大インシデント発生時の那覇着陸誘導管制所の状況	42
2.19.2	着陸誘導管制所管制官の業務	43

2.20	レーダー安全圏	47
2.20.1	レーダー安全圏の定義	47
2.20.2	レーダー安全圏から逸脱した場合の措置	48
2.20.3	那覇着陸誘導管制所での管制官に対する教育及び訓練	49
2.21	最低安全高度警報 (MSAW)	49
2.21.1	MSAW機能の目的	49
2.21.2	低高度警報	50
2.21.3	LAの通報に関わる規定	51
2.21.4	本重大インシデント発生時のMSAWの記録	51
2.22	LAが発出した場合の通報手順	51
2.22.1	過去の他社における類似事例	51
2.22.2	本重大インシデント発生時の通報手順	52
3	分析	
3.1	運航乗務員の資格等	54
3.2	航空機の耐空証明書等	54
3.3	気象との関連	54
3.4	飛行の経過	54
3.4.1	進入開始時の状況	54
3.4.2	ファイナル管制官への移管と降下の開始	55
3.4.3	チェックリスト開始時の状況	55
3.4.4	チェックリスト完了時の状況	56
3.4.5	副操縦士の警告と降下を止める操作	57
3.4.6	EGPWSの警報と進入復行	57
3.5	機長のVSノブ操作	58
3.5.1	機長の状況	58
3.5.2	副操縦士の気付き	59
3.6	飛行の監視	60
3.6.1	降下を認識しなかった背景	60
3.6.2	自動化システムとの関わり	60
3.6.3	注意力の維持	61
3.7	EGPWS警報の発出と本重大インシデントの機長の操作	62
3.7.1	EGPWS警報の発出	62
3.7.2	本重大インシデントでの機長の操作	64
3.8	機長報告と同社の対応	64
3.9	那覇着陸誘導管制所における飛行監視の経過	65

3.9.1	降下の開始からレーダー安全圏からの逸脱まで	65
3.9.2	LAの発出から進入復行まで	65
3.10	管制官による高度監視	66
3.10.1	PAR画面の特性	66
3.10.2	ファイナル管制官の高度監視への意識	67
3.10.3	LA発出時の対応	67
3.10.4	管制機の高度低下に関するリスク管理	68
4	結 論	
4.1	分析の要約	69
4.1.1	一般事項	69
4.1.2	飛行の経過	69
4.1.3	運航上の原因関連事項	70
4.1.4	その他判明した事項	72
4.1.5	管制機関に関する事項	73
4.2	原因	74
5	再発防止策	
5.1	重大インシデント後に講じられた再発防止策	74
5.1.1	同社が講じた施策	74
5.1.2	航空局が講じた施策	76
付図1	推定飛行経路	78
付図2	那覇空港への到着機交通流（イメージ）	78
付図3	FDRの記録	79
付図4	気象情報	80
付図5	那覇空港VOR進入 RWY18	81
付図6	エアバス式A320-214型三面図	82
付図7	管制交信記録及び同機の気圧高度等一覧表	83

本文中の図、表及び写真

図 1	那覇空港周辺の航空交通	17
図 2	標準的な同空港RWY 18への進入手順	18
図 3	A 3 2 0 計器盤	19
図 4	PFD、ND表示例	20
図 5	モードが変わった場合のFMAの変化の一例	20
図 6	VSノブ/VS窓	21
図 7	スラスト・レバー	21
図 8	着陸時のECAM MEMO表示例	25
図 9	TAD監視エリア垂直面概略図	36
図 10	PULL-UP報発出時のND画面イメージ図	37
図 11	TCF領域概略図	37
図 12	EGPWSに記録されていたデータ（距離軸）	38
図 13	管制機のデータブロック表示例	44
図 14	PAR画面表示概要説明図	46
図 15	レーダー安全圏	48
図 16	LA発出時のデータブロック表示例	50
図 17	運航者からの情報による類似事例の航跡イメージ図	52
図 18	LAの発出及びLA監視対象を区分するためのイメージ図	53
表 1	FDRの記録	35
表 2	EGPWSに記録されていたデータ（時刻軸）	38
写真 1	那覇着陸誘導管制所の管制席配置	43
写真 2-1	実際のPAR画面	47
写真 2-2	悪天時のPAR画面	47
写真 3	重大インシデント機	82

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

ピーチ・アビエーション株式会社所属エアバス式A320-214型JA802Pは、平成26年4月28日（月）、同社の定期252便として、新石垣空港を出発し、那覇空港の滑走路18への精測レーダー誘導による進入中、高度が低下したことから、11時47分ごろ、那覇空港の北約4nm地点で、機長は、水面への衝突を回避するための緊急操作として、進入復行を行った。その際、強化型対地接近警報装置が警報を発出した。その後、同機は12時10分、那覇空港に着陸した。

同機には、機長ほか乗務員5名及び乗客53名の計59名が搭乗していたが、負傷者はいなかった。

同機の機体に損傷はなかった。

1.2 航空重大インシデント調査の概要

本件は、航空法施行規則第166条の4第5号に規定された「飛行中において地表面又は水面への衝突又は接触を回避するため航空機乗組員が緊急の操作を行った事態」に該当し、航空重大インシデントとして取り扱われることとなったものである。

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成26年4月29日、本重大インシデントの調査を担当する主管調査官ほか2名の航空事故調査官を指名した。

1.2.2 関係国の代表

本調査には、重大インシデント機の設計・製造国であるフランスの代表及び顧問が参加した。

1.2.3 調査の実施時期

平成26年4月29日	機体調査及び口述聴取
平成26年4月30日	口述聴取及び確認調査
平成26年5月1日	口述聴取
平成26年6月6日	シミュレーターでの確認調査
平成26年7月8日	口述聴取
平成26年7月9日	定期便での確認調査
平成26年8月14日	口述聴取

1.2.4 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行い、国土交通省航空局に対し意見照会を行った。

1.2.5 関係国への意見照会

関係国に対し、意見照会を行った。

2 事実情報

2.1 飛行の経過

ピーチ・アビエーション株式会社（以下「同社」という。）所属エアバス式 A320-214 型 JA802P（以下「同機」という。）は、平成26年4月28日、同社の定期252便として、新石垣空港を出発し、那覇空港（以下「同空港」という。）の滑走路18（以下「RWY18」という。）への精測レーダー誘導による進入（以下「PAR進入^{*1}」という。）中、高度が低下したことから、11時47分ごろ、同空港の北約4nm地点で、機長は、水面への衝突を回避するための緊急操作として、進入復行を行った。その際、強化型対地接近警報装置（以下「EGPWS^{*2}」という。）が警報を発出した。その後、同機は12時10分、同空港に着陸した。

同機の飛行計画の概要は、次のとおりであった。

飛行方式：計器飛行方式、出発地：新石垣空港、移動開始時刻：10時35分、
巡航速度：444kt、巡航高度：FL250、目的地：那覇空港、
所要時間：0時間42分、持久時間で表された燃料搭載量：3時間00分、
代替空港：嘉手納飛行場

本重大インシデント発生時、同機の操縦室には、機長がPF（主として操縦業務を担当する操縦士）として左操縦席に、副操縦士がPNF（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。

本重大インシデントに至るまでの同機の飛行経過は、飛行記録装置（以下「FDR」という。）の記録、EGPWS警報の発出記録、管制交信記録、乗務員及び管制官の口述等によれば、概略次のとおりであった。

*1 「PAR進入」については、2.8.2参照。

*2 「EGPWS」については、2.1.5参照。

2.1.1 FDR、EGPWS警報の記録及び管制交信記録による飛行の経過

- 11時02分51秒 同機が新石垣空港離陸後、自動操縦装置（以下「AP」という。）がセットされた。（同機は、同空港において進入復行し、再度着陸する直前までAPにより飛行していた）
- 同26分03秒～ 同機は、那覇ターミナル管制所搜索管制席管制官（以下「那覇アプローチ^{*3}」という。）に、ATIS情報^{*4}どおりのVOR進入^{*5}を実施することを通報し、那覇アプローチは、同機に対してVOR進入に沿った経路でレーダー誘導することを通報した。
- 同33分50秒 同機は、那覇ターミナル管制所入域管制席管制官（以下「那覇アライバル」という。）に移管された。
- 同34分51秒～ 同機は、RWY18へのPAR進入を要求した。那覇アライバルは、PAR進入への変更を承認した。
- 同38分15秒 那覇アライバルは、1,000ftへの降下を指示した。
- 同39分12秒～ 那覇アライバルは、190ktへの減速を指示した。フラップ・レバーが「1」^{*6}にセットされた。
- 同41分12秒～ 同機は、那覇着陸誘導管制所搜索誘導管制席に移管され、搜索誘導管制席管制官（以下「パターン管制官」という。）は、同機にRWY18へのガイダンス・リミット（誘導限界高度）は211ftであることを通報した。
- 同41分25秒～ パターン管制官は、同機に、空港はIMC^{*7}、視程は4,000m、ガイダンス・リミットで滑走路が視認できない場合には公示された進入復行を実施することを通報した。

*3 那覇空港においてPAR進入を行う到着機の管制は、那覇ターミナル管制所の搜索誘導席管制官（那覇アプローチ）から同管制所の入域管制席管制官（那覇アライバル）を經由し、那覇着陸誘導管制所の搜索誘導席管制官（パターン管制席）、着陸誘導管制席管制官（ファイナル管制官）へと移管された後、飛行場管制所の飛行場管制席管制官へ移管される。なお、交通流によっては、那覇アライバルを經由せず、那覇アプローチからパターン管制官に移管される場合もある。（付図2 参照）

*4 「ATIS情報」とは、飛行場に発着する航空機を対象に提供される、当該飛行場の進入方式、使用滑走路、飛行場の状態、気象情報等に関する情報である。

*5 「VOR進入」とは、那覇VORTAC局を使用した非精密進入のことである。（付図5 参照）

*6 フラップ位置には、1、2、3、フル位置と4段階ある。進入中、減速するにつれて、フラップを「1」から順にセットしていく。通常の着陸時には「フル」が使用される。

*7 「IMC」とは、計器気象状態のことである。

- 1 1 時 4 1 分 3 0 秒 ごろ 同機は、気圧高度 1, 0 0 0 ft に到達した。
- 同 4 2 分 5 2 秒 パターン管制官は、同機に方位 1 8 5° へ右旋回するよう指示した。
- 同 4 4 分 0 7 秒 フラップ・レバーが「2」にセットされ、その後、速度が 1 6 0 kt となった。
- 同 4 4 分 5 4 秒 パターン管制官は、RWY 1 8 の TOUCH DOWN RVR^{*8} は 1, 7 0 0 m で低下傾向、STOP END RVR^{*9} は 1, 8 0 0 m 以上であることを通報した。
- 同 4 5 分 1 8 秒 着陸装置・レバーが「ダウン」にセットされた。
- 同 4 5 分 4 3 秒 フラップ・レバーが「3」にセットされた。
- 同 4 6 分 2 0 秒～ 同機は、着陸誘導管制席に移管され、着陸誘導管制席管制官（以下「ファイナル管制官」という。）による同機への P A R 進入の誘導が開始された。ファイナル管制官は、‘着陸誘導前の交信状況の確認’^{*10}（以下「通信点検」という。）を行い、同機は感明度良好と通報した。
- 同 4 6 分 2 6 秒～ ファイナル管制官は、同機に対して着陸誘導管制席側の感明度も良好であることを通報し、「Do not acknowledge further transmissions. : これ以降の通信には復唱しないでください」を指示（以下「復唱不要の指示」という。）した。
- 同 4 6 分 2 8 秒 同機の A P / F D^{*11} の垂直方向のモード^{*12} が V S モード^{*13} となった。
- 同 4 6 分 3 0 秒～ ファイナル管制官は、同機の位置が接地点から 6 nm^{*14} であることを通報した。
- 同 4 6 分 3 0 秒 同機は - 9 0 0 fpm の V S モードで降下を開始した。

*8 「TOUCH DOWN RVR」とは、滑走路進入端に最も近い接地帯付近で観測されるRVR（滑走路視距離）値である。

*9 「STOP END RVR」とは、滑走路末端に最も近い接地帯付近で観測されるRVR値である。

*10 「着陸誘導前の交信状況の確認」とは、管制方式基準に規定されているものであり、“How do you read?（感明度いかが）”と通報される。送信局側の送信が受信局側にどのように聞こえているかという感明度（感度及び明瞭度）を確認するために行われるものであり、P A R 進入においてファイナル管制官との最初の交信でお互いに確認しあうこととなっている。

*11 「F D」とは、飛行指示装置のことである。

*12 ここでいう「垂直方向のモード」とは、同型機の飛行における自動操縦/飛行指示（A P / F D）装置の垂直方向のモードのことで、上昇・降下を制御するモードのことである。（2.10.2 図4 参照）

*13 「V Sモード」とは、V S（昇降率）を設定して上昇降下するモードのことである。昇降率は1分間の変化高度（fpm）で表示される。

*14 「接地点から6nm」とは、P A R 進入における接地目標点からの距離が6nmという意味であり、本報告書で使用する距離は、特に注意書きがない限り、この接地点からの距離を意味する。

- 1 1 時 4 6 分 4 7 秒 フラップ・レバーが「フル」にセットされた。
- 同 4 6 分 5 3 秒 ファイナル管制官は、同機の位置が 5 nm であることを通報した。
- 同 4 7 分 0 6 秒～ ファイナル管制官は、RWY 1 8 への着陸許可を通報し、風向 1 8 0 °、風速 1 2 kt を通報した。
- 同 4 7 分 0 9 秒 パターン管制官管制席で低高度警報^{*15}が発出した。
- 同 4 7 分 2 2 秒～ ファイナル管制官は、同機の位置が 4 nm であることを通報した。
- 同 4 7 分 2 5 秒～ ファイナル管制官は、同機に対して「Maintain one thousand, maintain one thousand. You are too below for safety approach. : 高度 1, 0 0 0 ft を維持してください。高度 1, 0 0 0 ft を維持してください。安全な進入には低過ぎます」(以下「高度 1, 0 0 0 ft 維持の指示」という。)を通報した。
- 同 4 7 分 2 6 秒 E G P W S 警報の“TOO LOW TERRAIN”^{*16}が発出した。
- 同 4 7 分 2 7 秒 同機は V S モードのまま降下率が 0 fpm に変更された。
- 同 4 7 分 3 2 秒 E G P W S 警報の“TERRAIN, TERRAIN, PULL-UP”^{*17}が発出した。
- 同 4 7 分 3 3 秒～ ファイナル管制官は、同機に対して「Air Peach Two Five Two, acknowledge please. : ピーチ 2 5 2 便、応答してください」(以下「応答の指示」という。)を通報した。
- 同 4 7 分 3 5 秒 同機の A P / F D の垂直方向のモードがゴーアラウンド(進入復行)モードとなった。
- 同 4 7 分 3 7 秒～ ファイナル管制官は、同機に対して「Air peach two five two, maintain one thousand. Too low for safety approach. : ピーチ 2 5 2 便、高度 1, 0 0 0 ft を維持してください。安全な進入には低過ぎます」と通報した。
- 同 4 7 分 4 1 秒～ 同機は進入復行を通報した。

*15 「低高度警報」については、2. 21. 2 参照。

*16 「TOO LOW TERRAIN」については、2. 15. 1(2) 参照。

*17 「TERRAIN, TERRAIN, PULL-UP」については、2. 15. 1(1) 参照。

- 1 1 時 4 7 分 4 3 秒～ ファイナル管制官は、進入復行の了解とこの周波数にとどまることを指示した。
- 同 4 7 分 4 8 秒 同機は了解した。
- 1 2 時 1 0 分ごろ 同機はRWY 1 8 に着陸した。

2.1.2 関係者の口述

(1) 機長

機長は、同空港のATISを入手後、FMGC^{*18}にVOR進入・RWY 1 8^{*19}を設定した上で、ランディング・ブリーフィング（以下「ブリーフィング」という。）を行った。その概要は、6.0nm位置のCHATNポイント^{*20}辺りで着陸装置を下げ、フラップを「フル」として、ランディング・チェックリスト^{*21}（以下「チェックリスト」という。）を完了して、3.0nm位置^{*22}から降下を開始すること、最終進入コースは1 8 6°、最低降下高度は4 2 0 ftであり、進入速度は1 2 8 ktとすることなどであった。

同機が那覇アプローチから那覇アライバルに移管され、機長は、先行機と管制官との通信内容から同空港の視程が悪化しており、先行機がPAR進入を要求していることを把握した。機長は、先行機にならってPAR進入を要求し承認された。

進入方式がVOR進入からPAR進入へ変更となったことから、機長は、決心高度^{*23} 2 1 1 ft、進入復行経路の確認、最終進入コース1 8 2°をND^{*24}に表示させることなどを追加ブリーフィングした。さらに、機長は、着陸装置を下げる目安となる6.0nm位置及び降下開始の目安となる3.0nm位置をNDで確認できることから、FMGCのVOR進入の設定はそのままとして活用することも付け加えた。

機長は、パターン管制官に移管されたとき、フラップ「2」であり、次のファイナル管制官に移管された辺りで、フラップ「3」とした。

機長は、今までの同型機の飛行において、VSモードを使用して降下するときは、降下の少し前に所望の降下率をVertical Speed/Flight Path Angle

*18 「FMGC」とは、飛行管理装置コンピューターのことである。

*19 「VOR進入・RWY 1 8」については、付図5 参照。

*20 「6.0nm位置のCHATNポイント」については、2.10.2 図4 参照。

*21 「ランディング・チェックリスト」については、2.11.4参照。

*22 「3.0nm位置」については、2.10.2 図4 参照。

*23 PAR進入は精密進入であり、操縦士は「決心高度」で着陸の可否を判断する。管制官側の用語では、この「決心高度」の代わりに、誘導限界高度のことを指す「ガイダンス・リミット」を使用する。

*24 「ND」については、2.10.2参照。

Window（以下「VS窓^{*25}」という。）にプリセットし、その後、VSノブ^{*26}を引いて降下を開始するという手順を実施することが多かった。

機長は、管制官から降下指示があればすぐに降下することを考えており、遅滞なく3度の降下パスに会合させるため、降下開始直後だけは、大きな降下率で降下しようと思っており、このときも、900 fpmの降下率をプリセットしたことは覚えていたが、この操作を副操縦士に伝えたかどうかは覚えていなかった。

後から考えると、機長は、VS窓のプリセットはシステム上45秒間有効^{*27}であることは認識しており、プリセット操作をしたときの同機の位置は降下開始予定地点から約3nm手前であったと思われることから、この段階でのVS窓への降下率プリセットは早すぎる操作であったと述べている。

その後、機長は、フラップ「フル」へのセットとチェックリストの実施を副操縦士に指示し、チェックリスト完了の報告を受けた。機長は、この後のことはよく覚えていなかったが、副操縦士から「TOO LOW（低過ぎる）」と警告され、EGPWSの「TERRAIN^{*28}」が鳴動し、ほぼ同時に、管制官から「TOO LOW FOR SAFETY APPROACH（安全な進入には低過ぎる）」と通報された。機長は、進入復行を決断し、AP使用のままの状態ですラスト・レバーをTOGA^{*29}位置にセットした。機長は、進入復行中、PFD^{*30}の高度計の指示380ftを見ており、この後、再度「TERRAIN」を聞いた記憶があったが「PULL-UP^{*31}」は聞いた記憶はなかった。機長は、「PULL-UP」が鳴動した場合の操作手順^{*32}は認識しており、今回は「TERRAIN」の鳴動であったことから、APを使用し続けた。

機長は、このPAR進入中は雲中飛行のため同空港や海面が視認できず、また、ND画面の赤色の警報領域^{*33}表示及びGPWSボタン^{*34}のPULL UP^{*35}の点灯は見えていなかった。

その後、同機は再度レーダー誘導されPAR進入にて同空港に着陸した。

機長は、VS窓のプリセットに関する副操縦士からの「TOO LOW」のアド

*25 「VS窓」については、2.10.1及び2.10.3参照。

*26 「VSノブ」については、2.10.3参照

*27 VSノブの機能及びプリセットの有効時間などの説明は、2.10.3参照

*28 「TERRAIN」とは、EGPWSの注意喚起報のことである。(2.15.1(2)参照)

*29 「TOGA」とは、離陸及びゴーアラウンド時に使用するスラスト・レバーの位置である。(2.10.4参照)

*30 「PFD」については、2.10.2参照。

*31 ここでいう「PULL-UP」とは、EGPWSの警報のことである。(2.15.1(1)参照)

*32 「PULL-UP」が鳴動した場合の操作手順については、2.15.3参照。

*33 「赤色の警報領域」については、2.15.1(1)参照。

*34 「GPWSボタン」については、2.10.1及び2.15.1(1)参照。

*35 「GPWSボタンのPULL UP」については、2.15.1(1)参照。

バイス^{*36}については覚えておらず、進入復行するまでは、同機はA Pで1,000ftを維持していると思っていた。また、同機を降下させることとなったV Sノブを引く操作をしたのはP Fである自分であることは間違いのないと思うが、その操作をした覚えは全くなく、なぜ、このようなことになったのか分からなかった。

なお、機長は、パイロット側の高度維持責務は理解していたが、航空機は管制官により高度を監視されていると思っていた。

(2) 副操縦士

同空港への降下中、V O R進入からP A R進入への変更となり、機長から、F M G Cの設定はV O R進入を使用し、接地点までの距離の目安として活用することなどのブリーフィングはあったが、降下率の具体的なセット要領などについての言及はなかった。副操縦士は、飛行中、N Dで同機の位置をモニターしていた。パターン管制官によるレーダー誘導中、機長からのオーダーで、約8nmで着陸装置を下げ、フラップ「3」にセットした。その後、フラップ「フル」へのセットとチェックリストのオーダーがあった時点で、ファイナル管制官に移管された。

副操縦士は、機長からのオーダーと同時にフラップを「フル」にセットしたものだと思いこんでいた。

副操縦士は、ファイナル管制官との通信点検を終え、チェックリストを読み上げ始めた。副操縦士は、その途中で、F C U^{*37}のV S窓に“-900 fpm”が表示されていることに気が付いた。副操縦士は、機長からV S窓へのプリセットをコールアウト^{*38}されておらず、機長が操作したことも気が付かなかったが、降下率900 fpmでの降下は深すぎると思った。このため、副操縦士は、V S窓の“-900”を指して、これでは降下経路が深くなり過ぎますという意図で、機長に「T O O L O W」と言ったが機長からの反応はなく、ファイナル管制官からの指示が続いており、今は機長と議論できない、まずチェックリストを早く終わらせようと思いチェックリストを続けた。

副操縦士は、チェックリストの最終項目^{*39}の読み上げをするとき、E C A M M E M O^{*40}を見ると、フラップが予定位置になっていることを示す緑色表示^{*41}で

*36 「副操縦士からの『T O O L O W』のアドバイス」については、副操縦士の口述 2.1.2(2)参照。

*37 「F C U」については、2.10.1参照。

*38 「V S窓へのプリセットをコールアウト」とは、P Fが発声しながら操作（V S窓への降下率-900 fpmのプリセット）することによって、P N Fに操作を認識させるためのコールアウト（喚呼）のことである。（2.11.3参照）

*39 「チェックリストの最終項目」は“E C A M M E M O”である。（2.11.4参照）

*40 「E C A M M E M O」については、2.10.1及び2.11.4参照。

*41 「予定位置であることを示す緑色表示」については、2.11.4参照。

はなく、青色表示のままであることから、フラップが「フル」にセットされていないことに気が付いた。副操縦士は、機長から再指示を受けた上で操作しようと思い「フラップス、フル」とコールしたが、ファイナル管制官からの指示が続いていたこともあり、機長からの反応はなかった。そこで、副操縦士は、改めて「フラップス、フル」と言った上でフラップ・レバーを「フル」にセットした。この後、副操縦士はチェックリストの読み上げを再開しようとしたが、ファイナル管制官からの管制指示が絶え間なく続いていた状態であり、管制官の送信の合間を待たなければならなかった。このため、副操縦士が「ECAM MEMO」と読み上げ、機長が「LANDING NO BLUE」と確認呼応することにより、チェックリスト完了^{*42}させるまでにかなりの時間を要した。

副操縦士は、チェックリスト・シートを収納しようとしたとき、気圧高度計を見て同機の高度が約600ftまで降下していることに気が付き、「TOO LOW, TOO LOW (低くなり過ぎている、低くなり過ぎている)」と大きな声で警告(以下「TOO LOW警告」という。)した。そのとき機長は、一瞬、副操縦士の方へ顔を向けたが、PFDへ視線を戻すと一気に驚いた様子に変わり、同機の降下の状況を認識した様子であり、すぐにVSノブを押した。その後、機長がもう一度PFDの方に向き直り、右手をスラスト・レバーにかけたとき、EGPWS警報の“TOO LOW TERRAIN”が鳴動した。そのときの機長は何が起きたのか状況を確認しているように見え、短い時間が経過した後、進入復行操作をした。副操縦士は、この時点での管制官からの通報は聞いていなかったが、機長が進入復行の操作に入るころに、男性の声で「TOO LOW, GO AROUND : 高度が低い。ゴーラウンドしてください」と言われた記憶があり、管制官に「ゴーアラウンド」をコールした。

副操縦士は、本重大インシデント発生以前にも機長との同乗飛行を経験しており、機長のオペレーションに違和感があった記憶はなく、本重大インシデント発生日の飛行においても、機長は、規定に忠実なオペレーションをしていたと思った。しかし、このときの副操縦士は、機長がVSノブの降下率のセット及びVSノブを引く操作を見ておらず、機長からのVSノブの操作に係るコールアウトは聞いていなかった。さらに、副操縦士は、同機はAPで1,000ftを維持していると思っており、このような状況で同機が降下することは全く想定していなかった。

副操縦士の記憶では、PULL-UP警報は鳴動しておらず、ND画面表示に変化はなかった。また、副操縦士はGPWSボタンの点灯を見た記憶がなかった。

*42 「チェックリスト完了」については、2.11.4参照。

最終進入中、副操縦士は、外の様子もチェックしていたが、ずっと雲中飛行であり、滑走路も海面の様子も全く見えない状況であった。

(3) ファイナル訓練監督者

本重大インシデント発生時の着陸誘導管制業務は、訓練監督者（以下「ファイナル監督者」という。）の指導の下、着陸誘導管制業務資格取得のための訓練中であつたファイナル管制官訓練生（以下「ファイナル訓練生」という。）が全ての無線交信を行っていた。ファイナル監督者は、ファイナル訓練生の右斜め後ろに着座し午前11時30分ごろに業務に就いた。

空港の気象状態は悪化傾向であり、ファイナル監督者が業務に就いたころには、VOR進入からPAR進入に変更されていた。パターン管制官から同機の移管を受けた^{*43}のは約6.5nmであつた。着陸誘導管制席がモニターする画面はPAR指示装置（以下「PAR画面^{*44}」という。）であり、同機は、アジマス表示では最終進入コースの西側から中心線へ寄ってきていた。エレベーション表示では、高度を維持している航空機がグライドパス会合点に近づくにつれ、徐々に上に上がっているように表示されるが、このときのエレベーション表示では、同機は通常的位置のように見え異常を認めていなかった。

ファイナル監督者は、ファイナル訓練生が適切にレーダー誘導していたことを記憶していた。同機が約5nmを通過するころ、ファイナル訓練生が、那覇飛行場管制所（以下「那覇タワー」という。）から発出された着陸許可^{*45}を同機に通報したころ、パターン管制官席の方から「LOW ALTITUDE WARNING」の警報が聞こえ、パターン管制官から「ピーチ機が降りている」と言われた。このため、ファイナル監督者がすぐに同機の位置をエレベーション表示で確認すると、同機の位置が通常よりも低いことが分かった。ファイナル訓練生は、1,000ftを維持すること、及び安全な進入には低すぎることを通報し応答の指示をしていたが、同機からの反応はなかった。同機がどんどん降りているように見えたファイナル監督者は、ファイナル訓練生に対して「高度1,000ftの維持」をもう1度通報するよう指導した。ファイナル訓練生は「高度1,000ftの維持、低すぎる」という位置情報をパイロットに通報した。その後、同機から「進入復行する」と通報されたことから、ファ

*43 「パターン管制官からの移管」については、2.19.2参照。

*44 「PAR画面」には、水平方向の偏位を表示する「アジマス表示」と垂直方向の位置（高さ）を表示する「エレベーション表示」がある。（2.19.2(4)参照）

*45 PAR進入における到着機への「着陸許可」は、通常の場合、ファイナル管制官がタワー管制官に管制機の5nmの位置通報を行い、タワー管制官は滑走路の安全確認後、着陸許可等をファイナル管制官に通知し、ファイナル管制官が管制機に着陸許可を発出する。（2.19.2(2)参照）

イナル訓練生は「進入復行方式に従って飛行すること、1,000ftを維持すること」を指示した。

通常の場合、ファイナル管制官は、パターン管制官から移管された後、4.5nmくらいまでの間は、レーダー誘導機を最終進入コースに乗せるためのアジマス表示に集中して注視していることが多い。5～4nm辺りから徐々にエレベーション表示のターゲットが上がってくるのが見えてくる。機体や風によっても降下開始の時期は変わるので、そこからアジマス表示とエレベーション表示を交互に見始めることが多い。5nm辺りでは那覇タワーとのやり取りもあり、アジマス表示を中心にしている。

P A R画面のエレベーション表示の特性^{*46}から、水平飛行中の管制機^{*47}の高度逸脱を見つけることは難しい。500ft逸脱すれば認識できる可能性はあるが、100ftの高度逸脱は分からない。

ファイナル監督者はファイナル訓練生が冷静に対応していたと思っていたことから、ファイナル訓練生の管制交信をオーバーライドすることはなかった。

(4) ファイナル訓練生

ファイナル訓練生は着陸誘導管制業務の資格を取得するための最終段階の訓練中であった。本重大インシデント発生時の気象状態は悪く、P A R進入の到着機が連続していた。

同機の先行機に対する着陸誘導が終わって、パターン管制官から同機の移管を受けたときの同機の位置は約6.5nmだった。P A R画面では、同機のターゲットは普段と変わらない表示であり、ファイナル訓練生は、通信点検後、レーダー誘導を開始した。

ファイナル訓練生は、同機を最終進入コースに誘導するためP A R画面のアジマス表示に集中しており、5nmの通報を那覇タワーに連絡し、那覇タワーから発出された着陸許可を同機に通報した。

その後、同機に対して方位の修正指示を発出していたころ、パターン管制官席の方から警報音が聞こえ、同機が降りているとの声が掛かったことから、エレベーション表示をチェックしたところ、同機がいつもより低い位置にいたことから「Maintain one thousand, too low for safety approach (1,000ftを維持してください、安全な進入には低すぎます)」と通報した。しかし、その後も同機が上昇に転じる様子が見えなかったため、再度、同じ通報をした上で応答するよう促したが同機からの応答はなかった。

*46 「P A R画面のエレベーション表示の特性」については、2.19.2(4)参照。

*47 「管制機」とは、管制官が受け持っている航空機のことである。

その後、同機から進入復行するとの通報があり、エレベーション表示からも同機が上昇していることは確認できたことから、進入復行方式に従い、1,000ftを維持するよう指示した。

(5) パターン管制官

那覇アライバルから同機の移管を受けたのは、空港の北北西約20nmくらいであり、既に同機は1,000ftで飛行していた。ファイナル管制官への移管は通常8～7nmであるが、このときはちょうどその辺りに雲のエコーがかかっていたことから、PAR画面の表示が安定した状態で移管する^{*48}ことを考え、移管を少し遅らせた。ファイナル管制官へ移管したのは6.5nm辺りだった。このときのパターン管制官は、同機の次に那覇アライバルから移管される予定の外航機のことを気にかかっていた。そのとき、低高度警報が鳴動し、ARTS-F^{*49}機能を備えた表示装置（以下「ARTS画面」という。）で確認すると、同機のデータブロック^{*50}にLA表示^{*51}があったことから、ファイナル訓練生に「ピーチ機が降りている」と助言した。ファイナル訓練生は、すぐに1,000ftを維持するよう指示していたが、ARTS画面の表示高度は300ftにまで下がっていた。

その後、同機の高度表示は上昇に転じた。

(6) 副管制席管制官

パターン管制官とファイナル訓練生の間に着座していた副管制席管制官（以下「調整管制官」という。）が、同機が1,000ftから降下していたことに気付いたのは、低高度警報が鳴動したときであった。そのときの同機の表示高度は600ftであった。同機はファイナル管制官に移管されていたことから、ファイナル訓練生に同機の高度低下を助言した。

ファイナル訓練生は、同機に対して、落ち着いて的確に指示を出しており、繰り返し1,000ftを維持するよう指示していたが、同機の高度は更に下がっており、ファイナル訓練生は同機に応答を求めている。

その後、同機から進入復行するとの通報があった。

本重大インシデントにおいて、同機のスラスト・レバーが進入復行（TOGA）位

*48 「PAR画面の表示が安定した状態で移管する」とは、ファイナル管制官のモニターするPAR画面は、悪天の影響を受けやすいことから、可能な範囲で、悪天空域を抜けた空域で業務移管が行われることを指す。

*49 「ARTS-F」とは、2.21で後述するMSAW機能も有するターミナルレーダー情報処理システムである。(2.19.2(1)参照)

*50 「データブロック」とは、ARTS画面に表示される各航空機のデータ群のことをいう。(2.19.2(1)図13参照)

*51 「LA表示」については、2.21.2 図16 参照。

置にセットされた場所は、同空港RWY 18 進入端からほぼ真北へ約 3.4 nm（北緯 26 度 15 分 59 秒、東経 127 度 38 分 30 秒）の地点で、発生日時は、平成 26 年 4 月 28 日、11 時 47 分 35 秒であった。

（付図 1 推定飛行経路 参照）

2.2 人の負傷

同機には、機長ほか乗務員 5 名、乗客 53 名の計 59 名が搭乗していたが、負傷者はいなかった。

2.3 航空機の損壊に関する情報

同機の機体に損傷はなかった。

2.4 航空機乗組員及び航空管制官に関する情報

2.4.1 運航乗務員

(1) 機長 男性 45 歳

定期運送用操縦士技能証明書（飛行機）	平成 18 年 2 月 1 日
限定事項 エアバス式 A320 型	平成 25 年 5 月 27 日
第 1 種航空身体検査証明書	
有効期限	平成 26 年 9 月 12 日
総飛行時間	9,353 時間 04 分
最近 30 日間の飛行時間	76 時間 01 分
同型式機による飛行時間	661 時間 36 分
最近 30 日間の飛行時間	76 時間 01 分

(2) 副操縦士 女性 38 歳

事業用操縦士技能証明書（飛行機）	平成 12 年 4 月 10 日
限定事項 エアバス式 A320 型	平成 24 年 3 月 15 日
計器飛行証明	平成 12 年 4 月 10 日
第 1 種航空身体検査証明書	
有効期限	平成 26 年 7 月 20 日
総飛行時間	4,626 時間 07 分
最近 30 日間の飛行時間	73 時間 05 分
同型式機による飛行時間	1,387 時間 07 分
最近 30 日間の飛行時間	73 時間 05 分

2.4.2 航空管制官

- (1) ファイナル監督者 女性 32歳
航空交通管制技能証明書
着陸誘導管制業務 平成23年12月13日
身体検査合格書
有効期限 平成26年6月30日
航空管制等英語能力証明書
有効期限 平成28年3月31日
- (2) ファイナル訓練生 男性 35歳
航空交通管制技能証明書
身体検査合格書
有効期限 平成26年6月30日
航空管制等英語能力証明書
有効期限 平成27年3月31日
- (3) パターン管制官 男性 30歳
航空交通管制技能証明書
着陸誘導管制業務 平成24年5月21日
身体検査合格書
有効期限 平成26年6月30日
航空管制等英語能力証明書
有効期限 平成29年3月31日
- (4) 調整管制官 男性 34歳
航空交通管制技能証明書
着陸誘導管制業務 平成23年3月22日
身体検査合格書
有効期限 平成26年6月30日
航空管制等英語能力証明書
有効期限 平成27年3月31日

2.5 航空機に関する情報

2.5.1 航空機

型 式	エアバス式A320-214型
製造番号	4936
製造年月日	平成23年12月15日
耐空証明書	第大-2013-458号

有効期限	平成26年12月15日
耐空類別	飛行機 輸送T
総飛行時間	7,193時間38分
定期点検(耐空証明検査前整備、平成25年4月27日実施)後の飛行時間	1,293時間01分
(付図6 エアバス式A320-214型三面図 参照)	

2.5.2 重量及び重心位置

本重大インシデント発生当時、同機の重量は114,530lb重心位置は28.3%MAC^{*52}と推算され、いずれも許容範囲(最大着陸重量142,198lb、重大インシデント発生当時の重量に対応する重心範囲19.8~33.9%MAC)内にあったものと推定される。

2.6 気象に関する情報

2.6.1 同空港の気象状態

平成26年4月28日午前6時30分に気象庁那覇航空測候所が発表した地域航空気象解説報(沖縄地域)によると、気象概況、今後の見通しは以下のとおりであった。(抜粋)

沖縄地方付近には前線がのびており、その影響により各空港では、中・下層雲が広がっている。レーダー観測によると下層暖湿気や前線に伴うレーダーエコーが沖縄地方に散在しており、東北東進している。(中略) 前線に向かって南から下層暖湿気が流入しており、沖縄本島地方では大気の状態が不安定となる。

2.6.2 定時気象観測報

同機の着陸時間帯における同空港の定時飛行場実況気象観測報は、次のとおりであった。

11時00分 風向 170°、風速 14kt、卓越視程 10km以上、
 弱いしゅう雨
 雲 雲量 SCT 雲底の高さ 1,000ft、
 雲量 BKN 雲底の高さ 1,300ft、
 雲量 FEW 雲底の高さ 2,000ft、高積雲
 気温 23℃、露点温度 19℃、

*52 「MAC」とは、空力平均翼弦のことをいう。翼の空力的な特性を代表する翼弦のことで、後退翼など翼弦が一定でない場合にその代表翼弦長を表す。28.3%MACとは、この空力平均翼弦の前から28.3%の位置を示す。

高度計規正值 (QNH) 1,012 hPa

11時30分 風向 170°、風速 14kt、卓越視程 6km、しゅう雨
雲 雲量 SCT 雲底の高さ 1,000ft、
雲量 BKN 雲底の高さ 1,300ft、
雲量 FEW 雲底の高さ 2,000ft、高積雲
気温 23℃、露点温度 20℃、
高度計規正值 (QNH) 1,012 hPa

12時00分 風向 160°、風速 12kt、卓越視程 4,500m、
RWY18滑走路視距離 1,800m 変化なし、しゅう雨
雲 雲量 FEW 雲底の高さ 700ft、
雲量 BKN 雲底の高さ 1,000ft、
雲量 FEW 雲底の高さ 2,000ft、高積雲
気温 23℃、露点温度 21℃、
高度計規正值 (QNH) 1,012 hPa

(付図4 気象情報 参照)

2.7 フライトレコーダーに関する情報

同機には、米国ハネウェル社製のFDR^{*53}及びEGPWSが搭載されており、いずれにも本重大インシデント発生当時の記録が残されていたが、米国ハネウェル社製の操縦室用音声記録装置^{*54} (以下「CVR」という。)には、同便のデータに上書きされており、有用なデータは記録されていなかった。

FDRの時刻校正は、管制交信記録に記録された時報と、FDRに記録されたVHF無線送信信号を対応させることにより行った。

2.8 重大インシデント現場に関する情報

2.8.1 同空港の概要と周辺状況

同空港は沖縄本島の南部に位置し、飛行場標高11ft、長さ3,000m、幅45m、RWY18/36 (磁方位182°/002°)で、民間機のほか自衛隊機が使用する共用空港である。RWY18はPAR進入、RWY36はILS進入及びPAR進入による精密進入^{*55}ができる。また、NHC (那覇VORTAC)は、RWY18進入端の西側に設置されている。

*53 「米国ハネウェル社製のFDR」は、約25時間記録可能なものであった。

*54 「米国ハネウェル社製操縦室用音声記録装置」は、約2時間記録可能なものであった。

*55 「精密進入」とは、アジマス (水平方向の方位角) 及びグライドパス (垂直方向の降下角) の情報又は指示による計器進入をいう。

同空港の北北東約12nmに、米国空軍基地の嘉手納飛行場、北東約7nmには米国海兵隊基地の普天間飛行場が位置していることから、同空港への出発機及び到着機は、両飛行場からの離着陸機と飛行経路が交差する。(図1 那覇空港周辺の航空交通 参照)

これらの航空機間の管制間隔を設定するため、同空港においてRWY18を使用している場合、原則として同空港への到着機は両飛行場飛行経路と交差する空域の手前で1,000ftを維持するよう指示される。それにより精密進入の開始高度も1,000ftであり、一定の時間、低高度を維持して飛行することとなる。



図1 那覇空港周辺の航空交通

(注) 飛行経路等はイメージである。

2.8.2 PAR進入

国土交通省が航空交通管制業務を提供する空港で、着陸誘導管制業務を実施しているのは同空港のみである。着陸誘導管制業務とは、着陸誘導管制所において計器飛行方式により飛行する航空機に対して実施する、着陸のためのレーダー誘導を行う管制業務である。最終進入中の航空機に対して精測レーダー(PAR: Precision Approach Radar)により垂直及び水平方向の位置について指示又は情報の通報を行って誘導する進入をPAR進入という。

PAR進入はILS進入と同じ精密進入であり、同空港RWY18 PAR進入における決心高度、進入復行後の手順及び進入復行後の最初の維持高度(ミスト・アプローチ高度)等は公示されているが、VOR進入(付図5 参照)のように規定された特定の飛行コースや高度は公示されない。通常の場合、同空港のRWY18 PAR進入においては、管制官から指示される最終降下開始高度(グライドパス会合高度)は1,000ftである。

2.9 同空港RWY18への標準的な進入

2.9.1 安定した進入のための要件

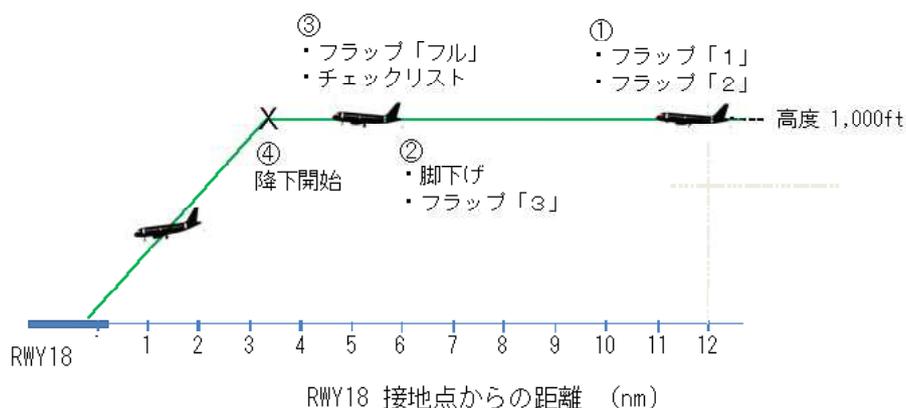
同社のFCOMのSTABILIZATION CRITERIA(安定した進入の基準)には、同型機におけるSTABILIZED APPROACH(安定した進入)の要件として、計器気象状態の場合には、対地高度1,000ftにおいて、航空機を着陸形態とした上で最終進入コース上を安定して進入しなければならないと規定されている。また、同FCOMのNORMAL OPERATION(通常操作)には、着陸形態を設定後、チェックリストの完了

を確認することが規定されている。これらのことから、同型機の標準的な進入においては、対地高度1,000ft未満に降下する前までに、チェックリストを完了していることとなる。

また、FCOM P^{*56}には、滑走路からの高さ1,000ft以下での最大降下率は1,000 fpmであることが規定されている。

2.9.2 進入の手順

2.8.1に記述した規定に従えば、同型機において、同空港RWY18へ進入する際、1,000ftの水平飛行からの標準的なイメージ手順は、図2のとおりとなる。



- ① フラップ「1」、「2」として減速する。
- ② 6.0nm辺りで着陸装置を下げ、フラップ「3」とする。
- ③ 続けて、フラップ「フル」として、チェックリストを実施、降下開始までに完了する。
- ④ 3.0nm辺りから降下を開始する。

図2 標準的な同空港RWY18への進入手順

*56 「FCOM P」は、プライマリー (Primary) FCOMのことであり、同型機を運航するに当たり、同社が定める運航並びに操作の方法を規定し、併せて諸系統の説明及び運航に関する資料を提示するものである。FCOM Pの記述内容と同社のFCOMの記述内容に齟齬がある場合にはFCOM Pの記述内容が優先する。

2.10 計器類の操作と表示

2.10.1 計器盤

同型機の操縦席正面の計器盤は、概略、以下のようにになっている。

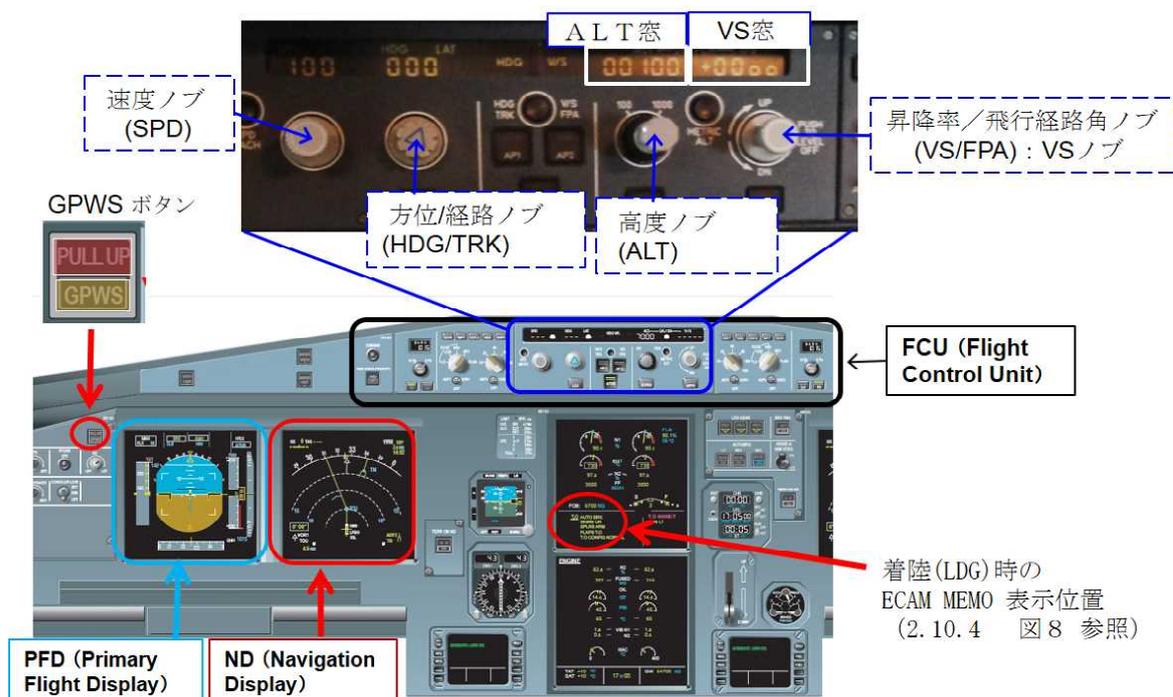


図3 A320計器盤

図3に示すように、計器盤のグレアシールドには、FCUがあり、速度 (SPD)、方位/経路 (HDG/TRK)、高度 (ALT)、昇降率/飛行経路角 (VS/FPA) 等の数値をセットするセレクターノブ及び表示窓がある。

計器盤の両操縦席の正面には、総合計器であるPFDがあり、その中央寄り側には航法に有効な地図表示機能などを持ったNDがある。両PFDの脇には、それぞれPULLUP-GPWS押しボタン（以下「GPWSボタン」という。）がある。

また、各種データを表示する液晶画面が、計器盤の中央部に二つ縦に並んでいる。同型機には、ECAMという監視システムがあり、エンジンや他の各種システムの状況などをモニターし異常があればそれを表示する。上段の液晶画面の下部にはECAMメッセージ用のスペースがあり、航空機に不具合が発生した場合には警報及び注意喚起のメッセージを表示する。不具合がない場合、このスペースはメモ表示となり、通常の着陸の場合には、着陸に備えた航空機の形態の確認ができるECAM MEMO^{*57}が表示される。

*57 着陸時の「ECAM MEMO」については、2.11.4参照。

2.10.2 PFD及びND

図4は、フライト・シミュレーターを使用し、同空港RWY 18へのアプローチの状況を調査した際のPFD及びNDの表示例である。

PFDに表示される昇降率は、黄色の基線と一直線のと看0 fpmで高度を維持していることを示しており、気圧高度は1,000 ft、電波高度は1,020 ft、機首方位（磁方位）は182°を示している。NDには、付図5に示したVOR・RWY 18進入方式の最終進入コースと、地点名、PAR進入の最終進入コースを表示させている。飛行機マークは現在位置を示しており、この航空機は最終進入コース上の6.0 nm位置辺りを飛行中であることを示している。

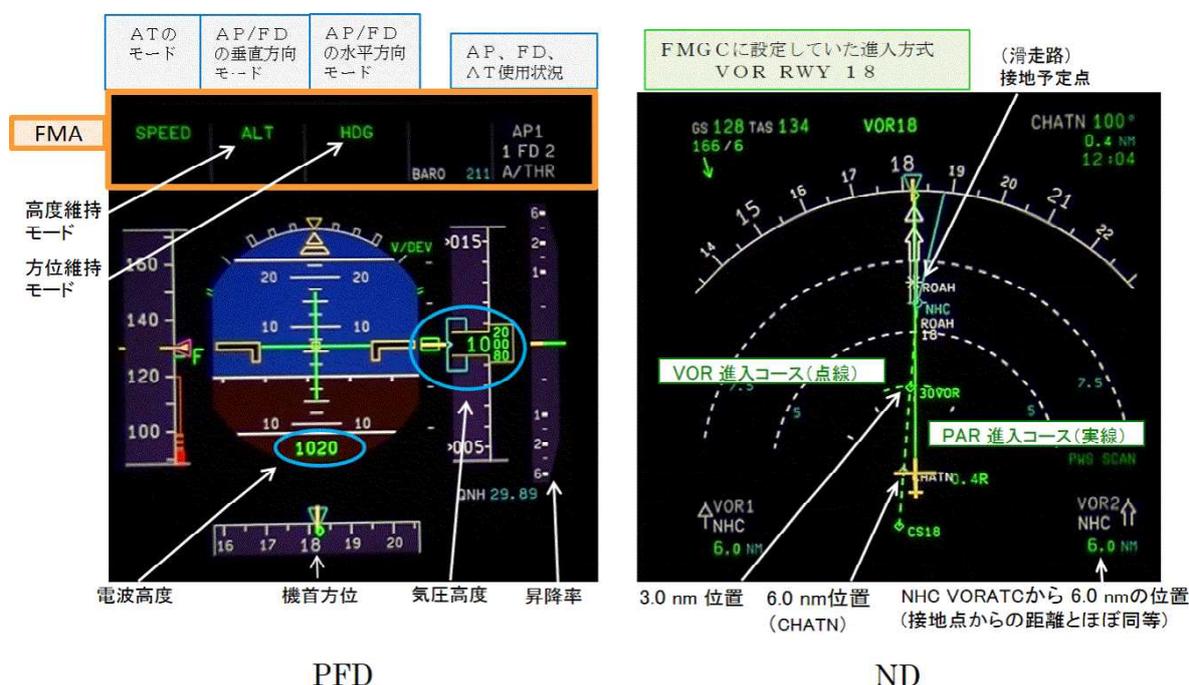


図4 PFD、ND表示例

また、FMAに表示されるAP/FDのモードが変わった場合には、図5で示したとおり、変化後のモードが白線で囲まれる表示（囲み線表示）となり、操縦士に注意喚起される。この囲み線表示は、10秒間継続した後に消える。



図5 モードが変わった場合のFMAの変化の一例

2.10.3 VSノブ

図3のFCUパネルにあるVSノブのVSモード機能は以下のとおりである。

操縦士は、VSノブを左右に回転させることで、VS窓に昇降率をセットする^{*58}ことができる。また、VSノブは、ノブを押し（PUSH）引き（PULL）すると元の位置に戻るスプリングバック構造となっており、ノブ自体に適度なフリクション（抵抗）があることから、操縦士が意図せず触る等のはずみで作動することはなく、一定の力を加えると作動する仕組みとなっている。VSノブを引くとVSモードとなり、VS窓にセットした昇降率で上昇降下する。また、VSモードのときに、VSノブを押すと昇降率がゼロとなり、VSモードのまま水平飛行する。VSノブは、操作のためのスイッチであり、操縦士はこのスイッチでVSモードか否かを認識することはない。VSモードの確認はFMAでのみで行うことができる。



図6 VSノブ/VS窓

2.10.4 スラスト・レバー

同型機の通常の手順では、ATを使用することが推奨されている。ATを使用する場合、離陸後の初期上昇段階で、操縦士がスラスト・レバーを「CL位置^{*59}」にセットした以降は、ATにより推力（スラスト）が変化しても、スラスト・レバーの位置は変わらない^{*60}ため、操縦士は、スラストの増減をスラスト・レバーの動きで認識することはできない。

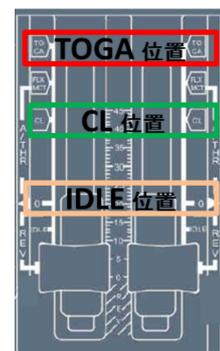


図7 スラスト・レバー

進入復行が必要な場合には、操縦士が、スラスト・レバーを「TOGA位置」に進めることで、ゴーアラウンド・スラスト（進入復行のための推力）が得られるとともに、AP/FDの垂直方向、水平方向のモードがゴーアラウンド（進入復行）モードとなる。

2.10.5 高度警報

同型機では、航空機がFCUのALT窓にセットした高度から200ft以上逸脱した場合、高度警報（以下「ALT ALERT」という。）が発出することとなっているが、

*58 VS窓にセットされた昇降率は、セット後45秒間はVS窓に表示され有効であるが、有効時間を過ぎるとリセットされる。

*59 FCOMによると、「CL位置」とはMAX CLIMB位置である。

*60 同型機では、AT使用中は推力が変化してもスラスト・レバーの位置は変わらないが、着陸のフレアー時には、操縦士の操作で「IDLE」位置にセットする必要がある。

着陸装置が下げ位置にある場合は発出しない仕様となっている。FDRのデータには、本重大インシデント発生時、ALT ALERT発出の記録は残っていなかった。

2.1.1 同社の規定

2.11.1 乗員の業務分担

同社のFCOMPには、乗員の業務分担について次のとおり規定している。

(抜粋)

(a) *PF* : *Pilot Flying*の略である。主として操縦業務を担当すると共に飛行状態をMonitorする。

(b) *PNF* : *Pilot Not Flying*の略である。主として操縦業務以外の業務を担当する。*PNF*は飛行状態および*PF*の操作をMonitorし必要なCalloutおよびAdviceを行う。

(中略)

(d) いかなる状況においても、操縦士は機体のControlとそれに必要なMonitorを継続しなければならない。

(中略)

2.11.2 FMAの監視

(1) FCOMP

同社のFCOMPには、FMAの監視について、現在の使用モード、アームされているモード及びその変化を確認することが、すべてのフェーズで重要であることが規定されている。

(2) FCOM

同社のFCOMには、以下のように記述されている。(抜粋)

FMA

The PF should call out any FMA change, unless specified differently

(e.g. CAT II & III task sharing). (omitted)

The PNF should check and respond, "CHECKED" to all FMA changes called out by the PF.

(仮訳)

PFは、特に相違する規定(例えばCAT II/IIIでの役割分担等)がない限り全てのFMA変化をコールアウトすること。

PNFは、PFがコールアウトした全てのFMAのモード変化をチェックした上で「CHECKED」とコールすること。

2.11.3 スタンダード・コールアウト

FCUパネル操作時のスタンダード・コールアウトに関して、FCOMには、以下のことが記述されている。(抜粋)

ACTIONS COMMANDED BY PF

GENERAL

The following commands do not necessarily initiate a guide mode change, e.g. :selected to managed/managed to selected. The intent is to ensure clear, consistent, standard communication between crewmembers.

All actions performed on the FCU and MCDU must be checked on the PFD and ND. Ensure that the correct FCU knob is used, then verify indications on the PFD/ND.

SET

The "SET" command means using an FCU knob to set a value, but not to change a mode. SET is accomplished by only rotating the appropriate selection knob.

Example: - "SET HDG ____" (omitted)

MANAGE/PULL

The "MANAGE" command means pushing an FCU knob to engage, or arm, a managed mode or target.

The "PULL" command means pulling an FCU knob to engage a selected mode or target.

*Example: - "PULL HDG 090" (HDG/TRK knob is pulled and turned).
(omitted)*

Note: If the value was previously set, there is no requirement to repeat the figure. Simply call e.g. PULL HDG.

The VS/FPA knob has no managed function. The standard callouts for the use of this knob are as follows:

V/S Plus (or Minus) 700 PULL (omitted)

(仮訳)

P F の操作

一般

次の操作は、必ずしも選択モード変更（例えば、選択モードからマネージモード/マネージモードから選択モードへの変更）に繋がるものではない。この目的は、乗務員同士が明確で整合性がとれ標準化された意思疎通を図ることにある。

全てのFCU及びMCDU操作は、PFD及びNDで確認されなければならない。正しくFCUパネルのノブが操作されたことを確実にするために、PFD/ND表示で確認すること。（中略）

セット

「セット」という用語は、FCUのノブを操作して数値をセットすることを意味し、モード変更することは意味しない。適切に選択したノブを回転させるだけでセットが完了する。

例： - 「セット ヘディング（磁方位） ___ 」 （中略）

マネージ/プル

「マネージ」という用語は、FCUのノブを押してマネージ・モード、ターゲット値のセットを実行、待機することを意味し、「プル」という用語は、FCUのノブを引いて選択したモード又はターゲット値による実行を意味する。

例： - 「プル ヘディング（磁方位） 090° 」

（HDG/TRKノブを引いてターゲット値に合わせた）（中略）

注意：数値が既にセットされている場合、数値を繰り返し言う必要はない。

簡単にコールすること。例：「プル・ヘディング」（中略）

VS/FPAノブにはマネージ・モード機能がない。同ノブを使用する場合の標準的なコールアウトは、以下のとおり。

「バーティカルスピード、プラス（又はマイナス）700、プル」

（中略）

なお、同型機の製造者は、FCUパネルのVSノブをプリセット操作する際のコールアウトについては明確な規定はないとしている。

2.11.4 チェックリスト

F C O Mによれば、ランディング・チェックリストは、P FのオーダーでP N Fが読み上げ確認して完了される。同型機のチェックリストは、以下のとおりである。

(抜粋)

*CABIN CREW ADVISED^{*61}*
*A/THR SPEED/OFF^{*62}*
*AUTOBRAKE AS RQRD^{*63}*
ECAM MEMO LDG NO BLUE

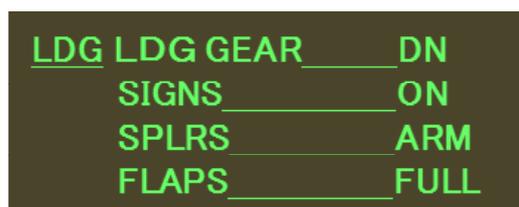


図8 着陸時のECAM MEMO 表示例

最初の3項目については、P N Fが左側の項目を読み上げ、P N F自身がチェックした上で右側の確認結果を呼称することとなっており、P N Fの裁量で手短かにチェックリストを先に進めることが可能である。しかし、最終項目については、P N FとP Fの連携が必要である。すなわち、P N Fが「ECAM MEMO」と読み上げ、P Fは、ECAM MEMOの4項目^{*64}で、着陸のための正常な態勢が整っていることを確認した上で「LANDING NO BLUE^{*65}」と応答する。P Fの応答を受けて、P N Fはランディング・チェックリストの完了をP Fに報告する。

2.12 パイロットの基本原則 (GOLDEN RULES FOR PILOTS)

同型機製造者のF C T M^{*66}には、基本的かつ最重要な事項である「GOLDEN RULES FOR PILOTS」が記述されており、同社では、その要約を記載した名刺サイズのカードを全運航乗務員に配布している。(以下、抜粋)

*61 「CABIN CREW・・ ADVISED」とは、客室乗務員に到着約10分前の連絡をしたことの確認である。

*62 「A/THR・・ SPEED/OFF」とは、オートスロットルの使用状況の確認である。

*63 「AUTOBRAKE・・ AS RQRD (required)」とは、オートブレーキの設定をコールすることである。

*64 「ECAM MEMOの4項目」は、図8に示したとおり、着陸装置 (LDG GEAR) が下げ位置 (DN) であること、乗客への指示表示 (SIGNS) がオン (ON) であること、スピードブレーキ (SPLRS) がアーム (ARM) 位置であること、及びフラップ (FLAPS) がフル (FULL) 位置であることである。

*65 ECAM MEMOの右側項目は、着陸のための態勢が整っていない場合には青字表示され、整っている場合は緑字表示される。「LANDING NO BLUE」とは、ECAM MEMOの右側項目に青字表示がなく、航空機が正常な着陸の態勢であるという意味である。

*66 「F C T M」は、F C O Mを補完し、同型機の操縦方法に関する実践的な情報をパイロットに提供するためのマニュアルでありF C O Mと併用して参照すべきもので、内容に矛盾がある場合はF C O Mが優先するとされている。

GENERAL GOLDEN RULES

The following four Golden Rules for Pilots are applicable to all normal operations, and to all unexpected or abnormal/emergency situations:

- 1. Fly. Navigate. Communicate.*
- 2. Use the appropriate level of automation at all times.*
- 3. Understand the FMA at all times.*
- 4. Take action if things do not go as expected.*

(仮訳)

パイロットの基本原則

以下の4つのパイロットの基本原則は、全ての通常操作及び全ての不測の事態又は異常/緊急事態において適用される。

1. 飛行すること。航法すること。意思疎通を図ること。
2. 常に適切なレベルで自動化システムを活用すること。
3. 常にFMAを理解すること。
4. 何かおかしいと思ったときは行動すること。

2.12.1 飛行すること。

「パイロットの基本原則」の第1項「飛行すること。航法すること。意思疎通を図ること。」については、以下のように記載されている。(抜粋)

Fly! Navigate! Communicate! The flight crew must perform these three actions in sequence and must use appropriate tasksharing in normal and abnormal operations, in manual flight or in flight with the AP engaged.

・ *Fly*

"Fly" indicates that:

- The Pilot Flying (PF) must concentrate on "flying the aircraft" to monitor and control the pitch attitude, bank angle, airspeed, thrust, sideslip, heading, etc., in order to achieve and maintain the desired targets, vertical flight path, and lateral flight path.*
- The Pilot Not Flying (PNF) must assist the PF and must actively*

*monitor flight parameters, and call out any excessive deviation.
The PNF's role of "actively monitoring" is very important. (omitted)*

(仮訳)

飛行すること！航法すること！意思疎通を図ること！ 運航乗務員は、通常操作でも異常時操作でも、また、手動操縦でもAP使用の操縦でも、これら3つの行動を順番に実施し適切にタスク配分しなければならない。

飛行すること。

「飛行」は、以下を意味する。

- PFは、所望の垂直・水平飛行経路を飛行し維持するために、航空機を飛行させることに集中し、ピッチ角、バンク角、速度、推力、サイド・スリップ、方位等をモニターしコントロールしなければならない。
- PNFは、PFを援助し、飛行の各要素を積極的にモニターしなければならない。また、過剰な逸脱をコールアウトしなければならない。PNFの積極的モニターの役割は、極めて重要である。(略)

2.12.2 自動化システムの活用

「パイロットの基本原則」の第2項「常に適切なレベルで自動化システムを活用すること」については、以下のように記載されている。(抜粋)

Aircraft are equipped with several levels of automation, used to perform specific tasks. The flight crew must determine the appropriate level of interaction with automated systems, based on the flight situation and the task to be performed.

To use the appropriate level of automation at all times, the flight crew must:

- *Determine and select the appropriate level of automation that can include manual flight*
- *Understand the operational effect of the selected level of automation*
- *Confirm that the aircraft reacts as expected.*

(仮訳)

航空機には特定のタスクを処理するいくつかのレベルの自動化システムが装備されており、運航乗務員は、飛行状況や課されたタスクに応じて自動化

されたシステムを適切なレベルで利用しなければならない。

常に自動化システムを適切なレベルで利用するには、運航乗務員は以下を行わなければならない。

- 手動操縦を含むどのレベルの自動化システム利用するかを決定する。
- 選択したレベルによる自動化システムの運航上の影響を理解する。
- 航空機が予測どおりに作動していることを確認する。

2.12.3 FMAの理解

「パイロットの基本原則」の第3項「常にFMAを理解すること」については以下のように記載されている。(抜粋)

The flight crew must confirm the operational effect of all actions on the FCU, or on the MCDU, via a crosscheck of the corresponding annunciation or data on the PFD and on the ND.

At all times, the flight crew should be aware of the following:

- *Guidance modes (armed or engaged)*
- *Guidance targets*
- *Aircraft response in terms of attitude, speed, and trajectory*
- *Transition or reversion modes.*

Therefore, to ensure correct situational awareness, at all times, the flight crew must:

- *Monitor the FMA*
- *Announce the FMA*
- *Confirm the FMA*
- *Understand the FMA.*

(仮訳)

運航乗務員は、FCUパネル又はMCDU^{*67}を操作した場合、その操作が運航にもたらす結果を、PFD及びND上の関連表示又はデータを相互にチェックすることで確認しなければならない。

*67 「MCDU」とは、FMGC等へのデータ入力を行う装置である。

運航乗務員は、常に以下を認識しなければならない。

- ガイダンスしているモード（待機中なのか、作動中なのか）
- ガイダンスのターゲット（目標）
- 航空機の高度、速度及び航跡
- 変化中の、あるいは、復帰中のモード

したがって、運航乗務員は正しい状況認識を確実とするため、常に以下を実施しなければならない。

- FMAを監視する。
- FMAをコールアウトする。
- FMAを確認する。
- FMAを理解する。

2.13 米国における飛行の安全に関する調査報告書等

2.13.1 自動化への依存

FAA^{*68}が中心となって結成されたThe Flight Deck Automation Working Group（以下「the WG」という。）が、平成25年9月に発行した「Operational Use of Flight Path Management Systems（飛行経路管理システムの利用について）」（以下「2013 FAA WG報告書」という。）では、自動化について以下のとおり記述している。（抜粋）

3.2.4.1 Pilot reliance on automated systems

The WG found in its investigations that pilots sometimes over-rely on automated systems - in effect, delegating authority to those systems, which sometimes resulted in deviating from the desired flight path under automated system control. (omitted)

"Reliance on automation reduces pilots' awareness of the present and projected state of the aircraft and its environment, resulting in incorrect decisions and actions."

（仮訳）

3.2.4.1 自動化システムに対するパイロットの依存

ワーキンググループの調査で、自動化システムにパイロットが過剰に依存

*68 「FAA」とは、アメリカ連邦航空局である。

(事実上、自動化システムに権限を委任) することが時折あり、その結果、自動操縦中に望ましい飛行経路から逸脱してしまう事態が時折発生していることが判明した。(中略)

自動化システムに依存するあまり、パイロットは、航空機、周辺環境の現状及び(この先)予測される状態について注意力が散漫になってしまい、結果として誤った決断や行動を招くことになる。

2.13.2 タスク/ワークロード・マネージメント

また、2013 FAA WG 報告書では、タスク/ワークロード・マネージメントについて以下のとおり記述している。(抜粋)

3.4 Task/Workload Management

Deficiencies in task management, such as distraction or loss of vigilance, have been cited as either causal or contributory factors in accident cases. When viewed in isolation, such findings may suggest a contributory lack of proficiency or skill and the question often has been raised "how could the pilot have missed that?" (e.g., low airspeed, setting flaps for takeoff, etc.). However, the WG found that task management, the maintenance of vigilance and avoidance of distraction are not trivial tasks. (omitted)

Managing tasks within the flight deck is complex and requires managing flight deck workload, distractions, and tasks generated by others outside the flight deck. (omitted)

For prioritization of tasks, pilots are taught to Aviate, Navigate, and Communicate. (omitted) It is also easy to discuss these three concepts at a high level for flying today's complex airplanes in complex airspace. The WG analysis shows that it becomes harder to operationalize these concepts when there are many tasks within each area, and tasks often overlap or are left awaiting a further trigger for completion or continuation. This may explain why the data show that during times of high workload, the myriad of tasks required of the pilots may result in no one monitoring the flight path of the airplane, or breakdown in communication between the pilots, or breakdown of crossverification procedures of FMS inputs. (omitted)

In the WG analysis, high workload and time pressure were common

vulnerabilities identified in the factor analysis of incident data
(omitted)

Pilots are required to analyze the situation and use their knowledge and skills to assess the situation and prioritize the tasks that need to be done in the time available. (omitted)

(仮訳)

3.4 タスク/ワークロード・マネージメント

事件事案における原因あるいは関与要因として、注意散漫、警戒心の喪失等のタスク/ワークロード・マネージメントの欠如が言及されている。個別に見れば、そのような指摘は技量やスキルの欠如が原因に寄与していることを示しているようであり、なぜパイロットはこんなミス（例えば、速度低下、離陸時のフラップセット等）をしたんだと言う疑問がしばしば出てくる。しかし、作業部会（WG）は、タスク・マネージメント、警戒心の維持、そして注意散漫の防止は簡単なことではないことが分かった。（中略）操縦室内でのタスク管理は複雑であり、操縦室ワークロード、注意散漫、及び操縦室外の他要因から発生するタスクを管理する必要がある。（中略）

パイロットは、優先すべきタスクは飛行、航法及び意思疎通であると教わる。（中略）現在の最新の複雑な航空機で混雑した空域を飛行する場合にも、この3つの分野が最優先であると述べるのは簡単である。一方、WGの分析では、それぞれの分野において多くのタスクがある場合、このコンセプトを実施するのは困難になっており、往々にしてこれらのタスクは重なり、あるいはタスクの完了や継続に別のトリガーを待つ必要があることが示された。これにより、ワークロードが高いときに、パイロットが数多くのタスクを求められる結果、誰も飛行経路の監視をしていないこと、パイロット間のコミュニケーションが途絶すること、FMS入力の相互確認が行われないことが生じるというデータを説明することができる。（中略）

WGの解析では、インシデントデータの要因分析において、高いワークロードとタイム・プレッシャーが共通する脆弱性^{ぜい}であると認められた。（中略）

パイロットは、状況を評価し、限られた時間でなす必要があるタスクに優先順位付けするために、自身の知識やスキルを活用し状況を分析しなければならない。（中略）

2.13.3 飛行の監視の重要性

平成28年1月7日付けの米国運輸省監察総監室からFAA長官への自動化に関する監査報告「ENHANCED FAA OVERSIGHT COULD REDUCE HAZARDS ASSOCIATED WITH INCREASED USE OF FLIGHT DECK AUTOMATION (FAAの監査強化で操縦室内の自動化システム利用増大に伴う危険要素を抑制可能)」(以下「2016対FAA監査報告」という。)には、以下の内容が記載されている。(抜粋)

Effective pilot monitoring is key to maintaining safety when using automated systems. (omitted) Properly performing pilot monitoring may break the chain of events leading to an accident. (omitted)

Because many pilots use automation in most phases of flight, their ability to effectively perform monitoring duties is critical to maintaining safety. Pilot monitoring consists of a pilot carefully observing the aircraft's flight path, automation modes, and on-board systems and actively cross-checking the actions of other crew members. (omitted)

RECOMMENDATIONS

- 1. Develop guidance defining pilot monitoring metrics that air carriers can use to train and evaluate pilots. (omitted)*

APPENDIX. AGENCY COMMENTS

(omitted)

The FAA will develop guidance defining pilot monitoring duties and responsibilities that air carriers can use to develop pilot training and evaluation. The guidance will address the definition of pilot monitoring in the operational environment, and it will provide the basis for development of a curriculum and syllabus by carriers. The FAA plans to complete this action prior to January 31, 2017.

(仮訳)

適切なパイロット・モニタリングは、自動化システム使用時の安全上の要である。(中略) 的確なパイロット・モニタリングにより、事故に繋がるイベントの連鎖を絶つことができる。(中略)

多くのパイロットが多くの飛行フェーズで自動化システムを使用するので、適

切にモニターする能力は飛行の安全には不可欠である。パイロット・モニタリングは、パイロットによる注意深い飛行経路、自動操縦モード、機上装置等の監視と、他のパイロットの行動を積極的に相互確認することから成る。(中略)

勧告

1. 運航者がパイロットを訓練、審査するために活用できる、パイロットのモニター業務を分析する基準（パイロット・モニタリング・メトリクス）を定めた指導書（ガイダンス）を開発すること。(中略)

付録. F A Aのコメント^{*69}

(中略)

F A Aは、パイロットの訓練・審査を発展させるために、運航者が使用できるパイロット・モニタリングの仕事と職責を定義する指導書を開発する。指導書は、(航空機) 運航中のパイロット・モニタリングを定義し、エアラインが教育課程(カリキュラム)や教育細目(シラバス)の開発するための基礎資料となるだろう。F A Aは2017年(平成29年)1月31日までに本作業を完了する予定である。

2.14 FDRの記録

表1及び付図3から、以下のことが読み取れる。なお、本項の〔〕内は、付図3の「A～R」を示している。

表1に示したとおり、11時46分28秒、同機の垂直方向のモード(Longitudinal Modes)はVSモードとなり〔B〕、11時46分28秒までは「無効なデータ」であった選択昇降率(Selected Vertical Speed)が、同29秒には「0 fpm」となり、同30秒には「-900 fpm」へ変化している〔A〕。同型機の製造者は、FDR記録からは、VS窓への降下率(900 fpm)のセットとVSノブを引く操作の順序を断定できないが、VSモードを選択した1秒後には同機の昇降舵がダウン方向に動いていることから、VSノブを引く前に降下率はセットされたと推測されると述べている。なお、〔H〕に示すとおり、VSモードとなった地点は、(那覇VORTACから)約5.7nm位置である。

〔C〕では、ピッチ角(Pitch Angle)が下がり始めているが、〔E〕に示すとおりスラスト・レバー(Throttle Lever Position)は「20 (CL)」位置に固定された

*69 F A Aは、公表前の報告書原案を提示されており、その原案に対するF A Aのコメントが付録として添付されている。

ままであり、エンジン回転数（N1 Actual Engine^{*70}）は非常に緩やかに減少している〔D〕。〔F〕に示すとおり、同機の昇降率（Vertical Speed）がマイナス方向に徐々に大きくなっており、〔G〕に示すとおり電波高度（Radio Height）及び気圧高度（Pressure Altitude cor. QNH）は徐々に低くなっている。

この後、表1に示したとおり、11時47分25秒まで継続していた選択昇降率「-900 fpm」が、同26秒に「-800 fpm」、同27秒には「0 fpm」へと変化している〔I〕。同製造者によると、この選択昇降率の変化は、VSノブが押されたことによるものであろうとのことである。その後、同機のピッチが上がり始め〔K〕、降下率が小さくなり始めており〔N〕、同機のスラストも上昇し始めている〔L〕。

一方、11時47分26秒にはEGPWSの“TOO LOW TERRAIN”^{*71}〔P〕、11時47分32秒には同“TERRAIN TERRAIN PULL-UP”^{*72}〔Q〕が発出している。11時47分35秒、スラスト・レバーが「TOGA」位置にセットされ〔M〕、AP/FDの垂直方向のモードがGAモードとなり〔J〕、垂直方向及び進行方向の加速度は増加し〔R〕、表1に示すとおり、11時47分37秒、電波高度が最低値241 ftを記録している〔O〕。

付図7にあるとおり、方位（HDG）のセットに関しては、レーダー誘導中の管制官の指示に従って、FCUのHDGノブがセットされている。

*70 「エンジン回転数（N1 Actual Engine）」は、エンジンのスラスト（推力）を表す指標の一つである。

*71 “TOO LOW TERRAIN”については、2.15.1(2)参照。

*72 “TERRAIN TERRAIN PULL-UP”については、2.15.1(1)参照。

表1 FDRの記録

時刻	A P / F D の 垂直方向の モード	選択昇降率 (fpm)	ピッチ角 (°)	昇降率 (fpm)	電波高度 (ft)	気圧高度* ¹ (ft)	E G P W S 警報* ⁵		
1 秒 刻 み	11:46:27	その他* ⁴	斜線	4.9	-32	1063	1002		
	11:46:28	V S * ²	斜線	5.3	-32	1062	1002		
	11:46:29	V S	0	5.3	-16	1062	1002		
	11:46:30	V S	-900	5.6	-16	1061	1002		
	11:46:31	V S	-900	4.9	-96	1060	1002		
	11:46:32	V S	-900	3.9	-224	1062	1002		
	11:46:33	V S	-900	3.5	-416	1060	994		
	11:46:34	V S	-900	3.2	-528	1056	990		
	11:46:35	V S	-900	2.8	-640	1050	978		
	5 秒 刻 み	11:46:40	V S	-900	2.5	-832	990		914
		11:46:45	V S	-900	2.1	-848	918		842
		11:46:50	V S	-900	1.8	-528	850		786
		11:46:55	V S	-900	1.4	-576	804		746
		11:47:00	V S	-900	1.1	-768	748		690
		11:47:05	V S	-900	0.7	-912	675		618
11:47:10		V S	-900	1.1	-944	596	546		
11:47:15		V S	-900	0.4	-912	520	470		
11:47:20		V S	-900	1.1	-864	442	398		
11:47:25		V S	-900	1.1	-896	364	322		
1 秒 刻 み	11:47:26	V S	-800	1.1	-912	350	310	T O O L O W T E R R A I N (T C F)	
	11:47:27	V S	0	1.1	-896	332	298		
	11:47:28	V S	0	1.8	-784	317	282		
	11:47:29	V S	0	3.5	-640	299	270		
	11:47:30	V S	0	4.2	-544	285	262		
	11:47:31	V S	0	4.6	-416	273	254	T E R R A I N T E R R A I N P U L L - U P (T A D)	
	11:47:32	V S	0	4.9	-336	265	250		
	11:47:33	V S	0	5.3	-288	257	246		
	11:47:34	V S	0	5.6	-256	252	246		
	11:47:35	G A * ³	斜線	6.0	-96	245	242		
11:47:36	G A	斜線	6.3	208	244	242	T O O L O W T E R R A I N (T C F)		
11:47:37	G A	斜線	9.5	1008	241	250			
11:47:38	G A	斜線	13.7	1584	247	270			
11:47:39	G A	斜線	15.8	2480	268	306			
11:47:40	G A	斜線	17.2	2880	300	338			
11:47:41	G A	斜線	17.6	3264	342	398			
11:47:42	その他	斜線	16.9	3360	394	434			

*¹ 気圧高度 (ft) は運輸安全委員会による補正值である。

*² VERTICAL SPEED モードにあることを示している。

*³ GO AROUND モードにあることを示している。

*⁴ 斜線は無効なデータを示している。

*⁵ E G P W S 警報はTERRAIN報及びPULL-UP報がそれぞれの警報状態か否かを示している。

2.15 EGPWS (Enhanced Ground Proximity Warning System)

同機には、GPWS (対地接近警報装置) にEnhanced function (強化機能) が加えられたEGPWSが装備されていた。EGPWSは、地形データを有しており、自機の位置情報と比較することにより、前方の地形等に対する注意報や警報を、NDへの表示と音声の鳴動により効果的に発することができる。また、操縦席前面計器盤の両PFDのすぐ横には2.10.1の図3に示したGPWSボタンがある。

2.15.1 EGPWSの強化機能

本重大インシデントでは、以下の二つの強化機能により注意報及び警報が発出した。

(1) TERRAIN AWARENESS AND DISPLAY (TAD)

TADでは、自機の高度、最寄りの空港の滑走路標高、滑走路進入端までの距離、対地速度、旋回率などを基に、機体前方に注意報領域及び警報領域が設定される。TADは、設定された領域内に、地表又は障害物が1秒以上存在すると、以下のアラートを発出する。

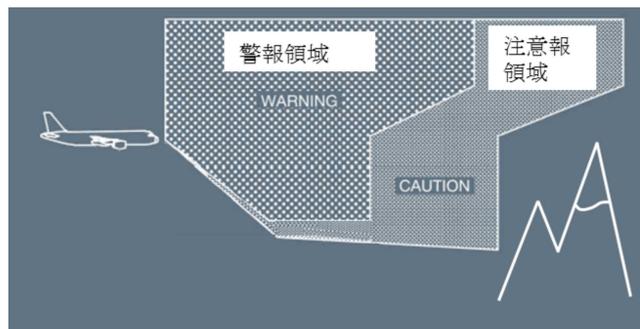


図9 TAD監視エリア垂直面概略図

TADのアラートレベルは2段階でCaution (注意報) とWarning (警報) がある。注意報の場合には、NDには黄色で“TERRAIN”の文字注意報が表示されるとともに、図10に示したような黄色の注意報領域が表示され、GPWSボタンの「GPWS」が黄色で点灯し、音声で“CAUTION TERRAIN”が鳴動する。警報の場合には、NDには赤色で“TERRAIN”の文字警報表示がされるとともに、図10に示したような赤色の警報領域が表示され、GPWSボタンの「PULL UP」が赤色で点灯し、音声で“TERRAIN TERRAIN PULL-UP”、“PULL-UP”、“PULL-UP”の3つの警報が一つのサイクル (以下この一つのサイクル警報を「PULL-UP報」という。) となっている。EGPWSの製造者によると、この音声のPULL-UP警報は、1回目の“TERRAIN TERRAIN PULL-UP”から2秒後に“PULL-UP”、更に2秒後に“PULL-UP”が鳴るまでの5秒間が一つのサイクルと

なっており、一旦、PULL-UP報が発出されると、すぐに警報領域を出たとしても、“TERRAIN TERRAIN PULL-UP”だけで終わることはなく、このPULL-UP報は、必ず一つのサイクルの警報全てが鳴動することである。

また、製造者によると、EGPWSコンピューターのデータ記録周期(Data Sampling Rate)が1秒間に1回であることを考慮すると、EGPWSの警報発出の正確な時刻を特定することは困難であり、記録上の発生時刻には1秒程度のずれが含まれる可能性を考慮しなければならないとのことである。

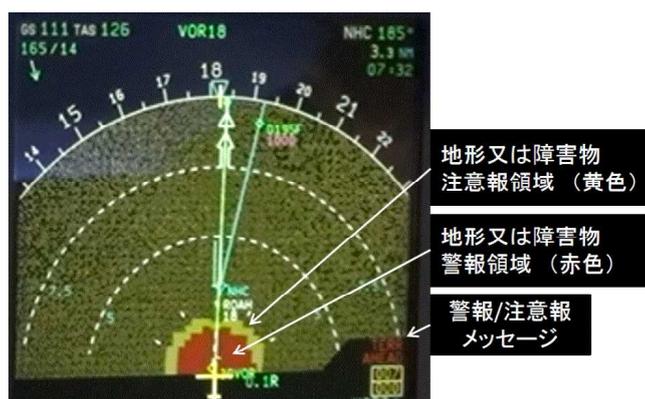


図 1 0 PULL-UP報発出時のND画面イメージ図

(2) TERRAIN CLEARANCE FLOOR (TCF)

TCF領域は、地形データが保有されている滑走路ごとにデータベースに登録されている。TCF機能は、着陸形態にあるかどうかにかかわらず、何らかの理由で通常の進入降下経路から逸脱し、このTCF領域内へ侵入した場合、GPWSボタンの「GPWS」が点灯し、音声で“TOO LOW TERRAIN”（以下「TERRAIN報」という。）が鳴動する。

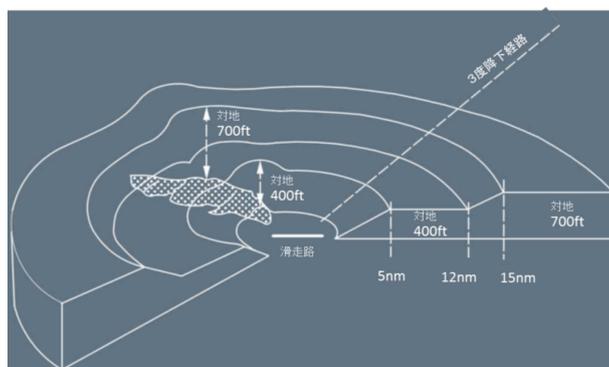


図 1 1 TCF領域概略図

2.15.2 EGPWSの記録

本重大インシデント後、EGPWSを同機から取り降ろし、製造者にデータのダ

ウンロードを依頼し、以下の表2のデータを受領した。

なお、表2の中の時刻は、製造者から提供されたデータのT00 LOW TERRAIN発出の時間経過 (Time Course) "190000"に発出した"TOO LOW TERRAIN"①とFDRのT00 LOW TERRAIN発出時刻"11:47:26"を同期させることによって得たものである。また、製造者は、表2及び図12の②の"TOO LOW TERRAIN"は、発出直後に優先順位の高い警報であるPULL-UP報が同32秒から発出したことから、鳴動を途中で停止したか、あるいは全く鳴動しなかった可能性があるとしている。

表2 EGPWSに記録されていたデータ (時刻軸)

Time Course	EGPWS	番号	時刻
180000			11:47:25
190000	TOO LOW TERRAIN	①	11:47:26
200000			11:47:27
210000			11:47:28
220000			11:47:29
230000			11:47:30
240000	TOO LOW TERRAIN	②	11:47:31
250000	TERRAIN TERRAIN PULL-UP	③	11:47:32
260000			11:47:33
270000	PULL-UP	④	11:47:34
280000			11:47:35
290000	PULL-UP	⑤	11:47:36
300000			11:47:37
310000			11:47:38
320000			11:47:39
330000	TOO LOW TERRAIN	⑥	11:47:40
340000			11:47:41
350000			11:47:42

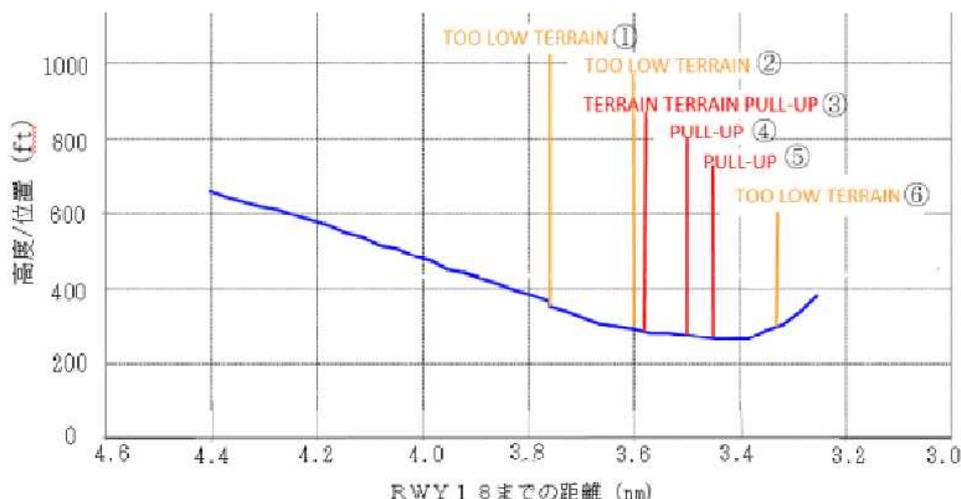


図12 EGPWSに記録されていたデータ (距離軸)

2.15.3 EGPWS警報発出時の対応

PULL-UP報発出時の対応はFCOMに以下のように規定されている。(抜粋)

Simultaneously

APOFF

PITCH.....PULL UP

Pull to full backstick and maintain in that position

THRUST LEVERSTOGA

SPEED BRAKES LEVER.....CHECK RETRACTED

BANKWINGS LEVEL or ADJUST

(omitted)

(仮訳)

以下の操作を同時に行う。

- ・自動操縦 (AP) をオフとする。
- ・ピッチを引き上げる

サイドスティックをフルバックポジションまで引きその位置を保持する。

- ・スラストレバーをTOGA位置にする。
- ・スピード・ブレーキレバーが収納位置であることを確認する。
- ・バンクを戻す又は調整する。

(略)

また、TERRAIN報発出時の対応はFCOMでは以下のように記述されている。

(抜粋)

Adjust the flight path or initiate a go-around

(仮訳)

飛行経路を調整する。あるいは進入復行を行う。

2.15.4 EGPWS警報の発出に関する同機の製造者の見解

同型機の製造者は、EGPWS警報の発出について、概略、次のとおり述べている。

TERRAIN報及びPULL-UP報は、FDR及びEGPWSに記録されており、パイロットがTERRAIN報の鳴動を聞いているということから、EGPWSとオーディオシス

テムの接続状態には問題なかった。

また、本重大インシデント発生時に、EGPWS警報よりも優先順位の高い失速警報やウインドシアー警報^{*73}は発出していないことから、本重大インシデントでは、PULL-UP報が発出し、ND画面に警報エリアが表示され、GPWSボタンのPULL UPランプが点灯した。

2.16 フライト・シミュレーターを使用した調査

同型機のフライト・シミュレーター（模擬飛行装置）を使用して、FDRの記録に基づく機長の操作、管制交信記録に基づくファイナル管制官の指示・通報、標準的なチェックリストの読み上げ等を組み込み、本重大インシデント発生当時の飛行状況、EGPWS警報の発出状況、ファイナル管制官の送信状況及び運航乗務員のワークロード等を検証し、以下を確認した。

- (1) EGPWS警報の発出は、音声警報、NDの表示及びGPWSボタンの点灯が、短い時間内に集中する。
- (2) ファイナル管制官の継続的な指示がある中では、PNFのチェックリストの読み上げ等がタイムリーに行えない場合がある。

2.17 運航乗務員の教育及び訓練

2.17.1 同型機の教育及び訓練

同社では、FCOM P及びFCOMの記載を運航の基本として、常にFMAを監視することの重要性は教育、訓練で指導していたが、同社の一部教育資料の中には、FMAのモード変更時のコールアウトに関して、コールアウトの除外項目^{*74}を設けていた。

2.17.2 空港資格要件

同社では、機長の空港資格に関わる訓練について、オペレーションマニュアル（以下「OM」という。）で規定している。同空港は、同社が就航している他の国内空港と同等の位置付けであり、会社の定める空港資料により、空港に関わる各種知識を自習し、会社の定める審査に合格していることを条件に、機長の空港資格が付与される。

また、同社では、他の国内航空会社と同様に、同型機によるライン訓練において同空港のPAR進入を経験する規定はなく、過去に同空港でのPAR経験がない運

*73 「優先順位の高い失速警報やウインドシアー警報」とは、EGPWSの警報に対する優先順位のことであり、失速警報やウインドシアー警報が発出した場合には、EGPWS警報は発出しない。

*74 「コールアウトの除外項目」とは、離陸時のATモードのコールアウト等である。

航乗務員に対して経験付与するような措置は講じていなかった。

2.17.3 機長及び副操縦士の過去のPAR進入の経験

機長は、過去に何回かPAR進入の経験はあったが、その最後の経験は約5年前であり、同型機とは違う機種で他の空港で実施したものであった。機長にとって、本重大インシデント時の進入は、同型式機及び同空港RWY 18で初めて試みるPAR進入であった。

機長は、本重大インシデントの数日前、同空港RWY 36へのILS進入の際、管制機関から管制官訓練のためPAR進入の実施協力を依頼されたが、当初から予定していたILS進入を実施したこと、そしてその日のうちに、次のPAR進入実施の機会のことを考え、PAR進入について自習したことを述べた。

一方、副操縦士は、同型機での同空港RWY 36でのPAR進入は1、2回経験していたが、RWY 18でのPAR進入は初めてであった。

2.18 本重大インシデント発生後の機長からの報告

2.18.1 機長と副操縦士による状況の確認

機長及び副操縦士は、同機の駐機後、本重大インシデントで起こった事象について話し合い、同機が1,000ftから降下して、“TERRAIN”が鳴動し進入復行したこと、“PULL-UP”は聞いていないこと等を相互に確認した。機長は、同社の運航担当マネージャー（以下「マネージャー」という。）に、同空港RWY 18への進入中、高度が低くなり、EGPWS警報の“TERRAIN”が発出し進入復行したことを電話で報告したと述べている。

一方、機長からのイベント報告を受けたマネージャーは、PAR進入中、高度が低くなり進入復行したことの報告を受けたが、EGPWS警報の発出については聞いた記憶はなく、同機の継続運航を承諾したと述べている。

2.18.2 機長の報告の義務

機長が報告すべき事項について、同社のOM及びオペレーションマニュアル・サプリメント（以下「OMS」という。）において、以下のような内容が記述されていた。

機長は、飛行勤務中に発生した事項のうち、必要とされる事項について、飛行終了後速やかに乗員課長に機長報告書を提出しなければならない。

報告の形態には、*Captain Report*、*Air Safety Report*、監督官庁が会社に報告を求めるもの、会社が報告を求めるもの等の分類があり、報告すべき事象とし

ては、以下のような例がある。

- 飛行中において地表面又は水面への衝突または接触を回避するため航空機乗組員が緊急の操作を行った事態。
- 管制機関より指示された経路又は高度から著しく逸脱した場合。
- GPWSの警報 (Pull Up) に基づく回避操作。
- 意図せずに、高度、速度または姿勢が大きく変化した場合。

報告の要領は、所定の様式を使用し、内容は、客観的に正確な事実とし、速やかに乗員課長に提出する。緊急な報告を要する事象の場合、飛行終了後、FAX等の代替手段による報告を行い、帰投後に所定の様式で行う。

2.18.3 機長報告に対する同社内の対応

同社の規程では、機長から飛行中の事象の報告があった場合、関係部署にて、機長報告の内容についてOM/OMSに規定する事項に該当するかどうかを検討し、その検討において更なる分析が必要であると判断した場合には、運航を停止しQAR^{*75}を取り降ろす措置が講じられるようになっていた。

2.19 着陸誘導管制所の業務

2.19.1 本重大インシデント発生時の那覇着陸誘導管制所の状況

那覇着陸誘導管制所レーダー室における通常の管制官の配置は、写真1のとおりである。本重大インシデント発生時の管制官配置は、パターン管制官席及び調整管制官席にはそれぞれ管制官が着席し、ファイナル管制官席には、ファイナル訓練生が着席し、その背後にファイナル監督者がファイナル訓練生の訓練監督者として着席^{*76}していた。

*75 「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、光ディスク、半導体メモリ等の取り外し式媒体に飛行データを記録する。記録媒体は一連の飛行終了後に機体から取り外すことができる。

*76 ファイナル監督者は、ファイナル訓練生の背後に着席しており、必要と判断すればファイナル訓練生の送信をオーバーライドして管制機に通報する。



写真1 那覇着陸誘導管制所の管制席配置

2.19.2 着陸誘導管制所管制官の業務

着陸誘導管制所では、ターミナル管制所において適切な管制間隔が設定された到着機をレーダー誘導し、飛行場管制所から発出された着陸許可等を到着機へ中継する。通常は到着機が滑走路に着陸後に飛行場管制所との無線交信を行うよう指示する。

着陸誘導管制所の各管制官の業務概要は以下のとおりである。

(1) パターン管制官の業務

P A R 進入を行う航空機は、ターミナル管制所の搜索管制席管制官（那覇アプローチ）から入域管制席管制官（那覇アライバル）を経由して、着陸誘導管制所のパターン管制官に移管される。パターン管制官は、ARTS画面をモニターしており、管制機を最終進入コースへ誘導する。

各航空機の高度、速度などのデータは、図13に示したデータブロックに表示される。パターン管制官は、約10nmを目安として管制機相互の間隔を維持し、管制機のレーダー誘導及び高度監視等の業務を行っている。通常、約10～7nmの位置で、管制機をファイナル管制官へ移管する。

パターン管制官席に整備されているARTS-F^{*77}には、2.21.2に後述するMSAW等の警報監視機能^{*78}が備わっている。ARTS画面は4秒に1回、画面表示データが更新される。

*77 「パターン管制席に装備されているARTS-F」には、パターン管制官の管制機のみならず、ファイナル管制官の管制機も表示される。ARTS-Fは、タワー管制官席やアライバル管制官席等にも整備されている。

*78 「ARTS-Fの警報監視機能」には、最低安全高度警報（MSAW）の他に、異常接近警報監視、不可侵区域侵入監視等がある。

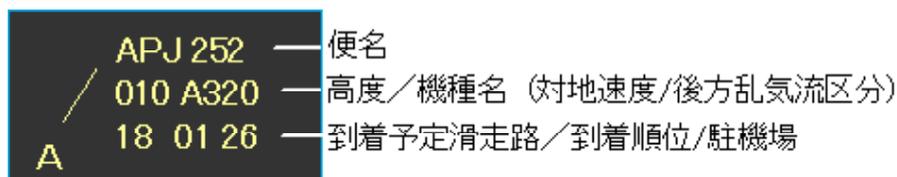


図 1.3 管制機のデータブロック表示例

(2) ファイナル管制官の業務

ファイナル管制官は、グライドパス会合高度を維持した航空機をパターン管制官から移管される。ファイナル管制官がレーダー誘導する管制機は1機に限定される。ファイナル管制官は、通信点検後、管制機に対して、復唱不要の指示をする。管制機との通信設定後、ファイナル管制官は、管制機に対して最終進入コースとパスを維持するための方位と降下率の指示、着陸許可及びその他の指示を5秒以上の間隔を空けずに発出するよう規定されている。

通常、グライドパス会合前の高度に関する指示は、アライバル管制官あるいはパターン管制官から発出されることから、ファイナル管制官からのグライドパス会合前の高度維持指示は規定されていない。したがって、ファイナル管制官は、管制機がグライドパスに会合するまでは、方位に関する指示を行い、最終進入コースに誘導する。また、グライドパスに会合した後は、最終進入コースとグライドパスを維持できるよう方位と降下率を指示する。ファイナル管制官は、管制機に対して、5 nm地点を目安として那覇タワーから発出される着陸許可等の中継し発出する。

ファイナル管制官には、最終的に管制機が誘導限界高度（ガイダンス・リミット）に到達した時点で、安定した状態で、最終進入コース及びグライドパス上にあるように誘導することが求められる。レーダー誘導が終了した管制機は、着陸後に那覇タワーと通信設定を行うように指示される。

さらに、管制機が2.20に後述するレーダー安全圏から逸脱している場合等は当該機にその旨を通報し、かつ、2.20.2に後述する進入復行等の指示を行うこととなっている。

(3) 調整管制官の業務

着陸誘導管制所の調整管制官は、ターミナル管制所及び飛行場管制所の調整管制官と連絡を取り合い、移管の間隔や進入復行時の調整などを行う。

(4) PAR画面の特徴

写真2-1に示したとおり、PAR画面では、管制機の現在の垂直方向の位置（エレベーション表示）及び水平方向の位置（アジマス表示）につ

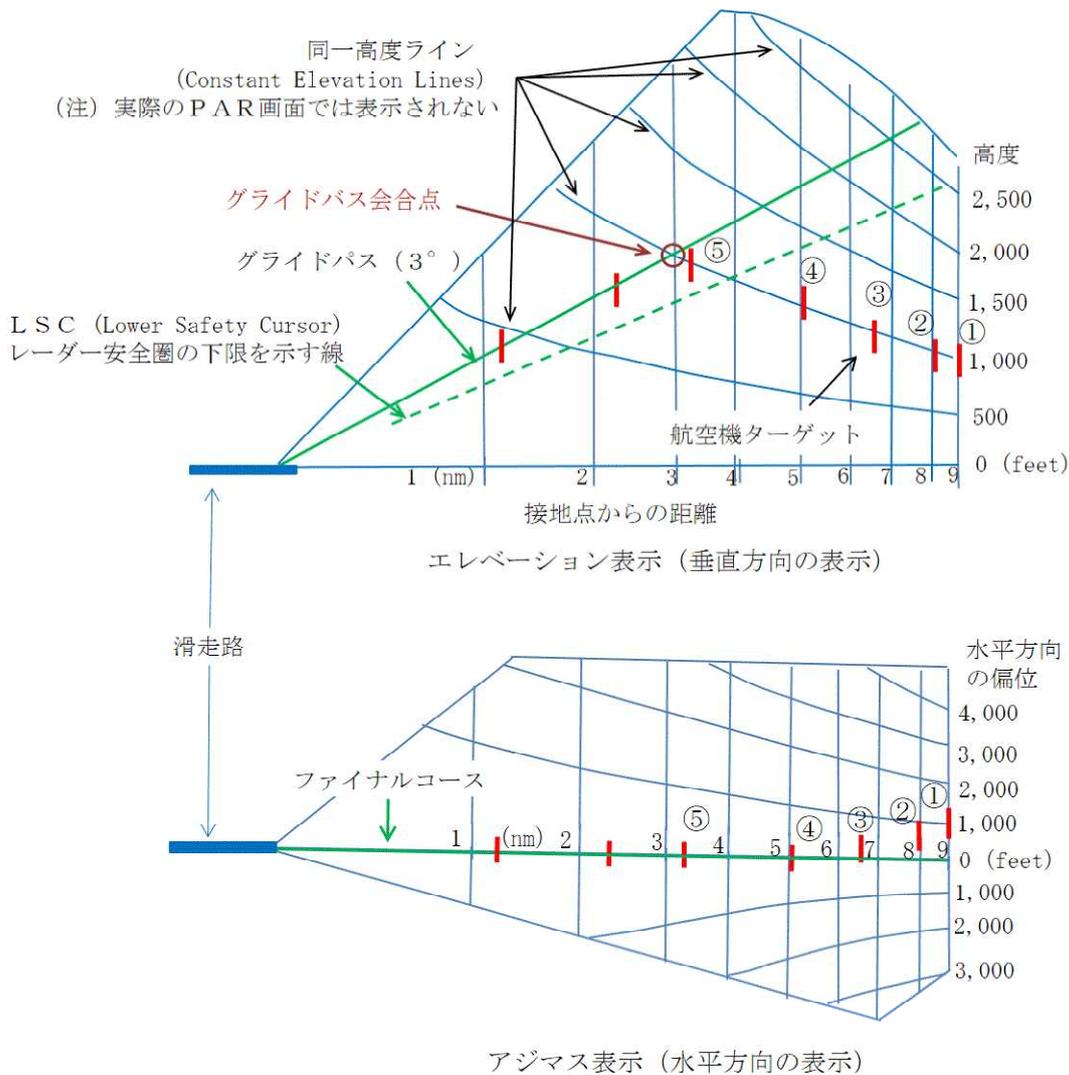
いて、グライドパス及び最終進入コースからの偏位を表示するのみであり、データブロックは付かず高度はデジタル表示されない。また、レーダーの特性上、PAR画面には雨域、雲、船舶及び地表面等が映し出され、管制機のターゲットは棒状で表示される。写真2-1は好天時におけるPAR画面であり、航空機のターゲットは明瞭に表示されるが、写真2-2のように悪天時にはPAR画面に雨域や雲のエコーが表示されて、航空機のターゲットの識別及びその動きを把握するのは難しい。RWY18へのPAR進入が行われるのは、気象状態がそのほかの進入では困難となる場合であることから、写真2-2のような悪天時であることがほとんどとなる。

ファイナル管制官は両手で機器の操作を行い、ターゲットの映り具合を常に最良の状態に調整する必要がある。悪天時には機器操作の負担が大きくなる。それに加え無線送信するためのマイク操作は足を使って行い、絶え間なく管制指示等を管制機に与え、その業務には高度な技量が求められる。

また、図14に示したように、PAR画面エレベーション表示の水平方向の距離軸は、滑走路に近くなるにしたがって拡大し、垂直方向の高さ軸は、最終進入コースが直線表示になるように設定されている。したがって、グライドパスに会合するまでの同一高度ラインは、水平な直線とはならず、ターゲットが会合点に近づくにつれて徐々に上がっていく曲線となる。

なお、写真2-1に示したとおり、実際のPAR画面には、レーダー安全圏の上限及びグライドパス会合前のレーダー安全圏の下限を示すラインは表示されず、図14に示した同一高度ライン等は表示されない。

また、PAR画面には低高度警報の発出を表示する機能はなく、ファイナル管制官席では、低高度警報は表示も鳴動もしない。なお、図14の②～⑤は、標準的なファイナル管制官からの指示例である。



- ① パターン管制官からファイナル管制官への移管
- ② 位置通報 (接地点からの距離を 1 nmにつき一回以上通報する)
- ③ レーダー誘導 (方位の指示)
- ④ 那覇タワーからの着陸許可を到着機に通報する。
グライドパス会合点への接近を通報 (最終降下開始点に到達する 10 ~ 30 秒前に発出する)
着陸装置の下げ確認の注意喚起
- ⑤ 降下開始の指示発出

図 1 4 PAR画面表示概要説明図

(「着陸誘導管制業務研修細目」の内容から運輸安全委員会が作成)

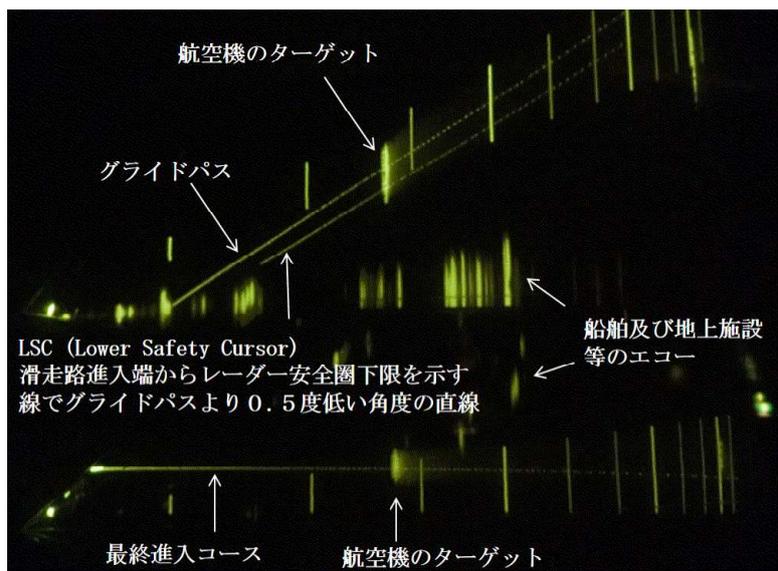


写真 2 - 1 実際の P A R 画面の一例

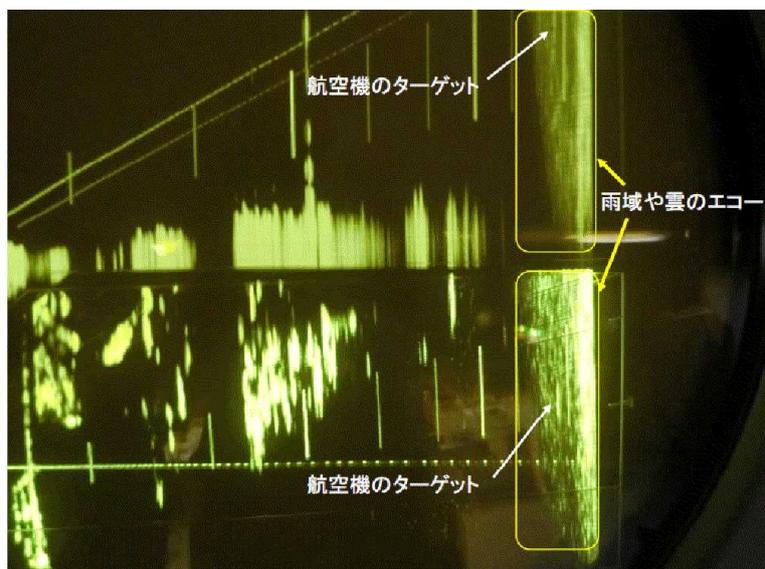


写真 2 - 2 悪天時の P A R 画面の一例

2.20 レーダー安全圏

2.20.1 レーダー安全圏の定義

管制方式基準^{*79}、(I) 総則 2 定義では、「レーダー安全圏」について以下のとおり記述されている。(抜粋)

*79 「管制方式基準」とは、航空保安業務処理規定 第5 管制業務処理規程の「Ⅲ 管制方式基準」のことであり、航空管制方式の手順等が規定されている。

レーダー安全圏 (Radar safety zone)

航空機が精測レーダー進入を行う場合に安全な進入の継続が期待できるグライドパスに係るレーダー画面上に表示された範囲であって次のものをいう。

上限：接地点から滑走路の内側1,000フィートの地点を基点とし、グライドパスより0.5度高い角度で延びる直線

下限：滑走路進入端からグライドパスより0.5度低い角度で延びる直線及び最終降下開始高度より250フィート低い高度を示す線で構成される線

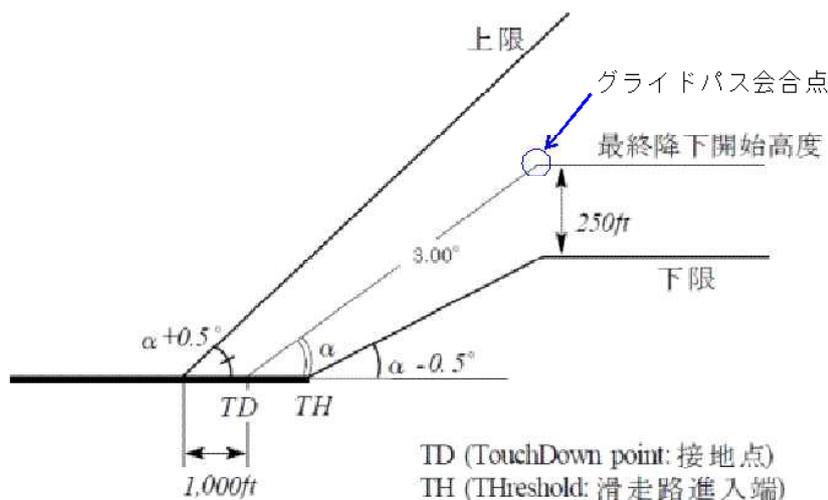


図15 レーダー安全圏

(「着陸誘導管制業務研修細目」の内容から運輸安全委員会が作成)

管制機の最終降下開始高度が1,000ftの場合、最終降下開始（グライドパス会合）前のレーダー安全圏の下限は750ftであることから、本重大インシデント発生時、グライドパス会合前の同機に適用されるレーダー安全圏は750ftである。

2.20.2 レーダー安全圏から逸脱した場合の措置

管制方式基準、(IV) レーダー使用基準 10 レーダー進入の<最終進入の中止等>では、以下のように記述されている。(抜粋)

- a 航空機の識別を消失した場合、当該識別に疑いがある場合、使用中のレーダーに異常を認めた場合、レーダー安全圏から逸脱している場合等安全なレーダー進入が行われていないおそれのあるときには、当該機に対してその旨通報し、かつ、次に掲げる措置をとるものとする。

(中略)

b 当該機が最終進入中の場合は、当該機から滑走路視認の通報があった場合及び当該機が精測レーダーによる進入中であって決心高度を通過した場合を除き、進入復行又は特定の磁針路及び高度を含む飛行方法を指示する。

★〔理由〕滑走路を視認できなければ進入復行して下さい。

〔Reason〕IF RUNWAY NOT IN SIGHT, EXECUTE MISSED APPROACH.

〔例〕Too high/ low for safe approach. if runway not in sight, execute missed approach.

2. 20. 3 那覇着陸誘導管制所での管制官に対する教育及び訓練

那覇着陸誘導管制所は、同管制所の管制官に対する教育及び訓練について、以下のとおり述べている。

同管制所では、管制官の業務は、グライドパス会合前は管制機の経路に係る監視及び指示が中心であり、グライドパス会合後は経路及び高度の両方について監視及び指示をすることであると認識している。

グライドパスとの会合が近づいている管制機に関しては、遅滞なく降下開始の指示を出す必要があることから、管制官に対して、当該機のエレベーション表示にも十分注意することを教育、訓練している。しかし、同管制所では、ファイナル管制官に移管された後の降下開始指示をしていないグライドパス会合前の管制機が、管制官の指示なく降下を開始するような事態を経験したことがなく、そのような事態を考慮していなかったため、グライドパス会合前の管制機のレーダー安全圏からの逸脱（高度監視）に特段の注意を払うような教育及び訓練は実施していなかった。

2. 2 1 最低安全高度警報（MSAW）

2. 21. 1 MSAW機能の目的

(1) 国際民間航空機関（ICAO）の規程

ICAOのPANS-ATM^{*80} 15.7.4 Minimum safe altitude warning (MSAW) procedures には以下の内容が記載されている。

航空交通管制レーダー情報処理システムのMSAW機能の目的は、最低安全高度未満へ降下する可能性がある航空機に対して適時に警告を発することにより、CFIT^{*81}事故を未然に防ぐことにある。

MSAW機能では、気圧高度通報機能を備えた航空機からの通報高度が、定義された最低安全高度と比較されモニターされる。航空機の高度が適用さ

*80 「PANS-ATM」とは、管制機関における手順等が規定されているICAO Doc. 4444のことである。

*81 「CFIT」とは、不具合なく飛行できる状態である航空機が、適切に監視、操縦されることなく地面又は水面に衝突する事故のことである。

れる最低安全高度より低い又は低くなることが予測されるとき、担当空域に当該航空機が存在する管制官に対して、音声及び視覚警報が発出される。

レーダー誘導中の場合、管制機に対してMSAWが発出した場合には、管制官は、適用できる安全な高度まで直ちに上昇するよう指示する等、迅速な対応措置を講じなければならない。その他の場合には、MSAW警報が発出したことをパイロットに助言し、航空機の高度を確認するよう指示しなければならない。

(2) F A Aにおける管制官の通報

F A Aの管制の方式を定めた文書^{*82}においては、業務の優先順位を定めた項目（2-1-2 DUTY PRIORITY）で、航空機間の間隔の設定と並んで安全上の警告の通報に第一の優先順位を与えることが規定され、その安全上の警告を定めた項目（2-1-6 SAFETY ALERT）で、MSAW、PAR画面等により航空機が地表面/水面に異常に接近していることに気付いた場合には警告を通報すること、及び航空機が危険な高度にあると判断した場合には直ちに警告を通報することが規定されている。

2. 21. 2 低高度警報

MSAWの監視エリアは各空港、各進入方式ごとに定められており、同空港RWY 18のPAR進入においては滑走路進入端から15.74～0.81nmの間の空域となっている。

A R T Sに機能の一つとして組み込まれているMSAW進入監視警報の「LOW ALTITUDE WARNING」（以下「L A」という。）には、現在位置における高度が設定された高度以下に降下した場合に発出する警報（A C）、及び予測に基づく高度が設定された高度以下に降下した場合に発出する警報（A P）がある^{*83}。これらを総称して、低高度警報という。L Aが発出した場合A R T S画面では、図16に示した赤字の「L A」が表示され、ブザー音3回に続き“LOW ALTITUDE WARNING”の音声警報が鳴動する。

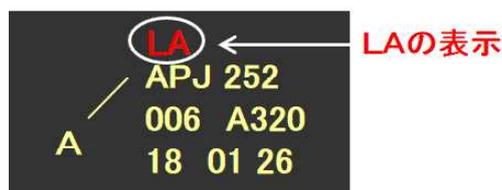


図16 L A発出時のデータブロック表示例

*82 「F A Aの管制の方式を定めた文書」とは、「FAA Order J0 7110.65V Air Traffic Control」のことである。

*83 「現在位置における高度が設定された高度以下に降下した場合に発出する警報（A C）」と、予測に基づく高度が設定された高度以下に降下した場合に発出する警報（A P）とは、警報作動の設定値が異なる。

2.21.3 LAの通報に関わる規定

管制方式基準には、監視対象空域のIFR機に対してARTS画面に低高度警報が表示され、かつ、音声警報が発せられた場合には、当該機と通信設定を行っている管制機関は、当該航空機に対して下記に示したように、警報を通報するとともに、高度について注意を喚起することが規定されている。(抜粋)

★低高度警報、直ちに高度を点検して下さい。

LOW ALTITUDE WARNING, CHECK YOUR ALTITUDE IMMEDIATELY.

2.21.4 本重大インシデント発生時のMSAWの記録

那覇着陸誘導管制所に整備されているARTS-FのMSAWの記録によると、MSAWの監視エリアにおいて、11時47分09秒にMSAW警報のACが発出し11時48分11秒まで継続し、11時47分13秒にMSAW警報のAPが発出し11時48分04秒まで継続していた。

2.22 LAが発出した場合の通報手順

2.22.1 過去の他社における類似事例

平成24年10月、同空港のRWY36にPAR進入を行っていた航空機が高度を逸脱し、これに気付いた操縦士が同機の高度を回復させたという、本重大インシデントと類似する事例が発生していた。当該機の運航者からの情報によると、当時の状況は以下のようなものであったものと考えられる。

パターン管制官の管制機であった当該機は、APにより指示高度1,000ftを維持していたが、滑走路進入端から約9nmの地点で降下を開始した。高度約400ftで当該機のEGPWS警報の“CAUTION TERRAIN”注意報が発出し、高度逸脱に気付いた操縦士は速やかに高度回復の操作を行い、その回復操作中にEGPWS警報の“PULL UP”警報が発出した。同機の上昇中、パターン管制官より高度1,000ft維持の指示があり、当該機は高度1,000ftへ戻った後、そのままPAR進入を継続し着陸した。最低高度は、運航者の記録によると327ftであった。

また、国土交通省航空局（以下「航空局」という。）によると、このときのパターン管制官席ではLAが表示されない設定となっていたが、那覇タワーにて、当該機に対するLAが発出し音声警報が鳴動したことから、那覇タワーがパターン管制官に通報し、パターン管制官が当該機に対して高度の再指定を行ったとのことであった。(図17 運航者からの情報による類似事例の航跡イメージ図 参照)

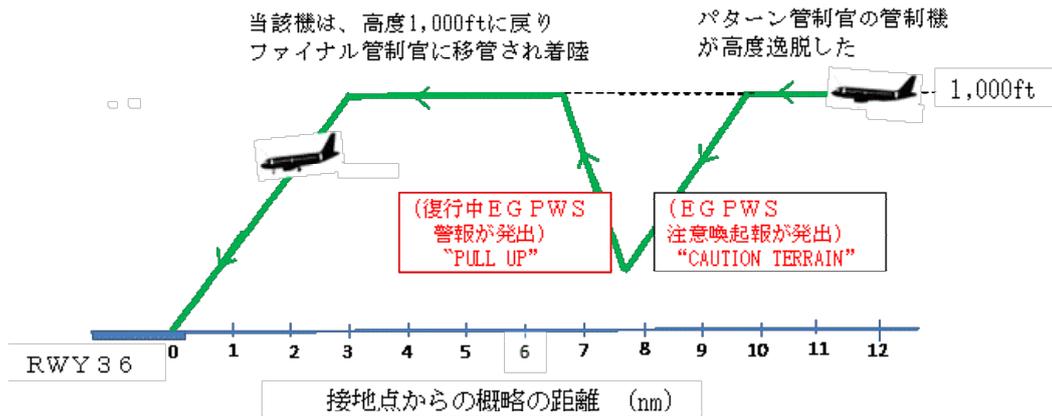


図 1.7 運航者からの情報による類似事例の航跡イメージ図

2.22.2 本重大インシデント発生時の通報手順

航空局は、2.22.1に記述した事例を受け、平成25年6月、それまで規定されていなかった着陸誘導管制所における最低安全高度警報の対応について、管制方式基準を明確化する改訂を行った。この改訂により、パターン管制官の管制機にLAが発出した場合の手順が明記され、ファイナル管制官の管制機はLA監視対象外であることと規定された。その内容は以下のようなものである。

図1.8において、区間Aの航空機はパターン管制官の管制下であり、区間B及び区間Cの航空機は、いずれもファイナル管制官の管制下である。区間A、B及びCの航空機は、いずれもパターン管制官席のARTS画面で表示され、設定された区域内で設定された高度以下に降下した場合、あるいは降下すると予測された場合には、LAが発出し、音声警報が鳴動する。

改訂された管制方式基準によると、区間Aの航空機については、LA監視対象の航空機であり、LAが発出した場合の手順は規定されているが、区間B及びCの航空機については、LA監視対象外の航空機であり、LAが発出した場合の手順は規定されていない。

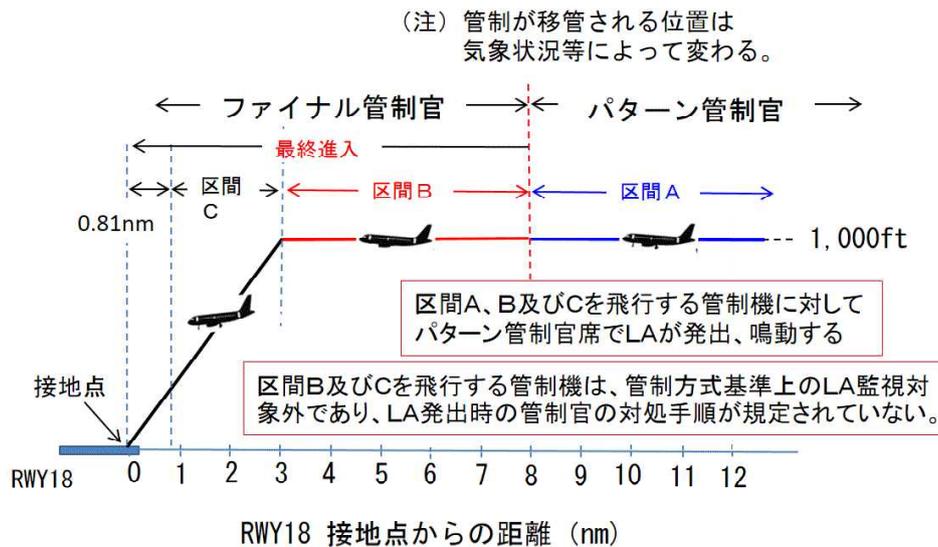


図 1 8 LAの発出及びLA監視対象を区分するためのイメージ図

航空局は、この改訂された管制方式基準において、ファイナル管制官の管制機にパターン管制席においてLAが発出した場合の管制官の対応手順が未規定であることについて、以下のとおりとしている。

区間Cの航空機については、ファイナル管制官がエレベーション表示の位置を監視し、グライドパスからのわずかな偏位があった場合にも、修正の指示が可能であることから当該機にLAが発出されるような事態に至るとは想定していない。一方、区間Bの航空機については、現在的那覇着陸誘導管制所に整備されているPAR画面ではLAが表示されず、ファイナル管制官席ではLAの音声警報も鳴動しない^{*84}。ファイナル管制席で現状のMSAW機能を使用し、LAを管制機に対して注意喚起を行うには、区間Bの航空機に対してパターン管制席で発出したLAを、パターン管制官からファイナル管制官に助言することしか手段はなく、本重大インシデントと同様に即時に対応できないものと考えられる。このことから、MSAW機能により監視しているLAをMSAW機能を有しないファイナル管制席における手順に規定化することは、パターン管制官のタスク増加及びLA認識後の伝達に要する時間等を考慮すると、現状では適切ではなく困難である。

*84 「PAR画面ではLAが発出せず、ファイナル管制官席ではLAの音声警報も鳴動しない」については、2.19.2(4)参照。

3 分析

3.1 運航乗務員の資格等

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、2.17.2に記述したとおり、他の国内航空会社同様、同社では機長の空港資格に関わる訓練についての規定において、同空港でのPAR進入の経験を要件としておらず、本重大インシデント発生時の機長は、同空港の空港資格を満足していた。

3.2 航空機の耐空証明書等

同機は有効な耐空証明を有しており、所定の整備及び点検が行われていた。

3.3 気象との関連

付図4に示したとおり、本重大インシデント発生時の沖縄本島付近には前線が横たわっており、同空港RWY18の進入経路にはレーダーエコーがかかっていたものと考えられる。また、2.6.2に記述したとおり、同空港の気象状態は、11時30分から12時00分の間に視程が悪化し、雲の量が増え、雲底も低くなっている。

2.1.2(1)、(2)に記述したとおり、機長及び副操縦士は、同機のPAR進入中、同空港の滑走路あるいは海面は視認できなかったとしており、FDRの記録等から、同機は、PAR進入の最終進入中、約4nmの位置で進入復行している。これらのことから、本重大インシデント発生時の同機は、PAR進入の最終進入コースにおいて、雲中飛行あるいは飛行視程がかなり悪い状況での飛行を行っていたものと考えられる。

したがって、機長及び副操縦士による同機の降下の認識が遅れたことについては、本重大インシデント発生時の気象状態が関与した可能性が考えられる。

3.4 飛行の経過

3.4.1 進入開始時の状況

2.1.2(1)に記述したとおり、同機の同空港への進入方式は、VOR進入からPAR進入へ変更となった。機長の指示でFMGCの設定はVOR進入を残したままとしたことから、機長及び副操縦士のND画面には、2.10.2 図4に示したように、VOR進入の通過点である6.0nm位置(CHATN)並びに3.0nm位置及び那覇VORTACからの位置(距離)等が表示されていたと考えられる。このことから、本重大インシデント発生時、機長は、同機の位置の把握は可能であったものと考えられる。

2.1.1及び付図1に示したとおり、同機は、11時41分12秒、那覇アライバルから那覇着陸誘導管制所のパターン管制官へ移管され、11時41分30秒ごろ、同空港の北20nm付近で気圧高度1,000ftに到達し、その高度を維持して最終進入コースへとレーダー誘導されたものと考えられる。

3.4.2 ファイナル管制官への移管と降下の開始

機長は、2.9.2 図2に記述した標準的な手順に従って、滑走路までの距離を考慮しながら同機の形態を整え減速したものと考えられ、付図1に示したとおり、同機は、11時45分18秒、約9nmの地点で着陸装置が下げられ、同43秒にはフラップ「3」にセットされたものと考えられる。この一連の機長の操作は、降下開始前までに同機の形態を整え、チェックリストも完了させるという規定に合致したものであり、この時点までは、同機は機長の計画どおり飛行していたものと考えられる。

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、機長からフラップ「フル」へのセット及びチェックリストの実施をオーダーされた時点で、パターン管制官からファイナル管制官に移管されたとしている。このときの副操縦士は、フラップ「フル」へのセットは実際には行っていなかったが、セットしたつもりで、チェックリストは先送りした上で、ファイナル管制官との通信点検を開始しており、チェックリストの実施とファイナル管制官との交信でワークロードが高くなっていたものと考えられる。

付図7によると、副操縦士は、11時46分20秒からファイナル管制官との交信を開始し、ファイナル管制官は、11時46分26～29秒、同機に対して、復唱不要の指示を通報している。

2.1.4の表1に記述したとおり、FDRの記録では、AP/FDの垂直方向のモードは、11時46分27秒まで「その他」であったが、同28秒に「VSモード」となっている。このことから、機長は11時46分28秒にVSノブを引いたものと考えられる。また、表1より、11時46分30秒以降、ピッチ角及び昇降率が下がり始め、同32秒まで継続的に1,002ftであった気圧高度が同33秒には994ftとなり、その後も低くなっている。このことから、同機の高度が下がり始めたのは、11時46分33秒であったものと考えられる。

3.4.3 チェックリスト開始時の状況

3.4.2に示したとおり、チェックリストを先送りしていた副操縦士は、ファイナル管制官から復唱不要の指示をされた後の11時46分30秒ごろから、チェックリストの読み上げ確認を開始したものと考えられる。

2.11.4に記述したとおり、チェックリストの最初の3項目は、管制交信の短い合間でも読み上げと確認が可能であると考えられることから、副操縦士は適宜、この最初の3項目の読み上げ確認は実施できたものと考えられる。2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士はこの3項目の確認途中でVS窓に“−900 fpm”が表示されていることに気付き、機長に「T00 LOW」とアドバイスしたものと考えられる。

このアドバイスは、VS窓への降下率のセットに気付かなかった副操縦士が、この降下率では降下経路が低くなり過ぎると思ったことによるものと考えられる。しかし、このときの副操縦士は、機長からの反応がなく、チェックリストを進めることを優先し、チェックリストを再開したものと考えられる。

このときの同機は既に降下中であつたと考えられるが「T00 LOW」とアドバイスをしたときの副操縦士は、機長の操作のモニター並びにチェックリストの実施及び完了に注意が向いており、同機はAPにより1,000 ftを維持していると思ひ込み、FMAのモードや高度計をチェックすることはなかったと考えられる。また、2.1.2(1)に記述したとおり、このときの機長は、副操縦士からのVS窓のプリセットに関する「T00 LOW」のアドバイスについては覚えていないことから、ファイナル管制官からのレーダー誘導に集中しており、機長も同機の高度には注意を向けていなかったと考えられる。

3.4.4 チェックリスト完了時の状況

2.11.4に記述したとおり、チェックリストの最終項目「ECAM MEMO」は、PNFの読み上げに対してPFの確認呼称「LANDING NO BLUE」が求められる。

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、ファイナル管制官との最初の交信が始まる前に、フラップは「フル」にセットしたつもりであつたが、チェックリストの最終項目の「ECAM MEMO」を読み上げようとしたとき、フラップが「フル」にセットされていないことに気がついたとしている。副操縦士は、機長からの再指示を受けた上でフラップの操作をしようと思ひ「フラップス、フル」とコールしたが、継続的な管制指示のためか、機長からの反応はなかった。そこで、再度「フラップス、フル」とコールした上で、11時46分47秒にフラップ・レバーを「フル」にセットしたものと考えられる。その後、副操縦士は、ECAM MEMOでフラップがフル位置の緑色表示となったことを確認した上でチェックリストの読み上げを再開しようとしたが、11時46分45～53秒までは、ファイナル管制官の交信が続いており、読み上げ再開はできなかつたものと考えられる。11時46分53秒のファイナル管制官の「接地点から5 nm」の通報の後には、送信のない間が約3秒あつたものと考えられ、副操縦士は、このタイミングでチェックリストの「ECAM MEMO」の読み上げを行った可能性が考えられる。

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士はチェックリストの完了に時間がかかったことを述べており、2.16に記述したとおり、シミュレーターを使用した調査でもPAR進入においてはチェックリストの読み上げがタイムリーに行えない場合があることが確認されている。付図7に記述したとおり、11時46分57秒以降は、ほぼ継続的にファイナル管制官からの通報及び指示が続いており、副操縦士の「ECAM MEMO」の読み上げ、それに対する機長の「LANDING NO BLUE」の確認応答、副操縦士のチェックリスト完了の報告という一連のチェックリスト手順の全てが終了するまでには時間がかかったものと考えられる。

3.4.5 副操縦士の警告と降下を止める操作

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、チェックリストを完了しチェックリスト・シートを収納しようとしたときに、同機の高度が下がっていることに気付き、すぐにT00 LOW警告をしたものと考えられる。

2.14の表1に記載したとおり、FDRの記録では、11時47分25秒まで「-900」であった選択昇降率は、同26秒に「-800」、同27秒に「0」となっている。機長は、VSノブを押す操作について言及していないが、副操縦士は機長の操作を確認していることから、機長は、11時47分26秒、降下を止めるためにVSノブを押したものと考えられる。機長は、同機はAPで1,000ftを維持していると思っていたときに、副操縦士から突然のT00 LOW警告を受け、PFDの高度計の指示に気付き、同機が降下していることを認識すると、すぐにVSノブを押して降下を止める操作をしたと考えられる。

3.4.6 EGPWSの警報と進入復行

2.1.2(1)、(2)に記述したとおり、機長及び副操縦士は、EGPWSのTERRAIN報の発出を述べており、2.14及び2.15.2の表2から、EGPWSのTERRAIN報は機長がVSノブを押した時と同時刻の11時47分26秒に発出したと推定される。

また、機長は、TERRAIN報の発出とほぼ同時に管制官からの指示を聞いたことを述べており、それは、付図7に記述した11時47分25～31秒のファイナル訓練生からの「高度1,000ft維持の指示」であったと推定される。

その後、2.14に記述したとおり、11時47分35秒、スラスト・レバーが「TOGA」位置にセットされており、機長は、水面への衝突を回避するための緊急操作として、進入復行を開始したものと推定される。

3.5 機長のVSノブ操作

3.5.1 機長の状況

(1) VSノブのプリセット

2.1.2(1)に記述したとおり、機長は、VSモードを使用して降下するときの手順としては、VS窓に所望の降下率をプリセットした後にVSノブを引く操作をすることが多かったとしている。また、機長は、2.10.3に記述したVS窓のプリセット有効時間は45秒間であること、及び2.9.2に記述したとおり、1,000ftからの降下開始は3.0nm位置付近であることは分かっていたと考えられる。

したがって、このときの機長は、降下開始を指示される3.0nm位置の少し手前でVS窓をプリセットした後、VSノブを引いて降下を開始するつもりであったと考えられる。FDRには、VSノブに降下率をプリセットした時刻は記録されないことから、本重大インシデント発生時、機長がVSノブをプリセットした時期は特定できなかった。しかし、2.14に記述したとおり、VSノブが引かれた位置は降下開始予定の3.0nm位置まではまだ遠い約5.7nm付近であり、プリセットはそれ以前に実施されていたと推定できることから、このときの機長は、同機の位置をよく確認することなくVSノブで降下率900fpmをセットしたと考えられる。

(2) プリセット操作時のコールアウト

2.11.3に記述したとおり、FCOMでは、FCUパネルの操作時のスタンダード・コールについてノブを操作して数値をセットする際には「セット」の用語を使うことが規定されているが、同型機の製造者は、VSノブのプリセット操作のコールアウトに関しての明確な記述はないとしている。

3.4.3に記述したとおり、本重大インシデント発生時、副操縦士は、チェックリスト実施中に初めてVS窓への降下率のセットに気が付いており、このときの機長は、副操縦士にコールアウトすることなくFCUパネルにあるVSノブを操作したと考えられる。機長がVS窓へのプリセット操作をコールアウトしていれば、副操縦士は、機長に対して、同機は、VSノブを操作するほど降下開始位置に近づいていないことをアドバイスできたものと考えられる。

PFが自身の操作をコールアウトしPNFに認識させ、PF及びPNFが情報を共有することは重要である。機器操作時のコールアウトは、PFの意図をPNFに伝えることにより、状況把握に資するだけでなく、PNFのモニター業務を助け、PNFのワークロードを軽減することにつながるものと考えられる。同社は、本重大インシデントに鑑み、社内の運航に関するポリ

シーと教育・訓練体系を再検証し、機器操作時のコールアウトについて検討する必要があると考えられる。

(3) VSノブを引く操作

3.4.2に示したように、11時46分28秒、機長は、VSノブを引いたものと考えられる。

2.1.2(1)に記述したとおり、機長は、VSノブを引く操作について、操作した記憶はないが同機が降下したことを考えると、PFである自分が操作したことは間違いなく、なぜこのようなことをしたのかわからないとしている。

2.17.3に記述したとおり、機長は、数日前の同空港着陸時にPAR進入の管制官訓練実施協力依頼を断った後にPAR進入を自習してこれに備えていた。本重大インシデント時のPAR進入は機長にとって同型式機では初めてとなる、久しぶりのPAR進入であり、このときの機長は、このPAR進入を的確に実施しようとして意識していたものと考えられる。すなわち、機長は、管制官のレーダー誘導には忠実に従うこと、降下開始の指示が発出されたら直ちに降下すること、最初の降下率は深めにして早くグライドパスに乗ること等、先々のことを考えながら飛行していたものと考えられる。

同機がパターン管制官からファイナル管制官へと移管されたときの機長は、PAR進入の最終進入が始まるという段階で更に意識し、グライドパス会合後の同機の挙動のイメージを強く描き過ぎた可能性が考えられる。その結果、機長は、VSノブのプリセット操作に引き続き、又はそれ以降のいずれかの時点で、降下開始の意図なくVSノブを引いた可能性が考えられる。

3.5.2 副操縦士の気付き

2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、機長がVSノブを操作したことには気が付かなかったと述べている。副操縦士がFCUパネルの右側にあるVSノブを機長が操作したことに気が付かなかったことについては、3.5.1(2)に示したように、機長がVSノブの操作を副操縦士にコールアウトしなかったことによると考えられる。また、2.1.1に記述したとおり、副操縦士は、11時46分26秒からファイナル管制官との通信点検を行い、復唱不要を指示され、3.4.2に示したとおり、これと同じ時刻の11時46分28秒、VSノブを引く操作が行われている。この時間帯の副操縦士は、先送りにしていたチェックリストの再開を気に留めながら、管制移管された直後の状況であり、ワークロードが高くなっていたと考えられ、このことが、コールアウトのない機長のVSノブ操作に気付かなかった背景要因と考えられる。

3.6 飛行の監視

3.6.1 降下を認識しなかった背景

2.11.1に記述したとおり、同社のFCOM Pには、「いかなる状況においても、操縦士は機体のコントロールとそれに必要なモニターを継続しなければならない。」と規定されている。しかし、本重大インシデント発生時の機長及び副操縦士は、以下のような背景要因から、同機の降下を認識しなかったものと考えられる。

3.5.1(3)に示したとおり、同機の降下開始は機長の意図しない操作であったと考えられるが、機長及び副操縦士は、同機はAPにより高度1,000ftを維持されていると思い込んでおり、同機が降下を開始することは全く想定していなかったと考えられる。したがって、このときの機長及び副操縦士は、AP/FDの垂直方向のモードが変わる局面ではないと思っており、2.10.2に記述した降下開始時のFMAの状況を認識していなかったと考えられる。また、ピッチ角やエンジン回転数が変化する局面ではないと思っており、2.14に記述した降下開始に伴うピッチ角低下、エンジン回転数の緩やかな減少をモニターすることはなく、エンジン音の減少も気付かなかったと考えられる。なお、このときのPFである機長の右手はスラスト・レバーに添えられていたと考えられるが、2.10.4に記述したとおり、同型機のスラスト・レバー位置は、AT使用中はCL位置から動かないことから、エンジン回転数の漸減をスラスト・レバーの動きで気付くことはできなかったと考えられる。

また、2.10.5に記述したとおり、同型機では、航空機がFCUにセットした高度から逸脱した場合には「ALT ALERT」が発出し、音声警報が鳴動することとなっているが、本重大インシデント発生時のように、着陸装置が下げ位置にある場合にはこの機能が不作動となる。同機はFCUにセットされた高度1,000ftから降下を開始し高度を逸脱したが、そのときの同型機の形態は「ALT ALERT」が不作動となる着陸装置下げ状態であったことから、このときの同機の機体が「ALT ALERT」を発出、鳴動させることはなかったと推定される。

さらに、2.1.2(1)に記述したとおり、機長は、パイロットの高度維持責務は理解していたものの、管制官により高度を監視されていると思っていたと述べており、PAR進入中、航空機が高度を逸脱した場合、管制官から航空機に対して高度確認が指示されると思っていた可能性が考えられる。

3.6.2 自動化システムとの関わり

2.12.2に記述したパイロットの基本原則の第2項では、「常に適切なレベルで自動化システムを活用すること」とされている。2.4に記述したとおり、機長は、同型機で約1年間の乗務経験もあり、同機のAPの使用には慣れており、2.1.2(1)

に記述したとおり、同空港への進入を開始するに当たり、気象状態が悪化していることを踏まえ、ワークロードの軽減にも考慮し、APを使用することとしたものと考えられる。

本重大インシデント発生時、機長が手動操縦によるPAR進入を実施していた場合、機長及び副操縦士は、高度1,000ftの維持の高度監視には十分な注意を払ったものと考えられる。しかし、このときの機長及び副操縦士は、高度維持をAPに委ねており、高度1,000ftという低高度を飛行していることへの警戒心が薄れていたこと、及び同機が意図せず降下することを全く想定していなかったと考えられることから、FMAのモード及び高度計、昇降計等の基本計器に注意が向かなかったものと考えられる。

2.13.1に記述した2013FAA WG報告書では、パイロットが自動化システムに頼り過ぎることの危険性を指摘している。自動化システムの利用によりパイロットのワークロードが軽減される反面、自動化システムのモニターが行き届かない場合があり、パイロットは、後述するタスクの優先順位付けを適切に行い、十分な注意力を持って航空機を飛行させることが重要である。

3.6.3 注意力の維持

(1) 機長及び副操縦士の状況

3.5.1(3)に示したように、本重大インシデント発生時の機長は、PAR進入を的確に実施しようと強く意識し、先々のことを考えながら飛行し、ファイナル管制官への移管後は、更にレーダー誘導に集中していたものと考えられる。

また、このときの副操縦士は、3.4.4に示したように、継続する管制指示のためチェックリストの読みあげがタイムリーに行えず、一連のチェックリスト手順の全てが終了するまでに時間がかかったものと考えられ、この間、機長の操作のモニター及びチェックリストの完了に意識が集中していたものと考えられる。

(2) タスクの優先順位付け

2.12.1に記述したパイロットの基本原則の第1項では、飛行することを第1順序として適切にタスク配分することを挙げている。また、2.13.2に記述した2013FAA WG報告書の指摘でも、タスク・マネージメントは重要であるとしている。

上記(1)に示したとおり、このときの機長及び副操縦士の意識は、高度を維持して安全に飛行することよりも、ファイナル管制官からのレーダー誘導及びチェックリストの完了を優先するものであったと考えられる。しかしな

がら、機長及び副操縦士は、グライドパス会合前のこの段階では、安全に飛行するために、高度監視を優先タスクとし、手動操縦時と同様、高度維持への警戒心を保った上で、ファイナル管制官のレーダー誘導に従い、チェックリストの完了に努めることが必要であったと考えられる。同社は、CRM訓練等の機会をとらえ、タスクの順位付けが身につくよう教育、訓練を改善する必要がある。

(3) FMAの監視

同型機でのAP使用中の飛行における高度維持の監視は、2.10.2の図4に示したとおり、FMAのモードが現在高度維持を示す「ALT」であることを確認することにより行われる。2.12.3に記述したパイロットの基本原則の第3項では「パイロットは、常にFMAを理解しなければならない」としており、2.11.2に記述したとおり、同社のFCOMP、FCOMでも、FMAの監視の重要性を規定している。

同社では、どのような状況下でも常に、(2)に示したタスクの優先順位付けを行った上で、FMAの監視により一層の注意を向けるよう更に教育、訓練の徹底を図る必要がある。

(4) パイロットの監視能力向上と相互確認

2.13.3に記述したとおり、2016対FAA監査報告では、自動化システムを利用する際、適切なパイロット・モニタリングは重要であり、個々のパイロットがモニター能力を高める必要があるとし、他のパイロットの行動を積極的に相互確認することも飛行監視の一部であるとしている。

同監査報告の中で、FAAは将来的な飛行監視能力向上のための新たな指導書（ガイダンス）を示す予定であるとしている。各運航者は、今後もパイロットの飛行監視の在り方について、海外での取り組みも参考としつつ、安全性の一層の向上に資する検討を継続的に実施していくことが望ましい。

3.7 EGPWS警報の発出と本重大インシデントの機長の操作

3.7.1 EGPWS警報の発出

(1) 機長の認識

2.1.2(1)に記述したとおり、機長は、本重大インシデントではPULL-UP報は聞いていないとしているが、2.15.4に記述したとおり、FDR及びEGPWSに記録されており、システム上の問題もないことから、PULL-UP報は発出したものと推定される。

機長は、口述でも述べているとおり、“PULL-UP”が発出した場合には、2.15.3に記述した緊急回避操作の手順に従って、APをオフとして手動でサ

イドスティックを最大機首上げ位置まで引き上げ、その位置を保持する操作を実施しなければならないことは理解していたと考えられる。本重大インシデントでは、機長はA Pを使用した状態で進入復行操作を行っており、このときの機長は、PULL-UP報が鳴動していることを認識していなかった可能性が考えられる。

3.4.5に示したとおり、11時47分26秒、機長は同機の降下を止めるためのV Sノブを操作し、ほぼ同時に、TERRAIN報が発出している。2.1.2(1)の機長の口述にあるとおり、機長は、このTERRAIN報とほぼ同時に、管制官から「TOO LOW FOR SAFE APPROACH」と言われたことを述べている。このとき、機長は、副操縦士からのTOO LOW警告に驚き、同機の降下を認識した後、V Sノブを押し、TERRAIN報が鳴ったことで緊張が高まった状態であったものと考えられる。

2.1.2(2)に記述したとおり、このときの機長は、何が鳴動したのか、何をしなければいけないのかを考えようとしており、徐々に状況を認識し、高度を回復する操作の必要性を感じ始めていたものと考えられる。2.15.2に記述したとおり、11時47分32秒には「TERRAIN, TERRAIN, PULL-UP」、同34秒には、2回目の「PULL-UP」が鳴動したものと考えられるが、これらのPULL-UP報は、ファイナル管制官の「応答の指示」と重なっている。このときの機長は、高度回復のための進入復行することに神経が集中しており、極めて高い緊張状態にあったことで、PULL-UP報を認識しなかった可能性が考えられる。また、スラスト・レバーがTOGA位置にセットされ進入復行操作が開始された時刻は11時47分35秒であり、機長はこの直後には副操縦士に対して「ゴーアラウンド」を宣言していたものと考えられ、同36秒の3回目の「PULL-UP」は、ゴーアラウンド・コールと重なり、機長は、この3回目の「PULL-UP」も認識しなかった可能性が考えられる。

(2) 副操縦士の認識

機長と同様、副操縦士もPULL-UP報を聞いた記憶がないとしている。

同機の降下を認識した副操縦士は、驚き緊張したものと考えられ、2.1.2(2)に記述したとおり、副操縦士は、TERRAIN報が発出したときの管制官からの指示を聞いた覚えがなく、機長が進入復行操作に入るところに「TOO LOW GO AROUND : 低いのでゴーアラウンドしてください」のようなことを言われた記憶があるとしている。一方、管制交信記録には、高度1,000ft維持の指示が記録されているが、ゴーアラウンドの指示は記録されていない。

このことは、高度1,000ftからの逸脱に気付いた副操縦士が、早く高度を回復しなければいけない、そのためには進入復行操作を実施しなければ

いけないと強く思っていたことから、管制官から復行を指示されたように感じた可能性が考えられる。

このように、同機が進入復行を開始するまでの間、副操縦士は、機長と同様に極めて高い緊張状態であったものと考えられ、また、PULL-UP報と管制官からの指示が重なっていたこともあって、PULL-UP報を認識しなかった可能性が考えられる。

3.7.2 本重大インシデントでの機長の操作

2.15.3に記述したとおり、同社のFCOMによると、PULL-UP報の発出時には、操縦士は、APをオフとして、サイドスティックを最大機首上げ位置、スラスト・レバーTOGA位置にセットなどの操作を同時に実施しなければならない。これは、PULL-UP報が発出された航空機は、規定された緊急回避操作が必要なほど地表面又は水面に近づいており、地表面又は水面への衝突を回避するため、当該機を安全に速やかに上昇させなければならないことによるものと考えられる。

2.1.1に記述したとおり、同機は、本重大インシデント発生時、終始AP使用の状態であり、2.1.4に示したとおり、高度1,000ftから逸脱し、平均降下率900fpmで降下していたが、機長のVSノブを押す操作で降下率が減少している段階で進入復行に移行している。FDR記録上の同機の最低高度は242ftであった。

本重大インシデントにおいて、機長は、同機の水面への衝突を回避するための緊急操作として、APを使用した状態での進入復行操作を選択したと考えられる。

3.8 機長報告と同社の対応

2.18.1に記述したとおり、同機の駐機後、機長及び副操縦士は、同空港RWY18へのPAR進入の最終進入中、同機が意図せず降下し、TERRAIN報が鳴動して進入復行したこと、PULL-UP報は聞いていないこと等を確認し合い、機長は、その内容をマネージャーに電話で報告したことを述べている。一方、マネージャーは、機長から、進入中、高度が低くなり進入復行したことの報告を受けたが、EGPWS警報の発出については報告された記憶はなかったことから、継続乗務を承諾したことを述べている。

機長は、発生した事象を副操縦士と確認し合った上で、2.18.2に記述したOMの規定に従って報告し、報告を受けたマネージャーは、2.18.3に記述した社内の規程に従って機長の報告を検討したのと考えられる。その結果、マネージャーは、同機は、高度の逸脱はなく進入中に経路が低くなって進入復行したと認識し、機長からの報告にEGPWS警報の発出はなかったと記憶していることから、更なる措置が必要な事

案ではないと判断し、同機の運航継続を承諾したものと考えられる。

このように、機長及びマネージャーは、いずれも規程に従った対応をとっていたが、進入経路及び警報の発出に関する項目を確認し合わなかったものと考えられ、結果として、同社は同機の高度逸脱及びEGPWS警報の発出を認識するに至らず、QARの分析など必要な措置がとられずに、同機は運航継続したものと考えられる。また、これによりCVRの取り降ろしが行われなかったため、本重大インシデント発生時の音声記録が上書きされたものと認められる。

同社は、機長から報告のあった事象について、正確に把握するための体制を整備する必要がある。

3.9 那覇着陸誘導管制所における飛行監視の経過

3.9.1 降下の開始からレーダー安全圏からの逸脱まで

付図7に記述したとおり、ファイナル訓練生は、11時46分20秒、同機との交信を開始し、同26～29秒、復唱不要を指示し同機のレーダー誘導を開始したと考えられる。ファイナル訓練生は、11時46分30～31秒、6nm地点の通過を通報し、同32～38秒、方位に係る指示をしたが、3.4.2に示したとおり、このファイナル訓練生が方位指示していた時間帯の11時46分33秒、同機の高度は下がり始めていたものと考えられる。

その後、ファイナル訓練生は、同機に対して、風の情報、同機の最終進入コースからの偏位と修正方位指示及び5nmの位置等を通報したが、高度に関する指示は行われていなかった。

2.20.1に記述したとおり、同空港RWY18でのグライドパス会合前の水平飛行部分のレーダー安全圏下限高度は750ftであるが、2.14の表1から、同機は11時46分55秒には気圧高度746ftを通過しており、この時点で同機は、レーダー安全圏を逸脱して降下したものと考えられる。しかし、このときのファイナル監督者及びファイナル訓練生は、同機の降下に気付かなかったものと考えられる。

3.9.2 LAの発出から進入復行まで

付図7に記述したとおり、ファイナル訓練生が同機に対して着陸許可を発出し終えた11時47分09秒、パターン管制官卓でLAが発出し、音声警報も鳴動したものと考えられる。2.1.2(3)、(4)に記述したとおり、ファイナル監督者及びファイナル訓練生は、LAの鳴動を聞いたと述べており、パターン管制官あるいはファイナル管制官のいずれかの管制機にLAの発出があったことに二人とも気付いたものと考えられる。パターン管制官卓でLAが発出したとき（11時47分09秒）

の同機の気圧高度は、付図7に示したとおり、気圧高度558ftであったものと考えられる。

同機の後続機を管制していたパターン管制官は、LAの発出を認識し、ARTS画面で同機のデータブロックに「LA」が付されていることを確認し、2.19.2(1)に記述したARTS画面の更新(4秒間)を待ち、同機へのLAを再確認した後、ファイナル訓練生に同機が降下していることを助言したのと考えられる。

パターン管制官から同機の降下を助言されたファイナル訓練生は、エレベーション表示で同機の高度が通常より低いことを確認し、11時47分25秒、高度1,000ft維持の指示を行ったものと考えられる。このときの同機の気圧高度は、付図7に示したとおり、322ftであったものと考えられる。

2.1.2(3)に記述したとおり、ファイナル監督者は、高度1,000ft維持の指示後も、同機の降下が止まったようには見えなかったことから、ファイナル訓練生に高度維持の指示を繰り返すよう指導したと考えられる。これを受けて、ファイナル訓練生は、11時47分33～35秒に応答の指示を行い、続けて11時47分37～40秒に2回目の高度1,000ftの維持を指示したと考えられる。

その後、ファイナル監督者及びファイナル訓練生は、11時47分41秒の同機から進入復行の通報を受け、PAR画面で同機の高度の回復を確認したのと考えられる。

3.10 管制官による高度監視

3.10.1 PAR画面の特性

本重大インシデント発生時のファイナル管制官には、PAR画面上の高度監視が困難となる、以下のような背景要因があった可能性が考えられる。

2.1.2(3)に記述したとおり、ファイナル監督者は、グライドパス会合前の管制機の高度監視は難しいと述べている。これは、2.19.2(4)に記述したとおり、PAR画面では管制機の高度はデジタル表示されず、管制機のターゲットは点状ではなく棒状で表示され、エレベーション表示では、同一高度を示すラインは表示されないこと等によるものと考えられる。また、PAR画面では、グライドパス会合前のレーダー安全圏の下限を示すラインは表示されないことから、レーダー安全圏を下回って降下する管制機に瞬時に気付くことは容易ではなかったものと考えられる。

さらに、2.6に記述したとおり、本重大インシデント発生時には、PAR進入の最終進入エリアの気象状態が悪かったことから、PAR画面上には、2.19.2(4)写真2-2に示したような雨域のエコーが表示されていたと考えられる。気象状況によっては、ファイナル管制官には管制機ターゲットを識別するための高度な技量が必要であったと考えられる。

3.10.2 ファイナル管制官の高度監視への意識

2.8.2に記述したとおり、PAR進入はレーダー誘導による精密進入であり、パイロットはファイナル管制官の指示及び助言に従って飛行を行う。また、2.20.2に記述したとおり、ファイナル管制官は、レーダー安全圏から逸脱する管制機に気付いた場合は進入復行を指示する等、必要な措置をとらなければならないことが、管制方式基準に規定されている。このことから、ファイナル管制官は、経路及び高度の両方について常時監視する必要があると考えられる。

2.20.3に記述したとおり、本重大インシデント発生時の那覇着陸誘導管制所は、グライドパス会合前のファイナル管制官の管制機が、管制官の指示なく降下を開始するような事態を想定しておらず、高度監視のため、エレベーション表示にも十分注意を払うような教育及び訓練は実施していなかったとしている。

3.9.1に示したとおり、同機は、11時46分55秒ごろ、レーダー安全圏を逸脱して降下したものと考えられるが、付図7に示すとおり、本重大インシデント発生時のファイナル訓練生は、パターン管制官から同機を移管（11時46分20秒）されて以降、同機に対して、方位指示、風の情報及び着陸許可等は通報しているが、高度1,000ft維持の指示（11時47分25秒）までの約1分間、高度に関わる指示を発出することはなかった。またこの間、ファイナル監督者は、ファイナル訓練生の交信をオーバーライドすることはなく、高度維持の指示に関する助言もなかったものと考えられる。これは、ファイナル監督者及びファイナル訓練生が、グライドパス会合前の管制機について、指示なく降下を開始することを想定していなかったことによるものと考えられる。

2.1.2(3)に記述したとおり、ファイナル監督者は、通常の場合ファイナル管制官はパターン管制官から航空機を移管された後、那覇タワーとの着陸許可のやり取りもあり、4.5nmくらいまでの間はアジマス表示に集中することが多いと述べている。また、2.1.2(4)に記述したとおり、このときのファイナル訓練生は、最終進入コースに誘導するためのアジマス表示に集中していたことを述べている。

これらのことから、本重大インシデント発生時のファイナル監督者及びファイナル訓練生は、アジマス表示に集中したため、エレベーション表示による高度監視についての注意力が低下し、同機のレーダー安全圏からの逸脱に気付かなかったものと考えられる。

3.10.3 LA発出時の対応

2.22.2に記述したとおり、航空局は、ファイナル管制官の管制下にある2.22.2図18の区間Cの航空機にLAが発出することはなく、区間Bの航空機にLAが発出した場合の手順を規定化することは困難であるとしており、このことから、管制

方式基準にはファイナル管制官の管制機にL Aが発出した場合の管制官の対応手順が規定されていなかったものと考えられる。

本重大インシデントでは、区間Bを飛行していた同機にL Aが発出され、那覇着陸誘導管制所の管制官は、規定されていない想定外の事態に遭遇し、とっさの判断により業務を処理したものと考えられる。

一方、本重大インシデントで、ファイナル訓練生が同機に対して使用したMAINATAIN ONE THOUSAND（高度1,000ftを維持して下さい）は、高度1,000ftを維持している場合にも使用される用語である。2.22.2図18のB区間においては、パイロットは1,000ftを維持して飛行していると思っており、MAINATAIN ONE THOUSANDとの指示は、「今の高度1,000ftを維持してください」と受け止められることから、高度が低下している航空機のパイロットに対して迅速に高度の逸脱を通報する用語としては適切ではなかったと考えられる。

3.10.4 管制機の高度低下に関するリスク管理

3.10.1に記述したとおり、気象条件によっては、ファイナル管制官がレーダー安全圏を逸脱して降下する管制機に瞬時に気付くことは容易ではなかったと考えられる。また、3.10.2に記述したとおり、ファイナル管制官がレーダー安全圏から逸脱する管制機に気付いた場合は必要な措置をとらなければならないことが管制方式基準に規定されているにもかかわらず、那覇着陸誘導管制所では、グライドパス会合前の管制機が、管制官の指示なく降下を開始する事態を想定した教育・訓練を実施していなかった。さらに、3.10.3に記載したとおり、区間Bの航空機にL Aが発出した場合の管制官の対応手順が規定されていないことから、本重大インシデントにおいては、那覇着陸誘導管制所の管制官は規定されていない想定外の事態にとっさの判断により対応したものと考えられるが、同機に対して使用した指示は高度の逸脱を通報する用語としては適切ではなかったと考えられる。

これらのことから、那覇着陸誘導管制所において、グライドパス会合前の管制機がレーダー安全圏を逸脱して降下する可能性をリスクとして考慮し、当該リスクに対して適切な対応策を検討し実行すること、またその対応策の有効性を検証し、必要となる改善策の有無を検討すること等の管制機の高度監視についてのリスク管理が十分でなかったことから、結果的に同機の継続的な降下に関与したと考えられる。

このため、那覇着陸誘導管制所においては、グライドパス会合前の管制機がレーダー安全圏の下限を逸脱して降下することについてリスク評価を行い、適切な対応を検討する等のリスク管理を実施する必要がある。なお、検討に当たっては、現状におけるハードウェア及び手順を規定する上での制約を考慮しつつ、適切なタイミングで管制機に対して高度確認を要求する等の運用上の対応を含め、MSAW機

能を活用する検討を行う等のセーフティネットを拡充することについての検討が望まれる。

4 結 論

4.1 分析の要約

4.1.1 一般事項

- (1) 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、同機は有効な耐空証明を有しており、所定の整備及び点検が行われていた。(3.1、3.2)^{*85}
- (2) 機長及び副操縦士による同機の降下の認識が遅れたことについては、本重大インシデント発生時の気象状態が関与した可能性が考えられる。(3.3)

4.1.2 飛行の経過

- (1) 同機の同空港への進入方式はVOR進入からPAR進入へ変更となった。同機は、同空港の北20nm付近で気圧高度1,000ftに到達し、その高度を維持して、最終進入コースへとレーダー誘導されたものと考えられる。(3.4.1)
- (2) パターン管制官からファイナル管制官に移管されたときの副操縦士は、チェックリストの実施とファイナル管制官との交信でワークロードが高くなっており、このころ、機長が同機のVSノブを引いたことから、同機の高度は下がり始めたものと考えられる。(3.4.2)
- (3) ファイナル管制官から復唱不要の指示が発出された後、チェックリストを開始した副操縦士は、VS窓に“-900fpm”が表示されていることに気付き、機長に「TOO LOW」とアドバイスしたが、チェックリストを進めることを優先したものと考えられる。このときの同機は既に降下中であつたと考えられるが、副操縦士は同機はAPにより1,000ftを維持していると思ひ込み、FMAのモードや高度計をチェックすることはなかったと考えられる。また、このときの機長は、副操縦士の「TOO LOW」のアドバイスは覚えていないことから、レーダー誘導に集中しており、同機の高度には注意を向けていなかったと考えられる。(3.4.3)
- (4) 副操縦士は、チェックリストの最終項目読み上げ時に、フラップが「フル」にセットされていないことに気がつき機長にコールした上でセットし、

*85 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。

チェックリストの読み上げを再開しようとした。しかし、ファイナル管制官の交信が続いており、読み上げ再開が思うようにできなかったことから、チェックリスト完了までには時間がかかったものと考えられる。(3.4.4)

- (5) 副操縦士は、チェックリストを完了しチェックリスト・シートを収納しようとしたときに、同機の高度が下がっていることに気付き、機長に警告したのと考えられる。機長は、同機が降下していたことを認識すると、すぐにVSノブを押して降下を止める操作をしたと考えられる。(3.4.5)
- (6) 機長のVSノブ操作と同時刻にEGPWSのTERRAIN報が発出し、機長は、ほぼ同時に管制官から「高度1,000ft維持の指示」を聞いたものと推定される。その後、機長は、水面への衝突を回避するための緊急操作として、進入復行を開始したものと推定される。(3.4.6)

4.1.3 運航上の原因関連事項

- (1) 機長は、降下開始を指示される少し手前でVS窓をプリセットした後、VSノブを引いて降下を開始するつもりであったと考えられる。FDRには、VSノブに降下率をプリセットした時刻は記録されないことから、本重大インシデント発生時、機長がVSノブをプリセットした時期は特定できなかった。しかし、VSノブが引かれた位置は降下開始予定の3.0nm位置まではまだ遠い約5.7nm付近であり、プリセットはそれ以前に実施されていたと推定できることから、このときの機長は、同機の位置をよく確認することなくVSノブで降下率900fpmをセットしたと考えられる。(3.5.1(1))
- (2) 機長は、副操縦士にコールアウトすることなくFCUパネルにあるVSノブを操作したと考えられる。機長がVS窓へのプリセット操作をコールアウトしていれば、副操縦士は、機長に対して、同機はVSノブを操作するほど降下開始位置に近づいていないことをアドバイスできたものと考えられる。

機器操作時のコールアウトは、PFの意図をPNFに伝えることにより、状況把握に資するだけでなく、PNFのモニター業務を助け、PNFのワークロードを軽減することに繋がるものと考えられる。同社は、社内の運航に関するポリシーと教育・訓練体系を再検証し、機器操作時のコールアウトについて検討する必要があると考えられる。(3.5.1(2))
- (3) 機長はPAR進入を自習し備えており、同型式機では初めてとなる、久しぶりのPAR進入に対して的確に実施しようとして意識しており、先のことを考えながら飛行していたものと考えられる。機長は、PAR進入の最終進入が始まるという段階で更に意識し、グライドパス会合後の同機の挙動のイメージを強く描き過ぎ、VSノブをプリセット操作し、降下開始の意図なく、VSノブを引

いた可能性が考えられる。(3.5.1(3))

- (4) 機長がFCUパネルの右側にあるVSノブを操作したことに副操縦士が気が付かなかったことについては、機長がVSノブの操作を副操縦士にコールアウトしなかったことによると考えられる。この時間帯の副操縦士は、ワークロードが高くなっていたと考えられ、このことが、コールアウトのない機長のVSノブ操作に気が付かなかった背景要因と考えられる。(3.5.2)
- (5) 機長及び副操縦士は、同機はAPにより高度1,000ftを維持されていると思い込んでおり、同機が降下を開始することは全く想定しておらず、FMA、ピッチ低下、エンジン回転数の減少をモニターすることはなく、エンジン音の減少も認識しなかったと考えられる。また、本重大インシデント発生時には、「ALT ALERT」は不作動となる状態であり鳴動することはなかったと推定される。さらに、機長は、パイロットの高度維持責務は理解していたものの、管制官により高度を監視されていると思っていたと述べており、PAR進入中、航空機が高度を逸脱した場合、管制官から航空機に対して高度確認が指示されると思っていた可能性が考えられる。これらの背景要因から、機長及び副操縦士は、同機の降下を認識しなかったものと考えられる。(3.6.1)
- (6) パイロットの基本原則の第2項では「常に適切なレベルで自動化システムを活用すること」とされている。機長及び副操縦士は、高度維持をAPに委ねており、高度1,000ftという低高度を飛行していることの警戒心が薄れていたこと、及び同機が意図せず降下することを全く想定していなかったと考えられることから、FMAのモード及び高度計、昇降計等の基本計器に注意が向かなかったものと考えられる。(3.6.2)
- (7) 機長は、PAR進入を的確に実施しようと強く意識し、ファイナル管制官への移管後は、更にレーダー誘導に集中していたものと考えられる。

また、副操縦士は、継続する管制指示のためチェックリストの読み上げがタイムリーに行えず、一連のチェックリスト手順の全てが終了するまでに時間がかかったものと考えられ、この間、機長の操作のモニター及びチェックリストの完了に意識が集中していたものと考えられる。(3.6.3(1))

(8) パイロットの基本原則の第1項では、飛行することを第1順序として適切にタスク配分することを挙げており、2013FAA WG報告書の指摘でも、タスク・マネージメントは重要であるとしている。

機長及び副操縦士の意識は、ファイナル管制官からのレーダー誘導及びチェックリストの完了を優先するものであったが、高度監視を優先タスクとし、手動操縦時と同様、高度維持への警戒心を保った上で、ファイナル管制官のレーダー誘導に従い、チェックリストの完了に努めることが必要であったと考

えられる。同社は、CRM訓練等の機会をとらえ、タスクの順位付けが身に付くよう教育、訓練を改善する必要がある。(3.6.3(2))

(9) パイロットの基本原則の第3項では「パイロットは、常にFMAを理解しなければならない」としており、同社ではFMA監視の重要性を規定している。同社では、タスクの優先順位付けを行った上で、FMAの監視により一層の注意を向けるよう教育、訓練の徹底を図る必要がある。(3.6.3(3))

(10) 2016対FAA監査報告では、自動化システムを利用する際、適切なパイロット・モニタリングは重要であり、個々のパイロットがモニター能力を高める必要があるとし、他のパイロットの行動を積極的に相互確認することも飛行監視の一部であるとしている。

各運航者は、今後もパイロットの飛行監視の在り方について、海外での取組も参考としつつ、安全性の一層の向上に資する検討を継続的に実施していくことが望ましい。(3.6.3(4))

4.1.4 その他判明した事項

(1) 機長は、本重大インシデントではPULL-UP報は聞いていないとしているが、PULL-UP報は発出したものと推定される。

このときの機長は、副操縦士からのT00 LOW警告を受け、同機の降下を認識し、TERRAIN報が鳴り、進入復行に神経が集中し、極めて高い緊張状態にあったことで、PULL-UP報を認識しなかった可能性が考えられる。(3.7.1(1))

(2) 同機の降下を認識した副操縦士は、驚き緊張したものと考えられる。副操縦士は、早く高度を回復しなければいけない、進入復行操作をしなければいけないと強く思っており、同機が進入復行を開始するまでの間、機長と同様に極めて高い緊張状態であり、また、PULL-UP報と管制官からの指示が重なっていたこともあって、PULL-UP報を認識しなかった可能性が考えられる。(3.7.1(2))

(3) 同機は、本重大インシデント発生時、終始AP使用の状態であり、高度1,000ftから逸脱し降下していたが、機長のVSノブを押す操作で降下率が減少している段階で進入復行に移行している。機長は、同機の水面への衝突を回避するための緊急操作として、APを使用した状態での進入復行操作を選択したと考えられる。(3.7.2)

(4) 同機の駐機後、機長は、発生した事象を副操縦士と確認し合った上で、規程に従って同社のマネージャーに報告し、機長からの報告を受けたマネージャーも規程に従って、処理を検討したものと考えられる。しかし、機長及びマネージャーは、進入経路及び警報の発出に関して確認し合わなかったことから、同社は、同機の高度逸脱及びEGPWS警報の発出を認識するに至らず、同機は

継続運航に至ったと考えられる。同社は、機長から報告のあった事象について、正確に把握するための体制を整備する必要がある。(3.8)

4.1.5 管制機関に関する事項

- (1) ファイナル訓練生は、11時46分20秒、同機との交信を開始し、11時46分33秒、同機の高度は下がり始めていたものと考えられる。同機の高度が下がり始めた後、ファイナル訓練生は、同機に対して高度に関する指示をしなかった。同機は、11時46分55秒、レーダー安全圏を逸脱して降下したものと考えられる。しかし、このときのファイナル監督者及びファイナル訓練生は、同機の降下に気付かなかったものと考えられる。(3.9.1)
- (2) ファイナル訓練生が同機に対して着陸許可を発出し終えた11時47分09秒、パターン管制官卓でLAが発出し、音声警報も鳴動し、パターン管制官は、ファイナル訓練生に同機が降下していることを助言したものと考えられる。パターン管制官から同機の降下を助言されたファイナル訓練生は、エレベーション表示で同機の高度が通常より低いことを確認し、11時47分25秒、高度1,000ft維持を指示したものと考えられる。その後、11時47分41秒の同機から進入復行の通報を受け、同機の高度の回復を確認したものと考えられる。(3.9.2)
- (3) PAR画面では管制機の高度はデジタル表示されないこと、管制機のターゲットは点状ではなく棒状で表示されること、エレベーション表示では同一高度を示すラインは表示されないこと、グライドパス会合前のレーダー安全圏の下限を示すラインは表示されないことから、ファイナル管制官がレーダー安全圏を下回って降下する管制機に瞬時に気付くことは容易ではなかったものと考えられる。気象状況によっては、ファイナル管制官には、管制機ターゲットを識別するための高度な技量が必要であったと考えられる。(3.10.1)
- (4) ファイナル管制官は、レーダー安全圏から逸脱する管制機に気付いた場合は、進入復行を指示する等、必要な措置をとらなければならないことが、管制方式基準に規定されているが、那覇着陸誘導管制所では、本重大インシデントのような事態を想定しておらず、高度監視に十分注意を払うような教育、訓練は実施していなかったとしている。

このときのファイナル監督者及びファイナル訓練生は、グライドパス会合前の管制機が、指示なく降下を開始することを想定していなかったとしており、アジマス表示に集中したため、高度監視についての注意が低下し、同機のレーダー安全圏からの逸脱に気付かなかったものと考えられる。(3.10.2)

- (5) 管制方式基準にはファイナル管制官の管制機にLAが発出した場合の管制官

の対応手順は規定されていなかったが、本重大インシデントでは、那覇着陸誘導管制所の管制官は、とっさの判断により業務を処理したものと考えられる。MAINATAIN ONE THOUSANDの指示は、高度が低下している航空機のパイロットに対して迅速に高度の逸脱を通報する用語としては適切ではなかったと考えられる。(3.10.3)

- (6) 那覇着陸誘導管制所において、グライドパス会合前の管制機がレーダー安全圏を逸脱して降下する可能性をリスクとして考慮し、当該リスクに対して適切な対応策を検討し実行すること、またその対応策の有効性を検証し、必要となる改善策の有無を検討すること等の管制機の高度監視についてのリスク管理が十分でなかったことから、結果的に同機の継続的な降下に関与したと考えられる。このため、那覇着陸誘導管制所においては、グライドパス会合前の管制機がレーダー安全圏の下限を逸脱して降下することについてリスク評価を行い、適切な対応を検討する等のリスク管理を実施する必要がある。(3.10.4)

4.2 原因

本重大インシデントは、同機が那覇空港の滑走路18への精測レーダー誘導による進入中、同機が降下を開始し、降下が継続したため、機長が、水面への衝突を回避するための緊急操作を行ったことによるものと推定される。

同機が降下を開始したことについては、機長の意図しない操作によるものであったと考えられる。同機の降下が継続したことについては、機長及び副操縦士が、同機の高度維持を自動操縦装置に委ね、タスクの優先順位付けを適切に行わなかったため、高度監視についての注意力が低下したことによるものと考えられる。

また、那覇着陸誘導管制所において、グライドパス会合前の管制機がレーダー安全圏を逸脱して降下する可能性についてのリスク管理が十分ではなかったことが、結果的に同機の継続的な降下に関与したと考えられる

5 再発防止策

5.1 重大インシデント後に講じられた再発防止策

5.1.1 同社が講じた施策

ピーチ・アビエーション株式会社は、同様の事象の発生を未然に防ぐため、本重大インシデント後、以下の措置を講じた。

1. 安全ミーティングの開催

全運航乗務員を対象とした「安全ミーティング」を本重大インシデントの詳細な事例を紹介した上で、自動操縦中の計器モニターの重要性及びPNFのアサーション（主張）の徹底等を再認識させた。

また、同社では、2.11.2に記述したFMAモードの確認を徹底するため、2.17.1に記述した教育資料を破棄し、運航乗務員は、FCOMの規定に従って、例外なくFMA変化時のモードをコールアウトすることとした。

2. 点検フライトの実施

運航乗務員相互による「点検フライト」を実施した。「点検フライト」のテーマは年度毎に設定しており、平成26年度は、自動操縦使用中の計器モニター、FMAのコールアウト、アサーションの実践及びスイッチ類の誤操作防止を、平成27年度は、日常運航での基本操作の遵守、不具合事象防止の意識向上をテーマとして実施した。

3. PAR進入の座学訓練とPAR進入の実運航経験の付与

2.17.2に記述したとおり、同社ではライン訓練において、那覇空港のPAR進入を経験する規程はなかったことから、PAR進入の知識及び実施要領を再確認するための座学訓練を実施した上で、全運航乗務員に那覇空港でのPAR進入を経験させる措置を講じた。

4. FCOM Pの改訂

同型機の設計・製造者のマニュアルの表記に合わせ、同社のFCOM Pの「PNF」の記載を「PM」と改訂しモニター業務の重要性を再確認することとした。

5. イレギュラー運航等対応ハンドブックの設定

旧「イレギュラー運航発生時の対応要領」を改訂し、同社社内の関連する部署において内容の共有を図り「イレギュラー運航等対応ハンドブック」を設定した。また、実践的に運用ができるよう年度ごとに2日実施する緊急訓練実施時に関係者間の再確認を行うこととした。

6. WGL (Wireless Ground Data Link) の設定

本重大インシデント発生時には、同機に装備されていなかったWGL^{*86}が、平成28年2月現在、同社保有全機に装備され、駐機後、短時間でQARデータの読み取りが可能となり、イベント発生をデータで管理し、機長報告との照合作業が短時間で実施できる体制とした。

*86 「WGL」とは、Wireless QAR/DARとも呼ばれ、当該システム装備機材が、日本国内の目的地に到着後、いずれかのドアが開かれた時点で、電話回線を通じてQAR/DARのデータがエアラインのサーバーへと自動的にダウンロードされるシステムである。

7. 機長及び副操縦士に対して実施された乗務復帰訓練

本重大インシデント後、同社は、一時的に乗務離脱した機長及び副操縦士に対して乗務復帰訓練を実施した。この訓練のうち、座学では、2.12に記述したパイロットの基本原則の確認、ワークロード・マネージメントを含むCRM関連の教育を行い、シミュレーターでは、CRMの知識や方法を実践で活用するため、路線運航を模擬した運航中に発生する様々な事態に対処するロフト（LOFT；Line Oriented Flight Training）訓練を実施した。

シミュレーター訓練においては、スイッチの誤操作を防ぐための2ステップ・アクション（見て確認して、操作する）を推奨した上で、確実な操作の実施、相互モニターによる確認行為、^{ふくそう}輻輳する状況の中での優先順位付けの決定、及び的確な指示の発出が確認された。

8. 同社は、全運航乗務員が、安全に飛行させることを第一として、どのような場合でも適切なタスクの優先順位付けを行い、常にFMAを監視する体制の整った操縦室環境の構築に努めることを目標として、機長及び副操縦士の乗務復帰訓練で確認できた有効なCRM訓練の機会を社内の全運航乗務員に対して水平展開することとし、平成28年度から実施することとした。

9. PFのFCUパネル操作の意図を正確にPMに伝達することは重要であり、状況把握に資するだけでなく、PMのモニター業務を助け、PMのワークロードを軽減することに繋がるものと考え、同社は、プリセット時も含め全てのFCUパネルの操作時のコールアウト実施を規定化した。

5.1.2 航空局が講じた施策

本事案に鑑み、那覇空港事務所は、今後もグライドパス会合前の管制機が管制官の指示なく降下を開始する可能性があると考え、以下の再発防止策をとった。

1. 平成26年5月期安全推進委員会にて、本事案の報告と情報共有を実施し、全管制官に周知し、注意喚起を行った。
2. 平成27年8月、MSAWに係る訓練資料を作成し、着陸誘導管制官の有資格者、転入者及び着陸誘導管制官資格を取得するアプローチ管制官に対して必要なMSAW教育を実施した。
3. 運航者（運航担当者・パイロット）へのPAR講習会を実施した。（平成26年7月31日、平成27年5月29日、平成28年6月24日に実施済み。）
4. リスク評価とリスク管理

管制指示を逸脱して降下する場合のリスク評価と対策を安全推進委員会等で議論した。具体的な対策として、ファイナル管制席での交信点検時に必ず

「Maintain 1,000ft」を指示すること、最終降下指示前に適宜「Maintain 1,000ft」を指示すること及びパターン管制席からファイナル管制席への注意喚起を実施することを全管制官に通知事項として周知し、転入者及び着陸誘導管制官資格を取得するアプローチ管制官に対しては、これを教育する。

5. MSAW発生時の対応として、PAR進入の最終進入開始後の管制機が通例高度と比較し明らかに低い場合においては、当該機の位置が最終降下開始以前である場合において、可能な限り警報を通報し注意を喚起するとした業務処理要領の改正手続を進めることとした。

6. 管制方式基準の改正案（上申）の作成

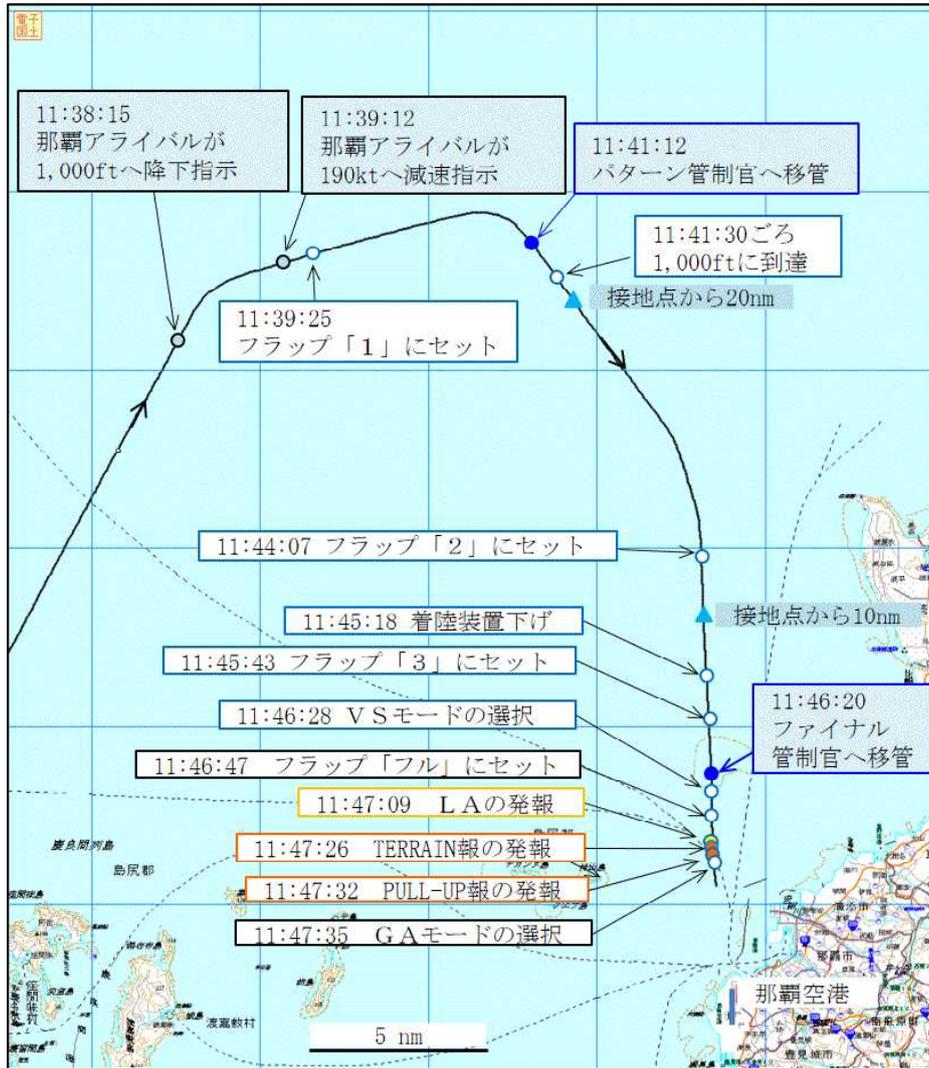
また、航空局交通管制部管制課においては以下の対策を進めている。

(1) 管制方式基準の改正に向け検討中。（平成28年11月適用を予定）

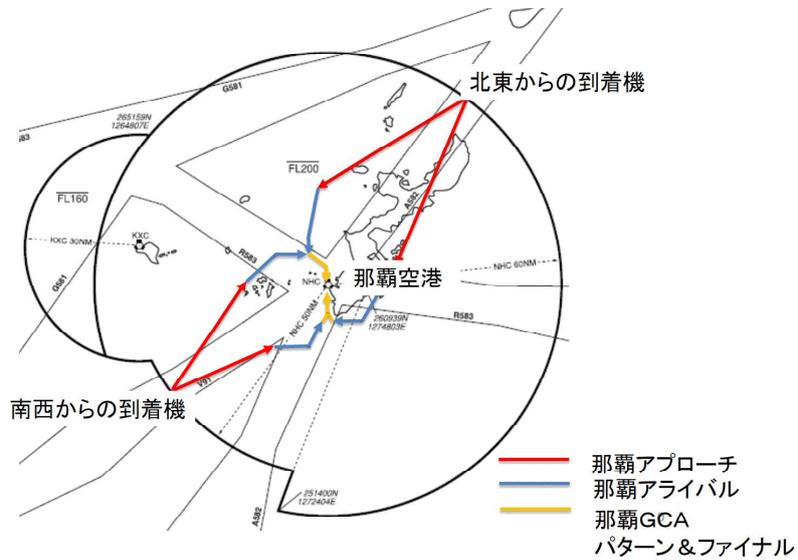
- PAR進入における用語定義の追加。（「最終進入開始点」等）
- PAR進入における高度に関する注意喚起に係る項目の追加。

(2) 次期PAR機器において、グライドパスに会合させる前の部分についてレーダー安全圏の下限を示す線を描画することで調整中。

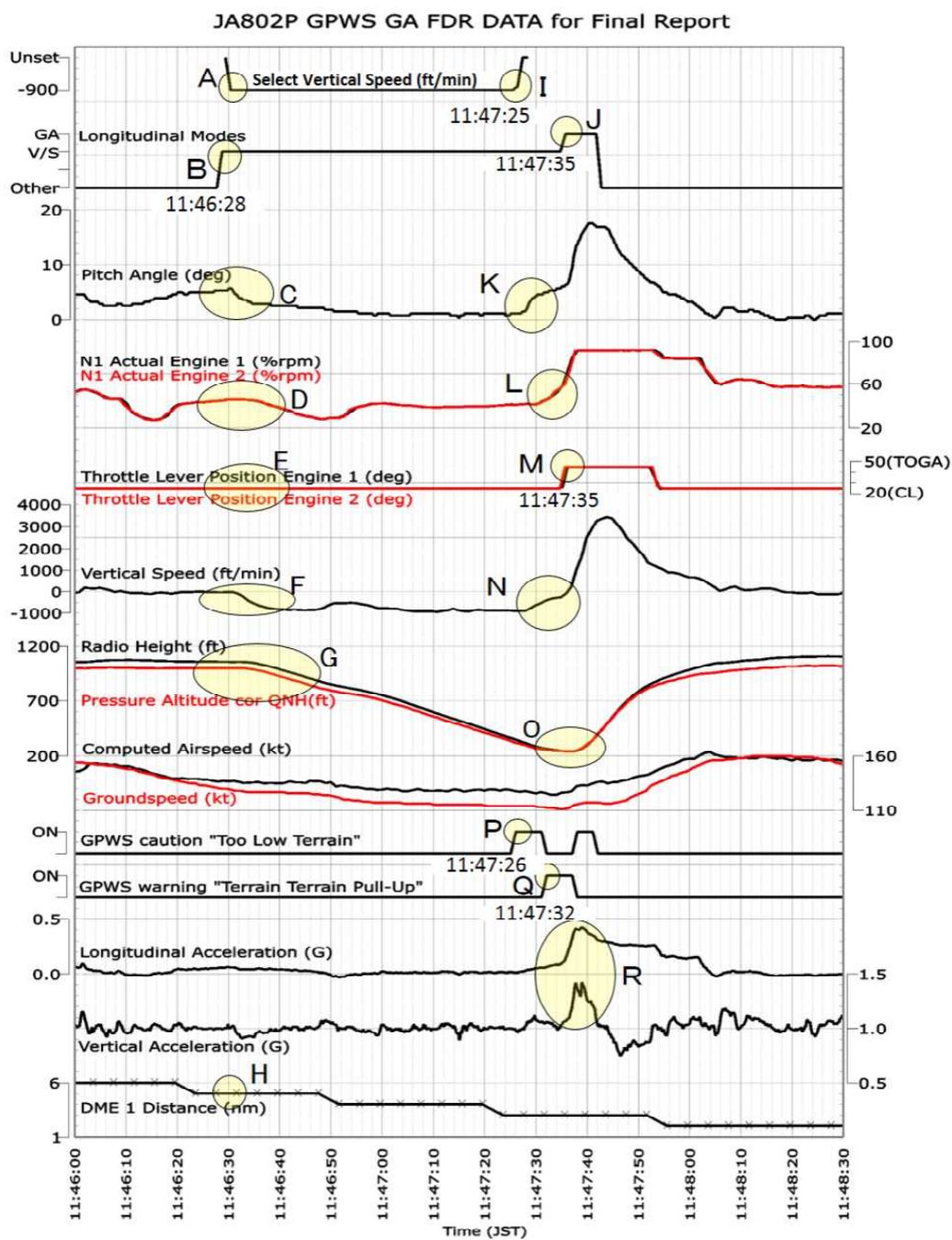
付図1 推定飛行経路



付図2 那覇空港への到着機交通流（イメージ）

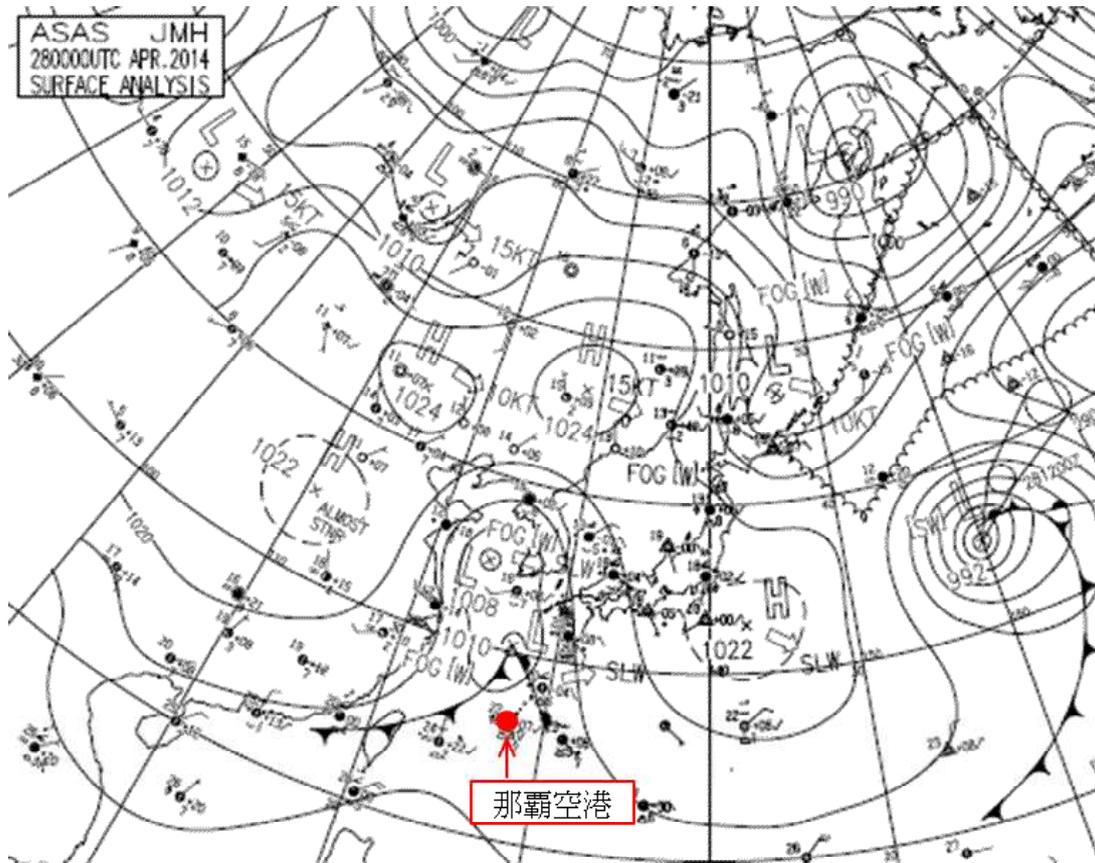


付図3 FDRの記録

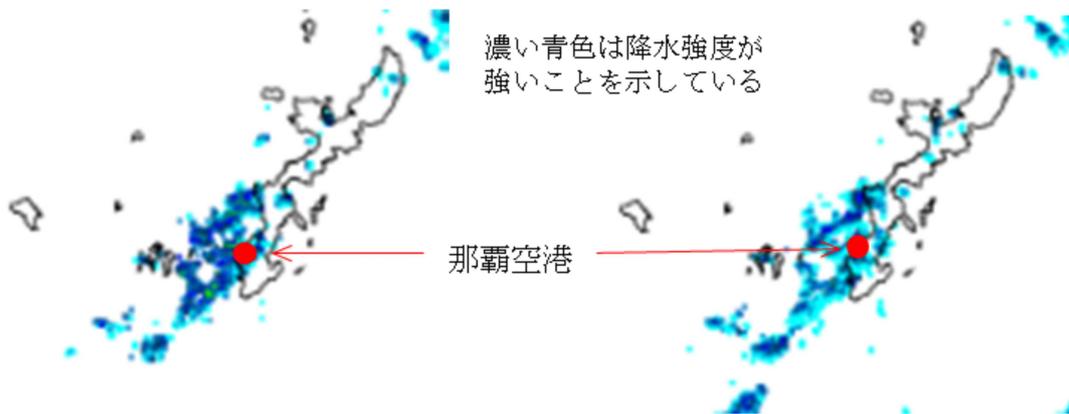


凡例：イベント「A」から「R」までについては、2.14の記述と対応している。

付図4 気象情報



アジア地上天気図 平成26年4月28日 09時



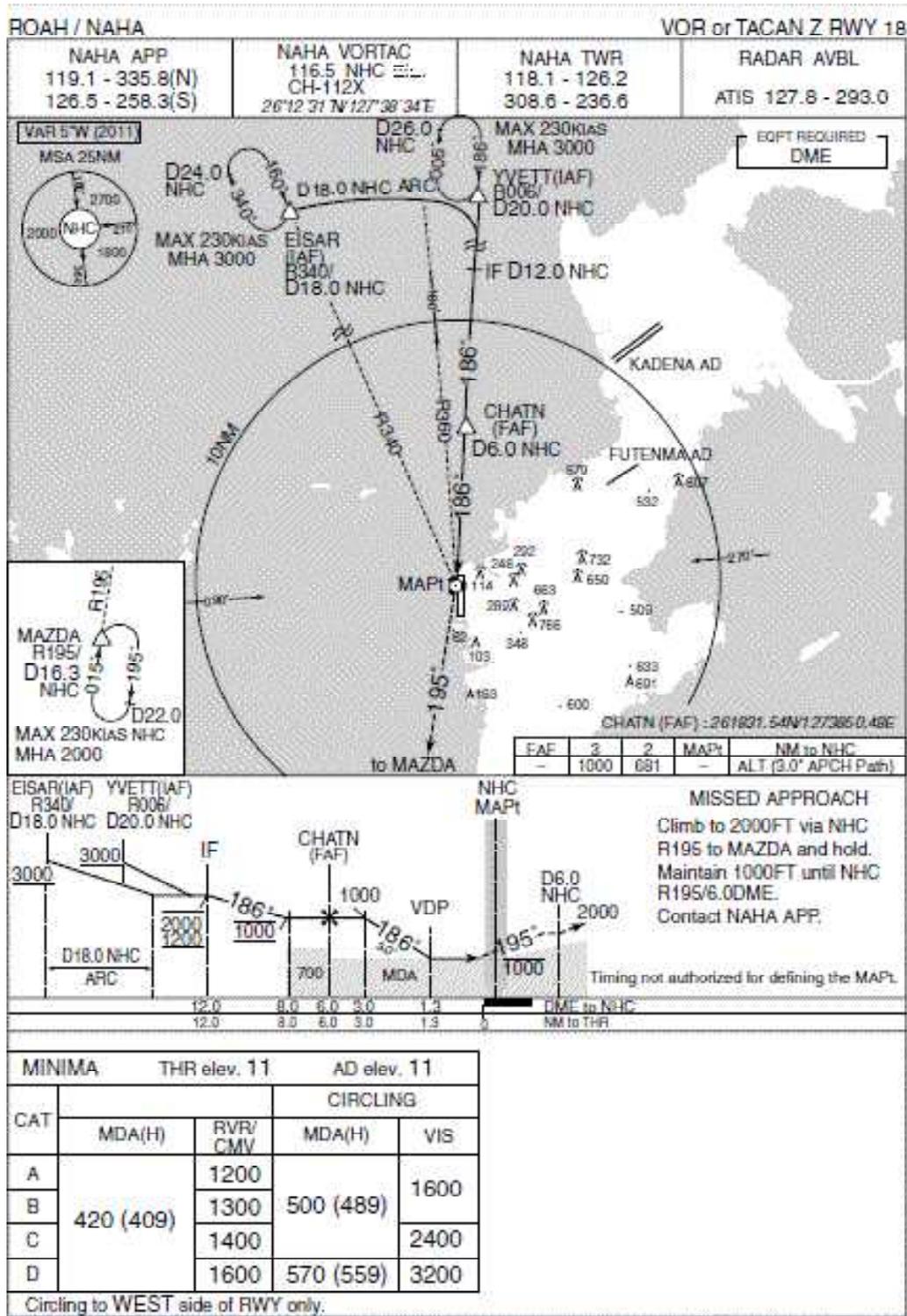
平成26年4月28日 11:40

平成26年4月28日 11:50

(気象庁提供資料に一部加筆した)

レーダー合成図 (レーダー強度)

付図5 那覇空港VOR進入 RWY 18



付図6 エアバス式A320-214型三面図

単位：m

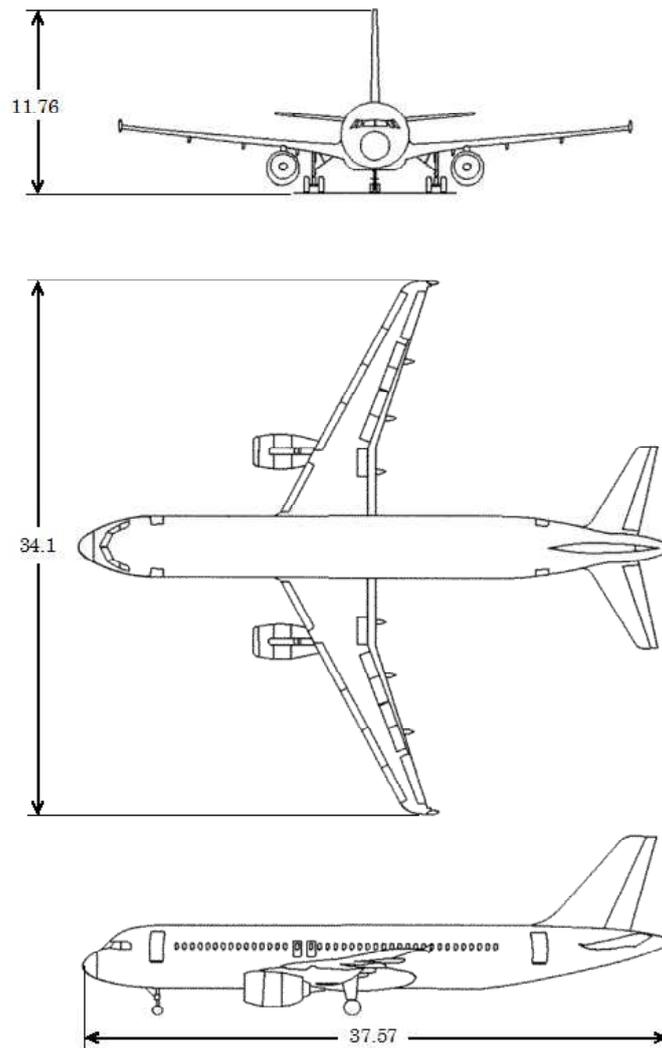


写真3 重大インシデント機



付図 7 管制交信記録及び同機の気圧高度等一覧表

時刻	ファイナル管制官	Selected Heading (deg)	副操縦士の応答	チェックリストと応答、及び副操縦士のアドバイス、警告	気圧高度 (ft)
			乗務員の操作		
11:46:19		185			1002
11:46:20		185			1002
11:46:21	Air Peach Two Five Two, Naha final controller, radio check, how do you read?	185			1002
11:46:22		185			1002
11:46:23		185			1002
11:46:24		185	Read you five, Air Peach Two Five Two.		1002
11:46:25		185			1002
11:46:26	Also reading you five. Do not acknowledge further transmission.	185			1002
11:46:27		185	VS Knob PULL	LANDING CHECKLIST	1002
11:46:28		185			1002
11:46:29		185			1002
11:46:30	Passed six miles from touchdown.	185			1002
11:46:31		185		CABIN CREW ADVISED	1002
11:46:32		185		A/THR SPEED	1002
11:46:33	Heading one eight five.	185		A/BRK LOW	994
11:46:34	Going right slowly. Turn ah,	185			990
11:46:35	turn left, heading one eight	185		TOO LOW (アドバイス)	978
11:46:36	two. Turn left heading one	183			970
11:46:37	eight two. (HDG182)	181	HDG 181		954
11:46:38		181			942
11:46:39		181			926
11:46:40		181			914
11:46:41		181			898
11:46:42	Wind one seven zero at one	181			886
11:46:43	two.	181			874
11:46:44		181			858
11:46:45	Slightly right of course.	181			842
11:46:46		181			830
11:46:47		181	FLAP FULL		814
11:46:48	Heading one eight two. (HDG182)	181			806
11:46:49		181			794
11:46:50		181			786
11:46:51	Slightly right, correcting	181			774
11:46:52	course.	181			770
11:46:53	Five miles from touchdown.	181			762
11:46:54		181			754
11:46:55		181		ECAM MEMO	746
11:46:56		181			738
11:46:57	Turn left heading one eight	181			726
11:46:58	zero. Slightly right and	181			718
11:46:59	holding. (HDG180)	181			702
11:47:00		181			690
11:47:01	Wind one eight zero at one	180	HDG 180		674
11:47:02	two.	180			662
11:47:03	Slightly right.	180		LANDING NO BLUE	650
11:47:04		179	HDG 179		638

時刻	ファイナル管制官	Selected Heading (deg)	副操縦士の応答	チェックリス項目と応答	気圧高度 (ft)	LA	EGPWSコンピューターのEGPWS警報記録 (鳴動の開始)
			乗務員の操作				
11:47:05		179		LANDING NO BLUE	618		
11:47:06	Runway One Eight, cleared to land. Wind one eight zero at one two.	180	HDG 180	LANDING CHECKLIST COMPLETE	606		
11:47:07		180			590		
11:47:08		180			574		
11:47:09		180			558	LA	
11:47:10		180			546		
11:47:11	Slightly right of course,	180			526		
11:47:12	correcting slowly.	180			514	パターン管制官	
11:47:13		180			498	ファイナル管制官に「ピーチ機が降りている」ことを助言した。	
11:47:14	Heading one eight zero.	180			486		
11:47:15	Slightly right, correcting. (HDG180)	180			470		
11:47:16		180			458		
11:47:17		180	TOO LOW 警告		438		
11:47:18	Turn right heading one	180			426		
11:47:19	eight two. (HDG182)	181	HDG 181		410		
11:47:20		181			398		
11:47:21		181	TOO LOW 警告		382		
11:47:22	Four miles from	181			370		
11:47:23	touchdown.	181			354		
11:47:24		181			338		
11:47:25		181			322		
11:47:26	Ahh, maitain one thousand, maintain one thousand. You're too below for safety approach.	181	VS Knob PUSH		310		TOO LOW TERRAIN
11:47:27		181			298		
11:47:28		181			282		
11:47:29		181			270		
11:47:30		181			262		
11:47:31		181			254		TOO LOW TERRAIN
11:47:32		181			250		TERRAIN TERRAIN PULL UP
11:47:33		181			246		
11:47:34	Air Peach Two Five Two, acknowledge please.	181			246		PULL UP
11:47:35		181	TOGA		242		
11:47:36		181			242		PULL UP
11:47:37	Air Peach Two Five Two, maintain one thousand.	181			250		
11:47:38		181			270		
11:47:39	Too low for safety approach.	181			306		
11:47:40		181			338		TOO LOW TERRAIN
11:47:41		181	Air Peach Two		398		
11:47:42			Five Two,		434		
11:47:43		181	go-around.		502		

<表示について>

- 11:46:48 黒字「ファイナル訓練生」からの指示及び通報 : Heading one eight two.
- ECAM MEMO 青字点線囲いは、時間は確定できていないことを示している。
- VS Knob PUSH 青字実線囲いは、FDRの記録から確定した時間である。

- 11:47:09 LA
- 11:47:26 EGPWS Alert
- 11:47:32 EGPWS Warning