

AA2021-5

航空事故調査報告書

I 日本エアコミューター株式会社所属

ATR式42-500型

JA01JC

機体の動揺による客室乗務員の負傷

II 個人所属

マックスエア一式ドリフターXP-R503L型（超軽量動力機、複座）

JR0251

樹木との衝突による搭乗者負傷及び機体損傷

令和3年7月29日

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

運輸安全委員会
委員長 武田展雄

《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 日本エアコミューター株式会社所属
ATR式42-500型
JA01JC
機体の動揺による客室乗務員の負傷

航空事故調査報告書

所 属 日本エアコミューター株式会社
型 式 ATR式42-500型
登録記号 JA01JC
事故種類 機体の動揺による客室乗務員の負傷
発生日時 令和元年10月12日（土） 11時19分ごろ
発生場所 種子島空港の北北西約5.7kmの上空、高度約10,800ft（約3,300m）

令和3年7月2日

運輸安全委員会（航空部会）議決

委員長 武田展雄（部会長）
委員 宮下徹
委員 柿嶋美子
委員 丸井祐一
委員 中西美和
委員 津田宏果

1 調査の経過

1.1 事故の概要	日本エアコミューター株式会社所属ATR式42-500型JA01JCは、令和元年10月12日（土）、鹿児島空港から種子島空港へ向けて飛行中に、機体が動揺して客室乗務員1名が負傷した。
1.2 調査の概要	運輸安全委員会は、令和元年10月15日に事故発生の通報を受け、本事故の調査を担当する主管調査官ほか1名の航空事故調査官を指名した。 本調査には、事故機の設計・製造国であるフランス共和国の代表が参加した。 原因関係者からの意見聴取及び関係国への意見照会を行った。

2 事実情報

2.1 飛行の経過	機長、副操縦士及び負傷した客室乗務員の口述並びに飛行記録装置（FDR）の記録によれば、飛行経過は概略次のとおりであった。 日本エアコミューター株式会社所属ATR式42-500型JA01JCは、令和元年10月12日、機長ほか乗務員2名、乗客16名、計19名が搭乗し、同社の定期3763便として、鹿児島空港を種子島空港へ向けて11時06分に離陸した。同機には、機長昇格訓練のため、副操縦士がPF*1として左操縦席に、機長がPM*1として右操縦席に着座していた。運航乗務員は、同便の前に鹿児島空港と喜界空港を往復しており、1便目の鹿児島空港出発前に確認した気象情報から、低高度で揺れの可能性はあるものの運航の障害となるような揺れはないと予想していた。実際に鹿児島空港と喜界空港を往復した際も鹿児島空港周辺の上昇及び降下時に揺れがあった以外、運航の障害となるような揺れはなかった。さらに、同便の出発前に確認した機上気象報告（PIREP）を含む気象情報から、運航乗務員は、同便においても運航に障害となるような揺れはないと判断していた。
-----------	---

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

同機は、鹿児島空港を離陸した後、高度約10,000ftで座席ベルト着用サインが消灯され、高度11,000ftで巡航に移行した。同機の種子島までの飛行経路上に雲はなく、種子島の手前約60kmで同機の自動操縦装置は、高度を維持するALTモードから上昇率及び降下率を維持するVSモードに切り替えられ、同機は降下率1,300ft/minで種子島空港に向けて降下を開始した。降下中の揺れを予想していなかった副操縦士は、指示対気速度（以下「IAS」という。）が240ktとなるように手でエンジンパワーを調整したが、240ktを超えそうになったため、エンジンパワーをフライトアイドルにした。同機は、高度約10,800ftで揺れに遭遇するとともにIASが急激に増加し、V_{MO}（Maximum Operating Speed:最大運用速度）である250ktを超過しそうになった。副操縦士は、TCS（Touch Control Steering:自動操縦装置を切ることなく、一時的に手動操縦を可能にする）ボタンを押しながら減速するために操縦桿を引いたが、機首が思うように上がってこなかった。それを見ていた機長もとっさに操縦桿を一緒に引いたが、通常より重く感じ、機首の上りが悪かった。



図1 推定飛行経路

運航乗務員は、この操作中に強い揺れを感じるとともにV_{MO}超過を示す警報音を聞いた。この間、同機の座席ベルト着用サインは、消灯したままだった。なお、FDRには、IASが251ktまで増加し、V_{MO}を1秒間超過したことが記録されていた。

揺れが収まり飛行状況が安定した後、機長は客室カメラによって、客室乗務員が乗客の援助を受けながら客室後方に移動している様子を見て、客室乗務員が負傷したと判断して鹿児島空港への引き返しを決定した。機長は、同社に状況の報告を行い、管制機関に対して強い乱気流に遭遇した事を報告するとともに鹿児島空港への引き返しを要求した。同機は、同23分ごろ管制機関から鹿児島空港への引き返しの許可を得て、同45分ごろ鹿児島空港に着陸した。

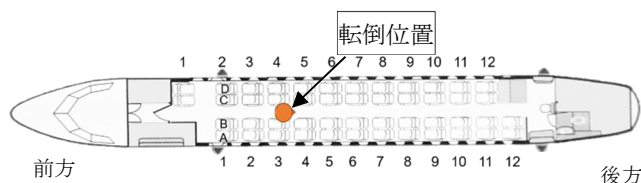


図2 客室乗務員転倒位置

客室乗務員は、機内サービス中であつたが、座席番号4付近（図2参照）の通路を後方へ進んでいた時、突然機体が大きく動揺したため、身体が浮くように感じ、床に叩きつけられるように転倒して右足首に痛みを感じた。客室乗務員は、自分では立つことができず、乗客に支えられて後方にある客室乗務員用シートに向かい、同機が着陸するまで着座していた。駐機後、客室乗務員は、待機していた救急車で病院へ運ばれて右前距腓靭帯損傷の疑いと診断された。MRI検査のため、10月15日に再度受診したところ右足関

こゝか
節後果骨折と診断された。

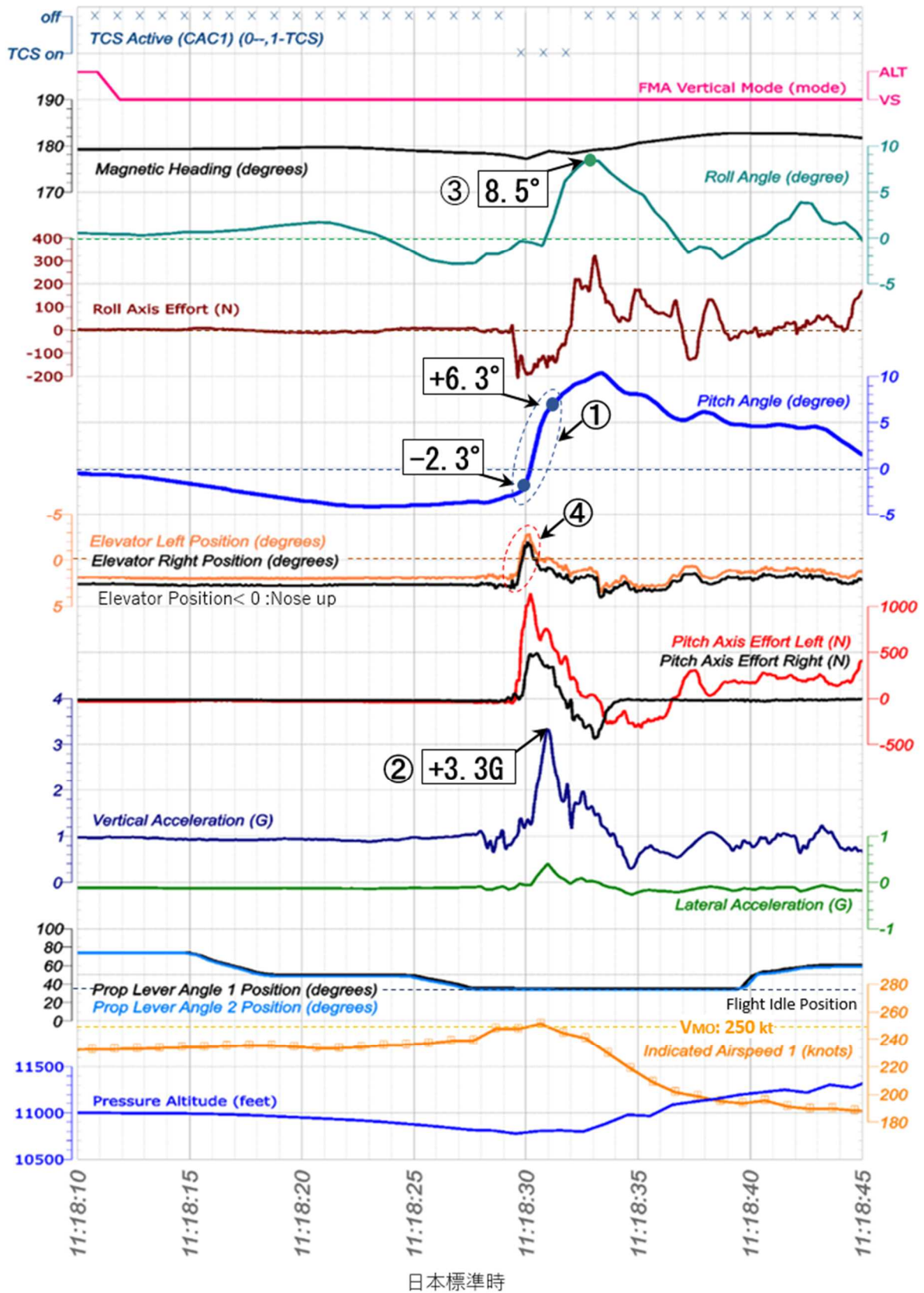


図3 FDRの記録

FDRには、同18分30秒ごろ、約1秒間にピッチ角が -2.3° から $+6.3^\circ$ まで変化し (図3①参照)、同18分31秒ごろ、垂直加速度

	<p>+ 3.3 Gが記録され（図3②参照）、直後に、ロール角が右方向へ8.5°まで変化していたことが記録されていた（図3③参照）。また、同機が鹿児島空港に引き返す途中の同30分43秒ごろ、高度8,000ftで本事故発生場所付近を飛行した際に、垂直加速度+1.6 Gが記録されていた（図6参照）。</p> <p>本事故の発生場所は、種子島空港の北北西約5.7 km（北緯31度06分33秒、東経130度53分34秒）の上空、高度約10,800ftで、発生日時は令和元年10月12日11時19分ごろであった。</p>
2.2 死傷者	重傷（右足関節後果骨折）客室乗務員1名
2.3 損壊	なし
2.4 乗組員等	<p>(1) 機長 42歳</p> <p>定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） 平成27年10月23日</p> <p>限定事項 ATR式72 平成30年3月19日</p> <p>第1種航空身体検査証明書 有効期限：令和元年12月1日</p> <p>総飛行時間 8,053時間45分</p> <p>最近30日間の飛行時間 41時間38分</p> <p>同型式機による飛行時間 978時間58分</p> <p>最近30日間の飛行時間 41時間38分</p> <p>(2) 副操縦士 35歳</p> <p>定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） 令和元年9月13日</p> <p>限定事項 ATR式72 平成29年6月23日</p> <p>第1種航空身体検査証明書 有効期限：令和2年7月5日</p> <p>総飛行時間 3,746時間21分</p> <p>最近30日間の飛行時間 31時間36分</p> <p>同型式機による飛行時間 849時間46分</p> <p>最近30日間の飛行時間 31時間36分</p>
2.5 航空機等	<p>(1) 航空機型式：ATR式42-500型</p> <p>製造番号：第1215号、製造年月日：平成28年12月29日</p> <p>耐空証明書 第大-2018-451号</p> <p>有効期限 平成30年10月25日から整備規程（日本エアコミューター株式会社）の適用を受けている期間</p> <p>総飛行時間 3,949時間09分</p> <p>(2) 本事故当時、同機の重量及び重心位置は、いずれも許容範囲内にあったものと推定される。</p> <p>(3) 同機の整備記録には、操縦系統に関連する不具合の記載はなかった。</p> <p>(4) 同機には、FDR及び操縦室用音声記録装置（CVR）が装備されていた。しかしながら、同機の運航が、航空事故として取り扱われるまで継続され、CVRの記録は上書き消去されていることが明らかであったためCVRの取り卸しは行わなかった。</p> <p>(5) 同機は、乱気流遭遇に対する詳細点検が実施され、機体に異常は発見されなかったことから、同社は、同機を路線運航の用に供することにした。</p>

2.6 気象

(1) 天気概況

令和元年10月12日9時のアジア太平洋地上天気図によれば、東海沖にある台風19号（中心気圧945 hPa、中心付近の最大風速85 kt）が、12 ktで北北東に移動していた。また、九州付近の等圧線はやや混んだ状態であった。

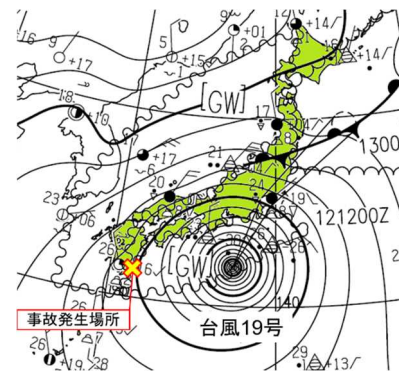


図4 アジア太平洋地上天気図

(10月12日9時抜粋・一部加工)

(2) 毎時大気解析

令和元年10月12日11時の毎時大気解析図（断面）によれば、本事故発生場所付近に1,000 ftの高度差に対する6 kt以上の風向風速の変化を示す鉛直シア（VWS: Vertical Wind Shear）域は示されていない。

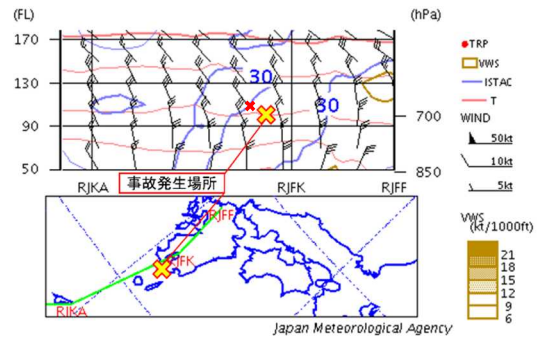


図5 毎時大気解析図（航空路断面）

(10月12日11時抜粋・一部加工)

(3) PIREP

本事故発生前に、本事故発生場所付近におけるPIREPはなかった。

(4) 飛行経路上の風向風速及び外気温度について

FDRに記録されていた真対気速度及び対地速度から推算した向かい風（-表記）・追い風（+表記）成分並びに外気温度について、鹿児島空港を離陸してから着陸するまでを図6に示した。

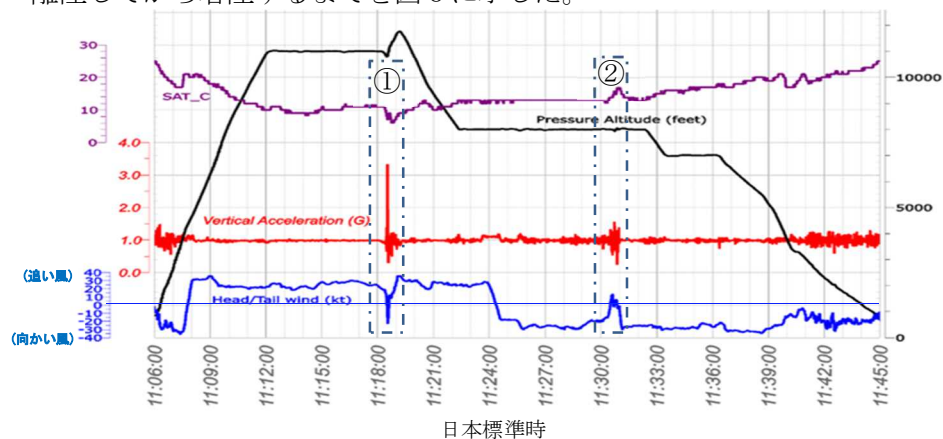


図6 追い風/向かい風、外気温度及び垂直加速度の変化

2.7 その他必要な事項

(1) V_{MO}について

同社の飛行機運用規定（AOM）には、V_{MO}はいかなる飛行段階においても意図的に超えてはならない速度であり、250 ktと記載されている。V_{MO}を超過した場合は、警報音が発生する。

一方、耐空性審査要領において、V_{MO}は、構造強度及び操縦性能の限界に対して十分に余裕のある速度とすることが求められている。加えて、V_{MO}

は、V_{MO}超過を示す警報の発生後、パイロットが反応するまでの時間を考慮した上で、過大な操縦力と特別な操縦技術を要することなく構造強度及び操縦性能の限界に至る前にV_{MO}まで減速することが可能な速度とすることが求められている。

(2) 同社のV_{MO}に関する情報提供及び訓練

本事故発生以前に巡行中の同社の同型式機がV_{MO}を超過する事例が発生した際に、同社が運航乗務員に対して提供した情報には、V_{MO}に接近あるいはV_{MO}を超過した場合の具体的な手順等は含まれていなかった。

また、同社では、型式移行及び副操縦士昇格時のシミュレーター訓練において異常姿勢からの回復操作訓練が実施されていたが、V_{MO}に接近あるいはV_{MO}を超過した場合の対応に関する訓練は実施されていなかった。

(3) 荷重倍数限界

同社のAOM 第1章 運用限界に以下の記載がある。

1-3-2 荷重倍数限界

GEAR and FLAPS Retracted	+2.5G ~ -1.0G
GEAR and/or FLAPS Extended	+2.0G ~ 0.0G

(4) 機体姿勢変化による垂直加速度

同機の垂直加速度約+3.3G（加速度増分約+2.3G）が記録される約2秒前からエレベーターの舵角が約1秒間に約5°変化し（図3④参照）、ピッチ角は約1秒間に8.6°増加していた。

設計・製造者が行った推算では、安定した大気下で、上述したエレベーターの舵角の変化によって生じる荷重倍数は、+2.7G（加速度増分1.7G）であるという結果が得られている。

一方、同社において、本事故発生時の同機の挙動についてシミュレーターを用いて検証したところ、FDRに記録されたものと同様の機体姿勢（ピッチ角）の変化を模して得られた垂直加速度は約+2.8G（加速度増分約+1.8G）であった。なお、この検証の結果は、シミュレーターが実機の状況（特に強い乱気流の中での状況）を忠実に模することはできないことから、本事故発生時の状況を完全に再現したものではない。

(5) 降下速度

同社のAOM 第7章 飛行計画 7-3 運航方式 4. 降下方式に以下の記載がある。

降下方式	降下速度 (IAS)
Low Speed Descent	200kt
Mid Speed Descent	220kt
High Speed Descent	240kt

また、同社のFlight Technical Guide*2 (FTG) 2-16 Before Descent に気流の変化を予測した降下速度を選択するように記載されている。

なお、同便の飛行計画上の降下速度は240ktであった。

(6) 同時操作について

同社のAOMには、次のとおり記載されている。

*2 「Flight Technical Guide」とは、規定・基準ではないが、実運航及び教育訓練の標準化を図ることを目的とし、操縦操作等に関する基本要領について、飛行機運用規定を補足するものである。

	<p>4-5-6 FLIGHT CONTROLS</p> <p>PITCH CONTROL</p> <p>飛行中、乱暴なまたは大きなElevator操作は避けるべきである。このような操作は過大な荷重(G)がかかり、構造の破壊に至る恐れがある。</p> <p><u>CAUTION</u>: Aircraftはいずれか一方のControl Columnのみから操縦操作を行うこと。左右のControl Columnをそれぞれ反対方向に同時に操作すると、不測にPitch Disconnect*3が発生する可能性がある。</p> <p>(7) Take Overについて</p> <p>同社のオペレーション・マニュアル (OM) には次のとおり記載されている。</p> <p>III 飛行の実施</p> <p>III-1 一般</p> <p>3. Cockpit Management および Crew Coordination (抜粋)</p> <p>(4) 一時的なPF Dutyからの離脱や、Take Overなど、操縦の受け渡し(Transfer of Control) に際しては” I Have” / “You Have” を明瞭にCall するとともに、受け渡しが確実になされたことを相互に確認する。</p>
--	---

3 分析

3.1 気象の関与	あり
3.2 操縦者の関与	あり
3.3 機材の関与	なし
3.4 判明した事項の解析	<p>(1) 客室乗務員の負傷</p> <p>ベルト着用サインが消灯中の11時18分28秒ごろからFDRに記録された垂直加速度の大きな変化(最大垂直加速度+3.3G)及びロール角の変化に伴う同機の突然の動揺によって、機内通路を後方へ進んでいた客室乗務員が姿勢を崩して転倒し、負傷したものと推定される。</p> <p>(2) 運航乗務員の気象に関する予想</p> <p>飛行前に提供されていた気象情報、機上気象報告及び同便の前に乗務した鹿児島空港から喜界空港の往復の飛行状況から、運航乗務員は、同便の飛行に影響を及ぼす乱気流に遭遇する可能性は低いと予想していたと考えられる。</p> <p>(3) 大気の状態</p> <p>図6から、本事故発生時、外気温度の低下が記録されており、また、FDRの記録から推算した風は、短時間のうちに追い風(約20kt)、向かい風(約20kt)、追い風(約30kt)と変化している(図6①参照)。加えて、同機が引き返し時に本事故発生場所付近を飛行した時は、外気温度の上昇が記録されており、FDRの記録から推算した風は、向かい風(約20kt)、追い風(約10kt)、向かい風(約30kt)と変化している(図6②参照)ことから、同機は、毎時大気解析図などの気象情報には表れない、予想すること</p>

*3 「Pitch Disconnect」とは、各操縦桿の動き及びエレベーターの動きを他方の操縦桿並びにエレベーターに伝えるピッチ・カップリング・メカニズムが外れた状態をいう。

が困難な局地的な風向風速及び外気温度の変化に遭遇したものと推定される。

(4) 運航乗務員の対応

同機の降下速度は、運航乗務員が降下中の揺れを予想していなかったため、同便の飛行計画に従い240ktが選択されたものと推定される。

図3に示したとおり、降下開始後、同機のIASが240ktを超えそうになったことから、副操縦士はエンジンパワーをフライトアイドルにしたものと推定される。しかしながら、風向風速及び外気温度の変化により、同機のIASがさらに増加したことから、機長及び副操縦士は、 V_{MO} 超過を回避するため、ほぼ同時に操縦桿を機首上げ方向に強く引いたと推定される。この時、FDRには、同機の機体姿勢が約1秒間に 8.6° 機首上げ方向に変化したこと、及び同機が V_{MO} を約1秒間超過したことが記録されている。この機体姿勢の変化は、運航乗務員による機首上げ操作及び機体速度の増加に伴う機首上げ効果によるものと推定される。

運航乗務員が、機首が上がってこなかったと口述していることについては、同機の整備記録に操縦系統に関連する不具合の記載はなく、また本事故後の機体調査で異常は認められなかったことから、操縦系統の不具合に起因するものではなく、速度が大きい状態からの引き起こしであったため、昇降舵の空力ヒンジモーメントが大きくなり、大きな操縦力が必要と感じた可能性が考えられる。

V_{MO} は、意図的に超えることは許容されないが、 V_{MO} 超過を示す警報が発生した場合においてもパイロットが反応するための時間を考慮した上で、過大な操縦力や特別な操縦技術を要することなく V_{MO} まで減速することができるように設定された速度である。また、同社のAOMには、乱暴なまたは大きなエレベーター操作は過大な荷重(G)がかかり、構造の破壊に至る恐れがあると記載されている。さらに、注意(CAUTION)として、いずれか一方の操縦桿のみから操縦操作を行うこと、及び左右の操縦桿をそれぞれ反対方向に同時に操作すると不測にPitch Disconnectが発生する可能性があるとして記載されている。

本事故発生時、副操縦士は、同機が加速して V_{MO} を超過しそうになったことから操縦桿を引いたが、思うように減速できず、これを見ていた機長も、とっさに操縦桿を一緒に引いた。これらの運航乗務員の操作によって V_{MO} 超過の程度を小さくできたものの、FDRには荷重倍数限界を超える垂直加速度が記録されていた。飛行後の点検において、同機に不具合は確認されなかったが、構造上の破壊に至る恐れがあったものと考えられる。運航乗務員は、 V_{MO} が設定された基準を考慮したうえで、急激かつ過大な操縦力によらない操作で減速を図るべきであったと考えられる。また、同時に操縦を行うことによる不測のPitch Disconnectが発生する可能性もあることから、同機のAOMの記載に従い操縦桿の操作はいずれか一方の運航乗務員のみ行うことが安全上重要である。さらに、機長は副操縦士を補助しようとしてとっさの判断で操縦桿を操作したものと考えられるが、同時操作を防ぐ観点からもPFでない運航乗務員が操縦桿を操作する場合は、必ず「I Have」とコールして明確なTake Overの意思表示をしたうえで行うことを徹底する必要がある。

(5) 同機の垂直加速度

図3に示したとおり、11時18分28秒ごろから、同機の垂直加速度の

変動（約+0.6G～約+3.3G）が記録されている。さらに同機が鹿児島空港への引き返し時に本事故発生場所付近を飛行した際も垂直加速度の変動（約+0.2G～約+1.6G）が記録されていることから、同機は、IASがV_{MO}に接近する前から動揺していたと推定される。この動揺は、同機が図6①に示した局地的な風向風速の変化に遭遇したことにより生じたものと考えられる。

さらに、11時18分31秒ごろ、FDRに記録されている+3.3Gの最大垂直加速度は、同機が動揺していた中で、IASがV_{MO}に接近したことから、機長及び副操縦士が操縦桿を強く引き、V_{MO}超過の回避を試みた際の機体姿勢の変化に伴う垂直加速度が加わったものと考えられる。なお、設計・製造者による推算では、機長及び副操縦士が操縦桿を強く引いたことによる垂直加速度は+2.7Gであるという結果が得られ、シミュレーターによる同機の機体姿勢の変化を模した検証では、最大の垂直加速度は+2.8Gの値が得られている。

(6) 同社の対応

同社は、V_{MO}に接近あるいはV_{MO}を超過した場合の推奨される操作手順を運航乗務員に対して提供していなかった。

同社は、安全な運航を行うため、操作手順を含むV_{MO}に関する情報提供及び教育訓練を実施することが必要と考えられる。

4 原因

本事故は、同機が突然動揺したため、機内通路を移動していた客室乗務員が姿勢を崩して転倒し、負傷したものと推定される。

同機が突然動揺したことについては、同機が局地的な風向風速の変化に遭遇した後、運航乗務員によるV_{MO}超過回避のための機首上げ操作及び速度の増加に伴う機首上げ効果により機体姿勢が大きく変化したことによるものと考えられる。

5 再発防止策

同社は、再発防止のために次の対策を実施した。

- (1) V_{MO}に接近あるいはV_{MO}を超過した場合の操作に関して、Operating Information*4を発行した。(抜粋)
 - ① 風や外気温度の急変によりV_{MO}に接近することが予想される場合には、早めにV_{MO}に対して余裕のある速度を選定することとし、その領域を通過する際に推奨される速度を明記
 - ② V_{MO}に接近またはV_{MO}を超過した場合には、自動操縦装置を使用して速度を修正
 - a. 巡行中
 - ・ エンジン推力を必要に応じてフライトアイドルまで減ずる。
 - b. 降下中
 - ・ エンジン推力を必要に応じてフライトアイドルまで減ずる。
 - ・ 自動操縦装置は、高度を維持するALT HOLDモードを選択、あるいはVSモードを選択して昇降率をゼロにする。
 - ③ 手動操縦による減速操作は、急激なピッチ変化を引き起こす恐れがあるため、自動操縦装置が明らかに速度の修正をしていないと判断したときのみ実施

*4 「Operating Information」とは、飛行機運用規定の内容に関する補足説明、その他関連資料の解説及び情報を記載したものである。

緊急回避的に手動操縦（TCS使用を含む）による操作を行う場合は、機体の姿勢が急激に変化しないように離陸時に推奨される機首上げ率（ 2° ～ 3° /秒）と同程度の機首上げ操作

④ PF及びPMが同時に手動操縦することを禁止

⑤ 操縦交代の明確化（“I have”、“You have”のコールアウトによる確実な操縦交代）

⑥ 早めのTake overの実施

(2) 当該運航乗務員に対して、Operating Informationの内容を網羅した座学及びシミュレーターによる訓練を実施した。