

# 運輸安全委員会ダイジェスト

JTSB (Japan Transport Safety Board) DIGESTS

第15号 (平成26 (2014) 年8月発行)

## 航空事故分析集

### 機体動揺に伴う事故の防止に向けて

1. はじめに .....	1
2. 事故の発生状況 .....	2
3. 事故調査事例 (4 事例) .....	7
4. まとめ .....	18

#### 1. はじめに

運輸安全委員会は、平成24年8月にホノルル国際空港 (米国) から仁川国際空港 (韓国) に向け飛行中、島根県松江市の上空で機体が動揺し、乗客3名が重軽傷を負った事故の調査報告書を本年7月に公表いたしました。

公表にあたって、本事故と同様に、離陸時・着陸時を除く運航中に機体の動揺により乗客や客室乗務員が負傷した事故 (以下「機体動揺事故」という。) について調べてみたところ、航空・鉄道事故調査委員会が発足した平成13年10月以降、平成26年6月までに発生した航空事故245件のうち、大型機による航空事故40件の半数近くが機体動揺事故であることが分かりました。

また、死亡者は発生していないものの、航空事故全体に比べ、機体動揺事故における負傷者の発生割合は大きくなっており、1件の事故で40名弱の負傷者が発生した事例もありました。

さらに、機体動揺事故は、運航中に突然の乱気流等に遭遇することで発生していますが、事故発生前後にとられた対応・取組み等は今後の同種事故の防止に向けた教訓となるものが少なくないと考えられます。

このような状況を踏まえ、本号では機体動揺事故の再発防止、被害軽減を図る観点から、各種統計資料とともに、当委員会が行った事故調査事例等の紹介を行うことといたしました。

本号が、なお一層の安全確保の取組みの一助となるとともに、安全講習会等において、関係者の皆様の教材として活用されることなどにより、同種事故の未然防止に資することとなれば幸いです。

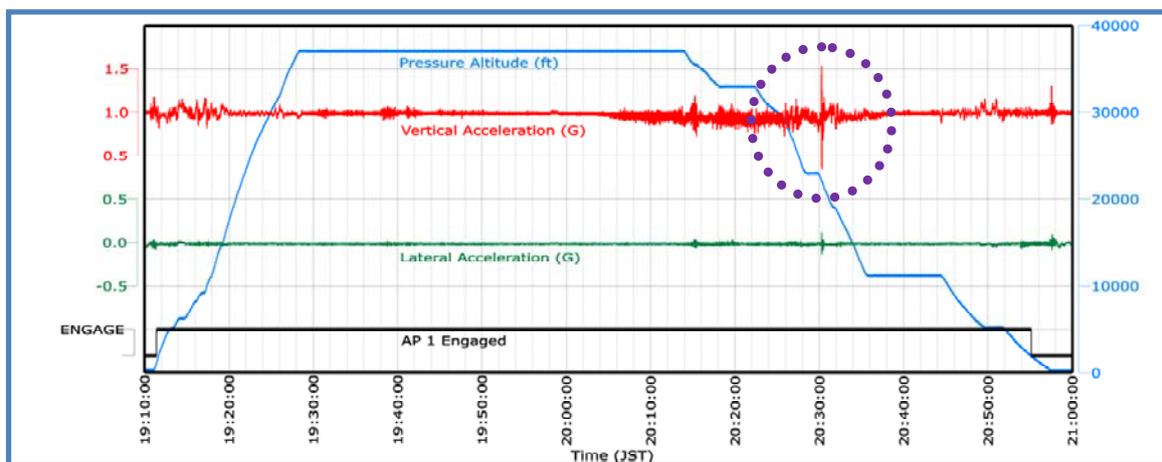


図1 DFDR (飛行記録装置) の記録例 (機体動揺事故では、垂直加速度 (G) の大きな変化が認められています)



#### 本号における「機体動揺事故」

平成13年10月～平成26年6月までに、運輸安全委員会 (旧航空・鉄道事故調査委員会を含む) の調査対象となった航空事故のうち、大型機 (最大離陸重量5,700kg超) において機体動揺により乗客又は客室乗務員が負傷した事故をいいます。なお、掲載のデータには調査中のものを含んでいます。

## 2. 事故の発生状況

機体動揺事故は 19 件あり、そのうち、これまでに 18 件について事故調査報告書を公表しており、1 件は現在、調査中となっています。

以下、これらの調査対象となった機体動揺事故について、統計資料を図示します。

※ 図 2～7、図 12～14 は調査中の事故を含めた計 19 件、図 8～11、図 15 は事故調査報告書公表済の計 18 件を対象としています。

### ■ 事故の発生状況

機体動揺事故の発生件数の推移をみると、発生していない年もありますが、平成 24 年の 4 件が最多で、1 年に 1～3 件、年平均では 1.49 件発生しています。大型機による航空事故は 40 件発生していますが、その半数に近い 19 件が機体動揺事故となっています。(図 2 参照)

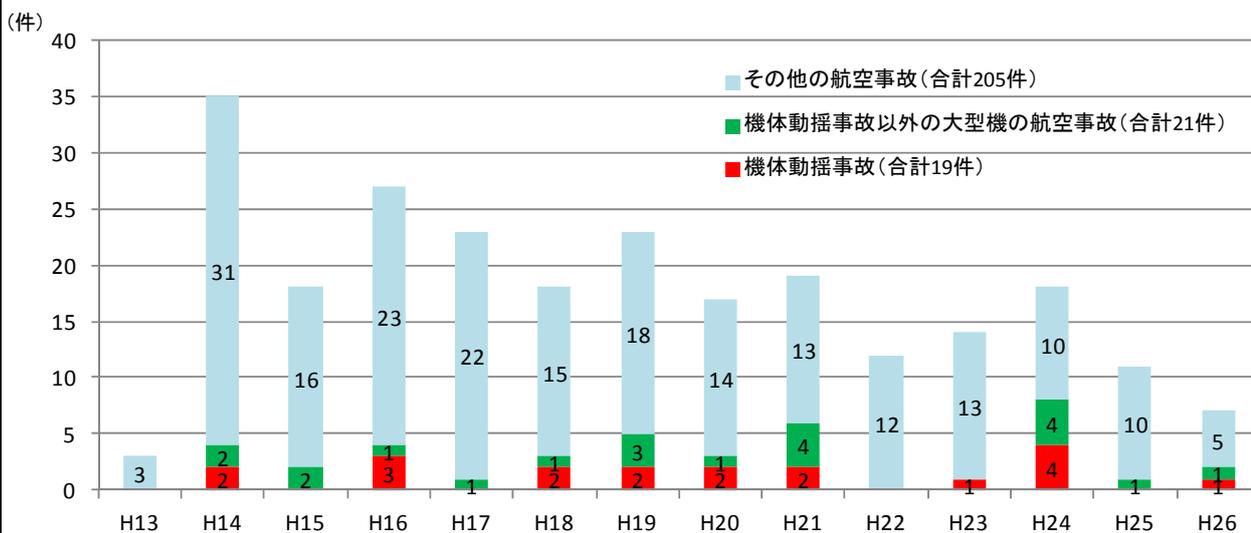


図 2 発生件数の推移

### ■ 発生場所の状況

機体動揺事故の発生場所をみると、東北地方から中国・四国地方にかけて広く分布しています。島根県上空では 3 件が発生しています。(図 3 参照)

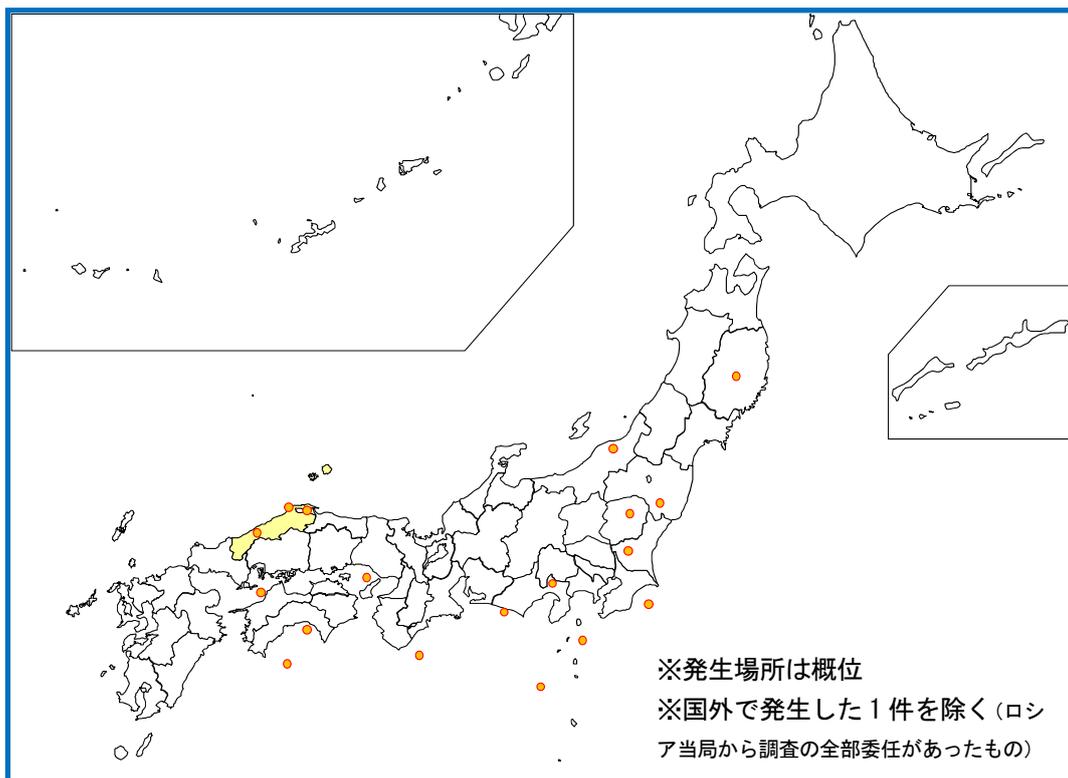


図 3 発生場所の状況

## ■ 負傷者の状況

負傷者数の状況を見ると、機体動揺事故 19 件において重傷者 29 名、軽傷者 82 名で計 111 名にのぼり、1 件あたり約 5.8 名となっています。一方、機体動揺事故以外の大型機の航空事故 21 件における負傷者数は計 32 名で、1 件あたり約 1.5 名となりますので、機体動揺事故による負傷者の発生比率が高いことが分かります。平成 14 年と平成 21 年には 1 件の事故で 40 名弱の負傷者が発生しています。(図 4 参照)

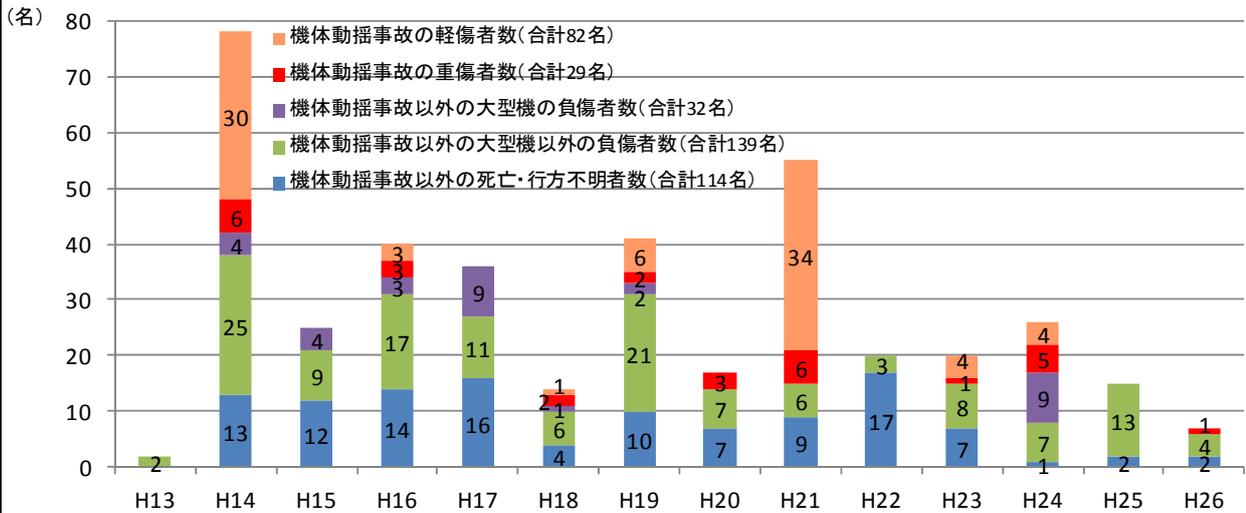


図 4 負傷者数の推移

負傷者の属性別にみると、乗客が 72 名（重傷 18 名、軽傷 54 名）で、客室乗務員が 39 名（重傷 11 名、軽傷 28 名）となっています。客室乗務員は立って作業することが多いため、負傷者数が多くなっているものと思われます。(図 5 参照)

負傷者が発生した機内での位置別にみると、判明した 100 名のうち、後方が 72 名で最も多く、次いで、中央が 19 名、前方 9 名となっています。機体の姿勢が急激なピッチ角(※1)の変化により機体後方は前方に比べて大きな負の垂直加速度がかかり、負傷者が多くなった可能性が示された事例がありました。(図 6 参照) (※1…航空機の機首の上下の傾き角。+は機首上げ、-は機首下げを示す)

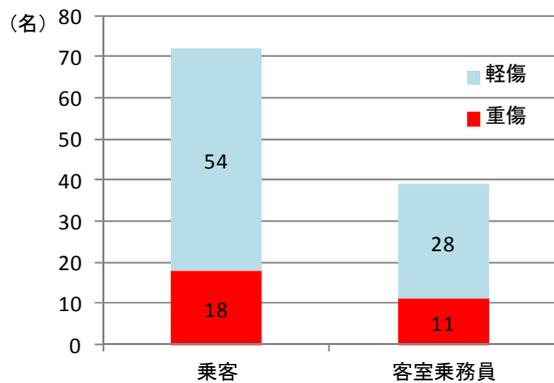


図 5 属性別の負傷者数

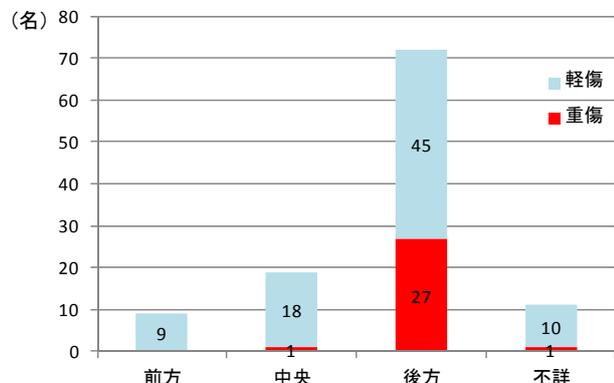


図 6 負傷者の機内での位置

重傷者のうち負傷の詳細が判明した 28 名についてみると、骨折 23 名（頸椎、鎖骨、肋骨、胸椎、胸骨、腰椎、腓骨、足首等）、次いで、震盪等、<sup>しんとう</sup>打撲（脳、頸椎）、打撲（顔面、腹部）、火傷（右上肢、腹部等（幼児））となっています。(図 7 参照)

負傷に至る状況は、機体の動揺により身体が宙に浮いて、頭部を天井にぶつけたもの、身体が宙に浮いた状態から落下し床に叩きつけられたもの、歩行中にバランスを崩したものの、熱いコーヒーが降りかかったものなどがあります。

機体の動揺が発生する前の重傷者の行動として、乗客は着席中や化粧室の利用（シートベルト着用や不着用）、客室乗務員は機内サービスの準備や後片付けなどがあります。シートベルトを着用していた方に、頭部、頸椎への負傷は見られませんでした。激しい横揺れのためにシートベルトを着用していても重傷となった事例がありました。

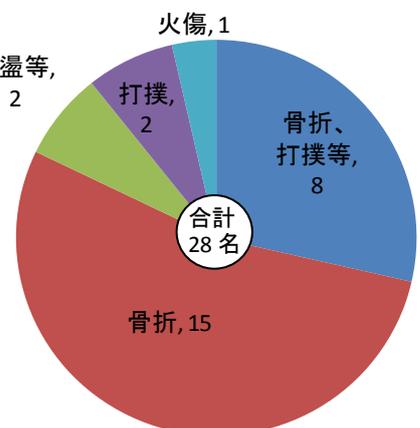


図 7 重傷者の負傷の状況



## 発生高度の状況

発生高度の状況を見ると、30,000ft 以上が 9 件と最も多く、次いで 20,000ft 台が 6 件などとなっており、20,000ft 以上で多く発生しています。(図 12 参照)

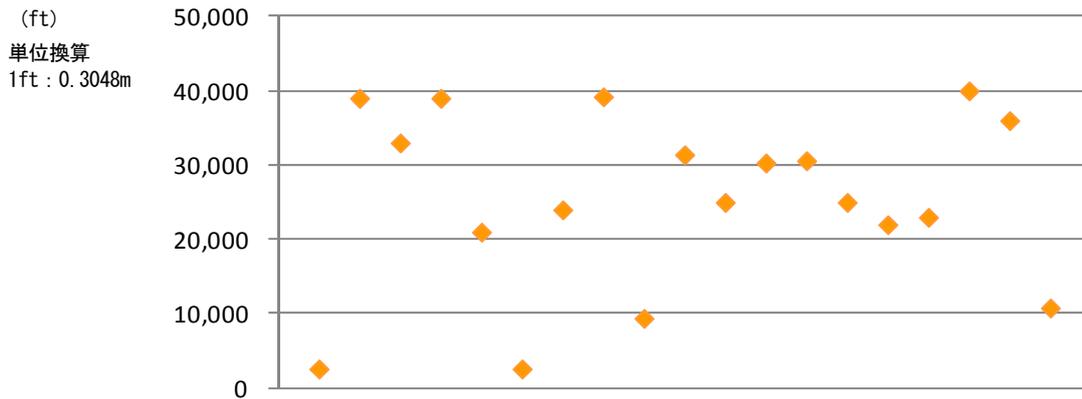


図 12 発生高度の状況

## 発生月の状況

発生月別の状況を見ると、7月が4件と多くなっていますが、その他は1~2件の発生となっており、季節を問わず、1年を通して発生しています。(図 13 参照)

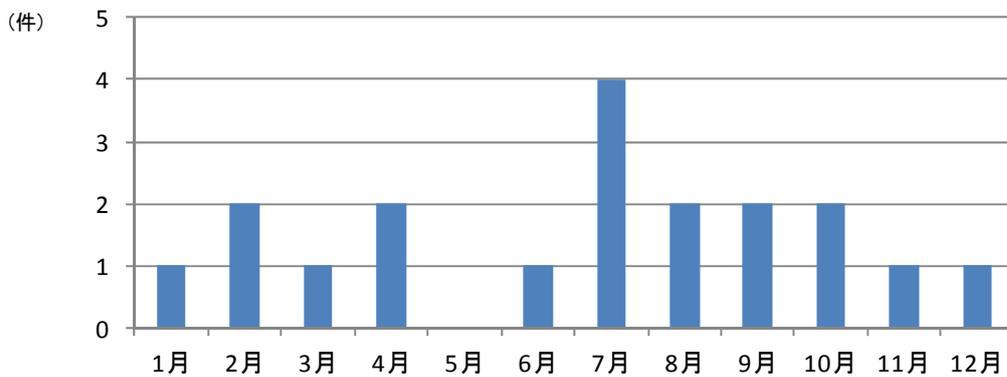


図 13 発生月別件数

## 発生時間帯の状況

発生時間帯別の状況を見ると、15時台が3件と多くなっていますが、8時台~21時台にかけて、1~2件の発生となっています。(図 14 参照)

発生時刻と離着陸時刻の関係を見ると、離着陸の前後 30 分未満に事故が発生したものが 9 件で、30 分以上であったものが 6 件、不詳が 4 件となっています。

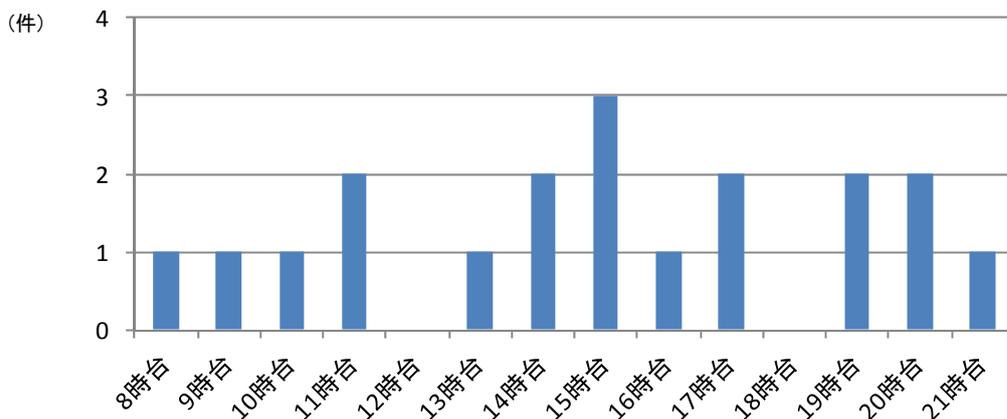


図 14 発生時間帯別件数



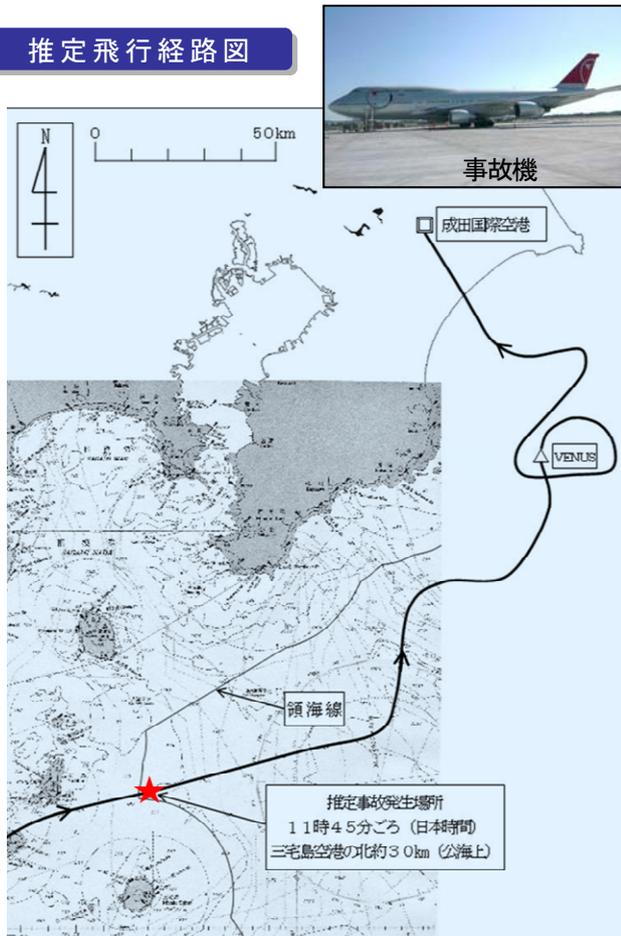
### 3. 事故調査事例

#### 事例 1

## 対流雲域において降下飛行中、大気じょうらんの擾乱に遭遇した際、機体が動揺して乗客及び乗務員が負傷

概要：A社所属ボーイング式747-400型機は、平成21年2月20日（金）、同社の定期便としてマニラ国際空港（フィリピン）を離陸し、成田国際空港へ向けて飛行中の11時45分ごろ、成田国際空港の南南西約174km（三宅島空港の北約30km）の上空、高度約30,300ftにおいて機体が動揺し、乗客4名が重傷、27名が軽傷を負い、客室乗務員7名も軽傷を負った。なお、負傷者の多くが後方客室に集中していた。同機には、機長ほか乗務員13名、乗客408名の計422名が搭乗していた。同機は、機内の一部が損傷した。

#### 推定飛行経路図



#### 事故発生に至る経過

08時47分ごろ

同機は、同社の定期便として成田国際空港へ向け、マニラ国際空港を離陸した

11時30分ごろ

東京管制区管制所（以下「東京コントロール」という。）から、37,000ftから35,000ftへの降下指示があり、同機は積乱雲を避けるために方位を055°から040°へ変更することを要求した

11時42分ごろ

同機は、高度約34,000ftを降下中、東京コントロールからの指示により、方位を080°に変更し、その後、同機の揺れが始まった

11時44分ごろ

風速の変化が始まり、高度約30,700ftから約500ftの降下で、風速は約150ktから約100ktへ減少し、そのころから、機体の姿勢変化を伴い揺れの幅が大きくなった

同機は、高度約30,300ftを降下中、垂直加速度が+1.36Gから-0.52Gとなり、再び+1.70Gとなったとき、同機のピッチ角は機首下げ方向に約0.5°減少後、急激に機首上げ方向に約2°増加した

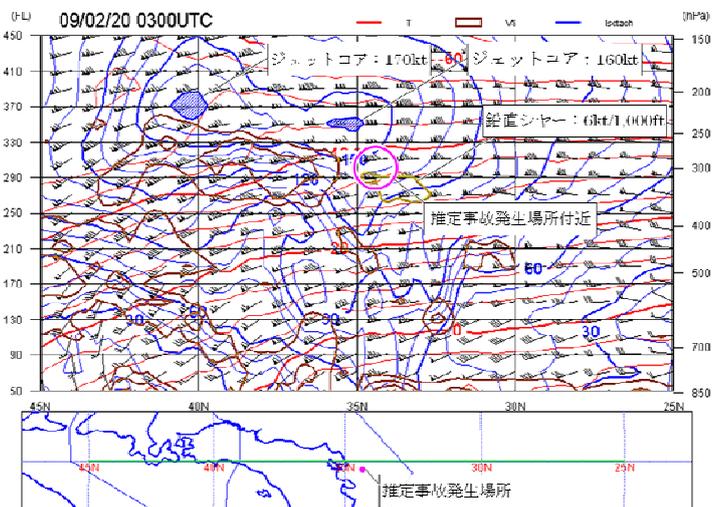
着陸まで垂直加速度は、減少しつつも断続的に変化し、12時19分ごろ成田国際空港に着陸した

#### 気象の状況について

東海付近の低気圧に南からの温暖で湿潤な風が吹き込み、大気が不安定な状態となっていたものと推定される

東海道沖から関東の東にかけて、団塊状の対流雲が発達していたものと推定される

北緯35°、高度26,000～30,000ft付近にはジェット気流に伴う6kt/1,000ftの鉛直シアが解析されていたことから、事故発生付近の空域では、大気の擾乱が発生していたものと推定される



毎時大気解析図

平成21年2月20日12時（東経140度） 気象庁提供資料に追記

#### 単位換算

1G : 9.807m/s<sup>2</sup>

1kt : 1.852km/h

## 前方及び後方客室の比較について

機内のブリーフィングでは、機長は客室乗務員全員に、乱気流に遭遇する可能性があることを説明し、ベルト着用サインの点灯に注意しておくことや、降下の前に作業は全て終わらせておくことを依頼した

### 前方客室及び2階客室の状況

座席数が65席に対して乗客数は64名であり、客室を担当する客室乗務員数は5名であった

### 中央客室及び後方客室の状況

座席数が338席に対して乗客数は338名であり、客室を担当する客室乗務員数は6名であった

同機の座席状況はほぼ満席であり、中央及び後方客室では、前方及び2階客室と比較して座席配置の密集度は高く、また、客室乗務員1人が担当する乗客数は、前方及び2階客室では約13名に対し、中央及び後方客室では約56名と多く、片付けや安全確認などには、より多くの時間が必要であったものと考えられる

前方客室の客室乗務員は、早めにギャレーの安全確認などを行い、サービスを終えて着席した

中央客室及び後方客室の客室乗務員は、ベルト着用サインが点灯してすぐに揺れ始め、各々の客室乗務員は最寄りのジャンプシートへの着席を急いだが、着席することはできなかった

2階客室の客室乗務員は、ベルト着用サインが点灯して、乗客のシートベルト着用状況を確認し、客室乗務員もシートベルトを着用した

客室乗務員1人当たりの乗客数が多く、片付けや安全確認などにより多くの時間を要する中央及び後部客室では、ベルト着用サイン点灯後の安全確認が十分に行われないうちに機体が大きく動揺したものと考えられる

激しい揺れがあり、通路にいた客室乗務員はジャンプシートまではって移動していたが、前方客室では負傷者は見当たらず、騒ぐ人もなかった

中央客室で、座っていなかった何人かの乗客が天井にぶつかり落下して、1人の乗客は動けない状態だった

機体が大きく沈下したとき、2階客室で立っている者はおらず、全員無事であった

客室乗務員を含む何人かが天井に投げ上げられ、多くの乗客が負傷した

機体の大きな動揺があったときには、前方及び2階客室の乗客は着席してシートベルトを着用していたが、中央及び後部客室の一部の乗客は離席していたか又はシートベルトを着用していなかった若しくは着用していても適切な着用状態でなかったものと考えられる。また、11時44分54秒前後に機体は上下に大きく動揺し、垂直加速度は-0.52Gを記録している。機体の姿勢変化は、このときにピッチ角が減少後、急激に増加に転じており、この変化により機体後方が急に下がり、結果として、機体後方は前方に比して大きな負の垂直加速度がかかったものと考えられる



客室天井部のパネルの損傷



アームレストの損傷



化粧室天井部の亀裂破損

これらのことが、中央及び後方客室において負傷者が多くなったことに関与した可能性が考えられる。なお、客室乗務員マニュアルでは、前方より後方客室での揺れが大きい場合があるとあり、機内サービスの計画や乗客に対する安全確認などに当たり、後方の客室乗務員はこのことを念頭において行動することが必要である

出発前の機長からのブリーフィングにより、客室乗務員全員が降下中に気流が悪くなるということは理解していたことから、前方及び2階客室のように、機体の動揺が発生する前に安全確認を行うことは可能であったものと考えられる

## 同機の飛行について

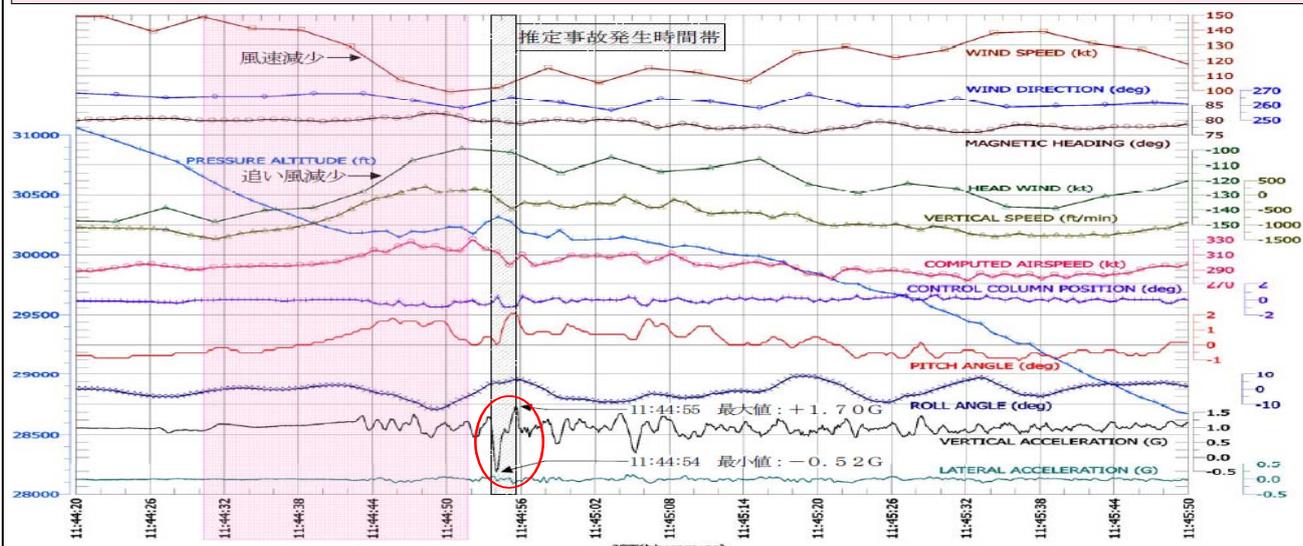
東京コントロールの管制官の指示により、同機は巡航の37,000ftから35,000ftに降下する際に方位の変更を要求しているが、これは積乱雲を避ける方位を選択したものと推定される

同機に対し、東京コントロールの管制官から18,000ftまでの降下及び方位080°に指示があり、同機は同方位に雲があったため、機上レーダーを使用して前方の雲の状態を探查したが、明らかな積乱雲の表示がなかったことから、指示された方位で雲中を降下したものと推定される

DFDRの機体の上下の動揺を示す垂直加速度の記録によれば、11時44分26秒ごろから揺れが始まり、同43秒ごろからは機体の姿勢変化を伴って揺れの幅は増大し、同53秒～55秒ごろ、高度約30,300ftにおいて、機体の顕著な動揺が発生したものと推定される

この機体の動揺は、大気擾乱の影響を受けたものと推定される

事故発生現場付近の風速は130～140ktであったが、同機の受けた風速は約150ktから約100ktと約50ktの変化を受けていたことから、同機は、事故発生現場付近において、一時的に大きく変化した風の影響を受けたものと推定される



DFDR (飛行記録装置) の記録

**原因:** 本事故は、同機が前線近傍の対流雲域でジェット気流下方の風の変化が大きい空域を降下飛行中、大気擾乱に遭遇した際、機体が大きく動揺したため、離席していたか又はシートベルトを着用していなかった若しくは着用していても適切な着用状態でなかった後部客室の乗客4名が、重傷を負ったものと推定される。

乗客が重傷を負ったことについては、ベルト着用サイン点灯から機体が大きく動揺するまでの間、客室後方では安全確認を十分に行えなかったこと、及び前方に比して大きな負の垂直加速度がかかったことが関与した可能性が考えられる。

## 再発防止に向けて

- 客室乗務員がベルト着用サインの表示に共通の認識を持つことが必要であり、また、乗客が適切にシートベルトを着用するようベルト着用サインなどの表示に対して注意を払うことや、機内のアナウンスの聴取を心掛けるよう、注意喚起を行うことが必要です。
- 運航乗務員は、揺れが予測される場合、客室乗務員にはサービスや片付け、安全確認等で多くの時間が必要となることから、十分余裕を持って作業が行えるよう、極力早めにベルト着用サインを点灯する必要があります。
- 客室乗務員は、出発前のプリーフィングで揺れの予測や降下中の着席について機長から説明が行われた場合は、揺れが始まると予測されたときまでには余裕を持って機内サービスが終了できるように計画を立てることが必要です。状況によっては、機内サービスの中断、中止も考慮すべきであり、ベルト着用サイン点灯時には、離席している乗客へ着席を促したり、シートベルトの着用状態の確認などの安全確認も必要となりますので、これらの時間も考慮した計画を立てることが必要です。

本事例の調査報告書は当委員会ホームページで公表しております。(平成23(2011)年12月16日公表)

<http://www.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/rep-acci/AA2011-8-1-N676NW.pdf>

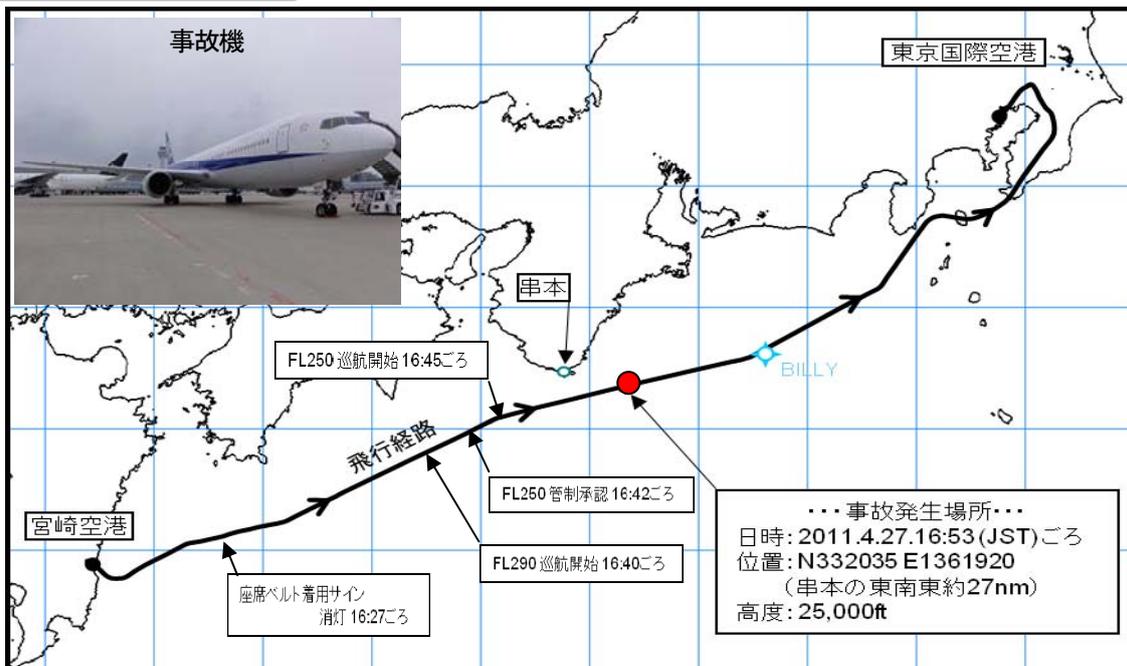
## 事例 2

局地的に発生した晴天乱気流により機体が動揺し、客室乗務員1名が重傷を負ったほか、4名が軽傷を負った

概要：A社所属ボーイング式767-300型機は、平成23年4月27日（水）16時16分、同社の定期便として宮崎空港を離陸し、東京国際空港に向け飛行中、16時53分ごろ、和歌山県串本の東南東約27nm、高度約25,000ftにおいて乱気流により機体が動揺し、左後方化粧室前にいた客室乗務員1名が重傷を負ったほか、乗客、客室乗務員4名が軽傷を負った。

同機には、機長ほか乗務員7名、乗客111名の計119名が搭乗していた。機体の損壊はなかった。

### 推定飛行経路図



### 飛行の経過

16時16分

同機は、宮崎空港を離陸した

16時26分ごろ

巡航高度である約27,000ftを維持して飛行していた

16時27分ごろ

座席ベルト着用サインの消灯

16時40分ごろ

約29,000ft巡航開始

16時42分ごろ

25,000ft管制承認

16時45分ごろ

約25,000ft巡航開始

16時52分38秒

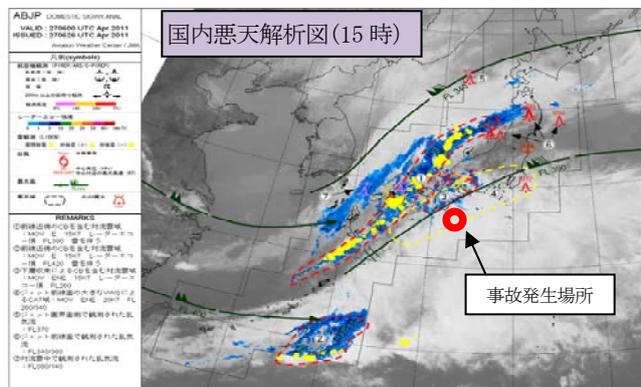
串本の東南東約27nmにおいて強い揺れに遭遇し機体が動揺した

16時52分41秒

座席ベルト着用サインの点灯

16時52分58秒

副操縦士は、東京航空交通管制部に乱気流に遭遇した旨報告



低気圧から延びる寒冷前線に沿ってその前面に発達したエコー域が帯状に伸びて15ktで東進しており、特に四国沖から中国地方、及び北陸沖に延びるエコー域周辺でエコー強度(降水強度を表す)が強くエコー頂高度(雲の高さを表す)も高いものとなっていた。しかしながら、事故発生場所周辺には、エコー強度が5mm/h以下の弱いものが、ごく僅か存在しているだけであり、エコー頂高度も2~4kmと低いものであった

### 運航乗務員の口述(機長)

「フワッ」とした大きなウェーブに乗った感じがした。揺れは小さいものだったが、念のためスピードを下げるためにスラストレバーを絞った。その直後、機体は突然突き上げるように持ち上げられ、その後大きく突き落とされた。その揺れは瞬時に発生し、揺れの突発さ、大きさは、今までに経験したことがないものであった

次ページへ

16時55分ごろ

前ページから

客室乗務員は客室の状況を機長に報告した

16時56分ごろ

副操縦士は、カンパニーレディオにより、乱気流に遭遇し、負傷者が出ている旨を報告した

17時22分ごろ

機長は、乱気流に遭遇したが飛行には支障ない旨の機内アナウンスを行った

17時43分ごろ

同機は、東京国際空港に着陸した

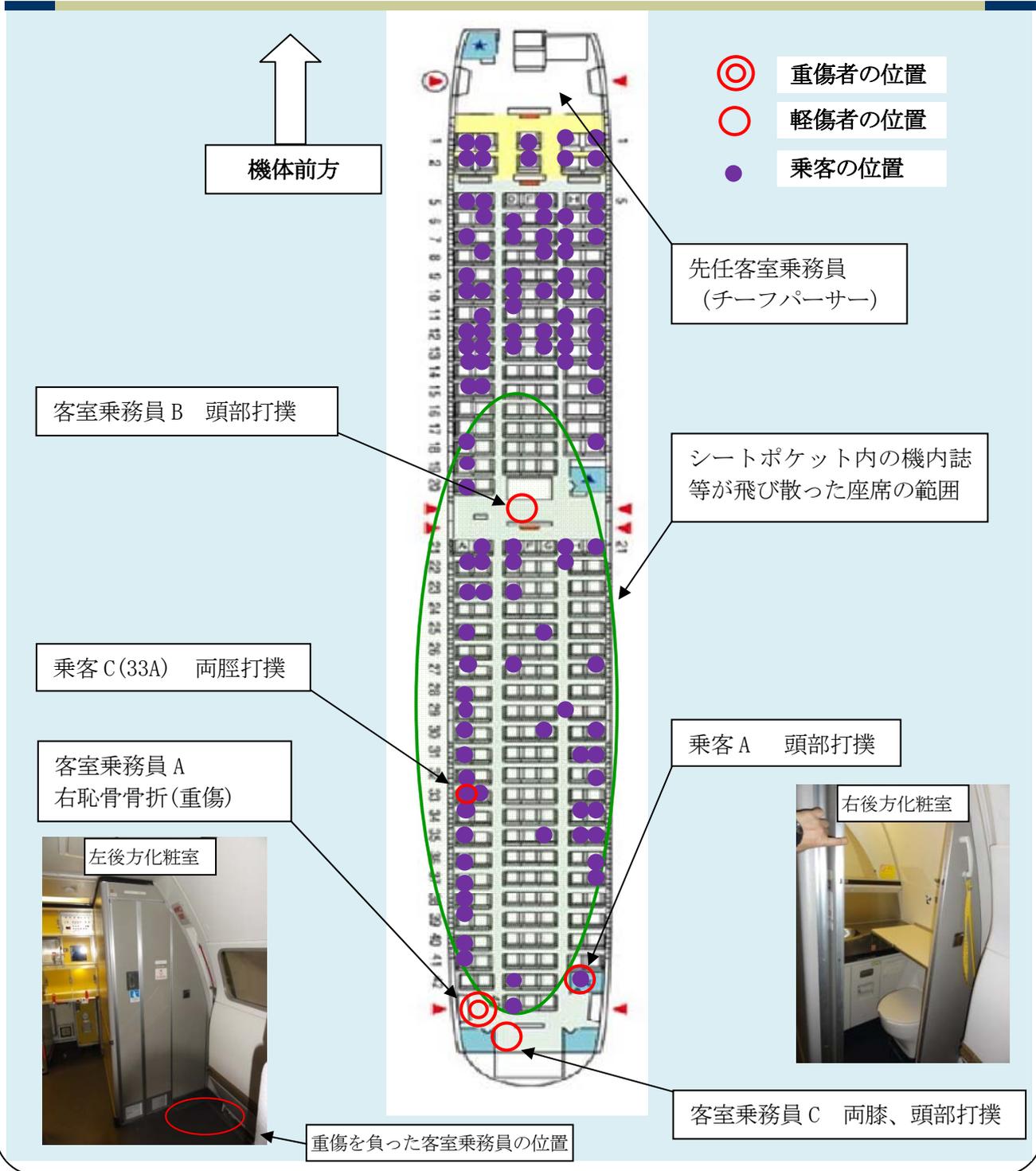
### 客室乗務員の口述（チーフパーサー）

「フワッ」と浮いた感じであった。とっさにカーテンをつかんだが体が20cm程浮き、カーテンの裾が腕にかかった状態で着地した。機内の破損はなかったが、後方キャビンでは背もたれのポケットの中に入っているほとんどの機内誌やヘッドホンが通路に飛散していた

### 乗客の口述（乗客A）

右後方化粧室で、大きな揺れが来る前に横揺れがあり、揺れる予感がしたと思ったら、縦揺れになって一瞬で頭が天井にぶつかって落下した

## 負傷者の状況について



## 事故要因の解析

### 対流雲による影響

同機の飛行高度周辺には雲はなく、薄い雲と雲の間の状態であった

同機の揺れは対流雲の影響を受けたものではないものと推定される

### 風による影響

揺れが発生した周辺の空域には密度差のある層が存在し、また風速に差（ウインドシア）があったことから、層の境界面付近において気流が不安定となり乱気流が発生しやすい状態となっていた

同機がこの境界面付近を飛行中、不安定度の大きなところで乱気流が顕在化し、大きな揺れにつながった可能性が考えられる

### 同機が遭遇した乱気流

東進するにつれ、ジェット気流下方の前線帯に近づいた

事故発生場所は 0~6kt の弱い鉛直シアーしか解析されていなかった

揺れが非常に短期間でかつ 1 回限りで終わっている

雲のないところを飛行していた時、大きな揺れに遭遇した

同機が遭遇した乱気流は、局地的かつ一時的に発生した小規模の強い晴天乱気流であったものと推定される

### 揺れの状況

同機の揺れは、ピッチ角が機首上げ側に増加したことに伴う機体の重心位置を中心とする動きと、機体全体の約 80ft の急激な低下とが複合したことにより、後部が急激に下がった

左後方化粧室付近にいた客室乗務員の体が宙に浮き、床に落下した際に重傷を負ったものと推定される

**原因：**本事故は、同機が飛行中に突然大気の変乱に遭遇して機体が大きく動揺したため、機体後部にいた客室乗務員の体が宙に浮いて床に落下し、重傷を負ったことによるものと推定される。

同機が遭遇した変乱はジェット気流下方の前線帯近傍のウインドシアーにより局地的かつ一時的に発生した晴天乱気流であった可能性が考えられる。

## 再発防止に向けて

- ▶乗客が歩行する場所にハンドルを設置する等の対策について、引き続きその有効性の検証を行うとともに更なる検討を行っていくことが望まれる。
- ▶乗客に対しても機体が動揺した際の対処方法等を周知することについて検討することが望ましい。
- ▶晴天乱気流の探知のため、機体搭載型ドップラーライダーの研究開発の促進が望まれる。
- ▶モテレート（並）以上の乱気流に遭遇した航空機から機体を受けた加速度等を含むより詳細なデータを気象機関が入手・分析できるようにすることにより、晴天乱気流の予想精度の向上が図られることが期待される。

本事例の調査報告書は当委員会ホームページで公表しております。（平成 24（2012）年 6 月 29 日公表）

<http://www.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/rep-acci/AA2012-5-4-JA8569.pdf>

### 事例3

## 急激に発達した積乱雲に進入して乱気流に遭遇し、機体の動揺により客室乗務員が負傷

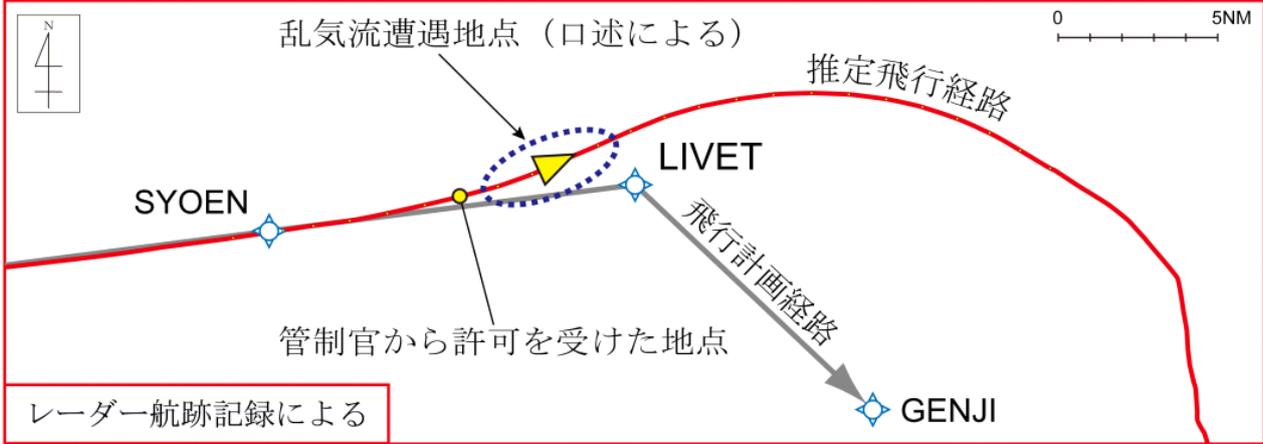
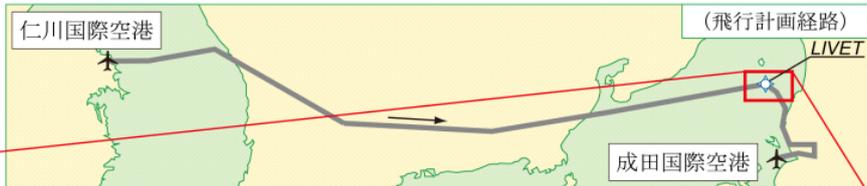
概要：A社所属ボーイング式777-200型機は、平成24年7月5日（木）、同社の定期便として、仁川国際空港（韓国）を離陸し、成田国際空港に向け飛行中、14時18分、成田国際空港の北約150km、高度約23,000ftにおいて機体が動揺し、機体の最後部ギャレーで作業をしていた4名の客室乗務員は、突然の機体の動揺により、2回続けて、宙に浮いて、床に叩きつけられた。これにより、1名の客室乗務員が重傷、3名の客室乗務員が軽傷を負った。

同機には、機長ほか乗務員11名、乗客244名、計256名が搭乗していた。  
機体の損壊はなかった。

#### 推定飛行経路図

◆ ウェイポイント

（飛行経路のために定められた地理上の地点）



#### 事故発生に至る経過

12時55分ごろ

同機は、定期便として成田国際空港へ向け仁川国際空港を離陸した

同機がLIVET（推定飛行経路図参照）の手前を降下中、右側に小さな積乱雲を発見したとき、機上搭載の気象レーダーでは弱いエコーとしてグリーンで表示されていた  
積乱雲回避のため、針路変更の必要が生じ、管制官から許可を受けて左側への迂回飛行を開始した

乱気流等の悪天候に関わる情報はなかったため、機長は、降下開始直後に進入着陸の一環として乗客にシートベルト着用 of 指示を出す一方、**客室乗務員へは着席指示や乱気流に関する連絡を行っていなかった**

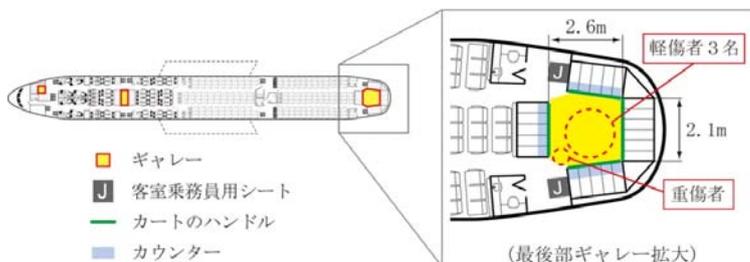
14時18分ごろ

迂回中、雲の一部に進入しモデレート（並）の乱気流に遭遇した  
機体の急激な動揺により、機体の最後部ギャレーで作業していた4名の客室乗務員が重軽傷を負った



事故機

#### 負傷した4名の客室乗務員が作業していた最後部ギャレーの状況



- ・機体の動揺に備えた専用の手すり等は設置されていない
- ・手すり等の代わりに利用できる固定物としては四方の下部に収納されているカートのハンドル及びカウンター等がある  
（事故発生当時、カートは全て収納された状態であった）
- ・負傷した客室乗務員の位置からカートのハンドル等までの距離はやや遠い状況であった

## 当時の気象について

### 1. 天気概況

寒気（上空5,500m付近で-9℃以下）を伴った気圧の谷の通過により、東日本や北日本では、大気の状態が不安定で、所々で対流雲（積乱雲及び積雲など）が発達していた

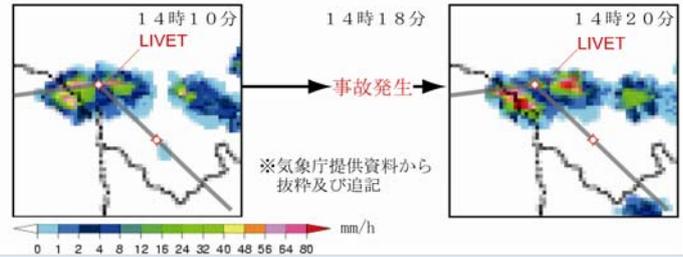
### 2. 事故発生場所周辺のレーダーエコー図（右図参照）

事故発生時刻前**14時10分**及び発生直後**14時20分**のレーダーエコー図によれば、**この間にエコー強度が増し、エコー頂高度が26,000ft以上に達していた**

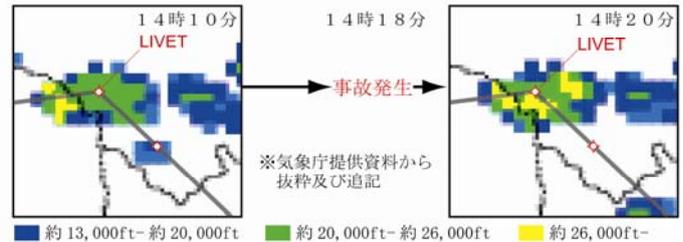
### 3. 国内悪天予想図

同機の飛行経路上において、乱気流等の悪天は予報されていなかった

レーダーエコー図（強度：降水強度を表す）



レーダーエコー図（頂高度：雲の高さを表す）



## A社のマニュアルについて

※A社のマニュアルには、以下の内容が記載されている（要約）

### 1. 機上搭載の気象レーダーについて

気象レーダー表示装置

#### 弱いエコー（グリーン表示）

エコーがグリーンだけなら（減衰なし、及び/又は、激しい雷雲として表示されていないと仮定して）、危険ではなく、**弱い乱気流が予想される**。モデレート（並）の乱気流の可能性は少しあるが、**強い乱気流の可能性はない**

### 2. 予期せぬ乱気流への対応方法

モデレート（並）若しくはそれ以上の乱気流に突然遭遇した場合、客室乗務員は、床、近くの乗客シート、客室乗務員用シートへの着席など、“**作業中止ーしゃがむーつかまる**”ことに徹しなければならない。しっかりシートベルトを締めるか、可能であればショルダーハーネスを装着すること。空席がないときは、アームレストに座るか、床に座るか、固定物につかまること

## 事故要因の解析

### ●運航乗務員による天候の判断

飛行前及び飛行中の天候情報、また、LIVET 手前で発見した積乱雲が、雲頂高度が低く発達しているようには見えなかったこと、機上搭載の気象レーダーでも弱いエコー（グリーン表示）であったことから、機長及び副操縦士は、**積乱雲を迂回している最中は、飛行に影響を及ぼす乱気流はないと判断し、客室乗務員に対して乱気流に関わる連絡をしなかったものと推定される**

### ●積乱雲の発達

同機が迂回した積乱雲は、**事故発生時刻直前か**

ら急激に発達したものと推定される。同機は、積乱雲を避けようとして迂回したが、雲の一部に入ってしまった、その擾乱に遭遇したものと考えられる

### ●負傷した客室乗務員の機体動揺への対応状況

最後部ギャレーで作業をしていた4名の客室乗務員は、**事前に機長から乱気流に関わる連絡がなく、突然、機体後部が沈んだため、宙に浮き、周りの固定物につかまることができなかったものと考えられる**

機長から客室乗務員に対し乱気流に関わる連絡があれば、機体動揺への対応ができた可能性が考えられる

**原因**：本事故は、同機の機体が大きく動揺したため、機体最後部にいた客室乗務員が重傷を負ったことによるものと推定される。

機体が大きく動揺したのは、同機が急激に発達した積乱雲を避けきれず、その一部に突入してしまったことによるものと考えられる。

客室乗務員が重傷を負ったのは、突然に機体が動揺したため、周りの固定物につかまることができなかったことによるものと考えられる。

## 再発防止に向けて

### 事故発生後にA社が講じた措置

➢A社は、本事故発生後、フライトアテンダントオペレーションズマニュアル（予期せぬ乱気流時の対応方法）の内容を強化した。

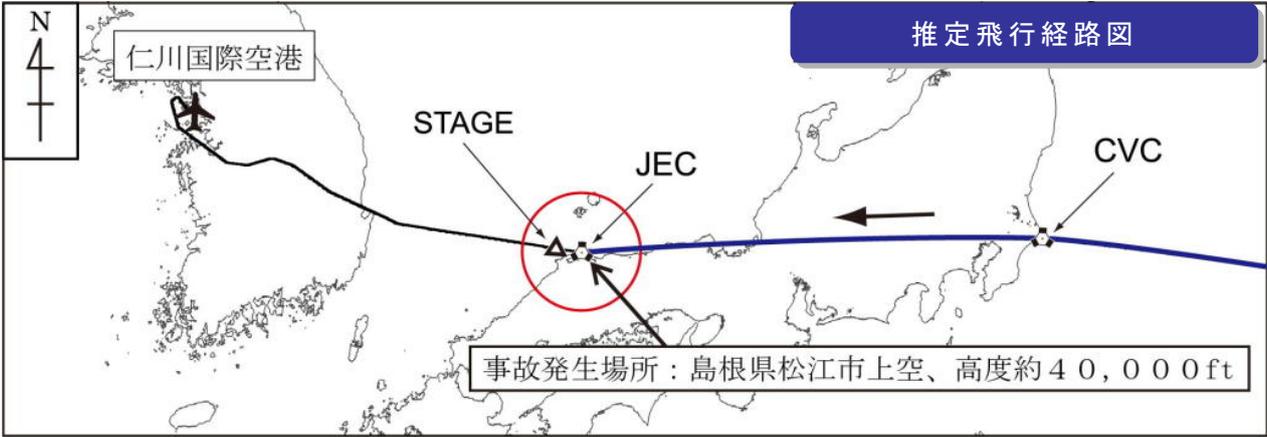
本事例の調査報告書は当委員会ホームページで公表しております。（平成25(2013)年3月29日公表）

<http://www.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/rep-acc/AA2013-3-2-N224UA.pdf>

# 事例4

## 激しい大気の擾乱に遭遇し、機体が大きく動揺して乗客が重軽傷を負った

概要：A社所属エアバス式A330-300型機は、平成24年8月21日（火）、同社の定期便としてホノルル国際空港（米国）を離陸し、仁川国際空港（韓国）に向け飛行中の15時17分ごろ、島根県松江市の上空、高度約40,000ftにおいて機体が動揺し、乗客2名が重傷を、乗客1名が軽傷を負った。同機には、機長ほか乗務員14名、乗客206名の計221名が搭乗していた。機体の損壊はなかった。



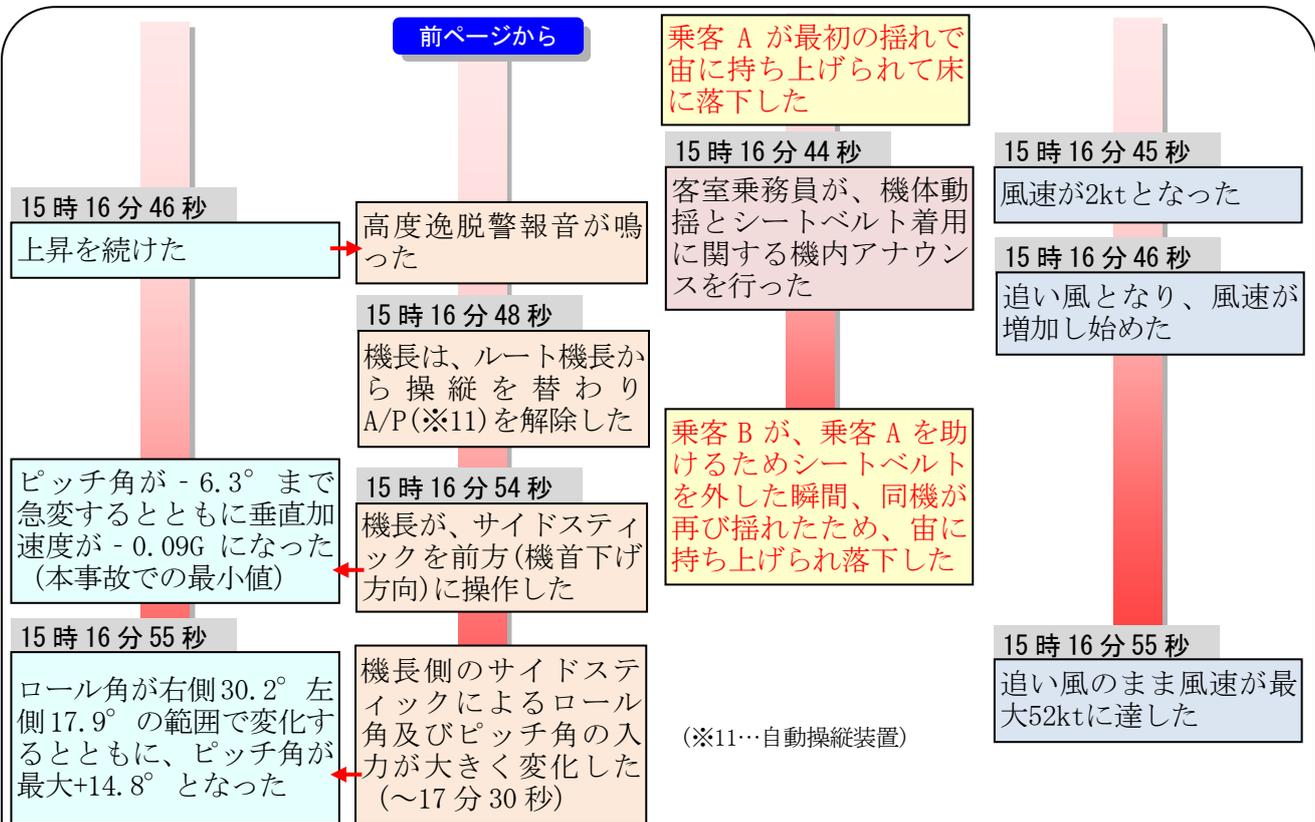
### 事故発生に至る経過

15時14分17秒 JEC（美保VORTAC(※8)）が落雷で停波したことについて、東京管制区管制所と他の航空機が日本語で交信

機体	コックピット	客室	気象状況
15時16分14秒 垂直加速度の小さな変動が始まった	15時16分24秒 ルート機長(※9)が、スピードセクターでマッハ0.78をセット		15時16分30秒 同機の右後方から平均16ktで吹いていた風が、反時計回りに変動し始めた
15時16分30秒 垂直加速度のやや大きな変動が始まった	ルート機長が、シートベルトセクターを操作		15時16分33秒 外気温度の変化が始まった
15時16分36秒 迎え角(※10)が急に増大したが、ピッチ角には変化がなかった			15時16分36秒 風向が、同機に正対する状況になった
15時16分38秒 速度がマッハ0.872になり、一時的に最大運用速度マッハ0.86を超過	速度超過警報音が鳴った		15時16分38秒 風が34ktとなった
強い上昇気流を受けて機体全体が持ち上げられ上昇を始めた			
15時16分40秒 垂直加速度が1.88Gとなった（本飛行で最大値）			15時16分40秒 外気温度が4℃急激に上昇した（約15秒間高い値を保持）
15時16分41秒 上昇率が約3,300ft/minとなった			風向が反時計回りに変動し始めた
15時16分42秒 垂直加速度が0.04Gとなった（本飛行での最大変化）			15時16分42秒 風向が、左からの横風になり、風速は20ktになった

(※8…VORTAC：VORとTACANを併置した航空保安無線施設)  
 (※9…A社において、3名の乗員編成の場合に、巡航飛行中のみ機長に代わり機長の業務を行う操縦士)  
 (※10…翼が一樣な気流の中に置かれたとき、この気流の方向と翼弦線のなす角度)

次ページへ



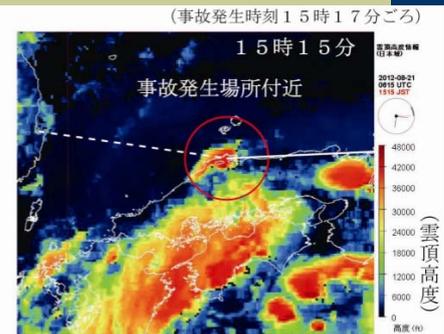
### 気象との関連

#### 積乱雲による影響

事故発生場所付近では、事故発生の約1時間前から積乱雲が急速に発達し、雲頂高度が同機の飛行高度である40,000ftを超えるものもあった

さらに、事故発生直前にJECが落雷で停波したことについて、同機の周辺を飛行する他の航空機が悪天候を避ける交信をしていたことが操縦室用音声記録装置に記録されていた

事故発生場所付近では、機長及びルート機長が注意しなければならない積乱雲が存在していたものと推定される



※気象庁提供資料から抜粋及び追記  
高頻度衛星雲観測画像

### 積乱雲の認知

機長及びルート機長は、事故発生までの約30分間、規程等を開き、様々なフェーズを想定した操作要領の確認に傾注して気象状況及び計器の監視が十分でなかったことにより、気象レーダーがオフであったことに気付かなかつたため、積乱雲を認知できなかったものと考えられる

機長は、飛行前の気象ブリーフィングでは、飛行ルート周辺に雲頂高度42,000ftの雲が予想されていたが、事故発生場所を含む飛行ルート上には雲等の悪天候は予想されていなかったと述べているが、周辺の雲が事故発生場所まで広がる可能性は考えられる

機長及びルート機長は、運航中、常に最新の気象情報をオペレーションコントロールセンター等から入手するとともに、外部監視と共に気象レーダーを積極的に使用して経路上の気象状況に注意を払う必要があった



機長が飛行前のブリーフィングで確認したロンドン世界空域予報センター発表の国際航空用悪天予想図

## 自動操縦装置の解除

機長が行った A/P 解除後の操縦操作により、機体が大きく動揺した結果を招いた可能性が考えられる

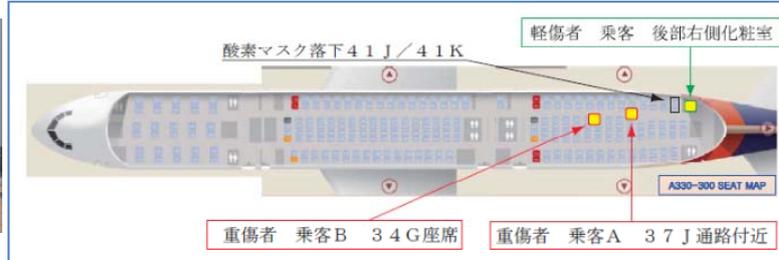
機長は、高高度でかつ大気の擾乱の中を手動操縦により同機を安定させることが困難であったものと考えられる

A 社の規程には、強い乱気流に遭遇した場合は A/P を継続使用することが規定されている

ピッチ角の変化は A/P 解除後に顕著な動きとなっていたことから、自動操縦を継続していれば、これほどのピッチ角の変動はなかった可能性が考えられる



事故機



事故発生時の負傷者等の位置

**原因：**本事故は、同機が大きく動揺したため、後部通路を歩行していた乗客が重傷を負い、さらに、付近に着席しこれを助けようとした乗客がシートベルトを外した瞬間に、同機が再び大きく動揺したため、重傷を負ったものと推定される。

最初に同機が大きく動揺したのは、気象レーダーがオフであったことに機長及びルート機長が気付かなかったため、同機が積乱雲の中又はその近辺を通過し、強い上昇気流を伴った風向風速の変化が激しい大気擾乱に遭遇したことによるものと考えられる。同機が再び大きく動揺したのは、機体を安定させるために機長が自動操縦装置を解除した後の操縦操作が影響した可能性が考えられる。

気象レーダーがオフであったことに機長及びルート機長が気付かなかったのは、気象状況及び計器の監視が十分でなかったことによるものと考えられる。

## 再発防止に向けて

### 事故発生後に A 社が講じた措置

- 運航乗務員に対して、本事案を周知し、次の事項を安全強化事項として通報した。
  - ・ 合同ブリーフィングにおいて客室乗務員と乱気流情報を共有し乱気流遭遇時の対応を確認すること。
  - ・ 航空管制機関から入手した乱気流情報、気象レーダー及び目視観測の情報を総合してタイムリーに気象情報を把握すること。
  - ・ 乱気流が予想される場合は規定されている手続に従うこと。
  - ・ 強い乱気流に遭遇した場合は乗客の不安解消のために機長アナウンスを実施すること。
  - ・ 良好な CRM（クルーリソースマネジメント）を維持すること。
- 客室乗務員に対して、本事案を周知し、次の事項を安全強化事項として通報した。
  - ・ シートベルトサイン点灯時、揺れの強さに関係なく乗客が常時シートベルトを着用しているかどうかの確認を徹底すること。
  - ・ 機内アナウンス実施中にシートベルトサインが点灯した場合は、乱気流に関わるアナウンスを優先すること。
  - ・ 乱気流遭遇時に関わる規程の熟知と遵守を徹底すること。
  - ・ 先任客室乗務員は、シートベルトサインが点灯した際、機長との連絡を密にして機体動揺に備えた体制を強化すること。
  - ・ 予期せぬ機体動揺に備えた体制を継続すること。

### 同機的设计・製造会社が講じた措置

- 速度超過した場合は、A/P を維持するとともに、すぐにスピードブレーキレバーをフルにセットし、推力の減少状況をモニターすること等の FCOM（フライトクルーオペレーティングマニュアル）の記載について、「速度超過からの回復」として分かりやすく明記した。

本事例の調査報告書は当委員会ホームページで公表しております。（平成 26（2014）年 7 月 25 日公表）

<http://www.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/rep-acc/AA2014-4-2-HL8258.pdf>

## 4. まとめ

本号で紹介した事故調査事例（4 事例）及びそのほかの事故調査から、発生状況及び再発防止に向けての教訓について、以下のとおりまとめました。

### 機体動揺事故の発生状況

#### ◆事故の発生状況

大型機による事故は 40 件発生していますが、その半数に近い 19 件は機体動揺事故が占めています。

#### ◆負傷者の状況

機体動揺事故 1 件あたりの負傷者数は、機体動揺事故以外の大型機の航空事故に比べ約 4 倍となっています。

負傷者が発生した機内の位置は、機体の後方が約 72%となっています（位置が不詳を除く）。

#### ◆原因分類

### 環境的要因以外に組織的要因等も関与

環境的要因が 7 件、環境的・組織的要因が 5 件、人的・環境的要因が 4 件、人的・環境的・組織的要因が 2 件となっており、環境的要因のほか、組織的要因等も関与し事故が発生しています。

### 事故調査事例から得られた教訓

#### ○運航乗務員

- ・揺れが予測される場合、客室乗務員にはサービスや片付け、安全確認等で多くの時間が必要となることから、十分余裕を持って作業が行えるよう、極力早めにベルト着用サインを点灯すること

#### ○客室乗務員

- ・出発前のブリーフィングで揺れの予測や降下中の着席について機長から説明が行われた場合は、揺れが始まると予測されたときまでには余裕を持って機内サービスが終了できるように計画を立てること
- ・乗客が適切にシートベルトを着用するようベルト着用サインなどの表示に対して注意を払うこと
- ・機内のアナウンスの聴取を心掛けるよう、乗客に対する注意喚起を行うこと
- ・状況によっては、機内サービスの中断、中止も考慮すること
- ・ベルト着用サイン点灯時には、離席している乗客へ着席を促すこと
- ・シートベルトの着用状態の確認などの安全確認を行うこと

#### ○その他

- ・一部の機種について、乗客が歩行する場所にハンドルを設置する等の対策が取られているが、引き続きその有効性の検証を行うとともに事故防止のための更なる検討を行っていくこと
- ・乗客に対して機体が動揺した際の対処方法等を周知することについて検討すること

### 事故防止分析官のひとこと

機体動揺事故では、運航・気象のプロの技術でも予測が難しい乱気流等が突然、航空機と遭遇して発生しています。

乱気流等を予測する技術開発に期待を寄せる一方、日夜運航される航空機において、常に同様の事故が発生する可能性があるため、運航者・利用者それぞれの立場に応じた「最善の備え」が、未然防止・被害軽減につながるものと思います。

航空機を利用される際は、ベルト着用サインの点灯の有無にかかわらず、できる限りシートベルトを適切に使用することにより、ご自身を守っていただければと思います。

「運輸安全委員会ダイジェスト」についてのご意見や、講師派遣のご依頼をお待ちしております。

〒100-8918

東京都千代田区霞が関 2-1-2

国土交通省 運輸安全委員会事務局

担当：参事官付 事故防止分析官

TEL 03-5253-8111 (内線 54234)

FAX 03-5253-1680

URL <http://www.mlit.go.jp/jtsb/index.html>

e-mail [jtsb\\_analysis@mlit.go.jp](mailto:jtsb_analysis@mlit.go.jp)