

### 第3章 機体動揺事故の事例及び分析

ここからは、第2章で分析した事故調査報告書の事故事例を紹介するとともに、これらの報告書において、事故に至った要因あるいは事故防止に向けたポイントとして指摘されている事項を説明します。

#### 1. 事故事例紹介

##### 事例1

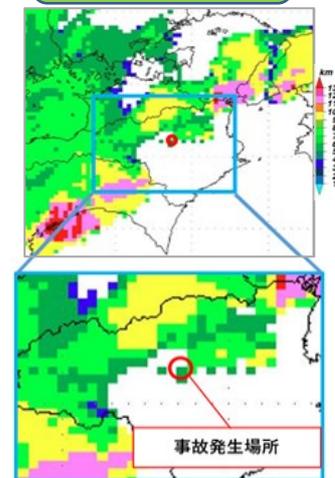
概要 A社所属ボンバルディア式DHC-8-402型は、2022年6月25日（土）、同社の定期便として、熊本空港から大阪国際空港へ向けて飛行中、17時35分、対流雲による気流のじょう乱に遭遇し機体が大きく動揺したため、客室乗務員1名が重傷を負った。

推定飛行経路図



気象

レーダー合成図  
(エコー頂高度)



レーダー合成図（エコー頂高度）から、事故発生場所付近には、雲頂高度 5km（16,403ft）から 6km（19,685ft）の高さまで発達した対流雲が存在していたものと推定される。

#### 機体の動揺

FDR の記録には、13 時 29 分 08 秒から約 12 秒間に垂直加速度が+0.2G から+2.1G の間で変化したことが記録されており、このとき同機は、発達した対流雲の直近を飛行していたものと考えられ、対流雲による気流のじょう乱に遭遇して同機は大きく動揺したものと考えられる。

#### 運航乗務員の気象判断とベルトサインの運用

運航乗務員は、変針することによりエコーを避けることができると考えたこと、及び乗客のニーズを考慮したことから、大きな縦揺れに遭遇するまでベルトサインを消灯したままにしていたものと考えられる。運航乗務員は、ベルトサインの運用について、機体が動揺する可能性がある場合には、より安全サイドに立って判断することが望ましい。

原因：本事故は、同機が、ベルトサイン消灯中に対流雲による気流のじょう乱に遭遇し大きく動揺したため、機体後部にあるギャレーでしゃがんで作業をしていた客室乗務員の身体が宙に浮き、体勢を崩した状態で床に落下し、負傷したものと推定される。同機が対流雲による気流のじょう乱に遭遇したことについては、機上気象レーダーに表示された対流雲からの回避操作が十分ではなかったことに加え、機上気象レーダーでは覚知することが困難な発達途上の対流雲があった可能性もあり、これらから適切な距離を確保することができなかった可能性が考えられる。

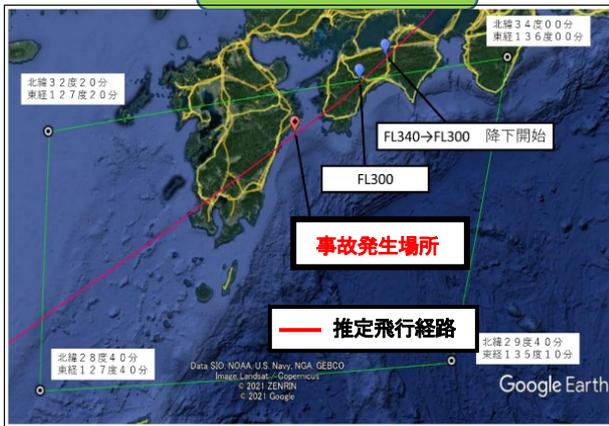
本事例の事故調査報告書は当委員会ホームページで公表しております。（2023年10月26日公表）  
<https://www.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/rep-acc/AA2023-7-2-JA854A.pdf>

## 事例2

**概要** B社所属エアバス式A320-232型機は、2019年12月25日（水）、同社の定期便として、函館空港から台湾桃園国際空港へ向けて飛行中、16時12分ころ、ジェット気流付近のウィンドシアーに遭遇して機体が大きく動揺して客室乗務員1名が重傷を、乗客1名及び客室乗務員2名が軽傷を負った。

※「ウィンドシアー」とは、局地的に風向や風速が急激に変化する現象をいう。

### 推定飛行経路図



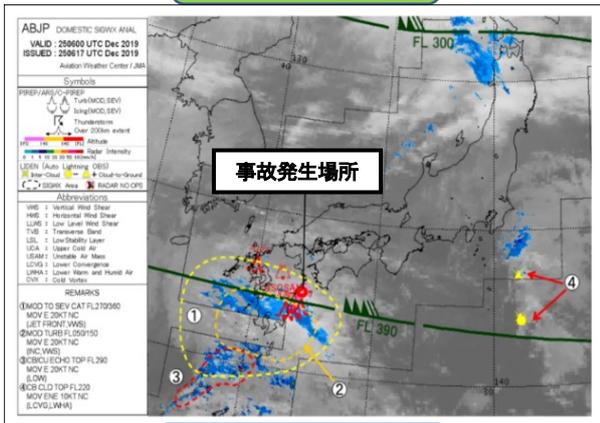
### 気象及び同機の動揺

事故発生場所付近では上層雲のトランスバースライン及び鉛直シアー域が観測されていることから、ジェット気流に沿って強いウィンドシアーが存在していたものと推定される。同機はこのウィンドシアーに遭遇したことにより大きく動揺したものと推定される。この動揺により、客室後方から前方のジャンプシートに戻るため通路を移動しようとしていた前任客室乗務員が転倒して右足首を骨折したものと推定される。

### 運航乗務員の判断

運航乗務員は、飛行前に確認した気象データ、機上気象レーダーの表示及び機上気象報告によって、乱気流に遭遇することはあってもそれほど強い乱気流に遭遇することはないと予測していたものと考えられる。しかし、14時00分に気象庁から発出されたシグメット情報を入手できていれば、運航乗務員が飛行高度及び飛行経路の変更並びにシートベルト着用及び客室へ安全情報提供の要否及びタイミングについて先行的に判断するために有用であったものと考えられる。

### 国内悪天解析図

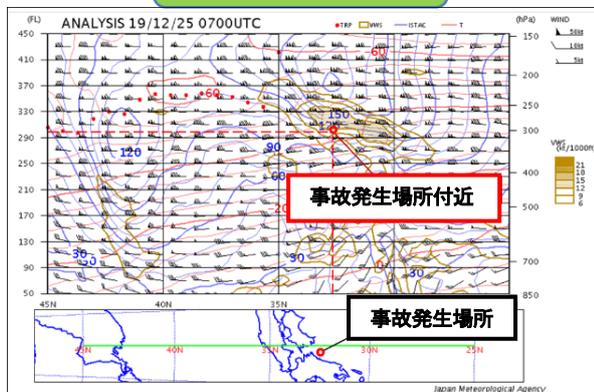


### 同社の運航支援体制

オペレーションコントロールセンター（OCC）は、気象庁が14時00分に発出したシグメット情報を入手していなかったものと考えられる。シグメット情報は、運航の安全に係る重要な天候の変化等に関する情報であるので、OCCがその情報を適時的に取得し、運航乗務員に対して適宜提供することが、同様の事故を防ぐ上で有用であるものと考えられる。

※「シグメット情報」とは航空機の運航に重大な影響を与える気象現象の発現が予想又は観測され継続する場合に発出される情報

### 毎時大気解析図



### オートパイロットの解除

同機が大きく動揺したとき、副操縦士は、意図せずサイドスティックを前方に操作したものと考えられ、その操作量が機体に設定されたオートパイロット解除の閾値（前方に5°）を超えたためオートパイロットが解除されたものと考えられる。オートパイロットが解除されたことが、その後の同機の挙動に影響を与えたものと考えられる。

**原因**：本事故は、同機がジェット気流付近のウィンドシアーに遭遇して大きく動揺したため客室通路を移動中であつた客室乗務員が転倒し、重傷を負ったものと推定される。

本事例の事故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。（2022年03月24日公表）

<https://www.mlit.go.jp/jtbs/aircraft/rep-acci/AA2022-1-1-B50001.pdf>

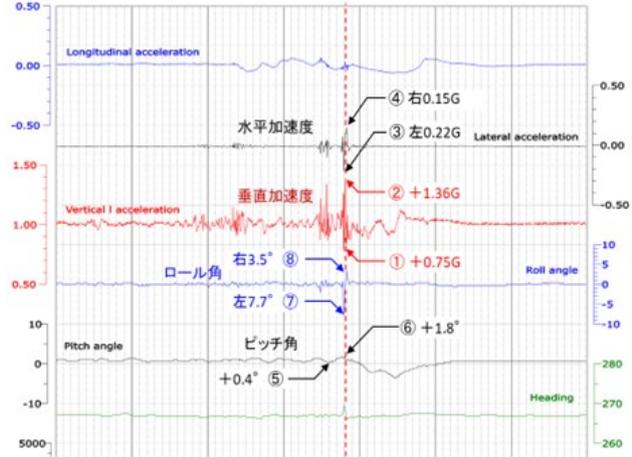
### 事例3

概要 C社所属エアバス式A320-214型は、2022年1月16日（日）、同社の定期便として、東京国際空港から北九州空港へ向けて飛行中、19時48分ごろ、岡山市上空FL280において機体が動揺して乗客1名が負傷した。晴天乱気流に遭遇し、シートベルト着用中の乗客が右脇腹を座席右側の肘掛けに打ち付け、負傷した。

#### 推定飛行経路図

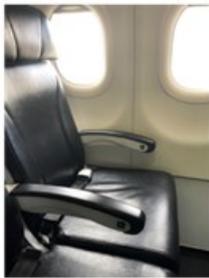


#### QAR の記録



#### 気象及び同機の動揺

##### 負傷者座席



座席23A

事故発生場所付近に雲のエコーは観測されていなかったものの、ジェット気流の影響による晴天乱気流が発生していたものと考えられる。本事故発生時、PIREPによると、同機の周辺では、19時48分ごろ、事故発生場所から北西14nmの地点、FL300において晴天乱気流が発生していた。  
※「PIREP」とは、Pilot Report の略で、パイロットが行う飛行中における飛行の安全に影響を及ぼす気象現象についての観測報告をいう。

垂直加速度は+0.75G から+1.36G の間で変化し水平加速度は左に 0.22G から右 0.15G の間で変化していた。同機の動揺は、毎時大気解析図に鉛直シア一域が示されていたこと及び雲がなかったことから、ジェット気流の影響により発生した晴天乱気流に遭遇したことによるものと考えられる。

#### 乗客の負傷

同座席の肘掛けは座面から20cm高さであり、比較的小柄な者だと脇腹付近の高さとなる。同乗客は、シートベルト着用サインが消灯されても、飛行中は常時シートベルトを着用して着席していたが、同機の水平加速度（左0.22Gから右0.15G）、ロール角（左7.7°から右3.5°）の変化及びロールレート（4.5°/秒）の状況に照らすと、同乗客は、同機の機体が動揺した際に、身体が左から右に振られ、右脇腹を座席右側の肘掛けに打ち付け、第9肋骨骨折に至ったものと考えられる。

原因：本事故は、同機が、ジェット気流の影響によって発生した晴天乱気流に遭遇した際、機体が左方向に動揺したため、乗客が右脇腹を座席右側の肘掛けに打ち付けられ、重傷を負ったものと考えられる。

#### 再発防止に向けて

➤客室乗務員においては、乗客の更なる安全のために、着席中は常時、シートベルトを腰の低い位置で緩みのないように着用するよう、乗客に対して周知すること及び客室乗務員は乗客の体形等に気を配りながらシートベルトの適切な着用をよく確認することが望ましい。

本事例の事故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。（2023年06月29日公表）  
<https://www.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/rep-acci/AA2023-4-1-JA24MC.pdf>

## 2. 事故の要因と事故防止に向けたポイント

紹介した事例を含む過去 20 年間（2004～2023 年）に公表されている 36 件の事故調査報告書において、事故調査の中で判明した事実情報を基に分析等の中で指摘している事項について項目ごとに抽出してみました。指摘事項をその内容により大きく分けると「情報の共有に係るもの」、「客室内の対策に係るもの」、「機上機器の運用に係るもの」に分けることができました。

### ①情報の共有

これには、運航乗務員と客室乗務員との情報共有不足、運航乗務員と運航管理者との情報共有不足等があります。全般的に見ると運航開始後に入手した揺れ等の情報の共有不足が多い傾向が見られます。また、乱気流報告制度等のソフト面への指摘等もいくつかありました。

飛行中における揺れの実況情報を入手する手段としては、現状においては飛行中の航空機から報告された揺れの情報である PIREP が主体となっていますが、ACARS<sup>1</sup>を活用した機上の観測データ等の更なる共有が求められています。

情報の共有	運航乗務員↔客室乗務員	<a href="#">乱気流に関する情報の提供</a> <a href="#">運航の安全に関する情報の提供</a> <a href="#">飛行経路上の正確な情報の提供</a> <a href="#">機体の動揺予想についての情報提供</a> <a href="#">客室乗務員の負傷状況の機長等への報告</a> <a href="#">負傷者の認知と状況報告</a>
	運航乗務員↔運航管理者	<a href="#">規程による乱気流情報の提供</a> <a href="#">地上からの運航乗務員に対する情報の提供</a> <a href="#">気象の実況監視に基づく解析情報の提供</a> <a href="#">最新の気象情報及び外部監視情報の提供</a> <a href="#">シグメット情報の取得及び提供</a> <a href="#">乱気流に係るシグメット情報の活用</a>
	運航乗務員↔管制機関等	<a href="#">乱気流強度の統一基準による報告</a> <a href="#">悪天候に係る機長報告</a> <a href="#">乱気流に関する情報の報告</a>

※青色のテキストリンクをクリックすると各事故調査報告書の該当ページをご覧ください。

### ②客室内の対策

これには、機内サービスに関係するもの、シートベルトに関係するものがあります。最近の傾向としてシートベルトの締め方に着目したものが多くなっています。

また、手すり、座席等の機内設備に係るハード面への指摘もいくつかありました。

<sup>1</sup> 「ACARS」とは Aircraft Communications Addressing and Reporting System の略で、航空機の運航に必要な情報をデジタル・データ通信により、地上から航空機へ、又は航空機から地上へ提供する装置をいう。

客室内対策	シートベルト	ベルトの締め方	<a href="#">適切なシートベルトの着用①</a> <a href="#">適切なシートベルトの着用②</a>
		ベルトサインの運用等	<a href="#">雲中飛行時のシートベルトサインの運用</a> <a href="#">シートベルトサイン点灯時機の考慮</a> <a href="#">シートベルトサインの安全サイドでの運用</a>
	座席	着席姿勢等	<a href="#">シートベルトサイン点灯中の幼児の着席</a> <a href="#">体格に対応した座席の設計及び着席姿勢</a> <a href="#">客室乗務員の着席姿勢</a>
	機内サービス等	サービス	<a href="#">負傷者手当のサービスマニュアルの周知</a> <a href="#">客室巡回時の積極的な声掛けの実施</a> <a href="#">コーヒーポットの改善及び熱傷防止対策の実施</a> <a href="#">機内サービス計画の策定及び実施</a>
		訓練	<a href="#">定期訓練等による動揺対処方法の周知</a> <a href="#">同種事例の特徴及び対策の再周知</a>
		アナウンス	<a href="#">注意喚起のための積極的なアナウンス</a> <a href="#">天候に関する機長からのアナウンス</a>
	動揺への対応等	対応方法	<a href="#">客室位置の揺れの違いへの対応方法</a> <a href="#">予期せぬ機体動揺への対応方法</a> <a href="#">被害を軽減するための方法</a>
		機内設備	<a href="#">通路へのハンドル等の設置</a> <a href="#">棚、座席下への手荷物の収納</a>

### ③機上機器の運用

これには、機上気象レーダーの有効活用に係るものが多く、自動操縦装置の運用に係る指摘もあります。

動揺による事故は自然現象への対応の結果であり不可抗力の面も多々ありますが、機上気象レーダーの活用による水平又は垂直方向への回避や他機から乱気流の実況情報を入手することにより、シートベルトサインを早めに点灯させる等揺れに備えることだけでも事故は確実に減らせるものと考えられます。

また、より細かな乱気流予報の提供、さらに将来実用化される可能性のある航空機搭載型ドップラーライダー<sup>2</sup>活用による晴天乱気流の探知及び機体制御等の新技術の活用も期待されるところです。

機上装置の活用	機上気象レーダー	活用方法	<a href="#">悪天回避の経路変更時の活用方法</a> <a href="#">探知困難な気象状況の理解及び活用</a> <a href="#">機上気象レーダーの積極的な活用</a>
---------	----------	------	--

<sup>2</sup> 「航空機搭載型ドップラーライダー」とは、航空機からレーザー光を放射して大気中に浮遊するエアロゾル（微細な水滴やチリなど）からの散乱光を受信し、ドップラー効果による光の波長変化を調べることにより、機上気象レーダーでは検知できない晴天乱気流を検知する装置をいう。

	機上気象レーダー	活用方法	<a href="#">機上気象レーダーの特性と限界及び活用</a> <a href="#">対流雲エコーの回避での活用</a> <a href="#">積乱雲周辺の状況把握及び回避での活用</a>
	自動操縦装置	運用方法	<a href="#">航空機運用規程等に従った運用</a> <a href="#">乱気流遭遇時の自動操縦装置の運用</a>
		訓練	<a href="#">後方乱気流遭遇時の回復操作及び訓練</a> <a href="#">最大運用速度に関する情報提供及び教育訓練</a>
	新技術の活用	乱気流予測	<a href="#">ドップラーライダー活用による予測精度向上</a> <a href="#">気象解析技術の研究開発及び予測精度の向上</a>

以上の指摘の多くは、事故後に運航者が再発防止策としてマニュアルの改正等で可能な限り措置されていますが、現実には、余りに突発的な揺れのためそのマニュアルに基づく対応が十分でなかった、飛行前に確認した気象情報では予想されていなかった局地的な風の急激な変化に遭遇した、発達中の対流雲からの回避が十分ではなかった等により、同種事故が発生しているのが実状です。

これらの分析結果を受け、次章では、現状において考えられる事故防止策について、運航者側の対応を含め紹介して行きます。

## 第4章 機体動揺事故防止のために

乱気流による事故防止の観点から、第2章での統計的な分析や第3章での事故調査報告書での指摘事項、さらに本ダイジェストの作成に当たり運航者等に行ったインタビューを基に、現状において考えられるポイントをまとめると大きく以下の3つに分けることができます。

### 1. 情報共有における認識不足

#### 乗組員間での情報共有

- 揺れの予測情報を飛行前の段階だけではなく運航中においても迅速かつ綿密に共有することで、客室乗務員は揺れに備えて防御姿勢を考えておくことができ、また乗客へのシートベルト着用の要請等の適切な対応が可能となります。
- 揺れに応じた機内サービスの実施時間、実施方法を乗組員間で共有するとともに、揺れの可能性が高まった場合にはサービスの進捗にかかわらず、まずシートベルトサインを点灯させることを考慮することが大切です。
- 操縦室と後部客室での揺れの状況が大きく違うことも多いことから、揺れの実況状況について乗組員間での共有を図り、また状況により客室乗務員からシートベルト着用サインの点灯を要請することも必要です。
- 機体が動揺した際には乗客等の負傷等の被害状況の把握を迅速に行い、客室の状況を確実