

航空事故調査報告書

I 個人所属

ビーチクラフト式A36型 JA4152

失速による墜落

II 日本航空株式会社所属

ボーイング式767-300型

JA654J

機体の動揺による客室乗務員の負傷

III 株式会社ジェイエア所属

エンブラエル式ERJ170-100STD型 JA211J

機体の動揺による客室乗務員の負傷

平成27年5月28日

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

運輸安全委員会
委員長 後藤 昇 弘

《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

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

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

Ⅲ 株式会社ジェイエア所属
エンブラエル式ERJ170-100STD型
JA211J
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 株式会社ジェイエア
型 式 エンブラエル式ERJ170-100STD型
登録記号 JA211J
事故種類 機体の動揺による客室乗務員の負傷
発生日時 平成26年4月29日 09時45分ごろ
発生場所 茨城県石岡市上空、高度約10,600ft

平成27年5月8日
運輸安全委員会（航空部会）議決
委 員 長 後 藤 昇 弘（部会長）
委 員 遠 藤 信 介
委 員 石 川 敏 行
委 員 田 村 貞 雄
委 員 首 藤 由 紀
委 員 田 中 敬 司

要 旨

<概要>

株式会社ジェイエア所属エンブラエル式ERJ170-100STD型JA211Jは、平成26年4月29日（火）09時16分、運送の共同引受をしていた日本航空株式会社の定期1252便として山形空港を離陸し、東京国際空港に向け降下中の09時45分ごろ、茨城県石岡市の上空、高度約10,600ftにおいて機体が動揺し、後部ギャレーにいた客室乗務員1名が重傷を負ったほか、客室乗務員1名が軽傷を負った。

同機には、機長ほか乗務員3名、乗客35名の計39名が搭乗していた。

機体の損壊はなかった。

<原因>

本事故は、同機が降下中に先行機の強い後方乱気流に遭遇して機体が動揺したため、後部ギャレーにいた客室乗務員2名が転倒し、うち1名が重傷を負ったことによるものと考えられる。

同機が遭遇した強い後方乱気流は、風の弱い安定した気象状態であったため、通常より長く残留していたものと考えられる。

報告書で用いた主な略語は、次のとおりである。

AD	Aerodrome
A/P	Auto Pilot
DVDR	Digital Voice and Data Recorder
FL	Flight Level
PF	Pilot Flying
PIREP	Pilot Report
PM	Pilot Monitoring
RNAV	Area Navigation

単位換算表

1 ft	: 0.3048 m
1 G	: 9.807 m/s ²
1 kt	: 1.852 km/h (0.5144 m/s)
1 lb	: 0.4536 kg
1 nm	: 1.852 km

1 航空事故調査の経過

1.1 航空事故の概要

株式会社ジェイエア所属エンブラエル式ERJ170-100STD型JA211Jは、平成26年4月29日（火）09時16分、運送の共同引受をしていた日本航空株式会社の定期1252便として山形空港を離陸し、東京国際空港に向け降下中の09時45分ごろ、茨城県石岡市の上空、高度約10,600ftにおいて機体が動揺し、後部ギャレーにいた客室乗務員1名が重傷を負ったほか、客室乗務員1名が軽傷を負った。

同機には、機長ほか乗務員3名、乗客35名の計39名が搭乗していた。
機体の損壊はなかった。

1.2 航空事故調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成26年4月30日、本事故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

事故機の設計・製造国であるブラジルに事故発生を通知したが、代表の指名はなかった。

1.2.3 調査の実施時期

平成26年 4 月 30日	機体調査
平成26年 5 月 1 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

株式会社ジェイエア（以下「同社」という。）所属エンブラエル式ERJ170-100STD型JA211J（以下「同機」という。）は、平成26年4月29日（火）、運送の共同引受をしていた日本航空株式会社の定期1252便として、山形空港を09時16分に離陸し、巡航高度であるFL^{*1}220に上昇した後、東京国際空港に向けて段階的に降下していた。

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：山形空港、移動開始時刻：08時55分、
巡航速度：412kt、巡航高度：FL220、経路：(略)～Y10（RNAV
ルート）～STONE（ウェイポイント）、目的地：東京国際空港、
所要時間：0時間41分、持久時間で表された燃料搭載量：2時間34分、
代替空港：成田国際空港

同機には、機長ほか乗務員3名、乗客35名の計39名が搭乗していた。

本事故発生当時、同機の操縦室には、機長がPM（主として操縦以外の業務を担当する操縦士）として左操縦席に、副操縦士がPF（主として操縦を担当する操縦士）として右操縦席に着座していた。

事故に至るまでの同機の飛行経過は、フライトレコーダーの記録、管制交信記録及び乗務員の口述によれば、概略次のとおりであった。

2.1.1 フライトレコーダーの記録及び管制交信記録による飛行の経過

同機は、自動操縦装置（以下「A/P」という。）により、東京国際空港の標準到着経路に従ってSTONE（ウェイポイント）からDREAD（ウェイポイント）に向け高度11,000ftを飛行していた。

09時44分23秒 東京ターミナル管制所は、同機に高度8,000ftへの降下及び速度230ktへの減速を指示した。

同 32秒 同機のA/Pの縦モードが降下モードに変わった。

同 37秒 同機は高度11,000ftから降下を始めた。

同 47秒 同機の垂直加速度が小刻みに変動し始めた
(高度約10,800ft)。

*1 「FL（フライトレベル）」とは、標準気圧値1,013.2hPa（29.92inHg）を基準とした等圧面高度をいう。日本では、14,000ft以上の高度は通常FLにより表わされ、100ft単位の数値のみで表示する。

- 09時44分57秒 同機の左へのロール及び変針が始まり、垂直加速度及び横方向加速度の大きな変動が始まった（高度約10,600ft）。同45分07秒までの10秒間、垂直加速度が0.61Gと1.64Gの間で変動した。
- 同 59秒 同機の左への横方向加速度が約0.32G（本飛行での最大値）となった。
- 同45分03秒 同機のA/Pが手動により解除された。
オートスロットル^{*2}はオンのままであった。
- 同 04秒～05秒 同機の左へのバンク角が約58°（本飛行での最大値）となった。
- 同 04秒～10秒 同機の操縦桿がやや手前に引かれ、右へ断続的に操作された。
- 同 05秒 同機のバンク角が水平に戻り始めた。
- 同 07秒 同機の約25°左に変針していた針路が戻り始めた（高度約10,400ft）。
- 同 13秒 同機のA/Pがセットされた。
- 同 15秒 同機の垂直加速度の変動が収束した。

また、09時45分ごろの約15秒間、同機のフライトレコーダーに記録された風向及び風速は一時的に変化した記録があったが、気温は大きな変化の記録はなかった。

2.1.2 乗務員の口述

(1) 機長

機長は、当日の気象ブリーフィングにおいて、西日本に前線のエコーがかかってきているが、山形空港から東京国際空港への飛行について悪天の予報はないことを確認した。

機長は、山形空港を離陸して5分程度でシートベルトサインを消灯した。

飛行中に同社の運航管理担当者から、東京国際空港の北方面を飛行した他機のPIREP^{*3}を次のとおり入手した。

- ・雲が高度6,000ftから4,000ftの間に存在しており、その雲中は軽い揺れ。08時49分に報告された情報。

*2 「オートスロットル」とは、エンジンの出力を自動的に制御する機能である。

*3 「PIREP」とは、パイロットが飛行中運航の妨げとなる気象状態等に遭遇した場合に管制機関等に行う報告をいうが、ここではC-PIREPと呼ばれる航空会社で共有されている弱い気流等の情報も含む。

・雲が高度8,000ftから4,000ftの間に存在しており、その雲中は軽い揺れ。08時57分に報告された情報。

同機は、標準到着経路の開始地点であるSTONE以前から、先行する航空機との間隔設定のための針路変更や減速指示を受け、STONEを速度250kt、高度11,000ftで指示通りに通過した。その後、DREADの約10nm手前において、高度8,000ftへの降下指示を受けて降下を始めた。

機長は、客室乗務員による客室巡回実施のタイミングになったため、雲もなく風も静穏であることを副操縦士と確認の上、客室乗務員に、まもなく高度10,000ftでシートベルトサインをオンにすること、及び客室巡回を実施可能であることを伝えた。

伝え終わるか終わらない時に、機体が揺れて大きく左側に傾き始め、通常の旋回時よりも速く左に傾いていったので、機長はシートベルトサインをオンにした。機体のロールは意図せぬ動きで、急激ではないものの早めに傾いていった。

そのときA/Pが解除され、機長は、副操縦士の操縦をモニターしたところ機体の姿勢が戻り始めたので、副操縦士は機体をコントロールできていると判断し、そのまま副操縦士に操縦を任せた。安定したところで副操縦士からA/Pをセットする指示があり、同意の上でA/Pをセットした。機長は、機体が傾いた時の揺れがどういう揺れであったか明確に記憶していなかったが、雲中でなかったことは記憶していた。

機長は、先行する航空機とは十分な間隔がとられていたものの後方乱気流以外に揺れる要因は考えられなかったこと、及びそれまでの後方乱気流に遭遇した経験から、今回の揺れは後方乱気流によるものであると考え、乗客を安心させるために、今後このような揺れはないことをアナウンスした。また、客室の状況を客室乗務員に確認したところ、異常はないとのことであったため、客室乗務員に客室巡回を改めて指示した。

同機は、この後は異状なく東京国際空港の滑走路23へ着陸した。

(2) 副操縦士

副操縦士は、当日、四国南岸の低気圧から紀伊半島まで雨雲がかかってきているが、山形空港から東京国際空港への運航については、まだ飛行への影響はないと考えていた。また、東京国際空港への進入にあたっては、他機のPIREPの内容から、雲に入ると思われる高度8,000ftまで気流は良好と考えていた。

副操縦士は、同機がSTONEを指定された速度250ktで通過した後、10nm前後先行していたと思われた航空機が標準到着経路を外れてどこかの

ポイントへ直行したので、先行する航空機はいなくなったと思った。先行する航空機の近くにいるという認識はなかったため、後方乱気流は予測していなかった。気象レーダーにも何も映っていなかった。その後、高度8,000ftへの降下指示を受けた。

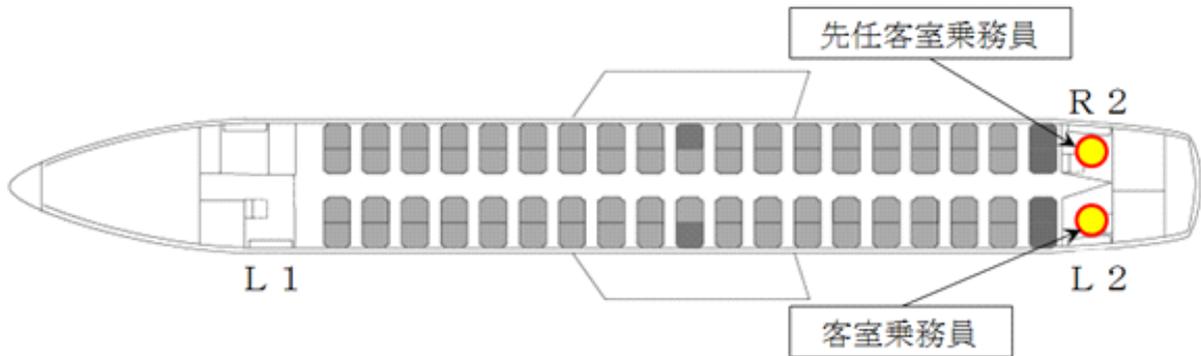
副操縦士は、雲頂高度の8,000ftまでに客室乗務員が客室巡回を実施する時間はあると判断して、早めに客室巡回を指示するよう機長に依頼した。また、降下はA/Pの降下率を指定するモードを使用した。雲に入るまでの時間を長くとるため、浅めの降下率で降下した。

機長が客室乗務員に客室巡回の指示を伝えた直後、機体が大きく左側にバンクをとり、そのバンク角がさらに深まる傾向にあった。機体がロールしている時に機長がシートベルトサインをオンにした。副操縦士は、機体が左にロールしたとき、Gはあまり感じなかったが、バンク角が30°付近まで傾いていくのをモニターしていた。A/Pがロールを戻す兆候はなく、危険を感じたのでA/Pを解除し、エルロンを慎重に操作して、バンク角をゆっくりと水平に戻した。高度や速度の変化は記憶していないが、できる限り慎重に操作した。

副操縦士は、これまでに1～2秒程度の短時間の後方乱気流による揺れに遭遇したことがあり、ロールが始まってバンク角20°位までは、過去の揺れと似ていたことから先行する航空機の後方乱気流に入った可能性があると思ったが、後方乱気流によりそれ以上片側に大きくロールしたのは、初めての経験であった。

機体が水平に戻ったとき、カタカタ程度の揺れはあったかもしれないが、気流の状態は概ね良好であったため、副操縦士は、A/Pのセットを機長に指示した。また、機長から客室は異状がなかったとの連絡を受けて、着陸までPFを継続した。

(3) 前任客室乗務員 (L 1^{*4})



事故発生時の負傷者の位置

前任客室乗務員は、客室を前方から巡回して後部ギャレーに入ったとき、操縦室からのインターホンコールに客室乗務員 (L 2) が L 2 のハンドセットで応答したので、R 2 のハンドセットを取ってモニターした。操縦室から高度 10,000 ft 通過予定情報及び客室巡回指示を受けて、ハンドセットを戻そうとしたとき、機体が大きく揺れて R 2 ドアにぶつかり、L 2 側から勢いよく振られてきた客室乗務員 (L 2) とぶつかって転倒した。

前任客室乗務員は、客室乗務員 (L 2) と後部ギャレーの床に頭部を L 2 側にして重なり合うように倒れて、そこから乗客が座っていることを確認した。倒れた後も上下の揺れが約 10 秒続いたので、客室乗務員 (L 2) を腕で押さえていたように思った。

その後、R 2 の客室乗務員シートまで這^はって行き着席したところ、機長から、先行する航空機の後方乱気流に巻き込まれたが運航に支障はないとのアナウンスがあった。また、操縦室から状況を聞かれたので異状のないことを報告し、客室巡回を実施しながら L 1 に戻った。

(4) 客室乗務員 (L 2)

客室乗務員 (L 2) は、L 2 のハンドセットで操縦室から高度 10,000 ft 通過予定の連絡を受けた直後、乗客へのアナウンスを実施しようとしたときに機体が大きく揺れて身体が R 2 側に勢いよく振られ、R 2 にいた前任客室乗務員にぶつかった。

客室乗務員 (L 2) は、後部ギャレーの床に頭部を L 2 方向にして倒れて

*4 「L 1」、「L 2」及び「R 2」とは、客室乗務員の配置場所を表し、それぞれ「前方左」、「後方左」及び「後方右」の位置を表す。同機には 2 名の客室乗務員が搭乗しており、L 1 に前任客室乗務員、L 2 に客室乗務員が配置されていた。

いた。倒れた後も揺れが続き、身体が浮いた感覚があった。大きな揺れの後、L2の客室乗務員シートまで這って行き着座した。機内アナウンスしようと思ひ、ハンドセットを拾おうとしたら身体中が痛かった。その後、機長と先任客室乗務員が状況確認をしていたので、大丈夫であることを伝え客室巡回を実施した。その後、飛行中の大きな揺れはなかった。

本事故の発生場所は、茨城県石岡市（北緯36度12分、東経140度09分）上空、高度約10,600ft、発生日時は、平成26年4月29日09時45分ごろであった。（付図1 フライトレコーダーの記録 参照）

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

同機の客室乗務員1名が重傷を負ったほか、客室乗務員1名が軽傷を負った。

2.3 航空機の損壊に関する情報

同機は当日の運航終了後、強い乱気流に遭遇した場合に必要とされる特別点検、A/Pの作動テスト及びフライトコントロールシステムの自己診断テストが行われたが、機体及び装置に損傷、異常等はなかった。

2.4 乗組員に関する情報

(1) 機長 男性 48歳

定期運送用操縦士技能証明書（飛行機）	平成10年 9月24日
限定事項 エンブラエル式ERJ170型	平成24年 8月20日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成27年 5月6日
総飛行時間	13,067時間12分
最近30日間の飛行時間	51時間25分
同型式機飛行時間	1,195時間37分
最近30日間の飛行時間	51時間25分

(2) 副操縦士 男性 37歳

事業用操縦士技能証明書（飛行機）	平成19年 3月30日
限定事項 エンブラエル式ERJ170型	平成22年 9月13日
計器飛行証明	平成19年 8月6日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成27年 4月22日
総飛行時間	4,480時間54分

最近30日間の飛行時間	55時間50分
同型式機飛行時間	2,006時間22分
最近30日間の飛行時間	55時間50分

2.5 航空機に関する情報

2.5.1 航空機

型 式	エンブラエル式ERJ170-100STD型
製造番号	17000251
製造年月日	平成20年10月13日
耐空証明書	第大-2013-124号
有効期限	平成26年6月16日
耐空類別	飛行機 輸送T
総飛行時間	12,863時間55分
定期検査(A整備, 2014年4月24日実施)後の飛行時間	32時間13分
(付図2 エンブラエル式ERJ170-100STD型三面図 参照)	

2.5.2 重量及び重心位置

本事故発生当時、同機の重量は59,400lb、重心位置は18.5%MAC^{*5}と推算され、いずれも許容範囲（最大離陸重量76,000lb、本事故発生当時の重量に対応する重心範囲7.8～23.5%MAC）内にあったものと推定される。

2.6 フライトレコーダーに関する情報

同機には、飛行記録装置、操縦室用音声記録装置及びデータリンク記録装置の機能を持つ2台の米国ハネウェル社製一体型レコーダー（DVDR）が装備されていた。このフライトレコーダーには、操縦室の音声は約2時間、飛行データが25時間以上記録される。同機は本事故発生後もフライトレコーダーが取り卸されないまま運航が継続されたため、操縦室の音声はその記録が既に上書き消去されていたが、飛行データについては本事故発生当時の記録が残されていた。

フライトレコーダーの時刻校正は、管制交信記録に記録された時報と、フライトレコーダーに記録されたVHF無線送信信号及び管制交信を対応させることにより行った。

*5 「MAC」とは、Mean Aerodynamic Chordの略であり、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平均を表す。18.5%MACとは、この空力平均翼弦の前から18.5%の位置を示す。

2.7 気象に関する情報

事故発生当日9時のアジア地上天気図及び10時の狭域悪天実況図（関東）によれば、事故が発生した空域は、東へ20ktで移動中の高気圧の縁にあり、四国南岸から近づく低気圧の影響はなく、悪天候は観測されていなかった。

また、9時及び10時の毎時大気解析図によれば、事故が発生した空域の風速は5kt程度と弱く、鉛直ウィンドシアは観測されていなかった。気温は約-2℃で安定していた。

（付図3 アジア地上天気図、付図4 狭域悪天実況図（関東）、
付図5 毎時大気解析図（9時）、付図6 毎時大気解析図（10時） 参照）

2.8 先行する航空機に関する情報

東京ターミナル管制所のレーダー航跡記録によれば、本事故発生当時、同機の前方向約10nm（約2分前方）をエアバス式340-600型機（以下「先行機」という。）が東京国際空港に向け飛行していた。先行機はSTONEからDREADに向かう途中、DREADの約12nm手前において、東京ターミナル管制所からのレーダー誘導により、東京国際空港の滑走路22の最終進入経路へ向かう針路190°に左旋回した。高度は、STONEを通過する前から11,000ftを維持していた。

（付図7 推定飛行経路図 参照）

2.9 同機の垂直加速度の変化時期

フライトレコーダーの記録及び東京ターミナル管制所のレーダー航跡記録によれば、同機の垂直加速度は、先行機と同じ経路において先行機の約200ft下方を飛行し始めた同日9時44分47秒ごろから小刻みな振動が始まり、同57秒ごろから大きな変動になった後、先行機の約600ft下方を飛行中、先行機の左旋回により先行機と異なる経路を飛行し始めた同45分15秒ごろに収束した。

（付図8 推定飛行高度図 参照）

2.10 後方乱気流管制方式

航空局が定めた管制業務処理規程によれば、後方乱気流管制方式は次のとおりである。

(1) 航空機の後方乱気流区分

- ・ヘビー機 最大離陸重量が300,000ポンド（136トン）以上の航空機
- ・ミディアム機 最大離陸重量が15,500ポンド（7トン）を超え300,000ポンド未満の航空機
- ・ライト機 最大離陸重量が15,500ポンド以下の航空機

(2) レーダーを用いる場合の管制間隔（表中の下線は当委員会による。）

後続機が、先行機と同高度又は1,000ft未満の下方の高度を飛行する場合であって、先行機の航跡内に位置するとき又は先行機の6時の位置を通過するときは、両機間に次に掲げる数値以上の間隔が設定される。

先行機	後続機	最低間隔
A380	ヘビー機	6 nm
	(A380を除く)	
	ミディアム機	7 nm
	ライト機	8 nm
<u>ヘビー機</u> (A380を除く)	ヘビー機	4 nm
	(A380を除く)	
	<u>ミディアム機</u>	<u>5 nm</u>
	ライト機	6 nm
ミディアム機	ライト機	5 nm

同機の最大離陸重量は約35トンであり、先行機の最大離陸重量は約368トンである。航空機の後方乱気流区分では、同機はミディアム機となり、先行機はヘビー機となる。航空管制官がレーダーを用いている場合、先行するヘビー機にミディアム機が後続する場合の最低間隔は、上記下線部のとおり5nmである。

(付図9 先行機と同機の大きさの比較 参照)

2.1.1 後方乱気流に関する情報

2.11.1 後方乱気流の性質

米国連邦航空局発行のAdvisory Circular No.90-23G「Aircraft Wake Turbulence」には、後方乱気流の性質について、以下の記載がある。

(抜粋)

4. VORTEX GENERATION

Lift is generated by the creation of a pressure differential over the wing surfaces. The lowest pressure occurs over the upper wing surface and the highest pressure under the wing. This pressure differential triggers the rollup of the airflow aft of the wing resulting in swirling air masses trailing downstream of the wing. After the rollup is complete, the wake consists of two counter-rotating cylindrical vortices (see FIGURE 1. THE ROLLUP PROCESS).

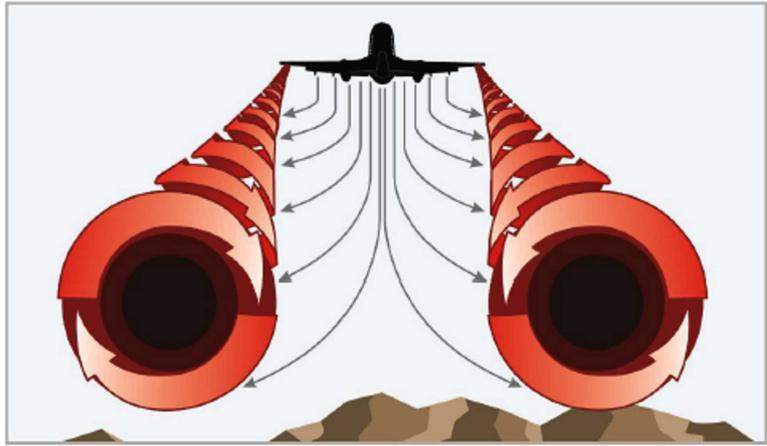


FIGURE 1. THE ROLLUP PROCESS

(中略)

7. VORTEX BEHAVIOR

Trailing vortices have certain behavioral characteristics which can help pilots visualize the wake location and movement and take appropriate avoidance actions.

(中略)

c. Vertical Movement

Flight tests have shown that at higher altitude the vortices from large aircraft sink at a rate of several hundred feet per minute (fpm), slowing their descent and diminishing in strength with time and distance behind the wake-generating aircraft (see FIGURE 5. DESCENT OF VORTICES FROM LARGE AIRCRAFT). Atmospheric turbulence hastens decay. Pilots should fly at or above the preceding aircraft's flightpath, altering course as necessary, to avoid the area behind and below the generating aircraft.

(中略)

The worst case atmospheric conditions are light winds, low atmospheric turbulence, and low stratification (stable atmosphere). In these atmospheric conditions, primarily in en route operations, vortices from Heavy and especially Super aircraft can descend more than 1,000 feet. In rare cases, wake turbulence can rise in an updraft or when it bounces off of a strong inversion layer where the strong inversion layer acts like the ground.

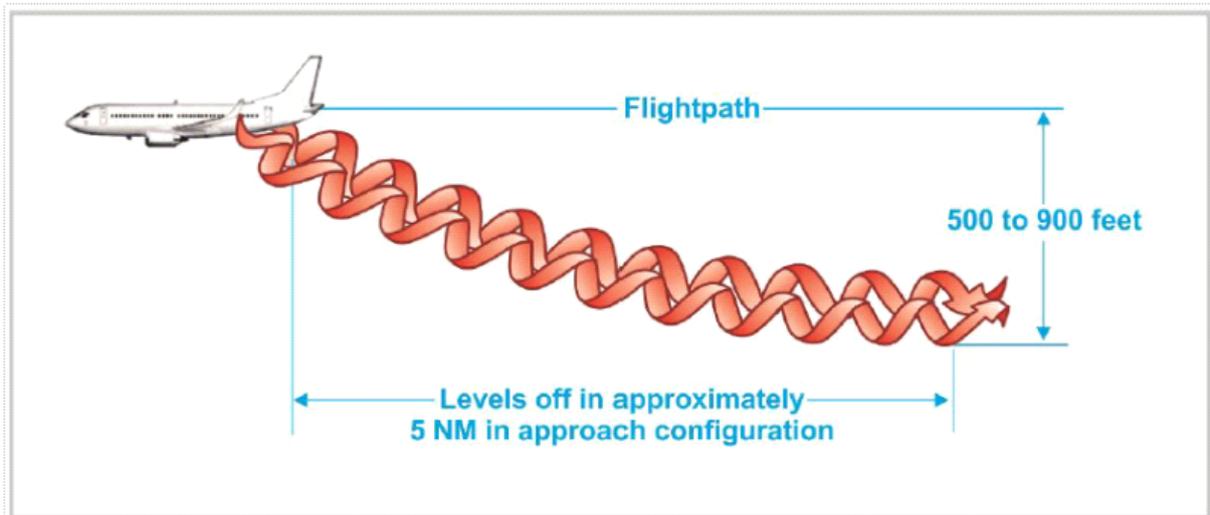


FIGURE 5. DESCENT OF VORTICES FROM LARGE AIRCRAFT

(以下略)

(抄訳)

4. 渦の発生

揚力は翼面の気圧の差によって発生する。翼上面の気圧は低く、翼下面の気圧は高い。この気圧の差により、翼に沿って下方に流れた空気が翼の後方で巻き上がるような気流を引き起こす。この巻き上がりの結果、渦は二つの反対回りの円筒形となる (FIGURE 1. THE ROLLUP PROCESS 参照)。

7. 渦の性質

後方乱気流には、パイロットが位置や動きを思い浮かべて適切な回避行動をとることのできる特徴がある。

c. 垂直の動き

高い高度での飛行実験では、大型航空機の後方乱気流は、数百ft毎分で降下した。時間の経過及び発生源からの距離が大きくなるにつれて、後方乱気流の降下率は下がり強さは弱くなった。(FIGURE 5. DESCENT OF VORTICES FROM LARGE AIRCRAFT 参照) 大気じょうらんの擾乱があれば早く消滅する。パイロットは、先行機の後方や下方を避けて、必要に応じてコースを変えるなど、先行機と同じ高度以上で飛行すべきである。

(中略)

最も悪い大気状態は、風が弱く、大気じょうらんの擾乱も少なく、風の層が少ない (安定した大気) 状態である。このような大気状態では、特にエンルートでは、ヘビー機又はスーパー機からの後方乱気流は、1,000ft以上降下する。珍しいケースではあるが、後方乱気流は、上昇したり、地面のように働く強い逆転層のあるところではバウンドすることもある。

2.11.2 後方乱気流に遭遇した場合のガイダンス

2.11.1に記述した米国連邦航空局発行のAdvisory Circular No.90-23G「Aircraft Wake Turbulence」は、平成26年2月10日に改訂されたものであり、後方乱気流に遭遇した場合のガイダンスについて、以下の内容が追記されている。

(抜粋)

9. VORTEX ENCOUNTER GUIDANCE

(中略)

c. Control Inputs

There is a history of wake vortex encounter incidents in which pilot inputs exacerbated the unusual attitude situation caused by the wake vortex encounter. Upsets caused by wake vortex encounters may involve rapid roll reversals as the aircraft transitions across the wake. Pilots should exercise caution with pilot control inputs, especially avoiding abrupt reversal of aileron and rudder control inputs. If altitude and conditions permit, it may be better to allow the aircraft to transition through the wake and then recover from any resultant unusual attitude, rather than aggressively trying to control the aircraft during the wake encounter. If the autopilot is engaged and remains engaged, it may be better to allow the autopilot to recover from the wake vortex encounter rather than disconnecting the autopilot and using manual control inputs. However, be prepared to assume manual control of the aircraft if the autopilot disengages.

d. Rudder Inputs

Prior experience or training that emphasizes use of rudder input as a means to maneuver in roll may not apply to all aircraft operations. Using the rudder to counter roll rate during a roll upset may lead to an undesirable aircraft response. Large, aggressive control reversals can lead to loads that can exceed the structural design limits. Refer to your specific Aircraft Flight Manual (AFM) guidance.

(以下略)

(抄訳)

9. 渦遭遇時のガイダンス

c. 操縦操作

後方乱気流との遭遇により引き起こされた異常姿勢を、パイロットの操作が悪化させる後方乱気流遭遇インシデントの歴史がある。後方乱気流との遭

遇による異常姿勢は、航空機が航跡を横切ると急なロールの反転を含むこともある。パイロットは、特にエルロン及びラダーの急な反転操作を避けるよう、操縦に注意すべきである。もし高度や状況が許すのであれば、後方乱気流に遭遇している間に積極的に機体をコントロールしようとするよりも、航跡を通過した後、生じた異常姿勢を回復した方が良い場合もある。A/Pを使用している場合は、A/Pを解除して手動で操縦するよりも、後方乱気流遭遇からの回復をA/Pに任せた方が良い場合もある。ただし、A/Pが解除される場合に備えて、航空機を手動で操縦することを想定して準備しておくこと。

d. ラダー操作

ロール中に重要なラダー操作の経験や訓練は、あらゆる運航に役立つとは限らない。異常なロール中にラダーが逆作用になれば、意図しない航空機の反応を導くこともある。大きく積極的な反転操作は、機体の設計制限を超える荷重に至らしめることもある。当該機の飛行規程ガイダンスを参照すること。

2.11.3 後方乱気流を回避するための措置例

航空路誌AD1.1.6.3.4には、後方乱気流を回避するための措置例として、先行する航空機の飛行経路の上方か、少なくとも1,000ft下方を飛行すること、先行する航空機の風上にとどまること、及び特に乱気流が長く残留する風のない日に注意することが記載されている。

3 分析

3.1 乗務員の資格等

同機の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。

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

2.7の記述から、事故が発生した時間帯における事故発生場所付近の気象状態は、悪天候を伴う雲はなく、風は弱く、大気の擾乱のない状態であったと推定される。

このような状態において同機の運航に影響を与える晴天乱気流が発生した可能性は少なく、晴天乱気流により同機が動揺したものではないと考えられる。

3.4 後方乱気流との関連

運航乗務員の口述及びフライトレコーダーの記録によれば、同機は、09時44分57秒ごろから約10秒間、突然の大きな揺れとともに急に左へロールしたと推定される。

2.9に記述した同機の垂直加速度の変化時期、2.11.1に記述した後方乱気流の性質、及び3.3に記述した気象との関連から、同機の機体の動揺は、先行機の強い後方乱気流に遭遇したことにより生じたものと考えられる。

2.11.1に記述したとおり、後方乱気流は大気の擾乱があれば早く消滅するとされているが、事故が発生した空域は風の弱い安定した気象状態であったため、遭遇した強い後方乱気流は低い降下率で降下し、通常より長く残留していたものと考えられる。

3.5 機体動揺の経過

2.1.1に記述したとおり、同機は東京ターミナル管制所の指示を受けて降下を開始し、09時44分47秒ごろ、高度約10,800ftで垂直加速度が小刻みに変動し始めたことから、このころから先行機の後方乱気流の影響を受け始めたと考えられる。

その後、同44分57秒ごろ、高度約10,600ftから同機の左へのロール及び変針が始まり、同44分59秒にかけて垂直加速度が約0.9Gから約1.5Gの間で変動するとともに、左への横方向加速度が約0.32Gに変化した。2.1.2(3)及び2.1.2(4)の記述によれば、このとき、前任客室乗務員はR2ドアにぶつかり、客室乗務員(L2)はR2側に勢いよく振られ、両名はぶつかって後部ギャレーの床に転倒し、負傷したものと考えられる。

この大きな機体の動揺は、同45分07秒に垂直加速度約1.64Gを記録するまで継続した後、収束に向かった。このことから、同機は、同44分57秒ごろから同45分07秒ごろまでの間、高度約10,600ftから約10,400ftへ降下している間に、強い後方乱気流に巻き込まれていたと考えられる。

同44分57秒ごろから同機の左へのロール及び変針が始まった後、同機のA/Pがエルロンにより姿勢を戻そうとした結果、一旦、機体の姿勢は水平に戻る方向に変化した。しかし、強い後方乱気流により、すぐにまた左へのロールが深まったと考えられる。機体の姿勢が正常に戻ったのは同45分15秒ごろであったが、同45分03秒に副操縦士がA/Pを解除して、エルロンを大きく操作した結果、機体の姿勢は水平に戻り始めたと考えられる。

同機は、先行機の左旋回により、飛行経路が先行機と異なることとなった同45分

15秒ごろ、高度約10,400ftにおいて後方乱気流の影響を受けなくなったと考えられる。

3.6 先行機との間隔

2.1.1及び2.8に記述したとおり、東京ターミナル管制所は、後続機である同機に先行機よりも先に降下を指示したものの、レーダー航跡記録によると先行機と同機の間隔は約10nmであり、2.10に記述した後方乱気流管制方式による最低間隔である5nmを十分上回る間隔が確保されていたと認められる。

3.7 運航乗務員の関与

運航乗務員の口述及びフライトレコーダーの記録によれば、副操縦士は、機体の左へのバンク角が30°を超えたころ、A/Pをマニュアルで解除し、エルロンを慎重に操作して機体の姿勢を安定させたと推定される。

運航乗務員は、2.11.3に記述したとおり後方乱気流が通常より長く残留する風のない状態に注意する必要はあったものの、前方約10nmを先行する航空機の強い後方乱気流に遭遇した報告例は極めて少ないことから、搭乗者が転倒するような機体の動揺を予測することは難しく、また、これを回避するために飛行経路若しくは飛行高度を変更、又は機体の動揺に備えて乗客及び客室乗務員にシートベルト着用を指示することを求められるような状況ではなかったものと考えられる。

3.5に記述したとおり、同機の大きな動揺により客室乗務員が負傷したと考えられるものの、運航乗務員は、予期していなかった機体の異常姿勢に対して適切に回復操作を実施したと考えられる。

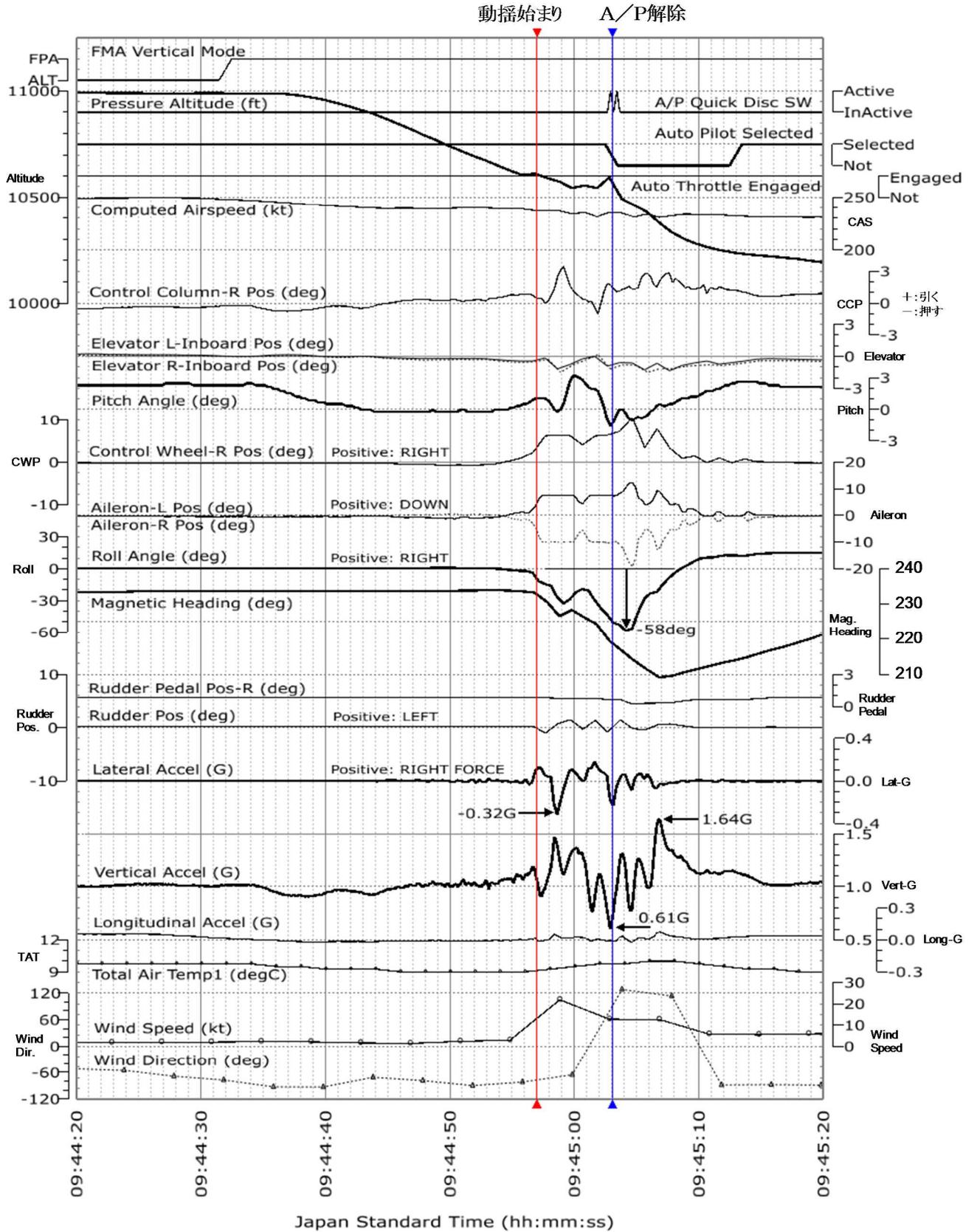
操縦士は、予期せず後方乱気流に遭遇した場合に備えて、2.11.2に記述した内容にも留意し、機体姿勢を適切に回復するための操作を継続的に復習することが有効と考えられる。

4 原因

本事故は、同機が降下中に先行機の強い後方乱気流に遭遇して機体が動揺したため、後部ギャレーにいた客室乗務員2名が転倒し、うち1名が重傷を負ったことによるものと考えられる。

同機が遭遇した強い後方乱気流は、風の弱い安定した気象状態であったため、通常より長く残留していたものと考えられる。

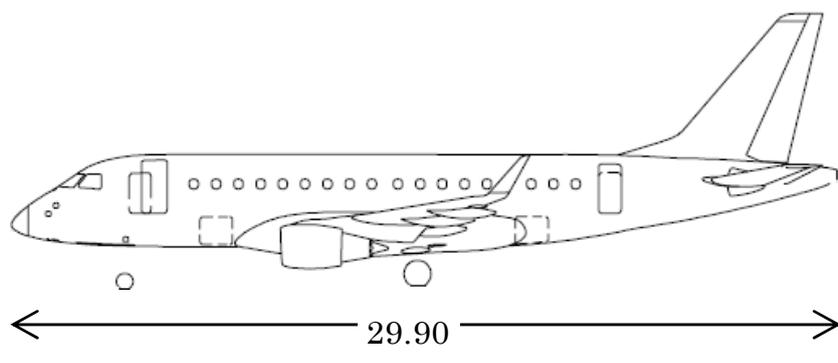
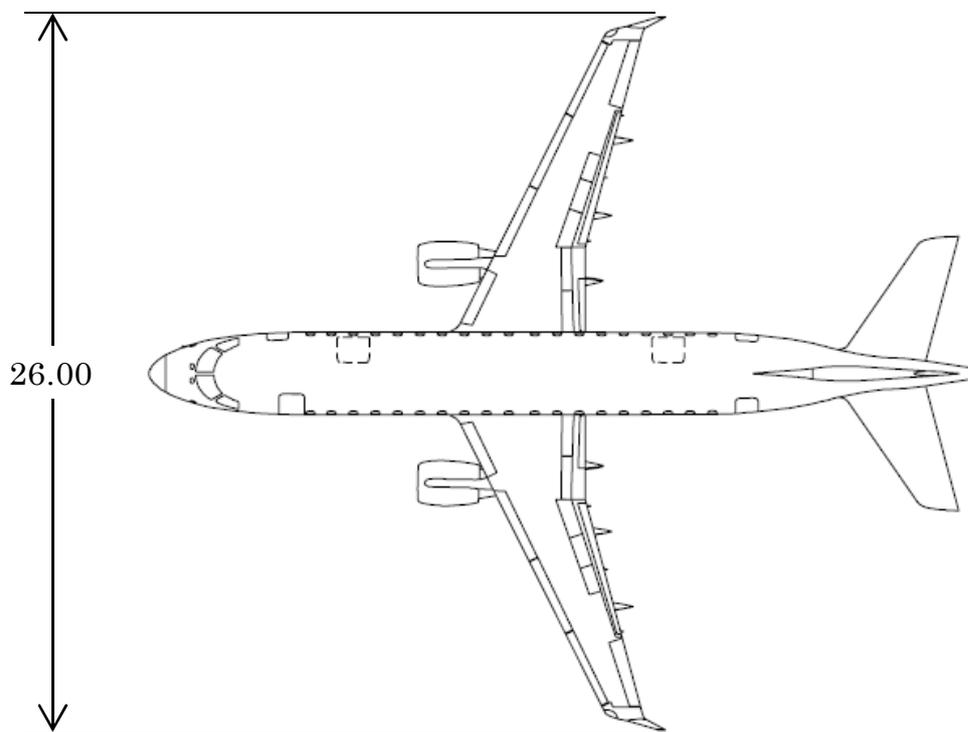
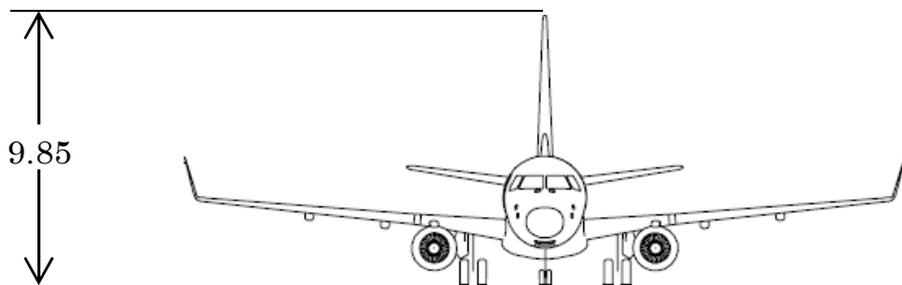
付図1 フライトレコーダーの記録



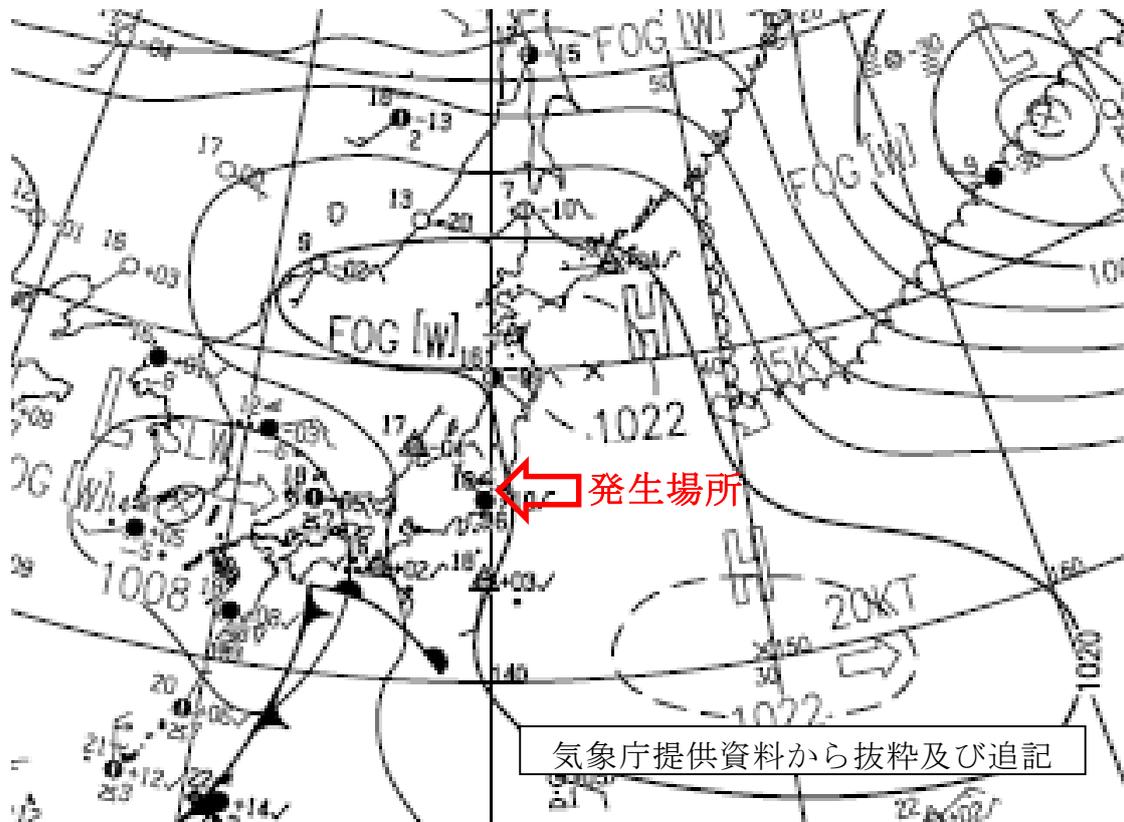
Pressure Altitudeは補正後の値

付図2 エンブラエル式ERJ170-100STD型
三面図

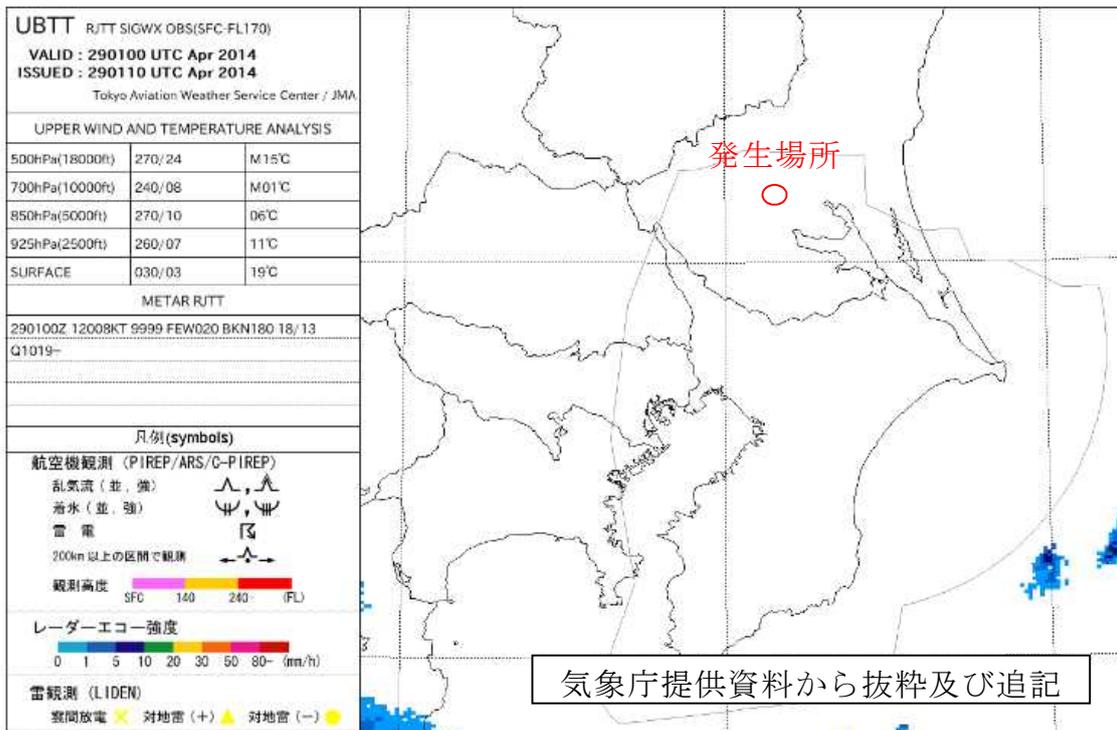
単位：m



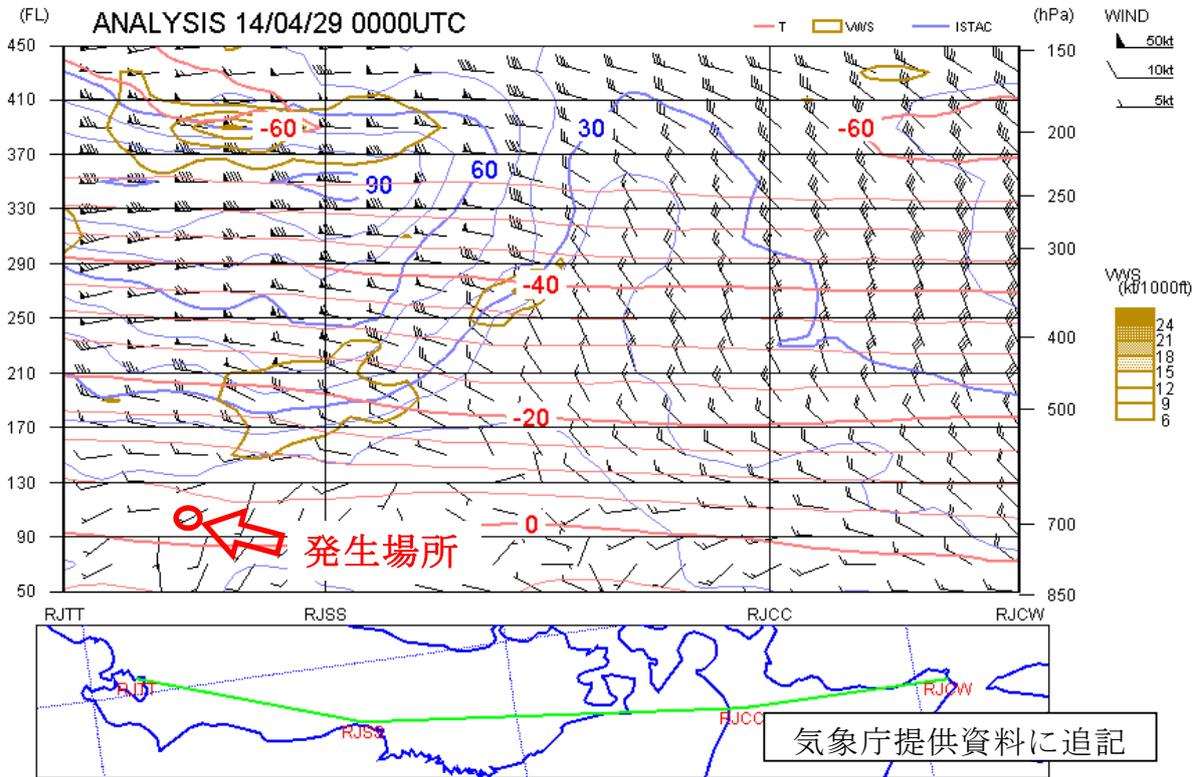
付図3 アジア地上天気図 (4月29日09時00分)



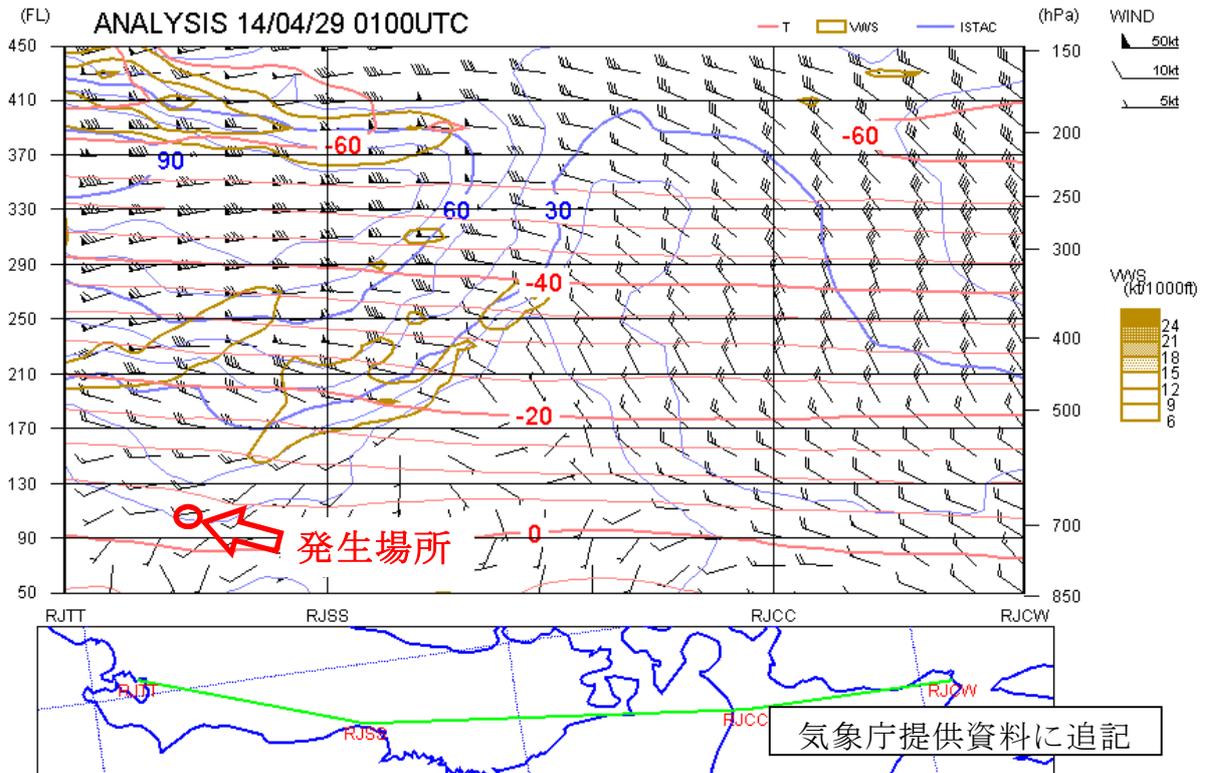
付図4 狭域悪天実況図 (関東) (4月29日10時00分)



付図5 毎時大気解析図 (4月29日9時00分)



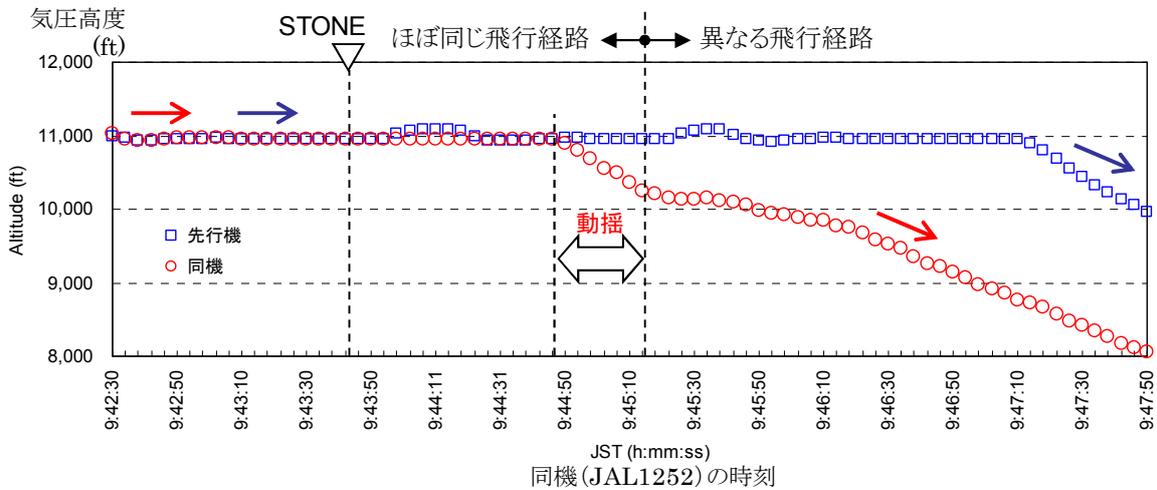
付図6 毎時大気解析図 (4月29日10時00分)



付図7 推定飛行経路図



付図8 推定飛行高度図



空港監視レーダーの記録による気圧補正後の平滑高度

付図9 先行機と同機の大きさの比較

先行機

エアバス式A340-600型

最大離陸重量：約368トン

後方乱気流区分：ヘビー機



同機

エンブラエル式

ERJ170-100STD型

最大離陸重量：約35トン

後方乱気流区分：ミディアム機

