

航空事故調査報告書

所 属 全日本空輸株式会社
型 式 ボーイング式 787-9 型
登録記号 JA891A
事故種類 飛行中の被雷による機体損傷
発生日時 令和6年3月20日 16時15分ごろ
発生場所 成田国際空港の東南東約77km、高度約1,500m

令和7年1月24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 島 村 淳
委 員 丸 井 祐 一
委 員 早 田 久 子
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	全日本空輸株式会社所属ボーイング式787-9型JA891Aは、令和6年3月20日（水）、同社の定期5便としてロサンゼルス国際空港を離陸し、成田国際空港に向けて降下中に被雷し、胴体前方右側を損傷した。 同機には、機長ほか乗務員11名及び乗客195名の計207名が搭乗していたが、死傷者はいなかった。
1.2 調査の概要	運輸安全委員会は、令和6年4月3日、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・製造国であるアメリカ合衆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	同機の運航乗務員（機長、機長職務代行者 ^{*1} 及び副操縦士）の口述並びにEAFR ^{*2} の記録及び管制交信記録によれば、飛行の経過は概略次のとおりであった。 全日本空輸株式会社所属ボーイング式787-9型JA891Aは、令和6年3月20日、05時05分（時刻は日本標準時、以下同じ。）にロサンゼルス国際空港を離陸し、同日15時50分ごろ、成田国際空港への着陸のため降下を開始した（図1）。
-----------	---

*1 「機長職務代行者」とは、機長が休息をとるために操縦席を離れる場合の交替要員として、巡航中に限り、機長の職務を代行する者をいう。

*2 「EAFR」とは、Enhanced Airborne Flight Recorder の略で、飛行記録装置（FDR）及び操縦室用音声記録装置（CVR）の機能を持つ一体型記録装置をいう。

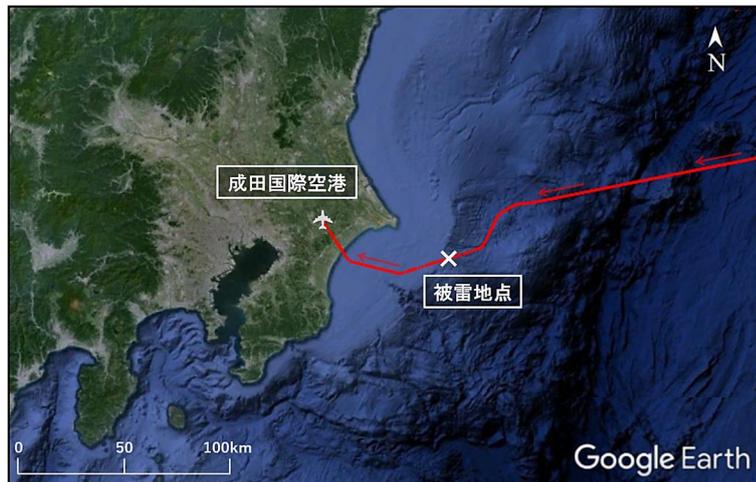


図1 推定飛行経路及び被雷地点

同機には、機長がPF^{*3}として左操縦席に、機長職務代行者がPM^{*3}として右操縦席に、副操縦士が操縦室内後部座席（オブザーバーシート）に着座していた。

運航乗務員が、飛行前ブリーフィング時に入手した情報によると、同機の進入経路上において他機が被雷したとの情報はなかった。

運航乗務員が、飛行中に同社から配布されているタブレット端末内のアプリケーションにより確認した情報によると、同機の進入経路上に位置するウェイポイントの南側にやや強いエコー^{*4}、房総半島沖に強いエコーが表示されていたが、進入経路上に顕著なエコーは確認されていなかった。また、ACARS^{*5}により入手した情報においても、北東に移動するエコーが確認されていたが、他機が被雷したとの情報はなかったことから、運航乗務員は、飛行の継続に影響はないと判断した（後掲「2.6 気象」参照）。

降下中、運航乗務員は、進入経路南側の強いエコーを含むエコー域を、航空機用気象レーダー装置（以下「機上レーダー」という。）で確認した。また、機上レーダーの設定について、左右の操縦席で異なる感度を適宜選択することにより、突発的に発生する雲にも対応できるように状況を確認しながら飛行した。

同機は、機上レーダー画面において観測した弱いエコー域を回避するため、管制機関の許可を得た上で、機首方位を250°、220°と順次変針しながら降下を継続し、運航乗務員は、海面を視認した時点で、回避操作が必要な空域を抜けたこと（クリアーオブウェザー）を通報し、以後、管制指示に従い飛行した。

*3 「PF」及び「PM」とは、2名で操縦する航空機において、役割分担により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。

*4 「エコー」とは、気象レーダー装置から発射された電波が、雨粒や氷粒などに反射し、レーダー装置で受信された反射波のことをいう。この反射波から降水域の分布や強度などを観測することができ、この降水域をエコーと呼ぶこともある。

*5 「ACARS」とは、Aircraft Communications Addressing and Reporting System（航空機空地データ通信システム）の略で、航空機の運航に必要な情報などをデジタル・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。

	<p>同機は、管制機関から機首方位の指示（$260^{\circ} \rightarrow 270^{\circ}$）を受け、雲底付近の地表面が見える薄い雲の中、成田国際空港の東南東約77kmを高度約1,500mで飛行していたところ、16時15分ごろ突然被雷した。</p> <p>被雷直後、同機は、「WXR RADAR SYSTEM L」（左側の機上レーダー）のメッセージが表示されたが、機上レーダー画面のエコーは正常に表示されており、その他の計器類も正常であった。また、一時的に焦げた臭いも発生したが、その後の飛行に異常はなく、16時29分、成田国際空港に着陸した。</p> <p>着陸後の点検において、胴体前方右側外板及びレドームに被雷したことによる損傷が確認された。乗客及び乗務員に死傷者はいなかった。</p> <p>本事故の発生場所は、成田国際空港の東南東約77km（北緯35度30分00秒、東経141度10分30秒）の上空約1,500mで、発生日時は、令和6年3月20日、16時15分ごろであった。</p>
2.2 死傷者	なし
2.3 損壊	<p>航空機の損壊の程度：中破</p> <ul style="list-style-type: none"> ・胴体前方右側外板に層間剥離（大修理該当部分）：2か所（図2） ・上記の上部及び後方に焼痕：10か所（図3左） ・レドームに焼痕：2か所（図3右） <div data-bbox="507 981 1382 1435"> </div> <p style="text-align: center;">図2 胴体前方右側の損傷及び拡大図</p> <div data-bbox="501 1543 1377 1904"> </div> <p style="text-align: center;">図3 大修理該当部分以外の損傷</p>
2.4 乗組員等	<p>(1) 機長 60歳 定期運送用操縦士技能証明書（飛行機）平成14年4月5日</p>

	<p>限定事項 ボーイング式787型 平成26年2月3日 第1種航空身体検査証明書 有効期限:令和7年8月27日 総飛行時間 17,508時間46分 同型式機による飛行時間 6,617時間46分</p> <p>(2) 機長職務代行者 58歳 定期運送用操縦士技能証明書(飛行機) 平成12年10月19日 限定事項 ボーイング式787型 令和3年6月29日 第1種航空身体検査証明書 有効期限:令和6年7月12日 総飛行時間 13,225時間30分 同型式機による飛行時間 779時間23分</p> <p>(3) 副操縦士 43歳 定期運送用操縦士技能証明書(飛行機) 平成29年7月28日 限定事項 ボーイング式787型 平成24年10月24日 第1種航空身体検査証明書 有効期限:令和6年5月1日 総飛行時間 8,704時間09分 同型式機による飛行時間 6,234時間57分</p>												
<p>2.5 航空機等</p>	<p>(1) 航空機型式:ボーイング式787-9型 製造番号:40751、製造年月日:平成29年3月29日 耐空証明書:第2017-011号、有効期間:平成29年4月18日から整備規程(全日本空輸株式会社)の適用を受けている期間 総飛行時間:29,826時間06分</p> <p>(2) EAFRの飛行記録には、本事故に関連する振動や衝撃その他の異常を示す記録はなかった。また、EAFRの音声記録(2時間記録可能)は、損傷の程度が大修理と確認されるまでの期間において上書きされたことにより、本事故に関連する飛行中の音声は記録されていなかった。</p> <p>(3) 事故当時、同機の重量(402,700lb)及び重心位置(1,214in)は、いずれも許容範囲内にあった。</p>												
<p>2.6 気象</p>	<p>(1) 天気概況 気象庁が発表した3月20日15時の実況天気図によると、前線を伴った低気圧が発達しながら関東沖を東進していた。また、低気圧から関東南方には弱い気圧の谷が解析されていた(図4左)。</p> <p>同日16時の狭域悪天実況図(UBTT)によると、同機の進入経路から離れた房総半島沖に発雷を伴う活発な積乱雲列が存在していた。また、同機が被雷した高度(1,500m)の気温は、マイナス2℃であった(図4右)。</p> <div data-bbox="496 1621 1425 2000" data-label="Figure"> <p>令和6年3月20日15時</p> <p>UBTT RJTT SIGWX OBS VALID : 200700 UTC Mar 2024 ISSUED : 200710 UTC Mar 2024 Japan Meteorological Agency</p> <p>UPPER WIND AND TEMPERATURE ANALYSIS</p> <table border="1"> <tr><td>500hPa(18000ft)</td><td>250/29</td><td>M32°C</td></tr> <tr><td>700hPa(10000ft)</td><td>300/16</td><td>M11°C</td></tr> <tr><td>850hPa(5000ft)</td><td>340/29</td><td>M02°C</td></tr> <tr><td>925hPa(2500ft)</td><td>350/42</td><td>04°C</td></tr> </table> <p>SURFACE 360/13 11°C METAR RJTT 200710Z 01013KT 999 FEW020 SCT150 BKN/// 1103 Q0992=</p> <p>凡例(Symbols)</p> <p>航空機観測(PREP/ARS/O-PIREP) 乱気流(乱気流) 雷雨(雷雨) 雷電 3000m以上の気圧で観測 積乱雲度 レーダー-エコー強度 雷電(LIEN) 雷閃時電 対地電(+), 対地電(-)</p> <p>×:被雷地点</p> </div> <p>図4 実況天気図及び狭域悪天実況図</p>	500hPa(18000ft)	250/29	M32°C	700hPa(10000ft)	300/16	M11°C	850hPa(5000ft)	340/29	M02°C	925hPa(2500ft)	350/42	04°C
500hPa(18000ft)	250/29	M32°C											
700hPa(10000ft)	300/16	M11°C											
850hPa(5000ft)	340/29	M02°C											
925hPa(2500ft)	350/42	04°C											

(2) 雷の活動度の変化

雷ナウキャスト*⁶の解析図によると、15時30分から16時10分にかけて、同機の被雷地点付近における雷の活動度が大きくなっていった(図5)。

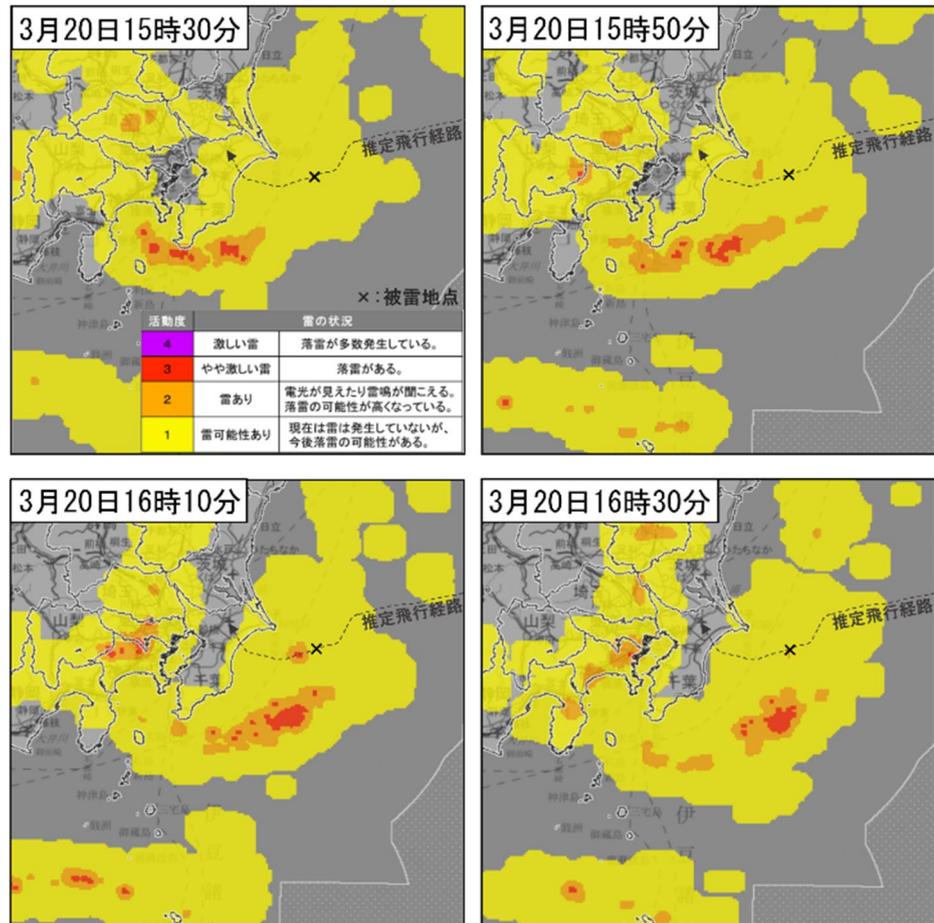


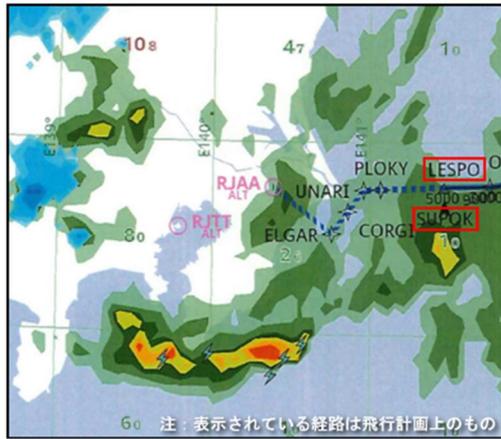
図5 雷ナウキャストの解析図

(3) 運航乗務員が飛行中に入手した情報

運航乗務員が、15時40分ごろに同社から配布されているタブレット端末内のアプリケーションにて確認した情報によると、同機の進入経路上に位置するウェイポイント(LESP0、SUPOK)の南側にやや強いエコー、また、房総半島沖に強いエコーが表示されていた(図6左)。

運航乗務員が、15時52分にACARSにて入手した情報によると、成田国際空港の東から南、20～60nmに位置する弱い強度のエコー及び同空港の南から南西、60nmに位置する並の強度のエコーが、共に北東に移動していた(図6右)。

*6 「雷ナウキャスト」とは、雷監視システムにより検知したデータから雷の激しさや可能性を解析し、予報を提供する気象庁のサービスのことをいう。活動度1～4で表しており、雷放電の検知数が多いほど激しい雷(活動度が高い:2～4)としている。



```

TIME/Z 2024/03/20 06:52
RJAA OBS 0641/20Z SR2041Z/SS0851Z
USING RWY :
T/O 34L FREQ 124.2
L/D 34R ILS Z
L/D 34L ILS
//WIND CAUTION FM 2340Z//
1. RWY COND : W E T
2. SFC WIND : 34L:040/05-07KT
                 34R:000/00-01KT
3. FNL COND : SLIGHTLY ROUGH-ROUGH
//ALWIN//      3000 340/23
                 2000 340/20
                 1000 010/09
                 500 050/07
//WSA//       34L NIL SO FAR (0640Z)
                 34R -27KT OVER RWY (0615Z)
4. ECHO       : 1) WEEK ECHO 20-60NM E-S
                 MV TO NE
                 2) MOD ECHO 60NM S-SW
                 MV TO NE
  
```

図6 飛行中に入手した情報

2.7 その他必要な事項

(1) 機体の材質と損傷について

同機の胴体外板は、大部分がアルミニウム合金等の軽量金属で構成された従来機と異なり、炭素繊維強化複合材料(CFRP:Carbon Fiber Reinforced Plastic)で構成されている。

CFRPは、中間素材のCFRPプリプレグシートというシート状の炭素繊維を一方向に引きそろえ、熱可塑性樹脂粒子等を分散した高硬化エポキシを含浸させたものを多方向に積層し、その後加圧、加熱硬化して製造される。なお、各積層間には層間剥離(層と層の間が剥がれる損傷)防止のため、高硬化エポキシ層が配置されている。

CFRPを従来機の胴体外板と比較した場合、単位重量に対する強度、剛性が優れているという特性を有する一方、外部から強い衝撃を受けると、層間剥離が発生することがある。

本件は、胴体前方右側外板の層間剥離が全ての層に及んでいたことにより、損傷の程度が大修理に該当すると判断された。

多層に及ぶ層間剥離は、同社において3D超音波検査装置による3次元画像が得られたことから、設計・製造者から得られた修理方法により修復された。なお、修復部については定期的に非破壊検査を行い、剥離進展がないことを確認することが望ましい(図7)。

(2) 被雷に対する取組について

同社においては、被雷に対して以下の取組が実施されている。

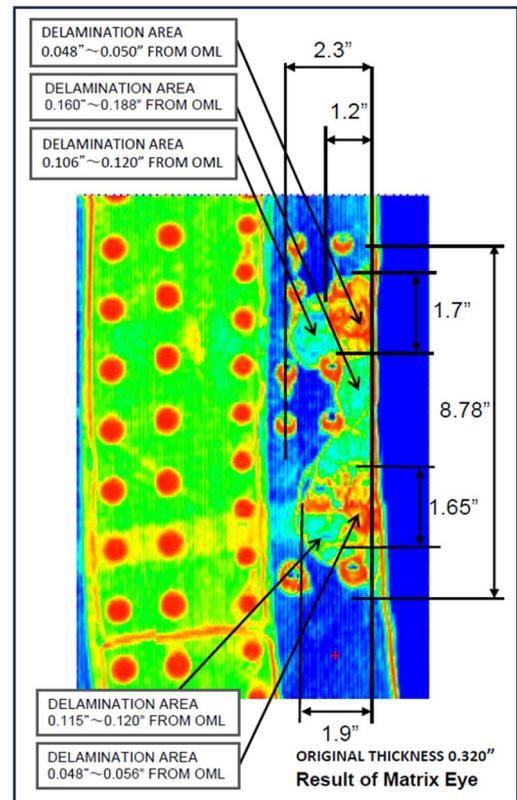


図7 3D超音波検査装置の画像

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 冬季雷対策：日本海側の空港（富山空港、秋田空港）における回避ルートの設定 ・ 春季及び夏季雷対策：東京国際空港、成田国際空港における発雷情報のACARSによる運航乗務員への提供 ・ 3D航空気象アプリケーションを宇宙航空研究開発機構（JAXA）及び株式会社エムティーアイと共同開発し、これの導入を契機とした地上運航従事者からの情報提供の促進 <p>(3) 被雷リスクの高い温度帯</p> <p>「AIM-J」（日本航空機操縦士協会発行 第80号（2024年後期版）、項目番号851）には、雷雨について、次の記載がある。（抜粋）</p> <p>f. 雷雨域の飛行</p> <p>a) 水平回避：積乱雲を回避する場合、通常は迂回することが最も容易であり、安全度も高いと考えられる。SEVERE と判断される雷雨や強烈なレーダーエコーは20マイル以上避けることが望ましい。（中略）</p> <p>c) 雷雲の付近の飛行（上記a）の距離以内に入らざるを得ない時）：</p> <p>①～③（略）</p> <p>④ 気温0℃の高度の上下を避ける。強いタービュランス、強い着氷、落雷が多い。統計上-8℃～+8℃で90%の落雷があるとされており、フリージングレベルの上下5,000フィートを避けることが有効である。（後略）</p>
--	---

3 分析

(1) 損傷の状況	本事故は、同機が飛行中に被雷し、胴体前方右側を損傷したものと認められる。
(2) 気象の状況	房総半島沖に発雷を伴う活発な積乱雲列が存在していたものの、同機の進入経路からは離れていた（図4右参照）。それにもかかわらず被雷したことについては、同機が被雷した高度における気温が、被雷リスクが高い温度帯であったこと、また、雷ナウキャストの解析図によると、15時30分から16時10分にかけて、被雷地点付近の雷の活動度が大きくなっていることが解析されていたことから、急速に落雷の可能性が高くなっていたものと推定される（図5参照）。
(3) 運航乗務員の対応	飛行前ブリーフィング時や飛行中に被雷に関する情報はなく、運航乗務員は、機上レーダーの設定を逐次変えながら、突発的に発生する雲にも対応し、弱いエコー域においても回避するために順次変針しながら飛行した。本事故は、急速に落雷の可能性が高くなっていたと推定されることから、運航乗務員が被雷を事前に予測し、回避することは困難であったと推定される。

4 原因

本事故は、同機が飛行中に被雷したため、胴体前方右側を損傷したものと認められる。	同機が被雷したことについて、運航乗務員が被雷地点において急速に落雷の可能性が高くなっていたことを事前に予測し、回避することは困難であったものと推定される。
---	---

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策	より高い精度の被雷予測情報に基づく被雷リスクの回避など、より一層の被雷対策に取り組むことが望ましい。
5.2 本事故後に講じられた再発防止策	同社は、被雷に関するこれまでの取組に加え、以下の対策に取り組んでいる。 <ul style="list-style-type: none">・ 機体の被雷回避に対する運航乗務員及び地上運航従事者への更なる意識向上に向けた各種教育、訓練への反映と啓発活動の推進・ 被雷リスクの高い温度帯における飛行を極力避ける飛行方法の推進など運用方法の改善・ 3D航空気象アプリケーション等の被雷予測ツールの更なる改善