

# 航空事故調査報告書


所 属 PDエアロスペース株式会社  
型 式 PDエアロスペース式PDAS-X06型（自作航空機、無操縦者航空機）  
識別記号 JX0163  
事故種類 着水時の機体損傷  
発生日時 令和5年6月28日 18時14分ごろ  
発生場所 沖縄県 下地島空港付近

令和6年9月13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	PDエアロスペース株式会社所属PDエアロスペース式PDAS-X06型JX0163は、令和5年6月28日（水）、試験飛行のため下地島空港滑走路17から離陸した直後に操縦系統の無線通信が途絶え、その後、下地島空港北側の海上に着水し、大破した。
1.2 調査の概要	運輸安全委員会は、令和5年7月7日（金）、事故発生 of 通報を受け、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。原因関係者からの意見聴取を行った。

## 2 事実情報

2.1 飛行の経過	<p>(1) 飛行の経過</p> <p>機長、副操縦士、エンジニア等の口述、機体から送信された飛行データ（テレメトリ）及び映像並びに機体に保存されていたカメラ映像、関係者が撮影していた映像によれば、飛行の経過は概略次のとおりであった。</p> <p>PDエアロスペース株式会社所属PDエアロスペース式PDAS-X06型JX0163は、同社が開発中のサブオービタル飛行*1を行う有人宇宙飛行機の小型スケールモデル実験機であり、事故発生時の飛行が初めての試験飛行であった。本試験飛行のため、車両型の地上操縦</p>  <p>図1 同機</p>
-----------	---

\*1 「サブオービタル飛行」とは、地上から出発し、高度100km程度まで上昇後、地上に帰還する飛行をいう。

設備（GCS／Ground Control Station）に機長及び副操縦士ほか3名が配置され、18時12分ごろ、同機は下地島空港の滑走路17の進入端（図3①）から、機長の手動操縦により離陸滑走を開始した。本試験飛行では、離陸から着陸までの全飛行を操縦者視点の映像

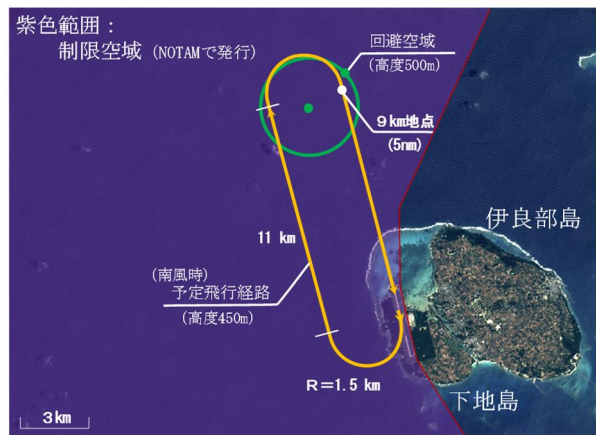


図2 予定飛行経路図

を用いた遠隔による手動操縦で行うことが計画されていた。なお、同機には、操縦通信、映像通信及び飛行データ通信の3種類の通信チャンネルがある（表1参照）。また、同機には、手動操縦モードと自動飛行モードの2つの飛行制御モードがあり、手動操縦モードの通信が不良になった場合は自動で自動操縦モードに切り替わる。

同機は、離陸滑走開始から約20秒後に離陸した（図3②）。同機は、離陸の約13秒後に速度約167kt、高度約190mで、機長席の操縦系統（表1①）及び飛行データ（表1③）の通信が途絶し（図3③）、次いで副操縦士席の操縦系統に切り替わったが、約5秒後に速度約158kt、高度約280mで右旋回中に、副操縦士席の操縦系統及び飛行データの通信も途絶して（図3④）、GCSと機体間の操縦系統及び飛行データの通信が全て途絶した。

操縦系統の通信が全て途絶した後、同機は自動操縦により右旋回の飛行を継続した。この間、GCSでは同機からの2つある映像系統の通信の1つを正常に受信し、同機からの映像を正常に視認できていた。同機からの映像を正常に視認できていたこと及び飛行が安定していたことから、機長は自動操縦での飛行を継続した方が良いと考え、操縦系統を無指向性アンテナを用いた427MHzのバックアップ通信に切り替えなかった（通信システムに関しては、表1参照）。離陸から約66秒後、瞬間的に飛行データ（テレメトリ）通信を受信したが、操縦系統の通信は回復しなかった（図3⑤）。

同機は、右旋回での飛行を継続し、約270°旋回して同空港滑走路17の進入端方向に機首を向けて直線飛行に移行した。その後、同機は高度が低下したが、滑走路17の進入端手前で直線飛行のまま上昇を開始した。滑走路17の進入端付近の上空を通過後、レベル飛行に移行して左旋回を開始したが、その数秒後に機首下げとなり海に着水した。同機が着水に至るまでGCSでは映像系統の通信を正常に受信し、同機からの映像を正常に視認できていた。

同機は、18時14分ごろ、下地島空港の北約1.5km付近の海面（試験飛行空域内）に着水し、大破した（図3⑨）。事故発生後、同機は、同社により回収された。

(2) シミュレーターによる飛行検証

事故発生後に同社が実施したシミュレーターによる飛行検証による飛行

の経過は概略次のとおりであった。

同機は、同機の手動操縦に不具合が発生して自動操縦に切り替わった場合に待避する空域として、同空港の北側に回避空域を設定していた。(図2参照)

GCSと機体間の操縦システムの通信が全て途絶した後、同機はRTH (Return To Home) モード (各モードについては2.5 (5) に後述) に自動で切り替わり、回避空域へ向かう経路 (図3設定経路A) に向けて飛行を継続した。

シミュレーターによる検証では、意図的に設定経路Aの手前で高度を低下させて検証を行った。同機の高度を200m以下にすると、RTHモードから高度を200m以上に回復させるRTH Climbモードに切り替わり (図3⑥)、高度を回復させた。同機は、対地高度約200m以上まで上昇した際、再びRTHモードに切り替わった (図3⑦)。RTH ClimbモードからRTHモードに復帰した際に回避空域に向けて経路が再設定 (2.5. (5) ③に後述) され、同機は同経路 (図3設定経路B) に向かって飛行した。

同機は設定経路Bに向かうため左旋回を行ったが、試験飛行空域から逸脱する可能性が生じる最終措置ラインを越えたため、飛行停止機能であるFTS (Flight Termination System) モードが作動して、エンジンを停止させて機首下げを行った (図3⑧)。

本事故の発生場所は、下地島空港滑走路17進入端の北約1.5km (北緯24度51分09秒、東経125度08分46秒) で、発生日時は、令和5年6月28日18時14分ごろであった。

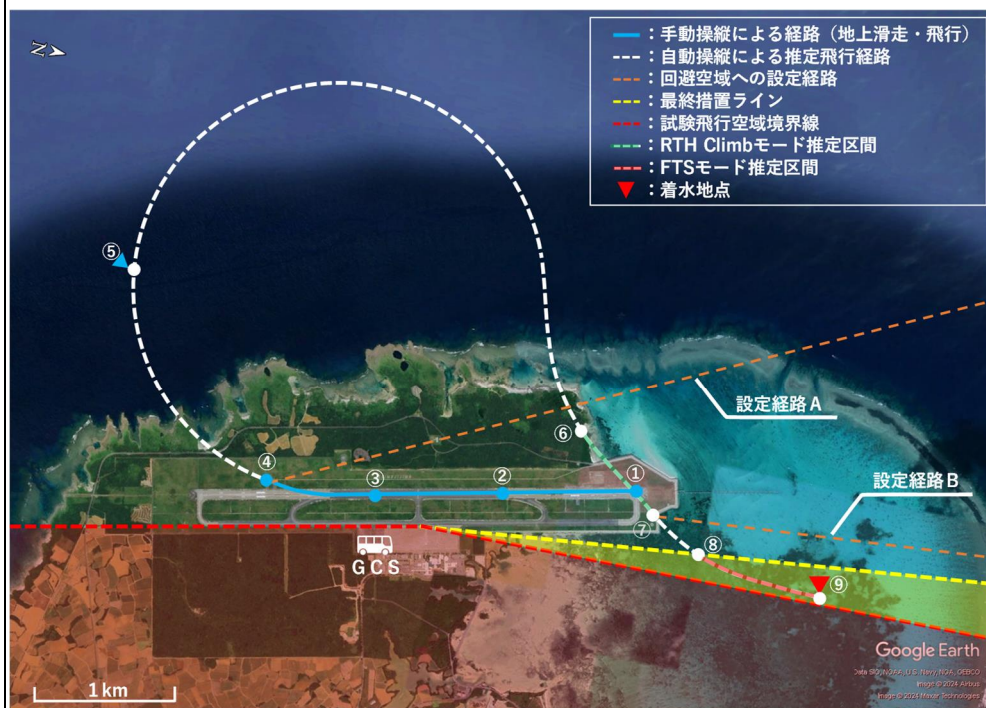


図3 推定飛行経路図

2.2 死傷者

なし

2.3 損壊

- (1) 航空機の損壊の程度 大破
- (2) 航空機以外の物件の損壊の状況 なし

<p>2.4 乗組員等</p>	<p>(1) 機長 33歳  総飛行時間（無操縦者航空機・無人航空機） 971時間00分  同型式機による飛行時間 0時間00分  同型式機の訓練時間（シミュレーター） 約58時間</p> <p>(2) 副操縦士 25歳  事業用操縦士技能証明書（飛行機） 令和4年2月16日  特定操縦技能 操縦等可能期間満了日 令和6年2月16日  総飛行時間（飛行機） 242時間50分  同型式機による飛行時間 0時間00分  同型式機の訓練時間（シミュレーター） 約50時間</p> <p>同機は、航空法（昭和27年法律第231号）第87条第1項の規定により、無操縦者航空機の飛行が許可されていた。同規定では、操縦者に操縦士技能証明等の資格は要求されていない。</p>
<p>2.5 航空機等</p>	<p>(1) 航空機  航空機型式：PDエアロスペース式PDAS-X06型  耐空証明書：なし  航空法第11条第1項ただし書の規定による許可：  第2023-0003号  有効期間：令和5年4月28日～令和5年9月30日  総飛行時間：0時間  機体諸元  全長：4.9m、全幅：2.4m、離陸重量：288kg</p> <p>(2) エンジン  エンジン種類：ガスタービンエンジン（2基）  エンジン製造者：AMT エンジン型式：Lynx  製造番号：5044（左側）、5045（右側）  総飛行時間：0時間  エンジン諸元  最大推力：1.6kN（2基合計：3.2kN）、燃料：ケロシン</p> <p>(3) 重量及び重心位置  事故当時、同機の重量及び重心位置は、いずれも同社が設定した許容範囲内にあった。</p> <p>(4) 通信システム  同機の通信システムには、操縦通信、映像通信及び飛行データ（テレメトリ）通信の3種類5周波数帯がある。操縦通信のメイン（機長）チャンネルが通信途絶すると自動でサブ（副操縦士）チャンネルに切り替わる。サブ（副操縦士）チャンネルが通信途絶した場合は、427MHzのバックアップ通信があるが、自動では切り替わらず手動で切り換える必要がある。427MHzのバックアップ通信を使用すると、干渉により1.2GHzの映像通信が使用できない。また、操縦通信のメインチャンネルは約12°の指向性を有し、サブチャンネルは約20°の指向性を有している。同システムのアンテナの指向性は、使用できる出力の制約により決定された。以下の表1に、通信システムの仕様を示す。</p>

表1 通信システムの仕様

	メイン (機長)		サブ (副操縦士)		バックアップ通信	
	周波数帯	指向性	周波数帯	指向性	周波数帯	指向性
① 操縦通信 (アップリンク)	5.7GHz	有	2.4GHz	有	4.27MHz	無
② 映像通信 (ダウンリンク)	1.2GHz	有	5.6GHz	有		
③ 飛行データ通信 (ダウンリンク)	5.7GHz	有	2.4GHz	有		

(5) 同機の自動飛行モード

自動飛行モードには、優先順位が高い順に以下の3モードがある。

① F T Sモード

あらかじめ設定された試験飛行空域を逸脱するおそれがある場合、試験飛行空域を逸脱しないように自動でエンジンを停止し、機首下げとすることで飛行を終了させ、試験飛行空域からの逸脱を防止する機能である。F T Sモード作動判定はG P Sの位置データを使用して行われる。

② R T H Climbモード

高度が200m未満となった場合、機体のバンクを水平にして直線飛行で、対地高度を200m以上まで上昇させ、高度回復を優先して行う機能である。

③ R T Hモード

手動操縦の操縦通信が途絶えた場合、あらかじめ設定された回避空域へ自動飛行で向かう機能である。回避空域までの経路は、モード作動地点から回避空域の待機経路に対し正接する最短経路で進入できるように3次元的に計算し、設定される。他の飛行モードからR T Hモードに移行する度に、回避空域への経路が新たに設定される。

(6) 地上操縦設備 (G C S)

G C Sは、同機の遠隔手動操縦のための操縦通信、映像通信、飛行データ通信、航空管制通信並びに同機及び通信の監視を行うための設備を有し、操縦者2名、コマンダー、フライトエンジニア及び通信士が乗り込み、試験飛行等を行うものである。

4.27MHzの操縦系統用アンテナを除く通信用アンテナは、2台のパンチルト雲台に取り付けられており、これが上下・左右に回転することで同機の方に追従して通信を行う。この追従は、同機から受信する飛行データに含まれる位置データの方位及び高さアンテナを向けることで行われる。

G C Sのアンテナ部に取り付けられたカメラの映像によると、主操縦系統のアンテナ (図4③) が同機を追従できなくなり、続いて副操縦系統のアンテナ (図4①) も追従できなくなる様子が記録されていた。



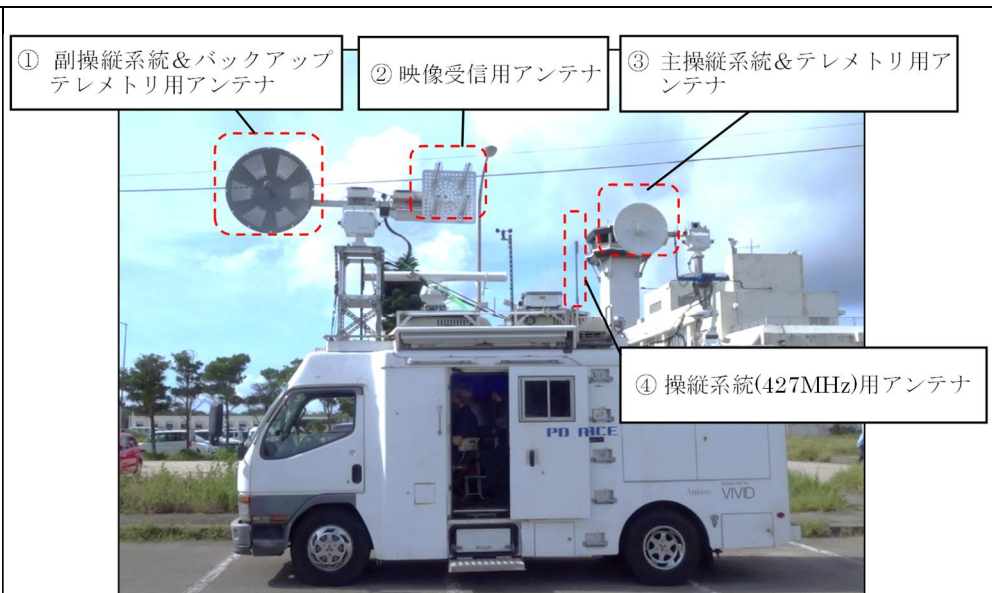


図4 地上操縦設備 (GCS)

(7) 非常操作手順

同社のFCOM<sup>\*2</sup>には、同機の非常操作手順に係る規定として、427MHzを除く全ての操縦系統通信が途絶した場合、427MHz通信システムをオンにするように記載されている。

(8) 同機の飛行データ等の記録

同機には、飛行データを記録する基板が取り付けられており、記録媒体として microSD カードが取り付けられていた。しかし、この基板には microSD カードの脱落を防止するための機構はなかった。本事故発生後に同機の残がい回収した際、microSD カードを発見することはできなかった。

同機のエンジンは、着水した海中より回収されたが、同エンジンのエンジン制御ユニット (EPV) からエンジンデータを取り出すことはできなかった。

また、同機には11台の地上伝送用カメラが取り付けられており、それらの一部のカメラの制御装置には撮影映像を記録する microSD カードが装着されていた。しかし、これらの microSD カードスロットには microSD カードの脱落を防止するための機構はなかった。本事故発生後に同機の残がい回収した際、胴体下部のカメラの microSD カードのみが回収された。

2.6 気象

本事故発生時間帯の定時飛行場実況気象通報式 (METAR) の観測値は、次のとおりであった。

18時00分 風向 150°、風速 11kt、卓越視程 10km以上、  
 雲 雲量 1/8 雲形 積雲 雲底の高さ 1,300ft、  
 雲量 5/8 雲底の高さ 不明、  
 気温 30℃、露点温度 27℃、  
 高度計規正值 (QNH) 1,012hPa、29.89inHg

2.7 その他必要な事項

- (1) 同機の開発、製造及び運航会社  
 同機の開発、製造及び運航会社である同社は、有人機によるサブオービタ

\*2 「FCOM」とは、Flight Crew Operating Manual の略であり、同型式機の製造者の推奨する通常操作手順、非常操作手順、限界事項、性能、各システムの説明等が記載されている。

ル飛行を目指し、同機を使用して技術実証試験を計画していた。同機は、令和2年1月に有人宇宙飛行機の小型スケールモデルの無人実験機（PDAS-X06型機）として、同社により開発された。

(2) 航空法に基づく許可

同社は、同空港で同機による試験飛行を行うこととして、航空法に基づく許可を受けていた。

- (a) 航空法第11条第1項ただし書（試験飛行等）の許可
- (b) 航空法第60条（無線電話等の不装備）の許可
- (c) 航空法第87条（無操縦者航空機の飛行）

(3) 同社が講じていた安全対策

同社は、同機の試験飛行において、以下の安全対策を講じていた。

- ・ 離発着する空港を除き、試験飛行空域を海上に設定していた
- ・ 陸上部においては立入制限を行っていた
- ・ 異常事態が発生し操縦が回復できない場合は、FTSモードにより試験飛行空域内の海面に着水させることとしていた
- ・ 試験飛行を、同空港の最終定期旅客便の出発後に実施することとしていた
- ・ 試験飛行を日没前に実施することとしていた
- ・ 試験飛行について、ノータムで周知する措置をとっていた

また、同社は、外部の有識者から構成される安全審査会（Safety Review Board）を設け、設計や運用に関する技術的な事項及び試験飛行の実施可否の判断を行うための助言を受けている。

(4) 通信系統の検証

同機とGCSの通信系統は、GCSは実物を使用し機体側はシミュレーターを使用した試験及び同機とGCSを用いて実施された高速地上滑走試験で、検証されていた。シミュレーターとGCSを使用した検証では、本事故時と同様な飛行において、アンテナの追従が遅れることはなかった。また、高速地上滑走による検証では、通信が途絶えることはなかった。

事故後の検証により、機体からの通信は機体姿勢などの情報が優先され、アンテナの追従に必要な位置データの送信に遅延が発生する可能性が高いことが判明した。

(5) 試験飛行前のエンジン不調

同機のエンジンには、点火装置（イグナイター）が二つ装備されているが、そのうちのひとつが機能不良となり、エンジン始動で不具合が確認されていた。また、「エンジン出力の操作にエンジン回転数が追従しない」エンジン不調も確認されていた。そのため、エンジン製造者に助言を求めつつ、これらエンジン不調等への対処が行われた。

エンジン始動の不具合についてはイグナイターの一つを不作動として、地上試運転で検証を行った結果、不具合が解消された。

「エンジン出力の操作にエンジン回転数が追従しない」エンジン不調について、地上試運転で検証を行ったところ、エンジン出力を緩やかに変化させた場合にエンジン不調の発生を抑制することができた。そのため、同社はエンジン出力を緩やかに変化させるため、スロットル・レバーをゆっくりと操作するように関係者に周知を行い、操縦者の訓練を実施した。また、自動操縦時のエンジン出力変化が緩やかとなるように設定を変更した。これらの対

### 3 分析

#### (1) 同機の離陸から着水までの飛行状況

同機は、手動操縦で離陸上昇中、機長及び副操縦士の両方の操縦通信が途絶したため、自動飛行モードの一つであるRTHモードに移行して飛行を継続したものと推定される。

同機は、RTHモードにより離陸上昇をしながら右旋回を継続し、回避空域へ向けて設定された経路に向かっていった際、意図しない高度低下が発生したため、RTH Climbモードに移行し、高度を回復させたものと推定される。

同機は、RTH Climbモードに移行したことで、回避空域に向かうための左旋回が遅れて最終措置ラインを越えて試験飛行空域境界線に近づいたことで、FTSモードが作動して強制的に着水し、着水時の衝撃で大破したものと推定される。

#### (2) 操縦系統及び飛行データの通信の途絶

操縦系統の通信（表1①）の途絶は、指向性を持った無線通信アンテナの追従が遅れたため、発生したものと考えられる。追従が遅れたことは、飛行データ通信（表1③）において、アンテナの追従に使用される位置情報が機体姿勢などの操縦に使用される情報よりも優先順位が低いために発生した可能性が考えられるが、飛行データを回収できなかったことから、これを明らかにすることはできなかった。

また、通信系統の事前検証において、位置情報の遅延発生リスクを十分に検証できていなかったこと及びアップリンクに使用される通信システムの指向性が強く、覆域が狭かったことが関与した可能性が考えられる。

操縦系統の通信が途絶した後、FCOMに規定されたように、無指向性のアンテナを使用したバックアップ通信である427MHz通信に切り替えて手動操縦として、メイン及びサブ通信チャンネルを復旧させていれば、本事故の発生を回避できた可能性が考えられる。

#### (3) 想定されていない高度低下について

同機がRTHモードで飛行中、RTH Climbモードへ移行する要因となった想定されていない高度低下については、自動操縦での飛行中にエンジン出力の制御が行われた際、事前に発生していた「エンジン出力の操作にエンジン回転数が追従しない」等のエンジン不調が再び発生した可能性が考えられ、これによりエンジン出力が低下した可能性が考えられるが、エンジンデータを取り出すことができなかったことから、これを明らかにすることはできなかった。

また、エンジン不調に係る対応策については安全審査会にて検討されていたが、エンジン不調への対応は応急的なものであり、このことがエンジン出力の低下に関与した可能性が考えられる。

#### (4) 同社で講じていた安全対策

同社は、同機の試験飛行において、2.7(3)に記述した安全対策を講じており、さらに、同機は事故時の飛行において不具合が発生したものの、事前に設定した試験飛行空域内に着水していることから、同社の試験飛行計画は人及び物件への配慮が行われており、試験は事前に想定した計画の範囲内で行われたものと考えられる。

### 4 原因

本事故は、同機が、試験飛行中に事前に設定した試験飛行空域から逸脱しそうになったため、FTSモード（試験飛行空域からの逸脱を防ぐ機能）が作動し、自動で制御が行われて海面に着水し、着水時の衝撃で大破したものと推定される。

同機が事前に設定した試験飛行空域から逸脱しそうになったことについては、以下の要因により発生したものと考えられる。



- ・操縦通信が途絶して自動操縦に切り替わったこと
- ・自動操縦で飛行中に意図しない高度低下が発生したことでRTH Climbモードとなり高度の回復を優先して行ったこと