

航空事故調査報告書

所 属 法人
型 式 イームズロボティクス製 UAV-E6150FA（無人航空機、マルチローター）
登録記号 JU323659D902
事故種類 無人航空機による人の死傷（重傷）
発生日時 令和6年6月21日 05時38分頃
発生場所 福島県南相馬市

令和7年12月11日
運輸安全委員会（航空部会）議決
委 員 長 李家賢一（部会長）
委 員 高野 滋
委 員 堂園正人
委 員 早田久子
委 員 津田宏果
委 員 松井裕子

1 調査の経過

1.1 事故の概要

法人所属イームズロボティクス製 UAV-E6150FA、JU323659D902 は、令和6年6月21日（金）、福島県南相馬市で除草剤散布の作業中に着陸した際、操縦者の意図に反して横移動し、補助者が、同機の回転中のプロペラに接触して重傷を負った。

1.2 調査の概要

本件は、運輸安全委員会設置法施行規則（平13国土交通省令124）第1条第1号に規定された「無人航空機による人の死傷」に該当し、航空事故として取り扱うこととなったものである。

運輸安全委員会は、令和6年7月1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。

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

操縦者、補助者A、補助者B及び同機の所属法人の関係者の口述並びに機体内蔵メモリーに記録されていた飛行記録（以下「飛行記録」という。）によれば、飛行の経過は概略次のとおりであった。

同機は、令和6年6月21日05時33分頃、当日3回目の水田への除草剤散布のため、水田の南側のあぜ道から「GPSモード」（2.9同機の飛行モード参照）を選択して手動飛行により離陸した。その際、操縦者及び補助者A（負傷者）は、水田南側のあぜ道に、補助者Bは水田北側のあぜ道に位置していた。操縦者は、同機を対地高度約4mまで上昇させ、飛行モードを農薬散布時に使用する「AB2点間モード」（2.9同機の飛行モード参照）に切り替えた。操縦者は、基準となる散布ラインを設定するため、起点となるA点を送信機で記録し、水田の北側境界付近まで同機を飛行させ、B点を記録した後、自動散布飛行により散布を開始した。このとき、操縦者は、同機の移動に合わせて水田の南側のあぜ道を西から東に横移動しながら操縦を行っていた。一方、補助者Aは、同機のバッテリーの残量管理を担当しており、操縦者の左斜め前方に立ち、左手に持ったタブレットPCに表示される同機のバッテリーの残量を監視していた。同機の

バッテリー残量が30%を下回ったため、補助者Aは、操縦者にそのことを伝えた。

05時38分頃、操縦者は、バッテリー交換のため、水田南側のあぜ道に、送信機右側のスティックを使用した手動操作により着陸させた。着陸後、操縦者は同機のプロペラの回転数を低下させたが、操縦者の意図に反して再度プロペラの回転数が上昇し、左方向に傾斜して、地面を擦るように滑りながら移動し、回転中のプロペラが補助者Aに接触した。補助者Aは、右手及び左手を負傷した。その後、同機のプロペラの回転は停止した。負傷した補助者Aの近くには、損壊したタブレットPCが落ちており、同機が着陸した位置から西に約6mの位置にプロペラ片が落ちていた。

本事故の発生場所は、福島県南相馬市（北緯37度42分31秒、東経140度58分26秒）で、発生日時は、令和6年6月21日05時38分頃であった。

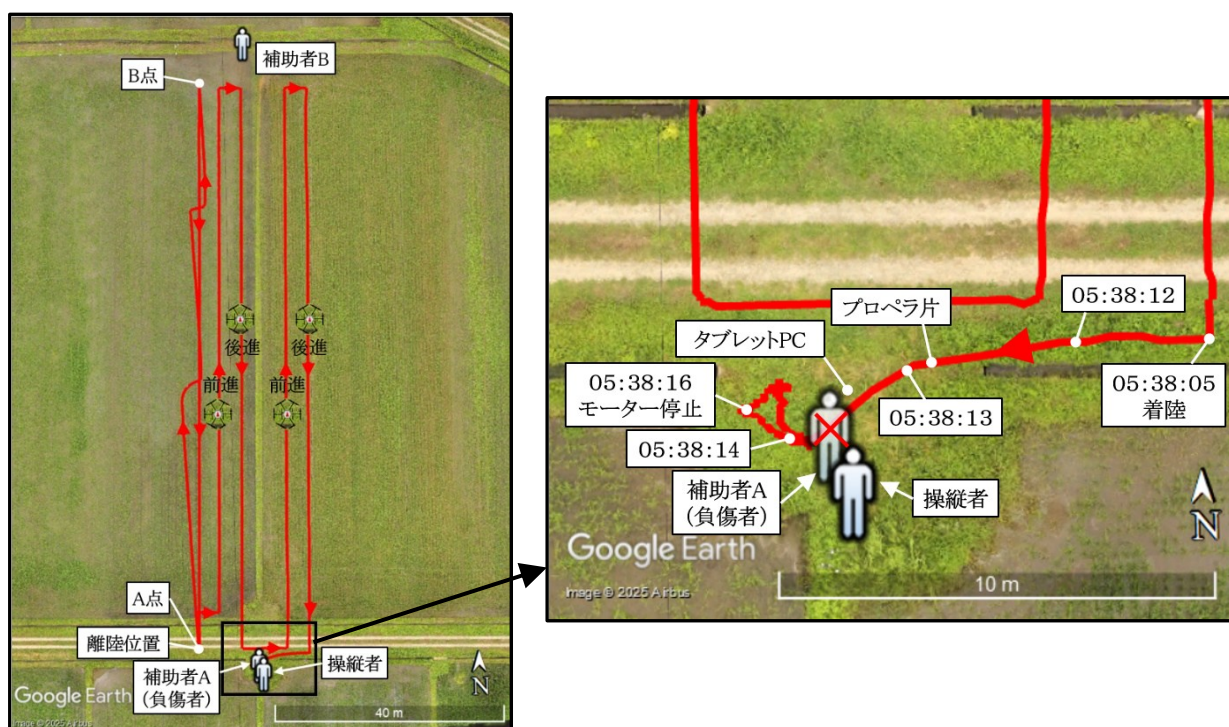


図1 推定飛行経路及び事故発生時の関係者の位置
(飛行記録及び口述による)

2.2 事故発生に係る情報


死 傷 者 等	■有 □無 (重傷：1名 右示指・中指・環指及び小指開放骨折並びに左尺骨神経断裂)
機体の損壊状況	プロペラアームの折損 (No. 1, No. 6)、プロペラの損傷 (No. 5)、モーター内部コイルの焼損 (No. 5)、左側スキッド前部の折損、右側スキッド取付部の折損、右側スキッドの脱落及びタブレットPCの損壊 
物件の損壊状況	なし

図2 機体の損壊状況

2.3 操縦者に関する情報			
操縦者	65歳		
技能証明書	なし（取得不要）		
総飛行時間	約4時間（操縦者の口述による）		
同型式機による飛行時間	約4時間（操縦者の口述による）		
最近30日間の飛行時間	約1時間（操縦者の口述による）		
2.4 補助者に関する情報			
補助者 A	63歳		
技能証明書	なし（取得不要）		
総飛行時間	0時間		
同型式機による飛行時間	0時間		
最近30日間の飛行時間	0時間		
2.5 無人航空機に関する情報			
種類	<input type="checkbox"/> 飛行機、 <input type="checkbox"/> ヘリコプター、 <input checked="" type="checkbox"/> マルチローター、 <input type="checkbox"/> その他（ ）		
名称	イームズロボティクス製 UAV-E6150FA	製造年	令和5年
製造番号	本体：F2000149、コントローラー：190400166		
型式（機体）認証	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無		
総飛行時間	約2時間30分（飛行記録による）		
動力装置	電気駆動モーター6基		
バッテリー	リチウムポリマーバッテリー（電圧 22.2V、容量 22,000mAh、2個）		
機体寸法	全長：2,213mm、全幅 2,011mm、全高：754mm（モーター軸間距離：1,501mm）		
最大離陸重量	28.5kg	最大飛行可能時間	約22分
使用燃料・潤滑油	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無		
2.6 航空法の許可・承認に係る情報^{*1}			
特定飛行に係る飛行承認（法第132条の86第3項）	飛行承認の有無		事故発生時の実施有無
危険物の輸送	有		有
物件投下	有		有
立入管理措置 ^{*2} （法第132条の86第4項）	補助者2名を配置して第三者の立入りを制限していた。		
飛行承認申請日	令和5年7月13日	承認の期間	令和5年8月3日から令和6年7月30日
2.7 飛行記録装置に関する情報			
記録場所	<input checked="" type="checkbox"/> 機体内蔵メモリー <input type="checkbox"/> コントローラー <input type="checkbox"/> 外部媒体 <input type="checkbox"/> その他		
記録内容	<input checked="" type="checkbox"/> 機体情報 <input type="checkbox"/> プロペラ制御情報 <input checked="" type="checkbox"/> 飛行航跡 <input type="checkbox"/> 搭載カメラの画像／映像 <input checked="" type="checkbox"/> 飛行時間 <input checked="" type="checkbox"/> ファームウェア情報 <input type="checkbox"/> アプリ情報 <input type="checkbox"/> ネットワーク情報		
2.8 気象に関する情報			
操縦者の口述	天気は曇り、風は無風で少し霧が出ていたが、視程は100m以上あった。		
事故現場付近に位置するアメダスの観測値	事故現場から南約7.9kmに位置する浪江地域気象観測所の事故関連時間帯の観測値は、次のとおりであった。 05時40分 風向 静穏、風速 0.2m/s、最大瞬間風速 0.8m/s、 気温 20.0℃、降雨なし		

^{*1} 航空法に基づき許可・承認が必要となる飛行のうち、事故に係る飛行において実際に行われていたものについて、許可・承認の取得状況とともに記載している。

^{*2} 「立入管理措置」とは、補助者の配置、立入りを制限する区画の設定その他の適切な措置のことをいう。

2.9 その他必要な事項	
操縦者の口述	<p>意図せず同機のプロペラ回転数が上昇したため、送信機右側のスティックを下げ方向へ操作したが、プロペラの回転数は低下せずに機体姿勢が傾斜し、機体を制御できなくなった。その操作以外に操作したかどうかは、よく覚えていない。また、緊急モーター停止操作は知っていたが、機体が既に着陸していたため使用しなかった。着陸時に使用する飛行モードについては、「GPSモード」を選択して着陸する必要があることは知っていたが、事故時の着陸の際に選択していた飛行モードについては覚えていない。事故前日及び事故当日の飛行は、久しぶり（約10か月ぶり）の飛行であったため、手探りで操縦しているところもあった。</p> <p>総飛行時間4時間の内訳については、令和5年1月の講習で約2時間、同年8月の講習で約1時間、事故前日に0.5時間、事故当日に約0.5時間であったと記憶している。機体を導入したばかりであったため、飛行実績を記録する飛行日誌はまだ作成していなかった。飛行承認申請において10時間以上の飛行経歴が必要とされていることは、講習で説明を受けたと思うがあまり記憶していない。</p>
同機の飛行モード	<p>同機の飛行モードには、手動飛行用の「GPSモード」並びに自動散布飛行用の「AB2点間モード」及び「完全自動散布飛行モード」の三つの飛行モードがある。送信機左上の「飛行モードスイッチ」（図3①）により、「GPSモード」又は「AB2点間モード」を選択することができ、タブレットPCにより「完全自動散布飛行モード」を選択することができる。</p> <p>「GPSモード」は、GPSの位置及び高度情報を使用し、スティックを離すと機体はその場にとどまり、現在の位置、方位、高度が自動的に保持されるモードである。また、スティック操作により任意の方向へ手動で飛行させることができる。</p> <p>「AB2点間モード」は、散布ライン(A点及びB点)を事前に設定し、以降は簡単な操作で自動散布飛行を行うモードである。操縦者は、送信機右上の「A・B点記録スイッチ」（図3②）でA点及びB点を記録し、基準となる散布ラインを設定後、同スイッチを上方（B点を記録／自動散布開始）側又は下方（A点を記録／自動散布開始）側に切り替えることにより、同機は散布ラインを飛行し、自動散布飛行を行うことができる。散布ラインを飛行後、送信機右側のスティック（図3③）を中央位置から左右に一定量（全ロール操作範囲の約5%に相当するデッドバンド^{*3}の範囲）以上操作することで、散布ライン変更機能が作動し、機体は自動で次の散布ラインまでの間隔（約4m）を横移動する。以降は同様の操作を繰り返して自動散布飛行を行うモードである。</p> <p>「完全自動散布飛行モード」は、タブレットPCの地図上で事前に自動飛行を行うルートを作成して自動散布飛行を行うことができるモードである。</p>

*3 「デッドバンド」とは、意図しない微小なスティック操作による誤動作を防ぐ目的で設定された無反応領域をいう。

<p>同 機 の 送 信 機</p>	<p>同機の送信機の各スイッチの名称及び配置は、図3のとおり（本報告書の記述に関連するスイッチのみ記載）。</p>  <p>⑤ 自動帰還スイッチ 下方：自動帰還</p> <p>⑥ 緊急モーター停止スイッチ 3秒間押し続けるとモーターを停止</p> <p>① 飛行モードスイッチ 上方：GPSモード 中：AB2点間モード 下方：GPSモード</p> <p>② A・B点記録スイッチ 上方：B点を記録/自動散布開始 中：自動散布停止/マニュアル移動 下方：A点を記録/自動散布開始</p> <p>④ 着陸スイッチ 下方：自動着陸</p> <p>③ 右側スティック 左右方向：ロール(横移動) 上下方向：スロットル(上昇・下降)</p> <p>⑦ 左側スティック 左右方向：ヨー(機首方向の回転) 上下方向：ピッチ(前進・後進)</p> <p>図3 送信機</p>
<p>着陸時の操作及び 着 陸 判 定</p>	<p>(1) 着陸時の操作</p> <p>同機の取扱説明書には、同機の着陸時の操作について、飛行モードを「GPSモード」に切り替えた後、次の三つの方法のいずれかにより着陸できる旨が記載されている。</p> <p>① 手動操作による着陸</p> <p>操縦者は、送信機右側のスティックを下げて機体の高度を下げ、機体を地面に着陸させた後、モーターが停止するまでスティックを最下方まで下げ続ける必要がある（モーターが停止するまで、10秒程度掛かる場合がある。）。</p> <p>② 着陸スイッチによる着陸</p> <p>操縦者は、送信機左上の着陸スイッチ（図3④）を下方に下げて自動着陸に切り替えると、機体はその位置で降下し、着陸後にモーターは自動的に停止する。</p> <p>③ 自動帰還スイッチによる着陸</p> <p>操縦者は、送信機左上の自動帰還スイッチ（図3⑤）を下方に下げて自動帰還に切り替えると、機体はその位置で対地高度約5mまで上昇して自動で離陸地点に戻り着陸し、モーターは自動的に停止する。</p> <p>(2) 着陸判定</p> <p>同型式機は、次の条件の全てを連続して1秒間以上検知した場合、機体が着陸したものと判定し、モーターを停止させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ モーターの出力が最小に近い ・ 機体の加速度が 1 m/s^2 以下である ・ 機体の垂直速度が 1 m/s 未満である ・ 対地高度が 2 m 未満である

<p>緊急モーター停止 及びクラッシュ 判定機能</p>	<p>(1) 緊急モーター停止機能 緊急時に操縦者がモーターを停止させたい場合には、送信機右上の緊急モーター停止スイッチ（図3⑥）を3秒間押し続けるとモーターは停止する。</p> <p>(2) クラッシュ判定機能 同型式機は、次の条件の全てが連続して2秒間以上検知された場合、機体が衝突したものと判定し、自動的にモーターを停止させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 機体の加速度が 3 m/s^2 以下である ・ 機体の目標の姿勢角度と実際の姿勢角度の差が 30° より大きい
<p>飛行記録</p>	<p>同機の飛行記録装置には、令和5年1月11日から事故発生日の令和6年6月21日までの間に55回の飛行が記録されていた。そのうち、事故発生場所と同じ水田での飛行は、事故前日の3回及び事故当日の3回の計6回であった。事故発生時の飛行を除く5回の飛行では、いずれも適切に「GPSモード」に切り替えて着陸が行われていた。また、その5回の飛行のうち1回は自動帰還スイッチによる着陸、残る4回は手動操作による着陸を行っていた。その手動操作による4回の着陸のうち、3回は、着陸後、モーターが停止する前に送信機右側のスティック（図3③）を下方から中央に戻す操作が記録されていた。</p> <p>事故発生時における着陸する際の飛行記録は次のとおりであった（図4）。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 着陸時の飛行モードは、AB2点間モードであった。 ② 05時38分05秒頃、同機は、送信機右側のスティックの下方操作により着陸し、05時38分05.6秒に着陸判定が開始された（着陸判定開始時の対地高度は約0.6mが記録されていたが、これは対地高度センサーが地上高約0.6mに装備されていることによるものである。）。 ③ 05時38分06.4秒に送信機右側のスティックが下方から中央に戻された。 ④ 05時38分06秒頃から05時38分08秒頃までの約2秒間にNo.5以外のモーター出力指令値が緩やかに上昇した。 ⑤ 05時38分08.1秒、送信機右側のスティックが最下方（最小スロットル位置）となった。 ⑥ 05時38分08.0秒から05時38分08.3秒にかけて、送信機右側のスティックが左に操作された（全ロール操作範囲の約8.6%）。 ⑦ 05時38分08.2秒に「左に4m 散布ライン変更の指令」が記録された。 ⑧ 05時38分08秒頃、機体右側に位置するNo.1、No.2及びNo.3のモーター出力指令値が顕著に上昇した。 ⑨ 05時38分09秒頃、機体の目標のロール角が左約30°となり、05時38分11秒頃、機体の実際のロール角が目標のロール角をオーバーシュートして左約55°となった。 ⑩ 05時38分09秒頃から05時38分13秒頃までの約4秒間に機体の対地速度は、約0m/sから約5.6m/sまで上昇した。 ⑪ 05時38分11.9秒に送信機右側のスティックが、最下方から最上方（最大スロットル位置）となった。 ⑫ 05時38分12秒頃から05時38分13秒頃までに機体の機首方位が、北から南へ約180°変化し、機体のピッチ角が、約0°から機首下げ約54°まで変化した。 ⑬ 05時38分16.2秒に「クラッシュ判定」が記録された。

⑭ 05時38分16.2秒に全てのモーター出力指令値が最小となった。

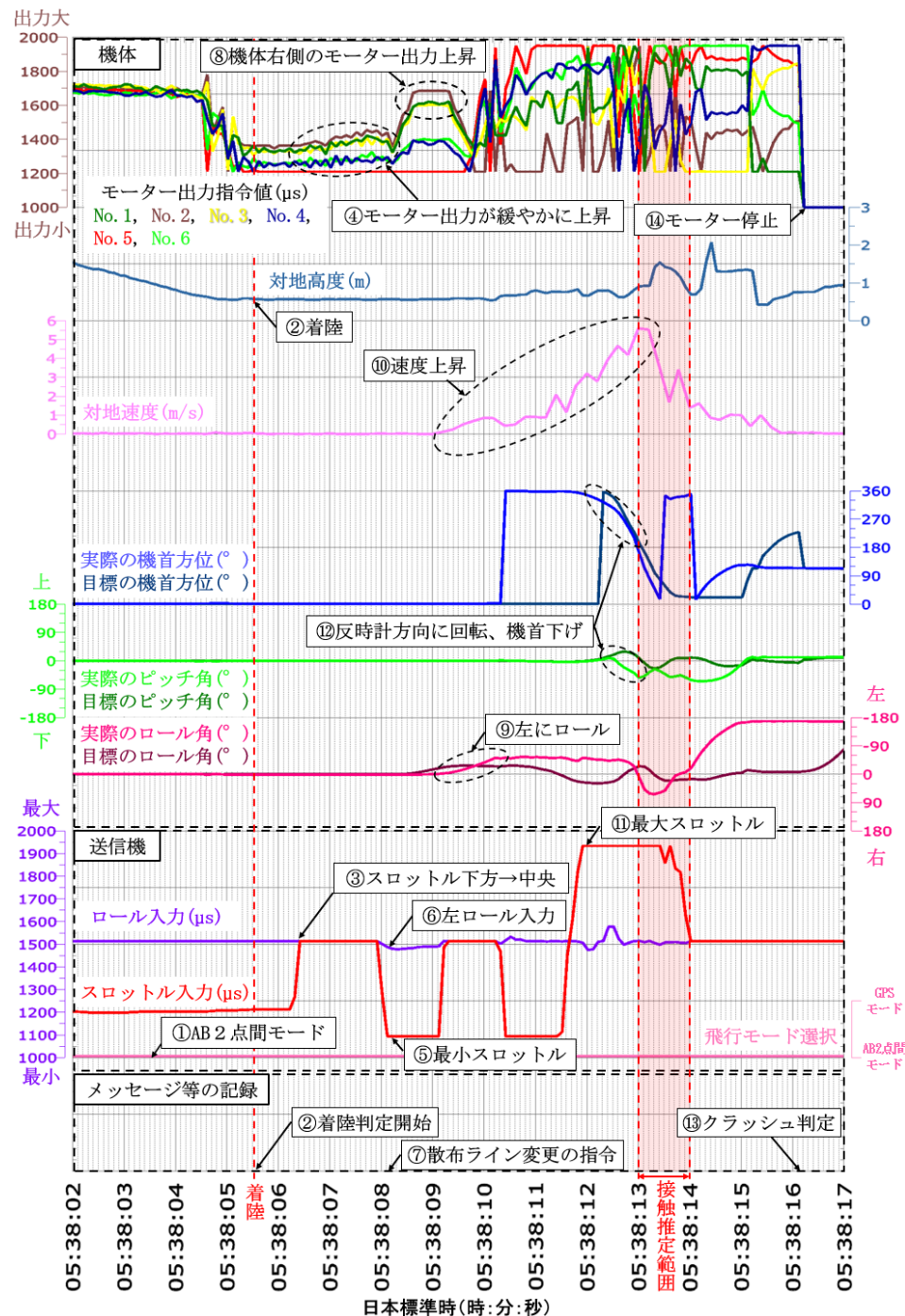


図4 飛行記録

農薬散布時の安全管理

(1) 同機の取扱説明書

同機の取扱説明書では、離隔距離として、操縦者及び補助者は、離着陸及び飛行する機体から20m以上の距離を確保することを求めている。また、作業に適した服装については、ヘルメット、保護メガネ（ゴーグル等）、保護マスク、長袖の服及び滑りにくい靴（長靴等）の着用を求めている。補助者Aは、帽子、長袖の服、長靴及び作業用手袋（ポリウレタン製、厚さ約0.8mm）を着用していた。操縦者及び補助者Bは、帽子、長袖の服、長靴を着用していた。

(2) 農薬散布用マルチコプター講習

	<p>操縦者は、令和5年1月12日及び13日に機体製造者が主催する農業散布用マルチコプター講習を受講し、修了証を取得していた。本講習では、無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領に基づき、操縦者に求められる飛行経歴の一部並びに知識及び能力を満たすため、同型式機の基本的な操縦操作、着陸操作及び緊急停止操作を含む実技講習（製造者によれば一人当たり約7時間）に加え、知識の習得のための座学講習が行われていた。同年8月21日には、操縦者は、技量維持のための実技講習（製造者によれば一人当たり約3時間）も受講していた。なお、同社では、機体購入者に対して、同社に隣接する操縦練習場を無料で利用できるサービスを提供している。</p> <p>離隔距離について講習では、基本的には20m以上の離隔距離を取る必要があるが、水田の地形等の理由で20m以上離れることが困難な場合には、20mを基準として、万が一機体が誤って接近してきた場合に機体を回避可能な距離を取るよう教育が行われていた。なお、補助者Aは、この講習を受講していなかったが、操縦者から同機に近づき過ぎないように注意喚起を受けていた。</p> <p>(3) 国土交通省航空局の標準マニュアル（空中散布）</p> <p>操縦者が飛行承認申請の際に添付していた「国土交通省航空局の標準マニュアル（空中散布）」（令和4年12月5日版）では、無人航空機による空中散布を行う際の基本的な体制として、安全を確保するために飛行準備や飛行経路の安全管理、第三者の立入管理などを行う補助者を配置することを求めている。また、夜間飛行及び目視外飛行を行う際には、操縦者の視覚情報が低下又は遮断されるため、補助者が操縦者に対して行う無人航空機の飛行状況に関する助言が操縦者の意思決定に特に重要であることから「補助者についても、飛行させている無人航空機の特性を十分理解しておくこと。」の記載がある。</p> <p>(4) 国土交通省航空局の無人航空機の安全な飛行のためのガイドライン</p> <p>国土交通省航空局が策定した指針であり、無人航空機の飛行に関する基本的な法令や安全確保のための留意事項を整理したものである。主に、航空法における無人航空機の定義、飛行ルールに関する規定及び安全な飛行のための留意事項が記載されている。</p>
--	--

3 分析

<p>(1) 補助者Aが負傷した際の状況について</p>	<p>同機は、05時38分05秒頃、手動操作により着陸したものの、操縦者の意図に反して補助者Aに向かって横移動したため、05時38分13秒から05時38分14秒頃、同機の回転中のプロペラが補助者Aの両手に接触して、負傷したものと推定される。</p> <p>同機の取扱説明書によると、同機の着陸時の操縦操作の方法は、自動散布飛行である「AB2点間モード」から手動飛行である「GPSモード」に切り替えて、手動操作による着陸を行う場合には、機体を地面に着陸させ、モーターが停止するまで送信機右側のスティックを最下方まで下げ続ける必要があるとされている。しかし、同機の飛行記録から、操縦者は、「AB2点間モード」のまま、手動操作により送信機右側のスティックを最下方付近まで下げて着陸操作を行ったものの、同機のモーターが停止する前に同スティックを中央位置に戻したものと推定される。その結果、同機のモーター出力が最小状態で1秒以上継続されなかったため、同機は着陸したと判定されず、モーターの回転数が再び上昇し始めたものと推定される（図4①②③④）。</p> <p>その後、操縦者は、モーターを停止させるため、送信機右側のスティックを最下方（最小スロ</p>
------------------------------	--

トル位置)まで下げたが、その際に操縦者が意図しない僅かな左ロールが入力された((2)②で後述)ため、「AB2 点間モード」が選択されていた同機は、左横方向への散布ライン変更機能が作動したものと考えられる。その結果、同機は、同機右側の No. 1、No. 2 及び No. 3 のモーター出力が上昇し、左横移動を開始したものと考えられる(図 4 ⑤⑥⑦⑧)。しかし、同機の左側スキッドが地面に接地した状態で左横移動を開始したことから、姿勢制御目標の左ロール角約 30° を超えて約 55° まで同機が傾斜したため(図 4 ⑨)、同機左側の No. 5 プロペラが地面に接触して折損するとともに、No. 5 モーターが高負荷となって内部コイルが焼損したと考えられる。このため、同機は、姿勢制御に必要な推力が不足し、同機の機体姿勢は、ライン変更幅である 4m の移動後も左に傾斜した姿勢となっていたと推定される。そして、同機の機体姿勢が左に傾斜した状態で、送信機右側のスティックが最上方(最大スロットル位置)まで上げられたことにより、西方向に最大約 5.6m/s の速度まで加速し、反時計方向に機首方位を変えると同時に機首を下げながら移動し、同機の着陸位置から約 9m 離れた位置にいた補助者 A に同機の回転するプロペラが接触し、その後、同機の目標のロール角と実際のロール角の差が 30° より大きく、同機の加速度が 3m/s^2 以下の状態が 2 秒以上検知されたため、同機のクラッシュ判定機能により、自動的にモーターが停止したものと考えられる(図 4 ⑩⑪⑫⑬⑭)。

(2) 操縦者が行った操作について

① 着陸時の操作について

同機の取扱説明書によると、着陸時は「AB2 点間モード」から手動飛行である「GPS モード」に切り替えて着陸操作を行う旨の記載がある。同機の飛行記録によると、操縦者は、前日及び事故発生当日の飛行(事故発生時の飛行は除く)では、「GPS モード」に切り替えて着陸を行っており、着陸時に「GPS モード」を選択して着陸することは知っていたと述べていることから、操縦者は、事故時の着陸時のみ、「GPS モード」への切替操作を失念し、「AB2 点間モード」のまま着陸操作を行ったものと推定される。

同機が着陸後、モーターが停止する前に操縦者が送信機右側のスティックを下方から中央位置に戻したことについては、事故前日及び事故当日の飛行(事故発生時の飛行は除く)においても、同様の操作が記録されていたことから、操縦者は、着陸時の適切な操作が十分に身についていなかった可能性が考えられる。

② 左ロール入力について

操縦者が意図しない僅かな左ロールが入力されたことについては、送信機右側の 1 本のスティックによりスロットル及びロール操作を行う仕様であったことが関与した可能性が考えられる。

このような仕様であったため、着陸時は、「GPS モード」に切り替えて着陸すべきところを、「AB2 点間モード」のまま着陸操作を行ったことに加えて、左ロール入力があったことで、「AB2 点間モード」における散布ライン変更機能(4m の横移動)が作動した可能性が考えられる。同機能が作動したことについては、同機能が、同機が地面に接触した状態であっても作動し、さらには、操縦者が意図しないデッドバンドを僅かに超える程度の横方向のロール入力であっても作動する設計であったことが関与した可能性が考えられる。

機体製造者には、より高い安全性を確保するため、誤操作を防止するエラープルーフ設計^{*4}を取り入れるとともに、誤操作が発生した場合でも、その被害を最小限に抑えるため、衝突回避システムの導入や回転部の安全性を向上させる設計などを取り入れた無人航空機の開発が望まれる。

③ 最大スロットル入力について

*4 「エラープルーフ設計」とは、人間が誤操作を起こすことができないように工夫された設計のことをいう。

同機が着陸後、機体姿勢が左に傾斜した状態で、送信機右側のスティックが最上方（最大スロットル位置）まで上げられたことについては、同機が、操縦者の意図とは異なる動きをしたため、操縦者が、咄嗟に同機の動きを制御しようとして操作した可能性が考えられる。操縦者は、機体が操縦者の意図とは異なる動きをした段階で、速やかに緊急停止操作を行うべきであった。

(3) 操縦者の飛行経歴、知識及び技能について

操縦者は、令和5年1月12日及び13日に機体製造者が主催する農薬散布用マルチコプター講習を修了し、同年7月13日には無人航空機による空中散布を行うために必要な航空法に基づく飛行承認申請において、操縦者の一人として申請されていた。当該申請書の操縦者に関する項目では、「無人航空機の種類別に、10時間以上の飛行経歴を有すること。」の確認結果として「適」が選択されていた。しかし、操縦者及び製造者の口述から、当該申請時の飛行経歴は、約2～7時間程度であったと推定されることから、操縦者は飛行承認の申請要件である10時間以上の飛行経歴を満たしていなかった可能性が考えられる。さらに、事故発生日時点の飛行経歴も、操縦者及び製造者の口述から約4～10時間程度であったと推定され、依然として要件を満たしていなかった可能性が考えられる。

また、同年8月21日の実技講習から事故発生の前日までに約10か月の期間が空いており、操縦者自身も口述で、久しぶりの飛行であったため、手探りで操縦しているところもあったと述べていることから、操縦者は、講習で基本的な操縦操作は習得していたものの、操縦技量の維持は十分ではなかった可能性が考えられる。

さらに、本事故では、最大離陸重量28.5kgの無人航空機が使用されていた。25kg以上の無人航空機は、飛行時の運動エネルギーが大きいため、事故に伴う被害が甚大化する可能性があり、安全性確保において操縦者の知識及び技能は極めて重要である。諸外国^{*5}においては、25kg以上の無人航空機の運航に関し、操縦者の知識及び技能を担保するための、より厳格な要件が設けられている。これに対し、我が国の現行制度においては、25kg未満のものと比較して特に厳格な規制が設けられていない。

これらのことから、操縦者は飛行承認制度を含む航空法令に関する知識が十分ではなく、飛行承認の要件を満たしていない状態で飛行承認を受けていた可能性があり、本来は飛行承認を受けられない状態であったと考えられる。また、操縦経験の不足、操縦技量維持が不十分であったことに加え、大型機の事故で被害が甚大化するリスクに見合った知識及び技能の担保が不十分であったことが、本事故の背景要因であったと考えられる。

無人航空機の操縦者は、基本的な操縦操作を確実に習得するとともに、緊急停止操作を迅速かつ的確に実施できるように定期的に操縦訓練を行い、操縦技量の維持及び向上に努める必要がある。特に農薬散布など特定の時期に集中的な運用が想定される場合には、必要に応じ慣熟飛行を行う等、操縦感覚を回復させてから運用を行うことが重要である。加えて、飛行承認制度を含む関連法令を十分に理解し、制度及び法令を確実に遵守することが求められる。

*5 カナダでは、25kgを超える無人航空機の運航は、高リスク環境での運航に該当し、SFOC-RPAS（特別飛行許可）が必要である。この場合、操縦者はPilot Certificate - Advanced Operations（上級運航操縦者証明）を保持していることが求められ、同資格を取得するためには、online exam for advanced operations（オンライン試験）及びflight review（飛行審査）に合格する必要がある。また、オーストラリアでは、25kgを超え150kg以下のMedium RPA（中型無人航空機）の運航は、無人航空機の種類及び機体重量区分に対応したRemote Pilot Licence: RePL（操縦者資格）の取得が必要である。同資格を取得するためには、theory component（理論試験）及びpractical skills component（実技試験）に合格する必要がある。さらに、米国では、25kg（55ポンド）以上の農薬散布用無人航空機の運航については、FAAが個別に審査を行い、Exemption（特例許可）を発給している。一例として、ヤマハ製FAZERに対する許可においては、操縦者に米国連邦航空規則Part 107に基づく小型無人航空機の操縦資格の保持、事業者の訓練プログラムの修了、Part 137に定められた農業航空機運航に関する知識・技能を身につけることに加え、事業者が定めた訓練プログラムに基づく専用の訓練セッションを受けることが条件として課されている。なお、この記載内容はいずれも2025年9月時点で確認された各国の法規制に基づく。

農薬散布用無人航空機の講習を行う者は、散布時期の前に操縦技能の復習や慣熟を行えるように訓練機会を提供するなどの支援体制を整備することが望まれる。また、講習を受講する操縦者が飛行承認の要件や関連法令を正しく理解し制度を遵守できるよう、講習内容を充実させることが求められる。

国土交通省航空局においては、無人航空機の最大離陸重量が25kg以上の無人航空機を用いた農薬散布については、事故発生時に被害が大きくなるおそれがあることから、航空法の許可・承認申請において、操縦者の知識及び技能の実態を把握し、これを確実に担保する仕組みの導入などを検討するとともに、無人航空機操縦者技能証明の取得を更に推進するなど、操縦者の知識及び技能を確実に担保できる施策を検討することが望ましい。

(4) 離隔距離について

同機の取扱説明書では、操縦者及び補助者は、離着陸及び飛行する機体から20m以上の離隔距離を確保するように求められている。しかし、操縦者及び補助者Aの口述並びに同機の飛行記録から、事故発生時に、同機が着陸した位置から補助者Aまでの距離は、約9mであったと考えられる。

補助者Aは、農薬散布用マルチコプター講習を受講しておらず、操縦者からも離隔距離に関する具体的な情報を共有されていなかったことから、離隔距離、機体特性等の作業時の安全確保に関する知識が不足していたと考えられる。また、操縦者についても、離隔距離の確保に対する意識が不足していたと考えられる。これらのことから、作業に当たる関係者間で、離隔距離及び機体特性を含む作業時の安全確保に関する知識の共有が十分ではなかったと考えられる。さらに、「国土交通省航空局の標準マニュアル（空中散布）」（令和4年12月5日版）では、夜間飛行及び目視外飛行を行う際には、操縦者の視覚情報が低下又は遮断されるため、補助者が操縦者に対して行う無人航空機の飛行状況に関する助言が操縦者の意思決定に特に重要であることから「補助者についても、飛行させている無人航空機の特性を十分理解させておくこと。」の記載があるが、夜間飛行及び目視外飛行以外の飛行においては、補助者への教育に関する記載がなかった。しかしながら、本件のような日中の目視内飛行においても、事故防止の観点から、離隔距離、機体特性等に関する補助者への教育が必要であると考えられる。

無人航空機を用いて空中散布を行う運航者は、補助者、作業従事者等の関係者間で、離隔距離及び機体特性を含む作業時の安全確保に関する知識を十分に共有した上で作業を行うことが重要である。

国土交通省航空局においては、補助者が必要な知識を習得することを促進するため、「無人航空機の安全な飛行のためのガイドライン」等の関連文書に、補助者教育の必要性を明記することなどの施策を検討・実施することが望まれる。

4 原因

本事故は、同機が着陸した際に、操縦者の意図に反して横移動したため、離隔距離を十分に取っていなかった補助者Aに回転中のプロペラが接触して、負傷したものと推定される。

同機が操縦者の意図に反して横移動したことについては、着陸時の適切な飛行モードの切替えが行われていなかったこと及び着陸操作が適切ではなかったことによるものと考えられる。

補助者Aが十分な離隔距離を確保していなかったのは、作業に当たる関係者間で、離隔距離及び機体特性を含む作業時の安全確保に関する知識の共有が十分ではなかったためと考えられる。

5 再発防止策

(1) 必要と考えられる再発防止策

① 無人航空機の操縦者

- ・ 操縦者は、基本的な操縦操作を確実に習得し、緊急停止操作を迅速かつ的確に実施できるよ

うに定期訓練を行い、操縦技量の維持・向上に努める必要がある。

- ・ 特定の時期に集中的な運用が想定される場合には、必要に応じ慣熟飛行を行う等、操縦感覚を回復させてから運用を行うことが重要である。
- ・ 飛行承認制度を含む関連法令を十分に理解し、確実に遵守することが求められる。

② 無人航空機を用いて空中散布を行う運航者

運航者は、補助者、作業従事者等の関係者間で、離隔距離及び機体特性を含む作業時の安全確保に関する知識を十分に共有した上で作業を行うことが重要である。

③ 講習実施者

- ・ 講習実施者は、散布時期の前に操縦技能の復習や慣熟を行えるように訓練機会を提供するなどの支援体制を整備することが望まれる。
- ・ 講習を受講する操縦者が飛行承認の要件や航空法令を正しく理解し制度を遵守できるよう、講習内容を充実させることが求められる。

④ 機体製造者

機体製造者には、誤操作を防止するエラーブーフ設計を取り入れるとともに、誤操作が発生した場合でも、その被害を最小限に抑えるための設計などを取り入れた無人航空機の開発が望まれる。

⑤ 国土交通省航空局

- ・ 国土交通省航空局においては、特に最大離陸重量25kg以上の無人航空機については、事故時の被害甚大化リスクを踏まえ、航空法の許可・承認申請において、操縦者の知識及び技能の実態を把握し、これを確実に担保する仕組みの導入などを検討するとともに、無人航空機操縦者技能証明の取得を更に推進するなど、操縦者の知識及び技能を確実に担保できる施策を検討することが望まれる。
- ・ 補助者が必要な知識を習得することを促進するため、「無人航空機の安全な飛行のためのガイドライン」等の関連文書に、補助者教育の必要性を明記することなどの施策を検討・実施することが望まれる。

(2) 本事故後に講じられた再発防止策

① 同法人が講じた再発防止策

- ・ 操縦者の技量維持訓練を定期的実施する。
- ・ 操縦者及び補助者と機体間の離隔距離は、取扱説明書で求められている20m以上を確保する（水田の地形等でやむを得ず確保できない場合を除く）。
- ・ 空中散布の作業前に、離隔距離及び機体特性を含む作業時の安全確保に関する教育を補助者に実施する。
- ・ バッテリーの残量管理を担当する補助者は、操縦者の後方に位置させる。

② 同機の製造者が講じた再発防止策

- ・ 令和6年6月28日、着陸時の適切なモード切替え、着陸操作及び緊急停止操作等をまとめた「2024/6/21 AS10（型式名：UAV-E6150FA）転倒事故解析結果と対策について」に基づき、同法人に説明を行った。
- ・ 令和6年7月5日、「イームズ製農業機AS10の事故発生と安全対策のお知らせ」とする文書を同社のホームページ上に掲載し、事故発生の経緯説明及び注意喚起を行った。また、同様の内容の文書を同型式機所有者に通知した。
- ・ 導入講習時の教育において、自動散布飛行終了後のモード切替え確認の徹底及び着陸時の操作方法を強調することとした。
- ・ 令和7年3月27日、同機の製造者は、同機と同型式機を含む2型式機を対象に、「AB2点間モード」選択時の安全対策のため、次の2点の仕様変更を決定し、変更作業を随時実施している。

- 僅かな横方向のロール入力で散布ライン変更機能が作動しないように、当該機能が作動するロール入力の範囲を設定するパラメーターを新たに追加し、約90%以上の入力があった場合にのみ作動する仕様に変更
 - 「GPSモード」との誤認防止のため、「AB2点間モード」でAB2点間記録後には、機体の前後移動が不可能な仕様に変更
- これらの変更内容については、「イームズロボティクス社製農薬散布機体仕様変更について」とする文書をホームページに掲載するとともに、対象機種所有者に通知した。