

航空事故調査報告書

I 個人所属

ロビンソン式R66型（回転翼航空機）

JA77AR

墜落

II 個人所属

クイックシルバー式MXIIスプリント Top-R582L型

（超軽量動力機、複座）

JR1347

ハードランディングによる操縦者の負傷

III 日本航空株式会社所属

ボーイング式737-800型

JA307J

機体の動揺による乗客の負傷

令和5年11月30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 武田 展雄

《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」

I 個人所属
ロビンソン式R 6 6型 (回転翼航空機)
JA 7 7 AR
墜落

航空事故調査報告書

所 属 個人
型 式 ロビンソン式R 6 6型（回転翼航空機）
登録記号 JA 7 7 AR
事故種類 墜落
発生日時 令和2年12月30日 15時33分ごろ
発生場所 静岡県島田市^{おおしろ}大代

令和5年10月20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	個人所属ロビンソン式R 6 6型JA 7 7 ARは、令和2年12月30日（水）、三重県の津市伊勢湾ヘリポートを離陸し、神奈川県横浜市の保土ヶ谷今井場外離着陸場に向け飛行中、静岡県島田市大代付近の山林に墜落した。同機には、機長のみが搭乗していたが死亡した。機体は大破したが火災は発生しなかった。
1.2 調査の概要	運輸安全委員会は、令和2年12月30日、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及び顧問が参加した。原因関係者からの意見聴取は本人が死亡したため行わなかった。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	同機の飛行計画、発動機監視装置*1及びGPS装置の記録並びに目撃者の口述、防衛省浜松飛行場の管制交信記録及びレーダー航跡記録によれば、飛行の経過は、概略次のとおりであった。 同機は、令和2年12月30日、津市伊勢湾ヘリポート（以下「伊勢湾HP」という。）で燃料給油後、機体を空輸するため、機長1名のみが右操縦席に着座し、14時59分ごろ、伊勢湾HPを離陸して、保土ヶ谷今井場外離着陸場（以下「保土ヶ谷場外」という。）に向かった。（図1参照） (1) 飛行の概要 14時59分 伊勢湾HPを離陸し、保土ヶ谷場外に向かった。（保土ヶ谷場外着陸予定時刻16時30分） 15時16分 防衛省浜松飛行場浜松ターミナル管制所（以下「浜松レーダー」
-----------	---

*1 「発動機監視装置」とは、時刻、発動機ガス・ジェネレータ（コンプレッサー）回転数（N1）、発動機出力軸回転数（N2）、発動機トルク及び測定ガス温度（タービン・セクション内）（MG T）を記録する装置であり、通称EMU（Engine Monitor Unit）という。

という。)に通信を設定して、レーダー・アドバイザー*2による飛行を開始した。

15時22分 浜松飛行場の南約1.1kmを高度約1,500ft、対地速度約130ktで通過し、北東に変針した。

15時29分 浜松レーダーのレーダー・アドバイザーを終了した。

15時31分10秒ごろ 静岡空港の北西約1.1kmを高度約1,900ft、対地速度約120ktで飛行中、姿勢が不安定となった。

15時32分55秒ごろ 左右のロール運動の後、図2のとおり、右旋回しながら機首を下げた状態で山林に墜落した。

(2) 目撃者の口述

a 目撃者A

墜落地点から南西約500m地点で、同機を視認した。同機は、機体後部を左右に振りながら、右側に傾いた後、大きく左側に傾いて、その後、左側へ旋回しながら、急角度で降下し、北東方向に飛行して見えなくなった。

b 目撃者B

墜落地点から北西約260m地点で、同機を視認した。山からすごい爆音が聞こえ、ヘリコプターが南から低い高度で飛来し、右旋回しながら大きく機首を下げた状態で東に飛行して見えなくなった。

c 目撃者C

墜落地点から北西約100m地点で、同機を視認した。ヘリコプターが低い高度で、大きく機首を下げ、右に傾きながら、南東の山の方に飛んでいった。

d 目撃者D

墜落地点から東約100m地点の自宅の外で椅子に座っていた。ヘリコプターは見えていないが、ガシャーンという大きな音がした後、黄色の金属部品の破片の飛散物が自宅の横に落ちた。

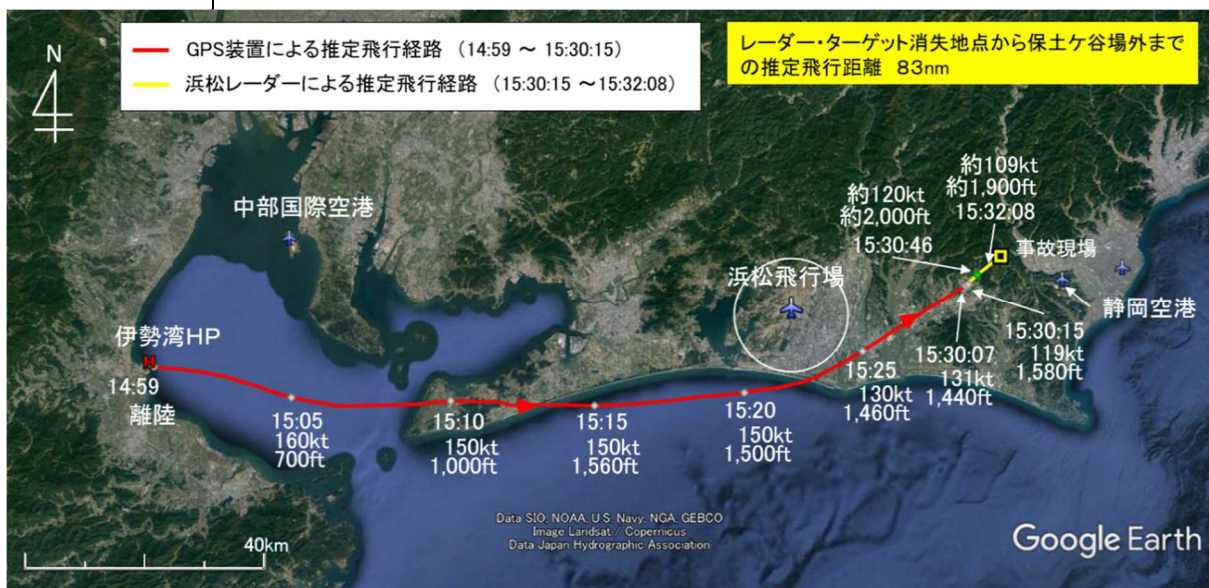


図1 同機の推定飛行経路

*2 「レーダー・アドバイザー」とは、有視界飛行方式によって飛行する航空機の要求に基づきレーダー誘導や管制機関からの交通情報の提供等が行われることをいう。

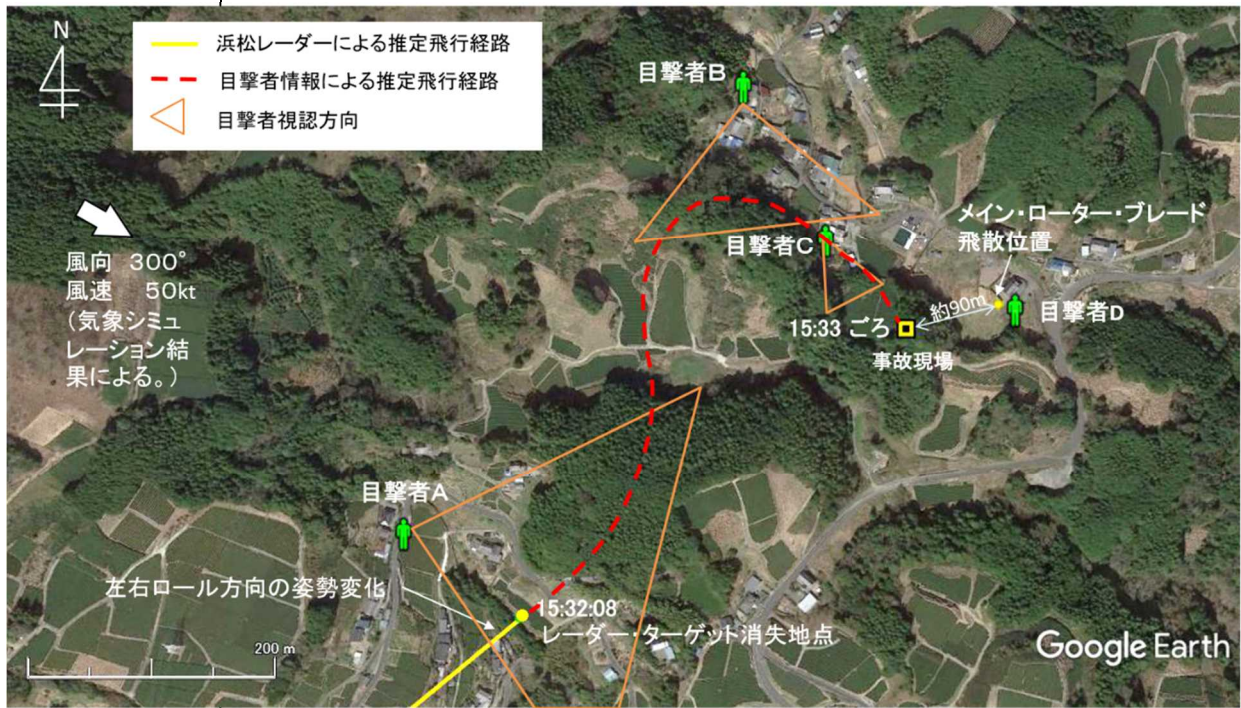


図2 同機の墜落直前の推定飛行経路

本事故の発生場所は、静岡空港から西北西11km（北緯34度50分36秒、東経138度04分51秒）付近の山林で、発生日時は令和2年12月30日15時33分ごろであった。

2.2 死傷者

機長：死亡

2.3 損壊

航空機の損壊の程度：大破

胴体

：操縦席及び客室部破壊

後部胴体変形

メイン・ローター・ドライブ・シャフト上部変形、メイン・ローター・ハブ*3 打痕及びティーター・ストップ*4 変形

テール・コーン

：変形及び水平安定板の前方で破断

メイン・ローター・ブレード

：変形、破断及び飛散

テール・ローター・ブレード

：損傷

着陸装置（スキッド式）

：損傷及び破断

*3 「メイン・ローター・ハブ」とは、メイン・ローター・ドライブ・シャフトとメイン・ローター・ブレードを接続する部品をいう。

*4 「ティーター・ストップ」とは、メイン・ローター・ブレード・スピンドルがシーソーのような動きをした際に、メイン・ローター・ブレード・スピンドルとメイン・ローター・ドライブ・シャフトとの接触を緩衝する部品をいう。

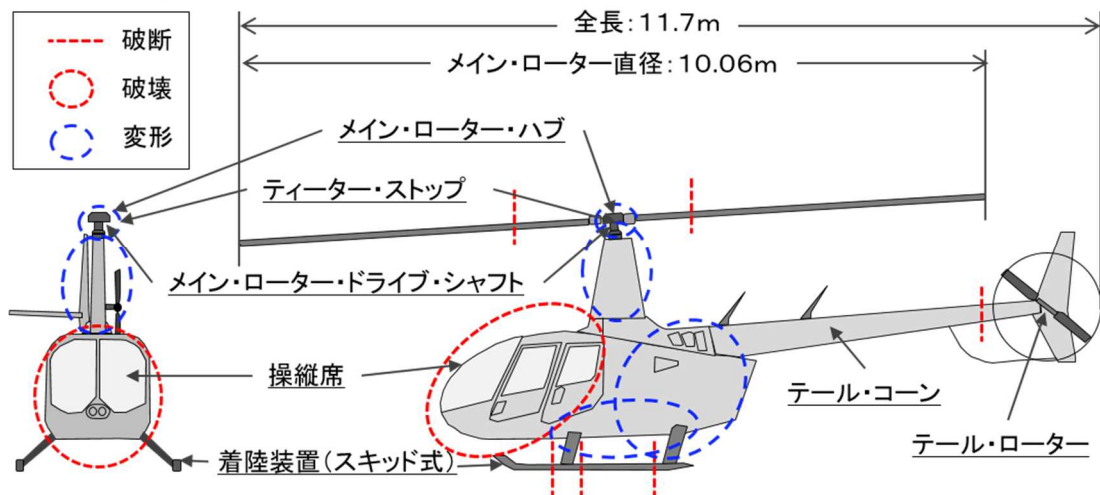


図3 機体の大きさと損壊の箇所

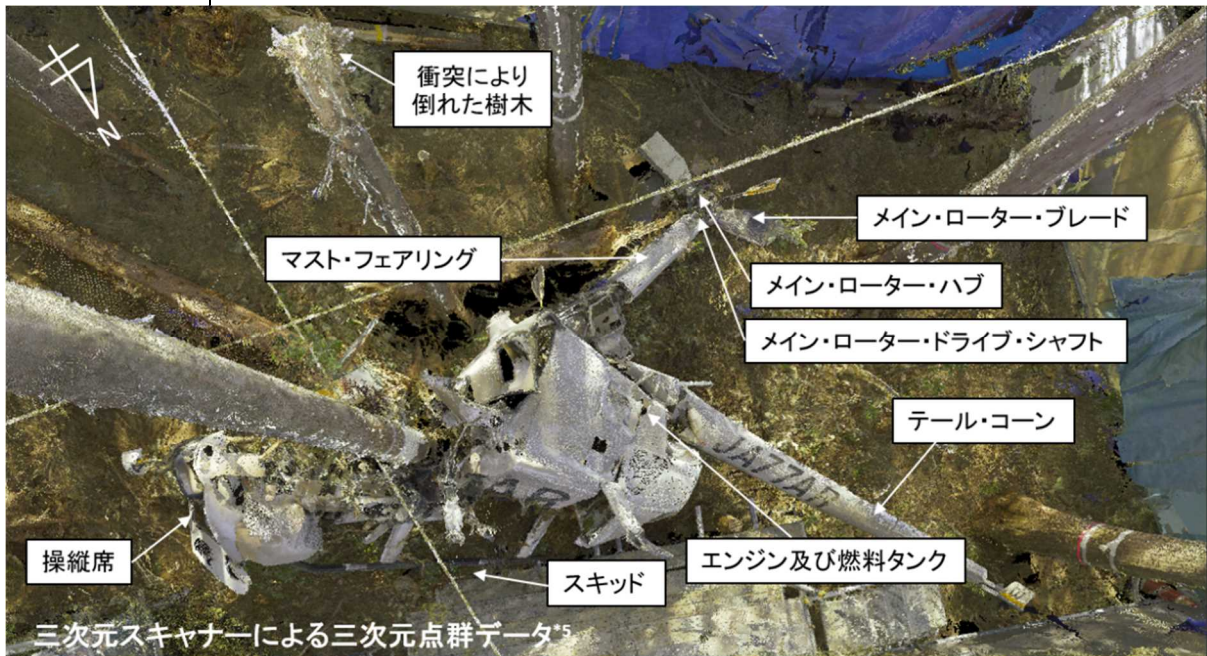


図4 3次元画像による機体損壊状況



図5 事故現場における機体の損壊状況

*5 「三次元点群データ」とは、地形、地物等を表す三次元座標を持つ多数の点データ及びその内容を表す属性データを、計算処理が可能な形態で表現したものをいう。レーザー測量及びドローン等を用いた写真測量により作成される。

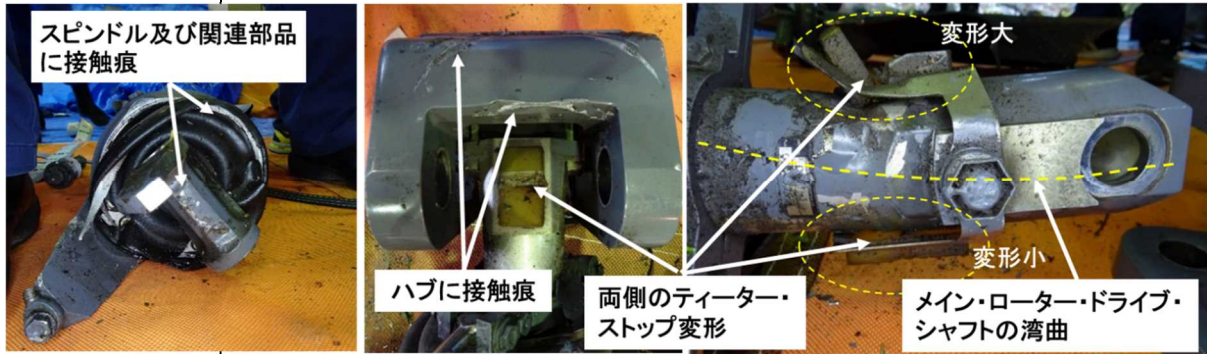


図6 スピンドル、ハブ、ティーター・ストップ及びメイン・ローター・ドライブ・シャフトの接触痕

2.4 乗組員等

機長 46歳	
事業用操縦士技能証明書（回転翼航空機）	平成12年7月24日
特定操縦技能 操縦等可能期間満了日	令和3年3月17日
限定事項 陸上単発ピストン機	平成12年7月24日
限定事項 陸上単発タービン機	平成14年8月15日
第1種航空身体検査証明書 有効期限	令和3年5月15日
総飛行時間（滑空機、固定翼機を含む。）	3,340時間54分
最近30日間の飛行時間	32時間37分
同型式機による飛行時間	63時間52分
最近30日間の飛行時間	21時間57分
ロビンソン式R22、R44及びR66型総飛行時間	204時間03分

2.5 航空機等

航空機型式：ロビンソン式R66型
 製造番号：0756、製造年月日：平成29年2月1日
 耐空証明書：第大-2020-267号、有効期限：令和3年8月13日
 本航空事故発生時、同機の重量は1,947lb、重心位置は102.0inと推算され、いずれも許容範囲（最大重量2,700lb、事故当時の重量に対応する重心範囲91～102.5in）内にあったものと推定される。

2.6 気象

(1) 天気概況

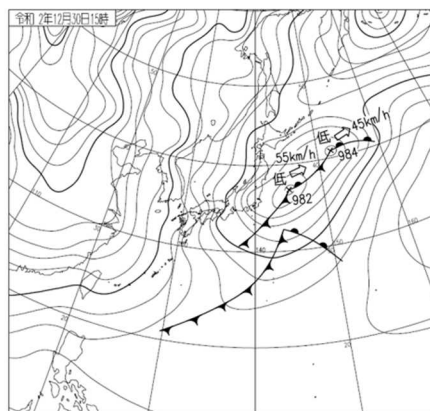


図7 地上天気図
令和2年12月30日15時

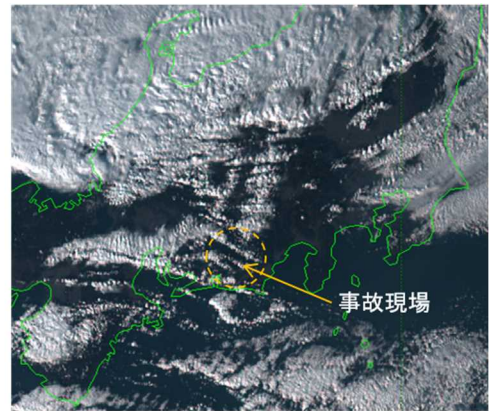


図8 気象衛星画像（可視）
令和2年12月30日15時

事故当日の東海地方の気象状況は、気象庁によれば、次のとおりであった。

15時現在、日本の東海上には発達中の低気圧が、大陸には優勢な高気圧があって、日本付近は西高東低の強い冬型の気圧配置になりつつあった。東海地方では、日本アルプスの南を回り込んだ西寄りの風が吹き、気象衛星画像（可視）のとおり、北西から南東に伸びる筋状の雲が発生していた。

(2) 事故現場から東南東約1.1kmに位置する静岡空港の事故関連時間帯の航空気象の観測値及び同空港地域気象観測所の当日の風向・風速・気温の観測値は、次のとおりであった。

15時00分 風向 260°、風速 26kt、最大瞬間風速 39kt、
 卓越視程 10km以上、
 雲 雲量 1/8 雲形 積雲 雲底の高さ 2,500ft、
 気温 12℃、露点温度 0℃、高度計規正值（QNH）
 29.25inHg

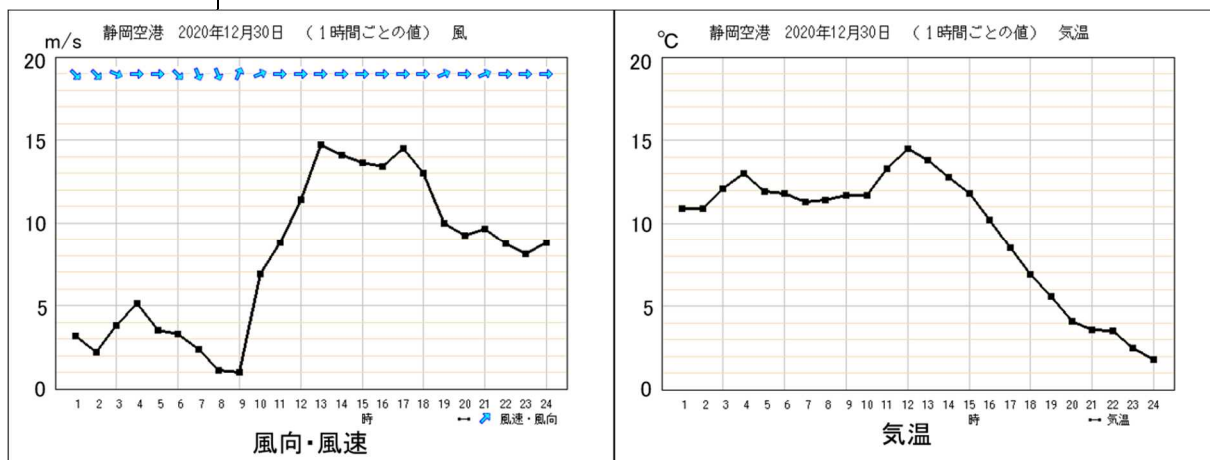


図9 令和2年12月30日 静岡空港地域気象観測所の風向・風速・気温

(3) 事故当日の目的地付近の日没時刻

場所：神奈川県横浜市保土ヶ谷区今井町 日没時刻：16時38分

2.7 事故現場

(1) 事故現場周辺の状況

事故現場の北側には、静岡県北部の山岳地域が広がり、事故現場から西1.2kmには、標高532m（1,745ft）の粟ヶ岳がある。事故現場は高さ約30mの杉が植生する小高い丘であった。図10の3次元点群データのとおり、メイン・ローターの直径約10m、機体の全長約12mと同程度の長さを示す樹木の開口部があり、開口部の樹木には接触痕が残されていた。

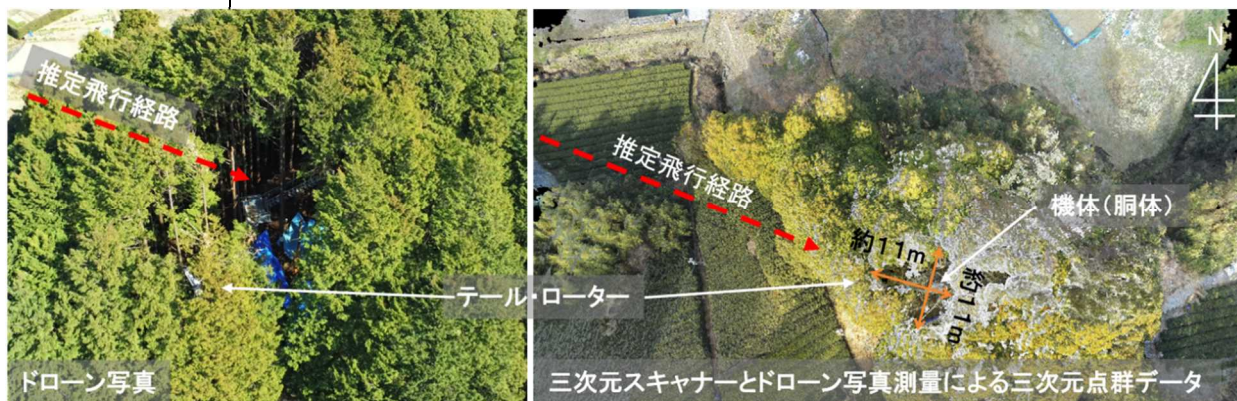


図10 事故現場の樹木の開口部の大きさ

(2) 事故現場の同機の推定進入角度

テール・ローターは、樹木の上部に残されていた。樹木の切断面及び機体により削られた樹木の開口部の角度は、約40°であった。また、胴体後部のフレームに装備されている航空機用救命無線機（ELT）は、墜落時の衝撃により作動していた（しきい値6～8G）。

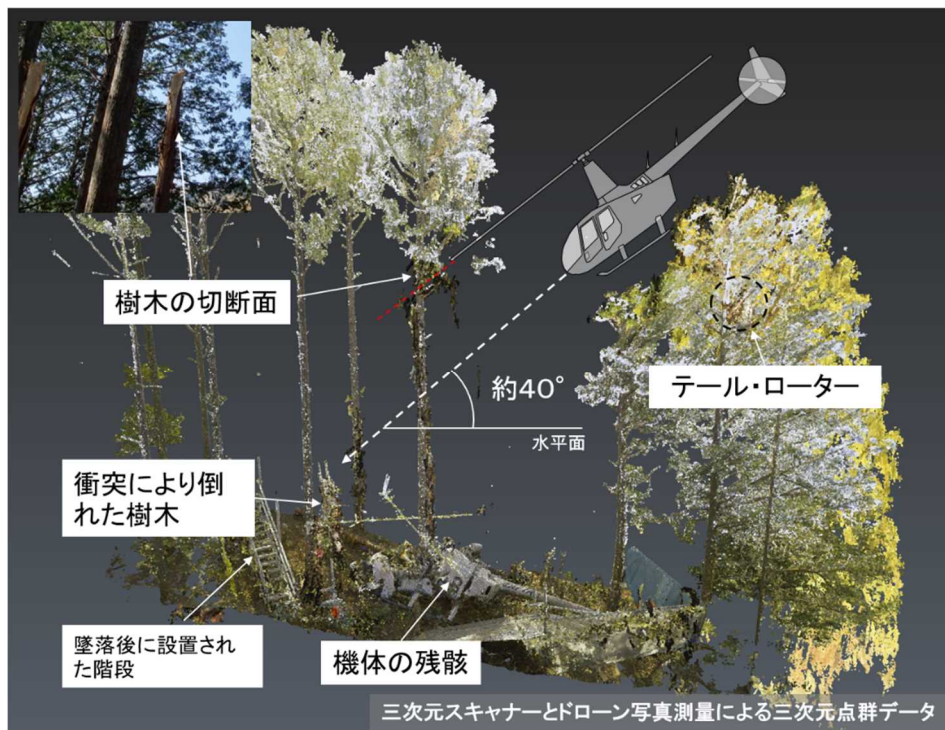


図1.1 墜落時の推定進入角度

2.8 その他必要な事項

(1) GPS装置に関する情報

同機には、GPS装置が持ち込まれており、伊勢湾HPの離陸から墜落3分前（15時30分15秒）までの位置情報が記録されていたが、墜落時の損傷で墜落時の位置情報は記録されていなかった。

(2) ロール状の熱対流の発生

強風下では、日射により地表面近くの気温が上昇すると、図1.2のようならせん状の風を伴うロール状の熱対流が発生する。熱対流による風の特徴として、上昇気流域では水平風速が弱く、下降気流域では水平風速が強くなるが、気温が低下する夜間では風速は減少する。図9のとおり、静岡空港では、日没後の18時以降に風速が減少している。さらに、山岳地域においては、地形の影響も受け、より気流の乱れも発生しやすい。

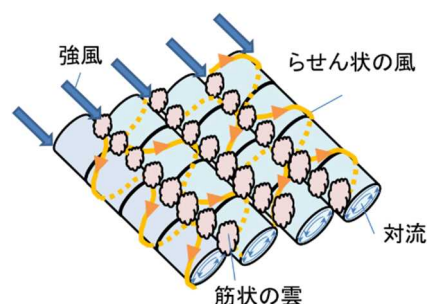


図1.2 ロール状の熱対流

(3) 墜落直前の発動機監視装置（EMU）の記録（図1.3参照）

図1のとおり、同機は15時30分07秒から15時30分46秒にかけて、高度約1,400ftから約2,000ftまで上昇した。発動機監視装置（EMU）の記録には、上昇後の15時31分10秒の前後に、出力が大きく上下する変動域（a）があった。15時32分00秒ごろ、僅かなトルク変動（b）があり、15時32分25秒から30秒にかけて、出力が上昇した。さらに、15時32

分30秒から35秒の間、出力が減少(c)し、20秒間おむね一定となった後、15時32分50秒から墜落までの間、大きな出力変動(d)が記録されていた。特に(a)、(b)及び(d)の変動域は、N1、MGT及びトルクが減少し、N2だけが増加していた。

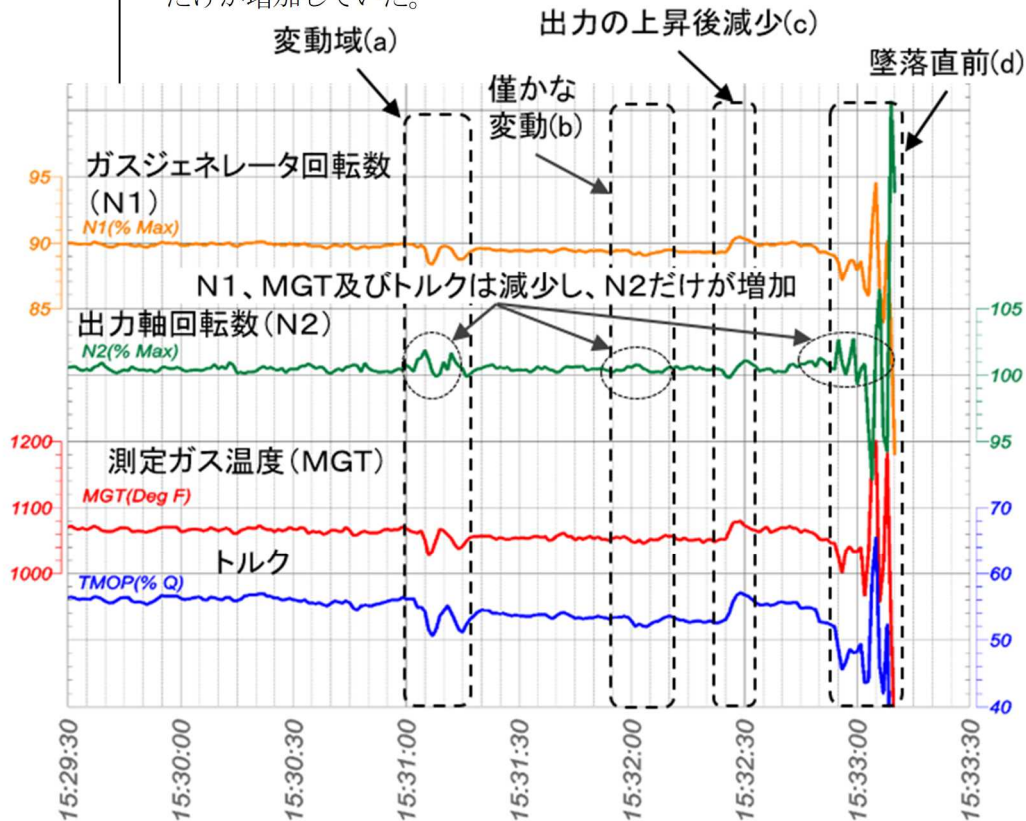


図13 墜落直前の発動機監視装置(EMU)の記録

(4) マスト・バンピング

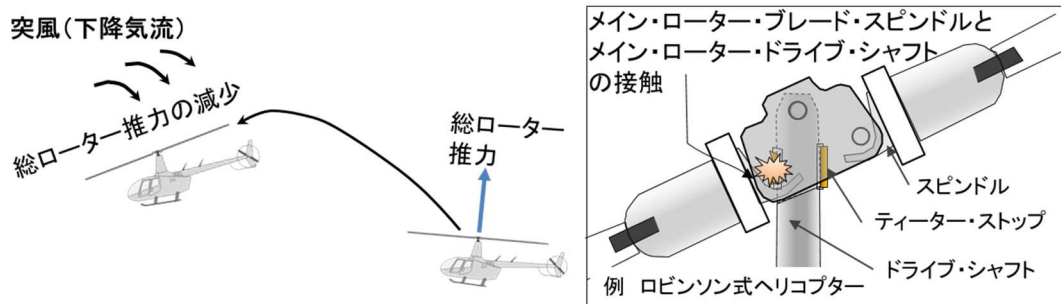


図14 マスト・バンピング

マスト・バンピングとは、セミリジット・ローター式*6のヘリコプター(通常、ブレードが2枚の機種に多い)が、通常の1Gの状態を外れてGが低くなる飛行条件となった際、姿勢が適切に制御されずに、メイン・ローター・ブレード・スピンドル(ベル式ヘリコプターでは、メイン・ローター・ハブ)がメイン・ローター・ドライブ・シャフトに強く接触する現象をいい、フラッピングが激しい場合は、メイン・ローター・ドライブ・シャフトや操縦系統が損傷し操縦が困難となる。また、飛行中にマスト・バンピングが発生した場合の特徴とし

*6 「セミリジット・ローター式」とは、ブレードがハブに固定しているが、フラッピングとフェザリングには自由度がある半関節型のローター系統をいい、ティーターリング型、アンダースリング(シーソー)型がある。

て、メイン・ローター・ドライブ・シャフトの両側に接触痕が残ることが多い。
マスト・バンピングの発生しやすい条件

- ・ 低G飛行状態で右ロールに対する不適切な反応
(上から見て反時計回りのメイン・ローター回転の場合)
- ・ 急角度の降下
- ・ 重量重心が許容外
- ・ 高速飛行時のサイクリック・スティックの前方への操作
- ・ 突風
- ・ 低ローター回転
- ・ 斜面での離着陸

同型式機の飛行規程の第2章限界事項には、低G飛行状態でのマスト・バンピングを防止するため、次のとおり定められている。

飛行及び操縦操作限界

低G飛行状態を引き起こすサイクリック・スティックの前方操作を禁止する。

「注意」

水平飛行や引き起こしに続いてサイクリックの前方操作を行うと低G飛行状態(無重力的状態)の原因となり、横方向の操縦性に重大な損失をもたらす可能性がある。低G飛行状態を解消するには直ちにサイクリックをゆっくり後方に操作する。低G飛行状態で機体が右ロールを始めた場合は、サイクリックをゆっくり後方に操作してローターに荷重をかけ、次いでサイクリックを横方向に操作してロールを止める。

(5) 推奨速度

同型式機の飛行規程の第4章通常操作には、推奨される速度及び乱気流の中の飛行法について、次のとおり定められている。

推奨速度 最大巡航速度 110 KIAS*7

「注意」

大気が安定している時以外では110 KIASを超えないこと、また超える際は注意を払うこと。乱気流においては、対気速度を下げる。乱気流が激しかったり、パイロットの気分が悪くなってきたら、60~70 KIASで巡航すること。

(6) 保土ヶ谷場外の同機が使用している駐機場所の夜間施設

保土ヶ谷場外の同機が機体を駐機している場所には、夜間施設がなかった。同機が着陸後、駐機場所に移動し、飛行後の作業を行うためには、日没前に着陸する必要があった。

(7) 機長の翌日の業務予定

機長の家族によると、当日、機長が出勤する際は、特に変わったところはない。業務のない休曜日については、事前に教えられているが、事故当日の翌日が休日に当たるとは聞いていなかった。

(8) 同機の運航管理について

同機は、A社を代表とする40団体の共同オーナーが航空機所有者として登録

*7 「KIAS」とは、Knot Indicated Airspeedの略で、ノットを単位とする指示対気速度をいう。

され、同機の運航については、A社からB社が機体を借用し、さらにB社が個人事業主である機長に運航を委託し、自家用機として運航していた。また、A社及びB社は、航空運送事業の許可を得ず、乗客を運送したことがあった。B社の社長によると、飛行に関する運航管理は全て機長が判断しており、運航を機長に強要することはなく、電話又はSNSにより、B社は機長へ離着陸の予定時刻や搭乗者の情報を伝え、機長はB社へ実施した離着陸の情報を伝えていた。また、同機は、保土ヶ谷場外到着後、同場外に駐機される予定であった。

(9) 航空局の航空運送事業^{*8}に関する注意喚起について

航空局は、平成29年12月に、「航空機を使用して行う事業には、大きな危険を伴うことなどの観点から、許可が必要であり、無許可で営業をした者は、3年以下の懲役又は3百万円以下の罰金に処せられる。」ことについて、リーフレットを作成し、周知している。<https://www.mlit.go.jp/common/001599984.pdf>

(10) 過去のマスト・バンピングによる事故事例

我が国において発生したロビンソン式ヘリコプターのマスト・バンピングによる事故事例は、平成19年10月27日に発生した1件が報告されている。

<https://www.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/rep-acci/AA2009-2-1-JA102D.pdf>

3 分析

(1) 気象シミュレーション

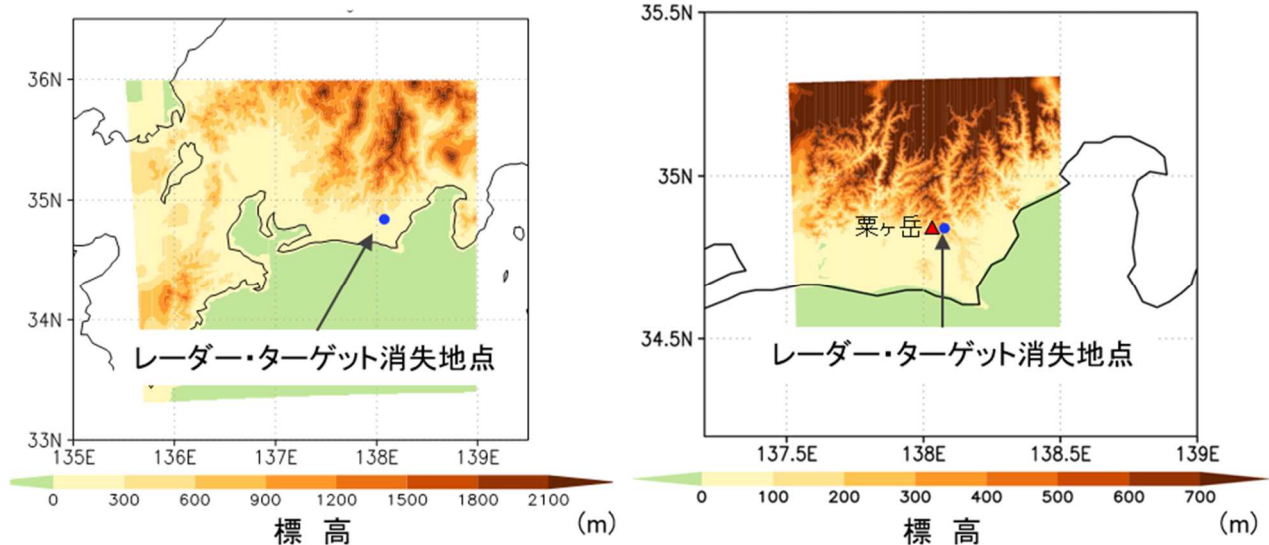


図15 数値解析Aの計算領域とモデル地形 (左)
数値解析Bの計算領域とモデル地形 (右)

2.6の気象に記述したように、事故当日は西高東低の気圧配置となり、同機に急激な姿勢変化が発生した地点付近では、西寄りの強い風が吹いていたと考えられるが、同機の飛行高度における鉛直流の発生の詳細が不明であったため、東京大学大気海洋研究所において、水平解像度1km及び100mの2通りの気象シミュレーションモデルによる数値解析A及びBを実施した。なお、本解析については、初期値に用いた気象庁メソ解析の4次元変分法において、非正時の観測を1時間おきの正時の観測とみなして計算しているため、最大1時間程度の時間のずれが生じることがある。

a 計算条件

*8 「航空運送事業」とは、他人の需要に応じ、航空機を使用して有償で旅客又は貨物を運送する事業をいう。

初期値：数値解析Aは令和2年12月30日09時00分の気象庁メソ解析、数値解析Bは同日12時00分の数値解析Aの出力値

境界値：数値解析Aは気象庁メソ解析、数値解析Bは数値解析Aの出力値

使用モデル：気象庁非静力学モデル (Saito et al. 2006)

計算領域：数値解析A、Bは異常姿勢となった地点を中心とする400km四方(図15(左))と80km四方(図15(右))、鉛直方向21.1km

解像度：水平1km(数値解析A)及び100m(数値解析B)として鉛直80層を配置(計算領域下部は、地形に沿った座標系による。)

b 数値解析結果

図16(左)は、数値解析Bによる水平風速と水平風ベクトル図であり、図16(右)は鉛直流と領域平均からの水平風の偏差を示した図である。

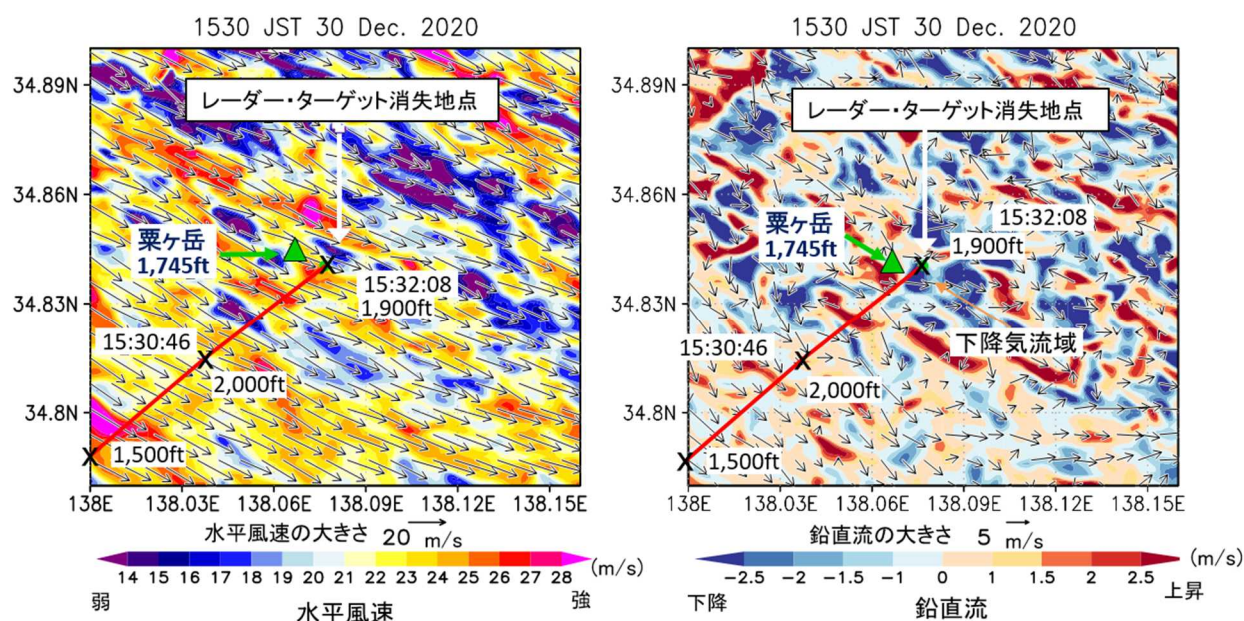


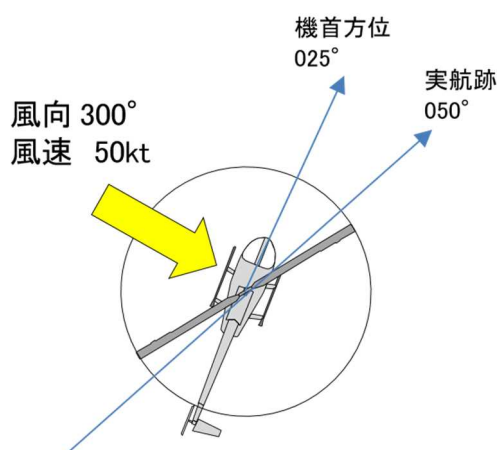
図16 数値解析Bによる高度600mの水平風速(カラー)と水平風ベクトル(左) 高度600mの鉛直流(カラー)と領域平均からの水平風偏差(矢印)(右)

同機の推定飛行経路付近の地形は、図15(右)のとおり、北側は山岳地域、南側は平野部であった。同機が飛行していた高度約600m(約2,000ft)付近は、南西側では、図16(左)のとおり、300°方向から主に黄色の表示となる約2.5m/s(50kt)の水平風であり、北東側では、濃い青色となる約1.5m/s(30kt)の水平風が吹いていた。また、図8の気象衛星画像(可視)において、東海地方には北西-南東走向の筋状の雲列が3本見られ、そのうちの1本は事故現場付近に位置し、図9のとおり、静岡空港では17時まで強風が続いていた。図16(右)の水平風速と鉛直流には、北西-南東走向のパターンが見られ、下降気流の領域では風速が強く、上昇気流の領域では風速が弱い傾向が見られる。同機の飛行経路である15時30分46秒の地点から浜松レーダーが捕捉していた同機と思われるレーダー・ターゲットが消失した15時32分08秒の地点までの区間は、経路上に1.0m/s(20kt)に近い水平風速の増減と2.5m/sに近い上昇気流と下降気流が交互に存在していたことから、北西-南東走向の軸を持つロール状の熱対流が発生して、下降気流の領域では強い風が吹き、上昇気流の領域では弱い風が吹いていたものと考えられる。さらに、付図のとおり、数値解析Bによる高度600mから1,000mまでの解析結果を比較すると、高度の上昇とともに、水平風速(左列)は、赤い領域で示されるように風速が増加し、鉛直流(右列)は、青い領域の下降気流領域が減少している。高度の上昇によって、下降気流と遭遇する機会は減少するが、水平風速は増加することから、ロール状の熱対流による乱気流への対応は、高度の上昇だけでは不十分と考えられる。

(2) 同機の乱気流遭遇時の推定対気速度

同機が飛行した経路及び対地速度から、機長は、山岳波の影響を避けるため、飛行経路の西側にある栗ヶ岳よりも高い高度、かつ、2.6(2)のとおり、雲底高度2,500ft付近には積雲が存在したと観測されていることから、雲から離れて飛行するため、2,000ft付近を選定し、1,500ftから上昇したと考えられる。同機の実航跡、対地速度、外気温度、気圧及び数値解析による風向風速から、同機は、300° 50ktの風を受け、指示対気速度110KIAS、機首方位約025°で飛行していたと考えられる。

同機は、最大巡航速度の110KIASを維持していたことから、鉛直流を伴う乱気流遭遇時には低G状態を引き起こし、マスト・バンピングを発生しやすい速度で飛行していたと考えられる。



対地速度	120kt(推定)
真対気速度	113kt
指示対気速度	110kt
外気温度(2,000ft)	6℃
気圧(QNH)	29.25 inHg

図17 推定対気速度

(3) 乱気流との遭遇と低G飛行状態の発生

図6のとおり、同機の2本のメイン・ローター・ブレードのスピンドル部品及びメイン・ローター・ハブには接触痕があった。さらに、メイン・ローター・ドライブ・シャフトが大きく湾曲し、両側のティーター・ストップは接触痕による変形の大きさに差異があった。これらの接触痕は、飛行中又は墜落時に、メイン・ローター・ブレードのスピンドル部品が、ハブ及びドライブ・シャフトに強く接触したものと推定される。

15時30分46秒の地点から15時32分08秒のレーダー・ターゲットが消失した地点までの推定飛行経路、図13の発動機監視装置(EMU)の記録及び図16の数値解析結果を照合すると、15時31分00秒から15時31分20秒の間の大きな出力変動域(a)に対して、飛行高度が低下し、その間の鉛直流の偏差は、5m/sを超えていた。出力軸回転数(N2)は、通常の1Gの状態であれば、エンジン出力が伝達されている状態となるため、メイン・ローターの回転数の100%付近が維持される。特に出力変動域(a)の15時31分05秒ごろ、N1、MG T及びトルクの急激な減少に対し、N2が約2~3%増加している。これは、強い鉛直流を伴う乱気流に遭遇し、メイン・ローターの負荷が減少し、一時的にメイン・ローター回転数が増加したと考えられる。

また、15時32分08秒のレーダー・ターゲット消失地点付近まで対気速度は約100KIASが維持されていることから、この地点までは操縦が困難な状態には至っていなかったと考えられる。一方、レーダー・ターゲット消失地点付近において、目撃者Aは同機がロール方向の姿勢を左右に変化させるのを視認しており、数値解析においても強い下降気流があり、対気速度が維持されていたことから、低G飛行状態によるマスト・バンピングが発生しやすい状況であったと考えられる。その後、同機は大きく左旋回した後、右旋回して降下したとの目撃者の口述もあることから、この付近において操縦が困難な状態に陥ったと考えられる。

(4) 機体姿勢変化時の対応

機長は、ロビンソン式ヘリコプターについては、200時間以上の飛行経験があることから、マスト・バンピングの発生を十分予測できたものと考えられ、激しい乱気流の発生が予想される栗ヶ岳の風下を通過する前に、栗ヶ岳山頂よりも高い飛行高度へ減速せずに上昇して対応した可能性が考えられる。さらに、減速せずに推奨される最大巡航速度である110KIASを継続していたのは、保土ヶ谷場外の着陸予定時刻を考慮した可能性が考えられる。

また、目撃者Aの口述によると、同機は右ロールの後、左ロールに大きく姿勢が変化したことから、右ロールの後、サイクリック・スティックは左へ操作されたと考えられる。同型式機の飛行規程に記載された注意事項には「低G飛行状態で機体が右ロールを始めた場合は、サイクリックをゆっく

り後方に操作してローターに荷重をかけ、次いでサイクリックを横方向に操作してロールを止める。」とされているが、左からの強い下降気流を受け、急激に右ロールした場合は、操縦士は傾きを直そうと左側への操作を優先しようとする傾向がある。機長は、急激な右ロールに対して、サイクリック・スティックを後方にゆっくり操作することよりも、とっさに左側に操作することで姿勢を修正しようとしたものと考えられる。このように、同機は、乱気流に遭遇した際、低G飛行状態となり、適切に姿勢が制御されずに、マスト・バンピングが発生したため、操縦不能に陥ったと考えられる。

高速飛行においては、外力に対する機体の応答が速く大きくなる傾向があることから、激しい乱気流に遭遇する前に、飛行規程の注意事項のとおり60～70KIASに減速する必要があったと考えられる。

(5) 同機の保土ヶ谷場外推定着陸予定時刻と減速の判断

機長の家族の口述から、機長は翌日も業務にあたるため、保土ヶ谷場外まで当日中に移動する必要があった可能性が考えられる。レーダー・ターゲット消失地点から目的地の保土ヶ谷場外までの推定飛行距離は83nmであり、平均対地速度を110ktとすると、保土ヶ谷場外の推定着陸予定時刻は、日没23分前の16時15分となる。着陸後の駐機のための作業を行うには、余裕がある時刻ではなかったことから、対気速度を減速させる判断をちゅうちょした可能性が考えられる。

(6) 左右のロール姿勢変化から墜落までの飛行

図2のとおり、同機のレーダー・ターゲットが消失した地点から墜落地点までの飛行経路は、約900m程度であり、約1分で飛行している。また、発動機監視装置の記録から、15時32分25秒ごろから急激にトルクが上昇し、30kt程度の低速で飛行していたと考えられる。さらに、目撃者の口述によると、同機は、機体後部を左右に振り、墜落直前は大きく機首を下げ、右に傾きながら飛行していたことから、操縦が困難な状態を継続して飛行していたと推定される。なお、メイン・ローター・ドライブ・シャフトの湾曲が上空で発生していた場合、メイン・ローターが不均衡となり、メイン・ローター・ギア・ボックスが分離して、機体の破壊に至るため、メイン・ローター・ドライブ・シャフトは、飛行中ではなく墜落後に湾曲した可能性が考えられる。

(7) 墜落時の最終進入プロファイルの推定

発動機監視装置の記録、メイン・ローター・ブレードが事故現場から約90mの位置で発見されたこと及び樹木の切断状況から、同機はエンジンが正常に作動し、メイン・ローターに出力が伝達されている状態で、約40°の角度で山林の中に墜落したと推定される。

(8) 機長の運航判断

機長は、航空運送事業の許可を得ていないB社の依頼を受け、個人事業主として、飛行を行っていた。機長は、悪天候下の飛行における、出発の可否及び飛行計画に関して、安全を最優先した運航判断を行う必要があった。

4 原因

本事故は、同機が強風下に山岳地域を飛行中、ロール状の熱対流による下降気流に遭遇し、低G飛行状態となった際、適切に姿勢が制御されずにマスト・バンピングが発生し、操縦不能に陥ったため、墜落したものと推定される。マスト・バンピングが発生し、操縦不能に陥ったことについては、対気速度を維持したまま、乱気流に遭遇したことによるものと考えられる。

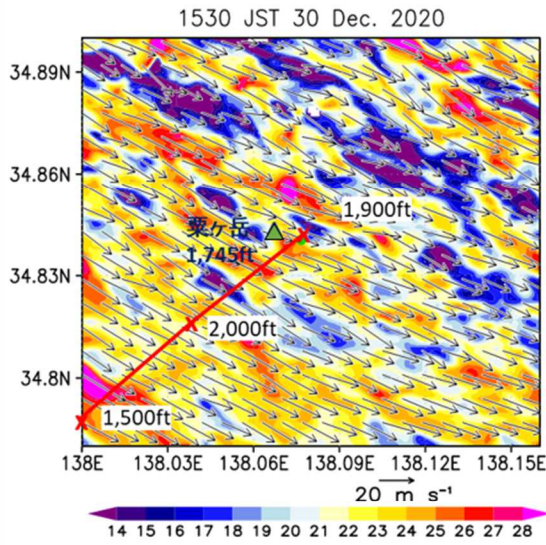
5 再発防止策

<p>5.1 必要と考えられる再発防止策</p>	<p>(1) セミリジット・ローター式ヘリコプターを操縦する者は、操縦不能に至るようなマスト・バンピングの発生を防ぐため、次について留意する必要がある。</p> <p>① 低G飛行状態を回避するため、乱気流の発生地域を考慮し、適切な対気速度及び飛行高度を設定して飛行する必要がある。特に、気温上昇時には、</p>
--------------------------	--

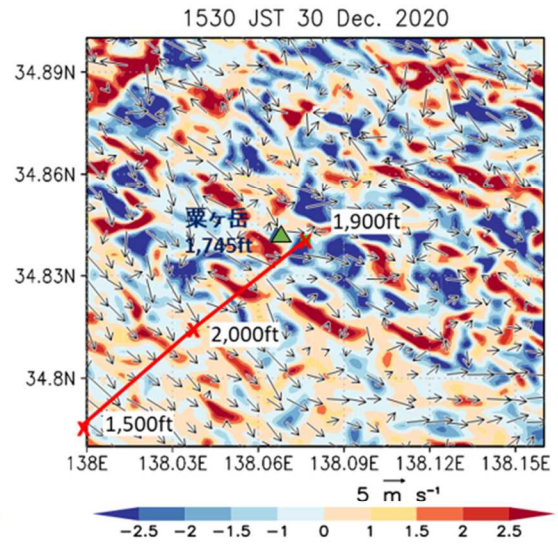
	<p>ロール状の熱対流による強い下降気流が発生すること、さらに、山岳地域においては、地形の影響によって、下降気流が平地より大きくなる傾向があるため、乱気流を感じてからではなく、乱気流の発生地域へ入る前にあらかじめ減速して飛行することが重要である。</p> <p>② 低G飛行状態となった場合は、右ロールの発生を予測し、飛行規程のとおり、適切な回復操作に備えることが重要である。</p> <p>(2) 機長は、出発前の確認の際、当該飛行に必要な気象情報を得て、運航を妨げる気象状況が予想される場合は、出発を取りやめるか、無理のない飛行計画により運航を行うことが重要である。</p>
--	---

付図 数値解析Bによる高度600m~1,000mの水平風速分布と鉛直流分布

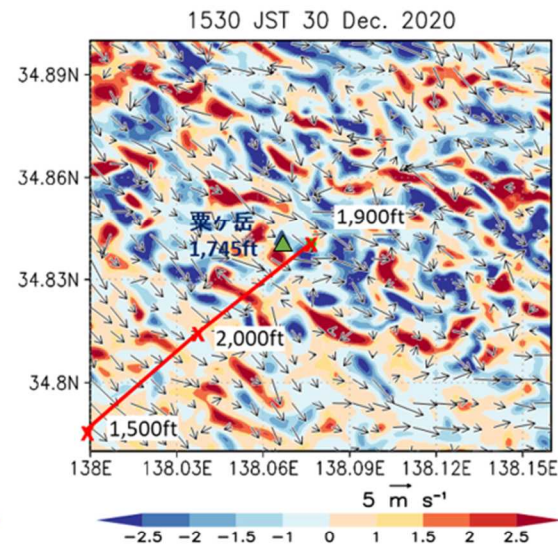
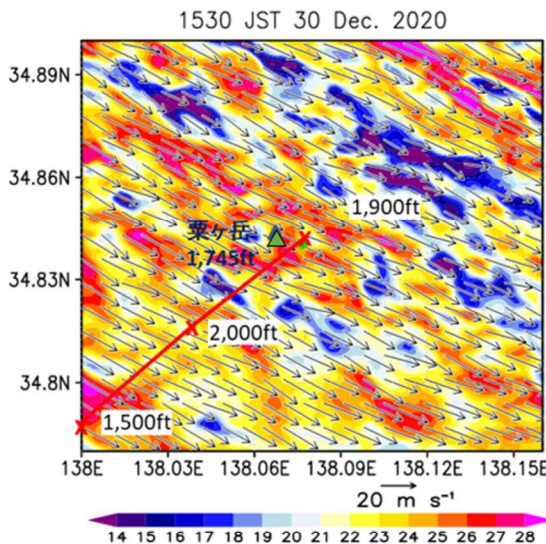
水平風速 (カラー)
と水平風ベクトル
(高度600m)



鉛直流 (カラー)
と領域平均からの
水平風偏差



(高度800m)



(高度1,000m)

