

AA2017-5

航空事故調査報告書

I 個人所属

ロビンソン式R22Beta型（回転翼航空機） JA7963
山の法面への衝突

II 個人所属

グラスフリューゲル式304CZ-17型（滑空機、単座） JA21BB
空中分解による墜落

平成29年7月27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 中橋 和博

《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」

II 個人所属
グラスフリューゲル式304CZ-17型（滑空機、単座）
JA21BB
空中分解による墜落

航空事故調査報告書

所 属 個人
型 式 グラスフリューゲル式304CZ-17型（滑空機、単座）
登録記号 JA21BB
事故種類 空中分解による墜落
発生日時 平成28年5月5日 14時05分ごろ
発生場所 福島県田村郡三春町

平成29年6月23日

運輸安全委員会（航空部会）議決

委員長 中橋和博（部会長）
委員 宮下 徹
委員 石川敏行
委員 丸井祐一
委員 田中敬司
委員 中西美和

要 旨

<概要>

個人所属グラスフリューゲル式304CZ-17型JA21BB（滑空機、単座）は、平成28年5月5日（木）、11時56分ごろ、訓練のため、宮城県角田市の角田滑空場を飛行機えいこう曳航により発航し、14時05分ごろ、福島県田村郡三春町の山林に墜落した。

同機には機長のみが搭乗しており、死亡した。

同機は大破したが、火災は発生しなかった。

<原因>

本事故は、JA21BBが飛行中に空中で分解したため、山林に墜落したものと推定される。

同機が空中で分解したことについては、機長が低酸素状態で意識が混濁する中で

急旋回に入り失速状態となった後、機体がきりもみ等の大きな機首下げ状態となって急降下したこと及び乱流域を通過したことが影響し、機体に空気力による過大な曲げが発生して終極荷重を超過する荷重が負荷されたことによる可能性が考えられる。

機長が低酸素症状態になったことについては、発航前に酸素開閉弁を開けることを失念して酸素が供給できない状態で飛行を開始したこと及び飛行中の酸素の供給確認を行わなかったため、酸素が供給されていないことに気付かず、自身の低酸素症の兆候にも気付かないまま上昇を続けたことによる可能性が考えられる。

本報告書で用いた主な略語は、次のとおりである。

A C C	: Area Control Center
C A T	: Clear Air Turbulence
G P S	: Global Positioning System
P S I	: Pound-force per Square Inch
V F R	: Visual Flight Rules
V W S	: Vertical Wind Shear

単位換算表

1 ft	: 0.3048 m
1 nm	: 1.852 km
1 kt	: 1.852 km/h
1 mph	: 1.609 km/h

1 航空事故調査の経過

1.1 航空事故の概要

個人所属グラスフリューゲル式304CZ-17型JA21BB（滑空機、単座）は、平成28年5月5日（木）、11時56分ごろ、訓練のため、宮城県角田市の角田滑空場を飛行機曳航えいこうにより発航し、14時05分ごろ、福島県田村郡三春町の山林に墜落した。

同機には機長のみが搭乗しており、死亡した。

同機は大破したが、火災は発生しなかった。

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28年5月5日、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。

本事故に関し、機体損壊状況の解析のため、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構の専門家の協力を得た。

1.2.2 関係国の代表

本調査には、事故機の設計・製造国であるチェコ共和国の代表が参加した。

1.2.3 調査の実施時期

平成28年5月6日及び7日	機体調査、現場調査及び口述聴取
平成28年5月26日	機体調査
平成28年6月6日	機体損壊状況の解析
平成28年6月9日	低酸素症、交信音声等に関する調査
平成28年8月4日	主翼損壊状況の画像解析

1.2.4 原因関係者からの意見聴取

原因関係者からの意見聴取は、本人が本事故で死亡したため行わなかった。

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

個人所属グラスフリューゲル式304CZ-17型JA21BB（以下「同機」という。）は、平成28年5月5日11時56分ごろ、訓練のため、宮城県角田市の角田滑空場（以下「同滑空場」という。）を飛行機曳航により発航した。

同機の飛行計画の概要は次のとおりであった。

飛行方式：有視界飛行方式、出発地：角田滑空場、

移動開始時間：10時00分、巡航速度：70kt、巡航高度：VFR、

経路：角田～那須（栃木県）～一関（岩手県）～角田、

目的地：角田滑空場、所要時間：8時間00分、搭乗者：1名

本事故に至るまでの飛行の経過は、管制交信記録、多機能型の携帯電話（以下「多機能携帯」という。）に記録されていた航跡記録及び目撃者等の口述によれば、概略次のとおりであった。

2.1.1 管制交信記録及び多機能携帯の航跡記録による墜落までの飛行の経過

11時56分ごろ 同機は、同滑空場を飛行機曳航により発航した。

13時08分06秒 同滑空場の北西約4.4nm、高度約18,700ftから北西に向けて上昇中であった。東京管制区管制所（以下「ACC」という。）に高度18,000ftを超えて上昇中を通報した。

同49分00秒 同滑空場の南西約2.5nm、高度約17,600ftで南下中であった。ACCに高度17,000ftで南下中を通報した。

同55分50秒 事故現場の北北西約8.0nm、高度約22,200ftから南に向けて上昇中であった。ACCに高度22,000ftで南下中を通報した。

14時00分10秒 事故現場の西北西約5.0nm、高度約25,000ftに到達し、南東に向けて飛行中であった。ACCに高度19,000ftで飛行中と通報したが、受信音声は弱く不明瞭で、その後の交信はよく聞き取れない状況であった。

同01分20秒 事故現場の西約4.0nmを高度約25,600ftで南東方向に飛行中であった。

ACCとの管制交信にうなり声のような音声の後、無言の雑音記録された。

同04分30秒 事故現場に到達し、移動が停止した。

2.1.2 目撃者等の口述

(1) 目撃者（事故現場近隣住民 男性）

事故現場から約150m西側の斜面にある畑で作業中に風切り音のような異音が生じたため振り向くと、同機が木立の上を通過し谷を越えて東側の斜面方向に飛んでいくのを目撃した。この時、同機には翼が無いように見えた。

目撃者が直ちに現場に向かったところ、斜面を登る途中で墜落している同機が見えたので近くの自宅へ戻り、警察に電話をかけて救助を要請した。

(2) 同好会員A（同滑空場運航責任者 男性）

同好会員Aは、同滑空場を運営している同好会で教官を務めており、当日は、同滑空場の運航責任者として、地上で離着陸機の運航調整等を行っていた。

機長から、約300kmの長距離飛行を計画して10時00分から8時間のフライトプランを通報していることを聞き、その時の様子からは心身ともに異常がないように思った。

機長が複座の滑空機で他の教官による技量確認を受けた後、10時02分から、ウインチ曳航により同機で発航したのを確認した。その後、機長が長距離飛行を行わずに滑空場周辺を飛行して、11時20分ごろに着陸したのを確認した。

12時前に機長が飛行機曳航により再度発航したのを確認し、その後、同機が管制機関からレーダーによる交通情報の提供を受けながら飛行している無線交信を聞いていた。

同機の発航から1時間30分経過した頃、同機の飛行高度が18,000ftと通報しているのを聞き、酸素は大丈夫かと思った。

(3) 同好会員B（機体の共同所有者 男性）

事故当日、機長を含めて他の会員4人とともに同機を組み立てた。左右の主翼をロックするメインピンは、最後に機長が取り付けたのを見た。

(4) 同好会員C（機体の共同所有者 男性）

機長は酸素を吸入しながら高高度飛行を行った経験を数多く有していた。

同好会員Cは、事故発生の前日に、系統内の酸素量計（圧力計）で約80%（約1,600psi）の酸素残量があることを確認した。その後、同機は酸素を使用するような高高度飛行を行っていなかった。

飛行中は酸素開閉弁に手が届かないため、酸素を使用する場合には、発航前に開閉弁を開けておく必要がある。

本事故の発生場所は、福島県田村郡三春町の山林（北緯37度29分32秒、東経

140度31分48秒)で、発生日時は、平成28年5月5日14時05分ごろであった。

(2.11.1.1 図3 航跡記録の全体図、付図1 事故現場見取図、写真 事故機 参照)

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

機長が死亡した。

2.3 航空機の損壊に関する情報

2.3.1 損壊の程度

大 破

2.3.2 航空機各部の損壊等の状況

(1) 風 防：破壊

(2) 操縦席：計器板破損

(3) 主翼部：両主翼離脱（行方不明）

(4) 胴体部：前部胴体外皮破断、前部胴体下部破損・変形、後部胴体破断・離脱（行方不明）

(5) 尾 部：破断・離脱（行方不明）

(写真 事故機 参照)

2.4 航空機以外の物件の損壊の状況

山林立木の一部折損

2.5 航空機乗組員に関する情報

機 長 男性 43歳

自家用操縦士技能証明書（滑空機） 平成6年6月23日

限定事項 上級滑空機

第2種航空身体検査証明書

有効期限 平成29年3月12日

特定操縦技能 操縦等可能期間満了日 平成30年4月24日

総飛行時間 441時間03分

最近30日間の飛行時間 2時間07分

同型式機による飛行時間 96時間12分

最近30日間の飛行時間 1時間18分

酸素供給装置を必要とする高高度飛行の経験

機長の飛行記録から、同機で高度10,000ft以上を飛行した実績が本事故の1年前に1回あった。それ以外の高高度飛行の記録が5回あり、全て本事故の10年以上前のもので、最高到達高度は12,000ftであった。

2.6 航空機に関する情報

2.6.1 航空機

型 式	グラスフリューゲル式304CZ-17型
製造番号	61-17
製造年月日	平成15年4月4日
耐空証明書	第2015-26-03号
有効期限	平成28年12月27日
耐空類別	滑空機 実用U
総飛行時間	648時間18分
定期点検 (年次検査:平成27年12月26日実施) 後の飛行時間	75時間33分

(付図2 グラスフリューゲル式304CZ-17型三面図 参照)

2.6.2 重量及び重心位置

事故当時、同機の重量は377.6kg、重心位置は273mmと推算され、いずれも許容範囲(最大離陸重量450kg、事故当時の重量に対応する重心範囲200～325mm)内にあったものと推定される。

2.7 気象に関する情報

2.7.1 事故現場周辺の天候

(1) 事故現場周辺の天気

- ① 事故現場の南東約4nmに位置するほぼ同標高の気象庁船引地域気象観測所における14時00分の観測値(風速はm/sをktに換算)は、次のとおりであった。

天気 晴れ、気温 17.3℃、風向 西、風速 約10kt、
最大瞬間風速 約25kt

- ② 事故現場の南約16nmに位置する福島空港における14時00分の航空気象定時観測値は、次のとおりであった。

風向 300°、風速 12kt/最大瞬間 22kt、卓越視程 10km、
雲 雲量 1/8 雲形 積雲 雲底の高さ 3,000ft、
雲量 3/8 雲形 高積雲 雲底の高さ 7,000ft、

気温 20℃、露点温度 3℃、高度計規正值 29.83 inHg

(2) 事故現場周辺上空の天候

① 上層風の状況

事故現場の西約30nmに位置する気象庁のウインドプロファイラー若松観測局における14時00分の上層風の観測結果によれば、風向は約290°、風速は高度3,000ftで約25kt、高度7,000ftで約40ktであった。また、事故現場の西約25nmとなる東経140度線上の14時00分の毎時大気解析図は図1のとおりであり、同機の推定飛行経路付近における風向はおおむね290°、風速は11,000ftで約50kt、18,000ftで約75kt、21,000ftで約80kt、25,000ftで約90ktとなる。同機が墜落する前に飛行していた高度18,000ftから25,000ftにおいて、晴天乱気流(CAT)が発生するような鉛直方向の不連続面である顕著な風のシアー(VWS)は見られなかった。

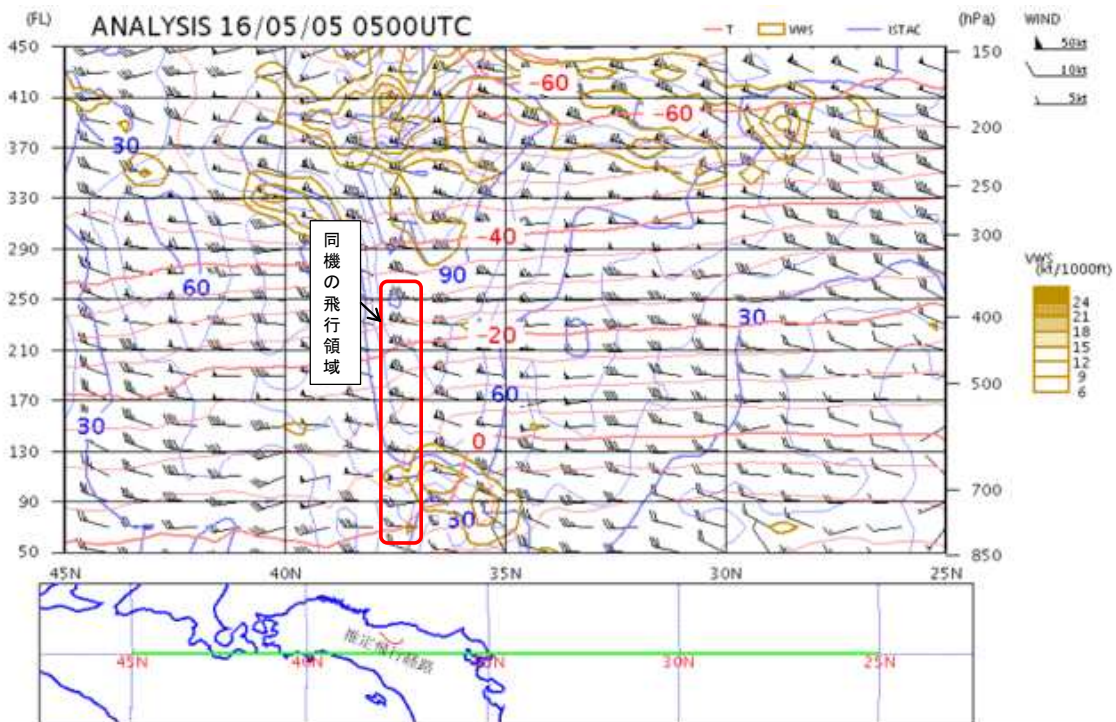


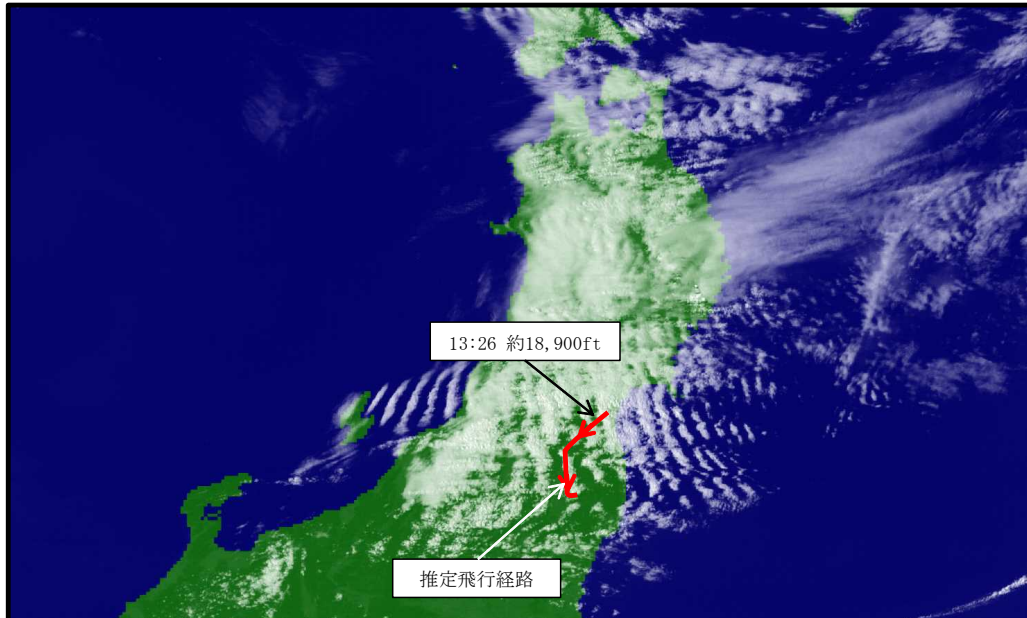
図1 東経140度線上の毎時大気解析図

② 雲の状況

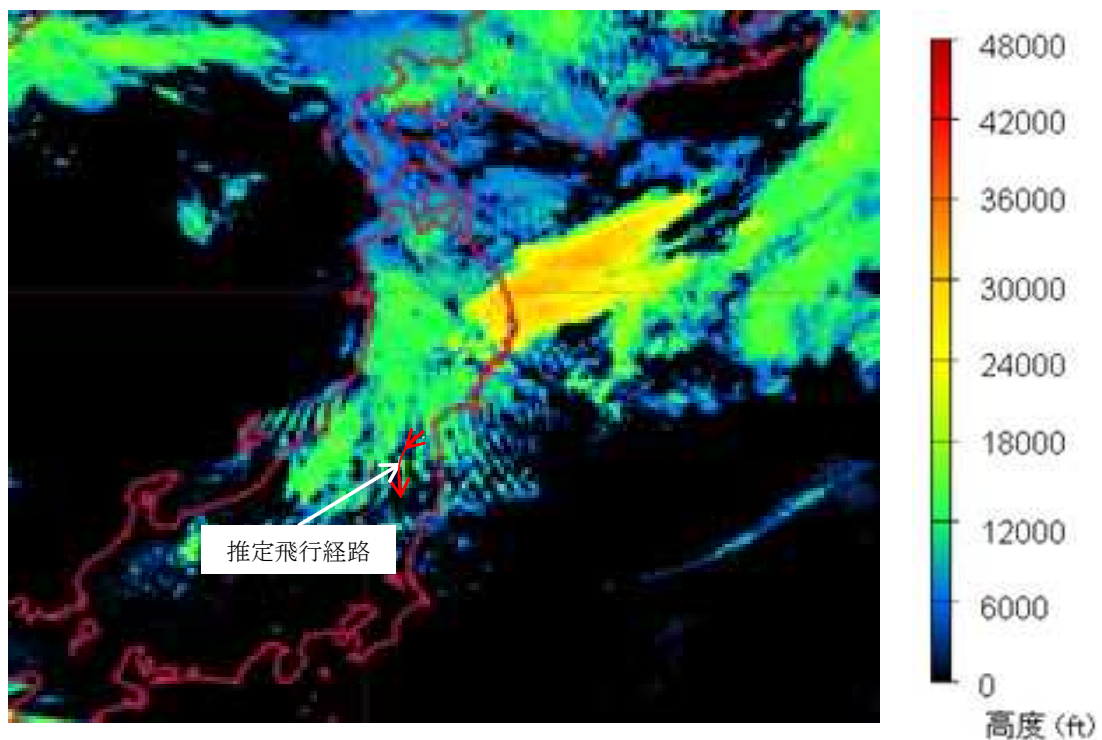
一般的に山岳波発生時には、2.7.2に後述するモデルで示されているように、ロール雲やその上方にレンズ雲が発生する。事故当日、14時00分の衛星の可視画像は写真Aのとおりであり、奥羽山脈の風下(東)側に発生した山岳波による波動の峰の下部に発生するロール雲及びその上方に発生するレンズ雲とみられる雲が帯状に連っており、この波動が太平洋

上まで達していた。

写真Bの高頻度衛星画像によれば、波動上の雲の雲頂高度は約10,000～18,000ftとなっていた。また、この雲の状況は、機長の多機能携帯に記録されていた写真C（13時26分撮影、高度約18,900ft）にも見られる。



写真A 気象衛星画像（14時00分）



写真B 高頻度衛星画像（14時00分）



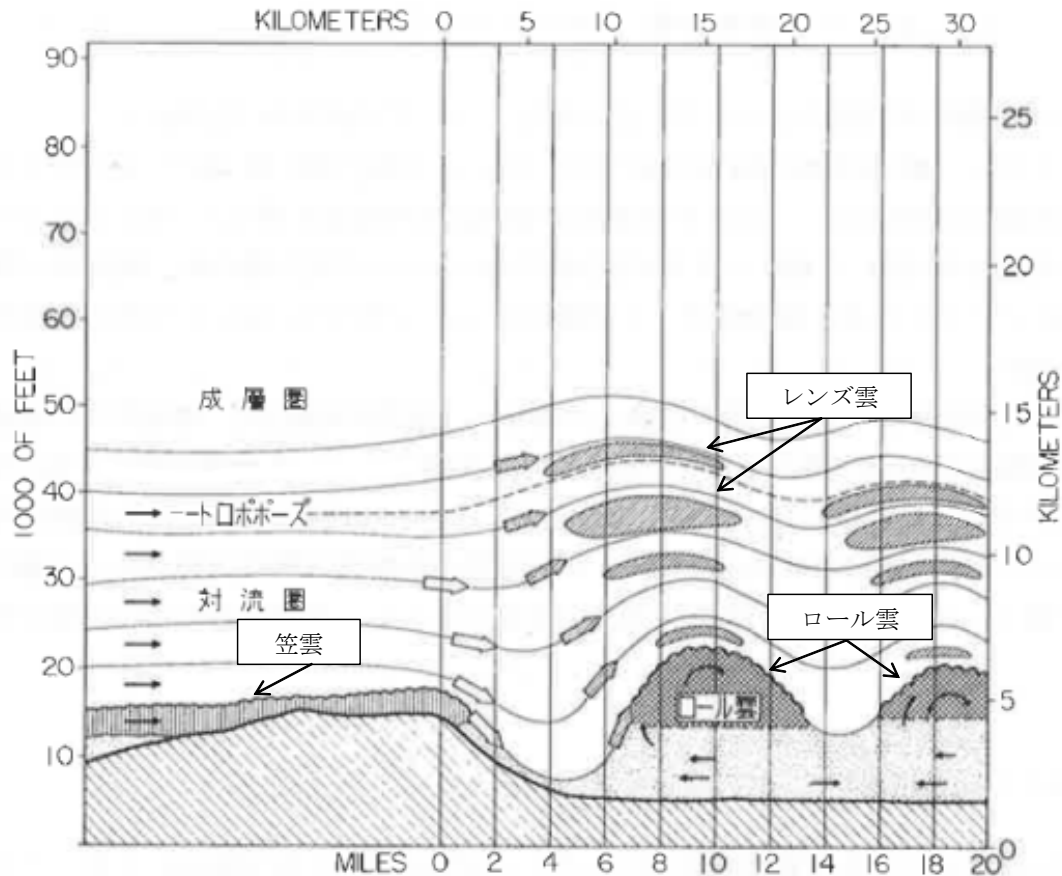
写真C 飛行中の機首方向の画像（13時26分 高度約18,900ft）

2.7.2 山岳波

山岳地帯で発生する山岳波について、橋本梅治・鈴木義男 共著「新しい航空気象〈改訂13版〉」（株式会社クライム気象図書出版、平成21年7月30日、p. 265）に次の記述がある。（抜粋）

16-12 山岳波

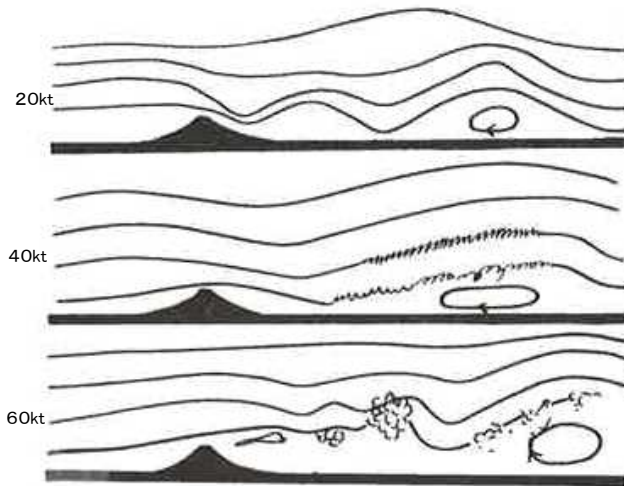
山岳波のモデルを第16-20図に示す。（中略）山脈を越えた気流は急速に降下し、風下側数マイルの所に形成される波動の峰に向かって上昇する。この峰が波動の最初の位置で、気流はその後も上昇・降下を繰り返し、多い時は下流に10数個の波動が生じる。波動は強風が続く限りほぼ一定の位置にあって、一度発生すると数時間から長ければ数日間も存在する。笠雲（かさぐも cap cloud）は風下側に山岳波の存在することを示している。山岳波の最初の峰の下部にできるロール雲（rotor cloud）やその上方にできるレンズ雲（lenticular cloud）は山岳波の存在を示している。（中略）



第16-20図 山岳波のモデル (Jenkinsによる)

第16-21図は気象研究所における風洞実験の結果で、富士山に似た地理的条件下で現れる山岳波の様相である。図中の風速20ktで山岳波が形成され、一般流と渦流は独立して流れる。風速40ktでは波動の下層が乱れ、一般流が渦流に乱され、一般流の下層にも乱気流ができる。これを「跳ね現象 (hydraulic jump)」という。風速60ktでは一般流と渦流は一層強く干渉しあい、発生した乱気流は風下側へ流れて行く。これを「剥離現象 (separation)」という。

剥離現象は風下側から山頂に向かう反対流が形成され、山頂を越えて吹く一般流との間に、著しい風のシャーを作り、垂直に立ち上がる渦動も形成する。この場合にもっとも強い乱気流が存在するが、水蒸気がなければ雲は現れない。



第16-21図 山岳波の風洞実験（気象研 相馬氏による）

2.8 事故現場及び残骸に関する情報

2.8.1 事故現場及びその周辺の状況

同機の飛行経路のすぐ西側には、標高6,000～6,500ftの山々が連なる奥羽山脈があり、事故現場は、この山脈の南端を過ぎた辺りの山林であった。事故現場の西方には猪苗代湖、西北西には標高約6,000ftの磐梯山が存在している。

同機は、南北方向に延びる谷間の東側登り斜面に、機首を東側に向けて停止していた。

同機の停止位置の北側すぐそばの木立に同機との接触痕が残っていたが、周辺の木立には目立った接触痕は確認できなかった。

事故現場には、機首及び操縦席を含む前部胴体（全長の約2/3）が残っていたが、事故現場周辺から両主翼及び尾部を含む後部胴体を発見することができなかった。

（2.11.1.1 図3 航跡記録の全体図、写真 事故機 参照）

2.8.2 機体の損壊状況等

事故現場及び機体保管場所において調査した機体の状況は、次のとおりであった。

（1）機首部

機首部分：ほぼ無損傷

風 防：破損、破片が現場に飛散



写真D 機首部及び前部胴体

(2) 操縦席

① 計器板

速度計：0km/h指示、高度計：4,500m指示、昇降計：毎秒4m降下指示、電動式昇降計（ft表示の高度計機能付き）：非表示、計器板：変形損傷



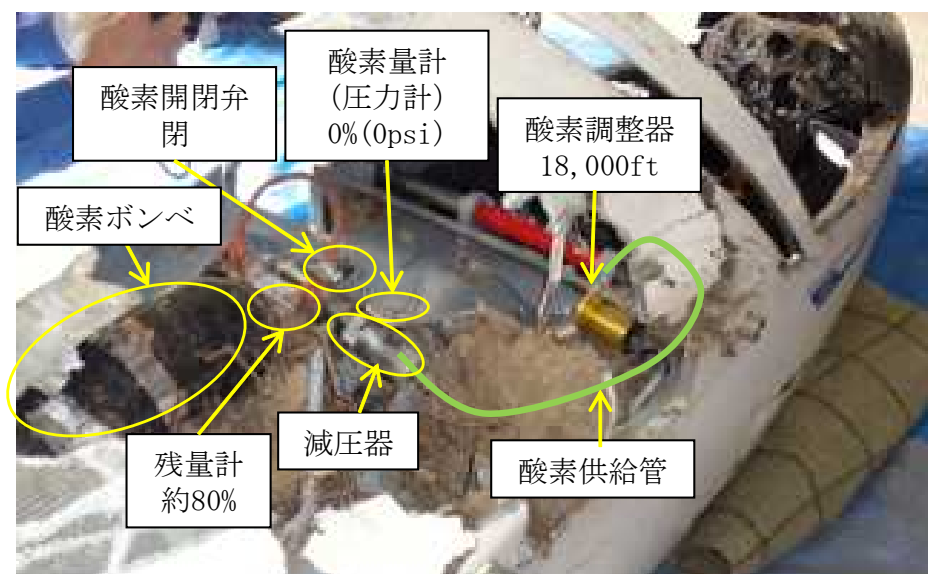
写真E 計器板

② 操作レバー

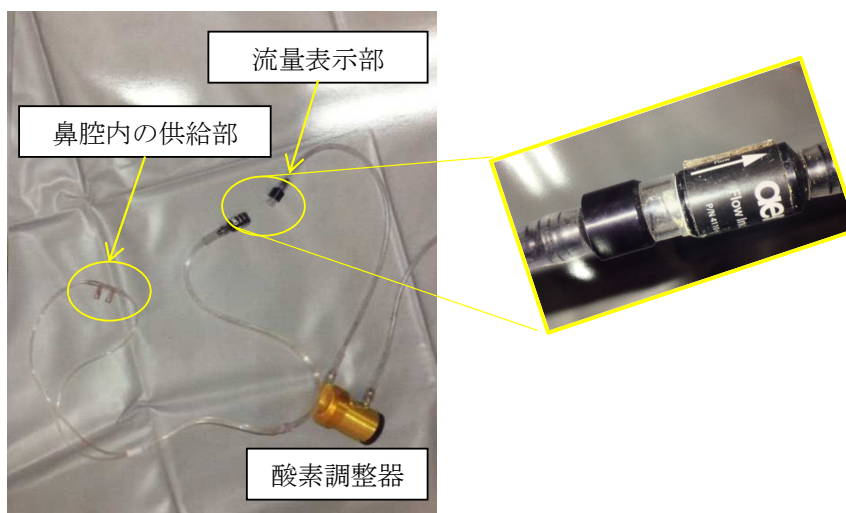
フラップレバー：最大下げ位置、脚レバー：上げ位置、キャノピー緊急
投棄レバー：閉位置、エレベータートリム：中心よりやや後方位置

③ 酸素供給装置

酸素開閉弁：閉位置、酸素ポンペ内の残量計：約80%（開閉弁を開け
ると酸素が噴出する状態）、系統内の酸素量計（圧力計）：0%（0
psi）、酸素調整機：第5段位置^{*1}、酸素供給管：酸素供給管は減圧器と
酸素調整器の間で脱落、鼻腔内の供給管は機長が装着状態、携帯用酸素
装置：未使用状態



写真F 酸素供給装置



写真G 酸素供給管

*1 「第5段位置」は高度18,000ftを飛行する際に用いられ、酸素の供給量は毎分1.8リットルである。
なお、第6段位置は緊急用で、酸素は連続して供給される。

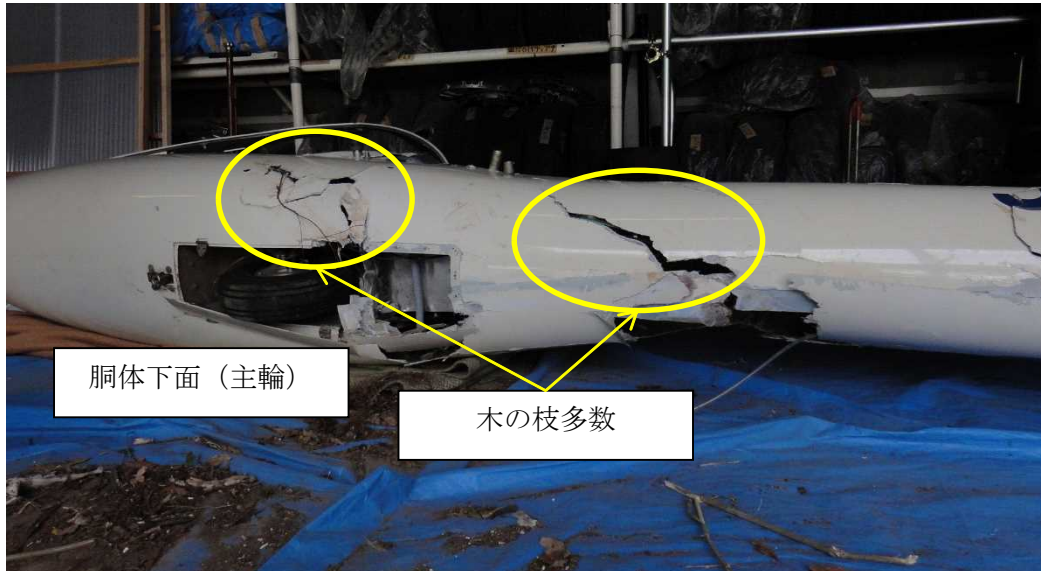
④ 落下傘

機長が装着のまま未使用

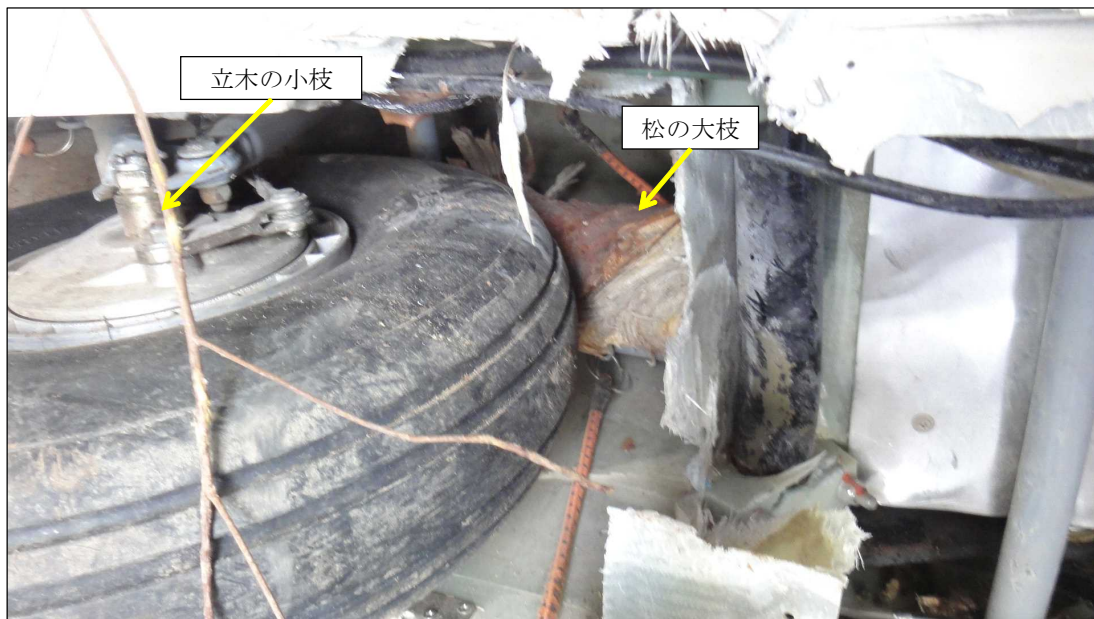
(3) 前部胴体下面

外板：亀裂、破断、小枝が残留

脚格納室内：松の大枝及び複数の小枝が残留



写真H 前部胴体下面



写真I 脚格納室内

(4) 前部胴体

主翼結合部の前部胴体上側外板は破断して行方不明、両主翼は結合部から脱落して行方不明、主翼との連結管のうち左後方側の1本が後方に変形
尾翼の操縦系統は前部胴体と後部胴体の破断部分で切断



写真J 前部胴体と主翼の結合部

(5) 後部胴体

尾部を含む後部胴体は、前部胴体から破断、離脱して行方不明



写真K 離脱した尾部を含む後部胴体（事故以前の状況）

2.9 医学に関する情報

2.9.1 機長の死因

福島県警察本部が行った解剖の結果、機長の死因は心破裂による失血であった。

また、胸部から上腹部へかけて、鈍体との衝突により生じた一連の損傷が見られた。なお、アルコール及び薬物は検出されなかった。

2.9.2 低酸素症

「航空工学講座3 航空機システム」(社団法人 日本航空技術協会、2006年、p.89)に、低酸素症について次の記述がある。(抜粋)

3-2 大気と呼吸作用

肺機能は、空気中の酸素を血液中に吸収し、血液中の二酸化炭素を放出する。この機能を維持するためには、80mmHgの酸素分圧を保つ必要がある。酸素分圧の低下は、まず神経組織に影響を与え、脳、視力、意識に障害が起こる。次に筋肉に障害が起こり、心臓、手足の機能を失う。これが低酸素症(Hypoxia)又は酸素欠乏症(Anoxia)といわれる症状である。

低酸素症の初期の兆候は判断力及び調整能力がなくなり、視力が弱まり、強い安楽感を生ずる。この安楽感は、操縦士及び搭乗員にとって、極めて危険な状態が迫っている前触れである。低酸素症は、通常、高度とともに悪化し、約50,000ft(15,240m)で、もし補充酸素を吸わなければ、人間は10秒以内に完全に意識を失い、間もなく死に至る。表3-1は、補充酸素を吸わないときの各高度で遭遇する低酸素症の兆候を示したものである。

表3-1 高度による低酸素症の兆候(抜粋)

高度 (ft)	兆候	兆候が現れる までの時間	備考	
8,000	夜間視力がやや衰える。		酸素を使用しない最高高度	
10,000	疲労、緩慢な動作	4時間		
18,000	誤った安楽感、過信、注意力の減少、視力のぼやけ、記憶力の減退	1/2時間以内		
20,000	筋肉制御、判断、推論、記憶及び時間観念の喪失	1/4時間以内		
22,000	けいれん及び意識喪失	5~10分		急減圧では1~2分
25,000	意識喪失	2~5分		急減圧では1分

2.10 試験及び研究に関する情報

2.10.1 高度計の分解検査

同機に装備されていた高度計を分解し、損傷状況の確認及び機能の検査を実施した結果は、次のとおりであった。

- ① 高度計内部の空盒と指針との接続部であるピボット部分が折損していた。
- ② ピボット部分の折損は、垂直方向に掛かった大きな加速度により発生したものと考えられる。
- ③ ピボット部分の折損により、指針が自由に動く状態となっていた。

2.10.2 機体損壊状況の解析

2.10.2.1 主翼損壊状況

機体製造者が行った主翼損壊状況の画像解析の見解等は、次のとおりであった。

(1) 主翼取付部の構造

左右の主翼は図2及び写真Lのとおり、左翼の2本の付け根（フォーク）と右翼の1本の付け根（タング）を胴体内でメインピンで留めている。

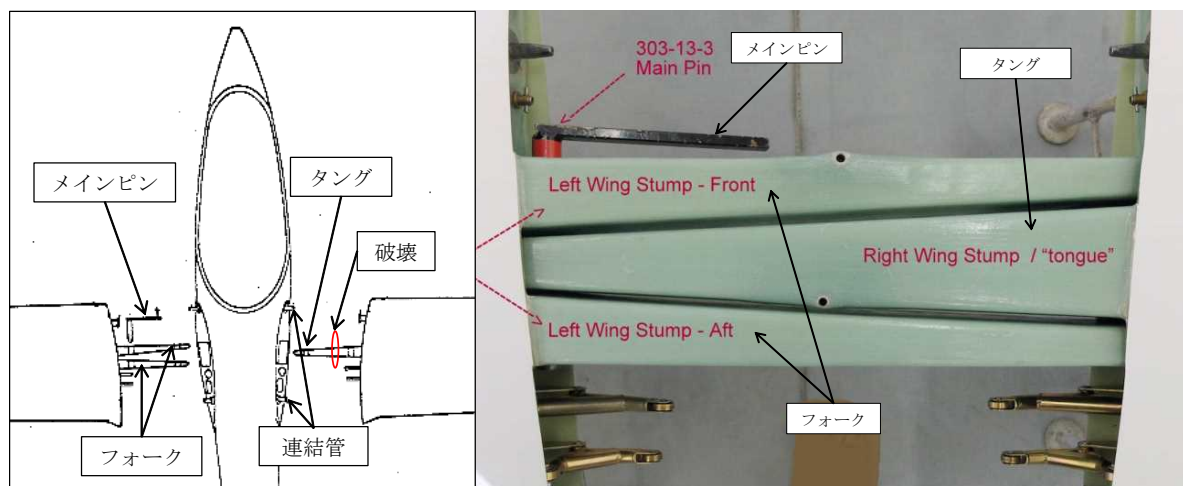


図2 主翼取付部概念図

写真L 主翼取付部

(2) 付け根の強度

機体のプラス側の制限運動荷重*2倍数は5.3であり、同機の原型であるMosquito型滑空機で実施された主翼曲げモーメントの静荷重試験の結果は、安全率が規定（1.5）以上の1.62であることが実証されている。

(3) 主翼の離脱

同機が許容される荷重の範囲を超過したことにより右翼の付け根（タング）が破壊し、最終的に両翼が連結管から抜け落ちたものとみられる。

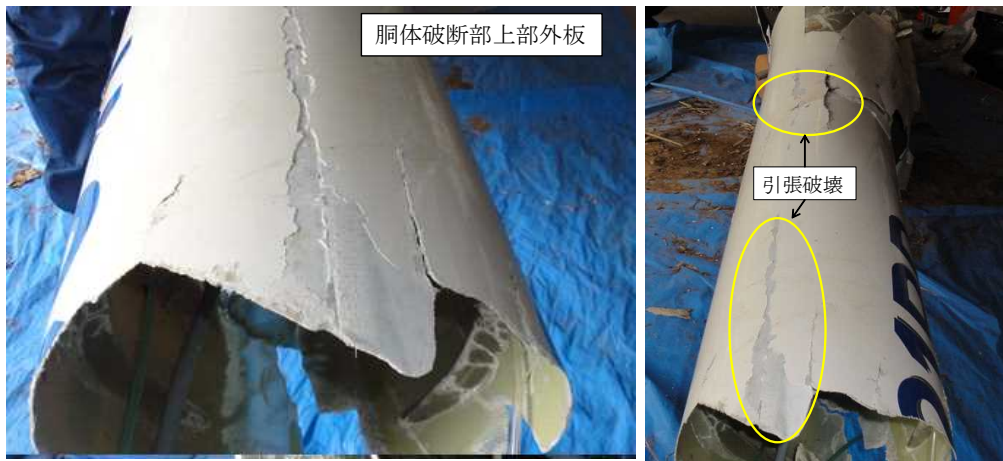
*2 「制限運動荷重」とは、常用運用状況において予想される最大の荷重をいう。

2.10.2.2 胴体の損壊状況

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構の専門家の協力を得て行った胴体損壊状況の画像解析の見解は、次のとおりである。

(1) 前部胴体外板の損傷及び破壊の状況

前部胴体破断部の上部外板周辺の損傷は少ないが、引張荷重によって破壊した痕跡が見られる。

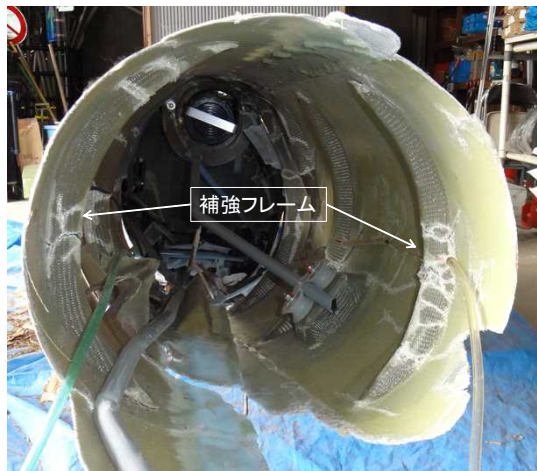


写真M 前部胴体上部の状況

(2) 前部胴体内部の損傷と破壊状況

前部胴体内部の側面にある補強フレーム中央部分には、胴体自体が^{だえん}楕円形状になった際に圧縮され白化して破壊した部分が見られる。

胴体の右側外板面については、時計回りに3時付近から6時付近の下面にかけて、周囲の剥がれを伴いながら大きく破壊されており、破壊は外側から内側へ進行した痕跡が見られる。



写真N 前部胴体破断部外板の状況

2.11 その他必要な事項

2.11.1 GPSの記録

計器板のホルダーに取り付けられていたと考えられる多機能携帯にグライダー用の航法ソフトウェアがインストールされており、同滑空場から墜落現場までの航跡が記録されていた。

同ソフトウェアは、GPSを利用して巡航モード及び旋回モードで作動し、電子地図上に航法に関する情報（現在位置、高度、対地速度、滑空比、風等）を操縦士に提供する機能を有している。

2.11.1.1 発航から墜落現場までの航跡記録

同機の発航から墜落現場までの航跡記録は図3のとおりである。

11時56分ごろ、同滑空場を発航し、12時01分ごろ同滑空場の北西約3nm、高度約2,800ftで曳航機から離脱した。その後、同滑空場の近傍の空域で旋回しながら上昇し、13時08分ごろ、高度約18,700ftに到達していた。同23分ごろから飛行コース約220°で東北自動車道沿いに約21nm南下して、同47分ごろ福島市の西方まで飛行した。この間の平均対地速度は約50ktであり、2.7.1(2)①図1から上層風を290° / 75ktとすると、この時の機首方位は約260°（偏流角左40°）、真対気速度は約103ktとなり、これを予想外気温で高度補正すると指示対気速度（以下「対気速度」という。）は約75ktとなった。

同機は、13時53分ごろ、飛行コース約170°で高度約18,000ftから上昇を開始して、14時00分ごろ、高度約25,000ftに到達し、徐々に東方向へ変針して、同05分ごろ墜落現場に到達していた。上昇の間の平均上昇率は毎分約920ftであった。



図3 航跡記録の全体図

2.11.1.2 墜落現場周辺の航跡記録

同機の墜落現場周辺の航跡記録は図4のとおりである。

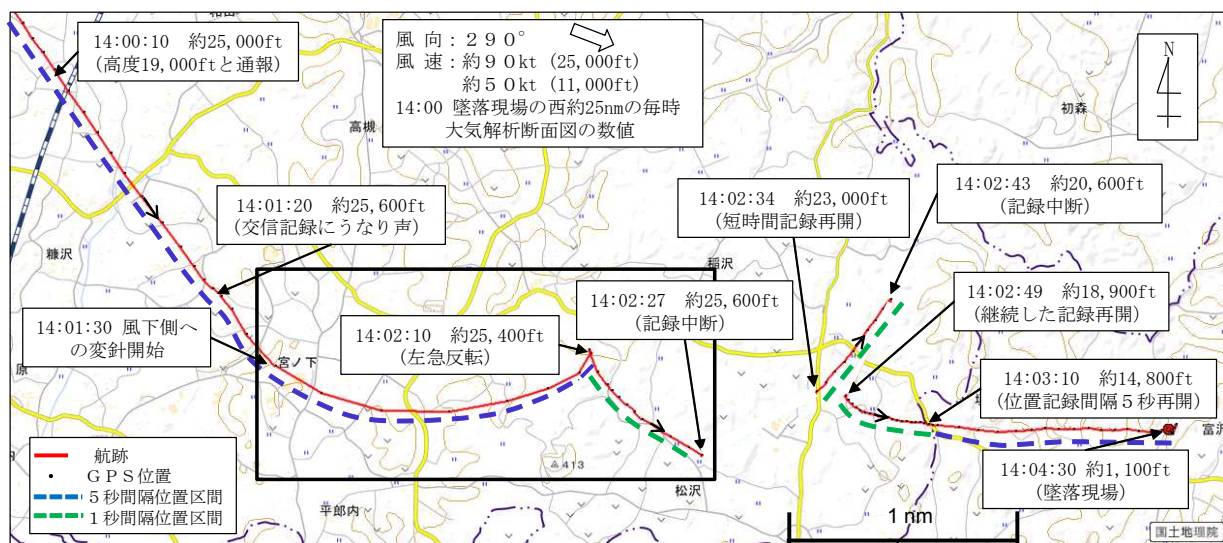


図4 墜落現場周辺の航跡記録図

同機は、14時00分ごろ、墜落現場の西北西約5nmにおいて高度約25,000ftに到達した。この時、2.1.1に記述したように、機長はACCとの交信で高度を19,000ftと通報した。その後、同01分20秒にうなり声のような音声及び無言の雑音が記録された。この時、同機は高度約25,600ftを飛行中で、その後、同01分30秒ごろから徐々に風下側の左側に旋回を開始した。

この旋回中の風の影響を除外した無風時の推定航跡を描くと図5のとおりとなる。

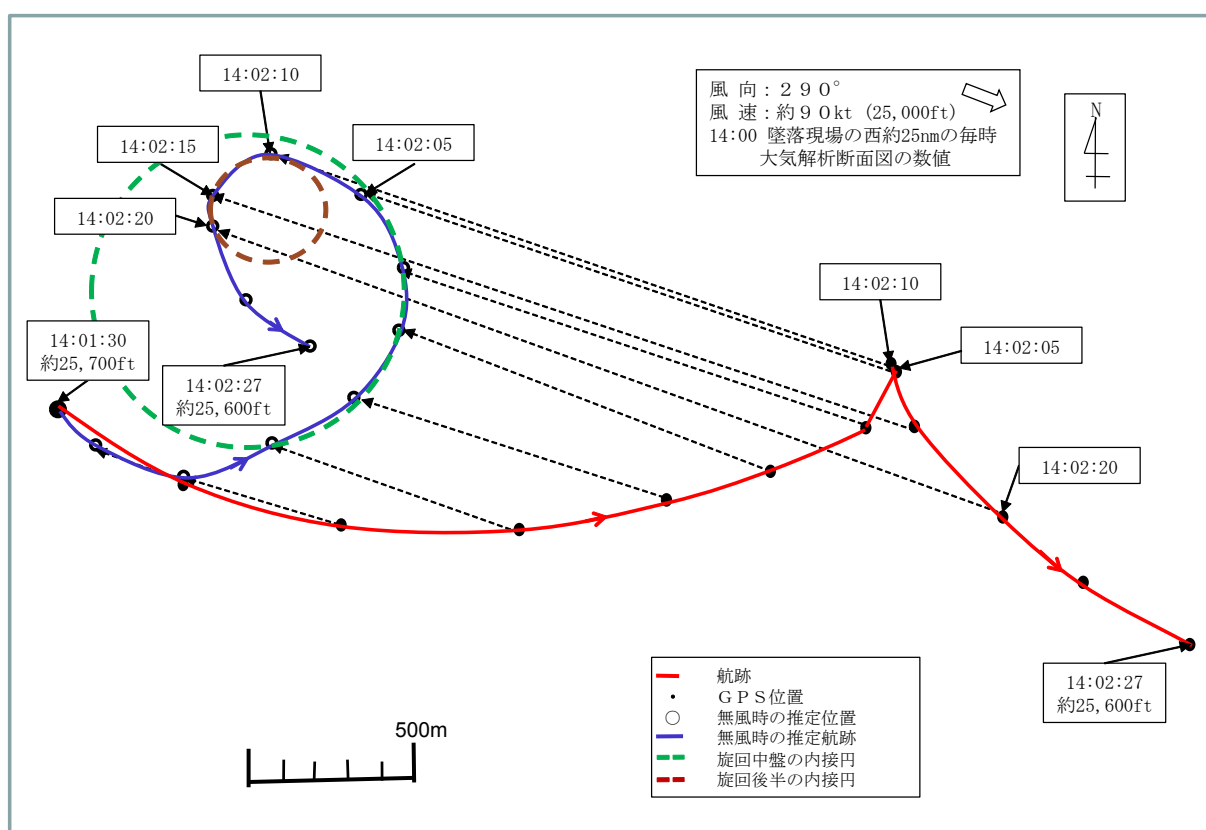


図5 旋回中の航跡

青線で示す無風時の推定航跡は、旋回開始後から徐々に旋回半径が小さくなり、旋回中盤では図5に緑破線で示す旋回半径約450mとなり、14時02分10秒ごろから同02分20秒ごろまでの旋回後半においては、茶破線で示す旋回半径約150mと極めて小さくなる。

旋回中の風を2.7.1(2)①に記述した毎時大気解析図から290° / 90ktとし、図5に示すように、旋回中盤に風上を向いた14時02分05秒から同02分10秒の航跡が強い向かい風の影響で僅かに前方に進んだ程度から、同機の真対気速度は、向かい風成分(90kt)よりやや大きい100kt程度と考えられる。これを予想外気温度で高度補正すると、この時の対気速度は約66ktとなる。また、旋回中の高度はほとんど変わっていないことから、旋回前半の旋回半径約450mを定常旋回したとすると、その釣合いバンク角は約31°が必要となる。同様に旋

回後半の半径約150mでは、釣合いバンク角は約61°が必要となる。

その後、図4に示すように、旋回終了直後の14時02分27秒に高度約25,600ftを記録後、位置情報の記録が中断し、同02分34秒に大きく高度が下がった時点から位置情報の記録が再開、同02分43秒に再度中断した。さらに、同02分49秒に高度約18,900ftから継続した位置情報の記録が再開し、墜落現場まで続いていた。なお、降下の途中で、9秒間だけ再開した位置については、その前後の位置情報と不連続となっていた。

(1) 降下率

航跡記録による降下中の降下率は、概略次のとおりである。

- ① 14時02分27秒～同02分49秒：毎分約18,300ft

位置情報が連続して記録されていた最後の時点から連続した位置情報の記録が再開するまでの間

- ② 14時02分49秒～同04分30秒：毎分約10,600ft

連続した位置情報の記録が再開した位置から墜落現場の間

(2) 対地速度

連続した位置情報の記録が再開した位置から墜落現場の間、同機は、ほぼ直線的に東方向へ約1.4nm移動しており、この間の水平方向の平均対地速度は約50ktである。

2.11.2 飛行規程記載事項

飛行規程に次の内容が記載されていた。(要約)

(1) 限界事項

- ① 対気速度限界

超過禁止速度：135kt (250km/h) (13,000ft以下)

：122kt (226km/h) (19,500ft)

：109kt (202km/h) (26,000ft)

フラップ下げ最大速度：97kt (180km/h)

悪気流速度及び運動速度*3：97kt (180km/h)

- ② 制限運動荷重倍数

次の運動荷重倍数*4を超えてはならない。

a エアブレーキ閉

97kt (180km/h) : +5.3、-2.65

*3 「運動速度」とは、機体への過荷重を避けるため、この速度以上では最大舵角又は急激な操作をしてはならない速度をいう。

*4 「運動荷重倍数」とは、運動により航空機に働く荷重と航空機重量との比をいう。

1 3 5 kt (2 5 0 km/h) : + 4. 0、- 1. 5

b エアブレーキ開
+ 3. 5

③ 終極運動荷重倍数^{*5}

安全率は1. 5である。

(2) 失速速度 (事故時の重量)

フラップ上げ : 3 9 kt (7 2 km/h)

フラップ下げ : 3 7 kt (6 9 km/h)

(飛行高度の上昇に伴う失速速度の変化について、飛行規程には記載はないが、機体製造者によれば、同機の翼形 (HQ10-16, 42) ではほとんど無視できる範囲とのことであった。)

(3) 滑空性能 (事故時の重量)

最良滑空比 : 4 3. 5 : 1

最良滑空速度 : 約 5 7 kt (約 1 0 5 km/h)

(4) 高速飛行

運動速度 = 9 7 kt (1 8 0 km/h) 以下の速度では、補助翼及び方向舵^{ほうこうだ}のフル操作が可能である。また、超過禁止速度 = 1 3 5 kt (2 5 0 km/h) までの速度では操舵範囲の1/3までが許容される。

昇降舵の許容される操作範囲はこれより小さく、制限運動荷重倍数を超過しないように配慮する。

ウェーブのローター雲、積乱雲、顕著な上昇気流、山岳地帯での飛行等で発生する極端な乱気流の中では悪気流速度 = 9 7 kt (1 8 0 km/h) を超えてはならない。

2. 11. 3 ウェーブソアリング

山岳波の上昇気流により高度を獲得して滑空するウェーブソアリングに関し、U. S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION Flight Standard Service "GLIDER FLYING HANDBOOK" 2003, pp.10-15に、次の記述があった。(抜粋)

FLYING IN THE WAVE

Once the wave has been contacted, the best techniques for utilizing the lift depends on the extent of the lift (especially in the

*5 「終極運動荷重倍数」とは、制限運動荷重倍数に適当な安全率を乗じた構造強度上設けられた荷重倍数であり、同機の制限運動荷重倍数+ 5. 3は、終極運動荷重倍数で+ 7. 9 5になる。

direction along the ridge or mountain range producing the wave) and the strength of the wind. (中略)

If the wind is strong enough (40 knots or more), find the strongest portion of the wave and point into the wind, and adjust speed so that the glider remains in the strong lift. (中略)

Often the wind is strong, but not quite strong enough for the glider to remain stationary over the ground, so that the glider slowly moves upwind out of the best lift. If this occurs, turn slightly from a direct upwind heading, drift slowly downwind into better lift, and turn back into the wind before drifting too far. (中略)

(抄訳)

ウェーブ内の飛行

ウェーブに乗った後、最も優れた上昇気流の利用技法は、(特にウェーブを発生させている山の峰や山脈の連なりに沿って) どれだけ上昇気流が広がっているかということと風の強さにより異なる。(中略)

もし、風速が十分に強い(40kt以上)場合は、ウェーブの最も強い所を探して風上側に向かい、強い上昇気流の中にとどまるように速度を調整する。(中略)

風は強くても、グライダーが対地的に静止するほどではない場合、最良の上昇気流を外れて風上に出てしまうことがある。このような場合には、機首を少しだけ風下側に向け、ゆっくりと風下側に移動して良好な上昇気流へ戻り、風下へ流され過ぎないように機首を元のように風上側へ向ける。(中略)

Searching upwind first allows the pilot to drift downwind back into the up part of the wave if he or she is wrong. Searching downwind first can make it difficult or impossible to contact the lift again if

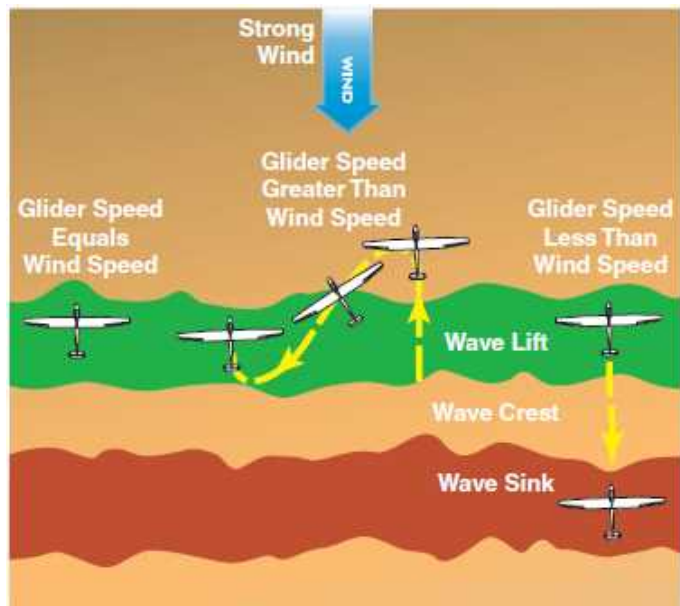


Figure 10-24. Catching a thermal by flying upwind away from the slope lift.

sink on the downside of the wave is encountered. In addition, caution is needed to avoid exceeding the glider's maneuvering speed or rough-air redline, since a penetration from the down side of the wave may put the glider back in the rotor.

(抄訳)

最初に風上側（のより良い上昇気流）を探すと、それがうまくいかなかった場合にも風下に流されて上昇気流部分に戻ることができる。最初に風下側を探すと、そこでウェーブの下降気流部分に遭遇した場合には、再び上昇気流に戻ることが困難又は不可能になる。それに加えて、ウェーブの下降気流部分からの進入はグライダーがローター域へ進入することになる場合があるので、グライダーの運動速度又は悪気流速度を超過しないように注意する。

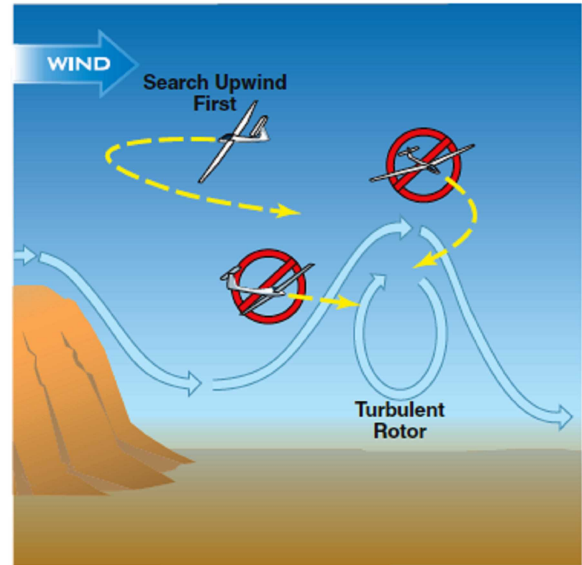


Figure 10-25. Search upwind first to avoid sink behind the wave crest or the rotor.

2.11.4 自由落下の到達速度

スカイダイビングにおける自由落下に関し、United States Parachute Association "SKYDIVER'S INFORMATION MANUAL" 2016-2017, p.126に、次の内容が記載されている。(要約)

高度15,500ftから3,000ftまでうつ伏せ状態になった人体が自由落下する際、終端速度は120mph (176ft/sec) となる。

これは降下率にすると毎分約10,560ftとなる。

2.11.5 航空交通管制用自動応答装置

航空法第60条及び航空法施行規則第146条の規定により、3,050m (10,000ft) 以上の航空交通管制区を有視界飛行方式により飛行する航空機には、航空機の識別記号及び高度を応答する機能を有する航空交通管制用自動応答装置（以下「トランスポンダ」という。）を装備しなければならない。

同機の装備していたトランスポンダは、高度を応答する機能を有していなかった。

2.11.6 酸素供給装置

同機の飛行規程には、3,000m以上の高高度飛行を行う場合は酸素装置を装備する必要があることが記載されていたが、同機に装備されていた酸素供給装置は航空機の装備品として認められたものではなく、搭載装備品一覧にも記載はなかった。

操縦席後方にある酸素開閉弁の開閉は飛行中に行うことができないため、発航前に行う必要がある。また、操縦室内の酸素調整機により高度の設定（可能範囲：10,000～18,000ft）を行う。飛行中の酸素の供給状況については、酸素供給管内の流量表示部により確認することができる。

同機には、同装置を飛行前に確認するための点検表、同装置を使用する際のチェックリスト等は装備されていなかった。

(2.8.2(2)③ 写真F 酸素供給装置、写真G 酸素供給管 参照)

3 分析

3.1 乗組員の資格等

機長は、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

(1) 事故現場周辺の天気

2.7.1(1)に記述した観測値から、事故現場周辺の地上の天気は晴れで瞬間最大風速約25ktの西寄りの風が吹いていたものと推定される。

(2) 上空の天候

① 上昇気流及び下降気流

2.7.1(2)に記述したように、同機が墜落する直前に飛行していた高度25,000ft付近には風速約90ktの西寄りの風が吹いていたが、晴天乱気流を発生するような顕著な鉛直方向のウインドシアは見られなかった。また、2.7.1(2)②に記述したように、衛星画像によれば、山脈を越えた気流の波動の峰に発生するレンズ雲及びロール雲とみられる雲が10,000～18,000ft付近に帯状に連なっていた。

これらのこと及び2.11.1.1に記述した同機の上昇率から、波動の前面では

毎分 1,000 ft 程度の上昇気流が、また、波動の後面では同程度の下降気流が発生していたものと考えられる。

② 乱気流

2.7.2に記述したように、富士山に似た地理的条件では風速 40 kt 以上で波動の下層が乱れ、一般流が渦流に乱されて山頂の標高以上にまで及ぶ乱気流が発生する。

2.7.1(2)に記述したように、事故発生当時、事故現場周辺の上空には、風速約 40 kt の西風が吹き、その上空は更に強い西風が吹いていたことから、磐梯山の風下側となる現場周辺では富士山に似た地理的条件と考えられる単独峰の山岳波による強い乱気流が発生していた可能性が考えられる。

3.4 機体の損壊等

2.1.2(3)に記述した同好会員 B の口述から、同機は、飛行前に組み立てられ、主翼のメインピンも取り付けられていたものと推定される。

2.10.2.1に記述したように、機体製造者が行った主翼損壊状況の画像解析の見解では、同機が許容される荷重の範囲を超過したことにより右翼の付け根（タング）が破壊し、最終的に両翼が連結管から抜け落ちたものと見られている。

2.10.2.2に記述したように、胴体上部外板は引張荷重によって破壊したものとみられる。また、胴体内部の側面にある補強フレーム中央部分には、胴体自体が楕円形状になった際に圧縮され白化して破壊した部分が見られ、さらに、胴体外板は時計回りに周囲の剥がれを伴いながら大きく破壊しており、破壊は外側から内側へ進行した痕跡が見られる。

2.10.1に記述したように、高度計は垂直方向の大きな加速度によって損傷したものと考えられる。

2.8.2(3)に記述したように、胴体下面の外板に亀裂及び破断があり、小枝が残留していた。また、脚格納室内には松の大枝が残留していた。

これらのことから、同機の損壊は、次のような過程で生じた可能性が考えられる。

- ① 主翼に空気力による過大な上曲げが発生、その時の慣性力により前部胴体と尾部を含む後部胴体の間に大きな下曲げ（上部引張、下部圧縮）が発生し、2.11.2(1)③に記述した終極荷重を超過する荷重が掛かり、右翼の付け根（タング）が破壊し、右翼が機体から離脱した。また、機体に大きな下曲げが発生した時点で胴体が曲げ圧縮され、胴体内部の補強フレーム中央部が破壊し、次いで胴体中間部分の上部から外板が破壊した。
- ② 右翼が失われたことで機体は時計回りに横転しながら左翼が胴体の連結管から抜けて機体から離脱した。また、これとほぼ同時に外板の破壊に伴い尾部を

含む後部胴体が前部胴体から分離した。

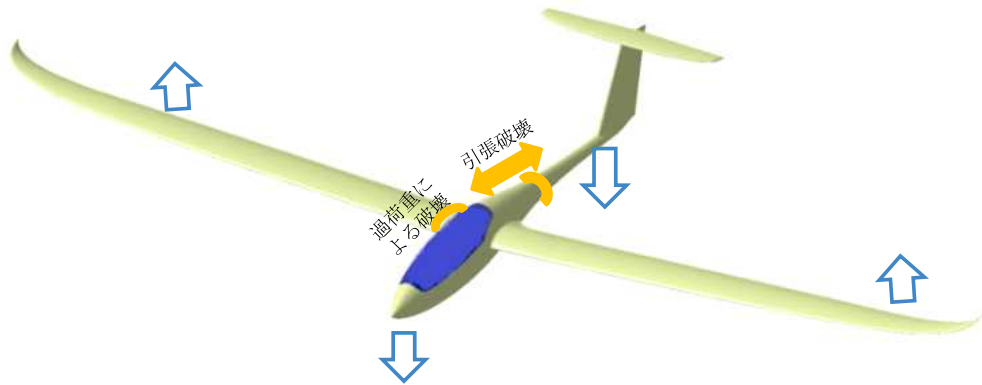


図6 破壊の状況

- ③ 前部胴体は胴体下面を下にしたほぼ水平状態で事故現場に落下し、立木及び地面と衝突して前部胴体下面及び風防が破壊するとともに、計器板が損傷した。

3.5 墜落までの状況

3.5.1 発航から急降下までの状況

(1) 発航

2.1.1、2.1.2(1)及び2.8.2(2)③に記述したことから、同機は11時56分ごろ酸素開閉弁を閉としたまま同滑空場を飛行機曳航により発航したものと推定される。

(2) 上昇

2.11.1.1に記述した航跡記録から、同機は13時08分ごろ、高度約18,700ftに到達した後、ほぼ高度を維持して奥羽山脈の東側を南下し、同53分ごろから再び上昇を開始し、14時00分ごろ高度約25,000ftに到達したものと推定される。

(3) 風下側への旋回

2.11.1.2に記述した航跡記録から、同機は高度約25,000ftに到達した後に徐々に左旋回して風下側となる東方向に向かい、その後、14時02分10秒ごろから同20秒まで約10秒間で反転するような急旋回になったものと推定される。

(4) 急降下

2.11.1.2に記述した航跡記録によれば、同機の位置情報は、急旋回終了から7秒後の14時02分27秒に中断し、その直後に大きく高度を下げた後、22秒後に連続した状態で再開していることから、同機は急旋回の後に急降下に入った可能性が考えられる。

3.5.2 急降下中の状況

(1) 機体の急降下

2.11.1.2(1)①に記述した急降下開始直後の降下率は、毎分18,300ftであり、これは垂直方向の真対気速度にすると約187ktとなる。これを①の中間的な高度である22,000ftにおいて予想外気温度で高度補正を行うと対気速度は約130ktになる。これは2.11.2(1)に記述した超過禁止速度(122kt(19,500ft))及び悪気流速度(97kt)を超過している。

同機は高度を維持していた状況から、急旋回の後には短時間で超過禁止速度を超えるような大きな速度で降下していることから、自由落下等ではなく、きりもみ(失速の後、螺旋を描きながらほぼ垂直に降下する状態)等の大きな機首下げ状態となって急降下した可能性が考えられる。また、この際の回転によりGPSの位置算出が困難となり位置情報が中断した可能性が考えられる。

(2) 機体の分解

2.11.1.2(1)②に記述したように、14時02分49秒に連続した位置情報の記録が再開した後の降下率は、2.11.4に記述した、人体がうつ伏せ状態で自由落下したときの降下率と同程度となって墜落現場まで続いていたことから、連続した位置情報の記録が再開後は多機能携帯が置かれた前部胴体のみがほぼ水平状態で落下していたものと考えられる。

このことから、同機は急降下を開始してから連続した位置情報の記録が再開するまでの間に、3.4に述べたような経過で機体が分解したのと考えられる。

機体が分解したことについては、機体がきりもみ等の大きな機首下げ状態となって急降下したこと及び3.3(2)②に述べた乱流域を通過したことが影響し、3.4に述べたような機体に空気力による過大な曲げが発生して終極荷重を超過する荷重が負荷されたことによる可能性が考えられる。

3.5.3 墜落の状況

同機は、空中で分解した後、胴体下面を下にしてほぼ水平状態で、平均約50ktの強い西風に流されながら山林へ墜落したのと考えられる。

2.9.1に記述した死因から、機長は墜落の衝撃で死亡したのと考えられる。

3.6 機長の判断、意識、操作等

3.6.1 発航前

2.1に記述した飛行計画及び2.1.2(2)に記述した同好会員Aの口述から、機長

は8時間に及ぶ高高度の長距離飛行を計画していた。2.11.6に記述したように、操縦席後方にある酸素開閉弁の開閉は飛行中に行うことができないため、高高度飛行を行う場合、発航前に酸素開閉弁を開けて酸素供給装置の作動確認を行わなければならないが、事故現場では酸素開閉弁が閉の状態であった。このことから、機長は、発航前に酸素開閉弁を開けることを失念して酸素が供給されない状態で飛行を開始したことが考えられる。

3.6.2 発航後

(1) ウェーブソアリングの開始時

2.11.1.1に記述した航跡記録から、機長は同滑空場の周辺で、熱上昇気流(サーマル)に乗って旋回上昇した後、ウェーブソアリングを行って高度18,000ft以上に到達したものと考えられる。

2.7.1(2)に記述したように、高度18,000ftの風速は約75ktであった。2.11.1.1に記述したように、機長はこの風に対抗し、2.1に記述した飛行計画の巡航速度70ktを30kt以上超える速度(真対気速度約103kt)で飛行したものと推定される。

機長は、上空の風が予想より強く、計画の巡航速度より増速することによって制限速度との余裕が減少するものの飛行は可能と判断し、予定経路の巡航を開始したものと考えられる。

(2) ACCとの交信時

2.11.5に記述したように、同機は、10,000ft以上の航空交通管制区を有視界飛行方式により飛行する場合に必要な高度応答機能を有したトランスポンダを装備していなかった。

2.1.1に記述したように、管制交信記録によれば、機長は高度を変更するたびに高度を通報していたが、14時00分、高度25,000ftの通報で高度を実際より6,000ft低く誤って通報していた。しかし、同機のトランスポンダに高度応答機能がないため、管制機関側では、その誤差を認識することはできなかったものと推定される。

(3) 高高度飛行に伴う低酸素症の発症時

① 2.9.2に記述したように、低酸素症の兆候として、高度18,000ftにおいては、30分以内に注意力が減少し、高度20,000ftでは15分以内に筋肉制御、判断等を喪失する。また、高度25,000ftでは2～5分で意識を喪失するとされている。

2.11.1.1及び2.11.1.2に記述したように、同機は、13時08分ごろに高度18,000ft以上に到達した後、同53分ごろに上昇を開始するま

で同高度帯を約45分間飛行していた。その後、同54分には高度20,000ftを通過し、14時00分ごろ高度25,000ftに到達していた。

これらのことから、酸素が供給されない状態で高度18,000ft付近を約45分間飛行していた機長は、低酸素症の兆候が現れて注意力が低下していた可能性が考えられる。このような中で、2.11.6に記述した流量表示部による飛行中の酸素の供給確認を行わなかったため、酸素が供給されていないことに気付かず、自身の低酸素症の兆候にも気付かないまま、それまで順調に飛行していた18,000ft付近の高度帯を離れて上昇を続けた可能性が考えられる。

さらに、高度25,000ftに到達してからは、より深刻な低酸素症状態となって意識が混濁し、2.11.1.2に記述したように、高度通報の誤り、うなり声の発声、ウェーブソアリングの注意事項にあるような風下側への旋回を開始した後、バンク角が急激に大きくなった可能性が考えられる。

- ② 2.11.6に記述したように、同機が搭載していた酸素供給装置の高度の設定範囲は、10,000～18,000ftとなっており、たとえ、酸素開閉弁を開けていたとしても、事故時の設定位置（18,000ft）では飛行していた高度（約25,000ft）に対応する酸素供給としては不十分であったものと考えられる。

(4) 失速時

2.11.1.2に記述したように、同機は旋回の後半に対気速度約66ktから約60°バンクの急旋回を行っていたが、エンジン推力を使用できない滑空機がほぼ高度を維持していることから、急旋回中に大きな迎角をとることになり、対気速度が大きく減少した可能性が考えられる。

すなわち、同機は、機長が低酸素症状態で意識が混濁する中で急旋回に入り、対気速度が減少して失速状態となった後、3.5.2(1)で述べたように、きりもみ等の大きな機首下げ状態となって急降下した可能性が考えられる。

なお、2.8.2(2)②に記述したように、同機のフラップレバーは最大下げ位置であったが、これは、機長が操作したことによるものか、又は、機体が分解した時の衝撃等で位置が移動したのかについては特定できなかった。

3.6.3 急降下及び空中分解時

機長は低酸素症の影響で意識が混濁した状況であった可能性が考えられることから、きりもみ等の大きな機首下げ状態で急降下に入った時点においても、回復操作が適切にできなかったものと考えられる。また、同様の理由で、装着していた落下

傘による緊急脱出もできなかったものと考えられる。

3.7 高高度飛行時における事故の防止

ウェーブソアリング等の3,000m以上の高高度飛行時の事故を防止するため、一般的に、次のようなことが考えられる。

3.7.1 飛行前の準備

(1) 装備品

次のような装備品を準備し機能点検を確実に行うとともに、発航前及び飛行中の点検のための点検表、チェックリスト等を準備する。

① 無線機及びトランスポンダ：航空交通管制機関と交信するための無線装置及び高度応答機能を有したトランスポンダ

② 酸素供給装置：装備について承認された装置

(2) 気象状況の確認

事前に飛行を計画する空域における風、雲、気温、降水現象等の状況をよく確認し、無理な飛行計画を立てない。

3.7.2 飛行中の留意事項

(1) 他機との近接防止

針路及び高度の維持が困難な滑空機が、航空交通管制区を航行中の航空機との近接を防止するため、積極的に管制機関からレーダー交通情報の提供を受ける。なお、3,050m(10,000ft)以上の航空交通管制区を有視界飛行方式により飛行する航空機には、高度を応答する機能を有するトランスポンダを装備することが義務付けられていることから、当該空域を飛行する際には、確実にこれを作動させる。

(2) 低酸素症の防止

低酸素症の兆候は徐々に出現することを念頭に、定期的に酸素の流量、残量の変化、自身の感覚の変化等を把握する。

もし、何らかの異常を感じた場合には、降下して低酸素症状態を解消する必要がある。

(3) 風及び気流の把握

一般的に偏西風は高度が上昇すると風速が大きくなる。したがって、飛行高度における風速と制限速度との速度差を考慮し、余裕を持って飛行できるような高度帯を選択する。

山岳波により生じる上昇気流の下流には下降気流部分があり、その下層には乱気流を伴うローター域があるので、降下する際には乱流域を高速で通過しないように配慮しながら慎重に飛行する。

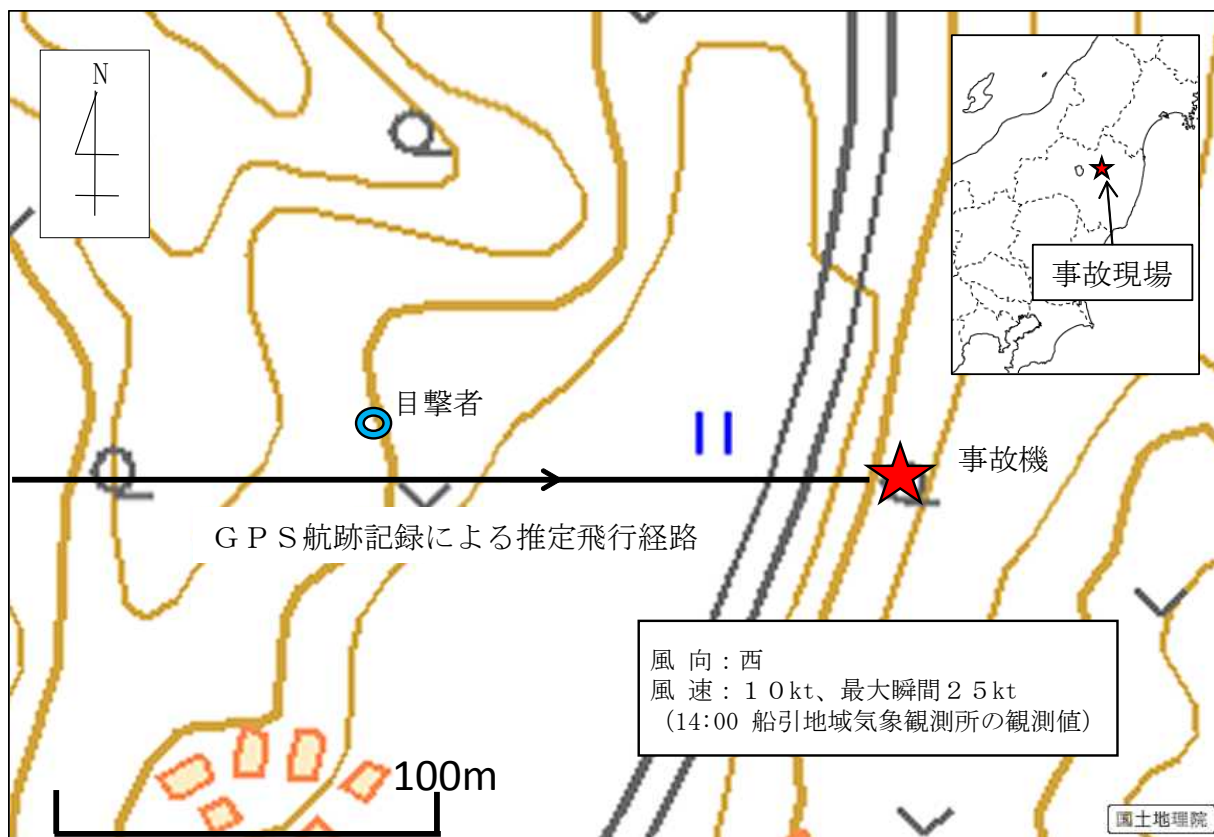
4 原因

本事故は、同機が飛行中に空中で分解したため、山林に墜落したものと推定される。

同機が空中で分解したことについては、機長が低酸素状態で意識が混濁する中で急旋回に入り失速状態となった後、機体がきりもみ等の大きな機首下げ状態となって急降下したこと及び乱流域を通過したことが影響し、機体に空気力による過大な曲げが発生して終極荷重を超過する荷重が負荷されたことによる可能性が考えられる。

機長が低酸素状態になったことについては、発航前に酸素開閉弁を開けることを失念して酸素が供給できない状態で飛行を開始したこと及び飛行中の酸素の供給確認を行わなかったため、酸素が供給されていないことに気付かず、自身の低酸素症の兆候にも気付かないまま上昇を続けたことによる可能性が考えられる。

付図1 事故現場見取図



付図2 グラスフリーゲル式304CZ-17型三面図

単位：m

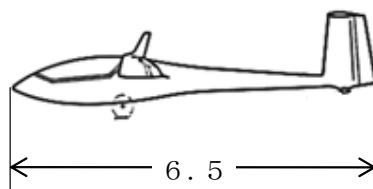
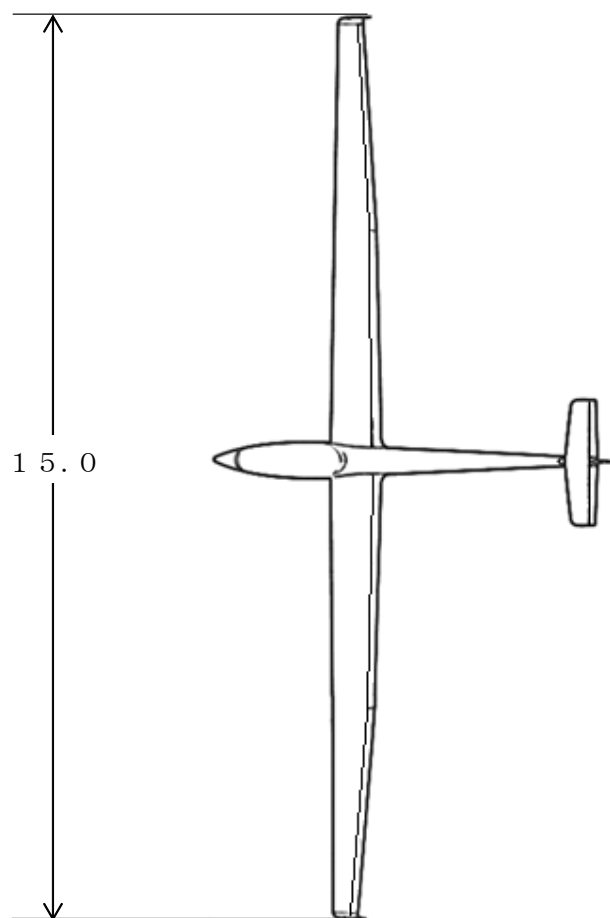
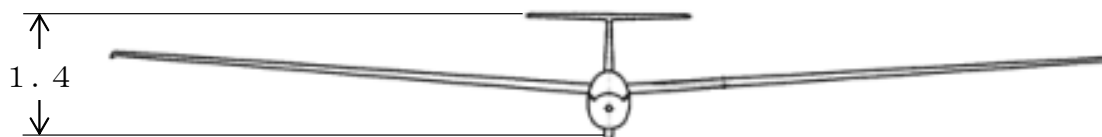


写真 事故機

