

AA2024-1

# 航空事故調査報告書

I 福島県警察航空隊所属

アグスタ式AW139型（回転翼航空機）

JA139F

ハードランディングによる搭乗者の負傷及び機体損傷

令和6年1月25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 福島県警察航空隊所属所属  
アグスタ式AW139型（回転翼航空機）  
JA139F  
ハードランディングによる搭乗者の負傷及び機体損傷

# 航空事故調査報告書

所 属 福島県警察航空隊  
型 式 アグスタ式AW139型（回転翼航空機）  
登録記号 JA139F  
事故種類 ハードランディングによる搭乗者の負傷及び機体損傷  
発生日時 令和2年2月1日 08時08分  
発生場所 福島県郡山市三穂田町

令和5年12月22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

## 要 旨

### <概要>

福島県警察航空隊所属アグスタ式AW139型JA139Fは、令和2年2月1日（土）、移植用臓器の搬送のため、福島県会津若松市の会津中央病院ヘリポート場外離着陸場から福島空港へ向けて飛行中、08時08分、福島県郡山市三穂田町の上空において、メイン・ローター・ブレードがテール・ドライブ・シャフトを切断したことにより、操縦が困難となり、同町の田に不時着を試みたが、ハードランディングして機体が横転した。

同機には、機長、副操縦士、整備士2名及び同乗者3名の計7名が搭乗し、4名が重傷、3名が軽傷を負った。

同機は大破したが、火災は発生しなかった。

## <原因>

本事故は、同機が飛行中、メイン・ローター・ブレードがテール・ドライブ・シャフトを切断したため、機体の操縦が困難となり、不時着を試みたが、ハードランディングとなり、搭乗者が負傷し機体が損傷したものと推定される。

メイン・ローター・ブレードがテール・ドライブ・シャフトを切断したのは、強風下の山岳地域上空を高速で飛行中、強い下降気流に遭遇し、急激に対気速度が増加した際、 $360^\circ$  を超える右ロール運動となり、メイン・ローター・ブレードが胴体側に大きくフラッピングしたことによるものと推定される。また、右ロール運動となったことについては、下降気流に遭遇した際、機長の操縦操作が過大になったことが影響したと考えられる。

本報告書で用いた主な略語は、次のとおりである。

A D C	: Air Data Computer
A D S	: Air Data System
A F C S	: Automatic Flight Control System
A F T	: After
A H R S	: Attitude Heading Reference System
A N S V	: Agenzia Nazionale per la Sicurezza del Volo (Italian civil aviation safety investigation authority)
A P	: Auto Pilot
A T T	: Attitude retention mode
A W	: Agusta Westland
C G	: Center of Gravity
C R M	: Crew Resource Management
D C U	: Data Collection Unit
D N	: Down
E C L	: Engine Control Lever
E E C	: Electronic Engine Control
E E C U	: Electronic Engine Control Unit
E L T	: Emergency Locator Transmitter
F D	: Flight Director
F . E .	: First Event
F F S	: Full Flight Simulator
F M S	: Flight Management System
F T R	: Force Trim Release
F W D	: Forward
G P S	: Global Positioning System
G S	: Ground Speed
I A S	: Indicated Air Speed
I T T	: Inter Turbine Temperature
J T S B	: Japan Transport Safety Board
K I A S	: Indicated Air Speed (Knots)
L A T	: Lateral
L O N G	: Longitudinal
L T	: Left

M P F R : Multi Purpose Flight Recorder  
N F : Number of engine Free power turbine speed  
N g / N G : Number of engine Gas Generator speed  
N P T : Number of engine free Power Turbine speed  
N R : Number of Rotor speed  
N T S B : National Transportation Safety Board  
P F D : Primary Flight Display  
P I : Power Index  
P T : Potential temperature  
R T : Right  
S W : Switch  
T A S : True Air Speed  
T Q : Engine Torque  
V F R : Visual Flight Rules

#### 单位换算表

1 ft : 0.3048 m  
1 kt : 1.852 km/h (0.5144 m/s)  
1 in : 25.40 mm



# 目 次

1	航空事故調査の経過	1
1.1	航空事故の概要	1
1.2	航空事故調査の概要	1
1.2.1	調査組織	1
1.2.2	関係国の代表	1
1.2.3	調査の実施時期	1
1.2.4	経過報告	2
1.2.5	原因関係者からの意見聴取	2
1.2.6	関係国への意見照会	2
2	事実情報	3
2.1	飛行の経過	3
2.1.1	飛行の経過の概要	4
2.1.2	搭乗員、同乗者及び目撃者の口述	5
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	10
2.3	航空機の損壊に関する情報	10
2.3.1	損壊の程度	10
2.3.2	航空機各部の損壊の状況	10
2.4	航空機乗組員に関する情報	11
2.5	航空機に関する情報	12
2.5.1	航空機	12
2.5.2	重量及び重心位置	12
2.6	気象に関する情報	12
2.7	通信に関する情報	14
2.8	フライトレコーダーに関する情報	14
2.9	事故現場及び残骸に関する情報	14
2.9.1	事故現場の状況	14
2.9.2	損壊の細部状況	15
2.10	人の負傷に関する情報	18
2.11	試験及び研究に関する情報	19
2.11.1	メイン・ローター・ブレード及びテール・ドライブ・シャフトの接触痕に関する調査	19
2.11.1.1	航空機設計者（レオナルド社）での調査	19

2. 11. 1. 2	運輸安全委員会での調査	20
2. 11. 2	エンジンデータに関する詳細調査結果	22
2. 11. 3	FMSによる風向風速計算に関する調査	23
2. 1 2	同航空隊における操縦士の教育訓練	25
2. 12. 1	設計製造国における教育訓練	25
2. 12. 2	非常操作訓練の実施状況	25
2. 1 3	その他必要な事項	25
2. 13. 1	同型式機の後退側メイン・ローター・ブレード失速の特徴	25
2. 13. 2	激しい乱流時の飛行	26
2. 13. 3	同型式機の非常操作及び故障時操作	26
2. 13. 3. 1	機体超過禁止速度の超過	26
2. 13. 3. 2	テール・ローター・ドライブの故障	26
2. 13. 4	AS350B3型のテール・ローター・ドライブ故障の非常操作手順	27
3	分析	28
3. 1	乗組員の資格等	28
3. 2	航空機の耐空証明等	28
3. 3	気象解析	28
3. 3. 1	気象の数値解析	29
3. 3. 1. 1	数値解析A	29
3. 3. 1. 2	数値解析B	31
3. 3. 2	気象解析による考察	33
3. 4	不時着までの同機の飛行状況	33
3. 4. 1	県警ヘリポートから会津場外までの往路の飛行状況	33
3. 4. 2	会津場外離陸から急激なIASの増加に至る前までの飛行	35
3. 4. 3	下降気流との遭遇と急激なIASの増加	36
3. 4. 4	右ロール運動によるメイン・ローター・ブレードとテール・ドライブ・シャフトの接触時の飛行	38
3. 4. 5	メイン・ローター・ブレードとテール・ドライブ・シャフトの接触後から不時着までの推定される飛行	39
3. 4. 6	不時着時の最終進入プロファイルの推定	40
3. 5	急激なIASの増加以降に発生した特異な事象	41
3. 5. 1	急激な水平風速減少時のIASの増加	41
3. 5. 2	IAS増加時の姿勢変化と自動操縦による姿勢制御との関係	42
3. 5. 3	右ロール運動中のメイン・ローター・ブレードとテール・ドライブ・シャフト	

トの接触	43
3.5.4 エンジン・マニュアル・バックアップ・モードの影響	44
3.6 操縦士の対応	45
3.6.1 IAS増加時のピッチ姿勢と速度	45
3.6.2 右ロール運動時の操縦操作	47
3.6.3 テール・ローター・ドライブ故障の把握	48
3.6.4 不時着時の対応	49
3.6.5 非常操作中の操縦士間の関係	50
3.7 模擬飛行訓練装置（FFS）による検証	50
3.7.1 飛行制御モードの差異によるIASの増減速の検証	50
3.7.2 テール・ローター・ドライブ故障時の手順及び直進可能な速度の検証	54
4 結論	56
4.1 分析の要約	56
4.2 原因	57
5 再発防止策	58
5.1 必要と考えられる再発防止策	58
5.2 本事故後に講じられた再発防止策	58
5.2.1 警察庁による再発防止策	58
5.2.2 福島県警察本部による再発防止策	60
付図1 アグスタ式AW139型三面図とテールに作用する力の方向	61
付図2 会津場外離陸後のMPFRの解析－1	62
付図3 会津場外離陸後のMPFRの解析－2	63
付図4 右ロール運動前後のMPFRの解析－1	64
付図5 右ロール運動前後のMPFRの解析－2	65
付図6 右ロール運動前後のMPFRの解析－3	66
付図7 右ロール運動前後のMPFRの解析－4	67
付図8 数値解析A 温位線と鉛直流の分布による解析（解像度1km）	68
付図9 数値解析B 水平風及び鉛直流の分布による解析（解像度100m）	69
付図10 数値解析B 断面に沿う風と気圧偏差の分布による解析（解像度100m）	72
付図11 MPFRパラメーター表	74

# 1 航空事故調査の経過

## 1.1 航空事故の概要

福島県警察航空隊所属アグスタ式AW139型JA139Fは、令和2年2月1日（土）、移植用臓器の搬送のため、福島県会津若松市の会津中央病院ヘリポート場外離着陸場から福島空港へ向けて飛行中、08時08分、福島県郡山市三穂田町の上空において、メイン・ローター・ブレードがテール・ドライブ・シャフトを切断したことにより、操縦が困難となり、同町の田に不時着を試みたが、ハードランディングして機体が横転した。

同機には、機長、副操縦士、整備士2名及び同乗者3名の計7名が搭乗し、4名が重傷、3名が軽傷を負った。

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、令和2年2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2名の航空事故調査官を指名した。

本事故に関し、東京大学大気海洋研究所に気象シミュレーションモデルによる数値解析を委託した。

### 1.2.2 関係国の代表

本調査には、事故機の設計国であるイタリア共和国の代表及び顧問、エンジンの設計・製造国であるカナダの代表及び顧問、事故機の製造国及び機体装備品の設計国であるアメリカ合衆国の代表及び顧問が参加した。

### 1.2.3 調査の実施時期

令和2年2月	1日～	4日	現場調査
同 年2月	13日		口述聴取及び書類調査
同 年2月	15日～	17日	残骸調査及び口述聴取

令和2年3月18日 ～12月	Flight Management System(FMS <sup>*1</sup> )の詳細調査 (事故調査当局 National Transportation Safety Board (NTSB) の立会いの下、FMSの製造者で実施)
同年4月18日 ～5月5日	Electronic Engine Control Unit(EECU)及び Data Collection Unit (DCU <sup>*2</sup> )の詳細調査 (事故調査当局 (Transportation Safety Board (TSB) of Canada) の立会いの下、エンジンの製造者で実施)
同年6月 ～10月	メイン・ローター・ブレード・チップ及びテール・ドライブ・シャフトの残骸解析 (事故調査当局 Agenzia Nazionale per la Sicurezza del Volo (ANSV) の参加の下、同機の製造会社で実施)
令和3年5月 1日 ～6月30日	気象シミュレーションによる数値解析 (東京大学大気海洋研究所に委託)
令和4年3月 8日	模擬飛行訓練装置による飛行制御に関する調査

#### 1.2.4 経過報告

令和3年1月21日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通大臣に対し、経過報告を行い公表した。

#### 1.2.5 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

#### 1.2.6 関係国への意見照会

関係国に対し、意見照会を行った。

---

\*1 「FMS」とは、航空機の航法センサー、航空保安無線施設からの電波を受信する装置、並びに航法データベース及び航空機の性能データベースを有するコンピューターで構成され、最適な性能のガイダンスを表示装置及び自動操縦装置へ供給する統合型航法機上装置をいう。

\*2 「DCU」とは、Engine Identification (エンジン製造番号)、Blade Creep Life (ブレード・クリープ寿命)、Exceedances (限度超過)、Running Time (運転時間)、Fault Codes (故障コード)、Cycles (サイクル)、Engine Trim Data(Tq Shaft manufacture and ITT Harness) (エンジン・トリム値 (トルク軸較正值及びエンジン内温度 (ITT) 較正值)) を記録する装置をいう。

## 2 事実情報

### 2.1 飛行の経過

福島県警察航空隊（以下「同航空隊」という。）所属アグスタ式AW139型JA139F（以下「同機」という。）は、令和2年2月1日、福島県警察ヘリポート（以下「県警ヘリポート」という。）を07時09分に出発し、移植用臓器の搬送のため、07時40分福島県会津若松市の会津中央病院場外離着陸場（以下「会津場外」という。）に着陸し、移植用臓器と同乗者2名を搭乗させた後、08時00分に会津場外を離陸し、福島空港へ飛行していた。

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：県警ヘリポート

移動開始時刻：07時10分、巡航速度：120kt、巡航高度：VFR<sup>\*3</sup>

経由地：会津場外

目的地：福島空港

所要時間：1時間20分、持久時間で表された燃料搭載量：2時間40分

搭乗者数：7名

同機には、機長が右操縦席に、副操縦士が左操縦席に着座し、整備士2名は客室の前部左右席にそれぞれ着座し、客室後部左席に出発地からの同乗者1名、客室後部中央席及び右席に会津場外からの同乗者2名が着座していた。

移植用臓器の輸送計画の概要は、次のとおりであった。

#### (1) 離陸前に指示された輸送計画

07時40分 竹田総合病院発（車両による輸送）

07時55分 会津場外着

08時00分 会津場外発（同機による輸送）

08時20分 福島空港着

この輸送計画を受け、同機は07時40分には会津場外で待機することが指示された。

#### (2) 飛行中に指示された輸送計画

同機は、会津場外に向け飛行中、摘出手術の遅れから、07時28分に福島県警察本部から無線にて次のとおり輸送計画の変更を指示された。

07時55分 竹田総合病院発（車両による輸送）

\*3 「VFR」とは、有視界飛行方式のことであり、巡航高度を定めずに飛行する場合、飛行計画にVFRと記載する。

08 時 15 分	会津場外着
08 時 20 分	会津場外発（同機による輸送）
08 時 40 分	福島空港着

事故に至るまでの飛行の経過は、一体型レコーダー<sup>\*4</sup>（以下「MPFR」という。）の記録、機長、副操縦士、整備士 2 名及び同乗者 1 名、並びに目撃者の口述によれば、概略次のとおりであった。

### 2.1.1 飛行の経過の概要（図 1、図 2 参照）

07 時 09 分	同機は、移植用臓器及び同乗者輸送のため県警ヘリポートを離陸し、天候の事前確認を兼ね郡山市上空を經由し、会津場外に向かった。
同 24 分	同機は、事故現場付近上空を高度約 3,000 ft、指示対気速度（IAS <sup>*5</sup> ）約 120 kt で通過した。
同 28 分	機長は、輸送計画の変更を警察無線により入手した。
同 29 分	機長は、猪苗代湖南東側上空において、北西の風が約 50 kt 吹いていることを確認し、復路は往路より高い高度を飛行することについて、副操縦士と相談した。
同 34 分	副操縦士は、県警本部に警察無線で、福島空港までの経路は、飛行に支障がないことを報告した。
同 40 分	同機は、会津場外に着陸した。
同 55 分	機長は、復路は雲上を飛行する旨、機内に知らせた。
08 時 00 分	同機は、同乗者 2 名が移植用臓器を抱えながら客室後方に着座した後、会津場外を離陸した。
同 04 分	機長は、福島空港飛行場対空援助局（福島レディオ）に離陸時刻を通報し、福島空港の着陸に関する情報を入手した。
同 05 分	同機は、猪苗代湖上空を高度約 5,700 ft まで上昇後、徐々に降下を開始した。
同 06 分 10 秒	機長は、追い風により対地速度（GS <sup>*6</sup> ）が 193 kt から 200 kt に増加したことを認識した。
同 06 分 55 秒	副操縦士は、定刻より早くなっていることを機長に伝えた。
同 07 分 31 秒	同機は、高度 4,300 ft 付近を IAS 152 kt、GS 198

\*4 「一体型レコーダー」とは、飛行記録装置と操縦室用音声記録装置が一体となったものをいう。

\*5 「IAS」とは、ピトー静圧系統の誤差を含む対気速度計に示される速度をいう。

\*6 「GS」とは、航空機の地表面に対する相対速度をいう。

kt、機首方位150°で飛行中、IASが188ktまで急激に増加した直後に、100deg/s以上の回転速度で右ロール運動に入り、360°を超える右ロール運動をした。

同 07分38秒 MPFRの音声情報に接触音が記録され、風切り音の記録が開始された。

同 07分49秒 機長は、脚レバーを操作し着陸装置を下ろした。

同 08分06秒 副操縦士は、警察無線により、田に不時着する旨を通報した。

同 08分20秒 副操縦士は、自動操縦装置をリセットしようとしてAPスイッチ\*7をOFFとした。

同 08分55秒 同機は、福島県郡山市三穂田町の田に不時着し横転した。機体は、テール・ローター区画の後方が分離し、メイン・ローター・ブレードが破損して飛散した。（詳細は、2.9を参照）

## 2.1.2 搭乗員、同乗者及び目撃者の口述

### (1) 機長

県警ヘリポートを離陸後、奥羽山脈の東側を南下して、飛行経路の天候状況を事前に確認した。郡山から会津場外までの風は、やや強い乱流があったが、機体姿勢のコントロールはできると判断した。

ふだんから機体姿勢の大きな変換や速度変更には、サイクリック・スティック\*8のビーブ・トリム\*9は使用せず、フォース・トリム・リリース・スイッチ（以下「FTR\*10」という。）を押下して、中央の窓枠にある装備品と水平線との間隔を目安にしながらピッチ姿勢を調整して操縦していた。また、乱流遭遇時には、減速するか、あるいはATTモード\*11よりも早く姿勢を安定させられると考え、水平線を見ながらサイクリック・スティックのFTRを押下することにより、SASモード\*12による手動操作を優先して操縦していた。

会津場外を離陸後は、低層の雲を避け約5,500ftまで上昇して、福島空港まで直線経路で飛行しようと考えていた。上昇後は、猪苗代湖を過ぎた辺りから高度を下げて飛行していた。降下中は、気流が安定し揺れも全くなかった。

\*7 「APスイッチ」とは、自動操縦装置（AFCS）をON又はOFFにするスイッチをいう。

\*8 「サイクリック・スティック」とは、ヘリコプターの操縦装置のひとつで、機体を制御するため、主に機体姿勢を傾ける方向に操作する装置をいう。

\*9 「ビーブ・トリム」とは、ピッチ姿勢又はロール姿勢を微調整することができるスイッチをいう。

\*10 「FTR」とは、操縦装置の操作量に応じて与えられる操舵反力を解除する機能をいい、FTRの押下中は、ATTモードからSASモードに変更される。

\*11 「ATTモード」とは、SASによる安定増大機能に加えて、ピッチ、ロール、ヨー及びコレクティブ・ピッチを制御し、姿勢を保持する機能が作動しているモードをいう。

\*12 「SASモード」とは、自動操縦装置の安定増大機能により、手動飛行時のハンドリング能力を高めるモードをいう。



降下中は、普段から巡航時に使用しているIAS約140ktを保持し、対気速度計に表示された超過禁止速度<sup>\*13</sup>( $V_{NE}$ )は154ktを示していた。GSは、190～200ktを表示していたので、強い追い風の中を飛行していたのは意識していた。

08時07分30秒ごろ、上方の雲を避けながら、4,000ft付近を飛行していたところ、気流が乱れ機首方位の制御に影響するような動きを機体後方から感じた。減速するために2°ぐらい機首上げした後、「ブルブル」と振動を感じたので、コレクティブ・ピッチ・レバー<sup>\*14</sup>を10～15%下げて、100ktの姿勢と同じぐらいの5°機首上げ状態とした。その時、横G(横加速度)と縦G(縦加速度)の両方を感じるような突風を受け、姿勢を維持しようと思いサイクリック・スティックを探すようにして保持したところ、前方に引き込まれるようにして宙返りした。

地面が見えるような機首下げとなった際、コックピットに入ってきた風が顔に当たり、気が付いた時にはヘッドセットが耳から外れていた。以後、機内交話装置が使用できず、音声警報を聴取できなくなった。姿勢が水平位置付近に戻った後、降下率を止めようとコレクティブ・ピッチ・レバーを上方に操作したが、降下率は減少しなかった。ローター速度(NR)を維持するため、コレクティブ・ピッチ・レバーを下げ、ラダー・ペダル<sup>\*15</sup>を操作したが、ラダー・ペダル操作に対する機体の反応はなかった。その際、PFD<sup>\*16</sup>の対気速度計、昇降計などの計器上の×印表示に気付き、飛行計器類が信頼できないと感じ、不時着を決意し自分で着陸装置を下ろした。

集落への不時着を避けつつ、姿勢のコントロールに集中していたので、発生した事態を正確に把握できなかったが、オートローテーション<sup>\*17</sup>で不時着しようと思い、NRを維持しようとしてコレクティブ・ピッチ・レバーを操作した。オートローテーションのつもりで降下中、いつのまにかエンジンがマニュアル・バックアップ・モード<sup>\*18</sup>状態になっていた。エンジンは作動していること

\*13 「超過禁止速度」とは、この速度を超えて飛行すると、機体構造を破壊する可能性があることを示す速度をいう。

\*14 「コレクティブ・ピッチ・レバー」とは、メイン・ローターのピッチ角を同時に操作し、合わせてエンジン出力を制御する操縦装置をいう。

\*15 「ラダー・ペダル」とは、方向を制御するために足で踏むペダルであり、シングル・ローター・ヘリコプターでは、テール・ローターのピッチ角を変化させて操縦する装置をいう。

\*16 「PFD」とは、操縦士前の画面で、速度計、気圧高度計、昇降計、方位などに加え航法及び速度情報などが表示されるマルチカラーの統合表示画面をいう。

\*17 「オートローテーション」とは、回転翼航空機が運動中、その揚力を受け持つ回転翼が完全に空気力のみによって駆動される飛行状態をいう。

\*18 「エンジン・マニュアル・バックアップ・モード」とは、自動制御されているエンジンが、エンジンの異常を検知して、手動で燃料流量を制御する状態になったものをいう。

が分かったので、エンジン・トリム・スイッチ<sup>\*19</sup>を操作したところ、NRが上昇したように感じたが、回転を維持して着陸する自信はなかったので、オートローテーションを止め、コレクティブ・ピッチ・レバーを上下させながら降下した。

降下中も右回転を続けていたが、不時着前にできるだけ機体姿勢を水平にしようとして機首を上げて、強い衝撃を受けながら接地し横転した。横転後、煙が上がっていないことを確認し、操縦席右側の窓から全員を脱出させた。

## (2) 副操縦士

会津場外着陸前に飛行経路の気象確認を行い、3,000ftから6,000ftぐらいに低層の雲を確認し、会津場外から福島空港までは、直線経路で飛行でき、6,000ftぐらいまで上昇すれば、雲を越え追い風で飛行できると機長と相談していた。

会津場外離陸後、猪苗代湖上空で6,000ft付近まで上昇した後、奥羽山脈を越える辺りから徐々に高度を下げた。峠を越える時もスムーズエアで機体が揺れることはなかった。機長がGSは200ktぐらいを示していると言って、IAS149kt付近を指示していたのは覚えているが、詳細には見ていなかった。雲の合間から市街地が見え、雲の下を降下中、ドーンというショックとともに機体が急に風に吹き上げられて、急に姿勢が変わった。左側の窓が外れ、雲の中に入ったと思った。その後、サイクリック・スティックを操作しようとしたが動かなかつたので、自動操縦装置（AP）が暴走したと思い、APのスイッチをリセットした。機長は必死に操縦していたが、機首方位は保持できずに右に旋回し続けていた。警察無線で不時着する旨を一方送信した直後に田に不時着した。不時着後、燃料系統を閉鎖して脱出した。

## (3) 搭乗員A（整備士A）客室前方左席に着座

飛行中、風は強かったが視程は良好で水平線が見えていたので雲の中には入っていないと思う。飛行中は、騒音や振動はなく気流が悪い感じはなかった。パイロットが機内交話装置で、追い風によってGSは200ktぐらいだということを話しているのを聞いた後、急に機体が降下し、客室右スライド・ドアの前方窓が外れ、足下に転がってきた。最初は機首が下がり異常な姿勢だったが、機長が何とか機体を水平状態にして回転しながら不時着した。

## (4) 搭乗員B（整備士B）客室前方右席に着座

飛行中の気流は、ふだんと変わらない状態だった。追い風で速いという話を

---

\*19 「エンジン・トリム・スイッチ」とは、コレクティブ・ピッチ・レバーの先端にあって、エンジン・コントロール・レバーを遠隔で操作するスイッチをいう。

聞いた後、前方を見ると、雲があり下方が空いている状態だった。前方の雲を見て1分も経過しないうちに「ダダダダ」という上下動の振動と大きな音が発生した。機体姿勢が大きく変化した際、機体の右後方へ、何かが飛んでいくのが窓から見えた。その後、機体がメイン・ローター・マストを中心に回転しているようにして降下しているのを感じた。以後、下側を見ていたので機体姿勢の詳細な変化はよく分からなかった。

(5) 同乗者A 客室後方左席に着座

会津場外までの飛行は、向かい風で機体がかなり揺れていた。会津場外を離陸後は、猪苗代湖を過ぎてから、青空が見え、往路よりも天気は回復し、追い風で姿勢は安定し、揺れはほとんどなかった。奥羽山脈を過ぎた後、突然衝撃があり、機体が振られて背面になり1回転した。元の機体姿勢に戻った頃、右側の窓が外れて機内に入ってきた。機長が機体姿勢をコントロールしながら2回ぐらい回った後、きりもみ状態になったが、何とか水平状態になって、右側に回りながら不時着した。不時着時は機首が上がっていて、後方から着地した。不時着とともに左側に横転し、一番下になっていて身動きができなかったので、副操縦士に補佐してもらい脱出した。

(6) 目撃者A

不時着地点から北東560mの地点で、同機を視認した。同機が上空で2回ぐらい回っていて通常と違う音が聞こえたので、とっさにタブレットを使って撮影した。同機は、急激に降下し回転しながら南の方に飛行して見えなくなり、その後エンジン音が消えた。(図3参照)

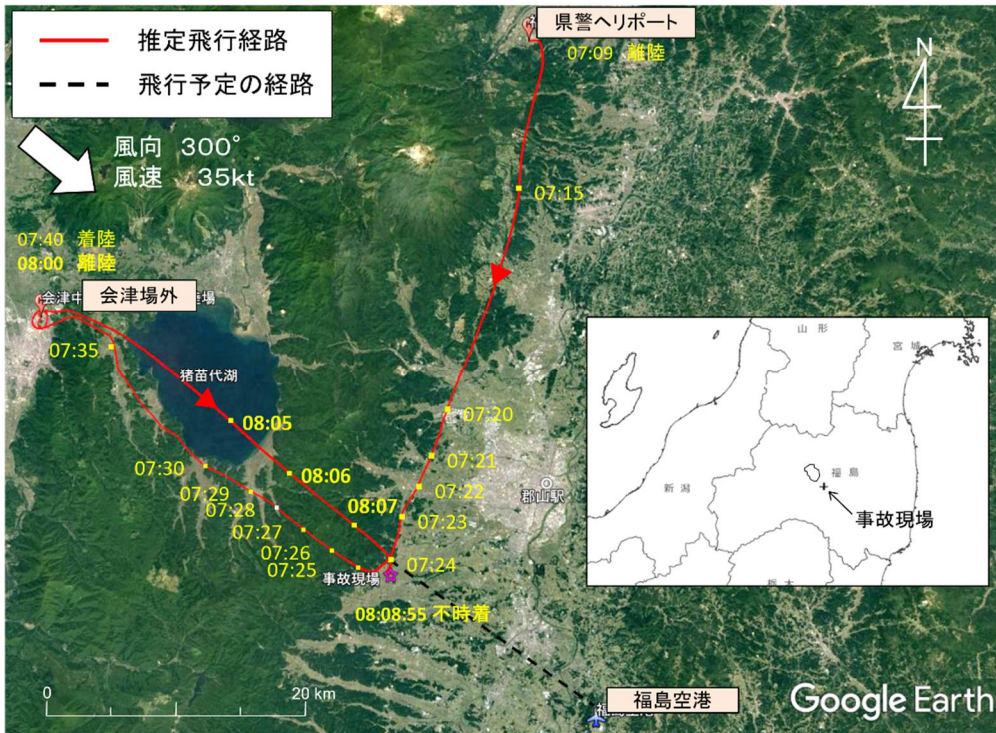


図1 同機の推定飛行経路

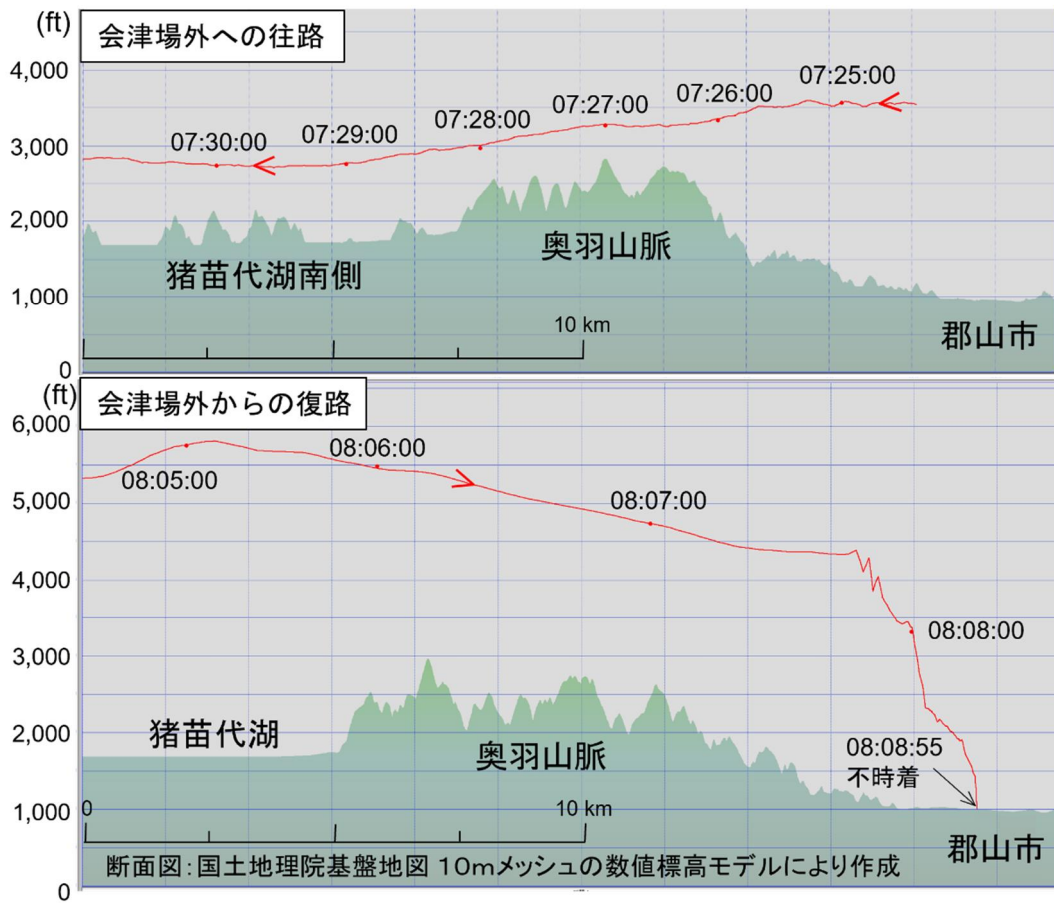


図2 同機の奥羽山脈上空飛行時の断面図



図3 目撃者が撮影した映像の合成図

本事故の発生場所は、福島県郡山市三穂田町下守谷の田（北緯37度20分10秒、東経140度14分59秒）で、発生日時は、令和2年2月1日08時08分55秒であった。

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

機長、副操縦士及び整備士Bの3名は軽傷、整備士A及び同乗者3名の計4名は、重傷を負った。（詳細は、2.10参照）

## 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 航空機各部の損壊の状況

- ・ 胴 体 : 機首部から主脚部下面にかけ変形
- ・ 尾 部 : 分離、損傷
- ・ エンジン : 損傷（一部変形）
- ・ ローター系統 :
  - メイン・ローター系統 : 損傷、ブレード飛散
  - テール・ドライブ・シャフト : 損傷、飛散
- ・ 着陸装置 : 損傷



図4 事故機の横転状況

## 2.4 航空機乗組員に関する情報

### (1) 機長 38歳

事業用操縦士技能証明書（回転翼航空機）	平成21年3月27日
特定操縦技能 操縦等可能期間満了日	令和3年1月13日
限定事項 陸上単発タービン機	平成21年3月27日
陸上多発タービン機	平成22年4月14日
アグスタ式AB139型	平成27年1月6日
第1種航空身体検査証明書	有効期限：令和2年8月7日
総飛行時間	1,399時間30分
最近30日間の飛行時間	10時間40分
同型式機による飛行時間	449時間40分
最近30日間の飛行時間	10時間40分

### (2) 副操縦士 50歳

事業用操縦士技能証明書（回転翼航空機）	平成5年11月12日
特定操縦技能 操縦等可能期間満了日	令和3年1月8日
限定事項 陸上単発タービン機	平成5年4月14日
陸上多発タービン機	平成14年11月15日
アグスタ式AB139型	平成27年1月6日
第1種航空身体検査証明書	有効期限：令和2年9月19日

総飛行時間	3,801時間30分
最近30日間の飛行時間	9時間40分
同型式機による飛行時間	350時間00分
最近30日間の飛行時間	9時間40分

## 2.5 航空機に関する情報

### 2.5.1 航空機

型 式	アグスタ式AW139型
製造番号	41373
製造年月日	平成26年5月8日
耐空証明書	第東-2019-276号
有効期限	令和2年10月3日
耐空類別	回転翼航空機 輸送 TA級、TB級又は特殊航空機 X
総飛行時間	1,027時間45分

(付図1 アグスタ式AW139型三面図とテールに作用する力の方向 参照)

### 2.5.2 重量及び重心位置

事故発生直前の同機の重量は5,707kg、重心位置は5.27mと推算され、いずれも許容範囲（最大離陸重量6,400kg、事故当時の重量に対する重心範囲5.08～5.53m）内にあったものと推定される。

## 2.6 気象に関する情報

### (1) 天気概況及び事故現場付近の雲の状況

気象庁の観測によると、事故当日の天気概況及び事故現場付近の雲の状況は、次のとおりであった。

図5左の2020年2月1日09時の地上天気図のとおり、1月26日に九州の西で発生した低気圧は、発達しながら日本南岸に沿って東進し、1月30日に北海道の南に達した後、2月1日には北海道のはるか東に去った。一方、上海付近には高気圧があり、郡山付近を含む東日本は弱い冬型の気圧配置となっていた。図5右は、同時刻の気象衛星画像（可視）であり、新潟県から福島県南部にかけて、北北東から南南西方向に走向を持つ波状の雲が見られる。特に猪苗代湖東南東側にあたる事故現場の郡山付近では、山脈の東側に同じ走向の雲が局所的に見られる。

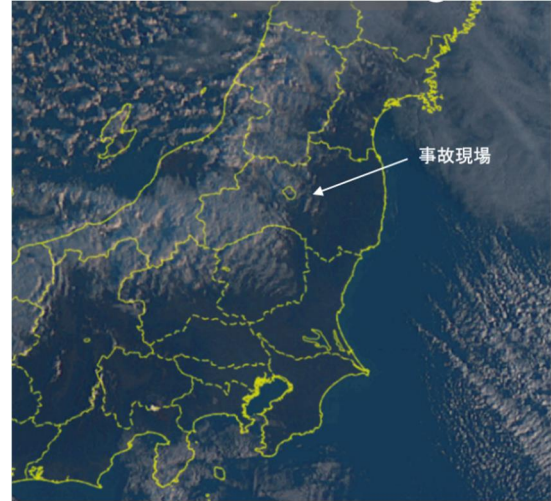
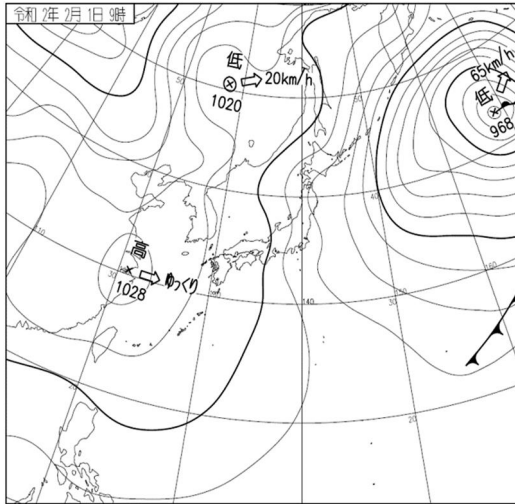


図5 2020年2月1日09時の地上天気図及び気象衛星画像（可視）

(2) 福島空港の航空気象

事故現場の南東約20kmに位置する福島空港の事故関連時間帯の航空気象の観測値は、次のとおりであった。

08時00分 風向 300°、風速 09kt、卓越視程 10km以上、  
 雲 雲量 1/8 雲形 積雲 雲底の高さ 2,000ft、  
 気温 3℃、露点温度 -4℃、  
 高度計規正值（QNH）29.88inHg

(3) 郡山地域気象観測所の観測値

事故現場の北東約9kmに位置する郡山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。

08時10分 風向 西北西、平均風速 5.0m/s、最大瞬間風速の風向  
 西北西、最大瞬間風速 8.8m/s、気温 2.4℃

(4) 若松のウインドプロファイラ\*20

事故現場から北西約35kmの若松における07時から09時の間の気象庁ウインドプロファイラによる風は、図6のとおりであり、同機が右ロール運動となった時間帯である08時ごろの風は、高度4,300ft（1,310m）付近で北西（300°）の風約35ktであった。

\*20 「ウインドプロファイラ」とは、地上から上空に向けて電波を発射し、大気中の風の乱れなどによって散乱されて戻ってくる電波を受信・処理することで、上空の風向・風速を解析する測器をいう。



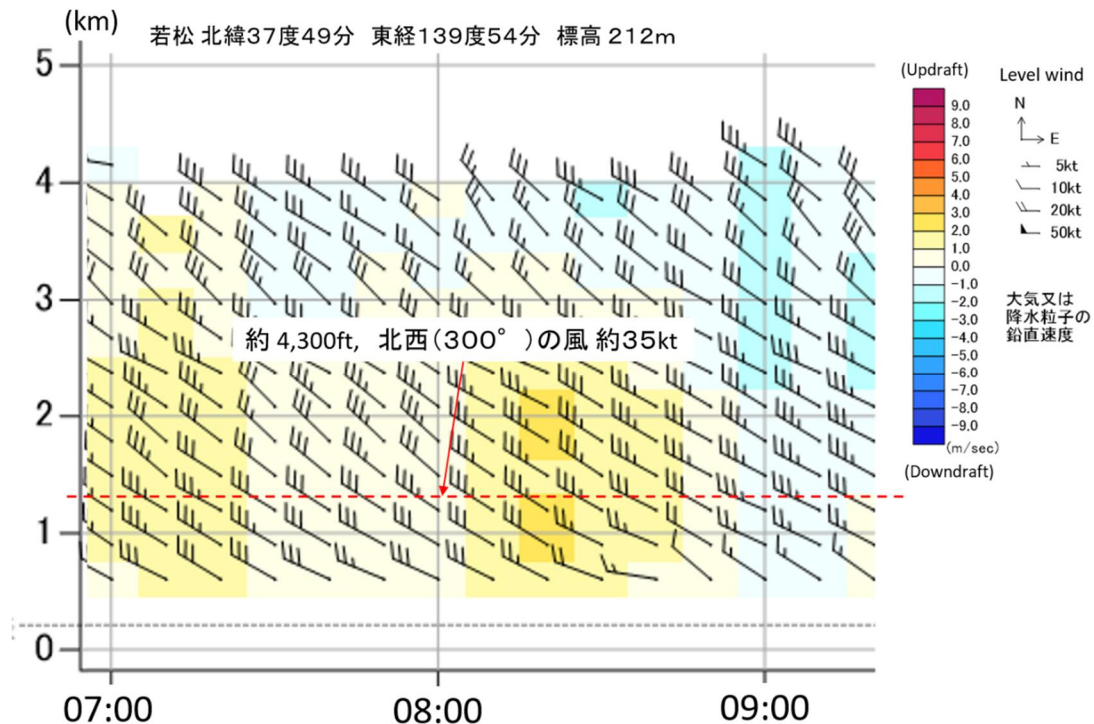


図6 2020年2月1日07時～09時の若松のウインドプロファイラによる上空の風

## 2.7 通信に関する情報

同機は、会津場外を有視界飛行方式により離陸後、08時05分ごろ、福島空港と通信設定を行い、着陸に関する情報を得た。その約2分後、操縦が困難となって降下中、警察無線にて不時着する旨を通報した。また、不時着時、航空機用救難無線機（ELT）は自動で発信されなかったため、機長は手動でONとして脱出した。

## 2.8 フライトレコーダーに関する情報

同機には、飛行記録装置及び操縦室用音声記録装置の機能を持つ英国のカーチス・ライト社製の一体型レコーダー（MPFR）が胴体のテール区画に1台装備されていた。

MPFRには、飛行データが約25時間、操縦室の音声記録が約2時間記録されており、いずれも本事故発生当時の記録が残されていた。

## 2.9 事故現場及び残骸に関する情報

### 2.9.1 事故現場の状況

事故現場は、図7のとおり、郡山市内の西側に広がる田園地域内に位置し、約100m北側には集落がある。

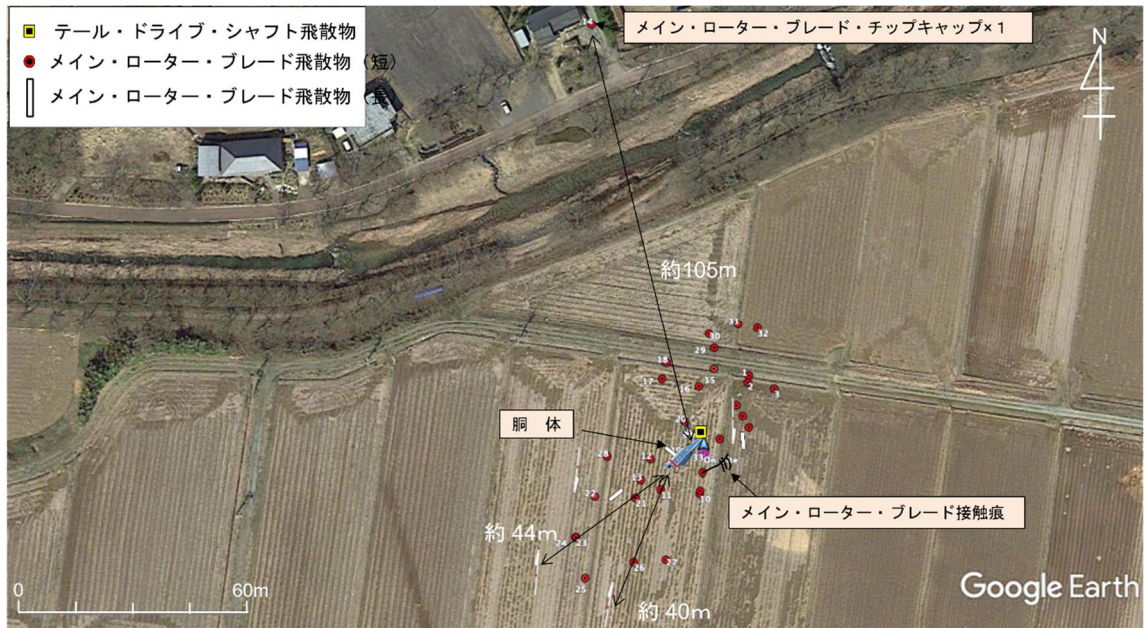


図7 事故現場付近の残骸の飛散状況

## 2.9.2 損壊の細部状況

### (1) 胴体 (図8参照)



図8 胴体及び着陸装置の損傷

- 機首部から主脚取付け位置までの胴体下部構造がほぼ全面にわたり上方に圧縮座屈変形していた。

(2) 尾部（図4、図8、図9及び図10参照）

- ・ テール区画は、垂直安定板前方で分離し、テール・ローター・ブレードには大きな損傷はなかった。
- ・ テール区画前方上部の No. 2テール・ドライブ・シャフトの赤色部分は、No. 2 GPS アンテナを含むその他の上部テール・ドライブ・シャフト・カバーとともに事故現場から北側約1,300mの山中で発見された。（図9及び図10参照）
- ・ 機体後部のテール・ドライブ・シャフト・カバーの側面から見た破断面は、メイン・ローター・ブレードが下がった際の先端部と位置及び形状が一致し、左側カバーの損傷は、右側カバーの損傷より大きく、またテール・ドライブ・シャフトが損傷した部位の下部胴体には、擦過痕があった。
- ・ テール・ドライブ・シャフトの一部（図15の該当部位）には、ギザギザ形状のくぼみのある接触痕があった。

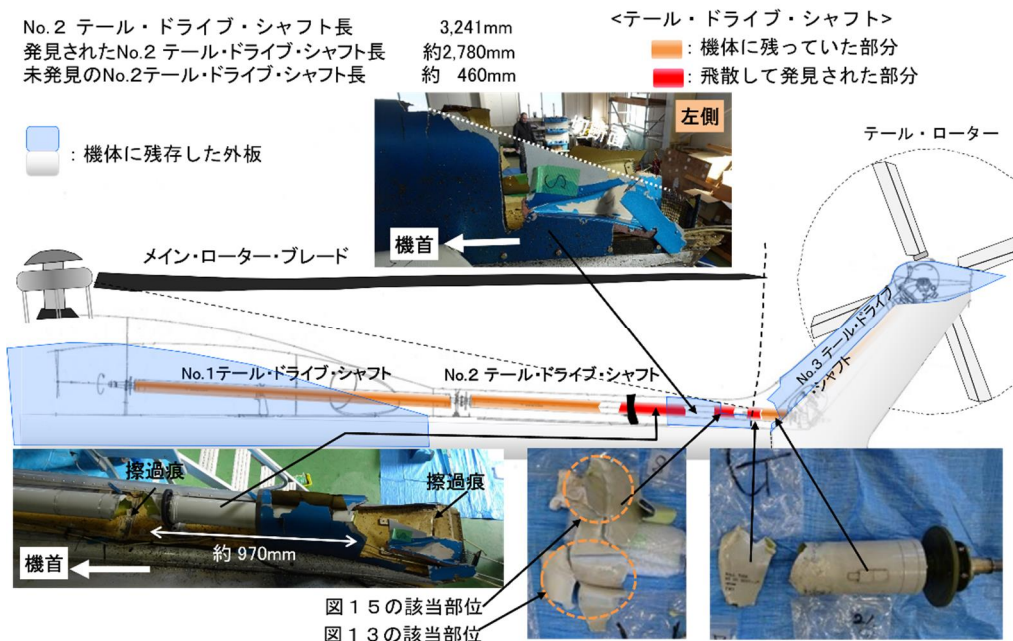


図9 テール・ドライブ・シャフトの損傷状態

(3) エンジン

- ・ 左側エンジンの隔壁に変形があったほか、外観上の大きな損傷はなかった。

(4) メイン・ローター系統（図11参照）

- ・ 5色（赤、青、橙、白、黒）で識別されていた5枚のメイン・ローター・ブレードの全てが取付け部から破壊され、事故現場周辺に飛散していた。3枚（青色、橙色、及び白色）のメイン・ローター・ブレード・チップ・エロージョン・シールド（Ni-Co 合金製）に打痕があり、黒色のメイン・ローター

ター・ブレード・チップ・エロージョン・シールドの先端には他のメイン・ローター・ブレードにない擦過痕があった。

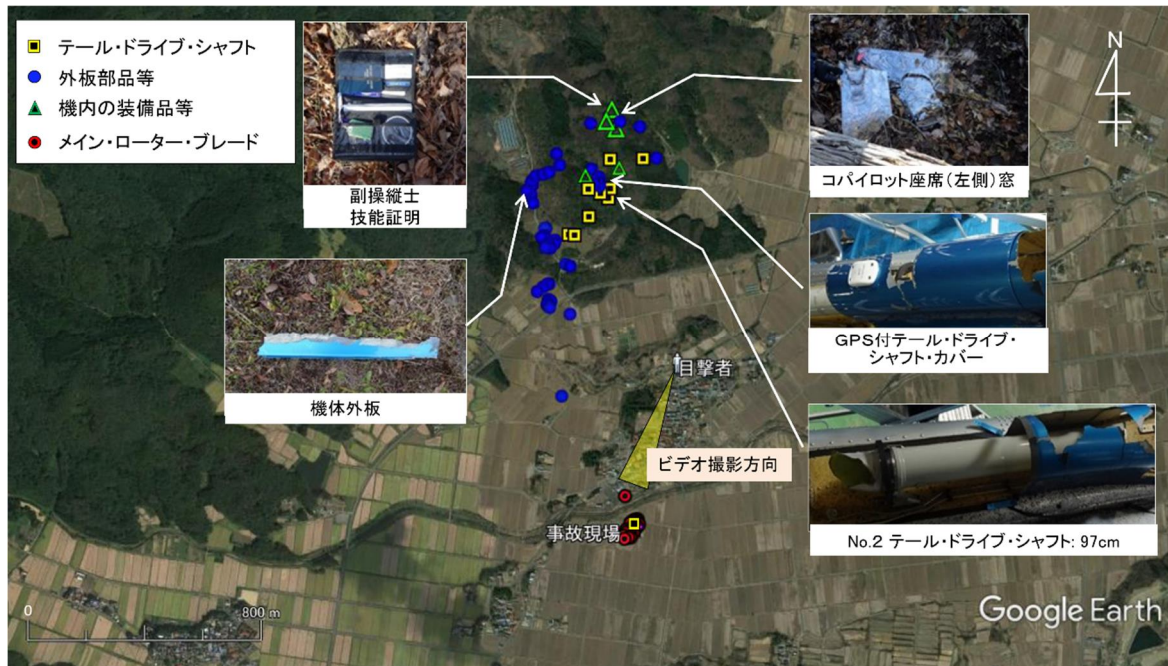


図 1 0 事故現場北側の飛散物の位置及び目撃者のビデオ撮影方向

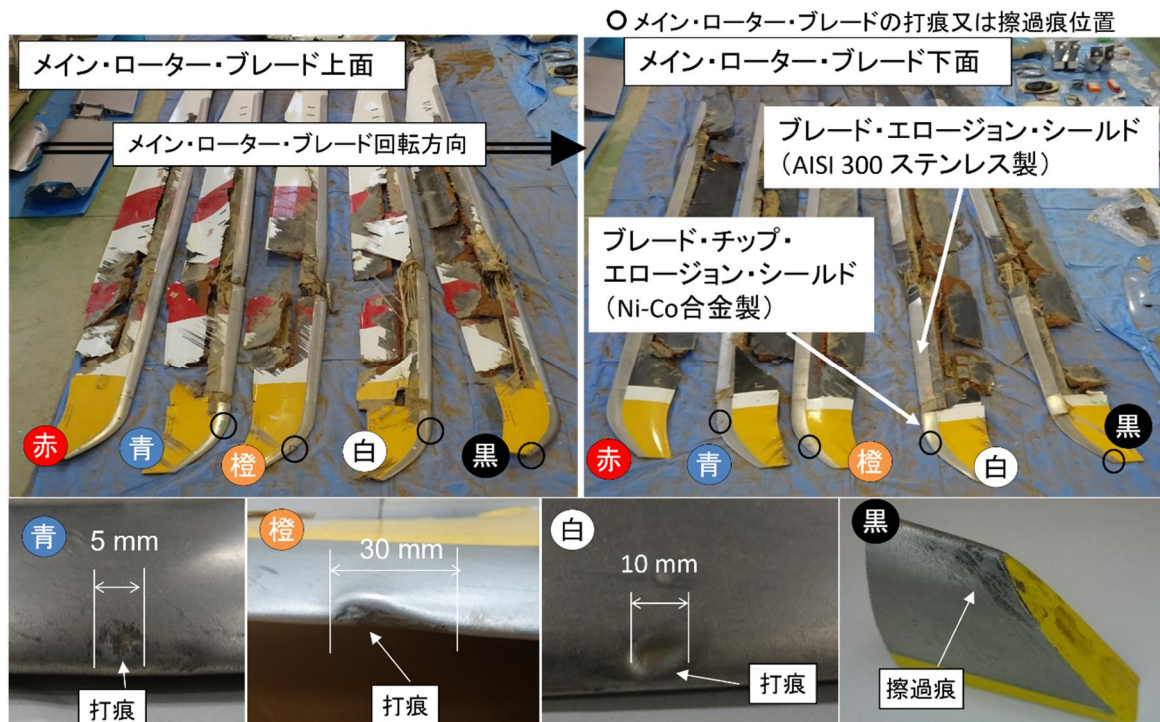


図 1 1 メイン・ローター・ブレードの残骸と打痕又は擦過痕位置

(5) 着陸装置

- ・ 三つの引き込み式着陸装置は、取付け部付近において折損（図4及び図8参照）していた。特に左主着陸装置は取付け部から折損し分離していた。

(6) その他

- ・ コパイロット座席（左側）の上部窓は、飛行中に落下し事故現場から北側約1,300mの山中で発見された。（図10参照）
- ・ 客室右スライド・ドアの前方窓は、内側に変形し機内で発見された。

2.10 人の負傷に関する情報

搭乗者7名の負傷の程度と着座位置は図12のとおりであり、操縦室内の2名は軽傷、客室内の4名が重傷、1名が軽傷であった。搭乗者がいた全ての座席において、シート・ベルトの作動に異常はなく、座面のロード・リミッター\*21が作動し座面が最下方位置に移動していた。さらに、客室前方右側（③）の座席及び客室後方中央（⑦）の座席は、座面付け根部が折損していた。

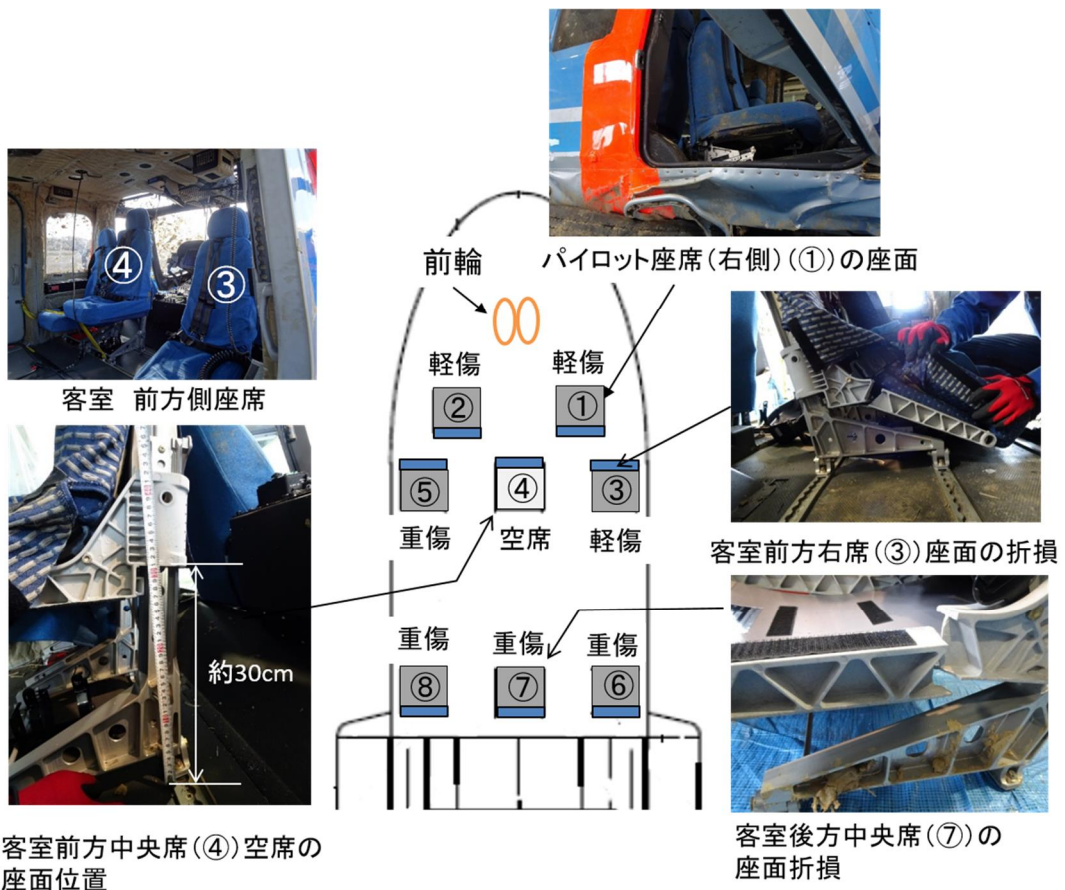


図12 搭乗者の着座位置及び座席の損傷状況

\*21 「ロード・リミッター」とは、一定の荷重で変形することにより、身体に掛かる負荷を軽減する装置をいう。

## 2.1.1 試験及び研究に関する情報

### 2.11.1 メイン・ローター・ブレード及びテール・ドライブ・シャフトの接触痕に関する調査

機体の損壊状況から同機のメイン・ローター・ブレードとテール・ドライブ・シャフトが接触したことが推測されたため、関係国事故調査当局（ANSV）の参加の下、航空機設計者において、メイン・ローター・ブレード・チップとテール・ドライブ・シャフトの接触痕について調査した。さらに、運輸安全委員会において、メイン・ローター・ブレード・チップとテール・ドライブ・シャフトの一部について、追加調査を実施した。調査内容及び調査結果は以下のとおりである。

#### 2.11.1.1 航空機設計者（レオナルド社）での調査

##### (1) 残骸部品再構成調査

- |                               |     |
|-------------------------------|-----|
| ① テール・ドライブ・シャフト               | 10片 |
| ② メイン・ローター・ブレード・チップ（青色、橙色、白色） | 3片  |

##### (2) 部品の接触痕の詳細調査項目

- ① 目視検査及び部品の識別
- ② 光学顕微鏡による異物／断片の特定
- ③ 電子走査顕微鏡による異なる元素成分（Ni-Co 合金、AISI 300 ステンレス及びアルミニウム）の特定（不時着時に付着した他の汚染物質について考慮）
- ④ エネルギー分散型X線分光法による特定ポイントの成分の整合

##### (3) 調査結果

###### ① テール・ドライブ・シャフトの接触痕

図13のように切断面の形状が一致するテール・ドライブ・シャフトの二つの破片には、メイン・ローター・ブレード・チップ・エロージョン・シールドの形状と符合する形状の打痕及びその外側に互換性のある成分（Ni-Co 合金）との摩擦の痕跡（赤点線で囲まれる部位）が認められた。さらに、二つの破片に分離された切断面には、メイン・ローター・ブレード・エロージョン・シールドと互換性のある成分（AISI 300 ステンレス）との摩擦の痕跡（青点線で囲まれる部位）が認められた。これら二つの痕跡は、それぞれの形状から、テール・ドライブ・シャフトが、最初にメイン・ローター・ブレード・チップに接触し、次にメイン・ローター・ブレードによって二つに分離されたことを示している。

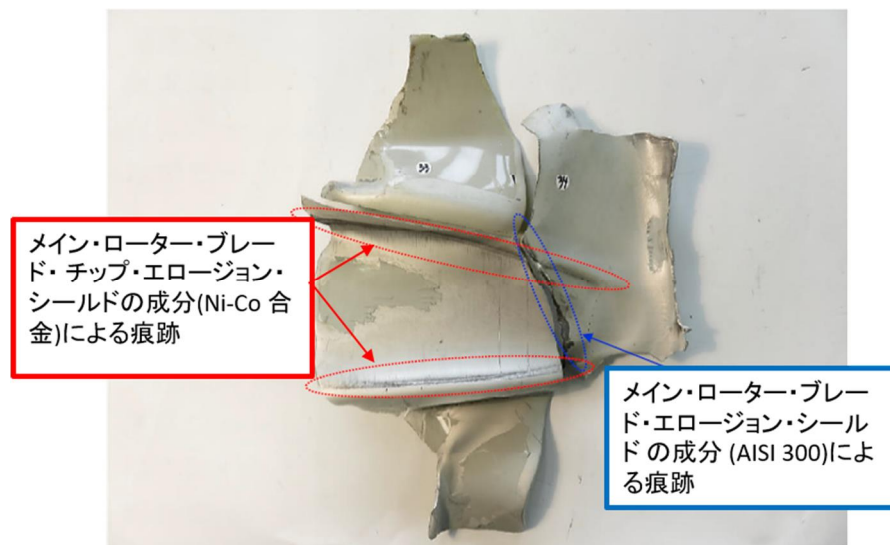


図 1.3 メイン・ローター・ブレードとテール・ドライブ・シャフトの接触痕の調査結果

② メイン・ローター・ブレードの接触痕

青色、橙色及び白色のメイン・ローター・ブレードの打痕位置（図 1.1 参照）について、成分検査を実施したが、テール・ドライブ・シャフトの特徴を示す成分は十分に検出できなかった。

2.11.1.2 運輸安全委員会での調査

設計者における調査の終了後、設計者により調査されていないメイン・ローター・ブレード（黒色）の先端から接触痕が確認されたことから、設計者の調査結果を参考として、運輸安全委員会において、光学顕微鏡及び電子走査顕微鏡により調査を実施した。

(1) 残骸部品再構成調査

- |                         |     |
|-------------------------|-----|
| ① テール・ドライブ・シャフト         | 1 片 |
| ② メイン・ローター・ブレード・チップ（黒色） | 1 片 |

(2) 部品の接触痕の詳細調査項目

- ① 目視検査及び部品の識別
- ② 光学顕微鏡による異物／断片の特定
- ③ 電子走査顕微鏡による異なる元素成分（Ni-Co 合金とアルミ合金）の特定（不時着時に付着した他の汚染物質について考慮）

(3) 調査結果

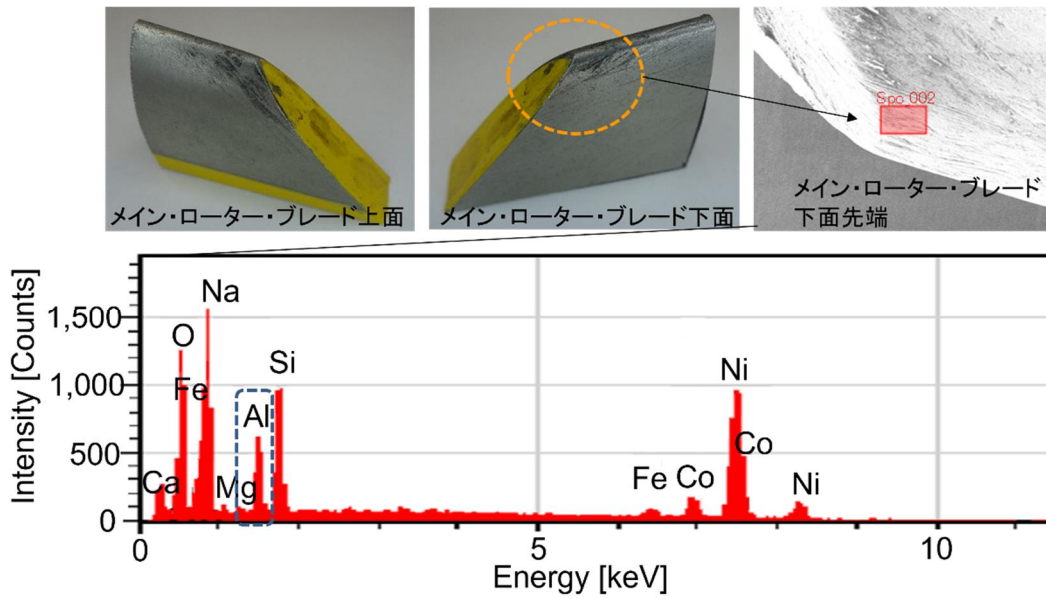


図1 4 黒色メイン・ローター・ブレード・チップ接触痕（上）と成分分析（下）

図1 4の黒色のメイン・ローター・ブレード・チップには、先端部の両面に接触痕があった。また、不時着時の横転により地面との接触を示す多数の成分が付着していた中、テール・ドライブ・シャフトの成分（アルミ合金）と互換性のある成分が発見された。さらに、山中で発見されたテール・ドライブ・シャフトの破片（図1 5参照）の4か所の接触痕は、メイン・ローター・ブレード・チップの形状とおおむね一致していることを確認した。

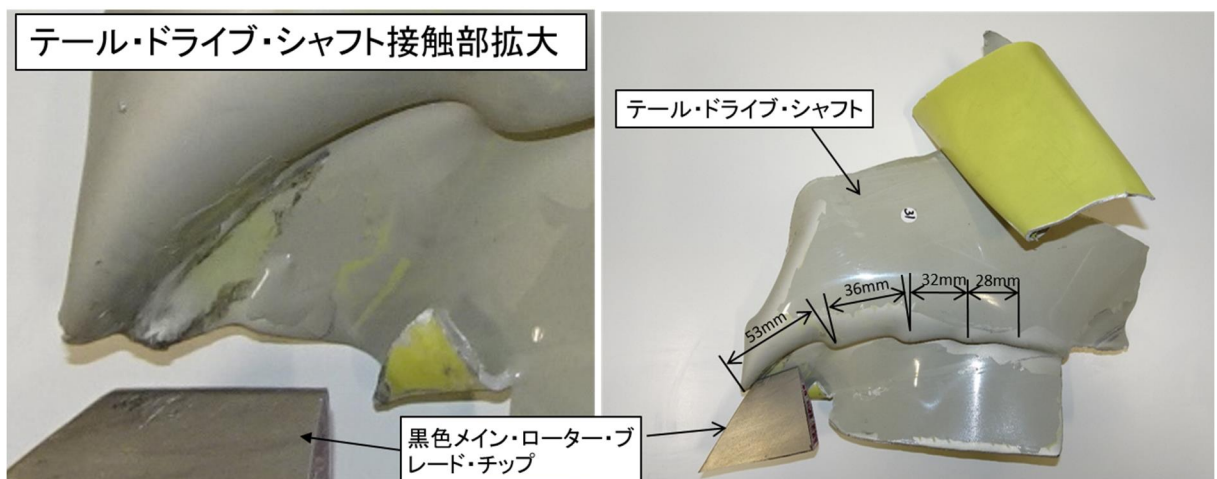


図1 5 黒色メイン・ローター・ブレード・チップとテール・ドライブ・シャフトとの接触痕



## 2.11.2 エンジンデータに関する詳細調査結果

同機に搭載されていたエンジンの設計者において、関係国事故調査当局（T S B of Canada）の参加の下、D C Uの記録データについて調査を行った。調査結果を、図16及び表1に示す。

D C Uは、障害又はイベントの発生のみを記録し、完全な飛行データを記録していないため、M P F Rの記録と照合して解析を実施した。

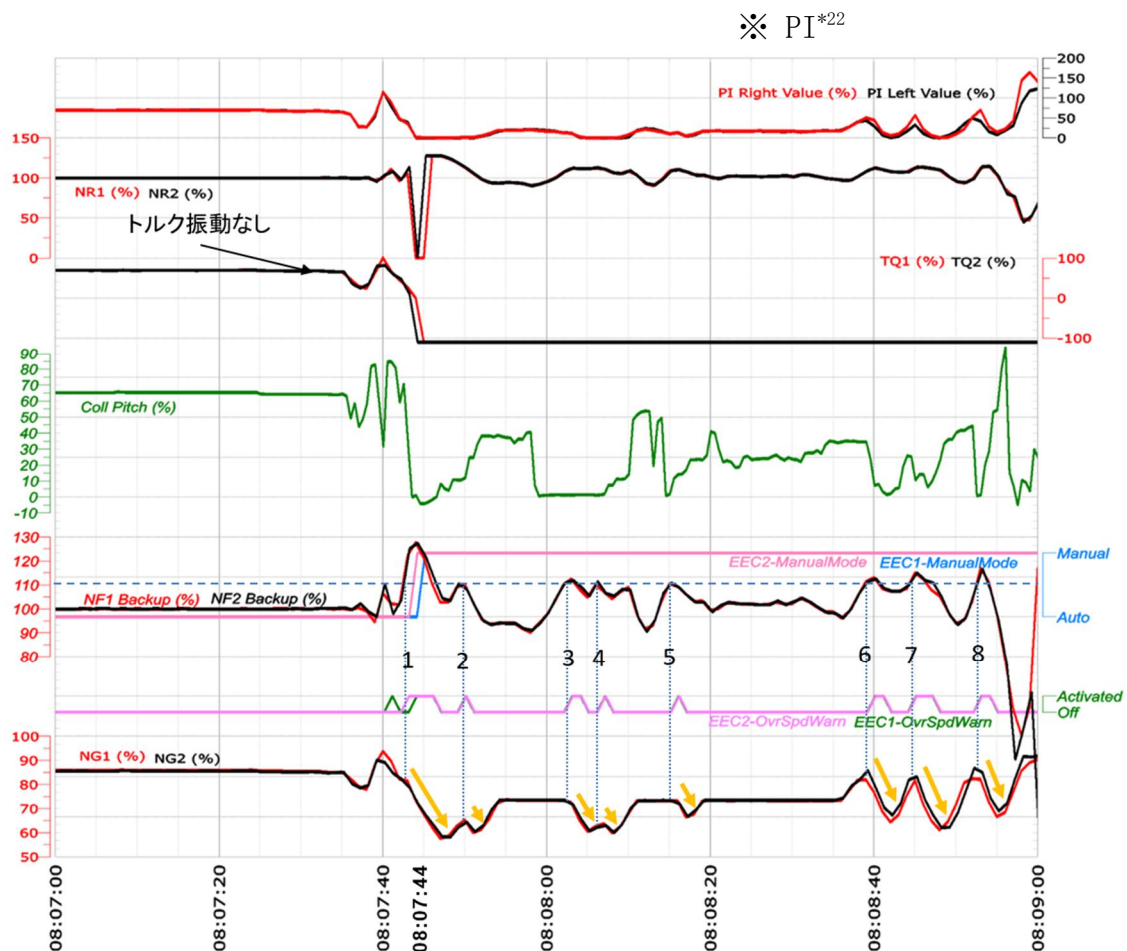


図16 右ロール運動直前から不時着までのエンジン作動状態

\*22 「PI」とは、三つの主要なパラメーター「トルク・シャフトの捻じれ量（TQ）、エンジン内温度（ITT）及びコンプレッサー回転数（Ng）」の合成を同じスケールで表示することにより、パイロットにエンジン出力の全体的な指標を提供するものであり、計器上には最も運用限界に近いパラメーター値が表示される。

表1 イベント発生によるDCU記録

delta time	No.1 Engine							No.2 Engine					
	NGIND	QIND	NFFLT	ITTIND	LOOP	CLP	NGREQ	NGIND	QIND	NFFLT	ITTIND	LOOP	
	sec	%NG	%Q	%NF	DEG.C	DEC	%CLP	%NG	%Q	%NF	DEG.C	DEC	
a	F.E.	74.965	0.8281	125.527	489.5625	11	-0.8359	69.3984	75.5664	3.1953	123.496	491.188	11
b	0	74.965	0.8281	125.527	489.5625	11	-0.8359	69.3984	75.5664	3.1953	123.496	491.188	11
c	0.432	72.734	0.125	0	466.4375	11	1.2188	67.1289	73.4766	1.3125	0	468.875	11
d	0	72.734	0.125	0	466.4375	11	1.2188	67.1289	73.4766	1.3125	0	468.875	11
e	0	72.734	0.125	0	466.4375	11	1.2188	67.1289	73.4766	1.3125	0	468.875	11
f	0	72.734	0.125	0	466.4375	11	1.2188	67.1289	73.4766	1.3125	0	468.875	11
g	76.46	91.863	-111	0	542.125	30	32.6367	86.5781	93.9336	-111	-111	567.313	30

表1は、青色が No. 1 エンジンのイベントデータ、橙色が No. 2 エンジンのイベントデータを示している。図16のMPFRの記録より、区分a及びbは、08時07分44秒に最初に発生したイベントであり、No. 1 エンジンのNF<sup>\*23</sup>値は「125.527%」を記録し、No. 2 エンジンのNF値は「123.496%」と記録された。続いて、区分cからfは、最初のイベントから0.432秒後にNF値が計測範囲を超えたため、NF値が0と記録され、ほぼ同時にエンジンがマニュアル・バックアップ・モードに切り替わった。区分gは、最初のイベントから76.46秒後の08時09分01秒であり、No. 1 エンジン及び No. 2 エンジン共に信号が失われたことを示す「-111」を記録していた。これは、同機が横転後にローター速度の異常値が記録された時であった。

マニュアル・バックアップ・モードは、エンジンのオーバースピードを防止するため、NF値が111%を超えるとオーバー・スピード・ガバナーが作動し、燃料流量を最小に制限する機能である。同機は、急激な飛行姿勢の変化に続く、08時07分44秒から接地するまでの間、オーバースピード防止機能が8回アクティブ状態と非アクティブ状態を繰り返していた。

### 2.11.3 FMSによる風向風速計算に関する調査

一般的にPFDにデジタル表示される風向風速の値は、風向風速のゆらぎによるデジタル数字の視認性の低下及び航空機の旋回等による影響を考慮した計算処理を経た数値が表示されることから、風向風速の瞬間値とは異なる可能性がある。

同機のIASが急激に増加した際のMPFRに記録された風向262° 風速35ktとウインドプロファイラの北西(300°)の風約35ktとでは、追い風成分の差が大きく、FMSによる風向風速計算による表示と瞬間の風向風速が異なっ

\*23 「NF」とは、パワータービン回転数をいう。

いる可能性があることから、表示システムの設計者により、MPFRの記録を使用し風向風速の計算処理を行う前の風向風速の瞬間値について調査を行った。

飛行中の風向風速は、航空機の縦軸（機首方位）に沿って測定された真対気速度ベクトルと航空機の軌道角に沿った対地速度ベクトルが分かれば、風力三角形により風向風速ベクトルの計算が可能である。同機のMPFRに記録された、対気速度、気圧高度、温度、AHR S<sup>\*24</sup>磁気方位、FMS磁気偏差、及びAHR Sの慣性速度から計算される横滑り成分によって、風向風速を再計算した。

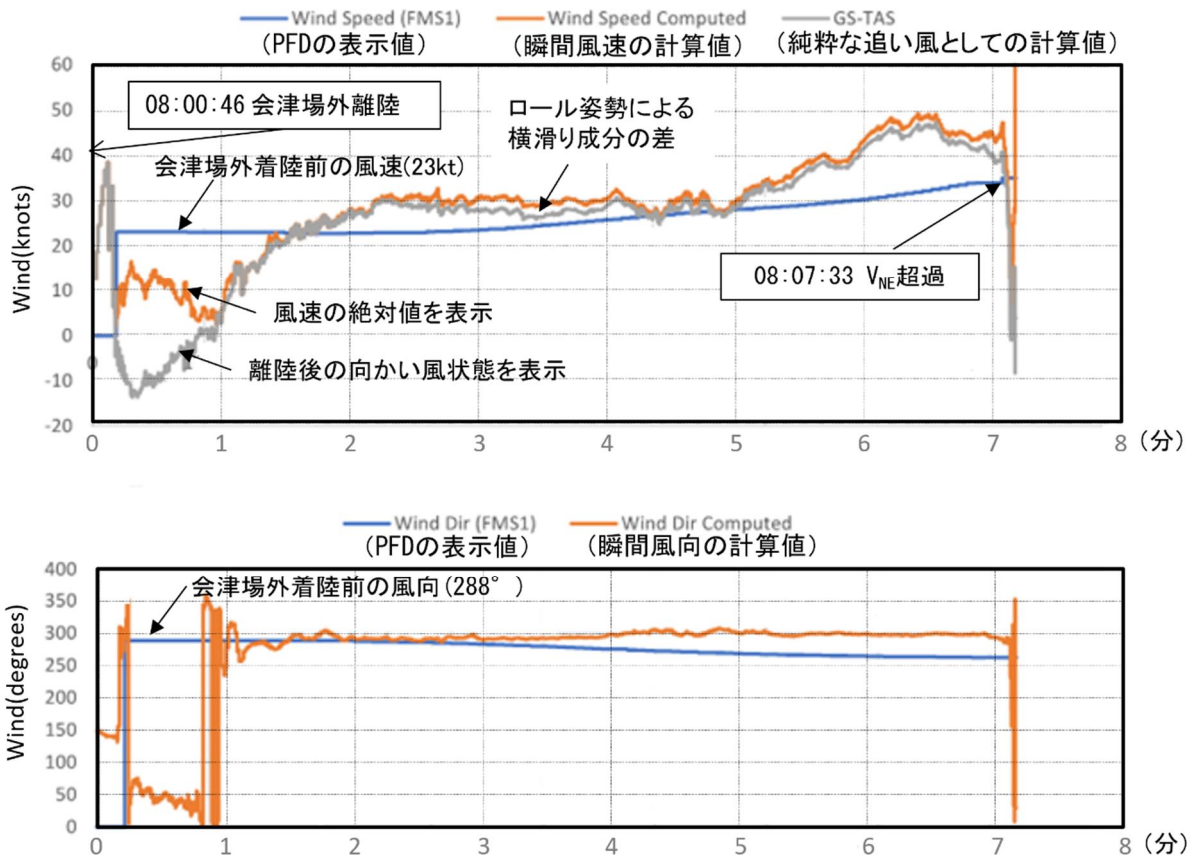


図 1 7 FMS で計算された風と瞬間風の比較

図 1 7 は、会津場外離陸から右ロール運動に至るまで、FMS を介して PFD に表示された風と MPFR の記録から計算した瞬間風を比較したグラフである。橙線の瞬間風速は、右ロール運動の約 40 秒前に約 50 kt に達した後、08 時 07 分 33 秒に IAS が超過禁止速度 ( $V_{NE}$ ) 158 kt を超過した際、急激に風速が減少している。青線の PFD に表示された風速は、会津場外離陸直後は、会津場外着陸前の風速が表示され、会津場外離陸の約 3 分後から風速が徐々に増加し、右ロール運動の直前に 35 kt になっている。また、PFD に表示された風向は、風速と

\*24 「AHR S」とは、姿勢方位基準装置といい、回転を知る角速度センサー（ジャイロ）、移動を知る加速度センサー及び方位が内蔵された高精度慣性センサーシステムをいう。

同様に、会津場外離陸直後は、着陸前の風向が表示され、離陸の約3分後から瞬間風向との差が徐々に大きくなり、右ロール運動となる1分前から右ロール運動の直前まで、 $262^{\circ}$ を示しているが、再計算された瞬間風向は、 $300^{\circ}$ であった。

## 2.12 同航空隊における操縦士の教育訓練

### 2.12.1 設計製造国における教育訓練

機長は、限定変更に伴い、平成26年11月から12月にイタリア共和国のレオナルド社において、AW139型のFFS<sup>\*25</sup>及び実機を用いた、非常操作訓練を含む操縦訓練を受けた。

テール・ローター・ドライブ故障に関する非常操作訓練としては、離陸直後の前進飛行中の不具合発生を想定した訓練を経験していたが、本事故と同様な飛行状態での訓練は経験していなかった。

### 2.12.2 非常操作訓練の実施状況

同航空隊では、AS350B3型のFTD<sup>\*26</sup>を使用して、年1回程度2時間から4時間の訓練時間で、1名により操縦訓練及び非常操作訓練を行っていた。機長の口述によると、同FTDを利用した訓練においては、メイン・ローターの回転方向がAW139型と反対方向となる当該機種種の操縦に慣熟するまでに毎回30分程度を要していた。非常操作訓練では、テール・ローター・システム故障を含む、エンジン故障、油圧系統故障などのヘリコプターの主な非常操作項目を訓練していた。訓練装置を使用して操縦士2名で対応する非常操作訓練については、レオナルド社での限定変更訓練で実施したが、以後実施していなかった。

また、非常操作手順の日頃の訓練は、操縦士別に特定操縦技能訓練に合わせて実施し、手順の変更点の確認を行っていた。

## 2.13 その他必要な事項

### 2.13.1 同型式機の後退側メイン・ローター・ブレード失速<sup>\*27</sup>の特徴

レオナルド社によると、後退側メイン・ローター・ブレード失速の最初の兆候は、

\*25 「FFS（フル・フライト・シミュレータ）」とは、ビジュアル装置及びモーション装置を有する模擬飛行装置であり、航空機乗組員の訓練、試験、審査等に適する装置であって、特定の型式の航空機の操縦室を模擬したものをいう。

\*26 「FTD（フライト・トレーニング・デバイス）」とは、模擬飛行装置（FFS）以外の飛行訓練装置であり、航空機乗組員の訓練、試験、審査等に適する装置であって、航空機の操縦室又はその一部を模擬したものをいう。

\*27 「後退側メイン・ローター・ブレード失速」とは、ヘリコプターの前進飛行中、メイン・ローターの回転面を通過する相対対気速度が前進側と後退側で異なっていることから、前進速度が大きくなればなるほど後退側ブレードの相対対気速度が低下するため、後退側ブレードの失速範囲が広がって発生する現象をいう。

通常、トルク振動を含む粗いメイン・ローターの低周波振動である。この失速が進行すると、後退側メイン・ローター・ブレードの失速範囲が広がり、機首がピッチアップして、左側にローリングする。同型式機の後退側メイン・ローター・ブレード失速の速度範囲は、設計時の飛行試験により航空機の制御角度、出力及び制御負荷を監視して特定しており、同機の事故当時の重量では、後退側メイン・ローター・ブレード失速は、TAS<sup>\*28</sup>190kt～200ktの範囲で発生すると想定される。

## 2.13.2 激しい乱流時の飛行

同型式機の激しい乱流時の飛行手順については、飛行規程の通常操作の項に次のとおり定められている。

1. 全ての乗客は着席し、シート・ベルトを着用する。
2. 快適な速度まで減速する。
3. 安定した姿勢で飛行する。急激な速度変化を行わないこと。
4. 大きく、急激なコレクティブ・ピッチ操作を行わないこと。

## 2.13.3 同型式機の非常操作及び故障時操作

### 2.13.3.1 機体超過禁止速度の超過

同型式機の機体超過禁止速度の超過については、飛行規程のその他の故障の項に次のとおり定められている。

#### 3.35.8 機体超過禁止速度の超過

音声警報 ‘エア・スピード、エア・スピード’ 及び対気速度計が赤色になる

/

—対気速度を確認する

/

—対気速度をVne未満に減速／維持する

### 2.13.3.2 テール・ローター・ドライブの故障

同型式機のテール・ローター・ドライブの故障については、飛行規程の非常操作の項に次のとおり定められている。

テール・ローター・ドライブの故障は、急激な右方向への振れ及びヨー・コントロールの喪失、テール・セクションにおける異常音又は異常振動が発生することになる。発生時の振れの度合いは、故障発生時の対気速度、高度、全備

---

\*28 「TAS」とは、真対気速度といい、かく乱されない大気に相対的な航空機の色度をいう。

重量、重心位置及びトルク設定値により決定される。

限定するヨーの振れ率及び変位角における垂直安定板の効果は、故障発生時の対気速度に影響され、フィン効果はより高速で増加する。

下記事象により確認できる：

- 機体が急激に右に振れる
- ヨー・コントロールの喪失、ペダルは自由に動くが、有効でない。
- 後方胴体部位からの異常音及び振動

非常に大きなヨーの振れ率は、非常に短時間で大きなヨー角の原因となり、故障発生時の飛行状態によっては $30^\circ$ を超えるヨーの振れが経験される。

更に、高ヨー振れ率は機体構造に好ましくない大きなサイクリック・スティック操作を用いずには制御維持が困難なほど機体のピッチング及びローリングを引き起こす。最終的に、高いヨー方向の振れ率は操縦士の方角感覚を喪失させる。それ故、ヨー方向の故障後に許容できない高レベルになる前に下記に示した操作に従った適切な処置が重要である。

ホバー時

- サイクリック・コントロールで横滑りを最小にししながら、姿勢を維持し直ちに着陸するため、コレクティブを下げると。
- 時間が許せば、ENG MODE (又はECL) をOFFにする。

前進飛行時

- 右方への振れを最小にするためコレクティブを下げる。
- 適切な着陸地点まで飛行するため、十分な対気速度/出力/ロールを確立する。
- 着陸点上空で、滑走着陸を考慮する。
- 適当な出力及び速度で滑走着陸ができない場合は、エンジンを停止すること。
- エンジン停止での着陸を行うこと。

(注)

- 風に正対して着陸する。
- 横滑りを制御するため、NRを限界内に維持しながらコレクティブを上下させること。(機首が左に振れた場合は、コレクティブを上げること)

#### 2.13.4 AS350B3型のテール・ローター・ドライブ故障の非常操作手順

同航空隊が定期訓練時に使用していたFTDが対応するAS350B3型のテール

ル・ローター・ドライブ故障の非常操作手順については、飛行規程に次のとおり定められている。

徴候：機体は、故障発生時の出力及び前進速度の組合せに応じた回転速度で、左へ向きを変える。

巡航飛行中

1. 対気速度……………  $V_y^{*29}$  又はそれよりも大きい速度を保つ
2. Collective …… サイド・スリップ角度を最小にするように調整する。

できる限り早く着陸する。

進入及び着陸

オートローテーション着陸に適した場所：

1. Twist Grip<sup>\*30</sup> …………… IDLE 位置にする。
2. オートローテーション着陸手順でオートローテーション着陸を行う。

## 3 分 析

### 3.1 乗組員の資格等

機長及び副操縦士は、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 気象解析

2.6(4)に記述したように、ウインドプロファイラによると、事故当時の会津若松から福島空港に至る奥羽山脈付近の上空の風は、北西の風約35ktが吹いていたと解析されたが、2.11.3に記述したように、FMSで風向風速計算された表示と瞬間の風向風速との関係には大きなずれがあった。また、急激なIASの増加については、猪苗代湖南東側の山脈上空の局地的な山岳波の影響が考えられたため、東京大学大気

---

\*29 「 $V_y$ 」とは、最良上昇率に対応する速度をいう。

\*30 「Twist Grip」とは、コレクティブ・ピッチ・レバーに装着されたエンジン出力をコントロールする装置をいう。

海洋研究所において、同機が右ロール運動となった付近の気象に関して 3.3.1.1 及び 3.3.1.2 の 2 種類の気象シミュレーションモデルにより実施した。3.3.1.1 の解像度 1 km の数値解析 A において、広範囲の水平流と鉛直流の分布について、解析を行った。数値解析 A の結果と MPFR の飛行経路を合わせたところ、猪苗代湖南東側から山脈地形上空とその南側に存在する鉛直流内を飛行した可能性が判明したため、さらに、同機の IAS が急激に増加し、右ロール運動となった付近について、3.3.1.2 の解像度を 100 m として数値解析 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。

### 3.3.1 気象の数値解析

#### 3.3.1.1 数値解析 A

##### (1) 計算条件

初期値 : 令和 2 年 2 月 1 日 0 3 時の気象庁メソ解析

境界値 : 気象庁メソ解析

使用モデル : 気象庁非静力学モデル (Saito et al. 2006)

計算領域 : 右ロール運動となった地点を中心とする 300 km 四方 (図 18 左)、鉛直方向 21.1 km

解像度 : 水平 1 km 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。)

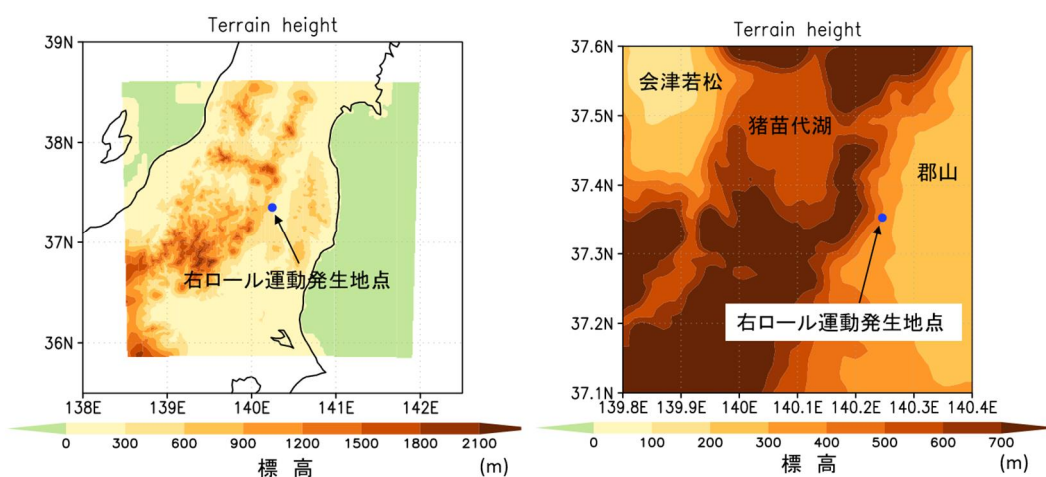


図 18 数値解析 A の計算領域とモデル地形 (左)  
猪苗代湖周辺のモデル地形拡大図 (右)

##### (2) 数値解析 A 結果

図 19 左は、事故発生当日 0 9 時の高度 1.3 km における鉛直流と水平流の



分布を水平解像度 1 km のモデルで解析したものである。北西からほぼ一様に約 20 m/s から 30 m/s の風が吹き、2.6 (1) に記述したように図 5 右の気象衛星画像（可視）の波状の雲に対応すると思われる北北東から南南西走向の鉛直流のパターンが見られる。これは、安定成層した気流がほぼ直交する方向から山脈に当たったときに励起される内部重力波（山岳波）と考えられる。

図 19 右は、右ロール運動となった地点周辺の温位<sup>\*31</sup> と鉛直流の断面図であり、定常状態の場合は、上空の風は等温位線に沿って吹くことが知られている。(a) 07時30分と(b) 08時00分のどちらも猪苗代湖の南東側に下降気流と上昇気流が発生し、(b)は(a)と比較し、下降気流の発生領域の幅が広がっている。さらに、付図 8 は、同機の会津場外往復時の飛行経路における 07時30分から09時00分までの時間経過による温位断面図の推移を示したものであり、往復の経路とも猪苗代湖南東側の山脈地形上空とその南東側には、下降気流とハイドロリックジャンプ<sup>\*32</sup>に対応すると考えられる上昇気流が存在していた。同機は、この往復の経路において、これらの鉛直流に遭遇した可能性が考えられる。

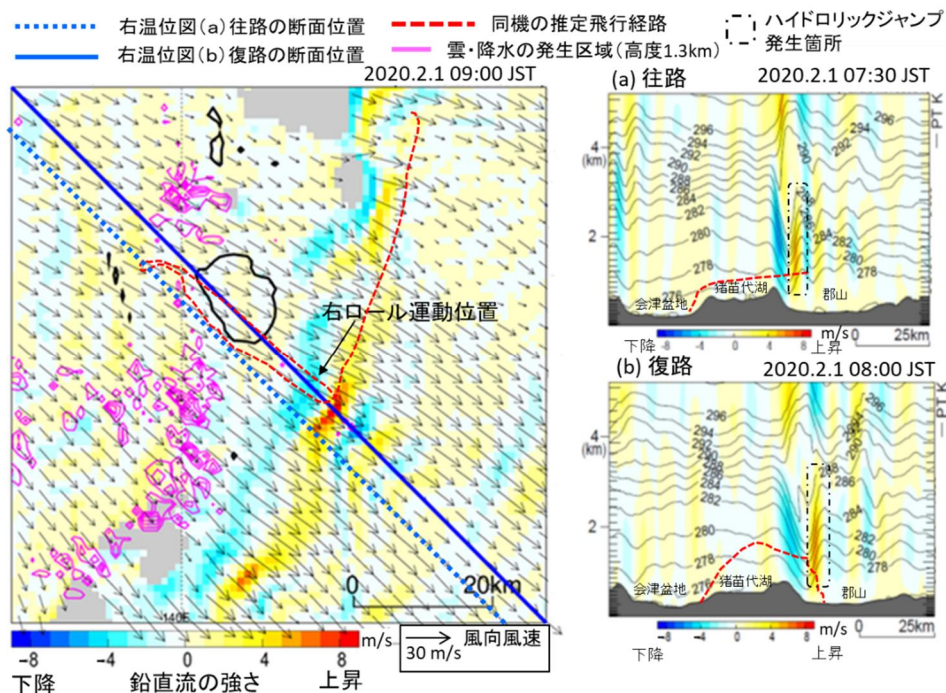


図 19 数値解析 A 高度 1.3km の鉛直流と水平流の水平分布（左）  
と左図の青点線・青実線に沿った温位と鉛直流の断面図（右(a)・(b)）

\*31 「温位」とは、ある気圧の空気塊を断熱的に 1,000hPa まで移動させたときに実現する温度であり、空気塊の移動に伴って保存される量である。

\*32 「ハイドロリックジャンプ」とは、流体中で、山などの障害物を越える流れが増速して、その後面で跳ね上がる現象をいう。

### 3.3.1.2 数値解析B

#### (1) 計算条件

初期値 : 令和2年2月1日06時の数値解析Aの出力値

境界値 : 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 : 右ロール運動となった地点付近を中心とする150km四方  
(図20左)、鉛直方向21.1km

解像度 : 水平100m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。)

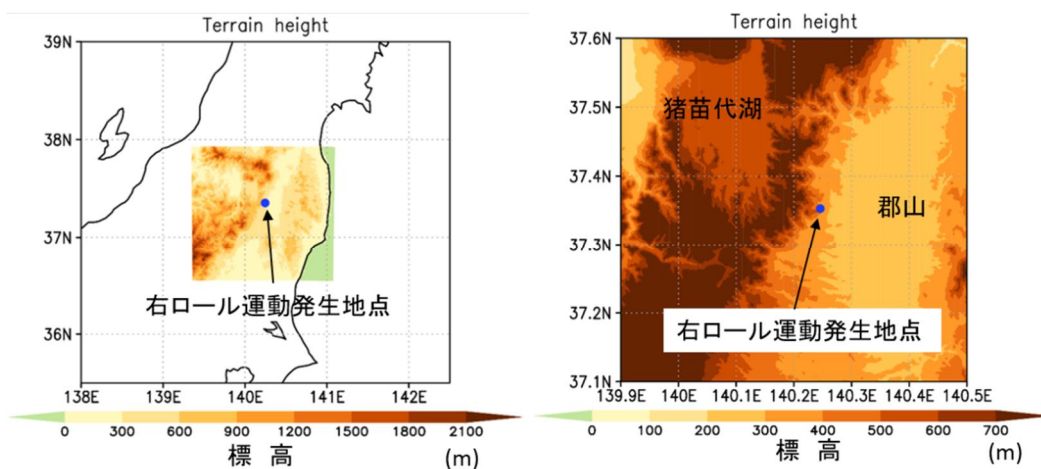


図20 数値解析Bの計算領域とモデル地形(左)

猪苗代湖周辺のモデル地形拡大図(右)

#### (2) 数値解析B結果

付図9及び付図10は、右ロール運動が発生した付近における08時00分00秒から08時14分45秒までの大気現象を、解像度100mの数値モデルにより解析したものである。この数値解析では、猪苗代湖南東側の山脈地形上空の飛行高度において、08時08分ごろから08時14分ごろまで、同機が右ロール運動を開始した地点の風上側に幅の狭い上昇気流域が現れ、また、風下側には強い下降気流域が現れた。上昇気流から下降気流に入れ替わった付近では、水平風速が顕著に変化し、気圧が低下している。また、より風下側には図19右(b)に見られたハイドロリックジャンプに対応すると考えられる上昇気流があり、更に風下には別の強い下降気流が見られる。なお、先に述べたように、本数値解析の性質上、再現結果には最大1時間程度の時間のずれが生じ得るほか、位置的なずれも含まれる可能性がある。

同機の右ロール運動が開始された時刻の08時07分36秒の位置と、付図9及び付図10の数値解析結果に現れた水平風速が急激に減少し強い下降気流が生じた領域を照合した結果、数値解析時刻と約5分のずれは生じているが、同機は、これらの図に示されるような上昇気流と下降気流が短時間に変化する領域の中を飛行した可能性が考えられる。図21と図22は、08時13分00秒における付図9と付図10の拡大図である。山脈の東側に気圧が2hPa（200Pa）ほど低い領域があり、この領域付近には、風の水平成分が減少している部分が見られる。同機は、この気圧が低下する領域を飛行した可能性が考えられる。

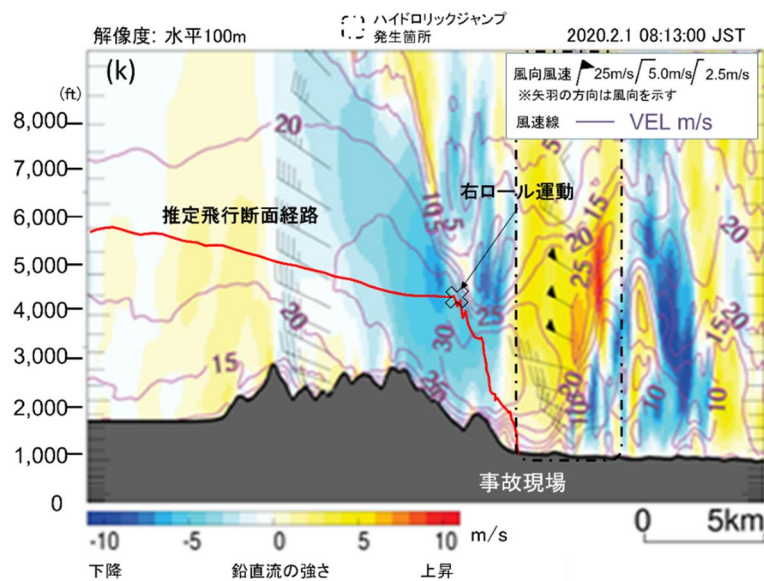


図21 水平風速及び鉛直流の鉛直断面図

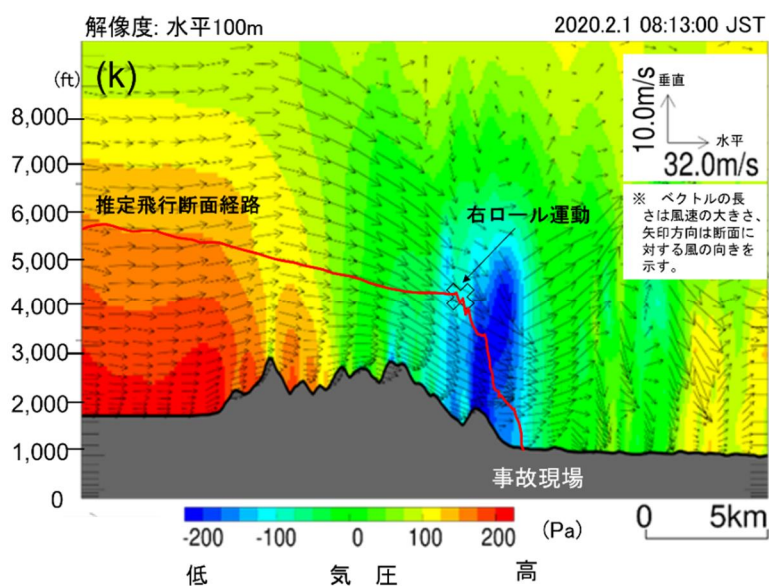


図22 断面に沿う風と気圧偏差の分布図

### 3.3.2 気象解析による考察

3.3.1 で述べた数値解析結果から、会津若松から郡山にかけての上空は、北西から20m/s(40kt)から30m/s(60kt)の一般風<sup>\*33</sup>が吹き、奥羽山脈の風下側上空には南西から北東方向に走向を持つ鉛直流が発生していたものと考えられる。特に同機が通過した猪苗代湖南東側の山脈地形の領域では、ハイドロリックジャンプ現象となる強い上昇気流が発生したと考えられる。強い上昇気流の風上側には、弱い上昇気流域と強い下降気流域があり、気流が入れ替わった付近では水平風速が急激に減少したと考えられる。MPFRの記録によると、同機は、図21、図22、付図9及び付図10のような局所的に短時間で気流が激しく変化する領域に遭遇したと考えられる。同機が飛行していた高度においては、水平風速が25m/s(50kt)以上から15m/s(30kt)未満に急激に減少していることから、同機は、この領域において飛行制御に強い影響を受けたものと考えられる。

### 3.4 不時着までの同機の飛行状況

気象の影響と同機の機体の動静及び操縦操作の状況とを対比するため、「県警ヘリポートから会津場外までの往路」、「会津場外離陸から急激なIASの増加に至る前まで」、「急激なIASの増加と右ロール運動」、「右ロール運動によるメイン・ローター・ブレードとテール・ドライブ・シャフト接触時の飛行」及び「メイン・ローター・ブレードとテール・ドライブ・シャフト接触後から不時着までの推定される飛行」の五つのフェーズの飛行状況と最終進入プロファイルについて分析した。

#### 3.4.1 県警ヘリポートから会津場外までの往路の飛行状況

2.1.1 に記述したように、同機は往路において、復路の天候の事前確認のため、県警ヘリポートから奥羽山脈の東側を南下し、郡山市上空に向かった後、07時24分ごろ事故現場付近を高度3,000ft、IAS約120ktで通過し、雲底の下側を飛行するため徐々に高度を下げ会津場外に向かった。2.1.1及び2.1.2に記述したように、猪苗代湖南東側の山脈上空の風は強く、機体がかなり揺れたものの、機長は、会津場外から福島空港までの復路について、5,500ft以上の高度で雲上飛行をすることで、飛行に支障はないと判断した。

3.3.2 で述べたように、同機が通過した猪苗代湖南東側の山脈地形の領域では、その南東側に強い鉛直流が発生したと考えられ、同機が往路での通過時にこれに遭遇した可能性があるため、図23のとおりMPFRの記録により鉛直流の影響について分析した。07時22分50秒ごろから07時24分30秒ごろまで、高度

\*33 「一般風」とは、地形など局地的な影響を受けない、広い地域を代表する風をいう。

3,000ft から3,300ft、IAS約120kt で南下中に、右方向からの風を受けつつ上昇気流と遭遇し、07時25分05秒ごろから07時26分00秒ごろまでIAS約120kt から140kt で正面方向からの風を受けつつ、下降気流と遭遇した形跡があった。特に07時24分12秒には、慣性垂直速度<sup>\*34</sup>によるAHR S昇降率は0ft/min にもかかわらず、気圧変化によるADS<sup>\*35</sup>昇降率が(一)1,760ft/min を記録していた。ピッチ姿勢は、5° 機首上げが保持され、出力が減少していたが、IASは、6秒間に101kt から117kt へ急激に増速していた。07時24分12秒のADS昇降率が大きく変化した地点を、図1の推定飛行経路及び図19(左)の数値解析Aの地点と照合すると、奥羽山脈の東側で会津場外への旋回を開始する地点の手前であり、かつ数値解析Aの結果から強い上昇気流が存在したと考えられる地点とおおむね一致した。

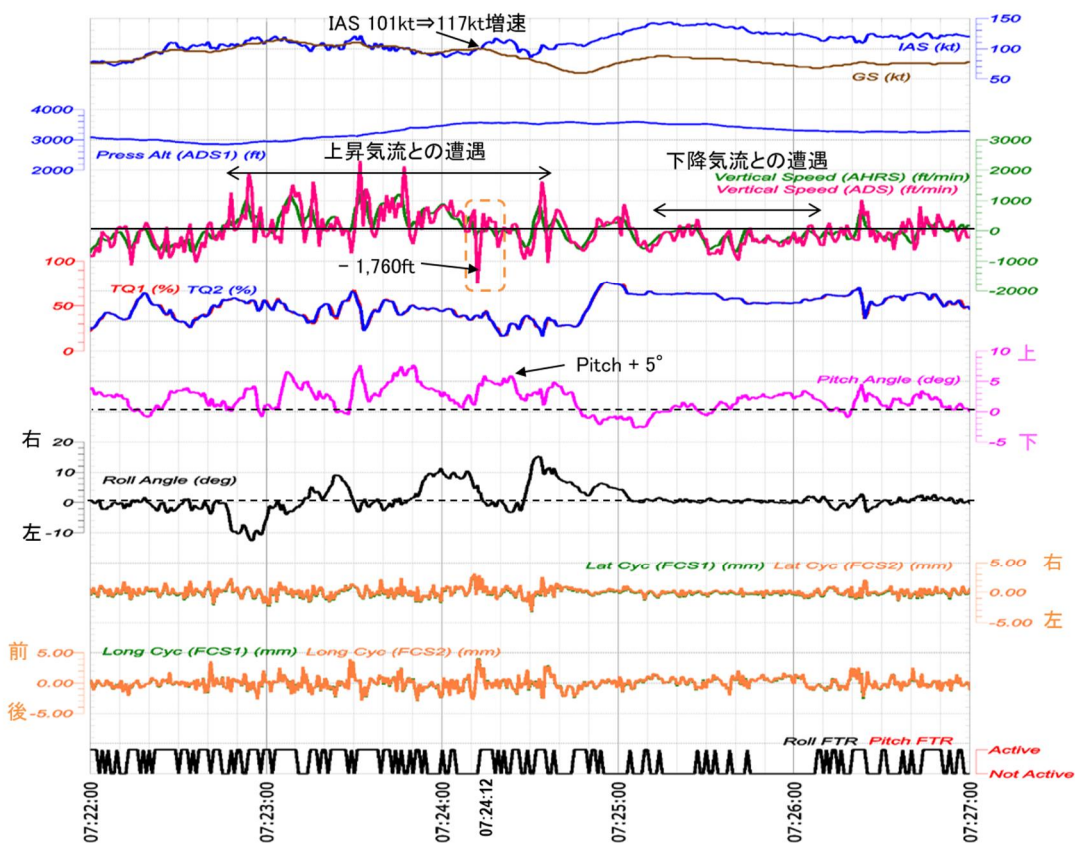


図2.3 会津場外までの往路での猪苗代湖南東側の山脈付近の飛行状況

同機が鉛直流と遭遇した区間において、機長が行った操作と機体の姿勢変化を比較すると、上昇気流に遭遇した区間は、ピッチ及びロール姿勢が不安定で、上昇傾向の状態となっており、FTRを頻繁に押下して姿勢制御を行っていた。下降気流

\*34 「慣性垂直速度」とは、慣性空間（真高度）における垂直方向への速度をいう。

\*35 「ADS」とは、Air Data Systemの略で、ピトー静圧系統（静圧、動圧）及び外気温度の計測値を基に、気圧高度、対気速度、気圧高度の変化率（昇降率）などをデジタル・データとして出力する装置をいう。

に遭遇した区間は、FTRを押下する頻度が少なく機体姿勢は安定していた。特に、FTRを押下せずにATTモードによる飛行をした際は、フライト・コントロール・システム（FCS）の動きが少なく、大きな機体姿勢の変化及び上昇降下もなく安定していた。FTRを長押ししている間は、フライト・コントロール・システム（FCS）の動きが活発となっている。これは、FTR押下により、ATTモードがSASモードに切り替わり、姿勢保持機能が停止して、SASが、短周期の外乱に加えて、パイロットが所望の姿勢を維持するために行った操縦によって引き起こされた運動を緩和するために応答した結果と考えられ、機体姿勢の変化が継続している。

### 3.4.2 会津場外離陸から急激なIASの増加に至る前までの飛行

2.1.1 に記述したように、同機は、08時00分に会津場外を離陸した後、雲を避けるため、約5,700ftまで上昇し、猪苗代湖東側の上空から徐々に高度を下げ、猪苗代湖南東側の山脈地形上空を飛行した。2.6(4)に記述したように、ウィンドプロファイラにより観測された4,300ft付近の風は、北西の風約35ktであり、また、3.3.2で述べた数値解析では、北西の風40ktから50ktであった。猪苗代湖上空までの上昇中は、IAS約130kt～140ktで飛行し、猪苗代湖上空からの降下開始後は、IASが徐々に増加しIAS約150ktで降下していた。機長は、08時05分50秒には、副操縦士とともにGSの増加を確認し、追い風により遅れることなく福島空港に到着できると考えていた。

同機は、08時07分10秒ごろ、降下中にエンジン出力がおおむね一定のまま、高度4,500ft付近でおおむね水平飛行となった。IAS、ピッチ姿勢がおおむね一定にもかかわらず、08時07分05秒ごろから、降下率が減少し、08時07分30秒ごろまで、一時的に上昇していることから、この間には、約1,000ft/minの上昇気流が存在していた可能性がある。付図9及び付図10の08時13分00秒の前後の解析結果のとおり、推定飛行断面経路の右ロール運動開始位置の手前において、3～5m/sの上昇気流域が見られる。同機は、山脈上空の大気の状態が刻々と変化する中、IASが急激に増加する前の飛行経路において、上昇気流域を通過したものと考えられる。

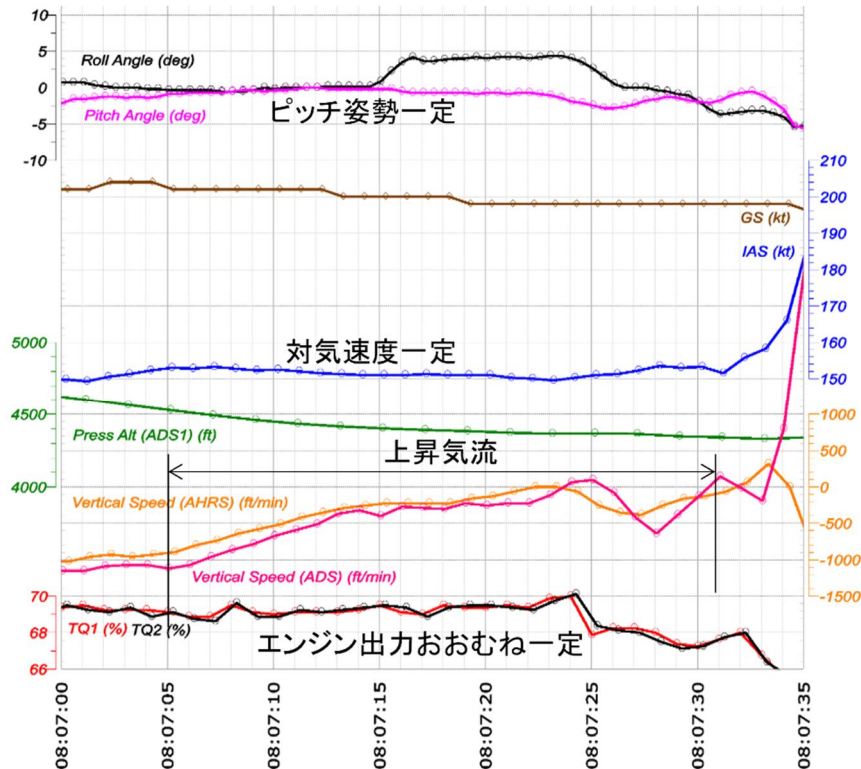


図 2 4 急激な I A S 増加前の上昇気流の存在

### 3. 4. 3 下降気流との遭遇と急激な I A S の増加

2. 1. 2(1)に記述したように、機長は、上方の雲を避けながら I A S 約 1 5 0 kt で飛行中、前方に引き込まれるような宙返りをする前に、機首方位の制御に影響するような動きを機体後方から感じたと述べている。図 2 5 の M P F R の記録によると、0 8 時 0 7 分 1 5 秒から 0 8 時 0 7 分 2 5 秒の間に僅かな右旋回で針路変更を行い、その後 0 8 時 0 7 分 3 1 秒に針路を戻すために左旋回を開始していることから、これは雲を避けた針路修正であったと考えられる。0 8 時 0 7 分 3 1 秒にサイクリック・スティックの F T R が一度押下され、機体姿勢のロール角は左約 3° に保持されて、左変針が開始された。0 8 時 0 7 分 3 1 秒から 0 8 時 0 7 分 3 5 秒まで I A S が 1 5 2 kt から 1 8 8 kt まで急激に増速した際、0 8 時 0 7 分 3 3 秒から 3 4 秒にかけて、ピッチ姿勢が ( - ) 0 . 5° から ( - ) 5° へ、左ロール姿勢が 3° から 5° へ機体姿勢が変化し続けた。これは、F T R 押下により、フライト・コントロール・システム ( F C S ) が瞬時に中立位置付近へ移動したことによって、機首下げ及び左ロール姿勢が継続されたと考えられる。その後、サイクリック・スティックは、0 8 時 0 7 分 3 8 秒までの間に、F T R が押されながら、後方に約 1 5 % 引かれた後、右側の 1 0 0 % 位置まで約 2 秒間で操作され、後方の 7 % の位置まで約 2 . 5 秒間で操作された。この間、サイクリック・スティックの F T R が継続して押されていたため、姿勢保持機能が停止したまま、手動操作が優

先されて、急激な右ロール運動が開始したと考えられる。また、コレクティブ・ピッチ・レバーは、08時07分35秒にFTRが押下された後、約2秒間に、上下に動きながら約20%下げられた。左ロール5°及び5°機首下げ状態から、FTRを押しながらサイクリック・スティックが右後方に大きく操作されたため、急速に右ロール運動とIASの減速が始まったと考えられる。

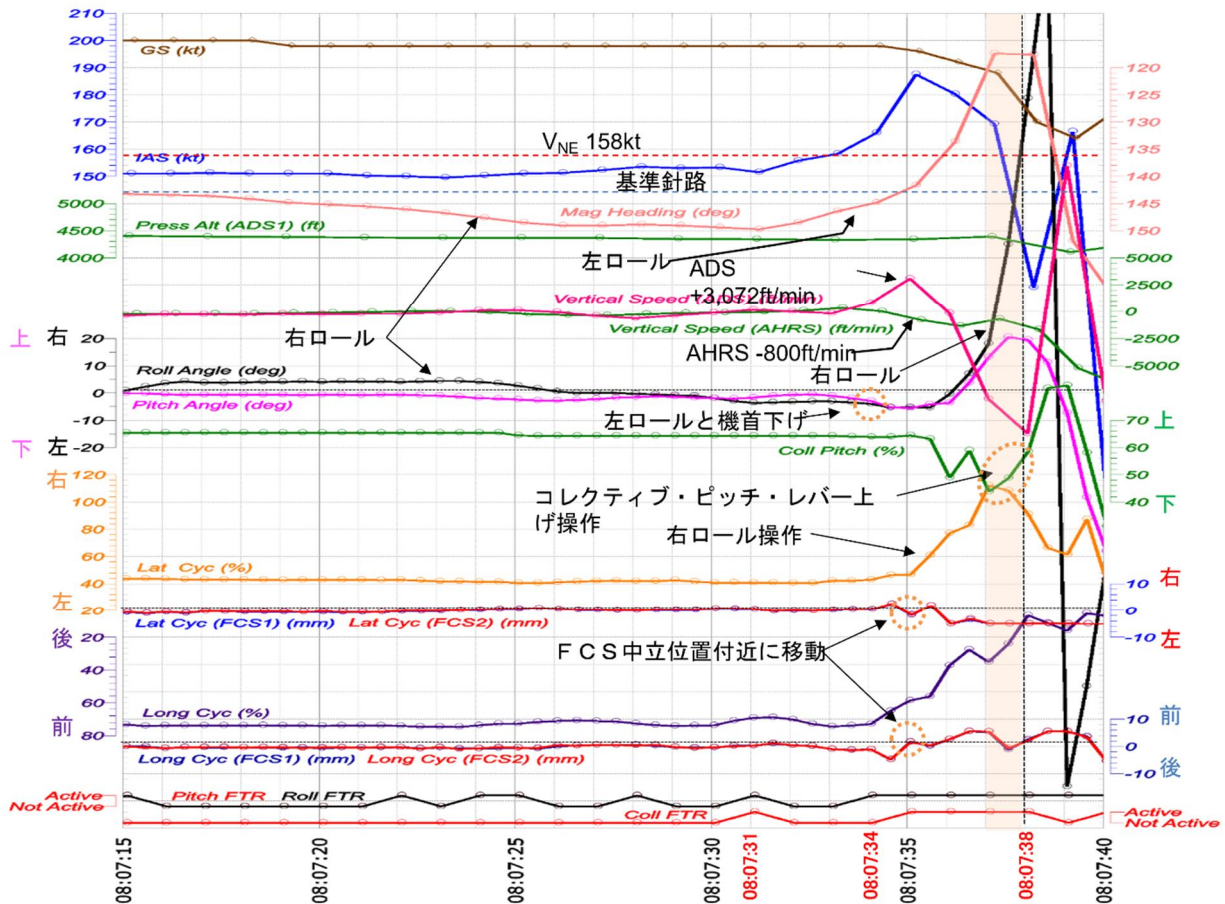


図 2 5 急激な IAS の増加時の MPFR の記録

IASが急激に188ktまで増速した際は、図25のとおり、気圧変化によるADS昇降率が(+)3,072ft/minを記録し、慣性垂直速度によるAHRS昇降率は(-)800ft/minを記録しており、それぞれの昇降率には大きな差があった。GS200ktで飛行する機体が1秒移動する間(約100m)に約2hPa(200Pa)の気圧変化に遭遇した場合、高度換算すると50ftとなり、3,000ft/minの昇降率となるため、この2種の昇降率の記録の差は、急激な気圧の低下により生じた現象である可能性があり、同機はこのとき3.3.1.2(2)で述べた下降気流の領域に遭遇したものと考えられる。(要因の分析は、3.5.1及び3.5.2で後述する。)また、同型式機のピトー管は機首部に取り付けられ、静圧孔はピトー管の先端に上下に開いていることから、この昇降率の差は、ピッチ姿勢の変化の影響



を受けた可能性が考えられる。特に右ロール運動が始まった以降については、ADS昇降率が過大に記録されたと考えられる。

### 3.4.4 右ロール運動によるメイン・ローター・ブレードとテール・ドライブ・シャフトの接触時の飛行

図25、図26及び付図4～付図7の右ロール運動開始時のMPFRの記録によると、同機は、08時07分35秒にIAS188ktまで増速した直後、3.4.3で述べたとおり、サイクリック・スティックが約2～3秒間に大きく操作されたことにより、ロールレートが100deg/s以上となる360°を超える急激な右ロール運動が始まった。右ロール運動中、コレクティブ・ピッチ・レバーは、2秒間に操縦範囲の約20%分となる上下の操作が行われた後、08時07分37秒から08時07分39秒の間の背面姿勢に至る右ロール運動中に、コレクティブ・ピッチ・レバーのFTRが押されながら45%から82%まで引き上げられた。付図6のとおり、08時07分38秒には、(一)1.4Gの垂直加速度を記録していた。図26のとおり、08時07分38秒以降の音声情報には、接触音と機内の風切り音が記録されており、ほぼ同時にエンジン計器及びヨーレートの急激な変化が発生していることから、この時点でテール区画の上部とメイン・ローター・ブレードが接触したものと考えられる。

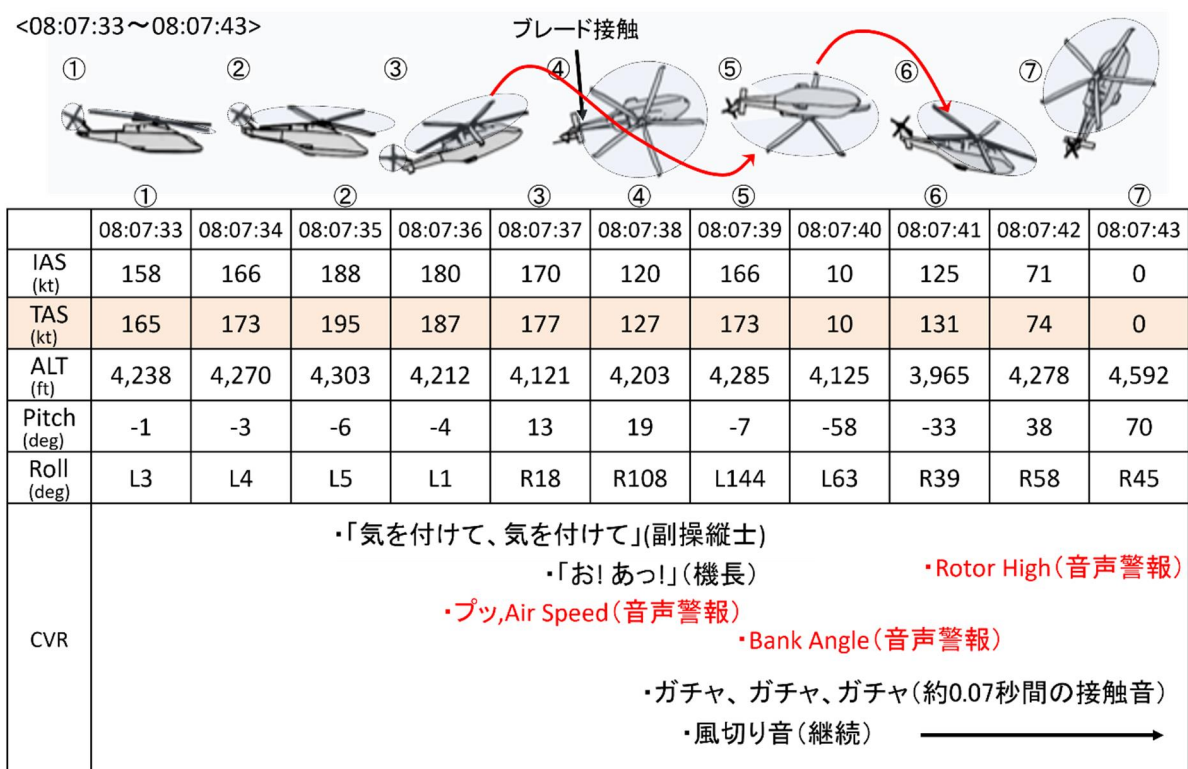


図26 同機のメイン・ローター・ブレード接触時のフライトデータ

機内の風切り音については、客室右スライド・ドアの前方窓が外れて機内に入り、コパイロット座席（左側）の窓の一部が機外に落下したため、機内に空気が流入し発生したものと考えられる。急激な右ロール運動中、機首方位は左変針を続けており、横方向の加速度は、付図6のとおり、通常の状態では0 Gのところ右に約0.9 Gの加速度が発生していることから、右からの風圧により、スライド・ドアの前方窓が内側に変形して、外れたものと考えられる。

08時07分43秒にサイクリック・スティックが左方向に操作されたため、右ロール運動は止まったが、サイクリック・スティックは後方に引かれたままであったことから、一時的に機首上げ70°の姿勢となった。2.11.2に記述したように、08時07分44秒にはエンジンが異常値を検知し、マニュアル・バックアップ・モードとなっていることから、テール・ドライブ・シャフトは完全に切断され、テール・ローターが停止してテール・ローター・ドライブ故障の状態になったと推定される。（要因の分析は、3.5.3で後述する。）

### 3.4.5 メイン・ローター・ブレードとテール・ドライブ・シャフトの接触後から不時着までの推定される飛行

3.4.4で述べたように、同機が右ロール運動となった際、08時07分38秒ごろにメイン・ローター・ブレードがテール・ドライブ・シャフトに接触した。テール・ドライブ・シャフトと機体外板等の飛散物の発見位置（2.9.2(2)の図10参照）から、同機は、その後南西方向に移動しながらテール・ドライブ・シャフトが完全に切断され、GPSアンテナが取り付けられた外板部品及び機内装備品の一部が飛散したものと考えられる。

メイン・ローター・ブレードとテール・ドライブ・シャフトの接触後は、GPSアンテナが脱落して、位置情報の誤差が大きくなっていたことから、MPFRの記録、物件の落下位置及び目撃情報により図27のとおり同機の飛行経路を推定した。

同機は、テール・ドライブ・シャフトが完全に切断され、テール・ローター・ドライブ故障の状態となり、2.11.2に記述したように、08時07分44秒には、エンジンがマニュアル・バックアップ・モードとなった。テール・ローター・ドライブ故障の状態から不時着までの間、エンジン・オーバースピード防止機能が8回にわたり作動しながらエンジンは運転していた。この間の降下率は、570ft/minから6,700ft/minの間で変化し、ピッチ、ロール、ヨーと大きく姿勢変化をしながら降下していた。08時07分49秒にはコレクティブ・ピッチ・レバーが約5秒間最下方位置に保持されたことから、機長は、オートローテーションによる降下を試みたと考えられるが、その後、コレクティブ・ピッチ・レバーは大きく上下に操作されてNRが変動し、オートローテーション状態は継続されなかった。（要

因の分析は、3.5.4で後述する。)

同機は、テール・ローター・ドライブ故障の状態となった後、IASの増加でやや直進し、減速で右回転する動きを繰り返したものと考えられる。2.1.2(6)に記述した目撃者のビデオ情報(図3参照)及びMPFRの記録から、同機は、接地直前に機体姿勢が引き起こされ、右回転を続けながら、右に傾斜した状態で接地したものと推定される。

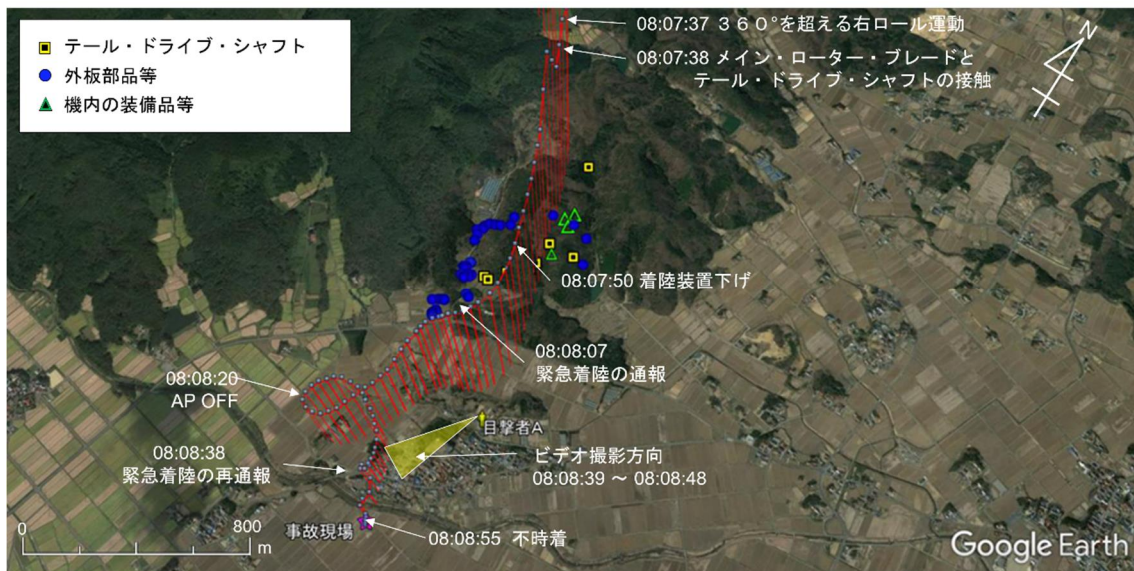


図2-7 右ロール運動発生後から不時着までの推定飛行経路

### 3.4.6 不時着時の最終進入プロファイルの推定

#### (1) 垂直加速度

MPFRの記録によれば、接地時の機体中心の垂直加速度の最大値は、(+)  
1.86G、機首位置の垂直加速度の最大値は、機体中心の垂直加速度の最大  
値より0.2秒遅れて、(+)  
6.8Gが記録されていた。

#### (2) 降下率、速度等

MPFRの記録によれば、接地時は、降下率(-)  
2,720ft/min(AHR  
S慣性垂直速度)、右ヨーレート87deg/s、対地速度20kt未満であった。

#### (3) 接地時の機体姿勢

MPFRの記録によれば、接地時は、ピッチ姿勢(-)  
2.6°、右ロール  
姿勢14.7°で接地した。

#### (4) 耐衝撃性の評価

2.9.2及び2.10の記述、並びにMPFRの記録によれば、同機が田に不  
時着した際は、(1)(2)(3)に記述したように、やや機首下げの右ロール姿勢で、  
かつ着陸装置を下げた状態で接地した後、左側に横転して機体を損傷した。機  
体は左側面を下にした状態で静止し、胴体の前方下部と左主着陸装置が損傷し

外れていることから、右主着陸装置の接地後、機首が下がり、機体下面が大きな荷重を受けながら機体が左側に横転して損傷したものと推定される。

垂直加速度が機体中心で（+）1.86G、機首位置で（+）6.8Gのハードランディングにより接地しているにもかかわらず、人員の被害が負傷にとどまったのは、機体姿勢が水平に近く着陸装置から接地できたことによるものと考えられ、耐衝撃性の機体設計として、次の三つの要素が機能したものと推定される。

- ① 2.9.2(5)に記述したように、不時着時に胴体が接地するまでの間、着陸装置が損傷しながら大きなエネルギーを吸収した。
- ② 図8のとおり、胴体下部の床下構造が圧縮座屈変形してエネルギーを吸収し、また、胴体の構造部材により操縦室、客室を保護した。
- ③ 図12のとおり、着座していた座面のロード・リミッターが作動し、座面が下部に移動してエネルギーを吸収した。

### 3.5 急激なIASの増加以降に発生した特異な事象

3.4に記述した飛行状況のうち、「IASの急激な増加」、「IAS増加時の姿勢変化」、「メイン・ローター・ブレードとテール・ドライブ・シャフトの接触」、「エンジン・マニュアル・バックアップ・モード」を特異な事象として分析した。

#### 3.5.1 急激な水平風速減少時のIASの増加

同機が奥羽山脈上空を飛行した高度付近では、2.11.3及び3.3.2で述べたように、猪苗代湖南東側の山脈地形東側の同機が飛行していた高度において、風向300°、風速40kt（20m/s）から50kt（25m/s）の一般風が吹いていたと推定される。さらに、MPFRの記録に基づく瞬間風の計算値及び数値解析の結果から、IASが急激に増加した地点では、水平風速がほぼ無くなっていたと考えられる。

追い風50ktの中を飛行している状態から、急激に水平風速が0ktになった場合は、機体は、慣性の法則により、等速運動を続けようとし、空気抵抗（抗力）を受けている分GSはゆっくりと減速するが、IASは、風速の減速に入れ替わるようにして一時的に増速すると考えられる。

3.4.1で述べたとおり、会津場外までの往路において、07時24分12秒に同機のIASが増加した際は、5°の機首上げ姿勢により抗力が増加して、GSの減速が早く発生しているが、IASは6秒間に16kt増速している。また、図25のとおり、会津場外からの復路において、08時07分31秒から08時07分35秒までの4秒間に、GSは198ktから196ktの2ktの減速であったが、

I A Sが1 5 2kt から1 8 8kt に3 6kt 増速している。

往路及び復路とも、急激なI A Sの増加は、急激な水平風速の減少によって発生した現象であり、特に復路のようにI A SとG Sの差が大きくなるような強い追い風が急激に減少した場合、I A Sの増加が急激に発生することが考えられる。

### 3. 5. 2 I A S増加時の姿勢変化と自動操縦による姿勢制御との関係

付図1のとおり、同型式のテール・ローターは、回転面を約1 5° 左に傾斜しており、水平方向に加え、上方への揚力も発生させることにより、ピッチ姿勢の機首下げ効果を持っている。さらに、水平安定板と垂直安定板は、対気速度の増加で翼型のキャンバーにより揚力が発生するように、水平安定板は下側に、垂直安定板は右側にキャンバーを持つことによって、巡航時に機体姿勢を水平にし、テール・ローターの反トルクとして必要な推力を補っている。また、テール・ローターは、重心位置より高い位置に装備され、テール・ローターの推力変化による右ロールモーメントが発生するため、所望の姿勢を維持するには、テール・ローターの推力変化に応じて、横方向の修正を行う必要がある。

I A S 4 5kt 以上で、A T Tモード状態が継続されていれば、自動操縦装置が姿勢を維持するよう操縦装置を制御するため、パイロットは、サイクリック・スティックの位置を意識せず操縦できると考えられる。

図2 3のとおり、往路で上昇気流に遭遇した際は、機首上げが発生し、図2 5のとおり、復路で下降気流に遭遇した際は、機首下げが発生している。これは、テール・ローターの傾斜と水平安定板の影響により、テール・ローター一部に上昇気流の成分が入った場合は、揚力が減少して機首上げモーメントが発生し、下降気流の成分が入った場合は、揚力が増加して機首下げが発生したものと考えられる。また、対気速度が増加すると、垂直安定板の効果により、テール・ローターの必要な推力が減少し、合わせて右ロールモーメントが減少するため、サイクリック・スティックは、低速において保持した位置よりも、右方向への僅かな操作が必要となる。

図2 5のとおり、0 8時0 7分3 1秒から0 8時0 7分3 4秒まで、急激にI A Sが増加した際のフライト・コントロールのアクチュエーター位置は、姿勢保持機能により縦サイクリック (Long Cyc) が徐々に後方に動き、横サイクリック (Lat Cyc) は徐々に右方向に動いている。

ところが、0 8時0 7分3 4秒にサイクリック・スティックのF T Rが長押しされたことにより、姿勢保持機能が停止し、縦横のサイクリックのフライト・コントロールのアクチュエーターが制御されていた位置から中央位置付近に移動した。このため、ピッチが(-) 5°、ロールが左5°に約1秒間保持され、サイクリック・スティックの動きがやや遅れたものと考えられる。

### 3.5.3 右ロール運動中のメイン・ローター・ブレードとテール・ドライブ・シャフトの接触



図28 メイン・ローター・ブレードとテール・ドライブ・シャフト接触時の機体姿勢と操縦装置の位置

同型式機のメイン・ローター・ブレードは、上下のリミッターにより垂直方向のフラッピング<sup>\*36</sup>運動が制限されて、機体に接触しにくい構造となっている。また、2.13.1 に記述したとおり、後退側メイン・ローター・ブレード失速は、同機の事故発生当時の重量付近では、最初の徴候はTAS 190kt～200kt で発生すると想定されている。同機は水平飛行状態で、対気速度が急激に増加してIAS 188kt (TAS 195kt) となったことから、その徴候が現れる領域ではあるが、トルク振動 (図16参照) を含むメイン・ローター・ブレードの低周波振動は発生しておらず、かつ、増速中の自動操縦装置の制御とサイクリック・スティックの操作に応答して右ロール運動が開始していることから、後退側メイン・ローター・ブレード失速によりメイン・ローター・ブレードがテール・ドライブ・シャフトに接触した可能性はないと考えられる。

3.4.4 で述べたように、08時07分38秒ごろ、音声データに接触音があり、その時点の同機の飛行状態は、図28のとおり、機首上げ19°、右バンク108°と背面に近い状態で、右ロールレートが100deg/sを超えていた。接触時のサイクリック・スティックは、FTRが押下された状態で右後方位置にあり、コレクティブ・ピッチ・レバーが45%から82%まで、約2秒間に上方へ操作さ

\*36 「フラッピング」とは、ローター・ブレードを上下させてブレードの前進側と後進側で異なる揚力をバランスさせるフラッピング・ヒンジを中心としたローター・ブレードの垂直方向の動きをいう。

れた際、付図6のとおり、機体中心の垂直加速度が（－）1.4Gと記録されていることから、図29のとおり、メイン・ローター・ブレードが胴体側に大きくフラッピングし、外板とNo.2テール・ドライブ・シャフトの後部に接触したものと考えられる。2.9.2(2)に記述したとおり、損傷したテール・ドライブ・シャフトの形状、機体との接触状態及びNo.2テール・ドライブ・シャフトが高速で回転していることから、メイン・ローター・ブレードが接触したことにより、No.2テール・ドライブ・シャフトが瞬時に変形して、回転バランスを失い、No.2テール・ドライブ・シャフトの後部が外板に接触しながら飛散し、テール・ドライブ・シャフトが切断されたものと推定される。

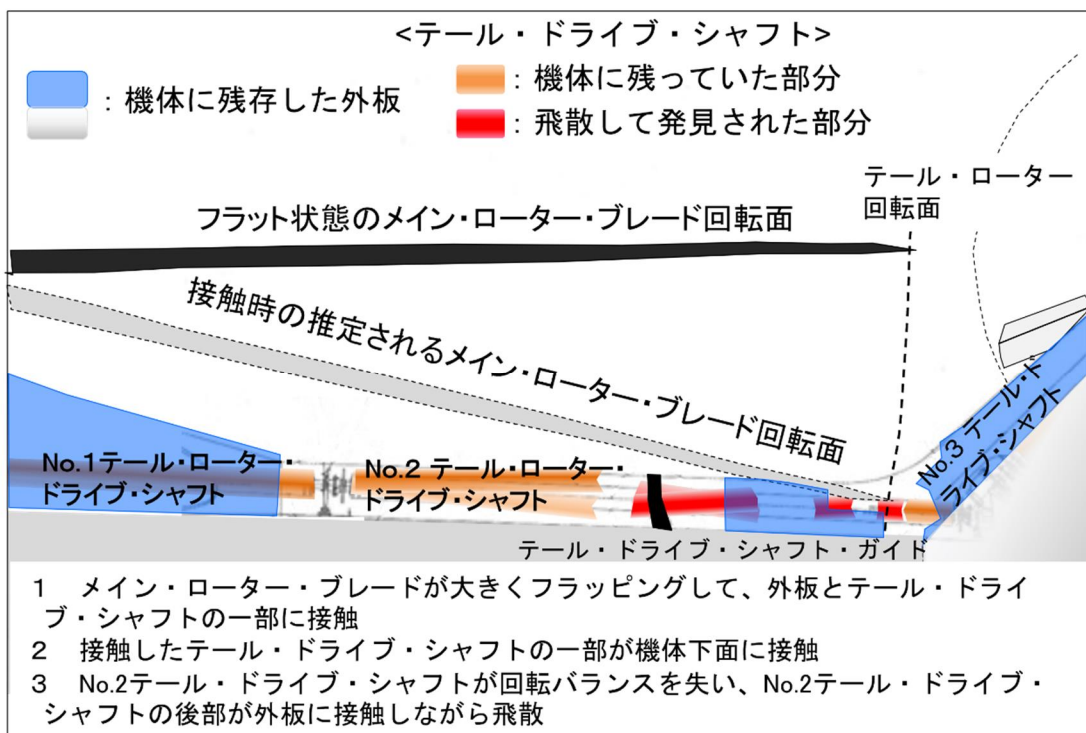


図29 接触時のメイン・ローター・ブレードの回転面の動きとNo.2テール・ドライブ・シャフト後部の飛散

### 3.5.4 エンジン・マニュアル・バックアップ・モードの影響

2.11.2に記述したように、急激な右ロール運動に続いて、08時07分44秒にエンジンがマニュアル・バックアップ・モードとなったことから、その影響について分析した。

エンジン信号の異常を検知した場合は、エンジンのオーバースピードによって、圧縮機のサージ（空力的不安定現象）又はフレームアウト（エンジン停止）の可能性があるので、オーバースピードを防止するため、マニュアル・バックアップ

プ・モードに変更される。同機は、テール・ローター・ドライブ・シャフトが切断されたことによって、テール・ドライブ・シャフトの負荷が失われ、NF値が異常値となって、エンジンがマニュアル・バックアップ・モードに変更されたものと考えられる。マニュアル・バックアップ・モードに変更されると、燃料流量は一定となり、NFが111%を超えるとオーバースピード防止機能により燃料流量が制限され、NFが109%以下になると燃料流量が再度一定となる。2.1.2(1)に記述したように、機長は、不時着を決意後、オートローテーションを行うつもりで降下中、マニュアル・バックアップ・モードになっていることを確認し、コレクティブ・ピッチ・レバーのエンジン・トリム・スイッチを操作して、「NRの上昇を感じた。」と口述しているが、MPFRの記録によれば、エンジン・トリム・スイッチの操作は記録されていなかった。その後オートローテーションを止め、コレクティブ・ピッチ・レバーを上下させて降下しようとしたが、コレクティブ・ピッチ・レバーを大きく操作したため、飛行姿勢が安定せず、エンジンの負荷が変化しNFが111%を超えたため、不時着までの間エンジンのオーバースピード防止機能が8回作動した。燃料流量の増減によって、図16のとおり、エンジン出力は増減しつつ作動を続け、コレクティブ・ピッチ・レバーの操作に連動し、降下率が変動していた。

両エンジンがマニュアル・バックアップ・モードとなった場合は、両エンジンの故障として、速やかにオートローテーション状態とする手順も考えられるが、IASが $V_Y$ 以下の速度では、適切なオートローテーションによる不時着は困難である。MPFRの記録によれば、機体姿勢及びNRが維持されていない状態では、2,000～6,700ft/minの降下率の変動状態から、IAS約60kt、NRが95%前後、機体姿勢が水平に近い状態では、570～800ft/minに減少し飛行した区間も見られた。降下中は、右回転が継続され安定した飛行はほとんどなかったが、オーバースピード防止機能により、エンジンは停止することはない、エンジン出力が回復した区間では降下率が減少し、不時着地への誘導及び接地時の衝撃の緩和に関与したものと考えられる。

### 3.6 操縦士の対応

#### 3.6.1 IAS増加時のピッチ姿勢と速度

2.1.2(1)に記述したとおり、機長は、中央の窓枠にある装備品の位置と水平線との間隔をピッチ姿勢の目安としてIAS140kt (TAS147kt) 付近を保っていたと口述している。この操縦操作の妥当性を分析するため、図30のとおり、対気速度の違いによるピッチ姿勢の変化を設計者の計算モデルによりグラフ化した。赤丸は、機長が口述した窓枠にある装備品の位置と水平線の間隔を目安としていた



ピッチ姿勢であり、その他のグラフは、異なった飛行条件における（重量、重心位置、水平又は降下中）ピッチ姿勢を計算したものである。計算値は、高速域に近づくに従い、飛行条件によるピッチ姿勢の違いが小さくなり、TAS 140kt から TAS 150kt 付近でおおむね $0^{\circ}$ のピッチ姿勢となる。

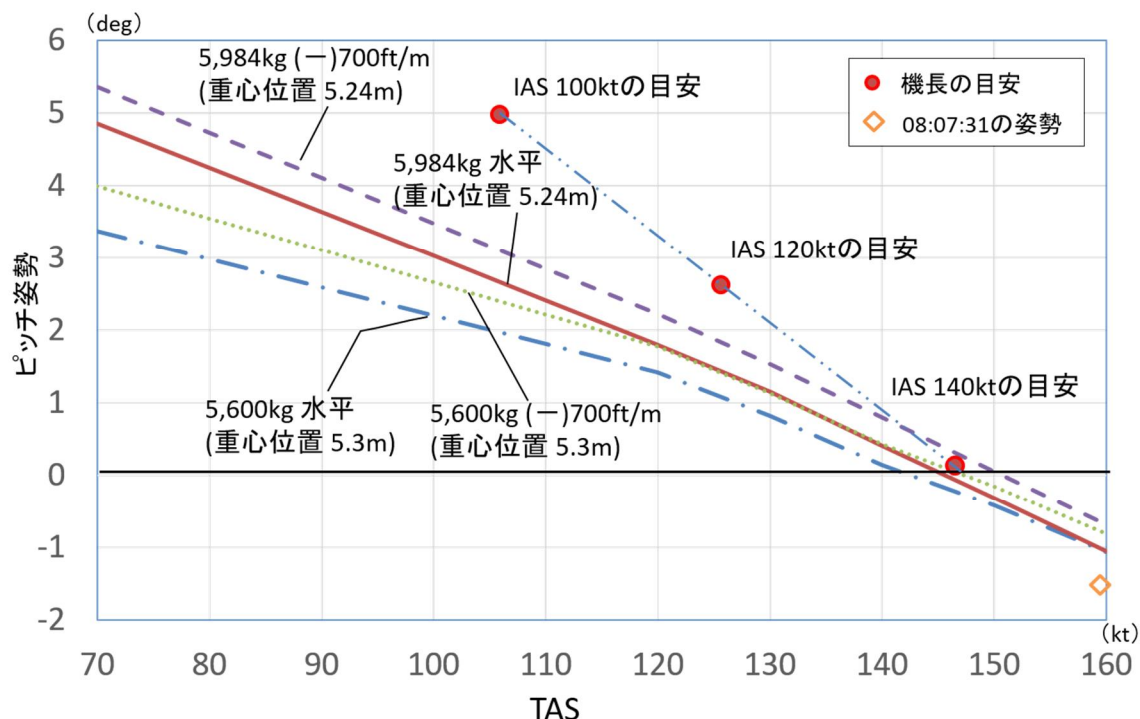


図30 対気速度の違いによるピッチ姿勢の変化

2.5.2 に記述した事故当時の重量重心から、IAS 140kt (TAS 147kt)の水平飛行のピッチ姿勢は、約 $0^{\circ}$ であったが、MPFRによるIASの記録では、IASが急激に増加する直前の08時07分31秒では、 $V_{NE}$ との差が6ktとなるIAS 152kt、ピッチ姿勢は(-)  $1.75^{\circ}$ であった。機長の目安どおり姿勢が保持されていなかったものと考えられ、このことが(+) $10\text{kt}$ 以上の速度差を生じさせ、 $V_{NE}$ を超過しやすい速度が継続する要因となったと考えられる。

また、2.1.2(1)及び(2)のとおり、機長及び副操縦士とも、急激なIASの増加を認識できていない。図26のとおり、IASが急激に増加した08時07分35秒には、CVRには副操縦士の「気を付けて、気を付けて」という声が記録されていることから、副操縦士が対気速度計の背景色が黒色から $V_{NE}$ の超過を示す赤色に変わる警告表示を視認したか、又は急激な姿勢変化の開始を体感して発声した可能性が考えられる。機長は、コレクティブ・ピッチ・レバーを10~15%下げ、IAS 100ktの姿勢であるピッチ姿勢 $5^{\circ}$ にしたと述べているが、3.4.3で述べたとおり、08時07分36秒にコレクティブ・ピッチ・レバーが20%下げられ、その後ピッチ姿勢は $5^{\circ}$ で停止せず、継続的に変化したことから、IASが急激

に増加した際、ピッチ姿勢が適切に制御できなかったと考えられる。

### 3.6.2 右ロール運動時の操縦操作

3.4.3 で述べたとおり、IASが急激に増加した直後、360°を超える右ロール運動となった際、サイクリック・スティックは、右後方へ大きく操作されていた。2.1.2(1)に記述したように、機長は、機体姿勢を修正する際はFTRを使用しており、FTRの使用状況をMPFRの記録で確認（付図3 会津場外離陸後のMPFRの解析－2参照）したところ、機体姿勢の修正には頻繁にFTRを使用し、ビープ・トリム・スイッチは使用していなかった。同機の飛行規程の通常操作の項には、「サイクリック・スティックを大きく操作する時はいつでも、フォース・トリム・リリース・ボタン（FTR）を押して保持したままサイクリック・スティックを動かすこと。」の記載がある一方、「前進飛行における小さな姿勢修正（±2～3kt）には、システム・ビープ・トリム・モード（TRIM）を使用することができる。」とされ、「トリムは通常、トリム・リリースとビープ・トリムの組合せにより行う。」とされている。特に高速飛行においては、操舵への応答が敏感になるため、同型式機ではビープ・トリムのピッチ姿勢の変化率が小さくなるように、設計されている。したがって、高速飛行においては、サイクリック・スティックの操作量を限定的に抑えるか、ビープ・トリムを使用することが必要になるものと考えられる。

2.1.2 に記述したように、機長は、「横G（横加速度）と縦G（縦加速度）の両方を感じるような突風を受け、姿勢を維持しようと思いサイクリック・スティックを探すようにして保持したところ、前方に引き込まれるようにして宙返りした。」と口述している。08時07分35秒にIAS188ktになった際、ピッチ姿勢は（－）0.5°から（－）5°、ロール姿勢は左3°から左5°となり、垂直加速度は、機体中心が0.36G（基準値1.0G）、機首位置が（－）0.92G（基準値0.0G）が記録された。機長は、このような急激な機首下げとマイナス側の加速度を体感して、前方に宙返りすると思い、08時07分34秒、FTRを長押ししながら、サイクリック・スティックを機体姿勢と反対方向となる右後方へ大きく操作したと考えられる。このことが右ロール運動を助長したと推定される。

また、サイクリック・スティックが大きく操作されたことについては、ビープ・トリムを使用せず、FTRを使用して操作を行った場合、操作量に応じて人工的に与えられる操舵反力がOFFの状態となったことで、サイクリック・スティックがアクチュエーターにより保持されていた位置に戻ろうとする操舵反力が無くなり、修正量が過大となった可能性が考えられる。

同型式機の自動操縦装置（AFC S）は、FD<sup>\*38</sup>モードをカップリングさせないATTモードでは、姿勢保持機能により、IASが45ktを超えロール姿勢が3°を超えている場合は、ロール姿勢を保持し、3°未満の場合は強制的にロール姿勢を0°にして、機首方位を保持する。FTRを押下した場合は、SASモードとなるため、姿勢保持機能が停止し、パイロットの操作が優先される。ATTモードでは長周期の外乱に対してもピッチ及びロール姿勢を維持することができるため、IASの増加を防ぐことはできないものの、ビープ・トリムを使用して操舵反力を感じながら修正を行うことにより、操縦装置の大きな操作が抑制され、本事故のような急激な右ロール運動となる姿勢変化には至らなかった可能性がある。

### 3.6.3 テール・ローター・ドライブ故障の把握

同機は、3.5.2で述べたように、右ロール運動となった際、テール・ドライブ・シャフトが切断され、テール・ローターが停止したため、操縦が困難な状態となったが、2.1.2に記述したように、機長及び副操縦士は、テール・ローター・ドライブの故障状態を把握できなかった。機長は、右ロール運動となった後、機体のコントロールに集中して考える余裕がなかったものと考えられる。また、副操縦士は、自動操縦装置が暴走したと思い、APスイッチをリセットしようとしたものと考えられる。

2.13.3.2で記述したように、同型式機のテール・ローター・ドライブの故障は、急激な右方向の振れ及びヨー・コントロールの喪失により発生を知ることができる。前進飛行時の非常手順としては、右方への振れを最小にするためコレクティブ・ピッチ・レバーを下げた後、機体重量に応じて十分な対気速度及び出力を維持し、横滑りを制御するため、NRを限界内に維持しながらコレクティブ・ピッチ・レバーを上下させ、着陸点上空まで飛行して、エンジンを停止するという手順になっている。

MPFRの記録から、右ロール運動となった後、右回転が始まり、左ラダー・ペダルを踏み込む操作をしても、右回転が継続していることから、機長は、テール・ローター・ドライブの故障の発生を知る機会があったと考えられるが、把握することはできなかった。同機は、08時08分00秒の前後に、IASが約80ktから100kt、ピッチ／ロール姿勢が0°付近で姿勢が一時的に安定した際、約10秒間直進飛行をしているが継続できなかった。

2.1.2に記述したように、両操縦士は、イタリア共和国のレオナルド社におい

---

\*38 「FD」とは、ATTモードにおいて、4軸（ロール、ピッチ、ヨー及びコレクティブ）を制御することにより、速度制御、上昇降下、飛行経路等の自動飛行（ガイダンス制御）を行う機能をいう。

て、平成26年11月から12月にかけて限定変更の訓練を行い、そのFFS訓練の際、同型式機のテール・ローター・ドライブ故障の訓練を実施していた。その後、同型式機の模擬飛行訓練装置等での訓練は実施されていない。国内における模擬飛行訓練装置等を利用した訓練は、AS350B3型FTDを使用して、年に1回程度、訓練を実施していた。巡航飛行中の手順として、対気速度及び出力を維持し、サイド・スリップ角度を最小にするように調整するという手順の意図は、AW139型とAS350B3型との間で大きな差はないが、2.13.4で記述したように、同型式とAS350B3型のテール・ローター・ドライブ故障の徴候及び非常操作手順を比較すると、AS350B3型では、メイン・ローターの回転方向が同型式機とは反対方向となるため、故障発生の徴候は、機首を左方向に変化させるという点に差異があり、このことが、故障の徴候の判断を遅らせる可能性が考えられる。また、AS350B3型は、進入及び着陸の手順については、オートローテーション着陸に適した場所でオートローテーション着陸手順を実施することが定められている一方、AW139型では、オートローテーションとせず、接地直前にエンジンを停止して滑走着陸する手順となっていることから、適切に非常時の手順が実施できない可能性も考えられる。

機長及び副操縦士共にテール・ローター・ドライブ故障を十分に把握できなかったことについては、限定変更後は、同型式機の模擬飛行装置等を使用しての訓練が両名とも未実施であり、2.12.2に記述したように、通常運用していないAS350B3型のFTD訓練しか実施していなかったため、継続した右方向への振れをテール・ローター・ドライブ故障として把握することが困難であった可能性も考えられる。

なお、同型式機の模擬飛行訓練装置等については、事故当時、国内において運用されているものはなかったが、令和3年度から国内での運用が開始されている。

#### 3.6.4 不時着時の対応

2.1.2(1)に記述したように、機長は、降下中にPFDの対気速度計などが×印表示になったのを視認し、早期に不時着を判断して、着陸装置を下げた。MPFRの記録によると、08時07分40秒に「ADC1 FAIL」のデータが約1秒記録されており、この信号を受けて副操縦士側のPFDの表示が×印になったと考えられる。

3.4.6(4)で述べたように、着陸装置を下げて不時着に至ったことは、耐衝撃性の観点から極めて有効であり、負傷の程度の緩和に役立ったものと考えられる。また操縦が困難な状態の中、民家を避けつつ機体を操縦し不時着させたことは適切であったと考えられる。

### 3.6.5 非常操作中の操縦士間の関係

同型式機は、操縦士1名での運航を可能とする機体設計がされているため、非常操作時においても、機長1名での対応は可能であるが、同機が遭遇したような操縦が困難な状況においては、操縦士2名での対応によって、機外通信の実施、事態の正確な把握、不時着時のエンジンの停止操作などを迅速に実施できる可能性がある。

同機が右ロール運動となった際、2.9.2に記述したように、機体の異常な姿勢変化から、右横滑りの状態が発生し、客室右スライド・ドアの前方窓は圧縮された状態となって機内に脱落、コパイロット座席（左側）の窓は、機体の外に吸い出されて脱落したものと考えられる。これにより、機内に風が流入し、機長のヘッドセットが外れ、機内交信ができなくなり、操縦士間の意思疎通が不十分な状態となったと考えられる。

副操縦士は、2.1.2(2)に記述したように、操縦系統が暴走したと考え、APスイッチをリセットしようとした。付図6のMPFRの記録によると、08時08分20秒にAP OFFとなっていることから、副操縦士がAPをOFFとしたまま、再度ONにされなかったと考えられる。そのため、飛行制御システム（FCS）のアクチュエーター信号がゼロとなって、サイクリック・スティックの操作量が徐々に大きくなった。これにより姿勢変化が大きくなって、不時着時の修正操作が困難になった可能性が考えられる。

操縦士2名体制は、両者のリソースを有効活用することで、より安全な運航を実現するものである。しかし、非常事態に遭遇した場合は機内交信が不通になるなど、操縦士間の口頭でのコミュニケーションが取れない状況もあり得ることを考慮し、そのような場合でも両者が意思疎通を図りながら連携できるよう、豊富な非常操作訓練を行うことが必要と考えられる。

## 3.7 模擬飛行訓練装置（FFS）による検証

3.5.1で述べたように、急激なIASの増加は、強い下降気流に遭遇した際、水平成分の追い風が急激に減少して生じたと考えられることから、同型式機のFFSにより、次の項目について確認した。ただし、実機において発生したと考えられる機体周辺の急激な気圧の変化は再現できないため、一定の大気圧及びシステム上の風速の減速率を使用して確認した。

### 3.7.1 飛行制御モードの差異によるIASの増減速の検証

同型式機には、飛行制御システムとして、ATT、SAS及びFDを装備している。そこで、急激なIASの増加に対してこれらの機能を活用することにより、飛行制御にどのような影響が生じるかについて、次のような飛行条件を設定し確認し

た。

(1) ハンズオフによる飛行制御の動安定の特徴

同型式機にはFDが装備され、飛行モードの違いにより維持する飛行諸元（姿勢、対気速度、気圧高度）を変更できることから、次の三つの飛行制御モードにおいて、50ktの追い風状態から0ktへの風速変化を入力し、飛行制御の動安定の特徴について確認した。

Case-1：ATTモードのみ（サイクリック・スティック及びコレクティブ・ピッチ・レバー固定）

Case-2：指示対気速度保持モード(IAS HOLD)

Case-3：指示対気速度保持モード(IAS HOLD)及び高度保持モード(ALT HOLD)

初期値：IAS 150kt、針路120°、高度 4,500ft

重量 5,707kg、重心位置 5.27m（事故発生時と同じ）

風向風速：300° 50kt（追い風）

風速50ktから0ktまでの風速減少率：（-）約2.3kt/s

地上外気温度：1℃

地形情報：猪苗代湖南東の奥羽山脈上空

乱流レベル：なし（ランダムに発生する乱気流が動安定結果に影響するため）

操縦装置：ハンズオフ

検証結果

- ① 3ケースともシステムの風速が0ktとなる約20秒間において、IASが増加し、 $V_{NE}$ を超過した。
- ② IASの最大値は、Case-1>Case-2>Case-3であり、 $V_{NE}$ の超過時間はCase-3が最短であった。

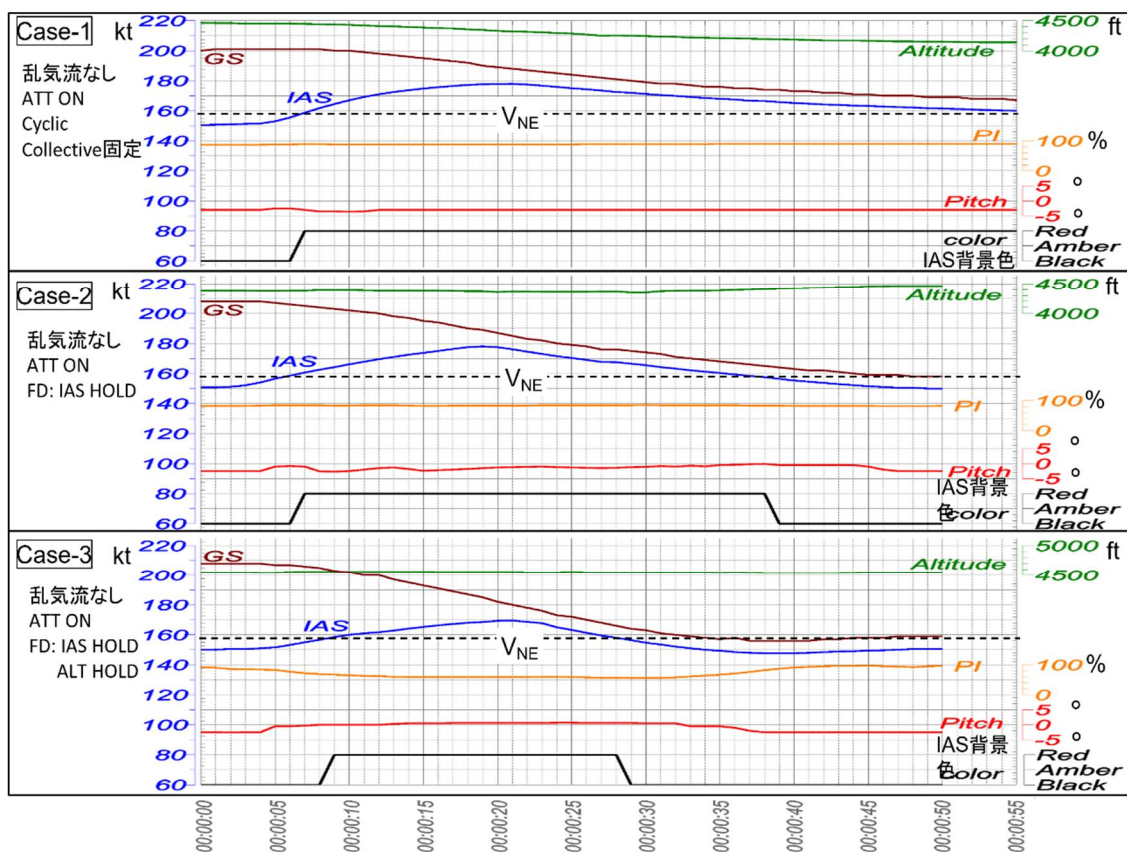


図 3 1 ハンズオフによる飛行制御の動安定の特徴

(2) ATTモードにおけるビープ・トリムでの減速操作

ATTモードの飛行状態で、50ktの追い風状態から0ktへの風速変化を入力し、IASが急激に増加した際、ATTモードで、ビープ・トリムとコレクティブ・ピッチ・レバーの操作による減速操作を行い、次の3ケースにおいて、飛行制御の動安定の特徴について確認した。

Case-4：コレクティブ・ピッチ・レバーを固定し、IAS増加時の $V_{NE}$ 超過時の赤色の警告表示の前に表示される注意表示のアンバーの背景色を確認後、ビープ・トリムを5秒間後方に操作する。

Case-5：コレクティブ・ピッチ・レバーを固定し、IAS増加時のアンバーの背景色を確認後、IASが減速するまでビープ・トリムを後方に操作する。（約7秒間）

Case-6：IAS増加時のアンバーの背景色を確認後、ビープ・トリムを3秒間後方に操作した後、高度を維持するようにコレクティブ・ピッチ・レバーを下げ操作する。

初期値：前項(1)と同じ、ATT ON、FD OFF

検証結果

- ① 3 ケースとも、 $V_{NE}$  を超過したが、IAS が増加して背景色がアンバー色になった時間は、1 秒未満であった。
- ② IAS の最大値は、Case-4 > Case-6 > Case-5 であり、 $V_{NE}$  の超過時間はビープ・トリムの操作時間が長いほど短くなる。
- ③ Case-4 及び Case-5 では、高度保持ができず、 $V_{NE}$  以下の速度となるまで 500 ft 以上上昇した。
- ④ Case-6 では、Case-3 と同程度の  $V_{NE}$  の超過時間であり、安定した姿勢が保持できた。

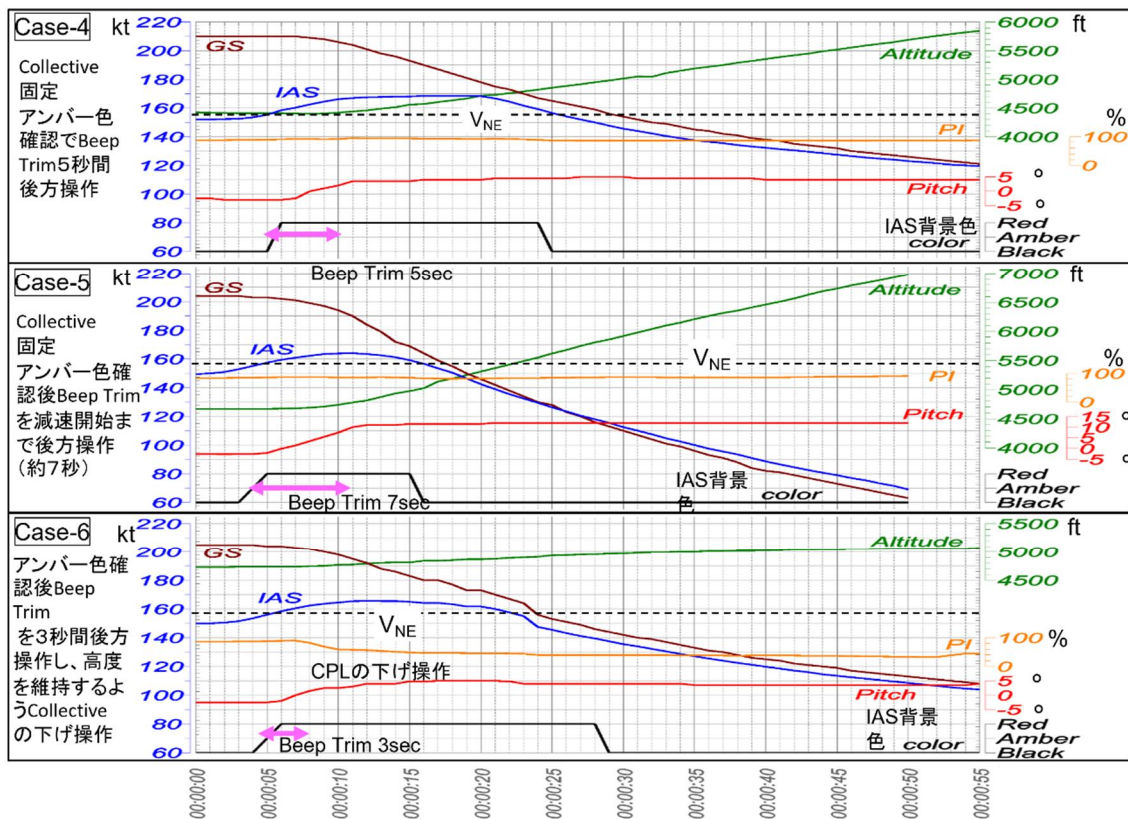


図 3 2 A T Tモードにおけるビープ・トリムでの減速操作

(3) 検証結果による総合考察

検証した六つのケースのいずれにおいても、IAS が超過禁止速度を超えて急激に増速することは防げなかった。FFS のシステム上の制限により、風速減少率は、(−) 2.3 kt/s で確認を行ったが、同機の IAS が 4 秒間に 36 kt 増速したことを考慮すると、本事故時の水平風速の減少率はもっと大きなものであったと考えられ、この FFS による結果と同等以上に IAS が増加していた可能性が考えられる。いずれのケースにおいても、ATTモードにより姿勢が安定していたことから、巡航状態で飛行する場合は、FD を使用して飛



行するか、ビープ・トリムにより、修正操作を行うことが望ましいと考えられる。

2.13.2 に記述したように、同型式機の飛行規程では、激しい乱流域の飛行方法は、快適な速度まで減速し、急激な速度変化を行わず、安定した姿勢で飛行すること、さらに、大きく、急激なコレクティブ・ピッチ・レバー操作は行わないこととされている。また、使用する飛行制御モードは、飛行方法に応じてパイロットの判断によるものとされているので、パイロットは適切なモードを選択する必要がある。

### 3.7.2 テール・ローター・ドライブ故障時の手順及び直進可能な速度の検証

2.13.3.2 に記述したように、テール・ローター・ドライブ故障となった場合、十分な IAS / 出力 / ロールを確立し、NR を限界内に維持しながら、コレクティブ・ピッチ・レバーを上下させることにより、横滑りを制御することが可能であることから、次の手順で直進が可能な対気速度を確認した。

初期値：IAS 120kt、針路 120°、高度 4,500ft

重量 5,707kg、重心位置 5.27m（事故発生時と同じ）

風向風速：無風

地上外気温度：1℃

乱流レベル：なし

初期値による飛行中に、テール・ローター・ドライブ故障状態として、非常操作手順を実施した。

#### 検証結果

直進可能な速度 IAS 110kt 以上

#### ① コレクティブ・ピッチ・レバーの影響

コレクティブ・ピッチ・レバーの上下は、NR 変化に大きく影響するため、小さくゆっくりした操作が必要であった。

#### ② 直進可能な対気速度の確認

事故発生時の重量重心では、テール・ローター・ドライブ故障状態となった場合は、左約 3° のロール姿勢を維持しながら IAS 110kt 以上の速度が必要であった。IAS 105kt 以下では、右方向への振れが始まり、減速に比例し振れが徐々に大きくなった。一度 IAS が減少し、右回転が大きくなると、直進状態に回復することは極めて困難であった。

## 総合考察

2.13.3.2 に記述したように、同型式機のテール・ローター・ドライブの故障では、急激な右方向への振れ及びヨー・コントロールの喪失、テール・セクションにおける異常音又は異常振動が発生する。発生時の振れの度合いは、故障発生時の対気速度、高度、全備重量、重心位置及びトルク設定値に依存し、垂直安定板のフィン形状により、高速ほど右側に揚力が発生するため、フィン効果は高速ほど大きくなる。

上記の検証の結果、事故発生時の重量・重心では、直進飛行をするために110kt以上の対気速度と左3°のロール姿勢が必要であった。事故発生時のように、一度対気速度が減少した場合は、増速するための大きな機首下げ操作が必要となり、その間に降下率が大きくなるため、対気速度を回復するまでに十分な対地高度が必要となる。したがって、操縦士は、テール・ローター・ドライブ故障発生時の高度及び対気速度を速やかに判定し、前進飛行時又はホバー時の手順を実施するか、あるいはオートローテーションによる着陸が可能か判断する必要があると考えられる。

## 4 結 論

### 4.1 分析の要約

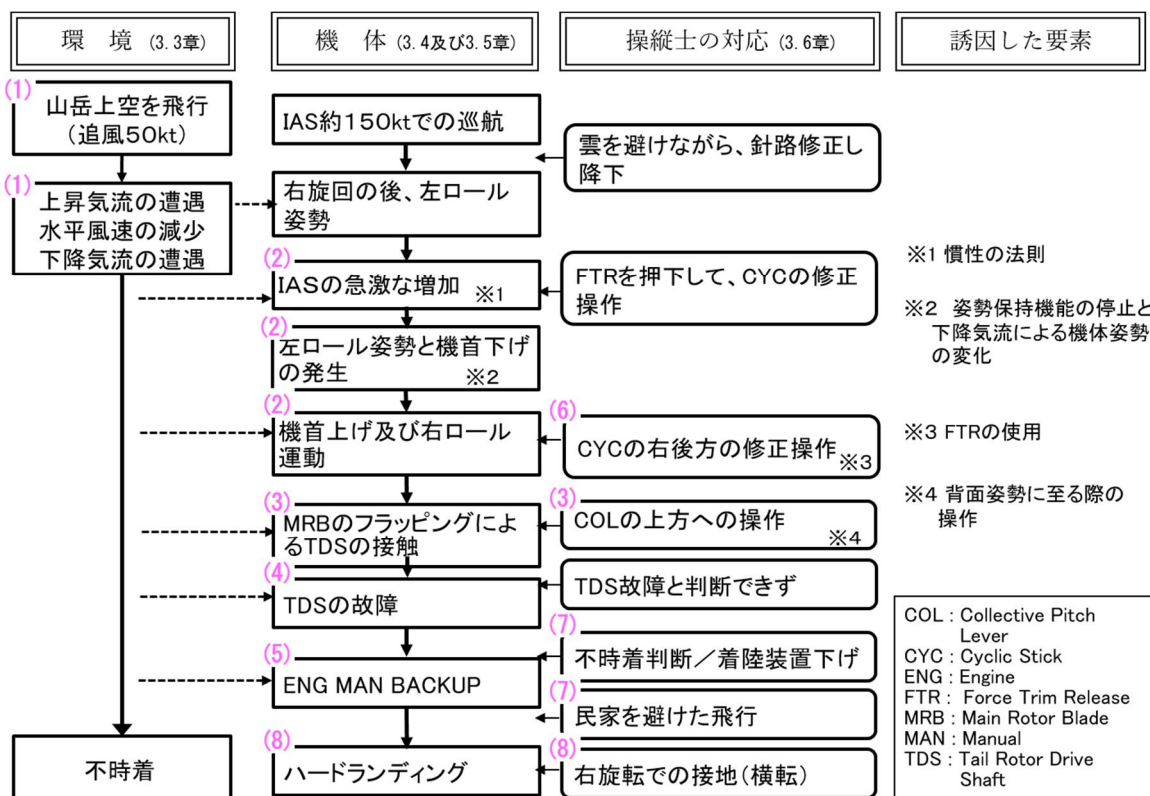


図 3.3 分析の要約図

- (1) 強い北西風により、猪苗代湖南東側の山脈地域の領域で特に強い鉛直流が発生し、追い風で高速飛行していた同機は短時間で気流が激しく変化するような領域に遭遇したと考えられる。同機は、水平風速の急激な減少により、飛行制御に強い影響を受けたものと考えられる。(3.3.2)
- (2) IASが急激に増加し右ロール運動が開始されたことについては、奥羽山脈の東側において、北西の風の中を追い風約50ktで飛行中、強い下降気流に遭遇して、追い風の水平風速が急激に減少した際に、慣性力により、対地速度が大きく変化しないため、結果的にIASが増速した。このIASが急激に増加した際、FTRを押下したところ、姿勢保持機能が停止し、左ロール姿勢と機首下げが生じた。この姿勢変化に対抗するようにサイクリック・スティックが右後方へ大きく操作されたことを契機に、360°を超える右ロール運動が始まったと考えられる。(3.4.3、3.4.4、3.5.1及び3.5.2)
- (3) 右ロール運動中、メイン・ローター・ブレードが接触してテール・ドライ

ブ・シャフトが切断され、テール・ローター・ドライブ故障状態になった。接触音が記録されている時点で、機首上げ $19^{\circ}$ 、右バンク $108^{\circ}$ 、右ロールレート $100\text{ deg/s}$ の異常姿勢となっており、垂直加速度が(−) $1.4\text{ G}$ において、コレクティブ・ピッチ・レバーが上方に操作された際に、メイン・ローター・ブレードが胴体側に大きくフラッピングして、テール・ドライブ・シャフトに接触し、これを切断したものと推定される。(3.4.4及び3.5.3)

- (4) 同機は、テール・ローター・ドライブ故障状態となった後、降下中、IASの増加でやや直進し、減速で右回転する動きを繰り返したものと考えられる。不時着時は、右回転を続けながら、接地直前に機体姿勢が引き起こされ、右に傾斜した状態で接地したものと推定される。(3.4.5)
- (5) エンジンは、降下中にマニュアル・バックアップ・モードとなり、エンジンのオーバースピード防止機能が8回作動したが、不時着するまでの間、停止はしなかった。エンジン出力が回復した区間では降下率が減少し、不時着地への誘導及び接地時の衝撃の緩和に関与したものと考えられる。(3.5.4)
- (6) IASが急激に増加した際、機長は、コレクティブ・ピッチ・レバーとサイクリック・スティックを操作し、ピッチ姿勢を制御しているが、機体姿勢と反対方向となる右後方へサイクリック・スティックを大きく操作した。この操作の際、FTRを押下しながら操作したため、修正量が過大になった可能性が考えられる。(3.6.1及び3.6.2)
- (7) 機長が、着陸装置を下げて不時着に至ったことは、耐衝撃性の観点から極めて有効であったと考えられる。また、右ロール運動となってテール・ローター停止後、操縦が困難な中、民家を避けつつ機体を操縦し不時着させたことは適切であったと考えられる。(3.6.4)
- (8) 人員の被害が負傷にとどまったのは、不時着を試みた際、右回転しながらハードランディングとなったが、接地時の機体姿勢が水平に近く、機体各部で大きなエネルギーを吸収したためと考えられ、耐衝撃性の機体設計が十分に機能したものと推定される。(3.4.6及び3.6.4)

#### 4.2 原因

本事故は、同機が飛行中、メイン・ローター・ブレードがテール・ドライブ・シャフトを切断したため、機体の操縦が困難となり、不時着を試みたが、ハードランディングとなって、搭乗者が負傷し機体が損傷したものと推定される。

メイン・ローター・ブレードがテール・ドライブ・シャフトを切断したのは、強風下の山岳地域上空を高速で飛行中、強い下降気流に遭遇し、急激に対気速度が増加した際、 $360^{\circ}$ を超える右ロール運動となり、メイン・ローター・ブレードが胴体側

に大きくフラッピングしたことによるものと推定される。また、右ロール運動となったことについては、下降気流に遭遇した際、機長の操縦操作が過大になったことが影響したと考えられる。

## 5 再発防止策

### 5.1 必要と考えられる再発防止策

本事故時と同様の状況において、同種事故の再発防止をするためには、次のことが考えられる。

#### (1) 強風下の山岳地域飛行時の留意事項

今回のような強い鉛直流域の位置を正確に予測することは困難であるが、特に山脈地域に直交する方向の一般風が吹くときには、大振幅の山岳波が発生し、水平風速の急激な変化が予想されることから、機外の気象状態及び飛行諸元の変化状況を常に監視し、急激な気象変化に対応できるよう航空機の飛行制御能力を十分に考慮し、飛行中の飛行制御モードを適切に選択する必要がある。

追い風で飛行中、対気速度と対地速度の差が大きい場合、山岳波の発生地域上空では、あらかじめ減速するとともに、高度及び経路を適切に選定して飛行する必要がある。

#### (2) 模擬飛行装置等を使用した定期的な訓練の実施

パイロットは、飛行目的や環境条件を判断して、飛行中の飛行制御モードを適切に選択する必要がある。飛行制御モードの十分な理解と適切な活用を行うためには、飛行規程及び関連マニュアルを熟読し、さらに、模擬飛行装置等を使用して飛行制御の違いを習得する必要がある。

非常操作時に2名の操縦士間で迅速かつ正確な対応を実施するのは、通常の飛行訓練や地上訓練だけでは困難であることから、可能な限り、操縦する機種に対応した模擬飛行装置等を使用し、操縦士2名のコーディネーションも含めて訓練することが望ましい。

### 5.2 本事故後に講じられた再発防止策

#### 5.2.1 警察庁による再発防止策

##### (1) 警察用航空機の航空安全の確保に関する事務連絡の発出（令和2年2月）

##### ① 安全運航の重要性の徹底

航空機の安全な運航について関係職員に徹底すること。

② 乱気流への対応

- a 乱気流が予想される空域を運航するに当たっては、最新の気象情報を確認し、飛行経路、高度及び巡航速度を適切に計画すること。
- b 乱気流に遭遇した場合には、適切なエンジン出力、飛行姿勢を維持し、早期に当該空域からの離脱を試みる等、乱気流の影響を最小限にとどめるよう努めること。

③ 緊急時における確実な操作手順の実行

- a 平素から、定期的な訓練を実施することにより、緊急操作能力の向上に努めるとともに、状況に応じた危険見積り及びその対応要領についてクルー間で認識の共有を図ること。
- b 緊急事態が発生した場合、機を失せず、飛行規程に即した操作手順を講じるとともに、緊急事態が複合的なものである場合には、クルー全員がこれを認知し最適の対応措置が講じられるよう、CRM<sup>\*38</sup>を実践すること。

(2) 警察用航空機の運用に関する通達の発出（令和4年4月）

① 操縦士訓練

操縦士個々の経験と技量に応じた段階的な訓練計画に基づき、組織的に操縦士の練度の把握と技量向上に努めること。

さらに、緊急操作シミュレーター訓練及び計器飛行シミュレーター訓練については必要な予算措置を講じ、確実に訓練を行うこと。（警察庁は令和4年度から都道府県警察が実施する緊急操作・計器飛行シミュレーター年次訓練に必要な経費の補助事業を開始）

② 航空安全の体制の確保等

航空機の運航に必要な操縦士及び整備士を確保すること。警察用航空機の運航は、操縦士2名による運航とする。

③ 運航中にCRMが適切に実践されるようスキル向上に向けた教育・訓練を確実に実施すること。

(3) 航空業務計画策定に関する指針の発出（令和4年4月）

警察用航空機の運用等に関する規則に基づき、令和4年度航空業務計画策定指針が策定され、同計画に基づき業務の推進が求められている。訓練装置を使用した操縦士の訓練について、次の内容が指示されている。

外国での訓練又はシミュレーター等での訓練を積極的に活用して航空機の性能を最大限に生かした操作を習得し、操縦士の任務遂行能力の向上に努めるこ

---

\*38 「CRM」とは、Crew Resource Management の略で、安全で効率的な運航を達成するために、全ての人的リソース（航空機乗組員、運航管理者、整備士、航空管制官等）、ハードウェア及び情報を効果的に活用することをいう。

と。

- a 緊急操作要領（特にエンジン等の故障発生時の対応操作訓練）
- b 計器飛行訓練
- c ホワイต์アウト、ブラウンアウトや低視程、低シーリング等の特定気象・地形に応ずる各種操縦要領
- d ミッションリハーサル

## 5.2.2 福島県警察本部による再発防止策

### (1) 飛行計画時の安全対策

#### ① 適正な運航管理

- a 特異な気象が予想される場合は、気象会社による気象解析サービスを活用する。
- b 飛行計画チェックシートを新たに定め、運航関係者で相互確認後、管理責任者に報告する。

#### ② 緊急事態への対応

- a 緊急事態発生時に適切に認知し、クルー全員で対応できるようCRM訓練の実施を検討する。
- b 平素の緊急事態対応に関わる訓練。

### (2) 飛行決心後の対応

#### ① 搭乗員全員のブリーフィングを行い、主要な危険要因と対応策等の必要な事項を徹底し情報共有を図る。

#### ② 気象状況の急変時の地上との連絡手段を確立し、必要に応じ気象会社に確認する。

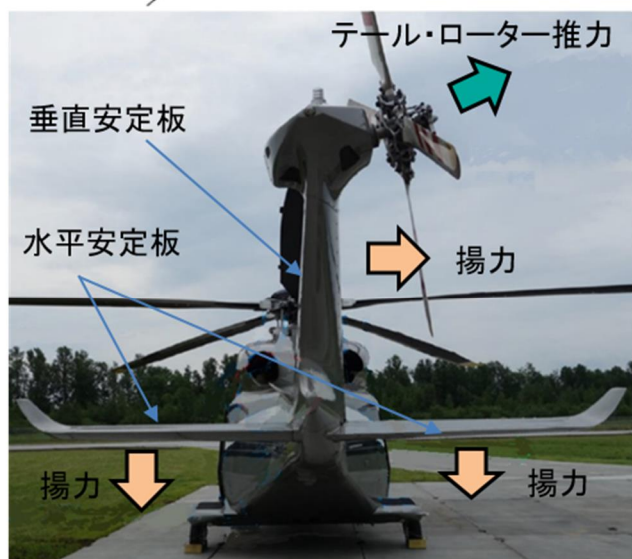
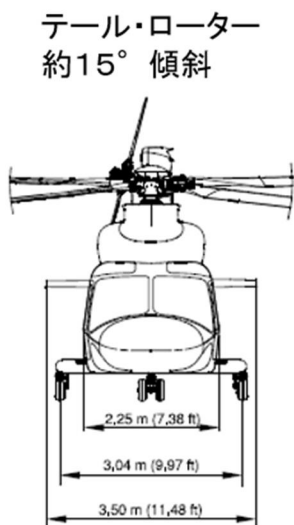
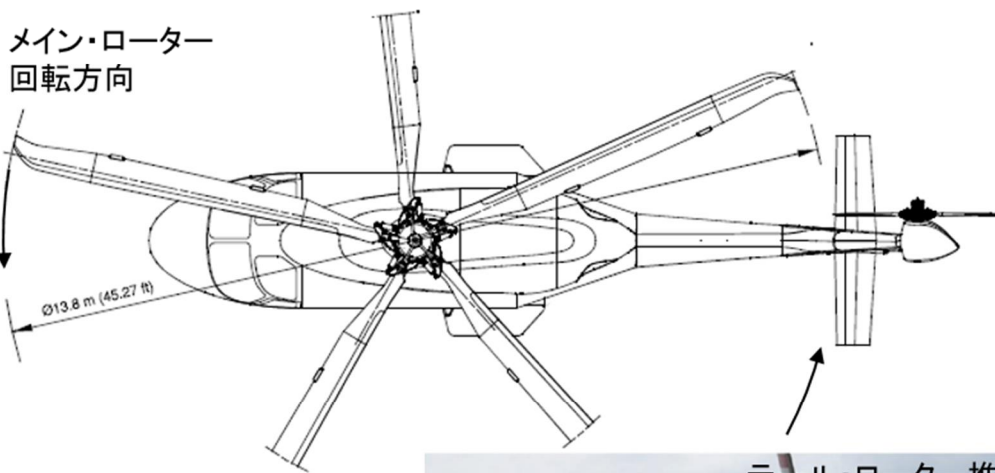
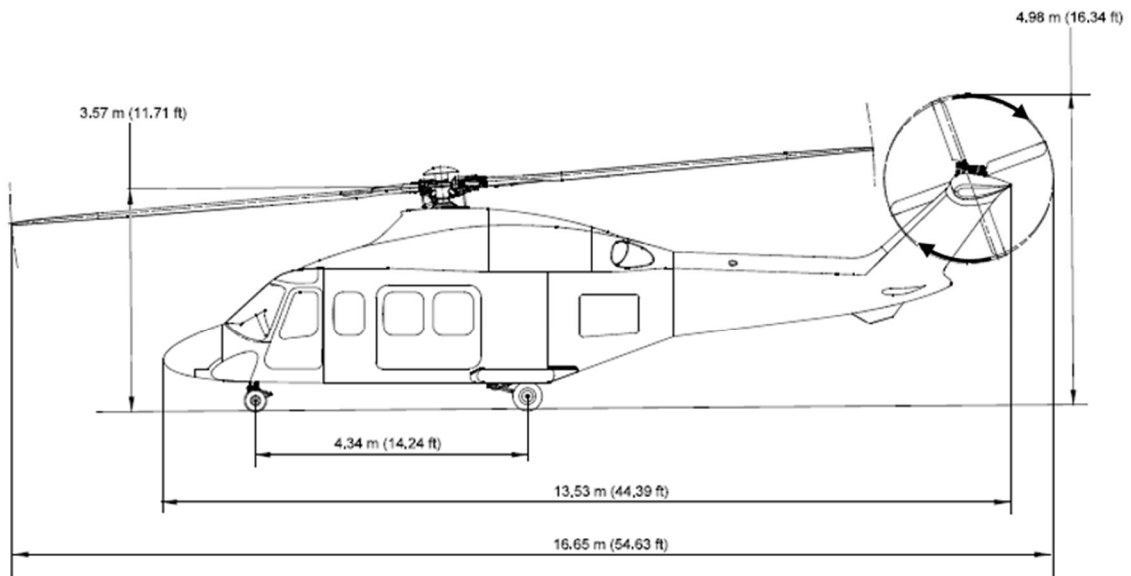
#### ③ 任務及び気象の状況の変化に応じて、機内ブリーフィングを行い搭乗員間の認識の統一を図る。

### (3) 危険認知時の対策

#### ① 乱気流に遭遇した場合は、早期に当該空域からの離脱又は予防着陸を試みる。

#### ② 定期的な訓練により、緊急操作能力の向上を図り、複数の故障徴候にも対応できるよう複合的な緊急事態も想定した訓練を行う。

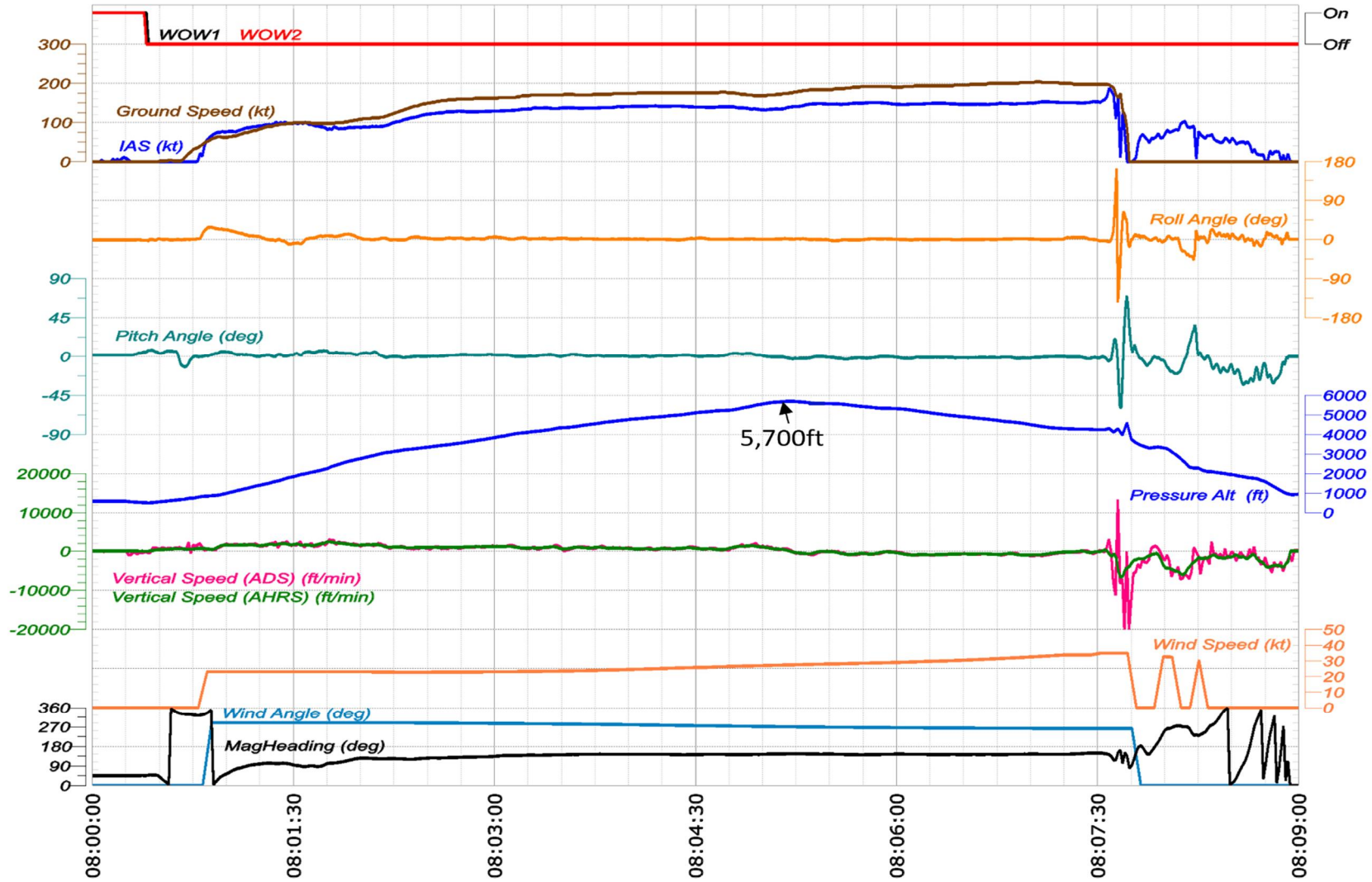
付図1 アグスタ式AW139型三面図とテールに作用する力の方向



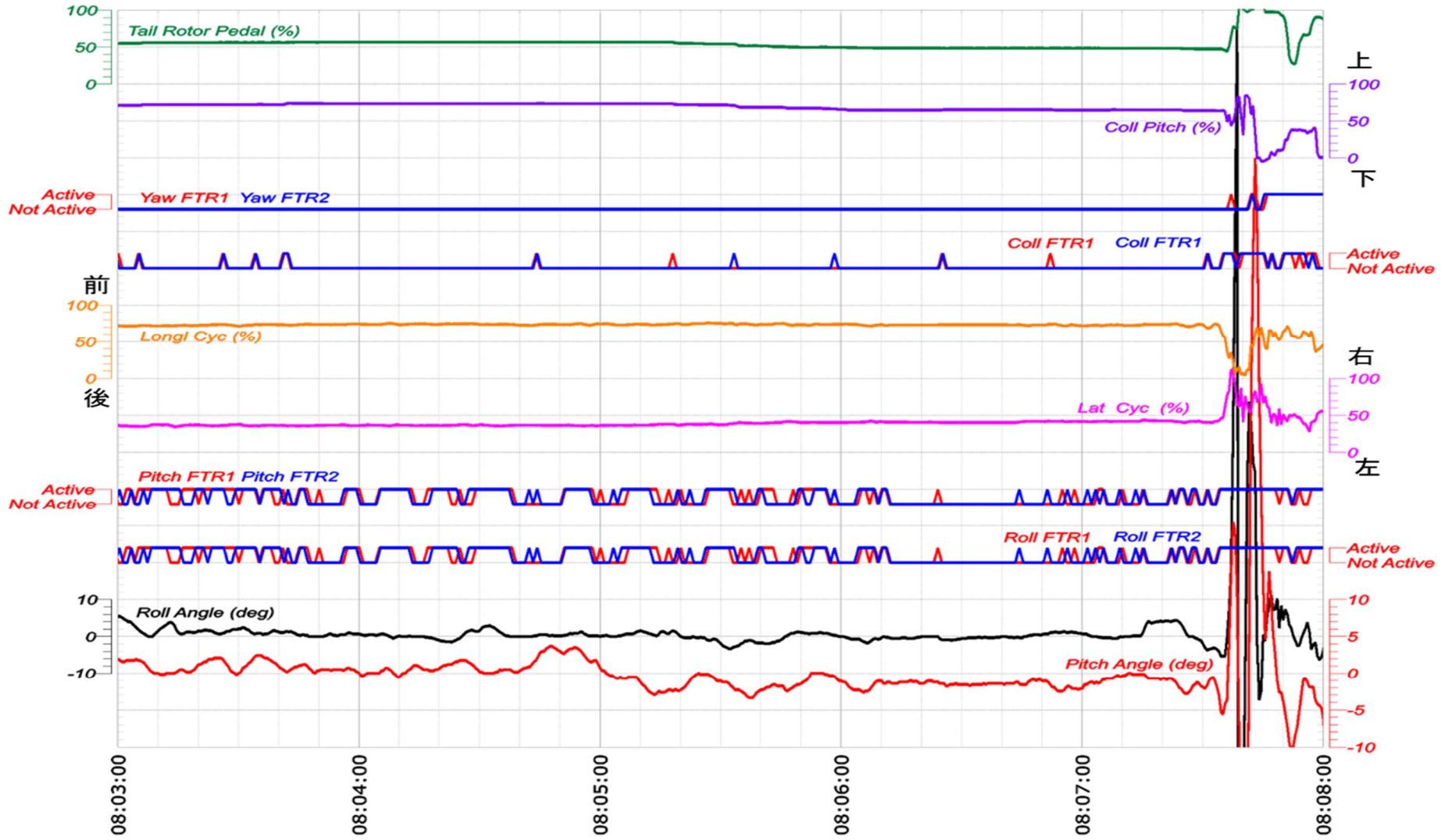
※ 水平安定板の迎角 左<右



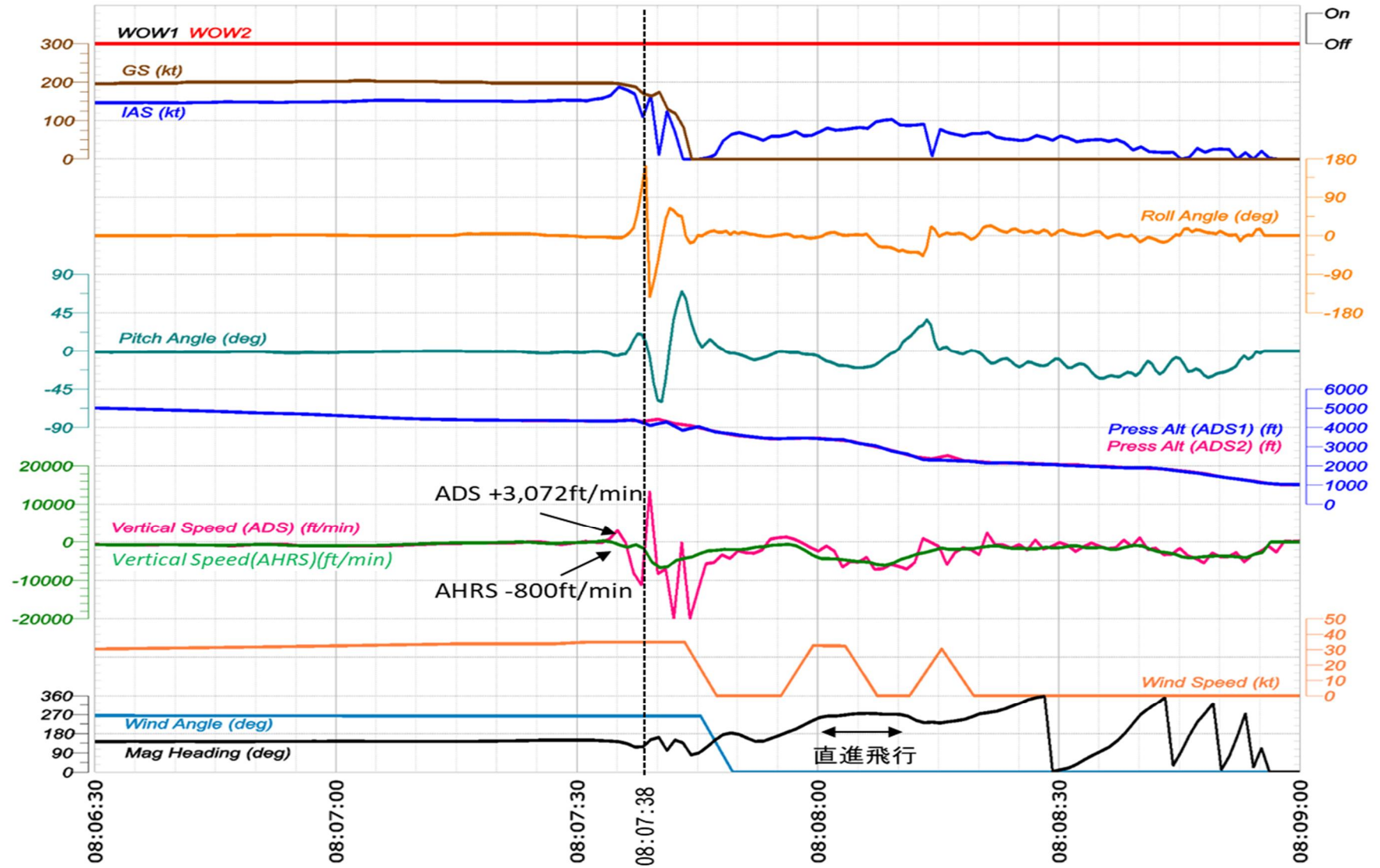
付図2 会津場外離陸後のMPFRの解析-1



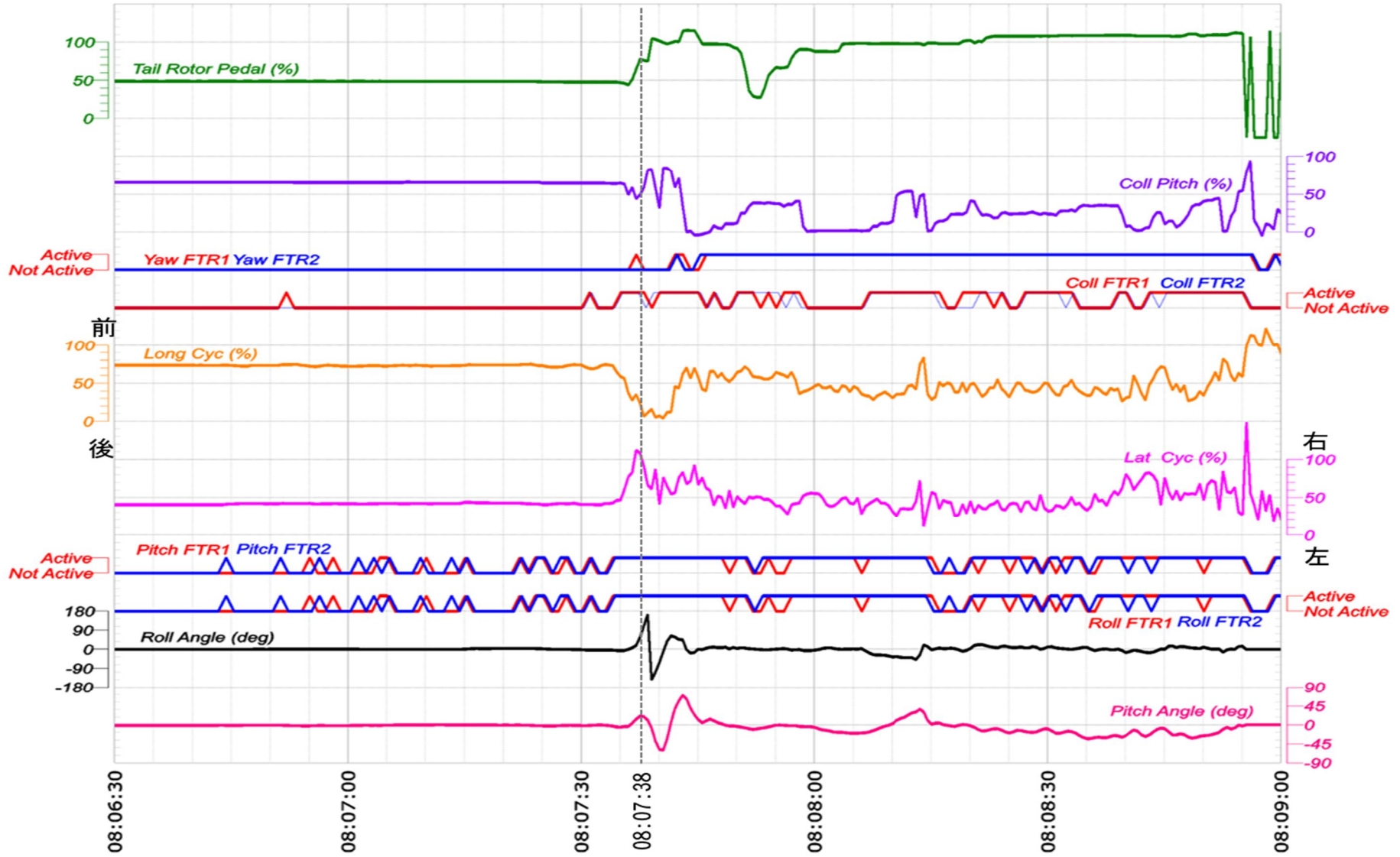
付図3 会津場外離陸後のMPFRの解析-2



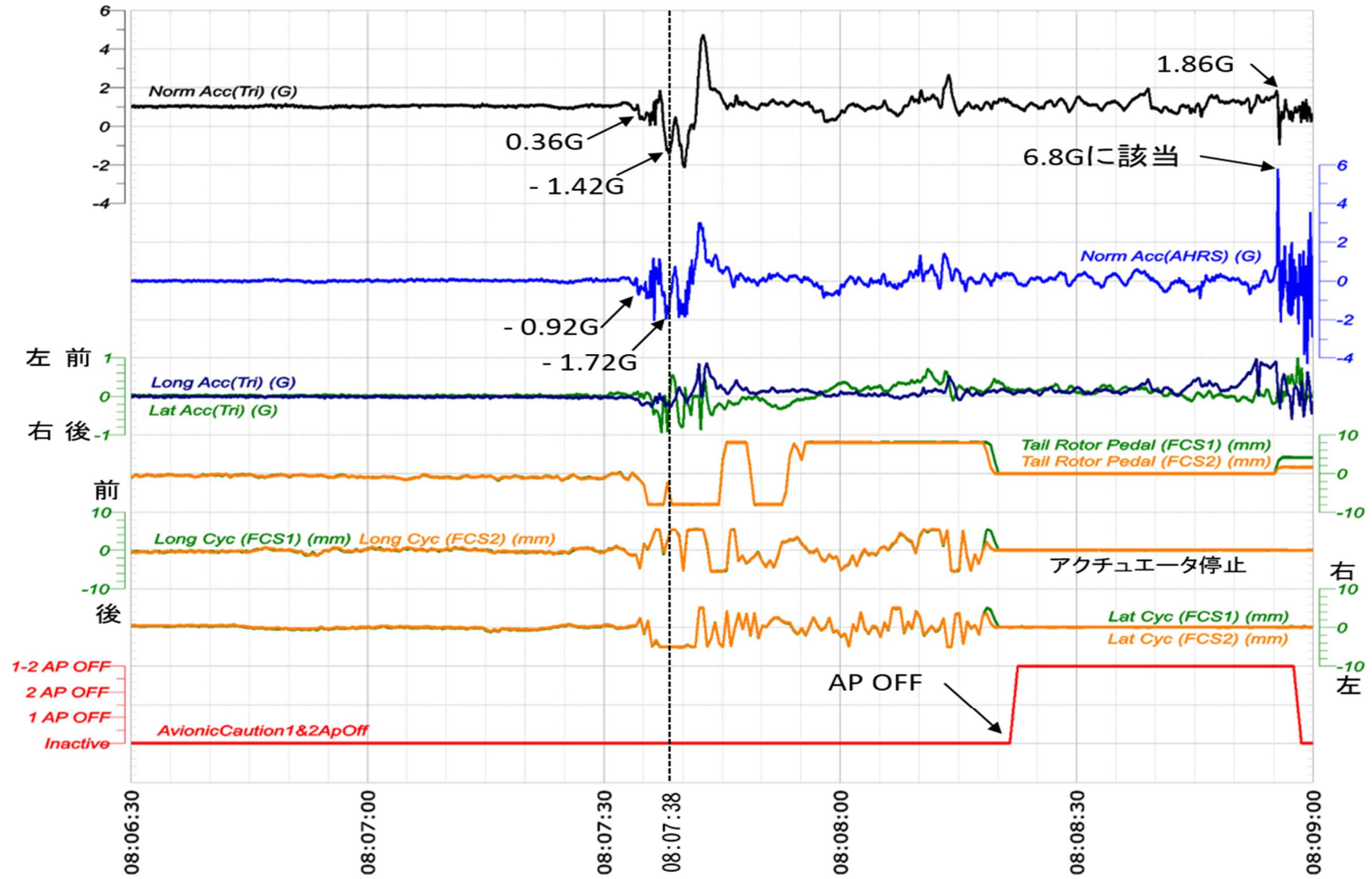
付図4 右ロール運動前後のMPFRの解析-1



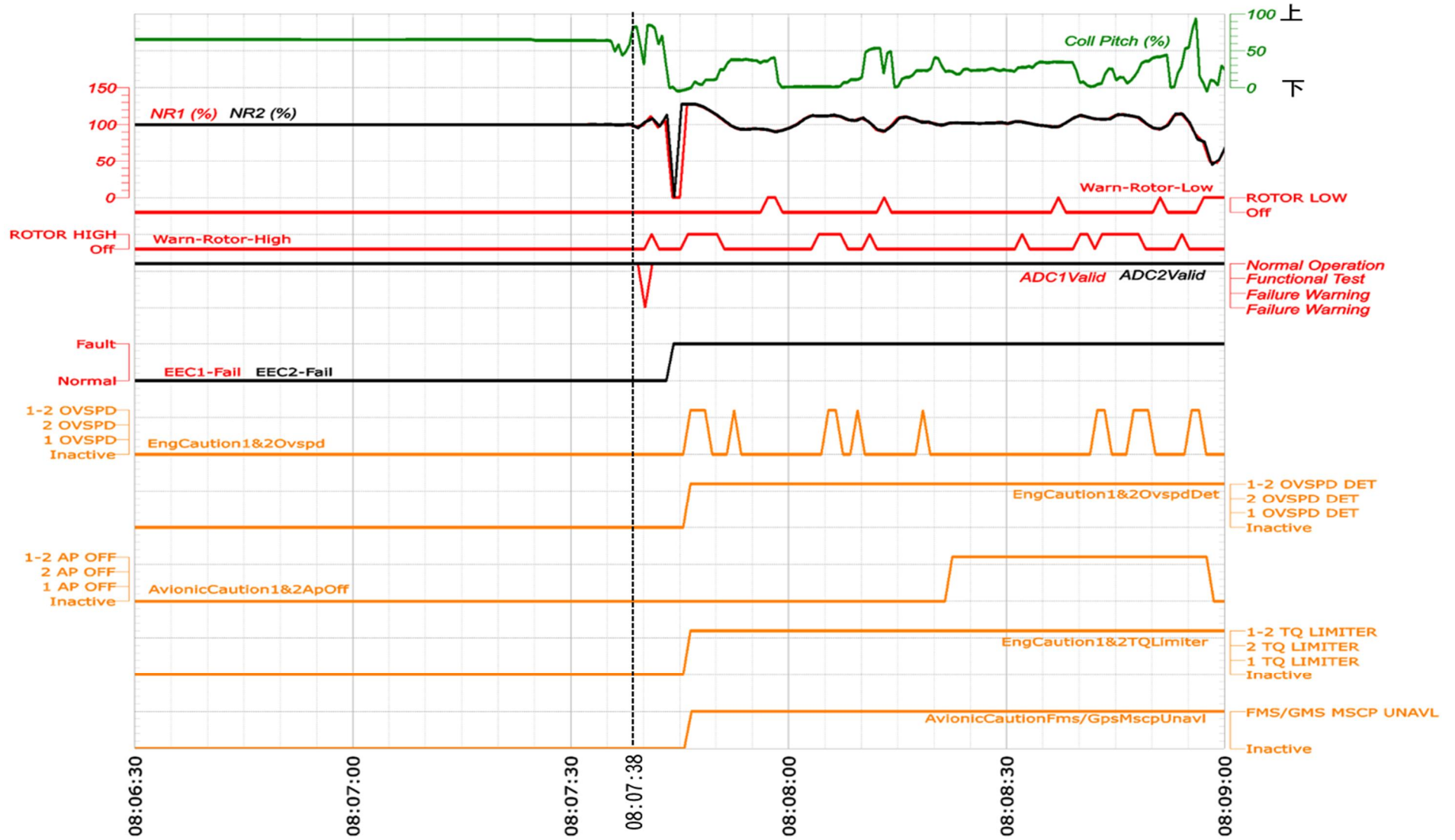
付図5 右ロール運動前後のMPFRの解析-2



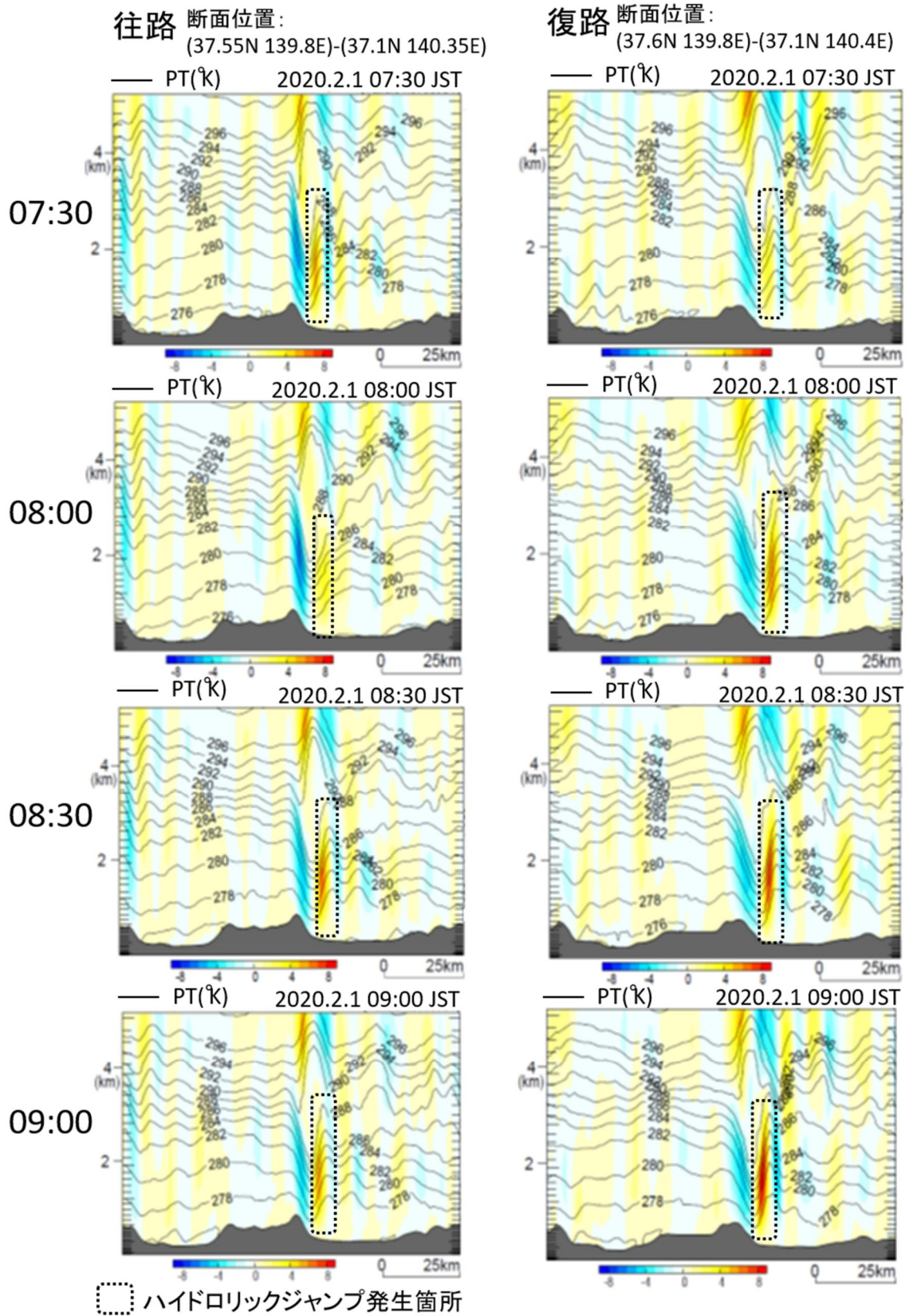
付図6 右ロール運動前後のMPFRの解析-3



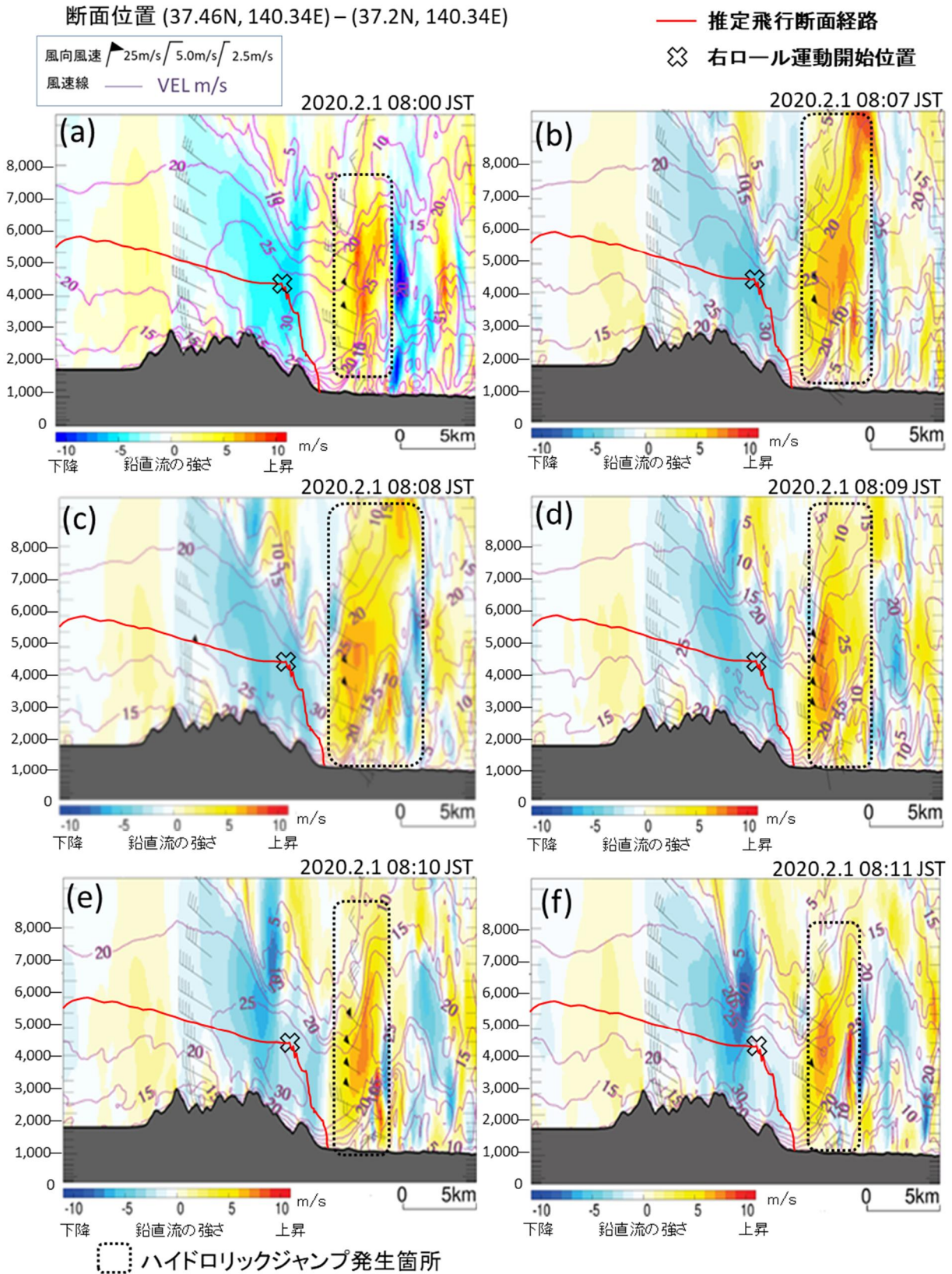
付図7 右ロール運動前後のMPFRの解析－4



付図8 数値解析A 温位線と鉛直流の分布による解析  
(解像度 1 km)

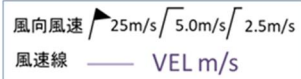


# 付図9 数値解析B 水平風及び鉛直流の分布による解析 (解像度 1 0 0 m)



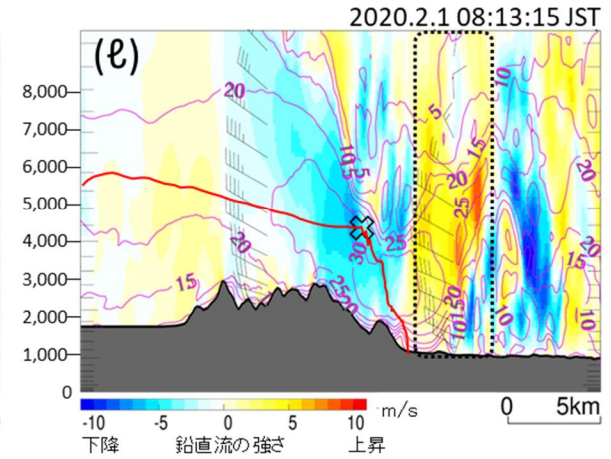
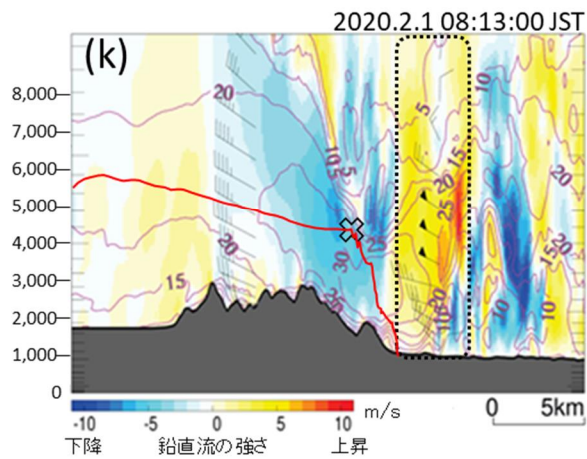
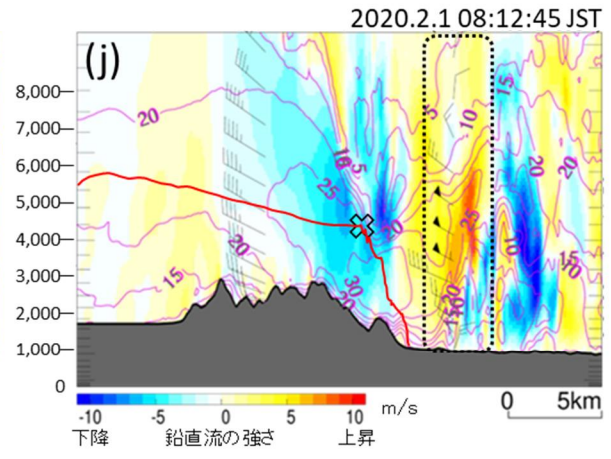
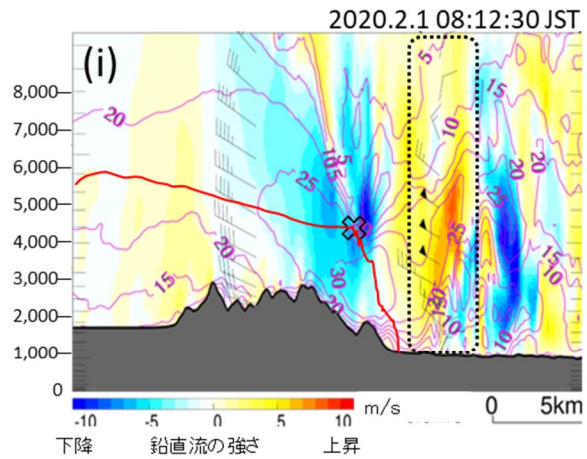
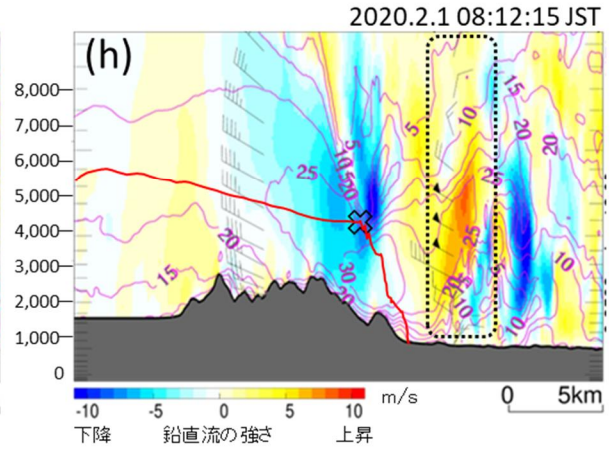
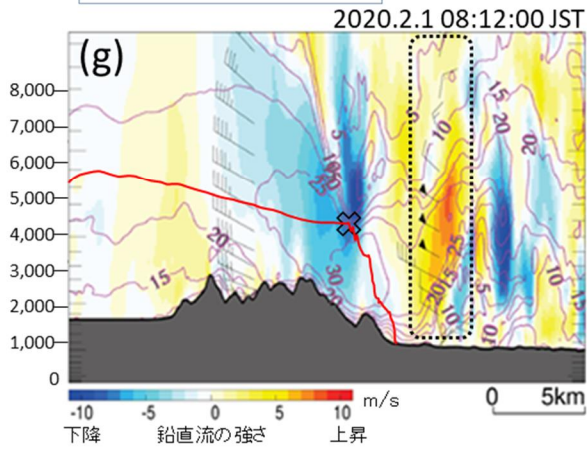


断面位置 (37.46N, 140.34E) – (37.2N, 140.34E)



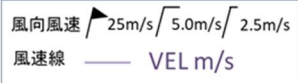
— 推定飛行断面経路

⊗ 右ロール運動開始位置

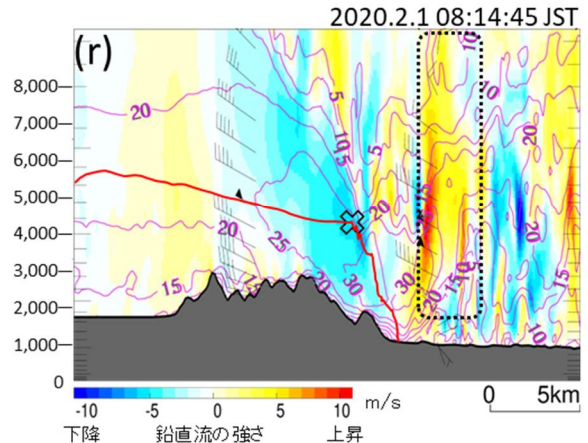
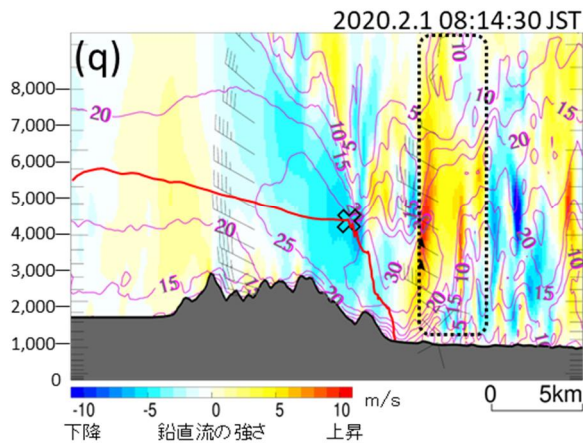
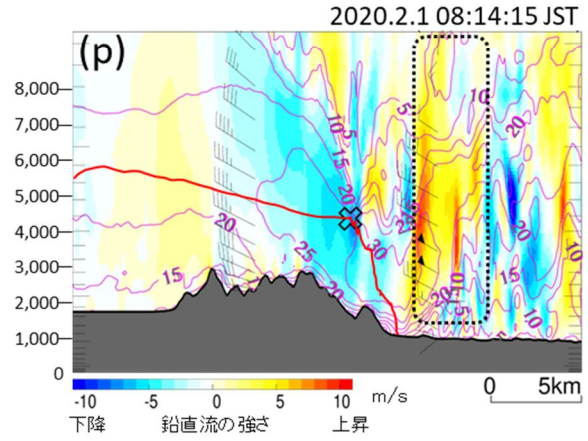
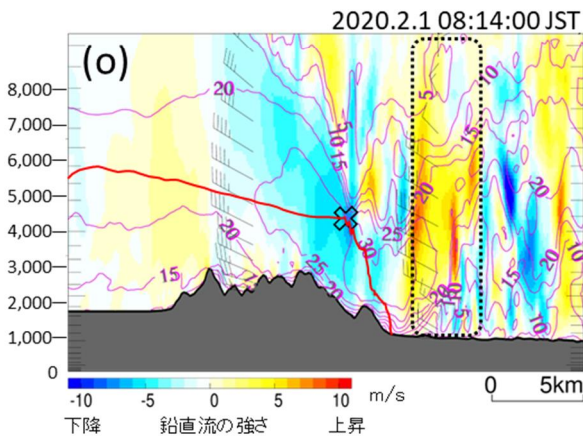
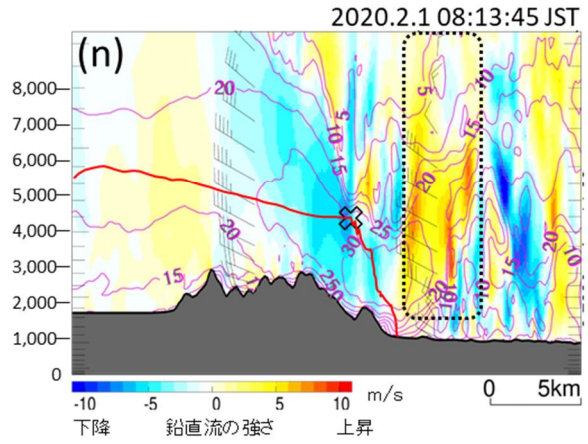
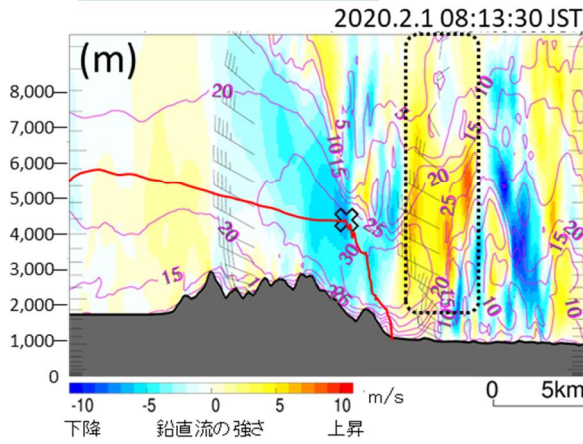


⊞ ハイドロリックジャンプ発生箇所

断面位置 (37.46N, 140.34E) - (37.2N, 140.34E)

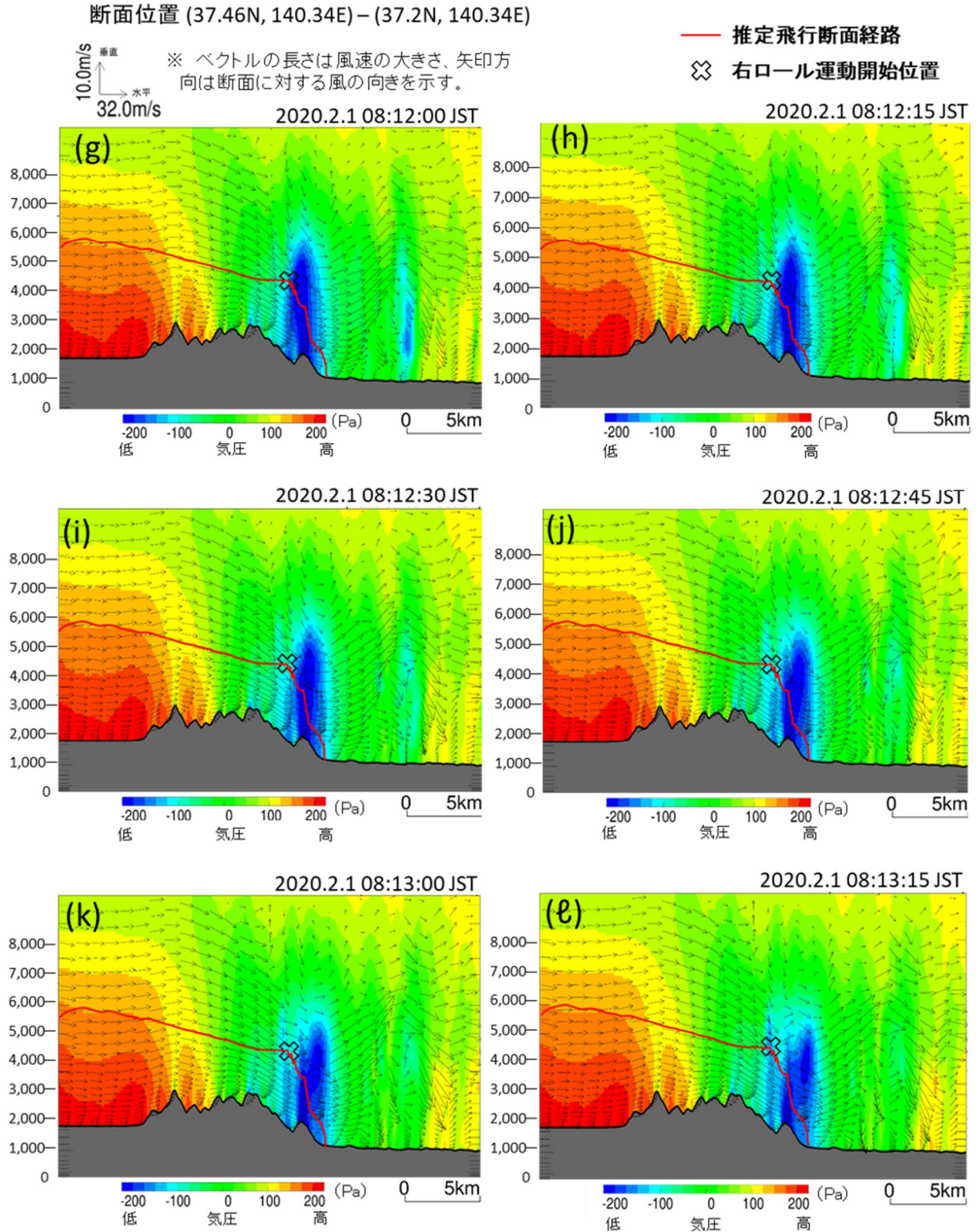


— 推定飛行断面経路  
 ⊗ 右ロール運動開始位置



⊗ ハイドロリックジャンプ発生箇所

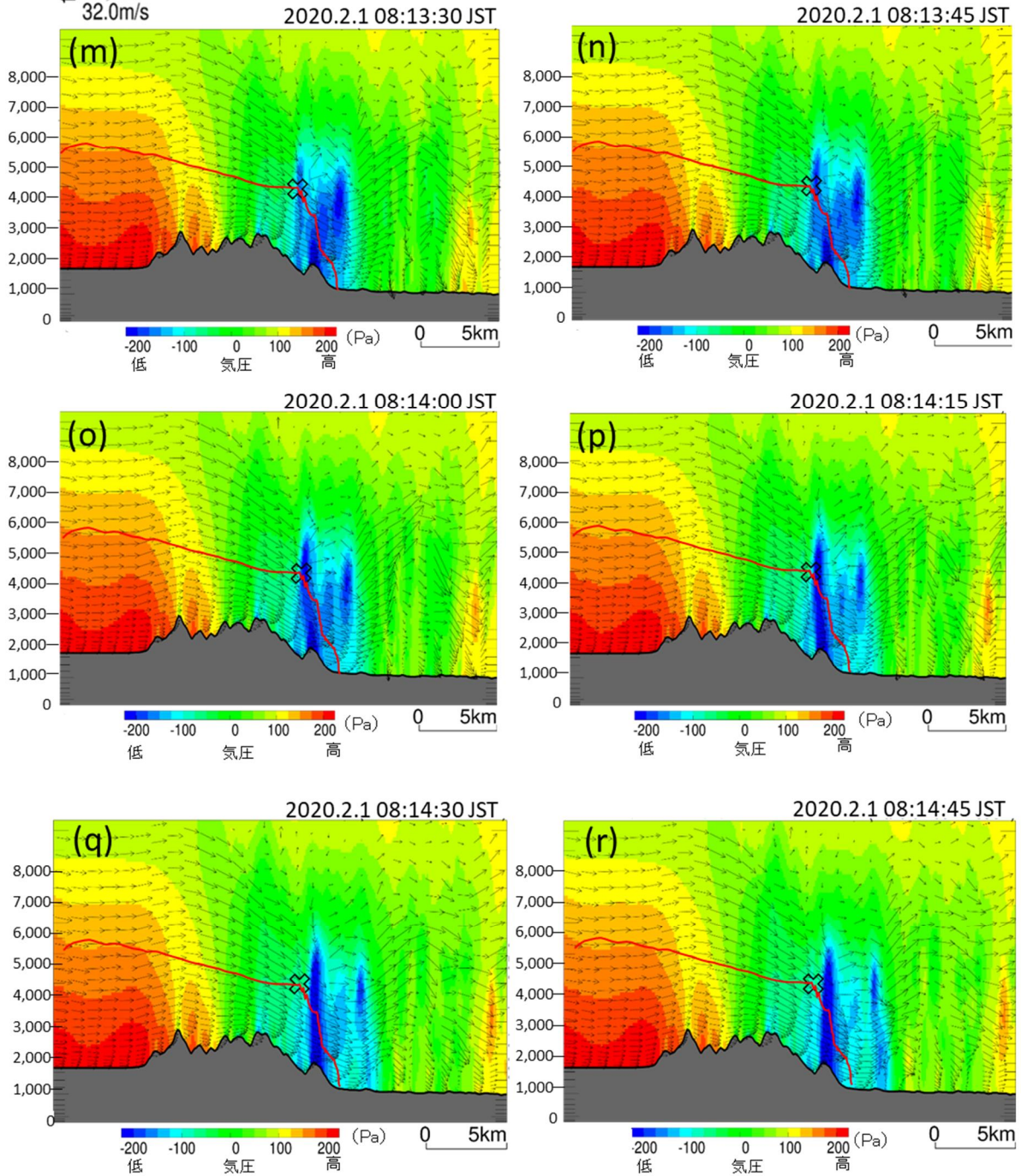
# 付図 10 数値解析 B 断面に沿う風と気圧偏差の分布による解析 (解像度 100 m)



断面位置 (37.46N, 140.34E) – (37.2N, 140.34E)

※ ベクトルの長さは風速の大きさ、矢印方向は断面に対する風の向きを示す。  
 10.0m/s 垂直  
 32.0m/s 水平

— 推定飛行断面経路  
 ⊗ 右ロール運動開始位置



## 付図 1 1 M P F R パラメーター表

本表は、報告書内で M P F R パラメーターから作成したグラフの名称に関する説明及び単位を示したものである。

No.	名 称	説明 (英語)	説明 (日本語)	単位
1	Press Alt (ADS1 / ADS2)	Pressure Altitude	気圧高度	ft
2	AvionicCaution1&2ApOff	Avionic Caution Panel 1&2 Auto Pilot Off	オート・パイロット作動状態	On/Off
3	Avionic Caution Fms /Gps Mscp Unavl	Avionic Caution_Fms/Gps Unavl	FMS / G P S 作動状態	DET/ Inactive
4	Coll FTR1	Collective Pitch Lever Force Trim Release1	コレクティブ・ピッチ・レ バー・トリム・リリース・ スイッチ 1 の作動状態	On/Off
5	Coll FTR2	Collective Pitch Lever Force Trim Release2	コレクティブ・ピッチ・レ バー・トリム・リリース・ スイッチ 2 の作動状態	On/Off
6	Coll Pitch	Collective Pitch	コレクティブ・ピッチ・レ バー操作量	%
7	EEC1-Fail	Electronic Engine Control Fail 1	電子エンジン制御装置 1 作 動状態	Fault/ Normal
8	EEC2-Fail	Electronic Engine Control Fail 2	電子エンジン制御装置 2 作 動状態	Fault/ Normal
9	EngCaution1&2Overspd	Engine Caution 1&2 Over Speed	エンジン・オーバースピー ド作動状態	DET/ Inactive
10	EngCaution1&2TQLimiter	Engine Caution 1&2 Torque Limiter	エンジン・トルク・リミッ ター作動状態	DET/ Inactive
11	GS	Ground Speed	対地速度	kt
12	IAS	Indicated Air Speed	指示対気速度	kt
13	Lat Acc(Tri)	Lat Acc(Tri-Axial accelerometer)	機体中央横加速度	g
14	Lat Cyc	Lateral Cyclic	横サイクリック操作量	%
15	Lat Cyc(FCS1)	Lateral Cyclic(FCS1)	横サイクリック F C S 1 動 作量	mm
16	Lat Cyc(FCS2)	Lateral Cyclic(FCS2)	横サイクリック F C S 2 動 作量	mm
17	Long Acc(Tri)	Long Acc(Tri-Axial accelerometer)	機体中央縦加速度	g
18	Long Cyc	Longitudinal Cyclic	縦サイクリック操作量	%
19	Long Cyc(FCS1)	Longitudinal Cyclic(FCS1)	縦サイクリック F C S 1 動 作量	mm
20	Long Cyc(FCS2)	Longitudinal Cyclic(FCS2)	縦サイクリック F C S 2 動 作量	mm
21	Mag Heading	Mag Heading	機首方位	deg
22	NF1 Backup	Engine 1 Free Turbine Speed	No.1 エンジン・フリー・ タービン回転数値	%
23	NG1	Engine 1 Gas Generator Speed	No.1 ガス・タービン回転数	%
24	NG2	Engine 2 Gas Generator Speed	No.2 ガス・タービン回転数	%
25	NR1	Number of Rotor speed 1	ローター回転数 1	%
26	NR2	Number of Rotor speed 2	ローター回転数 2	%

27	Nf2 Backup	Engine 2 Free Turbine Speed	No.2 エンジン・フリー・タービン回転数値	%
28	Norm Acc(AHRS)	Norm Acc(AHRS)	AHRS 垂直加速度 (機首位置)	g
29	Norm Acc(Tri)	Norm Acc(Tri-Axial accelerometer)	機体中央垂直加速度	g
30	PI Left Value	Power Index Left Value	パワー・インデックス左表示値	%
31	PI Right Value	Power Index Right Value	パワー・インデックス右表示値	%
32	Pitch Angle	Pitch Angle	ピッチ姿勢	deg
33	Pitch FTR1	Pitch Force Trim Release1	サイクリック・ピッチ・トリム・リリース・スイッチ1の作動状態	On/Off
34	Pitch FTR2	Pitch Force Trim Release2	サイクリック・ピッチ・トリム・リリース・スイッチ2の作動状態	On/Off
35	Roll Angle	Roll Angle	ロール姿勢	deg
36	Roll FTR1	Roll Force Trim Release1	サイクリック・ロール・トリム・リリース・スイッチ1の作動状態	On/Off
37	Roll FTR2	Roll Force Trim Release2	サイクリック・ロール・トリム・リリース・スイッチ2の作動状態	On/Off
38	TQ1	Engine 1 Torque	No.1 エンジン・トルク値	%
39	TQ2	Engine 2 Torque	No.2 エンジン・トルク値	%
40	Tail Rotor Pedal	Tail Rotor Pedal	ラダー・ペダル操作量	%
41	Tail Rotor Pedal(FCS1)	Tail Rotor Pedal(FCS1)	ラダー・ペダルFCS1動作量	mm
42	Tail Rotor Pedal(FCS2)	Tail Rotor Pedal(FCS2)	ラダー・ペダルFCS2動作量	mm
43	Vertical Speed(ADS)	Vertical Speed(ADS)	気圧による昇降率	ft/min
44	Vertical Speed(AHRS)	Vertical Speed(AHRS)	垂直慣性速度	ft/min
45	WOW 1/2	Weight On Wheel	主脚の接地状態	On/Off
46	Warm-Rotor-High	Warm-Rotor-High	ローター高回転警報	%
47	Warm-Rotor-Low	Warm-Rotor-Low	ローター低回転警報	%
48	Wind Angle	Wind Angle	風向	deg
49	Wind Speed	Wind Speed	風速	kt
50	Yaw FTR1	Yaw Force Trim Release1	ヨー・トリム・リリース・スイッチ1の作動状態	On/Off
51	Yaw FTR2	Yaw Force Trim Release2	ヨー・トリム・リリース・スイッチ2の作動状態	On/Off