

AA2020-2

航空事故調査報告書

I 東邦航空株式会社所属
アエロスパシアル式A S 3 3 2 L型（回転翼航空機）
J A 9 6 7 2
操縦不能による墜落

II 新中央航空株式会社所属
セスナ式1 7 2 P型
J A 3 9 6 2
鳥衝突による機体損傷

令和2年4月23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 東邦航空株式会社所属
アエロスパシアル式A S 3 3 2 L型（回転翼航空
機）
J A 9 6 7 2
操縦不能による墜落

航空事故調査報告書

所 属 東邦航空株式会社
型 式 アエロスパシアル式A S 3 3 2 L型（回転翼航空機）
登録記号 J A 9 6 7 2
事故種類 操縦不能による墜落
発生日時 平成29年11月8日 14時29分ごろ
発生場所 群馬県多野郡上野村

令和2年3月27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 宮 下 徹
委 員 柿 嶋 美 子
委 員 丸 井 祐 一
委 員 宮 沢 与 和
委 員 中 西 美 和

要 旨

<概要>

東邦航空株式会社所属アエロスパシアル式A S 3 3 2 L型J A 9 6 7 2は、平成29年11月8日（水）、機体空輸のため、山梨県南巨摩郡早川町の新倉場外離着陸場から栃木ヘリポートへ向けて飛行中、14時29分ごろ、群馬県多野郡上野村上空において、テールローターが機体から分離し、操縦不能となり墜落した。

同機には、機長、確認整備士A及び整備士2名の計4名が搭乗していたが、全員死亡した。

同機は大破し、火災が発生した。

<原因>

本事故は、同機が飛行中、機体に異常な振動が発生したことにより、非常着陸を試みた際、テールローターが機体から分離して、操縦不能に陥ったため、墜落したもの

と推定される。

テールローターが機体から分離したのは、白色のテールローター・ブレードのフラッピングヒンジのスピンドルボルトが破断したことにより、テールローターの回転が不均衡となって過大な振動が生じテールローターの取付構造が破壊したことによるものと推定される。

スピンドルボルトが破断したのは、フラッピングヒンジ部のベアリングが損傷して固着したことによるものと推定される。また、このことについては、同機に対して実施されていた点検及び整備においてベアリングの損傷状態が適確に把握されず、適切な処置が講じられなかったことが関与したものと推定される。

<勧告等>

東邦航空株式会社に対する勧告

本事故において、白色のテールローター・ブレードのフラッピングヒンジの分解整備において、当該箇所の不具合情報の通報が行われず適切な整備がされなかった。また、エアバス・ヘリコプターズ社から発行されたグリースの使用に関する情報が周知されておらず、高温多湿の中で駐機した場合の整備作業が徹底されていなかった。いずれの件も本事故要因に関与したものと考えられる。

当委員会は、本事故調査の結果を踏まえ、同種事故の再発防止に資するため、東邦航空株式会社に対し、運輸安全委員会設置法第27条第1項の規定に基づき、講ずべき措置について以下のとおり勧告する。

- ① 整備点検等において設計・製造者のマニュアル等に記載されていない損傷等の不具合を発見したときは、設計・製造者に通知して、技術検討を求めるとともに、設計・製造者の指示に従って不具合処置を行うこと。
- ② 設計・製造者等から通知された整備上の注意等に関する情報について、速やかに技術検討を行い、現場の整備士に周知すること。

本報告書で用いた主な略語は、次のとおりである。

A D	: Airworthiness Directive
A L S	: Airworthiness Limitations Section
A S E	: Automatic Stabilization Equipment
A S B	: Alert Service Bulletin
C G	: Center of Gravity
C F	: Centrifugal force
E A S A	: European Union Aviation Safety Agency
I A S	: Indicated Air Speed
M E T	: Maintenance Manual
M G B	: Main Gear Box
M R B	: Main Rotor Blade
M R M	: Mechanical Repair Manual
M S M	: Master Servicing Manual
M T C	: Standard Practices Manual
T G B	: Tail Gear Box

単位換算表

1 ft	: 0.3048 m
1 kt	: 1.852 km/h (0.5144 m/s)
1 kg	: 2.205 lb
1 N	: 0.10197 kgf
1 mm	: 0.039 in

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	航空局への情報提供	1
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	2
2.1	飛行の経過	2
2.1.1	運航記録及びレーダー航跡記録による飛行の経過	3
2.1.2	同社の整備関係者の口述	3
2.1.3	同社の操縦士及び運航管理者の口述	5
2.1.4	目撃者A～Dの口述	6
2.1.5	レーダー航跡記録	8
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	9
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	航空機以外の損壊に関する情報	10
2.4.1	橋の損壊の状況	10
2.4.2	電力線、通信ケーブルの損壊の状況	10
2.5	航空機乗組員等に関する情報	11
2.6	航空機に関する情報	12
2.6.1	航空機	12
2.6.2	重量及び重心位置	12
2.7	気象に関する情報	12
2.7.1	事故現場付近の気象	12
2.7.2	事故以前に同機が飛行後駐機していた地域の気象変化	13
2.8	通信に関する情報	13

2.9	事故現場及び残骸に関する情報	13
2.9.1	事故現場の状況	13
2.9.2	損壊の細部状況（付図4 残骸の状況 参照）	14
2.10	医学に関する情報	16
2.11	火災、消防及び救難に関する情報	16
2.11.1	火災、消防及び救難に関する経過	16
2.11.2	火災の発生状況	16
2.12	同型式機の機体構造	16
2.12.1	同型式機の出力伝達及びローター・システム	16
2.12.2	同型式機のテールローターのコントロール系統	20
2.12.3	同型式機のテールローターフラッピングヒンジの設計変更の履歴	21
2.13	整備の経過及び飛行状況	21
2.13.1	同機のテールローターのオーバーホール整備に関する履歴	21
2.13.2	平成26年3月のオーバーホール整備以降に実施された1,000時間点検	22
2.13.3	平成29年3月以降から事故直前までに行った整備の経過	22
2.13.4	同機の前回の1,000時間点検以降の飛行時間	25
2.13.5	同機の駐機状況	26
2.14	試験及び研究に関する情報	26
2.14.1	部品損傷に関する特徴	26
2.14.2	調査項目の概要	28
2.14.3	白色ブレードのフラッピングヒンジの詳細調査結果	28
2.14.4	他のテールローター・フラッピングヒンジ部の調査結果	31
2.14.5	グリースの分析結果	31
2.14.6	フラッピングヒンジの緊急点検に基づく構成部品の詳細調査	32
2.14.7	エアバス・ヘリコプターズ社による当面の対策	32
2.14.8	テールローターのフラッピングヒンジ構成部品の耐空性について	32
2.15	同社の組織及び管理に関する情報	33
2.15.1	航空局から指摘された同社の整備管理体制	33
2.15.2	同社が規程する不具合報告	33
2.15.3	同機の確認整備士Aによる整備確認状況	34
2.16	その他必要な事項	34
2.16.1	同機のテールローター・フラッピングヒンジの点検	34
2.16.2	グリースの使用に関する情報	40
2.16.3	同型式機の非常操作手順	43

2.16.4	4.4Hz未満の低周波及びテールローターを振動源とする振動	44
2.16.5	整備基準に記載されていない重大な損傷発見時の通報	46
3	分析	48
3.1	乗組員の資格等	48
3.2	航空機の耐空証明書等	48
3.3	気象との関連	48
3.4	事故直前までの同機の飛行状況	48
3.4.1	物資輸送中の横振動の状況	48
3.4.2	新倉場外離着陸場離陸後から1回目の減速	48
3.4.3	2回目の減速から左旋回し急激な降下	49
3.4.4	非常着陸のための進入から墜落	49
3.5	同機で実施された整備作業	50
3.5.1	平成29年9月19日以前の整備作業	50
3.5.2	平成29年9月20日以降の整備作業	51
3.6	テールローターが分離に至った要因と操縦への影響	53
3.6.1	スピンドルボルトの破断	53
3.6.2	スピンドルボルトにねじれ荷重が生じた理由	54
3.6.3	インナーリングの損傷とスピンドルボルトの破断	55
3.6.4	アウターベアリング内のニードルベアリングの固着	56
3.6.5	旧インナーリングが粉碎状態となった時期	56
3.6.6	グリースの影響	57
3.6.7	横振動とテールローターのアンバランスの関係	58
3.6.8	テールローターの機体からの分離	58
3.6.9	テールローター分離による重心位置の変化及び急激な左回転	59
3.7	機長及び確認整備士Aの判断	60
3.7.1	機長の判断及び操作	60
3.7.2	確認整備士Aの判断及び対応	61
3.8	同社の整備管理部門の対応	62
3.9	同種事故の再発防止	63
4	結論	63
4.1	分析の要約	63
4.2	原因	66

5	再発防止策	66
5.1	事故後にエアバス・ヘリコプターズ社により講じられた再発防止策	67
5.2	事故後に欧州航空安全庁（EASA）により講じられた再発防止策	67
5.3	事故後に国土交通省により講じられた再発防止策	67
5.4	事故後に同社により講じられた再発防止策	68
6	勸告	68
6.1	東邦航空株式会社に対する勸告	68
付図1	アエロスパシアル式AS332L型三面図	70
付図2	同機が飛行した地域の気象変化	71
付図3	AS332L型機体構造及び材質	72
付図4	残骸の状況	73
付図5	テールローター・ドライブシャフトの構造及び破断面	74
付図6	墜落前の飛行経路	75

1 航空事故調査の経過

1.1 航空事故の概要

東邦航空株式会社所属アエロスパシアル式AS332L型JA9672は、平成29年11月8日（水）、機体空輸のため、山梨県南巨摩郡早川町の新倉場外離着陸場から栃木ヘリポートへ向けて飛行中、14時29分ごろ、群馬県多野郡上野村上空において、テールローターが機体から分離し、操縦不能となり墜落した。

同機には、機長、確認整備士A及び整備士2名の計4名が搭乗していたが、全員死亡した。

同機は大破し、火災が発生した。

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29年11月8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。

1.2.2 関係国の代表

本調査には、事故機の設計・製造国であるフランス共和国の代表が参加した。

1.2.3 調査の実施時期

平成29年11月 9日～12日	現場調査
同 年11月13日	口述聴取及び書類調査
同 年11月15日～17日	残骸調査及び口述聴取
同 年12月18日～	テールローター等の分解調査及びフラッ
平成30年11月15日	ピングヒンジ点検結果の解析 (フランス事故調査当局(BEA)の参加の下、同機の製造会社で実施)

1.2.4 航空局への情報提供

平成29年11月21日、航空局に対し、調査の過程で得られた情報として、「テールローター・ブレード取付部スピンドルボルト破断」について事実情報の提供を行った。航空局は、平成29年11月21日、この情報提供及び欧州航空安全庁による耐空性改善命令を受けて耐空性改善通報を発行し、本邦内の同型機及び同系列型機の利用者に対して、当該部の緊急点検を実施し、その点検結果を航空機製

造者へ報告するように指示した。

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。

2 事実情報

2.1 飛行の経過

東邦航空株式会社（以下「同社」という。）所属アエロスパシアル式AS332L型JA9672（以下「同機」という。）は、平成29年11月8日、機体空輸のため、新倉場外離着陸場から栃木ヘリポートへ向けて飛行していた。同機には、機長が右操縦席に、確認整備士^{*1}Aが左操縦席に着座し、整備士2名は後席にそれぞれ着座していた。



図1 同機の推定飛行経路の概要

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：新倉場外離着陸場

移動開始時刻：14時10分、巡航速度：120kt、巡航高度：VFR、

経路：碓氷峠^{うすい}、伊勢崎、目的地：栃木ヘリポート

所要時間：1時間30分、持久時間で表された燃料搭載量：2時間45分、搭乗者数：4名

事故に至るまでの飛行の経過は、同社の運航記録及び整備状況、航空管制用レーダー航跡記録、同社の操縦士及び運航管理者並びに目撃者の口述によれば、概略は次のとおりであった。

*1 「確認整備士」とは、整備規程に基づき有資格者の中から指定され、整備後の航空機の最終的な確認をする者をいう。

2.1.1 運航記録及びレーダー航跡記録による飛行の経過

14時04分ごろ 新倉場外離着陸場離陸

同 12分ごろ 同機から同社の運航管理者へ位置通報

同 22分21秒 長野県南佐久郡川上村上空、高度6,600ftにおいて同機のもの
と推定される航跡をレーダーが検知

同 27分02秒 群馬県多野郡上野村上空、高度6,900ftにおいて同機と推定さ
れる航跡がレーダーから消失

同 29分ごろ 群馬県多野郡上野村の^{かな}神流川支流の橋上に墜落

2.1.2 同社の整備関係者の口述

(1) 整備士A（フラッピングヒンジ構成部品は、図15を参照）

同機は、平成29年3月21日から5月16日の間、500時間及び1,000時間点検項目であるテールローターのフラッピングヒンジ部の分解整備が

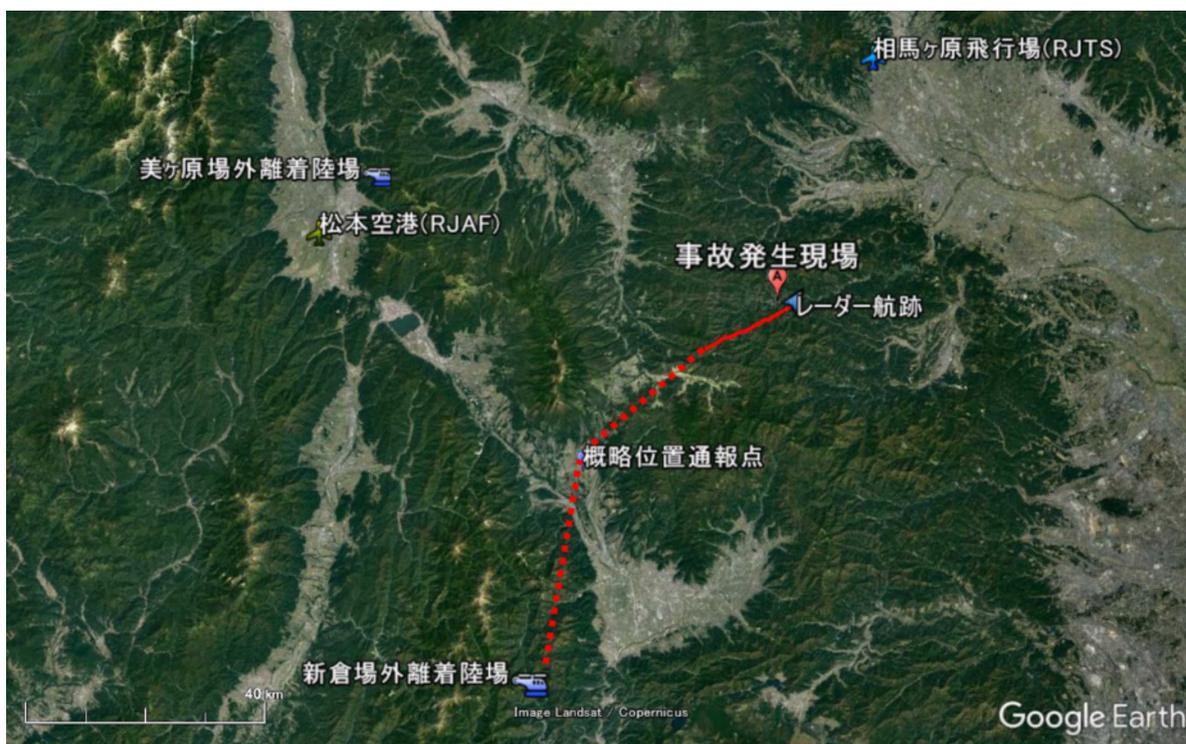


図2 同機の推定飛行経路の拡大図

行われた。この時の整備作業の補助を行った整備士（以下「整備士A」という。）によると、全て（5本）のスピンドルボルト（図15 フラッピングヒンジの構成部品 参照）はスムーズに抜けたが、ストップワッシャーは亀裂があったため全て交換した。この際インナーリングとアウターベアリングは取り外さなかったと記憶している。スピンドルボルトについては、5本のうち数本が腐食していたため、真ちゅうブラシで磨き、腐食を除去した。スピンドルボ

ルトの取付け及び最終的な点検は、確認整備士Aが行った。このときの整備記録には、ストップワッシャーの不具合及び交換以外は、記載されていなかった。スピンドルボルト取付け取り外し手順で求められているシールの交換はされなかった。

(2) 整備士B

同機は、平成29年5月16日に500時間及び1,000時間点検を完了し、耐空検査を受検した後、5月30日から物資輸送のための機体空輸を開始した。整備作業の補助を行った整備士（以下「整備士B」という。）によると、6月中旬ごろ、飛行後のグリースアップの際、白のテールローター・ブレード（以下「白色ブレード」という。）のフラッピングヒンジ部から排出されるグリースに黒ずみが僅かに出てきた。ただし、フラッピングヒンジの動きには問題はなかった。その後、排出されるグリースの黒ずみの混入状況を毎飛行後点検で確認していた。最初のうちは、少し黒い感じであったが、飛行時間が増えると徐々に黒さが濃くなるようだった。明らかに黒いグリースが出てきたのは、7月中旬のドラッグ方向の遊びが出てきた頃だったと思われる。その後、飛行後点検時にきれいなグリースが出るまで毎回多めにグリースアップしていた。この頃、他のテールローター・ブレードのフラッピングヒンジ部についても、降雨の後に飛行した場合や5時間以上飛行した後には、黒いグリースが出るものがあつたが、白色ブレードほど黒く汚れていなかった。

8月30日の50時間点検の際、白色ブレードには0.4mmの遊びがあつたが、ブレードの動きには問題はなかった。

9月19日の50時間点検の際、白色ブレードの遊びは0.4mmのまま変化していなかったが、ブレードの動きが円滑でなかったため、9月20日から9月23日の間に、栃木ヘリポートにおいて実施する250時間点検に合わせ、白色ブレードのフラッピングヒンジのスピンドルボルトを取り外して状態を確認することとした。9月20日にスピンドルボルトを抜く際、スピンドルボルトがスムーズに抜けなかったため、潤滑剤を吹きかけ、真ちゅう棒を使用して、軽く叩きながらスピンドルボルトを抜いた。確認整備士Aは、インナーリングを外さない状態でインナーリングに亀裂があることを確認したため、インナーリング及びストップワッシャーを交換することとした。取り外したストップワッシャーは、あまり削れていなかったが、ストップワッシャーが取り付けられるスピンドルのヨーク部分（図15参照）の接触面が削れていた。交換部品を受領後の9月23日の交換作業は、アウターベアリングの中にほこりが入らないようにするため、上部から新しいインナーリングを挿入し、取り外すインナーリング（以下「旧インナーリング」という。）を押し出す方法で実施され

た。(図18参照)旧インナーリングはバラバラになっていたため、ビニール袋で受け取るようにして交換され、バラバラになった部品はビニール袋に入れたまま廃棄処分とされた。このため、インナーリングを交換する際には、スピンドル内にあるアウターベアリングの状態及びインナーリングの破砕に伴う残存の有無は確認はされなかった。また、インナーリングを交換した際に、ストロップワッシャーは交換されたが、シールは交換されなかった。

抜き取ったスピンドルボルトを点検したところ、赤錆と黒錆が散在していたため、研磨用スポンジにより表面が磨かれた。錆は完全には除去されないまま、グリースを塗られ、フラッピングヒンジに装着された。

交換後の点検において、白色ブレードは、フラッピング方向の動きは円滑になったが、ドラッグ方向の遊びは0.4mmのままであった。

(3) 整備管理者

整備管理者である整備部長は、同機の平成29年9月20日に確認されたインナーリングの亀裂に関する情報は、管理計画課及び資材課の担当者が発信した社内メールにより、自分(整備部長)、管理計画課長、検査課長及び運航整備課の担当課長に配信されていたが、航空機状況表及び航空機不具合報告書が作成されておらず、また、点検中における一般部品の交換で是正されたと認識していたため、特別な指示や対策を行わなかった。

(4) 整備の不具合担当者

管理計画課の不具合担当者によると、確認整備士Aからテールギアボックスについて改修指示の確認を受けた際、インナーリングに不具合が出ていることは知ったが、詳細は聞いておらず、憶測で判断できないのでテールローターシステムに不具合が発生しているという情報だけを社内メールにて、主要な整備管理者に配信した。

(5) 部品請求の担当者

資材課の部品請求の担当者によると、インナーリングについては、確認整備士AからAOG(Aircraft On the Ground)発注及び現場納品の要請があったため、インナーリングの不具合内容を聞いた。インナーリングのエッジ部に亀裂発生という内容を記載し、正規代理店へメールを送り、新しいインナーリングを部品発注するとともに、同内容を社内メールにて、主要な整備管理者に転送した。

2.1.3 同社の操縦士及び運航管理者の口述

(1) 同機の操縦資格を有する操縦士

同社に所属する同機の操縦資格を有する操縦士(以下「操縦士A」とい

う。)によると、同機の主な使用用途は物資輸送であり、操縦士として有資格者1名が搭乗し運航されていた。同機の操縦資格を有する操縦士3名が数日間単位で交代して、物資輸送を実施していた。

操縦士Aは、平成29年10月24日から機長と交代する11月2日までの間、同機の操縦士として物資輸送を行った。操縦士Aは、平成29年10月31日に同機の地上試運転を行った際、操縦席で横方向の1秒より短い周期の低周波の振動(以下「横振動」という。)を感じた。その後、ホバリングし、増速しても飛行中の振動レベルは変化せず、すりこぎ運動^{*2}のような振動があった。飛行制御装置はASEモード^{*3}を常時使用していた。操縦士Aは、振動の状態について飛行中に確認整備士Aへ相談したところ、「横振動はメインローター・ブレードのスリーブから、僅かなオイル漏れがあるので、その影響と思われる。12月に定期整備が予定されているので現状のままとする。」ということであった。その後、操縦士Aは、平成29年11月2日まで約12時間飛行したが、横振動の状況に変化はなかった。操縦士Aは、横振動について、不具合として記録に記載しなかったが、11月2日に宿泊先で機長と交代する際、同機の横振動の状況について、口頭で機長に伝えた。

(2) 同社の運航管理担当者

同社の運航管理担当者によると、平成29年11月8日13時30分ごろ、機長から栃木ヘリポートまでの気象について確認依頼があった。新倉場外離着陸場から栃木ヘリポートまでは、中央高速道路上空を経由する南側のルートと群馬県の碓氷峠付近を通過する北側のルートがあるので、当日は、南側のルートの雲底が低いことを伝えた。機長からは北側のルートを飛行する飛行計画の通報を受けた。その後14時12分ごろ、同機から同社の美ヶ原無線局を経由して、新倉場外離着陸場の離陸時刻と位置通報を受けた。

2.1.4 目撃者A～Dの口述

(1) 目撃者A(図5 Aの位置)

目撃者Aは、同機が少し高い高度で上空を通過した後、旋回して急激に降下したのを見た。

(2) 目撃者B(図5及び図6 Bの位置)

目撃者Bは、同機から「バリ、バリ、バリ」というヘリコプターから聞きな

*2 「すりこぎ運動」とは、みそすり運動、歳差運動(Gyro Precession)ともいい、自転している物体の回転軸が、円を描くように振れる運動をいう。

*3 「ASEモード」とは、同型式機に装備されている飛行制御モードで、このモードを設定すると、機体は、姿勢、方位、高度等の基準位置を保持しようとする。

れない異常な音が聞こえ、川原を回り込むようにして近づいて来たので、おかしいと思いタブレット端末を使って写真を2枚（図3参照）撮影した。



図3 回り込んで接近する同機

(3) 目撃者C（付図6 Cの位置）

目撃者Cは、神流川沿いを低高度で飛行する同機から、部品が落下し、同機が真っ逆さまに落下して墜落するのを見た。墜落直後に大きな爆発音を聞くとともに火柱が上がるのを見た。

(4) 目撃者D（付図6 Dの位置）

目撃者Dは、河原で工事作業中、最初に神流川の上流方向からドーンという何かが爆発したような音を聞き、その後同機を視認し、同機の後部から白煙のようなものが出たのを見た。その直後に、同機の後部のプロペラが落ちて、左に変針して、機首が下がると赤い部品が落ち、3回程度回転して墜落し、火柱が上がるのを見た。

2.1.5 レーダー航跡記録

同機は、有視界飛行方式で飛行しており、航空管制機関への通信設定は行われていなかったが、14時22分21秒から14時27分02秒の間、航空管制用レーダーに同機のものとして推定される航跡が記録されていた。

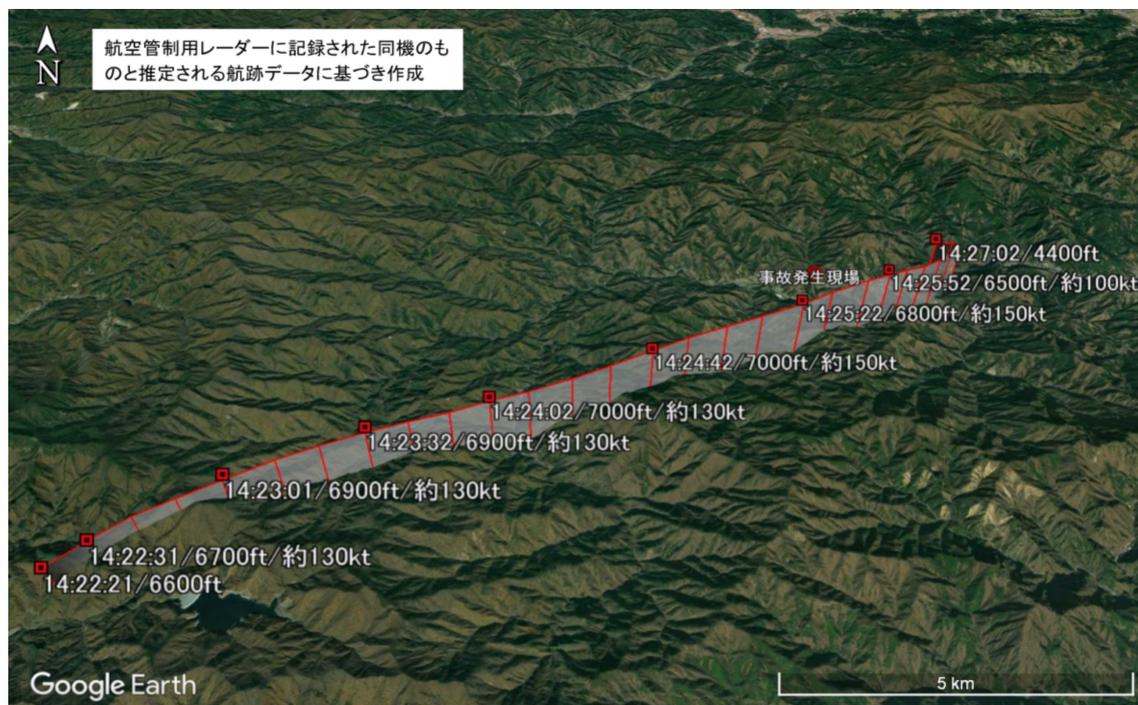


図4 同機の航跡データに基づく飛行イメージ

14時22分21秒から14時27分02秒までの同機のものとして推定されるレーダー航跡記録によると、同機は、平均対地速度約130kt（速度はレーダー航跡に基づく計算値、以下同じ。）で気圧高度7,000ftまで上昇し、平均対地速度約150ktで水平飛行を行っていた。14時25分52秒ごろ、同機は平均対地速度約150ktから100ktへ1回目の減速をしていた。その後、約30秒間徐々に降下しながら平均対地速度約100ktの飛行が継続していた。同機は14時26分32秒ごろ、2回目の急激な減速の後、左旋回をしながら平均対地速度約80kt、平均降下率約3,800ft/minの急激な降下を開始した。

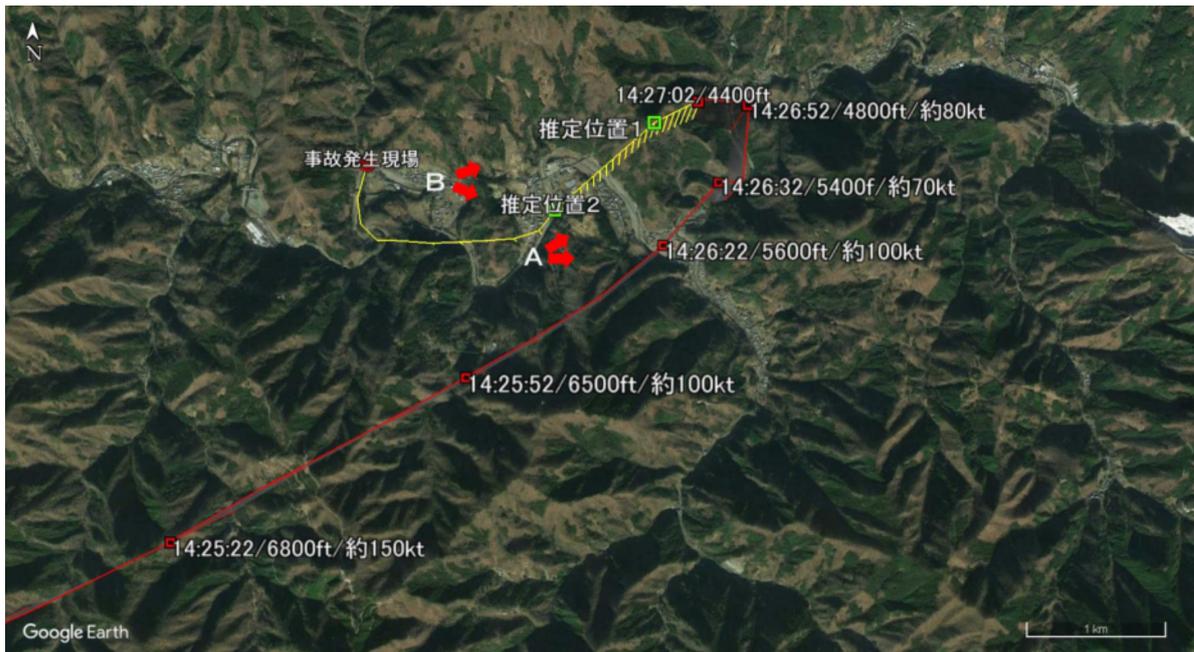


図5 同機の見撃者情報及びレーダー航跡による推定飛行経路



図6 同機の非常操作時の急激な降下

本事故の発生場所は、群馬県多野郡上野村（北緯36度05分06秒、東経138度46分11秒）で、発生日時は、平成29年11月8日14時29分ごろであった。（図1及び図2参照）

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

機長、確認整備士A及び整備士2名の計4名が搭乗していたが、全員死亡した。

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 航空機各部の損壊の状況

- (1) 胴 体 : 焼損
- (2) 尾 部 : 分離、損傷
- (3) エンジン : 損傷及び変形
- (4) ローター系統 : 損傷
- (5) 操縦系統 : 胴体の部分焼損、テールブーム部 : 損傷



図7 事故現場における機体損傷状況

2.4 航空機以外の損壊に関する情報

2.4.1 橋の損壊の状況

- ・ コンクリート強度及びボルト軸力の低下
- ・ 防護柵の変形と破断
- ・ ガードレールの焼損

2.4.2 電力線、通信ケーブルの損壊の状況

- ・ 高圧及び低圧電線損傷
電線損傷のため、14時29分から16時19分まで、上野村周辺では停電となった。
- ・ 放送用光ケーブル切断
- ・ 電話用中継ケーブル切断

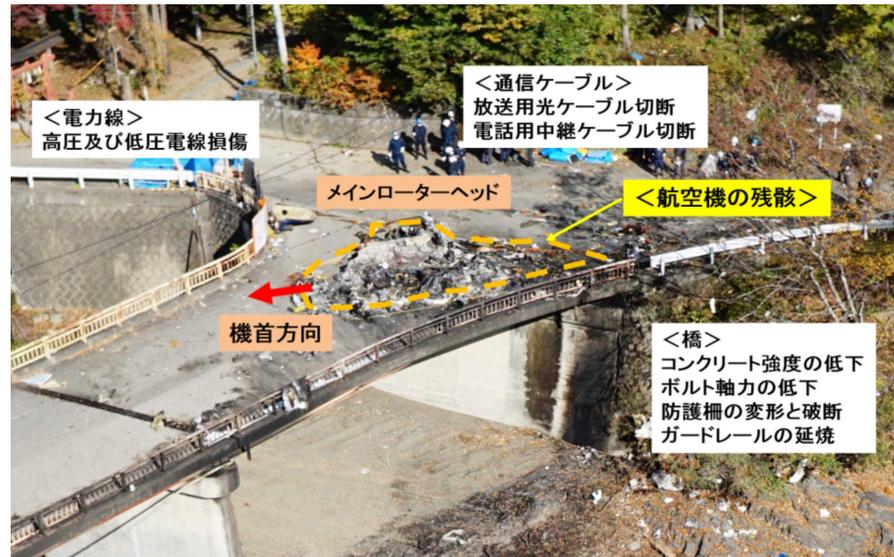


図8 航空機以外の損壊に関する状況

2.5 航空機乗組員等に関する情報

(1) 機長 男性 60歳

事業用操縦士技能証明書（回転翼航空機）	昭和54年8月28日
特定操縦技能 操縦等可能期間満了日	平成30年9月14日
限定事項 陸上単発タービン機	昭和54年8月25日
陸上多発タービン機	昭和54年8月28日
アエロスパシアル式SA330型	平成8年3月14日

第1種航空身体検査証明書

有効期限	平成30年4月28日
総飛行時間	10,437時間10分
最近30日間の飛行時間	29時間58分
同型式による飛行時間	3,333時間00分
最近30日間の飛行時間	29時間58分

(2) 確認整備士A 男性 49歳

二等航空整備士技能証明書（回転翼航空機）

限定事項 アエロスパシアル式SA330型	平成7年12月20日
アエロスパシアル式AS355F2型	平成8年1月23日
ユーロコプター式EC135型	平成10年2月16日

2.6 航空機に関する情報

2.6.1 航空機

型 式	アエロスパシアル式AS332L型
製造番号	2173
製造年月日	昭和62年10月26日
耐空証明書 有効期限	第東-29-075号 平成30年6月13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	11,058時間38分
テールローター使用時数	1,686時間00分
定期点検(50時間点検、平成29年10月12日実施)後の飛行時間	29時間48分

(付図1 アエロスパシアル式AS332L型三面図 参照)

2.6.2 重量及び重心位置

事故発生直前の同機の重量は6,418kg、重心位置は4.53mと推算され、いずれも許容範囲(最大離陸重量8,600kg)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 事故現場付近の気象

事故現場の北北東約4.3kmに位置する相馬ヶ原飛行場の事故関連時間帯の航空気象観測値は、次のとおりであった。

14時00分 風向 不安定、風速 2kt、卓越視程 10km以上、現在天気
曇、雲量 1/8 雲形 高層雲 雲底の高さ 7,000ft、
雲量 3/8 雲形 高積雲 雲底の高さ 10,000ft、
雲量 7/8 雲形 絹雲 雲底の高さ 20,000ft、
気温 15℃、露点温度 10℃、
高度計規正值(QNH) 29.89 inHg

事故現場の北東約700mに位置する上野村役場の事故関連時間帯の観測値は、次のとおりであった。

14時30分 風向 西北西、風速 0.5m/s、天気 曇、気温 13.9℃、
気圧 1,013.0hPa

2.7.2 事故以前に同機が飛行後駐機していた地域の気象変化

同機の1,000時間点検終了後の平成29年5月30日から250時間点検の9月20日までの間、同機が駐機していた地域の気象（気温、湿度、平均蒸気圧）の日変化は、付図2のとおりである。平均気温は、7月初旬から8月下旬まで、日平均気温は25℃を超えた日が多い。平均湿度は、7月初旬から8月下旬にかけて、70%を超える日が多くなり、8月中旬には80%を超える日が続いた。蒸気圧は、7月中旬から8月中旬にかけて高い日が続いた。

2.8 通信に関する情報

同機は、新倉場外離着陸場を有視界飛行方式により離陸後、14時12分ごろ同社が基地通信用に設置している美ヶ原無線局を経由し、韮崎市上空付近において、「新倉場外離陸、14時03分、残燃料1,100kg」の位置通報が行われた後、航空管制機関及び同社への交信はなく、緊急事態の宣言及びトランスポンダー（自動応答装置）の緊急事態に陥った場合のコード変更もなかった。

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、山岳部を流れる神流川本流に流れ込む支流上に架かる橋の上であり、上部には電線及びケーブルテレビ用の配線が張られていた。

2.9.2 損壊の細部状況（付図4 残骸の状況 参照）

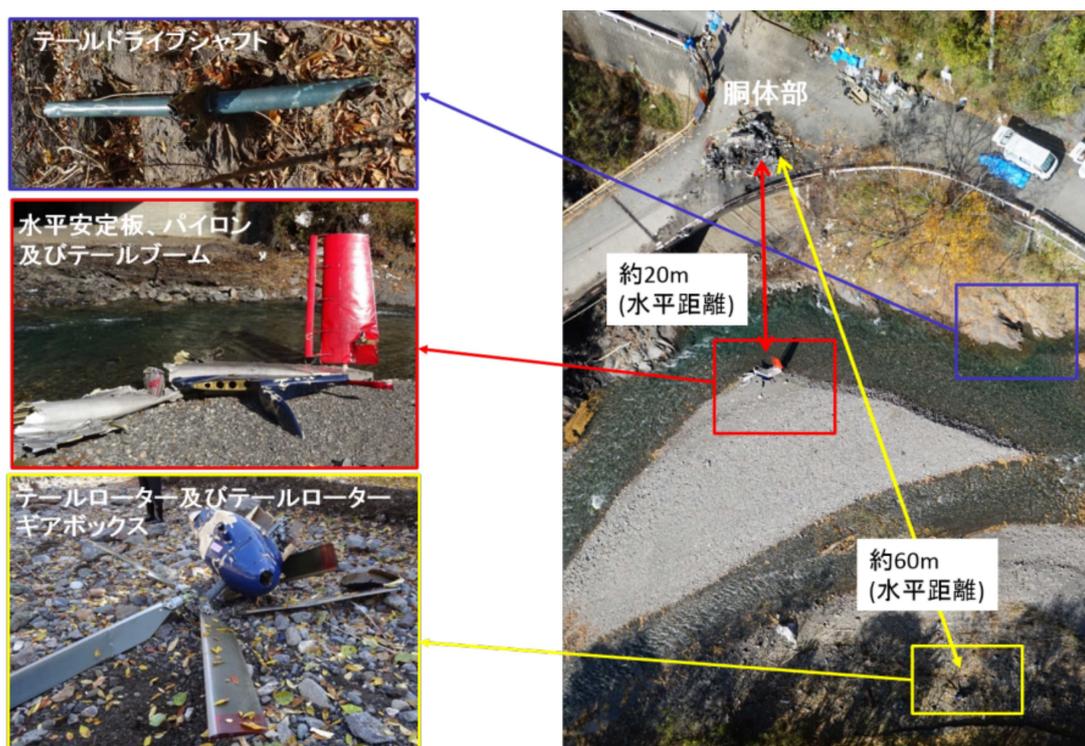


図9 主要尾部構造部品の発見位置

(1) 胴体

- ・ 事故直後に発生した火災により激しく焼損しており原形をとどめていなかった。

(2) 尾部（図9 主要尾部構造部品の発見位置 参照）

- ・ テールブームは機体から約20m離れた位置に、テールローターは機体から約60m離れた位置に落下していた。
- ・ テールブームは、図10のとおり、2箇所メインローター・ブレードとの接触痕があり、数個に分割されていた。
- ・ 第3、第6のテールローター・ドライブシャフトには、メインローターで切断された接触痕があった。（付図5 テールローター・ドライブシャフトの構造及び破断面 参照）
- ・ テールローター・ドライブシャフトは、ドライブシャフトガイドとの接触痕があり、連結部でねじれた状態となり、分離していた。
- ・ インクラインド・ドライブシャフトの上部にはパイロン・フェアリングとの接触痕があった。

- ・ テールローターの白色ブレードのフラッピングヒンジ部のスピンドルボルトが破断し、白色ブレードがヒンジからずれていた。(図11 白色ブレードのスピンドルボルトの破断 参照)

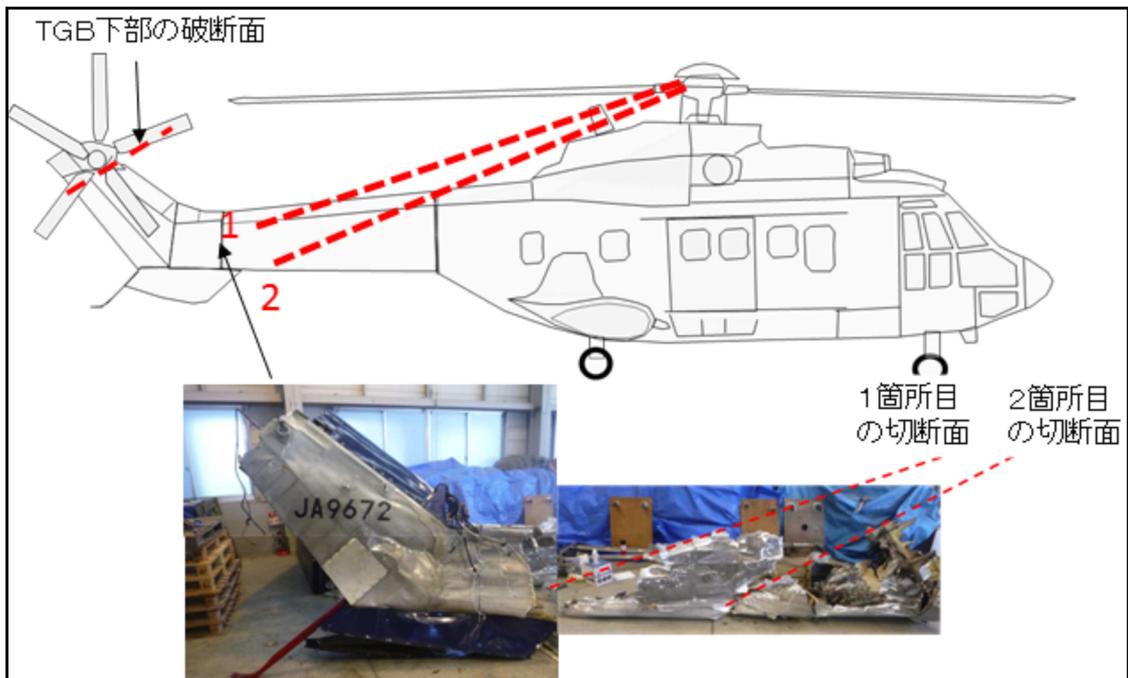


図10 メインローターによる機体の切断位置及びTGB下部の破断位置



図11 白色ブレードのスピンドルボルトの破断

(3) エンジン

- ・ 両エンジンとも焼損し、コンプレッサの回転方向にねじれるようにして変形していた。

(4) ローター系統

- ・ 4枚のメインローター・ブレードは、全てのブレードが取付部から破壊されていた。
- ・ メインローターのマストには、橋の上部に張られていたワイヤーが巻き付いていた。
- ・ トランスミッションは、大きく亀裂が入り破断していた。

(5) 脚系統

- ・ 取付部付近から破断し、機体周辺で分離していた。

2.10 医学に関する情報

群馬県警察からの情報によれば、機長、確認整備士A及び整備士2名の死因は、全員外傷性ショックによるものであった。

2.11 火災、消防及び救難に関する情報

2.11.1 火災、消防及び救難に関する経過

群馬県上野村消防団によれば、火災及び消防に関する経過は次のとおりである。

14時29分	目撃者からの通報
14時29分	上野村周辺に停電発生
14時36分	消防車両が墜落現場到着
15時07分	ドクターヘリが上野村山村広場場外離着陸場に着陸
15時20分	現場に到着した医師が4名の死亡を確認
15時21分	火災鎮火
16時19分	上野村周辺の停電が復旧（事故現場付近を除く。）

2.11.2 火災の発生状況

同機は、大破して、燃料に引火し火災が発生し、漏えいした燃料が広がり事故現場付近が延焼した。

2.12 同型式機の機体構造

2.12.1 同型式機の出力伝達及びローター・システム

(1) 主出力伝達系統

主出力伝達系統は、2台のエンジンからメインギアボックス（以下「MGB」という。）を介してメインローターとテールローター・ドライブシャフトを駆動する。

(2) メインローター

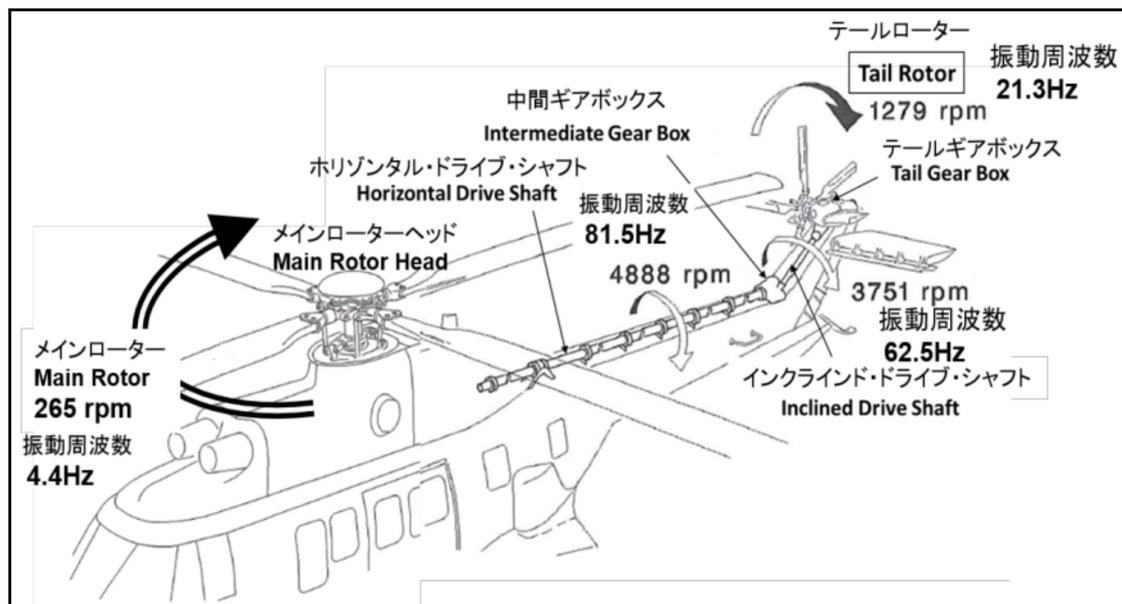


図 1 2 メインローター及びテールローター系統の動力回転数

メインローターは、図 1 2 のとおり、4 枚のローターブレードからなり、上方から見て時計回りに 2 6 5 rpm で回転する。メインローター・ブレードの取付部には、ピッチヒンジ、フラッピングヒンジ及びドラッグ（リードラグ）ヒンジ^{*4}の 3 つのヒンジがあり、メインローター・ブレードをそれぞれの方向に作動させる。フリークウェンシーアダプターは、図 1 3 のとおり、ブレードの取付部に装着され、ドラッグ方向の動きを吸収する。リザーバータンクのオイルは、ピッチヒンジ部に供給されている。

*4 「ドラッグ（リードラグ）ヒンジ」とは、回転面に沿って、前後方向の可動するヒンジをいう。

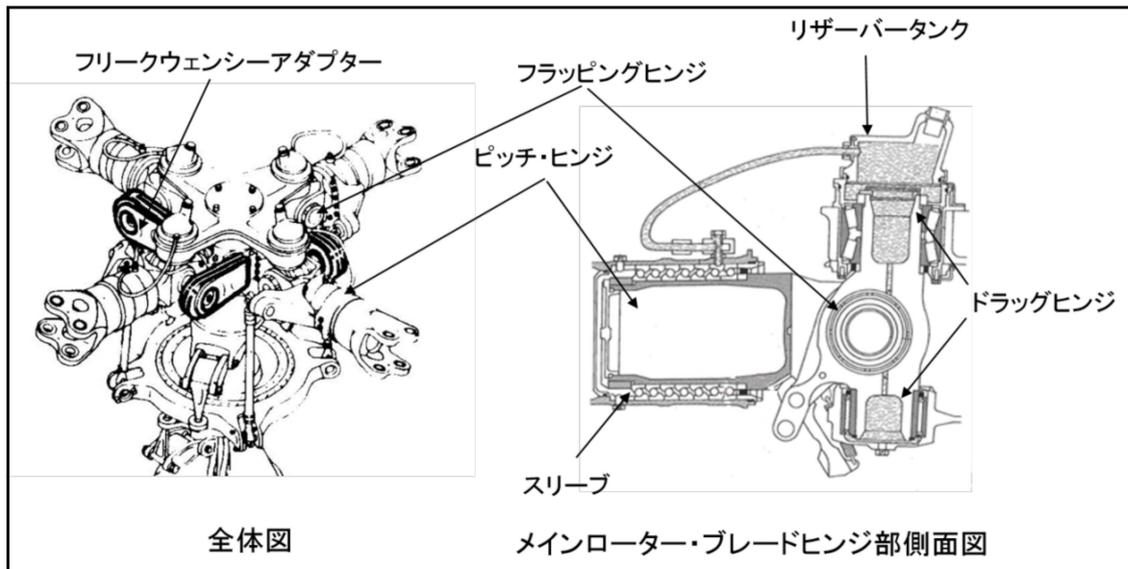


図 1 3 メインローターヘッド

(3) テールローター動力伝達系統

テールローターの動力伝達系統は、図 1 2 のとおり、テールパイロン上部のドライブシャフトを經由して伝達される。MGB から 4, 8 8 8 rpm で出力された回転数は、水平・ドライブ・シャフトから中間ギアボックスに伝達され、3, 7 5 1 rpm に減速される。インクラインド・ドライブ・シャフトは、回転数を維持しテールギアボックス（以下「TGB」という。）へ伝達する。TGB は、回転数を 1, 2 7 9 rpm に減じて、テールローターを回転させる。

(4) テールローター

5 枚のテールローターは、図 1 2 のとおり、パイロン上部の右側に装着され、機体の右側から見ると反時計回りに回転する。回転速度は 1, 2 7 9 rpm であり、メインローターによるアンチトルクを補正し、ヨー方向の機体のコントロールを行う。各ブレードは識別のため、赤、黄、青、白、黒の 5 色により色分けされている。

各テールローター・ブレードの取付部には、図 1 4 のとおり、フラッピングヒンジ及びピッチヒンジがあり、ドラッグ（リードドラッグ）ヒンジはなく、スピンドル部がドラッグ（リードドラッグ）方向の力を受け持つ。ブレードのピッチ角の変更は、テールローターの中央部にあるピッチ・チェンジ・スパイダーの動きにピッチホーンが連動して行われる。

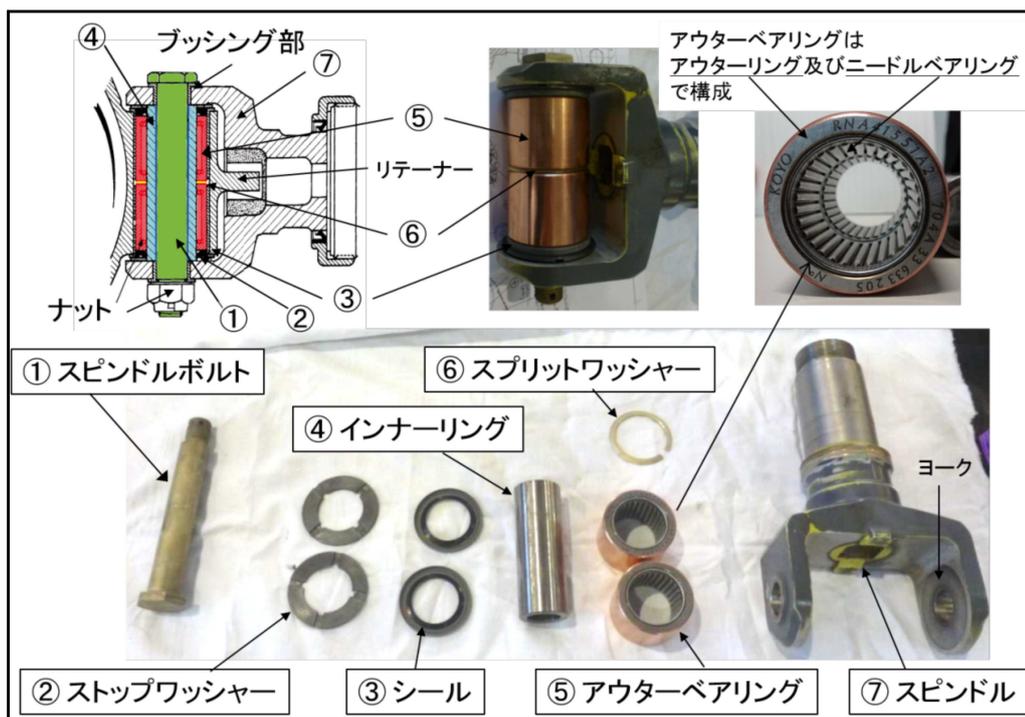


図 1 5 フラッピングヒンジの構成部品

表 1 フラッピングヒンジ構成部品の名称と役割

NO	名称	役割
①	スピンドルボルト	スピンドルとテールローターハブを連結しブレードのフラッピング運動の軸となる。
②	ストップワッシャー	プラスチック製でスピンドルとテールローターハブとの間隙を適切に保つ。
③	シール	金属製リングの内側にゴム製のシールが一体となっている。アウターベアリングの外側に取り付き、グリースの漏れ防止、防水、防塵をする。
④	インナーリング	フラッピング運動中のニードルの内側の転がり面として機能する（外側の転がり面はアウターベアリングとなる。）
⑤	アウターベアリング	アウターリングとニードルベアリングで構成され、フラッピング運動中のニードルの外側転がり面として機能する。
⑥	スプリットワッシャー	金属製でテールローターハブに圧入される2つのアウターベアリングの間に装着され適切な間隙を保つ。
⑦	スピンドル	テールローターブレードとテールローターハブを連結させる。

2.12.2 同型式機のテールローターのコントロール系統

同型式機のテールローターのコントロール系統は、図 1 6 のとおり、アンチトル

ク機能とヨー方向のコントロール機能の2つの基本的な機能を有しており、テールローター・ブレードのピッチ角を変える。テールローターのコントロール系統は、ケーブル、ベルクランク及びテールサーボコントロールで連結されている。

アンチトルク機能には、メインローターによるトルクを打ち消すため、コレクティブ・ピッチ・セッティングによる自動アンチトルク機能がある。

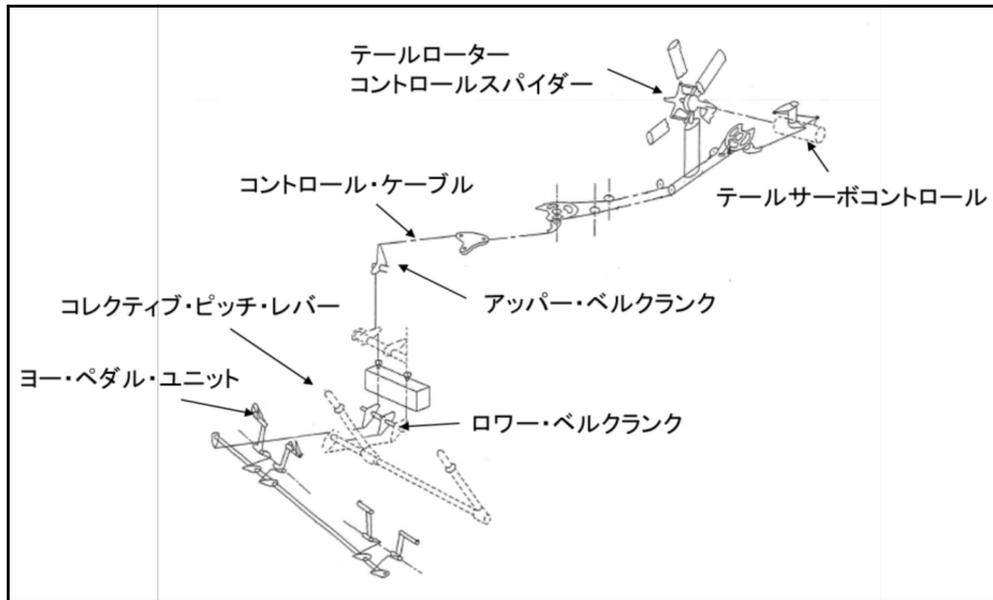


図16 テールローターのコントロール系統

2.12.3 同型式機のテールローターフラッピングヒンジの設計変更の履歴

テールローターフラッピングヒンジには、次の2つの変更が指示されていたが、同機は2つの指示については適用済みであった。

(1) MOD 07.66142 (1995年)

目的：2つのベアリング間の負荷を分散するように改善すること。

- 内容：
- ・ アウターベアリングのペアリング
 - ・ インナーリングの外径の微調整 (+0.006 mm)
 - ・ 材料変更なし

(2) MOD 07.66082 (1990年)

目的：ねじ山の応力とピーニング圧力の減少

内容：スピンドルボルトの締め付けトルクの減少

実施前 120 ~ 140 Nm dry 実施後 75 ~ 90 Nm dry

2.13 整備の経過及び飛行状況

2.13.1 同機のテールローターのオーバーホール整備に関する履歴

同型式機のテールローター部にはアセンブリーとしての使用寿命は設定されてい

ないが、一部の部品では3,000時間又は24年のいずれか早い時期にオーバーホール整備を受けることになっていた。同機の整備記録によると、平成26年3月12日から6月3日の間にテールローター部のオーバーホール整備が実施された。この際フラッピングヒンジ部の詳細な分解整備が実施され、整備記録に不具合の記載はなかった。

フラッピングヒンジのスピンダルを除くそれぞれの構成部品（表1 ①～⑥）については、個別に限界使用時間の設定はないが、整備記録に交換を記載する必要がある。同機の整備記録によると、平成26年6月以降、1,000時間毎のフラッピングヒンジ点検時のシール交換については記録がなかった。

2.13.2 平成26年3月のオーバーホール整備以降に実施された1,000時間点検
整備記録によると、平成26年3月のオーバーホール整備以降、平成27年2月20日から5月21日及び平成29年3月18日から5月16日（以下「前回の1,000時間点検」という。）の2回のフラッピングヒンジ部の1,000時間点検が行われていた。

2.13.3 平成29年3月以降から事故直前までに行った整備の経過

整備記録及び同社の整備関係者の口述によれば、同機の前回の1,000時間点検から事故直前までに行った整備の経過は、次のとおりであった。（フラッピングヒンジの構成部品については図15に、点検内容については2.16.1に詳述）

- (1) 同機は、図17のとおり、平成29年3月21日から5月16日の間、テールローターフラッピングヒンジに関連する500時間及び1,000時間点検が行われた。スピンドルボルトはスムーズに抜けたが、ストップワッシャーは劣化しひび割れがあったため全て交換された。スピンドルボルトについては、数本が腐食していたため、真ちゅうブラシで磨かれ、腐食が除去された。スピンドルボルトの取付け及び最終的な点検は、確認整備士Aが行った。整備記録には、ストップワッシャーの不具合及び交換以外は、記載されておらず、スピンドルの取付け取り外し手順で求められていたシールの交換はされなかった。
- (2) 同機は、平成29年6月中旬の10時間点検において、同機の白色ブレードのフラッピングヒンジ部をグリースアップした際、押し出された古いグリースが黒ずんでいたことが確認された。
- (3) 同機は、平成29年6月15日から8月2日の間に、3回の50時間点検を行い、不具合はなかった。
- (4) 同機は、平成29年7月中旬ごろから、他のテールローター・ブレードと比較し、白色ブレードだけドラッグ方向の遊びがあり、黒いグリースが出てきた。他のテールローター・ブレードのフラッピングヒンジ部についても、降雨の後に飛行した場合や5時間以上飛行した後には、黒いグリースが出るものがあったが、白色ブレードほど黒く汚れていなかった。

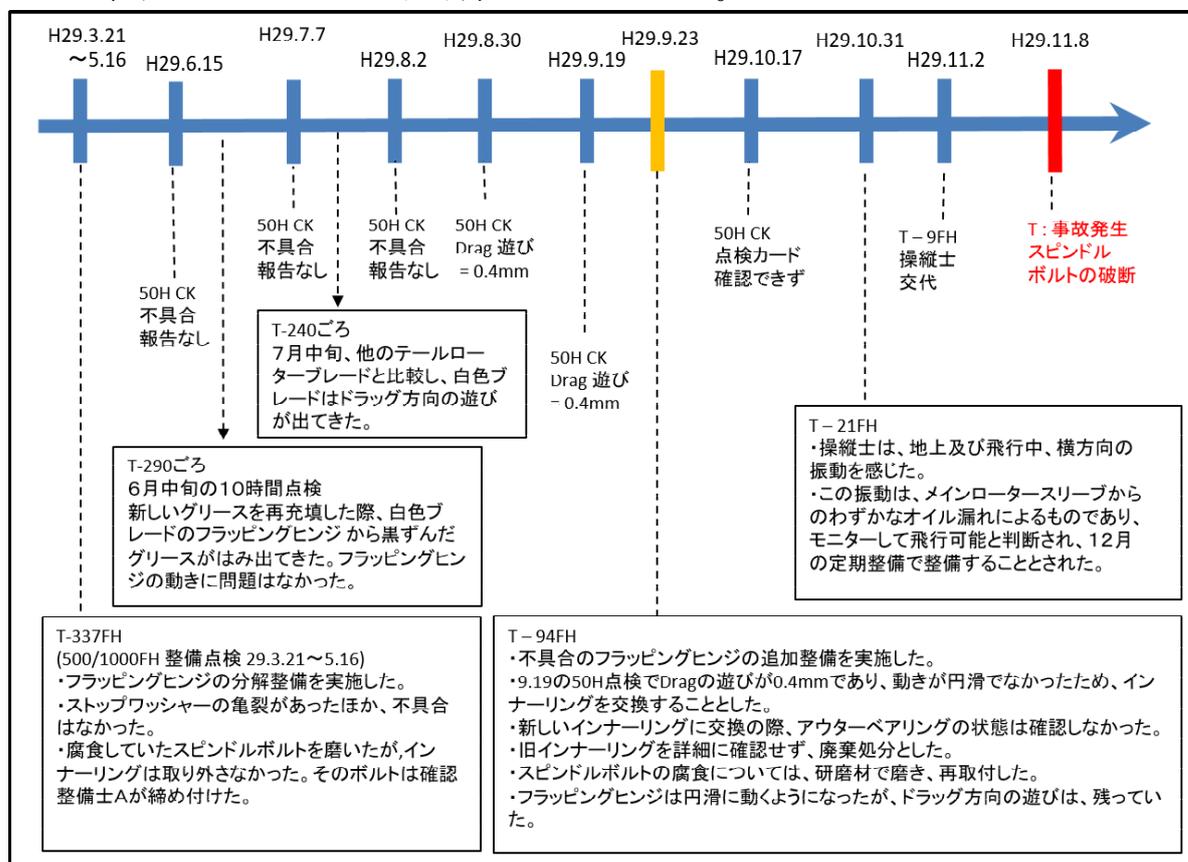


図17 平成29年4月以降の整備の経過

- (5) 同機は、平成29年8月30日及び9月19日に行った50時間点検において、白色ブレードは、ドラッグ方向の遊びが計測値0.4mm（許容値0.6mm以下）であった。また、その他のテールローター・ブレードには遊びはなかった。9月19日の点検において白色ブレードの動きが円滑でなかったため、確認整備士Aは、9月20日からの整備の際、追加整備として、白色ブレードのスピンドルボルトを取り外してフラッピングヒンジの状態を確認することとした。
- (6) 同機は、平成29年9月20日から9月23日の間に、栃木ヘリポートにおいて、250時間点検に合わせ、フラッピングヒンジの追加整備が実施された。スピンドルボルトを抜く際に固着していたため、潤滑剤を吹きかけ、真ちゅう棒を使用して、軽く叩きながらボルトを抜いた。確認整備士Aは、インナーリングを外さない状態でインナーリングに亀裂があることを確認したため、インナーリング及びストップワッシャーを交換することとし、平成29年9月23日に交換作業を実施した。その際の交換は、アウターベアリングの中にほこりが入らないようにするため、図18に示したように、上部から新しいインナーリングを挿入し、取り外すインナーリングを押し出す方法で実施された。旧インナーリングはバラバラになっていたため、ビニール袋で受け取るようにして交換され、バラバラになった部品はビニール袋に入れたまま廃棄処分とされた。このため、インナーリングを交換する際には、スピンドル内にあるアウターベアリング及び押し出された旧インナーリングの状態は確認されなかった。また、インナーリングを交換した際に、ストップワッシャーは交換されたが、スピンドルボルトの取付け取り外し手順（2.16.1(7)参照）で求められているシールは交換されなかった。

抜き取ったスピンドルボルトを点検したところ、図18に示したスピンドルボルトの状態のように赤錆と黒錆が散在していたため、研磨用スポンジにより表面が磨かれたものの、錆は完全には除去されないまま、グリースを塗られ、フラッピングヒンジに装着された。

交換後の点検において、白色ブレードは、フラッピング方向の動きは円滑になったが、ドラッグ方向の遊びは残っていた。

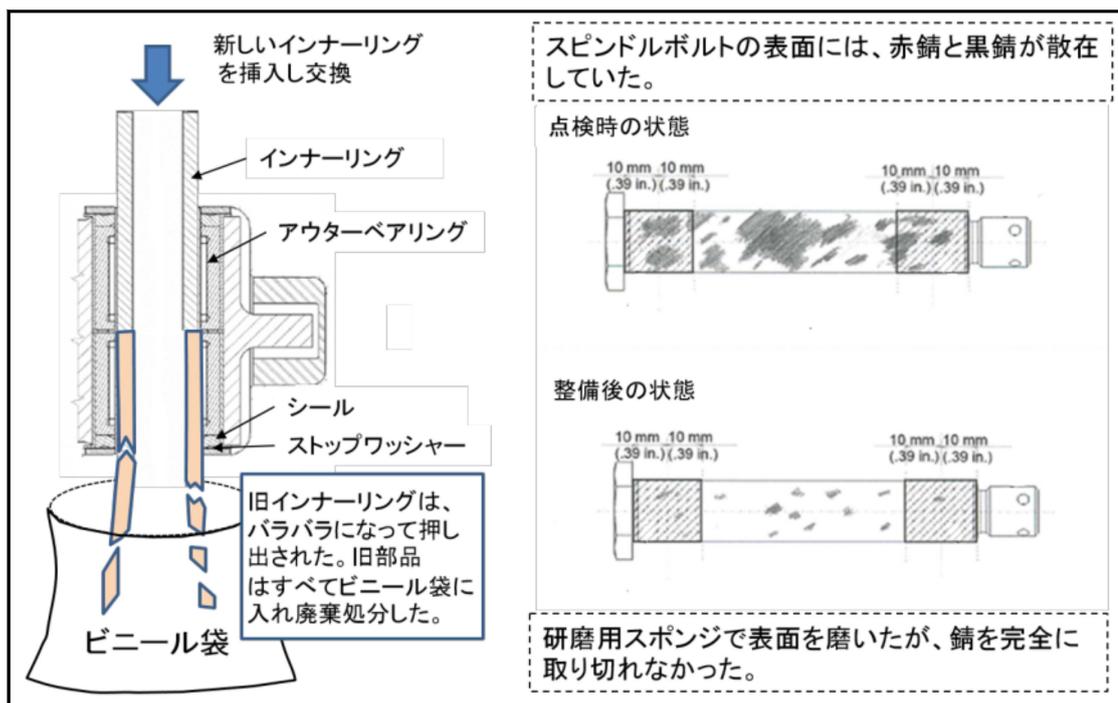


図 18 インナーリング交換時の方法及びスピンドルボルトの状態

- (7) 平成 29 年 10 月 12 日の 50 時間点検において、白色ブレードのフラッピング方向の動きに引っ掛かりはなかったが、ドラッグ方向の遊びは確認された。
- (8) 確認整備士 A は、平成 29 年 10 月 31 日に操縦士 A から横振動の発生状況について相談を受けた。確認整備士 A は、横振動がメインローター・ブレードの青及び黄色のスリーブから僅かなオイル漏れがあるので、その影響であろうと思った。同機のオイル漏れの量は僅かで増加する傾向はなく、日常点検でモニターして飛行させ、12 月の定期整備で処置することとされた。

2.13.4 同機の前回の 1,000 時間点検以降の飛行時間

同機の前回の 1,000 時間点検以降の飛行時間の状況は、図 19 のとおりであり、特に平成 29 年 9 月 23 日にフラッピングヒンジのインナーリングを交換するまでの飛行時間は約 243 時間であり、インナーリング交換後から事故発生までの飛行時間は、約 94 時間であった。

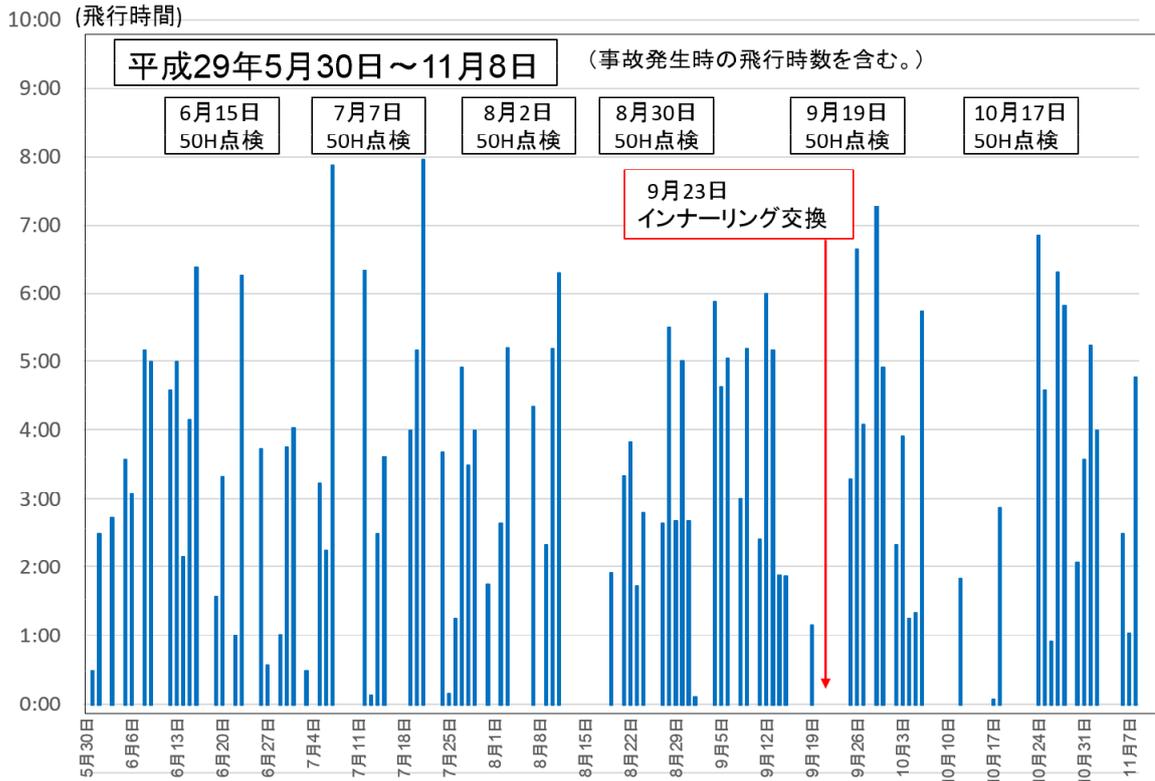


図19 同機の前回の1,000時間点検以降の飛行時間

2.13.5 同機の駐機状況

同機の前回の1,000時間点検後の平成29年5月30日から9月20日までの屋内外の駐機状況は、付図2-3のとおりであり、この間57% (65日) が格納庫内駐機、43% (49日) が屋外駐機であった。栃木ヘリポートと松本空港で夜間駐機する場合は、格納庫内に駐機し、その他の空港及び場外離着陸場においては、屋外駐機されていた。また、屋外駐機する場合は、メインローターヘッド部及びテールローターヘッド部にカバーを掛け駐機されていた。さらに24時間を超える駐機は、格納庫内駐機が35日、屋外駐機が9日であった。

2.14 試験及び研究に関する情報

2.14.1 部品損傷に関する特徴

ASM International Handbook及びFAA Aviation Maintenance Technician Handbook -Airframe Volume2, 2012によれば、金属部品に発生する損傷の種類及びそれらの特徴は次のとおりである。

① 疲労破断 (Fatigue fracture) (ASM International Handbook)

A fracture that is the result of repetitive or cyclic loading is known as a fatigue fracture. Fatigue striations often bow out in the direction of crack propagation and generally tend to align perpendicular to the principal crack

propagation direction. However, variations in local stresses and microstructure can change the orientation of the plane of fracture and alter the direction of striation alignment.

(仮訳)

繰り返し又は周期的な荷重の結果である破断は、疲労破断として知られている。ストライエーション（疲労によって破面上に形成される縞状の模様）はしばしば亀裂の伝播方向に対して弓なりに膨らみ、一般に主亀裂伝播方向に対して垂直に整列する傾向がある。しかしながら、局部応力及び微細構造の変動は破断面の方向を変化させ、そしてストライエーションの方向を変える可能性がある。

② フレッチング摩耗 (Fretting) (ASM International Handbook)

Fretting, sometimes referred to as static adhesive wear, is wear that occurs between two closely contacting surfaces having oscillatory relative motion of extremely small magnitude.

(仮訳)

フレッチングは、静的接着摩耗と呼ばれ、極めて小さい振幅の振動性の相対運動を有する2つの密接に接触する表面間で発生する摩耗である。

③ フォールス・ブリネリング凹み (False brinelling) (Aviation Maintenance Technisian Handbook-Airframe Volume2, 2012)

False Brinelling caused by vibration of the bearing while in a static state. Even with a static overload, lubricant can be forced from between the rollers and the raceway.

(仮訳)

フォールス・ブリネリングは静的状態でのベアリングの振動によって引き起こされる。静的な過負荷があっても、ローラーと軌道の間から潤滑剤を押し出すことができる。

④ ブリネリング凹み (brinelling) (Aviation Maintenance Technisian Handbook-Airframe Volume2, 2012)

Brinelling caused by excessive impact. It appears as indentations in the bearing cup raceways. Any static overload or severe impact can cause true brinelling that leads to vibration and premature bearing failure.

(仮訳)

過度の衝撃が原因であり、ベアリングの軌道のくぼみとして表れる。静的な過負荷又は深刻な衝撃は、真のブリネリングを引起し、振動や早期のベアリン

グ故障につながる。

⑤ スポーリング剥離 (Spalling) (ASM International Handbook)

Spalling is a type of surface damage where material separates from the surface in the form of flakes or chips.

(仮訳)

スポーリングは、材料がフレーク（破片、薄片）又はチップ（かけら）の形で表面から分離する表面損傷の一種である。

2.14.2 調査項目の概要

同機の製造会社において、フランス事故調査当局（B E A）の参加の下、テールローター系統の調査が行われた。調査項目は、以下のとおりであった。

(1) 同機のテールローターに関する部品の詳細調査

- ① スピンドルボルト
- ② インナーリング
- ③ アウターベアリング
- ④ 他のテールローター・フラッピングヒンジ
- ⑤ グリースの状態

(2) フラッピングヒンジの緊急点検に基づく構成部品の詳細調査

- ① スピンドルボルト
- ② インナーリング
- ③ 締め付けトルクの状態
- ④ フラッピングヒンジの打痕の状態

2.14.3 白色ブレードのフラッピングヒンジの詳細調査結果

(1) スピンドルボルト

白色ブレードのスピンドルボルトには、図 20 のとおり 2 箇所を起点とする亀裂から生じる疲労破断が見られた。ボルトの頭部を起点とする H 1 亀裂は 45 度方向に亀裂が進行していた。もう一方の T 1 亀裂は、軸に垂直な方向に進行しボルトを破断させていた。

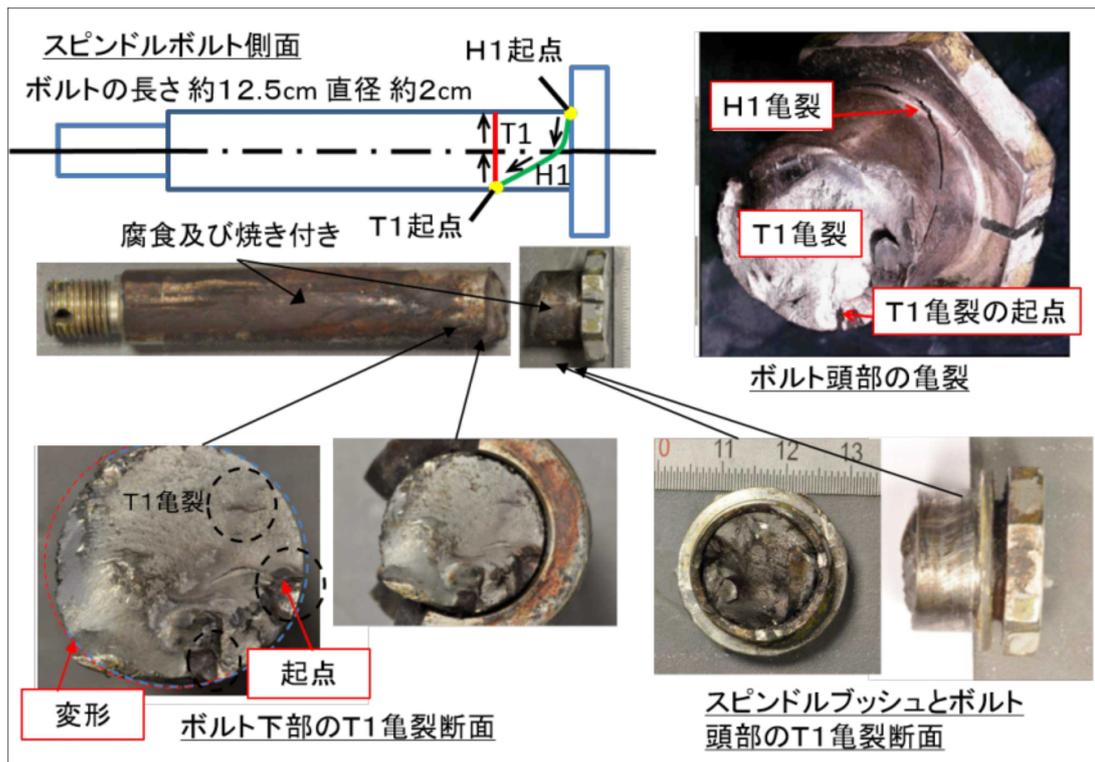
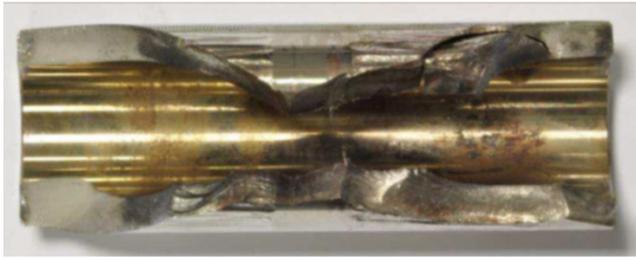


図 20 破断したスピンドルボルト

(2) インナーリング

インナーリングは、図 21 のとおり、多数の破片とともに破砕された状態で発見された。破片が欠けているため、部分的に再構築したところ、インナーリングの破砕された箇所は 8% の重量に相当する部品を失っていた。破断面の調査では、側面、内面又は外面の多くの異なる箇所で行進性の亀裂が発生していた。亀裂の方向は、内径から外径へ進行したもの、外径から内径へ進行したもの及び側面から進行したものがあったが、全ての亀裂開始点を特定することは不可能であった。また、開始領域では腐食については特定されなかった。外径の部分は、半周にわたりフォールス・ブリネリング摩耗の損傷を受けていた。



インナーリング亀裂の断面



約30個の破片

亀裂の進行方向

—————▶ 内径から外径へ進行した亀裂の方向
 - - - - -▶ 外径から内径へ進行した亀裂の方向
 ······▶ 側面から進行した亀裂の方向

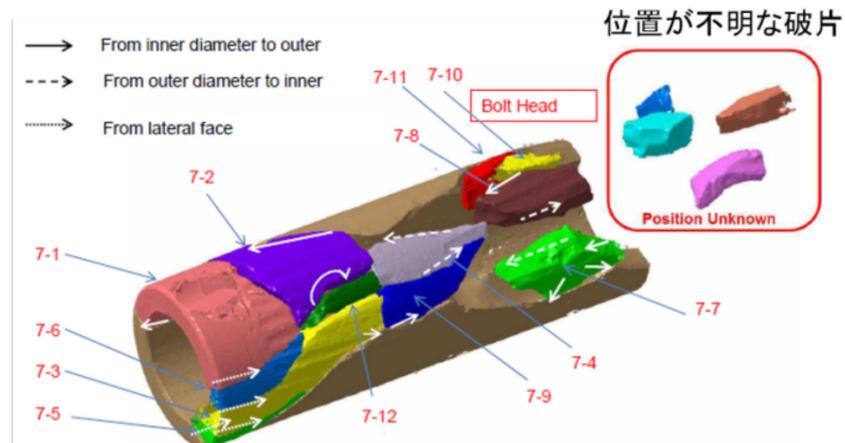


図 2 1 損傷したインナーリング

(3) アウターベアリング

ニードルベアリングとアウターリングで構成されるアウターベアリングは、白色ブレードのアウターベアリングのグリース量が、他のブレードのアウターベアリングと比較し、少なかった。ただし、スピンドルボルトが破断した際に、大量のグリースが遠心力によって放出されているのが発見されたため、スピンドルボルトが破断する前からグリース量が少なかったかどうかは判定できなかった。図 2 2 のとおり、各ニードルベアリングは、損傷のさまざまな箇所ではフレッチングと摩耗があり、損傷のいくつかにはスポーリング剥離が見られた。ニードルベアリングの重量測定では、10%（少なくとも6本分の重量）に相当するニードルベアリングは発見されなかった。

アウターリングの最大の損傷領域では、フォールス・ブリネリング摩耗とスポーリング剥離により損傷していた。ベアリングの検査では、旧インナーリングを交換した際の状態を特徴付けることはできなかった。アウターリングの内径面は、ニードルベアリングの軸ずれを示す損傷とニードルベアリングの軸方向の押し込みを示す損傷があった。

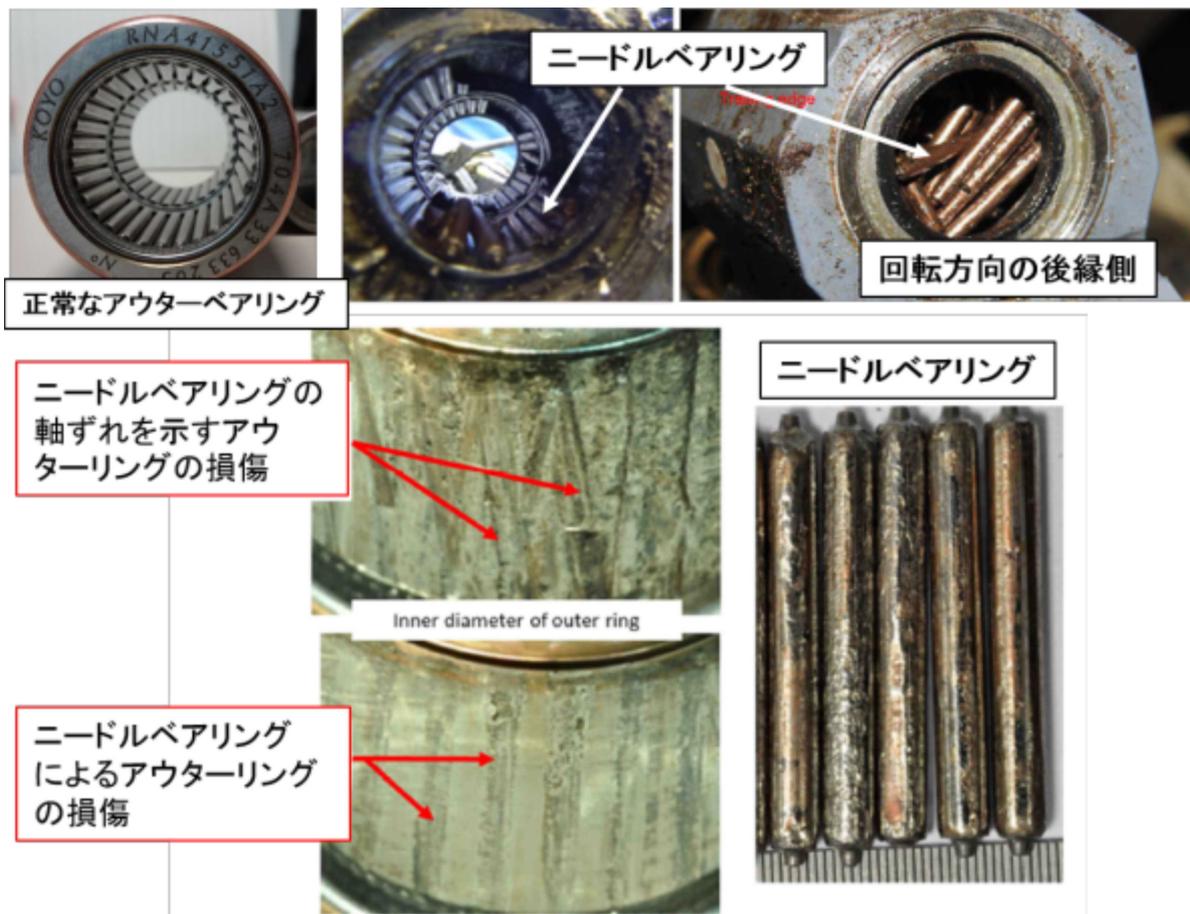


図 2.2 損傷したアウターベアリング（白色ブレード）

2.14.4 他のテールローター・フラッピングヒンジ部の調査結果

同機の白色ブレード以外のフラッピングヒンジの構成部品には、通常の使用による劣化（インナーリングの軽度のフォールス・ブリネリング、スピンドルボルトの軽度のフレッチング）又は墜落時の衝撃による劣化が見られた。

2.14.5 グリースの分析結果

同機のテールローター全てのフラッピングヒンジのグリースについて成分分析を行った。グリースのサンプル量が少ないか又はグリースの劣化により、十分な分析結果は得られなかったが、テールローターヘッド、インナーリングの破断面及びストロップワッシャーに付着していたグリースはメンテナンスマニュアルの指定品と適合し、5つのどの構成部品からも異常なグリースは見られなかった。

2.14.6 フラッピングヒンジの緊急点検に基づく構成部品の詳細調査

事故発生後、エアバス・ヘリコプターズ社により、同型機及び同系列型機の使用
者に対し、技術通報（EASB No. AS332-64.00.43）が出され、テールローターのフ
ラッピングヒンジの緊急点検が実施された。EASBの点検結果はエアバスヘリコプ
ターズ社に報告され、その点検結果に基づきフラッピングヒンジの構成部品の分析
が行われた。

(1) スピンドルボルト

腐食やフレッチングのいくつかのケースがあったが、亀裂のケースはなかつ
た。

(2) インナーリング

フォールス・ブリネリング、スポーリング、亀裂のいくつかのケースがあり、
その内フォールス・ブリネリングのケースの発生が顕著であった。

(3) 締め付けトルク

いくつかのスピンドルボルトでは、ボルトの締め付けトルクが不足していた
一方、締め付けトルク範囲を超えていたケースが数例あった。しかし、いずれ
も亀裂の入ったインナーリングとの関連はなかった。

(4) フラッピングヒンジ部の打痕

フラッピングヒンジ部に打痕があったものはなかった。

2.14.7 エアバス・ヘリコプターズ社による当面の対策

平成30年10月25日、エアバス・ヘリコプターズ社は、不具合の発生した部
品等の分析の結果に基づき、1,000時間点検で実施していたフラッピングヒン
ジ点検を250時間を超えない範囲で実施し、かつスピンドルを除くフラッピング
ヒンジを構成する全ての部品を交換し、廃棄することを求めるAlert Service
Bulletin (ASB No. AS332-05.01.10 2018-10-25) を発行した。

これは、エアバス・ヘリコプターズ社に報告されたフラッピングヒンジ損傷の分
析の結果を受けたものであり、この分析において以前の検査手順は耐空性を維持す
るには十分でなかったと確認されている。これにより、点検間隔を250時間に短
縮する必要があると判断され、さらに構成部品については点検だけでなく、整備に
おける人的要因を勘案した追加的予防措置として、交換することが決定された。

2.14.8 テールローターのフラッピングヒンジ構成部品の耐空性について

欧州航空安全庁（EASA）は、平成29年11月21日にエアバスヘリコプ
ターズ社が実施するテールローターのフラッピングヒンジ緊急点検の要求に関して、
同型機及び同型式機の使用相手に対し、耐空性改善命令（AD）を発出するとともに、

平成30年11月15日に緊急点検の結果に基づき、同型機及び同系列機の使用者に対し、耐空性改善命令（AD）を発出した。本耐空性改善命令によると、フラッピングヒンジ部の損傷状態が検出されずに整備されないと、テールローターのフラッピングヒンジの故障により、テールローターが不均衡状態となり、テールギアボックスとテールローターハブが外れ、その結果ヘリコプターの制御が失われる可能性がある。耐用年数の間に構成部品に加えられると想定される繰り返し荷重によって、損傷につながることはないように、構成部品の反復的な交換（耐用年数の短縮）が必要であると判断された。

実施内容

フラッピングヒンジの点検は、250時間を超えない間隔で実施し、スピンドルを除く全ての構成部品を廃棄の上、新品と交換すること。

廃棄された部品を検査し、その検査結果をエアバスヘリコプターズ社に報告すること。

2.15 同社の組織及び管理に関する情報

2.15.1 航空局から指摘された同社の整備管理体制

国土交通省東京航空局は、本事故の発生を踏まえ、平成29年12月25日から12月27日及び平成30年1月17日から1月18日にかけて同社の立入検査を実施し、次の内容について事業改善命令（東空運第12681号、東空安第7号、東空審第120号 平成30年2月2日）を行った。

同社に対する事業改善命令よれば、同社において、認可を受けた整備規程によらないで整備を実施したこと及び航空日誌に記載すべき事項（航空機の航行の安全に影響のある事項）が記載されていなかったことが確認された。加えて現場での整備作業を管理し適切に実施させる整備管理部門が、現場での整備士に必要な指示を行うなどその組織的な責任を果たすことができていなかったことも確認された。

2.15.2 同社が規程する不具合報告

同社の整備規程においては、主基地以外において、航空機に不具合が発生し整備する場合、整備士は不具合報告書を起票して、主基地にいる運航整備課長に報告し、整備管理部門のサポートを受けて当該不具合の処置を行う仕組みとなっており、併せて、航空日誌に記載するようになっている。しかし、2.1.3に記述したように同機で発生した横振動の不具合及び2.13.3(6)に記述したように取り外されたインナーリングの状況については、整備規程に基づく搭載用航空日誌（飛行記録）への記載、不具合報告書の起票及び運航整備課長への報告がなされていなかった。

2.15.3 同機の確認整備士Aによる整備確認状況

過去1年間の同機の飛行は、約600飛行時間であり、ほとんどの飛行が物資輸送及び物資輸送に関わる機体空輸であった。過去1年間の全ての飛行において、本事故時に同機に乗務していた確認整備士Aが乗務しており、他の整備士は乗務していなかった。直近に行った耐空証明検査受検前整備を含む、過去1年間に行った全ての整備作業の確認が確認整備士Aにより実施されていた。

2.16 その他必要な事項

2.16.1 同機のテールローター・フラッピングヒンジの点検

同機のテールローター・フラッピングヒンジの点検は、整備規程に基づき、飛行後点検、10時間点検、50時間点検、500FH/2Y*⁵及び1,000時間点検において実施されている。設計・製造者のメンテナンスマニュアルには、次の内容が記載されている。

(1) 飛行後点検

飛行後点検 (Chapter 05.20 of MSM REV 005) においては、以下の点検をするよう規定されている。

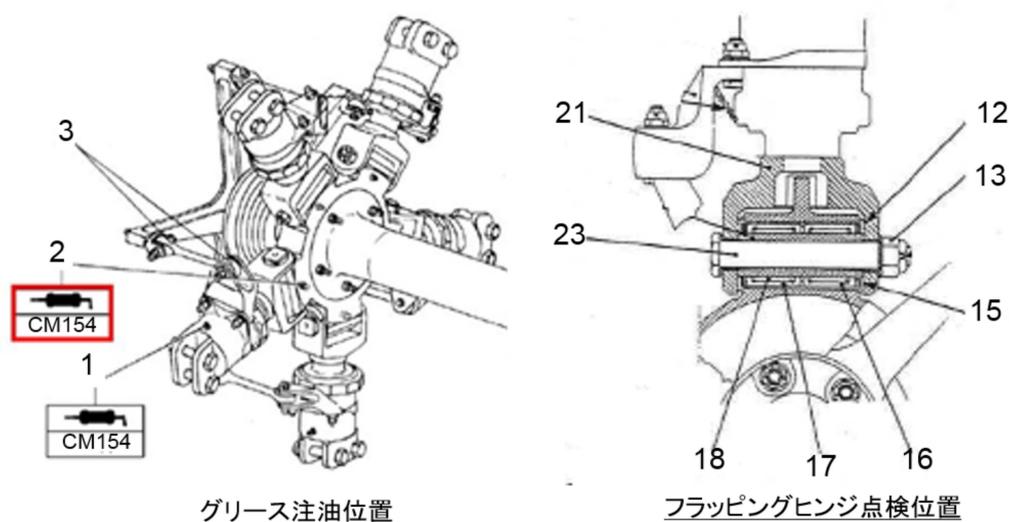


図23 フラッピングヒンジ点検箇所

*5 「500FH/2Y」とは、500飛行時間又は2年間のいずれか早い時期に行う点検をいう。

- (3) Tail rotor hub : General condition.
When the tail rotor blades rotate, check the following for unusual noise :blades, blade horns and pitch-change links and pitch-change spider. Grease CM 154 the hinges as per MET 64-20-00-301 paragraph On Spindle/Sleeve Assembly and On Flapping Axis.
- (a) Regreasing the hinges : Apply Grease CM 154 as per MTC, move the blade flapwise until clean Grease CM 154 comes out. If metal particles are found, remove and replace the bearingstack.

(Refer figure23 Flapping hinge part Grease lubrication point)

(仮訳)

- (3) テールローター・ハブ :一般状態
テールローター・ブレードを回転させたときにブレード、ブレードホーン、ピッチチェンジ・リンク、スパイダーから異音が発生しないか確認する。
フラッピング軸のスピンダルスリーブのヒンジ部にグリースCM154^{*6}を注油する
- (a) ヒンジ部の再注油 :グリースCM154を注油し、きれいなグリースCM154が出てくるまでブレードをフラッピング方向に動かし、金属片が発見されたときはベアリングを取り外し交換する。

(図 2 3 フラッピングヒンジ点検箇所 グリース注油位置 参照)

注油手順 (MET 64-20-00-301) については、次のとおり規定されている。

Lubrication

(2) On Flapping Axis

- (a) Clean grease nipples (2) as per MTC
(b) Inject 30 g (.066lb) of Graisse CM 154 in grease nipples (2) with a grease pump.
(c) Move the spindle/sleeve assembly about the flapping axis every 5 pump operations.
(d) Remove the existing grease at the drain seals.
(e) Clean the grease nipples (1) and (2) with a Cloth as per MTC.
(f) Connect pitch-change links as per 64-20-00-402.

NOTE

Make sure that there is a label next to each grease nipple indicating the type of grease used.

*6 「CM154」とは、消耗材料 (Consumable Materials) の154番を示しており、仕様書記号G-366のグリースに該当する。(MTC 20-01-01-102に記述)

(仮訳)

<p>注油</p> <p>(2)フラッピング軸</p> <ul style="list-style-type: none">(a) 注油口を清掃する。(b) グリースポンプを用いてCM154を注油口から30g注入する。(c) 5回ポンピングする毎にフラッピング軸のスピンドルスリーブを動かす。(d) 排出されたグリースを取る。(e) 注油口を清掃する。(f) ピッチチェンジ・リンクをつなぐ。 <p style="text-align: center;">注意</p> <p style="text-align: center;">注油口の横に貼られているラベルで使用するグリースを確認する。</p>

(2) 10時間点検

フラッピングヒンジに関する10時間点検 (Chapter 04.20 of ALS REV 005) は、同社の飛行後点検表に組み込まれ、飛行後にテールローター・ヘッドのグリースアップの実施及びフラッピングヒンジ・ローターヘッド部の亀裂の有無を点検するよう規定されている。

(3) 50時間点検

50時間点検 (Chapter 04.20 of ALS REV 005) においては、以下の点検をするよう規定されている。

ITEM-COMPONENTS-METHODS	ACTION CRITERIA	ACTION
<p>- Feel check the hinge.</p> <p>- Check for correct condition of spindle(21):cracks and corrosion.</p> <p>- Check for correct condition and safetying (cotter pin (14)) of flapping hinge pins (spindle bolt) (23).</p> <p>- Check the spindle lateral stops and the blade flapping stop (no deformation nor bead)</p>	<p>- Excessive binding points</p> <p>- Excessive play in drag plane (for reference, play less than or equal to 0.6mm(0.023 in))</p>	<p>- Replace bearings and inner rings (lubrication highly recommended as per intervals specified in MSM)</p> <p>- Inspection of the spindle wear as per paragraph F.5 a2 "Spindle".</p> <p>Before connecting the pitch change link. rotate the sleeve a few turns.</p>

(Refer figure23 Flapping hinge part flapping hinge check point)

(仮訳)

要目	処置基準	処置内容
-ヒンジの感覚点検	- 過度な拘束の有無	- ベアリング及びインナーリングの交換 (マニュアルに定められた期限内にグリースアップを実施する事を強く推奨)
- スピンドルの割れや腐食の検査	- ドラッグ方向の過度な遊びの有無 (遊びは 0.6mm(0.023 in) 以下のこと)	-スピンドルの摩耗検査
- スピンドルボルトの安全ピンの検査		ピッチチェンジ・リンクを接続する前にスリーブを数回回転させる
- スピンドルのラテラルストップ及びブレードのフラッピングストップの検査		

(図 2 3 フラッピングヒンジ点検箇所 フラッピングヒンジ点検位置 参照)

(4) 5 0 0 F H / 2 Y 点検

5 0 0 時間点検 (Chapter 05.20 of MSM REV 005) においては、以下の点検をするよう規定されている。

ITEM-COMPONENTS-METHODS	ACTION CRITERIA	ACTION
<i>External visual inspection:</i>		
- pin(23)	- No locking	- Torque nut (13) as per paragraph H. "Installation of spindle-sleeve assembly" of MET 64-20-00-403 and lock nut (13) with pin (14) as per MTC
- sealing.	- Leak	- Replace bearings and inner races(inner rings).

(Refer figure23 Flapping hinge part flapping hinge check point)

(仮訳)

要目	処置基準	処置内容
外観目視検査		
- ピン	-拘束の無いこと	- ナットを締め付ける.
- シール状態	- 漏れ	- ベアリング及びインナーリングの交換

(図 2 3 フラッピングヒンジ点検箇所 フラッピングヒンジ点検位置 参照)

(5) 1,000時間点検 フラッピングヒンジ

1,000時間のフラッピングヒンジの点検 (Chapter 05.20 of MSM REV 005) は、以下の点検をするよう規定されている。

ITEM-COMPONENTS-METHODS	ACTION CRITERIA	ACTION
<ul style="list-style-type: none"> - Check needles and inner race (inner rings)(18) of bearing (16) and (17). - Plastic lateral thrust washers (15). - Bearing race (18) 	<ul style="list-style-type: none"> - Spalling - Brinelling 	<p>Replace bearings (16) and (17) and inner races (18) as per MRM 64-20-00-703.</p> <p>Replace plastic lateral thrust washers if their thickness is less than 1.5mm(.060in) as per MRM 64-20-00-728.</p> <p>Turn bearing race (18) through 180°</p>

(Refer figure23 Flapping hinge part flapping hinge check point)

(仮訳)

要目	処置基準	処置内容
<ul style="list-style-type: none"> ニードルベアリング及びインナーリングを点検する ストップワッシャー インナーリング 	<ul style="list-style-type: none"> スポーリング ブリネリング 	<p>アウターベアリング及びインナーリングを交換する。</p> <p>ストップワッシャーの厚みが 1.5 mm(.060in)未満の時は交換する。</p> <p>インナーリングを180° 回転させる</p>

(図 2 3 フラッピングヒンジ点検箇所 フラッピングヒンジ点検位置 参照)

(6) 1,000時間点検 スピンドル

1,000時間のスピンドルの点検 (Chapter 05.20 of MSM REV 005) は、以下の点検をするよう規定されている。

ITEM-COMPONENTS-METHODS	ACTION CRITERIA	ACTION
<p>- When checking the flapping hingebearings, check seating of the lateral thrust washers (15) on the spindles."</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Wear on inner faces of yokes (12) if there is wear on the inner faces measure the wear depth with a Dial indicator in according with Figure 7. 	

(Refer figure23 Flapping hinge part Grease flapping hinge check point)

(仮訳)

要目	処置基準	処置内容
- フラッピングヒンジ・ベアリングを 検査するときはスピンドルのストップ ワッシャーの向きに注意する	- ヨーク内側の摩耗 もし内側に摩耗があった場合、ダイ アルインジケーターを使用して摩耗 の深さを計測する	

(図 2 3 フラッピングヒンジ点検箇所 フラッピングヒンジ点検位置 参照)

(7) スピンドルボルトの取付け取り外し手順

スピンドルボルトの取付け取り外し手順 (MET 64-20-00-403)は、以下の
手順で実施するよう規定されている。

<i>Sleeve-spindle assy. removal</i>	<i>MET 64-20-00-403</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Remove and discard split pin. 2. Remove nut and bolt. 3. Remove sleeve-spindle assy from hub. 4. Remove stop washers and seals. 5. Discard seals. 	

(仮訳)

スピンドルボルトの取り外し	MET 64-20-00-403
<ol style="list-style-type: none"> 1. スプリットピンを取り外して廃棄する。 2. ナットとボルトを取り外す。 3. スピンドルボルトをハブから取り外す。 4. ストップワッシャーとシールを取り外す。 5. シールを廃棄する。 	

(8) アウターベアリング交換に使用する専用工具 (ツール)

5 0 時間点検で実施するフラッピングヒンジ感覚点検において、過度の拘束
があった場合、インナーリング及びアウターベアリングを交換しなければなら
ない。さらに、アウターベアリングを交換する場合は、専用工具 (ツール) を
使用しなければならない。同社は、この専用工具 (ツール) を保有していない
ため、アウターベアリング交換時は、製造会社又は他社から借用する必要が
あった。

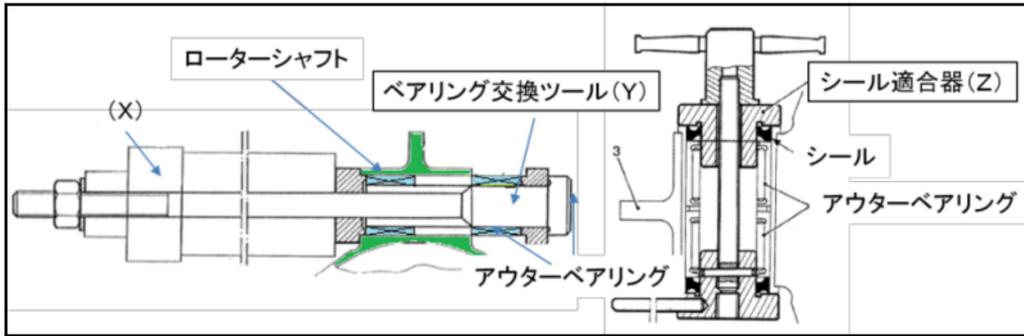


図 2 4 専用工具 (ツール) の一部



図 2 5 専用工具 (ツール) により取り外されたアウターベアリング

2. 16. 2 グリースの使用に関する情報

- (1) 同型式機でフラッピングヒンジに使用されるグリースの仕様上の運用温度範囲

同型式機でフラッピングヒンジに使用されるグリースの仕様上の運用温度範囲は表 2 のとおりである。

表 2 Aeroshell 14 グリースの運用温度

AIR Specification	NATO Symbol	Specification DATA		Supplier	Trade name
		Operating T° (°C)	Drop Point (°C)		
Mineral grease for helicopter rotors	G-366	- 54 ~ + 93	148	SHELL	Aeroshell grease 14

(仮訳)

航空仕様書	NATO 記号	仕様書情報		供給者	商標
		運用温度 T° (°C)	滴点 (°C)		
ヘリコプター・ローターのための鉋物グリース	G-366	- 54 ~ + 93	148	SHELL	Aeroshell grease 14

- (2) 同型式機で使用されるグリースに関する情報

同型式機ではグリースの使用に関する情報が表 3 のとおり、通知されている。

表3 同型式機で使用されるグリースに関する情報

NO	種別、番号、発行日	発行者	件名及び概要
1	Service BulletinNo. 64.15 R1 1991年5月28日	ユーロコプター	〈テールローター：フラッピングヒンジの MOBILPLEX 47グリースの注油〉 グリースの適用推奨範囲 ・ MOBILPLEX 47：-30℃ ～ +50℃ ・ AEROSHELL 14：-30℃以下 0℃以上では、MOBILPLEX 47の使用を推奨し、グ リースの交換手順を明記
2	Information Notice No. 2017-I-64 2008年12月20日	ユーロコプター	〈テールローター：ピッチチェンジ及びフラッピ ングヒンジの注油〉 ・ Aeroshell 14グリースのみの使用を通知 ・ Aeroshell 14グリースの高温多湿 ^{*7} 下での運用 の注意喚起
3	Safety Information Notice No. 2919-S-64 2015年7月9日	エアバス・ ヘリコプターズ	〈テールローター：飛行中のピッチチェンジ・ス パイダーアームの破断〉 ・ Aeroshell 14グリース使用上の注意の再通知 ・ テールローターヘッド部の整備手順の注意喚起
4	Safety Information Notice No. 2987-I-64 2016年1月19日	エアバス・ ヘリコプターズ	〈テールローター：フラッピングヒンジの注油〉 ・ フラッピングヒンジ・インナーリングの腐食の 情報から、Aeroshell 14グリース使用上の注意の 再通知

(3) Aeroshell 14グリースの使用に関する設計・製造会社からの注意喚起

平成20年12月、ユーロコプター社（当時）は、ピッチチェンジ及びフ
ラッピングヒンジ・ベアリングに関するグリースについて、同型機の運航者に
対して以下の情報（Information Notice No. 2017-I-64, Revision 0 2008-12-
20）を通知した。

In the past, EUROCOPTER had noted on tail rotor hub pitch change hinge bearing stacks, lubricated with Aeroshell 14 grease, increased proneness to the false Brinelling phenomenon. To improve this behavior, recommended Service Bulletin No. 64.15 R1, enabling operators to lubricate the tail rotor hub pitch change bearing stacks of AS332 MK1 helicopters with MOBILPLEX 47 grease, was issued in 1991. The results with this grease proved to be excellent and a considerably improved in-service behavior was noted (this history is covered in Telex Information T.F.S. No. 00000255 dated July 26, 2005). As the supplier no longer produces this product, Aeroshell 14 grease is currently the only grease available to ensure tail rotor hub lubrication.

Since the return to lubrication with Aeroshell 14 grease, EUROCOPTER has noted a significant decrease in the reliability of the tail rotor hub bearings, in particular within the

*7 エアバス・ヘリコプターズ社は、高温多湿の環境条件として、気温28℃及び湿度75%以上を定義している。（AIRBUS ALS AS332L 5.11 Specific and severe atmospheric operating conditions）

scope of helicopter operation in hot and damp conditions.

*Compliance with the checks defined in the Maintenance Program (maintenance A scheduled at 50 FH**) enables operators to detect any deterioration of the condition of the pitch change and flapping hinges before it results in the loss of the function concerned.*

However, to improve the in-service behavior, EUROCOPTER is searching jointly with the oil companies for an alternative grease. Pending the availability of this new grease, EUROCOPTER draws your attention to the greasing of the TRH, which is currently the only means to ensure its correct behavior.

This lubrication is required as part of the ALF check as well as at the 10 FH** time limit. However, if the aircraft has been parked and has not been used for more than one day, in particular in a hot atmosphere, we advise you to grease the TRH before resuming flights.*

(仮訳)

過去に、ユーロコプターはテールローターハブのピッチチェンジ・ヒンジベアリングにAeroshell 14グリースを使用することによって、フォールス・ブリネリング現象の傾向が増加していることに注目していた。この状態を改善するために、AS332 MK1ヘリコプターのテールローターハブ・ピッチチェンジ・ベアリングをMOBILPLEX 47グリースで潤滑することを可能とするService Bulletin No. 64.15 R1が推奨され、1991年に発行された。このグリースの結果は優れていることが証明され、運用中の状況が大幅に改善されたことが注目された（この経緯について、2005年7月26日付のTelex Information TFS No. 00000255に記載されている）。サプライヤーがこの製品を製造しなくなったため、テールローターハブの潤滑を確保するために利用できるグリースは現在、Aeroshell 14グリースのみとなった。

Aeroshell 14グリースによる潤滑へ戻してから、ユーロコプターは、特に、高温及び湿気の多い条件下でのヘリコプターの運用範囲内において、テールローターハブベアリングの信頼性の大幅な低下に注目している。

メンテナンスプログラム（50 FHで予定されているメンテナンスA）で定義されたチェックに従うことにより、オペレーターは、関連する機能が失われる前に、ピッチチェンジ及びフラッピングヒンジの状態の悪化を検出することが可能である。

しかしながら、運用中の状況を改善するために、ユーロコプターはオイル会社と共同で代替グリースを探している。この新しいグリースが入手可能になるまで、現在、正しい作動を保証する唯一の手段であることから、ユーロコプターはテールローターハブのグリースの補給に対する運航者の注意を促

す。

この潤滑は、ALF (After Last Flight)*チェックの一部として、10 飛行時間の制限時間内に必要である。ただし、航空機が駐機され、特に暑い環境で1日以上使用されていない場合は、フライトを再開する前にテールローターハブにグリースを注油することを推奨する。

(4) 同社の表3の情報に関する対応について

同社によると、MOBILPLEX47グリースが製造中止となり、入手が困難となったため、平成20年8月にワークカードを改定し、MOBILPLEX47グリースの在庫がなくなった10月ごろからAeroshell 14グリースの使用を開始した。その後、表3のNo2～No4の注意喚起に関する情報は、入手していたが現場の整備士には周知されておらず、高温多湿の中で24時間以上駐機された場合でも、飛行前にグリースの再注油はされていなかった。

2.16.3 同型式機の非常操作手順

同機の飛行規程によれば、テールローターに関する故障及び非常着陸の手順は次のとおりである。

(1) テールローターの故障

— 徴候 :

- ・ 突然、ヨー軸周りに大きく回転する。

— 措置 :

- ・ 直ちにオートローテーションに入る。
- ・ Engineを停止し、地形に応じたできるだけ速い滑走速度で、完全オートローテーション着陸を行う。

接地したら直ちに :

- ・ Wheel Brakeを用いてヨーイングをコントロールする。
- ・ General Cut-OUT Handleを引く。

(2) テールローター・コントロールの故障

— 徴候 :

- ・ 過度の挙動及び一定したサイドスリップがある。

— 故障の状態 :

- ・ テールローター・コントロール・ケーブルの不具合

注 : Tail Rotor Bladeは安全ピッチにセットするように働き、規定限度内でヨー・コントロールができるようになっている。

巡航中の故障

－直ちにコレクティブ・ピッチを約 13° に下げる。これによってサイドスリップは減少するか又は無くなる。

－滑走着陸が可能な着陸地が見つかるまでこの状態で水平飛行を続ける。

－許容できるサイドスリップになるようコレクティブ・ピッチ／対気速度／降下率の適切な組み合わせにするために十分余裕のある高度で進入する；これはおおむね次の状態である。：

－ $50\sim 60\text{kt}$ ($93\sim 110\text{km/h}$) IAS

$9\sim 11^{\circ}$ コレクティブ・ピッチ

降下率 約 500ft/min (2.5m/sec)

－ロール軸によりサイドスリップをコントロールする。

－機体が地上に接近するまでこの姿勢を維持する：

コレクティブ・ピッチを上げずに接地する；

但し、衝撃を減衰するため、Cyclic Stickを後方に僅かに引く。

－接地したら直ちにGENERAL CUT-OUT Handleを引き、左右のWheel Brakeを使用して方向をコントロールする。

(3) 非常着陸

－措置：

即時の着陸が避けられないときは：

・着陸場所に向かって沈下率と前進速度が最良の組み合わせになるよう操作する。

接地したならば

・GENERAL CUT-OUT Handleを引く。

2.16.4 4.4Hz未満の低周波及びテールローターを振動源とする振動

同機の製造会社が定めた振動に関する整備マニュアルによると、4.4Hz未満の低周波及びテールローターを振動源とする振動は表4のとおりである。

ME T 05-53-00-612 抜粋

表4 4. 4Hz未満の低周波及びテールローター系統に関する振動

VIBRATION MEASURED	POSSIBLE CAUSES	CHECK AND CHECK AND CORRECTIVE ACTIONS
Vibrations less than 1 OMEGA, main rotor (Less than 4.4 Hz at nominal 265 r.p.m)	Condition of the frequency adapters	Remove the frequency adapters. Check the adapters and their hinges for correct condition.
Vibrating roll phenomena on the ground ,called padding (frequency close to Omega/2)	1. Incorrect operation of auto-pilot	Check by disengaging the various channels in level flight.
Vibrations less than 1 OMEGA, main rotor (Less than 4.4 Hz at nominal 265 r.p.m)	2. Frequency adapter operating up to limit travel	Check the frequency adapters for correct condition, if these vibrations are experienced during turns (of less than 45° bank (frequency close to : Omega/2)) If in doubt, replace them.
	3. Incorrect balancing of tail rotor	Check the tail rotor for correct balance, if these vibrations are experienced in climbing flight. (Frequency close to : Omega/2)
	4. End play in large ball joint of frequency adapter.	Check play.
1 OMEGA Tail rotor (21.3 Hz at nominal = 1,279 r.p.m)	1. Tail rotor unbalance	Check and correct the unbalance, using the kit, if applicable.
	2. Condition of tail rotor blades	Check the condition of each blade, make the repairs if they are authorized, if not, replace the damaged blade.

(仮訳)

振動計測値	推定原因	点検及び修正
4.4Hz(メインローターの通常毎分回転数265rpmに相当)未満の振動	フリークウェンシー・アダプターの不具合	フリークウェンシー・アダプターを取り外す アダプターとヒンジの点検
パディングと呼ばれる地上でのロール方向の振動 (振動数は2.2Hzに近い。)	1. オートパイロット系統の不具合	水平飛行でオートパイロットのチャンネルを個々に解除して点検
4.4Hz(メインローターの通常毎分回転数265rpmに相当)未満の振動	2. フリークウェンシー・アダプター系統の作動の限界	フリークウェンシー・アダプターの点検(旋回中に振動が発生したならば、45°以下バンクとする。振動数は2.2Hzに近い。) 異常があれば、それらを交換する
	3. テールローター・ブレードのバランスに不具合	テールローターのバランスを点検(もし上昇飛行中に発生するならば、テールローターのバランスを点検。振動数は、2.2Hzに近い。)
	4. フリークウェンシー・アダプタージョイントの遊び	遊びの点検
21.3Hz(テールローターの通常毎分回転数1,279rpmに相当)の振動	1. テールローターのアンバランス	もし可能ならばキットを使用して、ブレードのバランスを点検
	2. テールローター・ブレードの状態	ブレードの状態を点検し、修理又は交換する

2. 16.5 整備基準に記載されていない重大な損傷発見時の通報

- (1) エアバス・ヘリコプターズ社による修理基準を超えた場合の通報について
同型式機のメンテナンスマニュアル(MET AS332 CC1LL1)によれば、一般情報として、次の内容が記載されている。

General Information About Technical Manuals

Purpose

The purpose of the Maintenance Manuals is to provide helicopter operators with the information required to ensure the maintenance of the helicopter.

They only contain the maintenance, inspection and repair information for the Operational and Intermediate levels.

When the repair criteria described in the Maintenance Manuals are exceeded, please contact the Airbus Helicopters network for the definition of a repair, if applicable, or the decision to discard the component.

(仮訳)

技術マニュアルに関する一般情報

目的

メンテナンスマニュアルの目的は、ヘリコプターのメンテナンスを確実にするために必要な情報をヘリコプターのオペレーターに提供することである。

これらには、運用レベル及び中間レベルの保守、検査、及び修理情報のみが含まれる。

メンテナンスマニュアルに記載されている修理基準を超えた場合は、エアバス・ヘリコプターズ・ネットワークに連絡して、修理の方法（該当する場合）、又はコンポーネントを廃棄する決定を求められたい。

(2) 重大な不具合発見時の通報について

エアバス・ヘリコプターズ社（ユーロコプターを含む。）は、飛行安全に影響を及ぼす可能性のある全ての事象に関する情報の迅速、正確かつ徹底的な交換を行うため、表5のとおり、運航者に発生報告を求めている。

表5 製造会社による発生報告に関する通知

NO	種別、番号、発行日	発行者	件名及び概要
1	Information Notice No. 2046-I-00 2009年6月19日	ユーロコプター	<Occurrence reporting> EASA AMC20-8 Occurrence Reportingを添付し、発生報告の趣旨及びインシデントレポートのフォーマットを定めた。
2	Safety Information Notice No. 2739-S-00 2014年10月22日	エアバス・ヘリコプターズ	<General> エアバスヘリコプターズ社の航空機のメンテナンス及び運航条件の遵守と発生報告に関する注意
3	Safety Information Notice No. 3242-S-00 2018年4月25日 (本事故発生後)	エアバス・ヘリコプターズ	<General> 運用中のイベントの報告 ・ 2営業日以内に、航空機の運用又は保守の範囲内で発生する異常と見なされる全てのイベントに関する情報の提供をオペレーターに要求

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 航空機の耐空証明書等

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。ただし、3.5に後述するように、一部の整備作業が適切に行われていなかったものと推定される。

3.3 気象との関連

2.7.1に記述したように事故現場付近の天候は、風、視程及び雲高に関して飛行に支障はなかったものと推定される。

3.4 事故直前までの同機の飛行状況

3.4.1 物資輸送中の横振動の状況

2.1.3(1)に記述したように、平成29年10月31日以降、すりこぎ運動のような振動が操縦士により感じられており、その後11月2日までの間は振動レベルの変化はなかった。2.13.4の図19のとおり平成29年11月3日から事故当日までの間、同機は約8時間の飛行を継続し、2.15.2で記述したように同機の不具合報告はなかったことから、物資輸送の間はそれまでと同程度の振動レベルが継続していたものと考えられる。

3.4.2 新倉場外離着陸場離陸後から1回目の減速

2.1、2.1.1及び2.1.5に記述したように、同機は14時04分ごろ新倉場外離着陸場を離陸後、山梨県韮崎市上空を經由し、栃木ヘリポートに向かっていった。14時22分21秒から14時27分02秒までのレーダー航跡記録によると、平均対地速度約130ktで気圧高度7,000ftまで上昇し、平均対地速度約150ktの水平飛行に移行しており、この間の飛行においては、飛行に支障となる振動は発生していなかったものと考えられる。14時25分52秒ごろ、平均対地速度約150ktから100ktへの1回目の急激な減速が行われ、その後、約40秒間徐々に降下しながら平均対地速度約100ktの飛行が継続されていた。この時、同機では、テールローターの回転が不均衡となり、異音や振動レベルの増加等の異変が発生していたものと考えられ、その異変に機長が対応したものと考えられる。

3.4.3 2回目の減速から左旋回し急激な降下

2.1.4(1)に記述した目撃者Aの口述と2.1.5に記述したレーダー航跡記録から、同機は14時26分40秒ごろ、2回目の急激な減速の後、左旋回をしながら平均対地速度約80kt、平均降下率約3,800ft/minの急激な降下を開始した。2.1.4(2)に記述したように目撃者Bにより撮影された写真から計算された同機の位置、及び2.1.4に記述した目撃者からの情報及びレーダー航跡記録を合成すると、事故直前の推定飛行経路は図5、図6及び付図6のようになる。

目撃者Bは「バリ、バリ、バリ」という異常な音を聞いていることから、テールローターの状態は更に悪化していたものと考えられる。また、2.1.4(2)図3-2に示したとおり、拡大した写真から、この時同機は脚下げ状態となっていた。

これらのことから図5及び図6に示した推定飛行経路において、同機の左旋回から急激な降下となった飛行は、非常着陸のための進入を開始したものと推定される。

また、付図6のとおり、事故発生現場から東側へ約200m付近には、長さ約300m幅約30～50mの川原があり、この川原が非常着陸地に選定され、低高度へ降下後は回り込みながら、この非常着陸地に進入することを試みていたものと考えられる。

3.4.4 非常着陸のための進入から墜落

前項で述べたように、同機は図5及び図6のような飛行経路により、非常着陸地に選定した神流川沿いの川原に進入を開始していたものと考えられるが、2.1.4(3)及び(4)に記述した目撃者C及び目撃者Dの口述から、付図6及び図26のように、川原から約200m手前で、右旋回中に爆発音を発した後、テールローターが機体から分離し、操縦不能となって、左旋回と大きな機首下げが発生したものと推定される。その際、同機は機首下げに対応して機首上げ操作が行われたと考えられ、その操作によりメインローターが後方に傾斜してテールブームを切断し、パイロンと水平安定板が落下したものと推定される。その直後、同機は、電力線を切断しながら機首部から墜落、大破して燃料に引火し、火災が発生したものと推定される。

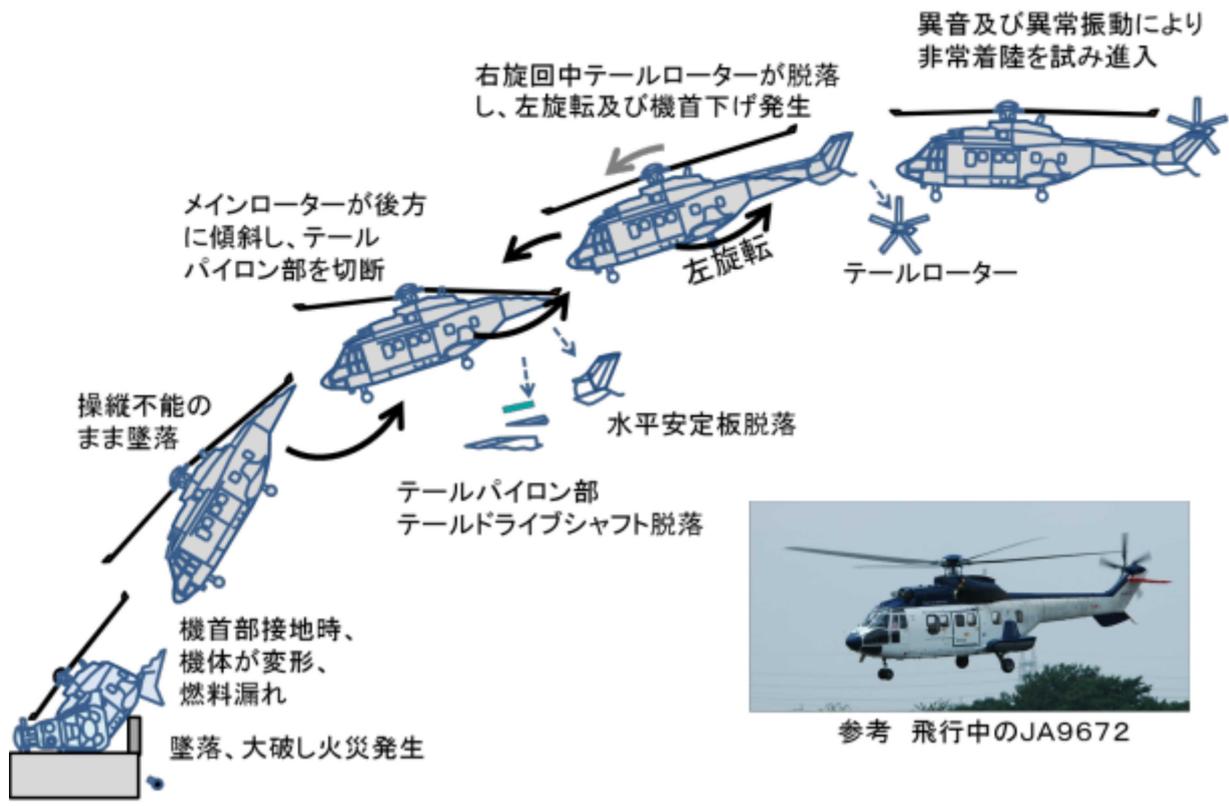


図 2 6 墜落前の飛行形態の変化

3.5 同機で実施された整備作業

3.5.1 平成29年9月19日以前の整備作業

3.5.1.1 前回の1,000時間点検における整備状況

2.13.3(1)に記述したように、同機は平成29年3月21日から5月16日の間に、2.16.1(4)～(6)に記述した500時間及び1,000時間のフラッピングヒンジ点検とスピンドル点検が行われた。この作業では、全てのスピンドルボルトが抜き取られた。スピンドルボルトはスムーズに抜けたが、数本のボルトで腐食が発生していたため、腐食を取り除いて再使用された。2.1.2(1)に記述した整備士Aの口述から、この時の作業では、インナーリング及びアウターベアリングは取り外されなかったものと推定される。2.16.1(5)に記述したニードルベアリングのスポーリング点検とインナーリングのブリネリング点検は、インナーリングを完全に取り外さなくても、インナーリングをずらすことによって実施することは可能であると考えられるが、実際にどのような点検が行われたかについては確認できなかった。ストップワッシャーについては、劣化していたため、全てのスピンドルボルトのストップワッシャーが交換された。しかし、2.16.1(7)に記述したスピンドルボルトの取付け取り外し手順にあるシールの交換は行われなかったことから、その後のベアリングの密閉性に影響した可能性が考えられる。

2.13.3(1)で記述したように1,000時間点検の整備記録には、インナーリングとアウターベアリングの状態がどのような状態であったかを示す記録はなかったが、1,000時間点検終了の約1か月後から白色ブレードのフラッピングヒンジ部のグリースが黒ずみ始めたことや、243時間後の点検でインナーリングが粉砕状態となっていたことを考慮すると、この時すでにニードルベアリング等のベアリング内部の部品に何らかの不具合が発生していた可能性が考えられる。

3.5.1.2 平成29年6月中旬に実施された10時間点検

2.13.3(2)、2.16.1(1)及び(2)に記述したように、平成29年6月中旬の10時間点検でフラッピングヒンジ部をグリースアップした際、白色ブレードの古いグリースだけが黒ずんでいた。このことから、この時点で白色ブレードのフラッピングヒンジ部に不具合が発生していた可能性が考えられる。

3.5.1.3 平成29年7月初旬から8月下旬までの白色ブレードの状況

2.13.3(3)及び(4)に記述したように、平成29年7月中旬ごろから、他のブレードと比較し、白色ブレードだけドラッグ方向の遊びがあり、黒いグリースが出てきた。他のテールローター・ブレードのフラッピングヒンジ部についても、降雨の後に飛行した場合や5時間以上飛行した後には、黒いグリースが出るものがあつたが、白色ブレードほどは汚れていなかった。このことから、使用環境がグリースの状態に影響していた可能性及び白色ブレードのフラッピングヒンジ部の不具合の程度が他の4本のブレードより進んでいた可能性が考えられる。

3.5.1.4 平成29年8月30日及び9月19日に実施された50時間点検

2.13.3(5)及び2.16.1(3)に記述したように、平成29年8月30日及び9月19日に実施された50時間点検において、白色ブレードのドラッグ方向の遊びは、許容値0.6mm以下のところ計測値は0.4mmであった。また、黒く汚れたグリースが出ていた。さらに、9月19日の50時間点検において、白色ブレードの動きは円滑ではなくなっていた。これらのこと及び2.13.3に記述したように調査で判明したインナーリングの損傷状況から、このとき、インナーリングの劣化が進行して白色ブレードのフラッピングヒンジ部が固着していた可能性が考えられる。

3.5.2 平成29年9月20日以降の整備作業

3.5.2.1 平成29年9月20日から9月23日に実施された整備作業

2.13.3(6)に記述したように、平成29年9月20日から9月23日の間に実施された250時間点検に合わせて、フラッピングヒンジ部から、スピンドルボルト

が取り外されて整備された。スピンドルボルトを外してのフラッピングヒンジの点検は、2.16.1(5)に記述したように、ニードルベアリングとインナーリングの状態を目視で確認し、スポーリングが発見された場合は、インナーリング及びアウターベアリングを交換しなければならないこととされている。この時の整備は、インナーリングを取り付けた状態でインナーリングに亀裂が確認されたが、これに対する処置としてはインナーリングとストップワッシャーのみを交換することとされた。ストップワッシャーの急速な劣化がドラッグ方向の遊びにつながると考えられるが、2.1.2(2)に記述したように、ストップワッシャーはあまり削れていなく、ヨーク部分の接触面が削れていたことから、汚染されたグリースにより白色ブレードのフラッピングヒンジが劣化し遊びが発生していたものと考えられる。ストップワッシャーの交換は手順どおりであるが、アウターベアリングの状態は確認されず、2.16.1(7)のスピンドルを取付け取り外し手順で求められているシール交換はされなかった。2.13.3(6)で記述したとおり、新しいインナーリングは、旧インナーリングを押し出して取り付けられ、押し出された旧インナーリングは粉碎されていた。この粉碎された旧インナーリングは、2.16.1(5)に記述されている1,000時間のフラッピング点検の基準となるスポーリングの状態よりも損傷が大きく進行した状態であったと考えられることから、同社は、2.16.5(1)に記述したように設計・製造者であるエアバスヘリコプターズ社にこの損傷状況について通知し修理等の処置について技術判断を求める必要があった。

2.13.3(6)に記述したように、旧インナーリングは、粉碎された状態であったことから、アウターベアリング内に小さな破片が残る可能性があり、インナーリングに接触するニードルベアリングも損傷していたものと考えられる。また、旧インナーリングの破片は、ビニールに入れられたまま廃棄されているため、同社の品質管理を担当する整備管理部門は、破片の状態を知ることができなかったものと考えられ、エアバス・ヘリコプターズ社への通知も行われなかった。

3.5.2.2 横振動に関する整備

2.1.3(1)及び2.13.3(8)に記述したように、平成29年10月31日ごろから、操縦席で感じる、すりこぎ運動のような1秒より短い周期の低周波数の横振動が発生していた。振動レベルは小さく飛行に支障はない程度であり、メインローター・ブレードのスリーブのリップシールからの僅かなオイル漏れの影響だろうと思われたことから、12月に計画されていた定期整備において処置することとされた。

ヘリコプターの振動源を特定することは困難であるが、2.16.4の表4によれば操縦士Aが感じた1秒より短い周期の低周波の横振動は、テールローター・ブレードのバランスに不具合の際発生する2.2Hzの振動であった可能性が考えられる。一

一般的に体感により振動源を特定することは困難である場合が多く、通常と異なる振動が感じられた場合は、必要であれば振動計測を行って振動発生源を特定することが望ましい。同機について横振動に関する原因の探求が行われていれば、フラッピングヒンジ部の不具合を発見できた可能性が考えられる。

3.6 テールローターが分離に至った要因と操縦への影響

3.6.1 スピンドルボルトの破断

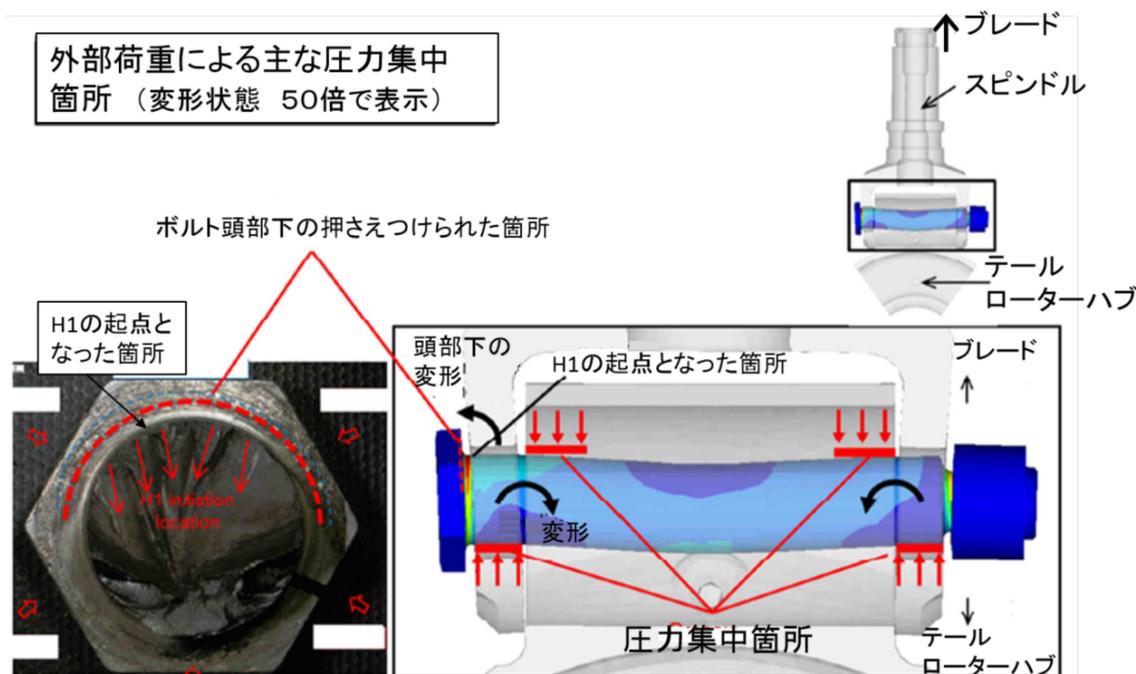


図 27 スピンドルボルトに加わる圧力

2.14.3(1)に記述したように、同機の白色ブレードのスピンドルボルトはボルトの頭の部分から亀裂が進行していた。正常なベアリングで、通常のフラッピングの使用状態では、図 27 のとおり、スピンドルボルトは、遠心力とリードラグモーメントから生じる軸方向の荷重といくつかのせん断荷重を受けるが、フラッピングモーメントは無視できる程度であり、スピンドルボルトにねじり荷重はかからない。

同機のスピンドルボルトの亀裂の進行がねじり状態を示しているのは、スピンドルボルトが想定外の疲労荷重を受けていたことを示している。ボルトの頭部でねじり荷重が生じる場合、図28のとおり、ねじり荷重の流れはスピンドル内で伝達され、スピンドルボルトの頭部とスピンドルの間の境界面では、摩擦によって荷重が発生する。亀裂が生じたのは、スピンドルブッシュとボルトの頭部の接触面であり、ねじり荷重が加わり、スピンドルボルトが破断したものと推定される。

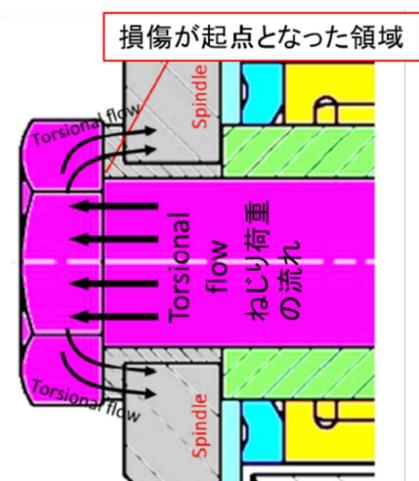


図28 ボルトのねじり荷重の流れ

3.6.2 スピンドルボルトにねじれ荷重が生じた理由

スピンドルボルトにねじれ荷重が生じた理由については、以下のとおりであると考えられる。図29の①のとおり、通常の状態では、赤色のアウターベアリング内のニードルベアリングがスムーズに動くことにより、ねじり荷重が発生することはない。損傷等によりニードルベアリングが固着すると、図29の②のとおり、インナーリングがニードルベアリングに固定され、スピンドルボルトとインナーリングの内径が滑るようになる。さらに、アウターベアリング、インナーリング及びスピンドルボルトが固着した場合には、図29の③のとおり、スピンドルブッシュとスピンドルボルトが滑りながら接触面に荷重が集中する。スピンドルボルトには、図30の左図のとおり、ボルト締め付けによる軸方向の引張荷重、スピンドル圧力及びインナーリング圧力の3つの力が加わっている。ベアリングが固着した場合は、図30の右図のとおり、インナーリングは、ブレードのフラッピングによる円周方向の荷重を受ける。この荷重は、インナーリングとボルトの境界面を通る接線方向の力としてボルトに加わる。この状態で、さらにスピンドルボルトの頭部とスピンドルブッシュの間に摩擦や焼き付けが生じることによって、スピンドルボルトにはねじれ荷重が発生する。

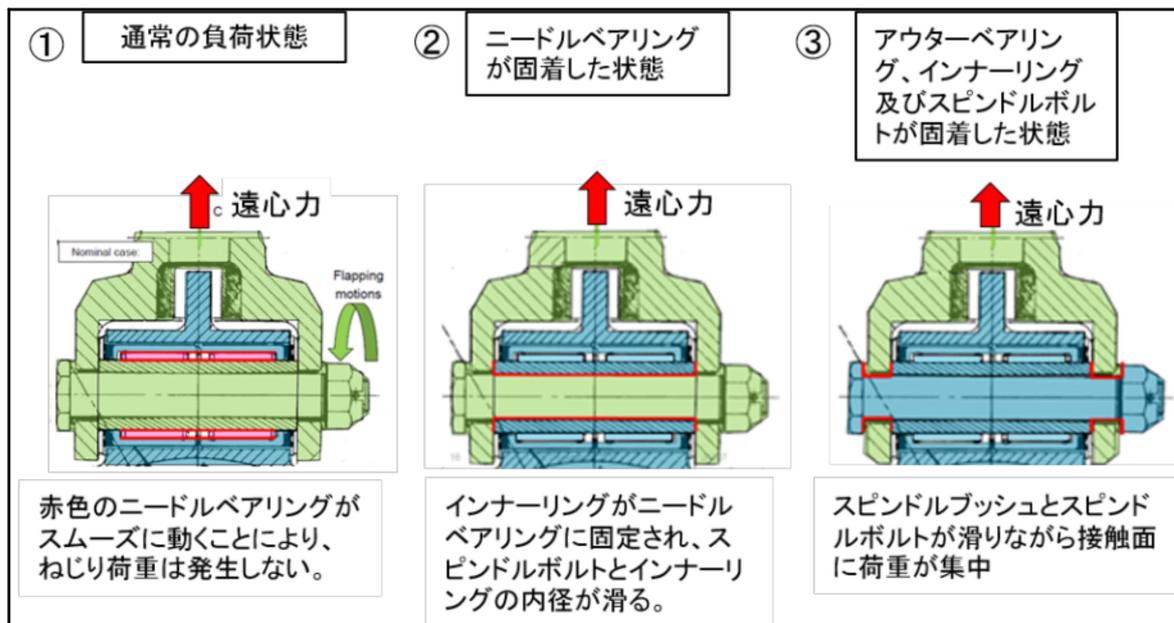


図 29 フラッピングヒンジ部の固着

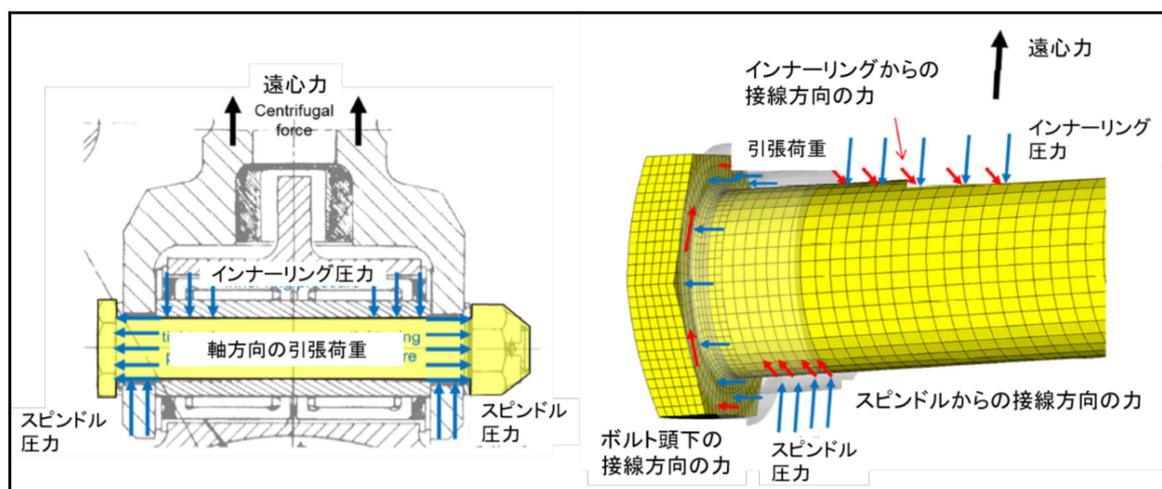


図 30 スピンドルボルトに働く力

3.6.3 インナーリングの損傷とスピンドルボルトの破断

2.14.3(2)に記述したように、インナーリングは、フォールス・ブリネリング摩耗を伴い、亀裂が進行して破砕されていた。同機は、平成29年9月23日の整備で新しいインナーリングに交換され、事故発生までの飛行時間は94時間であったが、2.14.6に記述した同型式機のフラッピングヒンジの緊急点検により得られたインナーリングの不具合の発生状況と比較すると、著しく速く不具合が進行していたと考えられる。同型式機のインナーリングより不具合が速く進行した要因として平成29年9月23日にインナーリングを交換した際、3.5.2.1で述べたように、アウターベアリング内には、旧インナーリングの破片が残っていたこと、及び、すで

にその時点でニードルベアリングやアウターベアリングに損傷が生じていたことが考えられる。これにより、3.6.2で述べたニードルベアリングの固着が発生し、図29の②及び③のような状態となり、インナーリングの亀裂の進行を速め、スピンドルボルトへのねじり荷重が加わり、スピンドルボルトが破断したものと推定される。

3.6.4 アウターベアリング内のニードルベアリングの固着

2.14.3(3)に記述したように、アウターベアリング内のニードルベアリングは、フレッチングと摩耗により損傷していた。さらにニードルベアリングによるアウターリングのフォールス・ブリネリング摩耗の痕跡は、アウターベアリング軸から傾いていたことから、ニードルベアリングは整列していない状態の位置ずれが発生していたと考えられる。ニードルベアリングの変形、深いブリネリング及び位置ずれを考慮するとニードルベアリングが適切に転がらず固着していたと推定される。

3.6.5 旧インナーリングが粉砕状態となった時期

フラッピングヒンジを構成する部品の劣化は、腐食、スポーリング、フレッチング、ブリネリング、変形、摩耗及び亀裂であり、これらの発生は環境及び使用状態の影響を受けやすいことから、定期的な点検及び整備作業によって、耐空性が維持されることとなっている。

同型式機のフラッピングヒンジの整備作業は、2.16.1(1)及び(2)に記述した飛行後点検及び10時間点検におけるグリースの注油によって部品の潤滑性を維持し、2.16.1(3)に記述した50時間点検において、ブレードの遊びの計測及び動きに対する感覚点検によって、ヒンジ部を分解せずに不具合を発見するようになっている。さらに2.16.1(4)の500時間点検では締め付けトルクとシールの確認を行い、正常な状態とグリースの漏れがないかを点検している。2.16.1(5)に記述した1,000時間におけるフラッピングヒンジ点検では、ヒンジを分解してスピンドルボルト及びベアリングの状態の悪化を検出することになっていた。

しかしながら、同機においては、2.13.3(2)～(6)に記述したように、平成29年5月の1,000時間のフラッピングヒンジ点検後、約1か月後から、白色ブレードに黒いグリースがはみ出し、その後のドラッグ方向の基準値内の遊びが発生して、前回の1,000時間の点検後243時間という短時間でインナーリングの粉砕が発見されている。これらのことは、白色ブレードのフラッピングヒンジのベアリング部に何らかの不具合が発生していたことにより不具合の進行が速かったことを示しているものと考えられる。

これらのことから、2.14.7及び2.14.8に記述したように、本事故後に設計・製造

者が講じたフラッピングヒンジの構成部品を250時間を超えない間隔で定例的に交換する措置は、同種不具合の未然防止に有効なものと考えられる。

3.6.6 グリースの影響

2.16.2(3)に記述したように、平成20年2月から使用される唯一のグリースであるAeroshell 14は、高温多湿の中では、信頼性が低下するため、グリースの十分な注油が必要であり、グリースが不足した状態となった場合は、潤滑不足となってヒンジ部の動きが円滑でなくなったり、部品の固着が発生する可能性が考えられる。特に28℃以上及び湿度75%以上の高温多湿の中で、24時間以上駐機した場合は、飛行する前にグリースを再注油することが推奨されている。2.16.2(4)に記述したように、同社によれば、グリースの注油は、飛行後の点検時に行っており、高温多湿の中で24時間以上駐機した場合に飛行前にグリースの再注油は行っていなかった。また、2.13.1及び2.13.2に記述したように、平成26年6月からシール交換の記録がなく、2回の1,000時間点検において、スピンドルボルトの取付け取り外し時に必要なシールの交換が行われなかったことから、ベアリング部の密閉性は低下していた可能性が考えられる。

3.5.1.3で述べたように、同機は、7月中旬ごろからドラッグ方向に遊びが発生し、3.5.1.4で述べたように、8月30日及び9月19日に実施した50時間点検では、白色ブレードの遊びは0.4mmとなっていた。また、付図2のとおり、1,000時間点検が終了し、飛行を開始した5月30日から9月19日までの間の同機の駐機状況と気象変化について比較したところ、同機が高温多湿の中で24時間以上駐機された日数は、6月下旬から9月中旬にかけて、格納庫内で10日、屋外で5日の該当する日があり、この中で飛行前にグリースの再注油を行う必要がある該当日は10日であった。これらの該当日と白色ブレードの黒いグリースの発生した時期は概ね一致することから、グリースの潤滑不足によりフラッピングヒンジの構成部品の不具合が進行し、それらの構成部品に損傷を与えた可能性が考えられる。白色ブレードの遊び及び黒いグリースの発生状況を考慮すると、旧インナーリングには、潤滑性が維持できなかったことによって構成部品の損傷及び固着が発生して、粉砕に至る亀裂が発生したものと考えられる。ただし、白色ブレードの損傷が他のブレードと比較し、著しく進行が早かった理由については明らかにできなかった。

3.6.5で述べたように、フラッピングヒンジの構成部品を250時間の間隔で交換することは不具合の未然防止に有効なものと考えられる。さらにAeroshell 14グリースの特性から使用時の環境条件を考慮して適切な注油時期を決めること、及びグリースの状態の変化をモニターして、金属片が混入していないか入念に確認し、異常が発見された場合にはフラッピングヒンジの分解整備を実施して構成部品の交

換を早期に行う必要があると考えられる。

3.6.7 横振動とテールローターのアンバランスの関係

2.1.3(1)に記述したように、同機で平成29年10月31日ごろから発生した横振動は、メインローター・ブレードのスリーブからの僅かなオイル漏れの影響であろうと思われていた。2.12.1(2)に記述したように、メインローターヘッド部には常にリザーバタンクから必要なオイルが供給されているため、僅かな程度のオイル漏れでは振動が発生するような不具合の徴候であったとは考えにくい。同型式機の重心位置は、通常、図31のとおり、メインローターマストの直下付近にあり、重心位置を中心に機体運動が発生する。機体後部の垂直に回転するテールローターは、機体のX軸よりも上部にあるため、テールローター・ブレードのバランスに不具合が生じ、テールローターの推力が変動すると垂直のZ軸回りのヨー方向の動きとX軸回りのロール方向の動きを発生させる。ASEモードの場合は、姿勢、方位、高度等を基準位置に戻そうとする飛行制御も影響し、操縦席ではすりこぎ運動を感じると考えられる。

同機は、飛行中に白色ブレードのスピンドルボルトが破断したことから、白色ブレードと他の4枚のブレードの回転面が大きくずれ、更に大きな振動が発生したものと考えられる。



図31 横振動及びテールローター回転面の不安定な関係

3.6.8 テールローターの機体からの分離

2.1.4(4)及び2.9.2に記述したように、同機が墜落する直前にテールローターが

機体から分離した際の原因については、次のとおり考えられる。

白色ブレードのスピンドルボルトの破断から次の事象が発生したと考えられる。

最初に、白色ブレードのスピンドルボルトの破断が発生し、テールローターブレードに加わる遠心力と空気力のために、テールローターブレードの位置が大きく変化し、白色ブレードの回転面のアンバランスが発生したと考えられる。そのためテールローターハブに対する応力が増加し、ヨー軸の突発的な動きが発生して、機体部品への振動による応力が増加し、さらなるテールローターのアンバランスにより、パイロンからテールローター部が分離したものと考えられる。（付図4及び付図5 参照）

図32のとおり、テールローター下部が破断した箇所のフレームには、負荷の痕跡があり、フレームの一部に亀裂が発生し、リベットが欠損していたことから、構造部品に過度の負荷がかかりテールローターの分離につながったものと考えられる。また付図5に記述したパイロン内にあるインクラインド・ドライブシャフトにあったテールギアボックス取付側の接触痕については、テールローター・ドライブシャフト及びパイロンの損傷状態からテールギアボックスとともにテールローターが分離した際に残されたものと考えられる。



図32 機体から分離したテールローター下部の破断面

3.6.9 テールローター分離による重心位置の変化及び急激な左回転

2.9.2及び3.4.3に記述したように、テールローターが分離したことによる操縦への影響について計算した。

テールローター部がパイロンから分離した場合、著しい重心位置の変化と推力変化が発生すると考えられる。同機の事故発生直前の機体重量は約6,418kg、重心位置は4.53mと推定され、分離したテールローター部分の全体重量は約110kgでCG基準線から14.09mに位置するものと考えられる。テールローター分離後の機体重量は約6,308kg、重心位置は4.36mとなるため、図33のと

おり、縦重心許容範囲を超えた前方位置となり、大きな機首下げモーメントが発生したと考えられる。したがって、重心位置が前方限界ラインを超え、前後方向の操縦余裕がなくなった状態で、かつ操縦士は元の姿勢に戻そうとしてサイクリック・スティックを後方に引く操作を行ったものと考えられる。そのため、メインローターが後方に傾き、テールブームを切断したものと推定される。これにより、パイロン部とこれに取り付けられた水平安定板が落下したものと考えられる。

また、テールローター部の分離によるテールローター推力の低下によって発生する回転率を計算したところ、急激なアンチトルクの減少によって、120度/秒以上の左回転が発生していたものと考えられる。

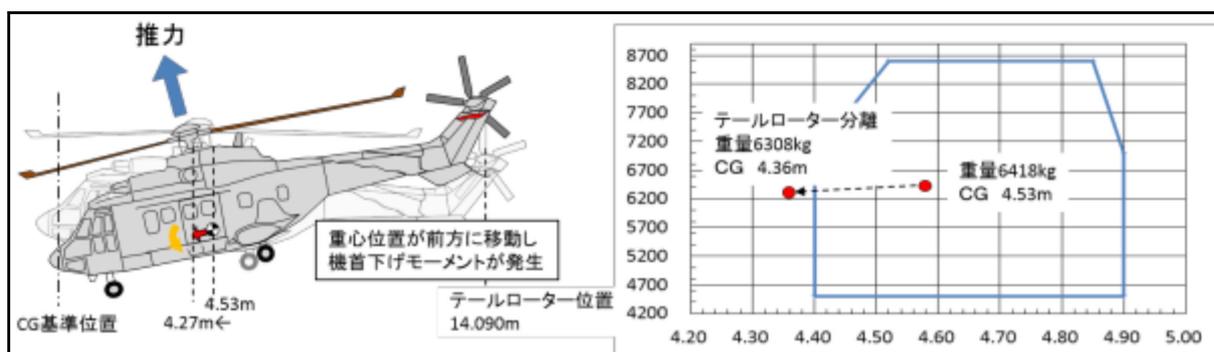


図 3.3 同機の事故発生直前の重心位置の変化

3.7 機長及び確認整備士Aの判断

3.7.1 機長の判断及び操作

(1) 物資輸送中の横方向の振動に対する認識

2.1.3(1)及び3.5.2.2に記述したように、機長は、平成29年10月31日以降に発生した横振動の状況については、11月2日に操縦士Aから口頭で聞いていた。その後、11月8日までの物資輸送においては、振動の状況について把握している確認整備士Aが同乗し、特に不具合報告もなかったことから、横振動に関しては、振動レベルの著しい増加はなかったものと考えられる。

(2) 振動の増加に対応した減速と降下

3.4.2で述べたように、機長は14時04分ごろ新倉場外離着陸場を離陸後、気圧高度7,000ftまで上昇し、水平飛行に移行後、対地速度約150ktまで増速し、高速飛行を継続していたことから、この間の飛行においては、振動レベルに大きな変化は発生しなかったものと考えられる。14時25分52秒ごろ、対地速度約150ktから100ktへ減速され、気圧高度も7,000ftから約5,600ftへ降下していることから、機長は、コレクティブ・ピッチ・レバーを下げ、出力を低下させたものと考えられる。飛行状態が大きく変化していることから、機長は、振動レベルの悪化を感じて対応したものと考えら

れる。2.16.3に記述したように、同型式機には、テールローターの推力が喪失した場合のテールローターの故障に対する非常操作手順及びテールローターのコントロールケーブルが破断した場合等のテールローター・コントロールの故障に対する非常操作手順が規定されており、振動に関する非常操作手順は設定されていないが、コレクティブ・ピッチ・レバーを下げ、減速して降下するという機長の判断は、空力的な影響及びテールローターの負荷を軽減するためのものであったと考えられる。

(3) 非常着陸操作と着陸地の選定

3.4.3で述べたように、14時26分40秒ごろ、同機は脚下げを行って、3,800ft/minの降下率で降下を開始していることから、機長は、非常着陸が必要と判断し、オートローテーションにより高度を処理しながら、神流川沿いの川原に向かったものと推定される。回り込んで進入中に、2.1.4(2)及び(4)に記述したように「バリ、バリ、バリ」という大きな異音を目撃者Bが聞いていることから、テールローターの状態は更に悪化していたものと考えられる。非常着陸地に選定したと推定される川原は、川砂利の不整地で滑走着陸はやや困難で、かつ目撃者Dが工事作業中であったが、ホバリングしなくても低速の着陸方法で着陸できる広さはあったものと考えられる。

(4) 墜落直前の対応

同機のテールローターが分離した位置は、付図6の墜落前の飛行経路のとおり、選定した非常着陸地から200m手前付近で非常着陸地に向かって直線進入を開始する位置であった。機長は着陸操作のため、直線進入を開始した直後、3.6.9で述べたテールローターの分離による重心位置の変化及び急激な左旋転が発生したと考えられ、120度/秒を超える左旋転と急激な機首下げの状態では操縦によって対応することは困難であったと推定される。

3.7.2 確認整備士Aの判断及び対応

(1) インナーリング及びアウターベアリング交換の判断

3.5.2.1で述べたように、確認整備士Aは、平成29年9月20日から9月23日に行ったインナーリングの交換作業において、スピンドルボルトを抜いた後、旧インナーリングの亀裂について確認し、インナーリングとワッシャーの交換を行う判断をした。この際、2.1.2(3)～(5)に記述したように整備管理部門へは、改修指示の確認と部品の発注を行い、部品の不具合状況は部品請求の担当者からの問合せを受け説明した。同社の整備規程どおりの不具合報告はされなかったため、整備管理部門からの助言は得られなかった。また、アウターベアリングを交換するためには、2.16.1(8)に記述したスペシャルツール

が必要となるが、2.1.2(5)の記述した部品請求の際は、インナーリングのみの発注が行われ、専用工具（ツール）の借用は考慮されていなかった。

確認整備士Aは、インナーリング及びワッシャーのみを交換する判断をしたが、3.5.2.1で述べたように、インナーリングの亀裂を発見した場合は、スポーリングの状態よりも進行した状態と考えられることから、整備管理部門に報告して技術検討を求める必要があったものと考えられる。

(2) 横振動に関する判断

3.5.2.2で述べたように、平成29年10月31日ごろから発生していた横振動は、メインローターのスリーブからの僅かなオイル漏れの影響であろうと想定されたため、定期整備まで処置を先送りされた。2.16.4の表4によれば、メインローターのスリーブのオイル漏れが影響して、2.1.3(1)で記述したように操縦士Aが感じたような振動が発生することは考えにくいだが、確認整備士Aはテールローターのフラッピングヒンジの整備作業を9月23日に終えていたことから、テールローターの影響ではないと判断した可能性が考えられる。

3.8 同社の整備管理部門の対応

(1) 整備上の不具合発生時の管理体制

2.1.2(3)～(5)に記述したように、同機の不具合については航空機状況表及び航空機不具合報告書が作成されなかった。これは点検中における一般部品の交換で是正されたという認識であったが、詳細な報告はないものの「インナーリングの亀裂」が記述された社内メールは通報されていた。インナーリングについては、使用時間制限がないため、社内規定において一般部品扱いになっているが、ヘリコプターの回転部分に使用される部品の不具合は耐空性に及ぼす影響が大きいことから、同型式機の同種不具合を未然に防止するためにも整備管理部門はその詳細について積極的に確認し、2.16.5に記述したように、旧インナーリングの粉碎は重大な不具合事象として、設計・製造者に通報する必要があったものと考えられる。

2.16.2(4)に記述したように、同社は、高温多湿の中で24時間以上駐機した場合には飛行前の再注油が求められるというAeroshell 14グリースの使用上の注意に関する情報の通知文書を製造者から入手していたが、当該情報は現場の整備士には周知されておらず、通知文書は技術課内で保管されていた。このことが同機のフラッピングヒンジ部の部品の損傷に関与した可能性が考えられる。設計・製造者等から通知された整備上の注意等に関する情報については、速やかに技術検討を行い、必要な情報を現場の整備士に周知する必要がある。

(2) 複数の整備士による検査体制

2. 15. 3に記述したように、同機の過去1年間の運航において、事故発生時に同乗していた確認整備士Aを全ての運航に同乗させ、その間に行った整備作業の確認についても当該確認整備士1人に全て実施させていた。このような体制では、複数の整備士による検査体制と比べ、誤った意思決定をした際にそれに気づき修正することが困難となりやすかったものと考えられる。また、長期間にわたり1人の整備士に任せることで、報告を行い情報を共有する意識が不足していた可能性が考えられる。

3. 9 同種事故の再発防止

前項までに述べた状況で、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) 担当する整備士は、機体に不具合が疑われた場合は、整備管理部門に報告し、飛行の可否について十分検討を行うべきである。

整備規程（又は、整備基準）が適用される機体の場合、担当する整備士は整備規程に記載された手順に従って当該状況を整備管理部門に報告し、その処置について指示を受けるべきである。また、整備管理部門は、その処置について技術検討を行い、必要に応じて製造会社に報告し、適確な整備指示を担当する整備士に対し行う必要がある。また、整備点検等において設計・製造者のマニュアル等に記載されていない損傷等の不具合を発見したときは、設計・製造者に通知して、技術検討を求めるとともに、設計・製造者の指示に従って不具合処置を行う必要がある。

- (2) 通常と異なる振動が感じられた場合は、適切な整備作業を行うため、必要であれば、振動計測を行い振動発生源を特定することが望ましい。

4 結 論

4. 1 分析の要約

- (1) 同機が前回のテールローターのフラッピングヒンジの1,000時間点検において、ニードルベアリングのスポーリング点検とインナーリングのブリネリング点検は、実際にどのような点検が行われたかについては確認できなかった。ストップワッシャーについては、全てのスピンドルボルトのストップワッシャーが交換されたが、シールの交換は行われなかったことから、その後のベ

- アリングの密閉性に影響した可能性が考えられる。(3.5.1.1)
- (2) 同機は、平成29年6月中旬の10時間点検でフラッピングヒンジ部をグリースアップした際、白色ブレードの古いグリースだけが黒ずんでいた。このことから、この時点で白色ブレードのフラッピングヒンジ部に不具合が発生し始めた可能性が考えられる。(3.5.1.2)
- (3) 同機は、平成29年8月30日及び9月19日に実施された50時間点検において、白色ブレードのドラッグ方向の遊び及び黒く汚れたグリースが出ていたこと、並びに調査で判明したインナーリングの損傷状況から、インナーリングの劣化が進行して白色ブレードのフラッピングヒンジ部が固着していた可能性が考えられる。(3.5.1.4)
- (4) 同機は、平成29年9月20日から9月23日に実施されたフラッピングヒンジ部の整備においては、インナーリングに亀裂が確認され、インナーリングとストップワッシャーのみが交換された。また、アウターベアリングの状態は確認されず、シール交換はされなかった。新しいインナーリングは、旧インナーリングを押し出して取り付けられ、押し出された旧インナーリングは粉碎されていた。同社は、設計・製造者であるエアバスヘリコプターズ社に損傷状況について通知し修理等の処置について技術判断を求める必要があったものと考えられる。(3.5.2.1)
- (5) 同機の平成29年10月31日ごろから、操縦席で感じる、すりこぎ運動のような1秒より短い周期の低周波数の横振動は、テールローター・ブレードのバランスに不具合の際発生する2.2Hzの振動であった可能性が考えられる。同機について横振動に関する原因の探求が行われていれば、フラッピングヒンジ部の不具合を発見できた可能性が考えられる。(3.5.2.2)
- (6) 同機の新倉場外離着陸場離陸後、平均対地速度約150ktから100ktへの1回目の急激な減速については、テールローターの回転が不均衡となり、異音や振動レベルの増加等の異変が発生していたものと考えられ、その異変に機長が対応したものと考えられる。(3.4.2)
- (7) 同機は、非常着陸地に選定した神流川沿いの川原に進入中、川原から約200m手前で、右旋回中に爆発音を発した後、テールローターが機体から分離し、左回転と大きな機首下げが発生したものと推定される。同機は、操縦不能のまま電力線を切断しながら機首部から墜落、大破して燃料に引火し、火災が発生したものと推定される。(3.4.4)
- (8) インナーリングの損傷とスピンドルボルトの破断は、ニードルベアリングやアウターベアリングに損傷が生じ、ニードルベアリングの固着が発生して、インナーリングの亀裂の進行を速め、スピンドルボルトへのねじり荷重が加わり、

スピンドルボルトが破断したものと推定される。(3.6.3)

- (9) 前回の1,000時間の点検後243時間という短時間でインナーリングの粉砕が発見されていることから、白色ブレードのフラッピングヒンジのベアリング部には何らかの不具合が発生していたことにより不具合の進行が速かったことを示していると考えられる。

本事故後に設計・製造者が講じたフラッピングヒンジの構成部品を250時間を超えない間隔で定例的に交換する措置は、同種不具合の未然防止に有効なものと考えられる。(3.6.5)

- (10) グリースの状態の変化をモニターして、金属片が混入していないか入念に確認し、異常が発見された場合にはフラッピングヒンジの分解整備を実施して構成部品の交換を早期に行う必要があると考えられる。(3.6.6)

- (11) 同機で発生した横振動は、テールローター・ブレードのバランスに不具合が生じて、操縦席ではすりこぎ運動を感じたものと考えられる。さらに飛行中に白色ブレードのスピンドルボルトが破断したことから、白色ブレードと他の4枚のブレードの回転面が大きくずれ、更に大きな振動が発生したものと考えられる。(3.6.7)

- (12) 同機が墜落する直前にテールローターが機体から分離した際の原因については、白色ブレードのスピンドルボルトの破断から、白色ブレードの回転面のアンバランスが発生したと考えられる。そのためテールローターハブに対する応力が増加し、ヨー軸の突発的な動きが発生して、機体部品への振動による応力が増加し、さらなるテールローターのアンバランスにより、パイロンからテールローター部が分離したものと考えられる。(3.6.8)

- (13) 同機のテールローター分離による重心位置の変化は、テールローターが分離したことにより、縦重心許容範囲を超えた前方位置となり、大きな機首下げモーメントが発生したことによって、メインローターが後方に傾き、テールブームを切断したものと推定される。また、テールローター部の分離によるテールローター推力の低下については、急激なアンチトルクの減少によって、120度/秒以上の左回転が発生していたものと考えられる。(3.6.9)

- (14) 確認整備士Aは、平成29年9月20日から9月23日に行ったインナーリングの交換作業において、インナーリング及びワッシャーのみを交換する判断をしたが、インナーリングの亀裂を発見した場合は、スポーリングの状態よりも進行した状態と考えられることから、整備管理部門に報告して技術検討を求める必要があったものと考えられる。(3.7.2(1))

- (15) 確認整備士Aはテールローターのフラッピングヒンジの整備作業を9月23日に終えていたことから、横振動はテールローターの影響ではないと判断した

可能性が考えられる。(3.7.2(2))

- (16) 同社は、同型式機の同種不具合を未然に防止するためにも整備管理部門はその詳細について積極的に確認し、インナーリングの粉砕は重大な不具合事象として、設計・製造者に通報する必要があるものと考えられる。

同社は、高温多湿の中で24時間以上駐機した場合には飛行前の再注油が求められるというAeroshell 14グリースの使用上の注意に関する情報が現場の整備士には周知されていなかった。このことが同機のフラッピングヒンジ部の部品の損傷に関与した可能性が考えられる。設計・製造者等から通知された整備上の注意等に関する情報については、速やかに技術検討を行い、必要な情報を現場の整備士に周知する必要がある。(3.8(1))

- (17) 同社は、同機の過去1年間の運航時の同乗及び整備作業の確認について、当該確認整備士1人に実施させていた。このような体制では、複数の整備士による検査体制と比べ、誤った意思決定をした際にそれに気づき修正することが困難となりやすかったものと考えられる。また、長期間にわたり1人の整備士に任せることで、報告を行い情報を共有する意識が不足していた可能性が考えられる。(3.8(2))

4.2 原因

本事故は、同機が飛行中、機体に異常な振動が発生したことにより、非常着陸を試みた際、テールローターが機体から分離して、操縦不能に陥ったため、墜落したものと推定される。

テールローターが機体から分離したのは、白色のテールローター・ブレードのフラッピングヒンジのスピンドルボルトが破断したことにより、テールローターの回転が不均衡となって過大な振動が生じテールローターの取付構造が破壊したことによるものと推定される。

スピンドルボルトが破断したのは、フラッピングヒンジ部のベアリングが損傷して固着したことによるものと推定される。また、このことについては、同機に対して実施されていた点検及び整備においてベアリングの損傷状態が適確に把握されず、適切な処置が講じられなかったことが関与したものと推定される。

5 再発防止策

運輸安全委員会は、平成29年11月21日、調査の結果で得られた情報として

「テールローター・ブレード取付部スピンドルボルト破断」について事実情報の提供を行い、国土交通省は、この情報提供及び欧州航空安全庁からの耐空性改善命令を受けて、耐空性改善通報を発行し、本邦内の同型機の使用に対して、緊急点検を指示した。

また、国土交通省は、本事故後に同社に対し立入検査を行い、平成30年2月2日に事業改善命令を行った。

5.1 事故後にエアバス・ヘリコプターズ社により講じられた再発防止策

同型機及び同系列型機の使用に対して、以下の技術通報を発出した。

- (1) 平成29年11月21日、テールローターのフラッピングヒンジの緊急点検を実施するようEmergency Alert Service Bulletin (EASB) No. AS332-64.00.43を発行し、点検結果について報告を求めた。
- (2) 平成30年5月3日、フラッピングヒンジの緊急点検に関する中間の分析結果に基づき、1,000時間点検で実施していたフラッピングヒンジの点検を250時間ごとに実施するようAlert Service Bulletin (ASB) No. AS332-05.01.09を発行した。
- (3) 平成30年10月25日、フラッピングヒンジの緊急点検に関する最終の分析結果に基づき、フラッピングヒンジの点検は250時間を超えない範囲で、スピンドルを除く全ての構成部品を新品と交換して廃棄するようAlert Service Bulletin (ASB) No. AS332-05.01.10を発行した。

5.2 事故後に欧州航空安全庁（EASA）により講じられた再発防止策

同型機及び同系列型機の使用に対して、以下の耐空性改善命令（AD）を発出した。

- (1) 平成29年11月21日、エアバス・ヘリコプターズ社のEASB No. AS332-64.00.43に基づき、Emergency Airworthiness Directive (EAD) No. 2017-0232-Eを発行した。
- (2) 平成30年11月15日、エアバス・ヘリコプターズ社のASB No. AS332-05.01.10に基づき、Airworthiness Directive (AD) No. 2018-0248を発行した。

5.3 事故後に国土交通省により講じられた再発防止策

- (1) 平成29年11月21日、EASAによる緊急AD (EAD No. 2017-0232-E)に基づき耐空性改善通報（国空機第1749号 TCD-9063-2017）を発行した。
- (2) 平成29年12月25日から12月27日及び平成30年1月17日から1月18日の間、同社に対して立入検査を行い、平成30年2月2日、同社に対して、航空輸送の安全確保に関する事業改善命令を行った。

- (3) 平成30年11月29日、EASAによるAD(AD No. 2018-0248)に基づき耐空性改善通報(国空機第938号 TCD-9063B-2018)を発行した。

5.4 事故後に同社により講じられた再発防止策

同社は平成30年2月2日に国土交通省による事業改善命令を受け、次のとおり再発防止策を実施した。

(1) 安全意識の再徹底及びコンプライアンス教育の実施

安全管理規程を見直し、全社員に対して安全管理規程の教育を実施した。整備部門の安全意識及びコンプライアンス意識の不足の是正措置として、臨時教育及び確認試験を実施した。今後定期的に定着度の評価を実施する。会社全体の安全意識及びコンプライアンス意識の不足の是正として、安全の優先及び法令遵守に関わる教育を行うとともに、外部講師によるヒューマンファクターに関する研修を計6回実施した。

(2) 安全管理体制の再構築

新たに安全管理室を設置し、規程不備に関わる是正措置として、安全管理規程及び情報交換手段の見直しを実施し、安全管理体制を再構築した。

(3) 整備体制の再構築

新たに運航機整備サポートチーム及び運航統制室を設置し、整備を常にサポートする体制とした。また、整備従事者の不足への対応として、新規採用者による人員の増加、整備管理システムの導入及び技術課の作業手法の見直しを実施するとともに整備管理体制の強化として、規程類の全般的見直し及びアサーション教育制度の導入等により整備体制を再構築した。

(4) 航空日誌の記載に関わる規程類の見直し

航空日誌に記載すべき事項を記載しなかったことに関する是正措置として、航空日誌記載要領を新規に設定し、運航業務実施規則、運航基準及び運航規程の改訂を実施した。

6 勸告

6.1 東邦航空株式会社に対する勸告

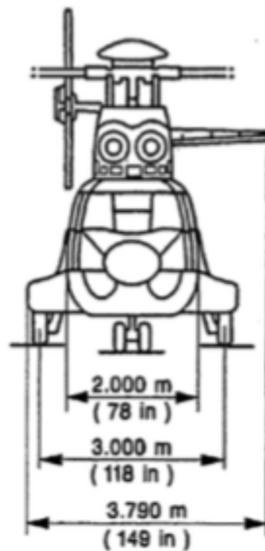
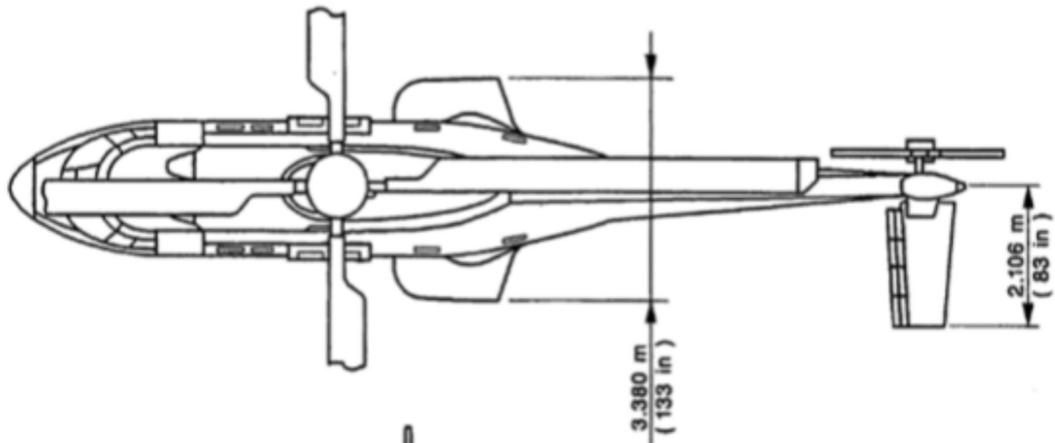
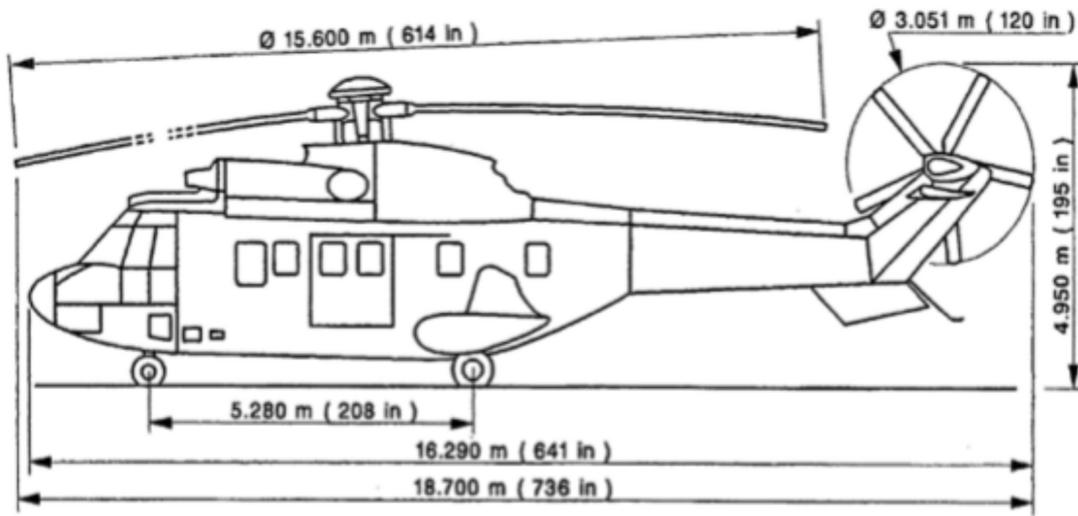
本事故において、白色のテールローター・ブレードのフラッピングヒンジの分解整備において、当該箇所の不具合情報の通報が行われず適切な整備がされなかった。また、エアバス・ヘリコプターズ社から発行されたグリースの使用に関する情報が周知

されておらず、高温多湿の中で駐機した場合の整備作業が徹底されていなかった。いずれの件も本事故要因に関与したものと考えられる。

当委員会は、本事故調査の結果を踏まえ、同種事故の再発防止に資するため、東邦航空株式会社に対し、運輸安全委員会設置法第27条第1項の規定に基づき、講ずべき措置について以下のとおり勧告する。

- ① 整備点検等において設計・製造者のマニュアル等に記載されていない損傷等の不具合を発見したときは、設計・製造者に通知して、技術検討を求めるとともに、設計・製造者の指示に従って不具合処置を行うこと。
- ② 設計・製造者等から通知された整備上の注意等に関する情報について、速やかに技術検討を行い、現場の整備士に周知すること。

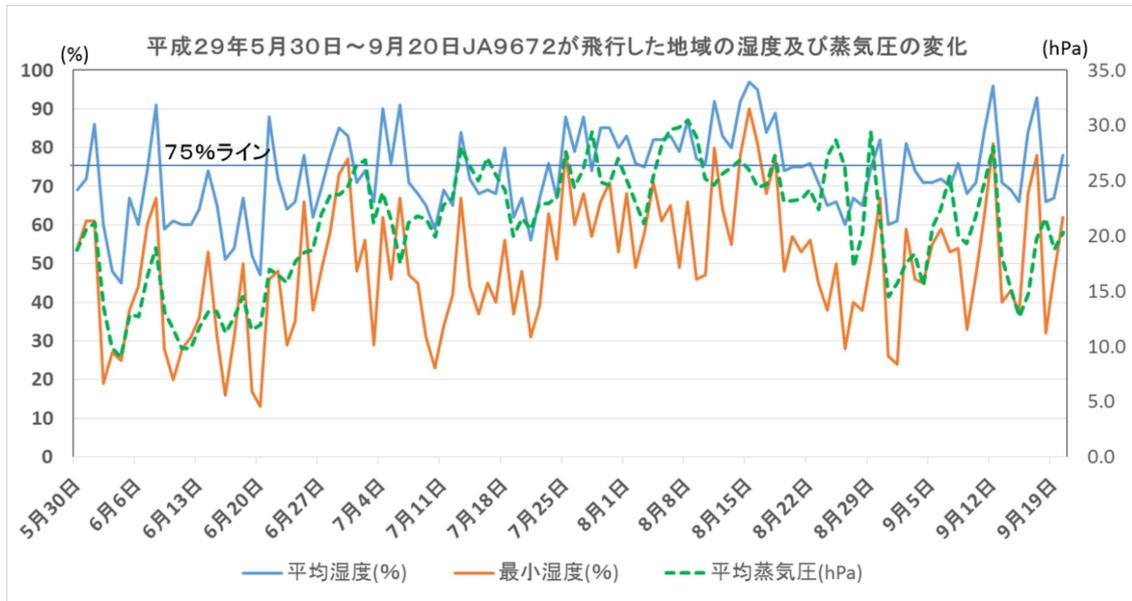
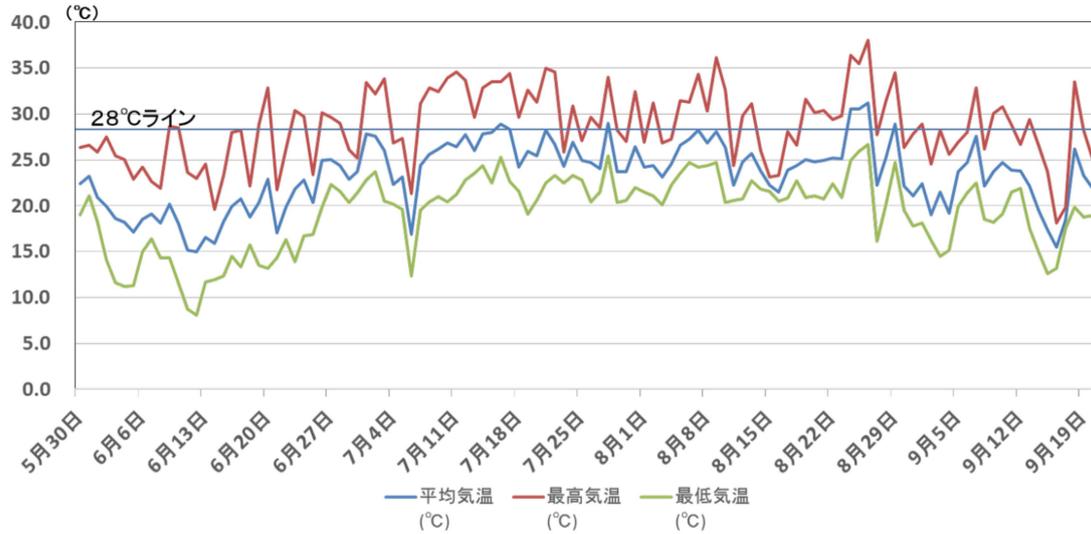
付図1 アエロスパシアル式AS332L型三面図



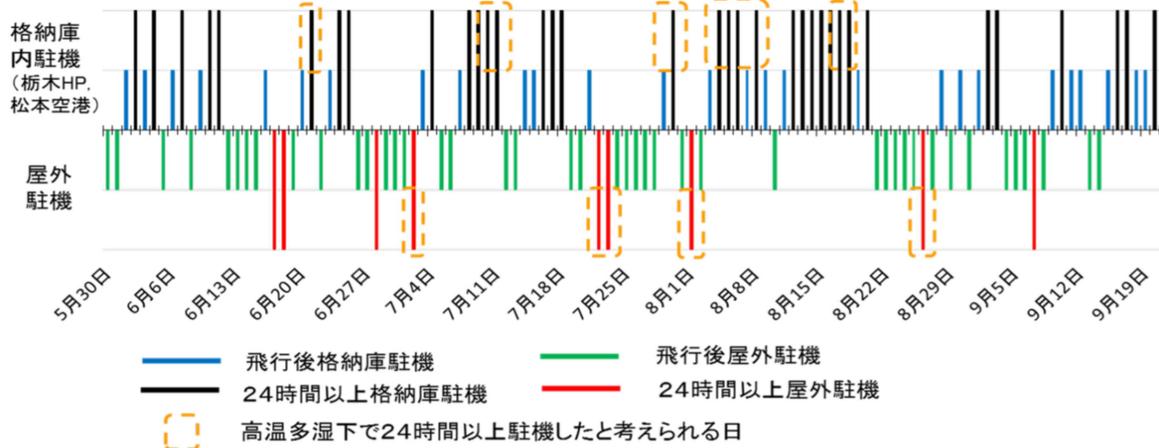
MV.32.0181.04

付図2 同機が飛行した地域の気象変化

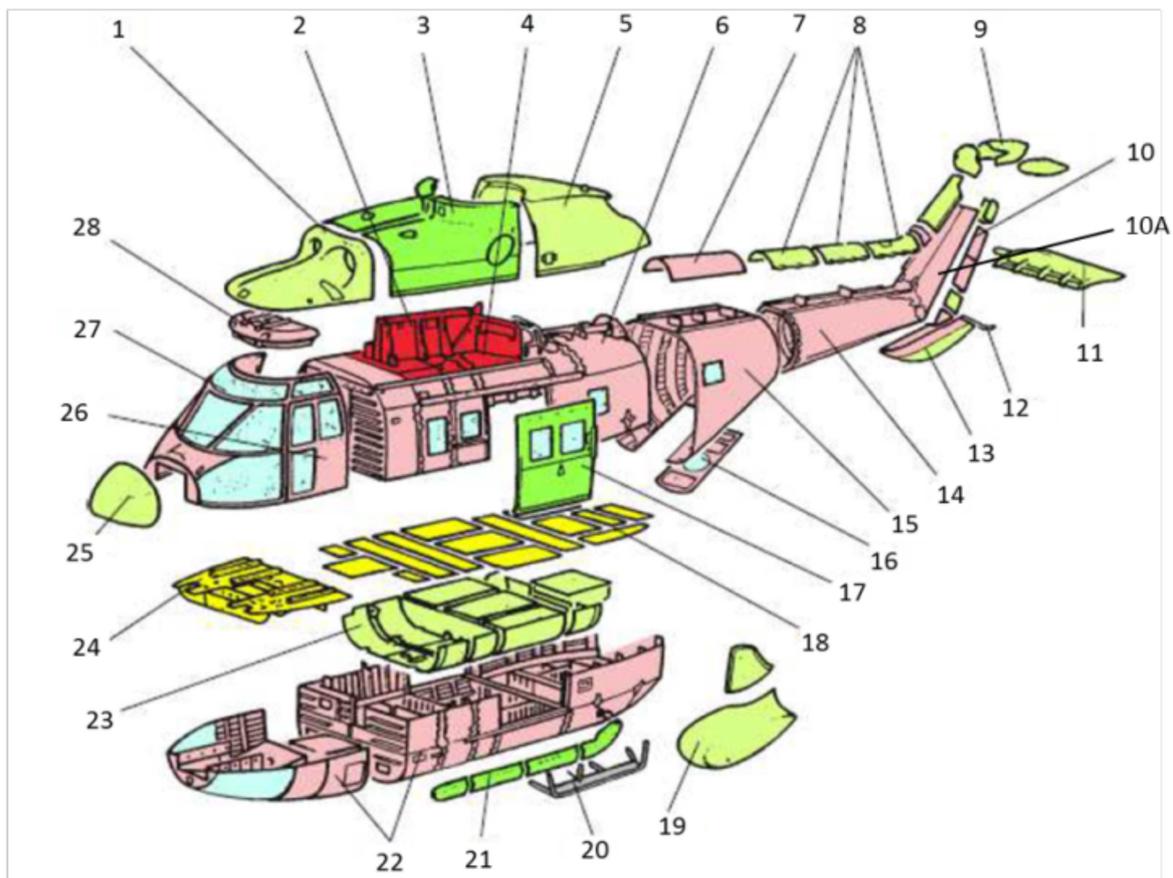
平成29年5月30日～9月20日JA9672が飛行した地域の日平均気温の変化



平成29年5月30日～9月20日までのJA9672夜間駐機状況



付図3 AS332L型機体構造及び材質



- | | |
|---|--|
|  軽合金 Light alloy |  アクリル樹脂
Altuglass (Triplex glass for
the pilot's and copilot's windshield panels) |
|  ケブラー Kevlar |  サンドイッチ構造
Sandwich structure :
metal honeycomb/metal skin |
|  チタニウム Titanium |  複合材
Composite, honeycomb-glass cloth |

<ul style="list-style-type: none"> 1-エアーク・スライディング・カウリング 2-防火壁 3-エンジン・カウリング 4-トランスミッション・デッキ 5-MGBスライディング・カウリング 6-上部構造物 7-テールローター・ドライブシャフト・ フィクスト・カウリング 8-テールローター・ドライブシャフト・ オープニング・フェアリング 9-TGBフェアリング 10-パイロン・フェアリング 10A-パイロン 11-水平安定板 12-テールスキッド(スチール) 13-ローフィン 14-テールブーム 	<ul style="list-style-type: none"> 15-中間構造物 16-ローディングハッチ 17-キャビンドア 18-キャビンフロア 19-ランディングギア・フェアリング 20-フットステップ 21-燃料ラインズ・プロテクティブ・チャンネル 22-下部構造物 23-燃料タンク・コンパートメント・トリミング 24-操縦席床面 25-レドーム 26-コ・パイロットドア 27-キャノピー 28-フォワード・フィクスト・フェアリング(コックピットルーフ)
---	--

付図4 残骸の状況

テールローター



テールローター・ドライブシャフト



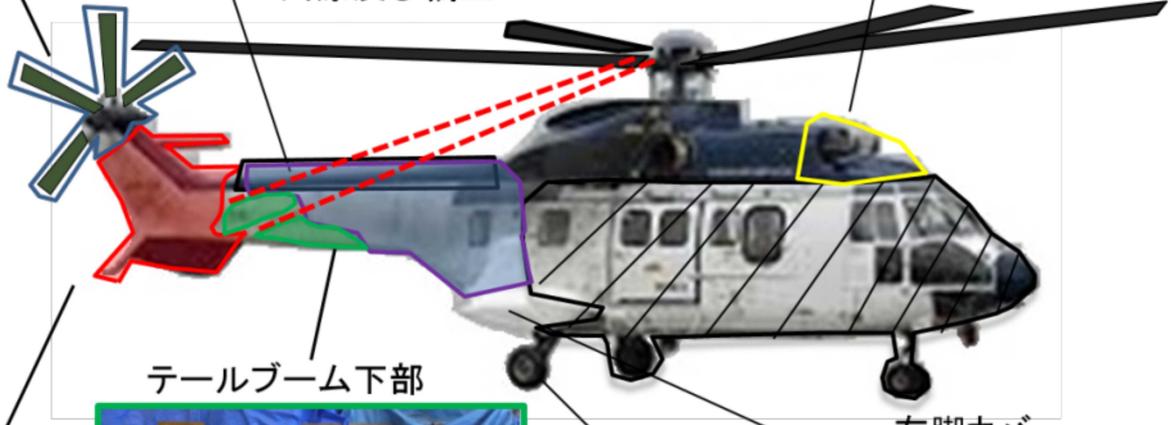
川原

川原及び橋上

エアーインテーク・スライディング・カウリング



橋上



テールブーム下部



川原

右脚カバー



右脚



橋直下

パイロン



川原

橋直下

名称

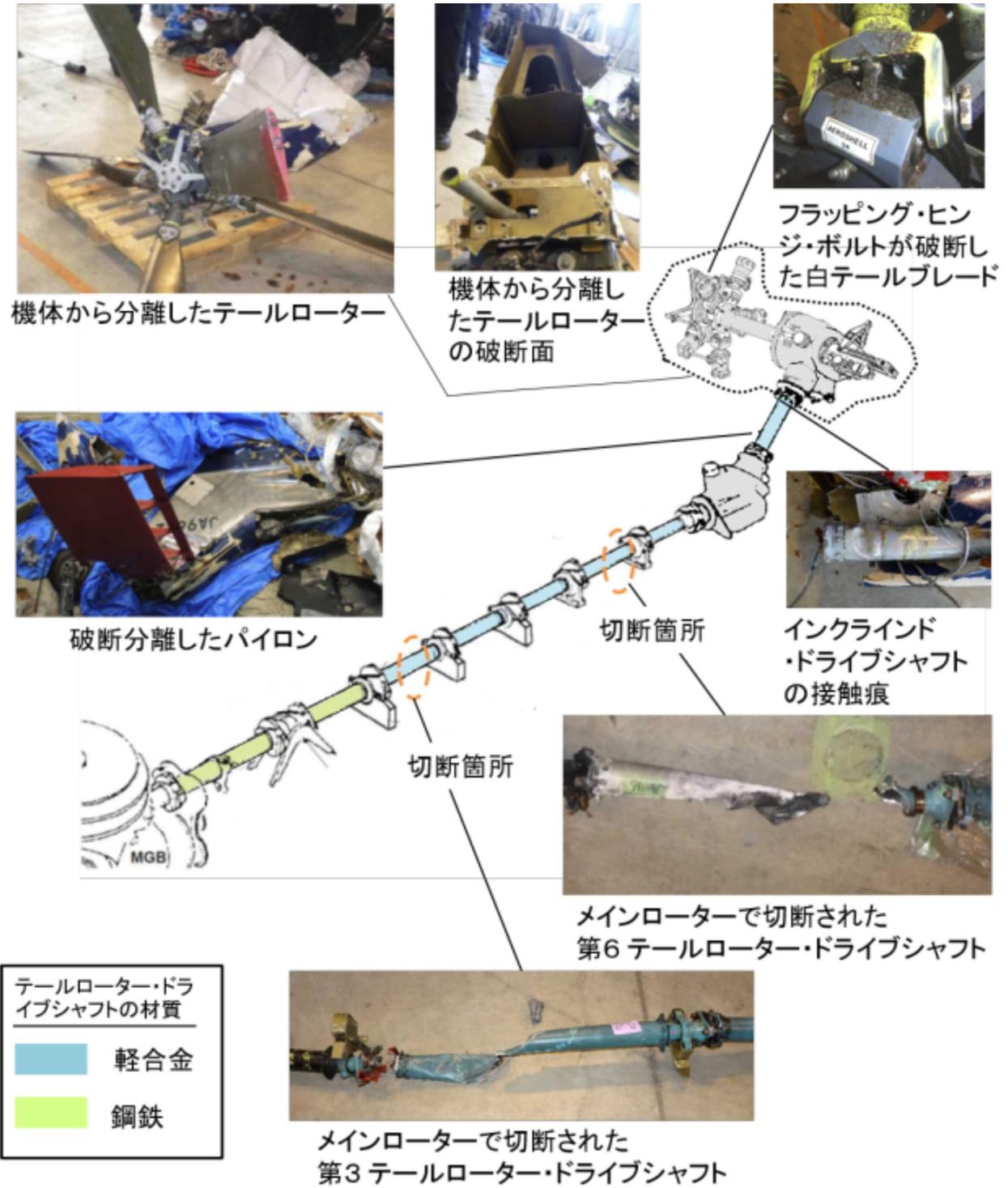
写真

発見場所



橋上において焼損した箇所

付図5 テールローター・ドライブシャフトの構造及び破断面



付図6 墜落前の飛行経路

