

航空事故調査報告書

個	人	所	属	超軽量動力機																
朝	日	航	洋	株	式	会	社	所	属	J	A	6	7	5	7					
ア	カ	ギ	ヘ	リ	コ	プ	タ	ー	株	式	会	社	所	属	J	A	9	4	9	0
個	人	所	属	自作航空機																

平成19年 1 月26日

航空・鉄道事故調査委員会

本報告書の調査は、個人所属超軽量動力機他 3 件の航空事故に関し、航空・鉄道事故調査委員会設置法及び国際民間航空条約第 13 附属書に従い、航空・鉄道事故調査委員会により、航空事故の原因を究明し、事故の防止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。

航空・鉄道事故調査委員会
委員長 佐藤 淳 造

朝日航洋株式会社所属 JA 6 7 5 7

航空事故調査報告書

所 属 朝日航洋株式会社
型 式 マクドネル・ダグラス式MD900型（回転翼航空機）
登録記号 JA6757
発生日時 平成16年9月14日 11時21分ごろ
発生場所 神奈川県綾瀬市
厚木飛行場

平成18年12月13日

航空・鉄道事故調査委員会（航空部会）議決

委 員 長	佐 藤 淳 造（部会長）
委 員	楠 木 行 雄
委 員	加 藤 晋
委 員	豊 岡 昇
委 員	垣 本 由紀子
委 員	松 尾 亜紀子

1 航空事故調査の経過

1.1 航空事故の概要

朝日航洋株式会社所属マクドネル・ダグラス式MD900型JA6757は、平成16年9月14日（火）、移動のため、東京ヘリポートへ向け飛行中、10時07分ごろ、藤沢上空でペダルによる方向の操縦ができなくなり、その後2エンジンが停止したため、11時21分ごろ、神奈川県綾瀬市厚木飛行場に不時着を試みたが、同飛行場内の西側エプロン上に着陸した。

同機には、機長ほか整備士1名計2名が搭乗していたが、2名とも軽傷を負った。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

航空・鉄道事故調査委員会は、平成16年9月14日、本事故の調査を担当する
主管調査官ほか1名の航空事故調査官を指名した。

1.2.2 外国の代表、顧問

本調査には、事故機の設計・製造国である米国の代表が参加した。

1.2.3 調査の実施時期

平成16年9月14日	現場調査
平成16年9月15日	口述聴取
平成16年9月17及び18日	機体調査
平成16年9月22日 ～平成18年4月10日	ノーター・ファンの詳細調査（アメリカ合 衆国事故調査当局（NTSB）の協力を得 て、調査を行った。）
平成17年2月2日	機体調査

1.2.4 航空局への情報提供

平成16年10月4日、航空局に対し、事実調査で得られた情報として、ノ
ーター・ファン・ブレードの構成部品であるテンション・トーション・ストラップが
破断していたという事実を提供した。

1.2.5 経過報告

平成17年11月25日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通大臣
に対して経過報告を行った。

1.2.6 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。

1.2.7 調査参加国への意見照会

調査参加国に対し、意見照会を行った。

2 認定した事実

2.1 飛行の経過

朝日航洋株式会社（以下「同社」という。）所属マクドネル・ダグラス式MD900型JA6757（以下「同機」という。）は、移動のため、平成16年9月14日、奈良県の藤裏小名場外離着陸場を離陸し、静岡ヘリポートで燃料補給後、東京ヘリポートへ向け飛行中、10時07分ごろ、藤沢上空でペダルによる方向のコントロールができなくなり、その後2エンジンが停止したため、11時21分ごろ、神奈川県綾瀬市厚木飛行場に不時着を試みたが、同飛行場内の西側エプロン上に着陸した。

同機は、事故当日の朝、奈良県の藤裏小名場外離着陸場において、整備士により飛行前点検を受けたが、異常は認められなかった。東京空港事務所に通報された飛行計画の概要は、次のとおりであった。

飛行方式：有視界飛行方式、出発地：静岡ヘリポート、移動開始時刻：09時40分、巡航速度：120kt、巡航高度：VFR、経路：小田原～藤沢、目的地：東京ヘリポート、所要時間：1時間00分、持久時間で表された燃料搭載量：2時間00分、搭乗者数：2名

同機が静岡ヘリポートを離陸してから事故に至るまでの飛行の経過は、機長及び同乗していた整備士の口述によると、概略次のとおりであった。

(1) 機長

09時35分に静岡ヘリポートを離陸した。10時07分ごろ、藤沢上空を高度約1,500ft、速度約120ktで飛行中に、機体後部で竹をたたくようなバラバラバラという音と振動が発生した。これは、離陸後、統合計器表示装置（以下「IIDS」という。）に「Check NOTAR®（以下「ノーター」と記述する。）Balance」の表示が出て、整備士が振動値を3、4回計測したところ、計測値が少しずつ大きくなっており、前日にも振動値を計測したことがあったので、ノーターに異常が発生したのだと判断した。ラダー・チェックをすると全く反応がなかった。そして約30秒後に、「2 ENG CAU」灯が点灯し、エンジン停止の警報音が鳴り、2エンジンが停止した。IIDSには「EEC (Electronic Engine Control)」及び「FAIL」が表示された。この二つの表示が出ると再始動はできない。そのため、東京ヘリポートへ向かうのはやめて、相模湾方向に戻ることにしてしばらく飛行したが、1エンジンは異常なく回っていたので、東京方向へまた進路を変えた。しかし、市街地の上を飛行するのは適切でないと判断し、本社からの助言もあって、相模川河口付近にある四ノ宮場外離着陸場の近くで待機することにした。2エンジン関係のスイッチは、海岸線に出るまでの間に整備士が切った。待機を開始したころの残燃料は約650lbであったので、1エンジンの停止に備えながら、燃料消費による機

体重量軽減のため待機を続けることにした。

待機している間に、本社から厚木飛行場に降りるようアドバイスがあった。しかし、進入するのに人家の上空を飛行しなければならないので、1回はこれを断った。その後、約1時間の待機の中に、どこまで機体のコントロールが可能かを確認した。約100ktでは、機体をやや左に傾けた状態で直進は可能であるが、その速度を維持しようとするすると機首を少し下げなければならず、シングル・エンジンのため少しずつ高度が低下すること、約90ktを維持した場合、高度は低下しないが右回りの緩やかな回転が始まること、この速度で直線飛行するためには、機首が右へ10°向くので、左へ10°バンクを取る必要があること、約80kt以上であれば安定した右降下旋回はできること、約80kt以下では右回転が始まるが、機首を下げて降下すれば回復できることを確認した。高度については、シングル・エンジンのため、1,200ft以上に上げることはできなかった。

相模川河口付近には送電線があるし、四ノ宮場外離着陸場は方向操縦ができない状態での着陸には狭すぎ、そこへの着陸はできないので、厚木飛行場に降りることにした。

11時10分に厚木飛行場に進入を開始したが、進入機があり厚木飛行場に迷惑をかけたくなかったので約5nm南西の地点で約10分間待機し、11時18分から20分ころ飛行場の南1nmで1回右旋回してもう一度待機し、進入した。厚木タワーに対して、「1回着陸場所を確認した後、着陸させてほしい」旨連絡した。

そのころの厚木飛行場の風は80°方向3ktで、滑走路方向01では滑走着陸には適さなかったため、反対方向から進入して滑走着陸しようと考えた。

滑走路に着陸した場合、滑走路を逸脱したとき横転する可能性があるし、草地の方が滑走しやすいと考えた。南西方向から飛行場に進入して右旋回でセンター・ヘリパッド付近の草地を確認し、接地方向を滑走路方向に合わせようとしてサイクリック・スティックを少し右に操作したところ、右回転が始まった。速度80ktを切らないようにして飛行してきたが、この時に意図せず減速が始まってしまったのだと思う。回転が始まったときの高度は約200ftだったので回復操作をしたが、速度が小さくなりすぎていたのか回復はできず、回転が続いて、地面に到着した。自分で降ろしたのではなく、落ちた感じだった。回転は横Gを感じるくらいの回転速度で、回転が始まって以降は機体を水平にすることだけ考えて操作をした。

地上での回転が止まり、機外へ脱出した。

(2) 整備士

静岡ヘリポートを離陸して、熱海の手前で、IIDSに「Check NOTAR® Balance」の表示が出た。振動を計測すると0.3から0.35 ips (inch per second) くらいであった。その後、藤沢に着くまでにIIDSを操作して3、4回振動値を計測したが、その度ごとに値が上昇し、最終的には0.6 ips くらいになった。

藤沢から大船に向かう途中で、後ろでドーンという音がして、振動を感じた。それで機長がラダー・チェックをしたら、ラダーが効かないことが分かった。直後、2エンジンの「EEC」と「FAIL」がIIDSに表示されて、拘束があるような回転の低下ではなく、滑かな回転低下で、エンジンが停止した。そのとき、エンジン停止の「ピッ」という警報音が聞こえた。エンジン停止後もしばらく東京方向へ飛行し、東戸塚付近で湘南海岸方面に針路を変えた。

相模川河口付近で1時間以上待機した後、厚木飛行場への着陸前に、自分と機長の足元や座席の下などに置いていた工具箱や書類を後ろに移動し、飛散しないように固定した。そして、機長と自分のシートベルトを締め直して座席に体をしっかり固定した。機長は、滑走路横のグラス・エリアのスポットを目標に降りようとしていたが、減速したら回転が始まった。回転し始めたのは分かったが、その後どのように移動していったのかは分からない。自分はフレームに手を添えて体が前に行かないように突っ張っていた。機長は前のめりになりながら、操縦桿が垂直になるように保持していた。

地上で機体が回転を停止した後、エンジン関係のスイッチを切った。このとき、エンジンが回っていたかどうかについては記憶がない。機外に出てから、ローターがまだゆっくり回っていたのでローター・ブレーキをかけ、機長の指示でバッテリー・スイッチを切った。そして、機首部分にあるバッテリー・コネクターを外し、ドクターヘリとして搭載していた医療用の酸素ボンベ2本を、安全のため機体から取り外した。

事故現場は、神奈川県綾瀬市の厚木飛行場内の西側エプロン北側で、発生日時は、平成16年9月14日11時21分ごろであった。

(付図1、2及び写真1参照)

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

機長及び整備士が軽傷を負った。

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

胴体及びテール・ブーム	破損
スキッド	破損
メイン・ローター・ブレード	破損

2.4 航空機以外の物件の損壊に関する情報

損壊なし

2.5 航空機乗組員等に関する情報

機長 男性 50歳

事業用操縦士技能証明書（回転翼航空機） 昭和52年12月16日

限定事項 陸上多発タービン機 昭和62年3月30日

第1種航空身体検査証明書

有効期限 平成17年5月19日

総飛行時間 9,512時間34分

最近30日間の飛行時間 28時間27分

同型式機による飛行時間 540時間37分

最近30日間の飛行時間 6時間00分

2.6 航空機に関する情報

2.6.1 航空機

型式 マクドネル・ダグラス式MD900型

製造番号 900-00018

製造年月日 平成7年5月24日

耐空証明書 第東-16-257号

有効期限 平成17年8月22日

耐空類別 回転翼航空機 普通N又は特殊航空機X

総飛行時間 1,735時間31分

定期点検（12カ月点検平成16年7月20日実施）後の飛行時間 25時間33分

（付図3参照）

2.6.2 エンジン

	1	2
型式	プラットアンドホイットニー・カナダ式PW-206A型	

製造番号	PCE - 206016	PCE - 206033
製造年月日	平成5年12月15日	平成6年9月26日
総使用時間	1,735時間31分	1,735時間31分

2.6.3 重量及び重心位置

事故当時、同機の重量は4,840 lb、重心位置は200.20 inと推算され、いずれも許容範囲（最大重量6,250 lb、事故時の重量に対する重心範囲は、196.0～206.0 in）内にあったものと推定される。

2.6.4 燃料及び潤滑油

燃料は航空燃料ジェットA-1、潤滑油はモービル・ジェット・オイルであった。

2.7 気象に関する情報

厚木飛行場の事故関連時間帯の観測値は、次のとおりであった。

11時00分 風向 050°、風速 04kt、卓越視程 10km以上、雲 雲量
4/8 雲形 高積雲 雲底の高さ 10,000ft、気温 31、
露点温度 20、高度計規正值（QNH）29.95 inHg

2.8 事故現場及び残がいに関する情報

2.8.1 事故現場の状況

事故現場は、厚木飛行場管制塔から北北東に約570mの西側エプロン上であった。同機が最初に接地した地点には、約050°方向でスキッド及びテール・スキッドが強く接地した痕跡が残っており、テール・スキッドの痕跡の南側約3mには、折れたテール・スキッドの先端部分があった。最初に接地した地点から同機が停止した南東20mの地点までのコンクリート上には、スキッドがコンクリートを連続的に擦過した痕跡及びメイン・ローター先端が地面と接触した痕跡が残されていた。

同機は約080°を向いた状態で停止していた。

2.8.2 損壊の細部状況

主な部分の損壊状況は、次のとおりであった。

- (1) 胴体は、下部や右側後方が破損するとともに、上部前方部等の外板及びテール・ブームの付け根にき裂が入っていた。燃料タンクからの燃料漏れはなかった。

- (2) スキッドは、前後のクロスビームが外側に開いていた。
- (3) 各メイン・ローター・ブレードは、先端から約1 mまでの部分が破損していた。
- (4) コクピット内の約17 cmのストロークを有する衝撃吸収型座席の座面は、両座席とも約3 cm下にスライドしていた。
- (5) ノーター・ファンの13本のブレード・アッセンブリーのうち、1本が破断し、テール・ブーム最後部のジェット・スラスター部で発見された。そのアッセンブリーのテンション・トーション・ストラップ（以下「TTストラップ」という。）は破断していた。残りのブレード・アッセンブリーの各ブレードは全て破損し、小片になっていた。
- (6) ノーター・ファン・ドライブシャフトは、3つに分断されていた。また、トランスミッション側のフレキシブル・カップリングは破断し、その内部の2.12.3に記述するアンチ・フレイル・デバイスが外れていた。二つに破断したフレキシブル・カップリングのドライブシャフト側の部分には、擦過による損傷はなかった。
- (7) エンジン・デッキから2エンジンに至る燃料ラインが、エンジン・デッキにあるフランジブル・バルブの部分で切断されていた。燃料ラインからの燃料漏れはなかった。

（付図5及び写真2、3、4参照）

2.9 人の生存、死亡又は負傷に関係のある搜索、救難及び避難等に関する情報

海上自衛隊第4航空群司令部は、11時05分ごろ、同社から緊急着陸の要請を受けた。11時16分、厚木地上救難班（指揮官ほか人員18名、指揮車、化学消防車、救急車等の車両8両）が地上支援態勢を整え、11時17分には滑走路横に各車両の待機を完了した。厚木救難飛行隊は、11時18分に、救難飛行隊前でUH-60J型ヘリコプター1機をすぐに離陸できる状態で待機させた。11時25分頃、地上救難班は機長及び整備士を收容し、救急車で厚木航空基地の海上自衛隊医務室に移送した。

2.10 不時着時のビデオ映像

同機の飛行場進入から着陸までの様子が、海上自衛隊厚木航空基地の隊員によりビデオ録画されていた。ビデオには、進入降下中、同機の右回転が始まり、空中で8回転した後、機体をほぼ水平にして着陸し、その後は右に傾いた状態でメイン・ローター・ブレードの先端が地面をたたきながら、機体が地上で2回転し、南東方向に移動した状況が記録されていた。

(付図 2 参照)

2.1.1 事実を認定するための試験及び研究

同機の T T ストラップ破断の理由を明らかにするため、破断したものを含めた 13 本の T T ストラップを製造会社に送り、 N T S B 調査官立会の下で詳細調査を実施した。調査結果^{*1}は、次のとおりであった。

(1) T T ストラップの構成

T T ストラップは、Kevlar®49 (以下「ケブラー」という。) 繊維を、2 本の耐腐食金属のスプール (糸巻) に連続して巻き付け、全体をポリウレタン樹脂で固めて強化繊維とし、更に表面をポリウレタンで覆った複合材である。

(別添 T T ストラップ詳細調査結果 (以下「別添 調査結果」という。) 写真 A 参照)

(2) 機械的性質を確認するための試験

製造会社において、破断していなかった 12 本の T T ストラップに対して、引張り荷重とねじり荷重をそれぞれ単独で負荷し、強度と剛性を確認した。その結果を、全 T T ストラップに対し製造時に行われていた同種試験の記録と比較したところ、全ての T T ストラップの強度と剛性は、いずれも規定値の範囲内であった。

(3) X 線による解析

13 本の T T ストラップをスプールの軸に平行な方向に X 線撮影を行った結果、全ての T T ストラップにおいて、片方又は両方のスプール周辺の、スプールに巻き付けたケブラー繊維の束のうちで、スプールの芯に接し、最も内側に位置する繊維の部分がスプール・フランジ外縁部に接する近傍 (以下「スプール・フランジの外縁と繊維が接する位置」という。) に T T ストラップの長手方向の線状の影があった。

(別添 調査結果 写真 B 参照)

また、この試験と同時に行われた、米国アリゾナ州メサにおける類似事故機 (2.12.9 参照) の T T ストラップの X 線解析^{*2}においては、T T ストラップの長手方向のみならず、同様の位置付近に T T ストラップ長手方向に直角で繊維束を横切る線状の影も確認された。

(4) 破断面の状況

* 1 NTSB Material Laboratory Factual Report, Report No.05-103

* 2 NTSB Material Laboratory Factual Report, Report No.05-102

破断したTTストラップの2ヶ所の破断面には、繊維が何かで切断されたように同じ長さで破断し、平らに見える部分(Flat fracture area)が3ヶ所あった。それぞれをArea1、Area2、Area3と呼称すると、それらの位置関係は、別添の写真Cに示すように、Area1とArea2は点対称の位置となっている。Area3と点対称の位置には類似した破断面はないが、そこではケブラー繊維の何本かが破断していた。

(別添 調査結果 写真C参照)

破断したTTストラップのブレード・アッセンブリー側を、スプールの軸に直角な面及びスプールの軸に平行でストラップの長手方向を含む面(以下「スプールの軸に平行な面」という。)で切断し、切断面を樹脂に埋め込み研磨後、走査型電子顕微鏡で観察した。

スプールの軸に直角な面では、スプール・フランジの外縁と繊維が接する位置に、繊維の厚さのほぼ全域にわたりキンク^{*3}が発生していた。また、その近辺には、ストラップの長手方向に層間剥離が発生した部分があった。

スプールの軸に平行な面でも、スプール・フランジの外縁と繊維が接する位置に、繊維の厚さ全域にわたってキンクが発生していた。

(別添 調査結果 写真D、E、F、G参照)

(5) コンピューターによるひずみの数値解析

TTストラップにノーター・ファンの回転による遠心力と、ペダル操作によるねじり荷重が働く場合の、TTストラップ内部に発生するひずみの詳細がコンピューターによる数値解析^{*4}により求められた。

その結果によると、TTストラップに引張り荷重がかからず、ねじり荷重のみが作用した場合には、スプール・フランジの外縁と繊維が接する位置に、大きな圧縮ひずみ及び短い距離で符号が逆転するせん断ひずみが発生し、この圧縮ひずみは引張り荷重がねじり荷重と同時に作用する場合には減少することが確認された。

2.12 その他必要な事項

2.12.1 整備マニュアルに基づくノーター・ファンの点検

(1) ノーター・ファンの点検間隔及び点検内容

100時間点検

*3 繊維強化複合材の一方向材に圧縮荷重が作用したときに生ずる、繊維が座屈して折れ曲がる特有の現象

*4 NTSB Material Laboratory Factual Report, Report No.05-125

a ファン・ブレードの状態

12カ月点検

a ファン・ブレードの損傷の有無の確認

b ハブ・アッセンブリーの状態

c ピッチ・チェンジ機構の状態

d ファン・ブレードの間隙

e ノーター・ファン・ドライブ・シャフトの状態

600時間点検（ノーター・ファンを機体から取り卸して実施）

a ファン・サポート、サポート・ベアリングの状態、給油

b ファン・ピッチ・ベアリングの状態、給油

(2) 過去のノーター・ファン定期点検及び結果

平成14年8月15日実施された600時間点検において、ノーター・ファン・アッセンブリーの点検が行われたが、異常は報告されていない。

平成16年7月20日実施された12カ月点検において、ノーター・ファン・アッセンブリーの点検が行われたが、異常は報告されていない。

上記の期間中に、ノーター・ファン・アッセンブリー取り卸しを含む非定例整備はなかった。

2.12.2 破断したTTストラップ

破断したTTストラップの部品番号は900R3442009-101、製造番号はLK0024で、総使用時間は1,735時間31分、交換までの残時間は764時間29分であった。

2.12.3 ノーター・ファン・ドライブシャフト

ドライブ・シャフトの両端はフレキシブル・カップリングとなっており、一方はトランスミッションに、他の一方はノーター・ファン・アッセンブリーに接続されている。回転方向は、機体後方からみて反時計方向で、回転数は約5,400rpmである。各フレキシブル・カップリングの中にはアンチ・フレイル・デバイス（Anti-Flail Device）という一種のベアリングが組み込まれている。過大な負荷トルクがかかったときには、どちらかのフレキシブル・カップリングが最初に破断して、ドライブ・シャフトのねじり応力を開放し、アンチ・フレイル・デバイスでドライブ・シャフトを支えることにより、ドライブシャフトが切れた際、振れまわり運動により他の部品を損傷しないようになる。

2.12.4 2エンジンの状況

事故後 2 エンジンのタービン・ブレードを手回したところ、コンプレッサー・タービン及びパワー・タービンは拘束なく回転した。

2.12.5 ノーターの作動原理及び構造

(1) ノーターの作動原理

ノーターとは、従来のテール・ローターに代るものとして考案されたアンチトルク・システムの名称である。

胴体後部に取付けられているノーター・ファンにより低圧で大量の空気がテール・ブームに送り込まれ、その空気はテール・ブーム右側のスロット及びテール・ブーム最後部のジェット・スラスター部から放出される。スロットから吹き出された空気は、コアンダ効果（物体のまわりに沿って流体が曲げられる現象）によりテール・ブームに沿って流れる。メイン・ローターのダウンウォッシュ内では、テール・ブームが翼型と同様のはたらきをし、機体を後方から見た場合、右に向かって揚力が発生し、これがアンチトルクの一部となる。ホバリング時のアンチトルクはこれだけでは不足するので、ダイレクト・ジェット・スラスター部から放出する空気の反力でアンチトルクを補っている。前進飛行中は、垂直安定板によるアンチトルクの比率が速度に応じて大きくなり、ジェットスラスター及びコアンダ効果によるアンチトルクの比率は小さくなる。

（付図4参照）

(2) ノーター・ファン・アッセンブリー

ノーター・ファン・アッセンブリーは、ファン・サポート・アッセンブリー、ファン・アッセンブリー、ステーター・ディフューザー・アッセンブリーで構成されている。ファン・アッセンブリーは、ファン・サポート・アッセンブリー内でノーター・ファン・ドライブシャフトを介してメイン・トランスミッションの動力で駆動される。ファン・アッセンブリーは13個のブレード・アッセンブリー、ファン・ハブ、センター・スプライン・アッセンブリー等で構成されている。

ブレード・アッセンブリーは、TTストラップを介してセンター・スプライン・アッセンブリーに固定され、TTストラップをねじることでブレード・アッセンブリーのピッチ変更を可能にしている。

（付図5参照）

2.12.6 ノーター・ファンの振動

(1) 前日の振動

飛行中、15時50分ごろ及び16時20分ごろに「Check NOTAR® Balance」の表示が出て、2回とも振動値は0.3 ipsであった。そのため、飛行後に整備士が藤裏小名場外離着陸場でノーター・ファンの目視点検を実施したが、異常は認められなかった。

(2) 整備マニュアルは、12カ月点検時ノーター・ファンの振動を計測し、振動が0.05 ips以上ある場合は、バランス・ウェイトを調整して、0.05 ips未満にするよう指示している。定例整備以外のときにノーター・ファン・アッセンブリーの回転部分の部品交換が行われたときは、振動測定を行い再調整を実施しなければならない。

(3) I I D Sの振動メッセージ

I I D Sに表示される振動メッセージは、アドバイザーとしての位置付けで、飛行を制約する注意・警告ではない。I I D Sにメッセージが表示されない限り振動値を確認する必要はない。

(4) 事故発生後に製造会社から直接入手した情報によれば、「Check NOTAR® Balance」がI I D Sに表示されるロジック及び振動値が表示されたときの対応は、以下のとおりで、どの範囲までの振動なら安全かという基準は示されていない。

トリガーとなる振動レベルは0.3 ipsと0.6 ipsの2種類である。
I I D Sが操作されていないときに、2分間隔で計測した振動値が0.3 ips以上の場合1サンプルとしてカウントされ、5サンプル（10分）以上この振動が続くと「Check NOTAR® Balance」が表示される。ただし、5サンプル以内に0.3 ipsを下回れば、サンプルはゼロに戻る。I I D Sのクリアーボタンで「Check NOTAR® Balance」表示を消した場合、次は0.6 ips以上が5サンプル以上にならないと、表示は出ない。ただし、I I D Sの電源を切った場合は、また0.3 ipsをトリガーとしてカウントが始まる。

2.12.7 垂直安定板

水平安定板両端に付いている垂直安定板は、機体のヨー・レート・ジャイロ信号とコレクティブ・レバー位置信号で自動的に作動し、ペダルで直接には操作できない。

2.12.8 非常操作

同機の飛行規程にはアンチ・トルクの故障（全スラストの喪失）について、以下のように記述されている。

3-9-2. アンチ・トルクの故障 - 全スラストの喪失

これは、ファンの回転が停止し、全てのファン・スラストが喪失するようなファン・ドライブシステムの故障（例えば、ドライブ・シャフトの損傷等）である。方向制御は、対気速度、及び出力セッティングに頼ることになる。

兆候：ペダルでの機体“トリム”が行えない。

状況：前進飛行中

- ・ 対気速度、及び出力を調整して80～100 KIASの水平飛行を行う。

注意 双発故障が実際に発生した場合を除き、前進飛行からのオートローテーションを試みてはならない。

- ・ シャロー進入を行い、固い滑走路、又は適切な着陸地に滑走着陸する。可能ならば、接地時の対気速度及び右への機首偏向を減少させるために、左前方からの向かい風になるように進入方向を選択すること。

(注)： 20～30 KIASで風に正対して着地すれば、低出力（コレクティブ操作）セッティングでの良好な着陸を行うことができる。

- ・ 最終進入時、減速させるために、出力（コレクティブ操作）を急激に減少させると、機首は左を向く。
- ・ 機体を接地したい方向に向けるために、地上に接近するに従って、必要に応じてコレクティブの使用量を調整し、柔らかく接地する。
- ・ 接地後、方向コントロールを維持するため、コレクティブを調整する。必要ならば、接地中及び接地後、両方のツイスト・グリップを同時にIDLE方向に回して、ローターRPMを減速させ、機体の方向コントロールを維持する。

(注)： ツイスト・グリップを用いてローターRPMを変化させることは、下記の2つの理由により一般的に推奨しない。

両方のツイスト・グリップを同時に操作することは難しい。

両エンジンをマニュアル・モードで運用しなければならない。但し必要な場合は、接地の瞬間又は直前にローターRPMを減少させるときのみ使用することを推奨する。

2.12.9 類似事故

同機の事故の6日前、平成16年9月8日に、米国アリゾナ州メサで、MD900製造番号900-00016号機(以下「16号機」という。)が、同型式機のローター・ファン関連事故としては初めての事故を起こしていた。その概要は以下のとおりである。

約10分間のホバリング後、16号機は通常離陸操作を開始した。高度30~40ftになったころ、機体から激しい高周波振動が出たので、機長は離陸を取りやめ、コレクティブ・レバーを最低位置にし滑走路に対して滑走着陸を行った。接地速度は30~40ktであった。接地後の方向操縦は困難で、約100m滑走した後、滑走路端から約1m出た位置で停止した。

16号機のローター・ファンを点検したところ、1本のTTストラップがハブ取り付け部で破断していた。当該TTストラップの製造番号はLK0959で、総使用時間は1,687時間00分であった。

IIDSへの表示はなかった。ローター・ファン・ドライブシャフトの破断はなかった。

NTSBは、16号機の事故原因(Probable Cause(s))*⁵として、次のように結論づけている。

アンチトルク・ファンの構成部品であるTTストラップの破断は、ファンの回転数が最大回転数以下の状態で、ペダルを繰り返し操作した結果、複合材の繊維部が圧縮及び(又は)せん断により漸次破断した結果である。この事故の要因の一つは、ヘリコプター製造会社が行ったTTストラップの疲労及び負荷試験が、不完全なものであったことにある。

2.12.10 耐衝撃性

- (1) 同機は、MD900ハード・ランディング衝撃吸収設計に基づき製造されており、胴体(エンジン・デッキを含む)、座席及びスキッドは、垂直Gに対して、強化された耐空性基準に適合している。
- (2) 燃料タンクは、耐衝撃性を有しており、衝撃を受けても破損しにくい構造

* 5 NTSB Brief of Accident, File No.19745

となっている。燃料ラインはセルフ・シーリング能力を有している。

3 事実を認定した理由

3.1 乗務員等の資格等

機長は、適法な航空従事者技能証明及び有効な航空身体検査証明を有していた。

3.2 航空機の耐空証明等

同機は、有効な耐空証明を有しており、所定の整備及び点検が行われていた。

3.3 気象との関連

事故発生時の厚木飛行場の気象状態は、風が弱く、同機が着陸前に回転を始めエプロン上に着陸したことには、影響しなかったものと考えられる。

3.4 ノーター・ファン・ドライブシャフト破断の理由

TTストラップが破断したためブレード・アッセンブリーがファン・ハブから外れ、ファン・サポート・アッセンブリー内でブレードが小片となってファン・ハブ周りに飛散し他のブレードを破壊したものと考えられる。そのときブレードの破片の一部がファン・ハブの回転部分とそれに接する非回転部分との間に入り、ファン・ハブが一時的に拘束されたものと推定される。このとき、フレキシブル・カップリングがまず破断し、アンチ・フレイル・デバイスでドライブシャフトの回転を継続させたものの、高速回転していたドライブシャフト自身の慣性のため、そのほぼ中央の長さの部分でねじ切れたものと考えられる。その後は、ドライブシャフト前方半分が回転を続け、トランスミッション側のフレキシブル・カップリングを頂点として、振れまわり運動をし、周辺の部品に接触する過程で、更に二つの部分に破断したものと考えられる。

3.5 2エンジン停止の理由

上記3.4において、写真4の の部分のドライブシャフトがトランスミッション側のフレキシブル・カップリングを頂点として振れまわり運動をした際、 2エンジンの燃料ラインと接触し、これをフランジブル・バルブの部分で切断したものと考えられる。

その結果、 2エンジンは、燃料の供給がなくなったため停止したものと推定される。

燃料ラインが破断した際燃料が漏れなかったのは、燃料ラインのセルフ・シーリング機能が作動して燃料漏れを防止したためと推定される。

3.6 TTストラップ破断の理由

2.1.1(4)で述べたように、TTストラップのスプールの外縁と繊維が接する位置に繊維が同じ長さで破断して切断面が平らにそろっている部分あるいは、繊維のキンクや層間剥離が発生している部分があり、2.1.1(3)で述べたX線解析において見られたストラップ長手方向及びこれに直角な方向に観察された線状の影は、それぞれ層間剥離及び繊維の破断面の存在によるものと推定されること、及び2.1.1(5)で述べたコンピューターによるひずみの数値解析においても、引張り力には強いが圧縮力には比較的弱いことが知られているケブラー繊維を、破断させたりキンクさせる可能性の考えられる大きな圧縮ひずみ及びせん断ひずみが同様の位置に発生することが確認されたことから、TTストラップ破断の理由としては、これらのひずみが繰り返し発生することにより、複合材がこの部分から疲労して強度不足に至ったものと推定される。

NTSBより提供された情報によれば、TTストラップに働く荷重として、ノーター・ファンの回転により発生する遠心力による引張り荷重及びペダル操作により発生するねじり荷重とが複合した荷重のみが設計時に考慮されていたということで、エンジン始動前に行われる操縦系統の作動点検時や、ノーター・ファンの回転数が低い場合のような遠心力のあまり働かない状態で、主としてねじり荷重のみが負荷される場合は考慮されていなかったことが、TTストラップに大きな圧縮ひずみ及びせん断ひずみが発生したことに関与したものと推定される。

3.7 非常操作

機長は、飛行規程の非常操作の手順に従い、滑走路横の草地に対して滑走着陸を実施しようとし、この際、左から風を受けるようにするため、滑走路19方向での進入を行おうとしていたものと推定される。しかしながら、接地方向を滑走路方向に合わせようとしてサイクリック・スティックを右に操作した際に意図せず80kt以下に減速してしまったため、回転が始まったものと推定される。そのときの高度が約200ftであったため十分な高度の余裕がなく、機体を降下させて速度の回復を図ることはできず、機長は回転中の水平姿勢維持に専念しようとしたものと推定される。

本事故機では、水平飛行中对気速度を80kt以下にしてしまうと回転が始まることが確認されている。一方、飛行規程の非常操作には、「20～30KIASで風に正対して着地すれば、低出力(コレクティブ操作)セッティングでの良好な着陸を行うことができる」と記述されているが、そこに至るまでの操作の細部については記述されて

いない。

製造会社は、この空白となっている部分の手順を明らかにすることが必要である。

3.8 サバイバル・ファクター

本事故において、搭乗者が大きな怪我をせず、また着陸後火災が発生しなかった理由は以下のように考えられる。

- (1) 機長が、航空機の状況を認識し、どこまで操縦が可能かを確認していたこと及び最後まで同機のコントロールをあきらめなかったこと
- (2) 約1時間の燃料消費飛行を行ったため機体重量が軽くなっていたこと及び着陸時機体がほぼ水平であったため、機体の耐衝撃性が適切に機能し、スキッド、胴体下部、座席の順に着陸時の衝撃が吸収されたため、搭乗者が受けた衝撃が少なかったこと
- (3) 燃料タンクの耐衝撃性が機能して着陸時の衝撃の影響が小さくなったため、燃料タンクが破損せず、燃料漏れがなかったこと、及び燃料ラインが空中で破断したが、フランジバルブが働いて燃料漏れを防止したこと
- (4) 不時着前に、搭乗者が安全ベルトを締め直し、機内の飛散物を固定する処置を行ったこと

4 原因

本事故は、同機が飛行中にファン・アッセンブリーのTTストラップの1本が破断したことを発端としてペダルによる方向の操縦ができなくなり、不時着する際操縦が困難となったため、制御できない回転に陥って着陸し、機体が大破したことによるものと推定される。

事故の発端となったTTストラップが破断したことについては、TTストラップに働くねじり荷重と引張り荷重により、スプール・フランジの外縁と繊維が接する位置に、設計時には想定していなかった大きさの圧縮及びせん断ひずみが繰り返し発生したため、これらにより複合材がこの部分から疲労して、強度不足に至ったことによるものと推定される。

5 参考事項

(1) 製造会社は、平成16年11月3日にSB（サービス・プレティン）^{*6}により、国土交通省航空局は、平成17年5月6日耐空性改善通報により、特定の部品番号のTTストラップ限界使用時間を短縮するとともに、取り卸した際の検査方法について指示をした。

(2) 米国及び日本で発生したマクドネル・ダグラス式MD900型ヘリコプター事故の原因となったTTストラップについて、製造会社がFAA（連邦航空局）の承認を得るため行った疲労及び負荷試験において、試験の条件設定が不十分であった等の理由で、平成18年4月10日、NTSBは、FAAに対して次のような安全勧告を行った。

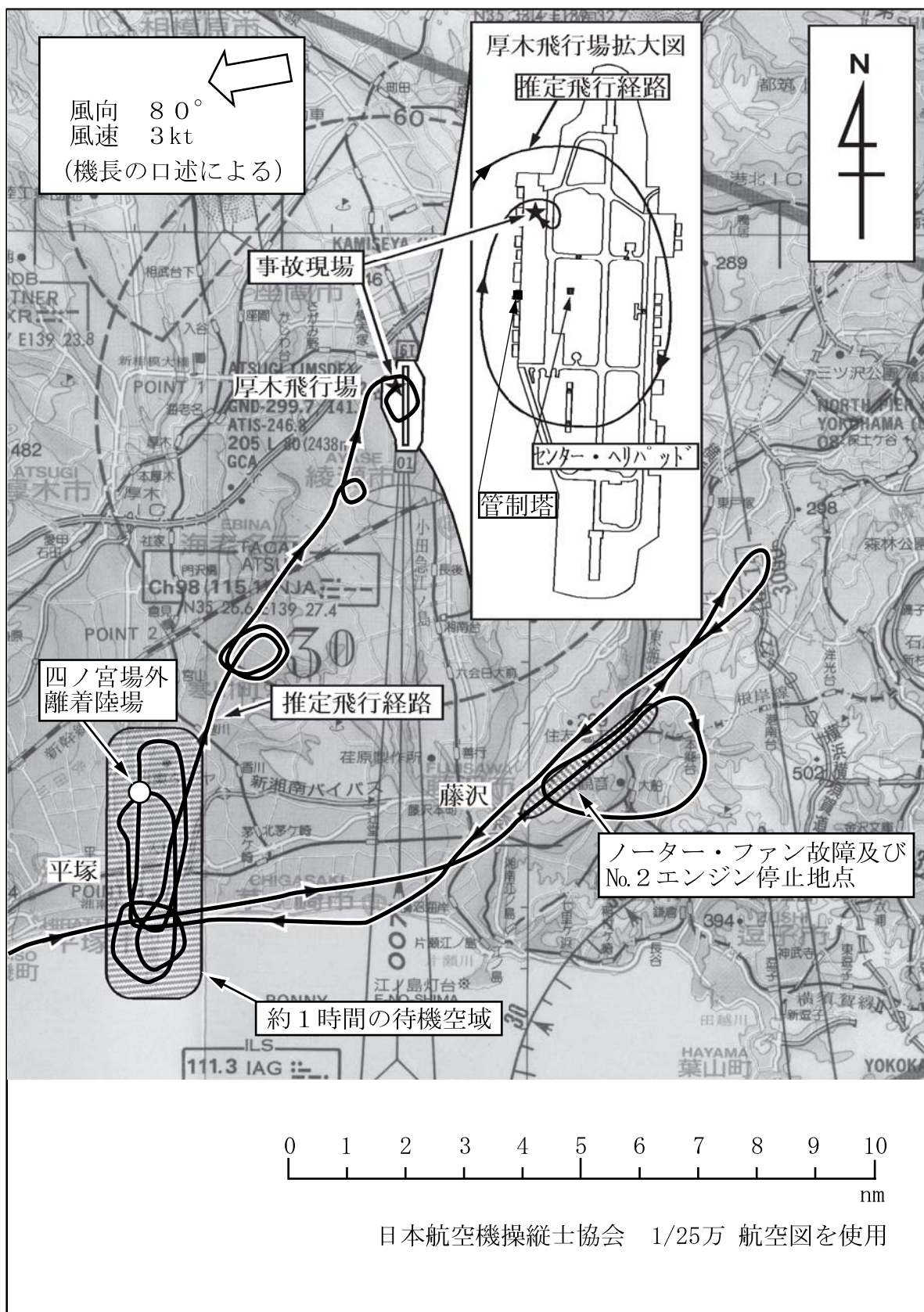
TTストラップを使用しているマクドネル・ダグラス式500N系列型、600N型及びMD900型ヘリコプターのTTストラップの追加疲労試験を製造会社に行わせること。その際、TTストラップの強化繊維部を横断する方向に剪断又は圧縮を生起させる厳しい条件を含む負荷をかけて行うこと

既存のデータ及び上記(1)で得られたデータを基に、マクドネル・ダグラス式500N系列型、600N型及びMD900型ヘリコプターのTTストラップの検査及び交換間隔を変更するよう法的措置をとること

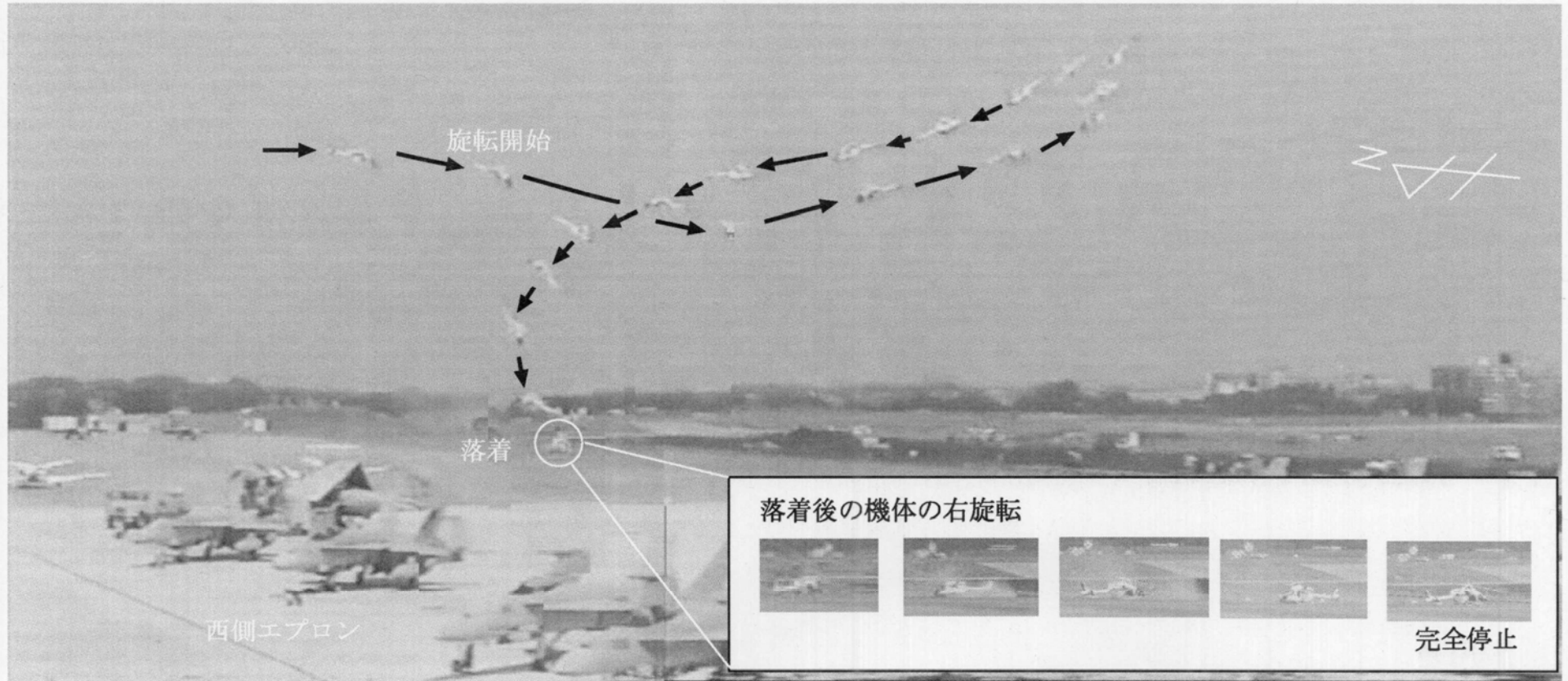
X線検査において、TTストラップの積層繊維の破断及び長手方向のき裂の有無を検査させ、それらが発見された場合、そのストラップの使用を中止し取り卸すこと

*6 航空機や装備品の製造者が使用者に対して、安全性向上、機能改善、情報提供等を目的として発行する技術通報のこと

付図1 推定飛行経路図



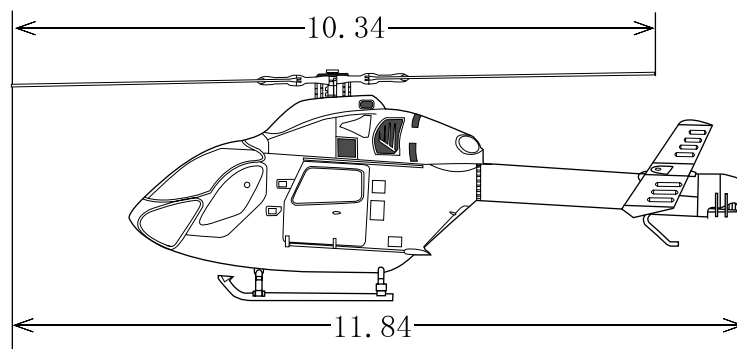
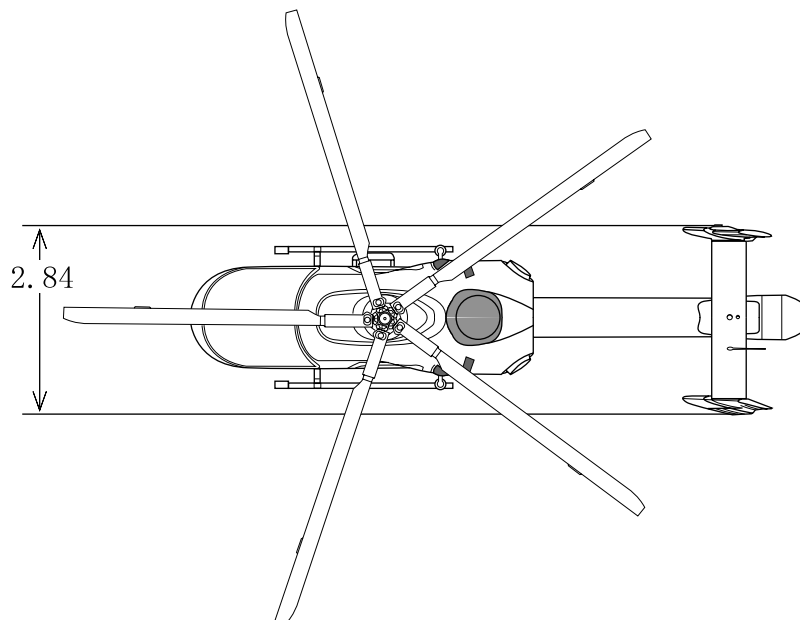
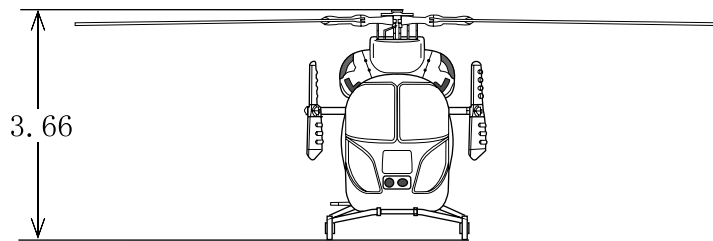
付図2 不時着前後の機体回転状況



管制塔から不時着状況を撮影したビデオを基に作成

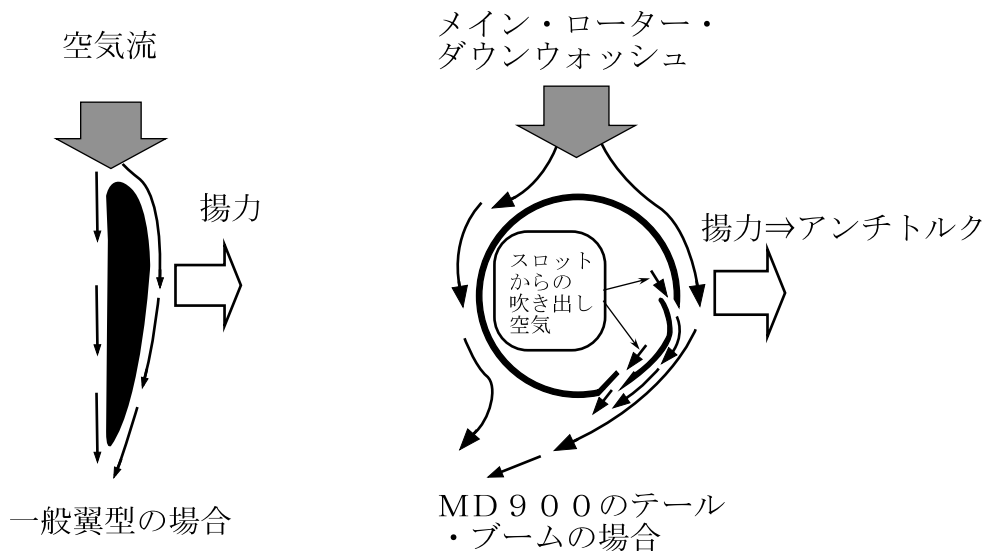
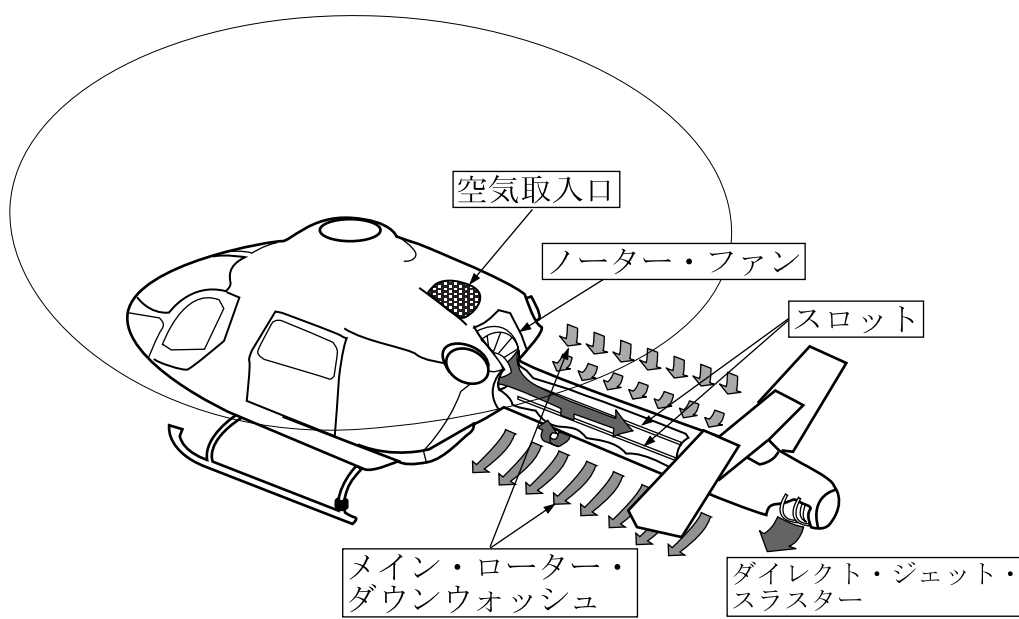
付図3 マクダネル・ダグラス式MD900型三面図

単位：m



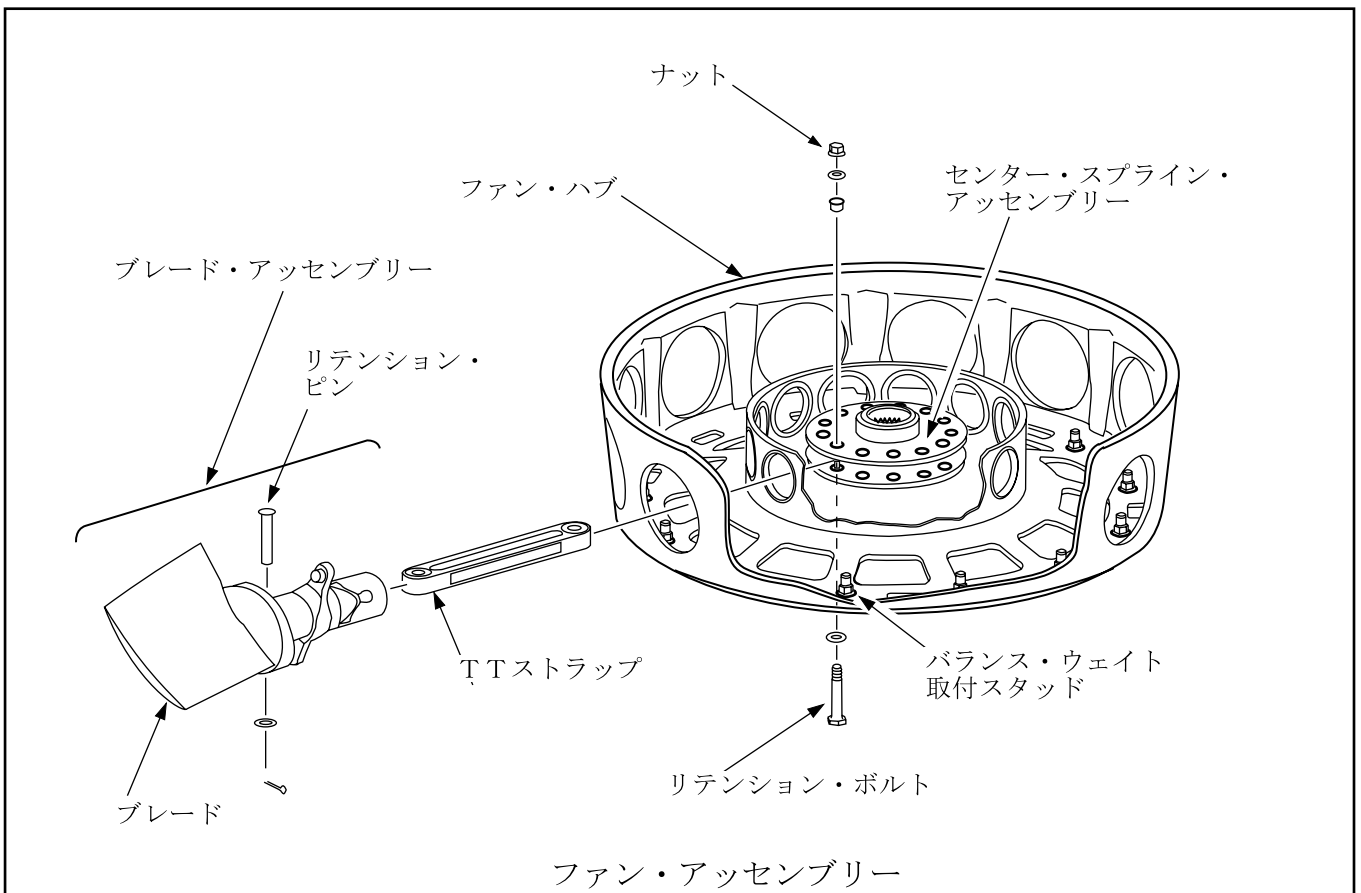
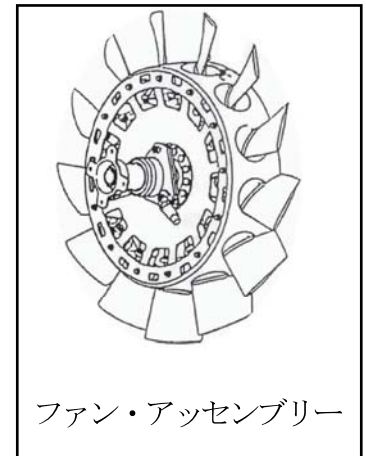
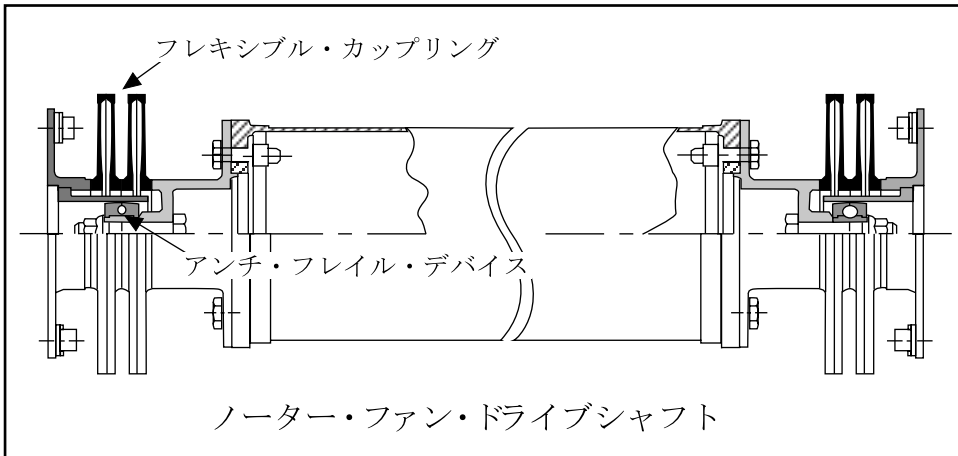
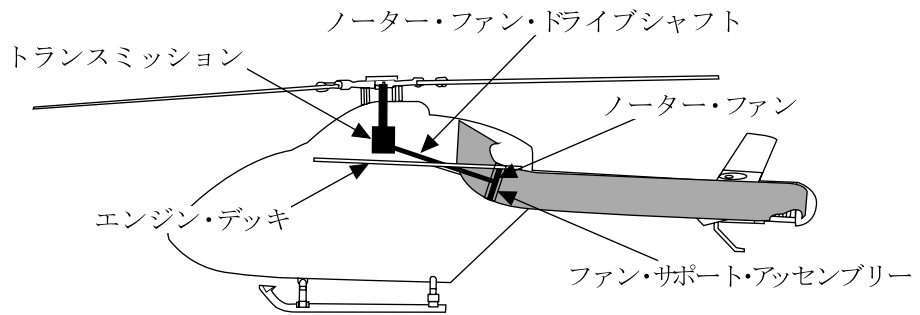
付図4 ノーターの作動原理

ノーター・ファンによる低圧で大量の空気がテール・ブーム右側のスロットから吹き出すとき、コアンダ効果（物体のまわりに沿って流体が曲げられる現象）により、空気はテール・ブームに沿って流れる。メイン・ローターのダウンウォッシュ内では、テール・ブームが翼型と同様のはたらきをし、機体後方から見たとき右に向かって揚力が発生し、これがアンチトルクの一部となる。ホバリング時のアンチトルクはこれだけでは不足するので、ダイレクト・ジェット・スラスターから吹き出す空気の反力で補っている。



(マクドネル・ダグラス社のホームページ資料を基に作成)

付図5 ノーター・ファン・アッセンブリー



(MD900 Rotorcraft Maintenance Manual 及び MD900 Student Training Manual を使用して作成)

写真1 事故機

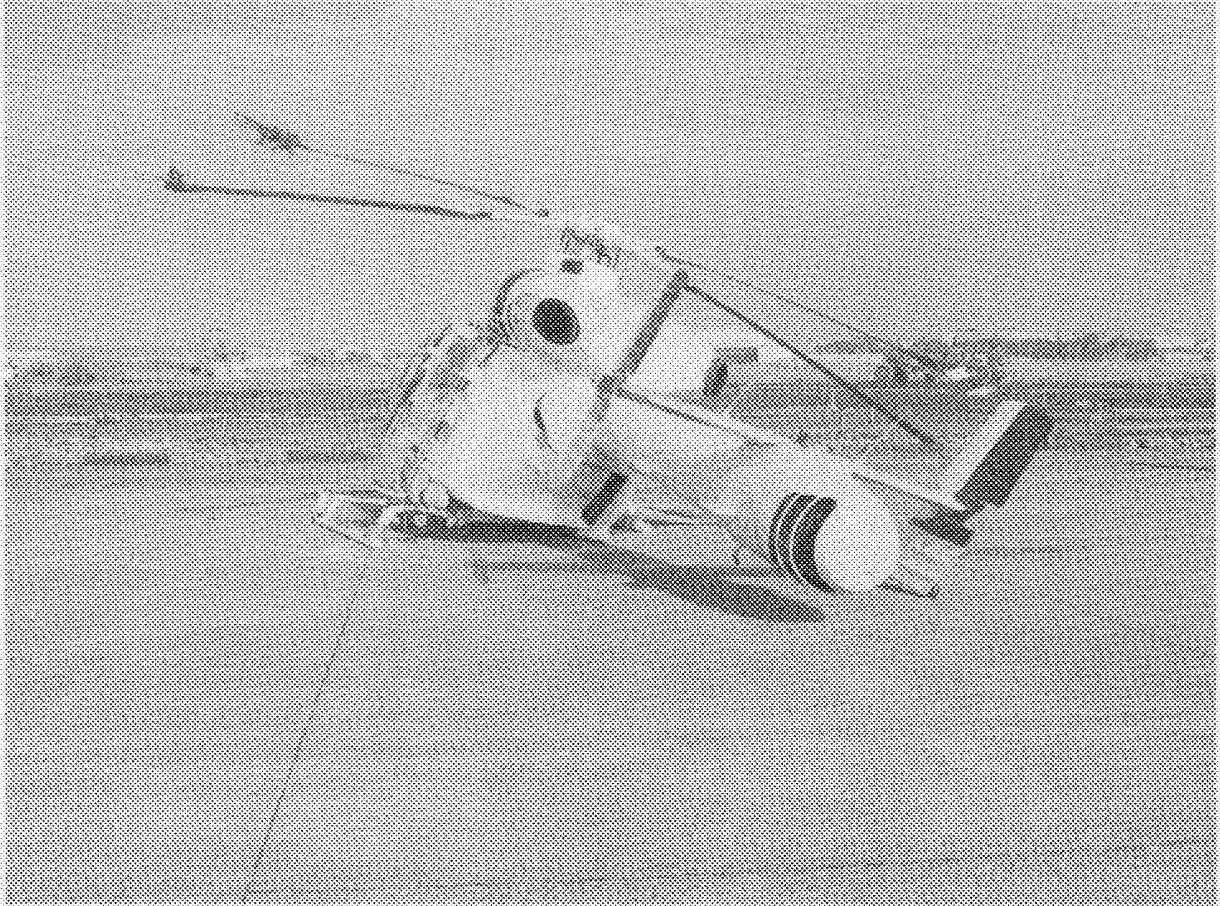
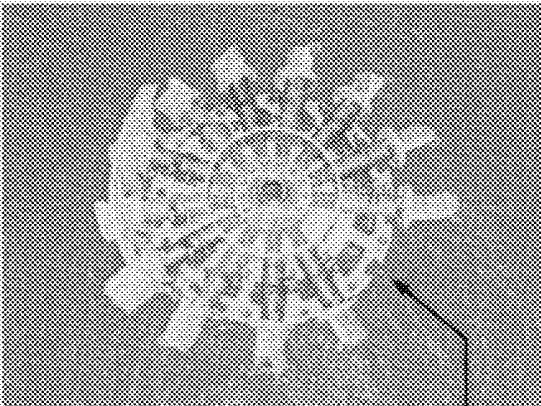
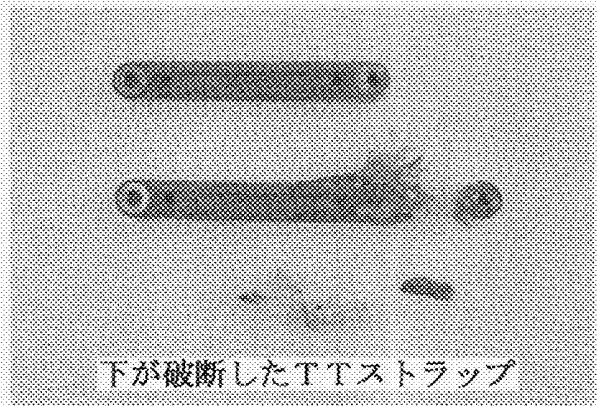


写真2 破損したノーター・ファン



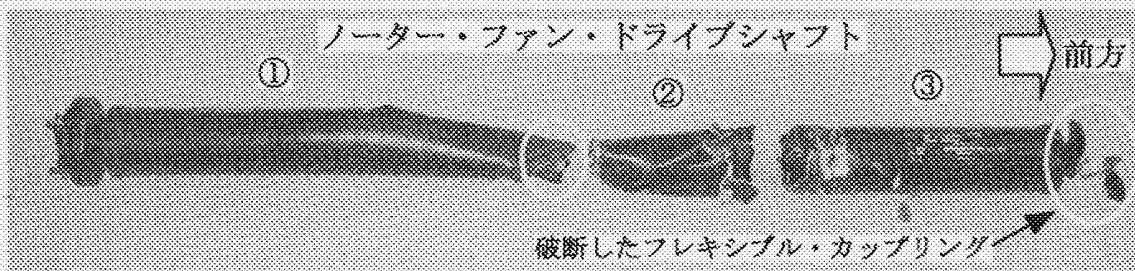
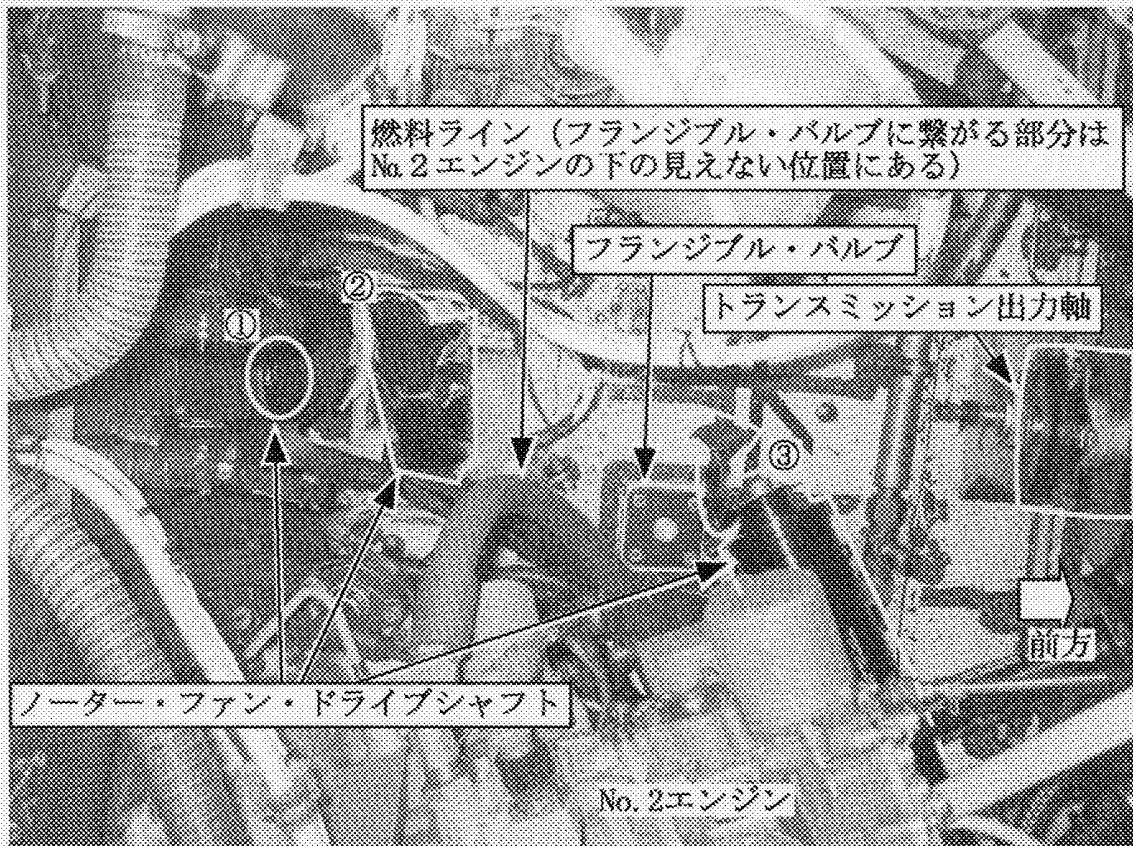
TTストラップが破断して欠落した部分

写真3 TTストラップ



下が破断したTTストラップ

写真4 エンジン・デッキ



ノーター・ファン・ドライブシャフトは①②③の3つの部分に分断された。

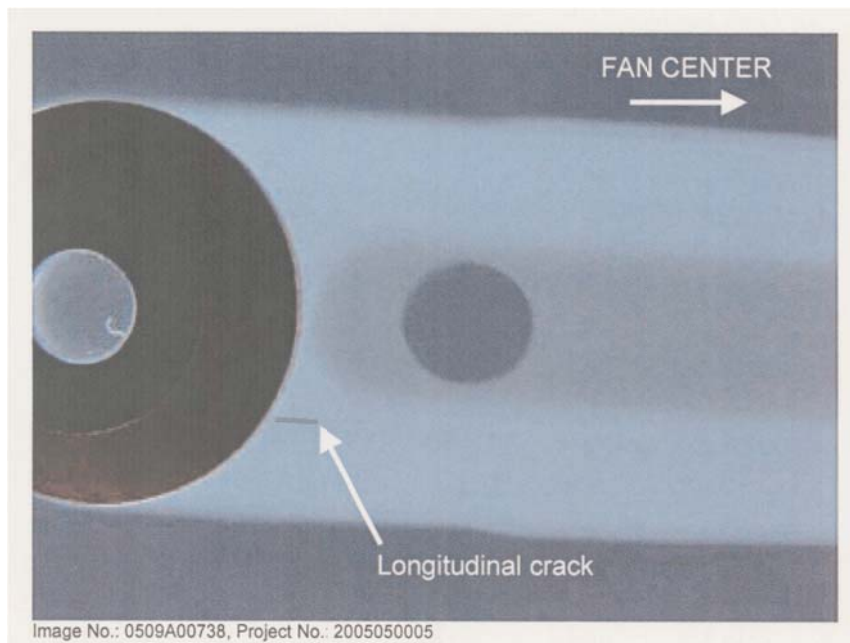
①の部分については、前方部分の○の部分のみが確認できる。

別添 TTストラップ詳細調査結果

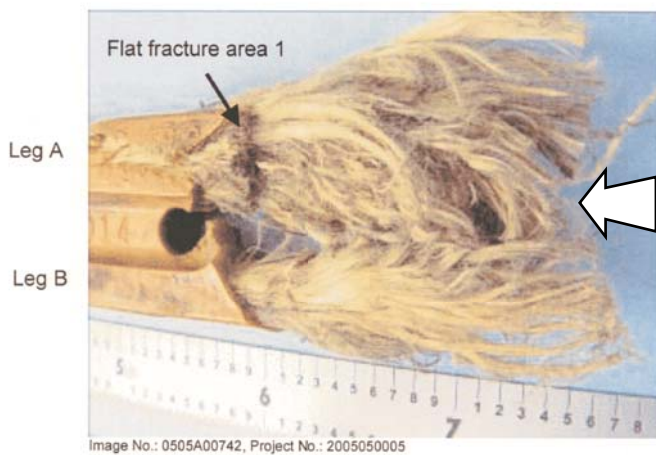
(NTSB Material Laboratory Factual Report,
Report No.05-103 の写真を使用)



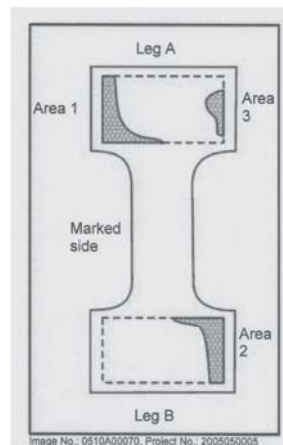
写真A 破断したTTストラップ



写真B 破断したストラップX線写真



写真C 破断部

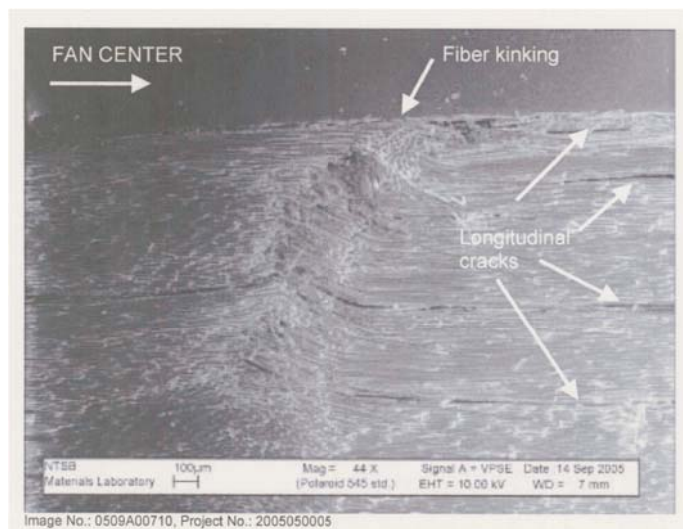


破断部断面図

(写真Cの ← 方向からの断面)



写真D スプールの軸に直角な面の断面



写真E キック部分



写真F スプールの軸に平行な面の断面



写真G キック部分

参 考

本報告書本文中に用いる解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 事実を認定した理由」に用いる解析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

断定できる場合

・・・「認められる」

断定できないが、ほぼ間違いない場合

・・・「推定される」

可能性が高い場合

・・・「考えられる」

可能性がある場合

・・・「可能性が考えられる」