

2003-4

航空事故調査報告書

個 人 所 属 J A 5 0 5 M

アカギヘリコプター株式会社所属 J A 9 3 1 4

平成15年7月25日

航空・鉄道事故調査委員会

本報告書の調査は、個人所属JA505M他 1 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

アカギヘリコプター株式会社所属

J A 9 3 1 4

航空事故調査報告書

所 属 アカギヘリコプター株式会社
型 式 富士ベル式 204B - 2 型 (回転翼航空機)
登録記号 JA9314
発生日時 平成15年1月1日 12時23分ごろ
発生場所 長野県小県郡真田町

平成15年7月2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	勝野良平
委員	加藤晋
委員	松浦純雄
委員	垣本由紀子
委員	山根皓三郎

1 航空事故調査の経過

1.1 航空事故の概要

アカギヘリコプター株式会社所属富士ベル式204B - 2型JA9314は、平成15年1月1日(水) 人員輸送のため、長野県小^{ちいさがたくん}県^{ねこだけ}郡真田町根子岳山頂場外離着陸場に着陸して乗客を降ろした直後の12時23分ごろ、同場外離着陸場で横転した。

事故発生時、同機には、機長のみが搭乗しており、重傷を負った。また、着陸後に機外へ出て乗客を誘導していた整備士も重傷を負った。

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15年1月1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。

人事異動に伴い、平成15年7月1日、既に指名していた航空事故調査官を主管調査官に指名変更した。

1.2.2 調査の実施時期

平成15年1月2日及び3日	現場調査及び口述聴取
平成15年1月6日～8日	機体搬出及び機体詳細調査
平成15年1月9日～4月23日	ビデオ画像及びビデオ録音解析
平成15年1月14日	機長口述聴取
平成15年1月27日	機体特性等の調査
平成15年4月17日	同型式機によるエンジン回転数調査

1.2.3 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。

2 認定した事実

2.1 飛行の経過

アカギヘリコプター株式会社所属富士ベル式204B-2型JA9314(以下「同機」という。)は、長野県小県郡真田町にある菅平スキー場のホテルやまびこ場外離着陸場(標高約1,320m。以下「やまびこ場外」という。)から、根子岳山頂にある根子岳山頂場外離着陸場(標高約2,150m。以下「山頂場外」という。)までスキー客を輸送していた。同機は、平成15年1月1日、09時ごろから人員輸送を開始し、12時19分ごろに、16回目の輸送として、機長、整備士及びスキー客8名の計10名が搭乗してやまびこ場外を離陸した。その後、山頂場外に着陸して乗客を降機させている途中、機体の上下振動(以下この振動を「異常振動」という。)が始まり、最後の乗客が降機した直後の12時23分ごろ、同機は右回転しながら横転した。

事故に至るまでの飛行経過は、機長、整備士及び目撃した乗客によれば、概略次のとおりであった。

(1) 機長の口述

今回の根子岳におけるスキー客の輸送業務は、12月28日から行っていた。事故当日は、09時に、菅平スキー場内の別の場所にある菅平場外離着陸場(以下「夜間駐機場」という。)からやまびこ場外へ機体を移動させた。最初に、

山頂での作業員2名（スキー板の積み降ろし担当）とパトロール3名の計5名を輸送し、スキーコースの状況を判断してもらってから山頂への乗客輸送を開始した。

朝から山頂場外付近は西風だったので、ずっと東北東の方向からアプローチしていたが、15回目の飛行時から背風になり、次からは西南西の方向から降りることにした。16回目の飛行では、若干テールが下がった状態で斜面に接地した。斜面のこう配は分かりづらく、当日、初めて接地する場所だったので、コレクティブ・ピッチ・レバー（以下「コレクティブ」という。）は、いきなり下ろさず、多少つり気味にしている、乗客が降りるのに合わせて下げていった。機首側が上がっている斜面なので、サイクリック・スティックは、中立より前にしていた。

一方、15回目まで接地していた場所では、平坦だったのでコレクティブはフルダウンにしていた。

結果的にはその平坦な場所に降りれば良かったが、機体の左側に取り付けてあるカーゴ・キャリアからスキー板を積み降ろしするスタッフが作業のために機体の左側へ回り込む際、後部はテール・ローターがあるので機体の前方を通るが、機体があまり前へ出ると目の前は崖で、スタッフがそこを通るのを避けたかったことと、多少の斜面での接地は今までに何回もやっており、特に危険とは感じなかったため、手前の傾斜地へ接地することにした。

乗客がほぼ降り終わるころ、原因はよく分からないが機体が突然揺れだして、ほんの2～3秒で制御できないほどの振動になった。

乗客が右側から降りていたので、右にひっくり返したらいけないと思い、思い切って操縦桿を左側に意図的に倒した。事故後の写真を見ると接地したときから180°ぐらい回転しているようだが、私は、接地した状態のまま横転したと思っていた。

今回のように、振動してどうしようもないという事例は、以前に同じ型式の機体で飛行中に経験したコレクティブ・バウンスに似ていた。そのときには1分間ぐらい上下しながら飛んでいて、最終的にはハイドロをオフにしたら直ったので、この事故のときも、ハイドロをオフにしようと手を伸ばしたが、揺れていたし、触ったとしてもいったん持ち上げて操作するスイッチなので、オフにしたかどうか分からない。

いったんコレクティブ・バウンスに入ると操作しようと思っても難しく、コレクティブに触ったら触ったでもっと大きくなるし、コレクティブを人間が持っている、それと同時にコレクティブも動いてしまう。以前にコレクティブ・バウンスに入った経験から、コレクティブのフリクションは多少きつめにし

ていた。

計器の警報は何もなく、エンジンやローターにも異常は感じなかった。

座席ベルトは締めていたが、ショルダー・ハーネスは装着していなかった。

(2) 整備士の口述

当日は、08時から夜間駐機場で飛行前点検を開始し、暖機運転後にやまびこ場外へ機体を空輸した。計器表示及び機体に異常はなかった。

朝1回目の山頂場外着陸時に、私が機体から降りて接地面の確認を行い、機長と確認しながら、着陸の目印を赤のスプレーで丸くマークした。

15回目に山頂場外へ降りたときに、機長が「次、逆に降りるよ」と言ったので、私がパトロールの人を呼んでそのことを伝えた。

16回目の山頂場外への接地後、右側後方客室ドアはパトロールの人が開け、乗客が降り始めた。その後、私は機体から降りて、左側前方ドアのそばにいてスキー板の積み降ろし作業を確認していたが、機体右側から降りている乗客を確認するため、ノーズの前に歩いてきたときに、地上共振の兆候に入ったのが、すぐ分かった。特に、私が長い間担当していたラマ（アエロスパシアル式S A 3 1 5 Bアルウェット 型）は、地上共振に入りやすい機体で、その前兆と同じだと思い、「急いで乗客を避難させないと、機長がピッチを引けないだろう」と思った。乗客を安全な場所に押し出し、機体を見たときには、立て直せるような振動ではないと直感的に感じた。その後、手と背中に物が当たって雪面に倒れ込んだ。多分ブレードが叩いた音だと思うが、「ダーン」とすごい音がした。

(3) 乗客の口述（乗客数名の口述を総合すると概略以下のとおりであった。）

飛行中に、異常な振動は感じなかった。

残り2人目の人が降り立つところで、機体がバウンドし始めた。揺れは急に大きくなり、最後に降りた人は、つかまらなければ歩けない状態で、機内で頭を打った。

機体はバウンドしながら右に回り始め、機首を下げてテール部を上げる形で左に傾きながらひっくり返っていった。途中で危険を感じ、伏せたりしたため、バウンドし始めてから横転するまでのすべては見えていなかった。

整備士が乗客をかばうように倒れ込んだ。倒れ込んだ場所は、横転した機体と、ローター・ブレードが落ちた中間ぐらいであった。その乗客が倒れた真横に部品が落ちていたが、乗客には当たらなかった。

横転後、エンジンはしばらく回っていて、黄色い液体が噴き出していた。

（付図1、2及び写真1、2、3参照）

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

機長が右脚、整備士が右手の甲を骨折する重傷を負った。

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	一部破損
メイン・ローター・ブレード	湾曲
トランスミッション	サポート部が破断し、脱落

2.4 航空機以外の物件の損壊に関する情報

な し

2.5 航空機乗組員等に関する情報

機 長 男性 59歳

事業用操縦士技能証明（回転翼航空機）

第1952号

昭和41年3月12日

限定事項 陸上単発タービン機

昭和48年2月21日

富士ベル式204B型

昭和55年3月14日

陸上多発タービン機

平成4年4月8日

第1種航空身体検査証明書

第13740113号

有効期限

平成15年5月29日

総飛行時間

9,005時間25分

最近30日間の飛行時間

15時間04分

同型式機による飛行時間

3,160時間04分

最近30日間の飛行時間

11時間59分

2.6 航空機に関する情報

2.6.1 航空機

型 式

富士ベル式204B-2型

製造番号

CH-53

製造年月日

昭和57年4月5日

耐空証明書

第東-13-749号

有効期限	平成15年3月6日
総飛行時間	4,312時間46分
定期点検(100時間点検、平成14年12月19日実施)後の飛行時間	9時間43分

(付図3参照)

2.6.2 エンジン

型 式	ライカミング式T53-13B型
製造番号	LE-07138X
製造年月日	昭和43年11月23日
総使用時間	8,797時間52分
定期点検(100時間点検、平成14年12月19日実施)後の飛行時間	9時間43分

2.6.3 重量及び重心位置

16回目の飛行時、同機の重量は7,331lb、重心位置は前後方向が129.1in、横方向が1.6inと推算され、いずれも許容範囲(最大重量8,500lb、飛行時の重量に対応する重心範囲、前後方向125.1~135.9in、左右方向+4.7~-4.7in)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

2.7.1 天気概況等

事故当日11時に東京管区長野地方気象台が発表した長野県地方の府県天気概況は、次のとおりであった。

小笠原近海に発達中の低気圧があって北東に進んでいます。関東地方は北東からの冷たい空気が流れ込んで、雲の多い天気となっています。

お昼の長野県内は、中部を中心に曇っている所がありますが概ね晴れています。

今日は、高気圧に覆われるため概ね晴れますが夜には冬型の気圧配置となるため雪となるでしょう。

2.7.2 事故現場の西南西約6kmに位置する東京管区長野地方気象台菅平地域気象観測所の観測値は、次のとおりであった。

10時00分	風向	西北西、	風速	2 m/s、	気温	- 5.3	、	降水量	0、
	日照時間	0.4 時間、		積雪の深さ	40 cm				
11時00分	風向	南南西、	風速	1 m/s、	気温	- 4.0	、	降水量	0、
	日照時間	1.0 時間、		積雪の深さ	39 cm				
12時00分	風向	西北西、	風速	2 m/s、	気温	- 4.8	、	降水量	0、
	日照時間	0.8 時間、		積雪の深さ	39 cm				
13時00分	風向	北西、	風速	1 m/s、	気温	- 2.4	、	降水量	0、
	日照時間	1.0 時間、		積雪の深さ	38 cm				

2.7.3 機長の口述によれば、山頂場外の事故当時の気象は、次のとおりであった。
 天気 快晴、風向 東北東、風速 7 ~ 8 kt

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

同機は、根子岳山頂（標高2,207m）北西側で、圧雪された幅約20m長さ約20mの傾斜のない平坦な山頂場外の中央部に横転していた。

同機は、機首を約240°に向け、仰向けになっており、機首先端から南西約4.5mの位置に、トランスミッションがマストとメイン・ローター・ブレードを付けたまま脱落していた。

同機の機首先端から北西約4.0mの位置の雪面上には、着陸時の目標となる赤色のペイント・スプレーで着色された直径約70cm程度の円形の印が描かれていた。円形の印の地点から西側に1~2m程度の位置から西南西側は、圧雪されたスキーコースの緩やかな下り斜面となっており、同機が事故時に着陸した付近の傾斜は、約5%の上りこう配で、同機の左右横方向は、ほぼ水平であった。ただし、この傾斜こう配は、事故の翌日の現場調査時に、事故後新たに積もった雪面で計測したものである。

胴体下部から南側の雪面には、メイン・ローター・ブレードによる打痕があり、雪が掘り下げられ、下から地面の一部が見えていた。また、反対の北側の雪面には、帯状に黄色のトランスミッション・オイルが飛散していた。

機長が口述した同機のハイドロスイッチは、オンの位置のままであった。

（付図2及び写真1、2、3参照）

2.8.2 損壊の細部状況

(1) 胴体及びテールブームは、外板各部にしわと亀裂が見られ、操縦席上部が破損していたものの、外見はほぼ原状を保っていた。

- (2) 2枚のメイン・ローター・ブレードは、マストからそれぞれ約3mの部分で大きく湾曲し、片方は折れ曲がり、ハニカム部は数ヶ所にわたって破断していた。
- (3) トランスミッションは、それを機体に取り付けるためのサポートケースの部分が破断し、脱落していた。
- (4) スワッシュ・プレートには、大きな変形は見られなかったが、それらに接続されるコントロール・チューブ・アセンブリは、すべて破断していた。
- (5) エンジン本体に、損傷は見られなかった。
- (6) 機長が着座していた右操縦席座面のクッションを乗せる金属板が、背もたれとの接合部分で破断し、分離していた。

2.9 人の生存、死亡又は負傷に関係のある捜索、救難及び避難等に関する情報
長野県消防防災航空隊からの情報によれば、根子岳における救助活動は次のとおりであった。

長野県消防防災航空隊は、上田広域消防本部からの救助要請を受け、防災ヘリが12時51分に松本空港を離陸した。防災ヘリが事故機を発見後、隊員がホイストにより降下して、13時24分に機長及び整備士を担架揚収し、ヘリポートのある病院へ搬送し、13時46分に機長及び整備士は収容された。

2.10 事実を認定するための試験及び研究

2.10.1 ビデオ映像の解析

現場調査時に、事故現場にいたスキー客が撮影したビデオテープの写しを入手することができた。同テープには、事故当日15回目の同機の到着から離陸までの飛行の状況、16回目の飛行における同機の到着時から、振動が始まり横転に至る直前までの状況及び事故直後の状況が断続的に記録されており、同ビデオ映像を用いて、以下の解析を実施した。

2.10.1.1 ビデオ映像による事故発生までの経過

画像2にビデオ映像の様子を示す。

なお、本解析で用いる時間は、16回目の到着後、接地してから横転する直前までを撮影したときに、ビデオカメラの録画ボタンが押下されたときを0.0秒とした経過時間で示す。

以下に、各時間における状況を示す。

- 0.0秒 接地直後（パトロール要員が左側のドアを確認するため、同機の方向へ既に移動を開始していた）

- 2.0秒 機体はすぐには安定せず、やや大きな機体ピッチ角の変動あり
- 5.2秒 右側後方客室ドア、パトロール要員により全開（機長からのドアを開けてよいとの合図は、特になし）
- 8.9秒 最初の乗客が降機（以降の乗客の降機は、11.2秒、14.6秒、17.3秒、20.9秒、22.1秒、27.0秒、30.0秒）
- 12.0秒 左側後方客室ドア、開き始め（13.8秒に全開、パトロール要員による機内確認、乗客の左ドアからの降機なし）
- 13.8秒 スキー板を積み降ろしするスタッフが機体側面で作業開始
- 16.9秒 左側後方客室ドア、閉じ始め（19.0秒に全閉）
- 17.0秒 乗客がステップに立った際、やや大きな機体ピッチ角の変動あり
- 17.4秒 整備士が降機
- 17.5秒 積み荷のスキー板等を乗せたラックを留めていたベルトを外す
- 20.5秒 乗客がステップに立った際、やや大きな機体ピッチ角の変動あり
- 25.5秒 スキー板を乗せたラックをスタッフが雪面へ降ろす
- 26.2秒 最後から2人目の乗客がステップに立つ
- 26.7秒 機体の異常振動が顕著になる
- 28.1秒 機体の異常振動に気付いた整備士が、立ち止まり、乗客の方へ向かって移動開始
- 28.3秒 機長のヘッドホン及び身体の上下動が顕著になる
- 30.0秒 最後の乗客が降機
- 30.1秒 それまで同一地点で上下していた機体の左スキッドが前へ出て、機体の右回転が始まる
- 30.6秒 右側スキッドが浮き上がり、機体の左側へのロールが始まる
- 31.0秒 整備士が乗客のもとへ駆け寄る
- 31.1秒 撮影終了

その他、機体姿勢に関するものとしては、ビデオ画像のメイン・ローターの回転面やスワッシュ・プレートの傾き具合から、サイクリック・スティックをやや前に倒して接地している様子が観察された。

また、機体が振動している間、機体の上下動に応じてクロス・チューブがたわみ、スキッドが跳ねる様子が観察された。

2.10.1.2 機体の異常振動発生状況の解析

(1) 解析方法

（下記の計測点を示すアルファベット記号については、画像1参照）

ビデオ映像は、デジタル・ビデオ・カメラで録画されており、1秒につき

30フレームの映像が記録されていた。

画像解析には、乗客が降機している途中の24.3秒(730フレーム目)から、横転前の右回転に至る30.9秒(928フレーム目)までを用いた。

各フレームの静止画像を切り出し、画面上の計測点として、雪面上の2ヶ所の特徴的な雪の固まり(G1、G2)、スキッドの後方及び前方の2点(S1、S2)、胴体に水平に塗装されていた線の後方及び前方の2点(K1、K2、以下この2点を結んだ線を「基準線」という。)機長が装着していたヘッドホン(H、以下このヘッドホンの位置を「頭部」という。)の位置を定め、各座標を計測した。その後、手ぶれ等による揺らぎを取り除き、各計測点の24.3秒の時点における値からの変化量を調べた。

また、機長の頭部の上下方向揺れ幅は、各時刻における頭部の位置から基準線へ降ろした垂線の長さを求め、24.3秒における値との差で示した。なお、本報告書においては、基準線に対する頭部の変動量を「揺れ幅」と記述する。

(2) 解析結果

画像解析の結果、本事故における異常振動は、26.2秒付近から始まっており、これは、最後から2人目の乗客が、ドアの下にあるステップに降り立ったときであった。

また、機体の振動数については、振動発生当初は約5Hzで、その後減少していき、横転直前は約4Hzであった。

なお、着陸時から異常振動が発生するまでの間には、接地後機体が安定するまでの2.0秒ごろと、別の乗客がステップに降り立ったことにより沈み込みが発生した17.0秒、20.5秒の計3回、機体の水平状態からの傾きを示すピッチ角に、比較的大きな変動が観測された。また、このピッチ変動について、機長が「平坦だったのでコレクティブはフルダウンにしていた」と口述した15回目の乗客降機時の画像と比較したが、15回目の乗客降機時には、事故時ほどのピッチ角変動は観測されなかった。

画像解析による各計測点の上下方向振幅を付図4-1に、頭部の揺れ幅(上下方向)を付図4-2に示す。

なお、頭部の動きの中で、異常振動が始まる前にやや大きな変化が見られるが、これは、機長が機内確認のために頭部を動かしたことによるものである。

2.10.1.3 ビデオ録音解析によるメイン・ローター回転数調査

(1) 解析方法

ビデオには、メイン・ローター・ブレードの回転音が録音されていた。メイン・ローター・ブレードがマイクの前を通過するとき最大となる音圧波形から、ピーク回数及び周期を計測し、メイン・ローター回転数を得た。

(2) 解析結果

異常振動の発生前後のメイン・ローター回転数は、約 3 2 2 rpm であり、1 0 0 % NR (メイン・ローター回転数) の 3 2 4 rpm (5 . 4 Hz) に対し、9 9 . 4 % であった。

なお、異常振動が発生する前後に、メイン・ローター・ブレードから生じる音以外の異常音は観測されなかった。

2.10.1.4 ビデオ録音解析によるエンジン回転数調査

(1) 解析方法

ビデオには 1 6 kHz までの高周波音が録音されており、そこにエンジンが回転する際に軸流圧縮機のブレードから生じる高周波音が録音されていた。これらの分析からエンジンのガスプロデューサ回転数(以下「N1」という。ただし、2 5 , 1 5 0 rpm を 1 0 0 % としたパーセント値で示す。)の変化を特定することができた。なお、パワータービン回転数を示すパワータービン・ブレードから生じる高周波音は、ブレードの枚数が多いため 1 6 kHz を超えることから、録音されていなかった。

(2) 解析結果

事故時のように、スキッドがほぼ接地している状態で、機体姿勢に大きな変動がない場合、N1 はコレクティブをゆっくり操作した場合の操作量に応じて増減することが、同型式機を使用したエンジン回転数の調査により確認されたことから、付図 5 - 1 はコレクティブのゆっくりした操作の推移を示すものと言い換えることができる。

すなわち、接地してから異常振動が発生するまでは、コレクティブをわずかに下げていき、異常振動発生後は、いったんはコレクティブを下げた後に引き上げ、その後再度下げている様子を示している。

調査結果を付図 5 - 1 に示す。

2.10.1.5 ビデオ画像に基づく重心位置の変動調査

(1) 解析方法

ビデオ画像から、ドアの開閉、乗客の移動及び降機、スキー板等の荷物の

積み降ろしの状況を調べ、各時刻における重量重心位置を計算で求めた。ただし、機内における人の移動は等速度運動と仮定した。

(2) 解析結果

異常振動が始まった時点の重量は6,012 lb、重心位置は前後方向が135.6 in、横方向が-1.1 inであった。

また、横転直前の重量は5,780 lb、重心位置は前後方向が137.9 in、横方向が0.2 inであった。

調査結果を付図5-2に示す。

2.1.1 その他必要な事項

2.11.1 アカギヘリコプター株式会社が運航関係業務の実施基準として定めた運航規程には、次のとおり記されている。(抜粋)

3 運航管理の実施方法

別添「離着陸地帯等の要件、及び安全対策等の要件」

1 離着陸地帯等の要件

1-1 一般

離着陸地帯	表面	十分に平坦であり、最大縦断こう配及び最大横断こう配は5%であること。
-------	----	------------------------------------

また、同社が定めた作業基準書の「第7章 降雪地における運航」には、次のとおり記されている。(抜粋)

7-1 目的

本作業基準書は降雪地における運航の実施に当って、その安全を確保するとともに、技術上の諸手順について標準化を図るものである。

7-5 運航準備

7-5-2 ヘリポート

(5) ヘリポートのマーキング

カラスプレー（赤）または、木の枝葉を機体前方に設けると判りやすい。

7-6 作業員の乗降

7-6-2 目的地

(4)の注

* 除雪または圧雪されていない地点に着陸する場合、ヘリコプターの重量によっては、かなり沈んだ状態で止まる。

このような場合は、コレクティブピッチを完全に下げるのではなく、

ある程度ピッチを当てておく必要がある。

7 - 7 - 4 進入及び着陸

- (5) 着陸する際は、接地面が平らとは限らないので、慎重にスキッドをつけなければならない。

2.11.2 コレクティブ・バウンス

「ヘリコプター操縦教本」(ヘリコプター操縦教本編集委員会編集、社団法人日本航空機操縦士協会発行、1999年8月20日発行)の、「第1章 総論、第5節 ヘリコプターの飛行、地上における重要事項」には、コレクティブ・バウンスについて、以下のとおり記述されている。(抜粋。注:「1/Rev振動」とは、「ローター1回転に1回の振動」のことである。)

コレクティブ・バウンスは、操縦士の操作により誘導される、コレクティブ・ピッチ・コントロール系のPIO (Pilot Induced Oscillation) で、機体が突然上下方向に振動する現象です。この振動の大きさは、通常の飛行で経験する1/Rev振動の振幅に比べて数百倍以上の、極めて激しい振動です。

コレクティブ・バウンスが発生するメカニズムの例を紹介します。降下中に、急なコレクティブ・ピッチ上げ操作をすると、機体は急に上昇し、操縦士は自分自身の慣性のため、コレクティブ・ピッチ・レバーを押し下げてしまいます。この結果、機体は急に降下するため操縦士の体は浮き上がりぎみとなり、再びコレクティブ・ピッチ・レバーを引き上げてしまいます。この繰り返しによる機体の上下動のことをコレクティブ・バウンスといい、振動は発散し、最悪の場合は操縦困難に陥ります。

コレクティブ・バウンスの最初のきっかけは、コレクティブ・ピッチ・レバーの操作に限定されるわけではありません。気流の変化、吊り荷の接地、サイクリック・スティック操作が引き金となってコレクティブ・バウンスが発生する場合があります。いずれにしても比較的大きなレートの繰り返し操舵や機体運動に誘発されて起こり易いと言えます。この状態から離脱するためには、コレクティブ・ピッチ・レバーを握る力を弛めるか離す、あるいは「上げ」か「下げ」かのどちらかに明確に使用することです。

コレクティブ・バウンスは、コレクティブ・ピッチ・レバーのフリクションが小さい時に起こりやすいため、飛行前点検時の確実なフリクションの確認や調整によってフリクションを増加させておくことで、発生を未然に防止することができます。また、コレクティブ・バウンス防止に限らずシートベルト、シヨルダーハーネスの着用は、操縦に支障のない範囲でしっかりと締めるべきです。

2.11.3 地上共振

「ヘリコプタ入門」(加藤寛一郎・今永勇生 著、東京大学出版会発行、1985年3月30日発行)の「8.6 地上及び空中における共振」には、地上共振について以下のとおり記述されている。(抜粋、要約)

完全関節型ロータのヘリコプタでは、ラグ(ブレードが回転面内で、シャフトの回転より進んだり、遅れたり(lag)する運動)の固有振動数は、ブレードの回転数よりも小さい。このような場合、地上共振(ground resonance)と呼ばれる危険な不安定現象の存在することが知られている。これは、もし起これば、多くの場合数秒のうちに、機体を破壊させるに至る。初期には、かなりの数のヘリコプタやオート・ジャイロが、このために破壊したという。

地上共振は、一般にソフト・イン・プレーン(ラグの一次固有振動数がロータ回転数より小さくなるように設計されたもの)のロータに独特の現象である。このため先駆的研究者であったコールマン(Coleman)の名をとりコールマン型の問題とも呼ばれる。

スティッフ・イン・プレーン(ラグの一次固有振動数がロータ回転数より大きくなるように設計されたもの)のロータには、コールマン型の不安定現象は通常発生しない。

2.11.4 メイン・ローター・ブレードのラグ運動の固有振動数

同機のメイン・ローター・ブレードの常用回転時(324 rpm)におけるラグ運動の固有振動数は、約550 cpm(サイクル毎分)であった。

2.11.5 コレクティブのフリクション調査

同機のコレクティブについて、最小フリクションの調整値を計測した。最小フリクションは、油圧をオンにした状態(オン時の許容範囲:3.6~4.5 kg)でテストスタンドを接続して計測する方法か、油圧をオフにした状態(オフ時の許容範囲:6.3~7.3 kg)でコレクティブの手元にあるフリクション・ナットによる摩擦調整を一杯に弛めてバネばかりにより計測する方法のいずれかにて実施することになっているが、同機は油圧ラインが破断していたため、油圧オフ時の方法で実施した。結果は6.5 kgで、許容範囲に入っていた。

なお、最小フリクションは、整備士が工具を用いて調整するものであり、機長が「多少きつめにしていた」と口述したフリクションは、上記フリクション・ナットにより調整したものを指している。

3 事実を認定した理由

3.1 解析

3.1.1 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。

3.1.2 同機は、有効な耐空証明を有し、所定の整備及び点検が行われていた。

3.1.3 事故当時の気象は、本事故の発生に関与しなかったものと考えられる。

3.1.4 残がい調査の結果、同機の損傷箇所は、いずれも機体横転時に生じたものと推定され、機長及び整備士の口述並びに異常振動の発生前後にビデオに異常音が観測されなかったことから、同機のエンジン及びメイン・ローターは異常振動が始まるまで、正常に作動していたものと推定される。

3.1.5 地形の影響

2.8.1に記述したように、事故発生時に同機が接地した場所は約5%の上りこう配であった。これは事故の翌日に計測した値ではあるものの、計測した斜面に積もった新雪は、周囲の状況から見てもほぼ均一で特に吹きだまりもなかったことから、計測誤差を考慮しても、2.11.1に記述した最大縦断こう配に近いものであったと考えられる。

機長の口述によれば、この上りこう配がコレクティブをつり気味に操作させることに関与したものと推定される。

また、2.10.1.1に記述したサイクリック・スティックの前方への操作は、斜面に沿って機首上げ姿勢となった機体に対応して、ローター回転面を重力の方向に対し直角に保つために行われたものと推定される。

なお、機長は「山頂で作業するスタッフの安全性も考慮したため、それまでの傾斜のない位置よりも手前の斜面に接地した」と口述している。山頂場外を圧雪整備する際には、傾斜のない部分を広くしておくか、傾斜がなく平坦に圧雪された部分や回転翼航空機が接地すべき位置を明瞭にしておく等、地形による影響を軽減できるように整備されていれば、安全性を向上させることは可能であったものと考えられる。

3.1.6 地上共振

調査の結果、同機のメイン・ローターは、シーソー形式の、セミ・リジッド型で、2.11.4に記述したとおり、ラグ運動の一次固有振動数がローター回転数より大きい、いわゆるスティフ・イン・プレーンのローターであった。

整備士は、異常振動について「地上共振の兆候」と口述したが、2.11.3に記述したとおり、このローター形式のヘリコプターでは、地上共振は通常発生しないとされており、本事故における異常振動は地上共振によるものではなかったものと推定される。

3.1.7 異常振動

ビデオ解析の結果判明した異常振動は、下記(1)(2)のとおりであり、2.11.2に記載したコレクティブ・バウンスに類似した事象であったと考えられる。

(1) 異常振動の振動数について

2.10.1.2に記述したように、異常振動発生当初の振動数は約5 Hzで、メイン・ローターの1 / Rev振動である5.4 Hzに近いものであった。

この振動数の振動は、メイン・ローターの回転に伴って、各ローター・ブレードから生じる揚力が異なることにより発生するもので、ローター・ブレードを動かすコレクティブ操作との関連性が高いものと考えられる。

なお、横転直前における機体の振動数が約4 Hzと減少したことについては、その理由を明らかにすることはできなかったが、2.10.1.1で記述したように、機体振動時にクロス・チューブがたわみ、スキッドが跳ねる様子が観察されていることから、地上にあっては1 / Rev振動に加え、クロス・チューブのバネ特性により生じた可能性が考えられる。

(2) 頭部の揺れ幅について

付図4 - 1に示す機体各部(K 1、K 2、S 1、S 2)の振動波形は、ほぼ同時刻に振動の山あるいは谷に達し、位相がそろっているが、機長の頭部の上下振動波形は、この機体上に固定した4点の観測点の動きに比べて位相に遅れが見られる。

これは、付図4 - 2に示す機長の頭部の揺れ幅の変動にも反映され、同様に機体上下動に対して時間遅れを持った周期的増減が見られ、この頭部揺れ幅の変動を、コレクティブの上下動を代表するものと考え、コレクティブの動きに従って変動するメイン・ローターの揚力によって加振された自励振動状態が存在した可能性が考えられる。

この異常振動は、操縦士を介して機体振動が加振系にフィードバックされて振動が継続していることから、2.11.2に示したコレクティブ・バウンスに

類似した事象であったものと考えられる。

(3) コレクティブ操作について

異常振動発生後は、2.10.1.4に記述したように、コレクティブをいったんは下げた後に引き上げ、その後、再度下げる動きがあったと考えられる。

コレクティブを1秒間に4～5回上下させるような激しい操作を行った場合、メイン・ローター・ブレードのピッチ角はそれに連動するため、揚力及び機体の振動は激しい操作に追従して変動すると考えられる。一方、エンジンのフューエル・コントロール・ユニットは、コレクティブの激しい操作を吸収し動きを平滑化して作動する機構となっていることから、N1は激しいコレクティブ操作そのものではなく、平滑化したものに追従して変動すると考えられる。

そこで、頭部の激しい揺れ幅を平滑化してみると、付図4-2に示すような大きなうねりが見られ、これがN1の変化を引き起こしたものと考えられる。なお、頭部のうねりに対し、N1の変動がすべての範囲で一致していないのは、コレクティブをつかんでいる手先が、肩や肘の緩衝により、頭部の動きと必ずしも一致しないこと、及び最後はハイドロ・スイッチをオフにしようとしてコレクティブから手を離れたことによるものと考えられる。

なお、異常振動発生前のわずかなコレクティブ下げ操作は、機長の口述のとおり、乗客の降機に伴う操作であったものと推定される。

3.1.8 異常振動に陥る関与要因について

(1) コレクティブ操作について

16回目の到着時は、乗客の降機及びスキー板等の荷物の積み降ろしが、3.1.5に示すような傾斜地で行われたため、機長はコレクティブをつり気味の状態としていたが、このことが異常振動の発生に関与したものと考えられる。仮に接地後、コレクティブをフルダウンにした後に乗客の降機等が開始されていれば、顕著な機体の動揺が発生する可能性は少なく、また、機長はそれ以上コレクティブを操作する必要がないので、異常振動の発生が避けられたことが考えられる。

本事故の場合、地上にいた要員が同機の接地直後から機体に近寄り、乗客の降機等の作業が開始されていたが、上記の理由により、機長がコレクティブをフルダウンにして機体が安定したことを確認し、そのことを地上要員に伝えた後に作業を開始する等の手段を講じておくべきであったものと考えられる。

(2) 乗客の移動による振動について

2.10.1.2に記述したように、異常振動が発生した26.2秒は、乗客がステップに降り立った時間とほぼ一致している。機長はコレクティブを使用し、つり気味に接地していたため、コレクティブを一杯に下げてしっかり接地している場合に比べ、乗客の降機等に起因する機体の上下動あるいはピッチ変動が大きく、その度にスキッドがより強く雪面に当たり、これに続くたわんだクロス・チューブの反動とあいまって、コレクティブを握っていた機長が上下に揺さぶられたものと考えられ、このことが、異常振動の発生やその振動特性に關与したものと考えられる。

なお、その前に降機した乗客がステップに立った21.6秒にも、大きなピッチ角の変動が起きるほどの揺れが観測されているが、異常振動に直ちに陥ったわけではない。付図5-2に示す重量重心位置の変化からも分かるように、それぞれの状況における環境は常に変動しており、異常振動は複数の要因が關連して発生するものと考えられる。

(3) フリクシヨンの調整について

2.11.5に記述したように、最小フリクシヨンは基準値内に調整され、機長によりフリクシヨン・ナットも多少きつめに調整されていたにもかかわらずコレクティブ・バウンスに類似した異常振動が発生したことから、フリクシヨンの調整のみでは発生を防止することが困難であるものと考えられる。

3.1.9 機体の右回転からの横転

異常振動の発生後、機体が右回転から横転したことについては、機長の口述にあるように、異常振動から回復できないと判断した機長が、機体付近で右側にいた乗客の安全確保のため、意図的にサイクリック・スティックを左側へ操作したことによるものと推定される。

また、機体の右回転が止められなかったことについては、機長の身体の激しい振動時においてはラダー制御も困難であったことが關与したものと考えられる。

なお、機長は機体とともに横転する際に負傷したものと推定されるが、機外にいた整備士が負傷したことについては、機体が横転する際、地面を叩いたメイン・ローター・ブレードがトランスミッションとともに機体から脱落し、その一部が機外で乗客を誘導していた整備士に当たったことによるものと推定される。

4 原因

本事故は、同機が乗客の降機中にコレクティブ・バウンスに類似した異常振動に陥り、回復困難となったため、機長が乗客の安全を考えて機体を横転させた際、機体を大破するとともに、機長及び整備士が重傷を負ったことによるものと推定される。

なお、同機が異常振動に陥ったことについては、傾斜地へ接地したことにより、コレクティブ・ピッチ・レバーをつり気味に操作したこと並びにその状態で乗客の移動及び荷物の積み降ろしが行われ、乗客の移動等に伴う振動や重量重心位置の変動が発生したことが関与したものと考えられる。

5 所見

本事故は、回転翼航空機による山岳地におけるスキー客の輸送において、山頂付近で搭乗者を降機させた際に、傾斜地に接地したことにより、コレクティブ・ピッチ・レバーをつり気味に操作したことなどが関与し、コレクティブ・バウンスに類似した異常振動に陥り、回復困難となって発生したものと考えられる。

回転翼航空機により山岳地においてスキー客の輸送に従事する航空運送事業者は、同種事故の再発防止のため、次の点に留意し、輸送の安全確保を図る必要がある。

- (1) 回転翼航空機を傾斜のない平坦な圧雪された場所に接地させること、また、運航に先立ち、そのような場所を用意し、定められた位置に接地が行われるように必要な表示を行っておくこと
- (2) 操縦者は、接地後コレクティブ・ピッチ・レバーをフルダウンにして、機体が安定したことを確認し、それを乗客を誘導する者に伝えること、また、乗客を誘導する者は、操縦者からの当該連絡を受けた後に、ドアの開閉や乗客の乗降等を開始すること
- (3) コレクティブ・ピッチ・レバーをつり気味に操作していると、コレクティブ・バウンスに類似した異常振動の発生のおそれがあること並びに上記(1)及び(2)に示すような方策について、操縦者及びその他の関係者に対し周知徹底を図ること

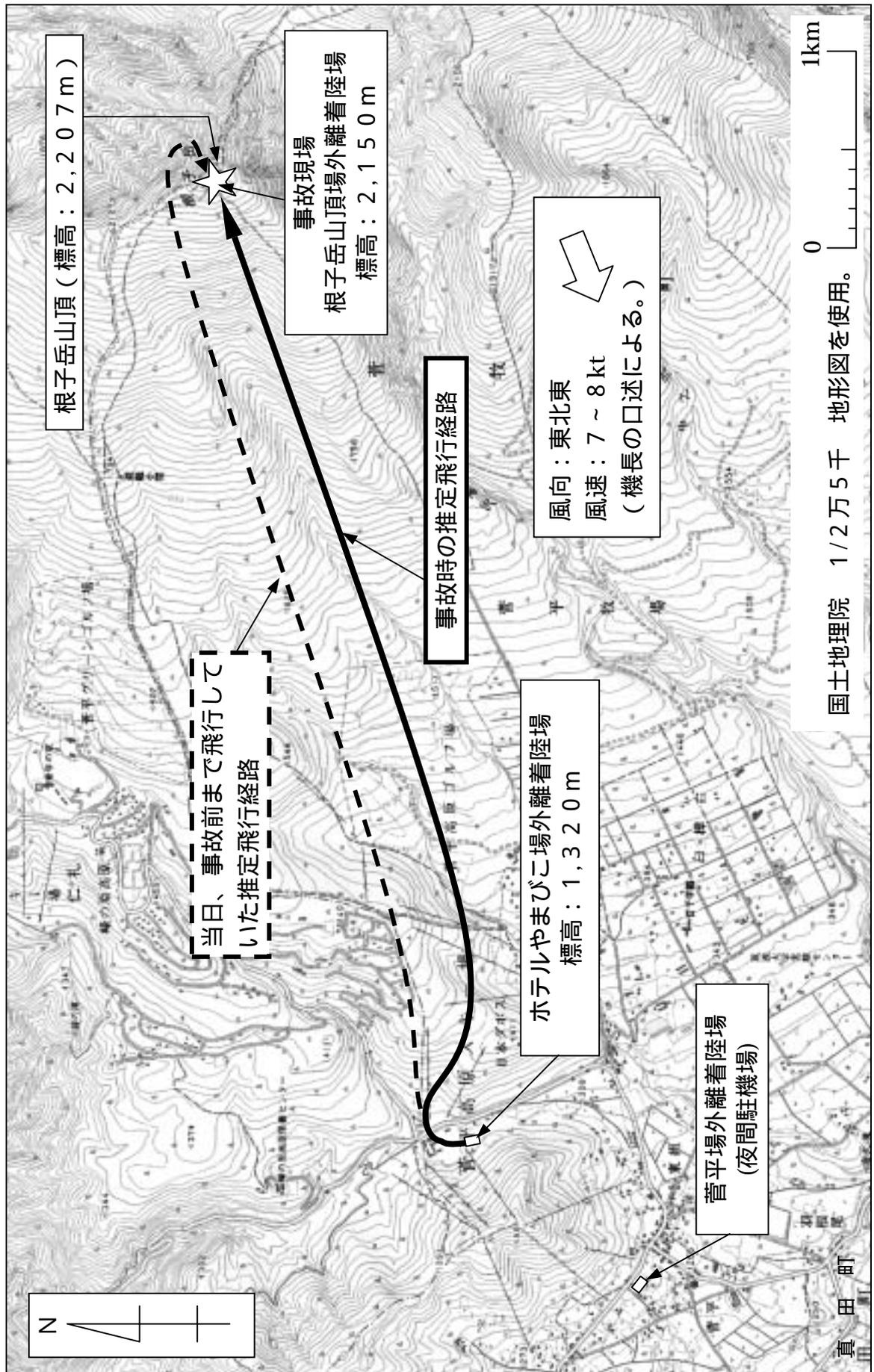
6 参考事項

6.1 アカギヘリコプター株式会社が実施した改善措置

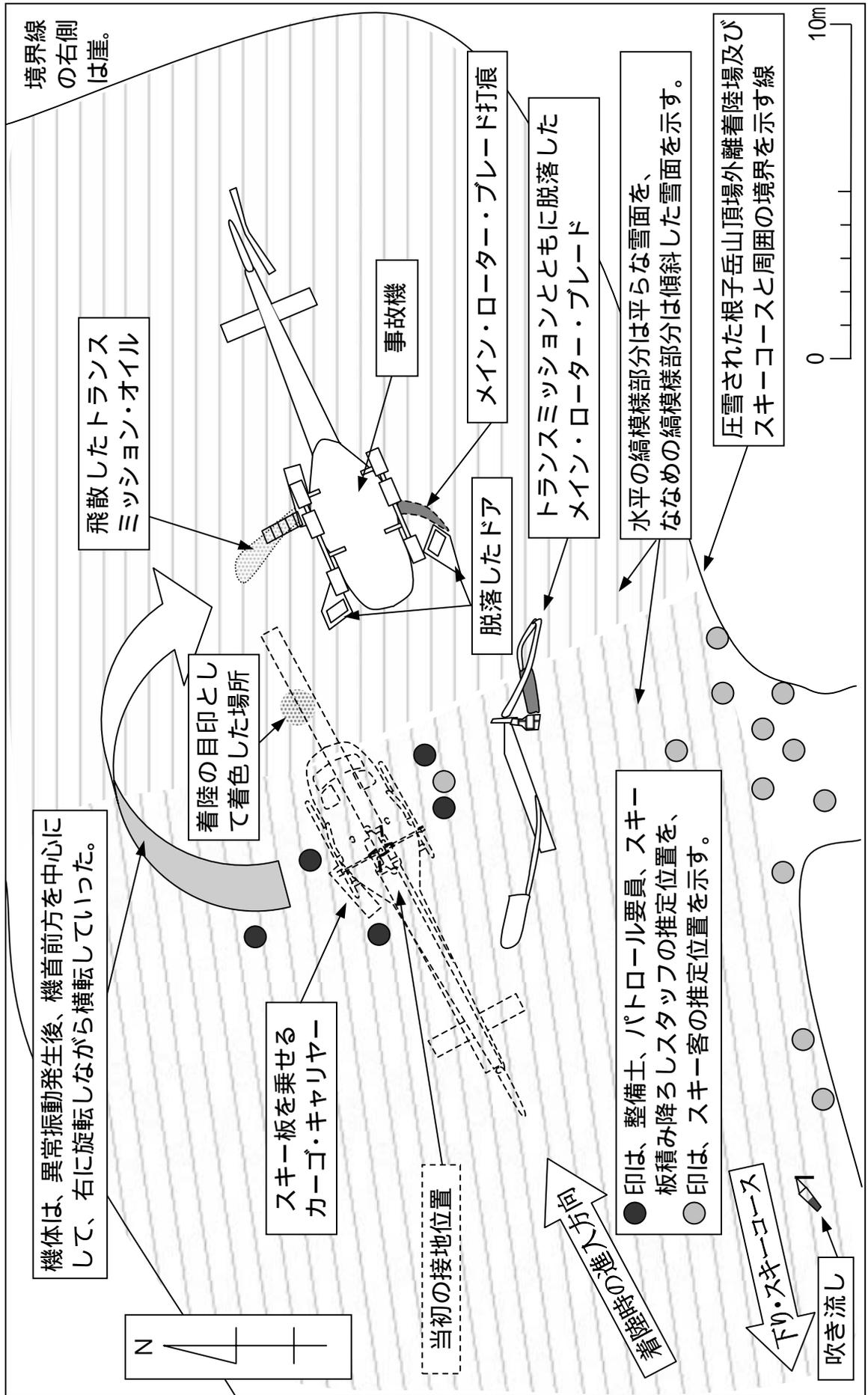
アカギヘリコプター株式会社は平成15年1月16日に、事故再発防止対策の一環として、同社で作成している作業基準書の「第7章 降雪地における運航」を改訂した。

改訂は、スキー場における作業について、乗客の誘導や補助者及び地上誘導員の役割分担等をより具体的に記述するとともに、ヘリポートにおけるマーキングについては、機体前方に加え、風向の変化によっても接地点がずれないように接地点にもマーキングすることや、着陸については接地後コレクティブピッチを下げても、スティックを動かしても機体に振動や異常な動きがないことを確認してから補助者や地上誘導員に“接地良好”の合図を送るようにする等、安全性の向上を考慮したものとなっていた。

付図1 推定飛行経路図

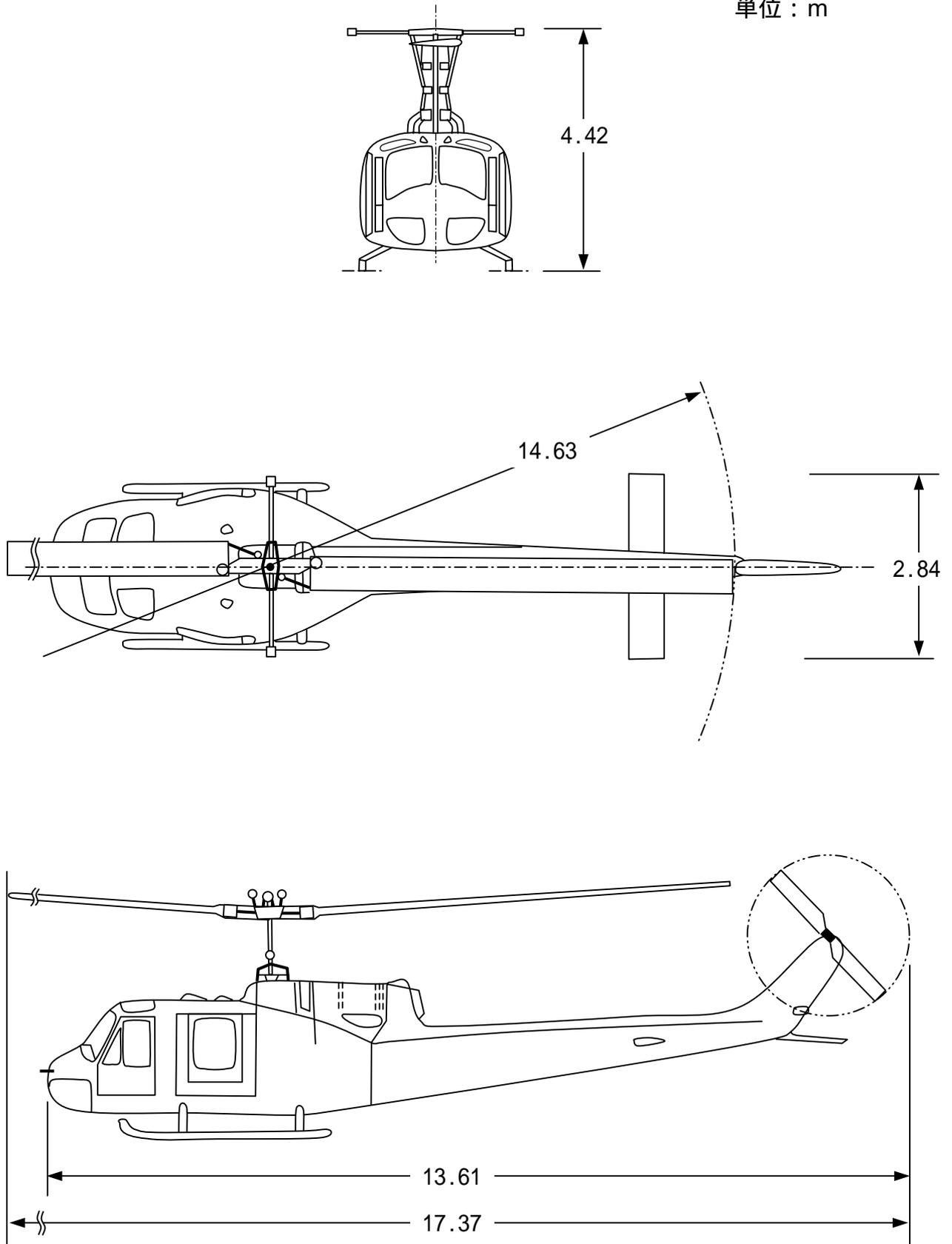


付図2 事故現場見取図

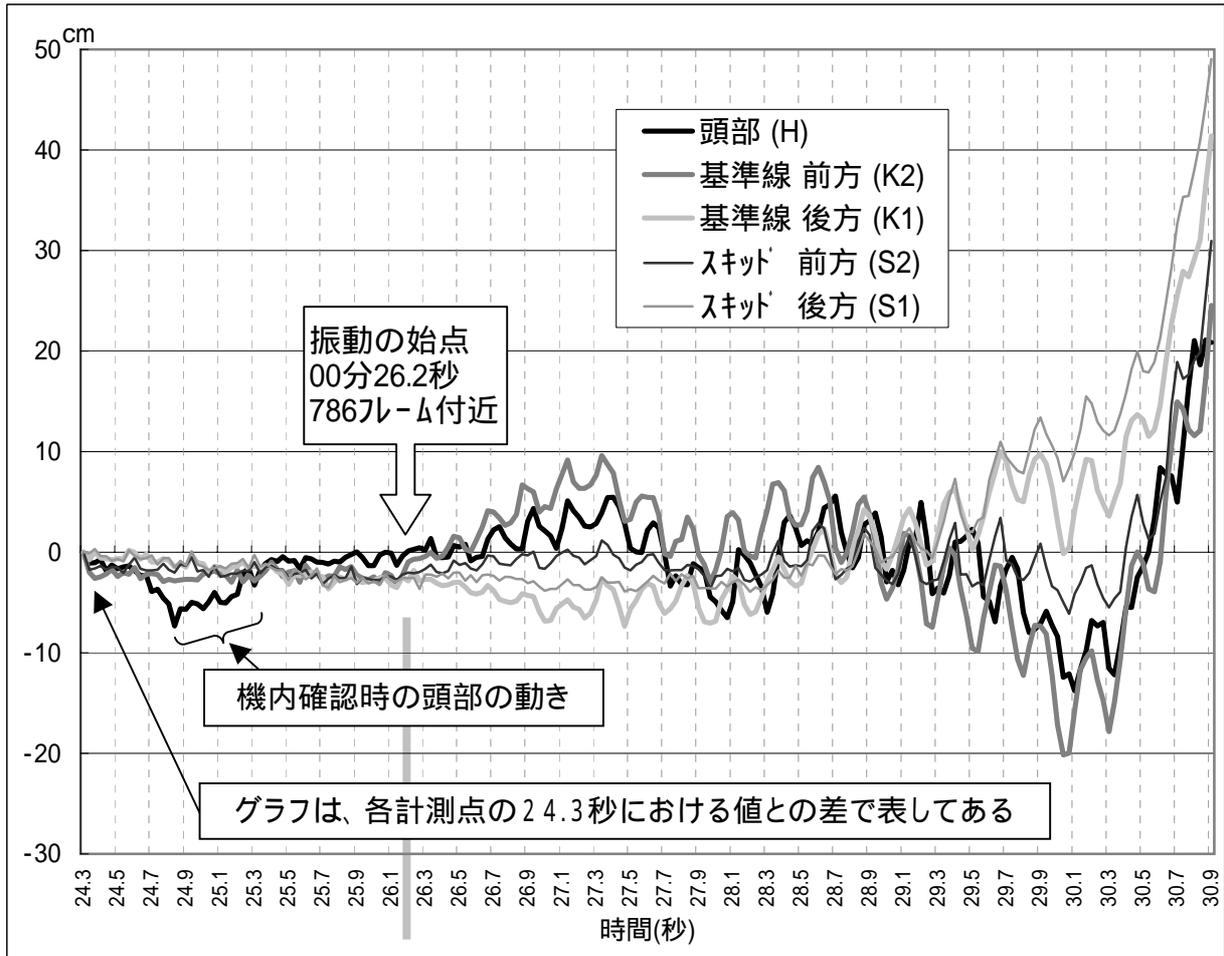


付図3 富士ベル式204B-2型 三面図

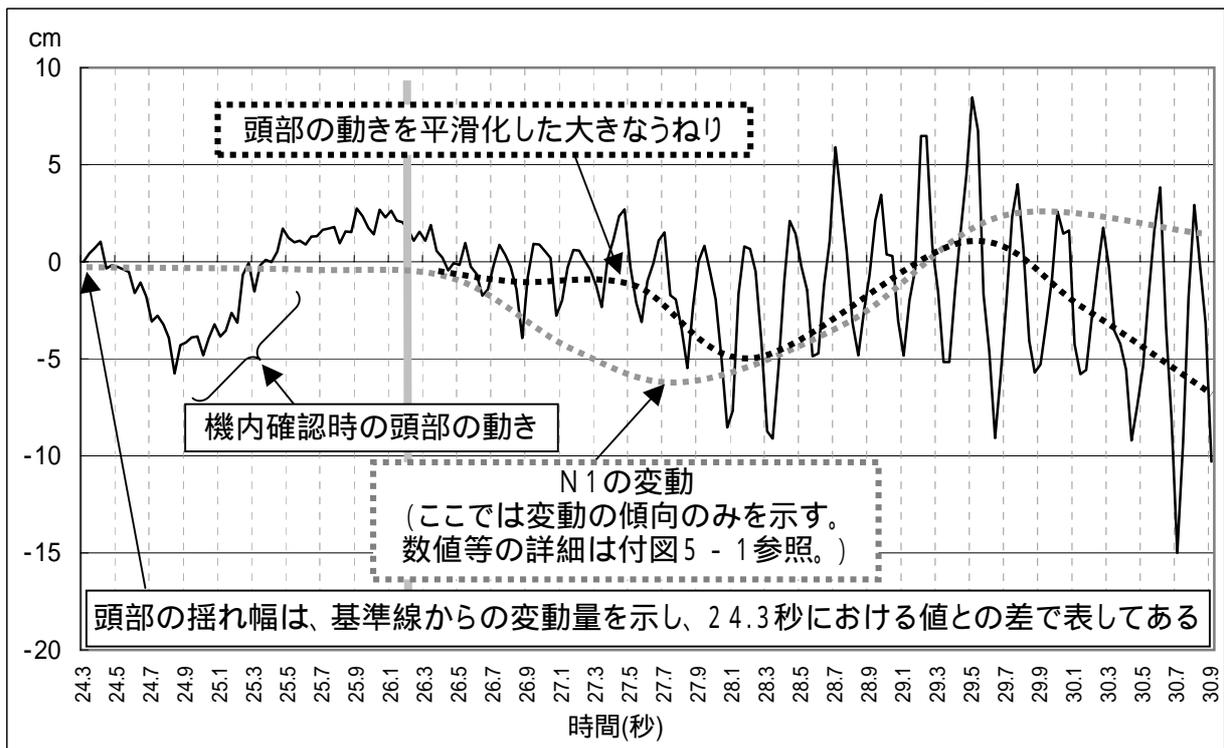
単位：m



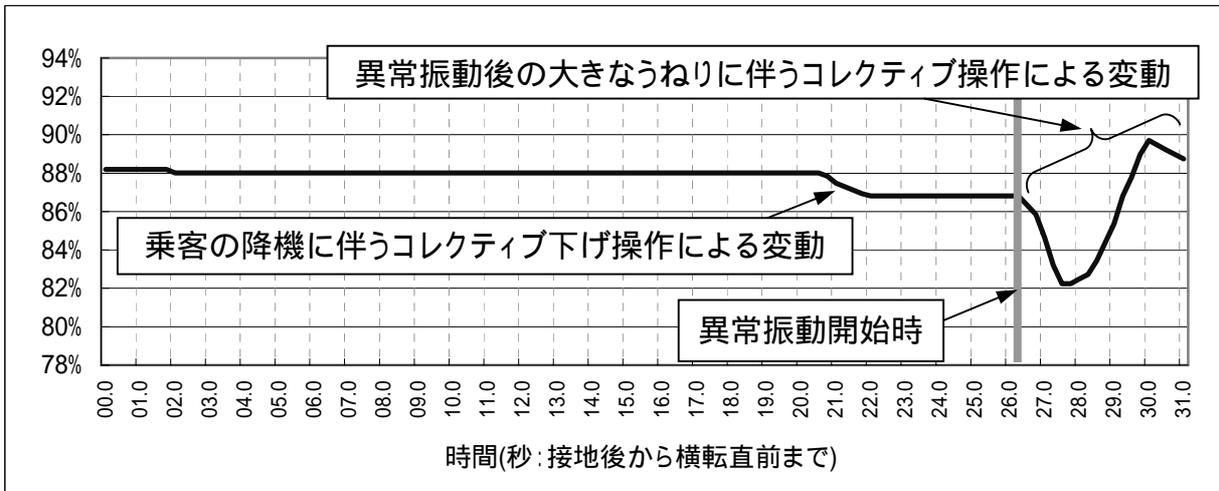
付図 4 - 1 画像解析による各計測点の上下方向振幅



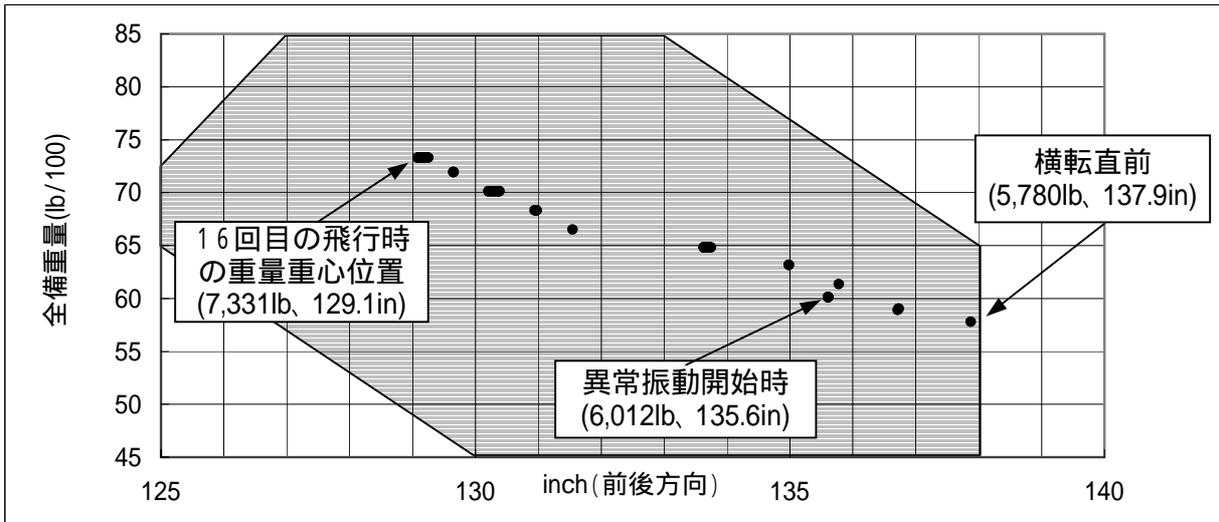
付図 4 - 2 頭部の揺れ幅 (上下方向)



付図5 - 1 N1の変化



付図5 - 2 重量重心位置の変化



重心位置の推移
(前後方向と左右方向による表示)

グラフ中の 字は、右図における乗客や積荷が、機体から降りる直前の状態を示す。

整：整備士、ス：スキー、ラ：ラック

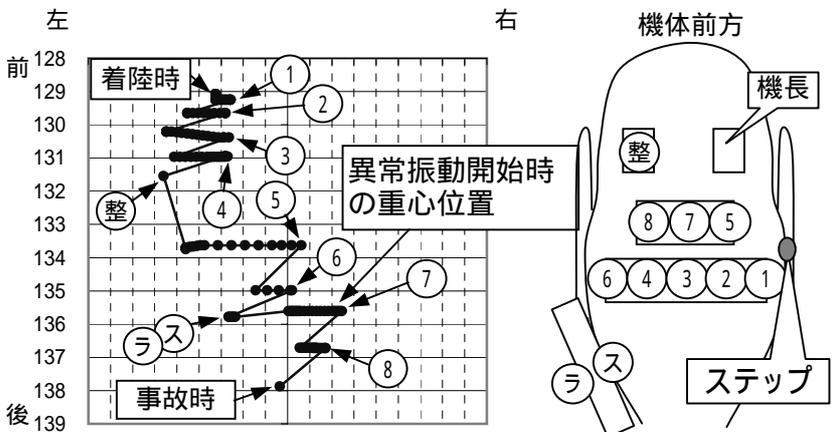


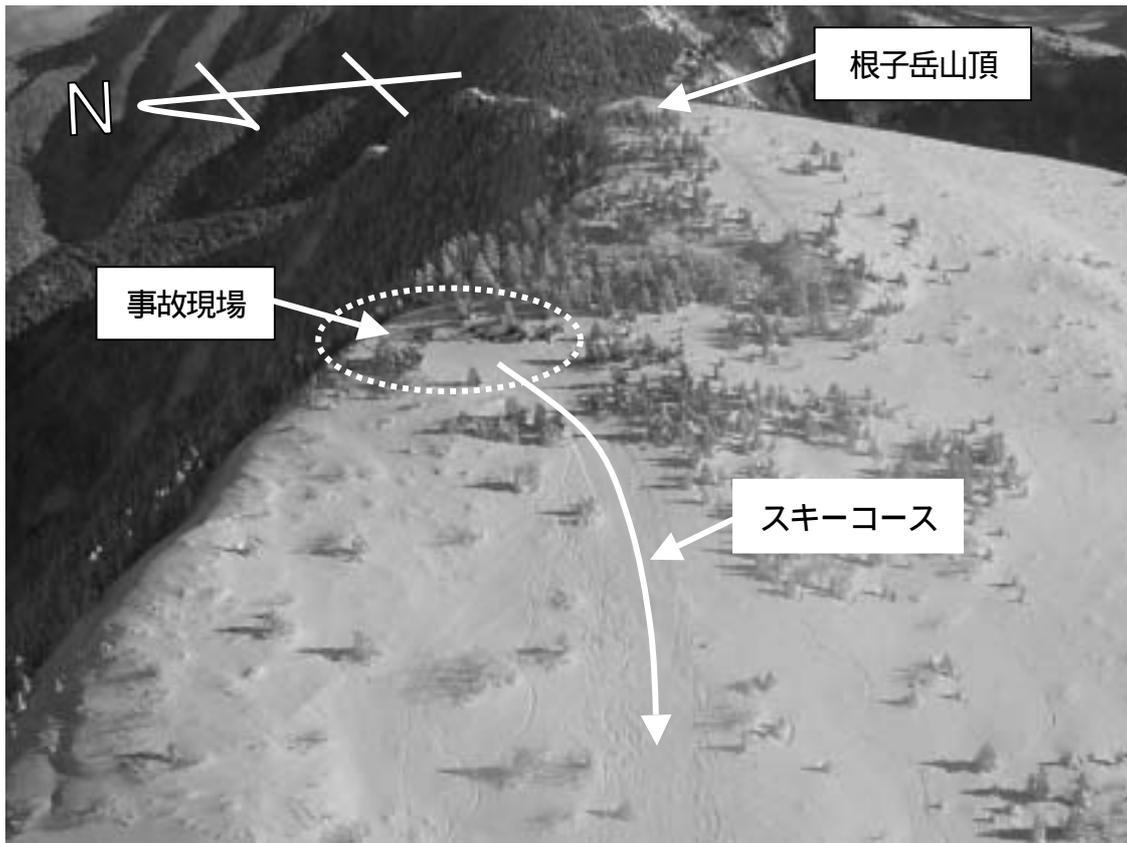
写真1 事故機



写真2 脱落したメイン・ローター・ブレード



写真3 事故現場周辺



画像1 ビデオ画像の解析



画像 2 ビデオ画像による飛行の経過



～ : 15回目の到着の様子。スキーコースを回り込んでアプローチ。



: 15回目の接地の様子。



: 乗客の降機も荷物の積み降ろしも左から。



: 離陸



～ : 16回目の到着の様子。スキーコースに沿って下からアプローチ。



0.0 秒

0.0 秒：着陸直後の画像で、



8.9 秒 乗客降機開始

ビデオ映像の解析は、ここからのものを中心に行った。



17.0 秒 機体沈み込み 1



20.5 秒 機体沈み込み 2



26.2 秒 機体の振動開始



27 秒

26.2 秒、27 秒のピトー管の先を見ると、上下振動の様子が分かる。



29 秒



30 秒

整備士



31 秒

29～31 秒：異常に気付いた整備士が乗客に駆け寄る。機体振動ますます増大。