

AA2017-8

航空事故調査報告書

I 朝日航洋株式会社所属

川崎式BK117C-2型（回転翼航空機） JA6917

ハードランディングによる機体損傷

平成29年11月30日

本報告書の調査は、本件航空事故に関し、運輸安全委員会設置法及び国際民間航空条約第13附属書に従い、運輸安全委員会により、航空事故及び事故に伴い発生した被害の原因を究明し、事故の防止及び被害の軽減に寄与することを目的として行われたものであり、事故の責任を問うために行われたものではない。

運輸安全委員会
委員長 中橋和博

《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

本報告書の本文中「3 分 析」に用いる分析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

- ① 断定できる場合
・・・「認められる」
- ② 断定できないが、ほぼ間違いない場合
・・・「推定される」
- ③ 可能性が高い場合
・・・「考えられる」
- ④ 可能性がある場合
・・・「可能性が考えられる」
・・・「可能性があると考えられる」

I 朝日航洋株式会社所属
川崎式BK117C-2型（回転翼航空機）
JA6917
ハードランディングによる機体損傷

航空事故調査報告書

所 属 朝日航洋株式会社
型 式 川崎式BK117C-2型（回転翼航空機）
登録記号 JA6917
事故種類 ハードランディングによる機体損傷
発生日時 平成28年8月8日 14時04分ごろ
発生場所 神奈川県秦野市内場外離着陸場

平成29年11月10日
運輸安全委員会（航空部会）議決
委員長 中橋和博（部会長）
委員 宮下徹
委員 石川敏行
委員 丸井祐一
委員 田中敬司
委員 中西美和

1 調査の経過

1.1 事故の概要	朝日航洋株式会社所属川崎式BK117C-2型JA6917は、平成28年8月8日（月）、救急医療用ヘリコプターとして傷病者の搬送を行うため、神奈川県秦野市内の場外離着陸場に着陸する際、ハードランディングとなり、機体を損傷した。
1.2 調査の概要	運輸安全委員会は、平成28年8月8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。 また、平成28年8月12日、1名の航空事故調査官を追加指名した。 本調査には、事故機のエンジンの設計・製造国であるフランス共和国の代表が参加した。 原因関係者からの意見聴取及び関係国への意見照会を行った。

2 事実情報

2.1 飛行の経過	機長、整備士、運航管理者及び目撃者の口述並びに搭載されていたGPS受信機（以下「GPS」という。）及び操縦室用音声記録装置（CVR）の記録によれば、飛行の経過は概略次のとおりであった。 朝日航洋株式会社所属川崎式BK117C-2型JA6917は、平成28年8月8日13時56分ごろ、救急医療用ヘリコプターとして、機長、整備士及び医療スタッフ3名の計5名が搭乗し、神奈川県伊勢原市内の場外離着陸場から離陸した。飛行中、同機に異常はなかった。同機は、目的地である神奈川県秦野市内の場外離着陸場（以下「同場外」という。）への着陸に際し、南側から進入するつもりであったが、同場外で待機中の消防署員から着陸のための安全が確保できた旨の通報を受けた時には、既に南側からの進入ポイントを通過していたため、右旋回を継続して西側から高さ約27mの鉄塔の上空を通過し、進入を開始した。 機長は、同場外からそれほど離れていない離陸地が東風であったことから、同場外も東風であると予想して進入したが、風の影響は感じなかった。
-----------	---

目撃者によると、この時地上では弱い北風が吹いていた。

機長は、鉄塔上空を通過して進入すること及び同機は重量的に余裕があり、離陸の際、エンジン計器によってエンジン出力にも余裕があることを確認していたことから、高度処理をするために初めは大きめの進入角及び降下率で進入し、地表面が近づいたら、コレクティブ・ピッチ・レバー（以下「CP」という。）を引き上げる操作により揚力を増せば、十分ホバリングに移行できると考えていた。進入中は、着陸目標地点を見ながら操縦をしており、昇降計は見ていなかった。

高度約5mで高めにホバリングに移行し、垂直に降下するつもりでCPを引き上げる操作をしたが、同機はホバリングに移行できず、降下を続けるとともに緩やかな右回転を始めた。この時、オーバートルク^{*1}したことを知らせる警報音が鳴ったことから、機長は、更にCPを引き上げる操作を行うと右回転が強まり、CPを下げると降下率が大きくなると考え、CPは最後に使用した位置を保持した。左ラダーを使用した¹が右回転は止まらず、同機は強い衝撃とともに接地し、テール・ブームが折れて前のめりになった後、バウンドし、機首を南西に向けて停止した。

本事故の発生場所は神奈川県秦野市平沢（北緯35度22分44秒、東経139度11分47秒）で、発生日時は平成28年8月8日14時04分ごろであった。

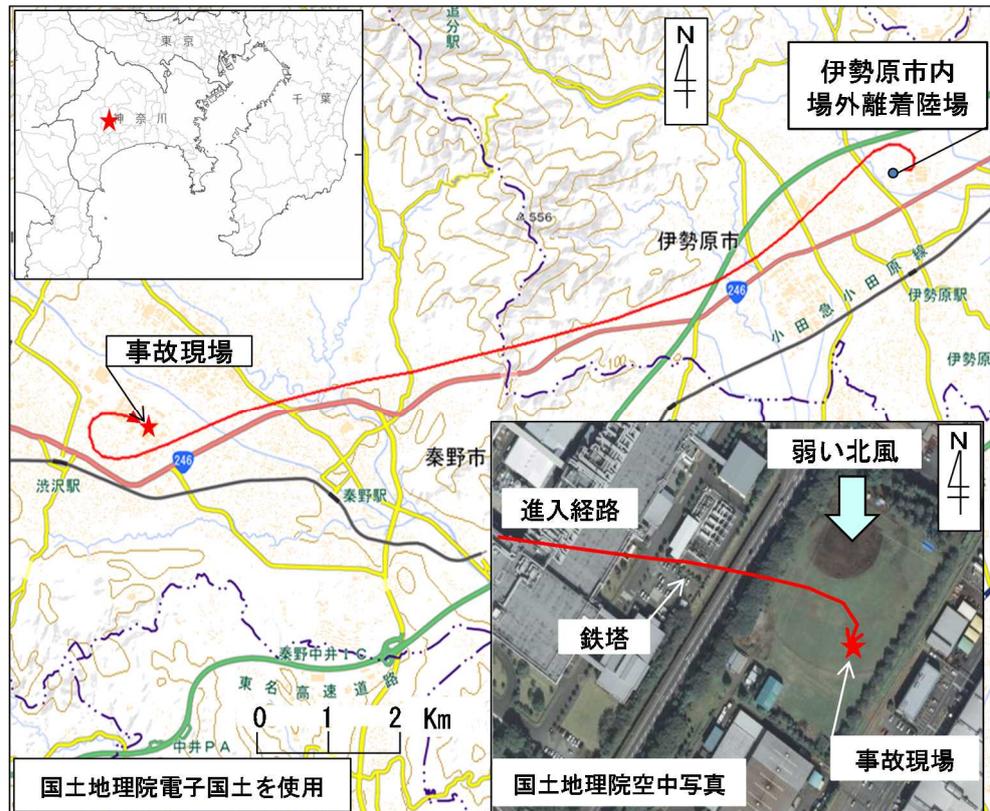


図1 推定飛行経路図

2.2 死傷者

なし

*1 「オーバートルク」とは、エンジンがローター等を駆動するときに発生させる回転モーメント（エンジントルク）が、運用限界を超えることをいう。

<p>2.3 損壊</p>	<p>航空機の損壊の程度：大破</p> <p>(1) テール・ブーム : 付け根部分から破断 (2) テールフィン : 折損 (3) メイン・ローター: 損傷 (4) テール・ローター: 折損 (5) スキッド : 座屈</p>  <p style="text-align: center;">写真1 事故機</p>
<p>2.4 乗組員等</p>	<p>機長 男性 51歳</p> <p>事業用操縦士技能証明書(回転翼航空機) 平成4年2月7日 特定操縦技能 操縦等可能期間満了日 平成30年3月17日 限定事項 川崎式BK117型 平成22年3月12日 第1種航空身体検査証明書 有効期限:平成29年2月5日 総飛行時間 7,111時間56分 同型式機による飛行時間 264時間8分 同場外への着陸経験 平成24年以降7回(直近は平成28年4月)</p>
<p>2.5 航空機等</p>	<p>(1) 航空機型式:川崎式BK117C-2型、製造番号:4006、 製造年月日:平成15年2月19日 耐空証明書 第大-2015-490号 有効期限 平成28年12月4日 耐空類別 回転翼航空機 輸送 T A級、輸送 T B級 又は特殊航空機 X 総飛行時間 2,797時間55分</p> <p>(2) 事故当時、同機の重量は3,110kg、重心位置は4,418mm、右11mmと推定され、いずれも許容範囲内にあったものと推定される。</p>
<p>2.6 気象</p>	<p>事故現場付近にいた目撃者によれば、事故現場では弱い北風が吹いていた。 また、事故現場の東約1.3kmに位置する秦野市秦野消防署の事故関連時間帯の観測値は、次のとおりであった。</p> <p>13:00 風向 北、風速 平均7.2m/s(最大瞬間17.1m/s)、気温 32.1℃ 14:00 風向 北、風速 平均4.9m/s(最大瞬間14.8m/s)、気温 32.1℃</p>
<p>2.7 その他必要な事項</p>	<p>(1) 気温とエンジン出力の関係 同機の飛行規程によれば、高度を同場外の標高約514ft、外気温度を32℃、出力を離陸出力として計算すると、全備重量3,585kg以下の地面効果外ホバリングが可能である。</p>

(2) 接地時の状況

事故当時、現地に待機していた秦野消防署の消防車のドライブ・レコーダーの記録（以下「ビデオ記録」という。）に同機の接地時の状況が残されていた。（写真2 参照）



写真2 ハードランディング時の状況

(3) 同機の損傷状況

① エンジン

エンジン製造者による分解調査の結果、異物の吸入等があったが、飛行中に発生したと考えられる異常は認められなかった。

② 操縦系統

操縦系統のうち、メイン・ローター系統については、目視確認では異常はなく、リンケージも拘束なく作動した。テール・ローター・コントロール系統については、フレックス・ボール（操縦の入力を伝達するリンケージ）が破断していた。

③ 油圧系統

油圧系統については、No. 1系統はAVR（防振）系統の配管が分離し、No. 2系統はテール・ローター系統の配管が切損していた。

(4) 進入角及び降下率

同機が搭載していたGPSのデータ及びビデオ記録に基づく同機の進入開始から着陸までの航跡を①から④のフェイズに分け、各フェイズでの平均速度、平均降下率、対地高度及び進入角を示したのが表1で、高度変化をグラフ化したのが図2である。なお、①から③まではGPSデータに、④は「ビデオ記録」に、それぞれ基づくものである。

表1 各フェイズにおける平均対地速度、平均降下率、対地高度及び進入角

フェイズ	平均対地速度 (kt)	平均降下率 (ft/min)	対地高度 (ft)	進入角 (°)
①	32	1,080	360 → 180	18
②	19	1,200	180 → 100	32
③	7	1,500	100 → 10	63
④	7	1,200	10 → 0	61

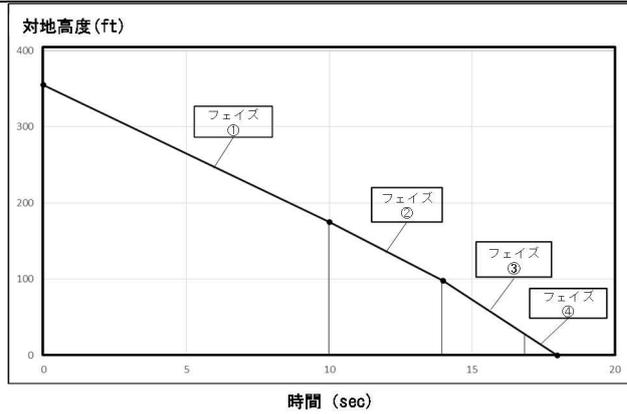


図2 進入開始以降の高度変化

(5) ボルテックス・リング・ステート

回転翼航空機が低速状態で降下率を増加させていくと、メイン・ローターの吹き下ろし流の速度と機体の降下率が等しくなった時点で、メイン・ローターの吹き下ろし流は、メイン・ローターの円周に沿って下から上に回り込むようにしてドーナツ状の渦が発生するボルテックス・リング・ステート（以下「VRS」という。）という状態になる。

このような状態でCPを引き上げる操作をしても、エンジン出力の大半は揚力を発生させるためではなく、ローター先端部に発生しているドーナツ状の渦を加速するためにのみ消費されてしまい、揚力は増加せず、逆に自らの吹き下ろし流の中を降下することになり、降下率が増すこととなる。（図3 参照）

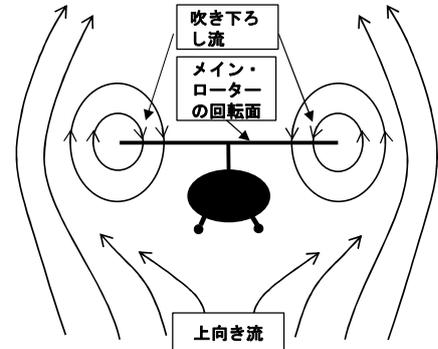


図3 VRS 模式図

VRSの発生条件は、吹き下ろし流の速度である誘導速度 (V_h) に対する機体の降下率である垂直降下速度 (V_z) の比 (V_z/V_h) 及び誘導速度 (V_h) に対する前進対気速度 (V_x) の比 (V_x/V_h) に関係する。

誘導速度 (V_h) は、ホバリング時には、 $V_h = \sqrt{T / 2 \rho \pi R^2}$ で求められる。 ρ は空気密度、 R はメイン・ローターの半径、 T は推力を表しており、推力 T については、全備重量で近似できる。

図4は、米国航空宇宙局 (NASA) のSTI

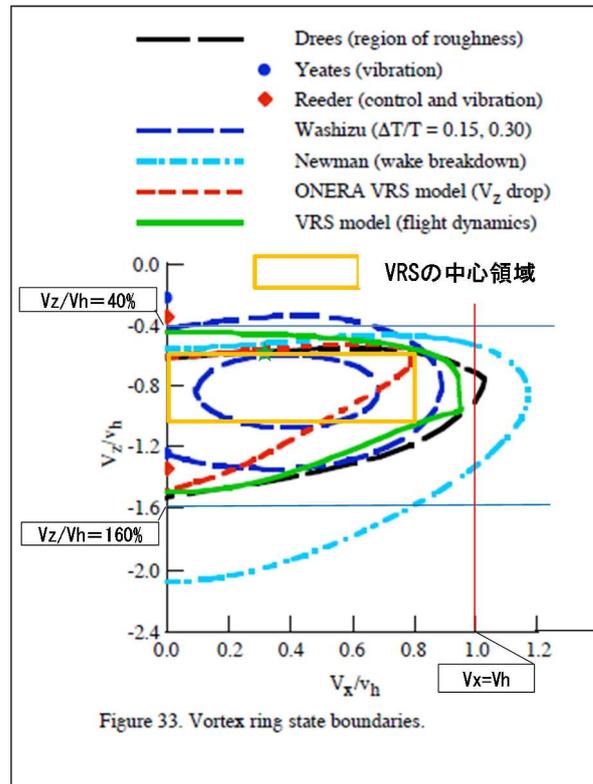


Figure 33. Vortex ring state boundaries.

図4 VRS境界図

(Scientific Technical Information) Reportの中にあるVRSの境界図であり、VRSが発生する条件を線図で表したものである。この図に示された各モデルにほぼ共通する数値を見ると、 V_x/V_h が1.0以下で、垂直降下速度(V_z)が誘導速度(V_h)の40%となる付近($V_z/V_h = -0.4$)からVRSの境界に入り、60~100%付近($V_z/V_h = 0.6 \sim 1.0$)が完全なVRSとなって、160%($V_z/V_h = 1.6$)以上になると境界外に出ることを示している。

(6) BK117C-2の降下率

BK117C-2の飛行規程には、降下率について、

ホバリング時又は低速時(20ktまで)における降下は降下率600 ft/min以内で実施すること。

と記述されている。

(7) 同場外の離着陸地帯等の要件

同社の運航規程付属書運航業務実施規則ヘリコプター編(以下「運航業務実施規則」という。)には、次のように定められている。(抜粋)

第2章 運航管理の実施方法

2-4 運航管理の基準

2-4-1 飛行計画の作成及び出発可否の決定

(3) 使用飛行場等の特性

飛行計画は、使用飛行場等(飛行場以外の場所で離着陸する場合を含む。以下同じ)の標高、物理的諸元、障害物の状況等を考慮し以下の基準による。

ア. 一般基準(建築物以外の構造物上を含む)

c. (略) 進入表面のこう配は、離陸方向に対して8分の1以下、着陸方向に対しては4分の1以下とし、同表面の上に出る高さの物件がないこと。

ケ. 救急運航を行う場合の安全措置

a. 離着陸地の要件等は、原則として本章(3)ア~クの基準に適合していなければならない。そのための確認は地上において行わなければならない。

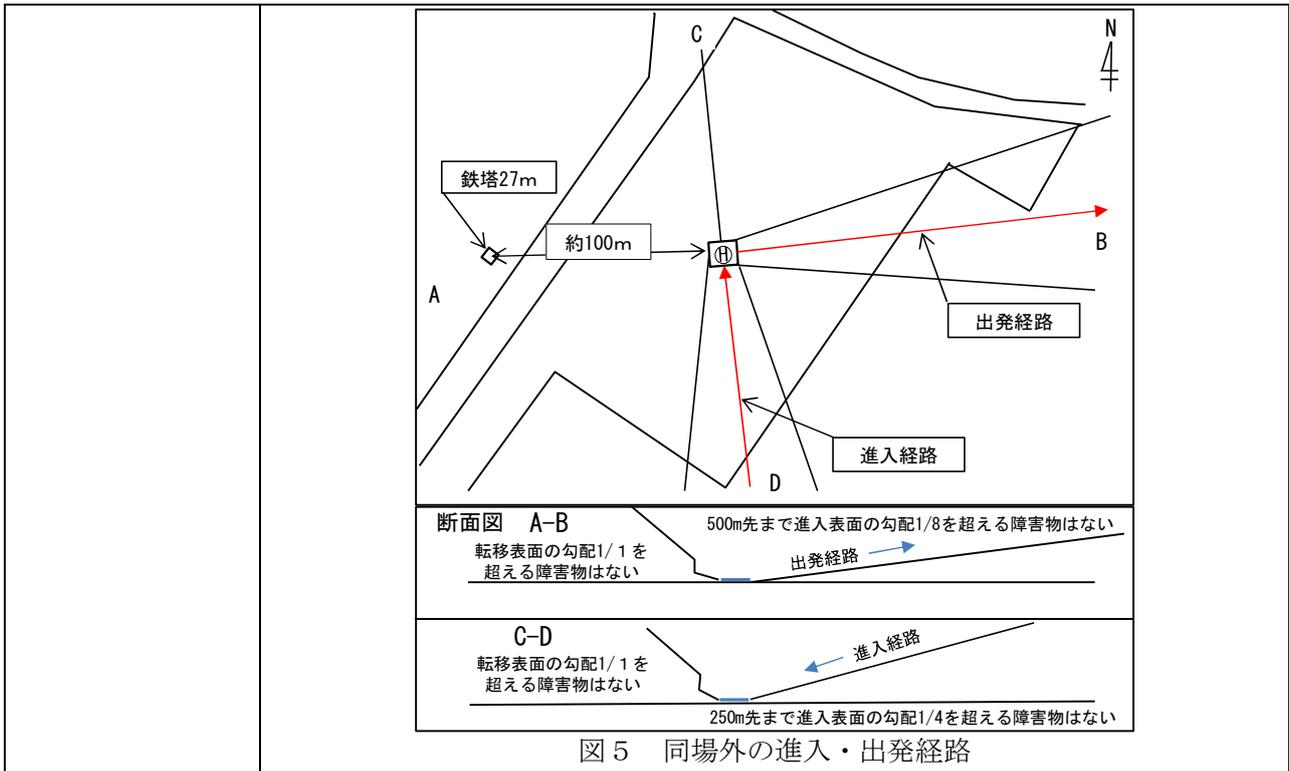
(8) 同場外及び周辺の状況

① 進入区域及び進入表面について

同場外は、同社が救急医療用ヘリコプターの場外離着場適地としてあらかじめ設定した場所であり、同社の運航業務実施規則に基づき同場外が基準に適合していることを確認した場所であったが、本事故発生時に同機が進入した離着陸地帯の西側に着陸方向に対する進入区域及び進入表面は設定されていなかった。(図5 参照)

② 障害物について

同機が進入した西側の経路下には離着陸地帯から約100mの位置に高さ約27mの鉄塔が存在した。(図5 参照)



3 分析

3.1 気象の関与	なし
3.2 操縦者の関与	あり
3.3 機材の関与	なし
3.4 判明した事項の解析	<p>(1) 機体の損傷 本事故発生まで機体に異常はなく、機体の損傷は、いずれもハードランディングした際に発生したものと推定される。</p> <p>(2) ハードランディングに至った原因 機長は、大きめの進入角及び降下率で進入を開始し、ホバリングに移行するためにCPを引き上げる操作により降下率を減少させようとしたが、同機はホバリングに移行できず、降下を続けるとともに緩やかな右回転を始めたため、左ラダーを使用した右回転は止まらず、同機は強い衝撃音とともに接地したとしている。</p> <p>通常であれば、接地前には地面が接近することによる地面効果及び減速によるフレアー効果並びにCPを引き上げる操作による揚力の増加で降下率が減少し、ホバリングに移行できるが、この時はホバリングに移行できないままハードランディングに至ったことから、同機は、メイン・ローターの揚力を増加させても降下率が增大するVRSに陥った可能性が考えられる。</p> <p>同機がVRSに陥っていたかどうかを分析するため、同機の本事故発生時の推定全備重量を3,110kg、メイン・ローターの半径Rを5.5m、事故現場付近の当時の外気温度を約32℃、同場外の標高を514ftとして、表1のデータに基づき、同機のフェイズ①から④までのVh、Vz、Vx及びVz/Vh、Vx/Vhを求めたものが表2である。(目撃者情報によると、事故当時の地上風は弱い北風(同機に対し、左横風)であったことから、表1の平均対地速度を前進対気速度(Vx)として計算した。)</p>

表2 各フェイズにおけるVz、Vx、Vz/Vh、Vx/Vh

フェイズ	高度 (ft)	密度 ρ (slug/ft ³)	Vh (ft/s)	Vh (m/s)	Vz (m/s)	Vx (m/s)	Vz/Vh	Vx/Vh
①	874 (対地360)	0.00217984	39.2	11.9	5.5	16.5	0.46	1.39
②	694 (対地180)	0.00219428	39.1	11.8	6.1	9.8	0.52	0.83
③	614 (対地100)	0.00220072	39.0	11.8	7.6	3.6	0.64	0.30
④	524 (対地 10)	0.00220799	39.0	11.8	6.1	3.6	0.52	0.31

同機が進入を開始したフェイズ①においては、前進対気速度 (Vx) が誘導速度 (Vh) よりも大きい (Vx/Vh=1.39) のでVRSの境界外にある。フェイズ②以降、前進対気速度 (Vx) がVRSの境界内に入り、垂直降下速度 (Vz) については、フェイズ②において、誘導速度 (Vh) の52% (Vz/Vh=0.52) で軽度のVRSとなり、機長がホバリングに移行するためにCPを引き上げる操作をしたと考えられるフェイズ③において、誘導速度 (Vh) の64% (Vz/Vh=0.64) でVRSに入り、フェイズ④において、誘導速度 (Vh) の52% (Vz/Vh=0.52) で再び軽度のVRSに戻ったものと推定される。

これらのことから、同機がハードランディングとなったことについては、同機が、同社の運航業務実施規則に基づき、基準に適合していることを確認した進入表面に沿った進入経路を使用せず、着陸予定地である同場外近傍の高い鉄塔の上空を通過して、大きめの進入角及び降下率で進入を開始し、ホバリングに移行するために前進対気速度を減少させたため、同機のメイン・ローターがVRSに陥り、機長がCPを引き上げる操作をしてもそれに応じた揚力が得られなかったことによるものと考えられる。

(3) 同機の降下率

同機の降下率がフェイズ①から③まで増加していることについては、機長は、着陸目標地点を見ながら操縦をしており、昇降計は見ていなかったことから、降下率が増大していることに気が付かなかった可能性が考えられる。

フェイズ②から④において、同機の平均速度は表1のままとして、VRSに陥らないVz/Vh=0.35以下となる場合の平均降下率を計算すると、約800ft/minとなった。同機がフェイズ①において表1と同じ前進速度、降下率で進入したとしても、機長がCPを引き上げる操作により、フェイズ②までに降下率を約800ft/minにしていれば、VRSに陥らなかった可能性が考えられる。また、飛行規程に示された降下率600ft/minであれば、フェイズ③においてもVx/Vhは0.26となり、VRSに陥ることなくホバリングに移行することが可能であったものと推定される。

(4) 機体の緩やかな右回転

機体が緩やかに右回転を開始したことについては、機長が同機の過大な降下率を減少させようとしてCPを急激に使用したことに対し、左ラダー操作によるテール・ローター推力が十分に追従できなかった可能性が考えられる。

(5) 同場外への進入経路について

同機は、同場外への着陸に際し、初めは南側から進入するつもりであったが、同場外で待機中の消防隊員から着陸のための安全確保ができた旨の通報を受けた時には、既に南側からの進入ポイントを通過していたため、同機の飛行目的の緊急性を考慮し、同場外も東風が吹いているとの予想の下、同機

	<p>の性能上問題なく着陸できると判断して、西側から、高さ約27mの鉄塔の上空を通過して大きめの進入角及び降下率で進入を開始したものと考えられる。</p> <p>救急医療用ヘリコプターの運航は高い緊急性を有するものであるが、同時に高い安全性が求められることから、可能な限り地上風の情報を収集するとともに、場外離着陸場への基準に適合していることを確認した進入表面に沿った進入経路がある場合は、その進入経路を使用すること、また、臨時的離着陸場等においてやむを得ず大きな進入角で進入せざるを得ない場合には、飛行規程に示された降下率を厳守し、VRSに陥らないようにするなど、安全を最優先して運航することが重要である。</p>
--	--

4 原因

本事故は、同機が着陸した際にハードランディングとなったため、機体を損傷したものと推定される。同機がハードランディングとなったことについては、基準に適合していることを確認した進入表面に沿った進入経路を使用せず、着陸予定地である同場外近傍の高い鉄塔の上空を通過して、大きめの進入角及び降下率で進入を開始し、ホバリングに移行するために前進対気速度を減少させたため、メイン・ローターがVRSに陥り、機長がCPを引き上げる操作をしてもそれに応じた揚力が得られなかったことによるものと考えられる。

5 再発防止策

同社は、以下の再発防止策を実施した。

- 1 操縦関係
 - (1) 運航中のVRS回避策として降下率の制限を設定し、運航業務実施規則及び作業別実施要領「救急医療搬送」に規定した。
 - (2) 同社のヘリコプター操縦士全員に対し、VRSに関する教育を実施した。また、平成29年度のヘリコプター操縦士定期訓練に組み入れた。
- 2 環境関係
 - (1) ドクターヘリ運航に際し、臨時離着陸場の風の状況を消防機関から着陸前に入手することとし、救急医療輸送作業別実施要領に規定した。また、本事故を契機に神奈川県に対し、同県の消防機関による風の情報提供及び吹き流しの設置を依頼して、平成28年8月25日、「ドクターヘリ運航ハンドブック」にその旨を記載した。他県においても同様に協力を依頼する。
 - (2) 一般社団法人全日本航空事業連合会のドクターヘリ分科会に本事象及び対策を報告し、同業者に対して情報の共有を行った。