

訓練における リスク管理



HE 5

目次

はじめに	5
1.0 訓練中の事故統計	6
1.1 欧州におけるヘリコプター訓練関連の事故統計	
1.2 事故の誘因として特定された要因	
1.3 訓練及び指導に関する是正勧告 (IRs) トップ6	
2.0 トレーニングの安全性を高めるための ツール及び方法	12
2.1 Operational Evaluation Board (OEB) レポート	
2.2 リスク分析	
2.3 リスク分析及びリスクの軽減	
2.4 Threat and Error Management (TEM)	
2.5 ICAO SHELL モデル	
3.0 エンジン・オフ・ランディング Engine Off Landings (EOL) / オートローテーション	22
3.1 概要	
3.2 Operational Evaluation Board による推奨事項	
3.3 リスク分析	
3.4 スレット&エラーマネジメント(TEM)の観点からの考察	
4.0 略語、参考文献及び定義	30
4.1 略語	
4.2 参考文献	
4.3 定義	



**FINAL REPORT
EHEST ANALYSIS OF 2000–2005**

For a download simply scan
the QR-Code or visit
[http://easa.europa.eu/essi/
ehest/wp-content/uploads/2010/
10/EHEST-Brochure.pdf](http://easa.europa.eu/essi/ehest/wp-content/uploads/2010/10/EHEST-Brochure.pdf)



はじめに

本冊子は、優れた取り組みを共有することを目的としたEHESTの安全に関する一連の出版物の一部である。これらの冊子に付随して、ビデオを含むオンライン訓練資料が用意されており、これらすべての資料はパイロット、教官、訓練機関、関係当局、ヘリコプターメーカー、オペレーター、及び関連団体は無料で利用できる。この取り組みの目的は、判明した安全に関する問題に対処することによって飛行の安全性を向上させることである。

事故分析¹のデータによって、かなりの件数のヘリコプター事故が飛行訓練中に発生していることが裏付けられている。本冊子では、飛行訓練に初期訓練、リカレント訓練、タイプレーティング訓練（型式限定変更訓練）及びリフレッシュ訓練も含めている。

本冊子は、以下によってヘリコプターの安全性を向上させることを目的としている：

- ・ 一般的なヘリコプター事故及び訓練に関連した特殊な事故に対する訓練機関団体の意識を高める **(第1章)**
- ・ EHESTが策定した訓練関連の是正勧告（Intervention Recommendations）に対する訓練機関団体の理解を深める **(第1.3章)**
- ・ 訓練機関団体にツール及び方法を提供する **(第2章)**
- ・ 訓練におけるリスクアセスメントの実施例を提示する
- ・ 訓練の観点から教官を支援し、訓練生の安全教育を向上させる

¹ EHESTによる欧州における2000-2005年ヘリコプター事故分析

1. 訓練中の事故統計

欧州における2007年から2011年のヘリコプター事故のデータを調査したところ、これらの事故の **18 %** が飛行訓練中に発生していたことが明らかとなった。

この飛行訓練中の事故のパーセンテージは、Canadian JHSAT CY2000 report (19%) 及びUS JHSAT CY2000 report (18.8%) と同程度である。

1.1 欧州におけるヘリコプター訓練関連の事故統計

図1は単発ピストンヘリコプターが、訓練中の事故、特にPPL(H)、CPL、ATPL訓練中の事故件数の大きな要因となっていることを示している。しかし、この結果には任務内容、飛行時間、飛行頻度、乗務員の経験やその他の要素を考慮していない。単発ピストンヘリコプターは運用コストが比較的低いため、訓練用として広く使用されている。この種のヘリコプターには低慣性ローターシステムを搭載している場合が多く、通常乗務員2名でMTOMに近い状態で運用している。

図2は、進入着陸フェーズ時の事故が一般的な事故に占める割合は25%であるのに対し、訓練中の事故では44%（5件は進入フェーズ中、16件は着陸フェーズ中に発生）を占めていることを示している。注目すべき点は、訓練中は進入及び着陸が通常運航中よりも多く実行されていることである。進入着陸フェーズ時の事故の主な原因は、ダイナミック・ロールオーバーとオートローテーションであることが判明した。

図 1

エンジン形態による事故の構成比

欧州におけるヘリコプター事故データ、飛行訓練オペレーション (2007-2011)

多発- タービン
単発- タービン
単発- ピストン

7%
23%
70%

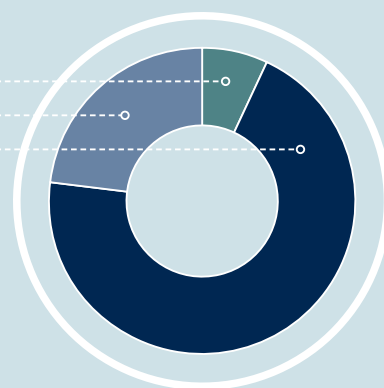


図 2

飛行フェーズによる事故の構成比

欧州におけるヘリコプター事故データ、飛行訓練オペレーション (2007-2011)

■ 訓練中の事故
■ 事故

50%

40%

30%

20%

10%

スタンディング | タクシー | 離陸 | エンルート | 飛行中 | 進入及び着陸 | 不明



1.2 事故の誘因として特定された要因

EHESTによる欧州における2000年から2005年のヘリコプター事故の分析では、民間輸送機及びジェネラルアビエーション機（航空機使用事業を含む）の事故311件中、48件は訓練中の事故と考えられ、事故全体の15.4%を占めている。EHESTによる事故分析は、直接的又は誘発的にかかわらず、事故に関与したすべての要因を特定することを目的としている。要因は、**Standard Problem Statements (SPS)** 及び **Human Factors analysis and classification System (HFACS)** の2つの分類を用いてコード化されている。

ジェネラルアビエーション機及び民間輸送機の訓練中の事故に関して特定された重要な問題点：

SPSによる重要な問題点

訓練生の行動を修正するために飛行教官(FI)が取った不適切かつ時期を逸した行動

パイロットの意思決定

操縦訓練生

知覚判断エラー

FIの準備及びプランニング

訓練プログラムの管理

天候/風に対する考慮不足

不適切なオートローテーション練習

不適切な着陸地の選択

パイロットによる不適切なコントロール/ハンドリング

運航乗務員による不適切なブリーフィング

機体性能に対する考慮不足

不適切なオートローテーション実践

EHSATによる分類コードHFACSを使用することによって、ヒューマンファクターについて補足的な視点が与えられた。

HFACS による重要な問題点

リスクアセスメントー運航中

自信過剰

過剰制御/制御不足

手順エラー

必要な措置ー遅れ

認知作業の集中

1.3 訓練及び指導に関する是正勧告 (Intervention Recommendations (IRs)) トップ6

EHESTは事故の原因となる主な要因を特定したことによって、是正勧告(IRs)を策定した。このIRsはいくつかのカテゴリーで構成されている。
下表に訓練及び指導に関するIRsトップ6を示す。

訓練及び指導に関するIRsトップ6

1. 未経験者向け 訓練シラバス	未経験のヘリコプター・パイロット向け飛行訓練シラバスを増やし、以下の項目にさらに時間を割くべきである： - A>> ミッション・プランニング - B>> ボルテックス・リング及びテールローターの効力喪失のデモンストレーション（及び回復措置） - C>> 天候が悪化している方向への飛行 - D>> スタティック & ダイナミック・ロールオーバー - E>> クイックストップ - F>> 急激な出力の変更 - G>> ローターの低RPMへの対処 - H>> 高度-速度表に対する意識
2. ミッションの準備 及び遂行	- A>> ミッションの準備及び遂行のためのガイダンス文書及びチェックリストを作成する（重量及び重心位置を含める） - B>> エアマンシップの理論試験及び実技試験を含む含むリカレント訓練を提案する - C>> 乗客/乗務員が綿密な飛行前及び飛行中ブリーフィングを受けられるようにする - D>> 作成したガイダンス文書を読ませ、従わせる方法を評価する
3. リカレント訓練	リカレント訓練を拡大して、以下の項目に一層の重点を置く： - A>> 計器のみを参照して飛行している時の異常姿勢/対気速度の損失からの回復 - B>> ボルテックス・リング - C>> テールローターの効力喪失 - D>> 危険性の高いミッションの遂行（山岳飛行、HEMS等） - E>> 必要な場合に飛行訓練装置を最大限活用することによるオートローテーション

訓練及び指導に関するIRsトップ6

4. 飛行技術	訓練では、パイロットは通常時も緊急時も機体の安全に対して責任があり、また技能を維持する責任について理解するように強調すること。
	未経験者向けの飛行技術及び機体制御技術、リカレント訓練及び技能チェックの評価基準の設定及び導入を検討する。
5. 外部環境の認識	パイロットに、操縦予定の地域（地形、障害物、ハザード等）及びホワイタアウト等の局地的に発生しそうな気象現象の両方についてよく知っておく必要性を認識させること
6. CRM – 訓練シラバス	訓練シラバスに対する最低基準の設定及び導入を検討する。この最低基準には、EHSATの事故分析によって明らかになったすべての問題を含めるようにする。 CRM訓練をすべての運航形態及びすべての型式に拡大して行うこと。



2. トレーニングの安全性を高めるためのツール及び方法

2.1 Operational Evaluation Board (OEB) レポート

OEBレポートはEuropean Aviation Safety Agency (EASA)が発行しており、航空当局によって承認されたOEMパイロット訓練シラバス、又は新規機体の場合はOEMによって策定中のパイロット訓練コースのいずれかに準拠して作成されている。Operational Evaluation Teamは、キャッチアップ・プロセスに従って、又は新規機体の場合は完全な評価を実施してレポートを作成する。このレポートには、地上訓練、シミュレーター、飛行訓練要件等の必要最低限のシラバスに関する推奨事項を記載しており、さらに、特に重点を置く訓練分野（Training Areas of Specific Emphasis (TASE)）も含んでいる。

OEBは、新型式及び製造中のすべての機体の型式証明の一部として、操作適合性データ（Operational Suitability Data (OSD)）資料が必要となる新しいプロセスに優先される。新しい規則が施行されると、既存のOEBレポートはそのままOSD資料になる。

最低限の訓練シラバス及びTASEはパイロット訓練に必須となる予定で、導入は2014年4月の見込みである。

OEBレポートには機体の概要が記載されており、すべての系列型を含むタイブレーティング訓練List及びLicence Endorsement Listを更新し、以下の項目に関する最低限の訓練シラバスに対しての推奨事項が記載されている：

- ・ タイブレーティングの初期訓練
- ・ タイブレーティングの追加訓練
- ・ 型式内移行訓練
- ・ 慣熟訓練
- ・ 訓練中に特に重要視する項目
（例：オートローテーション、テールローター・コントロールの故障、油圧系統の故障等）

OEBレポートには貴重な情報源が記載されており、EASAのホームページより入手可能である：

<http://www.easa.europa.eu/certification/experts/oEB-reports.php>

2.2 リスク分析

ハザード及びリスクの特定は、リスク管理の中核となる概念であり、安全管理システム（Safety Management System (SMS)）の柱の1つである。リスク分析では、リスクレベルを見極めるために、事象の起こりやすさと重大度を考慮しなければならない。しかし、これらの要因を考慮しても、リスクレベルはその事象に関わるパイロットの経験によって軽減できる場合もあるため、正確な結果が得られるわけではない。

リスクアセスメントを徹底的に行うことによって、現実的なリスク評価が可能となる。リスクを過小評価したり、リスクを冒すことを回避するには、パイロット、乗務員及び教官がリスクを現実的に評価することが不可欠である。本項では、SMSの見地で、どのように基本的なリスク評価の手段が構築されるかについての概要を示す。

2.3 リスク分析及びリスクの軽減

ハザードとは、人に傷害を負わせたり、機器や構造物を損壊させたり、物質的な損失や所定の機能を発揮する能力を低下させたりする状態、物体、行動又は事象である（様々な種類の結果、事象、出来事）。

リスクとは、発生の可能性と重大度との組み合わせである。

ハザードが特定されると、リスク分析を実施して安全リスクが「受け入れ可能」（リスクマトリックスの緑色のセル）、「許容可能」（黄色）、「受け入れ不可能」（赤色）かを評価する。リスクレベルを下げ、受け入れ可能なレベルに戻すために、リスクコントロールとも呼ばれる軽減策を検討し、導入する必要がある。

図 3 安全リスクマトリックス

リスク発生確率	リスクの重大度				
	無視できる (A)	軽微 (B)	重大 (C)	危険 (D)	致命的 (E)
頻発する (5)	5 A	5 B	5 C	5 D	5 E
時々発生する (4)	4 A	4 B	4 C	4 D	4 E
起こりそうにない (3)	3 A	3 B	3 C	3 D	3 E
非常に希 (2)	2 A	2 B	2 C	2 D	2 E
まず起こり得ない (1)	1 A	1 B	1 C	1 D	1 E

赤:
現在の状況下では
受け入れられない。

黄色:
リスクコントロールが適切に行われれば運航に耐えられる。
このレベルでの運航を許可するには、管理責任者の判断を
要する場合がある。

緑:
受け入れ可能とみなされる。

リスクマトリックスで使用されている、リスクの起こりやすさの数値の説明：

リスクの 起こりやすさ	説明*	数値
頻発する	何度も発生する可能性がある。 社内で既に発生したことがある。航空業界の歴史の中で頻繁に発生している。	5
時々発生する	時々発生する可能性がある。 社内で既に発生したことがある。航空業界の歴史の中で稀に発生している。	4
起こりそうにない	発生しそうにないが、可能性はある。 社内で一度は発生しているか、航空業界の歴史の中ではほとんど発生していない。	3
非常に希	発生の見込みは非常に薄い。 社内で発生したことがあるかは不明だが、航空業界の歴史の中で一度は発生している。	2
まず起こり得ない	発生するとはほとんど考えられない。 航空業界の歴史の中で一度も発生したことがない。	1

*目安：企業の規模及び活動量による。

リスクマトリックスで使用されている、リスクの重大度の説明：

事象の重大度	説明*				等級
	人員	環境	金銭的損失	イメージ	
致命的	複数の死者	大規模な影響 (汚染、破壊等)	甚大な 金銭的損失	国際的な影響	E
危険	死者	修復困難な影響	長期的影響	国内での影響	D
重大	重傷	著しい局地的 な影響	重大な影響	多大な影響	C
軽微	軽傷	ほとんど 影響なし	ほとんど 影響なし	限定的な影響	B
無視できる	浅い傷又は 無傷	無視できる影響 又は影響なし	無視できる	軽微な影響又は 影響なし	A

*目安：企業の規模及び活動量による。

2.4 スレット&エラーマネジメント (TEM)²

TEMの枠組み^{3,4}とは、動的かつ困難な操作状況における安全とヒューマンパフォーマンスとの相互関係を、運航の見地から理解しやすくするための概念モデルである。TEMアプローチは、安全マージンを最大化するために、予測、認知及び回復の重要性を強調している。TEMでは、スレット、エラー及び望ましくない航空機の状態の3つの基本概念を使用する。運航乗務員には、乗務員レベルでリスクを移転、回避、受容又は軽減する（Transfer, Eliminate, Accept or Mitigate (TEAM)）重要な役割がある。

スレットとは、一般に、パイロットの影響力が及ばない領域（例えば天候が関連する事象）で発生し、運航の複雑さを増加させ、安全マージンを維持するために対処せねばならない事象又はエラーと定義される。

エラーとは、一般に、組織や運航上の意図や期待から逸脱することにつながる、当事者が取る行動、又は行動しないことと定義される。

²ICAO は、Human Factors Training Manual (ICAO Document 9683, 2002)にTEMモデルを採用した。

³[http://www.skybrary.aero/index.php/Threat_and_Error_Management_\(TEM\)](http://www.skybrary.aero/index.php/Threat_and_Error_Management_(TEM)) 参照

⁴An introduction to Threat and Error Management. Ashleigh Merritt, Ph.D. & James Klinect, Ph.D.

エラーに対処しない、又は対処を誤ると望ましくない航空機の状態（Undesired Aircraft States (UAS)）に至る場合がある。したがって、操作上のエラーは安全マージンを減少させ、望ましくない事象が発生する確率を増加させる傾向がある。

望ましくない事象 (Undesirable Event (UE)): UEは前兆とも呼ばれ、期待した状態からの逸脱を示し、人体の損傷や物質的な損害を引き起こす場合がある。この事象は状況が制御不能の状態といえる。すなわち、有効な回復措置が講じられない場合は、事故を引き起こしかねない事象である。UEを分析してUEの原因及び前兆を把握することで再発防止に役立てなければならない。

望ましくない航空機の状態 (Undesired Aircraft State (UAS)) は一般に、意図しない状態が結果的に安全マージンを減少させる運航状態（航空機の位置、速度、姿勢、又は形態）と定義される。有効なスレット及び/又はエラーマネジメントが実行できない結果発生するUASは、安全を脅かす状況に陥り、安全マージンを減少させる可能性がある。UASは多くの場合、インシデント又はアクシデントに陥る前の最後の段階と考えられる。

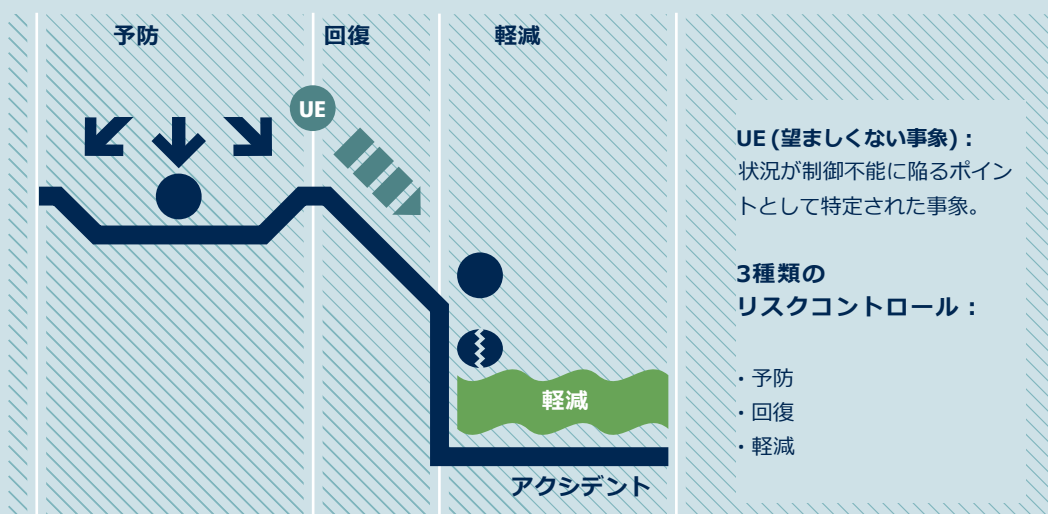
スレット&エラーマネジメント (THREAT & ERROR MANAGEMENT (TEM)) は、**図 4**に示すEHEST SMMで使用している安全ボウルモデル5(Safety Bowl model)によってわかりやすく説明されている。このモデルは状況が「制御不能」と考えられるアクシデントを直感的に図示したものである。

図 4

安全ボウル安全リスクコントロールモデル

安全モデル：

アクシデントは、状況が制御不能の状態と考えられる



⁵ このモデルはTEMの枠組みの中で開発されたものではなく、TEMで使用される概念である望ましくない事象の位置づけを適切に図示したものである。

このボウルは操作が維持されるべき安全な範囲を示しており、一方、UEの位置はアクシデント又はインシデントのシナリオのいずれかへ移行するポイントを示している。さらにこのモデルでは、リスクコントロールをモニタリングして適切に管理する重要性、及び必要に応じてリスクコントロールを導入又は採用する必要性を示している。

通常操作では、一定の限度内で許容できるバリエーションがある。これらは、ボウル内である程度動く自由を持つボールで表されている。ボウルの縁は、通常操作を安全な限度内に維持するために導入される方法を表している。少々の逸脱はボウルの縁によって修正される。

通常の安全な操作からの逸脱が大きくなる、つまり、ボールがボウルから飛び出すと、望ましくない事象を引き起こしたり、インシデントやアクシデントにつながる場合がある。このような事象が起こった場合、我々は回復要因を頼りにアクシデントを回避し、軽減要因によってアクシデントによるダメージを抑制する。

スレット及びエラーは運航乗務員によって対処されなければならない。例えば、ハザードである「積乱雲」は、運航乗務員が対処しなければならない場合はスレットになり得る。この場合、運航乗務員がこのスレットに対処しなければならない。運航乗務員は、**事前予防的な処置**（例えば飛行前の準備中にルートを変更する）を講じるか、**結果対応的な処置**（例えば飛行中にルートを変更して外れる）を講じることができる。企業レベルでは、運航乗務員による事前予防的及び結果対応的な処置は通常SMSで文書化されている手順及び運航方法の一部である。これらは一般的に飛行操作マニュアルに詳述されており、運航乗務員はこれらを適用するように訓練されなければならない。

リスクアセスメントの手法、チェックリスト、飛行前ログ、及びリスク管理ハンドブック⁶を使用することはTEMの向上に役立つ。さらに、**クルー・リソース・マネジメント（Crew Resource Management (CRM))** 及び**シングル・パイロット・リソース・マネジメント（Single Pilot Resource Management (SRM))**等の訓練プログラムもコックピットにおけるTEMの向上に寄与する。

第2.5章 に示すSHELL モデルは、安全リスク管理へのより**体系的なアプローチ**を取り入れたものである。次章で述べるように、このモデルはハザードの特定及び分類に特に有用である。

⁶一例として、Risk Management Handbook management, FAA-H-8083-2, from FAA Flight Standards, 2009を参照

2.5 ICAO SHELL モデル

ハザードの特定及び評価は困難である。**SHELLモデル** はハザードの本質を理解するのに役立ち、ハザードの特定にも有用である。

SHELL はSoftware（ソフトウェア）、Hardware（ハードウェア）、Environment（環境）及びLiveware（人間）の4つの要素の頭文字をとった名称である。

SHELLモデルは、人間のオペレーターと影響し合う様々な要素をブロックを使って示すものである。しかし、SHELLの構成ブロック図は人間以外の要素間、例えば、ハードウェアとハードウェア、ハードウェアと環境、及びハードウェアとソフトウェア間のインターフェースを扱うものではなく、あくまでヒューマンファクターを理解するための基本的な助けとなることを意図したものである。

SHELLモデル (図5参照) では互いに異なるシステム要素（ハードウェア、ソフトウェア、環境及び人間）を示しており、これらの要素とヒューマン・オペレーター（人間）が相互に影響し合う。考え得るすべての種類の相互作用を理解するためには、異なる要素間のすべてのインターフェースを考慮に入れなければならない。

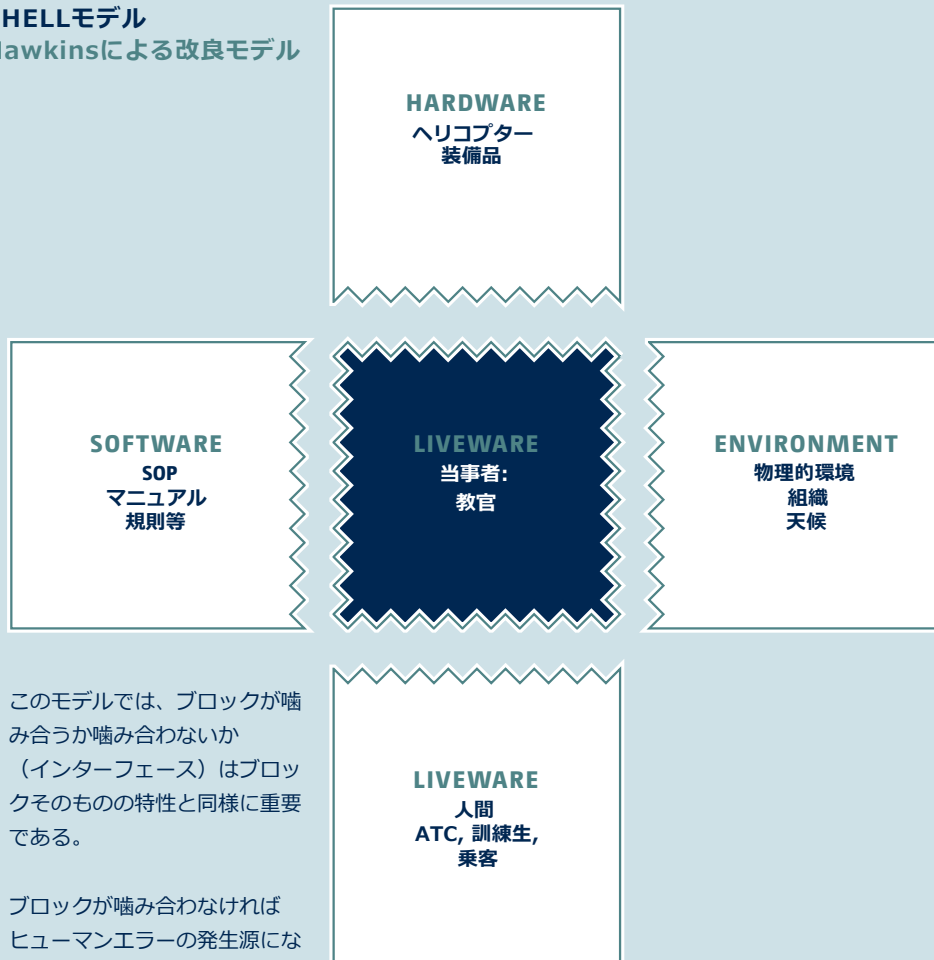
訓練においては、人間-人間のインターフェースは主に教官-訓練生の相互作用で構成されており、この相互作用の中で教官は訓練生のエラーに対処せねばならない。この観点から見ると、教官にとっては白色（外側）正方形は教官と影響し合う潜在的なハザードを示し、青色（中央）の正方形は教官自身のエラーを示すことがよく分かる。

SHELL の様々な構成要素を以下に示す：

SOFTWARE >>	規則、手順、文書等、業務処理要領の一部。規範、慣習、「ここでのやり方」等、必ずしも承認されていないもの。
HARDWARE >>	機体、操縦系統、座席、ディスプレイ及び機能系統。
ENVIRONMENT >>	L-H-Sシステムが機能する状況、すなわち、自然環境だけでなく社会的及び経済的環境、また、熱、振動、人間工学などの外的及び内的環境

図 5

SHELLモデル Hawkinsによる改良モデル



LIVEWARE >> 白色正方形

システム内の人間—運航乗務訓練生、管制官、エンジニア、整備職員、管理者、監督者等。

LIVEWARE >> 青色正方形

システムの中で最も柔軟であると同時に最も重要な要素。このLivewareのブロックの緑は要素間の相互作用を表しており、単純ではなく直線でもない。このシステムの他の要素を注意深く設計してシステムの崩壊を回避せねばならない。

このモデルのすべての要素の中で、このLivewareが最も予測しづらく、内的変化（空腹、疲労、モチベーション等）及び外的変化（気温、照明、騒音、ワークロード等）の影響を最も受けやすい。

ヒューマンエラーは、多くの場合この双方向のシステムにおけるLivewareのマイナスの結果とみなされる。なぜなら、人がエラーを犯すからである。

SHELL の様々なインターフェースを以下に示す：

LIVEWARE <-> LIVEWARE

（人間と人間とのインターフェース）

これは人同士のインターフェースである。リーダーシップ、協力、チームワーク及びパーソナリティの相互作用等に関係し、クルー・リソース・マネジメント（Crew Resource Management (CRM)）、マルチクルー・コーディネーション（Multi Crew Co-ordination (MCC)）及びライン・オリエンテッド・フライト・トレーニング（Line Oriented Flight Training (LOFT)）等の訓練プログラムの中で扱われる。

LIVEWARE <-> SOFTWARE

（人間とソフトウェアとのインターフェース）

ソフトウェアとは法律、規則、規制、命令、業務処理要領、飛行規程、チェックリスト、慣例、慣習、規範、及び慣例（「ここでのやり方」）を指す総称である。ソフトウェアには、自動化システムの操作に使用されるコンピューターベースのプログラムの意味もある。

人間とソフトウェアとのインターフェースを有効にするためには、ソフトウェアの実装が容易であること、例えば標準的な用語を使用すること等が重要である。

LIVEWARE <-> HARDWARE

（人間とハードウェアとのインターフェース）

人間対機械システムを論じる場合、人間対ハードウェアのインターフェースが最も一般的に考えられるものの一つである。例えば、人体の着座特性に合わせた座席設計、使用者の感覚的特性及び情報処理特性に合致したディスプレイ設計、正常な動き、正しいコーディング及び適切な位置にある調整つまみ類の設計等である。ヘリコプターの場合、ハードウェアとはコックピット内の操縦系統、ディスプレイ及びスイッチ等のことである。プレストーク・スイッチはLivewareとインターフェースするハードウェア装置の一例である。

LIVEWARE <-> ENVIRONMENT

（人間と環境とのインターフェース）

人間対環境のインターフェースは、通常人間が直接制御できない相互作用、つまり機体が運航する物理的な環境（気温、天候、乱気流、障害物等）との相互作用のことである。この領域でのヒューマンファクターの開発の多くは、人間（及び装置）が守られる方法を構築すること、例えば照明、騒音、放射線等から保護するシステムの構築に関するものである。



3. 適用例

エンジン・オフ・ランディング(Engine Off Landings (EOL)) /オートローテーション

3.1 概要

単発ヘリコプターでのエンジン・オフ・ランディング(Engine Off Landing (EOL))又はオートローテーションは、エンジンがメインローター・システムから「切り離された」状態で降下及び着陸する方法である。EOLの訓練は、ヘリコプターのPPL、CPL、ATPL、タイプレーティングコースでは必須であり、リカレント訓練でもよく実施される。

本書の冒頭で述べた事故に関する数字は、EOLが訓練中の事故の一誘因であることを示している。アメリカ合衆国では、CY2001 JHSAT Report⁷に基づいた事故分析の結果、オートローテーション事故の46%において、オートローテーションが「起因事象」（オートローテーションの訓練）であったことが判明した。オートローテーション事故の残りの54%は、緊急EOLの結果生じた事故である。ある世界的なヘリコプターメーカーによる分析により、システムの不具合又は故障後に実施したEOLの分析結果は、おおよそ以下の通りである：

- ・ EOLの40% が完全に成功
- ・ 40% が機体の損傷又は軽傷
- ・ 20% が死亡又は重傷

EOLの例を使って、本書で紹介する様々なリスク軽減の概念及び方策を用いたEOLの訓練事故を減少させる方法を示す。

3.2 Operational Evaluation Board による推奨事項

EOL訓練の場合、OEBには製造者による標準操作手順が記載されているので非常に役立つ。例えば、Eurocopter Ecureuil/単発シリーズ⁸の場合は以下の通り記載されている：

8.9.1項 パイロットの訓練法：

オートローテーション/エンジン・オフ・ランディング

オートローテーションの訓練は訓練生と教官のみで実施すること。RFMに記載のオートローテーションの訓練は、滑走着陸に適した場所の滑空距離内で実施すること。エンジンをアイドル位置に減少させるのは、機体がオートローテーションによる降下中であり、適切かつ適した場所のグライドパスに乗る時に完了させていること：

⁷U.S. Joint Helicopter Safety Analysis Team Calendar Year 2001 Report

⁸Version 2 dated 21/07/2011

- ・ まず1回パワーオンを実施し（フューエル・フロー・コントロールレバー又はツイスト・グリップをFlight位置にする）、フレア及びゴーアラウンドを実行する。次に、
- ・ オートローテーション訓練/エンジン・オフ・ランディングを実施する（FFCLを67/70% Ng、又はツイスト・グリップをアイドル位置）。
- ・ エンジン定格を点検する。

以下に留意する：

- ・ 出力を減じるとき、アンチトルク・ペダルストロークを十分利用する。
- ・ 出力を減じるとき、急降下を避けるため、急激に機首を下げてはならない。
- ・ 降下中、適切なNRを維持する。
- ・ ハードランディング、方位制御不能、テールローター及びメイン・ローター・ブレード・ストップへの損傷の可能性を回避するため、適正な高度になるまでコレクティブ・ピッチの変更を待つ。
- ・ 出力を減じるとき、特にフェネストロンを装備したEC130B4の場合、アンチトルク・ペダルストロークを十分利用する。
- ・ 全備重量の増加によりNR速度超過及びハードランディングのリスクが増加することを心に留めておくこと。

3.3 リスク分析

次に、訓練でのEOLの例を用いてハザードの特定、リスクアセスメント及び軽減プロセスの解説と適用について述べる。

ハザードの特定

SHELLモデルはハザードの特定及び分類に非常に役立つ。

訓練環境における **LIVWARE – SOFTWARE** は、主に教官/訓練生とブリーフィング資料/RFM/チェックリストとの間の相互作用である。エンジン・オフ・ランディング訓練の実施中に、この相互作用に関連する可能性のあるハザードには以下のものがあるが、これらに限定されるものではない：

- ・ 機体特有の限界事項/通常操作及び異常時操作に精通していない。
- ・ ブリーフィング資料/RFM/チェックリスト間の齟齬。

訓練環境における **LIVEWARE – HARDWARE** は主に教官/訓練生と機体の操縦系統/ディスプレイとの間の相互作用である。エンジン・オフ・ランディング訓練の実施中に、この相互作用に関連する可能性のあるハザードには以下のものがあるが、これらに限定されるものではない：

- ・ 速度/ローターRPMの逸脱
- ・ 過剰制御
- ・ アンチトルク・ペダルの誤制御
- ・ 高過ぎる、かつ早過ぎるフレアリング

訓練環境における **LIVEWARE – ENVIRONMENT** は、主に教官/訓練生とコックピット内の環境及び外的環境の両方との間の相互作用である。エンジン・オフ・ランディング訓練の実施中に、この相互作用に関連する可能性のあるハザードには以下のものがあるが、これらに限定されるものではない：

- ・ コックピット内の温度
- ・ W.A.T.（風、高度及び気温）
- ・ 着陸地
- ・ 太陽のぎらつき

訓練環境における **LIVEWARE – LIVEWARE** は、主に教官と訓練生との間の相互作用である。この相互作用に関連する可能性のあるハザードには以下のものがあるが、これらに限定されるものではない：

- ・ 不適切なブリーフィング又はブリーフィングなし
- ・ 訓練生による教官の要求の勘違い
- ・ 遅過ぎる又は不適切な教官の介入。訓練生の能力を過信
- ・ 訓練生が状況に対処できないことを言おうとしない
（試験に落ちないように、又は恥をかかないように）

SHELL の様々なインターフェースは以下の通り：

ハザード LIVEWARE-SOFTWARE	リスクに 直面する人	初期リスク レベル	軽減策	結果リスク レベル ⁹
教官 & 訓練生 ブリーフィング資料/ RFM/チェックリスト	訓練生 / 教官	3A	運航乗務員訓練マニュアルー 最新のブリーフィング資料及びチェッ クリストを列記又は掲載する。	2A
ブリーフィング資料/ RFM/チェックリスト間 の齟齬	訓練生 / 教官	3A	運航乗務員訓練マニュアルー ブリーフィング資料/RFM/チェッ クリストに記載の手順に齟齬がないように 列記する。	2A
ハザード LIVEWARE-HARDWARE	リスクに 直面する人	初期リスク レベル	軽減策	結果リスク レベル
速度/ローター RPMの逸脱	訓練生 / 教官	3B	運航乗務員訓練マニュアルー 機体がオートローテーションの訓練、 及び特にEOLに適した限界内で操縦さ れるように手順を列記する。	2B
過剰制御	訓練生 / 教官	4C	運航乗務員訓練マニュアルー オートローテーション訓練の様々な フェーズに必要な訓練生及び教官の能 力/経験を明記する。	2C
機体の形態 例：ハイ/ ロースキッド ギア、最小/最大重量	訓練生 / 教官	4A	訓練機関ー 型式とその系列型のみを使用する。 運航乗務員訓練マニュアルー 機体の形態別に要求される異なる技術 を明記する。	2A
操縦特性 例：低 / 高慣性ローター システム、時計回り / 反時計回り	訓練生 / 教官	4A	訓練機関ー 型式とその系列型のみを使用する。 運航乗務員訓練マニュアルー 異なる型式別に要求される異なる技 術/手順を明記する。	2A

⁹ 残留リスクともいう。

ハザード LIVEWARE-ENVIRONMENT	リスクに 直面する人	初期リスク レベル	軽減策	結果リスク レベル
コックピット内の温度	訓練生 / 教官	4C	ヒーター、外気取り入れ口を使用するか、ドアを外す	2C
W.A.T.	訓練生 / 教官	3A	運航乗務員訓練マニュアル- 機体がEOLに適した限界内で操縦されるように手順を列記する。	1A
着陸地	訓練生 / 教官	3A	運航乗務員訓練マニュアル- EOL用に承認された着陸地を列記する。	1A
太陽のぎらつき	訓練生 / 教官	3A	運航乗務員訓練マニュアル- ぎらつき、特に高度の低い太陽からのぎらつきによって、着地結果が危険な場合は、太陽の方向に向かってのEOLは行ってはならないことを明記する。	2A
ハザード LIVEWARE-LIVEWARE	リスクに 直面する人	初期リスク レベル	軽減策	結果リスク レベル
ブリーフィングの省略 EOL 技術	訓練生 / 教官	3D	運航乗務員訓練マニュアル ¹⁰ (FCTM) - EOL、制御不良模擬、片発不作動(One Engine Inoperative (OEI))模擬、油圧 系統故障模擬、テールローターの制御不良 模擬等の特に重要な操作訓練に必須の 詳細なブリーフィング内容を定義する。	2D
ブリーフィングの省略 訓練生から教官へ操縦を引き 渡している状態	訓練生 / 教官	3D		2D
ブリーフィングの省略 実際の緊急事態の場合の タスクの共有	訓練生 / 教官	3D		2D

¹⁰ または公式/非公式の規格化された訓練文書。これらの文書は一般的に、飛行前ブリーフィングの内容、教官へのアドバイス
及び訓練生のよくある失敗で構成されている。

¹¹ 教官が操縦を訓練生から引き継ぐとき

¹² ゴールデン・ゲートとは、訓練操縦をそれ以上進める前に、状況に関する情報（例えば、オートローテーションでスロットルを
アイドルまで下げる前に、滑走路のアクセシビリティ、対気速度、ローターRPMをチェックする）を収集しなければならないポイントと定義できる。

ハザード LIVEWARE-LIVEWARE	リスクに 直面する人	初期リスク レベル	軽減策	結果リスク レベル
デモンストレーション – デモンストレーション中の 速度又はローターRPMの意 図的な逸脱	訓練生 / 教官	3B	運航乗務員訓練マニュアル – デモンストレーショ時の条件及び制限を 定義する。	2B
操縦の引き継ぎ ¹¹ 必要時のエンジン出力の 回復実行の失敗	訓練生 / 教官	4A	運航乗務員訓練マニュアルで Golden Gates ¹² を定義する。	2A
パフォーマンス 過度の疲労	訓練生 / 教官	3C	飛行操作マニュアル (Flight Operation Manual (FOM)) に勤務時間及び飛行時 間の制限を定義し、組織における運航 乗務員の自己認識を確立する。	1C
パフォーマンス 知的能力の変化	訓練生 / 教官	3D	FOMでポリシーを定義し、組織にお ける運航乗務員精神を確立する。	2D
デモンストレーション デモンストレーション中 の速度又はローターRPM の意図しない逸脱	訓練生 / 教官	4A	FOMで、教官のタイプレーティング訓 練数を制限する。 FOMでカレンシー訓練 及びリカレント 訓練のポリシーを定義する。	2A
デモンストレーション デモンストレーション中の 意図しない滑走路の誤認識	訓練生 / 教官	4A		2A
操縦の引き継ぎ 過激な操縦の実行	訓練生 / 教官	4C	運航乗務員訓練マニュアル – デモンスト レーショ時の条件及び制限を定義する。	2C
運航乗務員の ミスコミュニケーション	訓練生 / 教官	3C	ヒューマンファクター & CRM訓練教官 向けのCRMコース又はポリシー	2C
不適切な時間での 不要不急の会話	訓練生 / 教官	3D		2D

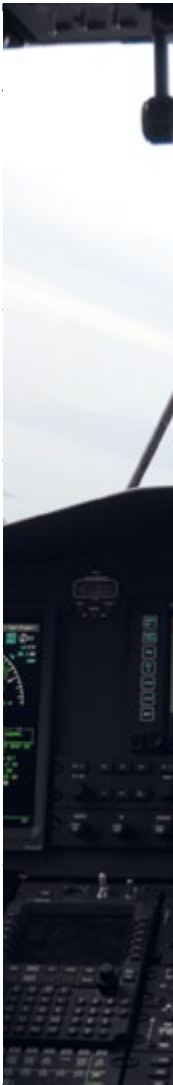


3.4 スレット & エラー マネジメント(TEM) の観点からの考察

本項ではEOL訓練の「導入」段階用に、単純なTEM戦略を提示し、オートローテーションを開始する前に **HASEL**¹³ チェックを使用することを推奨する。



スレット	エラー
外気温度、機体重量、密度高度及び風速（降下率及び飛行距離に悪影響を及ぼす可能性がある。）	安全にEOLを遂行するには不十分な高度（低過ぎる高度）でEOLを開始する。
EOLには不適切な着陸地	EOLに不適切な着陸地への着陸を行う。
コックピットに固定されていない物品は、急激な姿勢の変更中に操縦装置に絡まる恐れがある。固定されていない物品は運航乗務員にぶつかる可能性がある。	オートローテーション前に、固定されていない物品をしっかりと固定させない。
ピストンエンジンのヘリコプターの場合、低温/出力設定及び相対湿度との組み合わせによっては、キャブレター・アイシングが発生する可能性がある。機体/エンジンの検知されない性能の低下又は不具合。	オートローテーションの開始前にエンジンの温度及び圧力を点検せず、キャブレター・ヒートを使用しない。
予定の飛行経路に他機又は障害物がある。	予定飛行経路方向の「監視」が不十分又は不適切。



¹³HASEL とはHeight(高度)、Area(場所)、Security(安全)、Engine T&P(エンジンの温度及び圧力)及びLookout(監視)を表す。



望ましくない 航空機の状態	アクシデント	TEAM
機体のハンドリング 不安定なアプローチからの着陸継続	早く着地しすぎることによる機体の損傷。	Height 高度: SOP、AFM、FCTM等に記載のEOL用の重量、速度、気温及び密度高度に見合った所定の高度を使用する。
機体のハンドリング 不適切な着陸地への着陸継続	着陸時の機体の損傷。	Area 場所: SOP、FCTM等で承認された、訓練に適した場所のみを使用する。
機体のハンドリング 機体の制御	機体の損傷及び運航乗務員の負傷を招く可能性がある、EOLの重要な段階での制限された操縦装置の動き。	Security 安全: オートローテーションの開始前に、コックピット内の固定されていないすべての物品をしっかりと固定する。
機体のハンドリング 機体の制御	エンジン停止、運航乗務員の注意散漫。機体の損傷を招く、「ゴーアラウンド」が必要な場合の不十分なエンジン出力の回復。	Engine T&Ps エンジンの温度及び圧力: オートローテーションを開始するためにコレクティブ・レバーを下げる前に、機体/エンジンの計器類を点検し、キャブレター・ヒートを使用する。
機体のハンドリング 着陸地への無許可進入	死亡事故、運航乗務員の負傷又は機体の損傷を招く空中衝突又は障害物との衝突。	Lookout 監視: オートローテーションの開始前及び実行中に、機体の背後及び下方の「死角」を含めた監視を強化する。



4. 略語、参考文献及び定義

4.1 略語

AFM	飛行規程 (Aircraft Flight Manual)
AMC	コンプライアンス許容手段 (Acceptable Means of Compliance)
ATPL	定期航空運送用操縦士技能証明書 (Air Transport Pilot Licence)
CPL	事業用操縦士技能証明書 (Commercial Pilot Licence)
CRM	クルー・リソース・マネジメント (Crew Resource Management)
EASA	欧州航空安全局 (European Aviation Safety Agency)
EOL	エンジン・オフ・ランディング (Engine Off Landing)
EU	欧州連合 (European Union)
EHEST	欧州ヘリコプタ安全チーム (European helicopter Safety Team)
FCTM	運航乗務員訓練マニュアル (Flight Crew Training Manual)
FSTD	模擬飛行訓練装置 (Flight Simulation Training Device)
FTO	飛行訓練機関 (Flight Training Organisation)
GM	ガイダンス文書 (Guidance Materials)
JHSAT	ヘリコプタ安全分析チーム (Joint Helicopter Safety Analysis Team (an IHST team))
HASEL	高度、場所、安全、エンジンの温度及び圧力、監視 (Height, Area, Security, Engine T&P and Lookout)
HFACS	ヒューマンファクター分析及び分類システム (Human Factors Analysis and Classification System)
IHST	国際ヘリコプタ安全チーム (International helicopter Safety Team)
IRS	是正勧告 (Intervention Recommendations)
MTOM	最大離陸重量 (Maximum Take-Off Mass)
OEB	運用評価審査会 (Operational Evaluation Board)
OEM	OEM供給元メーカー (Original Equipment Manufacturer)
PPL	自家用操縦士技能証明 (Private Pilot Licence)
RA	リスクアセスメント (Risk Assessment)
RM	リスク管理 (Risk Management)
SEP	単発ピストン (Single Engine Piston)
SPS	標準問題記述 (Standard Problem Statements)
SOP	業務処理要領 (Standard Operating Procedure)
SHELL	ソフトウェア-ハードウェア-環境-人間-人間 (Software-Hardware-Environment-Liveware-Liveware)
SMS	安全管理システム (Safety Management System)
SRM	シングル (パイロット) ・リソース・マネジメント (Single (Pilot) Resource Management)
TEAM	移転、回避、受容又は軽減 (Transfer, Eliminate, Acceptor Mitigate)
TEM	スレット&エラーマネジメント (Threat and Error Management)
UAS	望ましくない航空機の状態 (Undesirable Aircraft State)
UE	望ましくない事象 (Undesirable Event)

4.2 参考文献

EASA	Commission Regulation (EU) No 1178/2011 laying down technical requirements and administrative procedures related to civil aviation aircrew Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Part-FCL
CAA UK	CAP 712 Safety Management System for Commercial Air Transport Operations
EHEST	EHEST Analysis of 2000 – 2005 European Helicopter Accidents, Final Report (ISBN 92-9210-095-7) EHEST Safety Management Toolkit (2012)
FAA	Advisory Circular 120-92 , introduction to Safety Management System for air operators Risk management handbook , FAA-H-8083-2, from FAA flight standards, 2009 Aviation News May/June 2005 on Practical Risk Management in Flight Training <i>by Susan Parson</i>
ICAO	ICAO Doc 9859 Safety Management Manual , 2nd Edition ICAO ICAO Doc 9422 Accident Prevention Manual ICAO Doc 9683 Human Factors Training Manual
IHST	<i>Canadian Joint Helicopter Safety Analysis Team (JHSAT)</i> Calendar Year 2000 report <i>US Joint Helicopter Safety Analysis Team Calendar Year (JHSAT) 2000 report</i>
SKYBRARY	www.skybrary.aero/index.php/Threat_and_Error_Management_(TEM) <i>Ashleigh Merritt & James Klinect, (2006)</i>
OTHERS	Defensive Flying for Pilots: an Introduction to Threat and Error Management , <i>The University of Texas Human Factors Research Project</i> , (Dec. 12 2006)

4.3 定義

ADM	航空意思決定とは、与えられた状況に対応して最良の行動方針を決定するために、パイロット自身が使用する精神的なプロセスへの体系的なアプローチ。
BEHAVIOURAL MARKERS	ノンテクニカル・スキル又は能力の行動的観点から説明する、短く正確な指標
BIASES	バイアスとは、状況を偏見なく検討することを妨げる特殊な傾向又は性向で、これにより誤った「先入観にとらわれた」決定に至る可能性のあるもの。
CRM	クルー・リソース・マネジメント： ヒューマンリソース（乗務員、ATC、利用可能な場合は客室乗務員等）、自動化システム等の技術的リソース及び時間、方法、情報、コミュニケーション等のリソースを含む、乗務員が利用できるすべてのリソースを有効に活用すること。優れたCRMによって、乗務員としての適切な決定が下せる。
DVE	低視界環境
ERROR	結果的に危険な状況に陥り、インシデント又はアクシデントの原因となる可能性のある誤った意図（ミステイク）又は正しい意図からの思いがけない逸脱（スリップ、ラプス）。意図的な逸脱（例えば故意にSOPを遵守しない）は違反と呼ばれる。
SITUATION AWARENESS	自分の周囲で起こっていることを理解し、次に何が起こりそうか予測できること。
SLIPS/LAPSES	意図した行動の実行における失敗。エラーの一形態。
SRM	シングル・パイロット・リソース・マネジメント：1人のパイロットが安全に飛行するために（飛行前及び飛行中に）利用できるすべてのリソース（機上及び機外の両方）を管理する能力。SRMはパイロット1名による運航のためのCRMの一形態である。
TEM	スレット & エラーマネジメント：スレット及びエラーを検知し対処することによって、結果が安全になるようにするプロセス。
THREATS	運航乗務員の影響力が及ばない領域（又は影響力が及ぶ領域内）で発生し、運航の複雑さを増加させ、安全マージンを維持するために対処せねばならない事象又はエラー。
VIOLATION	規則、法律、業務手順や業務基準からの意図的な逸脱。



本書のご利用について

免責事項：

本書における見解に対し、EHESTは限定的な責任を持つものとします。記載されている情報はすべて一般的なものであり、特定の個人や組織の特定の状況について言及するものではありません。本書はガイダンスの提供のみを目的としており、コンプライアンス許容手段 (Acceptable Means of Compliance) 又はガイダンス文書 (Guidance Materials) を含む正式に採択された法的規制条項の地位にいかなる影響も及ぼすものではありません。本書は、いかなる形式での保証、表明、約束を意図するものではなく、EHEST及びその加入組織や関係団体を法的に拘束する契約責任又はその他の義務を負うものでもありません。本書に記載の推奨事項を採用することはご利用者の任意であり、責任はその行為の承認者のみが負うものとします。

したがって、EHEST及びその加入組織や関係団体は、明示もしくは黙示を問わずいかなる保証を設けず、又は本書に含まれるいかなる情報もしくは推奨事項の正確性、完全性もしくは有用性につき一切の責任を負いません。法律の許す範囲において、EHEST及びその加入組織や関係団体は、本書の使用、複写、又は提示において生じるいかなる損害、その他の請求・要求について一切の責任を負いません。

写真著作権：

Cover: Fotolia © Giuseppe Marinelli/ Page 4: INAER/ Page 11: Vasco Morao/ Page 21: DFS Deutsche Flugsicherung GmbH/ Page 28: AgustaWestland/ Page 33: Eurocopter

お問い合わせ先：

European Helicopter Safety Team

E-mail: ehest@easa.europa.eu, www.easa.europa.eu/essi/ehest

その他の同シリーズのリーフレット ダウンロード先：

EHESSt HE 1 training Leaflet – Safety consiDerations

http://easa.europa.eu/essi/ehest/wp-content/uploads/2012/04/HE1_Leaflet_safety_considerations_Training-DE.pdf

EHESSt HE 2 training Leaflet – HeLicopter airmanship

http://easa.europa.eu/essi/ehest/wp-content/uploads/2011/12/HE2_leaflet_helicopter_airsmanship_v1.pdf

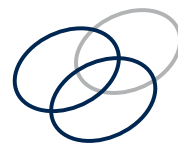
EHESSt HE 3 training Leaflet – off airfiELD LanDing site operations

http://easa.europa.eu/essi/ehest/wp-content/uploads/2012/01/HE3_Off-Airfield-Landing-Site-Operations-v10.pdf

EHESSt HE 4 training Leaflet – Decision making

http://easa.europa.eu/essi/ehest/wp-content/uploads/2012/06/HE4_Single-Pilot-Decision-Making-v1.pdf





EUROPEAN HELICOPTER SAFETY TEAM (EHEST)

Component of ESSI

European Aviation Safety Agency (EASA)

Safety Analysis and Research Department
Ottoplatz 1, 50679 Köln, Germany

Mail ehest@easa.europa.eu

Web www.easa.europa.eu/essi/ehest

本書のオリジナル版はEHESTにより作成されたものであり、EHESTの責任の下、あくまでも推奨事項として出版されております。本書はエアバス・ヘリコプターズ・ジャパン株式会社により翻訳を行ったものです。本翻訳版についてのご意見、ご質問等がございましたら、オリジナル版 (<http://easa.europa.eu/essi/ehest/>) をご参照のうえ、エアバス・ヘリコプターズ・ジャパン株式会社までお問い合わせ下さい。

