



東京海上日動リスクコンサルティング (株)  
海外リスクグループ  
セイフティコンサルタント 重松 和典

## 最新の航空安全技法に学ぶリスクマネジメント

### ヒューマンエラーをどう克服するか

すべての産業、企業において「安全」を至上命題にし、リスクに敏感な代表企業のひとつが航空産業であろう。事故の確率という意味では安全な乗り物であり、地理的・時間的制約を開放し地球規模の往来を実現した画期的交通手段であるが、一旦事故が起きれば瞬時に多数の乗員乗客の生命、財産が奪われ社会的にも大きなインパクトを与え事故を引き起こした企業の存続も危うくなることから、安全・リスク管理の対策、手段についてはその草創期以来関係者が心血を注ぎ続けている。一般の企業にとっても世界中の航空に関わる公的機関、航空産業が取り組む「航空安全の最新技法」はリスクマネジメントの面において参考にし、学ぶ価値のある手法である。

#### 1. 史上最大の航空機事故（上司の勘違いを指摘できるか）

糸井重里氏の著書に「言いまつがい」という人間として避けられない思い込み、錯覚、勘違いを軽妙にまとめた捧腹絶倒のベストセラーがある。人間関係の潤滑油として、いろんな思い込みや錯覚、勘違いは笑ってすませられる類であるが、それが巨大な航空機のcockpit内で起きた結果、航空機史上最悪の事故となったのが1977年3月27日に発生したスペイン領カナリア諸島のテネリフェ島ロス・ロデオス空港におけるパンアメリカン航空とKLMオランダ航空のジャンボ機同士の衝突事故であり、583人が犠牲となった。事故が起きた原因としては同空港の濃霧により管制塔からの視認が出来なかったことや、老朽化した空港設備、無線交信に頼った両機と管制塔のそれぞれの思い込みなどが重なり合ったことであるが、主たる原因のひとつがKLM機の航空機関士が「パンナム機はまだ滑走路内にはいるのではないか」という疑いを持ちつつも上司である機長の「滑走路にはいない」という錯覚と思い込みに対しその訂正を強く主張出来なかった（機長の権威と他のクルーの萎縮）ことにある、と指摘されている。この事故を契機に様々な航空規制に変更がなされたが、一方では事故を防ぐための課題として、ヒューマンエラーに焦点を当てた安全管理方式の導入の契機ともなった。

#### 2. 飛行機の安全性（飛行機は怖い乗り物か）

##### (1) 航空機事故と自動車事故の死者数の推移

民間航空機が本格的に旅客輸送を担い始めた第二次大戦後から航空機事故・死者数は着実に減少し続けてきた。比較可能な1998年から2006年までの世界における航空機事故の年間死者数と日本の自動車事故死者数を比較してみると\*1、事故件数からみて改めて自動車事故による死者の多さが理解できる。(図表1参照)

注：\*1 世界の航空機事故死者数は国際民間航空機関 (International Civil Aviation Organization : ICAO) 統計、日本の交通事故死者数は警察庁統計による

【図表 1：世界の航空機事故死者数と日本の交通事故死者数の推移】

年度	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
航空機事故死者数（世界）	856	300	757	579	667	466	207	712	751
自動車事故死者数（日本）	9,211	9,006	9,066	8,747	8,326	7,702	7,358	6,871	6,352

【出典：ICAO、警察庁】

ちなみに、国際航空運送協会（International Air Transport Association：IATA）広報部長、I・グラード氏が指摘する「米国1国の車による1年間だけの死者の数でも、ライト兄弟が初飛行に成功して以来の航空機事故の死者よりも多い\*2」という比喩も的外れではない。

注：\*2 1997年の米国における自動車事故死者数 41,967人：1959～1996年の航空機事故死者累計数 21,728人

## (2) 航空機事故をゼロに出来るのか

事故の数だけでいえば安全といえる航空機であるが、航空機事故がゼロであった年はない。1903年のライト兄弟の初飛行以来、「大空を自由に飛びたい」という人類の長年の夢は実現したが、完璧な安全性はまだ確立されていない。関係者の長年の努力にも関わらず、1980年代以降ある一定の数値以上に事故の確率を削減できないジレンマとなっている。今後も増大する航空需要の中で事故率が減少しないということは事故死者数も一定の比率で増加することを意味する。

【図表 2：航空機事故の年度別推移】

年度	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
航空事故件数	19	20	18	13	11	7	9	17	12
旅客死者数	856	300	757	579	667	466	207	712	751
10万飛行時間当りの死者数	0.06	0.06	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02
着陸回数10万回当りの死亡事故件数	0.10	0.10	0.08	0.06	0.06	0.03	0.04	0.07	0.05

【出典：ICAO Annual Report of the Council】

航空の安全を改善するため、①機材そのものの安全性向上（ハードウェア）②教育訓練、操作手順等の見直し、航空管制システムの改善（ソフトウェア）等に積極的に取り組むことにより事故率は大幅に減少したが上述の通りそれ以上の改善が進まないことに対処するため、航空関係者は前述のヒューマンエラーという新しい視点に注目している。

## 3. ヒューマンエラーが安全に及ぼす影響

日本では2001年1月31日に静岡県焼津市上空で管制官の「言い間違い」が主たる原因で飛行中の日本航空機同士の距離が10メートルまで接近するという大惨事につながるニアミス事件が発生している。システムが巨大化する中で人間が引き起こす勘違い、言い間違い、思い込み（ヒューマンエラー）を単純に過失として処分するだけでは事故の根本的解決にならず、逆に真の原因が不明のまま放置され次の巨大な事故の引き金ともなりかねない。人間は間違いを起こすものだという前提で、その間違いの原因を調査し、そのシステム自体の問題点を洗い出し適切に対処することが最も重要である。そのために航空産業に導入された安全概念がCRM、TEMという訓練技法であり、理論である。

### (1) ヒューマンエラー（過ちは人の常）

ICAO安全管理マニュアルでは「エラーは異常な行動の種類に属するものではなく、事実上すべての人間の行動における自然な副産物である・・・（中略）ヒューマンエラーは当たり前の構成要素として受入れなければならない。過ちは人の常である」とされているが、1970年代から1980年代にかけてアメリカ国立航空宇宙局（National Aeronautics and Space Administration：NASA）を中心とした事故調査の結果、運航乗務員が関与したヒューマンエ

ラーが事故原因の 60%近く（図表 3 参照）に達することが判明した。逆にいえば事故をさらに減少させるためにはヒューマンエラーによる事故防止対策が最重要であることが認識されたのである。

【図表 3：航空機事故原因の種類と構成比】

種類	構成比 (%)
乗員	56
機体・整備	21
気象	13
空港・管制	4

【出典：Boeing 2004 statistical summary】

## (2) CRM (Crew Resource Management)

1976 年、NASA は技術・経験豊富なベテランクルー 36 組を集めてシミュレーターを使い膨大な実験を行った。その結果、適切な状況認識を行いチームワークが取れていれば無事に乗り越えられるはずの負荷・トラブルから生還出来たのはわずか 1 組であった。この実験結果を解析した NASA は 1979 年に開催された研修会において発表した「コックピットにおけるリソース・マネジメント (Cockpit Resource Management : CRM)」の中で①積極的コミュニケーション②機長のリーダーシップ③適切な権威勾配④正確な意思決定等のヒューマンファクターに関わる訓練が航空機事故を減少させるために大変重要であると指摘した。その後 1981 年にユナイテッド航空と SMI 社 (Success Motivation Institute) によって開発された「CRM 訓練」をベースに世界中の航空会社が同訓練を取り入れ、1995 年にアメリカ連邦航空局 (Federal Aviation Administrations : FAA) が同訓練を米国航空会社に義務付け、1998 年に日本でも義務化されるに至っている。

冷静に考えれば、心技体に優れ、あらゆる訓練・試験をこなしつつ 10 年以上の経験を経て初めて機長となるわけであり、個人として望みうる最高の安全技術のレベルに達しているといえる。しかしながら、個人の能力には限界があり（過ちは人の常）コックピット内の人的・機械的なすべてを發揮しないと最高の安全性は保てないというのが CRM 理論の中核であり、利用可能な資源（知識・経験を含む人間や情報、機器）を有効に活用してこそ航空安全を実現するものである。別の言葉でいえばコミュニケーションやチームワークを向上させヒューマンエラーを防ぎ、チームの業務遂行能力を向上してゆくこととされる。

### ① CRM 訓練の変遷

CRM 訓練は第 1 世代 (1980 年代前半) から現在の第 6 世代といわれるものまで改善工夫がなされてきた。具体的には当初の個人の行動改善を主体としたものからチームのパフォーマンスへと対象を拡大するとともに名称を Cockpit から Crew へと変更、さらには Crew という概念を客室乗務員、地上運航管理者、整備士にも拡大し領域を広げつつ進化してきた。さらにエラーを有益な情報源と捉えるエラーマネジメント (Error Management) の導入、運航乗務員のエラーの発生の可能性を高める潜在的要素を脅威 (Threat) とし事故防止上この脅威に適切に対処することが重要との認識から、TEM (Threat and Error Management) に重点を置いたものへと変化してきた。このように CRM は常に新しい安全に関する概念を訓練に取り込むことでヒューマンエラーがもたらす事故削減に取り組んでいるといえる。

### ② CRM の他分野への広がり

航空事故削減のために開発された CRM は、限られた作業現場内におけるヒューマンエラーの諸問題に焦点を当てるとともにチーム全体のパフォーマンスを高めるという汎用性、普遍性により、他分野にも大きく拡大しつつある。

#### □ 海運業界における CRM (BRM)

海難事故においても重大な事故原因の 75~90%\*はヒューマンエラーに関係するとの調査結果があり、同業界では海難事故を削減し安全な航行を実現するためには航空機の操縦室

同様、船の船橋（艦橋＝デッキまたはブリッジ）におけるヒューマンエラーに主眼を置いた BRM（Bridge Resource Management）または BTM（Bridge Team Management）の訓練が重要であるとの認識がもたらされ、CRM 同様義務化が図られつつある。海運業界における BRM の目的は、①操舵室内全員の航海手順、意図の共通認識②航海に関わる負荷、リスクを想定した航海計画③予想しうる作業量に対する適性人員の配置と緊急事態に対する航海継続計画④各人の役割明確化⑤問題解決への全員参加⑥危険情報の早期入手⑦チーム構成員全員の意思決定、指示などの指揮手順の熟知、とされている。

注：\* Washington State Department of Ecology を参照

#### □ 医療業界における CRM

CRM 理論は医療事故を削減するための有効な手段として、病院内における手術室の中にも持ち込まれつつある。実際に麻酔事故の 65～70%\*はヒューマンエラーに起因するといわれている。このため、米国スタンフォード大学（Stanford University）等では麻酔の安全性を図ることを目的とした財団などの協力を得て航空業界の CRM を基に、ACRM（Anesthesia Crisis Resource Management）を実施している。ACRM では患者に関与する医者、看護師がそれぞれの病床における責任を明確化し、患者の様態のモニターを出来るだけ継続的にチェックし、また、そのモニターおよびチェックにつき相互に確認と指摘を行うこととしている。このような CRM 導入の動きは、民間の外科内科の手術分野・新生児の分娩の分野から米国陸軍の戦場における野戦病院の分野にまで拡大している。

注：\* U.S. Department of Health & Human Services を参照

### (3) TEM (Threat and Error Management)

1980 年代から実施されてきた CRM 訓練が日常の運航でどう生かされ定着しているのか、という疑問から 1994 年にテキサス大学とデルタ航空が共同で日常運航をジャンプシート（乗員用折り畳み椅子）からオブザーブする観察手法（Line Operation Safety Audit : LOSA）が開発された。

その調査、観察の結果「エラーとその管理（マネジメント）」に調査対象が広がり、なぜエラーが発生したのかその背景・原因を知らないことにはエラーの一部に触れたまでに過ぎない（エラーの全体像が分からない）ということで運航の複雑さ、諸状況を把握することを目的に、「スレットとその管理（マネジメント）」も取り入れた第 6 世代の CRM である TEM 理論が開発された。

TEM は 2006 年に運航乗務員の資格取得、航空会社の訓練に関する ICAO 要件となっているが、ICAO 安全管理マニュアルでは、スレット・エラーそしてその結果である「好ましくない状態」の代表例として次のように列挙している。このスレット・エラー・好ましくない状態（Undesired Aircraft State : UAS）の定義付け、その対処策は航空業界にとどまらず、すべての産業、一般社会生活においてもあてはまるものである。

#### ①スレット (Threat) の定義

乗務員や管制官など最前線にいるオペレーターの手が届かない（自分が影響力を行使して発生を止められない）もの

【図表 4：航空安全に関わるスレットと日常運転におけるスレット例】

スレット	航空安全に関わるスレット	日常運転におけるスレット
悪天候	雷、積乱雲の存在、視界不良の中での操縦	ワイパーも利かない大雨の中での車の運転、霧・雪道の運転
空港	標識の不鮮明さ、滑走路閉鎖、離陸までの混雑待機	道路標識の見にくさ、信号故障、渋滞
航空管制	管制指示の不明確さ、突然の滑走路変更、使用言語の不明瞭さ	道路工事中での保安要員の指示、迂回路のわかりにくさ

【出典：The University of Texas Human Factors Research Project 論文を基に TRC にて作成】



## ②エラー (Error) の定義

乗務員や管制官など自身が引き起こすもの（前述の通り、事実上すべての人間の行動における自然な副産物である＝過ちは人の常）

【図表 5：航空安全に関わるエラーと日常運転におけるエラー例】

エラー	航空安全に関わるエラー	日常運転におけるエラー
航空機器操作	不適切なフラップ・エンジン作動、ラジオ周波数入力ミス	ギアチェンジミス、急峻な下り坂のエンジンプレーキ未使用
手順	マニュアルからの逸脱、チェックリスト未実施、相互確認無視	進路変更の合図忘れ、車両前後の確認忘れ カーナビ入力ミス
コミュニケーション	管制官への指示確認ミス、コックピット内での連絡ミス	同乗者の方向指示聞き違い

【出典：The University of Texas Human Factors Research Project 論文を基に TRC にて作成】

## ③好ましくない状態 (UAS) の定義

航空機が運航乗務員のエラーや行動、行動の欠落により安全性が明らかに低下している状態

【図表 6：航空安全に関わる好ましくない状態と日常運転における好ましくない状態例】

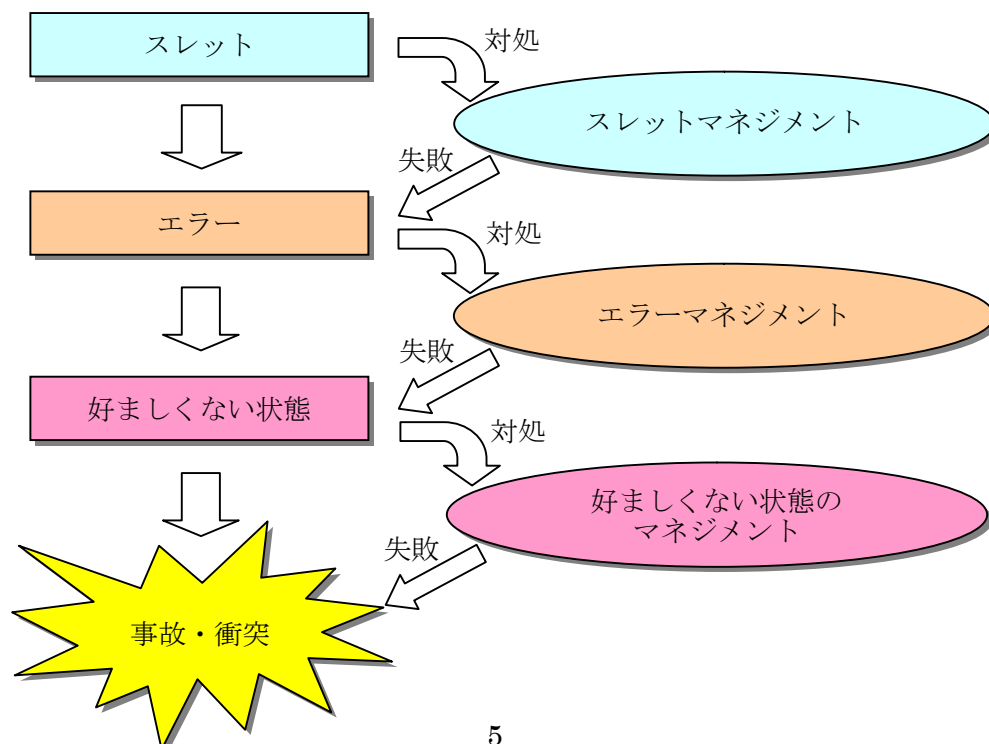
好ましくない状態	航空安全上好ましくない状態	日常運転上好ましくない状態
航空機の操縦	誤った高度への上昇、飛行コースからの逸脱、滑走路誤進入	スピードの出過ぎ、危険な進路変更、一方通行の道路へ進入
地上誘導	誤った誘導路への進入、他機の進路への突然の進入	閉鎖道路への侵入、路肩走行、突然の進路変更による妨害
航空機の状態	システムの不適切な環境設定、エンジン不具合の放置	エンジン点検整備不良、方向指示器故障のまま放置

【出典：The University of Texas Human Factors Research Project 論文を基に TRC にて作成】

## ④TEM の概念

上記の通り、パイロットにおける日常の運航も、また日常社会における自動車の運転席に座るドライバーも、自分では止められない（影響力が行使できない）スレットに囲まれ、また人間として避けられないエラーを抱えつつ、好ましくない状態をマネジメントしつつ最悪の事態（墜落・衝突事故）を避けるため、スレット、エラーを的確に把握し対処せねばならない。TEM の基本概念を図式化すると下記の通りとなる。

【図表 7：TEM の基本概念】



### ⑤TEMの手法

TEMはエラーの発生防止（スレットマネジメント）、エラーが発生した場合の早期検知（エラーマネジメント）、エラーがもたらす結果の最小化（好ましくない状態のマネジメント）という3段階の取り組みであるが、TEMではそれらを実現できるコンセプトとして「Anticipation：予期」「Recognition：認識」「Recovery：回復」というポイントを重要視する。

「予期」することは警戒心を高め（スレットの認知）、警戒心は有害事象やエラーを「認識」し、認識が出来れば「回復」が可能となる。また、好ましくない状態に至った場合は回復操作を優先させ、原因分析は二の次とされる。

現在、航空会社ではTEMをこれまで述べてきたCRM訓練の中に取りこむ形で進められ、CRMはTEMの目的を達する訓練手段となっている。すなわちCRMの基本であるコミュニケーション、チームワーク、決断、リーダーシップというスキルが、TEMのスレット・エラー・好ましくない状態の各段階のマネジメントを行う際の手法ということとなる。

### おわりに

それが家庭生活の中で起きる些細な事故や交通事故であろうと、また多数の犠牲者を出す恐れのある航空機事故であろうと、歴史的惨禍を招く原発事故であろうと、人間のヒューマンエラーに基づく事故はこれからも人類にとって永遠の宿命であり課題である。ただ、人間は過ちを犯すことを前提にその対処方針を理論付け、科学的に訓練を行い、一人の過ちをチーム全体のパフォーマンスで補い、少しでも安全係数を高め被害を極小化することはリスク管理の要諦である。1980年代以降世界の航空会社、航空関係者が英知を傾けて取り組んできたCRM、TEMなどの最新の安全技法は他産業界においても、また日常生活においてもリスクマネジメントとして大いに参考になるものと思われる。

以上

(第234号 2009年2月発行)

### 参考文献

- ◆ 国土交通省航空局 (財)航空輸送技術研究センター  
「航空保安業務における安全分析・安全研究にかかる調査報告書」2008年3月
- ◆ 航空安全技術開発センター ヒューマンファクタチーム「航空ヒューマンファクタの研究」
- ◆ 関西大学商学部 羽原 敬二教授 論説「空の安全 技術・政策・そして法」
- ◆ 村上耕一 斎藤貞雄「機長のマネジメント」2005年 産業能率大学出版部
- ◆ 糸井重里「言いまつがい」2005年 新潮文庫
- ◆ (財)日本航空協会 航空統計要覧 2007年版
- ◆ 失敗百選 DC10のユナイテッド航空機墜落
- ◆ 西川 渉「ドクターヘリの安全確保」日本航空新聞 2005年1月20日
- ◆ The University of Texas Human Factors Research Project 論文  
「Defensive flying for pilots : An introduction to Threat and Error Management」
- ◆ US Department of Transportation & Federal Aviation Administration : Advisory Circular  
「CRM (Crew Resource Management)」
- ◆ Boeing 「Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents 2007」
- ◆ American Psychological Association 2008 「Making Air Travel Safer Through CRM」
- ◆ R.L.Helmreich Professor of Psychology University of Texas  
「On error management :lessons from aviation」
- ◆ Washington State Department of Ecology 「Focus on Bridge Resource Management」
- ◆ U.S. Department of Health & Human Services 「CRM and its Application in Medicine」