

航空事故における人の不適切行動、局所要因および組織要因の関係の体系的分析

A systematic analysis on the relationships between human inappropriate behaviors, local factors and organizational factors of aircraft accidents

経営システム工学専攻 朱 睿

Zhu Rui

1. 研究背景と目的

技術の発展に伴って、設備の故障による航空事故の割合は3%以下になっており、人の不適切行動が事故の主な原因となっている。したがって、これらの人の不適切行動に関する潜在的なリスクを低減し、できる限り事故を減らすことが社会的な課題となっている。

このような中、リーズン[1]は、人の不適切行動によって事故が発生するメカニズムについて、組織におけるマネジメントのまずさによって人や方法に関する好ましくない条件・状況が生み出され、この条件・状況によって人の不適切な行動が引き起こされ、これらの行動が重なることで事故が起こるというモデルを提案している。ここで、不適切な行動の直接の引き金となった条件・状況は「局所要因（または直接原因）」と呼ばれ、局所要因を生み出した、トップのリーダーシップ、教育・訓練の仕組み、未然防止活動などのマネジメントのまずさは「組織要因（または根本原因）」と呼ばれる。

このモデルに含まれる各要素（事故、人の不適切行動、局所要因、組織要因）については、航空機事故の分野でも従来から様々な研究が行われている。しかし、これらの研究の多くは、特定の要素に着目したものであり、航空事故における人の不適切行動、局所要因および組織要因の関係を総合的に明らかにした研究は少ない。

本研究では、第三者による詳細な原因調査が行われている航空機事故を例に取り上げ、人の不適切行動、局所要因および組織要因の関係を体系的に分析するための方法を開発する。また、開発した方法を実際の事故事例に適用してその有効性を検証するとともに、得られた分析結果をもとに、人の不適切な行動による事故を防ぐため、今後どのようなマネジメントの強化が必要となるかを明らかにする。

2. 分析に用いるモデルと方法

本研究で事故の分析に用いるモデルと方法を図1に示す。この図は4段階で事故の要因を分析することを表している。図1のモデルの全体の構造は、リーズンのモ

デルと人間工学で用いられている人の不適切行動のタイプ[2]を組み合わせたものになっている。また、第1段階のVTA（Variation Tree Analysis）はLeplat and Rasmussenにより提案された分析手法であり、第2段階の不適切行動判定フローチャートは桑名ら[3]の提案に基づいている。他方、第3段階、第4段階の候補リストは、既存のSHELモデル（要因を手順・情報等のSoftware、設備・機器等のHardware、照明・騒音等のEnvironment、周りの人の行動や本人の知識・意識等のLivewareに分ける考え方）やRCA（Root Cause Analysis）を参考に、航空事故用に本研究で新たに作成したものである。

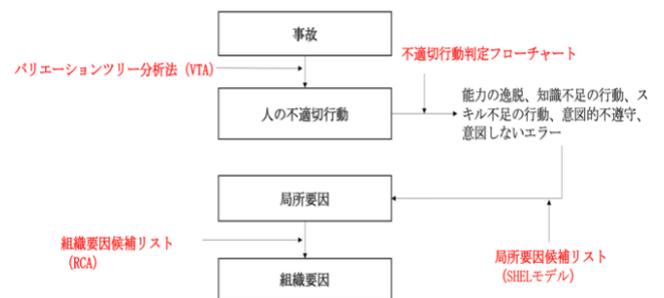


図1 分析に用いるモデルと方法

第1段階では、事故に関わる様々な人の行動や物理的な事象をバリエーションツリーにより記述し、原因となった人の不適切な行動を特定する。バリエーションツリーは時間の流れをもとに、事故に関わった複数の人の不適切行動を系統的に洗い出すのに適している。

第2段階では、人の不適切行動をその内容により、能力範囲の逸脱、知識不足の行動、スキル不足の行動、意図的不遵守、意図しないエラーの5タイプに分類する[2]。

第3段階では、不適切行動のタイプの判定をもとに、それぞれの不適切行動を引き起こした局所要因を明らかにする。局所要因は複数あることが多いため、抜け落ちなく挙げるには予め候補となるもののリストを用意しておくのが有効である。ここでは、SwainのPSF（Performance Shaping Factor）をSHELモデルに沿って整理した上で、航空機事故に適用しやすいように表現を修正した候補リストを用いる。リストの一部を表1に示す。

表1 局所要因の候補リスト (一部)

局所要因 人の不適切な行動	局所要因		
	Software	Hardware	Environment
A.能力範囲の逸脱	<ul style="list-style-type: none"> 必要な手順・操作方法が、人間の知覚・記憶・判断・動作の能力範囲を超えていた 情報・知見が多すぎて人間が 	<ul style="list-style-type: none"> 機器・設備の表示・音が、人間が知覚できる範囲を超えていた 機器・設備の警告・警報が多く、人間が判断・記憶できる範囲を超 	<ul style="list-style-type: none"> 温度・湿度・空気・加重等が、人間が耐えられる範囲を超えていた 明るさ・騒音等が、人間が適正に仕事ができる範囲を超えていた

第4段階では組織要因を明らかにする。組織要因は、事故に直接関わったものを含め多くの局所要因に影響を与える。事故は、組織のマネジメントがまずさによって多くの局所要因が系統的に生み出された結果といえる。事故に基づいて組織要因を明確するために用いられる分析の方法は「根本原因分析 (RCA)」と呼ばれる。ここでは、桑名らが提案した組織要因の候補リストを航空機事故に適用しやすいように修正した表2を用いる。

局所要因や組織要因は一つに絞る必要はなく、複数選択してもかまわない。このため、事故報告書の記述から局所要因、組織要因を特定するプロセスは、第1段階の不適切行動の特定および第2段階の不適切行動のタイプの特定に比べて主観的なものにならざるを得ない。ここでは判定をなるべく客観的に行うためのルールを定め、これに沿って判定を行うことにした。作成したルール集の一部を表3に示す。

表2 組織要因の候補リスト (一部)

組織要因 人の不適切な行動	組織要因	
	組織の現場	組織の管理部門
A.能力範囲の逸脱	<ul style="list-style-type: none"> 手順・情報、機器・設備、環境、業務分担・コミュニケーションを計画・設計するという考え方がなかった 手順・情報、機器・設備、環 	<ul style="list-style-type: none"> トップ・現場に対して、手順・情報、機器・設備、環境、業務分担・コミュニケーションを計画・設計する際に人間の能力範囲を考慮する必要性を理解させていなかった

表3 局所要因を特定するためのルール集 (一部)

不適切行動	報告書の記述	局所要因の判定
A.能力範囲の逸脱	「決断が遅れる」のような記述がある	局所要因「ストレス・緊張・恐怖等により通常より能力が低下していた」にチェックを入れる

3. 分析に用いた事例

分析には、国土交通省・運輸安全委員会が公表している日本国内の航空機事故[4]のうち、2016年から2019年までの間に発生した57件を用いた。

一般に、一つ事故は複数の原因が重なって発生する。57件の事故の中で天候が影響したと思われる事故は19件、機械の特性等が原因となったと思われる事故は3件、

人の不適切行動が原因となったと思われる事故は43件であった。なお、個人所有の飛行機の事故18件の組織要因を分析する際には、現場、管理部門、トップの役割を特定の一人の人が兼ねていると考えた。

4. 不適切行動と局所要因と組織要因の関係

4.1 VTAによる不適切行動の分析

人の不適切行動が原因となったと思われる事故43件の事例を、1件1件VTAを用いて分析した。

結果の一例(一部)を図2に示す。この図では、縦方向に時間経過を、横方向に「機長」「操縦士」(人)及び「飛行機」(物理的事象)をとった上で、各人が行った行動および関連する物理的事象を抜け落ちなく記述している。また、人が行った行動を標準で定められた行動と比較し、防止すべき不適切な行動を抽出している。結果として、87件の防止すべき人の不適切行動が抽出できた。

2018年4月9日		場所：関西国際空港 滑走路06L	
		会社：株式会社大韓航空	
		気象：なし 操縦士：あり 機器：あり	
時間	飛行機	機長	副機長
20:58		着陸前ブレーフィング	
	速い風の中を降下し	速い風で着陸を想定し、フレアを引かないからスラストレバーを通常より早くアイドル位置とする操作を計画していた	
			同様のエンジン推力が通常より少ない設定であることを抜き、安定した進入であるを感じる

注) 赤字は防止すべき不適切行動であることを示す。

図2 VTAを用いた不適切行動の分析例 (一部)

4.2 フローチャートを用いた不適切行動の分類

4.1で得られた87の人の不適切行動について、1件1件のタイプを不適切行動判定フローチャートにより判定した。結果を図2に示す。この図より以下のことがわかった。

- (1) 不適切行動としては、意図しないエラーが約半数を占めており、最も多い(33/87)。
- (2) 能力範囲の逸脱(15/87)、スキル不足(18/87)、意図的不遵守(13/87)はほぼ同数で続いている。
- (3) 意図的不遵守は他と比べると少ない(8/87)。

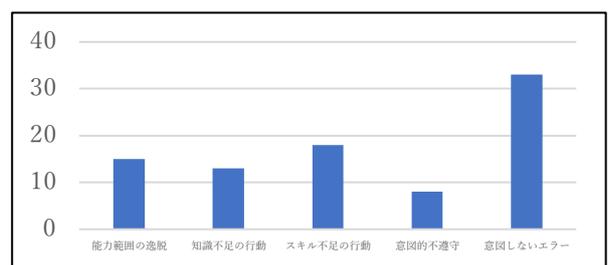


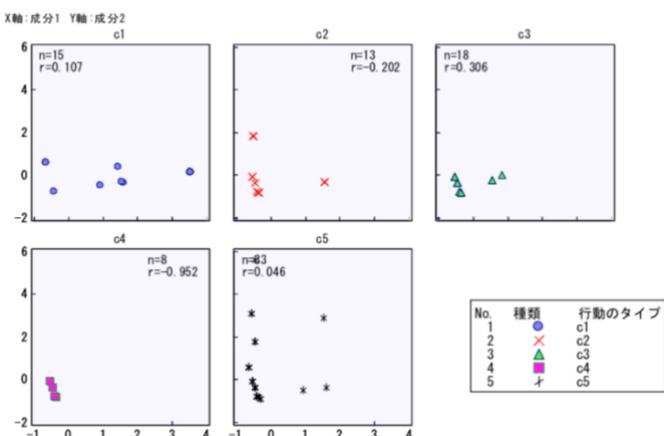
図2 事故を引き起こした不適切行動のタイプ

4.3 局所要因と組織要因の分析

4.2 でタイプを判定した 87 件の不適切行動について、表 1 の局所要因の候補リストを用いて該当すると思われるものを特定した。次に、局所要因の組合せを考慮した上で不適切行動と局所要因の関係を明らかにするため、局所要因を数量化Ⅲ類で少数の成分に集約した上で、得られた成分得点を不適切行動のタイプで層別した散布図を作成した。結果の一例を図 3 に示す。

この分析より以下のことがわかった。

- (1) Environment に関する局所要因があるときに、また、Hardware に関する局所要因がなく、Software に関する局所要因があるときに、能力範囲の逸脱が起きやすい。
- (2) Liveware (周りの人) に関する局所要因がなく、Software、Hardware、Liveware (本人) に関する局所要因があるときに、また、Software、Hardware に関する局所要因がなく、Liveware (本人) に関する局所要因があるときに、知識不足、スキル不足、意図的不遵守が起きやすい。
- (3) Liveware (周りの人) に関する局所要因があるときに、また、Hardware に関する局所要因があり、Software に関する局所要因がないときに、意図しないエラーが起きやすい。



注 1) c1: 能力範囲の逸脱、c2: 知識不足の行動、c3: スキル不足の行動、c4: 意図的不遵守、c5: 意図しないエラー
 注 2) 局所要因成分 1 は、Environment の影響の強さを表す軸。局所要因成分 2 は、Liveware (周りの人) の影響の強さと、Software、Hardware、Liveware (本人) の影響の強さとのバランスを表す軸。

図 3 不適切行動で層別した局所要因成分 1, 2 の散布図

4.4 組織要因の分析

4.3 でタイプを判定した 87 件の不適切行動について、表 2 の組織要因の候補リストを用いて該当すると思われるものを特定した。次に、組織要因の組合せを考慮した上で局所要因と組織要因の関係を明らかにするため、組

織要因を数量化Ⅲ類で少数の成分に集約した上で、得られた成分得点を局所要因で層別した散布図を作成した。この分析より以下のことがわかった。

- (1) 人の不適切行動に対する取り組みが全体に弱い組織、またリスクに気づいているが、人材の育成を図っていない組織では、Software、Environment に関する局所要因が生じやすい。
- (2) トップ・現場を巻き込んでいるが、仕組みが弱い組織では、Software、Hardware、Liveware (本人) に関する局所要因が生じやすい。
- (3) 仕組みはあるが、トップ・現場を巻き込んでいない組織では、Liveware (周りの人) に関する局所要因が生じやすい。
- (4) 人材の育成を図っているが、リスク気づいていない組織、またトップの関心はあるものの、管理部門が機能していない組織では、Liveware (周りの人)、Liveware (本人) に関する局所要因が生じやすい。
- (5) 管理部門は動いているが、トップの関心がない組織では、Software、Hardware、Environment に関する局所要因が生じやすい。
- (6) 状況把握はできているが、資料・ツールが不足している組織では、Software、Hardware に関する局所要因が生じやすい。
- (7) 資料・ツールはあるが、状況把握ができていない組織では、Environment、Liveware (周りの人)、Liveware (本人) に関する局所要因が生じやすい。

5. 考察

5.1 航空事故を防ぐためのマネジメント

図 4 は 4 章の分析結果をもとに人の不適切行動と局所要因と組織要因の関係をまとめた図である。この図より以下のことが推察できる。

- (1) 人の不適切行動に対する取り組みが全体に弱い組織や、人材の育成を図っていない組織では、Software、Environment に関する局所要因が生じやすい。また、状況把握ができていない組織では、Environment、Liveware (周りの人)、Liveware (本人) に関する局所要因が生じやすい。Environment の局所要因が生じ、Software に関する局所要因が多くなると、能力範囲の逸脱が起りやすくなる。
- (2) 仕組みが弱い組織では、Software、Hardware、Liveware (本人) に関する局所要因が生じやすい。

これらの結果として、Software、Hardware、Liveware (本人) に関する局所要因が多くなったり、Liveware (本人) に関する局所要因が多くなったりすると、知識不足の行動、スキル不足の行動、意図的不遵守が生じやすくなる。

- (3) 管理部門が機能していない組織や、リスク気づいていない組織では、Liveware (周りの人)、Liveware (本人) に関する局所要因が生じやすい。また、トップ・現場を巻き込んでいない組織では、Liveware (周りの人) に関する局所要因が生じやすい。結果として、Liveware (周りの人) に関する局所要因が増えると、意図しないエラーが起きやすくなる。
- (4) トップの関心がない組織では、Software、Hardware、Environment に関する局所要因が生じやすい。また、資料・ツールが不足している組織では、Software、Hardware に関する局所要因が生じやすい。結果として、Hardware に関する局所要因が多くなると、意図しないエラーが起きやすくなる。

のがよいこと、トップに関心を持ってもらうとともに、推進のための具体的な資料・ツールを整備・展開するのがよいことなどが推察できる。

5.2 提案した分析方法の有効性

4章の結果を踏まえて、2章で提案した分析方法と運輸安全委員会による分析方法（従来方法）を比較すると、以下のことが考察できる。

- (1) 提案方法では、不適切行動のタイプを区分した上で局所要因と組織要因の候補リストを用意しているため、局所要因や組織要因の専門知識がない人でも判断が行える。
- (2) 提案方法は複数の事例を横断的に分析し、これらの繋がりを統計的に明らかにできるため、局所要因と組織要因の対応が一对一でないために要因が一つに定まらないという従来方法の欠点を補う上で有効である。

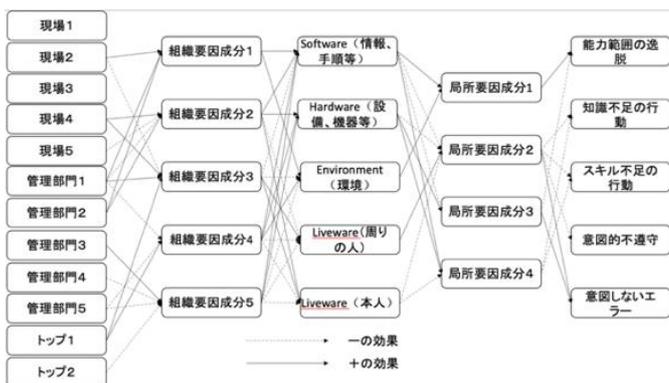
6. 結論と今後の課題

本研究では、航空事故における人の不適切な行動を防ぐために、リーズンのモデルに基づいて人の不適切行動、局所要因、組織要因の関係を体系的に分析する方法を提案した。結果として、2章で提案方法は複数の事例を横断的に分析する上で有効であること、局所要因と組織要因は、それぞれ典型的なパターンを表す少数の成分に集約できること、組織要因の組合せを表す成分と局所要因の組合せ表す成分と人の不適切行動の間には一定の関係があることなどがわかった。

今後の課題としては、より多くの事故事例に対して2章の分析方法を適用し、得られた結果の一般性を確かめることが残されている。また、五つタイプの不適切な行動が多いそれぞれの組織に対して、組織要因を改善するための具体的な対策を明らかにすることも必要である。

参考文献

- [1] J. リーズン著、塩見弘他訳 (1999) : 「組織事故」、日科技連出版社。
- [2] 小松原明哲 (2019) : 「ヒューマンエラー」、丸善。
- [3] 桑名翔・中條武志 (2010) : 人の不適切な行動を防止する活動の弱さを明らかにするためのRCAの手順の提案、「品質」、39巻4号、pp. 104-114。
- [4] 国土交通省・運輸安全委員会 (2019) : 「航空 報告書検索」。



注) 局所要因成分1: Environment (環境) の影響の強さを表す。
 局所要因成分2: Liveware (周りの人) の影響の強さと、Software、Hardware、Liveware (本人) の影響の強さとのバランスを表す軸。
 局所要因成分3: Hardware の影響の強さと、Software の影響の強さとのバランスを表す軸。
 局所要因成分4: Software、Hardware の影響の強さと、Liveware (本人) に関する影響の強さのバランスを表す軸。
 組織要因成分1: 人の不適切行動に対する取り組みの全体的な弱さを表す軸。
 組織要因成分2: 仕組みが弱いのかトップ・現場の巻き込みが弱いのかのバランスを表す軸。
 組織要因成分3: リスク気づいていないのか必要な人材が育成できていないのかのバランスを表す軸。
 組織要因成分4: トップの関心がないのか管理部門が機能していないのかのバランスを表す軸。
 組織要因成分5: 資料・ツールの不足か状況把握の不足かのバランスを表す軸。

図4 不適切行動と局所要因と組織要因の関係

図2より日本全体としては意図しないエラーに起因する事故が多い。これと図4を組み合わせると、日本で起きている航空事故を防ぐためには、管理部門の機能を強化し、トップ・現場を巻き込んで人の意図しないエラーのリスクに対する取り組みを組織的に推進する