

ヒューマンエラーによる失敗・事故の分析手法の提案

A Proposal of an Analysis Method for Failures and Incidents Resulting from
Human Errors

株式会社 日立製作所 研究開発グループ
Hitachi, Ltd. Research & Development Group
○海老澤 竜¹⁾ 内田 吉宣¹⁾
○Ryu Ebisawa¹⁾ Yoshinobu Uchida¹⁾

Abstract System construction and maintenance operations are supported by engineers' hands, and thus incidents result from their manual works. Incidents do not arise from totally new factors, and we think that by accumulating preventive measures based on firm causal analyses, we can prevent most of the incidents before they happen. Based on a method in the medical industry called "Medical SAFER", we have developed an analysis method for failures and incidents resulting from human errors in systems engineering. We have applied the method to actual system engineering incidents, and evaluated its effectiveness. Through interviews, the proposed method was evaluated as solving problems of conventional incident analysis methods to a certain degree.

1. はじめに

SI 事業において、システム構築や稼動維持の作業は SE の手によって支えられており、手作業であるがゆえにヒューマンエラーに起因する事故が発生している。事故は全く新しい要因によって発生しているとは考えづらく、事故の正しい原因分析に基づく再発防止策の立案を積み重ねることで大部分の事故は未然に防げると考えられる。従来の事故分析では「個人・部署間で検討方法・品質が不統一」「対策対象が人に集中しがちになる」「分析工数が足りず、分析品質が低い」などの課題がみられる。

このような課題を解決するために、本稿では医療分野の分析手法を基に開発した SE 事故分析手法を提案する。本手法は、原因分析から再発防止策の立案まで一貫した事故分析プロセスであり、基とした手法に対して分析工数低減のための原因絞込み手順追加と、再発防止策の発想支援の枠組み追加という工夫を加えている。実際の SE 事故に対して提案手法を適用し評価した結果を報告する。

2. SE 事故分析の課題

2.1 一般的な課題

IT プロジェクトにおいて失敗・事故が発生すると、一般的にはプロジェクトの責任部署が組織内の監督部署の指摘・支援を受けながら原因分析と再発防止策（対策）の検討を行い、幹部・上位組織の承認を経て対策実施に至る。ところが多くの場合、原因と再発防止策を報告する形式のみ定まっていてその導き出し方が具体的には決まっていない。責任部署は、報告形式に備わっている記載欄の説明や過去の報告例を参照しながら各々の方法で分析し、報告形式を埋めて報告書

株式会社 日立製作所 研究開発グループ
Research & Development Group, Hitachi, Ltd.

横浜市戸塚区吉田町 292 Tel: 050-3135-3439 e-mail:ryu.ebisawa.st@hitachi.com
292, Yoshida-cho, Totsuka-ku, Yokohama-shi, Kanagawa, Japan

1) 株式会社 日立製作所 研究開発グループ
Research & Development Group, Hitachi, Ltd.

【キーワード：】 ヒューマンエラー、SE 事故、原因分析、再発防止策立案

類を作成している。すなわち、以下の課題がある。

[課題 A] 原因と再発防止策を導き出す方法が決まっていなく、個人・部署で検討方法・品質がばらついている。

特に、効果的な再発防止策がいつも立案されているとは限らず、多くの場合事故の経緯や結果等を記録・蓄積するのみで終わってしまっている。課題 A に対応するためには、事故の背後に存在する要因を明確にする原因追究や再発防止策のアイデアを広く発想するためのプロセスが具体的な手順として定められた事故分析手法が必要である。

また、システム構築等の IT プロジェクトでは、SE の手作業における誤り（ヒューマンエラー）に起因して発生する失敗・事故が少なくない。ヒューマンエラーへの対策を考える場合、安易に人を対象とする対策が量産されがちになる問題がある。例えば、事故の当事者の意識に働きかける類の再発防止策^{[1][2]}である「周知徹底する」「反省させる」「注意喚起する」「教育する」など、効果が限定的な再発防止策が散見される。すなわち、以下の課題がある。

[課題 B] 対策対象が人に集中しがちで、あまり有効な対策が立てられていない

ヒューマンエラーへの対応戦略としては、人自身を変えることよりも人を取り巻く環境（ルール・仕組み）を変えることが効果的とされている^[3]。対策対象が人に偏らず、環境への対策を発想しやすくする工夫が必要である。

2.2 従来手法とその課題

ヒューマンエラーが人命に関わるような業界（航空^[4]、鉄道、医療、電力^[5]等）では、ヒューマンエラー管理の重要性が認識されており、ヒューマンエラーに着目した事故分析手法が開発されている。そのうちの一つに、Medical SAFER^[3]という医療分野の原因分析・対策立案手法がある。Medical SAFER は原因分析と再発防止策立案を通して実現する事故分析プロセスであり、これを採用することで組織内の原因分析・再発防止策立案の方法を統一することができる。

しかし Medical SAFER には、その分析作業自体の負荷が高いという実用上の問題がある。原因分析により見出されたすべての原因について再発防止策を策定するというプロセスになっており、再発防止策の検討負荷が高い。限られた分析リソースで対応しようとする、再発防止策案の数や品質が不十分なものになる。すなわち、以下の課題がある。

[課題 C] 分析作業の負荷が高いため、分析工数が足りなくなり分析品質が高められない

課題 C に対応するためには、分析品質を極力低下させずに分析負荷を下げる工夫が必要である。

3. SE 事故分析手法

3.1 SE 事故分析手法の概要

Medical SAFER を基に上記課題 A~C を解決した事故分析を実現する SE 事故分析手法を提案する。開発した手法は、大きく分けて原因分析と再発防止策立案の 2 部分からなる一貫した事故分析プロセスであり、5 つの分析ステップで構成されている。現場 SE が統一的に実施できるように分析の実施方法を説明する手順書と、それぞれの分析ステップに対応するワークシートをスプレッドシートアプリケーションのファイルとして整備し、課題 A に対応した。

SE 事故分析手法の 5 つの分析ステップの概要を表 1 に示す。

SE 事故分析手法の Medical SAFER にはない工夫点としては、以下 2 点が挙げられる。

- 再発防止策の発想をマトリクス状の形式で支援：
事故主要因子に対して再発防止策を考えるステップ 4 において、対策対象「何に」と対策方針「どのような」という対策発想マトリクスの 2 軸を提示し、発想を膨ませやすくする。特に対策対象について明示的に検討することを促すことで、対策対象が人に偏らず、作業環境・仕組みにまで広がるように誘導する（課題 B に対応）。
- 原因絞込み作業（ステップ 3）を追加：
ステップ 2 までで広く探索した原因すべてについて、それぞれの原因に対してその重要度を鑑みることなく再発防止策の案を発想する（ステップ 4）のではなく、優先度を考慮して再発

防止策を検討する対象を絞り込むことで、全体としての分析工数を低減することを狙う（課題Cに対応）。

表1 SE 事故分析手法の概要

分類	ステップ (S)	分析作業概要
原因分析	S1: 事実の把握・確認	事故前後の事象、事象間の関係を整理し、事故につながった事象や事故対応状況を把握
	S2: 要因分析	事故につながった事象の背後に存在する要因を広く推定・探索
	S3: 主要因子特定	優先的に対策を立てるべき事故主要因子を特定
再発防止策立案	S4: 対策発想	事故の主要因子に対応する対策案を広く発想
	S5: 対策案の評価	発想した対策案を評価し、優先的に実施する対策を決定

SE 事故分析技術の5つの分析ステップのそれぞれの詳細について、次節以降に説明する。

3.2 ステップ1: 事実の把握・確認

ステップ1は、事故に関係する事実（事象・作業・条件等）を整理し状況を把握することが目的である。このステップでは、上部に並んだ関係者の下に時系列に沿って事象が並べられた「時系列事象関連図」を作成する。ステップ1が終了すると、事故とその直接原因、問題事象、事故発生前後の事象が整理された状態となる。

ステップ1は以下の4つの作業からなる。図1は、時系列事象関連図を表す。

- 関係者の特定
事故に関連する事象に関わる人物・組織を挙げる。
- 事故、事故直接原因の特定
事象（最終的に発生した望ましくない事象）を通し番号つきで記入する。また、事象の直接原因を吹き出して記入する（対応する事故番号を併記）。
- 事象の整理
事故に関連した具体的な事象とその発生日時、事象の相互関係をあらかず矢印を記入する。時系列に沿ってまず事故の作りこみから事故事象前後までを整理し、その後全体像を固めることで詳細度を高めていく。
- 問題事象の特定
整理した事象の中から問題事象（直接原因と結び付けることが可能な、本来望ましい状態・通常状態からの逸脱がある事象）を複数特定し、問題事象番号を付与する。

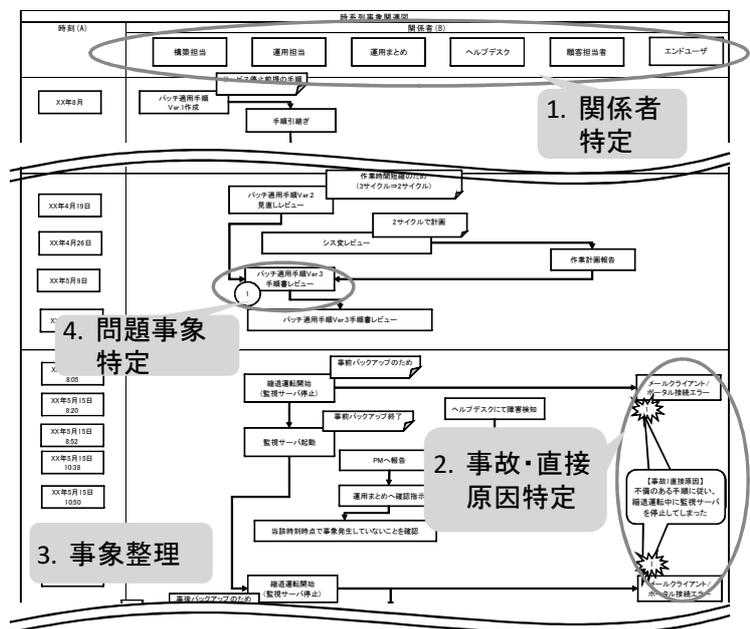


図1 時系列事象関連図

3.3 ステップ2: 要因分析

ステップ2は、事故の直接原因から原因と結果の連鎖を遡り、背後に存在する要因を広く推定、事故の要因を可能な限り漏れなく抽出することが目的である。このステップでは、事故の背後要

因がその因果関係に応じて木構造（要因ツリー）上に配置された「背後要因関連図」を作成する。ステップ2が終了すると、事故の直接原因に対し、その背後に存在する要因が広く挙げられた状態となる。

ステップ2は以下の3つの作業からなる。図2は、背後要因関連図を表す。

1. 要因チェーンの作成

要因ツリーの一部を成し、要因ツリー作成の足がかりとなる要因チェーン（事故の直接原因を左端とし分岐のない要因の連なり）を作成する。まず、事故直接原因を左端に並べ、その各々についてステップ1で作成した時系列事象関連図から（間接的にでも）関係のある問題事象を一つずつ選択し、右端に配置する。そして、各々の要因チェーンの右端の問題事象と左端の直接原因の間に存在する隠れた要因を検討し挿入する。

2. 要因ツリーの作成

以下、時系列後方の直接原因を含む要因チェーンから順に背後要因を探索する対象とする。

要因チェーンを構成する要因の各々につき、その背後の要因を検討し当該要因の右側に挿入する。この過程で要因チェーンが右方へ延長されたり、分岐したりする。また、ステップ2で未使用の問題事象や他の要因チェーンが背後要因であるかも各段階で検討する。

3. 根本要因の抽象化

要因ツリー右端の根本要因を抽象化（分析対象ケースだけに限定されず、他の類似のSE作業一般に当てはまる表現に変換）する。

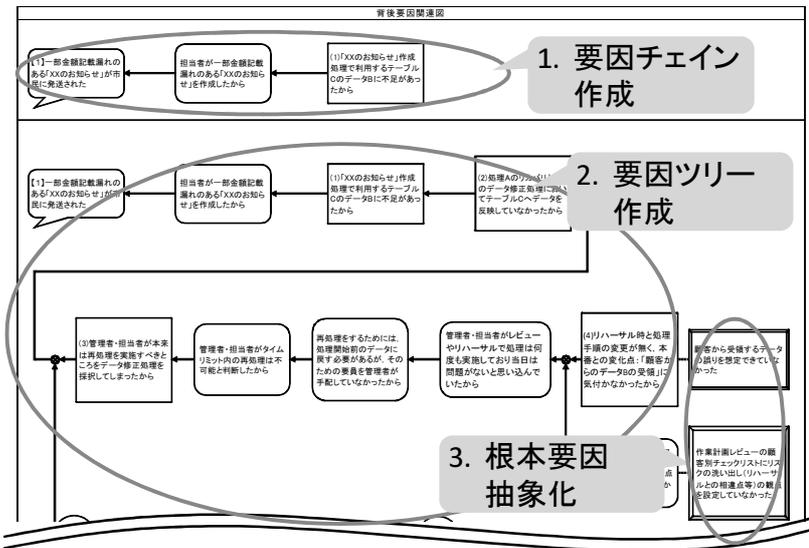


図2 背後要因関連図

3.4 ステップ3: 主要因子特定

ステップ3は、広範に挙げられた根本的な背後要因から、優先的に対策を立てるべき要因（主要因子）を特定することが目的である。このステップでは、背後要因のそれぞれについて事故寄与度を対応付けた「要因評価表」を作成し、対応優先度を決める。ステップ3が終了すると、ステップ2で挙げられた背後要因から主要因子が特定された状態となる。

ステップ3は以下の4つの作業からなる。図3は、要因ツリーの事故重大度と背後要因の寄与度を、表2は要因評価表の例を表す。

1. ツリーごとの事故重大度設定

各々の要因ツリーに対して重大度を設定する。重大度は左端の事故直接原因で発生する事故の重大性を評価して数値化する。全ての要因ツリーに対する重大度の合計が、100%となるように重大度を割り当てる。

2. 背後要因の寄与度設定

要因ツリー内の全分岐において、分岐元背後要因に対する分岐先背後要因の寄与度を、分岐毎に寄

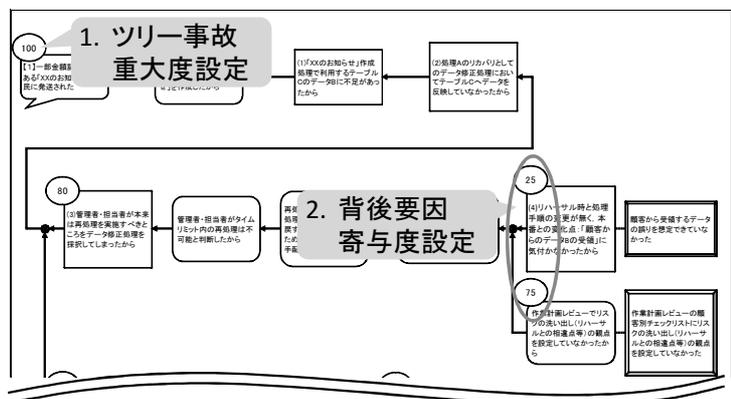


図3 事故重大度と背後要因寄与度

与度の合計が 100%となるように割り当てる。

3. 根本要因の事故寄与度算出

要因ツリー右端にある要因（根本要因）の事故寄与度を算出する。これは要因ツリーの重大度と、各根本要因に到るまでの分岐に記入した寄与度の掛け算として算出される。根本要因の事故寄与度は、全ての根本要因について合計すると 100%となる。

4. 主要因子の特定

寄与度が大きい根本要因から順に主要因子（対策を立てるべき根本要因）とする。どの根本要因までを主要因子とするかについては任意である。例えば、事故寄与度の合計が 70%を超えるところまで等とする。

表 2 要因評価表

根本要因	事故寄与度	主要因子
～変更した	42.0%	Yes
～やめた	12.6%	Yes
～判断した	1.8%	No
～怠った	3.6%	No
...

3.5 ステップ 4：対策発想

ステップ 4 は、事故の主要因子に対して、その実現可能性や効果の大小にとらわれずに、対策の案を広く発想することが目的である。このステップでは、縦横に配置された発想支援項目をもとに発想した対策が埋まった「対策発想マトリクス」を作成する。ステップ 4 が終了すると、主要因子に対して「何に」「どのような」対策をするかという対策の案が、広く発案された状態となる。

ステップ 4 は以下の作業からなる。図 4 は、対策発想マトリクスを表す。

どのような (5)	何に(6)					
	(1)【作業対象】 機器、プログラム、 ファイル、パラメータ	(2)【提示される情報】 手順書、マニュアル、 チェックリスト	(3)【周囲の人物との関係】 上司、同僚、 顧客担当者	(4)【環境】作業環境 空間(広さ、明るさ、温度)、 時間(長さ、時間帯)	(5)【管理】 契約、規則 業務手順、作業設計	(6)【本人】 作業者自身の 技術、意識、知識
1) エラーを伴う作業を減らす 「やめる、代替手段採用」 例: ・作業の凍止・部分凍止 ・自動化、代替作業へ置き換え ・リスク作業を短縮/作業に分割 ・時間、空間をずらすことで危険排除	対策対象: 「何に」					
2) エラーを伴う確率を低減する 「できないようにする、分りやすくする、やりやすくする」 例: ・エラーメッセージ、決められた作業に限定 ・異常値を設定不可能化 ・識別、判断、記憶を助ける ・作業のやり直しを排除 ・効率化/手段の投入	対策方針: 「どのような」					
3) 多量のエラー検出策を設計 「検出する」 例: ・機械的検査 ・ソフトウェア開発者視点設計 （実装が自立/自動化） ・多量のチェック体制						
4) エラーに備える 「見える」 例: ・組織的対応準備 ・保険掛準備						

2軸を参照し、対策案を発想

図 4 対策発想マトリクス

各々の主要因子に対して、対策発想マトリクスの 2 軸（「何に」「どのような」）を参照しながら再発防止につながる対策を発想し、対策案を該当するセルに記入する。

対策対象（「何に」）については、発想支援項目として m-SHELL に相当する表 3 の 6 項目を利用する。対策方針（「どのような」）については、発想支援項目として 4STEP/M に相当する表 4 の 4 項目を利用する。

例えば、対策対象を「作業対象」とし、エラーを伴う作業を「やめる」という対策方針で対策を発想するという事は、当該作業の機械的な自動化策を考えることなどに相当する。同様に対策対象と対策方針の組み合わせを変えながら、実現可能性等の制約は一度忘れて、対策の案を広く発想する。

表3 対策対象の発想支援項目：m-SHELL

m-SHELL	意味	対象例
m	管理	契約、規則、業務手順、作業設計
S	提示される情報	手順書、マニュアル、チェックリスト
H	作業対象	機器、プログラム、ファイル、パラメータ
E	環境	空間（広さ、明るさ、温度）、時間（長さ、時間帯）
L-L	周囲の人物との関係	上司、同僚、顧客担当者
L	本人	作業者自身の技術、意識、知識

表4 対策方針の発想支援項目：4STEP/M

4STEP/M	意味	方針例
minimum encounter	機会最小：エラーを伴う作業を減らす	やめる、代替手段採用
minimum probability	確率最小：エラーをする確率を低減する	できないようにする、分かりやすくする、やりやすくする
multiple detection	多重検出：多重のエラー検出策を設ける	検出する
minimum damage	被害最小：エラーに備える	備える

3.6 ステップ5：対策案の評価

ステップ5は、発想した対策案を評価し、優先的に実施する対策を定めることが目的である。このステップでは、評価基準とその重要度を設定しこの同一評価基準にて全ての対策案を並行評価した「対策案評価表」を作成する。ステップ5が終了すると、優先的に実施すべき事故再発防止策が立案できた状態となる。

ステップ5は以下の3つの作業からなる。表5は対策案評価表の対策案評価部分を、表6は対策決定部分を表す。

1. 評価基準の設定

評価項目とその重要度を設定する。例えば、コストや効果、実現可能性等が評価項目になりうる。

2. 対策案の評価

各々の対策案を評価する。好ましい評価ほど数値が大きくなるようにする。対策案に関する問題点や制限事項、注意事項等を備考に記入する。

3. 優先実施策の決定

優先対策を選定する。総合評価（重要度で重み付けした評価の平均値）の大小のみで決定するのではなく、備考や既存施策との関係、対策案の包含関係等も考慮する。さらに、優先対策の選定理由、対策の担当者・部署、実施期限を決定する。

表5 対策案評価表（対策案評価部分）

対策案	評価基準			備考	総合評価
	項目 a	項目 b	項目 c		
	30	25	45		
A	5	2	4	...	3.8
B	2	4	4	...	3.4
...					

表6 対策案評価表（対策案決定部分）

優先実施対策	選定理由	担当者・部署	期限
A	...だから	××	2017/12
D	...だから	**	2018/3

4. SE 事故分析手法の適用と評価

提案手法を実際のSE事故に対して適用し、その効果を定性的に評価した。具体的には、分析を

実施した9名のSEに対してヒアリングを実施した。主要なヒアリング結果について、以下に説明する。

まず、「自動的に分析ができるわけではなく、頭は使わないといけないのは従来と同じであるが、どのように頭を使えばよいのかがガイドされているので分析が進めやすい。」や、「要因探索が分岐によって広域化・可視化される。また全体として、可視化された分析過程により議論が広がる。」という意見が挙げられた。課題Aに対応するため原因と再発防止策の導出手順をステップ毎に規定しワークシート化したのが、これが個人・部署間のばらつき防止だけではなく、可視化とそれによる議論の広がり促進としてもプラスに評価された。課題A自体については、現場への試験的な導入を経て手法の有用性が示されれば他現場展開や標準化が加速し、解決されるものと考えられる。

また、「対策発想マトリクスの2軸が良い発想支援になる」との意見も挙げており、再発防止策案の質が向上するという適用現場の感触を得られた。実際、提案手法で発想された再発防止策案をみると、従来よりも対策対象が環境的要因に向かう傾向が強まっており、「周知徹底する」や「注意喚起する」等の人を対象対象とするあまり有効ではない対策が減る傾向がある。これは、対策発想マトリクスの対策対象軸として提示される6項目のうち、人の要素が含まれているのは2項目(LおよびL-L)だけで残りの4項目はルール・仕組み等の人を取り巻く環境に対応しているためであると考えられる。すなわち、提案手法は課題Bに対して効果があると考えられる。

一方で、「小規模な事故に対して分析の全工程を実施すると工数が大きすぎる」との意見も挙げられた。事故の規模等に応じて原因分析・再発防止策立案に割けるリソースは大小さまざまであり、比較的小さな失敗・事故に対して実施するには提案手法の負荷が大きすぎるのが分かった。ただし提案手法で追加したステップ3に関して、「根本原因の絞り込みは、事故分析リソースのかけ方として合理的である」との意見も挙げており、提案手法は課題Cに対する解決の効果もあると推察される。

さらには、「分析実施後の満足度が従来よりも高まった。失敗の分析は後ろ向きになりがちだが、本手法では楽しくできた。」との意見も挙げられた。これは副次的な効果ではあるが、提案手法によってチームで議論しながら分析に取り組むことができ、モチベーションの面でメリットがあると考えられる。

現在、提案手法は少しずつ適用が始まり効果が出始めている。一つの事業部門においては、月次の全体会議において事故分析・報告のために本手法が採用されている。また個別に本手法を採用したある部署では、導出した再発防止策により適用開始以降の約3年間のトラブル事象を、(従来頻度では10件程発生していたところを)0件に押さえることができています。

5. おわりに

5.1 結論

提案手法によって、従来の事故分析の課題に対して一定程度の解決ができたものとする。

まず、原因・再発防止策を導出するための方法が規定されていないという問題(課題A)については、分析方法を規定し手順書・ワークシートを整備することで対応しており、今後組織的内で評価され展開・標準化を進めることで解決できるものと見込む。その過程で手法・ワークシートの改良や運用上の課題解決にも取り組む必要がある。

また、対策対象が人に集中しがちという問題(課題B)については、対策発想マトリクスにおいて対策対象を作業環境・仕組みにまで広がるように誘導することで対応した。実際に対策が人に集中しない傾向が見られるようになり、適用現場では再発防止策の質が向上したという実感が得られていた。

そして、分析工数が足りず、分析品質が高められないという問題(課題C)については、原因絞り込みフェーズを追加し、探索した原因すべてについて再発防止策を検討しないように手順を設計し対応した。実際に分析を実施したSEのヒアリングでは、この対応について合理的であるというフィードバックがあった一方、比較的小規模に分析を実施したい場合には、全工程を実施すると工数が大きいとの意見がでた。ステップを追加した分、見た目の工数が増えてしまったことも原因であると考えられる。

5.2 今後の展開

今後の展開としては、適用評価で明らかになった、小規模分析向けとしては分析工数が大きいという問題に対応することが考えられる。解としては、分析の一部を修正し負荷を低減するとともに、分析の核心部分のみ実施する簡易版分析手順を整備することが候補となる。分析に必要な工数と分析の詳細度にはトレードオフの関係があると考えられるが、これらの異なる選択肢を準備することで分析に割けるリソースと所望の分析詳細度に応じて手順を選択できるようになり、問題に対応できると考えられる。

また、提案手法はSE事故分析のために開発したものではあるが、いくらかのカスタマイズを実施することで他分野（例えば、ヒューマンエラーに関連するソフトウェア品質の問題）への適用も可能であると考えられる。詳細な検討は今後の課題ではあるが、対策発想マトリクスの2軸は適用対象分野の事故・失敗事例分析をすることで構成できるものと思われる。

参考文献

- [1] Reason, J., *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashgate Publishing, 1997
- [2] Salvendy, G., *Handbook of Human Factors and Ergonomics 4th ed*, John Wiley & Sons, 2012
- [3] 河野龍太郎、*医療におけるヒューマンエラー*、医学書院、2004
- [4] Edwards, E., *Introductory overview: Human factors in aviation*, Academic Press, 1988
- [5] Takano, K, Sawaragi, K & Kabetani, T., *System for analyzing and evaluating human-related nuclear power plant incidents*, *J. Nucl. Sci. Tech.*, 31, 9, pp. 894-913., 1994