

大規模ミッションクリティカルシステムにおけるトラブル再発防止管理事例

- トラブル多発時の包括分析手法の提案と適用事例紹介 -

The case study of trouble recurrence prevention management in a large-scale mission-critical system

- The proposal of a comprehensive analysis method for many troubles and the case study -

株式会社 NTT データ

NTT DATA Japan

掛川 悠

Yu Kakegawa

Abstract Various troubles occur in the system development project. Therefore, in order to operate the system stably, it is necessary to formulate appropriate measures to prevent recurrence of problems and to improve quality. However, the analysis necessary to prevent it is unrefined and difficult. In particular, this tendency becomes more pronounced in large-scale mission-critical systems due to the diversity of members and development processes. In fact, troubles in social infrastructure systems have not disappeared even in recent years. Therefore, in this paper, we have summarized the points for preventing the recurrence of troubles cultivated over 10 years of development of large-scale mission-critical systems, and focused on analyzing the causes of frequent troubles, which is difficult.

1. はじめに

社会のデジタル化に伴い、それを支えるインフラシステムはますます重要性を増している。一方で、その開発・維持を担うプロジェクト（以降、PJ と略記）運営には様々なトラブルが付きまとう。従って、システムを長期にわたり安定運用するためには、トラブルに対する適切な原因分析と再発防止策の実行が求められる。実際、社会的なインフラシステムのトラブルは昨今でもなくなっておらず、その意味でトラブルの再発防止は古くて新しい課題といえる。

再発防止のためのトラブル分析の先行研究としては、トラブルに至った経緯を整理する手法としてバリエーションツリー分析法（Variation Tree Analysis:VTA）やいきさつダイアグラムといった手法が提案されている。VTA はトラブルに至るまでの事象を時系列に記述する分析法^[1]である。いきさつダイアグラムは、トラブルに至るまでのいきさつ（経緯）を、エラー/困った現象、要因ごとに順序立てて示す比較的簡易な分析法^[2]である。そして、経緯の整理で判明した問題の原因分析手法としては、なぜなぜ分析、リファレンスリスト法（Performance Shaping Factors:PSF 法）等が提案されている。なぜなぜ分析は問題に対して「なぜ」を繰り返すことで根本原因を探る分析手法である^[3]。PSF 法はトラブルの要因になりそうな項目を予めリスト化したものを用いた要因抽出手法である^{[2][4]}。

さて、これらの分析手法は個々のトラブル分析を網羅的かつ精緻に行うために利用されることが多いが、稼働面を考慮しても全てを理論通りに実践するのは非現実的なケースも多い。従って、実PJ への適用に際してはPJ 特性を踏まえた様々なテーラリングが求められる。とりわけ、大規模ミッションクリティカルシステムへの適用にあたっては、以下の課題を克服する必要がある。

- ・ **【課題1】** 全てのトラブルに対してスピードと質を両立した分析を徹底し続けるのが難しい
ミッションクリティカルゆえ、全トラブルに対して一定のスピード感をもって適切な再発防止を立案・実行することが求められる。一方、大規模ゆえ一定数のトラブルは常に発生するが、多数の要員

株式会社 NTT データ モバイルビジネス事業部

Mobile Business Division , NTT DATA Japan

東京都江東区豊洲 3-3-3 Tel: 03-5546-8202 e-mail: Yu.Kakegawa@nttdata.com

3-3-3, Toyosu, Koto, Tokyo Japan

【キーワード】 トラブル再発防止、なぜなぜ分析、包括分析、ミッションクリティカルシステム

を抱え、また要員入れ替えも頻発するため、分析のノウハウや運用を持続可能なプロセスとして整備しない限り、一定レベルのスピードと質を保った分析を徹底し続けるのが難しい。

- ・ **【課題2】** トラブル多発の原因分析をスピードと質を両立した形で実施するのが難しい
 多様な開発手法・ツールを駆使しつつ、多数のグループが相互に連携しながら多数の開発案件、維持管理業務を遂行する中で、特定の案件や時期に偏ってトラブルが多発した場合、多発の原因（各トラブルの共通要因）をスピード感をもって見出すのが難しい。

本課題に対する対応事例として、筆者は所属する大規模ミッションクリティカルシステムの10年以上にわたる開発・維持で培われたトラブルの再発防止ノウハウを整理し、個別トラブルに対するなぜなぜ分析のテーラリングとトラブル多発時の包括分析を提案した^[5]。ただ、該当の提案^[5]は、各分析の目的、概要、ポイントといった考え方の大枠の提示に留まっていたため、本稿では背景となる基本的な考え方を明らかにし、更に分析・運用上の工夫点、具体的な分析観点、そして、包括分析の適用事例を踏まえた考察等を加えることで、上記課題に対してより具体的かつ実践的な提案を試みた。

2. プロジェクトの概要

2.1 システム特性

対象システムは数千万ユーザを抱える通信基盤システム（以降、当システムと呼ぶ）で、母体規模は数十Mstep、24時間365日無停止、高品質/高SLAが求められるいわゆる大規模ミッションクリティカルシステムである（図1）。

2.2 プロジェクト特性

当システムの開発・維持を担うPJ（以降、当PJと呼ぶ）は開発/インフラ/各種共通系グループ合わせて常時1000人以上の要員を抱える大規模PJである。アプリケーション開発は主にウォーターフォール型で年4回以上の機能追加開発を行っている（近年はアジャイル開発も増加傾向にある）。また、商用環境における維持管理作業は1カ月あたり数百回あり、アプリケーションや製品リリース、環境設定値の変更、製品・OSパッチ適用等多岐にわたる作業を実施している。

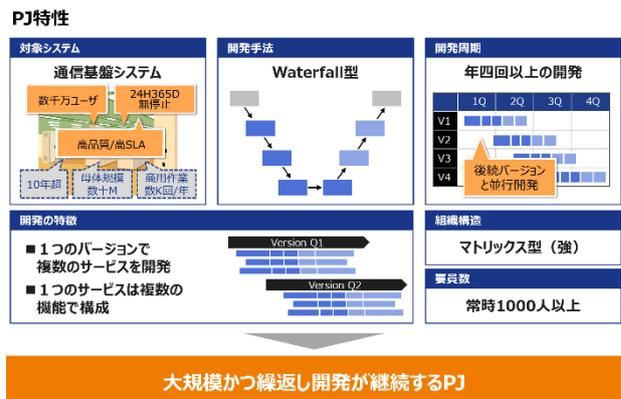


図1 システム・PJ特性

3. 大規模ミッションクリティカルシステムにおけるトラブル再発防止プロセス事例

当PJのトラブル再発防止プロセスについて論じる。

3.1 再発防止プロセスの全体感

PJには様々なトラブルが発生する。商用トラブルを例にとると、APバグ、環境設定値誤り、商用維持管理作業におけるオペレーションミス等、様々なシステム関連のトラブルが存在する（以降、トラブルとはこうしたシステム関連の商用トラブルを指す）。

そして、トラブルに対して適切な再発防止策を導くための原因分析として、当PJでは個別トラブルに対する現場レベルの分析とトラブル多発時のPJレベルの分析は発生頻度、分析主体、分析観点の違いを踏まえて分けて考えている（図2）。

具体的には、前者に対しては主にテーラリングしたなぜなぜ分析、後者に対しては包括分析（本稿の提案手法）という分析手法をとっている。両者の関係性として、まずは頻度の多い前者を適切に回すことを第一に考え、それを前提に後者を設計している。なお、本稿では主に商用トラブルの再発防止について論じるが、開発中のトラブルに対しても基本的な考えは同じである。

3.2 個別トラブルのなぜなぜ分析

当PJではトラブル1件1件に対する原因分析としてなぜなぜ分析をテーラリングして実践している。本節では、当PJの個別トラブルの分析課題を述べ、続いてそれに対する分析、運用上の工夫点を説明する。

3.2.1 当PJにおける個別トラブルの分析課題

- ① **【課題1】** 全てのトラブルに対してスピードと質を両立した分析を徹底し続けるのが難しい
 ➡ **【基本】** 個別トラブルの分析 -なぜなぜ分析- (テーラリングあり) -
- ② **【課題2】** トラブル多発の原因分析をスピードと質を両立した形で実施するのが難しい
 ➡ **【応用】** トラブル多発時の分析 -包括分析-

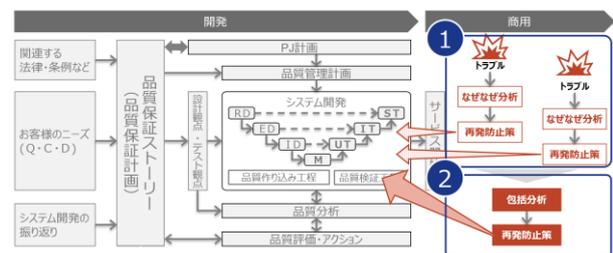


図2 再発防止プロセスの全体感

個々のトラブルに関して、当PJには以下の特徴がある。

- ・ 大規模PJゆえPJ全体で見ると常時一定量（月10件以上）のトラブルが発生する（大半はサービス影響なしもしくはあっても軽微なもので、PJ運営としてはコントロール範囲内）
- ・ ベースとなる開発管理プロセスは整備済みのため、大半のトラブルは現場レベルの問題に起因する
- ・ トラブル発生から概ね2週間程度で根本原因に基づく再発防止策立案を求められるが、維持管理専任の体制はなくトラブル分析は開発メンバが計画外作業として対応している。また、多数の要員を抱え、要員入れ替えが頻発する中でも一定レベルの質を保った分析が求められる。

つまり、多数の要員/頻発する要員入れ替え/限られたリソースといった体制制約の中で、全てのトラブルに対してスピードと質を両立した分析をいかに徹底し続けるかが課題になる（前述の課題1）。

3.2.2 なぜなぜ分析の目的

当PJにおけるなぜなぜ分析の目的は、個々のトラブルに対して有限の期間/コストで最も費用対効果の高い対策を見つけることにある。

3.2.3 なぜなぜ分析の観点とポイント

なぜなぜ分析は非常に汎用的な手法である一方、なぜなぜを繰り返していくと枝分かれが多く、複雑な分析となり、最終的に的確な再発防止策を導けないケースがある。そこで、個々の分析の質とスピードを保つための施策として、なぜなぜ分析の3ステップ（以下のSTEP1~3）を定め、それを所定様式に落とし込むことで、全分析者がこのステップに沿った分析を行えるようにした。

STEP 1: 基礎情報の整理（トラブル事象・処置内容・混入工程/要抽出工程/混入バージョン等）

STEP 2: ヒアリングによる原因追及

分析観点を作り込み/レビューすり抜け/テストすり抜けの3つに絞り、各観点ごとになぜを複数回繰り返して根本原因（プロセス・仕組み/ツール/材料の問題）を探る。分析は現物・現場・現実の3現主義で実施し、トラブルに至るまでの事象の流れや因果関係を図示することで関係者の意識齟齬をなくすようにしている（必要に応じてVTA等の考え方も取り入れるイメージ）。

STEP 3: プロセス改善と横展開

根本原因の裏返しで再発防止策（プロセス改善）、横展開を立案し、合わせて対象機能、実施スケジュールも明記する。

最も大切なのは、STEP2の原因追及で、「人」以外の原因を見つけてプロセス改善に繋げる点で、これにより、人に依存しない仕組みとして再発防止が図られる。当PJでは、分析の質の向上を目的に、NG事例集を作成し、ポイントごとにNG事例/NG理由/正しい考え方を整理している（図3）。

カテゴリ	なぜなぜ分析の注目ポイント例	
作り込み	<ul style="list-style-type: none"> ・ 意味が何だか分からないの？ ・ なぜ悪いんだの？ ・ やるべきことが決まってないのでは？ ・ そもそもプロセスを守って作業したの？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対策を決めてから原因に結び付けてない？ ・ 担当者目録での追求を。構定はダメ ・ 当たり障りのない言葉で逃げてはダメ ・ 今までうまく行っていたには理由があるはず
レビューすり抜け	<ul style="list-style-type: none"> ・ 正しいレビューとは何？ ・ 何を根拠にOKしたの？ ・ レビューの問題にしてはいけない 	
テストすり抜け	<ul style="list-style-type: none"> ・ 考慮不足で終わらせてはいけない ・ 試験項目が抜けたい理由は？ 	
再発防止策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対策が曖昧 ・ 現実的にできず、続けられる？ ・ 禁句（周知、徹底） ・ チェックを重ねてもムダ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ グループ間の責任分担を決めよう ・ 対策は罫ではない。 ・ 原因分析に基づきポイントで対策を
横展開	<ul style="list-style-type: none"> ・ 横展開って何？ ・ 原因分析ができていないから範囲が絞れない ・ 他のグループにも横展開すべき問題 	

図3 なぜなぜ分析 NG事例集の注目ポイント例

3.2.4 トラブル分析会議とその実行管理

トラブルが発生すると、開発グループは前述の観点に沿って分析を行い、マネージャ+品質管理グループによるレビュー（トラブル分析会議）実施後に顧客へ報告する。全トラブルの分析状況をチケット管理システムで一元管理し、定期的に監視・督促を行うことでこの運用を徹底している。

3.2.5 当PJのなぜなぜ分析の効果と弱点

個々のトラブルに対して前述の観点でなぜなぜ分析を徹底すると、導かれる根本原因は必然的にプロセス問題に帰着し、再発防止策も人に依存しないプロセス改善になるため、この運用は一つの完成形と言える。一方、顧客が求める分析スピードや稼働制約により、改善の費用対効果が低いと思われるその他の原因は暗黙的に除外されることになり、これがトラブル多発時の分析を難しくする。

3.3 トラブル多発時の包括分析

本節では、トラブル多発時の分析として包括分析という手法を提案する。まず背景、分析概要を述べた後、よくある失敗を取り上げ、包括分析のポイント及びその実践例、考察の流れで説明する。

3.3.1 包括分析が必要になった背景

頻度は少ないが（数年に1回程度）、特定の案件や



図4 包括分析が必要なケース

時期に偏ってトラブルが多発し、QCD 影響を伴う PJ レベルの問題に発展することがある。この際、再発防止に向けてスピーディに精緻な分析が求められるが（図 4）、前述の体制制約の中、トラブルごとの分析（なぜなぜ分析/VTA 等）だけでは顧客の求めるスピード感に満たず、適切な結論に辿り着けないことが殆どであった（前述の課題 2）。そこで包括分析を導入した。

3.3.2 包括分析とは

個々のトラブルのなぜなぜ分析では、基本的に該当トラブルに閉じて分析を行う。一方、トラブル多発時は、多発に至った共通的原因が潜んでいることが多いため、個々のトラブルの分析とは別に複数のトラブルの関係性に着目した包括的な分析を行う必要がある。以降、このような分析を包括分析と呼ぶ（図 5）。

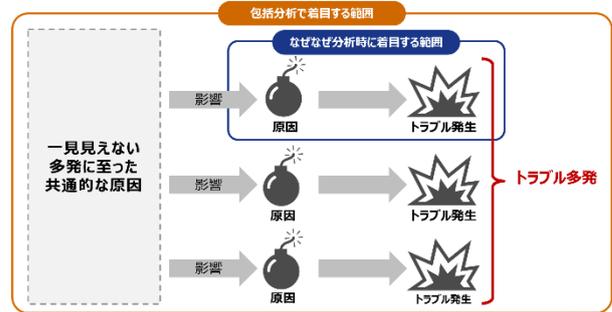


図 5 包括分析とは？

3.3.3 トラブル多発時の包括分析の目的

包括分析の目的はトラブル「多発」の原因を明らかにして、多発を防ぐために最も費用対効果の高い再発防止策を見つけることにある。

3.3.4 包括分析の流れと本稿の対象

包括分析は、①分析対象トラブルの特定→②原因分析→③再発防止策の立案の 3 ステップで進めるが、本稿は最も大事な②に焦点をあてる。

3.3.5 トラブル多発の原因分析における失敗例

トラブル多発の原因分析の失敗例をあげる。

◆ケース 1：トラブル起因の分析しかせずトラブル多発の原因分析ができていない

○できていること：なぜなぜ分析で見出した各トラブルの根本原因の共通性を探る分析（以降、ボトムアップ分析（図 6 下段））はできている。

○できていないこと：トラブル多発の原因分析ができていない。ボトムアップ分析では複数のプロセス不備でトラブルが生じたことはわかるが、それらがなぜ今回に限って同時多発的に顕在化したのか、つまり多発理由が説明できない。

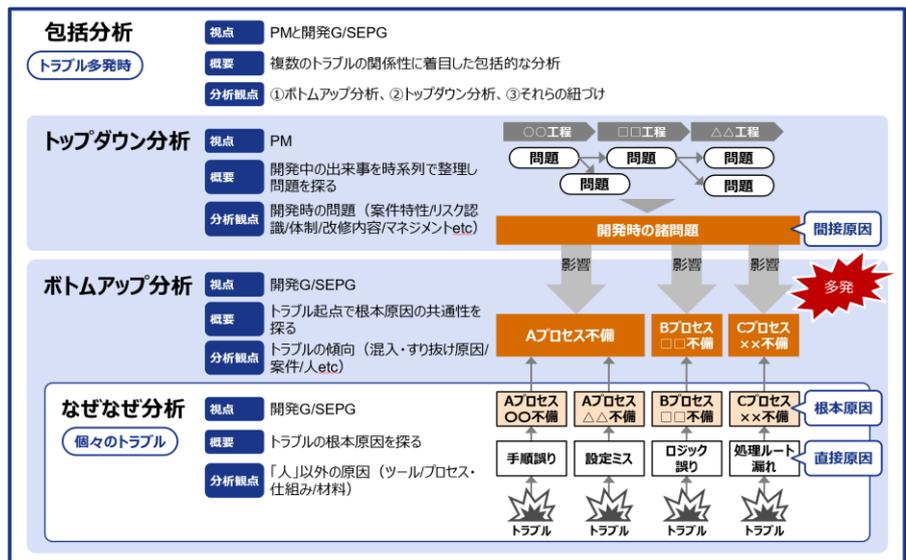


図 6 包括分析の原因分析の全体感

1 件のトラブルには複数の原因が絡むことが多く⁶⁾、間接原因（トラブルに直結しないが、根本原因の顕在化に影響する間接的な原因）で顕在化する根本原因もあるが、この分析ができていない。

◆ケース 2：仮説ベースで分析した開発時の問題とトラブルの因果関係が検証できておらず、的外れな対策を立てる

○できていること：各トラブルの根本原因とは切り離して開発時の問題を調査し多発の原因を探る分析（以降、トップダウン分析（図 6 上段））と呼ぶ）はできている。

○できていないこと：トップダウン分析で判明した開発時の問題と各トラブルとの因果関係の検証ができていないため、分析が仮説で止まっている。

3.3.6 包括分析における原因分析のポイント

前項を踏まえると、包括分析の原因分析の全体感は図 6 のようになり、ボトムアップ分析、トップダウン分析、それらの紐づけの 3 つ全て（表 1）を実行することがポイントになる。

表 1 包括分析の原因分析の構成要素

	①ボトムアップ分析	②トップダウン分析	③ボトムアップ/トップダウンの紐づけ
--	-----------	-----------	--------------------

視点	開発グループ/SEPG	PM 層	PM 層と開発グループ/SEPG
概要	各トラブルのなぜなぜ分析で見出した根本原因の共通性を探る	開発中の出来事を時系列で整理しトラブルの間接原因（開発時の問題）を探る	トップダウン分析で見出した間接原因がボトムアップ分析で見出した根本原因の顕在化にどう影響したかを明らかにする

トップダウン分析は各トラブルとは切り離して PM 目線で開発時の問題を明らかにするのが大きな特徴で、案件特性を踏まえた当初のリスク認識と対策、開発中の想定外作業とその影響及びマネジメント状況、更には過去開発との比較、技術的負債の程度等、時系列整理も含めた多角的な観点で問題点を洗い出す。この点が比較的現場目線で時系列経緯を明らかにする VTA 等の既存の事象整理手法と異なる。当 PJ における具体的な分析観点例を図 7 図 8 に示す。

ボトムアップ分析観点例

- 視点** 開発G/SEPG
- 概要** トラブル起点で根本原因の共通性を探る
- ポイント** 「人」以外の原因（ツール/プロセス・仕組み/材料）を見つけてプロセス改善を改善する

分析観点	観点例
トラブルの発生傾向	案件、開発グループ、機能
トラブルの発起原因傾向	混入工程、混入プロセス、設計・製造担当者、混入原因
トラブルのレビューすり抜け原因傾向	レビュー、レビューすり抜け原因
トラブルの試験すり抜け原因傾向	工程、観点、試験項目作成者、試験担当者、抽出不可原因

図 8 ボトムアップ分析の観点例

3.3.7 包括分析における原因分析の実践例

全 14 件のトラブル（AP バグ）を対象とした包括分析例を示す。各トラブルのなぜなぜ分析は実施済みの前提で、ボトムアップ分析→トップダウン分析→それらの紐づけ→効果測定の際に見ていく。

(1) ボトムアップ分析

14 件のトラブルの根本原因傾向を分析したところ、以下の 4 つのプロセス問題に偏りが見られた。

- ① 設計時の新規参画者への教育プロセス
- ② 総合試験で判明した性能課題への対応
- ③ 検証環境の資材変更管理プロセス
- ④ 試験の不具合管理プロセス

この結果だけでも原因分析として一定の成果は出ている。しかし、これらの問題がなぜ今回の開発に限って同時多発的に顕在化したのか、つまり「多発

の理由」がボトムアップ分析だけでは説明できない。

(2) トップダウン分析

そこで、トラブル多発の理由を探るために PM 層へヒアリングを行った。まず、開発スケジュールを確認したところ、大きな予実乖離が判明した（図 10 上段）。計画では以下の品質リスクを識別し、それぞれに対策（→）を立てていた。

- ・ 新規参画者が多い→新規参画者教育実施
- ・ 性能リスクが高い→性

トップダウン分析観点例

- 視点** PM
- 概要** 開発中の出来事を時系列で整理し問題を探る
- ポイント** できたこと/できなかったこと、各事実の因果関係を明らかにするのが大事

分析観点	観点例
当初のリスク認識と対策	リスク認識と対策状況（会議体資料やリスク管理シートに記載した観点など）
案件背景	要件確定時期、仕様変更発行量、短期開発、並行開発、他Gとの調整や影響の受けやすさ
開発体制	担当者/レビューの業務知識、スキルレベル、稼働状況（逼迫や割り込みなど）、自G/他Gの担当分担
改修内容 技術的負債	製品や新規採用方式など技術的な実装難易度、改修による母体影響範囲の広さ
マネジメント	想定外作業の現場影響調整、および経験の浅い担当者フォロー状況、開発担当者のプロセス不徹底
開発中品質	開発期間中の品質定量値の妥当性（他案件と比較して不足がないか、異常値でないか）、当該機能/担当者のレビュー密度、エラー密度、レビューすり抜け率、要約試験の試験密度、バグ密度、試験すり抜け率etc 開発期間中に発覚した品質問題、及び実施した品質強化との関係性

図 7 トップダウン分析の観点例

1. ボトムアップ分析

- 視点** 開発G/SEPG
- 概要** トラブル起点で根本原因の共通性を探る

ボトムアップ分析で複数のプロセス不備が判明。しかし、過去開発でも存在した不備なのに、なぜ今回に限ってそれらが同時多発的に顕在化したのか、つまり「多発の理由」が説明できない。

発生したトラブル	ボトムアップ分析で検出した問題 (SEPG視点の問題)			
	傾向A 適合時の新規参画者フォロー	傾向B PT期間中に判明した性能課題への対応	傾向C 検証環境変更管理	傾向D 試験の不具合管理
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

図 9 ボトムアップ分析例

2. トップダウン分析



図 10 トップダウン分析例（間接原因）

能試験環境を早期に構築し試験実施することで課題を早期に抽出

- 新たなログ管理/分析製品導入→製品ログフォーマットを既存サブシステムから流用し、製品評価を単体試験期間に終える

ところが、実態は下記の通りであった。

- 新規参画者教育のプロセス化が不十分で本来必要な教育が一部未実施
- 性能検証期間は当初計画から2カ月遅延
- ログ管理/分析製品の評価期間が当初計画から1.5カ月ほど遅延

そこで、PM層へのヒアリングを通じて乖離の背景を深堀したところ、想定外の問題が多発していたことがわかった。まず、開発期間中、現行システムでトラブルが断続的に発生しそのリカバリで一部有識者の稼働高騰が続いていた。それにより、新規参画者のフォローが不十分になり、新規参画者設計箇所複数商用バグが混入した。また、環境設定有識者の急な休職による性能検証環境構築遅延、既存サブシステムからの製品ログフォーマット提供遅延による単体試験遅延、その他想定外のイベント対応等により、性能試験の着手が大幅に遅れた。結果的に、圧縮された性能試験期間で問題が多発したことで、有識者の稼働逼迫につながり、性能問題の対応、経験の浅い担当者へのフォロー（検証環境変更管理/不具合管理等）が弱くなり商用バグにつながった（図10下段）。

なお、開発中でも、上記の問題は把握できており、体制強化や品質分析を踏まえた強化レビュー・試験等必要な対策は打っていた。それにより潜在バグの抽出含め一定の成果はあげられていたが、稼働逼迫した有識者によるレビューやチェックの質の低下により、一部のバグが商用まで流出した。

ここまですと、一部有識者の稼働逼迫と、それに伴う経験の浅い担当者へのフォロー不足が間接原因となって、ボトムアップ分析で述べたプロセス不備が商用バグとして顕在化した形になっている。続いて、有識者の稼働逼迫原因を深堀した結果、想定外の問題多発に対して、元々管理面のプロセス/体制不備（非効率かつ複数グループ間で不統一な管理手法、貧弱なPMO体制等）があったために、増加した管理業務を業務有識者が担う形になり、彼らの稼働逼迫に繋がったことがわかった。つまり、トップダウン分析として管理面のプロセス/体制の不備をトラブル多発の間接原因と結論付けた（図10左）。

3. トップダウン分析とボトムアップ分析の紐づけ

No.	ボトムアップ分析で抽出した問題 (SEPG視点の問題)				トップダウン分析で抽出した問題 (PM視点の問題)	根本原因 × 間接原因で顕在化したトラブル
	傾向A 設計時の数値参画者フォロー	傾向B PTI期間中に初期した性能課題への対応	傾向C 検証環境変更管理	傾向D 試験の不具合管理	マネジメントプロセス/体制不備	
1					○	●
2					○	●
3			○		○	●
4				○	○	●
5					○	●
6					○	●
7					○	●
8					○	●
9					○	●
10	○	○			○	●
11					○	●
12					○	●
13	○				○	●
14		○			○	●

図11 ボトムアップ/トップダウンの紐づけ

(3) ボトムアップ/トップダウン両分析の紐づけ

最後に、PM層や開発者へのヒアリングで、ボトムアップ分析で見出した根本原因のプロセスを誰がどんな状況で実行したかを確認した。その結果、トップダウン分析で検出した問題が複数のプロセス不備の顕在化に影響したことがわかった（図11）。

最終的に、管理プロセス改善（メンバ稼働可視化等）、複数グループ間の管理手法の集約・効率化、PMOの体制強化等、ボトムアップ分析だけでは出せない再発防止策を打つことができた。

(4) 効果測定

該当開発グループについて、2021年の再発防止策適用以降、（開発量減少の影響も一部あるが）商用バグは0件であり、包括分析の有効性が確認できた。

3.3.8 トラブル多発時の原因構造に対する考察とそれを踏まえた原因分析の進め方

前項の事例を踏まえ、トラブル多発の原因構造の考察と包括分析の原因分析の進め方を説明する。

(1) トラブル多発の原因構造に関する考察

トラブルの多発は全く異なるレイヤーの複合要因で発生することが多い。例えば、前項のケースでは、SEPG/開発グループ視点の問題とPM視点の問題が絡んでトラブルの多発につながった。トラブル多発に限らず不採算案件等、大きく問題化するPJは、開発

トラブルの多発は全く異なるレイヤーの複合要因で発生することが多い。

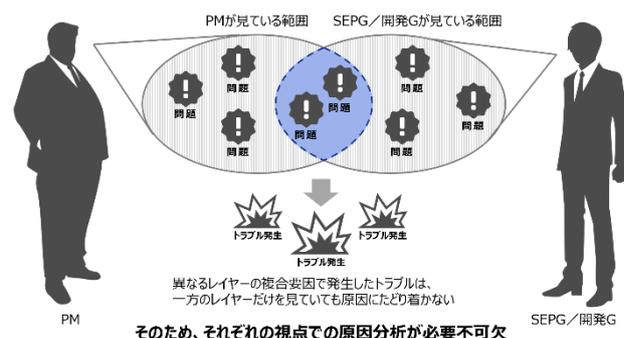


図12 トラブル多発の原因構造

グループ視点の問題、SEPG 視点の問題、PM 視点の問題、営業視点の問題等、ほぼ例外なく複数の視点の問題が重なっている。そして、異なるレイヤーの複合要因で発生したトラブルは、一方のレイヤーだけを見ても原因に辿り着かない。そのため、それぞれの視点での原因分析が不可欠になる（図 12）。

(2) 包括分析における原因分析の進め方

原因分析は 1. なぜなぜ分析→2. ボトムアップ分析→3. トップダウン分析→4. 2 と 3 の因果関係検証の流れで進める（図 13）。ポイントは以下の通り。

- ① 分析観点に応じた適切な相手にヒアリング
なぜなぜ分析、ボトムアップ分析は開発グループ、トップダウン分析は PM 層等、因果関係検証は関係者全員にヒアリングを行う。
- ② トップダウン分析→因果関係検証は仮説検証サイクルで実施

トップダウン分析はボトムアップ分析と視点が大きく異なるため後者の積み上げのみで前者の観点を補うのは非効率になることが多い。また、トラブル多発の事実があるため、1 件しかトラブルが出ていない場合と比べ、間接原因のあたりをつけやすい。従って、トップダウン分析では、PM 層等と該当分析観点を参考に間接原因の仮説をあげてから事実関係を整理するとよい。

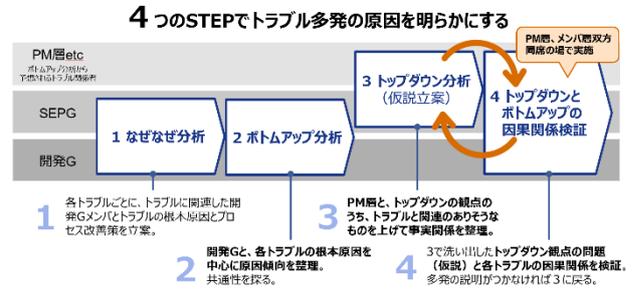


図 13 包括分析の原因分析の進め方

3.3.9 包括分析のコストに関する考察

包括分析の導入背景の 1 つとして、トラブル多発原因の分析にあたり、なぜなぜ分析の積み上げだけでは顧客の求めるスピード感を満たせないため、より効率的な分析が必要になった点を 3.3.1 で述べた。本項では、間接原因分析を包括分析となぜなぜ分析(当 PJ のなぜなぜ分析は根本原因追及に特化しているが、ここでは間接原因まで分析対象を広げた場合を想定)のそれぞれで実施した場合のコストモデルを作成し、包括分析のコストメリットを示す。評価にあたっては当 PJ 事例に基づき下記の前提を置く。

- ・ 前提① 個々のトラブルの根本原因（プロセス問題）は判明済み
- ・ 前提② 包括分析の対象トラブル数は n 件、関連組織（開発/インフラ/統制系/PM/営業等）数は a
- ・ 前提③ コストモデルに用いる係数（基礎工数）は筆者の分析経験に基づく肌感覚値とする

前提①から、ボトムアップ分析はなぜなぜ分析で既に得られている根本原因の共通性を探る分析となるため工数としては支配的ではない。また、包括分析をなぜなぜ分析で代替する場合でも、ボトムアップ分析相当の分析は必要になる。従って、包括分析のコスト評価にあたっては、間接原因の分析（トップダウン分析及びトップダウンとボトムアップの因果関係検証）工数がポイントになる。

包括分析の間接原因分析は関連組織ごとの開発背景整理・ヒアリング→間接原因とトラブルの因果関係の検証という流れで進めることが多く、前者は 1 組織あたり 10 人時、後者はトラブル 1 件あたり 1 人時程度なので、コストモデルは下記の C1 のようになる。なお、実際の進め方として、前者では組織ごとの一回のヒアリング内で複数の仮説に基づいた問題点を洗い出した上で、後者で各トラブルごとにそれらをまとめて確認するため、C1 は仮説検証サイクルを複数回回すことを織り込んだモデルとなっている。

$$\text{包括分析の間接原因の分析工数} \approx 10 \times a + 1 \times n \dots (C1)$$

一方、包括分析対象のトラブルに対して、なぜなぜ分析の積み上げで間接原因を分析する場合、トラブル 1 件ずつに対して関連組織ごとの網羅的なヒアリングが必要になることから、該当工数を 1 トラブル 1 組織あたり 2 人時程度とすると、コストモデルは以下のようなになる。

$$\text{なぜなぜ分析による間接原因の分析工数} \approx 2 \times a \times n \dots (C2)$$

当 PJ 事例を踏まえ、仮に n=20、a=3 とすると、C1 は 50 人時、C2 は 120 人時で、包括分析の方がなぜなぜ分析より低コストになる。計算値は参考程度だが、コスト構造として a と n の関係が C1 は和に対して、C2 は積になる点がポイントである。結果、a や n が大きい程 C1 と C2 の差は広がり、包括分析のコストメリットが大きくなる。

4. おわりに

4.1 結論

大規模ミッションクリティカルシステムにおける再発防止プロセス構築時の課題は以下の通り。

【課題 1】全てのトラブルに対してスピードと質を両立した分析を徹底し続けるのが難しい

【課題 2】トラブル多発の原因分析をスピードと質を両立した形で実施するのが難しい

当PJでは以下の分析を併用することで本課題を解決し、10年以上にわたる安定運用実現に寄与している。

	個別トラブルの分析 (【課題 1】)	トラブル多発時の分析 (【課題 2】)
分析手法	なぜなぜ分析 (テーラリングあり)	包括分析
目的	限られた期間・コストで最大効果を生む対策 (プロセス改善) の立案	トラブル多発の原因究明及び多発を防ぐために最も費用対効果の高い対策の立案
分析観点と運用上のポイント	<ul style="list-style-type: none"> 作り込み/レビューすり抜け/試験すり抜けごとになぜを繰り返して根本原因を探る標準様式を規定 ツール/プロセス・仕組み/材料に着目してプロセス改善につなげる。NG 事例集で分析ノウハウを蓄積 トラブル分析会議の設置と、チケット管理システムを用いた分析状況の可視化による実行管理の徹底 	<ul style="list-style-type: none"> トラブル多発は全く異なるレイヤーの複合要因で発生することから下記 3 つの分析を行う ① ボトムアップ分析: なぜなぜ分析で見出した各トラブルの根本原因の共通性を探る ② トップダウン分析: トラブルとは切り離して、開発時の問題から間接原因 (多発原因) を探る ③ ①②の紐づけ (因果関係の検証) 分析観点に応じた適切な関係者と綿密な議論を重ねて仮説検証 (②と③) を行う
分析タイミング	トラブル発生都度。当PJでは 100 件以上/年。	トラブル多発により QCD 影響が出て、PJ レベルの対応が必要な時。当PJでは数年に 1 回程度。
分析主体	開発グループ	PM/SEPG/開発グループ、その他関連組織
再発防止策	局所的 (グループ内)・短期・低コスト	広範囲 (PJ)・中長期・高コスト
1 章で述べた既存分析と比較した場合の特徴	一般的ななぜなぜ分析との違い: <ul style="list-style-type: none"> ①分析の精度と効率の両立 ②分析観点の絞り込み ③プロセス問題追及に特化 	<ul style="list-style-type: none"> ①分析の精度と効率の両立 ②トップダウン分析は PM 目線 ③トップダウン分析は仮説検証 ④トップダウン分析は組織ごとの分析

また、包括分析の実践例を通じた効果測定でその有効性を示すとともに、包括分析となぜなぜ分析のコストモデルを作成しその比較から包括分析のコストメリットを示した。

4.2 今後に向けて

本稿で述べたトラブル分析手法には、まだ暗黙知や分析者依存の部分もある。継続して形式知化を進め、分析手法の更なる高精度化・効率化に取り組んでいきたい。

謝辞

終始熱心なご指導を頂いた田中英之氏、川原隆宏氏に感謝の意を表します。また、本論文が執筆できたのも、当PJが日々安定運営されているからに他なりません。PJを運営している全PJメンバの皆様に感謝の意を表します。本当に有難う御座いました。

参考文献

- [1] 黒田勲、「安全性とヒューマンファクター」、日本信頼性学会編・信頼性ハンドブック、日科技連、pp. 345-352、1997
- [2] 行待武生監修、ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ、テクノシステム、2004
- [3] 小倉仁志、「なぜなぜ分析徹底活用術 『なぜ?』から始まる職場の改善」、日本プラントメンテナンス協会、1997
- [4] 永田学/行待武生、再発防止対策における PSF 緩和の評価とヒューマンエラー未然防止への提言、ヒューマンファクターズ、Vol. 9, No. 2, 2005
- [5] 掛川悠/高橋秀行/市岡亜由美、自律的な品質改善のエンジン! 大規模ミッションクリティカルシステムにおけるトラブル再発防止管理事例、JISA 会報 (JISA Quarterly) No. 149, 2022
- [6] 全日本航空株式会社 総合安全推進委員会/事務局、「ヒューマンファクターズの実践的アプローチ」、全日本航空株式会社、1993