

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510158

研究課題名(和文)市場不具合データ解析とそのコンピュータシミュレーションでの活用による品質確保

研究課題名(英文)Ensuring quality by analysis of complaint data in market and application to computer simulation

研究代表者

山田 秀(Yamada, Shu)

筑波大学・ビジネスサイエンス系・教授

研究者番号：60260965

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、市場における品質不具合発生の未然防止をねらいとして、品質不具合データの解析方法と、その解析結果をもとに設計段階でコンピュータシミュレーションを効果的に計画、活用する方法を提案する。ここでの品質不具合データとは、不具合、事故、リコールなどの現象、原因を記述したものであり、その例は製品評価技術基盤機構や国土交通省のホームページで公開されている。またコンピュータシミュレーションそのものの開発ではなく、それを不具合防止のために効果的に活用する分野横断的な方法を提案する。

研究成果の概要(英文)：This research obtains an approach for data analysis of quality problem data and application of the result of data analysis for computer simulation at design stage in order to prevent quality problem. The quality problem data include defect, accident, recall in the market and so forth. The feature of this data is that the phenomena and cause of the problem are described rather than the numerical data. Some public organizations disclose the data for public, such as recall data. The approach includes the guideline for application of the data analysis result to computer simulation that can be applied in general.

研究分野：品質経営、応用統計学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学，社会システム工学・安全システム

キーワード：品質不具合 実験計画法 情報セキュリティインシデント コンピュータシミュレーション 研究開発プロセス

## 1. 研究開始当初の背景

自動車産業、電気産業など製造業における近年の大きな課題の一つは市場における品質不具合の未然防止であり、本研究はこの解決をねらいとした一つの方法を与える。品質不具合が発生すると、例えば自動車産業でのリコールのように重大な問題となるので、不具合が発生する前に防止をするという未然防止が重要になる。過去に発生した不具合について根本原因を明らかにし、それに基づいて上流の設計段階などで防止策を導入する再発防止は重要であるが、これだけでは未然防止という意味で不十分である。未然防止には、過去に発生した不具合をもとに類似の不具合を推測して列挙し、防止策を立案、導入し、確実に防止されているかどうかを設計審査などで確認する。また設計段階では、コンピュータシミュレーション実験を中核にしたデジタルエンジニアリングが活用されていて、その中で不具合防止が課題となる。例えば、不具合が発生する可能性が高いと考えられる部品や機構は、コンピュータシミュレーションにより不具合発生がない点を徹底的に確認する必要がある。

このような状況において企業では、過去に発生した不具合事例を積み上げ、技術者の知識により発生する可能性がある不具合を列挙し、設計審査段階などで不具合防止を確認している。また、設計段階では、技術的知見から不具合防止策を立案、導入し、防止がなされているかどうかをコンピュータシミュレーションで確認している。これらの活動を支援し、品質確保を実現するために、起こりうる品質不具合を列挙するための品質不具合の解析方法を示す。その解析結果に基づき、不具合を設計段階におけるコンピュータシミュレーションの活用で防止するという方法を開発する。その際、理論的な研究とともに、事例研究を進める。そして実務家が使用できるような指針としてまとめる。

## 2. 研究の目的

本研究では、市場における品質不具合発生の未然防止をねらいとして、品質不具合データの解析方法と、その解析結果をもとに設計段階でコンピュータシミュレーションを効果的に計画、活用する方法を提案する。ここでの品質不具合データとは、不具合、事故、リコールなどの現象、原因を記述したものであり、その例は製品評価技術基盤機構や国土交通省のホームページで公開されている。またコンピュータシミュレーションそのものの開発ではなく、それを不具合防止のために効果的に活用する分野横断的な方法を提案する。

## 3. 研究の方法

本研究では、次の(a)、(b)を着眼点として研

究を進め、それを(c)として体系化し実際の指針としてまとめている。

(a) 市場不具合データの解析による発生の可能性がある不具合の列挙

本研究では、対象製品の類似製品について過去に発生した不具合、事故に関するデータを対象とする。データの例は、製品評価技術基盤機構(NITE)や国土交通省のホームページで事故、リコール情報などとして公開されている。これらの中では、製品に関する事故やリコールに関する現象、原因、対策などが、言語データとして記述されている。また、情報セキュリティインシデント事例も、情報システムの品質不具合であり、これも対象として含める。本研究ではこれらのデータを解析し、どのような不具合が発生する可能性が高いかを導く方法を提案する。従前の研究が主に製造業を対象にしており、これを継続するとともに、情報システム、流通、製薬などへの展開を試みる。

(b) コンピュータシミュレーションによる品質の確保

本研究では、不具合が発生しない品質を実現するために、コンピュータシミュレーションを効果的に活用する方法を示す。例えば(a)の結果により発生する可能性が高いとされた不具合について、防止策が確実に実践されているかどうかについて、コンピュータシミュレーションを効果的に実施する方法を示す。例えば、ユーザーの使用環境によって不具合が発生する可能性があるという結果が(a)の解析方法で得られた場合に、ユーザーの使用環境は多くの変数からなるために、コンピュータシミュレーションで検討すべき組合せが膨大になり、これらを効率的に実施する実験計画が必要になる。

(c) 実務的な指針としての体系化

上記(a)、(b)のそれぞれの研究を、一連の方法としてまとめる。その際、データ解析結果をどのように表現すると、設計段階でのコンピュータシミュレーションによる品質確保が容易になるかなど、(a)と(b)が密接にかかわり研究の相乗効果が生まれるように研究成果をまとめる。

## 4. 研究成果

(a) 品質不具合を未然に防止し高品質を目指すにはデザインレビューの効果的活用が不可欠である。すなわち、製品不具合の発生を防ぐ為の重要な方法の一つとしてデザインレビューが挙げられる。デザインレビューの適用により将来発生しうる不具合に対して多段階のチェックが行われているが、実際市場においては予測し得ない不具合が発生するのが実情である。

起こりうる不具合を列挙するためには、対

象分野の固有技術を動員が一つのアプローチである。本研究は、これを補完するべく、過去に発生した不具合データを解析し、類似の不具合などから起こりうる不具合を連想するための基礎情報を与える方法を目指している。例えば、過去の不具合データの分析結果をデザインレビューの際のチェックリストとして反映させることにより、不具合の未然防止が期待できる。

従前は製造業での適用を中心に、部品と現象間の関連性、部品間の関連性分析結果など、研究を進めたのに対し、本研究では、製造業での研究だけでなく、対象を流通、情報システム、製薬なども対象にしている。流通例として杉山、山田(2011)がエアゾール缶の収集プロセスを取り上げている。その際の基礎データとなるものが、自治体での発生事故の情報である。この情報は、各自治体宛に質問紙調査を実施し、不具合のデータを収集している。すなわちこの研究では、エアゾール缶事故という収集プロセスの質不具合を対象として、どのような事故が起こりうるかについて分析している。分析の際には、単純集計に加え、多変量解析手法など質問紙調査解析によく用いられる手法を適用している。そしてどのような事故が起こりうるかをリストアップしたうえで、それを、事故の防止という立場から、自治体が収集プロセスを設計する際のデザインレビューの手掛かりとなるような情報をまとめている。この研究は、サービスプロセスの質の不具合データを収集する際に、質問紙調査を実施し基礎データを得ているとみなしうる。このアプローチは他のサービスへも適用可能である。

この研究をさらに発展させ杉山、山田(2013)では、住民の意識行動調査を実施し、事故の発生がしにくく、かつ、住民が協力しやすい収集プロセスを検討している。ここでの品質不具合の列挙と未然防止のアプローチは、起こりうる現状をデータで把握し、事故の可能性ができるだけ低くなるようにプロセス設計をするというものである。エアゾール缶の収集という流通の一例とみなしうるサービスにおいては、単なる収集作業だけではなく、住民からの協力が必要になる。これがないと、事故が発生しかねない。このアプローチをより一般化して表現すると、サービスの受け手の意識を調査し、不具合の発生が少なくなるようサービス提供を目指すべく、質問紙調査を実施している。

また江口、山田(2013)では、情報セキュリティを対象としている。この中では、過去に発生したセキュリティインシデントのデータを取り上げている。このデータを解析することで、情報システムのデザインレビューに役立つような立場からの情報集約をしている。この研究での情報システムの品質不具合データとは、過去に発生したインシデントのデータであり、その状況を記録したものである。解析方法としては、基礎的な解析をまず

実施している。さらに情報セキュリティについては、ISO 27001 という国際規格が標準的なアプローチを定めており、それを活用し、未然防止を考察している。すなわち、ISO 27001 の認証取得をしている、すなわち標準的な活動を実施していることが担保されている企業においてどのような情報セキュリティインシデントが発生しているか、また、未取得企業にどのような情報セキュリティインシデントが発生しているかを整理している。その上でセキュリティインシデントの未然防止を考察している。

さらに INOUE, YAMADA(2013) の "Data Oriented Approach to Minimize Side Effects" では、公開されている薬の副作用データをもとに、起こりうる可能性がある副作用を考察し、リスクに対応する方法を検討している。この中では、テキストマイニング手法などの活用により、問題になる副作用を検討している。このデータは、患者の薬の服用履歴、患者の状態などが含まれている。一方困難さとしては、必ずしもこのデータが完備されていないものである点である。これらを踏まえ、テキストマイニング的なアプローチにより、起こりうる副作用などを考察している。テキストマイニング自体は過去に製造業でも適用したものであり、本研究は製薬開発においても有効な例がある点を示している。

以上品質データの解析については、製造業に加え、いくつかの業種について取り上げそのアプローチについて考察している。

(b) 品質確保のためにコンピュータシミュレーションへ実験計画法を適用する際、これが効果的なのは主に下記の段階である。

- (i) 開発途中のシミュレーションモデルの妥当性検証(validation)
- (ii) 多数の因子から重要な少数因子の絞り込み
- (iii) 複雑な応答関数を少数因子の近似関数で表現

その中本研究では、特に整備が遅れていると思われる(ii)過飽和実験計画の応用について、理論的側面から検討を加えている。

(ii)の多数の因子から少数の因子を絞り込む問題は、多次元空間の中に興味のある少数次元の空間が存在し、これを少数回の実験で探索する問題と表現できる。この点に着目しYAMADA(2011)では、どのような計画により探索することにより、興味のある少数次元の空間に到達できるのかを検討している。その際、一様計画をはじめとする空間上をまばらに探索する計画、一部実施実験計画の連続的活用などを検討し、多くの場合において空間上をまばらに探索する計画が好ましい性質を持つことを導いている。

またコンピュータシミュレーションにおいては、通常の実験に加えて因子数が膨大なものになるため、コンピュータ上でのシミュ

レーション計算であってもその実施が困難となる。さらに、実際に影響を与えている因子は少数であるため、特性や応答に対して有効な因子を選別する必要がある。過飽和計画はこのようなコンピュータシミュレーション実験に適した計画であり、特に、開発初期段階での有効な少数因子を特定するのに有効である。この点から、Niki, N., Iwata, M., Hashiguchi, H. and Yamada, S. (2011)では直交表の列数を拡張した過飽和実験計画の構成をしている。

さらに、大野、橋口、山田(2011)では、混合水準過飽和計画の構成問題を扱っている。この中では第一ステップとして、列間の非直交度を最小化するように乱択によって列追加を行うことで初期計画を生成し、第二ステップとして、得られた初期計画の列の要素を入れ替えることで直交性の改善を行うという二段階最適化法の提案をしている。この二段階最適化法の性能を評価するため、複数の論文で有用性が示されている既存の構成法との比較をしている。

以上理論的側面の整備は比較的早期にあるレベルに達している。一方、その実用化、事例の開発は今後の研究課題となる。

(c)技術的な指針にまとめるには、一般論として展開するよりも、いくつかの事例の検討が有意義と考え、本研究では下記の研究を進めている。

実用的な指針にまとめるには、定性的でありかつ、手順の明快な枠組みが必要になる。またその枠組みは、漠然とした要求を寄り具現化する方法が望ましい。このようなことから OTANI and YAMADA (2011)では、意思決定容易にするために品質機能展開(Quality Function Deployment)により枠組みを提供している。この論文における事例は環境にかかわる意思決定であるものの、その考え方はコンピュータシミュレーションの活用においても可能となる。特に、顧客の要望のうち、致命的な不具合は基本的な要求にかかわるものが多いので、基本的な要求に関連する因子をこの枠組みで選定するのがよい。

INOUE and YAMADA (2013)の論文"Critical factors for process improvement in pharmaceutical research"では、製薬企業におけるプロセス改善の成功要因について分析している。このプロセス改善は不具合の要因解析や未然防止の活動も含まれている。その意味で、製薬企業の開発プロセスについて未然防止の一つの指針を与えている。その中では、Failure Mode and Effect Analysisの活用などがあげられている。この手法の有効性は、多くの製造業の事例でも実証済みであり、共通性が見出せたともいえる。

TAKAHASHI and YAMADA (2011)では、技術サービスを対象として取り上げ、仕様適合度に関する品質モデルを設定し、これをいくつかの技術サービス開発事例に適用し、そのモ

デルとしての妥当性を検証している。その中では、業務適合性などの下流段階している。このモデルでは、業務意識、技術サービス支援ソフト品質、業務適合性指標という3つの階層を導入し、それらの関係を質問紙調査結果に基づいて推定している。これにより、意識から業務適合性に至るまでの一連の流れが表現されている。このモデルを適用することで、業務適合性の不具合が生じやすい意識の特定など、不具合を防止するという立場からの活用も可能になる。

本研究期間では、(a)品質不具合の列挙、(b)コンピュータシミュレーションによるつくり込みについて、その一部分を取り上げ、いくつかの分野で指針作成をしている。これはその取り上げた分野や、列挙、つくり込みというプロセスでは有効な事例となっている。しかしながら、不具合の列挙、コンピュータシミュレーションによるつくり込みという一連のプロセスをとおした事例にはなっていない。また、実務家にとって使いやすい指針にまでは展開できていない。これらをより洗練させることは、残された課題である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

### 〔雑誌論文〕(計9件)

INOUE, H. and YAMADA, S., Critical factors for process improvement in pharmaceutical research, 査読有, The TQM journal, 2013, Vol. 25, No. 2, 141-152.

江口 彰, 山田 秀, ISO 27001 認証の有無による情報セキュリティインシデント事例の比較分析, 日本セキュリティマネジメント学会誌, 査読有, Vol. 27, No.1, 2013, 3-16.

杉山涼子, 山田 秀, エアゾール缶等の分別排出における住民の意識と行動に関する分析, 廃棄物資源循環学会論文誌, 査読有, Vol. 24, No. 3, 2013, 40-52. OTANI, S. and YAMADA, S., Application of QFDE on Greenhouse Gas Reduction Strategy, International Journal of Quality and Service Sciences, 査読有, Vol. 3, No.3, 2011, 285-303.

杉山涼子, 山田 秀, 自治体におけるエアゾール缶等による火災事故の現状分析, 廃棄物資源循環学会論文誌, 査読有, Vol. 22, No. 6, 2011, 372-381.

YAMADA, S., Design of experiments for exploring feasible region of factors in computer simulation, Proceedings of ANQ 2011 congress, 査読有, 2011, CD-ROM.

NIKI, N., IWATA, M., HASHIGUCHI, H. and YAMADA, S., Optimum selection and ordering columns in supersaturated

designs, Journal of Statistical Planning and Inferences, 査読有, Vol. 141, 2011, 2449-2462.

TAKAHASHI, G. and YAMADA, S., A study of quality design for technical-service support software based on fitness evaluation for use, Proceedings of ANQ 2011 congress, 査読有, 2011, CD-ROM.

大野貴慎, 橋口博樹, 山田秀, 二段階最適化法による混合水準過飽和計画の構成, 計算機統計学, 査読有, Vol. 24, No. 1, 2011, 23-35.

〔学会発表〕(計1件)

INOUE, H. and YAMADA, S., Data Oriented Approach to Minimize Side Effects, Quality Management and Organizational Development, Hotel Barnardin, Slovenia, 2013/9/5.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 秀 (YAMADA SHU)

筑波大学・ビジネスサイエンス系・教授

研究者番号: 60260965