

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350414

研究課題名(和文)市場不具合の未然防止をねらいとする不具合情報解析と設計段階での品質保証

研究課題名(英文)Data analysis on trouble to prevent trouble in the market and its reflection for quality assurance at design stage

研究代表者

山田 秀 (Yamada, Shu)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・教授

研究者番号：60260965

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000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 of 未然防止をねらいとして、品質不具合情報を解析し、設計、工程管理段階で活用する方法と、設計段階でコンピュータシミュレーションにより効果的に計画、活用する方法を開発している。品質不具合の未然防止には、デザインレビューの効果的活用が不可欠であり、これを目的にデザインレビューの項目を確認する方法を導いている。加えて、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ために、(i) 開発途中のシミュレーションモデルの妥当性検証、(ii) 多数の因子から重要な少数因子の絞込み、(iii) 複雑な応答関数の少数因子による近似方法について検討をしている。

研究成果の概要(英文)：This research proposes an approach to prevent quality problem in the market by analyzing the field quality data and its reflection in design and prototyping stage including design of experiments in computer simulation at design stage. In order to prevent quality problem in the market, the application of design review is crucial. Therefore, this research obtains an approach to reflect the data analysis result to validate items to be reviewed at design review stage. In addition, the following (i)-(iii) are examined as an application of techniques of design of experiments to computer simulation; (i) validation of developing simulation model; (ii) screening some active factors from many factors; (iii) meta-modeling of complicating response function by some active factors.

研究分野：品質管理・実験計画法・データ解析

キーワード：品質不具合 シミュレーション計画 研究開発プロセス 品質マネジメントシステム 環境マネジメントシステム

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、未然に市場における品質不具合を未然に防止することである。本研究は、この解決をねらいとした方法を与える。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は、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再発防止をする。これは重要で必須の活動であるものの、不具合を発生させないという意味で不十分である。

このような状況に対して企業では、発生した不具合事例を積み上げ、類似の発生しうる不具合を技術者の知識により列挙している。また列挙した不具合について、発生の可能性や致命度などから、対策をとるべき優先順位をはっきりさせる。そしてこの順位に基づいて防止策を立案し導入する際には、必要に応じてコンピュータシミュレーション実験を中核とするデジタルエンジニアリングが活用される。本研究では、これらを支援するための一連の方法を開発している。

2. 研究の目的

本研究では、不具合の未然防止を狙いとして次の (a)、(b)、(c) の点から、一般的な指針の開発を進めている

(a) 発生の可能性がある不具合の列挙をねらいとする不具合情報の解析

市場での顧客の製品使用データ、公的な情報などを解析し、発生する可能性がある不具合を列挙するために、データの収集、解析方法を検討する。

(b) 優先的に対策をとる不具合の絞り込み

発生の可能性がある不具合のすべてに対して対策をとるのは現実的ではないため、優先順位の高いものについて対策をとる。その際、優先順位は発生の可能性の大小、致命度の大小などから決定する。このような解析のためには、固有技術だけでなく、体系的な取り組みが望まれる。そのために本研究では、いくつかの評価モデルを提案する。

(c) 対策立案、効果検証のためのコンピュータシミュレーションの活用

対策立案、効果の検証などを目的として (a)、(b) の解決に役立つコンピュータシミュレーションの効果的方法を示す。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。このような実験計画法を検討する。

3. 研究の方法

(a) 発生の可能性がある不具合の列挙をねらいとする不具合情報の解析

対象とするデータの多くが言語データであるために、言語データをそのまま解析する方法と、言語データを数値化して解析する方法の開発が必要になる。前者について、過去の筆者の研究にて、形態素分析、テキストマイニング技法などを、技術的知見を加えた上で言語データの解析に適用している。これらの手法を、さらに不具合未然防止に適するような活用方法を開発する。その際のデータの対象として、独立行政法人医薬品医療機器総合機構 (PMDA ; Pharmaceuticals and Medical Devices Agency) が公開しているデータの解析、質問紙に基づくデータ解析などを行う。

(b) 優先的に対策をとる不具合の絞り込み

これについて、基本的には故障モード影響解析 (Failure Mode and Effect Analysis) の枠組みを利用する。その際、(a) のデータ解析から不具合発生の可能性や、致命度を検討する方法を導く。

(c) 対策立案、効果検証のためのコンピュータシミュレーションの活用

コンピュータシミュレーションを統計的な手法である実験計画法により、効果的に活用する方法を導く。例えば不具合の未然防止のためには、様々な使用環境を効率的に検証する必要があるため、少数回で実験を済ませる方法が必要になる。これらの実験計画法について検討する。

4. 研究成果

(a) 発生の可能性がある不具合の列挙をねらいとした不具合情報の解析

本研究を進めるにあたり、企業が実際に直面している製品、サービスに関する不具合のデータが得られることが望ましいが、それらは企業にとって秘匿情報である。一方そのデータの構造は、公開されているものに近い。例えば自動車の不具合、トラブルデータについて、各企業が持つデータベースは、国土高中小で公開している不具合データと似たような構造を持つ。そこで本研究では、企業が保持すると思われるデータと、同様の構造を持つデータの解析を試みる。Inoue and Yamada (2015) では、独立行政法人医薬品医療機器総合機構 (PMDA ; Pharmaceuticals and Medical Devices Agency) が公開している医薬品データを取り上げている。このデータは、患者 ID、医薬品の投与実績、原疾患、副作用、転帰などが含まれていて、データサイズがギガバイトになる。データ解析の際、医薬品別に発生しやすい副作用を求めている。発生の可能性が大きい副作用は、単変量の分布に加え、多変量でのデータ解析を通すことで、複雑に絡み合った現象の探索に有効である。手法としては、テキストマイニング、対応分析などを活用している。このようにして発生の

可能性が高い副作用を予測することで、投与時に考慮すべきリスクが明確になり、事前対応に役立つ。また複数医薬品の組合せで考察しているため、組合せの数が膨大になる医薬品、投与実績というような副作用の予測も可能となる。本研究では PMDA のデータを取り上げているものの、この種のデータ構造は、製品別に企業が保持している場合が多く、本研究の解析法は多くの企業にとって参考になる。この研究により、データに基づく候補となる不具合の予測は、医薬品と医薬品の組合せ、医薬品と投与期間の組合せなど、複数の構成要素の組合せに有効である点を導いている。例えば自動車は3万を超える部品から構成され、2つの部品の組合せ数は億を超え、3つの部品の組合せ数は兆となる。このような列挙検討を機械的に行うのは困難であり、本研究のようにデータに基づくアプローチは機能的に候補となる不具合を絞り込むのに有益である。

Otani and Yamada(2017)では、企業排出実績データを解析し、環境マネジメントの一環として企業の取組の性質を分析している。その中では、DEA など OR の手法を取り入れて、複数企業を複数側面で評価している。具体的には、企業の生産数量指標、CO2 排出量など複数変数をもとに、複数価値基準においてそれぞれの企業の生産効率などを比較している。この論文の対象は環境マネジメントであるが、取り上げているデータに制約を受けないので、品質に関する道標のデータがあれば、その不具合予測に対して役立つことが期待できる。

大谷、領家、山田 (2017)では、企業の環境レポートを対象に、形態素分析とテキストマイニングによるデータ解析を通し、環境マネジメントの一環としてどのような情報の発信が有意義なのかを分析している。原データは環境レポートであり、その中で出現度数が多い用語とともに用いられることが多い用語などを見出し、クラスター分析を用いて報告書ごとの特徴も導いている。この分析を通して、自社で見逃しがちな環境の視点が明確になるという利点がある。またここで取りあげている解析方法自体はデータに依存するものではなく、製品、サービスの仕様レポートにも適用可能である。これらの品質データに対する適用により、見逃しがちな市場不具合が見出されることが期待できる。

杉山、山田(2014)では、東京都内1市3区の412名の住民を対象としたWEBによる質問紙調査を行い、住民のエアゾール缶等の分別排出行動を把握するとともに、どのような分別排出方法であれば出しやすいかという住民の意向・評価を明らかにしている。不具合が生じる一つの理由として、標準を定めたにもかかわらずその標準どおりに作業をしないことがあげられる。これには、意図的に作業をしない場合と、ふだんは標準どおりに作業をしているもののうっかりして標準から

逸脱する場合がある。本研究のアプローチは、より作業をしやすい標準を求めるという立場に立つ。このアプローチにより、事故という不具合を防止のためにどのような対策であれば関係者の合意が得られやすいか、合意が得られにくいかわかる。合意しにくいところが不具合の可能性が高いところでもあり、不具合の列挙方法として有益である。

(b) 優先的に対策をとる不具合の絞り込み

優先的に対策をとる不具合を絞り込むには、FMEAのように、不具合の致命度と、発生の可能性を組合せるのが一般的である。不具合発生の可能性は、技術的に推察するとともに、下記に発生した不具合から推定するとよい。一方、致命度は、対象製品、サービスのもつ機能、性能などに関連して考える必要があり、そのためには品質の評価モデルが必要となる。すなわち、品質不具合を絞り込むには、取り上げている製品、サービスについての評価モデルを用いることが一つの方法であるので、Takahashi and Yamada(2017)では、ソフトウェアを取り上げ、その評価モデルを提案している。対象としているソフトウェアは、電波伝搬の推定など技術サービス支援ソフトウェアであり、これは基幹業務ソフトウェア、汎用ソフトウェアに比べて、顧客に技術的知識がある、顧客が正確さを重視する、適切な対応が求められるなどの特徴がある。本モデルはこれらを考慮して構築されている。このように顧客重視する点を構造的なモデルにより表現することで、このモデルに基づく不具合の優先順位付けが可能となる。例えば対象としている不具合が発生した場合に、顧客の要求の充足がどの程度損なわれるのかという点をモデルに基づき評価することが可能となる。

高橋源、山田 秀(2014)では、ソフトウェア開発発注を行う技術者が、発注すべき機能選択を行うための手法を提供している。この手法は、重要度が設定された要求品質と機能に関連付け、開発実施時に選択される機能の組み合わせを整理している。重要度の高い要求品質をどれだけ充足するかを表す発注価値とコストを関連づけて可視化する。これにより、コストに対する発注価値が最も高い機能を選択することができる。この研究により、コストと要求機能の関連が評価可能になっている。品質不具合が発生する理由のひとつには、コスト削減要求による機能、性能の確保不足があり、本研究による方法はそのためひとつのアプローチになる。

品質マネジメントシステムに関する国際規格 ISO 9001 が 2015 年に改訂されている。規格という性質上、品質マネジメントに関する要求事項のみが記載され、その背後にある考え方、具体的な方法は記述されていない。これらのことから中條、棟近、山田(2015)では、要求事項の背景、意図、意味などを説明している。事前に起こりうる不具合をリスク

としてとらえ、重要なものについては対策をとることが要求されている。本研究で彰会にした方法は、これらのリスクの列挙、対策の選定のアプローチである。

(c) 対策立案、効果検証のためのコンピュータシミュレーションの活用

製品、サービスの不具合の未然防止について、対策立案、効果の検証をコンピュータシミュレーションで実施するには、コンピュータシミュレーションにおける実験計画法の役割を整理したうえで、必要とされる実験計画、データ解析法を整備する必要がある。Yamada (2014a)では、本論文では、設計、開発段階での品質保証を目的とし、シミュレーション実験に対して実験計画法を活用する方法について考察している。シミュレーション実験を効果的に進めるには、まず、一部実施実験計画、過飽和実験計画などで効果のある少数個の因子を特定する。次にこの少数個の因子を用いて、応答との関数について技術的側面を考慮して近似し、活用する。本研究では、このような活用方法の枠組みをまずは整理している。次に少数個の因子の絞り込みには、一部実施実験計画がよく用いられている。本研究では、より多くの因子を割付けの可能性を調べるために、過飽和実験計画の適用を検討している。過飽和実験計画とは、割り付けられる因子数よりも実験数が少ない計画であり、このような計画によると多数の因子が割付けられる反面、効果のある因子の推定精度が悪化するという欠点がある。本研究では、その問題点を定量化するべく、効果のある因子の検出精度に関する従来研究をもとに、活用のためのガイドラインの策定をしている。少数個の因子に絞り込んだのちには、1次モデル、2次モデルという簡単なモデルだけでなく、より複雑なモデルにより減少を記述する必要がある。本研究ではワイヤー溶接問題を取り上げ、共振の発生に動径基底関数に基づくモデルの適用が有効である例を紹介している。

Yamada (2014b)では、過飽和実験計画とパラメータ設計の接点を探るべく、タグチメソッドの中で取り上げられている殆直交表が過飽和実験計画である点を説明し、その数理的妥当性を紹介している。田口メソッドの多くの手法がそうであるように、殆直交表のもその理論的背景が示されていない。本発表では、過飽和実験の従属性の評価基準としてのカイ二乗統計量を用い、その評価値により田口メソッドの対直交表の性質を調べている。その際、近年の過飽和実験計画に関する理論の発展により、タグチメソッドで示している対直交表が、従属性の意味で最適になっている点を指摘している。また、データ解析の方法としての確率対応法も同時に提案されている。これについて、回帰分析における変数選択との類推から理論的妥当性を与えることを試みているが、必ずし理論的背景の付与

には十分ではなく今後も検討が必要になる点を示している。

Yamada (2014c)では、多次元空間上の部分空間において、実行可能領域（不具合がない領域）が存在する場合に、それを効率的に探索できる実験計画の基準を考察している。実行可能解以外がフグアイデアと捉えられるので、コンピュータシミュレーションで不具合の予測を考える場合には、多次元空間の部分空間を効率よく探索する実験計画法が望まれる。例えば50の設計因子があり、その実行可能解が少数の因子(p)で決まっている場合に、探索がやりやすい実験計画が望まれる。現実的には、pは5程度であるが、その次元数は未知である。これから、実験計画中の低次の部分空間に射影しても、射影した低次元の部分空間では一様に実験点が配置されていることが望ましい。本論文では、この考え方で実験計画の基準を導いている。この基準は、任意の少数次元の部分空間に射影した際、どの程度計画が一様になっているかを評価している。この基準を好ましくするための計画構成については、基本的なアルゴリズムを考察している。データ解析についても、ロジスティック回帰分析の応用などを示しているものの、詳細な検討が今後期待される。

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10件)

Otani, S. and Yamada, S., An analysis of automobile companies' intensity targets for CO2 reduction, Total Quality Management and Business Excellence, 査読有, 2017, 1-20,

DOI 10.1080/14783363.2017.1304818
Takahashi, G. and Yamada, S., Measuring task quality through technical-service software, Total Quality Science, 査読有, Vol. 3, accepted for publication.

大谷聡子, 領家美奈, 山田 秀, コミュニケーション・ツールとしての環境報告書策定指針, 環境科学会誌, 査読有, 2017, 掲載決定.

高橋源, 山田 秀, 技術サービス支援ソフトウェア開発における機能選択のための情報整理と可視化, 日本経営工学会論文誌, Vol. 65, 査読有, 2014, 312-319.

杉山涼子, 山田 秀, 住民の出しやすさに着目したエアゾール缶等の分別排出方策に関する検討, 査読有, 都市清掃, Vol. 67, 2014, 602-612

[学会発表](計5件)

Inoue, H. and Yamada, S., An approach to facilitate safety signal detection efforts in pharmaceutical R&D, Quality Management and Organizational

Development congress 2015, Seoul (Korea).

Yamada, S., Application DOE to computer simulation at Development and Design stage for quality assurance, International Conference on Quality 2014a, Keio Plaza Hotel, (Tokyo, Shinjuku)

Yamada, S., Revisit Taguchi's supersaturated design and its data analysis, Jeff Wu conference: Building Statistical Methodology and Theory 2014b, Yunnan (China)

Yamada, S., Design criteria for exploring feasible region of factors in multi-dimensional space, Asian Network for Quality Congress 2014c, Nanyang (Singapore).

〔図書〕(計1件)

中條武志, 棟近雅彦, 山田 秀, 日本規格協会, ISO 9001:2015 要求事項の解説, 2015, 179-272.

〔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)

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号: 60260965