

機関番号：62603

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21710163

研究課題名（和文）品質工学（タグチメソッド）における統計的方法論の開発と  
その有効性の検証研究課題名（英文）Development of statistical methodology in robust parameter design and  
verification of its effectiveness

研究代表者

河村 敏彦（KAWAMURA TOSHIHIKO）

統計数理研究所・データ科学研究系・助教

研究者番号：70435494

研究成果の概要（和文）：

本研究では、パラメータ設計によって、計測システムにおけるばらつき低減化のための統計的方法を提案した。計測特性は入出力が正值かつその関係が線形の場合のみを考察した。ここで、入出力関係における制御因子と誤差因子との有用な交互作用するため、統計的モデリングを用いて、その有効性を数値実験により検証した。さらに、誤差変動を誤差因子、残存誤差因子および偶然誤差に分類し対応させた計測の一般化SN比を提案した。

研究成果の概要（英文）：

In this article, we propose a statistical method which reduces the variation in measurement systems. We consider systems with positive-valued linear signal-response relationship passing through the origin. The unobservable noise variables are classified into three categories: noise factors, remained noise factors, and random errors. Then we propose a generalized signal-to-noise (SN) ratio in measurement systems with respect to the classification. Furthermore, we discuss the two different data analysis methods -response function modeling and performance measure modeling- for modeling and optimization. The effectiveness of two methods is investigated by a Monte Carlo simulation study.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,400,000	420,000	1,820,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学

キーワード：社会システム工学、品質管理、品質工学、パラメータ設計、SN比、統計科学

## 1. 研究開始当初の背景

我が国は1980年代後半まで品質管理の世

界最先進国であった。当時、マサチューセ

ツ工科大学は日本の競争力源泉に統計的方法の活用であることを指摘し、組織的研究を開始していた。一方、今日、我が国では、製品の品質を改善するための統計的アプローチを研究する学術拠点が極めて少なくなってしまう、これが社会的不安にも繋がっている。また、サービスの信頼性・安全性については、統計的品質管理(Statistical Quality Control:SQC)がほとんど使えない状況が続いており、新たな方法論の開発が求められている。

SQCは、主に製造現場(下流)における品質改善・生産性向上のための科学的方法として広く普及した。これに対して、源流である製品開発・設計段階の品質向上のための技術方法論として、田口玄一博士によって提唱されたパラメータ設計(Robust parameter design:RPD)が知られている。

欧米では、一流の統計学研究者らによりRPDの理論研究が展開され、特に統計工学の世界的な権威であるジョージア工科大学のC. F. Jeff Wu教授らは、パラメータ設計を厳密化、高度化し国際的な一流論文に公表している。

しかしながら、我が国ではRPDの学術的あるいは数理的な研究はほとんどされていない。そこで、本研究では、RPDを「ものづくり」のための独創的かつ最高の統計数理科学体系であると位置づけ、既存の枠を超えた管理手法、より広くいえば設計科学のための新たな統計的方法論を構築する。

## 2. 研究の目的

本研究の研究期間内における目的は2つある。1つめは、従来の統計的品質管理(SQC)ないしは伝統的実験計画法とどのように違うのかを明確にする。さらに、RPDの2段階設計法を数理的に解き明かすことを目的とし、特に海外の研究者が提唱した

PerMIAに注目し新たな統計的方法論の開発を行う。

2つめの目的は、計測システムにおけるばらつき低減化のための統計的方法を提案することである。本研究では、誤差変動を誤差因子、残存誤差因子および偶然誤差に分類し、これらに統計モデルを対応させた計測システムにおける一般化SN比を提案する。さらに、異なる計測システムの性能を統計的に判定するためのSN比に関する一様性の検定についても理論研究を行う。

## 3. 研究の方法

平成21年度は、設計科学におけるタグチメソッドの位置づけ、特に、RPDとSQCの違いを明確化した。次に、PRDの体系化と方法を数理的定式化により解き明かし、モデリングと最適化による新たな方法論を構築した。

平成22年度は論文や報告書の作成、国内外で論文発表を積極的に行い、その成果を単行本としてまとめた。また実際に設計・開発の技術者とともに本研究で提案された方法論を用いて有効性を検証した。

### 平成21年度

下記の2つの研究項目において、問題の抽出と整理および技術方法論の開発を中心に検討する。本研究は、技術方法論の開発を目的とし、主要研究課題とした。

(1) 製品のロバスト性を実現し設計品質の向上に寄与してきた品質工学的方法論の構築

(2) RPDとSQCの統計的アプローチの比較

(1) に関して

通常、RPDにおけるSN比は、平均2乗損失の考え方をもとに定義されてきた。本研究では、2乗損失関数ではなく、非対称べき損失関数

を用いたSN比を定義する。統計的決定理論全般にわたって、必ずしも単純な2乗損失関数が万能というわけではなく、2乗損失関数と実務的にはほとんど変わらない意味をもつ損失関数は数多く存在する。対数損失関数は、その典型的な例である。

通常、RPDで提案されているSN比が、従来の実験計画法の統計解析と親和性が高いという意義は認めるが、本研究で紹介される統計モデルと解析特性は、タグチメソッドにおける「感度」や「機能」のばらつきを評価するためのより自然なアプローチを提案した。

#### (2) に関して

設計科学におけるタグチメソッドの位置づけ、特に、RPDとSQCの違いを明確化した。次に、PRDの体系化と方法を数理的定式化により解き明かし、モデリングと最適化による新たな方法論を構築した。

#### 平成22年度

本年度は論文や報告書の作成、国内外で論文発表を積極的に行い、その成果を単行本としてまとめた。また設計・開発の技術者ともに本研究で提案された方法論を用いて有効性を検証した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 計測システムにおけるRPD

本研究は、RPDによって計測システムにおけるばらつき低減のための統計的方法を提案した。計測特性は原点をもつ比尺度データである場合を想定し、その入出力が正値かつその関係が線形の場合のみを考察した。ここで、誤差変動を誤差因子、残存誤差因子および偶然誤差に分類し、これらに統計モデルを対応させた計測の一般化SN比を提案した。さらに、入出力関係における制御因子と誤差因子との有用な交互作用を抽出し最適な制御因子を定

量的に探索する統計手法として、応答関数モデリングおよびパフォーマンス測度モデリングを用いて、その有効性を数値シミュレーションにより検証した。

本研究成果は、現在投稿中である。

河村敏彦, 元山 齊: 「計測システムにおけるパラメータ設計-応答関数モデリングとパフォーマンス測度モデリングによる最適化-」, 2011.

##### (2) 非対称べき損失関数に基づくRPD

従来、RPDは2乗損失関数に基づいて特徴付けがなされてきた。しかし、多くの場合、工業データは物理量であり、正値の比尺度データである。そこで、正の領域で定義される損失関数として非対称べき損失関数を提案し、2段階設計の理論的な妥当性を示した。

本研究成果は、現在投稿中である。

Kawamura, T. and Motoyama, H. “Robust parameter design based on asymmetric power loss functions”, 2011

##### (3) 逆ガウス型分布に基づく等SN比検定

本研究は計測システムにおけるSN比の一様性の検定を行った。ここで、分布型として逆ガウス型分布を仮定した。SN比は逆ガウス型分布における変動係数の関数と等価であり、SN比の一様性の検定は変動係数の検定に帰着する。本研究では、新たな検定方式を導出し、シミュレーションによりサイズおよび検出力の評価を行った。

本研究成果は、現在投稿中である。

Kawamura, T. and Motoyama, H. “A Test of the Equality of SN ratios based on the inverse Gaussian distribution”, 2011.

## 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)

(1) 河村敏彦、問題解決のための品質工学：講座編 第 9 回 非対称な損失関数にもとづくパラメータ設計、クオリティマネジメント、査読無、Vol. 62、No. 3、2011、pp. 44-49

(2) 河村敏彦、問題解決のための品質工学：講座編 第 8 回 動特性のパラメータ設計-高速応答弁の例-、クオリティマネジメント、査読無、Vol. 62、No. 2、2011、pp. 45-51

(3) 河村敏彦、問題解決のための品質工学：講座編 第 7 回 望目特性のパラメータ設計-交流回路設計の例②-、クオリティマネジメント、査読無、Vol. 62、No. 1、2011、pp. 40-46

(4) 河村敏彦、問題解決のための品質工学：講座編 第 6 回 望目特性のパラメータ設計-交流回路設計の例①-、クオリティマネジメント、査読無、Vol. 61、No. 12、2010、pp. 59-65

(5) 河村敏彦、問題解決のための品質工学：講座編 第 5 回、クオリティマネジメント、査読無、Vol. 61、No. 11、2010、pp. 50-57

(6) 河村敏彦、問題解決のための品質工学：講座編 第 4 回、クオリティマネジメント、査読無、Vol. 61、No. 10、2010、pp. 60-65

(7) 河村敏彦、問題解決のための品質工学：講座編 第 3 回、クオリティマネジメント、査読無、Vol. 61、No. 9、2010、pp. 58-64

(8) 河村敏彦、問題解決のための品質工学：講座編 第 2 回、クオリティマネジメント、査読無、Vol. 61、No. 8、2010、pp. 62-67

(9) 河村敏彦、問題解決のための品質工学：講座編 第 1 回、クオリティマネジメント、査読無、Vol. 61、No. 7、2010、pp. 72-76

(10) 河村敏彦；岩瀬晃盛 (2009) 平均 2 乗対数損失に基づく SN 比とその等 SN 比検定、品質、査読有、Vol. 39、No. 2、107-114.

[学会発表] (計 6 件)

(1) 河村敏彦、品質工学における統計的側面、日本行動計量学会第 38 回大会、2010 年 9 月 25 日、埼玉大学(さいたま市)

(2) Toshihiko Kawamura、New Approach to the Analysis of Signal-to- Noise ratio in Robust Parameter Design、ISBIS-2010 International Symposium on Business and Industrial Statistics、2010 年 7 月 8 日、Portoroz, Slovenia

(3) 河村敏彦、品質工学(タグチメソッド)に基づくサスペンション系の最適設計、オペレーションズ・マネジメント&ストラテジー学会第 2 回全国研究発表大会、2010 年 6 月 19 日、神戸大学(神戸市)

(4) Kawamura, T., Performance Measures for Robust Parameter Design and its Applications, 4<sup>th</sup> International workshop, Reliable Eng. Computing Robust Design 2010 年 3 月 5 日 Singapore.

(5) 稲垣雄史、パラメータ設計におけるシステム選択の研究(公理的設計法導入)、(社)日本品質管理学会第 39 回年次大会研究発表会、2009 年 10 月 31 日、大阪大学(吹田市)

(6) 日高徹司、実験計画法を用いたクロスメディア効果測定、(社)日本品質管理学会第 39 回年次大会研究発表会、2009 年 10 月 31 日、大阪大学(吹田市)

[図書] (計 1 件)

河村敏彦、日科技連出版社、ロバストパラメータ設計、2011、216

## 6. 研究組織

研究代表者：

河村 敏彦 (KAWAMURA TOSHIHIKO)

統計数理研究所・データ科学研究系・助教

研究者番号：70435494