



Title	最適条件探索のためのSN比に関する研究
Author(s)	花田, 憲三
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/440">https://hdl.handle.net/11094/440</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	花田憲三
博士の専攻分野の名称	博士（情報科学）
学位記番号	第22143号
学位授与年月日	平成20年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 情報科学研究科情報数理学専攻
学位論文名	SN比による最適条件検索に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 森田 浩 (副査) 教授 石井 博昭 教授 沼尾 正行 准教授 山本 吉孝

## 論文内容の要旨

田口玄一によって提唱された品質工学は社会に浸透し、最近ではいろんな業種に適用されている。特に商品の設計・開発の段階で活用され、その実績が発表されている。従来からある実験計画法では実際に測定した品質の物的な特性を用いて、この要因の効果の分析を行う。一方、品質工学では、その特性の観測値を用いるのではなく、同一条件で実施した複数の観測値から求めたSN比という代用特性値で評価するのが特徴である。このSN比は実験された条件における平均値とばらつきを同時に評価できるとしている。多くの成功例が報告されているが、一方、失敗例もかなり存在しているが、これらの原因についての研究が少なく、多くは、実験者が未熟であるとして処理されているのが現状である。我々が仮説を証明する実験がうまくいかない場合の原因是大きく分けると、その実験を構成している要素技術が未完成の場合と、実験の対象に所定の機能を持たせるための条件探索がうまくいかない場合がある。前者は、固有の技術の問題であるので、本論文では後者の場合について、確実に期待した機能を有する条件を探索するための方法を提案するために、SN比の基本的な構造を明らかにし、このことからくる不都合な挙動の構造解明とそのひとつの解決法を考案し提案した。

品質工学では主に特殊なL18直交表を用い、18種類の誤差条件と称し、実験条件毎に4回(L4直交表)もしくは8回(L8直交表)の複数の測定値を得る。これらの値を用いてSN比を求める。このようにして求めたSN比の中からもっとも大きなSN比(ばらつきがもっとも小さい条件であるとする)の実験条件を望ましいものと判定する。現実のパラメータ設計実験の実施状況をみていると、最も良いと考える水準組合せ(最大SN比の条件)を最適として、1種類の組み合わせを決め確認実験(もしくは、2段階目の実験)を行っているのが現状である。一部の慎重なひとは2位や3位の水準組合せも対象として、最終の確認実験に移っている。このとき、どの範囲の結果までを対象にすべきかについては明確な判断基準がなく、実験の担当者に判断を委ねている。

そこで、まずSN比の基本的な構造をモーメントに分解し、1次と2次の大きさに注目した。この結果より、1次と2次のモーメントのSN比にしめる割合は一定ではなく、最適条件の選定に影響することが判明した。次に、確認、もしくは2段階目の実験に移行するときに平均を変化させたときに生じるSN比の変化量をその定義式から数値演算によって算出し、確認実験に移るときに候補として残しておくべきSN比の範囲を定量的に求めた。これを用いることで、候補から脱落することを防止できる。

つぎに、SN 比を求めるときに、直接の測定値である観測されたものは、従来からよく知られているように母集団のパラメータとは一致しない。一般的な正規分布に従う場合を考えてみた場合、母平均  $\mu$  と母分散  $\sigma^2$  は標本平均と標本分散となる。したがって、これらの標本値から求められた SN 比も母集団のパラメータから求められるものとは一致しない。SN 比はその定義の中に、データの平均に関する部分とばらつきに関する部分が両方含まれている。数理統計理論より、標本の平均は正規分布 ( $\mu$ ) に、標本の分散は  $\chi^2$  乗分布 ( $\chi^2$ ) に従い、標本平均と標本分散は独立である。この性質を用い、任意の確率  $\theta$  による標本の平均と分散の累積同時分布を求め、区分積分し確率を算出した。このとき、平均と標準偏差を  $0 \sim \infty$  の範囲で変化させ、累積同時分布確率を求めた。また、同時に望目特性・望大特性と望小特性の各定義式に従って SN 比 (SN-R) を求めた。推定の信頼度  $\theta$  となる領域の凸包領域を求めることができる。この領域内においてそれぞれの SN 比を求めると信頼度  $\theta$  における SN 比の等高曲面が得られる。また、この面の等高線は平行ではなく、ねじれしており、かつ、その間隔は等しくない。この凸包領域内の SN 比を SN-R とし、信頼度  $\theta$  における最小 SN 比と最大 SN 比の差△ ( $\theta$ ) を求めた。

今回の実験の中から最大の SN 比となる条件を選び出し、本研究で求めた△ ( $\theta$ ) 分小さい値の条件までのものを確認実験に含めてやることで、期待する最適条件が見落すことを防止できる。そこで、本研究では、平均  $\mu$  と標準偏差  $\sigma$  が変化した場合の同時分布関数  $F(y_1, y_2)$  と凸包領域内 SN 比を求め、各条件と自由度が変化した場合の最適条件判定値△ ( $\theta$ ) を算出し、その活用方法について提案した。

### 論文審査の結果の要旨

近年、品質工学は社会に広く浸透し、いろいろな業種に適用されている。特に商品の設計開発段階で活用され、その実績が発表されている。従来からある実験計画法では実際に測定した品質の物的な特性を用いて要因効果の分析を行うが、品質工学ではその特性の観測値を用いるのではなく、同一条件で実施した複数の観測値から求めた SN 比という代用特性値で評価するのが特徴である。この SN 比は実験された条件における平均値とばらつきを同時に評価できるとしている。多くの成功例が報告されている一方、失敗例もかなり存在しているが、これらの原因についての研究は少なく、多くの場合、実験者が未熟であるとして処理されているのが現状である。仮説を証明する実験がうまくいかない原因は大きく分けると、その実験を構成している要素技術が未完成の場合と、実験の対象に所定の機能を持たせるための条件探索がうまくいかない場合がある。前者は、固有の技術の問題であるので、本論文では後者の場合について、確実に期待した機能を有する条件を探索するための方法を提案するために、SN 比の基本的な構造を明らかにし、のことからくる不都合な挙動の構造解明とそのひとつの解決法を提案している。

品質工学では主に特殊な L18 直交表を用いて 18 種類の実験条件を定め、各実験条件で 4 回 (L4 直交表) もしくは 8 回 (L8 直交表) の複数の測定値を得る。これらの値から求められた SN 比の中からもっとも大きな SN 比の実験条件を望ましいものと判定する。現実のパラメータ設計実験の実施状況をみていると、最も良い実験条件を最適な組み合わせと決め、確認実験もしくは 2 段階目の実験を行っており、一部の慎重な人は 2 位や 3 位の水準組合せも対象として次段階の確認実験に移っている。このとき、どの範囲の結果までを対象にすべきかについては明確な判断基準がなく、個人に判断を委ねている。

本論文の主要な成果は以下の通りである。

1. SN 比の基本的な構造をモーメントに分解し 1 次と 2 次の大きさに注目し、これらの SN 比に占める割合が一定ではなく、最適条件の選定に影響することを明らかにした。
2. 平均値を変化させたときに生じる SN 比の変化量をその定義式から数値演算によって算出し、確認実験に移るときに候補として残しておくべき SN 比の範囲を定量的に求めた。これを用いることで、候補から脱落することを防止できる。
3. 標本値から計算される SN 比の分布を数理統計理論から求め、任意の確率に対する標本の平均と分散の累積同時分布を求め、区分積分し確率を算出した。これによって望目特性、望大特性と望小特性の各定義式に従って、あ

る信頼度の下での SN 比の推定領域を求めた。この領域内における SN 比の等高曲面は平行ではなく、その間隔も等しくない。

4. この領域内の最小 SN 比と最大 SN 比の差 $\Delta SN$  を求めることにより、実験から選ばれた最大の SN 比となる条件から $\Delta SN$  だけ小さい値の条件までのものを確認実験に含めることで、最適条件の見落しを防止することを可能にした。

以上のように、本論文は、品質工学における SN 比の適用に関する数理統計的な検討と実施法について述べたものである。これらの成果は、情報科学、特に統計的データ解析、パラメータ設計などの分野における発展に寄与するところが大きい。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値あるものと認める。