

品質工学研究会会員のための

品質工学情報誌

～会員同士が自由に意見を交換し知識を得る場～



2025 年秋号

<参加研究会>

北海道タグチメソッド研究会
関西品質工学研究会

長野県品質工学研究会
広島品質工学研究会

中部品質工学研究会
香川品質工学研究

【ご利用にあたって】

1. **タイトル**をクリックするとその記事が表示 2. 各頁右側上段の目次へをクリックすると目次を表示

目次

1. 「品質工学会会員のための品質工学情報誌 2025 年秋号」巻頭言 P.3
中部品質工学会 城越 教夫 ((株)ハーモニック・ドライブ・システムズ)
2. 雅康のショートえっせい (3) P.4
～新製品開発と品種展開の在り方～
関西品質工学会 平野 雅康 (元三菱電機 (株))
3. タグチメソッドと品質工学は同じか? P.5～8
～ベル研実験の成功要因を考える～
のっぽ技研 長谷部 光雄
4. QE 寄り道, 散歩路 P.9
～自動車事故をゼロにするにはどうしたらいい?～
長谷川技術士事務所 長谷川 良子
5. TMは品質工学の仲間でしょうか? P.10～11
北海道タグチメソッド研究会 手島 昌一 (アングルトライ(株))
6. SN 比再考 (2) ～望目特性の補正式 Sm-Ve P.12～16
～Reconsideration of SN ratio: Correction Formula Sm-Ve～
関西品質工学会 太田 勝之 (元(株)シマノ)
7. シミュレーションと品質工学との融合 (II) P.17～18
～試作レスの発想～
関西品質工学会 原 和彦
8. 品質工学会 昔話 (9) P.19～20
～「技術者は責任をとらない」の真意～
関西品質工学会 芝野 広志 (TM 実践塾)
9. 長野県品質工学会 研究会活動記録 P.21～23
長野県品質工学会 児野 武郎 (長野県工業技術総合センター)
10. 品質工学会だより
 - ◆関西品質工学会からのお知らせ◆ P.24
 1. 合宿研修会を開催しました
 2. 関西品質工学会 会員募集のご案内
 - ◆品質工学情報誌編集担当からのお知らせ◆ P.25

「品質工学研究会会員のための品質工学情報誌 2025 年秋号」巻頭言 品質工学の師との出会いと別れ、品質工学とのかかわりと羅針

中部品質工学研究会 城越 教夫 ((株)ハーモニック・ドライブ・システムズ)

今回の巻頭言は私にとっての品質工学の師について書く。

皆様、特に年配の方の師とは、もちろん故田口玄一先生だと思う。ところが私の場合、品質工学歴が浅いのでお会いしたこともない。私の師は元アイテックインターナショナル社長の故井上氏である。親しみを込めて以降「井上さん」と書く。出会いは私が 10 年前に中部品質工学研究会に入会したときである。

当時から中部の研究会は様々な企業の方が集いフランクかつ深い議論を重ねていた。この雰囲気が一遍で好きになり熱心にかかわるうち幹事を拝命仕り 8 年経った。議論は時に熱を帯び発散して収集がつかなくなる。その時、それまでじっと黙っていた井上さんがやおら口を開き「なかなか良い議論だった」から始まり丁寧に解説してくれて軌道修正してくれた。

多分、相当我慢して聞いていたのだろう。また、最初に回答を言ってしまっただけは研究会のメンバーのためにならないと思っただけのことだったのだろう。

私が顧客案件を研究会で相談したことがあった。その時は十分な解決方法が見いだせず持ち帰った。とはいえ顧客への回答期日は迫り、ここは井上さんに頼ろうと思い電話してみた。すると「すぐに生データをもってアイテックに来なさい」と言われた。

名古屋に馳せ参じ、アイテックの 2 階で井上さんとマンツーマンで対策会議が始まった。この案件は非線形な動きをする機構の「気持ちよい動き」を感覚的に判断し、設計する掴みどころのないものであった。それでも「気持ちよい動き」と「気持ち悪い動き」を判断できる位置データがあったので、それを「標準 SN 比」を用いて定量化してくれた。その後、会社に戻り L12 のパラメータ設計をして仕上げ、顧客に説明して納得を得た。

当時まだ私は入門数か月だったため何もわかっておらず、「この方法が MT 法というものですか？」と異次元の質問を井上さんに浴びせた時、丁寧に教えてくれた記憶がある。

品質工学は思想・手法共に難しく初学者には心折れる対象であるが今まで続けてこれたのは、最初のころに井上さんに親身にかつ厳しく教えていただけたからと思っている。

そうしているうちに突然井上さんが倒れ亡くなられた知らせにはとても驚き、深い悲しみが湧いた。中部研究会、いや私のよりどころが突然無くなってしまった。幹事である私は中部だけで独立しては研究会での品質工学を正しく方向付けられないと危惧し、他の地方研究会との交流を強化すべきと考えた。

その具体が合同研究会・シンポジウムの参加であり、この情報誌とのかかわりである。

品質工学は田口先生がほとんど独力で体系化されたためか、後に引き継がれた方の用語の不統一、解釈の相違が論文・書物に散見される。そこに亜流を生み混乱が生じる。品質工学に限らずどの学問分野でも言葉を厳密に使うことで齟齬を防ぎ、意思疎通を助ける。

個人的には、あまりそこに労力を費やしたくないが間違えた理解によって解決が遠くなる愚は避けたい。軌道修正の意味で各研究会が意見交換することは大変意義深いしそれがこの学問の羅針であると思う。

以上

雅康のショートえっせい（3）

新製品開発と品種展開の在り方

関西品質工学研究会 平野 雅康（元三菱電機（株））

今までになかった新規の製品化を行い、次にそこから品種展開（派生機種）をしていく場合がある。多くの企業やその技術者は、品種展開の方法として、基になる最初の製品をベースに要求仕様や性能確保のために設計値を変更するものと考えている。そして設計値を変更すると、そこに品質問題が生じるという考えがベースにあるため、変更点管理が必要となる。

しかし、前号のエッセイで述べた技術開発の進め方（品質工学による田口流技術開発）を実施すれば、新規の製品化も品種展開も同等であり、いずれの場合も安定性確保と、要求仕様や性能達成のための調整因子を選ぶだけの作業で済む。そもそも品質問題の多くは、製品の性能安定性が低いことが原因であり、設計変更との直接的な関係ではなく、設計パラメータの変更や変化に伴う安定性の悪化によるものなのである。

田口流の技術開発から得られる二つの情報（安定性と調整性）に基づいた製品開発では、製品性能の安定性を確保しつつ目標値に調整するので、品質問題の大半は設計段階で予測でき、しかもその対応策も準備できる。したがって、品種展開での変更点への配慮は全く必要ない。つまり、従来の設計変更という概念が存在せず、変更点管理の必要も無いのである。

ただし、品種展開を広範囲に実施するためには、技術開発の段階で下記 2 点の情報を獲得する必要がある。

- ①安定性に影響することが把握されている設計パラメータの数が多いこと
- ②仕様、性能に影響することが把握されている設計パラメータの数が多く、かつ、その水準範囲が広いこと

つまり、技術開発段階で把握しているパラメータの数と水準範囲の広さが重要である。これが技術開発のレベル（高さ）を評価する指標と考えてよい。より多くの製品に展開可能な技術情報を得られた時、レベルの高い技術開発が実施できたといえる。



タグチメソッドと品質工学は同じか？

～ベル研実験の成功要因を考える～

のっぽ技研 長谷部 光雄

1. はじめに

品質工学は、しばしばタグチメソッドと呼ばれる。品質工学に詳しくない人ほど、この呼び名を好むようである。残念ながら、それだけ品質工学という名称が日本では一般化していないのだろう。もっとも品質工学という呼び名は品質管理に非常に近いので、誤解されると困るという理由もあるだろう。とは言え、この二つは同じ意味であり、カタカナ英語表記と日本語表記の差でしかないのだから、そんなに気にする必要はない。ほとんどの人は、このように思っているのではないだろうか。

私も長らくそう思いこんでいた。しかし頭の片隅では、「田口先生は、この二つを明確に区別しているのではないか」という小さな声がずっと響いていたのも気になっていた。このようなことに関して田口玄一博士は、詳しい説明をしてくれない。質問をしても「タグチメソッドは二段階設計のことだよ」と簡単にしか答えてくれない。この説明だけで分かるだろうという雰囲気だ。「タグチメソッド＝二段階設計」確かに明解な説明である。

しかし釈然としない。タグチメソッドとは、二段階設計という品質工学の一部の考え方でしかないのか。一部の意味しかない言葉で品質工学全体を表現していいのだろうか。さらに、タグチメソッドに含まれない品質工学の中身とは何なのか。今回は、一見重要とは思えないこの問題を考えてみたいと思う。エッセイのつもりで書き始めるので、気楽に読んでほしい。

2. タグチメソッドの名称が普及したキッカケ

英語表記 Taguchi Method (タグチメソッド) は、米国ゼロックス社、のちにマサチューセッツ工科大学(MIT)教授の Don Clausing 氏が、1982 年に命名したとされている。また同じ時期(1983 年)に発表されたベル研の有名な実験結果は、この名称をさらに有名にした大きなキッカケと考えられている。

その実験とは、1980 年に田口玄一氏が 2 か月間のベル研滞在中に指導した実験である。当時開発中で歩留まりの低迷に苦勞していた 256K フォトリソグラフィの製造条件に対して、大幅な歩留まり改善をもたらした大成功を収めた実験のことだ。外部への情報公開を禁止された画期的な結果は、3 年後にベル研のテクニカルジャーナル誌に公開された。発表後、全世界から 1000 件もの問い合わせがあったそうである。

1983 年のベル研報告¹⁾の中で、実施に至った経緯の説明とともに、成功の要因として Taguchi's off-line quality control method が紹介されている。前述したように生前の田口玄一氏も、タグチメソッドは二段階設計につけられた名称である、と言っていた。この論文のインパクトがもとになってタグチメソッドがより有名になったと考えるのが自然であろう。

3. タグチメソッドの不明確な定義

さて言葉の誕生については明確に認識できた。しかし言葉の意味するところ、つまりタグチメソッドの定義となると、はなはだ不明確である。混乱していると表現する方が正しいだろう。

田口氏自身も著書²⁾の中で、「言葉の定義がされていないので、多くの人が自分流に解釈している」と述べている。さらに「メソッドという言葉の意味は手法であり、直交表や SN 比や損失関数を用いればタグチメソッドであると多くの人が考えている。しかし、なぜそうするのかというフィロソフィー（考え方）もなければ、なぜそういうことができるのかという数理上の基盤も議論していない。この点が問題であり、混乱が生じる原因である」という意味の指摘もある。

ここで私が注目したいのは、同書の中で田口氏が「ベル研の人は、タグチメソッドの特徴を二段階設計だと考えている」と述べていることである。田口氏は研究会や講演で「タグチメソッドは二段階設計のことだ」という発言をしていたことを記憶されている人も多いだろう。加えて次節で説明する「ベル研実験のインパクト」の理由で考えると、私は二段階設計こそがタグチメソッドの定義であると明確にすべきと思う。以後、この前提で話を進める。

4. 実験結果がベル研に与えたインパクト

ベル研へのインパクトの話に入るが、最初に断っておくと、参考文献 1) は 40 ページ近い大論文であり、私はすべてに目を通してはいない。したがって以下に説明する内容は、極一部の図表などから私が勝手に判断したので、正確な見方でない可能性も十分高いことに注意してほしい。

ご存じの方も多いと思うが、念のため実験をごく簡単に説明する。シリコンウェハの穴径ばらつきを測定し、望目特性（および累積法）で評価している。測定値は線幅と穴径、ノイズ因子はウェハ面内の位置 5 カ所。制御因子は工程条件、SN 比は静特性という非常に単純な L18 直交実験である。しかも穴径が測定できないウェハも存在し欠測値もあるという実験であった。こんなシンプルな実験で、本当にあれほどの成果が出せたのだろうか。考えてみたい。

穴径の測定値データ表を示す (Table III). 各条件で 2 枚のウェハを使い, 中央と左右上下 5 カ所の計 10 カ所の穴径測定値である. 破損したウェハや存在しないウェハが 3 枚あり, さらに穴が貫通せず測定できない WNO データも数多く存在している. 一見すると不完全データが多く, 失敗実験と思えるような結果なのだ. こんな実験結果で本当に画期的な成果が出たのか不思議に思うだろう.

実験を担当したベル研の研究者たちは, 統計学の解析計算や直交表の知識は持っていた. 当然, 今までにも似たような実験を数多く行っていただろう. それなのに田口氏が指導した実験ではじめて画期的な成果が出たのだ. 再び思う. こんな実験で, あれほどの成果が出せた理由は何だろうか.

従来のベル研で実施されてきた多数の実験といった何が違うのか.

Experiment No.	Window-Control Feature Etched—Vickers Tool (Micrometers)					Comments
	Top	Center	Bottom	Left	Right	
1	WNO*	WNO	WNO	WNO	WNO	
1	WNO	WNO	WNO	WNO	WNO	
2	2.32	2.23	2.30	2.56	2.51	
2	2.22	2.33	2.34	2.15	2.35	
3	2.98	3.14	3.02	2.89	3.16	
3	3.15	3.08	2.78	WNO	2.86	
4	WNO	WNO	WNO	WNO	WNO	
4	WNO	WNO	WNO	WNO	WNO	
5	—	—	—	—	—	Wafer Broke
5	WNO	WNO	WNO	WNO	WNO	
6	2.45	2.19	2.14	2.32	2.12	
6	WNO	WNO	WNO	WNO	WNO	
7	WNO	WNO	WNO	WNO	WNO	
7	WNO	WNO	WNO	WNO	WNO	
8	WNO	WNO	WNO	WNO	WNO	
8	2.89	2.97	3.13	3.25	3.19	
9	3.16	2.91	3.12	3.18	3.11	
9	2.43	2.35	2.14	2.40	2.28	
10	2.0	1.75	1.97	1.91	1.72	
10	WNO	2.7	WNO	2.61	2.73	
11	2.76	3.09	3.22	3.05	3.04	
11	3.12	3.21	WNO	2.71	2.27	
12	3.24	3.08	WNO	2.89	2.72	
12	3.5	3.71	3.52	3.53	3.71	
13	2.54	2.63	2.88	2.31	2.71	
13	WNO	WNO	WNO	WNO	WNO	
14	WNO	1.74	2.24	2.07	2.38	
14	WNO	WNO	WNO	WNO	WNO	
15	WNO	WNO	WNO	WNO	WNO	
15	—	—	—	—	—	No wafer
16	WNO	WNO	WNO	WNO	WNO	
16	WNO	WNO	WNO	WNO	WNO	
17	3.09	2.91	3.06	3.09	3.29	
17	3.39	2.5	2.57	2.62	2.35	
18	3.39	3.34	3.45	3.44	3.33	
18	—	—	—	—	—	No wafer

* WNO—Window not open.

ヒントは, 論文¹⁾の XI章 Discussion and Future Work にある, 田口の方法に対する次の記述である. (手法のほとんどは実験計画法など従来の統計学で知られているが) 主要な違いは, 品質に影響を及ぼすプロセスの変わりやすさを本質的な機能と考えることだ.

“The main difference is that in the off-line quality control method the process variability that has a great impact on the product quality is the objective function.”

要するに個別の手法ではなく, 品質に影響を及ぼす製造プロセスの影響の受けやすさ (性質や特性) を本質的な機能と考えるべきであるという考え方に衝撃を受けたと考えられる.

私が参加した研究会などで Table III のようなデータと対面した田口氏が, よく次の言葉を言っていたのを思い出す. 「このデータは悪くないね」さらに「技術者は良くしようとしかないから, 良くなれないのだよ」と. もしかするとベル研でも似たようなコメントをしたのではないだろうか. 一見すると禅問答のようなこの言葉の, 私なりの解釈を以下に示す.

「このデータは悪くない」：下は全く穴が開かない不利な条件から，上は目標値よりも大きな穴が開く条件までが実験されている．だからこの制御因子を活用すれば最適条件に到達する可能性が高いと言える．つまり，データのダイナミックレンジが大きいので良いデータだ，という田口流の表現．

「技術者は良くしようとしかししないから，良くならない」：技術者が実験する目的は，ふつうは高品質を達成する良い条件を見つけるためだと思う．しかし田口流は違う．まずダイナミックレンジの大きいデータを取り，そのデータの解析から技術の性質を理解する．そうすれば量産時に必要な制約条件を加味した最適条件の決定も容易にできる．いくら実験しても良くならない理由は，良くなる方向だけを見ているからだ．まず対象とする技術の全体性質を理解する方が先決だ．つまり二段階設計思想の田口流表現．

以上の二つで考えると，要するに，ベル研の技術者が受けたインパクトとは，「良くしようとしかししないから，良くならない」と言われたことだろう．最適条件は後回しで，まず技術の性質（機能）を明らかにする二段階の考え方が，画期的だったのだ．

こう考えれば，ベル研関係者と田口氏の当事者だけが「タグチメソッドは二段階設計だ」と言い，私を含めた第三者が品質工学とタグチメソッドの違いを意識していないという現状も理解できるのではないか．

5. まとめ

私が「タグチメソッドとは二段階設計である」に考え方を変えた理由を説明した．この文章を書きながら感じたことは，「二段階設計こそが品質工学の最重要のコア思想ではないか」ということだ．少し意外に感じるかもしれないので，次回以降，その理由について記したいと思う．

参考文献

- 1) “Off-Line Quality Control in Integrated Circuit Fabrication Using Experimental Design” , The Bell System Technical Journal, Vol.62, No.5 May-June 1983
- 2) “技術開発のマネジメント”，日本規格協会，1996 年

QE 寄り道，散歩路



～自動車事故をゼロにするにはどうしたらいい？～

長谷川技術士事務所 長谷川 良子

田口玄一先生に初めてお会いしたのは1988年ころである。以来、先生の言葉に感動を覚え、折々に書き留めてきた。現在にも、またこれからも通用するそれらの言葉を、この場をお借りして何度か綴ってみたい。タイトルにQEと付けたものの、ときにはQEから離れた雑感となるときもあるかもしれない。

自宅書棚のファイルを整理していて、2004年11月5日に田口玄一先生が中部品質工学シンポジウムで講演された時のメモが見つかった。米国から帰国された直後のことで、そこには次のように書いてあった。



「先日、アメリカでゼネラルモータース（GM）の技術トップ（ナンバー3）と会う機会があり、『わき見運転や故障が原因で人を殺すことをなくしたい』と言われていた。アメリカでは年間3万人、日本では8,000人が交通事故で死んでいる。自動車事故をゼロにするにはどうしたらいいか？『注意して運転しなさい』なんていうのは馬鹿げていて、居眠りしていても、故意にぶつけようとしても事故にならないようにするのが技術だ。3秒で衝突から逃げるには、操舵角を変えるか、スピードを変えるしかない。事故になるのを予測して、防ぐシステムが大事。誰がやってもいい。早くやった方が勝ちだ。」

2004年は、米国産牛肉のBSE問題があった年であり、ホリエモンがフジテレビを買収しようとした年でもある。自動車技術も進化していたが、自動運転の実現は恐らく誰も信じていなかったと思う。

近年、新車には車間距離を適切に保ち、衝突を回避するシステム、ブレーキの踏み違えを防止する機能、うっかり路肩にぶつけそうになっても進むべき方向に向けて走行を継続できる機能などが盛り込まれており、自動運転の実現に近づいてきている。

田口玄一先生のお考えは常に人より一步先んじていて、しかも後になって皆が「当然だよね！」と思うことを予言していた。

MT は品質工学の仲間でしょうか？

北海道タグチメソッド研究会 手島 昌一（アングルトライ(株)）

MT を品質工学の仲間に入れるのはおかしい？

田口玄一博士が品質工学誌で MTS（マハラノビス・タグチシステム）の論説を始められたのは 1994 年からであるが、1996 年の論説に次のような記述がある。

「診断や予測問題を品質工学の仲間に入れるのはおかしいと思う人も多だろう」

筆者はマハラノビス空間はポアンカレーの云う計測できない無限小の空間そのものと考えている。

したがって品質工学でいう診断や予測問題は多次元空間における計測問題である。診断や予測問題を品質工学の仲間に入れるのはおかしいと思う人も多だろう。品質工学は本来機能性の計測工学に對す

田口博士の論説コピー

田口玄一：マハラノビスの距離による天気予報の設計
(2), 品質工学, vol.4, No.1, pp.2-6

本情報誌の前号ではポアンカレーに関する記述を紹介したが、同じ論説の中に「品質工学の仲間」という表現があり、初めて読んだ際に強く印象に残った。従来の品質工学は、ものづくりの安定性や社会損失の最小化を目的とする手法であったと理解している。そこに診断や予測、さらにはパターンといった情報処理の要素を取り込むことに、田口博士自身も「果たしてこの一步を踏み出してよいのか」という逡巡があったのではないかと感じる。

現在では、MT システムが品質工学の一部であることに疑いはなく、検査や予知保全など現場の多くの課題に導入されている。さらに MT 法以降に発表された T 法(1)は、実験計画法との併用や補完手段としても広く利用されている。

予測機能の評価は S N 比

MTS が品質工学の仲間かどうかの疑問に対する博士の回答は、以下のとおりである。

- ・ 診断や予測問題は多次元空間における計測問題である
- ・ 品質工学は本来機能性の計測工学に対する汎用的な手法である
- ・ 機能性の良さを評価する測度が S N 比である
- ・ 予測や診断の S N 比をどうして求めるかが品質工学である

詳細については原著にあたっていただきたいが、MT が品質工学の仲間となったことにより、ものづくりに携わる技術者の思考の幅が大きく広がったのは間違いないだろう。

また補足として追記するが、田口博士は「技術者は予測できなければいけない」と、講演の機会等で述べておられた。製品が市場で安定に動くことを予測することが技術者の仕事と自覚せよ、とのことだったのだろう。予測のためのツールは、SN 比や実験計画法と同様に品質工学の仲間である。

以上

SN 比再考(2) ～望目特性の補正式 Sm-Ve～

Reconsideration of SN ratio: Correction formula Sm-Ve

関西品質工学研究会 太田 勝之（元（株）シマノ）

田口が提案の目的に応じた SN 比での評価が、RPD（Robust Parameter Design）と実験計画法との大きな違いの一つである。

品質工学で用いる SN 比は、信号因子の有無で大きく静特性と動特性の 2 種類に区別され、信号因子が無いか 1 水準の場合は静特性と呼ばれ望目特性、望小特性、望大特性、ゼロ望目などがある。

信号因子が複数水準ある場合は動特性と呼び、ゼロ点比例、基準点比例、標準 SN 比などが用いられる。

今回は、望目特性の SN 比について考察を行う。

2. 望目特性 SN 比

2.1 望目特性 SN 比の定義式

田口は 2 乗和の分解から望目特性 SN 比を以下のような数式で定義している。

平均値の調整後の優劣の比較のため、平均値 m の 2 乗と誤差 σ の 2 乗の比を求め、比率での加法性のために対数(底は 10)をとり、単位はデシベルとしている。文献 1)p. 50
(この比での評価で良いのか?対数で加法性が確保されるのかは別の機会に検討したい)

$$\eta = 10 \log \frac{m^2}{\sigma^2} = 10 \log \frac{\frac{1}{n}(Sm - Ve)}{Ve} \quad (\text{db}) \quad (2.1)$$

n : データ数, m : 平均値

2 乗和の分解より、分子 m^2 、分母 σ^2 をそれぞれ推定している。

分散分析表を示す。

項目	DF:自由度	S:変動	V:分散	F値
平均	1	Sm	Vm	Vm/Ve
誤差	n-1	Se	Ve	
合計	n	ST		

2.2 SN 比と F 値

前式(2.1)より、 Sm の自由度は 1 であるから、 $Sm=Vm=nm^2$ と読み替えることができる。

$$\eta = 10 \log \frac{(Vm - Ve)}{nVe} = 10 \log \frac{\left(\frac{Vm}{Ve} - 1\right)}{n} \quad (2.2)$$

Vm/Ve は F 値と呼ばれ、分散比の統計的検定に用いられる指標である。

F 値による検定は分布を仮定することから、

$$\eta = 10 \log \frac{(F \text{ 値} - 1)}{n} \quad (2.3)$$

このF値は平均が0とは異なるかどうかをデータ数（自由度 $n-1$ ）に応じたF分布と照らし合わせて有意かどうかを判断する．F値が大きいほど，平均は誤差（ここではノイズ因子によるバラツキ）とは異なる，つまり平均値の大きさに対し，安定性が高い条件ということになる．

しかし，F値の有意かどうかの判断基準はデータ数に依存するため，データ数 n が異なる条件間では，このSN比の数式では比較ができない．

データ数を揃えての相対比較が前提であれば，F値は0から ∞ を取り得るため，1以下となった場合は対数の計算ができない．よって（2.3）式での-1の補正をやめて次式としたほうが良い．

$$\eta = 10 \log \left(\frac{F \text{ 値}}{n} \right) = 10 \log \frac{V_m/n}{V_e} = 10 \log \frac{m^2}{V_e} \quad (2.4)$$

もし， $S_m \leq V_e$ となった場合は V_e を引かないという応急的な方法もあるようだが，その場合は計算不能の条件だけでなく，比較する全ての条件で式は同じに揃えるべきである．

海外でのSN比計算には（2.4）式が用いられているとも聞く．

2.3 $S_m \leq V_e$ で計算不能が起こる条件

実際の実験データで（2.1）式を用いた計算では，分子の $S_m \leq V_e$ で対数が計算できないこともしばしば発生する．どのような場合に $S_m \leq V_e$ が起こるかを知っておくことは，補正の意味を知る一助や，発生時の対処に役立つはずである．

平均値 m が正の場合として， $S_m \leq V_e$ となる条件について調べる．

$$S_m - V_e = nm^2 - \frac{Se}{n-1} \leq 0 \quad (2.5)$$

RPD では，実験の効率化から単純な反復は無駄として，特性値が最小となる条件と最大となる条件の2水準を推奨しているため， n 数が小さいことが多い．

$n=2$ の場合：

負とまらない背反条件である正となる必要条件を求める．

$$nm^2 - \frac{Se}{n-1} = 2m^2 - Se > 0 \quad (2.6)$$

ここでデータ y_1, y_2 の平均値からの偏差を e_1, e_2 とすると

$$2m^2 > e_1^2 + e_2^2 \quad (2.7)$$

偏差 e_1 と $-e_2$ は等しいので、平均値が正の場合は

$$0 < e_1 < m \quad (2.8)$$

偏差は平均値より小さくなければならない。はつまり、0 以下のデータが含まれると $S_m \leq V_e$ となる。

n=3 の場合：

例えば、3 個のデータの平均からの偏差が $(-\sqrt{3}m, 0, \sqrt{3}m)$, $(-m, -m, 2m)$ の 2 組のデータでは $S_m = V_e$ となる。 $S_m \leq V_e$ となるには、データに 0 以下のデータが含まれる必要がある。

n=4 以上の場合：

例えば、5 個のデータの平均からの偏差が $(-3m, -m, 0, m, 3m)$ のデータでは $S_m = V_e$ となる。

$S_m \leq V_e$ であれば 0 以下のデータが含まれているはずだが、0 以下のデータが含まれていても $S_m \leq V_e$ になるとは限らない。データ中に 0 以下のデータの割合が多いほど、 $S_m \leq V_e$ で計算不能となり易い。

RPD では、意図的にノイズを振った条件でデータが取られることが多く、結果が 0 となることも計測誤差などで負となることも容易に起こる。その都度、計算式を変更するのは面倒である。

2.4 動特性での補正 $S_\beta - V_e$ でも同様の問題がある

動特性の SN 比においても $S_\beta - V_e$ の補正が使われている。この補正を使った動特性の SN 比においても分子が負となり計算できない場合がある。今回は詳しく説明しないが、データに 0 以下のデータが含まれた場合には発生しうる。

この問題について、宮川先生が文献 2) にて考察されているので参照されたい。

2.5 分子の $S_m - V_e$ の補正の意味

この補正の意味として以下 2 つを考えてみる。

1) 平均値の 2 乗の推定誤差による補正

平均値 m の信頼区間は $\bar{X} \pm e$ (95%では $e = 1.96 \ s/\sqrt{n}$) の上下信頼区間は同じ不偏推定となっている。

ここで $\bar{X}$ は標本平均、 $s/\sqrt{n}$ は標準誤差。

この平均値を 2 乗すると、 m^2 の信頼区間は $\bar{X}^2 \pm 2 \bar{X} e + e^2$ となり、 $\pm 2 \bar{X} e$ は不偏推定となるが、 e^2 だけ大きめの推定となる。平均的な誤差分散を $e^2 = s^2/n = V_e/n$ として補正し、次式を得る。という考え方。

$$\left(m^2 - \frac{Ve}{n}\right) = \frac{1}{n}(Sm - Ve) \quad (2.9)$$

だが、2乗した場合、平均値 m の上下信頼区間は偏るが、平均値 m の点推定の補正は不要で、それを Ve/n で補正するのは安全を見た簡易的なものに思え、この理由による補正はしなくても良い。現に、その補正で $Sm \leq Ve$ となることもあり正確ではない。気になるなら、 m/σ で評価すればいい。

2) 実験のまずさを $Sm \leq Ve$ での計算不能で技術者に気付かせる

通常は実験誤差が大きい実験はまずいとされるので、この条件で気づかせる仕掛けかと考えたが、正のデータだけなら、いくら大きくばらついても $Sm \leq Ve$ とはならない。

RPD では、 Ve は偶然誤差ではなく、市場で想定されうる大きなノイズを与えることが推奨されるので、 $Sm \leq Ve$ となることは、悪ではないし、2.2 節で述べたように、データ数によりその検出力が変わるため、この目的には良い方法とは思えない。

2.6 エネルギー比型 SN 比の推奨

Ve の補正をやめた前述の (2.4) 式を 2 乗和で表すと次式となり、分母は $n-1$ 、分子は n と割る数が異なるため、データ数の影響は残る。

$$\eta = 10 \log \frac{m^2}{Ve} = 10 \log \frac{Sm/n}{se/(n-1)} \quad (2.10)$$

この解決のため、私が関西品質工学会に提案したのが、エネルギー比型 SN 比である。参考文献 3)

分母、分子を同じ n で割り、結果として 2 乗和の変動比である。

$$\eta = 10 \log \frac{Sm/n}{se/n} = 10 \log \frac{Sm}{se} \quad (2.11)$$

単純に繰り返しデータを追加するなど、データ数による SN 比の影響は無く、異なるデータ数での比較にも用いることができる。

元の SN 比 (2.1) 式に対するデメリットは無いが、さらに改良の余地があるので別の機会に考察する。

2.7 まとめ

田口の多くの著書を参考に品質工学を活用されている方が多いため、未だに S_m-V_e の補正が入った SN 比を事例で目にする機会が多い。データ数や信号など条件が揃っていれば、大きな問題はないが S_m-V_e が負となった場合に慌てる人は、私の周囲にも少なからずいた。

この場合の対処法は田口の著書では目にしたことは無いし、ほぼ品質工学経験者の口伝で「計算不能の時は $-V_e$ 補正をやめる」（田口自身も言っていたようだ）とされている。

重要なのは、計算不能で補正をやめた場合は、比較する実験全ての式も変えなければならない。

（最初から補正の無い数式を使うか、エネルギー比型 SN 比を使えばよいだけであるが）

田口の教えの影響は大きく、それを技術者の勉強不足による盲信が支え、品質工学の進歩を妨げているように見える。

私の拙い統計知識でも田口の提案には疑問点が多く感じられ、その紹介が皆様の見識を得て品質工学の進化の機会に少しでも役立てば幸いである。

参考文献

- 1) 田口玄一・横山巽子：ベーシックオフライン品質工学（日本規格協会, 2007）
- 2) 宮川雅巳：品質を獲得する技術（日科技連, 2003）, p. 97
- 3) 鐵見, 太田, 清水, 鶴田：「品質工学で用いる SN 比の再検討」（品質工学 vol. 18, No. 4, 2010）

シミュレーションと品質工学との融合（Ⅱ）

～試作レスの発想～

関西品質工学研究会 原 和彦

<原和彦氏は昨年逝去されました。生前のご遺志により本稿を掲載いたします>

品質工学で「試作レス」というのは、機能性設計でパラメータ設計を行う場合に試作品を使わずに、コンピュータシミュレーションで行うことである。これまでのパラメータ設計では、表1のように、内側の直交表に制御因子を割り付けて、実験番号毎に異なった試作品を作り、外側には信号因子と調合された二つのノイズをとって両者の交互作用実験を行い、SN比で機能性評価をする方法が中心であった。

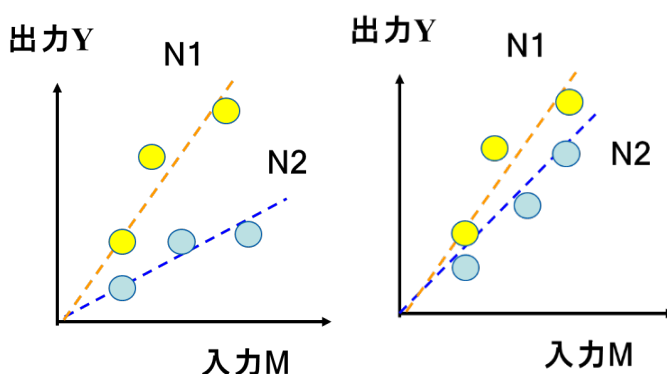
表1 直交表 L18 の交互作用実験

	制御因子								M1		M2		M3		SN比	感度
	A	B	C	D	E	F	G	H	N1	N2	N1	N2	N1	N2		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	y1	y2	y3	y4	y5	y6	η_1	S1
2	1	1	2	2	2	2	2	2							η_2	S2
3	1	1	3	3	3	3	3	3							η_3	S3
4	1	2	1	1	2	2	3	3							η_4	S4
5	1	2	2	2	3	3	1	1							η_5	S5
6	1	2	3	3	1	1	2	2							η_6	S6
7	1	3	1	2	1	3	2	3							η_7	S7
8	1	3	2	3	2	1	3	1							η_8	S8
9	1	3	3	1	3	2	1	2							η_9	S9
10	2	1	1	3	3	2	2	1							η_{10}	S10
11	2	1	2	1	1	3	3	2							η_{11}	S11
12	2	1	3	2	2	1	1	3							η_{12}	S12
13	2	2	1	2	3	1	3	2							η_{13}	S13
14	2	2	2	3	1	2	1	3							η_{14}	S14
15	2	2	3	1	2	3	2	1							η_{15}	S15
16	2	3	1	3	2	3	1	2							η_{16}	S16
17	2	3	2	1	3	1	2	3							η_{17}	S17
18	2	3	3	2	1	2	3	1	y103	y104	y105	y106	y107	y108	η_{18}	S18

これを簡単に説明するのは容易ではないが、外側に信号とノイズをとるとは、図1の(a)のようなデータを求めることである。信号因子の3水準に対して、意図的に設定された誤差因子（ノイズ）によってN1とN2というデータが求められている。たった6個のデータでよいのかという疑問もあるかもしれないが、ノイズをわざと大きくとることで、いわゆる統計的ではないばらつきが求められている。

図1(a)の場合は、選ばれた設計条件と信号因子とノイズの組合せ効果（交互作用）が大きく、図1(b)はこのような交互作用が小さくなっている状態を示している。このような交互作用の変化する状態を設計条件をさまざまに変えて求めるのがパラメータ設計である。

この際、表1のような直交表 L18 というのを利用する。この直交表は8つの設計条件（制御因子と呼ぶ）を変化させたものを18通りの組合せによって実験を行っている。パラメータ設計は内側18通り、外側6通りで合計108回の実験を行い、SN比と感度を求めて制御因子の最適条件を決めるのが基本である。



(a) 交互作用の大きな場合 (b) 交互作用の小さい場合

図1. 信号因子による出力の変化

前述した市販のシミュレーターを使えば、機械システムや電気回路などのパラメータ設計では3 極めて迅速に解析することが可能である。したがって、もっと大規模な計算が行われることもある。実際に実験を行う塗装などの塗膜の均一性などのパラメータ設計も、通常なら試行錯誤を重ねて長時間を要することに比べればはるかに簡単で、開発設計や製造技術の開発のスピードアップとコスト削減が期待できる。過日ミノルタから発表された冷却システムのパラメータ設計でも、風量の最適化を図るために、紙を使って風の流路モデルの試作品を作って実験されていたが、コンピュータシミュレーションで流路のモデル解析ができれば18 個の試作品を作る必要もなく、開発スピードもコストも削減できたのである。

しかし、品質工学の実験を体験した人たちが「目から鱗が落ちる」というように、実際の体験に踏切るまでが大変というのが難点である。また、従来のような理論解析の後で試行錯誤的に何個かの同じ試作品を作って、もぐら叩きで信頼性試験や寿命試験を行い、品質を確認するような無駄な作業をなくすことも可能である。しかし、製品の働きを表す機能を求める機能設計において、目標値に合わせこむ場合には、現状の仕事のやり方を考えると、最適条件で試作品を使って、効果を確認することが必要になる。これを富士ゼロックスなどでは「ワンモデル」と呼んでいる。すなわち、テーマを完結するには、合わせこみ実験での試作は必須であり、『全てが試作レス』ということにはならない。ノイズの影響を最小にする機能性設計におけるSN比の改善は試作レスが可能であるが、機能設計ではシミュレーションに使うパラメータが限られているため実製品を1 基は作ることが必要である。

以上

品質工学研究会 昔話（９）

～「技術者は責任をとらない」の真意～

関西品質工学研究会 芝野 広志（TM 実践塾）

京都大原の寂光院で火災が発生し、寺院とともに仏像などの貴重な文化財が消失した事件は、当時、社会に大きな衝撃を与えた。周辺に火の気は無く、不審火によるもの（犯罪）と考えられたが、寺院では不審者の進入に対する防犯システムを常備していた。それにもかかわらず、火事を防ぐことが出来なかったのは、せっかくの防犯システムを動作させていなかったのである。田口先生はこの事件を通して、「技術者は責任を取らない」という有名な言葉に繋がるお話をされたので、ここで紹介したい。

寺院としてはこのような事態を想定して防犯システムを設置していたはずである。ではなぜ、システムを動作させていなかったのか？それは、あまりにも誤動作が多いことが原因と知らされた。当時の防犯システムは、犬や猫などの動物が近づいても、不審者が侵入したときと同じ信号が出てしまったのである。品質工学的に言えば、ノイズに弱いシステムということになる。これではシステムを管理している寺院の僧侶はたまらない。不審者進入の信号が出るたびに周辺を探索し、何事もないことを確認してはシステムのリセットを繰り返すうち、面倒になってシステムそのものを停止していたのであろう。

狼が来た、と嘘を言って周りの人を騙した少年は、本当に狼が来た時に誰からも信用されず、狼に殺されてしまう。この童話では、少年が嘘をついた責任を自らの死でとっているが、寂光院火災の責任は誰が取るのか？

田口先生は、「スイッチを切っていた僧侶に責任は無く、誤動作を繰り返すようなシステムを設計した技術者と、それを販売した企業の責任である」と、たいそう憤慨されていた。原因が不審火であれば、火をつけた犯人の責任は重大であるが、それは法律で裁かれる。また、そのような悪い製品を販売した企業の責任は、経営者が問われることになり、退陣を余儀なくされ、場合によっては裁判沙汰になることもある。しかし、その製品を設計した技術者の責任は、いったい誰が問うのか？そして、技術者はそれに対して責任を取ることができるのか。近年でも多くの類似事件はあるが、設計した技術者が責任を問われた事例は記憶に無い。明確な責任を問われないことが多いのである。

品質工学の目的は、「製品が社会に与える損失を最小化すること」である。この理念に照らし合わせると、先ほどの防犯システムを設計した技術者は、とんでもない製品を社会に出した事になる。1000 年以上もの長きにわたって守られてきた、貴重な文化財の価値は計り知れず、一人や二人の技術者が責任を取れる代物ではない。



しかし、自ら設計した製品がどのような場所で使われるか、それは購入したお客の自由であって、設計者は決められないのである。何処で利用されても狙いどおりに作動するシステムに設計すること、これが技術者に課せられた使命であって、果たさなければならない責任である。それが出来ないのであれば、製品として社会に出すべきではない、もしくは「犬や猫のいない場所で利用する防犯システム」として販売することである。

田口先生はこの事件を通じて、全ての技術者が自らの仕事に対して責任を全うし、社会損失を最小にするような製品や技術を生み出すこと、そして品質工学が大いに役立つことを伝えたかったのである。

以上

長野県品質工学会 研究会活動記録

長野県品質工学会 ^{ちごの}児野 ^{たけお}武郎（長野県工業技術総合センター）

2025 年 6 月 13 日(金)に 2025 年度の第 2 回研究会を長野県工業技術総合センター精密・電子・航空技術部門(長野県岡谷市)およびオンライン(Webex)にて同時開催した。(参加者:10 名)
以下の 3 つの事例発表および共通テーマについてディスカッションした。

【事例発表】

1. 「品質工学における D 最適計画の活用」 ((有) 増田技術事務所 ^{ますだ せつや} 増田雪也)
D 最適計画を使って割付けを作り, 直交表との違いを確認した。その結果, 直交表と比べると, 要因効果図の精度が劣ることが分かった。しかしながら, 要因効果図を求めることを目的としなければ, そこそこ良い条件を効率的に求めることが出来るので, 直交表を補完する意味において有効であると考えられる。
2. 「紙コプター 落下速度の安定条件 最適化 ～5 月研究会の指摘事項に対するアンサー～」
(シナノケンシ (株) 辻希望)
5 月研究会での指摘事項に対するアンサーを報告した。
「差分で SN 比を求めてみてはどうか」 → 差分を望小特性で再評価。
「対数変換を試してみてもどうか」 → 生データをそのまま対数変換で再評価。
望目 vs 望小, 対数. 結局この場合のベターはどれなのか結論には至らなかった。
掲示板へアップして, 幅広い意見を求めてみることになった。
3. 「インフラ課題と on-lineQE(下水道陥没事故を例に)」 (顧問 ^{いわした ゆきひろ} 岩下 幸 廣)
インフラは疲労状態の計測が難しい場合が多いので保全は定期保全がよい。疲労状態は, 故障初期の故障率の変化などから推定しにくいことが多いので, 過去のデータからワイブル分布などを活用して推定しなければならない。故障推定値から最適保全時期を求めて保全を行うことによって, メンテナンス費用を抑えることが出来る。また, 保全費用の低価格化を検討することによって, メンテナンス費用を抑えることが出来るだけでなく, 保全間隔が短くでき, 信頼性を向上できる。

2025 年 7 月 11 日(金)に 2025 年度の第 3 回研究会を長野県工業技術総合センター精密・電子・航空技術部門(長野県岡谷市)およびオンライン(Webex)にて同時開催した。(参加者:9 名)
以下の 2 つの事例発表および共通テーマについてディスカッションした。

【事例発表】1. 「CAE 解析と実験計画法を考える」 （太陽工業（株） 葉玉知子^{はだまともこ}）

金型実験において3因子3水準の総当たり実験を行う案件があり、CAE 解析で金型実験の支援ができないか考えた。CAE は1回の解析に約半日～1日かかる。時間効率も鑑みパラメータ設計のアプローチを試みた。両者実験結果の比較検証では、解析の信頼性を向上させるべきとの課題も見えた。品質工学の観点では、研究会の皆様から SN 比の算出、制御因子と誤差因子のふり方、関係する研究論文など、アドバイス、ご紹介いただいた。社内で品質工学を普及、定着できるよう継続して取り組んでいきたい。

2. 「共通テーマ シャーペンの機能性評価」 （長野県工業技術総合センター 児野武郎^{このたけお}）

長野県品質工学研究会では、共通テーマという名称で会員のスキルアップのための品質工学共同実験を行っている。今回から基礎的な実習を行うために「シャーペンの機能性評価」を行うこととした。事務局で計算用 Excel ファイルを用意したので、次回研究会で会員各自で機能や誤差因子を検討して、評価した結果を発表することとなった。

【共通テーマ】

「シャーペンの機能性評価」

事務局で SN 比と感度を計算するエクセル解析ファイルを作ってもらい、次回の研究会までに会員各自で実験してもらうことになった。

その際、ノイズはシャーペンの向き(縦、横)にしてもいいし、芯の硬さなど各自工夫してもいいことになった。

2025 年 8 月 8 日(金)に 2025 年度の第 4 回研究会を長野県工業技術総合センター精密・電子・航空技術部門(長野県岡谷市)およびオンライン(Webex)にて同時開催した。(参加者:11 名)

以下の 2 つの事例発表および共通テーマについてディスカッションした。

【事例発表】

1. 「MT 法で「釣りが出来る日」を見抜く！

釣り好き技術者が本気で挑んだ【データ釣行術】

((有) 増田技術事務所 増田雪也^{ますだゆきや})

天気予報の波の予報を元に、釣りが出来るか否かを経験的に判断している。本研究では、波の予報を MT 法で解析することにより、釣りが出来るかを判別した。その結果、完璧ではないが判別が可能となった。効いている項目は、「波の高さ」と「波の周期」だった。なお、完璧に判別できない要因としては、天気予報自体の精度が低かったことが考えられた。

2. 「ディスペンサーの機能性評価」(顧問 いわした ゆきひろ 岩下 幸 廣)

ディスペンサーの機能性評価を行った。吐出回数を入力，吐出量(重量)を出力，吐出の圧縮速度を誤差因子とした。データから SN 比を計算したが，複数のディスペンサーを比較する場合は，信号因子が同じでなければならないことを確認した。信号因子の大きさによらず比較するためには，エネルギー型 SN 比や長野県品質工学会で議論した信 SN 比で評価する必要がある。また，吐出回数を信号とした場合は，回数が大きくなると V_e が小さくなることを考慮する必要がある。静特性での評価の方がよいかもしれない。

【共通テーマ】

「シャープペンの機能性評価」

会員全員で気軽にディスカッションし，品質工学の知識や経験を積む機会として，シャープペンを用いて機能性評価を各自で行い，実験した結果を披露し合った。

入力：「シャープペンのノック回数」，出力：「出た芯の長さ」で設定した。

ノイズ(誤差因子)は，「シャープペンの向き(縦，横)」や「芯の硬さ」など，各会員が自由に設定した。ノイズとしての効果が小さく，うまく評価できない等，いい経験を得ることができた。また，「温度をノイズにしてもいいのでは？」という意見も出た。

((有) 増田技術事務所 ますだ せつや 増田雪也 記)

～品質工学会だより～

◆関西品質工学会からのお知らせ◆

1. 合宿研修会を開催しました

7月11日(金), 12日(土)の2日間に渡り, 大阪府泉南市のSORA RINKUにて開催した.
参加者は会場+リモートで計28名.

初日は恒例の田口伸氏による「DFSSの最新版と欧米企業におけるDFSSの展開」と称し特別講演にはじまり, 特定テーマ毎にグループに分かれてディスカッションを行った. 2日目は(株)松風江高氏, 寺崎電気産業(株)尾川氏によるテーマ発表とRQES2025参加者による振り返りと感想発表と10月の関西シンポジウムにおいて招聘したい候補者&テーマについて推薦いただき終了した.



なお, 夕食後には会員相互の親睦を深めるための懇親会を行い恒例の「とうそん氏(嶋崎氏)」によるマジックショーや田口伸氏によるギターの弾き語りなどもあり, 大いに盛り上がった.

2. 関西品質工学会 会員募集のご案内

会員区分と年会費および会員特典・補助などサービスの一覧表

会員区分	年会費	参加資格・特典・補助など
正会員	¥30,000	・本人のみの参加 ・各種イベントへの参加費補助, 図書配布などのサービス有り
法人会員	¥50,000	・登録法人内で名義人又は, 名義人の代理人+同行者1名の2名まで参加が可 ・各種イベントへの参加費補助, 図書配布などのサービス有り
シニア会員	¥2,000	・60歳以上の方で本人のみの参加 ・各種イベントへの参加費補助, 図書配布などのサービス有り
学生会員	¥1,000	・大学など教育機関に在籍する学生(但し, 研修生は除く)で本人のみの参加 ・各種イベントへの参加費補助, 図書配布などの会員サービス無し

■サービスについて■

- ・同研究会イベント補助: 新年会, 関西地区品質工学シンポジウム, 合宿研究会の参加費&宿泊費など
- ・参加費補助対象: 品質工学会開催のイベント, 研究会認定のセミナーやイベントへの参加費
- ・過去の補助対象: 品質工学研究発表大会, 技術戦略研究発表大会, 企業交流会, 品質工学フォーラム, 品質工学入門セミナーへの参加費など
- ・無料配布図書: 品質工学研究発表大会論文集, 品質工学関連図書(新刊)の同研究会会員への配布など

■支払方法&期間■

支払方法: 正会員・法人会員・シニア会員の会費は1年分(1月～12月)一括払い
若しくは半期毎(1月～6月及び7月～12月)分割払いのどちらかを選択可能

■申込方法■

- ・同研究会ホームページ(<https://kqerg.jimdofree.com>)内の, <入会案内>にて申込方法をご確認いただけます.

◆品質工学情報誌編集担当からのお知らせ◆

この情報誌を読者の皆様にとって、より有効なものとするために、投稿記事に対する質問や意見を掲載してはどうかと考えました。情報誌を読んでの感想、掲載された活動や事例に対する読者からの意見、質問、アドバイスは、研究会の活動を活性化させるとともに、研究者のレベルアップに繋がると思います。皆様からのご意見やご質問など下記編集担当までお寄せください。

なお、ご投稿者への誹謗・中傷は受付せず、ご質問の内容により編集担当の判断にてご回答および掲載を控えさせていただく場合もございますこと予めご了承ください。

【編集担当】

芝野 広志：tm-shibano@tmjissen.com 江平 敏治：toshiharu.ehira@iteq.co.jp