

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～



2024 年秋号

<参加研究会>

北海道タグチメソッド研究会
滋賀県品質工学研究会

長野県品質工学研究会
関西品質工学研究会

中部品質工学研究会
広島品質工学研究

【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. 「品質工学研究会会員のための品質工学情報誌秋号」巻頭言 P.3
長野県品質工学研究会 事務局 児野 武郎（長野県工業技術総合センター）
- 2 リール用ギヤ開発ストーリー ～究極の巻き心地を求めて～ Vol I P.4～8
～世界初 3次元フェースギヤ歯面の創成～
関西品質工学研究会 副会長 井上 徹夫（(株)シマノ）
3. ロバストパラメータ設計(RPD)の真意(3) P.9～15
The truth of Robust Parameter Design (RPD)
— 直交表実験こそ想定外のノイズ対策—
関西品質工学研究会 顧問 太田 勝之
4. 原 和彦流に解説する田口語録 I P.16
⑤技術者は解が無数あることを知らない
⑥失敗するなら早く失敗しろ
⑦品質改善はコスト改善の手段に過ぎない
⑧品質が欲しければ品質を測ってはならない
関西品質工学研究会 顧問 原 和彦
5. 品質工学研究会 昔話 (5) P.17
禁止の組み合わせこそテストすべき
関西品質工学研究会 顧問 芝野 広志（TM 実践塾）
6. 長野県品質工学研究会 研究会活動記録 P.18～20
長野県品質工学研究会 事務局 児野 武郎（長野県工業技術総合センター）
7. 品質工学研究会だより
- ◆関西品質工学研究会からのお知らせ◆ P.21
1. 関西品質工学研究会恒例の合宿研究会開催のご報告
2. 関西品質工学研究会 会員募集のご案内
- ◆講演希望企業募集のご案内◆ P.22
なぜ今、品質工学か ～最適化の成功から技術開発・事業化の成功へ～
- ◆公開セミナー情報（有限会社アイテックインターナショナル）◆ P.23
品質工学の4大手法実践基礎オンラインセミナー
- ◆品質工学情報誌編集担当からのお知らせ◆ P.23

「品質工学研究会会員のための品質工学情報誌秋号」巻頭言

長野県品質工学研究会 事務局 児野 武郎 (長野県工業技術総合センター)

はじめに断っておくが、私は品質工学の経験も深くなく、田口玄一氏から直接指導を受けたこともない。そのようなものが語ることもおこがましいのであるが、それを承知の上で、20年前のある新人技術者が見た田口玄一氏の姿を書きたいと思う。田口氏が故人となって既に12年の時が流れた。私は元気であった姿を見たおそらく最後の世代であろうと思う。

長野県品質工学研究会は平成8年度に設立され、会員の自主性に基づき長野県内の品質工学普及のため活動してきた。事務局は、長野県精密工業試験場測定部（現：長野県工業技術総合センター精密・電子・航空技術部門測定部）にあった。私は新規採用者として、平成15年に精密工業試験場に配属となった。配属から1年が過ぎたころ、同僚であった増田雪也氏（現：長野県品質工学研究会副会長）が品質工学コンサルタント会社である増田技術事務所（現：(有)増田技術事務所）を設立するため退職された。その時に声をかけられ、品質工学研究会の事務局を担当することになったのである。その翌年の平成17年、研究会創立10周年を迎えるにあたり、記念講演会が企画された。そのゲストが田口玄一氏であった。当時は品質工学の勉強を始めたばかりで、田口氏の名前も何となく知っているだけであった。講演会は10月にJR長野駅東口にあったメルパルク NAGANO（現：シャトレゼホテル長野）で、「これからの品質工学」というタイトルで開催された。田口氏の指示でスライドを切り替えるという大役を仰せつかったものの、はっきり言って内容は全く理解できなかった。しかし、参加者は70名以上に及んで真剣に聞き入っていたり、休憩時には田口氏にサインをもらおうと長蛇の列ができたりして不遜にもアイドルみたいだな、などと感じた。その夜に懇親会が催された。田口氏は終始ご機嫌で、2ショット写真を取りたいという多くの人の要望にも快く応じていた。ケーキを食べる瞬間の写真を撮りたいというおかしな要望にも口を開けて待つなど、お茶目な一面も垣間見えた。翌日、田口氏と関係者数名で戸隠に出かけた。鏡池という名所の周辺を散策したが、氏はとにかく歩くのが早く、ぬかるみでも構わずに進んでいくのでついていくのが大変であった。その後、善光寺近くで天ざる蕎麦を食べたが、田口氏はあつという間に平らげてしまい、もともと食べるのが遅い私は迷惑をかけまいと、必死に食べたのであった。後年、田口氏が健啖家であったという話を聞き、大いに納得した。その翌年病に倒れられ、平成24年に他界されたのである。

その後、品質工学に関わる中で、田口氏がその目的を「一人ひとりの自由の拡大」と表していることを目にした。私は、人生の豊かさとは選択肢の多さにあると考えている。自分に選択できる余地が多いほど、人生の自由度が高いほど、人は様々なことに挑戦し、人生の幅を広げられるのではないだろうか。気が付けば年齢だけはベテランの域に達し、組織という軛に絡まれつつある自分でも、品質工学の目的だけは忘れず、人生の幅を広げていきたいと考えている。

以上

リール用ギヤ開発ストーリー ～究極の巻き心地を求めて～ Vol I ～世界初 3次元フェースギヤ歯面の創成～

関西品質工学研究会 副会長 井上 徹夫 ((株) シマノ)



1. はじめに

関西品質工学研究会では、リール用ギヤの開発にあたって非常に貴重な技術的指導をしていただいた。その成果により「SR-3D ギヤ」「HAGANE ギヤ」「マイクロモジュールギヤ」などの高機能ギヤを開発するに至り、リールの価値を大きく向上することができた。その成果は、2022年から数回にわたり研究会で発表し、リールという一つの製品ではあるが、品質工学の手法や基本機能の考え方など取り入れることで、全く新しい製品を世に出すことができることをお話しした。その中で、現会員の平野さんから「なぜこのような歯車を開発できたのか、その開発ストーリーを伝えてほしい」とのお話を頂いた。いつも大変厳しい意見で有名な平野さんからの依頼は大変嬉しいことである。この情報誌では、リール用ギヤの技術的な話というよりは、開発のきっかけやアイデアがどのように生み出されたのかなどを皆さんに共有できればと考えている。1993年から現在の2024年まで31年間のリール用ギヤ開発ストーリーを4回に分けて投稿する。この情報が少しでも皆さんのお役に立てたのなら、一人の技術者として冥利に尽きる思いである。

2. SHIPの開発(1993年)

1985年に島野工業(株)(現:(株)シマノ)に入社してから6年、試作→生産技術→購買と様々な部署で様々な仕事をさせてもらえたが、技術的な仕事をもっとしたいという要望から金型部門に移動させてもらった。そこでは、金型設計や当時最新の3D-CADによる自転車部品や釣具部品の電極用3Dモデリングをさせてもらった。自転車部品は機能性を有しながら高難易度のデザイン面を含むため、非常に高度なモデリング技術を必要とする。ここでの6年の実務のお陰で、クラスAと呼ばれる、サブミクロンのレベルで全くゆがみのない面を作成するモデリング技能を習得することができた。

このときに金型部門では当時世界最高レベルの精度を誇る3次元測定機(図2-1)を導入して、リール用ギヤの測定(図2-2)に取り組んでいた。このギヤはスピニングリールに使用されるフェースギヤ(図2-3)と呼ばれる直交ギヤで、円盤状の面に歯が付いたそれまで見たこともない形状だった。この測定機は、「この測定機ならフェースギヤを測定できる」ということで購入されたもので、直交ギヤ用ベベルギヤ測定プログラムもインストールされていた。しかし、非常に小さなギヤだったことと、直交ギヤではあるがベベルギヤではなかったことから、当時の担当者は全く測定できずにお手上げ状態となっていた。導入した当時の管理職が「腹を切る覚悟で導入した」高級マンションが買えるほど高価な測定機ではあったが、このままではお蔵入りとなるところだった。そこで白羽の矢が当たったのが私である。それにしても、今考えれば測定できるかどうか分からない状況で、よくこんな高価な測定機を購入したものだと言われる。このギヤの評価や開発はそれほど切羽詰まった状況であったのは間違いない。



Fig. 2-1 3次元測定機



Fig. 2-2 フェースギヤ測定



Fig. 2-3 フェースギヤとピニオン

実際に、リールの巻き心地（ギヤフィーリング）は、リールの釣果を左右する重要な機能であり、ギヤフィーリングに最も影響を及ぼすフェースギヤは、リールの価値を決定する最重要部品であったのだ。当時の最上位モデルには、糸を巻き取る際のローターの回転バランスを除去する新機構（SBL : Shimano Balance Lock）（図 2-4）が搭載されていた。しかし、この回転振れがなくなったことで（図 2-5）、ギヤフィーリングの悪さが際立つようになってしまったのである。このため、ギヤ振動の低減は至上命題となり、フェースギヤの評価と開発はトップダウンで行われる状況になっていたのである。今で言えば、自動車の電動化によりエンジンノイズがなくなり、ギヤノイズが目立ってしまったような現象と言える。

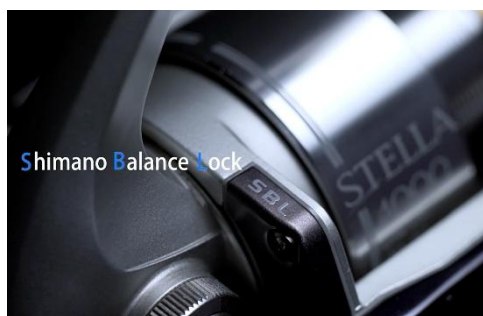
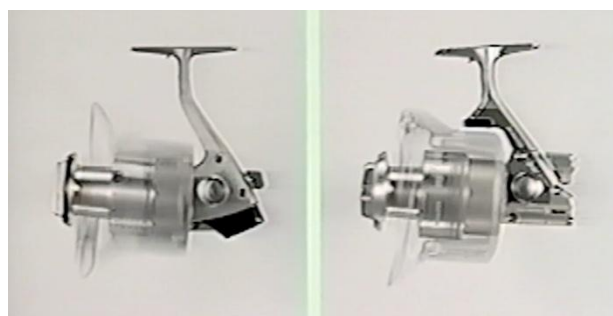


Fig. 2-4 SBL (Shimano Balance Lock)



(a) SBL 搭載リール (b) 従来リール

Fig. 2-5 SBLによる回転バランス除去効果

試行錯誤の末になんとかフェースギヤを測定できる状況にはなってきたが、それでもギヤフィーリングの良いギヤをマスター（設計値）にして悪いギヤを測定する比較測定しかできていない。プリンターから出力されたグラフ（図 2-6）を見ていただけでは気が付かなかったが、測定結果の座標を 3D-CAD に取り込んで確認したところ愕然とする事実突き当たる。「測定できていた歯面の範囲はたったの 10%しかない!」。ギヤが小さいため、プローブ径が当時最小の $\Phi 0.5\text{mm}$ でも、法線ベクトルのサーチ半径が大き過ぎて、測定可能な範囲が歯面の中心の極わずかな面積だけだったのである（図 2-7）。これでは何を測っていたのか全く分からない状態である。この問題を解決するには、プローブによるサーチを必要としない設計値の座標を入力するしかない。この段階からやっとフェースギヤについての勉強を開始した。しかし、どの歯車の本や文献をみても、フェースギヤについては「フェースギヤとはピニオンを工具として削り取られた形状で、フェースギヤ歯面はピニオンの創成運動による炮烙面である」と記載されているだけで、数式は全く書かれていない。これでは設計値を入力することができないと諦めていたが、手の中でフェースギヤとピニオンを何度も何度も転がしていた時に、フェースギヤをピニオンカッターで削り取っ

ていくイメージがふっと浮かんできた。「実際に削るのではなく、3D-CAD で削り取っていく作業を繰り返せば、フェースギヤの歯面が創成できるのではないだろうか！」と思いつき、モデリング作業を開始した。

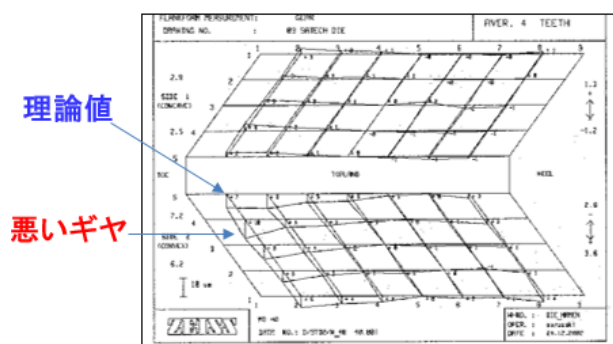


Fig. 2-6 歯面測定結果

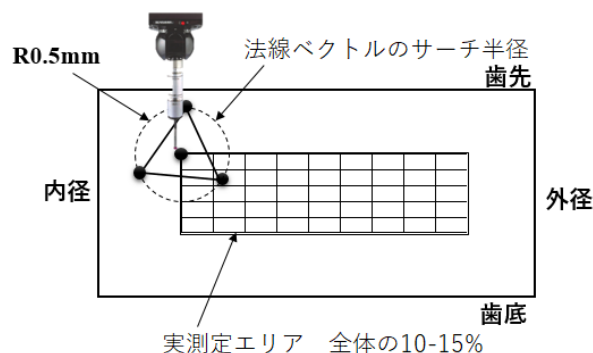


Fig.2-7 フェースギヤ歯面上の実測定エリア

当時の 3D-CAD は現在では一般的なソリッドモデラーではなく、面とワイヤーフレームで構成されたサーフェスマデラーである。面を削り取る場合は、ソリッドモデラーのブーリアン演算ではなく、“面を切っては張り切っては張る”の作業を繰り返すのである。一コマコマを一定の角度（1°ピッチ）で形状を創成していく作業は困難を極めた（図 2-8）。そもそも、当時は歯車の専門家でもないので、はすば歯車であるピニオンのモデリングにさえも苦労している。

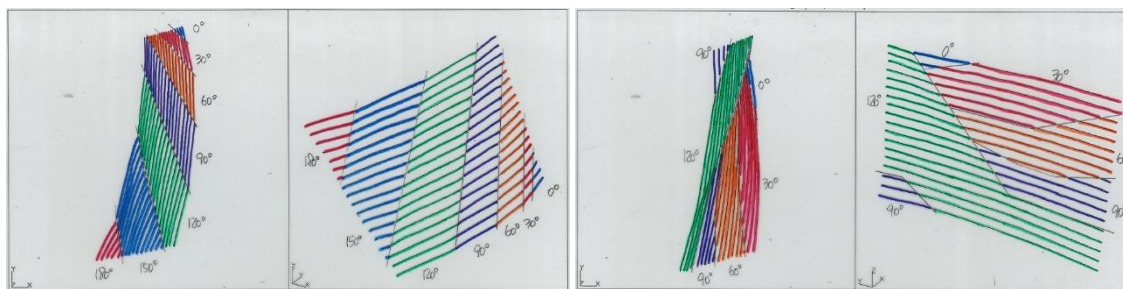


Fig.2-8 サーフェスマデラーでのフェースギヤ創成歯面（30°ピッチ）

あるときに、ピニオンがはすば歯車であることに気が付き、そしてピニオンの回転運動と平行移動運動は同じ意味を持つことに気が付いた（図 2-9）。つまり、ピニオンの XY 断面を平行移動させることで、3 次元的なかみ合いを断面ごとの 2 次元のかみ合いに分離できることが分かった（図 2-10）。この発想から作業の効率は大きく向上し、フェースギヤの歯面の創成は大よそ 4 日ほどで可能となった。ちなみに、現在フェースギヤ歯面の創成は完全にプログラム化されており、諸元を入力すれば 30 秒ほどで創成できるようになっている。

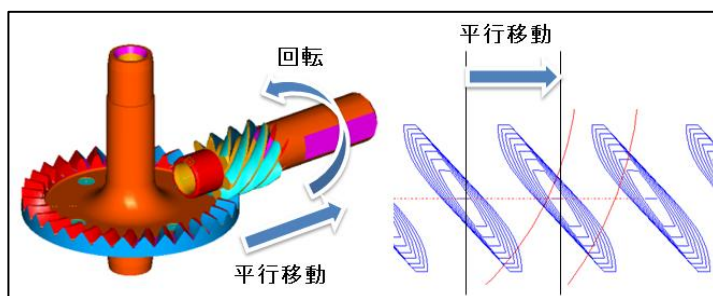


Fig.2-9 ピニオン回転=ピニオン平行移動

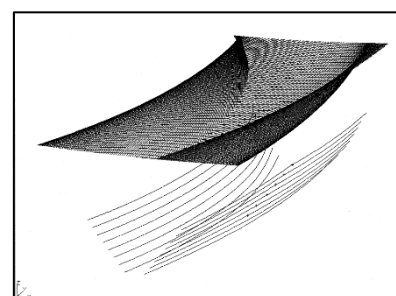


Fig.2-10 断面モデリング

創成されたフェースギヤ歯面に測定点を設定し、測定点の設計値（XYZ 座標）と法線ベクトル（ $nx/ny/nz$ ）を入力することで（図 2-11）、法線ベクトルのサーチをすることなく、歯面全域を測定することができるようになった（図 2-12）。また、良品との比較測定だけでなく理論値との比較が可能となり、ギヤフィーリングに影響を及ぼす原因の究明も可能になると共に、電極から金型及び最終成形品までの全ての工程で測定することにより、各工程間での変形過程を詳細に把握することもできるようになった。

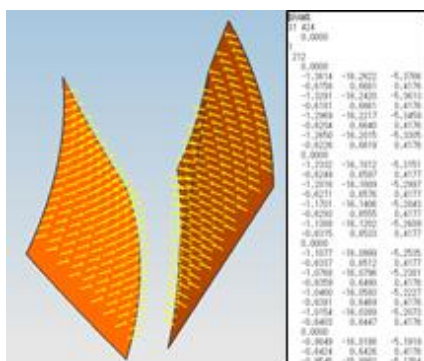


Fig.2-11 測定用設計値と法線ベクトル

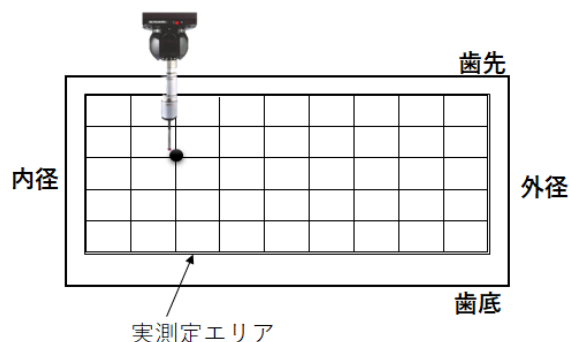


Fig.2-12 フェースギヤ歯面上の実測定（設計値入力）

この作成されたフェースギヤ歯面は 3D-CAD でモデリングしているので、測定に利用するだけではなくマシニングセンタで加工することができた。初めて実際に削り出されたサンプルを見たときは非常に感動したことを思い出す。この加工されたギヤをリールに組みこんで確認したところ、当時の量産品のフィーリングとは比べ物にならないほど良くなり、非常に滑らかなヌルとしたフィーリングを得ることができた。測定用の設計値を模索していた中で創られたギヤ歯面ではあったが、最終的にはそれ以上の成果を上げることができている。この 3D 化されたフェースギヤは SHIP (Smooth & HI Power system) (図 2-13) として商品化され、競合他社を凌駕するギヤフィーリングにより、スピニングリールの市場では圧倒的優位な状況を作り出した (図 2-14)。なお、今では 3D 化したフェースギヤはソフトを購入すれば誰でも作成できるが、当時は世界初の 3D フェースギヤだったのである。



Fig.2-13 SHIP



Fig.2-14 フィッシングショーで使用了した SHIP のモデル

この SHIP の実現には大きなポイントがある。ベースになるのは、「腹を切る覚悟で導入した 3次元測定機」と「当時世界最高レベルの精度を誇る 3D-CAD」の存在である。

目次へ

SHIP は、ニュートンではないがこの 2 つのシステムを導入した 2 人の巨人の肩に乗ることで見えた技術であり、自分だけでできたと勘違いするのはおこがましいと言える。ただし、私自身は、この 2 つのシステムを同時に扱える特別な環境にあった社内で唯一の存在だったのは事実である。また何とかしたいという思いから、この 2 つのシステムを駆使して、夢でうなされるほどに試行錯誤を繰り返していたから浮かんできたアイデアと言えるかもしれない。今でも私の信念は「測れないものは創れない」である。高ければよいわけではないが、ここぞというときには、このような高価なシステムを導入して、物の真理にたどり着く努力は必要だと思っている。

そして、2001 年の SR-3D ギヤの開発に続いていく。

Closer to Nature, Closer to People



SHIMANO

ロバストパラメータ設計の真意(3)

The truth of Robust Parameter Design (RPD) — 直交表実験こそ想定外のノイズ対策 —

関西品質工学会 顧問 太田 勝之

RPD の真意(1) (2)にて、検証データを元に以下を説明してきた。

RPD の真意(1)にて、SN 比は評価者が想定したノイズでの安定性の指標でしかない。SN 比が最大となる条件を総当たり、若しくは探索的に見つけたとしても、想定外のノイズ条件にも強くなっているとは言えない。例えば、温度をノイズにとり SN 比が最大となる条件は、強度の耐久性も最大となるのか？多くの性能は互いに背反的であり、耐熱性を上げると他の性能が悪化することは、多くの技術者が経験的に知っており、それで苦労している。このように技術者が取り上げたノイズへの安定性の改善は、一種のチューニング作業と言ってよい。ノイズの設定やどのノイズを重視するかで最適条件は異なる。適正な使用環境や負荷を技術者が想定できれば良いが、全てのお客様の使用条件の把握と検証は不可能である。

田口は「技術者は責任を取らない」と言っていた。トラブルが想定できた場合は技術者も犯罪として糾弾されるが、多くが「想定外」として責任を逃れている。「想定内」か「想定外」かで争われるが、RPD のプロセスが世間にもっと認知されていれば「想定外」だけでは責任が逃れられないとわかる。重大事故において「想定外」として経営者も技術者も責任を取らないケースがあまりにも多い。

RPD の真意(2)にて、どの因子の水準を変化させても特性値が変化しなければ想定外のノイズに対してもロバストな条件であることを示した。

これは、ノイズとは制御因子の水準の変化→ノイズに強くする＝制御因子の水準の変化による特性値の変化が小さい→要因効果図の傾きが小さい

ノイズに対する安定性の改善には、現行条件の水準の周囲では大きかった特性値の要因効果図の傾きが、最適条件の水準の周囲では小さくならなければならない。これには、多次元の特性値の応答が曲面でなければならず、多次元平面では傾きは変えられない。多次元曲面を作るには交互作用を持つ複雑なシステムが必要なのである。つまり「**制御因子間の交互作用が必要**」である。

「制御因子間の交互作用は悪で、制御因子とノイズ因子との交互作用は善」とする論があるが、制御因子とノイズ因子はそもそも同じ因子である。

3 直交表利用の真意

想定外のノイズに対しては、SN 比では不十分で直交実験こそが要である。

3.1 直交実験は実験数削減が目的ではない

RPD では、直交表を使った実験が推奨される。直交表とは各列の水準数が同じでかつ、どの 2 列も互いの水準に現れる水準数が等しい（直交）という性質を持つ。直交表は RPD にも用いられるが実験数の削減が目的ではない。各因子の水準毎に実験を繰り返す 1 因子実験の反復でも実験回数は同じである。

L18 直交表には、8 因子(A: 2 水準,B-H: 3 水準)を割り付けることができる。Fig.3.1

・ 1 因子実験反復での調査手順

Run1: 因子 A-H の水準を全て 1 で実験し、これをベースとする。

Run2: 因子 A を水準 2 に変更し、B-H の水準は全て 1 で実験を行う。ベースである Run1 と Run2 の差が因子 A の効果。

Run3: ベースと Run2 で良かった方を新たなベースとして、B の因子だけを水準 2 に変更。ベースと Run3 との差が因子 B の効果。

Run4: ベースと Run3 で良かった方を新たなベースとして、B の因子だけを水準 3 に変更。ベースと Run4 との差が因子 B の効果。

以降、この操作と実験を全因子の全水準に繰り返す。

1 因子実験反復では 16 回の実験で最適解と各因子の効果を得ることができる。

L18 直交実験だと 18 回の実験が必要になる。

通常は、1 因子実験反復でも直交表実験でも同じ実験数になるが、L18 の場合は A×B の交互作用を求めることができるという、「おまけ」（実際には無駄ではない）のために 2 回の実験が加わる。

直交実験の目的は実験数を減らすことではない。

1 因子実験反復でも 16 回目には最適解を得ることができるし、Run15 または Run16 が最適解なので、RPD の手順で行う追加の確認実験も不要で、回数はさらに少ない。

3.2 直交実験で普遍的な結果を得る

1 因子実験反復では、各因子の水準の検証に 1 回の実験しか行っていない。ところが、直交表実験では各因子の水準の検証に 2 水準であれば各 9 回、3 水準であれば各 6 回の実験結果から判断することになる。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3	3
5	1	2	2	2	3	3	1	1
6	1	2	3	3	1	1	2	2
7	1	3	1	2	1	3	2	3
8	1	3	2	3	2	1	3	1
9	1	3	3	1	3	2	1	2
10	2	1	1	3	3	2	2	1
11	2	1	2	1	1	3	3	2
12	2	1	3	2	2	1	1	3
13	2	2	1	2	3	1	3	2
14	2	2	2	3	1	2	1	3
15	2	2	3	1	2	3	2	1
16	2	3	1	3	2	3	1	2
17	2	3	2	1	3	1	2	3
18	2	3	3	2	1	2	3	1

<Fig. 3.1>L18 直交表

- ・実験誤差の影響

直交実験では因子の各水準の効果を複数回の結果の平均で判断するため、実験誤差の影響が減り、偶然誤差による誤判断のリスクが減る。大きい直交表ほど統計的自由度が増えることでそれが有利になる。

- ・交互作用の影響

調査しようとする因子以外の因子の水準が変わった場合に、調査しようとする因子の効果も変わってしまう効果を交互作用と呼ぶ。実験誤差より大きな効果を持つことが多い。

1 因子実験反復では、選ばれた最適条件が交互作用によるものかどうかは不明であり、強い交互作用で最適条件が選ばれる可能性がある。求めた各水準の効果も交互作用の影響が含まれている。交互作用が大きい場合は、他の水準が少し変わってもその効果は大きく変わるため安定した条件とは言えない。直交実験では、1つの因子の複数回の実験で、他の因子の水準もその組み合わせも大きく変えている。例えば、因子 A の水準 1、2 には、他の因子の水準が同数回で直交というルールで割りついている。Fig.3.2

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3	3
5	1	2	2	2	3	3	1	1
6	1	2	3	3	1	1	2	2
7	1	3	1	2	1	3	2	3
8	1	3	2	3	2	1	3	1
9	1	3	3	1	3	2	1	2
10	2	1	1	3	3	2	2	1
11	2	1	2	1	1	3	3	2
12	2	1	3	2	2	1	1	3
13	2	2	1	2	3	1	3	2
14	2	2	2	3	1	2	1	3
15	2	2	3	1	2	3	2	1
16	2	3	1	3	2	3	1	2
17	2	3	2	1	3	1	2	3
18	2	3	3	2	1	2	3	1

<Fig. 3.2> 因子 A と他の因子との交絡

直交表に割りつけた因子の効果の調査のために、他の列に割り付けた因子の水準をさまざまに変えた組み合わせで評価していることが重要である。

通常、制御因子の水準の振り巾は、ノイズによる変動巾より大きいので、これらの制御因子の水準の変化の組み合わせに対するバラツキが小さければノイズにも強いということになる。たとえ、同じバラツキでも平均値が大きければ、相対的に安定していると言える。

1 因子実験反復では安定性は不明である。

直交実験にて、特性値の工程平均の要因効果図にて、最大となる水準の組み合わせを選べば、さまざまなノイズに対しても平均的に高く安定した特性値が得られる。つまり、「ロバストな条件を探すには直交実験をして平均値が高くなる条件を探せばよい。」という単純なことである。

評価特性に SN 比を用いても、特性値のままでも良い。田口が「大きな直交表実験ではノイズは不要」と言っていたのは、直交表実験だけで多くのノイズを制御因子の水準変更として取り込むことになるからで、多くの制御因子間の交絡の方が技術者の思いついたノイズより重要だということである。

技術者が思いつくノイズは、すでに信頼性試験の評価項目とされているはずであるし漏れてはならない。

技術者の勘が信用できるなら市場で問題は起きないはずである。

RPD での目的は、正しい要因効果図を求めることではなく、交互作用を利用してロバストな水準の組み合わせを探すことである。目的がモデル化であり、正しい要因効果図を求めることであれば、交互作用を把握するために交互作用を割り付けた実験計画法を選択すべきで、混合型のような直交表はそれには向いていない。RPD では、できるだけ多くの（ノイズ因子でもある）制御因子を複雑に交絡させることで、未知のノイズに対してもロバストな水準の組み合わせを選ぶことが目的である。

「RPD で得られた要因効果図は有効な技術情報」と考えるのは注意が必要である。ロバスト性が改善できたなら、現行条件の周囲と最適条件の周囲では、要因効果図は異なっているはずだから。感度の要因効果図もそうだが、特に、SN 比の要因効果図は技術者が選んだノイズにおいてのそれであり、ノイズが変われば変わってしまう。

「確認実験が再現したら、要因効果図が信用できる」とする誤解もある。確認実験で検証しているのは効果があると考え変更した因子だけで、しかもその調査した 3 水準のうち、2 水準でしか検証していないため、ほとんどの水準が確認実験だけでは未検証である。少なくとも全水準で確認実験をしないと信用ができない。信頼できる要因効果図を得ることが目的なら実験計画法の手順を踏むべきで、RPD での要因効果図はその目的ではなく水準選択が目的である。

技術情報を得るなら、最適条件の周りで直交表を用いた許容差設計か 1 因子実験の反復でも良い。最適条件には交互作用が含まれるが、最終的に水準は固定するし、最適条件の周りでは主効果に対し相対的に交互作用も小さくなる。最適条件付近の要因効果図は RPD でのそれとは変わっているはずだから。

3.5 分割型 SN 比の問題点

制御因子の交絡で得た直交実験のデータを各因子の水準毎に平均値ではなく、そのバラツキの大小や SN 比で比較するというアイデアもある。各因子の水準毎に、例えば因子 A については、No.1~9 と NO.10~18 の結果の平均とバラツキから SN 比を求める方法もあり、それは分割型 SN 比¹⁾と呼ばれる。

これは、参考文献 1)で田口も問題点を指摘しているが、No.1~9 と NO.10~18 では、水準数は同じでも組み合わせは異なるため、そのバラツキで比較するわけにはいかない。

L18 に交互作用の無い各水準の効果が 1 としたデータで検証する。Fig.3.5
効果が 1 なので、各行の実験結果は水準の合計で表される。交互作用も非線形成分もないため、どの因子のどの水準を選んでも安定性は同じで改善はできない。したがって、各水準の標準偏差は同程度にならなければならない。

	A	B	C	D	E	F	G	H		結果
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	14
3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	20
4	1	2	1	1	2	2	3	3	4	15
5	1	2	2	2	3	3	1	1	5	15
6	1	2	3	3	1	1	2	2	6	15
7	1	3	1	2	1	3	2	3	7	16
8	1	3	2	3	2	1	3	1	8	16
9	1	3	3	1	3	2	1	2	9	16
10	2	1	1	3	3	2	2	1	10	15
11	2	1	2	1	1	3	3	2	11	15
12	2	1	3	2	2	1	1	3	12	15
13	2	2	1	2	3	1	3	2	13	16
14	2	2	2	3	1	2	1	3	14	16
15	2	2	3	1	2	3	2	1	15	16
16	2	3	1	3	2	3	1	2	16	17
17	2	3	2	1	3	1	2	3	17	17
18	2	3	3	2	1	2	3	1	18	17

<Fig. 3.5>分割型 SN 比の問題

ところが、分割型で計算した標準偏差、SN 比とも水準で大きく異なり、近似的にも可能とは言えない。Fig.3.6, Fig.3.7

今回のケースは特殊ではなく、効果を多少変えてみても全因子に対し、近似的に揃えることは困難であった。個々のケースが近似的に使える状態かどうかの判断もできないため、基本的には**分割型 SN 比は使うべきではない**。実際、外側にノイズを取った SN 比の要因効果図と分割型 SN 比の要因効果図は大きく異なることが多い。

大きな直交表、割り付けで列が多く余っている場合、多水準の場合など、分割型 SN 比の適用可否条件には検証が多く必要である。総当たり実験であれば分割型 SN 比の適用は可能だが、実験数の増加から実際の適用は限られる。

3.6 想定外のノイズに対する安定性の評価

技術者は想定したノイズのような具体的な問題に対する解決は得意で、SN 比の改善はそれにあたる。「低温でも機能するようにしてほしい。」「耐久性を上げてほしい」などの具体的要求に対して対策を行う。専門工学の知識として重要である。「想定外のノイズに対しても機能するようにしてほしい」と要求された場合に技術者は、過剰な強度や品質を考えてしまう。直交表実験は出荷後に発生するさまざまな未知のノイズに対してロバストな条件を、制御因子の複雑な交絡を作り出すことで達成する効率的な方法である。仮に、全因子組み合わせ実験を行い、SN 比が最大となる条件を選んだとしても、それは想定したノイズに対する最適条件であり、想定外のノイズに対し強くなっているとは言えない。

筆者は、2018 年の関西品質工学研究会 25 周年記念講演の中で以下のように直交表こそが重要であると述べた。「**1 因子実験は無駄。L4 でもいいから直交実験。**」と当時も制御因子の交絡の重要性を訴えたのだが、どこまで伝わったか。

次回は「確認実験の真意」。

1)田口玄一：品質工学の数理（日本規格協会,1999）p.48

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	2.94	3.50	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99
2	0.82	0.50	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
3		0.50	1.71	1.71	1.71	1.71	1.71	1.71

<Fig. 3.6>分割型での標準偏差

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	14.14	12.35	13.89	13.89	13.89	13.89	13.89	13.89
2	25.84	29.83	26.15	26.15	26.15	26.15	26.15	26.15
3		30.37	20.23	20.23	20.23	20.23	20.23	20.23

<Fig. 3.7>分割型での SN 比

原 和彦流に解説する田口語録 I

関西品質工学研究会 顧問 原 和彦

前回に引き続き、田口語録に対する原流の解釈を紹介する。読者からご意見を期待したい。

⑤技術者は解が無数あることを知らない

科学的思考の技術者は、 $1 + 2 = 3$ が正しいと考えていて、社会に出ても正しい答えは一つしかないと考えて、モノづくりを行っている。科学は現象解明（理論を自然に合わせる）であるから、真の答えは一つしかないが、技術は現象を利用して人工的なものを創造することであるから（理論に自然を合わせる）、答えは無数に存在することになる。「科学と技術は別物」（東京大学名誉教授 本間三郎が読売新聞(2000年5月3日)に投稿されていたのである。（技術には目的がある）理想機能（真値）は一つしかないが、理想に近づける手段は無数で、経済的に最適な答えを考えるのが、技術者の役割であり責任である。品質工学では、目的に合った理想機能を描き、理想機能を達成する手段を創造して、理想機能のばらつきによる損失と投資コストの和が最小で、両者のバランスがよくなる設計を行うことをオフライン設計やオンライン設計で考えている。

⑥失敗するなら早く失敗しろ

「設計者は良くしようとしかしないから、なかなか良い設計ができない」ともいわれていた。このことは最近出版された田口伸さんの「タグチメソッド入門」のまえがきに書かれているが、設計者は企画したとおりに要求を満足しているか、試験の抜け漏れがないか試行錯誤を繰り返して、もぐら叩きの開発に陥っていくのが現状ではないだろうか。

品質工学の目的は、R&Dの生産性の向上で開発スピードを向上させることであるから、問題を未然に防止するためには、的確な技術情報を創ることが大切で、その結果、開発期間の短縮やコストダウンができるのだと言われていたのである。

⑦品質改善はコスト改善の手段に過ぎない

品質管理では「品質第一」で、そのためにはコストが多少高くてもよいと言われているが、品質工学では、品質改善はコスト改善の手段であって、パラメータ設計で品質改善を行った後で、許容差設計で品質損失とコストのバランスを考えて、品質改善の成果をコスト改善に還元することが大切であると考えている。すなわち、品質損失とコストのバランスを考えて、両者の総和を最小にすることである。安全設計でも、事故が起きたとき信頼性設計（ロバスト設計）に頼るのではなく、被害が最小になるように安全装置をつけることが大切なのである。

⑧品質が欲しければ品質を測ってはならない

これは田口哲学の本質である。市場でトラブルが起こるのは、製品が故障する、寿命が短い、壊れるなどの「品質問題」であるが、顧客がほしいのは、製品が使用環境条件と長時間劣化しないことである。アメリカでは *To get Quality, Don't measure Quality. Measure Functionality* と主張されている。そこで、品質工学では、市場品質を高めるためには、技術手段の基本機能で技術品質の生産性を改善することで、品質問題で不良品を改善するよりも経済的効果はるかに大きいと考えている。

品質工学の目的は R&D の仕事の「生産性」で開発のスピードを改善することである。機能性評価は、工学・医学・薬学・情報など「あらゆる分野」で未来を予測推定ができる。

以上

品質工学研究会 昔話（5） ～禁止の組み合わせこそテストすべき～

関西品質工学研究会 顧問 芝野 広志

このエピソードは、ソフトウェアのバグ検査に直交表を利用する方法について、田口玄一博士から提案された当時のものである。田口博士は常に新しい技術分野への挑戦を続けられていたが、中でもソフトウェア開発への挑戦は、私にとって最も刺激的なものであった。品質工学がハードからソフトへ拡張されたことを実感したからである。そのような広範囲に適用できる方法論は、過去はもとより現在でも存在しないのではないだろうか。1999年から2000年にかけて、ソフトウェアのバグ検査の考え方と方法が公表、提案されると、すぐさま多くの企業で実施された。ソフトウェアのバグ検査、並びに修正は、多大な時間と工数を必要として、どの企業でも大きな課題であったからである。

そんな中、ある研究会においてバグ検査についての研究結果が、品質工学を積極的に推進している企業から報告された。その企業では、田口博士の手法をさらに発展させた、独自のバグ検査手法として構築、書籍として出版され、当時の大きな話題となっていた。もちろん私もその本を購入して勉強していたのだが、研究会で議論になったのは、直交表実験の中にシステム上問題のある信号の組み合わせ（いわゆる禁則）が現れたとき、それをどのように扱うかという点であった。多くの信号をランダムに直交表に割り付けると、システムの都合や仕様上、成立しない信号の組み合わせや、機能しない組み合わせが現れる時がある。これらを禁則と呼ぶが、発表した企業では、この禁則をうまく外して実験する方法（禁則の処理方法）を提案していたのである。

その発表を聞いたとき、うまいやり方があるものだと私は感心したのだが、田口博士は大反対。発表者に厳しい言葉をかけられていた。そこまで言わなくても、と驚いたことを覚えている。

田口博士の指導内容を要約して下記に紹介する。

「お客に迷惑をかけるような大きなバグというのは、技術者の想定外の部分に存在するものだ。その代表が禁止の組み合わせであり、本来、禁止になっている信号の組み合わせをお客が入力したとき、システムがどのように動くのかを確かめることが重要なのである。それを排除し、技術者の想定する範囲だけでテストしていたのでは、重要なバグを見逃すことになり検査の意味がない。」

皆さん、この発言と指導に納得いただけましたか

私は目からうろこがとれました。そして、バグの検査では単純に直交表を利用するだけではダメで、禁則の処理方法も含めて、もっと工夫する必要があることを理解したのでした。また、これはソフトのバグ検査だけではなく、パラメータ設計でも同じことであり、直交表を利用する狙いや田口博士の技術開発戦略に通じていることに気づいたので

皆さんも直交表について、さらに踏み込んだ検討を研究会で取り組まれてはいかがでしょうか。きっと今まで気づかなかった色々なことが見えてくると思います。



以上

長野県品質工学研究会 研究会活動記録

長野県品質工学研究会 事務局 児野 武郎 (長野県工業技術総合センター)

2024年6月18日(火)に2024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:9名)

以下の1つの事例発表および共通テーマ「ネジ締めにおける機能の評価方法」についてディスカッションした。

【事例発表】

1. 「直交表を使ったパラメータ設計での確認実験の必要性～増田氏の発表を受けて」

(顧問 岩下幸廣)

L4、L9などの直交表による実験で、要因をすべて使用すると実験値と計算値が一致するので、再現実験が必要となる。L18の場合、要因数から必要な自由度16に対してデータ数は18であるため、要因すべてを使用すると実験値と推定値の相関が高くなってしまい、同様に再現実験が必要である。L18を使って実験値と推定値の相関から再現性を確認するためには、割付数を5以下にする必要がある。

【共通テーマ】

実験に用いるジグについてディスカッションした。

2024年6月18日(火)に品質工学導入講習会(出席者:17名)をオンライン(Zoom)にて開催した。(主催:(公財)長野県産業振興機構、共催:長野県品質工学研究会。長野県工業技術総合センター)

1. 主催者あいさつ、品質工学の概要説明

2. 「パラメータ設計の基本的考え方」(有)増田技術事務所 増田雪也

3. 「MTシステムの基本的考え方」

東京エレクトロンテクノロジーソリューションズ(株) 中山博之

4. 「オンライン品質工学の考え方」顧問 岩下幸廣

5. 「長野県品質工学研究会の紹介」長野県品質工学研究会事務局 児野武郎

6. 「品質工学本格導入のためのセミナー・講演会について」(公財)長野県産業振興機構

2024年7月12日(金)に2024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つの事例発表についてディスカッションした。

【事例発表】

1. 「T法を用いたBLDCモータ回転子初期アンバランスばらつきの原因究明」

（シナノケンシ（株） 辻希望^{つじのぞみ}）

各寸法を測定し、初期アンバランスに何が効いているのか、T法を用いて分析した。理論値に沿う結果となったが、突然ばらつく原因は不明のままである為、今後は接着工程などに原因がないか検討する方向へシフトした。

2. 「リスク管理への品質工学の適用」（顧問 岩下幸廣^{いわたしゆきひろ}）

リスクRの大きさを $R=H * p$ （H：影響、p：発生確率）とすると、検査での臨界不良率の計算モデルと同様の考察が可能になり、リスクの数値管理（数値評価、対応策の検討、合理的な意思決定、合意、等）が可能になる。

3. 「RQES2024Sの発表論文について」（シナノケンシ（株） 辻希望^{つじのぞみ}）

論文の気になる箇所について、議論した。

L18直交表で、1つの因子が、2つ同じ水準を割り付けていて、要因効果図を見ると差が無いように見えるが、論文には、差があると記載されていた。どのように差があると判断したのか分からないが、これくらいは差が無いと判断しても良いのではないかという結論に至った。他にも、ノイズ(N1とN2)があり、N2のみで評価する場面があったが、N1のSN比とN2のSN比が算出されていた。どのように算出しているのか答えを見出すことが出来なかったが、独自のやり方があるのだろうという結論に至った。

2024年8月9日(金)に2024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：10名）

以下の3つの事例発表についてディスカッションした。

【事例発表】

1. 「経常研究についての相談—T法を用いた衝撃試験と温度の関係の解析」

（長野県工業技術総合センター 古畑美咲）

衝撃試験機と温度の関係をT法を用いて解析を行いたいと考えている。

試験機の様子や現状の問題点を説明し、モデル式やデータの収集方法等についてアドバイスをいただいた。

2. 「最適条件だけで確認実験する方法（利得でチェックしないやり方）」

（(有) 増田技術事務所 増田雪也）

RQES2024Sで学会発表した「確認実験における利得を考慮した条件設定に関する研究」に基づき、今後の確認実験の方法を検討した。利得で再現性をチェックせず、最適条件だけで再現性をチェックする方法を紹介した。

3. 「AIと品質工学を考える（コーヒーブレイク）」（長野県工科短期大学校 宮嶋隆司）

別機関で2022年3月に講演発表した内容の一部を紹介した。初学者向けに(1)回帰分析はAIか？、(2)品質工学って何？といった2つの話題を取り上げたものである。話題(1)は、国によるAI、機械学習、深層学習の定義と、それらの関係から考えていくもの、話題(2)は、品質工学が品質管理とは異なるものであることの理解促進を目的に、それぞれの学会における用語（品質）の定義の違いなどを紹介し、比較整理を試みたものである。

（(有) 増田技術事務所 増田雪也 記）

～品質工学研究会だより～

◆関西品質工学研究会からのお知らせ◆

1. 恒例の合宿研究会開催のご報告

関西品質工学研究会恒例の合宿研究会を7月5日(金)～6日(土)にて神戸市しあわせの村で開催した。5日午後は会員からの発表と議論、6日はASI社長田口伸氏の講演、5日の夜は懇親会とマジックショーで、今年も楽しい合宿となった。

ただ開催後、会場参加者の半数近くが新型コロナウイルスに感染したことが判明、5類に移行されたとはいえウイルス自体は存在していること、大規模なイベントの開催には十分な注意が必要であることをあらためて認識させられた。



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。

◆講演希望企業募集のご案内◆

なぜ今、品質工学か

～ 最適化の成功から技術開発・事業化の成功へ ～

講演者自身の経験を骨格に、今の時代だからこそ品質工学が有効であり、今後も有効性が高まることをお伝えします。失敗例から成功例まで、他では聞くことのできない内容となっております。

技術者の皆様、マネジャーの皆様、そして品質工学に馴染みのない方々にも共感いただける講演内容となっております。是非、この機会に開催検討をされては如何でしょうか？



1) 講演者：QE COMPASS 代表 細川 哲夫氏（元株式会社リコー）

2) 講演内容：(質疑含め1時間30分)

1. 技術者としての原点

- ・新規技術による新規事業の立ち上げ
- ・配属直後に出荷停止を経験
- ・市場品質は技術開発段階で決まる
- ・当時の心境

2. 過去、日本のものづくり企業が経験した失敗

- ・現場で見た半導体事業の凋落
- ・目指す理想とあるべきマネジメントの方向性
- ・品質工学を推進した多くの企業で起きたこと
- ・品質工学は手段

3. 機能で考える、そして仕組みへ

- ・このやり方では事業化は絶対に無理
- ・ノイズ因子の概念に“これだ”と直感

4. 皆様への期待

- ・自己流の限界にぶつかる
- ・矢野先生からの質問に頭が真っ白に
- ・機能の考え方でシステムをトータルに把握できる
- ・そのシステムで市場に出せますか？
- ・システム考案の PDCA サイクルを構築
- ・量産立ち上げでの2つの危機を突破
- ・事業化の成功
- ・最新の品質工学
- ・機能の考え方は技術分野以外でも有効
- ・品質工学は鬼に金棒の金棒
- ・Q & A

3) 講演費用：

講演を希望される企業ご担当様は下記までご連絡ください。
講演費用について御見積書をご提示させていただきます。

4) お申込みおよびお問合せ：

有限会社アイテックインターナショナル 担当：江平 敏治
TEL：052-917-0711 E-Mail：toshiharu.ehira@iteq.co.jp

◆公開セミナー情報（有限会社アイテックインターナショナル）◆

1. 品質工学の4大手法実践基礎オンラインセミナー

開催日時：2024年10月17日(木) & 18日(金)の2日間 9:30~16:30

※詳細情報にて講義内容をご確認いただいた上で参加日を選択可能です。

講師より：品質工学の4大手法とは、市場問題を未然に防ぐ手法であり、品質とコストのバランスをとる手法であり、寿命試験を短縮し、開発期間を短縮する手法です。田口博士はそれらを具体的な手順として我々に提示された。それらの手法を活用することで、技術者は自らの仕事を楽にし、自由な時間を増やすことが可能となる。そのことを、タグチメソッドを知らない技術者にお伝えしたい想いで、本セミナーを企画した。多くの方の参加を期待する。

配信システム：Microsoft Teams

受講料：

両日参加時：一般=52,800円(税込)／人 品質工学研究会員=42,240円(税込)／人

単日参加時：一般=28,600円(税込)／人 品質工学研究会員=22,880円(税込)／人

受講対象：開発・設計・生産技術・品質保証部・製造門の技術者（品質工学初学者歓迎）

詳細情報：下記 URL にてご確認ください。

https://www.iteq.co.jp/resource/seminar/koukai_seminar/2024/tm42410j.pdf

◆品質工学情報誌編集担当からのお知らせ◆

1) 品質工学情報誌にご賛同いただいている研究会にて品質工学研究会だよりで告知したい事項があれば、編集担当までご連絡ください。

2) 本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、投稿記事に対するご質問やご意見をお待ちしております。情報誌を読んでのご感想、掲載紹介された活動や事例に対するご意見・ご質問・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お思いますので、編集担当まで情報をお寄せ下さい。

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願います。

【編集担当】

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