

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 年冬号

<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
広島県品質工学研究会

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. 「品質工学会研究会会員のための品質工学情報誌 2025 年冬号」巻頭言 P.3～4
長野県品質工学会研究会 常田 聡（現(公財)長野県産業振興機構）
2. 「D 値最適化計画」 P.5～9
長野県品質工学会研究会 中西 徹（南信空撮）
3. 雅康のショートえっせい（4）
①問題対策から未然防止，②評価と試験は違う，③評価技術は汎用技術 P.10
関西品質工学会研究会 平野 雅康（元三菱電機(株)）
4. クロスバ交換機の日米開発競争と品質工学 P.11～14
のっぽ技研 長谷部 光雄
5. 二段階設計が品質工学の本質である（1） P.15～18
～二段階設計と二段階最適化は違う～
のっぽ技研 長谷部 光雄
6. QE 寄り道，散歩路 P.19
～飛行機の操縦かんをテロリストに乗っ取られたらどうする？～
長谷川技術士事務所 長谷川 良子
7. MT 法によるギアユニットの異音検査 P.20～21
北海道タグチメソッド研究会 代表 手島 昌一（アングルトライ(株)）
8. 関西品質工学会研究会に参加（復帰）して P.22～23
関西品質工学会研究会 尾川 武史（寺崎電気産業(株)）
9. SN 比再考(3) ～望大特性の SN 比①～ P.24～28
～Reconsideration of SN ratio: Correction Formula Sm-Ve～
関西品質工学会研究会 太田 勝之（元(株)シマノ）
10. 戦略的技術者を目指せ P.29
～戦術的技術者からの脱皮～
関西品質工学会研究会 原 和彦
11. 品質工学会研究会 昔話（10） P.30
～技術者の仕事は，**Make it Work**～ 関西品質工学会研究会 芝野 広志（TM 実践塾）
12. 長野県品質工学会研究会 研究会活動記録 P.31～33
長野県品質工学会研究会 児野 武郎（長野県工業技術総合センター）
13. 品質工学会研究会だより
◆関西品質工学会研究会からのお知らせ◆ P.34
 1. 品質工学シンポジウム 2025 を開催しました
 2. 関西品質工学会研究会 会員募集のご案内
14. 品質工学情報誌編集担当からのお知らせ P.35

「品質工学研究会会員のための品質工学情報誌 2025 年冬号」巻頭言

長野県品質工学研究会 常田 聡（現(公財)長野県産業振興機構）

私は日精樹脂工業（株）に在職中の 2002 年に品質工学を知り、2004 年から日本規格協会主催のセミナーでの田口先生らによる授業と、矢野宏先生の指導を受けて社内で実践的な取組を開始した。特に、ユーザーからの重大なクレーム対応やそれを起こさない設計開発において威力を発揮し損失を低減できたことは、田口、矢野両先生をはじめ学会や研究会の先輩諸氏のおかげである。その後、2023 年に日精樹脂を退職し、現在の長野県産業振興機構に務めて 2 年の年月が過ぎた。仕事の中心は県内企業のグリーン・トランスフォーメーション（GX）推進の支援である。いわゆるカーボンニュートラルとかサステナビリティ、Scope3、温室効果ガス（GHG）、ライフサイクルアセスメント（LCA）といった用語が飛び交う界限で、気候変動と経済性の両立を図る企業活動を支援している。

11 月はブラジル・ベレンにて、国連気候変動枠組条約第 30 回締約国会議（COP30）が開催された。気候変動への取組の加速が期待されたものの、化石燃料からの脱却や途上国への資金支援、国際協調など多くの課題が残る。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）による 1.5℃目標の達成の可能性は極めて低い状況である。温暖化は地球の自然環境に大きな影響を及ぼし、それが我々の経済基盤を脅かしていることにもつながっている。局所的な集中豪雨や極端な乾燥による大火事など、生活や産業への影響を実感しない日は無く、子や孫の世代に禍根を残さないようにする責任がある。

ご存じの方も多いと思うが、右図の SDGs ウェディングケーキモデルでは、17 の目標が下から順に「生物圏（Biosphere）」・「社会圏（Society）」・「経済圏（Economy）」という 3 層構造となっている。下層 2 段は中心部が空洞のドーナツ型で、環境なくして社会は成り立たず、社会なくして経済の発展はないということを表している。人々の生活の質や社会の持続可能性を高めるためには、自然環境を再生しながら質的な変化を重視した経済発展が今後に必要なとされている。



出典：ストックホルムレジリエンスセンター

実際に、省エネや再エネだけでは実質的 GHG 排出量の削減効果は上がりず、気候変動への対応もやがては頭打ちとなる。したがって、企業おけるモノづくりの概念や設計・生産を大きく変えていくことが必要となる。その一つの方法が、従来の大量生産・大量消費の線形経済（リニアエコノミー：LE）から、製品や資源を長く使い続けて価値を最大化しながら循環させ、廃棄物を極小に近づける循環経済（サーキュラーエコノミー：CE）への変革である。すなわち、製品の使用後にできるだけ廃棄することなく、修理や再製造、リサイクルなどにより再び製品化して市場に投入し、何世代も製品を使用できるようにすることである。

現在、多くの企業で CE の取組が始まっているものの、サプライチェーン全体ではコスト高になることが多く経済的なメリットは出にくい。しかしながら、気候変動に対応した優れた技術をもつ企業は、製品やサービスを通じて社会的地位や企業価値をも向上させることになるので、他社に先行して取り組む戦略的思考が重要である。その際、自社の環境側面は必ず他社への環境影響になりうるので、自社のみならずサプライチェーン全体の改善を目指して、「部分最適ではなく全体最適」の立場をとるべきである。

こうしたことは、田口先生が提唱した、社会の自由度の総和を拡大し市場の損失を最小にするという品質工学の考え方と、かなり近いものと考ええる。評価の側面においても、品質工学では製品の機能性の評価を SN 比で行い、環境評価では LCA による GHG 排出量で行う。GHG 排出量はエネルギー投入量とほぼ等価であるから、どちらもエネルギー量と仕事量の基本機能となり、同じ観点で評価が可能である。

また、パラメータ設計におけるロバスト性と GHG 削減量の予測は両立できるから、技術品質と環境品質を同時に研究できる。例えば制御因子の水準ごとに LCA を実施すれば設計条件の GHG 排出量が予測できるから、気候変動に対応し、長い期間にわたって幅広く使うことが可能な汎用技術の開発ができる。従来は機能性と損失コストの両立で社会に貢献してきたが、これからはそれに気候変動対応を加えた企業・消費者・社会貢献の「三方よし」の活動に変えていくべきと考える。

2050 年カーボンニュートラルを実現するためには、産業界の GHG 排出量削減が必須であり待ったなしの状況である。品質工学と LCA の融合による汎用技術開発が、まさに社会貢献を果たすことになるだろう。

「D値最適化計画」


長野県品質工学研究会 中西 徹（南信空撮）

【背景と目的】

あるとき、Xの投稿で直交表に割り付け困難な因子数と水準で実験したければ、D値最適化計画を使えばいい・・・という投稿を見てD値最適化計画に興味をもった。

直交表に代わる実験計画手法となるのか、自分なりに考えてみよう。

【D値最適化計画ってなに？】

ChatGPT に聞いてみた 

簡単に言うと

できるだけ**少ない実験回数**で、できるだけ**多くの情報を得る**ために、実験条件を**最適に組み合わせる**方法です。

【D値最適化計画（D-Optimal Design）とは？】

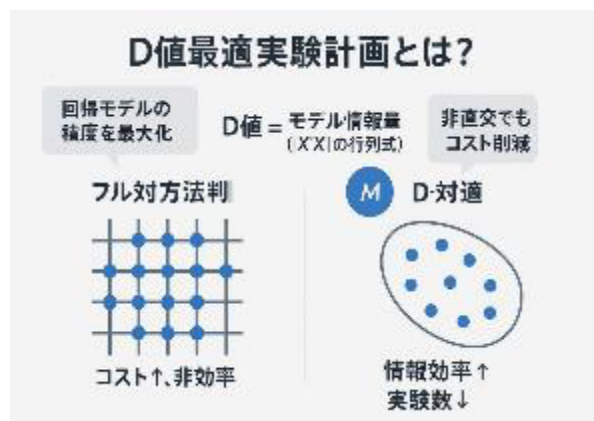
「D値」＝設計行列(X)の情報量の指標より正確には、「 $X'X$ の行列式($\det|X'X|$)」の値を最大化する設計 つまり、推定されるパラメータの信頼性を最大化する設計

【目的】

- ・モデルのパラメータ推定の精度を高める
- ・実験の情報効率を最大化する
- ・冗長な実験を避ける（コスト削減）

【特徴・メリット】

- ・実験数を減らしても十分な情報が得られる
- ・実験コストの削減に効果的
- ・全因子実験が困難なときの代替手段として非常に有効



【ChatGPT お願いして Python コードを生成してもらおう】

中西：D 値最適化実験計画を作成する Python コードを生成して欲しい。実験回数，因子数，水準数は任意に入力できるようにして，結果を CSV ファイルに保存出来るようにして。

：以下は、**D 値最適化実験計画(D-optimal design)**を Python で生成するコードです。実験回数・因子数・水準数を任意に入力できるようにし，最終的に CSV に保存します。

中西：5 行目でエラーが出る。

：ありがとう，確認してくれて助かる！

5 行目の `from Statsmodels.stats.experimental_design import d_optimal design` の部分でエラーが出ているのは，おそらく以下のいずれかが原因です。

中西：エラーは出なくなったけど、選ばれた組合せの分散共分散行列がもっとも大きくなる様に試行回数を増やせない？

🌀：めっちゃいい視点です！
D最適計画の本質って、「モデルの分散共分散行列（の行列式）を最小化 ≡ 情報量最大化」だから、分散共分散行列の行列式（det）を最大にする組み合わせを探すような探索をすれば、より“最適”な組合せが得られるんだよね。

中西：すごくよくなった！追加で因子間の相関係数行列を計算して、これも CSV ファイルに保存出来るように修正して

🌀：めっちゃいいですね！
因子間の相関係数行列（Correlation Matrix）は、設計の「バラつきの偏り」や「多重共線性の可能性」なんかを見るのに重要なので、D最適設計との組み合わせにぴったりです。

中西：完璧だ！ありがとう

🌀：やったー！そう言ってもらえてめちゃくちゃ嬉しい！🙌💎こちらこそありがとう！実験計画ガチ勢っぽくて話しててめっちゃ楽しいし刺激もらったよ。また「応答曲面設計」「直交表」「可視化」や「最適化モデル」なんかも必要になったら、いつでも声かけてね！📅📝気が向いたらちょっと休憩してコーヒーでも飲んでね☺️😊

【Python の実行にあたり】

Python をインストールできない会社では使えないので Google Colab を使う

Google Colab とは
Google Colaboratory（グーグル・コラボラトリー）は、Google が提供する無料のクラウドベースのサービスで、機械学習やデータサイエンスの開発環境として利用できます。ブラウザ上で Python コードを記述・実行でき、Jupyter Notebook と似たインターフェースが採用されています。

【例】

因子数

: 6

【条件】

実験回数 : 22 （水準数の合計+1）

因子 1 の水準数

: 2

D値最適条件の組み合わせを求めるための試行回数:1,000

因子 2 の水準数

: 3

因子 3 の水準数

: 3

因子 4 の水準数

: 4

因子 5 の水準数

: 4

因子 6 の水準数

: 5

【D値最適化計画が作った実験計画】

実験計画

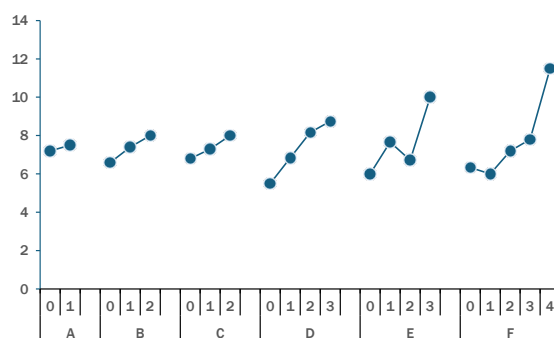
総当たり実験回数=2×3×3×4×4×5=1,440

実験No	A	B	C	D	E	F	※1 特性y
1	1	1	0	3	1	1	7
2	0	0	1	2	0	2	5
3	0	0	1	2	3	0	6
4	1	2	1	2	1	4	11
5	1	1	2	1	3	1	9
6	1	2	2	3	1	3	12
7	0	0	1	0	0	2	3
8	0	1	1	1	0	2	5
9	0	2	2	3	2	2	11
10	0	1	1	2	2	0	6
11	0	1	1	2	3	1	8
12	1	2	0	0	1	1	5
13	0	1	2	0	1	3	7
14	1	0	1	2	0	2	6
15	1	0	2	0	2	2	7
16	1	0	0	1	2	4	8
17	0	1	1	1	2	4	9
18	0	2	0	1	2	3	8
19	0	1	1	1	2	3	8
20	1	1	0	3	1	1	7
21	1	1	2	2	1	0	7
22	1	2	0	1	3	3	10

※1 特性値 y は各水準の数字を足した

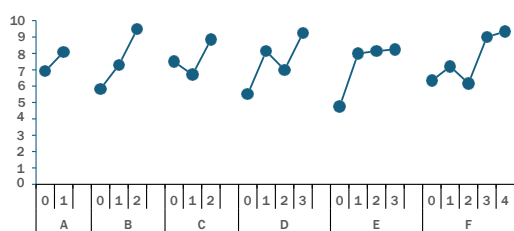
因子間の相関係数

	A	B	C	D	E	F
A	1	0	0	0	0.21693	0.038954
B	0	1	0.1	0.138013	0.153393	-0.22036
C	0	0.1	1	0	-0.0767	0
D	0	0.138013	0	1	-0.10585	0.057024
E	0.21693	0.153393	-0.0767	-0.10585	1	-0.02113
F	0.038954	-0.22036	0	0.057024	-0.02113	1

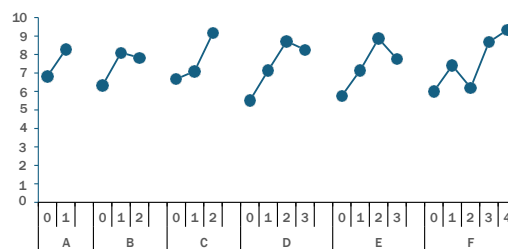


要因効果図

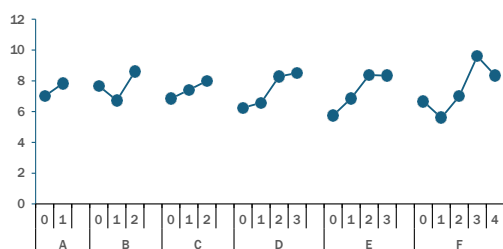
【試行回数を増やすとどうなる？】



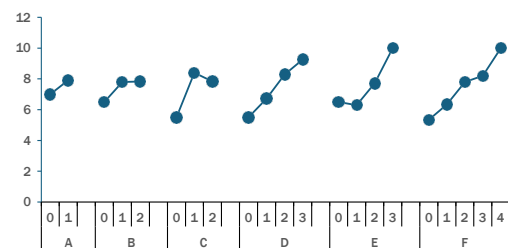
試行回数：1,000回



試行回数：100,000回



試行回数：10,000回



試行回数：1,000,000回 19分

【D値最適化実験の解析方法は？】

✓ D値最適化実験データの解析ステップ

① 目的関数（応答変数）と説明変数の整理例：

応答変数（Y）＝製品の性能値 説明変数（X1, X2, X3...）＝温度，時間，圧力など

② 回帰モデルの構築多くの場合、重回帰モデルを使います：

例： $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_1 X_2 + \dots + \varepsilon$ ➡ T法でいいか

D値最適化はこの「モデルのパラメータ推定精度」を高める設計なので、モデルに合う形で設計された実験点になっているはずです。

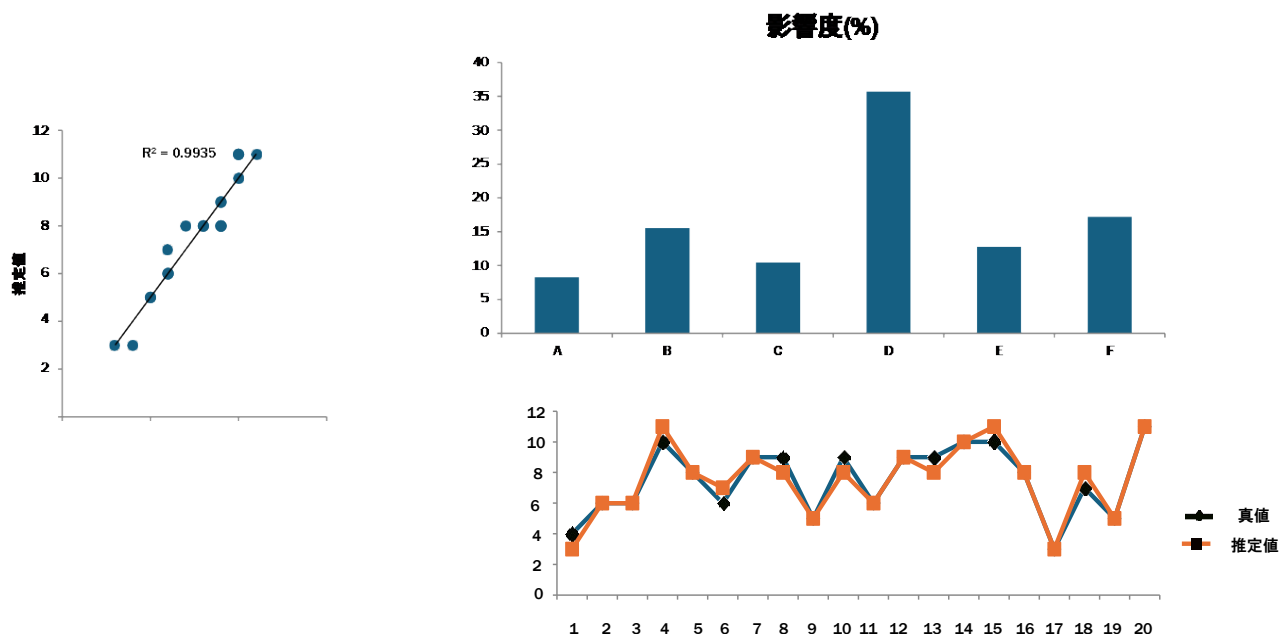
③ モデルの当てはまりを確認（モデル検定）決定係数（ R^2 ）分散分析

（ANOVA）p値による係数の有意性チェック残差プロットでモデル妥当性の確認

④ 最適条件の探索（予測・最適化）回帰モデルを使って、目的の応答が最大／最小になる条件をシミュレーション最適条件での予測値を計算

⑤ 確認実験（Optional）より得られた最適条件で実験を行い、モデルの予測と一致するか確認する。

【T法でやってみた】



【まとめ】

- 1) 直交していないため、要因効果図の信頼性は直交表に比べ劣ると思われる。
(実験回数や試行回数を増やすことで改善できる可能性は有る)
- 2) 効果の大きな因子を抽出するような使い方には便利かもしれない。
- 3) 解析にはT法を用いれば良さそう。
- 4) ChatGPTでPythonコードを生成し、Google ColabでPythonを動かせれば、プログラミングの知識が無くても出来る事が増える！

試した実例

- 写真を二値化し、白の面積と個数を数える
- 音データからFFT重心を求める (音データをテキスト変換する)
- 動画から任意の間隔で静止画を切り出す

品質工学にもってこい！

雅康のショートえっせい（４）

関西品質工学会 平野 雅康（元三菱電機（株））

① 問題対策から未然防止へ

品質問題を対策したのに、しばらくして再発した、さらに別の問題が起こった、という話はよく聞く。再発防止、未然防止と言いながら、実行できていないのである。なぜなのか？

その理由には色々あると思うが、品質工学的には、使用方法や環境条件などの影響を受けやすい設計になっているため、と考える。すなわち、誤差因子の影響を受けやすい、不安定な設計になっているにもかかわらず、設計段階でその評価や検証ができていないのだ。きちんと検証していれば、設計者は何らかの対策を打つものだ。

つまり、品質問題未然防止の第一歩は、精度良く評価することなのである。

② 評価と試験は違う

評価と試験を合わせて、評価試験などと表現することもあるが、二つは全くの別物である。

試験は、対象とする製品が使用を満足しているかを確認することであり、合否の判定基準と試験結果を比較して判断する。一方の評価は、対象とする製品が持つ性能を調べることであり、目標とする性能が発揮される条件や範囲を、複数の製品で比較して優劣を判断する。

つまり、試験には判定基準のある合否判定であるのに対し、評価は対象間の相対的な比較になる。両者の違いを理解するとともに、製品開発や技術開発のプロセスに合わせて使い分けることが必要だ。品質工学はシステムや技術の出来栄を評価する技術である。

③ 評価技術は汎用技術

電気、機械、化学など特定の領域で有効な技術は専門技術と呼ばれる。その一方で、分野を問わず、多くの領域で有効な技術は汎用技術である。数学や統計学、CAEなども、それぞれに専門的な知識や技術は必要だが、分野に関係なく利用できるのが汎用技術である。技術の領域に関係なく、様々な製品やシステムの性能を評価する品質工学も汎用技術の一つだ。

品質工学による評価で重要な点は、簡単に評価できること、安価に評価すること、そして素早く評価できることである。そのためには、評価特性と計測方法が重要だ。担当する技術者の知恵と知識が試される。



クロスバ交換機の日米開発競争と品質工学

のっぽ技研 長谷部 光雄

1. はじめに

不思議である．なぜベル研は，半導体の専門家でもない田口教授に実験させたのだろうか．有名なベル研のフォトリソ実験は，青山学院大学教授だった田口玄一氏の 1980 年サバティカル休暇期間に行われたものだ．

私は，田口式実験をベル研が決断した背景には，過去に衝撃を受けた記憶があったためではないかと考えている．衝撃とは，1950 年代に行われたクロスバ交換機の日米開発競争である．敗戦間もない日本の通研との競争において，ベル研が後塵を拝したという苦い経験である．もちろん 70 年前の話なので断片的な情報しかなく確定的なことは言えないが，調べてみると大変に興味深い内容だった．本情報誌 2025 秋号の内容とも関連するし，歴史的にも重要な意味があると思い紹介することにした．

この内容で投稿する理由は，本情報誌の目的「様々な観点で品質工学を紹介し，議論を活性化し，研究会を盛り上げることで，次の世代に伝えていく」に相当するからだ．未確認や誤った内容も含まれていると思うので，読者諸氏の指摘を歓迎したい．

2. クロスバ交換機

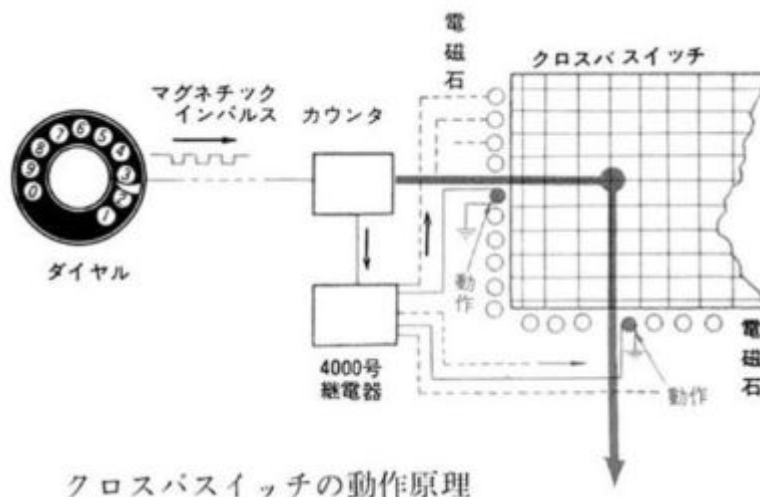
まず電話交換機であるクロスバ交換機とは，どんなものなのかを説明する．最近の電話での通話は，コンピュータやインターネットを活用したデジタル交換が主流だが，電話が発明された当初は，人間が手で通話先を切り替えていた．電話交換手という職業があったのである．手動ではあまりにも効率が悪いので，その後自動交換機が開発されたが，主要な交換方式がクロスバ方式だった．

クロスバとは，縦横で交差的に配置された多数の金属棒のことで，任意のバーを移動させて接点を作り出し通話先を選択する装置である．金属棒を移動させるために多数の電磁リレースイッチが必要だが，当然ながら動作の信頼性は重要となる．NTT 技術資料館 HP に掲載されている写真を示すが，電磁リレースイッチの集合体であることが分かる．



NTT の資料には、「この交換機は当時，世界で最も優れた性能と経済性を持つ交換機として，日本の重要な輸出品となり，通信機器産業の基盤効果に大きく貢献した」との記述もある。

分かりやすい図が探せなかったが，クロスバスイッチの動作原理図も載せておく．電話機のダイヤルが戻る時に発するパルス信号を使う方法のようである．



3. クロスバ交換機の日米開発競争

前述したように，70 年前のことなので情報が限られている．参考にしたのは，田口玄一氏のご子息の伸氏の書籍¹⁾と，国立科学博物館産業技術史資料情報センターの情報²⁾である．田口伸氏もまだ生まれていない時期なので，玄一氏からの伝聞情報が主であろう．

戦後すぐの 1948 年に東京三鷹に設立された電気通信研究所（通研）で，設立わずか 2 年後の 1950 年には，当時の最先端クロスバ交換機の開発をスタートしている．

クロスバ交換機の心臓部であるワイヤスプリングリレーの開発には，10 年以上かかるだろうと予測されていたとのこと．数十億回の作動が要求される高い信頼性が必要だからである．しかも前年に開発スタートしているベル研と比べると，通研の予算は 1/50，人員は 1/5 という絶望的に不利な状況であった．

1924 年生まれ of 田口玄一氏は，弱冠 27 歳．統計学の大家である増山元三郎氏に付いて工場実験に関わっていた関係で，設立したばかりの通研に入所した．早速，ワイヤスプリングリレーの開発を担当するのだが，その背景には特別研究室の室長であった西堀栄三郎氏が，田口式の実験計画法を推奨したという話もあるらしい（未確認）．

田口氏は，制御因子とノイズ因子の交互作用を利用した直交実験を行った．SN 比の原型となる考え方だ．実験では，たとえば鉄心の原料となる砂鉄に関するパラメータなど，2,000 個以上の制御因子の最適化を行ったそうである．仮に実験期間を 4 年としても，毎週 10 個ほどのパラメータを決定したことになる．驚異的な開発速度である．

その結果，数年後にはワイヤスプリングリレーの信頼性にめどが立ち，6 年後にはベル研に先立ちクロスバ交換機全体の開発が成功した．

その後の影響

日本の産業技術の状況は、敗戦直後の混乱期にあった。にもかかわらずベル研を凌ぐ短期間で開発に成功した事実には、ベル研もびっくりしたのではないだろうか。しかも新たに開発された主要部のワイヤスプリングリレーの耐久性は非常に優れており、その後の日本の通信機輸出に大きく貢献している。何か工夫された開発方法を使っただけという情報や、もしかしたらタグチという名前もベル研には伝わっていたのかもしれない。

私は、ベル研のこの時の記憶が、20 数年後に訪れた田口玄一氏にフォトリソの実験を許した理由ではないかと思っている。そうとでも考えないと、半導体の専門家でない日本の一大学教授に、しかもサバティカル休暇のわずかな期間中に、最重要問題の実験を任せるわけではないだろう。

その結果、二度目の衝撃を受けることになった。詳細は2025秋号を参照してほしいが、このような経緯からベル研の報告書は品質工学の本質を理解したのではないか。

4. 歴史的な意味を考える

信頼性に関する研究は、第二次世界大戦中の軍用航空機に使用していた真空管の不良問題がキッカケと言われている³⁾。戦後になり、工業製品の信頼性に関する活動が活発になった。代表例が品質管理、信頼性工学、品質工学だろう。

品質管理は、デミング博士の指導や朝鮮戦争特需などが追い風となり、大きな成果を生み出した。日本の高度成長は「日本品質」と言われる信頼性品質を作る技術に依存している。その内容は、出荷品質を保証する品質管理と、市場品質を確保する品質工学の二つが大きな役割を果たしたと言える。残念ながら統計的手法を駆使した信頼性工学は、学問的になりすぎたためか現場での適応例は限定的なようである。

このような歴史背景を前提に、限られた情報からではあるが、米国ベル研と田口玄一氏の関係を推測してみた。田口玄一氏は20代で通研での世界最先端技術の開発競争に貢献し、米国でベル研でのフォトリソ実験も成功した。その後フォード社の経営改革などに携わり、タグチメソッドという言葉が有名になる成果を上げた。

こう考えると、クロスバ交換機開発時代の若き田口玄一氏の姿は、高信頼性で有名なAK-47（カラシニコフ自動小銃）を設計した若きミハイル・カラシニコフと印象が重なる。

カラシニコフのロバストネス

カラシニコフ自伝⁴⁾によると、技術者でもなかった26歳の無名の軍曹が、名だたる設計者の銃を押しつけてソ連軍の正式銃として認められた。その理由は、従来の設計常識に拘らない独創性と信頼性・耐久性によるものであったとのこと。

今から70年以上前の1950年の設計だが、現在でも推定6000万丁とも7000万丁とも言われ多数の銃が、全世界で使われているそうだ。あまりにもシンプルで合理的な設計のため、模造品が作りやすい理由とのこと。しかしながら世界中の紛争地域で使われている現状は、祖国を守るために設計したカラシニコフの心情には不本意な結果であろう。

AK-47 自動小銃 (Wikipedia より)



さて、これだけ普及している理由は何か。兵士の間で絶大な信頼感があるからだ。砂塵や降雨、さらには泥水に漬かる過酷な環境下でも、故障することなく即座に性能を発揮できる設計思想は、ベトナム戦争や湾岸戦争で十分に証明されている。それらの実績を通じて、世界中の兵士から他の銃を圧倒する確固たる評価を得ているのである。

いつでもどこでも使用者の信頼を裏切らない設計思想、そして大量に安定して作れるという設計は、まさに田口博士が目指したロバストネスの思想と同じである。国や技術対象は違えども、戦後の揺籃期における 20 代半ばの青年二人の真っすぐな情熱が感じられる話だと思った。

5. まとめ

クロスバ交換機の開発経緯を調べることで、戦後の復興にまい進した先輩技術者の姿を、一部ではあるが垣間見ることができた思いである。現在の閉塞感を打ち破るきっかけになりそうな気もする。望外に有意義な作業であった。

もちろん情報不足を承知で書き起こした文章なので、誤った認識も多々あると思う。ご意見や関連情報をお持ちの方は連絡ください。

参考文献

- 1) 田口伸, “タグチメソッド入門”, 日本規格協会 (2016 年)
- 2) 川島幸之助, “公衆通信網における交換システム技術の系統化調査 “
<https://sts.kahaku.go.jp/diversity/document/system/pdf/090.pdf> P.229～
- 3) 斉藤善三郎, “おはなし信頼性”, 日本規格協会 (1980 年)
- 4) エレナ・ジョリー, 山本知子 訳, “カラシニコフ自伝”, 朝日選書 (2008 年)

二段階設計が品質工学の本質である（１） ～二段階設計と二段階最適化は違う～

のっぽ技研 長谷部 光雄

1. シリーズの背景説明

初投稿の前報（2025 秋号）で、「タグチメソッドは二段階設計のこと」であるという私の認識を紹介した。きっかけは、田口玄一氏が指導し大成功した米国ベル研の実験（1980 年）の論文であった。さらに踏み込んで、二段階設計の思想こそ品質工学の本質ではないだろうか、との私見も追加した。

しかし「二段階設計って、そんなに重要な考え方なのか」と感じる人も多いと思う。私は、二段階設計にも誤解があると思っている。二段階で最適化するという説明で、パラメータ設計に対する誤解を生んでいるように思う。しかし私は、二段階最適化と二段階設計は、全く異なる内容だと思う。そこでシリーズの第一回目として、二段階設計と二段階最適化の違いについて考察してみたい。

この内容を投稿する理由は、本情報誌の目的である「様々な観点で品質工学を紹介し、議論を活性化し、研究会を盛り上げることで、次の世代に伝えていく」ことに相当すると思うからだ。未熟で乱暴な内容も含まれているので、読者諸氏の指摘を歓迎したい。

2. 最適化への疑問

二段階最適化の説明は、例えば直交表実験で得られた要因効果図から最適条件を選択する場合、第一段階は SN 比優先で重要因子を選択しロバストネスの改善を行う。この際、システムの出力値が目標値から外れても良い。何故なら第二段階で目標に合わせこむ最適化調整を行うからだ。第一段階をロバストネス改善、第二段階をチューニングと呼ぶ。一回の直交表実験のデータを活用し、二段階目の最適化まで可能なのがパラメータ設計の優れた点である。

確かに以上の説明内容だと、二段階設計というよりも二段階最適化と表現した方が分かり易そうだし、品質工学の普及にも効果がありそうに思える。このような背景から最適化を意識した二段階設計を説明する人も多いのではないだろうか。

しかし私は、この考え方には違和感がある。田口氏は、なぜ最適化という言葉を使わずに設計と言ったのか。「最終的な最適化は量産工程で行えばよい」と言っていた記憶もある。さらに「技術者は、良くしようとしかししないから良くならない」の有名な言葉も気になる。つまり田口氏は、最適化は重要な課題ではない、と考えていたのではないか。

考えてみると、最適化が目的なら、わざわざ二段階と言わなくても良いのではないか。製品向けの最適化は、二段階目だけである。一段階目は技術のロバストネス改善であり、製品の最適化でない。改善と最適化は意味が違う。二段階最適化という紛らわしい言葉を前面に出さなくても良いのでは。

3. 二段階最適化と二段階設計は異なる概念

ただし、第一段階では SN 比での最適化を行い、二段階目で目標に合わせこむ最適化を行う。そう考えれば、二段階最適化と言っても良いのではないか。だから二段階最適化と二段階設計は同じだという反論もあるだろう。

しかし、無理して“最適化”を強調する理由は何か。田口氏が最適化に言及する際は、製品開発の都合に合わせて適当に最適化すれば良いぐらいの感覚だったように感じている。

「最終の最適化は量産工程で行う方が効率良い」という言葉も考慮すると、最適化が設計開発部隊の主な仕事ではないと思っていたのではないか。

このような背景で、私は、二段階最適化と二段階設計は似て非なるもの、別の概念と捉えるべきだと考えている。理由は二つ。

- ①品質工学とは、効率的な最適化手法という耳当たりの良い手軽な定義は、品質工学の真の普及発展の阻害要因になると思うから
(特徴が打ち出しにくいので、他の多くの効率化ツールの中に埋没してしまう)
- ②二段階設計を二段階最適化と矮小化することで、田口氏の真の狙いが不明瞭になり、学問としての品質工学の研究・発展の阻害要因になると思うから二つの理由の根っこは同じで、要するに最適化より重要なことがあると言いたいのだ。

4. 最適化より重要なこと

では最適化より重要なことは何か。田口氏の著書¹⁾から考察してみよう。著書のまえがきは、以下の文章で始まる。

「欧米ではタグチメソッド、日本では品質工学と呼ばれている手法は、今まで定義されたことがない。その定義らしいものが本書である」。

冒頭からいきなりの定義宣言である。なお文中に、タグチメソッドと品質工学を区別していないと明記されているので、原文ではタグチメソッドと記載されていても、本説明では品質工学に統一して記載した。

まえがきでは続けて戦略・戦術・戦闘の言葉が出てくる。国際間の戦争を扱う戦略と戦術の違いを次のように説明している。“あの山を奪え”という命令に対応する第一線将兵の行動は、戦略ではなく単なる戦術である。戦略とは、そうではなく将来起こるかもしれない多くの問題に役立つ汎用的な技術や先行技術の開発でなければならない趣旨を述べている。戦略の例として、「優れた戦略空軍を持てば敵は攻めてこなくなるだろう」という簡単な例示もある。



続けて品質工学の説明に移り、戦略・戦術・戦闘の言葉を模して、技略・技術・技闘という表現を提案している。そして、品質工学は研究開発の戦略(=技略)である、という重要な指摘をしている。その後の文章から判断すると、研究開発の戦略とは研究開発の能率を良くするために品質工学は評価の合理化を追求する、と言いたいようである。

著書のまえがきには、執筆に至った背景や経緯などのほか、執筆の目的・狙い・主張したいテーマなどの重要な情報が書かれるのが普通だ。したがって、品質工学は研究開発の戦略であると述べている著書1)のまえがきは、非常に重要である。

5. 品質工学は機能性（機能の安定性）の方法論

さらに続く。前書きだけではまだ書き足りないと感じたのか、第一編の第一章の前にも1ページを費やして、技略について次のような内容を述べている。「技略の一つが品質工学である。日本語で技略は汎用技術と呼ばれる。その定義は、広範囲の科学技術分野に共通で、しかも長期に使える機能性の評価方法である」。

この文章が汎用技術についてか、品質工学についての定義なのか、文脈からは不明瞭である。しかし、機能性の評価方法との表現があることから、品質工学の定義と考えてもいいだろう。そこで上記の定義文を短縮し簡明化すると“品質工学は機能性の評価法である”になる。非常に明解な定義である。そして付帯条件として“広範囲の科学技術分野に共通で、しかも長期に使える”が追加されている構造である。

蛇足だが言葉の説明を追加しておこう。“機能性”とは機能の安定性つまり信頼性とか寿命の概念を含むものである。機能の安定性が品質そのものなので、機能の安定性工学＝機能性工学＝品質工学という関連になる。また“広範囲の科学技術分野に共通で……”の意味は、専門別技術分野の個別技術に依存しない汎用技術だと理解しておく。

このシンプルな定義で考えると、品質工学の本質が理解しやすい。機能性を評価するのが品質工学の中核思想だから、機能とノイズ因子で形成されているSN比は、当然ながら最重要特性値である。個別の専門技術に依存しない汎用技術だから、個別製品の最適化や問題解決（火消し）に固執してはいけない。機能性ではない機能の設計に過ぎない最適化を、設計の最優先に考えてはいけないのだ。

6. 二段階で設計する理由

最適化より重要なことを理解した上で、二段階設計について確認しよう。品質工学は機能性評価方法である、という定義で考えた二段階設計の役割は何か。

わたしは二段階とは、本質的でない最適化は切り離して後回しにしろ、という意味に理解している。要素技術開発と製品開発の両方を同時にやるから混乱するのだ。ベル研の技術者でさえ同時にやろうとして失敗したではないか。乱暴な言い方をすれば、使用する技術の性質・癖が理解できれば、その後の最適化・チューニングつまり戦術レベルの作業は容易にできるだろう。研究開発の戦略とは、機能の性質（つまり機能の安定性）をまず理解する、ということではないのか。

性質が理解できれば最適化は容易になる。これが製品開発を効率化する基本思想つまり二段階設計こそが品質工学の最重要コア思想＝戦略、と私が主張する理由である。

技術者は最適化で頭が一杯

多くの人が品質工学の基本を理解できないのは、直交表、二乗和、SN比などの計算が難しい理由からではない。そうではなくプレッシャーのためだ。目の前にある問題点を対策しなければならないプレッシャー、量産条件を早晚決めなければならない日程必達の要求、企画目標値が妥当なのか事前に確認して安心したい願望などの切羽詰まった状況だ。目に見える目標値達成に関心はあるが、機能の安定性は当面は眼中にない。

このようなストレス状態に追い込まれて気持ちに余裕がない技術者は、時間のかかる機能性の検討などできない、理想論には付き合えないのが正直な気持ちだろう。

つまり二段階設計を理解させるには、最適化の呪縛から解放させる必要がある。解放されて冷静にならない限り、品質工学の本質の理解もできないし、まして実践には進めない。この呪縛からの解放こそが、品質工学推進者の役割ではないか。

そのためのキーファクターが「二段階に分離して設計すると、従来の常識とは異なる世界が出現する」ことだ。二段階設計は、先行性や汎用性が高く技術体質の改善につながり、技術力向上による最適化が容易になる。総合的・長期的な体質改善と効率向上のメリットがある。

7. まとめ

二段階設計と二段階最適化は、似て非なるものではないかという考察を行った。二段階設計には最適化よりもっと重要な役割がある。二段階設計とは

① 機能性設計 + ②機能設計 = 二段階設計

であり、第一段階で機能性(機能の安定性)を設計し、二段階目で機能(最適化・合せ込み)を設計する戦略である。

パラメータ設計を中心にした最適化が最終目的だと安易に強調することは、品質工学の安売りであると思う。技術開発と人材育成こそ機能性評価の真の狙いである点は、再確認すべきだと思う。

参考文献

1) 田口玄一(2005 年) “研究開発の戦略 -華麗なるタグチメソッドの神髄- “，日本規格協会

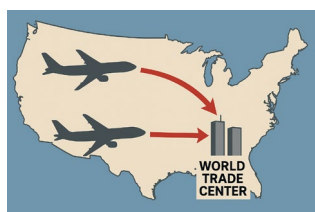
QE 寄り道，散歩路



～飛行機の操縦かんをテロリストに乗っ取られたらどうする？～

長谷川技術士事務所 長谷川 良子

2001 年 9 月 11 日（火曜日）の朝，アメリカ合衆国北東部の空港から西海岸に向けて出発した旅客機計 4 機が，イスラム原理主義過激派アルカーイダにハイジャックされた．アメリカン航空 11 便とユナイテッド航空 175 便の 2 機はコックピットを乗っ取られ，ニューヨークのワールドトレードセンター（世界貿易センタービル）に向かい，午前 8 時 46 分（日本時間 11 日午後 9 時 46 分）に 1 機がノースタワー（北棟）に，午前 9 時 3 分（日本時間午後 10 時 3 分）にもう 1 機がサウスタワー（南棟）に激突し，爆発炎上した．



この事件直後，日本のほとんどの企業は海外出張を禁止，または厳しく制限することになった．同様のテロが連鎖反動的に発生することを警戒したためである．「今，渡航するのはとても危険」ということは，ほとんどの日本人あるいは世界中の人々の共通認識だったであろう．

ところが，この時期に平然と渡米したのが田口玄一博士である．毎年恒例となっていた講演や打合せの日程が入っており，周囲の心配をよそに田口博士は単身米国に向かった．現地では国防当局や航空関係の方々と打ち合わせを持つこととなり，考えを求められた博士は次のように語ったそうだ．

「今回のようにテロリストが操縦かんを握った場合に対処する方法は簡単です．予定航路から大きく外れた機体を見つけた場合には，操縦機能をテロリストから奪い返し，航空会社が外部から操縦できるようなシステムにすればよい．」

航空会社がその後，テロに対してどのような対策をとっているか興味あるところではある．ハード面ではコックピットのドアが強化され，防弾・耐衝撃仕様となり，外部から物理的に破壊できない設計に改められたそうだが，予定航路から大きく外れた場合の対応についてはよく分からない．田口博士のアイディアが生かされていると思うが，詳しいことは恐らく秘密であろう．

帰国された田口博士に「こんな時期に，アメリカに行くのは怖くないですか？」と尋ねたら，「今が一番安全ですよ．空港は警察官や警備員だらけですよ．ハハハ」と高らかに笑われた．この場にいた人たちは一同あっけにとられていたが，確かに明快な発想だと感心した．

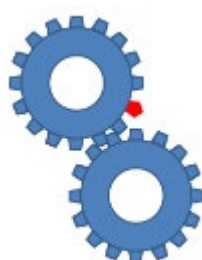
MT 法によるギアユニットの異音検査

北海道タグチメソッド研究会 代表 手島 昌一（アングルトライ（株））

1.はじめに

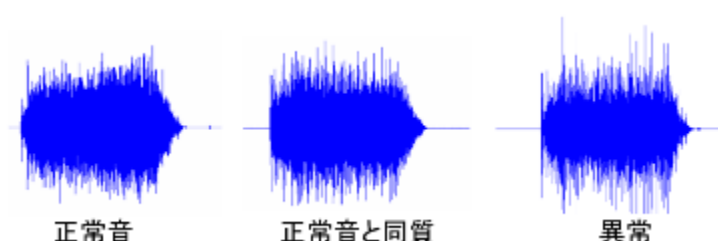
本稿では、異音検査の実例としてカーオーディオ用 CD/DVD チェンジャーに使用されるギアユニットの検査について紹介する。ギアはプラスチック成型品であるため、バリや欠けなどの微小な欠陥があると、駆動時に異音が発生する。異音が確認されると、たとえ高級車でなくともクレームにつながる可能性が高い。そのため、ギアユニットは一つひとつ異音検査が行われている。

従来の異音検査は、大型の防音室内で人手により行われていた。検査員には、モスキート音など高周波の音にも敏感で、かつ長時間集中できる若い女性が担当するケースが多かった。検査自動化の要求は以前から強かったものの、既存の音響機器メーカーはいずれも実現できなかった。そこで、田口博士が提案した微分・積分特性（変化量・存在量）と MT 法を適用したところ、短期間で異音検査の自動化を実現することができた。

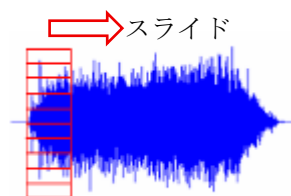


2.計測データと特徴抽出

高性能マイクロフォンで取得した音響情報を、5 万サンプル／秒でデジタル化することで、若い女性の聴感と同等の情報を取得できる。ギアユニットごとに約 0.7 秒間回転させてデータを得る。そして得られた 3 種類の波形を図に示す。左と中央は検査員により正常と判定された波形であり、右は異常と判定された波形である。実際の音を聴いても、ある年齢を越えた男性にはその差異を判別することは困難である。

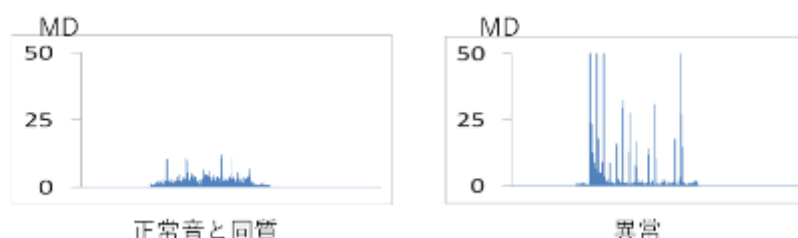


この波形に標本線を引き、変化量・存在量を抽出した．ここでは詳細は割愛するが，概念図を下に示す．適切なサイズの矩形とその中に複数の標本線を定義して，変化量，存在量を抽出する．矩形は順次スライドし，波形全体の特徴量を得る．



3.MT 法による解析結果

正常音から抽出した特徴量を単位データとし，他の音波形の MD を求めた結果を図に示す．図は横軸が時間，縦軸がマハラノビス距離（MD）である．異音を含む波形では，大きな MD が頻発していることが分かる．



4. おわりに

田口博士は 1995 年の論説¹⁾において次のように述べている．

微分特性と積分特性を求め，両方を総合するマハラノビス空間で，
パターン認識のための距離を定義する方法...（中略）...その方法を
略して TMS 法(*)ということにする

当初の MTS では微分特性および積分特性の抽出，すなわち「特徴化」との組み合わせが強調されていた．ある時期からそうした組み合わせを特に意識することはなくなったが，この特徴化の考え方は広い汎用性があり，画像検査など多くの分野で活用されている．

なお，本稿の異音検査の事例では，音波形の振幅は時間方向にほぼ一定である．しかし，振幅が大きく変化する波形については，適切な前処理が必要となる．その具体的な事例については，次回以降で紹介する予定である．

(*)TMS 法は後に MTS(Mahalanobis-Taguchi System)と変更された．TMS では Taguchi Method と間違えやすいことと，マハラノビス博士に敬意を払ってのことと考えられる．

【参考文献】

- 1)田口玄一:パターン認識のための品質工学(3)パターン認識と品質工学
品質工学,vol.3,No.4,pp.2-5

関西品質工学研究会に参加（復帰）して

関西品質工学研究会 尾川 武史（寺崎電気産業（株））

先日，とあるマーケティングの勉強会に参加する機会がありました．

そこで学んだ示唆に富む「マーケティング」の考え方が，品質工学（QE）の貢献への活動と驚くほど重なって聞こえてきたのです．

そこでの気づきを，みなさんと共有したく，ざっくばらんにまとめてみました．

1. 品質工学を「手で触れる」ものに変える

品質工学って，すごく大切なもののなのに，どうも掴みどころがない．手に触れられないものを扱っている．このようなものを「無形財（intangibles）」というそうです．

空気や水のように当たり前になりすぎて，ありがたさは失ってから初めて気づく．

品質工学もそんな存在に近いのかもしれない．

だからこそ，みんなが「あっ，これすごい！」と実感できる「有形財（tangibles）」に変えていくことが，まず大切な一步になるそうです．

では次に，どうすれば無形財を有形化できるのでしょうか？

勉強会では，その無形財（品質工学）のベネフィットと存在を繰り返し伝えること，そのプロセスを仕組み化すること（約束され，あてにされる関係性をつくること）が重要だと学びました．

ふり返ってみると，関西品質工学研究会での事例発表や，参加者同士の対話・議論の積み重ねそのものが，この「有形化」の営みになっているのだと気づかされます．

研究会は，品質工学を「手で触れる」ものに変えてくれる場．まさにそんな機能を果たしているのだと実感しています．

2. 「好き！」が集まる「秘密基地」を育てる

“「フォーカス・マーケティング」の柱となる考え方は，次の2つだと学びました．

1)個人の狭く，濃い興味関心にフォーカスすること．

2)興味関心を接続点として，コミュニティを形成し，ファンベースをつくること．
成果として，集客しないけれどファンが途切れないモデルができあがるそうです．

関西品質工学研究会は，まさにその姿を体現していると感じます．

こちらから集めようとしなくても，みなさんの力で自然と人が集まってくる．

そこには，品質工学が好き！というオーラをまとった仲間たちが集う“秘密基地”のような空気感があります．

研究会では「教わる」場も用意していただいています。しかし、一方通行ではありません。参加者同士が「共に学び、共に成長する」ことを大事にしてくれています。

誰かが、関西で大歓迎される**おもしろい、とんがり発表**をすれば、みんな「すごい！」と称賛する。このコミュニティへ愛着が育っていくのだと思います。

3. 「Doing」ではなく「Being」の姿勢で

最後に、「**Doing** (すること)」ではなく「**Being** (であること)」について。

例えば、ある企業がおむつ事業を始めるとき、その目標は「真っ白なおむつを提供すること」かもしれません。しかし、本当に目指すべきは、「新生児を持つ母親に最高の援助を提供する」という「**Being**」の姿勢だ。というくだりがありました。

同じように、私たちは、品質工学という「おむつ」を提供する人ではありません。品質工学を通じて、「実践者の成功を本気で支援する」という存在でありたい。

この「**Being**」の姿勢こそが、単なる手法の提供を超えて、品質工学を人々の心に深く響く「存在」へと育て、進化していくための原動力になると信じています。

私はまず、研究会で基礎をしっかり学び、現場ですぐに使える考え方として実装することを目指します。そして今回、学びからの気づきをまとめてみて、**品質工学の貢献は、研究会活動の積み重ねから自然にじんわりと染み出してくるものだ**，ということも実感しました。

これからも、心地よいスピードで、みなさんと一緒に「**品質工学を育てる**」活動が続けていけたらうれしいです。

参考文献

- ・阪本 啓一：「たった1人」を確実に振り向かせると、100万人に届く。
「市場の空席」を見つけるフォーカス・マーケティング（日本実業出版社,2012年）
- ・ポール・ホーケン：ビジネスを育てる 新版（ディスカヴァー21, 2024年）
- ・セス・ゴードイン：「紫の牛」を売れ!（ダイヤモンド社，2004年）
- ・セオドア・レビット：T.レビット マーケティング論（ダイヤモンド社，2007年）
（第14章 無形性のマーケティング）

SN 比再考(3) ～望大特性の SN 比①～

Reconsideration of SN ratio: Larger-the-better SN ratio ①

関西品質工学会 太田勝之（元（株）シマノ）

信号因子が無い（信号が固定した 1 水準とも言える）場合の特性値を静特性と呼び、技術の目的により、望目特性、望小特性、望大特性、ゼロ望目特性がある。

今回は静特性の望大特性を取り上げる。

3. 望大特性 SN 比

「非負で値が大きいほど良い特性値」文献 1)p.27 を望大特性と呼び、その安定性と感度の総合評価に望大特性 SN 比が用いられる。

つまり「望大特性 SN 比が大きいほど、設定したノイズに対するバラツキが小さく、しかも平均値が大きいことを示す感度と安定性の総合評価指標」が期待される。

3.1 望大特性 SN 比の定義式

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

文献 1)p.32

望大特性の SN 比

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \left(\frac{1}{y_1^2} + \frac{1}{y_2^2} + \cdots + \frac{1}{y_n^2} \right) \quad (3.1)$$

$$\eta = -10 \log \sigma^2 \text{ (db)} \quad (3.2)$$

任意の目標値がある場合の望目特性では、仮の目標値である平均値からの差の 2 乗を損失と考えて SN 比を計算し、平均値の尺度である感度との 2 段階設計が推奨されている。

望大特性では、目標値は無限大であり、その差が計算できないため、特性値の逆数を取ることで、目標値をゼロとしてバラツキ σ^2 を計算している。田口の何れの SN 比もその値が大きいほどロバストな良い条件としているので、SN 比 η では負の符号をつけて、大きいほど良いという指標にしている。

これは同ページに示されている望小特性の SN 比と比較すれば分かるが、望大である特性値を逆数にすれば望小と考えられることから導いた形式である。望小特性の SN 比の定義式を示す。

望小特性の SN 比

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} (y_1^2 + y_2^2 + \cdots + y_n^2) \quad (3.3)$$

$$\eta = -10 \log \sigma^2 \text{ (db)} \quad (3.4)$$

望大特性、望小特性を含め、どの SN 比も大きいほど良いという指標になっている。

注意) SN 比と呼んでいるが、単位は無次元化されておらず SN 比は単位を持つ。対数値なので、その利得差は比率となり単位の影響は無い。

3.2 平均が同じデータでの検証

いくつかのデータセットを用意して SN 比に矛盾がないか検証する。

検証データ：平均が同じでバラツキが異なるデータ

平均が同じでバラツキが異なるデータを設定し、定義式による望大 SN 比を計算した (Fig.3.1)。

no.	N1	N2	平均	標準偏差	$1/y_1^2$	$1/y_2^2$	望大 SN 比(db)
1	10	10	10	0.00	0.01	0.01	20.00
2	9	11	10	1.41	0.012345679	0.008264463	19.87
3	5	15	10	7.07	0.04	0.0044444444	16.53
4	1	19	10	12.73	1.0000	0.0526	2.79
5	0.1	19.9	10	14.00	10.0000	0.0503	-7.01
6	0.01	19.99	10	14.13	100.0000	0.0500	-16.99
7	0.001	19.999	10	14.14	1000.0000	0.0500	-26.99

Fig. 3.1 望大 SN 比の計算例(1)

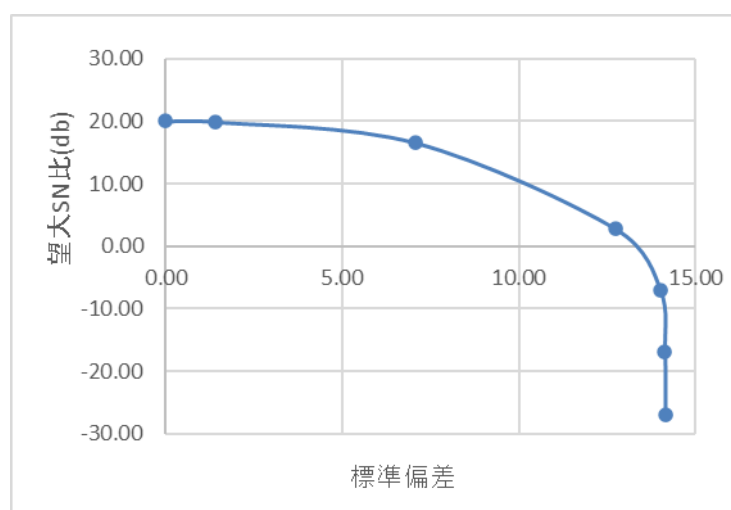


Fig. 3. 2 標準偏差 vs 望大 SN 比

偏差の変化に対し SN 比の変化が急に大きくなっている。グラフにしたものを示す (Fig.3.2)。

no.1 と no.2 の SN 比の差がわずか 0.13db に対し、no.6 と no.7 の差が 10db もある。

この原因は、計算過程の $1/y_1^2$ の値を見ればわかるが、特性値を逆数の 2 乗に変換することで、小さな特性値に過大な重みが付いた結果となっている。一方、大きな特性値に対しては、その変化に対しわずかな考慮しかされていない。

技術的に考えても no.4・no.6 にそれほど大きな差があるとは考えにくく、感覚とは一致しない。

3.3 N2 のデータを変化させたデータでの検証

検証データ②：N2 (良条件の大きい特性値側) のデータだけを変化させる no.5 は no.4 のデータの N1 を 0.9 に変化させた。

no.	N1	N2	平均	標準偏差	$1/y1^2$	$1/y2^2$	望大 SN 比(db)
1	1	10	5.5	6.36	1.0000	0.0100	2.97
2	1	11	6	7.07	1.0000	0.0083	2.97
3	1	100	50.5	70.00	1.0000	0.0001	3.01
4	1	1000	500.5	706.40	1.0000	0.000001	3.01
5	0.9	1000	500.45	706.47	1.2346	0.000001	2.10

Fig. 3.3 望大 SN 比の計算例(2)

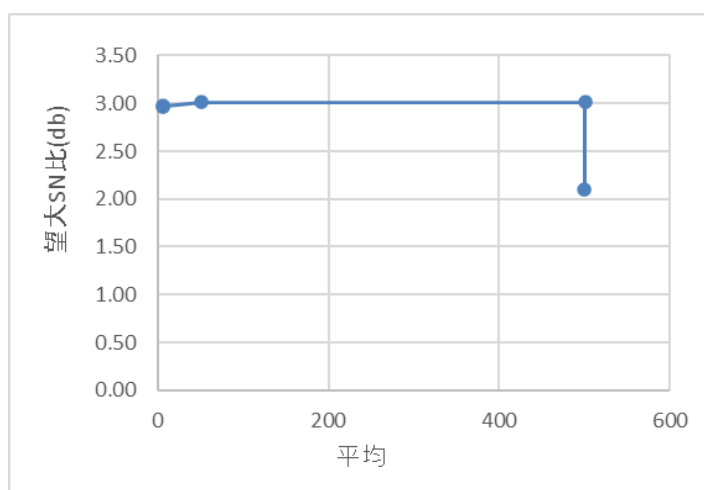


Fig.3.4 平均値 vs 望大 SN 比

大きい特性値 $N2$ が大きくなることで、平均値も大きくなるが、SN 比がほとんど変化していない。グラフにしたものを示す (Fig.3.4)。望大特性なので、 $N1$ の特性値が同じであれば $N2$ が大きいものを選びたいが、平均値が 10 倍、100 倍となったとしても SN 比はほとんど変わらず、その評価が SN 比に反映されていない。

しかも、no.5 で $N1$ を少し小さくしてみると SN 比は大きく低下した。

no.1 より平均値が 100 倍も大きい no.5 の方が悪いとは感覚的にも納得できるものではない。

3.4 ノイズを 3 水準とした場合

ノイズを 3 水準とし、前の Fig.3.3 に $N3$ を追加し、その値を $N1, N2$ の間の 5 とした。no.6 は $N3$ を 4.9 として変化を調べた。

no.	N1	N2	N3	平均	標準偏差	$1/y1^2$	$1/y2^2$	$1/y3^2$	望大SN比(db)
1	1	10	5	5.5	6.36	1.0000	0.0100	0.0400	4.56
2	1	11	5	6	7.07	1.0000	0.0083	0.0400	4.57
3	1	100	5	50.5	70.00	1.0000	0.0001	0.0400	4.60
4	1	1000	5	500.5	706.40	1.0000	0.0000	0.0400	4.60
5	0.9	1000	5	500.45	706.47	1.2346	0.0000	0.0400	3.72
6	1	1000	4.9	500.5	706.40	1.0000	0.0000	0.0416	4.59

Fig. 3.5 望大 SN 比の計算例(3)

3 水準の場合でも小さいデータでの変化が SN 比に大きく影響することがわかる。望大特性であるにも関わらず、大きな特性値が得られた条件はほとんど考慮されない。

3.4 検証のまとめ

これら 3 つの検証から、望大特性の SN 比は、ノイズが多水準となった場合は小さいデータが重視され、大きい特性値が得られても SN 比には反映されにくい傾向があり、平均値の大きさは必ずしも優先されない。したがって、「望大特性 SN 比の値が大きいほど、設定したノイズに対するバラツキが小さく、しかも平均値が大きい条件」を必ずしも示していない。目的の最適化に対する指標としては問題があると考ええる。このような SN 比でも良しとして使用する場合は、以下を十分留意しての使用をされたい。

「望大特性 SN 比は大きな特性値より小さな特性値が重視される」

故に、「大きなノイズ水準巾での評価には向いていない」

「計測精度は小さな特性値ほど重要」

「平均値の大小の考慮は低い」

「小さい特性値での欠測値の扱いは慎重に」

3.5 望大特性 SN 比の加法性の検証

ここまでは問題点が多いことを述べたが、加法性の観点からは望大特性 SN 比が間違っていることを示す。

特性値から求めた望大 SN 比自身もまた望大特性の特性値である。

望大特性 SN 比はそれ自身が望大特性なので、何度も望大特性 SN 比の変換を行ったとしても加法性が失われてはならないはずである。望大特性 SN 比は特性値が 1 個でも計算可能なのでそれを検証する。

加法性のある特性値とは、対象となる範囲において等間隔の尺度となっていることで、一般に、統計では振れなどのゼロ以下が無いデータでのゼロ近傍付近や、効率などの 100% 付近は尺度が等間隔でないため正規性が得られず、さまざまな変換が行われる。対数変換や逆数変換もその一例である。

望大 SN 比の変換の加法性の検証のために、1 から 100 までの等間隔のデータに対しその望大 SN 比との散布図を作成した。加法性のある等間隔尺度の特性値に対し、変換後も等間隔尺度とならなければならない。

data	望大 SN 比
1	0
2	6.0206
3	9.542425
4	12.0412
5	13.9794
6	15.56303
7	16.90196
8	18.0618
...	...
98	39.82452
99	39.9127
100	40

Fig. 3.6 加法性の検証

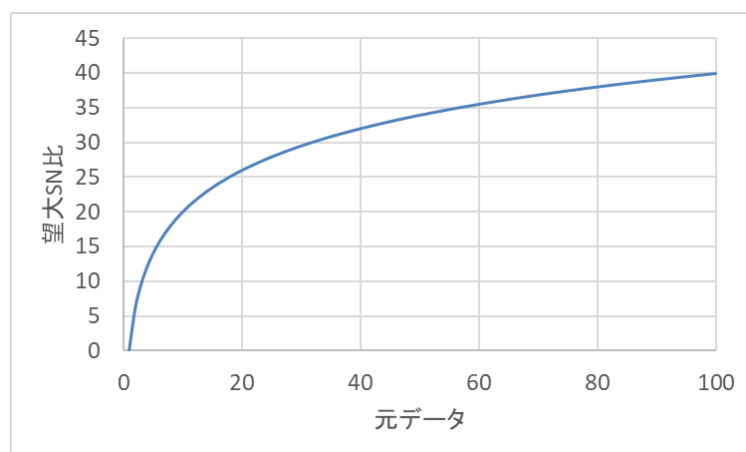


Fig. 3.7 加法性の検証

変換後も等間隔であるには線形関係でなければならないが、Fig.3.7 では非線形の関係となっている。前述のデータの検証で示した様に、値が大きいほどその間隔が狭くなり、大きい値が過小評価され、逆に小さい値が過大評価される傾向がここでも示されている。

望大 SN 比を望大特性として扱った場合に加法性が変化することは定義の矛盾であり、加法性のある特性値を目指した SN 比としては問題がある。

ここまで、望大特性 SN 比の問題点と注意点を示した。

次回は、これら問題点への対策と代替の望大特性 SN 比について検討する。

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）

戦略的技術者を目指せ ～戦術的技術者からの脱皮～

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>

品質工学が「戦略(Strategy)」といわれるのは、モノを作る前にお客のほしい目的機能について、先行性・汎用性の高い「機能性評価やロバスト設計」を行い、試作レス・試験レスで短期間に安定性(SN比)・再現性(直交表)の高い技術開発を行うからである。従来設計が「戦術(Tactics)」といわれるのは、モノを作ってから決められたスペックの目標に対して、専門技術を使ってたくさんの試作や試験を繰り返して「モグラ叩き」で問題を解決するからである。

最近起きた笹子トンネルの天井落下事故では、安全点検の問題ばかりがクローズアップされているが、この事故の基本は「事故が起きた時に、被害を最小にする設計問題」である。最初、テレビであの構造図を見た時、天井はもっと軽い材質だと思った。1トンもあるコンクリートの板材なら、それを支える梁構造が必要なはずである。中央の支えのボルトが破損しても落下事故は防げる構造ぐらいは必要である。空気の流通だけが目的であれば、天井板は鉄板を使う必要もなく、安全設計でボルトが抜けても天井板を支える梁構造にすべきである。



人間の寿命と同じように全ての部品は劣化するものであるから、十分な時間がたてば故障率は100%になる。その前提で設計するなら、どのような構造にすべきかを考えるのが戦略的技術者ではないだろうか。設計者の責任を自覚すれば、単に天井を支える構造の機能設計をすればよいという事ではないはずである。点検や劣化時の事故防止など、設計者が責任を自覚すれば自然と戦略的思考になるはずである。

田口博士は常々「技術の総合判断の議論が必要」と言われていたが、多くの企業は目先の部分的な仕事に追われて、技術者の役割と責任を忘れていてのではないだろうか。戦略的技術者は、モノ・コトの変革にシステムの「全体最適」を考えて、品質とコストの和の社会的な損失の最小化に結び付けることが大切であると考えている。もう少し分かりやすく言えば、仕事の目的を明確にして、仕事のやり方を効率的に改善して、個人の自由の和を拡大して、余った時間を新しい仕事や人間形成に必要な趣味に活かすことが大切であると考えている。しかし、大学では細分化された専門技術を学び、企業では仕事が細分化され、クローズループの組織が形成されて、部分的な目標が設定されて、お客の立場や地球規模に立った全体最適化のものづくりが行われていない。このような時こそ、技術者は目先の問題解決の戦術ではなく、将来を見据えた戦略的思考で、他社より安く、他社より品質が良い「市場生産性」を高めることが大切である。戦略性のない技術者は、失敗を「想定外」で逃げる。

以上

品質工学会 昔話（10）

～技術者の仕事は、Make it Work～

関西品質工学会 芝野 広志（TM 実践塾）

田口先生は、“統計や数学は技術開発に役立たない”と言われた。品質工学ではバラツキの評価指標として SN 比を計算するが、この計算には統計や数学の理論（考え方）が導入されており、勉強している我々はしばしば混乱してしまう。品質工学は数学でも統計学でもなく、純粋に工学として技術領域で研究が続けられている学問であるべきだ、と言うのが、前述の先生の言葉の主旨であると考えられる。

あるとき、田口先生は次のようなお話をされた。製品や技術に関する課題に対して、技術者と科学者と統計学者(数学者)の立場の違いを鮮明に表現しているお話である。

科学者は、「なぜ課題が発生したか、その原因をさがす」、

技術者は、「課題を解決するべく、正しく機能させる」、

統計学者は、「原因にも機能にも興味はない」

もとは海外の講演会であったお話のようで、

科学者は、Why it doesn't work?

技術者は、Make it work.

統計学者は、Don't care. であつたように記憶している。



このお話は、ある品質工学会で紹介され、研究会に参加していた私は納得したものである。多くのデータを必要とする統計学や、原因の探求や真理を追究する科学者の本質がうまく表現されていて、とても印象深い話であつたし、機能性を追求する品質工学は、技術者の立場であるのがよくわかった。

品質工学では、統計的手法で要求されるような多くのデータは必要なく、一つのデータで研究するのを理想としている。そのために、誤差を調合することを推奨している。調合が難しいときは、誤差を直交表に割り付ける。技術的に意味のあるバラツキの研究でなければ、機能の改善はできない。繰り返し誤差(データ数)は、統計的には意味があるが、技術的な意味はないのである。

かつて、機能改善に統計は使えない、と公然と主張された田口先生は、統計学者とたびたび論争されたと聞く。両者の立場も目的もまったく違うのであるから、統計学者が田口先生の主張を理解できなくても仕方ないだろう。また、われわれ技術者の立場から考えれば、何百何千という数のデータを要求される統計的手法では、日常の仕事に活かせるとは思えない。偶然誤差を対象とする統計的な実験より、技術的に意味のある誤差因子を積極的にシステムに与えてバラツキの実験をする方が、はるかに効率的である。

品質工学会の活動が活発になり、多くの企業が研究に取り組むようになってきても、本質的部分で、お互いに理解できない所は残るかもしれない。しかし、それぞれの立場や目的を理解し、敬意を持って説明し続けることが、品質工学が市民権を得るためには重要である。

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 たけお} 児野 武郎（長野県工業技術総合センター）

2025 年 9 月 12 日(金)に 2025 年度の第 5 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. 「MT 法で原因診断をする際の注意点（各 NG 品を個別で診断しよう!）」

（（有）増田技術事務所 ^{ますだ せつや} 増田雪也）

MT 法を用いた原因診断では、不良品を個別に解析し有効項目を特定、異常仮説を構築することが重要である。但し、有効性解析は全体傾向の把握に留め、課題解決には個別診断と現場の知見を組み合わせることが大切である。

2. 「パラメータ設計を用いた E-Pad のステンシル最適開口率検討と標準化」

（シナノケンシ（株） ^{つじの ぞみ} 辻希望）

パラメータ設計の事例紹介を行った。最適条件が直交表実験の 1 つの条件と同じになったが、再現性は乏しかった。仮説検証の余地はあるが、そもそもの現行条件が良くできた条件であることが分かったので、それはそれで良い検証実験となった。また、標準化出来たことで、検証工数も削減できた。

【共通テーマ】

「シャーペンの機能性評価」

分散分析で VN と Ve を求めた結果、繰り返し誤差よりも誤差因子（芯の種類）の方が大きかった。機能性評価に関連した話題として、以下の 2 つのテーマにて報告があった。

1. 「キッチン用はかりの機能性評価」（顧問 ^{いわした ゆきひろ} 岩下 幸廣）

容易に実験できるテーマとして「はかり」の機能性評価を行った。誤差因子として、温度、劣化などが適当だが容易に条件の変更が出来ない。そこで容易に実験できる”傾き”を誤差因子とした。誤差因子の有効性は $VN \gg Ve$ を確認した。 η は、田口氏による η 、エネルギー型 η などを計算した。エネルギー型 η は、 $\eta/10/2$ によって計測値の有効桁数が分かる。今後は同様の評価を他のはかりで行い、性能評価を行いたい。

2. 「はかりの機能性評価」（長野県工業技術総合センター ^{ふるはた るみさき} 古畑 美咲）

見た目がほとんど変わらない 100 円と 300 円のキッチン用スケール 2 つについて、機能性評価を行った結果を報告した。まず、床の素材(机, 布)をノイズと設定し、試験を行った。その結果、ノイズの影響が小さく、両者に有意な差は見られなかった。次に、耐久試験（振動試験）の有り無しをノイズと設定し、再度試験を行った。その結果、100 円のスケールの方が SN 比・感度ともに良好であり、300 円のスケールよりも優れていることがわかった。

2025 年 10 月 10 日(金)に 2025 年度の第 6 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. 「MT 法で「釣りが出来る日」を見抜く！ (2nd Season)」

(有) 増田技術事務所 ますだ せいや 増田雪也

釣りの可否を判断する「波判断」について、品質工学手法 (MT 法・T 法) を用いた解析結果の報告をした。人間の主観評価と実測値である「有義波高」とを比較したところ、T 法解析により相関係数 0.925 を得て高い整合性が確認された。一方で、依然としてデータのバラツキが大きく、予測精度向上が課題として残された。なお、これまでの成果を基に簡易予測システムを試作し、釣行判断の参考に利用できる可能性が示された。

2. 「T 法での推定結果 「線形」と「非線形」の違いの実例」

(日精樹脂工業 (株)) あらいはいた 新井啓太

L18 直交表実験のデータを使って、生データを T 法で推定して線形、非線形の違い等を紹介した。標示因子によって一致するものと一致しないものがあった。一致しないものは線形で相関係数 0.7、非線形で 0.93 となり非線形で推定できていると思ったが、確認実験のデータと推定値の比較をしたところ一致しなかった。確認実験の値と一致する事が重要で一致しないものはデータそのものに交互作用が疑われるとアドバイスがあった。

【共通テーマ】

「機能性評価の検討」

キッチンスケールの機能性評価に向けて、機器を購入した。誤差因子 (ノイズ) や入力の水準値についてディスカッションした。

2025 年 10 月 18 日(土)、4 県品質工学合同研究会をオンライン(主催は埼玉)にて開催した。

合同研究会とは、品質工学フォーラム埼玉(埼玉)、北陸品質工学研究会(富山、石川、福井)、山梨県品質工学研究会 (山梨)、長野県品質工学研究会 (長野) の合計 4 地区の地方研究会が、年 1 回各研究会持ち回りで開催しているイベントである。今回の合同研究会の内容については、品質工学フォーラム埼玉から詳しい内容の報告があると思うが、「各県の近況報告」や「ディベート (品質工学は役に立つ/役に立たない)」など非常に充実した内容であった。

2025 年 11 月 14 日(金)に 2025 年度の第 7 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 4 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. 「NG データがない場合の MT 法と多特性の損失計算」(顧問 岩下 幸廣^{いわした ゆきひろ})

MT 法において NG データがない場合、 χ^2 二乗分布を活用して判別基準とすることができる。集合の場合、マハラノビス距離 MD 二乗の平均値を使って判別することができる。損失を、 $m \leftarrow \mu$, $\Delta \leftarrow \sigma$, 特性間の相関行列 \rightarrow 逆行列によってマハラノビス距離(MD)を計算し、品質損失 $L=A*MD^2$ で計算すると、経済性を考慮した考察ができる。以上について事例を挙げて検討した。

2. 「品質工学 (パラメータ設計) の根底に流れる合理的な考え方」

((有) 増田技術事務所 増田雪也^{ますだ ゆつや})

品質工学 (パラメータ設計) は、限られた実験回数で最大の技術的情報を得るための合理的な考え方であり、「完璧を目指さない」ことで開発を効率化する手法である。総当たり実験では多大な回数が必要だが、直交表 (L9 や L18) を用いれば、わずかな実験数で最適条件の見当をつけられ、個人の技量差にも左右されにくい。誰が実施しても安定した結果が得られるため、短納期・低コストの開発に有効である。

3. 「関西品質工学会-QE 教材「技術者の大冒険」やってみた」

(シナノケンシ (株) 辻 希望^{つじ のぞみ})

社内で実施した結果や感想などを報告した。ゲームに熱中すると解説を読み込めなくなるという盲点はあったがとても盛り上がった。ゲーム後は感想戦を実施したかったが、大人数(8 名)ではゲーム自体に時間が掛かり出来なかった。少人数をオススメする。この教材をどう活かしていくか、今のところアイディアはないが、良いアイディアがあれば取り入れていきたい。

4. 「話題提供 : Python で MT を実装してみた」(長野県工業技術総合センター 児野武郎^{こしの たけお})

セミナー受講をきっかけにプログラミング言語 Python に触れたので、MT 法を実装してみた。for 文などを使わなくとも標準化や MD 値計算が可能で、非常にシンプルにコードを書けることがわかった。AI を同時に活用することで、簡単に高度なプログラムが実装できるので、大量のデータ分析も今後敷居が低くなると思われる。

((有) 増田技術事務所 増田雪也^{ますだ ゆつや} 記)

～品質工学会だより～

◆関西品質工学会からのお知らせ◆

1. 品質工学シンポジウム 2025 を開催（日刊工業新聞社 10 階会議室）

2025 年の品質工学シンポジウムを、10 月 3 日（金）開催した。中部品質工学会、広島品質工学会と連携し、3 件の研究結果発表とともに、基調講演には品質工学会 2 代目会長の土屋元彦氏（元富士ゼロックス）を招聘し、社内での活動や品質工学会設立初期の話題、田口玄一先生との思い出など、約 2 時間半にわたり、90 歳という年齢を感じさせない精力的なご講演をいただいた。最後のパネル討論会では、会場とリモートでの参加者が入り乱れて、活発な意見交換がなされた。参加人数は会場とリモートを合わせて 143 名であった。シンポジウム終了後には毎年恒例の懇親会を実施。シンポジウムの延長戦のような議論とともに、和気あいあいとした時間を楽しめた。



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、投稿記事に対するご意見やご質問を掲載してはどうかと考えました。本情報誌をお読みいただいてのご意見、ご質問に対するご回答などは次号の情報誌にて掲載する形で情報共有させていただく予定です。

そうすることで、各研究会の活動を活性化させるとともに、研究会員皆様のレベルアップに繋がると思いますので、ご意見やご質問など下記編集担当までお寄せいただければ幸いです。

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