

タグチメソッドと海軍（1）

横浜市民ギャラリーにて、「F U J I C」開発（会報 No. 31）の矢野昭先輩（富士写真フイルム・東工大で1年上）の「淡彩画」の前で、山内尚隆常務理事の再勧誘を受け、入会しました。越後の生れ、海兵78期、新潟高校（旧制）卒で、現在、「タグチメソッド」（品質工学）コンサルタントをしており、解説を投稿しますのでご覧下さい。

会員 上杉 伸二

1. 技術開発の新しい方法論、「タグチメソッド」

「タグチメソッド」（Taguchi Methods、TM）は、田口玄一博士（1924 生れ、現 79 才）が提唱する、技術品質を向上（お客の望まないもの、ばらつき・コスト・公害を減少）させるための技術方法論で、1982 年米国で名付けられた。今では、「タグチ」で世界に通用している。日本では「品質工学」（Quality Engineering、QE）と呼ぶ。

もっと端的に言うと、新技術の開発を短期間に成就する新しい方法論で、主要な手法は「パラメータ設計」、米国では「ロバスト・デザイン」と呼ばれ、先進企業の技術者には周知で、日夜、鎬が削られているが、一般には余り知られていない。

今後は大学教育にも、もっと取り入れていくべきと考えているが、今回、海軍の事例とも関連させ、タグチフィロソフィにも触れて、解説する。

2. QC（品質管理）から TM（タグチメソッド）

へ——Z 旗と Z 規格、ゼロ戦とレーダー

「日本海軍は、昭和 16 年（1941）12.8、Z 旗を掲げゼロ戦を先頭に戦い大勝利を収めたが、米国は Z 規格（QC）と、やがてレーダーで迎え撃ち、日本海軍を圧倒した。戦後、初めは米国からいろいろ教えて貰ったが、やがて海軍の遺産技術（戦艦大和、ゼロ戦、光・電子兵器など）と、タグチメソッドにより、米国を工業技術的に凌駕した。」

Z 旗は、ご存知の通り、明治 38 年（1905）5.27 日本海海戦で、東郷平八郎聯合艦隊司令長官が、ロシア・バルチック艦隊を 13:45 水平線の彼方に望見、1 万 2 千 m 先に視認した 13:55 三笠の楼上に掲げた信号「皇国ノ興廃此ノ一戦ニ在リ各員一層奮励努力セヨ」で、このあと 14:05、8 千 m 時点で、敵前「取舵一杯」（左に曲がる）「八点回頭」

（Uターン）、敵弾水柱の中を進撃、丁字戦法で、

14:10、6 千 4 百 m で撃ち方始め、約 30 分で勝敗を決した。現在、横須賀三笠公園で観覧できる。

Z 規格は、A S A（アメリカ規格協会）の Quality Control 関係の戦時規格 Z 1.1～3（1941.5～42.4）で、全米の軍需工場に徹底実施された。

終戦直後、GHQ（マッカーサー占領軍総司令部）が、日本の電話が「出んわ」なのは、反米の通信妨害のためのサボタージュでないかと、MP（憲兵）を電話局に急派して調べたところ、設備の品質が悪く故障が多いためと分って、「日本は S Q C（統計的品質管理）も知らずに戦争に突入したのか」と呆れ、早速 S Q C の導入と、電気通信研究所の設立の二つを勧めたという話は有名だ。

S Q C は、Z 規格審議の専門委員会のメンバーであったデミング博士が、1950.7 日本の技術者 230 名に 8 日間コースを講義した（売上金をデミング賞基金とした）のを機に、工業界に広まった。所が実は、米軍は戦時中（1942～3）レーダーシステム故障多発に悩まされ、QC による製造品質の管理だけでは不足で、市場トラブルを無くす設計品質の重要性が認識され、更に 1950.6～53 朝鮮戦争でジェット戦闘機的设计・保全などの実績を経て、米国の R E（信頼性工学）が確立した。

1962 年、石川馨博士らにより QC サークル（小集団活動）が導入され、その後、DE（実験計画法、1925 英フィッシャー卿の創始）や RE も導入して、日本的な TQC（総合的品質管理）に発展、一時期、世界をリードした。しかし、品質管理が、技術の本質よりも労務管理、経営管理に傾斜し、1996 TQM（Management）に呼称変更した。

（日本語の「管理」は、Control、Management、Administration を広義に含むが、TQM が適訳だとされ）、これを機に再構築を図ると宣言された。

今日では、品質の標準として ISO（国際標準化機構）に権威が集中し、品質の経営手法としては「シックス・シグマ」（サムライの TQM に対するカッボーイのアンチ・テーゼ）が著名となった。

TM は、田口先生が 1950 年 GHQ の勧告で設立された N T T 電通研に勤務、RE と全く異なる立場で、設計品質の改善を、**直交表**による DE で積極的に進め、これが進化体系化されたものだ。

フィッシャー流の DE は「偶然的なばらつき（等分散）の下で、平均値に差があるかどうかを F 検定する」（現象を解明する科学の立場）に対し、タグチのパラメータ設計は「ばらつきの改善を目的とし、少量での結論を量産・市場に適用可能とする」（機能を設計する技術の立場）を目差した。

田口先生が、増山元三郎先生の依頼を受けて、初めて直交表を使った最適化実験の実践例が、森永薬品「ペニシリンの生産性の向上」（1948）だ。菌の品種や濃度、PH、温度などの生産条件を最適化して、培養液 1cc 当たりの生産量を増やした。

続いて、森永製菓「キャラメル hardness の改善」

で、環境温度（ばらつき原因、ノイズ）が変化しても、硬さ（結果、特性）が変化しにくいように、キャラメルの組成（パラメータ）を最適化した。（ノイズに対策しないで、ノイズの影響を無くす）

1957 年、N T T「クロスバ交換機用ワイヤーリレー」は、当時のリレーの寿命数百万回を、十億回に延ばすため、二千以上のパラメータを研究、6 年で完成した。米国ベル研は、日本より 1 年前から研究開発を進めていたが、日本の数十倍の予算と 5 倍の研究員を投入しながら開発に失敗し、結局、ワイヤーリレーは 100% 日本から購入せざるを得なかった。ハイテク分野で戦後日本が米国に初めて勝った製品がクロスバ交換機である。

なぜ、金、人、モノに勝るベル研が失敗したのか。お客の使用条件、使用環境や使用期間を誤差条件（ノイズ）と考え、それらへの対策を考えたテスト「機能性、ロバスト性の改善研究」を行わなかったからだ、田口先生は断言されている。

1980 年、米 N B C テレビで「なぜ日本に出来て

我々に出来ないのか」が放送され、日本の QC とデミング博士が米国でも一躍有名になった。実はその年の夏、田口先生が、「ベル研で一番困っている問題を手伝いたい」と申し出て、「LSI フォトリソ工程の改善」に成功、大きな衝撃を与えた。

ウエハ上 1.5cm 四方の所定の場所に、直径 $2\mu\text{m}$ の孔を 23 万個開けたいが、孔サイズがばらついて得率が 33% しか取れず困っていた。直交表 L18 を使って、たった 18 通りの異なる製造条件（9 因子の組合せ）の実験を行い、各 2 枚のウエハから、中上下左右 5 コ、計 10 コの孔径を測った。孔径のばらつきを **SN 比**で評価し最適化した結果、ばらつきは半減し、得率が一挙に 87% に向上した。

この劇的な改善事例は、3 年間機密保持の後に発表され、世界中から 1 千通超の問合せがあったという。米政府や学会で取り上げられ、A T & T、ゼロックスに続き、フォード、GM、コダック等の大手企業や N A S A、国防省にも導入された。84 年以降、毎年米国でタグチシンポジウムが開催され、優秀発表者には「タグチ」賞が手渡される。

1987.6.8「ビジネスウィーク」に、米人記者により「はじめてうまくやるには一革命的な品質管理

手法―戦後、デミングとジュランが訪日して日本の素晴らしい品質向上のきっかけを作った。今、”ロバスト・クオリティ”の開発者である田口玄一は、その恩に報いるために、年数回ジェット機に乗って逆に訪米している」と報じられた。

(一時、TM は国際競争に打ち勝つための、技術開発効率化の画期的な方法であるのに、外国に気安く教えてしまうのは如何なものかとの声も聞こえたが、田口先生の実験による成果を、日本だけに止めず、全人類に役立てることが、まさに日本の国際貢献にもなるというもので、各企業はその共通の土俵の上で競うべきとされた)。

田口先生は、これらの功績により、1986 年には東洋人で初めて「ロックウェルメダル」受賞、88 年にダ・ヴィンチ、ニュートンらと並ぶ「技術と科学の殿堂入り」、91 年米国機械学会「設計技術賞」、94 年「オートメーション殿堂入り」、96 年に石川馨博士に次ぐ日本人で 2 人目の米国品質管理学会「シューハート・メダル」受賞、97 年、本田宗一郎、豊田英二両氏に次ぎ、日本人で 3 人目の「米国自動車殿堂入り」を果たし、「アメリカを蘇らせた男」と称えられた。2000 年の品質世界会議で「20 世紀の品質チャンピオン」賞を贈られた。

海軍の技術遺産が、大型タンカー、新幹線、カメラ・レンズ、ソニー製品ほかの家庭電器などに結実したが、タグチメソッドもその一つだと言えるかもしれない。それは、田口先生の「タグチメソッドが発想法」(経済界、1999)によると、初めて奉職した海軍水路部で、星を観測して位置を推計する実験時に使った最小 2 乗法が「誤差の絶対値ではなく、なぜ誤差の 2 乗なのか」という、20 才の時に抱いた疑問が、のちに「**損失関数**」という考えに発展し、「その後の仕事の原点となったといっても過言ではない」とあるからだ。

3. TM の発展とパラメータ設計の特長

田口先生は、1950～1962 年 N T T 電通研、1965～1982 年青山学院大学教授、1982～日本規格協会参与で、この間、企業指導・研究会で、技術者が困っていた、現実の問題に対して解答してきた。

50 年代は技術者の考えた特性値をそのまま、データ解析に用いたが、60 年代には計測分野に **SN 比** (シグナル・ノイズ比、信号・雑音比) の応用を開始、70 年代には計測以外の製品の理想機能や静特性にも SN 比の応用を広げ、80 年代には製品開発のパラメータ設計 (静的・動的 SN 比と直交表の利用) 等のオフライン品質工学、製造段階に用いるオンライン品質工学 (損失関数の利用) を体系化し、90 年代には (製品開発の前の) 技術開発のための基本機能の考究 (エネルギー変換等)、ソフトウェアのデバッグ・テスト法 (直交表の利用)、21 世紀に入って、シミュレーションでの標準 SN 比と直交展開の応用、多次元情報のパターン認識による診断予測等の MT (マハラノビス・タグチ) システムの拡充と、発展を続けている。

TM の中心的手法である「**パラメータ設計**」(ロバスト・デザイン) の方法を以下に説明する。

- 1) 製品開発で困るのは、試作品で OK だったのに、量産・市場でばらつきによってトラブルことで、ばらつき原因 (ノイズ) は品物、環境、劣化の 3 つだが、対策にコストがかかるし、難しい。
- 2) 従来のばらつき対策は、品物ノイズは量試の数を増し、環境劣化ノイズは試作品の信頼性寿命試験で、トラブルが出たら原因を究明し対策する。言わば、後手のもぐら叩きの繰り返しで、時間がかかり、結局、見逃したトラブルが出てしまう。
- 3) TM では、最初からトラブルが出ないように設計する。(もぐらが顔を出す前に、隠れていても、気配を調べて、出にくい条件を、先手で選ぶ)。

- ①目標値に合せる前に、先ず、ばらつき対策する。(従来と逆の 2 段階設計) 先行して研究できる。
(製品開発の前に技術開発でばらつき対策する)

②ばらつき対策は、(まだトラブルが出てないから、ばらつき原因を究明して対策するのではなく)、ばらつき原因(ノイズ)はそのままにして、ノイズの影響を受けないよう、パラメータ(設計定数、制御因子)の最適値を、実験・計算によって選ぶ。

ノイズ(原因)と特性(結果)の単純な因果関係で無く、ノイズとパラメータの交互作用の利用だ。これで未知原因によるトラブルにも強くなる。

③トラブルが出てないのに、パラメータの水準値の優劣を評価する指標が**SN比**だ。システムの理想機能(入力と出力の関数関係、製品の目的機能より、技術的手段の基本機能)を考え、市場の環境劣化ノイズ(誤差因子)(品物ノイズもカバー)を、わざと与えて、ずれ・ばらつきの少なさ(機能性)を、SN比として計算する。(従来は、関数関係のばらつきを簡単に計算できなかった)。

④少量テストピースの実験や、シミュレーションのSN比の利得が、量産・市場に適用可能かどうか、**直交表**と確認実験でチェックする。(要因効果の加法性(足し算可能)で下流再現性をみる)。

要因効果の加法性があれば、直交表L18を使うと $2^1 \times 3^7 = 4374$ 通りを18回だけで推定でき効率的だ。

4) エネルギー変換を基本機能とした例を一つ。

IHI「切削加工の電力評価による最適化」(1998)

H-IIA ロケットエンジン用、ターボポンプのインペラーは、強度維持のためTi材のインゴットから削り出す。テストピースはTi材の平板とし、誤差因子はその厚さ(厚い、薄い)とした。L18実験で、アイドル回転時と切削時の電力の時間的变化と、切削除去重量を測定。 $\sqrt{\quad}$ をとって0点比例SN比・感度を解析、従来の10倍以上の高速で安定な切削加工条件を見つけることができた。

4. SN比は、レーダーだ。

ー見えないトラブルを見えるようにする。

「日本海軍は、海・空戦とも米軍のレーダーによって敗れたが、戦後日本は、技術開発のための新レーダー**SN比**によって、米国を凌駕した。」

TMでは、「問題が起きてから、解決するのではなく、問題が起きる前に潰せ」(もぐらが顔を出したら叩くのではなく、もぐらが隠れているうちに潰してしまえ)という。隠れているうちに、見つけるのがレーダーであり、TMのSN比だ。(トラブルが出る前に、理想機能からのずれ・ばらつきの大きさを評価して、トラブルを予測し、対策できる)孫子の兵法に「敵を知り己を知れば百戦危うからず」とあるが、フィッシャー流実験計画法と違って、己(内側)だけでなく、敵(外側)を考えて、これをSN比のレーダーで見るのがTMだ。

注) レーダーと日米海空決戦について纏めた。

1) 日米艦隊夜戦の明暗

ガダルカナル島周辺の6大海戦 日 米

昭和17.8.8 第1次ソロモン海戦(夜戦) ⑤ 0

(米呼称、サボ島海戦)

8.24 第2次ソロモン海戦(空母戦) × ×

(東ソロモン海戦)

10.11 サボ島沖海戦 (夜戦) 1 ③

(エスペランス岬海戦)

10.26 南太平洋海戦 (空母戦) ③ 2

(サンタ・クルーズ海戦)

11.12 第3次ソロモン海戦(夜戦) 2 ④

～14（ガダルカナル海戦）

11.30 タサファロンガ海戦（夜戦） ④ 1

（数字はスコア、日本3勝2敗1引分）

日本海軍は、夜目の見張員を訓練し、夜戦を得意としたが、昭和17年（1942）8.7 米軍のガダルカナル島上陸に対抗、8.8夜、三川艦隊（重巡5ほか）が突っ込み、米豪艦隊重巡4撃沈、1大破した。ところが、10.11夜、ガ島飛行場砲撃の目的で、出撃した五藤艦隊（重巡3ほか）は、敵影を認める前に、初のレーダー射撃の奇襲を受け、敗退した。（重巡1沈没、1大破、五藤司令官戦死）。

（夜目では8km、レーダー20km以上見える）

サボ島海戦は、米海軍にとって初の、闇夜中の正面からの艦隊決戦で、その最悪の敗戦は真珠湾以上のショックで、生き残った艦長は、査問委員会で厳しく追求され、ピストル自殺した。一方、米海軍は、従来の1.5m波レーダーから、より高性能の9.7～10cm波水上射撃用レーダーに切换え、次の海戦にはT字戦法で待伏せ大勝した。この後、ガ島周辺の夜戦の勝敗は、米レーダーのトラブルの有無によって決まってしまうことになった。

（2日後の戦艦2による飛行場砲撃は成功した）

2) マリアナ沖海戦の悲劇－日米空母決戦は戦略地点の攻防を巡って6回生起。 日 米

昭和17.5.7～8 珊瑚海海戦 ○1/3 1.5/2

（ポートモレスビー） [空母損失]

17.6.5 ミッドウエー海戦 4/4 ○1/3

（ミッドウエー）

17.8.24 第2次ソロモン海戦×1/3 ×0.7/2

（ガダルカナル）

17.10.26 南太平洋海戦 ○0.7/4 1.5/2

（ガダルカナル）

（18.4い号、18.11ろ号作戦：ラバウル航空戦）

19.6.19～20 マリアナ沖海戦 3.6/9 ○0/15

（サイパン、テニアン）

19.10.25 比島沖海戦 4/4 ○1/15

（フィリピン）

マリアナ沖海戦は彼我戦力の圧倒的格差の下、小沢機動部隊はアウトレンジ戦法で、綿密な索敵により先んじて敵を発見、700kmで先制攻撃隊を発進したが、敵はレーダーで300km先に察知、全戦闘機グラマンF6F 470機を艦隊上空にあげ迎え撃った。更に、高性能のVT信管(variable-time、電波で15m内に近接すると炸裂)により防御砲火の命中率が格段に向上、米軍「艦隊防空システム」の前に、我が方6回の攻撃で86%を失い（マリアナの七面鳥狩り）、敵空母への命中弾は無かった。

（損失）飛行機 搭乗員 空母

日 378/439 445 3（沈没）3（小破）/9

（内、2（大鳳、翔鶴）潜水艦の雷撃）

米 130/891 76 0/15

（富士技術経営研究所所長・技術士）

富士技術経営研究所・技術士 上杉 伸二

タグチメソッドと海軍（2）

会員 上杉 伸二

5. 科学と技術の違い－工学(技術)教育の問題

科学と工学の間には非常に大きな差がある。科学は自然の現象、メカニズムを解明し、唯一の真理、因果関係の発見を目差す。ニュートン、アインシュタイン的・WHY型であるのに対し、技術はエジソン、イーストマン的・HOW型で、自然に無いものを人工的に創造、発明する。解は多数あり、最適化され、特許で保護される。

開発研究では、ばらつき原因（ノイズ）と品質特性（結果）の正しい因果関係を解明するより、タグチメソッドを使って、ノイズはそのまま、機能のばらつきを減らし、コストを下げるHOWを早く決め、WHYはその後にするのが得策だ。

技術（工学）は、科学（理学）と違って、「ばらつきとコスト」が必須要件である。量産・市場での製品トラブルはすべて、設計目標値や理想機能からのばらつきによって起こる。（ばらつきが無ければトラブルは起きない。もし、ばらつきが無いのにトラブルが起きるなら、全数トラブルで設計が間違っている。トラブルは一部だけに発生する）

現在の大学教育は、工学部でも工学基礎の科学を教え、データ解析でもすぐ平均をとって、ばらつきを消してしまうことが多い。従来 of 学問では、品質のばらつきについては統計学があるが、機能（入力と出力の関数関係）のばらつきの少なさ（機能性）を簡単に計算するうまい方法がなかった。それが、タグチ（品質工学）の（動的）SN比だ。

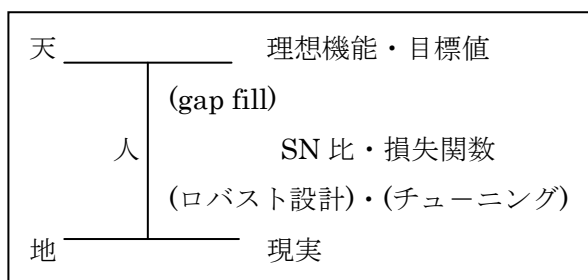
ばらつきは2乗の世界で扱う。タグチはデータの分布の仮定は不要（英フィッシャー卿の創始した実験計画法とは異なる）で、直角3角形のピタゴラスの2乗和定理とエネルギーの加法性が基礎なので、複素数を含むあらゆる技術データに適用できる。企業は入社後に改めて、科学と技術の違いや、ばらつきの教育をしているのが現状だが、本来は学生時からその概要を学ぶべきと考える。

私は東工大化学工学科で学んだ（1952年卒）が、内田俊一教授（後、学長）のケミカルエンジニアについての講義は、タグチの考えと共通だった。

「engineer の語源は、ingenious（巧妙な工夫）、genius（天才）で、巧妙な工夫のできる人の意だ」工夫の工が、工学・工業の工（天と地を人が結んで役立つものを創る）（理想と現実の gap fill）だ。

「解き得る問題を解くのが科学者であり、解かねばならぬ問題を解くのがエンジニアだ」（アインシュタイン）、「化学工学とは、化学工業の術と科学との間隙を渡す橋である」（ハウゲン）

今では、次の図を私の講義で使って話している。



科学と技術の違いをより端的に示すと、科学の研究では、(天) 理論・仮説－(地) 現実とすると、現実が正しくて、それに理論・仮説を合せる、(天) → (地) へ向かう。これと逆に、技術では、(天) 理想－(地) 現実として、理想を目差して、現実を変える(設計を直す)、(地) → (天) へ向かう。

大学での科学の実験は、理論・仮説から導き出した結論が、現実合っているかを検証するためだから、できるだけ少なくスマートに行うべきとされるが、これはデカルト流の演繹の実験法だ。しかし、科学発展の初期には、否、現在でも、分っている理論は、まだ、網のようなものでしかなく、大部分の現象は、網の目から零れ落ちており、やはり、ある程度多数の実験結果を観察し整理し法則を見出す、ベーコン流の帰納的実験法が重要だ。特に、新技術のばらつき研究では尚更だ。

6. 脚気論争の教訓－陸軍軍医総監・森鷗外の大罪

「TM で、SN 比の利得が大きく出たのに、「何故そうなるのか。理論的に因果関係の説明がつかないと信用できないから、危なくて採用しない」と言う上司がいるとすれば、森鷗外と同じ誤りだ。」

明治 16 年(1883) 練習艦・龍譲が、品川・ニュージーランド・チリ・ハワイ・品川 272 日間の遠洋航海(海兵 10 期)で、乗組員 378 人中 169 人が脚気となり、23 人が死亡した。海軍軍医総監・高木兼寛(イギリスで医学を学び、のち慈恵医大の創始者)は、脚気に罹るのは兵のみで、士官(毎日洋食)にいないことから、白米中心の食事が原因とみて、これを実証するため、翌'84 年、練習艦・筑波を同コースで航海、食事は麦パン、肉魚野菜を十分摂らせた。(世界初の大規模比較臨床実験)。結果、脚気死亡 0、罹病者 15 人は与えられた給食をちゃんと食べていなかったと分った。この実験結果から、海軍は全軍挙げて米麦併用に転換し、脚気発生率は激減し、殆ど皆無になった。

所が、陸軍軍医総監・森田太郎(鷗外)(東大医学部卒、ドイツでコッホの細菌学を学ぶ)を急先鋒として、他の軍医も東大医学部卒が多くドイツ医学こそ世界最高だ(1876 炭そ菌、'82 結核菌、'83 コレラ菌、('90 ジフテリア菌)発見)として、細菌原因説に固執し、「先ず、脚気菌を見つけてから、根本的な治療法を考えるべきで、細菌で起きる筈の病気が、食事で防げる訳がない」(原因の追求を二の次とした海軍の対応策は全くナンセンスだ。兵士は白米が楽しみで、麦飯では士気が落ちる)と言って、海軍の食事改善運動を否定し、陸軍の現場からの麦飯導入案も徹底して妨害した。

その結果、陸軍では日清戦争で 4 千人近くの兵が脚気で死亡したが、これを見ても自説を曲げず、そのまま日露戦争に突入し、陸軍兵の 5 人に 1 人(110 万人中 21 万人)が脚気に罹り、2 万 7800 人が死亡した。(旅順攻略戦における 203 高地(爾靈山)突撃の死者 1 万 5 千人の 2 倍に近い)この後も、全く反省せず、陸軍兵に白米を与え続けた鷗外らの行為は、一種の犯罪だと言える。

(吉村昭「白い航跡」講談社、TV「大いなる航海」)

その後(1911)、ビタミン B という全く新しい栄養素が発見され、脚気との因果関係が解明された。すなわち、既知の細菌学の立場で因果関係が説明できなかったのは当然で、妥当な手順を踏んで得られた実験事実を、既知の理論から説明できない限り認めないと言うのは全く誤った態度だ。先ず対策を打った後に、理論的解明をすればよい。

注)「実験による帰納法が自然科学の方法だ」と主張したのが、イギリスの大法官ベーコン(1620)(雪が鶏肉の腐敗を防げるかの実験中に「実験は成功した」の語を残して死亡。冷凍食品の祖と呼ばれる)であり、種痘を考え出したのも、イギリスの医師ジェンナーで(1798)、天然痘がなぜ発生するかでなく、どうすれば防げるかを、「牛痘に感染した経験のある乳しぼりの女は、天然痘に感染しない」という

事実から工夫し成功した。

ドイツの高校教師オームは、苦勞しながら実験データを整理し 39 才（1826）で、オームの法則（電流 $A = \text{電圧 } V / \text{抵抗 } \Omega$ ）を発見し、長年の夢であった大学教授の地位を期待したが、ベルリン大学哲学部長ヘーゲル教授一派から反対を受けた。

当時、物理学は自然哲学の一部であって、思弁を優先し、実験から導き出した法則などは低俗なもので単なる妄想の結果に過ぎないと批難された。寂しい失意の中に、やっと 54 才でイギリス王立協会から評価され、62 才でミュンヘン大学教授に迎えられたが、67 才（1854）で亡くなった。

注） 早期に原因が究明され、成果を挙げた事例。

昭和 12 年（1937）末、駆逐艦「朝潮」の高速試運転中、振動多く異音あり調べたら、タービン翼の 1 本（幅 20 ㌢、長さ 10 ㌢位）の折損が発見された。直ちに、同型「山雲」で再現実験の結果、意外にも全速 40 ノット、第 2 戦速 32 ノットでも発生しないのに、経済速度 22 ノット走行中に、タービン翼の 2 節振動が生じ、他の振動と共鳴して大振動を起こし自壊すると判った。治療は簡単で、翼の長さ、幅か、形を変えるとよい。この「2 節振動の同調」理論によって、造船界のジンクス「長さ 160 ㌢、幅 16 ㌢の翼を作るな」も解明され、以降、日本の軍艦にタービン翼の折損故障は一切無かった。

7. 田口の「品質」の定義－技術品質

（タグチメソッド(TM)で、「ばらつきとコスト」をどう考えているかを、説明する）

田口の品質の定義は、ユニークで、有名である。

「品質とは、品物が出荷後、社会に与える損失である。ただし、機能そのものによる損失は除く」

初めて、この定義を聞いた人は、耳を疑った。

顧客は商品のもつ価値・効用を買うのであって、損失を買うのではない筈だから。しかしここに田口のフィロソフィがあるのだ。実は、田口は、世間一般の Quality (広義の品質)を 2 つに分け、TMは「技術品質」(狭義の品質)を対象とした。

Customer Quality(商品品質、品種)＝顧客の望んでいるもの＝商品の機能・特性、外観(形状・色・デザインなど)＝これが、価値・効用だ。

マーケット・サイズを決め、クレームは無い。

Engineered Quality(技術品質、品質)＝顧客の望まないもの＝機能のばらつき、使用コスト、副作用・公害などの弊害項目＝これが、損失だ。

マーケット・シェアを決め、クレームが有り得る。

商品品質の評価は、企業にとって極めて重要であるが、本質的には顧客一人一人の価値観・嗜好によって決まるので、心理学・社会学・マーケティングの対象であり、工学の対象にはならない。

一方、機能のばらつき・使用コスト・副作用という技術品質の 3 成分の損失は、誰でも無いのが良いに決まっており、顧客に聞く必要なく、客観的であり、工学で扱える。(損失観とは言わない)

しかも、顧客だけでなく、第三者への公害も含めた損失を問題にして、すべて(100%)、自然に無いものを人工的に創造・発明した、技術者の責任だとしている点が、国際的にも評価されている。

すなわち、「品質(製品出荷後の社会損失)＝目標からのばらつきによる損失(損失関数)＋使用コスト＋副作用・公害などの弊害項目による損失」(金額で算出できる)で、一方、製品が出荷前の、企業内の損失は、コストであり、「コスト＝材料費＋加工費＋生産上の公害など弊害項目による損失＋管理費＋間接費」で、両者の和「コスト＋品質＝社会生産性」という。

ここで、品物のばらつきによる損失は、目標値からの偏差の 2 乗に比例する ($L=k\sigma^2$) というのが、田口の損失関数で、これによって、次元が違ふとされていた、出荷前に発生する生産上のコストと、出荷後の品質を、同じ次元の、金額で両者の和を計算できるようになり、この値を小さくすることが、社会生産性の向上であり、TMの目的である。

注) 身近な具体例と海軍の話を示し参考とする。

- 1) 東海道新幹線は、開設以来人身事故は 1 回も無く、大量人員の高速輸送の役割を果たしているが、雪が降ると遅れて利用者に損失、騒音で沿線住民に損失を与え、品質としては良くない。(雪対策は上越新幹線で済み、騒音対策も別途かなり進行中)
- 2) 酒を飲み過ぎて酔っ払い、転んでけがをした。だから飲んでも酔わない酒を造れでは、酒でなくなってしまう。そこで、品質の定義で、機能そのものによる損失は除いた。飲むと酔うが、二日酔いはしない(副作用のない)酒を造るのは有用だ。
- 3) ネクタイを買って、後でデザインが気に入らないとクレームをつける人はいないが、雨に濡れて色が落ちてしまったなら、当然クレームとなる。
- 4) ワイシャツは、顧客に対して購入価格に加えて、クリーニング代でかなりの損失を与えているが、形状記憶ワイシャツは、その分コストが増えて価格アップしても、プレス不要なので、顧客の合計損失が少なく、社会生産性が向上したと言える。
- 5) 田中一郎(兵 67、新潟中学先輩、もと海軍大尉、空母「瑞鳳」乗組み、南太平洋海戦・第 3 次攻撃隊長で「ホーネット」に 800kg 爆弾命中)の談話より。(当時 26 才、今年 8.14 夕 84 才で死去)1945.8 終戦時、大分基地参謀で、8.10 敵信傍受により、ポツダム宣言受諾の重大情報が、司令部に届いた。私たち硬派の若手参謀の「徹底抗戦」を制したのは、良識派中年参謀の「国民あつての国家だ。これ以上非戦闘員(国民)を犠牲にする訳にいかない」だった。(副作用による社会損失の大きさの判断。核(原爆)の違法性もこの点にある)

(8.15、1600 過ぎ、宇垣纏五航艦長官(兵 40)の出撃見送り。彗星艦爆 11 機発進、中津留達雄隊長は、最初の特攻隊長関行男大尉と同期(兵 70)だった)

8. 損失関数—許容差・安全係数

望目特性(一定の目標値 m_0 に近いほど望ましい)の損失関数(目標値からのばらつきによる損失)は、解析学の基本定理、 m のまわりのテーラー展開 $L(y) = L(m) + \frac{L'(m)}{1!}(y-m) + \frac{L''(m)}{2!}(y-m)^2 + \dots$ の定数値と 1 次の微分値はゼロとおけるし、3 次の項は考えられず、4 次以上の項を省略して、

$$L=k(y-m_0)^2 \quad [\text{データ } y \text{ が 1 個の場合}]$$

$$L=k\sigma_0^2 \quad [\text{データ } y \text{ が多数個の場合}]$$

$$k = \frac{A_0}{\Delta_0^2} = \frac{A}{\Delta^2}, \quad \sigma_0^2 = \frac{1}{n} \sum (y-m_0)^2$$

Δ_0 :機能限界(LD50) A_0 :平均損失(使用段階)

(LD50=50%の製品がトラブルを起こす点)

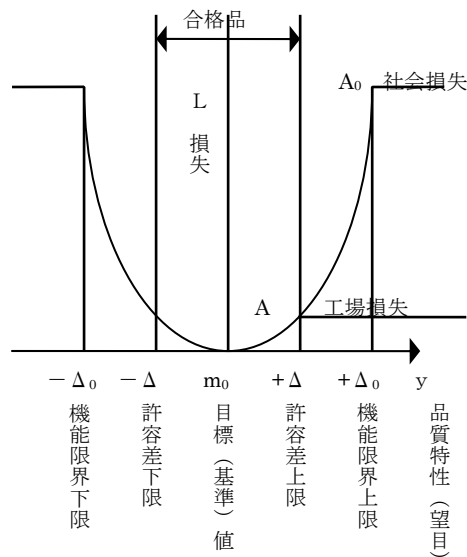
Δ :許容差 A :生産者側の損失(廃棄の時、工場出荷価格。手直しの時、手直し費用)

$$\Delta = \Delta_0 \cdot \sqrt{A/A_0} = \Delta_0/\phi, \quad \phi = \sqrt{A_0/A}$$

(通常 $\phi=4$ 、 $A=A_0(100\%) \times 6.25\%$ でしかない)これによって初めて、品質のばらつき σ_0^2 を損失金額 L (円)に換算でき、許容差 Δ ・安全係数 ϕ も経済面から公式化された。過剰品質の見直し(品質とコストのトレード・オフによる)も可能になった。損失関数は、2 次曲線(放物線)であり、合格品も(損失はゼロではなく)

目標から離れるほど損失が大となる。工場損失・工場内の不良率は(品質ではなく) コストである。不合格品の出荷は(工場内なら損失 A で済むのに、より大きな損失を社会に与えるので) 泥棒より害が大きいと言える。

・目標品質からのばらつきによる損失



1) 1979(昭和 54). 4. 17 朝日新聞記事「ニッポン企業・イン・アメリカ」に、米国の消費者の「米国内ではなくて、日本で造ったソニーTVを売ってくれ」の声に対し、米国ソニー・サンジェゴ工場の山田副社長は、「日米同じ許容差で合格品を出荷しており、品質に差は無い筈だ。ただ、日米労働者気質の微妙な差により、許容差内のばらつきが、日本は規格中心を重視し釣鐘型(正規分布)、米国は規格限界を重視し一様分布となっている」とあった。

田口は、日米ソニーTVの合格品のばらつきによる損失を、日本品($\sigma_0 = \Delta/3$)、米国品($\sigma_0 = \Delta/\sqrt{3}$)から計算し、米国品は日本品の3倍の損失であり、明らかに品質差があることを示した。(出荷された、許容差内の合格品同士の、品質競争だ)

2) 1981.10 フォードは、田口の講義を受け、損失関数を購入部品の受入に導入。従来、規格内なら同等とした(だが、部品はぎりぎりで合格、組立不良が発生した)のを、規格内でも中心から離れるほど損失大と切換え、組立不良が激減、86年利益でGMを抜き、87年売上利益で過去最高となった。

3) 1988.1.5 東京六本木のディスコ「トウリヤ」で、1.6トンのシャンデリヤが、上昇下降用チェーンが切れてフロアに落下し、踊っていた男女17人が下敷きとなって3人が死亡する大事故があった。

設計者は、チェーンの強度計算に通常の $\phi = 4$ を用いており、設計責任はなく、製造メーカーの責任だと主張し、安全係数の妥当性が問題となった。

NHKのTV討論会が開かれ、出席者の企業では、経験上 $\phi = 10 \sim 17$ としているとの見解だった。

田口は、安全係数の公式を用いて $\phi = 55$ が必要だが、それよりも、チェーンが切れても頭上で止まる安全設計をすれば $\phi = 2$ で良いことを示した。

(人命の値段＝国民所得×平均余命＝2億円、×3人分、チェーン20万円で計算。安全設計のとき修理費用100万円) 1992.2.26 東京地裁判決で設計施工社長は有罪(禁固2年、執行猶予3年)だった。

損失関数は、1986年JIS-K7109「プラスチックの寸法許容差の決め方」、96年JIS-8403「製品の品質特性・規格値の決め方通則」に導入された。(富士技術経営研究所所長・技術士)

タグチメソッドと海軍 (3)

会員 上杉 伸二

9. 直交表 L18—本来の目的は下流再現性の検査

18 世紀初頭、スイスの数学者オイラー ($e^i = -1$ を発見。超越数 $e (=2.71828 \dots)$ は彼の頭 字) が不可能だと予測した、「士官 36 人の問題」(6 連隊から 6 階 の士官、計 36 人を集めて、6 行 6 に整 させたとき、どの行どの にも、すべての連隊とすべての階 の士官がいるように配置できるか) は、250 年以上の論争の後、コンピュータがすべての組合せを計算して、不可能だと証明された。

(6×6) の場合は不可能だが、(3×3) (4×4) (5×5) などでは可能であり、オイラーが不可能と予測した半偶数 (=奇数×2) の中でも、(10×10) は可能だと証明され、オイラーも間違っていたと分った。

士官 9 人の直交配列 (3×3) = 直交表 L9 (3⁴)

	列 1	列 2	列 3
行 1	連隊1・大尉	連隊2・中尉	連隊3・少尉
行 2	連隊2・少尉	連隊3・大尉	連隊1・中尉
行 3	連隊3・中尉	連隊1・少尉	連隊2・大尉

どの行どの をとつても、常に、同じ組合せ

(1・2・3、大・中・少) が、同じように出ることを「バランスしている=直交している」という。

英フィッシャー卿がこれを初めて実験に用いたが、田口先生はその考えを発展、「直交表」を使い くして、一般技術者の実験計画の道具とした。

TMで活用される直交表 L18 (2¹・3⁷)

列 行	A 1	B 2	C 3	D 4	E 5	F 6	G 7	H 8
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

直交表 L18 は、8 (A~H) あるが、これに制御因子(パラメータ)をわりつける。A (1) は 2 水準 (1 2)、B~H (2~8) は 3 水準 (1 2 3) で、本来、この全組合せは 2¹・3⁷=4374 通りあるが、この中から表にある 18 通り (18 行) だけを実験する。

この直交表による実験の目的は、2 つある。

① 実験の効率化 (一部実施法としての考え方)

本来、全組合せ実験をやって最適条件を選びたいのだが、非効率なので、直交表による実験だけをやって、あとは計算で推定し同じ成果を期待する。

(ただし、前提として、わりつけた制御因子が互いに 立で影響し合わない＝制御因子同士の交互作用が無い＝加法性がある、ときだけに使える)

→これに対し、田口先生は、「制御因子同士の交互作用が無いがあるか分らないから、先ず直交表実験をやるのだ」次の②が本当の目的だと言う。

② 加法性（下流再現性）の検査

技術開発では、源流・上流のシミュレーション、ピーカースケール・テストピースの実験で、下流のラージスケール・大量生産・市場製品への結果を予測する必要があり、下流再現性が要求される。

実験 での直交表実験から最適条件を求め、初期条件からの SN 比の利得を(要因効果を足し算して)推定し、確認実験をして、その結果と比較することにより、加法性がある＝制御因子同士の交互作用が無い(小さい)かどうかを検査(判定)する。

加法性が無ければ、下流再現性は成り立たない。

加法性があれば、制御因子は互いに影響し合わないから、下流再現性も成り立つと期待される。

(加法性の向上には、理想機能と誤差因子が 与)

従来の科学的研究法は、1 要因ずつ実験する方法(1 因子実験法)で、その条件の下では再現性がある(科学的にはこれで十分だ)が、下流で他の条件が変わった時どうなるかは全く不明で、量産・市場でトラブルの発生事例が多かったのである。

10. 理想機能・誤差因子と SN 比ー加法性

1) 新製品・新技術を開発する際、その理想機能

(入力と出力の理想関係)を考えて始めるが、そのとき直接の**目的機能**だけでなく、その目的を達成するための 技術的手段の機能である **基本機能**(技術機能、generic unction＝科学の基本法則 or エネルギーの入出力関係→多くの場合、ゼロ点比例式 (出力特性) $y = \beta M$ (入力信号)で表せる)を考えて取り上げることを、TMでは めている。

2) 従来は、(下流の)ユーザの分る**消費者品質**(例、車の 費、N 、騒音、故障率)や、(中流の)技術的な**品質特性**(例、寸法、強度、ばね定数)を目的特性として研究開発したが、加法性がないので、小規模・直交表の実験に適さず、非効率である。

TMでは **To get Quality, Don' t measure Quality !** “ 品質を改善したければ品質を測るな。(機能性を測れ)と言う。(上流の)設計では、**目的機能性**として、静的(望目、ゼロ望目、望小、望大)・動的(ゼロ点・基準点比例、理想曲線のときは標準)SN 比。(源流の)技術開発では、**技術機能性**として、基本機能の動的 SN 比を用いる。目的機能より基本機能を めるのは、加法性が良いからだ。

3) **基本機能の例**を示すと、電気回路ならオームの法則(抵抗やインピーダンスでなく、電流-電圧特性を用いる)。ばねや、材料の強度・保形性ならフックの法則(ばね定数や、ヤング率でなく、変位-荷重特性を用いる)。車のスタート性能はニュートンの法則より加速度一定で、 $dV/dt=b$ より $V=bt$ を得る。しかし、速度 V は加法性無く測定も困難(利道など)なので、 $V=dL/dt=bt$ より 離 $L=bt^2/2$ を得るが、入出力は2乗したときエネルギーとしたいので $\sqrt{\quad}$ をとり、更に測定し さから、時間 $t=\beta\sqrt{L}$ [$\beta=\sqrt{2/b}$] を基本機能とする。

エンジンの基本機能を考えてみる。

エンジンの性能を評価するとき、入力をガソリンの量、出力を機械的仕事量としたのでは 目だ。

そこにはN を減らすという対策もなければ、シリンダの内面形状とピストンの外面形状を改善するための機械加工性能も考 してないからだ。

エンジンの基本機能は、次の2つに分解する。

① 化学反応としての機能(ビーカースケール)入力は 素、出力は3つに分解される。 (理想)

出力 : 不十分反応物(C_2)の割合 $\rightarrow 0$

: 目的生成物(C_2)の割合 $\rightarrow 1$

$1-()$: N などの副反応物の割合 $\rightarrow 0$

化学反応の基本機能 (T時間) (反応速度係数)

全反応 $\ln 1/p = -\beta_1 T$ ($\beta_1 \uparrow$ 大が良い)

副反応 $\ln 1/(p+q) = -\beta_2 T$ (β_2 小が良い)

② 機械加工としての機能(テストピース)

入力:加工時間T、出力:消費電力 y_1 、切削量 y_2

基本機能 加工 度 $y_1 = \beta_1 T$

加工生産性 $y_2 = \beta_2 T$ ($\beta_2 \uparrow$)

4) ユーザが使う因子で、効果を出したい因子が

信号因子(入力信号)、ユーザ側の因子であるが、

その効果を無くしたい因子が**誤差因子**(ノイズ)で、品物間差より環境、劣化の方が格段に大きい。

誤差因子の水準は、通常、 y を小さくする・大きくする両側に調合して、2水準 N_1 N_2 とする。

(失敗例)南極越冬 隊に持ち込む機器のテストは、低温側のみで したが、「宗 」が 道通過で、高温側のトラブルが発生。両側やるべきだった。

5) **SN比は機能性を評価する測度** (理想機能 (or 標準)からのばらつきの少なさ、functionnability、ロバストネス、機能の確実性・的確性)であり、田口先生によって、①→②→③と発展してきた。

① 本来は、通信システムの性能全パワー=信号のパワー+雑音のパワー [=電圧²]

$$SN比: = 10 \log \frac{Signal(信号)}{Noise(雑音)} : (dB)$$

② 計測器の性能 $y = \beta M$ (1960年代~)

$$SN比: = 10 \log \frac{\sigma^2(感度)}{\sigma^2(誤差)} : (db)$$

③ 一般技術の性能 (1970年代~)

科学 モデル式 $y =$ (関係する全因子)

技術 理想機能 $y = \beta M$

$$y = \beta_d(M - N) \quad M \text{ 信号} \quad N \text{ ノイズ}$$

d ある制御因子の組合せ条件に固定

$$= M + [\beta_d(M - N) - \beta M]$$

$$SN比: = 10 \log \frac{\sigma^2(出力の有用部分)}{\sigma^2(出力の有害部分)} (db)$$

11. TMは交互作用を研究する一失敗と場数

TM では中下流の量産・市場で製品の品質トラブルを起こさないように、源上流の技術開発時に機能性を改善する方法として、次の3つを用いる。

- (1) 源流で使える機能性の評価法 **SN 比**(計測特性に対する誤差因子と制御因子の交互作用の利用) (2) 主効果に交互作用(SN 比に対する制御因子同士の)を交 させた**直交表**(下流再現性の検査)
- (3) **損失関数**(品質とコストのトレードオフ)

主効果とは、1つの因子の水準の効果であり、

交互作用とは、ある因子の水準の効果が、別の因子の水準によって影響される程度を示す。

TMのパラメータ設計で推している L18は、どの3水準2 の交互作用も他の残りの に分散されている(交互作用のわりつけは不可能)ので、交互作用のことは全然考えずに、各 に制御因子をわりつけ、外側に信号因子と誤差因子をわりつければよい。このため TMは交互作用を無視しているのではないかと一部に誤解されたが全く逆で、TMこそ次の2つの交互作用を考 しているのだ。

1) 誤差因子と制御因子の交互作用(計測特性に対する) → 大きい方が良く、有効なものを選ぶ。

(従来の実験計画ではこの交互作用は考えてない)この計算とグラフ化は面倒なので、SN 比という測度が考え出され、解析の効率が大幅に向上した。

誤差因子(ノイズ)の影響を受けないよう、制御因子(パラメータ)の最適値を選ぶという考え方で、出火の原因(因果関係)を調べるのではなく、火事を起こさないよう、予め火の用心の対策をするのだ。

2) 制御因子同士の交互作用(SN 比に対する) → 無い方が良い。(交互作用が無い=加法性がある)

交互作用があると、実験に取り上げなかった、

スケール因子や他の因子(実験上は固定条件として扱った)の水準が変化すれば、その影響をうけて効果が変わり、求めた最適条件が違ってしまう。

① 科学的な1因子実験は、交互作用は全く不明。

不明確な情報は、情報としての価値がないのだ。薬の副作用を調べるのに、ビーグル だけのテストでは危 だという田口先生の指 で、今は少なくとも2種以上の動物でのテストが要求される。

② フィッシャー流実験計画法は、現象を解明する科学の立場で、計測特性と要因の因果関係の実験式を作る or 応答曲面を作り最大化・最小化するのが目的なので、交互作用のわりつけ可能な直交表を用いて、技術的に大きいと予想される制御因子同士の交互作用を取り上げ、それ以外は交互作用が無いと仮定する。(この仮定の証明はできない)

③ TMは、ばらつきの改善が目的で、源流の少量での結論が下流で成り立つために加法性を重視。制御因子同士の交互作用があれば、主効果に交互作用を交 させた直交表の実験は失敗するので、不良(最適でない条件を最適とする誤り)を指 できる。ち、**直交表の実験は失敗したときだけに価値がある**。田口先生のこの発言は当初アメリカの統計学者から「ミステリアス」だと言われたが、不良発見のときだけ検査した価値があるわけだ。

失敗するなら下流でなく、源流・上流で早く失敗して、対策を考えることが早い成功に がる。

直交表は、交互作用がある(加法性がない)ことの証明(情報の信頼性のチェック)を、少ない実験数でやれる。(止むを得ず一部実施するのではなく)、全組合せ実験より直交表が優れているのだ。

実際の技術 題に 戦してゆく時、できるだけ失敗しないよう、田口先生の著作や多くの発表事例を学んで、**自分の「場数」を増やしておくことが大事だが**、個別のテーマごとに具体的内容が違うので、やはり直交表による検査が必要なのだ。

3) 直交表と確認実験で SN 比の利得の再現性(加法性)が無く、失敗したと分ったら、先ず理想機能や誤差因子・水準について、(時には制御因子同士のすべり水準なども)、考え直さないといけない。

例) 計測特性の加法性の有無についての へ話。

ビールを飲んだら気分が良くなった。別の時にウィスキーを飲んだら気分が良くなった。では、ビールとウィスキーを一 に飲んだら気分が足し算したように良くなるかと言うと、逆に、飲み過ぎで気分が悪くなることも起こる。 ち気分という特性値は加法性がない。しかし、 液中のアルコールの量を測定すれば、加法性が成立し、一 に飲んだら過大になって危ないと予測できる。

12. 日本海軍の興亡―貴重な遺訓に学ぶ

1956年、富士フィルムは第6回デミング賞実施賞を受けたが、審査委員として田口先生も来社され、以降今日までご指導を いている。同年に、藤正 「連合艦隊の最後」、「大海軍を想う」、6年後「連合艦隊の栄光」の3部作が出 され、太平洋戦争で「410 が沈み、2万6千機が ち、40万9千人が れた」、日本海軍の栄光と悲 の に、 の と の情を抱き続けて来た。

TMでは、実験は技術情報 得の手段であり、実験の成功失敗の何れからとも 重な情報が得られるが、特に、「直交表の実験は**失敗**したときだけに価値がある」、また、「多くの技術 題に対して自分の**場数**を増やすことが大事である」と言う。

今回、日本海軍の 重な 的事例を取り上げている理 であり、海軍について私の「場数」を増やし めたのは、 のほか、以下の方々からの体験談の「 り込み」に多く っている。

村元伸(兵78、205分隊)のち海上自 隊海 (潜水艦乗組、艦長、潜水艦隊司令)。

代格三(機52(兵71 当)、海軍大尉2部 監事)もと戦艦「 」機関分隊士・比島沖海戦。

後藤寛(兵73、富士フィルム先輩、のち富士ゼロックス)もと海軍中尉、「 」主砲発令所長・ 軍防 戦(音 沖戦闘、昭和20.7.24・28)。

田中一郎(兵67、新潟中学先輩)もと海軍大尉、

空母「瑞鳳」艦攻分隊長―(2)で 済み。

注) 日本海軍は、明治元年(1868)発足、5等国レベルから、日清・日露の戦役に勝利して、40年足らずで、世界 強海軍に する急成長をとげた。しかし、その後、国際情 の波に され、太平洋戦争に突入、3年8カ 全力で戦い敗れ、昭和20年(1945)77年の の を じた。

注) 日本海軍の 77年の因 話(小 一著)

海軍生みの 、勝海 は明治6~11年、初代海軍卿に任じられ、77才で没した。海軍大 に 任された提 は、初代海軍大 郷従道、初めての海兵卒は5人目の山本権兵 (兵2)、最後は 上成 (兵37)で、計77名だった。 木 太郎(兵14)が終戦 理をした は、77才だった。

海軍兵学校の最遅在校生 は、昭和20年4.10の、77期だった。(我々78期(予科)は1 間早い)

私は、昭和20年4.3海軍兵学校に入校(→防府)、78期生 として5カ 間訓育を受けた。

(開戦時の山本五十六聯合艦隊司令長官(兵32)が、長 中学の先輩で、私が2年の 、昭和18.4.18戦死され、長 市での国 を長興 への沿道に整 して見送った。その夏、新潟中学に転校した)

海軍兵学校は明治2年創立され、明治6年イギリス海軍・ダグラス少 以下34名を教育団として 、徹底した英国式教育を始めた。「士官である前に、まず 士であれ」「5分前 」など。

注) 貴重な遺訓に学ぶ

1) 明治27年(1894)9.17、日清戦争・ 海海戦で、聯合艦隊(東 長官)は、 洋艦隊(丁 長官)に大勝。「 島」艦上、三 次郎3等水兵、

「まだ沈まずや、「定遠」は」戦闘不能となったと聞き、 みを かべ 絶えた。「この言 は短きも、皇国を思う国民の心に永く記されん」の名 あり。

2) 明治 43 年(1910)4.15 第 6 潜水 (国産初)が、 国新 沖で沈没、 長・ 間 大尉(兵 29)以下 14 名全員所定の配置のまま 職。ガソリンが充 し、 ヲ 々 る苦 の呼 の中で き残した、 間 長のメモ(田島教育参考 に展示)は、英訳、イギリス海軍潜水艦乗員の教本になった。「我等ハ同時ニ デナケレバナラナイ。然ラザレバ我ガ潜水 ノ進 ハ望ミ得ナイ。進 、進 …… 我レ等ノ死ハ無益デアッテハナラナイ」

3) 昭和 20 年(1945)4.7、太平洋戦争・戦艦「大和」の最後(吉田 、手記、昭和 27 年(1952)出)。学 士官「何の故の死か」、 大尉(兵 71)の答「進 のない者は決して勝たない。日本は真の進 を れていた。敗れて目 める。それ以外にどうして日本が われるか。 達はその先導になるのだ。さきがけて散る、まさに本望じゃないか」なお、手記中、「伝聞として、「初 」 の 指 と下士官が、船 に く を日本 で切り てた」は、当事者の 一 中尉(兵 73)ほか関係者の証言で、全 くの 構だと判明している。

(富士技術経営研究所所長・技術士)

タグチメソッドと海軍（4）

会員 上杉 伸二

13. レーダー…開発テーマ選択とシステム創造が先ず何よりも最重要である

田口の技術開発の戦略は(1)開発テーマの選、(2)システムの創造、(3)パラメータ設計のための評価(SN比による機能性評価と直交表による下流再現性のチェック)と続くが、日本海軍のレーダー開発の遅れは(1)(2)の不備にあったようだ。

(以下、中川 造「海軍技術研究所」(日経)による)

海軍のレーダー開発の中心人物、藤 二(大正13年(1924).4、東大電気卒、海軍技術中尉、のち終戦時、海軍造兵大)は、昭和2年(1927)ドイツのバルクハウゼン教授に、2年半留学し、無線用真空管を研究、帰国後、海軍技術研究所で電波の発信受信に使うマグネトロンを研究した。

ただ、昭和9～12年「電 無しで戦争突入は無謀の極み」の意見に対し、海軍 脳の考えは、「電波兵器は、闇夜の提 で、逆に自分の存在が敵に察知される」と、あまり積極的でなかった。

バルクハウゼン教授は、昭和13年、来日視察、「日本は非常に良い国だが しむらくは科学的レベルは2流の を出ていない。日本の大学は中等実業学校のような。大学で何を 強するか定まっていって学生・教授の自 は無いに等しい。またメーカーはどこも同じで特 が見られない」と べた。

昭和14年(1939)海軍技研と日本無線と協同で波長10cm連続出力500 のマグネトロンを発明。これを使って、「暗中測 置」(水雷戦隊夜襲用、 離数km)の開発研究に 手した。(予算2万円)翌年11 には一応実験的に成功したが、海軍は、マイクロ波技術は 戦力に結びつかないと の理 で開発を中止させた。(戦後、ロンドン科学博物 に全く同じ方式の波長9cm出力5k マグネトロンが展示され、「1940.4英バーミンガム大学で発明、米に渡され、のち、マイクロ波レーダーが完成、今次大戦を勝利に導いた」と説明されていた)

昭和16年(1941)5.24～27 アイスランド の、大 洋で、ドイツ戦艦ビスマルクとイギリス艦隊の 上初のレーダー射撃戦が行われ、英艦隊にも大 害が出たが、結局ビスマルクは撃沈された。また、イギリスは対空見張りレーダーで、ドイツ爆撃機の進入路に、スピットファイヤー戦闘機を配し迎撃。 爆撃機の 害が急増、 ットラーは、ロケット誘導弾V1V2の完成を急がせたという。

これらの情報を受け、海軍は、昭和16.8.12電波 信 開発 大 訓令を出した(予算1100万円)。これによるレーダー開発初期の結果を整理すると、1号1型(陸上用対空見張り電)波長4.2m。千 勝 付近に 付(後、改造、ここより戦争末期のB29接近情報をラジオ放送した)。

2号1型(艦船用対空見張り電)波長1.5m。昭和17.5ミッドウエー出撃の「 」に搭 。103号試作機(艦船用水上見張り電)マイクロ波。同「日向」に保 2名つけて搭 。作戦中止後、天 不良の中に威力を発 、無事 収できた。しかし、2号1型の量産で、103号は見送られた。

イギリス空軍は、ドイツ本土の空襲で 害が急増した昭和17.2、セー 川 口近くのドイツ軍基地に特 部隊を落下 降下させ、高射砲連動ウルツブルグレーダー(波長2.5m)を 取し解明した。

昭和17.5末、最新「 30号」潜水艦(遠藤艦長以下120名)をドイツに派 、「ウルツブルグレーダー」現物ほか、新技術の 料・図面を受け取ったが、17.10シンガポール で、英海軍敷設の機雷に触れ沈没、乗員13名とレーダーを失った

(17.8 ロリアン軍 に 、ドイツ海軍の大 迎を受けたが、ディーゼル機関からの雑音が大きくソナーで直ぐ分ると指 され、改造を依頼、2 間、防振ゴムや特 スプリングによる防音工事で、水中雑音は のように消え、感 すると同時に、日本潜水艦の前途に不安を えたという)。

英国のレーダーのノウハウは、逐次米国に伝えられ、MITエレクトロニクス研究所を中心として、マイクロ波水上射撃用レーダーの開発に った。

昭和17末、イギリスは、航空機搭 用パノラマ式マイクロ波レーダーを開発、ドイツ本土の夜間爆撃や夜間海上のUボート攻撃に威力を発 した。

昭和17.10.11サボ島沖海戦で、日本海軍当局にも、マイクロ波水上射撃用レーダーの重要性が再認識され、17末、2号2型の試作品ができたが、以降の海戦には活用は無かった。

昭和19.5.29アッツ島 。7.29濃 の中のキスカ島 備隊員 収に、2号2型が役立った。

田口先生によれば、1948年NTT電通研は、国家予算の2.2%を使い、米国組 専門家により、ベル研と同じ組

で設立されたが、そこには設計部は無く、「電気通信の 来進むべき方向を予測しそのとき必要な機器や材料を研究テーマとして提案する」任務を持つ200人もの「方式実用化部」があり、 認を得て、提案者がプロジェクトリーダーとなって、開発を推進したと言う。

14. ゼロ戦…競合品の秘密解明の重要性と、研究開発効率化のキィSN比の機密性

ゼロ戦とは、米国での呼び名「ゼロ・ファイター」の略称で、日本海軍の正式名は、「零式艦上戦闘機」(れいせい) (皇紀2600年=昭和15年)だ。

昭和15年(1940)9.13 重 上空で、零戦13機は中国戦闘機(ソ連製イ15、イ16)27機と空中戦、全機撃 して初 を った。米英との前半戦で、米陸軍カーチスP-40、ロッキードP-38、米海軍グラマンF4F、(メッサーシュミットに勝った)英スピットファイヤー各戦闘機を圧倒した。

昭和17.6.4 アリュウシヤン作戦ダッチハーバー空襲後、アクタン島の 地 に不時 転 した零戦21型(賀一 飛 戦死)を、米軍が発見、修理してテスト飛行し、その性能の 密を解明、17年夏、対ゼロ戦戦闘の 画を作り、「3つのNever(禁止項目)ー絶対にゼロ戦と格闘するな、時速480km/h以下では同じ方向に飛ぶな、低速上昇中を追うな」を指示、2機単位での「一撃離 戦法」や、「サッチ・ウィーブ戦法」で対抗した。その後、零戦は、18.9 場の2000 力(従来の2倍)エンジン 備したグラマンF6Fに圧倒された。

競合他社の新製品をいち早く入手し、ベンチマークとして機能や機能性を自社品と比較検討してその利点 点を明らかにし、そこに り込まれている新技術の 密を り出し特許の網を潜り抜けて必要な対抗策をとることは、業界の常識であり、そういう意 では、新製品は発売と共に、機能・構造・材料などすべての 密は公開したものと して、その先の技術の準備が重要となっている。

ところが、その新製品・その基になる新技術を開発するとき、どういうSN比を使ったかは公開しない限り、その 密は れない。それが開発の期間を短 し、市場トラブルの未然防止に役立ち、自社の優位性の保持に 与しているのだ。

日本海軍の飛行機が初めて飛んだのは大正元年(1912).11 横浜沖観艦式に2機(フアルマン、米カーチス)だったが、以降二十数年で、米英と を争うまで大躍進した。実は、その基礎は大正10年(1921)英センピル大 ほか30名による1年半の実地訓練で、小学生から高校卒に成長できた。

零戦の 性能は、ロバスト設計だった。 越二郎技師の、昇降舵の 索を伸び みさせる「 性低下方式」の発明により、自動的に低速時は舵の利く角度が大きく、高速時には小さくなるので、パイロットは離 艦時も空戦時も同様に を動かせば良く、 が楽になった。戦後、米で「ゼロ戦のエース」と呼ばれた、

三郎もと海軍中尉は、「空中戦に勝つ極意は、敵よりも早く敵機を発見し(晴天では2万m先の敵機を見つける、そのための訓練を毎日する)、敵の気 かぬうちに、攻撃に有利な位置につき、敵が気 く前に落とす。格闘戦はしない」と言う。(TMのトラブルが起こる前に潰すと同じ考えだ)

零戦の特長は、空戦性能が優れていること以上に、航続力が抜 で、機体518リット +初の増 (330リット)の採用により、他の一流機の約5倍だった(12.5hr・3100km)。 戦に 湾からフィリッピン(800km)へ攻撃できたが、しかし、連日のラバウルからガダルカナル(1000km)は遠かった。

15. 戦艦「大和」…戦闘力と技術力、無用の長物

戦艦「大和」は、艦隊決戦主義を具現した最後、最強、最大の軍艦だった。

	長門	大和	ミズーリ
工	1919.11	1941.12	1944.6
主砲	16 吋 ×8 門	18 吋 ×9 門	16 吋 ×9 門
	(40 ン)	(46 ン)	(40 ン)
(×発射速度)		(×2 発/分)	
水量	4万3千ト	7万2千ト	5万6千ト
長×幅	225m×32.5m	256m×39m	270m×33m
最大戦速	26.7ノット	27ノット	33ノット

戦艦の戦闘力=砲サイズ(火薬力)・砲数

×発射回数/分×命中率(測定と修正)

(東郷元 「百発百中の砲一門は、百発一中の砲百門に優る。訓練に制限なし」は、一寸言い過ぎ)

これに対して、田口先生によれば、企業の技術力=技術者数×アイデア数/人×評価力(SN比)

研究開発で最も時間がかかるのは、アイデアが本当に有効かどうかを評価するための試作と信頼性試験である。TMは、この時間を短 し、究極はシミュレーションで試作・試験レスを目差す。

戦艦「大和」が参加する「制空権下の艦隊決戦」とは、先ず戦闘機を飛ばして空中戦で戦場上空を制圧する。そこで観測機をあげ、水平線の彼方にある敵主力部隊の運動を旗艦に報告、離と敵進路を確認して砲撃、弾を報告する。敵が艦橋観測できる離まで接近したら、我方はを展張して隠し、か上空を観測機がい、砲撃を続ける。優な敵艦隊が日中正面攻撃してくるという前提で、それを迎え撃つための戦法だったが、実際はこんな好都合な海戦は起きなかった。

力とは（ほこ）を止める力で、訓練するけど使わない。「大和、は作っても戦争は極力回する」(米内光政海(兵 29))と考えていたのだ。

日本の造艦技術の基礎は、明治 35 年(1902)日英同に付した、山本-フィッシャー協定により、海軍造船士官(東大造船科卒)を、3 年 1 人、英グリニッチ海軍大学校で 3 カ年の学習と海軍工の実習を指導して貰ったことが大きい。

私は昭和 27 (1952)年、富士写真フイルム()入社、足 本社技術部に配 となった。ち うど、日本の高度成長期の始まりで、先ず不 性フイルムの工場 設に一部参画したが、本格的には次の 白 画用フイルムの工場 設で、フイルムに感光用乳 を 布後の 設備の設計を 当、上司が大 を決めたあとの殆どすべてを実施した。

設備の理想機能は、速度の基本原理解、(発水分量)=(係数)×(の 温度差)

(→まさにゼロ点比例式 $y = M$ であった)

で、これを り所として、速の関数である 係数 を実績と 献を参考に推定しながら、のフローや 設備元の設計と、自に考案した図式シミュレーションを繰り返して、温 度条件の最適化を図り、図面に具体化した。

現場 付を完 、試運転を実施して、設計予測通りの結果が得られ、製造試作のフイルムをそのまま製品として出荷することができ面目を施した。

昭和 30(1955)年初頭本 動した、この第三フイルム(F3) 工場は、全長 230m 幅 30m の 大さと最新 オートメーションの故に、当時のマスコミにより「戦艦大和」のニックネームで呼称された。

私はその後も、日本の高度成長期に対応して、カラーへの転換・増産など、在工場 24 年間に 8 大プラントの設計 設から 動、品質管理、増改を参画 当し、数十倍の生産性向上に 与した。

私が 当した最後の 設は、昭和 50(1975)年 動の F7 工場で、初めてコダックを抜いた「フジカラー FII 400 の製造技術」に対し、第 10 回日本化学協会・技術賞記 杯を いた。 設備は、富士フイルムで 自に開発した、コンパクトな、つまき型無接触 送方式を採用した。

戦艦「大和」は、戦後「万 の長」と並べて、無用の長物と された。富士フイルムにとって F3 は戦後初のフイルム工場として、創業以来 積してきた技術に当時採り入れられる限りの新設備を施し、画用と X レイ用フイルムの大増産に貢献したが、その後の技術進により、その長大さに内心気が引けてきたのを、20 年後、コンパクト効率的な F7 で答えることができたのである。

16. マネジメントの失敗

一緒戦～前半戦で、戦術に勝って戦略に負けた。

田口先生は、技術経営に勝ち抜くための戦略の重要性を指 されているが、太平洋戦争における日本海軍の、マネジメントの失敗、戦略の不徹底を取り上げて、今の我々への教訓とする。

1) 勝算なき開戦と開戦通告の失敗

① 最大の敗因は、そもそも「勝算なき開戦」であり、加藤 三郎元 (兵 7)の「不戦海軍論」という大戦略が、永野軍令部総長(兵 28)「2 年以後は判らぬ」、山本司令長官(兵 32)「1 年か 1 年半が 々だ」となり、川海 (兵 31)が、海軍の無気力のため戦わずして したとの 名を れ、「ノー」という 気・責任を いた。しかも開戦に踏み切った政治家達に、戦争終結の目算が無かった。

大正 10 年(1921)ワシントン会議で日英同 失効、11 年軍 条約で主力艦対米 6 割に制限され、代わりに、大巡の性能向上、飛行機、潜水艦による 減作戦を進めた。所が、昭和 5 年(1930)ロンドン会議で、艦(大巡、巡、駆逐、潜水)の制限案を巡って、妥協派(海軍省)と強硬派(軍令部)の抗争となり、統 犯問題が起き、条約は批 されたが、妥協派の提 らが予備役となり、強硬派が主流となって、開戦への道を進んだ。

② 更に開戦時の大失敗は、「開戦通告」を真珠湾攻撃開始 30 分前に予告する方 が、外務省 米大使 員の により、野村(兵 26)・ 両大使がハル國務長官に手渡したのは、攻撃開始 55 分後となって、ルーズベルト大統領に「スニーク・アタック」の口実を与え、「リメンバー・パールハーバー」(えてがれ、必ず仕返しするからな)の報スローガンが、全米に一気に広まった。(米国は暗号を解 し、開戦通告を事前に 知していた)

「品質・コスト・納期」を一口で「QC」というが、その重要な順番は、逆の ・C・Q の順であることを、に じて れてはいけない。

2) 戦艦から空母への発想の転換が不徹底

昭和 16. 12. 8・10 ハワイ・マレー沖海戦は、世界の海軍 に、戦艦から空母への革命を起したが、日本海軍自身、その発想の転換が不徹底だった。

① 真珠湾では、確かに戦艦5沈、3大破、1中破により、当面の南方作戦への を払 でき、大勝利だったが、今後の決戦の主力となる空母 を、あくまで索敵し攻撃すべきだった。また、戦艦 を引き げ修理するハワイ工 や 料タンクの2次攻撃もすべきだった。(結局、廃棄は2 のみ)。

② 昭和 17. 6. 5 ミッドウエー海戦では、空母部隊を前面、主力(戦艦)部隊を後方と誤配置。真珠湾で撃ち らした米空母を撃 する目的が不徹底。暗号の解 、索敵の手抜きなど、 心が最大要因で完敗した。山本長官の後任、賀 一長官(兵 34)は、東郷式の艦隊決戦主義で、18. 8. 18 Z作戦要領を発令したが、艦隊決戦は生起せず、(19. 3. 31 職された)のち「明治の頭で、昭和を戦った」(18ノットで行動する艦隊の速度が基準で、200ノットの飛行機を飛ばす、航空戦の速度から完全に立ち遅れていた)と評された。

—現在の経営環境もスピードの時代で、従来のやり方では開発・生産の高速化に追従できない。TMにより、SN比をメジャーとする技術開発、機能性評価が提案されているのに、その発想の転換が、我々に本当に出来ているか、問われる。

3) 艦隊撃滅を目的とし、輸送船団を軽視

① (前 の通り)昭和 17. 8. 8(ガ島に米軍上陸の翌日)夜、三川艦隊は、ガ島 地へ突っ込む途中、サボ島南方で、米豪の護 艦隊と 、撃 する大戦果を挙げたが、本来の目的である輸送船団(約 40)を攻撃せずに引き返したのは、米戦 で、「日本は戦略的な失敗に がる戦術的勝利、米は戦略的 に がる戦術的失敗」と評された。

② 昭和 19. 10. 25 レイテ沖海戦で、 田艦隊が、あと1時間半の 離に った、レイテ湾の輸送船団に向かわず、米空母艦隊との決戦を求めて反転したのも、(後、 の反転と呼ばれたが)艦隊撃 を優先する価値観を できなかつたためだ。

—我々も、生産技術で、品質の改善(実は手段)を目的とし、(本来の目的である)生産性をアップし、品質の改善をコストダウンに 元することを、 れていないか、問われる。

(富士技術経営研究所所長・技術士)

タグチメソッドと海軍 (5)

会員 上杉 伸二

17. オフライン QE—パラメータ設計の事例

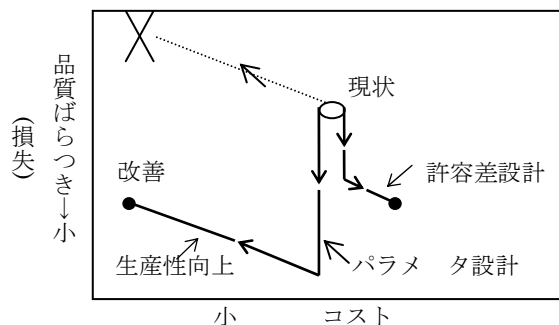
タグチメソッド(TM)の考え方を具体化した品質工学 QE は、ハード・ソフトの両方に関連して、
①オフライン QE②オンライン QE③ソフト製品のバグ発見法④MTシステムの4分野に分かれる。

オフライン QE は、技術・製品の研究開発設計段階に適用するもので、パラメータ設計がその中心である。 的な、興 ある事例のいくつかを する。(1 2 4 6 9は(1)で 済み)

- 1) 森永薬品「ペニシリンの生産性の向上」(1948)
- 2) 森永製菓「キャラメル hardness の改善」(1949)
- 3) INA 「タイルの寸法の 成実験」(1953)

トンネル で 成するときの 車上の場所による温度差が原因で寸法がばらつくのだが、設備を改善して温度差を小さくするのではなく、温度差があってもその影響を受け難いように、タイルの組成を変える直交表実験をした。L27 条件で7枚ずつ作成し 車上の7カ所で 成、寸法ばらつきを最小化する最適組成を求めた結果、規格外寸法(2 品)の発生率を0にすることに成功した。

ところが、 売量の2割近くを占める住 公団は価格の安い2 品を要望したので、INA はトンネル で 成する時の生産速度を上げて、2 品が2割近くできるようにした。(品質ばらつきの改善を、生産性の向上、コストダウンに 元した)。



通常はコストを下げると品質ばらつきは増加する。パラメータ設計はコストを上げずにばらつきを減らし、品質改善と生産性向上を可能にする。

- 4) NTT「クロスバ交換機用ワイヤーリレー」(1957)
- 5) いすゞ自動車「トラックの 性評価」(1972)

舵機能について、ハンドルの 舵角を信号因子M、 回半径の逆数を特性 y、理想機能 $y = M$ 、路面の濡れ、タイヤ 度、積荷の量などを誤差因子、車の速度を標示因子として、0点比例 SN 比で評価した。(テストドライバーの主観に代わる)

- 6) ベル研「LSI フォトリソ工程の改善」(1980)
- 7) 養 科学研究所「 公害、 の改善」(1993)

湾では当時、人口1200万人に対し 800万頭 っていたが、 が人の10倍出るので公害問題となってきた。これを TM を用いて解決しようとした時、 が少ない方が良くして望小特性とするのは 目(を0とすれば容 に 0とできる)で、理想機能は、食べた の量に対する体重増加量が基

準点比例する(誤差因子は雄 1 頭ずつ)とし、L18 で 8 種の の配合を 36 頭の子 を使って、3 カ ゴ と 8 種の の最適配合条件を決めて を数分の 1 に減らした。(それまでフィッシャー流実験計画法で、誤差因子無しのため、1 条件 30 頭使い、実験は遅々として進まなかった)

8) 三 化学工業「もやしの育成最適化」(1994)

もやし 培の成長期に L18 を実施。従来 7 日要した育成日数を 4 日に短 、生産性を大幅に向上したので、 当者が 長に 2 階 特進したという。

9) IHI「切削加工の電力評価による最適化」(1998)

10) マツダ「 造用 型設計の最適化」(2002)

新型ロータリーエンジン ENES S のサイドハウジングの 型設計で、曲面形状を止め、四角柱を組み合わせた、メッシュの い(実物モデルの 1/3)簡 モデルを用い、L18×L12 のシミュレーション計算し、実体で 2.5 倍まで 度が向上した。

1993 第 1 回以降毎年、品質工学研究発表大会で、プリンター、自動車ほか多数の各社より発表あり、最近は、シミュレーションの事例が増えている。

18. オンライン QE—考え方のルーツと最近事例

オンライン QE は、製造から市場への段階で、管理コストと品質損失の合計である総損失を最小にする、経済性に基 くシステム設計法を提 する。

富士写真フイルムは、1956 年デミング賞実施賞を受賞し、足 工場は、1964 年初 まで、各工程で 3 σ (シグマ)管理図が活用され、再発防止 置をとってきた結果、安定化してきた。すると、管理限界線の再計算を指示され、より狭い幅となって点が限界外に出ると、再発防止 置を取ったかと責められる。原因不明で再発防止 置は取り難いが、調節すればすぐ解決できるのに、調節はいけないのか。管理限界外でも規格には充分合格なのに、どこまで再発防止 置をやらないといけないのか。QC はやればやるだけ自分で自分の を めるものかとの疑問が、現場から起きてきた。

1964 年 7 、工場内で、田口先生の「管理と調節と検査」の講演があり、「何れも対象を目標値にするために、予め完全に環境を調えるのでなく、結果の目標値からのずれを評価し手直しを加える、ウィナーのサイバネティクス (舵をとるもの) のやり方だ。シューハートの 3 σ 管理図は、オンラインとオフラインの両方を含み、マネジメントの立場で使うもので、経済性の観点が けている。オンラインの現場では、調節こそが本来の仕事であり、自信を持ってやってよい」と 破され、疑問は解消した。その後、連続性不良に対する工程調節、抜取選別検査などの理論も発表され、オンライン QE の先駆となったと田口玄一著「タグチメソッドわが発想法」にも記 されている。

さらに、当時会社トップや工場幹部らが問題としたのは、ZD (ゼロデフェクト) を、1962 米マーチン社、1965 日本電気が導入し、一部マスコミも、ばらつきを許容する QC は 目で、あくまで不良 0 をめざす ZD の方が良いかと言いだした。

シューハートの理想の統計的管理状態とは点がランダムに確率分布に従ってばらついている状態をいうが、営業出身の小林社長は「製造の理想はあくまで規格中心線上に点が って並ぶことで、ランダムに物を造って貰っては困る」と指 した。

通常 SQC では、点はばらつくのが自然現象で、中心線上に並ぶ現象は起こり得ないとして、議論が み合わず困ったが、現実でなく理想をいうので、田口理論で、社長の見解が正しいとして決 した。点が規格中心にあるとき損失 0 であり 目標値からのばらつきが大きいほど損失が大きいという損失関数の概 の 矢であり、目標値からの偏差の 2 乗則として、1967 年発表された。

オンライン QE は、この損失関数の考えを全面的に取り入れ、製品や工程をチェックする回数と、その

値を超えたら工程を調整する限界幅とによる管理コストと、製品のばらつきによる品質損失を計算する。管理を めれば品質損失が増え、管理を厳しくすれば品質損失が減る、両者のバランスする最適条件を求める計算式が用意されている。

最適点は工程によって異なるが、当初多くは、その工程に要求される製品の良不良の規格幅の約 1/3 の幅に調整限界が決まった。従ってチェック間で限界を出ても調整するから、製品不良は発生せず、改めての製品検査は不要となった。論、QC との違いを現場に理解して貰うことと、前提として、チェックと調整の生産技術が確立していなければならず、オフライン QE が重要である。

2002. 3. 22 日 工業新聞「えるか日本のモノ くりマツダの 戦、量産開始エンジンラインの自動計測チェックポイント 65 カ所」が報じられた。

(2001～2003 研究発表大会で 3 年連続表 された)

2004. 6. 11 品質工学第 12 回研究発表大会では、セイコーエプソンより半導体工程と レンズ研工程にオンライン QE の適用成果が発表され、ここ 1～2 年の間に全社展開を成し げたという。

19. ソフト製品のバグ発見法—直交表の応用

直交表 L18 や L36(複数をランダム対応させる)を利用して、バグを見つけるためのテスト法と解析法で、1999 年、田口先生が新幹線の自動 売機のシステムを使って発表されてから、各社に し始めた。手 りチェック法に比べ、短期間で、発見率の向上、修正工数減のメリットが大きい。

オムロン、セイコーエプソン、ミノルタ、富士電機、富士ゼロックスなどより、事例発表あり。

20. MT システム … 海軍航空と骨相学

MT(マハラノビス・タグチ)システムとは、多次元の計測値を総合して 1 つのものさしで評価する用技術で、インドの統計学者マハラノビス(1893～1972)が考案した「マハラノビスの 離」を、田口先生がマハラノビス空間(単位空間(ゼロ点)と単位量 1 を決める)外に広げて適用したもの。

インドは考 学の で、いろんな動物の が発 されるが、マハラノビスは、その がどの動物のか判別するのに、既に何の か判明している集団の計測値で多次元空間を作り、そこからの 離が近ければ、その動物の だと判定した。

具体的には、対象に多項目の計測値(多次元情報)があるとき、個別の値を別々にみるのではなく、それらの 互の 関を考えて、パターンとして認識する。 ん は母 の顔、 も い主の顔や声が分るのに、コンピュータが苦手とするパターン認識を、この技術で解決できる可能性があり、今や、21 世紀の重要技術として脚光を びている。

1970 年代に医療分野で研究され、1980 後半に成果が出始め、1990 後半多くの分野で適用例が開 した。保 ・医療分野(診断、 硬変診断、 病発 予測、入 ・足 効果、ボケ防止)から、産業分野(外観検査、官能検査、故障診断、工程管理、人間能力・企業経営予測)、セキュリティ分野(火 報知、衝突防止、地 予知、テロ対策)など、人間の豊かさへの貢献の可能性が広がっている。

具体例 1) 東京 信病院「 機能の特 診断」(1987) 液検査データの、現行の項目別 診断法と、MT 法を比較すると、異常人の検出力は同じだが、要 密検診の判定人数は、1/3 となり、 検結果は全員異常なしで無 が省けると分った。

2) プローブ「オートマチック車用クラッチディスクの外観検査」(1997) 外径 180 幅 15 厚 1mm の 板の表面に 材(パターンを)を接 、はみ出し、はがれ、位置ずれ、偏 の の目視検査を自動化した。ディスク 1 回転、36 コのライン CC カメラで 影、 度の波形データをリアルタイムでパソコンに入力、特性を 50 項目求め、マハラノビスの 離を計算し判定する。(1.5 /枚)

3) 富士写真フイルム「海外ラボの 理液診断システム」(1998) 写真品質が ok なラボの 理機種や

理量、液組成分析値(38項目)で単位空間を設定、対象ラボのデータより、マハラノビスの距離を計算し異常判定を行い、その原因 出にも役立つ。

4) あいち 民の森 科学総合センター「 病発 予測」(2001) 翌年の 値予測には 液検査データが重要だが、数年先の予測には生活習 (食事、飲酒、運動)問診の方が重要で、生活習 改善の予測効果を明示して指導してゆく計画だ。

注) 海軍航空と骨相学

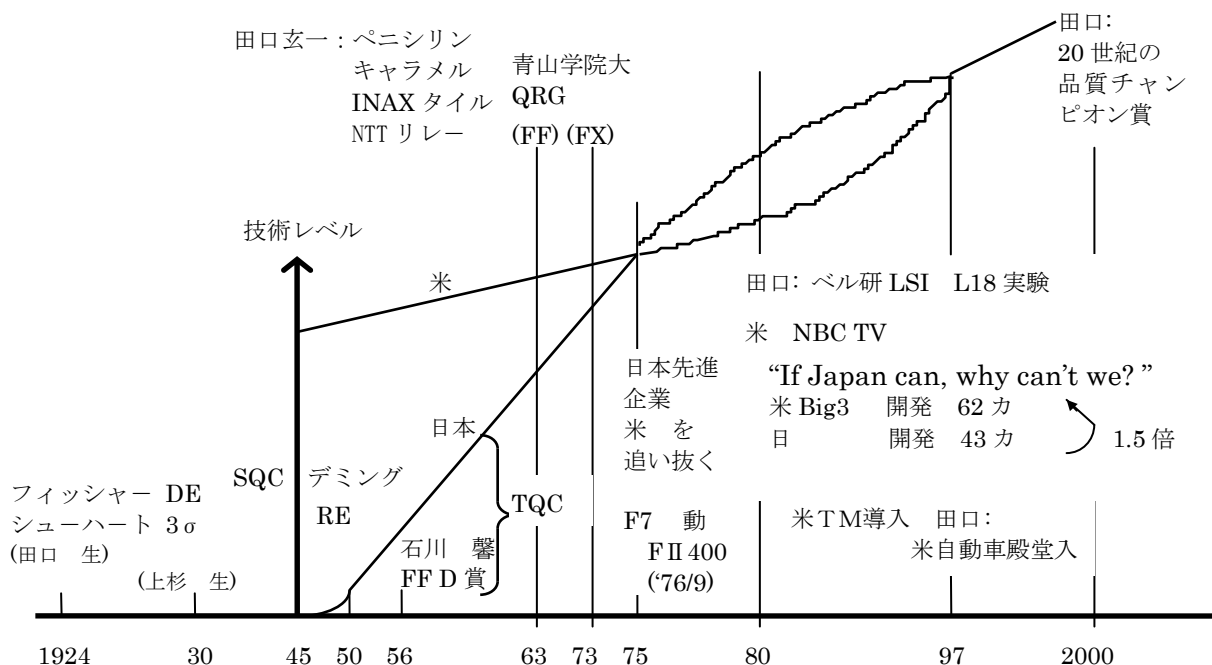
田中一郎先輩(兵 67)の話、「昭和 15. 11、35 期飛行学生として入隊時、海軍 の人 見「水野 」氏から、65 名全員、観 の適性検査を受けたのにはびっくりしたが、 間(口)力平(兵 52)元海軍大(航空参謀)の 献で、以下が分った。」

昭和 11 年以降、海軍は、大 治郎大 (兵 40)の知人、水野義人氏を航空本部の として、飛行学生、練習生の採用時に、形態性格学を応用する適性検査法を併用した。その経 は次の通り。

航空隊 120 名の 者としての適性を、1 人あたり 5~6 じっと観るだけで、 の 3 段階に分けた。これを名 による各人の技 と突合せてみると、適中率は 83%を示した。

大 大 が、人事局や軍務局に出かけて交 したが、「いやしくも海軍ともあろうものが、人 で 」と 手にされないの、山本航空本部長に話した所、航空本部の関係者 20 余名を集め、この中から誰が飛行 校か指 するよう求めた。水野氏は、その中の 3 名を指したが、この 3 名は優れた戦闘機校であつたので、一同思わず顔を見合わせ、水野氏 採用は に決まった。

防 研修所に、 大な 料「 員適性検査に対する 学的研究」海軍航空本部「人 」が残っているが、これによれば、 学成績・ 学各部と卒業成績並びに航空事故・機種別との関係等が一見して分る。 学各部とは、①前頭部、②後頭部、③ 、④ 、⑤ 指根、 、 指頭であり、それれに分類と評価が記されていて興 い。—今ならMTシステムが適用されるだろう。



21. 法名「釋縁海」…タグチメソッドと海軍

タグチメソッドと海軍について解説してきたが、時代の流れの中で、 あつて海軍と田口先生に出会ったことが、私にとって大変 運だった、まさに自力ではなくて他力のお だと感 している。

私は 年、2003. 9. 21、長野の明行 で、「 異 」の「 」 人を宗祖とする、真宗大 派(東本)より、法名「 海」を いた。その 教的な意 は、「 」 お 様の 子、「 」(起)

教の中心思想、「すべては互いに関係し 合っている」(起の法)、「海」 人の著作に多数あり、 の心を表す。この2字の造語で、「南無 の心に生きる人」(住職の説明)であるが、私は同時に、「 」 タグチメソッド、「海」 海軍 と解 して有難く いている。

タグチメソッドのパラメータ設計(ユーザーの使用環境条件が変わっても、トラブルが起きにくい設計)の基本は、「ノイズとトラブルとの因果を無くす「 」を工夫して創る」ことだからだ。

教では「因 」と言うが、「因」は科学の基本である因果関係、「 」はタグチメソッドの基本であるノイズとパラメータの交互作用だ。

科学の基本である因果関係の研究は、開発時のまだトラブルが起きてない時は困難だ。トラブルの原因となりそうな条件の変化(ノイズという)があってもその影響を受けないよう、いち早くロバスト()な設計を安く実施しておけばよい訳で、田口先生はそのための評価の新レーダー S N比と、直交表による実験解析法を考案、提唱された。

分り く例えると、「地 で 物が壊れる」とき、地 の原因や結果の状 を調べるのは科学の立場で、地 (ノイズ)があっても、 物が壊れ(トラブルが起き)ないよう(ノイズとトラブルとの因果関係を無くす)、経済的な 築設計法という「 」を工夫して創るのが技術の立場だ。そのための効率的な(評価)方法がタグチメソッドなのだ。

上図は、タグチメソッドの発展と、戦後の日米の工業技術発展の状 を模式的に示したもので、私が 湾・ 国や国内での企業や新潟大学などの TM講義の 論として、掲げて説明する図表だ。我々の努力で、日本は1975年には米 を凌ぐ 興を げ、戦没者の遺 に る程度報いたと自 したが、1997年(田口先生米自動車殿堂入り)には追い かれ、 な競走になっているのが現状だ。

法名は本人の過去・現在を表すのではなく、未来の生き方を示すという。私も立派な法名に さわしく一層 進して、タグチメソッドを若い人達に引き ぎ、ますます発展させ、社会生産性の向上に 与するよう している今日此の である。

(富士技術経営研究所所長・技術士)

タグチメソッドと海軍（補）

会員 上杉 伸二

）日米自動車産業とタグチメソッドについて

連 「タグチメソッドと海軍」は前号(5)で一段落したが、11.24(水)ハートの会第30回セミナーで会員遠藤 郎氏(元日産自動車副社長)の「最近の自動車工業」についてのご講演があり、そこで されたので、TM との関連を 足ご する。

ご存知の方も多いと思うが、毎年6月、東京ビッグサイトの「自動車部品生産システム展」に、「品質工学特別セミナー」が併催されている。

・2003.6.20(金) 品質工学を、使って ける－自動車産業における品質工学の展開。

・2004.6.25(金) 今、品質工学で何ができるか？

－品質工学は経営を う。(ただし、品質工学を導入し 活用した企業の経営のみを う。)

また、2004.11.8()日産自テクニカルセンターで、品質工学会第14回企業交流会「自動車産業における技術開発・製品開発の 題を る－QC の更なるレベルアップのための品質工学の適用」が開かれ、日産自の取組みと事例 も行われた。

1. オフライン品質工学(パラメータ設計) と、オンライン品質工学 の事例

1) トラックの 性評価(いすゞ自動車、1974)

内容は前号(5)17-5で したが、30年前田口先生から「スキーか自動車でダイナミックな特性をSN比で評価したい。スキーはヤマハに頼んだが 退された。ぜ 自動車の 性の評価をいすゞでやってみないか」というお話を受けて実施。この 当者がその後、社長、会長を経て、現特別理事の 生 氏で、現第5代品質工学会長である。

(学会は1993年350名から現在2280名に発展)スキーも自動車も曲がる機能は同じに評価できるというのがTMの考え方で、30年後同社渡辺 行氏がスキーの 作性を実験して共通性を、2004年第12回研究発表大会(参加1079名)で発表した。

2) 田口玄一監修「新製品開発における信頼性設計事例集」(1984) 日本電 やトヨタ系各社ほかの事例27件中実験4:1シミュレーションだった。

例えば、トヨタ車体は、 費向上 量化のため車ボデー構造部材のねじり 性、変形への影響度を直交表L32のシミュレーションで解析した。田口先生はTMの製品開発への適用はこの本で卒業し、この後は、技術開発に重点を すと宣言された。

3) 日産自、上野憲造「技術再構築－自動車現場からの報告」(1993、日本規格協会) 1989年信頼性技術センター主管となりTMを導入、技術開発の考え方を具体事例で示した分り い きの本で、田口玄一「タグチメソッドわが発想法」(1999、経済界)の次に、できれば一 をお めしたい。

4) 1993年以降毎年6月の品質工学会研究発表大会で、自動車関連メーカーより多数の事例発表あり。

- ・オートドアロック受信感度(富士通テン、1993)
- ・ のないアルミ合金 造技術(マツダ、1994)
- ・ドア開口部のプレス成形性向上(マツダ、1995)
- ・パワーMOS 面電極特性向上(日産自、1995)

- ・ 造用生型 の再利用製造技術(マツダ、1997)
- ・ インタークーラー気流音と冷 (日産自、1997)
- ・ 車ボデー電 の 料と工法(日産自、1997)
- ・ リアウィンド・ガラスアンテナ(日産自、1998)
- ・ AT トランスミッション用 材(日産自、1999)
- ・ 小型 DC モーター(日産自・自動車電機、2000)
- ・ ドアウエザーストリップス材料(川ゴム、2000)
- ・ 気化器スタータ系 元寸法設計(スズキ、2000)
- ・ 高強度クランク 用材料成分(いすゞ自、2001)
- ・ 2点 持ドアガラス昇降システム(日産自、2001)
- ・ テーラードブランク 接工法 (日産自、2002)
- ・ 電 前 理工程の超短 化(日産自、2002)
- ・ 合金内 キー高速ドライ切削(東海理化、2002)
- ・ パワーウィンド機能性(三 そう、2004)など。

5) コンピュータシミュレーションによる実施例

- ・ キャブのアイドル振動(日産ディーゼル、1997)
- ・ ピストンリップ部寸法放 設計(マツダ、1999)
- ・ 造用 型設計(マツダ、2002) 前号(5)17-10)
- ・ 次世代ステアリングシステム(日産自、2004)
- ・ 衝突安全コンポーネント(いすゞ、2004)など。

6) オンライン品質工学(マツダ、2000～2002)

エンジン部品ライン、前号(5)18 で した。

2. MT(マハラノビス・タグチ)システムの事例

1) 研究発表大会での自動車関連事例のテーマ

- ・ AT クラッチデスクの外観検査(プローブ、1997)
- ・ 衝突防止用センシングシステム(日産自、1998)
- ・ レース車両の異常検出システム(日産自、2002)
- ・ エンジン運転異音検査の自動化(マツダ、2003)
- ・ 接ロボットケーブル 荷診断(日産自、2004)

2) 運転事故、テロ対策への応用

ハートの会セミナーで、遠藤講師より「化石 料(ガソリン)は一 の天の恵み」今世紀中に使い果たす
れあり、 料電 ・水素自動車の開発が急務とのお話があったが、もう一つ、田口先生は「米国で年間
3万人、日本で8千人も交通事故で亡くなっている。 意を 起するだけでは 目で、 りしていても、
力団が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、事故を予測して防ぐことが大事だ。こ
れにMTシステムが役立つ」と言う。2001.9.11 ニューヨークテロの後、米国で直ちに対策技術委員会が
発足、田口先生も参加を要 され、MTシステムが検討されている。

3) 長 川良子「マハラノビス・タグチ(MT)システムのはなし」(2004、日科技連)が最近出 された。

と ・図・表を半々に いて、 診断を例に、MT法を解説し、応用例も されている。私も原稿
をチェックし 言したが、前号(5)20 で解説したMTシステムが、分り難かった向きには、かなり分り
いと思うので一 をお めする。

3. 米国自動車産業における品質の状況(田口伸)

1) 2004年 Power of 3 初期品質をみると、トヨタに次いで2位に、ホンダと並んで現代自動車が大躍進した。(2001年には37ブランド中35位だった)。12年前あまりの品質の悪さで米国マーケットから退いた現代自動車は、1999年会長主導によりシックス・シグマを導入、会長自身による半日の品質診断会議を2回実施、技術部門の権限を上げ、3年前からTMを導入している。

2) フォードは1992～96年TMを導入展開し事例も数百件出て純利益でもGMを追い越したが、トップ交で方変更、ファイヤーストーン・タイヤの問題も出て、初期・経時品質の評価も落ちた。

再度トップ交し Ack ToASIC(基本にろう)を打ち出しているが、苦戦はく続くと思われる。

GM(ジェネラル・モーターズ)は1997年からRed Xという火消し活動のテクニックを導入し、3年半で1900億円の保証コストの低減に成功、初期品質評価は良くなっている。今年の評価でも、高車部門でキャデラックは、BMWほかをエレクトラに次いで2位だ。しかし、最近の保証コストは横ばいで、これは下に落ちているリンゴと、低いリンゴは取りし、性能不良や新技術・新車の立ち上げの問題が残っているのだろう。

その改革のため元トヨタの吉村達氏を2年約で迎えた。著「トヨタ式未然防止手法G³」(2002、日科技連)にGood Design(TMのロバスト設計の考えを取入れた)、Good Discussion、Good Design Reviewの3つの手法を提案されている。

2003年著名な自動車ジャーナリストのミシェル・メイナード著The End of Detroit 訳「トヨタがGMを越える日ーなぜアメリカ自動車産業は没落したのか」(2004、早川)は2010年を予測したものだが、GM 米エンジニアリングのトップ、ジム・クイーン氏は「GMのゴールはトヨタに勝つことだ。我々はだいぶ進んできたが、まだ足はしていない。」と言っている。

4. タグチメソッド(TM)の普及と発展の一コマ

前号(5)21の図表に、1980年NBC TV放送と、MIT教授の「日米自動車開発期間の1.5倍差」を示したが、これを機にフォードは「日本企業の品質の師」デミング博士を迎え入れ、その言で日本企業訪問団を送りTQMとTMを導入、GM・クライスラーもこれに続いた。しかし、実態はTMを、起きたトラブルを直す「火消し」の道具としてしか使わず、タグチは1988年から「未然防止」を強調、フォードは1992年からやり直した。

1994年エンジンの目的機能 y (平均有効圧力) $=M(\text{燃料流量})$ による動的SN比を用いたパラメータ設計で、費8%減、騒音や振動も減らしたが、しかし、NO_xに対する対策がけていて「一石全鳥」というわけにはいかなかった。これに対する田口先生の指導内容が、前々々号(3)10-3①に示した化学反応の基本機能なのである。

(富士技術経営研究所所長・技術士)

「私説、歎異抄とタグチメソッド」(1)

会員 上杉伸二

この は 2005/10/6 QRG(田口品質工学研究会)で発表したもの。(し、田口先生は訪米中で不在)

1. タグチメソッドと海軍…法名「釋縁海」

2003/6 QRGで「タグチメソッドと海軍-よもやま話」を報告したが、これに一般向けにタグチメソッドの簡単な解説を加えて、HEART(ハート)の会 (Human Environment Activating esearch Team、人間環境活性化研究会、東工大 先輩の人 で産業界が主だが、広く 系の各界の名士も集めて、会員数230名位の会)会報 2003 号～2005 新年号に6回に り(本 料と同じ字数、A4、 $4 \times 5 + 2 = 22$)連 した。その要 と、ラストの を再掲する。

「タグチメソッド(TM) では、「問題が起きてから解決するのではなく、問題が起きる前に潰せ」(もぐらが 顔を出したら叩くのではなく、もぐらが隠れているうちに潰してしまえ)という。隠れているうちに、見つけるのが レーダーであり、TM のSN比だ。(トラブルが出る前に、理想機能からのずれ・ばらつきの大きさを評価して、トラブルを予測し、対策できる)。

「日本海軍は、海・空戦とも米軍のレーダーによって敗れたが、戦後日本は、技術開発のための新レーダーSN比によって、米国を凌駕した。」

「孫子の兵法に「敵を知り己をれば百戦危うからず」とあるが、フィッシャー流実験計画法と違って、己(内側)だけでなく、敵(外側)を考えて、これを SN比のレーダーで見るのがTM だ。」

「以上、タグチメソッドと海軍について 解説してきたが、人生の中で あって 海軍と田口先生に出会ったことが、私にとって大変 運だった、まさに自力ではなくて 他力のお だ と感 している。

私は先年、2003.9.21、長野の明行 で、「異」の「 」人を宗祖とする、真宗大 派(東本)より、法名「海」を いた。(他の宗派では 名というが、土真宗には はなく、お 様の教え(法)を り所として生きていくという名告りを授与されたもの)。その 教的な意 は、「 」お 様の子、「」(起) 教の中心思想、「すべては互いに関係し え合っている」(起の法)、「海」 人の著作に多数あり、の心を表す。この2字の造語で、「南無 の心に生きる人」(住職の説明)であるが、私は同時に、「」タグチメソッド、「海」海軍 と解 して有難く いている。

タグチメソッドのパラメータ設計(ユーザーの使用環境条件が変わっても、トラブルが起きにくい設計)の基本は、「ノイズとトラブルとの因果を無くす」「」を工夫して創る」ことだからだ。

教では「因」と言うが、「因」は科学の基本である因果関係、「」はタグチメソッドの基本であるノイズとパラメータの交互作用だ。

科学の基本である因果関係の研究は、開発時のまだトラブルが起きてない時は困難だ。トラブルの原因となりそのような条件の変化(ノイズという)があってもその影響を受けないよう、いち早くロバスト()な設計を安く実施しておけばよい訳で、田口先生はそのための評価の新レーダーSN比と、直交表による実験解析法を考案、提唱された。

分り く例えると、「地 で物が壊れる」とき、地 の原因や結果の状 を調べるのは科学の立場で、地 (ノイズ)があっても、物が 壊れ(トラブルが起き)ないよう(ノイズとトラブルとの因果関係を無くす)、経済的な 築設計法という「」を工夫して創るのが技術の立場だ。そのための効率的な(評価)方法が タグチメソッドなのだ。

法名は本人の過去・現在を表すのではなく、未来の生き方を示すという。私も立派な法名に さわしく一層 進して、タグチメソッドを若い人達に引き ぎ、ますます発展させ、社会生産性の向上に 与するよう している今日此の である。」

2. 「歎異抄」と親鸞・唯円、釈尊と阿弥陀佛

「異」(たんにし う)は、「真宗仮名 教」の中で作者不 として の方に納めてあったが、明治36年から(1877～1954)により されたのをきっかけとして広まり、今では (1173～1262)の真信を記した 重なとして有名だ。

作者は、中に2個所名前を出ている、唯円(ゆいえん)で、 没後25年位後に かれたらしい。

は、平安末期1173 公家日野家に生れ(1167 平清 、太政大)(1175 法然、専修 宗)、9才で出家(前年、

以 王の、源氏挙兵)、比 山天 宗で20年修行(この間1192 府成立)、29才で京の法然の子となり、
した。35才の時、 宗が弾圧を受け、(75才の法然は四国へ)善信は越後(新潟)に流罪となり、非 非俗の
故に、(ぐとく、なざんばら =やくざ) と自称した。5年後に となったが、翌年法然は80才で入寂。
数年後、 は、長野の善光を経て、のち約20年間常陸の国()で布教、63才 京 に り、「教行信証」
の加 や「和 」など多くの著作と手 を遺し、90才で入寂した。

津本 「 の橋は」(人伝) 売新聞2001/6/5～01/9/23、 社(2004)が面白い。

唯円は、 の末 信恵の再 の夫、 の連れ子で、 68才の時19才で、50才の差あり、20年近く
の身近で、まさに面授口伝の 子だったが、68才の命終を前にして き上げた。

(=これだけ)「先師の口伝の真信(真実の信心)に異なることを き、 故 人御物語の の耳の底
に留まる所、 か を す。」

のあと、上 の十節までは の語(師訓)、下 の十節は唯円の 異を じ合わせたものだ。
(下 第一節)「 人の せにあらざる異議どもを、近來は多く せられあうて 、伝へ る。いはれなき条々
の 細 」(以下も適 字化)(第十節)ラスト「悲しきかなや、 に しながら、直に報土に生まれずして辺
地に をとらんことを。一 の行者のなかに信心異なることなからんために、 く く を染めてこれを記す。名
付けて 異 とい べし。外見あるべからず。」

異・上 第一節(全、そのまま)

ここに の思想・信 の核心が結 されている。「 (みだ)の 不思議にたすけま らせて、 生(おうじ
う)をばとぐるなりと信じて、 まをさんとおもいたつ心の発るとき、すなはち摂取不 の利益にあ けしめた
ま なり。 の本 には、 少善悪の人をえらばれず、ただ信心を要とすと知るべし。その故は、罪惡 重 悩
(ぼんのうしじ う)の 生(し じ う)をたすけんがための にてまします。しかれば本 を信ぜんには、他
の善も要にあらず、 にまさるべき善なき故に、悪をもおそるべからず、 の本 をさまたぐるほどの悪なき
が故に、と。 々。」

教は、お 様(、)の教えであるが、 は BC463、現ネパールのルンビニーで、 の王子
として生れ、ゴータマ・シッダールタ(な牛に因んだ名・目的が成就された者という意)と名付けられた。何一
つ不自 のない生活だが、生 病死の問題に不安 れを抱き、心の安らぎ 足を求め、29才で 子も て出家した。
6年間の修行 想の後、35才で成道した(真理(法)に目 めた人=ブッダ= となった)。45年間、人々に 法を広
め、80才で「自 明・法 明」(自分自身を大切にせよ、そのためには法をよりどころとせよ)と遺言して入 した
(に入った)。

が目 め、明らかにされた真実・法とは、唯我 (ただ1人自分として く誰も変れない)因果 起(すべ
ては互いに関係し え合っている)(自分の命は他の生物の命を き生かされている)行無常(生 病死は誰も け
ることができない)(すべては常に変化するのが永 不変の真理だ)(色はにほえど散りぬるを我が世誰ぞ常ならむ)
一切皆苦、 寂靜(執 しないと安らぎがある)などで、自我を て、法を正しく見つめてゆくことを、正 (り)
正道(むべき道が成立)という。

大乘経 「説無量寿経」(252年、 訳)に、「我聞如 」として の説話を伝えている。「ある国王が、世自
在王 の説法を聞いて出家し法 となり、 生 済の48の をたて長遠の修行の後、本 成就し 土にて
となられた。」

3. 弥陀の本願と、Ω変換SN比・直交表L18

は、 の本 (他力)を信心した。

は、 土宗(法然)・真宗()・時宗(一)などの御本 であるが、 、より 、より名号「南無
」と言う。もの・存在でなく概 ・機能だ。御本 を み称えることは、「本当に いことはお 様の説かれた
法、 の本 だと気 かせて れる働き」を ることなのだ。

「南無 」は、サンスクリット語で「ナ ム・アミ タ・ブッダ」であり、ナ ムは英語のネ ム「名を
称える、転じて帰依する」、アミ タの「ア」は否定、「ミ タ」は英語の測る、つまり「測れない存在」、語では
「無量寿光」と訳す。限りない と慈悲と力(本 力)を持つ、 の名を称える は、「信ぜよ。迎える
」というお心で、 対有限の死によって限られ、行き まる人間の世界から、 の 不思議に われて、
絶対無限の の世界へ 生していく。

キリスト教・イスラムは宇 創造の唯一絶対 への信 だが、 は宇 に多数存在する のトップの地位に
ある。 は、 の本 を説くため、出生され布教され、その教えが現代に伝わった。

の48の本 の中で最も重要なのが、第18 で、法然は「王本 」と呼んだ。「たとい我、 を得んに、
十方の 生、心を し信樂(しんぎ う)して、我が国に生まれんと うて、ないし十 せんに、もし生まれずば 正

を取らじ。ただ、五逆と正法を「せんをば除く」私が「となれば全ての人々が極楽土に生まれよう」と信じ
い「南無」とすれば「えられる。そうならない限り」となるまい。逆も「うの意だ」。

タグチメソッドで、0～1の有限の「に」に「じ込められた世界を、」＝無限大(－～＋)の世界に解放する
のが、オメガ(Ω)変換だ。第18「に対応するのが、直交表L18で、大「日に」で108の鐘の音で「悩を消そう
とするが、」は「悩のあるままで」って「れる。タグチメソッドでは、直交表L18×信号M3×ノイズN2
＝108のデータから、ノイズ(「悩」)のあるままに、その影響を受け難いパラメータの水準を決めるのだ」。

タグチメソッドΩ変換「＝ $-10\log[(1/y)-1]$ 」の目的は、要因効果の加法性(足し算)を成立させるためである(こ
れが下流再現性に必要なのだ)。

タグチメソッドで、直交表L18を使う目的は、フィッシャー流実験計画法の①実験の効率化(一部実施法の考え方)
と全く違う。①の考え方は、本来、全組合せ実験をやって最適条件を選びたいのだが、非効率でやれないので、直
交表による実験だけをやって、あとは計算で推定し同じ成果を期待する。

(ただし、前提として、わりつけた制御因子が互いに「立で」影響し合わない＝制御因子同士の交互作用が無い＝加法
性がある、ときだけに使える)

→これに対し、田口先生は、「制御因子同士の交互作用が無い「かあるか」分らないから、先ず直交表実験をやるのだ」
次の②が本当の目的だと言う。

② 加法性(下流再現性)の検査。技術開発では、源流・上流のシミュレーション、ビーカースケール・テストピー
スの実験で、下流のラージスケール・量産・市場の実製品への結果を予測する必要がある、下流再現性が要求され
る。

実験「での直交表実験から最適条件を求め、初期条件からのSN比の利得を(要因効果を足し算して)推定し、確認
実験をして、その結果と比較することにより、加法性がある＝制御因子同士の交互作用が無い(小さい)かどうかを
検査(判定)する。

加法性が無ければ、下流再現性は成り立たない。加法性があれば、制御因子は互いに影響し合わないから、下流
再現性も成り立つと期待される。この加法性の向上がΩ変換であり、これが発展して、エネルギー変換を考えた基
本機能と、それを「す」市場の誤差因子を取り入れた、SN比となったもので、「土真宗の御本」「南無」は、

「異」でいう「の本(他力)の働き、タグチメソッドでいう加法性=下流再現性で、これを保証・検査する、SN
比と直交表L18だ」といえる。

従来の科学研究法は、1要因ずつ実験する方法(1因子実験法)で、その条件の下では再現性がある(科学的には
これで十分だ)が、下流で他の条件が変わった時どうなるかは全く不明で、量産・市場でトラブルの発生事例が多か
ったのである。

4. 品質工学と念佛

QE11-6(2003)p.3～5 視点「品質工学を学んだからといって、うまくできないこともある」中に「簡単に使いこ
なせないからこそ、企業の競争力に大きく「与するのであって、」と違って唱えれば御利益があるというもの
ではない。「評価のために、機能を達成するための技術手段を、かなり「く「察する必要がある、その上で入出力
の理想関係を定義するわけだから経験が必要だ」とあった。「は手段ではないから、品質工学との違いは当然で、
むしろ「点に「目してみたい」。

の御利益とは、(上 第一節)(前出)「「申さんと思「立つ心の発る時、すなはち摂取不「の利益に「けし
め給「なり」。また、(下 第五節)「一「に八十億「の重罪を「す、十「申せば、十八十億「の重罪を「して
生すと言へり。「減罪の利益なり。未だ我らが信ずる所に「ばず。その故は「一「発起するとき、金「の信心を
りぬれば「一生の間、申す所の「は皆「く如来大悲の恩を報じ「を「すと思うべきなり。」

を称えるには「ただ、」の本「を信ずることが「要。学問・修行・布施も一切不要」で、」を称えよう
という心が発った(実は自力でなく、」の本「により「ったもの、心(回心、えしん)という)とき、」になる道
が通じて「いの御利益を得たので、その「いの御利益に対する
報恩、感「のための「を称えるのだ。

品質工学を学んだ(「を唱えた)からといって、システムの目的、基本機能の気「き(」の本「を信ずる心)が
なければ御利益はない。数理統計学(学問・修行)は不要。あとは手順に沿って安心して進んでいけばよい。もし加
法性が得られず失敗と分った(「悩具足の私と気「かされた)ときこそ、タグチの力(他力)に感「することになるの
だ。

(上 第二節)には、日「や善「の異説に「う関東の同行と「の間答が記してある。「おのおの十余ヶ国の境を
越えて、身命を顧みずしてたずね来らしめたま「御こころざし、」とえに「生極楽の道を問い聞かんがためなり。

におきては、ただ「して「にたすけられま「らすべしと、よき人(=法然)の「せをかうむりて、信ずる

ほかに別の 細なきなり。 は、まことに 土に生まるる種にてやはんべるらん。また地 に つべき業にてやはんべるらん、総じててもて存知せざるなり。たと 法然 人にすかされ参らせて、 して地 に ちたりとも、さらに後 すべからず 。 ずるところ 身の信心におきては くの如し。この上は、 をとりて信じ奉らんとも、また、 てんとも、面々の御はからいなり、と。 々。」 のゆるぎない真信が 露されている。

は多くの教・論・ の を み「正信()」(し うしんげ)に、 の説く の本 を引き ぎ伝える先師として、インドの龍 (2~3C)、天 (世 、4~5C)、中国の (476~542)、道 (562~645)、善導(613~681)、日本の源信(942~1017)、法然(源空、1132~1212)の七高 を挙げ、教えが信じられると べた。(法然より いた「善信」、のち自称の「 」も七高 の名に因む)。

「宗教は」一般論ではなく、自分が信ずるかかどうかという「主観的事実」であり、「 があるから信ずるのではない。信ずるから があるのだ」、「人事をつくして天命を待つのでなく、天命に安んじて人事をつくす」(清沢 、 の師、1863~1903)という。私自身、真宗は先祖代々のもので 達から自然に 染んだし、タグチメソッドは1956年富士フィルムD賞受賞後、田口先生から 次学んで、何時しか信じていたという感じだ。

タグチメソッドは宗教と違い、実利を目的とし、多くの実証事例で理解と自信を める事ができる。ただ田口哲学の基 である品質ばらつきを経済損失に換算する損失関数は初めに信ずるほかない。

とにかく、タグチメソッドは、自分のテーマにその成果を信じて(矢野 「超成功法」(講談社、2005) .86)、たとい失敗しても いないという をきめ適用してみるしかない。実は、イザというときには「タグチメソッドを適用して成功したという報告は受けなくてよい。失敗した報告を聞きたい」と っている田口先生に って けるという安心感が、我々の大きな えになっている。

(富士技術経営研究所(技術士・釋縁海))

「私説、歎異抄とタグチメソッド」(2)

会員 上杉伸二

）オメガ(Ω)変換と加法性について

前報 3.で、「タグチメソッドでは、0～1の有限の に じ込められた世界を、 =無限大(ー～+)の世界に解放するのが、オメガ(Ω)変換だ。Ω変換 $= -10\log[(1/y) - 1]$ の目的は、(%値の)要因効果の加法性(足し算)を成立させるためだ。」と べたが、以下に算数を解説する。

いま、工場で する部品の不良率が10%だとする。

この不良率を減らすため、2つの対策が提案され、現条件に対し新条件を、別々に実験した結果、

(A)材料 A1(現)→A2(新)で、不良率 は10→2%に、

()機械 1(現)→ 2(新)で、 は10→4%に減った。

では、Aと の2つの対策を同時に採用したとき不良率 は何%となるか、を計算で推定したい。

答えとして、①法,②法は 目で、③法が良い。

①法 A・ 各対策効果を「%の差」で足し算する。

Aの効果 $2-10=-8(\%)$ 、 の効果 $4-10=-6(\%)$ だから、総合すると、 $1-8-6=-4(\%)$ となり、有り得ない値となってしまう 目だ。すなわち、%値はそのまま足し算できない(算術加法性無し)。

②法 A・ 各対策効果を「比」として け算する。

不良率 は $10 \times 2 / 10 \times 4 / 10 = 0.8(\%)$ となり、一見妥当のように思えるが、実は、良品率 で 目だ。

すなわち、良品率 $(\%) = 100 - \text{不良率}$ だから、 $90 \times 98 / 90 \times 96 / 90 = 104.5(\%)$ となってしまう。

なお、参考までに言うと、比の け算=対数の足し算で、%の値は「対数加法性」も無い訳だ。

不良率では $\log 10 (\log 2 - \log 10) (\log 4 - \log 10) = 1 (0.301 - 1) (0.602 - 1) = -0.097 = 0.8(\%)$ 、

良品率で $\log 90 (\log 98 - \log 90) (\log 96 - \log 90) = 1.954 (1.991 - 1.954) (1.982 - 1.954) = 2.019 = 104.5(\%)$ だ。すなわち、%値 0～100%は、対数でー ～+2 (0～1なら対数ー ～0)なので、0%側の不良率はー に解放されて加法性が成立つが、100%側の良品率はまだ限界があつて 目なのだ。

③法 A・ 各対策効果を「Ω変換」後足し算する。(y=0～1は、Ω変換 $= -10\log[(1/y) - 1]$ すると、 $= -10\log \sim -10\log 0 = - \sim +$ となる)。

実際、不良率でAの効果 $-10\log[(1/0.02) - 1] + 10\log[(1/0.1) - 1] = -10\log 49 + 10\log 9$ 、同様に の効果を求めて総合し、 $-10\log 9 (-10\log 49 + 10\log 9) (-10\log 24 + 10\log 9) = -9.54 (-16.90 + 9.54) (-13.80 + 9.54) = -21.16$ が得られ、 $\rightarrow -10\log[(1/y) - 1] = -21.16 \rightarrow 1/y = 1 \cdot 10^{2.116} = 131.61 \rightarrow y = 0.76\%$ となる。一方、良品率での計算は $-10\log 0.1111 (-10\log 0.0204 + 10\log 0.1111) (-10\log 0.0417 + 10\log 0.1111) = 9.54 (16.90 - 9.54) (13.80 - 9.54) = 21.16 \rightarrow 1/y = 1 \cdot 10^{-2.116} = 1.007656 \rightarrow y = 99.24\%$ となり、不良率と一 する。

すなわち、%値は数学的にはΩ変換で加法性が成立する。(しかし実物の%値の要因効果が物理的にも加法性が成立するかどうかは個々のケースで不明のため直交表と確認実験で確かめ、加法性が成立しなければ要因効果が 立でない(互いに影響し合う)から、下流再現性は危 だ、と判断できる)。

Ω変換はロジット変換とも呼ばれるが、田口がこの式を誘導したとき、Ω変換と名付けた(1961)のは、フィッシャー(1914)の 変換(関係数 r の分布を正規分布に近 ける)に因んだものだ。

もう1つ別の身近な例を示すと、部品の不良率を30→29%に改善するのと、2→1%に改善するのと経済的には同じ1%の効果だが、それに要する努力の大きさは、各%値をΩ変換した効果 $-3.679 \rightarrow -3.888$ の差0.209と、 $-16.901 \rightarrow -19.995$ の差3.094を比べて、約15倍に 当すると言える。

写真・コピーの画 濃度は、コダック社によりマクベス濃度 $D = \log 1/ (: \text{過率, 反射率})$ で定義されたが、 [白1, 0] → D [白0,]で加法性無く、タグチメソッドでは 収率 (=1ー) [白0, 1]のΩ変換値 [白ー ,]を用いる。

5. 悪人正機 と 本 ぼこり

(上 第三節)「善人なほもて 生をとぐ、いはんや悪人をや。しかるを世の人つねにいはく、悪人なほ 生す、いかにいはんや善人をや、と。この条一 そのいはれあるに たれども、本 他力の意 にそむけり。」善人とは、自力で善行をつみ 生を心 けるため、一途に の他力に頼む心が けている。悪人とはいかに学識があつてもどのような修行をしても、自分が 悩を具え生死の いから離れられないと自 して たすら の他力に頼る人で、これを れみ給いて おうという を が起

こされた。他力を頼む**悪人こそ本** の目当ての人(正客、**正機**)だ。

(下 第十節)に、「**人**のつねの**せ**には、**の五思**の**を**よくよく案ずれば、**とへに**一人が為なりけり。さればそくばくの業を持ちける身にてありけるを、たすけんと**思**し**した**ちける**本**のかたじけなさよ、と御**し**ことを、**と**あり、**は**「**悩具足の夫**」と自**され**「**と**」と名乗られたのである。

悩とは、自分の思い通りにしたいという**望**で、これができないため、**悩み**、**苦しみ**が生ずる。**悩**を自力の修行によって**え**込もう、**断ち切**ろうとするのが、**難行 道門**。**悩**があってもそのまま、**の他力**を信じておまかせする(**不断 悩、得 (安らぎ)**)のが、**行 土門**だ。(下 第六節)に「**悩具足の身**もて既に証(さと)りを開くとい**こと**。この条もてのほかの**こと**に**。****土真宗**には、今生に**本**を信じて、かの**土**にして証をば開くと習**、**とこそ故**人の せ**には**しか**。」とあり、生きているときは**の一 前の位**につき、**死後、**になる。(**身成** はない)

技術者が源流・上流の実験で、下流(量産・市場)のばらつき問題も自分の力で解ける、どの制御因子同士の交互作用が大きいかわ分ると思う善人なら、自分のやり方(1因子実験法や、フィッシャー流実験計画法)でやればよい。しかし、従来の自分のやり方では失敗か、困難、非効率だ、**自分は** (**者、悪人**)と自**した**技術者に、タグチメソッドは、これで**今からやる** という力を与えて れる。

ところが、**悪人正機**を曲解して、**造悪無** (悪を造っても 生にさわりなし)、更に「悪を造る者こそが **土に 生**できる」として積極的に悪事を働き、**の 済**の対象だと説く者が現われた。逆に、それを批判して(下 第四節)「**の本** 不思議におはしませばとて、悪を **れ**ざるはまた**本 ぼこり**とて、**生**かな **べ**からず **と**」と言う人も出て(これは**本**を疑っており間違いだ)、この **の中で**子の善 義絶事件も起きた。**は、** **の本** はどんな悪でも、**本 ぼこり**でさえ必ず **って**下さる。しかし「**薬があるからといって、 を好んではならない**」と **した**のである。

タグチメソッドは、市場ばらつきの改善が目的で、源流の少量での結論が下流で成り立つために要因効果の加法性を重視し、制御因子同士の交互作用があれば、主効果に交互作用を交 **させ**た直交表の実験は失敗するので、不良(最適でない条件を最適とする誤り)を指 **できる**。**ち、直交表の実験は失敗したときだけに価値がある**。全組合せ実験の一部実施でなく、全組合せ実験より直交表が優れている。田口先生のこの発言は当初アメリカの統計学者から「ミステリアス」だと言われたが、不良発見のときだけ検査した価値があるわけだ。失敗するなら下流でなく、源流・上流で早く失敗して、対策を考えることが早い成功に **がる**。

QE13-4(2005)p.26-32,IHI 微小径ドリルによる難削材 **あけ加工の最適化**—失敗実験を成功させるには—は、工具折損○×を4項目0~10点評価として解析し、最適条件の利得も再現した事例で、審査部会コメント「**品質工学が早く失敗するためにある**」とは、**本 ぼこり**の感じで、**品質工学**はもし失敗したなら**失敗が早く分るため**にある、というべきでないか。そして「とするならば、まさしくその **型**である」も言い過ぎの感じで、失敗実験の **型**とは、直交表実験のあとの確認実験でSN比の利得が全く再現しない(加法性がない)時であって、この事例のようにL₁₈の実験No中に一部データが取れなかったのは、本来、失敗実験というより、一部トラブル実験で、むしろ良い悪いの **重**な情報が得られて成功した実験と思う。

6.(参考) **異鈔、その他の 言**(適 **字**化)

1) 唯円と **の**問答

(上 第 節)「**申し へども、踊躍 の心**おろそかに **こと**、また**急ぎ 土へ参り**たき心の**はぬは、如何に**、と申し入れて **しかば、** **も**この不審ありつるに唯円 **同じ心**にてありけり。よくよく案じてみれば、**ぶべき心**を **えて、** **ばせ**ざるは **悩**の所為なり。また **土へ急ぎ参り**たき心の無くて **死**なんずるやらんと心細く **ゆる**ことも、**悩**の所為なり。**なごり**をしく思へども、**の つ**きて力なく終るときに、かの**土へ**は参るべきなり。急ぎ参りたき心無きものを、**ことに** **れ**み給 **なり**。**いよいよ大悲大** は頼もしく **生**は決定と存じ **へ。**」

(下 第四節)「また **る**時、唯円 **は**我が言 **事**を信ずるか**と せ…し間、さん** **と申し…しかば、**さらば我が言はんことたが **まじきか、と重ねて せ…し間、** **んで**領状申し…しかば、**例へば人を千人殺してんや、然らば 生は一定すべしと せ…し時、** **せ**にては **へども、**一人もこの身の器量にては殺しつべしとも思えず、と申し…しかば、さては如何に **が言 事**をたが **まじきとは言 と**。これにて知るべし。何事も心に任せたる事ならば、**生**のために千人殺せと言はん**に、すなはち殺すべし**。然れども、一人にても殺すべき業 **無きによりて害せざるなり**。我が心の善くて殺さぬにはあらず。また害せじと思 **とも、**百人千人を殺すこともあるべし、**さるべき業 の**もよほせば、いかなる振る **い**もすべし、とこそ **人は せの し**」

2) **と**法然の信心

(下 第十節)「故() 人の御物語に、法然 人の御とき、御同 の中にして、御 論のこと けり。その故は、善信()が信心も(法然) 人の御信心も一つなり、と せの ければ、観 ・ なんと申す御同 達もてのほかには争 給 て、如何でか 人の御信心に善信 の信心一つにはあるべき と ければ、 人の御 才 の広くおはしますに、一つならんと申さばこそ がごとならめ、 生の信心においては全く異なること無しただ一つなりと御返答ありけれども、なほ如何でかその義あらんとい 疑難ありければ、 ずるところ 人の御前にて、自他の 非を定むべきにて、この 細を申し上げければ、法然 人の せには、源空が信心も如来より りたる信心なり、善信 の信心も如来より らせ給 たる信心なり、さればただ一つなり、別の信心にておはしまさん人は、源空が参らんずる 土へはよも参らせたま はじ、と せ し 」

3) 上 (の語 、師訓)の残りの節の抜

(上 第四節)「慈悲に 道・ 土のかはりあり。 道の慈悲とい は、ものを み悲しみ育むなり。然れども、思うが如く け ぐること極めてありがたし。また 土の慈悲とい は、 して急ぎ になりて大慈大悲心をもて、思うが如く 生を利益するを言 べきなり。 」

(上 第五節)「 は 母の 養のためとて、一 にても 申したること、いまだ はず 」

すべての人・生物はみな因 あって自分の 母のように思うし、 は自分で励むのではないから、自力を棄てて のさとりを開くことが先だ。

(上 第六節)「専修 のともがらの、わが 子・ との 子とい 論の らんこと、もてのほかの 細なり。 は 子一人ももたず 。 」同じく った信心をもつ人々は御同 御同行で、教えを伝えてくれた師の恩を知ることは当然だ。

(は、 子は持たず、1人の師(法然)を持った)(上 第七節)「 は無 の一道なり。 信心の行者には天 地 も教伏し 」

を ずる信心の生活は、障りが何もない自 の唯一絶対の道だ。日本の先祖の 様の思し しにも従い、他教や 信も障りない。善悪も超越する。

(上 第八節)「 は行者のために非行非善なり。 他力にして、自力を離れたる故に、 」

(上 第 節)(前出)唯円の不審に対する答。

(上 第十節)「 には無義をもて義とす。不可称・不可説・不可思議の故にと せ き。 」

己のはからい・自力を てて、 にはかられてゆく・他力が の心だ。(なお「 せ き」とは、法然 人の言 。(上 第三節)も同じ)

4) 下 (唯円の 異)の抜

(下 第一節)(前出)「 せにあらざる異議 」 せに異なる条々を(下 第二節～第 節に)挙げ、きながら、 人の本当の思し しを記す。

(下 第二節)「 は 不思議を信じて 申すか、また名号不思議を信ずるか、と言 かけて、 人の心を わすこと。 」タグチメソッドは手法か考え方(哲学)かを論ずるのと ている。

(の本)も名号(南無)もその実は1つである。不思議とは自分の小さい心で思いうことが出来ないほど広大との意だ。

限りない寿命を持ち、限りない光明を具えて、いらせられる が成就された本 、中でも

生の第18 を信じて、「自分も に成りたい」という成 の いを持つ時、 土におられる

が、自分の心の内に って下さり、南無 となって、口から名号が称えられる。

南無(なむ)とは、ネーム・称名(し うみ う)の意で、帰依(きえ)する・帰命(きみ う)する、 の前に (さま)く・命を投げ出す、 の本 により った成 の をお い申す心・発 向(ほつがんえこう)の信 ・感 の心だ。

タグチメソッドでは、従来の研究開発で「製品を試作し、信頼性いじわるテストや寿命試験をして、トラブルを発生させ、問題解決・再発防止して、品質を 々に 成させてゆく」方法は、時間・コストが かり 目、国際競争に勝てない。「製品を試作せず、その前にトラブルが起きないように設計せよ」と、未然防止・技術開発を める。

しかしこの考え方だけなら、誰でもそんなことは分りきった事で、具体的にどうすればよいのかの手法が必要だ。逆に、SN比の計算手法だけを知って、簡単な問題解決に使っても効果は小さい事も当然だ。タグチメソッドは、考え方と手法が一体となって提案されているのが特長なのだ。

タグチメソッドでは、理想機能(ユーザーの使う入力信号 M と、得られる出力特性 y の理想関係、エネルギー変換では $y = M$)と誤差因子 N よりテストピース・シミュレーションの直交表実験でSN比を最適化推定し、確認実験で利得の加法性をチェックする。(例えば、IHI では、ロケットのタービン翼切削で、 $\sqrt{\text{消費電力量}} = \sqrt{\text{切削除去量}}$ 、 N は厚さ 0.5, 10mm の 2 枚の Ti 平板で L_{18} 実験し、切削速度を 10 倍以上スピードアップできた)

(下 第三節)「教をみ学せざるともがら 生不定のよし この条すこぶる不足言の義」

学問がないと極楽 生できないと言うのは間違い。

(下 第四節)(前出)本 ぼこりは 生できないは間違い。本 にほこる心こそ、他力の信心だ。(下

第五節)(前出) は罪を す功 があるは間違い。 は自力でなく、他力の感 の称え。(下

第六節)(前出) 悩具足のまま証を開くは間違い。今生に本 を信じ、かの土で証を開く。(下 第七

節)「信心の行者、自然に をも立て、悪し様なることをも犯し、 口論をもしては、必ず 心すべし(悪

心を い改めよ)とい こと(は間違い)。 心とい ことただ一度あるべし。 知らざる人、 の

を りて 本 を頼み参らするをこそ、 心(えしん)とは申し へ。」

(下 第八節)「辺地の 生を ぐる人つ には地 に つべしとい こと(は間違い)。この条何れの証

にみえ や。 信心 けたる行者は、本 を疑 によりて、辺地に生じて、疑の罪を いて後

報土の証を開くところ へ。」

(下 第九節)「法のかたに**施入物の多少**に従いて大小 になるべし。この条不可説なり。」

(下 第十節)「右条々は 信心の異なるより起こり か。故 人の御物語(前出) と せ し

申すについて信心の をも互いに問答し、人にも言 聞かするとき、人の口を ぎ、 論を戦い勝た

んがために、全く せにて無き事をも せと申す事あさましく き存じ なり。この をよくよく思

解き、心得らるべき事に なり。 おうよそ 教には **真実権仮**ともに合 はり なり。権を

すてて実をとり、仮を差し置きて真を用 こそ、 人の御本意にて へ。かまへてかまへて、 教を

見 らせ給 まじく。

人のつねの せ(前出) 御 しこと 悲しきかなや(前出) 外見あるべからず。」

(富士技術経営研究所、技術士・釋縁海)

「私説、歎異抄とタグチメソッド」(3)

会員 上杉伸二

1) 加法性と交互作用についての 足

「加法性がある」とは「足し算ができる」ことだ。「交互作用とは、互いに影響し合う程度」を示し、「交互作用が大きい」と、組み合わせられる 手によって結果が違ってしまうので、単純に(個別の)主効果の足し算ができなくなり、「加法性がない」「組み合わせの特異な効果がある」と同じ意 だ。

1) もともと加法性がない、品質・技術データの多くは、開発・設計の改善研究には使えない。

「 $1+1=2$ 」は、計数(数学)的には常に正しいが、計量(物理)的には必ずしも正しいとは言えない。身近な例では、重量は、米 $1\text{kg} + \text{水 } 1\text{kg} = 2\text{kg}$ で、更に 1kg を加えると計 3kg と足し算できるが、容積は、米 1 に水 1 を ぜると 2 にならず、更に 1 を加えると合計 3 になるか、単純な足し算では計算できない。(加法性がない)。

前報(2))「オメガ変換」の項で べた通り、もともと加法性がないデータ(% はその一つ)は、個別の対策効果が分っても、足し算して総合効果を予測することができないので 目なのだ。

官能検査と呼ばれる、目視、音感、 い、 、触った感じの五感や、気分で、分類し、評点をつけた品質データも、加法性がないので要 意だ。

個別にビールとウイスキーを飲んだ気分の良さを足し算しても、一 に飲んだ気分の良さにならず、飲み過ぎで気分が悪くなることもある。 液中のアルコール量を測れば加法性が成り立つだろう。

速度(= 離/時間の比)も加法性が無く、以下の計算で示す通り、一般的な算術平均は使えない。

「 離 60km を時速 60km/h で 1hour で行き、帰り 30km/h で 2hour で る。平均時速は らか 」
算術平均 $(60\text{km/h} + 30\text{km/h}) / 2 = 45\text{km/h}$ は間違い。調和平均 $(1/60 + 1/30) / 2 = 1/40$ 、 40km/h が正しい。これは 離 $120\text{km} /$ 時間 $3\text{h} =$ 時速 40km/h と、加法性のある 離と時間で考えれば簡単だ。

技術データの、抵抗 Ω (=電圧 V / 電流 A)、ばね定数(=荷重 N / 変位 mm)なども、一定条件の下で、比をとった値なので、品質の比較には 利だが、加法性がないため、改善研究には使えない。

%は Ω 変換で われるが、比は えないのだ。

2) もともと加法性のある技術データ(特性) は、質量とエネルギーなど、科学の基本法則だ。

お 様は、「 行無常」、形ある物も必ず ぶ。不変なものは無く、すべて「空」だと 破された(色 空 $1=0$ 、空 色 $0=1$)が、物理学者は何か不変のものを し求めて、先ず、質量不 則を発見、次いで、エネルギー保存則を考え出した。質量・エネルギーは加法性がある特性の代表だ。

エネルギーを横 -入力 M 、 -出力 y とすると、0 点を通る直線関係(0 点比例式 $y = M$)となる。(アインシュタインの 対性理論では質量 $m \cdot$ エネルギー E の転換を含めた保存則($E = mc^2$)となり、光速度 c 一定で、時間・ 離の加法性は無くなる)

抵抗・ばね定数も比としないで、加法性がある電圧と電流、荷重と変位を、そのまま入力と出力とした理想関係はオームの法則、フックの法則で、基準(0)点比例式となる。ただし現実には、直線性が れ、その れの程度は設計の良否で変わる。

3) 品質を改善したければ品質を測るな。機能性を測れ (1998、米タグチシンポジウムの標語)

品質ばらつき(品質損失)に がる、品質データ(消費者用・技術用・検査用)は、加法性がないものが多

く、一つ、信号(ユーザーが使う)が一条件で(静特性と呼ぶ)、用性も劣り、改善に不向きだ。

「機能」とは働き(入力(信号)と出力の(関数)関係、信号あり動特性と呼ぶ)で、ノイズによりばらつく。

「機能性」とは、理想機能からのばらつきの少なさ(ロバスト性)で、SN比(信号ノイズ比)で表す。

タグチメソッドでは、製品を開発・設計する時、先ず、**目的とする理想機能**(設計者の意図で、物理学とは無関係)を明確にし、更に加法性向上のため、その目的機能を実現するための技術的手段の機能(**基本機能**、generic とは限定された目的機能と違って「特有であり一つ一般的な」の意)を考える。「機能はエネルギーの変換」だから入出力にエネルギー関連の因子・特性や、科学の基本法則を使うと、理想(ロスなし)では0点比例式で、現実の設計のノイズ下の機能性をSN比で評価できる。

(しかし、改善のためでなく、取引・比較のための機能性評価なら、加法性は必要ないから、ノイズの下での、目的機能や技術・品質データでよい)。

4) 役に立つ交互作用①役に立たない交互作用②

科学が因果関係(因)を重視するのに対し、タグチメソッドは交互作用()を重視する。お客様の「法」の通り、すべては因と で成り立つのだ。

内側(設計者用)直交表 L18 にパラメータ(制御因子)、外側(お客の使用条件)に入力(信号因子)とノイズ(誤差因子)をわりつけ出力データをとる。

①**信号とノイズと制御因子の交互作用**は大きい方がよい。これが**機能性**(安定性、ロバスト性)に役に立つ。 は、この交互作用を計算しグラフに いてノイズに安定な制御因子の水準を調べる必要があり 雑だったが、今は、**SN比**を計算し要因効果図でSN比が大きい水準を選べばよい。

②**直交表データ**の2乗和の加法性は、数学的に(お客様と同時代のピタゴラスの、直角三角形の三平方の定理で)保証されており(そのため入出力エネルギー値は $\sqrt{\quad}$ をとる)、SN比自身の加法性もかなりある。(出力データ y でなく、理想からのばらつきを計算、 $=10\log \frac{2}{\sigma^2}(- \sim)$ だ)

そして、現実の機能性設計で、直交表から求めたSN比の要因効果を足し算し推定した最適組合せ条件でのSN比の利得と、実際の確認実験値との一度で、SN比の利得の**加法性**がある(**制御因子同士のSN比の交互作用**が小さく、因子が互いに影響し合わないので、量産・市場での**下流再現性**が期待される)ことを、検査し予測できる。

(出力データの、制御因子の主効果と制御因子同士の交互作用は、共に、ばらつき対策には全く役に立たない。平均のチューニングには役に立つ)。

7. 逆説と、 の (越的立場)

異 の の語 には、悪人正機から には無義をもて義とすまで**逆説**(パラドクス、一般的な見解とは逆のようだが、一種の真理を示す説)が多く、真意を するには が必要だ。

田口先生の語 にも全く同じ感じのものが多い。

「品質は損失だ」「品質を改善したければ、品質を測るな。機能性を測れ」「真値が不明でも誤差を比べよ」「トラブル原因を追究するな」「実物を作る前に市場トラブルを無くせ」「品質を改善しコストを下げよ」など の の手法を提出された。

高校で教わった論理学の推論の方法に、演繹法(法則や理論から)と、帰納法(個々の事実から)と、**弁証法**(対立した見解を弁じてその中の を論証しながら統一し してゆく)があった。

ヘーゲル「**真理は右にもなく左にもなく真中にもない。全体にある**」物事が発展してゆくと、それ自身の中から対立した が起きてくる。だが、真理はこのテーゼ(正)・アンチテーゼ(反)の何れにもなく、また中間にもない。 を みながらしかもそれを越えたーそのものとしては否定しながら、より高いレベルでそれを生かしたーアウフヘーベン(越・止・棄)したシンテーゼ(合)に真理がある。この「正

→反→合」を繰り返して進化発展してゆき、次第に絶対的な真理に近づく。

例えば、光の本質について最初波動説が次いで粒子説が出て長く争われたが、結局ルイ・ド・ブロイの波動力学によって、光は粒子であると共に波であるとして統一されたという具合だ。

この語源は、中国で1人の商人が玉を売りながら「自分の玉はどんな玉をも破ることができ、自分の玉はどんな玉をも防ぐことができる」と威張った所、客に「お前の玉でお前の玉を突いたらどうなるか」と言われて困った故事による。

はまさに真理で、力は語源(玉を止める力)通り、自己力に限定する各国の英知が望まれる。

玉は、1年になっても「教行信証」を絶えず見直し加減を削した跡があるという、終わり無い研鑽の道を歩まれた。勝手な思いだが、田口先生も、玉・力に比する人と私には思われる。

8. 田口語の解説

短い田口語は、その玉の理解が大切だ。

1)「品質は、品物を出荷後、社会に与える損失だ。

(田口の品質損失の2乗則 $L = \sigma^2$ → 会報No35p7)ただし、機能そのものによる損失は除く」「品質を改善したければ、品質を測るな。機能性を測れ」

お客の望む商品品質と、お客の望まない技術品質に分けた。これに対応するのが、機能と機能性だ。タグチメソッドは、お客に聞く必要のない技術品質、更に品質より実用的な、機能性を研究する。「真値が不明でも、理想が曲線でもSN比で評価できる」

2)「トラブル原因を追究するな」「(ノイズとの)因果関係を研究するな」「(ノイズ)原因に対策するな」「ノイズの影響を受け難いロバスト性を追えよ」

これらの語は誤解を受けやすい。トラブルが起きてしまったら、先ず原因を想定してみるのは当然だ。簡単に原因が分って対策が取れば、それでよいが、複雑ですぐ分らない時、トラブル原因の追究は止め、トラブル原因(ノイズ)があっても、その影響を受けないよう、自分が設計するパラメータ条件を変更して対策の方が早く解決できる。しかもその方が、薬でなく、根本的な解決・体質改善になる。

トラブル原因を正しく究明してから、対策を考えるのは、ワンテンポ遅い。つかのトラブル原因を想定し対策を考え、直交表実験せよ。効果のあった対策から、逆に原因も究明しなくなる。対策実施後、原因究明せよ。(why→howでなく、how→whyだ)

また、外部のばらつき原因(ノイズ)を追求して、原因が分っても、すぐ対策が取れないことも多い。

外部のばらつき原因(ノイズ)の一つを特定してその原因に対策するため、設計を変更するのは良くない。反対側のノイズ条件でも問題ないことを確認しないと「もぐら叩き」となってしまう。

この語の本当の意は、トラブルが起きてから、原因を追究する、問題解決・再発防止でなく、最初からトラブルが起きないように、機能性(ロバスト性)を追求し、問題予防・未然防止せよ。「実物を作る前に、市場トラブルを無くせ」ということだ。

一方、パラメータ設計の誤差因子を設定するためばらつき原因を追究することが必要な時もある。

3)「システムを改善するには、システムは複雑でなければならない」(制御因子が多く取れる)

4)「ばらつきを小さくして実験するのでなく、わざと、ばらつきを大きくして実験せよ」(予め、ノイズとしてのトラブル原因を想定し、誤差因子N1、N2に調合する、玉は、外側直交表にわりつける)

5)「ロバスト設計のためにシミュレーションで使う理論式や実験式は、不完全なままで構わない」

「シミュレーションの誤差因子は、固定した制御因子の水準値や、定数値を小幅(1%)に振って作る」

6)「直交表の実験は失敗したときだけ価値がある」

7)「品質を改善しコストを下げよ」「品質は目的でなく手段だ」(パラメータ設計で品質損失を減らし、

スピードアップ、生産性を向上しコストを下げる) I N A タイルの例が分り いる。(→会報No39p5)

8)「タグチメソッドは、(固有の専門技術の)改善の手法ではなく、評価と予測の方法(用技術)だ」

タテ とヨコ の関係だ。改善のアイデア(システム・パラメータと水準)を出すのは専門技術で、その効果を効率よく早く確実に見出すのがTMだ。

実は、研究開発で最も時間がかかっているのが、物を試作して(寿命)試験をする評価であり、しかも技術者は自分のアイデアが否定されないと、次のアイデアが出にくい習性があるので、評価(研究 の結論で、量産・市場での下流再現性の予測が可能)の期間短 は重要であり、研究開発を 進ずる。

9)「寿命試験をするな」(対比較なら、標準条件での長時間試験は全く無 。加速試験を工夫せよ)

改善のための直交表実験での多数の試料は、 対比較でよいから、劣化のメカニズムを変えずに加速する条件を工夫し、長くて24h以内に評価したい。(購入・取引のための機能性評価も同様である)。

標準条件での寿命は、市場の中の1つの参考値に過ぎない。むしろ、旧タイプで市場の平均寿命が分っていれば、それとの 対比較で寿命が推定できる。

新製品ができれば、出荷発売と併行して、長時間寿命試験のデータをとることは当然である。

10)「解が得られないのは、数学が悪いからだ」

田口先生は、この考え方で、MT(マハラノビス・タグチ)システムを、T(タグチ)法に発展された。

9.(付) 土真宗と 国参

2003.10 土真宗本 派総長(野以)名で「小 の 国 社参 発言に対する抗議」がされた。憲法の政教分離に反すると言うが、その には真宗と 国の対立意識があるようだ。政教分離とは、特定の宗教宗派に国政を牛耳られてはいけないということで、戦死者を無宗教で る国は何 にも無い。日本 来の 道は死者を る習俗であり、教祖も教義も無いから、 国 社ではあらゆる宗教宗派の りが許される。真宗門 で 社を って何の もないことは、(上 第七節)にも明記あり。抗議したいなら自 だから個人名で行うべきだ。

土真宗は 人を初代宗祖とし、全部で10派あるが、大きいのは、東本 (真宗大 派)と、 本 (土真宗本 派)だ。

戦国時代、 田信長と 本 (11代・ 如上人)との「石山合戦」11年目、本 明渡しの講和に子の教如が反対し したが、総攻撃をうけ退去した。信長の死後、豊 秀吉により、本 は京 に され、石山本 のあとは大 となった。 如の死後、教如は隠 させられ、 の 如が本 12代()をした。教如は 津に大 本 を 立したが、1602年 川家 から現在の地を 進され、東本 が生じた。

10.(参考) 法然 人の話題(津本ほかより抜)

1) の遺言(先の大戦の犠牲に対し参考)

法然は1133年、 作国(山)に生まれた。9才の時、(地方の 備官)が夜討ちをうけ命を落とした。「 みをもちて、 みに報いることなかれ」 をうつのでなく「 みを超える道を求めよ」との遺言に従い 提 に入門したが、非 の才能が認められ、 められて13才で比 山に った。

2)「選 本 集」1198年著

「 は きが故に一切に通じ、 行は難きが故に 機に通ぜざるを。然ればすなわち、一切 生をして平等に 生せしめんがために、難を てて を取りて本 となし給うか。 」

3) 平氏源氏と 土宗(NHK ドラマ義経に因んで)

1179年 、平重 が法然に帰依した。 重 は、一 の 合戦で源氏に らえられ、東大 ・興 を打ちした罪により へ送られる前、法然に合い受 した。一 の 合戦で少年の平 の をあげた

東 者 次郎直実は、のち、法然をたずね出家し 子となり、専修 者となった。

東 者の入信は 生 のあとも 次いだ。

府では源頼朝の死後、政子が法然に帰依した。夫と4人の子を失った彼女は 功 に頼ろうとした。法然は政子に「土宗略」1 を与え、入信の指 とした。

4) 七 条起 (数理統計専門家との議論に参考)

1204年、法然門下の専修 者が天、真言の教えを正法でないと批判したため、延 の学生が り、法然のもとに抗議してきた。法然は抗議を受けると、今後は行過ぎた行動をしないと起 ()を送り、同時に「七 条起」をつくり 子に示した。その自 の大要は次の通り。

1. 天、真言の教説を論破し、 以外の・ をそしってはならない。
2. 有(うち、恵の い人)、専修 以外の修行をする別行の人と議論をしてはならない。
3. 別解(べつげ、別派の学者)、別行の人に、偏執の心をもって、その本業を て専修 の道に入れと強く勧めてはならない。
4. 門に 行はないと言い、飲食肉食をすすめ、 行を行う人を雑行する人であると見下し、 の本を信ずる者は、悪行を犯しても れることはないと言いはいけない。
5. 教、師の説法をはなれ、ほしいままに私説を べ、みだりに他人と議論してはならない。
6. 、土の教えを 能のように巧みに節をつけ唱導し、無知の人々を させてはいけない。
7. 己の考えのままに 法を説き、それを正法であると言い、師説であると言ってはならない。

5) 「3つのもとどりを切れ」

法名を く「帰教式」(きき うしき)では、伝統に従い、「 の 」で法然の3つのもとどり(勝他、利養、名聞)(俗に、地位、産、名)を 除する式を受けた。技術士・ 海の思索の一端を 露して、若い世代に伝えたく、本稿を纏めた。

(富士技術経営研究所、技術士・釋縁海)

「私説、歎異抄とタグチメソッド」（補）

会員 上杉 伸二

1. 品質工学のパラダイムシフトとクーンの論説

7 の第 35 回セミナーの野口 氏のレジメでゲノム・バイオ産業での「パラダイムシフト」（科学者集団に共有されている概 がある時点で革命的・非連続的に変化する局面のこと）を期待されていたが、パラダイムとは 1962 年、米トーマス・クーンの「科学革命の構造」（中山 訳、みすず 、1971）で、ギリシャ語をもとに新たに提唱された科学 上の言 で（野家 一：クーン-パラダイム、現代思想の 者たち 24、講談社、1998）、実は品質工学会でも矢野 氏により ・議論されており、それを踏まえて以下に私見をまとめた。

1) 「タグチメソッド・品質工学は、技術の評価のパラダイムシフト」で、「技略」とも呼ばれる。

ただ、ここで私が言うパラダイムシフトの意は、クーンの科学(物理学) における天動説→地動説の、旧新二つのパラダイムが両立不可能な「科学革命の構造」とは違い、一般に流行している通俗的な「考え方の大転換」という意だ。科学は唯一の真理を追究するが、技術は多数の解や、流派があって差しえなく、両立が可能だからだ。

しかし、クーンの言う「パラダイムの確立」には「模 例」の提示、「持集団」の実践が重要で、旧新二つのパラダイム間の用語の同語異義による誤解、同じ図 を見ても 視で判断が変わる（ゲシュタルト変換）、「通約不可能性」、共通の評価基準が存在しないため論争は「哲学論争・すれ違い」に終わらざるをえず、結局は「帰依、改宗」する人々の帰 により「競合は土俵外で決 する」という指 は、両立が可能な技術の流派の争いにも参考になる。

2) 旧新二つのパラダイムを対比して整理すると、(旧)（技術開発・製品設計に対するパラダイム）

科学的方法(因果関係によるばらつき原因究明)重視、フィッシャー流実験計画法、確率に基づく信頼性工学。/（また、製造段階、社会科学ほかの分野に対しては）、統計的品質管理、多変量解析法。

(新) タグチメソッド・品質工学のパラダイム 技術的方法（ノイズとパラメータの交互作用）重視、パラメータ設計、機能性評価（改善・取引の 2 種あり）、/オンライン品質工学（損失関数で、ばらつきをコストに換算）、MT システム(パターン認識の科学的方法で、原因 求にも活用される。 用的・総合的な情報 理のシステム設計法だ)。

直交表の応用として、ソフトウェアのバグ発見法。

3) パラメータ設計の意義

従来の研究開発法は、製品を設計・試作・試験し、トラブルを発生させ原因を究明、設計変更・試作・試験のサイクルを繰り返す「もぐら叩き開発法」で、 々に 成してゆく「再発防止型」だ。時間・コストが り、トラブルの見逃しも起きた。

タグチメソッドの中心的手法・パラメータ設計は、トラブルを出す前に、理想機能からのずれ・ばらつきの少なさを SN 比で評価して、直す（最適化する）、「未然防止型」だ。ばらつき原因（ノイズ）を追究せず、ノイズがあるままでその影響を受け難いパラメータの水準を選ぶ。コストアップなしで品質ばらつきを減らすことができ、更に研究 で実製品・量産・市場のトラブルを予測し対策できる。

これ以前、このパラメータ設計（ロバスト設計）に代わる概 はなく、従来のシステム選 →許容差設計（ノイズ因子の許容幅を設定、コストアップとなる）の間に、全く新たに導入したものだ。

フィッシャー流実験計画法は、ばらつきは偶然に起き、それに比べて大きい平均値の差を見出すだけで、ばらつきを減らそうという考え方はない。更にノイズによって必然的に起こる機能（入力-出力の関数関係）のばらつきを計算できない。

ウィナーのサイバネティクスは、ばらつき原因は追究せず目的特性を自動制御するが、コストアップとなるので、パラメータ設計が優先される。

日米戦争で、米軍はレーダー故障多発に悩まされ、製造工程の品質管理だけでは 目で、市場トラブルをなくす設計品質の重要性が認識され、それが信頼性工学に発展したが、 大なデータ収集が必要だ。

4) 品質工学の 化と

どんな研究開発法を用いるかは各技術者集団の自 だが、生き残りを けた新規技術の開発競争で納期コストという共通の評価基準の下では、科学的に因果関係を究明した後に技術手段を 索すべきだと考える(科学信奉)派と、技術は科学と違い因果関係が説明出来なくとも確実に機能するものを早く作るべきで因果関係の究明はその後にやればよいというタグチ派の優劣は既に決 済だ。

論、直接の成果は目的とする理想機能を実現するシステムを創造する技術によるもので、如何に適切な基本機能とノイズを取り上げ機能性評価するかを創造する技略は、時間の短 に 与するだけだ。絶えざる技略のレベルアップが重要だ。(一例として、工作機械の切削加工技術に対する技略を示すと、(寸法の 度・表面 さ→)寸法の転写性→電力と仕事量の関係、と評価が進化した)

品質工学の優位性にもかかわらず、テーマの内容、余 時間、技術知識、価値観、 などから、どんな研究開発法を用いるかは、特別の制約がない限り、 当技術者集団の自 だ。(社会生産性の向上という 度では差はでるが)

また、研究開発で成功したパラメータ設計（改善のための機能性評価）の事例は発表されないこともあるが、社会に出荷される製品の取引のための機能性評価は公開されるべきで、「(設計は自 だが評価に自 は無い)」、品質工学会で模 例を自主規格として標準化し(旧パラダイムの人に分るように き、学会 だけでなく他の専門 にも発表し) に努めることが必要だ。

社会生産性の向上を目差して、できる限り科学技術経済社会学に広く、品質工学によるパラダイムシフトを展開してゆくことが望ましい。特にMTシステムは、もともと医学・ 診断から始まり、 方薬・足 に、更に、企業の成長予測、不動産評価、地 予測などに応用研究が広がってきている。

2. パラダイムシフトの困難さ・抵抗 力の実例

クーンも「一つのパラダイムの下で研究活動している科学者が、その反証例が示されたからといって、おいそれと自説を放棄することはなく、自説に固執し抵抗するのは当然である」と指 している。

1) 日本海軍の海空戦法のパラダイムシフト

日本海軍は日米開戦時、戦艦主力の艦隊決戦から山本五十六長官の空母航空決戦への戦法のパラダイムシフトによりハワイ・マレー沖で大勝したが、実は日本海軍部内は航空派より戦艦派が多数を占め、ミッドウエー海戦では艦隊配置を誤り完敗した。その後も艦隊決戦は生起せず、いち早く日本の戦法を学んで空母中心に 成した米海軍機動部隊に圧倒された。「明治の頭で昭和を戦った」、「戦艦大和が沈められ目が めた」と した元提 もいた。パラダイムシフトとの対応が勝敗を分けた実例だ。

また日本海軍は、海・空戦とも米軍のレーダーによって敗れた（ガダルカナル島周辺日米艦隊夜戦の明暗、マリアナ沖海空戦の七面鳥狩りの悲劇）。

戦後日本は、トラブルが起きる前に予測発見する技術開発のための新レーダー・田口の SN 比と直交表の活用によって、米 国を一時期凌駕した。

日本海軍敗戦の教訓を として、日本発 の品質工学を活用し、開発競争を勝ち抜きたいものだ。

2) 教における のパラダイムシフト

教では、人生の悩み苦しみの根源は 悩（自分の思い通りにしたいという 望）があるためと考えて、自らの修行・自力によって 悩を断ち切ろうとする難行 道門（天 ・真言両宗）に対し、パラダイムシフトとなる、 悩があるまま の本 他力に頼って信じお任せする 行 土門（法然の専修 ・ 土宗）が信者を増やし争いが起きた。

法然は争いを けるため「七 条起 」を作り 子に示し 名させた。「第一 条：天 ・真言の教説を論破し、 以外の ・ をそしってはならない」（以下略）。しかし1207年朝 は えを取り上げ、75才法然は四国、35才 は越後に流罪となったが、5年 経て され布教を許された。現在、法然の 土宗と の（ 土）真宗（10派に分れた）が、他の宗派と共存し教化活動している。

3. ロバスト(ばらつきに強い)設計の好事例

ロバスト設計の重要性は、別にタグチと関係なく、優れた研究開発・設計者は当然認識実行している。

1) カラシニコフ A 47 の設計思想（ 長 部光雄ベーシックタグチメソッド、日本能率協会(2005)）

イラクでテロ集団に連れ去られた日本人 3 人の様子が TV に放 された時、テロリストたちが手に持っていたのがカラシニコフ A 47 だ。ベトナムでもイラクでも、前線の米兵は米軍の M16 自動 でなく、敵から 収した A 47 を使用したという。M16 の命中 度は高いが、イラクの ぼこりでは弾 まりを起こす。A 47 は を水 しにしても、足で踏んで んだ弾 でも問題なく使える。

ロシアのミハエル・カラシニコフは第二次大戦・対 戦争での自身の悲 かな体験から、どんな環境でも確実に動作できることを第一優先し「部品の隙間を大きくスカスカにした。ごみや火薬のかすが入ってもこれなら動く」とし、そのあと、命中 度を高め、全体の重量を く設計したのだ。

2) 青色 LED 開発の成功要因—中村修二「「バカになれる男」が勝つ」（三笠 、知的生き方 ）

日 化学の中村社員が開発を始めたとき、世界の研究の主流は「セレン化 」だった。理 は「化ガリウム」に比べ結 化し く実用化の可能性が高いとされていたから。しかし えて 化ガリウムを選んで大成功を収めた。 点が高く結 化し難い反面、結 ができると に安定で長寿命だ。セレン化 は低温で結 化し く早めに成果が出るが、 に不安定で実用化に足踏みしてしまったのだ。

3) ゼロ戦の 性能は、ロバスト設計だった。

越二郎技師の、昇降舵の 索を伸び みさせる「 性低下方式」の発明により、自動的に、低速時は舵の利く角度が大きく、高速時には小さくなるので、パイロットは離 艦時も空戦時も同様に を動かせば良く、 が楽になった。

）（ ノドン・スカッド全 6 発目標海 に 弾）。

的の中心を う競技の練習で A B 2 人が 6 回試みた時、A は 1 回だけ中心に当たったが残りは大きくばらつき、B は 6 回とも中心からは離れたが狭く纏まったとしたら、B の方が素質良とみる。

4. 品質工学のパラダイムシフトの好事例

1) 電気特性に 目した高 金 ベルトの開発

—品質工学 Vol.11 No.5(2003)ミノルタ 林英二

電子写真式カラープリンタの定 用ベルト(約 40 μ m の Ni 電気 造品+シリコンゴム)は、繰り返し曲げ変形による金 労のため、割れが生じ寿命となるが、次の新製品の速度アップに備えて、材料の

先行開発に 手し成功した事例だ。

従来法では、割れ寿命のばらつき原因を追求し、因果関係より寿命を短→長とする対策を 出す。寿命試験は 1000 時間、加速劣化 試験でも 100~200 時間必要で、開発期間は 3 年と見込まれた。

ミノルタでは、品質工学で、半年で解決した。

金 労に強い材料の理想を考えると、金 原子結合・結 構造に がないのが良いから、金 内部構造の均一性を評価するため、周波数を 2 千倍変えて、交流電圧(入力信号)を 加し交流電流(出力特性)を測定、周波数依存の少なさを調べた。Ni 電 の条件を L₁₈ 実験し(1 実験 15 分で済む)、最適条件を求めた結果、割れ寿命は 3 倍に延びた。

更に、直流電圧 加時の直流電流を信号、交流電圧 加時(ノイズは低・高周波数)の交流電流を出力とする S/N 比が、より 用性が高いと分った。

定 ベルトだけでなく、産業における金 労破壊事故の未然防止にも役立つか期待している。

2) ポリゴンミラーの機能性評価法の 索

ー品質工学 Vol.12 No.5(2004)リコー長 部光雄

レーザープリンタの心 部の回転多面 (毎分 3 万回の高速回転で回転 のぶれが数ミクロン以内の高 度、寿命 3000 時間以上を要求される)

部品メーカーより開発購入時、性能評価に半年以上の期間が必要だったのを、数日間で終 できた。

ミラーを回転するモータの理想機能は、電力エネルギーがロスなく回転力に変換することだ。

回転のスムーズさを評価するのに、①回転中に電源オフにして自然に 止するまでの時間、②高速回転中の消費電力を測定。機能を す意地悪ノイズ条件として 12 因子を L₁₂ にわりつけ試験した。

メーカー 3 社の S/N 比の比較結果と、市場の信頼性の実績とよく することが確認されている。

5. 品質工学のパラダイムについての 足

1) 科学と技術の違い、理論式だけでは設計不可

自転車職人だったライト が、飛行機開発競争で一流の学者達に勝った(1903.12.17 初飛行)。飛行原理、力と抗力を求める理論式が確立していてもそれだけでは飛行機は設計できない。ライト は小型 (40cm × 150cm) を作り、ミニチュアモデルで実験測定を繰り返し、式の数値の誤りを正し、機体を安定させるための翼のそり具合などの実用的なアイデアをテストし成功した。

2) フィッシャー流実験計画法 / タグチ品質工学のパラメータ設計の違い 現象解明・原因究明(正しい実験式を求める、科学の立場) / 設計最適化・対策選定(ノイズによる機能のばらつきを減らす、技術の立場)、(偶然ばらつきより大きい)平均の効果を見出すノイズ(必然的なばらつき原因)の影響を減らす)ロバスト性、(ノイズとトラブルの)因果関係 / (ノイズとパラメータの) 交互作用、再発防止 / 未然防止、(研究 での)再現性 / (研究 と量産・市場の現場での)下流再現性、の違いだ。

タグチは技術者の考えにパラダイムシフトを す。

3) フィッシャー流とタグチ流、直交表・制御因子同士の交互作用の考え方の違い 数学者「直交表は因子同士の交互作用が無い時しか使えない」。

フィッシャー流「だから事前に交互作用の有無を技術的に判断して(素数べき型)直交表(2ⁿ=L8・16、3ⁿ=L9・27)にわりつける」しかし、現実には因子の主効果が不明だから実験しようとする時、交互作用はもっと不明で、それを技術者の責任で事前に判断せよと言われても困る。

タグチ流(特性 y の制御因子同士の交互作用は現実には多少の差はあっても必ずあるが、制御因子は水準を固定するので、ばらつきに関係ない)

「外側に理想機能(信号と出力)とノイズを考え、内側×外側を実験し、外側で機能性の評価測度 SN 比を求める」(ノイズと制御因子の交互作用が有用)。「SN 比の制御因子同士の交互作用の有無が不明だから、有無を調べるため(合型) L18 直交表を使う」(SN 比の制御因子同士の交互作用が小さいと加法性・下流再現性が期待される)。

4) シミュレーションによるロバスト設計

ばらつきを調べるから、理論式や実験式が不完全で、計算値が実際値と一 してなくても、傾向が合っていれば使える。簡 模型計算式を用意するとよい。ノイズは、固定した制御因子の水準値や定数値を小幅(1%)に振って作る。ノイズの無い標準条件Noの出力 y_0 を信号とする標準 SN 比で解析する。目標曲線への合わせ込みは直交展開式を用いて概略行い、最終的には実物で行う。

気ポート 造用 型設計条件の最適化

ー品質工学 Vol.12 No.6(2004)マツダ垣田 ほか

型の実物モデル 12 万メッシュ→簡 模型 4 万メッシュで代用できることを確認した。内側 L_{18} ×外側 L_{12} の計算を 3 日で終 、 気ポート部の主型と中子の位置ずれを 1/22 に低減できた。

5) 自動車のエンジン機能と衝突防止システム

ー田口玄一、研究開発の戦略、日本規格協会(2005)

① エンジンの機能(会報 No.37p.5 参)

ガソリンを入力、機械的仕事量を出力とする目的機能は、NOx 対策はなく 目で、基本機能は化学反応(全反応 と副反応)とすべきだ。

② 衝突防止システム(会報 No.40p.6 参)

先ず前後左右の障害物までの走行時間を連続的に測定するセンシングシステム、次に時間間 6ms(時速 60km なら 10cm 動く)毎に総合判定しリスクを予測する MT システム、回 のための車の速度と 舵角の修正量を計算し、3 前にアラーム、1 前に自動修正するシステムの設計だ。

6) 因と の自 自在なパラダイムの転換

2500年前お 様は「因と 」により果が生ずると 破された。以下は私見だが、「因」は科学の基本である因果関係、「 」はタグチメソッドの基本であるノイズとパラメータの交互作用だ。(もちろん、交互作用も広義の因果関係には含まれる)

20 世紀半ば人類 上初めて、田口玄一がお 様の「 」を数学的に定義した。タテの専門技術(技術)とヨコの 用技術(技略)、 法の でなく、(技術者)の金(技略)、因と の自 自在なパラダイムの転換が極意だ、と理解している。

(富士技術経営研究所、技術士・釋縁海)