8月度関西品質工学研究会講演(2020. 8. 7)

タグチメソッドとは

―タグチメソッドの教育と普及―

(1988年　標準化と品質管理 5 月号)

出席者(順不同)

司会　矢野　宏　　工業技術院　計量研究所力学部長

田口　玄一　　㈶日本規格協会 参与

福田　猪沙男　　関西ペイント(株)企画室室長

原　和彦　　松下電工(株)　総合技術研究所

電磁応用研究室　主幹

誌上参加

竹内　啓　　東京大学　先端科学技術センター教授

統計学者のみたタグチメソッド

(1989 年　標準化と品質管理 5 月号)

対談

田口　玄一

㈶日本規格協会　参与

竹内　啓

東京大学教授　　先端科学技術センター

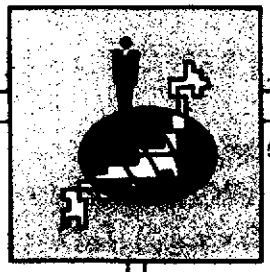
司会

矢野　宏

工業技術院計量研究所　力学部長

タグチメソッドとは

座談会1



特別企画[タグチメソッドの教育と普及]

出席者(順不同)

司会 矢野　宏　工業技術院 計量研究所力学部長

田口玄一　㈱日本規格協会 参与

福田渚沙男　関西ペイント㈱ 企画室室長

原　和彦　松下電工㈱ 総合技術研究所 電磁応用研究室主幹

誌上参加

竹内　啓　東京大学 先端科学技術研究センター教授

May 5

はじめに

矢野　タグチメソッドという言葉がいい悪いは別として，とにかくこれには実質があります。そこで今回は，その教育問題と普及問題をいかに考えたらいいかということで特集を企画しました。

福田　JIS K 7109（プラスチック寸法許容差の決め方）の制定は，工業界にかなり大きなインパクトを与えたと思います。いままでこういう寸法許容差は主として技術的理由で決めていた。それを経済問題として扱うようにしたというところにつの大きなポイントがあったと思います。

技術的に決めるというのは，買い手側，つまり使用者のほうでは「この製品はこういう理由でどうしてもこの許容差の範囲内に収めたい」といい，売り手側，つまり製造者側のほうでは「こういう理由でどうしてもこういうものしかつくれない」というふうに双方がそれぞれの立場を技術的に理由づけて主張し，その上に立って許容差を決めようとするようなやり方を言います。

こういう技術的な理由を持ち出されますと，お互いに反論が非常にむずかしい。結局合理的な議論ができないままにある種の力関係みたいなもので決着がつき，どこかにひずみが残ってしまう。すなわち，損失が生まれるということになるわけです。

ところがタグチメソッドではそうした技術的な問題を全部経済的な損失の値に置き換えて処理しますから，お互いの立場がどんなに違おうとも等しく共通に何円・何ドルという次元で議論ができ，力関係のような非合理な要素を排除して，問題を公平な立場から最適化できることになります。そしてこういうアプロ　チのしかたはプラスチック部品に限らずいろいろな許容差の問題に使えることは明らかですから，そういう意味で，これは一つの大きなインパクトになっただろうと思います。

2番目は，損失関数という概念をもちだしたということです。損失の二乗則といっていますが，これを武器にして問題を解く方法です。許容差というのは，買い手側にとってはできるだけ小さいほうがいいのですが，売り手側からすればそれではコストが上がってしまう，つまり本質的にどこ

かでトレードオフをしなければいけないような種類の問題なんです。とはいうものの実際にはいろいろな要素が絡んでくるためにどうすればいいかわからないことが多かったんですが，損失関数を使うことで実用上十分な近似でエレガントに問題が解けるようになった。そういう方法が開発されたということです。

3番目は，これまでの日本の品質管理では規格値とか許容差とかは誰かが決めたとして，決めた後で，それに合うものをいかに合理的に作るかというところを中心にしていたわけです。規格を決めるというようなデザインの領域の問題は技術的，工学的には扱いにくい。だからいろいろなことを勘案して，場合によっては若干の不条理があってもポリシー的に決めざるをえない，という考えがあったんです。

それに対して，実は規格値や許容差をどう決めるかによって全体の損失が大きく支配されるのであって，そこを見逃したのでは，後のプロセスで一所懸命品質管理をやったってたいした意味がないじゃないかということで，源流に当たるデザインの領域に工学的にアプローチする方法を与え，またそういうことの重要性に着目させた。このインパクトが大きかったと思います。

話は変わるんですが，これからは国際的な協業ということが非常に重要になってきます。私どもの合弁会社が台湾にありまして，昨日まで数日間，そこへ行っていたわけです。日本人が台湾の人々と一緒に仕事をしている，あるいは日本のわれわれの会社と台湾の現地の会社とがいろいろな商取引をするという状況の中に現実に身を置いてみますと，国情の違いや文化の違い，価値観の違いといったものがお互いの協力をはばむ非常に大きな障壁になっていることを実感します。

そういう状況を乗り越えて協力をしていくためには，それに耐える管理技術が必要になります。たとえば損失関数のようなものを合理的な議論のために使っていくといったことが，そのための良い突破口になるんじゃないかと思うんですね。

そういう点から考えてみると，タグチメソッドのような考え方とかツ　ルとかが，近い将来いろいろな面で花を咲かせていくような気がします。いまのところは研究開発とか技術的な側面にその応用が限られているようですけれども　実はもっと大きくビジネスの全般の面に適用が可能であって，それが国際協力といった要素を含む新しい時代，21世紀をつくっていくのに非常に役に立つのではないかと考えているわけです。

◆経済的に競争力のある最適解を◆

顧　タグチメソッドを私なりに解釈しますと，企

本企画のねらい

タグチメソッド(品質工学)は，工学面における研究・開発の生産性を上げ，さらに生産における工程設計の効率化・コストダウンを図る手法として，多くの企業や研究所などに取り入れられ成果を上げている。このタグチメソッドは，田口玄一博士による永年の研究のうえに構築されたもので，品質の評価，設計のための新しい工学的手法である。

一方，時代は不可避的に"多品種少量生産体制"への移行をわれわれにせまっている。これは，今まで以上にタグチメソッドの適用場面が増してきていることを意味している。数多くの製品の開発，設計，生産，販売を，最適の品質とコストと納期で実現していくために，今やタグチメソッドは必須の技術といえる。

本誌では，毎年5月号で，こうしたタグチメソッドについて各方面から切り口を変えて取り上げているが，今年は"教育と普及"に焦点を当てることにした。今回は特に，普及にからむ話題を座談会1で，またこれまでタグチメソッドの教育・普及を担ってきた日本規格協会，中部品質管理協会，計量管理協会による現状報告を座談会2として取り上げた。この他，アメリカにおける状況，企業内教育の実施例などを紹介した。　(編集部)

業側の論理，企業側の押し付けという従来の考え方から完全に脱皮して　もっと企業も消費者も含めた全体から見ていこうという考え方として理解しています。そこにタグチフィロソフィというものがあると思うんです。そしてその基本はどっちかというと市場側から見ていこうというところにあります。

いままではわれわれも含め多くの企業人が非常にマーケットインということを強調してきましたが，なにか建て前的なところがありまして　本音は企業の利潤とか売り上げを優先していくことになっていたように思います。

それが先ほどの福田さんの話にもありましたように，企業側で都合のよいように規格を決めている場合が多くみられました。その結果として，取扱説明書の中に環境条件や使い勝手の適用範囲の制約条項を記載して消費者に不便さを押しつけていたように思います。

一方　われわれは小学校から高校，大学をずっと通じて，大学で問題を解決する場合に，解析的アプローチが重視され，数学的モデルによる理論的な裏づけが重視されていたように思われます。

企業に入ってからは，たくさんの答の中から経済的に競争力のある最適な答を出すことを要求され，そのためには，ばらつきの世界を研究することがどうしても必要になってくるわけです。

また，従来は品質とコストを別々に考えてきました。われわれの場合ですと　設計するときには品質面をまず第一に考えていました。品質といいましても　特に平均値的な性能面です。その後でばらつきを調べて，規格値に入っていれば合格と考えて　その後でコストを試算して，目標コストに到達しなければ試行錯誤的に品質とコストのトレードオフをして目標値に近づけることをしておりました。

これに対してタグチメソッドの場合にはコスト第一ということで，QとCとを常にトータルで考えていく。それが損失関数という考え方につながり　消費者側と生産者側の損失を同時に考えて，両者の納得がいく設計ということになるのだと思います。

タグチメソッドとの出会い

矢野　原さんご自身はどういうかたちでこの方法にお入りになりましたか。

原　私はいちばん最初に導入したのは3年ほど前です。私は20年ほど前から設計保証型の品質保証体制をやろうと考えておりました。

そのために，仮説検証型でFMEAやFTAで予測トラブルをやり，従来の実験計画法もときどき使い，それなりの設計根拠を出してきましたが，肝心な特性値とノイズの関係などを把握しようとすると，非常に複雑な解析手段が必要で困っているとき　たまたまこのタグチメソッドに合いました。そしてたまたまわれわれのグループでやってみた事例で大きな成果を出すことができました。

このような成功体験が，その後の社内での普及活動に寄与しましたし，田口先生のご指導を受けるきっかけとなりました。

矢野　それまでは直接かかわりがなかったわけですね。

原　タグチメソッドにかかわったのはそのときからです。

福田　タグチメソッドがなぜ管理者層に受け入れられにくいかについてなんですが　。

『標準化と品質管理』誌の去年の5月号にアメリカでの討論会の記事が出ていましたね。あれを読んで非常に感心したんですが，出席者のひとりが，損失関数は特に上位の管理者にとって非常に有益なツールだと言っているわけです。その理由は，たとえば研究開発のある段階で意思決定をしようというときに，その内容次第であとになって会社が受ける損失は大きく変わってくるわけです。しかしその損失というのは，その開発中の製品が実際に市場に出て　何年かたって初めて明らかになるという性質のものなんですね。

そういう従来であればとうてい予測できないと思われていた損失が，タグチの損失関数を使えば，きわめて正確だとはいわないけれどもリーズナブルな正確さで，開発の初期段階で予測できる。したがってわれわれとしては莫大な機会損失

を防止できることになるので，これはすばらしい道具だというようなことを，彼は言っているわけです。

私はなるほど，こういうふうに考えるのかと思いました。この人は機会損失回避型のマネジメントをしている。日本の管理者は実際損失，目に見える損失をいかに減らすかを中心にしたマネジメントをしているケースが多いので，そういう姿勢の違いが，ひとつの理由としてあげられるなと思いました。

◆最適解における日米の差◆

矢野　在来型の実験計画法をいろいろ知っていた人たちが，それでやってうまくいかなくて，結局いまの田口先生の方法をその延長で見ていって，結局うまくいかないんだという感じで持っている場合がやはりずいぶんありますね。

原　そうした人々は，一般に特性値は目的機能を正しく表現するものでなかったり，実験を行うとき特性値に及ぼす制御因子やノイズの影響のかかわり方をあまり意識せずにやっている場合が目立ちます。従来の実験計画でわかる程度のことは少し固有技術の高い人ならあまりメリットを認めません。

それは，従来の実験計画が下流での再現性を考えたものではなく，単に実験室における特性値と要因との因果関係を知ることを重点に考えているからだと思います。その延長上でタグチメソッドを考えた場合には失敗すると思います。

田口　研究体制というか研究に対する考え方に日米の差が大きいのです。日本の場合はどちらかというと問題解決型です。問題が起こってから一所懸命に解決する。その場合，安定性設計はできないので，自然に目標値に合わせるという調整的な研究が中心です。いろいろな変数を変えて目標値に調整します。

アメリカの場合は技術開発型です。安定性設計というのは，私がアメリカにもたらしたというのではなくて，もともと安定性設計の考え方がありました。ただやり方が非常にまずいわけです。

目標値からのずれの二乗の平均，いわゆる平均二乗誤差を最小にするというのがアメリカの最適設計法の中心です。

その方法がまずいのは設計定数を動かしますと平均値もずれるということです。ばらつきも変化しますが平均値のずれのほうが平均二乗誤差に対する影響が大きいわけです。ばらつきによる影響は小さいのです。

最適解を探しているのに最適解でない方向に解が導かれてしまうことが非常に多いのです。安定性のいいところを探したいのに平均値が目標値に近いところを探索してしまいます。

そういう悩みというのは昔からありました。現在MITのDon Clausing博士は別の方法を考えたわけです。

その方法は設計定数の機能範囲を増加させるという安定設計の方法で非常にいいのですが，研究に時間がかかります。昔からSN比という考え方は通信ではありました。

入力をM　ノイズをx_1，x_2，　x_nとして出力yがそれらの関数

$$y=f(M, x_1, x_2, \cdots x_n)$$

とします。次のSN比

$$\eta=\frac{\left(\frac{\partial f}{\partial M}\right)^2}{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2\sigma x_1^2+\cdots+\left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2\sigma x_n}$$

を用います。

日立の電子顕微鏡の設計では分子に信号の微係数の二乗をとり，分母のほうにノイズの影響の大きさをとって　比率を最大にするように設計しているわけです。

◆昔からある安定性設計◆

田口　しかし，その方法は大きな欠点を持っています。信号の影響がノンリニアであるとか，リニアであっても偏微係数がいろいろな条件で変わってきます。信号の効果の比例項からのずれをディストーションとか，歪率として別にとらえなければならないわけです。

信号が乱れるというのは結局はノイズの影響なんですから，信号の乱れの影響と純粋のノイズの

矢野 宏 氏

影響を一緒に分母のノイズの中に含めることができません。一緒にできないと別々に求め総合します。複雑で面倒で能率の悪い計算になるわけです。また微係数を出すためには理論式がなければ手間がかかります。実験を必要とする場合には使用できないことが多いのです。

そういう意味ではアメリカでも日本の通信分野でも従来から安定性設計というのはあったのです。安定性設計の中に実験計画の手法を利用したところが新しいと思っています。最初のころは直交表の利用のみが中心で，SN比に関係するところは変化率とかノイズとの交互作用として調べていたわけです。電気通信研究所で利用した変化率というのは初期の値と劣化後の値の差を初期値で割った値でそれを最小にすることを考えました。それはSN比に非常に近い考え方です。 $\frac{y_t-y_0}{y_0}\times 100$

また正常条件と悪い条件でのデータの差をやはり正常条件の値で割り算するのも変化率です。変化率には非常にまずい点があるんです。いまのSN比は差を平均値で割っているんですが，初期の値で割りますと　平均値のずれが要因効果に入ってくるわけです。要因効果は平均値のずれのほうにたいていの場合大きな影響を持つわけです。そのためにSN比の中のNの中にSの影響が半分入ってきまして，安定性としては精度があまりよくないのです。

安定設計をするという問題は昔から技術研究の中にあったと思うんですが，やり方が非常に面倒で，お金がかかる，時間もかかる，それに対して実験計画法の分散分析の応用という新しいやり方を導入したということが，欧米の技術者にかなり受けているんだと思います。ただ技術者は実験計画を知っていないわけです。そこに問題があるわけです。簡単なSN比の計算でも，分散分析を知っていないと計算方法が理解できないのです。

技術者でなくアメリカの中には統計屋がいます。統計屋のグループというのは設計を全然知らないわけです。彼らは設計の中に利用した実験計画の部分だけを議論したがる傾向が非常に強いわけです。設計のほうは，自分たちの設計の中に能率的な方法を持ち込んだということで，スムーズに入るんですが，SN比を求めるための分散分析の計算法を教えるのに時間がかかります。分散分析の手法というのは非常に簡単なことと思うのですが，初めての人には簡単ではないみたいです。そういうところが向こうでも普及の邪魔になっているところです。

原　そのへんの難しいというところを　われわれがなんとかやさしくしようとしてやっているんです。従来の実験計画法をやっているよりは，はるかにやさしくなったと思うんです。数式を扱うんでしたら，もっと難しいことをみんなやっています。ところがタグチメソッドはやさしいわりに，たくさんの情報を与えてくれて非常に得るところが多いのではないかと思いますね。

◆問題解決型から技術開発型へ◆

福田　いまの先生のお話はおもしろいですね。アメリカの場合は技術開発型だから，安定性設計についてもともとニーズはあった。ニーズはあったけれども手法的にうまい方法がなくて困っていた。そこへいいものが来たというので飛びついたんだけれども，実験計画法のテクニックを知らないので難儀している。

日本の場合は実験計画法には強いのだけれども，先生の言い方をすれば問題解決型だから，安定性設計という考え方，あるいはその必要性を理

田口 玄一 氏

解させるのに暇がかかるという感じがします。

矢野 先ほど原さんから提起された問題で，何が難しいかということでいいますと，確かにふつうの技術だったらもっと難しいというか，ややこしいことをいっぱいやっているわけです。それなのになぜタグチメソッドが難しいというんでしょうね。

原 考え方がわからないからだと思うんです。先ほど申し上げたように，たとえば確認試験という言葉があります。その試験という意味がいままでの試験と意味が違うんです。試験という同じ日本語を使っていますが試験の中味が違う。そういう例はたくさんあります。「品質は損失である」ということも最初は非常に難しい考え方で，初めて聞いたときには何のことだかさっぱりわかりませんでした。

従来の設計法と反対の考え方によって皆さんが面くらってしまっていると思います。やることは非常に簡単なんですが，従来の試行錯誤的なトラブル対策型になれた設計者にとってはかなり難解な考え方であり，肌でわかるまでにはかなりの経験を必要とすると思います。

矢野 しかし，いま原さんのところではタグチメソッドが現実に導入されつつあるわけですね。この場合，やはり上の人が認めつつあるわけですか。

原 事業部長の中にはかなりの人が注目しているわけですが，自分自身の考え方を変えて行動に移すにはかなり時間がいると思います。やはり，具体的実例で実績をあげて説得するしかないのではないかと思っています。

矢野 ここで紹介できる範囲で，うまくいった開発の例を具体的に言っていただければありがたいのですが。

原 研究開発段階でうまくいった例としては，リレーのような電磁応用商品や照明器具，FA用機器の開発に応用した事例がたくさんあります。

私どもの会社ではコスト半減運動をやっていますが，品質を下げずにコストを下げようとしますと，もともと過剰品質でないかぎり，どうしても無理なコストダウンになりがちです。大幅なコストダウンにはどうしてもシステムを変える必要があります。そのためには，新製品開発のときパラメータ設計をやることが絶対の条件になると考え，普及に努めています。

矢野 タグチメソッド自体必ずしもそんな難しいものを使っているわけではありませんね。

原 どういうところが難しいかというと 例えば従来の設計に慣れた設計者は全体最適より部分最適を重視する傾向があります。例えば，ある工程のパラメータ設計と称して工程を一定にしたまま，材料のグレードだけを変えて品質の改善を図っている場合がありますが，材料やロットの差などの検討は許容差設計に入ってからやるべきで，工程の安定していない段階でやるべきことではないのです。

これなどはタグチメソッドの正しい理解がなくて，形だけを真似した例ですが，導入時期としてはしかたがないことだと思っています。

このあたりをクリアすると本来の意味がわかり，その成果がぐんと出てくるのではないかという気がします。損失関数は，非常にうまい方法だと思っています。例えば，新しい設備を導入する場合，従来は売り上げに対する寄与率しか評価尺度がなかったのです。

しかし研究所の場合 直接売り上げに寄与しない設備などはこの尺度では，正しい評価ができないのです。そこで，この損失関数を用いて評価し

福田 清沙男 氏

ますと　非常に説得力のあるものになるわけです。例えば，二次元測定機を購入する場合，現状の測定機と比較する尺度を損失金額で出すと，設備決裁のとき絶対値はともかく　両者の差が明確になり　説得力がでてくることになります。

現場が修正してくれる日本式

田口　アメリカでは研究所と現場は非常にはっきり分かれています。研究所は技術標準までやらなければ，研究したとはいえないということになっているのではないでしょうか。現場というものは作業標準を変えてはいかんというのがアメリカのきまりですから，作業のしかたを変えられないわけです。

ウエスタン・エレクトリックに行きますとベル研究所の品質保証の人たちが現場に出張しています。現場が条件を変えないように，見張っているわけです。日本みたいに現場がどんどん変更するということはできません。アメリカの現場は条件の中心値は変えることはできないけれど　許容差を狭めることはできます。

もともと提案制度というのはGEから始まったわけですが，提案したことに対して　50個まで実験させてくれます。実験するときには，スタッフの人たちが計画して実験するわけで，現場が勝手にやるわけにいきません。

日本では設計部門が適当に設計しても現場が後で欠点を修正してくれると考えています。問題解決というのは製品のパラメータ設計なんかしなくても工程条件の改善や許容差設計で解けるわけです。許容差設計で解くということはコストが上がって　生産速度も上げられなくなってしまいますから，コストが高くなるわけです。現場のほうに問題を持ち込んで解決させるというのは，日本の技術が問題解決型になっている非常に大きな理由ではないかと思います。コストダウンのための日本の設計研究もないわけではありません。だれがやっているかというと，よその会社との競争でやっているのです。よその会社がこういう設計をやって，こういう機能の製品を出すと，自分のところの設計と比較して　自分はもっといいのをもっと安くつくらなければということで研究をやっています。そういう意味の競争から来る設計研究は，日本では非常に激しいと思います。よその会社の設計と比較するわけですから，設計を変えて競争しているわけです。

福田　それはありそうな話ですね。さっきの損失関数でも，理屈の上ではたしかにこれだけの損失になっているはずなんだけど，ほんとうかしらという感じはついてまわります。でもそれでうまくいくわけですから，技術屋さんだったら，いちどやれば味をしめると思います。

SN比への誤解

田口　SN比は交互作用を考えて問題を解くわけです。信号の効果を大きくし，ノイズの効果を小さくするという交互作用を考えて解決するという考え方は難しいのではないですか。

原　従来の設計で開発したものをタグチメソッドでやり直してみますと，現状よりさらに品質が向上するという経験をたくさんしていますが，これもノイズと設計定数との交互作用について，従来の設計がやられていないためだと考えられます。

矢野　理解のしかたとしては，Nというのは安定性であって，Sというのは目標値に合わせていくという，わかりやすくいえばそれでいいですか。

原 和彦 氏

もう少し言うとNではなくてSN比ですね。そこで，なぜSN比かというところをもう少し言っていただけますか。

田口 アメリカの誤解の一つですが，よく考えないでSN比のSの値として平均値の二乗を使う。SN比としてそれは必ずしもいいわけではないんです。なにもつくらなければ寸法はゼロだし，強度もゼロだし，入力がなければ出力電圧もゼロです。

入力がないときの値が“ゼロ”で，ゼロからの差を平均とすべきです。電源回路でも電源を入れなければ出力のパワーはゼロです。入力によってゼロからの差が出てくるわけです。ですからゼロからの差というのは，もともと入力がゼロのときはゼロだったのですから，平均値の二乗というのは実際には比例定数の二乗β^2と同じなんです。ただ入力の単位量が家庭用電源なら100Vだということです。ゼロ点補正の考えが必ずしもアメリカでは十分理解されていないと思います。

そこにスチュアート・ハンター教授の主張のような誤解が出てくるわけです。摂氏を使うか絶対温度を使うかでSN比の値が異なっておかしいという議論です。それは結局ゼロ点というところがどこかというのは技術の問題で，統計学の問題ではないのです。リファレンス・ポイントを見つけるというのは技術問題です。誤差を調べる場合でもどこが基準になって誤差を調べたらいいかが問題です。ボードにものを挿入する場合でも，基準点の誤差は基本的にはないとすべきです。

基準点からの距離に比例して誤差が大きくなる傾向があります。そのときに基準点からの距離の平均と標準偏差の比がもし変わらない要因があれば，それでもって調整すると非常に簡単に校正できるわけです。調整のためにSとNの比が必要になるのです。どこが基準点になるかは技術的な知識能力がなければ不明なわけです。

矢野 そのときに単なる平均ではいけないということですか。

田口 単なる平均でいい場合と平均でよくない場合が出てくるわけです。

矢野 それはどういうことでしょうか。どういう場合だったら　。

田口 基本的には比例定数でSN比を求めなければまずいのです。信号をある単位量に変えたときの影響である比例乗数の二乗と誤差分散の比を用いなければだめです。ただ入力がゼロのとき出力がゼロならば平均でもかまわないことになります。

矢野 それから目標値の差からではまずいということについてはいかがですか。

田口 目標値からの差を直接計算しますと　たとえば要因の中には平均値を変えるが，ばらつきはあまり関係ないとします。平均値が目標値に近づく水準は目標値からの誤差を小さくする非常にいい条件になってしまいます。よい水準というのが平均値のずれを小さくするのがよいことになります。

平均値を目標値に合わせるという調整は1個の制御因子があればできることが多いわけです。望大特性，望小特性は別問題ですけれど，目標値のある寸法みたいなのは1つの因子で校正できます。そのような調整をあとでやろうというのがSN比の方法の特徴です。

矢野 ところで在来の実験計画法というのは，どちらかというと，平均値を中心に解析したという言い方は間違っていませんか。

田口 そのとおりだと思います。出力の平均値に対する影響を調べてもむだです。平均値を目標値

に持っていくということは，1つの因子でできるわけですから，全然意味のない実験だと思います。たとえば塗布厚でも，1つの変数を変えれば平均値は変わるわけです。ばらつきを減らすのは簡単ではありません。

タグチメソッドの範疇

矢野　ここで少し問題を変えていきたいと思います。タグチメソッドをどういう範疇で理解していったらいいかということです。実験計画法でもない，品質工学といってもまだひとつピンとこない，設計学というとまたこれもちょっと違う。普及とか教育ということを考えたときに，どうしてもみんないままでの範疇にあてはめようとしますね。そこで拒否したり理解したりというのがあるわけですね。

原　私の場合は設計そのものだと見ているんです。生産設計まで含めて製品設計　工程設計　生産設計を含めてすべてそのものだと見ているんです。ですから私も研究室のフローをつくったんです。フローチャートというのは，これに基づいて仕事をするんだということです。

矢野　在来の設計という概念がありますでしょう。それだと　またそことぶつかってしまうのではないかと思いますが，それはいかがですか。

原　うちはタグチメソッドという言葉を使っていないんです。とにかく従来のやり方になるべく合わせていこうということです。たとえばシステム設計というのは機能設計だというのがあります。その次のパラメータ設計というのは基本設計と言っているわけです。その次に許容差設計というのは詳細設計といえば言葉としてはなにも従来と変わりませんから　問題は内容だけです。

田口　パラメータ設計という言葉は使っていますか。

原　パラメータ設計という言葉はフローチャートの中では使わずに，そこは基本設計と言っています。その内容はパラメータ設計だというんです。そこを品質設計という名前に一度したんです。そうすると許容差設計だって品質設計なんですね。ですから許容差設計と区別する意味で，基本設計というふうにしたんです。

普及と教育について

矢野　それで最後の普及と教育という問題で少しまとめたいんですが，実は昨日のQCRGで田口先生があまり普及しないほうがいいのじゃないかという言い方をされて，また議論になったんですが。

原　社内で研究発表をしますでしょう。そうするとタグチメソッドでやった研究発表は聞く側はよくわかるんです。これはもうガラス貼りなんです。ところが従来の方法でやられたものだとまったく奥歯にものがはさまったようにブラックボックスがいっぱいある。ですからみんなわからない。だけどタグチメソッドの話だけはよくわかると言うんです。

矢野　なぜわからないほうに飛びつくんですか。

原　長年試行錯誤的なやり方に慣れてきますと，従来のやり方と全く異なる新しい考え方は頭では理解しても成功体験がなければ，行動に結びつかないのではないでしょうか。日本のような製造まで含めた協業的開発体制では普及は困難な面があると思います。

矢野　そういう気持ちからすれば，先生が普及はあまりしないほうがいいというのは，非常にわかるような気が最近してきているんですが。

田口　あまり普及しないほうがいいというのではなくて，普及のためにすごい努力をするのはやめましょうということです。

矢野　そういうことに関連して，今日は竹内先生がいらっしゃらないので，後で読上参加のようなかたちになると思いますから，少し言っておいていただきたいんですが，比較的統計関係の方からいろいろ意見が出ています。そういうのをお読みになったとき，どんなふうにお感じになるかということをちょっと言っていただきたいんですが，いかがでしょうか。

原　それが出ると必ず交互作用論争が出てきたり分布のことが出てきたりするわけです。私が統計学をあまり知らないということがあるんですが，なにか重箱の隅をつついているような感じがしま

して，私にはあまり興味がないんです。結果がよければ中はどうでもいいというのではなくて　結果を重視するということに対しては，私は数理統計学的に意味があろうがなかろうが，どうでもいいというふうに思うんです。

数理統計学との関係

福田　私はどっちも一理あると思うんです。数理統計学的にいくとこういうふうでなければいけないとかね。なんでも完全ということはありませんから議論は避けるべきでないと思います。ただ，企業としては，なにか問題があったときにどういうプロセスを採用すれば最善であるかが，もっとも知りたいところです。

田口　1987年に『実験計画法』の英訳が出たので，アメリカはかなり変わってきつつあると思います。その本の第18章で，いわゆる確率論は要らないということを宣言しているわけです。そうかといって確率論をベースにしたときに，妥当性が全然崩れるのではおかしいんですが，基本的には確率論は設計研究では要らないと思っています。竹内啓先生も検定などは要らないと言われているわけですから，私もそのとおりだと思います。

福田　分布の仮定が要るとか要らないとかの話はあるんですが，できればそういう仮定も充足する条件でデータ処理をしたほうがいろいろな点で安全だとかいうことはあるんじゃないでしょうか。だから要らないとして切り捨ててしまうよりは，われわれとしてはやはりいろいろなことは知っていたほうがいいという気はするんです。

矢野　かつての私の先生はいわゆるふつうの意味でオーソドックスな先生だと思いますが，だいたい正規分布なんてものは世の中にないんだよということを最初から教えてくれました。ただ計算上はそれを使わなければならない場合であると思います。そこのところはいったいどうなんだろうという気持ちを持っていましたから，ある意味ではすっと田口先生の考えに入れてしまった面があるんです。

ただ私が実際に体験的にやっていて感じるのは，個別具体的な問題というのは偶然的なばらつき問題ではないことが多いんです。その部分に数理統計的な説得力があってくれればいいなと思うけれど　むしろ固有技術の問題のような気がします。それがタグチメソッドでは解けていくわけです。原体験として持っていますから，やはりこれでいいんだというふうに思います。それは数理統計学で証明されなくていいものなのか，悪いものなのかよくわかりませんが，最近は別のものではないかという気がしはじめているんです。

福田　サイエンスの分野では数理統計学というのは有用なのではないでしょうか。ビジネスの分野ではちょっとわからないんですが。しかしああいうモノの考え方はそれ自身有用なものですから　いずれにせよ知識としては必要だと思っています。確率ではどうにもならないビジネス的な意思決定の問題もあるし，数理統計的に分布の概念を持ち込まないと処理できない問題もあって，どちらもわたしたちの身の周りに存在するわけですから，２つの立場に別れて議論するというのは，どうも私には不思議な感じがします。

矢野　最後に原さんが最初のほうで，システム設計にも，これを使っているとおっしゃったでしょう。私も実はシステム設計に使えると思うんですが，先生はシステム設計とは分けて考えていらっしゃるけれど。

原　システム設計をするとき考えられるシステムを損失関数で評価して，2,3の有力なシステムに絞るとき制御因子だけでラフなパラメータ設計を実施していますから　システム設計というのはある意味では大ざっぱなパラメータ設計ですね。

矢野　その点については先生，いかがでしょうか。

田口　システムの評価というのは最終的にはパラメータ設計までやらないと不明です。初期設計だけで比較することは，どこまで改善できるかが不明ですから誤ってしまうと思います。

原　そのときは他社のものも同時にやるわけです。それで評価をしてしまおうとしているんです。

田口　むしろスペックを作るところに損失関数が有用です。最初に要求を決めるところで損失関数の問題が出てくると思うんです。最終特性に対する目標値とかあるいは許容差を決めるときです。

竹内 啓 氏

それはパラメータ設計以前の要求を決めるところに損失関数は必要だと思います。

おわりに

矢野 最後のまとめとして　先生がご自身で言うのはおかしいかもしれないんですが，いまの普及と教育ということで，普及の面については，先生はどんなふうにお考えですか。ますます普及するというふうな感じ方でよろしいですか。

田口 普及していくだろうという考えを持っています。かなりちゃんとした理解を持っている人が海外でもだんだん出てきました。その人たちが普及活動をしているわけです。欧米の普及はかなり早いのではないかと思います。

日本とアメリカの違う点は，少なくともアメリカの一部の社会ではいったんそういう考えが普及しますと　会社によってですが，設計の中にこういうステップを必ず踏みなさいという標準手順の入っているところもあります。原さんのところもそうかもしれませんが，そういうことが標準手順として書いてある会社があるわけです。

しかしアメリカでも設計にパラメータ設計を使い始めたのは，ベル研究所は別問題ですが，非常に新しいわけです。ところが1987年に行ってみますとゼネラル・モーターズですが，パラメータ設計の応用はCAD，CAMとかにもっとも多く使っているんです。ゼネラル・モーターズの信頼性設計の責任者が，理論式のグループが利用することに対して "to my surprise" と言っていましたけれど　CADのほうにたくさん使っているようです。

確かに実験をするということはめんどうくさいことです。特に直交表で18種類の条件で設計するというのはめんどうくさいから，コンピュータの中でやれるなら，できるだけコンピュータで設計研究をしたいということです。

福田 CADやCAMが使える業界を中心に普及が早く進むでしょうね。その点，化学の方はちょっとやりにくいところがあると思います。

矢野 時間がまいりましたので，これで終わらせていただきます。

誌上参加

竹内　啓

タグチメソッドを使えば，数理統計学はいらないという方向に議論が進んだようであるが，ひとこと数理統計学のために弁明しておきたい。

数理統計学の本来の目的は，データが偶然的なばらつきを含んでいるとき，それにもとづいて何をいうことができるかを，できるかぎり精密，正確に明らかにしようということである。つまりデータが偶然的なばらつきを含んでいるとき　見かけ上の値をそのまま信じてしまうと，現実に存在しない影響や効果があるかのように思って　まちがった行動をとる危険があるし，また逆に偶然的なばらつきの影響を過大評価すると，実際に現れている効果を見過ごして，有効な手段を取る機会を逃してしまうことになる。これがJ. ネイマンの提唱した，いわゆる第1種の誤まり　第2種の誤まりと呼ばれるものである。増山先生が推計学の普及に努められたころ使われたことばを使えば，「あわてものの誤まり」と「ぼんやりものの誤まり」ということになる。データの分析に際して，この2つの誤まりの適切なバランスを取ること，あるいはこの2つの誤まりが十分小さくなる

ようなデータを作り出すことが，数理統計学的方法の目的である。またその中の特殊な一部門としての統計的実験計画法は，この2つの誤まりを十分小さくするように合理的に実験を組むことを目的としている。その際ただむやみにばらつきを小さくすることだけを目的とするのではなく，ばらつきの存在を前提にして，それを数学的な論理によって管理することを主張し，そのための方法を開発したのがR. A. フィッシャーである。その際，実験のコストという面も，明確に定式化されていないが，実験の大きさの制約として意識されていた。

私自身はタグチメソッドは，フィッシャーの統計的実験計画法の一つの発展であると理解している。その特質はいくつかあるが，主要な点はフィッシャーが農場実験からその論理を組み立てたのに対して，田口氏が工業，とくに機械工業の現場の論理にもとづいてその考えを発展させたところにある。もっと基本的にいえば，①フィッシャーは平均収量というような平均値を問題にし，ばらつきは単に平均に関する情報を乱すノイズとして扱ったのに対して　田口氏はばらつきの大きさそのもの，あるいはそのシグナルに対する　すなわちSN比を直接の目標としたこと，②フィッシャーはばらつきを強調したが，なお実験農場という限定された場で行われる管理された実験のみを対象としたのに対して，田口氏は製品が実際に使われる場でのばらつきを強調したこと，③田口氏が製品の品質と品質の改善および管理の費用とのばらつきを強調したこと，等からばらつき方，もっと具体的には田口氏による技術的な貢献は多々あるが，ここではそれにふれる余裕はない。

ここで強調しておきたいことは，田口氏の考え方は統計的実験計画法の論理の中で十分扱えるものであり，現に田口氏のアイデアにもとづいて，10年ほど前から広津千尋氏をはじめとする日本の数理統計学者の中の一部の人々が，いろいろと興味ある有益な結果を得ている。田口氏とG. E. Pボックスをはじめとするアメリカの学者や，日本の数理統計学者との間には，いくつかの点で見解の相違はあるが，それは互いに相容れない「哲学」の違いから生じたものではないと私は思っている。

もちろん数理統計学の理論の中には，すべての理論的学問と共通して「理論のための理論」という部分も含まれており　すべてが実際家にとって必要であるとか有用であるとかいうつもりはない。しかし，その基本的な論理はタグチメソッドにとっても本質的な一要素であると思う。基本的な点はデータから計算されるSN比，あるいは，分散分析法によって求められる分散成分の比率が，偶然的なばらつきに影響されるので，全く同一の条件で実験しても再び同じ値になることはないということである。したがって実験や観測によって得られたデータから　将来の実績について判断し，予測するためには，偶然的なばらつきの影響をできるかぎり排除して　上記の2つの種類の誤まりの可能性をできるかぎり小さくしなければならない。そのためには数理統計学の基本的な考え方と，いくつかの手法を知ることは不可欠である。仮説検定にしても　ただ機械的な有意差のある因子に印をつけたりすることのみでは無意味であるが，しかし全く有意でない因子を管理の手段として用いたり，逆に明確な有意差を生じている因子を，十分な考慮なしに無視してしまうことは，「あわてものの誤まり」や「ぼんやりものの誤まり」に陥ることになる。

もちろん田口氏自身はこのことを十二分にわきまえておられるが，しかしタグチメソッドを信奉する人々が，その形式的な手法ですべてが解決するように思って現実に対すると危険であると思わざるをえない。もちろん上記のような点も数理統計学などといわず　タグチメソットの一部として，必要な部分だけとり入れればよいといわれるかもしれない。それでもさしつかえないかもしれないが，しかしこれまでに十分確立された分野の論理は，やはりそのままの形で受け入れるほうが，学習効果の点からも，他分野の人々とのコミュニケーションの効率という点からも有効である。

特別企画
世界における
タグチメソッド

対談

田口玄一
元日本規格協会 参与
竹内 啓
東京大学教養 先端科学技術研究センター
司会
矢野 宏
工業技術院 計量研究所 力学部長

統計学者のみたタグチメソッド

▷▷はじめに

司会(矢野) 私自身も，例えば計測の分野で田口先生の教えをいろいろ受けたということで，いわゆる品質管理の中からということではないわけです。むしろ，今そういういろいろな形の専門技術の方が，一応略称でタグチメソッドと呼ばせていただきますが，タグチメソッドに非常に関心を持っていらっしゃいます。ただし当然，これまでの品質管理あるいは実験計画法の専門家，更に言えば数理統計学の立場の方も，非常な高い関心を示していらっしゃる。これは日本だけではなくて，今号の特別企画を見ていただくとお分かりのとおり アメリカでも同じような状況にあります。

田口先生の考え方は数理統計学的にも非常に面白いと，かねがね竹内先生もおっしゃっていましたし，逆に田口先生は数理統計学ではないと最近おっしゃるもので，そのへんで皆さんの戸惑いというか，いろいろな憶測があります。本当のところはどうなんだろうというのが今日の主題です。

かつて竹内先生が品質管理学会誌のタグチメソッドの特集号でお話しになったことは，正に我が意を得たりという感じがしておりますが，私なりの計測の立場から見ると いろいろ伺ってみたいことがもちろんありますので，そういうことは私も質問させていただきますのでよろしくお願いします。

1 フィッシャーの実験計画法

竹内 私が統計屋としての立場からタグチメソッドなるものについてどう考えているかを先に申し上げさせていただいて それは間違っているとか，あるいは見解が違うというようなことがあったら田口先生に批評していただく方がいいと思います。

私は統計屋でも統計的推測理論などの方が本来の専門です。統計的実験計画法というものがあります。データが作られた後でそれからどうやって結論を出すかというのが統計的推測理論ですが，その前の段階で 推測をするのに適当な，あるいは有効に結論を出すのに適したようなデータを作り出す実験をするにはどうしたらいいかということが，統計的実験計画法の考え方だと思います。

これはフィッシャーがほとんど独力で作り出したといっていいと思います。統計的推測理論一般は，古くいえばガウスぐらいからずっと長いことかかってかなり大勢の人が作り上げたわけで もちろんその中でフィッシャーは非常に大きな貢献をしているわけですが，実験計画に関しては，ほとんどフィッシャーが独力で創始したといえると思います。もちろんその後は大勢の人が加わってやっていますが。

その場合に　統計的実験計画法は一般的にはフィッシャーが始めたといっていいわけですが，フィッシャーが始めた実験計画法は，ご承知のように彼がロザムステッドの農事試験場の現場のいわゆる圃場試験をどうやっていくかという問題の中から作り上げたものです。その中には，一般的な統計的実験計画法としていろいろな分野，工業における品質管理とかあるいは医学の臨床試験とかその他もろもろのところに使える共通のロジックも含まれていると思います。

しかし，同時に農事試験であるがゆえの性格もかなり含まれています。その一つは，例えば平均収量をなるべく多くすることに重きを置く。それから明確にはそれほど出ていないかもしれません目的が，少なくともインプリシットには，年に1回ぐらいしか実験ができないのでなるべく注意深く実験計画を組んで実験をし，そして一度実験したのをまた改めて注意深く解析するというふうになっています。実験があまりダイナミックに行われるような状況は想定していない。

しかも　あまりたくさんのファクターはそこで考慮しないとか，要因実験も考えないわけではありませんが，たくさんのファクタ　を考慮しなくて　むしろインコンプリ・ットブロックを重視するとかいろいろな特徴があります。その中にはやはり農事試験から出たということがかなり入っています。

方，統計の応用の場としては，統計的品質管理があります。これも基本概念を確立したのはかなり明確にシューハートの独創といえます。シューハートの考え方は統計的管理状態を達成することであって　これはなるべくばらつきを抑えようという考え方です。実験計画の論理と品質管理の論理を結び付けて，品質管理の中に実験計画を入れて，なるべく望ましい品質のものを作り出そうとする。その場合に，最初の考え方はむしろ何らかの意味で平均値が高いような因子水準の組合せを求めようという考え方でできたと思います。

性能メー（最大になる条件
収量）

2　日本における実験計画法の発展

竹内　そういう考え方で品質管理の中に統計的実験計画の考え方が入れられて　それが工業における品質管理，つまり工業の現場に利用されるようになった。これがかなり発展したことについては，日本での貢献が随分大きいと思います。

田口先生のもその一つですが，タグチメソッドが出る前の段階でいろいろな日本の専門家が実験計画を考えている。その場合に，概念が明確にされたことがあります。例えば，これは田口先生のかつての実験計画の本の中にもありますが，制御因子と標示因子を明確に区別する。こういうようなことは日本で初めてはっきりされたことで　外国にはあまりそういうことはない。英語に訳そうとすると困ることがあります。コントロールできるファクターとできないファクターという言い方もありますし，あるいは場合によってはプリンシパル・ファクター（主ファクター）とそれ以外のファクタ　ということもありますが，標示因子，ブロック因子というようなものを明確に定義することは日本で初めてなされたことではないかと思います。

そういうことで，だんだん工業における現場の品質管理に限らず　要するに望ましい品質の生産物を作り出すということで，品質管理の場で実験計画が使われるようになった。

そういう論理の発展の中で　私はタグチメソッドを考えているわけで，田口先生の一番大きい貢献は，統計の観点からすると平均値ではなくて，むしろばらつきの大きさをコントロールすることを実験の目標とすることを考えに取り入れたところに大きな特徴があると思います。

もちろんフィッシャーの統計的実験計画法も，それまでのいわゆる科学的な精密実験に対する重要な貢献として，ばらつきは世の中に避けられないものであり，むしろ避けられないことを前提にして，有効に実験を行っていくべきだということを考慮したことだといえます。それまでのようにできるだけコントロールして，なるべく精密にや

田口メソッドとの違い

るのがいいのだという考え方をある意味で克服したというか，アウフヘーベンしたところがあったわけです。

それでも　なおかつフィッシャーの考え方は，その場合にばらつきは基本的にはノイズであって，ノイズを除いてなるべく平均値を，期待値を高くすることが重要であるということを考えていた。

3 田口式実験計画法

竹内　田口先生の実験計画の考え方はそうではない。むしろ平均はある程度動かせる。例えば工業の場では，場合によっては例えば温度を上げたりプレッシャーを高くしたりすることは可能である。大事なことはむしろ，ばらつきを小さくすることであるということをまず強調されたことが第一点です。

もう一つは，統計的実験計画の論理は，いわゆる科学的精密実験と違って，現場の論理，つまりやたらに精度をよくしてもコストがかかっては何にもならない。あるいは，特定の実験室の中で非常に精密で効率のいいことができても，実際の製造現場や，あるいは田口先生がその後に強調された，むしろ製品が使われる現場において所期の性能を発揮しなければ意味がない。

実際の現場というのは，非常にばらつきが大きいわけで，実際の現場においてばらつきを与える要因を田口先生は誤差因子と言われた。私は誤差因子という言葉自体はちょっと誤解を招くのではないかと思うこともあるので，言葉としては異議を唱えたい（変動因子という方がよいと思っていますが）。内容的にはよく分かります。実験室の場と違って，実際に製品が使われる現場は非常に条件のばらつきが大きいので，条件のばらつきに対して，むしろ性能の方は安定している。要するに，ある意味ではロバストと言うのでしょうか，そういう製品を作る必要がある。

そういう考え方では，フィッシャーがばらつきを考慮したことはしましたが，フィッシャーはかなり消極的に考えていた。むしろ積極的にそういう要因を考慮して　それにもかかわらず一定の性能を与えるようにするにはどうしたらいいかを考える。そういう意味で田口先生の実験計画，いわゆるタグチメソッドは実験計画の論理の発展だと私は思っています。私は統計的実験計画法というのは非常にゆるく一般的な意味で考えていまして　タグチメソッドは主として工業における，製造業における実験計画法の発展した一つの形態であると思っています。おそらく医療やほかの面ではまた別の発展もあり得るかもしれないと考えています。

ですから私は，タグチメソッドは統計的実験計画法の一つの発展形態であって　したがってスタンダードな，どくオーソドックスなフィッシャー流の，あるいはフィッシャーから後しばらくしてコックスとかいろいろな本で一応完成されていますが，そういう形の実験計画の論理をもう一段発展させたものであって，決してそこには断絶があるわけではないと思います。

ですから，統計的実験計画法とタグチメソッドを対比させて　違うものだと考えるのは納得できない。そういうことで対立するのは非常に不毛なことだと思います。

4 数理統計学の論理と田口式実験計画法

竹内　その場合の数理統計学の論理ですが，統計的実験計画法は，ある意味では数理統計の論理と非常に密接に結び付きあいますが，必ずしも数理統計の論理だけではかたがつかないと思います。ただ私は，やはりその中で数理統計学の論理は非常に重要な意味を占めるべきではないかと思います。

なぜかというと　もともとばらつきはどうしても入ってくることが統計的実験計画法における基本的な前提ですが，ばらつきの下でどうやって結論を出すかということが当然問題になる。そうなると　ばらつきを偶然的なものと考えるのは，また統計的な手法における一番基本的な考え方ですが，そうすると偶然的な変動がある中でどこまでものが言えるかということをはっきりさせなけれ

田口玄一 氏

ばいけない。

これは昔から増山先生が言われたことですが，いろいろな偶然的な変動はあまり細かく振り回され過ぎると　まだ十分な証拠がないうちに偶然的な変動に引きずり回されて慌てて結論を出してしまう。いわゆる「アワテモノ」の誤りになる。ところが，今度は偶然的な変動だろうとあまり呑気に構えていつまでもぼんやりしていると　いつまでも有効なアクションがとれない。それは「ボンヤリモノ」の誤りで，その二つの誤りのどちらにも偏らないようにやっていくのが統計的な推測だということを増山先生が言われてましたが，そのとおりだと思います。

その論理は，やはり統計的実験計画の中でもやはりあるわけです。田口先生は昔の『実験計画法』の中には，統計の論理もいろいろ書かれています。最近田口先生が書かれた本の中では，そちらの統計の方の論理はあまり強調されていないので　このへんについてどういうふうにお考えになるかについて　後でもう少し詳しくお伺いしたいと思います。

田口先生が必ずしもそういうご意見だとは思わないのですが，タグチメソッドを信奉する方の中には数理統計学の理論，統計的数理理論なんてものはいらないと言われる方がありますが，いらないと言われるとちょっと困る。やはり現実の現象が偶然的なばらつきを含んでいるとすれば，その中でどこまでものが言えるかということを，やはり数理統計学の論理に従って解析していかなければいけないのではないかと考えます。

$F=\frac{V_A}{V_B}$

そういう観点から考えると，これは数理統計の専門家の観点からすると，田口先生がいろいろ提案された方法の中には非常に独創的なお考えがたくさんあって，それは数理統計学的に分析してみると，重要な結論や有効な方法や面白い結論がたくさん出てくる。その解析は，自慢するわけではありませんが，おそらく日本の数理統計学者の中では私が一番先に田口先生の方法の中から数理統計的な面に注目して，私の周りにいる若い人などには少しずつやってもらったと思うのですが，どうも日本の数理統計学者の大半はほとんど関心がなかった。

ところが数年来，ほとんどここ2，3年前ぐらいからだと思いますが，アメリカでタグチメソッドが実際面で普及してきたと同時に，数理統計学者の中でもG.P.ボックスがその中で一番有名な人だと思いますが，彼を先頭にしてかなりの方がそういうことに興味を持って，統計の観点からいろいろと田口先生の本に異議を唱えていた。その中には，私としても同感だと思われる面もありますし，実は十分理解していないので誤解だと思われる面もあります。その点は，時間があれば具体的に申し上げてもいいと思います。

そうしたら日本の統計屋の一部の人が，急にまたタグチメソッドがというようなことを言い出した。私としてははなはだ心外で，そんなことは私や一部の若い人が前から言っているうちになんで注意しないんだ，外国の人が言い出すととたんに言い出すのは悪い癖だと思うのですが，それよりもなぜ自分でタグチメソッドに最初からアタックしなかったのかと言いたい。

そういうわけで，今後統計の方の人ももっと関心を持って，いろいろな問題を統計的に扱える分は考えていけばいいと思います。私は統計屋としての観点だけからタグチメソッドに含まれているすべてのことが解決できるとは決して思っていません。いろいろな面はもちろん，現実の機械工学とか品質工学などの論理から出てくるものが当然あると思います。しかし，統計の方から解明すべきこともたくさんあると考えているわけです。

5 SN比の導入

田口　竹内先生が本誌1988年5月号の座談会のときに書かれた資料を読ませていただきましたが，

パラメータ設計 → 許容差設計(レスポンスの分散)
(必然誤差)　　(偶然誤差)

竹内 啓 氏

あの中に一つはSN比を出した後でSN比の誤差を評価しなければならないと書いてありましたが，確かにそのとおりなのです。SN比を定義する段階とSN比を出した後の問題，SN比を目的特性にしていろいろな要因効果を調べるところ後者が伝統的な実験計画と非常に似ているところだと思います。

ただSN比を出すところはかなり違ったところがあります。まず技術の世界では，理想機能を定義しなければならないわけです。理想機能を定義するのは実験計画と関係ないわけです。その理想機能からのズレを測定するわけですが，そのときにどういう測定をし，どういうデータをとるかが大きな問題になるわけです。

今までの実験計画法だと，目的特性が決まっています。その目的特性に対して，いろいろな条件を変えてその目的特性へのレスポンスを求めるのが実験計画法の役割だと思います。レスポンスを求めるときに，精度よく求めるためには，あまり効かない要因は捨ててしまった方がいいし，効くものだけ取り上げた方がいいというのが検定の考え方だと思います。

レスポンスを求めるところには統計の問題が必ずあります。誤差の問題があるわけです。品質工学ではその前のSN比を求めるところに，実は非常に大きな問題があります。そこの問題は，一つは先に申し上げた理想機能の定義の問題で，もう一つは現実の世界に利用したときに試作品は必ず理想機能と違う設計になっているわけです。生産工程も理想機能を持っていないわけです。

理想機能とは入力と出力の間の理想関係なのですが，何が入力で何が出力か。その理想的な関係は何かが問題です。入力がたった一つしかなければ理想値は一点のこともあるのですが，現実の問題としては，実際には入力と出力の理想関係式が存在するわけです。それに対して，現実の製品はそれと違ってきます。そこで理想機能からのズレを測定するのですが，理想機能からずらす原因が存在するわけです。ずらす原因を我々はノイズと呼んでいます。誤差因子という言葉がいやならノイズと呼んだ方がいいと思います。

竹内　誤差因子をちょっと聞きかじった人は，誤差因子というとエラーと頭に来てしまうので，ノイズの方がいいと思います。ノイズとエラーは同じか違うかという問題があるかもしれませんが，統計はすぐエラーと思ってしまう。あれをエラーとみるとちょっとまずいですね。 ○ Noise factors × Error factors

6 ノイズと偶然性

田口　私たちもノイズという言葉で呼んでいる場合もあるわけです。将来生産や市場でどんな種類のノイズが生ずるかということですが，それに技術的な予測が必要です。どんなノイズが将来生産現場やマーケットで起こるかを技術的に予測をして，そのノイズを取り上げます。ノイズを取り上げるだけではなくノイズの起こり得る範囲，レンジをとらえなくてはいけないのです。

入力と出力の関係でもそうですが，入力信号の範囲を予測しなければならないのです。入力の範囲とノイズの範囲が決まれば，入力信号と雑音の空間を指定して，その範囲のどの点で実験したら理想機能と実際の製品の機能のズレが正確に測れるかを考えます。そのためにはどんな実験をしたらいいかが問題です。それはレスポンスを見るというよりは，理想機能からのズレを測るための測定法で，計測問題なんです。

そこに統計的実験計画法を使う必要があるかどうかについては疑問があります。理想機能からのズレを測るだけならば，何も偶然である必要はないわけで，現実に起こる温度の範囲とか，現実に起こる湿度の範囲とか，現実に起こる環境の範囲を想定してやるわけです。そこには偶然性がない場合が多いと思います。

必然誤差の研究

竹内　偶然性がない場合はもう統計でなくていいんです。

田口　そうですね。偶然性はないと思います。予測できる範囲ですから。だから宇宙ロケットなどの場合には，宇宙で温度がどの範囲に変化するかを予測して研究します。ただ問題は，考慮したノイズの範囲とか，あるいは入力信号の範囲について技術者が予測するわけですが，当然そこにはエラーが出てきます。そのエラーをうまく例えば数理統計学的に評価できるかといったときに，非常に困難ではないかと思います。

竹内　私が偶然的なものが入るのではないかと思う一つの理由は，やはりすべてのファクターを取り上げられないと思うからです。取り上げられないファクターが偶然かどうかという問題はあるけれども　応偶然として扱わざるを得ないし，フィッシャーなどはランダムゼーションなどを入れています。

田口　偶然として取り扱わざるを得ないといっても　研究室で全部を取り入れて実験するとは限らないわけです。現実に市場で使ったときに取り上げた以外のノイズが起こるわけです。研究室の中ではそれらは自然には起こらないわけですから，研究室の実験の中ではそれは存在していないわけです。

竹内　あるかもしれないけれども，ないようにもできるわけです。そこがつまりフィッシャーの論理の場合　研究室の場と　実験圃場の場，例えば農家で実際に農場でやったときの場のエラーの差についての考えはどうなっているのかがちょっと分からないところがあります。

田口　要するに実験室でノイズについて，これとこれとこれを取り上げて実験します。取り上げたノイズについてそのレベルを作って実験するわけです。そのときに当然落とされたノイズがあれば　研究室の中の実験に入ってこないわけです。

竹内　そこが研究室の場合に問題があるところです。

田口　それは統計的にも処理できません。

竹内　研究室の場と実際の場の違いをどうしてエクストラポレ　トするかというのが常に問題ですね。

田口　そのときにSN比ではロバストネスを設計します。ロバストネスはレスポンスそのものよりは再現性が高いだろうと思います。ロバストネス自身が信号やノイズとのある種の交互作用，インタラクションです。信号やノイズの影響がどうなるかを調べるわけですから。研究で取り上げたノイズにロバストだったものが，それ以外のノイズにロバストネスが悪くなるということはあまり考えられません。

レスポンスの値はノイズが変われば変わってしまいます。ですから，レスポンスの値自体が変わるのは平均値が変わってくるわけです。平均値は後で補正しようではないかというのがベル研究所などで言っている二段階設計法です。それは平均値は補正できることが多い。本質的に同じことですが，感度も補正できることが多いです。

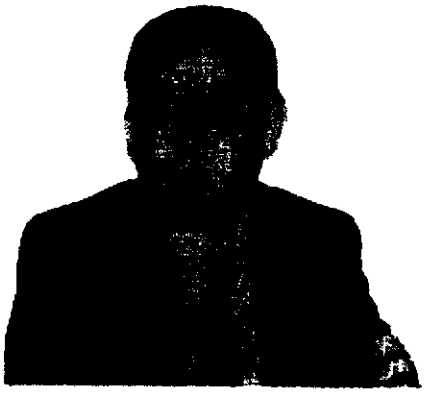
竹内　そうですね。そこはフィッシャーの実験計画法と違うところですね。フィッシャーは平均値が目標ですから，収量は勝手に増やすわけにはいかない。

田口　そのへんが一番違うところだと考えていいと思います。

竹内　いま田口さんがおっしゃったことで，品質工学の分については私は専門でない面もありますので，全然異議はありません。

田口　その後の制御因子の効果ですね。

竹内　そうです。つまりノイズとか変動も偶然的ではないと言われれば，それはそれでおしまいで，それでは別に統計とは関係ありませんでピリオドですが，実際には事例として取り上げていられるのを拝見すると，そうでもなさそうな気がする。常につきとめられるファクターのほかの偶然や変動はあるわけです。その変動をやはり何らかの意味でコントロールするとか，あるいは少なくとも変動の影響を見ることは必要ではないか。あるいはそういう変動があることを前提にして　例えば実験や観測を繰り返しすることが必要ではないかと考えます。



矢野 宏 氏

田口　実験の繰り返しとおっしゃいますと。

竹内　単純な繰り返しではなくて，もちろん直交表でもいいですが。

田口　SN比の場合には繰り返したものをみんな入れて計算してしまうから，SN比としての繰り返しは出てこないですね。SN比自体を繰り返すということを考える必要があるかどうかは非常に疑問です。

竹内　SN比自体を繰り返さなくても，SN比自体の中にもやはりその場その場のばらつきはあるわけですね。

田口　もちろんあります。

偶然誤差の評価

SNの信頼限界

7. SN比の技術的側面

竹内　そのばらつきがどのくらいかが気になる。それからもう一つ質問ですが，SN比を何で定義するかということで，これはボックスがしょっちゅういろいろ異議を唱えているところです。あれについては田口先生はどうお考えですか。

田口　SN比を何で定義するかは個別機能の問題に関係します。理想機能からズレを調べるわけですから。そのときに起こるもう一つの大きな問題は，理想機能は非常にはっきりしているのですが，実際には例えば時計を考えますと感度は何でもいいわけです。1秒間の振動数が5,000であろうと5万であろうと500万であろうと，振動数のばらつきさえなければいいわけです。ばらつきさえなければそれが一番いい設計なんです。そういう意味では，どういうキャリブレーションができるか，どういう補正や校正ができるかが問題ですが，やはり技術上の問題です。

可能な校正を考えに入れないとSN比の定義ができないわけです。ボックス教授をはじめ一部の統計学者が誤解している点は，摂氏で測るか華氏で測るか絶対温度で測るかによってSN比が変わってくるではないかという質問です。それは基本的に何を研究しているかによるわけです。例えばエアコンディションの設計でも　いろいろな場合があるわけです。とにかく温度を幾らでも低い方から高い方まで変えたいというのであれば　当然絶対温度が測られなければいけないわけです。そのときは摂氏で測ったのでは意味がありません。あるいは計測の誤差などの研究でも基準点をどこにとるかが重要で　基準点からの相対誤差の問題になるわけです。基準点から離れるほど誤差は一般に増えるわけです。基準点をどこにとるかということも技術的な知識がないとできないのです。そういうところがボックス教授などは十分考えていないと思います。

竹内　ボックスはその点で数理統計的に考えて技術的な側面を考えていないことがよく分かります。しかし同時に，これは田口先生自身に対して言うわけではないですが，タグチメソッドを使う人自体の方も，ある場合にはノイズと信号の分散比のログをとればいいのだとか，望小特性なら逆数だとか，そういうところは形式的，機械的にやり過ぎているようにみえることもあります。本当は技術的に意味があるのかなと思いますが。

田口　残念ながら技術的には非常にあやしい使い方が多いのです。世の中に実際には望小特性はほとんどないという考えを持っています。ところが，非常にたくさんの研究が望小特性でやられています。それは基本的に間違いなんですが，そのために直交表で自己検査をすべきだと考えています。

去年デトロイトでシンポジウムがあったときに，フォード社のモーア博士がドアを閉めるときの力に関して特性値のとり方とSN比に言及していました。日本のホンダの車はドアを閉めるのに7ポンドの力で十分で　アメリカのは17ポンドも必要だというわけです。アメリカではばらつきが多いからです。ばらつきが多いから平均値を大きくしておかないとトラブルが起こるわけです。

竹内　それはそうですね。あれは平均の問題ですね。

8 技術の専門家と統計の専門家

田口 ドアを閉めるときの力を問題にしたサリバンさんは，技術者ではない人なので理解していないのだと思いますが，本当はフォードの技術者も小さくしたいと思っているのです。小さくしたいけれどもばらつきが大きいからできない。ばらつきが小さくなればもっとずっと小さくできます。それはLSIの生産工程で線幅のばらつきがどんどん減れば幾らでも集積度を上げることができるのと同じことです。

ばらつきを減らすのにどうしたらいいかが問題になるわけです。ばらつきを調べるということは，例えばドアを閉めるときの力を望小特性として測ればいいではないか。また，ドア閉めの力と非常に関係の深いのはクリアランスだからクリアランスを調べればいいではないか。むしろそれが意味がないということをモーア博士が話したわけです。

なぜかというと，クリアランスを研究したり，ドアを閉める力を研究したのでは，加法性がないということです。ドアのサイズと開口部のサイズをそろえて，初めてクリアランスを理想値に決定できるわけです。クリアランスを調べるのではなくて，望目特性，要するに目標値がはっきりあるドアのサイズと開口部のサイズを調べなければいけないという話を博士はしたわけです。

そういうことも技術の問題に非常に密接に関係します。ところが品質管理を担当している人の中に誤った考えを持っている人が多いのです。消費者の考えている品質そのものは非常に単純なものです。故障がないとか，不良が減るとか，トラブルが起こらないとかです。そういう経済的なデータは技術的にはあまり役に立たないということが，特にアメリカではあまり明確になっていません。それがアメリカの統計家と技術者の間のコミュニケーションギャップだと思います。

竹内 おっしゃることはよく分かります。私のところにもいろいろな統計の相談を持ってくるときに，大体技術の人がここまでやったから後は統計でやってくれと言うのですが，それでは困るわけです。それがどういう意味の数字であるかということについて，技術的なことを技術の専門の人に聞かないといけない。

田口 そのとおりです。ところが技術者だってすべての技術を知っているわけではないし，全く新しいことをやるときにはすべての人が素人です。それでも理想機能とか理想機能とのズレに効くノイズにどんなものがあるかなどを予測してやらなければいけないわけです。ところが，さっきから議論されていますように，知らないノイズが生じたときにどうしたらいいかで困るわけです。SN比は案外そういう未知原因の対策にもなっているんです。ということは，安定性がいいものはやはりそれ以外のノイズに対しても安定して使えることが多いのです。レスポンスの修正は必要ですが。

そういう意味で，SN比で実験をすると後でもうまくいくことが多いと言えます。しかし本当にうまくいくかどうかの保証はどこにもありません。それは竹内先生のおっしゃるとおりです。ただそれを統計的につかまえられるかというと，非常につかまえにくいと思います。

竹内 統計的モデルを作るときにもう一つ私がいつも考えているのは，いわゆる偶然的なばらつきがあるとしたら，それはどんな格好で入ってくるかという問題がやはりあると思います。ある場合には，SN比が統計的なばらつきに関しても安定的である。私は望大特性の場合に逆数をとることについては非常に疑問に思いますが，あれはへたすると偶然的なばらつきが大きいと効くことがありますね。分母がゼロに近くなりますから。そうするとそれに引きずられる可能性があるのではないかと思います。

田口 おっしゃるとおり，そういうものはあると思います。その偶然的なばらつきに近いのが計測誤差です。偶然とは思わないけれども，ほぼ偶然に近くみえることがあります。それと，おっしゃるようにちょっと測定誤差があったためにゼロになるはずがないものがゼロになるとか，あるいはマイナスになってくる。その影響を非常に受けやすい。

望目特性でやればよい

竹内　逆数をとるとですね。別のものをとればいいですけどね。

田口　ですから，そのために我々は逆に今度は例えば測定誤差以上に変化させる誤差因子をとっておけば，そういう問題は起こらないだろうという考えがあります。誤差因子，ノイズを調合して非常に幅を広げておいてやるということで避けようとしているわけですが，おっしゃるような問題はあるわけです。逆数をとるということは非常に便宜的な問題で，たくさんデータがあったときに平均値に対する影響とばらつきに対する影響と両方を計算するのは面倒くさいわけです。

竹内　そのへんは面倒くさいわけですが，両方並べておいてもいいではないかと思うこともときにはあります。それで，適当に両方のいいところを二次元の上にプロットして選ぶという考え方もあり得るとは思っています。

田口　二次元平面で判断すればSN比と非常に似てくると思いますが。

竹内　でも更に一つにしないで一つのままにして平均値をとるということです。

9　タグチメソッドのこれから

司会　大体お二人の論点が出たのではないかと思いますので，少し質問させていただきたいと思います。竹内先生がタグチメソッドを利用する人について指摘された問題ですが，確かに機械的というのはあるかもしれません。しかし，田口先生がお考えになっていることの中には，竹内先生がご心配なさるような方法論上の問題は，大体全部対策はあると私はみています。ですから，それほど心配しなくてもいいのではないでしょうか。もう一つは，機械的にという部分には普及という観点があって，機械的でも何でもとにかくやってもらって，いい結果を出すということがあると思います。

竹内　数理統計学の方にしても，機械的に検定して，ただ有意差があるとかないとかいうだけでは意味ないといつでも思っています。田口先生のお考えの中には，対策はもう全部入っているだろうとおっしゃるのも，多分インプリシットにはそうだと思うのですが，ときどきそれをある程度ある条件の下でモデル化して，これはこうなるのではないかというようなことについて理論的にやれることがあると思います。例えば累積法などというのは数理統計学の伝統的な理論で考えられます。単なるF検定というのは非常に検出力が低い点で精度が悪い。というのは，大体仮説からのズレの方向は大体分かっているので　あまりメチャクチャにズレることはない。そうすると　例えば制御因子のレベルをずっと変えていけば，それが単調に変わるか，そうでなければ少なくとも単調でなくても上がってまた下がるような形なので　メチャクチャに振れるのだったらそもそも因子を変えたことが意味がない。ということであれば，そのときの検定は例えば累積法の方がいいだろうというのははじめから予想したので　それをきちんと調べるとかなりそれがいいということが分かります。それは東大の広津さんなどが随分詳しく調べています。

そういうことはあると思います。ある意味では，そういう言い方をするとちょっと失礼かもしれませんが，田口先生が直観的におっしゃったことを少しモデル化して数学的に調べてみるのは，統計屋としては非常に面白い。ある意味でお互いに有益なことだろうと思います。

司会　我々も先生からいろいろ勉強させていただいても，こちらの理解の不十分さもあるかもしれませんが，やはり田口先生は全部おっしゃらないではしょってるのではないかとときどき感じます。例えば，どの範囲でこの方法が成立するとか，どの過程の下にこれが成り立つというようなことは常におっしゃってくれるとは限らないので　よほど注意して聞いて考えないと　確かにおっしゃるように機械的にパッとやっていいのかなという問題は私も常々気を付けるようにはしています。

今回の両先生のお話は，本特別企画では掲載しきれませんので，この後は，本誌の連載「シリズ“品質工学”解題」の中で続けさせていただきたいと思います。

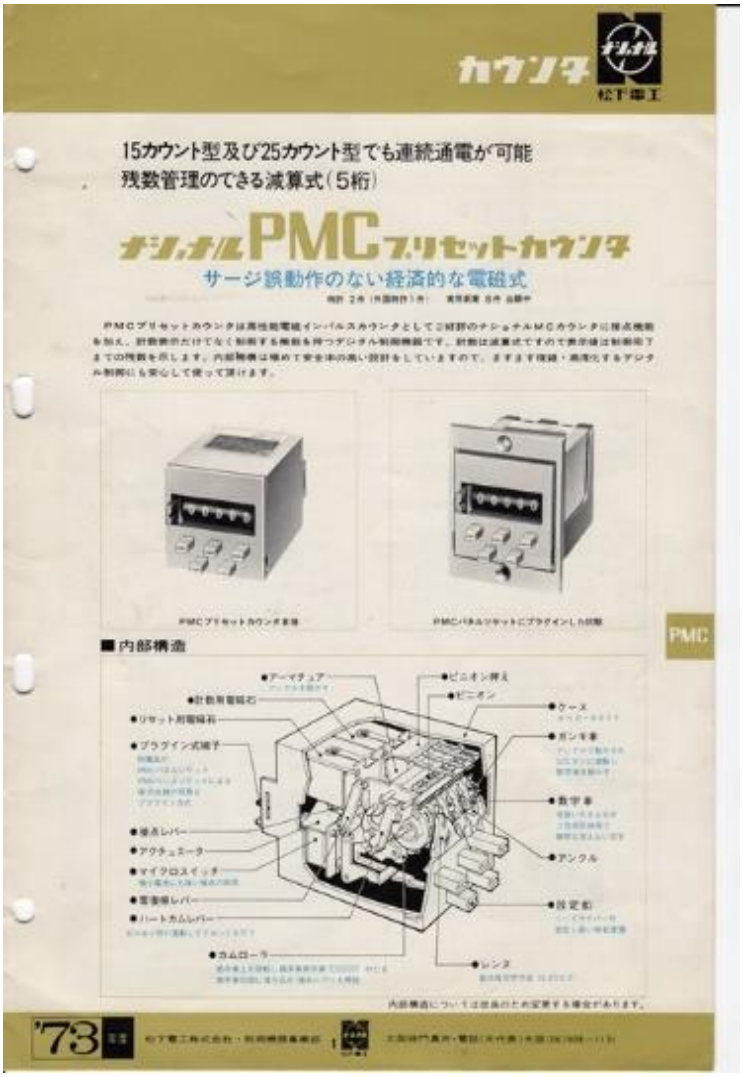
ありがとうございました。

[ここに入力]

関西 QE 研究会8月度講演

原　和彦　2020.8.7

　1980 年以前のものづくりは商品開発段階で目的機能の性能を満足するシステムを創造して、アナログコンピュータなどを使って設計を行い、n個の量産品を長時間かけて耐久テストを行い、仕様を満足すれば OK で出荷していたが、市場でトラブルが起きてから、原因を追究してモグラたたきで改良する状態が続いていた。



　例えば、左記の商品はドイツのヘンクストラー社製のカウンターが 50cps の性能に対して、100cpsの高速化に成功したが、開発期間が 3 年の長期に及んだことを反省して、「寿命試験のやり方」に疑問を感じて、松下幸之助社主の顧問をされていた唐津一先生に相談したところ、田口先生を紹介されて、1980 年以後松下電工でタグチメソッドを指導することになった。

今回の紹介は、品質工学会や関西品質工学研究会が設立される 6 年前に、標準化と品質管理 1988.5 月号座談会でタグチメソッドの原点について、統計学者を含めて、タグチフィロソフィーの在り方を議論したものである。

田口玄一先生は、数理統計学も統計的実験計画法も熟知された背景で、技術の世界では市場におけるノイズの世界（必然誤差）を重視した開発が必要で、「タグチメソッドには数理統計学は要らない」とまで宣言された。

それに対して、福田猪沙男さんは経済人としてタグチメソッドの素晴らしさを認めながら、ビジネスの分野では数理統計学の分布の概念も必要であるから、要らないとして切り捨ててしまうよりは、われわれとしてはやはりいろいろなことを知っておいた方がよいという気がする。

竹内先生はタグチメソッドの信奉者の中には「統計学は要らない」と言われているが、統計学は観察の世界では必要であり、タグチメソッドの目的は認めながら、統計的実験計画法の延長で考えられると主張されていた。

＜結論＞タグチメソッドの本質は「社会損失の最小化」で社会貢献することが目的であるから、「自利利他の心」を持って、市場品質を短期間で評価改善するために、技術開発の上流で活用しなければ意味がない。

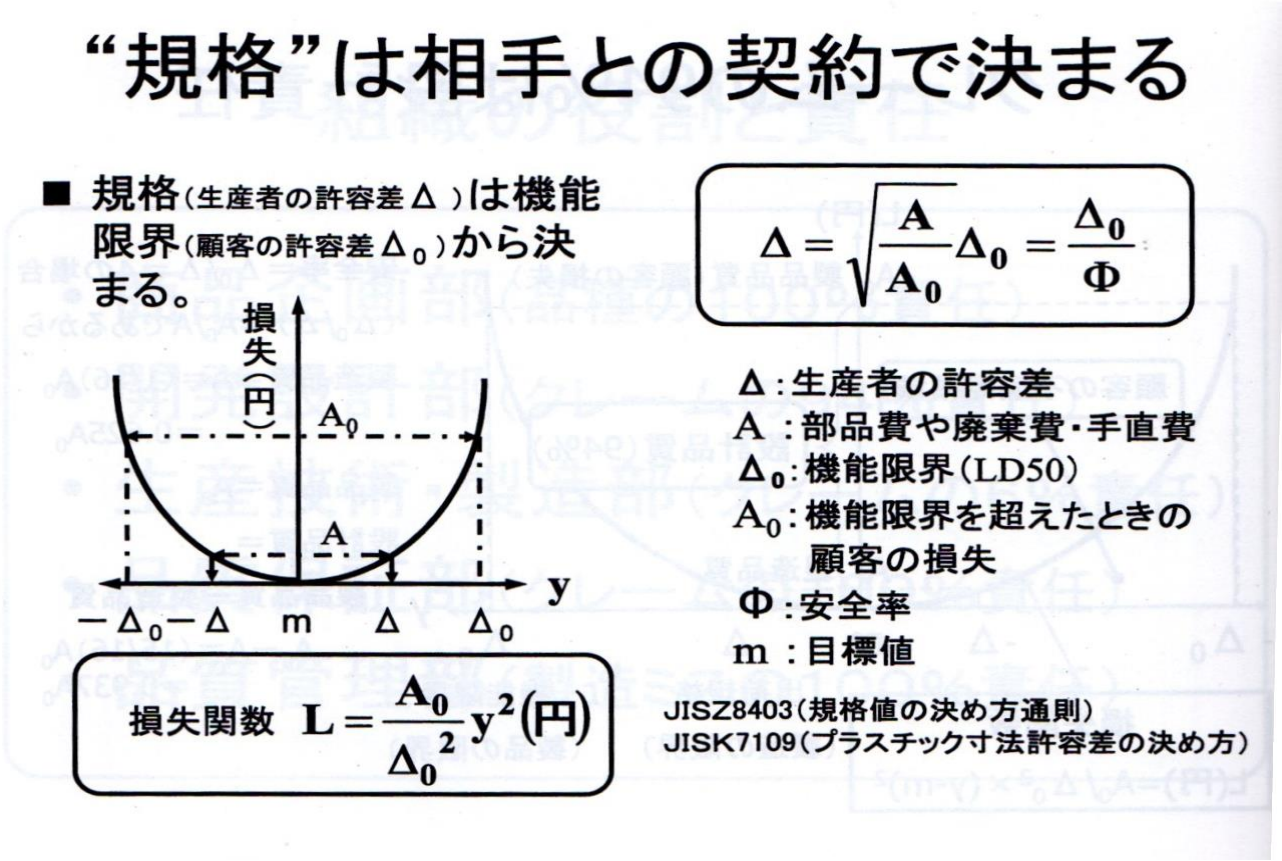
「タグチメソッドとは」の解説

1.　　売り手と買い手の売買契約の問題点（129ページ）

　力関係のような非合理の要素を排除して、公平な立場で技術的問題を経済的な尺度に置き換えた JIS 規格は画期的なものであるが現状では活かされていない。

　データの改ざん事件の原因は、売り手側の技術力のなさで起きたものが殆どである。

　JIS 規格が殆ど活用されず「データ改竄」が起こる理由は、顧客の機能限界Δo を超えた時の顧客の損失 A0 があいまいだからである。目に見える実際損失管理から、目に見えない機会損失管理に置き換えることを福田猪沙男は強調されている。



　部品の公差も製品の公差から影響度を考えて損失関数で決めるのである。（許容差設計）

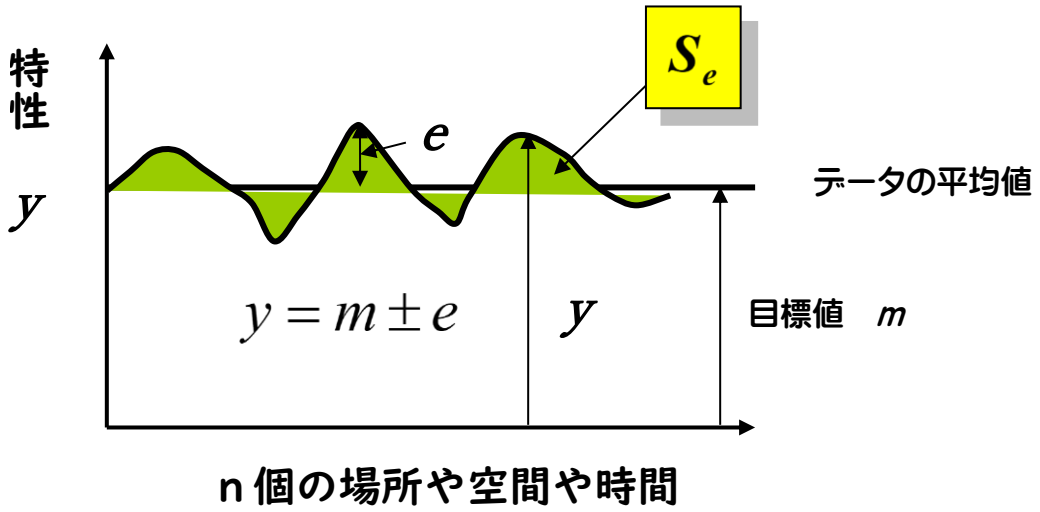
2.　最適解における日米の差（132ページ）

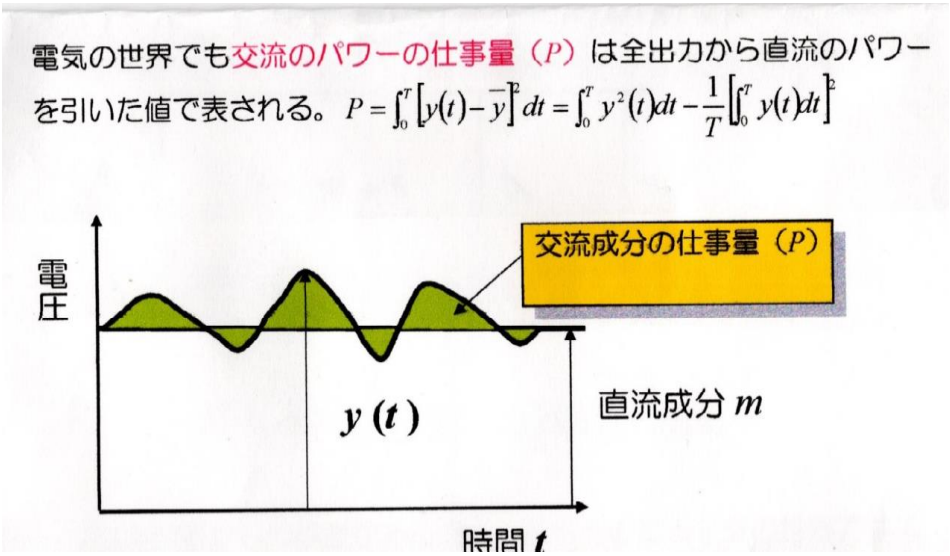
アメリカにおける技術開発では、目標値からのずれの平均2乗誤差を最小にすることが最適設計法の中心であった。

タグチメソッドでは、SN比で平均値のばらつきを最小にしてから、目標値に調整する「2 段階設計」を行う。

データは平均値からの誤差であるから，加法性のある2乗の世界ではエネルギーの有害成分（S_e）は全出力（S_T）から有効成分のエネルギー（S_m）を引いた値で表される。ノイズを考えた場合の SN 比でも同じことである。

$$S_e = S_T - S_m$$





①　平均値からの誤差の計算例

　プラスチックの成形寸法を調べたところ，目標値からの差が以下のようであった。
-28,-11,-29,-19,-14,-29,-23,-32,-14,-19,-8,-12,-11,-20,-10（単位：μm）
全2乗和　$S_T = (-28)^2 + \cdot\cdot\cdot + (-10)^2 = 6083.0$

平均値の効果　$S_m = \frac{(-28\cdot\cdot\cdot-10)^2}{15} = \frac{(-279)^2}{15} = 5189.4$

誤差変動　$S_e = S_T - S_m = 6083 - 5189.4 = 893.6(\mu m)^2$

②　「目標値からの誤差」と「平均値からの誤差」は違う

目標値からの差の2乗の平均誤差V_Tは

全2乗和　$S_T = \sum_{i=1}^{n}(y_i - m)^2$ に対して，その平均値である平均2乗誤差V_Tは

$V_T = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - m)^2$ で表される。

【計算例】目標値からの平均2乗誤差（アメリカの最適化）

$$V_T = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - m)^2 = \frac{1}{15}\left[(-28)^2 + \cdot\cdot\cdot + (-10)^2\right] = \frac{6083}{15} = 405.5(\mu m)^2$$

また、平均値からの誤差は

誤差分散　$V_e = \frac{S_e}{n-1} = \frac{893.6}{15-1} = 63.8(\mu m)^2$　であるから

両者の関係は次式のようになっている。z

$$V_t = (\bar{y} - m)^2 + \frac{n-1}{n}V_e$$

右辺の第1項が平均値の目標値からの「偏り」を表し，第2項が平均値の周りの「ばらつき」を表していて、約1／7のばらつきである。SN比を活用すればさらに改善できる。

　したがって、データのばらつきは、目標値への調整後のばらつきをSN比を活用して2段階設計でSN比の逆数で求めることが大切である。

$$\sigma = \sqrt{V_e} = \sqrt{\frac{1}{\eta}}$$

このばらつき誤差で、「機能性評価」や「損失関数」のばらつきを評価する。

3. 問題解決型から技術開発型へ（133ページ）

―科学的思考から技術的思考へ―

統計的実験計画法は、英国の統計学者フィッシャーが農事試験場による対策から生まれたもので、数理統計学に基づく「レスポンスの研究」で、収量を高めることが目的である。特性値は平均値を用いてばらつきは等分散で正規性を考える。箸を立てたとき、空気の流れの僅かな差を確率的に問題にした。したがって観察の立場でノイズとの微妙な関係を調べたのである。偶然誤差の世界では、第１種の誤りと第２種の誤りを問題にして、目的特性に対する「レスポンスの研究」を行う。

米国のシューハートの品質管理も品質特性の規格限界いっぱいの分布を調べるのだから、品質は向上しない。統計的な不良率管理では市場品質は評価できないのである。

タグチメソッドは、改善の立場で、市場における品質を重視する実験を重んずる。そのためには、設計段階で機能性評価とパラメータ設計を行い、SN 比による機能の安定性と確認実験で下流の再現性を確保する市場品質を重視した。

4. 現場が修正してくれる日本式（135ページ）

　アメリカは研究所で決めた技術標準は現場では変えてはならない。日本では問題解決型が普通であるから、現場で工程条件や許容差設計で欠点を修正するのである。そのため、納期が遅れてコストが高くなる。

　そこで、現場で修正が不可能のように、製品設計と工程設計のパラメータ設計を行い、現場では修正が必要でないように設計条件の最適化を行うのである。

5. SN比への誤解（135ページ）

　SN比を求めるときには、入力ゼロとき出力ゼロになるのが理想だから、温度の場合、摂氏ではなく、絶対温度を使うことになる。

　望目特性でSN比を求めるときには、目標値からのずれは一因子で調整できるから、平均値のばらつきでSN比を求めることが重要である。

　動特性の評価はゼロ点比例式で、SN比の分子はβの主効果Sβと分母はノイズの影響であるSN（ノイズの主効果SNXβ＋誤差変動Se）との比で求める。

6. 数理統計学との関係（138ページ）

福田　タグチメソッドでは、数理統計学はいらないということになったが、数理統計学にも一理あるので、要らないとして切り捨てるよりはいろいろのことを知っていた方がよいという意見だった。

田口　確率論は設計研究にはいらない、竹内先生も検定などいらないと言われている。

7. 誌上参加（竹内　啓）　139ページ

竹内　数理統計学の立場から、偶然誤差は第1種の誤り（アワテモノの誤り）と第2種の誤り（ボンヤリモノの誤り）のバランスをとることが大切で、統計的実験計画法は二つの誤りを小さくするように合理的に実験を組むことが目的である。フィッシャーはノイズを除いて収量のような平均値を高くすることを重要に考えて、ノイズの影響を消極的に考えていた。田口先生は偶然誤差より必然誤差を重視するシグナルに対する SN 比を目的にしたが、基本的論理はタグチメソッドにとっても本質的な一要素であるから数理統計学の基本的な考え方や手法を受け入れる方が

コミュニケーションの効率化という点からも有用ではないかと考える。

　田口先生の貢献は平均値でなくて、むしろ世の中で避けられないノイズの大きさをコントロールすることを実験の目標にされたことが大きな特徴である。

竹内　タグチメソッドを信奉する方々が数理統計学は要らない言われると困る。

統計学者のみたタグチメソッド

標準化と品質管理（1989 年 5 月号）

　フィッシャー実験計画法とタグチメソッドの違いは省略

6.　ノイズと偶然性（145 ページ）

田口　理想機能からのズレを測るだけならば、何も偶然である必要はないわけで、現実に起こる温度とか湿度の範囲とか現実に起こる環境の範囲を想定してやるわけです。そこには偶然性がない場合が多いと思います。

竹内　偶然性がない場合はもう統計ではなくていいんです。

田口　・・・研究室で取り上げたノイズによるロバストネス

が、それ以外のノイズにロバストが悪くなるということはあまり考えられません。

7. SN 比の技術的側面（147 ページ）

竹内　ノイズばらつきがどのくらいかが気になる。SN 比を何で定義するかということでボックスが異議を唱えている（摂氏か華氏か絶対温度化のどれか）

田口　SN 比は個別機能の問題で理想機能からのズレを調べるわけで、時計なら振動数のばらつきを測ればよいし、温度なら絶対温度を測ればよい。基準点をどこにとるかが重要です。（入力ゼロの時出力ゼロの機能性評価）

8.　技術の専門家と統計の専門家（148ページ）

田口　ドアを閉めるときの力を問題にしたフォードのサリバンさんに対して、ドアを閉める力やクリアランスの研究は加法性がないので、目標値が明確なドアのサイズと開口部のサイズの望目特性で研究して、クリアランスを調節することが大切でクリアランスを研究はダメだとサリバンさんに話した。

消費者の考えている「故障がないとかとか、不良が減らないとかトラブルが減らない」というような経済的なデータは技術的には役立たない。

ボールペンのキャップでも、キャップとボディの隙間は望小特性で評価するのはダメで、キャップもボディも独立でパラメータ設計を行い、閉まり具合の調整はその後で行い評価すればよい。

矢野先生がシール容器の水漏れの対策に、水漏れ量と容器の成形条件の最適化を、望小特性でパラメータ設計を行って 15db の改善効果を出した発表に対して、田口先生が「それはダメです」とダメ出しをされた。

（1986年 3 月第 8 回品質工学シンポジウム）

成型加工の「転写性の技術開発」の機能性評価が発表されたのは、それから 2 年後である。（1988年）

タグチメソッドで 2 個のノイズしか使わない理由

田口先生は、N1,N2 の二つのノイズで安定性のいいものは、それ以外のノイズに対しても悪くなるということはあまり考えられない。