

“実務にSQCを活用しよう！” 技術者のためのSQC

～シミュレーション技術とSQCと統計解析ソフト～

QC テクニカル コーディネーター (Quality Control Technical Coordinator)

(元 トヨタ車体㈱, 元 アラコ㈱)

鈴木 通裕 (すずき ゆきよし)

1. はじめに

⁽⁶⁾昨今の熾烈な高品質・低価格競争に打ち勝つためには、高い技術力を持ち合わせた技術者集団による短期間の新製品開発が必要であり、個の技術を持ち合わせた技術者が、自然科学の法則等の知識や知見と実務経験から得られる多種多様情報を基に、物事を客観的に捉え、論理的に真理を見極める認識力を兼ね備え、特殊解から一般解を導き出すことで固有技術を創出し、知的生産性と高品質なもの造りに寄与できる技術者の、⁽⁴⁾ “人材教育におけるハイパー・サイクル” や “人材教育におけるスパイラル・ファンテン効果” の考えを礎に、『固有技術の確立と継承できる技術者の早期育成』が必要である。

そのために、原理・原則に基づいた論理的思考力と、数値データによる定量的で科学的根拠による判断力の下で育まれた、外乱に左右されない「業務プロセス」の確立が期待されている。

1994年4月に、製造部（約6年）～設計部（13年）を得て、TQM推進室に移動。“実務でSQCを使おう！”の会社方針の下、全社SQC推進者としての活動がスタートした。そのた

めに、先ず社外SQC教育で基礎を学び、一般的なSQC手法の解析方法は身に着けることができた。

1994年当時、トヨタグループ企業で運営していたSQC教育で、SQC (DOS版：トヨタ自動車㈱ TQM推進部開発) ソフトの説明があり購入した。修了レポートを進めていく途中でL₂₇直交実験の解析が必要となり、品質保証部に問い合わせ「JUSE-QCAS/V4」(DOS版)の存在を知り解析を実施。その後、バージョンアップ毎に購入。他の教育機関で開催されていた多変量解析コースでKANSTAT (DOS版：成城大学 神田範明教授)、1997年4月よりトヨタ自動車㈱ TQM推進部にてSQC研修中の業務の一つにSQCソフト開発プロモーションと改善を担当してきた。また、様々な研究発表会

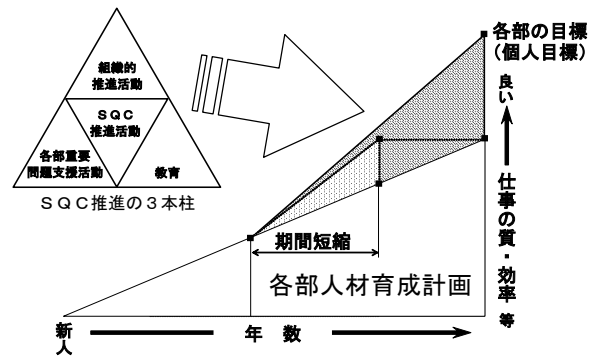


図. 1 SQC推進活動の概念図

QC テクニカル コーディネーター (Quality Control Technical Coordinator)

(元 トヨタ車体㈱, 元 アラコ㈱)

〒470-0431 愛知県豊田市西中山町荒子63番地64 TEL. 090-1627-0773

e-mail : y_suzuki@hm.aitai.ne.jp

に参加する中でSPSS(現：IBM SPSS)と出会い購入。2001年には社内展開用として、Casual Dean, Let's Stat! Pro(北村眞行氏)の企業ライセンス版を導入。役員直轄問題や各部署の問題を素早く解決に導くために、SQCソフトを使い分けていた。

しかし、トヨタ自動車(株) TQM推進部殿におけるSQC研修で学んだ⁽⁷⁾“SQCテクニカルメソッド”や⁽⁷⁾“サイエンスSQC”の方法論に基づく問題解決の山登りに沿って活動した場合、例えば新QC七つ道具の連関図作成において、ポストイットを使い手作業で整理しながら、スタッフの潜在的技術思考の抽出に重点を置き作成することは、効率的で完成度も向上することは言うまでもないが、時間の経過と共にアナログ資料は管理が困難で、管理者不在のまま消滅してしまうことが多い。

本稿は、製造～設計～TQM～未然防止の業務経験とSQCを中心とした企業レベルの問題も含む解決活動から得た技術財産より、筆者の初稿SQC事例を基に、前述内容を含め質が高く、効率良く仕事を進めていくための道具として、シミュレーション技術とSQCと統計解析ソフトを如何にして開発設計の中に取り組むべきなのかについて報告する。

2. 設計プロセスの明確化の意義

2.1 製造と設計の違い

1975年4月 アラコ(株)(当時：荒川車体工業(株))に入社。製造部(約6年)、設計部(約13年)就業後、1994年4月よりTQM推進室に移動。SQCを実務で使うための基礎の習得を目的とした社外教育受講。⁽²⁾⁽³⁾トヨタ自動車(株) TQM推進部殿のSQC研修修了後、図. 1で示すよう⁽¹⁾社内SQC教育体系の再構築。各部SQC推進リーダー育成による組織的推進活動。各部の重要問題解決支援活動。を1999年4月より展開。同時に入社6ヶ月の技術系新人の配属を機に、

社外SQC教育受講と社内SQC教育事務局の二つの仕事を、手戻りなく同時進行させるために、各仕事の目標と作業内容の共有化を行い、PDPCによる業務計画表を新人自ら作成させて、実務に専念できる環境を整え、自らの力で計画通り完行させることができた。ここで重要なことは、図. 2に示すよう⁽⁴⁾「仕事」の層別を行い、「実務」内容と「作業」内容を明確になっていることが重要である。製造部門の仕事は、実務と、作業は明確になっているものの、開発部門の多くは、上司や先輩から与えられた仕事の内容毎に、技術者自らの知見や経験で、(筆者の経験上)その都度作業手順を作成していた。このことが原因で、仕事全体の計画書を素早く描くことができない若年技術者の場合、作業ミスによる問題発生確率が高く、ミスの連鎖によるトライ・アンド・エラーにより顕在化した技術課題に追われ、潜在的・先見的な技術課題の解決まで至らないことも目の当りにしてきた。



図. 2 仕事の定義

2.2 シミュレーション技術とSQC活用との融合

設計の三要素は「品質、質量、コスト」である。三要素をバランス良く、ばらつきも含め、問題への寄与度の高い設計要因を絞り込み、最適な組み合わせ条件を導き出すことにある。

また、急激にコンピューターの性能向上と、CADアプリケーションの機能充実化により、設計段階で設計者自身がソリッドモデルで簡易的にシミュレーション(CAE)解析を行うことができるようになってきた。⁽⁵⁾例えば、14要因のランダムな組み合わせ条件下でも、1実験を30分程度の時間で結果

を確認することができる。

このように、時代の変化と共に設計思想は変わらずとも、設計業務を行うための環境や道具に変化があるが、過去の様々なデータを含めたSQCを活用した解析は取り入れていないことが多い。

現在の設計環境の中で、SQCを取り入れた業務遂行が実現できれば、設計者の意図とする目標品質確保の制御が可能になり、設計の三要素をバランス良く取り入れた設計品質の造り込みと、設計者自身で確からしさの確認と検証が可能となる。

3. SQCを活用した設計プロセス例

筆者の企業内外における問題解決活動は、“SQCテクニカルメソッド”に基づいた支援活動を行っている。その中で最も重要なプロセスは新QC七つ道具であり、固有技術の集積（演繹・帰納法→客観視→自然科学の法則確認）に全プロセスの約80%を占める。

JUSE-StatWorksは新QC七つ道具を含め、一つの統計解析ソフトで解析作業が可能であり、筆者が1994年に受講した、社外SQC教育修了課題の事例で、JUSE-StatWorksにより再編集した内容で紹介する。（内容はフィクション）

テーマ：4WD車バックドア下がりに対する最適設計の検討

(1) 課題

市場ニーズ、車両総重量、コストより、図. 3で示す概要で4WD車のバックドア1枚化（現状：観音開きドア）の開発を進めているが、過去に経験していない大型でスペアタイヤ

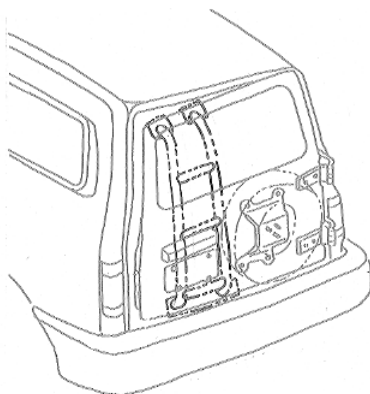


図. 3 開発バックドア概要

搭載の横開きバックドアであることで、ドア下がり懸念される。CAE(FEM)解析も行っているが、最終的結論はKKD(経験・勘・度胸)に委ねていることが多く、設計と評価のトライ・アンド・エラーが予想される。各要因の影響度を把握し、ドア下がり量予測式を構築し、設計者として納得できる最適設計条件を確立する。

(2) 目標

設計諸元変更によるドア下がりに影響する要因の把握と、ドア下がり量予測式を構築し、開発部門におけるSQC手法活用の効果を確認する。

(3) 開発目標値の確認 (6.0mm以下)

ドアを150mm開けた位置で、ドア下端部に〇〇kg/fの負荷した状態でドア下がり量を測定し、判定基準以下であれば合格。ただし、ドアを開けた直後の自重によるドア下がり量は考慮しない。

(4) 活動内容

① 過去の実験データとCAE解析データとの関係よりCAE解析精度を確認する。

・相関分析、回帰分析実施

相関係数 $r = 0.994$, 寄与率 $r^2 = 98.7\%$

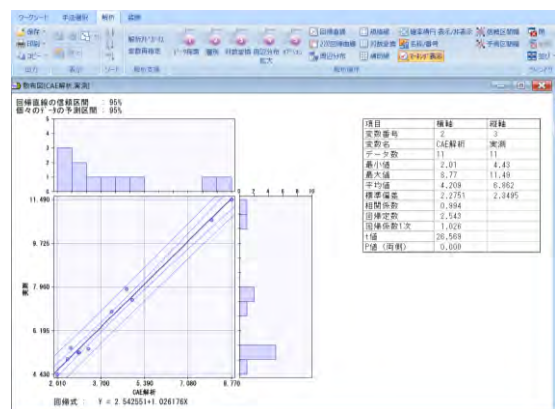


図. 4 CAE解析精度確認分析

② ドア下がりに影響する要因を、新QC七つ道具の連関図法、系統図法、マトリックス図法の順で作成し、技術情報

の収集と整理を実施。図. 4はプロセス図であり、図. 6は連関図の言語入力画面であり、図. 7は「連関図起動」ボタンをクリックすることで表計算ソフトに出力された連関図を示す。図. 8も含めJUSE-StatWorksで作成した結果を示す。

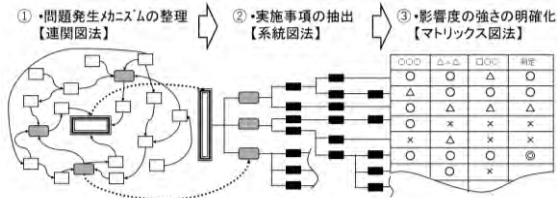


図. 5 新QC七つ道具活用例

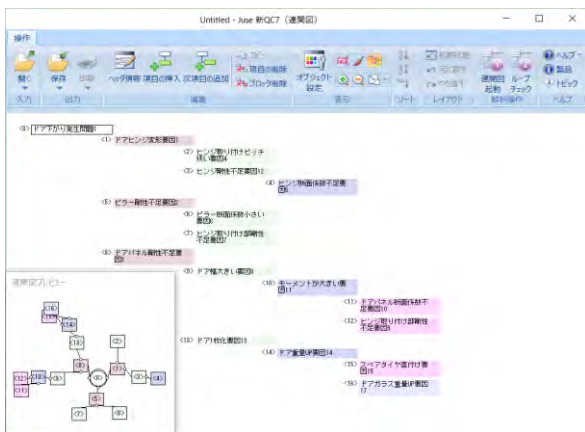


図. 6 ドア下がり (連関図-1)

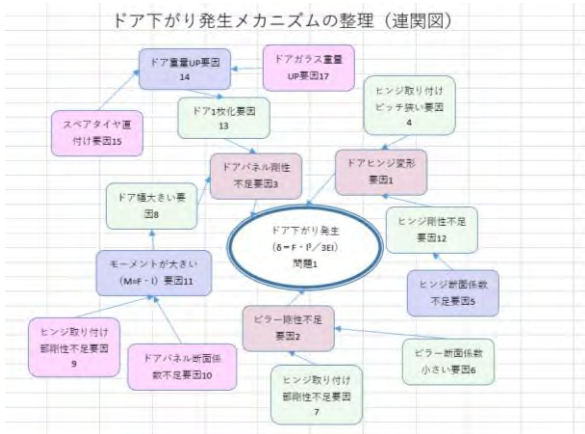


図. 7 ドア下がり (連関図-2)

ドア下がり量を小さくするには?

1次方策	2次方策	効果実現性	得点	対策No	なぜ
ドア幅を小さくする	× 意匠上不可	◎ ×	3		$\delta = F \cdot l^3 / 3EI$
ヒンジピッチ拡大	ヒンジピッチ変更	○ ○	4		
ボデーの剛性UP	ヒンジ取り付け部局部剛性UP	◎ ○	5		
ヒンジ剛性UP	ヒンジ断面係数UP	◎ ○	4		
	ドア断面係数UP	◎ ○	5		$M = F \cdot l$
	ドアヒンジ取り付け部高剛性UP	◎ ○	5		$\delta = F \cdot l^3 / 3EI$
		○ ○	4		

図. 8 ドア下がり (系統図, マトリックス図)

従来、管理保管が難しかった新QC七つ道具のアナログデータを、JUSE-StatWorksにより電子データとして保存が可能になり、社内ネットワークサーバーに保管することで、加筆修正やメンテナンスも容易となる。

- ・ ドア下がり影響要因整理結果(以下5項目)
 ドア幅(mm)
 ヒンジピッチ(mm)
 ピラー断面係数($\times 10^5$)
 ヒンジ断面係数($\times 10^5$)
 ドア断面係数($\times 10^5$)

連関図法による整理から、 $\delta = F \cdot l^3 / 3EI$ の理論式との繋がりを導き出すことができた。

- ③ ドア下がりに影響する5要因の変化を確認することを目的として、各要因の水準を決定後、表. 1 で示す内容にて L_{27} 直交表に割り付け、目的変数のドア下がり量をCAE解析にて求めた後、重回帰分析を実施。

表. 1 割り付け表

列	要因	水準	1	2	3
3	ドア幅 (mm)		600	1000	1400
9	ヒンジピッチ (mm)		300	350	400
1	ピラー断面係数 ($\times 10^5$)		67	77	87
12	ヒンジ断面係数 ($\times 10^5$)		70	120	170
6	ドア断面係数 ($\times 10^5$)		20	30	40

- 多変量連関図で線形性を確認

結果：ドア下がり量とドア幅に曲線関係（理論式と一致）であったので変数変換実施。

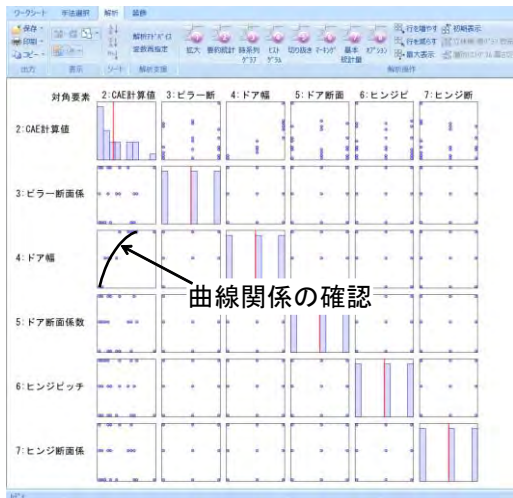


図. 9 確認実験結果の散布図
再度、多変量連関図で線形を確認。

- 重回帰分析実施

取り込まれた説明変数

ドア幅 (mm) … 注) 意匠上変更不可

ヒンジ断面係数 ($\times 10^5$)

ヒンジピッチ (mm)

自由度調整済み寄与率 : 93.5%

他の確認項目も過去の知見と一致

目的変数名	重相関係数	寄与率R ²	R ²	R ² *	R ² **	
CAE計算値	0.974	0.948	0.941	0.935		
	残差自由度	残差標準偏差				
	23	0.087				
vNo	説明変数名	分散比	P値 (上側)	偏回帰係数	標準偏回帰	トレランス
0	定数項	15.8040	0.001	0.638		
3	ピラー断面係数	1.8045	0.193	+		
4	ドア幅	399.9612	0.000	0.001	0.949	1.000
5	ドア断面係数	0.6277	0.437	-		
6	ヒンジピッチ	6.6058	0.017	-0.001	-0.122	1.000
7	ヒンジ断面係数	14.8421	0.001	-0.002	-0.183	1.000

図. 10 重回帰分析分散分析表

- ④ 予測式の構築

予測値=重回帰分析式を①の単回帰式に代入

注) ①のデータ間の乖離が大きいため単回

帰式をベースとした予測式とした。

- ⑤ 予測式の精度確認

CAE解析値と予測式から得られた値より単回帰分析を実施。

相関係数 $r=0.971$, 寄与率 $r^2=94.3\%$

図. 11で示すよう、散布図内に確認実験結果を観測値の95%信頼区間内にプロットされており、予測式精度が実用範囲内にあることを確認。併せて開発目標値を達成するためのCAE解析値も求めることができ、関係部署との整合と図面への反映し後工程へと展開することが可能となる。

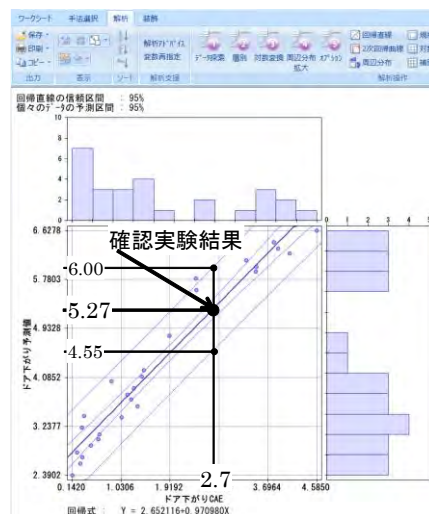


図. 11 確認実験結果の散布図

- ⑥ 流出防止と再発防止

その後、今回の解析結果を基に、試作品や号口品との差の確認を行うことで、設計品質の検証も容易にでき、不適合品の流出を抑え、お客様に「安心」「安全」「安価」な製品を提供することができる。

また、お客様に多大なご迷惑をお掛けした場合でも、定量的情報を含めた再発防止も可能であり、次期開発を担う技術財産の有効活用も期待できる。

4. まとめ

全社SQC推進担当に着任後22年の間に、社外SQC教育で取り組んだ初稿事例を基に、役員直轄を含む多種多様な問題解決を行いながら事例の改善を積み重ねることで、実務に使えるSQCと統計解析ソフトを、さらなる開発設計の業務遂行支援を目的とした道具として取り入れたプロセスに辿りつくことができた。

現在トヨタグループでは、DRBFMを主体的とした未然防止活動を行っている。2005年3月よりDRBFM推進担当に着任。効率良く質の高いDRBFMの作成を目的として新QC七つ道具を取り入れた活動を推進し、原理・原則に基づいた問題発見と問題解決が実現できるプロセスを取り入れ、技術者が自らの力で“これでヨシ!”と言い切るための判断材料集積と、実施結果を検証できる検証力こそが真の技術力であり、技術者の知力と潜在能力を最大限発揮させることがDRBFMエキスパート（2006年取得）の使命と考え、S・Aランクテーマの解決支援を200件以上担当し、摘出した故障モードにおける市場問題発生「0件」の実績を含め、グループ内トップレベルへと成長させることができたことを自負している。

また、今回の事例内容の手順を、図. 12で示すタイミングで実施できれば、さらにDRBFMと設計三要素を含めた設計品質の完成度を向上させることも期待できる。



図. 12 SQCを活用した開発のプロセス例

この様に、シミュレーション技術とSQCテクニカルメソッドとJUSE-StatWorksとを組み合わせた道具として用いることで、最強の開発のプロセスが構築でき、手戻りの無い開発業務遂行が実現できる。

5. 今から期待したいこと

「SQC手法は有効な道具の一つである。」と認識している企業は少なくないと考えます。

しかし、SQCを推進する部署が存在するからといって放置していないだろうか。SQCそのものを深く理解することよりも、設計三要素を満足できるレベルに最短時間で到達させるために、SQCテクニカルメソッドの方法論を礎に、統計解析ソフトでシミュレーション解析作業の支援「道具」として期待できる費用対効果を把握し、「仕事を行うための道具にSQCを採択する。」と会社方針で展開されることに期待したい。

6. 参考文献・引用文献

- (1) 鈴木通裕, (2000), アラコにおけるSQCによる人材育成への寄与, JSQC, No.65 研究発表要旨集, pp.29-32
- (2) 天坂, 川澄, 石田, 鈴木, (1998), 製造業のこれからの品質管理と人材育成, JSQC, No. 60研究発表要旨集
- (3) 鈴木通裕, (2004), アラコにおけるホワイトカラーの人材育成, クオリティマネジメント, Vol.55, No.55, pp.52-56
- (4) 天坂格郎編著, ニュージャパンモデル サイエンスTQM 戦略的品質経営の理論と実際 (2007, 丸善), pp.127-141
- (5) 鈴木通裕, 則武雅人, (2016), インストルメントパネル変形モード予測式構築, No.25 JUSEパッケージ活用事例シンポジウム要旨集, pp.29-33
- (6) 鈴木通裕, (2016), 手戻りしないための開発のプロセス構築, 2016クオリティフォーラム発表資料,
- (7) 日本規格協会 名古屋QST研究会 編, サイエンスSQC ビジネスプロセスの質変革, pp.3-8, (2000, 財団法人 日本規格協会)

本著作物は原著作者の許可を得て、株式会社日本科学技術研修所（以下弊社）が掲載しています。本著作物の著作権については、制作した原著作者に帰属します。

原著作者および弊社の許可なく営利・非営利・イントラネットを問わず、本著作物の複製・転用・販売等を禁止します。

所属および役職等は、公開当時のものです。

■公開資料ページ

弊社ウェブページで各種資料をご覧ください <http://www.i-juse.co.jp/statistics/jirei/>

■お問い合わせ先

(株)日科技研 数理事業部 パッケージサポート係 <http://www.i-juse.co.jp/statistics/support/contact.html>