

インストルメントパネル変形モード予測式構築

～グローブボックス開閉操作性向上への取り組み～

トヨタ車体株式会社

製品企画センター MBQ推進室 ○鈴木 通裕
内装設計部 インパネ空調設計室 則武 雅人

1. はじめに

トヨタ車体(株)では、1945年の創業から10年後に全社QC活動がスタートし、1973年よりTQM推進委員会の前身である品質管理推進委員会の下部組織の一つとして信頼性委員会が発足した。

筆者(鈴木)は、2004年10月のアラコ(株)車両事業部とトヨタ車体(株)との事業統合による勤務地変更直後から信頼性委員会の推進事務局として継往開来に奔走している。

筆者は特に、^[3]^[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』を自己の課題と受け止め、信頼性委員会の活動メンバーが掲げた課題に対し、具体的なプロセスの提示やアプローチ方法等の助言により、2年の期間修了後に専門スタッフとして、各職場での課題達成に向けての指導や後進の育成の一端を担うことができる技術者の育成を目指し推進している。

このために、“信頼性”と名の付

く委員会ではあるが、技術者である以上、データ解析による結果指標に基づき、ロバスト性を確保した図面品質を制御することが開発部門の役割であると考え、SQC手法を主体とした課題達成活動に取り組んでいる。

本書は、筆者と当時信頼性委員会メンバー(則武)と共同で課題達成活動を実施し、固有技術的価値のある成果が得られた事例である。

2. 活動背景

お客様が車を購入する条件の優先度として、車の外観意匠、内装の質感、使用性、操作性等がある。この中で、共同研究者が担当している内装部品の一つであるインストルメントパネル(以下：インパネ)において、近年、グローブボックスドアの操作性の要求が高まってきている。このことで、最近の車のスタンダードは、グローブボックスを開閉するためのハンドルは運転者の利便性を配慮し、グローブボックスの中心から車両中央寄りへと移り変わってきた。

その一方、製品開発時に「グローブボックスの建付け調整に多くの工数を要する。」との問題指摘を受け、

改善に取り組むことにした。

3. 現状把握

開閉操作用ハンドルがグローブボックスの中心から車両中央寄りに変わったことで、ロック構造がストライカ式から^{かんぬき} 閉ロック式に変わり、インパネの建付け精度がダイレクトにグローブボックスのロック掛りに影響することは、過去の経験や知見より十分把握できた範囲であるが、インパネのどこの部位がどれ位グローブボックスの閉式ロックの掛りに影響しているかを、定量的に突き止めるに至っていないことが実情であり、後工程の要求品質に対し、応えるべき設計品質を明確にすることに期待が高まってきている。

4. 課題の明確化と目標の設定

後工程の要求品質を満足させるために、目標値を次の内容と定め、問題解決を推進することにした。

- 1) 課題：インパネの剛性と建付け精度における変形モードの明確化。
- 2) 目標値：グローブボックス建付け左右偏差の目標値を満足させるための条件の明確化。

問題解決活動を円滑に進めるために、有識者との打合せにより活動ステップの明確化と共有化を



[図. 1] 問題解決の山登り図

的として、問題解決の山登り図 [図. 1] を作成し、推進することにした。

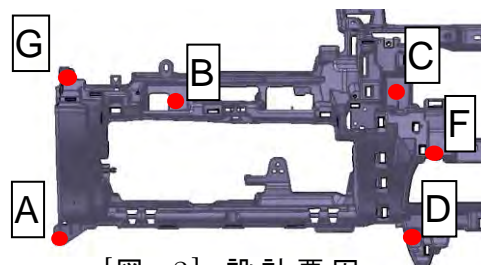
5. 活動内容

原因分析 1

活動メンバー間で共通認識とするために、先に記述した過去の経験や知見を基に、連関図法を用いて個人の持つ情報を整理・集約した。

その結果、

- ① インパネ上部両サイドのロック穴部の変位は、[図. 2]の [B], [C], [F], [G] のねじ締結が影響している。
- ② インパネの下部グローブボックス取り付けヒンジ部の変位は、[図. 2]の [A], [D], [F] のねじ締結が影響している。



[図. 2] 設計要因

- ③ グローブボックス開閉操作に影響する設計要因と特性とが共に複数個存在していることが、連関図作成により整理することができた。

原因分析 2

連関図作成の結果、特性は [表. 1] に整理することができた。

[表. 1] 特性表

No.	特性	部位
1	H方向相対変位量	ヒンジ部
2	L方向相対変位量	
3	L方向相対変位量	開口部
4	W方向相対変位量	

ここで、設計要因間の交互作用の可能性は予測できるが、まずは設計要因と特性との関連性を確認することを目的とし、*L18 直交表を用いた応答曲面法による CATIA の CAE 測定値を用いて解析を実施した。その結果、設計要因と特性との関係を要因効果図より導き出すことができた。



[図. 3] 応答曲面法解析による要因効果図

*1 列×2 列間の交互作用が考えられる場合、通常応答曲面法にて全ての解析結果を得ることは不適である。

原因分析 3

原因分析 2 で得られた結果を基に、寄与の大きい設計要因が、インパネの変形にどのように影響しているかのメカニズムを確認することにした。寄与の高い設計要因を L₉ 直交表に割り付け、CATIA の CAE 測定値による実験結果の変位と応力の高い実験 No. [表. 2] を確認

[表. 2] インパネ変形モード

	C(L)	F(L)	F(W)	G(H)	
1	前3	前3	左3	下3	引張
2	前3	前3	左3	下3	
3	前3	後3	右3	上3	引張
4	0	前3	0	上3	
5	0	0	右3	下3	0
6	0	後3	左3	0	
7	後3	前3	右3	0	圧縮
8	後3	0	左3	上3	
9	後3	後3	0	下3	

し、インパネへの力の伝達構造を把握することで変形モード [図. 4] を確認することができた。



[図. 4] インパネの変形モード

原因分析 4

以上の結果より考察を加えると、インパネの剛性不足が原因であることがインパネ R/F&ボデー精度 (ばらつき) に影響していることから、インパネの剛性アップが必要と判断し、その対策の検討をおこない、対策案を 2 案立案した。

- ・ 1 案：フランジ延長構造
- ・ 2 案：ボックス構造

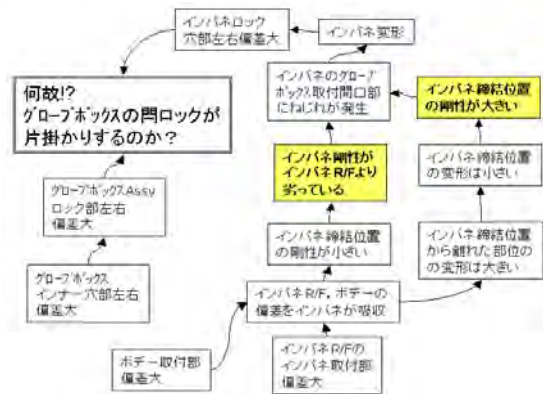
原因分析 5

CATIA にてモデルを作成し、その効果の確認をおこなったが、2 つの対策案共に目標値を満足することはできなかった。

原因分析 6

ここで、先に作成した連関図に立ち返り原因分析 4 で立案した対

策検討内容を、連関図に記述の事実関係との照合をおこなった。その結果、連関図にインパネの剛性とねじ締結位置に関する記述に洩れがあることが分かり、再度連関図[図. 5]の見直しをメンバーと共に実施し、次の結論を得た。



[図. 5]見直し後の連関図

単に CATIA 解析結果の剛性虚弱部位の確認による対処療法的補強では、今まで剛性虚弱部位が変形していたことで、保たれていたインパネ全体に掛る力のバランスが崩れ、その歪分が別の部位に移動したと結論付けた。

原因分析 7

この考察結果より、①ねじ締結位置、②インパネ剛性、の 2 要因を新たに追加し、各要因の影響度と最適条件を導き出すための予測式構築に向け、もう一度 CATIA モデルによるデータ作成を計画した。データは無作為性と直交(バランス)性を取り入れることを目的とし、直交表(L₂₇+1 列)を用いて作成し、重回帰分析法にて解析を実施することにした。

原因分析 8

得られた実験データを基に、重回帰分析を実施した。その解析結果を、以下に記述する。

目的変数名	説明変数名	分散比	F値 (上側)	偏回帰係数	標準偏回帰係数	トレランス
ねじれ		0.948	0.898	0.895	0.872	
	残差自由度	23	0.271			
vNo	説明変数名	分散比	F値 (上側)	偏回帰係数	標準偏回帰係数	トレランス
0	定数項	0.0009	0.876	0.802		
6	dl	198.5902	0.800	0.923	1.248	0.565
7	cl	73.2514	0.800	-0.718	-0.640	0.771
6	bl	62.1946	0.800	-1.178	-0.640	0.673

[図. 6]分散分析表(確定モデル)

《重回帰分析実施結果》

$$\text{ねじれ量} = 0.923dl - 0.718cl - 1.178bl + 0.002$$

自由度調整済み寄与率=88.5%

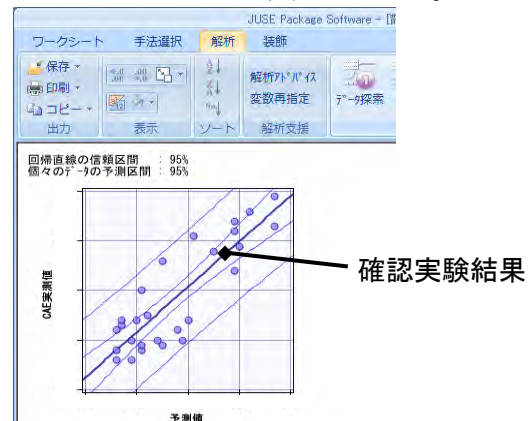
これを基に、門ロック掛り部の左右偏差は、以下の公式で求めることができる。

$$\text{左右偏差} = \sqrt{\left(\sqrt{(\text{ねじれ量})^2 + (A)^2}\right)^2 + B^2 + C^2}$$

- A: インパネばらつき
- B: グローブボックス Assy ばらつき
- C: A と B との組付けばらつき

6. 効果確認

この結果から得られた予測式の精度確認を目的に確認実験をおこなった結果、個々のデータの予測区間: 95% [図. 7]にプロットされており、予測式の精度が実用範囲内にあることが確認できた。



[図. 7]確認実験結果の散布図

7. 活動成果

- 1) インパネの剛性と建付け精度における変形モードを明確にすることができた。
- 2) グローブボックス建付け左右偏差の目標値を満足させるための条件を明確にすることができた。

● 副効果

重回帰分析結果より、取り込まれた各変数の標準偏回帰係数を基に、追加要因（①インパネ剛性、②ねじ締結位置変更）の全体に及ぼす影響の寄与が低いことも解り、さらに外乱に強い構造変更への必要性も確認できた。

8. まとめ、今後の進め方

今回の活動で得たことは、過去の業務経験や知見等で得ていたインパネ変形のメカニズムは潜在的イメージの中で直感的に掴んでいたが、今回の定量的な解析により、第三者に対しても理解・納得させることができるメカニズムを紐解くことができた。これにより、容易に対策案を立案することが可能となった。

また、重回帰分析による予測式構築により、定量的な判断材料が伴った重点志考によるやり直しのないプロセスの構築が可能となり、開発部門の役割の一つである、後工程も含めた図面完成度向上へと繋げることができた。

さらに、今回の活動の中で課題

達成や問題解決のスキルが形成され、筆者の目指す『固有技術の確立と継承できる技術者』の早期育成を実現することができた。

この経験でスキルを身に付けた専門スタッフは、各職場の新たなテーマのリーダーとして活躍している。

9. 謝辞

本活動を行うにあたり、業務多用にも関わらず、ご協力を頂きました(株)日本科学技術研修所 犬伏様を始とする多くの方々に、お礼申し上げます。

【参考文献】

- [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] 天坂監修, 鈴木, 時田, 高桑, 松行, (2004), 連載(5) 戦略的品質経営のための事務・管理部門のパートナーリング, クオリティマネジメント, Vol.55, No.55, pp.42-56
- [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

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>