

特集 DXを支えるIT

製造業IT化の目的と自動車の事例

株式会社デジタルコラボレーションズ 代表取締役
技術経営士 石井 達久



1. はじめに

まだまだDXが進まない状況が続いている。例えば、中小企業においては政府の手厚い政策があるにも関わらずである。これにはいくつかの原因があるが、特に、製造業について言えば、市場には業務に使える市販システムがないと思っている。業務に使えるというレベルの認識に差があることも承知ではあるが、残念ながら製造業の生産性向上に寄与する市販システムがないと述べておきたい。

大手企業は自前でシステム開発をし、その内容は世の中に説明されることも少ない。

製造業は多岐にわたる機能が必要で、小さな会社でも、受注から仕入れ、製造、検査、出荷の仕事は必ずあり、大きな会社と異なることは、その業務の緻密さとユーザ数の違いにある。

大手企業では業務分野毎にシステム開発され、中小企業の業務全体を担って欲しいシステム化ニーズとは異なっている。大手企業では、業務分野毎のシステム化はそのデータの繋がりにおいて問題があり、部分最適化を進めてきた反省をもって対策を進めている企業も多い。

情報システムを導入するには費用対効果が予測できなくてはならないが、小さな会社が部分最適化を進めるのでは効果より費用が大きくなってしまいうのでDXは進まない。仕入れ、製造、検査、出荷を計画し、指示する人が数人の企業もあり、その仕事には、これらをトータルで行うことのできるシステムがあれば効果的であろう。

ところが、市販のシステムは部分的に機能があるだけで、多岐にわたる業務のつながりは手作業しかないのである。ユーザからすれば使えるシステムがないということである。

このような状態の中で、どのようにデジタル化を着手するかという企画の議論が不十分に思えてならない。

大切なことは、企業において、一番、根源的なデータは何かを明らかにして、関係業務のデータの繋がりを確認してから開発をすることだと思う。業務プロセスの再設計が行われる必要がある。

この企画検討はユーザ企業自身が考えるべきことであり、情報システム企業に任せることはできない。そこで、私が経験したトヨタ自動車におけるエンジニアリングシステムの開発目的と展開の解説を伝えることで、中小製造業のDX推進の考え方のヒントになればとのことから情報提供することにした。

2. 自己紹介

トヨタ自動車にての経験分野は自動車の最終組立ラインの生産技術だった。図1には私が経験した分野を海外生産の増大からの必要性のある企画業務を示しておく。昔から組立の生産技術とは一体何を行う技術分野であるかが確立されたものではなかった。

その一般的な技術では、多くの部品を締付けにて行っている、ネジ締め技術を保有すると言えよう。同じく、エンジンクーラント、ブレーキオイルなどの液体注入技術もその一つである。
組立ラインの中で、大きな設備投資を必要とする自動車ボディ搬送設備に関する技術も固有な技術だと言える。

しかしながら、自動車ラインの自動化率は数%であり、ホースの結合、内装品の嵌合、ワイヤーハーネスのコネクター結合など多くの作業はいまだに手作業である。

色々な大きさと形、硬さの異なる部品をいろいろな方向から取付けし、その取付品質を目視で確認することを自動化するには今後も多くの技術が必要である。昔からその研究は行われているが、今もなお、その目標は未達成のままになっている。その様な組立の生産技術に対して、大きな役割を付け加えながら製品開発に関与していくことに業務が変化していくことを経験した。

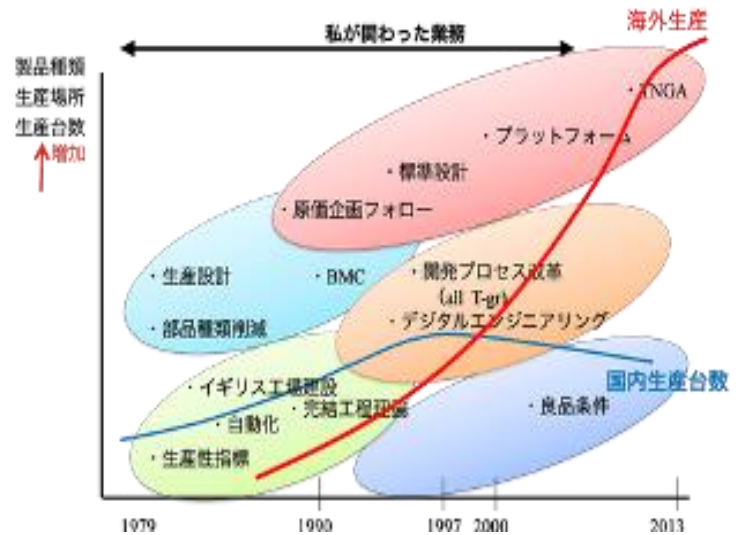


図 1

3. 組立エンジニアの付加価値

組立技術は製品の全体に対するエンジニアリングを行うことであるので、大きく関係する組織は自動車の設計をする製品設計と生産を行う製造部門、この2つに関係する。図2は組立ラインとその生産技術、製品設計の売上、利益についての業務目的を示したものだ。
設計を含め生産技術は会社の利益に貢献し、製造部門は売上に貢献している。

ここで、製造部門の売上貢献は計画された生産台数を日々確実に生産することによって、お客様が欲しい納期で自動車を買っていただけることになる。
計画された生産台数は生産上の種々の問題により100%達成することは不可能だ。
それを達成するための努力は日々する必要がある。

一方、設計と生産技術はより良い方法で生産できるための製品構造・工程設計をする必要がある。
そのためには、製造部門で発生する諸問題を知ることが必要である。
多くの企業では、この製造部門で発生する諸問題を解決していないように思う。

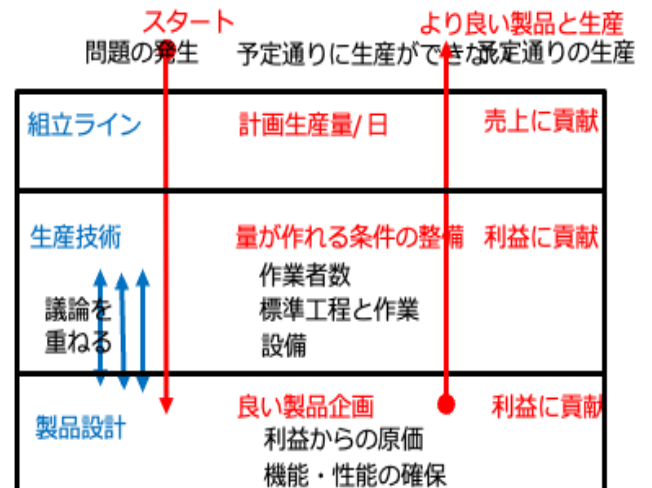


図 2

これに対し、どんなに優秀な人でもミスをするものだということから、その設計構造や生産工程でミスが起こらないようにどうするかを考えることがトヨタ自動車の思考習慣にある。
改善では革新はできないということではなく、エンジニアが改善をすることで革新は進んでいくのであり、革新のためには現状の具体的な問題を知識として共有されることが他者の協力を得るためには必須なことである。

4. 自動車生産の特徴と中小製造業のDXに必要なこと

中小製造業との違いでは、例えば自動車製造では、図3に示すように、台あたり部品点数が多い。主要部品で600点、ボルトナットを加えれば2000点だ。ライン一本での直当たり生産台数は400台の規模になっている。この2つのことから、生産ラインのは2Kmの長さが必要とってくる。

この大規模な生産ラインを運営するにあたり、多品種混合生産を行い、需要変動に対しては作業人数を増減させて固定費を調整している。

中小製造業では製品にもよるが、一個あたりの部品点数は10点（加工だけの場合もある）程度、日当たり生産数は仮に100個程度として比較してみたい。

自動車とはその工程設計も大きく異なる。中小製造業では、設備を主体とした工程であることが多いかと思う。

作業者の数よりも設備の数が多いと思われる。

設備の前後には必要な在庫が溜まり、それを運搬投入することが必要で作業者が設備の周りを移動することが多くある。

自動車組立ラインの概要

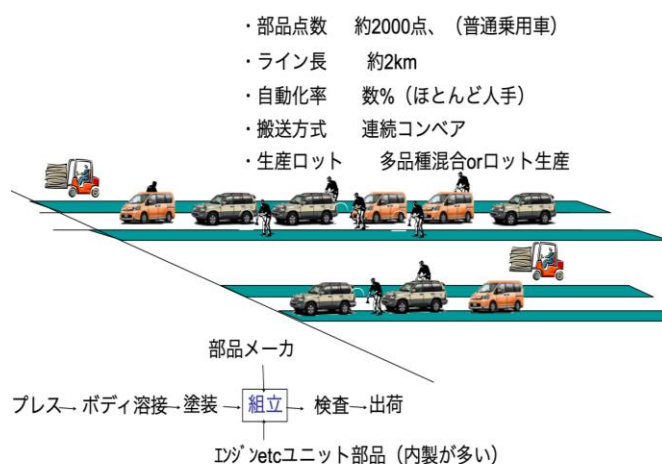


図 3

一方、自動車の組立ラインでは、圧倒的に作業者が多いことから、人を主体とした工程設計を行う。例えば作業者の移動を極力減らす観点が強く働く。

中小製造業では、大きなプレス機械や溶接機械でスペースは決められ、その機械を多工程もちで操作するなど、設備を中心に配置が決まってしまう。一旦据付した設備は簡単にはレイアウト変更ができないため、問題を解決できないことが継続されがちである。

中小製造業では仕入れ価格を下げるために、一括購入して倉庫に保管することを選択せざるを得ないこともある。自動車では、所定の生産量を賄うだけの倉庫を用意することは考えられないことで、いかに多頻度納入を行うかについて検討されることとなる。

生産する製品の大きさも、数メートルあるものから100mmのものもあり、そのことによって生産ラインの設計思想は変化する。

物を運ぶ考え方もこれによって異なり、実際の運搬工数も頻度も考えて設計しなければならない。時には特急品要請にも応えていかなければならない。しかし、働く人は限られて応援を出す余裕はない。そのために生産計画は変更されるし、外注した部品の発注納期や数量にも変更を加える必要が出てくることもある。

このように自動車と中小製造業とでは、工程設計の基本的な考え方に違いがあり、自動車の利用する情報システムがそのまま使えないこともあると思うが、基本的な考え方を外部の条件としておけば、KPIは同じでも良いように思われる。ただし、このような中小製造業のDXには本当にどのような仕様のシステムが必要であるかを考え抜く必要がある。それは想像力と創造性を持って現状否定の心構えで製造業務プロセスの無駄を見つけなければ、やるべき情報化は企画できないと言える。

5. 漏れのない作業配分ニーズ

組立の工程編成業務は複雑で多くの知識を持ったベテランでなければ実施することができないものだ。かつて、国内の工場では作業手順書は紙に手書きで作成されていた。3000個の要素作業を200人に公平に配分することは不可能である。

更に、平準化生産を行ない、多くの車種と仕様を一人の作業者が効率的に組むことのできる作業組み合わせを決めることがより一層の難しくさせている。これは古くからラインバランシングと呼ばれる難問となっていた。

この工程編成業務の一番の目的は、一つの要素作業も漏れなく作業者に配分できていることを保証することにあった。そうでなければ、完成する製品は品質不良になってしまうからだ。
次に、無駄な工数をミニマムにする工程編成を立案することである。このミニマムにする工程編成は人の頭で行うことから、どこがミニマムなのかを知らない状態であり、より良くする改善に依存していることは問題だと考えている。

また、需要変動のある度に生産タクトを変更し、できるだけ、無駄のない作業員数にて生産を行うために、工程編成は繰り返し変更され、その準備は残念ながら無駄な業務であると言える。

このような煩雑で多くの組合せを検討する必要がある生産工程は他の製品にはなく、部品点数が少ない製品でも、作業員の要素作業計画と管理は必ず必要なものであろう。人は記憶して作業ができるが、そのことにエンジニアは甘えていては、ものづくりの進化はしないのではないだろうか。

6. 組立作業手順書システムの開発

図4は生産技術が初めて開発した内製システムで、組立作業のラインバラシングのためのシステム化である。このシステムを開発した事で、多くの問題を認識し合うことができた。
それは、要素作業名が人や生産ラインでまちまちの言葉であること。具体的にどの部品のどんな作業であるかが第三者には理解できないこと。作業時間が本当に適切であるかに疑念があること。
車種あたり3000件の要素作業を200人の作業員に平準化しつつ配分することができなければならなかった。

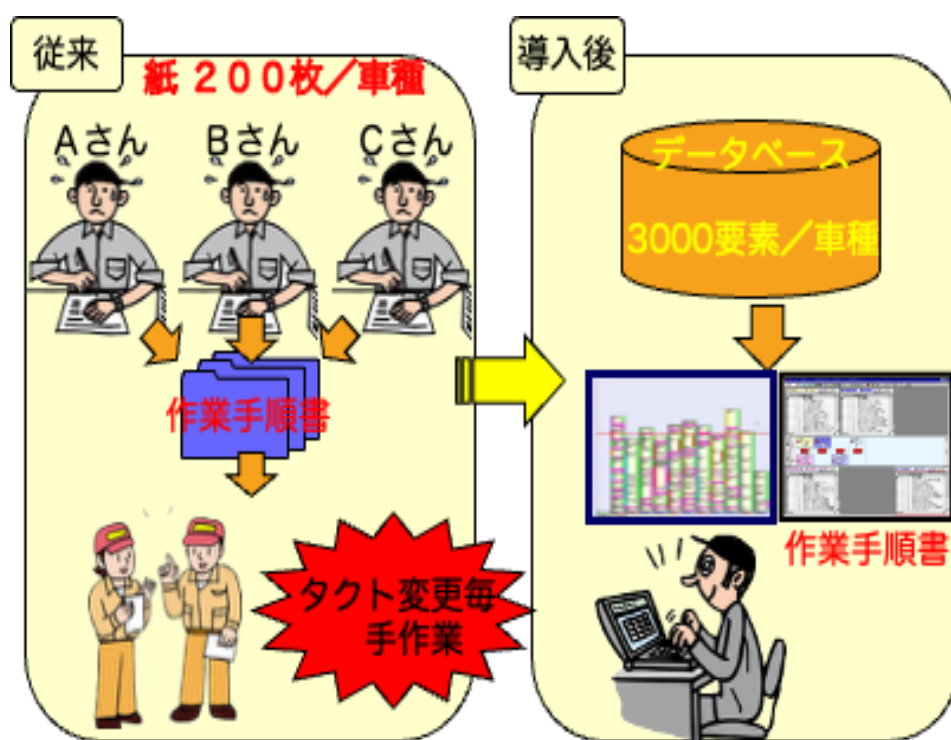


図4

図5に作業手順書システムの代表画面を示してある。データ項目名として作業名、作業時間、作業位置、車両仕様、品番、個数、品質、作業姿勢、工具型式、安全の急所などを保有し、作業名には複数の要素作業名が展開されたものとなっている。この分野は自動計算で作業員毎の稼働率を求められる事を目標にしていた。これは無駄な時間をミニマムにする目的で開発が進められた。今日のAIとスパコンをもってすれば計算ができるのではないかと思う。

作業名	作業時間	作業位置	車両仕様	品番	回数	品質	作業姿勢	工具型式	安全の急所
右、左の足踏み板の取り付け確認	10	2	1 8 8 8 8 8 8	2261	1	75 磨付-スリ	02-3	0012	急所あり
エンジンルームの配線確認	10	2	8 8 8 8 8 8 8	2240	1		02-3	0012	急所あり
ABSの4つのセンサーの調整	10	2	8 8 8 8 8 8 8	2245	1	11.2の調整	002-1	0012	急所あり
右、左の足踏み板の取り付け確認	10	2	8 8 8 8 8 8 8	2271	1		02-2	0030	急所あり
右、左の足踏み板の取り付け確認	10	2	8 8 8 8 8 8 8	2271	1	75 磨付-スリ	02-2	0030	急所あり
右、左の足踏み板の取り付け確認	10	2	8 8 8 8 8 8 8	2271	1		02	0030	急所あり

手順登録

工 種: 0
ライン: 1
車 種: 207N
種 別: 411
ライン名称: 207N-2
工 程: 4
工 程 名: 122W/H組付け
工 程 位置: 02-2-0

車 種	新 旧	手 順	作業作業名	正味	前	作業	種
				作業	番号	位置	
207N		001	生産者手帳確認	0.5	02		8 8 8 8 8 8 8
207N		002	VVT オフセット-(122,02) 0021 結合	3.5	02		8 8 8 8 8 8 8
207N		003	みかんセンサー-Wireless 00101 (122) 結合	2.5	02		8 8 8 8 8 8 8
207N		004	センサー-3センサー-(122) 1002 結合	3.5	02		8 8 8 8 8 8 8
207N		005	センサー-3センサー-(122) 1002 結合	3.5	02		8 8 8 8 8 8 8
207N		006	W/H ミニセンサー-(122) 結合	3.5	02		8 8 8 8 8 8 8
207N		007	みかんセンサー-Wireless 00101 (122) 結合	2.5	02		8 8 8 8 8 8 8
207N		008	3/4" センサー-Wireless 結合	3.5	02		8 8 8 8 8 8 8
207N		009	3000作業/車種	1.5	12		100型式/車種
207N		010	センサー-3センサー-Wireless 結合	2.5	12		8 8 8 8 8 8 8

図 5

人の仕事の多くは相対的に良い悪いで判断され、数値によるものもあるが、理論値をもって達成率をみるところには至っていない。これは多くの製造業に共通していることであり、エンジニアリングが不在になっている事を今日でも反省する必要がある。

7. 組立工程の標準化

重要なことは組立ラインの工程設計であり、部品の組立順序である。当時、国内の生産ラインはそれぞれライン毎に生産する車種が特定されていたが、その後、お客様のニーズに応えるため、同じ車種を複数のラインで生産する様になってきた。

製品設計者からは、同じ車種であるのに部品組立順序が異なるのは困るということ、生産技術者も異なる工程設計を考える必要があり、部品組立順序の問題を認識するようになっていた。ちょうど、海外生産が拡大して、これからも生産ラインを海外に建設するという段階にあり、図6の如く、組立順序の標準化が求められていた。

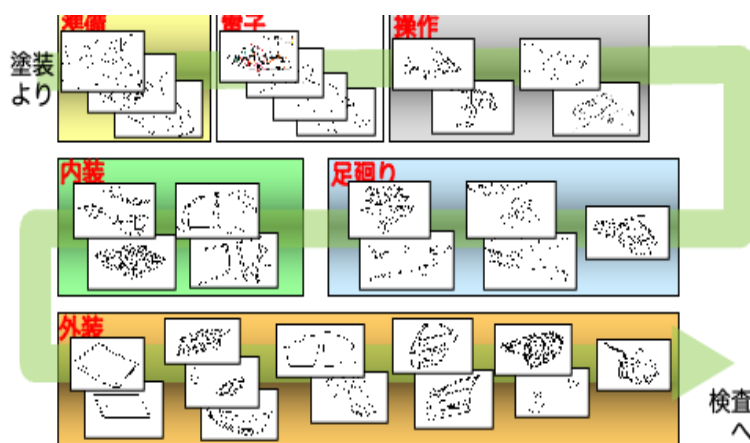


図 6

そこで工程設計の基本的な考え方を完結工程理論として全組立製造部の知識経験に自動車の基本機能分類を組合せ、品質を自工程完結するための工程編成ルールを策定した。
以降、新しい車種の製品設計はこのルールの上で計画され、設計と生産とで合意された標準として運営されていくことになった。
この基礎となるのは完結工程理論と呼ぶ工程編成ルールになっている。

8. 完結工程理論

完結工程とは、図7に示すように、品質向上の為に、車両の本来機能、走る、曲がる、とまるなどの単位で組立作業を分類・配分することを工程計画の基本的な考え方としているものである。

例えば、エキゾーストパイプは、機能としては、排気系と取り決め、この排気系の部品を全て、組付けライン上の機能Aグループに配置するということである。このような機能系にグループ化した生産ラインを構成することで、工程の役割が明確化し、ライン運営の中で改善目標が明確化し、働く人による自律的な品質向上・維持が図られていくものと考えたのである。

この理論が最初に適用されたのはトヨタ九州工場になる。自工程完結とはこのように組立工程設計から発案されたもので、生産性第一という工程編成から品質第一の工程作りに転換することになったのである。

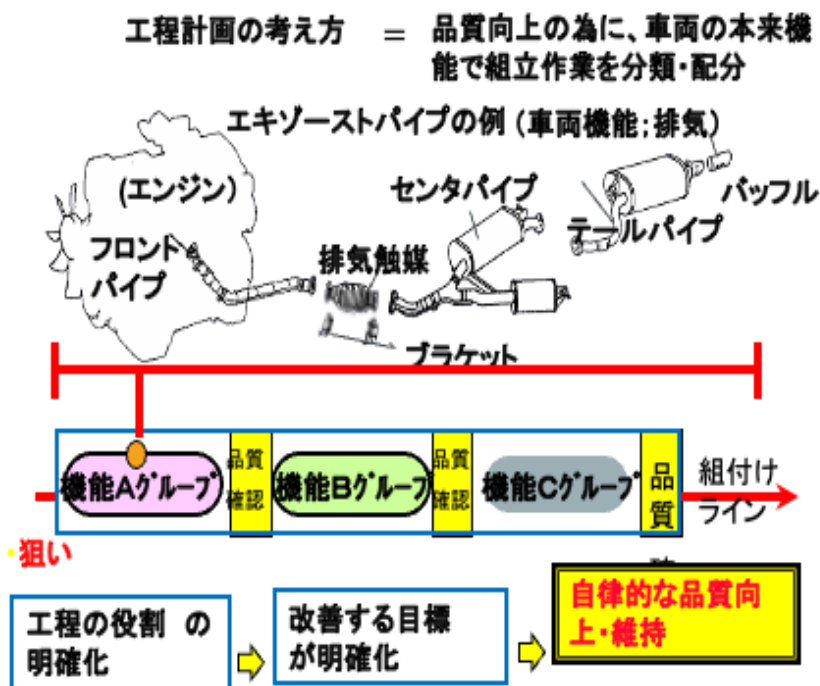


図7

8. 生産技術の本質的な役割

組立の生産技術の役割を抽象的に表現すると図8のようになる。多くの製品設計と多くの仕入れ先、前工程の品質が正しいことにより、初めて組立ラインは整然と生産できる条件が整う。組立ラインには、あらゆる前工程の問題が集積・顕在化する。前工程には製品設計や仕入れ先も含まれる。

そこで、そのような前工程問題を未然防止する役割を果たすのが組立の生産技術だと考えていた。
この考え方が出発点となり、生産技術部門が自動車製品開発の業務プロセス改革を進めていくことになったのである。

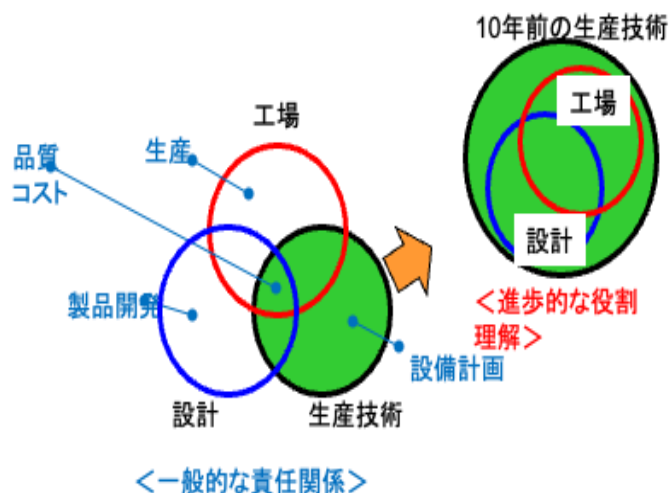


図8

10. トヨタのラージ組立

一般的には組立ラインは部品を組む工程だと考えられがちだ。では、完成品の製品機能はどの工程にて確認するかと問えば、最終組立のエンドにある検査ラインになる。

検査ラインで確認ができない内部の部分については、組立ラインの途中に検査工程をもち、そこで確認をする。

設計者の考えた製品機能や品質はこの組立ラインにて全ての確認チェックを行うことになるのである。

こうなれば、組立では仕入れ先の部品や社内の内製部品の全てを品質管理する必要が出てくるので、その概念をラージ組立と呼んでいた。

11. 開発期間短縮の目的

当時、多くの問題が量産前のライン流しで発生していた。この対策のためにラインオフまでの期間は設計者、生産技術者、製造管理者は緊迫感と多くの工数により疲弊していた。この期間に設計変更が行われると、先に説明した作業手順書システムの工程編成は修正が必要となり、その変更に対しての作業訓練、部品供給先の変更、その関係帳票類の変更など、多岐に変更の影響が及んでいた。

社外に対しての設計加工済みの型修正に必要な型補償費も、大きな問題となっていた。図9には当初の期間短縮のきっかけを示している。

これらの手戻り業務を無くすためには、製品設計の段階にて、量産ラインの問題を事前に対策することが必要となり、それをサイマルティニユアスエンジニアリング（SE）と呼び業務の前だしを行なっていた。

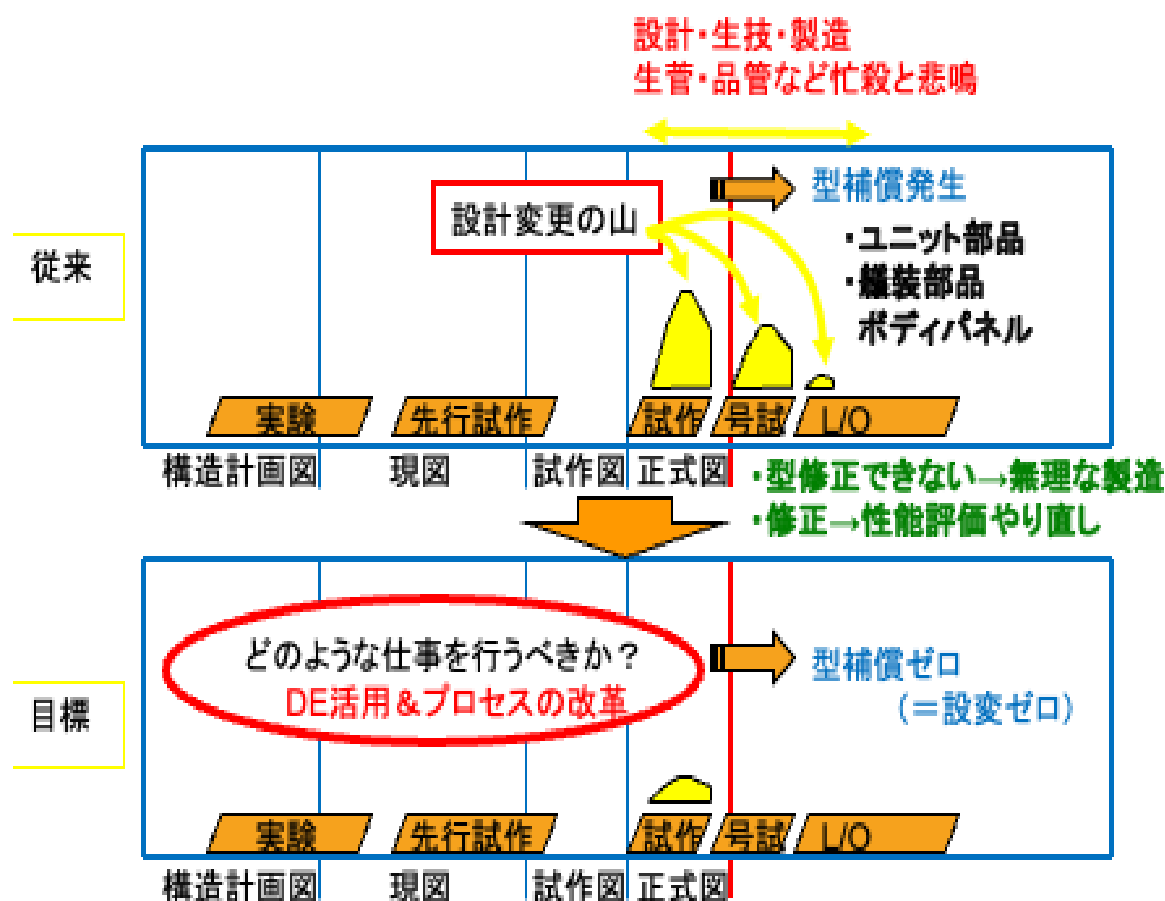


図9

これは一般的には、コンカレントエンジニアリングとその後呼ばれていたことと同じだが、業務の前だしには開発情報の共有やその仕事の短期化などのために、エンジニアリングのシステム化が必要となった。これをDE（デジタルエンジニアリング）と呼び、システムの開発が進められることになった。

12. 問題点の共有システム

開発期間の短縮のためには社内関係部署と開発問題点の共有が必要であった。図10にはそのシステムの使い方を示した。開発問題点を各々がどのくらい抱えているかを共有し、その問題解決のために関係者が対策を進めるためのもので、これにより開発全体の進度は未解決問題点の数であり、各部の進度は同じく各部の抱える未解決問題点の数で捉えることができた。

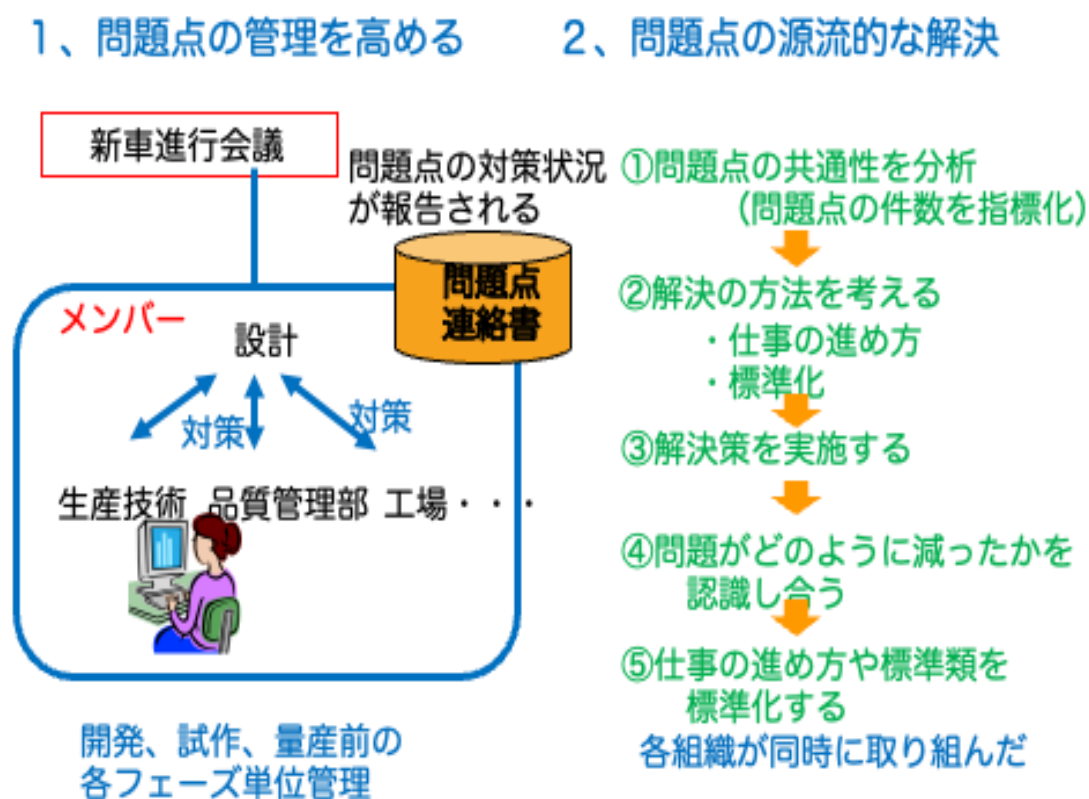


図10

中小製造業においても、問題点を共有することは会社の生産性を高めるために必要なことだと思われる。例えば現場の問題点が把握されていないものづくりではQCDの向上のきっかけすら得ることができなく、改善のきっかけも持たない状態にあると言える。

このような企業は日本の中に多く見受けられる。問題点はどのような対象に発生するのかと言えば、製品図、生産工程の加工工程、生産工程の人、生産日程、などいろいろな場面で発生する。

これを共有すると、本当にそれが問題点なのか？対策はどうするんだ？という声が上がってくる。それによって人はやっと考えることをスタートできるのである。そして、考え方の整理をして、ものづくりの標準を作り出すことができることになるのだ。

13. 問題の発生要因

問題点の要因の多くは、人の能力、仕事の仕方、標準化にある。これらの要因を対策しなければものづくりは向上していかない。この要因は更に細かいことが多く含まれている。その実態を知ること、一つ一つの問題は解決されることになる。その解決のためには問題を発見するだけでなく、その問題を解決する責任者を明確にし、その解決日程、関係部署調整を行うことが必要である。

日常業務に追われ、この付加的な業務を実行することは負担になるものだ。
しかし、その解決こそが仕事そのものであり、その解決を怠る組織にて作られる製品の品質は安心できないことになる。

中小製造業でも、自社の製品の品質はその企業の命であり、そのためには発生する諸問題に真剣に取り組む必要がある。この問題を解決するのは一人だけでは進んでいかない。チームワーク精神が必要で、それを醸成するリーダーの存在が必要である。つまりはそのような人材育成が企業の中で行われているかが重要だ。
問題の認識は改善活動にもつながり、その対策実行は企業のSQCDに関係してるからである。現場を歩いてものづくりの管理状態を現物で見ること、その企業の姿勢がはっきりと確認できてしまう。このような現場管理の仕組みは中小企業にも必要であると言える。残念ながら、このシステムも市販には存在していない。

14. 製品開発マスター日程

SE活動をどの製品・組織でも一体となって進めるためには、開発プロセスのマスター日程を作り遵守する必要がある。

従来の大雑把なガントチャートではなく、業務を更に細分化する必要がある。それも関係部署間で、インプットとアウトプットを合意し、お互いの日程期限を守る約束が必要だ。図11がそのマスター日程になる。
そうでなければ、どちらかの業務に手間ち・やり直しが発生し、期間は短縮されない。

製品開発では、図11のような（イメージ）開発マスター日程に沿って、問題点の発見と対策を推進していった。

現場の生産工程で発生する問題点の管理システムと同様に、開発段階での問題点の管理システムにより開発進行がフォローされていた。

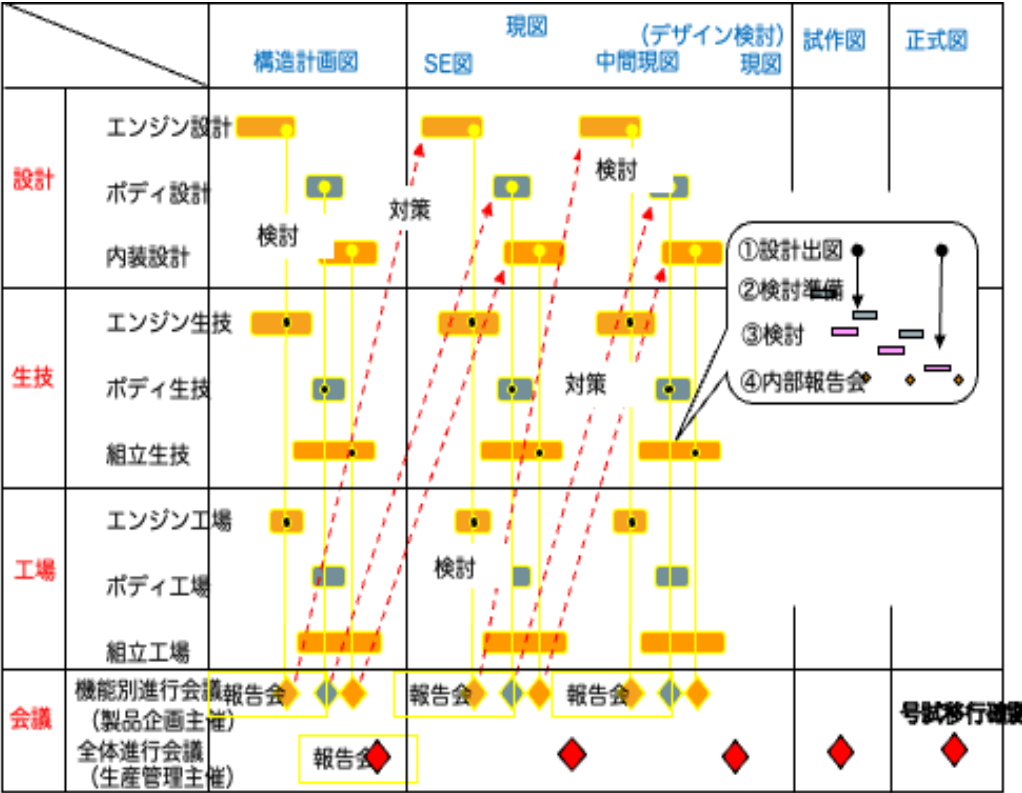


図11

15. 生産側のDEシステム

従来の工程計画は、試作以降におこなわれ、その大半を占める工程編成業務は、あいまいな目標ですすめられていた。

リードタイム短縮のためには、図面段階でこれらの仕事を同期化することが必要である。そのためにはまず、基本となる工程編成をつくれるエンジニアリング力が必要だ。それには先に説明した作業手順書システムが活用された。

作業手順書システムが製造現場だけではなく、製品開発や問題発見、対策立案のためにも有効であることを述べておく。

16. 製品開発に用いるDEシステム

主には3DCADを用いて製品検討が行われる。図12にそのイメージを掲載してある。製品の検討にはSQCDの観点から設計・生技・製造・検査などの部署が自部署の知見をベースに3Dモデルを見ながら問題点を見つけることを行う。

ここで重要なことは問題点は正しく発見できるかという点である。個人の固有知識だけに頼ることは、問題としては不適切なことが問題化し関係者に無駄な時間を発生させてしまうかも知れない。

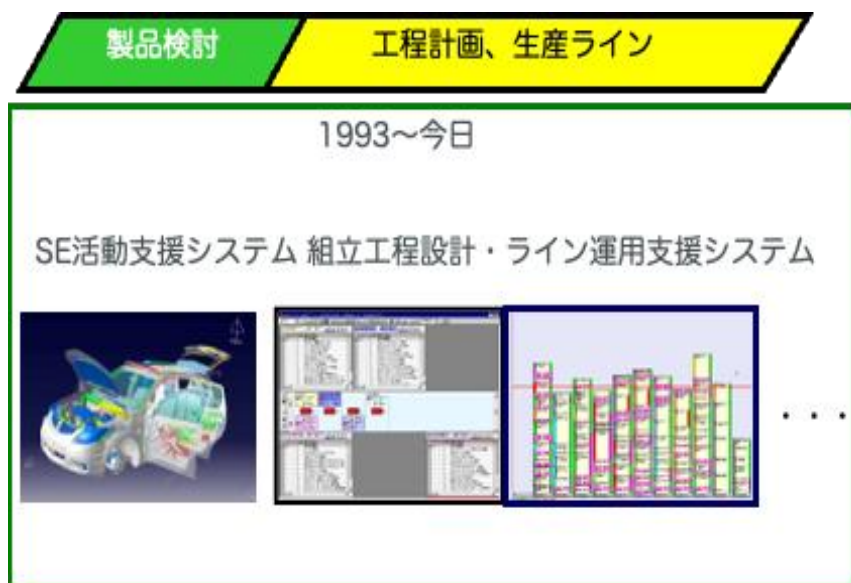


図12

一方、発見すべき問題を見落とすこともあり得る。3Dモデルを用いて問題を発見する前に、各組織の問題とはどのようなカテゴリーのどのような内容でその対策はどうすべきかを共通認識できている必要がある。各自がバラバラな意見を述べていては関係者を困らすばかりだ。

そこで、利用されるのが、製造現場で管理されている問題点と過去の開発時に発見された開発問題点になる。これらの中には、問題点の内容と解決要望、対策内容、結果などが絵付きで記録されている。その中には標準化したことも含まれる。この蓄積された過去トラが開発段階のSQCDについての問題発見の元になっている。これは現在、膨大な量のデータになっている。

中小製造業でも人材育成、事業承継、離職時の引き継ぎなどにおいて、過去のものづくり知識を蓄積活用するには、製造現場や生産管理で発生した問題点を管理するシステムが有益なものとなる。

問題点の中には生産工程における設備問題や作業者の工程バランスも多く指摘される。その問題についても、先に説明した組立の作業手順書システムにて、工数バランス検討と工程配置の問題有無を確認することができるはずである。

17. 組立構造と組立品質

人による組立作業品質について図13を用いて詳しく説明する。

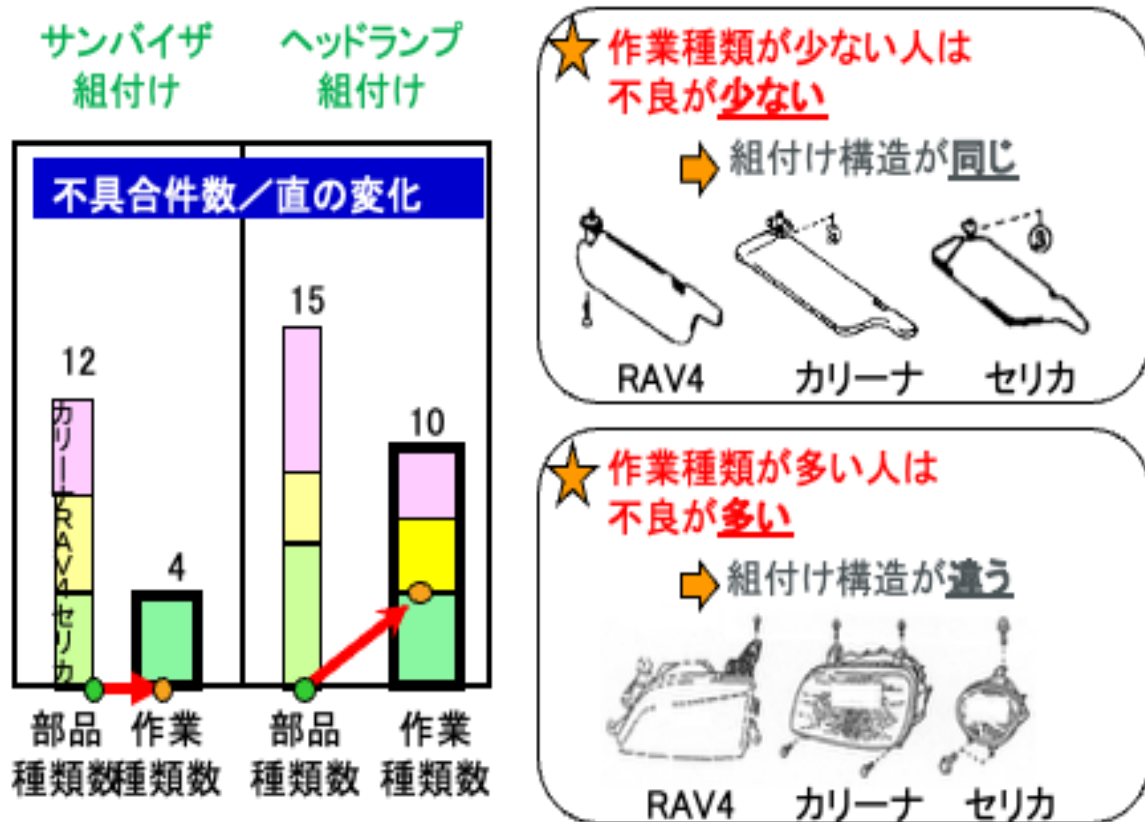


図13

部品種類増化とともに作業種類数、部品の選択、締付、確認などが増加し、例えば、サンバイザーとヘッドランプの組付け作業を比較すると、サンバイザーでは組付けの構造が3車種共に同じ為、作業種類が増えないが、ヘッドランプでは、組付けの構造が車種により異なる為、作業の種類も部品種類増化に伴い増えている。その結果、品質の不良も、増えることになる。

これは、ひとり当りの作業種類増加は人の記憶、判断ミスをまねき、作業としても確実さをなくすこととなり、ラインの多車種混流化にはこの対策が必要とされる。

部品の共通化、構造の統一という根本対策が必要であるということだ。

中小製造業においても、多品種を生産することが多いが、お客様からの図面に対して、共通化や構造の共通化（加工法の共通化）を積極的に提案する必要がある。

そのためにも、製品の構造の共通化がどのようになっていて、加工設備、加工工具の共通化や人の作業の共通化がどのようになっているかを把握できている必要がある。

これらのことは結局は作業手順書システムに登録されることになる。

製造現場の作業手順書システムが設計や生産技術の計画において大きな役割を果たし、企業のSQCDに貢献できることが理解できであろう。

18. これからのIT化はCADではなくナレッジとエンジニアリング

最後に、これまで自動車でのCADシステムを活用した製品開発事例を紹介した。しかしCADは表示のツールであり、表示のために相当な工数をその操作に必要とされている。本当に生産性が高いのか多いに疑問がある。やはり考えていることを議論することのために、図14の水面下を扱う新しいITが開発されなければならない。それは3Dモデルを自動生成する前の技術検討を対象とするものであって欲しい。3Dモデル化は単にその結果を表示しているに過ぎないものだ。その前に考えたことがあり、結論がある。その結果が3Dモデルとして表示されているだけなのである。

まず、最低必要なことは作業手順書システムであり、問題点の共有システムだと考える。その結果、これを成熟させた標準ノウハウシステムがあり、そこから3Dモデル表示のパラメータが吐き出されるようにしたい。今後は、AIや最適化を利用したナレッジ・エンジニアリングの開発を期待したい。

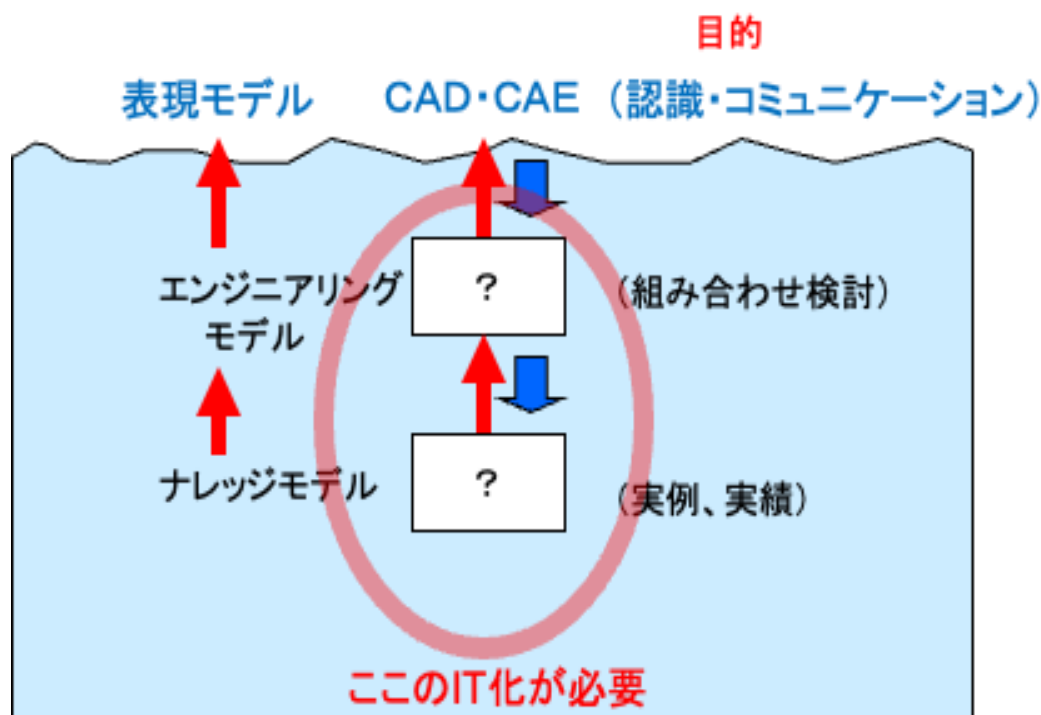


図14