

組立型製造業における DX の考察

2020/04/16

株式会社 図研

事業本部

本部長 上野 泰生

はじめに

株式会社図研は、エレキ CAD ベンダーとして 1976 年に設立されましたが、今日エレキ CAD に留まらず、エンジニアリング IT 事業を世界中に展開しています。私は BOM のビジネスに携わった経験から、多少はサプライチェーンについても知識はあるものの、基本的にエンジニアリングチェーン側の経験と知見に基づいて本資料を書いています。

今回様々な産業の方が。ディスカッションに参加されることを前提に、前半では製造業と IT の歴史について、説明しています。続いて DX で要となる、サプライチェーンとエンジニアリングチェーンで向かい合う IT ベンダーの実際について述べています。

エンジニアリング側でデジタル化することのメリットと、それをサプライチェーンとつなぐ必要性については、当社の製品開発や資本提携など、事業の歴史の流れで説明しました。一部製品や提携先を用いて説明していますが、それに限ったことではなく、DX に進む流れの一般論としてご理解頂ければと存じます。

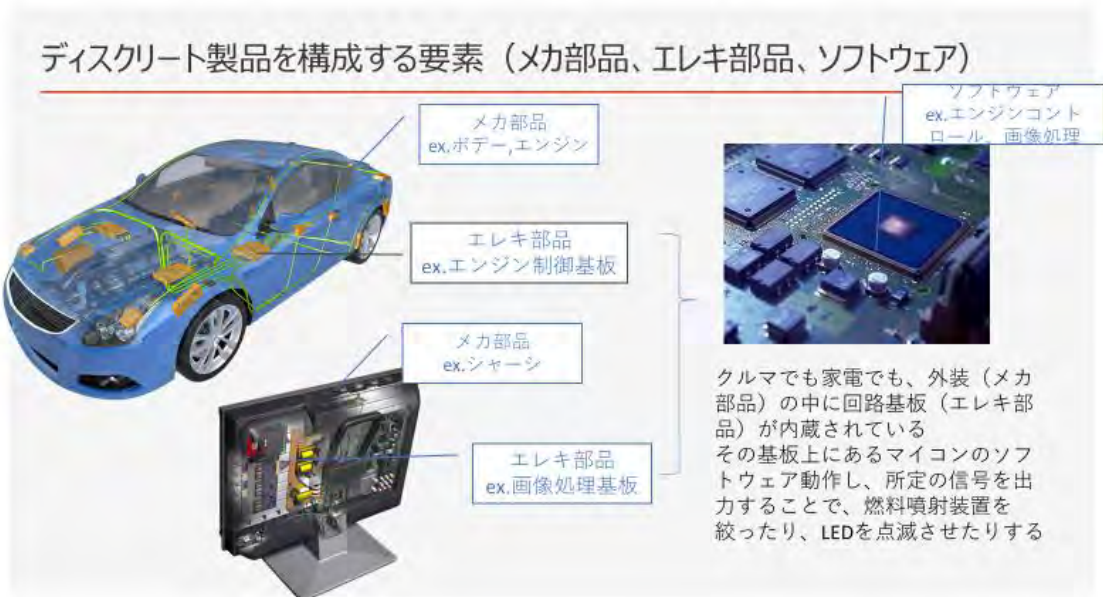
最後に、DX に関しては、水平と垂直方向の見方があることについて述べています。何れの方向に進むとしても、CAD が全ての源泉となっており、つなげるべき相手先との間で、足りない情報を付加することで、より高度な DX になっていくと捉えています。最後には、昨今耳にする、Digital Twin や Digital Thread について、DX との相対など、思っていることを付録で記しました。

ベンダーとしては、日本の組立型製造業における DX は道半ばと感じております。日本にはまだまだ IT 化が進んでいない、優秀な中堅企業が数多くあり、そのポテンシャルを引き出せるよう、当社としても製品とサービスで貢献していきたいと思っております。

■ 製造業の特性

1. プロセス型製造業とディスクリート型製造業の違い

製造業はプロセス型製造とディスクリート型製造業に大別される。前者は薬品や食品、素材などが代表的な製品であり、主に流体を主な対象として、連続した時間の中で、調合を行ったり、加熱や圧縮など外部から力を加えたりというプロセスを経ることで、製品がつくられる。他社が製品を入手できても、どのような手順でそれができあがったのかをうかがい知ることはむずかしく、模倣されにくい。プロセス型製造業が比較的高水準な利益を出しているのは、この様なところにある。一方、ディスクリート型は、基本的に固体部品を組立ていくため、プロセス型と比べて、リバースエンジニアリングされ易く、常に模倣との戦いがある。



2. ディスクリート製品を構成するもの

ディスクリート型の製品を構成する要素は、メカ部品、エレキ部品、ソフトウェアの3つであり、各設計者は個別にスペシャリストである。

メカ部品は、形状そのものがボデーなどの意匠的な意味やエンジン性能などの付加価値を持つ。エレキ部品（プリント基板やケーブル）については、形ではなく回路網の構成による信号の振る舞いに意味や価値を持つ。従来は、この電子回路だけで、信号を制御していたが、今日複雑化する製品では、必ずソフトウェアが、基板上のマイコンに書き込まれており、アクチュエータやモータ、LCDなどの外部部品を動かすための信号を制御している。

このソフトウェアは今日的に、最も付加価値を持つ要素であり、それがゆえに巨大化が進み、各社の解決すべき課題となっているが、「製造工程」が無いとため、ここでは対象としない。本資料では以降、ディスクリート型製造業におけるエレキとメカ＝ハードウェアに関するDXについての説明を行う。

3. エレキとメカの違い

まずエレキについてだが、例えばTVなどの黒物家電では、回路基板の上に電子部品が半田付けされている単純な構造が、付加価値の源泉なのだが、回路基板は簡単に分解できるため、部品を洗い出して調達し、回路パターンを写して回路基板を生成すれば、デジタル化されたTVは、どこでもつくれるようになった。部品の調達も、複雑なECOシステムはなく、標準品の購買が基本である。デジタル化と部品のモジュラー化が、デジタル家電の価格競争の根本である。

これに対し、同じディスクリートでも、クルマは、メカ部品の割合が高い。その部品は親子関係の関連技術で成り立っているため、裾野が広く、サプライヤとの間にECOシステムがあり、その中でいわゆる擦り合わせのものづくりが行われてきた。したがって、簡

単に外部から模倣できず、永らく他国を圧倒することができたのだが、今日ではそのサプライチェーンは中国にもあり、いかにこれを管理できるかが、BCP上の重要な課題となっている。

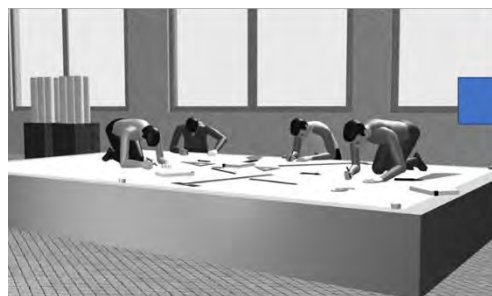
■エンジニアリング IT

1. ハードウェア設計用 IT の歴史と進化

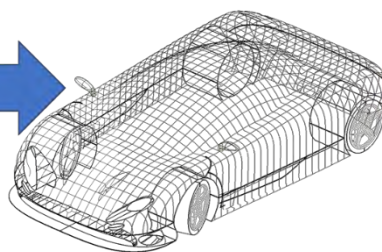
ハードウェア設計は短納期への対応と高機能化により、IT を用いて効率化することが、1980 年代ころから加速的にはじまった。この時の代表的な設計 IT は CAD（Computer Aided Design）である。

●メカ設計 CAD

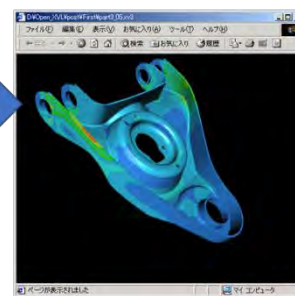
メカ部品設計に関しては、自動車メーカーにおいて 3 次元化が進んだ。元々ボデー断面を設計するためには、現図台という作業台に、複数の設計者が上がり、10 人月もの工数をかけて、断面図の作画作業を行っていた。これをコンピュータ上の 3 次元空間にワイヤフレームで表現することで、設計を高精度かつ迅速に行えるようにした。最初はワイヤフレームであったが、その後は中身の詰まったソリッドモデルに進化し、ボデーの加工のみならず、部品の干渉チェックやボデーの剛性、衝突時の変形、熱の伝搬など様々なチェックや解析を仮想的に行えるようになった。



現図台



ワイヤフレーム



ソリッドモデル

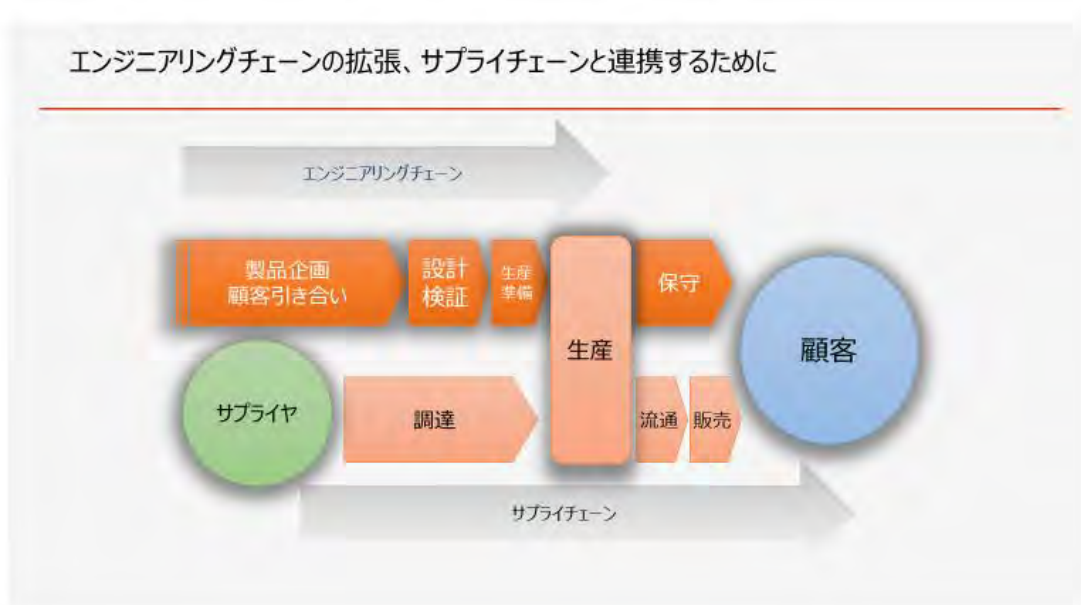
一方、クルマ以外の、一般的な機器製造業では、手描きから CAD へ置き換わりはしたが、そのディメンションは 2 次元から 3 次元には上がらなかった。その主な要因は、類似・流用設計では 2 次元図面の方が簡単に修正出来て、公差などの加工指示もしやすいこと、3 次元 CAD が高価で下請け加工メーカーが導入しづらかったこと、複雑な 2 次元図面でも読図してコミュニケーションする能力が日本人にはあること、などが考えられる。

単に設計時間やそのコストを考えると、流用設計などでは特に、2 次元図面にメリットはあるのだが、「図面」では形状を決めるだけで強度設計や組立性などを事前に検証することは出来ないし、部品間がどのような親子関係を持っているかも、情報として取り出すことは出来ない。

●エレキ（回路基板）設計 CAD

エレキに関しても 1980 年頃までは回路基板の版下を手で作成していたのだが、部品が小さくなり、線幅もミクロンオーダーへと高精細化されていったため、手作業の限界が来て、設計の CAD 化へと進んだ。当初は高精度の版下を作るための NC 出力用に、CAD が使われたのだが、やがてこの CAD データを使って、回路の動きや、ノイズ放射などの物理現象を解析する方向にすすんだ。基本的に回路基板は 2 次元で設計し、解析も可能だが、先進の企業では回路基板をも三次元化して、メカ部品と合わせての設計ルールチェックや解析などを行う取り組みも始まっている。

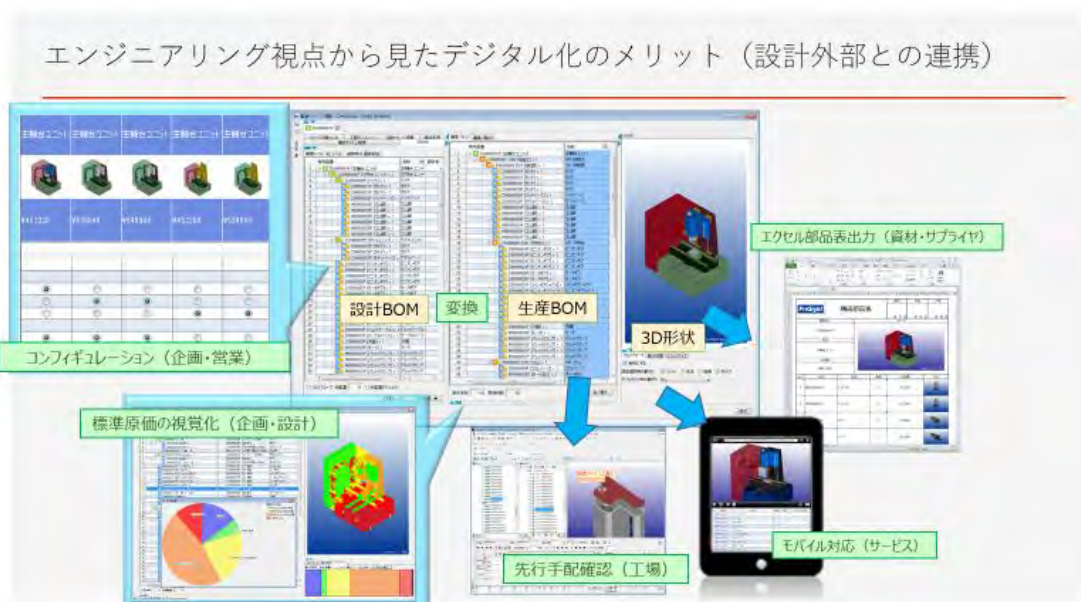
2. 設計～生産連携用の IT



エンジニアリングチェーンとサプライチェーンはともに、製品をつくるための IT という観点からすると、一般的には共通点が多いと考えられるのだが、設計(出図)は歪みや誤差の無いデジタル空間の中で行われることに対し、生産は現実世界の中で行われるため、同じ製品情報を扱っても、注目する対象やその重要性が異なる。

ちなみに両方をカバーする IT を提供するベンダーは存在しない。後述するが、エンジニアリングチェーンは CAD (PLM) ベンダーが、サプライチェーンは生産管理 (ERP) ベンダーが受け持っている、ブリッジはその都度つくるという考えである。国内では唯一、図研 (CAD/PLM) と B-EN-G 社 (生産管理システム) がダイバーシク社という JV を設立し、両者を橋渡しする製品を開発している。

●エンジニアリングチェーンをカバーする IT の例

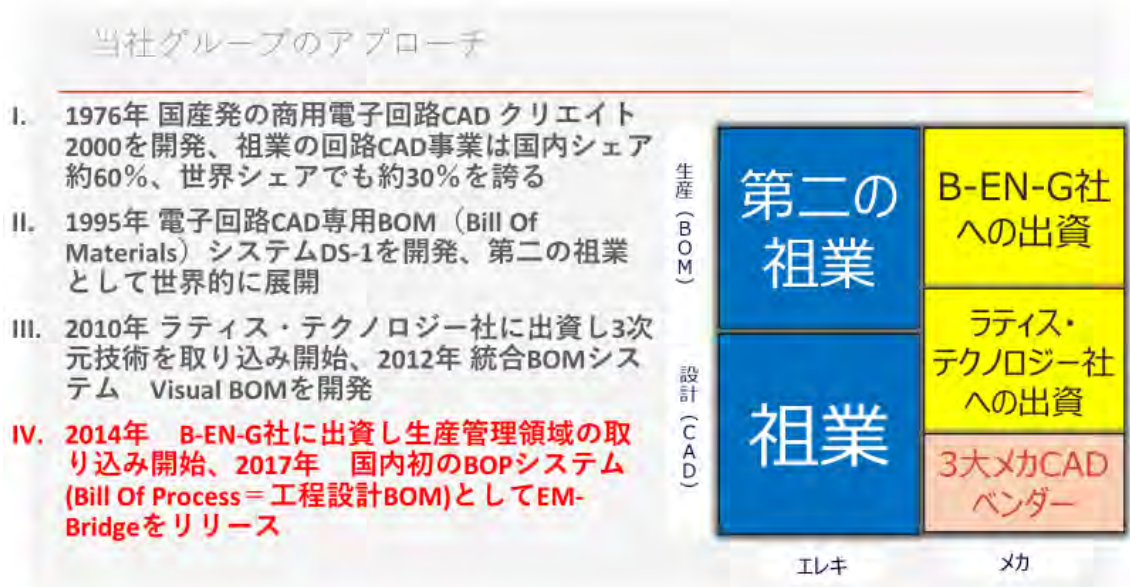


エンジニアリングチェーンの意味するところは、主に設計が完了した後に。設計の周辺や後段にいる資材部門や営業部門、工場、サプライヤなどとのレビューや情報伝達を行う事である。

普段 CAD とは無縁な資材部門や営業部門でも、3次元化されたデータであれば、製品や部品が理解しやすく、手配やレビュー、外部パートナとのコミュニケーションを正確に、迅速に行うことができる。試作を待たずともレビューが進められるのは、納期の短縮にも繋がる。また形状の類似性から部品を絞り込むことで、標準化の支援にもなる。

そもそも二次元図面では、単なる「絵」に過ぎず、部品の構造も追うこともできないし、部品固有の属性も保持したり、渡したりすることができない。後段の手配や組立のために、わざわざデータを作り込む必要があり、時間もかかる上に、設計変更の際に人為的なミスが混入することは避けられない。数多くの人とのコミュニケーションを取るために、3次元表現は必須要件である。

■ 図研に見る製造業 IT の進化



ディスクリット型製造業に対し、エンジニアリング IT ベンダーとして図研は、どのような DX アプローチを経てきたのか、設計と生産、エレキとメカの4つのマトリクスを用いて説明する。

① CAD

祖業はエレキの設計、つまり回路基板設計を支援するツールに始まった。今日エレキ CAD を中心に、解析ツールまでもカバーしている。家電メーカーなどの B2C 製造業は設計点数が多いため、必然的に導入される CAD の台数も多い。この顧客層に支えられ、図研は短期間で大幅な成長を遂げた。逆に、B2B では設計点数は少ないので、CAD はそう多くは導入されないのだが、設計と生産の連携についての要求は根強くあった。これを受けたのが、第二の祖業である、BOM システムの市場投入である。

② エレキ BOM システムの開発

前述したとおり、多くの B2B 企業の要請を受けて、1995 年にエレキ CAD のデータを生産側に渡す BOM (Bill Of Materials) システムの開発を行った。メカ部品が多階層であるのに比べ回路基板の階層が基板と電子部品という 1 階層であること、電子部品は全て標準品の購入であること、ロボットによる組立が 100% 自動化されていることから、ソフトウェアとして組み込むビジネスロジックは単純で、アジャイル開発で、短期間にブラッシュアップできた。結果、CAD で設計すれば、その場で回路基板の原価が計算できて、同時に部品の手配と実装ロボットにデータが送られるという、設計製造連携を実現した。エレキ部品だけにもかかわらず、現在、海外の大手企業含め、多くの顧客が導入していることから、設計製造の連携 DX は、大きな価値を作り出しているのは間違いなさそうである。以下に、エレキ特有の運用である、代替部品について述べておく。

●代替部品運用

一部の例外を除き、電子部品はセットメーカーが自社で開発出来るモノは無く、その全てが購入部品である。一方、多くの受動部品については、異なるメーカーが同じ仕様の部品を開発・販売している。そこで、最も安い、あるいは調達量が確保出来る部品を代替部品として設定しておいて、資材部門が独自の判断で、最適コストとリードタイムで部品を選択出来るしくみが考えられる。そもそもコストダウンを目的としていたのだが、3. 11 の際に東日本の部品工場が被災したときに、きちんと代替部品を設定していたユーザは、一括して調達可能部品に切り替え、生産を継続できた。結果としての BCP 対策であり、サプライチェーンの寸断を IT によって部分的には救えたのである。



A社コンデンサ



B社コンデンサ

同じ技術仕様、同じ形状

③ B2B に有効な設計生産連携 IT

前述したとおり。設計と生産を一体化したいという思いが強いのは、B2C よりも B2B 製造業である。デジタルコンシューマに代表される B2C 製造業は、同質的競争を尖った仕様や価格・ブランドで戦う。この勝負に勝てば、生産ロットは大きく、むしろ設計と生産を分業した方が効率的であるからだ。

一方日本には高い利益率を上げている B2B のニッチトップ製造業が数多く存在しており、国内中心のビジネスで内需をつくりだしている。この B2B はロングテールの競争で、いかに素早く見積もり、短納期で製品を納めるかが、勝負である。ロットも小さく、コスト精度と営業～設計～生産～サービスの一体活動が必要であり、エレキだけでなく、メカをセットにしてデジタル化し、後方プロセスや外部企業との連携を大なうことができないかと考えた。

この IT を生み出すには、エレキと同じく、メカ CAD も中心に据えることが必要であろう。しかし実際に CAD が使われているのは、エンジニアリングチェーン全体の約 20%にあたる設計業務に限定されたため、3次元モデルを表示さえ出来れば事は足りると割り切り、CAD の代わりにビューワーを中心に製品化したのが visualBOM である。CAD の代わりに採用した、ラティス・テクノロジー（東京）のビューワーは、どんな CAD データでもマルチで取り込みデータを 1%まで圧縮して高速表示するという技術を持ち、また一部無償提供されるライセンスもあるため、CAD よりもむしろ製品全体のメリットは上がった。この製品開発のために、業務提携だけでなく、資本提携も行っている。ちなみにメカ CAD についてはダッソー（仏）、シーメンス（独）、PTC（米）の 3社で市場を寡占している。

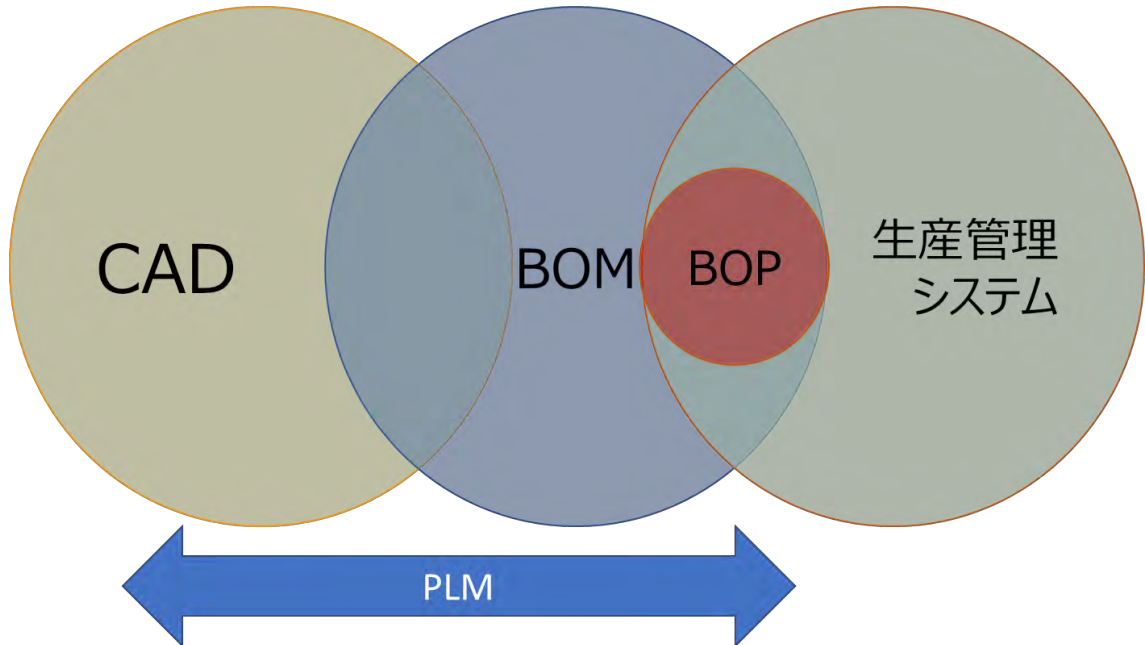
④ 生産管理とのつなぎ

中堅の B2B 製造業からの期待に応えたことを受け visualBOM は数多くの顧客に導入された。しかしいざ、生産システムとつなげようとするとは簡単では無く、SI (System Integration) を必要とする案件も多かった。要因はエレキに比べ、メカは調達ルートが多岐にわたり、階層化していること、製造はロボットでは無く人手による組立が多いことであり、顧客の運用によっては、単純に BOM に製造情報を付け加えるだけでは、生産管理システムは動かさないことが、明らかになってきた。設計と生産の大きな壁である。

そこで、当時業務提携をしていた、国産 ERP のトップベンダーである B-EN-G 社とも資本提携を結び、また両社で JV を設立し、日本で初めてとなる設計製造連携 IT 「E-MBridge」の開発をはじめた。この IT は、区分で言えば BOP (Bill Of Process = 工程 BOM、M-BOM と総称される場合もある) と呼ばれる IT であり、難しかった設計と製造の壁を突き抜けた。設計製造連携を課題とする顧客で、すでに評価や導入が始まっている。

■設計・製造連携 IT について

1. 設計・製造連携の中の BOP



この図は設計製造連携について表現しており、情報の源泉である CAD、CAD から取り出すことの出来る BOM,その情報を受け取る生産管理システムの関係を描いている。ここで BOP (Bill Of Process=工程 BOM≒M-BOM) について考えたい。前述の通り、エレキ要素が主であれば、サプライチェーンと組立が単純なため BOP の検討は不要なのだが、メカ要素が多くなれば、複雑さをカバーするために、その必要（重要）性は高まる。

では BOP が提供されるまでに、製造業各社はどのようにこの部分をカバーしていたのか。ビジネス面で見れば、PLM ベンダー（=CAD ベンダー）はこの部分の IT をパッケージとして明確に出していない。海外の大手 ERP ベンダーも PLM 側の製品をランナップしているが、少なくとも国内で活発に提案している様子はない。現実的には、生産管理システムを導入したベンダーが、顧客から業務プロセスをヒアリングし、SI として受託開発しているケースが多い。その SI 費用は、大規模なモノでは億単位にも及

ぶ。潤沢な情報システムリソースがある大手では、なんとか構築出来たとしても、中堅企業では情報システム部門が小さく CTO の権限も弱いため、ステークホルダを説得し、かつ大がかりな投資を覚悟しなければならず、このような DX には躊躇しがちである。しかし、準備の無い中、今回のようなサプライチェーンの寸断が発生すると、取り返しの付かない状況に陥ることも事実である。

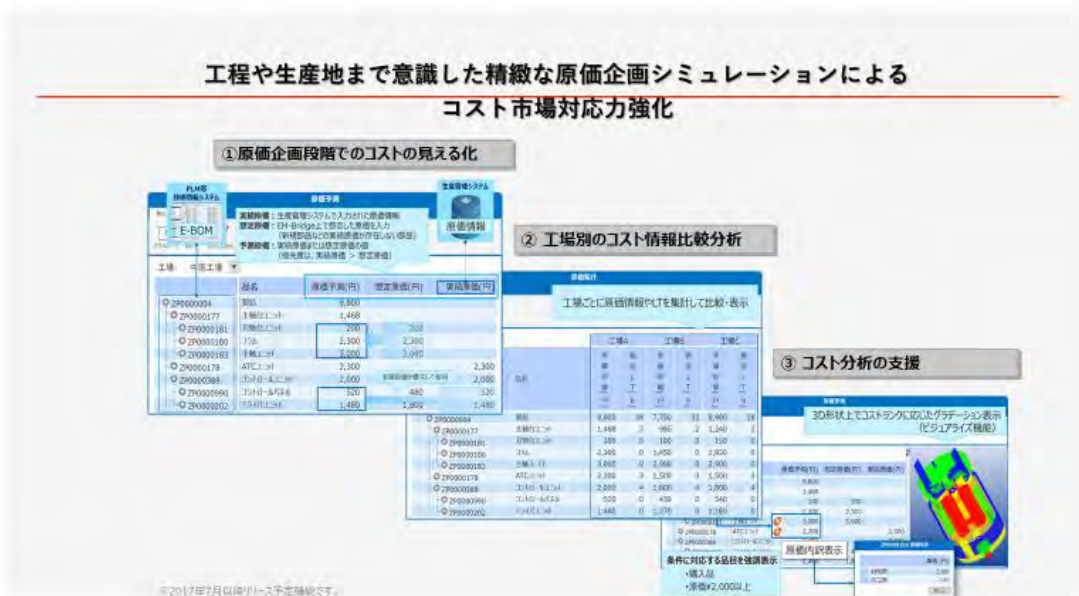
設計と製造がダイレクトに連携していない企業は多く、設計はできるが、この先に、本当に調達できる部品があるのかどうか、工場はどこが稼働しているのか、見通せないと話しているユーザは相当数いる。今回を契機に、設計と生産連携の重要性について考える企業が増えることを願う。

2. E-MBridge に見る設計製造連携の価値

SI を最小限に留める設計製造連携を実現するために、この BOP 製品は、可能な限り標準パッケージにすることにつとめた。その背景となる VOC は、以下の通りであり、結果として BCP に役立つ部分についても、触れている。

① 見積原価積算精度向上とスピードアップ

見積提出期間の短納期化や社内情報の散在、情報更新がなされていないために、見積原価精度が低く、受注時想定利益を取得できない。これを解消するために、最新の原価情報をもとに BOM を作成した時点で材料費だけでなく、製造コストも把握できるようにしたい。



- ・生産管理システムの原価情報を踏まえた実力コスト評価
- ・チャージレートと製造時間を用いた製造原価シミュレーション
- ・変動時の影響シミュレーション

②部品仕入れ検討時間の確保

製品の納期短縮を余儀なくされている現状、出図承認後後即製造という状況となっており、仕入先との価格交渉の時間が取れない。出図前の段階で原価を把握することにより、単価の高い部品に関しては、購買部門が仕入先に対して価格調整を行う、あるいは他社からの購買を検討する時間を確保したい。

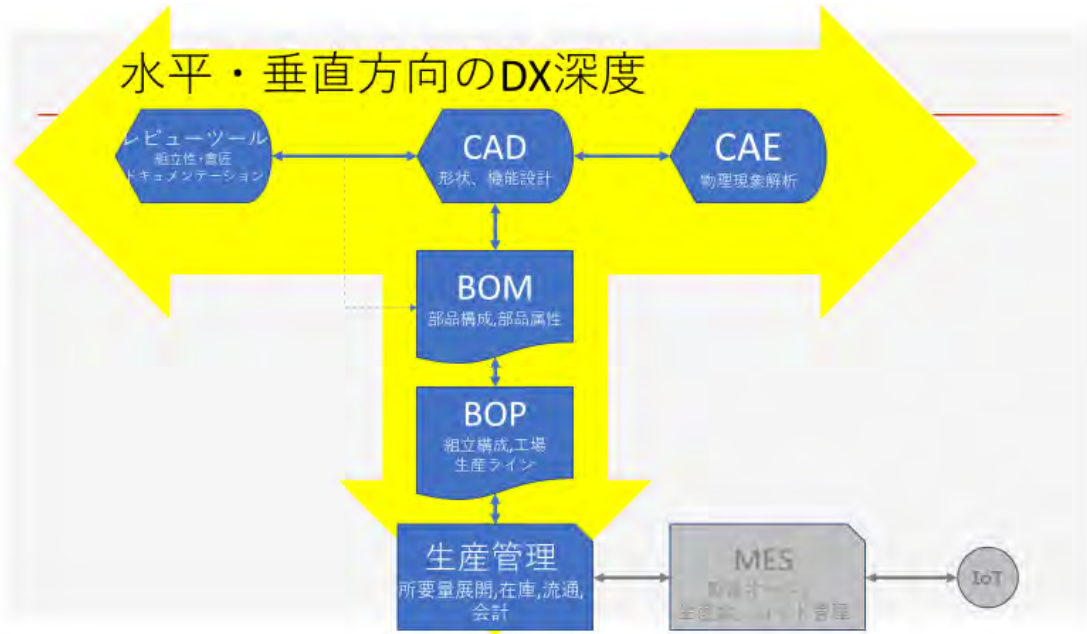
③外部環境の変化に対応できる生産体制を確保（BCP 対策）

部品／工程／サプライヤーのセカンドソースを検討し、柔軟で正確な、部品変更や共栄会社含めたダイナミックな生産地、生産工程変更を行えるようにしたい。そのためには工場毎の治工具、設備、製造手順他、散在している情報を一元管理（マスタ化）し、設計の BOM 情報に付加できる様にしなければならない

④不良を出さない仕組み作り／製造工程や手順まで含めたモノづくりの技術伝承

流用設計や既存工程を活かした新規設計の際に、モノづくりサイドでの試行錯誤の過程を把握し、ロバストな工程や工場を採用する。出荷後の不良についても、製造側だけで対応するのではなく、常にその情報を設計側でも参照し、「不良を出さない仕組み」への取り組みを行いたい

3. エンジニアリング IT のポジションと DX



最後に、DXに関してそれがどのように水平、垂直に情報展開し、ものづくりの業務をカバーしていくのか、述べる。いずれにせよDXの源泉は、エレキもメカもCADであり、必要なマスターデータを準備して、欠落している情報を補うことで、個別のDXが展開されていくと考える。

●CAE

CADから水平に展開されたCAEの役割は描かれた回路や機構モデルが正しく動くかどうかをシミュレーションし、問題をフロントローディングする。そのために、CADにはない密度や粘性、ヤング率や熱伝導率などの解析用マスター情報が必要となる。

●レビューツール

水平方向にはもうひとつ、静的に干渉や組立性、意匠などをレビューしたり、マニュアルや指示図などのドキュメントをパブリッシングするツールがある。基本的なレビューはCADの情報だけ

で利用できるが、組立性を見るには組付け順序や組付け軌跡が必要となる。作業指示書の場合にはシールや塗布材など、CADには描かない情報を付加して使う。

●BOM

垂直方向には、CADの直下にBOMがある。BOMは部品を一意に決め、またその構成を保持する役割がある。CADでは扱わない、部品のIDやサプライヤ情報、生産管理システムから戻してきた標準コストやリードタイムの情報をマスタとして与えることで、材料費の計算などができるようになる。

●BOP

BOPはBOMを入力情報として、生産に必要な詳細な工程を作ることが役割である。BOMに欠けていて補うべき情報は、工具や治具、設備や金型、副資材、ワーカー情報である。これらをマスタ化して、BOMに付加すれば、CAD（設計）から工場まで情報として連携できる。上流で生産現場を把握し、適切な判断が行えることと、生産した結果の実際原価情報を受け取ることで、次回以降の設計時に、BOMから高精度な原価企画を行うことも可能となる。

●生産管理システム

生産管理システムは、BOPを入力情報として、部品の所要量を計算し、工場、ラインなどのリソースを引き当て、生産計画を動かしていく。個々のラインではMESが製造の指示を出し、生産が予定通り行われているのかは、IoTからMESに情報が戻される。結果としての収益は、プロダクトや期間によって集計され、会計計算の上、経営に報告される。

以上、CADを中心として、水平と垂直の二方向でDXの深化があると考える。水平方向は、設計がオーナであり、DX担当部門が技術管理であることに対し、垂直方向は、ステークホルダが多く、

担当部門は情報システム部門となる。水平方向については、ベンダーも後押しするので、どうあれ各企業は自律的に DX を深化させていくだろうが、垂直方向についてはステークホルダも多く、何らかのきっかけがないと、大きく進展させるのは、難しいのかも知れない。

4. Digital Twin と DX (付録)

現物のデジカメとモバイル機器に表示している
仮想データとしてのデジカメ



上の写真は現物のデジカメを修理する際に、コンピュータ上の3次元モデルといくつかの属性データをモバイル端末で確認している、最も単純な DX の例である。

実際には、このようデジタルコンシューマ製品よりも、部品の点数が膨大で、サプライチェーンが長く複雑な自動車や重工業企業が、積極的に DX へ取り組もうとしている。欧米のベンダーはこれに寄り添って、Digital Twin や Digital Thread などという term を生み出してきているが、その多くは、前述した水平部分、

つまり設計の効率化の提案であり、従来から取り組んできた、CAE やデザインレビューツールと、今のところ大きな違いは見えない。

一方欧米の自動車や重工業製造業も Digital Twin や Digital Thread に取り組む表明をしている。しかしその対象は、ベンダーの言う、設計内には留まらないであろう。設計から生産に至るまでの部品やアセンブリに関する設計、製造の全情報を、サプライヤも含めて一本の紐でつなげることで、上市後のサービスやトレーサビリティも担保しようという、壮大な試みと推察する。この取り組みに際して紐解く社内のものでづくりのプロセスや情報の位置づけこそが、まさに DX に向かうための、前提条件ではないかと考える。

以上