



IT活用による自動車開発期間半減への取り組み

加藤 廣*

1. とうとう実現した1年未満の製品開発期間

日産自動車は2005年1月に発表・発売した新車ノートで、世界に先駆け「製品開発期間10.5ヶ月」を実現した（日刊工業新聞2005年1月18日号参照）。日産自動車のV-3Pプロセスでは、これまで20か月以上かかっていた新車開発期間を半減したことになるが、日産自動車に限らず日本の自動車業界では絶え間のない努力で新車開発期間を短縮してきた。1980年代の開発期間2.5年から20年間で1/3に縮まったことになる。この10.5か月の開発期間と試作1回のV-3Pプロセス実現にもっとも貢献したのが、徹底した「エンジニアリングのデジタル化」である（図1）。

2. 開発期間短縮の主要3方策

日産自動車のV-3P実現の主要な方策は「ノウハウを組み込んだ設計支援システム（ノウハウ

*KATO, Hiroshi / デジタルプロセス(株) 取締役

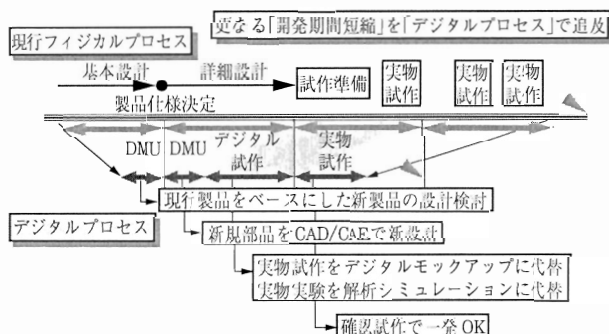


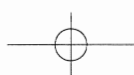
図1 「フィジカルプロセス」から「デジタルプロセス」へ

CAD)」「解析シミュレーション活用の拡大」「デジタル工程検証の徹底」の3つだと紹介されている（日経ものづくり2005/7月号）。「解析シミュレーション活用の拡大」と「デジタル工程検証の徹底」は、10年以上の歴史を持つ「デジタル化方策」であるが、「ノウハウCAD」または一般的に「ナレッジCAD」と呼ばれているデジタル化方策は、ここ数年の新しい動きである。

「解析シミュレーション活用の拡大」と「デジタル工程検証の徹底」の実務適用が急速に進んだ大きな理由は、設計業務の3次元化が進み、解析や生産技術検討に不可欠な「製品3次元モデル」を上流の設計者から提供してもらえるようになったことである。設計業務3次元化のシナジー効果とも言える。

3. ナレッジCAD

設計検討、生産技術検討、そのための3次元モデル作成、CAD操作などのエンジニアリング作業を、標準化した上で文書化する。この「エンジニアリング作業手順フロー」の構成要素である詳細作業項目ごとに「3次元CADを実行」したり、「ワークシート計算」を行ったり、「技術文書を参照」したりする。この「3次元CADを実行」する時に誰が実行しても間違いのない結果を効率的にアウトプットするために、「CADテンプレート」を活用する。「CADテンプレート」は、CADの操作履歴に寸法可変機能を埋め込んで、同一構造ワークに対する3次元操作を寸法違いで自動再実行する仕掛けである。日産自動車では、これを「ノウハウCAD」と呼び、新車開発プロセスの初期の「設計計画」段階での3次元検討を効率



化している。

4. 解析シミュレーション活用の拡大

CAEとも呼ばれる「解析シミュレーション」は、材料力学の方程式を複雑形状の対象物に適用するためにデジタルに離散化し膨大な行列計算に置き換えて、変形や応力を計算する「有限要素法構造解析」に代表される、力学シミュレーションの手法である。1970年代から実務への適用が始まり、スーパーコンピュータの進歩とともに発展してきた。「解析シミュレーション」の適用目的は「実物で計測し分析することの難しい力学現象をコンピュータの助けを借りて覗き見て工学的考察に役立てる」ことと「実物実験評価を代替しコンピュータモデルで機能・性能を評価する」ことである。「解析シミュレーション」実施の大前提となる「3次元CAD製品モデル」を設計者が作成するようになり、解析モデル作成の工数負担が減り「実物実験代替」の利用が急速に進歩した。

自動車の新製品開発では、製品を世の中に出すために開発段階で計測評価して確認しなければならない「機能・性能評価項目」が数千項目にもおよぶ。日産自動車は、この数千項目の45%を実物実験評価から、シミュレーション評価に置き換えられたと報告している（日経ものづくり誌、前出）。ここまで解析シミュレーション評価が進歩したのは、「解析シミュレーション技術の開発」に加えて、「前提となる3次元CADモデルの準備」「解析モデリングなどのプリポスト処理を含めた解析ソフトウェアの進歩」の貢献が大きい。

たとえば、自動車の性能評価の最重要項目のひとつである「衝突安全性能」に関しては、性能確保のために「衝突シミュレーション」への依存度が飛躍的に高まった。「衝突安全性能」は、車体の基本骨格構造に依存するために性能未達の場合に基本構造変更まで遡らなければならない手戻りによる期間・工数のロスが甚大である。1980年代に着手した時の「衝突解析モデル」は、約1万要素で計算モデルが作られていたが、現在は100万要素を超える規模にまで詳細化した。これにより衝突後の車体変形量で10%以内の誤差で計算予測できるようになり、衝突性能評価の実験からの代替が進んだ（図2）。

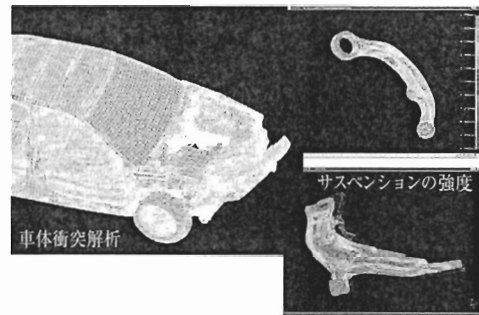


図2 CAEシミュレーションの活用と定着
(自動車における解析主要事例)

5. デジタル工程検証の徹底

形・治工具をNC制御の切削加工機で製作するためのコンピュータ技術はCAMと呼ばれて、1970年代から取り組まれ、今では「形製作の当たり前手法」になった。これに加えてもっと広い生産技術分野へのコンピュータ検討を進める手法をCAPE (Computer Aided Production Engineering) と呼ぶ。「作業者による製品組み立て作業をコンピュータ上で模擬し、作業手順や内容の問題を事前評価する」ことに代表される生産技術面の検討手法である。この分野もソフトウェアや手法としての歴史は長いが、「上流の設計者が3次元製品モデルを作成し生産技術者に供給する」ようになったここ数年で急速に活用が広まった。自動車の新製品開発期間を短縮し、試作・実験の繰り返しサイクルを減らすためには、「機能・性能の確保」と同時に、「適切なコストで効率的に製造できる」ことが不可欠である。

「生産性評価」の主要3項目は、溶接ロボットなどへのNCデータティーチングと「設備動作シミュレーション（ロボットシミュレーション）」、「作業者の組み立て動作シミュレーション」、プレス加工などの「成形性シミュレーション」である。いずれも10年以上の歴史を持つデジタル化適用技術であるが、試作サイクルを削減し1回の量産試作で生産性を確保するために、CAPE適用を徹底した。従来、問題を起こしそうな工程の「抜き取りチェック」に活用していたCAPEを過去の生産性不具合情報をベースに必要なチェック項目を標準化し「全点チェック」に充実することによって、「デジタル試作」と呼べるレベルに徹底でき、量産試作1回で、生産性の確保を実現した。

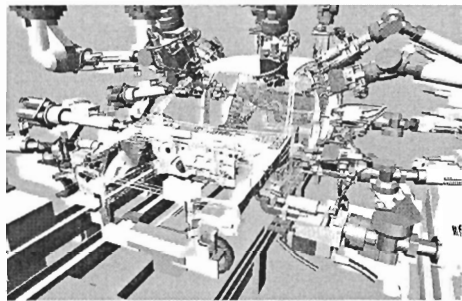


図3 組み立てロボットシミュレーション

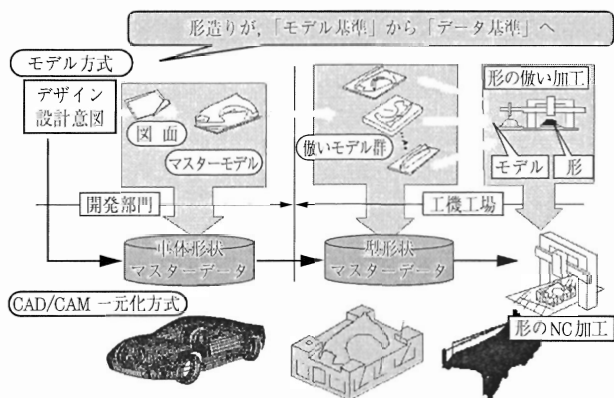


図5 CAD/CAM一元化方式による形製作

図3に組み立てロボットシミュレーション概念図を示す。

6. プロセス改革のベースは「DMUプロセス」

世界の自動車メーカーは、1970年代に「内製CAD」つまり、ワイヤフレームとサーフェスを使った第一世代CADを作り、実務適用を始めた。使いこなしが進み、1980年代に「CAD/CAM一元化」を実現した。「Cray to Die」のキーワードに表現されたように、粘土(Cray)で作られた意匠デザインモデルの形状を3次元CADデータで形作りに直結し、プレス形製作をNC化した、車作りの品質向上に大きな貢献をした。

1990年代に入り、それまでの第一世代CADに換えて、コンピュータ技術の進歩により実用レベルに達したソリッドモデリングCADいわゆる「第二世代CAD」を採用し、その実務適用を始めた。第二世代CADによりDMU(デジタルモック

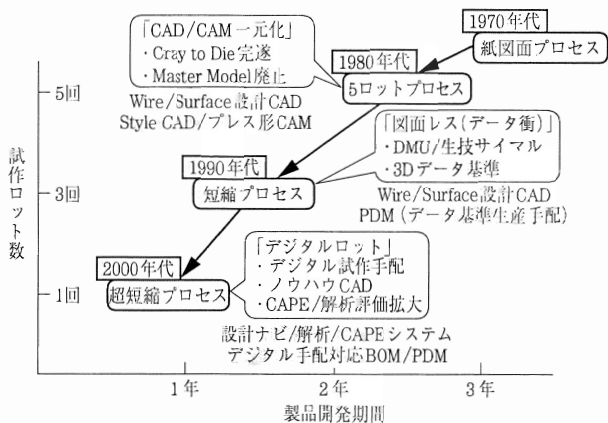


図4 自動車メーカーの開発プロセス改革の維持

アップ)に代表される効率化を実現し、開発期間1.5年、試作サイクル3回の「短縮プロセス」を実現した。エンジンルームに代表される「車両レイアウト設計」を第一世代CADのワイヤフレームでも検討していたが、ソリッドで検討できることになり桁違いの効率化と検討の質向上を実現できた。

この「DMUの実現」は設計作業のみならず、それまでの図面では不可能だった「生産技術検討」をも可能にし、生産性検討のデジタル化、前倒し化に大きく貢献した。2000年代半ばで実現した「超短縮プロセス」は、1990年代後半から2000年代初めに掛けて実現した「DMUプロセス(短縮プロセス)」の基盤に、新たな方策を上積みしたことにより実現したと言える。

図4に自動車メーカーの開発プロセス改革の経緯を示す。

6.1 1980年代半ばに実現したCAD/CAM一元化

「モデル方式」の形作りでは、意匠デザインの線図や設計図面から専門の基形職人が3次元の石膏モデル(マスタモデル)を作り、モデルを做い加工することによりプレス形を製作していた。

原寸大のクレイモデル形状を3次元形状測定機で計測したデータから曲面のマスタ形状をCADで起こし、内部構造の設計情報と合わせて「車体形状マスタデータ」を作る。この3次元曲面形状に形固有の余肉、ダイフェース形状を付加して「形形状マスタデータ」を作り、CAMソフトにより形切削のNCデータを作り出す。つまり、意匠

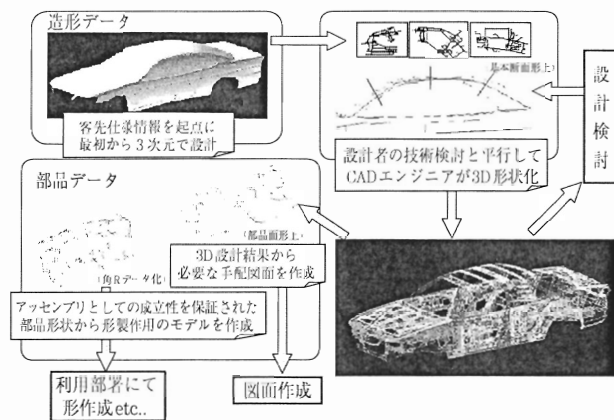


図6 KOGEN方式

形状から形製作までを一元化されたCADデータにより一貫してつなげる形製作の手順が「CAD/CAM一元化方式」である(図5)。

この「CAD/CAM一元化方式」を成立させるカギが「構造設計の結果を誰が3次元モデルに作り込むか?」である。図6に示した「KOGEN方式」では、専任のCADデザイナーが車体構造原図(3D-CAD形状)を作成し、修正し仕上げるまでの責任を持つ。設計者と分業することにより「CADデータ品質」を確保し、効率的にデータを作り下流に「データ保証」をすることが可能になった。現在では多くの自動車会社がこの分業方式をとり、CAD/CAM一元化を成立させている。

6.2 1990年代後半に実現したDMUプロセス

車両を構成する全部品を3次元のソリッドとサーフェースで定義することにより、あたかも試作車が目前にあるようなデジタル試作車を実現できた。第二代CADのソフトウェアとしての進歩とそれを動かすワークステーションの性能向上があって実現した。これこそITの進歩によって支えられた自動車エンジニアリングの革新である(図7)。

しかし、現実に新製品開発業務にDMU(デジタルモックアップ)を活用しようとする、つぎのような問題に遭遇する。

- (1)全構成部品が揃わないとDMUが完成しない。
 - (2)製品のバリエーションをDMUで実現するには、商品仕様と関連付けた構成部品管理が不可欠。
 - (3)日々刻々進歩する構成部品の設計形状をどのタイミングでDMU用に差し換え管理するか。
- これらの問題・課題を解決するために、下記の

2006年 2月

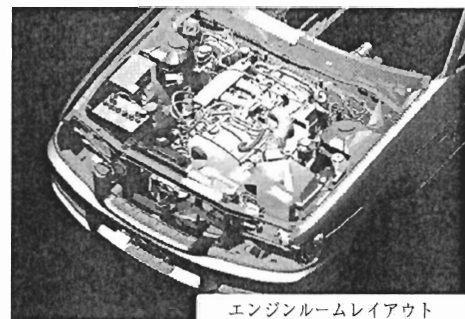


図7 ソリッドモデルによるデジタルモックアップ

ような仕掛けが必要となる。

- (a)牽制力が働くよう「DMUを全社イベントに格上げする。
- (b)設計者に負担をかけないように流用部品のデータ作成を支援する仕組みを用意する。
- (c)提案図部品(承認図部品)に関しては担当の部品サプライヤに納入を義務付ける。
- (d)計画検討段階のDMUを必要な回数だけ設定しおのおのDMUに必要な構成部品をリストアップし、その構成部品のCADデータ作成の詳細度をルール化する。
- (e)でき上がったDMUで「解析評価」や「生産技術検討」する項目を明確にし、設計検討のでき上がり具合を高められる仕掛けにする。
- (f)DMUの構成部品を管理し、DMUに組み上げるためのデータベースを用意し「DMUのバリエーション管理」や「データ格納管理」などの運用に供する。

これらのDMU運用ルールを全社で遵守し運用することにより「デジタル試作車」の利用価値が上がり、大きな成果を生み出せるようになる。特に設計部門が「解析専任グループ」と「生産技術部門」に製品のアッセンブリを保証し、それぞれのエンジニアリング業務に安心して活用できることがカギである。DMUによるコンカレントエンジニアリングはその、CADデータが保証されて初めて実現すると言える。

日本の自動車会社は、1990年台後半から2000年代初めにかけてこのDMUプロセスを実現した。日産自動車では、このやり方を「データ衝」方式と呼び実務推進と定着を進めてきた。

6.3 図面レス手配

DMUを作成保守し、関連部署やサプライヤに

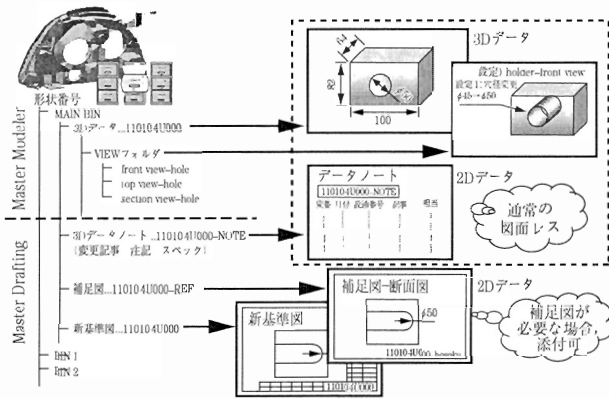


図8 図面レス手配

詳細計画フェーズから3Dモデルを起し、レイアウト設計と構造解析に活用し、固まった製品仕様と製造要件をモデル上で反映し、最終的に形製作用CAMモデルまで発展させる

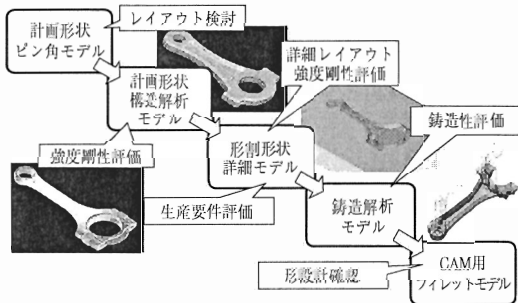


図9 3Dモデルの成長と活用

3次元データを保証する方式は、2次元図面の作成保守のみを保証していたやり方と比べて、設計者に多大な工数負担を強いることになる。製品開発全体の効率化が実現し、結果として手戻りが少なくなり自身の効率化に跳ね返ると分かってはいても、当面の工数増が負担になる。この負担を少しでも軽減する方策として「図面レス」手配が採用された(図8)。

2次元の紙図面を廃止し、3次元CADデータを中核に生産手配する方式である。従来の「設計手配書」「部品構成情報」「紙図面」の手配3点セットを、「電子設計手配書」「部品構成情報」「3次元CADデータ」「データノート」「補足図」に換えることによって実現した。「最小限の寸法値と注記を折込んだ3次元データ」を中核に、部番・図番/作成者名/材料・板厚指示/変更記事などの文字情報を「ワークシートのデータノート」で、3次元で表現しきれない「断面図などの2次元補足図」で、構成することによって、2次元図面の技術内容を網羅する。

図面レス手配の最大の課題は、受け手の能力装備である。自動車会社内での受け手である生産部門、品質保証部門、購買部門が、紙図面なしでどのように従来どおりの業務をこなすか? 車両構成部品の70%を占める購入部品を担当する数社のサプライヤ(部品メーカー)にどうやって情報を受け取ってもらうか? 機能フル装備の3次元CADソフトは高価であるし、使いこなしも難しい。日産自動車では図面レス手配の3点セット(3次元CADデータ、データノート、補足図)を受け取り、採寸、断面確認、ポンチ絵作成などに使える3次元ビューソフトを用意し廉価で提供することにより、このハードルを克服した。

この方策により、グローバルに広がった組み立て工場への生産手配もタイムラグもなくスムーズに実施できるようになり、図面レス手配の目的であった「手配のリアルタイム化」を実現できた。

7. キー・テクノロジーは「データの成長」と「デジタル連携プロセス」

1980年代の「CAD/CAM一元化」、1990年代終わりの「DMUプロセス」を経て「デジタルロットプロセス」が実現し、1年未満・試作1回の「超短縮プロセス」への改革に至った。技術的な革新の意味では「ナレッジCAD」の大きな成果であるが、業務プロセス改革の視点で見ると「DMUプロセス」への変革の効果が大きいと言える。

新製品開発とは「構成部品を(設計/選択により)決め」「製品に組み上げるためにレイアウトし」「製品として機能・性能を満たすかチェックし」「妥当なコストで製造できるかを確認する」行為と定義できる。「レイアウト by DMU」「機能・性能 by CAE」「製造性 by CAPE」と製品開発に必要なエンジニアリングの大半をデジタルで検討できるようになった。

別の視点で見ると、この変革を支えるキー・ファクターは「データの成長と活用」と「デジタル連携プロセス」の二つのプロセス改革である。「データの成長と活用」は、基本計画フェーズではラフに3次元形状を定義しラフにレイアウトや解析に活用し、設計の進展に合わせて3次元形状を詳細化し徐々に厳密な技術検討に供して行く手

法である（図9）。2次元で設計し終わった結果で3次元形状を作りこみ、その3次元モデルで解析検討や生産技術検討を行なうプロセスだと、死んだ子の年を数えるだけで、計画設計に役立たない。「デジタル連携プロセス」は、設計で決められた形状情報を解析部隊や生産技術部隊にリアルタイムに伝達し、専門家によるエンジニアリング検討をタイムリーに実施するための連携プロセスである。この二つが今日の「デジタルロットプロセス」を作り上げたと言っても過言ではない。モノ作り技術を設計計画フェーズに織り込むことがキモである。

8. デジタルプロセスは日本の製造業の強み

製品設計とモノ作り技術に優位性をキープする

日本の自動車メーカーがデジタル化技術を適切に使いこなし、短い製品開発期間で魅力ある製品を世に出せる力を持ち続けることは日本の製造業にとって重要な課題である。

日本のエンジニアにとって必ずしも使い勝手が良いと言えない外国製のCADソフトを器用に使いこなし、モノ作りノウハウを織り込んだエンジニアリングプロセス＝デジタルプロセスを実現し、競争力のある製品を次から次へと生み出す日本の自動車会社の力には敬意を表したい。この競争力を持ち続けるために、われわれエンジニアリングITを担当する技術者も「デジタルプロセスの進化」に心して努力を続けたい。