

設計とは、作り始める前に考えることすべてである。設計、製造、流通、販売、回収、解体、再利用など、製造業が行わなければならない作業をスムーズに行うために、また、商品をできるだけ早く市場に投入するためにも設計の重要性は高くなってきている。設計の段階で、商品のライフサイクル全般について考えておかななくてはならないからである。このように負荷が増大しそうな設計を効率よく行うには、設計業務の改革が不可欠である。

ここでは、設計でもっともたいせつな部分である、何を設計するのか、何を商品にするのかを効率よく考えるためのツール群の考えかたを紹介する。また、設計を含めて商品全体を評価する方法は品質を尺度とするものであることを示し、その考えかたを紹介する。

Designing means thinking before manufacturing. While implementing the design process, the manufacturer must think about the product life cycle — including manufacturing, logistics, marketing, collection, disassembly, and recycling — in order to complete all of the steps satisfactorily, and with the aim of putting the product on the market as quickly as possible.

This paper offers a prospective view of the next generation of design, and describes methodologies to assist in deciding what to design and to evaluate design by the quality of products.

設計とは

筆者は「設計とは“もの”を作り始める前に考えることすべて」と考えている。ここで言う“もの”には広義に考えてソフトウェアも入り、作り始める前に考えなくてはならないことのなかには調達、製造、流通、販売、回収などの実作業とともに、“もの”に伴う広範なサービスも含まれている。

均質で故障の少ない商品を大量に生産すればよかった時代から、多種多様な顧客の要求にこたえる時代に変わり、それに対応できる生産システムへ変換しなくてはならないと言われて久しい。しかし、製造現場ではU字ラインの採用、コンベヤの廃止などの改革が行われているが、開発設計部門での対応は遅れている。

商品の多様化は同一設計による製品の製造数を減少させるため、必然的に設計業務の負荷が増加する。ところが、最近では商品の多様化とともに商品寿命の短縮が顕著であり、

ますます設計に大きな負荷が掛かってきている。

製造業では同業他社との競争に勝つためと、このような多様化、短寿命化に対応するために、経営戦略的に事業化のスピードを重視することになる。これを実現するためには、商品コンセプトの段階から商品設計の詳細を決定するまでの期間を短くすることと、その後の設計変更を少なくすることがどうしても必要な条件である。すなわち、設計の迅速化と質の向上が製造業にとって最重要ということになる。

この設計の質を実現するためには、作り始める前にできるだけ多くのことを考慮に入れて設計を行わなくてはならない。設計機種が増加するだけでも設計の負荷が増大するのに加えて、設計段階で後の工程のことをできるだけ考慮する必要があるということは、ますます開発設計部門の負担を増大させることになってしまう。

この状況に対応するためには、設

計は設計部門だけが行うものという考えを捨てなくてはならない。最初に示した定義のように「設計はものを作り始める前にすべての関係者で行う作業」に変える必要がある。

これが、経営戦略としてのスピードアップには業務革新が伴わなくてはならない理由である。図1に示すように商品開発の上流部分で多くの作業を済ませてしまうことによって、後戻りをなくして時間を短縮するというのが現在の考えかたである。

設計業務の革新

製品開発には、多様化するユーザーニーズを把握し顧客満足の観点から商品企画を行い、的確なTime to Marketを実現することが重要である。また、要素技術開発を先行させ、適正品質を確保するとともに開発工期、工数、コストの低減を図ることが要求される。

技術進歩と価値観の変化の速い昨今では、商品企画、設計、製造、検

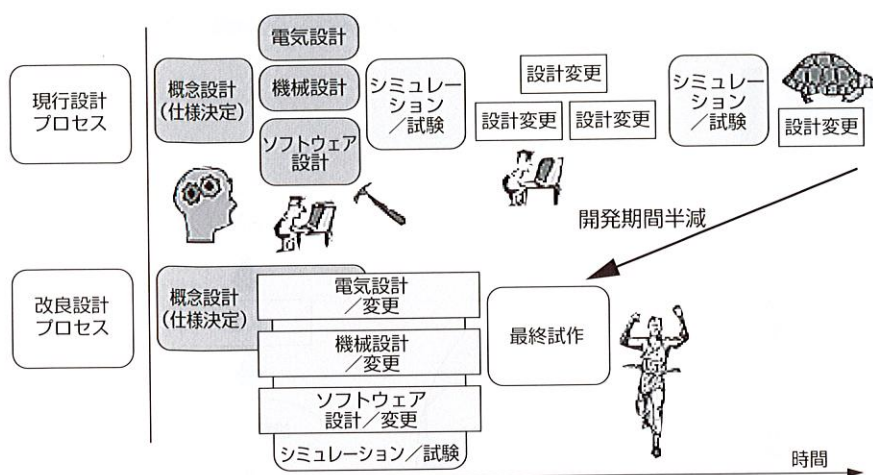


図1. 業務革新と期間短縮 作業を設計の上流に集中することによって、設計の質を向上し開発期間を短縮できる。
Design time reduction by process innovation

査、保守サービスにわたる製品開発全プロセスを見通した業務形態(仕事のしかた)に対しつねに変革が求められており、そのような要求にこたえるための新たなコンセプトや手法およびツールの開発と現場への適用が急速に進んでいる。顧客満足を獲得し、業界で高い位置を確保しなくてはならない状況にあってはすべての人がつねに変革を心がけ、業務革新を次々と具現化することが顧客満足を獲得し、業界で高位置を確保するための必要条件である。

技術業務の業務革新には六つのポイントがある。

- (1) 商品企画のありかた
- (2) 設計上流段階での製造、検査、保守、サービスの全プロセスにかかわる課題検討と設計への反映
- (3) 図面レス/試作レス/物作り量のミニマム化
- (4) 製造/検査プロセスの機械化
- (5) 情報共有と一元管理
- (6) 組織の見直し

これらのポイントは機械、電気、ソフトウェア、部品のあらゆる業種に対しおおむね同様であり、顧客満足、品質、工期、工数の観点から上記6項目を施策化し実行することで、

仕事のしかたは変革され業務革新が可能となる。また、その結果として組織のカルチャーも変革される。

一般的に技術業務、間接業務を問わずあるべき姿と円滑な業務遂行には上流プロセスの取組みかたが最重要である。したがって、業務革新はまず商品企画とこれに続くシステムデザイン(製品定義、構想設計、詳細設計)のプロセスに変革のメスを入れることから始まる。この段階で製造プロセス以降の姿も描かれる。設計/製造は一体であるとの認識の下でプロセスを考えるべきである。上記ポイントの(1)および(2)である。

(2)のシステムデザインのプロセスでは、商品ライフサイクルと商品系列戦略、性能/製造性/保守性を解決する解析/シミュレーション/三次元技術、ロバスト設計、部品化/標準化、調達戦略、知財戦略など広範囲の課題解決を行うしくみが不可欠で、各種検討をこの設計上流にコンカレント(同時進行的)に集中させる。上流ローディングである。このためには、製品開発全プロセスにかかわる有識者(営業、技術、設計、製造、検査、保守、生産、調達、知財、情報、環境、その他)がこの段階で集中的に同じ土俵で検討を進め

ることが大切で、したがってデザインレビュー、プロジェクト体制、組織のありかたの検討も重要となる。システムデザインに英知を集め戦略を明確化し後工程に課題を残さないしくみである。

仕事のしかたで課題解決の上流集中、コンカレント化が進み、製造技術が高度化すると従来のシリーズな物の流れを反映した組織の姿は変えざるを得ない。設計を中心に戦略を集中させるプロジェクトと製造/検査一体化組織の考えかたも、今後の業務革新では形に表していく必要がある。

業務革新は、すべての企業にとってユーザー、業界、世界の技術と経済の動向、協力グループなどを広く見ながらとどまることなく次々と展開すべき基本的動作である。

現在、当社では次世代の設計手法の開発を目的にスーパーデザイン・テクノロジー™(SDT)というプロジェクトを試行している。そこでは商品化までの期間を短縮するという従来型の業務革新とともに、顧客満足を目標にした商品開発の質の向上を目ざしている(囲み記事参照)。以下に、このSDTで進めているツール開発の一部について述べる。

設計の具体的進めかた

前述のように設計の段階で、できるだけ多くのことを考慮するためには設計作業に携わる関係者が非常に多くなる。特に、当社の製品ではほとんどのものが電気部分と機械部分とをもっており、また多くの製品にマイクロプロセッサが搭載されているためソフトウェアが実装されているために設計者の種類も多い。

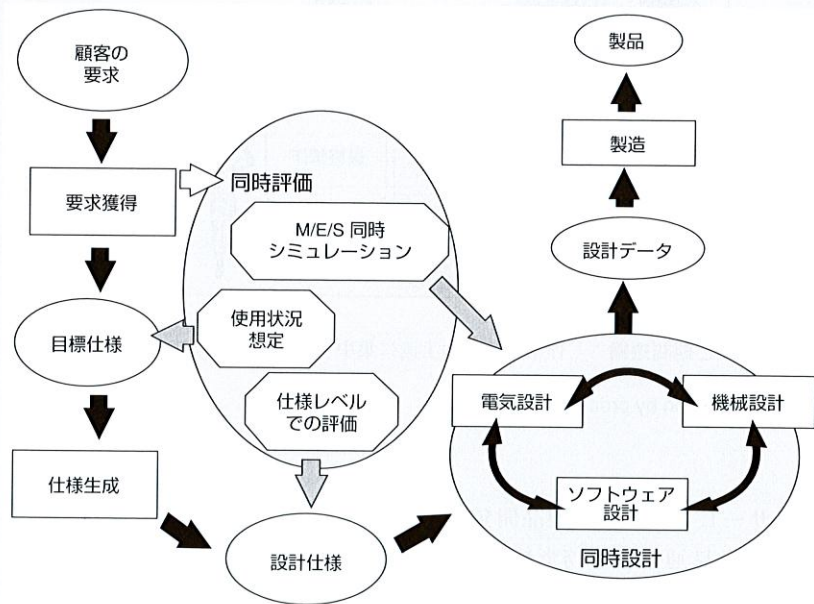
さらに、関係者の中には顧客と直接接触している営業職や意匠デザイナーのように、技術者以外の人間も含まれる。

それらの関係者の間で設計情報を

スーパーデザイン・テクノロジー™

スーパーデザイン・テクノロジー™は次世代の設計技術を目指して進められている当社内のプロジェクトである。スーパーの意味は従来の設計の概念を二つの意味で超えることを意味している。一つには、本文にもあるとおり商品企画の初めから設計であると考え、時間軸方向で設計の概念を広げるものである。もう一つは、電気部分、機械部分、ソフトウェアを完全に同じ土俵の上で設計し評価することである。

これを概念的に描くと図のようになる。顧客の要求をまちがいないく入手して目標仕様を決定する部分、それを基準にしながら設計仕様を決定する部分、顧客要求を基準にしながら電気、機械、ソフトウェアの設計を同時進行で進めて設計データを作成する部分に分かれる。つねに顧客要求を基準にして顧客満足を目指している点がポイントであることがわかる。



スーパーデザイン・テクノロジー™ スーパーデザイン・テクノロジー™は商品企画という設計の最上流から詳細な設計までを支援し、仕様レベルでの評価と機械(M)・電気(E)・ソフトウェア(S)同時設計と同時評価を目指す。

共有するためには、ソフトウェアや電気設計では、ある程度まとまったブロックに分割してその機能を記述する必要があり、機械設計では三次元設計によって直感的にわかりやすい絵で表示する必要がある。

だれにでも理解しやすい三次元グラフィックを表示しながら、すべての関係者が参加してデザインレビューを行うことによって、見落としを少なくでき、設計期間を短縮することができる。

このように全員が関与してでき上がる設計データは設計段階で共通に使用されるだけでなく、シミュレーション、製造、流通、保守・点検、回収、解体、廃棄などの段階でさらに使用されることが望まれる。

とりあえず現在急を要するのは、シミュレーション(設計検証)と製造段階に利用することである。

機械設計の場合は、設計と製造の間は図面で情報を伝えていた。現在もなお多く用いられている二次元図面の原型は、フランス革命(1789年)のころのガスパルモンジュの図法によっている。すでに200年が過ぎた二次元図面による機械部品の記述は、そろそろ引退してもよいと考える。今後10年くらいの間に急速に二次元図面は姿を消すと考えられる。そして加工技術についても設計の段階で三次元CAD(Computer Aided Design)データに盛り込まれ、そのままNC(Numerical Control)マシンにつなげることが可能になる。

多くの商品の設計では、制限された大きさ、制限された質量のなかで機械設計と電気設計の厳しい取合いが行われる。このときには電気/機械/ソフトウェアの同時設計が望まれる。

電気/機械/ソフトウェア同時設計というのは機能、質量、容積、コスト、開発期間などを勘案しながら最適な組合せを決定することで、現在ではまだ実現できていない。

このなかで機能について設計を進めるためだけでも、電気/機械/ソフトウェアの同時シミュレーションが必要になる。

その一つの試みとして、図2に機械設計の論理記述の例を示す。これは光ディスクのピックアップヘッドを想定したものであるが、ピックアップヘッドの三次元設計から力学的な特性を引き出し、その力学モデルをコンピュータ言語で記述することによって、電気回路CAD、ソフトウェア記述と同時にシミュレーションが可能になっている。それぞれのCADとつながっていることによって機械的な変更、電気的な変更、ソ

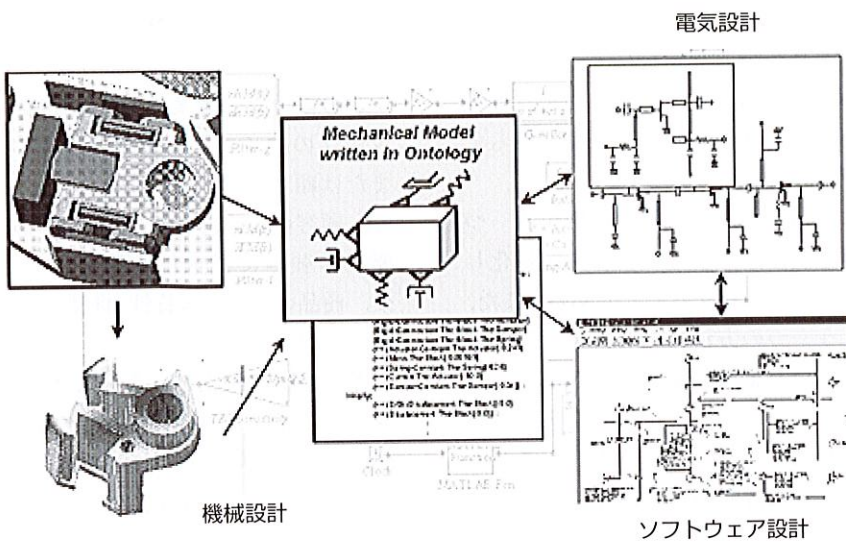


図2. 機械・電気・ソフトウェア 同時設計 三次元機械設計と結びつけた動力学モデルを論理記述することによって、同時設計が可能になる。 Mechanical/electrical/software codesign

ソフトウェアの変更がシミュレーション結果に反映される。

このような試みをすべてのシステム的设计に広げるためには、設計またはシミュレーションの単位として電気、機械、ソフトウェアに共通して、ある機能をもった固まりとしてのIP (Intellectual Property) で扱うようにしなければならない。それによって設計期間を画期的に短縮できるはずである。

機械設計でのIPをどのように設定すべきか、その記述法、三次元CADとの連携法など解決しなくてはならない問題は多いが、今後徐々に解決されていくと考える。

機械設計の標準化は従来、ねじや歯車や軸受けといった部品レベルでしか行われてこなかった。このために、機械設計ではほとんどの部分が非標準になってしまっていた。機械設計は電気設計と異なって、購入部品だけではブレッドボードすら構成できないのである。

今後は、もう少し機能的にまとまった単位で標準化しなくてはならない。例えば、モータは出力、回転数などのパラメータを入れればIPとして設計データ (三次元データを含む)

が与えられるようになるであろう。

このようにしてIPとしての機械、電気、ソフトウェアの必要な要素が決まると、それによって設計プロセスの立案をし、実際に設計作業を進めることになる。

図3はそのようすを示したものである。必要な要素を決定するための作業の間には、Aが決まらなるとBを決められない、というような順序が存在する。

しかし、この順序は要素間で複雑に絡み合い、ループを描いてしまったり、相互に関係があるために容易に進めない、などの場合も多い。これを検討するのが図中の“設計プロセスモデル”である。このモデルの中の作業関連マトリクス演算により最適な順序を得ることができる。また“制約解消処理技術”によって、どうしても相互に連絡を取りながら同時に進行しなくてはならない作業も明確になる。

このようにしてできあがったプロセスモデルに従って、独立にまたは関連しながら各作業を進めるために、協調作業のためのプラットフォームとエージェント技術が必要となる。

また、前述した同時シミュレーションが不可能な部分では、各要素設計の間で協調を取りながらシミュレーションを行うことも必要になる。

設計作業を同時進行型で進めれば開発期間を短縮できる、ということはいく言われることであるが、従来もいたずらに他の作業の終了を待っていたわけではない。同時進行するには同時進行するための道具立てが必要である。

全体構想を三次元のグラフィック

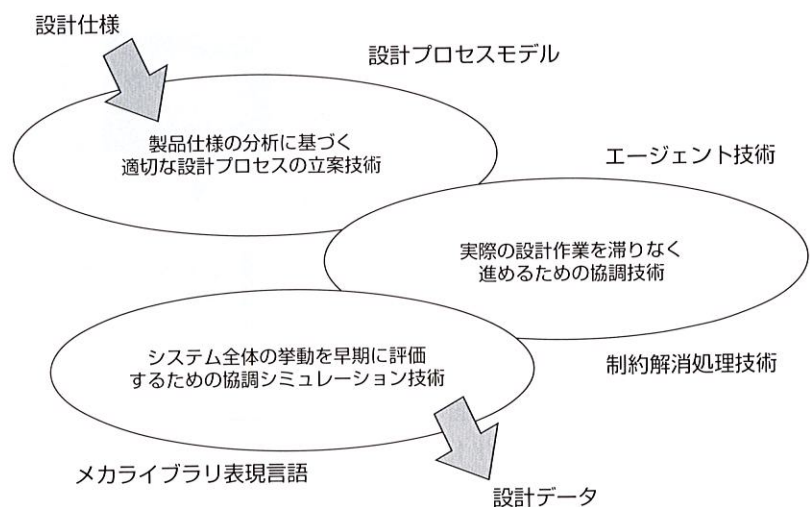


図3. 協調設計のしくみ 設計プロセスの最適化、各設計間の情報交換と管理、システム全体の協調シミュレーションが協調設計を可能にする。 Structure of collaborative design

のツールをベースにしている。

ここへは最初のループから定量化された目標とユーザーインターフェース(UI)の情報が入ってくる。目標の明確化と仕様レベルでのシミュレーションによって矛盾やむだがなく、抜けのない最適な仕様の作成も可能にする。シミュレーションは、UI情報も入れてデジタルモックアップというような形で製品のできばえの予測をすることもできる。

得られる設計仕様は機能的な記述になるので、記述範囲を拡大することによって機械部分を含むシステム全体の仕様を決定できると考えている。この中心になるツールとしてSpecGenという名のソフトウェアを完成させたいと考えている。

このソフトウェアは最終的な出力としてカスタムLSI用にVHDL(Very high speed IC Hardware Description Language)、ソフトウェアをC++言語で作ることができる。機械設計は前述のようにまだこのような記述が可能になっていないので、何らかの言語で機械設計用の仕様を作ることにしたい。

したがって、機械設計についてはここでいったんオフラインになる。与えられた仕様から詳細設計に到るまでの設計手順については前に述べたが、機械設計ではできるだけ標準化を進めることによって、設計者のもつ多すぎる自由度を制限することが必要である。

このようにして、評価可能な状況下で仕様を決めていくこのツールは、前述のように非常に創造的な作業である商品企画を助けて最適な仕様の決定に貢献することができる。

設計の評価法としての品質

良い設計と悪い設計は何で評価されて決まるか。それは品質である。筆者は品質の定義を“顧客満足”としている。品質のよしあしは当事者

が決めるのではなく顧客が決めるのである。

顧客が満足しないものはたとえ欠陥がなくても良い品質とは言えない。したがって、品質はその商品の企画から製造、流通、保守、価格まで含めた総合的な評価である。

品質の悪さには3種類ある。1番目は仕様どおりにできていない場合で、従来言われた製造上の品質問題もこれであるが、仕様を商品の詳細設計に変換したときのミスもここに含まれる。

2番目は、1番目の問題がなくてもその商品が売れない場合で、これは商品の企画や設計、デザインなどが悪からである。この部分では設計の本質が品質として評価を受ける。

3番目は、予想外の使いかたをした顧客が商品に満足しない場合である。これは設計や取扱説明書の配慮不足である。この3番目も広い意味では設計の評価である。またPL(Product Liability)問題につながる危険な品質問題でもある。

それでは良い品質とはどのようなものであろうか。まず商品が満たすべき最低限の品質は、顧客が商品を手に入れたときに商品に満足することである。

より良い品質というのは、その商品の寿命が尽きたと顧客が判断するまで満足して使えることである。このためには保守や部品交換、改良などがきちんと行われる必要がある。

最高の品質とは、商品の寿命が尽きて手元になくなったときに、今まで使っていたものとまったく同じ商品が再び欲しくなる場合であり、それが不可能であっても同じメーカーならきっと同じように満足を与えてくれると顧客が信じるようなケースである。これがブランドのファンと言われる人たちである。このような顧客をどれだけ獲得できるかが製造業の将来を決めることになる。

顧客は商品によって得られると期

待する満足に対して対価を払う。品質を顧客満足であると定義することによって、品質のなかには顧客にわたる時期も含まれることになる。遅れてきた商品にはだれも満足しないからである。

また、この論理から言えば商品の売上げがその商品の品質を示すことになる。これは商品の評価としては非常に明快である。

顧客満足を定量化できれば、この手法は設計そのものの定量評価に使える。同様に考えればすべての技術業務の評価にも用いることができる。つねに評価基準は顧客満足である。

間接部門の定量評価が不可欠

設計とは何を指すのかという定義から業務革新の方向、設計の方法論、設計の目指すべき目標までをかいつまんで述べた。

従来製造業の改革は製造現場を中心に行われてきたが、その間に間接部門の改革が遅れてしまっている。

今後は開発設計部門を中心に業務改革を進めなくてはならない。そのときには、その業務のよしあしを定量的に表して評価することが不可欠である。



大輪 武司

OWA Takeshi

研究開発センター首席技監。メカトロニクス機器の開発、設計方法確立に従事。日本工学教育協会理事、日本機械学会、精密工学会会員。

Corporate Research & Development Center



府川 直弘

FUKAWA Naohiro

経営変革推進本部 経営変革推進室参事。業務革新推進業務に従事。電気学会会員。

Management Innovation Div.