

軸受開発における三次元CADの導入について

山下奉武

Introduction of 3D CAD in Bearing Engineering Center

T. YAMASHITA

All industries are now fighting furiously to shorten development period and to reduce cost. Especially in bearing industry, both development and manufacturing field are influenced by rapid progress of unitized and module products for automobile applications.

Development speed is one of key factors and is very important to succeed in severe competition in all industries. 3D CAD method is now widely used in various industries to realize concurrent engineering and to utilize products data.

This paper presents an example of the 3D CAD operation in bearing development study.

Key Words: 3D CAD, finite element method, concurrent engineering

1. はじめに

転がり軸受の付加価値を高めるために、従来から軸受周辺の部品、例えば軸箱、軸とのユニット化等は進められていたが、自動車産業界における部品のユニット化、モジュール化への急速な進行は、軸受の製品開発、製造分野にも大きく影響し、従来にも増して製品開発のスピードが問われるようになった。

さらに、製品開発業務に急速に進歩したIT技術の活用が目覚しく普及し、各社各様のキャッチフレーズのもと、あらゆる産業界で開発期間の短縮、コストの削減を実現すべくしのぎを削っている。

とくに、製品設計分野では、製造に必要な製品情報を生み出す三次元(以下3Dと称す)CADの普及には目をみはるものがあり、世の中の趨勢とも受け取れる。

この3DCAD情報をもとに成しうるバーチャル試作、バーチャルファクトリーの言葉が飛び交う世の中、将来的には紙面での2D図面は世の中から消えてしまうことを予期せざるを得ない状況である。

2. CADの動向

2.1 ハードについて

1980年後半にEWS(エンジニアリングワーク

ステーション)が登場するまでは、ホストコンピューターの世界であった。激変する世の中の流れに対応しきれずホスト系は衰退しダウンサイジングへの道に進まざるを得なくなった。

IT技術の進歩によるコンピューターの飛躍的な機能の向上、その上に安価化が進み、今やEWSにもかげりが見えている。

昨今では、ホスト系0.1%、ホスト系+EWS1.1%に激減している¹⁾。

今やPC(パーソナルコンピューター)の全盛期となり、一人1台という製品開発技術者にとって望むべき環境が間近に見えてきた。

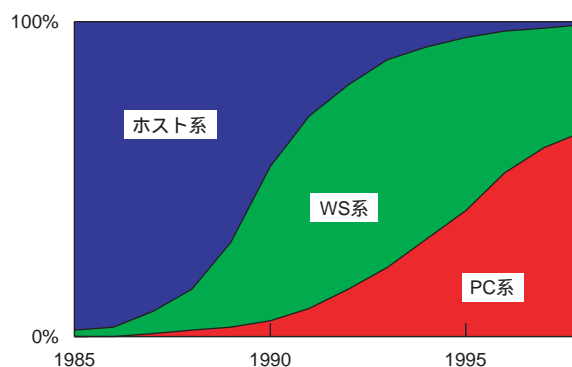


図1 ハード環境の推移(イメージ)

The change of hardwares (trends)

2.2 ソフトについて

ホストコンピューターの時代では、自社開発のソフト、あるいは市販ソフトを採用しても自社のしくみに整合させるべく大変な資源(人、物、金)を使い大幅なカスタマイズを実施し、ユーザーの立場にたって使いやすいCADソフトを指向していた。言わば、オーダーメイド服の購入に例えられる。

しかし、激変ししかも多様化する世の中のニーズに満足するには、タイムリーなメンテナンスが必要とされ初期投資をした上に、さらに膨大な資源投資が企業にのしかかってきた。

このような苦い経験から、CADソフトは市販ソフトを使い、最低限のカスタマイズに押さえ、身軽なCADソフトを指向するようになった。既製服の購入である。

昨今のCADソフト進歩はめまぐるしく6ヶ月に1回のバージョンアップが普通である。ユーザーもたじたじの環境である。

低価格CADの販売に伴い各企業において市販CADの導入が進む中、開発期間短縮を目指したコンカレントエンジニアリングの実現、製品データ管理(PDM)の導入を踏まえて、3DCADが普及している。

全業種にわたり、3DCADの未導入は30%台まで減少した。言い換えると着実に3DCADの普及は進んでいると言える。2~3年後の3DCADの利用率が高いのは自動車・同部品業界で2~3年後には70%近くに及ぶと推定されている²⁾。

3. 軸受製造業のCADの外部環境

機械要素部品である軸受は自動車、電機、産業機械等あらゆる分野において回転部、静止部間には必ず使用されている。また、各業界の使用するCADもいろいろである。すなわち、軸受の用途が広ければ、広いほどそれらの業界で使用されるCADの種類も多くなる。

この外部環境の中で、軸受の設計、製造専門メーカーとして顧客に承認図方式(図面を提出し、承認された図面で製造する方式)を採用し、顧客の要求仕様を満たしている関係上、一通りのCADソフトを備えて顧客対応が可能になるような内部環境が必要になるという苦しい立場にある。

異種CAD間のデータ変換が100%可能になる時期が待たれる。

4. 3DCAD導入の考え方

一般的に、3DCAD導入の効果は、3DCAD情報を設計の後工程でいかに有効に利用するかに依存する。

例えば、強度解析等シミュレーションに利用し設計の後戻りの削減、あるいは工程設計、加工に3DCAD情報を利用しコンカレントエンジニアリングの実現を目指し製品開発期間の短縮を達成することに存在価値が認められる。一方、設計部門においては3Dデータ作成により幾分負荷が増加する。

したがって、現状CADの持つ問題点の把握、対応策に加え、この設計負荷を補うしくみ上の対応策も考慮しておかねばならない。

4.1 現状CADの問題点

現在CADとして、軸受設計のノウハウの塊であるKoyo独自で築き上げたデジタルデータを有する自動設計システム(AD)とイメージデータを有するCAD(2DCAD)の2種類が存在する。

前者は公的規格等標準化された軸受に、後者は軸受を基本とするユニット製品に適用している。

ADは、ともかく2DCADはいささか時代遅れのホスト系CADであり、しかも使い勝手を優先しかなり突っ込んだカスタマイズを施し、世の中に追従するために膨大な労力を必要としている。

イメージデータとしての保有ゆえ、CAE、CAMへの展開が難しく高級ドラフターとして利用しているのが実態である。

また、日本国内に限定されたサポートのため、グローバル化指向に沿わないものとなっている。

2DCADのもつ弱点も無視できないものがある。

例えば、

2D図面から3Dの実態をイメージする煩わしさ

軸受はともかくユニット化された製品となると設計者でも、他人の設計した製品は実態がイメージできないことがしばしばある。ましてや設計とは関わりのない調達等の管理部門の方々にとっては至難のわざと思える。

形状のあいまいさ

設計者の想像で描いている部分があり、とくに直線と曲線の微妙な部分になると形状が成立しなくとも許される。

干渉、組み込み性検討の煩わしさ

設計者なれば頭の中で考えてもいかんともし

がたく、切り貼りを作り紙面上で再現を試みた経験があるかと思う。

4.2 3D CADの導入の目的

導入目的として、前述の2D CADの弱点を補い設計品質の向上、開発期間の短縮、製品コストダウン、製品品質の向上等いろいろあげられるが、コストダウン、品質の向上は製造業にとっては当然の義務であり、むしろ世間の動向、軸受製造業の顧客動向を踏まえ、この大競争時代に業界で優位に立つには新製品の世の中への投入を早く達成し先行利益を得ることが重要である。

すなわち「開発期間の短縮」が導入目的としてあげられるゆえんである。

5. 3D CAD導入の手順

まず、トップ方針を得るための準備活動からスタートした。

5.1 企画立案活動

(1) 企画立案プロジェクトチーム発足

CADソフト、機器選定および、計画立案するための営業、設計開発、生産技術部門等で構成されるプロジェクトを発足し(活動期間は6ヶ月)、実務部門としてワーキングスタッフを構成した。

(2) 目的の明確化

4.2項に示すように開発期間短縮1/2を取り上げた。

(3) CADソフトの選定

CAD, CAE, CAMを揃えたプロセス重視のハイエンド、設計に特化したミドルエンドと多種多様のCADがしのぎを削っている。

その中からいかに適切なソフトを選定するかは3D CAD導入成功の可否を握る大きなキーポイントになる。外部環境、内部環境そして選定すべきCADの将来性を考慮し選定条件を明確にしなければならない。

キーワードとしては、CAD基本機能、将来性、サポート体制が上げられる。

< 1次選定 >

数あるソフトの中から選定

基本機能(CAD周辺のアプリケーションを含めるか、設計に特化するか?)

将来性

ベンダーの経営状態、ソフトの販売シェア、使用顧客の動向等慎重に把握の上予測する必要がある。

ワールドワイドなサポート体制
グローバル化、ボーダーレス化指向の現在にはどうしてもはずせない選定要因である。

以上のポイントから絞り込み、実際に選定したソフトを設計者自身が使用を試みる2次選定を行う。

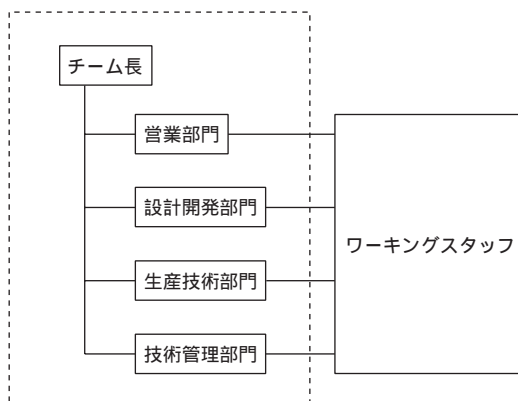


図2 プロジェクトの構成

Construction of the project

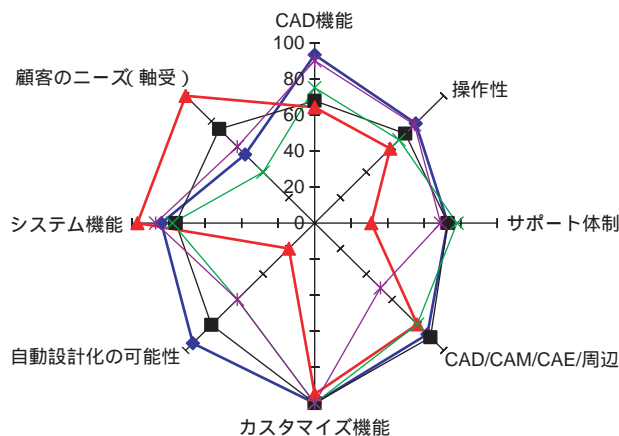


図3 2次選定チャート図

Chart of 2nd selection for CAD software

< 2次選定 >

1次選定後、3D CAD導入先行するいろいろな分野の顧客を訪問し、選定のための注意事項等の調査を行った。設計者、システム開発者等の経験をもとに得られた結論は、顧客要望を満足させるため、顧客の望む環境を揃えること(顧客指定のCADソフトで情報提供する)、軸受の設計開発、製造に適したソフトを選定することであった。

最も、優先したことは、

過去に蓄積したノウハウの塊であるADを生かせること

操作性がすぐれること

ソフトが軽く、応答が速いことである。

参考評価の例を図3に示す。

< 3次選定 >

最終的な詰めとして、選定したソフト採用ユーザーを設計開発部門、システム開発部門が共に訪問することにより、使い勝手、3D CADの有効活用度、教育体制さらにはベンダーのサポート、サービス体制を確認し、決定することを忘れてはならない。

この訪問は、ソフト選定に有効だけでなく導入を推進していく上での実務面での失敗、成功事例を含め貴重な情報が得られる。偏った情報に左右されないためにも少なくとも2~3社は訪問することにした。

(4) 3D CAD適用範囲決定

承認図方式を採用する部品製造業特有の問題かもしれないが顧客に対し二つの切り口で考える必要がある。

図面形態(承認図、製作図(製作するための図面))からの適用

世の中の動向を考慮すると3D CADの適用が求められるが顧客での対応が準備できて初めて有用な情報となり得る。言い換えると顧客の要求がある場合を対象に採用することになる。

一方、製作図から見たときは3D CAD化が導入目的に対し有効かどうかを見極める必要があり対象製品の区分により判断すべきであろう。

対象製品からの適用

世の中に現存する製品すべてが3D CADを利用することによって効率的な設計が可能かと言えばそうではない。

例えば、下記のような製品は期待がうすいといわれている³⁾。

- 平面を組み合わせた製品
- 軸対称品
- スポット生産で兼用(流用)が少ない製品
- 型加工の少ない製品

軸受を考えたとき、少々躊躇する場面が少なからずあった。

軸受の場合、大きく3つに分類できる。

- 標準軸受(ISO等公的規格で標準化された軸受)
- 特殊軸受(標準軸受を基本とする特殊形状等の軸受)
- ユニット製品(軸受と周囲部品をユニット化した製品)

特殊軸受、ユニット製品はともかく加工工程も標準化された標準軸受にいたってはまさに3D化の効果が期待できない製品に当てはまると思われるが、昨今の顧客からのコンカレントエンジニアリングへの参画要請、さらには、工程設計、加工工程の新たな変革の起点にすべく3D化に踏み切った。

(5) 情報管理系

従来からホストコンピューターを利用した情報管理系は確立されている中、3D CADを導入することによりローカルな製品データ管理(PDM)を展開し、3D CAD情報、図面管理(原図、仕掛かり)情報、設計のための文書情報等の一括管理を行う。

そのうち、必要情報をすでに確立されているホストコンピューターに吸い上げる。

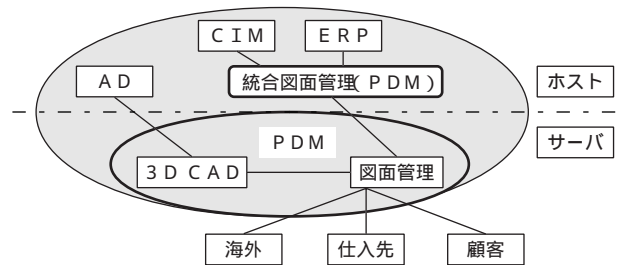


図4 情報管理系
Information series

(6) 旧CAD情報の取り扱い

3D CADの導入にあたっては、過去に蓄積された2D情報をどうするかに直面する。

3D CADデータに変換する方法は、変換プログラムを作成し置き換える方法、人海戦術により書き換える方法が存在する⁴⁾。

いずれにせよ、膨大な時間を必要とするため、2D CADデータであっても電子情報として保管されていることを考えれば、必要なデータを必要なときに置き換えること。また使用頻度の高い形式に限定してテンプレート*化し3D CADの持つ相関機能を駆使することにて対応する。

*テンプレートとは、CADでは、オリジナルモデルから派生形状を作図することがしばしばあり、この時のオリジナルモデルをいう。

6. 3D CAD導入事例

導入方法として、全製品への同時展開は2Dと3Dの文化の違いによる大きな課題もあり極めて困難であることから、特定の製品に限定してまず行い順次拡大を推進した。

まず1回目の試行については、利用者に対して好印象を与えるためにどの製品を選択するかが重要であり、自動車ホイール用ハブユニットを選定した。

以下その導入事例を示す。

(1)現状の把握と実施内容の抽出，計画立案

顧客からの引き合いから始まり量産納入までの全部門において下記に関する現状のヒアリングを実施した。

製品開発における各部門の

インプットは何か？

インプットに対しどのような加工を施しているか？

アウトプットは何か？

開発期間短縮のための問題点

3 D C A D情報の利用方法

抽出された問題点，情報の利用方法を中心に実施すべき内容を設計部門，生産技術部門等の推進部門の討議により計画立案を行った。

(2)実施内容と期待効果

<設計段階>

3 D C A D導入による設計環境の改善

2 D C A Dにはない画期的パラメトリックの利用，すなわち3 Dモデル，組立図，部品図に相関を持たせたテンプレートを作成し3 Dモデル(図5)を作成すれば組立図，部品図が同時展開される。

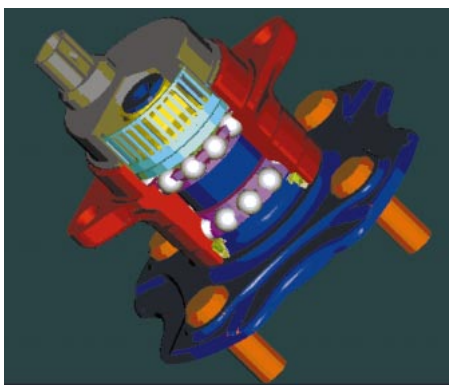


図5 ハブユニット 3 D モデル
3D model of hub unit

また，質量，重心計算も改めて計算の必要はない。

その他，3 D C A Dの大きなメリットである干涉確認が容易であること。さらには，3 D C A Dデータによる光造形(図6)，樹脂溶融，粉末焼結等のラピッドプロトタイプ(RP)で半日もすれば，設計者が自分の意図どおりの設計になっているか否かまた，部品間の干涉有無の確認が可能である。

複雑な構造になればなるほどその効果は大きい。



図6 ハブユニット ラピッドプロトタイプ
Rapid prototype of hub unit

設計審査での3 Dモデル，ラピッドプロトタイプ(RP)の利用もまた設計意図を関係者に伝えるのに有効な手段で開発期間短縮に貢献する。

開発初期段階の設計情報は生き物であり，めまぐるしく変わることを考慮すると期間短縮への効果は大きい。従来，開発段階における有限要素法解析(図7)については，それなりのノウハウを持つ有資格者，専門家でなければ困難であった。

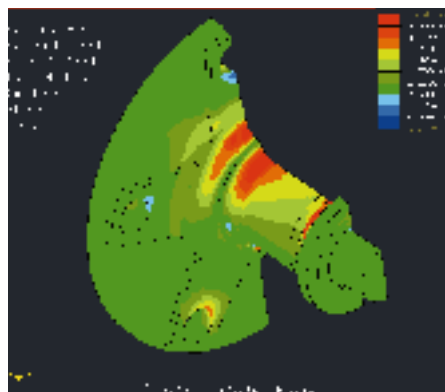


図7 設計者による有限要素法事例
Finite element analysis by designer

専門家が解析し，その解析結果をもとに設計者が形状検討するが，その間のタイムロスが設計者にとってかなりの負担になるだけでなく，時には設計の後戻りとなり，開発期間短縮の障害となっていた。

昨今の解析技術，ソフト，ハードの機能向上により，設計者にもこうした解析を可能にし，設計者に新たな知識が求められる時代となった。

設計段階における課題はこうした3 D C A Dの有効利用によりフロントローディングを行

い設計の後戻りを削減，設計効率の向上により開発期間短縮が可能になった。

業務プロセスの革新

現実には，3D CAD導入による設計環境の改善のみでは開発期間の短縮は無理があり，業務プロセスの改革，技術情報の共有化(図8)の確立が必要となる。

例えば，開発に必要な帳票類のワークフロー化，製品データ管理(PDM)の採用，さらには技術者が個々に有する製品開発のノウハウを個人の財産でなく，技術者全員の財産にすべくいわゆる技術の棚のシステム化等が必要となる。

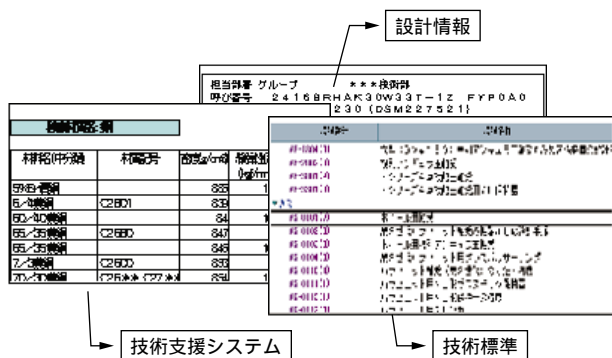


図8 技術情報の共有化
Engineering information database

< 試作段階 >

本来なれば，試作回数をいかに減らせるか論議すべきであるが，こと軸受を利用したユニット製品，モジュール製品は，有限要素法等のCAE解析でシミュレーション可能な強度検討の他に軸受の疲労寿命テストが要求される。同一条件，同一試験装置，同一ロットの製品で再現試験をしても疲労寿命の結果は大きなばらつきを示すため累積破損確率等統計的手法を採用しており，シミュレーションをすることははなはだ困難である。

昨今，ISO等で新しい寿命理論が論議され，若干の進展はみられつつあるが，シミュレーションする段階にはいたらず未だ目安にしか過ぎない。こうした背景を考慮すると試作段階における課題は試作するための工程の図面をいかに効率的に作成するか，また加工準備をいかに短縮するかに依存する。

ここでも，設計段階で述べた関連機能を利用する。すなわち設計段階で作成した3Dモデルに関連付けて鍛造，旋削モデルを作成し製品図面完成時に同時に鍛造図，旋削図等の工程図面が完成する。

また，加工準備面では，NCコードの自動作

成，金型製作期間の短縮にもつながる。データ交換により仕入先との情報交換のスピードアップ，仕入先を含めたフロントローディングも可能である。

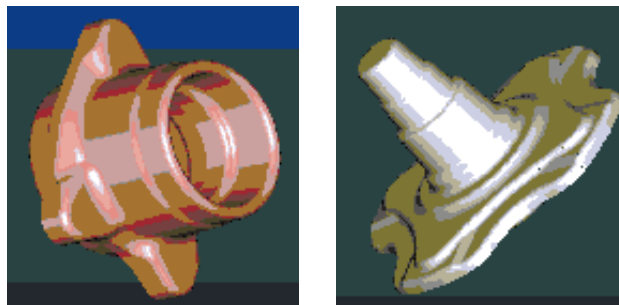


図9 鍛造モデル
Forging model

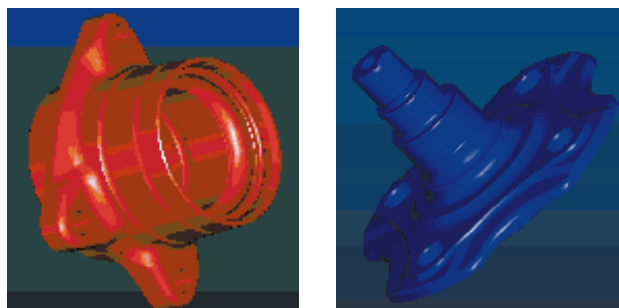


図10 旋削モデル
Turning model

< 生産準備段階 >

この段階における課題は，最適工程設計，および生産に必要な設備，治工具をいかに短期間に準備するかである。

標準的な軸受の工程は，単純化，標準化されており大きな期待は望めないが，3D CADで貯えられた情報は将来起こりうる画期的な工程改造の起点になるものと思われる。

一方，ユニット化，モジュール化製品には例えば，3Dモデル，3Dモデルと図面の相関関係，ラピッドプロトタイプの利用などにより，

- モデルを確認しながらの加工工程の設定
- 製品図と相関を持たせた加工図への展開
- 新規設備設計時の搬送，製品着脱，支持部の干渉確認
- 設備シミュレーションによるレイアウト設定

- 製品図と相関をもたせた金型等の治工具，計測機器

生産技術面でのCAE展開に有効な手段となり期間短縮のみならず，加工品質，加工効率の向上につながる。

(3)実施結果

従来の開発プロセスは2D CAD図面を中心としたシーケンシャルなものであるが、3D CAD導入により3Dモデルを中心とした単一データベース(図11)が構築されコンカレントエンジニアリングが可能となる。

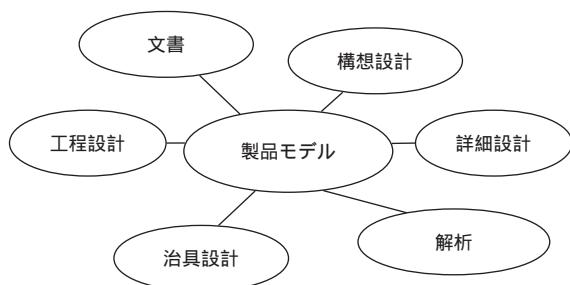


図11 単一データベース略図
Single data base

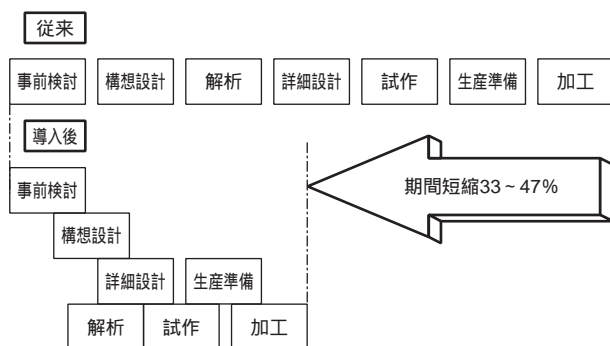


図12 開発ステップの変化
Change of development steps

製品開発者は、

仮想イメージで確かめながら構想設計、詳細設計が可能。

設計段階で解析が取り込め、

しかも製品図完成とともに工程図面も同時に完成することにより業務プロセスの変革を伴いコンカレントエンジニアリング(図12)に結びつけることが可能である。

7. おわりに

IT技術の急激な進歩により製品開発に携わる人々には今までにないスピードある変革が求められる時代になった。

従来、設計技術に関する知識を有したスペシャリストでさえあれば、設計者として認められていたが、このメガコンペティションの時代に勝ち残るために、設計に関する解析技術はもちろんのこと、製造工程革新に必要な解析技術、生産技術な

ど従来と比べ格段に幅広い知識が要求されるようになった。

言い換えると新製品、新技術の開発に携わる人たちへの期待が大きいと言えるのではないだろうか。

参考文献

- 1) 日刊工業新聞 1999年3月5日(10, 11面)
- 2) 日刊工業新聞 1999年3月5日(10, 11面)
- 3) 有泉 徹: 機械設計, vol. 41, no. 17(1997) 41.
- 4) 有泉 徹: 3D CADによる設計の改革術 日刊工業新聞社(1997)159.

筆者



山下奉武*
T. YAMASHITA

* 軸受事業本部 軸受技術センター 技術管理部