

製造業における  
CAD/CAMシステム

平野 哲雄  
三井造船システム技研, 東日本事業所

近年、製造業における絶えざる合理化に対する要求、特に、工期短縮、品質向上、省力化等、生産性向上に対する要求は一段と高まり、エレクトロニクスや情報処理技術の発展と相まって、CAD/CAMシステムは急速に普及している。

しかし、ユーザの立場に立ってみるとCAD/CAMシステムを使いこなすのは並大抵の努力ではない。導入してはみたものの、途中で投げ出さざるを得なくなったり、期待した効果が充分達成できないまま推移することも多い。

ここでは、CAD/CAMシステムの発達の経緯と、CAD/CAMシステムを開発し、利用する上で考えられる問題点のうち、ユーザ側から見て大きな問題点となるものを、いくつか取り上げ、それらを解決するための方策について述べる。

CAD/CAM SYSTEM FOR MANUFACTURING INDUSTRIES

TETSUO HIRANO

MITSUI ZOSEN SYSTEMS RESEARCH INC.

I, YAWATAKAIGAN-DORI, ICHIHARA CITY, CHIBA, JAPAN

In manufacturing industries, productivity improvement has been very important issue in these decades.

According to the development of electronics data processing systems, various CAD/CAM systems are now available in the market. But it is not easy to fully utilize these systems. Corporate managers are spending millions of money in the implementation of CAD/CAM system.

This paper covers following items to give some hints on above issue.

1. History of CAD/CAM systems
2. Some problems occurred during developing and implementing CAD/CAM system
3. Some answers to these problems

## 1 はじめに — CAD/CAMシステム発展の経緯

CAD/CAMシステム発展の経緯を、コンピュータの発展の経緯と同じように、3世代に分けて述べてみる。すなわち、メインフレームによるバッチ処理をベースとする昭和40年代後半までの第一世代、メインフレーム、ミニコンおよびパソコンによる対話型図形処理をベースとする昭和50年代後半までの第二世代、続いて、近年、急速に発展しているEWS(ENGINEERING WORK STATION)をプラットフォームに、対話型図形処理、言語処理、分散処理、AI技術等の種々の技術を組合せた、複数技術による第三世代に分け、そのベース技術の枠組の変化を表一にまとめてみた。

表一 情報システム技術枠組の変化<sup>1)</sup>

	第1世代	第2世代	第3世代
ハードウェア・プラットフォーム	メインフレーム	メインフレーム ミニコン、パソコン	EWS
ハードウェア・処理方式	独立型	垂直分散、メカ別	水平分散、解放型
ハードウェア・利用形態	共同利用	共同利用	個人利用
プログラム記述言語	フォートラン	フォートラン 専用サブルーチン	C, C++ オブジェクト指向言語
データ・ハンドリング	ファイル	専用データベース	総合的情報管理
マン・マシン・インターフェース	—	メニュー、コマンド	LOOK-AND-FEEL
ソフトウェア・処理方式	バッチ処理	対話型処理	対話型処理 パラメトリック処理+言語処理
ソフトウェア・開発方式	個別開発	購入+個別開発	購入+共同開発+個別開発
プログラム特性	機械にイベント 処理効率重視	OSにイベント	可搬性、標準化、階層化 部品化
ソフトウェア・開発期間	1年以内	数年	1年以内

第一世代のCAD/CAMシステムはフォートランを主なプログラム言語とし、目的を特化した専用システムで、目的別にプログラムを作る必要があったが、コンパクトなシステムが多く、ハードウェアは高価な時代であったが、開発費用対利用効果はかなり良いものが多く、部分的な改良ではあるが、製造業の合理化にはかなりの効果があった。利用範囲はせまかったが、コンピュータは企業の中で、無くてはならないものとなった。

第二世代のCAD/CAMシステムは、グラフィック・ディスプレイをはじめハードウェアが、比較的安価になったのに伴い、対話型図形処理が主流となった。多くのCAD/CAMシステムが開発され、市販されたが、図形のドラフティングを主体とするものが多く、最適化設計、構造解析、工作展開、部品積算、発注業務、生産管理等の総合生産情報まで範囲を広げて処理するものは少なかった。

一部の企業でこれらの総合生産情報を取扱うシステムを自社開発し、活用しているところもあるが、開発費用、開発期間とも大きなものとなり、少数の恵まれた企業で開発、実用化されているに過ぎない。これらのシステムの多くは独自に開発されたものであるので、汎用性、発展性に欠け、開発のみならず、メンテナンスに多くの費用と人的資源の投入が必要となっている。

第3世代のCAD/CAMシステムは、プラットフォームを、高性能パソコン、または、EWSをベースにしており、かなり安価で高性能なものとなっている。システムを開発するのに、各種の標準を取り入れたものが多く、独自に開発するよりも、既存のもので利用できるものはできるだけ利用し、必要なものだけ開発するという意図が強い。したがって、かなり広範囲な技術の利用が可能となり、技術の継承、移転がやり易くなっている。また分散処理方式を大幅に取り入れ、各々の業務に適合したシステム構成が取り易くなっている。

## 2 CAD/CAMシステム開発上の問題点

CAD/CAMシステムを開発する上で、まず第一の問題点は、現在使用されているCAD/CAMシステムが環境の変化に対応できないことである。ユーザのニーズは、ますます多様化し、様々な要望が出されるが、ユーザのニーズの一部にしか対応できない。現在使用しているシステムのマイナーチェンジに手を取られ、基本的な概念の変更まで手が廻らない。多少の変更要求にも、多くの費用と期間が必要となっている。

またエレクトロニクスの急激な発達により、コンピュータのアーキテクチャーが変化し、EWSに見られるごとく、高性能で安価なプラットフォームが、次々発表されるが、ポータビリティの不足により、移植が困難なので、新機種に移行できず、手をこまねている場合が多い。

第二の問題は、システムの開発側とユーザ側の意志疎通の困難さである。同じ言葉で、ある事象を表現しても、言語の解釈に差異がでてくる場合が多い。言葉が厳密に定義されてないこともある。言葉の解釈が異なれば、ユーザの要求したものと異なるシステムが完成する可能性がある。実際に業務に使い始めて、初めてシステムの不備に気づくことが多い。システムは三回作り直さなければ、使い物にならないと言う人もいる。

第三の問題は標準化の問題である。標準化に対する多くの努力が払われているが、まだ標準化が、実際のCAD/CAMシステムの開発に直接役立つほど進んでいない。概念的に表現したものが多く、プログラムの部品というレベルまで落ちていない。個々のシステムは独立し、相互に重複、不一致が存在し、ユーザから見た場合、情報と情報伝達の管理統合が困難である。

第四にCAD/CAMシステムに対する評価のチェックポイントが明確でない。

システムに対する評価、判断を合理的に下すのはかなり困難である。システムの良し悪しは、システムを導入し、ある程度使い込んでみないと判断できないと言う人もいる。一般的に良いと言われるシステムを導入してみて、それで駄

目なら仕方ない、そこで、システムの周辺の環境を変えて行く、といった方法が取られることもある。システムの持つ機能数の多さのみを比較し、品質面の持つ重要さがないがしろにされることもよくある。現実には、かなり経験を積んだ人でないとシステムの良し悪しが判らない、というのが現状である。経験を積むといっても設計業務、生産業務の範囲は広く、さらに急激に発展する情報処理技術に追従できる人の数は少なく、人的問題は非常に大きい。

### 3 CAD/CAMシステムの開発を効率良く行うために

CAD/CAMシステムの開発はこうすれば成功するという簡単な方法はない。システム開発が成功するには、いろいろな条件が必要であるが、関係者の熱意、資質あるいは経験、システムの技術的環境、支援体制等が大きな要因となる。ここでは、これらの潜在的な要因以外の、システム開発に着手してからでも、努力次第で達成可能な方法のうち次の5つの方法について述べてみる。

- ・ 開発システムに良く使用される言葉の定義
- ・ 要件定義の設定
- ・ CAD/CAMシステムのコンポーネントの確立
- ・ 対話型設計と自動設計の融合
- ・ 操作の標準化

#### 1) 開発システムに良く使用される言葉の定義

システムを開発する時に、良く使用される言葉を厳密に定義しておくことが大切である。この言葉の定義はシステムを正しく理解する上で重要となり、ユーザ側にとっても、開発側にとっても、大いに有益である。次に最も良く出てくる言葉の定義の例を示す。これはほんの一例であるが、これらのような定義が一般化されれば、システム開発は一段と促進されるであろう。

#### CADの設計対象のモデル<sup>2)</sup>

設計過程のなかで使用される設計対象の表現を設計対象モデルと呼ぶ。この考え方はCADの形状処理の基本概念を述べる時に便利である。設計対象のモデルのうち形状に関するモデルを次のように定義する。

##### [形状モデル]

1970年代に提案された形状モデルによって機械や部品の3次元形状の記述が可能になった。このモデルは、3次元形状の表現、自由曲面の表現、機械加工のシミュレーション、あるいは、FEMなど解析計算の入力として大きな貢献をした。しかし形状モデルは設計過程で使用するモデルとして柔軟性を欠いており、むしろ設計結果の表現に適しているといえる。

### [属性モデル (形状モデル+属性) ]

機械加工における公差の表現や、機構のシミュレーションなどを行う場合、形状モデルだけでは充分ではない。このため形状モデルに各部の寸法、部品間の位置、力学的属性など（これらを総称して属性という）を付加したモデルが提案された。形状表現にBREPを用いた場合、位相が固定され、幾何属性だけを変更できる。いわば形状モデルをパラメータ化したものといえる。

### [属性制御モデル]

建築、造船、プラントなど大規模な設計対象の設計作業は分業化されている。このとき、専門の異なる各設計者は設計対象の異なる側面を取り扱い、設計図書を用いて設計情報を交換する。設計図書は設計技術が成熟するにつれて多様化し、次第に抽象的な記号で埋められるようになる。このことは設計者は有限の情報だけで設計対象を制御し、工手法や部品間の干渉チェックなど、とくに必要でないかぎり3次元形状を陽に取り扱わないことを示している。従って、設計対象を有限個の属性集合で表現し、必要な場合には、これらの属性から形状を生成できる機構をつけ加えたモデルを考えることができる。ここではこのモデルを属性制御モデルとよぶ。

## 2) 要件定義設定

システムを開発する側と利用する側では、同じ表現を取っても、その意味するものの解釈について、全く異なる場合がある。利用者の意図するところを正確に開発側に伝達するのは多くの労力を要す。利用者の意図することを正確に開発側に伝達しないと、開発の後戻り作業が多くなり、無駄の第一の原因となる。

利用者側と開発側がシステムに対し共通の認識を持ったために、利用者側の要求を正確に引き出す必要がある。そのために要件定義の方法を確立し、実施する。

ここでは要件定義の方法について述べてみる。この方法は

- ・ インタビューによる利用者の要求の収集
- ・ 利用者の要求の書き出し
- ・ 要求項目の整理
- ・ 要求項目の補間
- ・ 要求項目の重要度の設定
- ・ 要件定義書のまとめ

の六つの手順を取る。

- ・ インタビューによる利用者の要求の収集

まず利用者に関発側がインタビューを行い、利用者のニーズに関する情報を収集する。インタビューを行う時は、なるべく気軽な雰囲気での次の八項目の点に留意して行なう。

- (イ) 十分な事前準備
- (ロ) 利用者主導型の対話
- (ハ) 利用者の潜在ニーズ、問題点の発掘
- (ニ) 片寄らないトータル指向
- (ホ) T. P. Oを大切に
- (ヘ) 常に革新的に
- (ト) 不明点を曖昧にしない
- (チ) 行詰ったら気分転換を上手に

#### ・ 利用者の要求書き出し

インタビューにより収集した情報を、最初から順序だてて整理しようとしないうこと。まず、インタビューで利用者のニーズを聞き出したら、それを順不同でカードに書き出す。カードに書き出す時は、あまり慎重にならずに、どんどん書き出す。矛盾する項目があっても、重複する項目があっても良い。記入されたカード枚数を増やすのが目的であるかのように、カードに書き出して行く。正確に理解できない項目があっても、その項目を無視しないで、ありのまま記入すること。

カードに書き出すことには、種々のメリットがある。カードは後で自由に並び換えることができるので記入の順番を気にする必要がない。また何らかの都合で、一度に書き出せないとき、何回かに分割して書き出すことができる。また関係者が、一堂に集まれない場合、各メンバーに主旨を伝えて、個々にカードに記入してもらい、後で回収する方法も取ることができる。

カードはあまり大きなものでない方が良い。図面等の情報でカードに記入できない場合は、図面番号等のキートンとなるものをカードに記入し、カードと情報源のリンクを取っておくこと。詳細な情報は情報源に記入し、カードには関係者が理解できる範囲内なるべく簡単に記入すること。

#### ・ 要求項目の整理

このようにしてカードに書き出された利用者の要求を、二つ以上の意味に含まず、かつ、表現が正確で、意味を読み違えないような表現に修正する。この時、自分だけが理解できれば良い、という表現ではなく、他人が読んだらどう理解するか、ということを考慮しながら、他人が読んでも充分理解できる表現にする必要がある。

このようにして修正されたカードを大きな机の上に並べて、読み返してみる。一枚のカードの言いたいことを、表面的な字面にとらわれなくて、利用者の心を読み取るつもりで読み返す。ここであまり急ぐと良くない。じっ

くりと時間をかける必要がある。

カードを一枚、一枚読み直したならば、カード全体を見渡して、意味の似ているカード、あるいは近い感じのカードをグルーピングする。この時点で、あまり多くのカードを一度にグルーピングせずに、ほんの数枚ずつ、あわてず、ゆっくり類似カードを近くに置く。カードを無理にどこかのグループにはめ込むことは厳禁である。

次に、グルーピングしたカードにタイトルをつける。タイトルはグルーピングされたカードの中から適当なものを選んで良いし、ふさわしいタイトルがカードの中に無ければ、タイトルを新たにカードに記入する。タイトルカードは、見分けがつくように色分する。このようにして、タイトルの付いたカード群が机の上にあちこちにできる。次はさらに似ているグループ同士をお互いに近くに置き、さらに大きなグループにまとめる。

このようにして、グルーピングが完了すると、グルーピングされたカードを機能別、あるいは品質別に、似ているもの同士を近くに置いてソーティングを行い利用者の要求項目の整理が完了する。

#### ・利用者の要求項目の補間

整理されたタイトルカード全体を総合的に見直してみると、不足している項目が見つかることが良くある。またタイトルカードがあまりにも多い場合は、それをいくつかに分類し、その中で見直すと効率良く、不足している項目が見つかる。利用者の要求の補間をする場合

- (イ) 利用者の担当者の立場で
- (ロ) 管理者の立場で
- (ハ) システムの運営、保守をする人の立場で

等、総合的に考慮してみる必要がある。

#### ・要求項目の重要度の設定

整理し、補間された利用者の要求項目に重要度を付ける。重要度は各々の要求項目毎に重要性を数値で表現したものである。要求項目の重要性を数値で表現し、重要度で優劣をつけるということは、開発側と利用者側が、要求項目の重要性に対し、共通認識を持つ上で大きな役割を果たす。

重要性が数値表現される、ということは、システム開発において、利用者の要求項目の実現に優先順位を決めることになる。

したがって、重要度は、経営的観点、運用的観点、技術的観点、保守的観点等より、総合的に利用者の要求項目を評価し、システムのライフサイクルを考慮に入れて、適格に設定する必要がある。

重要度の設定方法としては、次の二種類の方法がある。

(イ) 相対重要度設定

最重要項目と思われる項目の重要度を先ず設定し、上位の重要度を持つ項目より、下位に向って、上位で設定された重要度を、下位レベルの要求項目に反映させながら、最下位レベルまで重要度を設定していく方法。

(ロ) 絶対重要度設定

先ず、重要度を、五段階または十段階に区切り、各々の要求項目をこの段階のいずれかに振り分けていく方法。具体的な例としては、重要度設定基準を次のごとく設定し、重要度を設定する。

<重要度>

- 5 : 絶対実現してほしい
- 4 : 実現してほしい
- 3 : 他の条件を考慮し、実現してほしい
- 2 : あった方が良い
- 1 : 不要、無意味である

いずれの重要度設定法を取るにしろ、重要度の設定は利用者主体で行う必要がある。利用者が重要度設定に参画できない場合は、開発者が利用者の立場に立って設定しなければならない。

・ 要件定義書のまとめ

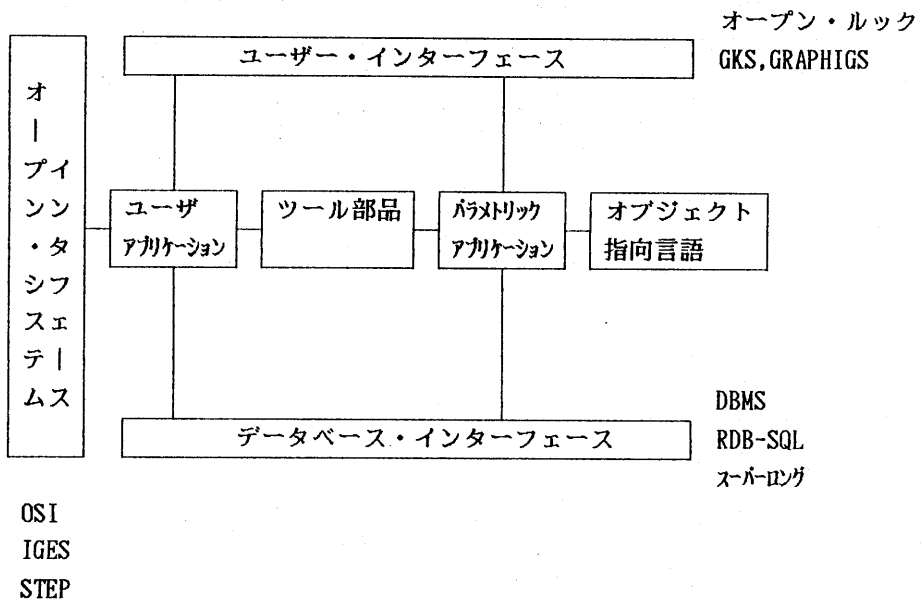
以上の手順で整理、統合された重要度付きの要求項目カードを材料に要件定義書をまとめる。この方法で詳細については、ほぼ見落しなく、要求項目を要件定義書としてまとめることができるが、この他に大切なことは開発システムの決定等、大きな分野を念頭に置くことを忘れないようにしなければならない。



### 3) CAD/CAMシステムのコンポーネントの確立

CAD/CAMシステムの開発効率を上げるためには、システムとして、孤立、重複、不一致を避けなければならない。そのため、CAD/CAMシステムのコンポーネントを確立し、その枠組の中でシステム開発を行い、標準化、部品化を促進しなければならない。図一にその一例を示す。

図一 CAD/CAMシステム



オープン・システム・インターフェース、ユーザ・インターフェース、データベース・インターフェースは標準を使用し、ツール部品、オブジェクト指向言語を用意した開発環境を構築し、必要最小限のアプリケーション・プログラムを短期間で開発する。

### 4) 対話型設計と自動設計の融合

対話型設計では設計者の指示により、臨機応変に設計作業が行われる利点があるが、その都度、操作を行うので、設計手順の蓄積が困難である。一方、自動設計では、パラメータのみを入力すれば、自動的に、非常に能率良く設計作業を行うことができるが、微に入り、細に入った仕様を実現するのが困難である。

従来、この二つの設計方法は独立して考えられていたが、両者の長所を行かした、両性類のような性質を持ったシステムを考えると、設計効率が飛躍的に向上する。

従来、対話型設計で処理してきた部分に自動設計の要素を、自動で処理していた分野に対話設計の要素を加味できるように、部品を共通化することにより、融合が可能となる。

もっと具体的に一例を記述すると、対話型設計では、設計者の指示により、設計作業が進められていく。設計者は、設計手順とデータを交互に入力しながら、最適設計を行うことを意図して作業を行う。最適設計かどうかの判断は設計者自身が行うが、そこに至る設計手順の入力は、パターン化できる場合が多い。

このような場合に、設計手順記述言語を作成し、予め、この言語を使って、設計手順を記述しておけば、データ入力するだけで設計が進む。自動設計のパラメータ入力と同じ処理方法となる。この場合、設計手順記述言語の仕様をどう設定するかが問題になるが、設計者自身で簡単に記述できるようなものでなくてはならない。また、データ・ベースのアクセスが可能であることが必要条件である。以下に設計手順記述言語のサンプルを示す。

```
P01=INT (S01, S02)
LBGN (P01, B, S01)
LINK (INT, R, S03)
INST (S04)
LINK (INT, L, S01)
LEND
DRAW
END
```

このサンプルのように、設計手順の言語定義することにより、設計手順を蓄積できる。さらに一度記述した設計手順に名前をつけて、その名前を設計手順記述言語で呼び出せるようにすると、さらに可能性は高まる。

### 5) 設計操作の標準化<sup>3)</sup>

設計操作の標準化は、CAD/CAMシステムの不偏化に無くてはならないものである。Sun Microsystems社のBILL JOYはそれを以下のようにまとめて、標準化を呼びかけている。

#### Less Is More

One concept is better than two. One way to do an operation is better than two. There is less to learn, less to remember.

The design principles lead to a more detailed list of design rules. The rules are derived from the design principles. These rules are the "laws of physics" of OPEN LOOK. Following these rules insures that applications look and act similarly:

### Select then Operate

Operations follow familiar noun - verb model: Select the object then pick the action.

### Objects have Properties

OPEN LOOK objects can have properties. These can be examined and set in a consistent way.

### Help for Everything

Pushing the Help key always gives a message.

### Cut/Copy/Paste

Cut, Copy, and Paste are used to move information.

### Stay Up is Universal

A general mechanism is provided to allow any part of the user interface to be "pinned" to the desk for repeated use.

### Visible Controls.

All controls are accessible on a visible control panel.

## 4 まとめ

CAD/CAMシステムの問題点とその解決方法について述べてみた。筆者のささやかな経験をベースにしたものであり、また、紙面の都合で割愛した部分もかなりあり、理解困難な場面がありうるかもしれないが、CAD/CAMシステムについて多少なりとも理解を深めていただければ幸いである。

### 参考文献

- |               |                                |
|---------------|--------------------------------|
| 1) 総務庁行政管理局   | 「情報処理の技術動向」 NO 88-K-HA         |
| 2) 日本設計製図学会   | 「CAD/CAM標準化の動向と将来展望」           |
| 3) BILL JOY   | 「THE OPEN LOOK USER INTERFACE」 |
| 4) 情報処理振興事業協会 | 「ソフトウェア品質評価モデルの調査」             |