

# インテリジェント自動設計システムの一実現

丁 懐 東

雲南工学院 ・ 理化学研究所

本論文では、概念設計から工程製図までの一連の機械設計作業が高度自動化されたインテリジェントCADシステムの実現に関する技術：設計モデルの抽象化、動的な制御システムの自動生成、インテリジェント・インターフェース、CADデータの汎用化、混合言語の使用、AUTOLISP自動製図の開発、組立図の自動設計等について述べる。

## A REALIZATION OF INTELLIGENT AUTOMATIC DESIGN SYSTEM

Ding Huai-Dong

Yunnan Institute of Technology

RIKEN

This article describes a highly automated and intelligent CAD System that supports a series of mechanical design from conceptual design to engineering drawing. The various technologies used in the design of this system include abstraction of design model, automatic generation of dynamic control system, intelligent interface, common usage of CAD data, integration of multiple programming languages, new development in automatic drawing using AUTOLISP and automatic design of assembly drawing.

## 1 はじめに

従来のCADシステムは、対話式作図システム及び自動作図システムに分けられる。前者は柔軟性があるが多数の作図コマンドを覚えなければならない作図の時間も非常にかかる。後者では作図速度は速いが、前者と同じでほとんど図面の作成のみで利用者自身が設計したものをコンピュータに入力する必要があり、設計能力は不十分で特に機械設計などへの適用は困難である。設計者の要求はドラフティング機能だけでなく、みんなとデータを共有し、使い勝手が良いということである。著者らはこの要求について、いろいろな情報科学技術を用いてグラフィックスとデータベースを統合し、設計と製図を一体化して概念設計から工程製図までの一連の設計作業が高度自動化されたインテリジェントCADシステムの構築を試みた。本システムの機能は下記のとうりである。

○動力と運動に関する少ないパラメータと設計要求を入力するだけ。

○概念設計から工程製図までの一連の設計過程を自動的に実行できる。

○機械部品の幾何形状自動的にを構成できる。

○機械部品の強度、剛度、寿命など自動的に設計ができる。

○ユーザの要求について繰り返し自動的に設計できる。

○設計用の動的なデータベースを自動的に作成できる。

○動的な制御システムを自動的に生成できる。

○設計と製図の間に必要なデータを自動的に全部転送できる。

○図面、寸法、公差、数表自動的に全部作成できる。

○自動設計したものを対話式で自由に修正できる。

このシステムを利用して、設計と製図効率

は20～30倍向上できる。コンピュータのコマンドを覚えるのは不要で使い方は非常に簡単で1時間で修得することができ、未経験者にも良い部品を設計られるようになる。

## 2 設計モデルの抽象化・通用化

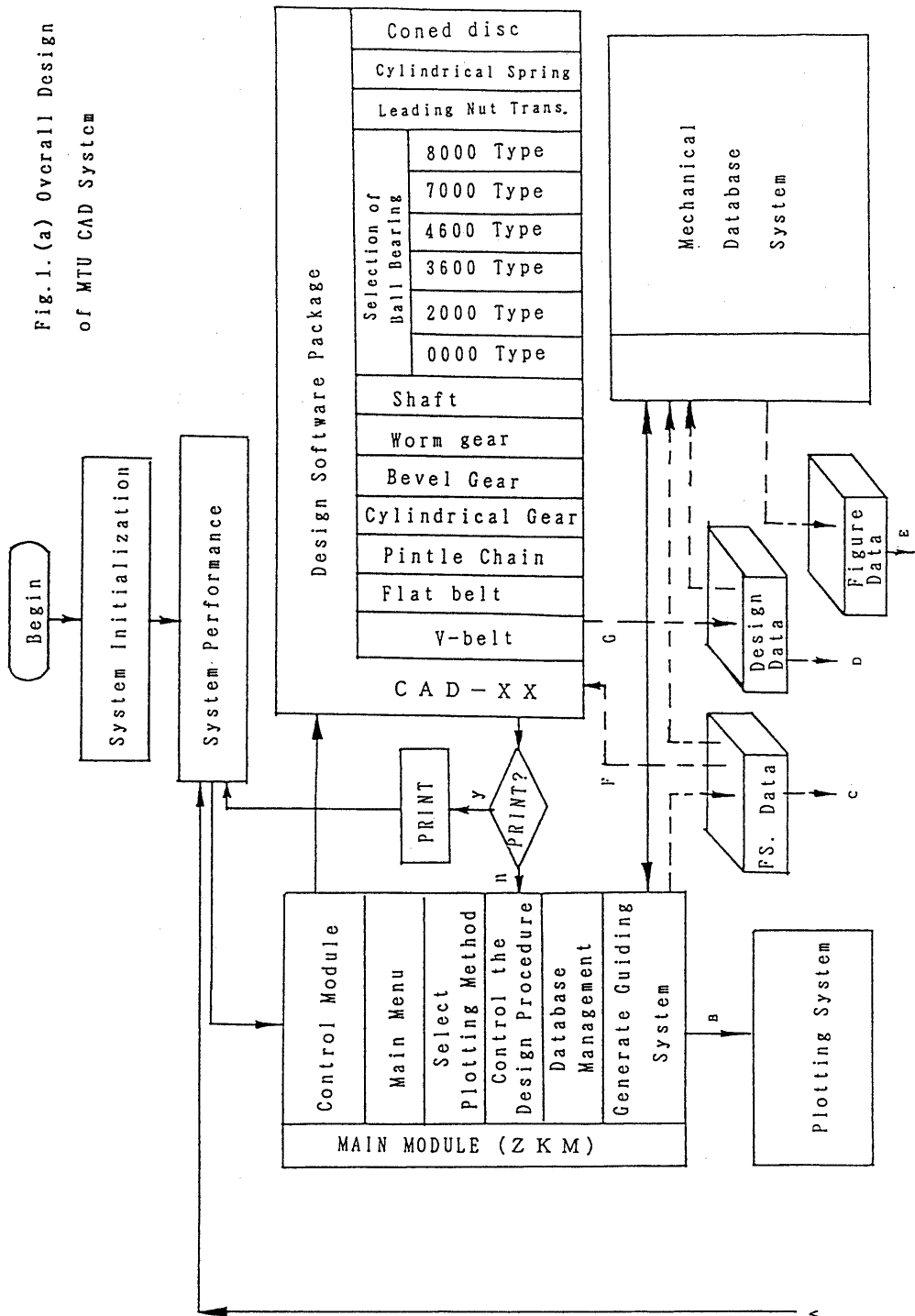
自動設計を実現するために設計対象物のコンピュータ・モデルが必要とされる。幾何形状の表現はCSG (Constructive Solid Geometry) と境界表現 (Boundary Representation) という2つの手法があるが、機械部品にとって幾何形状は非常に複雑し、異なる機器の設計と異なる設計者について同じ部品にも幾何形状が異なっているので、簡単な形状モデリングでできない。

著者らが「特徴抽出」と「抽象化処理」また「分類組合」というCSGの活用技術について常用機械部品の可変形状モデリングを構築できた。主な設計対象物はVベルト、平ベルト、ローラー・チェーン、歯車、かさ歯車、ウォーム、ウォームホイール、それぞれの型の軸、転がり軸受、キー、ばね、台形ねじ等である。画面上でメニューからセレクトするだけで自動的に部品の形状を構築し、パラメトリック・プログラムが作成できる。もし欲しくないところがあったら対話式で修正もできる。パラメトリック設計及び可変モデリングの機能があるから、これらのコンピュータ・モデルは様々な使用環境に適應する「柔軟性」があり、別々なユーザの要求に対応できる「可塑性」もある。

## 3 プログラム・パッケージ及びデータベース

インテリジェント自動設計を実現するために設計のプログラム・パッケージ及びオブジェクト指向データベースを製作するのは必要である。機械部品の種類が多いし、1種類の部品にも多数の項目がある。例えば歯車の設計は概念設計の原理、材料、寸法公差、幾何公差、キーとキ

Fig. 1. (a) Overall Design of MTU CAD System



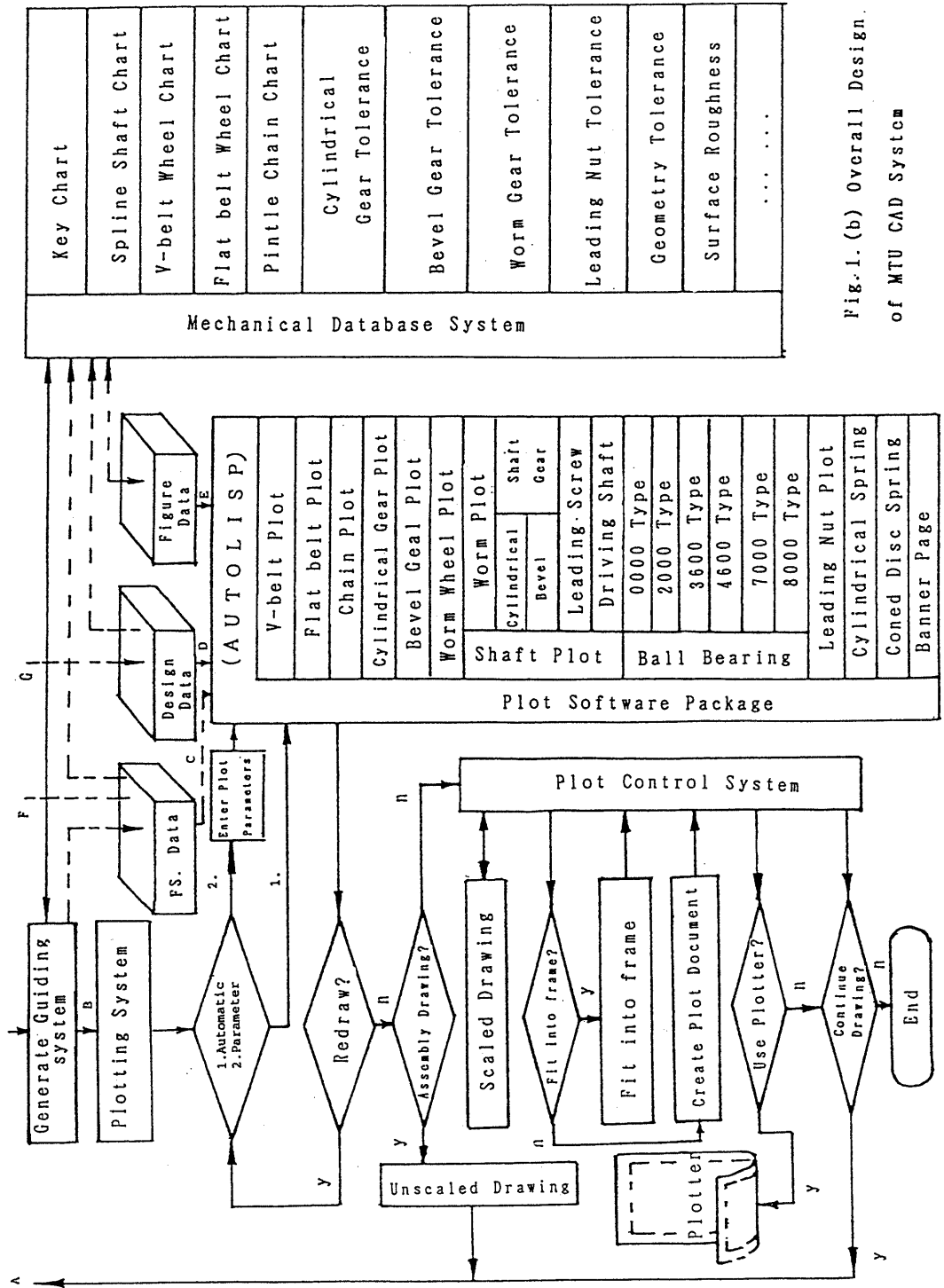


Fig-1. (b) Overall Design of MTU CAD System

一の公差、表面あらさ等に関連するから、本自動設計システムのモジュールの数量は千以上がある。プログラムの量は約3000kbtである。

設計のプログラム・パッケージは二つがあり、一つは概念設計のための「機械伝動部品の設計プログラム・パッケージ」でもう一つは工程製図のための「機械伝動部品の自動製図プログラム・パッケージ」である。主な設計対象物は上に述べたようである。詳しくはFig. 1 (a)とFig. 1 (b)に表わす。データベースは二つあり、一方はオブジェクト指向データベースである。このデータベースの中には沈みキー、スプライン、Vベルトの標準寸法、Vベルト・ホイールの構造寸法、平ベルト・ホイールの構造寸法、ローラチェインの各部寸法、歯車の公差、かさ歯車の公差、ウォーム・ホイール公差、台形ねじ公差、幾何公差、表面あらさ等が含まれる。他方は設計中で中間出力した動的なデータで自動的に作成できるデータベースである。この中には前のデータベースからの二次データを含む、設計全過程でデータの交換と伝送するのはこのデータベースを利用して完成する。プログラムとデータの汎用化を実現するためにプログラム・モジュールの分散性、データの独立性、データの拡張性等も考えられる。

#### 4 インテリジェント・インターフェース

高度自動設計システムを実現するのはインテリジェント・インターフェースが非常に重要な問題である。本システムのインテリジェント・インターフェースは自動設計中で沢山の分散するモジュールの動的な接続できるインターフェースと自動設計中で膨大なデータの変換、伝送、データ・アクセスできるインターフェースである (Fig. 1、(a)とFig. 1、(b)に表わす。前者についてはあとの部分に詳しく述べる。ここで後者について紹介する。

機械部品の設計は、多数の段階を経て完成す

る。段階ごとに多量のデータが出きる。どんな段階でどんなデータをどのところに伝送・交換するのは専門家にとっても大変な仕事である。著者らはソフトウェア技術についてデータ編成とインターフェースを融合して動態データ・マネジメント・システムを構築した。上述の複雑な設計データの伝送・交換が識別記号について自動的に実現できた。このシステムの一つの例として次のようにiii番目の軸のjjj番目軸段上の歯車データのディスク・ファイル・ネームが下のプログラムで自動的に生成できる。

```
LJRS="C:LJR"+STR$(iii)+STR$(jjj)+"06"  
OPEN LJRS FOR OUTPUT AS #1  
WRITE #1, ... ..  
... ..
```

#### 5 多言語の使用及びオペレーション・システムの自動転換

本インテリジェント自動設計システムはいろいろ強い機能がある。例えば設計計算、図表検索、データ伝送、自動製図 (二つの言語で)、メニュー選択、音楽、動画、自動制御、オペレーション・システムの自動転換等である。これらの多数の機能を実現するために多数のコンピュータ言語を使うことが有利である。このシステムの執行中でASSEMBLER, PASCAL, GWBASIC, AUTOLISP等のコンピュータ言語が使われる。各言語の長所をまとめてシステムの機能が良くなる。例えばメニューの図はBASICで作りやすく、複雑な機械図はAUTOLISPで開発された。けれども多言語に対応する多オペレーション・システムの環境が必要で、自動設計のために様々なコンピュータ・オペレーション環境の転換も必要である。著者らは次の四つのソフト技術を用いて

①AUTOEXEC. BAT

②自動的に生成する動態なバッチ・プロセッシング・システム P. BAT

③ Shell (高級言語中)

④ Shell及びExit (AUTOLISP中)

Fig. 2 のように多言語に対応するオペレーション環境の自動転換が実現された。

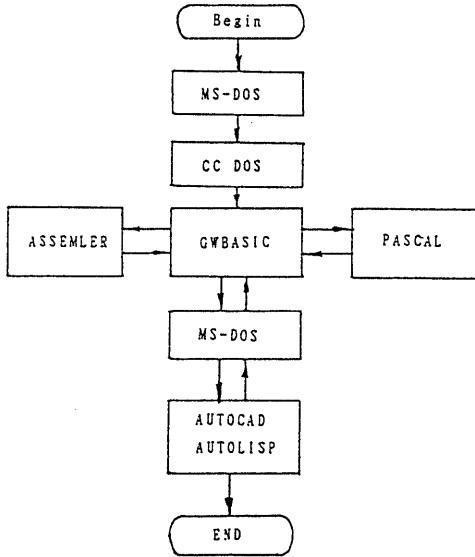


Fig. 2 Changes in Operating System

## 6 動的な制御システムの自動生成

本自動設計システムは千以上のモジュールで構成される。自動設計中でシステムは、異なるユーザが入力する要求によりどんなモジュール順番で実行されるかどんな条件に会ったら、どのように処理するかというのは自動設計システムの一つのキーポイントである。著者らは自動的に生成する動的なバッチ・プロセッシング・システムという動的な制御システムで実現できた。実際にこの動的な制御システムと上述のインテリジェント・インターフェースと結びつけて実行することになっている。この動的なバッチ・プロセッシング・システムの自動生成する方法は一つのプログラムでもう一つのプログラムを自動的に生成する方法である。ここで新しいプログラムはデータとして処理される。ラン

ダム制御システムにとってはこの方法がきわめて役に立つのである。

## 7 自動設計における対話式手直し

本高度自動化されたインテリジェントCADシステムでは設計者にとって大変な仕事を手軽な仕事になり、高度な内容も平易に操作でき、スピードも速くて、設計効率は20倍以上大幅で向上できる。通常の機械部品設計に直接に実用できるが、ある場合にはユーザの別な要求があって設計の結果を部分的に手直す機能も考案した。例えば概念設計には対話式に一つの部分あるいは全部の入力したパラメータを修正して再設計ができる。自動製図にはAUTOLISPのモジュールの中にAUTOCADの製図コマンド状態に返すインターフェースが設置される。必要の時にユーザの選択で対話式で画面の形状、寸法、公差、文字など自由に変更ができ、直してからまた自動設計中に戻ることができる。このように設計の柔軟性が備えて、システムの応用範囲は大きく広げられる。

## 8 組立図の自動設計方法について

今の機械設計では様々なソフトを利用して対話式に簡単な組立図はコンピュータで作られ、複雑な組立図は対話式で作られるけれども非常に面倒で時間も大変かかるので、機械組立図の自動設計は長期に期待しておく状態である。機械の組立図の自動設計を実現するのはもちろん困難であるから、まだ複雑な機械組立図の自動設計システムは実現されていないようだ。著者らは近年この問題について研究し、まず減速機のような機械伝動系の簡略な組立図の自動設計を実現できる。著者らの考えでは今後以下の問題を解決することが必要である。

①組立図用の設計対象物(多数部品を含む機器)のコンピュータ・モデルとそれを自動的に構築すること

②組立図に対応するデータベースとグラフィックスパッケージ

③自動制御システムとインテリジェント・インターフェース

④組立図の陰線を自動的に消去すること

⑤組立図設計に適する超大型ソフトシステムを構築する技術

①～④は研究中で⑤はAUTOLISPで試行した。Fig. 3のように組立図の超大型ソフトシステムの構築が可能である。

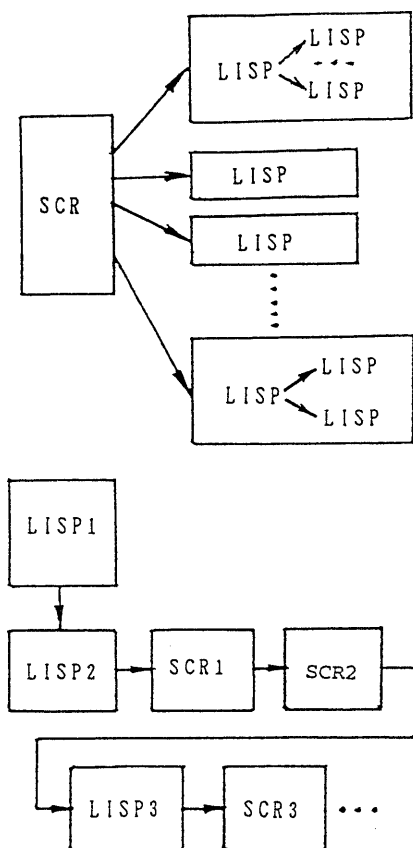


Fig. 3 Loading System of Assembly Modules

## 9 むすび

本稿で紹介したインテリジェント自動設計システムは、大きく複雑でそれを開発するために

多数の研究者が2年間かかった。使用しているコンピュータはIBM-PC/XT/AT・286, 386のようなパソコンとプロッタで、動作環境はオペレーティング・システムMS-DOS、CCDOSとASSEMBLER、TURBO-PASCAL、GWBASIC、AUTOCAD、AUTOLISPである。2年来多くのユーザが利用しており、良い評論があって、1992年4月雲南省計算機学会の優秀ソフト獎を受賞した。今後応用範囲を拡大するために設計対象物の種類を増加したく、より高性能のコンピュータシステムへ移植が期待される。

## 参考文献

- (1) Barr, A., Cohen, P.R. and Feigenbaum, E.A. eds. : The handbook of Artificial Intelligence Vol. 1, 2 and 3, William Kaufmann (1981).
- (2) Kim, W. et al. : Object-Oriented Database Support for CAD, Computer-Aided Design, Vol. 22, No. 8, pp. 469-479 (1990).
- (3) 吉川 弘之、富山 哲男： インテリジェントCAD、朝倉書店(1989)
- (4) 出澤 正徳： CAD/CAM/CAEと物体認識技術、図形処理情報センター(1985)
- (5) 大滝 英征： CAD化--その現状と問題点、機械設計(1985)
- (6) 大須賀 節雄： 次世代のCAD/CAMのための知識処理の応用、マカミック株式会社(1987)
- (7) 長澤 勳： 設計エキスパートシステム、情報処理(1987)
- (8) 丁 懐東： 機械減速機最適化自動設計システムの構築、《機電工程》(中国)、(1989)
- (9) 丁 懐東： 伝動軸の設計システム、雲南工学院学報、(1989)
- (10) 丁 懐東： 一つの機械伝導系のエキスパートシステムの構築、中国第2回知識工程学会(1988)

- (11)丁 懐東：パソコン機械要素設計計算システム、中国計算機学会西南学会、(1988)
- (12)丁 懐東：パソコン機械伝動部品の自動CADシステムの実現、雲南省計算機学会・CAD/CAM分会、(1991.3.)
- (13)丁 懐東：機械伝導系インテリジェントCADシステム、理研シンポジウム第12回「非接触と画像処理」3(1991-10)