

機械部品標準化支援システムの開発*

(第1報, マクロ機能を用いた機械部品の標準化)

長坂保美^{*1}, 大滝英征^{*2}

Development of a Support System for Mechanical Parts Standardization (1st Report, Standardization of Mechanical Parts by Using Macro Function)

Yasumi NAGASAKA^{*3} and Hideyuki OHTAKI

^{*3} Department of Mechanical Engineering, Nippon Institute of Technology,
4-1 Miyashiro-machi, Minamisaitama-gun, Saitama, 345-8501 Japan

It is very important to standardize mechanical parts as productivity increases. But, this is a very difficult subject, because there are a lot of kinds of different mechanical parts, and the mechanical parts are very complicated. Therefore, we have developed a support system, which standardizes the mechanical parts. The mechanical parts can divide into several components, and it is relatively easy to standardize these components. We built an individual standardization data base for each component, and link these data bases into a system. The system used a macro function, which records a series of operations of three-dimensional CAD system. This paper describes the methods for standardizing the mechanical parts by the macro function, with an emphasis on the method for building the standardization data base automatically, the method for generating a frame of input and output formats, and so on.

Key Words: CAD, Standardization, Mechanical Parts, Macro Function, 3D CAD

1. はじめに

近年, 生産性の向上や生産拠点のグローバル化などの理由から, 機械部品の共有化が急速に進められるようになってきた。機械部品の共有化には, 規格(JIS, ANSI など)の違いや生産(設計から製造)工程を考慮し, 部品を三次元形状で表現することが有効となる。さらに, 設計段階ではその部品が容易に検索でき, 必要に応じて共有部品に登録できることが重要である。本稿では, これを機械部品の標準化と呼ぶ。

市販CADシステムの中には, あらかじめJIS規格に相当する部品がライブラリとして用意され, パラメトリック機能などにより部品の標準化を支援するものも存在する。しかし, これらのシステムでは新たな機械部品の登録や検索項目の変更が困難で, しかも特定な部品に限定される。

機械部品の標準化には, 利便性と構築性が要求される。利便性では, 異なるCADシステムでも標準化し

た部品(標準部品)を共有して利用できることが重要となる。そのためには, CADカーネル⁽¹⁾を考慮し, 異なるCADシステム間のデータ互換に矛盾のないことが肝要となる。

一方, 構築性では, 市販CADシステムの主流が形状情報と寸法情報を有機的に結合し, パラメトリック機能により目的とする三次元形状を実現している。この方法では, 寸法情報のみの登録で標準部品の三次元化を実現することができるものの, パラメトリック機能が有効に働く形状に対してのみ可能である。ちなみに, 歯車(モジュールと歯数で形状が決定)のように, 単なるパラメトリック機能で形状が特定できない部品には適用することができない。また, ボルトのねじ部とヘッド部のように, その構成要素の組合せが多様に渡るような場合には, 標準化が困難となっている。そのため, 機械部品の標準化は, 限られた範囲でしか行われていない。

そこで, 上記を踏まえ, 部品の標準化を支援するシステムの開発を試みた。利便性の一つであるデータ互換に関しては, CADカーネルとしてParasolid, ACIS, DESIGNBASEが知られる中⁽¹⁾, トレランスモデリング機能⁽¹⁾を擁するParasolidを採用することとした。一方, パラメトリック機能のみでは形状が特

* 原稿受付 2001年6月26日。

^{*1} 正員, 日本工業大学工学部(☎345-8501 埼玉県南埼玉郡宮代町学園大4-1)。

^{*2} 正員, 埼玉大学工学部(☎338-8570 さいたま市下大久保255)。

E-mail: nagasaka@nit.ac.jp

定できない部品,あるいは構成要素の組合せが多様に渡るような部品に対しては,OLE(Object Linking and Embedding)機能とマクロ機能により,形状情報と寸法情報を有機的に結合するインタフェース機能を新たに構築し,標準化を容易にさせた。

2. 本システムの構成と処理手順

本システムはWindowsNT上に,ExcelとWord(マイクロソフト社),ならびVisualBasic 6.0(VB)言語で開発されている。なお,CADシステムは,SolidWorks 2000(SolidWorks社,カーネルがParasolid)を用いた。

2.1 本システムの構成 図1は,本システムの構成を示したものである。本システムは,図1中の太線枠を新たに構築したもので,図1中の番号に沿ってファイルと代表的な機能について簡単に述べる。

- (1) 標準化データベースファイル(標準化DB): 標準化のための寸法情報を格納する。
- (2) マクロプログラムファイル: マクロ機能により,三次元形状を作成するプログラム(マクロプログラム)を格納する。
- (3) 標準化テンプレートファイル: マクロプログラムの一連の流れをあらかじめパターン化し,その変数部を認識するためのテンプレートを格納する。
- (4) 入出力画面ファイル: 新たな部品を登録した際の入出力画面の構成を格納する。
- (5) インターフェース機能: 標準化データベース作成機能,OLE機能を用いた入出力画面作成機能やマクロプログラム組込み機能など(詳細は後述)を含有する。

(6) マクロ機能: CAD上の一連の操作をマクロプログラムという形式で出力(記録)する機能,このマクロプログラムを基に自動的にモデリングする機能から成る。AutoCAD(AutoDesk社)のマクロプログラムがAutoLISPで記述されることで代表されるよう

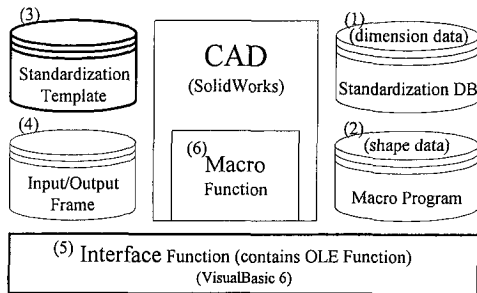


Fig. 1 Structure of this system

に,マクロ機能は近頃のCADシステムにおいて標準的な機能となっている。なお,SolidWorks 2000では,このマクロプログラムがVB言語で記述される。

上記で示すように,本システムはマクロプログラムを形状情報の一部として利用し,三次元形状(特に,回転や複写を擁する形状)の作成に適用している。しかし,この方法はパラメトリック機能のような形状処理,あるいはマクロプログラム中に拘束条件や組合せ処理などを擁する機能には適さない。

そこで,マクロプログラム中の変数部を認識し,その変更を可能にするとともに,マクロプログラム中に拘束条件などを自由に組込める機能などを新たに構築した。これにより,パラメトリック機能のみでは形状が作成できない部品などの標準化を可能にした。

2.2 本システムの処理手順 図2は,本システムでの標準化の処理手順を示したものである。図2中の太線枠は,新たに構築したインタフェース機能[図1中(5)]である。また,図2中の矢印(a)はデータの書き込み,矢印(b)はデータの参照,そして矢印(c)はデータを参照し書き込むことを示している。以下は,その手順を図2中の番号に沿って述べる。

- (1) 部品,あるいはその構成要素の標準(代表)形状をモデリングする。これにより,CADシステムのマクロ機能が起動し,マクロプログラム[図1中(2)]が作成される。
- (2) 標準化データベース作成機能により,新たな標準化DB[図1中(1)]が作成される。
- (3) 上記(2)の標準化DBの編集を行う。これ

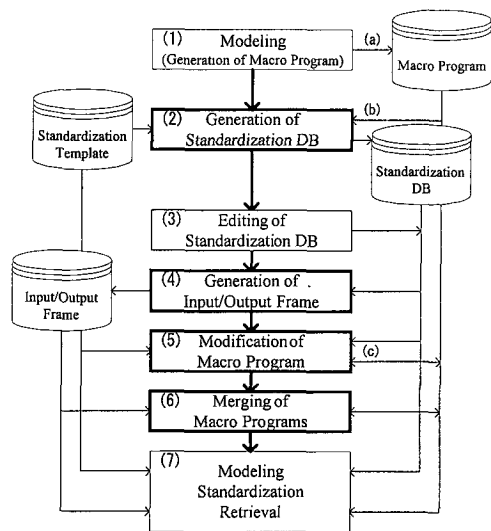


Fig. 2 Process flow of standardization on this system

は、以下の入出力画面構成やマクロプログラム組込みのための編集を行うものである。

(4) 入出力画面作成機能により、上記(3)の標準化DBの画面構成を基に、部品の標準化を行うための入出力画面 [図1中(4)] が作成される。

(5) マクロプログラム組込み機能により、上記(3)の標準化DBの拘束条件や計算式などが、上記(1)で作成されたマクロプログラム中に組込まれる。

(6) マクロプログラム結合機能により、複数のマクロプログラムが結合(包含)される。

(7) 上記(4)で作成された入出力画面を用いて、機械部品のデータ構築、検索、および三次元表示(モデリング)が行われる。

3. インタフェース機能の構築

図3は、モデリング「歯車」の例を示したものである。歯車は、歯部、ボス、リム、腕などの構成要素からできており、単純なパラメトリック機能だけで標準化を進めることはできない。なお、パラメトリック機能による標準化は、寸法値(寸法情報)を標準化DBに格納し、その値が部品のどの部分の寸法値(形状情報)を示すか、というリンクを設定することで部品を標準化する方法である。この方法は、標準化DBの寸法値のみの構築で、寸法値に対応した三次元形状が容易に実現できる。

以下は、図3の「歯車」例のような機械部品に対し、ボスやリムなどはパラメトリック機能で標準化、歯部はマクロ機能による標準化、さらにこれらの構成要素を結合し一つの機械部品とする標準化の方法について、図2の処理手順に沿って述べる。

3.1 マクロプログラムの作成 図4は、一般的なスケッチャー処理を例にしたモデリングの操作フローを示したものである。スケッチャー処理は二次元形状を作成し、これに厚みなどを設定する描画方法で、歯車の歯部などをモデリングするのに利用される。図

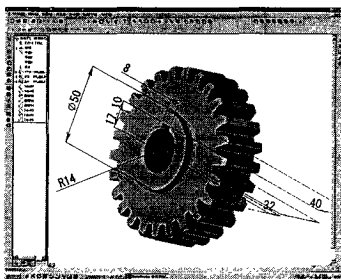


Fig. 3 Example of modeling "gear"

4右側は、その処理が実行された際のマクロプログラムの例を示している。

図4中の番号に沿って、スケッチャー処理の操作とマクロプログラムの関係を述べる。

(1) スケッチャー面の指定：新規の場合を除き、スケッチャー面となる特定面を指定する。

(2) 二次元形状の作図：直線、円などの線要素を用いて二次元形状を作図する。図例のPart. CreateCircle x, y, z, \dots は、円を作図する。

(3) 寸法の設定：上記(2)で作図された形状に寸法を設定する。図例のPart. SelectedByID...で形状を指定し、Part. AddDimension...で寸法を設定する。

(4) 寸法値の変更：上記(3)で設定された寸法値に対し、特定な寸法値に変更する。図例のPart. SelectedByID...で変更する寸法を指定し、Part. Parameter...で特定な寸法値に変更する。

(5) 三次元形状の作成：フィーチャー処理で三次元形状を作成する。図例のPart. FeatureExtrusion...は押し出し、Part. FeatureCut...はカットのフィーチャー処理を示している。

上記で示すように、モデリングにおける操作手順は、スケッチャー面の指定、二次元形状の作図、というように各操作で決まっている。つまり、あらかじめ各操作の手順をパターン化しておけば、その変数部分を容易に認識することができる。本システムは、この特徴を利用して

3.2 標準化データベースの作成 図5は、図2

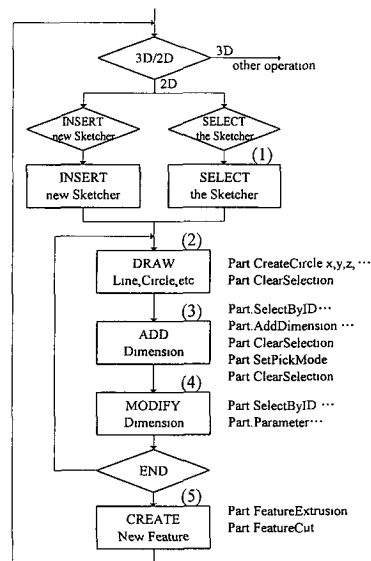


Fig. 4 Operation flow of modeling (sketcher process)

中(2)の標準化データベース作成機能を示したものである。本機能は、標準化テンプレートを用いて、マクロプログラム中から変数部分(標準化名称と値)を認識し、これを抽出して標準化DB(Excelファイル)のセル中に格納する。

標準化テンプレートは、三次元形状を作成するCAD操作手順をパターン化したもので、変数部(図5中の太字の部分)と固定部からなる。変数部は、標準化名称(部品各部の名称)とその値という形式になっている。また、標準化テンプレートは三次元形状の作成(スケッチャーからフィーチャーを作成)と三次元形状の操作(形状の変更)から構成されている。前者のテンプレートは押し出し(カットを含む)、回転体、スイープ、ロフトなどが用意され、後者はフィレット、面取りなどが用意されている。なお、これらの標準化テンプレートは、マクロ機能を用いて一連のCAD操作手順をファイルに出力し、入力形式をパターン化した後、変数部を定義して作成される。

図5中の標準化テンプレートは、フィーチャー作成の押し出し(FeatureExtrusion)を示している。標準化名称は“@***”，その値は“%***”で記述さ

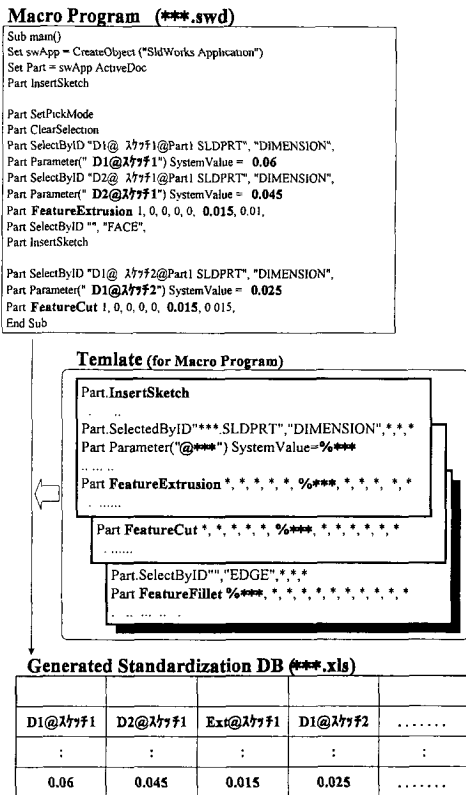


Fig. 5 Generating function of standardization database

れる(図5中の太字)。例えば、パラメータ(寸法)値の変更を行う場合、

```

Part.Parameter("@***").SystemValue
= %***
    
```

というテンプレートが用意されており、図5中のマクロプログラムから標準化名称(D1@スケッチ1, D2@スケッチ1など)とその値(0.06, 0.045など)が抽出され、新たな標準化DBが作成される。

標準化データベース作成機能では、上記の標準化テンプレートを容易に追加変更できる。そのため、CADシステムのバージョンアップに伴うマクロプログラムの変更にも容易に対応できる。

3.3 標準化データベースの編集

図5で示した標準化DBは、その値が入力値なのか、計算結果による値なのか、などの区別が必要となる。また、値の制約条件などの記述も必要となる。さらに、後述する入出力画面と標準化DBの関係を記述できることも肝要となる。

図6は、図2中(3)で示した標準化DBの編集を示したものである。図6中上側の標準化DBを基に、機械部品の標準化したい項目(標準化名称)に沿って下側の表のように編集(太枠部分の入力)を行う。以下、図6中下側の表の内容を述べる。

- ・1行目(Module, Number_of_Teeth, ...)は、標準化名称を記述する。これは、入出力画面のラベル名に相当する。
- ・2行目(D1@スケッチ1, ...)は、マクロプログラム中のセル名称を示している。この領域がスペースなのは、新たに追加されたことを意味する。
- ・3行目(TextBox1, TextBox2, ...)は、入出力画面からの入力(テキストボックスからの直接入力)か、否かを記述する。この領域がスペースなのは、他の条

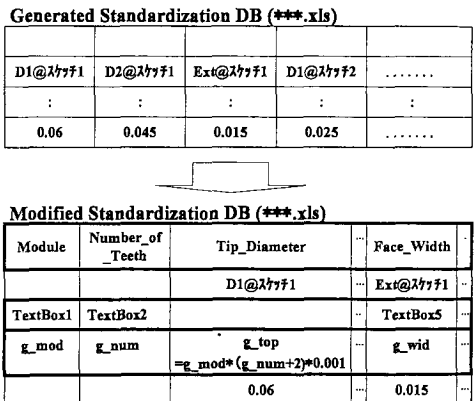


Fig. 6 Editing of standardization database

件(例えば、制約条件や計算式など)で自動的に決定されることを意味する。

・4行め(g_mod,g_num,...)は、マクロプログラムに組込まれる変数名、計算式、制約条件などを記述する。例えば、モジュール(Module)がg_modという変数名で組込まれる。また、計算式の場合、歯先円直径(Tip_Diameter)のように、変数名の後にVB言語の形式で数式を記述する。この形式がマクロプログラム内に組込まれる。

・5行め(0.06,0.015,...)以降は、標準化DBのデータ内容となる。

本システムは、図6の標準化データベースを基に、これ以降の処理(入出力画面の作成など、図2(4)~(6))を自動的に行う。

3.4 入出力画面の作成 図7は、入出力画面作成機能による入出力画面の構成を示したものである。本機能は、図6で編集された標準化DBを基に、VB言語の基本機能(画面構成を定義するプロパティと動作を定義するメソッド)を用いて、入出力画面の構成と動作を作成する。

図7中のラベル(Label 1,Label 2,...)は、標準化名称(Module,Number_of_Teeth,...)が組込まれる。また、テキストボックス(TextBox 1,TextBox 2,...)は、図6中のそれと対応している。Modeling(モデリング)、Standardization(標準化)、Retrieval(検索)などの予約ボタンは、あらかじめ入出力画面作成機能内に組込まれているもので、自動的に入出力画面に組込まれる。

入出力画面作成機能のオプションとして、図7中のOptionButton 1などは、本機能で画面が作成された後、自由に組込むことができる。これらのボタンは、部品が複数の構成要素からできている場合、これらの構成要素を結合するマクロプログラムを選択するため

のものである。

このように、入出力画面作成機能は、VB言語の専門知識を要することなく、入出力画面の作成、および標準化DBへのデータ構築や検索を可能にしている。さらに、入出力画面の構成(レイアウト)変更、追加なども容易に行える。

3.5 マクロプログラムの変更 マクロプログラム組込み機能は、標準化テンプレートを用いて、標準化DB(図6中4行め)の変数名、計算式、制約条件など、マクロプログラム中より該当する箇所を認識し、そこに組込む。

図8は、図6の標準化DBを基に、本機能により変更されたマクロプログラムの例を示したものである。図8中の太線枠は計算式が組込まれ、太字は変数名が変更されたことを示している。以下、図8の番号に沿って述べる。

(1) 図6中でセル名称がなく、テキストボックスに存在する場合、画面から入力された値が変数名に組込まれることを意味する。例えば、標準化名称Module(モジュール)は、画面TextBox 1から入力された値が変数名(g_mod)に組込まれる。

(2) 図6中でセル名称が存在し、テキストボックスにない場合、計算式あるいは制約条件で決定された値が変数名に組込まれることを意味する。さらに、その値はマクロプログラム内で利用されているので、標準化テンプレートを参照し、その変数名に変更する。例えば、標準化名称Tip_Diameter(歯先円直径)は、モジュールと歯数による計算から導き出され、変数名(g_top)に組込まれる。さらに、図8中(2)の太字の変数名のように変更される。

(3) 図6中でセル名称とテキストボックス、ともに存在する場合、上記(1)と同じ処理をした後、標準化テンプレートを参照し、その変数名に変更する。例

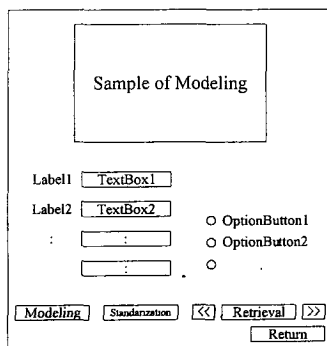


Fig. 7 Composition of input/output frame

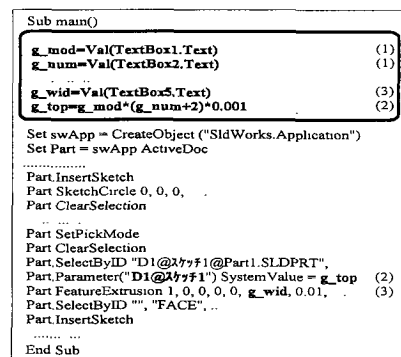


Fig. 8 Example of modified macro program

例えば、標準化名称 Face_Width(歯幅)は、画面 Text-Box 5 から入力され変数名(g_wid)に組込まれる。さらに、図8中(3)の太字の変数名のように変更される。

3・6 マクロプログラムの結合 マクロプログラム結合機能は、対象となる部品が複数の構成要素(マクロプログラム)で表現されている場合、入出力画面ファイルを参照し、これらのマクロプログラムを有機的に結合する。

図9は、本機能によるマクロプログラムの例を示したものである。図例は、マクロプログラム①にマクロプログラム②と③が結合(融合)されていることを示している。本機能は以下の手順で作成される。

- ・入出力画面のボタン(OptionButton1,…)の有無を参照する。
- ・ボタンが存在する場合、そのボタンの属性に組込まれたファイル名より、マクロプログラムのソースコードをロードする。
- ・そのボタンに応じて、図9中の分岐文(例えば、If OptionButton1.Value=True Then)を作成する。
- ・分岐文後に、上記でロードされたマクロプログラムを組込む。

4. 実行例

図10は、本システムによる平歯車の標準化を試みた入出力画面の例である。図例は、歯部とボス部(キー溝部含む)でのおおのの標準化が行われており、そのファイル構成は、

- ・歯部は、モジュールごとに整理された平歯車用歯部標準化DB、平歯車用歯部マクロプログラムから成る。
- ・ボス部は、軸径ごとに整理された歯車用ボス部標

準化DB、ボス形状モデルから成る。

- ・キー溝部は、キーの幅と高さで整理されたキーおよびキー溝標準化DB(軸などの標準化DBと併用)、キー形状モデルから成る。

例えば、歯部はモジュール、歯数、歯幅、そして歯車形状(図10中のOA形小歯車、OB形小歯車、OC形小歯車)が指定されると、歯部の標準化DBと該当するマクロプログラムが起動し、三次元形状の作成が行われる。一方、ボス部は軸径、ボス径、ボス長さが指定されると、ボス部の標準化DBとモデルが選択され、パラメトリック機能で指定した数値(寸法)に変更される。同様に、キー溝部はキー幅、キー高さが指定されると、同様なパラメトリック機能でその数値(寸法)に変更される。

ここで、キー幅が指定されてキー高さが指定されない場合など、あらかじめ検索コマンド(図10中下側のキー)により、該当する標準化DBの検索が行われ、検索項目に適合した値が表示され、上記の三次元形状の作成が行われる。

図11は、図10を起動した機械部品標準化の例を示したものである。これは、図例右上部の入出力画面で指定した数値を基に、モデリングが行われたものである。また、図例左下部は、平歯車用歯部標準化DBの内容を示している。

上記の平歯車の場合、カタログ上だけでも数千種以上の部品が存在する。しかも、モジュールや歯数も限られている。これに対し、本システムでは歯部、ボス部などの構成要素で各々の標準化を行うことにより、非常に少ない件数(工数)で標準化を実現することができる。

```

Sub main()
Set swApp = CreateObject ("SldWorks.Application")
Set Part = swApp.ActiveDoc
①

Part.InsertSketch
Part.SketchCircle 0, 0, 0, .....
Part.ClearSelection
.....
Part.FeatureExtrusion 1, 0, 0, 0, 0, g_wid, 0.01, ....

If OptionButton1.Value = True Then
Set swApp = CreateObject ("SldWorks.Application")
Set Part = swApp.ActiveDoc
.....
②
ElseIf OptionButton2.Value = True Then
.....
③
End If
End Sub
    
```

Fig. 9 Example of merged macro program

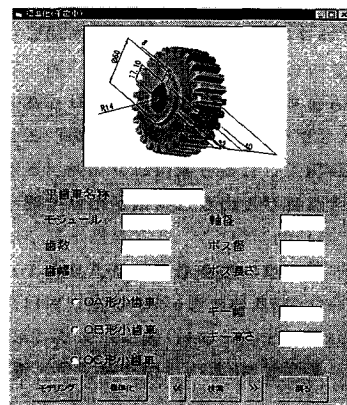


Fig. 10 Example of input/output frame

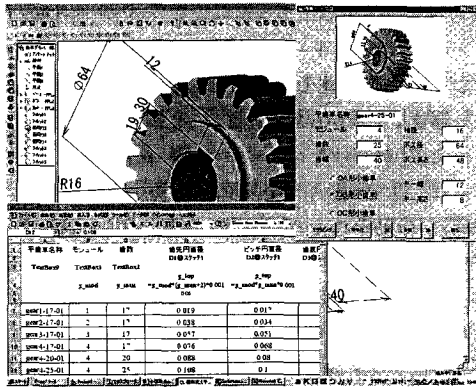


Fig. 11 Example of standardization of mechanical parts

5. おわりに

本稿は、マクロ機能を用いて機械部品の標準化を支援するシステムについて述べた。以下にその内容をまとめる。

(1) パラメトリック機能で形状が特定できない部品に対し、CADシステムのマクロ機能、ならびここで用いられるマクロプログラムの変数部を認識する機能(標準化データベース作成機能、マクロプログラム組

込み機能など)の構築により、その標準化を可能にした。

(2) 複数の構成要素をもつ部品に対し、構成要素ごとの標準化DBを有機的に結合する機能(入出力画面作成機能、マクロプログラム結合機能など)の構築により、その標準化を容易にさせた。

(3) 上記(2)の機能は、実行例で示したキーとキー溝部の標準化DBのように、標準化DBを併用して利用できることを可能にさせた。これは、標準化を勧める際のデータの一元管理に有効な方法である。

(4) 新たな機械部品を標準化する際、標準的な検索、登録などを擁する入出力画面が自動的に作成(入出力画面作成機能など)され、さらに標準化DBの枠組みも自動的に作成(標準化データベース作成機能など)されるので、機械部品の構築性、利便性に優れている。

文 献

- (1) 丸山勇人・長坂保美, 3次元CAD/CAMソフトの選択のポイントと活用手法, 自動化技術, 30-3 (1998), 10.
- (2) 長坂保美, 機械部品標準化支援システムの開発(第1報), 日本設計工学会講演論文集, 99-春季 (1999-5), 1.
- (3) 長坂保美, 機械部品標準化支援システムの開発(第2報), 日本設計工学会講演論文集, 00-春季 (2000-5), 41.