計算機利用による取付具の自動設計*

R. KOLLER**

Key words: jig, fixture, computer-aided design, soft ware, machining, programming.

1. 序 言

取付具の製造部門でこれまで強力に進められてきた合理化は、取付具部品、例えば位置決め、締付要素やその他の構成要素及び構成群に関する多くの規格化または標準化をもたらしてきた。こうした努力の最先端を行くのが、いわゆる「ユニット式装置」である。これはすべての取付具部品を標準化することを意味している。つまり特定の工作物のための取付具が、一つのユニットの完全に標準化された部品で構成される訳である。このような標準化ユニットシステムによって、すべての場合に対してではないが、多くの適用例に対しては取付具を製作することができる。しかしながら実際にはこのような取付具ユニットの適用の可能性は限られているので、将来も多くの場合に対して特別な取付具が必要であり、その必要性に対して最適に適応させて行かなければならないであろう。

取付具設計のこの二つの基本的な可能性に従って、いわゆる純ユニット式取付具の設計と、特殊な「個別製作」の取付具設計とを区別することができる。前者は取付具の製作のためにもっぱらユニット方式の標準化部品（ユニット）を使用する方向であり、後者はそれぞれの場合に特別に適応させた取付具、およびその部品の設計を常に前提としている。要するに、2種類の取付具、すなわち大部分の部品を特別に適応させて設計しなければならないものと、大部分の部品が既に標準部品として出来上がっているもの（ユニット式取付具）とを区別しなければならない。他の場合のように、ここでも中間の道をとること、すなわち取付具の機能要素または部品をなるべく標準化するが、必要な場合は特殊な適応設計を行うことが合理的である。

2. 取付具の分析

取付具つまり穴あけ、フライス削り、旋削、研削、溶接その他のための取付具は一は一般に、特定の加工作業を行おうとする特定の工作物の保持と締付けに必ず利用される。取付具の部分的役割を厳密に分析すると（それ

が穴あけ、フライス削り、研削その他の取付具のいずれであるかにかかわらず）、必ず次の機能または操作を遂行しなければならないことに気が付くであろう。

- ・工作物の正確な位置決め
- ・工作物の支持（加工の際に生ずるたわみの回避）
- ・工作物の固定または締付けと取外し
- ・工具の案内（ドリルその他）

これらの機能を実現する要素または機能媒体は、それぞれ位置決め要素（ストップピン、心立てピン等々）、支持要素、締付要素および案内要素（ドリルブシュ）などと呼ばれる。図1は個々の要素の例を示している。

位置決め要素とは、工作物を取付具において空間的に確定する（位置決めする）ために用いられる部品をいう。支持要素とは、工作物が加工力のもとで全く、またはごくわずかししか変形しないように、工作物の弱い箇所を支えるために用いられる部品または構成群をいう。

締付要素とは、簡単な操作により1個または複数個の工作物を取付具に固定し（締付け）、または取り外す（解放する）ために用いられる部品または構成群をいう。

図1 取付具の一次的機能要素

* 原稿受付 昭和57年6月29日。

** フーヘン工科大学

	点	中 高	平 面			刃先形
			円 形	長方形	プリズム形	
(a) 位置決め要素の作用面の種類
(b) 位置決め要素の結合方法の種類	ね じ	圧 入	リベット	溶 接	ろう付け	接 着

図2 マクロカタログの一部

案内要素（ドリルブシュその他）とは、工作物の加工の際に工具を所定の経路で正確に誘導するために用いられる部品または構成群をいう。

これらの機能の実現のために、取付具は通常、溶接、ねじ、ピンその他の結合要素によって連結されて一つの体系「取付具」を構成する複数個の部品から成っている。従って取付具は、更にまた二次的機能要素、例えばねじ、ピンその他の結合要素を含んでいるのである。取付具設計の合理的な自動化のためには、これらの機能要素またはこれらの機能要素の部分（面）のなるべく多くを標準化し、いわゆるマクロ要素として計算機に利用できるようにしておいて、設計過程の反復をできるだけ少なくするのが得策であろう。マクロ要素とは、部品の一部（作用面、結合面）だけをも意味し（図2を参照）、マクロ要素が完全な部品でなくてもよい。

3. 取付具要素の標準化

取付具の設計過程を自動化するためには、取付具の複雑な要素および構成体を形づくる汎用的要素、例えば線、面、立体がなければならない。また標準化した複合取付具要素および構成群があることは更に好ましい。このために位置決め、支持、案内、締付けおよび結合要素のカタログを作成し、これをいわゆるマクロとしてデータプログラムに蓄積するのが適当である。その後の設計のために、このマクロの主要な寸法パラメータが可変であり、当該の設計に適応させることができることが必要である。図2は位置決め要素と継手のこのようなカタログの一部を示している。

迅速かつ経済的に取付具の設計を行うために、上述の機能媒体と補助機能、並びに結合要素に対して、このような構成要素および構成群のカタログを持っていることが望ましい。何故ならこれによって計算機へのインプットの費用を節減できるからである。

4. 取付具要素の汎用的設計——プログラムシステム RUKON

取付具の設計のために、取付具の非標準化部分（例えば台板）などの細部を設計するために用いられる一般的设计プログラムを持つことが必要である。このために特殊なプログラム VOKON（取付具設計）、すなわち汎用的設計プログラム RUKON（計算機利用による設計）の一部が開発された。RUKON は、取付具のすべての非標準化部品の設計に用いられる汎用的に適用可能な形状要素、例えば点、直線、円、円弧、直方体、円柱、円すい、その他の製品に対して中立の形状マクロを持っている。この汎用的プログラムシステム RUKON は、一般設計プログラム、特殊設計プログラム、基礎プログラムおよびデータプログラムなどから構成されている（図3）。

一般設計プログラムは、実質的に部品の二次元および三次元構造のためのインプットプログラムである。図4にはこれが GEO-2D、GEO-3D および ASKON の名称で示されている。ASKON は図のインプットのためのプログラムシステムである。一般設計プログラムのライブラリーは、現在二次元幾何学的構造のための形成またはインプットプログラムシステムを含んでいる（GESTALT-2D）。ここでは点、線分、直線、円、円弧のような形状要素がインプットされて処理される。インプットはメニューごとに種々なやり方で、スクリーンとキーボードあるいはインプットパネルにより対話方式で行われる。

別のプログラムモジュール GESTALT-3D は、三次元の構成要素および構成群のインプットと形成に用いられる。形状およびインプット要素として、選択により任意の断面の平面、円柱、円すい、円すい台、直方体、角柱体が利用される。構成される立体はこの場合、素立体の付加および削除によって形成され、インプットはスクリ

図 3 設計プログラムシステム RUKON

図 4 プログラムシステム RUKON の構造

図 5 形状 マクロ

ーンを介して対話方式で行われる。

設計者は三次元の機械構成群および構成要素を製図板上に二次元投影として製図する。この手法に基づいて現在、設計およびインプットプログラム ASKON (図面設計) が開発されており、これによって構成要素および構成群のインプットと形成を二次元の外観図と断面図で行うことができるようになる。この二次元表示は計算機内部で三次元構造に変換されるのである。

一般的な取付具設計にデータプログラムが大いに役立つ。どの加工方法にも特有の形状特徴、例えば鋳造加工の場合の「抜き勾配」や非切削で加工された部品の「張出し」などがある。こうした事情に応じて、データは「加工に適した形状マクロ」、すなわち加工方法に従って

配列されたマクロを含んでいる。切削加工 (GESTALT-MAKRO-SP), 変形加工 (GESTALT-MAKRO-SL) または鋳造加工 (GESTALT-MAKRO-GI) で作製する部品の形成のための二次元または三次元形状マクロもこれに属する。図 5 は鋳造 (c), 変形 (b) および切削 (a) により加工された部品の幾つかのマクロの例を示す。

設計過程のプログラム化と標準化は、設計の際に考慮すべき諸条件、例えば「加工に適合しているか否か」および「安全に適合しているか否か」(SIKO) の少なくとも一部を「固定プログラム化」することを可能にする。これによって上述の諸条件が見過ごされにくくなるという利点がある。

規格部品と標準のデータを更に拡張することは、現在

なお研究中である。企業特有の総合的構成群の蓄積と管理にも適するように、データプログラムを設計するのが妥当であろう。それによって設計プログラムを中断したり、任意の時期に再開したり、あるいは部品または構成群をその後の改造または再設計のために再び照会することが可能になる。

特殊設計プログラム：特殊設計プログラムとは構造と形状がすでにほとんど確定しており、またその構成のための規則を与えることができる構成要素および構成群のためのプログラムのことである。このような構成要素または構成群に対する設計の仕事はほぼ完全に確定されているから、特殊設計プログラムの開発の際にはプログラムはほとんど自動的に実行される。

このようなプログラムは、まず第一に、機械装置製造業で頻繁に現れる非標準化構成要素および構成群に対して開発することが経済的理由から適当である。機械製造業で広くみられる、このような構成要素と構成群の実例は、例えば歯車（内および外歯車、異形軸）、ばね（引張り、圧縮、ねじりばね）、軸類、各種クランク、油圧制御ブロック、切削および曲げ工具（複合工具）およびジグ、取付具類（穴あけ、フライス削り、溶接用取付具）などである。

図4にこれらのプログラムシステムをZAKON（歯車設計）、FEKON（ばね設計）、WELKON（軸設計）、HYKON（油圧制御ブロック設計）、KUKON（クランク設計）、SNEKON（切削工具設計）並びにVOKON（取付具設計）として示した。

基礎プログラム：以上の説明と実際の必要性に従って、プログラムシステムRUKONの設計は更に多数の基礎プログラムを予定している。このパッケージの中心となるのは、二次元および三次元の幾何学的構造の処理と管理のための基礎プログラムGEO-2 D/3 Dである。オリンピア・ヴェルケ社（Wilhelmshaven）がOLYKONの名称で初めて開発したこのプログラムは、構成要素と構成群の計算機内部のモデル表示のために、ASP（Associate Structure Package）を使用している。

別のプログラムモジュールBEMASが、部品または構成群の対話方式の手動または自動寸法指示のために利用されている。また計算機利用による公差分析および公差合成のために、プログラムユニットTOLSYNが用意されている。構成要素と構成群の種々の外観図、断面図、DIN準拠の図面の作成にあたって、規格への適合のために基礎プログラムZEIPROが、部品と構成群の平面図と断面図の作成のためにRISNIDが用意されている。T・プログラム社（Reutlingen）が開発した有限要素プログラムTPS 10は複雑な強度解析、寸法問題の決定のため

の基礎プログラムとして適当であり、このプログラムシステムに統合されている。プログラムユニットOSKONは、多自由度振動系の固有値と固有振動モードの力学計算のための補助手段として有効である。

取付具の設計過程

取付具の設計過程は、当然のことながら、取付具を用いて加工される工作物の幾何学的関係と加工の方式などに関する情報の収集から始まる。製図板上での在来の取付具設計においては、設計者が工作物を主要な幾何学的データと共に描き、その上で取付具を「工作物の周囲」に設計していた。設計者は工作物の加工の場所と方式を考慮して、工作物を位置決めおよび締め付けるべき位置を確定しなければならない。この後にドリルブシュや型板のような機能媒体を配置できるように、必要ならば支持の場所と加工場所の位置を表示する。これらの個別操作を、要約して、「作用位置の決定」と呼ぶことにしよう。別の作業段階では、これら機能媒体を工作物に作用させる方向（作用方向）と、作用面の種類（平面、角柱、円すい、その他）または適当な機械要素と適当な構成群（規格化された位置決めピン、油圧締付要素、その他）が定められる。そのほか個々の機能媒体を新たに設計して立体的に配列するか、あるいは一標準化または規格化された機能媒体を使用できる場合は一これら構成要素および構成群のカタログ（データ）から選び出して、システム「取付具」の中に配列して図示する。

次にすべての機能媒体が、取付具本体（台架または台板）の設計を介して、互いに連結される。取付具本体は最も簡単な場合は長方形の板であるが、比較的複雑な場合は幾何的に単純な立体、例えば直方体、円柱、円すいまたは角柱体から成っている場合もある。これらの個体がねじとピンで連結され、または溶接されて、取付具本体を構成する。取付具本体を鋳造構造として構成することもしばしば行われる。手動設計過程と自動設計過程は基本的には同じであり、同じ順序で進行する。計算機利用による設計では、これらの作業段階が計算機との対話として行われる点が異なっている。計算機利用による設計の場合は、「機能媒体の結合」の作業段階の後に、更に「取付具の構成」および「取付具の製図」の段階が形式的に別個の段階として続く。なぜならこれらの段階は、手動設計の場合のように先行する操作と平行して進行する訳でないからである。

要約すれば取付具の設計過程は、次の主要な作業段階から成ることが確認される。

- ・加工される工作物の図示
- ・工作物の位置決め、締め付け、必要ならば支持の場所の確定

- ・作用面または位置決め、締付け、支持および案内要素の確定
- ・これらの機能要素（位置決め、締付け、案内および支

- 持要素）と取付具本体との結合（直接または間接）
- ・取付具の組立部分と単独部分の製図

図6はこのような設計過程を通し、計算機により設計された簡単なボール盤用取付具の例を示している。

図6 プログラムシステム VOKON で設計した簡単なボール盤用取付具

5. 結 論

設計の分野における種々の開発と研究が示すところによれば、ほとんどの設計過程は、特定の製品に限ることなく、一般的に適用されるものである。計算機は、設計過程を抽象的に考察することを可能とさせる。その場合、

図7(a)

(b)

図7 計算機を用いて設計した調理施設

種々異なる製品の設計過程が極めて類似し、または同一であることがしばしば示されるのである。例えば取付具の設計と施設、例えば調理場のプランニング（設計）が大体同一であり、ごくわずかな変更を加えるだけで、取付具設計のプログラムで施設のプランも作成できることを示すことができる（図 7）。

この開発のもう一つの重要な結果は、特殊設計プログラムを接続することができる普遍的設計過程に汎用的に適用できる設計基本プログラムを持つことが必要であるという認識であった。この理由から、基本プログラムの開発のために、特別な取付具設計プログラムの研究は中断されており、プログラムシステム VOKON の研究はまだ完了していない。（監訳：稲崎 一郎）

引用文献

- 1) R. Koller: Konstruktionsmethode für den Maschinen-, Geräte- und Apparatebau, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, (1979).
- 2) R. Koller: Programmsystem RUKON zur Konstruktion und Zeichnungserstellung von Maschinen- und Gerätebau-gruppen, Z. Konstruktion, **34**, 6, (1982) 239.
- 3) R. Koller: Rechnerunterstütztes Konstruieren von Hydrauliksteuerblöcken, Schweizer Maschinenmarkt, **80**, 35, (1980) 62; **80**, 37, (1980) 40.
- 4) R. Koller: Automatisierung des Konstruktionsprozesses für Maschinen-Baugruppen und Betriebsmittel, VDI-Z, **121**, 10, (1979) 485.
- 5) R. Koller u H. Esser: Rechnerunterstützte Konstruktion und Berechnung von Verzahnungen mit beliebiger Flankenform, Feinwerktech. & Meßtech., **88**, 7, (1980) 356.
- 6) R. Koller u. O. Blank: Konstruktion von Gesamtschneidwerkzeugen mittels elektronischer Datenverarbeitungsanlagen, Konstruktion, **30**, 1, (1978) 27.
- 7) R. Koller u. H. J. Pieperhoff: Rationalisierung und Automatisierung der Vorrichtungskonstruktion mit Hilfe elektronischer Rechenanlagen, Konstruktion, **30**, 8, (1978) 319.
- 8) R. Koller, H. Farwick u. G. Spiegels: Konstruieren von Kurvenscheibengetrieben mit Unterstützung elektronischer Datenverarbeitungsanlagen und einer Bildschirmeinheit, Industrieanzeiger, **94**, 44, (1972) 1011.