

# 汎用型 CAD/CAM システムにおけるデジタイザーのメニュー設計と製作

青森職業能力開発短期大学校	小林 崇
日本電気フィールドサービス株式会社	佐藤 寿美子
東和電機株式会社	高杉 太助
青森職業能力開発短期大学校	成田 敏明

Menu Design and Manufacturing for Digitizing Tablet of CAD/CAM System

Takashi KOBAYASHI, Sumiko SATOH, Daisuke TAKASUGI, Toshiaki NARITA

## 要約

近年多くの企業に導入されつつある CAD/CAM システムは、生産性の向上や人的資源の省力化に多大の効果を発揮しており、CAD/CAM システムを導入して有効利用することは、一般企業にとって必須条件となってきた。しかし業種を問わない汎用型の CAD/CAM システムを有効利用する場合、企業ごとに設計・製図対象が異なるため、そのままのシステムでは効果が期待できない。汎用型の CAD/CAM システムを有効利用するためには、自社の要求内容を汎用システムに組み込むことすなわちカスタマイズが必要となる。このカスタマイズの方法として、デジタイザーのメニューシートの再配置や専用データベースの作成、パラメトリック図形の定義などがある。とくに、使用者の使用頻度にあわせてメニューシートを再配置することは、システム全体の操作性を向上するうえで大変重要なこととされている。

本報告は昭和63年に本校に導入された汎用 CAD/CAM システムで使用されるメニューシートを、本校の CAD/CAM 教育・訓練の内容にあわせて再設計し、人間工学の手法を取り入れて操作性の向上を計った新メニューシートを作成して評価したもので、専用メニューシート作成の手順を確立することを目的としている。

## 1 まえがき

CAD/CAM システムの普及は、十数年前では航空機、自動車、造船などの一部大手企業に限られていたが、近年、小規模企業においても積極的に導入が進められてきた。現在では、CAD/CAM システムの導入により、生産性の向上や人的資源の省力化に多大の効果を期待できることから、一般企業にとって CAD/CAM システムを導入し有効利用することは必須の条件となりつつある。CAD/CAM システムを有効利用する場合、個々の企業ごとに設計対象、設計手順、設計理論などが異なり、結果として CAD/CAM システムに要求する内容も異なるため、独自のシステム(専用システム)を開発する必要があるが、この場合、膨大な時間と経費を費やす恐れがある。そこで、汎用のシステムにそ

の導入企業の要求内容を組み込み、専用システムに近づけることすなわち「カスタマイズ」が重要となる<sup>(1)</sup>。

このカスタマイズの方法としては、デジタイザーのメニューシートを再設計してコマンドを再配置することや、専用のデータベースの開発、パラメトリック図形の定義、マクロコマンドの作成などがあげられる。とくに、使用者の使用頻度にあわせてメニューシートを再設計しコマンドを再配置することは、システム全体の操作性を改善するうえで大変重要視されている<sup>(2)</sup>。

著者らは先に、地域の CAD/CAM 導入状況を調査し、地方の職業能力開発短大専門課程における地域ニーズを考慮した CAD/CAM 教育訓練の指針を提案したが、その中で、システムのオペレーション教育に重点を置くよりも CAD/CAM システムの利点や欠点

を体験させて理解させるような体験教育に重点を置くことの重要性を示した<sup>(3)</sup>。体験教育に重点を置く場合、システムの操作性は良好であるべきであり、CAD/CAM教育を遂行するうえにおいてもカスタマイズは重要である。

このカスタマイズに関する報告としては、企業におけるカスタマイズの現状を紹介した関口の報告<sup>(4)</sup>や、パラメトリック図形のカスタマイズに関する事例を紹介した山口<sup>(5)</sup>の報告など多数あるが、企業の事例報告の域に留まっており、汎用的なカスタマイズの手法を提案して実行し評価した報告については、著者らが先に示した機械系におけるパラメトリック図形の作成によるカスタマイズに関する報告<sup>(6)</sup>など数点を数えるのみと思われる。

以上の観点から、本報告は当校の汎用CAD/CAMシステムを運用する際に、操作性を向上するうえで最も重要と思われるデジタイザのメニューシートのカスタマイズについて、当校のCAD/CAM教育で使用されるコマンドの使用頻度を調査して考慮し、人間工学的に良好な操作性を有する独自の専用メニューシ

ートを設計して作成するとともに、作成されたメニューシートの評価を行い、専用メニューシート設計のプロセスについて言及したものである。

## II コマンドの使用頻度調査とメニューシート設計手順

### 1 入力装置の概要とコマンドの使用頻度調査

図1に、本校で使用しているインターグラフ社製



図1 ワークステーションの構成

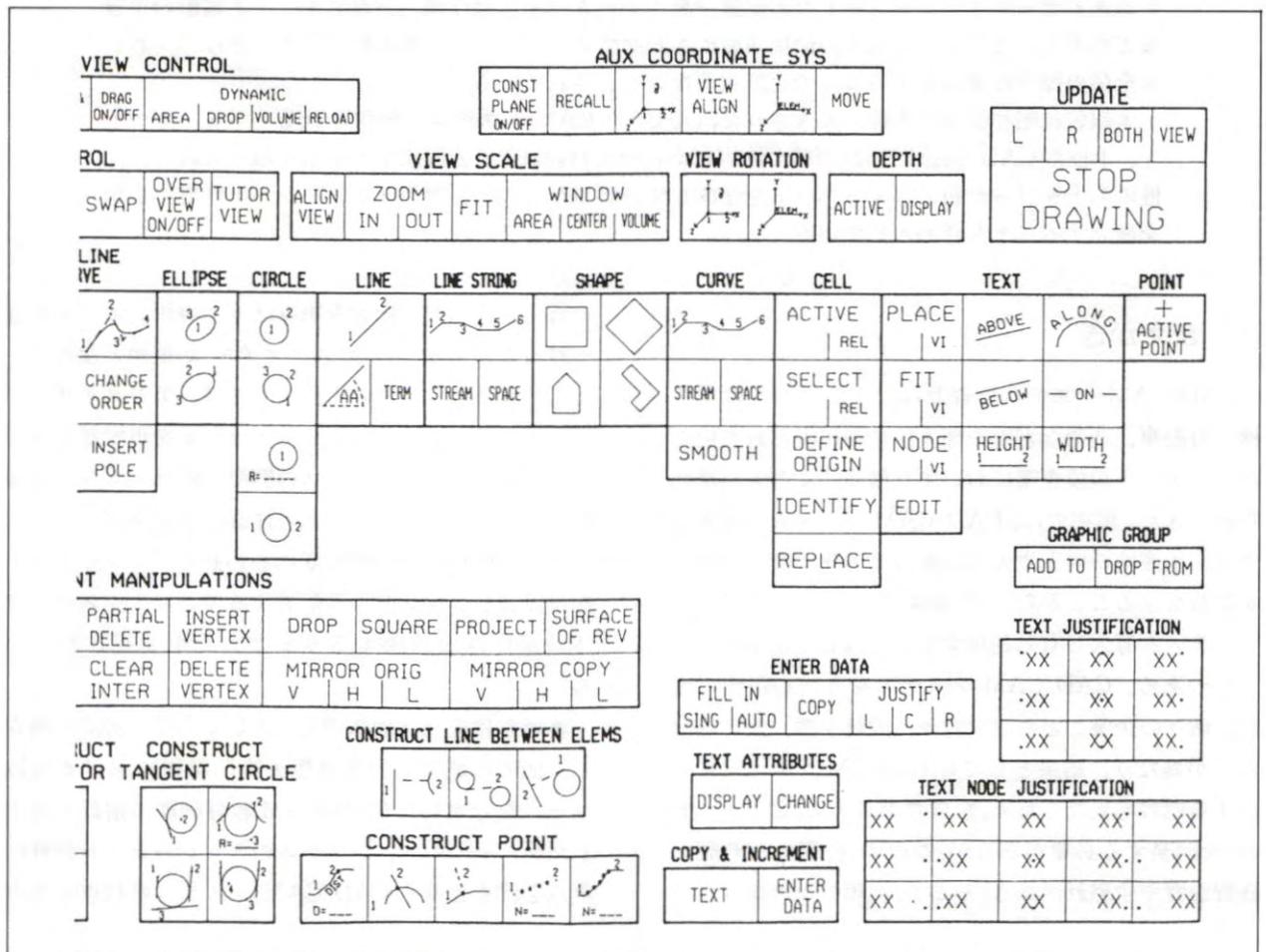


図2 オリジナルメニューシート

CAD/CAM システムの中核であるワークステーションの構成を示す。入力装置としてキーボードとデジタイザがあり、オペレーティングシステム的环境下ではキーボードからの入力が主となるが、IGDS (Intergraph Design System) と呼ばれる CAD アプリケーションソフトウェア的环境下では、デジタイザからの入力が主となり、デジタイザの操作性を改善すればCAD システム全体の操作性の向上に大きく貢献することになる。図形創成のための基本コマンドは、このデジタイザ上のメニューの項目をハンドカーソルにより選択することにより使用可能となり、コマンド選択後、ディスプレイ上に示されるコンピュータからのメッセージ内容に沿った操作を行うことにより希望する図形がディスプレイ上に出現する。

図2に多数のメニュー項目から構成される備え付けのオリジナルメニューシートの一部を示す。このメニューシートは汎用メニューシートであるために、IGDSのすべてのコマンドに対応することが可能であり、したがってコマンドの総数は379個に上っている。コマンドは英語で示された名前と使用方法を示す簡略

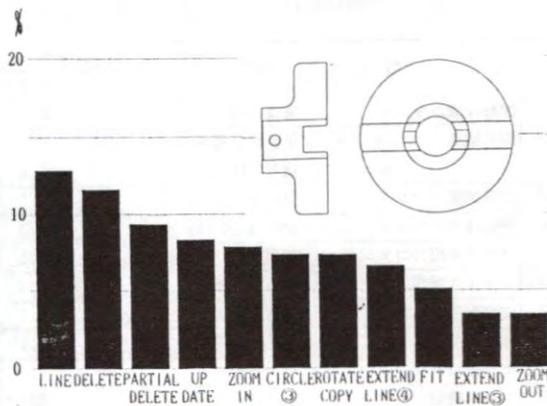


図3 2次元製図でのコマンドの使用割合

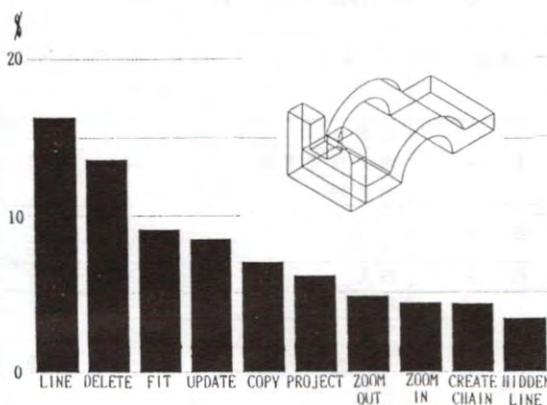


図4 3次元製図でのコマンドの使用割合

図とから構成されており、コマンドの配置は使用する目的別に分類されて配置されているものの、全体的な配置の基準は存在しない。したがって、CAD教育用に特段の配慮はされておらず、メニュー再配置のためのソフトウェアがシステムに存在するのみである。

本校の機械系初級CAD教育は、機械システム系学生(生産技術科定員30人、制御技術科定員30人)に対し、一年次後期に開講され、著者が担当する「CAD演習(4単位)」において行われる。CAD演習の内容としては、二次元製図課題として「継ぎ手フランジ」など5課題、三次元製図課題として「軸受け」など3課題があり、それぞれ期限内の課題提出が単位取得のため必要となっている。

コマンドの使用頻度の調査においては、制御技術科2年生6人がそれぞれ個別に前述の製図課題すべてを作成し、その際使用したコマンドを記録して集計する方法をとった。図3に二次元製図課題の一つである「継ぎ手フランジ」を作図する際に使用した各コマンドの割合を示す。なお、各コマンドの使用割合は作図者6人の平均値を採用しており、使用割合上位11個のコマンドのみを示している。本図によれば、二次元製図では直線をひくコマンド「LINE」や図形要素を消去するコマンド「DELETE」などの作図作業のなかで基本的に必要とされるコマンドの使用割合が多く、上位9個のコマンドの使用割合の差は数パーセント以内である。図4に三次元製図課題の一つである「軸受け」を作図する際に使用した各コマンドの割合を示す。本図によれば、画面表示を最適にするコマンド「FIT」と三次元図形への投影を行うコマンド「PROJECT」をのぞけば、二次元製図の場合とほぼ同様のコマンドの使用割合が高くなっている。また、いずれの課題の場合においても、コマンドの使用割合の個人差は最大で±

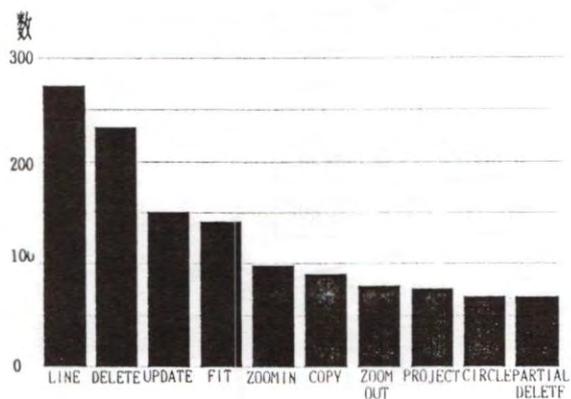


図5 「CAD演習」におけるコマンドの使用頻度

5%以内であった。図5に「CAD演習」でのすべての製図課題を作成したときに使用されたコマンドの合計の頻度を示す。なお、頻度は各製図者の平均値を採用し、使用頻度の高い上位10個のコマンドの頻度のみを掲載した。本図によれば、「LINE」や「DELETE」などの作図作業のなかで基本的に必要なコマンドの頻度が高く、200回を越えている。

## 2 メニューシート設計の指針と作成手順

コマンドの使用頻度の調査を行った後、以下に示す専用メニューシート設計の指針を作成した。

- (1) 当校機械システム系の初級CAD教育で使用されることを前提とする。
- (2) 見やすくわかりやすい、しかも操作性に優れた専用メニューシートを作成する。

上記の設計指針のもとに、専用メニューシート作成の手順をフローシートにしたものを図6に示す。まず最初にコマンドの頻度調査をもとにして、コマンドの使用回数が0回のもを抽出して専用メニューシートの対象コマンドから除外する。つぎに、使用回数が1回以上のコマンドを目的別にグループ化するとともに階層化し、日本語化する。専用メニューシートで使用

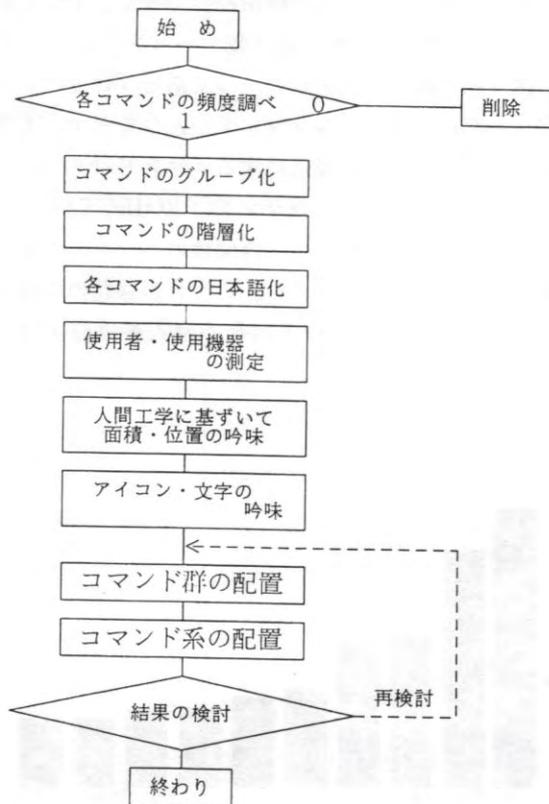


図6 専用メニューシート作成のフローチャート

されるコマンド数が少ないときは、朝比奈の報告<sup>(4)</sup>にあるとおりグループ化する必要はないと思われるが、数十のコマンドをメニューシートに再配置する場合には、コマンドの位置をグループごとに配置したほうが記憶しやすく操作性が良好になるためである。さらにワークステーションと使用者の位置を計測し、使用者がデジタイザーを使用するうえで最適のメニューの位置と面積等を分析し、配置を行い専用のメニューシートを作成する。最後に、作成されたメニューシートを実際に使用して評価を行い、操作性向上のために改善を行う。以上が本報告において提案する専用メニューシート設計・制作の手順である。

## III 専用メニューシートの制作と評価

### 1 コマンドの分類と頻度

まずはじめに設計手順に沿って、頻度調査により使用頻度が1回以上のコマンドを抽出した。オリジナルメニューシート上のコマンド総数379個のなかで、本校のCAD教育で1回以上使用するコマンドの総数は74

表1 分類別コマンドの使用割合

分類(群)	コマンド例	頻度(%)	
		内訳	合計
1. 図形作成コマンド	直線、円、四角		26.9
2. 図形編集コマンド	エレメント	延長線、複写	39.6
	フェンス	複写、移動、削除	1.0
3. 図形処理コマンド	立体化		2.2
4. 画面操作コマンド	画面拡大・縮小		29.0
5. ファイル出力コマンド	図面出力		0.1
6. ファイル操作コマンド	メモリー更新		0.2
7. 文字配置コマンド	位置セット		0.1
8. 寸法線配置コマンド	寸法線設定		0.1
9. セル登録コマンド	セル登録		0.1
10. ロック機能	グリット表示		0.7

表2 図形作成コマンド群の使用割合

系別	コマンド	頻度(%)	
		内訳	合計
直線	直線	61.7	72.4
	角度指定直線	7.8	
	折れ線	2.9	
接線	円-円	0.8	1.6
	点-円	0.8	
四角	四角		1.7
円	円	14.1	23.0
	円弧	2.7	
	コーナR	5.5	
	接円	0.1	
	楕円	0.6	
複合系	円柱		1.3

個であり、全体の約2割程度のコマンドしか使用されていないことが確認された。

つぎに抽出されたコマンドを和訳して使用目的ごとに分類し、分類別の使用頻度の割合を算出した。その際、穴あけ作図作業などで使用されたコマンドのなかで、マクロコマンドとして一つにまとめられるものは一個のコマンドとして使用目的別に分類して頻度を計算した。結果を表1に示す。図形を編集するためのコマンドの集合群「図形編集コマンド群」の使用割合がもっとも高く、画面を操作するためのコマンドの集合群「画面操作コマンド群」、図形を作成するコマンドの集合群「図形作成コマンド群」の順に使用割合が高い。この使用頻度上位3つの群の合計の使用割合は96.5%にも及び、この3つのコマンド群をデジタイザー上の使いやすい位置に配置するだけで、かなりの操作性の向上が図られることになる。

表2にコマンドの集合群「図形作成コマンド群」をさらに使用目的別に分類した「系」ごとの使用頻度割合を示す。直線を描くために使用される「直線系コマンド」の使用割合が全体の7割以上を占めており、なかでもコマンド「直線」が全体の約6割を占めている。つぎに円を描くために使用される「円系コマンド」の使用割合が約2割を占めており、「直線系コマンド」と「円系コマンド」を使いやすい位置に配置する必要がある。

## 2 使用者と使用機器の位置測定と結果

コマンドを分類して使用頻度を分析した後に、使用者と使用機器の位置を測定した。図7に測定装置と測定の実際を示す。測定装置は身長測定計を改造したもので、測定水平面上に直角に2つの金属スケールを備えたスクライバ(図中A)を鉛直方向に移動して、高さとその高さでの水平面上の位置を確定することが可能となっている。図中のように被測定者(図中B)にワークステーション使用時と同じ姿勢を保持させ、スクライバを床から10 cmの間隔で上昇させつつ、スクライバと同じ高さでスケールに水平に保持したスチールカメラにより2方向から写真撮影を行い、あらかじめ床面上で計測したワークステーションと机及び測定装置の位置から使用者の人体各部の位置とワークステーションの位置を算出した。なお、各位置の算出は被測定者4人(制御技術科2年生)の算術平均値を採用して行われた。

図8に天井方向から見た使用者とディスプレイ、キーボード、およびデジタイザーのメニューシートの

位置関係を示す。本図によれば、使用者はディスプレイに相対する姿勢をとりながら主なCAD操作を行うことが示されている。菊池によれば、人間が正面を向く場合正面から30°までが視野の確かな範囲であり、確かな範囲を越えて60°までが人間の通常の視野となることが確認されている<sup>(7)</sup>。したがってメニューシート上でディスプレイに近接する位置すなわち左下角に使用頻度の多いコマンドを配置すれば、コマンドを拾うときにいちいち視野を移動する必要がなくなり、操作性の向上が図られることになる。また、McCormickの結果<sup>(8)</sup>によれば、メニューシート全面積の9割が右手の最大作業域に入ることが確認された。さらに、使用者の視点からメニューシート最遠部までの距離すなわち読みとり距離は850 mmあり、小木によれば<sup>(9)</sup>、最遠



図7 使用者と使用機器の位置測定

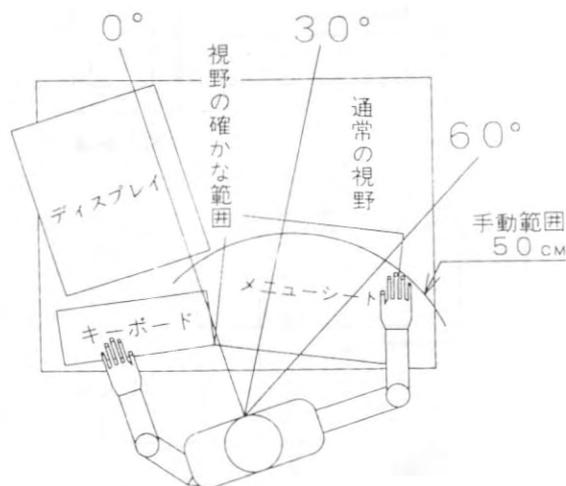


図8 使用者と使用機器の位置関係

部でメニューシート上のコマンドを十分確認するためには文字の大きさは4.35 mm 以上必要であることが示された。

### 3 コマンドの配置とメニューシートの作成

前述の操作性の分析後、メニューシート上のコマンドの配置を行った。図9に使用目的別に分類したコマンド群の配置を示す。使用頻度の最も高い図形編集コマンド群をメニューシート左下方域に配置し、つぎに使用頻度の高い画面操作コマンド群と図形作成コマンド群を左上方域に配置した。使用頻度の比較的低い寸法線配置コマンド群や文字配置コマンド群などのコマンド群は全体的に右方域に配置した。なお、配置の際のコマンド群の各面積は最小文字の大きさを前述の分析により高さ5 mm 幅5 mm とし、その大きさの文字とアイコンを同時に配置したコマンド一個の面積と群内のコマンド総数から算出した。

この際、各コマンド群域には十分な空白域をとったがこれは将来数個のコマンドの追加等を考慮した結果である。

つぎにコマンド群の中のコマンドを使用目的別に分類したコマンド系ごとに配置した。図10は一例として図形作成コマンド群内のコマンド系と個々のコマンドの配置を示す。使用頻度の最も高い直線コマンド系は左方域に配置され、次に頻度の高い円コマンド系が中

央下方域に配置され、頻度の少ない接線コマンド系などは中央上域に配置されている。

以上の配置の結果として作成された専用メニューシートを図11に示す。なお、左下角にはこのメニューシートを起動するために必要なメニューシート原点をハンドカーソルの模写により示しており、同時にこれはハンドカーソルによる原点指示の方法も示している。また、その右方には、このメニューシートをアクセスするために必要なキーボードからの入力文字が示されている。また、コマンドの表示については操作方法的簡単なものについては日本語による表示のみとし、操作方法的簡単でないものについては日本語による表示とアイコンによる操作方法的簡易表示を併記した。

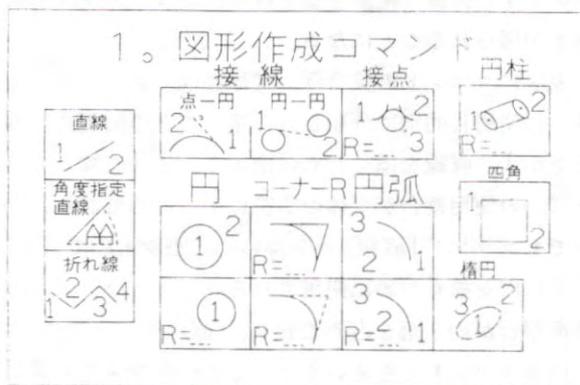


図10 コマンド系の配置

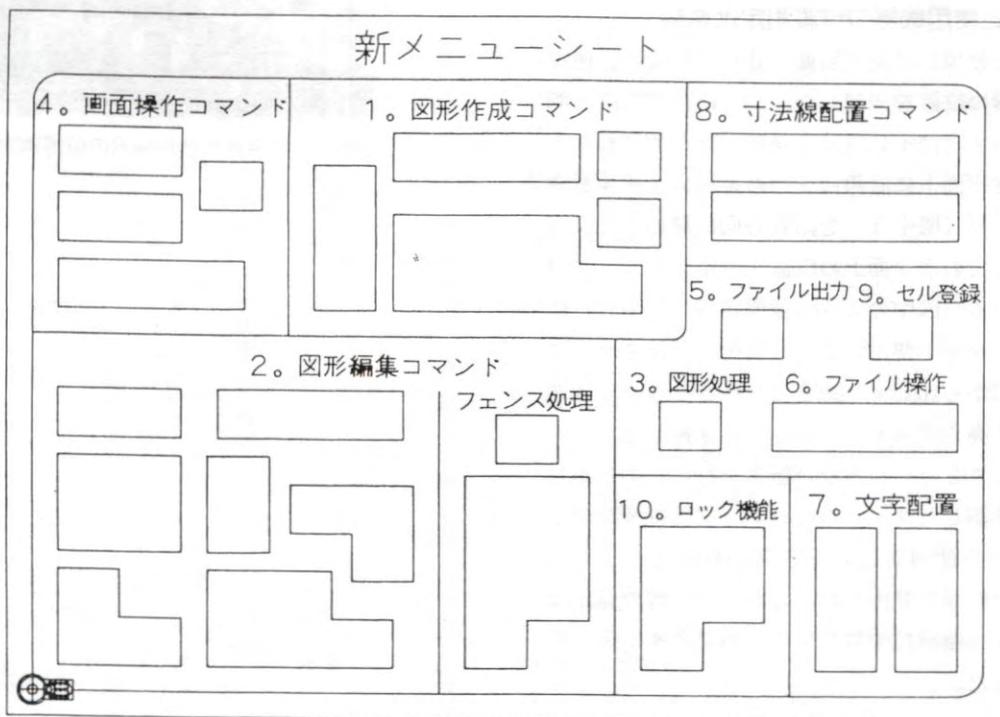


図9 コマンド群の配置

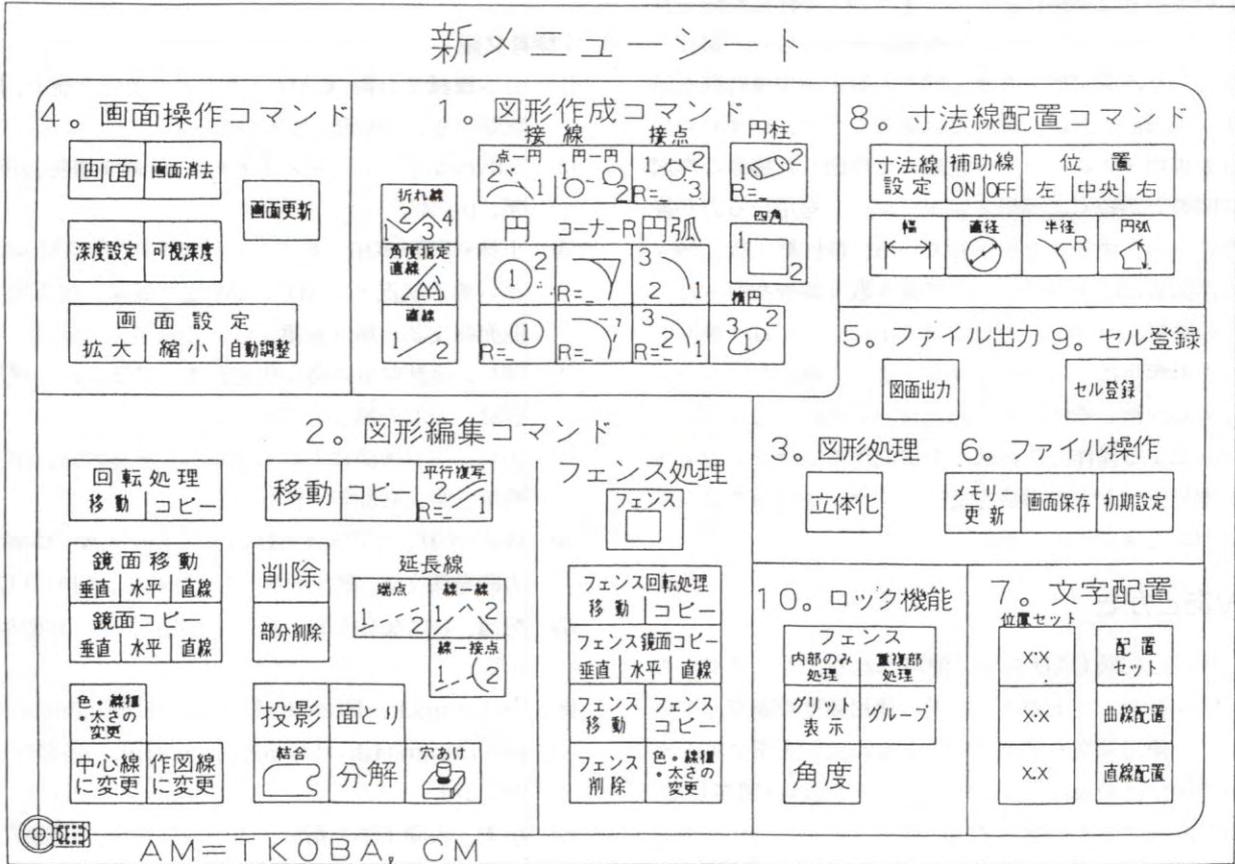


図11 専用メニューシート

#### 4 性能評価

作成されたメニューシートの性能評価を行い、改善点を探った。まず個別の学生（制御技術科2年生）4人がオリジナルメニューシートと新しく作成された専用メニューシートを個々に用いて、2次元図形と3次元図形を2回ずつ作図した。作図に際して、1人の作

図者が同時に2つのメニューシートを使用して作図することは不可能なので、専用メニューシートによる作図を最初に行い、次にオリジナルメニューシートにより同一図の作図を行った。一般にCADにより同じ図形を描く場合、描く順序が遅いほど作図時間は短くなると予想され、専用メニューシートはオリジナルメニューシートと比較して、作図時間の短縮という点に

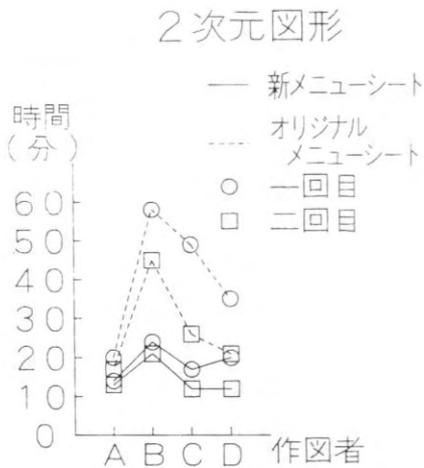


図12 2次元図形作図時間

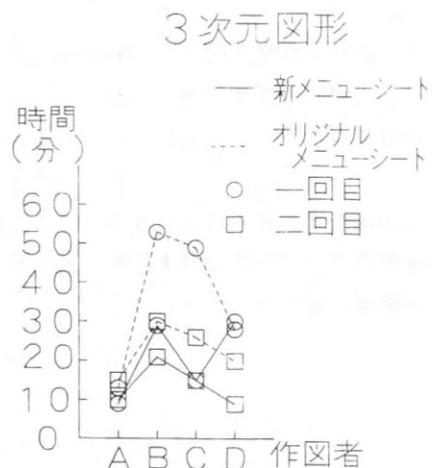


図13 3次元図形作図時間

において不利な条件にある。つぎに両者の作図時間を計測して比較することにより性能評価を行った。図12、図13に2次元図形と3次元図形の個人別作成時間を示す。両図によれば、個人差はあるものの、いずれの場合も専用メニューシートを用いて作図した場合の作図時間の方が短く、専用メニューシートを用いる方が操作性が向上することを示している。作図終了後、個々の作図者に改善点等について聞き取り調査を行った。その結果、コマンドの日本語表示については「複写」などの漢字による表示よりも、より一般的な「コピー」の方が理解しやすい点や、コマンド名だけでなくアイコンによる操作方法の図示を併記するコマンドをもっと増やすべきとの指摘を受け、コマンドの日本語表示については即座に改善した。

#### IVあとがき

本校の初級CAD教育で使用されるデジタイザのメニューシート上のコマンドの使用頻度を調査して分析し、使用頻度を考慮するとともに人間工学にもとづいて操作性の良好なメニューシートを設計・制作した。以下、そのまとめを示す。

- (1)コマンドの使用頻度調査の結果として、メニューシート上のコマンド総数379個のうち、本校の初級CAD教育で使用されるコマンド数は74個であり、全体の約2割程度しか使用されていない。
- (2)CADシステムの操作性を向上させる目的で、コマンドの使用頻度を考慮し、人間工学の手法を取り入れた専用メニューシート設計の手順をフローチャートとして示した。
- (3)そのフローチャートに沿って専用メニューシートを製作し性能評価を行ったが、いずれの作図者の場合でも作図時間が短縮され、操作性の向上が確認された。

今後は、全体的な操作性が向上した原因を明らかにするとともに、この設計手順が他の分野にも広く利用されるように改良を加えることを計画している。

おわりに、本稿をまとめるにあたり多大のご支援をいただいた青森職業能力開発短期大学校 前学務課長 田邊良男氏に感謝の意を表します。

#### [参考文献]

- (1) 日本機械学会編、CADシステムの機能と構成、技報堂出版、1987年、p 83-84.
- (2) Salvendy、ヒューマンファクター、同文書院、1987年、p 1345.
- (3) 小林・伊藤・成田、地方におけるCAD/CAMシステム導入状況とCAD/CAM教育訓練、職業能力開発報文誌、第3巻第1号、1991年、p 33-38.
- (4) 関口、設計環境の高度化を目指す“ViSion”、機械設計、第32巻第9号、1988年、p 153-162.
- (5) 山口、三立興産における適用例、機械設計、第32巻第9号、1988年、p 22-p 27.
- (6) 成田・小林、2次元CADのカスタマイズ、職業能力開発報文誌、第5巻第2号、1993年、p 141-147.
- (7) 菊池、おはなし人間工学、日本規格協会、1989年、p 35.
- (8) McCormick、Human Factors in Engineering and Design (4th ed.)、McGraw-Hill、1976年、p 267-279.
- (9) 小木、人間工学の指針、人間工学協会、1988年、p49.