

英文, 日本語文, 図形, 画像から成るディスプレイ 表示用画面編集のためのシステム DSE について†

竹内 章†† 大槻 説 乎††

DSE (display surface editor) は, CAI, オンラインマニュアル等に使用するためにディスプレイ上に繰り返し表示される画面を, 会話的に編集すること, および作成された画面の表示手段を, CAI コースウェア等のほかのプログラムに提供することを目的として作成されたものである。おもな特徴は次の通りである。①英文, 日本語文, 二次元図形, 濃淡画像を含んだ画面を, 基本画と呼ぶ画を単位として, 編集木と呼ぶ木に従って組み立てる。②画面作成者が共通に利用できる部分画面をライブラリとして用意しており, ライブラリの内容の検索・表示が行える。ライブラリはそれ自身が DSE で作成されているため, 内容の更新が容易である。③濃淡画像を表示に適するように処理するために, 画像処理機能を持つ。処理手順は画像に対する演算子を用いた式で記述する。④図形, 画像を扱うプログラムは, 環境, とくに入出力装置に大きく影響される。そこで, DSE の実現に当たってはプログラムを環境独立部分と環境依存部分に分離し, 独立部分が入出力装置のモデルに対して入出力を行うようにすることで, 環境の変化から受ける影響を局所化した。依存部分がモデルと入出力装置の整合を取る。

1. まえがき

CAI (computer aided instruction) システム等, ディスプレイ画面を通して情報の伝達を行う場合, 表示画面の作成は重要な仕事の一つである。しかしながら, 多くの CAI システムにおいては, 表示画面はプログラミングによって作成されており¹⁾⁻³⁾, 編集が間接的にしか行えないために意図した画面の作成は容易でない。ディスプレイ上に直接作画し, 会話的に編集することが望まれる。

一方, 原稿の清書システムが普及し, 論文等の作成にも用いられ始めたのに伴い, 図面を含んだ原稿の編集システムや, スライド作成のための画面編集システム等が報告されている⁴⁾⁻⁶⁾。しかし, 表示用画面作成という面から考えると, これらのシステムには次のような問題点があるように思われる。

- (1) ミニコンベースで特殊な入出力装置に依存したシステムであるために, 特定の環境でしか動作しない。
- (2) 情報の入力媒体が少数の装置に限られており, 画面の作成手段が限定されている。
- (3) 独立したシステムとして設計されているために, 作成した画面をほかのプログラムから利用すること

とが考慮されていない。

(4) 図面を完成させるまでの仕事を行うのが目的のシステムであるから, 完成した画面を繰り返し表示することに対する考慮がなされていない。

本論文では, 上記の事柄を考慮して設計した DSE (display surface editor) について述べる。DSE は, CAI コースウェア, オンラインマニュアル, ニュース等ディスプレイを通じたマスコミュニケーションに用いるための, 英文, 日本語文, 二次元図形, 濃淡画像を含んだディスプレイ表示用画面の作成を会話的に行うこと, および完成した画面を表示する手段を提供することを目的としている。

2. DSE の特徴

DSE は汎用計算機システムの TSS 環境で使用される。おもな特徴は次の通りである。

(1) 木構造による画面の編集

画面編集は基本画と呼ぶ画面の構成要素となる文章や図形を単位として行う。表示画面は, それぞれ独立に作成した基本画を画面上に配置編集して作成する。しかし, 座標変換等の編集操作は基本画に対して行うだけでは十分でなく, 基本画を組み合わせで作成した部分画面を対象として行う必要もある。したがって, 一画面のなかから特定の部分画面を指定するために, 一画面を構成する基本画相互の間の関係を明確にしておかねばならない。

そこで, 画面編集は次のように行う。

† On a Graphic Editing System "DSE" for Scenes Composed of English Texts, Japanese Texts, Figures and Pictures by AKIRA TAKEUCHI and SETSUO OTSUKI (Computation Center, Kyushu University).

†† 九州大学中央計数施設

i) 一画面を編集木と呼ぶ一つの木構造で表現する。木の各節は、基本画とその基本画に対する表示パラメータを属性として持つことができる。木の節の親子関係で、一画面を構成する基本画間の従属関係を表す。

ii) 一つの節を指定して、その節と子孫の節の属性である基本画を対象にして座標変換、挿入削除を行うことによって、従属関係にある基本画から成る部分画面に対する編集操作を行う(第4章1節, 3節参照)。

(2) 部分画面のライブラリ化とその検索

表示用に使用する画面では、表示内容の理解を助けるため、あるいは魅力ある画面とするために、多くの絵を入れることが望ましい。しかし、すべてを個人で作成することは大変でもあり、煩雑さ回避の結果が画面の質の低下につながる恐れもある。そこで幾何図形、縁飾り、カット絵等、DSE 使用者が共通に利用可能な部分画面はライブラリとして用意し、画面作成者の負担を軽減する。

画面作成者は、キーワードによって情報検索を行い、ライブラリに登録されている部分画面の見本を表示して、ライブラリの内容から最適の部分画面を選出することができる。情報検索、見本表示には、CAI システム“BOOK”の情報検索機能⁷⁾を利用する(第6章参照)。

(3) プログラムの環境独立部分と環境依存部分の分離

一般に図形、画像の処理を行うプログラムは、使用環境、とくに入出力装置によって大きな影響を受ける。このことはポータビリティを低下させるだけでなく、同一環境であっても多種の入出力装置を使用する場合には、プログラムの作成保守作業量を増大させる。とくに、マスコミュニケーション用画面の場合、画面作成は豊富な機能を持つ高級な端末によって行うが、情報の媒体としての表示は安価な端末に行われる場合が多いので、後者の問題がより重要である。

また、現在ハードウェアの進歩は目を見張るものがあり、日本語、画像の表示を初め多くの機能を持った端末が次々に発表され、DSE の使用環境は日に日に改善されていく。表示用画面は貴重なソフトウェア財産であるから、環境の変化によって使用不能状態に陥ることがあってはならず、常に最新の環境を生かすことのできるものでなければならない。

そこで、DSE の設計に当たっては、CORE システム⁸⁾で提案されたように、環境独立部分と環境依存部

分を分離し、環境独立部分は入出力装置のモデルに対して入出力を行うことにした。環境依存部分がモデルと実際の入出力装置の整合を取り、入出力装置の持っていないモデルの機能をシミュレートすることもできる。これによって環境の変化に対するプログラムの変更が容易になるとともに、作成された表示用画面を入出力装置と独立に扱うことが可能になる(第3章, 第5章参照)。

(4) ほかのプログラムから DSE で作成した画面へのアクセス手段

DSE はほかのプログラムがデータとしてディスプレイ上に表示する画面を作成することを第一の目的としている。そこで、作成された画面へのアクセス手段として、DSE の持つ機能の一部分をほかのプログラムが手続きとして利用できるように用意する。おもな機能は画面表示と編集木の節につけられた表示パラメータの一時の変更である(第3章参照)。

(5) 会話型画像処理

画像入力には写真あるいは手書き図面から基本画を作成する手段として、DSE の重要な機能の一つである。しかし、入力した画像をそのまま表示用に使用することはまれで、様々の処理を施す必要のある場合が多い。とくに、表示用画面として多くの端末に表示する必要がある場合には、濃淡画像出力可能な端末は経済的理由から数量的にも画質的にも制限を受ける場合が多いため、できる限り線画に変換し単純な図形として表示することが望ましい。

画像処理は、画像処理演算子と呼ぶ画像に対する演算子を用いた式で処理手順を指示する(第4章2節参照)。

3. DSE の構造

表1に DSE のおもなコマンドを示す。DSE の本体は環境独立部分と環境依存部分の二つに分かれており、環境依存部分は主として端末との入出力、環境独立部分は依存部分から入力されるコマンドとデータの処理を行う。環境独立部分は、入出力装置のモデルとして次の機能を仮定して設計されている。

- ・英文、日本語文、二次元図形(座標)、画像(濃度値)の入出力機能
- ・ライトペン等による表示画の識別機能
- ・画面部分消去機能

しかし、端末が実際にこれらの機能をすべて持っている必要はなく、第5章で述べるように、環境依存部

表 1 DSE のおもなコマンド
Table 1 Principal commands of DSE.

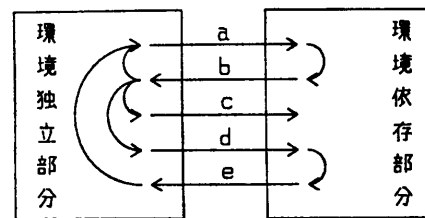
	コマンド	オペランド
基本画面編集	INPUT	基本画面名, 入力装置名
	CHARACTER EDIT	文字基本画面名
	ATTRIBUTE	基本画面名[, 色, 輝度]
	SHOW	基本画面名[, 表示パラメータ]
	DELETE	基本画面名
	図形発生コマンド (省略)	
画像処理	IMAGE PROCESSING	画像処理式
	EDIT HISTORY	画像基本画面名
	RUN HISTORY	画像基本画面名
	LIST HISTORY	画像基本画面名
編集木による画面編集	TREE	画面名
	INSERT	[節, 属性値]
	DELETE	節
	MOVE	節, 節
	COPY	節, 節
	FACTOR	節, 中心点, 倍率
	ROTATE	節, 中心点, 回転角
	TRANSLATE	節, 始点, 終点
	ATTRIBUTE	節[, 基本画面名, 色, 輝度, 可視性]
	LIST	[節]
	SHOW	[節]
	UNIFY	節
	検索情報	IR

分が両者の整合を取る役目をはたす。また、環境独立部分は、正規化された二次元座標系上でデータの処理を行うよう設計されているため、入出力装置に固有な座標系との間の変換を行うことも環境依存部分の仕事である。

環境独立部分は外部のプログラムに対するインタフェースと、環境依存部分に対するインタフェースの二つのインタフェースを持つ。

環境独立部分と環境依存部分のインタフェースを図 1 に示す。独立部分がコマンド等の応答を要求する場合には、要求内容を示すメッセージと、応答のなされるべき手段、すなわち文字列入力か、識別機能か、座標入力か等を示すステータスを依存部分に送る。また、独立部分が画面表示データを出力する場合には、表示データとともに色情報等の表示パラメータと、表示画を識別するために独立部分が与えた識別子を同時に送る。識別子は、ライトペン等による表示画の識別、あるいは画面の部分消去を行う場合に、独立部分と依存部分が特定の表示画を識別するために用いられる。

一方、環境独立部分と外部プログラムとのインタフ



- a : 応答要求 (メッセージ、ステータス)
- b : 返答 (文字列、識別子、座標)
- c : 表示データ出力 (表示データ、識別子、パラメータ)
- d : データ入力要求 (入力装置名)
- e : データ入力 (文字列、二次元図形、濃淡画像)

図 1 環境独立部分と環境依存部分のインタフェース
Fig. 1 Interface between environment independent part and environment dependent part.

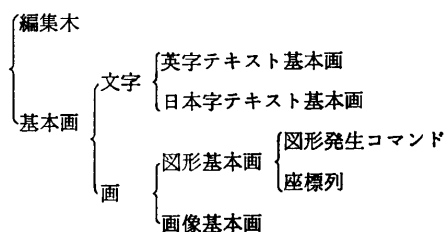


図 2 環境独立部分が操作する主要なデータ
Fig. 2 Principal data handled by environment independent part.

ュースは、DSE で作成した画面をほかのプログラムから利用する時に使用するもので、外部プログラムが独立部分を手続きとして引用する。独立部分は手続きの引数としてコマンドを受け取り、依存部分を通して入力されたコマンドに対する場合と同様に処理する。

4. 環境独立部分の機能




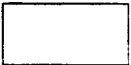


環境独立部分が操作する主要なデータを図 2 に示す。独立部分のおもな機能は、基本画の作成、画像処理、および編集木による基本画の組み立ての三つである。

4.1 基本画の作成

図 2 に示すように、基本画には内容の異なる四つの種類がある。英字テキスト基本画、日本語テキスト基本画は、それぞれ 1 文字が 1 バイトと 2 バイトで表現される文字列で、エディタによって作成される。図形基本画には、図形発生コマンドによって表現されるものと、座標列によって表現されるものとの二種類がある。前者は線分、円弧等の幾何図形および点線、矢印等の同一基本画でありながら、出現ごとにパラメータによって形状が異なり得る図形作成のために、DSE

表 2 基本画の例

Table 2 Examples of prototypal pictures.

基本画名	基本画	基本画名	基本画
PLOT	プロット用 作図プログラム	CIRCLE	
DRUM	ドラムスキャナー	LINE	
AD	A/D変換器	ARROW	
		DARROW	
SQUARE		DK	

のコマンドとして用意されているもので、画面表示する場合に座標列に変換される。一方、後者は複雑な図形あるいは特殊な図形の表現に用いられ、画像処理によって画像を線画化することによって、または外部から座標入力することによって作成される。座標の具体的な入力手段は環境依存部分によって決定される。画像基本画は濃度値配列として表現されており、外部からの画像入力、あるいは画像処理の結果として作成される。

表 2 に基本画の例を示す。基本画は基本画名で識別する。各基本画は属性として色と輝度の表示パラメータを持っており、これが後述する編集木の節の表示パラメータとともに、基本画の画面上での表示状態を決定する。

4.2 画像処理

画像処理機能は画像基本画を処理するためのもので、次の特徴がある。

(1) 画像処理演算子

画像処理手順は、画像処理演算子を用いた画像処理式で表す。画像処理演算子は、/演算子名 [処理パラメータ] の型をしており、単項演算子と二項演算子がある。単項演算子の被演算子は、演算子の左に書く。演算子間に優先順位はなく、() で囲まれていない限り、左から順に処理される。したがって、演算子の左側の式全体の値が、右の演算子に対する左被演算子になる。

一般に画像処理は、目的の画像を得るまでに原画像に対して試行錯誤の処理を施さねばならない。目的の画像に至る処理手順は、中間結果を確認しながらボトムアップに作られる場合が多い。上述の方法は、思考過程に記述順序、処理順序を一致させたものである。

(2) 履歴リスト

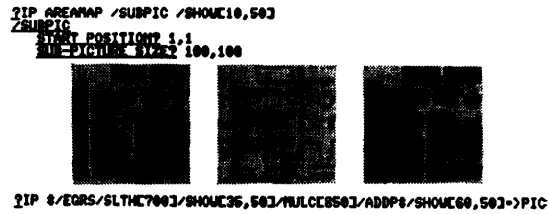


図 3 画像処理式による画像処理例
Fig. 3 Examples of image processing.

画像処理の結果得られた各画像基本画は、その画像を得るために原画像に対して施された画像処理式を、履歴リストと呼ぶ属性として持っている。履歴リストは処理の記録の役を果たすと同時に、処理手順の一部を変更して再処理を行う場合には、コマンドファイルの役を果たす。すなわち、履歴リストを変更した後に、履歴リストの内容に従って再処理を行うことが可能である。

図 3 に画像処理の例をあげる。アンダラインは計算機出力を示す。? は入力促進記号、IP は画像処理を行うことを示すコマンドで、オペランドに画像処理式を書く。“AREAMAP” は画像基本画の名前、/SUBPIC は部分画像を切り出す単項演算子である。/SHOW は表示を行う単項演算子で、これによって左端の画が表示される。処理パラメータ [10, 50] は正規化画面上での表示画像の原点位置の指示、演算結果の値は被演算子の画像そのものである。画像処理式の結果の画像は、演算子 “=>” によって代入すべき画像基本画名が与えられていない場合、作業用基本画として保存される。二つ目の画像処理式において、“#” は最初の画像処理式の結果得られた作業用画像基本画を示しており、/EGRS でエッジ検出、/SLTH でしきい値処理による二値化、/SHOW で結果の表示、/MULC [850] で全画素に 850 を乗算した後に、二項演算子 /ADDP によってもとの画像と加算して、結果を表示してから画像基本画 “PIC” に代入する。中央と右端の画は、この式で表示されたものである。

画像処理演算子の処理パラメータには、デフォルト値が定められており省略可能なものと、必ず指定しなければならないものがある。画像処理式中で後者を指定していない場合には、二行目の /SUBPIC の例のように、会話的に処理パラメータの入力を促す。

4.3 編集木による画面編集

表示画面は、編集木に従って基本画を組み立てることによって作成される。図 4 に表 2 の基本画を組み立

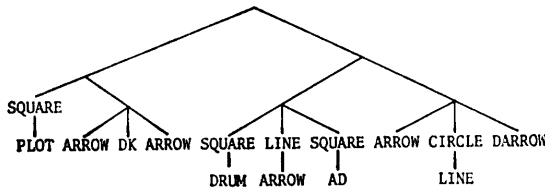


図 4 表 2 の基本面を組み立てる編集木の例
 Fig. 4 An example of a designing tree to compile prototypal pictures shown in Table 2.

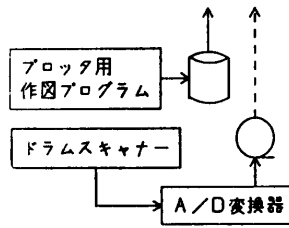


図 5 表 2 の基本面を図 4 の編集木で組み立てた画面
 Fig. 5 A scene edited by using prototypal pictures in Table 2 according to the designing tree in Fig. 4.

ための編集木を, 図 5 に完成した画面の例を示す。

編集木の各節は, 属性として一つの基本面名とその基本面に対する表示パラメータ, すなわち色, 輝度, 可視性, 座標変換量 (平行移動量, 回転角, 倍率) を持つことができる。座標変換量に従って, すべての基本面に対して二次元の移動, 回転, 拡大・縮小が施される。前述の基本面作成時に与えられた色と輝度の表示パラメータは, 節の対応する表示パラメータが省略された場合にのみ効力を発する。一般に, 複数の節に一つの基本面を属性として与え, 異なった表示パラメータで表示することができる。

基本面の画面への挿入削除, 移動回転等の編集操作は, 表 1 に示す画面編集コマンドによって, 編集木に節を挿入削除することで, あるいは節の属性を変更することで行われる。これらの編集操作は, 指定された節に対して (すなわち表示画面における視覚上は指定された節の属性である基本面を対象として), または指定された節を根とする部分木に対して (すなわち視覚上は部分木に対応する部分画面を対象として) 施すことができる。

表示画面を多くの節からなる編集木で表現することは, 編集を柔軟に行う上からは好都合である。しかし, ほかのプログラムが画面表示を行う場合には, 表示中に表示属性の変更を行う部分を

一つの節にまとめて扱うほうが, オーバヘッドを減少する意味からも, 木構造を単純化して扱いやすくなるためにも望ましい。そこで, これ以上編集する必要がなく, ひとまとめにして良い部分木は, 必要に応じて UNIFY コマンドでまとめることができる。UNIFY コマンドは部分木の節の属性である基本面を種類ごとにひとまとめにし, 座標変換等の操作を施して, 表示能率を最優先した基本面に再編集する。

5. 環境依存部分の機能

環境依存部分の機能は, 独立部分の想定しているモデルと現実の端末との整合を取ることである。

環境依存部分の実現環境の一例を図 6 に示す。端末には, クロスヘアカーソルによる座標入力, 輝度変調による濃淡画像表示可能な蓄像型グラフィックディスプレイを使用する。第 3 章に述べた独立部分が想定しているモデルの機能は, 現在, 依存部分で次のように実現されている。

- (1) 英文, 日本語文, 二次元図形 (座標), 画像 (濃度値) の入出力機能

英文の入出力機能, 図形, 画像の出力機能は端末に備わっているので, これらの入出力は端末に直接行う。日本語入力はタブレットを使用して行う。日本語出力は, 依存部分に JIS 第一水準約 3,000 字のストローク表現テーブルを持たせ, 線画として行う。図形入力は, キーボード, クロスヘアカーソル, タブレット, プロッタ作図用プログラム出力の四つから可能である。画像入力は, オンラインで使用できる装置がないため, オフラインのドラムスキャナ, A/D 変換器を用い, 補助記憶装置を介して行う。

- (2) ライトペン等による表示画の識別機能

表示画の識別機能の有無は編集作業の効率に大きな影響を与えるが, 蓄像型ディスプレイであるためにライトペンは使えない。そこで, 表示データとともに独

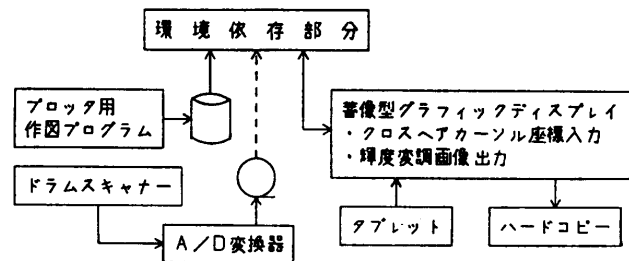


図 6 実現環境の一例
 Fig. 6 An example of realized environment.

立部分から送られてくる識別子に対応したラベルを表示画に付けた上で、表示画と同時にラベルをメニューとして表示する。識別機能を利用する場合には、ラベルをクロスヘアカーソルで指示して、ラベルの座標から表示画を識別する。

(3) 画面部分消去機能

蓄像型端末の特性上、画面の部分消去は不可能であるが、独立部分から送られる部分消去要求に対して、二通りの対応の仕方が考えられる。第一は無視してしまう方法、第二は全画面消去後、消去されなかった部分を再表示する方法である。画面編集時に部分消去機能を用いるのは、主として画面の一部分に移動、回転、拡大などの編集操作が施されて変更結果をフィードバックする場合であるが、変更前の画面に変更部分の画面を重ねて表示しても結果の確認は十分行い得るし、第二の方法を採用すると編集効率が悪化するので、第一の方法を採る。しかし、DSE がほかのプログラムから引用されて画面表示を行っている場合には部分消去が大きな意味を持つと考えられるので、全画面消去後、消去されなかった部分の識別子の表示要求を独立部分に送って再表示する。

図6は主として画面作成のための環境であるが、このほかに濃淡画像表示機能を持たないグラフィックディスプレイと、キャラクタディスプレイのために機能を制限した環境依存部分を作成しており、主として完成した画面の表示用に使用している。

6. 部分画面のライブラリ化と検索機能

画面作成者が自分の画面の一部分として共通に利用することのできる部分画面が、ライブラリとして用意されている。ライブラリは、それ自身がDSEで作成されているため、内容の追加、変更を容易に行うことができる。

ライブラリの内容を含めて、DSEに関するマニュアルは、次の特徴を持ったCAIシステム“BOOK”のコースウェアとして用意している。

- i) 各CAIコースウェアは通常の本と同様の外見をしており、目次、本文、索引から構成される。したがって、目次によって本文の内容の概要を掌握したり、索引によって必要な項目をさがしたりすることができる。
- ii) “BOOK”システムの構成要素の一つに情報検索システムがあって、“BOOK”システムに登録されているすべてのコースウェアにわたる情報検

索を行い、所望の情報の所在を提示するだけでなく、検索項目に合致するコースウェアの所定の部分を実行することによって、質問応答を行うことができる。

DSEの使用法に関しては、「DSE基本コマンド説明書」、「DSE画像処理演算子説明書」の二つのCAIマニュアルがある。一方、ライブラリの内容に関しては、CAIマニュアル「DSEライブラリ見本集」がある。「見本集」は、検索を容易にするために次の四つに分類されている。

- ・各種線分
- ・幾何図形
- ・縁飾り
- ・カット絵

これらのなかには図形発生コマンドによる図形も含まれている。図形発生コマンドは本来DSE固有のコマンドであってライブラリではないが、ライブラリと同様に画面作成者が共通に利用できる画面の構成部品であるとの見地から、ライブラリと同列に扱う。

DSEからは、表1に示した検索コマンドIRによって“BOOK”情報検索システムを呼び出すことができる。図7に、検索コマンドによって表示されたライブラリ部分画面の一例を示す。図7には同時に四つのライブラリ部分画面が表示されているが、おのおのが一つの編集木の部分木に対応づけられている。また、各画はプロッタ作図用に作成した応用プログラムの出力をDSEの入力として作成した基本画である。ライブラリとして作成された画面を表示用として使用したCAIコースウェアが「見本集」である。図7は、DSEから呼び出された“BOOK”情報検索システムが、さらに「見本集」を呼び出し実行した結果として表示されたものである。

「見本集」のなかから適当な画面がみつければ、表示された画面名をクロスヘアカーソルでピックアップし、DSEの編集モードにもどった後に、表1のINSERTコマンドによって挿入場所を指示する。

7. む す び

DSEを設計するに当たって環境独立部分と環境依存部分を分離し、独立部分が入出力装置のモデルに対して入出力するようにした理由の一つは、小さな機能しか持たない端末に対しては依存部分がモデルの機能をシミュレートして、DSEおよび作成された表示画面が、作成環境とは別のより大きな機能を持った端末に対しても、十分効果的に使用することができるようにするためであった。ところが、端末がモデルを超え

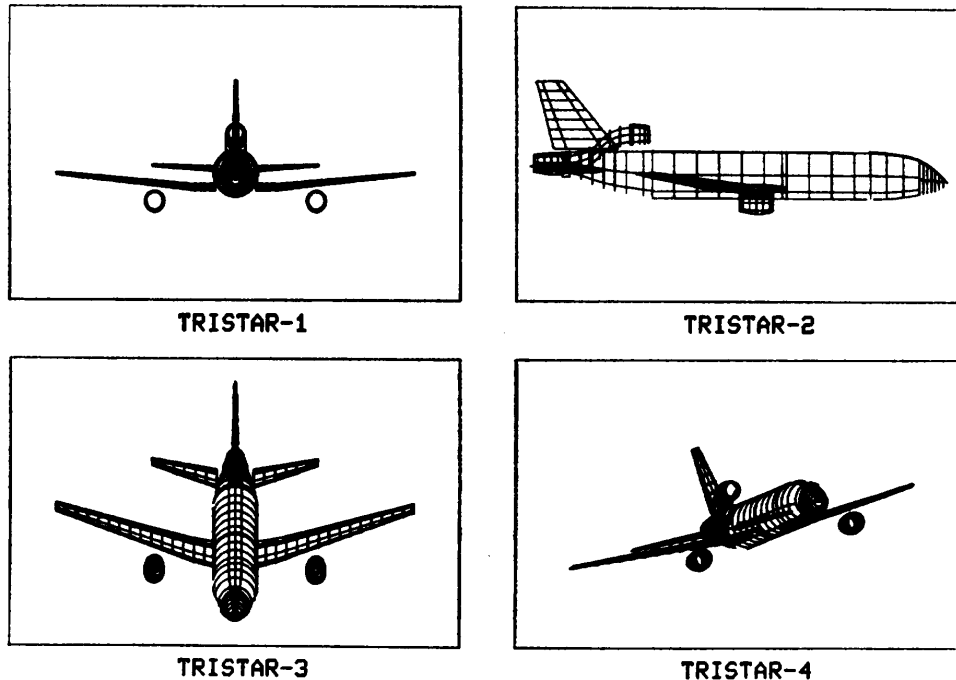


図 7 表 1 に示した検索コマンド IR で, 検索項目 “TRISTAR” を指定した結果表示されたライブラリの見本画面
 Fig. 7 Examples of library pictures displayed by “IR” command shown in Table 1.

る機能を持っている場合には, その機能を利用することができない. したがって, 適用可能な端末の範囲を広げるにはモデルの機能は大きいほうが良いが, 半面, 独立部分が大きくなり, オーバヘッドが増加して使用効率が低下する. また, モデルと実際の端末との機能差が大きくなると, モデルの機能を有効に生かすことができなくなったり, 依存部分が複雑になるという問題も生じる. したがってモデルの機能としては, 現在使用可能な端末および使用予定の端末の機能の和集会的なものを考えるのが最適である.

DSE は九州大学情報処理教育センターの ACOS 700 上に実現しており, CAI システム “BOOK” の表示用画面作成のため, およびコースウェア中で画面を表示するために使用している.

謝辞 DSE の画像処理部分の実現にあたって, 電子技術総合研究所提供の画像処理サブルーチンパッケージ SPIDER を利用させていただきました. また, 図 7 のトライスタの基本画作成には, 三菱重工業の南隆一氏が九州大学工学部航空工学科在学中に作成されたプログラムを利用させていただきました. 深く感謝いたします.

参 考 文 献

- 1) Sherwood, B. A.: *The TUTOR Language*, Computer-based Education Research Lab., University of Illinois (1977).
- 2) University of Illinois: *PLATO USER'S MEMO*, Technical Report (1977).
- 3) IBM manual: *Coursewriter III Author's Guide*.
- 4) 寺西俊晴, 末永康仁: 図面の組込機能を有する英文原稿編集システム, 電子通信学会論文誌 D, Vol. J64-D, No. 2, pp. 148-155 (1981).
- 5) 安部憲広, 東出正裕, 辻 三郎: 英文・図表清書システム FROFF について, 情報処理学会論文誌, Vol. 22, No. 3, pp. 198-205 (1981).
- 6) 平石裕実, 青木 豊, 矢島脩三: テレビ走査型計算機グラフィック表示装置を利用した図形編集システム GEST, 情報処理学会論文誌, Vol. 22, No. 6, pp. 557-564 (1981).
- 7) Otsuki, S. and Takeuchi, A.: A Unified C. A. L. System for Authoring, Learning and Managing Aids, *Computers in Education, Proc. IFIP TC-3*, pp. 249-256 (1981).
- 8) Status Report of the Graphic Standards Planning Committee, *Computer Graphics, SIGGRAPH-ACM*, Vol. 13, No. 3 (1979).

(昭和 56 年 12 月 7 日受付)

(昭和 57 年 3 月 18 日採録)