

グラフィック・ディスプレイ・ターミナルのための 端末作画システム†

高 藤 政 雄^{††} 小 林 芳 樹^{††} 浜 田 長 晴^{††}
平 沢 宏 太 郎^{††} 小 中 清 司^{†††}

グラフィック・ディスプレイ・ターミナル (GDT) は各種の分野で広く用いられてきているが、一方でこの GDT に表示する画面の作成に要する多大な計算機の負荷と作業量が問題になってきている。そこで筆者らはホスト計算機の負荷の軽減と作画時間の改善を目的として、従来のマイクロコンピュータ付 GDT と異なり、端末側に図形コマンドデータを格納するためのグラフィック・コマンド・リストを有し、図形の管理および操作機能、グラフィック・サブルーチン機能等を実現するのに適した端末作画システム (TIPS) を試作した。本作画システムは図形、画面の再利用、文字列コマンドの編集、図形の操作等により修正しやすいシステムを GDT 側で実現している。筆者らは実験により従来の作画方法と比較し、40~50%の作画時間の短縮が図られること、また、文字列コマンド編集機能の効果として20~30%の作画時間の改善が図られることを明らかにした。さらに会話時の応答性についても、実用上問題ないことを示した。

1. ま え が き

グラフィック・ディスプレイ・ターミナル (以下、GDT と略す) は各種の分野において、マンマシンコミュニケーションの質の向上のために広く用いられてきている^{1),2)}。最近、GDT はホスト計算機の負荷を軽減するために高機能化される傾向にあるが³⁾、さらに使いやすさの向上および高応答性が望まれている。とくに計算機制御システムでは制御方法が複雑になるに伴い、表示画面数が増大するとともに画面そのものが複雑になってきている。そのためそれら画面の作成に多大の作業量を必要とし、全体のソフトウェア開発コストのかなりの部分を占めるようになってきており、画面の作成および修正が容易であることが望まれている。

この種のディスプレイ装置における画面データの作成方法としては、(1)データを数値化してカードなどによりバッチ的に作画する方法、(2)図形表示用サブルーチンパッケージをプログラムから呼び出すことにより作画する方法^{4),5)}、(3)CRT を用いた会話形式の作画であるが、作画処理はホスト計算機で行う方法⁶⁾、

および(4)CRT による会話形式の作画で、ホスト計算機を必要とせずに端末のみで作画する方法が考えられる。

従来、(2)および(3)については数多くの報告がなされており、(4)についても(2)を端末側で行う方法、言い換えれば端末で BASIC 等からサブルーチンパッケージを呼び出すことにより作画を行う方法が紹介されている。しかし、GDT 側に図形コマンドデータを格納するためのグラフィック・コマンド・リストを有することにより仮想画面機能 (CRT 表示画面の物理的大きさを越えた論理的空間上の図形を CRT 画面上の任意の位置に任意の倍率で表示する機能)、図形の管理、操作機能、グラフィック・サブルーチン機能等を実現するマルチマイクロプロセッサ構成の GDT のみで会話形式の作画を行うシステムの設計および評価に関する文献は少ない。

筆者らはホスト計算機の負荷を軽減し、作画時間を改善するために図形、画面の再利用、メニューの表示、文字列コマンドの編集、図形の操作等による修正の容易さを特徴とする端末作画システム (Terminal Interactive Picture-generation System: TIPS) について検討し、試作を行った。

本稿では本作画システムの開発方針、作画オペレーション、特徴的な機能および処理について述べ、本作画システムによる作画例を示し、最後に作画システムの評価結果について述べる。

† Terminal Interactive Picture-generation System for Graphic Display Terminal by MASAO TAKATOO, YOSHIKI KOBAYASHI, NAGAHARU HAMADA, KOOTAROO HIRASAWA (Hitachi Research Laboratory, Hitachi Ltd.) and KIYOSHI KONAKA (Hitachi Process Computer Engineering Ltd.)

†† (株)日立製作所日立研究所

††† 日立プロセスコンピュータエンジニアリング(株)

2. 端末作画システム (TIPS)

TIPS は筆者らが最近試作した GDT 上で稼動するシステムであるが、この GDT の概要についてはすでに報告されている文献^{7),8)}を参照されたい。本章では、TIPS の設計方針、作画オペレーション、特徴的な機能および処理について述べる。

2.1 システム設計の基本方針

TIPS の設計に際して筆者らが採用した方針は以下のとおりである。

- (1) 会話形式の作画システムとする
- (2) 修正が容易な作画機能をサポートする
- (3) 図形および画面データの再利用を可能にする
- (4) 端末での画面の作成および管理を可能にする
- (5) 応答性の良い作画システムとする
- (6) メモリの有効活用を図る
- (7) 最小入出力装置による作画システムとする

上記(1)~(3)および(5)は使いやすさの向上をねらったもので、(4)は画面作成時のホスト計算機の負荷軽減を目的としている。また、(6)および(7)は安価なシステムの実現をねらっており、(6)はさらに8ビット汎用マイクロプロセッサ採用によるアドレス空間の制限を克服することを目的としている。また(7)ではベーシックとしてキーボードおよびフロッピーデ

ィスクからなるシステムをサポートし、オプションとしてライトペンあるいはタブレットによる作画を順次検討することとしている。

2.2 TIPS の作画オペレーション

TIPS における作画オペレーションの状態遷移を表1に示す。本作画オペレーションの特徴は下記のとおりである。

(1) TIPS では会話形式の作画システムとするためユーザが画面に表示されるメニューに従って作画できるような考慮している。

(2) 作画がトップダウンに行われるよう作画オペレーションを3レベルに分類し、表中の各レベルの○で示す遷移状態に対応させてメニュー画面を備えている。作画オペレーションの3レベルは下記のとおりである。

(a) 第1レベル：マクロにグラフィック・サブルーチン（繰返し使用される共通図形）の集合であるグラフィック・サブルーチン・ブロック (GSB)、図形要素の集合である画面等の処理対象を指定し、その処理対象に対する処理内容を指定する最上位のレベル。

(b) 第2レベル：第1レベルで指定された処理対象の処理に必要なデータを入力し処理する中間レベル。

(c) 第3レベル：処理対象を構成する要素（グラ

表 1 TIPS における作画オペレーション
Table 1 Picture generation operation in TIPS

レベル	作画オペレーションのレベル	作画オペレーションの遷移図	作画オペレーションの具体例
1	処理対象の処理内容指定レベル		<ul style="list-style-type: none"> ・グラフィック・サブルーチン・ブロック (GSB) ・画面 (PIC) ・システム情報 の指定*1 <ul style="list-style-type: none"> ・GSB/PIC新規作成 ・GSB/PIC修正 ・GSB/PIC削除 の指定*2
2	処理対象処理レベル		<ul style="list-style-type: none"> ① GSB/PIC属性定義 ② " 構成要素生成指示 ③ " 登録 ④ " 修正 ⑤ " 呼出し ⑥ " 構成要素操作指示 ⑦ " 削除
3	処理対象構成要素処理レベル		<ul style="list-style-type: none"> *3: 図形要素の移動、拡大、回転、反転、色替え、削除の指示 *4: 文字列コマンドの実行、挿入、削除、修正、スクロールの指示

①~⑦は表2の処理に対応する。→は標準作画オペレーションの流れを示す。

表 2 図形要素、画面処理の一例
Table 2 An example of graphic elements & pictures processing.

処理	文字列コマンド表示画面	文字列コマンドエリア	図形コマンドデータエリア*	画面テンポラリファイル	図形表示画面
① 図形要素生成	VEC..... CIR..... CIR..... ・実行キー押下 ・スクロールキー押下	VEC..... VEC..... CIR..... CIR.....		GE1 GE2	
② 図形要素修正 (挿入)	VEC..... ■ CIR..... CIR..... ・挿入キー押下	VEC..... VEC..... CIR..... CIR.....		同上	
	VEC..... BOX..... CIR..... CIR..... ・実行キー押下	VEC..... VEC..... BOX..... CIR..... CIR.....		同上	
③ 図形要素登録	同上	同上	同上	GE1 GE2 GE3	同上
④ 画面登録	REGISTER PIC-NAME (RIVER) ・FORWARD キー押下		画面1(DEMO1) 画面2(DEMO2) 画面3(RIVER)	同上	
⑤ 画面削除	DELETE PIC-NAME (DEMO2) ・FORWARD キー押下		画面1(DEMO1) 画面3(RIVER)		
⑥ 画面呼出し/修正	CALL PIC-NAME (RIVER) ・FORWARD キー押下	GE1 GE2 GE3	同上	GE1 GE2 GE3	
⑦ 図形操作(削除)	DELETE GE-NO(2) ・FORWARD キー押下	GE1 GE3	同上	同上	

↑↓ : コマンド実行済の範囲, ⇔ : データの流れ, * : 1 図形要素, ** : 1 画面

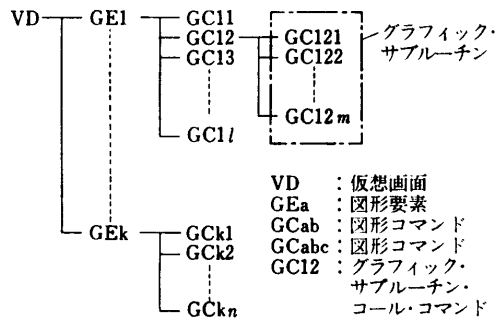


図1 図形データ間の関係

Fig. 1 The relation among graphic data.

フィック・サブルーチンあるいは図形要素)の生成および操作を行う最下位のレベル。

ここで、図形要素とはユーザが指定する識別番号をもつ任意の図形の集りで、この単位で(直線, 円, 文字等の基本図形に対応する)図形コマンドデータは管理され, 表示, 消去および回転, 移動等の図形操作が行われる。上記画面(仮想画面に対応する), 図形要素, グラフィック・サブルーチンおよび図形コマンドの関係を図1に示す。

(3) ユーザの使いやすさ向上のため TIPS では作画オペレーションが基本的には FORWARD キーおよび文字列コマンド実行キー(以下, 実行キーと略す)のみにより上記表1中の矢印の方向に沿って行われるよう考慮している。また, 作画途中での下位レベルから上位レベルへの移行のために BACK キーを備えている。この BACK キーにより現レベルの現時点までの処理が無効になり, 現レベルの一つ上位のレベル中で最も近い遷移状態に移行する。なお, 標準作画オペレーションの流れは表1の→で示される。

2.3 TIPS の機能

ホスト計算機の負荷軽減および作画時間の改善を目的とした TIPS に前述の設計方針に沿った各種の機能をもたせた。ここでは表2に示す図形要素および画面の処理を例にとってその特徴的機能について述べる。なお, 表中⇔はデータの流れを示す。

(1) メニュー表示機能

前節で述べたように TIPS の作画は, システム側で表示したメニューをオペレータが選択し, 必要な情報をキー・インすることにより行われる。これによりグラフィック・サブルーチン, 図形要素, 画面等の生成, 登録, 削除が容易に行われる。

(2) 文字列コマンド編集機能

一般に従来の GDT では, 文字列コマンド実行によ

る図形表示後, 該図形の部分修正を行うことは困難であった。そのためコマンド実行前に所望の図形が得られるかを文字列コマンドレベルでチェックする必要があり, 図形レベルの視覚的チェックに比較して時間を要した。本システムでは, 図形の部分修正は文字列コマンド編集(挿入, 削除, 修正, スクロール)機能により実行され, 修正部分に対応する文字列コマンドの表示はスクロール機能により行われる(表2②)。

表中の文字列コマンド表示画面中の点線は文字列コマンド表示領域を示し, 文字列コマンドエリアのこれに対応する点線間の部分が表示されることを示している。なお, 本システムではユーザは, 文字列コマンド表示画面と図形表示画面とを重ね合わせて表示する際にコマンドと図形の重なりを避けるように文字列コマンド表示領域の大きさを任意に指定できる。そのため点線間以外にある文字列コマンドはスクロール機能により表示され, 確認される。表2⑤に文字列コマンド挿入の例を示す。挿入キーの押下により作成中図形要素のみイレースされ, カーソル位置(文字列コマンド表示画面中の■)の1行上のコマンドまで再実行される。そしてカーソル位置に必要なコマンドを入力後, 実行キーの押下によりカーソル位置以下のコマンドが再実行され, それに対応した修正画面が表示される。すなわち, 表中の↓で示される範囲の文字列コマンドが実行され, それに対応した図形が図形表示画面に表示される。

なお, ファイル登録済画面の部分修正のために画面上図形のサーチ処理および図形データ-文字列コマンド逆変換処理が必要である。

(3) 図形データ管理機能

図形要素登録(表2③)は FORWARD キーの押下により行われる。該画面で必要とする全図形要素の生成, 登録後, 画面登録機能(表2④)により該画面を画面テンポラリファイルから画面マスタファイルへ登録する。また, 不要画面は画面名称を指定して削除(表2⑥)できる。

さらに, 画面呼出し/修正機能(表2⑦)により新画面作成における他画面の再利用および作成済画面の修正が可能である。

(4) 図形要素操作機能

作成済画面の修正は図形要素操作機能(表3参照)により図形要素単位で可能である。表2⑧は図形要素(GE2)の削除の例を示している。

(5) エラー通知機能

表 3 図形操作機能一覧表

Table 3 The table of figure manipulation function.

種類	機能
1 移動	画面上任意の位置への移動
2 拡大	画面上任意の位置を中心とした拡大(縮小)
3 回転	画面上任意の位置を中心とした回転
4 反転	X軸またはY軸に平行な直線を軸とした反転
5 色替え	指定された色への変更
6 削除	グラフィック・コマンド・リストからの削除および画面上からの消去

作画オペレーションにおけるオペレータの入力誤りに対し、(a)ブザーを鳴らし、(b)エラーメッセージを赤色表示し、(c)カーソルをブリンクさせ、エラー位置へ設定することによりオペレータの注意を喚起し、修正をスムーズにしている。

(6) デフォルト値指定機能

最も頻繁に使用されるデータをあらかじめデフォルト値としてシステム側で定義するとともに必要に応じてオペレータが指定できる。これによりキー・インすべきデータ量が減少し、作画時間が短縮される。

2.4 TIPS の処理

前節では TIPS の機能的特徴について述べたが、本節ではその機能を実現する上での処理上の特徴について述べる。図 2 に画面作成におけるデータ管理および

処理の概要を示す。同図において①は 1 図形要素の作成、修正の処理フローを、②は 1 画面の作成、修正の処理フローを示す。

(1) マルチマイクロプロセッサによる並列処理

従来の GDT は、文字列コマンドおよび図形の処理を汎用マイクロプロセッサで行っているのに対し、本 GDT は文字列コマンド処理 (図 2 の①) および図形描画処理 (図 2 の②) をそれぞれ、汎用マイクロプロセッサであるメイン・プロセッサおよび図形描画専用のグラフィック・プロセッサで並列処理することにより、従来の GDT に比較して数倍以上の図形の高速表示、高速操作を実現している。

(2) メモリの時分割活用

TIPS では汎用マイクロプロセッサのアドレス空間の制限 (8 ビットマイコンの場合通常 64 kB) を克服し、主記憶を有効活用するために表 4 に示すように主記憶上にあるグラフィック・コマンド・リストを処理内容に応じてサブルーチンエリア、図形コマンドデータエリア、文字列コマンドエリア、転送用バッファエリアと時分割で使用している。表中の→は図形データの流れを示している。

(3) プログラムのオーバレイ構造化

(2)と同様にマイクロプロセッサのアドレス空間の

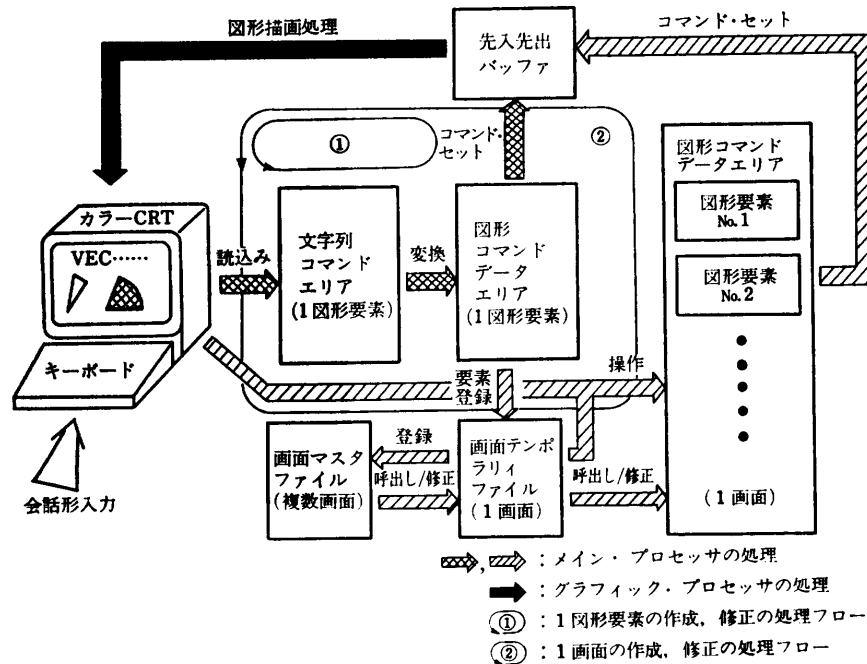


図 2 画面作成におけるデータ管理および処理の概要

Fig. 2 The outline of data management & processing on picture generation.

表 4 メモリの時分割活用

Table 4 Time sharing use of RAM.

項番	処理内容	テンポラリファイル (フロッピーディスク)	グラフィック・コマンド・リスト (RAM)				マスタファイル (フロッピーディスク)
1	図形要素生成		制御情報 エリア	サブルーチン エリア	図形コマンドデータ エリア(1図形要素)	文字列コマンドエリア (1図形要素)	GSB マスタ
2	図形要素登録	画面テンポラリ	同上	同上	同上	転送用バッファエリア (1図形要素)	
3	図形要素操作	画面テンポラリ	同上	同上	図形コマンドデータエリア(1画面)		
4	画面登録	画面テンポラリ	同上	転送用バッファエリア (1画面)			画面 マスタ
5	画面呼出し 画面修正	画面テンポラリ	同上	同上			画面 マスタ
			同上	サブルーチン エリア	図形コマンドデータエリア (1画面)		GSB マスタ

* GSB (Graphic Subroutine Block)

* 本表は図形要素 & 画面の処理の場合を示すが、グラフィック・サブルーチン & GSB の場合も同様

制限により TIPS のプログラムエリアも制限されざるをえない。そのためプログラムを処理対象 (GSB または画面) ごと、さらには処理対象の処理内容ごとにオーバーレイ構造化し、各上位プログラムで端末の DTOS (Display Terminal Operating System) の OS マクロを用いることによりフロッピーディスクから必要なプログラムを呼び出すようにしている。

(4) 図形コマンド形式の記憶

画面データを図形コマンド (エンコードされた擬似命令) 形式で記憶しているのが従来の GDT のように文字列コマンド (たとえば ASCII コード) 形式で記憶するのに比較して、RAM およびフロッピーディスクメモリの容量は 1/2 以下で済む。

(5) 電源ダウン異常に対処

完成した図形要素をフロッピーディスク内のテンポラリファイルに登録することにより、作画途中での瞬時停電を含む電源ダウンによる画面データの消滅を防いでいる。

3. 作画例

図 3 および図 4 に文字列コマンドを用いて図形要素を生成した例を示す。図 3 はキー・インした文字列コマンド例を、図 4 はそれに対応した図形要素を示す。

図 3 の文字列コマンド表示画面の最上位に示される「**DEFAULT FUNC=DIR, ADRMD=ABS, ...」は作成中の図形要素に対するデフォルト値を示しており、これは 2.3 節 (6) で述べたようにシステ

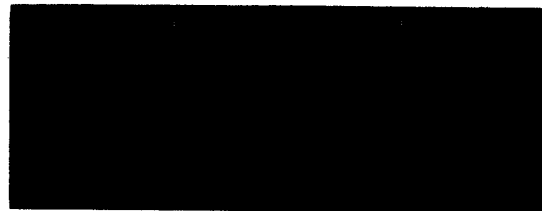


図 3 図形要素生成機能の一例 (文字列コマンド入力例)

Fig. 3 An example of generating function of a graphic element (An input example of literal commands).

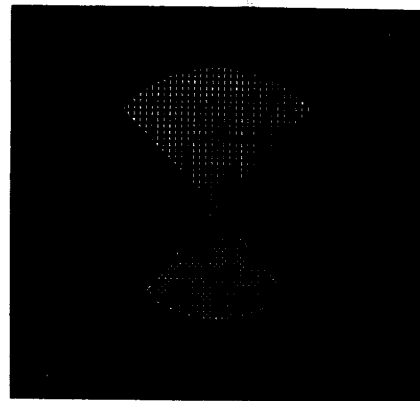


図 4 図形要素生成機能の一例 (図形要素表示例)

Fig. 4 An example of generating function of a graphic element (A display example of a graphic element).

ム側が標準的に指定した値あるいは画面生成に際してオペレータがあらかじめ標準値として指定した値であ

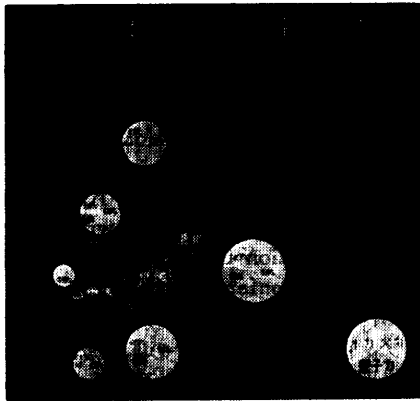


図 5 TIPS による作画例

Fig. 5 An example of picture generation by TIPS.

る。ここでは線、面などが後書き優先で描かれていること (FUNC=DIR), 座標値の指定が絶対座標形式であること (ADRMD=ABS) 等を意味している。オペレータはこれら標準値と異なる値を必要とする場合のみ、必要なコマンドおよびデータを入力すればよいので作画時間が短縮される。図 3 において上から 3, 4 行目の直線および円のコマンドに対応する図形はデフォルト値の緑色で描かれている。

図 5 に TIPS を用いて作成した画面の一例を示す。

4. 端末作画システムの評価

作画システムのおもな評価項目として、作画時間の改善率と会話時の応答性があげられる。

4.1 作画時間の改善率

従来のセミグラフィック・ディスプレイ・ターミナル⁹⁾で表示可能な数種類の画面について、セミグラフィック端末作画システム (SEMI) と本システム (TIPS) の作画時間を比較することにより、40~50%の

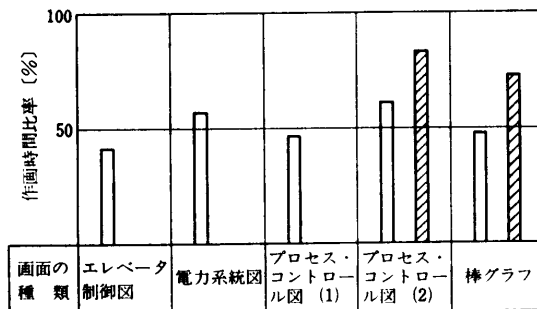


図 6 作画時間の改善結果

Fig. 6 Experimental result of picture generation time improvement.

□: TIPS/SEMI の作画時間比, ▨: 文字列コマンド編集機能有/無の作画時間比 (TIPS), TIPS: 本グラフィック端末作画システム, SEMI: セミグラフィック端末作画システム。

作画時間の短縮が図れることを確認した (図 6)。これは、従来のセミグラフィック端末作画は任意画素 (図形を構成するためのたとえば 7×8 ドットからなるパターン) の組合せにより行うのに対し、TIPS では直線、円等のコマンドにより容易に作画できるためである。さらに、セミグラフィック・ディスプレイ・ターミナルで表示困難な (任意の直線、円、面等の多い) 画面の作画に関しては、より以上の改善率向上が図れると考えられる。

また、文字列コマンド編集機能 (2.3 節(2)) の効果を該機能を用いた場合および用いない場合で同一画面を作成することにより求めた。その結果、20~30%の作画時間の短縮が図れることを確認した (図 6)。

さらに、TIPS における作画時間は作画の順序 (たとえば、面の塗りつぶしの順序)、準備するグラフィック・サブルーチンの種類等によりばらつきが生ずることが明らかになった。

4.2 会話時の応答性

TIPS における応答性は以下の 2 点に集約される。

(1) TIPS による画面作成で最も出現頻度の多い文字列コマンド実行の応答時間は 35~50 ms である。

(2) フロッピーディスクアクセスを必要とするメニュー画面切替えやグラフィック・サブルーチン、図形要素、画面の登録等における応答時間は 0.3~5 秒であるが、フロッピーディスクアクセス頻度を考慮した平均応答時間は約 2 秒であり、また最も応答性の悪い画面登録 (約 5 秒) は通常一画面の作成につき 1 回である。

以上のことから TIPS は応答性の面で実用上問題ないと考えられる。

5. むすび

以上、ホスト計算機の負荷軽減および作画時間の改善を目的とした端末作画システム (TIPS) について述べた。本システムは、メニュー表示機能、文字列コマンド編集機能、図形操作機能等を備えた会話形システムで、従来システムに比較して 40~50% の作画時間の短縮が図られること、文字列コマンド編集機能により 20~30% の作画時間の改善が図られることおよび会話時の応答性についても実用上問題ないことを明らかにした。

今後、さらに使いやすさを向上させるために、図形コマンドから文字列コマンドへの逆変換処理、ライトペン、タブレット等による作画サポート、アプリケー

ションプログラムの表示制御部分の標準化等について検討を進める必要がある。

謝辞 終りに、本研究の遂行にあたり日頃ご指導いただく日立製作所大みか工場、桑原洋部長、同中央研究所、川本幸雄博士両氏をはじめ、多くの関係各位に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Machover, C. et al.: Graphics Displays, *IEEE Spectrum*, Vol. 14, No. 8, pp. 24-32 (1977).
- 2) Myers, W.: Interactive Computer Graphics: Poised for Take Off?, *Computer*, Vol. 11, No. 1 pp. 60-74 (1978).
- 3) Carlson, E.D. et al.: Graphics Terminal Requirements for the 1970's, *Computer*, Vol. 9, No. 8, pp. 37-45 (1976).
- 4) 坂口寿一他: 図形処理システム GDSP-6, *東芝レビュー*, Vol. 32, No. 7, pp. 570-574 (1977).
- 5) 平山正治他: TSS 端末における会話型図形表示用ソフトウェア・システム, *情報処理*, Vol. 18, No. 2, pp. 158-164 (1977).
- 6) 今井真澄他: CRT ディスプレイ用画面編集・表示管理システム, *情報処理*, Vol. 19, No. 9, pp. 825-830 (1978).
- 7) Takatoo, M. et al.: Software Architecture of a Graphic Display Terminal with Interactive Picture Generation Capability, 6th IFAC/IFIP International Conference (1980).
- 8) 小林芳樹他: 高機能ディスプレイ端末のためのグラフィック・プロセッサの開発及びその評価, *情報処理学会論文誌*, Vol. 22, No. 2, pp. 129-138 (1981).
- 9) 桑原 洋他: H-7847C形プロセスディスプレイ装置, *日立評論*, Vol. 60, No. 8, pp. 61-66 (1978).
(昭和55年10月8日受付)
(昭和56年12月17日採録)