

# 図形処理端末のための分散処理方式の開発とその評価

仁尾 都 (日立製作所日立研究所), 片岡 秀雄, 越智  
利夫 (ソフトウェア工場), 竹屋 弘史 (旭工場)

## 1. まえがき

従来のCAD分野では、専門分野向けのスタンダードシステムが主流となっていたが、この大きな理由の一つとして、中央計算機にグラフィック端末をTSS回線接続すると大巾に応答性が劣化することがあげられていた。この対策として、最近、端末内に作画データ記憶メモリを所有させ回線接続による転送速度の遅さをカバーし表示性能を向上させる方法が一般化しつつある。また、ワイアフレームやソリッドモデルに適するように端末側に記憶する図形データの3次元化を行なった例などもあるが、いずれも表示高速化を狙ったものである。入力機能に関しては、国際グラフィック標準インタフェースであるGKSやCOREのいう点座標<sup>(1),(2)</sup>や文字列を入力単位(入力プロミット)とすることだけが行なわれていたり、一層の入力デバイス抽象化を狙った試みが行なわれているが、<sup>(3)(4)</sup>端末の入力高機能化については十分な研究が行なわれていなかったといえよう。

しかしながら、CAD/CAEにおける端末の入力操作時には、次のような特徴点が見られる。

(1) コマンドメニュー選択によるオペレータ主導型の操作となる。

(2) 入力データの種別が、文字列・孤立座標点・連続座標点群(ストローク)・図形要素(ピク)等と数多い。

(3) 入力機器の単位時間におけるタッチ数が多い。

(4) 入力中のデータの修正が多い。

(5) コマンドのパラメータの入力案内が必要不可欠で誤入力チェックが必要。

これらのため、中央計算機と端末とのデータ通信回数は非常に多く、多量の入出力を不得手とするTSS端末を利用すると、十分な応答性が得られない。本研究の第1の課題は、端末の入力機能を強化することによりデータ通信回数・量共に大巾に削減し、応答時間の平均とばらつきを小さくすることである。

第2の課題は、中央計算機側の応用ソフトウェア稼動環境がシングルタスクであり、かつ、通信手段が同期的入出力に限定されている一般的な条件のもとで、尚かつ、上記(1)~(5)の対策を可能とする非同期処理方式を開発することであった。尚、端末側に作画データメモリを所有することにより、応答性向上を図ることについては、本端末でも実現しているが、ここではふれない。

## 2. 端末分散処理方式

2.1では分散処理方式の概略を、2.2では端末の処理分担方式を、2.3以降はコマンドの入力と処理の同期方式について述べる。

### 2.1 コマンドの設定とその分散処理方式

本端末システムでは、データ入力、中央計算機への転送、応用ソフトによる処理など、すべての処理はコマンド単位で行なわれるとした。コマンドの形式は以下の通りである。

コマンド = コマンド名 + パラメータ1 + パラメータ2 + ... + パラメータn  
このコマンド処理を、次の4ステップに分けた。

(1) 入力データを編集し、コマンドを生成する。... 入力ステップ

(2) コマンドを前処理する。・・・前処理ステップ

(3) 応用プログラムがコマンドを実行する。・・・応用処理ステップ

(4) 応用プログラムが実行結果として転送する端末処理指令を、端末が後処理する。・・・後処理ステップ

分散処理のために、応用処理ステップだけをホストコンピュータに分担させた。その処理の流れを図1によって説明する。

コマンド入力プログラムは、デザイナーが次々と入力するデータを整理・編集してコマンドを生成する(①)。1コマンドの入力が完了したら、そのコマンドの前処理を実行させたのち(②, ③), コマンドを応用プログラムに転送する(④, ⑤)。応用プログラムでは、端末による前処理だけでは不可能な、複雑な大規模処理をコマンドに施し、その処理結果を端末に反映させるため、種々の端末処理指令を端末に伝える(⑥, ⑦)。

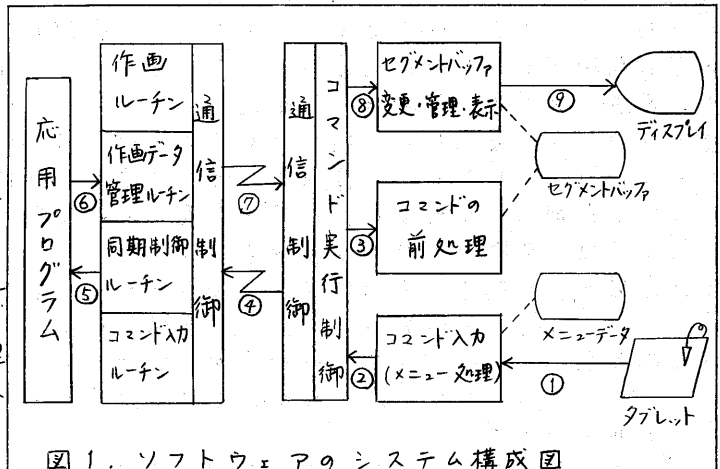


図1. ソフトウェアのシステム構成図

端末処理指令をホストから受け取った端末は、後処理ステップとして、応用プログラムの要求通りに端末側に格納している作画データを変更し、それを管面に表示する(⑧, ⑨)。

図2は、本端末システムのハードウェア構成図である。ディスプレイは、蓄積管形とリフレッシュ形(ラスタスキャン方式)の利用を可能とし、目的によって使い分ける。

図3は、端末外観図である。

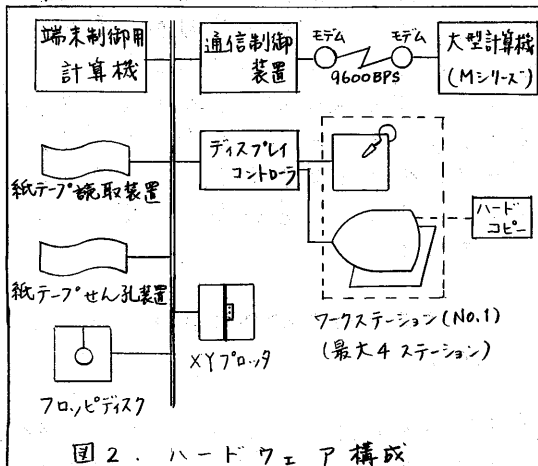


図2. ハードウェア構成

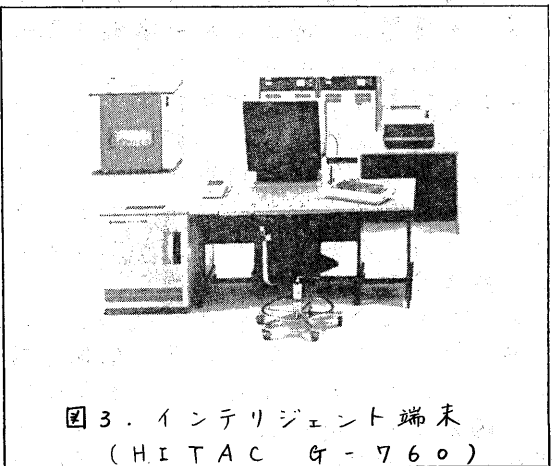


図3. インテリジェント端末  
(HITAC G-760)

## 2. 2 X=mouseによるコマンド単位の端末入力

本システムでは、ホストのシングルタスクによる応用処理と端末のコマンド入力処理とを平行処理することを可能とするために、応用ソフトが指定する全コマンドの端末入力実行制御指令プログラム(以降、X=mouseデータと呼ぶ)を、端

末に記憶・管理・実行する機能を与えた。そのために、本端末では、コマンドのパラメータの種類としては次の3種を設定した。

- ・C種パラメータ；文字パラメータ（キーボード）
- ・P種パラメータ；点座標パラメータ（ロケータ）
- ・E種パラメータ；要素パラメータ（ピック）

応用システムは、その所有するコマンド毎に、そのパラメータの個数や種類、及び、E種のパラメータ毎のディテクトアビリティ変更情報、更にはそのコマンドの入力後、まず、端末側で前処理する内容等を、本システムの設定したメニュー定義言語によって自由に定義できる。従って、本端末は、汎用的に開発されたものでありながら、ユーザの記述通りの、コマンド単位の入力機能を持つことができる。

## 2. 3. コマンドの分類と非同期処理

本システムでは、コマンドを次の3つのタイプに分類した（図4）。

- (1) THT型コマンド・・・処理ステップの省略なし
- (2) TH型コマンド・・・後処理を省略可
- (3) T型コマンド・・・応用・後処理を省略可

コマンドが、T、TH型の時は、それらのコマンドの入力と処理とが非同期に処理されても、応用ソフトが、それらのコマンドの先行端末処理内容をあらかじめ定義することができるので、端末内に記憶されている作画データの状態と、応用ソフトが自身で管理している作画データとの間には、くい違いが生じない。従って、ホスト側におけるTH型コマンドの応用処理と、端末のコマンド入力処理とを、平行的に行なわせることができる。

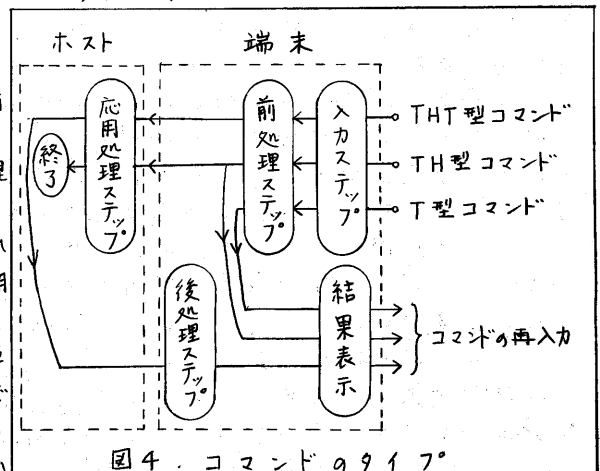


図4. コマンドのタイプ

しかしながら、THT型のコマンドの場合、コマンドAが先に入力された場合次のコマンドBの入力が、中央計算機の応用ソフトによる応用処理のどの時点で開始可能になるかは、Aの固有の性質による。そこで、本システムでは、応用ソフトが、端末に入力可能となる時点を連絡する機能を設け、端末での入力応答を極力早くした。一方、次のコマンド入力を無条件に許可できるコマンドもあるので、コマンド毎にホスト入力指示待の不要の属性を、メニューデータの中に入れておくことができるようにした。これにより、端末は、オペレータから入力されたTHT型コマンドをホストに転送した後、即座に次のコマンドを入力させるかあるいは、ホストからの入力指示指令を待って入力させるかを、自動的に知ることができる。

## 2. 4 表示処理の同期

使用する表示管が蓄積管型の場合、再表示のための管面の全面イレーズを与える、デザイナーの目の疲労が大きく、また、再表示に要する時間が長いため、極力これを避ける必要がある。従って、本システムでは、1つのコマンドの応用処

理中に、複数個の図形修正指令を端末に発行する場合、最後の修正指令を発行した直後に、複数個の図形修正に伴う管面への図形再表示を一括して実行する表示指示待解除指令を、応用ソフトが発行できるようにした。このような指示を行なう場合、入力処理の同期実現方式と同様、そのコマンドに表示指示待の属性を与えればよいようにしている。

## 2.5 即時及び非即時実行モードの設定

2.4では、同一コマンド処理内の管面イレーズの回数を削減する方法を説明した。しかし、一層の削減を目的として、非即時表示モードの概念を設定した。非即時表示モードでは、オペレータが一括表示指示コマンドという基本コマンドを入力しない限りは、いかなる種類の端末処理指令コマンドが端末に到着しても端末作画データの変更はするが、結果は管面には表示しないとする。これによりコマンド複数個で1回の管面イレーズにとどめることができる。同様に、入力に関しても、本システムでは、即時入力モードと非即時入力モードとの2つを設定した。非即時入力モードとは、1つのコマンドが入力されると、そのコマンドの応用処理が完結するまでは、次のコマンドの入力が許可されないモードである。これらの各モードを組み合わせると、即時表示・非即時入力モード、非即時表示・即時入力モード、即時表示・即時入力モードの3つが利用できる。以下に、各モードの相果を説明する。コマンドの処理を、便宜上、ここでは、入力(前処理を含む)、応用処理、転送、表示処理の4ステップとし、第 $i$ 番目に入力されるコマンドの各処理ステップを、 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ 、 $\gamma_i$ 、 $\delta_i$ と表現する。たとえば、3個のコマンドを、即時表示・非即時入力モードの手順で入力すると、図5のケースAに示す如く、シーケンシャルに処理される。この手順が、従来からの対話

形システムでは一般的であった。ケースBは非即時表示・即時入力モードにした場合のコマンド処理手順を示したものである。尚、第4番目のコマンド $\epsilon$ は一括表示開始指示コマンドである。ケースBで第2コマンドがホスト入力指示待になっている場合を示したのがケースCである。ここでは、 $\alpha_3$ は、 $\beta_2$ 実行直中に、入力開始指令を端末が受信し、これを実行した段階で開始される。第1コマンドがホスト入力指示待の属性を与えられていないので、 $\alpha_2$ は、 $\alpha_1$ の直後から開始される。 $\beta_3$ は、ホストにおいて $\gamma_2$ が完了するまで待たされる。ケースBでは、全ての $\alpha_i$ が、またケースCでは $\alpha_2$ 、 $\epsilon$ が、 $\beta_i$ の処理開始時点には影響されないで、オペレータは、コマンドの連続入力を円滑に行なうことができる。更に、強調すべきことは、 $\alpha_i$ や $\epsilon$ 等の端末でのコマンド入力処理中にも、 $\beta_j$  ( $j < i$ )等

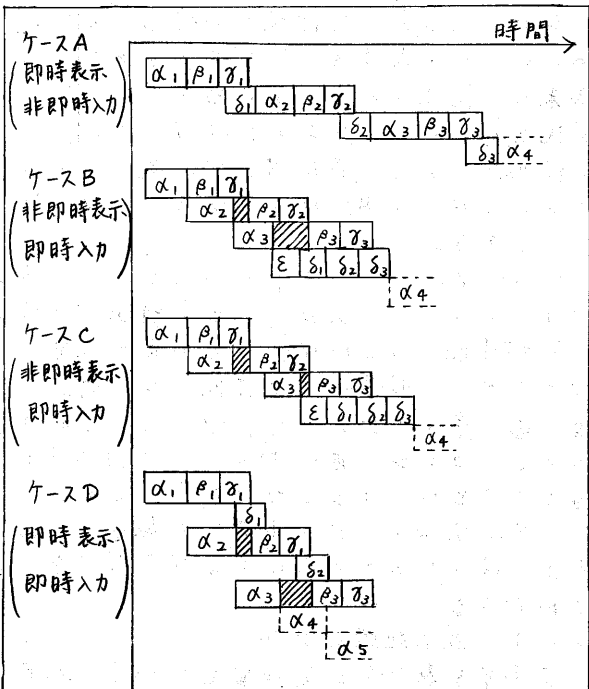


図5. 平行処理下のコマンド処理手順

ホストの応用処理や、 $\alpha_1$ 等端末の後処理が、既に完了していることがあるため、 $\alpha_1$ が入力されると、応答時間が0で処理結果の表示が開始できること、及び、 $\alpha_2$ もしくは $\alpha_3$ の実行中に $\alpha_1$ や $\alpha_2$ が同時平行的に実行されるため、作画データの端末への転送に要する通信所要時間が、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ の処理時間に吸収されることの3点である。これにより、端末システム全体としての、単位時間当りの処理可能なコマンド数が増加し、応答性が大巾に向上する。ケースDでは、コマンドの入力と、その処理、及び、処理結果の表示が、完全に非同期的に行なわれる。しかも、入力指示待や応用処理結果返送の同期処理が、中央計算機と端末の間で、オペレータが関知することなく、自動的に行なわれるので、オペレータは、端末が許可する範囲で、随時、複数コマンドを連続投入でき、また、いつでも、それらのコマンドの応用処理の進捗状況を、管面に表示される作画状況によって確認できる。

### 3. 性能評価

#### 3. 1 中央計算機へのアテンション回数の削減効果

本システムで開発した、コマンド入力に必要な全処理を端末で行なう方式の効果を実測し、評価をする。ある機械設計部品図を例にとり、本端末システムの標準的な応用ソフトウェアの1つである汎用2次元機械図面設計システム<sup>(7)</sup>(HIECAD/2D)を用いて、実際の入力操作を行なった。この時に入力したコマンドの延べ数は、計107であった。このコマンド群を入力するために要した入力機器操作(以下タッチと呼ぶ)回数の総計は410であり、コマンド当りのタッチ数平均は、約3.9であった。従って、本端末のコマンド入力機能により、中央計算機へのアテンション回数が75%削減されたといえる。一方、すでに実存する、上記応用システムとは全く異種の、非インテリジェント端末を用いた2次元機械図面入力システムで、同一の図面を入力すると、タッチ数は607であった。このシステムでは、タッチ毎に中央計算機へのアテンションが発生するので、本方式と比較すると5.7倍の頻度となる。以上の結果より、本研究の方式によれば、中央計算機へのアテンション頻度は、通常の方法に比べ、0.18~0.25倍となる効果が得られるといえよう。

#### 3. 2 即時・非即時モードの効果

本端末システムの1つの応用ソフトであるシーケンスCADシステム<sup>(8)</sup>を用いて、ある回路図を各モード下で入力した時の応答時間の測定結果を表1に示す。測定は、蓄積管型、リフレッシュ型のディスプレイを利用した2ケースで各3回、計6回行なった。この結果、即時表示・非即時入力モードに対し、非即時・即時入力モードでは、入力時間を蓄積管型では30%、リフレッシュ型では18%短縮できた。リフレッシュ型を利用した即時表示・即時入力モードでは24%の効果があつた。尚、本実験では、入力コマンド数は158で、タッチ数は833であつたので、アテンション回数は81%が削除された。従って、仮に、同一図面を、コマンド単位の入力機能を持たない端末で行なった場合、1アテンション当り、0.5秒だけ余計に応答時間が必要となるとすると、平均図面入力時間は、ストレージ型では4029秒、リフレッシュ型では3002秒と予想される。結局、両ケースの場合共、最大約33%の入力時間が削減できたことになる。ストレージ型を利用する場合の方が、非即時表示・即時入力モードの利用効果が大きいのは、ストレージ型の方が、リフレッシュ型よりも、図形再表示に要する時間が長いからである。尚、本実験では、非即時表示・即時入力モード下で入力した

一括表示コマンドは、24個であったので、平均6個のコマンドを連続投入できたことになる。蓄積管型を利用した場合に、入力時間が多く必要としたのはグラフィックディスプレイの特性上、表示速度が遅いこと、及び、その他のハードウェアの構成が異なることが原因となっている。尚、蓄積管型の場合は、このモードが適切でないのは既に述べた。

全入力時間の短縮効果の他、応答時間のばらつきが平滑化される効果も非常に大きい。中央計算機の処理能力が、絶対的に不足する場合、一度に複数端末からのアテンション要求が集中する度に応答長待ちがしばしば発生するケースは、一般のTSSシステムで見られる現象であるが、即時表示・即時入力モードでは、その入力応答時間のばらつきは、即時表示・非即時入力モードのそれに比べ、大きく改善されたといえる。

非即時表示・即時入力モードと、即時表示・即時入力モードの相違は、全入力時間の短縮効果の大小にある。この理由は、後者では、別のコマンドの入力中でも、既に入力済みのコマンドの処理結果が、端末に到着すると、即座にディスプレイ上に表示されるので、結果の内容の確認時間の大半がコマンド入力操作時間内に吸収されること、また、そのために、前者のように、前のコマンドの結果を想像しながら、次々と別のコマンドを入力する必要はなく、より多くのコマンドの連続投入ができるためである。

#### 4. おわりに

図形処理分野における、中央計算機側と端末間の1つの分散処理方式として、端末内にコマンド入力用のメニューデータを格納することにより、端末にコマンド単位の入力を、また、中央計算機にそのコマンドの応用処理を行なわせ、しかも、両処理を同時平行的に行なうコマンド処理能力の高い分散処理方式を開発した。本方式は、GKSやCORMEが提案する入力プリミティブを入力及び処理の単位とする方式に比べ、中央計算機側の入力処理の負荷を本〜半に削減し、また中央計算機の処理に対する応答待時間の平滑化ができた。尚、本研究は、日立製作所の図形処理端末システムGRAFASの開発にそって行なわれたものである。

#### 参考文献

- 1) Bono P.R. : GKS The First Graphics Standard, IEEE CG & A, July 1982 P9 - P23
- 2) Status Report of the Graphics Standards Planning Committee, Computer Graphics, August 1979.

| 表示管<br>モード |    | 即時表示<br>非即時入力(秒) | 非即時表示<br>即時入力(秒) | 即時表示<br>即時入力(秒) |
|------------|----|------------------|------------------|-----------------|
|            |    |                  |                  |                 |
| 蓄積管型       | 1  | 4387             | 2870             | -               |
|            | 2  | 3687             | 2535             | -               |
|            | 3  | 3011             | 2595             | -               |
|            | 平均 | 3692             | 2667             | -               |
| リフレッシュ型    | 1  | 2987             | 2470             | 2384            |
|            | 2  | 2902             | 2101             | 1954            |
|            | 3  | 2075             | 1925             | 1741            |
|            | 平均 | 2655             | 2165             | 2026            |

表1. 各モード下の図面入力所要時間

- 3) Hamlin, G: Software for Device-Independent Graphical Input, Graphics Interface '82, P 23 - P 27, 1982.
- 4) Borufka, H. G. : Dialogue Cells, A Method for Defining Interactions, IEEE CG & A, July, 1982.
- 5) 仁尾 都: 図形処理端末処理における中央計算機との並行分散処理方式, 情報処理学会第21回全国大会講演論文集, PP. 1157-1158 (1979)
- 6) Nio, M. : Distributed Processing Terminal System for CAD/CAM, COMPSAC '79 - IEEE Computer Societies Third International Conference. 1979
- 7) Tokumasu, S. : Implementation of Geometric Modelling System - HICAD, Intergraphics '83 (1983)
- 8) 小林 克己: 制御盤, 配電盤, 整流器盤におけるCAD/CAMシステム, 日立評論, Vol 62, No. 7, 1980.