

## TIP-PC/Xによる 対話的メイズ・ルータ

藤田善弘\* 能登山裕樹\*\* 岩下正雄\* 天満勉\*

\* 日本電気(株) C&C情報研究所

\*\* 日本電気技術情報システム開発(株)

本報告では、パーソナル高速画像処理システムTIP-PC/X上に作成した、対話的メイズ・ルータについて述べる。TIP-PC/Xは、パーソナル・コンピュータに高速画像処理部を付加したものであり、これにはデータ駆動型画像処理プロセッサ -ImPP- を8個使用している。ここで述べる対話的メイズ・ルータとは、対話的に、かつ高速に配線結果の表示、引きはがし、再配線などを行うシステムであり、これを実現するため、コマンドの選択、表示の制御、マウスの制御などの対話的処理はパーソナル・コンピュータで実行し、配線処理は高速画像処理部のImPPで行っている。

### An Interactive Maze Router on a Personal Computer

Yoshihiro FUJITA\* Hiroki NOTOYAMA\*\* Masao IWASHITA\* Tsutomu TEMMA\*

\* C&C Information Technology Research Laboratories, NEC Corporation

\*\* NEC Scientific Information System Development, Ltd.

4-4-1, Miyazaki, Miyamae-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa, 213 Japan

An interactive maze router on a personal high speed image processing system(TIP-PC/X) is presented. TIP-PC/X consists of a personal computer as a host computer and a high speed image processing unit with 8 VLSI image processors(ImPP). The image processing unit executes high speed maze routing operations and the host computer supports the man-machine interface and command interpretation. The user can interactively rip-up and retry routing with the result of routing on the display.

## 1. はじめに

近年、回路の大規模化や、製品開発サイクルの短縮にともない、LSI、プリント板の設計のためのCADの重要性が増している。

しかし、回路の大規模化にともない大型計算機を使用してもその処理速度は十分とは言えず、並列処理による高速化を目指した研究も盛んになりつつある。<sup>(1)-(3)</sup> また、プリント板規模のCADの分野では、パソコン程度のシステムで手軽に処理したいという要求が強いが、実用的な処理速度及び品質を得るのは困難である。一方、現在あるほとんどの配線アルゴリズムは100%の配線率はなかなか得られず、自動配線に失敗したときは、人手により修正を行う必要がある。しかし、大型機ではバッチ処理は速くても、対話的な操作は困難である。また、ワークステーションは対話的な処理は容易に行えるが、処理速度が十分とは言えない。このため、この修正の部分に非常に時間がかかるのが現状である。

筆者等は、データ駆動型画像処理プロセッサ(ImPP)<sup>(4)-(5)</sup>を複数個用いた高速演算処理部をパーソナル・コンピュータに付加することによって、画像処理が高速に実行できるパーソナル高速画像処理システムTIP-PC/Xの開発を行っているが、このシステムを用いCADの分野における速度と操作性の両方の要求を満たすシステムを試作した。

本システムでは、ImPPによるメイズ・ルータとパーソナル・コンピュータによる引きはがしを含む対話的な処理を、同一のデータを用いて実現しているので、高速かつ、高レスポンスな処理を実現している。

本報告では、TIP-PC/Xシステムについて述べると共に、その上に作成した対話的メイズ・ルータについて述べる。

## 2. システム構成

### 2.1 ハードウェア構成

図1にTIP-PC/Xのハードウェア全体の構成を示す。また、写真1にTIP-PC/Xの外観を示す。

TIP-PC/Xは、ホスト・コンピュータと高速画像処理部とから成る。ホスト・コンピュータにはパーソナル・コンピュータPC9801を用いる。また、高速画像処理部は、PC9801の外部拡張バスに接続する、拡張ボード群から成る。写真1のシステムでは、これらのボードは、I/O拡張ユニット(PC9811K)を介してホスト・コンピュータと接続されている。

高速画像処理部は、IPU(Image Processing Unit)、IMU(Image Memory Unit)、DCU(Display Control Unit)の3枚のボードで構成されている。これらのボードは、専用バスであるIM(Image Memory)バスによって互いに接続されている。

IPUは、プロセッサのImPP( $\mu$ PD7281)8個と、その周辺インターフェースLSIであるMAGIC( $\mu$ PD9305)1個から成る高速演算処理部であり、各プロセッサはリングバスによって接続されている。写真2にIPUボードを示す。

IMUは、IPUからIMバスを介してアクセスされるメモリで、データやImPPプログラムを格納する。1ワード18ビット構成で、1ボードにつき2Mワード持ち、12Mワードまで拡張可能である。(DCUをつけられない場合、16Mワードまで拡張可能)

TIP-PC/Xの最小構成は、以上の2枚のボードであるが、表示のための拡張ボードとして、DCUが用意されている。

DCUは、IPUから直接アクセス可能な

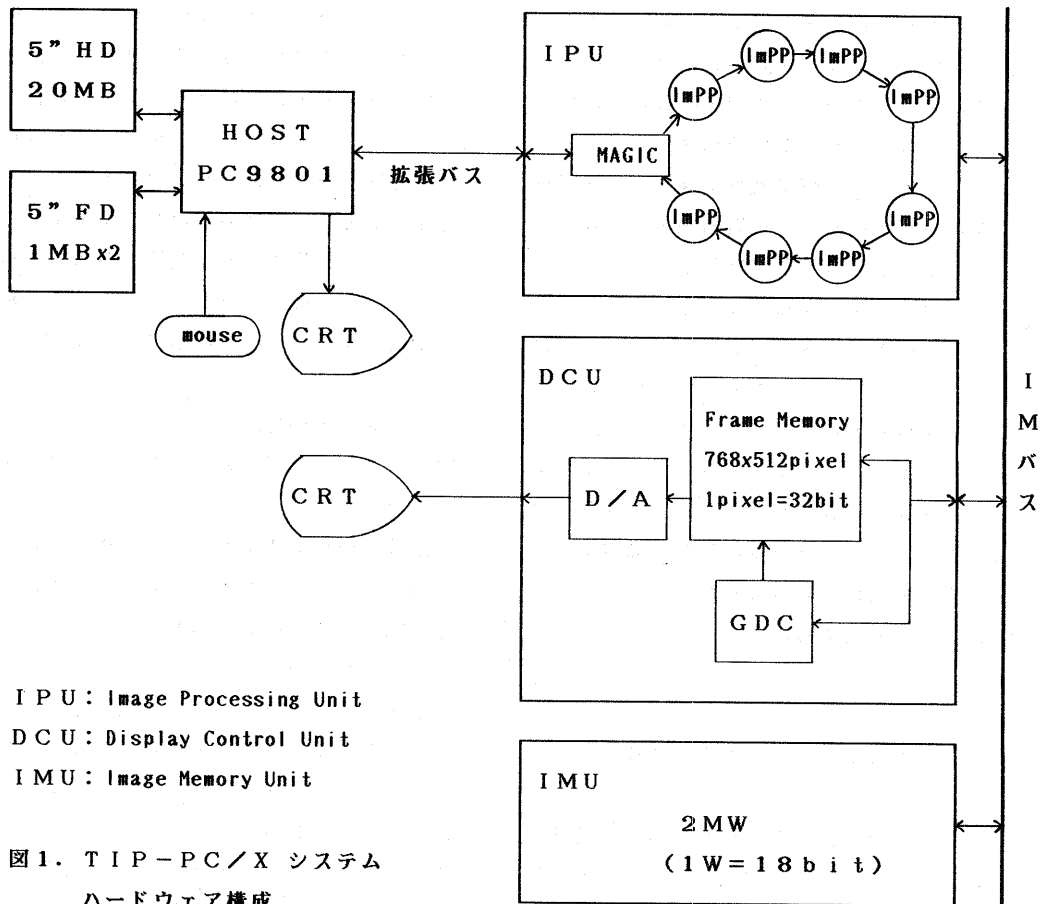


図1. TIP-PC/X システム  
ハードウェア構成

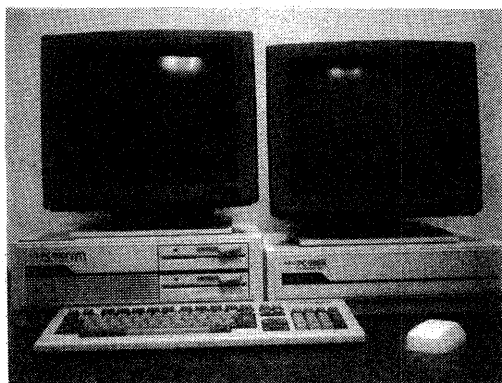


写真1. TIP-PC/X外観

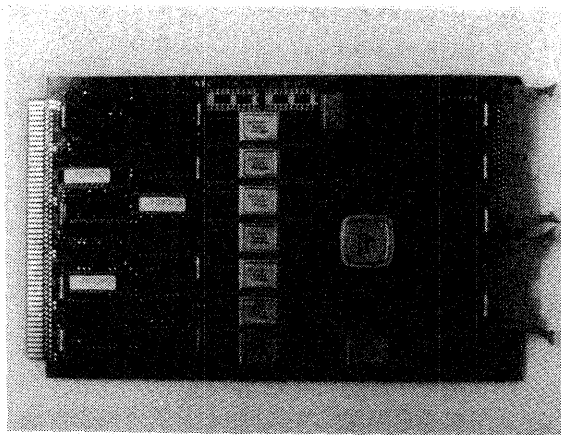


写真2. IPUボード

フレーム・メモリと、ディスプレイへの出力信号をつくるGDC (μPD7220) からなる。

このDCUボードを使用することにより、ホスト・コンピュータのディスプレイとは別に、ImPPから直接制御できるディスプレイを持つことになり、処理結果のリアル・タイムな表示を行うことが出来る。フレーム・メモリは、1ピクセルにつき、RGB各8ビット及び1ビット・プレーン8枚のために8ビット、計32ビットで構成されており、これを768×512ピクセル分持つ。ディスプレイへの表示は、640×400ピクセルであり、GDCをコントロールすることにより、フレームメモリの任意の領域を2、4、8倍の倍率で表示したり、スムーズ・スクロール等が出来る。

## 2. 2 システム・ソフトウェア構成

TIP-PC/Xのプログラムの開発は、ImPPプログラムの作成と、ホスト・コンピュータの処理プログラムの作成の2段階からなる。ホスト・コンピュータの処理プログラムは、ImPPプログラムをC言語の関数としてコールする。

ホスト・コンピュータは、通常のパーソナル・コンピュータの環境 (MS-DOS) を持っており、ImPPプログラムの開発のためのImPPアセンブラやシミュレータ、デバッガ等の各種開発ツールを提供する。また、ホスト・コンピュータのプログラムの開発のためのコンパイラなども持っている。

処理の実行中には、ホスト・コンピュータは、ImPPプログラム・ファイル、データ・ファイルの管理や、ImPPプログラムの実行制御等、高速画像処理部の操作環境の提供を行う。

ImPPのプログラムは、モジュール化されており、各プログラムは、別々のファイルとしてホスト・コンピュータに管理されている。ホスト・コンピュータは、それ自身で処理を行う他、ImPPプログラムのロード、起動、処理結果の受渡しなどを制御する。そのため、各種のC言語の関数が用意されている。その関数を使うことによって、例えば次に示すように一連の処理をプログラムする。

- ①ホストでの処理。
- ②ImPPプログラム a, b をファイルからIMへ転送。
- ③処理データをホストからIMへ転送。
- ④処理データをファイルからIMへ転送。
- ⑤IMに転送済みのImPPプログラム a をImPPへロード。
- ⑥ImPPを起動。
- ⑦終了トークンを受け取ったらImPPで処理したデータをIMからホストへ転送。
- ⑧ホストでの処理。
- ⑨処理データをホストからIMへ転送。
- ⑩処理データをファイルからIMへ転送。
- ⑪プログラム b をImPPへロード。
- ⑫ImPPを起動。
- ⑬終了トークンを受け取ったらImPPで処理したデータをIMからホストへ転送。
- ⑭ホストでのデータ処理。

この様に処理を行うことにより、ホスト・コンピュータでデータの管理をし、ImPPでデータ処理を行うことや、ホスト・コンピュータでユーザ・インターフェースを行い、ImPPで高速にデータ処理することが容易に行える。

### 3. 配線処理

#### 3.1 メイズ・ルータ部

メイズ・ルータ、すなわち迷路法配線処理は一般に、次の3つの処理からなる。

- ① 始点から終点に波状に経路探索しマーキングする拡散処理。
- ② マーキングが終点に達したら、終点から始点へマークを逆にたどり経路を決定するバック・トレース処理。
- ③ 拡散処理でつけたマークをクリアするクリア処理。

今回作成したメイズ・ルータは、始点終点並列探索<sup>(6)</sup>および、拡散処理をバイブライン化することにより並列化を行った。

筆者等は、これまでImPPを用いた迷路法による配線処理について実験を各種行ってきたが<sup>(7)-(10)</sup>、これまで作成したプログラ

ムは256×256格子までしか対応できなかった。これは高速化のために、x座標8ビットとy座標8ビットをImPPの1ワードに納めたためである。

そこで、これを改造し1024×1024格子まで拡張した。このとき、マップ情報のために1Mワード必要である。メモリを拡張することにより、3000×3000格子程度まで拡張することが可能である。また、この改造にともないImPP内部のプログラム・メモリの容量が不足したため、これまで1つのImPPで行っていた処理を2つのImPPに分割した。このため、拡散及びバック・トレースが8つのImPPに納まらなくなったので、処理を拡散部とバック・トレース&クリア部の2つのフェーズに分けて、交互にプログラムをロードしながら処理を行っている。各ImPPに対する処理の割当を図3に示す。

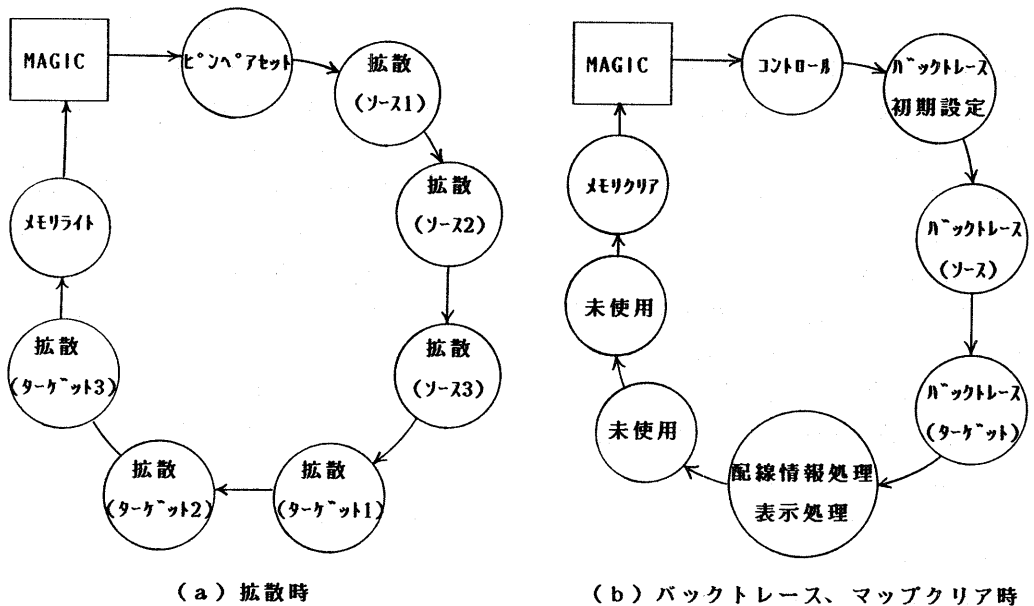


図3. 各ImPPに対する処理の割当

### 3. 2 対話処理部

対話処理部を作成するにあたり次の3点に注意した。

- ①ホスト・コンピュータによるマン・マシン・インターフェース。
- ②時間のかかる処理をI m P Pプログラム化し高速化する。
- ③ホスト・コンピュータのディスプレイとD C Uのディスプレイを用いた表示処理。

本システムでは、コマンドや基板の概形、未配線リストの表示、選択にはホスト・コンピュータのディスプレイを用い、基板や配線の詳細な表示、引きはがし配線の指示には、D C U部のディスプレイを用いている。この機能は、I M上にあるマップ情報をI m P Pプログラムによって処理してフレーム・メモリに書き込むこと、及びG D Cの機能(拡大表示、スクロールなど)を活用するによって実現している。

現在、対話処理によって以下の処理を行うことが出来る。

- ①コマンドの表示、マウスによる選択。
- ②未配線本数、配線率の表示。
- ③未配線ピン・ペア・リストの表示(まだ配線を試行していないものと、配線に失敗したものは別々に持つ)、マウスによる選択。
- ④配線順序の選択。
- ⑤基板の概形表示及び、D C Uのディスプレイに詳細表示する部分領域の決定。
- ⑥配線処理結果のリアル・タイム表示。
- ⑦マップ情報(基板情報及び配線情報)の表示、拡大、スクロール。
- ⑧キーボード・カーソルによる、引きはがし配線の選択。

これらのうち、①～⑤は、ホスト・コンピュータのディスプレイ上でおこない、⑥～⑧はD C Uのディスプレイ上で行う。

### 4. 配線処理実験

#### 4. 1 処理データ

実際のプリント板の配線処理を本システムによって行った。本実験で用いた基板は、320×320セル・サイズで信号層2層、ピン間2本で、総ネット数1096ネット、総ピン・ペア数は1330ピン・ペアである。配線処理前の基板を写真3に示す。

#### 4. 2 処理結果

写真4に配線処理途中の状態を示す。本ルータでは、配線結果をD C Uのディスプレイに表示しているのので、配線結果をリアル・タイムで見ることが出来る。この処理には図3のような未使用のI m P Pを用いたのので、これによるオーバーヘッドはほとんどない。

つぎに、ホスト・コンピュータのディスプレイのコマンド・メニューの一例を写真5に示す。コマンドの選択は、全てマウスの操作によって行う。ディスプレイの左側は1024×1024の領域が表示される。この表示の内側の枠に囲まれた領域がD C Uのディスプレイに表示される。また、コマンドの表示はコマンド・メニューとサブコマンド・メニューに分かれていて、選択したコマンドに応じたサブコマンドや未配線ピン・ペアのリストが右側に表示される。コマンド・メニューの上部には、総ピン・ペア数、配線済みピン・ペア数、未配線ピン・ペア数等が表示される。

次に、写真6に拡大表示の一例を示す。これは、写真4の配線処理中の基板の一部を4倍に拡大したものである。このように、表示を拡大したりスクロールしながら、引きはがしや再配線などを行うことが出来る。

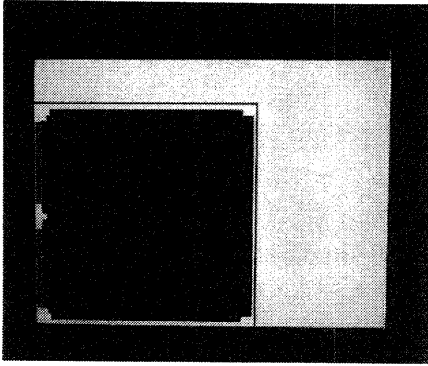


写真3. 配線処理前の基板

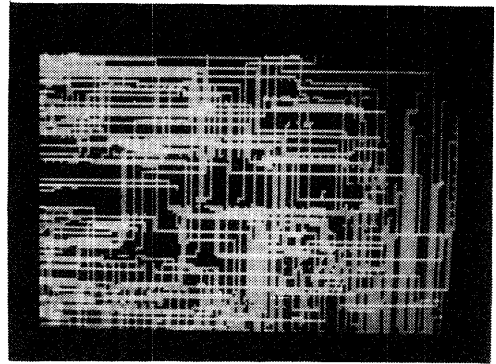


写真6. 拡大表示の一例

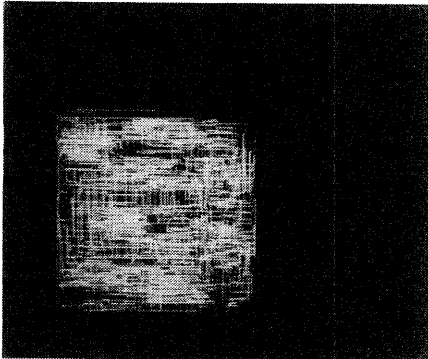


写真4. 配線処理中の基板

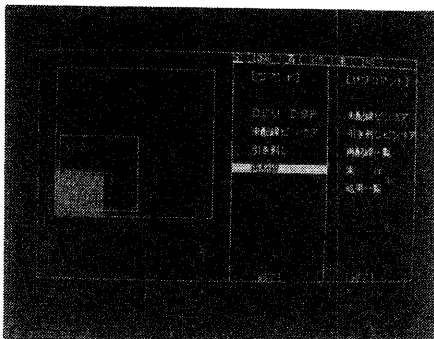


写真5. コマンド・メニューの一例

## 5. おわりに

パーソナル高速画像処理システムTIP-PC/X上での対話的配線処理について検討した。この結果、データ駆動型画像処理プロセッサImPPを用いることにより、配線処理時間は大型計算機と同等な速さをもちながら、従来の大型機が不得意とする処理、すなわち配線ネットの引きはがし、再配線、配置評価などの対話的な処理を小型なシステムで実現できることが分かった。現在のシステムでは、メイズ・ルータのみ実現しており、全ての配線をメイズ法で行っている。しかし、配線の初期の段階では、処理時間などを考えるとライン・サーチ法などの方が適しているなど、配線アルゴリズムには、それぞれ特徴があるので、いくつかの配線アルゴリズムを用意しておいて、対話的に選択できるようにするのが好ましい。また、配置配線を総合的に処理することや、引きはがしを自動的に行うことも重要な課題である。

最後に、本研究に対しご助言、ご協力頂いたボタン認識研究部浅井部長、当社CAD関連の方々へ感謝致します。

参考文献

- (1) 渡辺、北沢、杉山 “多端子ネット接続に有効な配線並列処理手法” S60春情処学会全国大会 P.1871
- (2) 橋、中島、鈴木、大附 “並列ルーティングプロセッサ” S59秋情処学会全国大会 P.1651
- (3) 進藤、川戸、石井 “並列配線処理” S60秋信学会全国大会 P.1289
- (4) H.Kurokawa, K.Matsumoto, T.Temma, M.Iwashita, T.Nukiyama “ The Architecture and Performance of Image Pipeline Processor” Proc. of VLSI '83, pp.275-284,1983
- (5) T.Temma, M.Iwashita, K.Matsumoto, H.Kurokawa, T.Nukiyama “ Data Flow Processor Chip for Image Processing” IEEE Trans. Electron Devices, vol.ED-23, No.9, Sep.1985
- (6) F.Rubin “ The Lee Path Connection Algorithm” IEEE Trans. Computer, vol.c-23, No.9, Sep.1974
- (7) 緑川、岩下 “データ駆動型画像処理プロセッサの配線処理への応用” S60春情処学会全国大会 P.1873
- (8) 緑川、能登山、岩下 “画像処理システムTIP-3での配線処理” S60秋信学会全国大会 P.3-180
- (9) 緑川、岩下、能登山 “TIP-3における並列配線処理” S61春情処学会全国大会 P.1951
- (10) 緑川、能登山、他 “ハードウェアルータの一考察” 情処設計自動化研究会資料 31-3、1986