

日立中央研究所における コンピュータグラフィクスと画像処理研究

Researches on Computer Graphics and Image Processing at
Central Research Laboratory, Hitachi Ltd.

矢島章夫 藤澤浩道 松島整 江尻正員

Akio YAJIMA, Hiromichi FUJISAWA, Hitoshi MATSUSIMA and Masakazu EJIRI

日立製作所中央研究所

Central Research Laboratory, Hitachi Ltd.

あらまし 日立製作所中央研究所におけるコンピュータ・グラフィクスおよび画像処理・認識の研究状況について紹介する。コンピュータ・グラフィクス技術については、スーパーコンピュータを利用した画像合成、図形モデル入力、数値シミュレーション用グリッド生成技術、シミュレーション結果の可視化、対話型アニメーション技術などを研究中である。画像処理技術については、地図情報処理における図形処理および理解、半導体ウェーハの精密外観検査のための多値画像処理、DSPを利用したイメージプロセッサ、概念ネットワークモデルを用いたファイルシステムのための文書理解などについて研究中である。

Abstract Researches on Computer Graphics and Image Processing in Central Research Laboratory, Hitachi Ltd. are presented. We investigate image synthesis using Supercomputer, interactive geometric modelling, grid generation, scientific visualization and interactive animation in the computer graphics field. Image processing techniques are applied to extraction of roads for maps, an image matching algorithm for semiconductors, an image processor using DSP (digital signal processor) and a document understanding system for automatic filing.

1. はじめに

日立製作所中央研究所におけるコンピュータ・グラフィクスと画像処理・理解の研究状況について報告する。コンピュータ・グラフィクス技術に関しては、幾何モデリング技術の研究から発展し計算機内に実現した図形モデルをリアルに表示しようとする技術、スーパーコンピュータによる高速画像生成技術およびスーパーコンピュータによるシミュレーション結果の可視化技術の3技術を中心に研究中である。一方、画像処理・理解に関しては画像認識技術、エキスパートシステム、ファイリング技術を基盤として、地図、半導体、特許文書などへの応用を図っている。

以下、関連する研究状況を、コンピュータ・グラフィクス、画像処理・理解の順で紹介する。

2. コンピュータ・グラフィクス技術

コンピュータ・グラフィクス技術に関しては、3次元CAD/CAMシステムの研究から着手し、主として家電製品のプラスチックモールド型のための幾何モデリングおよびNC加工のための干渉チェックアルゴリズムを開発した。その後、計算機内部モデルの事前チェックのためのコンピュータ・グラフィクス技術の研究を開始した。スーパーコンピュータの発展に伴い、数値シミュレーション技術が進歩してきた。このための入出力インターフェイスとして3次元グリッド生成、数値計算結果の可視化に取り組んできた。また、スーパーコンピュータを使用して、画像合成処理を高速化するアルゴリズムの開発を行っている。

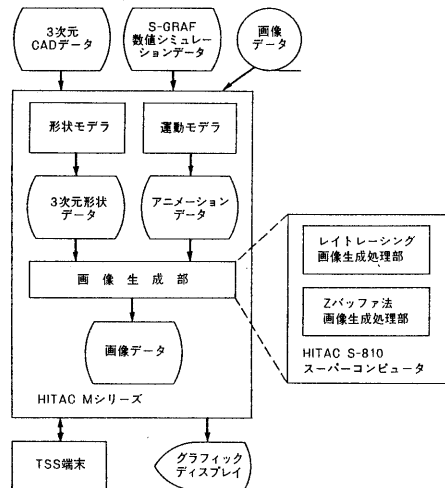
2.1 スーパーコンピュータ利用画像生成

スーパーコンピュータをはじめとする計算機技術およびVLSI技術の目覚ましい発展にともない、3次元物

体のリアリスティックな表示への要求が高まってきている。このためコンピュータ・グラフィクス技術にスーパーコンピュータを応用して、高品質な画像を高速に生成する画像生成システムATRAS (Advanced Three Dimensional Image Generator through Raster Graphics)を開発した[1]。このシステムは、Zバッファアルゴリズムによる高品質画像生成機能を持った高速画像生成機能および、レイトレーシング機能による高品質画像生成機能を持っている。スーパーコンピュータを使用することによって、表示モデルの柔軟性、システムの拡張性の点で、とくに各種アルゴリズムの実験段階では、専用ハードウェアより開発効率が高くなると考えられている。

図2.1にATRASのシステム構成を示す。同図に示すように、ATRASはHITAC MシリーズのTSS環境下で稼働する。計算量が膨大な画像生成処理については、スーパーコンピュータのベクトル処理機能を利用している。本システムで採用している画像生成アルゴリズムの内、CatmullによるZバッファアルゴリズムのベクトル化について説明する。この方法では、スキャンライン変換の部分が全体の処理時間の70~80%を占めており、これの単純なベクトル化では、ベクトル長が短く高速化を図れない。このため、図2.2に示すようにスキャンコンバージョンリストベクトルを使用して、ベクトル長を長くして高速化を図った。この方法で、スカラー処理に比較し5.0~9.6倍の高速化が可能になった。

この他、ベクトルプロセッサの機械語命令を直接使用し、ビットマップ型の画像の操作処理を高速化するBLITS (Bitmap and Layered Image Editing and Processing subroutines)を開発した[2]。この中では、ベクトル演算機構を有効に利用した矩形転送や塗り



注：略語説明 CAD(Computer Aided Design)
S-GRAF(Scientific Graphing Facilities)
TSS(Time Sharing System)

図2.1 ATRASのシステム構成

No.	1	2
方法	従来法	リストベクトル法
内容		
	○: 画素	
ベクトル処理対象	単一の走査線	多角形内の全面素
ベクトル長	~10	~100

図2.2 ベクトル化手法

つぶし、図形発生などを可能にしており、10倍から100倍程度の高速化を達成している。

2.2 幾何モデリング

自由曲面を主体とした幾何モデリング技術を開発している。広域曲面補間方法によって、工業用図面に描かれる程度の曲線情報から3次元曲面を並行移動と回転移動の組合せによって、うねりがすくなく創成することができる[3]。

この方法は図2.3に示すように曲線を曲線に沿って移動し、張られた面をパラメトリック表示によるサーフェスマodelとして取り扱う。生成した大面積の曲面上のパラメトリック2次曲線を使用して領域を表現する部分曲面化を行う[4]。図2.4はこのようにして生成した曲面形状物体の一例である。

2.3 シミュレーション結果可視化技術

数値計算結果を可視化する必要性がスーパーコンピュータの発展とともに高まっている。差分法、有限要素法、バウンダリフィット法などによって計算した結果をファイルに格納し、格納した結果から列毎、行毎、要素毎、ブロック毎に取り出す機能を持つ数値マスタファイルア

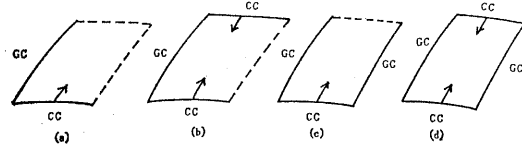


図2.3 曲面補間方法

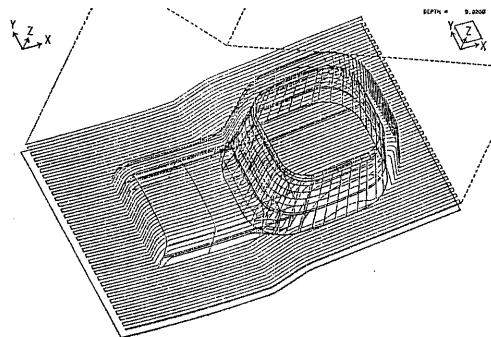


図2.4 広域曲面補間による形状

クセス機能が第一の機能である。第二の機能は、数値マスタファイルから取り出されたデータ形式を使用し、多次元のデータを画像生成技術を使用して可視化する多次元データ表示機能である[5]。

2.4 アニメーション

胸どりビデオ装置によるアニメーション作成を、ワークステーションとスーパーコンピュータを結合し、主として数値計算結果の視覚化用に作成している[6]。

3. 画像処理・理解技術

画像処理・認識技術については、対象の性質を考慮した応用分野に展開している。図形認識とその上位のエキスパートシステム、知識利用による多値画像理解、DSPハードウェア技術によるイメージプロセッサ、ファイリングのための文書理解技術などを紹介する。

3.1 地図認識

地図のような複雑な図面から目的に応じた有効な成分を抽出する技術は、図面認識・理解のための基本技術として重要である。地図中の道路を認識するために、平行線認識技術を開発した。この手法では、画像中の平行線領域(平行線の内側領域)を抽出する平行線抽出処理技術に特徴があり、平行線の交差する領域を画像の膨張収縮演算によって解決している。図3.1に適用結果を示す[7]。さらにこのようにして抽出した地図を階層化して、マルチメディア情報を統合したシステムGENTLE(General Topographical Land-use Expert System)を開発した。システム構成を図3.2に示す[8]、[9]。

3.2 半導体ウェーハ外観認識

半導体生産工程では、パターンの微細化に伴い、ウェーハ上のパターン検査(線幅測長)が重要なものとなっ



Input picture (10 lines/mm, 1536x1536 pixels)



Result of road description using line vectors

図 3. 1 道路抽出の適用結果

ている。最近では SEM (走査型電子顕微鏡) を使用する機会が多い。SEM を用いた照合型線幅測長を実現するためには、計測対象物自身の変形や電荷による波形の局所の変形を生じ、単純な方法ではマッチングできないことである。このため多重解像度表現を用いた変形波形の照合アルゴリズムを開発した。これは、ある解像度での変形波形の特徴点間の対応を求める照合を行い、次に波形を大局から詳細へと動的に部分波形に分割しながら、この照合手法を各部分波形に適用して行く方法である。一次元波形の照合例を図 3. 3 に示す [10]。

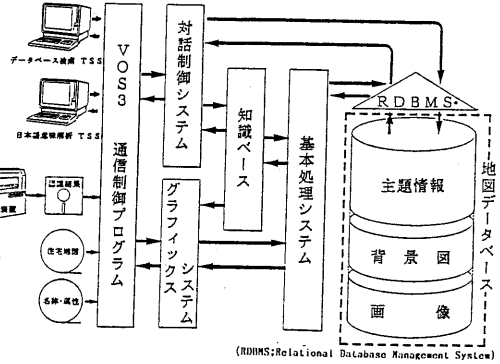


図 3. 2 GENTLE のシステム構成

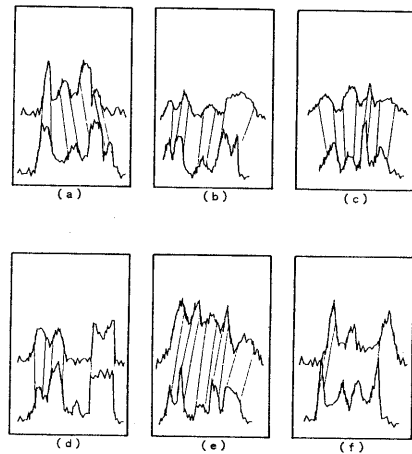


図 3. 3 波形照合例

3. 3 イメージプロセッサ

画像処理専用機能をもった DSP (Digital Signal Processor) を VLSI 技術を用いて開発し、この VLSI をコンパクトで効率の良いプロセッサ結合方式で結び付けることで、小型・高性能化を図った。この DSP (DSP-i) は画像処理用にエンハンスしたアーキテクチャを持ち、1.3μm CMOS テクノロジーによる 50ns のサイクルタイムで 430k 個のトランジスタからなる。チップサイズは 11.5mm x 12.9mm である。このチップを使用し汎用イメージプロセッサ GPIIP を開発した。この時のマルチプロセッサ構成方式として、各プロセッサとそのローカルメモリの間にレジスタを置いて、これらをシフトレジスタ上に接続するシフトリングプロセッサ結合方式を開発した。この方式で、マルチプロセッシングのオーバーヘッドを、20% 以下に抑えることができ、64 個の試作プロセッサで 2GOPS の性能を得た。図 3. 4 に GPIIP の全体構成図を示す [11]。

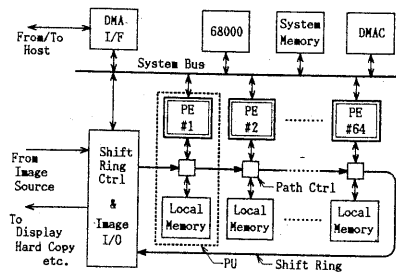


図 3. 4 GPIIP の全体構成図

3. 4 概念ネットワークファイルのための文書理解

情報の量と戦略的価値が増大するにつれ、その情報を適切に分類・整理・蓄積し、分析・選択・利用するための支援システムが求められている。このような要求に答える文書ファイリングの一方式を提案した(図3.5参照)。これは、概念関係モデルと呼ぶ新しい知識表現形式を基本に断片的な情報を逐次体系化して「概念ネットワーク」と呼ぶ知識ベースに記憶させると同時に、この知識を用いておぼろげな記憶からでも推論処理により文書の検索を可能にするものである。大量の文書画像を記憶するため光ディスクを利用した方式である。

これを実現するためには、文書登録の自動化が重要である。このための一方法を以下のように提案した。文書画像の登録に際して、入力文書を区分ごとにまとめ、ヘッダシートを先頭にした束(パッチ)を作る。このパッチを画像ファイル装置に積み、文書画像を準じ走査して光ディスクに格納する。次に、光ディスク中の文書画像を読みだしヘッダシートを検出して、その上の文字を認識することによって文書の種類を識別する。この文書の識別は、入力文書とページ属性ごとにあらかじめ定義された書式と照合し、一致する書式を探すことにより行う。文書識別を実用的な規模で行うため、連長フィルタリングによる前処理手法と簡易書式定義言語、および前処理を行った画像と書式定義とを照合するアルゴリズムを開発した[12][13][14][15][16]。

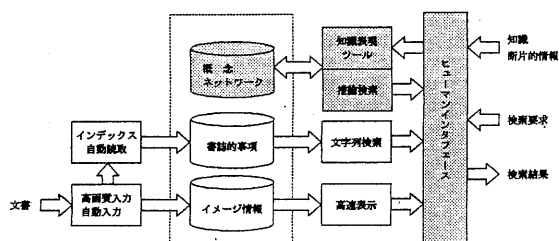


図3.5 知的ファイリングの概念図

4. おわりに

日立製作所中央研究所におけるコンピュータ・グラフィクスと画像処理・理解の研究状況について報告した。コンピュータ・グラフィクス技術についてはスーパーコンピュータを中心とした画像生成、数値シミュレーション可視化、グリッド生成、幾何モデリング等を報告した。画像処理・理解の分野では、地図、半導体、文書ファイリングなどへの応用とマルチプロセッサによる汎用画像処理装置について報告した。今後、両分野の融合は、ますます進むと考えられるので、この面での研究を推進して行きたい。

5. 参考文献

- [1] 栗原、矢島、"画像生成におけるスーパーコンピュータの応用例"、日立評論、Vol.69 No.12, pp43-48, (1987-12)
- [2] 栗原、田中、伊藤、矢島、長島、"スーパーコンピュータS-810用画像編集パッケージBitsの開発(1)一機能概要一"、昭和60年情報処理学会全国大会、第31回、pp1715-1718, (1985-10)
- [3] 上西、菊地、矢島、津田、長田、"金型設計生産におけるCAD/CAM"、情報処理、Vol.24, No.1, pp.25-32, (1983-1)
- [4] 上西、矢島、"広域曲面補間法"、情報処理、Vol.27, No.4, pp.401-410, (1986-4)
- [5] 大山、金野、矢島、"科学技術計算出力結果表示システムの開発"、情報処理学会数値解析研、16-2, (1986-3)
- [6] 栗原、矢島、"スーパーコンピュータによる高速画像生成"、昭和63年情報処理学会全国大会、第36回、pp.2119-2120, (1988-3)
- [7] 宮武、松島、江尻、"平行線抽出手法を用いた地図からの道路情報自動抽出"、信学論、Vol. J68-D, No.2, pp.153-160
- [8] 嶋田、江尻、"地図情報エキスパートGENTLE"、情報処理学会「アドバンスト・データベース」シンポジウム、pp.93-101, (1985-12)
- [9] S. Shimada and M. Ejiri, "GENTLE: Multimedia Topographical Expert System with Natural Language Interface", Hitachi Review, Vol.37, No.5, pp.345-352, (1988-5)
- [10] 酒匂、依田、江尻、"多重解像度表現を用いた変形波形の照合アルゴリズム"、信学論、Vol. J71-D, No.11, pp.2311-2317, (1988-11)
- [11] 上田、金子、加藤、松島、"画像処理DSPを用いた並列プロセッサ"、第3回産業における画像センシング技術シンポジウム、pp.203-208, (1987)
- [12] 藤澤、畠山、藤縄、"概念ネットワークを用いた知的ファイリングシステム"、日立評論、Vol.69, No.3, pp.29-36, (1987-3)
- [13] 中野、藤澤、"自動ファイリングのための文書理解の方式"、信学会パターン認識研、PRU86-30, (1986-7)
- [14] 藤澤、畠山、木内、"情報整理ツールとしての知的ファイリングシステム"、昭和63年電気・情報関連学会連合大会、5-97, (1988)
- [15] H. Fujisawa, "Artificial Intelligence as applied to Optical Image Filling", Proc. Int. Symp. on Optical Memory, pp.205-210, (1987)
- [16] H. Fujisawa and A. Hatakeyama, "Intelligent Filing System with Knowledge-Base", Hitachi Review, Vol.37, No.5, pp.323-328