

高速文字図形生成システム

宮部義幸¹ 青柳早苗¹ 吉田純¹ 石川幹人² 中瀬義盛¹ 鷲島敬之¹

¹ 松下電器産業(株) 無線研究所

² 松下通信工業(株) 電波事業部

画像生成用高速コンピュータMCを用いた放送用文字図形生成システムについて述べる。本システムの特長は放送用として十分に用いることのできる高品質文字が生成できること、2次元アニメーションが実時間で実現できることである。文字生成は対話的フォント作成の容易さを考慮した骨格ストローク方式を採用している。又、高密度フレームメモリと2次元フィルタを用いてジャギー、フリッカを除去した高品質な文字図形を表示することができる。更に、MCと塗り潰しハードウェア、線描画ハードウェアによる高速描画を実現しており、ムーブ、ズーム、ロール、円グラフ等の2次元アニメーションが可能である。

High Speed Character and Graphic Generation System

Yoshiyuki MIYABE*, Sanae AOYAGI*, Jun YOSHIDA*, Masato ISHIKAWA**

Yoshimori NAKASE* and Takayuki SAGISHIMA*

* Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.
1006, Kadoma, Kadoma-Shi, Osaka
571 JAPAN

** Matsushita Communication Ind. Co., Ltd.
4-3-1, Tsunashimahigashi, Kouhoku-Ku
Yokohama, 223 JAPAN

ABSTRACT We will describe new graphic and character generation system for for broadcasting station. The system consists of graphicdrawing hardware for painting and line drawing and high speed computer MC for image generation which we have developed. High quality characters are generated from mathematically described stroke font. The font is very easy to make in an interactive method. Anti-aliasing is done by relatively small hardware; high resolution image memory and 2 dimensional filter. The system's speed of drawing graphics is so fast that we can do real time 2 dimensional animation.

1. まえがき

近年の技術の進歩に伴い、放送の分野においても広くコンピュータが用いられるようになってきている。その中でも、コンピュータグラフィックスに代表される映像制作分野への進出にはめざましいものがある。デジタル画像処理の技術を用いた特殊効果装置や、ニュース、天気予報等で用いられる図形及び文字を生成するシステムやリアルな3次元画像の生成システムが放送局やプロダクションハウスでの映像制作に盛んに用いられている。本稿では、画像生成用高速コンピュータMC^[1]を用いて2次元図形と高品質文字を生成するシステム^[2]について報告する。

従来、放送で用いられる文字は、人間が手で描いたりあるいは光学式写植機で作成したものをカメラ、スキャナ等で電気信号に変換して用いていた。この方法では多くの人手、時間を要し、即時性を要求されるニュース、選挙速報等に用いる場合に問題が多い。又、選挙の開票データや天気情報等既にコンピュータに情報がある場合、それを直接画像にすることにより制作効率は極めて高くなる。最近ではパソコングラフィックスを用いることにより画面制作の効率の向上が計られてきているが、生成された画像の品位はそれほど高くなく、従来の方式に完全にとってかわるに至っていない。そこで我々は、

- ・任意のサイズに拡大縮小しても形のくずれない文字発生方式
- ・適度な規模のハードウェアで実現できるアンチエイリアシング技法
- ・リアルタイムアニメーションを可能

とする高速描画機能

・容易に映像素材の制作が可能な優れたマンマシンインタフェース
を特長とする放送用文字図形生成システムを開発した。

2. 高品位文字発生方式

本システムでは放送に耐え得る品位の文字、即ち写植文字と同等の品位の文字を生成し得る方式を開発して用いている。

従来、文字フォント表現方式として普及しているドット方式は、フォント作成が簡便であり作成したサイズの文字については美しい形状を持たせることができるが、拡大、縮小、回転等のアフィン変換に対して文字品位を一定に保つことが非常に困難である。一方、文字の形状をコード化するストローク方式^[3]はアフィン変換に対して形状が一定に保たれる特長がある。そこで本システムでは、文字の稜線の上をペン形状を移動させる骨格ストローク方式^[4]を採用している。

従来から、ストローク方式の文字表現方法は数多く提案されてきているが、これらの

表1 文字発生方法の比較

| | ドット方式 | ストローク方式 | |
|--------|---------------|------------------|-----------------------|
| | | 骨格ストローク | 輪郭塗りつよし |
| 変形 | X | ○ | ○ |
| データ量 | X | ○ | △ |
| 発生速度 | ○ | △ | X |
| フォント作成 | ○ ある程度自動化可 | △ 骨格を自動的に抽出困難 | ○ 既存の文字に対しある程度自動化可 |
| 備考 | | 高品質化可 | 高品質化可 |

内の多くはフォント作成については触れていない。しかしながら漢字について考えてみると、用いられる文字数はアルファベットの百倍以上にもおよび、フォント作成の容易さは実用上極めて重要である。本稿で提案する方式では、文字をプリミティブの集合と考えることにより、プリミティブの組合せによって全体のストロークのデータを構成している。本方式では、プリミティブとして縦方向、横方向、斜め方向の直線及び曲線を選ぶことにする。直線の記述方式については特に論じる必要がないと考えられるので、以下においては、曲線のプリミティブを表現するための関数について述べる。

自動的に文字の骨格線を抽出しコード化することは非常に困難であり、本システムではオペレータの補助により対話的にフォントを作成する方式をとる。対話的フォント作成の容易さという観点から、次のような点を考慮し、曲線プリミティブの骨格関数を決定する。

- (1) 始点、終点の位置（座標）がコントロールしやすいこと。
- (2) 関数のパラメータ決定に必要なプリミティブ上の点の数が少なく、かつそのような点の探索が容易であること。
- (3) 複雑な形状のストロークはいくつかのプリミティブに分割するが、この場合、それらの部分の滑らかな接続が可能であること。

曲線の記述には、曲線の変位を表す方法や、曲線の進む向きを表す方法等があるが、上記の条件(1)を考えると、終点のコントロールのしやすさという点から後者の方法を選

択する。次に、骨格関数のパラメータの決定に必要なプリミティブ上の点として、直感的なわかりやすさという点で、図1のように始点、終点及び始点と終点を結ぶ直線からの距離が最も大きい点（以下この点を最大変位点と呼ぶ。）の3点を用いることにする。図1において $X-Y$ は絶対座標系であり、 $x-y$ はそのプリミティブ用の仮座標系である。始点、終点及び最大変位点を結ぶスプライン関数を骨格関数として用いることが考えられるが、スプライン関数は区間内での滑らかさを重視した関数であり、そのために区間内での曲線の振動が生じる場合がある。文字の骨格においては、この振動を抑えることは、多くの場合曲線の滑らかさを保つことより重要であると考えられる。従って本方式では、区間内での2次微分係数の符号が変化しないようにすることを考えて、スプライン関数に修正を加えた関数を用いることにする。

一つのプリミティブを図1に示すように $y = f_1(x)$ 、 $y = f_2(x)$ なる二つの関数で表す。ここで、 $y = f_1(x)$ 、 $y = f_2(x)$ は3次関数である。次のような条件から、 $y = f_1(x)$ 、 $y = f_2(x)$ を決定する。

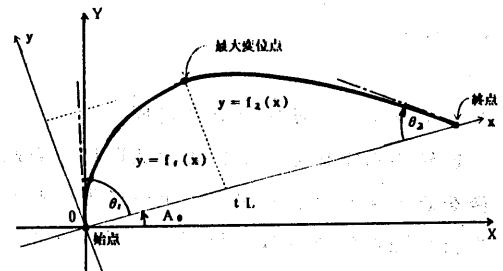


図1 骨格関数の表現

$$\begin{aligned}
 f_1(0) &= 0 & f_2(L) &= 0 \\
 f_1(tL) &= h & f_2(tL) &= h \\
 f_1(0) &= \theta_1 & f_2(L) &= \theta_2 \\
 f_1(tL) &= f_2(tL) = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{cases}
 f_1(x) < 0 & (0 \leq x < tL) \\
 f_2(x) < 0 & (tL \leq x \leq L)
 \end{cases}$$

又は

$$\begin{cases}
 f_1(x) > 0 & (0 \leq x < tL) \\
 f_2(x) > 0 & (tL \leq x \leq L)
 \end{cases}$$

即ち、最大変位点では $y = f_1(x)$ と $y = f_2(x)$ は C^1 級の接続をし、始点、終点では初期角を可能な範囲で指定できる。又一つのプリミティブ内で、2次微分係数の符号の変化はないものとする。

上記の条件より、骨格関数 $f_1(x)$ と $f_2(x)$ が以下のように導出できる。

$$f_1(x) = \frac{\theta_1 tL - 2h}{t^2 L^2} x^2 + \frac{3h - 2\theta_1 tL}{t^2 L^2} x + \theta_1 x \quad (5)$$

$$f_2(x) = \frac{\theta_2 sL - 2h}{s^2 L^2} x^2 + \frac{3h - 2\theta_2 sL}{s^2 L^2} x + \theta_2 x \quad (6)$$

$$\left| \frac{3h}{2tL} \right| < |\theta_1| < \left| \frac{3h}{tL} \right| \quad \left| \frac{3h}{2sL} \right| < |\theta_2| < \left| \frac{3h}{sL} \right| \quad (7)$$

但し $s+t=1$

本システムでは上記の骨格関数を対話的に決定するユーティリティを設けており、1文字あたり平均数分の操作でフォントが作成できる。本システムでは既にJIS第1水準、第2水準のフォントが全て作成されている。

3. アンチエイリアシング処理

比較的画素数の少ない表示装置に2値画像を表示すると、水平や、垂直に近い傾きを持つ図形の境界線が見苦しいギザギザ(ジャギー)を呈する。放送用画面に高品質の文字図形を表示する時には、発生する

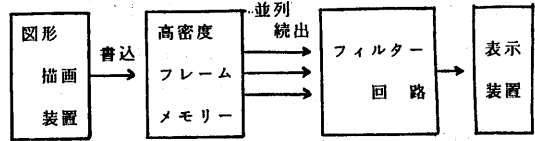


図2. アンチエイリアシングのブロック図

2値画像の境界部に何らかの方法で階調をつけ、ジャギーを緩和することが必要である。^[5]

本システムでは、表示画素の密度より高い密度を持つフレームメモリーに図形を描画し、その内容にフィルターをかけ表示することによりジャギーを除去している。この方法はメモリーの容量は多く必要とするがハードウェアによる高速処理が実現できしかもボケもほとんど生じない。この方法のブロック図を図2に示す。

高密度フレームメモリーの内容から表示画素の情報を出すには2次元フィルターを適用する。2次元フィルターの加重平均係数の割当てにはいくつかのものが考えられるが、本システムではコニカルフィルターを選定している。

高密度メモリーが表示画素密度の縦横各々2倍の密度を持つ場合に、コニカルフィルターの係数は図3aのようになる。各々3倍の密度を持つ場合の係数は図3bのよ

| | |
|-------|-----------|
| 1 2 1 | 1 2 3 2 1 |
| 2 0 2 | 2 4 6 4 2 |
| 1 2 1 | 3 6 6 6 3 |
| (a) | 2 4 6 4 2 |
| | 1 2 3 2 1 |
| | (b) |

図3. コニカルフィルターの係数

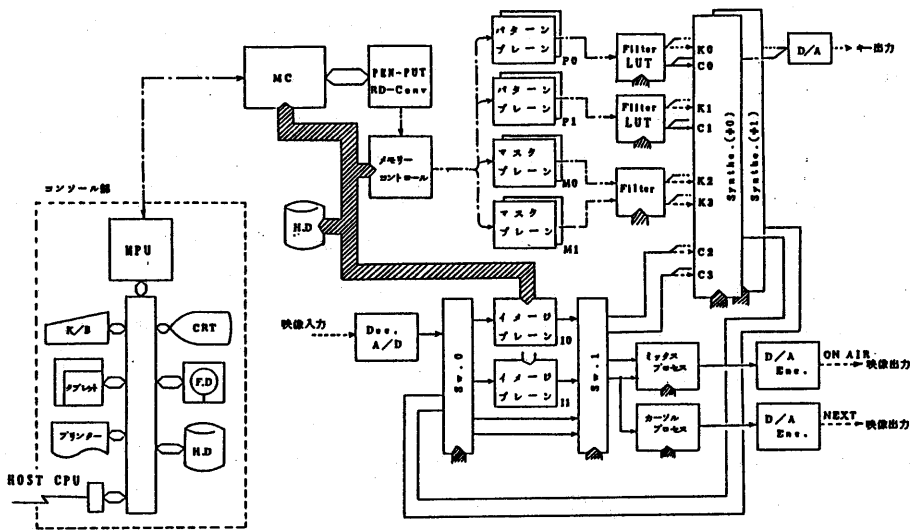


図4 本システムのブロック図 [2]

うになる。いずれも中央の表示画素の情報を周辺の表示画素以外の画素（副画素）の情報から加重平均して算出する。

どの程度高密度のフレームメモリーを使用すればジャギーが緩和されるかを調べるために、次のようなシミュレーションを行った。即ち、様々な傾きを持つ輝度100%の白色の直線を表示画素密度のフレームメモリーに階調を持たせて描画する。この際の階調づけは、図2の機能をソフトウェアで実現して行った。描画した線はモニターに表示し、目視によってジャギーの緩和程度を評価する。こうして高密度のフレームメモリーを水平方向と垂直方向に各々1倍、2倍、3倍、4倍にした場合のジャギーの緩和程度を比較した。水平に近い傾線のジャギーの緩和は垂直方向のフレームメモリーの密度に依存し、垂直に近い傾線のジャギーの緩和は水平方向のフレームメモリーの密度に依存する。

シミュレーションの結果、垂直に近い傾

線は水平方向の密度が表示密度の2倍で十分緩和され、水平に近い傾線は垂直方向の密度が表示密度の2倍でかなり緩和され3倍で十分緩和されることがわかった。

シミュレーション結果をもとにした最適なメモリー構成は水平方向に2倍の密度、垂直方向に3倍の密度を持つことである。しかしながら垂直方向に密度を3倍にすることはハードウェア量が大幅に増加するため、本システムでは縦横ともに2倍の密度にとどめた。即ち、それに対応するジャギー緩和フィルターは図3aの形式になる。

4. システム構成とアニメーション

本システムはコンソール部と、画像生成部より構成され、この間は光ファイバの通信回線で接続されている。コンソール部はCPUとしてMC68000を有するMPUボードが、キーボード、タブレット、ディスク、通信コントローラ等を制御し、主としてマジックインタフェースを受け持つ。画像

生成部は同じくMC68000を有するMPUボードが全体の制御を行い、高速浮動小数点演算ユニットAPUが文字図形発生処理演算を行う。2つのMPUボード間はHDL C回線で結ばれており、これは既に我々が開発した画像生成用高速コンピュータMCの最小構成である。APUの出力バスには線描画用ハードウェアと、塗りつぶし用のハードウェアが接続されており、これらの描画用ハードウェアが、パターンプレーン、コントロールプレーンに図形発生を行う。パターンプレーンは8ビット幅の画像メモリで、任意のビット幅の2つのプレーンP0、P1に分割して使用することができる。パターンプレーンには各画素の色コードが書かれておりカラーlookupテーブルを参照することによって実際の色に変換される。コントロールプレーンは1ビット幅の画像メモリで、マスク信号の発生に用いられる。パターンプレーン、コントロールプレーンは、実時間アニメーションを実現するために、表裏2枚の構成となっており、又、アンチエイリアシング処理のために表示画素数の4倍のサイズを有している。他にイメージプレーンと呼ばれる画像メモリがあり1画素あたりRGB各8ビットで表現される。イメージプレーンは表示画素数のサイズである。

コンソール部には、CP/M68Kの上で動くGKS準拠のサブルーチン群BGS1が用意されている。マンマシンインタフェースサブルーチン群はBGS1を通してコマンドパケットを画像生成部に送信する。

画像生成部にはMPU上にBGS1に1対1に対応するサブルーチン群BGS2が

あり、APUの実行管理、画像ハードの制御、属性の管理等をおこなう。APUはプログラムメモリとデータメモリを各2枚備えており、BGS1が図形発生時にプログラムとデータを、これらのメモリを介してAPUに渡し実行させる。APUは図形データと属性データをもとに、ウィンドビュー変換、クリッピング処理を行いながらパターンプレーン又はコントロールプレーンに図形を発生する。

本システムでは、ハードウェア、ソフトウェアの機能を用いて、ムーブ、ズーム、ロール等のアニメーション効果を生じることができる。一例としてズームの実現手段について説明する。

APUには、ウィンドビュー変換機能がソフトウェアにより実現されており、これを利用することによりズームを行うことができる。BGS2では、与えられた2つのウィンドウ又はビューポートの間を与えられた時間で補間しこの値をAPUに与え刻々表示サイズの異なる図形を表示し、ダイナミックなズーム効果を得ることができる。このとき、パターンプレーン、コントロールプレーンの表裏2枚を用い、それぞれ、描画用、表示用として用い、これらを垂直ブランキング期間中に切替えている。このため、描画過程は表示されず、スムーズなズーム効果を得ることができる。

5. マンマシンインタフェース

本システムのマンマシンインタフェースの主要な部分である、ピクチャー編集、アニメーション編集、スケジュール編集、プログラム編集について述べ、前二者につ

いては詳述する。

本システムでは、機能分担を明確にするために、図5に示すような、階層的データ構造を採用した。各編集機能は、これらのデータを、作成・変更していくためのツールである。図6には、これらの編集機能の関係を示している。編集機能間の遷移に関しては制限なく、いつでも、他の編集に移ることができる。ただし、未作成の下位の階層にあるデータを参照すると使用者に警告を発する。

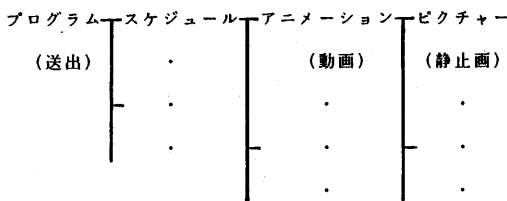


図5 データの階層

ピクチャー編集は、静止画を作成するためのツールである。図7に示すように、オンスクリーンメニュー方式を採用することにより、ほとんどスクリーンから目を移動させることなく図形の作成・編集が行なえるようにした。ただし、このメニューは必要に応じて画面から消すことができる。また、現在入力中の図形に関しては、いつでも、属性（色、太さなど）変更ができるようにし、試行錯誤が容易に、何回でも行なえるようにしている。文字の入力に関しては、簡便さを重視し、平仮名・片仮名・アルファベット・数字に関しては、全文字配列の採字板、漢字に関しては、手書き文字認識又は、カナ漢字変換方式を採用した。

アニメーション編集は、動画を作成するためのツールである。図8に示すように、横方向を優先順位付けされたプレーンに対応させ、たて方向を時系列に対応させたテ

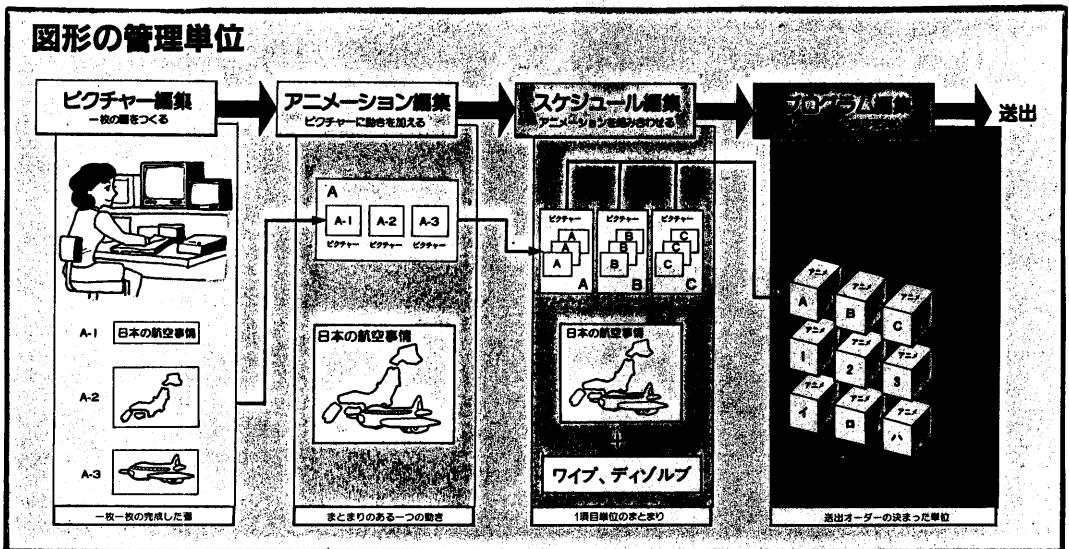


図6 各編集機能の関係

ープルにコマンドを入力し、入力と同時にコマンドを実行する逐次実行型の表形式簡易言語を採用することにより、試行錯誤を容易にし、かつ、だれでも簡単にアニメーションを作成できるようにした。なお、図8の中で、TIMEは、次の行に移るまでの待ち時間の設定、ならびに、TAKEボ

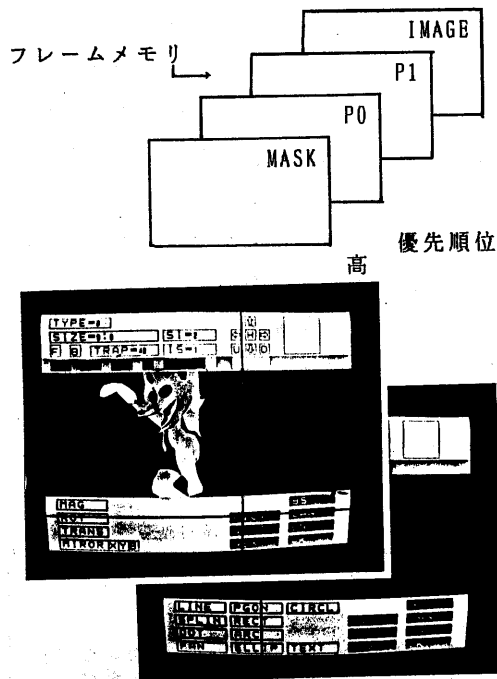


図7 ピクチャー編集メニュー (一部)

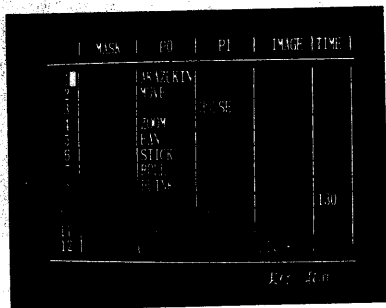


図8 アニメーション編集メニュー

タン入力待ちのコマンドを入力するためのエリアである。

スケジュール編集、プログラム編集も、表形式の簡易言語であり、たて方向で時系列を制御するようにしている。

6. むすび

文字図形発生システムについて述べた。本システムの特長は高品質の文字発生機能と実時間アニメーション機能である。このような機能はビジネスグラフィックス等の分野においても有用であると考えられ、今後の検討が期待される。

〔謝辞〕 本システムを開発するにあたり全面にわたって御指導戴いた森井部次長をはじめとする日本放送協会技術本部の方々、ならびに文字発生に関して有意義な御討論を戴いた大阪大学真田助教授、上海工業大学張先生に感謝致します。又、日頃より御指導戴いている松下通信工業(株)安藤室長、星野課長、松下電器産業(株)無線研究所中島所長、三木部長に感謝致します。

〔参考文献〕

- 〔1〕中瀬他, "高速浮動小数点演算機能を持つユニットコンピュータMCのアーキテクチャ", 情報研資, 1985, 6.
- 〔2〕氏原, 福田, "図形発生装置-放送用グラフィックス装置00発", TV全大, 1986, 8.
- 〔3〕高木, 坂元, "明朝体ひらがな、カタカナ字形の計算機による生成", 東大生産技術電気談話会報告, Vol. 34, No. 18, 1984, 6.
- 〔4〕張, 真田, 手塚, "漢字楷書毛筆字体の計算機による生成", 信学論D, Vol. J67-D, No. 5, 1984, 5.
- 〔5〕F. C. Crow, "A Comparison of Antialiasing Techniques", IEEE CG&A Vol. 1, No. 1, 1981, 1.