

# ビットマップ・グラフィックスプロセッサEDPU

## (2) 高速描画と多機能を特徴とするDDAの実現

6L-3

堀内浩一 峰久次郎 望月義幸 神山祐史 東幸哉

松下電器産業(株) 情報通信関西研究所

### 1. はじめに

ディスプレイの高解像度化やアプリケーションソフトの高機能化に伴って、グラフィックスプロセッサの性能向上に対する要求は高まっている。グラフィックスプロセッサに要求される基本的機能には、直線・円などの描画、台形フィル・円フィル・ベイントなどの塗りつぶし、BitBLT・拡大・縮小・回転などのイメージ転送などがある。これらの機能の実現のために、一般的にDDA(デジタル微分解析器)が用いられる。従って、グラフィックスプロセッサの性能向上のためには高性能なDDAの実現が不可欠である。本稿では、EDPUにおけるDDAの実現方法とその動作について述べる。

### 2. DDAに要求される機能

EDPUでは、DDAを以下の目的のために使用している。

- (a) 直線描画
- (b) 円(円弧)描画
- (c) 楕円(楕円弧)描画

高速化のため、円を短軸方向に縮小しながら発生することにより楕円を描画する。縮小に[短軸/長軸]の傾きを持つ直線を用いる。

#### (d) 台形フィル、三角形フィル

左辺の直線上の点と右辺の直線上の点との間を主走査方向(X方向)に1ラインずつフィルすることにより塗りつぶす。このとき、輪郭をフィルするか否かによって、各直線の1走査線上での左右端の点を求める必要がある。左右端の点はY方向に座標が更新する直前の点と直後の点に一致する。輪郭をフィルするときには外端の点間をフィルし、フィルしないときには内端の点の間をフィルする。

#### (e) 円フィル、楕円フィル

左半分の円弧(楕円弧)上の点から、円(楕円)の中心軸までの距離の2倍を1ラインずつフィルすることにより塗りつぶす。円弧(楕円弧)の1走査線上での左右端の点を求める必要がある。

#### (f) 拡大、縮小

拡大には、拡大率の逆数を傾きを持つ直線を用いる。この直線の副方向(常には座標が更新されない方向、この場合はY方向)の座標が更新するまで同じデータを転送する。縮小には、縮小率を傾きを持つ直線を用いる。この直線の副方向の座標が更新しない間はデータを読み飛ばし、更新するとき転送する。矩形領域の縦方向・横方向の拡大・縮小に各々1本ずつの直線発生が必要である。

#### (g) スラント

スラント率を傾きを持つ直線を用いる。この直

線上の点を始点として、矩形領域の1ライン分のデータを転送する。

以上の目的から、直線を発生するDDAが2個、円を発生するDDAが1個必要となる。また、発生する点のY方向変化を検出する機構が必要である。

### 3. DDAの基本構造

直線と円の発生は各々以下の方法による。

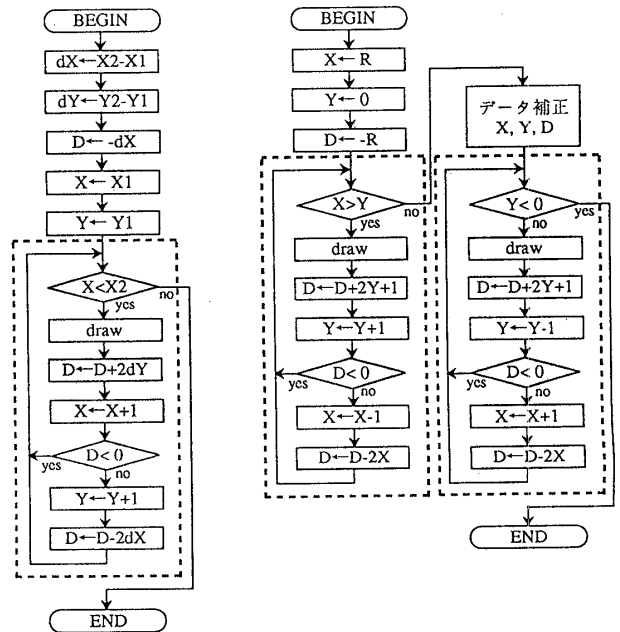
#### (a) 直線

Bresenham<sup>[1]</sup>のアルゴリズムを用いる。

#### (b) 円

Horn<sup>[2]</sup>のアルゴリズムを用いる。但し、Hornのアルゴリズムは1/8円を発生するアルゴリズムなので、これを1/4円にまで拡張したアルゴリズム<sup>[3]</sup>を用いている。

これらのフローチャートを図1に示す。DDAには点線で囲った4種類の整数演算(終点判定、誤差計算と誤差判定、X座標の更新、Y座標の更新)が必要である。



(a) 直線発生 (X1,Y1:始点、X2,Y2:終点) (b) 円発生 (R:半径)

図1 直線と円の発生のフローチャート

この4種類の演算は各々直線と円(前半の1/8円と後半の1/8円)で共有することができる。従って、直線を発生するDDA(DDA1)と直線

と円を発生するDDA (DDA 2) の2つのDDAがあれば要求を満たす。

直線の発生アルゴリズムは、傾きが0度から45度の範囲のみで成立する。従って、他の7種の傾きの場合には、始点座標と終点座標との間の変化する量と符号を基にして、見かけ上この範囲になるように制御する必要がある。直線の発生は最も基本的な機能であり、最大限の高速性が必要とされる。直線の傾きを算出しDDAの動作を設定する作業をマイクロプログラムが行うと、オーバーヘッドが大きくなる。従って、直線の発生のための初期設定を行うハードウェアを付加し、マイクロプログラムは始点座標と終点座標を各々DDAの所定のレジスタに設定するだけで良いようにする。

発生する点のY方向変化は、DDAに設定する直線・円・楕円の形状情報とDDAの副方向変化によって検出することができる。

4. DDAのハードウェア構成

図2はDDAのブロック図である。16~18ビットのレジスタが15個と、加減算器が2個と、減算器が3個と、インクリメント/デクリメントが4個から構成される。全ての演算器は並列に動作することができ、制御はワイヤードロジックで行われる。20Kトランジスタのハードウェアで実現されている。

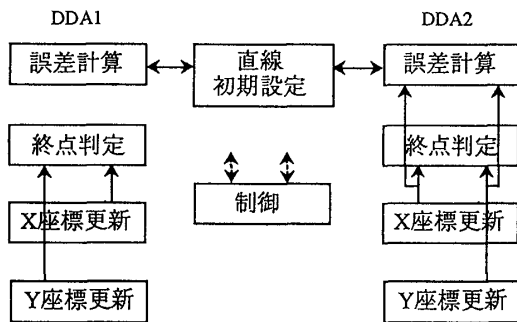


図2 DDAのブロック図

5. DDAの動作

DDAの動作モードには以下の7種類がある。台形フィルと三角形フィルには(e)が、拡大・縮小には(d)が使用される。

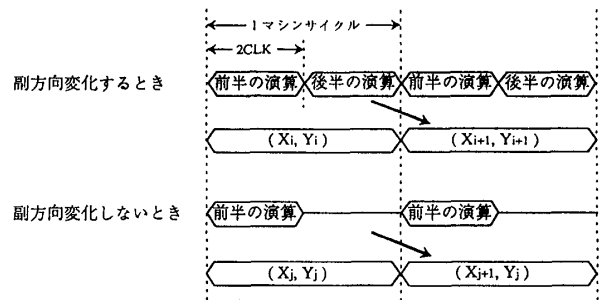
- (a)直線発生の前処理
- (b)DDA 1による直線発生
- (c)DDA 2による直線発生
- (d)DDA 1とDDA 2による直線の交互発生
- (e)DDA 1とDDA 2による直線の並列発生
- (f)DDA 2による円発生
- (g)DDA 1とDDA 2による楕円発生

マイクロプログラムは、動作モードと必要なパラメータをDDAの所定のレジスタに設定しDDAを起動するだけでよく、DDAの動作の制御を行う必要はない。DDAは停止要因を自分で解析し、自ら停止後その原因をマイクロプログラムに通知する。

EDPUのマシンサイクルは4クロックである。従って、DDAは全てのモードで1点を4クロックで発生するように設計してある。図1のフローチャートでは、DDAの演算は誤差判定の前までと後の部分に分けることができる。前半の演算は常に実行されるが、後半の演算は副方向変化するときのみ実行される。図3に示すように、前半の

演算は2クロックで後半の演算はその後2クロックで行われる。

発生する点のY方向変化を検出する場合には、DDA内部の状態を保存したままで変化前または変化後に停止する必要がある。変化前に停止するときには、前半の演算のみを行いその結果を各レジスタに格納しない。変化後に停止するときには、全ての演算を行いその結果を各レジスタに格納する。



前半の演算 : 終点判定、誤差計算と誤差判定、X(Y)座標更新  
 後半の演算 : 誤差計算、Y(X)座標更新

図3 動作タイミング

6. 考察

このDDAは、直線と円を1マシンサイクルに1点ずつ発生することができる。EDPUは、1点の描画にR/Wの2回のメモリアクセスを必要とするため、2マシンサイクルで1点の描画を行うことになる。ライトパースビット機能を有するメモリを用い1回のメモリアクセスで1点を描画するアーキテクチャを採用することとしても、この発生速度で十分追従することができる。

また、楕円は長軸を半径とする円と同じ速度で発生することができる。これは、楕円用に特別なハードウェアを投資しなかったことを考えれば満足のできる性能である。

DDAの機能面から考えると、Y方向変化の検出機能は、DDAをフィルや拡大・縮小に使用する上で、重要な役割をはたしている。

7. おわりに

EDPUのDDAの実現方法と動作について述べた。直線発生用のDDAと円発生用のDDAを1つに統合することによりハードウェア量を節約することができた。また、DDAの使用目的に応じた動作モードを設けることにより、マイクロプログラムがより制御しやすい構成を実現した。

今後のグラフィックスプロセッサに取り込む専用ハードウェアとしては、Bezier曲線やB-spline曲線の発生回路が考えられる。

参考文献

- [1]J.E.Bresenham: "Algorithm for Computer Control of Digital Plotter," IBM Syst. J., 4 (1) 1965, pp.25-30.
- [2]B.K.P.Horn: "Circle Generator for Display Devices," Computer Graphics and Image Processing, 5, 1976, pp.280-288.
- [3]周峻麗,西道佳人: "円の一筆書きアルゴリズム", 電子情報通信学会秋季全国大会, D-109, 1988.