

組み込み機器向け文字／ベクターグラフィックス描画回路

加藤義幸*
鳥居 晃*
濱田雅樹*

Font and Vector Graphics Engine for Embedded Systems

Yoshiyuki Kato, Akira Torii, Masaki Hamada

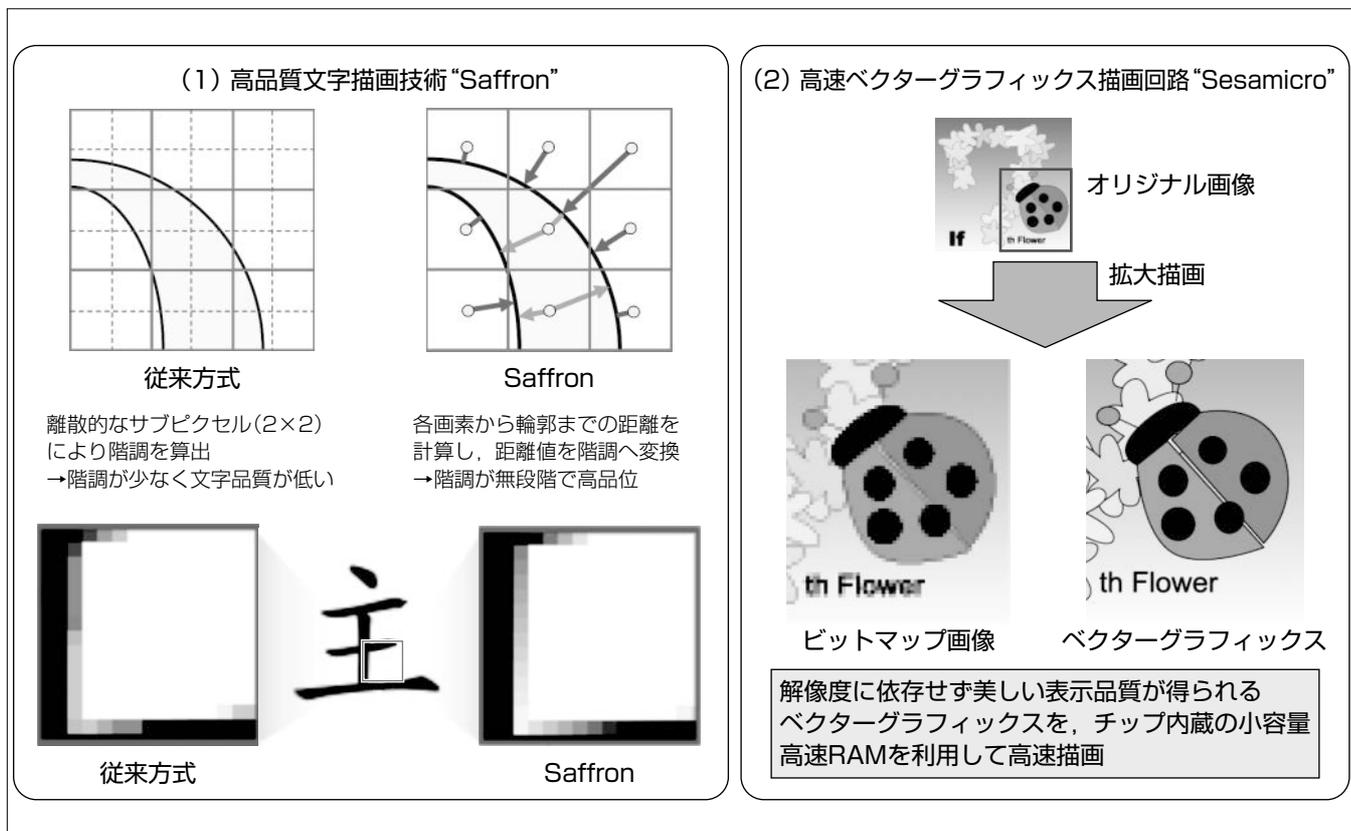
要 旨

液晶表示パネルなどによって操作案内を行う機器が様々な分野で増え、高性能なパソコン画面と同等の滑らかで視認性の高い表示や、素早い反応が求められている。

これら組み込み機器でパソコンと同等な表示画面を実現するには、CPU(Central Processing Unit)やGPU(Graphics Processing Unit)にもパソコン並みの高い処理能力が要求される。ところが組み込み機器ではこれらの処理能力は装置の大きさや消費電力によって制限されるため、文字や画像は、能力の低いCPUでも処理可能なビットマップの単純なコピー処理によって表示していた。このため、様々なデザインの図形や文字を、綺麗(きれい)に任意のサ

イズで表示する場合、反応速度が遅くなる問題があった。

今回、組み込み機器への適用が可能なGUI(Graphical User Interface)描画処理用のグラフィックス描画回路を開発した。この回路は、距離場(画素と文字輪郭間の距離情報)を用いた文字描画技術Saffronによって、スケラブルで高品質な文字を高速に描画する。また、解像度に依存しない美しい表示が得られるベクターグラフィックスを、チップ内蔵の小容量RAM(Random Access Memory)を用いた描画技術によって高速に描画する。これらはCPUに負荷をかけることなく描画を実行できるため、処理能力に制限のある組み込み機器でも高速表示を実現した。



高品質文字描画技術“Saffron(サフロン)”と高速ベクターグラフィックス描画回路“Sesamicro(セサミクロ)”

CPU能力に制限のある組み込み機器でも高性能パソコンと同等の見やすい表示画面が求められていることから、高品質文字描画と高速ベクターグラフィックス描画の回路を開発した。文字描画には距離場を用いたアルゴリズムを適用し、高品質文字の高速描画回路を実現した。ベクターグラフィックス描画は、チップ内蔵の高速RAMを利用するコンパクトな回路による高速描画を実現した。

1. ま え が き

近年、液晶表示パネルなどによって操作案内を行う機器が増え、最新のパソコン画面同等の滑らかで視認性の高い表示や、素早い反応が求められている。

しかし、組み込み機器では装置の大きさや消費電力の制約等によってCPUやGPUの処理能力が制限されるため、文字や画像は能力の低いCPUでも処理可能なビットマップの単純なコピー処理によって表示していた。このため、様々なデザインの図形や文字を、綺麗に任意のサイズで表示する場合、反応速度が遅くなる問題があった。

今回、三菱電機は組み込み機器への適用が可能なGUI描画処理用の小型高速回路を開発した。本稿では、この小型高速回路の開発の中で実現した文字／ベクターグラフィックス描画方式について述べる。

2. 文字描画技術

2.1 距離場を用いた描画アルゴリズム

スケーラブルフォントを描画する際には、アンチエイリアス処理を行うために、輪郭部分の画素ごとに描画する割合(カバレッジ値)を求める必要がある⁽¹⁾。今回、カバレッジ値の算出には、距離場を用いた高品質文字描画アルゴリズム“Saffron⁽²⁾⁽³⁾”を使用した。距離場とは、各画素と文字形状との最短距離を表すイメージのことで、距離値から各画素のカバレッジ値を算出する。距離場は連続した数値情報であるため、一般的なサブピクセル分割による離散的なカバレッジ値算出と比較し、文字の輪郭部分を多階調で表現可能である。このため、高品質な文字表示が可能で、視認性を向上できる。

また、図1に示すように、距離値からカバレッジ値を算出する際のパラメータの変更によって、1種類のフォントデータから太らせた文字やほかした文字の描画ができる。この機能の利用によって、1種類のフォントデータから様々な修飾文字の描画が可能となる。また、Saffronでは、アウトラインフォントに加えて、骨組みフォントであるストロークフォントも描画可能なため、フォントのデータサイズをアウトラインフォントの約1/4へ削減できる。これによって、多国語環境におけるメモリ容量を小さくしてチップコストを抑えることが可能となる。



図1. 距離場を用いた文字描画処理

2.2 文字描画方式

文字描画回路の構成を図2に示す。まず、座標変換処理では、指定されたフォントデータを読み出して、拡大・縮小・回転等の変換処理を行い、文字形状を任意のサイズへ変換する。曲線分割処理では、曲線を直線の集合体として描画を行うために、曲線形状に合わせて微小線分へ分割する。分割処理は、図3に示すとおり、頂点間の距離や曲率によって評価値を計算し、最適な分割数を決定する。

次に、ラスタライズ処理では、線分データから画素を生成し、距離バッファへ描画を行う。距離バッファは、距離場情報を格納するメモリで、これによって文字輪郭を無段階の階調で表示できる。

通常、直線とスキャンラインの交点座標の算出には、除算処理が必要である。しかし、一般の反復法を用いた除算回路では、回路規模が大きくレイテンシ(遅延)も長い課題があった。そこで、交点を算出する特別な除算回路(シフトアップ型除算回路)の新たな開発によって、表1に示すとおり回路規模を約1/5に削減し、レイテンシを約1/3に短縮した。

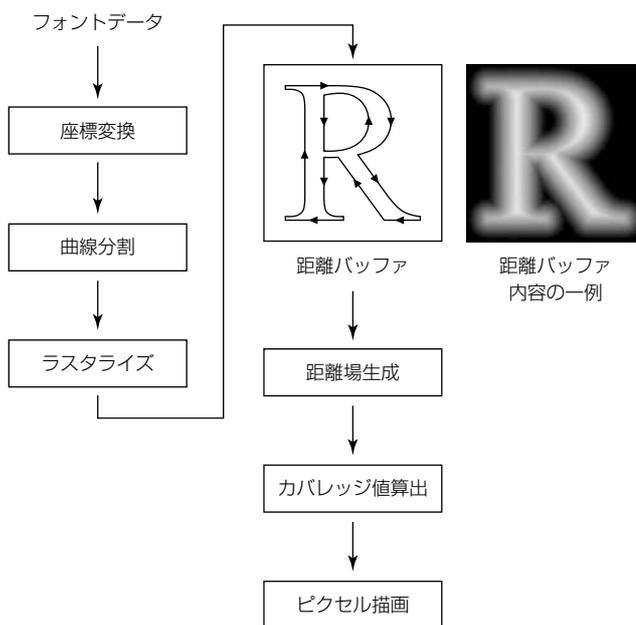


図2. 文字描画回路の構成

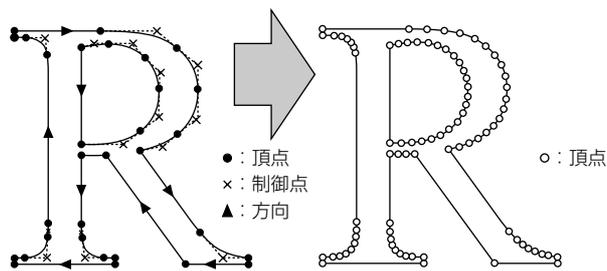


図3. 適応型曲線分割

表 1. 除算回路比較

	従来方式	新方式
除算法	反復法	回復法
構成要素	乗算器	加算器
補間処理	なし	あり
回路規模	120Kゲート	25Kゲート
レイテンシ	10クロック	3クロック

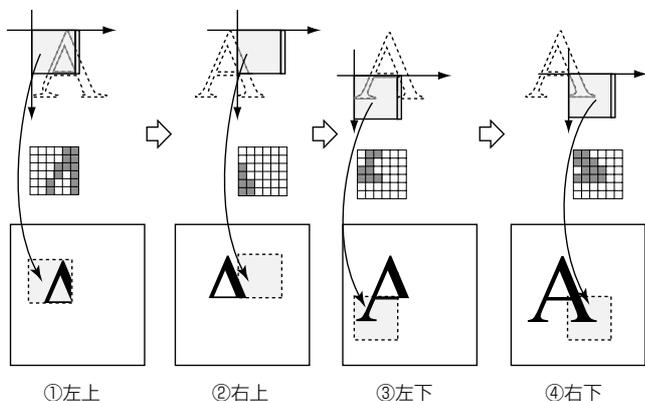


図 4. 文字のタイル形状分割描画

また、図 4 に示すように、ラスターライズをタイル上に分割して処理することによって、交点座標のリスト作成とソーティング処理を不要とした。さらに、タイル処理に必要なメモリに、チップに内蔵された高速で小容量なRAMを用いて、小回路規模での高速処理を実現した。内蔵RAMは、2ポートメモリ構成として、描画処理と外部メモリへのライトバック処理を並列に動作させる。これらによって、外部メモリへのアクセスを最小限に抑え、消費電力の低減が可能となった。

3. ベクターグラフィックス描画技術

3.1 ベクターグラフィックス処理

今回開発した高速ベクターグラフィックス描画回路“Sesamicro”では、図 5 に示すように、文字描画回路と同様、座標変換、曲線分割、ラスターライズ、カバレッジ値算出の基本処理を実行する。その後、カラー演算処理であるグラデーション、テクスチャマップ、アルファブレンドの処理を実行する。

グラデーションは、色の制御点情報に基づきカラー値の補間処理を行って、なだらかな色を生成する。テクスチャマップは、図形に対してテクスチャイメージの貼り付け処理を行う。テクスチャイメージはビットマップ画像で指定し、 3×3 の変換行列を用いて変形し、奥行き方向の透視補正を施す。また、色をカラー変換行列で変換するカラー変換も実行する。

3.2 アニメーション方式

ベクターグラフィックスをアニメーション表示させるためには、フレームごとに異なる画面を描画して表示を切り

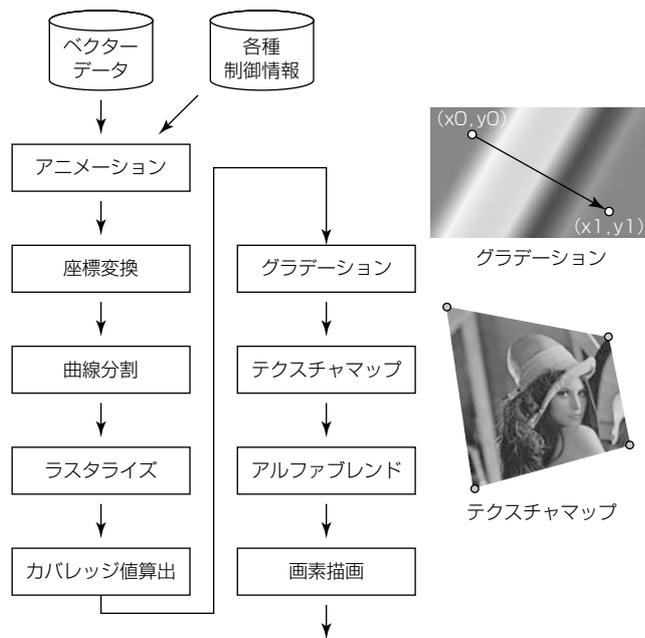


図 5. Sesamicroの処理フロー

替える必要がある。一般的なベクターグラフィックスのGPUでは、イミューディエイト方式が採用されるため、文字や図形描画に必要なデータをCPUが毎フレームGPUへ転送しなければならない。このため、CPUの処理負荷が高くなり、本来のCPU処理に悪影響が生じる。

一方Sesamicroでは、アニメーション自動実行機能によって、CPUに処理負荷をかけずにアニメーション表示を実行する。Sesamicroは、外部メモリに格納された一連のベクターデータやアニメーションデータ等を読み込み、描画処理を実行する。さらに、描画終了後、垂直同期信号に合わせてフレームの切替えを自動的に行う。

アニメーションデータは、前フレームと後続フレームの差分情報で定義し、画面のパーツデータに対する座標変換行列の指定によって、移動・拡大・縮小・回転のアニメーション表示を行う。画面制御情報には、パーツデータの画面配置情報などを記述し、複数の独立したパーツを一つの画面上に柔軟に組み合わせて表示できる。

アニメーションデータは、図 6 に示すように、アニメーションコンバータによって、SVG(Scalable Vector Graphics)データや作画ツールで作成した出力データを、Sesamicro用のディスプレイリストデータへ変換して作成する。

これらによって、画面デザインを一般のツールを用いて開発でき、CPUに処理負荷をかけずにアニメーションの実行ができる。また、解像度に依存しないベクターグラフィックス方式を用いるため、表示機器の画面解像度が変わっても、その都度、画面デザインを作り直す必要がなく、開発コストを低減できる。

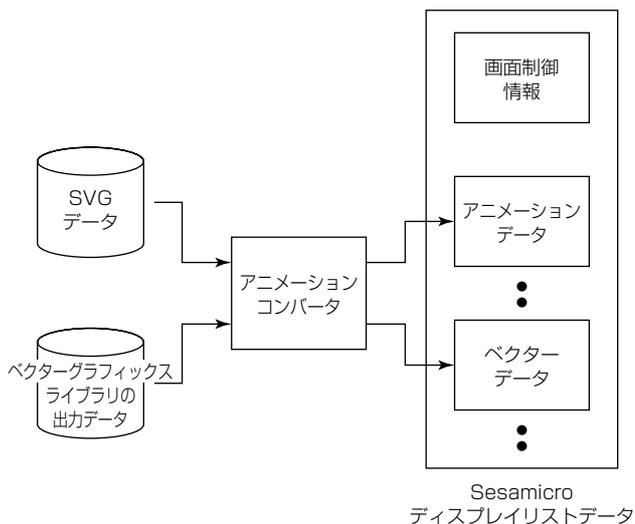


図 6. アニメーションデータ作成の流れ

表 2. FPGA評価基板の仕様

CPU	PowerPC ^(注1) 66MHz
FPGA	Xilinx Spartan3 ^(注2) 66MHz
外部メモリ	SDRAM 64ビット 66MHz
ピクセル形式	16ビットカラー
表示モニタ	1024×768(文字描画) 1280×768(アニメーション)

(注1) PowerPCは、IBM Corp. の登録商標である。

(注2) Spartanは、Xilinx, Inc. の登録商標である。

SDRAM : Synchronous Dynamic Random Access Memory

4. 性能評価

今回開発した文字描画回路とベクターグラフィックス描画回路をFPGA(Field Programmable Gate Array)に実装し、性能評価を実施した。FPGA評価基板の主な仕様を表2に、構成を図7に示す。

文字描画性能は、8万文字/秒(日本語フォント、48PPEM(Pentium Pro Equivalent MHz))となり、画面全体に小さな文字を表示した場合でも、毎秒60フレームの描画性能を実現した。

一方、ベクターグラフィックスによるアニメーション性能評価は、Flash^(注3)のSWF(Small Web Format)をコンバートしたデータによるSesamicroのアニメーション描画性能と、ARM製Coretex^(注4)-A8及びCoretex-A9と汎用GPUを搭載したタブレット端末のFlash描画性能との比較によって行った。この結果、図8に示すように、Sesamicroはベクターグラフィックスを効率良くハードウェア処理することによって、タブレット端末に比較し、約3~9倍高速であることを確認した。

(注3) Flashは、Adobe System, Inc. の登録商標である。

(注4) Coretexは、ARM Ltd. の登録商標である。

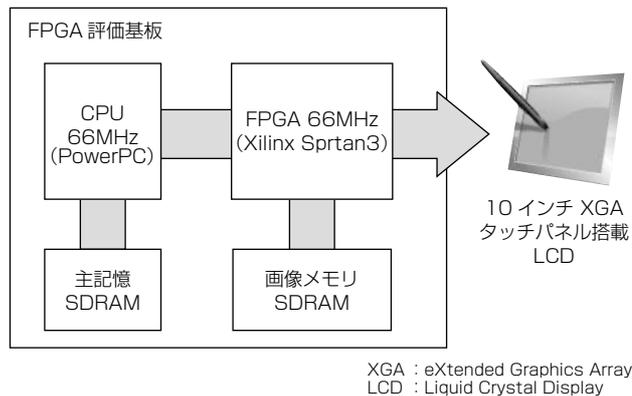


図 7. FPGA評価基板の構成

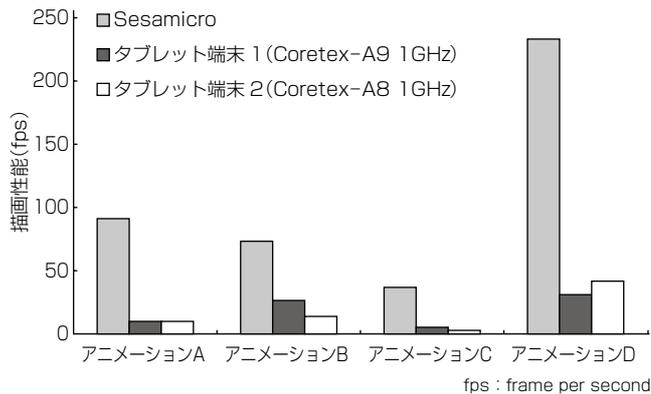


図 8. ベクターグラフィックスのアニメーション描画性能比較

5. む す び

本稿では、GUIを高速に描画する文字描画及びベクターグラフィックス技術について述べた。CPUに負荷をかけずに高速描画が可能で、回路規模も小さいため、組み込み向け表示装置に、低コストで搭載が可能である。

この技術は、鉄道表示器や車載表示器等への適用を行っており、さらに、今後は他の組み込み機器への適用も予定している。

参 考 文 献

- (1) 加藤義幸, ほか: 組み込み向けスケーラブルフォント描画回路, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, C-12-28 (2009)
- (2) Frisken, S. F., et al.: Adaptively Sampled Distance Fields: A General Representation of Shape for Computer Graphics, ACM SIGGRAPH, 249~254 (2000)
- (3) Frisken, S. F., et al.: Designing with Distance Fields, ACM SIGGRAPH, 60~66 (2006)