

サブピクセルを利用した高精細グラフィックスレンダリング

田路 文平 手塚 忠則 吉田 裕之
松下電器産業(株) マルチメディア開発センター
E-mail: {toji/tezuka/yoshida}@qrl.mei.co.jp

本稿では、グラフィックス描画において高精細なアンチエイリアシング処理を実現する *FineImage* について報告する。従来からエイリアシング低減のために様々な手法が提案されているが、これらはピクセル単位でスムージングを行っているため、全体的にぼけが大きくなってしまっていた。本研究では、カラーLCDデバイスのピクセルを構成するR,G,Bの発光素子(サブピクセル)を単位としたアンチエイリアシング処理により、シャープネスを保ったアンチエイリアシング処理を実現する。

Hi-Resolution Graphics Rendering Technology Utilizing Sub-Pixels

Bunpei Toji Tadanori Tezuka Hiroyuki Yoshida
Multimedia Development Center, Matsushita Electric Industrial Co.,Ltd
E-mail: {toji/tezuka/yoshida}@qrl.mei.co.jp

In this paper, we describe an overview of FineImage which realizes anti-aliasing with sub-pixel precision in graphics rendering on color LCD device. The various anti-aliasing techniques for aliasing reduction are proposed, but these techniques process with pixel precision, so result images become unclear on the whole. Our anti-aliasing improves the sharpness against anti-aliasing with pixel precision by utilizing sub-pixel precision process.

1. はじめに

近年、ほとんどのPDAや携帯電話などの小型モバイル端末にカラーLCDが搭載されるようになってきている。また、それらに表示されるコンテンツは、文字をはじめとして地図、CG、写真、動画、3Dキャラクタなど多様化してきている。しかし、これら小型端末に搭載されるカラー液晶は十分な解像度を持っていないため、滑らかな線を表示するのが難しい。特に文字やグラフィックスの斜めの線などは、エイリアシングによりギザギザに表現されて見づらくなる。

このようなエイリアシングの低減のために、様々なアンチエイリアシング手法が提案されている。例えば、バイリニアフィルタによるアンチエイリアシングでは、フレームメモリの内容をフィルタリングすることにより画面解像度のアンチエイリアシング画像を得る。また、スーパーサンプリングによるアンチエイリアシングでは、画面解像度よりも高い解像度でピクセルを描画し、これをフィルタリングすることにより画面解像度のアンチエイリアシング画像を得る。

しかしこれらは、いずれもピクセル単位の処理によりスムージング効果を得ており、全体的にぼけた画像となってしまう。

一方、カラー液晶を搭載したモバイル端末に対し、ClearType^[1]やCoolType^[2]、LCFont.C^[3]、FineType^[4,5]といった、デバイスはそのままに文字の高精細化を図る技術が提案されている。これらの技術は、カラーLCDのピクセルを構成するR,G,Bの発光素子(サブピクセル)を個別のモノクロ素子としてみなすことにより、擬似的に解像度を向上させる技術である(以下、サブピクセルレンダリングと示す)。これはサブピクセル単位のアンチエイリアシング処理であり、ピクセル単位のアンチエイリアシング処理に比べ処理する解像度が高いため、シャープネスを保ちながらスムージング効果を得ることができる(図1)。

しかしこのサブピクセルレンダリングは、R,G,Bの発光素子をそれぞれモノクロ素子として取り扱うためカラーデータに対して処理を行うことが難しく、文字に比べてカラーグラフィックスに対しての適用は

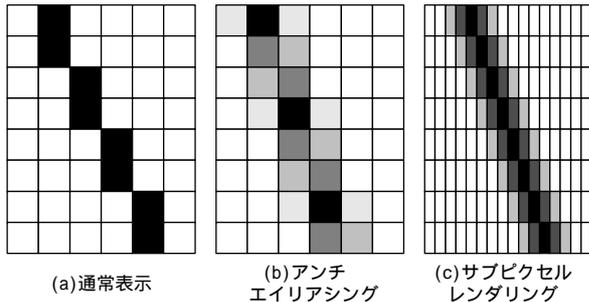


図1：サブピクセル単位アンチエイリアシング

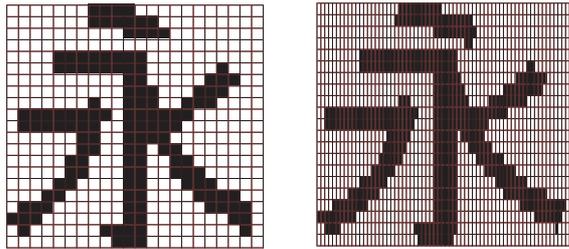


図2：サブピクセルを利用した高精細文字例

困難であった。

我々は、従来困難であったカラーグラフィックスへのサブピクセルレンダリングを実現する技術(FineImage)を開発したのでここに報告する^[6]。FineImageでは、輝度情報をサブピクセル精度で処理し、色情報についてはピクセル単位のアンチエイリアシング処理を施すことで、カラーデータのサブピクセルレンダリングを実現する。またハードウェア化も考慮し、グラフィックステップの描画単位であるライン単位で処理を行う構成とした。

2. サブピクセルレンダリングの基本原則

カラーLCDやプラズマディスプレイ等は、赤(R)、緑(G)、青(B)を示す発光素子(サブピクセル)が規則正しく配置されて構成されている。通常はR,G,B 3つのサブピクセルをまとめてひとつのピクセルとし、このピクセルを単位として描画を行う。一方、サブピクセルレンダリングでは、3つのサブピクセルをそれぞれ個別のモノクロ画素として扱い、サブピクセルごとに異なる画素に対応するデータを与える。これにより、ピクセル単位で処理する場合に比べて3倍の情報を与えることができ、高精細な描画が可能となる(図2)。

しかし実際には、R,G,Bの発光素子はそれぞれ異なる色で発光するため、3つのサブピクセルに個別に画素データを与えただけでは、意図しない色ずれが発生してしまう。図3は色ずれの発生を示したもの

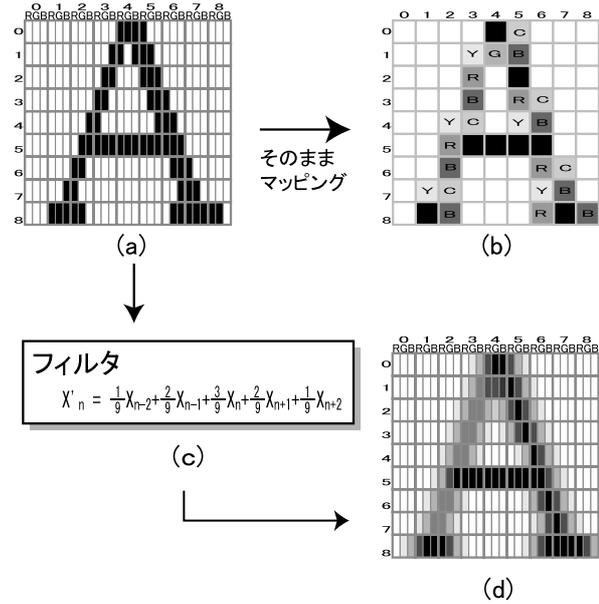


図3：色ずれの発生とその抑制

である。図3(a)は、文字「A」のラスタデータを液晶のサブピクセルにマッピングした場合、素子が発光する場所を示している。図3(b)は、これをピクセル毎の色として表現したものである。隣接して発光するR,G,Bの発光素子の数が不均等な部分(R,Gのみが発光している部分など)では、その部分は「黄色(Y)」や「シアン(C)」のように色がついて見えてしまい、いわゆる色ずれが発生する。このように色味がつくことを抑制するために、各サブピクセルの輝度レベルを調整し、白黒に近い表示にする必要がある。

この色ずれの抑制方法としては、Steveらの方法^[7]がある。これは、サブピクセルを単位としたフィルタ処理を施すことで輝度のバランスをとる方法であり、図3(c)はこれで用いられているフィルタ係数である。この処理により色ずれを人間の知覚しにくい範囲に抑制し、解像度も約3倍に向上させることが可能になる(図3(d))。

以上で説明した従来のサブピクセルレンダリングではグレースケールデータを対象としており、カラーデータの取り扱いが難しかった。

3. カラーサブピクセルレンダリング

人間の目の知覚特性として、色差の変化よりも輝度の変化に対して敏感であることが知られており、JPEGなどの圧縮技術においてこの特性を利用して圧縮効率を上げている。FineImageでもこの特性を利用して、人間が敏感な輝度情報だけをサブピクセル単位で処理し、色差情報はピクセル単位で処理することで、

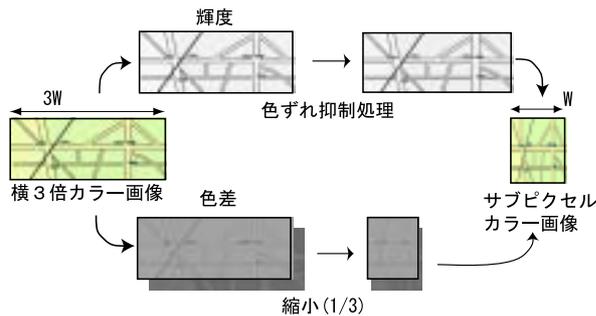


図4：カラーサブピクセルレンダリングの概要

カラーデータの高精細描画を実現する。

図4はその概要である。まず、入力された横3倍解像度のカラーデータ(R,G,B)を式(1)により輝度色差空間に変換し、輝度情報(Y)と色差情報(Cb,Cr)とに分離する。

$$\begin{cases} Y = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B \\ Cb = -0.169 \cdot R - 0.331 \cdot G + 0.500 \cdot B \\ Cr = 0.500 \cdot R - 0.419 \cdot G - 0.081 \cdot B \end{cases} \quad (1)$$

次に、輝度Yに対してサブピクセルレンダリングの色ずれ抑制処理をおこない、色差Cb,Crに対してピクセル精度への縮小処理(1/3倍)を行う。これらにより得られたサブピクセル精度の輝度情報とピクセル精度の色差情報から、式(2)で示す逆色空間変換により、サブピクセルレンダリング後のRGB値を得る。ただし式(2)において、R,G,Bそれぞれのサブピクセルに対する輝度をYr,Yg,Ybとする。

$$\begin{cases} R = Yr + 1.402 \cdot Cr \\ G = Yg - 0.344 \cdot Cr - 0.714 \cdot Cb \\ B = Yb + 1.772 \cdot Cb \end{cases} \quad (2)$$

式(2)のようにR,G,Bの各サブピクセルに対する輝度として個別の値を与えることで、カラーデータの高精細描画が実現できる。

4. グラフィックス高精細描画 FineImage

前述のカラーデータサブピクセルレンダリングの構成では、その処理の過程においてフレームメモリの3倍量のワークメモリを必要とする。また、直線やポリゴンなどの図形描画では、背景画像上への重ね合わせ描画が必要となるが、これについて考慮されていない。我々は、重ね合わせ描画を実現する省メモリなカラーグラフィックスサブピクセルレンダリング技術FineImageを開発した。以下にその特徴を示す。

- ・カラー画像のサブピクセルレンダリング
- ・サブピクセル精度の位置への重ね合わせ描画

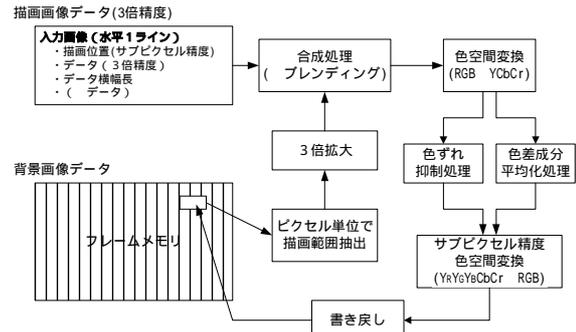


図5：FineImage処理の流れ

- ・グラフィックステップの描画単位(ライン単位)での処理

4.1 処理概要

図5はFineImageの処理フローである。ハードウェア化を想定し、ライン単位で描画処理を行う構成としている。

フレームメモリの内容を背景画像とし、描画する3倍精度の画像データを前景画像とする。前景画像の水平1ラインが渡されると、この画像を重ね合わせ描画する位置の背景画像をフレームメモリから読み出し()、これを3倍に拡大し()、両者を合成する()、次に合成された画像に色空間変換を施して輝度と色差に分離する()、輝度については色ずれ抑制処理を施して、色差については平均化処理を行う()、最後にそれぞれ個別に処理した輝度と色差をサブピクセル精度色空間変換により再変換し()、変換したRGB値をフレームメモリに書き戻す()、この処理をライン数分繰り返すことで、サブピクセル精度でレンダリングされたグラフィックスの背景画像への重ね合わせ描画を実現する。

以下に、処理の特徴的な部分について説明する。

4.2 背景抽出領域の拡張

FineImageでは、画像をサブピクセル精度で描画することによる色ずれの他に、前景画像を背景画像のサブピクセル精度の位置へ重ね合わせ描画することによる色ずれも発生する。この色ずれを抑制するため、前景描画領域だけでなく前景と背景との境界部分に対しても色ずれ抑制処理を行う必要がある。そこで、背景画像データ抽出処理では、前景描画領域に併せて色ずれ抑制処理に必要な領域も抽出する。色ずれ抑制処理として図3(c)のような5タップのフィルタ処理を施す場合には、対象サブピクセルの左右2サブピクセルが必要になるため、前景描画領域に対して左右2サブピクセル分ずつ拡張が必要である。さらに、抽出領域の始点座標と長さを3の倍数とするた

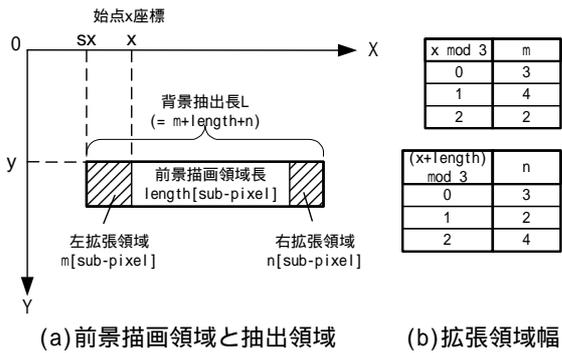


図 6：背景抽出領域

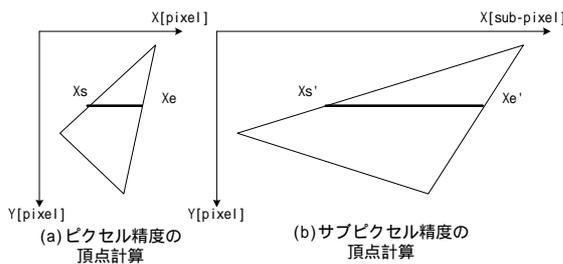


図 7：ラインごとの頂点計算

めに数サブピクセル分の拡張を行う。これにより抽出処理をピクセル精度で実現できる。

図 6 に前景描画領域と背景抽出領域の関係を示す。前景描画領域始点 x 座標 x と前景描画領域長 $length$ から、図 6 (b) に従って左拡張幅 m および右拡張幅 n を決定する。これにより背景抽出領域の始点 x 座標 sx は $x-m$ 、長さ L は $m+length+n$ となる。これら sx, L は 3 の倍数になるので、実際には始点 x 座標は $(x-m)/3$ 、長さは $(m+length+n)/3$ のピクセル単位で抽出を行う。

4.3 グラフィックチップへの適用

グラフィックチップでのポリゴン描画では、通常以下のような処理が行われる(図 7 (a))。

1. 頂点の座標を算出
2. 頂点座標をもとに、各辺の勾配を計算する
3. ライン毎に分割し、頂点座標と勾配をもとに各ラインの始点座標 Xs 、終点座標 Xe を算出
4. 全ラインに対し、 Xs から Xe まで描画処理

FinelImage もライン単位の描画処理であり、この構成に容易に組み込むことが可能である。FinelImage の実行のためには、処理を以下のように変更すればよい(図 7 (b))。

- ・ 頂点の座標を 3 倍精度で算出
- ・ 各ラインの始点座標 Xs 、終点座標 Xe を 3 倍精度で算出

上記のように変更し、このサブピクセル精度の座標値を FinelImage の入力データとすれば、フレーム

メモリの構成などを変更せずに組み込むことができる。

5. まとめ

本稿では、サブピクセルレンダリングを応用したアンチエイリアシング処理によりカラーグラフィックスを高精細描画する FinelImage の提案を行った。従来は文字描画に限定されていたサブピクセルレンダリングをカラーグラフィックスに適用することが可能になる。また、ハード化を前提とした設計により、ハードウェアのレンダリング処理への組み込みも容易とした。今後は半透明合成時のサブピクセルレンダリングの影響、3Dグラフィックスへの応用などの検討を行う予定である。

[参考文献]

- [1] "ClearType - Microsoft ClearType information page", <http://www.microsoft.com/typography/cleartype/>
- [2] "Adobe Cool Type", <http://www.adobe.com/products/acrobat/cooltype.html>
- [3] 岡田哲 他: "カラー液晶対応 LC フォント LCFO NT.C", シャープ技報第 81 号, Dec. 2001
- [4] 田路文平, 手塚忠則, 吉田裕之: "高精細表示を可能とするカラー LCD 向けサブピクセルレンダリング方式の一提案", Visual Computing 2001 予稿集, pp.13-18, June 2001
- [5] 田路文平, 手塚忠則, 吉田裕之: "FineType: カラー液晶の特徴を利用した高精細文字表示技術", Visual Computing 2002 予稿集, pp.87-92, June 2002
- [6] 田路文平, 手塚忠則, 吉田裕之: "FinelImage: カラー LCD 向け高精細グラフィックス描画技術", 映像情報メディア学会年次大会講演予稿集, Aug. 2002
- [7] "Sub-Pixel Font Rendering Technology", <http://grc.com/cleartype.htm>

松下電器産業株式会社 マルチメディア開発センター
AV メディア処理グループ
〒 820-0067 福岡県飯塚市川津 693-47
TEL: 0948-21-2610 FAX: 0948-21-2617
E-Mail: toji@qrl.mei.co.jp