

# 個人情報機器に適した 基本グラフィックスライブラリ

飯村 伊智郎 古賀 和義 桂 晃洋  
(株)日立製作所 日立研究所  
阿部 桂 菊地 明  
(株)日立製作所 半導体事業部

近年、グラフィックスの処理技術は、日々進歩し複雑化傾向にある。それに伴い、グラフィックスライブラリに代表される標準インタフェースの重要性が増してきている。しかし、WSやPCとは異なる分野に属する個人情報機器（車載情報機器やインターネットTV等）においては、低価格なハードウェアで性能を引き出すことが要求されるため、各社が個別に対応する傾向が強く、現時点で標準的なインタフェースは存在していない。本論文では、このような分野向けの基本グラフィックスライブラリ"SequentBG"のライブラリ構成、および低価格なハードウェアを活用したグラフィックス特長技術について述べる。

## A Basic Graphics Library fitting for Consumer Information Systems

Ichiro IIMURA Kazuyoshi KOGA Kouyou KATSURA  
Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.  
Katsura ABE Akira KIKUCHI  
Semiconductor & Integrated Circuits Division, Hitachi, Ltd.

In recent years, the graphics techniques have progressed day by day and have a tendency to be complicated. Therefore, the standard interface of graphics library has become important. Few of them, however, can fit for consumer information systems ( navigation system, internet TV, etc. ) which is neither work stations nor personal computers. Because, as for consumer information systems, the graphics library has an inclination to be developed individually in order to use inexpensive hardware effectively. This paper describes the basic graphics library structure in consumer information systems and the characteristic technique of graphics which put inexpensive hardware to practical use.

## 1.はじめに

近年、グラフィックスの処理技術は、日々進歩し複雑化傾向にある。それに伴い、グラフィックスライブラリに代表される標準インタフェースの重要性が増してきている。グラフィックスインタフェースの標準化の動きは 1970 年代から始まり、初期は大型計算機上で、その後 WS<sup>1</sup> や PC<sup>2</sup> の分野を中心に発展してきている。

一方、車載情報機器やインターネット TV 等に代表される個人情報機器の分野では、低価格なハードウェアで性能を引き出すことが要求されるため、各社が個別に開発する傾向が強く、現時点で標準的なグラフィックスインタフェースは存在していない。しかし、アプリケーションの開発効率や共通性の面から考えると、この分野においても使いやすいグラフィックスインタフェースの必要性は高い。

そこで著者らは、その個人情報機器をターゲットとしたグラフィックスライブラリ”SequentX”の実現を目的とし研究開発を行っている。SequentX は、ハードウェアに密着し 3 次元 CG<sup>3</sup> の基本機能を重視した SequentBG と、その上位に位置し 3 次元 CG アプリケーションの開発効率を重視した SequentCG の 2 つから成る。

本論文では、SequentBG のライブラリ構成、および個人情報機器の分野特有のグラフィックス技術について述べる。以降、第 2 章で SequentBG を開発する際に生じる課題について触れ、第 3 章でその課題を解決するライブラリ構成、低価格なハードウェアでテクスチャマッピングを実現する新方式“輝度階調テクスチャマッピング”、および UGM<sup>4</sup>アーキテクチャを活かした特長インタフェースについて述べる。最後に、第 4 章で SequentBG の評価について触れる。

## 2.課題

個人情報機器の分野では、低価格で高性能なシステムを構築することが重要である。そこで著者らは、次の 3 点に着目し個人情報機器に適したグラフィックスプロセッサ”Q2”<sup>5</sup>を開発した。

### 2.1.Q2 の特徴

#### シェーディング法

まず、ポリゴンに陰影を付けるシェーディング法に着目した。これには、ポリゴン内を単色で塗り潰すフラットシェーディング<sup>[1][2][3]</sup>、ポリゴンの頂点色を線形補間するグーロシェーディング<sup>[1][2][3]</sup>、およびポリゴンを構成する画素毎に色を求めるフォンシェーディング<sup>[1][2][3]</sup>がある。個人情報機器には、最も演算量が少なく画素毎のブレンド処理を必要としないフラットシェーディングが有効である。この手法を用いることで Q2 チップのハードウェア物量を削減できる。

#### 隠面消去法

次に、視点から見えない図形を削除する隠面消去法に着目した。これには、奥行き情報である Z 値を 1 画素ずつ保持し、1 画素ずつ Z 値を比較しながら処理する Z バッファ法<sup>[1][2][3]</sup>と、1 フレームに描画する全ポリゴンに対して、その奥行き情報により描画順序を入れ替えて処理する Z ソート法<sup>[1][2][3]</sup>がある。WS や PC の分野では CAD<sup>6</sup>/CAM<sup>7</sup>やサイエンティフィック・ビジュアルリゼーション等の正確な画像が求められるアプリケーションが多いため、ほとんどのライブラリが Z バッファ法前提で隠面消去を実現している。Z バッファ法は、画面画素数分の Z 値を蓄えるメモリが必要になり低価格な個人情報機器には不向きである。そのため個人情報機器では、厳密には結果が正確でないが画面画素数分の Z 値を蓄えるメモリを必要としない Z ソート

<sup>1</sup> Work Station

<sup>2</sup> Personal Computer

<sup>3</sup> Computer Graphics

<sup>4</sup> Unified Graphics Memory

<sup>5</sup> Quick 2D Graphics Renderer

<sup>6</sup> Computer Aided Design

<sup>7</sup> Computer Aided Manufacturing

法が有効である。この手法を用いることでメモリ容量を削減できる。

#### メモリ構成

最後に、メモリの構成に着目した。従来は、グラフィックスコマンドを格納するコマンドメモリ、1画面分の画像を格納する画像メモリ、テクスチャを格納するテクスチャメモリのように、グラフィックスの処理目的毎に専用メモリを用意していたためメモリ個数が増え低価格化が困難であった。そのため、この3つのメモリを統合する UGM アーキテクチャを考案した。この手法を用いることでメモリ個数を大幅に減らしシステムコストを削減できる。

次に、この Q2 と小型 RISC プロセッサ SH<sup>8</sup> 上で駆動する基本グラフィックスライブラリ "SequentBG" を開発する際に生じる課題について述べる。

### 2.2. 連続的な機能の拡張性

現時点における個人情報機器では、フラットシェーディングで十分である。しかし、将来的には個人情報機器の分野でも高品質画像の要求が高まり、グーロシェーディングさらにはフォンシェーディングへの対応も考えておく必要がある。

また個人情報機器の分野では、コスト的に Z ソート法が有効であるため SequentBG ではこの手法を採用している。しかし、シェーディング法同様、将来的には高品質画像の要求に伴い前述の Z バッファ法への要求が高まることは容易に想像できる。そこで、ポリゴン単位に処理する Z ソート法と画素単位に処理する Z バッファ法の 2 つの性質の異なる隠面消去法を 1 つにまとめ、連続的に機能を拡張することが重要な課題となる。

### 2.3. 低価格なハードウェアにおけるテクスチャマッピング

3次元 CG において、元絵であるテクスチャをポリゴンに貼り付けることで現実の世界をよりリアルに表現するテクスチャマッピング<sup>[1][2][3]</sup>という技術がある。WS や PC の分野においてこの処理は、元絵であるテクスチャに対し照光量に

応じて画素毎に明暗を付けることで実現する。しかし、低価格化を重視した Q2 はフラットシェーディングを採用しており、画素毎に明暗を付けるブレンド機能を備えていない。そのため、WS や PC の分野のライブラリを用いた場合、明暗を付けてテクスチャをポリゴンに貼り付けることができず、現実世界により近い 3次元 CG 画像を生成することが困難である。したがって、個人情報機器の分野においては、画素毎のブレンド処理を必要とせず明暗を付けてテクスチャマッピングを実現する手法を考案することが重要な課題である。

### 2.4. イメージデータの統一化

WS や PC の分野では、1 フレーム分の画像データを格納する画像メモリやテクスチャを格納するテクスチャメモリのように、グラフィックスの処理目的毎に専用メモリを用意し、それぞれ専用ハードウェアを用いることにより高速化を図っている。そのため、一度画像メモリに描画した画像をテクスチャとして用いるには、画像メモリからテクスチャメモリへのコピーが必要であり、性能劣化につながる。

しかし、システムを小型化するためには、テクスチャ容量を削減し、コピーをすることなく、一度描画した画像をテクスチャとして利用することが考えられる。それには、グラフィックスの処理目的毎にイメージデータを分けず統一的に扱える必要がある。

## 3. SequentBG

前章で述べた 3 つの課題を解決し、個人情報機器に適した新たな基本グラフィックスライブラリ "SequentBG" を構築する際の着目点および特長技術について述べる。

### 3.1. ライブラリ構成

連続的な機能の拡張性を実現するため、まず処理対象となるグラフィックスデータの性質に着目する。図 1 は、グラフィックスデータが処理される流れを示したものである。3次元空間で定義されたモデルデータは、モデルを配置し投影面に投影する座標変換、ベクトル計算により

<sup>8</sup> SuperH RISC Engine

色を求める輝度計算、表示領域からはみ出ているモデルを切り取るクリッピングと処理される。その後、画素に展開され、テクスチャに関連した処理、そして特殊効果を付けるフラグメント処理が施され最終画像が生成される。

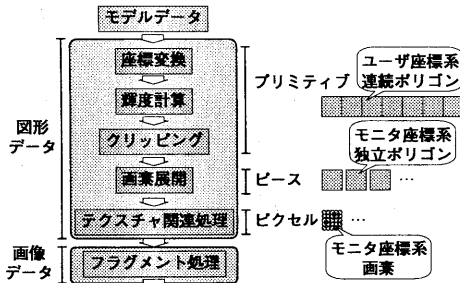


図1 グラフィックスデータの処理の流れ

これらの処理ステージにおいて、処理対象となるグラフィックスデータは、

- ◇ 幾何学的処理（座標変換、輝度計算、クリッピング、画素展開、テクスチャ関連処理）が施される図形データ
- ◇ 画像処理（フラグメント処理）が施される画像データ

の大きく2つに分類できる。

- ◇ さらに、図形データに関しては、
- ◇ ユーザ座標系の連続ポリゴンを意味するプリミティブ
- ◇ モニタ座標系の独立ポリゴンを意味するピース
- ◇ モニタ座標系の画素を意味するピクセルの3つに分類できる。

このグラフィックスデータの分類に合わせたライブラリ構成を図2に示す。SequentBGは、図形データに対して処理をするグラフィックスオブジェクトと、画像データに対して処理をするイメージオブジェクトから成る。さらにグラフィックスオブジェクトは、プリミティブに対して処理をするプリミティブオブジェクト、ピースに対して処理をするピースオブジェクト、ピクセルに対して処理をするピクセルオブジェクトから成る。

モデルデータは、グラフィックスオブジェクトの入力となり、その後イメージオブジェクトを通過し、画像としてモニタに表示される。また、単に画像のロードであれば、図3のようにイメージオブジェクトのみで実現できる。さらに、Q2をハードウェアとした場合、図4のよう

にピースオブジェクトのインタフェースを用いることにより、ハードウェアを直接アクセスすることも可能である。

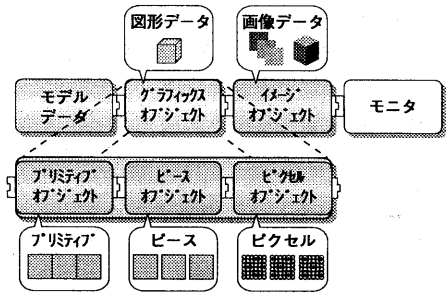


図2 ライブラリ構成

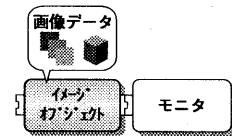


図3 画像のロードのみの構成

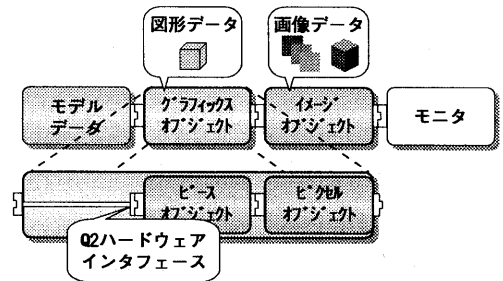


図4 Q2を直接アクセスできる構成

このように、処理対象となるグラフィックスデータの性質とライブラリ構成を関連付けることで、将来への拡張が容易になる。

### 3.2.連続的な拡張性

ところで、シェーディング法と隠面消去法は、一見すると連続的な拡張性を確保することが困難である。これに関して次に述べる。

#### シェーディング法

先に述べたように、フラットシェーディングとグーロシェーディングは、光源、図形、視点の位置情報から頂点毎にベクトル計算を行い色を算出する。一方フォンシェーディングは、画

素毎にベクトル計算を行い色を決定する。そこでSequentBGでは、プリミティブオブジェクトにおいてピクセルの色を決定するための係数を求める。すなわち、フラットシェーディングおよびグーロシェーディングの場合は色に関する係数を、フォンシェーディングの場合はベクトルに関する係数を求める。そして、どのシェーディングにおいても上記係数を用いて、ピクセルオブジェクトにてピクセルの色を決定する。このようにすることで3つのシェーディング法を同様に扱い、連続的な機能の拡張を可能にできる。

### 隠面消去法

先に述べたように、Zソート法はポリゴン毎に視点から遠い順に並べ替えを行い視点から見えないポリゴンを削除する。一方Zバッファ法は、ポリゴンを構成する全ての画素毎にZ値を比較し視点から見えない画素を削除する。そこでSequentBGでは、ピースオブジェクトにおいて隠面消去を行うための前処理をする。すなわち、Zソート法の場合は、1フレーム分のピースを視点から遠い順に並べ替えピクセルに分解する。Zバッファ法の場合は、並べ替えを行わずピクセルに分解する。その際、各ピクセルに対応するZ値を、頂点Z値をもとに求める。そして、どちらの隠面消去法においてもイメージオブジェクトにおいてピクセルが描画されるかどうかを決定する。すなわち、Zソート法の場合は、視点から遠い順にピクセルを描画する。Zバッファ法の場合は、ピクセルのZ値とZバッファに格納されているそのピクセルに対応するZ値を比較し、より視点に近い場合にそのピクセルを描画する。このようにすることで2つの隠面消去法を同様に扱い、連続的な機能の拡張を可能にできる。

### 3.3.輝度階調テクスチャマッピング

テクスチャを用いて立体感のある3次元CG画像を作成するには、テクスチャに明暗を付ける必要があることは先程述べた。しかし、Q2におけるテクスチャマッピングの機能は、図5に示すようなテクスチャを変形し描画することであり、3次元CGに必要な明暗を付けた変形はできない。

そこで、明暗を付けたテクスチャマッピングを実現するために、次の点に着目した。Q2が採

用しているフラットシェーディングの場合、ポリゴン面に対し一意に輝度値が決定される。この特徴を有効利用することにする。すなわち、図6に示すように予め輝度の異なる複数のテクスチャ（同一絵柄）を用意する。そして、一意に決まるポリゴン面の輝度値により、使用するテクスチャを選択するのである。これにより、明るい部分には輝度の高いテクスチャを、暗い部分には輝度の低いテクスチャを貼ることが可能になる。このように、輝度の異なる複数のテクスチャを予め用意し、輝度の高低により使用するテクスチャを選択することでテクスチャマッピングを実現する本手法を、“輝度階調テクスチャマッピング”と呼ぶことにする。

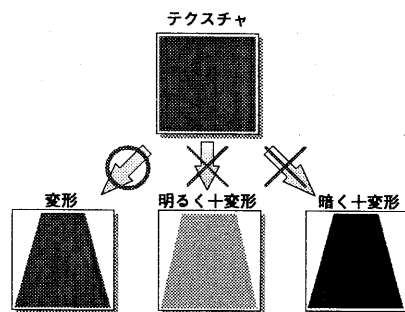


図5 Q2におけるテクスチャマッピング

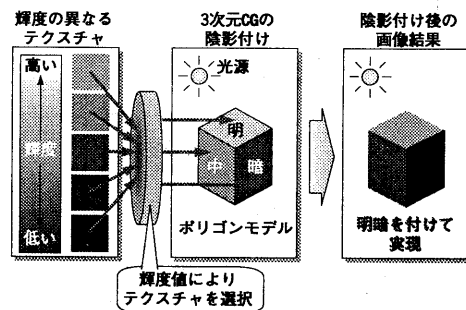


図6 輝度階調テクスチャマッピング

### 3.4.UGMアーキテクチャの有効利用

Q2は、グラフィックスデータを統合的に扱いメモリ個数を削減できるUGMアーキテクチャを採用している。このアーキテクチャでは、コマンド、画像、テクスチャが同一のUGMと呼ばれるメモリに格納される。そこで、画像デー

タとテキストデータを統一的に扱うため、そのメモリ内の配置を動的に変更することに着目した。この処理は、配置を変えるためのアドレス変更だけでなく、一度描画した画像をテキストチャとして利用する場合、コピーをせず高速に実現できる。

このように、アプリケーション・プログラマが SequentBG のインタフェースを用いて動的にメモリ内の配置を変更することで、画像やテキストチャ等のイメージデータを統一的に扱うことができる。

#### 4. 評価

SequentBG を実際に試作し、輝度階調テキストマッピングにより作成した飛行機の画像を図 7 に示す。

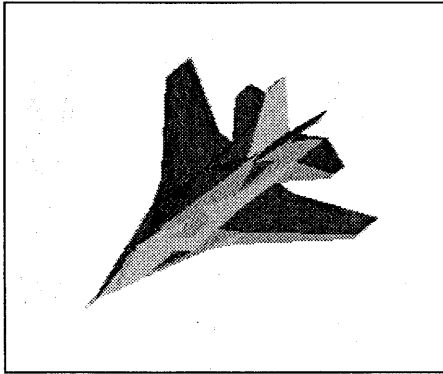


図 7 画像例

この図から、3次元モデルに対し明るいところには明るいテキストチャ、暗いところには暗いテキストチャが貼られていることが分かる。

この画像を作成する際のコーディング量は、表 1 に示すとおりである。

表 1 コーディング量

コーディング条件	ステップ数
SequentBGなし	6830
SequentBGあり	150

SequentBG を用いずコーディングした場合、6830 ステップも必要とするのに対し、SequentBG を用いた場合には、その約 1/46 の 150 ステップでよく、SequentBG を用いること

で容易に 3次元 CG 画像を作成できることが分かる。

また、オブジェクト容量に関しては、描画属性の絞り込みにより、ROM 化可能な 90(KB)程度を実現できる見通しを得ている。

#### 5. むすび

本論文では、個人情報機器に適した基本グラフィックライブラリ"SequentBG"を提案した。

処理対象となるグラフィックスデータの性質に着目したライブラリ構成にすることで、連続的な機能の拡張を実現できることを示した。また、低価格なシステムに有効な新テキストマッピング法"輝度階調テキストマッピング"を考案し有効性を示した。さらに、低価格を実現する技術である UGM アーキテクチャを有効活用し、一度描画した画像をテキストチャとして利用できる特徴インタフェースを実現できることを示した。

さらに、これらに関して、実際に試作機を作成し SequentBG の有効性を確認した。

#### 謝辞

最後に、本研究を遂行するにあたり、御指導御支援下さった、馬場志朗、納谷英光、三好雅則、中塚康弘各氏に感謝致します。また、有益な御討論戴いた研究部の諸氏に感謝致します。

#### 参考文献

- [1] James D. Foley et al. : Computer Graphics : Principles and Practice-Second Edition : Addison Wesley (Nov. 1990)
- [2] James D. Foley, Andries Van Dam : Computer Graphics: Principles and Practice : 日本コンピュータ協会 (1984)
- [3] 技術系CG標準テキストブック編集委員会 : コンピュータグラフィックス : 画像情報教育振興協会 (May 1995)