

PS2で ゲームはこう変わる!

(株)ナムコ 斎藤 直宏

家庭用ゲーム機のハードスペックが向上し表現のクオリティが高くなると、必要となるCG技術のレベルも上がり、プログラムも巨大になる。さらに、描画に用いられるデータ量も多くなる。これらの変化に開発現場ではどのように対応していくのであろうか。また、各CGソフトメーカが、PS2という巨大マーケットに参入するために開発環境の提供を一斉に掲げている。学会で発表されるような技術は、ゲーム機という環境下で、実際にどの程度ニーズがあるのであろうか。PS2の発売を機に、ゲーム制作の現状とその未来像について考えてみたい。

ゲームマシンについて

グラフィックスワークステーション（以下GWS）で有名なSGI社がVisualWorkStationというNTマシンを発表し、PC市場に参入したのは1999年1月のことである。コンピュータグラフィックス（以下CG）を制作する現場においてはGWSが主流だったが、わずか1年後の現在、CGを制作している現場でPC機をみることは、いたって普通の風景であり、まったく珍しいことではない。マイクロソフト社についての説明はいらないと思うが、そのマイクロソフト社がX-boxという家庭用ゲーム機を発表し、家庭用ゲーム機市場への参入を発表したのは今年の3月のことである。

以上の事柄は、ワークステーション・PC・ゲーム機を通してコンピュータの基本的技術がそうたいして変わらないということを状況的に示しているといえるのではないか。また、この数年でコンピュータのグラフィックスハード性能が飛躍的に向上し、GWSと家庭用ゲーム機の性能的な差が埋まりつつあることも示している。

次ページに最新家庭用ゲーム機であるソニーコンピュータエンタテインメント社（以下SCEI）の「プレイステーション 2」の仕様を載せる。このゲーム機は今年の

3月4日に発売され、現時点で180万台以上普及しているゲーム機である。高速な計算部はエモーションエンジン（以下EE）と呼ばれ、MIPSベースのCPUコアとベクトルユニットを2個のせている。グラフィックス描画部はグラフィックス・シンセサイザ（以下GS）と呼ばれる。GSは4Mの内蔵DRAMを持ち、7,500万ポリゴン/秒の処理能力を持つ。このEEとGSで非常にクオリティの高いグラフィックスが表示できること、前型のプレイステーションとの互換があり（一部のソフトを除いて）以前に購入したソフトウェアを動作させることができること、デジタル多目的ディスク（DVD）が再生できることなど、ユーザにとって魅力的な機能が盛りだくさんのゲーム機である。

ハードの構成をみると、RambusメモリとEEが3.2GB/秒のバスで接続されている。CD-ROMやDVDに記録されているプログラムやデータは必要に応じてI/Oプロセッサを経由し、メモリに配置され実行される（テキストデータはGSの内蔵DRAM）。I/Oプロセッサは周辺にIEEE1394、USBを持ち、また、PC-Cardポートを持つことにより拡張性も非常に高い。

EEが非常に高速であることより、今までのように前

「プレイステーション2」概要仕様書

CPU

128ビット “Emotion Engine”
クロック周波数 294.912MHz
キャッシュ・メモリ命令：16KB, データ：8KB+16KB (SP)
メイン・メモリダイレクト・ラムバス (Direct RDRAM)
メモリ容量 32MB
メモリバス・バンド幅 3.2GB (ギガ・バイト) / 秒
コ・プロセッサFPU
(浮動小数点乗加算器×1, 浮動小数点割算器×1)
ベクトル演算ユニットVU0+VU1
(浮動小数点乗加算器×9, 浮動小数点割算器×3)
浮動小数点演算性能 6.2GFLOPS/秒
三次元CG座標演算性能 6,600万ポリゴン/秒
圧縮画像デコーダMPEG2

グラフィックス

“Graphics Synthesizer”
クロック周波数 147.456MHz
混載キャッシュVRAM 4MB
DRAMバス・バンド幅 48GB (ギガ・バイト) / 秒
DRAMバス幅 2,560ビット
ピクセル構成 RGB : Alpha : Z (24 : 8 : 32)
最大描画性能 7,500万ポリゴン/秒

サウンド

SPU2
同時発音数 ADPCM : 48ch (SPU2) + ソフト音源数
サンプリング周波数 44.1 / 48kHz

IOP

I/O Processor PlayStation CPU+
クロック周波数 33.8688 / 36.864MHz
IOPメモリ 2MB
Sub-BUS 32ビット
入出力 IEEE1394, USB
PCカードインタフェース (TypeII)
ディスクドライブCD-ROM 24倍速
DVD-ROM 4倍速

もってすべてのデータを用意するゲーム開発のスタイルは当然として、シミュレーション的にデータをリアルタイムに生成したり、多量のポリゴンやラインを必要とする映像を表示させたりすることができるようになる。これは今までゲーム中でムービーとして扱われてきたノンリアルタイムCGが、ある程度のクオリティならばリアルタイムで表示できる可能性を表している。

1998年にSIGGRAPHのエレクトロニックシアターで上映された大場康雄氏 ((株) ナムコ 技術本部所属) の「風祭り」¹⁾ という作品がある。SGI社のGWSを使用しハードウェアレンダリングで作成されたこの作品が1999年3月2日に行われた次世代プレイステーション発表会において、PS2の試作機上で動いている映像が上映された(図-1)。SIGGRAPH上映時の映像よりもデータ数を減らしているとはいえ、作品のイメージを損なうことなく動かさせていたことより、PS2の可能性を



© 1999 NAMCO LTD., ALL RIGHTS RESERVED

図-1 PS2試作機上の「風祭り」

具体的に示していると考えられる。

● ゲームのトレンドと開発

ゲームソフトの技術的なトレンドについて少し述べてみたい。「ゲームはあくまでもゲームであり、エンターテインメントである。シミュレーションとは異なる分野である。」という声をよく耳にする。実際、この意見は正論である。シミュレーションが目的でなく、プレイヤーにエンターテインメントを提供するのがゲームであるからである。ただし、ゲームの目指していることがシミュレーションでなくエンターテインメントだとしても、高い次元のエンターテインメントを提供する時に、プレイヤーに対して没入感を増大させる“リアリティ”は無視できない。ゲームソフトは、プレイヤーがのめり込めるように、表現を現実世界に近づける必要がある。この時にリアリティを上げるためにシミュレーション技術が必要であるといえる。しかし、ゲームソフトでは、「らしく」見えればよいのであり、シミュレーションが必須の技術ではない。シミュレーションが使えればそれに越したことはないが、計算コストの面などから、シミュレーションを用いないで「らしく」見せるためのさまざまなノウハウがあることも事実である。また、人間の求める感覚的なリアリティと実際の世界の出来事にギャップが生じる場合もある。実世界を忠実にゲームの中に再現しても、プレイヤーが求めるリアリティとは異なり、「うそっぽく」見えるのである。

では、リアリティを上げるために必要な要素は何であろうか。ゲームの企画や場面の設定なども大事な要素であるが、技術的な側面から考えてみると、大きく2つに分けられる。1つは動的表現(モーション)であり、もう1つは静的表現(モデリング、レンダリング)である。CG作品を見た時に次のように感じることもある。静止



©1994 1995 1996 1999 NAMCO LTD., ALL RIGHTS RESERVED

図-2 鉄拳タッグトーナメント

画でリアルに見えるCG画像がある。仮に、その静止画に現実的でない動きをつけて動かすと、その前に感じていたリアリティは感じなくなる。また、逆に静止画ではまったくリアルでないCG画像に、非常にリアルな動きをつけると、先に感じた陳腐なイメージはなくなってしまふ。動きと写実性は、リアリティを考えるとときに非常に重要な要素であるが、時間軸を持つか持たないかで、別要素に分けて考えられるだろう。

モーションのリアリティを上げる技術にモーションキャプチャがある。実世界における人物などの動きをコンピュータに取り込む技術である。大きく分けてメカ式、磁気式、光学式3タイプに分けられる²⁾、³⁾。各タイプの特徴を簡単に述べると、

メカ式：関節にロータリーエンコーダを用いて骨格構造を作り、動き（または特定のポーズ）の関節角度データを得る。

磁気式：磁場を発生させ、人体に取り付けたセンサの磁界における位置・角度を得るシステム。

光学式：人体にマーカーを取り付けそのマーカーの空間位置を複数カメラで求めるシステム。

である。

当社でもモーションキャプチャ専用スタジオを持ち、実際のゲーム開発に使用している。10年ほど前からCG用に使われている技術であるが、実際のゲーム開発でどのように使われてきたか、弊社の人気格闘ゲームのシリーズを追って説明してみる。「鉄拳」シリーズの第一弾開発時、モーションキャプチャ技術について社内で調査・実験を開始していたが、製品への応用はされていない。2作目である「鉄拳2」が鉄拳シリーズで初めてモーションキャプチャ技術を採用したソフトである。その時からそうであるが、ゲーム用にキャプチャリングした

モーションはたいがいそのままでは使えない。プレイした際に「気持ちよさ」を出すために、人間と同じ速度の動きでは遅すぎるのである。よって、キャプチャしたデータを編集する必要がある。「鉄拳3」ではキャプチャしたデータを圧縮しリアルタイムに伸長する技術が開発されたが、同時にゲームデザイナーがキャプチャしたモーションデータを編集するための技術も開発されている。この例は、ゲームにおけるリアリティが現実世界と異なる一例である。鉄拳シリーズ最新であるPS2用ソフト「鉄拳タッグトーナメント」では観客も登場し複数のキャラがリアルタイムで動いている（図-2）。

では静的表現のリアリティはどうであろうか。弊社の人気レースゲーム「リッジレーサー」でみることにする。図-3に「プレイステーション」と同時に発売された「リッジレーサー」、図-4に1998年発売され同じハードウェア上で動く「リッジレーサー タイプ4」（リッジレーサーシリーズ4作目）を示すが、同じハードウェアでもこれだけ表現に差がつく。わずかに数年でリアリティの表現技術が上がっていることが分かる。

現在のゲーム機（PS2も含めて）のスムーズシェーディングはゲーローモデルである。これはポリゴンの頂点でのみ輝度計算を行い、ポリゴンの中は各頂点の色を補間することで塗りつぶす方法であるが、映画制作のCGではほとんど使われないスムーズシェーディングの方法である。それに比べ、フォンモデルのスムーズシェーディングはすべての画素で輝度計算を行うので非常に美しい。しかし、計算コストが高く、リアルタイムでは一部のハードウェアでしか実現されていない。ゲーローモデルでは、レンダリング時の鏡面反射成分（スペキュラ成分：物体の表面において、光が直接反射している部分。金属のような光沢のある物体の表現にはかかせない）の



©1993 1994 NAMCO LTD., ALL RIGHTS RESERVED

図-3 リッジレーサー



©1998 NAMCO LTD., ALL RIGHTS RESERVED

図-4 リッジレーサー タイプ4

ようにオブジェクト表面上に限られたエリアにしか存在しない成分はスクリーン上のポリゴンの大きさに依存することになる。また、スクリーン上のポリゴンより小さな鏡面反射成分は画面に描画できない場合もある。この問題を一般的にゲームソフトウェアではアルファマッピング（半透明マッピング）の技術を使い解決している。通常のモデルをレンダリングしたあとに、スペキュラ用のオブジェクトをレンダリングするのである。スペキュラ用のテクスチャのコーディネイトデータを持つオブジェクトを（スペキュラ成分以外を透明にして）通常のモデルに重ね描きすることで、ポリゴンに依存しないスペキュラが表現できる。これにより、主観的なリアリティの向上が図られている。

ハードウェアの限界を理解した上で、リアルタイム性を維持しつつ、高いクオリティの画像を描画する。このことがゲームにおけるCG技術の基本である。

ゲームの開発

一般的なゲームの開発フローを図-5に載せる。企画があり、デザイナーがグラフィックに関するデータを作り、プログラマがシステムをまとめていく。でき上がったシステムをプレイしてみて練り直す。この工程を繰り返すのである。このフローの中で製品開発と技術向上をコンスタントにクリアしていかなければならない。すなわち、技術研究・開発と製品開発が同時に行われているのである。そして、この工程は特に企業の体力が必要とされる。企業の経営体力、企業の技術力、プログラマの技術力など、総合的な体力がないとこの工程を進めることは難しい。PS2のハードのスペックが高いことが分かった時にさまざまな人々が、「PS2を生かしたソフトを作れるメーカーは数社しかない。」と発言していたが、その意見の背景にはこのようなことがあったと考えられる。PS2の開発について、SCEIは初代PSの時と異なり、ミドルウ

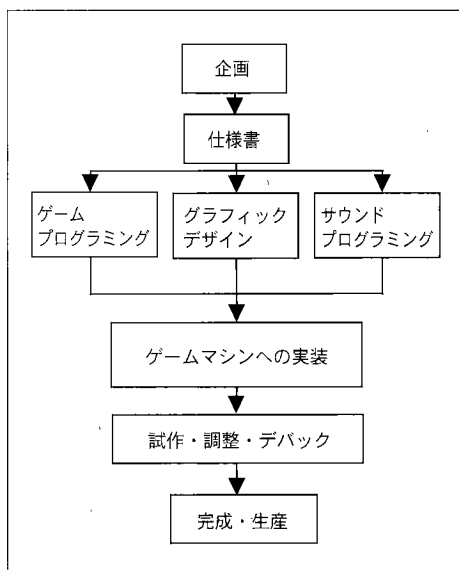


図5 ゲーム開発のフロー

エアと呼ばれるサードパーティからの開発環境の提供を提案している。人工知能を専門にしているメーカ、CGツールの総合メーカ、レンダリングに特化したメーカ、物理シミュレーションに特化したメーカ、高速なコンパイラを持つ開発環境を提供するメーカなど、種々さまざまである。特に、ゲームに使用されることを目的とする関数の提供を提案しているメーカが多い。初代PSの時点では社外製の関数をゲームシステムに組み込むことは積極的に行われてこなかった。今まではほとんどのゲームメーカがソフトを社内だけで開発してきたが、それには理由がある。リアルタイム性に特化したゲームでは、ブラックボックス的関数を内部に組み込むことはバグを引き起こす要因になる。また、メモリなどのリソースの管理ができなくなることも理由の1つである。しかし、今後はそのような問題をどうにか解決した上でミドルウェアを使い、高度なレベルでのリアリティを追求する必要があると思われる。企画の段階でゲームのイメージをミドルウェアでまとめたり、CGツールで作成したモデルやモーションをデザイナーが実機で動かしたり、また、物理計算はミドルウェアを使うだけでプログラミングがいらなくなったりする状況が、この先起こると予想できる。ゲーム開発のフローが大きく変わり、開発スタンスが短くなればコスト削減に大きく貢献する。ゲーム開発のコスト削減・クオリティアップを考えると、ミドルウェアの存在は無視できない。また、ミドルウェアをうまく使うことで、小さなメーカでもよりリアリティのあるゲームソフトを開発することができるようになると思われる。

● ゲームCG技術

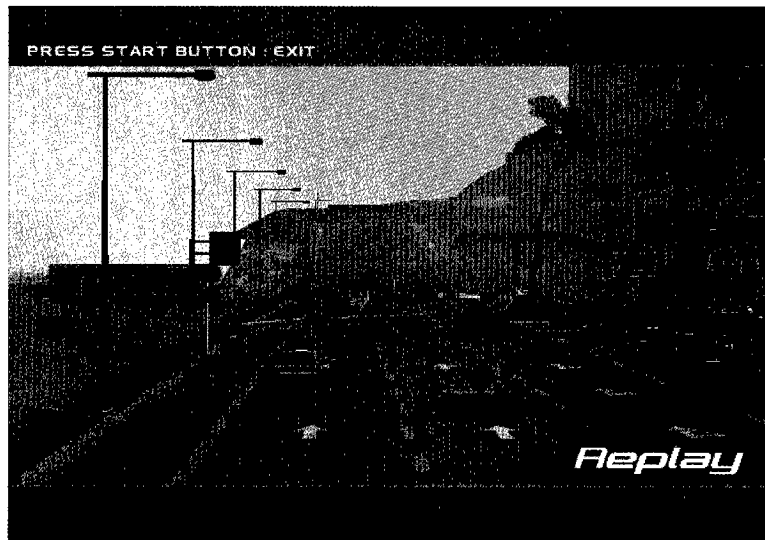
実際のゲームでは、CG技術はどのように使われているのだろうか。学会などで発表される技術は、大半は今までできなかった表現など、クオリティアップに関するものが多いように感じる。速度比較が載っている論文もあるが、リアルタイムでの動作を考慮したものはほとんどない。ゲームソフトにおいて、リアリティのためにクオリティアップは必要であるが、リアリティのためにリアルタイム性を損なうことはできない。あくまでも、ゲームソフトではリアルタイム性が前提なのである。つまり、どんなによい表現を可能にする技術があっても、リアルタイムで処理ができなければ、ゲームソフトでは採用されない技術なのである（ただし、プリプロセスで計算した結果をテーブルで持つ手法はよく使われる）。実際、全ピクセルの法線を求め、オブジェクト表面の凹凸を表現するバンプマッピングはノンリアルタイムCGではクオリティをあげるためになくしてはならない技術であるが、リアルタイムでは動作できていない。現在では溝的な凹凸が表現できているのみである。

レンダリングの表現に被写界深度の技術がある。実際のカメラでは絞り値によってピントの合うエリアが変化する。絞れば絞るほどピントの合うエリアが広がる。CGカメラはよくピンホールカメラにたとえられる。すべての距離のオブジェクトにピントが合うからである。理想のカメラといえるが、映画的にピントを変化させる演出ができない。実現するには計算コストの高い処理を行わなければならない。最近ではCPUスペックが上がったこともあり、計算コストがかかっても演出的効果を上げるために、被写界深度を使用する作品（ノンリアルタイム）が増えている。しかし、現時点では、この技術手法をそのままゲームソフトには載せることはできないだろう。シミュレーションではないが、同じような表現を行うことがPS2を使うことで可能である。当社のPS2用ソフト「リッジレーサー V」（リッジレーサーシリーズ5作目）では被写界深度を実現している（図-6）。

ゲームソフトで、ある表現を得るための技術を実装する場合、以下に挙げるような事柄が必要である。

- ハードの特性を十分理解しその特性をうまく使う。
- アルゴリズムを見直して簡略化し必要な部分のみを取り出す。
- 計算式を見直して高速化する。
- コーディングレベルで高速化する。

以上の項目のどれかが欠けてもゲームソフトに技術を実装することはできない。技術を研究する場合、アカデミックなレベルの高さを目標とするのは当然であるが、実



©1999 NAMCO LTD.

図-6 リッジレーサーV

装に重きを置く研究も進められてよいのではないか。

リアルタイム動作が前提であり、ゲームソフトへの実装が必須であるゲームCG技術は、学会などで発表されるアカデミックなものとは違う印象がある。アカデミックな高さよりも実現できる可能性の方が重要なのである。開発現場では先に挙げたような事柄で、使いたい技術を使える技術にしている。実装するまでのギャップが高ければ技術者として問題解決に燃えるのも事実であるが、そのことはゲームソフト開発の本流でない。しかし、リアリティを追求するために必要なことである。今後、ゲームハードウェアのスペックが上がることで実装が楽になると思われるが、現在では、この実装技術が各メーカーの技術力であり、今後も当然必要な技術であると考えられる。

● 将来のゲーム機

2000年末に松下電器と任天堂が新型ゲーム機「ドルフィン」を発売すると発表している。SECIの「プレイステーション2」、マイクロソフト社のX-boxとハードウェアの向上競争が繰り広げられている。これらのハードウェアはスペックの高さもさることながら、その拡張性が注目される。拡張デバイスとしてネットワーク接続機器が繋がることにより、家庭内と家庭外を結ぶ重要な機器になるからである。現在、家庭を外と結んでいるのは、電気・水道・ガスなどの受信のみのものと電話である。電波によるTV・ラジオは受信のみの機器である（ケーブルTVはインターネットに繋がる）。電話やケーブルTVがインターネットのインフラとして重要な位置を占めているが、このインフラにゲーム機が繋がるのが今後最も重要なことであろう。

ゲーム機はTVと繋がっており、TVと繋がっている機器がインターネットと繋がることが重要なのである。双方向TVのSet Top Box (STB) として位置付けられるからである。

ゲームは、ゲーム機がインターネットに繋がることで、大きく変化する。異なる場所にいる見ず知らずの人間同士が、同じ仮想空間に存在することができるようになる。ゲームをプレイすることが、手紙や電話のようなコミュニケーションの1つとなるのである。双方向性を生かすゲームソフトは今のようゲームではなく、プレイヤーに環境を提供するだけであり、プレイヤー同士でルールを作っていくのかもしれない。画像のクオリティが高くなることも「プレイステーション2」の特徴だが、高い拡張性がもたらす新しい環境が、最もゲームを変化させるポイントであろう。

双方向TVのSTBとして、また、コミュニケーションツールとしての新しい特徴を持つ将来のゲーム機は、家庭内のさまざまな機器（AV機器はもちろん、白物と呼ばれる家電も含む）を接続する拡張性も持っている。ゲーム機として普及したハードは家庭IT革命の旗手の役割を担っているのである。

これからのゲーム機は非常に楽しみである。

参考文献

- 1) Ohba, Y.: Kazematsuri, ACM SIGGRAPH VIDEO REVIEW, Issue 125, No.18 (1998).
- 2) 宮澤, 武田, 柳原: コンピュータゲームのテクノロジー, 岩波書店 (1999).
- 3) 馬場哲治: ゲームマシンでの人体グラフィックス, 映像情報メディア学会誌, Vol.51, No.8, pp.45-50 (1997).

(平成12年5月1日受付)