

## ゲーム (マシン) とポリゴンとテクスチャ (マッピング) と…

宮沢 篤

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

〒242 神奈川県大和市下鶴間1623番14

### Speaking of games, polygons, or textures…

Atsushi Miyazawa

IBM Research, Tokyo Research Laboratory IBM Japan, Ltd.

1623-14, Shimotsuruma, Yamato-shi, Kanagawa-ken 242, Japan

伝統的に3次元グラフィックスの技術は、完全な精度や高い解像度が求められるような、高価なCAD/CAMワークステーションの領域で利用されてきた。もちろん、ゲームの世界ではCADワークステーションのように、それらの性能についてやかましく言う必要はないものかもしれないが、実際それらのゲームマシンの性能がいかに強力で魅力的なものであるかについては、(ゲームの表現力を高めるためだけに特化されたものではあるにせよ)ただただ驚かされるばかりである。

### ビデオゲームのスペシャルエフェクツ

例えば映画におけるスペシャルエフェクツ(特殊効果)というのは、現実には存在しないものを目に見えるようにする作業であり、観客は特殊な方法で作りに出された想像の世界のイメージを、あたかも現実かのごとくに体験することができる。本来ビデオゲームの場合は、すべてが非現実の世界から成り立っているのかもしれないが、視覚的イメージの役割については映画とまったく同じことが当てはまる。ゲームの視覚デザインや、それに必要とされるさまざまな技術の開発に携わる人たちのいわば“魔術”によって、プレーヤーはより洗練されたリアルな体験を楽しむことができるようになったのである。

世の中に数多く存在するビデオゲームは、大きく思考型ゲームと反射神経型ゲームの2つに分けることができるが、どちらかといえば、対戦格闘ゲーム(Beat 'em Ups)やシューティングゲーム(Shoot 'em Ups)に代表される反射神経型ゲームに、これら特殊効果というのは頻りに用いられてきた。これまでのコンピュータ科学の研究テーマとしては、ほとんど顧みられることのなかった反射神経型ゲームであるが、数年前までは最先端だった3次元グラフィックスの技術を、一気に家庭にまで浸透させた(少なくともその仲介役を果たした)功績は大きいのではないだろうか。

ビデオゲームにおける視覚的な特殊効果というのは、例えば背景やキャラクタの拡大・縮小や回転、射影変換などの機能である。これらは、数学で言うところの座標幾何学の応用であるが、定義

どおりまともに座標計算をしていたのでは、とても限られた時間内に絵を作り終えることができない。そこでインプレメンテーションに際しては、高速化のためのさまざまな工夫が必要になってくる。

## 射影変換とその近似について

数学では射影変換 (Projective Transformation) と呼ばれる、画像の直線性を保存しつつ、長方形の背景パターンを台形に変形することによって、奥行き感を持った画面を作る手法が、“トップランディング” (Top Landing, 1988年/タイトー) や“G-LOC” (1990年/セガ・エンタープライゼス)、“ゴルフンググレイツ” (Golfing Greats, 1991年/コナミ) などで使われている。平面上の射影変換は、一般の位置にある4組の対応点によって決定され、数学的には原画像の画素の座標と変換後の画素の座標との対応関係は、同次座標 (Homogeneous Coordinates) を用いた次式で定義される。

$$\begin{pmatrix} x_1' \\ x_2' \\ x_3' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & h \\ c & d & k \\ p & q & s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}$$

ただし、

$$x_1 = x, x_2 = y, x_3 = 1, \\ x' = x_1' / x_3', y' = x_2' / x_3'$$

射影変換は、定義どおりまともに座標計算をすると、変換画像の画素単位に乗算8回、加減算8回、除算2回が必要になり、これを反復しなければならないため、変換処理に多大の計算時間を要する。いろいろな模様の画像データを、任意形状のポリゴンの表面に張り付けるテクスチャマッピングとは、この射影変換の応用、というよりそのものである (拡大・縮小のような線型な変換からテクスチャマッピングに含める考え方もある)。要するに、テクスチャマッピングとは、多大の計算時間を要するポリゴンの頂点計算を、こともあろうにポリゴンの内点すべてについて行っていることに他ならない。そこで、3Dのグラフィックスアクセラレータでは、高速化のためのさまざまな工夫が考えられることになる。

最初に考えられるのが、線型変換による近似である。射影変換は、平面上の4点から4点への、つまり四角形から四角形への変換であるから、この四角形を2つの三角形に分割すれば、各々をアフィン変換 (線型変換)、つまり平面上の3点から3点への変換で処理できる。もちろん、このままでは三角形のつなぎ目のところでテクスチャが不連続になるため、モデリングの際のテッセレーションを通常より細かくすることによって、この影響 (ポリゴンが折れて見えたり、アニメーションの際にはテクスチャが泳いでいるように見えることから、“folding” または “swimming textures” と呼ばれることがある) を軽減することが必要になる。ちなみに、ソニーのプレイステーションのレンダリング処理は、この方式で行っていると思われる。

次に考えられるのが、Bilinear Patch を用いた Bilinear Texture Mapping (BTM) である。この方式では、水平または垂直方向の直線は正しく直線に変換されるが、それ以外の例えば対角線などは曲線 (放物線) に変換されてしまう。セガ・サターンはこの方式でレンダリングを行っている。

射影変換を厳密に、かつ高速に行うためには、加減算とシフト操作のみを含む双曲線発生器を用いる方法がある。これは、射影変換が1次分数関数で表されることを利用して、このグラフすなわち直角双曲線をインクリメンタルに発生させるアルゴリズムに帰着させるものである。

興味深いものには、米国ダイヤモンド・マルチメディア・システムズ社の3Dマルチメディアアクセラレータ“EDGE 3D”の2次(曲面)テクスチャマッピング(Quadratic Texture Mapping, QTM)がある。これは、9個の制御点によって定義された、4辺の2次曲線で囲まれた曲面ポリゴンである。

射影変換を正確に行うシステムは、しばしば“Perspective correction”と呼ばれることがあり(Bilinear Texture Mappingであるにもかかわらず、“Perspective corrected”と銘打ったシステムもあるが…)、3Dアクセラレータの性能を判断するための要因の一つになっている。ポリゴンを多用したRPG(ロールプレイングゲーム)などで、よくプレイの最中に“酔った”ことが報告されていて、サイバーシックネス(Cyber Sickness)などと呼ばれているが、この原因の一つに“Perspective correction”があるのではないかと、筆者は密かに思っている。



本 PDF ファイルは 1997 年発行の「第 38 回プログラミング・シンポジウム報告集」をスキャンし、項目ごとに整理して、情報処理学会電子図書館「情報学広場」に掲載するものです。

この出版物は情報処理学会への著作権譲渡がなされていませんが、情報処理学会公式 Web サイトに、下記「過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について」を掲載し、権利者の検索をおこないました。そのうえで同意をいただいたもの、お申し出のなかったものを掲載しています。

[https://www.ipsj.or.jp/topics/Past\\_reports.html](https://www.ipsj.or.jp/topics/Past_reports.html)

#### 過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について

情報処理学会発行の出版物著作権は平成 12 年から情報処理学会著作権規程に従い、学会に帰属することになっています。

プログラミング・シンポジウムの報告集は、情報処理学会と設立の事情が異なるため、この改訂がシンポジウム内部で徹底しておらず、情報処理学会の他の出版物が情報学広場（＝情報処理学会電子図書館）で公開されているにも拘らず、古い報告集には公開されていないものが少からずありました。

プログラミング・シンポジウムは昭和 59 年に情報処理学会の一部門になりましたが、それ以前の報告集も含め、この度学会の他の出版物と同様の扱いにしたいと考えます。過去のすべての報告集の論文について、著作権者（論文を執筆された故人の相続人）を探し出して利用許諾に関する同意を頂くことは困難ですので、一定期間の権利者搜索の努力をしたうえで、著作権者が見つからない場合も論文を情報学広場に掲載させていただきたいと思います。その後、著作権者が発見され、情報学広場への掲載の継続に同意が得られなかった場合には、当該論文については、掲載を停止致します。

この措置にご意見のある方は、プログラミング・シンポジウムの辻尚史運営委員長 ([tsuji@math.s.chiba-u.ac.jp](mailto:tsuji@math.s.chiba-u.ac.jp)) までお申し出ください。

加えて、著作権者について情報をお持ちの方は事務局まで情報をお寄せくださいますようお願い申し上げます。

期間：2020 年 12 月 18 日～2021 年 3 月 19 日

掲載日：2020 年 12 月 18 日

プログラミング・シンポジウム委員会

情報処理学会著作権規程

<https://www.ipsj.or.jp/copyright/ronbun/copyright.html>