

運動状態指向のモーシヨンプラスアニメーションシステムの開発

山川総司 慶應義塾大学 政策・メディア研究科 1年
有澤誠 慶應義塾大学環境情報学部, 政策・メディア研究科

abstract

3D アニメーションは、有効な表現技法として急速に普及している。しかし、オブジェクトの動きのモデリングに大きな労力と時間がかかる点が問題であった。従来の方法では、オブジェクトの運動を直接指定することができないので、必ずしも効率が良いとはいえなかった。オブジェクトの運動状態を直接指定できれば効率よく 3D アニメーションを生成することができる。本論文では、このコンセプトに基づいて開発した 3D モーションパスオブジェクトの技術および実装例とその効果について述べる。

キーワード:

3D アニメーション, モーションパス, 運動状態指向

連絡先:

252 藤沢市遠藤 5322 慶應義塾大学 SFC 政策・メディア研究科
Tel: 0466-47-5111 (代表) Fax: 0466-47-5041 (事務室)
E-mail: ys11@sfc.keio.ac.jp, arith@sfc.keio.ac.jp

Development of Motion Oriented 3D Motion Path Animation System

Soji Yamakawa, Keio Graduate School of Media and Governance
Makoto Arisawa, Faculty of Environmental Information, Keio University, Keio Graduate School of Media and Governance

abstract

3D Computer Graphic animation is rapidly being used as an effective visualization method. Yet, problems on the massive amount of time and energy needed to create the modeling of such objects, has always been a problem. Since the present systems cannot point out the motion on an object, it cannot be said to be efficient. If the object's motion can be appointed directly, one can design and generate the 3D animation more efficiently. This paper will describe the technical skill and implementation of a 3D motion path object created by this concept, along with the effects it holds.

Keyword:

3D animation, motion path, motion oriented

Address: Keio Graduate School of Media and Governance 5322 Endo, Fujisawa-shi, 252
Tel: 0466-47-5111 Fax: 0466-47-5041
E-mail: ys11@sfc.keio.ac.jp, arith@sfc.keio.ac.jp

1. はじめに

従来は高価なシステムを必要としたCGによる3Dアニメーションが、急速に身近なものとなった。3Dアニメーションは、スタティックな3Dグラフィックスに動きが加わったことによって、さらに幅広い応用を可能とした。

3Dアニメーションにの利用範囲には、代表的なものとしてリアルタイムシミュレーション [3][4] や、医療分野での手術シミュレーション [5]、教育への応用 [6] などがある。また、最近では、エンターテインメント分野での利用が盛んである。

3Dアニメーションは有効な表現手段であるにもかかわらず、いまだに専門家以外の一般的なユーザが表現手段として使うにはいたっていない。その理由として、3次元オブジェクトの移動経路(モーションパス)の記述が難しいという点を挙げる事ができる。モーションパスの記述を工夫することによって、この点を改善することができる。

従来の3Dアニメーションシステムには、オブジェクトの通過点や通過点間の曲線をベースにモーションパスを記述するものが多い。本研究では、このような従来のシステムとことなり、オブジェクトの運動状態に注目してモーションパスを記述する3Dアニメーションシステムを開発した。以下、従来型と区別して運動状態指向と書く。本論文では、この運動状態指向のアニメーションシステムの構造と効果について述べる。

本論文の構成は以下の通りである。最初に、従来型のモーションパスオブジェクトの特徴について述べる。次に、本研究で開発した運動状態指向のモーションパスオブジェクトの構造と長所について書く。そして、このシステムを使ったモーションパスの例を挙げ、最後にまとめる。

なお、本論文では、Fig.1 の座標系を使う。

2. 研究の背景

現在の3Dアニメーションシステムでは、一般的に次のような種類の方法でモーションパスを生成する。

アンカーポイント、曲線ベース 現在、最も一般的なモーションパスは、アンカーポイントと曲線をベースに記述する。アンカーポイントは代表的な通加点を定義し、曲線はアンカーポイント間の経路を定義する。この方法は、オブジェクトの通過点がはっきり決まっているアニメーションに適している。

曲線には代表的なものとして Bezier 曲線や NURBS 曲線を使うことが多い。Bezier 曲線は比較的シンプルに曲線を表現できるという点で優れている。しかし、単純な経路を作るにも多くのアンカーポイントが必要とする。また、アンカーポイントの前後で移動経路の連続性を確保するために曲線にうねりが発生することがある。NURBS 曲線を使うとアンカーポイントが増大する点を緩和することができる。しかし、パラメータの設定が難しい点と、連続性の問題は残る。

Genetic Algorithm 別なアプローチとして、Genetic Algorithm を使う方法がある [1] [2]。この方法では、あらかじめ定義したパラメータに従って、各オブジェクトが自律的に動くことでモーションパスができる。しかし、最初に与えるパラメータの意味が複雑であるという問題がある。

Physically Based また、Physically Based Method という方法がある。これは、あらかじめ定義した物理的特性に従ってオブジェクトを動かす方法である。この方法では、単純な物理法則に従って動くアニメーションを作るのは容易だが、複雑な運動を決めるには複雑な物理法則を理解しなくてはならない点が問題である。

上に挙げたようなシステムでは、モーションパスの生成が難しく、また手間がかかる。その理由のひとつは、オブジェクトの動きを直接指定できないことである。アンカーポイントや曲線は動きの結果としてできるものである。逆に、Genetic Algorithm や Physically Based のモーションパスのパラメータというのは動きの法則で

あって動きそのものではない。このようなシステムはオブジェクトの動きを間接的にしか指定できないと言えることができる。

そこで、オブジェクトの動きを直接指定する方法について考えてみる。オブジェクトの動きとは位置の変化と姿勢の変化である。位置の変化はベクトルであらわすことができる。一方、姿勢の変化は角軸まわりの回転角であらわす。角軸まわりの回転角はオイラー角の変化と見ることができる。位置の変化と姿勢の変化をベクトルとオイラー角で直接指定することで、動きの直接指定が可能になる。

また、位置と姿勢をベクトルとオイラー角であらわすと、計算上の利点もある。オブジェクト A がオブジェクト B に対する相対位置を変える場合を考える。A の B に対する相対位置は、A の位置を B のローカルな座標系に変換することで計算できる。また、移動後の相対位置を A の位置に反映するためには、B のローカルな座標系からの逆変換を定義する必要がある。多くの場合、逆変換の計算が問題になるが、オイラー角表現では容易に逆変換を定義することができる。

しかし、これまでは、オイラー角の扱いにくさが問題となってきた。オイラー角は、ピッチ角が上下 90 度のときヘディング角とバンク角の定義があいまいになる特異点が存在するという問題があった。ピッチ角が 90 度のとき、異なるヘディング角とバンク角の組み合わせが同じ姿勢をあらわす場合がある。これは、オブジェクトが回転の過程で真上または真下を通過するとき問題である。この問題は、オイラー角表現をベクトル表現に変換することで解決できる。ひとつの姿勢に対してひとつの視線ベクトルとアップベクトルが決まる (Fig.2)。また、視線ベクトルとアップベクトル表現をオイラー角表現に変換しても、それは正しい姿勢をあらわす。もうひとつの重要なことは、この変換にかかる計算コストは、オブジェクトの描画等にかかる計算コストにくらべて非常に小さいという点である。本研究では、この方法を使ってオブジェクトの動きを直接指定できる 3D アニメーションシステムを開発した。次の章では、このシステムについて解説する。

3. 運動状態指向のモーションパスオブジェクト

この章では、本研究で開発した 3D アニメーションシステムについて述べる。このシステムでは、オブジェクトの位置と姿勢の変化を直接指定してモーションパスを生成することができる。

オブジェクトの動きはノードに記述する。ノードは、位置の変化、オイラー角の変化、および、その変化にかかる時間を持つ。初期位置、初期姿勢およびいくつかのノードの連続で、オブジェクトの動きの全体をあらわす。

位置の変化は、次の 7 種類の中から選ぶことができる。

FORWARD オブジェクトの正面方向に指定のスピードで進む。オブジェクトが回転すれば、それに応じて曲線軌道を通る。

PROCEED 指定した速度ベクトルに従って移動する。ベクトルの向きはオブジェクトに対して相対的な方向をあらわす。オブジェクトが回転すれば、それに応じて曲線軌道を通る。

MOVE TO 指定位置まで進む。

MOVE RELATIVELY 指定した位置まで、指定のオブジェクトに対する相対位置を変える。相対位置の変化は時間に比例する。

MOVE SMOOTHLY 指定した位置まで、指定のオブジェクトに対する相対位置を変える。ただし、相対位置の変化は、時間の \cos 関数に比例して変化する。

KEEP RELATIVE POSITION 指定したオブジェクトに対して一定の相対位置を維持するように移動する。

PARALLEL 指定したオブジェクトに平行に移動する。

オイラー角の変化は、次の 4 種類の中から選ぶことができる。

HPB ヘディング角、ピッチ角、バンク角を単純に回転する。水平面内での移動や横転の記述に適している。

PYR X 軸まわり,Y 軸まわり,Z 軸まわりに指定した量だけ回転する。各軸は、オブジェクトのローカルな座標系の軸である。**PYR** とは、**PITCHUP**,**YAWING**,**ROLL** の頭文字である。**PITCHUP** は、航空機の場合 **NOSE UP** という運動である。

KEEP RELATIVE ATTITUDE 指定したオブジェクトに対して一定の姿勢を維持する。

FOCUS ON OBJECT Z 軸方向を視線方向としたとき、指定したオブジェクトを視線の延長線上にとらえる姿勢を維持する。

MOVE TO と **MOVE RELATIVELY** の違いを Fig.3 に挙げる。Fig.3(a) は、**MOVE TO** による移動の例である。オブジェクト B は、親オブジェクト A に無関係に移動先へ直進する。これに対して、Fig.3(b) は、**MOVE RELATIVELY** の例である。オブジェクト B は最初オブジェクト A の左がわにいて、宙返りしながらオブジェクト A の右がわに位置を変える。

また、**MOVE RELATIVELY** と **MOVE SMOOTHLY** の違いを Fig.4 に挙げる。経路 A は、**MOVE RELATIVELY** による経路である。一方、経路 B は、**MOVE SMOOTHLY** による経路である。経路 A は折れ曲がっているのに対して、経路 B はなめらかである。経路 C は親オブジェクトの経路である。

HPB と **PYR** の違いを Fig.5 に挙げる。経路 A は、**HPB** の例である。この例ではピッチ角が 360 度変化する。ノードの開始位置でオブジェクトは左に 45 度傾いているが、オイラー角の単純な補完のため、垂直面内で宙返りする。これに対して、経路 B は、**PYR** の例である。オブジェクトは 360 度のピッチアップをおこなう。ノードの開始位置で、オブジェクトは左に 45 度傾いているので、軌跡は垂直面から左に 45 度傾いた円軌道となる。

4. モーションパスオブジェクトサンプル

この章では、いくつかの実装例とそれぞれの特徴について述べる。3次元のダイナミックな動きの例として、ア

クロバット飛行を製作した。機体は、川崎重工製 T-4 型機で、実際にアクロバット飛行で使用している機である。

1)Delta Loop

Fig.6 は、6 機の T-4 が傘型の隊形で宙返りする Delta Loop である。このような円軌道を作るために、アンカーポイント、曲線ベースのシステムでは、最低 4 点のアンカーポイントが必要である。これに対して、運動状態指向システムでは、宙返りをひとつのノードで記述できる。

2)Wide to Delta Loop

Fig.7 は、6 機の T-4 が傘型の隊形で宙返りする例である。ただし、宙返りの過程で、徐々に間隔を狭めてゆく。間隔を狭めてゆく軌道は、先頭の機に対する相対位置の変化であらわすことによってひとつのノードで記述することができる。

3)Trail to Diamond Roll

Fig.8 は、4 機の T-4 が 360 度横転しながら直線の隊形から菱形の隊形に隊形を変化させる例である。隊形の変換は、先頭の機に対する相対位置の変化であらわすことで、ひとつのノードで記述することができる。

4)Coke Screw

Fig.9 は、1 機の T-4 が直線で飛行する後ろをもう 1 機がスパイラル状の軌道で追従する Coke Screw である。アンカーポイントベースのシステムでは、このようなスパイラル状の軌道であらわすために多くのアンカーポイントが必要とした。または、複雑なパラメータの設定が必要であった。この例では、動きの種類に **PYR** を指定して、ピッチアップ回転角とローリング回転角に同じ値を指定することで、ひとつのノードで記述することができる。

5. 運動状態指向モーションパスオブジェクトの利点

上に述べたような開発を通じて、本研究では、運動状態指向のモーションパスオブジェクトを開発して実装した。この開発を通じて、この運動状態指向のモーションパスには次の 3 点のような利点があることが明らかになった。

1) オブジェクトの動きを直接指定することができるので、直感的にモーションパスを生成することができる。

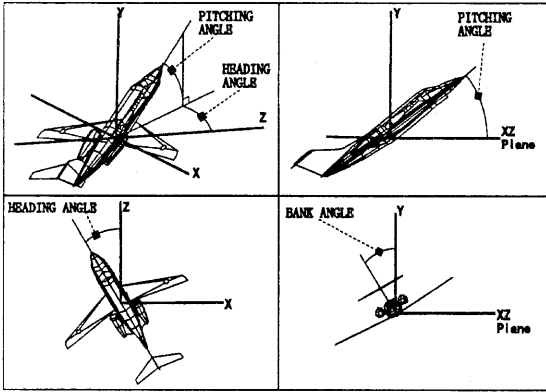


Fig. 1 Coordinate System Definition

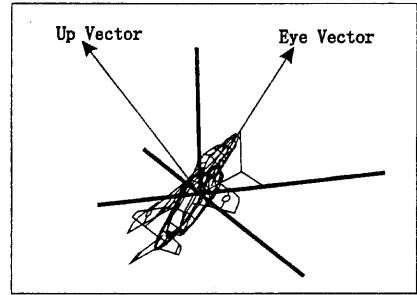


Fig. 2 Two Vectors represent an attitude

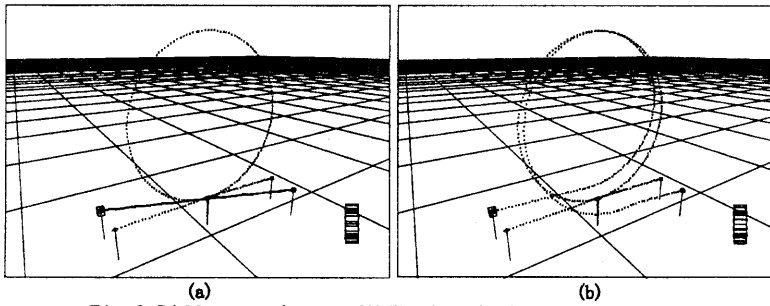


Fig. 3 Difference between MOVE TO and MOVE TO RELATIVELY

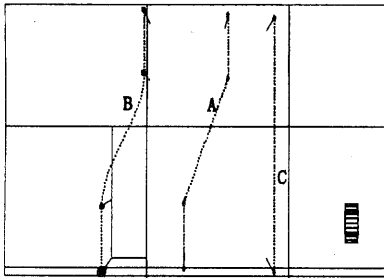


Fig. 4 Difference between MOVE TO RELATIVELY and MOVE TO SMOOTHLY

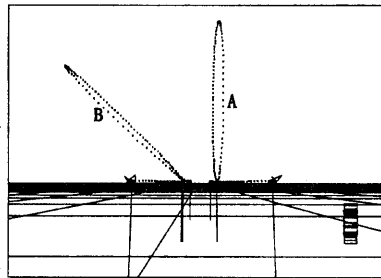


Fig. 5 Difference between HPB and PYR

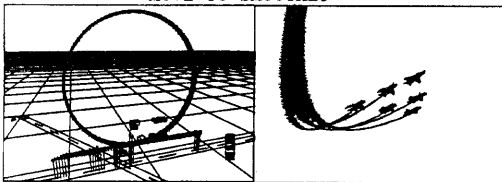


Fig. 6 Delta Loop

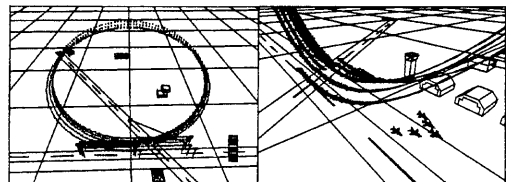


Fig. 7 Wide to Delta Loop

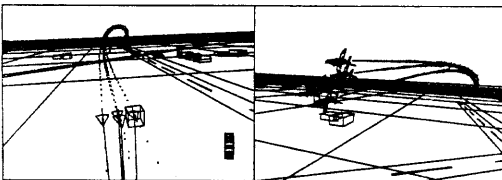


Fig. 8 Trail to Diamond Roll

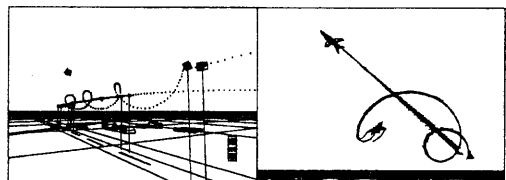


Fig. 9 Coke Screw

2) 曲線ベースでは多くのノードを必要とするような経路を, 少ない数のノードで記述することができる.

3) オブジェクト同士の相対位置と相対角の変化を簡単に記述できる.

6. おわりに

本論文では, オブジェクトの姿勢と回転の表現にオイラー角を使うことで, オブジェクトの運動を直接指定することができることについて述べた. オイラー角には真上と真下で特異点ができるという問題があったが, ベクトル表現とオイラー角表現の変換を使うことによってこの問題を回避できる. オブジェクトの運動を直接指定することによって, 直感的にモーションパスを生成することができる. また, この方法には, オブジェクト間の相対位置の変化が記述しやすいという利点もある.

本研究では, 移動と回転の種類を基本的なものに限定してシステムを開発した. 今後, より複雑な動きを簡単に効率よく生成できる手法を研究してゆく予定である.

最後に, 日頃ご指導いただく千代倉弘明助教授, 英語についてのアドバイスをいただいた総合政策学部2年の大喜多優さんに感謝の意を表わす.

参考文献

[1] Michiel van de Panne, Eugene Fiume, Sensor-Actuator Networks, COMPUTER GRAPHICS Proceedings, Annual Conference Series, 1993, pp.335-350

[2] Takeshi Ueda, Chil-Woo Lee, Masahiko Yachida, Human Walking Animation with Genetic Algorithm, Information Processing Society, グラフィックスとCAD研究会 79-2, 1996.2.23, pp 9-14

[3] Michael J. Zyda, David R. Pratt, James G. Monahan, Kalin P. Wilson, NPSNET: Constructing A 3D Virtual World, ACM SIGGRAPH, 1992

[4] Salvador Bayarri, Marcos Fernandez, Mariano

Perez, Virtual Reality for Driving Simulation, Communications of the ACM, May 1996-Volume 39, Number 5

[5] Tatsuya Konno, Hikaru Mitani, Ichiro Tanaka, Hiroaki Chiyokura, "Surgical Simulation of Facial Paralysis" Health Care in the Information Age, Medical Meets Virtual Reality 4(MMVR4 : San Diego), pp488-497, 1996

[6] 「3次元CGを人体の教育ソフトに応用」 松田達樹, 梅原智之, 渡辺大地, 三谷ひかる, 千代倉弘明, 日経CG, 1月号, p107 - p113, 1996.