

動物の移動経路シミュレーション

武内 良三 鶴沼 宗利

(株)日立製作所 日立研究所

コンピュータアニメーションの課題である、簡便な動物の動作経路の生成方法について検討し、動物の動きを時間に関する流れではなく瞬間の選択であると考える手法を考案し、また個々の動きを収集して動作データベースを構成する案を得た。これをニンジンとカマスや花の間を飛び回るチョウの行動経路生成に適用し、自然に動き回る動物のシミュレーションが可能であることを示した。

本手法は、動物の根源に迫る生きるか死ぬかを判断基準にして行動経路を求めており、また動物の固有なまた状況に依存した動作データも有するので、良好な結果が得られると考えられる。

A Simulation Method for Moving Path of Animals

Ryozo TAKEUCHI Munetoshi UNUMA

Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Motion of animals is decided by their environment. There are their foods and their enemies in their environment. They try to escape from their enemies and try to catch their foods. So we simulate moving path of animals like this rule. And we try to select characteristic value in motion data measured by two video cameras. The characteristic value of motion and the moving path simulation can give us an easy way for motion simulation of animals.

1. はじめに

人工的に作られた形状データを用いたコンピュータ・アニメーションが容易に作られるようになり、各種のプレゼンテーションに利用されるようになった。複雑な自然物を含むアニメーションも、自然物自体が動かない場合は多くの発表例があるが、自然物が動く場合は専門のアニメーターの助力なしには制作が困難である。特に動物の動きを生成することは難しい。

従来から動物の動きを生成する方法としては、動物の動きを実際に分析して、それを再現する運動学による方法が殆どであった。その例として、「BIO SENSOR」(1)や「SEXY ROBOT」(2)などがある。これらは自然な動物の動作を実現してくれた。しかし、一方では、動作毎に計測を伴うのは大変だとの危惧もあった。

そこで簡便な動作の自動生成の研究が進められ、ロボティクスの分野で提案された逆運動学が提唱された(3)。この方法は、初期姿勢と最終姿勢を与え、その間を滑らかに無駄なく繋ぐように動きを生成する。それ故に、個性的な動きを生成することはできないが、汎用的な動作を生成するに適した方法である。しかし、この方法では多数の関節を有する動物全体の動きをバランス良く生成することが難しかった。

複雑な多関節動物の動作が自然に見えるには、全身のバランスを考慮する必要がある。この点に着目して、物理学を利用した動作生成方法が提案された(4)。この方法は当然ながらバランスのとれた動作を生成できる。しかし、人体等のように複雑な多関節体では計算量が膨大になり、現状では実用化が難しかった。

コンピュータ・グラフィクスで動物の動作を表現するためには、動物の各部分の動きを生成すると共に動作の経路を生成しなければならない。

これらに関して、筆者らは既に動物の動作経路を動物が知覚した個々の物体に対して、それぞれ

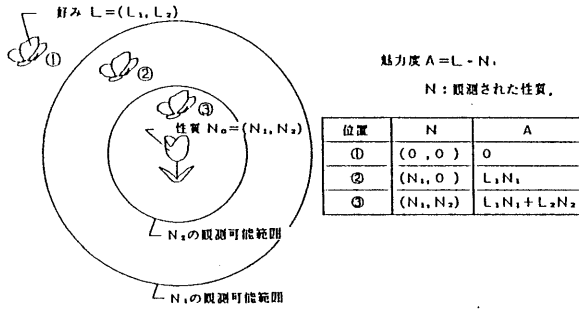
の性質を評価し、その評価値で次の動作方向を決める方法を提案した(5)。また、動物の各部分の動きに関しては、基本動作の特徴量を抽出し、この特徴量を適当に合成して複雑な感情を有する動作を生成し、また異なる動作間をスムーズに繋ぐことができる各関節毎の関数表現を提案した(6)。

これらの方法を用いることで、動物の動作を簡便に生成できると考えている。

2. 動作経路の自動生成

従来の動作経路生成では、個々の動作物体の周囲状況に対する行動パターンを詳細に記述しておき、周囲の状況に基づいて動作物体が行動パターンを選定することで動作を生成していた。この方法では、周囲の物が何であるかが重要で、周囲の物体に依存した行動を生成するようになっている。それ故、多数の物体が存在する場面をこの方法で記述することは、膨大な記述を要し、困難である。そこで物体の種類を超えた物体の記述方法を探索し、動物の根源的な特徴である死活または好き嫌いを基準にした記述を見出した。動物は、対象物体が自分のためになるものか、または危険なものかだけを判断して動作している筈である。例えば、蝶は花の名前を知ってはいない。しかし、おいしい花、又はまずい花かは直ちに判断する。蝶にとっては、おいしい花とまずい花が分かれば充分なのである。また、鳥を見れば危険なものだと判断する。それ故に、喜んで近づくべきものと必死で逃げ出すべきものが区別でき、他は何でもないものであれば良い。そこで、対象物体に性質を記述し、動作物体が対象物体の性質を評価しながら移動するモデルを提案した。これを魅力度と呼ぶことにした。

第1図に魅力度の概要を示す(5)。動作物体は評価関数を有し、対象物体の持つ性質を評価する。多数の対象物体がある場合には、それぞれの対象物体に対する評価結果をベクトル合成して求める



第1図 動物の動作経路生成の概要

ことも可能である。また、動作物体が対象物体の個々の性質を認識する観測可能範囲を設定する。この観測可能範囲は性質によって異なる。例えば、花の色は遠くから判るが、花の香りは近付かなければ判らない。そこで、色の観測可能範囲を大きく、香りの観測可能範囲を小さく設定する。

具体的な魅力度の計算は、動作物体の評価関数である好み L と対象物体の性質 N の内積として求めている。好み L と性質 N とは、それぞれに数個の要素で構成される。例えば、花の場合は色 N_1 、形 N_2 、香り N_3 などである。一方、蝶には、このそれぞれの性質の要素に対する好みの要素を与える。即ち、次のように設定する。

$$\text{性質 } N = (N_1, N_2, N_3)$$

$$\text{好み } L = (L_1, L_2, L_3)$$

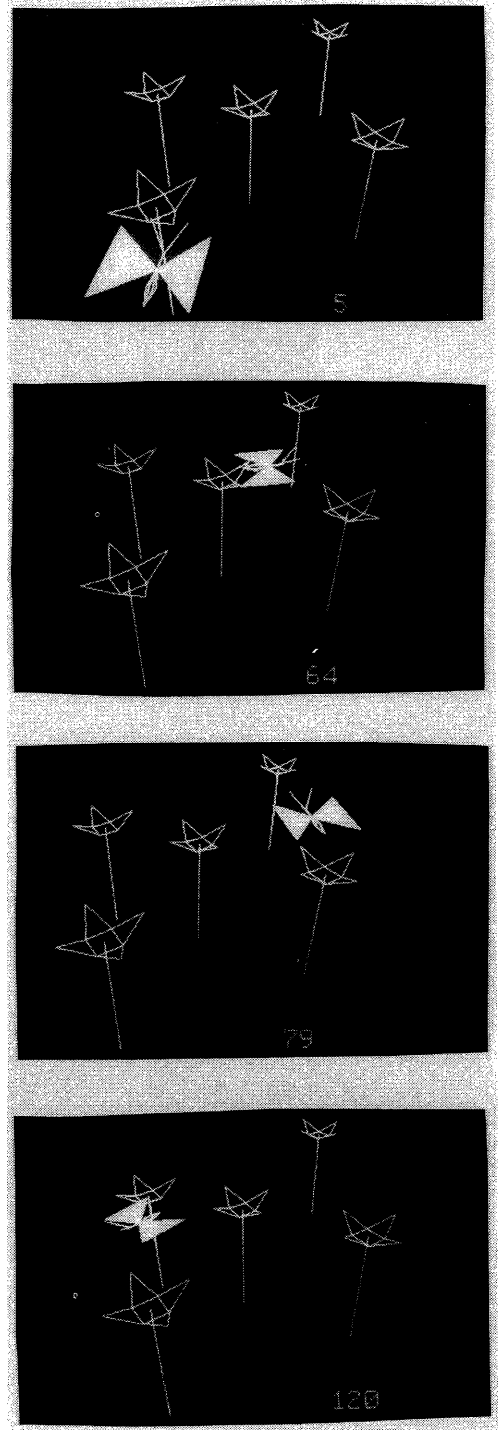
魅力度 A は、これらの内積として求める。

$$A = N_1 \cdot L_1 + N_2 \cdot L_2 + N_3 \cdot L_3$$

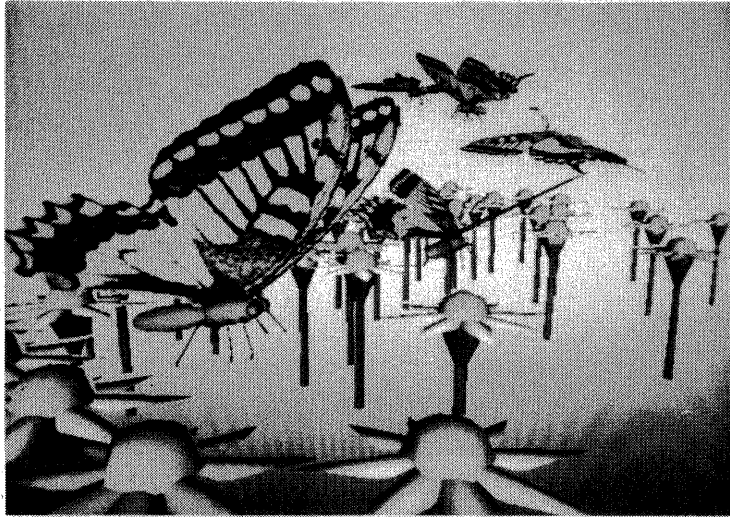
この値の大きさを動作物体から対象物体へ方向を有する力が動作物体に働くと考え、対象物体が複数の場合には、それぞれで求めた力を合成する。動作物体がこの力に引かれて移動すると模擬することで、動作経路を生成する。

3. 魅力度の計算例

魅力度を利用して、花の間を飛び回る蝶のシミュレーションを行った。その例を第2図に示す。コマ撮りで示したので動きを推定願いたい。また、



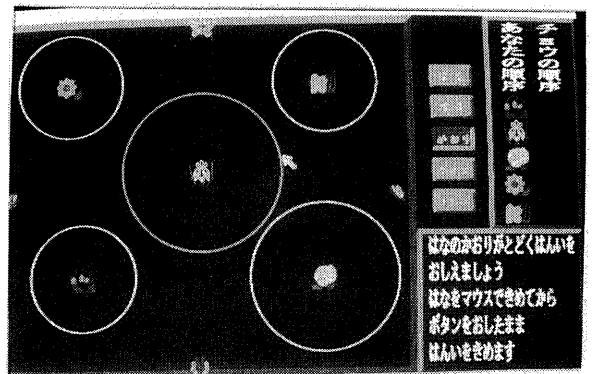
第2図 生成した花の間を飛び回る蝶の経路例



第3図 前図のレンダリング例

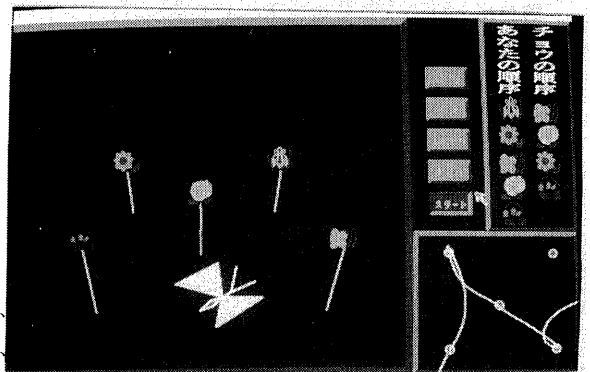
その結果をアニメーション化した例を第3図に示す(5)。これらの映像から魅力度による動作経路の生成が効果的であると思われる。

そこで動作の原理を楽しく遊びで理解するゲームを制作した。第4図にその画面例を示す。5種類準備した花の位置や性質をマウスで設定し、どの順番に飛び回るかを推理するゲームである。未だ公開する機会がないが、2050/32で走るので御希望があれば配布いたします。



4. 動作の関数表現

動作経路が決まると、その上をどのような動作で移動するかを決めなければならない。蝶の場合には、登るときにはその速度に従って羽撃く動作を入れ、下るときにはグライダーのように滑空すれば充分である。しかし、もっと複雑な動物では、その動作の生成自体も難しいものとなる。例えば人間などでは別に動作のデータベースを準備すべきであろう。また、4足の動物もそれなりに複雑な動きをするので、やはり動作のデータベースが



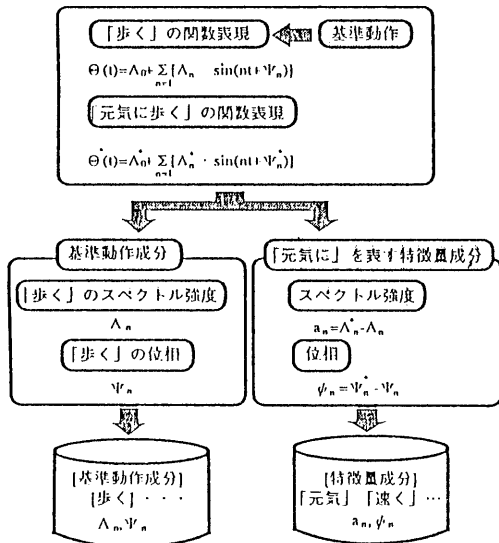
第4図 ゲームとしての画面例

必要である。第5図に人間を例にしたデータベースの制作方法を示す(6)。真正面及び真横からの動作映像から各関節の動きを抽出し、その時間変化を次式のように関数近似する。

$$\Theta(t) = A_0 + \sum [A_n \cdot \sin(nt + \Psi_n)]$$

ただし、 $\Theta(t)$ は関節の角度、 A_0 は定数部分、 A_n はn次の振幅、 Ψ_n はn次の位相角である。動作データベースには、関節毎の振幅及び位相角を収納する。そのために近似関数の次数が低い方が良い。例えば、歩行動作は、再現画像から判断して3次までで良く、その他の動作もそれ程次数を高くしなくても良いと予想される。それ故に、この方法を一般の動物に適用することも可能と思われる。

この手法は、人間の感情まで取り込めることを示した(6)。それ故に、動物でもゆったりと移動するや、必死に逃げるなどが表現できる可能性がある。

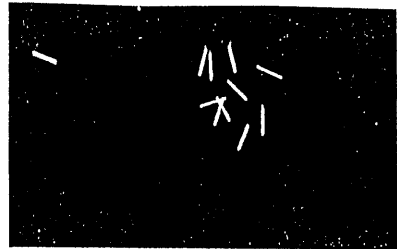


第5図 動作データの収集方法例

5. 今後の可能性

動物の動作は、先ず第1にどこへ向かうのかを決め、次にどのような格好で行くかではないだろうか。その意味で今回提案した手法は、全てを含んでいる。先ず、どのような動作経路になるかを魅力度によって求める。次にそこへ至るための個々の動作を関数表現によって求める。この順に、動物の動作を制作することができる。

第6図に本手法の応用案を示す。このようにして、従来は専門のアニメーターが制作していた動物の自然な動きを生成できる可能性がある。



ニシンは、何も知らず普通に群れる。

カマスは、餌を見つけて楽しそうに急ぐ。



ニシンは、必死になって逃げる。

カマスは、餌に近付き更に楽しそうに急ぐ。



ニシンは、安心してゆったりする。

カマスは、がっかりして方向転換を急ぐ。

第6図 本手法の応用案

6. む す び

動物の動作を、(1)動作経路の生成、及び
(2)個々の動作の生成とに分離して生成する手法を提案した。これによって、誰にも簡便に動物の動きを生成できると期待できる。

(参考文献)

- (1) 福本ら：コンピュータアニメーション
「B I O S E N S O R」、' 8 4 年
- (2) R. A b e l ら：コンピュータアニメーション「S E X Y R O B O T」、' 8 5 年
- (3) M.Girard and A.Maciejewski:
"Computational Modeling for the Computer Animation of Legged Figures.", SIGGRAPH' 85
- (4) J.Wilhelms and B.Barksy:"Using Dynamic Analysis to Animate Articulated Bodies Such as Humans and Robots.",
Graphics Interface' 85
- (5) 雨川、武内：「コンピュータアニメーションにおける行動制御の一手法」、第4回 N I C O G R A P H 論文コンテスト、' 8 8
- (6) 鶴沼、武内：「CGのための人間の動作生成手法」、第6回 N I C O G R A P H 論文コンテスト、' 9 0。

または

M.Unuma and R.Takeuchi:"Generation of Human Motion with Emotion",
Computer Animation' 91