空間的キーフレームの制御点軌跡の半自動的生成による アニメーション

Animation by Semi-automatic Generation of Control Point Trajectory in Spatial Key-framing

○ 成瀬継太郎 (会津大) 関井祥平 (会津大)

Keitaro NARUSE, University of Aizu
Shohei SEKII, University of Aizu

Abstract: Spatial key-framing is one of the methods for generating animation of CG characters, in which a control point corresponding to a full body posture is defined in a workspace, and animation is generated by moving the control point in the workspace. In this paper, we try to develop a CG character animation by generating a trajectory of the control point semi-automatically interacting with a user. We introduce a nonlinear oscillator (van der Pol equation) for the trajectory generation, and evaluate how much it can create a variety of motion and how much it can reflect a user intention, through a computer simulation.

Key Words: Animation, Key-framing

1. はじめに

本論文の目的は、簡単にCGキャラクターのアニメーションを生成する手法を構築することである。

従来の代表的なアニメーションの生成手法の一つに、モーションキャプチャを使った方法が挙げられる。これは実際の人間の動作を取り込み、加工することによってアニメーションを製作するものである。リアルな動作が作れる反面、高価な設備や処理などが必要となる。

また別の手法として、時間的キーフレーム法が挙げられる。これは、アニメーションの時間軸に沿っていくつかのキーフレームを設定し、キーフレーム間の画像を対応点間の補間などを利用して自動的に生成することにより、アニメーションを生成する手法である。キーフレームや対応点を粗く取ると、生成されるアニメーションは、動きが不自然なものになってしまう一方、それらを細かくすると自然なアニメーションが作られうるが、処理が効果になってしまう。

これに対して、空間的キーフレーム法と呼ばれる手法が提案されている[1]。空間的キーフレーム法はCGキャラクターなどの動作を生成する手法の一つであり、空間内に定義される制御点とキャラクターの姿勢を対応させ、制御点を動かすことによりキャラクターの動作生成を実現するものである。時間的キーフレーム法では、キーフレームの設定が重要かつ困難な課題であったが、空間的キーフレーム法では対話的に制御点を動かすことにより、キャラクターの動作を直ぐに検証することができたため、直感的に使い易いものとなっている。

本論文では、空間的キーフレーム法を基本的なアニメーション表現手法として導入する。このとき課題となるのが、どのように、姿勢と制御点を対応付けるか、そしてどのように制御点を移動させるかということである。本論文では後者の問題を扱う。制御点の移動は、軌跡だけでなく移動速度も生成されるアニメーションに影響を与える。そのため、意図した動作を実現する制御点の移動軌跡を生成することは、簡単な問題ではない。そのため、様々な制御点の移動軌跡と対応するアニメーションを半自動的に生成し、ユーザに提示することにより、簡単に意図したアニメーションを生成することを試みる。多彩な軌道を少ないパラメータで生成する手法として、非線形振動子、とくに van der Pol 振動子を導入し、それにより生成される軌道を空間的キーフレーム法の制御点

の移動に適用する。そして、得られたアニメーションの動作の多彩さや自然さについてケーススタディを行いながら、本論文の手法を評価する。

2. 空間的キーフレーム法

空間的キーフレーム法では、原理的にはCGキャラクターの姿勢は各関節角度により定義される。まず準備として、キャラクターのある特定の姿勢に対して、その姿勢を代表させる制御点(ハンドル)をCGキャラクターの動作空間中に定義する。そして、生成したい動作を表現するのに十分たくさんの姿勢と制御点(キー)の組を定義する。次にアニメーションを生成する際は、動作空間中で自由にハンドルを移動させる。このとき、現在のハンドルの位置に最も近いキーを想起し、その姿勢をCGキャラクターにとらせる。一致するキーがない場合は、そのハンドルに近い複数のキーの姿勢を混合させることにより、任意の地点のハンドルに対応した姿勢を実現する。

このような原理により、ハンドルという一つの点の操作だけで多数の関節角度のリアルタイムの制御が可能になる。

以上が空間的キーフレーム法の概略であるが、実装する際には、どの点を制御対象の関節にすべきか、各姿勢に対応するキーをどの位置に設定すべきかなどの設計上の問題と、端点の座標が決まったときに関連する複数の関節角度をどのように決定するのか、また冗長な自由度があるときにどの関節角度を採用するのかという逆運動学の取り扱いなどを考慮する必要がある。これらは、最終的に生成されるアニメーションに密接に関連してくる。

Fig.1 に本論文で扱うCGキャラクターと空間的キーフレーム法による動作の一例を示す。図のキャラクターの身体から離れた点がハンドルであり、四肢の端点が制御の対象となる点である。実装方法は、キーの位置に対応して四肢の端点を設定し、その端点の座標から逆運動学を用いて各関節角度を計算する。

3. van der Pol 振動子

van der Pol 振動子は非線形の運動方程式であり、次の式で表現される。

$$\frac{d^2x}{dt^2} - k(1-x^2)\frac{dx}{dt} + x = 0 \quad (1)$$

このとき、 x と x' の相空間においてリミットサイクルが形成されることが知られている。 $k=0$ のときは、(1)式は単振動を表し、初期値に応じた同心円を表す。 $0 < k < 1$ では、 k の値が大きくなるにつれ歪んだ閉曲線となる。 どのような値から出発しても、最終的には安定した閉軌道（リミットサイクル）に収束することになる。 Fig. 2 にリミットサイクルの例を示す。

Fig. 1: Instance of Spatial Key-framing

Fig. 2: Example of limit cycle

Fig. 3: Semi-automatic generation of trajectory of control point

4. アニメーションの生成

第2節で説明された空間的キーフレームによるCGキャラクタのハンドルの移動の軌跡に、前節で述べた van der Pol 振動子のリミットサイクルを適用する。この振動子は k とい

う一つのパラメータで軌跡と移動速度が変化するため、多彩なCGキャラクタの動作が期待される。一方で振動子により生成されるのは閉曲線であるため、大きな意味での動きの種類は変わらない。その代わりに k の値を変化させた時の、動作の「力感」のような印象の異なる動作が実現できるかが期待される。

そこでケーススタディとして、Fig. 3 に示すような、van der Pol 振動子のパラメータ k とそれを数値計算するときの時間の刻み幅 dt を指定して動作を生成し観察する。

Fig. 4 はあるパラメータを与えた時の動作のスナップショットである。他の k の値でも大きな分類では同じような動作が実現されている。そして、 k の値の変化による動作の質感の違いであるが、本ケーススタディの結果では、顕著な違いは見られなかった。これは、生成される動作はハンドルの軌跡に依存するが、その中にはどの姿勢をキーとするか、そのキーを空間上のどこに配置するか、そのときに自然に見える動作にするために逆運動学計算にどのような制約を置くか、などの他の要素の影響を大きく受けるためである。

そのため、動きの質感を変更するためには、キネマティクスのようにリンクの長さから決まる値に付け加えた、筋肉のようなアクチュエータのダイナミクスを考慮する必要があると考えられる。そしてアクチュエータの力の発生方法に、非線形振動子のような力学系を導入すると、質感の異なる動作が実現できるかもしれない。この点は今後の課題である。

Fig. 4: Snapshot of generated animation

5. おわりに

本論文では、簡単にアニメーションを生成するために、空間的キーフレーム法の制御点（ハンドル）の軌跡を、いくつかのパラメータを与えながら非線形力学系を用いて自動生成する方法を提案した。そして、その手法を検討するために、特定CGキャラクタによりケーススタディを行った。

文 献

- [1] 五十嵐, 「空間的キーフレーム法によるキャラクターアニメーション」, インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ X, (2002)