

# インタラクティブなCGキャラクターのための いきいきとした動作の自動生成

三武 裕玄<sup>1,a)</sup> 長谷川 晶一<sup>1,b)</sup>

**概要:** 直接触れ合えるキャラクターの動作行動の自動生成手法、および動作行動を開発するための統合開発環境の提案を行う。キャラクターとの極めて自由度の高いインタラクションを実現するには、行動・動作の自動生成が望ましい。また、表現意図の適った行動・動作を生成するにはアルゴリズムの開発と多数のパラメータ調整が必要となり、開発・デバッグ・調整を支援する統合開発環境が必要となる。本稿では、感覚・注意・運動モデルにもとづいていきいきとした動作を自動生成する手法、および動作生成過程の可視化とパラメータ変更の動作への即時反映を中心とした統合開発環境の実現について述べる。

## 1. 背景

ペットや小動物は、触れ合いにおいて状況に合わせた多様な行動で人を楽しませ、良い遊び相手となる。Kinect や Leap Motion など身体の動きをそのまま入力できるモーションセンサと、Oculus Rift を代表とする安価な VR 装置の流行により、架空のキャラクターを目前にして触れ合うかのような体験ができる VR コンテンツを手軽に実現することができるようになった。その一方で、これらのキャラクターがペットのように状況に合わせた多様な行動で人を楽しませ、新たな遊び相手となっているとはまだ言えない。

こうしたキャラクターを実現するにはモーションデータだけでなく、状況にあわせた動作・行動を生成するしくみが必要になる。想像通りのキャラクターを実現するには動作・行動を生成するしくみを開発する必要がある。こうした手法は例えばプロシージャルアニメーションと呼ばれゲーム制作でも注目されているが、キャラクターの身体動作全てを物理モデルと動力学制御によって生成している例は非常に少ない。

キャラクターの動作・行動は、外観と物理の 3D モデルと、それを制御するソフトウェアアルゴリズムおよびパラメータによって生成される。キーフレームアニメーションの作成と違い、思った動作・行動を得るためにモデルや・ソフトウェアをどう変更すべきかを理解することは難しい。相互に関連する多数の仕組みやパラメータがあり、変更によ

る影響が分かりづらい。そのため、変更と確認を繰り返す試行錯誤が必要となる。

試行錯誤を素早く行うには、変更・確認のサイクルを素早く行えることが必要である。物理モデル、ソフトウェア、パラメータのいずれを変更した場合でもその影響がただちに確認できることが望ましい。

以上の背景から、状況に応じていきいきとした動作を自動生成できるキャラクターの動的な動作生成のしくみと、その開発のための統合開発環境の実現を行った。3DCG 作成ソフト上にキャラクター動作生成ソフトを組み込み、3DCG 編集画面上でキャラクターとのインタラクションをリアルタイムで行いながら、モデルの編集・ソフトウェアの開発・パラメータの調整が可能な統合開発環境「SprBlender」について紹介する。

## 2. 提案手法

SprBlender は、動作・行動生成エンジンとそのための開発環境で構成される。動作・行動生成エンジンは、キャラクターとの直接的なインタラクションにおいて状況にあわせた多様な行動を生成する。開発環境では、行動を決定するプログラムの編集・実行、行動決定プログラムや物理モデルの持つパラメータの調整を、キャラクター動作をリアルタイムで確認しながら行うことができる。

これらの機能は、3DCG 作成ソフトウェア blender[1] 上で、blender の拡張機能として動作する。

### 2.1 動作・行動生成エンジン

#### 2.1.1 運動制御

キャラクターの身体物理モデルを制御し、状況に応じた動

<sup>1</sup> 東京工業大学  
Tokyo Institute of Technology, Yokohama, Kanagawa, 226-8503, Japan

<sup>a)</sup> mitake@pi.titech.ac.jp

<sup>b)</sup> hase@pi.titech.ac.jp

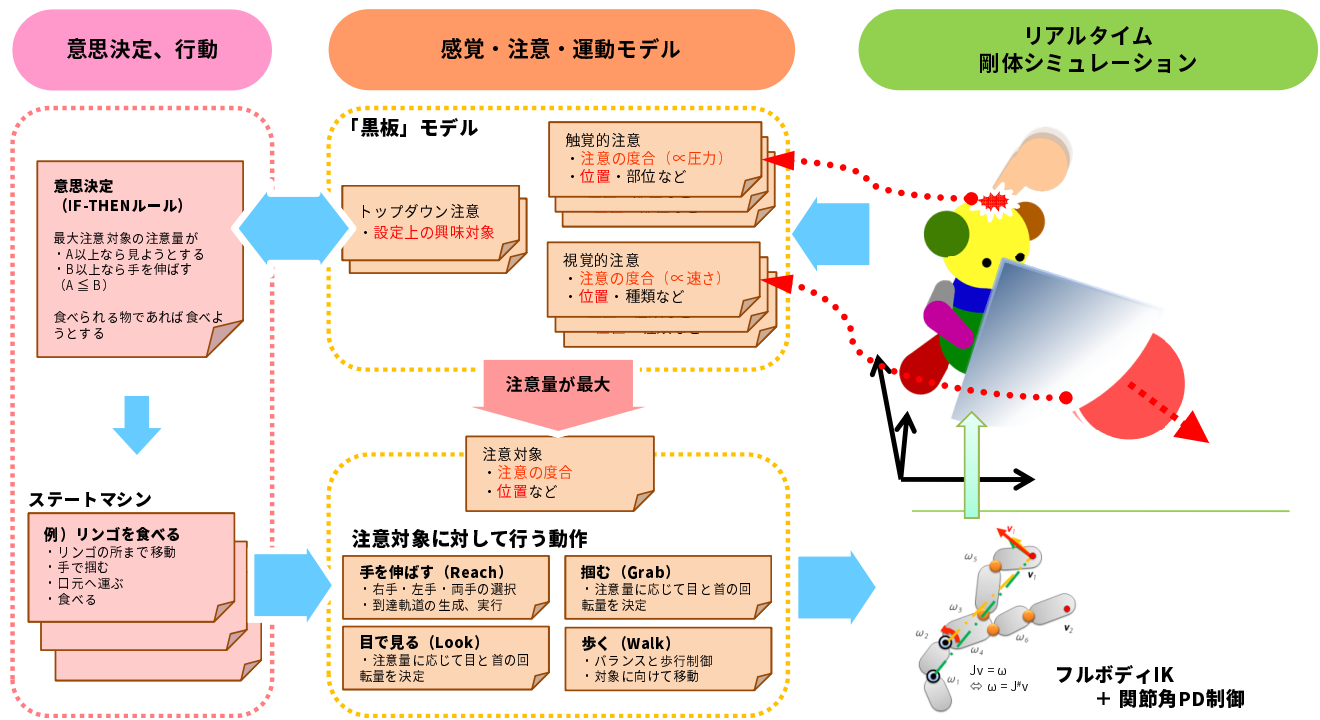


図 1 動作・行動生成エンジン  
Fig. 1 Motion/Behavior Generation Engine

作をその場で生成する。

全身を使ったキャラクタの反応動作の多くは、主に身体先端である手先と頭を適切な位置・姿勢に導くことで実現できる。SprBlenderの動作生成エンジンでは、到達運動制御器がこれを実現する。

到達運動制御では、1. 躍度最小軌道生成、2. 全身の逆運動学計算による関節角度計算、3. 関節角PD制御の3段階によって、キャラクタの身体モデルを構成する任意の複数の剛体が可能な限り指示された目標位置・姿勢に滑らかな動作で近づくよう全身の動作を生成する。

躍度最小軌道 [2] は人間の上肢到達運動の簡易なモデルとして知られ、滑らかな加減速を特徴とする。速度変化における同様の特徴はアニメーションでも”Slow-in Slow-out” [3] と呼ばれ、生き物らしい動作を描く要点の一つとされている。

### 2.1.2 感覚・注意モデル

キャラクタの行動決定に必要な周囲の状況の認識を、視覚・触覚の感覚モデルによって生成する。適切な感覚モデルが設定されていれば、見る人はキャラクタの主観を想像することができる。キャラクタの思考が理解しやすくなり、体験者にとって感情移入のしやすさにつながる。同時に、開発者にとっては行動決定プログラムの入力情報を推定しやすくなり、開発作業の直感性を増すことができる。

注意モデルは、感覚モデルがもたらす情報にいくつかの指標に基づく優先順位を付ける。この優先順位付けは続く行動決定において利用でき、キャラクタの気付きや関心を

示す行動をとらせる事に役立つ。感覚・注意モデルに基づく動作生成手法の詳細は [4] を参照されたい。

### 2.1.3 行動決定

感覚・注意モデルの出力に基づき、到達運動させる部位と到達目標位置・姿勢を決定する。

行動決定は任意のプログラムに従って実行させることができる。実際は、感覚・注意情報を条件とするIF-THENルールや、感覚・注意情報を遷移条件とするステートマシンを構築して使用する。

## 2.2 開発環境

### 2.2.1 リアルタイム動作確認

キャラクタの身体物理モデルは衝突判定形状、関節のバネ・ダンパ係数、制御の係数などの多数のパラメータを持つ。これらのパラメータを調整することは生成されるキャラクタ動作の印象をデザインする上で重要であり、よりよい結果を得るためには試行錯誤が必要である。

SprBlenderでは、これらのパラメータの変更を、リアルタイム動作生成を実行し影響を確認しながら行うことができる。数値やスライダーUIで入力されるパラメータだけでなく、衝突判定形状や関節の配置といった物理モデルそのものの変更も、同様にキャラクタを動作させながら行う事ができる。

例えば図2(c)では、手が短すぎて目標物体に届かない時に、手のサイズを必要なだけ大きくする例を示している。キャラクタに行わせたい動作が当初設定した身体形状では



図 2 開発環境の利用例

Fig. 2 Usage Examples of Development Environment

不可能な場合に、その場でキャラクターデザインまで遡って編集することができる。

### 2.2.2 可視化・調整 UI

動作生成エンジンには動作・行動に影響を与える多数の内部数値が存在し、動作・行動の開発ではこれらの変化を把握して動作への影響を理解しなければならない。内部数値の中には、キャラクター周囲の物体と関連付けられたものや、三次元の位置・運動情報など、キャラクターの周囲に3DCGにより重畳表示することでその内容を直感的に把握可能になるものが多く存在する。

そのため、SprBlender はキャラクターを表示する3DCG編集画面に情報を重畳表示する機能を備えている。視野や注意の量、到達動作の予定軌道など、キャラクター AI の認識や行動に関する内部数値を可視化することができる(図2(a))。これにより、キャラクター AI の内部動作や、パラメータ変更の影響を理解しやすくする。

また、3D モデルの描画・編集機能を利用する形でキャラクター AI の可視化・調整 UI を構築することも可能である。例えば図2(b)では AI スクリプトにおける判断の閾値を可視化している。「物体が手の近傍に来たら掴む」というルールに対して、手の近傍に Blender の球形オブジェクトを配置し、その半径パラメータを近傍判定の閾値として用いる。Blender 上で球形オブジェクトを編集してサイズを変更することで、直感的に近傍判定の範囲を変更できる。

## 3. 展望

現在の SprBlender では、キャラクターの物理モデルを作成し各部位に制御器を設定する作業は GUI で、行動決定のためのプログラムのコーディング作業はテキストエディタで行われ、分離している。一方、実際の制作作業では、行動決定プログラムを書く中でどのような制御器が必要になるかが判明することが多く、そのたびに GUI に戻ってキャラクター物理モデルの設定を行う手間がある。行動決定プログラム編集時に制御器を必要とするコードを書いた時点で、必要な制御器がキャラクター物理モデルに対し設定され、パラメータ編集用の GUI が出現することが望ましい。

また、現状では Blender の形状オブジェクトを用いて調整 UI を兼ねた可視化を実現できるのは、形状とパラメータの関係が陽に定まっている場合に限られる。例えばキャ

ラクターの重心の軌跡を可視化して、重心の軌跡が思ったものでない場合は軌跡そのものを編集することでよりよい動きにする事が考えられる。しかし重心軌跡とそれに影響する様々なパラメータとの関係は陽に定まらない。このような調整を可能にするため、最適化計算によって求める重心軌跡を与えるようなパラメータを逆算するような手法を実現したい。

## 参考文献

- [1] Blender : Free and open 3d creation software. <http://www.blender.org/>.
- [2] Neville Hogan Tamar Flash. The coordination of arm movements: An experimentally confirmed mathematical model. *The Journal of Neuroscience*, Vol. 5, pp. 1688–1703, 1985.
- [3] オーリー・ジョンストンフランク・トーマス. *The Illusion of Life - 生命を吹き込む魔法*. 徳間書店, 2002.
- [4] 三武裕玄, 青木孝文, 長谷川晶一, 佐藤誠. 精緻なフィジカルインタラクションにおいて生物らしさを実現するバーチャルクリーチャの構成法. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 15, No. 3, pp. 449–458, sep 2010.