

## 主要行動の指定に基づく CG キャラクタの行動パターンの生成 Generating CG Character Animation Based on Controlling Key Actions

森 博志  
Hiroshi Mori

星野 准一  
Jun'ichi Hoshino

### 1. はじめに

ユーザが現実感の高い映画やアニメーション世界のストーリーを体験できるデジタルストーリーテリングシステムは、エンタテインメントの一形態として期待されている。このようなシステムでは、ユーザは CG で描かれた仮想世界に登場人物の一人として参加し、他の登場人物である擬人化エージェント（システムが制御する Non Player Character. 以下、キャラクタと略称する。）と関わることでストーリーを体験する。人間のように行動するキャラクタの存在は、仮想世界に活力を与え、ユーザに現実感の高いストーリーを体験してもらうための重要な要素である。

インタラクティブストーリーテリングにおけるキャラクタには、登場人物としての役割を担うための、ストーリーの設定に基づいた行動パターンが求められる。しかし、ユーザからの働きかけに対する反応行動を考慮に入れて、つじつまを合わせた行動の接続関係を構築するには多大な労力を要する。

そこで本研究では、ストーリーの設定に基づいたキャラクタの行動パターンを自動的に生成する手法を提案する。提案手法では、ストーリー設定に基づいたキャラクタの主要な行動をキーアクションと定義し、その指定を満たす行動パターンを自動生成する。また、ユーザからの働きかけがあった場合、対応する反応行動をキーアクションとして動的に指定することで、動的な行動パターンを自動的に生成する。

次節で従来研究について述べる。2章では本手法の概要について述べる。3章でキャラクタの行動制御のための行動データの構造について説明する。4章では3章における行動データの構造を基にキャラクタの行動パターン生成方法について述べる。5章では、提案手法によるインタラクティブアニメーションの生成結果を示し、6章でまとめを行う。

#### 1.1 従来研究

人間の行動パターンは複雑であるため、それを模倣した CG キャラクタの行動パターンを手動設計することは難しい問題である。そのため各キャラクタが周囲の状況に応じて自律的に行動できるように、キャラクタと仮想環境の状態から適切な行動制御機構を選択する手法[1, 2]や、ゴール指向型の行動制御[3]が提案されてきた。またインタラクティブな行動パターンを設計するためのスクリプト言語が提案されている[4]。

低次のモーション生成の分野では、「歩く」、「物を取る」などのサンプル動作を計測し、リアルタイムで補間す

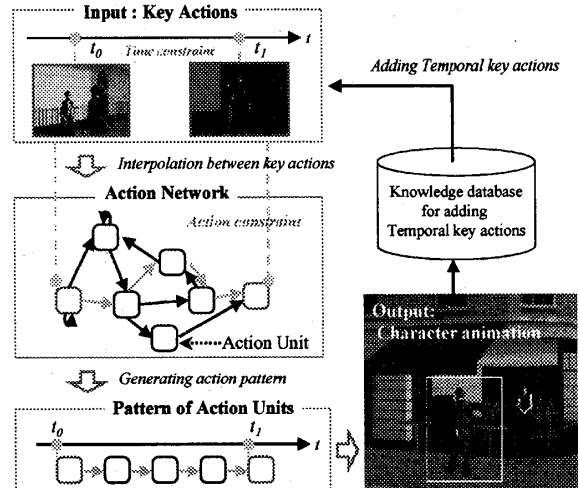


図1 提案手法の概要

ることで所望の動作を生成する手法[8]や、モーションデータベースから階層的なグラフを作成し、拘束条件を満たす動きを自動的に生成する方法[9]、モーションクリップの細分化とその接続関係を構築し、リアルタイムで接続することでキャラクタの動きを生成する方法[10]が提案されている。

一方、物語研究の分野では、プロップは民話を構成する登場人物の典型的な行動を“機能”とし、“機能”により民話は構成できるとした[6]。“機能”は「主人公の出発」や「悪人は危害を加える」などの登場人物の抽象的な動作を表している。インタラクティブストーリーテリングの分野では、論理ベースの動的なプロットを生成するシステム[7]や、判断木で記述したプロットを辿ることでキャラクタアニメーションを生成する手法[5]が提案されている。

本手法ではプロップの機能のような登場人物の行動の指定から、一貫性の取れた連続的な行動パターンを生成する。そのため、キャラクタアニメーション生成手法と論理ベースのプロット生成手法とのすき間を埋める技術と捉えることができる。

### 2. キーアクションに基づくキャラクタの行動パターン生成

提案手法の概要を図1に示す。本手法では、主要な行動の指定を満たすキャラクタの行動パターンを生成する。ここで、時間と場所に依存した主要な行動の指定をキーアクションと定義する。例えば、時間 $t_0$ において探偵キャラクタは「依頼を受ける」行動を実行し、時間 $t_1$ において「失踪者の職場を訪ねる」行動を実行する、というようにキャラクタの場所に依存した行動と、その実行時間を指定する。このようにキャラクタが実行すべき主要な行動をキーアク

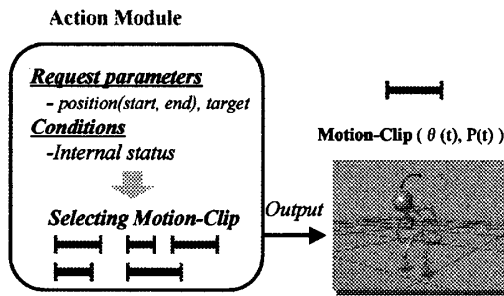


図2 行動モジュールの構成

ションとして定義し、時間軸上に離散的に配置することで、その間を補完する連続的な行動パターンを生成する。

本手法では、行動パターンを生成するために、仮想世界内で取りうる行動をノードとする行動ネットワークを用いる(図1)。このネットワーク中のノードに対応する行動をキーアクションにおける行動として指定し、行動ネットワークにおいてキーアクション指定を満たす経路を計画することで、キーアクション間のキャラクターの行動パターンを生成する。

キーアクションの指定は、ストーリーに基づいて製作者が直接指定する場合と、キャラクターの行動実行中の動的な変化に伴い指定される場合と2通りある。後者のように、キーアクションが動的に追加された場合、再プランニングをすることで、動的に行動パターンを再生成する。行動パターンが生成されると、キャラクターは記述された行動パターンに従い行動を実行する。

### 3. 行動データの構造

#### 3.1 行動モジュールと行動ユニット

本手法では、動作の最小構成単位であるモーションクリップと、抽象的な概念でモーションクリップをまとめた行動モジュールという2階層からなる構造でキャラクターの行動データを取り扱う。

モーションクリップは、キャラクターの時系列関節角の情報で、モーションキャプチャデータと、ソフトウェアで作成した手動制作のアニメーションデータである。共に時系列の関節角データ  $\theta(t) = (\theta_x(t), \theta_y(t), \theta_z(t))$ 、及び人体階層構造モデルの根の位置情報  $P(t) = (p_x(t), p_y(t), p_z(t))$  である。

行動モジュールは、動作の最小構成単位であるモーションクリップを“行動”の単位で抽象化して取り扱うために、入力に従って適切なモーションクリップを選択、出力する機能を持つ(図2)。

例えば、“歩行”行動の場合、“歩行”行動を実現するモーションクリップを細分化すると、基本歩行サイクル、方向転換などの細かなモーションクリップに分けることができる。これらのモーションクリップの遷移関係は、開始位置と終了位置のパラメータに依存する歩行経路により大きく異なる。また、“座る”行動の場合、“座る”対象のオブジェクトによって対応する座位姿勢への遷移を実現するモーションクリップは異なる。

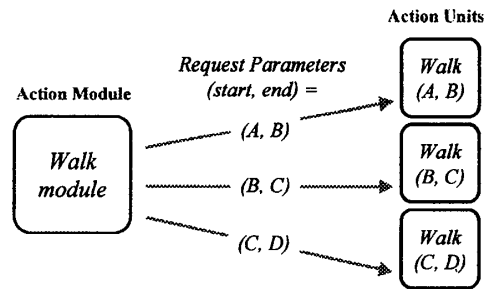


図3 行動モジュールからの行動ユニットの派生

そのため、開始・終了位置、干渉対象の行動を実行するために必要なパラメータを入力として、行動モジュール単位で範囲を指定した判断を行うことで、適切なモーションクリップを選択し出力する。また、視覚機能や歩行プランニングのような基本機能は共有化している。

行動モジュールと、行動モジュールの実行に必要なパラメータの組を、本稿では行動ユニットと定義する。例えば図3では歩行行動モジュールに、開始位置と終了位置を与えることで、それぞれ位置A-B間、B-C間、C-D間の歩行行動を実現する行動ユニットを構成している。

#### 3.2 行動ネットワークの構築

キーアクションの指定に基づくキャラクターの行動パターンを生成するためには、仮想世界内でキャラクターの取り得る行動の遷移関係と、その実行時間が既知である必要がある。そこでそれらの情報を持つ行動ネットワークを構築する。

行動ネットワーク  $N_M = (G=(M, A), length_M)$  はノード  $m \in M$  を行動ユニット、アーク  $a \in A$  をその遷移関係とした有向グラフ  $G$  に、行動ユニットの所要時間  $T_u$  をアークの重み  $length_M(a)$  として付加したネットワークである。 $M, A$  はそれぞれノード集合、アーク集合を表す。行動ネットワークは次の手順で構成される。

- (1) 対象キャラクターの行動モジュール群に、仮想世界内に用意されている基本パラメータを与えて(干渉可能なオブジェクトの識別子、空間座標)行動ユニットを構成する。
- (2) 行動ユニットを事前実行することで、動的な干渉がない場合の所要時間の算出と、実行可能な行動ユニットをリストアップする。
- (3) リストアップした行動ユニットをノードとして、空間的な連続性を評価し連結関係を構築する。

### 4. 行動パターンの生成

#### 4.1 キーアクションの指定

場所に依存した行動と、時間の制約であるキーアクション  $k$  は、行動ネットワークのノード  $m$  に対応する行動をどの時間に実行するかを指定する。キーアクションの記述項目は次のとおりである。

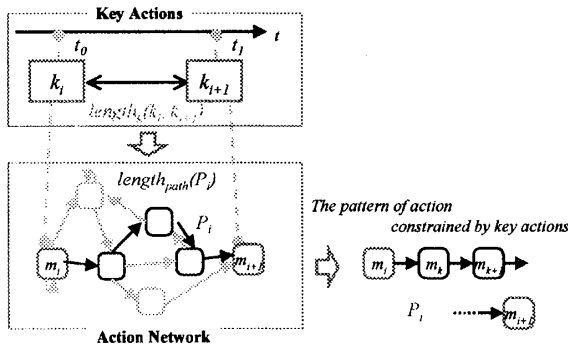


図4 行動ネットワークの探索による行動パターンの生成

Character (Character ID) :対象キャラクタの識別子.

Action (Node ID) :キーアクションにより指定する行動ネットワークのノード.

Time (Reference point(start or end)/ min time / max time):指定ノードの実行時の基準点(行動の開始,又は終了時間の基準点)と,その許容時間幅(最小値,最大値).

Priority :キーアクションの適用優先度.

Priority Control function :キーアクションの優先度を算出するためのルール.

このキーアクションの設定は,①コンテンツ上の制約としてクリエイター側が直接適用を指定する場合と,②反応的な行動を実行するための,キーアクションの追加条件を設定する方法との2通りある.後者の場合,記述された条件を満たすことで該当するキーアクションの適用優先度の値が変化する.キーアクションの優先度の変化があった場合,上位の優先度をもつものから適用し,行動パターンを再構成する.

#### 4.2 行動ネットワークの探索による行動パターンの生成

行動ネットワーク $N_M$ 中の有効路 $P$ の長さを $length_{path}(P)$ で表す. $length_{path}(P)$ は $P$ 上の有向アークの長さの総和で,次式で表現される.

$$length_{path}(P) = \sum length_{path}(a) \quad (1)$$

ここで2つの適用キーアクション( $k_i, k_{i+1}$ )間の行動パターンの生成について考える. $k_i$ と $k_{i+1}$ によって指定されたノードをそれぞれ $m_i, m_{i+1}$ とする.行動ネットワークにおいて, $m_i$ を始点, $m_{i+1}$ を終点とする経路を $P_i$ とすると,生成する行動列の時間評価式は次のようになる.

$$length_k(k_i, k_{i+1}) = length(P_i) + \Delta T \quad (2)$$

ただし,  $(-T_{min} \leq \Delta T \leq T_{max})$

ここで $\Delta T$ は許容誤差時間である.(2)式の時間制約を満たす経路を行動ネットワークで探索する.探索手法はDijkstra法を応用した手法を用いる.

以上の処理を,各キーアクション間で行うことで,設定されたキーアクションの制約を満たす行動系列を生成する.ここでプランニングされた有効路上のノードを $P_i = (m_i, m_b, m_{k+b}, \dots, m_{i+1})$ とする.このノード列,即ち行動ユニット系列 $m_i, m_b, m_{k+b}, \dots, m_{i+1}$ がキャラクタの行動パターンになる(図4).

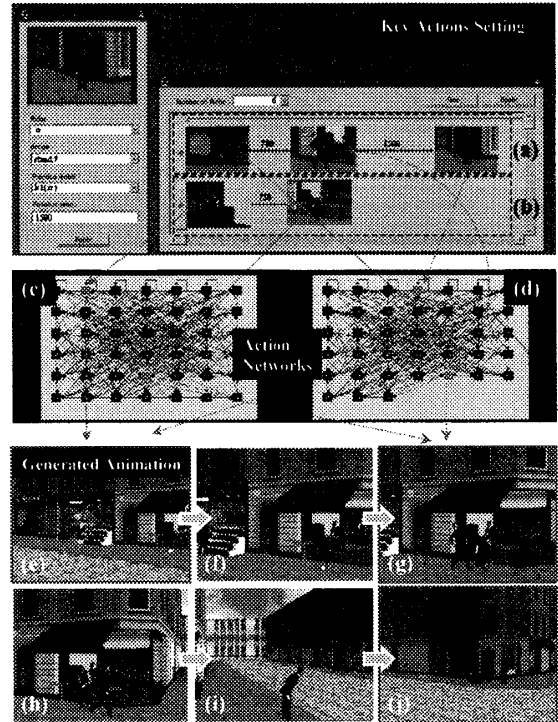


図5 キーアクション設定と行動ネットワーク,アニメーションの対応関係.

#### 5. コンテンツ生成結果

提案手法を用いて,ユーザが探偵役となり事件を解決するストーリーコンテンツを生成した結果を示す.ユーザは探偵役のアバターDetectiveを操作し,ストーリーに参加する.アバターは世界内を自由に移動し,他の登場人物キャラクタに話しかけることが可能である.システムが制御するキャラクタは店員キャラクタStaffと被疑者キャラクタMaleである.

図5はStaffとMaleの行動パターンの生成に用いたキーアクションの設定と行動ネットワーク,アニメーションの対応関係を示している.図5(a)(b)はそれぞれStaffとMaleのストーリーに基づいたキーアクションをビジュアルインタフェースで設定したものである.同一のキーアクションをスクリプトで記述した結果を表1に示す.図5(c)(d)はStaff, Maleの行動ネットワーク,(e)~(i)は生成されたアニメーションである.ここでは,ストーリーの鍵となるStaffがMaleを目撃し強い印象を持つ場面で,各キャラクタのキーアクションの設定において行動のタイミングを合わせて設定した.2人のキャラクタが“ぶつかる”ようなストーリーの設定に基づいた偶発的なイベント(図5(g))を実現する各キャラクタの行動パターンを自動生成することができた(図4).

また図6に示す生成結果では,同一の設定においてDetectiveを操作しStaffに話しかけている(図6(b)).Staffはキーアクションで設定された「営業」の行動パターンを実行しつつ,ユーザの働きかけに対して反応を示している(図6(c)).また,動的に反応して行動パターンにおいても,偶発的なイベントの指定を満たす行動(図6(e))の整合性は保っている(図7).

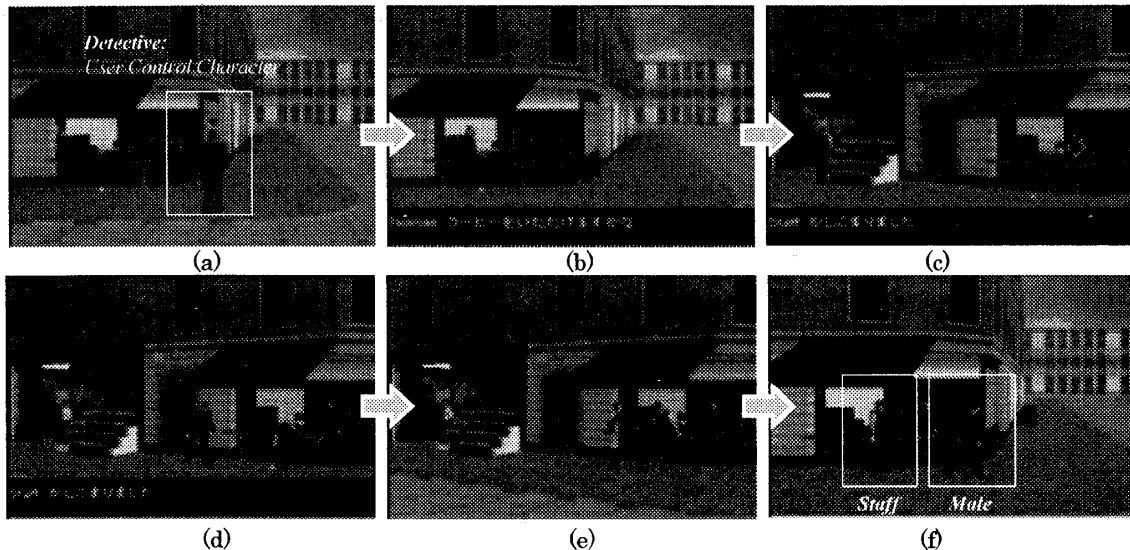


図6 探偵アバターDetectiveの干渉による店員キャラクタStaffの動的な行動パターンの生成

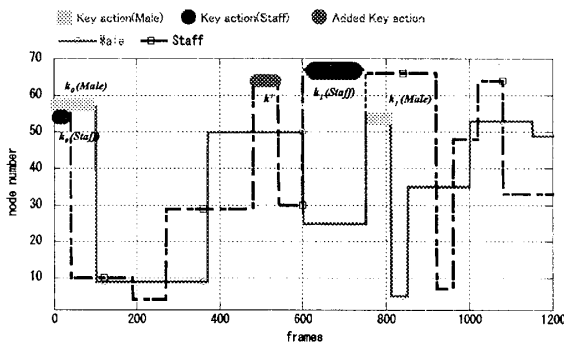


図7 図6の生成結果の行動パターン

## 6. おわりに

本稿では、主要行動の設定に基づいたキャラクタの行動パターンを自動的に生成する手法を提案した。提案手法では、ストーリー設定に基づいたキャラクタの主要な行動をキーアクションと定義し、その指定を満たす行動パターンを自動生成した。また、ユーザ参加型のストーリーコンテンツに本手法を適用し、インタラクティブに行動パターンが生成できることを確認した。

今後の課題として、現在、モーショントリプの出力条件を手動で記述し構成している行動モジュールの構成を支援する方法の検討や、行動ネットワークの規模の拡大における計算時間の増大を解決するために、シーン単位で行動ネットワークを細分化する手法への取り組みが考えられる。

### 参考文献

[1] J. Funge, X. Tu, and D. Terzopoulos: Cognitive Modeling: Knowledge, Reasoning and Planning for Intelligent Characters, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, pp.29-38, 1999.  
 [2] P. Faloutsos, M. Panne and D. Terzopoulos "Composable Controllers for Physics-based Character Animation". Proceedings of ACM SIGGRAPH 2001, pp 251-260, August 2001.

表1 設定したキーアクション  
(a)Maleに設定したキーアクション

Key action	Script
$k_0$	Character(Male) Do(open_door:57) at(0, start/0/0)
$k_1$	Character(Male) Do(collide:54) at(780, start/30/30)
$k_2$	Character(Male) Do(stand:7) at(1500, start/30/30)

(b)Staffに設定したキーアクション

Key action	Script
$k_0$	Character(Staff) Do(counter:5) at(0, start/0/0)
$k_1$	Character(Staff) Do(pick_up:67) at(780, end/30/30)

[3] Maes, P.:"How to do the right things.", Connection Science Journal,Special Issue on Hybrid Systems, 1989.  
 [4] K. Perlin, A. Goldberg, "IMPROV A System for Scripting Interactive Actors in Virtual Worlds", Proceedings of SIGGRAPH 96, pp. 205-216  
 [5] M. Cavazza, F. Charles, S. J. Mead: "Agents' Interaction in Virtual Storytelling", IVA 2001, pp. 156-170, 2001  
 [6] Propp, V: "Morphology of the Folktale", University of Texas Press, 1958  
 [7] Sgouros, N. M."Dynamic Generation, Management and Resolution of Interac-tive Plots", Artificial Intelligence, vol. 107, no. 1, pp.29-62, 1999  
 [8] Rose, C., Cohen, M. F., and Bodenheimer, B. : "Verbs and adverbs: Multidimensional motion interpolation.", IEEE Computer Graphics and Applications 18,5, pp. 32-40, 1998  
 [9] O.Arikan, D.A. Forsyth: "Interactive Motion Generation From Examples", Proceedings of ACM SIGGRAPH 2002, pp483-490, 2002  
 [10] L. Kovar, M. Gleicher, and F. Pighin "Motion Graphs", Proceedings of ACM SIGGRAPH 2002, pp 473 - 482, 2002.