

デジタルストーリーテリングのためのキーアクション法

森 博志 星野准一

筑波大学大学院システム情報工学研究科

{hmori, jhoshino} @esys.tsukuba.ac.jp

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では、ユーザは登場人物の一人として、他の登場人物である CG キャラクタと共にストーリーの進行に関するイベントを体験する。ユーザの目に映る CG キャラクタの存在は、ストーリーに活気を与える重要な要素である。

デジタルストーリーテリングの CG アニメーションにおけるキャラクタには、登場人物としてストーリーの進行に関するイベントに基づいた行動パターンが求められる。本稿では、デジタルストーリーテリングのアニメーションにおける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。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、ストーリー中で起こるイベントを記述することで、イベントに適した行動パターンを自動生成する。

キーワード：デジタルストーリーテリング，CG キャラクタ，アニメーション

Key Action Method for Digital Storytelling

Hiroshi Mori Jun'ichi Hoshino

University of Tsukuba, Systems and Information Engineering

In digital storytelling system, the user experiences the event that relates to the progress of the story with CG characters as one of the characters. The CG character in digital storytelling is an important element that brings a story to life. The CG animation of digital storytelling requests the CG character to execute the action pattern based on the event that relates to the progress of the story.

In this paper, we propose the method to generate the action pattern of the CG characters in the animation of digital storytelling. We define the important action based on the story setting as the key action. We describe the event using key actions, and a suitable action pattern for the events is generated with the description of the event in the story.

Keyword: Digital Storytelling, CG Character, Animation

1. はじめに

ユーザが映画やアニメーションで描かれるような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の需要が高まっている。このようなシステムでは、ユーザは登場人物の一人として CG で描かれた仮想世界に参加し、ストーリーの進行に関するイベントを体験する。ユーザの目に映る他の登場人物としての CG キャラクタの存在は、ストーリーに活気を与える重要な役割を担っている。

デジタルストーリーテリングの CG アニメーションにおけるキャラクタには、登場人物としてのストーリーの設定や、ストーリーイベントに基づいた行動パターンが求められる。しかし、ユーザの行動に起因して発生するイベントを考慮に入れて、つじつまを合わせた行動の接続関係を構築するには労力を要する。

そこで本研究では、デジタルストーリーテリングの CG アニメーションのための、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する。キーアクションによって、ストーリー中で起こるイベントを記述することで、イベントに適した行動パターンを自動生成する。

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 章ではキーアクションと、キーアクションを用いたストーリーイベントの記述方法について述べる。4 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。5 章では 3 章におけるイベントの記述から、キャラクタの行動パターンを生成する方法について述べる。6 章では、提案手法によるデジタルストーリーテリングのキャラクタアニメーションの生成結果を示し、7 章でまとめる。

1.1 従来研究

デジタル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が提案されている[5]。

キャラクタアニメーションの分野では、CG キャラクタの行動パターンを設計する問題に対して、各キャラクタが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]によって自律的なキャラクタの行動生成が取り組まれている。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]。

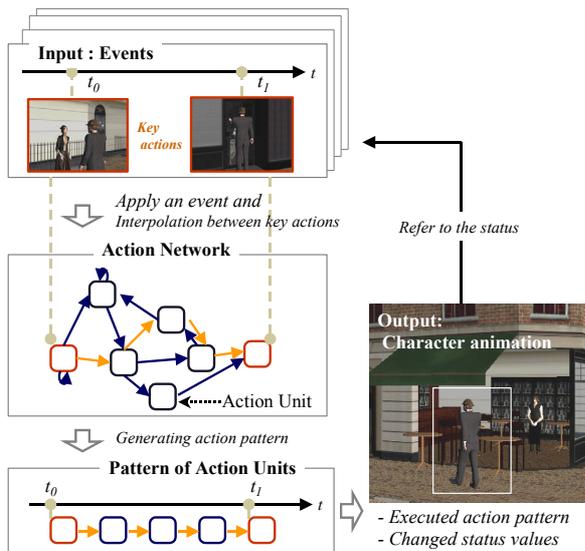


図1 手法の概要

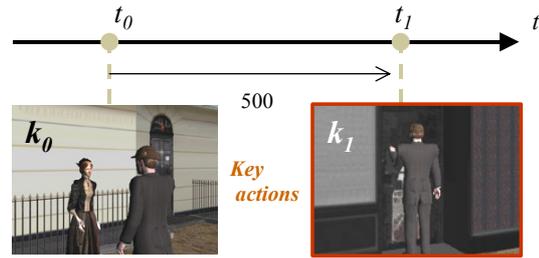
低次のモーション生成の分野では、「歩く」、「物を取る」などのサンプル動作を計測し、リアルタイムで補間することで所望の動作を生成する手法[8]や、モーションデータベースから階層的なグラフを作成し、拘束条件を満たす動きを自動的に生成する方法[9]、モーションクリップの細分化とその接続関係を構築し、リアルタイムで接続することでキャラクターの動きを生成する方法[10]が提案されている。

本手法では、プロップが、物語を構成する登場人物の典型的な行動を分類した“機能”[6]のように登場人物の主要な行動の指定をキーアクションとし、キーアクションを使用したイベントの記述からキャラクターアニメーションを生成する。そのため本手法は、ストーリープロットの構成技術とキャラクターアニメーション生成技術とのすき間を埋める技術と捉えることができる。

2. デジタルストーリーテリングのためのキーアクション法

提案手法の概要を図1に示す。本手法では、主要な行動の指定によってストーリー中のイベントを記述することで、キャラクター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ーは「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ーの場所に依存した行動と、その実行時間を指定する。

本稿で述べるイベントとは、ストーリーの進行に関係する出来事である。例えば、ユーザが探偵の役柄を演じ、ある事件を解決することを目的としたストーリーコンテンツでは、「被疑者を目撃する」という出来事や、「探偵が事件の解決の糸口をみつける」という出来事がイベントに相当する。イベントは、その発生条件と共に、関連するキャラクターの行動をキーアクションで指定することで記述する。イベントが発生すると、各キャラクターの行動パターンは、キーアクションの指定を基に自動的に生成される。



(a)キーアクションの視覚的な表示

k_1	Character(Detective) Do(visit_office) at(k_0, 500)
-------	--

(b)キーアクションのスクリプト記述

図2 キーアクションのスクリプト記述例と視覚的な表示の対応関係

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する。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。

イベントが動的に追加されると、再プランニングをすることで、動的にキャラクターの行動パターンを再構成する。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。

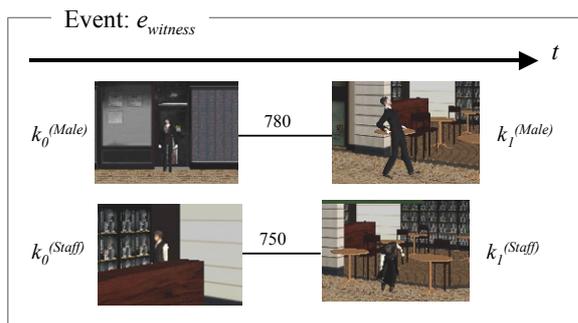
3. ストーリーイベントの定義

3.1 キーアクションの記述

イベントにおけるキャラクターの主要な行動の記述にキーアクションを用いる。キャラクターの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行うかを指定する。キーアクションの記述項目は次のとおりである。

- **Character (Character ID)**: 対象キャラクターの識別子。
- **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(key action ID or Basis of time in event), Relative time)**: 指定した行動の実行時の基準点(基準となるキーアクションの識別子、またはイベントに記述された基準時間)と、基準点との相対的な適用時間。

図2にキーアクションの記述例を示す。



(a) イベントに記述されたキーアクションの視覚的な表示

Event: $e_{witness} = \{k, c, h, t_{global}, Pre-condition\}$	
Key action: k	Script
$k_0^{(Staff)}$	Character(Staff) Do(counter) at($t_{global}, 0$)
$k_1^{(Staff)}$	Character(Staff) Do(pick_up) at($k_0^{(Staff)}, 750$)
$k_0^{(Male)}$	Character(Male) Do(open_door) at($t_{global}, 0$)
$k_1^{(Male)}$	Character(Male) Do(collide) at($k_0^{(Male)}, 780$)
Character status: c	Value
$c_0^{(male)}$	<i>impatience_{Male} ++</i>
Object status: h	Value
$h_0^{(garbage)}$	<i>picked_up(Staff)</i>
Basis of time: t_{global}	Value
t_{global}	-
Pre-condition	Value
<i>Position_{Detective}</i>	<i>BakerSt: section1</i>

(b) イベントのスクリプト記述

図3 イベントの記述例

3.2 イベントの記述

本稿では、デジタルストーリーテリングにおけるイベントを、キャラクター及び、環境オブジェクトの状態変化として取り扱う。キャラクターの状態変化として、そのイベントで実行する主要な行動群と、内部ステータスの変化を扱う。また、環境オブジェクトの状態変化としては、環境オブジェクトのステータスの変化を扱う。イベントが適用されると対象キャラクターの主要な行動をキーアクションとして行動パターンを生成する。対象キャラクター及び環境オブジェクトの内部パラメータは記述に従い、システム側からトップダウン的に変更される。

イベントは $e_i = \{k, c_{state}, h_{state}, t_{global}, Pre-condition\}$ と記述する。 k はイベントにおいて適用対象となるキャラクターのキーアクション群、 c_{state} は適用対象のキャラクターの内部パラメータ変化の記述、 h_{state} は環境オブジェクトの内部パラメータ変化の記述、 t_{global} はイベントの適用基準時間、 $Pre-condition$ はイベントの発生条件である。

例えば、探偵コンテンツにおいてカフェの店員のキャラクターが事件の被疑者キャラクターを目撃するイベントを考える。このイベント例では、営業活動としてカウンターから出てきた店員キャラクターと、事務所から出てきた被疑者キャラクターがカフェの前で偶然ぶつかり、店員キャラクターの印象に残るという内容である(図3)。目撃イベントの発生条件では、ユーザの見えるところでイベントを発生させるための条件として、ユーザ操作の探偵キャラクターが目撃場所の近くにいる

という記述をする(図3(b):Pre-condition)。この条件を満たしたときに、イベントに関係するキャラクターの主要な行動として、店員キャラクターはカウンターの奥から出てくる($k_0^{(Staff)}$)、被疑者キャラクターは事務所から出てくる($k_0^{(Male)}$)、カフェの前でゴミを拾っている店員キャラクターと先を急いでいる被疑者キャラクターがぶつかる($k_1^{(Staff)}, k_1^{(Male)}$)、というキーアクションの記述をする。

また、イベント実行後のキャラクターの状態変化として、被疑者キャラクターの“あせり”値の増加($c_0^{(Male)}$)、環境オブジェクトである“ゴミ”の状態は、落ちていた状態から店員キャラクターに拾われる状態へと変化し($h_0^{(garbage)}$)、グラフィックに反映される。

イベントの適用条件を満たすと、 t_{global} を発生時点の時間として、キーアクションの時間の相対関係の記述からコンテンツのグローバル時間における実行開始時間を算出する。実行開始時間の算出後、適用対象となるキャラクターの行動シーケンスは、記述されているキーアクションを基に生成される。行動シーケンスの生成方法は4、5章で述べる。キャラクターの内部ステータス、及び環境オブジェクト内部ステータスは、記述に従ってステータス値を変化させる。

4. キャラクターの行動データの構造

4.1 行動モジュールと行動ユニット

本手法では、キャラクターの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し、出力する機能を持つ(図4)。

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い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。

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。

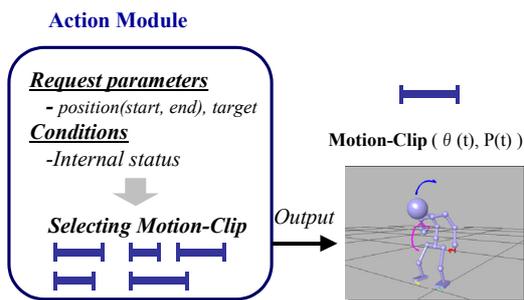


図4 行動モジュールの構成

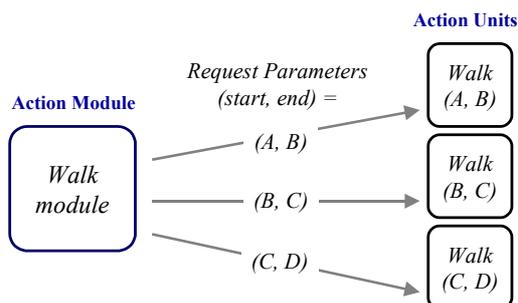


図5 行動モジュールからの行動ユニットの派生

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5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。

4.2 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_a 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。

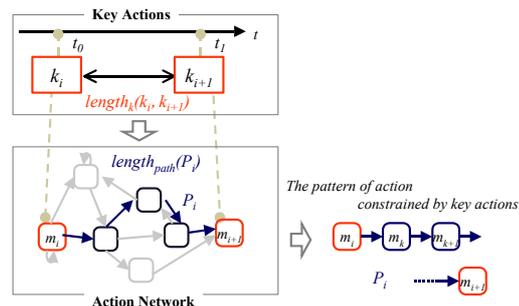


図6 行動ネットワークの探索による行動パターンの生成

5. 行動ネットワークの探索によるキャラクターの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。

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

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 ΔT 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 $P_i = (m_i, m_k, m_{k+1}, \dots, m_{i+1})$ とする。このノード列、即ち行動ユニット系列 $m_i, m_k, m_{k+1}, \dots, m_{i+1}$ がキャラクターの行動パターンになる(図6)。

6. ストーリーコンテンツの生成結果

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ーに話しかけることが可能である。ユーザがキャラクターの発話文は、場所、ステータスに応じてシステム側が発話候補をユーザに提示し、選択する方法をとった。システムが制御するキャラクターは店員キャラクター *Staff* と被疑者キャラクター *Male* である。

アニメーションの生成時に適用された2つのイベント $e_{witness}, e_{info}$ の設定を表1, 2にそれぞれ示す。表1に示すイベント $e_{witness}$ におけるキーアクションの視覚的な表示と行動ネットワークの対応関係を図7に、生成されたアニメーションを図8に示す。

ここでは、ストーリーの進行に関して *Staff* が *Male* を目撃する場面で、各キャラクター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することで、2人のキ

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 8(h))を実現する各キャラクタの行動パターンを生成することができている。

また、表 2 に示すイベント e_{info} におけるアニメーションの生成結果を図 9 に示す。ここではユーザ操作のキャラクタの発話選択がトリガーとなって、Staffに目撃情報を聞くことができるイベントがインタラクティブアニメーションとして実現されている。

7. おわりに

本稿では、ストーリーイベントの記述からキャラクタの行動パターンを自動生成することにより、デジタルストーリーテリングにおけるキャラクタアニメーションを実現する手法を述べた。

キャラクタの実行すべき主要な行動の指定であるキーアクションを用いて、ストーリーの進行に関するイベントを記述することで、イベントに従うキャラクタの行動パターンを生成した。また、ユーザ参加型のデジタルストーリーテリングのコンテンツに本手法を適用し、インタラクティブアニメーションが生成できることを確認した。

本稿では、ストーリーイベントの記述からキャラクタの行動アニメーションを生成する手法を中心に述べた。

今後の課題として、ユーザからの働きかけや、適用されたイベントによるキャラクタの内部ステータスの変化を反映した行動を、効果的にユーザに提示する方法の検討や、生成された体験型コンテンツの評価が必要であると考えられる。

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.
- [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 Interactive 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.",

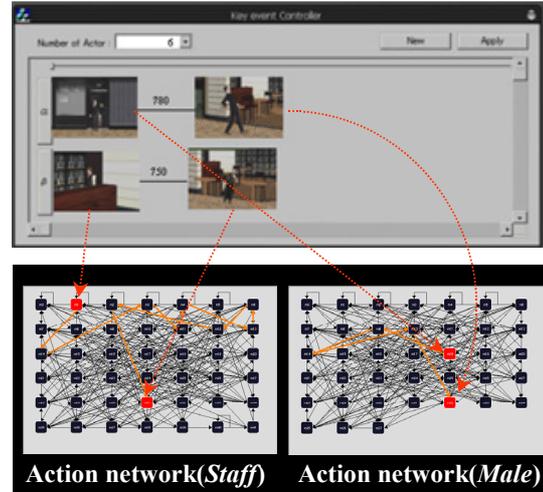


図 7 イベント $e_{witness}$ のキーアクションの視覚表示と行動ネットワークの関係

表 1 イベント $e_{witness}$ のスク립ト記述

Event: $e_{witness} = \{k, c, h, t_{global}\}$ Pre-condition	
Key action: k	Script
$k_0^{(Staff)}$	Character(Staff) Do(counter) at(t_{global}, 0)
$k_1^{(Staff)}$	Character(Staff) Do(pick_up) at($k_0^{(Staff)}$, 750)
$k_0^{(Male)}$	Character(Male) Do(open_door) at(t_{global}, 0)
$k_1^{(Male)}$	Character(Male) Do(collide) at($k_0^{(Male)}$, 780)
Character status: c	Value
$c_0^{(male)}$	<i>impatience_{Male} ++</i>
Object status: h	Value
$h_0^{(garbage)}$	<i>picked_up(Staff)</i>
Basis of time: t_{global}	Value
t_{global}	-
Pre-condition	Value
$Position_{Detective}$	<i>BakerSt: section1</i>

表 2 イベント e_{info} のスク립ト記述

Event: $e_{info} = \{k, c, h, t_{global}\}$ Pre-condition	
Key action: k	Script
$k_0^{(Staff)}$	Character(Staff) Do(Supply_information) at(t_{global}, 0)
Character status: c	Value
$c_0^{(staff)}$	<i>work_{staff} --</i>
Object status: h	Value
<i>none</i>	-
Basis of time: t_{global}	Value
t_{global}	-
Pre-condition	Value
$Speech_{Detective}$	<i>"need some information"</i>
$Position_{Detective}$	<i>Cafe</i>

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] Lucas Kovar, Michael Gleicher, and Frederic Pighin "Motion Graphs", Proceedings of ACM SIGGRAPH 2002, pp 473 – 482, 2002.

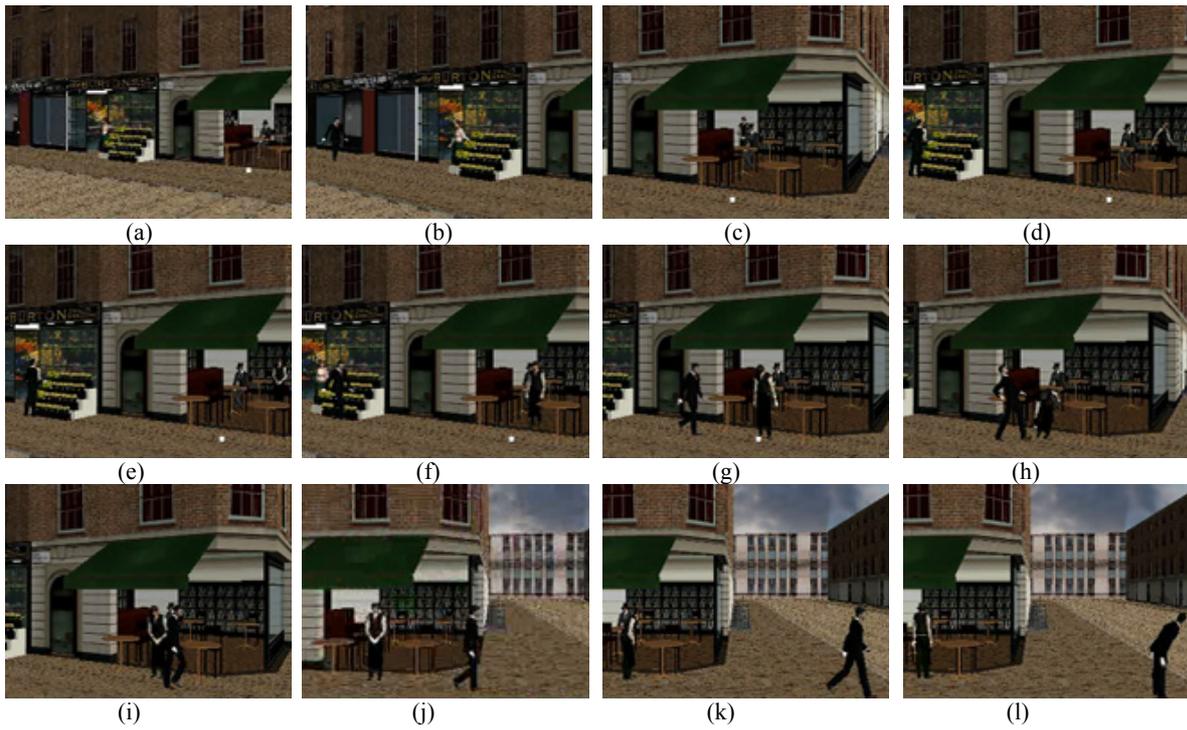


図 8 イベント $e_{witness}$ のアニメーション生成結果

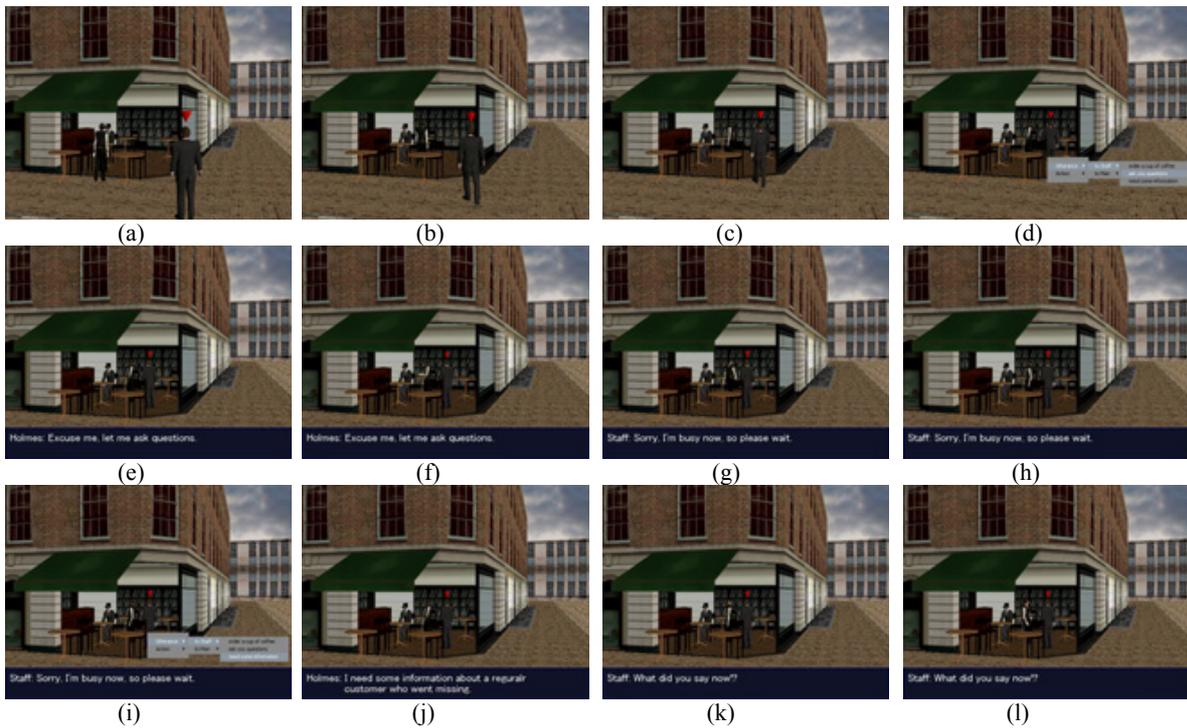


図 9 イベント e_{info} のアニメーション生成結果. 各スナップショットの下部の字幕は, (e)(f): “Detective: Excuse me, let me ask question.”, (g)~(i): “Staff: Sorry. I’m busy now, so please wait.”, (j): “Detective : I need some information about a regular customer who went missing.”, (k)(l): “Staff : What did you say now !?”である. ユーザ操作キャラクターの選択メニューは, (d):”Utterance>to Staff > ask you question”, (i)” Utterance>to Staff > need some information”である.