

# 分散能動型バーチャルヒューマン基盤システム

星野 准一

## 1. 研究のねらい

近年のエンターテインメントや教育などの分野では、CGによる人物アニメーションが含まれるコンテンツが増加している。コンテンツの制作には複雑な技術や専門知識に加え、膨大な制作時間が必要になるなど、個人、とりわけ初心者が制作するには未だに敷居が高いのが現状である。例えば、CGにおける仮想人物の動作を制作する場合には、キーフレーム補間法が一般的に使用されているが、自然な動作を生成するためには、多数のキーフレームを設定することが必要となり熟練も必要になる。更に、対話型映画のようにインタラクティブにストーリーを体験できるコンテンツの普及に伴い、仮想俳優がストーリーに沿った行動と即興的な行動の両方を行うなど、複雑な行動制御を行うことも重要となる。このような背景から、本研究では、対話型映画のようなインタラクティブなアニメーションコンテンツのための人物動作生成法の基礎を確立することを目的とした。

## 2. 研究成果

本研究では、対話型映画のための人物動作生成について次の2つの基本手法を提案した。

- 1) 事例に基づく人物アニメーションの生成:ビデオ映像からの俳優の動作事例を収集するとともに、概略的な図表現によるストーリー記述から人物アニメーションを自動生成する機能を実現した。
- 2) 対話型映画のための階層的動作生成:ストーリーと連動して、会話動作、注意動作、呼吸動作、歩行動作などの動作成分を生成する様々なモジュールを適切なタイミングで連動制御することによって、表現力豊かな人物動作を生成する機能を実現した。また、実時間で動作する対話型映画システムを構築して基本機能の検証を行った(図1)。

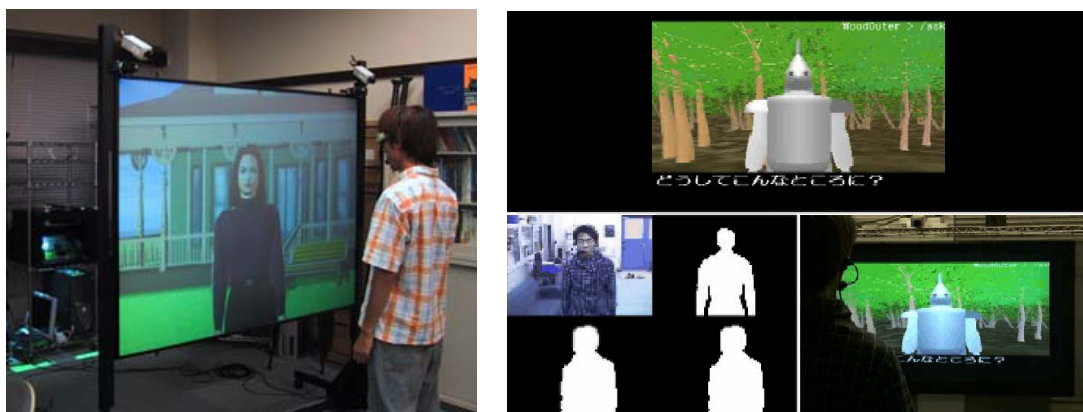


図1 : 仮想俳優の実時間生成による対話型3D映画システムの構築

## 2. 1. 事例に基づくアニメーションの生成

アニメーションの制作現場では、一般的に、ストーリーボードによって大まかな作品のイメージを固めて、詳細なシーンやキャラクタの動きを作るというデザインプロセスによって様々な作品が制作されている。これは、概略的な図表現によってストーリー構成やシーン構成を行い、詳細化の段階では、ある特定のキャラクタの動きを当てはめることによって、アニメーションを生成していると考えることができる。同じ基本構造であっても、詳細化の段階でどのような素材を当てはめるかによって作品が変わってくる。例えば、同じシーン設定でも、違うキャラクタの動作を当てはめれば、見かけ上は大きく異なる作品になる。

このように、アニメーションのデザインプロセスは、主に、1)ストーリーデザイン、2)シーンデザイン、3)モーションデザインの3つに分割することができる。まず、ストーリーデザインのプロセスでは、登場人物が活躍するストーリー世界を記述するとともに、ストーリーの時間構造(ストーリーパターン)を決める。ストーリーは一般的に何らかのテーマに沿って見せ場の配分が行われる。例えば、典型的なファンタジーでは、主人公が願い事を叶える過程で、何らかの困難を乗り越えたり、様々な登場人物との出会いや別れのようなシーンが配置されている。次に、シーンデザインにおいては、登場人物間の空間的な配置、概略的な動作の記述、背景の設定、演出効果の設定などが行われる。これらのシーンデザインに個々のキャラクタの動きを当てはめることで、最終的にアニメーションが生成される。このように、ストーリーデザインを階層的に記述して、それぞれの階層で事例を活用することで、作業効率を高めたり、異なる組み合わせによって表現力を高めることができる。

### 1) 動力学モデルに基づくビデオモーションキャプチャ

仮想俳優の動作を生成するためには、まず素材となる動作セグメントを蓄積しておくことが必要となる。人物動作を計測する方法としては、一般的に磁気センサや光学式センサによるモーションキャプチャが用いられている。ところが、これらのシステムは一般的にスタジオなどの広い作業空間が必要となる。また、動作を高精度に計測するためには、高価なセンサが必要となる。手軽に入る機材で利用できるものとしては、ビデオ映像から3次元的人物動作を計測することが考えられる。従来法ではビデオ映像からの輝度値を主な情報源としているため、人物の身体部分が他の身体部分によって隠されて輝度値を取得できないとき、動作推定の結果は不安定になる。このようなオクルージョン問題を

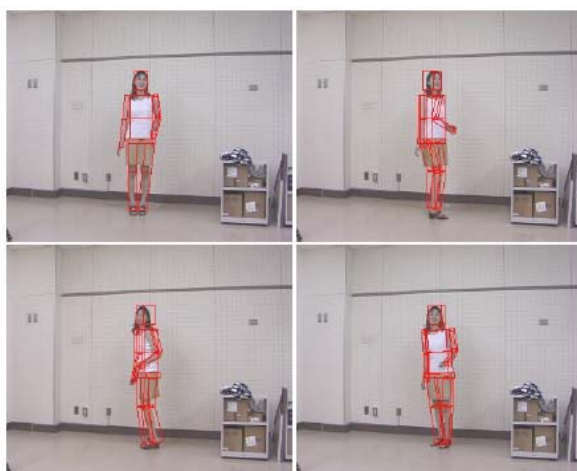


図2 ビデオ映像からの3次元動作の推定



異なる視点位置からみたところ  
図3 ビデオ映像からの人物モデルの生成

軽減する手法として、多くのカメラを用い、多視点の映像を得ることが挙げられる。しかし、多視点の映像が得られても、人物の姿勢によっては死角が発生するという問題が残る。

そこで、輝度値に加えて関節駆動力を最小化することで部分的なオクルージョンに強い人物動作の推定を行う。この手法では、部分的に輝度情報が得られていない場合でも、関節駆動力を最小化する軌道を求めることができるため、より安定で正確な推定を行うことができる。図2に人物の3次元動作を推定しているところを示す。図3は、日常的な会話シーンのビデオ映像から典型的なジェスチャの動作セグメントを取得して、データベースを作成したところである。

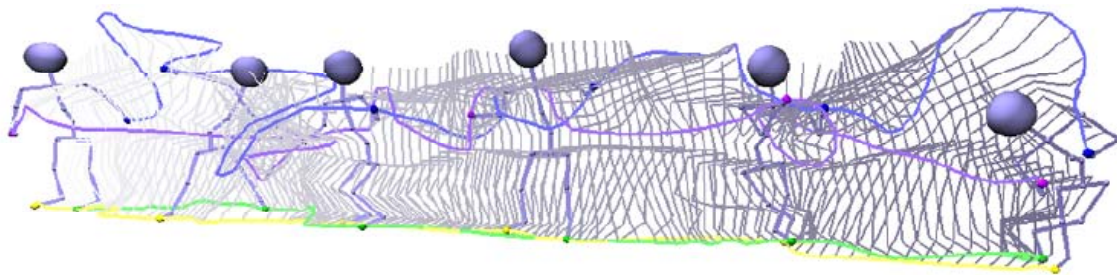


図4：人物動作のモーション合成

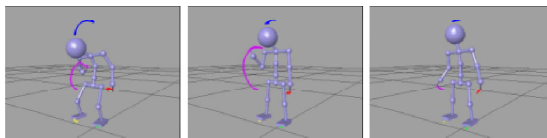


図5：ジェスチャデータベースの一部

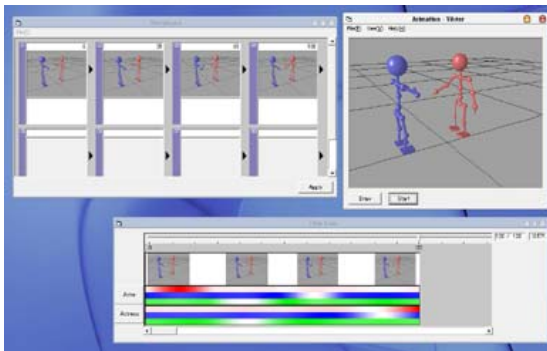


図6：ストーリーボードからのアニメーション生成

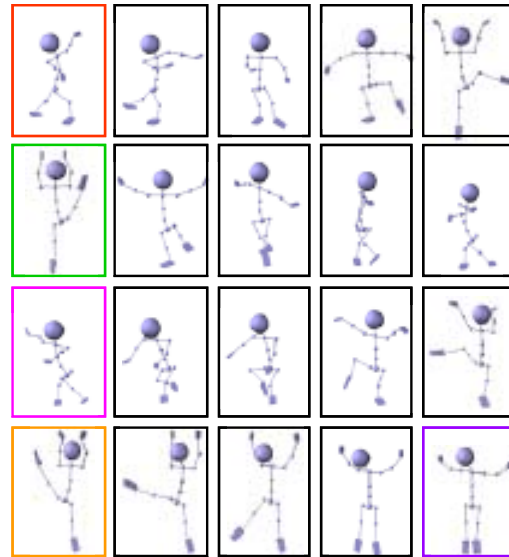


図7：間欠的な動作の補間

## 2) 概略記述からの連続動作の生成

ストーリーボードから動作アニメーションを生成する際の問題は、代表的な姿勢のみを記述するために、キーフレームとして使用するには間隔が広すぎることである。そのため記述された姿勢をそのままキーフレームとして使用して仮想人物の動作を生成することは困難である。そのため、ストーリーボードに描かれた概略的なキャラクタ動作の記述に、動作データベースに蓄積された動作セグメントを当てはめて再構成することでアニメーションを生成する。まず、独立成分分析(ICA：Independent Component Analysis)を使用して、事前に準備されたサンプル動作から動作表現に適する基底ベクトルと独立成分を求める。仮想人物の動作は独立成分による結合係数と、基底ベクトルとの線形結

合として表現される。本稿では ICA の基底により生成される空間を特徴空間と呼ぶことにする。

特徴空間上の拘束により、間隔の広い姿勢を補間した場合でも破綻の少ない姿勢遷移を生成する。また、特徴空間上の補間により生成された動作に、サンプル動作を適合させることで、動作の細かな特徴を復元する。特徴空間内では姿勢パラメータは低次元化されるため、サンプル動作とのマッチングの際の計算量を削減することができる。図4、図5にストーリーボードによって指定された概略記述からのアニメーション生成例を示す。図6はジェスチャデータベースに蓄積された動作セグメントを再構成することによって生成した会話シーンの例である。このようなストーリーボードをグラフで接続することによって、複雑な分岐を持ったストーリーを記述する。また、ストーリーボードに感情パラメータや対人関係パラメータを加えることで、そのシーンに適合した動作表現を選択する。

## 2. 2. 対話型映画のための階層的動作生成

対話型映画のようにインタラクティブにストーリーを体験できるシステムの普及に伴い、仮想俳優がストーリーに沿った行動と即興的な行動の両方を行うなど、複雑な行動制御を行うことが重要となる。本研究では、ストーリーと連動して、会話動作、注意動作、呼吸動作、歩行動作などの動作成分を生成するモジュールを適切なタイミングで連動制御することによって人物動作を生成する機能を実現した。

### 1) 複合的な連動動作の生成

図8に示すように、会話動作、注意動作、呼吸動作、歩行動作などの動作成分を出力するモジュールと、各モジュールを相互に接続するリズム制御部から構成される動作生成モデルを考える。個々のモジュールはリズム制御部からの入力によって状態遷移を制御する。例えば、呼吸動作モジュールは何も入力がない場合は定常的な呼吸動作を出力するが、リズム制御部から発話のタイミングが入力された場合は、話す前に息を吸う動きを生成する。

リズム制御部では、会話の状態によって、どのような動作特徴量に優先的に合わせるのかプライオリティを制御する。ここでは会話の状態を、仮想俳優が話し手になる場合と、聞き手になる場合に大きく分類する。仮想俳優が話し手になる場合は、自分の発話にジェスチャや呼吸などを合わせる。聞き手になる場合は、利用者の発話から音声特徴量を抽出して頷いたり、相手に視線を合わせるなどの動作成分を出力する。図10は会話と連動して注意動作を生成したところである。仮想俳優が歩きながら会話する場合は、進行方向を見たり、会話を開始するときに相手を見る動作を行う。

### 2) キーイベントに基づく行動制御

2.1 節で述べたストーリーボードからの動作生成法では、従来のキーフレームアニメーションと比べると間隔の広い姿勢の指定から連続的なアニメーションを生成することができる。しかし、基本的には予め蓄積されたモーションデータを再構成しているため、仮想環境内の物体位置の変化や、利用者の動作に連動した行動を生成するためには、別途制御モジュールを作ることが必要となる。また、ストーリー展開において重要な部分はコンテンツ制作者が記述することが必要となるが、それ以外は自動的に生成できると便利である。例えば、ある登場人物と会話することがストーリー展開において必

要な場合は、その出来事が起こるように仮想俳優がその時刻に決められた場所にいたり、その登場人物に話しかける行動をして欲しいが、それ以外のところは自分で判断をして即興的に演技をしてくれると便利である。

本研究では、キーイベントによって仮想俳優の概略的な行動を指定するとともに、行動ネットワークによってキーイベント間の行動を自動的に生成する手法を提案した。キーイベントとは、ストーリー中で確実に起こって欲しい出来事を記述したもので、仮想俳優の動作、時間、場所を指定する。行動ネットワークは仮想俳優の動作を生成する動作モジュールを有効グラフによって連結することで構成する。キーイベントによって仮想俳優の動作を指定すると、時間制約を満たすように行動ネットワークの探索を行って適切な行動系列を生成する。

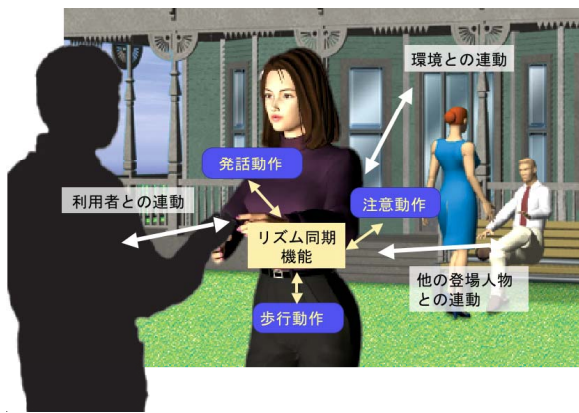


図8 : 複数動作モジュールの連動による会話動作の生成

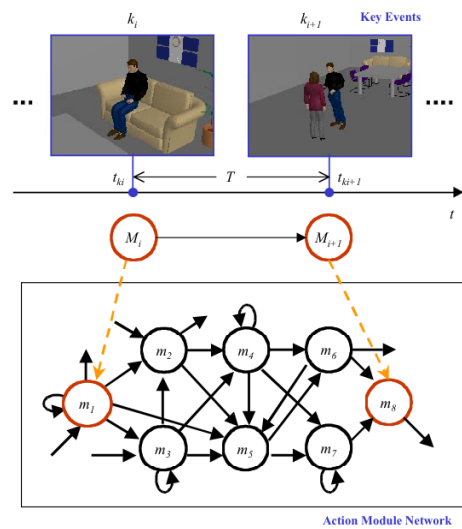


図9 : キーイベントによる行動制御

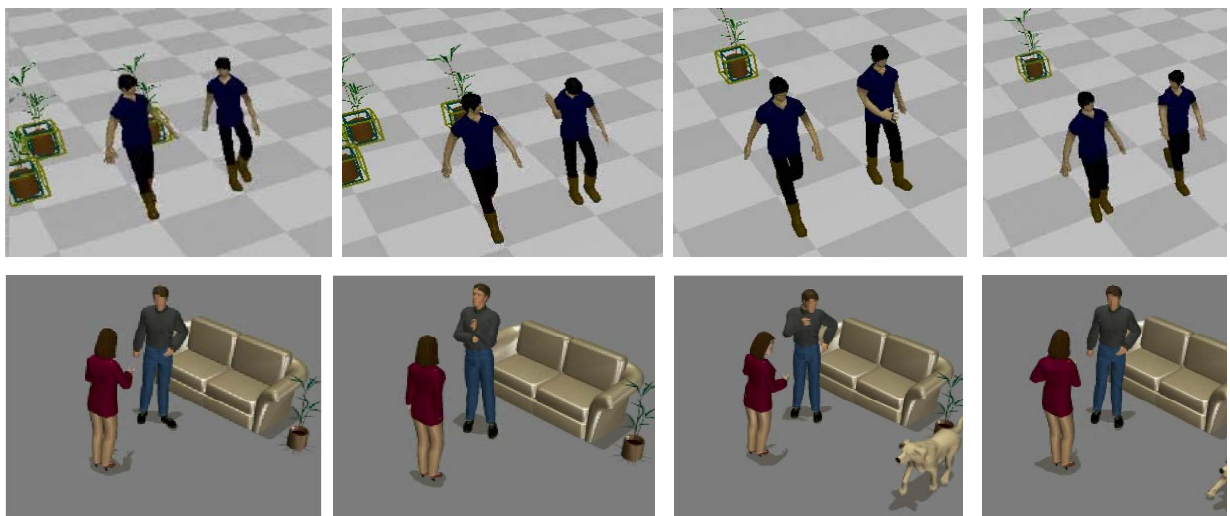


図10 : 会話と連動した注意動作の生成

### 3. 今後の展開

本研究で行ったバーチャルヒューマンの行動生成法の完成度を高めるとともに、具体的なコンテンツを想定して問題点の分析や解決法の提案を行う。

- 1) 複数人対話空間の生成: 複数人のバーチャルヒューマンと利用者が相互に対話できる機能を実現する。
- 2) 分散能動型ストーリー制御: ストーリー空間を独立にプロセスを持つ複数のサブストーリー空間の集合として考え、サブストーリー空間同士の連動や情報伝達を実現する。
- 3) コンテンツデザイン支援: 没入感を生じさせるストーリーデザイン事例をデータベースに蓄積して再利用する枠組みを備えることで、質の高いコンテンツの製作を容易にする。

### 4. 成果リスト

#### 書籍

1. Ryohei Nakatsu, Junichi Hoshino(ed.): "Entertainment Computing: Technologies and Applications", Kluwer Publisher, 2003

#### 論文誌

1. 中野敦、星野准一 : "動力学モデルに基づくビデオモーションキャプチャ"、日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol.7, No.4, pp.471-480, 2002
2. 山本正信、八木下勝利、古山隆志、大久保直人、星昌人、星野准一、中山一 : "映画からの俳優の演技の測定とアニメーションでの再利用"、日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol.7, No.4, pp.503-512, 2002
3. 星野准一 : "人物動作からの個性の推定と再構成"、画像電子学会論文誌、Vol.30, No.15, pp.631-640, 2001
4. 星野准一、斉藤啓史 : "ビデオ映像とCGの合成によるヴァーチャルファッションの実現"、情報処理学会論文誌、Vol.42, No.5, pp.1182-1193, 2001
5. Jun'ichi Hoshino, Hirofumi Saito, Masanobu Yamamoto: "A Match Moving Technique for Merging CG Cloth and Human Video", Journal of Visualization and Computer Animation, Vol.12 No.1, pp.23-29, 2001

#### 国際会議

1. Junichi Hoshino: "Building Virtual Human Body from Video", IEEE Virtual Reality 2002, pp.265-266, 2002
2. Junichi Hoshino: "Extraction and Reconstruction of Personal Characters from Human Movement", Third Int. Workshop on Intelligent Virtual Agent, IVA 2001, pp. 237-238, 2001

3. Junichi Hoshino, Yumi Hoshino:”Intelligent Storyboard for Prototyping Animation”, IEEE Int. Conf. on Multimedia and Expo, ICME2001, Conference CD-ROM FAI.03 ,2001
4. Junichi Hoshino : Model-Based Synthesis of Human Body Images,SIGGRAPH Sketch and Applications, p.228, 2001
5. Junichi Hoshino:”Interactive Virtual Fashion Simulator”, INTERACT2001,pp.785-786, 2001
6. Junichi Hoshino:”Extracting Personal Characteristics from Human Movement”, Int. Conf. on Acaustics and Signal Processing ,ICASSP2001, Conference Proceedings CD-ROM, IMDSP-P6.1, 2001
7. Junichi Hoshino, Hirofumi Saito:”A Match Moving Technique for Human Body Sequences”, Int. Conf. on Acaustics and Signal Processing ,ICASSP2001, Conference Proceedings CD-ROM, IMDSP-P3.1, 2001
8. Junichi Hoshino:”Merging Virtual Object with Human Video Sequences”, 2nd International Synposium on Mixed Reality, ISMR2001, pp.157-158, 2001
9. Junichi Hoshino:”See-Through Represnetation of Video”, 2nd International Synposium on Mixed Reality, ISMR2001, pp.155-156, 2001

## 受賞等

1. 船井情報科学奨励賞 「ビデオ映像からのデジタルヒューマンの自動生成と対話型仮想シアターへの応用」、2003
2. Marquis Who’ s Who in the World, 2004