

1. 研究課題名

感覚運動統合がなされた自律バーチャルクリーチャーの創生

2. 氏名

長谷川 晶一

3. 研究のねらい

人は、自己投射することで人や動物の状態や心情を汲み取ることができる。このため、人や動物は、登場人物、キャラクタなどと呼ばれ、多くの作品で重要な役割を担っている。近年のゲーム開発では、人間や動物の姿をしたキャラクタ(クリーチャー)の動きの作り込みに膨大な手間がかけられているが、ユーザの自由なインタラクションに対して多様に反応するキャラクタを構築することは難しい。

本研究では、人間や動物(クリーチャー)の感覚・運動系をモデル化し、感覚入力に基づくAIが運動系を制御して動作を生成することで、鑑賞者にキャラクタの意図や感情伝わるような動作を生成することを目指す。これにより、作りこみのための膨大な手間からクリエイターを解放し、本来のゲームの面白さの開発に専念できるようにするとともに、インタフェースの進歩によって可能となった自由なインタラクションに対して、自然で多様な反応をするキャラクタを実現し、ゲームなどのインタラクティブ作品に登場するキャラクタの魅力向上を目的とする。

4. 研究成果

本研究では、図 1のように、キャラクタを含む作品世界全体を物理シミュレーションされたバーチャル世界で表現し、キャラクタの感覚・運動系モデルに基づくキャラクタAIがキャラクタの体を制御するシステムによって作品世界を構築することを提案する。また、作品世界の持つ中身のリアリティが鑑賞者の心に届くよう、作品世界と鑑賞者をつなぐインタフェースにも注意を払い、界面のリアリティも確保する。

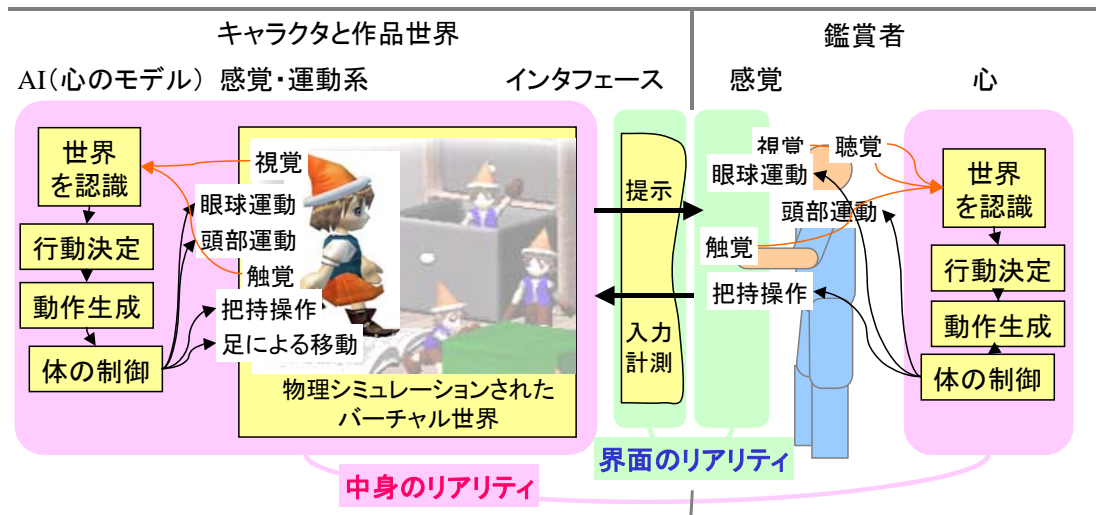


図 1 本研究が提案する作品のシステム構成

人間は、人や動物と物体の動きから、人や動物が物体に作用させた力を推定し、さらに人や動物の意図を推定できると考えられる。提案システムでは、作品世界全体を物理シミュレーションすることで、実世界と同様にキャラクタが物体に作用させた力を推定できるようにすることで、キャラクタの意図が鑑賞者に伝わりやすくしている。さらに、感覚・運動系モデルに基づくAIがキャラクタの体を制御して動作生成することで、鑑賞者が意図を推定しやすい動作が生成できると考えられる。また、感情が感覚系・運動系に及ぼす影響を再現することができれば、感情を推定しやす

い動作が生成できる可能性がある。

本研究では、提案する作品システムを実現するため、次の項目について研究を行った。

- ・ キャラクタの体のシミュレーションに必要な、安定な物理シミュレータ
- ・ 視覚系と注視のモデル
- ・ モーションデザイナーにとって使いやすい動作生成

以下、各項目について説明する。

安定な物理シミュレータ

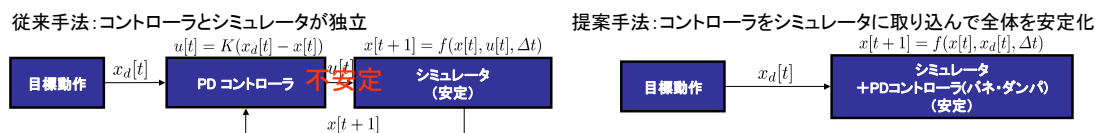
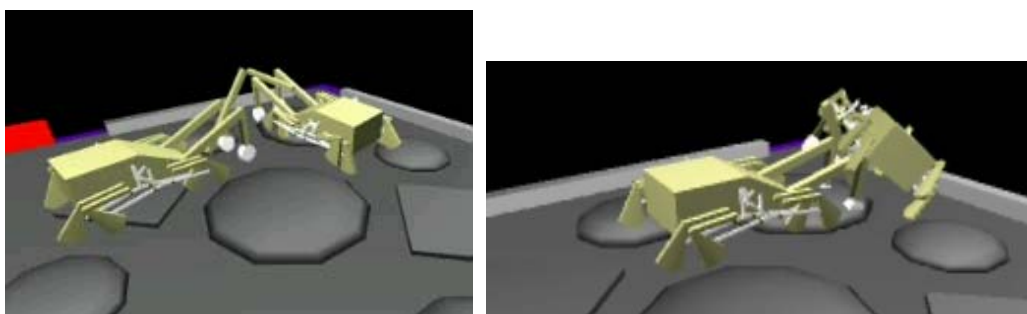


図 2 安定な物理シミュレータ

従来のシミュレータでは、バネ・ダンパモデルと組み合わせると不安定なという問題があった。このためバーチャルクリーチャの体を安定にシミュレーション・制御することが難しかった。そこで、陰積分によるバネ・ダンパモデルを物理シミュレーションに組み込み、バネ・ダンパモデルを含めた系の安定性を保証する枠組みを構築した。

同様の提案は従来もあったが、リアルタイム化のための繰り返し近似計算と組み合わせた点に新規性がある。繰り返し計算では、計算の打ち切りによる誤差が存在するが、誤差の影響を考慮することで、誤差がある場合でも安定性が確保でき、速度と安定性を両立させたシミュレーション手法構築の見通しが立った。詳細は[田崎,長谷川: 拘束法の動力学シミュレータのための安定なバネダンパモデル]参照。

この結果、複雑なリンク機構などを正確かつ高速にシミュレーションすることができるようになり、下図のような複雑な機構を持つ4足歩行ロボット同士の対戦のような状況をシミュレーションできるようになった。また、「視覚系と注視のモデル」の節の作品「こびとのケーキ屋」ではここで構築したシミュレータを用いている。



視覚系と注視のモデル

人は多くの情報を視覚から得ている。人の眼球は、中心部分のみが高い解像度を持つため、人は視線を動かして必要な情報を取得する。このため、目は口ほどにものを言うということわざのとおり、視線は人の意図を表出する機能を持つ。人が注意を向けるのは、動作目標のように意識に基づく注意によるトップダウン性の注意が高い場所と、視野の中で、動いているもの、複雑なパターンを持つもの、特徴的な色を持つものに無意識に視線が動くボトムアップ性の注意がある。これらをモデル化、シミュレーションすることで、リアリティの高い視線の動きを生成することができる(図 3)。このモデルを用いて2つのデモ作品を構築した。図 4 のバーチャルボクシングでは、トップダウン性注意とボトムアップ性注意のバランスを調節することで、相手キャラクタの性格が変わったように体験者に感じさせることができた。

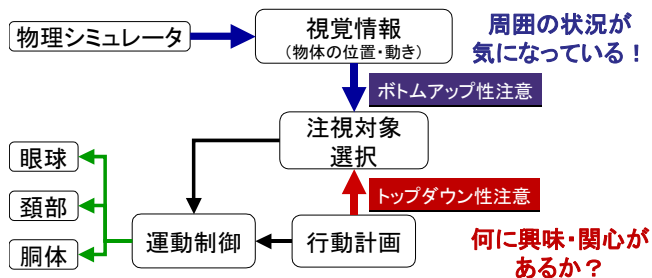


図 3 視覚系と視線生成のモデル



図 4 パーチャルボクシング

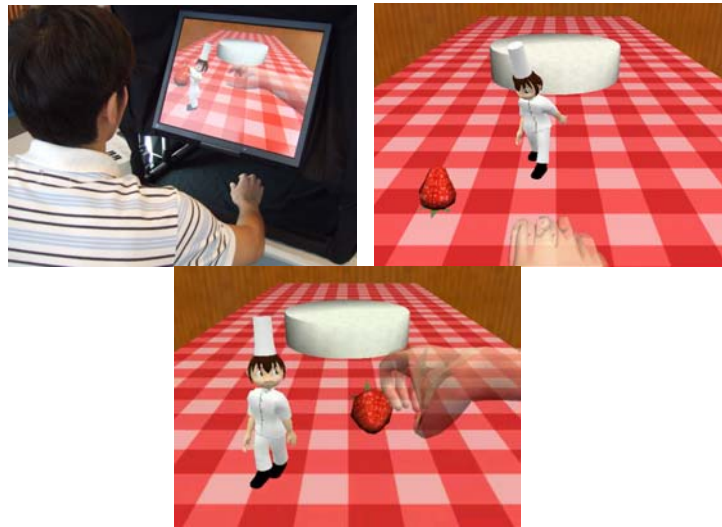


図 5 視覚・注視モデルによる意図の表出例:こびとのケーキ屋

また、現在、視線によって複数の対象物の中で興味を持つ対象を視線によって提示することを目指して、図 5の作品「こびとのケーキ屋」を構築している。

モーションデザイナーにとって使いやすい動作生成

感覚運動系のシミュレーションによって、リアリティが高く、意図・感情が伝わりやすい動作の生成が実現すると考えられるが、それだけでは作品に登場するキャラクターが持つべき個性やシナリオの展開に合わせた動作などを生成することは難しい。これらの動作を感覚運動系のパラメータ調整とキャラクター AI を作りこむことで実現することも考えられるが、これらの作りこみにはプログラム・制御・AI といった専門知識が必要となり、従来キャラクターの動作を作りこんできたモーションデザイナーにとって容易なものではない。

そこで、シミュレーションによる動作生成にキーフレームアニメーションを連動させることで、キーフレームに慣れたモーションデザイナーにとって使いやすい動作生成システムを提案する。提案システムでは、キャラクターの全体的な動作については、キャラクターをひとつの剛体で近似したモデルを物理シミュレーションすることで生成し力学的なリアリティとインタラクションに対する反応の多様性を確保する。一方、詳細な動作は、剛体の位置・姿勢といった状態に連動した多次元キーフレームアニメーションによって実現する(図 6)。これにより、キーフレームに慣れたモーションデザイナーが、望みの動作を簡単に作り出せるシステムとなる。

提案システムでは、キャラクターをあらゆる剛体に対して、人や人型ロボットの制御モデルとして用いられる倒立振り子モデルを用いて制御を行った。支持多角形と摩擦係数による床反力の制約を考慮することで、自然な転倒動作を生成することもできた。

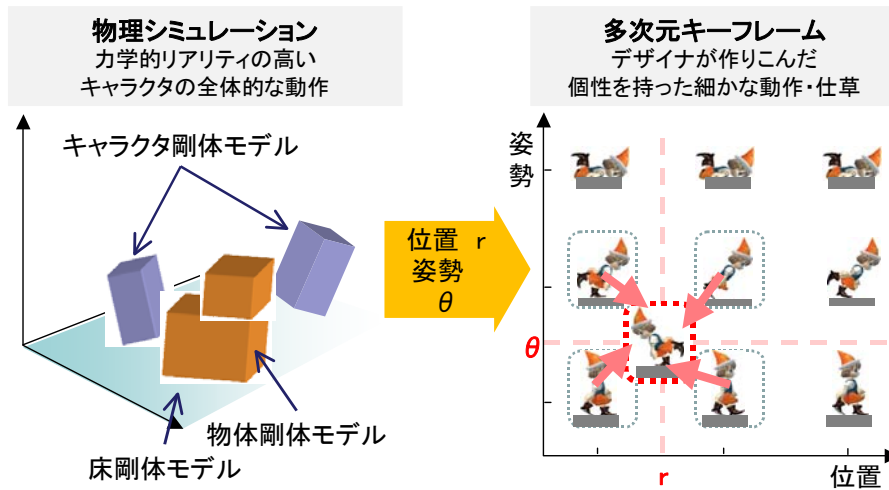


図 6 デザイナーにとって使いやすい、物理シミュレーションとキーフレームによる動作生成

Kobito - 運動制御の定数
Kobito - Constants for control

動作種別	v_0	ω_0	F_0	N_0
前進	3	0	12.0	12.0
左回転	0	3	12.0	12.0
右回転	0	-3	12.0	12.0
押す	3	0	24.0	12.0

Top view Front view

(a) 動作生成実験用

Top view Front view

(b) 衝撃力推定実験用

キャラクタに加える力

力を 1 回加えた場合： ①真後ろに転倒 ②バランスを崩し斜め後ろに移動 ③回転しながら転倒 ④バランスを崩し真横に移動
力を 2 回加えた場合： ⑤⑥横転ののち 2 回目の力で回転 ⑦バランスを崩したのち 2 回目の力で別方向に転倒 ⑧バランスを崩したのち 2 回目の力で回転しつつ姿勢復帰

図 7 力を加えた際の反応動作

衝撃力推定実験 結果
Result of Impact force estimation task

被験者	力の強さ	作用点横位置	作用点縦位置	力の方向
A	18	9 ₍₁₉₎	12 ₍₂₀₎	12 ₍₁₈₎
B	20	20 ₍₂₀₎	13 ₍₂₀₎	20 ₍₂₀₎
C	17	9 ₍₂₀₎	7 ₍₁₈₎	11 ₍₁₄₎
D	15	15 ₍₂₀₎	9 ₍₁₉₎	17 ₍₂₀₎

数字は試行 20 回中の正答数 (カッコ内は選択肢一つ分の誤差を許容した場合の正答数. ただし強さに関しては選択肢が 2 つしか無く誤差を許容すると全て正答となるため省略)

図 8 動作からの加えられた力の推定

提案システムを用いたところ、図 7 のような多様な反応動作を、わずかなキーフレームから生成することができた。また、キャラクターの動作だけを見た被験者に、キャラクターに加わった力を推定させたところ、図 8 のような結果を得た。おおむね加えられた力が推定できているといえる。また、キャラクターの個性やシナリオに合わせたキーフレームを用意することで、作品に登場するキャラクターに必要な動作を生成することができた。詳細は添付の投稿中論文を参照いただきたい。

5. 自己評価

研究開始前の計画では、視覚・聴覚・触覚・前提感覚といった感覚系と筋骨格系、足による移動のためのバランスの制御、到達運動といった運動系とその制御をモデル化し、これらをシミュレーションすることで、リアリティの高い動作を生成することを目標としていた。しかし、さきがけ研究を通じて、ゲーム産業界で活躍するプログラマー、モーションエンジニア、デザイナー、ゲームプランナーなどの意見や仕事内容に触れ、実際に作品を作るにつれて、単に自然な動作が生成できるシステムを構築するだけでは不十分であり、モーションデザイナーや作家にとって使いやすく、望みの動作が容易に得られるようなシステムを構築する必要があることに気づき、こちらにも取り組んだ。

結果として、モデル化が完了した感覚系・運動系の種類は当初の計画より少なくなったが、実際に作品制作に利用できるシステムを構築することができた。また、デザイナーや作家にとって使いやすいシステムは、初心者にとっても使いやすいシステムにもつながるので、コンテンツ創造の裾野を広げる効果も期待できる。これらの観点から、当初計画以上の成果が得られたと考えている。

6. 研究総括の見解

ゲームにおいては、人や動物などのキャラクターが重要な役割を担っており、鑑賞者がその意図や感情を汲み取れることが大事である。今回の研究は、鑑賞者からの自由なインタラクションに対し、キャラクターの意図や感情を動きでもってその反応を鑑賞者に伝えるシステムに関するものである。

研究は、まずバネ・ダンパ系から成る物理シミュレータによる自然な動きを作りだすことから始められた。従来こうした系でのシミュレータは不安定になるという問題があったが、今回陰積分を採用することにより、シミュレータを安定化することができた。これにより、ロボットの動きのシミュレーションでは一定の成果を得た。しかし、本システムを使いこなすには技術的な専門知識が必要であり、ゲームクリエイターにとって使いやすいシステムにする必要があった。そのため、リアルタイムで動作するゲームの要請から、キャラクター全体は 1 つの剛体として扱い計算の負荷を軽減した。そして、キャラクターの細部の動きは、クリエイターが使いなれたキーフレームアニメーションにより実

現した。このシステムにより、ゲームクリエイターが、ゲームの面白さの開発に専念できるようになったことは、高く評価できるものである。作品として制作した「Kobito -Virtual Brownies-」は、中で動く技術を感じさせずに、多くの人がインタラクティブに楽しめるものである。そうした点が SIGGRAPH Hという世界最大のコンピュータグラフィックスの展示会で採択され評価されたものである。

今後、当技術が改良され公開されることにより、多くのゲームクリエイターに対する制作を支援する基盤技術となることが期待される。

7. 主な論文等

A. さきがけの個人研究者が主導で得られた成果

(1) 論文(原著論文)発表

- ・ Shoichi Hasegawa, Toshiaki Ishikawa, Naoki Hashimoto, Marc Salvati, Hironori Mitake, Yasuharu Koike, Makoto Sato: 'Human-scale haptic interaction with a reactive virtual human in a real-time physics simulator', Computers in Entertainment (CIE), Vol.4, No.3, 2006 6.

(2) 特許出願

発 明 者: 三武裕玄, 浅野一行, 長谷川晶一, 青木孝文, 佐藤誠

発明の名称: 画像処理装置、画像処理方法、及び、プログラム

出 願 人: 電気通信大学

出 願 日: 2007 年 8 月 23 日

出願番号: 特願 2007-217372

発 明 者: 時崎崇, 長谷川晶一, 三武裕玄, 青木孝文

発明の名称: 映像信号制御装置、映像提示システム、映像提示方法およびプログラム

出 願 人: 電気通信大学

出 願 日: 2007 年 9 月 11 日

出願番号: 特願 2007-235240:

(3) 受賞

- ・ Intl. Conf. on Advances in Computer Entertainment Technology 2005 Best Paper Award(H17.6)
- ・ 日本バーチャルリアリティ学会貢献賞(H18.5)

(4) 展示

- ・ Shoichi Hasegawa, Mitsuaki Kato, Yoshinori Dobashi, Makoto Sato, Tsuyoshi Yamamoto, Tomoyuki Nishita: 'Virtual Canoe: Real-Time Realistic Water Simulation for Haptic Interaction', SIGGRAPH 2005 Emerging Technologies Project, 2005 8
- ・ Takafumi Aoki, Kazuyuki Asano, Rikiya Ayukawa, Hiroshi Ichikawa, Yuichiro Iio, Toshihiro Kawase, Takatsugu Kuriyama, Itaru Matsumura, Takashi Matsushita, Hironori Mitake, Takashi Toyama, Shoichi Hasegawa, Makoto Sato: 'Kobito: Virtual Brownies', SIGGRAPH 2005 Emerging Technologies Project, 2005 8
- ・ Masayoshi Ohuchi, Takafumi Aoki, Jiro Baba, Shoichi Hasegawa, Koichiro Kimura, Jun Noguchi, Makoto Sato, Hiromi Shimizu, ' Powder Screen: A Virtual Materializer' SIGGRAPH 2006 Emerging Technologies Project, 2006 8

B. その他の主な成果

(1)論文(原著論文)発表

- ・青木 孝文, 三武 裕玄, 浅野 一行, 栗山 貴嗣, 遠山 喬, 長谷川 晶一, 佐藤 誠: `実世界で存在感を持つバーチャルクリーチャの実現 Kobito -Virtual Brownies-', 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.11, No.2, 2006.
- ・三武 裕玄, 青木 孝文, 浅野 一行, 遠山 喬, 長谷川 晶一, 佐藤 誠: `キャラクタとの物理的なインタラクションのための剛体モデルと多次元キーフレームの連動による動作生成法', 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2007.

(2)特許出願

- ・なし

(3)受賞

- ・日本バーチャルリアリティ学会論文賞(H18.2)
- ・平成 16 年度日本バーチャルリアリティ学会論文賞(H17.9)
- ・平成 18 年度日本バーチャルリアリティ学会論文賞(H19.9)

(4)その他の成果

- ・田崎勇一, 長谷川 晶一: `拘束法の動力学シミュレータのための安定なバネダンバモデル', 情報処理学会研究報告「グラフィクスと CAD」, No.2006-CG-124, 2006 8