

# インタラクティブキャラクターのフレームワークと触れ合える VRインタラクティブシステム

小栗 賢章<sup>1,a)</sup> 三武 裕玄<sup>1,b)</sup> 杉森 健<sup>1,c)</sup> 佐藤 裕仁<sup>1,d)</sup> 長谷川 晶一<sup>1,e)</sup>

概要：VR世界でユーザがフィクションの世界に入り込んだような没入感の高い体験するためには、その世界のキャラクターに自然で魅力的な振る舞いが求められる。自律キャラクターが自然で魅力的な振る舞いを行うことが望ましいが、従来ではそのような自律キャラクターは製作の手間が膨大であり、滑らかな行動の切り替えが難しい。同時に、現実とVR世界で力の伝達が発生しないため、接触時にアバタとキャラクターが貫通が生じてしまい没入感が損なわれてしまう問題もあった。本研究ではVGentEditorを用いたインタラクティブキャラクターのフレームワーク「VGent」の提案及び、VR機器、PliantMotion、VGentを使用した接触可能なインタラクティブシステムの構築を行う。

## 1. はじめに

今日、我々の身の回りには多様な架空のキャラクターが存在している。ゲームやアニメでは作品を構築する重要な要素となっており、実世界でアニメの中のキャラクターと触れ合えるテーマパークやイベントも人気がある。近年ではVR機器の普及に伴い、手軽に仮想世界に自らを没入させる体験ができるようになってきている。仮想世界ではフィクションの世界に入り込んだような体験をすることができ、その世界のキャラクターとインタラクティブすることができれば、没入感をより高めることができる。

生き生きとしたキャラクターの表現には見た目だけでなく、その振る舞いも含まれる。VR世界においてユーザに没入感のある主観的な体験を与えるためには、キャラクターは自然で魅力的な振る舞いをする必要がある。こうしたインタラクティブの実現には、キャラクターはユーザの行動や周りの環境に合わせて自然に反応しなくてはならない。現在、このようなVR世界における魅力的なキャラクターを表現する手法として、実際の人々がモーションキャプチャを使ってキャラクターの動作を演技するというものが挙げられる。魅力的なキャラクターを表現する手法としては非常に有効だが、人というコストがかかるため汎用性に欠ける。このような魅力的なキャラクターを自律化することができれば、ユーザ

はより手軽にキャラクターとのインタラクティブを楽しむことができる。

従来、自律するキャラクターの振る舞いは、反応動作のアニメーションデータを事前に用意し状況に合わせて適切に切り替えたりブレンドすることで作られてきた。この手法では、反応動作のバリエーションが増える分だけ、アニメーションデータや切り替えおよびブレンドのためのプログラムを用意する必要があり、制作の手間が膨大になる。

VR機器を用いたインタラクティブではユーザは自分のアバタを動かすことで自身を表現、認識することができる。接触は身体的コミュニケーションの手段として重要な要素の一つであり、VR空間でもユーザアバタとキャラクターが接触することでより魅力的な体験を演出できる。しかし現状では、現実とVR世界で力の伝達が発生しないため、アバタと相手キャラクターの間に貫通が生じてしまい没入感が損なわれてしまう。

本稿では、反応動作作製に特化したVGentEditor[1]を使ったインタラクティブキャラクター作製フレームワークを提案する。またキャラクターとアバタの接触に関しては尤もらしい接触が可能なPliantMotion[2]を使用することで解決できると考えられる。そこで、VR機器、PliantMotion、提案フレームワークを組み合わせたユーザの動作や接触によって反応が変わるVRキャラクターのインタラクティブシステムを構築した。

<sup>1</sup> 東京工業大学

a) oguri.k.aa@m.titech.ac.jp

b) mitake@hi.pi.titech.ac.jp

c) sugimori.k.ac@m.titech.ac.jp

d) satoh.h.aa@m.titech.ac.jp

e) hase@haselab.net

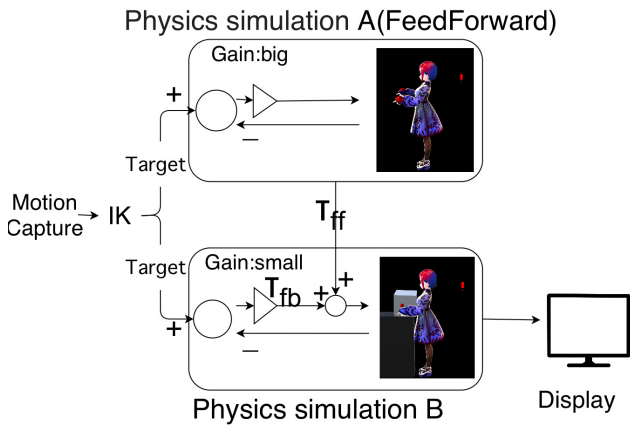


図 1 Pliant Motion の仕組み

## 2. 先行研究と関連サービス

### 2.1 VGentEditor

VGentEditor では従来のように関節角度で動作を指定するのではなく、手や頭などの動作の目的に直接かかわる身体パーツの到達目標姿勢により動作を記述する。反応の要因を与えた相手の姿勢に対する到達目標を記述できるため、キャラクターの反応動作を作製することに適している。簡単な仕組みは 3.1.2 で述べる。

### 2.2 PliantMotion

ユーザのアバタを操作する場合にもモーションキャプチャで得られたデータから IK で全身姿勢を求め、得られた姿勢を目標に物理シミュレーション内の動力学モデルを PD 制御する。各関節を PD 制御する場合、大きい PD 係数では固い接触となってしまう、柔らかい接触ができるような小さい PD 係数においてはモーションキャプチャに遅れて追従してしまうという問題がある。そこで PliantMotion を用いる。PliantMotion ではフィードフォワード制御により柔らかい接触ができるがモーションキャプチャにはしっかりと追従できるキャラクター制御手法である。図 1 は具体的な PliantMotion のシステムである。まず、物理シミュレーションを二つ用意する。物理シミュレーション A では、PD 係数を大きい状態でモーションキャプチャデータに追従するためのトルク  $\tau_{ff}$  と、物理シミュレーション B では、PD 係数が小さい状態で物体に当たった時の反作用トルク  $\tau_{fb}$  を求め、二つのトルクの和 ( $\tau_{ff} + \tau_{fb}$ ) を関節に適応している。

### 2.3 類似の VR ゲーム

すでに存在している VR ゲームにも、従来手法を使ってキャラクターとのインタラクティブな触れ合いを実現しているもの [3], [4] がある。これらの VR ゲームでは、事前に用意されたアニメーションデータを切り替えたり、あらか

じめ定義しておいた IK ターゲットを対象に向けて切り替えることでインタラクションを実現する。例えば、頭を撫でるインタラクションではユーザアバタの手も含めたアニメーションデータを用意して切り替えることで、接触を伴うインタラクションを実現している。つまり、アニメーションデータを用意していない場所に触ろうとするとアバタとキャラクターが貫通してしまう。提案手法ではアニメーションを定義するのではなく、到達目標姿勢を定義するため、ある動作の途中でその動作を中止せずにほかの動作に滑らかに移行できる。接触を伴うような状況でも、滑らかに動作に移行することができ、貫通することなくユーザが任意の場所に触ることができる。また、これらのゲームはユーザアバタが両手のみという場合が多いが、提案手法ではユーザアバタは全身を持つため、こちらからだけでなく、相手キャラクターから触られるという状況を作ることができる。以上の理由から、提案手法を用いることでキャラクターとの高度でより自由度の高いインタラクションが可能であると考えられる。

## 3. 提案システム

本稿ではインタラクティブキャラクターの作製フレームワーク「VGent」を提案する。また、VR 機器、PliantMotion, VGent をを組み合わせたインタラクションシステムを構成する。VGentEditor および PliantMotion はゲームエンジン Unity を使用した実装であり、物理エンジンには Springhead[5] を用いるため、提案システムにおいてもこれらを用いて実装を行った。

### 3.1 VGent

VGent は、大きく分けて、認識・動作・行動決定スクリプトによって構成される。

#### 3.1.1 認識

VGent における認識では、MentalScene と呼ばれるキャラクターの認識世界を定義する。MentalScene 内には認識物体である MentalObject とその集合である MentalGroup が存在し、MentalGroup には物体の構成要素を表す Parts が付与される。また、MentalObject と MentalGroup には物体ごとの認識情報を格納する Attribute が付与される。

Parts はコンテナであると同時に、物体の種類を表す情報でもある。例えば MentalGroup が人であるならば、属する MentalObject は頭や手足などであり、MentalGroup に人の構成要素 (PersonParts) が付与される。PersonParts はどの MentalObject が頭を指すのか、右手を指すのか、といった情報を格納している。つまり PersonParts があれば、頭手足の存在が保証され、その指定が簡単になるので、行動決定スクリプトを書きやすくなる。

Attribute は MentalScene 内の情報を使って自身の持つ認識情報を更新することができる。例えば右手を振って

いるかどうかを認識するときは、WaveHandAttribute が WaveHand フラグを保持し、MentalObject(PersonParts-RightHand) の位置姿勢や速度をもとに WaveHand フラグを更新する。

これらは Unity ゲームシーン内で定義されるものであるため、ゲームシーン内の情報から MentalScene に属するものを判別する必要がある。これを行うものを Sencor と呼ぶ。Sencor はゲームシーンに出現した物体を MentalScene に入れ、Parts, Attribute を付与する。また、ゲームシーン内の MentalScene に属していない情報を使って Attribute の認識情報を更新したいときは Sencor が行う。表現したいキャラクタや実現したいインタラクションによって必要な認識情報は異なるため、インタラクティブキャラクタ作成者は後から自分に必要な Attribute や Sensor を追加して開発を行う。

### 3.1.2 動作

動作は VGenEditor を使って作られる。以下に概略を述べるが、詳細は [1] を参照されたい。VGenEditor は、動作生成エンジン、インタラクション対象 (主には MentalObject) とキャラクタの位置関係に応じて身体パーツの到達目標姿勢を算出するため TargetGraph, 瞬間ごとの到達目標を分岐やループを含む一続きの動作として指定して一つのキャラクタの反応動作を表すための StateMachine から成る。ある身体パーツの到達目標姿勢を記述すると、動作生成エンジンは自然で滑らかな到達運動となるようなその身体パーツの軌道アニメーションを躍度最小軌道を用いたアルゴリズムから算出し、各身体パーツの位置姿勢を目標とするインバースキネマティクス (IK: Inverse Kinematics) を解くことにより、全身の姿勢が得られる。また、物理シミュレーション内にキャラクタを身体パーツとそれを接続する関節で表した動力学モデルを用意し、IK で求めた全身姿勢を目標に PD 制御することで、動力学特性を反映した動作を得ることができる。

### 3.1.3 行動決定スクリプト

インタラクティブキャラクタ作成者は行動決定スクリプトを記述することでキャラクタの反応行動を定義する。行動決定スクリプトに記述すべきことは主に、MentalScene の情報を元にした実行する動作の決定と動作対象の指定の二つである。実行する動作を決定するには、MentalScene の情報を元にした場所や時刻に任意の StateMachine を起動する処理を記述すればよい。動作対象を指定するには、TargetGraph に MentalObject を渡す処理を記述することでその MentalObject が動作対象に指定できる。

## 3.2 インタラクションシステム

図 2 は提案システムの構成と仕組みを簡単に表したものである。

ユーザ側には Oculus Rift や HTC Vive 等の 3 点以上の

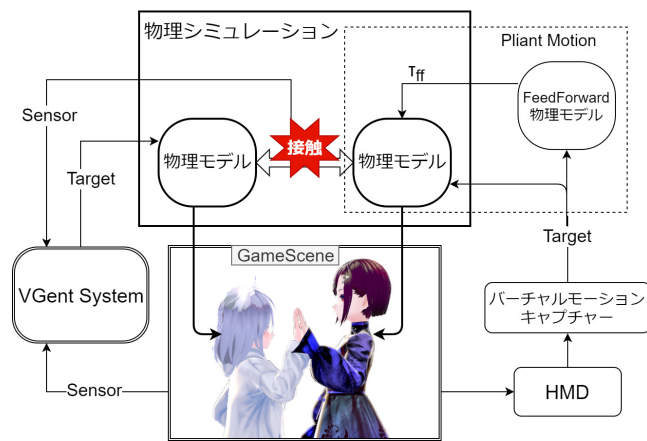


図 2 インタラクションシステム構成

トラッキングが可能なコントローラ付きヘッドマウントディスプレイをモーションキャプチャ兼ディスプレイとして用いる。ヘッドマウントディスプレイで取得したトラッキング情報をもとに仮想モーションキャプチャー [6] がアバタモデルの全身姿勢を出力する。仮想モーションキャプチャーとは VR 機器の 3 点以上トラッキングによって 3D モデルをコントロールするアプリケーションであり、高いクオリティでアバタモデルの動作を表現することができるため、今回使用した。また、キャラクタへの柔らかい接触とアバタ動作が素早くユーザ動作に素早く追従することを両立するために PliantMotion を利用した。仮想モーションキャプチャーで得られた全身姿勢を図 1 に示すような二つの物理シミュレーションの PD 制御目標として PliantMotion を適用する。図 2 の物理シミュレーションは図 1 の物理シミュレーション B と対応している。

図 2 の物理シミュレーション内には、キャラクタを表すため、身体パーツとそれを接続する関節および衝突判定形状からなる多関節剛体モデルをそれぞれ用意する。この物理モデルに対して、VGen の動作生成エンジンや、モーションキャプチャおよび PliantMotion が、PD 制御の目標全身姿勢を与える。物理シミュレーション内で貫通しない接触等の物理法則に従った物理モデルの動きが計算される。故に、この物理モデルをキャラクタやユーザアバタに適用することで接触を伴ったインタラクションを実現することができる。

## 4. 実現する反応の例

### 4.1 手を振りかえす

相手が手を振ると手を振りかえす動作 (図 3) では、対象が手を振っているかを認識し、手を振る方向や顔と視線の方向を相手に向けることを行っている。この動作の行動決定スクリプトでは、

- 対処を指定する TargetGraph の入力としてユーザの MentalObject(PersonParts-Head) を渡す



図 3 手を振る動作例



図 4 頭を撫でる動作例

- WaveHandAttribute の状態から相手が手を振っているか判断し、手を振り返す場合には手を振る StateMachine を起動する

という処理が記述されている。

#### 4.2 頭を撫でると喜ぶ

頭を撫でる動作 (図 4) では、自律キャラクターの頭とユーザアバタの手が接触した時の力を行動決定の要素として、キャラクターが喜びを表す動作をすることをやっている。本実装では、接触を伴うインタラクションを実現するため、MentalScene の情報に加えて接触時に発生する外力も行動決定の一要素として扱う。そのため、接触力を保持する PhysicsAttribute と、物理エンジンから接触力を取得して PhysicsAttribute を更新する PhysicsSensor を新たに実装した。行動決定スクリプトには、PhysicsAttribute をから頭を撫でられているかどうかを判断し、喜びの動作の StateMachine を起動するという処理を記述している。キャラクターの反応動作を別のものにする事で、ユーザアバタを押しつけて撫でられることを拒否するといった動作も可能となり、そのキャラクターらしさを表現することも可能となる。

## 5. 結論と今後

本稿では VGenEditor を用いたインタラクティブキャラクター制作フレームワークを提案した。また、提案フレームワーク「VGen」、VR 機器、PliantMotion から成るインタラクションシステムの構築を行った。構築したインタラクションシステムは自律キャラクターとユーザの 1 対 1 のインタラクションを想定しているが、ユーザの人数が増えたり、自律キャラクター同士のインタラクションが起きる場合も考えられる。今後は多人数でのインタラクションを実現するための仕組みの整備を行っていく予定である。

### 参考文献

- [1] 佐藤裕仁, 三武裕玄, 杉森健, 長谷川晶一: VGenEditor: 操作部位と空間目標点を動作表現として用いたインタラクティブキャラクターの動作生成, VRSJ2019(第 24 回日本バーチャルリアリティ学会大会), 論文集 (2019).
- [2] 杉森健, 三武裕玄, 佐藤裕仁, 長谷川晶一: 物体とのインタラクション時に体の硬さが自在に変えられる VTuber アバタ, 情報処理学会インタラクション 2019, 予稿集 (2019).
- [3] ILLUSION: VR カノジョ, <http://illusionvr.jp/#conthome>, (参照 2019-12-23).
- [4] sgthale: Viva Project, <https://www.patreon.com/sgthale>, (参照 2019-12-23).
- [5] 長谷川晶一, 三武裕玄, 田崎勇一: 動作行動開発のための物理エンジン Springhead, 日本ロボット学会誌 Vol.30 No.9, pp841-848 (2012).
- [6] sh-akira: バーチャルモーションキャプチャー, <https://sh-akira.github.io/VirtualMotionCapture/>, (参照 2019-12-23).