

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-

青木 孝文^{*1} 三武 裕玄^{*1} 浅野 一行^{*2} 栗山 貴嗣^{*2}
遠山 喬^{*2} 長谷川 晶一^{*1*3} 佐藤 誠^{*1}

Creation of Virtual Creatures with Sense of Existence in the Real World Kobito -Virtual Brownies-

Takafumi Aoki^{*1}, Hironori Mitake^{*1}, Kazuyuki Asano^{*2}, Takatsugu Kuriyama^{*2},
Takashi Toyama^{*2}, Shoichi Hasegawa^{*1*3}, and Makoto Sato^{*1}

Abstract – Virtual creatures have been used for various entertainments and arts, because they are friendly and have a variety of expressions. We create the possibility of new entertainments and arts by making virtual creatures exist virtually in the real world. In this paper, we propose haptic interaction with virtual creatures through real objects, and the presentation technique of virtual creatures that doesn't allow people to ruin a real feeling, for people experience as if virtual creatures existed in the real world. Moreover, we produced a work “Kobito-Virtual Brownies-” as an example of achieving the system that used the proposed methods, and confirmed the effectiveness of the proposed methods based on the reaction of those who experienced this work.

Keywords : Virtual Creature , Haptic Interaction , Real World , Entertainment

1 はじめに

1.1 背景

現在、映画やゲーム、テレビ、物語の世界ではバーチャルクリーチャ(人間の考え出した生き物、キャラクターの総称)がいろいろな場面で使われている。例えば、映画の世界ではCGで描かれたバーチャルクリーチャがまさに生きているかのように表現されている。アニメーションの世界では、人々の心をつかむようなバーチャルクリーチャが多数存在している。ゲームの世界では、自分以外のキャラクターにバーチャルクリーチャが使用されている。このように、バーチャルクリーチャは人々の生活の中で親しみやすい存在として定着してきた。

バーチャルクリーチャとより深いインタラクションをすることはエンターテインメント性やアート性を高めるため、様々なインターフェイスが提案されてきた。Nintendogs[1]ではタッチパネルを使用することで、画面内のバーチャルクリーチャ(犬)に、“頭を撫でる”、“毛をとかす”といった触れる行為を行うことができる。

SPIDAR[2]やPHANTOM[3]といったハプティックインターフェイスは、体験者にバーチャル世界のバーチャルクリーチャとのハプティックインタラクションを可能にする。しかし、これらのバーチャルクリーチャはバーチャル世界にとどまっていた。そのため、物語の世界にあるように、実世界でバーチャルクリーチャと遊ぶことや一緒に作業をするといった、体験者が目の前の実世界でバーチャルクリーチャとインタラクションすることは出来なかった。バーチャルクリーチャがまさに目の前に存在するクリーチャであるかのように感じられ、実世界に存在するクリーチャであるかのように振る舞うことが可能になれば、バーチャルクリーチャが実世界に影響を及ぼすことが可能になり、より多くの驚きを生むことが出来る。それにより、アートやエンターテインメントの新たな表現を生み出せると考えられる。そこで、目の前の実世界に存在しているかのような存在感をもつバーチャルクリーチャを実現することを本研究の目的とする。

1.2 関連研究

AIBO[11]は、ロボットを用いてクリーチャを作り出そうとする試みである。しかしながら、このような試みでは、制御や構造など技術的な問題から、バーチャルクリーチャの親しみやすさや表現の多様さを十分に再現できないという問題点がある。

^{*1}東京工業大学 精密工学研究所

^{*2}東京工業大学 工学部

^{*3}科学技術振興機構 さきがけ 研究員

^{*1}Tokyo Institute of Technology Precision and Intelligence Laboratory

^{*2}Tokyo Institute of Technology

^{*3}Japan Science and Technology Agency

拡張現実感や複合現実感の研究分野において、実世界にバーチャルクリーチャの存在感を視覚、聴覚を使って感じさせる試みとして MagicBook[4], Welbo[5], Jellyfish Party[6], や Touch-Space[7] などがある。しかし、これらの研究で提案されているようにバーチャルクリーチャの映像提示方法としてシースルー HMD を用いた場合、光学シースルー方式の場合、実世界の映像と CG で描かれたバーチャルクリーチャの映像の画質的ずれから、体験者に実世界とバーチャルクリーチャの境界を感じさせてしまう。ビデオシースルー方式の場合、提示される映像の解像度が実世界に比べると低いことや、実物体に触れた場合に視覚提示の遅延が体性感覚との間に違和感を生じさせてしまうことから、体験者に見ている映像が作り物であると感じさせてしまう。そのため、バーチャルクリーチャの実世界での存在感を損ねてしまう問題点がある。

等身大環境におけるバーチャルクリーチャとのハプティックインタラクションを実現した例として、Reactive Virtual Human[8][9] などがある。しかし、映像提示方法として没入型ディスプレイを用いた場合、体験者はバーチャル世界に没入するものの、提示される映像と実世界で視覚が受け取る情報の画質的な違いのため、体験者に自分が実世界に存在していると感覚させることは困難である。そのため、バーチャルクリーチャが実世界に存在しているかのように体験者に感じさせることはむずかしい。

実世界に存在するクリーチャならば、クリーチャと実世界の物体や体験者の間に接触状態が発生し、触れる、触れられる、力を加える、力を加えられるといったハプティックインタラクションが存在する。これらをバーチャルクリーチャにおいて実現するには、システムが実世界にバーチャルクリーチャが存在すると想定した場合に生じる体験者や実物体との接触状態を認識し、それらに適切に力覚提示できるようにする必要がある。例えば、バーチャルクリーチャが実物体に力を加えたら実物体に力を加え移動させ、体験者に力を加えたら体験者に力覚提示を行わなければならない。逆に、体験者がバーチャルクリーチャに力を加えれば、バーチャルクリーチャもそれに応じて反応しなければならない。また、実世界の地形や物体の配置によってバーチャルクリーチャの動きを制約する必要がある。

本研究では実世界で存在感をもつバーチャルクリーチャを提示するために、実世界での存在感を損なわないバーチャルクリーチャの映像提示及び力覚提示手法を提案する。また、提案手法を用いたシステムの実現例として作品“Kobito -Virtual Brownies-”を制作し、体験者の反応を基に提案手法の有効性を評価する。

2 提案手法

体験者に目の前に存在するクリーチャのような存在感をもつバーチャルクリーチャを提示する場合、バーチャルクリーチャを現実のクリーチャと区別させる手がかりを体験者にできるだけ与えないようにしなければならない。しかし、体験者に直接バーチャルクリーチャを提示する場合、映像、力覚提示手法の品質の問題からバーチャルクリーチャを現実のクリーチャと区別させる手がかりを体験者に与えてしまう。そこで、バーチャルクリーチャを直接見ること、触ることが出来ない存在と設定し、区別させる手がかりを与えない間接的な映像、力覚提示手法を提案する。以下に、映像、力覚提示手法に関してそれぞれ詳細を述べる。

2.1 映像提示手法

バーチャルクリーチャの映像提示において、シースルー HMD や没入型ディスプレイによる提示手法では、映像品質の問題が体験者にバーチャルクリーチャの存在感に違和感を覚えさせてしまっていた。現在の映像提示技術では、この違和感を取り除くことは難しい。そこで、提示したい「体験者に目の前に存在するクリーチャ」を現実には見ることができない存在という設定にすることで、実世界に映像を重畳させることを回避する。しかし、親しみやすく自然なインタラクション可能なバーチャルクリーチャを実現するためには、バーチャルクリーチャの姿勢や動作を視覚的に直感的な方法でユーザに提示することが望ましい。そこで、実世界にリアルなバーチャルクリーチャの映像を重畳させるのではなく、ディスプレイに情報としてバーチャルクリーチャの映像を提示する。具体的には、一度カメラから取得した映像にバーチャルクリーチャの映像を追加したものを通常のディスプレイに表示する。体験者は画面の映像が目の前の実世界を撮影したものであるとすぐに認識できるため、このディスプレイの映像は単に現実を撮影した映像と認識できる。この方法によって、体験者の目には見えないバーチャルクリーチャが実世界にあたかも存在し、その姿がカメラに写ったかのような錯覚を感じさせることができる。

この提示方法の実現には、カメラ付き携帯電話やデジタルカメラなどの携帯型デバイスを用いることが上げられる。現在、カメラ付き携帯やデジタルカメラ、ビデオなど、カメラとディスプレイが一体化したデバイスは日常的に使用されているため、このようなデバイスは体験者にとって直感的であり非常に扱いやすい物であると考えられる。

2.2 力覚提示手法

バーチャルクリーチャの力覚提示を考えた場合、平田ら [10] の力覚提示の議論にあるように、理想的な力覚提示は実物と同一の模型をその都度即座に作るこ

で実現できるが、同一の物体を全空間にわたって作
 ことは費用、技術的に困難である。しかし、Reactive
 Virtual Human などの様に、SPIDAR などの従来の
 ハプティックインターフェイスを用いる場合、インタ
 ラクションできる空間を指先の一点に限定してしまう
 ため、複数点や面といった広範囲にインタラクション
 できる空間を提供することができない。そのため、体
 験者にインタラクションを制限し違和感を与えてしま
 う問題点がある。また、体験者に力覚提示するため
 は、何らかの物体が指先に触れる必要があるが、ハプ
 ティックインターフェイスのワイヤーやアームといった
 機構が体験者に視覚的に見えてしまうため、提示力が
 対象のバーチャルクリーチャではなくワイヤーやア
 ームから手に伝わっていることを体験者に感じさせ
 しまう問題点がある。

しかしながら、現在の力覚提示技術ではこれらを解
 決することは難しい。そこで、提示したい「体験者の
 目の前に存在するクリーチャ」を直接触れることは出
 来ない存在と設定し、力覚提示を実物体を通した間接
 的なものに限定する。実物体を体験者が自由につか
 み動かすことを可能にすることで、違和感のないインタ
 ラクションを可能にし、実物体をバーチャルクリー
 チャの提示場所に違和感なく存在できるものを選択
 することでそれぞれの問題点を回避する。

これらを実現するには、システムがバーチャル世界
 のバーチャルクリーチャと実世界の実物体の接触状態
 を認識し、相互に力学的影響を及ぼせる必要がある。
 そこで、我々はバーチャルクリーチャの存在するバー
 チャル世界のバーチャル物体と体験者の存在する実
 世界の実物体の同期をとるという手法（図 1）を提案
 する。これは実世界の実物体を動かすとバーチャル
 世界のバーチャル物体がそれに連動して動き、バー
 チャル世界のバーチャル物体を動かすと実世界の
 実物体がそれに連動して動くという 2 つの同期処理
 から構成される。これにより、バーチャルクリー
 チャがバーチャル物体を動かすことで実物体を動か
 し、実世界へインタラクションすることが可能になる。
 また、体験者が実物体を動かすことでバーチャル
 物体を動かす、バーチャル世界へインタラクション
 することが可能になる。このため、体験者とバー
 チャルクリーチャの間で、同期する物体を介し力
 をやりとりすることになり、同期する物体がハプ
 ティックインターフェイスとして働く。また、これ
 によりバーチャルクリーチャの行動を実世界に影
 響させることも実現できる。

以上のように、本研究では体験者に実世界に存在
 するバーチャルクリーチャを感覚させるために、上
 記 2 つの手法を提案する。

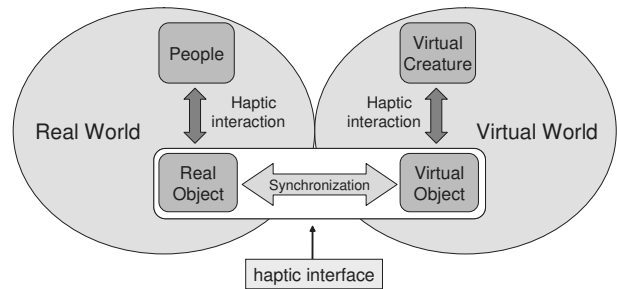


図 1 実物体を介したハプティックインタラ
 ション

Fig. 1 Haptic interaction through real objects

3 実現

提案手法を用いたシステムの実現例として、グリム
 童話“こびとのくつや”の“こびと”をモチーフに
 したバーチャルクリーチャと実世界でインタラクシ
 ョンを可能にする作品“Kobito -Virtual Brownies-”（図
 2）を制作した。



図 2 Kobito -Virtual Brownies-

Fig. 2 Kobito -Virtual Brownies-

3.1 作品概要

本作品ではバーチャルクリーチャとして“Kobito”
 （図 3）、実物体のハプティックインターフェイスとし
 て紅茶缶、バーチャルクリーチャを表示するディス
 プレイとして“Kobito Window”（図 4 下）を使用する。

作品の場面はティールームでのお茶の時間である。
 一見普通の部屋に見えるが、紅茶缶が突然動き出す
 といった不思議なことが起きる。体験者は“Kobito
 Window”を左右に動かしながら、勝手に動き出した
 紅茶缶が実は“Kobito”が押して動かしていたとい
 うことを知ることができる。体験者は“Kobito Win
 dow”に表示された“Kobito”を見ることで“Kobito”
 の存在を知るだけでなく、紅茶缶を通してハプティ
 ックインタラクションすることができる（図 4）。例
 えば、体験者が“Kobito”が押している紅茶缶を
 押し返せば、



図 3 Kobito
Fig. 3 Kobito



図 4 Kobito Window
Fig. 4 Kobito Window

“Kobito”が押している力を感じることができる。もし強い力で押せば、“Kobito”はよろけたり、転んだりする。“Kobito”はAIを持っているため、紅茶感の位置が遠ければ走って近づく、紅茶缶でたたかれれば怒る、上手に紅茶缶を動かすことができれば喜ぶなど様々な行動を見せる。

このようにして体験者に直接目には見ることも触れることもできない“Kobito”が目の中の実空間に存在していると感覚させる。

3.2 作品システム

システムは以下の4つのコンポーネントから形成される。

1. 実物体からバーチャル物体の同期 (図5①)
2. バーチャル世界のシミュレーション (図5②)
3. バーチャル物体から実物体の同期 (図5③)
4. “Kobito Window”の映像描画 (図5下)

1-3のループによって実物体とバーチャル物体を同期させ体験者とバーチャルクリーチャの実物体を介し

たハプティックインタラクションを実現し、4によって“Kobito”の映像を体験者に提示する。リアルタイムでの処理を実現するために、それぞれのコンポーネントごとにラックトップPC (Pentium(R)M プロセッサ 760 搭載) を1台ずつ割り当てた。それぞれのマシンは100Mbpsの有線LANによって接続されている。ワークスペースの大きさは600mm×900mmであり、システムは4台のラックトップPC、2台のカメラ、7インチのディスプレイ、ハプティックインターフェイス SPIDAR 及び紅茶缶から構成される。

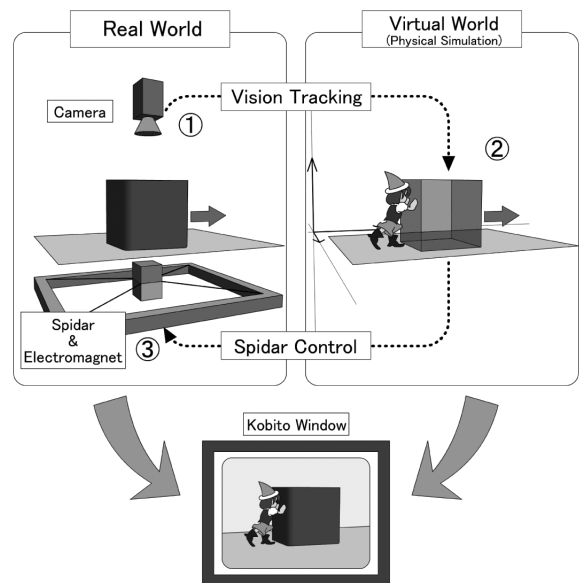


図 5 システム全体図
Fig. 5 Concept of our system

3.3 実物体とバーチャル物体の同期

“Kobito”と紅茶缶のインタラクションは物理シミュレーションで実現している。通常、物理シミュレーションはバーチャル世界のみを扱うが、この作品では実世界の実物体も扱う。これは実世界の現実の紅茶缶と物理シミュレーション (バーチャル世界) のバーチャル紅茶缶の位置・動きを同期させることによって実現する (図6)。

実物体とバーチャル物体の同期は以下のようにして実現する。体験者が現実の紅茶缶を動かすと、バーチャル紅茶缶も同じ位置に移動する。現実の紅茶缶の位置と角度は、机の上に固定されたカメラによって認識する (図7左)。認識はUSBタイプのカメラを利用してVGA (640×480pixel) にて30fpsで行い、色による判定で紅茶缶の位置・角度を求める。このような認識にはマーカを使用した手法 [22] が存在するが、マーカによって体験者が非日常的な印象を受けないようにするため、色による認識を採用した。

“Kobito”は物理シミュレーションの中でバーチャ

ル紅茶缶を押して動かすことができる。“Kobito”によってバーチャルの紅茶缶が動かされたとき、机の下にある磁石ユニットを動かすことで現実の紅茶缶を同じ場所に移動させる（紅茶缶の底面にも磁石がついている）（図7右）。



図6 実物体とバーチャル物体の同期 (1)
Fig.6 Synchronization of the movement between the real object and the virtual object (1)

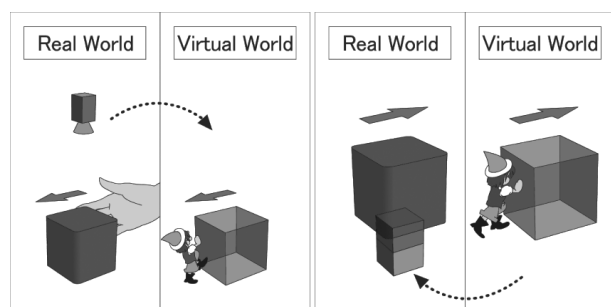


図7 実物体とバーチャル物体の同期 (2)
Fig.7 Synchronization of the movement between the real object and the virtual object (2)

3.4 実物体駆動機構

本システムでは、ハプティックインターフェイスである SPIDAR の機構を利用し紅茶缶の位置を制御する。SPIDAR のグリップのかわりに磁石ユニット（ネオジウム磁石）をつけ、磁石で紅茶缶を吸着することで紅茶缶を任意の位置に移動する（図8）。この方式では磁石ユニットを糸とモータで動かしているため、グリッド上に電磁石を敷き詰めた The actuated workbench[12]、リニア誘導モータを使用した Proactive Desk [13][21] に比べ軽量、低発熱、可動領域を容易に拡張できる点で優れている。さらに、体験者は紅茶缶を通して“Kobito”が押している力を感じることができる。磁石ユニットには磁石の高さを変動させる機構があり、紅茶缶に磁石を吸着、脱着の動作を実現している（図9）

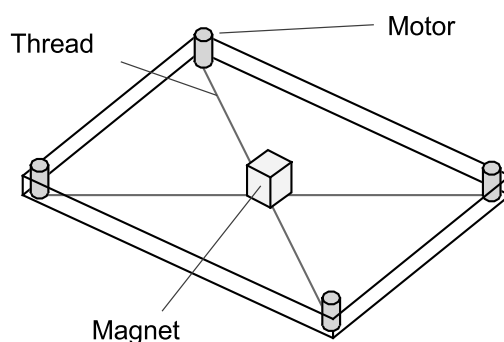


図8 実物体駆動系
Fig.8 System to move real objects

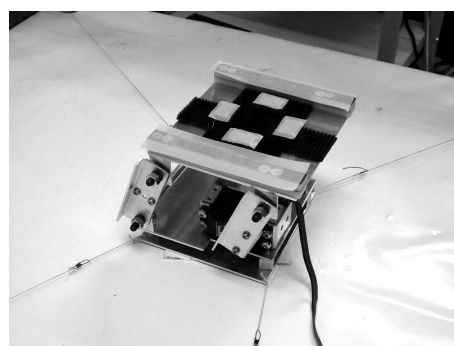


図9 磁気ヘッド
Fig.9 Magnetic head

3.5 バーチャルクリーチャ“Kobito”

“Kobito”は物理シミュレーションの中で行動する。“Kobito”はバーチャル物体に対し力を加え動かすこと、バーチャル物体から力を加えられ動かされることが可能である。また、“Kobito”はルールベースシステムを用いて行動決定を行っており、自分でバーチャル紅茶缶の位置を知覚し、現在の自分の状態から次にどのような行動を起こせばよいかを思考する。システムは「複数の“記号”を保持可能なワーキングメモリ」及び「ワーキングメモリ内の記号を置換するルール」から成り、始めに外界の情報、及びこびと自身の意思を記号化して空のワーキングメモリに投入し、次に約200存在するルール（表1）に従ってワーキングメモリ内の記号を置換し、全ルール適用後に残った記号から行動を決定する（図10）。これらの動作は30cycle/secで行われる。

例えば、「紅茶缶を押したいが紅茶缶の方を向いていない時、まず紅茶缶の方を向く」という行動は次のように生成される。

1. ワーキングメモリに、外界情報として「紅茶缶が左に見える」、自身の意志として「紅茶缶を押したい」という記号を投入する。
2. 『「紅茶缶を押したい」かつ「紅茶缶が左に見える」⇒「左回転する」』というルールを適用し、ワーキングメモリに「左回転する」という記号が投入する。
3. 「左回転する」という記号により、“Kobito”は左回転という行動を行う。

表1 “Kobito”の行動ルール
Table 1 Behavior Rules of Kobito

種別	例
外界状況の分析	「紅茶缶までの距離が3」⇒「紅茶缶から遠い」 「紅茶缶が左に見える」⇒「紅茶缶の方を向いていない」
“Kobito”意思表現	「体力がある」⇒「紅茶缶を押したい」
行動決定	「紅茶缶の方を向きたい」かつ「紅茶缶が左に見える」⇒「左回転する」
反射的行動	「転倒した」⇒「起き上がる」

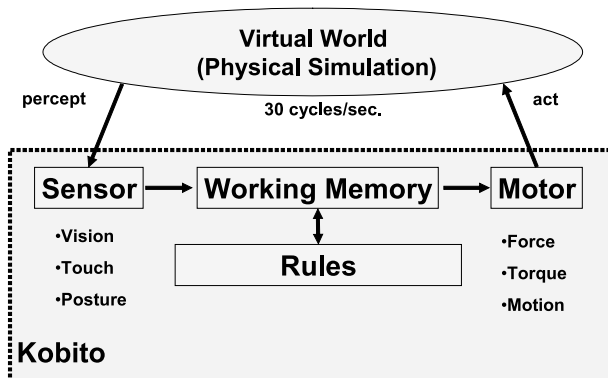


図10 “Kobito”の行動決定
Fig. 10 Artificial intelligence system

物理シミュレーションの中では、“Kobito”の形状は直方体として扱う。そして“Kobito”の状態に併せてあらかじめ用意した“走る”、“箱を押す”、“よろめく”などのアニメーションを再生する。そうすることで、物理シミュレーションをリアルタイムに動かし、かつ多彩な表現を可能にしている。このようなAIと物理シミュレーションを組み合わせた研究としては Making them behave [14] があげられる。

3.6 物理シミュレーション

我々は、バーチャル世界を構成する物理シミュレータとして SPRINGHEAD[15]を使用した。物理シミュレータを使用する利点は、1つ目は、“Kobito”と紅茶缶の衝突判定を実現できることである。2つ目は、

様々な自然なインタラクションが可能になることである。例えば、“Kobito”に紅茶缶を当てたとき、その強さに応じて“Kobito”がバランスを崩したり、転んだり、よろめいたりといった動作が可能になる。3つ目は、“Kobito”と地面との摩擦や物体の質量といった物理量を表現できることである。これらの利点から、物理シミュレーションによって“Kobito”を現実世界で生きているかのように表現することができる。

3.7 ディスプレイデバイス “Kobito Window”

体験者は“Kobito Window”を通して“Kobito”を見ることができる。“Kobito Window”はカメラと7インチの液晶ディスプレイから構成され、カメラから取得した実世界の映像に“Kobito”のCGを重ね合わせた映像を表示する(図4下)。カメラはQVGA(320×240pixel)にて30fpsで実世界の映像を取得する。子供でも手軽に体験できるように“Kobito Window”は据え置き型とし、向きを左右に変えることが可能である。カメラ視点の移動には“Kobito Window”の角度をエンコーダによって計測することで対応している。

体験者が“Kobito Window”の映像だけを見てしまうと、実際に紅茶缶が動いているという実世界の事実を見損ねてしまう。そこで、ワークスペースの大きさを600mm×900mm、紅茶缶の大きさ100mm×100mm×100mmに対し、“Kobito Window”の液晶ディスプレイの大きさを7インチ、72度の広角カメラを使い、“Kobito Window”の位置をフィールドの中央に設置することで、体験者が容易に“Kobito Window”の映像と実世界両方とも見比べられるように設計した(図4,11)。



図11 全体配置
Fig. 11 Layout of this work

3.8 “Kobito”のCG合成

“Kobito”の姿は“Kobito Window”の中で見ることが出来る。この映像は天井カメラからの紅茶缶の位置情報を基に、“Kobito Window”のカメラ映像と“Kobito”CGの画像合成によって生成される。カメラから取得した映像の中の紅茶缶の映像は、紅茶缶の

色情報によって抜き出される。“Kobito”が紅茶缶の前にいるときは、現実世界の映像に“Kobito”のCGを上書きする(図12②③)。“Kobito”が紅茶缶の後ろにいるときは、実世界の映像に“Kobito”のCGを上書きし、さらに紅茶缶の映像を上書きする(図12①)。これによりオクルージョンの問題を解決している。

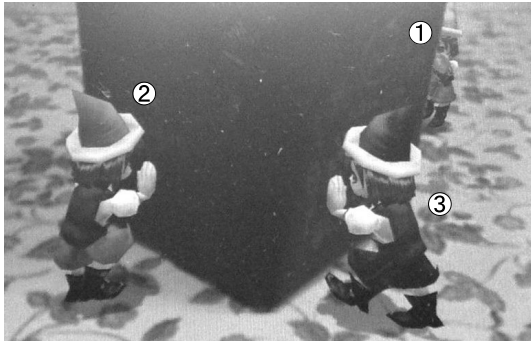


図12 オクルージョンの解決
Fig.12 Occlusion solution

4 評価と考察

この作品は第12回国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト[16]、工大祭2004、2005[17]、産業用バーチャルリアリティ展2005[18]、SIGGRAPH2005 Emerging Technologies[19]、インタラクティブ東京[20]、平成17年度(第9回)文化庁メディア芸術祭[23]において実演展示を行った。日本及びアメリカにおいて、男女とも子供から大人まで合計10000人以上の方々に楽しんでいただいた。展示の際、ビデオ撮影及び直接体験者を観察することで、体験者の反応を観察した。

体験者は“Kobito”とインタラクションできることに興味をいだき、紅茶缶で“Kobito”を突く、つぶそうとするなど積極的なインタラクションを試みていた。さらに、紅茶缶を押している“Kobito”を手で捕まえようとするという直接的な行動が観察できた(図13、図14)。この行動から体験者が実世界に“Kobito”が存在していると感じていると考えられる。

また、体験者への映像提示手法について考えると、“Kobito Window”は7インチのディスプレイ(図4)であり、提示される映像だけで体験者の視野を覆うことは難しく、体験者が映像の世界だけを見ることは困難である。“Kobito”を手で捕まえようとした場合、体験者は直接手を“Kobito”が存在するだろう位置に近づける動作が観察できた。しかし、“Kobito Window”につけられたカメラが映し出す場所は狭いため、体験者はインタラクションする前に自分の手を“Kobito Window”の中で確認することは出来ない。このようなことから、体験者は実世界と“Kobito Window”の



図13 インタラクティブ東京における子供の体験者の様子(肖像権の保護のため体験者にはモザイクをかけています)

Fig.13 Children's behavior in Interactive TOKYO

両方の映像を見比べて作品を体験していたと考えられる。

以上から、提案手法によって体験者に“Kobito”が実世界に存在すると感覚させることが可能であると考えられる。また、より一般的評価のために、このシステムが人間に与える影響について多面的な定量評価や心理学的な解析が今後の課題としてあげられる。

5 まとめと今後の展望

本論文では、体験者にバーチャルクリーチャが実世界に存在すると感覚させる方法として、実世界での存在感を損なわないバーチャルクリーチャの映像提示及び力覚提示手法を提案した。また、我々は提案手法を用いたシステムの実現例として作品“Kobito -Virtual Brownies-”を制作し、体験者の反応を基に提案手法の有効性を確認した。

今後の展望としては、“Kobito -Virtual Brownies-”の完成度を上げることで、提案手法の有効性をより強固なものにすることが挙げられる。作品として“Kobito -Virtual Brownies-”を見た場合、“Kobito”が体験者にインタラクションを誘発する動作をすることで、エンターテインメント性やアート性を高めることが出来る。例えば、“Kobito”が紅茶缶を段差があるために動かせずに困り果て体験者に助けを求めれば、体験者は“Kobito”を助けようと紅茶缶を上段に動かし、自然と“Kobito”とのインタラクションが始まるだろう。また、“Kobito Window”をカメラ付き携帯やPDAなどの手軽に持ち運べるデバイスで実現すれば、自由に持ち運べるため“Kobito”を探し出すおもしろさに注目した“かくれんぼ”などのゲームが生み出せると考えられる。また、複数のオブジェクトを動かせるようにすることや、紅茶缶の中にデバイスを埋め込むこ



図 14 平成 17 年度 (第 9 回) 文化庁メディア芸術祭における大人の体験者の様子。上：“Kobito”を直接手でつかもうとしている。中：紅茶缶で“Kobito”と押し合いをしている。下：“Kobito”が押している紅茶缶を動かしている（肖像権の保護のため体験者にはモザイクをかけています）

Fig. 14 Adult behaviors in 2005[9th] Japan Media Arts Festival

とで振動提示や缶を転倒させることができれば、作品の表現の幅はますます広がるだろう。

我々は、姿形は見えないが間接的にインタラクション出来るバーチャルクリーチャが“Kobito -Virtual Brownies-”のようなエンターテイメントだけでなく、日々の生活の中でも有用だと考えている。人々の生活の中で生活支援、コミュニケーション支援などのエージェント、エンターテイメントとしてのキャラクタを考えた場合、この種のバーチャルクリーチャは必要な

ときは間接的に姿を見る、触れることが可能であり、かつ必要のない時は邪魔にならないというメリットをもった新しいエージェントとなる。例えば、ハウスオートメーションなどの複雑なシステムが導入されたとき、すべての人にとってそれが理解しやすいものではないだろう。そのような場合、人間と機械を結ぶエージェントとして活躍できる。体験者は知りたいと思う対象にディスプレイ持って近づく。すると、ディスプレイには複雑なシステムの動作や使い方を理解しやすい形で説明してくれるバーチャルクリーチャが映し出される。このようにして、複雑なシステムの状態把握や動作入力などを容易に実現できると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、作品制作に協力して頂いた東京工業大学 公認サークル ロボット技術研究会の市川 宙氏、鮎川 力也氏、川瀬 利弘氏、松村 周氏、松下 卓史氏、飯尾 裕一郎氏に感謝致します。本研究の一部は、科学技術振興機構さきがけの助成により行われた。

参考文献

- [1] Nintendo <http://www.nintendo.co.jp/ds/adgj/> (2005)
- [2] M. Ishii and M. Sato: a 3d spatial interface device using tensed strings, presence. International J. Supercomputer Applications, (Jul 1994).
- [3] T.H. Massie: Design of a Three Degree of Freedom Force- Reflecting Haptic Interface. Bachelor of Science thesis, Massachusetts Institute of Technology, (May 1993).
- [4] M. Billinghurst, H. Kato, and I. Poupyrev: The MagicBook: a transitional AR interface. Computers and Graphics, 25, pp.745-753(2001).
- [5] Anabuki, M., Kakuta, H., Yamamoto, H., and Tamura, H.: Welbo: an embodied conversational agent living in mixed reality space, CHI '00 extended abstracts on Human factors in computing systems, pp.10-11 (Apr 2000).
- [6] K. Asai, Y. Okuno, H. Kakuta, and T. Takayama: Jellyfish Party Blowing soap bubbles in Mixed Reality Space, Proc.ISMAR03, pp.358-359 (2003).
- [7] Cheok, A., Yang, X., Ying, Z., Billinghurst, M, and Kato, H: Touch-Space: Mixed Reality Game Space Based on Ubiquitous, Tangible, and Social Computing. Personal Ubiquitous Comput, Vol.6, No5.6, pp.430-442 (Jan 2002).
- [8] S. Hasegawa, T. Ishikawa, N. Hashimoto, M. Salvati, Y. Koike, M. Sato: 'Human Scale Haptic Interaction with a Reactive Virtual Human in a Realtime Physics Simulator', ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology ACE 2005 , (2005)
- [9] S. Jeong, N. Hashimoto, and S. Makoto: A novel interaction system with force feedback between real - and virtual human. In Proc. of ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology 2004, (2004).

- [10] 平田亮吉, 星野洋, 前田太郎, 舘 : 人工現実感システムにおける物体形状を提示する力触覚ディスプレイ, 日本バーチャルリアリティ学会論文集, Vol.1, No.1, pp.23-32 (1996.9)
- [11] <http://www.jp.aiibo.com/>
- [12] Pangaro, G., Maynes-Aminzade, D., and Ishii, H: The actuated workbench: computer-controlled actuation in tabletop tangible interfaces. Proc. Of the 15th Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology. p.p181-190 (Oct 2002).
- [13] H. Noma, S. Yoshida, Y. Yyanagida, N. Tetsutani: The Proactive Desk: A New Haptic Display System for a Digital Desk Using a 2-DOF Linear Induction Motor, Presence, Vol.13, No.2, pp.146-153 (Apr 2004) .
- [14] J. Funge: Making them behave: Cognitive models for computer animation, University of Toronto PhD Thesis, <http://www.dgp.toronto.edu/funge/pdf/fungePr.pdf>, (1998).
- [15] S. Hasegawa and M. Sato: Real-time rigid body simulation for haptic interactions based on contact volume of polygonal objects. Proc.of EUROGRAPHICS Computer Graphics Forum (2004).
- [16] <http://ivrc.net>
- [17] <http://www.koudaisai.jp/>
- [18] <http://www.ivr.jp/>
- [19] <http://www.siggraph.org/s2005/main.php?f=conference&p=etech>
- [20] <http://interactivetokyo.jp/>
- [21] 吉田俊介, 野間春生, 保坂憲一: Proactive Desk II: 複数物体を駆動可能なりニア誘導モータ方式力覚提示装置の開発, 日本バーチャルリアリティ学会 第10回大会論文集, pp.309-312(2005-9).
- [22] H. Kato , M. Billinghurst: Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-Based Augmented Reality Conferencing System, Proc. of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality, p.85, (Oct 1999).
- [23] <http://plaza.bunka.go.jp/>

(2005 年 11 月 11 日受付)

[著者紹介]

青木 孝文 (学生会員)



2005 年 東京工業大学 理学部 情報科学科卒業. 現在, 同大学大学院 総合理工学研究科 知能システム科学専攻 博士前期課程在学中. 実世界で存在感を持つバーチャルクリーチャに関する研究に従事.

三武 裕玄



2006 年 東京工業大学 工学部 情報工学科卒業. 現在, 同大学大学院 総合理工学研究科 知能システム科学専攻 博士前期過程 在学中. バーチャルヒューマンの動作生成に関する研究に従事.

浅野 一行



現在, 東京工業大学 工学部 情報工学科在学中. 本研究では, “Kobito” の描画処理及び AI 部との連携, カメラ位置の算出処理などを担当.

栗山 貴嗣



2003 年 東京工業大学 入学. 現在, 東京工業大学 工学部 情報工学科 在学中. 本研究では, “Kobito” の紅茶缶駆動, “Kobito 窓”などを担当.

遠山 喬



現在, 東京工業大学工学部電気電子工学科在学中. 本研究では, “Kobito” ボリゴンモデルの製作, CG と実写の合成処理などを担当.

長谷川 晶一 (正会員)



1997 年東京工業大学工学部電気電子工学科卒業, 1999 年同大学大学院知能システム科学専攻修士終了. 同年ソニー株式会社入社, 2000 年東京工業大学精密工学研究所助手. 現在に至る. バーチャルリアリティ, 力覚インタフェース, ヒューマンインタフェースの研究に従事.

佐藤 誠 (正会員)



1973 年東京工業大学工学部電子物理工学科卒業, 1978 年同大学院博士課程修了, 同年, 同大学工学部助手, 現在, 同大学精密工学研究所教授, 現在にいたる. パターン認識, 画像処理, ヒューマンインタフェースの研究に従事. 工学博士.