

ユビキタスインタラクションに関するケーススタディとその経験

池内弘樹^{†1} 石沢ふみ子^{†1} 大塚知亮^{†1} 岡田耕^{†1}
小林明弘^{†1} 鶴川純一^{†1} 吉井章人^{†1} 中島達夫^{†1}

ユビキタスインタラクションシステムは、計算機内に実現された仮想性を利用してサービスの価値を高めるものであるが、仮想性に対するリアリティの保証がそこでの重要な問題となる。本論文では、我々が考案した3つのユビキタスインタラクションシステムに関する概要を紹介する。さらにそこで得られた経験から、仮想性が有する一般的な問題点を挙げ、実世界に仮想性を導入する場合においてリアリティをいかに高めていくかを議論する。

Case studies for ubiquitous interaction and its experiences

Kohki Ikeuchi^{†1} Fumiko Ishizawa^{†1} Tomoaki Otsuka^{†1} Koh Okada^{†1}
Akihiro Kobayashi^{†1} Junichi Tsurukawa^{†1} Akihito Yoshii^{†1} Tasuo Nakajima^{†1}

The ubiquitous interaction system aims to increase the value of services by using virtualization implemented by a computer. But, the guarantee of the reality on a virtualization is an important problem. In this paper, we introduce three ubiquitous systems that we have designed and implemented. And from the experiences of the design and implementation, we extract a couple of general issues related on the virtualizations, and discuss how the reality should be enhanced when introducing a virtualization into the real world.

1. イントロダクション

近年では、Substitutional Reality (代替現実) (以下 SR) や Augmented Reality (拡張現実) (以下 AR) など、現実世界を拡張するような技術が開発されている。これらはここ数年で、さまざまな分野で利用されており、特に広告などでは消費者に対して購買意欲を煽るなどの目的で利用されている。また、ヘッドマウントディスプレイを着用して飛行機のフライトシミュレーションを行うということも、広義の意味では SR と言えるであろう。

その他にも、スマートフォン向けのアプリとして「セカイカメラ」というアプリが大きな話題となり、ただ単に付加価値を与えるだけではなく、情報を共有する SNS のような可能性も見出されてきた。これら以外にも、教育[1]や観光のキャンペーン、アパレルなど、さまざまな分野に導入されている。このようなユビキタスなインタラクションにおける大きな利点は、現実世界に存在していないものや、現実世界では起こりえないことを、ユーザ自身が経験できるという点にある。起こりえないことを可視化し、操作できるようにすることで、ユーザは興味や高揚感を得ることができるのである。

このような技術をさらに多くの分野で適用させるために、日々新たな技術が生み出されている。しかし、技術が発展

している中で、これらの技術を用いることでなぜユーザがリアリティを感じることができるのか、議論されることは少ない。特に、今後このような技術をさらに多方面の分野に導入したり、さらなるリアリティの向上を図るためには、どのようなフィードバックを与えるのが適切なのか考えていく必要がある。

本論文では、SR や AR のような技術を用いたユビキタスなインタラクションを実現する上で、ユーザにリアリティを感じさせるにはどうすべきであるかを、KinectDrone, instMarker, Virtual Drum という3つのケーススタディを挙げながら議論していくことにする。最終的に、リアリティを感じさせるためのアプローチとしてどのようなものがあるかを検証し、将来的に上記の技術が完成されたものになった際、ユビキタスなインタラクションを実現するためには、どのような要素が重要になるかを検討する。

2. 3つのケーススタディ

2.1 ケーススタディ 1 : KinectDrone

2.1.1 概要

人が空を飛びたいと願うのは昔からの自明と言ってもいいようなものである。現在飛行機などで空を飛ぶことはできるが、より簡単に、できれば自分の身一つで飛びたいと思うであろう。KinectDroneはその願いを叶えるものであり、図 2.1.1 に示す図によって構成されている。

^{†1} 早稲田大学 情報理工学科
Department of Computer Science and Engineering, Waseda University

近年では、現実世界にコンピュータを組み込むことで仮想世界との融合が進んでいる[2]. KinectDrone は現実世界にある我々の身体を拡張する装置としてここで紹介する.

具体的には使用者は現実世界の空を飛んでいる Parrot の AR.Drone のカメラ映像を Oculus Rift を通じて見る. これにより使用者は AR.Drone, つまり飛行物の視点を得ることができる. そして横になり図 2.2.2 のような姿勢で体を動かし, それを Microsoft KINECT でとることで手のジェスチャを命令に変え, AR.Drone に操作命令を送っている. これにより使用者は AR.Drone のカメラ映像をリアルタイムで自分の視点のように見ながら, 自分の身体は空を飛ぶような自然な動作として動かすことが可能になる.



図 2.2.1 KinectDrone の構成装置

2.1.2 システム構成

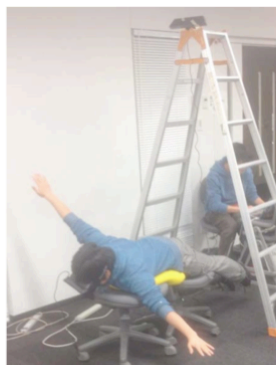


図 2.2.2 KinectDrone 概要

以下の図 2.2.2 は, KinectDrone の典型的な使用法を示している. ユーザは部屋の中でヘッドマウントディスプレイである Oculus Rift を装着し, 図の上のように椅子の上に横になります.このときヘッドマウントディスプレイには AR.Drone に搭載されているカメラからの映像が映り, 図

の下のような映像を見る.

操作命令は腕の移動を, KINECT を用いて検出する手法を採った. 図 2.2.2 の上の写真のように KINECT はユーザを認識出来るよう上部に取り付けられる.

また KinectDrone は, AR.Drone の近くにある AR.Drone を制御するサーバとユーザの近くにあり, KINECT などを制御するクライアントによって構築されている(図 2.1.3). これにより, 例えば, 今後サーバを各地に設置することで, 部屋にいながら世界のあらゆる場所の好きな空を飛び楽しむ事が出来るような将来性と拡張性を有している.

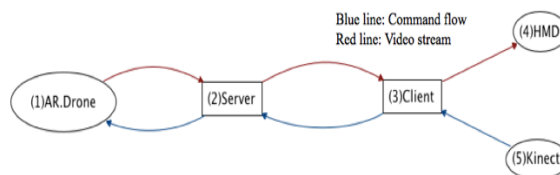


図 2.1.3 KinectDrone の構築概要

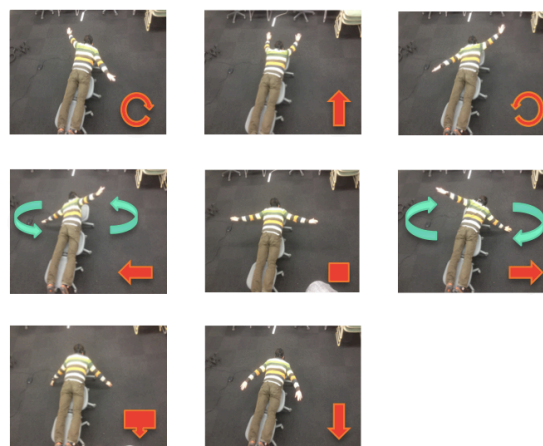


図 2.1.4 KinectDrone の操作ジェスチャ

図 2.1.4 では KinectDrone を操作する際のジェスチャを示している. 手を広げた状態が基本的な状態であり, AR.Drone はその場で静止した状態となる. そこから両腕を前に伸ばすと前進, 後ろに伸ばすと後進といった動きを取る. 基本の状態で身体を左右に捻るとその方向にスライドするように進む. また左手を前に伸ばして, 右手を後ろに伸ばすと AR.Drone は右に回転し, 右手を前に伸ばして, 左手を後ろに伸ばすと AR.Drone は左回転する. 着陸をさせる場合には, 腕を床の方へ下ろす動作を必要とする. 離陸に関しては, 何かしらの命令が送られた際に離陸するようになっている. またこれらの命令は, 行うジェスチャがより大きくなされる程に AR.Drone の動きもより大きな動作として反映される. 例えば両腕を少し前に伸ばすとゆっくり前進するが, より長く伸ばすとより早く前進する. これにより鳥が空を飛んでいるような直感的な操作を得ることが出来, 学習コストを低く抑えることが出来る.

2.1.3 考察と問題点

実際に何人かのユーザーに体験してもらいアンケートを採った結果、以下に挙げる事が判明した。まず、使用者の腕が身体に密着してしまうと、KINECT のスケルトントラッキングが間違えて取られることがあった。また、ここで採用した基本的な操作体勢を長時間維持するのは、肉体的に疲労が蓄積しやすいという問題点も挙げられた。さらに、カメラの解像度が不十分であり距離感を掴むのが難しく、狭い空間内で操作を行う場合には、AR.Drone の制御は必ずしも容易なことではなかった。このような問題点が見つかったにも関わらず、体験した多くの人はその後のアンケートで、空を飛んだ気分になれたというポジティブな回答をした。

2.1.4 KinecDrone における仮想化

KinecDrone では鳥のような飛行体験という現実では行うことができない仮想的な体験を、高い没入感で体験できるという特徴がある。これはヘッドマウントディスプレイによる視覚のフィードバックと、横になった状態でのジェスチャを提示することで操作するという直感的な操作により実現されている。

このような自然な操作方法を用いることで、ユーザーが意図した操作とそれに追従した視覚の変化が起きる為、実際にその場を飛んでいるような感覚を得ることができると考えられる。また、実際に現実世界で飛んでいるクワッドコプターになりきるといったアプローチになっているため、全ての要素はユーザーを含め現実世界で構成されており、それらの要素を仮想世界が仲介するといったインターフェースになっている。

KinecDrone においては、ユーザーが得ている空を飛んでいるという感覚は、元をたどれば現実世界のものになっている。ユーザーが得ている視覚は実際に飛んで撮影された現実世界のものであり、ユーザーのジェスチャ操作も現実世界で行われている。ここではユーザーが空を飛ぶ体験をしているという点だけが仮想的であり、その他の点はすべて現実世界で起きることである。

このように KinecDrone は、現実世界のものや出来事などを仮想的に繋げることで作成された VR の一例であり、現実世界よりの VR の可能性を感じることができ一例でもある。こういったように、単に全てが仮想化へと進むのではなく、現実世界に重きを置きつつ仮想化も利用するという手法は、より物理的な、または具体的な成果物を好む我々に合う利用方法でもありと考えられる[3]。

2.2 ケーススタディ 2 : instMarker

2.2.1 instMarker 概要

一般的な GUI に依存した音楽作成ソフトウェアでは、各楽器の音量調整や定位の調整にはボタンやスライダーまたはノブを用いたインターフェースが用いられている。これらの操作は、マウスやキーボードを介して扱われるが、これには主に 2 つの問題点を有していると言える。第 1 に、同時に単一音源のみにしか操作をすることができない事。そして第 2 に、ドラッグやクリックといった直感性の乏しいデバイスを介している事による操作性の低さである。

本章で紹介するインターフェースは、これらの GUI ベースの操作性と直感性を改善することでよりインタラクティブな操作を実現できるインターフェースを提案する。さらにそこで新たに生じた問題点を挙げ、本インターフェースにおける仮想性とユーザー経験のさらなる向上について考える。

2.2.2 構造

本インターフェースでは、音源に対して音量及び定位を同時に複数操作し操作性の改善を図る事を目標とした。その実現にあたって、Microsoft KINECT と AR マーカを用いた以下に示す TabletopUI[4]をベースとしたインターフェースを構成した。

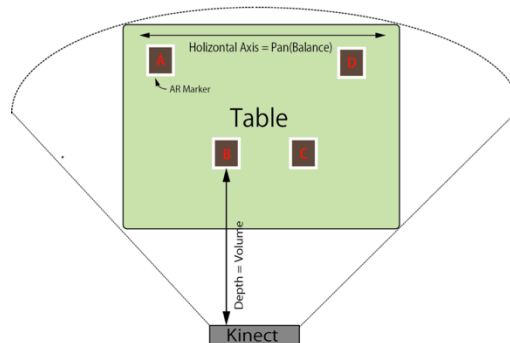


図 2.2.1 俯瞰図

ここでは、コンピュータ上の音源と現実世界の物体とを紐付け、さらに移動した変化量をパラメータの変化として捉えるための物体の認識を行う必要があると考えた。この実現にはマーカベース AR を用いて物体の認識と識別を実現することとした。この導入によって、カメラで捉えた物体の追尾が可能となり、それによる座標情報の取得が可能となる。予め AR マーカと事前に収録している音源を割り当て、この AR マーカを手などを使って動かすことによって音源の音量や定位を変化させることが出来る。



図 2.2.2 使用イメージ

更に音源の音量を定める要素として、カメラと AR マーカとの距離を考えることとし、その奥行き情報を対応付けることとした。これにあたっては、KINECT に搭載された赤外線カメラから提供される深度情報を用いることとした。AR マーカをカメラ(KINECT)に近づける程、音量が増加するような対応付けを行ったことから、感覚的に操作を行うことが可能となる。

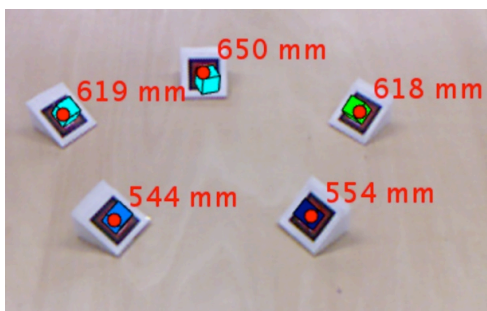


図 2.2.3 カメラを通した使用イメージ(プロトタイプ)

2.2.3 考察と問題点

今まで同時に単一の音源だけしか扱うことが出来なかった操作が、本インタフェースによって複数の音源の同時操作を行うことを可能とした。さらに、音源をマーカに対応付けた事により音のバランスを聴覚のみならず視覚を用いても捉えることが出来るため、音の総合的なバランスを 2 つの感覚器官により掴むことが出来、よりインタラクティブな操作を行えるようになった。

しかし各音源を同時に再生させているために、再生時の遅延による音のズレが発生する場合起きる事も確認された。また、AR マーカの性質上、マーカが手や他の物体によって一部が隠れてしまうと、正常に認識されない問題がある。カメラが捉える角度やマーカの大きさなどに調整を加えているが、それでも操作を行う上ではマーカが隠れないように留意する必要がある。

また、今回ではプロトタイプとしての簡易的な実装に留まったが、図 2.2.3 のようにカメラで撮影した AR マーカ上

に、例えば仮想的な楽器の 3D モデルを重畳させる場合を考える。このような手法を採ることで、現実世界ではマーカのみを動かす無機質さが、カメラで撮影した映像内という仮想的な空間上で重畳した 3D モデルによって、視覚的により有機的なものへと出来るであろう。また、今何を操作しているのかという点についても、3D モデルはその認識をより直感的にさせる効果があるとも言える。

2.2.4 仮想性に対しリアリティを保証するには

今回のインタフェースでは、AR マーカを音源と紐付けてタンジブルな操作を行えるようにした。これは言うなれば、テーブル上を仮想的な音響空間と考え、マーカ(音源)の位置関係の変化がどのように反映され音として出力されるかをシミュレートするものである。ここで、その仮想性に対してリアリティをどこまで追求することが出来るのかという点について見ていく。

このインタラクションシステムでは AR マーカを使って、仮想的に楽器の配置を動かし音響を変化させるものであった。ここで使われた AR マーカというものは、往々にしてカメラに認識しやすい形状をとるために、環境からは浮いた存在になりがちである。併せて、マーカ単体では何を行えるものであって、またどのように操作するものであるかを一目見ただけでは判断しにくい。つまり、例えば「鍵盤なら押す事が出来る」、「ドラムなら叩く事が出来る」といったような、現実の世界のような動作の明確化がここでは難しい。よって本インタフェースで扱っているマーカのような、現実世界に自然に存在しているわけではないものに対する操作には幾分の学習が求められると言って良い。

このようなアフォーダンス[5]に関する質の問題は、一定の現実感を持たせるという点において仮想性を有するインタフェースに必要な要素であろう。現実世界と同様に自然な取り扱いが出来れば、コンテンツに対してさらなる没入感を得ることが出来、意識の集中という面で仮想性を感じにくくなると言える。

また、本インタフェースでは聴覚に対して仮想性を持たせているが、ここで同期性という観点からリアリティを考えたい。本インタフェースでの大きな特徴でもある複数音源の同時操作を実現する上で要となる点は、各音源の同期が正確に行われていることである。制作した結果の経験から、極僅かな音のズレに対しても使用者は違和感を感じ、リアリティを大幅に損ねてしまう事が判明した。音楽は各楽器の重ね合わせによって奥行きのある高貴なものとなるため、この問題は非常にクリティカルなものとして扱うべきであるが、これは聴覚のみに該当するものではないと言えるであろう。視覚や聴覚、そして触覚といったような人間の五感が相互に同期されていることが、仮想的な世界に

においてもリアリティを確立するための欠かせない要素となると言える。

2.3 ケーススタディ 3 : Virtual Drum

2.3.1 概要

楽器を演奏するという事は昔から人々の娯楽の1つとして楽しまれてきている。しかし、楽器を持ち歩かなければならない、どこで演奏するかを考えなければならない、と言ったような障害も同時に存在する。現在多くの電子楽器が用いられているようになり、価格や場所の問題は少しずつ解決されつつあるが、それでも誰でも気軽に利用できるようにはまだ様々な課題がある。その中で Virtual Drum は、KINECT を用いて、「いつでも」「どこでも」デバイスひとつあればドラムを楽しめる、というところに魅力があると言える。さらにこのドラムは、様々な情報を示すディスプレイとして使う事ができる可能性を備えている。ここでは、これらの将来性と、今後の課題と実現したリアリティについて述べていく。

2.3.2 KINECT を用いた仮想ドラムキット

KINECT は、人間のジェスチャや音声認識を可能とするセンサーカメラである。今回 Virtual Drum では骨格情報を用いて、スティックを持つユーザの動作を特定する。図 2.3.1 のように小型プロジェクタでマッピングされた映像をドラムとして、ユーザは目的の位置をスティックで叩く。



図 2.3.1 Virtual Drum の使用イメージ

この時、叩くジェスチャと叩いている位置の判定を別に行う。叩いている位置の判定は、骨格の深度情報を用いて、どのドラムキットの上にスティックの先があるかを特定する。実際ドラムを叩く為にはスティックは必要不可欠であるが、本来、KINECT では人間の骨格のみを認識する為、物体の認識はできない。これを改良する為に、手からスティ

ックの先までの距離を考慮して計算した。手の角度、スティックの長さを含めて計算する事で、スティックの先を推定し、どのドラムキットを叩いているかを識別する事を可能とした。

また、叩くジェスチャは手と手首の角度を用いて判定する。手と手首の骨格が示す角度をフレーム毎に計算し、これらの変位、加速度を用いて、叩いている動作を人間の手周辺のみに関して定義する。この定義によって、映像の取得角度によってはジェスチャの認識が不可能になっていた問題を解決した。また、手の位置は絶対的な位置をとるのではなく、肩の中心からの差をとるようにした。そして、この方法を用いる事によって、図 2.3.2 に示すように壁に映し出されたドラムに対しても、平面に置いた時と変わらない動作を示すようになった。



図 2.3.2 壁に投影された場合の動作イメージ

(1) 視覚的フィードバックについて

この Virtual Drum は、プロジェクタで映し出された映像をユーザが叩くシステムである。今回は叩いた際のフィードバックとして、聴覚的变化だけではなく、視覚的变化を加えた。叩くとその位置に対応する音が返されるだけではなく、画面にも変化が起こるように実装した。例えば赤い円を叩くと、シンバルの音が鳴り、さらに映しだされた赤い円も振動するようになっている。このように視覚的なフィードバックも強調する事で、叩いているという事実をより明確に伝える事を可能とした。

(2) 拡張性について

実物のドラムセットは、叩く音もディスプレイも1通りであるが、Virtual Drum ではこれらの欠点を改善する事ができる。図 2.3.1 のような色がついているだけであるドラムセットから、図 2.3.3 に示すような動物のビジュアルに変更し、音もドラムの音から動物の鳴き声に変更できる。この変更は、図 2.3.4 にあるような、ユーザが大きく手を振

る動作によって切り替わる。よって、ドラムを叩いている最中でも、リアルタイムに音を変更する事ができる。このように Virtual Drum は、音やディスプレイの種類を増やす事も可能である。

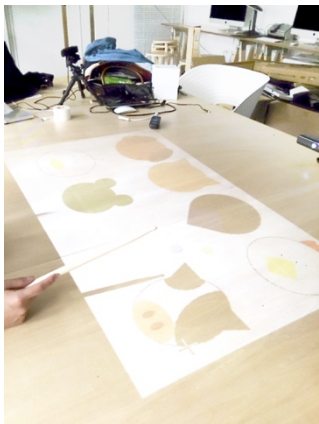


図 2.3.3 ビジュアルの変更例

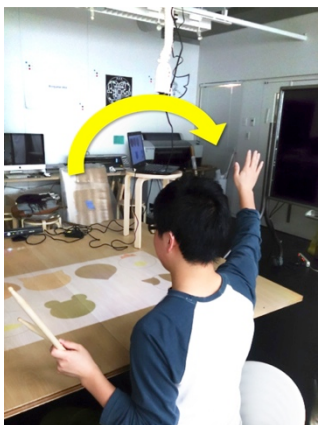


図 2.3.4 ビジュアル変更ジェスチャ

また、将来的にこの Virtual Drum は、情報表示ディスプレイとしても使用する事ができると考えられる。例えば、最新のニュースの表示や、メールの閲覧などができるかもしれない。また、インタフェースによる自閉症の知覚への影響の研究では、ただ画面に表示させて操作させるよりも、机に投影させたタンジブルなインタフェースで操作を行った方が、より使いやすく楽しかったという結果もあることから、ただのディスプレイとしてではなく、物理的なデバイスを置き換える新たなインタフェースの可能性もあると考えられる[6]。Virtual Drum はドラムを叩くという動作に留まらず、日常生活における動作へと繋がっていくきっかけになるであろう。

2.3.3 結果

今回の Virtual Drum では、スティックの長さをあらかじめプログラムに入力しておき、プレイヤーの手首と手の向きをからスティックのおおよその先端の位置を推定している。

しかし、これにより今回のプロトタイプでは、ユーザが叩く動作をした際に、叩いた位置とは異なる位置を認識してしまうことがある。これは、KINECT が手首や腕などの回転に関しての認識ができないためであると考えられる。今後、KINECT のバージョンが更新され、手首や手の認識がより正確になれば、この誤差をより少なくすることができるだろう。改良を重ねることで、使用感をさらに精密に実現することが可能になるであろう。

2.3.4 議論

現在の Virtual Drum では、いつでもどこでも使用するためには、いくつかの制限がある。特に、KINECT を設置する際に、置く場所や設置方法に制限がある。将来的には、KINECT のようなセンサーが携帯電話などに組み込まれ、センサーの設置に制限がなくなれば、この問題が改善されるであろう。同様に、携帯電話にピコプロジェクトも内蔵されれば、2つのデバイスのオフセットを考慮する必要がなくなり、本当の意味で「いつでも」、「どこでも」操作が可能なユビキタスな Virtual Drum を実現することが可能である。

Virtual Drum は KINECT が提供するセンサーを用いた入力と、ジェスチャに対応した複数のフィードバックを備えたことで、インタラクティブな仮想システムを実現した。このシステムでは、叩いた際のフィードバックが映像の変化という視覚的变化、音が鳴るといった聴覚的变化に加えて、実際に叩き、反動が感じられるという触覚的变化が備えられている。これらのフィードバックにより、実際にドラムがその場所に存在し、叩いているという実感が強められていると言えるであろう。

このように、センサーを用いることで、実際にスティックを持ちながら現実世界と同じように、ドラムの演奏方法をどこにいても学ぶことができる。何かデバイスを装着する必要がないと考えられる。さらに、的確なフィードバックを与える事で、ドラムの練習ツールとしてだけでなく、子どもの教育支援ツールや情報表示ディスプレイ等、他のシステムとして活用もできるであろう。

3. 議論

今回紹介した3つのケーススタディの共通する特徴として、タンジブルである点が挙げられる。それでは、リアリティを得るためのアプローチはどうだろうか。これらのアプローチはそれぞれ異なっており、実在しないものに対するリアリティ、仮想世界に実在するものに対するリアリティ、現実世界に実在するものに対するリアリティとして分類できる。

まず実在しないものに対するリアリティとして、KinectDrone が挙げられる。ヘッドマウントディスプレイを用いて視覚的にフィードバックを与え、ユーザに没入感を与える事ができている。また、操作の方法が実際に飛んでいる時のように直感的で、ナチュラルユーザインタフェースを再現している。ユーザが思った通りに操作する事で思った通りに視覚的な変化が起こる為、実際にその場にいるという感覚が洗練されていくのであろう。

また、仮想世界に実在するものに対するリアリティとして、instMarker が挙げられる。ここでは、現実中存在するものを動かすと、バーチャル空間上でも追尾するようにオブジェクトも描画され、視覚的に変化をもたらすが、ここでは聴覚的变化について触れたい。現実では音の発生源の位置が変化すれば聞こえる音が変わる事は明白である。視覚的なアプローチだけでは表現できなかったリアリティを、音を利用する事で再現する事に成功しているのである。

最後に実世界に実在するものに対するリアリティとして、Virtual Drum が挙げられる。このケースが上記の2つのケーススタディと大きく異なる点は、コンピュータを通して対象を見るのではなく、実際に存在するものとして我々が見る点である。その為、ここでは、視覚的、聴覚的フィードバックだけではなく、触覚的フィードバックを強く感じる事ができる。スティックを用いて実際に叩くという動作が、確かにその対象を操作しているという感覚を与えるのである。

上記のように、この3つのケーススタディはアプローチ方法が異なり独特のフィードバックを持つ為、それぞれ異なるリアリティの感じ方となっている。ところでSRシステムにおいてリアリティを求める時に必要なものとして、そこに存在するという感覚と実際に起こっているという感覚が必要であり、その為に視覚、聴覚、触覚に働きかける事が重要になってくる[7]。そして今回のケースでは、それぞれ特徴的な視覚、聴覚、触覚的フィードバックを持っていた為、どのようにアプローチをかければそれぞれの感覚からリアリティを得るかが分かるであろう。視覚からリアリティを得たいのであれば、HMDを用いたり、操作に応じて映像を変化させたりする事が必要となり、聴覚からリアリティを得たいのならば、音源との距離と音量の関係を考える事が必要となる。これらに対し触覚的なフィードバックは本来難しいものであるが[8]、Virtual Drumのように現実には仮想空間を落としこむ事で、比較的容易に触覚からリアリティを得る事ができた。

4. 結論

ユビキタスインタラクションを実現するためには、タンジブルであることを生かすこととリアリティを追求することが重要である。特にリアリティに関して、実在しないものに対するリアリティ、仮想世界に実在するものに対するリアリティ、実世界に実在するものに対するリアリティいずれの場合においても、そこに存在するという感覚と実際に起こっているという感覚を持たせることが必要である。これらは複数の感覚器官に対して何らかのアプローチやフィードバックを与えることで実現可能であり、フィードバックの精度が高い程、与える感覚を洗練することができる。

さて、今後の課題として、より精度の高いリアリティを提供するために触覚へのフィードバックを向上させることが挙げられる。物体の形状や触り心地など、触覚刺激を正確に電子デバイスで提供するのには困難であるからだ。将来、視覚や聴覚だけでなく、触覚に与えるフィードバックが的確になれば、ユビキタスインタラクションの実現に向けて大きく前進するのではないだろうか。

参考文献

- [1] Sumadio, Desi Dwistratanti, and Dayang Rohaya Awang Rambli.: Preliminary evaluation on user acceptance of the augmented reality use for education., Computer Engineering and Applications (ICCEA), 2010 Second International Conference on. Vol. 2. IEEE (2010)
- [2] Mizuki Sakamoto, Tatsuo Nakajima, Todoroka Alexandrova: Digital-Physical Hybrid Design: Harmonizing the Real World and the Virtual World, In Proceedings of the 7th International Conference on the Design & Semantics of Form & Movement (2012)
- [3] Mizuki Sakamoto, Todoroka Alexandrova and Tatsuo Nakajima: Augmenting Remote Trading Card Play with Virtual Characters used in Animation and Game Stories - Towards Persuasive and Ambient Transmedia Storytelling - , In Proceedings of the 6th International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (2013)
- [4] Gian Pangaro, Dan Maynes-Aminzade, Hiroshi Ishii: The Actuated Workbench: Computer-Controlled Actuation in Tabletop Tangible Interfaces, UIST '02 Proceedings of the 15th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp.181-190 (2003)
- [5] Norman, Donald A.: Affordance, conventions, and design." interactions 6.3, pp.38-43 (1999)
- [6] Sitthisanguan, Karanya, et al.: Comparative study of WIMP and tangible user interfaces in training shape matching skill for autistic children., TENCON 2007-2007 IEEE Region 10 Conference (2007)
- [7] Slater, Mel.: Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments., Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 364.1535, pp.3549-3557 (2009)
- [8] Sanchez-Vives, Maria V., and Mel Slater.: From presence to consciousness through virtual reality., Nature Reviews Neuroscience 6.4, pp.332-339 (2005).