

## 直観的な視点移動を可能とする ObjectVR のための球形ディスプレイ

畠山卓也<sup>†</sup> 佐藤究<sup>†</sup> 小笠原直人<sup>†</sup> 布川博士<sup>†</sup>

従来の ObjectVR の利用環境では、表示はディスプレイ、仮想物体の操作にはマウスを利用しているため実物体を実際に手に持って扱っている様なスムーズなインタラクションとは言い難く没入感も薄れる。そこで本研究ではユーザが特別な装置を装着する必要が無く、物体を手に持って扱っているのと同様に直観的な視点移動を可能とする ObjectVR のための実世界指向インタフェース球形ディスプレイを提案し実装を行った。

### Spherical display for ObjectVR that enables natural viewpoint movement

Takuya Hatakeyama<sup>†</sup> Kiwamu Satou<sup>†</sup> Naoto Ogasawara<sup>†</sup>  
Hiroshi Nunokawa<sup>†</sup>

In a traditional environment ObjectVR virtual object is displayed on the display, the operation is performed with a mouse. Therefore, dealing with like a smooth interaction with real objects in the hand is difficult to say, the immersion fades. This research is no need to wear special equipment users, proposal and implementation of a spherical display the real-world oriented interfaces enables natural view point movement as well as dealing with object in hand for ObjectVR.

### 1. はじめに

コンピュータで仮想的な物体や空間を作る技術は建築[1], 医療[2], ゲームなど様々な分野で利用されており, 仮想物体に対する利用方法やインタラクションも多岐にわたる. 人工現実感(Virtual Reality 以下 VR)はコンピュータグラフィックスに音響を組み合わせて人工的な環境を作り出す技術である.(1)体験可能な仮想空間,(2)没入感,(3)ユーザの位置や動作に対するフィードバック,(4)ユーザが環境に働きかけることができる対話性で構成されている[3][4]. 実際に利用されているものとして, 人工的な空間・物体構築と現実に近い動作インタラクションを行うためのデバイスを組み合わせて, 車の運転やパラシュート降下などのシミュレーション訓練を行うシステムがある. このようなシステムは人工的な物体・空間を表示する出力機器として大きめのディスプレイや HMD, 入力機器はシミュレートする現象や操作に近い機器(パラシュートを開くフック, 方向転換用のベルトなど)で構成される[5]. 目標とする現実のインタラクションに沿うような入出力機器によって現実に近い環境を人工的に構築し, ユーザにコンピュータを意識させないシステム利用を可能にする.

人工現実感に関連した技術として ObjectVR が上げられる, ObjectVR は人工的に作られた物体(オブジェクト)をユーザが見たい方向から自由に閲覧することを可能にするという概念を基に構成されている(図 1). オブジェクトは CG または, 閲覧したい実物体の中心位置を決めて周囲 360 度中心をずらさずに数度ずつ回転させて撮影された画像を合成したものからなる. ユーザは PC のディスプレイに表示されたオブジェクトをマウスなどのポインティングデバイスを利用して上下左右 360 度自由に回転させることで自由な閲覧を可能としている. オブジェクト回転させる操作方法としては, 直接クリックして回転させたい方向にドラッグする方法と, ObjectVR の画面にある回転用のボタンをクリックする方法の 2 種類が一般的である(図 2).



図 1 ObjectVR の概念

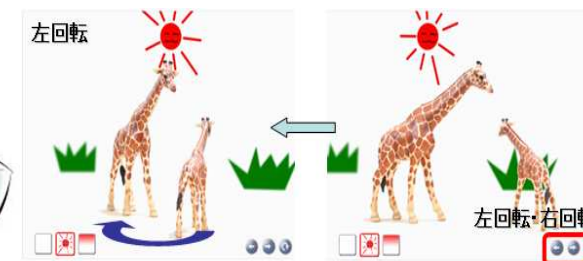


図 2 ObjectVR の機能概要

<sup>†</sup> 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科  
Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

この様に ObjectVR の操作環境は、出力はディスプレイ、入力はマウス等のポインティングデバイスを用いてシステムを利用するのが一般的である。これは ObjectVR の実際の物体を自由に回転させて見ることを可能にするという概念に沿った操作環境とは言えず、仮想的に現実を実現することを目的としている人工現実感という観点から見ても重要な問題であると考えられる。

そこで本研究では ObjectVR の操作環境における問題点を解決するためのデバイスを提案し実装を行う。仮想物体を表示し様々な角度から閲覧するという機能を実装するにあたり、多くの人に親しまれているカプセルトイに着目した。提案・実装したデバイスは球形で、ユーザが日常的に行う行動である実物体を手を持って自由な角度で見ている状況と同じ条件から構築した直感的なインタラクションを可能とする実世界指向インタフェースである。

## 2. 直感的な視点移動を可能とする ObjectVR のための球形ディスプレイ

### 2.1 直感的なインタラクション・インタフェース

コンピュータの存在を意識させないインタラクション・インタフェースに関連する研究分野では、システムを利用する際に知識を必要とせず直観的であることが重要視されている。ToolDevice[6]ではデバイスを慣れ親しんだ既存の道具の形状にすることで、ユーザに正しい操作イメージを与え直感的な操作を可能にするものである。ナイフ型、ハンマー型のデバイスで MR 空間中の仮想物体に対して「切る」「叩く」といった操作が可能である。「切る」操作では仮想物体を切断する。「叩く」操作では仮想物体を潰したり、ハンマーで釘を打つように仮想物体同士を固定することを可能にしている。

上記のように直感的なシステム利用をデザインするためには、人間の動作や文化、文明を模倣することが多い。ユーザが過去に経験した物的・社会的事象をモデルとしてシステムを構成することで、システムを利用する際に推論などを用いずに直接的かつ即時的にユーザの理解を促すことを可能にする。

また本デバイスは直感的なインタラクション・インタフェースで複数の機能をカバーするものではなく、「仮想物体を自由な角度から閲覧する」という単一の機能のみを実現するものであり、その機能を実装するにあたりユーザの経験的な齟齬が少ない実物体をモデルとする。次節で本研究にて着目したデバイスのモデルであるカプセルトイについて述べる。

### 2.2 カプセルトイモデルコンセプト

カプセルトイは透明な球形の中に小さいフィギュアや玩具などを自動販売するために使用されているケースである。カプセルの中に入っている物体はユーザが直接手を触れることなく、外枠であるカプセルを持って回転させることによって間接的に回

転させ自由な角度から閲覧することが可能である(図 3)。この特性をデバイスの主機能として実装する。



図 3 カプセルトイ

本デバイスは「仮想物体を自由な角度から閲覧する」という単一の機能を持つデバイスである。ユーザが手に持っているカプセルトイを回すと中に入っている物体が回転する様に、表示されている仮想物体が回転するというインタラクションを可能にする。また仮想物体がカプセルの中で表示されているという状況は、カプセルトイの中に玩具やフィギュアなどの実物体が存在するという感覚を模倣するために、従来のマウスを使ってディスプレイに表示されている仮想物体が動くといったインタラクションに比べ実空間と仮想物体の共有性が高い。

またカプセルトイは1965年にアメリカから輸入され、1985年に株式会社バンダイ (BANDAI Co.,Ltd.) [7]によって「ガシャポン」として商標登録され全国のスーパーマーケットやコンビニ、アミューズメント施設に出荷された。カプセルの中身も多種多様であり多くの年代性別に対応したものとなっている。そのため大人から子供まで幅広くの人に認知されており、上記のような特性は万人が理解できているものと考えられる。以上より ObjectVR の仮想物体を様々な角度から閲覧する機能を付加できる実物体のモデルとしてカプセルトイは適当だと言える。

### 2.3 システム概要

ユーザは仮想物体が内部に表示される透明な球形のデバイスを手に持って利用する。デバイスは球体内に仮想物体を表示するためのディスプレイ部が設置されている。手に持った球体を回転させることで、球体の回転量と3軸の回転方向(ロール、ピッチ、ヨー(図 5))に対応して回転した仮想物体がディスプレイ部に表示される。これにより、カプセルトイの中に入っている実物体の様にユーザが手の中で自由な視点で仮想物体を閲覧することができる(図 4)。ユーザが手に持っている球体を様々な

方向に回転させると、球体の中にあるディスプレイ部もそれに合わせて動くため、常にユーザにディスプレイ部の表示面を相対させるための機能を持つ。

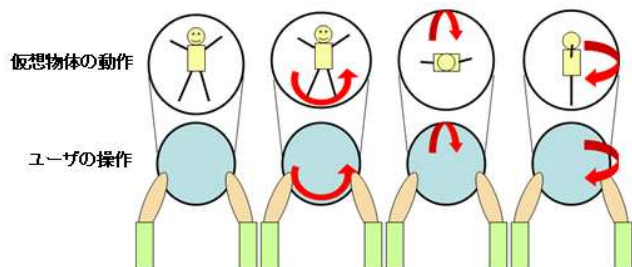


図 4 ユーザの実物体操作と仮想物体の動作

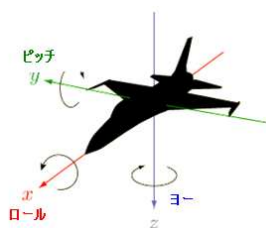


図 5 3 軸回転方向

以上のことから本デバイスは以下の 4 点の特徴を持った実世界指向インタフェースであると言える。

- 1 実物体をモデルとしたインタフェース
  - ・カプセルトイをモデルとした、透明な球体状のデバイスである。
- 2 コンピュータを意識させない行為でインタラクション
  - ・実物体である透明な球体を回転させることで中に入っている仮想物体の姿勢が変化するというインタラクションを行う。
- 3 仮想物体と実空間の共有性が高い
  - ・球体状のデバイスは中に物体が入っているという感覚を模倣し、ユーザが手で仮想物体を持って操作するという感覚を模倣する。
- 4 非装着型のインタフェース
  - ・球体内にシステムを全て収納することで非装着なインタフェースとする。

### 3. 実装システム

#### 3.1 デバイス構成

本章では実装したプロトタイプデバイスについて記述する。本デバイスは仮想物体操作の際にユーザが手に持って扱う部分を直径 20 cm の透明なアクリル製の球、そして、その内部には仮想物体表示部をユーザと常に相対させるための駆動部 (3.2 参照)。仮想物体を球体の回転量、回転方向に合わせて動的に表示するための仮想物体表示部 (3.3 参照) を格納している、さらに駆動部は上部と底部に分かれる (図 6)。各部位のハードウェア構成は以下の通りである

- ・駆動部上部：SRM-102Z サンワ製無限回転サーボモータ (速度：0.2sec/60°，トルク：3.0kg・cm) [8]，仮想物体を固定するための台座と台座を回転させるための機構 (アクリル製)
- ・駆動部底部：一軸ジャイロセンサ (CRS03-11)，マイコン (Arduino Uno) [9]，無線通信モジュール (Xbee，室内レンジ：最大 40m) [10]，MiSUMi 製ボールキャスタ (CHBU) [11]，ボールマウス型回転量センサ，リチウムイオンバッテリー (5V 出力)。
- ・仮想物体表示部：HT 0 3 -A (CPU：Qualcomm MSM7201A 528MHz，本体メモリ：ROM512MB RAM192MB，画面サイズ 3.2 インチ/320×480，OS：Android) [12]。

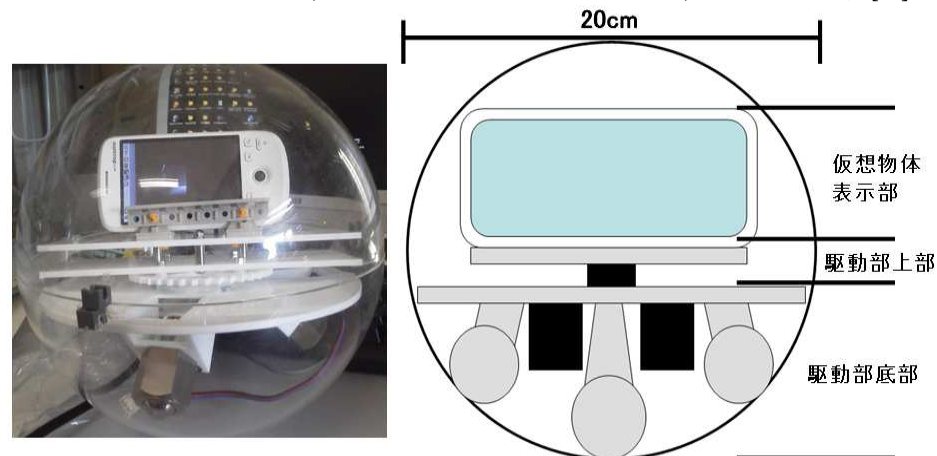


図 6 システムの全容

#### 3.2 駆動部

駆動部は球体内に固定された仮想物体表示部をユーザの球体の操作に対応して常にユーザの正面に向けて相対させる機能を持つ。駆動部は 2 つに分かれていてそれぞれ、球体のヨー回転に対する制御を行う駆動部上部 (3.2.1 参照) とロールとピッチ回転に対する制御を行う駆動部底部 (3.2.2 参照) である。

##### 3.2.1 駆動部上部

駆動部上部は、仮想物体表示部を固定する台、ユーザの球体のヨー回転に対して固定台を水平方向に 360° 回転制御する機能 (図 7) から構成される。ヨーの回転量・回転方向は底部に設置されたジャイロセンサで取得する (図 8)。サーボモータでセンサの値と逆の回転方向に固定台を同様の回転量回転させることによってユーザに相対

させる(図 9).

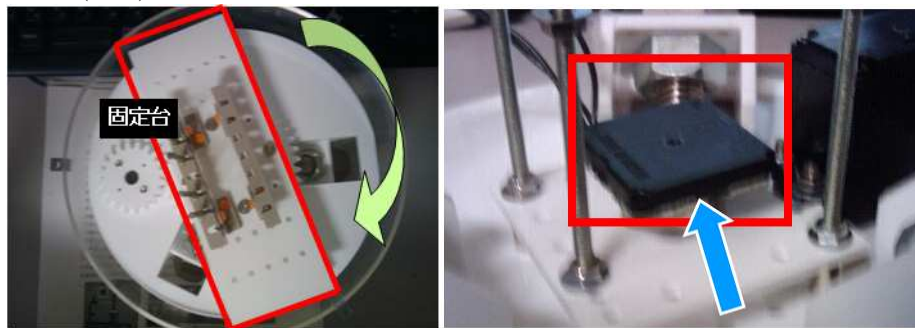


図 7 固定台の回転

図 8 一軸ジャイロセンサ

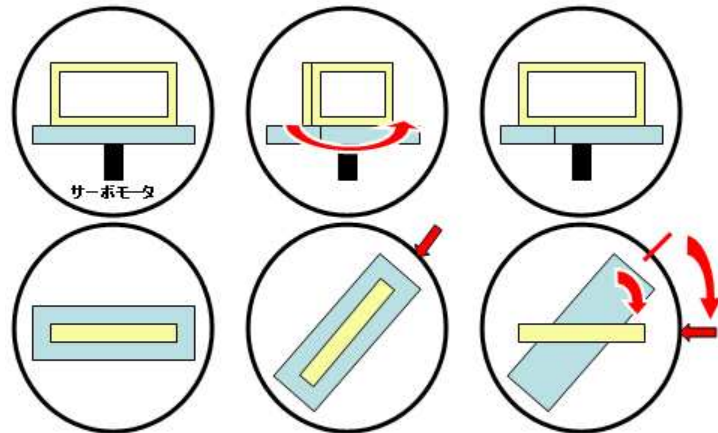


図 9 ヨー方向の仮想物体表示部相対機能

### 3.2.2 駆動部底部

駆動部底部はピッチ・ロール方向の仮想物体表示部維持のためのボールキャスト、ピッチ・ロールの回転方向と回転量の取得のためのボールマウス型センサから構成されている。また、デバイスに必要なハードウェア：Arduino Uno, Xbee, リチウムイオンバッテリー、一軸ジャイロセンサ、ボールマウス型回転量センサが底部の空いた空間に格納されている。駆動部底部にボールキャストを3つ球体の内面に接するように配置し(図 10)、ロールとピッチ方向の回転に対する姿勢維持はデバイス自体の自重で

行われる(図 12)。回転量と回転方向は底部に設置されたボールマウス型の回転量センサによって取得する(図 11)。

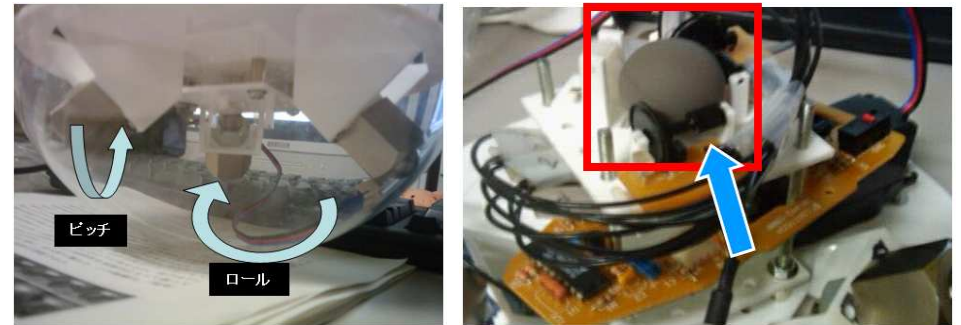


図 10 ボールキャスト

図 11 ボールマウス型回転量センサ



図 12 自重によるロールとピッチ方向回転に対する姿勢意維持

### 3.3 仮想物体表示部

仮想物体表示部では、各センサ値に対応して表示する仮想物体の姿勢を変更させている。本デバイスを使ってのインタラクションを評価するために、Android 端末で動作する OpenGL を用いて、センサの値によって動的に変化する立方体を描画するプログラムを実装した。Android 端末での処理を軽くするために、センサから得た値をマイコンに接続されている Xbee 無線モジュールを経由して計算用の PC に送信。センサ値を角度に変換し PC から無線で Android 端末に送信している。

### 3.4 処理の流れ

ユーザが手に持っている球体状のデバイスを傾けると、ジャイロセンサ（ヨー）は即座に、回転量センサ（ロール、ピッチ）の値はデバイスが自重で平行を保とうと動作する時にマイコンで取得される。ジャイロセンサの値はヨーの稼働角度に変換され仮想物体表示部が固定されている台を回転させるサーボモータを稼働させるための値として利用される（図 14）。ヨーの角度の値と回転量センサから取得されたロールとピッチの値はマイコン（Arduino）に接続された Xbee を経由して計算用の PC に送信される。計算用の PC で回転量センサの値がそれぞれロールとピッチの稼働角度に変換され仮想物体表示部の Android 端末に無線 LAN 経由で送信され、その数値を基に表示された仮想物体を回転させて表示している(図 13~16)。

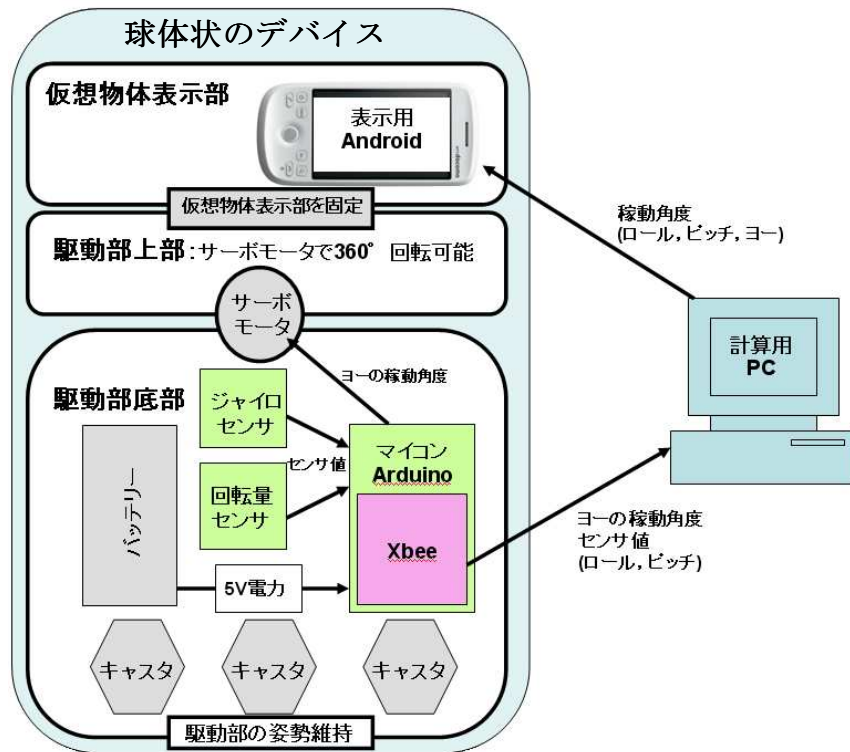


図 13 デバイスの全体概要



図 14 ヨー方向に対するデバイスの動作

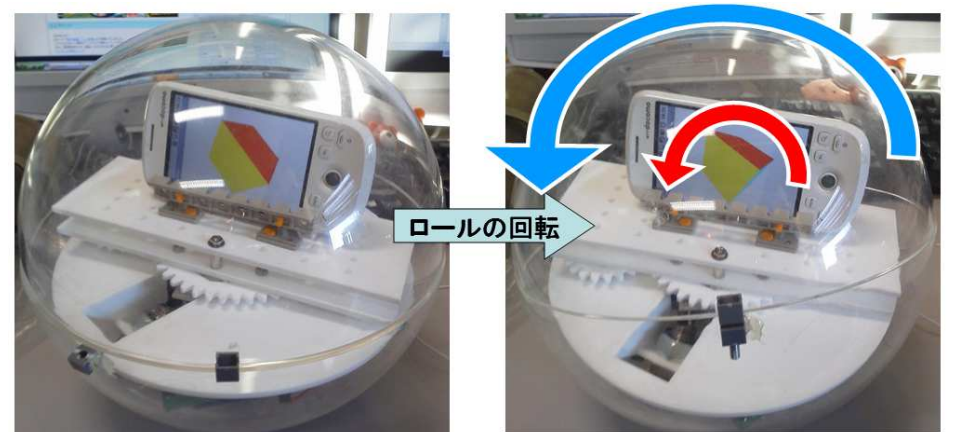


図 15 ロール回転に対するデバイスの動作

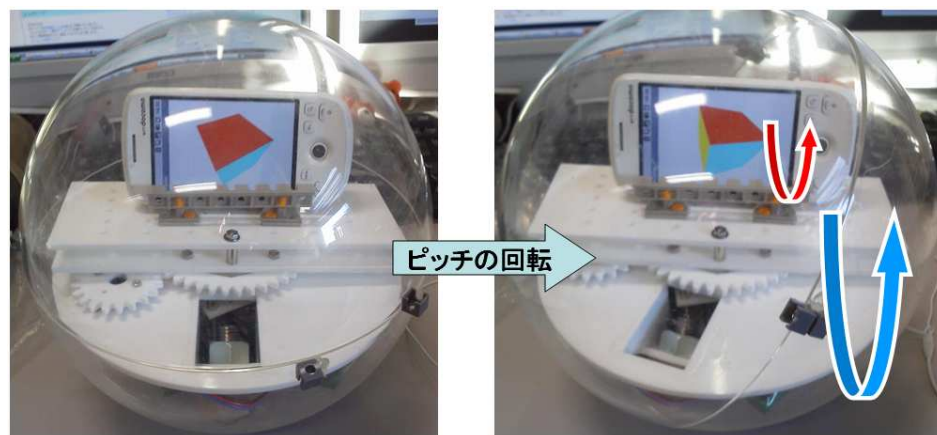


図 16 ピッチ回転に対するデバイスの動作

#### 4. 関連研究

仮想物体を実世界指向なインタフェースで操作する研究として以下の様なものがある。Tablescape plus[13]はインタラクティブな卓上映像シアターで、テーブル上に移動可能な小さなスクリーンを複数配置し、個々のスクリーンに映像が投影される。スクリーンの位置をカメラで認識し、ユーザが小さいスクリーンを動かすことで映像が変化する。ユーザはあたかも生きている箱庭を楽しむかのように小さな映像世界に参与することができるデバイスである。自然で直感的な立体映像操作を実現するインタラクティブ 3次元ディスプレイシステム[14]は3次元ディスプレイとタッチセンサーを一体化したテーブル状インタフェースに立体映像を表示。ユーザは特別な装置を身につける必要も無く、手に持った透明なカップを利用し「立体映像を内部に捕まえる」という動作から仮想物体に影響をあたえるものである。拡張現実感のための拡張マーカの提案とその応用[15]、拡張現実感では仮想物体を表示操作するために現実の物体であるマーカを利用する。基本となるマーカを参考に、拡張された新しいマーカを複数提案している。本デバイスでは従来の研究にあったようなテーブルトップ型のデバイスではないため、仮想物体の3次元移動などが可能である。またマーカを認識し表示・操作するようなシステムは、仮想物体の表示範囲がカメラでマーカを認識できる範囲に限定されるためそれに伴って仮想物体の動作も限定される。例えばマーカを使った仮想物体表示では裏返すことができないが本デバイスでは仮想物体を360°

自由に回転させることが可能である。

#### 5. まとめ

本研究では直感的な始点移動を可能とする ObjectVR のための球形ディスプレイの提案と実装をおこなった。仮想物体表示部ではユーザが手に持っている球体の回転方向と回転量に合わせて動的に仮想物体を変化させて表示している。これにより、実際に物体を手に持って見ているような感覚で、仮想物体との直感的なインタラクションが可能である。

今後は、実装したプロトタイプの仮想物体表示の調整と、プロトタイプを用いて評価実験を行う予定である。

#### 参考文献

- 1)小場 則夫, 小泉 光司, 岸本 達也: VRを用いた日本橋中央通における建物形態と景観の印象分析: 個性的な街路景観創出を目的とした VRを用いた景観分析, 日本建築学会計画系論文集 73(626), 795-802, 2008-04-30
- 2)小西 晃造, 橋爪 誠: バーチャルリアリティを用いた内視鏡外科手術教育, 電子情報通新学会誌, 90(8), 651-658, 2007-08-01
- 3)廣瀬 通孝: 人工現実感はどこまで実現するか, 日本機械学会誌 93(863), 874-880, 1990-10-05
- 4)岩田 洋夫: 人工現実感とシミュレータ, シミュレーション 9(4), 238-248, 1990-12-15
- 5)パラシュートの VR 訓練システム, <http://axism.blog120.fc2.com/blog-entry-354.html>
- 6)福田 健吾, 木村 朝子, 柴田 史久, 田村 秀行: Top-AttachableToolDevice: 先端部が着脱可能な新しい道具方デバイス, 全国大会講演論文集 第71回平成21年(4), "4-163"-4-164", 2009-03-10
- 7)株式会社バンダイ会社情報, <http://www.bandai.co.jp/corporate/index.html>, アクセス日時: 2012.12.10 21:00
- 8)三和電子機器株式会社, <http://www.sanwa-denshi.co.jp>, アクセス日時: 2012.12.10 21:10
- 9)ARDUINO UNO, <http://www.arduino.cc/en/Main?arduinoBoardUno>, アクセス日時: 2012.12.10 21:20
- 10)ディジインターナショナル株式会社組み込みソリューション, <http://www.digi-intl.co.jp/>, アクセス日時: 2012.12.10 21:30
- 11)MiSUMi ボールキャスト, <http://jp.misumi-ec.com/ec/ItemDetail/10300505160.html>, アクセス日時: 2012.12.10 21:40
- 12)HTC HT-03A スペック, <http://www.htc.com/jp/smartphone/htc-magic/>, アクセス日時: 2012.12.10 21:50
- 13)寛 康明, 飯田 誠, 苗村 健, 松下 光範: Tablescape Plus: インタラクティブな卓上映像シアター, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌=Transactions of the Virtual Reality Society of Japan 11(3), 337-385, 2006-09-30 日本バーチャルリアリティ学会
- 14)杉田 馨, 福島 理恵子, 小林 等, 山本 澄彦, 森下 明: 自然で直感的な立体映像操作を実

- 現するインタラクティブ 3 次元ディスプレイシステム, 情報処理学会シンポジウム論文集  
2007, 4, 211-212
- 15)五ノ井 あずさ, 森谷 友昭, 高橋 時市郎: 拡張現実感のための拡張マーカの提案とその応用,  
映像メディア学会技術報告 35(14), 61-64, 2011-03-04