

1Z-08

シースルー裸眼3Dディスプレイを用いた手とCGによる直接インタラクションシステム

高見澤 梅子†
法政大学情報科学部

小池 崇文‡
法政大学情報科学部

Abstract

本研究ではウェアラブルデバイスなしで手と直接インタラクションができる3D映像システムを提案する。本システムを用いることによって、ユーザにより直感的なCGオブジェクトの操作を体感してもらうことを目標とする。

本システムでは斜めレンチキュラーレンズと4kディスプレイによる裸眼3Dディスプレイ、ハーフミラー、Leap Motion Controllerを構成要素とする。映像を情報から映し出しハーフミラーに反射させることによって、ハーフミラーの下に映像の虚像が映し出される。ユーザはハーフミラーを上から覗き込み下から手を入れることによって、映し出された仮想物体を直接操作する。映像は1つのシーンを複数の視点から映したものを合成した多視点映像となっている。これにより、ユーザの視線に合わせた映像の表示が可能となる。本システムを用いることで、ウェアラブルデバイスなしで仮想物体とのインタラクションが可能になる。

本論文では、このシステムの設計、Unityでの手とCG物体とのインタラクション空間の生成、多視点映像の合成について述べる。

1. まえがき

近年、様々なデバイスを用いて仮想空間とインタラクションを行うVRシステムが多く存在する。それらのデバイスはバーチャル空間への没入感を高めることができる一方、頭に装着することでストレスを感じる人や、ユーザの視線と映像のズレから画面酔いを起こす人も多い。画面越しのインタラクションは、画面内で物体が描画されている空間の奥行きや位置を、実空間で把握することが困難な場合がある。そのような操作は、ユーザが現実感や没入感を十分に感じることができない原因のひとつとなっている。

そこで、本研究では、ハーフミラーを用いて空間中に映像を映し出すことで、HMDのようなウェアラブルデバイスなしで、かつ、より直感的に仮想物体とのインタラクションを図れるシステムを考える。

2. 関連研究

Holodesk[1]はMicrosoft Research社が開発した、CGの仮想物体を手でつかむことや、動かすことのできる技術である。デスク上に置かれたハーフミラーに映像を投影することで、仮想物体を空中に浮かんでいるように見せ、そこに手を入れることでインタラクションを行う。システムの上部には空間全体を映すように鏡が配置され、その手前に設置されたKinectで鏡に映ったシーンを撮影しインタラクション空間の認識を行っている。Kinectでは搭載されているDepthセンサーで実物体と仮想物体の位置関係を認識し、それらの物体をを粒子化することで双方の衝突や摩擦・把持を実現している。一方で、Kinectはシステムの上部に設置されている為、Kinectとユーザの見て位置に差異が生じてしまう。そのため、ユーザの正面にRGBカメラを設置し、フェイストラッキングを行うことで、Kinectの座標を修正し、視差を解消している。

また、本研究では、液晶ディスプレイ(LCD)にレンチキュラーレンズを貼り、3Dディスプレイとして利用する。レンチキュラーレンズは、微細な細長いカマボコ状の凸レンズが無数に並んだシートで、見る角度によって異なる画像を映し出すことができる。しかし、このレンズを用いて立体視を行うには、それに対応した画像を作成しなければならない。その方法として、異なる視点の画像を複数用意し、1ピクセルごとに違う視点の画像を当てはめるといったものがある[2], [3]。

これにより合成された画像とレンズが組み合わさることにより、見る角度によって異なる視点の映像が拡大され、立体的に見ることができるようになる。

3. 研究内容

本研究では、3D映像をハーフミラーに投影し、手を用いて仮想物体を直接操作できるシステムを提案する。外観はHolodesk[1]を参照する。Holodeskとの違いは、映像を立体視できるようにし、フェイストラッキングなしで視差を解消することである。

また、インタラクション空間をLeap Motionによって認識する。これは、手のモーションキャプチャに特化したセンサでKinectのDepthセンサーを使用するより、簡単にプログラムを組み立てられることが期待される。

3.1. システム環境

システムの外観を図1に示す。枠組みはデスクの上にメタルラックを組み合わせて作る。

映像を映し出すディスプレイは、4Kディスプレイ(図1:A)にレンチキュラーレンズ(図1:B)を張り合わせ3Dディスプレイとして使用する。これに多視点映像を映し出す。ディスプレイに映し出された映像はアクリル板の上に置かれたハーフミラーに投影される(図1:C)。これにより、ハーフミラーを中心としてディスプレイと対称の位置に映像を映し出すことができる(図1:D)。つまり、空間中に浮遊しているような映像を作り出すことができる。

映像が映し出されている空間をインタラクション空間として、ここに手などの実物体を入れることで仮想物体と作用させる。このインタラクション空間中の実物体と仮想物体はLeap Motion(図1:E)を用いて認識される。Leap Motionは、認識範囲がデバイスの上方2.5cmである為、デスクの上に置き、下から手を認識する。以上を、ディスプレイを傾ける角度とシステム全体の高さに注意して配置する。

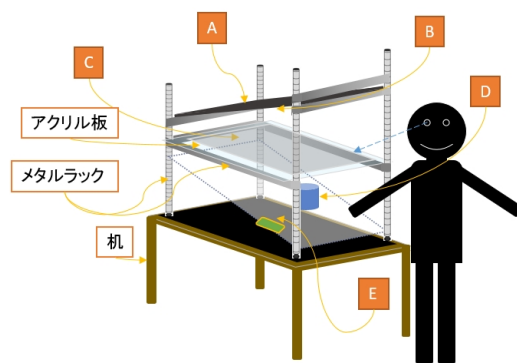


図1: システムの外観:A:LCD, B:レンチキュラーレンズ, C:ハーフミラー, D:虚像, E:Leap Motion

3.2. 仮想空間とのインタラクション

Leap Motionは赤外線LEDを照射し、撮影された映像に画像解析を行い3D空間での手の指の位置を割り出すこと

のできるデバイスである。両手と指 10 本のモーションキャプチャが可能で検出された指や手の位置から手の形状を把握しそこに手のモデルをマッピングすることでコンピュータの中に仮想の手を再現している。

Leap Motion は Unity との互換性が高いうえに、手の認識と仮想空間との結合を同時にできる点で使い勝手がよい。またデバイスを置く位置やシーン内のカメラの位置をずらすことで映像と実際の手のずれ簡単に修正することができる。

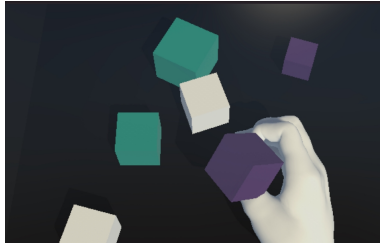


図 2: 実際の手の動きに合わせて仮想の手が CG オブジェクトをつかんでいる様子

3.3. 多視点画像の合成

多視点映像は、Unity の Shader で生成する。

まず、Unity のシーン内にオブジェクトを映すカメラを複数台設置する（ここでは 7 台）。それぞれのカメラは少しずつ角度をずらして配置し、それらのカメラで撮影した映像は Render Texture に描画される。Render Texture はカメラの映像を出力できるテクスチャで、それをシーン内のオブジェクトに貼り付けることができる。本プログラムでは、各 Render Texture から適切なピクセルをピックアップし 1 つのテクスチャに合成するという Shader を生成する。

まず、レンズ 1 本に描画される視点の数を求める。図 2 に示す通り、 p_μ はレンズの傾きに合わせた水平方向のピッチ、 α はレンズの LCD に対する y 軸方向の傾きを表す。レンズ 1 本に描画される視点の数は、上記の値とレンズの倍率 m 、LCD のピクセルピッチ p_h を用いて式 1 のように表せる。 m はレンズの焦点距離 f 、ディスプレイとユーザの距離 D を用いて $m + 1 = fD$ となる。

$$X = \frac{m + 1}{m} \frac{p_\mu}{p_h \cos \alpha} \quad (1)$$

$p_\mu / p_h \cos \alpha$ はレンズの LCD に対する水平方向のピッチで

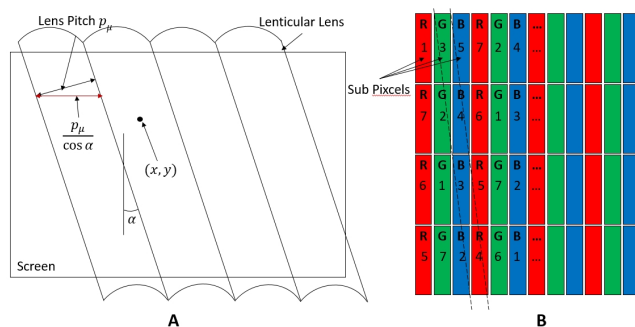


図 3: 多視点ピクセルマッピング A: LCD とレンズの位置関係, B: サブピクセルと視点番号

ある。

次に、LCD にマッピングしたときの座標 (k, l) にどの視点番号の映像を割り当てるかを決定する。これには N_{tot} (視点の総数) を用いて以下の式 2 ように表す。

$$N = \frac{(k + k_{offset} - 3l \tan \alpha) \bmod X}{X} N_{tot} \quad (2)$$

以上で求めた数値によってピックアップするテクスチャを決定する。

各ピクセルには求めた N に合わせ N が 1 のとき R を $Tex1$, G を $Tex2$, B を $Tex3$, N が 2 のとき R を $Tex2$, G を $Tex3$, B を $Tex4$... のように RGB 値を入れた。今回用いた数値は以下のようなものである。

- $p_\mu = 0.423$
- $\alpha = \arctan 1/6 = 9.462$
- $p_h = 0.16$
- $N_{tot} = 7$

これらを用いて合成した結果を図 4 に示す。

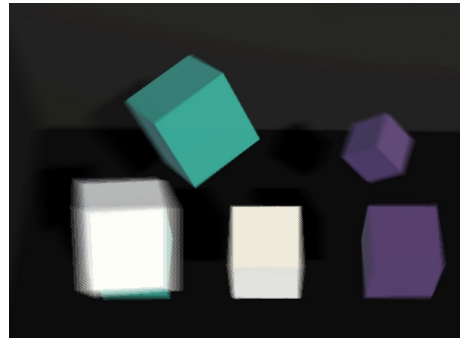


図 4: 多視点画像合成結果

4. 今後の課題

本システムでは、手以外の物体が認識できない課題がある。Leap Motion は手は精度よく認識できるが、それ以外のは検知されないという問題点がある。これでは従来システム (Holodesk) で可能だった紙の上に仮想物体を乗せたりといったことができない。

これを可能にするために Leap Motion の赤外線カメラを活用したいと考えている。Leap Motion は赤外線カメラを 2 台搭載しているため、それで撮影した映像に画像解析をすることによって、他の物体も認識できる可能性がある。今後 Leap Motion の赤外線カメラを用いた有効的な画像処理方法を検討していきたい。

5. 結論

本研究では、裸眼 3D ディスプレイを用いて、CG オブジェクトと直感的にインタラクションができるシステムを提案した。本システムを用いることによって、画面越しの操作でなくなる分、より直感的に仮想物体を触ったり、つかんだりすることができるようになった。

今後、本システムを用いて製品開発の際のプロトタイプの実作や、アーケード型ゲームでの使用など、これまで実際に製作しなければならなかった 3 次元物体を、CG で手軽に作れるようになることが期待される。

参考文献

- [1] Otmar Hilliges, David Kim, Shahram Izadi, Malte Weiss and Andrew D. Wilson, "HoloDesk: direct 3d interactions with a situated see-through display," Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2012.
- [2] Cees van Berkel, "Image preparation for 3D LCD", Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VI, 1999.
- [3] Daniel Ruijters, "Integrating Autostereoscopic Multi-View Lenticular Displays in Minimally Invasive", Angiography, MICCAI 2008 - 11th international conference on medical image computing and computer assisted intervention, 2008.