

指で操作できるフルカラーホログラフィックディスプレイ

Full-Color Holographic Display System Capable of Finger-Sensitive Handling

山田 翔大[†] 角江 崇[†] 下馬場 朋禄[†] 伊藤 智義[†]
 Shota Yamada Takashi Kakue Tomoyoshi Shimobaba Tomoyoshi Ito

1. はじめに

3次元映像技術の一つに電子ホログラフィがある。電子ホログラフィは、光の伝搬と干渉を計算機上でシミュレーションしてホログラムを作製し、空間光変調器に表示することで、3次元情報を再現する技術である。記録した3次元物体の光を再現するため目に負担のない自然な3次元映像を空中に投影できることが大きな特徴である。

3次元映像をインタラクティブ(双方向)に操作することを考えると、キーボードなど既存の入力デバイスを用いる方法[1]だけでなく、実物体を扱うように手や指でのよりリアリティのある感覚的な操作に拡張することが期待できる。先行研究として、ホログラフィ映像をジェスチャ操作によって感覚的に回転、拡大・縮小操作をリアルタイムに行うことに成功している[2]。しかし、先行研究では再生するホログラフィ映像は単色の映像であった。ホログラフィ映像のカラー化には色ごとにホログラムを作製する必要があるため、計算負荷が増大する問題があった。本研究では、フルカラー再生用のホログラム計算をGPUにより高速化するとともに、カラー再生光学系を導入して、フルカラー電子ホログラフィ映像を指のジェスチャ操作によって30fps (frames per second)以上でリアルタイムにインタラクティブ操作可能なシステムを構築することを目的とする。

2. 手法

2.1 インタラクティブシステム

図1に電子ホログラフィのインタラクティブシステムの概要図を示す。電子ホログラフィは、ホログラムを描画した空間光変調器に再生照明光を照射することによって、3次元映像を再生できる。観察者は再生された3次元映像を見ながら手や指のジェスチャを行い、そのジェスチャをモーションセンサにて検出する。リアルタイムに検出したジェスチャを3次元映像操作と対応させることでインタラクティブシステムを実現する。

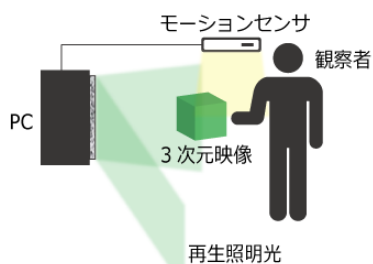


図1 インタラクティブシステムの概要図

[†] 千葉大学融合理工学府基幹工学専攻

2.2 構築したシステム

図2に本研究で構築したシステムを示す。本研究では、モーションセンサにてタッチジェスチャを検出し、モーションセンサ上に設定した仮想平面をタッチした位置に応じて、フルカラー映像の赤、緑、青色の表示・非表示を切り替えるシステムを構築した。構築したシステムは、タッチジェスチャがホログラフィ映像の上部で検出されたとき、赤色成分の表示・非表示を切り替える。また、ホログラフィ映像の左部にて検出されたとき、緑色成分の表示・非表示を切り替え、ホログラフィ映像の右部にて検出されたとき、青色成分の表示・非表示を切り替える。

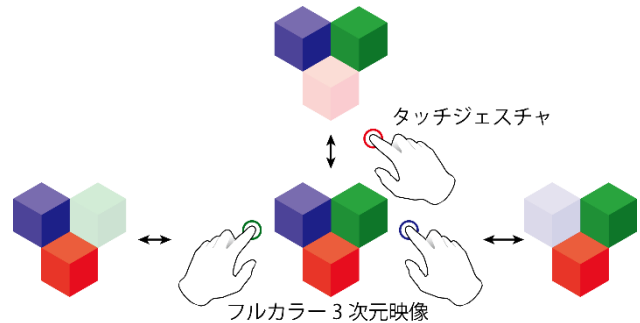


図2 構築したシステム

システムの動作の流れとしては、最初に、表示する物体データを読み込む。次にモーションセンサにてタッチジェスチャを検出する。その後、検出した位置によって、物体データの表示する色・非表示する色を決定する。最後に、表示する色の成分のホログラムを計算し、空間光変調器に描画する。以上の処理を1フレームとし、この処理をループすることによってインタラクティブ操作を実装した。

構築したシステムをリアルタイムにインタラクティブ操作を行うためには、図1のシステムを30fps以上で実装する必要がある。しかし、ホログラム計算の計算量は、ホログラムの画素数を $N_x \times N_y$ 、点群データの点数を L とすると $O(LN_x N_y)$ となり、これをCPUのみで30fps以上で処理するのは困難である。そこで、計算負荷の大きなホログラム計算をGPU(Graphic Processing Unit)を用いて並列化を行った。

3. 実験

3.1 構築した光学系

図3に構築した光学系を示す。ホログラム再生用の光源には、波長633nmの赤色のレーザー L_R 、532nmの緑色のレーザー L_G 、450nmの青色のレーザー L_B を用いた。ホログラムの描画には、1920×1080画素、画素ピッチ8 μm 、リフレッシュレート60Hz、階調数256である位相変調型の空間光変調器(赤色用 S_R 、緑色用 S_G 、青色用 S_B)を使用した。ジェスチャ

ヤを検出するモーションセンサには、Leap Motion 社の Leap Motion[3]を使用した。Leap Motion は手や指の動きの検出に特化したモーションセンサであり、100fps、0.01mmの精度で手や指の位置、速度、方向を検出することができる。

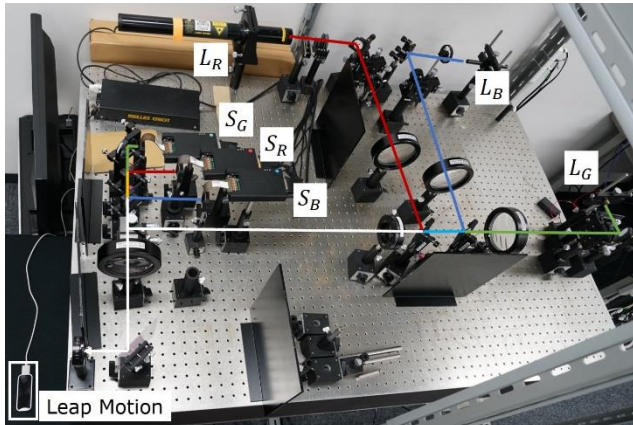


図 3 構築した光学系

3.2 実験結果

再生する物体は、図 4 に示す平均 1700 点で構成されたカラーパターンを 300 フレーム分使用し、ホログラム面から 1m の位置に再生した。ホログラム計算は GeForce GTX1080 を使って並列化を行った。



図 4 再生する物体データ

図 5 に実験結果を示す図 5 は、赤、緑、青すべて表示されているホログラフィ映像の右部、左部、上部の順にタッチジェスチャを検出した様子である。各位置でタッチジェスチャを行うことで、青、緑、赤の順に非表示に切り替わっていることが確認できる。また、再び各位置でタッチジェスチャすることによって、表示状態に切り替わっていることがわかる。これより、タッチジェスチャにて、ホログラフィ映像の表示・非表示を切り替えることに成功した。

また、物体データ読み込みからホログラフィ映像の表示までの 1 フレーム当たりの時間は 29.8ms であり、33.6fps で動作することから、遅延を感じることなく、ホログラフィ映像をリアルタイムにインタラクティブ操作できていることが確認できる。

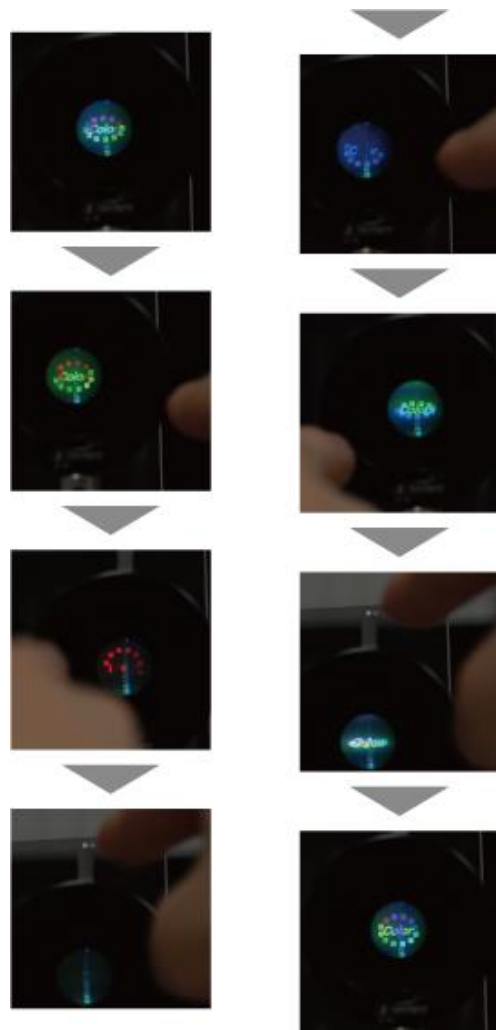


図 5 実験結果

4. おわりに

Leap Motion を用いてタッチジェスチャを検出し、ホログラムの計算を GPU で並列化することで、フルカラーの電子ホログラフィ映像を指で操作可能なシステムを実現した。今後は、ホログラム計算をさらに高速化することで、複雑かつ高精細な 3 次元物体をリアルタイムに操作可能なシステムを構築することを目指す。

本研究の応用先として、3 次元バーチャル手術シミュレーションシステムがある。長時間の利用が考えられる手術のシミュレーションに対し、目に負担のないホログラフィ映像と術者の操作を対応させることで、医師の技術や手術成功率の向上への貢献が期待できる。

参考文献

- [1] T. Kakue et al, "Real-time Electro Holography With Parabolic Mirrors For Projecting 3D Motion Pictures," ACM SIGGRAPH Asia, (2015)
- [2] S. Yamada et al, "Real-Time Handling of Electro-Holographic Images by Gesture Detection," DHIP P20-28 (2016)
- [3] Leap Motion (2017) (<http://www.leapmotion.com/>) accessed 25 June 2017