

再生像のインタラクティブな描画を可能にする
 ホログラフィックディスプレイシステムの構築
 Construction of holographic display system
 capable of interactive drawing of reconstructed images

武中 幹人[†] 角江 崇[†] 下馬場 朋禄[†] 伊藤 智義[†]
 Mikito Takenaka Takashi Kakue Tomoyoshi Shimobaba Tomoyoshi Ito

1. はじめに

電子ホログラフィ[1-3]は、光の干渉や回折という光波の性質を利用して、3次元情報をホログラムとして記録・再生する技術である。コンピュータ上で波面伝搬のシミュレーションを行い、得られる波面情報からホログラムを生成することにより、3次元映像を静止画だけでなく動画としても再生できる。これまでに、コンピュータ上の3D点群データからホログラムをリアルタイム生成することで、3D点群の再生像をインタラクティブに描画、操作できるホログラフィックディスプレイが実現されている[4]。しかし、任意の3D点群の再生像を描画できるシステムは未実現であった。そこで本研究では、指の動きを検出するためのモーション・センサとホログラムを高速生成するためのGPUとを利用し、投影空間内に任意の3D点群の再生像を、観察者側が指先でインタラクティブに描画できるホログラフィックディスプレイシステムの構築を目的とした。モーション・センサには、Leap Motion社のLeap Motionを使用した。

2. 構築したシステム

本研究で構築した電子ホログラフィシステムには大きく、描画待機モード、描画モード、削除モードの3つがあり、モード変更により所望の動作を実現する。描画待機モードでは特段の処理は行わず、右手人差し指と左手親指が同時に検出された場合に、描画モードへと遷移する。以降同様に、右手人差し指と左手親指が同時に検出された場合、待機モード→描画モード→削除モード→待機モード→…のようにモードが遷移する。

図1に描画モードのシステムフローを示す。まず、Leap Motionで右手人差し指の動きを検出する。検出した指先の位置に対応した、投影空間内での座標を導出し、新たな物体点として3D点群に追加する。この3D点群から、GPUを利用してホログラムを高速計算[5]し、ホログラム描画装置にてホログラムを描画する。描画したホログラムを再生照明光で照射すると、投影空間に再生像が投影される。以上の処理を繰り返し、物体点をリアルタイムに追加してホログラムを計算、描画、再生することにより、3D点群のインタラクティブ描画を実現する。

図2に削除モードのシステムフローを示す。描画モードと同様に座標を求め、座標に対応する点が点群中に存在していればその点を点群中から削除する。この際、両者の座標が一致することは検出誤差、検出精度の観点からほとん

[†] 千葉大学大学院工学研究院
 Graduate School of Engineering, Chiba University

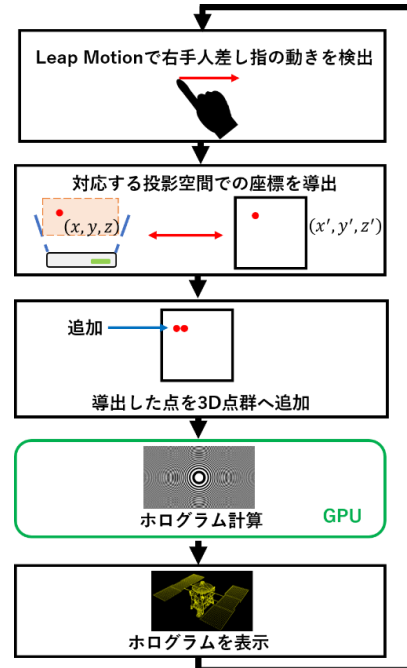


図1 構築した描画モードの処理フロー

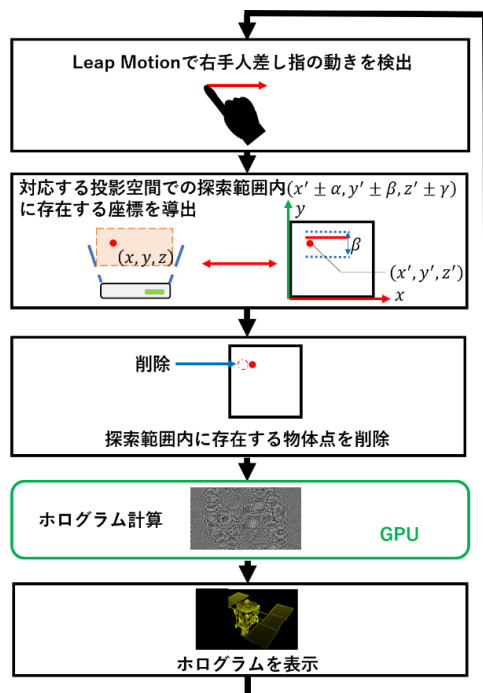


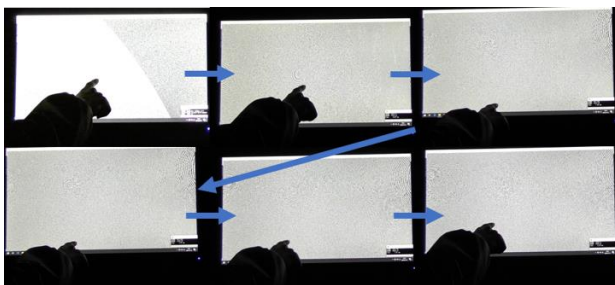
図2 構築した削除モードの処理フロー

ど起こりえないことを考慮して閾値を設定し、ある一定の探索範囲内を設けて点群を削除することにした。以下、描画モードと同様に GPU を利用して、更新された物体点群からホログラムを計算、描画、再生する。

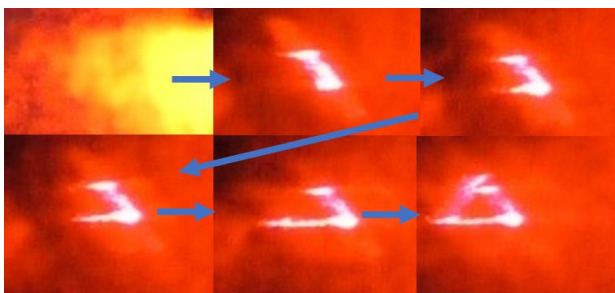
3. 実験結果

構築したシステムで得られるホログラムを光学再生した。レーザの波長は 650nm、ホログラムの解像度は 1920×1080 画素、ホログラムの画素ピッチは 8.0 μ m である。位相変調型の空間光変調器でホログラムを描画した。ホログラム計算用の GPU には GeForce GTX 1080 Ti を用いた。

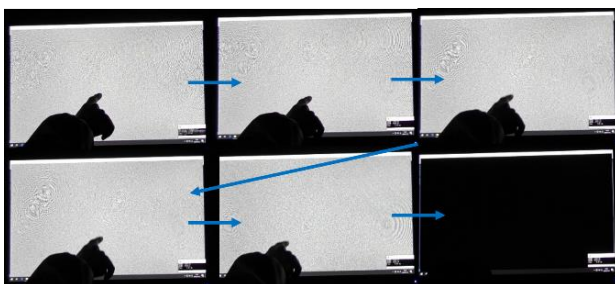
再生像を観察しやすくするために視野レンズを用い、視



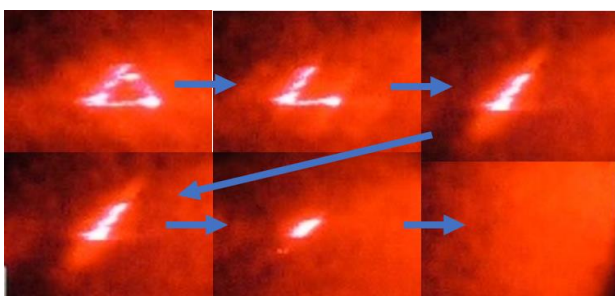
(a) 指先の動きと描画されたホログラム (描画モード)



(b) ビデオカメラで撮影した再生像 (描画モード)



(c) 指先の動きと描画されたホログラム(削除モード)



(d) ビデオカメラで撮影した再生像(削除モード)

図 3 光学再生実験の結果

野レンズ越しに再生される物体点群をビデオカメラで撮影し、この映像をモニタに出力した。図 3(a)に右手人差し指の動きを Leap Motion で検出し、三角形を描いている様子と描画されたホログラム、図 3(b)に、その結果、投影空間に再生されたホログラムからの再生像をビデオカメラで撮影した様子を示す。今回はモーション・センサをモニタ手前に配置し、描画時の指の動きと、それに合わせて描画されるホログラムが変化の様子を分かりやすくした。投影空間に三角形が描画できていることが確認できた。また、削除モードにおける様子を図 3(c), (d)に示す。

構築したシステムを評価するため、図 4 に物体点数と描画時の処理時間との関係を示す。描画する点が増えるにしたがって処理時間が増えていくことを確認した。また、10,000 点で構成される 3D 点群を描画した際のフレームレートは 21.4fps であった。一般に人間の眼の時間分解能は 10fps から 20fps である[6]ため、10,000 点程度までなら処理時間が増加した場合でも遅延を知覚することなく再生できることを確認した。

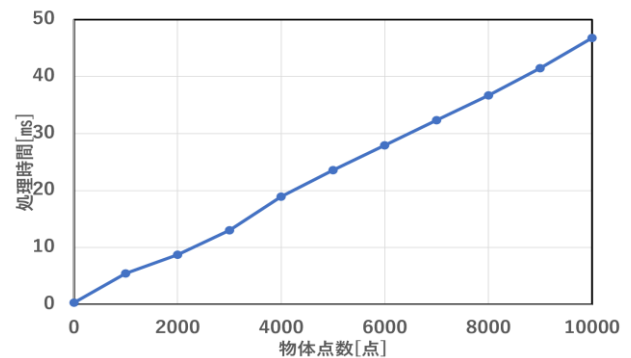


図 4 物体点数と処理時間との関係

4. おわりに

観察者が自身の右手人差し指先で 3D 点群をインタラクティブに描画可能なホログラフィックディスプレイシステムを実現した。本研究は、ホログラフィ型ヘッドマウントディスプレイを基にした、医療現場での画像下治療シミュレーションでの描画ツールや、拡張現実ツールへの寄与が期待できる。

参考文献

- [1] P. St-Hilaire, S. A. Benton, M. E. Lucente, M. L. Jepsen, J. Kollin, H. Yoshikawa, and J. S. Underkoffler, "Electronic display system for computational holography," Proc. SPIE, Vol.1212, 174-182 (1990).
- [2] N. Hashimoto, S. Morokawa, and K. Kitamura, "Real-time holography using the high-resolution LCTV-SLM," Proc. SPIE, Vol.1461, pp.291-300 (1992).
- [3] 佐藤 甲癸, 樋口 和人, 勝間 ひでとし, "液晶表示デバイスを用いたホログラフィテレビジョンの基礎実験," テレビジョン学会誌, Vol.45, pp.873-875 (1993).
- [4] S. Yamada, T. Kakue, T. Shimobaba, and T. Ito, "Interactive Holographic Display Based on Finger Gestures," Sci. Rep., Vol.8, 2010 (2018).
- [5] T. Kakue, Y. Wagatsuma, S. Yamada, T. Nishitsuji, Y. Endo, Y. Nagahama, R. Hirayama, T. Shimobaba, and T. Ito, "Review of real-time reconstruction techniques for aerial-projection holographic displays," Opt. Eng., Vol.57, 061621 (2018).
- [6] 越前 功, 合志 清一, 山田 隆行, "人間とデバイスの感度の違いを利用した映像盗撮防止技術について," 画像電子学会誌, Vol.39, p.494-499 (2010).