

令和元年6月25日現在

機関番号：82636

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K18425

研究課題名(和文) 波面印刷技術のためのホログラフィ専用計算機システムの検討

研究課題名(英文) Study on Holographic Special-Purpose Computer for Wavefront Printer

研究代表者

市橋 保之 (Ichihashi, Yasuyuki)

国立研究開発法人情報通信研究機構・電磁波研究所電磁波応用総合研究室・主任研究員

研究者番号：80593532

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：波面印刷技術のためのホログラフィ専用計算機システムの検討を行った。具体的には光線情報を取得し、取得した光線情報を波面に変換し、変換した波面からホログラムデータをローカルでインタラクティブに作成する手法について、1年目ではエミュレータの基本設計を行い、その結果を踏まえて必要なハードウェアの選定、導入を行った。最終年度である2年目では、昨年度までに作成したエミュレータを用いて、回路に必要な情報量(ビット数)を導出した。またシミュレーションによって適切に削減した情報量で問題ないことを確認した。また本課題の基本となる特許について出願し、研究の優位性を維持した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、ホログラムプリンタに適する専用計算機の学術的知見が得られた。これは、特定のホログラムプリンタに限らず、様々なホログラムプリンタに適用できる総合的な知見になる。さらに専用計算機システムの検討は、組み込み機器化による産業化を見据えたもので、スマートフォンや電子ペーパーの出現で衰退しつつある印刷産業にイノベーションをもたらす、非常に意義のある知見である。具体的には、ホログラム印刷という市場の創出により、ホログラムによる宣伝が町中にあたり、ホログラム書籍が書店に並んだりするといった社会の実現に繋がる。

研究成果の概要(英文)：I studied on a holographic special-purpose computer for wavefront printing technology. This technique consists of generating light-ray information, converting light-ray information to wavefront information, generating hologram data locally from wavefront information interactively. First, I selected and introduce the necessary hardware based on the result of the basic design of the emulator. Next, I obtained the amount of information (the number of bits) required for the circuit by using the emulator. Moreover, it confirmed that there was no problem with the amount of information appropriately reduced by simulation. In addition, I applied for a patent that is the basis of this subject and maintained the superiority of research.

研究分野：ホログラフィ

キーワード：ホログラフィ 専用計算機 波面印刷 ライトフィールド

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

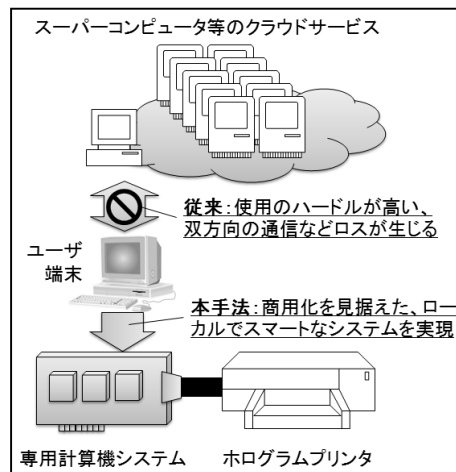
1. 研究開始当初の背景

ホログラフィは光を制御する究極の技術であり、ホログラムの表示に電子デバイスを用いることで、ホログラフィによる立体動画像の再生や、ホログラム記録材料へのホログラムデータの記録が可能となる。ホログラフィを実用化する上での重大な課題として、ホログラムが持つ膨大な情報量を高速に処理するための、計算技術が必要なことが挙げられる。そのため、特に計算技術については、Graphics Processing Unit (GPU) と呼ばれる画像演算処理装置や、FPGA (Field Programmable Gate Array) と呼ばれるプログラム可能な集積回路等、高価なスーパーコンピュータに比べて低コストな計算機を用いた研究が行われている。また、FPGA は GPU と異なり単独で動作可能な専用計算機を実現することができるため、組み込み機器としての応用が可能であり、商用化を目指す上で重要である。

2. 研究の目的

これまでの立体動画像を再生するホログラフィの研究に比べて、ホログラムプリンタ用のホログラムデータについては、膨大な量の情報を処理する必要がある。仮に 20cm 四方のホログラムを 60° の視野角を持つように作成した場合、必要となるデバイスの画素間隔は約 0.5 μm、画素数は約 1,600 億画素となる。一般的な 8K ディスプレイが約 3,300 万画素であることを考えると、非常に膨大な情報量であり、現状ではスーパーコンピュータ等を用いなければ実用的にホログラムデータを作成することは難しく、またスーパーコンピュータとの間で膨大な通信も生じることから、商用化に向けての大きな障害となる。

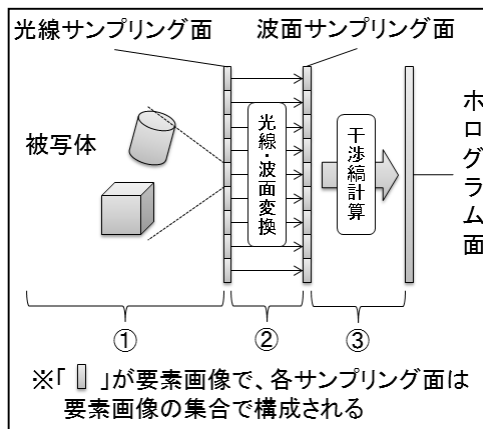
そこで、従来手法の様にスーパーコンピュータ等を利用し、大規模な並列処理でデータを作成するのではなく、本手法はローカルで稼働する専用計算機システムにより、ホログラムプリンタが使う順にホログラムデータを作成する。



本研究で検討を目指したシステムの概念図

3. 研究の方法

本研究は、波面印刷技術を用いたホログラムプリンタのための専用計算機システムを検討し、有効性を明らかにする。そのために、光線情報を波面情報に変換しホログラム面への伝搬を行う計算のハードウェア化の検討を中心に、エミュレータを作成し、回路の動作をシミュレーションできる技術の確立、および開発用ボードへの実装するための、専用計算回路を最適に作成する技術の確立を段階的に行った。エミュレータを構成する主な要素は右図の通りとなる。3DCG 等の被写体からレンダリングソフト等を使用して、光線サンプリング面を作成する。光線サンプリング面は複数の要素画像からなる。要素画像の大きさは人間の視覚特性等を考慮して決まる。この要素画像毎に高速フーリエ変換 (FFT) を実行すると、各要素画像の光線情報が波面の情報に変換される。これにより波面サンプリング面が生成される。

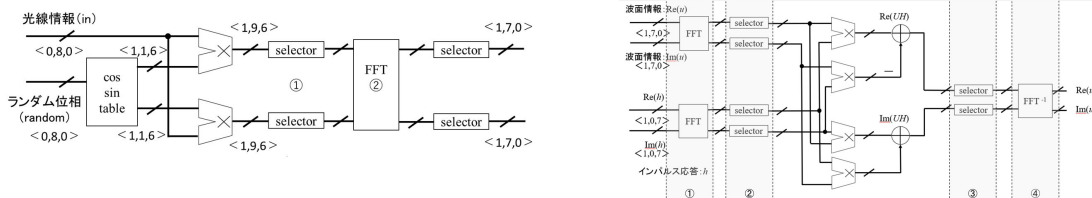


光線情報から波面情報に変換して
ホログラムを作成する手法の概要

波面サンプリング面全体に FFT 等を用いて干渉編の計算を実行することでホログラムが作成される。これらについて回路の基本設計を行い、C 言語でエミュレータを作成しその動作を検証した。

4. 研究成果

光線情報から波面情報に変換してホログラムを作成する手法について、下図に示すような回路の基本設計を行った。入力となる光線情報に対してランダム位相を付加し、光線・波面変換を行うための FFT 回路とセレクターを配した。また波面情報に対してインパルス応答として点光



光線情報から波面情報に変換してホログラムを作成する回路の基本設計

源伝達関数を用意し、特定の奥行きへの伝搬計算を行う複数のFFTを組み合わせた回路を配した。

また基本的なbit数を定めた上で、シミュレーションでbit数を変化させたときのホログラムデータについて画質評価指標（PSNR、SSIMなど）を用いて、削減の妥当性について検討した。その結果FFTの入力部に対して6bitまで減らしても画質等に著しく影響がでないことが分かった。入力となる光線情報について複数種類検討したが、その他の入力でも同様の傾向が得られた。またここで決めたbit数を元に回路全体のリソースについて検討したところ、32bit浮動小数点数で計算する回路に対して、LUTs（Look Up Tables）で約40%、DSPs（Digital Signal Processors）で約35%、BRAM（Block RAM）で約55%、平均して約45%の回路削減を見積もることができた。これらはハードウェアに実装する上で使用される内部の代表的なリソースであり、汎用性の高いチップでの実装が期待できる。



bit数	16	15	14	13	12	11
PSNR	29.76	28.84	28.78	28.97	29.81	29.68
SSIM	0.931	0.920	0.919	0.922	0.933	0.930

bit数	10	9	8	7	6	5	4	3
PSNR	30.60	30.21	31.61	30.29	31.61	28.87	26.68	22.61
SSIM	0.940	0.940	0.949	0.939	0.946	0.911	0.841	0.645

FFT 入力 bit 数を変化させたときの
画質の評価について

	削減数	リソース使用率[%]			
		LUTs	DSPs	BRAM	
光線-波面変換部	FFTへの入力[bit]	24	30	15	40
	FFT内の三角関数出力[bit]	24	40	50	70
	伝搬計算への入力[bit]	22	40	20	40
伝搬計算部	FFT内の三角関数出力[bit]	24	40	50	70
	IFFTへの入力[bit]	22	40	20	40
	IFFT内の三角関数出力[bit]	26	40	50	70
リソース使用率の概算		40	35	55	

bit 数を変化させたときの回路全体の
リソース使用率の概算

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計8件)

- [1] 三浦林太郎、市橋保之 他、HOE スクリーンを用いたホログラフィック投影型ディスプレイのインタラクション操作、第13 関東学生研究論文講演会、2019
- [2] (Invited)Y. Ichihashi, Research on Wavefront Printing Technology Aiming at Several Holographic Displays, HODIC in Taiwan 5, 2018
- [3] Hashimoto, Y. Ichihashi, et al., Expansion of Viewing Window for Projection-type Holographic Display based on HOE Screen, The 25th International Display Workshops, 2018
- [4] H. Amano, Y. Ichihashi, et al., Distortion Correction of Point-Cloud Object for Projection-type Holographic Display based on HOE Screen, The 25th International Display Workshops, 2018
- [5] 天野洋、市橋保之 他、HOE スクリーンを用いたホログラフィック投影型カラーディスプレイにおける点群像の歪み補正シミュレーション、日本光学会年次学術講演会 OPJ2018、2018
- [6] 天野洋、市橋保之 他、HOE スクリーンを用いた空中投影ディスプレイのための点像再生におけるシミュレーションによる奥行き補正、第12 回関東学生研究論文講演会、2018H.
- [7] 橋本太志、市橋保之 他、HOE スクリーンを用いた空中投影ディスプレイのための観察窓拡大の基礎検証、第12 回関東学生研究論文講演会、2018
- [8] (Invited)Y. Ichihashi, Research of Hologram Printing Technology Aiming at Practical Applications, The 2017 International Display Manufacturing Conference, 2017

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計2件)

名称：ホログラム生成装置、ホログラム生成プログラムおよびホログラフィック投影システム

発明者：市橋保之、大井隆太郎、奥井誠人、山本健詞、涌波光喜、Boaz Jessie Jackin

権利者：市橋保之、大井隆太郎、奥井誠人、山本健詞、涌波光喜、Boaz Jessie Jackin

種類：特許

番号：PCT-JP2018-14041

出願年：2018年

国内外の別：国外

名称：ホログラム生成装置、ホログラム生成プログラムおよびホログラフィック投影シ

ョンシステム

発明者：市橋保之、大井隆太郎、奥井誠人、山本健詞、涌波光喜、Boaz Jessie Jackin

権利者：市橋保之、大井隆太郎、奥井誠人、山本健詞、涌波光喜、Boaz Jessie Jackin

種類：特許

番号：特許願 2017-79228 号

出願年：2017 年

国内外の別： 国内

取得状況（計 0 件）

〔その他〕

なし

6 . 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名：伊藤 智義

ローマ字氏名：Tomoyoshi Ito

研究協力者氏名：下馬場朋祿

ローマ字氏名：Tomoyoshi Shimobaba

研究協力者氏名：角江崇

ローマ字氏名：Takashi Kakue

研究協力者氏名：佐藤伸耶

ローマ字氏名：Shinya Sato

研究協力者氏名：天野洋

ローマ字氏名：Hiroshi Amano

研究協力者氏名：橋本太志

ローマ字氏名：Hiroshi Hashimoto

研究協力者氏名：三浦林太郎

ローマ字氏名：Rintaro Miura

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。