

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：16401
 研究種目：基盤研究(C)（一般）
 研究期間：2018～2020
 課題番号：18K11399
 研究課題名（和文）計算機合成ホログラムの圧縮データを用いた三次元動画の高速再生と実時間再生の研究

研究課題名（英文）Real-time reconstruction and high-speed playback of 3D video based on the compressed data of computer-generated hologram

研究代表者
 高田 直樹（Takada, Naoki）
 高知大学・教育研究部自然科学系理工学部門・教授

研究者番号：50290713
 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）：電子化したホログラフィ（電子ホログラフィ）は、「究極の三次元テレビ」になるものと考えられている。使用する計算機合成ホログラム(CGH)の計算量は膨大であり、実用化のためには計算高速化が望まれる。本研究では、CGHの圧縮データを保存データまたは転送データとして用いる。さらに、CGHの圧縮・復元処理をGPUで高速化した。これにより、汎用的なネットワークを用いたGPUクラスタによる三次元動画の実時間再生を実現した。さらに、膨大な物体点数からなる三次元物体の高精細な実時間動画再生、階調を持つ三次元動画の実時間再生、そして、保存したCGHを高速に読み出して三次元動画を実時間で再生することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ホログラフィによる立体像は様々な角度から眺めることができ、視覚疲労もなく長時間利用可能である。電子化したホログラフィ（電子ホログラフィ）は、「究極の三次元テレビ」となるものと考えられている。本研究で開発したGPUによる計算機合成ホログラム（CGH）の高速圧縮・復元技術により、安価で汎用的なコンピュータシステムでCGHの高速再生とCGH計算の高速化が可能となった。また、補助記憶装置に保存したCGHの高速再生技術は、小型化も容易であるためポータブルホログラフィックディスプレイ装置の実現へ繋がる。このように、本研究で開発した技術は、電子ホログラフィを実用化へ近づけるための基礎技術となるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：Electroholography is expected to become the ultimate three-dimensional (3D) television. However, the computational complexity of the computer-generated hologram (CGH) calculation becomes enormous. The practical use of real-time electroholography requires high-speed CGH calculation. In this study, the compressed CGH data is used as the transferred data and the stored data. We succeeded in high-speed data compression and restoration processes using graphic processing unit (GPU). We also proposed real-time reconstruction of 3D video using a multiple-GPU cluster system with gigabit Ethernet network. We realized real-time clear spatiotemporal division multiplexing electroholographic 3D video of a 3D object comprising approximately 1,200,000 object points, and real-time electroholographic 3D video comprising 184,320 points expressed in eight gradations. Furthermore, we realized a high-speed playback for the electroholographic 3D video stored in a solid-state drive (SSD).

研究分野：ホログラフィ

キーワード：三次元ディスプレイ 計算機合成ホログラム 電子ホログラフィ 圧縮データ リアルタイム再生 マルチGPUクラスター GPU

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ホログラフィによる立体像は様々な角度から眺めることができ、視覚疲労もなく長時間利用可能である。このことから、コンピュータで作成された計算機合成ホログラム (Computer-generated hologram: CGH) による三次元動画再生技術 (電子ホログラフィ) は「究極の三次元テレビ」になると考えられている。しかし、CGH の計算量は膨大であり、未だ実用化に至らない。また、膨大な三次元物体の再生像の高精細化と階調表現性の向上が望まれる。

申請者らは、複数枚の GPU (Graphics Processing Unit) を搭載した複数台の PC をネットワークに接続した GPU クラスタシステムを用いたリアルタイム三次元動画再生を提案している。しかし、CGH のデータ量は大きく、PC 間の CGH 転送時間がボトルネックとなり、高価な高速ネットワーク (InfiniBand) を必要とした。また、あらかじめ計算しておいた CGH を補助記憶装置に保存し、保存した CGH を高速に読み出すことで三次元動画を再生する方法も考えられる。しかし、保存された CGH の読み出し時間がボトルネックとなっていた。

CGH のデータ量を圧縮により低減し、圧縮・復号処理を高速化することができれば、CGH の転送時間や読み出し時間のボトルネックを解消することができる。つまり、安価で汎用的なシステムによるリアルタイム三次元動画再生と、補助記憶装置に保存した CGH による三次元動画再生が可能となる。さらに、申請者が提案した時空間分割多重法、重み付き計算機合成ホログラムと併用することで、膨大な三次元物体の高精細な三次元動画再生、階調表現性の向上も可能となる。これらのことから、実用化に繋がるものと考え、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

GPU クラスタによるリアルタイム電子ホログラフィと補助記憶装置に保存しておいた CGH の高速再生において、転送時間および読み出し時間がボトルネックとなっている。本研究では、CGH の圧縮データを保存データや転送データとして用いる。CGH の圧縮処理と、CGH の圧縮データからの CGH 画像作成処理を GPU で高速化してボトルネックを解消することを目的とする。さらに、この圧縮技術を用いて、次の4つを実現することを目的とする。

- (1) 汎用的なネットワークを用いた GPU クラスタによるリアルタイム三次元動画再生
- (2) 計算高速化用時空間分割法による膨大な物体点からなる三次元物体の高精細なリアルタイム三次元動画再生
- (3) 補助記憶装置に保存した CGH による高精細な三次元動画再生
- (4) 重み付き計算機合成ホログラムを用いた時分割多重表示方式電子ホログラフィによる階調を持つ三次元物体のリアルタイム動画再生

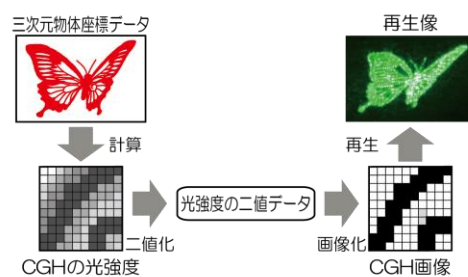


図1 圧縮データによる三次元画像再生の流れ

3. 研究の方法

次に示す4つの方法を組み合わせることで、前節に示した(1)~(4)の研究目的を実現した。

3.1 CGHデータの圧縮・復号処理

本研究で用いる CGH の圧縮データによる三次元画像再生の流れを図1に示す。図1において、三次元物体の座標データによる CGH の光強度計算は単精度で行われ、CGH の各画素の光強度 I は 32 ビットの浮動小数点数となる。CGH の光強度 I を二値化し、1画素あたり1ビットのデータをビットシフトにより符号なし整数データ配列に格納する(図2)。この配列のデータ量は、CGH の光強度 I に比べて32分の1に低減される。補助記憶装置に保存、または、ネットワークで転送するデータとして、図2に示す光強度 I の二値データ (CGH 圧縮データ) を用いる。また、図3に示すように、図2の光強度 I の二値データ配列から1ビットずつ値を読み込み、その値を CGH の各画素の 32 ビットの RGB α 値へ変換して CGH 画像を作成する。図2,3の圧縮・復号処理を高速化するため、GPU に実装した。

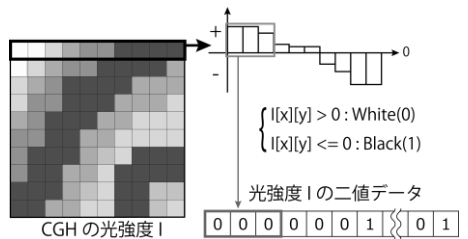


図2 光強度 I から二値データ作成 (圧縮処理)

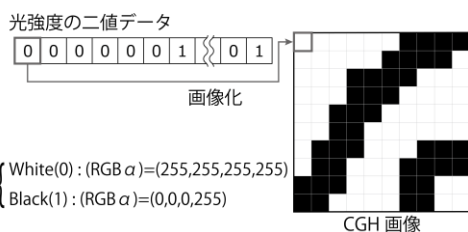


図3 二値データからCGH画像作成 (復号処理)

3.2 GPUクラスタ電子ホログラフィシステム

本研究で用いる GPU クラスタ電子ホログラフィシステムを図4に示す。3枚のGPUを搭載した複数のPC (PC1~PCM) からなるCGH計算部と1枚のGPU

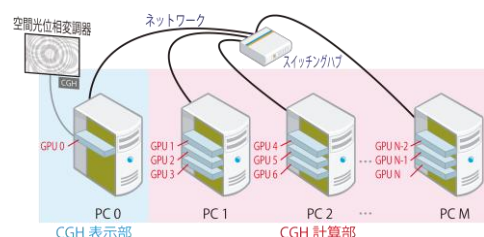


図4 GPUクラスタ電子ホログラフィシステム

を搭載した1台のPC(PC0)からなるCGH表示部で構成され、PC0にCGHを表示する空間光変調器(Spatial light modulator: SLM)が接続される。ここで、圧縮・復号処理(図2,3)により、ネットワークにギガビット・イーサネットを用いることが可能となる。SLMに平行光を入射することにより、空中に三次元像が再生される。CGH計算部の各GPUに動画の各フレームが割り当てられる。図5に示すパイプライン計算によりCGHが作成される。各GPUでCGHが計算された後、圧縮処理がなされ、作成されたCGH圧縮データがCGH表示部のPC0へ転送される。PC0はそれを受け取り、GPU(GPU0)で復号処理がなされ、CGHがSLMへ出力される。SLMは垂直同期信号(Vsync)に合わせて次々とCGHを表示する。

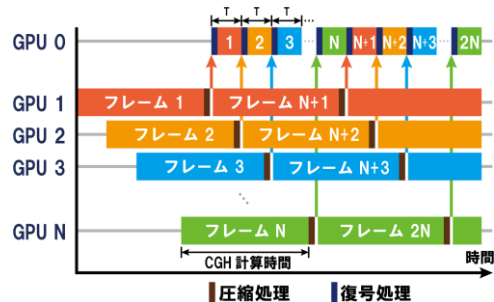


図5 パイプライン計算アルゴリズム

3. 3 時空間分割多重法

申請者らが提案した時空間分割多重法は、再生像の高精細化(図6)と計算高速化(図7)を目的とした2つの方法がある。いずれも膨大な物体点で構成された三次元物体の再生を行う。三次元物体を構成する物体点数が膨大になると作成されたCGHの画質が劣化し、再生像も劣化する。さらに、計算時間も膨大となる。これらの問題を解決するため、本手法では、動画の各フレームにおいて三次元物体を空間に対して複数に分割する。分割した三次元物体の各々に対してCGHを作成し、それらすべてのCGHをSLM上に高速に時分割表示する。残像効果により補完され、元の三次元物体が再生される。この方法が高精細化を目的とした時空間分割多重法(図6)である。しかし、すべての分割した三次元物体からCGHを作成するには、計算時間が膨大となる。リアルタイムでCGHを計算することは難しい。そのため、あらかじめCGHを計算して補助記憶装置に保存し、高速にCGHを再生することで高精細な三次元動画を再生する(図8)。これに対し、計算高速化を目的とした時空間分割法(図7)では、動画の各フレームにおいて、分割された三次元物体のうち1つについてCGHを作成する。なお、一定時間内に異なる分割された三次元物体を選ぶ。元の三次元物体のCGH計算に対して分割数倍高速化される。高速にSLMに表示されると、残像効果により補完され元の三次元像が再生される。この時空間分割法を本研究で構築した圧縮・復号処理が可能なGPUクラスタ電子ホログラフィシステムに実装することで、リアルタイムにCGH計算することが可能となる。

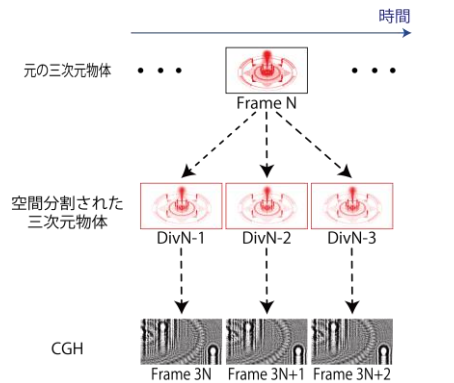


図6 高精細化用時空間分割多重法

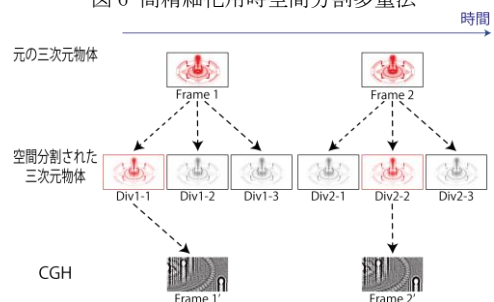


図7 計算高速化用時空間分割多重法

3. 4 重み付きバイナリCGHによる階調表現

白と黒で描かれたバイナリCGHを用いて階調を持つ三次元物体を再生することは容易ではない。申請者らは、再生像の階調表現を向上させる手法として、重み付きバイナリCGH(Binary-Weighted Computer-Generated Hologram: BW-CGH)をビットプレーンとして用いる手法を提案している。BW-CGHは、光を通すバイナリCGHの白を灰色にしたCGHである。この灰色の階調値を変えることで光の透過率が変わり、再生像の輝度を調整することができる。異なる階調値の灰色と黒で描かれた複数のBW-CGHを時分割で次々とSLMに高速表示することで、階調を持つ三次元物体が再生される(図9)。本手法を、本研究で構築した圧縮・復号処理が可能なGPUクラスタ電子ホログラフィシステムに実装し、階調を持つ三次元物体のリアルタイム動画再生を実現する。

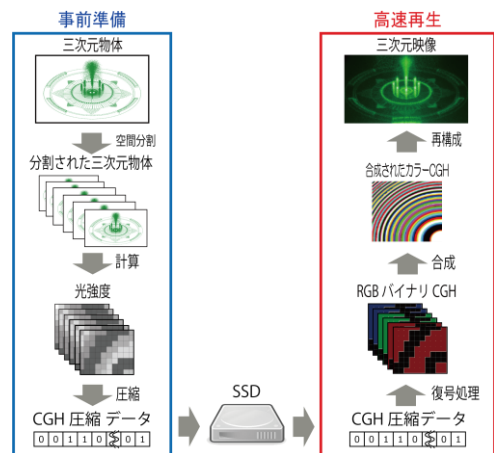


図8 保存されたCGHによる三次元動画再生

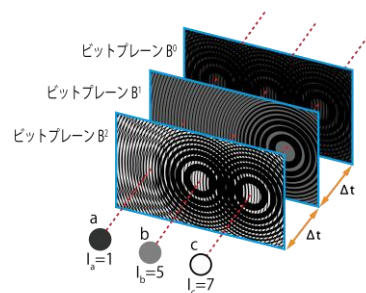


図9 重み付きバイナリCGHによる階調表現

4. 研究成果

「2. 研究目的」に示した4つの研究を行った。それぞれの結果を以下に示す。

4. 1 汎用的なネットワークを用いた GPU クラスタによるリアルタイム三次元動画再生

図4に示すGPUクラスタ電子ホログラフィシステムにおいて、4台のPCからなるCGH計算部と1台のPCからなるCGH表示部で構成したシステムを用いる。ここで、CGH計算部で使用するPCは3枚のGPUを搭載し、CGH表示部で使用するPCは1枚のGPUを搭載する。GPUにNVIDIA GeForce GTX TITAN Xを用いたSYSTEM A(表1)と、GPUにNVIDIA GeForce 1080 Tiを用いたSYSTEM B(表2)の2つのGPUクラスタ電子ホログラフィシステムについて性能評価を行った。ネットワークに高速なネットワークとしてInfiniBand QDR (40 Gbps)を用いた場合と、CGH圧縮・復号処理を用いて汎用的なネットワークとしてギガビット・イーサネット(1 Gbps)を用いた場合について性能評価を行った。この性能評価にはSYSTEM Aを用いた。その結果を図10に示す。図10において、SYSTEM AでInfiniBand QDRを用いたとき、ギガビット・イーサネットを用いてCPUまたはGPUでCGHデータの圧縮・復号処理を行った場合のCGH表示時間を示している。CPUによる圧縮・復号処理時間は、それぞれ、7.22msと6.61msであった。これに対し、GPUによる圧縮・復号処理時間は、0.27msと0.20msであった。GPUによって圧縮・復号処理を高速化することで、InfiniBand QDRをネットワークに使用した場合と同等の性能を実現できていることがわかる。

次に、ネットワークにギガビット・イーサネットを用いたSYSTEM A(表1)とSYSTEM B(表2)の2つのGPUクラスタ電子ホログラフィシステムについて性能評価を行った。両者のシステムにおいて、CGHデータの圧縮・復号処理はGPUで行った。その結果を図11に示す。三次元物体を構成する物体点数に対してCGH表示時間間隔は比例している。また、SYSTEM Bは、SYSTEM Aに対して約2倍の計算高速化がなされており、約20万点からなる三次元物体のリアルタイム動画再生が可能となる。

4. 2 計算高速化用時空間分割法による膨大な物体点からなる三次元物体の高精細なリアルタイム三次元動画再生

図12(a)に示した三次元物体モデル「噴水」(物体点数: 1,064,462点)を用いる。図12(b)は空間分割せずにCGHを作成したときの再生像を示しており、画質は劣化していることがわかる。三次元モデルを空間に対して2, 4, 6分割した物体点データを用意し、高精細化用時空間分割法(図6)を用いた。その結果を図12(b)~(e)に示す。図12において、赤枠の拡大された映像を比較すると、6分割の場合に十分高精細な再生像が得られているのがわかる。しかし、高精細化用時空間分割多重法を用いると再生される動画のフレーム数は、元の三次元物体の動画のフレーム数の分割数倍となる。そのため、元の三次元動画再生と同じ速度で再生するためには分割数倍高速な再生が必要となる。さらに、CGH計算時間は物体点数に比例することから、100万点からなる三次元物体点を本手法によってリアルタイム再生することは極めて困難である。

表1 GPUクラスタのスペック (SYSTEM A)

CPU	Intel Core i7 4770
Main memory	DDR3-1600 4 GB
OS	Linux (CentOS 7.3 x86_64)
Software	NVIDIA CUDA 8.0 SDK, OpenGL, MPICH 3.2
GPU	NVIDIA GeForce GTX TITAN X

表2 GPUクラスタのスペック (SYSTEM B)

CPU	Intel Core i7 7800X
Main memory	DDR3-1600 4 GB
OS	Linux (CentOS 7.6 x86_64)
Software	NVIDIA CUDA 10.1 SDK, OpenGL, MPICH 3.2
GPU	NVIDIA GeForce GTX 1080 Ti

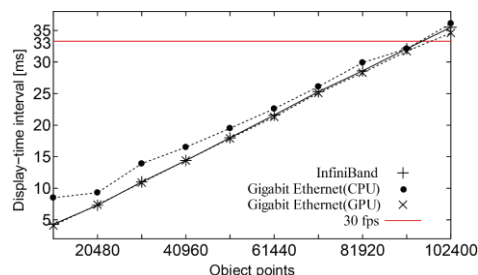


図10 圧縮・復号処理の性能評価

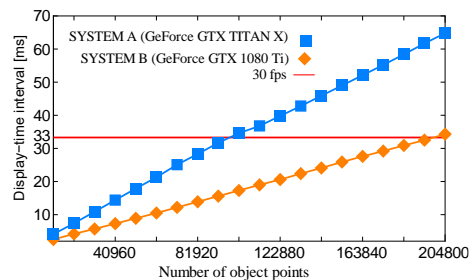


図11 GPUクラスタ(13 GPU)によるCGH表示時間

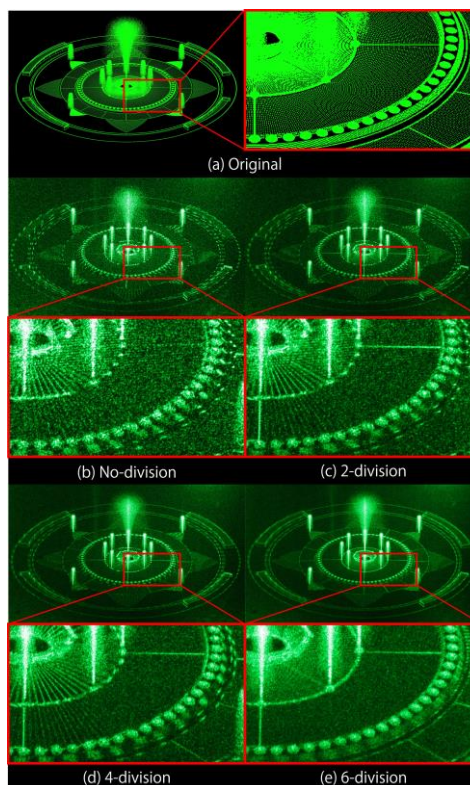


図12 高精細化用時空間分割多重法による再生像

そこで、計算高速化用時空間分割法(図 7)を 13 枚の GPU を搭載した SYSTEM B(表 2)の GPU クラスタ電子ホログラフィシステムに実装した。ここで、空間分割数を 6 とした。よって、図 11 に示した結果よりも、さらに 6 倍の計算高速化がなされることになる。図 13 に、本手法による物体点数に対する CGH 表示時間間隔を示す。これにより、約 120 万点までの物体点からなる三次元物体のリアルタイム動画再生が可能であることがわかる。さらに、残像効果により、高精細な三次元物体の動画再生が期待される。そこで、本手法を用いて約 100 万点からなる三次元物体モデル「噴水」のリアルタイム動画再生を試みた。再生された三次元動画のスナップショットを図 14 に示す。この結果より、高精細な再生像が得られていることが確認できる。

4. 3 補助記憶装置に保存した CGH による高精細な三次元動画再生

図 8 において、SSD として SAMSUNG 社 860 EVO 500GB を使い、圧縮・復号処理を行う GPU として NVIDIA GeForce TITAN X を用いた。復号した CGH を高速再生するために、SLM に DMD(Digital Micromirror Device) (Texas Instruments DLP LightCrafter 6500 EVM) を用いた。CGH の解像度を 1920×1024 とし、約 100 万点からなる三次元物体モデル「噴水」を用いて高精細化用時空間分割多重法(6 分割)を用いた。SSD に保存しておいた 6 枚の CGH 圧縮データを読み出し、GPU で復号して DMD で表示する。読み出しから表示まで 6 枚の CGH を再生した時間を図 15 に示す。赤線は、Vsync を用いて DMD で表示した場合であり、青線は Vsync を用いずに DMD で表示した場合である。16.6ms で 6 枚の CGH が表示できている。再生した動画のスナップショットを図 16(b) に示す。図 16(a) は分割していない元の三次元動画のスナップショットである。図 16(b) はフレーム数が 6 倍に増えているが、図 16(a) と一致していることがわかる。

4. 4 重み付き計算機合成ホログラムを用いた時分割多重表示方式電子ホログラフィによる階調を持つ三次元物体のリアルタイム動画再生

3 枚の BW-CGH を使い、13 枚の GPU を搭載した SYSTEM B(表 2)の GPU クラスタ電子ホログラフィシステムを用いて性能評価を行った。また、SLM に DMD(Texas Instruments DLP LightCrafter 6500 EVM)を用いた。これまでは、3 枚のビットプレーンを作成するのに、それぞれの BW-CGH に割り当てられた物体点座標データから計算していた。そのため、同じ物体点に対して重複計算がなされていた。そこで、重複計算を除去して計算を効率化した新たなアルゴリズムを考案した。1 枚のバイナリ CGH の計算時間の 1.1 倍の時間で 3 枚の BW-CGH の計算が可能となった。また、8 階調を持つ三次元物体「Jack-o'-lantern」(184, 320 点) (図 17(a)) の三次元動画再生を試みた。1 秒間に 30 フレームの速度でリアルタイム動画再生に成功した。再生した三次元動画のスナップショットを図 17(b) に示す。さらに、8 階調を持つ三次元像が再生できているかを調べた(図 18)。図 18 の実線は理論値を示しており、赤点は再生像の結果を示している。本手法により、8 階調が表現できていることがわかる。

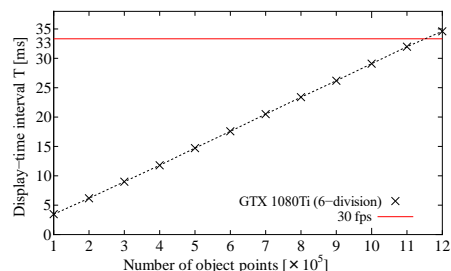


図 13 GPU クラスタ(13 GPU)と計算高速化用時間分割法を併用したときの CGH 表示時間

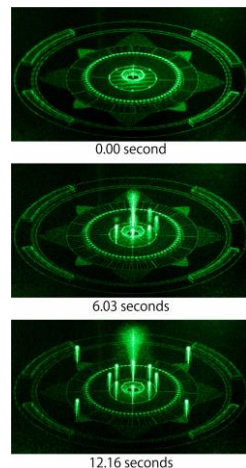


図 14 高速化用時空間分割多重法による再生像

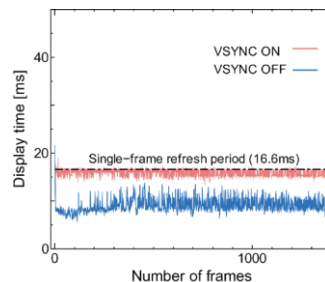


図 15 SSD に保存された 6 枚の CGH の再生時間

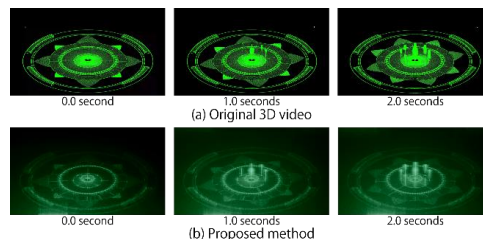


図 16 再生動画のスナップショット

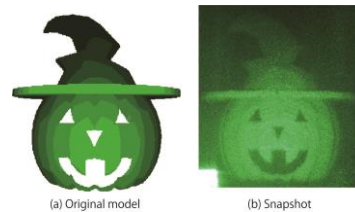


図 17 再生された階調を持つ三次元像

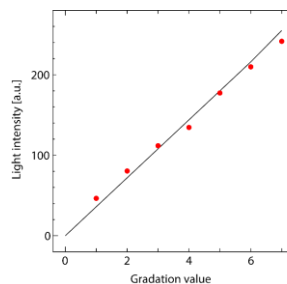


図 18 再生像の階調

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Kohei Suzuki, Minori Tao, Yuki Maeda, Hirotaka Nakayama, Ren Noguchi, Minoru Oikawa, Yuichiro Mori, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito, Naoki Takada	4. 巻 19
2. 論文標題 High-speed playback of spatiotemporal division multiplexing holographic 3D video stored in a solid-state drive using a digital micromirror device	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chinese Optics Letters	6. 最初と最後の頁 93301
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3788/COL202119.093301	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Tomoyoshi Shimobaba, Shuhei Katsuyama, Takashi Nishitsuji, Ikuo Hoshi, Harutaka Shiomi, Fan Wang, Takashi Kakue, Naoki Takada, Tomoyoshi Ito	4. 巻 11
2. 論文標題 Motion Parallax Holograms Generated from an Existing Hologram	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 2933
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/app11072933	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Takashi Kakue, Naoki Takada, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito	4. 巻 4
2. 論文標題 Hologram generation of light-in-flight recording by holography applying the 2D-FDTD method to simulate the behavior of ultrashort pulsed light	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 OSA Continuum	6. 最初と最後の頁 437-454
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/OSAC.406273	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Kohei Suzuki, Minori Tao, Yuki Maeda, Hirotaka Nakayama, Minoru Oikawa, Yuichiro Mori, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito, Naoki Takada	4. 巻 27
2. 論文標題 High-Speed 3-D Video Playback for Spatiotemporal Division Electroholography Using Single SSD and Single DMD	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Display Workshops	6. 最初と最後の頁 505 ~ 506
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.36463/idw.2020.0505	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Hiromi Sannomiya, Naoki Takada, Kohei Suzuki, Tomoya Sakaguchi, Hirotaka Nakayama, Minoru Oikawa, Yuichiro Mori, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito	4. 巻 18
2. 論文標題 Real-time spatiotemporal division multiplexing electroholography for 1,200,000 object points using multiple-graphics processing unit cluster	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chinese Optics Letters	6. 最初と最後の頁 70901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3788/COL202018.070901	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hiromi Sannomiya, Naoki Takada, Tomoya Sakaguchi, Hirotaka Nakayama, Minoru Oikawa, Yuichiro Mori, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, and Tomoyoshi Ito	4. 巻 18
2. 論文標題 Real-time electroholography using a single spatial light modulator and a cluster of graphics-processing units connected by a gigabit Ethernet network	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chinese Optics Letters	6. 最初と最後の頁 20902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3788/COL202018.020902	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shohei Ikawa, Naoki Takada, Hiromitsu Araki, Hiroaki Niwase, Hiromi Sannomiya, Hirotaka Nakayama, Minoru Oikawa, Yuichiro Mori, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito	4. 巻 18
2. 論文標題 Real-time color holographic video reconstruction using multiple-graphics processing unit cluster acceleration and three spatial light modulators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chinese Optics Letters	6. 最初と最後の頁 10901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3788/COL202018.010901	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yota Yamamoto, Hirotaka Nakayama, Naoki Takada, Takashi Nishitsuji, Takashige Sugie, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito	4. 巻 26
2. 論文標題 Large-scale electroholography by HORN-8 from a point-cloud model with 400,000 points	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 34259 ~ 34265
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.26.034259	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Masato Fujiwara, Naoki Takada, Hiromitsu Araki, Shohei Ikawa, Yuki Maeda, Hiroaki Niwase, Minoru Oikawa, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito	4. 巻 16
2. 論文標題 Color representation method using RGB color binary-weighted computer-generated holograms	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chinese Optics Letters	6. 最初と最後の頁 80901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3788/COL201816.080901	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takashige Sugie, Takanori Akamatsu, Takashi Nishitsuji, Ryuji Hirayama, Nobuyuki Masuda, Hirotaka Nakayama, Yasuyuki Ichihashi, Atsushi Shiraki, Minoru Oikawa, Naoki Takada, Yutaka Endo, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito	4. 巻 1
2. 論文標題 High-performance parallel computing for next-generation holographic imaging	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Electronics	6. 最初と最後の頁 254 ~ 259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41928-018-0057-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計24件(うち招待講演 0件/うち国際学会 7件)

1. 発表者名 三谷永久, 鈴木康平, 濱田端三, 坂口朋哉, 三宮廣海, 中山弘敬, 角江 崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 高田直樹
2. 発表標題 コストパフォーマンスに優れたマルチGPU環境電子ホログラフィシステム
3. 学会等名 第19回情報科学技術フォーラム (FIT2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木康平, 角江崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 高田直樹
2. 発表標題 ホログラフィックプロジェクトを用いた遠隔三次元描画システムの検討
3. 学会等名 第19回情報科学技術フォーラム (FIT2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木 康平, 角江 崇, 下馬場 朋禄, 伊藤 智義, 高田 直樹
2. 発表標題 指先の軌跡を描写する位相変調型ホログラフィックプロジェクションシステム
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森口 嘉軌, 三宮 廣海, 鈴木 康平, 田中 祐気, 角江 崇, 下馬場 朋禄, 伊藤 智義, 高田 直樹
2. 発表標題 ポータブルホログラフィックプロジェクタを用いた三次元物体全周投影
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野口 蓮, 鈴木 康平, 坂口 朋哉, 三宮 廣海, 角江 崇, 下馬場 朋禄, 伊藤 智義, 高田 直樹
2. 発表標題 グルーピングによって計算効率化した階調表現可能なリアルタイム電子ホログラフィ
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 R. Noguchi, T. Sakaguchi, H. Sannomiya, K. Suzuki, M. Oikawa, Y. Mori, T. Kakue, T. Shimobaba, T. Ito, N. Takada
2. 発表標題 Efficient Computation of Binary-Weighted Computer-Generated Hologram for Gradation Representable Electroholography
3. 学会等名 The International Display Workshop (IDW '19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Moriguchi, H. Sannomiya, T. Sakaguchi, K. Suzuki, Y. Tanaka, H. Nakayama, M. Oikawa, Y. Mori, T. Kakue, T. Shimobaba, T. Ito, N. Takada
2 . 発表標題 Cost-Effective Portable Holographic Projector Using a Single Board Computer
3 . 学会等名 The International Display Workshop (IDW '19) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 H. Sannomiya, H. Nakayama, M. Oikawa, Y. Mori, T. Kakue, T. Shimobaba, T. Ito, N. Takada
2 . 発表標題 Real-Time Spatiotemporal Division Multiplexing Electroholography of Point-Cloud 3D Model Comprising 920,000 Points Using Multiple GPU Cluster System
3 . 学会等名 The International Display Workshop (IDW '19) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 K. Suzuki, M. Oikawa, Y. Mori, T. Kakue, T. Shimobaba, T. Ito, N. Takada
2 . 発表標題 Holographic Projection System for Drawing Fingertip Trajectory Obtained from Depth Camera
3 . 学会等名 The International Display Workshop (IDW '19) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 鈴木康平, 三宮廣海, 中山弘敬, 角江崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 高田直樹
2 . 発表標題 マルチGPUクラスタを用いた計算機合成ホログラム高速計算システムのクラウド化への検討
3 . 学会等名 第18回情報科学技術フォーラム (FIT2019)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 田中祐気, 鈴木康平, 坂口朋哉, 角江 崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 高田直樹
2. 発表標題 ホログラフィックプロジェクトによる空中投影
3. 学会等名 第18回情報科学技術フォーラム (FIT2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野口蓮, 鈴木康平, 坂口朋哉, 三宮廣海, 角江 崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 高田直樹
2. 発表標題 階調表現可能な時分割電子ホログラフィにおける重み付きバイナリ計算機合成ホログラムの効率的な計算手法の検討
3. 学会等名 第18回情報科学技術フォーラム (FIT2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宮廣海, 中山弘敬, 角江崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 高田直樹
2. 発表標題 ギガビット・イーサネットを搭載したマルチGPUクラスタシステムによる計算機合成ホログラムの計算高速化
3. 学会等名 第18回情報科学技術フォーラム (FIT2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野口 蓮, 鈴木康平, 坂口朋哉, 三宮廣海, 角江 崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 高田直樹
2. 発表標題 重み付きバイナリ計算機合成ホログラムによる階調表現可能な時分割表示方式電子ホログラフィの計算効率化 - 重複計算除去 -
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中祐気, 鈴木康平, 坂口朋哉, 角江 崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 高田直樹
2. 発表標題 ホログラフィックプロジェクションを用いた3次元投影の検討
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宮廣海, 中山弘敬, 角江 崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 高田直樹
2. 発表標題 Pascal アーキテクチャを搭載したGPUで構成した汎用型マルチGPUクラスタシステムによるリアルタイム電子ホログラフィ
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木康平, 三宮廣海, 山口 健, 吉川 浩, 中山弘敬, 角江 崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 高田直樹
2. 発表標題 マルチGPUクラスタシステムのクラウド化によるフリンジプリンタへの応用
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高澤匠, 鈴木一弘, 高田直樹
2. 発表標題 ホログラフィと視覚復号型秘密分散法を利用した三次元画像暗号化の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.119, No.141, SITE2019-28, pp.187-192, 2019年7月23日
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 N. Takada, M. Tao, H. Sannomiya, T. Sakaguchi, H. Nakayama, M. Oikawa, Y. Mori, T. Kakue, T. Shimobaba, T. Ito
2 . 発表標題 High-speed 3-D Spatiotemporal Division Multiplexing Holographic Movie Playback with High Image Quality by SSD and DMD
3 . 学会等名 International Display Workshops (IDW'18) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Sannomiya, N. Takada, T. Sakaguchi, H. Nakayama, M. Oikawa, Y. Mori, T. Kakue, T. Shimobaba, T. Ito
2 . 発表標題 Real-Time Spatiotemporal Division Multiplexing Electroholography Using Multiple GPU Cluster System with Gigabit Ethernet network
3 . 学会等名 International Display Workshops (IDW'18) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Sakaguchi, N. Takada, H. Sannomiya, K. Suzuki, M. Oikawa, Y. Mori, T. Kakue, T. Shimobaba, T. Ito
2 . 発表標題 Real-Time Holographic Projection of 3D-Gradation Movie Using Binary-Weighted Computer-Generated Hologram and Multiple GPU Cluster
3 . 学会等名 International Display Workshops (IDW'18) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 高田直樹, 田尾美祈, 三宮廣海, 坂口朋哉, 中山弘敬, 角江 崇, 下馬場朋祿, 伊藤智義
2 . 発表標題 DMDを用いた電子ホログラフィによる高速・高精細な三次元動画再生
3 . 学会等名 3次元画像コンファレンス2018
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 三宮廣海, 田尾美祈, 坂口朋哉, 中山弘敬, 角江 崇, 下馬場朋祿, 伊藤智義, 高田直樹
2. 発表標題 圧縮・復号処理を高速化した汎用型GPUクラスタシステムによるリアルタイム電子ホログラフィ
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂口朋哉, 田尾美祈, 三宮廣海, 角江 崇, 下馬場朋祿, 伊藤智義, 高田直樹
2. 発表標題 重み付きバイナリ計算機合成ホログラムを用いたリアルタイム電子ホログラフィ
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 視覚暗号化装置、視覚復号型秘密分散システム、視覚暗号化方法および視覚暗号化プログラム	発明者 鈴木一弘, 高田直樹, 高澤匠	権利者 高知大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-130531	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ポインティング装置	発明者 高田直樹, 老川稔, 森雄一郎, 鈴木康平	権利者 高知大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-246528	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

高知大学理工学部情報科学科 高田研究室 http://whale.is.kochi-u.ac.jp/
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------