参考資料

- 資料 1 外部評価資料(中間)
- 資料 2 外部評価資料(最終)
- 資料3 技苑「プロジェクト研究報告概要」
- 資料 4 関大デジタルホロスタジオ資料
- 資料 5 3 次元画像コンファレンス 2016 資料
- 資料 6 マサチューセッツ工科大学寄贈契約書

資料1.

外部評価(中間)

「コンピュータホログラフィ技術を中心とした 超大規模データ処理指向コミュニケーション」

◆ 外部評価委員

- ·山本 健詞 国立研究開発法人 情報通信研究機構
 - ユニバーサルコミュニケーション研究所 超臨場感映像研究室 室長
- ■橋本 信幸 シチズンホールディングス株式会社 開発部
- ■吉川 浩 日本大学 理工学部 応用情報工学科 教授
- ◆ 評価日 平成27年7月
- ◆ 評価項目
 - 【1】 研究組織(研究実施体制)の適切性
 - 【2】研究プロジェクトの進捗状況・研究成果

【本プロジェクトは、当初の計画に沿って着実に進展しているか?】

- ・ホログラフィグループと近未来コミュニケーショングループとも、当初の計画に沿って着実に進展している。計画には表れない論文発表などの業績についても、質と量ともに高く、学術的に社会に貢献している。
- ・外部研究者や機関との連携を効果的に行い、ほぼ沿った進展を示し、結果として本分野の発展に貢献している。実用的なカラー化への見通しが課題である。
- 個々のグループは十分な成果を上げていると思います。

【特に優れている点】

- |・世界をリードする研究を実施するだけでなく、計算機合成ホログラム干渉縞の描画サービスを開始している。 |技術開発のすそ野を広める取り組みは、我が国の科学技術を進展させるのに大変有効であり、高く評価でき |る。
- ・高速計算手法に関連し、CGHに実物体から計算された画像を重畳させる際の遮蔽処理や、3D特有のオクルージョン処理におけるスイッチバック法の提案は実用化において重要な成果である。
- ▶・ホログラム描画サービスにより共同研究を行うことは、この分野の進歩に大きく貢献すると考えられます。

【問題点・今後の課題】

- ・研究については計画や業績がわかるが、その一方で大学の研究支援体制や具体的な支援内容がわかりにくい。研究支援の担当者が、これらの評価資料に記載するのが望ましい。
- ・ホログラフィを用いた超臨場感コミュニケーションは究極の技術であり、また社会基盤になると考えられる。一方で要求される技術レベルが飛躍的に高い、そのため途中で派生した研究成果を医療やデザイン、アート等の特定分野に向けて展開することが期待される。

【期待される研究成果】

- ・個々のグループの成果が、最終的にどのように統合されるのか、期待しています。
- ・多岐に渡るが、本研究分野の発展と人材育成そして将来の日本の競争力と産業発展にむけた布石となる(期待する)。
- ・着実に進展しており、高い目標ではあるものの、予定通りの研究成果目標を最終年度に達成できることが期待できる。また、本プロジェクトにより、コンピュータホログラフィ技術とそれに対応する情報通信技術とを進展させることで、我が国が得意とするオーディオビジュアル技術に寄与できると期待できる。

は価コメント

ま

ع

資料2.

外部評価 (最終)

「コンピュータホログラフィ技術を中心とした 超大規模データ処理指向コミュニケーション」

◆ 外部評価委員

·山本 健詞 国立研究開発法人 情報通信研究機構

ユニバーサルコミュニケーション研究所 超臨場感映像研究室 室長

橋本 信幸 シチズンホールディングス株式会社 開発部

•吉川 浩 日本大学 理工学部 応用情報工学科 教授

◆ 評価日 平成29年5月

◆ 評価項目

【1】 研究組織(研究実施体制)の適切性

【2】研究プロジェクトの進捗状況・研究成果

【本プロジェクトは、当初の計画に沿って着実に進展しているか?】

・ホログラフィグループと近未来コミュニケーショングループの両グループとも論文で期待以上の成果が出ている。また、論文に加え、描画サービスの効果は大きく、国内有数の研究拠点として他の研究期間に着実に認識されている。これらの活動を通して、コンピュータホログラフィを継続的に発展させること、およびその研究拠点を形成するという目的は期待以上に達成できている。

- •着実に進行していると言える。特に、CGHの画質をアートに迫る領域にまで進化させたのは特筆に値する。
- 計画に沿って高い成果を上げていると考えられる。

【特に優れている点】

- 大学院生や若手研究者、客員研究者などがバランスよく活用されている。
- 高く評価される研究が多く、その結果が招待講演数に表れている。
- ・ホログラム分野ではとりわけ有名なMITミュージアムにホログラムの寄贈を許されている。これは歴史に残る成果であると国際的に認識されているからであり、特に高く評価できる。
- ・民間企業からの委託研究や共同研究を複数実施しており、採択時にコメントされた企業連携に十分応えている。
- ・ホログラムデータ圧縮と通信という、国内外でもあまり先行研究例のない課題に対し、従来の圧縮手法の適用のみならず、固有値解析も含めて多面的な研究が遂行されている。また、芸術家との連携が可能となるCGHを構築できていることは素晴らしい。
- •フルカラーホログラムで高画質の出力を実現しており、外部との共同研究でも十分な成果が得られている。

【問題点・今後の課題】

- ・コンピュータホログラフィに基づく産業を大きな規模にするには、ホログラムデータ計算技術向上、描画速度向 上、描画コスト削減などは更なる進展が必要である。これらへの取り組みを継続する必要がある。
- ・国内有数の研究拠点としての地位を確立できているので、現状を維持できるような次のプロジェクトの発案と実施につなげてもらいたい。特に描画サービスは、国際的にも高く評価されており、継続が強く望まれる。
- ・CGHという特性上、計算及び情報工学、深層学習等の技術を積極的に取り込んで効率的に研究が進められている。一方で、光学ホログラムに蓄積された技術をうまく実装(光学系、ホログラム光学構造)することにも、もっと考慮するといいのではないか。
- ・ホロスタジオの出力装置は、世界的にも稀な設備であり、引き続き有効な活用を期待する。

【期待される研究成果】

- ・カラー化技術などの基礎技術を確立したことから、サイネージや医療、芸術などの産業に徐々に展開されることが期待できる。
- ・ホログラムは、光の干渉現象や回折現象を眼で見て体験できる。科学館などに展示することで、科学技術に興味を持たせる教育としての展開が期待できる。
- ・超高臨場感コミュニケーションのみならず、自動運転(3D画像取得とその情報処理)、バイオメディカルそしてエンターテイメントやアート等、その波及効果は非常に大きい。その一方で理想的技術であるが故に社会実装には課題が山積みされていると言える。本研究プロジェクトがさらに拡大、進展することを期待する。
- これまでも充分な成果が得られているが、今後さらに多くの成果が期待できる。

資料3-1.

2013年度 技苑「プロジェクト研究報告概要」

戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト

コンピュータホログラフィ技術を中心とした 超大規模データ処理指向コミュニケーション

研究代表者:松島 恭治

研究担当者:棟安 実治・梶川 嘉延・中原 住雄・

四方 博之・徳丸 正孝・田原 樹

1. はじめに

松島恭治*

本プロジェクトは、平成25年度に採択され活動を始めたプロジェクトである。採択連絡の時期が平成25年6月後半にずれこんだため、本年度は本格的に始動する前の準備期間に近いものとなった。短い期間ではあったが、行った研究の概要を以下に報告する。なお、本プロジェクトは、大きくホログラフィグループと近未来コミュニケーショングループは、ホログラフィによる3次元映像の取得と再生、近未来コミュニケーショングループは、その映像技術に伴う圧縮・伝送や音響技術、さらにはその潜在的アプリケーションの研究を行っている。以下、ホログラフィグループ、近未来コミュニケーショングループの順序で本年度の研究概要を掲載している。

2. 計算機合成ホログラム数値合成技術

松島恭治

ホログラフィグループの中でも、主としてソフトウェアやアルゴリズムの開発を行っており、付加的にレーザリソグラフィ以外のホログラフィ描画技術の開発を行っている。

2.1. コンピュータホログラフィにおけるデザイナー と研究者のための統合的なデザインシステム

コンピュータホログラフィにより、現時点までにすで に様々なホログラム作品が制作されている。しかしなが ら、これらの作品のデザインは、物体光波を計算するプ ログラムのソースコードで記述され、デザインと手法が 分離されていないという大きな問題があった。また、従 来型の光学ホログラフィはアートの分野が発達しており、ホログラファーと呼ばれるアーティストが作品を発表している現状があるが、コンピュータホログラフィでは、光学やコンピュータが専門でないアーティストやデザイナーによる作品制作は望めない状況にあった。

そこで、物体光波を計算するための会話型のソフトウェアツール(Fig. 1)とデザインした3DシーンをXML記述したデータとして読み書きするためのC++クラスライブラリを開発した。これにより、ホログラムが非専門のアーティストがデザインした3DシーンをXMLファイルで保存し、研究者の研究プログラムで読み込むといったことができるようになった。

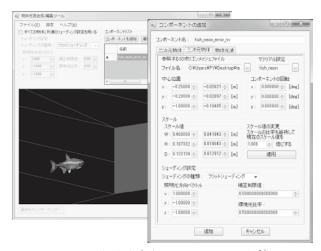


Fig. 1 会話型デザインツールの画面例1)

2.2. デジタイズドホログラフィにおける複数視点からのシルエットを用いた光波遮蔽

光学ホログラフィには、感光性材料にホログラム干渉 稿を記録する過程がある。この干渉縞を計算機によって 発生するのがコンピュータホログラフィであるが、一方、 光学ホログラフィと同様に光学的に発生した干渉縞をイ メージセンサにデジタル記録する技術もある。ただし、 一般に現在のイメージセンサの分解能と解像度は、記録 した干渉縞を光学再生するには全く不十分であるため、

^{*} システム理工学部教授 博士(工学)

3D映像技術ではなく、主として計測技術として扱われている。

我々は、合成開口等の技術を駆使することによりイメージセンサの制約を乗り越え、高密度高解像度で光学的な干渉縞を記録し、コンピュータホログラフィによる3D映像として再生する技術をすでに開発している。完全にデジタル化したホログラフィという意味で、この技術を特にデジタイズドホログラフィと呼んでいる。

このデジタイズドホログラフィでは、デジタル的に記録した実物体の光波を3Dシーン内に埋め込んで再生する際に、シルエット法を用いて光波遮蔽処理を行っている。これは、物体の背面より入射する光波を遮蔽しないと物体が透けて再生されるためである。しかし、高解像度のコンピュータホログラフィでは、特定の方向から見たときのシルエットをマスクとして遮蔽したとき、他の方向から見ると物体の形状とシルエットマスクの形状が一致せず、完全な遮蔽ができない問題があった。そこで、複数の方向から見たときのシルエットをマスクとして用い、その方向には対応するマスクで遮蔽する技術を開発した。Fig. 2 に示す通り、これによりマスクずれによる問題をかなりの程度解消することができた。





Fig. 2 再生像シミュレーションの結果²⁾

2.3. 波面プリンタの開発

本プロジェクトにおいて、計算機合成したホログラム 干渉縞を描画する主たる技術は、レーザリソグラフィ技 術である。これは、高度に発達した技術であり、非常に 高品質なホログラムを作成することができる。しかしな がら、レーザリソグラフィ技術で描画できるのは2次元 の干渉縞であるため、ホログラムの再生に単色光が必要 であるという問題がある。この問題を解決し、室内照明 等で再生可能なホログラムを作成するには、光学ホログ ラフィと同様に3次元的な干渉縞である体積ホログラム を描画する必要がある。

このために開発を進めているのが、波面プリンタである。これは、コンピュータホログラフィで数値合成した 光波を空間光変調器(SLM)で発生し、それを3次元 干渉縞として光学的に記録して体積ホログラムを描画す る機器である。本年度は、位相型SLMで発生するわず かな偏光角度変調を利用して部分的に複素振幅変調を 行ってノイズを減少する方式を考案し、試作機でテスト を行った。その結果、わずかなノイズ減少効果はあった が、残念ながら顕著な改善効果は見られなかった。

参考文献

- S. Murata, K. Matsushima, S. Nakahara, Development of an integrated design system for computer holography, International Workshop on Holography and Related Technologies 2013 (IWH2013), 17a-3 (2013).
- 2) 藤田大知, 松島恭治, 中原住雄, HODIC Circular, **33** (4), 18-23 (2013).

レーザリソグラフィを用いたサブミクロン領域の ホログラフィック干渉縞の作製

中原住雄*、松島恭治

3.1. はじめに

近年、微細加工分野の発展に伴い、バイナリオプティクスと称される、断面が階段形状で高い回折効率を有する回折光学素子が注目されている。回折光学素子は、溝の深さが波長程度であり、設計の自由度も大きいため、光学系の大幅な薄型・軽量化とともに、これまでの光学素子だけでは不可能であった新規機能の実現等、様々な効果が期待されている。最近では、CDプレイヤー用の光ピックアップや光磁気ディスクの光ヘッド、さらにはDVDの光ピックアップにも使用され、その応用範囲を広げている。

本研究では、ホログラフィを対象にする。一般のホログラフィ技術では、レーザ光等による干渉の効果を用いて、物体が発する光波を位相の情報も含めて干渉縞として記録する。この記録された媒体をホログラムというが、このホログラムの再生時には、干渉縞のパターンにより照明光が回折され、記録された光波そのものが再生される。この再生された光波は、実物を見ている時と原理的に同じであるため、物体に奥行き感がある場合には、他の3Dディスプレイ技術と異なり、観察者にとっては実物と同等の真の立体感が感じられる。

このホログラフィやCGHは長い歴史を有しているが、CGHはレーザ光と写真材料を用いた古典的なホログラムの迫力ある3D像と対抗出来ていなかった。CGHにおける再生像が観察できる視域は、ホログラムに記録されている干渉縞による回折角で制限される。

我々は、これらの干渉縞を計算機により干渉縞画像を

^{*} システム理工学部准教授 工学博士

合成する計算機合成ホログラム(Computer Generated Hologram: CGH)の作製を行ってきた。その一例として、ホログラムに記録された干渉縞と、ホログラムからの再生像をFig. 3に示す。このCGHの最大回折角度は、記録された干渉縞画像を記録しているピクセルピッチにほぼ反比例する。具体的には可視光を用いるので、Fig. 3に示すように1μmのピクセルピッチの場合、両側視域角は37度程度になる。

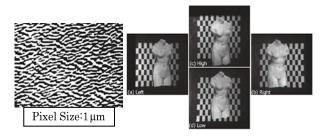


Fig. 3 描画ピッチ 1 μ mで描画した干渉縞の顕微鏡写真と その再生像¹⁾

計算機合成ホログラム(CGH)の作製において、今以上に視域を広げるためには再生像の回折角をより大きくする必要があり、このホログラムの干渉縞の空間周波数は500本/mm以上にすることが求められている。この要求を満たすためには、描画ピクセルの単位をサブμmにする必要が迫られる。我々は、レーザリソグラフィとフォトレジストマスク基板を用い、サブミクロンサイズのピクセルで構成されたCGHを作製し、条件を満たす再生像を得た。

本研究では、レーザ直接描画装置を用いることにより、数十mm角の大型ホログラム素子の作製を行い、その評価・検討を行った。レーザ直接描画装置は、ラスタースキャンによって、ウェハやマスクなどのサブミクロンレンジのフォトレジスト露光やフォトエマルジョン露光を目的とした、非常に高い精度を持った装置である。本装置を用いることにより、描画・露光精度の向上、描画パターン及び描画サイズの自由度増大などが見込まれる。

我々は、ホログラム干渉縞パターンの出力装置としてハイデルベルグ・インスツルメンツ社製レーザ直接描画装置DWL66を使用した。これは、フォトレジスト露光などを目的とした、ラスタースキャン法を利用した描画装置である。基板には、市販のガラス基板上にCr膜とフォトレジストが塗布されている基板を用いた。Fig. 4に基板の詳細図を示す。

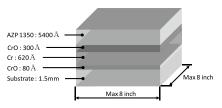


Fig. 4 フォトマスク材料

3.2 実験結果

Fig. 5 に、レーザ直接描画装置のパワーに対する基板のレジストの掘れる深さを示した関係を示す。

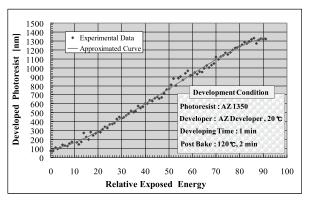


Fig. 5 露光条件

本実験においては、この描画装置の描画時間の短縮化を図るため2値化された情報を出力するモードを使用したので、計算された干渉縞の強度分布を適当な閾値で2値化を行い、バイナリー型ホログラムとして描画した。レーザ直接描画後にフォトレジスト現像とクロムエッチングを行った後のものは、振幅型バイナリーホログラムとして参照光を照射すると再生像が確認できる。ここで作製したホログラムは、Cr膜を使用しているため、それをマイクロミラーとして使用することが出来るため、反射型、透過型両方の機能を持ったホログラムが同時に作製される。

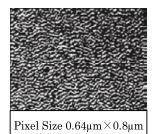




Fig. 6 描画ピッチ0.64 μm×0.8 μmの干渉縞描画結果と 光学再生像²⁾

我々は、Fig. 5のデータをもとに、レーザのパワーと減衰フィルター、レジストの現像時間を調節することによって、レジストの掘れる量をコントロールした。結果として、Fig. 6に示すようなピクセルサイズ $0.64~\mu m \times 0.8~\mu m$ の干渉縞を作製し、再生像を得た。

参考文献

- 1) K. Matsushima, S. Nakahara, App. Opt., **48**, H54-H63 (2009).
- 2) K. Matsushima, Computer holography: 3D imaging of virtual and real objects, SPIE Newsroom (2011).

4. ディジタルホログラフィ技術を用いたコンピュータ ホログラフィ用光波撮像技術

田原 樹*

本プロジェクトの目的の一つである、面内 30 cm四方のカラーホログラフィック撮像システム実現のため、本年度は基本技術とそのシステム構成の提案に注力した。カラー3 次元画像情報を記録可能なカラーディジタルホログラフィでは、カラーフィルタアレイを用いると 3 次元的に像がボケるため、時間分割または角度多重記録方式が一般的である。しかしながら、従来、カラー3 次元画像を得るために時間分解能または撮影範囲が厳しく制限される。そこで、実在する物体への適用を見据え、(1)時間分解能の向上または(2)撮影範囲の拡大を達成する2 方式を提案した。

従来、時間分割記録では広範囲記録が可能であるが、RGBに対応する 3 波長の情報記録に、最低 9 回の撮像と光源切り替えの機構が必要である。(1) では、光源切り替えの必要がなく、記録枚数も低減することで時間分解能を向上させるカラーディジタルホログラフィ方式を提案した $^{1)}$ 。当該方式では、複数波長の情報を単一・単色の撮像素子に多重記録し、位相シフト干渉法を利用することにより得たホログラムから波長情報を抽出する。波長数をNとして、光源の切り替えなく 2N+1 枚のホログラムでカラー3 次元画像再生可能であることから、時間分解能向上が期待できる。基本システム構成を示し、計算機シミュレーションにより良好な再生像を得られることを示した。また、装置構成を従来よりもコンパクトにできることから、小型カラーホログラフィック撮像システムへの発展が期待できる。

角度多重記録では、単一露光でカラー3次元画像記録が可能であるが、従来、時間分割記録に比べ2波長記録時に20分の1、3波長記録時に64分の1の撮影範囲しかとれない。広範囲カラーホログラフィック動画撮像を目指し、信号理論と光学系の最適設計により(2)の達成を試みた。エイリアシング、ディジタル信号の周期性、干渉縞の空間周波数最適設計により、記録可能な空間周波数帯域を拡張できることを論じ²⁾、従来に比べ2波長

記録時に 2.43 倍、3 波長記録時に 1.44 倍の広域化を示した 3.4 。また、コンパクト化されたシステムにおいても約 2.6 倍の広域化を示した 5 。

また、上記の試みと並行して、微小な光学素子のアレイを用いることで撮影範囲を拡大するホログラフィック撮像方式による微小領域の広範囲・高速3次元動画像記録とイメージングを示し⁶⁾、また更なる撮影範囲拡張を達成する方法を論じ実証した⁷⁾。

次年度は、参考文献1)~5)のシステムの試作を行い、 参考文献6)~7)のシステムも踏まえ、目的達成に最適 な撮像方式の選定を今後検討していく予定である。

参考文献

- 1) 田原樹, 菊永修平, 新井恭彦, 高木康博, "波長情報の 選択的抽出可能な位相シフト干渉法と単一単色撮像素子 を用いたカラー 3 次元イメージング", Optics and Photonics Japan 2013, 13aE9 (2013).
- 2) 田原樹, 新井泰彦, "ディジタル信号の周期性を利用するディジタルホログラフィ ~ エイリアシングの導入による利害 ~", ホログラフィック・ディスプレイ研究会/映像情報メディア学会, 35-38 (2013).
- 3) T. Tahara, Y. Arai, "Space-bandwidth extension method for multi-wavelength phase unwrapping using angular multiplexing," Technical Digest of International Workshop on Holography and Related Technology 2013 (IWH2013), 16a-3 (2013).
- 4) 田原樹, 新井泰彦, "角度多重記録を用いる多波長位相接続法における空間周波数帯域拡張法", Optics and Photonics Japan 2013, 14pP21 (2013).
- 5) 田原樹, 新井泰彦, "単一参照ビームを用いる単一露光 複数波長位相接続法における空間帯域幅拡大法", 第61 回応用物理学会春季学術講演会(2014).
- 6) T. Tahara, P. Xia, T. Kakue, Y. Awatsuji, K. Nishio, S. Ura, T. Kubota, O. Matoba, "3-D motion-picture recording by parallel phase-shifting digital holographic microscopy", 2013 International Conference on Optical Instrument and Technology (OIT2013), 90420C-1-7 (2013). (invited)
- 7) T. Tahara, Y. Lee, Y. Ito, P. Xia, Y. Shimozato, Y. Takahashi, Y. Awatsuji, K. Nishio, S. Ura, T. Kubota, O. Matoba, Opt. Lett., 39, 1673-1676 (2014).

^{*} システム理工学部助教 博士(工学)

5. 超大規模データの圧縮

棟安実治*

ホログラフィプロジェクトにおいて、画像コンテンツの流通・蓄積を考える場合、画像圧縮技術は避けることのできない課題である。今年度は、これまでの画像圧縮技術のアウトラインを調査することから始め、現在、標準化が進行している3次元映像符号化について調査を行った。その結果として、ホログラフィを圧縮する際の問題点とそれに関連する研究課題を明らかにした。

5.1. 圧縮技術の現状

超大規模データ圧縮技術は、伝送やホログラフィ映像の蓄積に不可欠な技術である。近年用いられているMPEG2やMPEG4、H.264/AVCなどの従来技術は、本研究で目指す大規模なデータの圧縮を想定していない。特に、画面サイズのスケーラビリティが異なり、CGH(Computer Generated Holography)画像と人間の視覚特性の関係も明らかでないため、従来規格が依存してきた人間の視覚特性を用いることは適切でない。

具体的には、ホログラフィ画像は、 $10 \,\mathrm{cm}$ 角程度の映像(静止画)でも画素数が 10^{10} から 10^{11} に達し、これを動画像にすれば 10^{16} から 10^{17} の規模に達するという超大規模データである。現在、一般的に取り扱われている画像データにおいて非圧縮と考えた場合でも、静止画で 10^4 から 10^6 程度、動画像で 10^{12} 程度となり、4 から 5 桁程度違う。また、ホログラフィ画像のデータは通常の画像データの性質とは大きく異なるため、新たな原理に基づく画像圧縮の方法が求められる。

一方、3次元映像の符号化の規格については、一時期の3D映画のヒットを受けて、各社から立体視可能な3Dディスプレイが発売されたこともあり、標準化が盛んに行われている。例えば、両眼立体視のために左右眼に対する画像を1枚の画像にパッキングしたフレーム互換(FC)方式と呼ばれる方法がある。これは現在の3Dディスプレイに対応しており、例えばBlu-ray3Dと呼ばれるBlu-rayDiscのフォーマットでは前者が採用されている。しかし、基本的には従来の画像圧縮の技術が援用されており、このままの形でホログラムデータの圧縮に適用することは困難である。

5.2. 問題点と今後の課題

CGHの作成過程は、物体モデルの生成、光波合成、コーディング、表示(作成)のステップからなる。ホログラフィデータを圧縮伝送する際に、どの時点のデータを取り扱うかという点は、伝送・蓄積するデータ量に大きな

* システム理工学部教授 博士(工学)

影響を与えるとともに、復号側の処理量にも大きな影響を与える。このため、全体のシステムとのバランスを考慮することが必要とされる。例えば、物体モデルの時点のデータを考えれば、最も少ないデータ量で伝送・蓄積を行えることになるが、復号処理に加えて、表示までの処理をすべて復号側で行うことになり膨大な処理量が必要となる。一方、表示時点の干渉縞データを伝送・蓄積することを考えれば、復号側は単に復号処理を行えば良いが、符号化すべき情報量は膨大になる。

CGH情報をどの時点で圧縮するかについては、次のように考えることができる。まず、モデルデータ時点で 圧縮することを考えると、このデータは必ずしも画像 データである必要はなく、既存の符号化(例えば、単純 なエントロピー符号化など)でも圧縮可能で十分現存の インフラで伝送可能である。しかし、前述のように復号 側に膨大な処理を必要とし、さらに復号器側のホログラ フィアルゴリズムを規定してしまう可能性がある。その ため、単なる符号化ではなく全体の方式を規定する必要 性があり、発展途上であるこの分野の研究としては、あ まり望ましくないと考えられる。

また、干渉縞を伝送する場合では、すでに見てきたように、従来研究が存在し、これまでの既存のアプローチを適用可能であると考えられる。干渉縞のコーディングには、振幅、位相などの様々なコーディング法があり、それによって性質が異なる可能性もある。また、再生の方法を限定してしまうために、光学系を固定しなければならないという問題点もあり、さらに真の画像とともに不要な直接光と共役像が再生され、画質の点で好ましくないという問題もある。

これに対して、光波データを伝送するというアプローチも考えられる。干渉縞を生成する前なので、再生照明光を限定する必要がなく、再生光学系を想定する必要がなく、再生方式の自由度を高くすることができる。また、視点を自由に設定できるので、現在の3D映像技術で中心的な課題である自由視点映像として再生することも可能である。ただし、複素振幅画像データであるため、基本的にデータ量が2倍以上となる。また、従来浮動小数点データとして取り扱われているため、量子化などを行うと、どのような影響が表れるかについては、検討を必要とする。

本研究では、これらの問題点を踏まえて、新たな符号 化のアプローチに取り組んでいきたいと考えている。自 由視点画像の次の課題として、ホログラムの圧縮に関心 が集まっており、光波データの符号化を当面の課題とし たアプローチを取っていきたいと考えている。画質評価 については、現状の3次元画像符号化の取り組みを参考 にしつつ、評価手法の確立を行っていく予定である。

6. 高度三次元音響技術の開発

梶川嘉延*

6.1. はじめに

コンピュータホログラフィによる三次元映像に対し て、より没入感をユーザに与えるためには、視覚だけで なく聴覚への付加的な刺激が重要となる。そのためには、 聴覚に対する三次元音響技術の開発が必須となる。三次 元音響技術には、波面合成法、アンビソニックなどに代 表される実音場における音波を忠実に再現する技術と、 トランスオーラルシステムに代表される制御点における 音響信号を再現する技術とがある。それぞれは、三次元 映像技術におけるホログラフィと視差を利用した三次元 テレビに相当する。前者の技術は、ユーザに対して没入 感を与えるのには最適であるが、非常に多くの再生用ス ピーカを必要とするなど、実現面における課題が多数の 残されている。一方、後者の技術は、容易に三次元音場 をユーザに提示することが可能であるが、制御点が限定 される、演算量が多いなどの問題点が残されている。本 プロジェクトにおける初年度は、まずは後者のトランス オーラルシステムに関する検討を行った。また、音場再 現技術と同様の技術となる能動騒音制御技術について主 に検討を行った。騒音の制御(低減)技術は、三次元音 場の再現技術と同様の原理に基づく上に、よりリアルタ イム性を求められることから、騒音制御技術において達 成できた技術は、すぐさま三次元音響技術に適用するこ とが可能である。

6.2. 検討システムの概要

最もシンプルなトランスオーラルシステムでは、2つのスピーカによりユーザの両耳を制御する。すなわち、左側のスピーカで左耳を、右側のスピーカで右耳を制御することになる。しかしながら、一般的なスピーカは、音波をあらゆる方向に発生させるため、左スピーカから右耳へ、右スピーカから左耳へのクロストーク成分や、反射や散乱などによる影響を受けることになる。この場合、音場再現の再現性度が著しく劣化してしまう。したがって、一般的なトランスオーラルシステムでは、クロストークや残響成分を補正するために、音場の逆フィルタが必要となる。しかし、この音場の逆フィルタを形成するには、非常に多くの演算量を必要とするという問題点がある。

近年、従来のスピーカとはまったく原理が異なり超指向性を有するパラメトリックアレースピーカ (PAL)が開発され、注目されている。Fig. 7にPALの外観図を

示す。PALは、多数の超音波エミッタをアレー状に配置したもので、超音波に可聴音を変調し大音量で再生する。この場合、空気の非線形性により自己復調が行われ、数m先では可聴音が再生される。音波は周波数が高くなるほど指向性が鋭くなるため、超音波に変調された可聴音も鋭い指向性を有することになる。よって、PALから細い音波のビームを放射することが可能である。そこで、このPALの超指向性の性質を三次元音場再生に適用することで、従来のスピーカで問題となっていたクロストークや残響の影響を避ける事が可能となる。その結果、音場の逆フィルタ処理も低演算で実現することが可能になると考えられる。



Fig. 7 パラメトリックアレースピーカ (PAL)

6.3. 実験結果

本年度は、PALを用いた三次元音場再現システムの構築に先立ち、2つのPALを用いて、実際にクロストークや残響成分が無視できるくらいに小さくなるかどうかを、実験を通じて検証を行った。Fig. 8 に実験の配置の様子を示す。実験は、本プロジェクトにおいて導入された防音室内において行った。実験を行ったところ、スピーカを正面に対して水平角±30度以上に配置することで、クロストークや残響を低減できることがわかった。また、



Fig. 8 PALを用いた三次元音場制御技術の実験の様子

^{*} システム理工学部教授 博士(工学)

仰角方向に関しては±30度以内のほうが良好な結果が得られることもわかった。したがって、PALを利用することでクロストークや残響の影響を抑えることができるため、低演算で三次元音場再現システムを実現できることがわかった。今後は、実際に三次元音場再現を実現するシステムの構築を行っていく予定である。

参考文献

1) 田中貴大, 梶川嘉延, "パラメトリックスピーカを用いたANCシステムの各種検討", 第28回信号処理シンポジウム, 178-179 (2013).

生活行動・移動パターンを活用したWiFiオフロード法 四方博之*、岡本祐太**

無線通信により大規模データ通信を収容するためには、現在逼迫が進む携帯電話回線のみでなく、WiFi等の無線通信システムも同時に活用する必要がある。本研究では、データトラフィックを携帯電話回線からWiFi回線に分散するデータオフロードに注目し、ユーザの生活・行動パターン推定を活用したオフロード法の検討を行った。

7.1. Delayed Offloading

参考文献 1)では、オフロード効率を向上するため Delayed Offloading が 提 案 さ れ て い る。Delayed Offloading では、ユーザがオフロード要求発生時刻に デッドライン時刻を指定する。デッドライン時刻までは、ユーザが接続可能なWiFi APカバレッジ内ではWiFiに よるデータ転送を行い、カバレッジ外ではデータ転送を 中断する。データ転送が未完了な状態でデッドライン時刻に達した場合は、携帯電話回線を活用し、データ転送を完了させる。ここで、携帯電話、WiFiの両回線が利用可能な場合は、WiFi回線の利用を優先する。従来方式では、デッドライン時刻までに十分余裕がある場合でも、接続可能なWiFi APカバレッジ内にユーザが位置すれば、APの品質や接続時間を問わず接続し、オフロードを実施する。このため、低品質なAPの利用が頻発し、通信時間の増大、消費電力の増加につながる。

7.2. 生活行動・移動パターンを考慮したAP選択方式

従来のDelayed Offloadingの問題点を解決するため、 各ユーザの日々の行動パターンを予測し、オフロード要 求発生時刻から、ユーザの指定したデッドライン時刻ま でに接続可能なAPを推定し、接続するAPを決定するオフロード法を提案する。提案オフロード法の機能ブロック構成をFig. 9 に示し、各機能について以下に述べる。

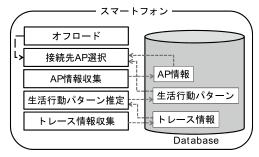


Fig. 9 機能ブロック

トレース情報収集機能:スマートフォンに搭載された GPSにより、位置情報を収集する。位置情報は緯度、経 度を中心とし、1辺が精度の2倍であるような正方形で 表現する。また、この位置情報には測位時刻、測位曜日 を付加している。同一日に収集した複数の位置情報をト レース情報とし、データベースに保持する。

生活行動パターン推定機能: データベースに保持された各曜日のトレース情報から、各曜日におけるユーザの生活行動パターンを特定する。ある時刻に取得した位置情報が、過去N個の位置情報と空間的に重複している場合、滞在と判定し、重複していない場合は移動と判定する。滞在と判定された位置情報が連続している場合、その連続した滞在判定位置情報は滞在位置情報群とする。生活行動パターンを特定するために、滞在位置情報群のうち、最も早い測位時刻が滞在地への到着時刻となり、最も遅い測位時刻が滞在地からの出発時刻となる。複数の滞在位置情報群の出発・到着時刻を特定することで、ユーザの生活行動パターンを推定する。

AP情報収集機能:ユーザがAPに接続した時の位置情報とAPのESSID、MACアドレス、平均伝送レート、接続時間等を収集し、データベースに保持する。

接続AP選択機能:データベースに保持された生活行動パターンとAP情報を関連付けることで、生活行動パターン上で接続可能なAPが予測可能となる。この予測したAPから、オフロード機能により入力された情報に基づいて接続先APを決定する。

オフロード機能:オフロード要求が発生した際のユーザの位置情報、指定したデッドライン時刻を入力情報とし、接続先AP選択機能により選択したAPに接続する。

7.3. 実験結果

実験では、ノートPCにWiFiアナライザを搭載し、被験者の一日の生活行動パターン上で接続可能なAPのRSSI、接続時間等を測定した。本被験者の接続可能な

^{*} システム理工学部准教授 博士(工学)

^{**} 理工学研究科、先端科学技術推進機構準研究員

APは、滞在地2箇所に存在するAPと移動経路上に存在する公衆無線LAN AP 11箇所であった。実験データを基に、ユーザのデータ転送時間の評価を行った。デッドラインまでを2時間、転送データサイズを6種類とした。

評価結果をFig. 10に示す。Fig. 10より従来方式に比べ提案方式の方が通信時間が減少していることが分かる。デッドライン時刻までに十分に余裕がある際、提案方式では移動経路上のWiFi APに接続することがなく、滞在地に存在する高スループットのWiFi APに接続している。一方、従来方式では、移動経路上の低スループットのWiFi APのカバレッジに入る毎に接続を行っている。これにより、提案方式の通信時間が減少している。

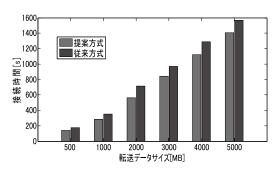


Fig. 10 実験結果

7.4. まとめ

本研究では、ユーザの生活行動・移動パターンを考慮 したAP選択型Delayed Offloadingを提案し、提案方式に よるAP接続時間低減を確認した。

参考文献

1) K. Lee, *et al.*, IEEE/ACM Transactions on Networking, **2** (2), 536-550 (2013).

8. デザイン支援システムのための対話型進化計算イン タフェース

徳丸正孝*、竹之内宏**

対話型進化計算(Interactive Evolutionary Computation: IEC) は、通常の進化計算における解候補評価を、ユーザの感性による評価に置き換えた手法である¹)。これまで、IECを用いた音声生成や画像検索など、様々なデザイン支援システムが提案されている。しかし、多くのIECシステムは、1個人のユーザの感性を利用したシステムであり、多くのユーザの感性を用いて、協調的な解候補探索を行うようなIECシステムは少ない。

そこで本研究では、不特定多数のユーザが好みのデザインに投票することで解候補を評価できる基本モデルとして、複数参加型トーナメント方式(Tournament Evaluation by Multiple People's Kansei: TBMP)を提案する²⁾。著者らは、これまでTBMPの解候補の進化性能に関する有効性を数値シミュレーションにより検証してきた。しかし、TBMPの実ユーザを対象とした有効性は検証されていない。本研究では、TBMPを組み込んだWebサイトデザイン支援システムを用いた評価実験を行い、TBMPの実ユーザを対象とした基本的性能を評価する。

8.1. 複数参加型トーナメント方式

TBMPでは、多くのユーザが満足のいくものや、流行の変化に対応した解候補を生成できると考えられる。また、TBMPにおけるユーザの解評価作業は、提示された2つの解候補のうち、好みの方に1票を投じるのみとなる。そのため、ユーザ1人1人の解評価における負担を軽減できると考えられる。

Fig. 11 に、衣服コーディネートを例としたTBMPのシステム概要を示す。まず、初期遺伝子集団を生成し、生成された解候補をトーナメント表に配置する。次に、多くのユーザにWeb上で各対戦の2つの衣服コーディネートを提示し、好みの方に投票してもらう。TBMPでは、一定の期間内にユーザの投票を受け入れて、期間が過ぎれば次の対戦に移行する。決勝戦まで終了すれば、解候補を評価し、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm: GA)処理を行う。そして、新しい解候補を提示し、再びユーザに投票を求める。これらの処理を繰り返して、多くのユーザの感性を反映したデザインを作成する。

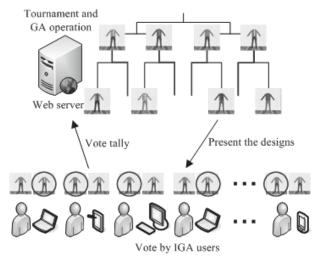


Fig. 11 TBMPのシステム概要

^{*} システム理工学部准教授 博士(工学)

^{**} 先端科学技術推進機構ポスト・ドクトラル・フェロー

8.2. 評価実験・結果

本実験では、Webサイトデザイン支援システムへユーザがアクセスし投票を行う。被験者は、20代の大学生17名である。また、被験者は、予め設けられた実験期間内であればいつでも投票可能とした。また、本実験では、TBMPの比較システムとして、トーナメント形式ではなく全解候補を一覧表示し、ユーザが好みの解候補に投票する通常の投票方式(General Voting Method: GVM)を用いたWebサイトデザイン支援システムを用いる。

評価実験の結果より、各システムにおける全体的な満足度は、TBMPの方がGVMより高いことが確認された。また、TBMPはGVMよりも有意水準1%で解評価が行いやすいことが確認された。したがって、TBMPはGVMより、解評価のしやすさという点では、ユーザの評価負担を軽減できると考えられる。

今後は、コンピュータホログラフィなど、立体像を利用した衣服のデザイン支援のための多人数投票型のシステムを構築し、有効性を検証する予定である。

参考文献

- H. Takagi, "Interactive Evolutionary Computation: Fusion of the Capabilities of EC Optimization and Human Evaluation", Proceedings of the IEEE, 89 (9), 1275-1296 (2001).
- 2) H. Takenouchi, M. Tokumaru, N. Muranaka, Journal of Kansei Engineering International, 9 (2), 43-50 (2010).

謝辞

本研究の一部は、「文部科学省私立大学戦略的研究基 盤形成支援事業 (平成 25 年度~平成 29 年度)」によっ て実施されたものである。

2014年度 技苑「プロジェクト研究報告概要」

戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト

コンピュータホログラフィ技術を中心とした 超大規模データ処理指向コミュニケーション

研究代表者:松島 恭治

研究担当者:棟安 実治・梶川 嘉延・中原 住雄・

四方 博之・徳丸 正孝・田原 樹・ Petar Popovski・Woon-Seng Gan・ 田口 亮・山口 雅浩・坂本 雄児・

伊藤 智義・下馬場 朋禄

1. はじめに

松島恭治*1

本プロジェクトは、大きくホログラフィグループと近 未来コミュニケーショングループに分かれて研究活動を 行っている。ホログラフィグループはホログラフィによ る3次元映像の取得と再生、近未来コミュニケーション グループはその映像技術に伴う圧縮・伝送や音響技術、 さらにはその潜在的アプリケーションの研究を行ってい る。以下、ホログラフィグループ、近未来コミュニケーショ ングループの順序で本年度の研究概要を掲載している。

2. 計算機合成ホログラム数値合成技術と関大デジタル ホロスタジオ

松島恭治、宮岡貴史*2、増田幸勇*2

本年度はオクルージョンの処理方法で大きな成果があった。また、従来モノクロ再生であった高解像度 CGHをフルカラーにする手法に進展があった。

2.1. オクルージョン処理技術

肉眼で物体を見たとき、視点を動かすとそれまで物体の背後に隠れていた別の物体や背景が見えてくる。これを相互オクルージョンと呼ぶ。複雑な形状の単一の物体でもこれは起こる。その場合は自己オクルージョンと呼ばれている。オクルージョンは、人にとって物体の前後関係や深さを知覚する強い手がかりになる。そのため、オクルージョンを正しく処理することは3D映像技術のみならず、コンピュータグラフィックス(CG)でも重要であり、CGでは隠面消去技術と呼ばれている。

従来、相互オクルージョンは物体単位シルエット法と 呼ぶ技術で比較的簡単に処理可能であったが、それでは 自己オクルージョンが処理できないため、複雑な形状のCGモデルからCGHを計算することはできなかった。自己オクルージョンの処理はポリゴン単位シルエット法を用いれば可能であったが、計算時間が極めて長くなる問題があった。スイッチバック法と呼ぶ、ポリゴン単位シルエット法を高速で処理するための手法は、この問題を解決した。

図 2.1 にスイッチバック法の計算時間例を示す 10 。この手法では、40 億ピクセル規模の高解像度CGHで、2500 ポリゴンが 2 時間以下、2K2Kの電子ホログラフィではわずか 4.5 秒で処理できる。この手法で作成した高解像度CGHの例を図 2.2 に示す。

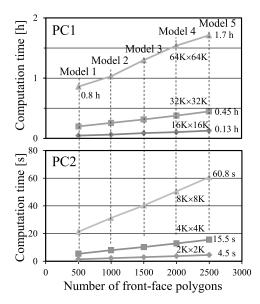


図2.1 スイッチバック法による計算時間例1)

また、この手法では計算時間短縮のために最適な分割 数で物体を分割することが重要であり、その最適化手法 も提案している²⁾。

^{*1} システム理工学部教授 博士 (工学)

^{*2} 理工学研究科

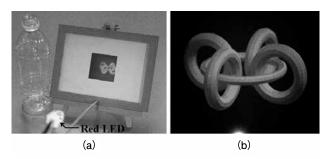


図2.2 スイッチバック法で作成した高解像度CGH¹⁾

2.2. ダイクロイックミラーを用いたフルカラーCGH とその設計波長最適化

高解像度CGHをフルカラー再生するためには、原理的にはRGB3原色用の波長でCGHを作成し、その波長で再生した像を重ね合わせればよい。

白色光源を用いてこれを行うのが、図23のダイクロイックミラーを用いた光学システムである。このシステムでは、白色LEDの光を2枚のダイクロイックミラーを通して赤、青、緑の色に分離し、3枚のCGHを再生している。我々が用いるレーザリソグラフィによるCGH作成方法では像が反射光として再生されるため、照明光と同じ光路を逆行した再生光が再びダイクロイックミラーに入射して重ねあわされ、フルカラー再生像が得られる。

その再生像の例を図 2.4 に示す。CGHは単一の設計波 長で計算されるのに対して、再生照明光には一定の波長 バンド幅があるため、不適切な設計波長でこのような

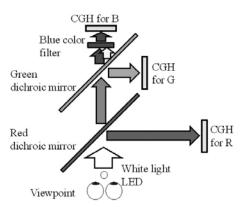


図2.3 ダイクロイックミラーを用いたフルカラー再生光学系3



図2.4 フルカラー再生像の例³⁾

CGHを作成すると色収差による色ずれによりカラー再生像が劣化する。そこで、我々は3色の再生像の重なり合いが最大になるよう設計波長を最適化する手法により、色収差による像劣化を減少する手法を開発した³⁾。

2.3. 関大デジタルホロスタジオ

高解像度コンピュータホログラフィの研究開発基盤を研究者に提供するために、関大デジタルホロスタジオを開設した。このスタジオは、最小ピクセル間隔 0.6µmで20cm角のCGH描画が可能な最新のレーザリソグラフィ装置を備えており、一定の条件を満たせば、誰でもCGH描画を依頼できる。

3. レーザリソグラフィによるサブミクロンピクセル CGHの作製

中原住雄*3

3.1. はじめに

3次元画像分野において種々の技術や装置が開発され ているが、本研究では真の3次元像の波面再生可能なホ ログラム光学素子の作製技術の開発を行っている。ホロ グラフィ技術の中でも計算機合成ホログラムに特化し、 レーザリソグラフィシステムを駆使して、計算で得られ た干渉縞のパターンをフォトマスク基板にダイレクトに 描画し、フォトレジスト現像+クロム膜エッチングをす ることで反射タイプの振幅型のバイナリータイプのホロ グラムを得ている。ディスプレイ分野の機器において、 広サイズ化、高精細化が年々進化しているが、計算機ホ ログラフィ分野においても、広視野角、広視域を実現す るためには、ホログラムの拡大化、高精細化が望まれる。 今までの描画手法においては、描画装置のスペックから 1ミクロン前後のピクセルパターンを描画していたが、 レーザ加工分野で行われているヒートモードリソグラ フィ4の手法をもとに、フォトレジストに可視光の波長 オーダーのピクセルパターンの描画を試みた。今回は、 0.8umピクセルピッチの干渉縞パターンをもとに縮小描 画手法を用いて、640nm、500nm、320nmとサブミクロ ンのピクセルピッチのホログラム作製を行うことを目指 した。

3.2. サブミクロン描画のヒートモードリソグラフィ 概念

レーザ加工の分野では、ヒートモードリソグラフィと いう加工法がある。これは、光ディスク製造技術から派 生したパターン形成技術である。いわゆるリソグラフィ

^{*3} システム理工学部准教授 工学博士

とは、レーザ光などに感光する材料を用いてパターンを 形成する方法である。通常のリソグラフィではレーザ ビーム径内全域を感光させるのに対して、ヒートモード リソグラフィ技術ではビーム径の中心部分だけを熱反応 させることで、従来よりもはるかに小さな径のパターン を形成することができる。レーザビーム径の約4分の1 のサイズも形成できることが示されている。ある一定温 度以上に過敏に熱反応する材料特性をパターン形成に利 用することで、サイズが小さいだけではなく急峻で鮮明 なパターンエッジとすることができる。

一般的なリソグラフィでは、パターンサイズは露光に 用いるビーム径とほぼ等しくなることから、光の波長を 短くすることでしかパターンサイズを縮小することがで きない。そのため、可視光の波長400~700nm程度かそ れ以下の微細なパターンを形成するには、光源として電 子線やX線を用いる高価な露光装置が必要になり、高コ ストな加工プロセスになる。一方、ヒートモードリソグ ラフィは、レーザ光の解像限界を超えたパターン形成技 術であることから、安価なレーザ露光装置を用いて微細 なパターンを大面積に形成することができる特徴があ る。我々が用いる感光材料は、ポジ型のフォトレジスト AZP1350であり、これに該当する特性を持っているか 不明であるが、従来のフォトマスク基板に塗布されてい る金属クロム膜にホログラムの干渉縞のパターンを描画 するという概念から離れて、フォトレジストに干渉縞の 描画パターンを転写できれば良いという手法を用いた。 従って、作成されるホログラムはレジストの厚みが変調 成分を表すため、位相型ホログラムになる。

3.3. 実験結果

本レーザ描画装置はラスタースキャン方式であるの で、スキャンによりビームの強度パターンの裾野が重な る部分が生じる。この時のレーザのパワーや減衰フィル タなどによりレジストへの露光エネルギを変化させ、現 像後のレジスト除去量を調節する。そのため、レーザ直 接描画装置のパワーに対する基板上のレジストが除去さ れる量の関係を求める必要がある。本実験においては、 この描画装置の描画時間の短縮化を図るため、2値化さ れた情報を出力する。なお、今回使用したレーザ描画装 置DWL66 はグレースケール描画モードを保持している が、描画速度が極端に遅く、今回は使用していない。装 置のスペックとしては最小スポット径 0.8μm となって いる。2つの点光源の分解能δの定義は色々あるが、例 えばレーリーの基準によれば、 δ =0.61× λ /NA、 λ は光の 波長(405nm)、NAは描画用レンズの開口数(0.55)、計 算上は0.5μm程度が解像されることになる。しかし、レー ザ照射条件や撮像系、レジストの現像条件、Cr膜のエッ

チング条件によって解像の極限値は変化するので、これが限界ではないと考えられる。ヒートモードリソグラフィと同様のパターンがレジスト上に得られるとするならば、最少スポット径の4分の1程度であるので、0.2μmが限界かと思われる。

我々は、露光量とレジストの除去量のデータをもとに、レーザのパワーと減衰フィルタ、レジストの厚み及び現像時間を調節することによって、レジストの除去量をコントロールした。レーザリソグラフィとしては、 0.8μ mピクセルの干渉縞の元データを基に縮小露光($\times 0.8$, $\times 0.5$, $\times 0.4$) することにより、640nm、500nm、320nmのピクセルサイズのホログラムを描画作製した。その結果として、ピクセルサイズ <math>640nm、500nmの干渉縞を作製し、広視野角の再生像を得た50。なお、再生照明光にはレーザ+LEDの小型プロジェクターを用いた。

4. デジタルホログラフィ技術を用いたコンピュータ ホログラフィ用光波撮像技術

田原樹*4

本プロジェクトの目的の一つである面内 30cm四方のカラーホログラフィック撮像システム実現のため、本年度は昨年度提案した基本技術の改良、光学システム試作、技術の実証に注力した。また、新奇多波長記録方式を提案した。

カラー3 次元画像情報を記録可能なカラーディジタルホログラフィでは、カラーフィルタアレイを用いると 3 次元的に像がボケるため、時間分割または角度多重記録方式が一般的である。しかしながら、従来、カラー3 次元画像を得るために時間分解能または撮影範囲が厳しく制限される。そこで、実在する物体への適用を見据え、時間分割方式の改良、角度多重記録方式における撮影範囲の拡大実証に加え、瞬間多波長カラー3 次元画像記録可能な方式の提案と実証に着手した。

従来、時間分割記録では広範囲記録が可能であるが、RGBに対応するN波長の情報記録に最低 3N回の撮像と光源切り替えの機構が必要である。昨年度に光源切り替えの必要がなく、ホログラム取得を 2N+1 種類にまで低減することで時間分解能を向上させるカラーディジタルホログラフィ方式を提案した。今年度は、新たに信号処理アルゴリズムを考案することで必要情報を 2N種類にまで減らし⁶⁾、さらに、専用の光学素子アレイを用いることで波長数に依らず1回の記録で済ませる方法を提案・発表した⁷⁾。基本技術の実証、光学システム化が次年度の課題である。

^{*4} システム理工学部助教 博士(工学)

角度多重記録では単一露光でカラー3次元画像記録可能であるが、従来、狭い範囲しか撮像できず、無理に撮像するとノイズ光が物体の像に重畳する。広範囲カラーホログラフィック画撮像を目指し、信号理論と光学系の最適設計により撮影範囲広域化を試みた。そして、ノイズ光がなく鮮明なカラー3次元画像記録能力を実証した8.9)。面内30cm四方記録のための光学系の工夫が、次年度の課題である。

前述の方法ではいずれも広範囲動画像記録が可能であるが、特殊な素子の必要性に加え、波長数の増加に伴いシステムが複雑化するという課題を抱えている。既存の方法では、多波長を精度よく動画像記録することができない。極めて鮮明なカラー動画像を得るためには、多色情報の瞬時記録が必須であることに鑑み、波長数に依らずコンパクトな光学システムで実現可能な方式を考案した¹⁰⁾。そして、日本国硬貨の瞬時カラー3次元画像記録を実証し¹⁰⁾、光学システムの設計に応じて800nmの構造の瞬時複数波長3次元分解イメージングが可能であることを併せて実証した¹⁰⁾。また、ホログラフィの特徴を活用することによる透明な生物試料の3次元形状可視化を示し¹⁰⁾、複数波長の同時記録による透明物体可視化性能の向上を実験的に示した¹¹⁾。

次年度は上記システムの改良を行い、目的達成に最適な撮像方式を選定することを目指す。

5. 超大規模データの圧縮

棟安実治*1、田口亮*5

5.1. はじめに

昨年度は、これまでの画像圧縮技術のアウトラインを調査することから始め、現在、標準化が進行している3次元映像符号化について調査を行った。その結果として、ホログラフィを圧縮する際の問題点とそれに関連する研究課題を明らかにした。今年度はその結果を受けて、CGH画像の干渉縞のロスレス圧縮技術の開発に取り組んだ。ロスレスに着目した理由として、ホログラフィの圧縮において大きな問題点となる画質評価を必要としないことがあげられる。ロッシー圧縮では、性能評価のためにこの点を避けて通ることができない。以下に、提案手法とその評価について報告する。

5.2. 提案手法

対象となる干渉縞は2値画像であり、0または255を取る。ここでは、これを0と1の2値画像と考えて、圧縮手法について考察した。干渉縞画像の例を図5.1に示す。

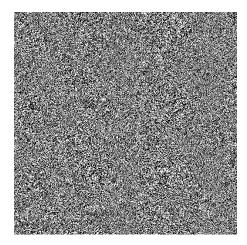


図5.1 干渉縞画像の例

この画像は、干渉光の振幅成分を誤差拡散法で2値化したものと考えられるため、誤差拡散の元来の性質を考慮すると、従来の画像圧縮に利用された画素値の類似性のようなものは期待しにくい。そのため、ここでは0または1の連続性を評価するランレングスに着目した。実際に図5.1の画像の左上4分の1に対してランレングスを求めると、図5.2のような結果を得た。この結果から2のランレングス長が多数現れるため、この部分を1ビットで符号化できれば、圧縮が行える。すなわち、ランレングス長の分布によって符号設計することで、圧縮が行えることがわかる。

具体的には、次のように符号化を行うものとした。

- 1) 画像を適切なサイズで分割し、画像ブロックを作成する。
- 2) 各ブロックのランレングスを計算する。
- 3) ランレングスのヒストグラムからHaffman符号を設 計する。
- 4) Haffman符号の総ビット数と符号化結果の総ビット 数から圧縮率を求める。
- 5) 圧縮率が1より小さければこの符号化を採用し、1 より大きければ採用せず、このブロックについては 圧縮を行わない。
- 6) 圧縮率が最も良くなるように、画像の分割並びにス キャン方向を変更する。

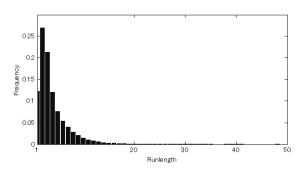


図5.2 ランレングスのヒストグラム

^{*5} 東京都市大学 生体医工学科教授

5.3. 実験結果

2048×2048の画像2枚(実物体、ポリゴンとする) および4096×4096の画像(Mikuとする)を用いて評価 を行った。評価に用いた指標Iは、

$$I = \left(1 - \frac{t + F}{M \times N}\right) \times 100 \, [\%]$$

である。ここで、tはHaffman符号の符号量で、Fはそれによって符号化された画像の符号量を示す。また、Mと Nは画像の縦と横の画素数である。この指標は 100 に近い方がより強く圧縮されていることになる。

表 5.1 にブロックサイズとスキャニング方向(縦と横で表示)に関する各画像の指標値を示す。結果から、提案手法により一定の圧縮が行われていることがわかる。特に、"ポリゴン"のようなポリゴンモデルで生成された干渉縞には、より大きな圧縮性能が得られることがわかる。この指標では直接的に評価できないが、よく知られるZIPを使って圧縮した場合よりもよい結果が得られている。

| サイズ | 実物体 | ポリゴン | Miku |
|---------|------|-------|-------|
| 2048(横) | | | 8.95 |
| 2048(縦) | | | 4.68 |
| 1024(横) | 6.02 | 0.80 | 11.25 |
| 1024(縦) | 4.23 | 10.15 | 5.75 |
| 512(横) | 5.93 | 5.51 | 11.99 |
| 512(縦) | 4.15 | 10.29 | 5.73 |
| 256(横) | 5.68 | 5.88 | 12.01 |
| 256(縦) | 3.95 | 11.66 | 5.71 |

表5.1 実験結果[%]

5.4 まとめ

CGH画像の干渉縞のロスレス圧縮技術について、ランレングスに基づく新たな手法について提案した。ポリゴン画像の場合、10%程度の符号量削減が行える。今後は、さらにこの手法の検討を行うとともに、ロッシー圧縮の手法についても検討する予定である。

6 高度三次元音響技術の開発

梶川嘉延*1、Shi Chuang*6、Woon-Seng Gan*7

6 1 はじめに

コンピュータホログラフィによる三次元映像に対して、より没入感をユーザに与えるためには、視覚だけでなく聴覚への付加的な刺激が重要となる。そのためには、聴覚に対する三次元音響技術の開発が必須となる。三次元音響技術には波面合成法、アンビソニックなどに代表される実音場における音波を忠実に再現する技術と、ト

ランスオーラルシステムに代表される制御点における音響信号を再現する技術とがある。それぞれは、三次元映像技術におけるホログラフィと視差を利用した三次元テレビに相当する。前者の技術はユーザに対して没入感を与えるのには最適であるが、非常に多くの再生用スピーカを必要とするなど、実現面における課題が多数残されている。一方、後者の技術は容易に三次元音場をユーザに提示することが可能であるが、制御点が限定される、演算量が多いなどの問題点が残されている。今年度は、前年度に引き続きトランスオーラルシステムに関する検討を行った。特に、再生装置のキーとなるパラメトリックアレースピーカ(PAL)について、その音質を改善するための非線形信号処理技術について検討を行った。

6.2. 検討システムの概要

超音波を搬送波としたパラメトリックアレイスピーカ (PAL: Parametric Array Loudspeaker) は指向性の高 い音が望まれる様々な実用的アプリケーションのための 音響再生装置として研究されている。PALを用いたア クティブノイズコントロールにおける最近の実例では、 2台のPALが使用者の左右の耳それぞれを騒音制御する ために使用されている^{12,13)}。また、同様の構成は3D音 場再現でも検討されている。しかしながら、PALの音 質は再生原理が非線形音響に基づくため、副産物として 生じる非線形歪みが多く満足のいくものではない。PAL の開発以来、この問題を解決するため多くの前処理手法 が提案されている。我々は、PALの非線形歪み補正と してVolterra フィルタを用いた線形化システムを提案 した¹⁴⁻¹⁶⁾。この補正法では、PALの非線形性をVolterra フィルタによりモデル化し、そのVolterraフィルタを利 用して非線形歪みの補正信号を生成する。

音波の振幅が十分に小さい場合、線形音響モデルは一般的に正確で適用が容易である。しかし、音波の振幅が大きいと非線形の音響効果が顕著になるため、音響モデルではその影響を無視することができない。この場合、音波は有限振幅音波といわれている。周波数の近い2つの有限振幅音波が放射されるとき、高調波の他に和や差の周波数において相互変調波が発生する。超音波領域で有限振幅音波が放射されるとき、差の周波数による仮想音源がエンドファイアアレイの形で形成されるため、差の周波数の音のみを聞くことができる。さらに、差の周波数の音波が遠方まで到達し、振幅が大幅に減少するよりも早く超音波は空気に吸収される。

可聴音入力は超音波搬送波を用いて変調され、変調された信号は増幅され、超音波エミッタから放射される。 変調信号の側波帯には、可聴音入力の情報が含まれており、空気中を伝搬する際、搬送波との相互作用により、

^{*6} 先端科学技術推進機構ポスト・ドクトラル・フェロー

^{*7} Associate Professor, Nanyang Technological University

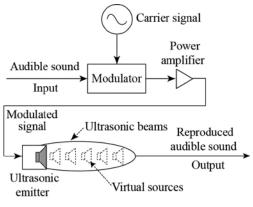


図6.1 PALの原理

それらの差の周波数が自己復調波としてもたらされる。この現象は、自己復調効果として知られ、自己復調波の指向性は搬送波と同様である。したがって、PALの放射音のビーム幅は同じエミッタサイズの他の音響再生装置と比較して非常に狭い。

6.3 検討結果

補正実験を行うにあたり、まず、1 次、2 次Volterra 核を同定した。そして、同定したVolterra 核を用いて線形化システム (VF)を設計し、PALの 2 次非線形歪み補正実験を行った。その時の平均補正量を表 6.1 に示す。

表6.1 非線形歪み補正結果

| 高調波歪 | 和の相互変調歪 | 差の相互変調歪 |
|--------|---------|---------|
| 21.7dB | 18.3dB | 20.0dB |

表 6.1 より、PALの非線形歪みを約 20dB程度補正できていることがわかる。また、演算量について検討したところ、Intel Corei7 3.10GHz のパソコンで、検証用信号(1分48秒)に対して要した処理時間は1分41秒であり、ほぼリアルタイムでの処理が可能であることもわかった。

7. 超高密度環境における通信品質評価およびデータ オフロード法提案

中村大樹*2、四方博之*8

今後、無線通信機能を有する端末の数は年々増え続け、 現在よりも超高密度な環境での無線通信が一般的になる ものと考えられる。そこで、本研究では、超高密度環境 を想定した場合の無線通信特性についてシミュレーショ ンによる評価を行った。

7.1. 評価環境・モデル

無線通信端末が、 $100m \times 150m$ 程度のエリアに数多く存在する環境を想定する。各端末は、通信範囲内に存在する受信ノードに対してデータを送信する。端末台数としては、100 台規模および 1000 台規模の 2 種類の状況を想定し、それぞれの場合のフレームサイズを 460 Bytesおよび 60Bytesとする。また、利用可能な無線帯域を 50kbpsとする。Medium Access Control(MAC)プロトコルとしては、数多くの無線通信規格で採用されている Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance(CSMA/CA)の適用を考える。各端末は 10 秒に 1 回の周期でデータを送信するものとする。

7.2. シミュレーション結果

図 7.1 に 100 台規模の場合のノード数に対するパケッ ト到達率特性を示す。なお、本評価では端末によるパケッ ト再送あり、なしのそれぞれの場合について評価した。 図中の "Average" は平均パケット到達率、"Worst" は 全ての端末のうち、最も到達率が低い端末の到達率の平 均(最低パケット到達率と呼ぶ)を示している。この結 果から、再送ありの場合には、ノード数が少ない場合に 特性を改善できるものの、ノード数の増加に伴いその特 性が大きく劣化することが分かる。これは、再送を行う ためのACKフレームのオーバーヘッドに起因する。ま た、再送を行わない場合は、最低パケット到達率が低く なっていることが分かる。いずれの場合もノード数が多 くなると、到達率が80%を下回っており、このような高 密度で比較的大きいサイズのフレームを送信することの 難しさが分かる。一方、図 7.2 に、1000 台規模の場合の ノード数に対するパケット到達率特性を示す。ここでは、 再送なしの場合の結果のみを示す。この図より、1000 台規模の場合には、平均パケット到達率、最低パケット 到達率ともに低い値になることが分かる。1000台もの ノードが同時にアクセスする場合には、たとえ 60Bytes と小さいサイズのフレーム送信であっても、その到達率 を高く維持することは非常に困難であることが分かる。

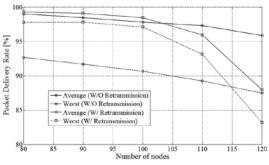


図7.1 ノード数に対するパケット到達率特性 (100台規模)

^{*8} システム理工学部准教授 博士(工学)

これらの結果より、超高密度環境にてCSMA/CAに基づくアクセスを行うためには、物理層を含めた通信方式・プロトコルの改良が必須であることを確認できた。

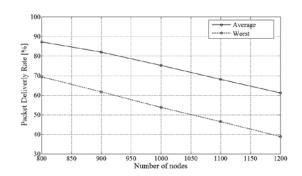


図7.2 ノード数に対するパケット到達率特性 (1000台規模)

7.3. データオフロード法評価

ユーザの生活行動・移動パターンを活用したWiFiオフロード法¹⁷⁾について、多数の端末が移動を行う環境での有効性評価を行った。また、このオフロード法で取り入れているDelayed Offloadingは、ユーザにとってのメリットが少ないため導入が難しい。そこで、ユーザの導入を促進する、あるいは通信事業者がオフロードの使用を強制するオフロード法の提案を行った。提案オフロード法は、ユーザが任意にオフロード実施・非実施を選択し、オフロード利用量に応じて利用料を減額するユーザ選択型、通信事業者の回線が逼迫したときのみオフロードの利用を強制する高負荷強制型、常にオフロードの利用を強制する常時強制型の3つからなる。これらのオフロード法により、通信事業者は、オフロード利用を促進することが可能となり、高密度・高負荷なセルの通信量抑制・制御が実現可能となる。

7.4. まとめ

本研究では、高密度・高負荷な環境での無線通信品質特性の明確化および高負荷環境を解消するためのオフロード法に関して検討を行った。

ボジタルサイネージを用いたメンズファッション コーディネート生成システム

徳丸正孝*8

8 1 はじめに

本研究では、2013年度に開発した一対比較投票による対話型進化計算システムを発展させ、通りすがりの多くの人から投票を得てデザインの最適化を行うシステムの開発を行った $^{18,19)}$ 。

本研究にて開発したメンズファッションコーディネー

ト生成システムは、デジタルサイネージを用いて様々な配色の衣服コーディネートを提示し、通行人などの多くのユーザから直感的に良いと感じるデザインに投票してもらうことで、獲得票数を解候補の評価値として進化計算を行うものである。したがって、投票に参加する多くのユーザの感性を反映したデザインの生成が期待できる。

8.2. システム概要

図8.1 にメンズファッションコーディネート生成システムの概要を示す。提案システムにおける衣服コーディネートデザインは、ジャケット、Tシャツ、ボトムス、ソックスの4つの3D衣服モデルで構成される。それぞれの衣服の形状は固定されているが、各衣服は柄および配色の異なる複数のデザインが用意されている。プロトタイプとして作成した今回のシステムでは、実際に市販されている衣服を基に3D衣服データが作成され、ジャケット、Tシャツ、ソックスは、それぞれ16種類、ボトムスは、8種類のデザインを有している。したがって、衣服コーディネートの組み合わせは32,768通りとなる。

本システムではまず、乱数によって初期コーディネートデザイン群を生成し、対戦表を生成する。その対戦表を基に、デジタルサイネージを通してユーザにコーディネートデザインを提示する。ユーザは、各対戦において提示された2つのデザインのうち、好みの方に1票を投じるのみの簡単な評価を行う。

図8.2 にシステムの投票用インタフェースを示す。本システムでは2台のデジタルサイネージを並べて配置し、それぞれのサイネージに1つずつコーディネートデザインを表示している。また、サイネージの前に大型の投票用ボタンを設置し、ユーザはボタンを押すことで好みのデザインに対して投票を行う。

本システムでは、ユーザが投票をする度、現世代の対 戦表の中からランダムに1つの対戦が選択され、デジ タルサイネージ上に表示される。提案システムは、予め 定めた勝敗の決定に充分な票数を獲得した時点で、提示

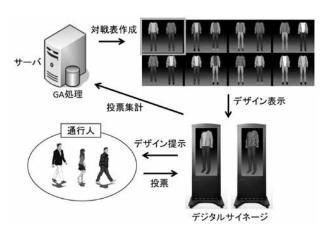


図 8.1 システム概要



図 8.2 投票用インタフェース

した対戦の勝敗を決定する。また、勝敗が決定した対戦は、現世代の間ユーザに提示されないものとする。勝敗が決定した対戦は、対戦デザインが獲得した投票数を基にGA 処理が行われ、新たなデザインを生成する。そして、新たに生成したデザインを基に新たな対戦表を生成し、再度ユーザにデザインを提示する。

8.3. システム運用実験

提案システムを大学構内に設置し、10日間の運用実験を行った。その結果、合計で1,679票の投票を獲得し、20世代の最適化処理により衣服デザインが比較的類似したデザイン候補に収束した。これにより、提案システムは多くの人の感性を反映したデザイン生成が可能であることが確認できた。

謝辞

本研究は、「文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成 支援事業 (平成25年度~平成29年度)」によって実施 されたものである。

参考文献

- K. Matsushima, M. Nakamura, S. Nakahara, Silhouette method for hidden surface removal in computer holography and its acceleration using the switch-back technique, Opt. Express, 22(20), 24450 (2014).
- S. Masuda, K. Matsushima, S. Nakahara, Optimization of the switch-back technique used for fast occlusionprocessing in computer holography, Practical Holography XXIX: Materials and Applications, USA (2015).
- 3) T. Miyaoka, K. Matsushima, S. Nakahara, Optimization of design-wavelength for unobtrusive chromatic aberration in high-definition color computer holography, Practical Holography XXIX: Materials and Applications, USA (2015).

- 4) H. Miura, et al., Jpn. J. Appl. Phys., 45, 1410 (2006).
- 5) 中原住雄, 松島恭治, レーザリソグラフィを用いた広視野角と視域拡大CGHの作製, HODIC Circular, 34(1), 8 (2014).
- 6) 田原樹, 森亮太, 菊永修平, 新井泰彦, 高木康博, 波長情報 を選択的抽出可能な位相シフト干渉法におけるホログラ ム記録枚数低減, Optics and Photonics Japan 2014 講演 予稿集, 6pP13 (2014).
- 7) T. Tahara, S. Kikunaga, Y. Arai, Y. Takaki, Phase-shifting interferometry capable of selectively extracting multiple wavelength information and its applications to sequential and parallel phase-shifting digital holography, OSA Three-Dimensional Imaging 2014 (DH), DM3B.4, USA (2014).
- 8) 田原樹, 加来徹, 高橋祐樹, 新井恭彦, 高木康博, 位相を利用し多波長情報を取得するディジタルホログラフィ, Optics and Photonics Japan 2014 講演予稿集, 5aDS6 (2014).
- 9) T. Tahara, Y. Takahashi, T. Komura, T. Kaku, Y. Arai, Single-shot multiwavelength digital holography using angular multiplexing and spatial bandwidth enhancement for extending the field of view, submitted.
- 10) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Digital holography based on multiwavelength spatial-bandwidth-extended capturing-technique using a reference arm (Multi-SPECTRA), Opt. Express, 22, 29594 (2014).
- 11) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Single-shot multiwavelength phase-unwrapping using a single reference beam and a monochromatic image sensor, submitted.
- 12) K. Tanaka, C. Shi, Y. Kajikawa, Study on active noise control system using parametric array loudspeakers, 7th Forum Acusticum, Poland (2014).
- 13) K. Tanaka, C. Shi, Y. Kajikawa, Multi-channel active noise control using parametric array loudspeakers, 2014 Asia Pacific Signal and Information Processing Association (APSIPA) Annual Summit and Conference, Cambodia (2014).
- 14) Y. Hatano, C. Shi, Y. Kajikawa, A study on linearization of nonlinear distortions in parametric array loudspeakers, 2014 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, Vietnam (2014).
- 15) C. Shi, Y. Kajikawa, W. S. Gan, An overview of directivity control methods of the parametric array loudspeaker, APSIPA Transactions on Signal and Information Processing, 3(E20), 1 (2014).

- 16) C. Shi, Y. Kajikawa, A comparative study of preprocessing methods in the parametric loudspeaker, Proceedings of the 2014 Asia Pacific Signal and Information Processing Association (APSIPA) Annual Summit and Conference, Cambodia (2014).
- 17) 岡本裕太,四方博之,生活行動・移動パターンを活用した WiFiオフロード法,電子情報通信学会総合大会,新潟 (2014).
- 18) 坂井将之, 竹之内宏, 徳丸正孝, デジタルサイネージを用いた 複数のユーザの投票によるデザイン生成支援システム, 第30 回ファジィシステムシンポジウム, TA3-4, 378, 高知 (2014).
- 19) M. Sakai, H. Takenouchi, M.Tokumaru, Design Support System with Votes from Multiple People using Digital Signage, 2014 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI 2014), 26 (2014).

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト(平成25~29年度)

コンピュータホログラフィ技術を中心とした 超大規模データ処理指向コミュニケーション 平成26年度 研究成果一覧表

論文

- (1) K. Matsushima, M. Nakamura, S. Nakahara, Silhouette method for hidden surface removal in computer holography and its acceleration using the switch-back technique, Optics Express 22 (20), 24450-24465 (2014).
- (2) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Digital holography based on multiwavelength spatial-bandwidth-extended capturing-technique using a reference arm (Multi-SPECTRA), Optics Express, 22(24), 29594-29610 (2014).
- (3) T. Tahara, Y. Takahashi, Y. Arai, Image-quality improvement in space-bandwidth capacity-enhanced digital holography, Optical Engineering, 53(11), 112313 (2014).
- (4) C. Shi, Y. Kajikawa, W. S. Gan, An overview of directivity control methods of the parametric array loudspeaker, APSIPA Transactions on Signal and Information Processing, 3, e20 (2014).

国際学会

- (1) S. Masuda, K. Matsushima, S. Nakahara, Optimization of the switch-back technique used for fast occlusion-processing in computer holography, Practical Holography XXIX: Materials and Applications, 9386-22, USA (2015).
- (2) T. Miyaoka, K. Matsushima, S. Nakahara, Optimization of design-wavelength for unobtrusive chromatic aberration in high-definition color computer holography, Practical Holography XXIX: Materials and Applications, 9386-24, USA (2015).
- (3) S. Nakahara, K. Matsushima, M. Takita, Y. Okino, Reconstructed multiple images on coaxial depth direction from computer generated hologram, 24th International Symposium on Optical Memory, We-J-41, Taiwan (2014).
- (4) K. Matsushima, S. Nakahara, S. Masuda, T. Miyaoka, Research facilities for computer holography at Kansai University and several recent topics, International Workshop on Holography and Related Technologies 2014, 16b01, China (2014).
- (5) K. Matsushima, S. Nakahara, Computer holography and a great future of spatial 3D imaging, The 14th International Meeting on Information Display, 3-2, Korea (2014).
- (6) K. Matsushima, S. Masuda, S. Nakahara, Performance of the switch-back technique for fast hidden-surface removal in computer holography, Digital Holography and Three-Dimensional Imaging 2014, DTu2B.7, USA (2014).
- (7) S. Nakahara, K. Matsushima, Fabrication of computer generated holograms constituted from sub-micrometer pixel for wide viewing angle using laser lithography, Digital Holography and Three-Dimensional Imaging 2014, JTu4A.10, USA (2014).
- (8) K. Matsushima, S. Nakahara, Switch-back method: A fast technique for hidden-surface removal in computer holography, 13th Workshop on Information Optics 2014, Switzerland (2014).
- (9) S. Nakahara, K. Matsushima, Laser lithography to producing computer generated holograms with 3D image and wide-field of view, 15th International Symposium on Laser Precision Microfabrication, P38, Lithuania (2014).
- (10) T. Tahara, Y. Arai, Single-shot multiwavelength digital holography using a monochromatic image sensor and a single reference beam, Optics & Photonics Taiwan, International Conference, 2014-FRI-S0404-I003, Taiwan (2014).
- (11) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Multiwavelength digital holography utilizing the space-bandwidth capacity-enhance, SPIE/COS Photonics Asia, 9279-34, China (2014).
- (12) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Single-shot color digital holography based on spatial frequency-division multiplexing and space-bandwidth capacity-enhance, JSAP-OSA Joint Symposia 2014, 20a-C4-6, Hokkaido (2014).
- (13) T. Tahara, S. Kikunaga, Y. Arai, Y. Takaki, Phase-shifting interferometry capable of selectively extracting

- multiple wavelength information and its applications to sequential and parallel phase-shifting digital holography, Digital Holography and Three-Dimensional Imaging 2014, DM3B.4, USA (2014).
- (14) T. Tahara, P. Xia, Y. Awatsuji, K. Nishio, S. Ura, T. Kubota, O. Matoba, Multi-parameter motion-picture recording with wide space-bandwidth by parallel phase-shifting digital holography, SPIE DSS Three-Dimensional Imaging, Visualization, and Display 2014, 9117-11, USA (2014).
- (15) T. Tahara, Y. Arai, Extension of the space-bandwidth product in single-shot multi-wavelength interferometry using a single reference beam, Biomedical Imaging and Sensing Conference 2014, BISCp3-6, Kanagawa (2014).
- (16) M. Muneyasu, T. Imai, Switching fuzzy weighted mean filters based on fuzzy C-means algorithm, 2014 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS1-01, Vietnam (2014).
- (17) K. Tanaka, C. Shi, Y. Kajikawa, Multi-channel Active Noise Control Using Parametric Array Loudspeakers, Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference 2014, 1286, Cambodia (2014).
- (18) C. Shi, Y. Kajikawa, A comparative study of preprocessing methods in the parametric loudspeaker, 2014 Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference, 1238, Cambodia (2014).
- (19) Y. Kajikawa, Integration of Active Noise Control and Other Acoustic Signal Processing Techniques, 2014 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems, 7256, Okinawa (2014).
- (20) Y. Hatano, C. Shi, Y. Kajikawa, A study on linearization of nonlinear distortions in parametric array loudspeakers, 2014 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS2-03, Vietnam (2014).
- (21) K. Tanaka, C. Shi, Y. Kajikawa, Study on Active Noise Control System Using Parametric Array Loudspeakers, 7th Forum Acusticum 2014, PJ02-4, Poland (2014).
- (22) H. Yomo, D. Nakamura, S. Hara, Human group sensing and networking: Scenario development and feasibility study, 9th International Symposium on Medical ICT, THB2-3, Kanagawa (2015).
- (23) M. Tokumaru, Implementation of the healthy eating habits support system based on user taste preferences and nutritional balance, International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2014, 66, Sweden (2014).
- (24) H. Takenouchi, H. Inoue, M. Tokumaru, Signboard Design System through Social Voting Technique, 2014 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, ISIC'14 1-3, USA (2014).
- (25) M. Sakai, H. Takenouchi, M. Tokumaru, Design support system with votes from multiple people using digital signage, 2014 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, ISIC'14 1-5, USA (2014).

国内学会

- (1) 松島恭治, 中原住雄, コンピュータホログラフィの研究を支援する関大デジタルホロスタジオ, 第19回関西大学先端科学技術シンポジウム, 大阪 (2015).
- (2) 中原住雄, 増田幸勇, 松島恭治, レーザリソグラフィによるサブミクロンピクセルCGHの作製, 平成26年第4回ホログラフィック・ディスプレイ研究会, 5, 大阪 (2014).
- (3) 松島恭治, コンピュータホログラフィ研究と作品制作のためのソフトウェア環境, 平成26年第4回ホログラフィック・ディスプレイ研究会, 6, 大阪 (2014).
- (4) 増田幸勇, 松島恭治, 中原住雄: コンピュータホログラフィにおけるスイッチバック法を用いた隠面消去の高速化手法, 平成26年第3回ホログラフィックディスプレイ研究会, 2, 千葉 (2014).
- (5) 宮岡貴史, 市原瑞穂, 松島恭治, 中原住雄, Kinect Fusionを用いた高解像度フルカラーCGHの作成と再生, 3次元画像コンファレンス2014, P-13, 東京 (2014).
- (6) 増田幸勇, 松島恭治, 中原住雄, スイッチバック法を用いたポリゴン単位隠面消去処理の性能とその改良, 3次元画像コンファレンス2014, P-14, 東京 (2014).
- (7) 田原樹, 加来徹, 高橋祐樹, 新井恭彦, 高木康博, 位相を利用し多波長情報を取得するディジタルホログラフィ, Optics and Photonics Japan 2014, 5aDS6, 東京 (2014).
- (8) 田原樹, 加来徹, 新井恭彦, 50°超の入射角をなす単一参照光路を用いる単一露光複数波長ディジタルホログラフィ, Optics and Photonics Japan 2014, 6pE1, 東京 (2014).

- (9) 田原樹, 森亮太, 菊永修平, 新井泰彦, 高木康博, 波長情報を選択的抽出可能な位相シフト干渉法におけるホログラム 記録枚数低減, Optics and Photonics Japan 2014, 6pP13, 東京 (2014).
- (10) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Y. Takaki, Digital holography for simultaneously sensing multiple wavelength information, 第5回ディジタルオプティクス研究会CIS-Japan Collaboration Symposium, 東京 (2014).
- (11) 田原樹, 加来徹, 新井恭彦, 単色撮像素子と単一参照ビームを用いるシングルショットカラーディジタルホログラフィ, 精密工学会2014年秋季大会学術講演会, F08, 鳥取 (2014).
- (12) 田原樹, 多次元画像情報を同時記録するホログラフィ, 第23回日本バイオイメージング学会学術集会, S4-3, 大阪 (2014).
- (13) 田原樹, 高橋祐樹, 新井泰彦, ディジタルホログラフィにおける逆フィルタ補正による画質向上, 第39回光学シンポジウム, 22, 東京 (2014).
- (14) 藤井健作, 棟安実治, フィードフォワード型能動騒音制御用帰還系推定法に関する検討, 電子情報通信学会応用音響研究会, EA2014-63, 京都 (2015).
- (15) 日山文, 棟安実治, 携帯端末を考慮した印刷画像からのデータ検出手法の改良, 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会, SIS2014-51, 山形 (2014).
- (16) C. Shi, Y. Kajikawa, Investigation of using Volterra filters to model a parametric array loudspeaker, 日本音響学会 2015年春季研究発表会, 2-10-7, 東京 (2015).
- (17) C. Shi, Y. Kajikawa, Evaluation of modified amplitude modulation methods in the parametric array loudspeaker, 電子情報通信学会応用音響研究会, EA2014-83, 沖縄 (2015).
- (18) 羽田野佑太, 木下聡, 史創, 梶川嘉延, パラメトリックスピーカにおける非線形歪み補正に関する検討~Volterraフィルタの演算量削減と補正効果について~, 電子情報通信学会応用音響研究会, EA2014-119, 沖縄 (2015).
- (19) 羽田野佑太, 史創, 梶川嘉延, パラメトリックスピーカにおける非線形歪み補正に関する検討, 第29回信号処理シンポジウム, P1-7, 京都 (2014).
- (20) C. Shi, Y. Kajikawa, Volterra filters for representing the parametric acoustic array in air, 第29回信号処理シンポジウム, P3-4, 京都 (2014).
- (21) 田中貴大, 史創, 梶川嘉延, パラメトリックスピーカによる低演算量マルチチャネルANCシステムの実現に関する検討, 第29回信号処理シンポジウム, P5-8, 京都 (2014).
- 22) C. Shi, Y. Kajikawa, A preprocessing method for the parametric array loudspeaker, 2014年電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会, A-4-20, 徳島 (2014).
- (23) 坂井将之, 竹之内宏, 徳丸正孝, デジタルサイネージを用いた複数のユーザの投票によるデザイン生成支援システム, 第30回ファジィシステムシンポジウム, TA3-4, 高知 (2014).

その他

- (1) 田原樹, 栗辻安浩, 夏鵬, 西尾謙三, 裏升吾, 並列位相シフトデジタルホログラフィと高速3次元動画像記録および生体 4次元顕微鏡応用, 光技術コンタクト, 52(7), 3-10 (2014).
- (2) 田原樹, 新井泰彦, 高木康博, 波長情報を選択的抽出可能な位相シフトディジタルホログラフィ, O plus E, 36(5), 533-537 (2014).

2015年度 技苑「プロジェクト研究報告概要」

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト

コンピュータホログラフィ技術を中心とした 超大規模データ処理指向コミュニケーション

研究代表者:松島 恭治

研究分担者:棟安 実治・梶川 嘉延・中原 住雄・

四方 博之・徳丸 正孝・田原 樹・

学外研究分担者: Petar Popovski· Woon-Seng Gan·

田口 亮・山口 雅浩・坂本 雄児・

伊藤 智義・下馬場 朋禄

1. はじめに

松島恭治*1

本プロジェクトは、大きくホログラフィグループと近 未来コミュニケーショングループに分かれて研究活動を 行っている。ホログラフィグループはホログラフィによ る3次元映像の取得と再生、近未来コミュニケーション グループはその映像技術に伴う圧縮・伝送や音響技術、 さらには、その潜在的アプリケーションの研究を行ってい る。以下、ホログラフィグループ、近未来コミュニケーショ ングループの順序で本年度の研究概要を掲載している。

2. 計算機合成ホログラム数値合成技術と関大デジタル ホロスタジオ

松島恭治、中原住雄*2、土山泰裕*3、東野好伸*3

本年度は、従来モノクロ再生であった高解像度計算機合成ホログラム (Computer-Generated Hologram,以下 CGH)をフルカラー化する手法に大きな進展があり、実際に展示可能なフルカラーCGHが作製された。

2.1.カラーフィルタを用いた高解像度フルカラー計 算機合成ホログラムの作製とそのシミュレーショ ン技術

静止画としてのCGHをフルカラー表示する手法は、いくつか考えられる。昨年度報告したダイクロイックミラーを用いたフルカラー再生もその一つである。この方式では、色の3原色に相当する3波長で計算した3枚の高解像度CGHを作製し、ダイクロイックミラーを用いた光学系で白色LED光源の分光と3色の再生像の重ねあわせを行うため、非常に美しい再生像が得られる。しかし、ダイクロイックミラーを用いた光学系が複雑かつ

高価で重量も重く、またその調整に時間がかかるため、 手軽に展示できるようなものではなかった。

そこで本年度は、Fig.1に示したように一枚に高解像度CGHの干渉縞を空間的に分割し、液晶パネル等で用いられるカラーフィルタをこの干渉縞に装着し、フルカラー再生する手法と取り組んだ。本プロジェクトで用いている手法では、干渉縞は金属膜として作製されるため、この手法で反射型でも透過型でも、カラーCGHが作製できる¹²⁾。ここで、一般にカラーフィルタの分光特性は非常に悪いが、RGBマルチチップタイプの白色LEDと組み合わせると、比較的良好な結果が得られる。

この手法では、カラーフィルタの特性をホログラム用に調整することが非常に重要になる。実際、当初リバーサルフィルムで作製したカラーCGHは非常に像が暗く、展示に耐えられるものではなかった。そこで、Fig.2に示すように、金属膜干渉縞、ガラス基板、カラーフィルタ特性等の表面透過率/反射率をモデル化して再生シミュレーションする技術を開発し、それを繰り返して適切な条件を得た。その結果、Fig.3に示すように、適切な条件では明るいCGHが得られることを確認した^{3,4)}。実際に、この特性のカラーフィルタを用いてフルカラーCGHを作製したところ、十分展示に耐えるホログラムを作製することができた。

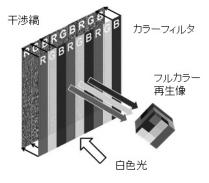


Fig. 1. カラーフィルタを用いた高解像度フルカラーCGHの原理¹⁾

^{*1} システム理工学部教授 博士(工学)

^{*2} 先端科学技術推進機構研究員 工学博士

^{*3} 理工学研究科、先端科学技術推進機構準研究員

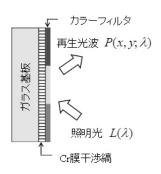


Fig. 2. カラーフィルタを用いたフルカラー高解像CGHの 構造とシミュレーションモデル^{3,4)}

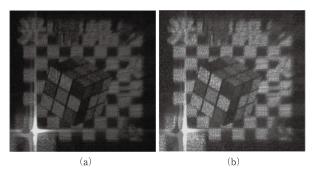


Fig. 3. カラーフィルタを用いたフルカラー高解像度CGH のシミュレーション結果^{3,4)}

2.2. 光源スイッチング方式電子ホログラフィの低フリッカ化と高次回折像の除去

ホログラムを動画再生するためには、空間光変調器 (Spatial Light Modulator, 以下、SLM)で動的に干渉縞を表示する必要がある。しかし、SLMは一般に解像度が低く、本プロジェクトで作製している程度の視域角と画像サイズのホログラムを再生するには、SLM数千台に相当する解像度が必要である。そのため、空間的あるいは時間的に像を多重化する技術が必要になる。そこで本プロジェクトでは、光源スイッチング方式時分割多重化電子ホログラフィ5の研究を進めている。

この方式では、1台のSLMを時分割して多重化するためコスト的に有利であるが、一方、SLMのフレームレートが低いと多重化後の再生像に激しいフリッカが生じる問題点がある。そこで本年度は、高フレームレートSLMとしてMEMS型のDigital Mirror Device (DMD)を導入した。このデバイスでは、毎秒1万フレーム以上のフレームレートで像が表示できるため、数倍程度の多重化では全くフリッカを感知できない再生像を達成できる⁶⁷⁾。

しかし、光源スイッチング方式には高次回折像が本体の再生像に混入して像を著しく劣化させる問題がある。この問題については、今年度新たに液晶シャッターを多重化面に敷き詰めて設置する手法を試みた。しかし、液晶シャッターにはわずかながら非変調領域(いわゆる額縁)があるため、新たにその額縁により像が一部遮蔽される問題が生じた。

2.3. 関大デジタルホロスタジオ

著名なホログラフィ美術家である石井勢津子氏を新たに客員研究員として迎え、高解像度CGHによる美術作品の制作を目指している。本報告書執筆時点ではまだ、展示可能な作品は完成していないが、近いうちに作品が発表できると期待している。

その他に、超臨場感コミュニケーション産学官フォーラムのセミナーにおいて、関大デジタルホロスタジオのような出力センタの意義とのその活動について報告を行った⁸⁾。

3. デジタルホログラフィ技術を用いたコンピュータホログラフィ用光波撮像技術

田原樹*4

本プロジェクトの目的の一つである面内 30 cm四方のカラーホログラフィック撮像システム実現のため、本年度は平成 25 年度に提案した技術の光学システム構築と実証に注力した。また、臨場感を高めるために動画像記録、高速画像再生に関する研究に着手し、複数波長同時高速 3 次元動画イメージングにおける性能評価、高速 3 次元像再生アルゴリズムの考案を手掛けた。

研究者が世界で初めて提案した位相分割多重技術に基 づくカラーイメージング方式は、広範囲のカラー3次元 ホログラフィック画像情報記録を達成可能である。本プ ロジェクトにおいて面内30 cm四方のカラーホログラ フィック撮像に応用すべく、基礎光学システムを構築し 実験した。結果、波長多重記録された単色画像からカラー 3次元イメージングを実証した⁹⁾。また、波長数をNと して、2N+1個の変数が含まれた画像から、2N枚の画像 を用いカラー3次元画像を再構成する技術を実証した100。 その成果は、2015年11月に国際学術論文誌Journal of Optics誌 (IOP Publishing発行) のHPトップにてPaper of the Weekとして紹介された(Fig.4)。他に、瞬時広範 囲カラー3次元イメージングを達成する技術の実験的検 討を行い、参考文献9、10の成果と共に結果を招待講 演として対外的に発表した11)。以上の成果より、当該 技術を用いると現状では時間分解能を若干落とさざるを 得ないが、本プロジェクトにおける目的達成に最適な撮 像方式であると選定した。

臨場感を高めるためには、時間方向の情報、即ち動画像情報が必要不可欠である。映像として超臨場感の情報を与えるために、複数波長の3次元動画像情報を撮像する光学システムを構築した。結果、最高で毎秒4.2万コマの記録速度で3次元動画像記録し、複数波長同時の高速3次元動画イメージングを達成、可能性を示した12.13)。

^{*4} システム理工学部助教 博士(工学)

ホログラフィック光波撮像し、得られた画像から3次元画像情報を再構成するためには、膨大な計算量が必要であることが指摘されている。臨場感を高めるためには、記録速度のみならず、像再生速度を加速度的に高める必要がある。像再生にかかる計算量は、2次元フーリエ変換が大きな割合を占める。そこで、フーリエ変換を必要としない像再生アルゴリズムを考案し、数値的に実現可能であることを明らかにした¹⁴⁾。今後は、実験により高速性を示すことが課題である。

次年度は面内 30 cm四方をカラー撮像すべく、選定システムに対し記録範囲拡張を行い、目的達成を目指す。また並行して、選定方式の時間分解能向上を目指す。



Fig. 4. Journal of Optics誌(IOP Publishing発行) HPより Paper of the weekに選出。左下矩形内が参考文献10 の紹介記事。

4. 超大規模データの圧縮

棟安実治*5

4.1. はじめに

昨年度は、CGH画像の干渉縞の可逆圧縮技術の開発に取り組んだ。その中でランレングスに着目した手法について提案した。可逆圧縮に着目した理由として、ホログラムの圧縮において大きな問題点となる画質評価を必要としないことがあげられる。本年度は当初の計画通り、従来から存在している可逆圧縮の手法を適用するための干渉縞に対する前処理について検討を行った。これが可能となれば、現在の伝送・蓄積の技術を利用することができ、非常に有利であると考えられる。また、光波データを原データとする非可逆圧縮手法についても検討を開始した。以下に、各手法について現在得られている結果について報告する。

4.2 可逆圧縮

ここでは、まず2値ホログラム干渉縞を多値化し、可 逆圧縮手法であるJPEG2000、JPEG-LSとPNGを用い て圧縮を試みた。2値から多値への前処理手順を①から ④に示す。

- ① 縦1横8画素のブロックを取り出し、0と255の値を0と1で表し、0から255に多値化する。
- ② 縦8横1画素のブロックを取り出し、①と同じように多値化する。
- ③ Fig.5(a)のように縦2横4画素のブロックを取り 出し、Fig.5(a)においてLSBを1、MSBを8にな るように定め、①と同じように多値化する。
- ④ Fig.5(b)のように縦 4 横 2 画素のブロックを取り出し、Fig.5(b)のようにLSBを 1、MSBを 8 になるように定め、①と同じように多値化する。

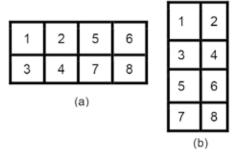


Fig. 5. ブロックの形状

ここで用いたデータは、ホログラム①とホログラム②は解像度 2048×2048、ホログラム③は解像度 4096×4096のデータである。各前処理と圧縮手法を組み合わせて処理を行い、Table1のような結果を得た。Table1は、bmpで保存された原画像との比である。Table1の結果から、7分の1程度の圧縮が達成されており、PNGによる圧縮が最も優れていることがわかる。しかし、変換が単純であるため、十分な圧縮率が得られていないことがわかる。そのため、さらに圧縮効率を向上するための変換手法を開発する必要がある。

Table 1. 圧縮率

| 1 1 1 1 1 1 | | | | | |
|-------------|-------|------|------|--|--|
| | ホログラム | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | | |
| JPEG2000 | | | | | |
| 1*8 bit | 0.14 | 0.13 | 0.13 | | |
| 8*1 bit | 0.14 | 0.13 | 0.13 | | |
| 2*4 bit | 0.14 | 0.14 | 0.14 | | |
| 4*2 bit | 0.14 | 0.14 | 0.14 | | |
| JPEG-LS | | | | | |
| 1*8 bit | 0.14 | 0.13 | 0.13 | | |
| 8*1 bit | 0.14 | 0.13 | 0.13 | | |
| 2*4 bit | 0.14 | 0.14 | 0.14 | | |
| 4*2 bit | 0.14 | 0.14 | 0.14 | | |
| PNG | | | | | |
| 1*8 bit | 0.12 | 0.12 | 0.11 | | |
| 8*1 bit | 0.12 | 0.11 | 0.12 | | |
| 2*4 bit | 0.12 | 0.12 | 0.11 | | |
| 4*2 bit | 0.12 | 0.11 | 0.14 | | |

^{*5} システム理工学部教授 博士(工学)

4 3 非可逆圧縮

非可逆圧縮では、光波データを圧縮する手法の開発を 行った。光波データは複素数データであるので、これの 振幅と位相を求め、振幅と位相を固有値分解することに よって、大きな固有値を持つ固有ベクトルのみを残し、 他を削除する手法について検討した。実際の光波データ の振幅に適用したところ、少数の大きな固有値と多数の 小さな固有値に分解できることがわかり、この手法を適 用可能であることが確認できた。

テストに用いたデータの振幅では、1つの大きな固有値のみが得られたため、ほぼ半分に圧縮可能であることが確認できた。PSNRを自由に制御できないという問題はあるものの、かなり圧縮率を高めることができると期待される。

4.4. まとめ

従来から存在している可逆圧縮の手法を適用するための干渉縞に対する前処理について検討を行った。また、 光波データを原データとする非可逆圧縮手法についても 検討を開始した。現状として、必ずしも十分な結果が得られているとは言い難いが、圧縮率を高められる感触が 両方の手法から得られている。今後、可逆圧縮について はより圧縮率を高められると考えられるデータ変換方式 の開発、非可逆圧縮については画質評価方法の確立が課 題としてあげられる。

5. 高度三次元音響技術の開発

梶川嘉延*6、Shi Chuang*7、Woon-Seng Gan*8

5.1. はじめに

コンピュータホログラフィによる三次元映像に対してより没入感をユーザに与えるためには、視覚だけでなく聴覚への付加的な刺激が重要となる。そのためには、聴覚に対する三次元音響技術の開発が必須となる。三次元音響技術には波面合成法、アンビソニックなどに代表される実音場における音波を忠実に再現する技術とトランスオーラルシステムに代表される制御点における音響信号を再現する技術とがある。それぞれは、三次元映像技術におけるホログラフィと視差を利用した三次元テレビに相当する。前者の技術は、ユーザに対して没入感を与えるのには最適であるが、非常に多くの再生用スピーカを必要とするなど実現面における課題が多数残されている。一方、後者の技術は容易に三次元音場をユーザに提示することが可能であるが、制御点が限定される、演算

量が多いなどの問題点が残されている。今年度は前年度に引き続き、トランスオーラルシステムに関する検討を行った。特に、再生装置のキーとなるパラメトリックアレースピーカ(PAL)について、その指向性を制御するための信号処理技術について検討を行った。

5.2. 検討システムの概要

超音波を搬送波としたパラメトリックアレイスピーカ (PAL: Parametric Array Loudspeaker) は指向性の高い音が望まれる様々な実用的なアプリケーションのための音響再生装置として研究されている。PALを用いた3D音場再現システムにおける最近の実例では、2台のPALが使用者の左右の耳それぞれを制御するために使用されている。特に3D音場再生において重要となるのは、PALの指向性制御である。すなわち、必要なユーザにだけ必要な音情報を伝えたい際に、所望のユーザが移動したり、ユーザが切り替わったりした場合、固定の指向性では対応できないため、指向性制御が必要となる(Fig.6)。我々は指向性制御を信号処理技術により実現する方法について、特に2人のユーザに同時に音情報を伝える方法を提案し、その有効性を検証した。

提案した指向性制御手法のブロック図をFig.7 に示す。 提案システムではPALの各超音波エミッタへの入力に 対して重み制御を行い、さらに入力信号に対して個別の 遅延処理を行うことで、所望の2方向に音響ビームを形 成することができる。

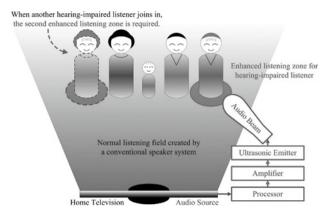


Fig. 6. PALの指向性制御による所望ユーザへの音情報伝達 のイメージ

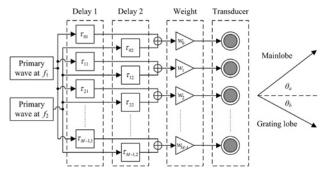


Fig. 7. PALの指向性制御手法のブロック図

^{*6} システム理工学部教授 博士(工学)

^{*7} 先端科学技術推進機構ポスト・ドクトラル・フェロー

^{*8} Associate Professor, Nanyang Technological University

5.3. 検討結果

Fig.8 に指向性制御の実験例を示す。この図からも分かるように、提案システムを利用することで、2つの方向に鋭い音響ビームを形成できていることが分かる。

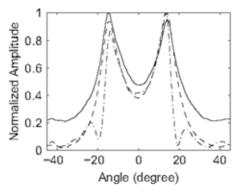


Fig. 8. 指向性制御の例

提案システムを利用することで、一台のPALにより2つの方向に音響ビームを向けることができるため、同時に2名のユーザに音情報を伝達することが可能となることがわかる。

6. 超高密度通信実現のためのデータ処理・通信制御方式

中村直耀*⁹、永田貴志*⁹、宮武聖人*⁹ 結城祥*⁹、四方博之*¹⁰

今後、無線通信機能を有する端末の数は年々増え続け、 現在よりも超高密度な環境での無線通信が一般的になる ものと考えられる。超高密度通信を限られた周波数帯で 収容するためには、送信データ量の削減と周波数有効利 用通信制御が必要になる。そこで、本研究では通信端末 側で得られるデータから、ユーザにとって重要な情報だ けを抽出するデータ処理方式とデータの重要度に応じた 通信制御法を考案し、その評価を行った。

6.1. モーションセンサデータを用いた酸素摂取量推算

通信機器として生体情報を送信するセンサノードを想定する。生体情報の一つであるエネルギー消費量は、酸素摂取量 (VO_2) から算出可能である。一方、 VO_2 については、ユーザの利便性の観点から小型のモーションセンサ(加速度・ジャイロセンサ)の値を用いて推定することが望ましい。この時、超高密度に存在するセンサノードからモーションセンサの値を全て送信することは、通信帯域の圧迫に繋がる。そこで本研究では、センサ側でモーションセンサのデータから VO_2 を推算し、その値のみを送信することで通信帯域への負担を抑えることを目指す。このためには、モーションセンサデータから簡易な方法で高精度に VO_2 推算を行うことが必要である。

本研究では、まず、 VO_2 推算精度検証のために VO_2 の実測値とモーションセンサデータを同時に取得する実験を行った 21 。実験では、被験者に 6 軸(3 軸加速度+3 軸角速度)センサ、呼気ガス分析装置を装着し、 4、6、8、10、12、16 km/hの 6 通りの速度でトレッドミル上を走行させた時の加速度・角速度データと VO_2 の実測値を測定した。 6 軸センサは被験者の後腰部に装着し、センサデータのサンプリング周波数は 10 Hzとしている。各速度において 4 分間測定を行い、定常状態となる最後の 1 分間のセンサデータを 10 秒毎に分割し、 6 組のサンプルデータとして被験者 23 人の全速度でのサンプルデータを生成した。

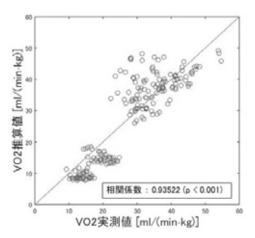


Fig. 9. 3軸データを用いたVO₂推算結果

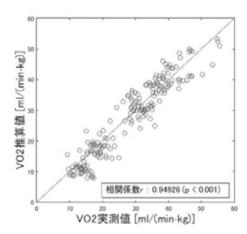


Fig. 10. 6軸データを用いたVO₂推算結果結果

得られた 6 軸センサのデータから VO_2 を推定する線形回帰式として、各軸のデータ値を独立に用いた推算式を提案した $^{22)}$ 。 3 軸加速度データの12 ノルムを用いた推算結果と 6 軸データと提案推算式を用いた推算結果をそれぞれ Fig.9 と Fig.10 に示す。これらの図は、試行中、相関係数が最大となった試行の VO_2 実測値に対する VO_2 推算値を示している。図より、6 軸データを用いることで推算精度が向上していることが分かる。また、3 軸データを用いた場合の平均相関係数は 0.90847 (p<0.001)、6

^{*9} 理工学研究科、先端科学技術推進機構準研究員

^{*10} システム理工学部教授 博士(工学)

軸データを用いた場合は 0.91988 (p<0.001)となり、 6 軸データを活用することで推算精度が向上することを確 認できた。

また本研究では、モーションデータを用いて初めに運動の種類を分類し、各分類に適した推算式を適用することで推算精度を向上する方式の提案も行った²³⁾。さらに、推算にニューラルネットワークを適用し、推算精度の向上および6軸データの活用が可能になることも確認した²⁴⁾。

6.2. アプリケーションデータに基づく通信制御

データの優先度や特徴に基づき通信制御を行い、通信システムの大容量化を行う方式の提案を行った。具体的には、送るべきデータの変動量がある一定値以上の時のみデータ通信を行うことで、通信量を抑えつつ、変化量の大きいデータを高確率で伝送可能となる方式を考案した。また、遅延を許容できるアプリケーションデータに対して、送信を遅らせることで、データのオフロード効率を向上する方式の詳細化も行った。

6.3. まとめ

本研究では、送信データ量の削減法と周波数有効利用 通信制御法の検討を行った。今後は、これらの方式の詳 細評価を行う予定である。

7. レコメンドシステムのための対話型進化計算インタフェースの開発と評価

徳丸正孝*11

7.1. はじめに

本研究では、2015年度に開発したデジタルサイネージを用いたメンズファッションコーディネート生成システムに採用した、対話型進化計算インタフェースの性能評価を行った。また、コンピュータホログラフィを用いたマルチメディアコンテンツのデータベースが構築された際に必要となる、ユーザの好みのコンテンツを推薦するためのレコメンドシステムについて検討し、検索モデルおよび評価インタフェースの開発を行った。

7.2. デジタルサイネージを用いたメンズファッションコーディネート生成システムの性能評価

2015年度に開発したメンズファッションコーディネート生成システムは、ジャケット、Tシャツ、ボトムス、ソックスの4つの3D衣服モデルを合成して32,768通りのデザインパターンを作成することができる。これらのデザインパターンの中からランダムに抽出した2つのデザインを2台のデジタルサイネージに表示し、通りすがりの

ユーザに気に入ったデザインを選んでもらうことで、多くのユーザが好むデザインを作成することができる。

システムが提示するデザインは、一定数のユーザから の投票を受け付けた後に新たなデザインに更新され、対 話型進化計算手法により多くのユーザが好むデザインに 最適化される。

本研究では、2015年度に実施したシステム運用実験のログから、システムがユーザに提示したデザインの変遷やデザイン素材の使用頻度を解析した。この結果、本システムが一部のデザインに偏ることなく多様なデザインをユーザに提示できていることや、システムがユーザに提示するデザインが、最終的に一定の特徴を有するデザインへと収束していることが確認された²⁵⁾。

また、システムがデザイン最適化後にユーザの好みのデザインへと収束しているかを確認するために、142名の学生を対象に好みのデザインに関するヒヤリング調査を実施した。この結果、本システムによって最適化されたデザイン群は、システムがデザイン最適化の過程においてユーザに提示したデザイン群よりもユーザの好みに合致したものであることが確認できた。

7.3. ユーザの好みを考慮したレコメンドシステムフレームワークの検討

メンズファッションコーディネート生成システムでは、デザイン素材を組み合わせることにより多様なデザイン案を生成している。システムがユーザに提示するデザイン案は、ユーザの評価に基づき対話型進化計算により最適化されるが、ユーザが好むデザインの特徴やユーザがそのデザインを好む理由など、本質的なユーザの好みを学習することはできない。この問題を解決するため、ユーザが対象コンテンツのどのような要素を好み、どのような要素を嫌うのかを学習するためのレコメンドシステムフレームワークを開発した。

本システムは、任意のコンテンツにおいて、ユーザがそのコンテンツを評価する際に影響すると思われる要素を列挙し、それらの要素が各コンテンツに含まれるか否かをビット列で表している。また、特定のユーザがどの要素を好むかを記号化した検索エージェントモデルを構築し、複数のエージェントを交配することによりユーザの好みを獲得する対話型進化計算インタフェースを開発した。

本研究では、先行研究において開発中である食生活支援システムに提案モデルを実装し、ユーザの生活環境を考慮した献立を提供することが可能になるとともに、ユーザの食に関する好みを獲得することが可能になった²⁶⁾。

さらに、映像や音楽など一般的なマルチメディアコン テンツを推薦するための検索エージェントモデルとし

^{*11} システム理工学部准教授 博士(工学)

て、ニューラルネットワークを用いた感性検索モデルを開発した²⁷⁾。本研究では、提案モデルの性能を評価するための検索用コンテンツとして楽曲を採用し、66種類の楽曲特徴量を入力とし、ユーザの好みの度合いを出力とする実数値型のニューラルネットワークによる感性検索エージェントを用いた楽曲推薦システムを開発した²⁸⁾。本システムのフレームワークは、コンピュータホログラフィを用いたマルチメディアコンテンツの推薦システムへの応用が期待できる。

謝辞

本研究は、「文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成 支援事業 (平成25年度~平成29年度)」によって実施 されたものである。

参考文献

- 1) 土山泰裕, 松島恭治, 中原住雄, 坂本雄児, カラーフィル タ方式によるフルカラー高解像度計算機合成ホログラム の作成, 3次元画像コンファレンス2015, 3-4 (2015).
- 2) 松島恭治, 土山泰裕, フルカラー高解像度計算機合成ホログラム表示装置及びその作製方法, 特願2015-130267 (2015).
- 土山泰裕, 松島恭治, 中原住雄, 坂本雄児, カラーフィルタ方式フルカラー高解像度計算機合成ホログラムの再生シミュレーション, Optics & Photonics Japan 2015, PD13 (2015).
- 4) Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, S. Nakahara, Y. Sakamoto, A Simulation technique for selection of color filter used for full-color high-definition CGH, International Symposium on Holography and Related Technologies 2015 (IWH2015), Th2-4, Okinawa (2015).
- 5) 松田篤史, 松島恭治, 光源スイッチング方式時分割ホログラフィックディスプレイ, 電子情報通信学会論文誌 J96-D, 381-388 (2013).
- 6) 東野好伸, 上月拓弥, 松島恭治, 高フレームレートSLMを 用いた光源スイッチング方式時分割電子ホログラフィ, 3次元画像コンファレンス2015, 3-2 (2015).
- 7) 東野好伸, 土岡智旭, 松島恭治, 光源スイッチング時分 割方式による電子ホログラフィの視域拡大, Optics & Photonics Japan 2015, PD14 (2015).
- 8) 松島恭治, 中原住雄, 井伊美穂, 石井勢津子, 山口雅浩, 坂本雄児, 伊藤智義, 下馬場朋禄, 計算機合成ホログラム 出力センタの設立とその活動 関大デジタルホロスタジオにおける取り組み-, 超臨場感コミュニケーション 産学官フォーラム, 超臨場感立体映像技術に関する調査 WG セミナー2 (2015).
- 9) T. Tahara, R. Mori, S. Kikunaga, Y. Arai, Y. Takaki,

- Dual-wavelength phase-shifting digital holography selectively extracting wavelength information from wavelength-multiplexed holograms, Optics Letters, 40 (12), 2810-2813 (2015).
- 10) T. Tahara, R. Mori, Y. Arai, Y. Takaki, Four-step phase-shifting digital holography simultaneously sensing dual-wavelength information using a monochromatic image sensor, Journal of Optics (IOP Publishing) 17(12), 125707 (10 pages) (2015).
- 11) T. Tahara, Y. Arai, Y. Takaki, Multiwavelength 3-D imaging based on phasedivision multiplexing, The 5th Korea-Japan Workshop on Digital Holography and Information Photonics (DHIP2015), Gangneung, South Korea (2015).
- 12) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Simultaneous high-speed motion-picture sensing of visible and invisible light with a monochromatic image sensor by using digital holography, Digital Holography and Three-Dimensional Imaging (DH2015), DT3A.6, Shanghai, China (2015).
- 13) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Single-shot multispectral digital holographic microscopy, 14th Workshop on Information optics (WIO2015), Kyoto (2015).
- 14) 田原樹, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 空間周波数分割多重記録 を行なうディジタルホログラフィにおける簡素な像再生 アルゴリズム, Optics and Photonics Japan 2015, 29pE6 (2015).
- 15) C. Shi, Y. Kajikawa, W.-S. Gan, Generating Dual Beams from a Single Steerable Parametric Loudspeaker, Applied Acoustics, 99, 43-50 (2015).
- 16) C. Shi, Y. Kajikawa, Identification of the Parametric Array Loudspeaker with a Volterra Filter Using the Sparse NLMS Algorithm, Proc. of 2015 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 3372-3376, Brisbane, Australia (2015).
- 17) C. Shi, Y. Kajikawa, Ultrasound-to-Ultrasound Volterra Filter Identification of the Parametric Array Loudspeaker, Proc. of 2015 IEEE International Conference on Digital Signal Processing (DSP2015), Singapore (2015).
- 18) C. Shi, Y. Kajikawa, Fast Evaluation of Preprocessing Methods of the Parametric Array Loudspeaker, 12th Western Pacific Acoustics Conference (WESPAC2015), 369-372, Singapore (2015).
- 19) Y. Hatano, C. Shi, S. Kinoshita, Y. Kajikawa, A Study on Compensating for the Distortion of the Parametric Array Loudspeaker with Changing Nonlinearity, 12th Western Pacific Acoustics Conference (WESPAC2015),

- 334-337, Singapore (2015).
- 20) Y. Hatano, C. Shi, S. Kinoshita, Y. Kajikawa, Linearization of the Parametric Array Loudspeaker upon Varying Input Amplitudes, Asia-Pacific Signal and Information Processing Association 2015 Annual Summit and Conference (APSIPA ASC 2015), 515-519, Hong Kong, China (2015).
- 21) 宮武聖人, 永田貴志, 中村直耀, 結城祥, 四方博之, 河端 隆志, 原晋介, モーションセンサを用いた運動者の酸素 摂取量推算・実験概要と基本特性評価, 電子情報通信学 会総合大会, 福岡 (2016).
- 22) 結城祥, 永田貴志, 中村直耀, 宮武聖人, 四方博之, 河端 隆志, 原晋介, モーションセンサを用いた運動者の酸素 摂取量推算 -6 軸データの活用-, 電子情報通信学会総 合大会, 福岡 (2016).
- 23) 永田貴志, 中村直耀, 宮武聖人, 結城祥, 四方博之, 河端 隆志, 原晋介, モーションセンサを用いた運動者の酸素 摂取量推算 -決定木を用いた運動分類の有効性-, 電子 情報通信学会総合大会, 福岡 (2016).
- 24) 中村直耀, 永田貴志, 宮武聖人, 結城祥, 四方博之, 河端

- 隆志, 原晋介, モーションセンサを用いた運動者の酸素 摂取量推算 ーニューラルネットワークの適用ー, 電子情 報通信学会総合大会, 福岡 (2016).
- 25) 坂井将之, 竹之内宏, 徳丸正孝, デジタルサイネージを用いた複数のユーザの投票によるデザイン生成支援システム, 第11回日本感性工学会春季大会, 兵庫(2016).
- 26) 林優太, 奥良太, 竹之内宏, 徳丸正孝, 食材の購入を考慮 した食生活支援システム, 日本知能情報ファジィ学会第 31回ファジィシステムシンポジウム, TE1-3, 600-605, 東京 (2015).
- 27) 井上正祥, 竹之内宏, 徳丸正孝, 感性エージェントと音楽 ゆらぎ特徴を用いた楽曲推薦システムの提案, 日本知能 情報ファジィ学会第31回ファジィシステムシンポジウム, TA2-4, 334-339, 東京 (2015).
- 28) M. Inoue, H. Takenouchi, M. Tokumaru, Music Recommendation System Using Kansei Agent and Music Fluctuation Properties, 16th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2015), F1d-3, 760-768 (2015).

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト(平成25~29年度)

コンピュータホログラフィ技術を中心とした 超大規模データ処理指向コミュニケーション 平成27年度 研究成果一覧表

論文

- (1) T. Tahara, R. Mori, Y. Arai, Y. Takaki, Four-step phase-shifting digital holography simultaneously sensing dual-wavelength information using a monochromatic image sensor, Journal of Optics, 17(12), 125707 (2015).
- (2) T. Tahara, Y. Takahashi, T. Komura, T. Kaku, Y. Arai, Single-Shot Multiwavelength Digital Holography Using Angular Multiplexing and Spatial Bandwidth Enhancement for Extending the Field of View, Journal of Display Technology, 11 (10), 807-813 (2015).
- (3) T. Tahara, R. Mori, S. Kikunaga, Y. Arai, Y. Takaki, Dual-wavelength phase-shifting digital holography selectively extracting wavelength information from wavelength-multiplexed holograms, Optics Letters, 40(12), 2810-2813 (2015).
- (4) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Single-shot multiwavelength phase unwrapping using a single reference beam and a monochromatic image sensor, Optical Review, 22(3), 415-421 (2015).
- (5) C. Shi, Y. Kajikawa, W.-S. Gan, Generating Dual Beams from a Single Steerable Parametric Loudspeaker, Applied Acoustics, 99, 43-50 (2015).

国際学会

- (1) S. Igarashi, T. Nakamura, K. Matsushima, M. Yamaguchi, Efficient calculation method for realistic deep 3D scene hologram using orthographic projection, Practical Holography XXX: Materials and Applications, 97710O, USA (2016).
- (2) K. Matsushima, Scale expansion beyond a hundred billion pixels in computer holography, International Symposium on Holography, Bridging Art and Technology, Taiwan (2015).
- (3) K. Matsushima, Occlusion processing in computer holography -With a focus on switch-back technique-, The 22nd International Display Workshops, 3D1-1, Shiga, Japan (2015).
- (4) Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, S. Nakahara, Y. Sakamoto, A Simulation technique for selection of color filter used for full-color high-definition CGH, International Symposium on Holography and Related Technologies 2015, Th2-4, Okinawa, Japan (2015).
- (5) N. Nakatsuji, K. Matsushima, T. Ito, T. Shimobaba, Comparison of computation time and image quality between CGHs calculated by the point cloud and polygon-based method, International Symposium on Holography and Related Technologies 2015, Th2-3, Okinawa, Japan (2015).
- (6) N. Sonobe, Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, Capture of large-scaled wave fields for full-color digitized holography, International Symposium on Holography and Related Technologies 2015, We5-P8, Okinawa, Japan (2015).
- (7) K. Matsushima, S. Nakahara, Computer holography as an application of computational optics, Optical System Design 2015: Computational Optics, 963010, Germany (2015).
- (8) K. Matsushima, Digital signal processing of light in holographic 3D imaging, Applications of Digital Image Processing XXXVIII, 95990H, USA (2015).
- (9) K. Matsushima, Y. Tsuchiyama, N. Sonobe, S. Nakahara, New techniques in high-definition computer holography, 10th International Symposium on Display Holography 2015, Russia (2015).
- (10) K. Matsushima, Y. Tsuchiyama, Reduction of memory usage and full-color reconstruction in high-definition computer holography, 14th Workshop on Information Optics 2015, W3-2, Kyoto, Japan (2015).
- (11) K. Matsushima, S. Nakahara, Frequency filtering for reduction of memory usage in computer holography, Digital Holography and Three-Dimensional Imaging 2015, DM4A.6, China (2015).

- (12) T. Tahara, R. Otani, R. Mori, Y. Arai, Y. Takaki, Multi-wavelength digital holography based on phase-division multiplexing, International Workshop on Holography and Related Technologies 2015, We4-5, Okinawa, Japan (2015).
- (13) T. Tahara, Y. Arai, Y. Takaki, Multi-wavelength 3-D imaging based on phase-division multiplexing, The 5th Korea-Japan Workshop on Digital Holography and Information Photonics, Session 5, Korea (2015).
- (14) T. Tahara, R. Mori, Y. Arai, Y. Takaki, Four-step in-line digital holography simultaneously sensing dual-wavelength information using wavelength-multiplexed holograms, JSAP-OSA Joint Symposia 2015, 15p-2F-4, Aichi, Japan (2015).
- (15) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Single-shot multispectral digital holographic microscopy, 14th Workshop on Information Optics, F1-3, Kyoto, Japan (2015).
- (16) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Simultaneous high-speed motion-picture sensing of visible and invisible light with a monochromatic image sensor by using digital holography, Digital Holography and Three-Dimensional Imaging 2015, DT3A.6, China (2015).
- (17) K. Fujii, M. Muneyasu, A study on feedback path estimation method for feedforward type active noise control, The 22nd International Congress on Sound and Vibration, #416, Italy (2015).
- (18) C. Shi, Y. Kajikawa, Automatic Gain Control for Parametric Array Loudspeakers, 2016 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, AASP-P10.2, China (2016).
- (19) C. Shi, Y. Kajikawa, Synthesis of Volterra Filters for the Parametric Array Loudspeaker, 2016 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, SPTM-L10.5, China (2016).
- (20) Y. Hatano, C. Shi, S. Kinoshita, Y. Kajikawa, Linearization of the Parametric Array Loudspeaker upon Varying Input Amplitudes, Asia-Pacific Signal and Information Processing Association 2015 Annual Summit and Conference, 158, China (2015).
- (21) Y. Hatano, C. Shi, S. Kinoshita, Y. Kajikawa, A Study on Compensating for the Distortion of the Parametric Array Loudspeaker with Changing Nonlinearity, 12th Western Pacific Acoustics Conference 2015, P11000151, Singapore (2015).
- (22) C. Shi, Y. Kajikawa, Fast Evaluation of Preprocessing Methods of the Parametric Array Loudspeaker, 12th Western Pacific Acoustics Conference 2015, P11000187, Singapore (2015).
- (23) Y. Hatano, C. Shi, S. Kinoshita, Y. Kajikawa, A Linearization System for Parametric Array Loudspeakers Using the Parallel Cascade Volterra Filter, 23rd European Signal Processing Conference, AASP-P4, France (2015).
- (24) C. Shi, Y. Kajikawa, Ultrasound-to-Ultrasound Volterra Filter Identification of the Parametric Array Loudspeaker, 2015 IEEE International Conference on Digital Signal Processing, We31.1, Singapore (2015).
- (25) C. Shi, Y. Kajikawa, Identification of the Parametric Array Loudspeaker with a Volterra Filter Using the Sparse NLMS Algorithm, 2015 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, SPTM-L4.6, Australia (2015).
- (26) M. Miyatake, N. Nakamura, T. Nagata, A. Yuuki, H. Yomo, T. Kawabata, S. Hara, VO₂ Estimation using 6-axis Motion Sensing Data, 10th International Symposium on Medical ICT, Technical Session 8, USA (2016).
- (27) M. Inoue, H. Takenouchi, M. Tokumaru, Music Recommendation System Using *Kansei Agent and Music Fluctuation Properties*, The 16th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, F1d-3, Korea (2015).

国内学会

- (1) 土山泰裕, 松島恭治, 中原住雄, 高解像度計算機合成ホログラムのフルカラー化, 第20回関西大学先端科学技術シンポジウム, 8, 大阪 (2016).
- (2) 東野好伸, 土岡智旭, 松島恭治, 電子ホログラフィの解像度拡大, 第20回関西大学先端科学技術シンポジウム, 9, 大阪 (2016)
- (3) 松島恭治, 中原住雄, 井伊美穂, 石井勢津子, 山口雅浩, 坂本雄児, 伊藤智義, 下馬場朋禄, 計算機合成ホログラム出力センタの設立とその活動 一関大デジタルホロスタジオにおける取り組み一, 超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム, 超臨場感立体映像技術に関する調査WG セミナー2, 講演1, 東京 (2015).

- (4) 土山泰裕, 松島恭治, 中原住雄, 坂本雄児, カラーフィルタ方式フルカラー高解像度計算機合成ホログラムの再生シミュレーション, Optics & Photonics Japan 2015, PD13, 東京 (2015).
- (5) 東野好伸, 土岡智旭, 松島恭治, 光源スイッチング時分割方式による電子ホログラフィの視域拡大, Optics & Photonics Japan 2015, PD14, 東京 (2015).
- (6) 松島恭治, コンピュータホログラフィによる空間立体像の生成, 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会, 10. 大阪 (2015).
- (7) 東野好伸, 上月拓弥, 松島恭治, 高フレームレートSLMを用いた光源スイッチング方式時分割電子ホログラフィ, 3次元画像コンファレンス2015, 3-2. 神奈川 (2015).
- (8) 土山泰裕, 松島恭治, 中原住雄, 坂本雄児, カラーフィルタ方式によるフルカラー高解像度計算機合成ホログラムの作成, 3次元画像コンファレンス2015, 3-4, 神奈川 (2015).
- (9) 園部徳晃, 土山泰裕, 松島恭治, フルカラーデジタイズドホログラフィと自由視点画像のための高解像度光波の取得, 3次元画像コンファレンス2015, P-10, 神奈川 (2015).
- (10) 田原樹, 森亮太, 新井恭彦, 高木康博, 位相分割多重記録に基づく2波長並列5段階位相シフトディジタルホログラフィ, レーザー学会学術講演会第36回年次大会, H310aI03, 愛知 (2016).
- (11) 田原樹, 大谷礼雄, 新井恭彦, 高木康博, 緩和された条件下で波長情報を位相分割多重記録するディジタルホログラフィ, Optics and Photonics Japan 2015, 28aE2, 東京 (2015).
- (12) 田原樹, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 空間周波数分割多重記録を行なうディジタルホログラフィにおける簡素な像再生アルゴリズム, Optics and Photonics Japan 2015, 29pE6, 東京 (2015).
- (13) 田原樹, 新井恭彦, 高木康博, 位相分割多重記録に基づく複数波長イメージング, Optics and Photonics Japan 2015, 30aES12, 東京 (2015).
- (14) 加来徹, 田原樹, 新井恭彦, 複数波長ディジタルホログラフィック顕微鏡法による4波長同時4.2万fps 3次元動画像記録, 3次元画像コンファレンス2015, H-3, 神奈川 (2015).
- (15) 田原樹, 森亮太, 新井恭彦, 高木康博, 波長情報を選択的抽出可能な位相シフトディジタルホログラフィの実証, 3次元 画像コンファレンス2015, H-4, 神奈川 (2015).
- (16) 田原樹, ディジタルホログラフィ顕微鏡, 光応用技術シンポジウム Senspec2015, 3, 神奈川 (2015).
- (17) 藤井健作, 棟安実治, 防漏音衝立用フィードバック型能動騒音制御の安定動作条件について, 応用音響研究会, EA2015-59, 大阪 (2016).
- (18) 藤井健作, 棟安実治, ハンズフリー通話システムの安定動作の検証に不可欠なレベルダイヤグラムに関する検討, 応用音響研究会, EA2015-8, 東京 (2015).
- (19) 藤井健作, 澤田拓也, 吉岡拓人, 棟安実治, エコー経路の変化とダブルトークを識別して通話回路に挿入する減衰量を調整する音響エコーキャンセラ用適応アルゴリズム, 応用音響研究会, EA2015-9, 東京 (2015).
- (20) 西垣内崇宏, 棟安実治, 松島恭治, 田口亮, 2値ホログラフィ干渉縞データのハフマン符号化を用いた圧縮, スマートインフォメディアシステム研究会, SIS2015-19, 大阪 (2015).
- (21) 藤井健作, 棟安実治, フィードフォワード型能動騒音制御における帰還系変化の影響と再推定手順に関する検討, 日本音響学会2015年秋季研究発表会, 1-P-1, 福島 (2015).
- (22) 藤井健作, 棟安実治, フィードフォワード型能動騒音制御システムにおいて騒音低減効果と安定性を向上させる2次系と帰還系, 応用音響研究会, EA2015-38, 熊本 (2015).
- (23) 羽田野佑太, 木下聡, 史創, 梶川嘉延, パラメトリックスピーカの2次非線形歪み補正効果の聴感上での評価, 信号処理研究会, 25, 大分(2016).
- (24) 別所宏晃, 史創, 梶川嘉延, パラメリックスピーカの音場特性解析に関する検討, 信号処理研究会, 44, 大分 (2016).
- (25) 羽田野佑太, 木下聡, 史創, 梶川嘉延, パラメトリックスピーカの歪み補正に関する検討, 第30回信号処理シンポジウム, B4-3, 福島 (2015).
- (26) C. Shi, Y. Kajikawa, Objective Evaluation of Preprocessing Methods of the Parametric Array Loudspeaker, 日本音響学会2015年秋季研究発表会, 1-P-10, 福島 (2015).
- (27) 羽田野佑太, 木下聡, 史創, 梶川嘉延, パラメトリックスピーカにおける非線形歪み補正に関する検討~被変調信号の振幅を変えた場合について~, 信号処理研究会, 19, 北海道 (2015).
- (28) 宮武聖人, 永田貴志, 中村直耀, 結城祥, 四方博之, 河端隆志, 原晋介, モーションセンサを用いた運動者の酸素摂取量

推算-実験概要と基本特性評価-,2016年電子情報通信学会総合大会,B-20-8,福岡(2016).

- (29) 結城祥, 永田貴志, 中村直耀, 宮武聖人, 四方博之, 河端隆志, 原晋介, モーションセンサを用いた運動者の酸素摂取量推算-6軸データの活用-, 2016年電子情報通信学会総合大会, B-20-9, 福岡 (2016).
- (30) 永田貴志,中村直耀,宮武聖人,結城祥,四方博之,河端隆志,原晋介,モーションセンサを用いた運動者の酸素摂取量推算-決定木を用いた運動分類の有効性-,2016年電子情報通信学会総合大会,B-20-10,福岡(2016).
- (31) 中村直耀, 永田貴志, 宮武聖人, 結城祥, 四方博之, 河端隆志, 原晋介, モーションセンサを用いた運動者の酸素摂取量推算-ニューラルネットワークの適用-, 2016年電子情報通信学会総合大会, B-20-11, 福岡 (2016).
- (32) 坂井将之, 竹之内宏, 徳丸正孝, デジタルサイネージを用いた複数のユーザの投票によるデザイン生成支援システム, 第11回日本感性工学会春季大会, S3-1, 兵庫 (2016).
- (33) 井上正祥, 竹之内宏, 徳丸正孝, 感性エージェントと音楽ゆらぎ特徴を用いた楽曲推薦システムの提案, 第31回ファジィシステムシンポジウム, TA2-4, 東京 (2015).
- (34) 林優太, 奥良太, 竹之内宏, 徳丸正孝, 食材の購入を考慮した食生活支援システム, 第31回ファジィシステムシンポジウム, TE1-3, 東京 (2015).

その他

- (1) 松島恭治, 土山泰裕, フルカラー高解像度計算機合成ホログラム表示装置及びその作製方法, 特願2015-130267 (2015).
- (2) 田原樹, 汎用単板単色カメラを用いた瞬間複数波長三次元ホログラフィック画像センシング, 画像ラボ, 26(12), 13-18 (2015).

2016年度 技苑「プロジェクト研究報告概要」

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト

コンピュータホログラフィ技術を中心とした 超大規模データ処理指向コミュニケーション

研究代表者:松島 恭治

研究分担者:棟安 実治・梶川 嘉延・四方 博之・

徳丸 正孝・田原 樹・吉田 壮

学外研究分担者:Petar Popovski·Woon-Seng Gan·田口 亮·

山口 雅浩・坂本 雄児・伊藤 智義・下馬場 朋禄

1. はじめに

松島恭治*1

本プロジェクトは、大きくホログラフィグループと近 未来コミュニケーショングループに分かれて研究活動を 行っている。ホログラフィグループはホログラフィによ る3次元映像の取得と再生、近未来コミュニケーション グループはその映像技術に伴う圧縮・伝送や音響技術、 さらにはその潜在的アプリケーションの研究を行ってい る。以下、ホログラフィグループ、近未来コミュニケー ショングループの順序で本年度の研究概要を掲載する。

2. 計算機合成ホログラム数値合成技術と関大デジタルホロスタジオ

松島恭治、中原住雄*2、土山泰裕*3 園部徳晃*3、土岡智旭*3

2.1. フルカラー高解像度計算機合成ホログラム

昨年度報告したカラーフィルタを用いた計算機合成ホログラム(CGH)のフルカラー表示技術がほぼ完成し、図 1 に示す 40 億ピクセル規模の約 5 cm角から、図 2 に示す 160 億ピクセル規模の約 10 cm角のフルカラー高解像度CGHが作成できるようになった $^{1)}$ 。また、イノベーション・ジャパン 2016 等展示会で実物の展示を行った $^{2)}$ (図 3)。

図1と図2に示したホログラムは、CGモデルの仮想物体をフルカラー再生しているが、実在の物体から3Dデータを取得することにより、実物体のフルカラー表示も可能である。図4(a)は、多視点画像から作成したCGHのフルカラー再生像である。これは、16,384 枚(128枚×128枚)の多視点画像からRay-Sampling面の技術を用いて合成したものである 3 。

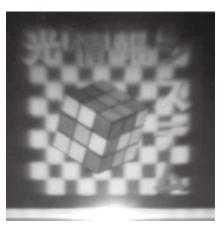


図 1. フルカラー高解像度 CGH「Color Cube」の光学再生 像¹⁾, ピクセル数: 64 K×64 K(1 K=1024)



図 2. フルカラー高解像度CGH「Casino Chips」の光 学再生像¹⁾, ピクセル数: 128 K×128 K



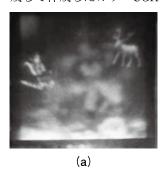
図3. イノベーション・ジャパン2016での展示20

^{*1} システム理工学部教授 博士(工学)

^{*2} 先端科学技術推進機構客員研究員 工学博士

^{*3} 理工学研究科、先端科学技術推進機構準研究員

多視点画像からCGHを作成する手法には、通常の光環境下で映像データを取得できるという利点があるが、一方、ホログラフィの利点である輻輳調節が無矛盾な3D映像という特徴が犠牲になる。そこで、光の3原色に相当する3波長で実物体の光波を取得するカラーデジタイズドホログラフィによるカラーCGHの作成も試みられている。図4(b)は、この技術により取得した実物体の光波とCGモデルの仮想物体を一つの3Dシーンに合成して作成したカラーCGHの光学再生像である4。



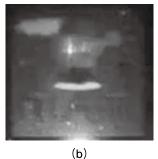


図 4. 実物体のフルカラーCGH (a) 多視点画像³⁾, (b) ディジタイズドホログラフィ⁴⁾

また、このようにして作成したフルカラーCGHを体積型ホログラムに転写する手法を考案し⁵⁾、実験的に立証しつつある。これは、体積ホログラムの波長選択性により再生像の品質を向上させることとフルカラーCGHの複製による大量生産を狙った技術である。

2.2. 光源スイッチング方式電子ホログラフィ

ホログラムを動画再生するために、空間光変調器としてDMD (Digital Mirror Device)を用い、時分割により実行的な解像度を増大する光源スイッチング電子ホログラフィを提案している。しかし、この方式には高次回折像が本体の再生像に混入して像を著しく劣化させる問題があった。昨年度、液晶シャッターを多重化面に敷き詰めて設置する手法を試みた。しかし、液晶シャッターにはわずかながら非変調領域(いわゆる額縁)があるため、新たにその額縁により像が一部遮蔽される問題が生じた。そこで今年度、新たな方式として偏光マスクを用いて隣接する高次回折像を遮蔽する手法を考案し⁶⁾、実験的にその有効性を確認することができた⁷⁸⁾。

2.3. 写実的レンダリング技術

ポリゴン法により高解像度CGHを計算しているが、この方法では鏡面反射の滑らかな曲面をレンダリングできない問題点があった。これについて、ポリゴン法で用いる拡散位相に部分平面波を乗算することにより、ポリゴンを再分割することなく、滑らかな曲面を再生する技術を開発し、実際に高解像度CGHを作製してその有効性を確認することができた⁹⁾。

2 4 産学連携

フルカラーCGHが作成できることになったこともあり、高解像度CGHの技術を実用化するべく、複数の企業との産学連携が始まっている。ホログラム再生用のプレート型コヒーレント光源を開発する(株)エガリムと共同でCGHを再生するフォトフレームの開発が始まっており、また、高解像度CGHをアミューズメント機器に応用する可能性をオムロンアミューズメント(株)と模索している。

3. デジタルホログラフィ技術を用いたコンピュータホログラフィ用光波撮像技術

田原樹*4

本プロジェクトの目的の一つである面内 30 cm四方のカラーホログラフィック撮像システム実現のため、本年度は 2013 年度に提案した技術のマルチカラーイメージングを実現するアルゴリズムの構築と妥当性の確認を行った。また、臨場感を高めるために動画像記録、高速画像再生アルゴリズムに関する研究を進め、複数波長同時 3 次元イメージングの高速化を推進した。

研究者が世界で初めて提案した、波長選択抽出位相シフト法に基づくカラーイメージング方式は、広範囲のカラー3次元ホログラフィック画像情報記録を達成可能である。本プロジェクトにおいて面内30cm四方のマルチカラーホログラフィック撮像に応用すべく、位相変調に微小な機械駆動または空間光変調器を用いたマルチカラーディジタルホログラフィへと機能拡張した。結果、3波長多重記録された単色画像からカラー3次元イメージングが可能であることを数値シミュレーションにより確認した10,111。また、位相変調量に応じた再生像の画質を数値解析により評価し、適切な変調量に対する知見を得た120。そして、3波長記録に必要な記録ホログラム枚数の提言を可能にする方法を紹介した131。

臨場感を高めるためには、高画質且つ動画像の情報が必要不可欠である。映像として超臨場感の情報を与えるために、高画質且つ複数波長の3次元動画像情報を撮像する光学システムを構築した。結果、生体の複数波長3次元動画像記録・ホログラフィック動画イメージングを達成した14,150。

ホログラフィック光波撮像し得られた画像から3次元 画像情報を再構成するためには、膨大な計算量が必要で あることが指摘されている。臨場感を高めるためには、 記録速度のみならず、像再生速度を加速度的に高める必 要がある。像再生にかかる計算量は、2次元フーリエ変 換が大きな割合を占める。そこで、フーリエ変換を必要

^{*4} システム理工学部助教 博士(工学)

としない像再生アルゴリズムの有効性を数値的に示した¹⁶⁾。結果として、従来のアルゴリズムに比べ1桁像再生速度を向上可能であると判明した。実験により高速性を示すこともできており、今後は動画イメージング応用可能性を検討する。

次年度は面内30cm四方をカラー撮像すべく、記録 範囲拡張を行う光学システムの構築を目指す。また並 行して、波長選択抽出位相シフト法の時間分解能向上 を目指す。

4. 超大規模データの圧縮

棟安実治*5、吉田壮*6、田口亮*7

4.1. はじめに

以前に検討したCGH(computer generated holography)画像の光波データの性質に基づいて、光波データの非可逆圧縮技術について検討した。具体的な圧縮手法として、複素数のデータである光波データを振幅と位相に分け、振幅には特異値分解または固有値分解を、位相には量子化を用いる手法を検討した。以下では、特異値分解を利用した手法¹⁷⁾について述べる。

4 2 開発した非可逆圧縮技術

光波データは、

$$g(m,n) = p(m,n) + iq(m,n) \tag{1}$$

と表される。ここで、p(m,n) は実数部q(m,n) は虚数部を表しており、(m,n) はサンプル点の座標である。ここでは光波データが、実部、虚部ともに4 バイトの単精度浮動小数点で表現されているものとする。提案手法では、光波データを

$$g(m,n) = a(m,n) \exp[i\varphi(m,n)]$$
 (2)

と表し、振幅分布a(m,n)と位相分布 $\varphi(m,n)$ をまず求める。 得られた振幅分布に対して特異値分解を行い、特異値 の分布を調べる。このとき、ある一定値以上の特異値の みを残し、それ以外の特異値とそれに対応する左特異行 列と右特異行列の要素を0とすることでデータを圧縮す る。位相分布については、振幅のように特異値の値に大 きな差があるという特徴がない。そのため再量子化を行 う。具体的には、最大値maxと最小値minを求め、予め 設定したレベル数nを用いてminからmaxまでの区間をn個の区間に分割する。それぞれの区間に属する値を、分 割された区間の中間値に置き換える。図5に処理手順の 概要を示す。

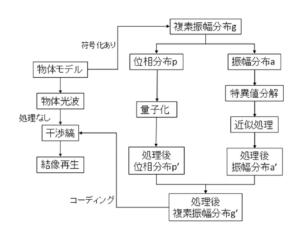


図5. 提案手法の手順

4.3. 評価実験

光波データの符号化による再生像への影響を評価するため、結像再生シミュレーションを用いて、圧縮後の光波データと圧縮前の光波データの両方から得られた再生像を比較した。振幅成分を1つの特異値のみで表現し、位相成分を表現する量子化レベル数を2から32まで変化させたときのPSNR(peak signal to noise ratio)および圧縮率について、表1と2にそれぞれ示す。これらの表から、良好な画質と圧縮率を実現できることがわかる。

表1. 量子化レベル数による画質の比較

| レベル数 | PSNR |
|------|-------|
| 2 | 32.51 |
| 4 | 32.63 |
| 8 | 34.23 |
| 16 | 34.54 |
| 32 | 34.54 |
| 振幅のみ | 35.24 |

表 2. 圧縮率の比較

| 量子化 | データ量 | 圧縮率 | |
|------|------------|------------|--------|
| レベル | 位相 | 全体 | (%) |
| 2 | 2,097,152 | 2,129,920 | 1.587 |
| 4 | 4,194,304 | 4,227,072 | 3.149 |
| 8 | 6,291,456 | 6,324,224 | 4.712 |
| 16 | 8,388,608 | 8,421,376 | 6.274 |
| 32 | 10,485,760 | 10,518,528 | 7.837 |
| 振幅のみ | 67,108,864 | 67,141,632 | 50.024 |

4.4. まとめ

光波データを振幅成分と位相成分に分け、その振幅成分に特異値分解と近似処理を適用し、位相成分を再量子化しレベル数を削減することにより、光波データを圧縮する手法について提案した。その結果、振幅成分を特異値1個のみで表現し、位相成分の量子化レベルを4として再量子化することで、約3.1%の圧縮率が得られた。同時に、良好な再生像が得られることも確認した。今後の課題として、位相成分に関する圧縮率の向上と、画質評価方法の確立があげられる。

^{*5} システム理工学部教授 博士(工学)

^{*6} システム理工学部助教 博士 (情報科学)

^{*7} 東京都市大学 工学部生体医工学科教授

5. 高度三次元音響技術の開発

梶川嘉延*8、岩居健太*9、Shi Chuang*10 Woon-Seng Gan*11

5.1. はじめに

コンピュータホログラフィによる三次元映像に三次元 音響技術を組み合わせることで、より没入感をユーザに 与えることが可能となる。三次元音響技術には波面合成 法、境界音場制御などに代表される実音場における音波 を忠実に再現する技術とトランスオーラルシステムに代 表されるローカルポイントにおいて音響信号を再現する 技術とがある。前者の技術はユーザに対して没入感を与 えるのには最適であるが、非常に多くの再生用スピーカ を必要とするなど実現面における課題が多い。一方、後 者の技術は容易に三次元音場をユーザに提示することが 可能であるが、非常に限られた領域でしか再現できない。 さらに両者に共通することとして、現状では非常にサイ ズの小さいホログラフィ映像と組み合わせるにはふさわ しいとは言えない。そこで、本研究においてはホログラ フィ再生に用いる記録材料にパラメトリックスピーカか ら音を放射ならびに反射させることで、あたかも記録材 料から音が再生されているような感覚を生じさせる高度 三次元音響技術の開発に取り組んでいる。パラメトリッ クスピーカは超指向性の性質と、ものに反射させるとそ の反射点に点音源を実現させることができる。そのよう なシステムを実現するには、パラメトリックスピーカの 音響ビームの特徴を実験ならびに数値解析から得ること が重要である。そこで本研究では数値解析によりパラメ トリックスピーカの指向性を詳細に検討した。18-22)

5.2. 検討システムの概要

超音波を搬送波としたパラメトリックスピーカは指向性の高い音が望まれるさまざまな実用的なアプリケーションのための音響再生装置として研究されている。パラメトリックスピーカは超音波を搬送波としてオーディオ信号を変調し、空気中を伝搬させることで、空気の非線形性によってオーディオ信号(可聴音)を再生する。超音波は、人に聴こえる可聴音よりも高い周波数の波であり、直進する性質をもっているため、パラメトリックスピーカによる再生音は通常のスピーカに比べて鋭い指向性をもち、所望の位置に可聴音を伝達することが可能である。また、パラメトリックスピーカから放射した超音波をホログラフィの記録材料に照射することで、記録

材料上に新たな音源を生成することも可能である。そのためには、パラメトリックスピーカの放射特性、特に指向特性を詳細に検討する必要がある。パラメトリックスピーカの音響特性はKZK方程式などの非線形ビーム音波により理論的に解析できることが広く知られている。そこで、パラメトリックスピーカを利用した三次元音場再生における音場特性を数値的に解析することを目的とし、KZK方程式の時間領域解法を利用して音場の解析を行う。

5.3 パラメトリックスピーカの音場特性解析

変調方式をDSBAM (Double Sideband Amplitude Modulation) として、角度を変化させた時の解析結果を検討する。図6に1kHzにおける指向特性の解析結果を示す。図6より、角度が大きくなるごとに音圧レベルが下がっていることから、パラメトリックアレイの指向性を精度よく表すことができている。また、音源からの距離が遠くなるにつれて音圧レベルが下がるものの、指向特性については変化がないことがわかる。そして、今回の解析条件においては、おおよそパラメトリックスピーカからの距離が1m程度のところにおいて放射ビーム幅が20cm程度となることから、ホログラフィの記録材料からおよそ1m程度離れた位置にパラメトリックスピーカを設置することで、記録材料からあたかも音が再生されているような感覚を生じさせる事が可能となると考えられる。

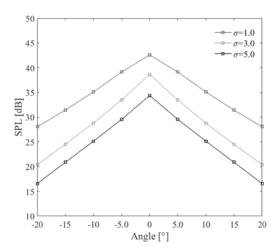


図6. パラメトリックスピーカの指向特性

6. 大容量無線通信実現のための通信制御方式

中村直耀*¹²、永田貴志*¹²、宮武聖人*¹² 結城祥*¹²、四方博之*¹³

スマートフォンの急速な普及に伴い、モバイルトラフィックが急増している。今後は、コンテンツの多様化

^{*12} 理工学研究科、先端科学技術推進機構準研究員

^{*13} システム理工学部教授 博士(工学)

^{*8} システム理工学部教授 博士 (工学)

^{*9} 先端科学技術推進機構ポスト・ドクトラル・フェロー 博士 (工学)

^{*10} Nanyang Technological University

^{*11} Nanyang Technological University, Associate Professor

により、更に大容量のデータを無線通信システムで収容する必要がある。そこで本研究では、大容量トラフィックを限られた無線資源で収容するためのオフロード方式を考案し、その評価を行った。

6.1. WiFi APの通信負荷を考慮した遅延オフロード法

ユーザが指定したデッドライン時刻までは携帯回線を使わず、Wi-Fi回線のみを用いる遅延オフロード法に対し、ユーザの生活・行動パターンを推定し、ユーザが高品質なWi-Fi APのみに接続することでオフロード時の通信品質を改善するAP選択型遅延オフロード法が提案されている²³⁾。しかし、従来の方法ではAPの品質を予測する際に、APの通信負荷による影響を考慮していない。その結果、デッドライン時刻までにデータ転送が完了しないユーザが発生し、これはオフロード効率の低下につながる。本稿では、APの通信負荷を考慮したAP選択型遅延Wi-Fiオフロード法の検討を行った。

参考文献 23 で提案されているAP選択型遅延オフロー ド法では、従来の遅延オフロード法と同様に、オフロー ド要求発生時刻にデッドライン時刻を指定する。その後、 ユーザの位置や状態に基づいて、ユーザの移動経路と移 動経路上に存在するAPの推定を行う。そして、オフロー ド要求発生時刻からデッドライン時刻までに接続可能な APの中から最適なAPを選択し、接続するAPを決定す る。APの品質予測は、各APに関連付けられた転送量に より行う。転送量は各APの推定平均RSSIに関連付けら れた平均伝送レートと、APとの推定接続時間の積によ り算出する。接続するAPの選択方法は、まずオフロー ド要求発生時刻からデッドライン時刻までに接続可能な APのうち、最も転送量の大きいAPを選択する。選択し たAPの転送量とデータサイズを比較し、転送量が上回 れば接続するAPとして決定し、下回れば再度APの選択 を行う。選択したAPの総転送量がデータサイズを上回 るまで繰り返し接続するAPを決定する。ここで、実際 にAPと通信を行う際の転送量は、平均RSSIのみでなく、 各APの通信負荷の影響も受ける。そのため、予測時の 品質と実際に通信を行った時の品質には大きな差異が発 生し、デッドライン時刻までにデータ転送が完了せず、 その結果、オフロード効率が低下する可能性がある。そ こで本研究では、まず、各APの通信負荷も理想的に推 定できる場合のAP選択型遅延オフロード法の特性評価 を行った。しかし、APの接続ユーザ数は時空間的に変 化し、その推定は困難である。そこで、APの接続ユー ザ数を推定することなく、オフロード効率の劣化を抑制 するAP再選択型遅延オフロード法を提案した²⁴⁾。AP再 選択型遅延オフロード法では、まず従来のAP選択型遅 延オフロード法と同様に接続APの選択を行う。そして、

実際に選択したAPでデータ転送を行い、想定していた 転送量に達しなかった場合、その後の経路上で接続する APの再選択を行う。APの再選択は上述の方法と同様の 方法で行う。

シミュレーション評価では、AP選択無し(従来の遅 延オフロード法)と従来のAP選択型遅延オフロード法 において通信負荷既知、通信負荷未知、AP再選択型遅 延オフロード法の比較評価を行った。評価指標はオフ ロード効率とデッドライン時刻までにデータ転送を完了 したユーザのAPとの通信時間とした。図7にデッドラ イン時刻に対するオフロード効率を示す。図7より、 AP選択無しではデッドラインまで接続可能なAPに品質 問わず継続的に接続するため、オフロード効率が高くな る。AP選択型では通信負荷が未知の場合、品質予測の 不完全性によりオフロード効率が低下していることが分 かる。一方、通信品質を理想的に予測可能な通信負荷既 知ではAPの接続ユーザ数を予測出来るため、品質予測 精度が高くなりオフロード効率が高くなっている。AP 再選択型は品質予測が不完全な場合にAPを再選択する ことでオフロード効率が向上し、通信負荷既知に近づい ていることが分かる。次に、図8にAPとの通信時間を 示す。AP選択無しは品質問わずAPに接続するため、

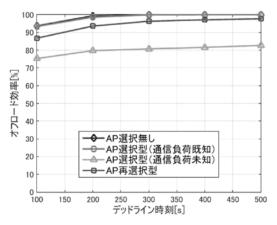


図7. オフロード効率の比較結果

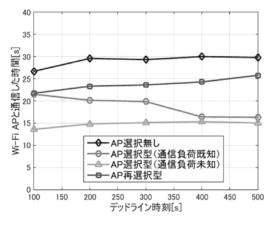


図 8. APとの通信時間比較結果

APとの通信時間が長くなっている。これに対し通信負荷既知の場合は、品質の高いAPのみを適切に選択するためAPとの通信時間が短くなる。通信負荷未知の場合はAPとの通信時間は短いが、これは選択したAPの実際の品質が良い場合のみの結果が反映されたためである。AP再選択型では高いオフロード効率を保ちつつ、AP選択無しに比べ低品質なAPの利用を抑え、APの通信時間を抑えることができることを確認できた。

また、将来の無線通信端末の高密度化に対する対策として、端末側でセンサからのデータを処理し、送信量を削減するためのデータ処理方式の開発も併せて行った^{25,26)}。

6 2 まとめ

本研究では、大容量データを無線通信システムで収容するためのデータオフロード法に関する検討を行った。 今後は、提案方式の詳細評価を行う予定である。

レコメンドシステムのための対話型進化計算インタフェースおよびプロトタイプシステムの開発

徳丸正孝*14

7.1. はじめに

本研究では、これまでに開発した一対比較型の対話型進化計算インタフェースを用いたプロトタイプシステムとして、仮想空間内で3次元画像を評価するネイルアートデザイン支援システムを構築した。また、進化計算インタフェースの改良として、不合意個体選択方式による個体評価手法および、視線を利用した評価インタフェースの基礎的検討を実施した。さらに、大規模な視覚情報を用いたレコメンドシステムを想定して、深層ニューラルネットワークを用いた画像の感性特徴量抽出手法の検討を行った。

7.2. VRを用いたネイルアートデザイン生成システム

本研究では、カラー3次元ホログラフィック画像を用いた対話型進化計算システムのプロトタイプとして、VRを用いて仮想空間内にネイルアートデザインを施した手の3次元画像を生成し、ユーザの評価によりデザインを最適化するシステムを開発した320。

本システムは、配色やデザインの異なるネイルアートを約200万通り作成することができ、これらのデザインからランダムに選択された8種類のデザインを初期解候補として一対比較トーナメント方式の対話型進化計算によりデザインの最適化を行う。

まず、システムは8種類のデザインをトーナメント式 に配置し、各対戦の2種類のデザインを仮想空間内に3

*14 システム理工学部教授 博士 (工学)

次元CGで作成した左右の手の爪に生成してユーザ提示する。ユーザは、これらのデザインのうち好みの方を選択し、好みのデザインが施された手で中央のボタンを押すことでデザインの優劣がシステムに通知される。ユーザがボタンを押した後は、システムは次の対戦のデザインを左右の手の爪に生成して再びユーザに提示する。このプロセスを繰り返すことにより、トーナメントにおける8種類のデザイン候補の優劣が決定される。対戦がすべて終了した段階で、システムは8種類の解候補の評価に基づいて次世代解候補を作成し、上記プロセスを繰り返す。ユーザによる評価実験では、3~4世代の進化計算によりユーザの好みに合うネイルアートデザインが生成されることが確認された。

7.3. 対話型進化計算インタフェースの検討

これまでに本プロジェクトで開発してきたレコメンドシステムのための進化計算インタフェースは、ユーザが好みの解候補を選択した後に、ボタンを押すなどの方法でシステムに解候補の優劣を通知していた。この方法では、多くのユーザの好み情報を獲得したり、すべてのユーザが満足するデザインを生成することが困難であるという問題があった。これらの問題を解決するために、本研究では新たに2種類の評価手法について検討した。

まず、ユーザの視線情報を用いてユーザの潜在的な好みを獲得する手法について検証した²⁸⁾。本実験では、並べて配置した2台のデジタルサイネージに2種類のデザインを提示し、ユーザがどちらのデザインを長い時間注視しているかを視線検知システムにより検出し、ユーザの好みとの相関を分析した。その結果、注視時間の長いデザインと好みのデザインの一致率が約63%であり、一対比較による進化計算手法を用いた場合において、充分に解候補を最適化することが可能である精度が得られることがわかった。

次に、複数のユーザによる合意形成を目的とした対話型進化計算の評価手法について検討した²⁹⁾。一般的な複数人による対話型進化計算では、多くのユーザが好む方向に解候補が収束し、一部のユーザが嫌うデザインに最適化されるという問題がある。この問題を回避するために、解評価に参加するユーザが「好みでない」解を選択することで、すべてのユーザの合意が得られる納得する解を生成する評価手法を開発した。

7.4. 深層ニューラルネットワークによる衣服画像の特徴抽出

本プロジェクトでこれまで開発してきたTシャツの感性検索システムでは、衣服の感性特徴量としてシャツの 縞模様の有無や縞の間隔、配色などを用いてきた。しか し、この方法では多様なデザインに適用することが困難であることに加え、大規模な情報量を持つ画像からの感性特徴量抽出ができないという問題があった。この問題を解決するために、本研究では深層ニューラルネットワークを用いて画像の画素情報から特徴量を自動抽出する方法を開発し、Tシャツの感性検索システムに適用した300。この結果、画像の各画素のRGB値を入力とした3,072次元の入力信号を20次元に圧縮し、圧縮特徴量の20次元情報を入力とした感性エージェントによりユーザの好みを学習することが可能となった270。本手法は、本プロジェクトで開発中の楽曲レコメンドシステム310への応用も期待できる。

謝辞

本研究の一部は、「文部科学省私立大学戦略的研究基 盤形成支援事業 (2013 年度~2017 年度)」によって実施 されたものである。

参考文献

- Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, Full-color large-scaled computer-generated holograms using RGB color filters, Opt. Express, 25, 2016-2030 (2017).
- 松島恭治, 眼鏡が不要な高画質立体カラー画像表示技術, イノベーション・ジャパン2016, S-11 (2016).
 [https://www.ij2016.com/exhibitor/js20160147.html]
- 3) Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, S. Nakahara, M. Yamaguchi, Y. Sakamoto, Full-color high-definition CGH reconstructing hybrid scenes of physical and virtual objects, Practical Holography XXXI: Materials and Applications, 101270Y, Proc. SPIE #10127, USA (2017).
- 4) 園部徳晃, 土山泰裕, 松島恭治, フルカラーデジタイズド ホログラフィによるCGモデルと実在物のハイブリッド シーンの再生, OPJ 2015, 1pP26, 東京 (2016).
- 5) 松島恭治, 土山泰裕, フルカラー高解像度計算機合成ホログラム表示装置、その作製方法及びその作製装置, 特願2016-113638 (2016).
- 6) 松島恭治, 東野好伸, ホログラフィ表示装置, 特願2016-121830 (2016).
- 7) 東野好伸, 土岡智旭, 松島恭治, 光源スイッチング方式時 分割電子ホログラフィにおける偏光特性を用いた高次回 折像軽減, 3次元画像コンファレンス2016, 6-1 (2016).
- 8) Y. Higashino, T. Tsuchioka, K. Matsushima, Light-source switching time-division multiplexing holographic display and reduction of degradation by higher order diffraction images, Imaging and Applied Optics 2016, DM4E. 1, Germany (2016).

- H. Nishi, K. Matsushima, Rendering of specular curved objects in polygon-based computer holography, Appl. Opt., 56, F37-F44 (2017).
- 10) 田原樹, 大前快人, 大谷礼雄, 新井泰彦, 高木康博, 位相分 割多重方式に基づくマルチカラーディジタルホログラフィ, 3次元画像コンファレンス2016, 2-5, 大阪 (2016).
- 11) T. Tahara, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Multiwavelength digital holography based on phase-division multiplexing using arbitrary symmetric phase shifts, Imaging and Applied Optics 2016 OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2016), DW5E. 2, Germany (2016).
- 12) T. Tahara, K. Omae, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Relationship between the image quality and constant phase shifts in phase-shifting interferometry selectively extracting wavelength information, JSAP-OSA Joint Symposia 2016, 14a_C301_2, Niigata (2016).
- 13) T. Tahara, Y. Arai, T. Takaki, Three-wavelength phase-shifting digital holography using six wavelength-multiplexed holograms and 2π ambiguity of the phase, OSJ-OSA Joint Symposia on Plasmonics and Digital Photonics, 31pOD5, Tokyo (2016).
- 14) 加来徹, 田原樹, 佐藤いまり, Lee SangWook, 伊藤卓朗, 岩田修, 新井泰彦, 2参照光路を用いる複数波長ディジタルホログラフィによる3波長同時ホログラフィック動画 イメージング, 2016年度精密工学会秋季大会, B03, 茨城(2016).
- 15) T. Kaku, I. Sato, S. W. Lee, T. Ito, O. Iwata, Y. Arai, Y. Ozeki, K. Goda, T. Tahara, Simultaneous three-wavelength holographic motion-picture imaging by multi-wavelength digital holography with dual reference arms, International Symposium on Optomechatronic Technology, B5-2, Tokyo (2016).
- 16) T. Tahara, T. Shimobaba, T. Ito, Image-reconstruction algorithm with no use of Fourier transform in interferometric imaging using spatial frequencydivision multiplexing, Imaging and Applied Optics 2016 OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2016), JW4A.35, Germany (2016).
- 17) 茅立基 他, 特異値分解による光波データの非可逆圧縮, 信学技法, スマートインフォメディアシステム研究会, SIS2016-30 (2016).
- 18) K. Tanaka, C. Shi, Y. Kajikawa, Binaural Active Noise Control Using Parametric Array Loudspeakers, Applied Acoustics, 116, 170-176 (2017).
- 19) C. Shi, Y. Kajikawa, Volterra Model of the Parametric Array Loudspeaker Operating at Ultrasonic Frequencies,

- Journal of the Acoustical Society of America, 140(5), 3463-3650 (2016).
- 20) C. Shi, Y. Kajikawa, Effect of the Ultrasonic Emitter on the Distortion Performance of the Parametric Array Loudspeaker, Applied Acoustics, 112, 108-115 (2016).
- 21) S. Edamoto, C. Shi, Y. Kajikawa, Directional Feedforward ANC System with Virtual Sensing Technique, 2016 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA2016), Thailand (2016).
- 22) S. Kinoshita, Y. Kajikawa, Integrated Direct Sub-band Adaptive Volterra Filter and Its Application to Identification of Loudspeaker Nonlinearity, 2016 European Signal Processing Conference, 11-15, Hungary (2016).
- 23) 岡本祐太, 四方博之, 生活行動・移動パターンを活用した Wi-Fi オフロード法, 電子情報通信学会総合大会 (2014).
- 24) 結城祥,四方博之,APの通信負荷を考慮したAP選択型 遅延オフロード法,電子情報通信学会総合大会 (2017).
- 25) N. Nakamura, T. Nagata, M. Miyatake, A. Yuuki, H. Yomo, T. Kawabata, S. Hara, Applying Neural Network to VO₂ Estimation using 6-axis Motion Sensing Data, Proc. of EMBC 2016 (2016).
- 26) T. Nagata, N. Nakamura, M. Miyatake, A. Yuuki, H. Yomo, T. Kawabata, S. Hara, VO₂ Estimation using 6-axis Motion Sensor with Sports Activity Classification, Proc. of EMBC 2016 (2016).

- 27) 太田茂, 竹之内宏, 徳丸正孝, 深層ニューラルネットワークによる特徴抽出を用いた衣服の感性検索, 第12回日本感性工学会春季大会, 大阪 (2017).
- 28) 磯田太基, 竹之内宏, 徳丸正孝, 多人数参加型IEC のため の視線投票インタフェースの検討, 第12回日本感性工学 会春季大会, 大阪 (2017).
- 29) 曽我祐介, 竹之内宏, 徳丸正孝, 不合意個体選択による対 話型進化計算インタフェースの検討, 日本知能情報ファ ジィ学会第32回ファジィシステムシンポジウム, 佐賀 (2016).
- 30) 太田茂, 竹之内宏, 徳丸正孝, 衣服の感性検索システムにおける深層ニューラルネットワークの有効性の検討, 日本知能情報ファジィ学会第32回ファジィシステムシンポジウム, 佐賀 (2016).
- 31) M. Inoue, H. Takenouchi, M. Tokuamaru, Music Recommendation System Improvement Using Distributed Genetic Algorithm, 2016 Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 2016 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS 2016), 627-630, Hokkaido (2016).
- 32) M. Tokuamaru, A. Yonezawa, Nail art design system using interactive evolutionary computation with VR, HCI International 2016-Posters' Extended Abstracts Volume 618 of the series Communications in Computer and Information Science, 552-557, Canada (2016).

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト(2013~2017年度)

コンピュータホログラフィ技術を中心とした 超大規模データ処理指向コミュニケーション 2016年度 研究成果一覧表

論文

- (1) H. Nishi, K. Matsushima, Rendering of specular curved objects in polygon-based computer holography, Applied Optics, 56(13), F37-F44 (2017).
- (2) Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, Full-color large-scaled computer-generated holograms using RGB color filters, Optics Express, 25(3), 2016-2030 (2017).
- (3) 藤井健作, 澤田拓也, 吉岡拓人, 棟安実治, ダブルトークとエコー経路の変化を識別して通話回路に挿入する減衰量を調整するハンズフリー通話システム用制御アルゴリズム, 電子情報通信学会論文誌A, J100-A(3), 142-150 (2017).
- (4) K. Tanaka, C. Shi, Y. Kajikawa, Binaural active noise control using parametric array loudspeakers, Applied Acoustics, 116, 170-176 (2017).
- (5) C. Shi, Y. Kajikawa, Volterra model of the parametric array loudspeaker operating at ultrasonic frequencies, Journal of the Acoustical Society of America, 140(5), 3643–3650 (2016).
- (6) C. Shi, Y. Kajikawa, Effect of the ultrasonic emitter on the distortion performance of the parametric array loudspeaker, Applied Acoustics, 112, 108-115 (2016).

国際学会

- (1) Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, S. Nakahara, M. Yamaguchi, Y. Sakamoto, Full-color high-definition CGH reconstructing hybrid scenes of physical and virtual objects, Practical Holography XXXI: Materials and Applications, 101270Y, USA (2017).
- (2) N. Nakatsuji, K. Matsushima, Comparison of computation time and image quality between full-parallax 4G-pixels CGHs calculated by the point cloud and polygon-based method, Practical Holography XXXI: Materials and Applications, 101270Z, USA (2017).
- (3) S. Igarashi, T. Nakamura, K. Matsushima, M. Yamaguchi, Calculation and Fabrication of photorealistic hologram using orthographic ray-sampling plane, The 6th Japan-Korea Workshop on Digital Holography and Information Photonics, P20-15, Hokkaido, Japan (2016).
- (4) K. Matsushima, Y. Tsuchiyama, Full-color high-definition CGH employing RGB color filters, International Workshop on Holography and Related Technologies, 10, Taiwan (2016).
- (5) Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, S. Nakahara, Y. Sakamoto, Full-color high-definition CGH using color filter and filter design based on simulation, The 2016 Imaging and Applied Optics Congress, DW5I.4, Germany (2016).
- (6) Y. Higashino, T. Tsuchioka, K. Matsushima, Light-source switching time-division multiplexing holographic display and reduction of degradation by higher order diffraction images, The 2016 Imaging and Applied Optics Congress, DM4E.1, Germany (2016).
- (7) T. Kaku, I. Sato, S. W. Lee, T. Ito, O. Iwata, Y. Arai, Y. Ozeki, K. Goda, T. Tahara, Simultaneous three-wavelength holographic motion-picture imaging by multi-wavelength digital holography with dual reference arms, International Symposium on Optomechatronic Technology, B5-2, Tokyo, Japan (2016).
- (8) T. Kaku, T. Tahara, Y. Arai, Simultaneous high-speed three-dimensional motion-picture recording of multiple visible and invisible wavelengths by digital holography, The 31st International Congress on High-Speed Imaging and Photonics, IP-22, Osaka, Japan (2016).
- (9) T. Tahara, Y. Arai, Y. Takaki, Three-wavelength phase-shifting digital holography using six wavelength-multiplexed holograms and 2π ambiguity of the phase, OSJ-OSA Joint Symposia on Plasmonics and Digital Photonics, 31pOD5, Tokyo, Japan (2016).

- (10) T. Tahara, K. Omae, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Relationship between the image quality and constant phase shifts in phase-shifting interferometry selectively extracting wavelength information, JSAP-OSA Joint Symposia 2016, 14a-C301-2, Niigata, Japan (2016).
- (11) T. Tahara, T. Shimobaba, T. Ito, Image-reconstruction algorithm with no use of Fourier transform in interferometric imaging using spatial frequency-division multiplexing, 2016 Imaging and Applied Optics JW4A.35, Germany (2016).
- (12) T. Tahara, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Multiwavelength digital holography based on phase-division multiplexing using arbitrary symmetric phase shifts, Imaging and Applied Optics 2016, DW5E.2, Germany (2016).
- (13) T. Tahara, K. Omae, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Algorithm for removing the limitation of intensity ratio in four-step dual-wavelength digital holography based on phase-division multiplexing, The 2nd Biomedical Imaging and Sensing Conference 2016, BISCp6-9, Kanagawa, Japan (2016).
- (14) K. Fujii, M. Muneyasu, A method stably working feedback type active noise control system for preventive panel of sound leakage, 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Germany (2016).
- (15) S. Yoshida, T. Ogawa, M. Haseyama, M. Muneyasu, Heterogeneous graph-based topic learning for web video search reranking, 2016 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS1-8, Thailand (2016).
- (16) T. Nishigaito, M. Muneyasu, K. Matsushima, A. Taguchi, Lossless compression algorithm for binary holographic interference fringes based on run-length coding, 2016 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS2-1, Thailand (2016).
- (17) S. Edamoto, C. Shi, Y. Kajikawa, Directional feedforward ANC system with virtual sensing technique, 2016 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS1-9, Thailand (2016).
- (18) S. Kinoshita, Y. Kajikawa, Integrated direct sub-band adaptive volterra filter and its application to identification of loudspeaker nonlinearity, 2016 24th European Signal Processing Conference, Hungary (2016).
- (19) T. Nagata, N. Nakamura, M. Miyatake, A. Yuuki, H. Yomo, T. Kawabata, S. Hara, VO₂ Estimation using 6-axis motion sensor with sports activity classification, 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, ThCT13.1, USA (2016).
- (20) N. Nakamura, T. Nagata, M. Miyatake, A. Yuuki, H. Yomo, T. Kawabata, S. Hara, Applying neural network to VO₂ estimation using 6-axis motion sensing data, 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, ThCT13.2, USA (2016).
- (21) M. Inoue, H. Takenouchi, M. Tokuamaru, Music recommendation system improvement using distributed genetic algorithm, 2016 Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 2016 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, Sa7-2, Hokkaido, Japan (2016).
- (22) M. Tokuamaru, A. Yonezawa, Nail art design system using interactive evolutionary computation with VR, HCI International 2016, 166, Canada (2016).

国内学会

- (1) 土岡智旭, 西川凌, 松島恭治, 時分割電子ホログラフィにおける再生像の改善, 第21回関西大学先端科学技術シンポジウム, 2, 大阪 (2017).
- (2) 園部徳晃, 土山泰裕, 松島恭治, フルカラーデジタイズドホログラフィ, 第21回関西大学先端科学技術シンポジウム, 3, 大阪 (2017).
- (3) 松島恭治,中原住雄,コンピュータホログラフィによる自然で奥行の深い3次元画像の生成,平成28年電気関係学会関西連合大会,G13-5,大阪(2016).
- (4) 園部徳晃, 土山泰裕, 松島恭治, フルカラーデジタイズドホログラフィによるCGモデルと実在物のハイブリッドシーンの再生, Optics & Photonics Japan 2016, 1pP26, 東京 (2016).
- (5) 五十嵐俊亮, 中村友哉, 松島恭治, 山口雅浩, 正射影光線サンプリング面を用いた計算機合成ホログラムによる質感表現, 映像情報メディア学会「画像技術, 視覚・画質関連, その他一般」研究会, 4, 東京 (2016).
- (6) 土山泰裕, 松島恭治, カラーフィルタ方式フルカラー高解像度CGHとその光学再生像, 平成28年度第3回ホログラフィック・ディスプレイ研究会, 3, 東京 (2016).

- (7) 中辻憲昭, 松島恭治, 伊藤智義, 下馬場朋禄, 点光源法とGPUで計算した全方向視差高解像度CGHの再生像, 平成28年度第3回ホログラフィック・ディスプレイ研究会, 4, 東京 (2016).
- (8) 中尾弘希, 松島恭治, 反射型高解像度CGHのコンタクトコピーによるフルカラー体積型転写CGHの作成, 平成28年度 第3回ホログラフィック・ディスプレイ研究会, 5, 東京 (2016).
- (9) 土山泰裕, 松島恭治, 中原住雄, 坂本雄児, フルカラー高解像度CGH用カラーフィルタの設計とその光学再生像, 3次元 画像コンファレンス2016. 2-1. 大阪 (2016).
- (10) 園部徳晃, 土山泰裕, 松島恭治, フルカラーデジタイズドホログラフィとその光学再生像, 3次元画像コンファレンス 2016, 2-2, 大阪 (2016).
- (11) 伊藤眞人, 松島恭治, 山口雅浩, 光線サンプリング面の手法を用いて合成した実物体の高解像度計算機合成ホログラム, 3次元画像コンファレンス2016, P-10, 大阪 (2016).
- (12) 中辻憲昭, 松島恭治, 伊藤智義, 下馬場朋禄, 高解像度計算機合成ホログラムにおける点光源法とポリゴン法の速度・ 画質比較, 3次元画像コンファレンス2016, P-12, 大阪 (2016).
- (13) 東野好伸, 土岡智旭, 松島恭治, 光源スイッチング方式時分割電子ホログラフィにおける偏光特性を用いた高次回折像軽減, 3次元画像コンファレンス2016, 6-1, 大阪 (2016).
- (14) 五十嵐俊亮, 中村友哉, 松島恭治, 山口雅浩, 正射影光線サンプリング面による大規模計算機合成ホログラムの分割計算, 第9回計算オプティクス研究会, 2-1, 東京 (2016).
- (15) 加来徹, 田原樹, 佐藤いまり, L. SangWook, 伊藤卓郎, 岩田修, 新井泰彦, 2参照光路を用いる複数波長ディジタルホログラフィによる3波長同時ホログラフィック動画イメージング, 2016年度精密工学会秋季大会, B03, 茨城 (2016).
- (16) 田原樹, 大前快人, 大谷礼雄, 新井泰彦, 高木康博, 位相分割多重方式に基づくマルチカラーディジタルホログラフィ, 3次元画像コンファレンス2016, 2-5, 大阪 (2016).
- (17) 池下雄大, 棟安実治, 中静真, 吉田壮, 多値構造要素の最適化を考慮したモルフォロジカル勾配に基づく画像の正則化, 電子情報通信学会総合大会, A-15-7, 愛知 (2017).
- (18) 阿部誠也, 棟安実治, 吉田壮, ニューラルネットワークによるインパルス検出器の一設計手法, 電子情報通信学会総合 大会, A-15-8, 愛知 (2017).
- (19) 藤井健作, 棟安実治, 能動騒音制御下における帰還系の再推定法に関する検討, 日本音響学会春季研究発表会, 1-P-1, 東京(2017).
- (20) 藤井健作, 棟安実治, 能動騒音制御下における帰還系再推定法に関する検討, 応用音響研究会, 45, EA2016-78, 京都, (2017).
- (21) 茅立基, 棟安実治, 松島恭治, 吉田壮, 田口亮, 固有値分解を用いた光波データの圧縮, 第21回関西大学先端科学技術シンポジウム, 大阪 (2017).
- (22) 茅立基, 棟安実治, 松島恭治, 吉田壮, 田口亮, 特異値分解による光波データの非可逆圧縮, スマートインフォメディアシステム研究会, SIS2016-30, 広島 (2016).
- (23) 吉田壮, 小川貴弘, 長谷山美紀, Web映像検索を目的としたリランキングの高精度化に関する検討, 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, A-15-5, 北海道 (2016).
- 24 藤井健作, 棟安実治, 巡回型予測のフィードバック型能動騒音制御への適用効果について, 日本音響学会秋季研究発表会, 1-P-29. 富山 (2016).
- (25) 枝元祥馬, 史創, 梶川嘉延, ヘッドレストANCシステムの実現に向けた検討, 電子情報通信学会信号処理研究会, 44, SIP2016-180, 沖縄 (2017).
- (26) 岩居健太, 山岸昌夫, 梶川嘉延, 非凸二次制約付き最適化を利用したMirrorフィルタのパラメータ推定〜実測振動板変位を用いた推定, 電子情報通信学会信号処理研究会, 46, SIP2016-182, 沖縄 (2017).
- (27) 今元涼介, 史創, 梶川嘉延, 室内パラメトリックアレイの空間伝搬についての検討, 電子情報通信学会信号処理研究会, 49, SIP2016-185, 沖縄 (2017).
- (28) 枝元祥馬, 史創, 梶川嘉延, バーチャルセンシングを用いたフィードフォワードANCシステムに関する検討, 電子情報 通信学会信号処理研究会, 30, SIP2016-63, 青森 (2017).
- (29) 岩居健太, 山岸昌夫, 梶川嘉延, 非凸二次制約付き最適化を利用したMirrorフィルタのパラメータ推定法, 第31回信号 処理研究会シンポジウム, B3-3, 大阪 (2016).
- (30) 枝元祥馬, 梶川嘉延, バーチャルセンシングを用いたフィードフォワードANCシステムにおける経路追従性に関する

- 検討. 第31回信号処理シンポジウム. C4-4. 大阪 (2016).
- (31) 岩居健太, 梶川嘉延, 動電型スピーカの線形特性の補正を可能にする非線形IIRフィルタ構造, 日本音響学会2016年秋季研究発表会, 1-P-8, 富山 (2016).
- (32) 結城祥, 四方博之, APの通信負荷を考慮したAP選択型遅延オフロード法, 2017年電子情報通信学会総合大会, B-15-14, 愛知 (2017).
- (33) 太田茂, 竹之内宏, 徳丸正孝, 深層ニューラルネットワークによる特徴抽出を用いた衣服の感性検索, 第12回日本感性 工学会春季大会, 2D-08, 大阪 (2017).
- (34) 磯田太基, 竹之内宏, 徳丸正孝, 多人数参加型IECのための視線投票インタフェースの検討, 第12回日本感性工学会春季大会, 2D-14, 大阪 (2017).
- (35) 太田茂, 竹之内宏, 徳丸正孝, 衣服の感性検索システムにおける深層ニューラルネットワークの有効性の検討, 日本知能情報ファジィ学会第32回ファジィシステムシンポジウム, TE1-3, 佐賀 (2016).
- (36) 曽我祐介, 竹之内宏, 徳丸正孝, 不合意個体選択による対話型進化計算インタフェースの検討, 日本知能情報ファジィ 学会第32回ファジィシステムシンポジウム, TF2-3, 佐賀 (2016).

その他

- (1) 松島恭治, 私の未来学:ホログラフィ技術を用いた高品質な立体画像-光の干渉縞をデジタル合成、眼鏡なしで3D鑑賞-,コンバーテック,2017年1月号,6-9,株式会社加工技術研究会(2017).
- (2) 松島恭治, 東野好伸, ホログラフィ表示装置, 特願2016-121830 (2016.6.20).
- (3) 松島恭治, 土山泰裕, フルカラー高解像度計算機合成ホログラム表示装置、その作製方法及びその作製装置, 特願 2016-113638 (2016.6.7).
- (4) 田原樹, 3Dカラー動画暗所でも鮮明, 日経産業新聞, 2016年9月29日付, 朝刊先端技術欄.

資料3-5.

2017年度 技苑「プロジェクト研究報告概要」

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト

コンピュータホログラフィ技術を中心とした 超大規模データ処理指向コミュニケーション

研究代表者:松島 恭治

研究分担者:棟安 実治・梶川 嘉延・中原 住雄・四方 博之・

徳丸 正孝・田原 樹・吉田 壮

学外研究分担者:Petar Popovski·Woon-Seng Gan·田口 亮·

山口 雅浩·坂本 雄児·伊藤 智義·下馬場 朋禄

1. はじめに

松島恭治*1

本プロジェクトは、大きくホログラフィグループと近未来コミュニケーショングループに分かれて研究活動を行っている。ホログラフィグループは、ホログラフィによる3次元映像の取得と再生、近未来コミュニケーショングループは、その映像技術に伴う圧縮・伝送や音響技術、さらには、その潜在的アプリケーションの研究を行っている。以下、プロジェクト最終年度となる本年度の研究概要をホログラフィグループ、近未来コミュニケーショングループの順序で掲載している。

2. 計算機合成ホログラム数値合成技術と関大デジタル ホロスタジオ

松島恭治、中原住雄*2

2.1. フルカラー高解像度計算機合成ホログラム

昨年度までにほぼ完成したカラーフィルタを用いた計算機合成ホログラム(CGH)のフルカラー表示技術を用い、実物体のCGHを製作できるようになった¹⁾。この手法では、イメージセンサを用いたデジタルホログラフィ技術によりRGBに対応する3波長で物体光波を取得し、それをカラーフィルタ方式CGHでカラー表示する。古典的な光学ホログラムの記録・再生の全過程をデジタル化することから、我々はこの手法をデジタイズドホログラフィと呼んでいる。作成したフルカラー高解像度CGHを図1に示す。

この様にカラーフィルタ方式は進展しているが、ただし、その画像品質は必ずしも満足のいくものではない。これには二つの要因がある。一つは、カラーレジストで作製しているカラーフィルタの帯域が広いため、物体モデルがホログラム面から離れるに従って、色収差による



図 1. デジタイズドホログラフィにより作成したフルカラー 高解像度CGH「Tea Time」の光学再生像¹⁾

像のぼけが大きくなってしまうことである。もう一つは、カラーフィルタ方式では干渉縞を空間的に分割し、かつ位置合わせ公差を大きくするためのガードギャップが必要となることである²⁾。これにより、かなり像品質が劣化することはシミュレーションでもはっきりと確認されている。

前者の問題を緩和し、さらにカラーフィルタ方式 CGHの生産性に低さを改善するため、独自のコンタクトコピー技術によりカラーフィルタ方式CGHをRGBの3 波長でそのまま体積ホログラムに転写する技術を開発している³⁾。現在のところ再生効率が低いが、体積ホログラムの狭帯域な波長選択性により像品質が改善することは確認されており、効率が向上すればカラーCGHを量産する有力な方法となるであろう。

しかし、この手法でも後者の干渉縞空間分割に伴う問題は改善されない。これを改善するには、RGB三原色の3枚のCGHを作成し、その再生像を重ねる必要がある。そのため、上記のコンタクトコピーにより各色の原版CGHの転写を行って3枚の体積型CGHを作成し、これを重ねる積層型CGHの手法を開発している40。図2にその再生像を示す。色収差によるぼけが少ない上に空間分割によるノイズが全くないため鮮明な再生像が得られる。しかし、転写CGHがガラス板上に形成されているため、再生像にガラス板の厚さによる収差が生じ、正面以外から見たときに色ずれが生じる問題がある。これに

^{*1} システム理工学部教授 博士 (工学)

^{*2} 先端科学技術推進機構客員研究員 工学博士

ついては、計算機で干渉縞を発生する際にガラスの屈折率を補正する手法を開発しており、ほぼ問題を解消しつ つある。



図2. 積層型転写CGHの再生像の例⁴⁾

2.2. 光波データのコーディング

CGH計算の過程では、光波データを取り扱う。これは平面上でサンプリングされた光波面の複素振幅データであり、計算機上では1サンプル点が実部・虚部の二つの単精度浮動小数点数で表される。そのため、1サンプル点あたり8バイトのデータ量となる。例えば、128 K×128 KのCGH(1 K=1024、約10 cm角)の物体光波であれば、そのデータ量は約137 GBにもなる。そのため、光波データを2次ストレージにロード・セーブする際にも、ネットワークで転送する際にも大きな負担になる。

そこで、光波データを振幅・位相形式で表現し、個別に量子化することにより大幅にデータを削減する技術を開発した^{5,6)}。この手法では、振幅を非線形量子化し、位相を線形量子化する。図3は、振幅・位相の総ビット数を4、6、8、16 ビットで一定として振幅のビット数を変化した時に光波の精度をシミュレーション再生像のPSNRで評価した結果を示す。総ビット数8 ビットで最高40 dB、16 ビットでは55 dB以上の結果が得られており、従来比で8分の1(8 ビット)あるいは4分の1(16 ビット)にデータ削減しても大きな影響がないことがわかる。この技術により、光波データの大幅な削減が可能となった。

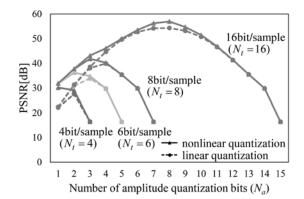


図3. 量子化ビット数に対する精度の評価⁶⁾

2.3. 光源スイッチング方式電子ホログラフィ

ホログラムを動画再生するために、空間光変調器としてDMD(Digital Mirror Device)を用い、時分割により実行的な解像度を増大する光源スイッチング電子ホログラフィを提案している。しかし、この方式には高次回折像が本体の再生像に混入して像を著しく劣化させる問題があった。そこで、偏光マスクを用いて隣接する高次回折像を遮蔽する手法を提案している。この手法を用い、DMD一つの再生像を 4×2 倍 7 、 さらに 4×4 倍に拡張した新しいホログラフィックディスプレイを構築することができた 8 。図 4 に再生像の例を示す。紙面では示せないが、ホログラムが動画として再生されている。

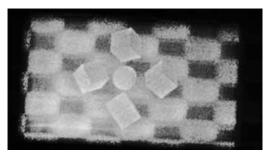


図 4. 光源スイッチング方式ホログラフィックディスプレイ の再生像⁸⁾

2.4. その他の進展

昨年度、曲面レンダリングの技術を提案したが、今回は透明な物体内で屈折率を変化させる物理シミュレーションにより、透明な物体モデルを再生するホログラムをレンダリングする手法を開発し、実際にCGHを作成してその効果を確認することができた⁹。

また、高解像度CGHを体積ホログラムに転写する2 段階法ではなく、体積ホログラムを直接描画できる波面 プリンタの開発を従来から進めてきた。今年度は、この 波面プリンタに軸外れデニシュク光学系を導入すること により、大幅に構造を簡単化し、描画光波の強度を向上 した新方式を開発した¹⁰⁾。

3. デジタルホログラフィ技術を用いたコンピュータホログラフィ用光波撮像技術

田原樹*3

本プロジェクトの目的の一つである面内 30 cm四方のカラーホログラフィック撮像システム実現のため、本年度は、2013 年度に提案した技術のマルチカラーイメージングを実現するアルゴリズムの構築と妥当性の確認を行った。また、臨場感を高めるために動画像記録、高速画像再生アルゴリズムに関する研究を進め、複数波長同時 3 次元イメージングの高速化を推進した。

^{*3} システム理工学部助教 博士 (工学)

研究者が世界で初めて提案した波長選択抽出位相シフト法に基づくカラーイメージング方式は、広範囲のカラー3次元ホログラフィック画像情報記録を達成可能である。本プロジェクトにおいて、面内30cm四方のマルチカラーホログラフィック撮像に応用すべく、位相変調に微小な機械駆動または空間光変調器を用いたマルチカラーディジタルホログラフィへと機能拡張した。結果、3波長多重記録された単色画像からカラー3次元イメージング可能であることを実証した¹¹⁾。また、微弱な物体光波に対し、高画質イメージングを行えるアルゴリズムを提案・実証した¹²⁾。そして、撮像素子のダイナミックレンジに対する再生像の画質を数値解析により評価し、1波長あたり4ビットの情報量があれば高画質イメージング可能との知見を得た¹³⁾。

ホログラフィック光波撮像し、得られた画像から3次元画像情報を再構成するためには、膨大な計算量が必要であることが指摘されている。臨場感を高めるためには、記録速度のみならず、像再生速度を加速度的に高める必要がある。像再生にかかる計算量は、2次元フーリエ変換が大きな割合を占める。そこで、フーリエ変換を必要としない像再生アルゴリズムを実証した¹⁴⁾。また、数値的評価結果として、従来のアルゴリズムに比べ、1桁像再生速度を向上可能であると判明した。当該アルゴリズムを適用可能なシステムにおいて、400 nm程度の白黒線幅の干渉縞を記録できる方式を提案し、実証した¹⁵⁾。今後は動画イメージング応用可能性を検討する。

ホログラフィでは通常、ホログラムを得るためにレーザ光源が必要であったため、太陽光照明下において適用できなかった。そこで、自然光のホログラムを単一露光記録できる結像レンズレス瞬時3次元イメージング技術を提案し、また、技術の実証に成功した¹⁶⁾。

以上、5年間にわたる研究の成果として、本年度の試作システムにより1.4m離れた30cm四方の物体のマルチカラー3次元イメージングが達成可能である。よって、当初の目的を達成するマルチカラーホログラフィック3次元画像記録システムの開発に成功しただけでなく、世の中に新しいマルチカラーホログラフィック3次元光波画像取得技術を生みだし、光学システム試作、実証までを達成することができた。さらには、像再生を高速化するアルゴリズムの提案、単一露光自然光ホログラフィ方式を提案し、時間方向に高臨場感を与えるシステム、太陽光照明下に適用可能な高速ホログラフィックカメラシステムの創出までを示すことができた。

4. 超大規模データの圧縮

棟安実治*4、吉田壮*5、田口亮*6

4.1. はじめに

昨年提案したCGH(computer-generated hologram)画像の光波データの圧縮技術に利用可能な非可逆圧縮の手法について検討した「「つ。ここでは、2値ホログラム干渉縞データのランレングスとエントロピー符号化を組み合わせた新たな可逆圧縮手法について提案する。特に、新たなランレングス符号化手法を提案し、ブロック分割されたホログラム干渉縞の領域ごとに、この手法と従来のランレングス符号化を選択して、領域の性質に適応した符号化を行う。

4.2. 提案手法

干渉縞のランレングスに関する統計的性質によれば、ランレングスを用いることがある程度有効である。さらに、画素値が交互に現れるような場合についても対応が必要である。これに加えて、画像の局所的な傾向にも対応できるような手法が好ましいといえる。ここでは、これらの考察を踏まえ、干渉縞にブロック分割を行い、各ブロックに対して適用する符号化手法を適応的に変更する手法を提案する。

各ブロックで良い符号化効率が得られる符号化手法が 異なることから、干渉縞データをブロック分割した後、 ブロック毎に、前処理とハフマン符号化を組み合わせた いくつかの符号化を行い、

$$C = \left(1 - \frac{t + F}{M \times N}\right) \times 100[\%] \tag{1}$$

で示される符号化効率Cを調べる。ここで、tはハフマン符号表の符号量、Fは符号化された画像の符号量を示す。MとNは元データの縦と横の画素数である。符号化効率Cは、値が大きいほど圧縮率が高いことを示す。最も符号化効率のよかった圧縮法をそのブロックの圧縮法として採用し、画像全体の符号化効率を記録する。さらに、ブロック分割数を変更して、同様の手順を繰り返し、符号化効率を評価して最も符号化効率の大きいものを圧縮した結果とする。

符号化法としては、以下の選択肢の組み合わせとする。(1)通常のランレングスあるいは後述する交互ランレングス(2)スキャン方向、具体的には、左から右にスキャンする「スキャンA」、上から下にスキャンする「スキャンB」ブロック分割数としては、4、16、64分割とした。提案手法の概要を図5に示す。

^{*4} システム理工学部教授 博士 (工学)

^{*5} システム理工学部助教 博士 (情報科学)

^{*6} 東京都市大学 知識工学部教授 工学博士

ここで提案する交互ランレングスは、白と黒が交互に 続く長さをランとみなし、そのランレングスを符号化す る手法である。例を図6に示す。

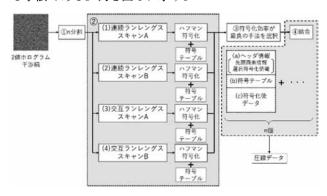


図5. 提案手法の概要

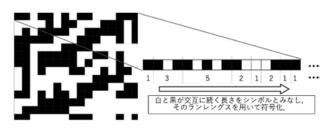


図6. 交互ランレングス

4.3. 評価実験

3種類の干渉縞データに提案手法を適用し、従来手法¹⁸⁾ との比較を行った。その結果を表1に示す。この表から、提案手法により、符号化効率の向上が確認できる。

| X : | | | | | | | |
|----------|-----|--------------|-------------|-------------|--|--|--|
| | データ | 4 分割 | 16 分割 | 64 分割 | | | |
| ~ ~ | 1 | 6.02 | 5.93 | 5.68 | | | |
| 従来 手法 | 2 | 10.15 | 10.29 | 11.66 | | | |
| | 3 | 8.95 | 11.25 | 11.66 | | | |
| 提案手法 | 1 | <u>6.02</u> | <u>5.94</u> | <u>5.69</u> | | | |
| | 2 | <u>16.13</u> | 20.58 | 21.62 | | | |
| | 3 | 14.76 | 14.72 | 13.88 | | | |

表1. 従来手法180との符号化効率[%]の比較

4.4. まとめ

2値ホログラム干渉縞データに対して、同画素の連続数のランレングスだけでなく、新たに隣り合う画素が違う場合の連続数のランレングスを求めることにより、従来手法ではうまく符号化できなかった部分の符号化効率を改善する方法を提案した。その結果、最大で従来手法と比べて符号化効率が約2倍になり、元のデータ量を約22%削減することができた。

5. 高度三次元音響技術の開発

梶川嘉延*7、岩居健太*8、Woon-Seng Gan*9

5.1. はじめに

コンピュータホログラフィに対して、より没入感を ユーザに与えるために、三次元音響技術を組み合わせる ことは有効である。三次元音響技術としては波面合成法、 境界音場制御などに代表される実音場における音波を忠 実に再現する技術とトランスオーラルシステムに代表さ れる局所領域において所望の音情報を再生する技術があ る。前者の技術は、ユーザに対して没入感を与えるのに は最も適しているが、スピーカを多数必要とするととも に膨大な演算量が必要となるなど実現性において多数の 課題が残されている。一方、後者の技術は三次元音場を ユーザに容易に再現可能であるが、非常に限られた領域 でしか再現できないため、ユーザの動きには追従できな いなどの課題が残されている。さらに両者に共通する問 題として、非常にサイズの小さいホログラフィ映像と組 み合わせるという用途には不向きなことがあげられる。 そこで、本研究においてはホログラフィ再生に用いる記 録材料に対して、超指向性を有するパラメトリックス ピーカにより音を放射し、記録材料にて反射させること で、あたかも記録材料から音が放射されているような感 覚を生み出す高度三次元音響技術の開発に取り組んでい る。しかしながら、パラメトリックスピーカは超指向性 の優位性に対して、音質が従来のスピーカに比べて劣る という欠点を有する。そこで、本研究ではパラメトリッ クスピーカの音質を改善するための新たな前処理システ ムとしてComplex Inverse Systemを提案¹⁹⁾ し、その有 効性を検討した。

5.2. パラメトリックスピーカの概要と問題点

超音波を搬送波としたパラメトリックスピーカは指向性の高い音が望まれる様々な実用的なアプリケーションのための音響再生装置として研究されている。パラメトリックスピーカは超音波を搬送波としてオーディオ信号を変調し、空気中を伝搬させることで、空気の非線形性によってオーディオ信号(可聴音)を再生する。超音波は、人に聴こえる可聴音よりも高い周波数の波であり、直進する性質をもっているため、パラメトリックスピーカによる再生音は通常のスピーカに比べて鋭い指向性をもち、所望の位置に可聴音を伝達することが可能である。また、パラメトリックスピーカから放射した超音波をホログラフィの記録材料に照射することで、記録材料上に

^{*7} システム理工学部教授 博士 (工学)

^{*8} 先端科学技術推進機構ポスト・ドクトラル・フェロー 博士 (工学)

^{*9} Nanyang Technological University, Professor

新たな音源を生成することも可能である。一方で、パラメトリックスピーカの音質は非線形歪みによる影響で従来のスピーカに比べて低く、三次元音響再生においてはその音質劣化が大きな影響を与えるため、音質改善は必要不可欠な取組であると言える。音質を改善するためには、音質劣化の原因である非線形歪みを低減することが重要である。非線形歪みを低減する方法としてはVolterraフィルタなどの非線形ディジタルフィルタを用いる方法が考えられるが、パラメトリックスピーカの場合には入力信号レベルに応じて、その非線形性が変化することが知られているため、入力信号レベルに応じてフィルタ特性を変化させる必要がある。

5.3. Complex Inverse System

上記のようにパラメトリックスピーカの非線形性歪みを低減するためには入力信号レベルに応じて非線形ディジタルフィルタの特性を変化させることが重要である。それを実現する方法として図7に示すようなComplex Inverse Systemを提案する。提案システムは入力信号レベルに応じて適切な非線形ディジタルフィルタを選択するような構成となっている。図8に評価結果の一例を示す。図からもわかるように、入力レベルに対して適切なサブシステムを選択することで最も高い性能を示していることがわかる。よって、提案システムがパラメトリックスピーカの音質改善に有効であることがわかる。したがって、提案システムによる前処理を備えたパラメトリックスピーカを利用することで、より効果的な三次元

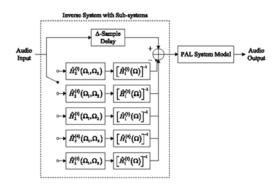


図 7. Complex Inverse Systemによるパラメトリックスピーカ の音質改善手法

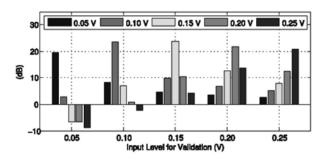


図8. 提案システムの評価

音響空間を生成することが可能であると言える。

6. 高密度環境における省電力通信実現のための通信制 御方式

三木智仁*10、四方博之*11、Petar Popovski*12

5G (第5世代移動通信システム) に代表される次世代無線通信システムでは、センサ等無線通信機能を有する端末による高密度通信が一般的になるものと考えられる。これらの端末のバッテリー交換コストを削減するためには、省電力通信の実現が必要になる。そこで、本研究ではセンサからセンシングデータを収集する通信にウェイクアップ受信機を適用し、所望のセンシングデータを有する端末のみリモート起動し、通信させることで省電力化を実現するウェイクアップ制御法の提案と評価を行った。

6.1. コンテンツベースウェイクアップ法

本研究では、センサノードにウェイクアップ受信機を適 用するオンデマンド型WSN (Wireless Sensor Network) に注目した²⁰⁾。オンデマンド型WSNでは、非通信時に 各ノードの無線通信モジュールをスリープ状態とし、 ウェイクアップ受信機のみが自身宛の通信要求を待ち受 けるために起動状態を維持する。ウェイクアップ受信機 は、ウェイクアップ信号を検出するだけのシンプルな ハードウェア構成となっており、超低消費電力で動作す ることから、ノードの受信待機時の消費電力を削減する ことが可能である。既存のIDベースのウェイクアップ 法²¹⁾では、通信要求発生ノードが、通信対象センサノー ドの識別子であるウェイクアップIDを含むウェイク アップ要求をウェイクアップ信号として送信する。ウェ イクアップ信号を受信したウェイクアップ受信機は、自 身に割り当てられたウェイクアップIDを検出した場合、 自身の無線通信モジュールをスリープ状態から起動状態 に遷移させ、その後データ通信を行う。以上の動作によ り、オンデマンド型WSNでは、各ノードの受信待機時 の消費電力を抑えつつ、高い応答性を実現することが可 能である。

しかしながら、実用的なWSNでは全センサノードのセンシング情報が必ずしも必要ではない場合がある。例えば、ある閾値よりも大きい、あるいは小さい値を観測したセンサノードのIDとその観測値に関する情報収集や、全センサノードの観測値を降順に並べた時に、上位k番目までの値を観測したノードのIDとその観測値に関

^{*10} 理工学研究科、先端科学技術推進機構準研究員

^{*11} システム理工学部教授 博士 (工学)

^{*12} Aalborg University, Professor, Ph.D.

する情報収集が求められる220。しかし、オンデマンド 型WSNの既存ウェイクアップ法であるIDベースのウェ イクアップ法では、データ収集ノードは、センシングデー タによらずIDに基づきノードをウェイクアップさせる。 このウェイクアップ法では、所望の条件を満たすセンシ ング情報を保持していないセンサノードも起動させる必 要があるため、センサノードは無駄な電力を消費するこ ととなる。そこで、本研究では、センサノードの観測し たセンシング情報に応じてウェイクアップ制御を行うコ ンテンツベースウェイクアップ法を提案した²³⁾。コン テンツベースウェイクアップ法では、データ収集ノード が収集すべきセンシング情報の条件に基づきウェイク アップ信号を変化させる。各センサノードのウェイク アップ受信機は自身の観測値に基づいて、起動処理を行 うべきウェイクアップ信号を設定する。これにより、特 定の条件を満たすセンシング情報を保持するセンサノー ドのみをウェイクアップさせ、無駄なウェイクアップを 抑制する。

本研究では提案コンテンツベースウェイクアップ法をtop-kデータ収集に適用したカウントダウンコンテンツウェイクアップ法(CD-COWu)のシミュレーション評価を行った。ノード数に対するエネルギー消費量およびデータ集遅延特性を図9、図10にそれぞれ示す。これらの図より、提案CD-COWuはどのノード数に対しても従来のIDベースウェイクアップ法(Unicast)よりも消費電力を抑制できていることが分かる。また、ノー

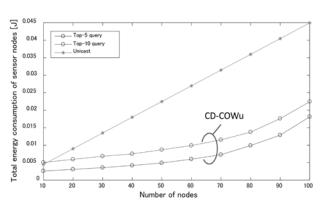


図9. ノード数に対するエネルギー消費量特性

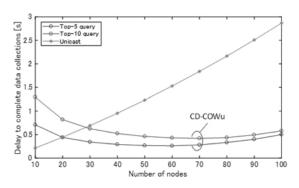


図10. ノード数に対する遅延特性

ド数が増加するにつれ、データ収集遅延の観点からの CD-COWuのUnicastウェイクアップに対する優位性も 大きくなることが確認できる。

6.2. まとめ

本研究では、高密度通信環境において省電力通信を実現するコンテンツベースウェイクアップ法の提案と評価を行った。今後は、この方式の理論計算および実験による評価を行う予定である。

7. 多人数参加型の対話型進化計算インタフェースおよびプロトタイプシステムの開発

徳丸正孝*13

7.1. はじめに

本研究では、コンピュータホログラフィを用いた多人数参加型の3次元オブジェクト協調デザイン支援システムのプロトタイプ「ホロキューブ」を開発した²⁴⁾。また、協調デザイン支援に人工知能を搭載したロボットが介入し、人とAIが共同でデザインを行う場合を想定し、多人数コミュニケーションにおけるロボットの意思決定モデルを開発した²⁵⁾。さらに、前年度に開発した衣服の感性検索システムについて、感性検索精度と画像特徴の相関分析を行った²⁶⁾。

7.2. 多人数参加型IECシステム「ホロキューブ」の 開発

本研究で開発したHolo-Cube(ホロキューブ)は、 半透過スクリーンに投影された3Dオブジェクトを回転 させることで、デザイン対象である立体物を360度すべ ての視点で観察して評価することが可能なシステムである²⁴⁾。

図11にシステム概要を示す。本システムは、2個の3Dオブジェクト(解A、解B)を上下に並べて提示することができる。装置の上部と下部には正方形液晶モニタが設置されており、各モニタが表示する映像はアクリル製の半透過スクリーンに投影される。それぞれのモニタに対してピラミッド形状の半透過スクリーンが設置されているため、ユーザの視点からは透明のキューブの中に2個の3Dオブジェクトが浮かんでいるように見える。

Holo-Cubeに投影する3Dオブジェクトは、ゲームエンジンUnityを用いて仮想環境上に作成され、4台の仮想カメラがオブジェクトの周りを回転しながら個々のアングルでオブジェクトを撮影する。それぞれのカメラで撮影された映像は、正方形モニタを上下左右に分割した4箇所の領域に表示される。これらの4個の画像が半透

^{*13} システム理工学部教授 博士(工学)

過スクリーンを構成する4個の面に投影されるため、 Holo-Cubeの周囲どこからでも回転する3Dオブジェクトを視認することができる。

デザイン生成に参加するユーザは、Holo-Cubeの周りに着席し、上下に表示される3Dオブジェクトの回転体を比較し、どちらのデザインが好みかをBluetooth無線接続のテンキーを用いてシステムに通知する。システムはユーザからの評価を集約し、対話型進化計算によりデザインを最適化する。4名の被験者による実験により、Holo-Cubeを用いることで立体物を複数視点で確認しながら協調的にデザインを生成できることが確認された。

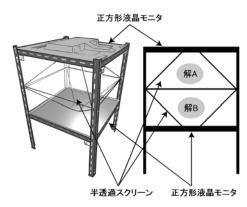


図11. ホロキューブの概要

7.3. 多人数コミュニケーションのための意思決定モ デル

対話型システムでは、人工知能を搭載したロボットが 人間とロボットが混合するコミュニティにおいて、協調 しながら意思決定を行う必要がある。そこで、本研究で は人間集団内に発生する集団規範を学習し、自らの振舞 いを人間に合わせることができる意思決定モデルを開発 した 25)。集団規範とは人間集団内において発生する不 文律のことである。本研究では、(1)仮想空間上の複数の ロボットを用いたシミュレーション、(2)被験者と提案モ デルに従うだけの被験者の集団の限定的なシナリオにお ける実験を実施した。(1)において、提案モデルを搭載し た複数のロボットの集団はお互いの振舞いを観察し集団 規範を形成した。(2)において、被験者が提案モデルに 従って人間集団内で振舞っても、その集団は提案モデル に基づく人間の振舞いを考慮した集団規範を形成した。 将来的に、提案モデルを搭載したロボットが複数の人間 と協調しながらデザイン支援システムを操作し、デザイ ンの最適化を行うことを目指す。

7.4. 衣服の感性検索システムの性能と画像特徴の相 関分析

本研究では、昨年度までに開発してきた衣服の感性検索システムにおいて、個々のユーザに対して有効な検索

結果を提示するための感性検索モデルを提案し、画像特 徴との相関を分析することにより性能の検証を行った²⁶。 感性検索では、ユーザの感性に基づく評価の推定によって情報検索を行っている。そのため、検索対象の情報から、評価に影響を与える特徴を認識する必要があり、提案モデルは幅広く高度な特徴を扱うことが期待できる。本研究では、予め収集したユーザの評価を用いて、ユーザの好み推定のシミュレーションを実施した。実験結果から、提案モデルはユーザの評価を高精度で推定でき、ユーザに提示する検索結果からも有効性を確認することができた。

謝辞

本研究は、「文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成 支援事業 (2013 年度~2017 年度)」によって実施された ものである。

参考文献

- K. Matsushima, N. Sonobe, Full-color digitized holography for large-scale holographic 3D imaging of physical and nonphysical objects, Appl. Opt., 57, A150-A156 (2017).
- Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, Full-color large-scaled computer-generated holograms using RGB color filters, Opt. Express, 25, 2016–2030 (2017).
- 五十嵐勇祐, 松島恭治, カラーフィルタを用いたフルカラー 体積型転写CGHの作製, HODIC Circular, 37(3), 10-13 (2017).
- 4) 中尾弘希, 松島恭治, フルカラー高解像度体積型CGHの 作成, 3次元画像コンファレンス2017, P-10 (2017).
- 5) 増地将哉, 松島恭治, 棟安実治, 線形・非線形量子化による光波データ量の削減, 3次元画像コンファレンス2017, P-2 (2017).
- 6) 増地将哉, 松島恭治, 棟安実治, 光波振幅分布の非線形量 子化による光波データ量削減, Optics & Photonics Japan 2017, 31aP5 (2017).
- 7) 西川凌, 土岡智旭, 松島恭治, 光源スイッチング方式ホログラフィックディスプレイにおけるカラーフィルタを用いたカラー再生の検討, 3次元画像コンファレンス2017, P-1 (2017).
- 8) 西川凌, 土岡智旭, 松島恭治, 光源スイッチングによる時分割多重化ホログラフィックディスプレイ, Optics & Photonics Japan 2017, 31aP14 (2017).
- 9) 齋藤智崇, 松島恭治, デニシュク型光学系を用いた波面プリンタの基礎研究, 3次元画像コンファレンス2017, P-3 (2017).
- 10) H. Nishi, K. Matsushima, Rendering of transparent

- objects in polygon-based computer holography, Information Photonics 2017, IP-21PM-1-8 (2017).
- 11) T. Tahara, R. Otani, K. Omae, T. Gotohda, Y. Arai, Y. Takaki, Multiwavelength digital holography with wavelength-multiplexed holograms and arbitrary symmetric phase shifts, Opt. Express, 25, 11157-11172 (2017).
- 12) T. Tahara, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Dual-Wavelength Digital Holography Based on Phase-Division Multiplexing Using Four Wavelength-Multiplexed Phase-Shifted Holo-grams and Zeroth-Order Diffraction-Image Suppression, Int. J. Automation Technol., 11, 806-813 (2017).
- 13) T. Tahara, R. Otani, Y. Takaki, Investigation of image quality against bit depth in phase-shifting interferometry selectively extracting multiwavelength information, The 24th Congress of the International Commission for Optics, Th1F-06, Tokyo, Japan (2017).
- 14) T. Tahara, T. Akamatsu, Y. Arai, T. Shimobaba, T. Ito, T. Kakue, Algorithm for extracting multiple object waves without Fourier transform from a single image recorded by spatial frequency-division multiplexing and its application to digital holography, Opt. Commun., 402, 462-467 (2017).
- 15) T. Tahara, Y. Arai, Multiwavelength off-axis digital holography with an angle of more than forty degrees and no beam combiner to generate interference light, Appl. Opt., 56, F200-F204 (2017).
- 16) T. Tahara, T. Kanno, Y. Arai, T. Ozawa, Single-shot phase-shifting incoherent digital holography, J. Opt. (IOP Publishing), 19, 065705 (2017).
- 17) 西垣内 他, 2 値ホログラフィ干渉縞データの非可逆圧縮 の一手法, 信学技法, SIS研究会, SIS2017-23 (2017).
- 18) 西垣内 他, 2 値ホログラフィ干渉縞データのハフマン符 号化を用いた圧縮, 信学技法, SIS研究会, SIS2015-19 (2015).

- 19) Y. Hatano, C. Shi, Y. Kajikawa, Compensation for Nonlinear Distortion of the Frequency Modulation Based Parametric Array Loudspeaker, IEEE/ACM Trans. Audio, Speech, and Language Processing, 25(8), 1709-1717 (2017).
- 20) H. Yomo, T. Kawamoto, K. Abe, Y. Ezure, T. Ito, A. Hasegawa, T. Ikenaga, ROD-SAN: Energy-efficient and High-response Wireless Sensor and Actuator Networks employing Wake-up Receiver, IEICE Transactions on Communications, E99-B (9), 1998-2008 (2016).
- 21) I. Demirkol, C. Ersoy, E. Onur, Wake-Up Receivers for Wireless Sensor Networks: Benefits and Challenges, IEEE Wireless Communications, 16(4), 88-96 (2009).
- 22) B. Malhotra, M. A. Nascimento, I. Nikolaidis, Exact Top-K Queries in Wireless Sensor Networks, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 23(10), 1513-1525 (2011).
- 23) 三木智仁, 四方博之, K. Huang, C. Stefanovic, P. Popovski, ウェイクアップ受信機適用無線センサネットワークのためのコンテンツベースウェイクアップ法の提案と評価, 信学技報, 117(310), ASN2017-64, 7-12 (2017).
- 24) 徳丸正孝, 立体物を多人数で評価するための IEC システム「ホロキューブ」の試作, 日本知能情報ファジィ学会 評価問題研究部会 第22回曖昧な気持ちに挑むワークショップ, 1a-3 (2017).
- 25) Y. Fuse, H. Takenouchi, M. Tokumaru, A Robot Model in Limited Scenarios to Create a Suitable Decisionmaking Criterion by Interacting with People in a Group, 2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence Proceedings, 104-110 (2017).
- 26) S. Ota, H. Takenouchi, M. Tokumaru, Kansei clothing retrieval system using features extracted by autoencoder, 2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence Proceedings, 281–287 (2017).

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト(2013~2017年度)

コンピュータホログラフィ技術を中心とした 超大規模データ処理指向コミュニケーション

2017年度 研究成果一覧表

論文

- (1) K. Matsushima, N. Sonobe, Full-color digitized holography for large-scale holographic 3D imaging of physical and nonphysical objects, Applied Optics, 57(1), A150-A156 (2017).
- (2) 松崎昭太, 小林昂一郎, 松島恭治, フルカラーコンピュータホログラフィ用ソフトウェアツール群の開発, HODIC Circular, 37(3), 6-9 (2017).
- (3) 五十嵐勇祐, 松島恭治, カラーフィルタを用いたフルカラー体積型転写CGHの作製, HODIC Circular, 37(3), 10-13 (2017).
- (4) H. Nishi, K. Matsushima, Rendering of specular curved objects in polygon-based computer holography, Applied Optics, 56(13), F37-F44 (2017).
- (5) T. Tahara, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Dual-wavelength digital holography based on phase-division multiplexing using four wavelength-multiplexed phase-shifted holograms and zeroth-order diffraction-image suppression, International Journal of Automation Technology, 11(5), 806-813 (2017).
- (6) T. Tahara, T. Akamatsu, Y. Arai, T. Shimobaba, T. Ito, T. Kakue, Algorithm for extracting multiple object waves without Fourier transform from a single image recorded by spatial frequency-division multiplexing and its application to digital holography, Optics Communications, 402, 462-467 (2017).
- (7) T. Tahara, T. Kanno, Y. Arai, T. Ozawa, Single-shot phase-shifting incoherent digital holography, Journal of Optics, 19, 065705 (2017).
- (8) T. Tahara, R. Otani, K. Omae, T. Gotohda, Y. Arai, Y. Takaki, Multiwavelength digital holography with wavelength-multiplexed holograms and arbitrary symmetric phase shifts, Optics Express, 25(10), 11157-11172 (2017).
- (9) T. Tahara, Y. Arai, Multiwavelength off-axis digital holography with an angle of more than 40 degrees and no beam combiner to generate interference light, Applied Optics, 56 (13), F200-F204 (2017).
- (10) K. Iwai, Y. Kajikawa, Modified second-order nonlinear infinite impulse response (IIR) filter for equalizing frequency response and compensating nonlinear distortions of electrodynamic loudspeaker, Applied Acoustics, 132, 202-209 (2018).
- (11) Y. Hatano, C. Shi, Y. Kajikawa, Compensation for nonlinear distortion of the frequency modulation-based parametric array loudspeaker, IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 25(8), 1709-1717 (2017).
- (12) 太田茂, 竹之内宏, 徳丸正孝, 深層ニューラルネットワークによる特徴抽出を用いた衣服の感性検索, 日本感性工学会 論文誌, 16(3), 277-283 (2017).

国際学会

- (1) S. Igarashi, T. Nakamura, K. Matsushima, M. Yamaguchi, Continuous tiling Fresnel diffraction and its application to over 10-gigapixel computer-generated Holograms, The 24th Congress of the International Commission for Optics, Tokyo, Japan (2017).
- (2) K. Matsushima, Y. Tsuchiyama, N. Sonobe, S. Masuji, M. Yamaguchi, Y. Sakamoto, Full-color large-scaled computer-generated holograms for physical and non-physical objects, Holography: Advances and Modern Trends V, Czech Republic (2017).
- (3) S. Igarashi, T. Nakamura, K. Matsushima, M. Yamaguchi, 3D Physically based rendering of computer generated holograms orthographic ray-sampling, Information Photonics 2017, IP-21AM-2-1, Kanagawa, Japan (2017).

- (4) H. Nishi, K. Matsushima, Rendering of transparent objects in polygon-based computer holography, Information Photonics 2017, IP-21PM-1-8, Kanagawa, Japan (2017).
- (5) T. Tahara, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Multidimensional imaging with phase-shifting interferometry, The 7th Korea-Japan Workshop on Digital Holography and Information Photonics, Inv21p-3, South Korea (2017).
- (6) T. Tahara, T. Gotohda, R. Otani, Y. Takaki, Investigation of image quality against bit depth in phase-shifting interferometry selectively extracting multiwavelength information, The 24th Congress of the International Commission for Optics, Th1F-06, Tokyo, Japan (2017).
- (7) T. Tahara, R. Otani, Y. Takaki, Three-wavelength digital holographic microscopy with seven wavelength-multiplexed holograms and arbitrary symmetric phase shifts, Digital Holography and Three-Dimensional Imaging, South Korea (2017).
- (8) T. Tahara, T. Kanno, Y. Arai, T. Ozawa, Incoherent digital holography system utilizing single-shot phase-shifting interferometry, Biomedical Imaging and Sensing Conference, Proc. SPIE 102510F, Kanagawa, Japan (2017).
- (9) T. Tahara, R. Otani, K. Omae, Y. Arai, Y. Takaki, Three-wavelength phase-shifting interferometry selectively extracting wavelength information from wavelength-multiplexed images with arbitrary symmetric phase shifts, Biomedical Imaging and Sensing Conference, Proc. SPIE 1025111, Kanagawa, Japan (2017).
- (10) T. Nishigaito, M. Muneyasu, K. Matsushima, S. Yoshida, A. Taguchi, A New Method of Lossless Coding for Binary Holographic Interference Fringes, 2017 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS1-1, Fukuoka, Japan (2017).
- (11) S. Oohara, Y. Ikeshita, M. Muneyasu, S. Yoshida, M. Nakashizuka, Image Regularization with Morphological Gradient Priors Using Optimization of Structuring Element, 2017 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS1-13, Fukuoka, Japan (2017).
- (12) T. Fujii, S. Yoshida, M. Muneyasu, Feedback assisted multi-modality reranking for Web video search, 2017 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS1-16, Fukuoka, Japan (2017).
- (13) M. Liji, M. Muneyasu, K. Matsushima, S. Yoshida, A. Taguchi, Lossy Coding of Wave-Field Data Using Singular Value Decomposition, 2017 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS2-7, Fukuoka, Japan (2017).
- (14) Y. Ikeshita, M. Muneyasu, M. Nakashizuka, S. Yoshida, Image Regularization with Morphological Gradient Priors Considering Optimization of SE, 2017 Taiwan and Japan Conference on Circuits and Systems, 4, Okayama, Japan (2017).
- (15) S. Abe, M. Muneyasu, S. Yoshida, A Design Technique of Impulse Detector Using Neural Network, 2017 Taiwan and Japan Conference on Circuits and Systems, 19, Okayama, Japan (2017).
- (16) K. Fujii, M. Muneyasu, A Method for Re-estimating Feedback Path under Active Noise Control, 24th International Congress on Sound and Vibration, United Kingdom (2017).
- (17) K. Iwai, Y. Kajikawa, Modification of Second-Order Nonlinear IIR Filter for Compensating Linear and Nonlinear Distortions of Electrodynamic Loudspeaker, 25th European Signal Processing Conference, Greece (2017).
- (18) Y. Fuse, H. Takenouchi, M. Tokumaru, A Robot Model in Limited Scenarios to Create a Suitable Decision-making Criterion by Interacting with People in a Group, 2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, #1284, USA (2017).
- (19) S. Ota, H. Takenouchi, M. Tokumaru, Kansei clothing retrieval system using features extracted by autoencoder, 2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, #1584, USA (2017).
- (20) Y. Fuse, H. Takenouchi, M. Tokumaru, A Model for Robot of Decision Making for Selecting Cooperative Behaviors in a Group, The 18th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, F1c-3, Korea (2017).

国内学会

- (1) 松島恭治, 関大デジタルホロスタジオにおける大規模CGH描画・作成技術, 平成30年第1回ホログラフィック・ディスプレイ研究会, 東京 (2018).
- (2) 松島恭治, 大規模計算機合成ホログラムによる3次元立体画像 ―近年の進展―, レーザー学会学術講演会第38回年次

- 大会. 京都 (2018).
- (3) 増地将哉, 松島恭治, 棟安実治, デジタル光波データのデータサイズ削減手法, 第22回関西大学先端科学技術シンポジウム, 大阪 (2018).
- (4) 松崎昭太, 松島恭治, フルカラー計算機合成ホログラムのデザインと計算のためのソフトウェアツール, 第22回関西 大学先端科学技術シンポジウム, ポスターNo.18, 大阪 (2018).
- (5) 五十嵐勇祐, 松島恭治, フルカラーCGHの転写手法, 第22回関西大学先端科学技術シンポジウム, ポスターNo.19, 大阪 (2018).
- (6) 土岡智旭, 西川凌, 松島恭治, 光源スイッチング方式電子ホログラフィにおける多重化数の拡張, 第22回関西大学先端 科学技術シンポジウム, ポスターNo.20, 大阪 (2018).
- (7) 齋藤智崇, 橋村直柔, 松島恭治, 軸外れデニシュク型光学系を用いた波面プリンタ, 第22回関西大学先端科学技術シンポジウム, ポスターNo.21, 大阪 (2018).
- (8) 石上智也, 橋本翼, 松島恭治, 合成開口カラーデジタルホログラフィにおける露出制御, 第22回関西大学先端科学技術シンポジウム, ポスターNo.22, 大阪 (2018).
- (9) 中清裕貴, 松島恭治, 高解像度CGHにおけるスイッチバック法隠面消去処理のGPUを用いた高速化, ホログラフィック・ディスプレイ研究会(HODIC)2017年第4回研究会, 石川 (2017).
- (10) 増地将哉, 松島恭治, 棟安実治, 光波振幅分布の非線形量子化による光波データ量削減, Optics & Photonics Japan 2017, 31aP5, 東京 (2017).
- (11) 西川凌, 土岡智旭, 松島恭治, 光源スイッチングによる時分割多重化ホログラフィックディスプレイ, Optics & Photonics Japan 2017, 31aP14, 東京 (2017).
- (12) 松島恭治, 大規模コンピュータホログラフィによる空間像の表示, セミナー「次世代映像技術」, 応用光学懇談会, 日本光学会, 超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム, 講演3, 大阪 (2017).
- (13) 下馬場朋禄, 松島恭治, 角江崇, 伊藤智義, 波面記録法とウェーブレット変換を用いたホログラム計算の高速化, 3次元 画像コンファレンス2017, 千葉 (2017).
- (14) 西川凌, 土岡智旭, 松島恭治, 光源スイッチング方式ホログラフィックディスプレイにおけるカラーフィルタを用いたカラー再生の検討, 3次元画像コンファレンス2017, P-1, 千葉 (2017).
- (15) 増地将哉, 松島恭治, 棟安実治, 線形・非線形量子化による光波データ量の削減, 3次元画像コンファレンス2017, P-2, 千葉 (2017).
- (16) 齋藤智崇, 松島恭治, デニシュク型光学系を用いた波面プリンタの基礎研究, 3次元画像コンファレンス2017, P-3, 千葉 (2017).
- (17) 土岡智旭, 西川凌, 松島恭治, 光源スイッチング方式ホログラフィックディスプレイにおける偏光マスクの改良と拡張, 3次元画像コンファレンス2017, P-4, 千葉 (2017).
- (18) 中尾弘希, 松島恭治, フルカラー高解像度体積型CGHの作成, 3次元画像コンファレンス2017, P-10, 千葉 (2017).
- (19) 田原樹, 赤松孝則, 新井泰彦, 下馬場朋禄, 伊藤智義, 角江崇, 空間周波数分割多重記録を行なうディジタルホログラフィにおける高速像再生アルゴリズム, ホログラフィック・ディスプレイ研究会(HODIC)2017年第4回研究会, 3, 石川(2017).
- (20) 田原樹, 大谷礼雄, 新井恭彦, 小澤岳昌, 高木康博, 位相シフト干渉法を用いた波長情報の取得と自然光の単一露光 ディジタルホログラフィックイメージング, Optics and Photonics Japan 2017, laES5, 東京 (2017).
- (21) 田原樹, 大谷礼雄, 高木康博, 波長選択抽出位相シフトディジタルホログラフィック顕微鏡法, 3次元画像コンファレンス2017, 6-3, 千葉 (2017).
- (22) 藤井健作, 棟安実治, 適応フィルタの係数収束検知法の提案, 第32回信号処理シンポジウム, P-2, 岩手 (2017).
- (23) 西垣内崇宏, 棟安実治, 松島恭治, 吉田壮, 田口亮, 2値ホログラフィ干渉縞データの非可逆圧縮の一手法, スマートインフォメディアシステム研究会, SIS2017-23, 奈良 (2017).
- (24) 藤井健作, 棟安実治, 音響経路推定完了検知法に関する検討, 日本音響学会2017年秋季研究発表会, 2-P-29, 愛媛 (2017)
- (25) 吉岡真一郎, 棟安実治, 吉田壮, 特徴点軌跡とパーティクルフィルタによる動作認識の一手法, 2017年電子情報通信学会ソサイエティ大会, A-15-8, 東京 (2017).
- (26) 大原翔矢, 池下雄大, 棟安実治, 吉田壮, 中静真, GAによる構造要素の最適化を用いたモルフォロジカル勾配に基づく

- 画像の正則化, スマートインフォメディアシステム研究会, SIS2017-3, 大分 (2017).
- (27) 岩居健太, 山岸昌夫, 梶川嘉延, 非凸二次制約付き最適化によるMirrorフィルタのパラメータ推定の推定精度向上に 関する検討, 第32回信号処理シンポジウム, A8-1, 岩手 (2017).
- (28) 三木智仁, 四方博之, K. Huang, C. Stefanovic, P. Popovski, ウェイクアップ受信機適用無線センサネットワークのためのコンテンツベースウェイクアップ法の提案と評価, 電子情報通信学会知的環境とセンサネットワーク研究会, ASN2017-63, 山形 (2017).
- (29) 徳丸正孝, 立体物を多人数で評価するための IEC システム「ホロキューブ」の試作, 日本知能情報ファジィ学会評価 問題研究部会 第22回曖昧な気持ちに挑むワークショップ, 熊本 (2017).
- (30) 布施陽太郎, 竹之内宏, 徳丸正孝, 集団内での協調的なふるまい選択のためのロボットの意思決定モデル, 日本知能情報ファジィ学会 第33回ファジィシステムシンポジウム, TD3-3, 山形 (2017).
- (31) 下野雄大, 竹之内宏, 徳丸正孝, IECインタフェースに向けたタッチデバイス上の操作によるユーザの嗜好推定, 日本知能情報ファジィ学会 第33回ファジィシステムシンポジウム, TD3-4, 山形 (2017).
- (32) 太田茂, 竹之内宏, 徳丸正孝, 衣服の感性検索システムの性能と画像特徴の相関分析, 日本知能情報ファジィ学会 第33 回ファジィシステムシンポジウム, TF1-4, 山形 (2017).

その他

・受賞

- (1) 伊藤眞人, 松島恭治, 山口雅浩, 光線サンプリング面の手法を用いて合成した実物体の高解像度計算機合成ホログラム, 3次元画像コンファレンス2016, 2016年度優秀論文賞, 2017年7月6日受賞.
- (2) 田原樹, 大前快人, 大谷礼雄, 新井恭彦, 高木康博, 位相分割多重方式に基づくマルチカラーディジタルホログラフィ, 3次元画像コンファレンス2016, 2016年度優秀論文賞, 2017年7月6日受賞.
- (3) T. Tahara, T. Kanno, Y. Arai, T. Ozawa, Incoherent digital holography system utilizing single-shot phase-shifting interferometry, Biomedical Imaging and Sensing Conference 2017, Best Paper Award, 2017年4月21日受賞.
- (4) H. Nishi, K. Matsushima, Rendering of transparent objects in polygon-based computer holography, Information Photonics 2017, Outstanding Poster Paper Award, 2017年4月21日受賞.

資料4-1.

関大デジタルホロスタジオ ホームページ

http://holography.ordist.kansai-u.ac.jp/digitalholostudio/



高解像度計算機合成ホログラムの描画・作成手段を提供します

関大デジタルホロスタジオは,コンピュータホログラフィの発展を促進するために設立されました.コンピュータホログラフィでは,従来型の光学ホログラフィとは異なり,干渉稿を計算機により合成することにより3次元映像を再生します.その研究には,干渉稿あるいはその元となる物体光波を数値的に合成するためのアルゴリズム等の研究が欠かせません.しかし,アルゴリズムを研究しても,実際に干渉稿を作成する技術が無ければ,それを再生して観察することができません.

たとえ、コンピュータホログラフィに研究者として興味があっても、実際にその映像を見ることができなければ、研究の意味を失ってしまいます。また、コンピュータホログラフィによって作成される高解像度計算機合成ホログラム(HD-CGH)の再生像を実際に見ると、それは従来のいわゆる立体画像とは一線を画す驚きの映像であることに気が付きます。そのため、アートとしてこのような映像を作ってみたいと考えるアーティストもいるでしょう。しかし、それを実際に作成する手段がありません。

関大デジタルホロスタジオは,このようなコンピュータホログラフィに携わりたい研究者とアーティストのために設立されました.その目的は,研究者やアーティストにHD-CGHの描画手段やそれによるアートを作成する手段を提供することです.

研究者・アーティストに対する支援内容

関大デジタルホロスタジオはハイデルペルグ・インスツルメンツ社製のレーザー描画装置DWL-66+とそれに付随するリソグラフィ設備を備えており、次の方法で研究者とアーティストをサポートします。

- 干渉結猫画サービス 利用者が独自に合成した干渉結パターンを描画するサービスです。研究契約等不要で、ほぼすべて の権利を利用者が保持します。
- 共同研究 研究契約等が必要な場合があります。

関大デジタルホロスタジオの成り立ち

関大デジタルホロスタジオは,文部科学省の<u>私立大学戦略的研究基盤形成支援事業</u>の支援を受けたプロジェクトである<u>コンピュータホログラフィ技術を中心とした超大規模データ処理指向コミュニケーション</u>の一環として設立されました。また,このプロジェクトは関西大学<u>先端科学技術推進機構</u>によりサポートを受けており,その一部でもあります。

関大デジタルホロスタジオ

=564-8680

大阪府吹田市山手町3-3-35 関西大学 先端科学技術推進機構 ホログラフィ技術ユニット(Webページ) E-mail: r141048@kansai-u.ac.jp

このページの先頭へ

資料4-2.

関大デジタルホロスタジオ利用規約

関大デジタルホロスタジオ描画サービス利用規約

制定 平成27年3月17日

第1条 関西大学先端科学技術推進機構が所管する戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト「コンピュータホログラフィ技術を中心とした超大規模データ処理指向コミュニケーション」 (以下、「プロジェクト」)に「関大デジタルホロスタジオ」を置く。

第2条 関大デジタルホロスタジオは、コンピュータホログラフィ技術の社会への認知向上を目的とし、計算機によって合成されたホログラム(以下、「ホログラム」)の干渉縞描画サービス(以下、「描画サービス」)を提供する。本規約は、学外研究者・アーティスト等のプロジェクト外部の利用者による描画サービスの利用基準を定める。

第3条 描画サービスの利用者(以下、「利用者」)は次の項目に該当する目的で描画サービス を利用できるものとする。従って、企業・組織内部のみでの展示や研究利用、営利を目的とし た利用、私的な鑑賞を目的とした利用等は認めない。

- 1 論文等による公開を最終目的としたディスプレイ用コンピュータホログラムの製作
- 2 博物館・展示会等の公開の場における展示を目的とした製作

第4条 描画サービスの利用目的を以下のとおり分類する。

1 研究利用

コンピュータホログラフィにおける新規なアルゴリズム等によって計算したホログラム の再生像確認を目的とした利用

2 アート利用

公開の場での展示のための作品制作を目的とした利用

第5条 利用者は描画サービスの利用に際し以下の義務を負う。

1 成果物の公開

研究利用:原著論文、国際会議、学会での成果物の公開

アート利用:展示会等での成果物の公開

2 成果物公開時における著作者の明示

研究利用:論文等の共著者として1名以上の本プロジェクト学内研究者の氏名および その所属の明示

アート利用:共同制作者として1名以上の本プロジェクト学内研究者の氏名および その所属の明示

- 3 成果物の公開を本プロジェクトに報告すること。
- 4 利用者は、次の事項を遵守しなければならない。

- (1) 研究利用又はアート利用以外の目的の利用を行わないこと
- (2) 営利を目的とした利用を行わないこと
- (3) 本描画サービスによって製作したホログラムを販売または譲渡しないこと
- (4) 本描画サービスによって製作したホログラムを第3者に貸与しないこと
- (5) その他関大デジタルホロスタジオが禁止する事項

第6条 描画サービス利用に係る申請、審査は以下のとおりとする。

- 1 描画サービスの利用希望者は所定の利用申請書・誓約書を作成し本プロジェクトに提出する。
- 2 本プロジェクトでは、提出された利用申請書・誓約書に基づき書面審査を実施する。 利用者は申請に際し、事前に第3者の著作権を侵害していないことを確認する必要がある。 主に以下に該当する場合は、描画サービスの利用を受けられないことがある。

利用目的共通

- (1) 成果物の発表計画が不十分と判断される場合
- (2) 描画されるデータが公序良俗に反する場合
- (3) 描画されるデータが著作権を侵害している恐れがある場合

研究利用

- (1) 新規性や研究成果が期待できない場合
- 3 書面審査で描画サービス利用が承認された場合、利用希望者は干渉縞データを本プロジェクトに提出する。この時、再生像を予想するシミュレーション結果等のデータを添えるものとする。添付されたデータまたは本プロジェクト独自に実施したシミュレーション等で有効な再生像が確認できない場合、描画を中止する場合がある。
- 第7条 利用者はレーザー直接描画装置の利用料金や材料費等を負担しない。
- **第8条** 本描画サービスによって描画した製作物の所有権は原則として関大デジタルホロスタジオに帰属するものとする。
 - 第9条 利用者は、製作物を研究・展示目的で原則3年間借用する権利を有する。
- 第10条 関大デジタルホロスタジオと利用者の合意により必要に応じて借用期限を更新することができる。
- **第11条** 利用者は干渉縞の描画パターンあるいはその元となったシーンデザイン等の著作権を保持する。

第12条 本プロジェクトでは本プロジェクトの成果として利用者名や描画内容を公開する場合がある。

第13条 本プロジェクトでは、利用者との合意に基づき、干渉縞データを再利用してホログラムを描画し、本プロジェクトの成果として展示・公開することがある。その場合、利用者と本プロジェクトの間で合意を確認する文書を交わすものとする。

第14条 免責事項

- 1 本描画サービスは利用者が用意した干渉縞の完全な描画を保証するものではない。
- 2 本描画サービスは、いかなる形でも描画した干渉縞から得られる再生像の品質を保証する ものではない。
- 3 本描画サービス利用によって利用者が被ったいかなる損害についても関大デジタルホロ スタジオは青を負わない。
- 4 意図的非意図的を問わず、利用者が描画サービス利用を通して第3者に与えた損害について、関大デジタルホロスタジオは一切その責を負わない。
- 5 関大デジタルホロスタジオは、本規約に違反している等の理由により、製作物の貸与また は貸与更新の拒否、あるいは貸与中の製作物の返還を要請することがある。

第15条 本規約に定めのない事項については、別途利用者と関大デジタルホロスタジオで協議して決定するものとする。

以上

資料4-3.

関大デジタルホロスタジオ 利用申請・誓約書

関大デジタルホロスタジオ描画サービス利用申請・誓約書

戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト「コンピュータホログラフィ 技術を中心とした超大規模データ処理指向コミュニケーション」研究代表者 殿

| | 西暦年月日 |
|------------|-------|
| 申請者(所属・職名) | |
| (氏名:自署) | 印 |

私(利用者)は、この度、関大デジタルホロスタジオによる計算機合成ホログラム干渉縞の描画サービスの 利用を申請します。利用に際して、関大デジタルホロスタジオ描画サービス利用規約を理解しそれを順守することを誓約します。

なお、私は、関大デジタルホロスタジオ描画サービス利用規約に違反する行為があった場合、貴殿より製作物の貸与の拒否、貸与期限の更新を拒否されても不服を申し立てません。またその際、貸与中の製作物がある場合は直ちにそれを返還することを誓約します。

描画サービス利用条件(抜粋)

- 研究利用又はアート利用以外の目的で利用しないこと。
- 本描画サービスによって製作したホログラムを販売または譲渡しないこと。
- 本描画サービスによって製作したホログラムを第3者に貸与しないこと。
- 研究利用の場合は、研究成果を必ず論文誌、学会等に発表すること。また、公開に際して、共著者として プロジェクト学内メンバーの氏名・所属を明示すること。
- アート利用の場合は、製作物を必ず展示会等の公開の場で展示すること。また、公開に際して、共同制作者としてプロジェクト学内メンバーの氏名・所属を明示すること。
- 上記の成果物の発表、製作物の展示等を本プロジェクトに報告すること。
- 干渉縞の描画品質や再生像の品質が不十分であっても不服を申し立てないこと。
- 本描画サービスによって何らかの不利益を被ったとしても、本プロジェクトの責任を一切問わないこと。

注意事項

- 書面審査あるいは干渉縞検査によって描画を拒否することがある。
- 製作物の所有権は原則として関大デジタルホロスタジオに帰属するが、利用者は3年間これを借用することができる。また、合意によりこれを更新できる。
- 利用者名や描画内容をホームページ等で開示する場合がある

(2015.3.17版)

申請事項 申請日: 年 月 日 申請者 氏 名: 所属•職名: 申請者連絡先 住 所: 電話番号: メール: 利用目的 研究利用 アート利用 研究内容要旨 (研究利用) 制作内容 (アート利用) 成果物の発表予定 製作物の展示予定 共著/共同制作として 記載する研究者名 干渉縞ピクセル間隔 (水平方向×垂直方向) 干渉縞ピクセル数 (水平方向×垂直方向) 再生照明光 入射方向と角度(平面波の場合) 光源の中心位置(球面波の場合) 予想再生像を示す データ その他の連絡事項

| ホロスタジオオ | 利用 | 欄 | | | | | | | |
|---------|----|---|------|---|--------|------|---|---|---|
| 書面審査: | 合 | 否 | (理由: | | | | | |) |
| 干渉縞検査: | 合 | 否 | (理由: | | | | | |) |
| 貸与期間: | | 年 | 月 | 日 | \sim | 年 | 月 | 日 | |

(2015.3.17版)

資料5-1. 3次元画像コンファレンス2016開催案内

3次元画像コンファレンス2016

参加のご案内

3次元画像に関連する研究調査活動を行っている学会・研究会が一堂に会した研究発表・討論の場として、3次元画像コンファレンス2016を開催いたします。本コンファレンスは、3次元画像の入力・表示・処理・通信や立体視などに関わる研究発表の場であると同時に、技術的視点を離れた社会的側面から3次元画像の応用についても議論する場にして行きたいと考えます。どうぞふるってご参加ください。

講演論文集はアブストラクト集およびCD-ROMにて発行いたします。第1日目には懇親会を予定しております。コンファレンスと合わせ、研究者同士の交流を深める場としてご活用ください。

◆会 期 2016年7月13日(水)、14日(木)

◆会 場 関西大学 千里山キャンパス 100周年記念会館

(大阪府吹田市山手町3丁目3番35号/最寄り駅:阪急千里線「関大前」駅下車 徒歩5分)

キャンパスマップ

http://www.kansai-u.ac.jp/global/guide/mapsenri.html

交通アクセス

http://www.kansai-u.ac.jp/global/guide/access.html

◆参加費 事前登録特典!

| 参加区分 | ~7月6日15:00まで | 7月6日15:00~当日 |
|-------------------|--------------|--------------|
| 協賛学会会員 | 13,000円 | 15,000円 |
| 非会員 | 18,000円 | 20,000円 |
| 学生 | 5,000円 | 7,000円 |
| 学生 (聴講のみ、資料なし) | 1,000円 | 1,000円 |

※参加費は論文集代(アブストラクト集、CD-FOM)を 含みます。

なお、論文集、参加証は当日会場でのお渡し となります。

◆懇親会 7月13日(水) 18:00より開催

参加費 2,000円(当日受付にてお支払いください)

◆概 要 招待講演3件、一般講演:口頭発表23件+ポスター発表14件 詳細については、http://www.3d-conf.org/ をご参照ください。

◆主 催 3次元画像コンファレンス実行委員会 [担当 電子情報通信学会 画像工学研究会]

◆後援 関西大学先端科学技術推進機構

〇お申込・送金方法は下記をご参照ください。

【申込,送金方法】

- ◆下記必要事項を記入の上、http://goo.gl/forms/bIq6d3pokZ からお申し込みください。
- ◆お支払い方法は銀行振込、またはVISAカードにてお願いいたします。

【懇親会 7月13日(水) 18:00~ 】

◆参加を 希望する/希望しない/未定

【3次元画像コンファレンス2016 参加申込み記載必須事項】

- ◆参加者氏名(ふりがな) ◆所属・部署 ◆〒・住所・TEL・E-mail
- ◆参加区分:協賛学会会員(協賛学会名)/非会員/学生/学生(聴講のみ)(いずれかを選択してください)
- ◆参加費振込予定日 ※請求書の発行が必要な場合はお申しつけください。
- ◆懇親会:参加 不参加(いずれかを選択してください)
- ※VISAカードでのお支払いの場合 カード番号/有効期限 年 月/カード名義人名 注意)VISAカードでのお支払いの場合はFAXでのカード情報通知をおすすめします。

【振り込み口座】 みずほ銀行 新宿西口支店 (普)1832792 「3次元画像コンファレンス実行委員会」

【問い合わせ先】

3次元画像コンファレンス実行委員会事務局 TEL 03-3367-0571 FAX 03-3368-1519 info@3d-conf.org

資料5-2. 3次元画像コンファレンス プレスリリース

2016/07/11 3d-conf-release#01

==Press Release==

3次元画像コンファレンス実行委員会

3次元画像に関する国内最大の総合コンファレンスを開催

来る 2016 年 7 月 13 日(水), 14 日(木)の 2 日間にわたり, <u>関西大学 千里山キャンパス 100 周年記念会館</u>において, 3 次元画像コンファレンス 2016 (第 24 回) を開催いたします.

本コンファレンスは、3次元画像に関する国内最大の総合コンファレンスです。先端学術研究発表の他、機器展示、招待講演等を実施します。招待講演では、自動運転や医療分野への3次元画像技術の応用に関する最新の動向をご紹介いただきます。特別企画として、本ログラフィ技術で世界的に著名な久保田敏弘 京都工芸繊維大学名誉教授のホログラム作品展をはじめとするホログラフィ関連技術や自動運転を実現する3次元センサーフュージョンを無料で公開いたします。その他、一般講演やポスター講演では、関連する様々な技術分野の先進的な注目事例など多くの発表を予定しています。

本件についてのお問い合わせ先(プレスパス発行を含む):

〒169-0073 東京都新宿区百人町 2-21-27 アドコム・メディア(株)気付

3次元画像コンファレンス 2016 実行委員会 (担当:喜多)

電子メール: info@3d-conf.org, 電話: 03-3367-0571, FAX: 03-3368-1519

■3次元画像コンファレンス 2016 について

本会は、3次元画像に関わる各種学術団体が一堂に会し、最新の研究成果を発表する場です。1993年以来毎年開催され、本年度は第24回を迎えます。プログラム委員会の審査により選ばれた論文が、口頭とポスター形式で発表されます。

当コンファレンスの沿革,詳細等につきましては,http://www.3d-conf.org/をご参照ください.

■プログラム概要(技術トピック)

特別展示:開催期間中全日(7月13日(水)、14日(木))

<u>特別展示! : 「久保田敏弘アナログホログラム作品展」(どなたでも参加費無料でご覧になれます)</u>

久保田 敏弘(京都工芸繊維大学名誉教授)

ホログラフィ技術で世界的に著名な久保田名誉教授の素晴らしい作品を公開します. まるでそこにあるようにしか見えない,究極のホログラムをお楽しみください!

特別展示2: 「関西大学コンピュータホログラフィ展」(どなたでも参加費無料でご覧になれます)

関西大学光情報システム研究室

世界最高レベルのコンピュータホログラフィによる3次元画像作品を公開します. コンピュータホログラフィによって作り出された奥行きのある3次元映像の世界をお楽しみください!

<u>特別展示3</u>: 「3次元センサーフュージョン」(どなたでも参加費無料でご覧になれます)

東京大学 加藤研究室、株式会社ティアフォー/名古屋大学 完全自動運転のキーワードは3次元!

資料6.マサチューセッツ工科大学寄贈契約書

June 4, 2014



Kyoji Matshushima Kansai University 3-3-35 Yamate-cho Suita, 564-8680 Osaka, Japan

Dear Professor Matshushima,

The Massachusetts Institute of Technology is pleased to accept your generous gift to MIT for the MIT Museum's collection. Enclosed are Deed of Gift forms for the donation.

Kindly sign and date the Deeds. If you would like to specify wording for the credit line, write your preference in the space provided. Please return all copies of the Deed to us in the envelope provided; they will be countersigned by MIT and a copy returned to you for your files.

The MIT Museum's mission is to engage the wider community with MIT's science, technology and other areas of scholarship in ways that best serve the nation and the world in the 21st century. The Museum's collections are used for historical research and exhibition purposes.

Your generous donation contributes greatly to supporting our mission. Thank you for this gift.

Sincerely, John Durant Director Enc.

MIT Museum Building N51, 265 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02139-4307

P 617.253.5927

F 617.253.8994

web.mit.edu/museum/





DEED OF GIFT - COPYRIGHT



ACQUISITION NUMBER 2014.031

Kyoji Matsushima ("Donor") of Kansai University 3-3-35 Yamate-cho Suita, 564-8680 Osaka, Japan

hereby gives and transfers to the Massachusetts Institute of Technology ("Institute") for the use and benefit of the MIT Museum, certain property ("Property") described as follows:

Hologram, Brothers, Kyoji Matsushima and Sumio Nakahara 2012. High resolution digital hologram (25 billion hogels [holographic pixels]) from 3D computer model constructed from laser scan data of human subjects; mathematically-generated interference pattern printed on chrome-coated glass plate with laser lithography. sits on easel with light source attached

The Donor represents and warrants that they are the rightful owner of title or claim of ownership in said Property and that neither the Property nor the assignment thereof infringes or otherwise conflicts with any title or claim of ownership whatsoever for any other person or

The Donor is making this gift to the Institute for its educational, scientific, and research purposes without further restrictions as to its use and disposition and hereby surrenders to the Institute all right, title, or claim of ownership it has or may have in this property.

The Donor acknowledges that because of limited exhibition space and periodically changing exhibits, the MIT Museum has not promised and is in no way obligated to exhibit the above described property in its galleries.

| | accombat property in its gainstree. | |
|----------|--|--|
| | The Donor represents and certifies that: (please c | hoose one) |
| | [] The Donor is the Copyright holder and the Don Property to the Institute. | or hereby assigns Copyright in the |
| | The Donor is the Copyright holder and the Donexclusive royalty free license for use of the works languages, throughout the world, in all media. An to make reproductions of the work only for scholar | for the duration of its Copyright in all on-exclusive license will allow the Institute |
| | [] The Donor does not own Copyright. Copyright artist/representative. MIT Museum/Institute will rerequests for reproduction received from researche requests. MIT Museum/Institute shall credit the Cithe use of its works. | fer to the Creator/Representative for all rs outside MIT and all commercial |
| | Contact information for Creator/Representative: | |
| | SIGNED THIS 6th DAY OF OCTOBER, 2014 | |
| | | Kyoji Matsushima |
| | ACCEPTED THIS 23x4/ DAY OF October, 2014 | rathy D. Will |
| MIT Muse | um Building NS1, 265 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02139-430 | Kathy D. Vitale, MIT DIRECTOR OF GIFT ABAIN, STRANO, 17 P. 617.253.4266 617.253.8994 web.mit.edu/museum/ |
| | | Massachusetts Institute of Technology |