

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	学校法人 関西大学	大学名	関西大学
研究プロジェクト名	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		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

コンピュータホログラフィを用いた超臨場感コミュニケーションは、従来とは次元の異なるコミュニケーションをもたらす可能性がある。しかしながら、究極の3D技術と呼ばれながらも、コンピュータホログラフィはそれに必要なデータ処理の巨大さから従来大きな進展が見られなかった技術であった。そのような状況の中で関西大学は、静止画とは言え、世界に先駆けて美しいコンピュータホログラフィ映像を合成することに成功し、その潜在的な能力を知らしめた。そのような経過を踏まえ、本プロジェクトは、コンピュータホログラフィを継続的に発展させ、その研究拠点を形成することを目的としている。また、近未来のICTインフラを見据えて、コンピュータホログラフィを中心とした超臨場感コミュニケーションに至る基礎技術の開発を目指している。

このような目的に沿って、本プロジェクトでは研究チームをホログラフィと近未来コミュニケーションのグループに大別し、研究を進めている。ホログラフィグループでは、3D映像の生成と撮像の研究を進める。また、コンピュータホログラフィの設計評価機構として関大デジタルホロスタジオを開設し、コンピュータホログラフィ分野の世界の研究者に描画サービスを提供する。一方、近未来コミュニケーショングループでは、3D立体音響技術、ホログラフィデータの圧縮技術、大規模データ通信、および目標とするコミュニケーションの適切な使い途に関する研究を行う。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

ホログラフィグループでは、平成27年3月に関大デジタルホロスタジオを開設し、描画サービスを提供し始めている。また、像生成では隠面消去アルゴリズムが完成し、CGモデル等から簡単にホログラフィ映像ができるようになった。また、ホロスタジオにおけるホログラフィ技術では従来比で1桁近く高速に高解像度ホログラムを描画できるようになり、カラー再生や、時間多重電子ホログラフィの技術も進展している。撮像においても、単板単色撮像素子で多波長デジタルホログラフィック撮像を行う技術を提案・実証することに成功している。この技術は、本プロジェクトのみならず、計測・バイオ分野で産業応用が期待されている。

近未来コミュニケーショングループでは、超指向性を有するパラメトリックスピーカによる3次元音響技術について、非線形信号処理、指向性制御、音質改善等の研究が進んでいる。特に指向性制御については、理論解析と実験による実証で大きな進展が見られた。また、ホログラフィデータの圧縮技術については、ホログラム干渉縞のロスレス圧縮を検討し実験的に検証している。さらに、伝送方式として動的無線資源割当技術の開発を行い、遅延許容型データオフローディングの提案・評価を行っている。他にも、アプリケーションの開発として、3次元人体モデルをCGにより作成し服飾デザインを生成するシステムの開発を進めている。

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

**平成 25 年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

1 学校法人名 学校法人 関西大学 2 大学名 関西大学

3 研究組織名 ホログラフィ技術ユニット

4 プロジェクト所在地 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号

5 研究プロジェクト名 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

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
松島 恭治	先端科学技術推進機構・ システム理工学部	教授

8 プロジェクト参加研究者数 14名

9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
松島 恭治	先端科学技術推進機構・ システム理工学部・教授	コンピュータホログラムの生 成と電子的表示	コンピュータホログラフィによ る 3D 映像の生成とその動画 表示技術の開発
棟安 実治	先端科学技術推進機構・ システム理工学部・教授	スケーラブル超大規模デー タ圧縮技術の開発	コンピュータホログラムデー タの蓄積・伝送基盤の開発
梶川 嘉延	先端科学技術推進機構・ システム理工学部・教授	高度 3 次元音響技術の開発	コンピュータホログラフィと高 度に融合した 3 次元音響技 術の確立
中原 住雄	先端科学技術推進機構 研究員 (前システム理工学部・ 准教授)	レーザーソングラフィによる静 止画コンピュータホログラム の作製	コンピュータホログラムの作 製技術の開発および計算・生 成技術の評価
四方 博之	先端科学技術推進機構・ システム理工学部・教授 (前准教授)	超大規模データ伝送用動的 無線通信技術の開発	コンピュータホログラフィの特 性を考慮した超大規模デー タの効率的な伝送技術
徳丸 正孝	先端科学技術推進機構・ システム理工学部・ 准教授	コンピュータホログラフィを用 いたテキスタイルデザイン支 援システムの開発	潜在的なコンピュータホログ ラフィ応用分野の探索
田原 樹	先端科学技術推進機構・ システム理工学部・助教	コンピュータホログラフィのた めの光波撮像技術の開発	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

(様式1)

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

(共同研究機関等) Petar Popovski	Aalborg University・ Professor	超大規模データ伝送を実現する動的無線資源割当・パラメータ制御に関する研究	超大規模データの効率的な伝送
Woon-Seng Gan	Nanyang Technological University・ Associate Professor	パラメトリックアレイスピーカを用いた3次元音響技術の確立	3次元音響技術の確立とホログラム技術との融合による3次元相乗効果の確立
田口 亮	東京都市大学 知識工学部・教授	スケーラブル超大規模データ圧縮技術の開発	コンピュータホログラフィ技術の蓄積・伝送基盤の開発
山口 雅浩	東京工業大学 工学院情報通信系・教授	光線情報を用いたコンピュータホログラムの生成	コンピュータホログラフィの高速生成・計算技術の開発
坂本 雄児	北海道大学 大学院情報科学研究科・教授(前准教授)	多視点画像からのコンピュータホログラム生成と質感合成	高速かつフォトリアリスティックなコンピュータホログラム生成技術の開発
伊藤 智義	千葉大学 大学院工学研究科・教授	GPU およびハードウェアによるコンピュータホログラム生成	ハードウェア支援によるホログラムの高速生成技術と電子的表示技術の開発
下馬場 朋禄	千葉大学 大学院工学研究科・准教授	コンピュータホログラフィのための波動光学計算技術の開発	高速なコンピュータホログラムの合成と撮像技術の開発

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>
該当なし

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

【研究プロジェクトの目的・意義】 日本がかつて得意としたオーディオビジュアル技術を活かし、電子立国日本の再生を目指して3D映像等の超臨場感コミュニケーションのプロジェクトが産官学を挙げて推進されている。しかし、従来の3D映像技術の延長では、従来とは次元が違うほどのインパクトがある映像を産み出せていないのが現状である。

一方、コンピュータホログラフィ技術は、究極の3D映像表示技術と言われながら、そのデータ処理規模の巨大さから大きな進展が見られなかった技術であった。しかし、関西大学で開発された大規模ホログラフィ映像の合成技術によって、静止画ではあるものの実用的なコンピュータホログラフィ映像が表示されるようになり、現状の3D技術とは根本的に異なったその映像が世界的に高く評価されるようになった。

本プロジェクトでは、関西大学が世界をリードするこのコンピュータホログラフィ技術を中心として、それを利用した近未来的な情報・通信技術やその応用に世界に先駆けて取り組み、わが国の科学技術の進展に寄与することを目的としている。

【計画の概要】 ホログラフィ技術を開発するグループ(以下、ホログラフィグループ)では、コンピュータホログラフィの設計評価機構として関西大学内に「関大デジタルホロスタジオ」を開設して国内外のコンピュータホログラフィ研究者やアーティストにコンピュータ合成ホログラムの描画技術を提供しながら、像生成、撮像の2つのテーマで研究を進めている。一方、コンピュータホログラフィを用いた近未来コミュニケーションのための周辺技術を研究するグループ(以下、近未来コミュニケーショングループ)では10年後のICTインフラを想定し、コンピュータホログラフィの巨大な映像データのみならず、それに見合う音響データ等処理・伝送・再生する技術、またその最適なアプリケーションの探索等、4つの主題から広範な基礎技術の開発を行っている。

(2) 研究組織

本プロジェクトはホログラフィ技術を中心に据えている一方、項目(1)に記したように、ホログラフィ技術(光学技術)とは全く異なった分野であるデータ処理、音響、通信、アプリケーション等の研究者でチームを構成しているため、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チームを分けている。ホログラフィグループには、3名の学内研究者と4名の学外研究者、1名の客員研究員が所属し、像生成と撮像を主題として研究を行っている。近未来コミュニケーショングループには4名の学内研究者と2名の学外研究者が所属し、立体音響、データ圧縮、伝送技術、アプリケーションの4つの主題で研究を行っている。

【研究代表者、各研究者の役割分担や責任体制】

研究代表者である松島は、責任者としてプロジェクト全体を統括するとともに、研究分担者としてはホログラフィグループのリーダーの役割を担っており、コンピュータホログラフィの研究を主導している。一方、近未来コミュニケーショングループについては、学内研究分担者の棟安がリーダーの役割を担っている。また、ホログラフィグループには、コンピュータホログラフィの設計評価機構として「関大デジタルホロスタジオ」を設置しており、研究代表者がその代表も務めている。この関大デジタルホロスタジオに設置しているレーザーソグラフィ装置の運用と保守、ならびに描画サービスの事務を担う派遣スタッフ1名を雇用している。

【研究支援体制】 派遣スタッフがプロジェクトの予算集計を行い、関西大学先端科学技術推進機構がプロジェクト全体の運営事務、予算管理や人事手続きを行うなど研究の支援を受けている。

【大学院生・PD及びRAの人数・活用状況】 後期博士課程の院生3名、前期博士課程の院生16名、PD1名、RA2名(後期博士課程院生の内の2名)がプロジェクトに参加している。これらの研究補助者は、次世代の若手研究者育成の一環として、それぞれ項目11(4)の研究成果や項目13の研究発表の大きな部分を担っており、活発に研究活動を行っている。

【研究グループ間の連携状況】 研究補助者と学内研究員全員がシステム理工学部に属しており、また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リーダーは同一の学科に属しているため、ほぼ毎日メール・電話等で連絡を取り合い、年2~3回程度プロジェクトミーティングを行っている。

【共同研究機関等との連携状況】 学外者とは、メールや学会を通じて打合せをしている。なお、千葉大学とは、ホログラムの高速生成アルゴリズム等で連携する予定であったが、電子ホログラフィ装置やレーザーソグラフィ装置の運用開始が遅れたためやや連携計画が遅れているが、次年度以降連携して研究を進めて行く。

(3) 研究施設・設備等

【研究施設の面積及び使用者数】

- ・第1実験棟1階・2階研究室:165.4m² 使用人数:9名
- ・学術フロンティア・コア F22-1室(39.00m²) 使用人数:2名、F23室(40.62m²) 使用人数:5名、F24室(58.50m²) 使用人数:3名、F25室(19.50m²) 使用人数:2名、F26室(19.50m²) 使用人数:2名、F28室(40.62m²) 使用人数:2名、F47室(42.25m²) 使用人数:5名

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

【主な研究装置、設備の名称及びその利用時間数等】

- ・レーザーリソグラフィ装置: 静止画ホログラムを描画するための装置。ホログラムサイズや精度により変わるが、描画時には連続的に2~20時間程度稼働する(無人運転)。装置本体の使用時間は現在のところ20~60時間/月程度であるが、付随するデータ変換装置等の稼働時間はその数倍になる。
- ・ドラフトチャンバー: レジストの現像や金属膜のエッチングに使用。これらの処理は短時間で終了するため稼働時間は10時間/月以下である。
- ・クリーンブース(温度制御装置): 上記のレーザーリソグラフィ装置とドラフトチャンバーを納めている。レーザーリソグラフィ装置が±1度以下の温度制御を要求するため(停止時含む)、原則として1日24時間無停止で稼働している。
- ・三次元音響計測用防音装置: 3次元音響技術の実験に用いる。週に5回、各6時間程度使用している。

(4) 進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

1. ホログラフィグループ

<現在までの進捗状況及び達成度>

(1a) 像生成技術開発 (松島、中原、山口、坂本)

リソグラフィ技術により5cm四方で空間周波数1250本/mm以上のホログラムが3時間程度で製作可能になっており、この点についてはすでに目標を達成できている。また、この技術を広く開放するために「関大デジタルホロススタジオ」を設立し、その利用規約等を制定し公開を始めている[添付資料3参照]。すでに、国立研究開発法人情報通信機構による描画サービスの利用があり、海外からの問い合わせも受けている。また、大阪大学などの共同研究ベースの利用も進んでいる。一方、ホログラムの新たな計算アルゴリズムの開発も進んでおり、カラー再生についても複数の方式による試作品ができている。

(1b) 撮像技術開発 (田原)

30cm四方にわたる実空間のカラー3次元ホログラフィック画像表示を達成するために、広範囲カラーホログラフィック光波撮像技術を開発し、硬貨などの実在する物体を忠実にカラー3次元画像記録できることを実証した。

<特に優れた研究成果>

(1a) 像生成技術開発

コンピュータホログラフィにおいて最も難しい処理である隠面消去のアルゴリズムを完成し、複雑な形状の物体の40億ピクセル規模のホログラムが2時間以下で計算できるようになった*論文⁽³⁾。これにより、従来必要であった人間によるマスク位置の判断が不要となり、どのような複雑な形状であっても、CG等のモデルデータから自動的にホログラム干渉縞を生成できるようになった。また、高フレームレート素子による時間多重を用いた電子ホログラフィ技術を実証し*学会⁽³⁸⁾、ダイクロイックミラー方式*学会⁽¹⁵⁾では静止画で非常に美しい再生像を得ることに成功した。さらに、この方式で欠けている可搬性を大幅に向上するカラーフィルタ方式*学会⁽³⁷⁾、特許⁽¹⁾によるフルカラー再生も実証した。

(1b) 撮像技術開発

単板単色撮像素子で広範囲の多波長光波を波長多重記録し、信号理論に基づき分離再生する多波長デジタルホログラフィック撮像技術並びに光学システムを提案し、実証した*論文⁽⁹⁾⁻⁽¹²⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁷⁾、図書⁽¹⁾、学会⁽⁵³⁾⁽⁵⁴⁾⁽⁵⁶⁾⁽⁷⁶⁾。このシステムの発展・応用により、今後実物体のフルカラー撮像が可能になることが期待できる。

<問題点とその克服方法>

カラーフィルタ方式を用いたカラーホログラムでは、現在のところ、カラーフィルタの製作方法の制約のため像が暗く実用的な展示に適さない問題がある。この点については、液晶パネルのカラーフィルタと同等の技術を利用し解決する見込みである。また、提案した広範囲撮像技術では視野が未だ1桁足りないため、実物体光波を大規模にキャプチャするデジタルホログラフィ撮像システムの設計、実証を目指す。具体的には、ホログラフィに適した縮小光学系設計などのハードウェア方面の改良を試みる。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)>

本プロジェクト推進の過程で、フルカラーホログラムに関して1件*特許⁽¹⁾、多波長デジタルホログラフィック撮像技術に関し2件*特許⁽²⁾⁽³⁾の特許出願を行った。

ホログラフィック撮像技術の産業的価値が認められ、展示*その他⁽³⁾や報道*その他⁽¹⁾がなされた。また、本学で製作したホログラムが、デジタルアートとしての価値を認められ、マサチューセッツ工科大学ミュージアムの正式な収蔵品となった[添付資料4参照]*その他⁽²⁾。

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

<今後の研究方針>

実物体光波を大規模にキャプチャするデジタルホログラフィ撮像システムを設計し、当初の計画にある通り30cm四方のカラーホログラフィック光波キャプチャ実証を目指す。また、キャプチャした光波をCGモデルなどの仮想物体と合成し、高解像度カラーホログラムや電子ホログラフィで光学再生することを目指す。その際、千葉大学 伊藤、下馬場らと共に、記録したホログラムから光波成分を高速に抽出するアルゴリズムやCGモデルから高速で光波を生成するアルゴリズムの創出に挑む。

<今後期待される研究成果>

高解像度フルカラーホログラム生成技術や電子ホログラフィ技術、多波長デジタルホログラフィック撮像技術の融合による、実空間の超臨場感カラー3次元画像記録・遠隔地伝送・表示が期待される。

2. 近未来コミュニケーショングループ

<現在までの進捗状況及び達成度>

近未来コミュニケーショングループは、主に下記の4つのテーマで要素技術の開発を行ってきた。

(2a)立体音響技術開発 (梶川, W. S. Gan)

超指向性を有するパラメトリックスピーカ(PAL)による3次元音響技術について検討を行ってきた。PALの音質を改善するために、非線形歪みを補正するための非線形信号処理技術に関する検討を行った^{*学会(87)(93)(101)(103)(104)(109)}。この検討においてはVolterraフィルタを利用することで、実験的に10~15dB程度の非線形歪みを低減することに成功した。また、PALの前処理(変調方法)を工夫することで音質を改善する方法についても検討を行った^{*学会(90)(91)(98)(102)(106)(108)(110)}。本検討により非線形歪みの発生そのものを抑え、音質を改善できることを実証した。さらに、PALの指向性制御について検討を行った^{*論文(19)-(21)}。その結果、PALの指向性を理論的に解析し、実験によって実証した。

(2b)ホログラムデータ圧縮技術開発 (棟安, 田口)

データ圧縮技術の開発では、既存の圧縮技術とそのホログラフィへの適用可能性について調査を行い^{*学会(116)}、既存技術をホログラムデータ圧縮に適応した場合の問題点を明らかにした。具体的には、干渉縞においても光波分布においても、これまで画像圧縮の原理であった画素の近傍類似性を利用することができないこと、さらにロッシー圧縮を行った場合、ホログラム画像は自由な視点から見る事が出来るため、これまでのフレーム単位での客観的画質評価が直接的に適用できないことである。そこで直接干渉縞をランレングス符号化を用いることにより、ロスレス圧縮を行う手法を検討し、その優位性を実験的に示した^{*学会(115)}。

(2c) 伝送技術開発 (四方)

伝送方式の検討では、無線通信路の帯域変動およびユーザの要求条件に応じた動的無線通信資源割当技術の開発および同時伝送可能データ量・ユーザ数の大規模化について検討を行った。動的無線通信資源割当技術として、WiFiデータオフロード法に注目し、ユーザの生活・移動パターンに適応したデータオフローディングを提案し、基礎評価により、その有効性を示した^{*学会(123)}。また、ユーザ数の大規模化に対応するため、超高密度にユーザが存在する環境でのアクセス制御方式評価を行い、定量的な収容ユーザ数の限界を示した^{*学会(118)}。さらに、伝送データ量拡大のため、共同研究者のポポフスキー教授とともに干渉除去技術を活用したデータ伝送法の評価に着手し、基礎評価を実施した。

(2d) アプリケーションシステム開発 (徳丸)

3次元人体モデルを3D CGにより作成し、服飾デザイン生成システムを構築した。本システムでは、複数のテクスチャデザインパターン素材からジャケット、Tシャツ、ソックス、ボトムスの3次元クロスモデルを個別に作成し、それらのクロスモデルを合成することで様々な衣服コーディネートデザインを作成している。本手法により、15bitパラメータを指定するのみで32,768通りのコーディネートデザインを生成し、OpenGLによる3次元アニメーションで様々な角度からデザインを確認することが可能となった。

<特に優れた研究成果>

(2a)立体音響技術開発

3次元音響技術では、パラメトリックスピーカ(PAL)の指向性は3次元音響技術を実現する上で非常に重要な役割を演じるが、その指向性を理論的に解析する方法はこれまで確立されていなかったが、本プロジェクトが世界で初めて実現した^{*論文(20)}。またPALによる3次元音響技術の実現において重要となる演算量の低減も実証した^{*学会(92)}。具体的には、PALの超指向性の性質を活かして、クロストークの影響を抑えることで30%程度の低減に成功した。

(2b)ホログラムデータ圧縮技術開発

これまで単なる多視点映像の拡張と考えられてきたホログラムの圧縮技術を、コンピュータホログラフィの観点か

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

ら問題点を明らかにした。これは、今後の本分野における解決すべき課題を明らかにしたものと見える*学会⁽¹¹⁶⁾。また、ロスレス符号化では、人工物のホログラムで、ZIPなどの無損失圧縮手法に比較して、良好な圧縮効率を得ることが出来ており、今後の技術として大きく期待できる。

(2c) 伝送技術開発

伝送技術開発で提案した、ユーザの生活・移動パターンに応じた遅延許容型データオフローディングは、従来予測が困難であると考えられてきた将来の無線資源利用可能性を、ユーザの生活サイクルを活用することで予測可能とする斬新なアイデアに基づいている*学会⁽¹²³⁾。また、ユーザ数の大規模化の評価では、従来研究では未検討のレベルの超高密度な環境での定量的評価を行っており、無線通信システム設計に新たな知見を与えるデータとなっている*学会⁽¹¹⁸⁾。

(2d)アプリケーションシステムの開発

対話型進化計算を用いたデザイン生成システムで問題となるユーザの評価負担を軽減するための評価インタフェースとして、トーナメント式の評価手法を用いた一対比較評価インタフェースを開発した。本手法は、従来の対話型進化計算で用いられていた各回候補に評価点を与える手法と同等の進化性能を持つが、ユーザの評価負担を軽減することが可能となった。

<問題点とその克服方法>

(2a)立体音響技術開発

3次元音響技術では、まずPALの特性をより正確にモデル化するための理論の確立があげられる。遠距離場での指向性のモデル化*論文⁽²⁰⁾を近距離場に理論的に拡張できると考え検討を行う。また、PALの超音波領域におけるモデル化手法をマルチレート信号処理*学会⁽⁹⁰⁾により、非線形モデルを可聴域の非線形モデルに変換する方法について検討する。

(2b)ホログラムデータ圧縮技術開発

圧縮方式の検討では、仮想的に動画を生成する方式についての検討が十分ではないが、従来の動画像に対する画素間の類似性に基づく圧縮方式を直接適用できないことが明らかになっている。そのため、むしろ静止画(干渉縞)の圧縮に注力し、それに時間方向の類似性を改めて検討するほうが有効であることと考えられ、動画の検討については問題はないと考えている。

(2c) 伝送技術開発

提案したデータオフローディングの評価では、少人数の生活・移動パターンデータを用いてシミュレーションを行っている。今後は、サンプル数を増加させ、様々な移動パターンモデルを導入した評価を行う。また、干渉除去技術を活用したデータ伝送法評価では、干渉のモデル化が必要である。共同研究者のポポフスキー教授と干渉モデルの構築とその除去技術の詳細評価を行う。

(2d)アプリケーションシステムの開発

コンピュータホログラフィによりリアルタイムに衣服デザインを生成することは非常に困難であり、対話型進化計算によるデザイン生成システムに応用することは難しい。この問題を解決するため、あらかじめデザインパーツを作成してデータベース化し、パーツを組み合わせることで衣服のトータルコーディネートを行う手法を開発した*学会⁽¹²⁶⁾(129)。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)>

(2a)立体音響技術開発

3次元音響技術では、その前段階としてアクティブノイズコントロール技術への適用についても検討した*学会⁽⁹²⁾(94)(105)(107)(111)-(114)。その結果、PALを利用して通常のスピーカを利用した場合に比べて、30%程度の演算量を低減するとともに、同等の騒音低減効果を実現することに成功した。この成果は、騒音問題に適用可能であるため、当該分野での波及効果が期待される。

(2b)ホログラムデータ圧縮技術開発

ホログラムデータの圧縮はこれまで多視点映像の立場から検討されてきたが、干渉縞や光波分布の圧縮手法については新規性が高い技術といえる。そのため、方式の検討が十分に進んだ時点で積極的に特許申請を行うことが望ましいと考えられ、標準化への波及も期待される。

(2c)伝送技術開発

伝送方式の検討におけるユーザ数の大規模化評価では、生体情報を収集するセンサネットワークへの適用を視野に入れ、通信モデルの整理と通信特性の定量的評価を行った*学会⁽¹¹⁸⁾。これらの成果は、今後爆発的にノード数が増加すると予想されるM2M/IoTの分野にも活用できる。今後は、M2M/IoT分野の様々なアプリケーションの要求条件を整理し、適用可能性の検討を行う。

(2d)アプリケーションシステムの開発

システムによって自動生成される衣服コーディネートデザインを2つずつ選択して2台のデジタルサイネージにより提示し、多くの人に好みのデザインに投票してもらうことにより、トーナメント式の対話型進化計算手法を用

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

いてデザインを最適化する協調デザイン支援システムを開発した^{*学会(125)(129)}。＜今後の研究方針＞

今後、3次元音響技術の高度化、システム化に取り組むとともに、光波分布を用いた圧縮手法について開発を行い、それらに基づいて、動画やホログラムといったコンテンツの要求条件を整理し、クロスレイヤ伝送技術の開発を行う予定である。アプリケーションシステムの開発において、衣服のテクスチャがコンピュータホログラフィで生成されることを想定した評価インタフェースや評価手法、デザインパラメータの最適化手法について検討するとともに、圧縮・伝送、音響系技術と統合を行い、技術全体のフィージビリティの評価を行う。

＜今後期待される研究成果＞

(2a)立体音響技術開発

3次元音響技術では、PALの特性をより正確にモデル化する手法を提案することを考えている。また、非線形信号処理技術を駆使することでPALの高音質化を実現することについても提案する予定である。さらに、PALの指向特性をリアルタイムで制御する方法も開発する予定である。

(2b)ホログラムデータ圧縮技術開発

データ圧縮では、干渉縞ではなく、新たに光波分布に注目したロッシー圧縮の手法を開発する。さらに、それに伴いこれまで未検討であったホログラフィのロッシー圧縮における客観・主観画質評価手法の提案などがあげられる。

(2c)伝送技術開発

伝送技術の開発では、動画やホログラムの伝送に適した無線伝送技術を開発する予定である。動画、ホログラム等のアプリケーションやユーザの要求条件等を整理し、その要求条件を満たした上で最適な無線伝送を行う伝送技術を開発する。

(2d)アプリケーションシステムの開発

衣服のテクスチャがコンピュータホログラフィで生成されることを想定した評価インタフェースや評価手法、デザインパラメータの最適化手法について検討し、コンピュータホログラフィを用いたデザイン生成システムを開発する。

3. プロジェクト全体

＜今後の研究方針＞

本プロジェクトの構想は10年後の技術基盤の確立に向けた研究拠点の形成である。このため、プロジェクト最終年度に向けて、このような未来志向の技術がどのようなコミュニケーションを生み出すかについて、ある程度デモンストレーション可能なシステムを目指す。例えば、ユーザ好みの衣服デザインデータから仮想的な衣服のホログラム像を生成し、撮像した実物体のアクセサリをそこに付けくわえ、その大規模データを圧縮・伝送して遠隔地にある描画装置に伝送し、立体音響付の静止画フルカラーホログラム再生像をユーザに提示するようなシステムである。

＜自己評価の実施結果及び対応状況＞

年2～3回のプロジェクトミーティングにおいてその進捗状況を議論し、自己評価の一助とした。

また、2014年9月に自己点検として作成した研究進展状況チェックシートに基づき、外部資金審査・評価委員による内部評価を行った。その結果、主に研究体制面、研究成果の公表などについて更なる強化が求められたので、研究体制が整ったことを示すとともに成果の公表を強化するため、関大デジタルホロスタジオのウェブサイト^{*その他の公開状況(A)}を公開した。

＜外部(第三者)評価の実施結果及び対応状況＞

2015年7月に産業界、国立研究所、大学の3名の審査委員による外部審査を実施し、良好な評価を得ている。[添付資料1参照]

外部評価において、本プロジェクトが目指す最終目標では要求される技術的水準があまりに高すぎるため、中間段階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べきである旨の指摘を受けた[添付資料1参照]。これを受け、まずアートへの展開を目指して、世界的ホログラフィ美術家を客員研究員として迎え、本プロジェクトで開発した技術によるアート作品を世界へ発信すべく制作を進めている。また、アプリケーションシステムの開発において、本プロジェクトで開発した技術のデザイン支援システムへの応用を進めている。

なお、最終年度にも外部評価を行い、研究を総括する予定である。

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- (1) 3次元立体画像 (2) 3次元立体イメージング (3) 3次元立体音響
 (4) ホログラフィデータ圧縮 (5) 大規模データ処理 (6) 大規模データ通信
 (7) 高臨場感コミュニケーション (8) 対話型デザインシステム

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

<雑誌論文>

<ホログラフィグループ>

(1a) 像生成技術開発に関する成果は以下の通りである。(8件)

- (1) 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, HODIC Circular, 34(4), 26-30 (2014). [査読無]
 (2) 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, HODIC Circular, 34(4), 31-38 (2014). [査読無]
 (3)* 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, 24450-24465 (2014). [査読有]
 (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, HODIC Circular, 34(3), 6-9 (2014). [査読無]
 (5) 藤田大知, 松島恭治, 中原住雄, デジタルドホログラフィにおける複数マスクを用いた隠面消去処理, HODIC Circular, 33(4), 18-23 (2013). [査読無]
 (6) 村田峻平, 松島恭治, 中原住雄, 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の開発状況, HODIC Circular, 33(3), 11-14 (2013). [査読無]
 (7) 西井渉, 松島恭治, 空間位相変調器を用いた体積型計算機合成ホログラム描画用波面プリンタ, HODIC Circular, 33(3), 15-18 (2013). [査読無]
 (8) 松島恭治, 大規模光伝搬シミュレーション技術とそのコンピュータホログラフィへの応用, OITDA オプトニュース, 8(1), 6-11 (2013). [査読無]

(1b) 撮像技術開発に関する成果は以下の通りである。(10件)

- (9)* 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, 125707(10 pages). [査読有]
 (10)* 田原樹, 汎用単板単色カメラを用いた瞬間複数波長 3次元ホログラフィック画像センシング, 画像ラボ, 12, 13-18 (2015). [査読無]
 (11)* 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, IEEE/OSA Journal of Display Technology, 11(10), 807-813 (2015). [査読有]
 (12)* 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, 2810-2813 (2015). [査読有]
 (13) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Single-shot multiwavelength phase unwrapping using a single reference beam and a monochromatic image sensor, Optical Review, 22, 415-421 (2015). [査読有]
 (14)* 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,

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

29594-29610 (2014). [査読有]

- (15) 田原樹, 粟辻安浩, 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). [査読無]
- (16) T. Tahara, Y. Takahashi, Y. Arai, Image-quality improvement in space-bandwidth capacity-enhanced digital holography, Optical Engineering, 53(11), 112313 (6 pages) (2014). [査読有]
- (17)* 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ジタルホログラフィ, O plus E, 36, 533-537 (2014). [査読無]
- (18) T. Tahara, Y. Lee, Y. Ito, P. Xia, Y. Shimozato, Y. Takahashi, Y. Awatsuji, K. Nishio, S. Ura, T. Kubota, O. Matoba, Superresolution of interference fringes in parallel four-step phase-shifting digital holography, Optics Letters, 39, 1673-1676 (2014). [査読有]

<近未来コミュニケーショングループ>

(2a) 立体音響技術開発に関する成果は以下の通りである。(3 件)

- (19)* C. Shi, Y. Kajikawa, W.-S. Gan, Generating dual beams from a single steerable parametric loudspeaker, Applied Acoustics, 99, 43-50 (2015). [査読有]
- (20)* C. Shi, Y. Kajikawa, A Convolution Model for Computing the Far-field Directivity of a Parametric Loudspeaker Array, Journal of the Acoustical Society of America, 137(2), 777-784 (2015). [査読有]
- (21)* C. Shi, Y. Kajikawa, W.-S. Gan, An Overview of Directivity Control Methods of the Parametric Array Loudspeaker, APSIPA Trans. on Signal and Information Processing, 3, e20 (12 pages), (2014). [査読有]

<図書>

(1b) 撮像技術開発に関する成果は以下の通りである。(1 件)

- (1)* 田原樹 (分担執筆), 監修:岩堀祐之, 三次元画像センシングの新展開 ~リアルタイム・高精度に向けた要素技術から産業応用まで~, エヌ・ティー・エス, 153-158 (2015.5).

<学会発表>

(1a) 像生成技術開発に関する成果は以下の通りである。(50 件)

[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, USA (2016.2).
- (2) K. Matsushima, Scale expansion beyond a hundred billion pixels in computer holography, International Symposium on Holography, Bridging Art and Technology (HODIC in Taiwan 2015), Taiwan (2015.12).
- (3) K. Matsushima, Occlusion Processing in Computer Holography -With a Focus on Switch-Back Technique-, The 22nd International Display Workshops (IDW '15), Shiga, Japan (2015.12). [招待講演]
- (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), Okinawa, Japan (2015.12).
- (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 (IWH2015), Okinawa, Japan (2015.12).
- (6) N. Sonobe, Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, Capture of Large-Scaled Wave Fields for Full-Color Digitized Holography, International Symposium on Holography and Related

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

- Technologies 2015 (IWH2015), Okinawa, Japan (20, Japan 15.12).
- (7) K. Matsushima, S. Nakahara, Computer holography as an application of computational optics, Computational Optics (SPIE Optical System Design 2015), Germany, (2015.9).
- (8) K. Matsushima, Digital signal processing of light in holographic 3D imaging, Applications of Digital Image Processing XXXVIII, USA (2015.8) [招待講演]
- (9) K. Matsushima, Y. Tsuchiyama, N. Sonobe, S. Nakahara, New techniques in high-definition computer holography, 10th International Symposium on Display Holography 2015, Russia (2015.7).
- (10) S. Nakahara, K. Matsushima, Reconstruction of multi-images on coaxial depth direction using computer holography, 10th International Symposium on Display Holography 2015, Russia (2015.7).
- (11) K. Matsushima, Y. Tsuchiyama, Reduction of memory usage and full-color reconstruction in high-definition computer holography, 14th Workshop on Information Optics 2015, Kyoto, Japan (2015.6). [招待講演]
- (12) K. Matsushima, S. Nakahara, Frequency filtering for reduction of memory usage in computer holography, OSA Topical Meeting on Digital Holography and Three-Dimensional Imaging 2015, China (2015.5).
- (13) S. Nakahara, K. Matsushima, Laser lithography for fabricating computer generated hologram with submicron pixel- size for wide viewing angle, 7th International Congress on Laser Advanced Materials Processing, (2015.5), Fukuoka, Japan (2015.5).
- (14) 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, USA (2015.2).
- (15)*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 (2015.2).
- (16) 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, China (2014.10).
- (17) S. Nakahara, K. Matsushima, M. Takita, Y. Okino, Reconstructed mulita-images on coaxial depth direction from computer generated hologram, International Symposium on Optical Memory 2014, Taiwan (2014.10).
- (18) K. Matsushima, S. Nakahara, Computer holography and a great future of spatial 3D imaging, The 14th International Meeting on Information Display, Korea, (2014.8). [招待講演]
- (19) K. Matsushima, S. Masuda, S. Nakahara, Performance of the switch-back technique for fast hidden-surface removal in computer Holography, OSA Topical Meeting on Digital Holography and Three-Dimensional Imaging 2014, USA (2014.7).
- (20) S. Nakahara, K. Matsushima, Fabrication of computer generated holograms constituted from sub-micrometer pixel for wide viewing angle using laser lithography, OSA Topical Meeting on Digital Holography and Three-Dimensional Imaging 2014, USA (2014.7).
- (21) K. Matsushima, S. Nakahara, Switch-back method: A fast technique for hidden-surface removal in computer holography, Workshop on Information Optics 2014, Switzerland (2014.7).

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

[招待講演]

- (22) S. Nakahara, K. Matsushima, Laser lithography to producing computer generated holograms with 3D image and wide-field of view, Lithuania (2014.6).
- (23) S. Masuda, K. Matsushima, S. Nakahara, Techniques for applying rigorous light-shielding to high-definition computer holography, Practical Holography XXVIII: Materials and Applications, USA (2014.2).
- (24) W. Nishii, K. Matsushima, A wavefront printer using phase-only spatial light modulator for producing computer-generated volume holograms, Practical Holography XXVIII: Materials and Applications, USA (2014.2).
- (25) K. Matsushima, S. Nakahara, S. Masuda, D. Fujita, Recent Techniques for Hidden Surface Removal in Computer Holography, The 3rd Korea-Japan Workshop on Digital Holography and Information Photonics, Korea (2013.11). [招待講演]
- (26) S. Murata, K. Matsushima, S. Nakahara, Development of an integrated design system for computer holography, International Workshop on Holography and Related Technologies 2013, Hokkaido, Japan (2013.10).
- (27) W. Nishii, K. Matsushima, A wavefront printer using complex-amplitude modulation by using phase-only SLM, International Workshop on Holography and Related Technologies 2013, Hokkaido, Japan (2013.10).
- (28) K. Matsushima, S. Nakahara, Computer holography: a perfect digital 3D technique for real and virtual objects, 5th EOS Topical Meeting on Optical Microsystems, Italy (2013.9). [招待講演]
- (29) S. Masuda, K. Matsushima, S. Nakahara, Rigorous light-shielding for hidden-surface removal in high-definition computer holography, Three Dimensional System and Application 2013, Osaka, Japan (2013.6).
- (30) D. Fujita, K. Matsushima, S. Nakahara, Digital resizing of reconstructed object images in digitized holography, OSA Topical Meeting on Digital Holography and Three-Dimensional Imaging 2013, USA (2013.4).

[国内学会]

- (31) 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, ポスターNo.8, 大阪 (2016.1)
- (32) 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, ポスターNo.9, 大阪 (2016.1)
- (33) 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, 東京 (2015.11) [招待講演]
- (34) 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, 東京 (2015.10).
- (35) 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, 東京 (2015.10).
- (36) 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, 大阪 (2015.9). [招待講演]
- (37)* 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

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

- 合成ホログラムの作成, 3次元画像コンファレンス 2015, 神奈川 (2015.7).
- (38)* 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, 神奈川 (2015.7).
- (39) 園部徳晃, 土山泰裕, 松島恭治, フルカラーデジタル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, 神奈川 (2015.7).
- (40) 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 (2015.1).
- (41) 宮岡貴史, 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, 東京 (2014.7).
- (42) 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, 東京 (2014.7).
- (43) 宮岡貴史, 松島恭治, 中原住雄, 高解像度コンピュータホログラフィにおけるフルカラー化の試み, 第18回関西大学先端科学技術シンポジウム, 大阪 (2014.1).
- (44) 増田幸勇, 松島恭治, 中原住雄, 高解像度コンピュータホログラフィにおける光波の回転変換を用いた厳密な光波遮蔽法, Optics & Photonics Japan 2013, 奈良 (2013.11).
- (45) 西井渉, 松島恭治, 位相型 SLM の複素振幅変調効果を用いた波面プリンタのノイズ軽減, Optics & Photonics Japan 2013, 奈良 (2013.11).
- (46) 藤田大知, 松島恭治, 中原住雄, デジタルホログラフィにおけるオクルージョンエラーの軽減手法, Optics & Photonics Japan 2013, 奈良 (2013.11).
- (47) 西井渉, 岩田直大, 松島恭治, 体積型 CGH 描画用波面プリンタにおける疑似複素振幅変調の効果, 3次元画像コンファレンス 2013, 東京 (2013.7).
- (48) 増田幸勇, 松島恭治, 中原住雄, 高解像度コンピュータホログラフィにおける厳密な光波遮蔽, 3次元画像コンファレンス 2013, 東京 (2013.7).
- (49) 村田峻平, 松島恭治, 中原住雄, コンピュータホログラフィのためレンダリングソフトウェアツールの開発, 3次元画像コンファレンス 2013, 東京 (2013.7).
- (50) 宮岡貴史, 松島恭治, 中原住雄, 高解像度 CGH のフルカラー再生のための色収差低減手法, 3次元画像コンファレンス 2013, 東京 (2013.7).

(1b) 撮像技術開発に関する成果は以下の通りである。(31件)

[国際学会]

- (51) T. Tahara, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Multi-wavelength digital holography based on phase-division multiplexing, International Workshop on Holography and Related Technologies 2015, Okinawa, Japan (2015.12).
- (52) 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, Aichi, Japan (2015.9).
- (53)* T. Tahara, Y. Arai, Y. Takaki, Multiwavelength 3-D imaging based on phase-division multiplexing, 5th Japan-Korea Workshop on Digital Holography and Information Photonics, Korea (2015.9). [招待講演]
- (54)* T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Single-shot multispectral digital holographic microscopy, 14th Workshop on Information Optics, Kyoto, Japan (2015.6). [招待講演]
- (55) 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, China (2015.5).
- (56)* T. Tahara, Y. Arai, Single-shot multiwavelength digital holography using a monochromatic image sensor and a single reference beam, Optics & Photonics Taiwan, International

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

- Conference – Annual Meeting of Taiwan Photonics Society, Taiwan (2014.12). [招待講演]
- (57) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Multiwavelength digital holography utilizing the space-bandwidth capacity-enhance, SPIE/COS Photonics Asia, China, (2014.10).
- (58) 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, Hokkaido, Japan (2014.9).
- (59) 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, USA (2014.7).
- (60) 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, USA, (2014.5). [招待講演]
- (61) T. Tahara, Y. Arai, Extension of the Space-bandwidth Product in Single-shot Multiwavelength Interferometry Using a Single Reference Beam, Biomedical Imaging and Sensing Conference 2014, Kanagawa, Japan (2014.4).
- (62) 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, China (2013.11). [招待講演]
- (63) T. Tahara, Y. Arai, Space-bandwidth extension in single-shot off-axis digital holography using dual-wavelength phase unwrapping, JSAP-OSA Joint Symposia 2013, Kyoto, Japan (2013.9).

[国内学会]

- (64) 田原樹, 森亮太, 新井泰彦, 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, 愛知 (2016.1).
- (65) 田原樹, 大谷礼雄, 新井泰彦, 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ジタルホログラフィ, Optics and Photonics Japan 2015, 東京 (2015.10).
- (66) 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, 東京 (2015.10).
- (67) 田原樹, 新井泰彦, 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, 東京 (2015.10).
- (68) 田原樹, 森亮太, 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, 神奈川 (2015.7).
- (69) 加来徹, 田原樹, 新井泰彦, 複数波長デ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次元動画記録, 3次元画像コンファレンス 2015, 神奈川 (2015.7).
- (70) 田原樹, デジタルホログラフィ顕微鏡, Senspec2015 光応用技術シンポジウム, 神奈川 (2015.6). [招待講演]
- (71) 田原樹, 加来徹, 新井泰彦, 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ジタルホログラフィ, Optics and Photonics Japan 2014, 東京 (2014.11).
- (72) 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, 東京 (2014.11).
- (73) 田原樹, 加来徹, 高橋祐樹, 新井泰彦, 高木康博, 位相を利用し多波長情報を取得するデジタルホログラフィ, Optics and Photonics Japan 2014, 東京 (2014.11).
- (74) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Y. Takaki, Digital holography for simultaneously sensing multiple wavelength information, 第5回デジタルオプティクス研究会 CIS-Japan Collaboration Symposium, 東京 (2014.11).
- (75) 田原樹, 加来徹, 新井泰彦, 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ジタルホログラフィ, 精密工学会 2014年秋季大会, 鳥取 (2014.9).
- (76)* 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, 大阪 (2014.9). [招待講演]
- (77) 田原樹, 高橋祐樹, 新井泰彦, デ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, 東京 (2014.6).
- (78) 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

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

積拡大法, 2014年 第61回 応用物理学会春季学術講演会, 神奈川 (2014.3).

- (79) 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, 奈良 (2013.11).
- (80) 田原樹, 菊永修平, 新井泰彦, 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, 奈良 (2013.11).
- (81) 田原樹, 新井泰彦, デジタル信号の周期性を利用するデ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, 千葉 (2013.9).

(2a) 立体音響技術開発に関する成果は以下の通りである。(30件)

[国際学会]

- (82) C. Shi, Y. Kajikawa, Automatic Gain Control for Parametric Array Loudspeakers, 2016 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, China (2016.3).
- (83) C. Shi, Y. Kajikawa, Synthesis of Volterra Filters for the Parametric Array Loudspeaker, 2016 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, China (2016.3).
- (84) 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, China (2015.12).
- (85) 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, Singapore (2015.12).
- (86) C. Shi, Y. Kajikawa, Fast Evaluation of Preprocessing Methods of the Parametric Array Loudspeaker, 12th Western Pacific Acoustics Conference, Singapore (2015.12).
- (87)* 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 (EUSIPCO2015), France, (2015.9).
- (88) C. Shi, Y. Kajikawa, Ultrasound-to-Ultrasound Volterra Filter Identification of the Parametric Array Loudspeaker, 2015 IEEE International Conference on Digital Signal Processing, Singapore (2015.7).
- (89) K. Fujii, M. Muneyasu, A study on feedback path estimation method for feedforward type active noise control, 22th International Congress on Sound and Vibration, Italy (2015.7).
- (90)* 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 (ICASSP2015), Australia, 3372-3376 (2015.4).
- (91)* C. Shi, Y. Kajikawa, A Comparative Study of Preprocessing Methods in the Parametric Loudspeaker, Asia-Pacific Signal and Information Processing Association 2014 Annual Summit and Conference (APSIPA ASC 2014), Cambodia (2014.12).
- (92)* K. Tanaka, C. Shi, Y. Kajikawa, Multi-channel Active Noise Control Using Parametric Array Loudspeakers, Asia-Pacific Signal and Information Processing Association 2014 Annual Summit and Conference (APSIPA ASC 2014), Cambodia (2014.12).
- (93)* 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 (SISA2014), Vietnam (2014.10).
- (94)* K. Tanaka, C. Shi, Y. Kajikawa, Study on Active Noise Control System Using Parametric Array Loudspeakers, Forum Acusticum 2014, Poland (2014.9).

[国内学会]

- (95) 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, 電子情報通信学会技術研究報告 信号処理, 大分 (2016.3).
- (96) 別所宏晃, 史創, 梶川嘉延, パラメトリックスピーカの音場特性解析に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告 信号処理, 大分 (2016.3).
- (97) 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, 福島 (2015.11).
- (98)* C. Shi, Y. Kajikawa, Objective Evaluation of Preprocessing Methods of the Parametric Array

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

- Loudspeaker, 日本音響学会 2015 年秋季研究発表会, 福島 (2015.9).
- (99) 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アグラムに関する検討, 応用音響研究会, 東京 (2015.7).
- (100) 藤井健作, 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, 東京 (2015.7).
- (101)* 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～, 電子情報通信学会信号処理研究会, 北海道 (2015.6).
- (102)* 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, 東京 (2015.3).
- (103)* 羽田野佑太, 史創, 梶川嘉延, Volterra フィルタによるパラメトリックスピーカの 3 次非線形歪みの補正, 日本音響学会 2015 年春季研究発表会, 東京 (2015.3).
- (104)* 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～, 電子情報通信学会信号処理研究会, 沖縄 (2015.3).
- (105)* 田中貴大, 史創, 梶川嘉延, 工場内騒音に対するパラメトリックスピーカを用いたマルチチャンネル ANC システムの有効性に関する検討, 電子情報通信学会信号処理研究会, 沖縄 (2015.3).
- (106)* C. Shi, Y. Kajikawa, Evaluation of Modified Amplitude Modulation Methods in the Parametric Array Loudspeaker, 電子情報通信学会信号処理研究会, 沖縄 (2015.3).
- (107)* 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ンネル 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, 京都 (2014.11).
- (108)* 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, 京都 (2014.11).
- (109)* 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, 第 29 回信号処理シンポジウム, 京都 (2014.11).
- (110)* C. Shi, Y. Kajikawa, A Preprocessing Method for the Parametric Array Loudspeaker, 電子情報通信学会 2014 年ソサイエティ大会, 徳島 (2014.9).
- (111)* 田中貴大, 史創, 梶川嘉延, パラメトリックスピーカを用いたマルチチャンネル 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, 大阪 (2014.7).
- (112)* 田中貴大, 梶川嘉延, アクティブノイズコントロールにおける付加的技術について, 第 58 回システム制御情報学会研究発表講演会, 京都 (2014.5).
- (113)* 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, 沖縄 (2013.11).
- (114)* 田中貴大, 梶川嘉延, パラメトリックスピーカを用いた ANC システムの実現方法に関する検討, 電子情報通信学会 2013 年ソサイエティ大会, 福岡 (2013.9).

(1c) ホログラムデータ圧縮開発に関する成果は以下の通りである。(5 件)

[国内学会]

- (115)* 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のロスレス符号化に関する検討, 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, 大阪 (2014.9).
- (116)* 棟安実治, 松島恭治, 画像圧縮とCGH, 第18回関西大学先端科学技術シンポジウム, 大阪 (2014.1).

(2c) 伝送技術開発に関する成果は以下の通りである。(7 件)

[国際学会]

- (117) 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, USA (2016.3).
- (118)* H. Yomo, D. Nakamura, S. Hara, Human Group Sensing and Networking: Scenario Development and Feasibility Study, 9th International Symposium on Medical ICT, Kanagawa, Japan

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

(2015.3).

[国内学会]

- (119) 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 (2016.3).
- (120) 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 (2016.3).
- (121) 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 (2016.3).
- (122) 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-, 電子情報通信学会総合大会, 福岡 (2016.3).
- (123)* 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 2014 年総合大会, 新潟 (2014.3).

(2d) アプリケーションシステムの開発に関する成果は以下の通りである。(6 件)

[国際学会]

- (124) M. Inoue, H. Takenouchi, M. Tokumaru, Music Recommendation System Using Kansei Agent and Music Fluctuation Properties, 16th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, Korea (2015.11).
- (125)* 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), USA (2014.12).

[国内学会]

- (126)* 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 (2016.3).
- (127) 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, TE-1, 東京 (2015.9).
- (128) 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(2015.9).
- (129)* 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, 日本知能情報ファジィ学会第 30 回ファジィシステムシンポジウム, 高知 (2014.9).

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等
ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

・プロジェクトホームページ

<http://holography.ordist.kansai-u.ac.jp/index.html>

・**関大デジタルホロスタジオホームページ**^A

<http://holography.ordist.kansai-u.ac.jp/digitalholostudio/index.html>

・**関西大学先端科学技術シンポジウム**

第 18 回 関西大学先端科学技術シンポジウム, 関西大学 100 周年記念会館 (2014.1.23-24).

第 19 回 関西大学先端科学技術シンポジウム, 関西大学 100 周年記念会館 (2015.1.22-23).

第 20 回 関西大学先端科学技術シンポジウム, 関西大学 100 周年記念会館 (2016.1.21-22).

(URL: <http://www.kansai-u.ac.jp/ordist/symposium/index.html>)

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

＜これから実施する予定のもの＞

第 21 回 関西大学先端科学技術シンポジウム, 関西大学 100 周年記念会館 (2017.1).

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

＜特許＞

- (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 号, 平成 27 年 6 月 29 日出願.
- (2)* 田原樹, 加来徹, 新井泰彦, デジタルホログラフィ装置およびデジタルホログラフィ方法, 特願 2014-155520, 平成 26 年 7 月 30 日出願.
- (3)* 田原樹, 新井泰彦, デジタルホログラフィ装置およびデジタルホログラフィ方法, 特願 2013-175005, 平成 25 年 8 月 26 日出願.

＜その他＞

- (1)* 田原樹, 加来徹 他, 「関西大、多波長 3 次元カラー画像を瞬時に記録できるシステム開発」, 日刊工業新聞 2014 年 11 月 20 日付.
- (2)* マサチューセッツ工科大学ミュージアム(MIT Museum)にホログラムを寄贈
松島恭治, 中原住雄, 権利譲渡契約を交わし同ミュージアムの正式な収蔵品となった, 2014 年 10 月. [添付資料 4 参照]
- (3)* イノベーション・ジャパン 2014 にて展示
田原樹, 単眼単色市販カメラを用いる瞬時マルチカラー 3 次元画像記録システム, 東京ビッグサイト (東京国際展示場) (2014.9.11-12).
- (4) 国内研究グループによる推薦を受けて若手研究者として第 4 回 先端フォトリソグラフィシンポジウムにてポスター発表, 田原樹, デジタルオプティクスが可能にする多次元情報同時センシング & イメージング, 東京 (2014.8).

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

＜「選定時」に付された留意事項＞

企業連携を十分に配慮されたい。また成果評価も回数を増やし十分に考慮されたい。

＜「選定時」に付された留意事項への対応＞

企業連携については、各研究者が学会などでの議論を通じて企業研究者との連携を意識しつつ、課題に取り組んでいる。また本プロジェクト前半で開発された個別の技術、例えば、カラーホログラム表示技術、多波長デジタルホログラフィック撮像技術、3 次元音響技術から派生したアクティブノイズコントロール技術等は、本プロジェクトからのスピノフとしてそれ単体で実用性があり、それらを軸に積極的に企業連携につなげている。

評価については、毎年の自己点検を行い、進捗について点検を行うとともに研究者間の連携を強く意識できている。基礎技術開発を行った前半は外部評価で概ね高評価を頂いているが、応用的研究が活発化する後半はそれに満足せず評価の回数を増やしつつ、システムとして成果に結実させたいと考えている。

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

16 施設・装置・設備・研究費の支出状況(実績概要)

(千円)

年度・区分	支出額	内 訳							備 考
		法 人 担 負	私 学 助 成	共同研究機関負担	受託研究等	寄付金	その他(科研費・助成金)		
平成25年度	施設	0							
	装置	58,590	29,295	29,295					
	設備	7,824	2,609	5,215					
	研究費	89,700	14,740	13,547		11,043	4,350	46,020	企業等
平成26年度	施設	0							
	装置	0							
	設備	0							
	研究費	69,736	15,834	10,432		8,790	4,650	30,030	企業等
平成27年度	施設	0							
	装置	0							
	設備	0							
	研究費	92,188	17,060	10,888		44,460	800	18,980	企業等
総 額	施設	0	0	0	0	0	0	0	
	装置	58,590	29,295	29,295	0	0	0	0	
	設備	7,824	2,609	5,215	0	0	0	0	
	研究費	251,624	47,634	34,867	0	64,293	9,800	95,030	
総 計	318,038	79,538	69,377	0	64,293	9,800	95,030		

※平成27年度は予定額。

17 施設・装置・設備の整備状況(私学助成を受けたものはすべて記載してください。)

《施設》(私学助成を受けていないものも含め、使用している施設をすべて記載してください。)(千円)

施設 の 名 称	整備年度	研究施設面積	研究室等数	使用者数	事業経費	補助金額	補助主体
関西大学 学術フロンティア・コア	平成9年度	2078.50 m ²	26	79名	620,000	294,500	私学助成
第4学舎第3実験棟	昭和58年度	2,131.510m ²	43	1,146名	620,000	-	法人負担
第4学舎第5実験棟	平成9年度	9,886.50 m ²	118	6,198名	2,740,443	-	法人負担

※ 私学助成による補助事業として行った新增築により、整備前と比較して増加した面積

0 m²

《装置・設備》(私学助成を受けていないものは、主なもののみを記載してください。)

(千円)

装置・設備の名称	整備年度	型 番	台 数	稼働時間数	事業経費	補助金額	補助主体
(研究装置) レーザーリソグラフィ装置	25	DWL66+	1	20~60 h/月	58,590	29,295	私学助成
(研究設備) 三次元音響計測用 防音室	25	組立式木製タイプ (特注タイプ)	1	120 h/月	7,824	5,215	私学助成
(情報処理関係設備) 該当なし				h			

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

18 研究費の支出状況

(千円)

年 度	平成 25 年度		平成 26 年度	
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	8,753	研究用物品	8,753	研究用消耗品類(3,822)、研究用図書資料(200)、器具類(2,371)、ソフトウェア(2360)
光 熱 水 費	589	電気代	589	学術フロンティア・コア電気代(589)
通信運搬費	0		0	
印刷製本費	60	研究成果報告書	60	研究成果報告書(60)
旅費交通費	1,573	出張旅費	1,573	研究調査出張費(1,293)、準研究員交通費等(280)
報酬・委託料	1,254	講演料	1,254	学外講演者講演料等(189)、業務委託費(805)、英文校正(260)
(設備修繕費)	286	情報関係業務委託	286	装置修理費(286)
(その他の雑費)	155	宿泊費・参加費	155	準研究員宿泊費等(96)、学会講演参加費等(55)、講演会に伴う昼食代(4)
計	12,670		12,670	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)	0		0	
教育研究経費支出				
計	0		0	
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	13,343	研究用器具備品	13,343	単一周波数CW DPSSレーザー(1,774)、小型パルスレーザー(1,617)、クリーンブース(4,410)、Apple Mac Pro(754)、Raytrek MD-6カスタマイズパソコン(267)、DLP Discovery 4100 developer kit(3,068)、塩ビドラフト水槽付型一式(1,453)
図 書	0			
計	13,343		13,343	
研 究 ス タ ッ プ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント	0		0	学内0人、学外0人、外国0人
ポスト・ドクター	2,274	共同研究者	2,274	学内1人、学外0人、外国0人、学振0人
研究支援推進経費	0		0	学内0人、学外0人、外国0人
計	2,274		2,274	学内1人、学外0人、外国0人、学振0人
年 度 平 成 26 年 度				
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	10,194	研究用物品	10,194	研究用消耗品類(5,276)、研究用図書資料(45)、器具類(2,838)、ソフトウェア(2,035)
光 熱 水 費	531	電気代	531	学術フロンティア・コア電気代(531)
通信運搬費	9		9	小荷物送料等(9)
印刷製本費	60	研究成果報告書	60	研究成果報告書(60)
旅費交通費	3,509	出張旅費	3,509	研究調査出張費(2,993)、準研究員交通費等(516)
報酬・委託料	2,306	講演料	2,306	学外講演者講演料等(67)、業務委託費(1,807)、英文校正(127)、設備修繕費(305)
(その他の雑費)	429	情報関係業務委託	429	研究員宿泊費・日当(310)、学会参加費(119)
(会議会合費)	22	宿泊費・参加費	22	会議に伴う食事代(22)
(諸会費)	239	会議に伴う食事代	239	論文掲載料(239)
計	17,299	論文掲載料	239	
計	17,299		17,299	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)	0		0	
教育研究経費支出				
計	0		0	
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	4,419	研究用器具備品	4,419	CWレーザー(1,539)、HPZ820/CT workstation(700)、HPZ840 F5G73AV-AALX(563)、IMac(345)、BTOコンピュータ(333)、GPUコンピューティングマシン(939)
図 書				
計	4,419			
研 究 ス タ ッ プ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント	0		0	学内0人、学外0人、外国0人
ポスト・ドクター	4,548	共同研究者	4,548	学内0人、学外0人、外国1人、学振0人
研究支援推進経費	0		0	学内0人、学外0人、外国0人
計	4,548		4,548	学内0人、学外0人、外国1人、学振0人

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

年 度	平成 27 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	7,449	研究用物品	7,449
光 熱 水 費	483	電気代	483
通 信 運 搬 費	5	小荷物運搬費	5
印 刷 製 本 費	86	研究成果報告書	86
旅 費 交 通 費	5,022	出張旅費	5,022
報 酬 ・ 委 託 料	1,982	業務委託費	1,982
(その他の雑費)	633	宿泊費・参加費	633
(設備修繕費)	4,806	装置修理費	4,806
()	0		0
計	20,466		20,466
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)	0		0
教育研究経費支出	0		0
計	0		0
設 備 関 係 支 出 (1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	1,302	研究用器具備品	1,302
図 書			
計	1,302		1,302
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	1,632	研究補助者	1,632
ポスト・ドクター	4,548	共同研究者	4,548
研究支援推進経費	0		0
計	6,180		6,180

法人番号	271014
プロジェクト番号	S1311042

学 校 法 人 名	学校法人関西大学	大 学 名	関 西 大 学
研究プロジェクト名	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 25 年度選定
「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書

添 付 資 料

- 資料 1 外部評価資料
- 資料 2 技苑「プロジェクト研究報告概要」
- 資料 3 関大デジタルホロスタジオ描画サービス
- 資料 4 マサチューセッツ工科大学寄贈契約書

資料1 .

外部評価

「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

評価 コメント (まとめ)	【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。	

平成25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

松島恭治

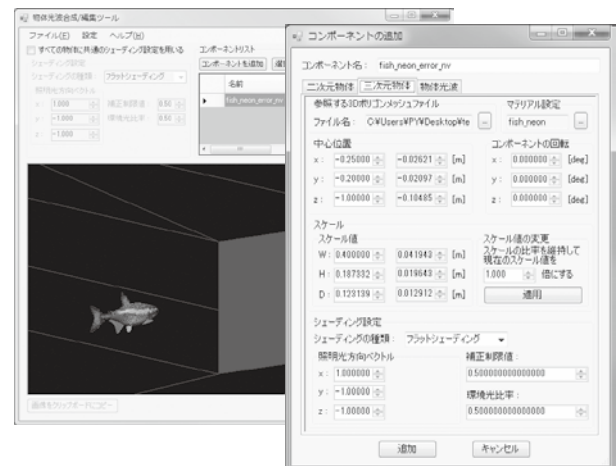
ホログラフィグループの中でも、主としてソフトウェアやアルゴリズムの開発を行っており、付加的にレーザーホログラフィ以外のホログラフィ描画技術の開発を行っている。

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++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. デジタル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縞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ルホログラフィと呼んでいる。

このデジタルホログラフィでは、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、レーザー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、レーザー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

- 1) 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).

3. 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、レーザー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はレーザー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1 μm のピクセルピッチの場合、両側視域角は37度程度になる。

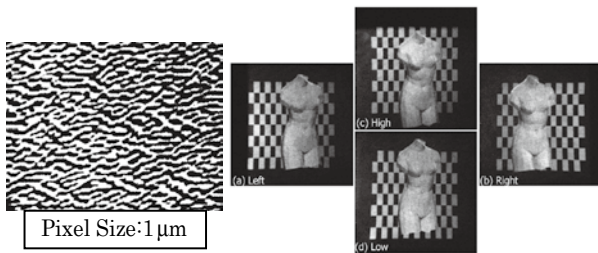


Fig. 3 描画ピッチ1 μm で描画した干渉縞の顕微鏡写真とその再生像¹⁾

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、レーザー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、レーザー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。レーザー直接描画装置は、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・インストルメンツ社製レーザー直接描画装置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。

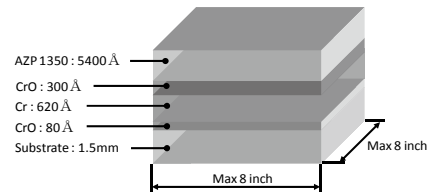


Fig. 4 フォトマスク材料

3.2. 実験結果

Fig. 5に、レーザー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。

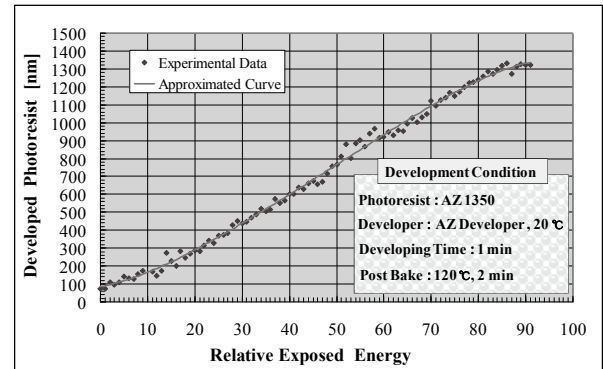


Fig. 5 露光条件

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値化された情報を入力するモードを使用した。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。レーザー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。

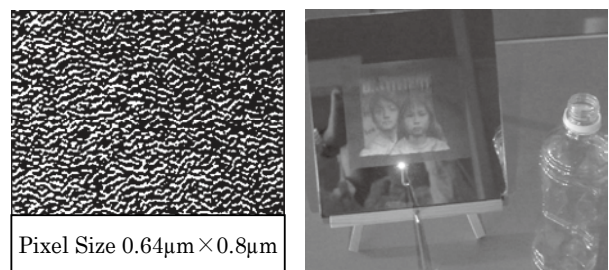


Fig. 6 描画ピッチ0.64 μm ×0.8 μm の干渉縞描画結果と光学再生像²⁾

我々は、Fig. 5のデータをもとに、レーザー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 μm ×0.8 μm 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, 新井泰彦, 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, “デジタル信号の周期性を利用するデ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 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-ray 3Dと呼ばれるBlu-ray Disc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

影響を与えると同時に、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既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。

* システム理工学部教授 博士(工学)

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).

7. 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。

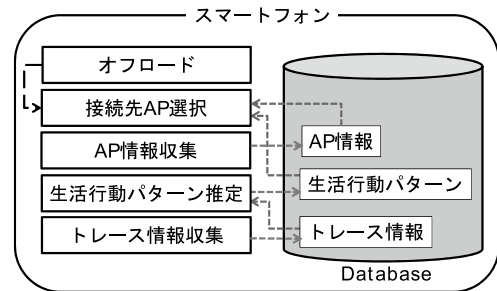


Fig. 9 機能ブロック

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構成員

APは、滞在地2箇所が存在する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。

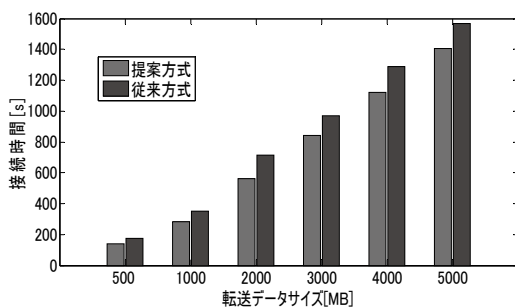


Fig. 10 実験結果

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为例とした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。

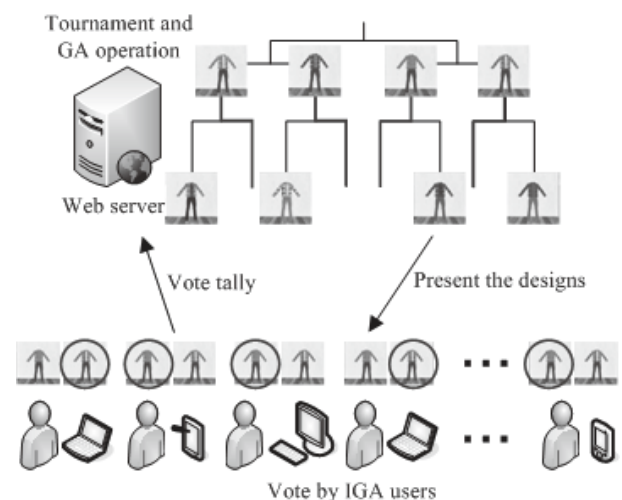


Fig. 11 TBMPのシステム概要

* 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

- 1) 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。

平成26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。

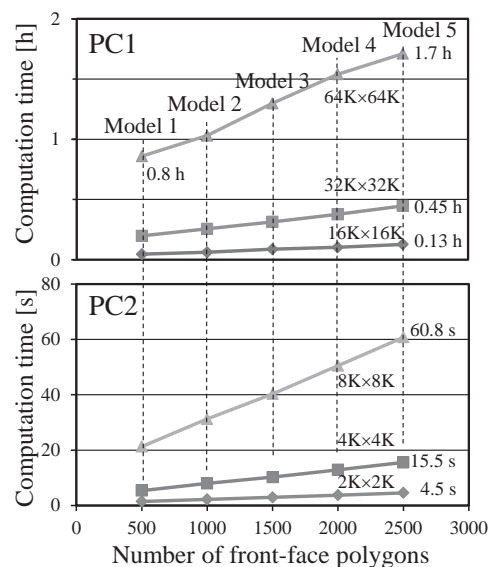
2.1. オクルージョン処理技術

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¹⁾。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

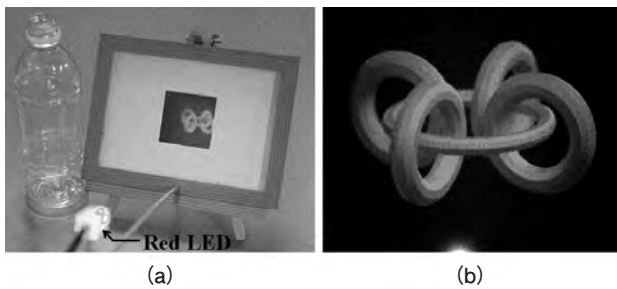


図2.2 スイッチバック法で作成した高解像度CGH¹⁾

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2.3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せられ、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

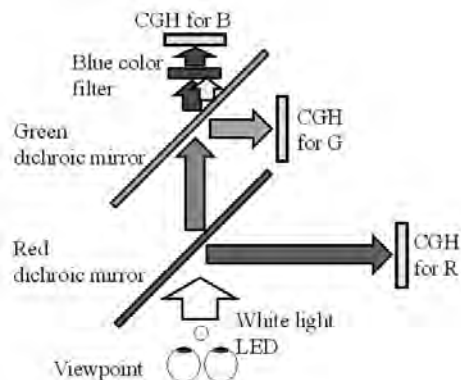


図2.3 ダイクロイックミラーを用いたフルカラー再生光学系³⁾



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0.6 μ m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、フォトリソ現像+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、フォトリソ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、0.8 μ m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、レーザー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ー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。レーザービーム径の約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、レーザー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、安価なレーザー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

本レーザー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。この時のレーザー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ーを変化させ、現像後のレジスト除去量を調節する。そのため、レーザー直接描画装置のパワーに対する基板上的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ー描画装置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0.8 μm 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、 $\delta=0.61 \times \lambda / \text{NA}$ 、 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0.5 μm 程度が解像されることになる。しかし、レーザー照射条件や撮像系、レジストの現像条件、Cr膜のエツ

チング条件によって解像の極限值は変化するので、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、0.2 μm 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、レーザー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。レーザーリソグラフィとしては、0.8 μm 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640nm、500nmの干渉縞を作製し、広視野角の再生像を得た⁵⁾。なお、再生照明光にはレーザー+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記録することができない。極めて鮮明なカラー動画を得るためには、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。ロッキー圧縮では、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。

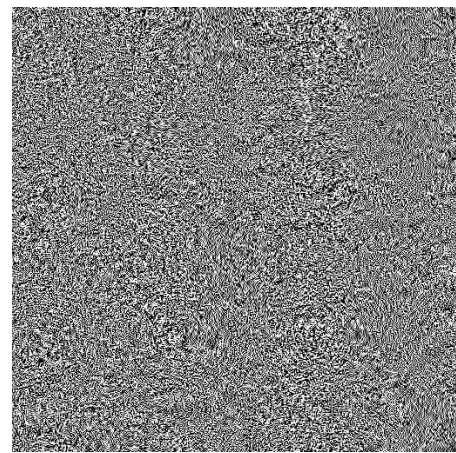


図5.1 干渉縞画像の例

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Huffman符号を設計する。
- 4) Huffman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。

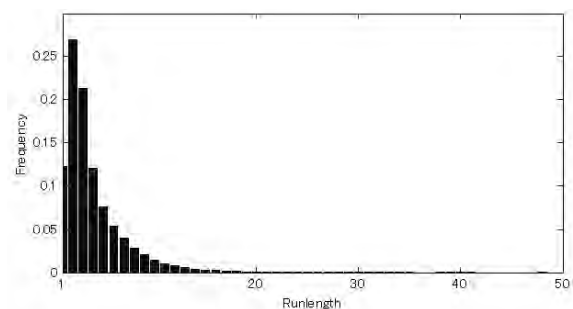


図5.2 ランレングスのヒストグラム

*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Huffman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。

表5.1 実験結果[%]

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

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、ロッキ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イスピーカ(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時、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時、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

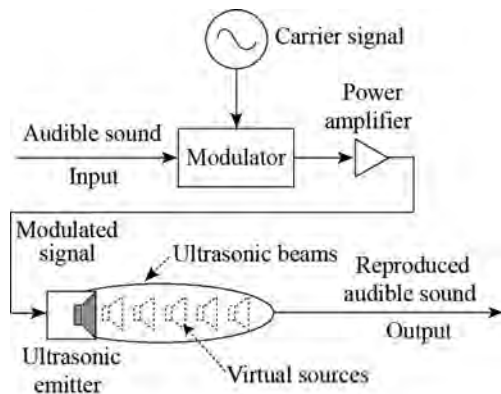


図6.1 PALの原理

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×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460Bytes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増えると、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。

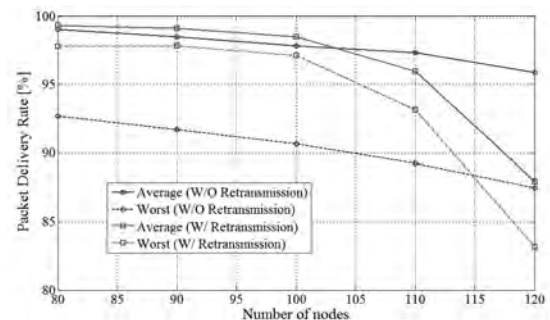


図7.1 ノード数に対するパケット到達率特性 (100台規模)

*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。

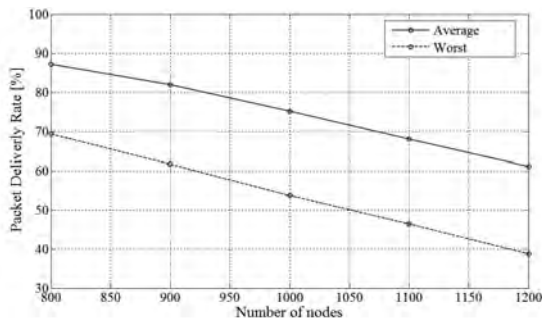


図7.2 ノード数に対するパケット到達率特性 (1000台規模)

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。

8. 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

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表示し、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十分な票数を獲得した時点で、提示

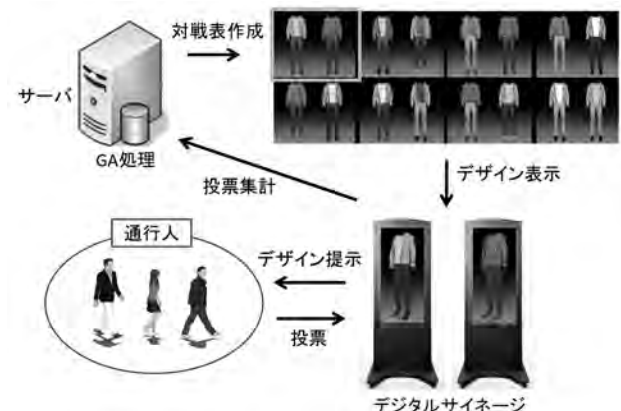


図8.1 システム概要



図 8.2 投票用インターフェース

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

- 1) 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).
- 2) 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*, 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, 新井泰彦, 高木康博, 位相を利用し多波長情報を取得するデ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).

平成27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・
 学外研究担当者：Petar Popovski・Woon-Seng Gan・
 田口 亮・山口 雅浩・坂本 雄児・
 伊藤 智義・下馬場 朋祿

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ミ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、ダイクロミ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、ダイクロミ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³⁴⁾。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。

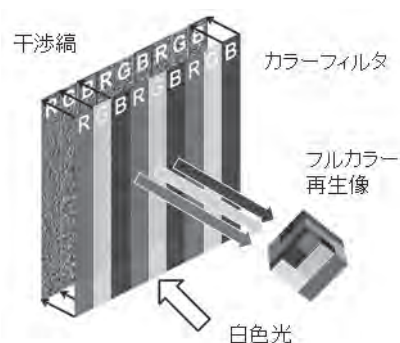


Fig. 1. カラーフィルタを用いた高解像度フルカラーCGHの原理¹⁾

*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

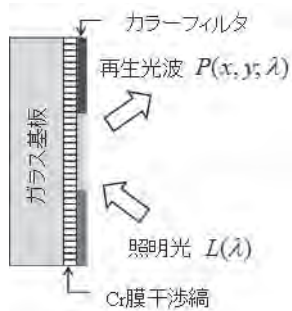


Fig. 2. カラーフィルタを用いたフルカラー高解像CGHの構造とシミュレーションモデル^{3,4)}

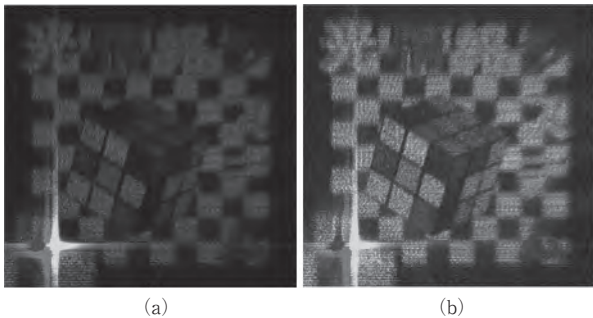


Fig. 3. カラーフィルタを用いたフルカラー高解像度CGHのシミュレーション結果^{3,4)}

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⁴⁾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^{6,7)}。

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30cm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、 $2N$ 枚の画像を用いたカラー3次元画像を再構成する技術を実証した¹⁰⁾。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30cm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。

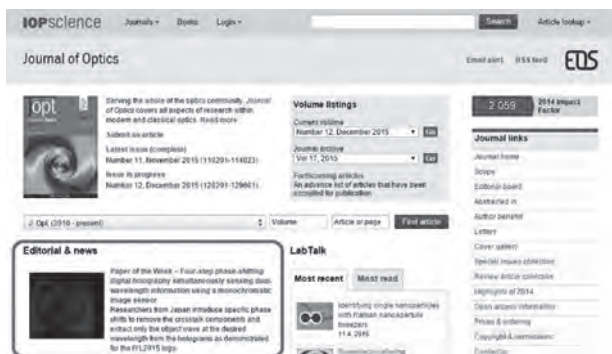


Fig. 4. Journal of Optics誌 (IOP Publishing発行) HPより Paper of the weekに選出。左下矩形内が参考文献10の紹介記事。

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。

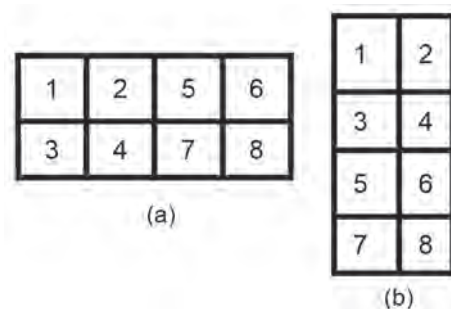


Fig. 5. ブロックの形状

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処理を行い、Table 1のような結果を得た。Table 1は、bmpで保存された原画像との比である。Table 1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。

Table1. 圧縮率

	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つたものの、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度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

*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

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イスピーカ(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。

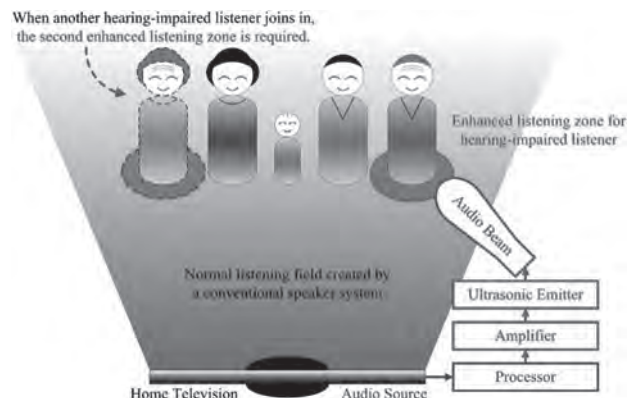


Fig. 6. PALの指向性制御による所望ユーザへの音情報伝達のイメージ

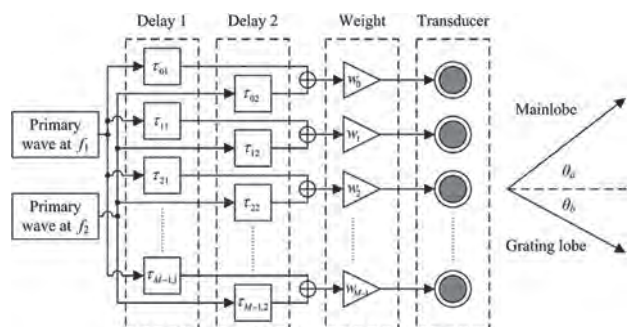


Fig. 7. PALの指向性制御手法のブロック図

5.3. 検討結果

Fig. 8 に指向性制御の実験例を示す。この図からもわかるように、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わかる。

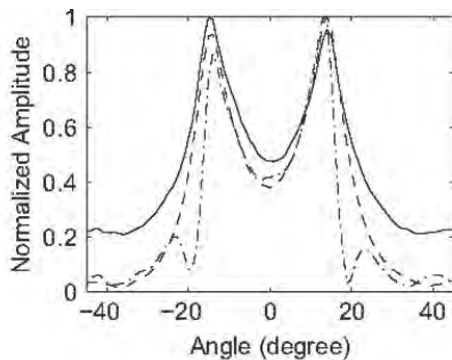


Fig. 8. 指向性制御の例

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

中村直輝^{*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。

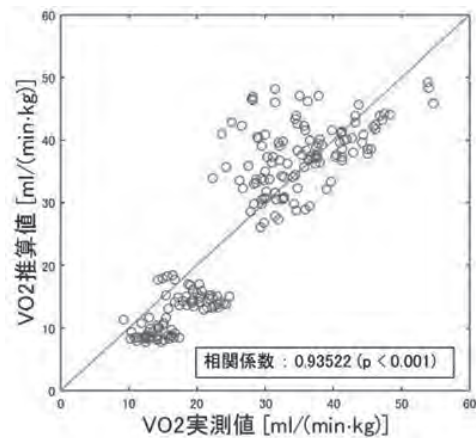


Fig. 9. 3軸データを用いた VO_2 推算結果

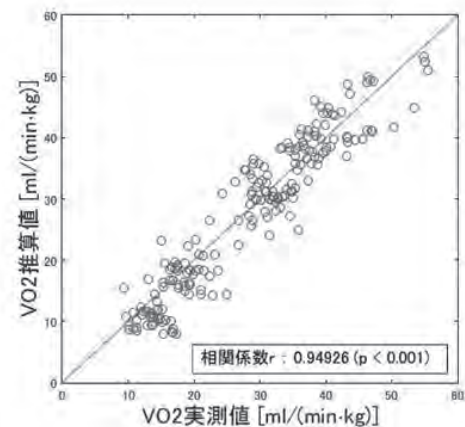


Fig. 10. 6軸データを用いた VO_2 推算結果

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標準研究員

*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で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).
- 3) 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), Okinawa, Th2-4 (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, 下馬場朋祿, 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). [invited]
- 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, 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, 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). [invited]
- 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). [invited]
- 14) 田原樹, 下馬場朋祿, 伊藤智義, 空間周波数分割多重記録を行うデ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 —ニューラルネットワークの適用—, 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30回ファジィシステムシンポジウム, TE1-3, 600-605, 高知 (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30回ファジィシステムシンポジウム, TA2-4, 334-339, 高知 (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).

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」)の干涉縞描画サービス(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、利用希望者は干涉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 利用者は干涉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、利用者とは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責を負わない。
- 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三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3-2.

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三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

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 ~ 年 月 日

資料4.

マサチューセッツ大学寄贈契約書

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.

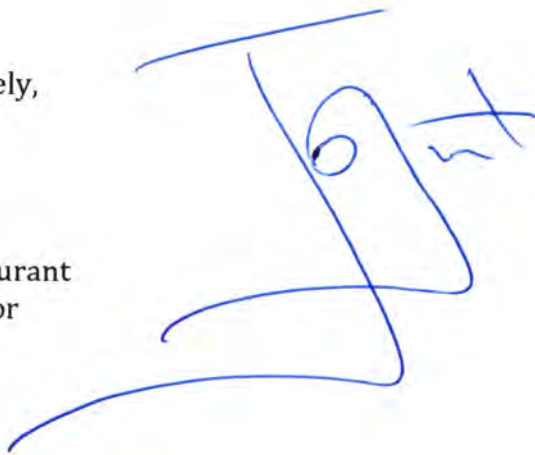
The MIT Museum's mission is to engage the wider community with MIT's science, technology and other areas of scholarship in ways that best serve the nation and the world in the 21st century. The Museum's collections are used for historical research and exhibition purposes.

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

Sincerely,

John Durant
Director

Enc.



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 party.

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.

The Donor represents and certifies that: **(please choose one)**

The Donor is the Copyright holder and the Donor hereby assigns Copyright in the Property to the Institute.

The Donor is the Copyright holder and the Donor hereby assigns to the Institute a non-exclusive royalty free license for use of the works for the duration of its Copyright in all languages, throughout the world, in all media. A non-exclusive license will allow the Institute to make reproductions of the work only for scholarly, educational, and promotional purposes.

The Donor does not own Copyright. Copyright of the works remain with the artist/representative. MIT Museum/Institute will refer to the Creator/Representative for all requests for reproduction received from researchers outside MIT and all commercial requests. MIT Museum/Institute shall credit the Creator/Representative in connection with the use of its works.

Contact information for Creator/Representative:

SIGNED THIS 6th DAY OF OCTOBER, 2014 Kyoji Matsushima 松島 恭二
Kyoji Matsushima

ACCEPTED THIS 23rd DAY OF October, 2014 Kathy D. Vitale
Kathy D. Vitale, MIT DIRECTOR OF GIFT ADMINISTRATION