

# I 研究組織

## (1) 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	戦略研究総合副センター長・教授

## (2) プロジェクト参加研究者数 14 名

## (3) 研究プロジェクトに参加する主な研究者

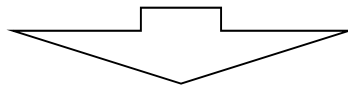
研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
松島 恭治	先端科学技術推進機構・システム理工学部・教授	コンピュータホログラムの生成と電子的表示	コンピュータホログラフィによる3D 映像の生成とその動画表示技術の開発
棟安 実治	先端科学技術推進機構・システム理工学部・教授	スケーラブル超大規模データ圧縮技術の開発	コンピュータホログラムデータの蓄積・伝送基盤の開発
梶川 嘉延	先端科学技術推進機構・システム理工学部・教授	高度3次元音響技術の開発	コンピュータホログラフィと高度に融合した3次元音響技術の確立
四方 博之	先端科学技術推進機構・システム理工学部・教授	超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・教授(前:准教授)	コンピュータホログラフィを用いたテキスト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
吉田 壮	先端科学技術推進機構・システム理工学部・助教	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の圧縮技術の開発および評価
(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・Professor(前: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	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)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
レーザーソグラフィによる静止画コンピュータプログラムの作製	先端科学技術推進機構 研究員	中原 住雄	コンピュータプログラムの作製技術の開発および計算・生成技術の評価

(変更の時期:平成 28 年 4 月 1 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
	先端科学技術推進機構・システム理工学部・助教	吉田 壮	コンピュータプログラムの圧縮技術の開発および評価

## II 研究成果の概要

### (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、それを用いた近未来的な情報・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する。

#### 【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た。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)では研究開始時点から 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を処理・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た。

### (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研究を推進した。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、2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た。なお、中原は当初研究分担者であったが、退職後も客員研究員として研究に参画し続けた。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、1名の客員研究員が所属し、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た。

#### 【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、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た。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た。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た。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ン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やプロジェクトの予算集計を担う派遣スタッフ1名を雇用了。

#### 【研究支援体制】

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、試薬や機器等の購入、PDの雇用などを担う他、大学の法人部局や進捗状況をチェックする研究推進部の支援を得た。

#### 【大学院生・PD 及び RA の人数・活用状況】

ポスト・ドクトラル・フェロー、本学大学院生である準研究員、リサーチ・アシスタント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Ⅱ(4)の研究成果や項目Ⅲ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。以下に年度ごとのこれらの研究補助者の人数を下記の表にまとめた。

	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
準研究員	8名	6名	16名	24名	35名
PD	1名	1名	1名	1名	1名
RA(後期課程院生を含む)	0名	0名	2名	3名	4名

**【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 1～2 回程度プロジェクトミーティングを行った。

**【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、随時打合せを行った。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リ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た。しかし、プロジェクト後半においては十分に連携が取れるようになり、千葉大学の研究者が得意とする Graphic Processing Unit を用いたホログラム像生成などにおいて大きな成果が得られた。

**(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: 165.4m<sup>2</sup> 使用人数: 13 名
- ・学術フロンティア・コア F22-1 室(39.00 m<sup>2</sup>) 使用人数: 2 名、F23 室(40.62m<sup>2</sup>) 使用人数: 5 名、F24 室(58.50m<sup>2</sup>) 使用人数: 3 名、F25 室(19.50 m<sup>2</sup>) 使用人数: 2 名、F26 室(19.50 m<sup>2</sup>) 使用人数: 2 名、F28 室(40.62m<sup>2</sup>) 使用人数: 2 名、F47 室(42.25 m<sup>2</sup>) 使用人数: 5 名

**【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った。
- ・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/月以下であった。
- ・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た。
- ・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 時間程度使用した。

**【外部資金の導入状況】**

本プロジェクトの学内メンバーによる外部資金導入状況は、以下のとおりである。

		平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	合計
科学研究費		6 件 8,060 千円	7 件 13,650 千円	5 件 9,490 千円	5 件 5,330 千円	5 件 10,270 千円	28 件 46,800 千円
学外共同 研究費	民間企業・ 財団・ その他	4 件 1,630 千円	6 件 2,050 千円	3 件 2,800 千円	1 件(研究費 の支給なし)	6 件 1,518 千円	20 件 7,998 千円
受託研究費	民間企業・ 財団・ その他	5 件 9,413 千円	3 件 8,740 千円	3 件 42,660 千円	5 件 14,997 千円	7 件 43,535 千円	23 件 119,345 千円
指定寄付等	民間企業・ 財団・ その他	4 件 3,650 千円	5 件 4,650 千円	1 件 800 千円	1 件 300 千円	2 件 800 千円	13 件 10,200 千円

**(4) 研究成果の概要 ※下記、IIIに対応する成果には下線及び\*を付している。****1. ホログラフィグループ**

本プロジェクトの中核をなすコンピュータホログラフィを研究するグループであり、単に本学における研究のみを志向するのではなく、この分野における研究拠点形成を目指した活動も行った。当初計画で、ホログラフィグループが目指した研究課題は主として下記の 3 項目がある。

**(i) 数値モデルからのコンピュータホログラム映像を発生する超大規模データ処理(研究分担者: 松島、中原、山口、坂本、伊藤、下馬場)**

本研究課題では、CG と同様、主として数値的な物体モデルから 3D 映像を発生させる。この時、物体モデルから発せられる光を物理演算によって求める必要があり、これが莫大なデータ処理を要求する。例え

ば、現代のCGで扱う画素の数が10の6乗～7乗であるのに対し、ホログラフィでは比較的小さな10cm角程度の映像でも、その画素数は10の10乗～11乗に達する。また、CGが一つの方向に進む光だけを扱うのに対して、ホログラフィでは全方位の光を計算するため、そのデータ処理量はおよそCGの1000万倍から1億倍程度になる。このような大規模データを処理して、実用的な時間内で静止画ホログラムを計算することを課題とした。また単に計算だけではなく、静止画ではあるが、それを一定の時間内で実際に描画し映像を再生・表示することも課題とした。さらに、従来のホログラフィでよくあるモノクロ映像だけではなく、コンピュータホログラフィによってフルカラー3D映像を再生することもこの研究課題の重要な1項目であった。

### (ii) 超大規模映像を電子的に表示するための電子ホログラフィシステム(研究分担者:松島、伊藤、下馬場)

前述の研究課題(i)が静止画3D映像の発生を目標としたものであるのに対して、この研究課題はコンピュータホログラフィによる動画映像再生の基礎技術開発を目指したものである。しかしながら、前述のとおりホログラフィでは10の10乗～11乗の画素を表示する必要がある。通常の2D映像の最高峰であるスーパーハイビジョンであっても表示画素数は高々 $3 \times 10^7$ であるので、本課題はその1000～1万倍の画素数を表示するという極めて野心的なものである。もちろん、5年間の研究期間でこれを達成することはほぼ不可能であるため、この課題においては、将来的にこの画素数表示が可能となるような技術の基礎を開発することを目的とした。

### (iii) 実物体光をキャプチャするためのホログラフィック撮像システム(研究分担者:田原、松島)

最終的にコンピュータホログラフィによる双方向コミュニケーションを実現するためには、単に映像を再生するだけでなく、撮像ができなければならない。また、コミュニケーションまでとは行かなくとも、研究課題(i)で述べたCGモデルからの像再生だけではなく、実物体を3D表示したい場合はよくある。研究課題(i)では静止画を表示することから、この場合には撮像は必ずしもリアルタイムである必要はない。そこで本課題では、リアルタイムの撮像とそうではない撮像に分けて研究を行った。また、それぞれにおいてモノクロとカラーの撮像を目的とした。

以上のようなホログラフィグループの研究課題を達成するため、グループ内をさらに像再生技術を開発するグループと(以下、「(1a)像生成技術開発」と表記)と、リアルタイムのホログラフィック撮像技術を開発するグループ(以下、「(1b)撮像技術開発」と表記)に分けて研究課題に取り組んだ。このうち(1a)像生成技術開発グループでは、上記の(i)と(ii)の技術、および(iii)のリアルタイムでない撮像技術の開発を目指した。これは、これらの技術がほぼ不可分に相互にリンクしているためである。一方、(1b)撮像技術開発では、(iii)のリアルタイムホログラフィック撮像に特化した取り組みを行った。以下、これらのグループ別に研究成果の概要を記述する。

<優れた成果があがった点>

#### (1a) 像生成技術開発

CGモデルからの像生成のためのアルゴリズム、静止画ホログラム描画技術、静止画フルカラー再生技術、動画再生技術、非リアルタイムのホログラフィック撮像技術等が研究項目であるが、このうちアルゴリズムにおいては、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(11)(12)学会(24)(29)(31)。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、本プロジェクトでは大規模なホログラムを短時間で計算するために用いているポリゴン法という計算手法では滑らかな鏡面を計算できない問題点があったが、ポリゴン面の位相を局所的に変調することによりポリゴン数を増やすことなく鏡面性の曲面を計算する技術の開発に成功した\*論文(4)。透明な物体についても、特定の制約下での物理シミュレーションによる手法\*学会(4)とCGレンダリングと光線サンプリングの手法\*学会(3)(63)からホログラムを作成できるようになった。

描画技術については、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り、当初計画の目標を達成できた。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タジオ」を設立し\*学会(72)(79)、その利用規約等を制定し公開している[参考資料4]。この描画サービスは、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)による利用もあり、直接ホログラムを描画するだけではなく、ホログラフィック撮像技術における光学素子作製等にも利用されている。

静止画フルカラー表示技術については、3原色に相当する3波長で計算し、それを描画したホログラム3枚を光学的に重ね合わせるダイクロイックミラー方式\*学会(25)(80)(82)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。しかしながら、この方式ではダイクロイックミラーを用いた像合成光学系が重厚長大で可搬性に欠けており、また、その光学系調整にも長時間を要するため、実際にカラーホログラムを展示することは困難であった。そこで、液晶パネルやカラーイメージセンサ等と同様のカラーフィルタを用い、3原色のホログラムを空間分割により1枚のホログラムとして作製してカラーフィルタを貼り合わせるカラーフィ

ルタ方式\*論文(5)(6)学会(8)(9)(68)(70)(73)(76)特許(2)の技術を開発した。これにより、ホログラムの可搬性が従来のモノクロの物と同レベルまで向上し、フルカラー再生像を展示できるようになった。

また、動画表示技術としては、従来より提案していた光源スイッチング方式時分割多重化技術の高フレームレート表示デバイスとして DMD(Digital Mirror Device)を用いた電子ホログラフィ技術を実証した\*学会(71)(74)(77)。この技術には、高次回折像が再生像を劣化させるという重大な問題点があったが、偏光特性を利用してこれを大きく軽減できる技術の開発に成功した\*学会(10)(57)(59)(66)特許(1)。

非リアルタイムのホログラフィック撮像技術としては、デジタイズドホログラフィと称して、ホログラフィ干渉縞をイメージセンサで撮像し、高解像度コンピュータホログラフィで再生する技術を提案していたが、本プロジェクトではそれをさらに推し進め、3 原色に相当する 3 波長で撮影しフルカラーホログラムとして再生することに成功している\*学会(2)(16)(60)(62)(67)(78)。また、光線サンプリング面の手法を用いることにより、実物体の多視点画像からモノクロ\*学会(64)およびカラー\*学会(5)のホログラムを作成することにも成功した。これらはホログラフィック撮像ではないが、ホログラフィに必要な遮光や除振環境が不要であることから実用的な手法と考えられる。

さらに、本プロジェクトのうち静止画像に関する研究成果については実用化の試みが始まっている。例えば、(株)エガリムとは主としてポートレート(人物像)、また、オムロンアミューズメント(株)とはアミューズメント機器への静止画ホログラムの応用を念頭においた共同研究をスタートさせている。

## (1b) 撮像技術開発

既存の代表的な色情報取得デバイスである Bayer 型のカラーイメージセンサを用いた光学システムでは、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の達成が困難であった。原因として、色情報を取得するためにデジタルホログラムのサンプリング間隔が広がり、3 次元的な視野狭窄を招くためであり、他の色情報取得方式が必要であった。そこで、ホログラフィと信号理論の駆使により単板単色撮像素子で広範囲のカラーホログラフィック光波を撮像する技術を開発した。そして、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\*論文(21)(23)(24)(26)(27)図書(2)学会(104)(106)(131)。また、分担者らが平成 25 年に提案した波長選択抽出位相シフト法と呼ばれる、極座標面で分光する多波長イメージング技術が本課題の解決に適しているのではないかと考え、並行して研究を推進した。そして、波長選択抽出位相シフト法とホログラフィを融合させた、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、光学と信号の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(17)(22)(25)(30)図書(1)学会(103)(131)。その後、マルチカラーホログラフィック 3 次元画像記録技術として、波長選択抽出位相シフト法に基づく、マルチカラーホログラフィック 3 次元イメージング法を提案し、実証した\*論文(20)。試作システムにより、理論的に 1.4 m 離れた 30 cm 四方の物体のマルチカラー 3 次元イメージングが可能であることを突き止めた。よって、当初の目的を達成するマルチカラーホログラフィック 3 次元画像記録システムの開発に成功しただけでなく、世の中に新しいマルチカラーホログラフィック 3 次元光波画像取得技術を生みだし、光学システム試作、実証までを達成することができた。

## <課題となった点>

### (1a) 像生成技術開発

本プロジェクトで完成した隠面消去のアルゴリズムでは、ポリゴン単位のシルエットマスクにより光波遮蔽処理を行う。しかし、シルエットマスクは光軸に対して垂直なマスクであるため、一部に光波の漏れが生じ、これが光学再生像でポリゴン間のわずかな隙間として観察されることがある。これを防ぐためには、シルエットマスクではなくポリゴンその物をマスクとすれば良いが、その手法ではサンプリング密度を増加する必要があることから、計算時間のかなりの増加を招くことがわかった\*学会(33)(39)(83)(87)。今後は、サンプリング密度と漏れ光波の関係を解析し、サンプリング密度を大きく増加せずに厳密な光波遮蔽を行う手法を検討する。

ホログラム描画技術では、本報告書執筆時点では実用的に描画可能なホログラムの画素サイズが 0.8  $\mu\text{m}$  までに留まった。レーザーソグラフィ装置の仕様上は、より広い視野が得られる 0.6  $\mu\text{m}$  ピッチでの描画が可能であるが、描画したホログラムが暗く鑑賞に堪えない結果となった。この点については、引き続き描画パラメータの最適化が必要である。また、描画技術を提供する関大デジタルホロスタジオが、本プロジェクト以外の研究者からは計画ほどには利用されていない課題もある。これは、この分野の先端的研究者がそもそも本プロジェクトの学外研究者となっていること、また、関大デジタルホロスタジオで描画する大規模なホログラムを計算するために必要な高性能大容量計算機やソフトウェアなどのインフラストラクチャが普及していないためと考えられる。今後は、モデルデータからの計算処理自体をインフラストラクチャの揃ったスタジオ側で行うなどの対応が必要と考えられる。

カラーフィルタ方式を用いたカラーホログラムでは、シミュレーションを繰り返して得たパラメータと液晶パネル用カラーフィルタ製作技術でカラーフィルタを作成しているが、入手可能な材料ではフィルタのスペクトル特性が未だ広帯域であり、像がぼける問題が発生している。これを防ぐために、体積型ホログラムに転

写し \*論文(7)学会(58)、体積型ホログラムの高い波長選択性によりボケを防ぐ技術が必要である。

### (1b)撮像技術開発

当初提案していた広範囲撮像技術では、視野の角度が未だ足りないという課題があった。さらに、既存の代表的な色情報取得デバイスである Bayer 型のカラーイメージセンサを用いた光学システムでは、色情報を取得するために視野半径が半分、視野面積が4分の1となるため、30 cm 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の達成が困難であった。そのため、視野を拡大するために単色の撮像素子を用いた波長情報を記録する方針を取った。その折、波長情報を多重記録し信号処理で分離抽出する方法を考案したため、時間分解能にも考慮し採用した。本研究期間では、当初の技術よりも面積比9倍の広範囲にわたり、実物体光波をキャプチャするカラーデジタルホログラフィ撮像方式を提案し、光学システムの設計、実証を行った。また、ホログラフィに適した撮像素子の選定などのハードウェア方面の改良を試みた。以上の試みにより、課題を達成するための光学システムを開発できた。

### <研究成果の副次的効果>

#### (1a) 像生成技術開発

本学で製作したホログラムをホログラフィ展示会で展示 \*その他(2)(4)(5)した。また、その産業的価値を認められ、イノベーションジャパン(大学見本市)でも展示された \*その他(3)。さらに、デジタルアートとしての高い価値が認められ、マサチューセッツ工科大学ミュージアムの正式な收藏品となった[参考資料 6] \*その他(6)。これらのホログラム技術に関連して、カラーフィルタを用いたフルカラーホログラムの技術 \*特許(2)とその転写技術 \*特許(2)、また動画再生の技術 \*特許(1)について合計3件の特許出願を行った。

#### (1b) 撮像技術開発

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(3)(4)の特許出願を行った。また、ホログラフィック撮像技術の産業的価値が認められ、イノベーションジャパン(大学見本市)での展示 \*その他(7)や報道 \*その他(8)がなされた。

### <研究期間終了後の展望>

#### (1a) 像生成技術開発

像生成技術全般に渡って、本プロジェクト終了後も本プロジェクトを継承した研究開発を広く行っていく。コンピュータホログラフィの計算規模が巨大であることから、高性能大容量の計算機が必要であることが、この技術普及の足かせの一つとなっていることは否めない。この問題を解決させる一つの方向性は近年発展の著しい Graphic Processing Unit (GPU)を用いた計算技術である \*学会(6)。GPU は巨大な計算能力を持つことから、メモリ容量の低いマシンであっても、部分的なホログラム計算を繰り返すことにより、デスクトップパソコンレベルでの計算機でもホログラムを計算できる可能性がある。プログラミングの技術がないデザイナーや、またホログラフィの非専門家であっても容易にホログラムを計算するための グラフィカルユーザーインターフェースを備えたソフトウェア \*学会(36)(88)の洗練とあわせて、もっと手軽に静止画ホログラムをデザイン・計算できる環境の構築を行う。このようなインフラ整備を行い、静止画像を製作する関連デジタルホロスタジオの利用率を向上し、コンピュータホログラフィによる3次元画像の啓蒙と普及を行っていく。

また、後述の実用化の観点からは、コンピュータホログラフィによる静止画ホログラムを量産する技術の開発が急がれる。計算時間と描画時間を合わせると、現時点では比較的小さなホログラムでも6時間以上の製作時間が必要である。これでは、美術品としての用途以外を見出すことは困難である。その解決策の一つは、コンピュータホログラフィで作成したホログラムを コンタクトコピー技術により体積型ホログラムに転写することである \*論文(7)学会(58)。転写時間はかなり短くできると考えられることから、前述の狭帯域化による像品質の向上と合わせて、この技術により静止画ホログラムの実用化・普及に大きく近づくことが期待できる。

静止画ホログラムの実用的な価値を高めるために必要な技術のもう一つは、ホログラム照明システムである。ホログラムの照明には空間的・時間的に高いコヒーレンスを持った光が必要であり、本プロジェクトでは従来、特に選定した LED をホログラム前部に配置することにより照明を行っていた。しかし、この照明方法では照明光源自体が邪魔でホログラムの視認性が低下するだけでなく照明光源を含めたホログラム画像の薄型化が困難であり、実用的な応用の障害となる。そこで、ホログラフィック光学素子の技術を応用したパネル型のコヒーレント光源の開発がカギとなる。この技術については、ホログラフィック光学素子に高い技術を持つベンチャー企業である(株)エガリムと連携し、コンピュータホログラフィに適した照明光源を開発していく予定である。

動画像については、本プロジェクトで開発に成功した偏光特性により高次回折像を防ぐ光源スイッチング方式電子ホログラフィを用い、直近では、高フレームレート表示デバイスの像を4×4倍に多重化したシ

システムを開発する。このシステムを用い、今後の発達と普及が見込まれるスーパーハイビジョン用の 8K×4K 表示デバイスを多重化すると、その画素数はおよそ 32K×16K となる。これにより関大デジタルホロスタジオで製作できる静止画にかなり近い像が得られることになるため、本格的なホログラフィックディスプレイに一步近づくことができると考えられる。

### (1b) 撮像技術開発

撮像技術開発において、本プロジェクト終了後も研究を継続し、広い 3 次元空間にわたる実物体光波のマルチカラーホログラフィック撮像システムの開発に努める。また、エイリアシングの意図的利用やデジタル信号の周期性などの信号理論を駆使する方法に基づき、動体の高速 3 次元動画イメージングを行う光学システムの開発を推進する。特に、当該方式の単一露光で多波長情報を記録できる点に着目すれば、マルチカラーホログラフィックビデオカメラの創出を強力に推進できるものと期待される。カメラのフレームレートで多波長デジタルホログラムを記録し、時間方向にも情報量を格段に増大させることで、超臨場感 3 次元動画像の提示を実現できる。将来展望として、多次元情報が 2 次元画像に圧縮記録されるホログラフィの特長を活かし、全世界に転送できるホログラフィック TV のための撮像部開発を目指す。

## 2. 近未来コミュニケーショングループ

本事業の主体となるホログラフィグループで確立された技術を利用するための周辺技術開発を行う近未来コミュニケーショングループは、コンピュータホログラフィの実用的な動画再生が可能になると予測されている 10 年先の ICT インフラを見通しつつ、コンピュータホログラフィによる放送・コミュニケーションに必要な周辺技術の開発とその潜在的なアプリケーション予測に取り組むグループである。そのため、コンピュータホログラフィを用いたコミュニケーションにおいて必須となる 3 次元音響の要素技術の開発、画像圧縮、無線通信を独立して進めるとともにその具体的なアプリケーション像の検討を進めた。これらの研究を効率的に推し進めるため、主に 4 つのテーマで要素技術の開発を行ってきた。

### (i) 立体音響技術開発 (研究分担者: 梶川、棟安、W. S. Gan)

一つ目は、3 次元音響技術の開発である(以下、「(2a)立体音響技術開発」と表記。)コンピュータホログラフィによる 3 次元映像コミュニケーションには、それに対応する新しい 3 次元音響技術が不可欠である。従来の 3 次元音響技術で用いられたヘッドホンでは装着の不快感や疲労感をユーザに与える問題があり、またラウドスピーカでは適切な 3 次元音響情報を物理的に伝搬することが困難である。そこで、本研究では超指向性を有するパラメトリックアレイスピーカを用いることで近未来の高臨場感コミュニケーションに相応しい立体音響技術の開発を行った。

### (ii) ホログラムデータ圧縮技術開発 (研究分担者: 棟安、田口、吉田)

二つ目は、ホログラフィ映像のストレージに不可欠な技術が超大規模データ圧縮技術である(以下、「(2b)ホログラムデータ圧縮技術開発」と表記)。近年用いられている MPEG2 や MPEG4、H.264 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。また、画面サイズのスケラビリティが異なり、コンピュータホログラフィ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。そのため、ホログラフィに適した超大規模データを圧縮する技術に関する開発を行った。

### (iii) 伝送技術開発 (研究分担者: 四方、P. Popovski)

近未来コミュニケーショングループの大きな課題の一つは、コンピュータホログラフィ映像のような超大規模データの伝送である。特に、今後益々重要性が増すワイヤレスコミュニケーションを想定した場合、広帯域かつ高品質な無線通信回線を確保する必要がある。しかし、無線通信回線の帯域や品質は一般に時空間的に大きく変動する。また、ホログラム像には一部が欠落しても全体の再生には支障が無い等の特有の性質がある。そのため無線通信技術の開発(以下、「(2c) 伝送技術開発」)では、このような帯域や品質の変動に応じたコンテンツの超大規模データ伝送制御技術の確立を目的とし、無線通信路の帯域変動に応じて動的にホログラフィ映像やコンテンツの要求条件にマッチした無線通信資源を割当するための基礎技術の開発に取り組んだ。

### (iv) アプリケーションシステムの開発 (研究分担者: 徳丸)

最後に、本研究が目指す近未来的コミュニケーションが実現できた場合の新たなアプリケーションの創成に関しても研究を行った(以下、「(2d)アプリケーションシステム開発」と表記)。ここでは、典型的なアプリケーションイメージとしてファッションデザイナーのためのテキスタイルデザイン支援システムの構築を行った。この研究では、色、模様、図柄、質感などの様々な要素を考慮する必要があるテキスタイルデザインをコンピュータが生成し、それを着衣した状態のホログラフィ映像をリアルタイムに生成することにより、従来の 2 次元画像によるテキスタイルデザインとは次元の違う実在感をデザイナーに与えるシステムの開発を目指した。これは本プロジェクトで開発された技術の統合によるシステムアプリケーションのイメージの確立を狙ったものである。



## <優れた成果があがった点>

### (2a) 立体音響技術開発 (梶川、棟安、W. S. Gan)

立体音響技術では、超指向性を有するパラメトリックスピーカ(PAL)の指向性は立体音響技術を実現する上で非常に重要な役割を演じる。そこで、PAL による立体音響技術の実現に関わる様々な課題について検討を行った。PAL は音質が悪いため立体音響技術を実現する上で、その音質改善は必要不可欠である。そこで音質劣化の原因である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\*論文(33)(32)(35)(36)学会(140)(144)(145)(147)(153)(158)(161)(163)(166)(168)(172)(174)(175)(180)。この検討においては Volterra フィルタと呼ばれる非線形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、音質評価においてもその効果を実証することができた。また、PAL の前処理(変調方法および自動ゲイン調整)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(142)(143)(146)(148)(150)(151)(169)(173)(177)(179)(181)。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。一方で、PAL をホログラム技術と融合する際にはホログラムのプレートに PAL からの音響ビームを与えることで、あたかもホログラムから音が放射されているように感じる事が可能である。そのためには、PAL の指向性制御が重要となるため、それについても検討を行った\*論文(37)-(39)学会(159)。その結果、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するとともに、その指向性を理論的に把握することで実装に役立つ配置方法(ホログラムからの距離や角度など)を明らかにした\*論文(38)。また、PAL による立体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\*論文(34)学会(138)(139)(152)(154)(157)(162)(165)(167)(176)(178)(182)-(185)。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演算量を 30%程度低減することに成功した。

### (2b) ホログラムデータ圧縮技術開発 (棟安、田口、吉田)

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(205)、既存技術をホログラムデータ圧縮に適用した場合の問題点を明らかにした。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、さらにロッキ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(203)(204)。さらに、この手法を発展させ、干渉縞では白と黒の画素の交番についても一種のランと見なす交互ランレングス符号化法を開発した。この結果、さらにロスレス圧縮の効率を高めることに成功した。ロッキー圧縮でも、自由度を考慮して光波データの圧縮手法を開発した\*学会(200)(201)。ここでは圧縮を近似問題と考え、振幅データへの特異値分解の適用と位相データへの再量子化手法を組み合わせた。画質評価についても5方向からの評価を考慮した評価手法を考案し、実際の評価に用いた。

### (2c) 伝送技術開発 (四方、P. Popovski)

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た\*学会(216)。WiFi ユーザの時空間的な分布の変化に影響を受けないオフロード法を提案するとともに、提案法の詳細評価を行い、既存オフロード法に対する提案法の有効性を示した\*学会(211)。これにより、従来の方式では取り入れられていない「ユーザの移動パターン予測」を活用することで通信特性の改善が可能であることを確認できた。また、同時伝送可能データ量・ユーザ数の大規模化技術としてアクセス制御方式に注目し、超高密度にユーザが存在する環境での特性評価を行い、定量的な収容ユーザ数の限界を示した\*学会(209)。そして、各ユーザのデータ伝送量を削減するためのデータ処理方式を提案し、その有効性を示した\*学会(206)-(208)(212)-(215)。これにより、従来の集中制御的なシステムと比較し、ユーザ側でデータ処理を分散的に行うことで、システム全体の送信データの削減が可能となることを確認できた。さらに、通信が必要な通信ノードのみをコンテンツに応じて適応的に起床させることで無線通信帯域を有効に活用する通信制御方式を共同研究者の P. Popovski 教授とともに考案し、特性評価を実施した。従来の方式では、多くの通信ノードが帯域を共有することで輻輳が発生し、通信帯域および電力を無駄に消費していたが、提案方式を用いることで帯域の有効利用・通信ノードの省電力化が可能になることを示した。

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(216)。さらに、WiFi ユーザの時空間的な分布については、通信実績に基づく逐次的な予測修正を行うことで予測の不完全性に対応し、特性劣化抑制が可能であることを示している\*学会(211)。これらの結果は、帯域予測に基づく通信制御方式設計に新たな知見を与える成果となっている。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(209)。また、分散的なデータ処理を行うことにより送信データ量を削減し、通信帯域の逼迫を抑える

提案法は、データ処理と通信制御のジョイント設計という斬新なアプローチに基づいている\*学会(206)-(208)(212)-(215)。さらに、コンテンツの内容に応じて通信ノードを起床させる通信制御方式は、従来のIDベースの通信制御方式とは全く異なる独創的なアイデアであり、通信ノードの起動・通信制御方式設計に新たな知見を与える成果である。

#### (2d) アプリケーションシステム開発 (徳丸)

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。開発した評価手法を実装したアプリケーションシステムとして、デジタルサイネージに3次元人体モデルに施した衣服コーディネートを投影し、複数のユーザの投票により衣服デザインを進化させるデザイン支援システムを構築した\*論文(42)学会(224)(233)(236)。さらに、膨大な衣服デザインからユーザの好みの衣服を効率よく検索する手法として、感性検索エージェントによるレコメンドシステムを開発し、衣服の感性検索ならびに楽曲のレコメンドなど、複数のアプリケーションシステムに実装し、評価実験を行った\*学会(220)(222)(223)(234)(235)。衣服や音楽などの情報は、その特徴を定量化することが極めて困難であるが、深層ニューラルネットワークを用いた衣服の特徴抽出手法を開発し、膨大な衣服データの特徴を自動抽出してユーザの好みの衣服を検索するシステムの開発に成功した\*論文(41)学会(229)(231)。また、3次元画像によるデザイン最適化のアプリケーション例としてネイルアートデザインをユーザの好みに最適化するシステムを開発した\*学会(221)。

#### <課題となった点>

##### (2a) 立体音響技術開発

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(38)を近距離場に理論的に拡張できるかどうか検討を行ったが、実測値との誤差が許容範囲をやや上回っていたため、さらなる検討が必要と考えられる。また、PALの音質改善においてVolterraフィルタを利用する\*論文(33)学会(150)ことで、音質の改善を定量的ならびに主観評価により実証したが、VolterraフィルタそのものがPALの入力信号レベルに大きく依存することも新たに明らかになった。その改善方法を提案\*論文(33)したが、音声などに限定すれば適用可能であるが、よりダイナミックレンジの広い音楽などに適用するには更なる改善が必要と考えられる。

##### (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という問題点があったが、光波データおよび干渉縞の性質の検討結果\*学会(200)(201)(203)(204)(205)から、位相情報の保持と移動量の検出により動画の圧縮も可能である見込みが明らかになってきている。しかし、ホログラムはデータ量が膨大であるため、テスト用の動画データを作成することが困難で十分な検証を行うことが出来ていない。基本的に従来の画像圧縮のアプローチと類似しているため、問題は少ないと考えられるが、今後検討が必要である。

##### (2c) 伝送技術開発

提案したデータオフローディング法の評価では、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た。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必要がある。特に今回はシミュレーションによる評価に留まっているが、実際にユーザのスマートフォンなどに提案法を実装し、実用的な環境での実験評価が必要である。分散データ処理方式についても、実際に通信ノードに実装し、計算負荷や消費電力に関する実験評価が実用性の立証のために必要である。また、コンテンツ要求に基づいた起床・通信制御方式については、適用範囲拡大のため、多様なコンテンツを想定した詳細評価が必要である。

##### (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、デザイン候補となる素材をコンピュータホログラフィにより予め大量に作成しておきデータベース化することで、データベース内のデザイン候補を検索することでユーザの好みに合うデザインを提示することが可能となる感性検索フレームワークを開発した。しかし、本手法を実用化するためにはコンピュータホログラフィにより作成されるデザイン候補の特徴を数値化し、デザイン候補を特徴空間にマッピングする必要がある。したがって、コンピュータホログラフィを生成するための光学パラメータとデザインの特徴量との関係を解析する手法や、効率的な特徴量抽出手法の開発が課題として残されている。

## ＜研究期間終了後の展望＞

### (2a) 立体音響技術開発

PAL の特性(指向特性)をより正確にモデル化するとともに、通常のスピーカなどで発生される音場との融合手法について検討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 の高音質化をある程度実現できたが、よりダイナミックレンジの広い音源に対応するための構成を検討することも考えている。さらに、ホログラムが移動するような状況に対応するために、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。したがって、引き続き当該関連技術の検討を継続して行う予定である。

### (2b) ホログラムデータ圧縮技術開発

ロスレス圧縮、ロッシー圧縮の両手法について、これまでに新たな展開が得られた。また、両手法を組み合わせるにより、さらなる性能向上も見込める。そのため、本事業の設備を活用し、今後も継続して研究を進めていく。今後の研究の方針としては、特に光波データを中心とした圧縮手法の改良に注力し、ランレングス符号化を含めたロスレス圧縮の知見も活用して、位相成分の圧縮手法の開発に重点的に取り組んでいく。また、画質評価についても、これまでの知見を踏まえて、客観的評価手法の開発を行う。

### (2c) 伝送技術開発

研究期間終了後は、提案通信制御法を通信機器に実装し、実験評価を行う予定である。まず、これまでのシミュレーション評価で有効性を確認した各種方式を通信機器に実装する際の計算負荷や消費電力の見積もりを行い、実装する機器の仕様を決定する。そして、提案方式を実機に実装し実験評価を行うことで提案方式の実環境での有効性を明らかにする。

### (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を用いた衣服デザイン支援システムの実用化に向けて、深層ニューラルネットワークを中心に大規模データからの特徴量抽出法についてさらなる検討を行うとともに、効率的なデザイン支援を行うための対話型進化計算手法についても引き続き研究する予定である。また、システムの実用化にあたり、システムの利用環境を想定した関連技術についても検討する。例えば、店舗やアーケードなどにコンピュータホログラフィを用いた 3D 映像を表示するシステムを設置すると、一般ユーザの注目を集めることが容易となる。そこで、不特定多数のユーザの視線情報を利用した対話型進化計算技術を用いてデザインを最適化するなど、様々な応用が期待できる。既に対話型進化計算のための視線インタフェース\*学会(230)や効率的な解探索手法\*学会(232)についての開発に着手しており、これらの技術をコンピュータホログラフィ映像表示と組み合わせることにより新たなシステムの開発を目指す。

## ＜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直しを含む。)＞

### (2a) 立体音響技術開発

立体音響技術の周辺技術の一つ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\*論文(34)学会(138)(139)(152)(154)(157)(162)(165)(176)(178)(182)-(185)。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、光波データそのものの信号処理的な特徴は明らかではなかった\*学会(200)(201)(205)。しかし、本研究によりそれが明らかになりつつある。具体的には、位相成分の重要性である\*学会(200)(201)(205)。これらはこれまであまり考えられてこなかったホログラムと信号処理の関連についての知見を与える。そのため、圧縮だけではなく電子透かしの適用など、これまで考えられなかった応用に発展する可能性がある。したがって、圧縮方式の検討が十分に進んだ時点で、これらの展開も含めて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(209)。また、分散データ処理方式を用いることで、超高密度に通信ノードが存在し得るセンサネットワークへの適用が可能である\*学会(206)-(208)(212)-(215)。さらに、コンテンツ要求に基づいた起床・通信制御方式は、通信ノードの省電力化を達成することが可能であるため、通信ノードのバッテリー時間延長が大きな課題の一つであるセンサネットワークに適用することが可能である。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 の分野に活用できる。

## (2d) アプリケーションシステムの開発

衣服デザインの生成支援システムでは、2 台のデジタルサイネージに異なるデザインの衣服を着用した 2 体の 3 次元人体モデルを表示し、通りがかりの人に好みのデザインに投票してもらうことにより、衣服デザインを最適化するシステムを構築し、運用実験により有効性が確認できた \*論文(42)学会(224)(233)(236)。本システムは、アパレル店舗に設置することで顧客の潜在的な好みの調査や、人気商品の調査などのマーケティング分野への応用も期待できる。また、衣服の感性検索システムのために開発した深層ニューラルネットワークによる特徴抽出法と感性検索エージェントモデル \*論文(41)学会(229)(231)は、コンピュータホログラフィをはじめとする 3 次元画像や、3 次元音響などのマルチメディアコンテンツの特徴量を自動抽出し、ユーザの好みのコンテンツをレコメンドするシステムへの実用化が期待できる。

## 3. プロジェクト全体

以上のように、グループ別また研究テーマ別に個々の研究課題を追求する一方で、構想調書で述べたとおり、コンピュータホログラフィとその関連技術の研究拠点形成を目指して関大デジタルホロスタジオを設立した。外部評価においては、本スタジオにおける描画サービスが高い評価を得ている。

プロジェクト全体としては、毎年先端科学技術シンポジウムでプロジェクトセッションを実施し、本プロジェクトの最新の研究成果を披露した。またそれだけではなく、平成 28 年 7 月に関西大学先端科学技術推進機構後援の下、3 次元立体画像に関する国内有数のコンファレンスである 3 次元画像コンファレンスを本学千里山キャンパスにて開催し、特別展示として「関西大学コンピュータホログラフィ展」を実施する等により研究拠点形成の一助とした。[参考資料 5]

今後も、本プロジェクトにより開発した研究技術を関大デジタルホロスタジオに逐次応用展開し、企業との連携をとりつつ、外部への描画サービス等を提供しながら研究拠点として継続をしていく。

### <自己評価の実施結果と対応状況>

プロジェクト内での研究者による自己評価を年 2~3 回の割合で実施し、特に研究資金の適切な配分や PD・RA 等の若手研究者の雇用・育成について逐次見直しを行った。

前述のとおり、本プロジェクトで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たが、この両者にはその研究課題の性質に起因する大きな相違があった。そこで、この相違点を考慮した研究リソースの配分を行った。

まず、ホログラフィグループは主として応用物理学・光学に軸足を置く研究課題であり、実験が大きなウェイトを占めている。特に、(1a)生成技術開発では、初年度に整備したレーザーソグラフィ装置の運用・維持のために研究員を雇用し、装置の運用に十分な費用をかけ、活用した。また、光学実験を実施するための研究費にも重点的に配分し、計画通りに進むよう配慮した。さらに、像生成計算のための高性能計算機も必要であったため十分な研究費用を配分した。(1b)撮像技術開発においても、同様に光学実験が大きな役割を果たすため実験装置や周辺機器に十分な研究費用を配分した。

一方、近未来コミュニケーショングループが必要とするリソースはかなり方向性が異なっている。(2a)立体音響技術開発では、初年度に整備した防音装置を活用することで、他装置等をほとんど必要とせず研究を行うことができた。近未来コミュニケーショングループの他のチーム、(2b)ホログラムデータ圧縮技術開発、(2c)伝送技術開発、(2d)アプリケーションシステムの開発は、実験装置等はほとんど必要とせず、その研究はほぼ理論と計算機ベースで行われる。そのため、こちらのグループには PD や RA などの若手研究者の人的リソースを重点的に配分する戦略とした。

実際には、スタートアップの平成 25 年度の当初予算については装置・設備を除く研究費をホログラフィグループの研究用器具備品・消耗品としてまず配分し、雑費を除く研究費残額全体を全研究員に均等に配分する計画とした。しかし、年度途中で進捗状況を議論した結果、近未来コミュニケーショングループの研究力強化のため年度途中から PD を 1 名雇用し、研究費の再配分を実施した。

平成 26 年度以降についても、近未来コミュニケーショングループの研究力強化のために初年度に引き続き PD1 名を継続的に雇用し、他にも本学大学院生を RA や準研究員として多数登用し、積極的に若手研究者の育成を図ってきた。また、毎年度ホログラフィグループの研究に必要な器具備品類をまずリストアップし、ホログラフィグループに重点的に当初予算配分した。同時に、年度途中において全体の進捗状況と費用対効果を勘案し、年度当初の予算配分を見直して、近未来コミュニケーショングループとホログラフィグループで予算の再配分を実施した。

また、平成 26 年 9 月に自己点検として作成した研究進捗状況チェックシートに基づき、学内の外部資金審査・評価部会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、平成 26 年度末に関大デジタルホロスタジオのウェブサイト \*研究成果の公開状況 A を公開し、描画サービスの規約等も公開

した。[参考文献 4] さらに、平成 27 年度末には同サイト英語版ページを整備し、英語規約等の公開を始めている。このホロスタジオについては、国内\*学会(72)と国外\*学会(26)の講演を通じて情報公開に努めた。

平成 29 年 9 月にも学内の外部資金審査・評価部会による内部評価を行った。その結果、最高の 4.00 点満点の評価を得た。コンピュータホログラフィ技術については十分な成果が得られているとされ、特に関大デジタルホロスタジオが研究拠点形成の点で高い評価を受けた。近未来コミュニケーショングループについても成果は十分であるとの評価を受けた。ただし、コンピュータホログラフィとの関連がやや小さい印象であるとのコメントもあったが、近未来コミュニケーショングループは、ホログラフィグループで確立された技術を利用するための周辺技術開発を行うグループであるため、ホログラフィグループの開発状況を踏まえた後発研究となる部分が多く、今後本拠点を活用しながら連携した開発を進めていく。

#### <外部(第三者)評価の実施結果と対応状況>

平成 27 年 7 月に産業界、国立研究所、大学の 3 名の評価委員による外部評価を実施し、良好な評価を得た。[参考資料 1]

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。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発信すべく制作を進め、実際にその一部を公開している\*その他(2)。さらに、現時点でかなりの技術水準に達している静止画ホログラムについては、(株)エガリムおよびオムロンアミューズメント(株)との共同研究・受託研究契約を結び、連携を深めている。前述のとおり、エガリム社とはポートレートを中心とした展開、またオムロンアミューズメント社とはアミューズメント機器への搭載を目指した連携を行っている。今後は両社と本学の 3 者による連携へ進む見込みである。

最終年度の平成 29 年度 5 月には、同じ評価委員による外部評価を再度実施した結果、やはり大変良好な評価を得ている。ホログラフィグループについては、特にコンピュータホログラフィ技術をアートレベルまで高めることができたことや、カラー再生を可能にしたことなど、また関大デジタルホロスタジオを通じた描画サービスの試みなどが高く評価された。[参考資料 2]

また、近未来コミュニケーショングループはホログラフィ情報の圧縮などの研究が高く評価された。一方、国際的な連携や超臨場感コミュニケーションの枠に収まらない、バイオメディカルの応用、教育、さらには自動運転に至るまで今後の展開についてのコメントが多く寄せられた。

### III 研究発表一覧 ※上記、II(4)に記載した研究成果に対応するものには\*を付している。

#### <雑誌論文>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

<特筆すべき成果に対応した業績には【★】を付記した>

#### <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。(16 件)**

- (1) K. Matsushima, N. Sonobe, Full-color digitized holography for large-scale holographic 3D imaging of physical and nonphysical objects, Applied Optics, 57(1), A150-A156 (2017). [査読有]
- (2) 松崎昭太, 小林昂一郎, 松島恭治, フルカラーコンピュータホログラフィ用ソフトウェアツール群の開発, HODIC Circular, 37(3), 6-9 (2017.9). [査読無]
- (3) 五十嵐勇祐, 松島恭治, カラーフィルタを用いたフルカラー体積型転写 CGH の作製, HODIC Circular, 37(3), 10-13 (2017.9).[査読無]
- (4) \* H. Nishi, K. Matsushima, Rendering of specular curved objects in polygon-based computer holography, Applied Optics, 56(13), F37-F44 (2017). [査読有]
- (5) \* Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, Full-color large-scaled computer-generated holograms using RGB color filters, Optics Express, 25, 2016-2030 (2017). [査読有]【★】
- (6) \* 土山泰裕, 松島恭治, カラーフィルタ方式フルカラー高解像度 CGH とその光学再生像, HODIC Circular 36(3), 11-14 (2016). [査読無]
- (7) \* 中尾弘希, 松島恭治, 反射型高解像度 CGH のコンタクトコピーによるフルカラー体積型転写CGHの作成, HODIC Circular 36(3), 19-22 (2016). [査読無]
- (8) 中辻憲昭, 松島恭治, 伊藤智義, 下馬場朋禄, 点光源法と GPU で計算した全方向視差高解像度 CGH の再生像, HODIC Circular 36(3), 15-18 (2016). [査読無]
- (9) 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]
- (10) 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]
- (11)\* 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]
- (12)\* 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]
- (13) 藤田大知, 松島恭治, 中原住雄, デジタイズ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]
- (14) 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]
- (15) 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]
- (16) 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。(15 件)**

- (17)\* T. Tahara, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Dual-wavelength digital holography based on phase-division multiplexing using four wavelength-multiplexed phase-shifted holograms and zeroth-order diffraction-image suppression, International Journal of Automation Technology, 11(5), 806-813 (2017). [査読有]
- (18) T. Tahara, T. Akamatsu, Y. Arai, T. Shimobaba, T. Ito, T. Kakue, Algorithm for extracting multiple object waves without Fourier transform from a single image recorded by spatial frequency-division multiplexing and its application to digital holography, Optics Communications, 402, 462-467 (2017). [査読有]
- (19) T. Tahara, T. Kanno, Y. Arai, T. Ozawa, Single-shot phase-shifting incoherent digital holography, Journal of Optics, 19, 065705 (2017). [査読有]
- (20)\* T. Tahara, R. Otani, K. Omae, T. Gotohda, Y. Arai, Y. Takaki, Multiwavelength digital holography with wavelength-multiplexed holograms and arbitrary symmetric phase shifts, Optics Express, 25(10), 11157-11172 (2017). [査読有]
- (21)\* T. Tahara, Y. Arai, Multiwavelength off-axis digital holography with an angle of more than 40 degrees and no beam combiner to generate interference light, Applied Optics, 56(13), F200-F204 (2017). [査読有]
- (22)\* 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) (2015). [査読有]
- (23)\* 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]
- (24)\* 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]
- (25)\* 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]
- (26)\* 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]
- (27)\* 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, 29594-29610 (2014). [査読有]
- (28) 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]
- (29) 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]
- (30)\* 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]
- (31) 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。(8件)**

- (32) K. Iwai, Y. Kajikawa, Modified second-order nonlinear infinite impulse response (IIR) filter for equalizing frequency response and compensating nonlinear distortions of electrodynamic loudspeaker, Applied Acoustics, 132, 202-209 (2018).
- (33)\* Y. Hatano, C. Shi, Y. Kajikawa, Compensation for nonlinear distortion of the frequency modulation-based parametric array loudspeaker, IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 25(8), 1709-1717 (2017). [査読有]
- (34)\* K. Tanaka, C. Shi, Y. Kajikawa, Binaural active noise control using parametric array loudspeakers, Applied Acoustics, 116, 170-176 (2017). [査読有]
- (35)\* C. Shi, Y. Kajikawa, Volterra model of the parametric array loudspeaker operating at ultrasonic frequencies, Journal of the Acoustical Society of America, 140(5), 3643-3650 (2016). [査読有]
- (36)\* C. Shi, Y. Kajikawa, Effect of the ultrasonic emitter on the distortion performance of the parametric array loudspeaker, Applied Acoustics, 112, 108-115 (2016). [査読有]
- (37)\* 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]
- (38)\* 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]
- (39)\* 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]

#### **(2b) 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。(1件)**

- (40) 藤井健作, 澤田拓也, 吉岡拓人, 棟安実治, ダブルトークとエコー経路の変化を識別して通話回路に挿入する減衰量を調整するハンズフリー通話システム用制御アルゴリズム, 電子情報通信学会論文誌 A, J100-A(3), 142-150 (2017). [査読有]

#### **(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。(2件)**

- (41)\* 太田茂, 竹之内宏, 徳丸正孝, 深層ニューラルネットワークによる特徴抽出を用いた衣服の感性検索, 日本感性工学会論文誌, 16(3), 277-283 (2017). [査読有]
- (42)\* 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, 日本感性工学会論文誌, 15(4), 503-511 (2016). [査読有]

### <図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

#### **(1b) 撮像技術開発に関する成果は以下の通りである。(2件)**

- (1)\* T. Tahara, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki (Chapter 9), I. Naydenova ed., Multiwavelength Digital Holography and Phase-Shifting Interferometry Selectively Extracting Wavelength Information: Phase-Division Multiplexing (PDM) of Wavelengths, in Holographic Materials and Optical Systems, InTech, 205-223 (2017.3).
- (2)\* 田原樹 (分担執筆), 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~, 監修:岩堀祐之, エヌ・ティー・エス, 153-158 (2015.5).

### <学会発表>

学会名、発表者名、発表タイトル、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

#### **(1a) 像生成技術開発に関する成果は以下の通りである。(89件)**

[国際学会]

- (1) S. Igarashi, T. Nakamura, K. Matsushima, M. Yamaguchi, Continuous tiling Fresnel diffraction and its application to over 10-gigapixel computer-generated holograms, 24th Congress of the International Commission for Optics, Tokyo, Japan (2017.8).
- (2) \*K. Matsushima, Y. Tsuchiyama, N. Sonobe, S. Masuji, M. Yamaguchi, Y. Sakamoto, Full-color large-scaled computer-generated holograms for physical and non-physical objects, Holography: Advances and Modern Trends V, Czech Republic (2017.4).
- (3) \*S. Igarashi, T. Nakamura, K. Matsushima, M. Yamaguchi, 3D Physically based rendering of computer generated holograms by orthographic ray-sampling, Information Photonics 2017, IP-21AM-2-1, Kanagawa, Japan (2017.4).

- (4) \*H. Nishi, K. Matsushima, Rendering of transparent objects in polygon-based computer holography, Information Photonics 2017, IP-21PM-1-8, Kanagawa, Japan (2017.4). [Outstanding Poster Paper Award 受賞]
- (5) \*Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, S. Nakahara, M. Yamaguchi, Y. Sakamoto, Full-color high-definition CGH reconstructing hybrid scenes of physical and virtual objects, Practical Holography XXXI: Materials and Applications, USA (2017.2).
- (6) \*N. Nakatsuji, K. Matsushima, Comparison of computation time and image quality between full-parallax 4G-pixels CGHs calculated by the point cloud and polygon-based method, Practical Holography XXXI: Materials and Applications, USA (2017.2).
- (7) S. Igarashi, T. Nakamura, K. Matsushima, M. Yamaguchi, Calculation and Fabrication of photorealistic hologram using orthographic ray-sampling plane, The 6th Japan-Korea Workshop on Digital Holography and Information Photonics (DHIP2016), Hokkaido, Japan (2016.12).
- (8) \*K. Matsushima, Y. Tsuchiyama, Full-color high-definition CGH employing RGB color filters, International Workshop on Holography and related technologies, Taiwan, (2016.11). [招待講演]
- (9) \*Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, S. Nakahara, Y. Sakamoto, Full-color high-definition CGH using color filter and filter design based on simulation, OSA Imaging and Applied Optics 2016, Germany (2016.7).
- (10)\* Y. Higashino, T. Tsuchioka, K. Matsushima, Light-source switching time-division multiplexing holographic display and reduction of degradation by higher order diffraction images, OSA Imaging and Applied Optics 2016, Germany (2016.7).
- (11) 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).
- (12) 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).
- (13) 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]
- (14) 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).
- (15) 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).
- (16)\* N. Sonobe, Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, Capture of Large-Scaled Wave Fields for Full-Color Digitized Holography, International Symposium on Holography and Related Technologies 2015 (IWH2015), Okinawa, Japan (2015.12).
- (17) K. Matsushima, S. Nakahara, Computer holography as an application of computational optics, Computational Optics (SPIE Optical System Design 2015), Germany (2015.9).
- (18) K. Matsushima, Digital signal processing of light in holographic 3D imaging, Applications of Digital Image Processing XXXVIII, USA (2015.8) [招待講演]
- (19) 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).
- (20) 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).
- (21) 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]
- (22) 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).
- (23) 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, Fukuoka, Japan (2015.5).
- (24)\* 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).
- (25)\* 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).
- (26)\* 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).
- (27) 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).
  - (28) 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]
  - (29)\* 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).
  - (30) 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).
  - (31)\* 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). [招待講演]
  - (32) S. Nakahara, K. Matsushima, Laser lithography to producing computer generated holograms with 3D image and wide-field of view, Lithuania (2014.6).
  - (33)\* 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).
  - (34) 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).
  - (35) 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]
  - (36)\* 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).
  - (37) 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).
  - (38) 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]
  - (39)\* 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).
  - (40) 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]

- (41) 松島恭治, 関大デジタルホロスタジオにおける大規模 CGH 描画・作成技術, 平成 30 年第 1 回ホログラフィック・ディスプレイ研究会, 東京 (2018.3).[招待講演]
- (42) 松島恭治, 大規模計算機合成ホログラムによる3次元立体画像 —近年の進展—, レーザー学会学術講演会第 38 回年次大会, 京都 (2018.1). [招待講演]
- (43) 増地将哉, 松島恭治, 棟安実治, デジタル光波データのデータサイズ削減手法, 第 22 回関西大学先端科学技術シンポジウム, 大阪 (2018.1).
- (44) 松崎昭太, 松島恭治, フルカラー計算機合成ホログラムのデザインと計算のためのソフトウェアツール, 第 22 回関西大学先端科学技術シンポジウム, ポスターNo.18, 大阪 (2018.1).
- (45) 五十嵐勇祐, 松島恭治, フルカラーCGH の転写手法, 第 22 回関西大学先端科学技術シンポジウム, ポスターNo.19, 大阪 (2018.1).
- (46) 土岡智旭, 西川凌, 松島恭治, 光源スイッチング方式電子ホログラフィにおける多重化数の増大, 第 22 回関西大学先端科学技術シンポジウム, ポスターNo.20, 大阪 (2018.1).
- (47) 齋藤智崇, 橋村直柔, 松島恭治, 軸外れデニシユク型光学系を用いた波面プリンタ, 第 22 回関西大学先端科学技術シンポジウム, ポスターNo.21, 大阪 (2018.1).
- (48) 石上智也, 橋本翼, 松島恭治, 合成開口カラーデジタルホログラフィにおける露出制御, 第 22 回関西大学先端科学技術シンポジウム, ポスターNo.22, 大阪 (2018.1).
- (49) 中清裕貴, 松島恭治, 高解像度 CGH におけるスイッチバック法隠面消去処理の GPU を用いた高速化, ホログラフィック・ディスプレイ研究会(HODIC)2017 年第 4 回研究会, 石川 (2017.11). [招待講演]
- (50) 増地将哉, 松島恭治, 棟安実治: 光波振幅分布の非線形量子化による光波データ量削減, Optics & Photonics Japan 2017, 31aP5, 東京 (2017.10).

- (51) 西川凌, 土岡智旭, 松島恭治, 光源スイッチングによる時分割多重化ホログラフィックディスプレイ, Optics & Photonics Japan 2017, 31aP14, 東京 (2017.10).
- (52) 松島恭治, 大規模コンピュータホログラフィによる空間像の表示, セミナー「次世代映像技術」, 応用光学懇談会, 日本光学会, 超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム, 講演3, 大阪 (2017.10). [招待講演]
- (53) 下馬場朋祿, 松島恭治, 角江崇, 伊藤智義, 波面記録法とウェーブレット変換を用いたホログラム計算の高速化, 3次元画像コンファレンス 2017, 千葉 (2017.7).
- (54) 西川凌, 土岡智旭, 松島恭治, 光源スイッチング方式ホログラフィックディスプレイにおけるカラーフィルタを用いたカラー再生の検討, 3次元画像コンファレンス 2017, P-1, 千葉 (2017.7).
- (55) 増地将哉, 松島恭治, 棟安実治, 線形・非線形量子化による光波データ量の削減, 3次元画像コンファレンス 2017, P-2, 千葉 (2017.7).
- (56) 齋藤智崇, 松島恭治, デニシユク型光学系を用いた波面プリンタの基礎研究, 3次元画像コンファレンス 2017, P-3, 千葉 (2017.7).
- (57)\* 土岡智旭, 西川凌, 松島恭治, 光源スイッチング方式ホログラフィックディスプレイにおける偏光マスクの改良と拡張, 3次元画像コンファレンス 2017, P-4, 千葉 (2017.7).
- (58)\* 中尾弘希, 松島恭治, フルカラー高解像度体積型 CGH の作成, 3次元画像コンファレンス 2017, P-10, 千葉 (2017.7).
- (59)\* 土岡智旭, 西川凌, 松島恭治, 時分割電子ホログラフィにおける再生像の改善, 第 21 回関西大学先端科学技術シンポジウム, ポスターNo.2, 大阪 (2017.1).
- (60)\* 園部徳晃, 土山泰裕, 松島恭治, フルカラーデジタイズドホログラフィ, 第 21 回関西大学先端科学技術シンポジウム, ポスターNo.3, 大阪 (2017.1).
- (61) 松島恭治, 中原住雄, コンピュータホログラフィによる自然で奥行き深い 3次元画像の生成, 平成 28 年電気関係学会関西連合大会, 大阪 (2016.11). [招待講演]
- (62)\* 園部徳晃, 土山泰裕, 松島恭治, フルカラーデジタイズドホログラフィによる CG モデルと実在物のハイブリッドシーンの再生, Optics & Photonics Japan 2015, 東京 (2016.11).
- (63)\* 五十嵐俊亮, 中村友哉, 松島恭治, 山口雅浩, 正射影光線サンプリング面を用いた計算機合成ホログラムによる質感表現, 映像情報メディア学会研究会, 東京, (2016.10).
- (64)\* 伊藤真人, 松島恭治, 山口雅浩, 光線サンプリング面の手法を用いて合成した実物体の高解像度計算機合成ホログラム, 3次元画像コンファレンス 2016, 大阪 (2016.7). [優秀論文賞]
- (65) 中辻憲昭, 松島恭治, 伊藤智義, 下馬場朋祿, 高解像度計算機合成ホログラムにおける点光源法とポリゴン法の速度・画質比較, 3次元画像コンファレンス 2016, 大阪 (2016.7).
- (66)\* 東野好伸, 土岡智旭, 松島恭治, 光源スイッチング方式時分割電子ホログラフィにおける偏光特性を用いた高次回折像軽減, 3次元画像コンファレンス 2016, 大阪 (2016.7).
- (67)\* 園部徳晃, 土山泰裕, 松島恭治, フルカラーデジタイズドホログラフィとその光学再生像, 3次元画像コンファレンス 2016 講演, 大阪 (2016.7).
- (68)\* 土山泰裕, 松島恭治, 中原住雄, 坂本雄児, フルカラー高解像度 CGH 用カラーフィルタの設計とその光学再生像, 3次元画像コンファレンス 2016, 大阪 (2016.7).
- (69) 五十嵐俊亮, 中村友哉, 松島恭治, 山口雅浩, 正射影光線サンプリング面による大規模計算機合成ホログラムの分割計算, 第 9 回計算オプティクス研究会, 東京 (2016.7).
- (70)\* 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).
- (71)\* 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).
- (72)\* 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]
- (73)\* 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).
- (74)\* 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).
- (75) 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]
- (76)\* 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, 神奈川 (2015.7).
- (77)\* 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).
- (78)\* 園部徳晃, 土山泰裕, 松島恭治, フルカラーデジタイズドホログラフィと自由視点画像のための高解像度

光波の取得, 3次元画像コンファレンス 2015, 神奈川 (2015.7).

- (79)\* 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).
- (80)\* 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).
- (81) 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).
- (82)\* 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).
- (83)\* 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).
- (84) 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).
- (85) 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オクルージョンエラーの軽減手法, Optics & Photonics Japan 2013, 奈良 (2013.11).
- (86) 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).
- (87)\* 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).
- (88)\* 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).
- (89) 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。(47 件)**

[国際学会]

- (90) T. Tahara, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Multidimensional imaging with phase-shifting interferometry, The 7th Korea-Japan Workshop on Digital Holography and Information Photonics, Inv21p-3, South Korea (2017.12) [invited].
- (91) T. Tahara, T. Gotohda, R. Otani, Y. Takaki, Investigation of image quality against bit depth in phase-shifting interferometry selectively extracting multiwavelength information, The 24th Congress of the International Commission for Optics, Th1F-06, Tokyo, Japan (2017.8).
- (92) T. Tahara, R. Otani, Y. Takaki, Three-wavelength digital holographic microscopy with seven wavelength-multiplexed holograms and arbitrary symmetric phase shifts, Digital Holography and Three-Dimensional Imaging, South Korea (2017.5).
- (93) T. Tahara, T. Kanno, Y. Arai, T. Ozawa, Incoherent digital holography system utilizing single-shot phase-shifting interferometry, Biomedical Imaging and Sensing Conference, Proc. SPIE 10251, 102510F, Kanagawa, Japan (2017.4). [Best Paper Award 受賞]
- (94) T. Tahara, R. Otani, K. Omae, Y. Arai, Y. Takaki, Three-wavelength phase-shifting interferometry selectively extracting wavelength information from wavelength-multiplexed images with arbitrary symmetric phase shifts, Biomedical Imaging and Sensing Conference, Proc. SPIE, 1025111, Kanagawa, Japan (2017.4).
- (95) T. Kaku, I. Sato, S. Lee, T. Ito, O. Iwata, Y. Arai, Y. Ozeki, K. Goda, T. Tahara, Simultaneous three-wavelength holographic motion-picture imaging by multi-wavelength digital holography with dual reference arms, International Symposium on Optomechatronic Technology 2016, B5-2 Tokyo, Japan (2016.11).
- (96) T. Kaku, T. Tahara, Y. Arai, Simultaneous high-speed three-dimensional motion-picture recording of multiple visible and invisible wavelengths by digital holography, The 31st International Congress on High-Speed Imaging and Photonics, IP-22, Osaka, Japan (2016.11).
- (97) T. Tahara, K. Omae, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Relationship between the image quality and constant phase shifts in phase-shifting interferometry selectively extracting wavelength information, JSAP-OSA Joint Symposia 2016, 14a-C301-2, Niigata, Japan (2016.9).
- (98) T. Tahara, T. Shimobaba, T. Ito, Image-reconstruction algorithm with no use of Fourier transform in interferometric imaging using spatial frequency-division multiplexing, 2016 Imaging and Applied Optics, JW4A.35, Germany (2016.7).
- (99) T. Tahara, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Multiwavelength digital holography based on phase-division multiplexing using arbitrary symmetric phase shifts, Imaging and Applied Optics 2016, DW5E.2, Germany (2016.7).
- (100) T. Tahara, K. Omae, R. Otani, Y. Arai, Y. Takaki, Algorithm for removing the limitation of intensity ratio in four-step dual-wavelength digital holography based on phase-division multiplexing, The 2nd Biomedical Imaging and Sensing Conference 2016, BISCP6-9, Kanagawa, Japan (2016.4).
- (101) 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).
- (102) 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).
- (103) \*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]
- (104) \*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]
- (105) 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).
- (106) \*T. Tahara, Y. Arai, Single-shot multiwavelength digital holography using a monochromatic image sensor and a single reference beam, Optics & Photonics Taiwan, International Conference – Annual Meeting of Taiwan Photonics Society, Taiwan (2014.12). [招待講演]
- (107) T. Tahara, T. Kaku, Y. Arai, Multiwavelength digital holography utilizing the space-bandwidth capacity-enhance, SPIE/COS Photonics Asia, China (2014.10).
- (108) 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).
- (109) 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).
- (110) 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]
- (111) 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).
- (112) 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]
- (113) 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]

- (114) 田原樹, 赤松孝則, 新井泰彦, 下馬場朋祿, 伊藤智義, 角江崇, 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高速像再生アルゴリズム, ホログラフィック・ディスプレイ研究会 (HODIC)2017 年第 4 回研究会, 3, 石川 (2017.11). [招待講演]
- (115) 田原樹, 大谷礼雄, 新井泰彦, 小澤岳昌, 高木康博, 位相シフト干渉法を用いた波長情報の取得と自然光の単一露光デジタルホログラフィックイメージング, Optics and Photonics Japan 2017, 1aES5, 東京 (2017.11).
- (116) 田原樹, 大谷礼雄, 高木康博, 波長選択抽出位相シフトデジタルホログラフィック顕微鏡法, 3次元画像コンファレンス 2017, 6-3, 千葉 (2017.7).
- (117) 加来徹, 田原樹, 佐藤いまり, L. SangWook, 伊藤卓郎, 岩田修, 新井泰彦, 2 参照光路を用いる複数波長デジタルホログラフィによる 3 波長同時ホログラフィック動画イメージング, 2016 年度精密工学会秋季大会, B03, 茨城 (2016.9).
- (118) 田原樹, 大前快人, 大谷礼雄, 新井泰彦, 高木康博, 位相分割多重方式に基づくマルチカラーデジタルホログラフィ, 3次元画像コンファレンス 2016, 大阪 (2016.7). [2016 年度優秀論文賞]
- (119) 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).
- (120) 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).
- (121) 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).
- (122) 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).
- (123) 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).

- (124) 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次元動画像記録, 3次元画像コンファレンス 2015, 神奈川 (2015.7).
- (125) 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]
- (126) 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).
- (127) 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).
- (128) 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).
- (129) 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).
- (130) 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).
- (131)\* 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]
- (132) 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).
- (133) 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).
- (134) 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).
- (135) 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).
- (136) 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。(49件)**

[国際学会]

- (137) K. Iwai, Y. Kajikawa, Modification of Second-Order Nonlinear IIR Filter for Compensating Linear and Nonlinear Distortions of Electrodynamic Loudspeaker, 25th European Signal Processing Conference, Greece (2017.8).
- (138)\* S. Edamoto, C. Shi, Y. Kajikawa, Virtual Sensing Technique for Feedforward Active Noise Control, 5th Joint Meeting of the Acoustical Society of America and Acoustical Society of Japan, USA (2016.12).
- (139)\* S. Edamoto, C. Shi, Y. Kajikawa, Directional feedforward ANC system with virtual sensing technique, 2016 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, Thailand (2016.9).
- (140)\* S. Kinoshita, Y. Kajikawa, Integrated direct sub-band adaptive Volterra filter and its application to identification of loudspeaker Nonlinearity, 2016 24th European Signal Processing Conference, Hungary (2016.8).
- (141) K. Fujii, M. Muneyasu, A method stably working feedback type active noise control system for preventive panel of sound leakage, 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Germany (2016.8).
- (142)\* C. Shi, Y. Kajikawa, Automatic Gain Control for Parametric Array Loudspeakers, 2016 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, China (2016.3).
- (143)\* 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).
- (144)\* 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).
- (145)\* 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).
- (146)\* C. Shi, Y. Kajikawa, Fast Evaluation of Preprocessing Methods of the Parametric Array Loudspeaker, 12th Western Pacific Acoustics Conference, Singapore (2015.12).
- (147)\* 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, France (2015.9).
- (148)\* 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).
- (149) K. Fujii, M. Muneyasu, A study on feedback path estimation method for feedforward type active noise control, 22th International Congress on Sound and Vibration, #416, Italy (2015.7).
- (150) \*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, Australia (2015.4).
- (151) \*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, Cambodia (2014.12).
- (152) \*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, Cambodia (2014.12).
- (153) \*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).
- (154) \*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]

- (155) 岩居健太, 山岸昌夫, 梶川嘉延, 非凸二次制約付き最適化による Mirror フィルタのパラメータ推定の推定精度向上に関する検討, 第 32 回信号処理シンポジウム, 岩手 (2017.11).
- (156) 藤井健作, 棟安実治, 能動騒音制御下における帰還系の再推定法に関する検討, 日本音響学会春季研究発表会, 1-P-1, 東京 (2017.3).
- (157) \*枝元祥馬, 史創, 梶川嘉延, ヘッドレスト ANC システムの実現に向けた検討, 電子情報通信学会信号処理研究会, 沖縄 (2017.3).
- (158) \*岩居健太, 山岸昌夫, 梶川嘉延, 非凸二次制約付き最適化を利用した Mirror フィルタのパラメータ推定～実測振動板変位を用いた推定, 電子情報通信学会信号処理研究会, 沖縄 (2017.3).
- (159) \*今元涼介, 史創, 梶川嘉延, 室内パラメトリックアレイの空間伝搬についての検討, 電子情報通信学会信号処理研究会, 沖縄 (2017.3).
- (160) 藤井健作, 棟安実治, 能動騒音制御下における帰還系再推定法に関する検討, 応用音響研究会, 45, EA2016-78, 京都 (2017.1).
- (161) \*岩居健太, 山岸昌夫, 梶川嘉延, 非凸二次制約付き最適化を利用した Mirror フィルタのパラメータ推定法, 第 31 回信号処理シンポジウム, 大阪 (2016.11).
- (162) \*枝元祥馬, 梶川嘉延, バーチャルセンシングを用いたフィードフォワード ANC システムにおける経路追従性に関する検討, 第 31 回信号処理シンポジウム, 大阪 (2016.11).
- (163) \*岩居健太, 梶川嘉延, 動電型スピーカの線形特性の補正を可能にする非線形 IIR フィルタ構造, 日本音響学会 2016 年秋季研究発表会, 富山 (2016.9).
- (164) 藤井健作, 棟安実治, 巡回型予測のフィードバック型能動騒音制御への適用効果について, 日本音響学会秋季研究発表会, 1-P-29, 富山 (2016.9).
- (165) \*枝元祥馬, 史創, 梶川嘉延, バーチャルセンシングを用いたフィードフォワード ANC システムに関する検討, 電子情報通信学会信号処理研究会, 青森 (2016.6).
- (166) \*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).
- (167) \*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).
- (168) \*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).
- (169) \*C. Shi, Y. Kajikawa, Objective Evaluation of Preprocessing Methods of the Parametric Array Loudspeaker, 日本音響学会 2015 年秋季研究発表会, 福島 (2015.9).
- (170) 藤井健作, 棟安実治, ハンズフリー通話システムの安定動作の検証に不可欠なレベルダイヤグラムに関する検討, 応用音響研究会, 東京 (2015.7).
- (171) 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).
- (172) \*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).
- (173) \*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).

- (174) \*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).
- (175) \*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).
- (176) \*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).
- (177) \*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).
- (178) \*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).
- (179) \*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).
- (180) \*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).
- (181) \*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).
- (182) \*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).
- (183) \*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).
- (184) \*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).
- (185) \*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。(20 件)**

[国際学会]

- (186) T. Nishigaito, M. Muneyasu, K. Matsushima, S. Yoshida, A. Taguchi, A New Method of Lossless Coding for Binary Holographic Interference Fringes, 2017 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS1-1, Fukuoka, Japan (2017.9).
- (187) S. Oohara, Y. Ikeshita, M. Muneyasu, S. Yoshida, M. Nakashizuka, Image Regularization with Morphological Gradient Priors Using Optimization of Structuring Element, 2017 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS1-13, Fukuoka, Japan (2017.9).
- (188) T. Fujii, S. Yoshida, M. Muneyasu, Feedback assisted multi-modality reranking for Web video search, 2017 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS1-16, Fukuoka, Japan (2017.9).
- (189) M. Liji, M. Muneyasu, K. Matsushima, S. Yoshida, A. Taguchi, Lossy Coding of Wave-Field Data Using Singular Value Decomposition, 2017 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS2-7, Fukuoka, Japan (2017.9).
- (190) Y. Ikeshita, M. Muneyasu, M. Nakashizuka, S. Yoshida, Image Regularization with Morphological Gradient Priors Considering Optimization of SE, 2017 Taiwan and Japan Conference on Circuits and Systems, 4, Okayama, Japan (2017.8).
- (191) S. Abe, M. Muneyasu, S. Yoshida, A Design Technique of Impulse Detector Using Neural Network, 2017 Taiwan and Japan Conference on Circuits and Systems, 19, Okayama, Japan (2017.8).
- (192) K. Fujii, M. Muneyasu, A Method for Re-estimating Feedback Path under Active Noise Control, 24th International Congress on Sound and Vibration, United Kingdom (2017.7).
- (193) S. Yoshida, T. Ogawa, M. Haseyama, M. Muneyasu, Heterogeneous graph-based topic learning for web video search reranking, 2016 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS1-8, Thailand (2016.9).
- (194) T. Nishigaito, M. Muneyasu, K. Matsushima, A. Taguchi, Lossless compression algorithm for binary holographic interference fringes based on run-length coding, 2016 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, RS2-1, Thailand (2016.9).

[国内学会]

- (195) 藤井健作, 棟安実治, 適応フィルタの係数収束検知法の提案, 第 32 回信号処理シンポジウム, 岩手, (2017.11).
- (196) 西垣内崇宏, 棟安実治, 松島恭治, 吉田壮, 田口亮, 2 値ホログラフィ干渉縞データの非可逆圧縮の一手法, スマートインフォメディアシステム研究会, 奈良 (2017.10).
- (197) 藤井健作, 棟安実治, 音響経路推定完了検知法に関する検討, 2017 年日本音響学会秋季研究発表会, 2-P-29, 愛媛 (2017.9)

- (198) 吉岡真一郎, 棟安実治, 吉田壮, 特徴点軌跡とパーティクルフィルタによる動作認識の一手法, 2017年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 東京 (2017.9).
- (199) 大原翔矢, 池下雄大, 棟安実治, 吉田壮, 中静真, GAによる構造要素の最適化を用いたモルフォロジカル勾配に基づく画像の正則化, スマートインフォメディアシステム研究会, SIS2017-3, 大分 (2017.6).
- (200) \*茅立基, 棟安実治, 松島恭治, 吉田壮, 田口亮, 固有値分解を用いた光波データの圧縮, 第21回関西大学先端科学技術シンポジウム, 大阪 (2017.1).
- (201) \*茅立基, 棟安実治, 松島恭治, 吉田壮, 田口亮, 特異値分解による光波データの非可逆圧縮, スマートインフォメディアシステム研究会, SIS2016-30, 広島 (2016.12).
- (202) 吉田壮, 小川貴弘, 長谷山美紀, Web映像検索を目的としたランキングの高精度化に関する検討, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, A-15-5, 北海道 (2016.9).
- (203) \*棟安実治, 松島恭治, 田口亮, 2値ホログラム干渉縞データのロスレス符号化の検討, 第20回関西大学先端科学技術シンポジウム, 大阪 (2016.1).
- (204) \*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).
- (205) \*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。(11件)**

#### [国際学会]

- (206) \*T. Nagata, N. Nakamura, M. Miyatake, A. Yuuki, H. Yomo, T. Kawabata, S. Hara, VO<sub>2</sub> estimation using 6-axis motion sensor with sports activity classification, 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, ThCT13.1, USA (2016.8).
- (207) \*N. Nakamura, T. Nagata, M. Miyatake, A. Yuuki, H. Yomo, T. Kawabata, S. Hara, Applying neural network to VO<sub>2</sub> estimation using 6-axis motion sensing data, 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, ThCT13.2, USA (2016.8).
- (208) \*M. Miyatake, N. Nakamura, T. Nagata, A. Yuuki, H. Yomo, T. Kawabata, S. Hara, VO<sub>2</sub> Estimation using 6-axis Motion Sensing Data, 10th International Symposium on Medical ICT, USA (2016.3).
- (209) \*H. Yomo, D. Nakamura, S. Hara, Human Group Sensing and Networking: Scenario Development and Feasibility Study, 9th International Symposium on Medical ICT, Kanagawa, Japan (2015.3).

#### [国内学会]

- (210) 三木智仁, 四方博之, K. Huang, C. Stefanovic, P. Popovski, ウェイクアップ受信機適用無線センサネットワークのためのコンテンツベースウェイクアップ法の提案と評価, 電子情報通信学会知的環境とセンサネットワーク研究会, ASN2017-63, 山形 (2017.11).
- (211) \*結城祥, 四方博之, APの通信負荷を考慮したAP選択型遅延オフロード法, 2017年電子情報通信学会総合大会, B-15-14, 愛知 (2017.3).
- (212) \*宮武聖人, 永田貴志, 中村直耀, 結城祥, 四方博之, 河端隆志, 原晋介, モーションセンサを用いた運動者の酸素摂取量推算-実験概要と基本特性評価-, 2016年電子情報通信学会総合大会, 福岡 (2016.3).
- (213) \*結城祥, 永田貴志, 中村直耀, 宮武聖人, 四方博之, 河端隆志, 原晋介, モーションセンサを用いた運動者の酸素摂取量推算-6軸データの活用-, 2016年電子情報通信学会総合大会, 福岡 (2016.3).
- (214) \*永田貴志, 中村直耀, 宮武聖人, 結城祥, 四方博之, 河端隆志, 原晋介, モーションセンサを用いた運動者の酸素摂取量推算-決定木を用いた運動分類の有効性-, 2016年電子情報通信学会総合大会, 福岡 (2016.3).
- (215) \*中村直耀, 永田貴志, 宮武聖人, 結城祥, 四方博之, 河端隆志, 原晋介, モーションセンサを用いた運動者の酸素摂取量推算-ニューラルネットワークの適用-, 2016年電子情報通信学会総合大会, 福岡 (2016.3).
- (216) \*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, 2014年電子情報通信学会総合大会, 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。(20件)**

#### [国際学会]

- (217) Y. Fuse, H. Takenouchi, M. Tokumaru, A Robot Model in Limited Scenarios to Create a Suitable Decision-making Criterion by Interacting with People in a Group, 2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, #1284, USA (2017.11).
- (218) S. Ota, H. Takenouchi, M. Tokumaru, Kansei clothing retrieval system using features extracted by autoencoder, 2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, #1584, USA (2017.11).
- (219) Y. Fuse, H. Takenouchi, M. Tokumaru, A Model for Robot of Decision Making for Selecting Cooperative Behaviors in a Group, The 18th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, F1c-3, Korea (2017.10).



- (220) \*M. Inoue, H. Takenouchi, M. Tokumaru, Music Recommendation System Improvement Using Distributed Genetic Algorithm, 2016 Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 2016 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, Hokkaido, Japan (2016.8).
- (221) \*M. Tokumaru, A. Yonezawa, Nail art design system using interactive evolutionary computation with VR, 18th International Conference on Human-Computer Interaction, Canada (2016.7).
- (222) \*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).
- (223) \*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).
- (224) \*M. Sakai, H. Takenouchi, M. Tokumaru, Design Support System with Votes from Multiple People using Digital Signage, 2014 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, USA (2014.12).

[国内学会]

- (225) 徳丸正孝, 立体物を多人数で評価するための IEC システム「ホロキューブ」の試作, 日本知能情報ファジィ学会評価問題研究部会 第 22 回曖昧な気持ちに挑むワークショップ, 熊本 (2017.10).
- (226) 下野雄大, 竹之内宏, 徳丸正孝, IEC インタフェースに向けたタッチデバイス上の操作によるユーザの嗜好推定, 日本知能情報ファジィ学会 第 33 回ファジィシステムシンポジウム, TD3-4, 山形 (2017.9).
- (227) 布施陽太郎, 竹之内宏, 徳丸正孝, 集団内での協調的なふるまい選択のためのロボットの意思決定モデル, 日本知能情報ファジィ学会 第 33 回ファジィシステムシンポジウム, TD3-3, 山形 (2017.9).
- (228) 太田茂, 竹之内宏, 徳丸正孝, 衣服の感性検索システムの性能と画像特徴の相関分析, 日本知能情報ファジィ学会 第 33 回ファジィシステムシンポジウム, TF1-4, 山形 (2017.9).
- (229) \*太田茂, 竹之内宏, 徳丸正孝, 深層ニューラルネットワークによる特徴抽出を用いた衣服の感性検索, 第 12 回日本感性工学会春季大会, 2D-08, 大阪 (2017.3).
- (230) \*磯田太基, 竹之内宏, 徳丸正孝, 多人数参加型 IEC のための視線投票インタフェースの検討, 第 12 回日本感性工学会春季大会, 2D-14, 大阪 (2017.3).
- (231) \*太田茂, 竹之内宏, 徳丸正孝, 衣服の感性検索システムにおける深層ニューラルネットワークの有効性の検討, 日本知能情報ファジィ学会 第 32 回ファジィシステムシンポジウム, 佐賀 (2016.8).
- (232) \*曾我祐介, 竹之内宏, 徳丸正孝, 不都合個体選択による対話型進化計算インタフェースの検討, 第 32 回ファジィシステムシンポジウム, 佐賀 (2016.8).
- (233) \*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).
- (234) \*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).
- (235) \*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).
- (236) \*坂井将之, 竹之内宏, 徳丸正孝, デジタルサイネージを用いた複数のユーザの投票によるデザイン生成支援システム, 第 30 回ファジィシステムシンポジウム, 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

※ホームページで公開している場合には、URL を記載

<既の実施しているもの>

・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<sup>\*A</sup> [参考資料 4-1]

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

・WaveField Tools 公式ホームページ

<http://www.laser.ee.kansai-u.ac.jp/WaveFieldTools/index.html>

・関西大学先端科学技術シンポジウム

・第 22 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 (2018.1.18-19).

- ・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 (2017.1.19-20).
- ・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).
- ・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 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).  
(URL: <http://www.kansai-u.ac.jp/ordist/symposium/index.html>)

#### IV その他の研究成果等

「III 研究発表一覧」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 II(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。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

##### <特許>

- (1) \* 松島恭治, 東野好伸, ホログラフィ表示装置, 特開 2017-227677 (2016.6.20 出願).
- (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、その作製方法及びその作製装置, 特開 2017-219824 (2016.6.20 出願).
- (3) \* 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 (2014.7.30 出願).
- (4) \* 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 (2013.8.26 出願).

##### <その他>

###### ・ ホログラム展示

- (1) 松島恭治, Amazing Art Holograms and Digital-Processed Holograms, IDW and HODIC Joint Exhibition in International Display Workshop '17, Miyagi, Japan (2017.12.6-8).
- (2) \* 石井勢津子, 松島恭治, 中原住雄, 平成 29 年ホログラフィックディスプレイ研究会, 東京 (2017.3.28)
- (3) \* 松島恭治, 眼鏡が不要な高画質立体カラー画像表示技術, イノベーション・ジャパン 2016, 東京ビッグサイト, 東京 (2016.8.25-26).
- (4) \* 松島恭治, 中原住雄, 平成 28 年ホログラフィックディスプレイ研究会, 栃木 (2016.3.8).
- (5) \* 松島恭治, 中原住雄, 平成 27 年ホログラフィックディスプレイ研究会, 東京 (2015.3.6).
- (6) \* 松島恭治, 中原住雄, 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, 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 (2014.10). [参考資料 6]
- (7) \* 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).

###### ・ 新聞報道

- (8) \* 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.

###### ・ 受賞

- (9) 【2016 年度優秀論文賞】  
伊藤真人, 松島恭治, 山口雅浩, 光線サンプリング面の手法を用いて合成した実物体の高解像度計算機合成ホログラム, 3 次元画像コンファレンス 2016 (2017.7.6).
- (10) 【2016 年度優秀論文賞】  
田原樹, 大前快人, 大谷礼雄, 新井泰彦, 高木康博, 位相分割多重方式に基づくマルチカラーデジタルホログラフィ, 3 次元画像コンファレンス 2016 (2017.7.6).
- (11) 【Best Paper Award】  
T. Tahara, T. Kanno, Y. Arai, T. Ozawa, Incoherent digital holography system utilizing single-shot phase-shifting interferometry, Biomedical Imaging and Sensing Conference 2017, (2017.4.21).
- (12) 【Outstanding Poster Paper Award】  
H. Nishi, K. Matsushima, Rendering of transparent objects in polygon-based computer holography, Information Photonics 2017, (2017.4.21).
- (13) 【平成 28 年文部大臣表彰(若手科学者賞)】  
田原樹, 超高速 3 次元動画画像顕微鏡の創成と高機能化の研究 (2016.4.20).

・ その他

- (14) 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, 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 先端フォトニクスシンポジウムにてポスター発表, 東京 (2014.8).