

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H03458

研究課題名(和文) 伝統工芸品の魅力を発信する多感覚融合ICTシステムの開発

研究課題名(英文) Development of a multisensory fusion ICT system transmitting attractiveness of traditional crafts

研究代表者

長谷川 光司 (HASEGAWA, Hiroshi)

宇都宮大学・工学部・教授

研究者番号：50272761

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、伝統工芸品が持つ独特の風合いや質感などの感性情報を伝達することを目的とした、感性インターネットコミュニケーションスペース(KICS)の基盤技術を構築した。KICSの視触覚部として結城紬を、視聴覚部として和太鼓を、そして、コミュニケーション部としてイラストデザイン支援を対象としたシステムについて検討した。そして、結城紬の質感の提示機能を備えたバーチャル試着システム、お囃子コンテンツを、個別・手元映像、個別音源を切り替えて視聴できる、多視点視聴システム、および、素材となる写真を、手書き線画インターフェースを用いて、カラーイラストに仕上げる、イラストデザイン支援システムを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、インターネットは急速に普及し、様々な遠隔コミュニケーションや各種サービスに応用され、我々の生活における最も重要な基盤技術の一つとしての地位を確立しつつある。しかし、インターネットショッピングを例に挙げると、コンピュータのディスプレイ上で見た“モノ”のイメージが、実際に届いたものと大きく乖離しているという問題が頻繁に生じており、現在の遠隔通信においては、感性的な情報を十分に伝えきれていない。このような背景の下、本研究で開発した、感性インターネットコミュニケーションスペース(KICS)で得られた数々の知見は、今後の感性情報通信の一助となると考えられ、学術的にも社会的にも重要な意義を持つ。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed the basic technology for the Kansei Internet Communication Space (KICS), which aims to communicate Kansei information such as the unique textures and textures of traditional crafts. We studied the system for the visual/tactile part of KICS, which is Yuki tsumugi silk, the visual/audio part, which is Wadaiko drum, and the communication part, which is support for illustration design. We developed a virtual try-on system with a function for presenting the texture of Yuki-tsumugi silk, a multi-view viewing system that allows the user to switch between individual and hand-held images and individual sound sources for the Ohayashi musical performance contents, and an illustration design support system that converts photographs into color illustrations using a hand-drawn line-drawing interface.

研究分野：感性情報処理

キーワード：伝統工芸 結城紬 和太鼓 多感覚融合 感性情報 ICTシステム

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

日本の伝統工芸は、代々脈々と受け継がれてきた職人の匠の技の結晶であり、日本の誇るべき文化の一つである。しかしながら、伝統工芸品の多くは、日本人の生活に根ざした必需品として生まれてきたものであるため、日本人の生活スタイルの変化に伴い、その存在価値が薄れてきているものも少なくない。また、原材料や人件費はるかに安価な発展途上国の輸入手工芸品と比較すると、日本の工芸品は高価にならざるを得なく、質感や造型の良さでははるかに勝っていても、コストパフォーマンスの観点から、安価な輸入品に席巻されているのが現状である。日本の伝統工芸品の最大の魅力の一つはその“モノの良さ”であり、直接手に取らないと分かりづらいものが多い。そのため、伝統工芸品の魅力を国内外に広く発信するためには、間接的に“モノの良さ”を伝える手法の開発が必要である。

一方、インターネットは急速に普及し、様々な遠隔コミュニケーションや各種サービスに應用されるなど、我々の豊かな生活を支援する最も重要な基盤技術の一つとして、今もなお発展し続けている。しかしながら、インターネットを介したコミュニケーションは未だ十分とはいえない。インターネットショッピングを例に挙げると、コンピュータのディスプレイ上で見た時の商品のイメージが、大きさ、色、質感などの点において、実際に届いたものと大きく乖離しているという問題が頻繁に生じている。これからも分かるように、現状のインターネット環境では、感性的な情報を含んだ商品イメージを十分に伝えられていない。このような背景から、インターネット上で多感覚の情報を含めたコミュニケーションが可能な、感性インターネットコミュニケーションツールの開発が期待される。

### 2. 研究の目的

本研究では、インターネット上で多感覚の情報を含めた感性情報が伝達可能な、感性インターネットコミュニケーションスペース(以後、KICS と呼ぶ)の基盤技術の開発を行う。KICS は、触るように見る、また、その場にいるように聴くことを目標とした、“モノ”の質感、素材感、色合い、及びそれに付随した音などの多感覚情報を統合し、総合的に伝達可能なシステムである。ここでは、独特の風合い感などの感性的な要素がより重要視される日本の伝統工芸品、具体的には、栃木の、結城紬および和太鼓を対象とし、KICS の視触覚部および視聴覚部を構成する。また、コミュニケーション部として、イラストデザイン支援システムの開発を行う。この機能により、インターネットを介して遠隔での絵画イラスト教室等を開催することや、旅先で撮影した風景写真から絵画イラストをその場で描き、さらに旅行後に自宅等でその絵画イラストを完成させるような利用が可能となる。

#### (1) 結城紬質感伝達システムの開発 (KICS 視触覚部)

ここでは、ユネスコ無形文化遺産登録 (2010) の高級和装である結城紬の視覚的及び触覚的な質感の特徴を明らかにし、それらに関わる視覚的及び触覚的な物理特性を明確化する。そして、明らかにした視覚的及び触覚的な質感の特徴を伝達し得る画像・映像提示技術について、基礎的検討から実践的検討、プロトタイプの開発、そして、インターネット活用に至るまでを研究・開発することにより、触るように見るを体現化させる。

#### (2) 和太鼓音演奏多視点視聴システムの開発 (KICS 視聴覚部)

ここでは、ユネスコ無形文化遺産および国指定重要無形民俗文化財に指定されている鹿沼今宮神社祭の屋台行事 (鹿沼秋まつり) のお囃子演奏を対象とし、上深津囃子保存会の協力の下、お囃子コンテンツ多視点視聴システムを開発し、被験者実験によりシステムの評価を行うことで、その場にいるように聴くの実現を目指す。

#### (3) イラストデザイン支援システムの開発 (KICS コミュニケーション部)

ここでは、素材となるカラー写真 (以下、参照画像という) を下敷きにして、手描き線画インターフェースでカラーイラストのデザイン支援を行うイラストデザイン支援システムの開発を行う。PC 上に実装したシステムの、複数ユーザによる評価結果をもとに、機能の充実を図ると共に、本システムをインターネット上で運用できるように KICS の一部として実装する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 結城紬質感伝達システムの開発 (KICS 視触覚部)

##### 結城紬の視聴覚的質感の明確化

結城紬の視覚的及び触覚的な質感の特徴を明らかにするために、結城紬と他産地の絹織物の実験試料を用いて、視覚及び触覚による感性評価を実施し、因子分析などにより質感評価空間における結城紬の質感の特徴を検討する。また、実験試料の力学的特性を計測し、重回帰分析などにより質感空間内における因子得点を説明できる力学的特性を明らかにし、結城紬の質感に関連する物理特性を明確化する。またそれと並行して、結城紬の質感の特徴といわれている「温か

い」について、上記した結城紬と他産地の絹織物の実験試料に熱を与えた後の保温性特性を熱電対にて計測し、結城紬と他産地絹織物における特性の相違を検討する。

質感伝達システムへの実装

KICS 視触覚部の実現は、3次元 CG により実装する。具体的には、結城紬の視覚的な質感表現として、生地表面の凹凸特性を計測し、それに基づく法線マップに基づく実現を検討すると共に、触覚的な質感表現として、結城紬着物の試着時の温度特性を計測し、その特性に関連する温度マップに基づく実現を検討する。さらには、結城紬着物をバーチャルに試着できる機能を実装し、ヒトの動きに伴う実践的な質感表現の実装やインターネット活用のための機能拡張などを実現した結城紬の質感表示画像を提示するシステムを開発する。

## (2) 和太鼓音演奏多視点視聴システムの開発 (KICS 視聴覚部)

多視点視聴システムの概要

本システムはヘッドマウントディスプレイ (HMD, VIVE Pro Eye), HMD 付属のコントローラ及び、赤外線センサ (ベースステーション), PC (OS: Windows 10 Pro, CPU: i9-11980HK, GPU: GeForce RTX 3080) から構成される。

ズーム機能

本システムは Unity (2019.4.4f1) を用いて作成し、全体映像、個別映像、手元映像を切り替えて視聴できる。全体映像 (図1) には演奏者が5名映っており、コントローラを向け、ボタン操作で個別映像、手元映像に切り替えられる。この操作による個別映像への切り替えを個別ズーム (図2)、手元映像への切り替えを手元ズーム (図3) と呼ぶことにする。

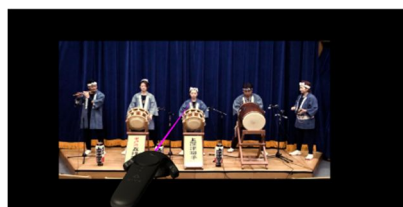


図1 全体映像

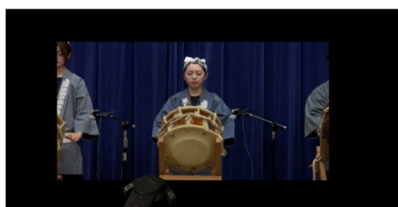


図2 個別ズーム



図3 手元ズーム

システム評価被験者

被験者は22～53歳お囃子経験者計7名 (男性5名, 女性2名) とお囃子未経験者計7名 (男性6名, 女性1名) の計14名である。

評価方法

実験では、被験者はHMDを装着してコントローラを持ち、10分13秒あるお囃子コンテンツを、ズーム機能を使用して最後まで自由に視聴した。視聴し終えると、被験者にはお囃子コンテンツ視聴システムについて、映像に関する設問、映像と音のマッチング度合いに関する設問、音に関する設問、ズーム機能に関する設問、HMDに関する設問、およびコンテンツ全体に関する設問について評価させた。

## (3) イラストデザイン支援システムの開発 (KICS コミュニケーション部)

参照画像を下敷きにして、手描き線画インターフェースでカラーイラストのデザイン支援を行うイラストデザイン支援システムのプロトタイプを作成する。ユーザは多数のカラー写真から一つを選択して参照画像とし、それを薄く表示したキャンバス上に指先や電子ペンで線画を描くか、あるいは、参照画像を印刷した紙に重ねて置いた半透明紙に市販ペンで線画を描いてスキャナで入力すると、システムが参照画像を参照して線と線の間を適切な色で彩色するものである。これにグラフィカルユーザインターフェース部を加えて、観光写真やスナップ写真等から短時間でカラーイラストを制作・印刷するイラストデザイン支援を試作し、複数ユーザに利用してもらい、アンケートによる使い勝手の調査を行う。このアンケート結果より、システムに必要な機能を挙げるとともに、システムの利用手順の説明方法を改善する。

インターネット上でシステムを運用するための方法を検討する。まず、その主要部分を Web アプリとして JavaScript で実装し、システムの基本動作を確認する。これまで行ってきた PC 上へのシステム実装において、図形処理と画像処理部分は OpenCV ライブラリを利用している。Web アプリとして実装する際も、OpenCV ライブラリのサブセットを Web ブラウザ内で直接実行できる形にコンパイルしたものを JavaScript から呼び出す opencv.js を図形処理と画像処理部分は利用し、手描き線画入力から画像処理までの全ての処理を Web ブラウザ側で行う方式を採用する。十分な計算能力を有する最近の情報端末では、採用方式により通信の遅延なしで快適な操作性が得られると考えられる。

#### 4. 研究成果

##### (1) 結城紬質感伝達システムの開発 (KICS 視触覚部)

###### 結城紬の視聴覚的質感の明確化

結城紬と他産地の絹織物の実験試料を用いた視覚及び触覚による感性評価結果を因子分析した結果、質感評価空間を構成する3因子が「重厚感因子」、「柔硬因子」、「圧縮温冷感因子」となることを明らかにした。さらに、質感空間内における因子得点と実験試料の力学的な特性との関係から、結城紬の質感は、他産地絹織物に比して、「ふっくら温かい」と評価され、「ふっくら感」の評価には、布地の力学特性における「曲げ剛性」と「圧縮仕事量」、「温冷感」の評価には、「圧縮仕事量」、「平均摩擦係数」、「表面粗さ」が関連することを明らかにした。また、熱伝対を用いた保温性計測の結果から、結城紬は、他産地絹織物に比して、保温性が高いことを実証した。

###### 質感伝達システムへの実装

3次元CGによるKICS視触覚部として、関連データの取得と分析等に基づき、以下のものを実装した。結城紬の視覚的な質感表現においては、生地表面の凹凸特性を計測・分析し、その結果に基づく法線マップにより実装した。また、結城紬の触覚的な質感表現においては、着物試着時の保温特性等の計測に基づいて、布地の内気と外気の温度特性の関係と分析から算出した保温性の時系列特性を用いて実装した。さらには、結城紬着物をバーチャルに試着できる機能を実装し、着物着装者の動きに伴う実践的な質感表現を実装し、KICS視触覚部としてのプロトタイプを開発した。その後、本システムの有効性の検証を行い、インターネット活用のためのWEB版への機能拡張を実現した結城紬質感伝達システムを開発した(図4)。

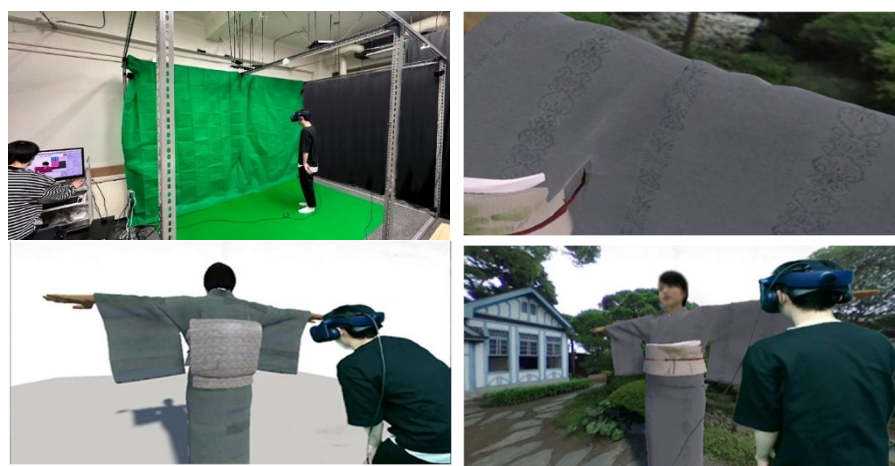


図4：結城紬質感伝達システム（使用の様子）

##### (2) 和太鼓音演奏多視点視聴システムの開発 (KICS 視聴覚部)

お囃子経験者とお囃子未経験者の各設問に対する評価間に違いがないかを調べた結果、すべての設問において、お囃子経験者とお囃子未経験者の間に有意差は見られなかった ( $p > .05$ )。アンケートでは、「解像度がもう少し高ければ良かった」、「全体映像の解像度が荒く感じた」などの回答があったため、解像度が高いほどコンテンツは満足に感じられるという傾向が見られた。また、「自然であり、実際と同じように感じた」との回答があったことから、映像の色合いが同じだと感じるほど、興味喚起および保存・教育に役立つと感じる傾向が見られた。さらに、「慣れるまで難しかったが、慣れるとわかりやすかった」との回答があったため、コントローラのボタン配置をわかりやすくし、ズーム操作を簡単にするとう興味喚起に役立つと感じるという傾向が見られた。

##### (3) イラストデザイン支援システムの開発 (KICS コミュニケーション部)

PC上に実装したシステムを用いて、10時間の公開講座として一般市民向けに開催した。公開講座には10～70歳代の男女9名の参加があった。システムを利用した参加者へのアンケートから、結果的に満足しているが、自ら絵を描いて完成させた印象はやや乏しいことが分かったため、システム使用前に線画と彩色結果との関係を図5のような実例を多数示すように利用手順を改善した。

イラストデザイン支援システムをインターネット上で運用するために、線画イラストの入力から幾何計算と画像処理を経て画面上に彩色イラストを表示するまでをJavaScriptで実装した。その際、OpenCVライブラリのサブセットをJavaScriptから呼び出すopencv.jsを利用した。そして、Windows及びiOSで動作するGoogleChromeブラウザ上で動作確認を行った。その結果、線画の入力から彩色イラスト表示まではPC上に実装したシステムと変わらない使い勝手であった。すなわち、このJavaScriptによるシステムをブラウザ上で実行することで、下敷きとする参照画像が薄く表示され、それを下敷きに線画イラストを描き、彩色コマンドを入力して彩色さ



れたイラストを表示・確認するというシステムの動作を確認した。これに、コマンドをボタンで  
入力する GUI を加えることで、一般ユーザが利用できる Web アプリを完成させた。

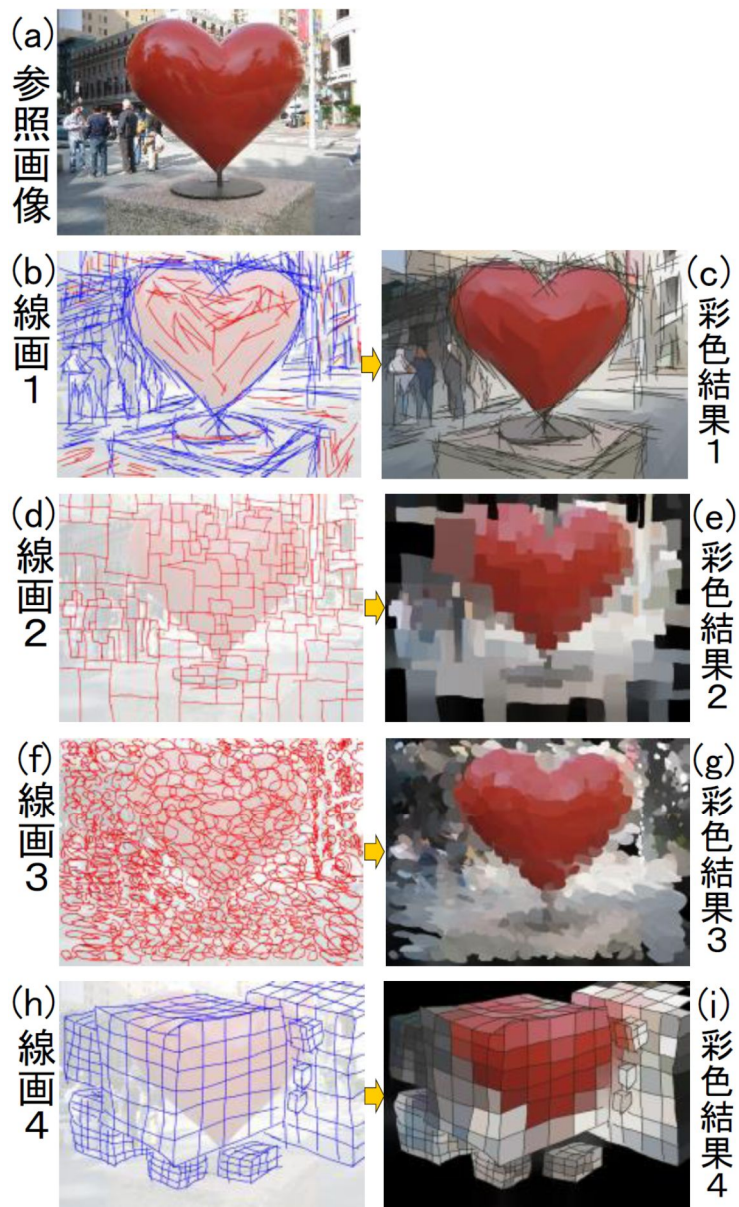


図 5 線画とその彩色結果の例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Naohito Jimba, Tomoharu Ishikawa, Yoshiko Yanagida, Hiroshi Mori, Kazuya Sasaki, Miyoshi Ayama	4. 巻 32
2. 論文標題 Visual ratings of "softness/hardness" of rotating fabrics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Clothing Science andTechnology	6. 最初と最後の頁 48-62
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 TSUNETOU Junki, ISHIKAWA Tomoharu, YANAKA Mutsumi, YANAGIDA Yoshiko, SASAKI Kazuya, AYAMA Miyoshi	4. 巻 64
2. 論文標題 Texture Evaluation of Various Cloth Attributes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Textile Engineering	6. 最初と最後の頁 117 ~ 126
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4188/jte.64.117	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計23件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 松島さくら子, 六角春香
2. 発表標題 VR空間における工芸作品の鑑賞方法の試み
3. 学会等名 第60回 大学美術教育学会「山形大会」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 熊井俊介, 石川智治, 前原崇志, 柳田佳子, 佐々木和也, 阿山みよし
2. 発表標題 多様な布地による透過光画像の薄さ・厚さ評価特性の検討
3. 学会等名 第23回日本感性工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大谷一真, 石川智治, 前原崇志, 柳田佳子, 阿山みよし
2. 発表標題 ファッションサイトの現状調査に基づく画像呈示パターン及び呈示方法とその評価
3. 学会等名 映像情報メディア学会技術報告ME研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小島巧夢, 葛生敦哉, 森博志, 外山史
2. 発表標題 着物のバーチャル試着表現のためのユーザ姿勢補正
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大谷一真, 石川智治, 前原崇志, 柳田佳子, 阿山みよし
2. 発表標題 被服知識の異なる被験者によるファッションサイトの評価比較
3. 学会等名 第17回日本感性工学会春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平川敦基, 駒場雅貴, 宮田陽菜, 浅井啓史, 金成慧, 佐藤美恵, 長谷川光司
2. 発表標題 お囃子を対象とした多視点視聴システムに関する検討
3. 学会等名 映像表現・芸術科学フォーラム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木和也
2. 発表標題 感性を育むものづくり ～ 感性環境教育と家庭科 ～
3. 学会等名 HELICY (Home Economics Lesson/Learning Community in Yokohama) 研修会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 東海林健二, 島田みなみ, 森博志, 外山史
2. 発表標題 写真から描き起こす絵画制作支援
3. 学会等名 第19回情報科学技術フォーラム (FIT2020) 講演論文集, 第3分冊
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中島拓海, 石川智治, 柳田桂子, 矢中睦美, 三井実, 阿山みよし
2. 発表標題 手や布地の温度が布地の温かさ・涼しさ評価に及ぼす影響の検討
3. 学会等名 第22回日本感性工学会大会 1D06-10-01
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺島聖明, 森博志, 石川智治, 柳田佳子, 佐々木和也, 阿山みよし
2. 発表標題 布地回転映像における " やわらかさ・かたさ " 判断要素の検討ー布地の提示領域と面積の影響ー
3. 学会等名 第22回日本感性工学会大会 1D06-10-02
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 寺島聖明, 森博志, 石川智治, 柳田佳子, 佐々木和也, 阿山みよし
2. 発表標題 布地の“やわらかさ・かたさ”評価に影響を及ぼす提示映像内の情報分析
3. 学会等名 映像情報メディア学会・メディア工学研究会・学生発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takumi Nakajima, Tomoharu Ishikawa, Junki Tsunetou, Yoshiko Yanagida, Mutsumi Yanaka, Minoru Mitsui, Kazuya Sasaki, Miyoshi Ayama
2. 発表標題 Influence of Subject Attribute Differences on Texture Evaluation of Beige Fabrics - Comparison between Subjects' Knowledge of Clothes and Differences in Their Background -
3. 学会等名 The 5th Asia Color Association Conference (ACA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaaki Tezuka, Mariko Tsuruta-Hamamura, Hiroshi Hasegawa
2. 発表標題 Perception of auditory-visual simultaneity changes by ambient illumination
3. 学会等名 The 23rd International Congress on Acoustics (ICA 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 博志, 石川 智治, 佐々木 和也, 阿山 みよし, 外山 史, 堀江 昭次, 大塚 寿一, 今泉 亜季子
2. 発表標題 試着シミュレータを活用した本場結城紬の魅力の発信
3. 学会等名 第1回 宇都宮大学コラボレーション・フェア
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加賀谷 夏輝, 森 博志, 石川 智治, 佐々木 和也, 阿山 みよし, 外山 史
2. 発表標題 身体寸法に基づいた形状最適化によるCG着物モデルの生成
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 葛生 敦哉, 森 博志, 外山 史
2. 発表標題 人の姿勢に合致した3DCG着物の詳細な形状変形
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 N. Kagaya, H. Mori, T. Ishikawa, K. Sasaki, M. Ayama, F. Toyama, K. Shoji
2. 発表標題 Simulating KIMONO fabrication based on the production process of YUKI-TSUMUGI
3. 学会等名 ACM SIGGRAPH ASIA 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加賀谷, 森, 石川, 佐々木, 阿山, 外山, 東海林
2. 発表標題 製作工程に基づいた結城紬のCG反物画像の生成
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム(FIT2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森, 石川, 佐々木, 阿山, 外山, 東海林, 堀江, 吉森, 今泉
2. 発表標題 結城紬の製作支援・試着シミュレーションシステム
3. 学会等名 第12回宇都宮大学企業交流会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石川, 森, 佐々木, 阿山
2. 発表標題 結城紬の感性評価に基づいた質感伝達技術に関する基礎研究
3. 学会等名 ICTイノベーションフォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤, 東海林, 外山, 森
2. 発表標題 参照位置補正による画像ベースの線画彩色結果の改善
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇佐美, 倉田, 東海林, 森志, 外山
2. 発表標題 コラージュ画像を用いた自動彩色システムの表現力向上
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 倉田, 森, 外山, 東海林
2. 発表標題 手描きスケッチパースの線分クラスタリングとその応用
3. 学会等名 情報処理学会第81回全国大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	佐藤 美恵 (Sato Mie)  (00344903)	宇都宮大学・工学部・教授  (12201)	
研究分担者	阿山 みよし (Ayama Miyoshi)  (30251078)	宇都宮大学・オプティクス教育研究センター・特任教授  (12201)	
研究分担者	佐々木 和也 (Sasaki Kazuya)  (60292570)	宇都宮大学・共同教育学部・教授  (12201)	
研究分担者	松島 さくら子 (Matsushima Sakurako)  (60344909)	宇都宮大学・共同教育学部・教授  (12201)	
研究分担者	東海林 健二 (Shoji Kenji)  (70143188)	宇都宮大学・工学部・教授  (12201)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	森 博志  (Mori Hiroshi)  (80538447)	宇都宮大学・工学部・准教授    (12201)	
研究分担者	鶴田 真理子  (Tsuruta Mariko)  (80748202)	宇都宮大学・工学部・助教    (12201)	
研究分担者	石川 智治  (Ishikawa Tomoharu)  (90343186)	宇都宮大学・工学部・准教授    (12201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関