

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H05394・20K20399

研究課題名（和文）視覚的質感解析に基づく触覚的質感特徴抽出 -光沢から触り心地を推定する-

研究課題名（英文）Tactile texture feature extraction based on visual texture analysis

研究代表者

田中 弘美（TANAKA, HIROMI）

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：10268154

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 15,900,000円

研究成果の概要（和文）：1) 1画素3.45マイクロメートルの超高解像度多視点多重露光画像計測システムを構築した。2) 対象材質の双方向テクスチャ関数に基づき、材質を分類する方法と金属やヒト指先より硬い剛体材質の摩擦係数/摩擦力の推定法を提案した。3) 指先でなぞる接触を計測する装置を開発し、取得した真実接触面積から変形する材質の摩擦係数/摩擦力を推定する方法を提案した。4) 織物の糸の屈曲と力学的曲げ剛性との相関に基づく曲げ剛性を推定する方法を提案し、視覚的質感情報から摩擦係数/摩擦力の推定への可能性を示した。5) ヒト指先シミュレータと触察時のstick slip現象を提示する触覚シミュレーションを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

触感の提示は視覚的質感認知を向上させることが報告されているが、織物のように複雑な表面微小構造と複雑な光学特性と変形特性をもつ物体の、視覚的質感情報のみから数マイクロメートルスケールの触覚的質感情報を抽出する研究は未だ報告されておらず、極めて挑戦的な研究である。

本研究課題が達成されれば、質感表現や質感再現技術を進展させ、有形無形文化財などのデジタル視触覚展示や体験学習を実現する。また、触覚通信に応用されれば、3) 触知感と質感を提供する触覚通信が実現され情報通信技術の概念が一変し、遠隔医療や娯楽、通信販売など様々な分野で応用が大きく進展する。

研究成果の概要（英文）：We 1) constructed an omnidirectional ultra-high resolution multi-viewpoint multiple-exposure image measurement system with a pixel of 3.45 μm , 2) proposed a method of classifying the materials from BTF of the target material, and a method of estimating the friction force of metal and rigid body material harder than human fingertips, 3) developed a device to measure the aspect of contact traced with a fingertip and proposed a method to estimate the friction force of deformable material from the acquired true contact area, 4) proposed a method for estimating the bending rigidity based on the correlation between the bending of the yarn of the fabric and the bending rigidity and showed the possibility of estimating the friction force from the visual texture information.

We 5) constructed a human fingertip simulator (deformation model) and a tactile simulation that presents the stick-slip phenomenon during tactile sensation.

研究分野：画像

キーワード：質感認知 質感再現 視触覚的質感 触覚的質感 高解像度画像解析 摩擦特徴抽出 VR触察体験

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

質感とは、材質が持つ視覚的または触覚的な感じのことを指す。人間は様々な質感を知覚することで、物体の素材や状態などの情報を得ており、これらは物体認識や情動生成などの重要な生体機能に用いられている。近年、工学、心理物理学、脳科学の連携により新たな学術領域「質感脳情報学」が立ち上がり、質感認知に関わる人間の情報処理の特性を客観的に明らかにしつつ、その基盤となる脳神経メカニズムの解明を進めることを目的としている。人間は物体を見るだけで、手触りなどの触覚的な質感情報を想像することができるが、どのように触覚的質感情報を想起できるのか、メカニズムは解明されていない。しかし μm スケールの表面微小構造が視触覚的質感を生み出し、触覚的質感を生み出す摩擦も $10\ \mu\text{m}$ スケールの凹凸との接触の様相で決まることから、表面微小構造の光学的観測と解析が両者にかかるブリッジになると認識するに至った。

2. 研究の目的

本研究では、超高解像度超高精度画像解析に基づき視覚的質感情報から触覚的質感情報を抽出し、人が指先で表面をなぞって触察するときに触覚(振動)として提示することを目的とする。質感認知はクロスモーダルであり、視覚と同時に触感を提示すると質感認知が向上することから、指先で表面をなぞって触察するときに触覚(振動)として触覚デバイスを介して提示することにより、高解像度で撮影されたままの実物の美しく精緻な質感に「触れて見る」デジタル体験を可能にする。

3. 研究の方法

- (1) 1画素 $5\ \mu\text{m}$ 以下の超高解像度多視点多重露光画像計測システムを構築する。
- (2) (1)より、対象の双方向テクスチャ関数を計測し、表面微小構造と光沢特性を抽出する。
- (3) 材質の表面微小構造と触察時にかける荷重(50g)による変形を基準とし、材質を分類する。
- (4) 指軟組織より硬い金属類および剛体材質の摩擦係数/摩擦力を推定する。
- (5) 指軟組織と表面微小構造との接触シミュレーションを構築する。
- (6) (5)を用いて真実接触面積を推定し、金属以外の変形する材質の摩擦係数/摩擦力を推定する。
- (7) 材質の表面微小構造を指でなぞった時に指先に伝わる、stick slip 現象の振動を生成する触覚的質感シミュレーション構築する。

4. 研究成果

(1) 高解像度多視点多重露光画像計測システム構築

既存画像計測システム(全方位型光学異方性反射測定装置

OGM)では、光源2軸、カメラ1軸、ステージ1軸の合計4軸の

回転自由度を持ち、1眼レフカメラを用いて高分解能撮影し

ていたが、産業用カメラ E0-5023CC ($3.45\ \mu\text{m}$ /色数 12bit 4096 諧調カラー)と拡大レンズ(テレ

セントリックレンズ(1画素サイズは、 $3.45/8=0.43\ \mu\text{m}$ 、倍率 $\times 8$ /長さ約10cm)を用いて改良

し、高速の全方位型高解像度多視点多重露光画像計測システム(OGM3)を構築した。

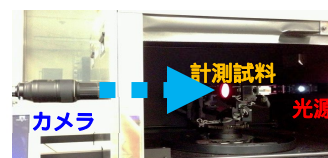


図1 全方位型画像計測装置(OGM 3)

(2) 指軟組織より硬い金属類および剛体材質の摩擦係数/摩擦力推定

光沢(鏡面反射光)解析により得られた材質の微少面の specular lobe の大きさや形状と、指腹軟度を基準として材質を分類する方法を開発した。指軟組織より硬い分類された金属表面では入射光はほとんど内部に透過せず反射するため、金属および硬い物体を対象に、観測不可な真実接触面積を必要とせず、硬さを既知とした場合と近似した場合の触察時の摩擦係数の推定式を提案し、風合い計測装置 KES(KAWABATA EVALUATION SYSTEM)システムによる実測摩擦係数データと比較して、推定式の有効性を評価した。

(3) 指軟組織より柔らかいゴムの摩擦係数/摩擦力の推定

・ゴムのような柔軟物に指先で触れて滑らせたときに生じる摩擦力は、表面の微小な突起の変形と凝着によって生成される真実接触面に影響される。柔軟物が柔らかいほど、微小な突起は接触時の外力によって柔軟に変形するため、真実接触面積が増加して摩擦力も大きくなる。そこで、硬さと表面加工法が既知である、シリコンゴムサンプル(共和工業(株))(9種類の硬さと2種類の表面粗さの計18種類 65mm×55mm×3mm)を用いて、硬さ(ヤング率)に対する表面粗さの触察荷重50gでの滑り摩擦力・摩擦係数への影響を評価した。

-図2に示すように、ゴムのヤング率が高いほど表面粗さによる摩擦力の影響は大きくなるが、その増加量は減少する。

-ゴムは同じ表面粗さの金型から加工されているが、柔らかいほど表面粗さは小さくなった。これはゴム表面の微小な突起形状の維持が困難であるため微小面が滑らかになるためで、同じ金型加工の場合は表面粗さと硬さには相関が認められた。

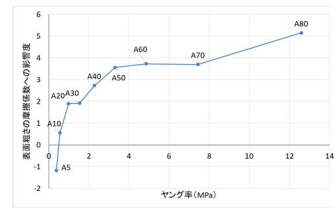


図2 柔軟物の硬さによる表面粗さの摩擦係数への影響度

・摩擦力は指腹とゴム表面の真実接触面積とせん断応力の積で表されることから、真実接触面積は Young らが提案した接触モデルを用い、その入力に必要な表面粗さと見かけの接触面積を導いた。視覚的質感情報である表面粗さは、多方向照明による高分解能な観測によってゴム微小面の反射分布を取得し、Torrance-sparrow モデルでフィッティングすることで推定した。見かけの接触面積は、摩擦係数の計測で使用した風合い計測器 KES(KAWABATA EVALUATION SYSTEM)の接触センサー表面(直径5mmの半円柱の指紋が並ぶ凹凸表面)とゴム表面(平面)の接触を、Hertzの弾性接触理論に基づいてモデル化した。

・せん断応力はせん断弾性率とせん断ひずみの積で表され、せん断弾性率はヤング率とポアソン比(=0.5)より算出されるが、せん断歪みを観測することは困難なため、シリコンゴムサンプルの摩擦係数を、摩擦力推定モデルでフィッティングすることで、各硬度のゴムのせん断歪みを推定した。図3に8種類の硬度のゴムのせん断歪みの推定結果を示す。せん断歪みはゴムが硬いほど小さく、その減少変化には連続性があることから、近似可能であった。図4にせん断歪みを用いた摩擦係数の推定値と実測値を示し、誤差は十分に小さいことから、推定モデルの有効性を評価した。

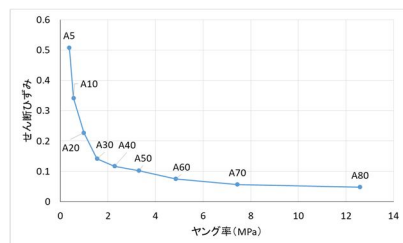


図3 せん断歪みの推定結果

・せん断歪みを用いた摩擦係数の推定値と実測値を示し、誤差は十分に小さいことから、推定モデルの有効性を評価した。

・以上より、ゴムのような内部が均一な柔軟物に対しては、せん断歪みの近似式を用いることで、視覚的質感情報とヤング率から摩擦力・摩擦係数の推定が可能である。今後は異なる空間周波数における表面粗さから相対的な硬さを推定することを検討する。一般的に、ヤング率を直接視覚的質感情報から抽出は未解決問題であるが、ゴムを除きヤング率は材料に固有の物性とされているため、材料のヤング率を既知とするか、視覚的質感情報から材質・材料を推定する方法を確立することが期待される。

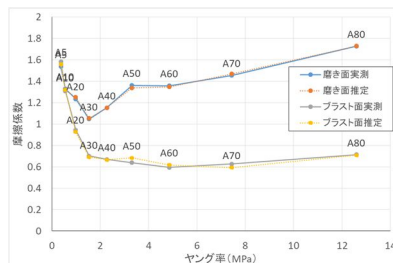


図4 実測と推定摩擦係数の誤差

(4) 織物の摩擦係数/摩擦力の推定

・三原組織織物のうちの平織と朱子織の8種類の織物に対して、触覚的質感情報と視覚的質感情報を、それぞれ風合い計測 KES (KAWABATA EVALUATION SYSTEM) システムと高解像度多視点多重露光画像計測システムを用いて取得し、視覚的質感情報と触覚的質感情報の比較分析した。触覚的質感情報は、織物の経糸と緯糸方向それぞれの摩擦係数、表面粗さ、曲げ剛性を計測した。非接触の表面粗さは糸表面の法線の、接触表面粗さは糸表面の高さそれぞれのばらつきを示す。視覚的質感情報は織物微小面の BRDF を取得し、Ashikhmin モデルをフィッティングすることにより経糸と緯糸方向それぞれの表面粗さを抽出した。比較結果から、以下の特徴が抽出された。

- 経糸緯糸の表面粗さ比は、織構造の経糸緯糸の長さ比に一致し、摩擦係数の比と高い相関がある。
- 経糸と緯糸の交差により生じる糸の屈曲度と糸の曲げ剛性に相関があることが確認された。
- 経糸の表面粗さ、太さ、張りおよび浮きと、緯糸の曲げ剛性と、摩擦係数に相関がある：

糸が細いほど接触表面粗さと剛性が小さくなり、糸表面に接触しやすくなることで真実接触面積が増加するため、摩擦係数は大きくなる。

・糸の屈曲は、高解像度多視点多重露光画像計測により、局所的な視覚的触感情報として得られた BTf (双方向テクスチャ関数) に Torrance-sparrow モデルをフィッティングして得られたファインな表面粗さと法線情報を用いて抽出した。以上から、糸の屈曲と(力学的)曲げ剛性に相関が有ることに基づいて(力学的曲げ剛性を推定することで、指腹と織物表面の接触面積および摩擦力の推定への可能性が示唆された。

・感性評価の知見(色は直接硬さに影響されず、透明度によって感じる質感の違いに影響される)に基づいて、対象織物(絹等のシルクライク織物)は透過率が高い半透明物体であることから、半透明繊維中の光路や光減衰に基づく光伝搬シミュレーションを構築した。シミュレーションを用いて、繊維の曲率や屈曲度およびファインな表面粗さを高精度に抽出する方法と、光沢分布(実測 BRDF)を鏡面反射光と半透明繊維中から出射した透過光に分解し、実測 BRDF と推定 BRDF を照合して、織物の光沢の色を復元するための繊維の吸収係数を推定する方法を提案した。

・織構造、糸の屈曲による曲げ剛性、(2)で構築した接触計測装置により取得した指腹と織物表面の接触面積等から推定された摩擦力および摩擦係数を用いる、織物表面をなぞる触覚シミュレーションを構築した。

・VR の HMD を用いた織物(能装束)の VR 触察体験を、Unity を使って構築した。

(5) 柔軟物と指先の滑りによる接触部の变形と触覚提示シミュレーション

触察時に指先に伝わる振動の触覚情報を生成するための触覚シミュレーションの実現のために、触覚の中でも特に接触対象物の触察時の表面粗さに起因する感覚（振動覚および圧覚）に着目し、凹凸物体をヒト指先でなぞる際に生じる Stick-Slip 現象を計測する環境の構築と、触察を可能とする実時間ヒト指先シミュレータとヒト指先の Stick-Slip シミュレータの構築と、シミュレーションに基づく触覚情報生成の実験と検証を行った。

・ 触察(指なぞり)の計測環境構築においては、透明凸凹アクリル板をヒト指先にて定力で押しながらか、アクチュエータにより定速でアクリル板上を平行に滑らせ、その際のヒト指先の滑りの様相をアクリル版の裏側から高速度カメラを用いて撮影、特徴追跡によりヒト指先を対象表面に接触させて滑らせる触察時の接触状態（Stick-Slip 現象や接触面積等）の計測を可能とするシステムを構築した。

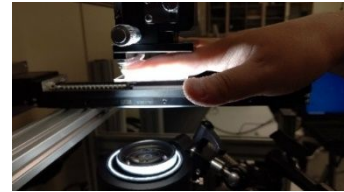


図5 指なぞり計測装置

・ 触察を可能とする実時間ヒト指先シミュレータ構築においては、ヒト指先の精緻な形状モデル生成のため、MRI を用いてヒト指先のボリュームデータを取得後、指紋部のノード間隔が約 1mm、軟組織（表皮、真皮、皮下組織）と骨で構成される 4 層のヒト指先モデルを作成した。（図 6）

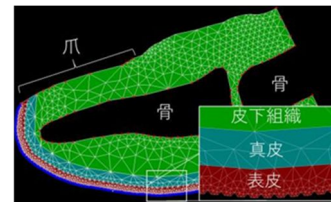


図6 指紋を持つ人指先モデル

・ 次に、指紋を持つヒト指先シミュレータ（ヒト指先変形モデル）を構築した。（図 7）レイリー減衰を考慮した有限要素モデルに共回転系変形モデルを適用し、GPU により大規模並列系計算により、ヒトの手指の動特性および幾何学的非線形性を考慮したヒト指先変形シミュレータを構築した。さらに、表面ノードの固着・滑りの状態遷移を計算することで、Stick-Slip 現象も考慮可能な変形・接触シミュレータとした。ヤング率、ポアソン比等のパラメータ値は、の指なぞり計測データより設定した。

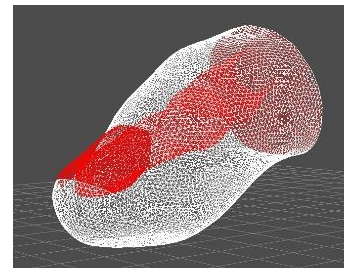


図7 ヒト指先シミュレータ

・ 柔軟指モデルの二次元断面モデルと平面間との変形・接触シミュレーション結果から、実際の指先・指紋に生じるとされている以下の挙動がシミュレーションでも再現できるかを確認した。接触面に局所的な固着・滑りが発生する。

なぞり速度が 30mm/s (触知の速度) 以下では、指先表面に生じる振動周波数は 0~60Hz である。実際の指先と同様に、なぞり速度が上がるにつれて指先表面に生じる振動周波数が高くなる。その結果、シミュレーション結果は上記の 3 つの条件を全て満たしており、構築したシミュレータは最低限の妥当性を有することが示された。今後の課題は、織物等の表面構造が複雑な柔軟物の触知感を提示可能な高密度の触覚提示システムの実現に向けて研究を進める。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

| | |
|--|----------------------------|
| 1. 著者名 Kazuyoshi Tagawa, H.Tanaka N.Tani, H.T. Tanaka | 4. 巻 Vol.15 |
| 2. 論文標題 Fast collision detection approach for elastic embedded objects using dual graph | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery | 6. 最初と最後の頁 pp.S62 |
| 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 Longjiao Zhao, Yu Wang and Jien Kato | 4. 巻 Vol.E104.D, No.1, |
| 2. 論文標題 Rethinking the Rotation Invariance of Local Convolutional Features for Content-based Image Retrieval Data of Evaluation | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems | 6. 最初と最後の頁 pp.174-182 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2020EDP7017 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Ying Ji, Yu Wang, Jien Kato and Kensaku Mori | 4. 巻 Vol.E103.D, No.12, |
| 2. 論文標題 Predicting Violence Rating Based on Pairwise Comparison | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems | 6. 最初と最後の頁 pp.2578-2589 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2020EDP7056 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |
| 1. 著者名 王彧, 加藤ジェーン | 4. 巻 Vol.32, No.2 |
| 2. 論文標題 行動認識のためのTwo-stream 3D BagNet | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 画像ラボ | 6. 最初と最後の頁 pp.34-39 |
| 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 無 |
| 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 Tian Ke, Urata Mayu, Endo Mamoru, Mouri Katsuhiro, Yasuda Takami, Kato Jien | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Real-World Oriented Smartphone AR Supported Learning System Based on Planetarium Contents for Seasonal Constellation Observation | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Applied Sciences | 6. 最初と最後の頁 3508 ~ 3508 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app9173508 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 LIU Dichao, WANG Yu, KATO Jien | 4. 巻 E102.D |
| 2. 論文標題 Attention-Guided Spatial Transformer Networks for Fine-Grained Visual Recognition | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems | 6. 最初と最後の頁 2577 ~ 2586 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2019EDP7045 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Ji Ying, Wang Yu, Katoy Jien | 4. 巻 ICIP 2019 |
| 2. 論文標題 Visual Violence Rating with Pairwise Comparison | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2019) | 6. 最初と最後の頁 3332-3336 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICIP.2019.8803573 | 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25件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 小川水規, 田川和義 |
| 2. 発表標題 指先の固着・滑り制御型触覚ディスプレイの検討 |
| 3. 学会等名 令和2年度電子情報通信学会 東海支部 卒業研究発表会予稿集 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 長澤海斗, 田川和義 |
| 2. 発表標題 実指先のStick-Slip現象の計測環境の構築 - 凹凸面への対応化 - |
| 3. 学会等名 令和2年度 電子情報通信学会 東海支部 卒業研究発表会予稿集 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 和田佳久, 田川和義 |
| 2. 発表標題 テレセントリック光学系レンズおよび凹凸透明体を用いた指先滑りの歪み無し計測法の提案 |
| 3. 学会等名 電気学会 電子・情報・システム部門知覚情報研究会「複合現実型実 応用および一般」 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shiro Tanaka and Hiromi Tanaka |
| 2. 発表標題 Reproduction of Takigi Noh Based on Anisotropic Reflection Rendering of Noh Costume with Dynamic Illumination |
| 3. 学会等名 IEVC2021 The 7th IEEE International Conference on Image Electronics and Visual Computing (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 小川水規, 田川和義, |
| 2. 発表標題 指先の固着・滑り制御型触覚ディスプレイの検討 |
| 3. 学会等名 令和2年度電子情報通信学会 東海支部 卒業研究発表会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 長澤海斗, 田川和義, |
| 2. 発表標題 実指先のStick-Slip現象の計測環境の構築 - 凹凸面への対応化- |
| 3. 学会等名 令和2年度電子情報通信学会 東海支部 卒業研究発表会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 和田佳久, 田川和義, |
| 2. 発表標題 テレセントリック光学系レンズおよび凹凸透明体を用いた指先滑りの 歪み無し計測法の提案 |
| 3. 学会等名 電気学会 電子・情報・システム部門 知覚情報研究会「複合現実型実 応用および一般」 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Dichao Liu, Yu Wang and Jien Kato, |
| 2. 発表標題 Contrastively-reinforced Attention Convolutional Neural Network for Fine-grained Image Recognition |
| 3. 学会等名 The 31st British Machine Vision Conference (BMVC2020) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Dichao Liu, Yu Wang Kenji Mase and Jien Kato |
| 2. 発表標題 Multi-Task Attention Learning for Fine-grained Recognition |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会技術報告 (PRMU), IEICE-PRMU2020-63 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Longjiao Zhao, Yu Wang, Yoshiharu Ishikawa and Jien Kato |
| 2. 発表標題 Rethinking the local similarity in content-based image retrieval |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会技術報告 (PRMU), PRMU2020-68 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 内田準也, 王彧, 加藤ジェーン |
| 2. 発表標題 Two-stream 3D BagNetによる人物行動認識 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会技術報告 (PRMU) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 王彧, 加藤ジェーン |
| 2. 発表標題 社会関係を活用した映像会話シーンにおける雰囲気への推定 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会技術報告 (PRMU) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shiro Tanaka and Hiromi T. Tanaka |
| 2. 発表標題 Reproduction of Takigi Noh Based on Anisotropic Reflection Rendering of Noh Costume with Dynamic Illumination |
| 3. 学会等名 IEEE International Conference on Computational Photography 2019 (ICCP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 田中士郎, 田中弘美 |
| 2. 発表標題 原色の織物における三次元幾何光学計算に基づく吸収係数の推定 |
| 3. 学会等名 質感のつどい 第5回公開フォーラム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田中士郎, 田中弘美 |
| 2. 発表標題 原色の織物における三次元幾何光学計算に基づく吸収係数推定 |
| 3. 学会等名 視覚情報基礎研究会 第38回研究発表会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shiro Tanaka and Hiromi Tanaka |
| 2. 発表標題 Estimating Absorption Coefficient of Primary Color Woven Fabric based on Geometrical Optics |
| 3. 学会等名 The 26th Internatioal Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV 2020) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田中士郎, 田中弘美 |
| 2. 発表標題 動的照明による織物の異方性反射レンダリングに基づく薪能の再現 |
| 3. 学会等名 マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント (EMM) 2019年度第6回研究会, |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名 小平美紗季, ワンユ, 加藤ジェーン |
| 2. 発表標題 広域・狭域ネットワークを用いた歩行者検出 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会技術報告 (PRMU) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Qianyuan Liu, Yu Wang and Jien Kato |
| 2. 発表標題 Continuous Variables Estimation through Classification Networks Ensembles |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会技術報告 (PRMU) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 宮島正樹, 趙隆コウ, 田中土郎, 田中弘美, 王彧, 加藤ジェーン |
| 2. 発表標題 織物の摩擦感推定のための視触覚情報の相関解析 |
| 3. 学会等名 質感のつどい 第5回公開フォーラム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田中 土郎, 田中 弘美 |
| 2. 発表標題 柔軟物における視覚的質感から触覚的質感の再現に向けて-硬さが摩擦係数に与える影響の解析- |
| 3. 学会等名 第21回 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2018) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 田中 土郎, 田中 弘美 |
| 2. 発表標題 柔軟物を対象とした指先の触察により生じる摩擦のモデル化 |
| 3. 学会等名 質感のつどい 第4回公開フォーラム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 田中 弘美 |
| 2. 発表標題 柔軟物の視触覚情報処理と五感通信への応用 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告 (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shiro Tanaka, Hiromi T. Tanaka |
| 2. 発表標題 Estimating Absorption Coefficient of Primary Color Woven Fabric |
| 3. 学会等名 International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 田中 土郎, 田中 弘美 |
| 2. 発表標題 原色の織物における繊維内部の光の伝搬に基づく吸収係数の推定 |
| 3. 学会等名 情報処理学会 研究報告 |
| 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 | 加藤 ジェーン (Kato Jien) (70251882) | 立命館大学・情報理工学部・教授 (34315) | |

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|