

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：13401  
研究種目：若手研究  
研究期間：2020～2022  
課題番号：20K19568  
研究課題名（和文）ビッグデータとスモールデータの融合による個人に適応した階層構造型動作分析法の確立  
  
研究課題名（英文）Establishment of a hierarchical behavior analysis method adapted to individuals by fusing big data and small data  
  
研究代表者  
張 潮（Zhang, Chao）  
  
福井大学・学術研究院工学系部門・講師  
  
研究者番号：70803419  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：骨格モデルの検出による動作分析は、スポーツ科学分野における姿勢矯正や運動機能改善に必要不可欠な処理である。既存の方法は、2次元の結果を出力することが殆どである。しかし、人間の3次元動作を解析する場合、画像における深層学習の推定結果を直接適用できないと考えられる。本研究では、ビッグデータとスモールデータの融合による個人に適応した3次元動作分析法の構築を目的とした。1年目では主に人物の部位をセグメンテーションする方法を提案した。2年目では主に一枚の画像から3次元的人体運動を予測する方法を提案した。3年目では主に入力された個人の3次元動作に対して、今後の行動を予測する研究を進めた。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、ビッグ/スモールデータを融合することで「汎用性」と「専門性」が併存する動作解析手法の実現が可能になっている。特に、混合ニューラルネットワークを用いたデータ解析方法を3次元動作解析に適用することは学術的意義があるといえる。コンピュータビジョン分野の観点からみても、点群の利活用に意義がある。また、社会的意義として、本研究結果に基づくアドバイスシステムの構築により、高度な技術を有するスポーツ選手の育成プログラムの充実化が図れ、健康科学分野における運動機能の改善にも適用できると考えられる。また、スポーツ科学のみならず、他分野における今後の動作分析・推定の足掛かりになると考える。

研究成果の概要（英文）：Motion analysis by skeleton detection is an essential process for postural correction and motor function improvement in the field of sports science. Most existing image-based methods output two-dimensional results. However, when analyzing human 3D movements, it is considered that deep learning estimation results in images can not be directly applied. In the first year, we proposed a method for segmenting human body parts; in the second year, we proposed a method for predicting 3D human body motion from a single image; and in the third year, we mainly studied the prediction of future actions based on the 3D movements of individuals.

研究分野：コンピュータビジョン

キーワード：人物姿勢推定 深層学習 ニューラルネットワーク

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 骨格モデルの検出による動作分析は、スポーツ科学分野における姿勢矯正や運動機能改善に必要な不可欠な処理である。さらに、高齢化社会の深刻化で導入が進められている介護カメラ、スポーツ競技大会などで不審な動きを監視し犯罪を防止するシステムにおいても動作分析の研究は非常に重要である。また、近年、人工知能によるビッグデータの活用が急速に広まっている。特に、比較的収集しやすい画像データを大量に用いることで、深層学習による姿勢推定の精度および汎用性は向上の一途をたどっている。一方、深層学習では、情報量が僅かであるスモールデータを深く考察していく能力が欠けている。

(2) これまでにも OpenPose のような深層学習を用いてビッグデータから骨格検出器を学習する手法が提案されている (図1)。これは、被写体の見え方に関係なく複数連続するフレーム間での動きを骨格モデルとして検出できる。一方、検出されたモデルの各関節点のずれや遮蔽物による推定精度の低下が懸念されている。特にスポーツ選手においては人間の動作を高精度で解析する必要があるため、高品質な骨格推定結果が必要となり、深層学習の推定結果を直接適用できないと考えられる。そこで、画像以外に、深層学習による骨格検出結果をスモールデータ (例えば3次元的情報) で最適化することで、それぞれのデータが持つ価値を融合することが本研究課題の核心となる。



図1: OpenPoseによる骨格検出

(3) 人間の視覚システムは低周波数成分から先に物体の大まかな認識および位置特定を行い、次に高い成分で正確な領域を絞り込んでいく Coarse to Fine という仮説が提唱されている。そこで、本研究のもう一つの背景は、「傾向を示すビッグデータと細部を示すスモールデータを階層的に利用することで、人間の認識能力をアルゴリズムでシミュレーションできるか」の問いが存在することである。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究では正確な動作分析を念頭に、ビッグデータとスモールデータを融合するとともに、深層学習による骨格検出結果を最適化することで階層的なフレームワークを構築し、信頼性の高い姿勢分析結果を取得する。

(2) 骨格モデルを正確に可視化し、個人に適応した動作分析を行うために、階層的なニューラルネットワークを用いてビッグデータによる統計的な発見を基にスモールデータを活用し、深く細かく最適化すること。

## 3. 研究の方法

### (1) 人物の部位のセグメンテーション①～④

3次元の人体データを8個のパーツ (頭部、胴体、上腕、前腕、手、大腿、下腿、足) に分けて認識することが可能である。特に、人体の点群データをニューロンネットワークで学習させることで人体の部位セグメンテーションを実現する。広い関節可動域を持つ3次元人体モデルに対して部位セグメンテーションを行うには、様々な体格や姿勢を含んだモデルの学習データを準備する必要があるが、すべてのデータにおいて人体の各部位を正解情報として用意することは容易でない。本研究方法では、複数の人体メッシュモデルのデータセットに対して、メッシュ表面から点群の一樣サンプリングを行うことによって、様々な体格や姿勢の人体点群モデルを作成し、この問題点を解消した。生成される点群の部位ラベルは、各点のサンプリング位置のメッシュ表面が持つ正解情報に対応してラベリングした。また、関連する最適化アルゴリズム、クラスターリングアルゴリズム、特徴抽出アルゴリズム、マッチングアルゴリズムを複数提案した。

### (2) 連続する動作の分析⑤～⑦

本研究方法では、検出された骨格に基づいて連続する動作の分析を行った。具体的に、一枚の画像から3次元的な人体運動を予測する方法を提案した。提案法は、一枚の画像を入力とし、人体動作における曖昧さを考慮することで、多様でもっともらしい将来の運動予測結果を生成できるようになった。複雑な身体運動は不確実性を伴うため、人間のダイナミクスを理解することが困難とされている。特に、実応用の場面においては、静止画像のように、将来の正確な運動を予測するための情報が不十分の場合が常に存在する。この課題を解決するため、混合密度ネットワークを運動予測に導入した。マルチモーダルであるがゆえに多様な運動仮説を捉えることができ、ガウス分布など単一の分布を用いる従来型の回帰手法より優れた性能がえられた。また、関連する画像マッチングアルゴリズム、クラスターリングアルゴリズム、色転写アルゴリズムを複数提案した。

### (3) 個人に適応した動作予測方法⑧⑨

本研究方法では、個々の3次元動作の入力から多様かつ制御可能な動作予測方法を提案した。特に、生成モデルを用いた制御が可能かつリアルな動作予測結果の生成は困難な課題として知られている。そこで、ニューラルネットワークを用いてエンドツーエンドな動作生成モデルを提案することで骨格モデルの制御が可能なる結果を生成できるようになった。具体的に、ニューラルネットワークの潜在空間において帰納バイアスを導入することで動作生成を行った。一度の学習で、本モデルは生成された人体動作に対して、人体モデルの一部を厳密に制御する、もしくは適応的に制御することが可能である。また、関連するマッチングアルゴリズム、3次元点群の異常検知、クラスタリングアルゴリズム、最適化アルゴリズムを複数提案した。

## 4. 研究成果

(1) 1年目では、人体の部位セグメンテーションおよび深層学習や最適などに欠かせない基礎的なアルゴリズムを開発した。これにより、人体データ構造の階層化やカテゴリ化が可能になった。セグメンテーションの研究①では、テストデータに対し、人体全体の平均セグメンテーション精度は70%以上であり、全体的なセグメンテーションができていたことが確認できた。胴体、大腿、下腿と足の部位では、平均精度が80%程度と高い精度でセグメンテーションができた。しかし、上腕から手までの部位では60%程度と比較的に低い平均精度となった。これは、人体の姿勢や形状が大きく影響していると考えられる。セグメンテーションの研究④では、上記の問題を緩和するために、既存の人体点群モデルのデータセットに対して、Random Vertex Displacement (RVD) フィルタによる学習データの拡張を行うことで学習データ数の拡張を行った。また、これらのデータを学習させたPointNetを教師ネットワーク、未学習のPointNetを生徒ネットワークとする知識蒸留を用いることで、人体の部位セグメンテーションを行った。実験では、データ拡張及び知識蒸留を用いることでセグメンテーション精度の向上を確認した。その結果例を図2に示す。

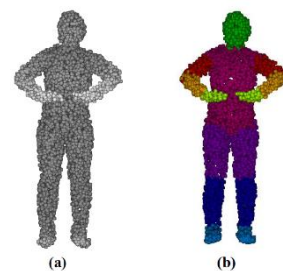


図2: 3次元人体の部位セグメンテーションの例。(a)入力点群, (b)セグメンテーション結果。

(2) 2年目では、検出された骨格に基づいて連続する動作の分析を行い、一枚の画像から3次元的な人体運動の予測方法を提案した⑤。これにより、連続する動作の分析が可能になった。実験では、多様な仮説の中から視覚的に正確な(あるいはそれに近い)予測を生成することができた。また、画像中の動作の曖昧性が高いほど、動作仮説のばらつきが大きくなり、バリエーションが増えることもわかった。正解と予測結果の1関節あたりの平均位置誤差を性能評価の基準として比較実験を行った結果、提案手法では約10cmの平均位置誤差を実現し、既存手法を上回った。しかし、提案手法は、2次元の動き抽出モジュールに依存するという大きな制約がある。合理的な2次元骨格を抽出できない場合、予測も失敗する。その結果例を図3に示す。

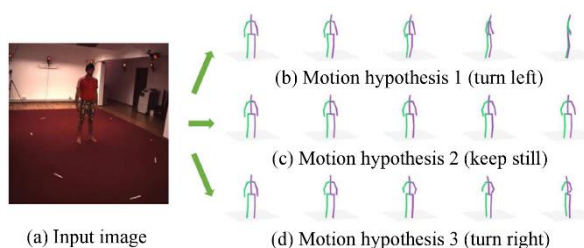


図3: 画像からの3次元動作の予測結果。(a)入力画像, (b)~(d)様々な可能性を考慮した3次元的な予測結果。

(3) 3年目の研究では、ニューラルネットワークを用いて個人に適応した動作生成モデルを提案することで骨格モデルの制御が可能なる結果を生成できるようになった⑧。制御可能な人体運動予測の目標は、意図的に固定または変化させたい部分的な身体運動で複数の予測を捕らえることである。具体的には、変分オートエンコーダのもつれ解き学習法を提案し、制御可能な人間行動予測を実現した。例えば、図4に示すように、開始ポーズ(赤い三角で表示)と終了ポーズ(青い三角で表示)が入力として与えられた際に、その間の動作を予測したい。単純な線形補間の結果(b)と比較して、提案手法の結果(a)がより自然な動きを捉えることができた。ここでは、開始ポーズと終了ポーズが固定されているため、制御可能な動作生成・予測方法としての提案が一つ大きい成果と言える。

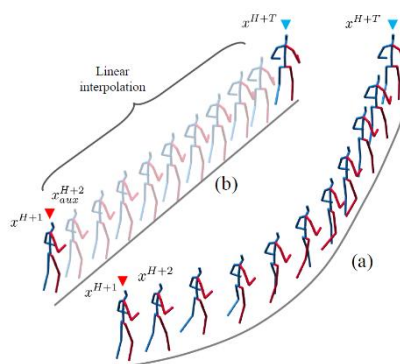


図4: 3次元動作の生成・予測例。(a)成果である提案法による予測結果。(b)線形補間による結果。

① Takuma Ueshima, Katsuya Hotta, Shogo Tokai, Chao Zhang, Training PointNet for human point cloud segmentation with 3D meshes, International Conference on Quality Control by Artificial Vision (QCAV), GTI-11,

pp.1-6, 2021

- ② Dongbo Zhang, Zheng Fang, Xuequan Lu, Hong Qin, Antonio Robles-Kelly, Chao Zhang, Ying He, Deep Patch-based Human Segmentation, 27th International Conference on Neural Information Processing, 2020
- ③ Ryusuke Takada, Katsuya Hotta, Chao Zhang, Learning Self-Expressive Representations via Nearest Subspace Model for Motion Segmentation, IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp.81-82, 2022
- ④ 上島拓真, 堀田克哉, 余俊, 張潮, データ拡張に基づく知識蒸留を用いた人体点群セグメンテーション, Vision Engineering Workshop (ViEW), IS3-03, pp.260-264, 2022
- ⑤ Chunzhi Gu, Yan Zhao, Chao Zhang, Learning to Predict Diverse Human Motions from a Single Image via Mixture Density Networks, Vol.253, No.11, 109549 (10 pages), 2022
- ⑥ Yi Zhang, Chao Zhang, Takuya Akashi, DS-SRI: Diversity Similarity Measure against Scaling, Rotation and Illumination Change for Robust Template Matching, IET Image Processing, Vol.16, No.10, pp.2738-2751, 2022
- ⑦ Katsuya Hotta, Haoran Xie, Chao Zhang, Component-based Nearest Neighbour Subspace Clustering, IET Image Processing, Vol.16, No.10, pp.2697-2708, 2022
- ⑧ Chunzhi Gu, Jun Yu, Chao Zhang, Learning Disentangled Representations for Controllable Human Motion Prediction, arXiv:2207.01388, 2022
- ⑨ Katsuya Hotta, Takuya Akashi, Shogo Tokai, Chao Zhang, PMSSC: Parallelizable Multi-Subset based Self-Expressive Model for Subspace Clustering, Computational Visual Media, pp.1-16, 2023

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 5件）

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名<br>Gu Chunzhi, Lu Xuequan, Zhang Chao   | 4. 巻<br>129                   |
| 2. 論文標題<br>Example-based color transfer with Gaussian mixture modeling   | 5. 発行年<br>2022年               |
| 3. 雑誌名<br>Pattern Recognition  | 6. 最初と最後の頁<br>108716 ~ 108716 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.patcog.2022.108716   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>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<br>-                     |
| 1. 著者名<br>Yi Zhang, Chao Zhang, Takuya Akashi  | 4. 巻<br>-                     |
| 2. 論文標題<br>DS-SRI: Diversity Similarity Measure against Scaling, Rotation and Illumination Change for Robust Template Matching | 5. 発行年<br>2022年               |
| 3. 雑誌名<br>IET Image Processing   | 6. 最初と最後の頁<br>-               |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>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<br>-                     |
| 1. 著者名<br>Hotta Katsuya, Xie Haoran, Zhang Chao  | 4. 巻<br>-                     |
| 2. 論文標題<br>Component based nearest neighbour subspace clustering   | 5. 発行年<br>2022年               |
| 3. 雑誌名<br>IET Image Processing   | 6. 最初と最後の頁<br>-               |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1049/ipr2.12518   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>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<br>-                     |
| 1. 著者名<br>Takumi Nakane, Haoran Xie, Chao Zhang  | 4. 巻<br>-                     |
| 2. 論文標題<br>Image Deformation Estimation via Multi-Objective Optimization   | 5. 発行年<br>2022年               |
| 3. 雑誌名<br>IEEE ACCESS  | 6. 最初と最後の頁<br>-               |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>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<br>-                     |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Katsuya Hotta, Takuya Akashi, Shogo Tokai, Chao Zhang                                   | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>PMSSC: Parallelizable Multi-Subset based Self-Expressive Model for Subspace Clustering | 5. 発行年<br>2022年 |
| 3. 雑誌名<br>Computational Visual Media  | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>-       |

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1. 著者名<br>Nakane Takumi, Bold Naranchimeg, Sun Haitian, Lu Xuequan, Akashi Takuya, Zhang Chao         | 4. 巻<br>12         |
| 2. 論文標題<br>Application of evolutionary and swarm optimization in computer vision: a literature survey | 5. 発行年<br>2020年    |
| 3. 雑誌名<br>IPSI Transactions on Computer Vision and Applications                                       | 6. 最初と最後の頁<br>1~34 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1186/s41074-020-00065-9  | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する       |

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1. 著者名<br>Nakane Takumi, Lu Xuequan, Zhang Chao   | 4. 巻<br>2020       |
| 2. 論文標題<br>A Search History-Driven Offspring Generation Method for the Real-Coded Genetic Algorithm | 5. 発行年<br>2020年    |
| 3. 雑誌名<br>Computational Intelligence and Neuroscience   | 6. 最初と最後の頁<br>1~20 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1155/2020/8835852  | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する       |

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名<br>Zhang Chao, Lu Xuequan, Akashi Takuya                        | 4. 巻<br>8                     |
| 2. 論文標題<br>Blur-Countering Keypoint Detection via Eigenvalue Asymmetry | 5. 発行年<br>2020年               |
| 3. 雑誌名<br>IEEE Access  | 6. 最初と最後の頁<br>159077 ~ 159088 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/ACCESS.2020.3020561                | 査読の有無<br>有                    |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する                  |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Gu Chunzhi, Lu Xuequan, He Ying, Zhang Chao | 4. 巻<br>30              |
| 2. 論文標題<br>Blur Removal Via Blurred-Noisy Image Pair  | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>IEEE Transactions on Image Processing       | 6. 最初と最後の頁<br>345 ~ 359 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/TIP.2020.3036745  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Chunzhi Gu, Haoran Xie, Xuequan Lu, Chao Zhang  | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>CGMVAE: Coupling GMM Prior and GMM Estimator for Unsupervised Clustering and Disentanglement | 5. 発行年<br>2021年 |
| 3. 雑誌名<br>IEEE Access   | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する    |

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Zhang Chao, Lu Xuequan, Hotta Katsuya, Yang Xi                     | 4. 巻<br>6               |
| 2. 論文標題<br>G2MF-WA: Geometric multi-model fitting with weakly annotated data | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>Computational Visual Media   | 6. 最初と最後の頁<br>135 ~ 145 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s41095-020-0166-8                        | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>堀田 克哉、東海 彰吾、張 潮                                  | 4. 巻<br>J104-D          |
| 2. 論文標題<br>エネルギー最小化に基づいた非局所探索による物体追跡                       | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>電子情報通信学会論文誌D 情報・システム                             | 6. 最初と最後の頁<br>508 ~ 520 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.14923/transinfj.2020JDP7067 | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 11件）

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Chunzhi Gu, Shuofeng Zhao, Chao Zhang   |
| 2. 発表標題<br>Diversity-Promoting Human Motion Interpolation via Conditional Variational Auto-Encoder |
| 3. 学会等名<br>International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) (国際学会)                      |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Shun Maeda, Chunzhi Gu, Chao Zhang                                 |
| 2. 発表標題<br>Measuring Speaking Time from Privacy-Preserving Videos             |
| 3. 学会等名<br>International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Takumi Nakane, Takuya Akashi, Chao Zhang                           |
| 2. 発表標題<br>Template Matching via Search History Driven Genetic Algorithm      |
| 3. 学会等名<br>International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>宮村 大輝, 中根 拓未, 余 俊, 張潮         |
| 2. 発表標題<br>多目的進化的最適化における動的代理モデルの導入に関する検討 |
| 3. 学会等名<br>第21回進化計算研究会                   |
| 4. 発表年<br>2022年                          |



|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>前田 駿, 顧 淳祉, 張 潮                      |
| 2. 発表標題<br>視聴覚情報に基づくクラスタリングにおける初期値設定法の違いによる性能比較 |
| 3. 学会等名<br>動的画像処理実利用化ワークショップ (DIA2022)          |
| 4. 発表年<br>2022年                                 |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>高田隆佑, 堀田克哉, 張 潮             |
| 2. 発表標題<br>局所部分空間モデルを伴う疎な部分空間クラスタリング   |
| 3. 学会等名<br>動的画像処理実利用化ワークショップ (DIA2022) |
| 4. 発表年<br>2022年                        |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Takumi Nakane, Xuequan Lu, Chao Zhang                                 |
| 2. 発表標題<br>SHX: Search History Driven Crossover for Real-Coded Genetic Algorithm |
| 3. 学会等名<br>Genetic and Evolutionary Computation Conference 2020 (GECCO) (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Katsuya Hotta, Shenglin Mu, Yan Zhao, Chao Zhang                                |
| 2. 発表標題<br>Subspace-Dependent Adjacency Matrix Design via Discrete-Continuous Optimization |
| 3. 学会等名<br>IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (国際学会)                |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>五十嵐泰智, 中根拓未, 明石卓也, 張潮  |
| 2. 発表標題<br>Hierarchical Charged Particle Swarm Optimizationを用いたテンプレートマッチング手法の提案 |
| 3. 学会等名<br>Vision Engineering Workshop (ViEW)                                   |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Chunzhi Gu, Zhengyu Huang, Sicheng Li, Haoran Xie, Xi Yang, Chao Zhang          |
| 2. 発表標題<br>Apparel Generation via Cluster-Indexed Global and Local Feature Representations |
| 3. 学会等名<br>IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (国際学会)                |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Katsuya Hotta, Haoran Xie, Chao Zhang  |
| 2. 発表標題<br>Candidate Subspace Screening for Linear Subspace Clustering with Energy Minimization |
| 3. 学会等名<br>Irish Machine Vision and Image Processing Conference (IMVIP) (国際学会)                  |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Katsuya Hotta, Haoran Xie, Chao Zhang                              |
| 2. 発表標題<br>Affine Subspace Clustering with Nearest Subspace Neighbor          |
| 3. 学会等名<br>International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Yi Zhang, Chao Zhang, Takuya Akashi                                |
| 2. 発表標題<br>Illumination Robust Template Matching based on Nearest-Neighbor    |
| 3. 学会等名<br>International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Dongbo Zhang, Zheng Fang, Xuequan Lu, Hong Qin, Antonio Robles-Kelly, Chao Zhang, Ying He |
| 2. 発表標題<br>Deep Patch-based Human Segmentation   |
| 3. 学会等名<br>27th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP) (国際学会)            |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Takuma Ueshima, Katsuya Hotta, Shogo Tokai, Chao Zhang                         |
| 2. 発表標題<br>Training PointNet for human point cloud segmentation with 3D meshes            |
| 3. 学会等名<br>International Conference on Quality Control by Artificial Vision (QCAV) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>上島拓真, 堀田克哉, 東海彰吾, 張潮                 |
| 2. 発表標題<br>PointNetを用いた人体点群データのセマンティックセグメンテーション |
| 3. 学会等名<br>Vision Engineering Workshop (ViEW)   |
| 4. 発表年<br>2020年                                 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Reliable Pattern Analysis Lab.  
<http://www.labzhang.com/>

6. 研究組織

|  | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|

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