

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11964

研究課題名（和文）分野横断的な調査によるクラスタリング技術の体系化：新手法開発への展開

研究課題名（英文）Systematising clustering techniques through cross-disciplinary research

研究代表者

井上 光平（Inoue, Kohei）

九州大学・芸術工学研究院・准教授

研究者番号：70325570

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：クラスタリングは、教師データを用いずにデータを自動分類できることから、幅広い分野で用いられており、これまでに様々なクラスタリング技術が開発されているが、それらの技術手法の体系化は十分には進んでいない。そこで本研究では、クラスタリング技術全体の体系化により、クラスタリング技術全体の利便性の向上、新手法の開発への展開を期待し、クラスタリング技術間の関係の解明とその応用などに取り組んだ。具体的には、ノンフォトリアリスティックハーフトーニングや画像処理の新しい方法を開発した。これらの方法も、クラスタリングという視点で眺めると、統一的に解釈することができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

クラスタリングは、データ要約のための基本的技術の一つであり、多くの分野で利用されている。個々の分野で開発された方法を統一的な視点で眺め、それぞれの方法の相違点を明らかにすることは、各方法をより深く理解するのに役立つだけでなく、新たな方法を生み出すきっかけにもなる。

研究成果の概要（英文）：Clustering is used in a wide range of fields because it enables the automatic classification of data without the use of supervised data, and although various clustering techniques have been developed, the systematisation of these techniques has not progressed sufficiently. Therefore, in this study, we have worked to elucidate the relationships among clustering techniques and their applications in the hope that the systematisation of clustering techniques as a whole will improve their overall usefulness and lead to the development of new methods. Specifically, we have developed new methods of non-photorealistic halftoning and image processing. These methods can also be interpreted in a unified manner when viewed from the perspective of clustering.

Translated with DeepL.com (free version)

研究分野：パターン認識、画像処理

キーワード：クラスタリング 画像処理 非写実的レンダリング

1. 研究開始当初の背景

クラスタリングは「似たデータをまとめる」という汎用的なデータ解析手法であり、大量のデータをあつかう多くの分野で必要とされる。データの種類は、遺伝子データから顧客情報まで多岐にわたり、用途に応じてさまざまなバリエーションが考えられている。その数は、「なぜそれほど多いのか」を考察した論文[1]が書かれるほどで、エンドユーザにとってはどれを使えばよいかわからないという弊害も出てきている。分野ごとのデータの特殊性とクラスタリング処理の汎用性があいまって、技術のブラックボックス化が進んでいる。その対応策として、各分野で技術選択のロードマップが示されている例もあるが[2]、分野を越えた全体像を把握するのは困難になりつつある。分野の枠にとらわれずに、優れた技術を有効活用するためにも、見通しのよい体系化が求められている。

参考文献

- [1] V. Estivill-Castro, “Why so many clustering algorithms: a position paper,” ACM SIGKDD Explorations Newsletter, vol. 4, no. 1, pp. 65-75 (2002)
- [2] B. Andreopoulos, A. An, X. Wang, Michael Schroeder, “A roadmap of clustering algorithms: finding a match for a biomedical application,” Briefings in Bioinformatics, vol. 10, no. 3, pp. 297-314 (2009)

2. 研究の目的

本研究では、分野ごとに「タコつぼ化」するクラスタリング技術に、分野の枠を越えた視点を導入することによって、クラスタリング技術をわかりやすく体系化することを目的とする。これは点と点をつなぐ線を探す作業であり、分野の枠を越えた視点はこの作業を容易にし、これまで知られていなかった相互の関係性を発見するのに役立つ。孤立する点と点を線でつなぎ、クラスタリング技術の有機的なネットワークを構築する。このネットワークはクラスタリングを使用する全分野をカバーし、あらゆる分野のエンドユーザに技術選択のための十分な情報を提供できると考える。

3. 研究の方法

本研究では、種々の方法の間で「等価性を探す」という視点でクラスタリングの世界を眺めることにより、未知の関係性を発見する方法を採用した。一見、異なる方法のように見えるものも、等価性という観点で眺めると、統一的に解釈することができる場合がある。そうして得られた知見が、従来の方法の難点を克服するのに役立つこともある。その一例として筆者らは、クラスタリングの初期値依存性問題を緩和した(図1)。

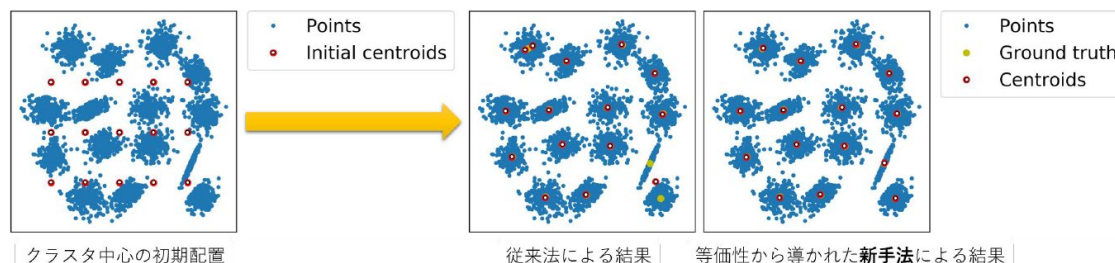


図1 クラスタリングの初期値依存性問題を緩和した例：従来法ではクラスタ中心(赤丸)が正解(Ground truth)からずれているが、新手法では正解が得られている。

クラスタリングの定式化方法は多岐にわたるため、等価性を発見するのにも多様なアプローチが考えられることから、従来の定式化にとられない柔軟な発想が求められる。

4. 研究成果

(1) エッジ保存平滑化フィルタの一つであるローリングガイダンスフィルタを一般化して、多様なベクトルデータに適用可能なクラスタリングアルゴリズムを開発した[3]。本手法は、元のデータ間の類似度を強調して、よりクラスタリングしやすい類似度を作ることができる。その強調された類似度に基づけば、シンプルな方法でデータをクラスタリングすることができる。図2に2次元データの例を示す。青い点群を塊ごとにグルーピングするのがクラスタリングの目的である。

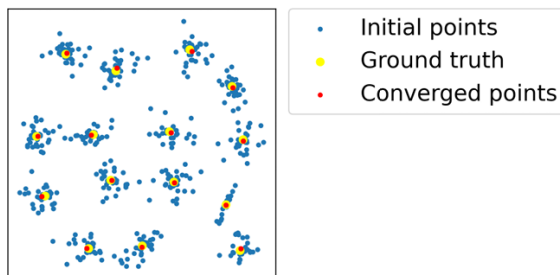
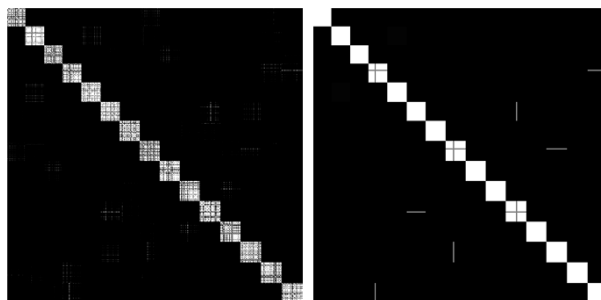


図2 2次元データの例

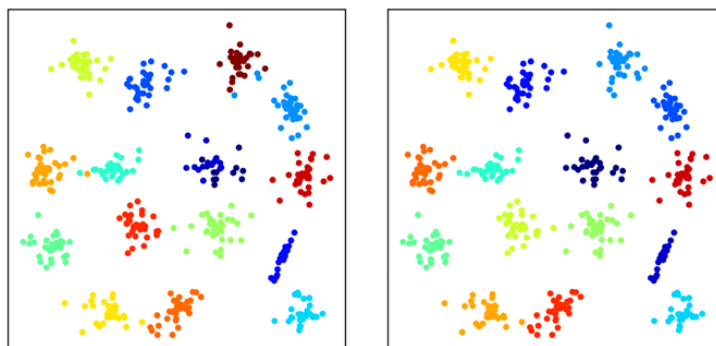
図2の点群データから直接、類似度を計算した結果を図3(a)に示す。対角線上のブロックが、似たもの同士が塊になっていることを表している。ブロック内に黒い線が見られるが、これは、塊の中にも互いに離れた（類似度の低い）データがあることを示す。一方、同図(b)は本手法により強調した類似度であり、図(a)に見られた黒い線が減ってグループ間の区別がはっきりしている。



(a) 元の類似度 (b) 強調後の類似度

図3 類似度行列：行列の(i, j)要素が明るいほど、点iと点jの類似度が高い。

図3(a), (b)の類似度に基づくクラスタリングの結果をそれぞれ図4(a), (b)に示す。同じクラスターに振り分けられたデータは同じ色で表されている。図4(a)では1つの塊に異なる色が混ざっているものがあるが、同図(b)ではそれが改善されている。



(a) 異なる色が混在するクラスタがある (b) それぞれの塊が色分けされている

図4 クラスタリングの結果

[3] Takayuki Hattori, Kohei Inoue, Kenji Hara, “Rolling Guidance Filter as a Clustering Algorithm,” IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, vol. E104-D, no. 10, pp. 1576–1579, Oct. 2021.

(2) クラスタリングアルゴリズムのノンフォトリアリスティックレンダリングへの応用例として、可変サイズ画素のピクセルアートの生成法を提案した[4]。画像の行と列を個別にクラスタリングすることによって、可変サイズの矩形を画像上に生成し、矩形の集合体として1枚の画像を表現する。図5に行／列クラスタリングの例を示す。図5(a)の写真の行と列を個別にクラスタリングした結果が同図(b)と(c)である。



図5 行／列クラスタリングの例

図5(b), (c)を組み合わせて可変サイズの矩形で画像を表現したものが図6(a)である。この明度成分をエンボスフィルタ出力(図6(b))で修飾することによって立体感を出し、最終結果(図6(c))を得る。

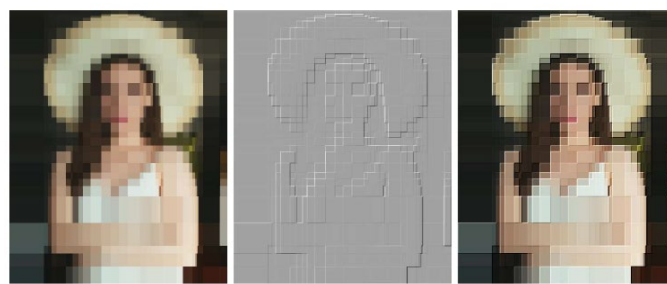


図6 レリーフ効果の付加

他の画像での生成例を図7に示す。均一な領域には大きな矩形が配置され、変化の大きい領域は小さい矩形で詳細に表現されるような画像が得られた。

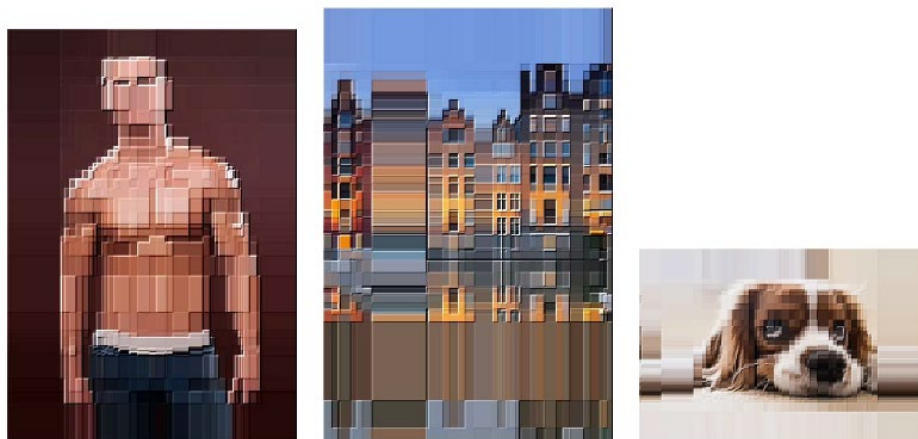


図7 可変サイズピクセルアートの生成例

固定サイズの方法と比較して、少ない矩形数で高い近似精度が得られることを定量的な評価で確認した。

[4] Zilin Xiao, Kohei Inoue, Kenji Hara, Naoki Ono and Toru Hiraoka, “Generating Variable-Size Pixel Art Based on Row/Column Clustering,” ICIC Express Letters, vol. 16, no. 9, pp. 965-972, 2022.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 19件）

1. 著者名 Inoue Kohei, Hara Kenji, Ono Naoki, Hiraoka Toru	4. 巻 12
2. 論文標題 An Iterative Raster Scan Algorithm for Superpixel Segmentation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers	6. 最初と最後の頁 12 ~ 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12792/jiiae.12.12	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 Inoue Kohei	4. 巻 2024
2. 論文標題 Systematising clustering techniques through cross-disciplinary research, leading to the development of new methods	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 57 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21820/23987073.2024.1.57	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 Zihan Zhang, Kohei Inoue, Kenji Hara	4. 巻 17
2. 論文標題 Color Correction of Underwater Images Using Color Channel Prior	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 849-855
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicel.17.08.849	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 Ye Qing, Inoue Kohei, Hara Kenji	4. 巻 11
2. 論文標題 Image Size-Preserving Visual Cryptography by Error Diffusion	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers	6. 最初と最後の頁 50 ~ 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12792/JIIAE.11.50	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 Sun Shanqian, Huang Yunjia, Inoue Kohei, Hara Kenji	4. 巻 9
2. 論文標題 Order Space-Based Morphology for Color Image Processing	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Imaging	6. 最初と最後の頁 139 ~ 139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jimaging9070139	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 Shanqian Sun, Yunjia Huang, Kohei Inoue, Kenji Hara	4. 巻 9
2. 論文標題 Order Space-Based Morphology for Color Image Processing	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Imaging	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jimaging9070139	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 Qing Ye, Kohei Inoue, Kenji Hara	4. 巻 11
2. 論文標題 Image Size-Preserving Visual Cryptography by Error Diffusion	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers	6. 最初と最後の頁 50-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12792/JIIAE.11.50	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 Zihan Zhang, Kohei Inoue, Kenji Hara	4. 巻 17
2. 論文標題 Color Correction of Underwater Images Using Color Channel Prior	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 849-855
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicel.17.08.849	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 Kohei Inoue	4. 巻 2024
2. 論文標題 Systematising clustering techniques through cross-disciplinary research, leading to the development of new methods	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 57-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21820/23987073.2024.1.57	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 Kohei Inoue, Kenji Hara, Naoki Ono, Toru Hiraoka	4. 巻 12
2. 論文標題 An Iterative Raster Scan Algorithm for Superpixel Segmentation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers	6. 最初と最後の頁 12-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12792/jiiae.12.12	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 Qi Zheng, Kohei Inoue, Naoki Ono, Kenji Hara	4. 巻 10
2. 論文標題 A Hough Transform for Detecting Facial Symmetry Axis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JOURNAL OF THE INSTITUTE OF INDUSTRIAL APPLICATIONS ENGINEERS	6. 最初と最後の頁 53-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12792/jiiae.10.53	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 Kohei Inoue, Naoki Ono, Kenji Hara	4. 巻 8
2. 論文標題 Local Contrast-Based Pixel Ordering for Exact Histogram Specification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Imaging	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jimaging8090247	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 Zilin Xiao, Kohei Inoue, Kenji Hara, Naoki Ono and Toru Hiraoka	4. 巻 16
2. 論文標題 Generating Variable-Size Pixel Art Based on Row/Column Clustering	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 965-972
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicel.16.09.965	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 Shanqian Sun and Kohei Inoue	4. 巻 16
2. 論文標題 A Moving Object Detection Method Based on Discrete Fourier Transform	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 1235-1240
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicel.16.11.1235	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 Jianwei Nie, Wenyi Cui, Kohei Inoue and Toru Hiraoka	4. 巻 16
2. 論文標題 Generating Pixel Art with Decorative Pixel Patterns	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 1315-1322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicel.16.12.1315	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 Shanqian Sun, Kohei Inoue, Kenji Hara	4. 巻 9
2. 論文標題 Adaptive Combination of Additive and Multiplicative Algorithms for Color Image Enhancement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers	6. 最初と最後の頁 52-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12792/jiiae.9.52	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 Takayuki HATTORI, Kohei INOUE, Kenji HARA	4. 巻 E104-D
2. 論文標題 Rolling Guidance Filter as a Clustering Algorithm	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1576-1579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2021PCL0001	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 Wenyi Cui and Kohei Inoue	4. 巻 15
2. 論文標題 Chinese Calligraphy Recognition System Based on Convolutional Neural Network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 1187-1195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24507/icicel.15.11.1187	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 Lin Dong, Kohei Inoue	4. 巻 6
2. 論文標題 Super-resolution reconstruction based on two-stage residual neural network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Machine Learning with Applications	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mlwa.2021.100162	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 Shuoyan Zhang, Kohei Inoue, Kenji Hara	4. 巻 7
2. 論文標題 A convergence proof for local mode filtering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ICT Express	6. 最初と最後の頁 445-448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icte.2021.02.008	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 Ran Peng, Kohei Inoue, Kenji Hara	4. 巻 10
2. 論文標題 Generating Face Images Based on Golden Ratios for Facial Beauty	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JOURNAL OF THE INSTITUTE OF INDUSTRIAL APPLICATIONS ENGINEERS	6. 最初と最後の頁 11-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12792/jiaae.10.11	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 -

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 劉雲棣, 井上光平
2. 発表標題 逆ボックスフィルタによるノンフォトリアリスティックハーフトーニング
3. 学会等名 映像情報メディア学会 2023年冬季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chenhao Guo, Kohei Inoue
2. 発表標題 Iterative Bilateral Filter as a Hierarchical Clustering Algorithm
3. 学会等名 第38回信号処理シンポジウム (SIPシンポジウム2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 葉青, 井上光平
2. 発表標題 クラス間の誤差拡散法に基づく画像のパステルカラー化
3. 学会等名 第26回 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 葉青, 井上光平
2. 発表標題 クラス間の誤差拡散法に基づく画像のパステルカラー化
3. 学会等名 第26回 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chenhao Guo, Kohei Inoue
2. 発表標題 Iterative Bilateral Filter as a Hierarchical Clustering Algorithm
3. 学会等名 第38回信号処理シンポジウム (SIPシンポジウム2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 劉雲棣, 井上光平
2. 発表標題 逆ボックスフィルタによるノンフォトリアリスティックハーフトーン化
3. 学会等名 映像情報メディア学会 2023年冬季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 葉青, 井上光平, 小野直樹, 原健二
2. 発表標題 輸送問題に基づく画像のパステルカラー化
3. 学会等名 第25回 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jiajia Jing, Kohei Inoue
2. 発表標題 A Study on Behavior Recognition and Monitoring of Online Reservation Drivers Based on Artificial Neural Networks
3. 学会等名 映像情報メディア学会 2022年冬季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 轟 健威, 井上光平
2. 発表標題 チャッククローズブロック風の画像処理技術
3. 学会等名 映像情報メディア学会 2022年冬季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 曹雪純, 井上光平, 小野直樹, 原健二
2. 発表標題 逆ボックスフィルタによるハーフトーニング
3. 学会等名 2023 年 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 轟健威, 井上光平
2. 発表標題 装飾的なピクセルアート
3. 学会等名 第24回 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shanqian Sun, Kohei Inoue
2. 発表標題 Utilizing Semantic Information for Color Histogram-Based Person Re-Identification
3. 学会等名 第24回 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上光平
2. 発表標題 灰色仮説を考慮したコントラスト変換による水中画像の強調
3. 学会等名 海洋産業における IoT 活用シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上光平, 平岡 透, 原 健二
2. 発表標題 灰色仮説を考慮したコントラスト変換による水中画像の強調
3. 学会等名 画像符号化シンポジウム(PCSJ)/映像メディア処理シンポジウム(IMPS)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上光平, 張 子涵, 原 健二
2. 発表標題 カラーチャンネル事前知識を用いた水中画像の色補正
3. 学会等名 映像情報メディア学会 2021年冬季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 曾 琪, 井上光平, 小野直樹, 原 健二
2. 発表標題 左右反転顔画像の融合による対称性の向上
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2022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	原 健二 (Hara Kenji) (50380712)	九州大学・芸術工学研究院・教授 (17102)	

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
---------	---------