

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：12101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12121

研究課題名(和文)ポスター展示に最適なフォトグラフィックモザイク生成の自動化

研究課題名(英文)Automatic generation of photographic mosaics for poster presentations

研究代表者

梅津 信幸 (Umezu, Nobuyuki)

茨城大学・工学部・講師

研究者番号：30312771

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：手作業で行うには大変な労力を要するフォトモザイク(多数の写真を用いたコラージュにより別のモチーフを表現するアート手法)を、画像処理アルゴリズムで自動生成する手法を開発、改良した。本研究テーマにより開発したシステムにより、従来までは蓄積される一方であまり活用がなかった多数のデジタル写真を用いて、個人のセレモニーや地域のイベントなどに効果的に活用できるポスターが作成可能となった。これらの成果に基づいて、学術誌論文1篇、国際会議5件、国内会議5件の発表を行うとともに、およびJR日立駅通路にてアート展示を実施し得られた知見の公開に努めた。

研究成果の概要(英文)：Photographic mosaics, which is a form of media art and is based on hundreds of photographs to produce a different motif, is automated using our image processing algorithms. Our system provides opportunities to a number of dead-stocked digital photographs to be built in a new poster presentation that can be used situations such as private ceremonies and local events. Our findings have been presented in 5 international conferences and 5 domestic conferences, as well as one academic journal paper. We also had a 2-week media art exhibition in JR Hitachi station to publish our research results.

研究分野：感性情報学

キーワード：写真コラージュ 輪郭線抽出 オーバーサンプリング LAB表色系

## 1. 研究開始当初の背景

デジタルカメラの低廉化や携帯電話への一体化により、人々が撮影する写真の枚数はまさに膨大になっている。一方で、いったん撮影された写真データの活用という面では、ブログやSNSへの投稿による公開や共有など、ごく限定された形態にとどまっているのが現状である。生活の至るところでメモのように撮りためられた写真は、その人の生涯の記録として最も多くの情報量を持つメディアとなる。それらの写真を手で切り抜いて貼付けることで作成されたコラージュ(フォトモザイク)はとても印象深いアートとなるが、その作成の労力は実に大きい。そこで、そのような作業を画像処理によって自動化できないかと考え、本研究の着想に至った。

フォトモザイクの期限は、16世紀のイタリアの画家アルチンボルドの絵画にあるとされている。彼の作風は野菜や果物などの身近な素材を巧みに配置し、全体として素材とは全く異なるモチーフを表現する独特の芸術表現である。近年のコンピュータの処理能力の向上により、画像中に含まれるオブジェクトを認識し、自動でそのようなフォトモザイクを生成する技術の実現がより現実的になってきた。

フォトモザイク生成においては、用いる素材画像の1枚1枚について、用いる画像の選択、大きさ(倍率)、回転角度、位置(x, y 座標)、素材の形状などの項目が独立して設定できるため、全体では膨大な自由度を持つ。その結果、生成可能なフォトモザイクには無限に近い組み合わせが存在し、全数探索のような単純な手法での生成に成功の見込みはない。そこで、従来手法では

- ・ 用いる画像の色数を数色に制限する
- ・ 各素材画像を実質的に単色とみなして配置する

などの制限を加えた上で処理を実行してきた。しかし、前者はモチーフがイラスト類に限られ写真には適用できず、後者には素材画像の枚数が膨大(数千枚)かつサイズがあまりに小さいため、鑑賞者はポスターに近づいて素材画像を見るか、離れてモチーフ全体を見渡すかの択一となるなどの欠点があった。結果として、果物や野菜などの構成物とモチーフとがいずれも同じ距離でありありと認識できる、アルチンボルドの絵画のような芸術性には至っていなかった。

## 2. 研究の目的

人の手作業で行うにはたいへんな労力を要するフォトモザイク(多数の写真によるコラージュ)のポスター作成を、新規に開発した画像処理アルゴリズムによって自動化することが本研究の目的である。素材となる画像群と、全体的なゴールとなるべき画像(モチーフ)を入力することで、各画像の特徴量に基

づいて、画像の選択、拡大縮小率と配置を計算して1枚のポスターとして出力するシステムを開発する。

国内外の関連する研究動向において、フォトモザイクの生成例は限定的であり、素材画像があまりに小さい、あるいは作成に用いる画像の色数が数色にとどまるなどの問題点がある。

現実のプリント写真を手作業で切り貼りして大きなフォトモザイクを作成することはテレビ番組や文化祭などのイベント時に多人数で行われているものの、長い時間を要する大がかりな作業である。また、そのものを切り抜いたり貼り付けることで写真自体を損傷してしまうため、使用できる写真に限られる。

一方で本研究が提案するデジタル手法によるポスター作成であれば、素材として使う写真の枚数、大きさ、切り抜きに制限がない上に、写真の配置も自動であり、何度でも並べ替え可能である。したがって、本研究のシステムが実現できれば、それまで蓄積されるだけであまり活用がなかったデジカメの写真データを用いて、個人の人生のハイライト(結婚式、入学・卒業式、成人式、葬儀など)を1枚に効果的に可視化したポスターが手軽に作成できるようになる。

## 3. 研究の方法

### (1) オーバーサンプリングによる品質向上

生成されたフォトモザイクの品質評価には、従来の画質評価指標であるPSNRやSSIMが適さないことが知られている。一方で、視覚的には明らかに優劣が存在する場合がある。本研究では、この問題点を類似画像マッチング時のオーバーサンプリングによるアプローチで解決する。具体的には、 $2 \times 2$ 、 $3 \times 3$ の改解像度アップにより、増加する処理時間に比較して効果的に品質の改善が図れる。図1に、数字の「6」を(a) 通常の等倍グリッド、(b)  $2 \times 2$  と (c)  $3 \times 3$ のオーバーサンプリングで描画した例を示す。(a)に比べて明らかに再現性が向上している。

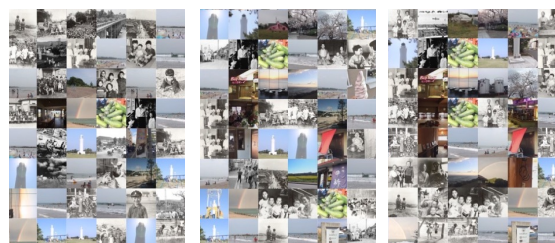


図1. フォトモザイクにおけるオーバーサンプリング：(a) 等倍、(b)  $2 \times 2$ 倍、(c)  $3 \times 3$ 倍

### (2) 画像の輪郭線の処理アルゴリズムの確立

素材画像の輪郭線を抽出し、モチーフ画像の輪郭線の一部と高速にマッチングする処理には、フーリエ記述子を用いる。曲線上の座

標をフーリエ変換して得られる係数列であるフーリエ記述子は、おおまかな形状を曲線どうしで比較するのに適している。研究代表者はこれまでに、考古学における土器形状をフーリエ記述子を用いて検索するシステムを開発した経験を有する。

画像中の輪郭線を抽出する際には、コンピュータで一般的なRGB表色系ではなくCIE Lab表色系を用いる。これは人間の感覚よりも青や赤が重要視されるRGBに比べ、より新しい基準であるCIE Labであれば色の比較をより自然に行えるためである。

### (3) フォトモザイク評価のための数値指標の考案

フォトモザイク生成のアルゴリズムを開発する際には、繰り返し出力されるフォトモザイクの品質をコンピュータで自動的に評価する指標が有効である。そのような数値指標があれば、開発したアルゴリズムのさまざまなバリエーションが生成する多数の例の中から、目視によらずに有望な技法やパラメータが検索可能になるためである。

- ・ 処理時間、用いた素材画像の枚数と平均面積
- ・ 生成されたフォトモザイクと元のモチーフ画像の全体類似度(ピクセル間の色の差分)
- ・ モチーフ画像の輪郭線の再現性(連続性) 素材画像のカバー率(与えた材料のうち何%が生成したフォトモザイクに使われたか)

### (4) 被験者評価実験の計画立案

被験者評価実験で提示できる刺激(フォトモザイクの生成例)の数には限りがあり、開発したアルゴリズムで様々なパラメータを変化させてその影響を網羅的に調査することは不可能である。したがって、まず小規模な実験を通じてフォーカスすべき画像特徴を絞り、後続の実験を最大限に活用できるよう計画を練る。実験の結果、後述の4項目がフォトモザイクの品質評価を大きく左右することが判明した。

### (5) 対面による被験者評価実験

20名程度の被験者に対して対面で実験を行う。提示したフォトモザイクについて、その品質を数値(5段階)で評価させる際には、下記の点に留意した。

- 設問に用いる表現が与える影響：単に「美的品質」を評価させるべきか、「モチーフと素材画像がともに視認できるか」を問うべきか
- 評価の安定性：同一の被験者は同一の提示例に対してどの程度一貫した評価を与えるのか
- 表示環境の違い：フォトモザイクの提示に用いるディスプレイの種類(PC用ディスプレイ、タブレット端末、印刷した大判

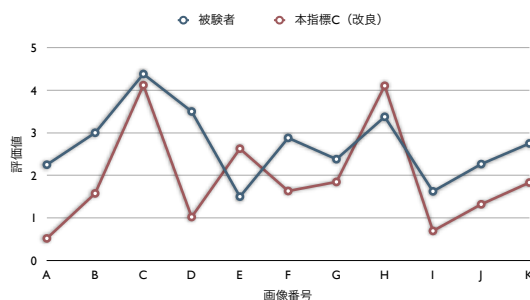


図2. フォトモザイクにおける色彩の再現度に対する実験者評価と提案手法における自動評価の比較

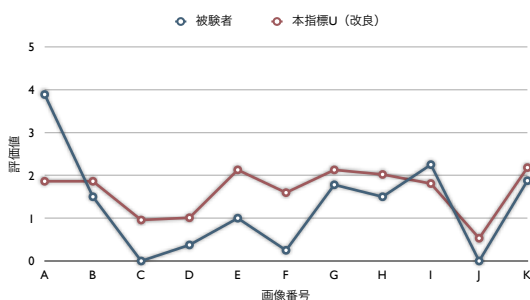


図3. フォトモザイクにおける素材画像のバリエーションに豊富さに対する実験者評価と提案手法における自動評価の比較

ポスターなど)や部屋の照明状態、提示時間などを変化させ、評価値に有意な差が生じるか

## 4. 研究成果

### (1) 人間の視覚による評価に近い指標

10名が参加した評価実験の結果に基づいて、フォトモザイクの印象は、(1) 色彩の再現性、(2) 輪郭線の再現性、(3) 素材となる小画像の合計使用枚数、(4) 素材画像のバリエーションの豊富さ(重複の少なさ)の4項目によって大きく影響されることが判明した。そこで、人間の評価値に近い数値を自動的にフォトモザイク画像から算出する手法を開発した。それらの4指標のうち、実験参加者による評価値と本手法による色彩の再現度の評価値のグラフを図2に、素材画像のバリエーションの豊富さの評価に関する比較を図3に示す。11枚のフォトモザイク画像A~Kに対し、実験参加者による評価値の傾向が提案手法によりいずれのグラフでも良好に再現されている。

### (2) JR日立駅自由通路におけるメディア展示

2016年2月24日から3月12日まで、ガラスの駅舎が有名なJR常磐線の日立駅自由通路にて、天井に設置した液晶プロジェクタから半透明スクリーンにフォトモザイクを投影するメディアアート展示を実施した(図4)。市報やケーブルテレビでも展示について取り上げられ、駅を利用する通行人にフォトモザイ



図4. JR日立駅自由通路にて実施した液晶プロジェクトによるフォトモザイク展示の様(2016年2月24日～3月12日)

クをより身近に感じさせる効果があった他、素材画像とモチーフ画像の両者が認識できるための視覚効果などに関して、今後の改良に役立つ意見が多数得られた。

### (3) 成果の対外的発表

本研究課題を通して得られた成果は、学術誌論文1編、国際会議発表8件を含む学会発表10件で公開するとともに、さらに学術誌論文への投稿を準備中である。公共の場(JR日立駅)での成果展示の他、NHK Eテレの番組でも成果が取り上げられるなど、研究成果のよりわかりやすい説明・展示を実施した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 1 件)

- ① Visualizing Color Term Differences based on Images on the Web, Nobuyuki Umezu and Eriho Takahashi, JCDE (Journal of Computational Design and Engineering), Vol. 4, No. 1, pp. 37-45, 2017, 査読あり  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcde.2016.08.002>  
 (謝辞にて科研費番号記載済み)

〔学会発表〕 (計 10 件)

- ① Nakayari Tatsuya, Nobuyuki Umezu, Selecting representative images for thumbnails of a large number of

images, Proc. of ISCIU (International Student Conference in Ibaraki University) 2016, 2016.12.17, Ibaraki University (Mito)

- ② Nobuyuki Umezu, Photographic Mosaics Maintaining Image Boundaries, Proc. of A-DEWS (Asian Design and Engineering Workshop) 2016, Osaka University (Osaka), 2016.12.12
- ③ Nobuyuki Umezu, Photographic Mosaics Maintaining Image Boundaries, Proc. of ACDDE (Asian Conference on Design and Digital Engineering) 2016, Juju (Korea), 2016.10.27
- ④ Nakayari Tatsuya, Nobuyuki Umezu, Efficient thumbnail generation for multiple images, Proc. of ACDDE (Asian Conference on Design and Digital Engineering) 2016, Jeju (Korea), 2016.10.26
- ⑤ 中谷里達也、梅津信幸、画像群に対するサムネールの効率的な生成手法、精密工学会秋季学術講演会、2016.09.07、茨城大学(茨城・水戸)
- ⑥ 梅津信幸、画像中の境界線を保存するフォトモザイク生成手法、精密工学会秋季学術講演会、2016.09.07、茨城大学(茨城・水戸)
- ⑦ Tatsuya Nakayari, Nobuyuki Umezu, Accelerating Thumbnail Generation from JPEG Images, Proc. of ISCIU(International Student Conference in Ibaraki University) 2015, 2015.12.06, Ibaraki University (Mito)
- ⑧ Eiji Kaneko, Nobuyuki Umezu, Extracting Object Position Characteristics from Images on the Web, ISCIU(International Student Conference in Ibaraki University) 2015, 2015.12.06, Ibaraki University (Mito)
- ⑨ Tatsuya Nakayari, Nobuyuki Umezu, Accelerating Thumbnail Generation from JPEG Images, Proc. of ACDDE (Asian Conference on Design and Digital Engineering) 2015, 2015.11.05, Kitakyushu (Fukuoka)
- ⑩ Eiji Kaneko, Nobuyuki Umezu,

Extracting Object Position Characteristics from Images on the Web, Proc. of ACDDDE (Asian Conference on Design and Digital Engineering) 2015, Japan, 2015.11.05, Kitakyushu (Fukuoka),

中谷里 達也 (NAKAYARI Tatsuya)

茨城大学・工学部

古澤 瑞穂 (FURUSAWA Mizuho)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

- ① テレビ報道 (NHK教育番組) 画像処理の専門家として出演し、開発したフォトモザイクシステムの解説・実演を行った (2016年2月24日放送、および翌月再放送)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

茨城大学・工学部・講師

梅津 信幸 (UMEZU Nobuyuki)

研究者番号：30312771

### (2)研究分担者

なし

### (3)連携研究者

なし

### (4)研究協力者

茨城大学・理工学研究科

金子 英司 (KANeko Eiji)

茨城大学・理工学研究科