

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：53301
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2017～2021
課題番号：17K12770
研究課題名（和文）画像の解像度変換により生じる違和感の視線計測による要因解明と評価システムの開発

研究課題名（英文）Factorial analysis and development assessment system for Discomfort of resized image

研究代表者
川除 佳和（kawayoke, yoshikazu）
石川工業高等専門学校・電子情報工学科・准教授

研究者番号：90552547
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：違和感の少ない画像リサイズを目的としたImage Retargeting(IR)と呼ばれる技術が注目されているが、絵柄によっては致命的な違和感が生じる課題がある。本研究では、視線計測装置を用いて違和感の発生要因を特定し、IR研究のサポート基盤の確立を目指した。いくつかの代表的なIR手法によってリサイズされた画像に対して、4段階の尺度による違和感の主観評価とその際の視線運動を計測し、違和感があると評価する際には、その評価時間が重要であることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義
多様化が進むディスプレイ分野において、画像の自然さを保ったままでのリサイズを実現できるImage Retargeting(IR)への期待は大きい。一方でIRは「変換失敗時の多大な違和感が発生する」という致命的な欠点を抱えている。これを根本から解決する手法は依然として存在しない。本研究では「人間が画像から違和感を覚えるのはどのような場合か」を明らかにしようとするものであり、ここに学術的な意義がある。また、本研究により明らかにした「違和感評価における時間依存性」は新規のIR手法の開発に有益な知見となることが期待される。

研究成果の概要（英文）：A technique called Image Retargeting (IR), which aims to resize images with minimal discomfort, has been attracting attention, but it has the problem of causing fatal discomfort depending on the picture pattern. In this study, we aimed to identify the factors that cause the sense of incongruity using a gaze measurement device and to establish a support infrastructure for IR research. We measured the subjective evaluation of discomfort using a four-level scale and the eye movement during the evaluation, and found that the evaluation time was important in evaluating the discomfort.

研究分野：感性情報処理

キーワード：違和感評価 イメージリターゲティング 視線計測

1. 研究開始当初の背景

画像表示デバイスの技術進展によって、多様な大きさ・形状のディスプレイが開発されている。これに伴い、1枚の画像をそれとは異なる解像度・アスペクト比にリサイズする技術に関心が集まっている。よく知られているリサイズ手法に、Cropping(一部を切り抜く、以下 CR)と Scaling(全体を一様に拡縮する、以下 SCL)がある。これらのアルゴリズムは単純かつ計算コストも低く抑えることができるが課題もある。CRによるリサイズでは一般に手動で切り取る領域を決めるために重要なオブジェクトが切り取られてしまう可能性があること、また SCL では入力画像とディスプレイのアスペクト比が異なると画像中のオブジェクトのアスペクト比までもが変わってしまうことである。

上記の課題を解決するために、重要なオブジェクトの欠損を防ぎ、かつ、アスペクト比を保ったままでのリサイズの実現を目指したイメージリターゲティング手法(IR:Image Retargeting, 以下 IR)が研究され、現在までにいくつかの手法が提案されている。IR手法は画像の構図にまで踏み込んだ非均一な処理により違和感の少ない変換を目指す。手法によっては単純な CR や SCL によるリサイズ結果よりも不自然な変換となるものが存在する。

図1(a)に示す2種類の原画像に対して、引用文献①～⑥の6種類のIR手法でリサイズした結果を(d)～(i)に示す。また、比較のために CR および SCL でリサイズした結果を(b), (c)に示す。IR手法によってリサイズした画像(以降 IR 画像)は CR や SCL のそれとは異なり、画像の構図にまで踏み込んだ非均一な処理が行われていることが推察できる。また、手法によっては「単純な CR や SCL によるリサイズ結果よりも不自然な変換」となるものが存在するのも分かる。



図1. 6種類のIR手法によるリサイズ結果の比較

2. 研究の目的

「人間が画像から違和感を覚えるのはどのような場合か？」を視線計測装置により明らかにすることが目的である。先に示した図1の絵柄はIR手法によるリサイズが一般に困難なものである。その理由は、大部分の領域をオブジェクトやテクスチャが占めており、これが自然なリサイズを阻害する。図2は代表的なIR手法である seam carvingの処理手順を簡単に説明したものである。入力画像である塔の絵柄は、IR手法によるリサイズが比較的容易なものである。重要なオブジェクト領域(この例では人や塔)の画像中に占める割合は小さく、削除対象の画素を容易に決定できる。SCはまず輝度勾配に基づくエネルギー関数を利用してエネルギーが最小となる縫い目(seam)を探索する。次にその始点から終点に至るまでのパスに含まれる画素を水平または垂直方向に1ラインにわたり削除する。これにより段階的な画像の縮小を実現する。ここで、図2(1)に示すグレー画像はエネルギー関数値を輝度値として可視化したものである。

本研究では、削除画素を決定する際の評価基準を「視覚的重要度マップ」と呼ぶことにする。視覚的重要度マップの値が大きな箇所ほど、人間が重要な領域として捉えているという仮説である。つまり SC は、輝度勾配の大きい領域が重要であるという仮説に基づき、なるべくそのような領域は削除せずに保持するというアルゴリズムと考えることができる。このように多くのIR手法ではリサイズの過程において、何らかの仮定(評価関数/評価基準)に基づき、視覚的重要度マップを内部的に生成した上で、削除対象の画素を決定しているといえる。

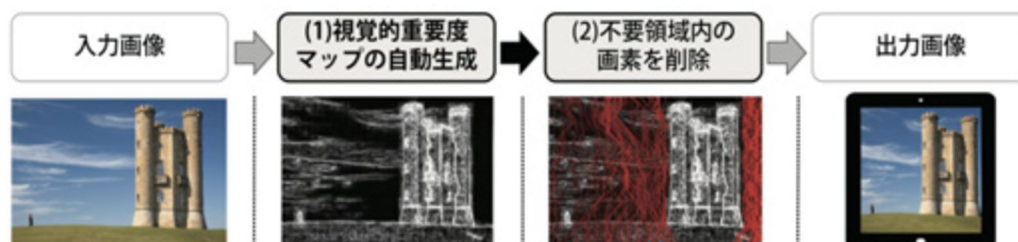


図2. Seam Carving(SC)によるリサイズ処理の流れ

他方で、IR手法そのものではなく、IR手法のベンチマーク試験およびデータベースの作成を

目的とした研究がいくつか行われている（引用文献⑦～）。特に文献 は代表的な研究として知られており、主要な IR 手法でリサイズされた画像に対して一対比較法を用いた大規模な主観評価実験を行い、その結果をデータベースとしてまとめている。さらに同文献ではアンケート調査により「好ましくないと判断された理由に「物体輪郭の歪みなど」の可能性を指摘しているが、違和感の要因を特定するまでには至っていない。

また、本研究に類似する関連研究として、視線計測装置を用いて原画像と IR 画像の注視パターンを比較する実験を行ったものがある（引用文献）。被験者に対して「画像を注意深く見るように」とだけ教示したうえで、原画像または IR 画像を 5 秒間自由に閲覧するタスクを与え、その際の視線パターンが同一絵柄の原画像と IR 画像とでどのように変化するかを実験により検証したものである。その結果、原画像と IR 画像とで注視パターンに変化が見られるものの、5 秒間という短い時間での自由閲覧タスクでは、注視されない領域に発生するエッジの歪みなどに気付かない可能性に言及している。また、画像の一部を切り取るような手法では、画像の構図が大きく変わってしまうが、人間は顕著性の非常に高い領域を注視する可能性が高いために、オブジェクトの損失にすら気付かない可能性にも言及している。

本研究でも同様に視線計測を用いて IR 画像の評価を行うが、画像の閲覧時間（本研究ではあわせて違和感の評価タスクを課すので評価時間ともいえる）を固定するのではなく「あえて閲覧時間を自由」にした場合に、注視パターンがどのように変化させる実験を行う。本研究の目的をまとめると、IR 画像からうける違和感と視線運動との関連性について「先に違和感の評価するというタスクを明示的に与えた上で視線パターンを分析する」ことにより明らかにすることである。

3. 研究の方法

IR 手法でリサイズされた画像に対して、4 段階の評価語を用いた違和感に関する主観評価およびその際の視線を計測して視線運動を分析する。実験には引用文献 で作成されたデータベースから選定した画像を用いる（実験画像は図 3 の通りである）。リサイズ手法は 8 種類（CR, SCL, MULTIOP, SC, SM, SNS, SV, WARP）である。

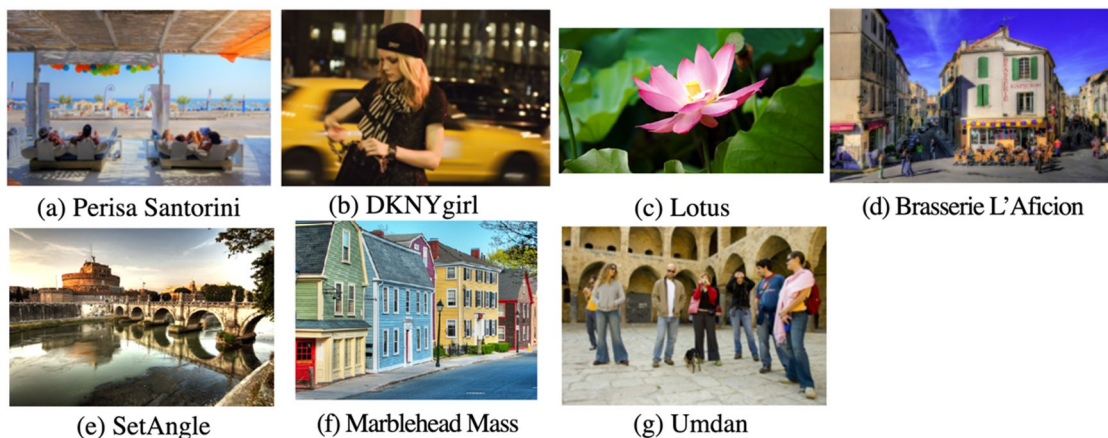


図 3 . 実験画像

図 4 に実験の手順を示す。被験者にはまず、(a) に示す画像を提示し、1～5 までの数字を順に目で追うよう指示して視線計測に慣れてもらい、数字を目で追い終えたら、被験者はマウスクリックにより手順(b)に遷移する。次に(b)に示す注視位置の校正用画像を提示し、表示された領域を注意するように促す。この画像は 5 秒間提示されたのちに、自動的に手順(c)に遷移する。(c)では、原画像と IR 画像をそれぞれ左右に配置したものを提示し、原画像と IR 画像とを見比べながら IR 画像の違和感を 4 段階尺度で評価してもらう。評価尺度には、DSIS 法として知られている 2 重妨害尺度法で用いられているものを参考に、(1: 違和感がない, 2: 違和感があるが我慢できる, 3: 違和感があり好ましくない, 4: 耐えられない強い違和感がある)とする。また評価時間は任意とし、評価が完了した時点で被験者がマウスをクリックすることで(d)に遷移する。この評価期間の視線データを視線計測装置で計測する。(d)では、評価結果を実験者に口頭で伝えてもらう。実験者は手元に用意した用紙に評価結果を記入するとともに、マウスクリックによって(b)に戻る。(b)～(d)を全画像の評価を終えるまで繰り返す。なお、実験は 8 セクションに分け、1 セクションに 8 枚の画像を評価してもらう。同一のセクション内では同一の IR 手法でリサイズされた異なる絵柄を提示するものとする。ただし、不安定な評価を行う被験者を調査するために、同一セクション内でもダミー画像として同一の実験画像を 1 枚加える。

なお上記実験は、石川工業高等専門学校倫理審査委員会の承認を得た上で実施した。被験者には文書にて研究の趣旨・目的、プライバシーの保護、本研究から生じる個人への利益・不利益、自由意志による参加、同意の撤回、情報公開の方法について詳細に説明したうえで協力を依頼し、

同意書の提出により上記の事項に同意したものとした。



手順(a):訓練用画像の提示 → 手順(b):注視位置の校正画像の提示 → 手順(c):評価画像の提示 → 手順(d):評価結果の申告
 図4．実験手順

4．研究成果

被験者 17 名に対して実験を行った結果を図5に示す。ただし、違和感評価値は被験者平均をとり MOS (Mean Opinion Score) とした。また、視線計測結果を図6に示す。ここで、解析には図7で定義する特徴量を用いることとした。

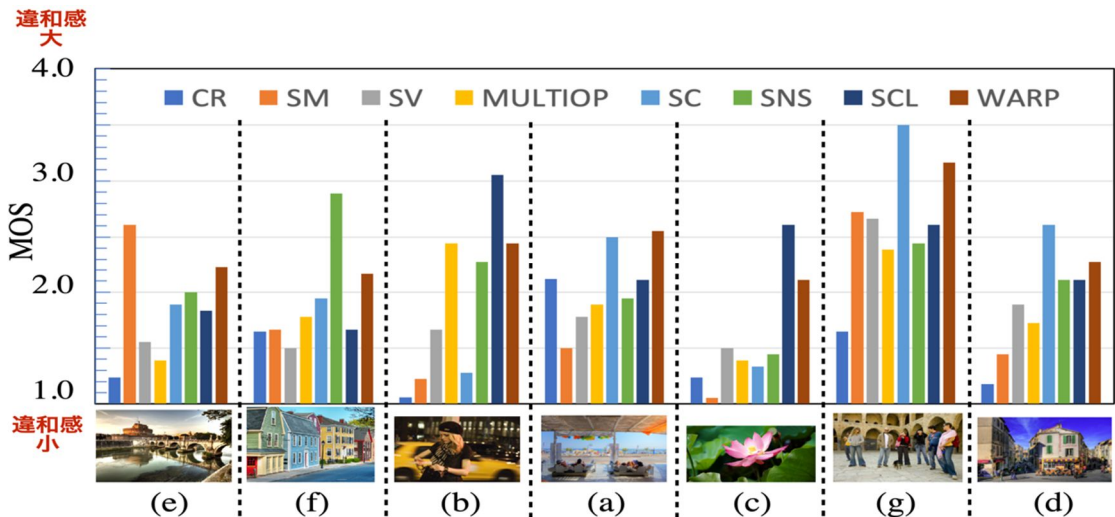


図5．違和感評価結果

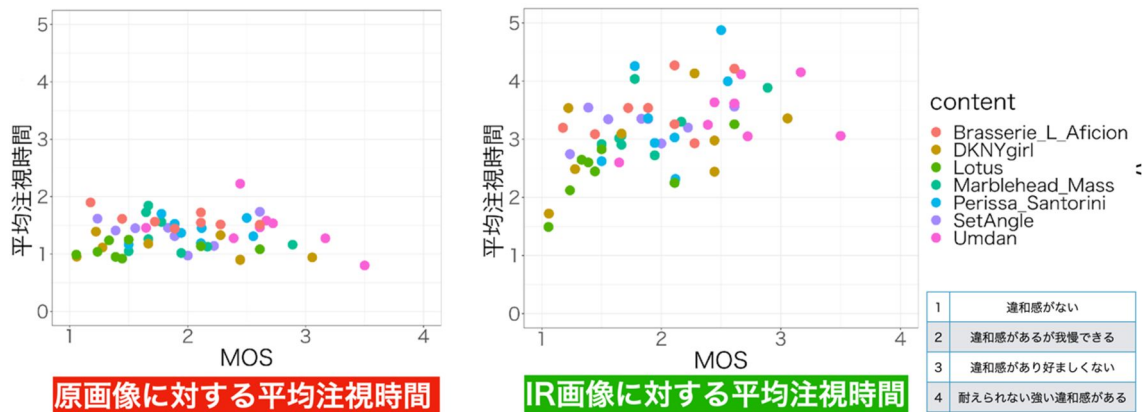


図6．視線計測の結果



図7．解析に用いる視線計測の特徴量

実験の結果，MOS と原画像に対する平均注視時間は無相関であり，MOS と IR 画像に対する

平均注視時間には相関関係が認められた。また、MOS と原画像と IR 画像の平均注視時間の差にも相関関係が認められた。

視線計測から得られる多様なデータのうちで、本研究で最も興味があるのは、原画像と IR 画像との比較による違和感評価のタスク下における、違和感の評価の大小と画像の注視時間や運動パターンとの関連性である。違和感の大きな画像であるほど IR 画像を長く注視するということが実験により明らかとなった。研究代表者らは「違和感の大きな画像ほどそれに気づきやすいために注視時間が短くなる傾向にあるのではないか？」と考えていたが、予想とは逆の結果となった。原画像の注視時間が違和感の大小にほとんど無関係であることであったことも示唆に富む。画像の閲覧時間が固定されている場合には、劣化や情報損失に気付かない可能性は確かに否定できないが、本研究で得られた「注視時間が長いほど違和感が大きいと評価される」という結果に基づけば、画像の閲覧時間に制限を設けない場合には、人は IR 画像に生じる劣化や情報損失を明確に探し出せることが示される。つまり IR 画像の劣化や情報欠落に気付くか気付かないか、また、それにより違和感の大小が変化することは、閲覧時間の制限のあるなしが影響を与えているといえ、違和感と評価時間との関連性が明らかとなった。本研究で得られた「違和感評価における時間依存性」に関する知見は、IR 手法の開発に有益な知見となることが期待できる。

<引用文献>

- M. Rubinstein, A. Shamir, and S. Avidan, "Multi-operator media retargeting," *ACM Trans. Graph.*, vol.28, no.3, 2009.
- S. Avidan and A. Shamir, "Seam carving for content-aware image resizing," *ACM Trans. Graph.*, vol.26, no.3, 2007.
- Y. Pritch, E. Kav-Venaki, and S. Peleg, "Shift-map editing," 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision, 2009.
- Y. Wang, C. Tai, O. Sorkine, and T. Lee, "Optimized scale-and-stretch for image resizing," *ACM Trans. Graph.*, vol.27, no.5, 2008.
- P. Krahenbuhl, M. Lang, A. Hornung, and M. Gross, "A system for retargeting of streaming Video," *ACM Trans. Graph.*, vol.28, no.5, pp.1-10, Dec. 2009.
- L. Wolf, M. Guttman, D. Cohen, "Non-homogeneous content driven video retargeting," 2007 IEEE 11th International Conference on Computer Vision, Oct. 2007.
- M. Rubinstein, D. Gutierrez, O. Sorkine, and A. Shamir, "A comparative study of image retargeting," *ACM Trans. Graph.*, vol.29, no.6, Dec. 2010.
- L. Ma, W. Lin, C. Deng, and K.N. Ngan, "Image retargeting quality assessment: A study of subjective scores and objective metrics," *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, vol.6, no.6, pp.626-639, 2012.
- M. A. Alsmirat, E. Qawasmeh, M. Al-Ayyoub, N. A. Damer and Y. Jararweh, "Building an Image Database for Studying Image Retargeting," 2017 IEEE/ACS 14th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA), pp. 457-462, 2017.
- S. Castillo, T. Judd, and D. Gutierrez, "Using Eye-Tracking to Assess Different Image Retargeting Methods," *Proceedings of the ACM, SIGGRAPH Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization*, pp. 7-14, 2011.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 川除佳和, 稲積泰宏	4. 巻 121
2. 論文標題 Image Retargeting手法でリサイズされた画像に生じる違和感の主観評価および視線計測による要因分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 64-69
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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 白藤 教昭, 川除 佳和, 稲積 泰宏, 金寺 登
2. 発表標題 リターゲティング画像における主観的違和感と視線運動との関係
3. 学会等名 第32回 画像符号化シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 水野 颯介, 川除 佳和
2. 発表標題 Bag of Keypointsを用いた客観画質評価法の推定精度改善
3. 学会等名 平成29年北陸地区学生による研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋 直暉, 川除 佳和
2. 発表標題 機械学習によるROI推定法の検討
3. 学会等名 平成29年北陸地区学生による研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 航昇, 川除 佳和
2. 発表標題 IR画像における違和感評価指標の検討
3. 学会等名 平成29年北陸地区学生による研究発表会
4. 発表年 2018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

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