

令和元年5月25日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2018

課題番号：17K19963

研究課題名（和文）モダリティの転移によるデータドリブンな線画・漫画に対する自動彩色

研究課題名（英文）Manga Colorization by Data Driven Approaches

研究代表者

相澤 清晴（Aizawa, Kiyoharu）

東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授

研究者番号：20192453

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、2つの命題について取り組んだ。一方は、漫画のデータセットであり、もう一方は、着色を中心とした漫画の新技术の研究である。前者は、109巻、約2万ページ、約50万のアノテーションからなり、研究コミュニティが自由に学術研究に利用できる。後者の新技术では、着色と検索、検出に取り組んだ。着色：たった一枚の参照画像からcGANのトレーニングを行い、同一キャラクタを彩色できることを示した。検索：2種のデータで学習した深層特徴量により、スケッチから精度よく漫画を検索できることを示した。検出：セリフ、コマ、キャラクタの顔と全体の検出を行い、AUCが0.92以上と高い精度を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本の漫画は、世界的に注目され、人気のあるコンテンツである。日本におけるいわゆる電子書籍の市場は前年比25%増と大きな増加をたどっており、コミックがその8割を占めるに至っている。しかし、書籍であったことから、メディア処理の研究対象とされてこなかった。本研究では、この漫画に対して、着色、検索、検出などのメディア処理に関する主導的な研究を行うことができた。

特に、技術的な課題だけでなく、データセットを完成させたことは大きな貢献となった。これは、研究コミュニティで広く利用可能な基盤となり、現時点で、約500のリクエストがあり、うち3分の2は海外からのものである。

研究成果の概要（英文）：In this study, we addressed two problems. One is a Manga data set, and the other is technical research for Manga focusing colorization. The former consists of 109 volumes, over 20,000 pages, and over 500,000 annotations. The research community can freely use it for academic research. The latter new technology worked on coloring, search and detection. Colorization: We developed a technique of cGAN in which being trained by a single reference image we can colorize the same characters. Search: We developed a sketch based search of comics using deep features trained by two different kind of data. Detection: We showed highly accurate detection of speech texts, frames, character faces and wholes with AUC of 0.92 or more.

研究分野：画像処理

キーワード：漫画 画像処理 データセット 物体検出 セリフ検出 中割り フォント マルチモーダル

1. 研究開始当初の背景

日本の漫画は、世界的に注目され、根強い人気のあるコンテンツである。漫画も今やデジタル化され、多くのディストリビューターが、デジタル漫画の配信を行っている。日本におけるいわゆる電子書籍の市場は前年比 25%増と大きな増加をたどっており、コミックがその 8 割を占めるに至っている。漫画は、書籍であることから、これまで十分に画像処理対象とはされていなかった。例えば、現状のシステムは、検索するにしても、タイトル、著者といったようなキーワードでしか検索できない。漫画は、その著しい電子化に伴うメディア処理の技術基盤を必要としている。

2. 研究の目的

漫画の国際的な流通における最大の課題は、色付けであるといわれている。漫画そのものは本来的に白黒 2 値であり、線画にスクリーントーンと称するテクスチャを用いて作画されている。過去に発行された膨大な漫画、現在も一部を除くほとんどの漫画は白黒である。しかしながら、色付けは、国際マーケットに出すためには必要となり、現状、手作業でかなりの時間をかけて色付けが行われている。

本研究では、色付けに代表される漫画のためのメディア処理の基盤を構築することを目的とする。漫画の高度画像処理のためのデータセットを構築し、技術的な課題として、着色、検索、キャラクタ分類、中割、フォント処理に対して取り組んだ。

3. 研究の方法

具体的には、以下の項目に関して研究を進めた。

- (1) Manga109 データセットの作成：世界最大の漫画画像処理で基幹的な役を果たすデータセットの構築。
- (2) 参照画像を用いた基づく着色：一枚の彩色参照画像を学習に用いた cGAN による着色。
- (3) セリフ、キャラクタ (顔, 全体), コマの検出：深層学習を用いた高精度検出。
- (4) スケッチからの検索：深層特徴を用いたスケッチからの検索。
- (5) セリフ検出器の検証：漫画画像からのセリフ検出についての詳細な性能評価。
- (6) 漫画画像の特徴量生成：キャラクターのクラスタリングに有効な特徴量抽出を論じた。
- (7) アニメーション線画の中割り生成：線画の距離変換を行う手法。
- (8) フォント処理：フォントによる感情表出, 画像印象に合致したフォント検索, マルチモーダル学習によるフォントの創発的検索

4. 研究成果

各項目について記述する。

(1) Manga109 データセットの作成：

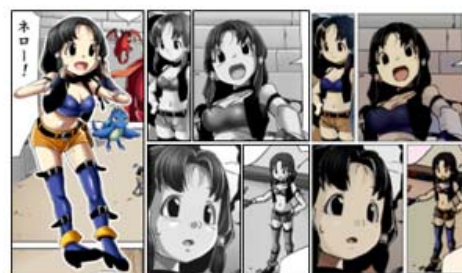
漫画画像処理で基幹的な役を果たすデータセットを構築した。アノテーションを作成し、認識などの高次処理の基盤を作り上げた。109 冊に及ぶ 94 作者からの承諾をうけたデータセットであり、世界最大規模である。20,000 ページ超に及び、アノテーションの総数は、50 万を超えるものとなった。

学術利用としての共有を進めた。強い産業利用のリクエストをうけ、その部分セットに対して、産業利用への道筋もつけた。これまでに 500 ほどのリクエストを受けた。そのうち約 3 分の 2 が海外である。(映像情報メディア学会誌 2018, arXiv 2018, JSAI 大会 2018 招待講演, IEEE MMSP keynote talk)



(2) 参照画像を用いた cGAN に基づく着色：

漫画の着色にあたり、cGAN (conditional Generative Adversarial Networks) に基づく手法を提案した。膨大な画像でトレーニングを行う通常の cGAN とは異なり、提案手法では、大量の画像は使わずに、キャラクタの彩色のために、彩色された一枚の参照画像だけを用いることで妥当な彩色が可能であることを示した。cGAN の利用に起因するボケに関しては、セグメンテーションと色補正も提案し、検証した。(arXiv2017, MANPU2017)



参照 入力 彩色結果

- (3) 深層学習を用いたセリフ, キャラクタ (顔, 全体), コマの高精度検出 :

漫画の要素であるセリフ, キャラクタ (顔, 全体), コマの検出を行った。各対象要素のバウンディングボックスが大きく重複することが問題となるが、これに対して、深層学習に基づく SSD (Single Shot multibox Detectot) のネットワークを発展させた SSD-fork を提案した。通常の SSD を分岐させることで、ネットワーク規模を大きくすることなく、既存手法を大きく上回る精度の高い検出が実現できることを示した。(IEICE 大会・研究会にて発表, arXiv 2018)



漫画要素の高精度検出例
左: 正解 右: 自動検出結果

- (4) 深層特徴を用いたスケッチからの検索 :

深層特徴を用いたスケッチからの検索を提案した。漫画とその線画のそれぞれでトレーニングした二つの CNN を利用し、スケッチからの漫画の検索、検索結果からの適合性フィードバックの両者に深層特徴を用いる検索となっている。エッジ特徴を用いる既存手法に比べて、はるかに高い検索精度を実現した。(MANPU2017, JSAI 大会)



深層特徴の利用による高精度化. 左: スケッチ, 中: EOH特徴, 右: 深層特徴

- (5) セリフ検出器の検証 :

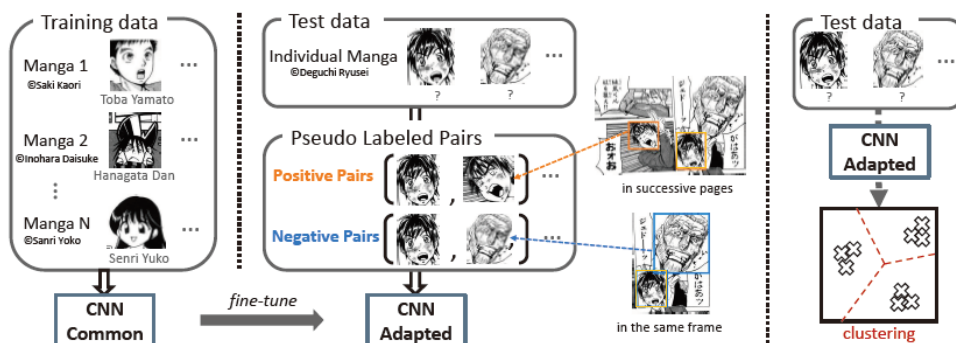
漫画画像からのオブジェクト検出のうち、特にセリフの検出について、詳細な性能評価を行った。解像度をあげた SSD512 を用いてセリフのバウンディングボックスの検出精度を計量し、その指標の一つである AP は 0.926 であった。セリフの検出はデータセットを用いた機械学習による画像処理として最も産業界からの引き合いも高く、2つの企業への技術提供を行った。(PCSJIMPS2018 発表).



- (6) 漫画画像の特徴量生成とクラスタリング :

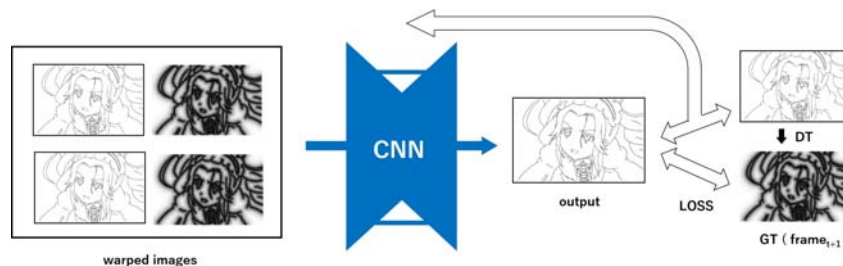
個別の漫画に適応した漫画画像処理に効果的な特徴量生成を論じた。一般的な深層分類学習に加えて、個別の漫画に特化した深層距離学習での適応化を行うことで、キャラクターのクラスタリングが効果的に行えることを示した (MIRU2018, SIGGRAPH Asia2018 poster 発表)

©島崎讓、鷹司 ©咲香里



(7) アニメーションの中割生成：

線画は自然画像と比べて、テクスチャなどの情報量が少なく、輝度勾配がない。本研究では、中割生成の支援として、連続する線画フレームを入力として、距離変換を施すことで、線画を諧調画像に変換し、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いて補間画像を出力する手法を提案し、その有効性を検証した。(FIT2019, 信学会画工研 2019 発表、IEEE ICIP2019 採択)。



(8) フォント (活字) 処理：

フォントによる感情の表出に関する研究も着手し、・メッセージャーでのフォントによる感情表出: Emotype, ・グラフィックデザインのための画像の印象に合致したフォントの検索 (ACM IUI2018) ・マルチモーダル学習によるフォントの創発的検索 (信学会 PRMU 研, ACM ICMR2019 採択, 信学会大会 2019, 映像情報メディア冬季大会 2018 発表) に関する研究成果を挙げた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

1. Saemi Choi, Shun Matsumura, Kiyoharu Aizawa, Assist Users' Interactions in Font Search with Unexpected but Useful Concepts Generated by Multimodal Learning, ACM ICMR2019 (accepted)
2. Saemi Choi, Kiyoharu Aizawa, Emotype: Expressing Emotions by Changing Typeface in Mobile Messenger Texting, Multimedia Tools and Applications, Springer, Vol.77, pp.1-18, Oct. 2018
3. T. Ogawa, A. Otsubo, R. Narita, Y. Matsui, T. Yamasaki, K. Aizawa, Object Detection for Comics using Manga109 Annotations, arXiv: 1803.08670, 18pages, 2018.3
4. 相澤、松井、藤本、大坪、小川, 学術漫画データセットの構築 -Manga109- (招待論文) 映像情報メディア学会誌 Vol. 72, No. 3, pp.358-362, May, 2018
5. Paulina Hensman, Kiyoharu Aizawa, cGAN-based Manga Colorization Using a Single Training Image, arXiv:1706.06918, 8pages, 2017.5

[学会発表] (計 21 件)

*国際会議

1. Kiyoharu Aizawa Building a Manga Dataset Manga109 for Multimedia Applications (Keynote Talk) IEEE MMSP 2019
2. Rei Narita, Keigo Hirakawa, Kiyoharu Aizawa, Optical Flow based Line Drawing Frame Interpolation using Distance Transform to Support Inbetweens, IEEE ICIP2019 (accepted)
3. Koki Tsubota, Toru Ogawa, Toshihiko Yamasaki, Kiyoharu Aizawa, Adaptation of Manga Face Representation for Accurate Clustering, ACM SIGGRAPH Asia 2018, poster, Dec. 4-7, 2018, Tokyo

4. Saemi Choi, Kiyoharu Aizawa, Nicu Sebe,
FontMatcher: Font Image Paring for Harmonious Digital Graphic Design,
ACM IUI2018, pp.37-41, Mar. 7-11, 2018, Tokyo
5. Paulina Hensman, Kiyoharu Aizawa,
cGAN-based Manga Colorization Using a Single Training Image,
IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition, Workshop MANPU2017
pp.72-77, November 10, 2017, Kyoto, Japan
6. Rei Narita, Koki Tsubota, Toshihiko Yamasaki, Kiyoharu Aizawa,
Sketch-based Manga Retrieval using Deep Features,
IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition, Workshop MANPU2017
pp.49-53, November 10, 2017, Kyoto, Japan

*国内会議

7. 相澤清晴,
Manga x AI, AI 向けの漫画データセットと進展 (招待講演),
アプライドAI サミット~AI と人・産業の共進化, 22-24, Apr, 2019, 東京
8. 成田嶺、平川恵悟、相澤清晴,
距離変換を利用したオプティカルフローの推定による線画フレームの補間
電子情報通信学会 画像工学研究会 pp.215-220, IE2018-103, Feb.19-20, 2019, Sapporo
(IE 賞受賞)
9. 松村駿, 崔セミ, 相澤清晴,
英語フォントに基づく日本語フォントの横断的検索,
電子情報通信学会 総合大会, D-12-28, Mar.19-22, 2019, Tokyo
10. 松村駿, 崔セミ, 相澤清晴,
マルチモーダル学習による日本語フォントの検索,
映像情報メディア学会冬季大会 2018 13-D6, Dec.20-21, 2018, Tokyo
11. 坪田亘記, 相澤清晴,
Manga109 データセットに基づく SSD を用いたテキスト検出手法の検証,
画像符号化・映像メディア処理シンポジウム(PCSJ・IMPS2018)
P2-11, Shizuoka, Nov. 19-21, 2018.
12. 成田嶺、平川恵悟、相澤清晴,
線画フレーム補間のための距離変換を用いたオプティカルフロー推定,
画像符号化・映像メディア処理シンポジウム(PCSJ・IMPS2018)
P5-10, Shizuoka, Nov. 19-21, 2018.
13. 成田嶺、平川恵悟、相澤清晴,
アニメーション制作支援のための距離変換を用いた線画フレームの補間,
情報科学技術フォーラム、FIT2018 CH-008, Sep. 19-21, 2018 Fukuoka
14. 坪田亘記, 小川 徹, 山崎俊彦, 相澤清晴,
深層距離学習によるキャラクター特徴量の個別漫画への適応,
画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2018), PS2-36, Aug.5-8, 2018, Sapporo
15. 崔セミ、グロリア ジェン、ニク セベ、相澤清晴,
マルチモーダル学習による創造的なフォント探索支援
電子情報通信学会, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU)
PRMU2018-27, pp.31-33, 長野県, Jun. 28-29, 2018
(PRMU 月間ベストプレゼンテーション賞受賞)
16. 相澤清晴,
漫画処理とその学術データセット(Manga109)の構築 (招待講演)
人工知能学会全国大会, 1K2-0S-2b-01, Jun. 5-8, 2018, Kagoshima
17. 坪田亘記, 小川徹, 山崎俊彦, 相澤清晴,

キャラクター顔特徴量の個別漫画への適応手法,
人工知能学会全国大会, 1K2-0S-2b-04, Jun. 5-8, 2018, Kagoshima

18. 小川徹、山崎俊彦、相澤清晴,
並列化された検出器による高精度漫画物体検出,
映像情報メディア学会、メディア工学研究会, Feb. 14-15, 2018, Sapporo

19. 小川徹、山崎俊彦、相澤清晴,
漫画物体検出に向けた検出器の並列化,
情報科学技術フォーラム、FIT2017, CH-007, Sep. 12-14, 2017 Tokyo

20. 成田嶺、坪田亘記、山崎俊彦、相澤清晴,
深層特徴を用いた漫画検索システム,
画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2017), PS3-43, 広島国際会議場、広島、Aug. 8-10, 2017

21. 成田嶺、小川徹、松井勇佑、山崎俊彦、相澤清晴,
深層特徴を用いたスケッチに基づく漫画検索,
人工知能学会全国大会, 3H1-0S-04a-2, May 23-25, 2017, Nagoya

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称：画像処理装置及びプログラム

発明者：相澤清晴、小川徹

権利者：東京大学

種類：特許

番号：PCT/JP2018/32635

出願年：2018

国内外の別：国内、外国

〔その他〕

データセット、ホームページ等 Manga109 ホームページ <http://www.manga109.org>

6. 研究組織

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。