

令和 2 年 5 月 28 日現在

機関番号：51303

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00259

研究課題名（和文）統計的パターン解析と構造的パターン解析を融合した画像データ生成モデルの構築

研究課題名（英文）Construction of image data generation model integrating statistical and structural pattern analysis

研究代表者

大町 方子（Omachi, Masako）

仙台高等専門学校・総合工学科・教授

研究者番号：90316448

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：機械学習に用いることのできる画像データを生成するモデルを構築することを目的として研究を行った。その結果、統計的モデル化による手法を提案した。画像から抽出される特徴ベクトルの要素間の相関を利用して画像を分割し、分割された部分ごとにモデル化を行うことで画像データを生成するモデルを構築する。提案手法により妥当なデータを生成できることを確認した。また、平行してニューラルネットワークを用いたデータ生成手法についても検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

画像処理や画像認識の分野では、大量データを活用する手法が多数研究され、成果を上げている。しかし、正確にラベル付けされたデータを大量に収集することは現実的には困難な場合が多く、何百万というデータがあることを前提とした手法は多くの場合そのまま利用することは難しい。提案手法は、データを収集するのではなく生成することで学習データを増やすことを可能とするものであり、機械学習のアルゴリズムには依存しないため、さまざまな手法に利用が可能であると考えている。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to construct a model that generates image data for machine learning. We have proposed a method based on statistical modeling. An image data is divided into partial images using the correlation between the elements of the feature vector extracted from the image. Then a set of image data is generated by modeling each part statistically. The effect of the proposed method was confirmed by an experiment of generating image data. In addition, we also investigated a data generation method using a neural network.

研究分野：パターン認識

キーワード：パターン認識

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

画像処理や画像認識の分野では、大量データを活用する手法が多数研究され、成果を上げている。しかし、正確にラベル付けされたデータを大量に収集することは現実的には困難な場合が多く、何百万というデータがあることを前提とした手法は多くの場合そのまま利用することは難しい。一方、スパースコーディングに代表されるように、現実世界のデータは少数の基底から構築することが可能という考え方もある。この基底を見つける考え方をより高次の特徴に適用することで、少数のデータからデータ生成のモデルを構築することは不可能ではないと考えられる。データ生成のモデルがあれば、人手により大量データを収集することなく認識の高精度化が達成できると考えられる。

データを自動生成する試みはこれまでもあり、成果を上げているが、既存の手法の多くは対象に応じてデータ生成のための知識を人間が与える必要がある。人間が介入することなく自動的なデータ生成を実現することができれば、人間が対象を観察してデータ生成のための知識を見出す必要がなく、極めて応用範囲が広い。また、画像そのものではなく特徴ベクトルを用いることができれば、形状のみならず色やその他の属性も同時に考慮し、最適なデータ生成ができると考えられる。

2. 研究の目的

本研究課題では、大量データを収集する代わりにデータ生成モデルにより必要に応じて所望のデータを生成することで高精度な画像認識を実現する方法を開発することを目的とする。人間が介入することなく統計的にも構造的にも妥当なデータ生成を実現するモデルを構築する。

特に、画像データの構造的特徴を反映することでより現実的なデータ生成を実現する手法を検討する。画像を構造的特徴に応じて自動的に分割し、構造ごとにモデル化し、それぞれの構造のモデルから統計的に生成されたパターンを矛盾がないように統合することで全体のパターンを得る手法を検討する。

3. 研究の方法

まず画像データを用い、相関による統計的データ解析手法を用いたモデル化の結果が画像の Appearance をどの程度適切に表しているかを解析する。そして、これを踏まえてデータの特徴ベクトルをモデル化する手法を開発する。一方で構造的特徴を反映する手法を開発し、これらを統合することでデータ生成アルゴリズムを開発する。一方で、敵対的生成ネットワークに代表されるニューラルネットワークを用いた画像生成の手法が注目されていることから、ニューラルネットワークを用いた手法についても検討する。さらに、生成されたデータを活用する画像認識アルゴリズムを開発し、評価を行う。なお、本手法はデータの種類の制限するものではないが、データが大量にあることと結果の直感的な理解のしやすさから、主に文字画像データを用いて検証を行う。また、提案手法の新たな応用分野を開拓する。

4. 研究成果

(1) 分割による画像の解析

画像の分割に関しては、相関を用いた手法、および、ニューラルネットワークを用いた手法について検討した。

①相関を用いた手法

画像から抽出される d 次元の特徴ベクトルを $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_d)^t$ とし、 j 番目と k 番目の要素の相関を r_{jk} とする。集合 $\{r_{jk}\}$ を、

$$\sum_{j \in S_1, k \in S_2} |r_{jk}|$$

を最小とするように集合 S_1 と S_2 に分割することで特徴ベクトルを分割する。この手法を実際の画像に適用し、その効果を確認した。手書き数字データ（一部を図 1 に示す）から特徴量を抽出し、この手法により 2 つの集合に分割し、各特徴量集合に対応する元の画像の領域を色の違いで表示したものを図 2 に示す。

このような相関を用いた分割による画像のモデル化の妥当性を確認するために、画像全体を用いてクラスタリングした結果（一部を図 3 に、分割された下部の画像のみを用いてクラスタリングした結果（一部）を図 4 に示す。図 4(a)の画像はループを含む形状であるのに対し、図 4(b)はループを含まない形状である。これらは数字「2」の典型的な 2 通りの書き方に対応していると思われる。一方、図 3 のほうは(a)と(b)でそのような顕著な違いは見られない。これは、画像全体でクラスタリングするとループの有無が全体の形状の違いに埋もれてしまい、結果として人間から見て顕著な違いが反映されていなかったものと考えられる。この例は、相関によるモデル化が画像の Appearance を反映したものとなっていることを示すものである。



図 1 サンプルデータ



図 2 相関による分割

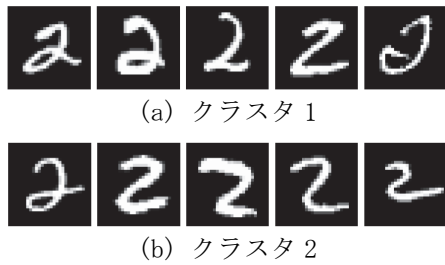


図3 画像全体でクラスタリング

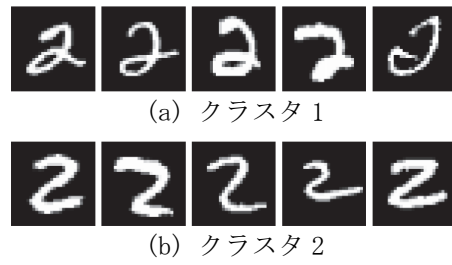


図4 下部のみでクラスタリング

② ニューラルネットワークを用いた手法

文字画像を対象とし、文字をあらかじめ部首に分解するのではなく、部首を含むという情報のみで画像を分割する手法を検討した。ニューラルネットワークを用い、ある部首を含む文字の集合を学習し、ヒートマップをもとに元画像から部首の領域を抽出する。日本語古典籍の文字データセットを用い、部首を抽出した例を図5に示す。



(a) 言 (んべん) (b) 隹 (ふるとり)

図5 部首の抽出

なお、この手法は部首を抽出することができると同時に文字の認識も行うことができる。すなわち、特定の部首の組合せを持つ文字について、その文字のパターンが存在しない場合にも、同じ部首を持つ文字を学習させることにより認識することが可能になる。

(2) データ生成アルゴリズムの開発

データ生成アルゴリズムに関しては、当初の想定であった相関による分割を利用した統計的なモデル化による画像生成手法のほか、ニューラルネットワークを用いた手法についても検討した。

① 統計的モデル化による手法

(1) で述べた相関を用いた手法により画像を分割し、分割された部分画像ごとに統計的なモデル化を行うことでデータを生成する。手書き数字の「5」についてガウス混合モデルによりモデル化し、画像データを生成した例を図6に示す。



図6 統計的モデル化によるデータ生成

② ニューラルネットワークによる手法

ニューラルネットワークを用いた画像データ生成手法としては、敵対的生成ネットワークを用いた手法および変分自己符号化器を用いた手法を検討した。ネットワークを学習後、サンプル画像を与えるとその画像と同様の特徴を持つ画像を生成することが期待される。

古典籍の画像を用いてこの手法を検証した。結果を図7に示す。「サンプル」が与えたサンプル文字画像であり、「生成画像」がネットワークの出力である。

「実際の画像」が、同じ古典籍の文書に含まれる文字画像である。実際の画像と同様の特徴を持つ文字画像が生成できていることが分かる。

サンプル				
生成画像				
実際の画像				

図7 ニューラルネットワークを用いたデータ生成

なお、この手法は画像生成により学習データを生成する目的のほか、特定の書体を持つ文書画像の検索にも利用できる。すなわち、ある文書中の文字列を検索したい場合、その文書から何文字かを抽出し、それをサンプルとして検索対象の文字列を生成し、生成した画像を用いて検索を行う。古典籍画像を用いて検索実験を行い、精度が向上することを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Tomo Miyazaki, Tatsunori Tsuchiya, Yoshihiro Sugaya, Shinichiro Omachi, Masakazu Iwamura, Seiichi Uchida, Koichi Kise	4. 巻 40
2. 論文標題 Automatic Generation of Typographic Font From Small Font Subset	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Computer Graphics and Applications	6. 最初と最後の頁 99 ~ 111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/MCG.2019.2931431	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 Yoshito Nagaoka, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, Shinichiro Omachi	4. 巻 7
2. 論文標題 Automatic Mackerel Sorting Machine Using Global and Local Features	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 63767 ~ 63777
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2019.2917554	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 大町真一郎	4. 巻 58
2. 論文標題 機械学習と文字検出・認識：環境中テキストの検出と認識	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 637 ~ 640
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11499/sicejl.58.637	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 Tomo Miyazaki, Shinichiro Omachi	4. 巻 6
2. 論文標題 Structural Data Recognition With Graph Model Boosting	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Access	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) 10.1109/ACCESS.2018.2876860	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 Shun Chiba, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, Shinichiro Omachi	4. 巻 7
2. 論文標題 Activity Recognition Using Gazed Text and Viewpoint Information for User Support Systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Sensor and Actuator Networks	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/jsan7030031	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 Airi Kitasato, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, Shinichiro Omachi	4. 巻 3
2. 論文標題 Automatic Discrimination between <i>Scomber japonicus</i> and <i>Scomber australasicus</i> by Geometric and Texture Features	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Fishes	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/fishes3030026	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 Yoshito Nagaoka, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, Shinichiro Omachi	4. 巻 -
2. 論文標題 Mackerel Classification Using Global and Local Features	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation	6. 最初と最後の頁 1209 ~ 1212
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ETFA.2018.8502584	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 Chisato Sugawara, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, Shinichiro Omachi	4. 巻 -
2. 論文標題 Text Retrieval for Japanese Historical Documents by Image Generation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 4th International Workshop on Historical Document Imaging and Processing	6. 最初と最後の頁 19 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1145/3151509.3151512	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 Kenichiro Ofusa, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, Shinichiro Omachi	4. 巻 -
2. 論文標題 Glyph-Based Data Augmentation for Accurate Kanji Character Recognition	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition	6. 最初と最後の頁 597 ~ 602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICDAR.2017.103	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 Masako Omachi, Shinichiro Omachi	4. 巻 -
2. 論文標題 Element-Level Clustering of Feature Vectors Considering Correlations for Analyzing Image Data	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 12th International Conference on Semantics, Knowledge and Grids	6. 最初と最後の頁 146 ~ 149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SKG.2016.031	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 -

〔学会発表〕 計22件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Ryohei Nishimura, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, Shinichiro Omachi
2. 発表標題 Detecting Character in Historical Documents by Pixel-Level Labeling
3. 学会等名 The 16th International Workshop on Emerging ICT (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sho Ishida, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, Shinichiro Omachi
2. 発表標題 Recognition of Molecular Characteristics Considering Graph Structure
3. 学会等名 The 16th International Workshop on Emerging ICT (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石田 聖, 宮崎 智, 菅谷至寛, 大町真一郎
2. 発表標題 グラフの構造的特徴を考慮した分子特性の認識
3. 学会等名 2019年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑野拓朗, 菅谷至寛, 宮崎 智, 大町真一郎
2. 発表標題 画像生成を取り入れた適応的符号化に関する検討
3. 学会等名 2019年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西村遼平, 宮崎 智, 菅谷至寛, 大町真一郎
2. 発表標題 ニューラルネットワークを用いた古典籍画像からの文字検出
3. 学会等名 2019年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅井太樹, 渡邊 隆, 大町方子
2. 発表標題 剣道競技における有効打突自動判定のための竹刀の追跡精度の向上
3. 学会等名 日本機械学会 東北学生会 卒業研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinichiro Omachi
2. 発表標題 Historical Document Retrieval by Image Generation
3. 学会等名 Symposium of Yotta Informatics Research Platform for Yotta-Scale Data Science 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomo Miyazaki, Ryohei Nishimura, Shunta Ozaki, Kaito Suzuki, Yushi Nakaya, Yoshihiro Sugaya, Shinichiro Omachi
2. 発表標題 Where are Characters? What are They? Japanese Old Document Analysis using Deep Neural Network
3. 学会等名 Symposium of Yotta Informatics Research Platform for Yotta-Scale Data Science 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomo Miyazaki, Shinichiro Omachi
2. 発表標題 Fast Train Algorithm for Probabilistic Graph Models and Graph Data Recognition
3. 学会等名 Symposium of Yotta Informatics Research Platform for Yotta-Scale Data Science 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑野拓朗, 宮崎 智, 菅谷至寛, 大町真一郎
2. 発表標題 超解像を用いた動画像符号化に関する検討
3. 学会等名 平成30年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石田 聖, 宮崎 智, 菅谷至寛, 大町真一郎
2. 発表標題 グラフ構造に着目した分子特性の認識
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会 情報・システムソサイエティ学生ポスターセッション
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村遼平, 宮崎 智, 菅谷至寛, 大町真一郎
2. 発表標題 深層学習を用いた古典籍画像中の文字検出に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会 情報・システムソサイエティ学生ポスターセッション
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中屋悠資, 鈴木海渡, 宮崎 智, 大町真一郎
2. 発表標題 部首に注目したDeep Learning によるくずし字の認識を用いた日本古典籍の解析
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会 情報・システムソサイエティ学生ポスターセッション
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大町真一郎
2. 発表標題 少数サンプル問題からビッグデータへ
3. 学会等名 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大町真一郎
2. 発表標題 機械学習による物体検出・認識と魚類判別への応用
3. 学会等名 マシンインテリジェンス研究会 第11回研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横山 亮, 渡邊 隆, 大町方子
2. 発表標題 剣道競技における有効打突自動判定のための交差する竹刀の追跡
3. 学会等名 日本機械学会 東北学生会 卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 服部佑哉, 渡邊 隆, 大町方子
2. 発表標題 重ね合わせたフープ材の位置ずれ計測法の提案
3. 学会等名 日本機械学会 東北学生会 卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 景山 竣, 宮崎 智, 菅谷 至寛, 大町 真一郎
2. 発表標題 パーツの生成による少数サンプルからのフォント生成
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masako Omachi, Shinichiro Omachi
2. 発表標題 Generation of Image Data Considering Covariance of Pixels
3. 学会等名 2016 IEEE International Conference on Signal and Image Processing (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kyoko Maeda, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, Shinichiro Omachi
2. 発表標題 Low Resolution Character Recognition Using Convolutional Neural Networks
3. 学会等名 電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kyoko Maeda, Tomo Miyazaki, Yoshihiro Sugaya, Shinichiro Omachi
2. 発表標題 Investigation of Convolutional Neural Network Structure for Low Resolution Character Recognition
3. 学会等名 2016 International Workshop on Emerging ICT (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kiyoshiro Sakai, Yoshihiro Sugaya, Tomo Miyazaki, Shinichiro Omachi
2. 発表標題 Development of Wearable System for Translation of Japanese Texts in the Environment
3. 学会等名 The 23rd International Workshop on Frontiers of Computer Vision (国際学会)
4. 発表年 2017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	大町 真一郎 (Omachi Shinichiro) (30250856)	東北大学・工学研究科・教授 (11301)	