

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：33908

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11495

研究課題名（和文）少数データで学習する深層学習のための効率的な学習サンプル生成に関する研究

研究課題名（英文）An efficient learning sample generation in small sample problem for deep learning

研究代表者

目加田 慶人（Mekada, Yoshito）

中京大学・工学部・教授

研究者番号：00282377

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、画像認識を対象とした深層学習において、用意できる学習サンプル数が限られているときのデータ生成効果を最大化する学習サンプル生成法を開発することです。医用画像からの病変検出においては、十分なサンプル数を集めることが難しい場合が多いが、検出したい対象が発生しうる位置（臓器内での位置など）を考慮した画像生成をおこなうことで、少数の学習データでも検出精度を上げられることを示しました。また、人の知覚機能の特徴を推定する場合には、大きな画像変形をすることで推定性能が低下しうることを明らかにしました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

深層学習による画像認識や物体検出において、様々な理由から学習サンプルを多く集めることが困難な問題がある。そのような場合に画像合成や画像生成により学習サンプルを増加させる方法が提案されている。その際に対象となる物体が存在する状況を想定した画像生成をおこなうことで、単純な画像生成手法に比べて認識精度が向上できることを示した。また画像を生成する場合に付与する画像変形の程度は、対象の画像や推定したい事柄によって変化させないといけないことを示した。

研究成果の概要（英文）：This research aims to improve the performance of deep learning for image recognition when the number of available training samples is limited. For this purpose, we have developed a method that maximizes the effectiveness of the training sample generation method. In lesion detection from medical images, it is often difficult to collect a sufficient number of samples. Generating images that account for the target object's location (e.g., its position in the organ, we have shown that the detection accuracy can be improved even with a small number of training data). In addition, when estimating the characteristics of human perceptual functions, we found that large image deformations can degrade the estimation performance.

研究分野：画像認識

キーワード：深層学習 画像生成 物体検出 人の知覚

1. 研究開始当初の背景

深層学習、特に畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network, 以下 CNN) 技術の発明により画像認識の性能は各段に向上し、世の中で実用され、引き続き多くの研究がなされている。CNN に限らず画像認識のための機械学習において、対象の見え方のバリエーションを網羅した十分な学習サンプルを用意できるかが性能を高くするための重要な要素となる。実際に、歩行者検出などの場合においては数十万枚もの学習サンプルが利用されている。利用できる学習サンプルが十分にあれば、画像空間だけでなく Shake-Shake など特徴空間において様々な最新のサンプル生成は実効性能の向上に寄与するが、学習サンプルが少ないときには特徴空間におけるサンプル生成は必ずしも安定的ではない。

医用画像認識の分野では、画像撮影装置の進歩による画像情報の質・量両方の爆発的な増大に対して、医師の診断だけでなく診断基準の更新が追い付いていないという状況にある。そのためにコンピュータ支援診断への期待は引き続き高い。しかしながら、がんなどの生命への危険が高い病気であっても罹患率が低い対象の検出には、それらの画像特徴を抽出するのに十分なバリエーションを持った学習サンプルを用意することが困難である。例えば、肝臓がんの場合、予測罹患患者数は年間約 47 万人とされるが、がんの種類(小細胞がん、腺がん、転移性がんなど)が異なればその画像上の見え方が変わることや、治療可能なサイズの初期がんを学習の対象とするとその学習サンプル数は限られる。また、個人情報保護法の改正などもあり、学会が主導する画像データセットの構築が困難になったり、様々な施設で撮影された CT 画像などを同時に利用することが困難になったりと、学習サンプルを収集することが一層難しくなっている。

高い性能を示す深層学習であるが、学習サンプルが十分に用意できないときにはその汎化性能を上げることは困難となる。少数サンプルの問題に対処するためには、回転、平行移動、反転などでデータ増強(Data Augmentation)をおこなったり、精密な対象領域(例えば歩行者領域)を抽出してそれらを任意の背景に埋め込んだりすることでデータを生成するなどの手法がとられるが、データ増強の種となる学習サンプルが少ない場合にはこれらの方法であっても十分ではないと考えられる。

このような背景から解決しなければならない問題は、少ない学習サンプルから認識精度を向上させるためのサンプル生成であると考え、次の 2 つの課題に取り組む。

- ・少数の学習サンプルや知見から対象が持つ性質を表現できる学習サンプルの生成
- ・識別性能向上に有効な学習サンプルの効率的な再収集方法

前者については、研究代表者らが取り組んできた生成型学習(物理現象に基づく学習サンプルの生成)を拡張して生成サンプルの表現力を向上させる。後者については、対象物体の視認性や料理画像に対する魅力度などを推定する際に必要となる学習サンプルについて、その知覚実験の規模を最小限にできるような追加学習方法について考える。

2. 研究の目的

本研究の目的は、画像認識を対象とした深層学習において、用意できる学習サンプル数が限られているときのデータ生成効果を最大化する学習サンプル生成法を明らかにすることである。例えば医用画像認識において深層学習を利用した研究は数多くあり、従来の方法に比べて高い性能が得られている。しかしながら、その多くは学習サンプルが十分に用意できないため、比較的小規模であったり、細胞画像のように多くの学習画像が得られやすい問題に限られている。がんなどの重大な病気であっても様々な理由で学習サンプルを大量に集められないものを検出する場合には、限りあるサンプルから対象の見え方の変動を妥当に表現できるデータを生成し、それらを学習サンプルとする「生成型学習」の枠組みが重要である。本研究ではそれに対して、様々な問題に対してその識別能力を向上させるための「事例ベースおよびモデルベースの学習データ生成」と「深層学習の性能を向上させるのに有効なサンプルの選択法」に取り組み、少数サンプル問題を解決する。

3. 研究の方法

研究は主に事例ベースの学習サンプル生成方法の検討をおこなう。「少数の学習サンプルや知見から対象が持つ性質を表現できる学習サンプルの生成」においては、CT 画像からの肝腫瘍検出を対象とし、種々の画像生成手法を検討する。また、「識別性能向上に有効な学習サンプルの効率的な再収集方法」については、画像に対して付与されている人の感覚量(魅力度)を推定するための学習データの生成手法を中心に検討する。

4. 研究成果

成果の 1 つに肝臓がんを検出するための学習画像生成があげられる。これは、事例ベースの学習データ生成として従来から提案している、ポアソンレンディングによる画像合成法、シグモイド関数による方法に加え、敵対的画像生成法である GAN を利用した方法の検討を進めたことである。GAN での生成において問題となっていたのは、肝臓辺縁部などで他臓器との濃淡変化の

急激な変化があるような例を生成できないことであったが、CGAN による生成とオートエンコーダによる選別を加えることで、辺縁に存在する病変とそうでない病変を選択的に生成できる仕組みを構築した。その結果、正検出率を殆ど変えずに、誤検出率を大幅に低下させることに成功した。具体的には、検出率は 0.65 から 0.95 に上昇し、CT 画像当たりの過検出が 0.9 から 0.2 に低下することが確認された。

また、料理画像に魅力度を付与するためには被験者実験が必要となるが、多数の画像に魅力度

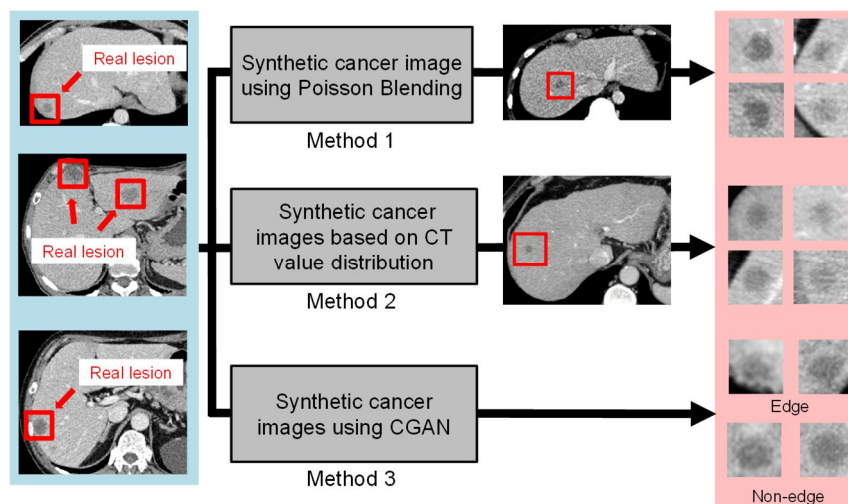


図 1 3 種類の画像生成手法を利用した学習サンプル生成

を付与することは非常に困難であるため、結果的に学習データが不足するという問題に対応して、2つの方法でこれらを解決することを試みた。一般に学習画像を増やすためには、幾何変換、フィルタ処理やノイズ付加などのデータ拡張が行われる。画像分類問題に対しては超高次元の特徴空間での変動が加わることで分類精度が向上するが、本研究課題のように回帰問題の場合には過度の変換により回帰精度が低下する恐れがある。そのため、対象の魅力度に影響を与えない範囲でのデータ拡張の大きさを実験的に定め、これによりデータを増やすことで回帰精度が向上することを確認した。また、画像特徴に加えて視線情報を付与することで回帰精度が向上することも確認した(図 2)。具体的には、データ拡張による平均絶対誤差が 0.114 であったのに対して視線停留分布を用いることで 0.101 とすることができ、精度向上を達成した。

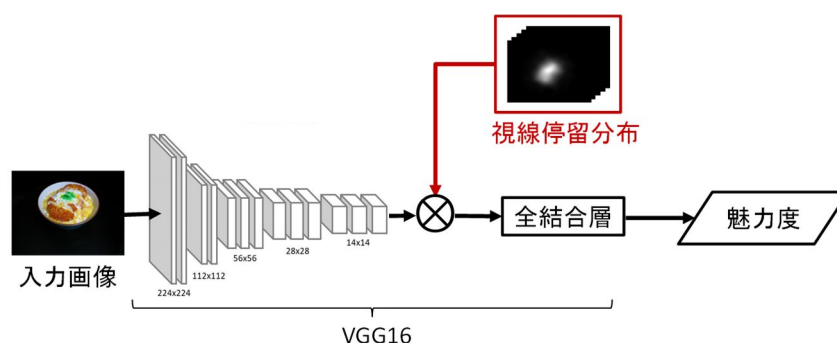


図 2 視線停留分布を用いた料理画像の魅力度推定

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 TAKAHASHI Kazuma, HATTORI Tatsumi, DOMAN Keisuke, KAWANISHI Yasutomo, HIRAYAMA Takatsugu, IDE Ichiro, DEGUUCHI Daisuke, MURASE Hiroshi	4. 巻 E102.D
2. 論文標題 Estimation of the Attractiveness of Food Photography Based on Image Features	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1590 ~ 1593
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2018EDL8219	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 該当する

1. 著者名 小西 孝明, 道満 恵介, 縄野 繁, 目加田 慶人	4. 巻 37
2. 論文標題 人工的病変画像を用いたCNNによる転移性肝がん検出手法	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Medical Imaging Technology	6. 最初と最後の頁 46-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11409/mit.37.46	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13件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Takahiro Nakashima, Issei Tsutsumi, Hiroki Takami, Keisuke Doman, Yoshito Mekada, Naoshi Nishida, Masatoshi Kud
2. 発表標題 A study on liver tumor detection from an ultrasound image using deep learning
3. 学会等名 Proc. of Joint Int. Workshop on Advanced Image Technology 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tatsumi Hattori, Keisuke Doman, Ichiro Ide, Yoshito Mekada
2. 発表標題 Application of data augmentation for accurate attractiveness estimation for food photography
3. 学会等名 Proc. of 11th Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 服部 竜実, 道満 恵介, 井手 一郎, 目加田 慶人
2. 発表標題 A study on a data augmentation framework for accurate food attractiveness estimation
3. 学会等名 電子情報通信学会 魅力工学研究会シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮崎 光明, 服部 竜実, 道満 恵介, 平山 高嗣, 川西 康友, 井手 一郎, 目加田 慶人
2. 発表標題 視線情報を考慮した料理写真の魅力度推定手法に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 魅力工学研究会シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堤 一晴, 中島 崇博, 道満 恵介, 目加田 慶人, 西田 直生志, 工藤 正敏
2. 発表標題 深層学習による超音波画像からの肝腫瘍検出に関する初期的検討
3. 学会等名 第38回日本医用画像工学会大会 (JAMIT)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田 裕亮, 道満 恵介, 目加田 慶人, 縄野 繁
2. 発表標題 転移性肝がん検出のためのConditional GANによる学習画像生成
3. 学会等名 第38回日本医用画像工学会大会 (JAMIT)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堤 一晴, 道満 恵介, 目加田 慶人, 西田 直生志, 工藤 正敏
2. 発表標題 超音波画像診断のための深層学習を用いた腫瘍判別
3. 学会等名 2019年度日本生体医工学会東海支部学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zongjhe Yang, Keisuke Doman, Masashi Yamada, Yoshito Mekada
2. 発表標題 Character recognition of modern Japanese official documents using CNN for imblanced learning data
3. 学会等名 Int. Workshop on Advanced Image Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshito Mekada, Keisuke Doman
2. 発表標題 Learning sample generation for detecting liver cancer using 3D-CNN
3. 学会等名 40th Int. Engineering in Medicine and Biology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsumi Hattori, Keisuke Doman, Ichiro Ide, Yoshito Mekada
2. 発表標題 A study on the factors affecting the attractiveness of food photography
3. 学会等名 10th Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩野 勇弥, 道満 恵介, 高妻 真次郎, 目加田 慶人
2. 発表標題 機械学習を用いた異常検知による経時天体画像からの変光星候補の絞り込み
3. 学会等名 動的画像処理実利用化ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 服部 竜実, 道満 恵介, 井手 一郎, 目加田 慶人
2. 発表標題 料理写真の高精度な魅力度推定のためのデータ拡大の検討
3. 学会等名 動的画像処理実利用化ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田 裕亮, 小西 孝明, 道満 恵介, 縄野 繁, 目加田 慶人
2. 発表標題 肝臓がん検出器のための3D-DCGANを用いた学習用画像生成法
3. 学会等名 第37回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Keisuke Doman, Takaaki Konishi, Yoshito Mekada	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 176
3. 書名 Deep Learning in Medical Image Analysis: Challenges and Applications, Gobert Lee and Hiroshi Fujita eds. (分担執筆)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

中京大学目加田・道満研究室
https://md.sist.chukyo-u.ac.jp/

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	村瀬 洋 (Murase Hiroshi) (90362293)	名古屋大学・情報学研究科・教授 (13901)	
研究分担者	道満 恵介 (Doman Keisuke) (90645748)	中京大学・工学部・准教授 (33908)	

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