

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11382

研究課題名（和文）Deep Neural Networkの適応統合による画像認識の研究

研究課題名（英文）Research on Image Recognition by Adaptive Integration of Deep Neural Networks

研究代表者

堀田 一弘 (Hotta, Kazuhiro)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：40345426

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：近年、Deep Neural Networkを用いた画像認識の研究は盛んに行われ、高い精度が報告されている。しかし、従来法では1つのDeep Neural Networkの精度を向上させることに注力し、ネットワークの深層化や大規模化が進められている。ここでは、複数のDeep Neural Networkを状況に応じて使い分けたり、統合したりすることにより、画像認識の精度を向上させる。複数のネットワークを統合することにより、1つのネットワークだけでは得られない特徴量を得ることができたり、ネットワーク間の協調や役割分担を自動的に行うことができ、画像認識の精度を向上させることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Deep Neural Network(DNN)を用いた従来の画像認識法は主に1つのネットワークを用いていたため、限界があった。ここでは、複数のDNNを統合することにより、1つのネットワークでは得られないような特徴表現を得ることができる。例えば、2つのネットワークの構造を変えたり、異なるロス関数を用いることにより、ネットワークの特性を変えることができる。これらを統合、協調させることにより、1つのネットワークでは得られない情報を得ることができる。これにより画像認識の精度を向上させることができた。これらの成果は医学、細胞生物学、材料科学、土木工学などの異分野にもそのまま利用することができる。

研究成果の概要（英文）：In recent years, many researches have been working on image recognition using deep neural networks, and the accuracy of image recognition has been improved. However, conventional methods pay attention to the accuracy improvement of one deep neural network. In my project, the accuracy of image recognition is improved by using or integrating multiple deep neural networks adaptively. By using multiple networks, we can obtain good features that only one deep neural network cannot extract. In addition, the cooperation of multiple networks and the division of network roles are achieved, and the recognition accuracy has been improved.

研究分野：画像認識、コンピュータビジョン

キーワード：画像認識 ディープラーニング コンピュータビジョン 統合

1 . 研究開始当初の背景

最近の画像認識では、階層の深い1つの Deep Neural Network (DNN) が積極的に利用されている。大雑把に言えば、このアプローチは大量のデータを用いて1つの DNN に学習サンプルに含まれる変動に対する頑健性を獲得させるものである。しかし、セマンティックセグメンテーションのような難しい認識問題の場合、複数の DNN を用意して状況に応じて適応的に選択したり、統合する方が変動に対する頑健性を効率的に獲得できると考えられる。この場合、各 DNN は自分が得意とする見えの変動やクラスに特化すれば良い。また、見えの変動が大きく1つの DNN で対応することが難しい場合には、あるクラスを複数の DNN で対応しても良い。このように、複数の DNN を統合した方が圧倒的にメリットが多いと考えられる。本申請研究では、複数 DNN の統合に基づく認識法について研究を行う。

2 . 研究の目的

最近、Deep Neural Network(DNN)を用いた画像認識が成功を収めているが、現在のやり方は大量のデータを用いて1つの DNN に変化に対する頑健性を獲得させるものである。当然、このアプローチには限界があり、複数の DNN を状況に応じて選択、統合する方が変動に対する頑健性を得やすいと考えられる。単に複数の DNN を用意、統合しても期待した効果は得られないので、各 DNN に役割分担をさせる必要がある。どのようにすれば自動的に役割分担ができるのか、どのように複数の DNN を統合すれば精度が向上するのかなどを研究するのが本申請研究の目的である。

3 . 研究の方法

まず、複数の DNN とは別の gating DNN を用意し、学習時もテスト時も gating DNN が入力画像の見えに応じて各 DNN に仕事を割り振る方法を考える。当然、全体の予測誤差を小さくするように学習するので、各 DNN が得意とする変動やクラスに特化していくはずである。この考え方を基礎として、まずは様々な分野で需要のあるセグメンテーション課題に取り組んでいく。

また、gating DNN を用いなくても複数の DNN 間で情報のやり取りをする方法などにより自動的に役割分担ができる可能性がある。例えば、2つの DNN で途中に上から下の DNN に情報を送るようにすると上の DNN は下の DNN をサポートするように学習するようになると期待される。さらに、複数の DNN で異なるロス関数を用いることにより、各 DNN の性質を変えることができ、統合に効果があるのではないかと考えられる。

また、Generative Adversarial Network (GAN) や pix2pix などでは生成器と識別器という元々役割の異なる2つの DNN を利用している。生成器や識別器を複数にしたらどうなるかなど複数の DNN という観点からこれらの方法に改良を加えることも可能であると期待される。

4 . 研究成果

従来の GAN や pix2pix では1つの生成器と1つの識別器を利用していた。ここでは複数の種

類の異なる識別器を用いた場合にどうなるかを検討した。識別器の種類が異なると判断する基準が違っているので、それぞれ得意なクラスがあり、それらを統合することにより、従来法よりも精度を向上させた。この考え方をさらに発展させ、クラス毎に生成器と識別器を用意する方法も提案した。複数の生成器と識別器を用いた場合でも精度を向上させることができ、複数のネットワークを統合することの有効性を示した。

一般に、独立に学習した DNN のアンサンブルは精度を向上させる。しかし、学習画像の枚数が多かたり、ネットワークが複雑な場合には学習に時間がかかる。従って、これを独立に 5 回学習する場合、かなりの時間を要する。ここでは一回の学習の過程で得られるモデルのアンサンブルを考えた。衛星画像からの道路や建物の検出問題において有効性を示した。

また、ネットワークの途中から特徴マップを分岐させて特徴マップのどこを重要視すれば良いかと自動的に学習する attention 機構も一種の複数ネットワークの統合とみなすことができる。ここでは、位置とチャンネルの両方を attention する方法や、層間での attention、識別の観点からの attention などいくつかの方法を考案し、実験により有効性を示した。さらに、難易度に着目して attention をしたり、学習を早く進めたりする方法も提案した。

さらに、複数のネットワークの間で情報をやり取りしながら推論を深める方法を研究し、1 つのネットワークを用いるよりも精度が改善できることを示した。また、情報をフィードバックしながら学習する方法では、一旦出力した推論結果を入力側に戻し、再度推論することにより精度を改善させることに成功した。また、複数のネットワークで異なる学習をさせてその間で知識蒸留を行う方法や相互情報量を用いて複数ネットワーク間で知識蒸留を行う方法なども研究した。これらの研究により、複数のネットワークの統合や適応的な処理の利用により、精度改善ができることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計29件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 10件）

1. 発表者名 Y.Hiramatsu and K.Hotta
2. 発表標題 Semantic Segmentation using Light Attention Mechanism
3. 学会等名 VISAPP2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S.Kato and K.Hotta
2. 発表標題 Pitching Classification and Habit Detection by V-Net
3. 学会等名 VISAPP2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S.Kato and K.Hotta
2. 発表標題 Cell Segmentation by Image-to-Image Translation using Multiple Different Discriminators
3. 学会等名 BIOSIGNALS2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 D.Matsuzuki and K.Hotta
2. 発表標題 Visualizing and Modifying Difficult Pixels in Cell Image Segmentation
3. 学会等名 BIOSIGNALS2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 R.Kamiya, K.Sawada and K.Hotta
2 . 発表標題 Ensemble of Training Models for Road and Building Segmentation
3 . 学会等名 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T.Sato and K.Hotta
2 . 発表標題 EncapNet-3D and U-EncapNet for Cell Segmentation
3 . 学会等名 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 J.Komori and K.Hotta
2 . 発表標題 AB-PointNet for 3D Point Cloud Recognition
3 . 学会等名 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 H.Tsuda and K.Hotta
2 . 発表標題 Cell Image Segmentation by Integrating Pix2pixs for Each Class
3 . 学会等名 CVPR Workshop on Computer Vision for Microscopy Image Analysis (CVMI2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 津田大輝, 堀田 一弘
2. 発表標題 生成器と識別器の関係性を考慮したAttention機構による細胞画像のセグメンテーション
3. 学会等名 IEICE MI研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平松侑樹, 堀田 一弘
2. 発表標題 異なる層の画素間関係を考慮したAttention機構によるセマンティックセグメンテーション
3. 学会等名 MIRU2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤丈博, 堀田 一弘
2. 発表標題 Channel Attentionを用いた Double Deep Q Network
3. 学会等名 MIRU2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小森惇也, 堀田 一弘
2. 発表標題 AB-PointNetによる三次元点群の識別
3. 学会等名 MIRU2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松月大輔, 堀田 一弘
2. 発表標題 Pixel-wise Difficulty Attention Moduleを用いた セマンティックセグメンテーション
3. 学会等名 MIRU2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池戸僚汰, 堀田 一弘
2. 発表標題 複数の学習済みネットワークの知識を利用した細胞画像セグメンテーション
3. 学会等名 MIRU2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松月大輔, 堀田 一弘
2. 発表標題 高難易度画素用の損失関数を用いたセマンティックセグメンテーション
3. 学会等名 日本医用画像工学学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤聡太, 堀田 一弘
2. 発表標題 深層学習を用いた投球動作の識別と可視化
3. 学会等名 SSI12019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤拓海, 堀田 一弘
2. 発表標題 U-EncapNetによる細胞画像のセグメンテーション
3. 学会等名 SSII2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小森惇也, 堀田 一弘
2. 発表標題 SE-PointNetによる三次元点群の識別
3. 学会等名 SSII2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平松侑樹, 堀田 一弘
2. 発表標題 クラスの観点からのAttention機構を用いたセマンティックセグメンテーション
3. 学会等名 SSII2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 D.Matsuduki and K.Hotta
2. 発表標題 Semantic Segmentation by Integrating Classifiers for Different Difficulty Levels
3. 学会等名 International Symposium on Visual Computing (ISVC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y.Hiramatsu, K.Hotta, A.Imanishi, M.Matsuda and K.Terai
2. 発表標題 Cell Image Segmentation by Integrating Multiple CNNs
3. 学会等名 CVPR Workshop on Computer Vision for Microscopy Image Analysis (CVMI2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神谷涼介, 堀田 一弘
2. 発表標題 学習過程のモデルを利用した航空画像からの道路・建築物検出
3. 学会等名 動的画像処理実利用化ワークショップ(DIA2019)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小見山知也, 堀田 一弘
2. 発表標題 協調させたU-Netによる建物のセグメンテーション
3. 学会等名 動的画像処理実利用化ワークショップ(DIA2019)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松月大輔, 堀田 一弘
2. 発表標題 クラス難易度別学習によるセマンティックセグメンテーション
3. 学会等名 View2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤聡太, 堀田一弘, 今西 彩子, 寺井 健太, 松田 道行
2. 発表標題 複数の識別器を用いたpix2pixに基づく細胞画像のセグメンテーション
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澤田恭也, 堀田一弘, 今西 彩子, 寺井 健太, 松田 道行
2. 発表標題 生成器と識別器を連結させた敵対的ネットワークモデルを用いた細胞画像のセグメンテーション
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神谷涼介, 堀田一弘
2. 発表標題 学習過程のモデルを利用した 航空画像の道路セグメンテーション
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松月大輔, 堀田一弘, 平松侑樹, 松田道行, 寺井健太, 今西彩子
2. 発表標題 クラス別学習による細胞画像セグメンテーション
3. 学会等名 日本医用画像工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平松侑樹, 堀田一弘, 今西彩子, 松田道行, 寺井健太
2. 発表標題 複数CNNの統合による細胞画像のセグメンテーション
3. 学会等名 SII2018
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
---------	---------