

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11865

研究課題名（和文）浅層学習による説明可能性と再設計性を向上させる画像処理手法の研究

研究課題名（英文）A study of image processing methods to improve explainability and redesign through shallow layer learning

研究代表者

岩井 儀雄 (Iwai, Yoshio)

鳥取大学・工学研究科・教授

研究者番号：70294163

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）：本研究では、深層学習が持つ一体化学習という特徴を維持しつつ、深いネットワーク構造を取り払い、浅いネットワーク構造で機械学習を行うことで、学習結果の説明可能性を向上させつつ、再設計の容易な画像認識手法を実現することを目的とする。特に、説明可能性と再設計可能性を向上させるためには、深層学習が実現している深いネットワーク構造による特徴抽出処理を、従来の特徴抽出処理に置換える必要がある。そこで、従来の特徴抽出処理を拡張して、パラメータ化することで学習可能な特徴抽出器を構成し、再設計可能な浅いネットワーク構造による高い学習容量を持つ識別器と認識性能に寄与する学習可能な特徴抽出器の試作を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究が実現することにより、計算機が何故そのような判断を下したかの説明を行いやすくなる。また、その説明を受けて、浅いネットワーク構造のため理解がしやすく、再設計を行うことが可能なネットワーク構造を構築することが出来る。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to realize an image recognition method that can be easily redesigned while improving the explainability of the learning results by removing the deep network structure and performing machine learning with a shallow network structure, while maintaining the feature of integrated learning that deep learning possesses. In particular, to improve the explainability and redesignability, it is necessary to replace the feature extraction process with a conventional feature extraction process using a deep network structure, which is realized by deep learning. Therefore, we extended the conventional feature extraction process and constructed a learnable feature extractor by parameterizing it, and built a prototype discriminator with a high learning capacity based on a redesignable shallow network structure and a learnable feature extractor that contributes to recognition performance.

研究分野：画像認識

キーワード：浅層学習 説明可能性 再設計可能性 機械学習

### 1. 研究開始当初の背景

近年、高い識別性能を実現した深層学習が、プログラミングツールの充実も相まって、様々な分野で応用範囲を広げている。これらは、計算機的能力向上による最適化性能の向上、ビッグデータによる大量の学習データ、深いニューラルネットワーク構造による学習容量の大きい識別関数の表現方法など、近年のスケールメリットを十分に享受した手法と言える。一方で、深いニューラルネットワーク構造により、各層での処理を具体的に説明することは困難となっている。そのため、特に、深層学習でうまく識別できなかった場合の理由の考察や、識別率を向上させる指針が全く立たないという欠点も存在する。

### 2. 研究の目的

本研究では、深層学習が持つ一体化学習（識別器と特徴抽出器を一体化して設計・学習する、**End-to-End** 学習ともいう）という特徴を維持しつつ、深いニューラルネットワーク構造ではなく、従来のパターン認識で行われていた2層構造（識別器と特徴抽出器を別々に設計・学習する）のような浅い構造で、パラメータ化された画像特徴抽出器を組み合わせることで一体化学習を行なうことで、高い識別性能を実現する手法を研究開発する。

### 3. 研究の方法

本研究では、カメラの映像から移動物体と背景とを分離する機械学習を対象とした。特徴抽出器として、背景をレイヤとして逐次学習する Layered Adaptive Background Model (LABM) と、カメラの動きに合わせて重みを変化させる識別器を構成することで移動するカメラにおいても移動物体を抽出することが可能となる。

背景モデルでも特徴抽出器でもある LABM は、背景を逐次学習し、識別器の判定結果を元に自らの重みを調整する。LABM の出力は、以下の式で定義されており、それぞれ対応するレイヤ $i$ として背景の平均と分散を保持しており、それらの重み付きの線形結合として表される

$$\sum_{i=1}^L w_i \mathcal{N}(I; \mu, \sigma^2)$$

本研究の提案手法である DLABM-MP は、現在時刻  $t$  の入力画像  $I(t)$  に加えて、一時刻前の入力画像  $I(t-1)$  を入力とする。その後、2つの画像間のオプティカルフローを計算し、時間方向の拡散である動き補償を行う。動き補償を行った後、背景モデルの更新のあとにオプティカルフローを考慮した拡散位置を使用して画素を拡散することで背景モデルをさらに更新する。

同様に本研究の提案手法である DLABM-MA も、現在時刻  $t$  の入力画像  $I(t)$  に加えて、一時刻前の入力画像  $I(t-1)$  を入力とし、動き補償と背景モデルの更新のあとにオプティカルフローを考慮した拡散位置を使用して ABM を拡散することで背景モデル（特徴抽出器）を更新する。

この2つの提案手法に対して、本研究の性能比較のために移動カメラから撮影されたリアルニア画像データセット、Changedetection.net から、本研究の前提条件である屋外で連続撮影された昼間の画像データセットを使用した。具体的には、PTZカメラから撮影された4つの画像データセットより、continuousPan (以下、data01)、intermittentPan (以下、data02)、twoPositionPTZCam (以下、data03)、zoomInzoomOut (以下、data04)を使用した。また、鳥取砂丘でドローンを用いて撮影した4つの画像データセットより、SandDunes01 (以下、data05)、SandDunes02 (以下、data06)、DuneLine01 (以下、data07)、DuneLine02 (以下、data08)を使用した。Segmentation Dataset7 から手持ちカメラで撮影された2つ画

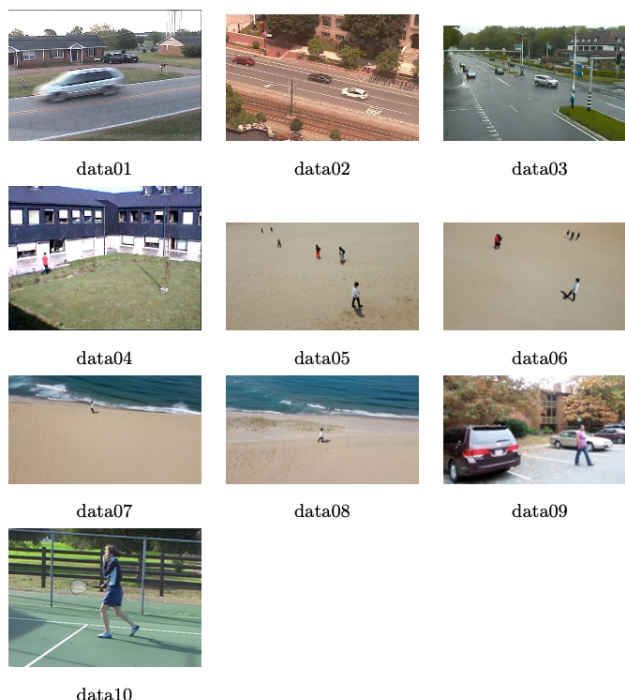


図1：評価用画像データセット

像データセットの woman(以下, data09), tennis(以下, data10)を使用して, 本研究の手法の性能評価を他手法と比較により行った. 図 1 に使用した評価用画像データセットの一例を示す.

なお, 物体検出の精度評価には, 一般的な F 値を使用した. また, Changedetection.net の真値画像には, 背景(黒), 物体(白) 以外にドントケア(灰色), 影(暗い灰色) が設定されているが, その他のデータベースでは, 背景(黒), 物体(白) しかないものもあるため, 本研究では, ドントケアと指定されている領域は F 値の評価に使用しないこととし, 影領域に関しては背景として評価を行った.

#### 4. 研究成果

(1) 提案手法に実装したオプティカルフローを考慮した拡散の有効性を検証するために, 提案手法 DLABM-MP, DLABM-MA, 他手法 DLABM-P/A, ViBe と物体検出精度の比較検証した. 表 1 に物体検出結果の F 値を示す. 表 1 に示すように, 物体検出では提案手法が他手法とくらべて高い平均性能を示していることから, オプティカルフローを考慮した拡散の有効性は確認できた.

表 1 : 提案手法と他手法(DLABM-P/A, ViBe)との F 値比較

Dataset	DLABM-MP	DLABM-MA	DLABM-P	DLABM-A	ViBe
data01	0.031	<b>0.140</b>	0.036	0.045	0.047
data02	0.058	<b>0.140</b>	0.057	0.060	0.091
data03	0.143	0.332	0.234	<b>0.342</b>	0.223
data04	0.035	<b>0.159</b>	0.014	0.015	0.009
data05	0.274	<b>0.725</b>	0.428	0.015	0.483
data06	0.506	<b>0.710</b>	0.684	0.226	0.692
data07	0.016	<b>0.084</b>	0.017	0.012	0.027
data08	0.026	<b>0.073</b>	0.081	0.019	0.045
data09	0.108	<b>0.179</b>	0.081	0.077	0.066
data10	0.200	<b>0.240</b>	0.183	0.161	0.176
Average	0.140	<b>0.278</b>	0.182	0.097	0.186

(2) この実験では, 提案手法 DLABM-MP, DLABM-MA の有効性を検証するために, 他手法 fastMCD, UVOD と物体検出精度の比較検証した. また物体検出の精度評価方法は F 値を用いた.

表 2 に物体検出結果の F 値を示す. 表 2 に示すように, 物体検出では DLABM-MA が他手法とくらべて高い平均性能を示しており, また多くのデータセットで最も高い精度を示していることから, 本研究の提案手法である DLABM-MA の有効性は確認できた.

カメラの映像から移

動物体と背景とを分離する機械学習を対象とした. 特徴抽出器として, 背景をレイヤとして逐次学習する LABM と, カメラの動きに合わせて重みを変化させる識別器にオプティカルフロー推定を取り入れた手法 DLABM-MP と DLABM-MA に提案した. 物体検出精度の比較実験により提案手法の有効性を検証した. 今後の課題としては,  $\gamma$  値の自動推定や, 各種パラメータ調整のオンライン自動化, 処理の高速化などが挙げられる.

表 2 : 提案手法と他手法の F 値比較

Dataset	DLABM-MP	DLABM-MA	fastMCD	UVOD
data01	0.031	0.140	0.048	<b>0.384</b>
data02	0.058	0.140	0.102	<b>0.487</b>
data03	0.143	0.332	0.435	<b>0.597</b>
data04	0.035	<b>0.159</b>	0.078	0.043
data05	0.274	<b>0.725</b>	0.390	0.552
data06	0.506	<b>0.710</b>	0.696	0.000
data07	0.016	<b>0.084</b>	0.020	0.000
data08	0.026	<b>0.073</b>	0.031	0.000
data09	0.108	0.179	0.064	<b>0.236</b>
data10	0.200	0.240	0.186	<b>0.256</b>
Average	0.140	<b>0.278</b>	0.205	0.256

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 阪本 光翼、吉村 宏紀、西山 正志、岩井 儀雄	4. 巻 J103-D
2. 論文標題 ブラインド 値推定と複数明るさ可変背景を用いた屋外物体検出	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D 情報・システム	6. 最初と最後の頁 733 ~ 743
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14923/transinfj.2020IEP0005	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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Toshiki Katayama, Hirohumi Kawada, Masashi Nishiyama, Yoshio Iwai
2. 発表標題 Beef marbling standard estimation for live cattle using multi-input convolutional neural network with ultrasound images
3. 学会等名 15th International Conference on Quality Control by Artificial Vision（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 眞柴 智, 西山 正志, 岩井 儀雄
2. 発表標題 背景画素拡散を用いた屋外背景差分法の精度向上の検討
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 眞柴 智, 西山 正志, 岩井 儀雄
2. 発表標題 Diffusion Layered ABMを用いた背景差分における移動カメラの適用の検討
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩井儀雄
2. 発表標題 非対称局所性保存射影とその応用
3. 学会等名 第50回日本行動計量学会大会（招待講演）
4. 発表年 2022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	西山 正志  (Nishiyama Masashi)  (20756449)	鳥取大学・工学研究科・教授    (15101)	

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