

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330215

研究課題名(和文)ユニバーサルクラシファイア：多様なドメインに適応する物体認識技術の実現

研究課題名(英文)Universal Classifier: Adaptive Object Recognition for Multiple Domains

研究代表者

波部 斉 (HABE, Hitoshi)

近畿大学・理工学部・講師

研究者番号：80346072

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：画像・映像の中に含まれている物体の認識を行うためには、対象となる環境において大量のサンプルを取得して機械学習を行うアプローチが主流である。しかし、実際の応用場面では必ずしも常に大量の学習サンプルを獲得できる訳ではない。そこで、異なる環境で収集したデータを用いて学習した識別器を用いて新たな環境において精度の高い識別を行う手法を提案した。実環境において収集したデータを用いて検証を行ったところ提案手法が有効に動作することがわかった。

研究成果の概要(英文)：Image- and video-based object recognition usually requires a large amount of training data for sufficient performance. However, it is not always possible to obtain such a large dataset. Hence, we propose a method for extracting useful classifiers from a set of existing classifiers that is obtained by using training data of other scenes. Combining the extracted classifiers enables us to achieve better performance than solely using training data of a new scene. Experimental results show the effectiveness of the proposed method.

研究分野：コンピュータビジョン，物体認識

キーワード：物体認識 性別推定 Random Forests

1. 研究開始当初の背景

画像・映像の中に含まれている物体の認識はコンピュータビジョンの基本的な問題として、古くから研究が行われている。現在の主流は機械学習手法を利用して大量データから認識に必要な情報を抽出して認識を行う手法である。このタイプのアプローチが有効に働く条件の一つとしては「対象データと『同じような』学習サンプルが大量に取得できる」必要がある。

しかし、実際の応用場面では必ずしも常に大量の学習サンプルを獲得できる訳ではないため、学習に基づく手法では十分な性能を発揮できない場合がある。このような問題を解決するためにいくつかのアプローチが考えられているが、その中の一つとして転移学習 (domain transfer) がある。

転移学習では図1のように学習サンプルと異なるデータセットの認識を行うために、その間での認識モデルの変換を行なっている。コンピュータビジョン分野でもこの転移学習に注目している研究者が多く、例えば、トップカンファレンスである CVPR などにおいても多くの手法が提案されている。



図1：転移学習の例

しかし、このような例でも転移先のドメインの知識が要求されていたり、対象とするドメインが限られているなどの問題点があった。

2. 研究の目的

1. で述べたような背景を踏まえ、様々なドメインでの物体認識問題を一括して扱うこととし、そこから個々のドメインに共通する情報とドメイン特有の情報のそれぞれを学習する手法を開発し、その結果を利用して多様なドメインに適応的に働く物体認識フレームワークの確立を目指すこととした。具体的には以下の問題を取りあげ、その解決を目指した。

(1) あるドメインでの知識 (モデル) を別の一つのドメインに転移させることを目的としているものが多いが、実世界ではより多くのドメインが存在しており、それを統一的に扱う必要がある。

(2) 転移先のドメイン (図1では右側) についても既知であることを仮定している例が多いが、実世界では扱おうとしている対象がどのドメインに属するかは分からないことが多い。

これらの技術を確立することで、より実問題に即した転移学習が実現でき、物体認識技術の実用化に大いに貢献できると期待される。

3. 研究の方法

(1) まず、本研究の趣旨に即したデータの収集を行った。このデータ (実験用データ) は大学構内などで人々が歩く様子を収めたビデオから手作業で人物を切り出したものである。このようなデータは数多く公開されているが、様々なドメインの違いを考慮してアルゴリズム検証を行っていくためには不十分な点も多い。そこで、いくつかの異なる環境で撮影した映像を用意して異なるドメインとすることにした。さらに、人物の性別や姿勢 (身体の方角) も情報として付加してアルゴリズム開発に利用した。

(2) (1) で収集したデータを用いて転移学習のアルゴリズム検証を行う。ここでは上述のデータを念頭において映像中の人物の性別推定を題材にして、映像の取得環境や人物の向きをドメインの違いと考えてドメイン間の情報の転移を行うことにした。

4. 研究成果

(1) 大学構内で撮影したビデオから切り出した人物画像の例を図2に示す。大学構内や商業施設など3つの異なる環境で撮影したビデオを用いている。切り出した人物画像を環境ごとにデータセット1, 2, 3と呼ぶことにする。データセット1は男女各250枚、データセット2は男女各600枚、データセット3は男女各900枚を含んでいる。このような規模でドメインが異なるデータは我々が知る限り例がなく、本研究における大きな成果の一つと言える。

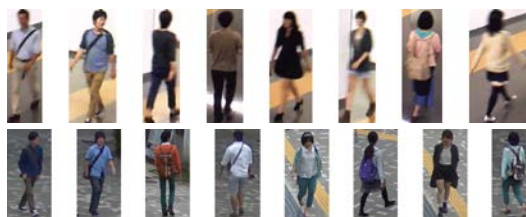


図2：人物画像の例

(2) (1) で取得したデータセットを用いてドメイン間での情報の「転移」を実現する手法を検討・検証した。提案手法では Random Forest を用いて元になるドメインでの識別器を構成し、それを別ドメインに適応させる。Random Forest とは、複数の弱識別器を統合してクラス分類や回帰を行う機械学習の一つである。ここで弱識別器とは決定木の構造をしており、個々の決定木は高い識別性能ではないが、複数集めることによって高い識別性能を持つことがこの手法の特徴である。Random-Forest の学習の流れを図3に示す。ここでは、元の学習データからランダムにサ

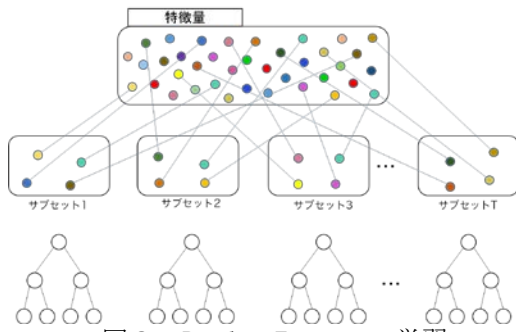


図3：Random Forest の学習

ブセットを抽出して、そのサブセットごとに異なる決定木を構築している。これによってわずかに性質の異なる決定木が生成され、その統合によって高い識別性能が得られることが知られている。このような仕組みをもつ機械学習手法をアンサンブル学習と呼ぶ。

研究計画書に記載したとおり、このRandom Forest の特性を活かした転移学習手法を検討した。研究計画書では垂直統合型と水平統合型の双方を検討すると記載していたが、実験の結果水平統合型が有効であるおとがわかったので、以下ではその詳細を述べていく。

本研究では先に述べたデータセットを用いて、画像からの性別推定を題材にして転移学習を検討する。その基礎となる特徴量は一般物体認識に広く用いられている Bag of features を利用する。Bag of features は文書分類手法である Bag of words を画像に適用した手法である。Bag of words では文章を単語の集合と見なすところ、Bag of features では画像を局所特徴量の集合と見なし、その位置情報を無視して画像を認識する。最近ではさらに精度のよい手法が多く提案されているが、本研究では特徴量自体の改良は主題ではなく、それを用いた転移学習の枠組みを検討することが目的であるので、今回は Bag of features を用いることにした。

Random Forest の学習は、あらかじめ決めておいた T 個の決定木ごとに独立して行われる。まず学習画像から Bag of features を用いて抽出した大量の特徴量を一つの集合とし、集合の中から重複を許容してランダムに選んできたものを一つの集合としておく。その集合のことをサブセットといい、そのサブセットごとに決定木を作成し、決定木一つ一つが弱識別器となる。この手順で作成する T 個の弱識別器を集めて一つの識別器とする。識別は、識別したいテストデータをすべての決定木に並列に入力し、たどり着いた末端ノードをその決定木の結果とする。すべての決定木の結果を統合してテストデータの結果とするがその統合方法としては平均をとる場合と多数決をとる場合の 2 種類ある。今回は 2 クラス分類であることから多数決を

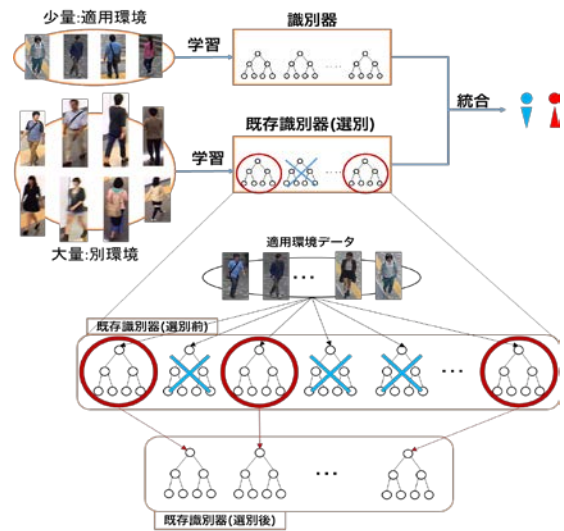


図4：提案手法の概要

用いて判定する。

本研究では、適用環境（ドメイン）の学習データが少量しかない場合であっても十分な高い識別性能を実現するために、別環境で学習した結果を転移させる。別環境の学習データは識別対象のデータとは撮影環境が違うため、そのままでは十分な性能が確保できない。そこで、以下に述べるような手法を用いてすでに学習した結果を転移させる。

先に述べたように、Random Forest を用いて作成した識別器は複数の弱識別器によって構成されている。別環境で学習した Random Forest の中には、適用環境に適した弱識別器とそうではないものがあると考えられる。そこで、個々の弱識別器が適用環境に適しているかどうかを判定し、適しているものだけを利用することにした（図4）。具体的には 2 クラス識別率の識別率が 50%以上のものを適していると判断することにした。このように選別した弱識別器と、適用環境で新たに学習した弱識別器を統合することで、適用環境に対して十分な性能をもつ識別器を構成することにした。

この手法の有効性を検証するたえの実験を行った。実験には先に述べた 3 つのデータセットを用いた。データセットには十分な枚数のデータが存在するが、そのうち 1 つを適用環境として限られた枚数のデータしかないのみなし、別の環境において学習した Random Forest の中で適切なものを選別することにした。適用環境での学習画像枚数を 0 枚、50 枚、100 枚、150 枚と変化させ、そのときに上記の手法によって構成した識別器の性能を評価した（0 枚の場合は適用環境のデータを全く使わず別環境の識別器をそのまま使用することになる）。テスト画像枚数は全て男女各 50 枚とし、5 回行った結果の平均値を結果とする。3 つのデータセットがあ

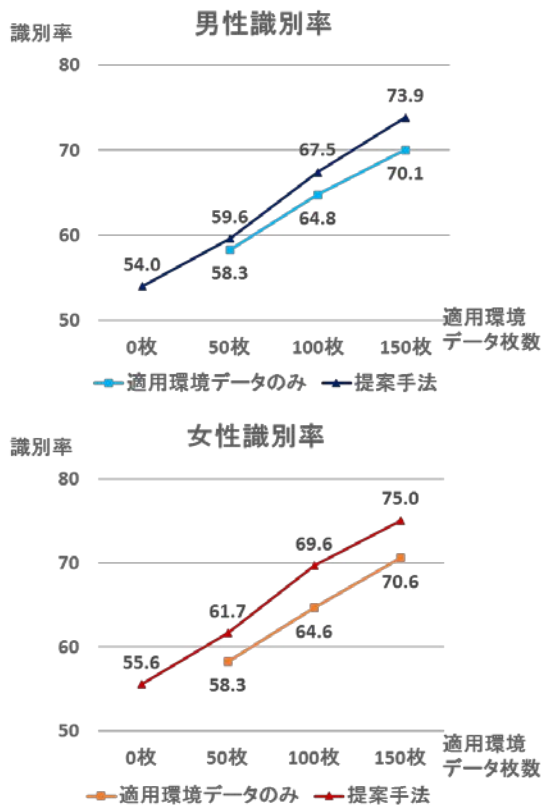


図5：実験結果1

るので6つの組み合わせが考えられるが、そのうち典型的な2つのケースを示していく。

図5はデータセット1を別環境として、そこで学習した識別器を用いてデータセット2への転移を行ったものである。図では5回の試行の平均値を示している。男女ともに全ての場合において適用環境のデータのみを使用したものより提案手法の方が良い結果が得られ、最良で男性の識別率は3.8ポイント、女性の識別率は5ポイント向上した。すなわち、別環境において学習した識別器を用いて適用環境における識別精度が向上できることがわかった。

図6は提案手法による効果が見られなかった例である。これはデータセット3を別環境として、データセット2を適用環境として転移を行ったものである。この場合は、別環境における識別器を用いても識別性能があまり向上していない。これは、二つの環境の間で特徴量分布に共通点が少なく、提案手法では十分に転移ができなかったことを示している。提案手法は別環境における弱識別器をそのまま用いているため、特徴量分布が大幅に異なると転移ができなくなる。このような場合での転移を実現するために、特徴量分布の変換を行うことが必要であることがわかった。

以上のように、実データを用いて提案手法の有効性を検証し、基本的な有効性を確認す

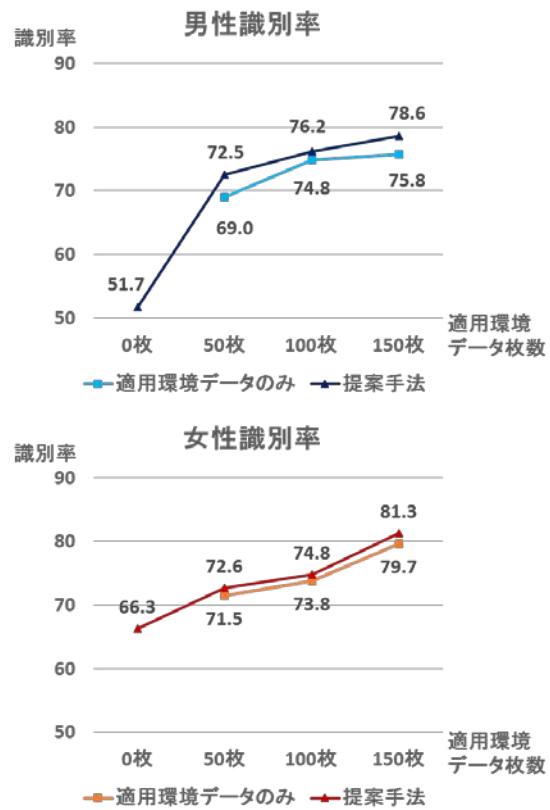


図6：実験結果2

ることができた。今後の課題としては、(1)他のデータを用いた評価、(2)特徴量分布が大きくことなる場合への対処の検討などが挙げられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計3件)

- ① 波部 齊：ランダムフォレスト，第5回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム，2015. 11. 12，東京大学武田先端知ビル（東京都文京区）
- ② 波部 齊：ランダムフォレストとそのコンピュータビジョンへの応用，画像の認識理解シンポジウムMIRU2015，2015. 7. 27，ホテル阪急エキスポパーク（大阪府吹田市）
- ③ 岩竹隆志，波部 齊：多方向人物画像での性別推定のための効率的な学習，電子情報通信学会総合大会，2015. 3. 12，立命館大学びわこ・くさつキャンパス（滋賀県草津市）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

波部 齊 (HABE, Hitoshi)

近畿大学・理工学部・講師

研究者番号：80346072