

プログラム名：「脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現」

PM名：山川 義徳

プロジェクト名：「脳ビッグデータ」

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成29年度

研究開発課題名：

「脳サーチエンジン」

—脳情報，画像，言語を相互変換可能なシステムの構築—

研究開発機関名：

東京大学 大学院情報理工学系研究科

研究開発責任者

原田 達也

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

・教師なしのドメイン適合に関する研究

多数のラベル付きサンプルで訓練された深層ニューラルネットワークは、分類タスクで高い予測性能が得られることが知られている。このような深層ニューラルネットワークを異なるドメインに適用することは重要である。なぜなら、脳情報の計測は膨大なコストがかかることから分かるように、様々なドメインにラベル付けされた大量のサンプルを集めることが困難であるからである。そこで、本年度は、深層ニューラルネットワークによる高精度の教師なしドメイン適合手法を開発する。

・異なるモーダル間の共通表現に関する研究

モーダル間で相互交換可能な分類器の構築には、異なるモーダルから共通の表現を得ることが重要である。もし画像と脳情報といった異なるモーダル間で相互交換可能な表現が得られるならば、画像に関する分類器を訓練し、その分類器をそのまま脳情報の分類器として利用することができる。既存のマルチモーダル表現学習法は、異なるモーダルがペアになったサンプルから豊富な情報を抽出し、対応するラベルによって分類器を訓練することを主目的としている。しかしながら、ペアになったサンプルおよびそれらのラベルを同時に収集することは、高いコストを伴う。そこで、本年度は、ラベルが付いていない異なるモーダルのペアと、これらとは独立したラベルを持つ片方のモーダルデータのみから、モーダル間の共通表現の学習を行い、片方の分類器をもう一方のモーダルに適用可能な手法を開発する。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

少量の教師データから学習を行う分類器の開発を行った昨年度に引き続き、教師なし学習ドメイン適合手法の開発を行った。特に、本年度は深層ニューラルネットワークを用いた高精度の教師なしドメイン適合手法の開発を行った。このドメイン適合の成果では、画像および言語を対象とし、従来手法のほとんどすべてを上回る成果をあげている。

安定したモダリティ変換の基礎技術を開発するため、昨年度の視覚的応答に関する研究に加え、異なるモーダル間の共通表現に対する知見を見出している状況である。

2-2 成果

ドメイン適合のための複数分類器を用いた学習手法の開発

異なるドメインにおいてサンプルに対し、膨大な量のラベルを付与することはコストがかかるため、モデルを様々なドメインに適合させることは重要である。本研究では、図1に示すように非対称な3つの分類器の利用によるドメイン適合の新規手法を提案した。

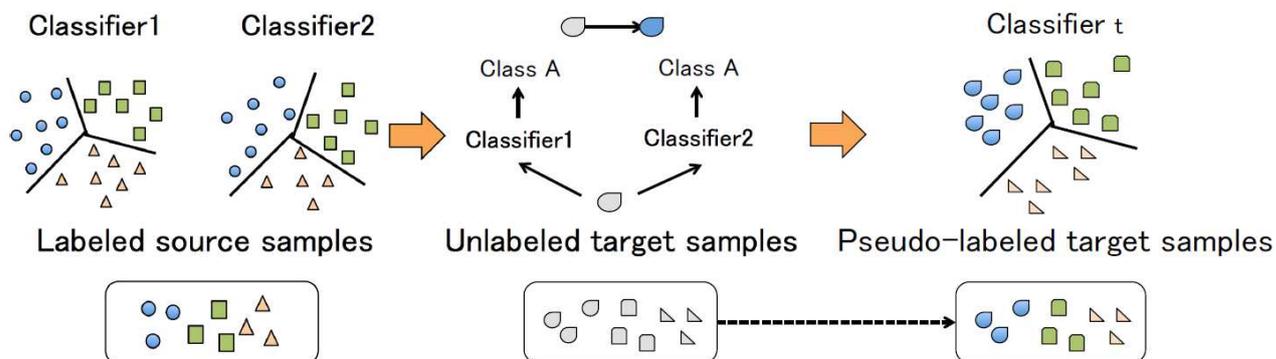


図1：ソースサンプルで訓練された2つの分類器を用い、隠れラベルを生成し、もう一つの分類器を訓練する。

ソースサンプルによって訓練された分類器1と分類器2を用いて、ラベルの付与されていないサンプルに対し疑似ラベルを付与する。この疑似ラベルでもう一つの分類器を学習させる。この学習プロセスを繰り返して得られる最終的な分類器は、ドメイン適合で用いられる画像認識およびテキストの分類タスクでほぼすべての従来手法の精度を上回った。

共通表現学習のための深層モダリティ不変敵対的ネットワークの開発

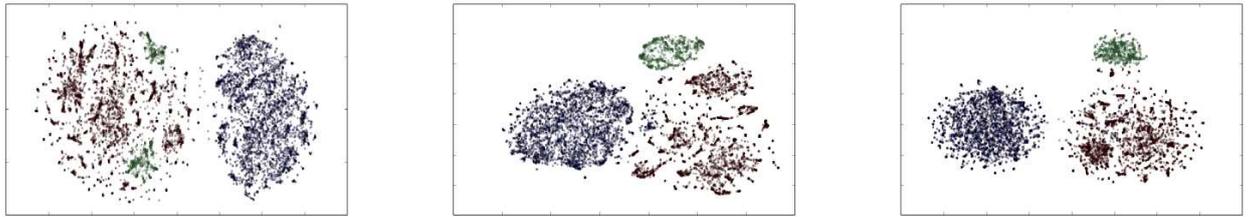
本研究では、モダリティに依存しない分類器学習のため、ドメイン適合の考えに基づき、共通の情報の抽出を行う手法を開発した。具体的には、対になっている異なるモダリティから、等価な情報を抽出するように敵対的ネットワークを用いた学習手法を提案し、実際に Zero-shot learning に応用し、従来の共通空間学習の手法を上回る性能を示した。

視覚的質問応答に対するドメイン不変な深層学習ネットワークの開発

画像情報と言語情報を統合できれば、脳情報と画像、脳情報と言語等の統合にも役立つと考えられる。「画像に関する質問に対して、自然言語で回答する知的システムを構築するタスク」である視覚的質問応答 (VQA) は、言語を用いて画像における質問に回答する際に、言語情報と画像情報を統合する。脳情報との共通空間へ同様のことが可能になれば、さらなる発展が期待出来る。

本年度は昨年度に構築されたシステムを解析し、共通表現に対する知見を深めた。具体的には、画像と質問を統合する際に、射影された特徴量の統合の仕方を和、積だけでなく、各種アンサンブル、提案手法とともに比較を行った。この中でも提案手法が優れていることが示されている。

また、図2に示すように提案手法により構築されたネットワークはより頑健であることが明らかとなった。



(a) Features of summation-only network

(b) Features of multiplication-only network

(c) Features of DualNet

図2 : t-SNEによる最終層の図示. VQAの質問タイプ(青: yes/no 質問, 緑: 数に関する質問, 赤: その他の質問)によって色が塗り分けられている. 提案手法(DualNet)が最も識別的な特徴を抽出できていることが示されている.

また, 2つのネットワークの貢献度合いによる違いを確認したところ, それぞれのネットワークが異なる特徴を扱っていることが確認された.

2-3 新たな課題など

深層学習によるドメイン適合の手法の開発を行い, また画像情報と言語情報の統合に関する知見を見出した. 前者において, 特に深層ネットワークを複数用いるケースでは学習に要する計算コストを削減する工夫が求められる. また, 後者のモダリティ変換に関しては今後さらなる理論的な解析が必要である. 更に高次元である脳情報に対する実際の適用も課題である.

3. アウトリーチ活動報告

特になし.