

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 2 7 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

我々は、これまでに画像情報と言語情報との相互変換手法の開発を行ってきた。開発してきた手法は主に2変量間の相互変換手法であった。本課題の目標は、画像と言語に脳情報を含めることであるために、従来行ってきた手法を3変量に拡張する必要がある。そこでH27年度は、第一歩として3変量以上のモデリティを扱えるモデルの構築を目標とする。具体的には2種類手法の可能性を想定している。一つ目は、正準相関分析の3変量への拡張である。正準相関分析の3変量への拡張として一般化正準相関分析が存在するが、その背後にある確率的構造は明らかではない。この確率的構造が明らかになれば、ベイジック手法などが適用できるため、少サンプルに対応した手法を作成しやすい。二つ目は Deep Learning を用いる手法である。最近では Convolutional Neural Network (CNN) と Recurrent Neural Network (RNN) の組み合わせによる画像と言語の融合研究が出始めている。しかしながら、まだ3変量以上に拡張は十分になされていない。この二種類の手法を念頭に、本年度はモデル構築を進めていく。

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

当初計画では、1に示した通りに、3変量以上に扱えるモデルを構築することであった。しかしながら、プロジェクトを開始し実際の脳情報を扱う過程で、3変量以上に拡張することも大切であるが、脳情報特有である高次元かつ少サンプルの状況にまず対応することが重要であることが分かった。そのため、計画を変更しステージ2で実施予定であった、データが少量でも安定してモデルを構築できる手法の開発に着手した。また、2変量の関係性をより正確に求めるだけでは、脳情報のデコーディングに本当に寄与しているのかが不明瞭であったため、脳情報のデコーディングの重要な要素となる、深層学習の中間層の特徴から画像を復元する手法の開発にも着手した。これは当初計画ではステージ3で実施予定の課題である。

2-2 成果

進捗状況でも述べたとおり本年度の成果は、2変量間関係性のモデル化と深層学習における画像再構成手法の開発である。2変量間のモデル化は、欠損データがある場合と、高次元かつ少サンプルの場合について研究を行った。以下に詳しい説明を載せる。

1) 欠損データにおける2変量間関係性のモデル化

正準相関分析は、情報の圧縮、可視化、特徴選択等、幅広い目的で利用されている古典的な多変量解析手法である。正準相関分析では、二つの変量の値をペアとして持つデータを用いて変量間関係性を学習するが、そのようなペアのデータを脳情報で大量に収集するのは一般に難しい。そのために、ペアを成さないサンプルを分析の際にどう扱うかは非常に重要な問題である。片方の変量が欠損したサンプルを単純に無視すると利用できるサンプルの数が少なくなるだけでなく、欠損に一定の傾向があった場合には学習結果にもバイアスが残ってしまう。観測に欠損が含まれるような場合に対応可能な正準相関分析手法が実現できれば、一部のデータのみ教師ラベルの存在するデータを用いた半教

師付き学習や、欠損を含むセンサデータの分析など、幅広い応用が可能になる。そこで、本年度は観測値の欠損に対応可能な半正準相関分析を提案した。本提案手法は確率的正準相関分析モデルをベースに欠損メカニズムを考慮したものである。

2) 高次元かつ少サンプルの2変量間のモデル化

また、高次元データと高次元データの関係性を推定することができれば、豊富な情報を持つ2変量間のモデル化が可能となる。高次元データ同士の関係性推定には多くのペアサンプルが必要になる。しかしながら、例えば画像や動画、文章の非ペアサンプルはWeb上に多く存在するが、画像と文章のペアサンプルや動画と文章のペアサンプルは限られている。そこで、本年度では、少ないペアサンプルから高次元データ同士の関係を学習し、豊富に存在する非ペアサンプルを利用した半教師付きマルチモーダル学習手法を提案した。実験により少サンプルに対して提案手法が有効であることが確かめられた。

3) 深層学習の中間層の特徴からの画像復元

深層学習の中間層の特徴からの画像復元は、脳情報の可視化の重要なモジュールである。しかしながら画像特徴からの画像復元の研究はコンピュータビジョンの分野において研究が始まったばかりであり、決定的な手法が開発されていないのが現状である。そこで、本年度は、時系列ニューラルネットワークを用いて画像の自然さをモデル化し、この画像の自然さをなるべく保つ形で画像復元する手法を提案した。提案手法は2015年11月時点で最も復元精度の高い手法である。図1に復元した結果を示す。

上記の研究は論文化を行っている。

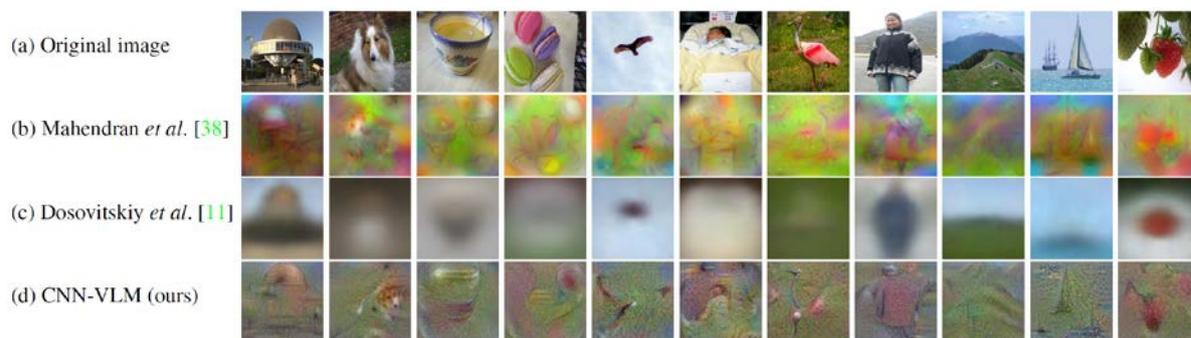


図1：提案手法による画像復元の結果。一番上の行の画像群がオリジナルの画像、一番下の行が提案手法による画像特徴からの復元結果である。二行目と三行目は比較手法による画像復元の結果であり、本提案手法が精度よく画像復元できていることが分かる。

2-3 新たな課題など

1で述べたとおりに、ステージ2とステージ3で行う予定であった課題を、本年度に前倒して実施を行った。そのために、当初予定していた3変量以上のモデル化を来年度以降進める必要がある。また、2変量間のモデル化において、脳情報のデコーディングには、より高速な手法が求められることが分かり、改良を検討する必要がある。

3. アウトリーチ活動報告

特になし。