

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 28 年度

研究開発課題名：

脳サーチエンジン

研究開発機関名：

株式会社国際電気通信基礎技術研究所

研究開発責任者

神谷 之康

# 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

平成 28 年度は、前年度に引き続き、本研究開発における主要課題である 1) デザイン評価技術、および 2) イメージ解読技術、の二つの課題の開発および性能向上を目指して研究開発を行った。1) デザイン評価技術の開発では、計測脳活動および人工脳モデルによる予測脳活動を用いた、脳活動ベースの画像コンテンツ評価の性能を向上させることを目標とし、2) イメージ解読技術では、自然画像をはじめとする多様なコンテンツを提示した時の脳活動パターンから、提示したコンテンツに関連する画像や言語情報を生成する技術の応用利用および性能向上を目標とした。さらに、これらの技術開発の性能評価に利用可能な大規模個人脳データベースの構築を同時に進めることを目標とした。

## 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

1) デザイン評価技術に関しては、前年度までに、深層ニューラルネットワークに画像を入力した時の信号パターンから、同じ画像を被験者に提示した時の脳活動を予測するモデルを構築することで、各被験者の脳活動を人工的に生成することを可能にする人工脳モデルの構築を進めていた。平成 28 年度には、人工脳モデル構築のさらなる精度向上を目指し、より脳活動パターンとの対応関係を学習しやすい深層ニューラルネットワーク特徴の探索を行った。

2) イメージ解読技術に関しては、前年度までに、脳活動パターンから深層ニューラルネットワークの特徴量を予測することを介して、提示されたコンテンツに関する言語情報を脳活動から生成・検索する技術の開発を進めており、これまでに得られた成果を論文としてまとめていた。さらに、提示された情報を脳活動から可視化するコンテンツ生成の技術を応用した評価技術の性能評価も進めており、この技術の実現可能性を検証している段階にある。

また、大規模個人脳データベース構築に関しては、前年度までにデータ収集を進めていた画像コンテンツに対する脳活動だけでなく、聴覚に関連する音声コンテンツに対する脳活動として、多様な自然環境下における音声を被験者に聞かせた時の脳活動データの収集に着手した。

### 2-2 成果

1) デザイン評価技術の開発・性能向上に関しては、深層ニューラルネットワークの特徴量から脳活動生成を行う人工脳モデルの性能向上に向け、脳と深層ニューラルネットワークの統計的関係を構築するのにより有用な深層ニューラルネットワーク特徴量の探索を行った。この目的を達成するため、脳活動パターンから全ての深層ニューラルネットワーク特徴量の予測を行い、特徴量を脳からの予測成績で順位づけ（ランキング）することで、各特徴量の予測成績が異なる被験者間でどの程度安定しているかを評価した。その結果、各特徴量の脳からの予測成績のランキングが、異なる被験者間で高い相関を示すことが分かり、ある被験者の脳活動からの予測成績が高い特徴量は、他の被験者の脳活動からも安定して高い精度で予測可能であることが明らかになった。この結果は、大多数の特徴量からなる深層ニューラルネットワークから、適切に特徴量（深層ニューラルネットワークのユニット）を選択することで、より安定かつ強固な脳-深層ニューラルネットワークの統計的関係の構築が可能であることを示唆し

ている。したがって、この解析で得られたランキングを元に深層ニューラルネットワークの特徴選択を行うことで、より精度の高い人工脳モデル構築が可能となると考えられる。

2) イメージ解読技術に関しては、上述の通り、深層ニューラルネットワークの特徴量をはじめとする多様な階層的視覚特徴を脳活動から予測し、大規模画像データベース(ImageNet)の画像群から計算した特徴量と予測特徴量のマッチングを行うことで、提示されたコンテンツに関する単語レベルの言語情報を脳活動から検索する技術の開発を行ない、今までに得られた成果をまとめた論文が *Nature Communications* 誌に採択された。この検索技術を用いることにより、脳内で表現されているコンテンツを、脳計測実験で使用したコンテンツ以外の任意のコンテンツと対応づけることが可能になり、脳内で表現されている情報を、より多角的に評価することができるようになった。また、脳からのコンテンツの生成を介してデザイン評価を行う技術については、脳活動から深層ニューラルネットワークの特徴量の予測を行い、生成アルゴリズムによって処理する技術を用いた応用研究の実現可能性の検証を進めている。現在までに、いくつかの異なる深層ニューラルネットワークモデルを用いた時の可視化精度の比較を行い、自然画像などを提示した時の脳活動から、ある程度のレベルで生成可能であることを確認している。今後、この技術を元にして多様な印象に関連する脳情報の可視化への応用可能性を検討していく。

### 2-3 新たな課題など

1) デザイン評価技術の開発において、より高性能の人工脳モデルを構築するためには、人工脳モデルのベースとなる深層ニューラルネットワークとヒトの脳活動との間で、より安定かつ強固な統計的関係を構築する必要がある。このためには、平成 28 年度に行なっていたような、既存の深層ニューラルネットワークのモデルから有用な特徴量を選択するというアプローチだけでなく、深層ニューラルネットワーク自体を脳のデータを用いて訓練し直すアプローチが有用であると考えられる。深層ニューラルネットワークの出力として特定の被験者の脳活動を予測するよう訓練し直したり、ヒトの脳活動パターンから計算した画像間の類似性を制約としてモデルを訓練し直したりするなどのアプローチを用いることで、深層ニューラルネットワークの特徴量が、より脳と似た情報表現を獲得するよう訓練可能かどうかを検証することは、今後人工脳モデルによるコンテンツ評価の性能を向上させるための重要なポイントである。

2) イメージ解読技術に関しては、現在までの解析で、コンテンツ情報を可視化する技術に使用する深層ニューラルネットワークの種類や、最適化アルゴリズム、異なる階層の出力をいかに組み合わせるかなどが、コンテンツ生成の精度に大きく影響することが明らかになっており、これらの解析パラメータの最適化が、今後の精度の向上のための課題として考えられる。さらに、異なる種類のコンテンツに対する汎化精度や、主観情報に対する脳情報解読技術の応用可能性などについて検証していくことも、今後の重要な課題となる。

## 3. アウトリーチ活動報告

2016年8月25日に、サントリーワールドリサーチセンターにおいて行われた異分野交流セミナー「脳科学で見える未来」でプレゼンテーションを行なった。サントリーと ATR の研究者間で、脳科学を利用した応用研究の方向性等について議論を交わすことができた。

また、2017年1月17日、18日に行われた「計算論的神経科学に関する NICT-NSF 連携ワークショップ」において、脳ビッグデータに関連する研究成果についてのプレゼンテーションを行なった。計算神経科学分野の多様な研究領域に関わる日米の研究者と議論を介して、われわれの研究アプローチに対する有用な意見交換を行うことができた。