

平成 27 年 6 月 21 日現在

機関番号：26402

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500258

研究課題名(和文) fMRI とカーネルファジィクラスタリングを用いたBCI画像検索

研究課題名(英文) BCI image retrieval using fMRI and kernel fuzzy clustering

研究代表者

吉田 真一 (Yoshida, Shinichi)

高知工科大学・工学部・准教授

研究者番号：30334519

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：fMRIにより得られる脳神経活動のデータから、人が想起している画像を推定し画像検索を行うシステムの実現を目指して、fMRIで脳活動を撮像している被験者に呈示している画像を、脳活動のみから推定する研究を行った。そのための手法として、機械学習を用いたブレインデコーディングを用いる。提示する画像として、異なる色を持つ円、異なる形状を持つ図形、異なる感情を誘起する画像、異なる意味を持つ画像を選択し、SVM、Backpropagation、Random Forest、Sparse Logistic Regressionを用いて学習・推定を行い、おおむね70%の推定が行えることを確認した。

研究成果の概要(英文)：This study aims at image retrieval using brain neural data obtained from fMRI---BCI based image retrieval. In order to construct the foundation of BCI image retrieval, we have conducted four brain decoding experiment, color circle, black-and-white shapes, emotional images, and images which have different semantics. We used and compared four machine learning techniques, SVM, backpropagation, random forest, and sparse logistic regression. The result shows that the accuracy of the estimation of image is around 70%.

研究分野：ソフトコンピューティング

キーワード：ソフトコンピューティング BCI fMRI 機械学習 画像検索 パターン認識

1. 研究開始当初の背景

神経科学の分野において、脳活動を計測したデータから機械学習アルゴリズムを用いて被験者の知覚、脳や心の内部状態を推定するブレインデコーディングが 2000 年代半ばより研究されるようになり、特に視覚刺激の推定について Kamitani や Haynes らの先駆的な研究により大きく進展した。そこで、本研究ではこれを BCI(Brain-Computer Interface)型の画像検索に応用することを目的とし、様々な画像に対する脳活動からの推定を行い、画像検索への応用可能性を探り、その基礎的知見を得ることを目指した。

2. 研究の目的

本研究は、画像検索へブレインデコーディングを応用することを目的として、その基礎的な知見を得るために、異なる画像を被験者に複数呈示し、そのときの被験者の脳活動の fMRI 撮像画像と画像の種類を機械学習アルゴリズムにより訓練し、学習器(デコーダ)を構築し、その汎化性能を調べる。この結果から、fMRI による脳活動から視覚を通して人に入力されるデータを推定するために必要な特徴、推定に用いる学習アルゴリズム、それらの性能を明らかにする。

3. 研究の方法

下記の 3 種類の呈示画像の推定実験を行った。

(1) 赤・青・緑の 3 色の円

被験者に、赤(●)・青(●)・緑(●)の 3 色の円を各 2 回ずつ、計 6 回呈示する実験を行う。1 回の呈示時間は 20 秒である。これを円の表示順序はランダムになるよう、10 回繰り返して、fMRI で撮像を行う。fMRI での撮像は、TR 5s で行い、20 秒の呈示の間に 4 回の脳の EPI 画像の撮像を行う。撮像は、FOV 192mm, 64x64 matrix, voxel size 3mm x 3mm x 3mm, slice 数 50, TE 50ms, FA 90° である。これを SPM(Statistical Parametric Mapping)を用いて、動き補正、MNI 標準脳へのノーマライズ、スムージング、ROI の設定(左右ブロードマン領野 17, 18, 19)、各ボクセルの t 値の算出を行う。t 値の大きいもの 261 ボクセルを識別に用いる。

これをサポートベクトルマシン(SVM)、ランダムフォレスト(RF)、誤差逆伝搬法を用いたニューラルネットワーク(NN)、スパースロジスティック回帰(SLR)により学習を行い、10 フォールドの交差確認法にて識別率の評価を行う。

(2) 形状の異なる図形

形状の異なる図形(面積を同一のものとし

ている)を被験者に呈示し、識別を行う。学習器にはサポートベクトルマシンを用いる。

撮像は、(1)の実験と、voxel size 3mm x 3mm x 4.5mm, slice 数 35, TR 3s としている。

(A) 3 種の図形

円(●)、四角形(■)、三角形(▲)の 3 つの図形(面積は同一)についての識別を行う。

(B) 7 種の図形

円(●)、四角形(■)、三角形(▲)、逆三角形(▼)、ひし形(◆)、星形(★)、クロス(×)の計 7 種の図形(面積は同一)についての識別を行う。

(C) 10 種の図形

円(●)、四角形(■)、三角形(▲)に、ハート形、雲形などの形状を加え、計 10 種の図形(面積は同一)についての識別を行う。

(3) 顔・非顔、および顔の種類識別

意味を持つ画像として、顔と建物(非顔)、および顔の種類識別を行った。

(A) 顔・建物

被験者に顔(性別、人種、既知・未知は異なる)および建物(色はベージュ等の肌色に近い色)を呈示し、その識別を行う。

(B) 男性・女性

被験者に男性の顔と女性の顔(人種、既知・未知は異なる)を呈示し、その識別を行う。

(B) 既知・未知

被験者に、被験者が既知の顔と未知の顔を呈示し、その識別を行う。

(4) 感情(快・不快)を誘発する画像の識別

感情を誘発する画像として、IAPS(International Affective Picture System)から快および不快の感情を誘発する画像を選択し、被験者に呈示し識別する。

4. 研究成果

(1)の実験では、SVM を用いた場合で 68%の認識率となり、SLR では 68~72%、RF では 57~60%、NN では 53%となった。3 種の識別のチャンスレベルは 33%でありこれを超える識別結果となったが、NN では他のアルゴリズムよりも低い結果となった。SVM はカーネルとして、線形他、RBF、多項式カーネルなどを用いているが、線形カーネルが最も良い結果となった。これは、前処理の段階で t 値の高いものを選択する他、スムージングをかけていることから、線形分離性の良いデータとなったことが考えられ、その他のアルゴリズムで良い結果とならなかったのは、次元の大きさに対するサンプルの少なさにより十分な汎化をするにはサンプルが足りなかったものと考えられる。

(2)の実験では、3 種の図形に対して 65~

77%であったが、10種にした場合には14%程度となった。識別クラスの増加は急激に識別率を下げる結果となり、画像検索応用への課題となる。7種の図形に対しては、データ処理を変え、ボクセルの相関を用いた選択基準により特徴選択を行った。その結果、10次元では40%、100次元で60%、200次元で70%の識別率となり、特徴選択としてボクセル選択基準を導入することは、画像検索への課題に対する一つの方法であること考える。

(3)の実験では、(A)が83%、(B)が77%、(C)が76%となった。色や図形の形状のような画像の低レベルの特徴だけではなく、意味も含めた画像の識別に対しても、ブレインデコーディングによる画像識別は有効に行えることを示している。しかしながら、顔についてはFFA(fusiform face area)など、顔を見ている際に特に賦活する部位が知られており一般の画像検索のような際に、意味を持つ画像に対しての識別能力については、検討が必要である。

(4)の実験では、IAPSの画像セットのうち覚醒度(Arousal)の高いもので、Valence値の低いもの(不快な画像)、高いもの(快の画像)を選択し識別を行った結果、52%~60%であった。IAPSは米国で作成された画像セットであり、その内容は日本人である被験者にとって感情移入のしにくい画像もあったことから、実験後にあらためて画像から受ける印象についてアンケートをとり、その結果に対する識別を行ったところ、71%~83%の識別率となった。

以上の結果から、fMRIで計測した脳機能画像からの機械学習・ブレインデコーディングを用いて画像を推定することは、識別クラスが3程度であれば通常のデコーディングでの識別も行えるが、クラスが10になると難しくなることが示唆される。また、識別に用いる特徴であるボクセル選択を相関などに基づいて行うことで、識別率を向上させることができることが示された。このことは、特徴の選択方法の工夫により、一般の画像検索への応用の道も拓かれる可能性のあることを示唆している。さらに、顔や建物、感情など、画像の意味や、画像から受ける感情・印象などについては、単純な図形の色や形状よりも推定精度が高まることが分かった。このことは、fMRIを用いたBCI画像検索は、人間が見出している意味や感情を直接的に検索に活かせることを示している。

この実験結果はブレインデコーディングと機械学習を用いた、fMRIからのBCI画像検索実現の可能性を示していると言える。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

Liang Sun, Hongwei Ge, Shinichi Yoshida, Yanchun Liang, Guozhen Tan, "Support vector description of clusters for content-based image annotation," *Pattern Recognition*, 査読有, Vol. 47, pp. 1361-1374, 2014

[学会発表] (計 9 件)

Koike Noriki, Shinichi Yoshida, Yutaka Hatakeyama, "Decoding Color of Stimuli given to a Human Subject from functional Magnetic Resonance Imaging Voxel Patterns using Machine Learning Algorithm," *World Automation Congress 2014, 9th International Forum on Multimedia and Image Processing*, 2014

Yutaka Hatakeyama, Hiromi Kataoka, Yoshiyasu Okuhara, Shinichi Yoshida, "Decoding analysis for fMRI based on Deep Brief Network," *World Automation Congress 2014, 9th International Forum on Multimedia and Image Processing*, 2014

Tatsuro Matsuo, Natsuki Fujimori, Yutaka Hatakeyama, Sachio Saiki, Kazushi Okamoto, Shinichi Yoshida, "Comparison of Motion Correction Methods including Particle Filter for functional Magnetic Resonance Imaging," *World Automation Congress 2014*,

Noriki Koike, Hirokazu Takahashi, Shinichi Yoshida, "Decoding Emotion by Deep Brain Voxel Selection using fMRI," *IDHF 2014 (International Symposium on Interaction design and Human Factors)*, 2014

Tatsuro Matsuo, Yutaka Hatakeyama, Sachio Saiki, Kazushi Okamoto, Shinichi Yoshida, "Examine of Motion Correction Methods using Particle Filter for functional Magnetic Resonance Imaging," *IDHF 2014 (International Symposium on Interaction design and Human Factors)*, 2014

Noriki Koike, Yutaka Hatakeyama, Shinichi Yoshida, "Machine Learning of functional Magnetic Resonance Imaging Data for Brain Decoding," *The 3rd International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (IWACIII 2013)*, 2013

Noriki Koike, Yutaka Hatakeyama, Shinichi

Yoshida, “Supervised Learning of functional Magnetic Resonance Imaging Data for Brain Decoding,” The 14th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2013), 2013

Yutaka Hatakeyama, Shinichi Yoshida, Hiromi Kataoka, Yoshiyasu Okuhara, “Multi-voxel pattern analysis of fMRI based on deep learning methods,” The 14th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS2013), 2013

吉田真一, 小池規伎, “脳機能データへの機械学習の適用と BCI 応用への可能性 (招待講演),” 日本知能情報ファジィ学会九州支部夏季ワークショップ, 2013

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 真一 (YOSHIDA, Shinichi)
高知工科大学・工学部・准教授
研究者番号：30334519

(2) 研究分担者

畠山 豊 (HATAKEYAMA, Yutaka)
高知大学・医歯学系・准教授
研究者番号：00376956

岡本 一志 (OKAMOTO, Kazushi)
千葉大学・学内共同利用施設等・助教
研究者番号：10615032

佐伯 幸郎 (SAIKI, Sachio)
神戸大学・その他の研究科・助教
研究者番号：00376956