

令和元年6月21日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01512

研究課題名(和文) 機械学習を用いた描画像のデジタルパターン解析による精神機能障害の新指標探索

研究課題名(英文) Research on the machine learning with gestalt pattern analysis of drawing picture for exploring novel index of mental disfunctions

研究代表者

稲富 宏之 (Inadomi, Hiroyuki)

京都大学・医学研究科・教授

研究者番号：10295107

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：描画像の特徴量を検出する工学的な画像処理技術と機械学習を用いて画型分類の精度を高める方法を検討した。その結果、樹木画のデータセットに画像処理を施してサンプル数を増加させる「data augmentation」、及びスケッチ画像の大規模データセット「The Sketchy Database」による学習済みのCNNの併用は有用であることが示唆された。本研究において、ResNetの層数の違いとSE blockの適用の有無によって構造モデルを検討した結果、「SE-ResNet-34」における全体の推定精度が69.7%と最も高いことを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在のバウム画におけるゲシュタルト形成不全は、目視による主観的な判定方法のため、評価者の経験値と熟練度によって再現性を保つことができない。このため、客観的に分類できる補助的な判定法の確立が模索されている。本研究では、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)における構造モデルを検討した結果、「SE-ResNet-34」における全体の推定精度が69.7%と最も高いことを確認した。これは、幻覚・妄想といった精神症状の関連が示唆されるゲシュタルトの統合度が低下したバウム画を客観的に分類できる画型判定法の確立に向けた出発点になる研究であると位置づけられる。

研究成果の概要(英文)：The classification of the gestalt collapse in the tree-drawing is not high in the statistical reliability because of the subjective viewing. For psychiatric additional diagnosis such as delusion or hallucination, the classification of tree-drawing has required objective methods with high accuracy like this Convolutional Neural Network (CNN). We aim to construct the classifier by using CNN. In this research, we propose methods to improve the accuracy of the classifier of tree-drawings using CNN. The present study confirmed that the classification of tree-drawings using CNN has improved the accuracy well, and suggests the possibility of useful psychiatric additional diagnosis in future clinical setting.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：リハビリテーション 精神機能障害 機械学習 バウムテスト 樹木画分類 ゲシュタルト

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、精神疾患のある患者数は急増し、医療機関にかかる患者だけでも 300 万人を大きく超えている。精神機能障害を自覚しづらく、医療機関への受診が遅れやすい精神疾患のある患者は、障害改善を目的とした薬物療法とリハビリテーションを早期から継続的に取り組む必要がある。そのため、研究代表者は統合失調症患者が精神機能障害を自覚しやすい描画法「バウムテスト」による評価の確立を進展させてきた(稲富ら、1996; 1998; 2003; 2005)。

そのバウムテストと精神症状の関連性を調べた先行研究によれば、バウム画における形態統合度の低下「ゲシュタルト形成不全」は、幻覚や妄想等の陽性症状と有意な関連を示したと報告している(臺ら、2001)。このゲシュタルト形成不全を説明するために齋藤らは、知覚と運動に伴う脳機能の情報処理における遷移過程の異常である「瞬間意識仮説」を提唱した(齋藤ら、2008)。この瞬間意識仮説は、約 50mm 秒前後の単位時間で脳が情報を処理するときの「時間性の偏移」と「連続性の遅延または短縮」という精神機能障害のメカニズムの一端を示唆している。

バウム画のゲシュタルト形成不全の背景にある精神機能障害のメカニズムは固定されたものでなく、知覚と運動の調節による回復可能性が期待されており、例えば思考や行為の自己所属感を強化学習的にフィードバックする Sense of agency task (Keio method) 等のトレーニング課題を用いた認知機能リハビリテーションへの応用も提案されてきている(前田、2015)。

このように、精神機能障害メカニズムの一端と機能的可塑性を示唆するゲシュタルト形成不全は、バウムテストという簡便な方法で評価できるという利点をもつので、今後の詳細な検証を必要とする。そのためには、バウム画のゲシュタルト形成不全の判定精度を高める方法論を確立しておかなければならない。

2. 研究の目的

バウム画におけるゲシュタルト形成不全の判定方法は、評価者が描画像を一瞥または凝視して「全体的なまとまり(ゲシュタルトの統合度)」を判別して分類する目視法を採用している。目視法では、(a)ゲシュタルトの統合が保たれていない「陽性画」、(b)ゲシュタルトは一応保たれるが顕著な対称性または萎縮した「陰性画」、(c)ゲシュタルトの統合を認めるとともに(a)と(b)の条件には該当しない「普通画」の3つに分類する既知の判定基準に従う。Kappa statistics による一致度検定によれば、評定者間信頼性は先行研究 = 0.63、研究代表者の自験例 = 0.68 であり、比較的高い一致度であることを確認している。しかし、目視法による既知の判定は、評価者の「精神科臨床の経験」と「解釈技能の熟練」に影響されるため、評価者の経験値と熟練度によっては再現の安定性を保つことができず、この判定方法を普及させるうえでの壁になっている。

そこで本研究では、描画像の特徴量を検出する工学的な画像処理技術と機械学習を用いて画型分類の精度を高める方法を検討した。

3. 研究の方法

(1) 対象者とデータの選定

研究協力する精神科医療施設において、精神科リハビリテーションの補助的評価として患者に実施された臺式簡易客観的精神指標検査(UBOM; Utena's Brief Objective Measures)のうち、バウム画を後方視的データとして採用した。同様に、UBOM 基準値を設定する目的として実施された健常者のバウム画も採用した。このようにしてサンプルとなったバウム画は 343 枚である。バウム画は、既知の判定基準に従って、異型画 168 枚と普通画 175 枚の 2 クラスに分類された。さらに、異型画 168 枚は下位分類である陽性画 39 枚と陰性画 61 枚と合併画 68 枚、及び普通画 175 枚の 4 クラス分類された。以上、2 クラス分類と 4 クラス分類を実験で使用した。

本研究において、後方視的データを使用するにあたって研究協力施設の了承を得ていること、及び大阪府立大学大学院総合リハビリテーション学研究科研究倫理委員会の承認を得て実施している。

(2) HOG 特徴量による SVM 分類、及び畳み込みニューラルネットワークによる分類

既知の樹木画分類による判定と比較するために、HOG 特徴量(Histogram of Oriented Gradient)による SVM(Support Vector Machine)分類、および画像認識の分野でよく扱われている畳み込みニューラルネットワーク(CNN; Convolutional Neural Network)による分類を用いて検証した。

CNN のモデルに Illustration2Vec を採用して 2 クラス分類と 4 クラス分類を実施した。バッチサイズは 16、勾配降下法の最適化アルゴリズムは Adam として 100 Epoch の学習が行われた。実験の検証方法は 10-fold Cross Validation を用いた。実験に用いた計算機の GPU は GeForce GTX TITAN X、OS は Ubuntu 16.04 であった。

実験結果として、正しく推定された画像の枚数を全画像枚数で割った比率である全体の推定精度が 2 クラス分類と 4 クラス分類で算出された。2 クラス分類では、Illustration2Vec による全体の推定精度は 79.9% であり、おおむね既知の判定基準と同程度であることが示唆された。4 クラス分類では、HOG 特徴量による SVM は全体の推定精度が 43.2% であり、一方の Illustration2Vec による全体の推定精度は 60.3% であった。4 クラス分類の全体の推定精度に

において、Illustration2Vec は HOG 特徴量による SVM よりも 17.1 ポイントの向上を認めた
が、全体的に低い推定精度であることが示唆された。4 クラス分類で低い推定精度であった一
因として、サンプルである樹木画の画像枚数が少ないことが考えられた。

(3) CNN による分類

精度高くバウム画を分類するために、バウム画の枚数を増やす必要がある。しかし、バウム
テストは同じ患者に頻度多く実施できないことや実施条件に臨床上の制約があるため、一挙に
バウム画を増やすことは容易でない。そのため、本研究では少数のサンプルで学習する data
augmentation を採用した。手順として、元画像と同じアスペクト比を保持して 256 画素へ
リサイズ、樹木画を画像の中心に位置させると共に他の領域をパディングして変換した。さら
に交換後、バウム画の左右反転、及びバウム画の傾きをランダムに -15° ~ 15° の範囲で
回転を加えた。この data augmentation では、バウム画における画型を判定するときの樹木画
の形態「ゲシュタルト」が保たれるように考慮されており、画型判定に影響しない範囲での変
換となっている。

また、樹木画の画型分類に近い性質のデータセットを扱うタスクとして、樹木画と同じく線
画の画像で構成されているスケッチ画像の大規模データセットである The Sketchy Database
を CNN の学習に用いた。The Sketchy Database は 75,471 枚の一般物体のスケッチ画像で
構成されており、これらの画像を 125 クラスに分類するタスクを学習する。次に、樹木画のデ
ータセットで CNN の学習を行う際に、スケッチ画像のデータセットで学習済みの CNN のフ
ィルタのパラメータの値を初期値として用いて学習を行った。

このように data augmentation、及びスケッチ画像のデータセットに基づく学習モデルに
よる転移学習を実施した上で、CNN を用いた樹木画の画型分類の推定精度を改善する手法を
検討した。まず、ResNet における層数の異なる構造モデル、及び特徴マップを各チャンネルで
適応的に重み付けるネットワーク構造「Squeeze-and-Excitation block (SE block)」の適用も
加えて 4 クラス分類の推定精度を検証したところ、SE-ResNet-34 で 69.7%と最も精度が高か
った。ResNet の層数により推定精度が異なったのは、データセットの大きさに適した層の深
さがある可能性を示唆する。さらにこの SE-ResNet-34 を用いて、疑似画像と実物画像を識別
する構造モデルである「Generative Adversarial Network (GAN)」による画型 4 クラス分類
を行った結果では推定精度が 67.3%と低くなった。これは、GAN により生成された疑似画像
のうち、陰性画と合併画において小さい樹木画やほぼ白紙のような画像が多く認められたこと
から、それらの疑似画像が CNN の学習の効率を下げたのかもしれない。

以上のようにバウム画型における 4 クラス分類の推定精度は、SE-ResNet-34 を用いた場合
において 69.7%と最も精度が高い結果を導いた。

4. 研究成果

研究期間全体を通じた成果として、樹木画のデータセットに画像処理を施してサンプル数を
増加させる「data augmentation」、及びスケッチ画像の大規模データセット「The Sketchy
Database」による学習済みの CNN の併用は有用であることが示唆された。本研究において、
ResNet の層数の違いと SE block の適用の有無によって構造モデルを検討した結果、
「SE-ResNet-34」における全体の推定精度が 69.7%と最も高いことを確認した。さらに、
SE-ResNet-34 の分類結果とテスターによる分類結果の一致度は $\kappa=0.524$ であり、先行研究で
報告されている一致度に近づけることができた。データセットの大きさに最適な層の深さを設
定できれば CNN の構造モデルに SE-ResNet を用いる手法の有用性がさらに高まる可能性も
示唆された。また、臨床現場で収集できる樹木画のサンプル数を多く増やすには患者側の実施
負担やコスト、及び倫理面において制約がある。そのため、本研究の場合に GAN は有用であ
るが、画型の識別精度を高めるための疑似画像の最適枚数の検討が課題として残された。この
ように、高い識別精度と樹木画の客観的な画型判定が期待できる方法を確認できた。

今後の課題として、GAN で疑似サンプルを生成する際の最適な枚数、疑似サンプルを
生成する GAN 学習の最適な進行度の程度、少ないデータ数で CNN を効率よく学習する手
法といった複数の調査を通して有効性を検証していくことが挙げられる。

- 1) 稲富宏之,他 4 名: 数量化を用いた作業療法評価の試み - 樹木画(バウム)の経時的観察 - .
作業療法 . 15 : 351 - 357 . 1996 .
- 2) 稲富宏之,他 4 名: 1 日における作業療法の回数が精神分裂病者に与える効果 - 3 年間に
わたるバウムテストによる補助的評価を試みて - . 作業療法 . 17 : 133 - 142 , 1998 .
- 3) Inadomi H, Tanaka G, Ohta Y.: Characteristics of trees drawn by patients with paranoid
schizophrenia. Psychiatry Clin Neurosci. 57: 347-51, 2003.
- 4) Hiroyuki INADOMI, 他 4 名: Ability of Procedural Learning and Gestalt Cognition in Patients
with Schizophrenia Assessed by Push-Button Task and Tree-Drawing Test. Acta Medica
Nagasakiensis. 50: 155-160. 2005.
- 5) 臺弘, 齋藤治, 三宅由子: 日常診療のための簡易精神機能テスト—分裂病者のバウムテスト .
精神医学 . 43 : 737-744. 2001.
- 6) 齋藤治, 臺弘: 統合失調症の瞬間意識仮説 . Schizophrenia Frontier . 8 : 257-261. 2008.
- 7) 前田貴記: 自我の脳科学から考える統合失調症 . こころの科学 . 180 : 79-86 . 2015 .

5. 主な発表論文等

なし

〔雑誌論文〕(計 1件)

林良太, 稲富宏之: 近年の精神科領域におけるトピックスの紹介. 大阪作業療法ジャーナル 30巻: 90-97, 2017.

〔学会発表〕(計 4件)

稲富宏之, 岩田基, 田中宏明, 福田健一郎: 能動的な活動を目指す統合失調症患者に UBOM 用いて支援した経験. UBOM 技術講習会 (福島市), 2016.

田中宏明, 内藤泰男, 稲富宏之: 情動伝染と内受容感覚との関連. 第 51 回日本作業療法学会 (東京都), 2017.

稲富宏之: 精神科リハビリテーションと多職種連携に役立つ臺式簡易客観的精神指標 (UBOM); シンポジウム 44 簡易で SDM に役立つ精神機能指標を求めて - UBOM を例として. 第 114 回日本精神神経学会学術総会 (神戸市), 2018.

藺田統輔, 岩田基, 稲富宏之, 黄瀬浩一: Convolutional Neural Network を用いた樹木画の画型分類の改善. 電子情報通信学会技術研究報告パターン認識メディア理解研究会, pp.149-154, 2019.

〔図書〕(計 1件)

稲富宏之, 田中宏明, 芳賀大輔: 双極型障がい. PT・OT・ST のための診療ガイドライン活用法, 医歯薬出版株式会社, 2017.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況 (計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 岩田 基

ローマ字氏名: IWATA, Motoi

所属研究機関名: 大阪府立大学

部局名: 大学院工学研究科

職名: 准教授

研究者番号 (8桁): 70316008

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 藺田 統輔

ローマ字氏名: SONODA, Tosuke

については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。