

統合失調症患者による臨床描画のファジィエッジ推論による分析

川杉 桂太 (早稲田大学 文学学術院, keita-kawasugi@aoni.waseda.jp)

竹村 和久 (早稲田大学 文学学術院, kazupsy@waseda.jp)

岩満 優美 (北里大学 大学院医療系研究科, iyumi@kitasato-u.ac.jp)

西澤 さくら (鶴賀病院精神科, nishizawa.s06@gmail.com)

塚本 康之 (鶴賀病院精神科, y.tsuka.tsuruga@gmail.com)

延藤 麻子 (鶴賀病院精神科, bsbs534@ybb.ne.jp)

小平 明子 (鶴賀病院精神科, hayrs-napo@softbank.ne.jp)

轟 純一 (鶴賀病院精神科, juntodo@mx1.avis.ne.jp)

轟 慶子 (鶴賀病院精神科, keiko-t@mx2.avis.ne.jp)

Fuzzy edge detection analysis of clinical drawing by schizophrenic patients

Keita Kawasugi (Faculty of Letters, Arts and Sciences, Waseda University, Japan)

Kazuhisa Takemura (Faculty of Letters, Arts and Sciences, Waseda University, Japan)

Yumi Iwamitsu (Graduate School of Medical Sciences, Kitasato University, Japan)

Sakura Nishizawa (Department of Psychiatry, Tsuruga Hospital, Japan)

Yasuyuki Tsukamoto (Department of Psychiatry, Tsuruga Hospital, Japan)

Asako Nobutou (Department of Psychiatry, Tsuruga Hospital, Japan)

Akiko Kodaira (Department of Psychiatry, Tsuruga Hospital, Japan)

Junichi Todoroki (Department of Psychiatry, Tsuruga Hospital, Japan)

Keiko Todoroki (Department of Psychiatry, Tsuruga Hospital, Japan)

Abstract

In this study, the fuzzy inference technique was applied for preprocessing the clinical drawings of schizophrenic patients. The interpretation procedure for the clinical drawings was divided into two phases, namely preprocessing and interpretation phases. In the preprocessing phase, two analyses were conducted by employing the fuzzy inference technique and three analyses were conducted by applying Fourier transform, wavelet transform, and singular value decomposition on three images of the tree test. In the interpretation phase, the drawings and output images were psychologically interpreted. The contrast of each image was also examined for determining the feature associated with the corresponding output image of the fuzzy inference technique. Based on the compared interpretations and contrasts, it can be concluded that image analysis incorporating the fuzzy inference technique is superior as a preprocessing method employed before interpreting whole image. Further research is required for examining the relation between the empirical findings regarding schizophrenic patients and the parameter of the fuzzy inference technique.

Key words

image analysis, tree test, fuzzy inference, edge detection, schizophrenia

1. はじめに

精神科などの病院臨床現場において患者の性格や気分を知るための手法には、心理面接法や質問紙法、投影法などの心理検査法がある。心理検査法の中でも投影描画法のパウムテストは、対象者が回答を故意に歪めにくいという投影法の特徴に加え、実施が簡便である描画法の利点をあわせもつことから、質問紙法の心理検査と組み合わせ、広く実施されている。描かれた絵の心理的な評価については、参考資料 (ポーランドー, 高橋訳, 1999; コッホ, 林・国吉・一谷訳, 1970; コッホ, 岸本・中島・宮崎訳, 2010) がある一方で、医師や心理職といった評定者の臨床現場における経験の豊富さや熟練度などによる

ところも大きい。例えば、パウムテストの樹木画において、統合失調症患者は健常者と比較して、幹や枝を一本線で表現したり、幹の上下端を閉じない描き方をしたりする割合が高い (Kaneda, Yasui-Furukori, Saito, Sugawara, Nakagami, Furukori, & Kaneko, 2010; 川杉・岩満・轟・菅原・小林・小平・延藤・塚本・西澤・轟・竹村, 2019)。このような描画特徴を、他の心理検査の結果などと照らし合わせ、患者ごとに適切に評定することは容易ではない。

評定者の主観によらず、描画を定量的に評定することを目的として、我々は以前から、描画を計算機に取り込み、画像データとして扱う方法を提案してきた (岩満・竹村・松村・王・延藤・小平・轟・轟, 2013; 川杉・竹村・岩満・菅原・西澤・塚本・延藤・小平・轟・轟, 2019; 高崎・竹村・岩満, 2005; Takemura, Kawasugi, Iwamitsu, Sugawara, Nishizawa, Tsukamoto, Nobutou, Kodaira, Todoroki, & Todoroki, 2017a; 2017b; Takemura, Takasaki, &

Iwamitsu, 2006; Takemura, Takasaki, Matsumura, Iwamitsu, Ideno, & Yoshida, 2010)。これまでの研究では、描画の形式分析に関し、画像解析手法を用いて空間周波数や特異値の観点から描画を分析することで、人の目による評定において注目される描画特徴とは異なる特徴を捉えることのできる可能性について検討している。また、バウムテストの樹木画に対する心理評価の前処理に画像解析手法を用いた先行研究として、樹冠と幹の高さの比などの指標値を機械的に算出することを目的としたものもある (Pintea, Lacrama, Musuroi, Karnyanszky, & Toma, 2013; Simion, Pintea, & Gui, 2013)。これらの研究では、描画画像のコントラストを対数変換により変更した上で、画像の行・列ごとの濃度ヒストグラムを算出することで、手動での測定と比較して誤差の小さな指標値の出力を可能としている。他にも、ニューラルネットワークを用いたバウムテストの診断システムを構築した一連の研究も行われている (秋山・井ノ口, 2016; 秋山・二村・田中・奥嶋, 2006)。この研究では、学生の描いた樹木画の描画特徴から、自己愛性パーソナリティ障害と境界性パーソナリティ障害の程度について、同時に推計することを試みている。また、統合失調症患者を対象に描画法を含む複数の検査を実施し、心理学や臨床現場の観点から、その特徴について数量化Ⅲ類による分析から検討を加えた先行研究もある (横田, 1990; 2018)。これらの研究では、統合失調症患者の描いた描画における特徴の評価軸として「全体を捉える視点を設定できるか」「部分を全体にまとめることができるか」といった視点調節の観点を見出し、症状と関連する可能性を示している。

一方で、画像処理の領域では、画像から特徴を抽出するためのフィルタやシステムが数多く提案されている。例えば、画像の特徴であるエッジの検出と、不要な特徴であるノイズの除去を、同時に、そして効率的に処理することを目的として、ファジィ論理に基づく画像のフィルタを開発した研究などが挙げられる (Farbiz, Menhaj, Motamedi, & Hagan, 2000; Law, Itoh, & Seki, 1996)。このような先行研究は、描画画像について検討されたものではないが、画像について濃度値に基づく複数の特徴を同時に処理できることを示唆している。このような画像解析手法を臨床描画にも適用することで、描画の心理評定や、対象者の心理査定に有用な情報をもたらすことが期待される。しかし、患者から得られた描画画像への画像解析手法の適用や、画像解析適用後の画像に対する評定について詳しく検討している研究はほとんど見られない。このような背景から本研究では、統合失調症患者の描いた樹木画を対象に、ファジィ推論を用いた画像解析を適用した上で心理評定を実施する。また比較のため、画像解析を実施していない描画画像に対する心理評定、ファジィ推論を用いた手法を含む五通りの画像解析手法を実施したときの各出力画像に対する心理評定を実施し、ファジィ推論を用いた画像解析手法による心理評定への影響の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 対象者と描画画像

本研究で用いた描画画像は、川杉他 (2019) で用いられた画像と同一のものであった。対象者は2014年3月から10月にA病院精神科に入院した患者のうち、DSM-IV-TR (アメリカ精神医学会, 高橋・大野・染矢訳, 2002) に基づき統合失調症と診断され、担当医が研究へ参加可能であると判断し、実際に書面にて研究参加の同意を得られた患者3名であった。各対象者に個別にバウムテストを実施した。バウムテストでは、対象者にA4サイズの白紙と濃さBの鉛筆、消しゴムを渡し、「一本の実のなる木」を描くように教示した。なお本研究は、北里大学医療衛生学部研究倫理審査委員会の承認を得ている。各対象者の描画画像を、図1から図3にそれぞれ示した。これらの画像は、スキャナ (FUJITSU fi-7160z) を用い、解像度300 dpi、256階調のグレースケール画像として計算機に取り込んだ。

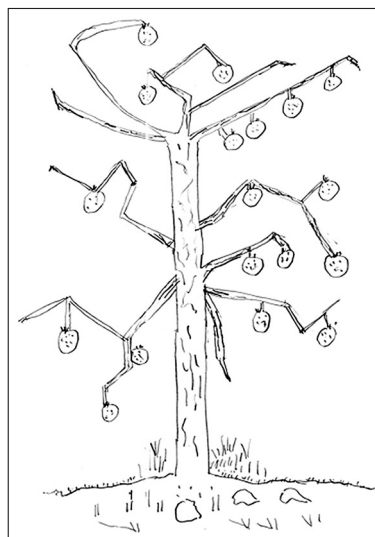


図1：対象者Aのバウムテスト描画

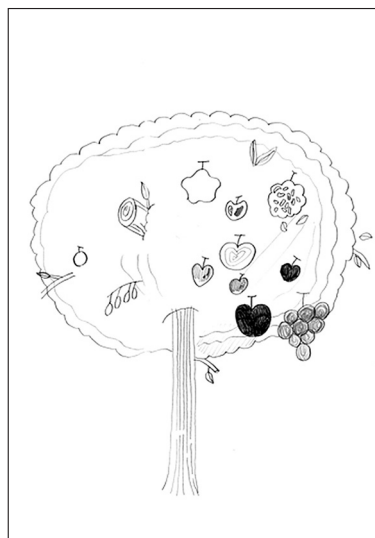


図2：対象者Bのバウムテスト描画

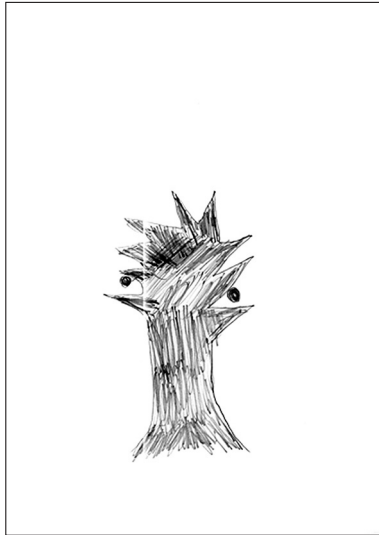


図 3 : 対象者 C のバウムテスト描画

2.2 画像解析手法

描画画像に対する画像解析として五つの手法を適用した。具体的には、ファジィ推論を用いる手法として、微分フィルタを用いた畳み込み演算の出力画像を入力に用いたファジィ推論 (手法 1)、下記の手法 3 から手法 5 の各出力画像を入力に用いたファジィ推論 (手法 2) を実施した。また、ファジィ推論を用いない手法として、フーリエ変換を活用した微分演算 (手法 3)、ウェーブレット変換 (手法 4)、特異値分解 (手法 5) を実施した。解析には数値解析ソフト MATLAB (R2019b) を用いた。

2.2.1 画像解析の前処理

はじめに、計算機に取り込んだ描画画像に対し、画像サイズが高さ 3508 ピクセル、幅 2480 ピクセルとなるよう統一した。また、画像の上下左右の端から 15 ピクセルの領域について、スキャンにより生じたノイズを除去するために、濃度値を 255 とした。その後、画像解析手法を適用するために、0 から 255 の整数により表されている

濃度値を 255 で除算し 0 から 1 の実数に変換した ((1) 式)。

$$I_{in}'(m, n) = I_{in}(m, n) / 255 \tag{1}$$

ただし、 $0 \leq I_{in}(m, n) \leq 255, 0 \leq I_{in}'(m, n) \leq 1, I_{in}(m, n) \in Z, I_{in}'(m, n) \in R, 1 \leq m \leq 3508, 1 \leq n \leq 2480, m, n$ はそれぞれ画像の行・列方向の座標情報を表す。

2.2.2 適用する各画像解析手法

手法 1 では、描画画像に対し描線をエッジとして検出するための畳み込み演算を実施した上で、ファジィ推論を用いた。まず、縦方向および横方向の描線を検出するために、描画画像と単純な微分フィルタ ($G_x = [-1, 1], G_y = [-1; 1]$) を用いた畳み込み演算を実施した ((2) 式および (3) 式)。なお、出力画像 I_x, I_y について、サイズが描画画像と同一となるよう、1 列目および 1 行目の出力を除外した。

$$I_x(m, n') = \sum_q I_{in}'(m, q) G_x(1, n' - q + 1) \tag{2}$$

$$I_y(m', n) = \sum_p I_{in}'(p, n) G_y(m' - p + 1, 1) \tag{3}$$

ただし、 $1 \leq m' \leq 3509, 1 \leq n' \leq 2481, p$ は $m' - p + 1 = 1$ または 2、 q は $n' - q + 1 = 1$ または 2 となる全ての整数値をとり、 $p = 0$ または 3509 のとき $I_{in}'(p, n) = 0, q = 0$ または 2481 のとき $I_{in}'(m, q) = 0$ とした。また、 $I_x(m, n'), I_y(m', n)$ は閉区間 $[-1, 1]$ をとる実数であった。

次に I_x, I_y を入力として、ファジィ推論を用いた画像解析を実施した。ファジィ推論には Mamdani 法を用い、入力および出力画像に関し二つずつ、計四つのメンバシップ関数と二つのファジィルールを設定した。入力画像に関するメンバシップ関数 MF_x および MF_y について、平均 0、標準偏差 0.1、 x 軸は閉区間 $[-1, 1]$ をとるガウス型とした (図 4 左)。これらのメンバシップ関数により、入力画像 I_x, I_y の各ピクセルについて、「エッジでない度合い」をそれぞれ算出した。出力画像に関するメンバシップ関

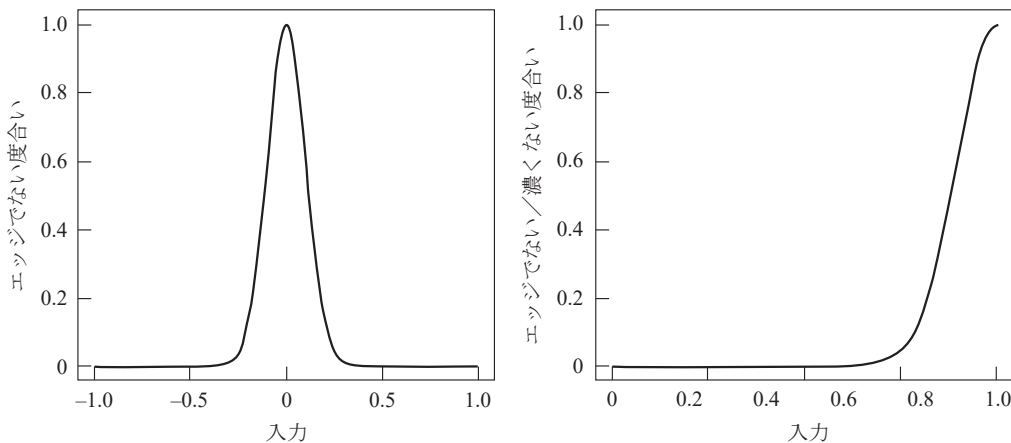


図 4 : メンバシップ関数 MF_x および MF_y の形状
注 : 左は手法 1、右は手法 2 で用いた形状を表す。

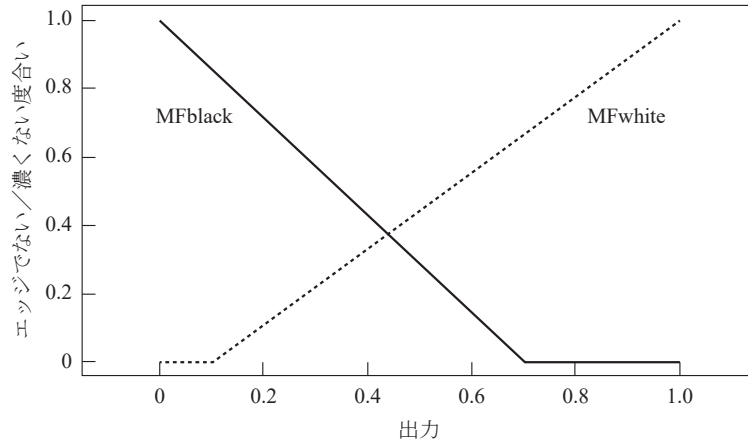


図 5：メンバシップ関数 MF_{black} および MF_{white} の形状

数 MF_{black} および MF_{white} について、 x 軸は閉区間 $[0, 1]$ をとる三角型とし、三つの頂点の x 座標を、それぞれ小さい値から順に $[0, 0, 0.7]$ および $[0.1, 1, 1]$ に設定した (図 5)。これらのメンバシップ関数と、表 1 に示した二つのルールを用いて、出力画像の各ピクセルの値を算出した。ただし、図 4 および図 5 の x 軸は入力画像および出力画像において各ピクセルのとりうる値を、 y 軸はエッジでない度合い、または濃くない度合いをそれぞれ表す。

表 1：ファジィ推論 (手法 1) に用いたルール

ルール	入力	出力
1	いずれもエッジでない	MF_{white}
2	上記以外の組み合わせ	MF_{black}

手法 2 では、以下で説明する手法 3 から手法 5 による出力画像を、ファジィ推論の入力として用いた。分析尾流れは、手法 1 と概ね同様であったが、以下の四点について異なっていた。第一に、入力画像が異なり、フーリエ変換 (手法 3)、ウェーブレット変換 (手法 4)、特異値分解 (手法 5) の出力画像各一枚の計三枚を用いた。第二に、メンバシップ関数により算出するものが異なり、「濃くない」度合いとした。これは、フーリエ変換の出力画像は描線画像における描線をエッジとして捉えていたが、ウェーブレット変換および特異値分解の出力画像では、濃いまたは多くの描線の描かれた領域や行・列を捉えていたためであった。第三に、入力画像に関するメンバシップ関数の形状は平均 1、標準偏差 0.1、 x 軸の範囲は 0 から 1 をとるガウス型とした (図 4 右)。第四に、用いたルールは表 2 のとおりであった。

手法 3 では、先行研究 (岩満他, 2013; 高井, 2013) を参考に、フーリエ変換を用いて画像の周波数領域における微分演算を実施した。画像に対する二次元フーリエ変換とその逆変換は、それぞれ (4) 式、(5) 式のように表すことができる。

表 2：ファジィ推論 (手法 2) に用いたルール

ルール	入力	出力
1	いずれもエッジでない、 または濃くない	MF_{white}
2	上記以外の組み合わせ	MF_{black}

$$F(u, v) = \iint_{-\infty}^{\infty} I_m'(m, n) \exp[-2\pi i (um + vn)] dmdn \quad (4)$$

$$F^{-1}(m, n) = \iint_{-\infty}^{\infty} F(u, v) \exp[2\pi i (um + vn)] dudv \quad (5)$$

ここで、入力画像について、周波数領域において、 m 方向に p 次の、 n 方向に q 次の偏微分演算を実施することを考えると、(6) 式、(7) 式のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \partial^p I_m'(m, n) / \partial m^p \\ = \iint_{-\infty}^{\infty} (2\pi i u)^p F(u, v) \exp[2\pi i (um + vn)] dmdn \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \partial^q I_m'(m, n) / \partial n^q \\ = \iint_{-\infty}^{\infty} (2\pi i v)^q F(u, v) \exp[2\pi i (um + vn)] dmdn \end{aligned} \quad (7)$$

ただし、 $p, q \in R$

周波数領域において微分した画像は、例えば (8) 式のように、絶対値の和をとることで画像として表すことができる。本研究では、描線をエッジとして検出することを目的とし、各方向について二階微分演算 ($p = q = 2$) を実施した。また、描画像に対するフーリエ変換には、二次元離散フーリエ変換が用いられた。

$$f'(m, n) = |\partial^p I_m'(m, n) / \partial m^p| + |\partial^q I_m'(m, n) / \partial n^q| \quad (8)$$

ただし、 $f'(m, n) \in R$

手法 4 では、川杉他 (2019) の手法に従い、ウェーブレット変換を実施した。本研究では、ウェーブレット変換の

レベル j は 6 とし、出力画像は、ウェーブレット変換を実施した結果得られる縦、横および斜め方向の高周波成分を足し合わせたものが表示されるよう設定した。

手法 5 では、岩満他 (2013) の手法に従い、特異値分解を実施した。本研究では、最大特異値のみを用いた画像の再構成を行った。

2.2.3 画像解析の後処理

各画像解析により出力された画像の各ピクセルの濃度値は、0 以上の実数により表される。描画画像と同様の画像として表示、比較するために、(9) 式を用いて、各ピクセルの濃度値を 0 から 255 の整数値に変換した。なお、フーリエ変換およびウェーブレット変換の出力画像は、背景と描線の色の組が白黒反転して出力されるため、(9) 式の後、各ピクセルの濃度値を 255 から減算し、描画画像と同様の色の組で表示されるよう調整した。

$$I_{out}'(m, n) = \frac{I_{out}(m, n)}{\max(I_{out})} \times 255 \quad (9)$$

ただし、 $0 \leq I_{out}(m, n), 0 \leq I_{out}'(m, n) \leq 255, I_{out}(m, n) \in R, I_{out}'(m, n) \in Z$ であり、 $\max(x)$ は画像 x 内の最大濃度値を表す。

2.3 描画画像と出力画像に対する評価方法

描画画像および各出力画像に対し心理評価を実施し、評価間の相違を定性的に比較、検討した。また、描画画像および各出力画像について、画像のコントラスト値を算出した。コントラストは、あるピクセルの濃度 i とそのピクセルから θ 方向に距離 d だけ離れたピクセルの濃度 j との濃度差 k ($0 \leq k \leq n-1$) について、特定の高い濃度差の組み合わせに集中しているときに大きな値になる (高崎他, 2005) 指標である。本研究では、先行研究 (高崎他, 2005) にならい、 $\theta=0, 45, 90, 135, d=1, n=32$ とした。またここでは、 θ ごとに算出される四つの指標値を平均した値を、指標として用いた。

3. 結果と考察

対象者 B の描画画像 (図 2) を例とし、手法 1 から手法 5 の各画像解析による出力画像をそれぞれ図 6 から図 10 に示した。また、対象者 A および対象者 C の描画画像 (図 1、図 3) に対し、手法 2 の画像解析を実施した出力画像を、それぞれ図 11 および図 12 に示した。

以下では、各画像に対する心理評価と算出されたコントラスト値を示し、考察を加えた。

3.1 各画像に対する心理評価

本節では、描画画像 (図 1 から図 3) および画像解析の各出力画像 (図 6 から図 12) に対する心理評価をそれぞれ示した。また、それらの比較を通じ、画像解析、特にファジィ推論を用いた手法が心理評価に与える影響について考察を加えた。

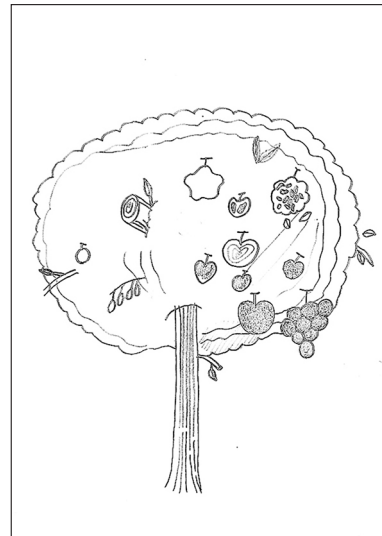


図 6: ファジィ推論 (手法 1) の出力画像

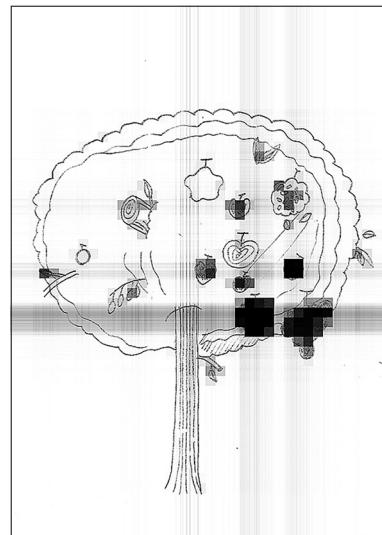


図 7: 対象者 B のファジィ推論 (手法 2) の出力画像

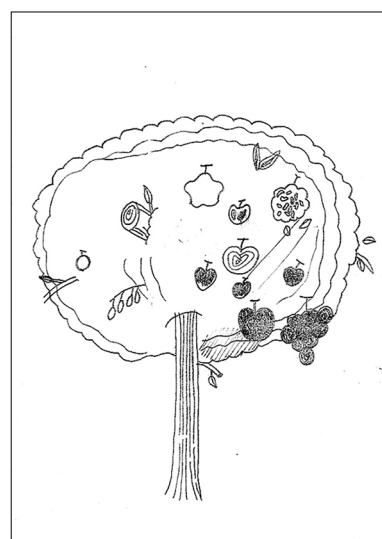


図 8: フーリエ変換 (手法 3) の出力画像 ($p=q=2$)

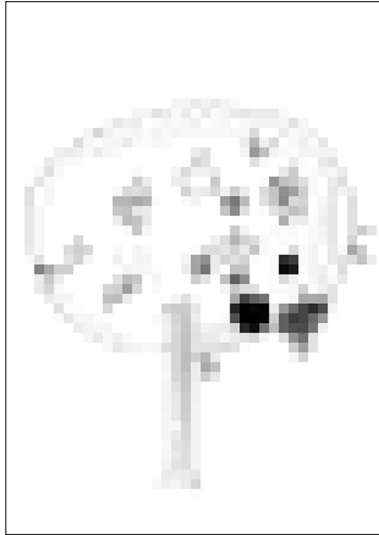
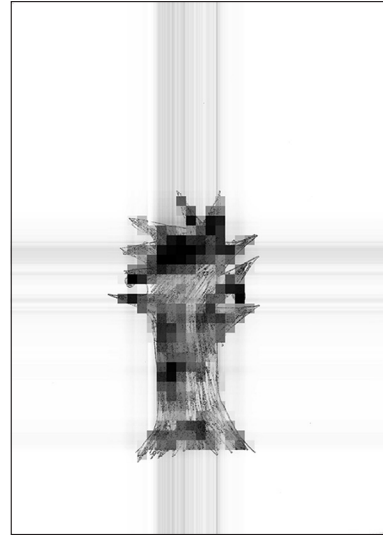
図 9：ウェーブレット変換（手法 4）の出力画像（ $j=6$ ）

図 12：対象者 C のファジィ推論（手法 2）の出力画像

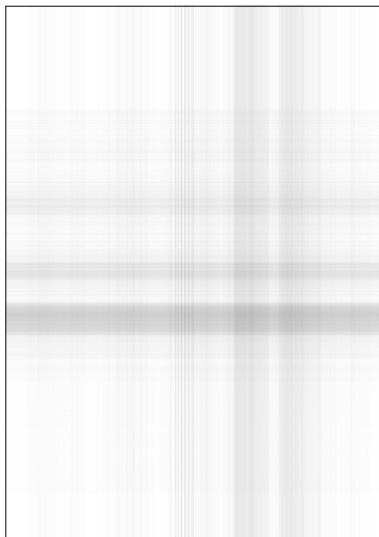


図 10：特異値分解（手法 5）の出力画像

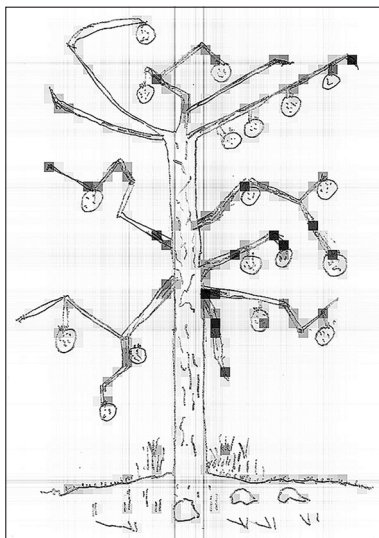


図 11：対象者 A のファジィ推論（手法 2）の出力画像

3.1.1 描画画像（図 1 から図 3）について

例示した 3 名の対象者の描画について、一例として、以下のような心理評定をすることができる。なお、川杉他（2019）と同一の樹木画を対象としたため、評定の一部について、同一の内容が含まれている。

対象者 A の描画（図 1）は、ストロークは全体的に強く、枝は何度も重ねて描かれ、あるいは線が描かれていることから、神経質さや、衝動性が抑えられている可能性が示唆される。対象者 B の描画（図 2）は、実は多いが、りんご、ぶどうなど、様々な実が描かれた空想の木である。短絡的で外界の影響を受けやすく、精神的に未成熟あるいは退行していることや、現状への不満や目標が定まらない状況であることが示唆される。対象者 C の描画（図 3）は、木全体が黒く塗りつぶされており、受動的で現実感覚に乏しく、脆弱であることが示唆される。また、感受性が強く傷つきやすい。枝はやや対称性に描かれていることから、抑うつ傾向や共感性の乏しさ、生活能力の乏しさがみとめられる。

3.1.2 画像解析の各出力画像（図 6 から図 12）について

畳み込み演算の出力画像を入力としたファジィ推論（手法 1）の出力画像（図 6）や、フーリエ変換を活用した微分演算（手法 3）の出力画像（図 8）では、樹木の形態を描画画像と同様に保持していた一方で、塗りつぶされた領域については、描画画像よりも薄く出力されていた。これらのことから、一例として、以下のような心理評定をすることができる。出力画像（図 6、8）は、りんご、ぶどう、星型など、様々な形、大きさの実が描かれた空想の木である。短絡的で外界の影響を受けやすく、精神的に未成熟あるいは退行していることや、現状への不満や目標が定まらない状況であることが示唆される。

ウェーブレット変換（手法 4）の出力画像（図 9）では、樹木全体が粗いブロック状に表示された。ブロックの位置や濃度から、大まかな描画位置や、濃く描かれた領域

があることを推測できる。しかし、樹木の細かな描かれ方について視認することは難しく、図9のみから樹木画としての心理評定をすることは困難である。

特異値分解(手法5)の出力画像(図10)では、水平線および垂直線のみが表示され、樹木の形態がほぼ失われていた。これらの線は、入力画像において多くの線が描かれた位置を表していると考えられる(川杉他, 2019)ことから、用紙の右下に集中的に描かれていることがわかる一方で、図10のみから樹木画としての評定をすることは困難である。

手法3から手法5の画像解析の出力画像を入力としたファジィ推論(手法2)の出力画像(図7、11、12)では、樹木の形態を描画画像と同様に保持し、かつ描線が集中していると判定された領域が描線部分より濃いブロック状に表示された。表示が重なり視認しづらい部分もあるが、樹木の形態を概ね保持していることから、これらの図については一例として、以下のような心理評定をすることができる。対象者Aの描画(図11)は、幹はまっすぐに描かれているが、枝は根元、先端、枝の分かれる箇所を中心に濃いまたは多くの描線を用いて、角ばった形で描かれていることから、柔軟性に乏しいことがうかがわれる。対象者Bの描画(図7)は、実を中心に濃いまたは多くの描線が描かれている。また、様々な形の実が多く描かれた空想の木である。短絡的で外界の影響を受けやすく、精神的に未成熟あるいは退行していることや、現状への不満や目標が定まらない状況であることが示唆される。対象者Cの描画(図12)は、木全体が黒く塗りつぶされており、受動的で現実感覚に乏しく、脆弱であることが示唆される。また、用紙下方に比較的小さくまとまった樹木を描いており、抑うつ傾向や共感性の乏しさがみとめられる。

3.1.3 心理評定間の比較

3.1.1節に示した描画画像に対する心理評定と、3.1.2節に示した画像解析の各出力画像に対する心理評定を比較する。描画画像に対する心理評定を基準としたとき、画像解析の各出力画像に対する心理評定においても同様に評定できた手法・描画特徴がある一方で、適切に評定できない手法・描画特徴も存在しており、画像解析により心理評定に影響が生じることが示された。この要因として、画像解析による各出力画像に表された樹木の形態や濃度が、描画画像とは異なっていたことが考えられる。以下では、画像解析の手法ごとに、出力画像とその心理評定の特徴について検討を加える。

まず、ファジィ推論を用いる手法(手法1,2)について、手法1の出力画像では2枚の入力画像の特徴である縦および横方向のエッジが、また手法2の出力画像では、3枚の入力画像の特徴が、それぞれ出力画像に統合されていた。このようにファジィ推論を用いた手法では、入力に複数の画像を用いることで、それらの画像のもつ特徴を統合し出力することが可能であった。また、手法1からは、入力画像の特徴としてエッジの情報を使用し、出力画像

の特徴として樹木の形態を概ね保持できること、手法2からは、入力画像の特徴としてエッジの情報と描線の集中している領域の情報を同時に使用し、出力画像の特徴として樹木の形態の保持に加え、集中的に描かれた領域を可視化できることが示された。結果として心理評定においては、描画特徴のうち形態に基づくものについては描画画像と概ね同様に評定され、濃度に基づくものや描線の集中しているものについては異なる評定がなされることが示唆された。

次に、微分演算を用いた手法(手法1,3)について、描画画像に類似した出力画像を得られた。このことから、描画特徴のうち樹木の形態に基づくものについては、描画画像と概ね同様に評定できることが示された。これは微分演算を用いたエッジ検出の特徴と考えられる。一方で、図2や図3に認められるような、塗りつぶし表現については、出力画像において正確には再現されないため、描画特徴のうち濃度に基づくものについて描画画像と同一の評定をすることは困難であることが示された。

ウェーブレット変換や特異値分解を用いた手法(手法4,5)では、出力画像において、多くの、または濃い描線の描かれた領域の情報を得られることが示された。このことから先行研究(川杉他, 2019)と同様に、集中的に描かれた位置について詳しい情報を得られることが確認された。一方で、本研究で用いたパラメータ設定においては、樹木の形態の情報がほとんど失われてしまっていた。ウェーブレット変換であればレベル j を、特異値分解であれば再構成に用いる特異値の数を、それぞれ適切に変更することで樹木の形態を概ね維持した出力画像を得ることも可能であるが、その場合、多くの描線の集中した領域の情報を端的に示すことは難しい。

3.2 各画像のコントラスト

各画像のコントラストを表3に示した。描画画像と各出力画像の間で比較すると、ファジィ推論およびフーリエ変換による出力画像では描画画像より値が大きく、特に図7などに示したファジィ推論(手法2)の出力画像について、コントラスト値が高かった。このことは、これらの画像解析手法により、描画画像と比較して濃淡差が大きい画像が出力されたことを表している。ファジィ推論を用いた、手法1と手法2の出力画像の間においてもコントラスト値が異なっていた要因としては、入力画像の違いが考えられる。手法1では、画像領域の中で占める割合の小さな、エッジ部分を検出していたのに対し、手法2では多くの、または濃い描線が描かれた行・列や領域を検出していたため、濃度差 k の大きいピクセルの組がより多く存在していたことが考えられる。一方で、ウェーブレット変換および特異値分解について、本研究のパラメータ設定では、コントラスト値の非常に小さい画像が出力された。ウェーブレット変換ではレベル $j=6$ に相当する描画特徴はほとんど見られなかったこと、また特異値分解では濃い垂直または水平線が少なかったことから、濃度差 k の大きいピクセルの組がほとんど生じ

表3：描画画像と各出力画像のコントラスト

対象者	A	B	C
描画画像	0.473	0.455	0.237
ファジィ推論(手法1)	2.379	2.324	1.037
ファジィ推論(手法2)	3.967	2.704	1.500
フーリエ変換	0.686	0.661	0.705
ウェーブレット変換	0.015	0.034	0.016
特異値分解	0.027	0.022	0.014

注：各図と対応する値について、斜体とした。

なかったことが考えられる。なお本研究では、描画画像以外の全ての画像について、2.2.3節で言及した出力画像に対する濃度値の変換を実施しており、このこともコントラスト値に影響したことが考えられる。

4. まとめ

本研究では、ファジィ推論を用いた画像解析による心理評定への影響およびその特徴を明らかにすることを目的として、統合失調症患者の描いた樹木画に対し、ファジィ推論を用いた二つの手法を含む、五つの手法による画像解析を実施した。また各画像に対し、心理評定とコントラスト値による定性的・定量的評価を実施し、その異同を検討した。その結果、樹木画の心理評定の前処理としてファジィ推論を用いることで、入力画像がもつ、描かれた樹木の形態や濃度に関する特徴を組み合わせた出力画像を得ることができ、それらの特徴に基づき、描画画像に対する評定とは異なる評定も可能であることが示された。ファジィ推論を用いた二つの手法による出力画像の比較からは、心理評定に関わる描画特徴について、ファジィ推論に用いる入力画像や、メンバーシップ関数のパラメータを変更することで、一定程度操作できることが示された。

最後に本研究の限界を二点指摘する。第一に、本研究では画像の前処理にファジィ推論を用いることの特徴を検討したが、画像解析による出力画像と描画画像を比較すると、樹木の形態を保持している程度やコントラスト値が異なっていた。描画の心理評定をする上では、どのような濃さで描かれたか（例えば、薄く弱々しい線で描かれている、さまざまな濃さの線が描かれている、など）という特徴も大切な情報である。そのため、解析画像のみから評定をするのではなく、描画の心理評定を実施する際に描画特徴を見逃さないための手段として、付加的に用いるといった使い方をすることが必要と考えられる。第二に、本研究で用いた画像解析手法は、いずれも限られたパラメータ設定のみについて検討し、僅かな適用例を示したものであることを指摘しなければならない。ファジィ推論を用いた画像解析手法を含む工学的技術と、臨床現場における経験的知識を統合し活用していくことで、描画の心理評定を補助し、患者や対象者の心理査定に有用な情報をもたらすことにつながると期待される。今後も研究を継続し、疾患に関わる可能性のある描画特徴と、

画像解析におけるパラメータの関連などについても検討していくことが必要である。

謝辞

本調査にご協力いただいた患者様、病院スタッフの皆様へ深くお礼申し上げます。

引用文献

- 秋山孝正・井ノ口弘昭 (2016). 知能情報処理によるバウムテスト診断システムの構築. 知能と情報, 28 (5), 801-809.
- 秋山孝正・二村春香・田中尚人・奥嶋政嗣 (2006). 技術者意識形成を目指した心理学的分析. 第33回土木計画学研究発表会・講演集, No. 43.
- アメリカ精神医学会 高橋三郎・大野裕・染矢俊幸 (訳) (2002). DSM-IV-TR 精神疾患の診断・統計マニュアル 医学書院. (American Psychiatric Association (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders. 4th ed. text revision*, Washington, DC: American Psychiatric Association.)
- ボーランダー, K., 高橋依子 (訳) (1999). 樹木画によるパーソナリティの理解. ナカニシヤ出版. (Bolander, K. (1977). *Assessing personality through tree drawings*. New York: Basic Books)
- Farbiz, F., Menhaj, M. B., Motamedi, S. A., & Hagan, M. T. (2000). A new fuzzy logic filter for image enhancement. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part B Cybernetics*, 30 (1), 110-119.
- 岩満優美・竹村和久・松村治・王雨晗・延藤麻子・小平明子・轟純一・轟慶子 (2013). 精神障害患者の描画とその画像解析—テクスチャー解析, フーリエ解析, 特異値分解を用いて—. 知能と情報, 25 (2), 651-658.
- Kaneda, A., Yasui-Furukori, N., Saito, M., Sugawara, N., Nakagami, T., Furukori, H., & Kaneko S. (2010). Characteristics of the tree-drawing test in chronic schizophrenia. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 64, 141-148.
- 川杉桂太・岩満優美・轟慶子・菅原ひとみ・小林史乃・小平明子・延藤麻子・塚本康之・西澤さくら・轟純一・竹村和久 (2019). 統合失調症患者と健常者の樹木画における描画特徴の比較. 日本心理学会第83回大会発表論文集, 337.
- 川杉桂太・竹村和久・岩満優美・菅原ひとみ・西澤さくら・塚本康之・延藤麻子・小平明子・轟純一・轟慶子 (2019). ウェーブレット変換, 特異値分解, フーリエ変換を用いた樹木画の画像解析. 心理学研究, 90 (3), 284-293.
- コッホ, C., 林勝造・国吉政一・谷彊 (訳) (1970). バウムテスト—樹木画による人格診断法—. 日本文化科学社. (Koch, C. (1952). *The tree test: The tree-drawing test as an aid in psychodiagnosis*. Bern: Verlag Hans Huber.)
- コッホ, K., 岸本寛史・中島ナオミ・宮崎忠男 (訳) (2010). バウムテスト第3版—心理学的見立ての補助手段としてのバウム画研究—. 誠信書房. (Koch, K. (1957). *Der*

- baumtest: Der baumzeichenversuch als psychodiagnostisches hilfsmittel 3. Auflage.* Bern: Verlag Hans Huber.)
- Law, T., Itoh, H., & Seki, H. (1996). Image filtering, edge detection, and edge tracing using fuzzy reasoning. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 18 (5), 481-491.
- Pintea, F. A., Lacrama, D. L., Musuroi, C., Karnyanszky, T. M., & Toma, C. I. (2013). Automatic pre-classification of baum test images. *21st Telecommunications Forum Telfor (TELFOR)*, 502-505.
- Simion, G., Pintea, F. A., & Gui, V. (2013). An automatically crown-trunk segmentation in tree drawing test. *Annals, Computer Science Series*, 11 (2), 97-100.
- 高井信勝 (2013). MATLAB 画像処理入門. 工学社.
- 高崎いゆき・竹村和久・岩満優美 (2005). 描画から「心理」を解釈する. 感性工学研究論文集, 5, 155-164.
- Takemura, K., Kawasugi, K., Iwamitsu, Y., Sugawara, H., Nishizawa, S., Tsukamoto, Y., Nobutou, A., Kodaira, A., Todoroki, J., & Todoroki, K. (2017a). Discrete wavelet analysis of psychological projective drawings by patients with schizophrenia. *Paper Presented at the 3rd International Symposium on Affective Science and Engineering* (Tokyo, Japan), B1-6.
- Takemura, K., Kawasugi, K., Iwamitsu, Y., Sugawara, H., Nishizawa, S., Tsukamoto, Y., Nobutou, A., Kodaira, A., Todoroki, J., & Todoroki, K. (2017b). Image analysis of psychological projective drawings by patients with schizophrenia. *Paper Presented at the MathPsych/ICCM 2017* (Coventry, England), 69.
- Takemura, K., Takasaki, I., & Iwamitsu, Y. (2006). Statistical image analysis of psychological projective drawings. *Journal of Advanced Intelligent Computing and Intelligent Informatics*, 9, 453-460.
- Takemura, K., Takasaki, Y., Matsumura, O., Iwamitsu, Y., Ideno, T., & Yoshida, K. (2010). New analysis method for projective drawings: Texture analysis, singular value decomposition, and Fourier analysis. *Paper Presented at the 27th International Congress of Applied Psychology* (Melbourne, Australia).
- 横田正夫 (1990). 慢性精神分裂病患者における身体像異常—身体認知と外界認知の関係—. 北関東医学, 40 (5), 567-583.
- 横田正夫 (2018). 描画にみる統合失調症のこころ—アートとエビデンス—. 新曜社.

(受稿 : 2020 年 4 月 19 日 受理 : 2020 年 5 月 16 日)