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¹

川杉 桂太 竹村 和久 早稲田大学 岩満 優美 北里大学 菅原 ひとみ 東海大学
西澤 さくら 塚本 康之 延藤 麻子 小平 明子 轟 純一 轟 慶子 鶴賀病院

Image analysis of the tree test using wavelet transform, singular value decomposition,
and Fourier transform

Keita Kawasaki, Kazuhisa Takemura (Waseda University), Yumi Iwamitsu (Kitasato University),
Hitomi Sugawara (Tokai University), Sakura Nishizawa, Yasuyuki Tsukamoto, Asako Nobutou,
Akiko Kodaira, Junichi Todoroki, and Keiko Todoroki (Tsuruga Hospital)

In this study, we proposed three image analysis methods (wavelet transform, singular value decomposition, and Fourier transform) to evaluate drawings of the tree test quantitatively, and demonstrated the analyses to three images of the tree test drawn by schizophrenic patients. Wavelet analysis suggested that information about the position of drawn trees (direction, depth and width of drawn lines) can be captured. Fourier analysis suggested that information about the direction and depth of drawn lines can be captured. Singular value decomposition suggested that information about the position and direction of drawn lines can be captured. Further research is needed to consider the features of mathematical image analysis in detail, and apply them to analysis of the tree test.

Key words: image analysis, tree test, wavelet transform, singular value decomposition, Fourier transform.

The Japanese Journal of Psychology

2019, Vol. 90, No. 3, pp. 284–293

J-STAGE Advanced published date: June 20, 2019, <https://doi.org/10.4992/jjpsy.90.18219>

精神医学や臨床心理学の分野では、対象者の性格や気分を知るための手法として、樹木画を描かせるバウムテスト (Bolander, 1977 高橋訳 1999; Koch, 1952 林・国吉・一谷訳 1970; Koch, 1957 岸本・中島・宮崎訳 2010) や人物画 (Goodenough, 1926) などの描画法が用いられてきた。中でもバウムテストは、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、実施が簡便であることから、質問紙法の心理検査と組み合わせて広く実施されてきた。しかし、広く使用されている一方で、描画の評定については、医師や臨床心理士の主観、臨床現場における経験の豊富さ、熟練度

などによるところが大きく、適切に評定するためには、多くの描画例に接する経験を必要とする。

心理検査として実施・収集された描画を、評定者の主観によらず、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。具体的には少数の描画例を対象として、描画と出力画像との対応について、隣接する行列要素の関係を代表値として表すテキスト解析が、描画においては特定方向の描線の筆致の弱さを表すこと (高崎・竹村・岩満, 2005; Takemura, Takasaki, & Iwamitsu, 2006), 行列を様々なパターンに分解する特異値分解の結果が、描画の大まかな特徴の再現に利用できることや、画像を空間周波数の観点から再構成するフーリエ変換の結果が、描画の水平方向への周期構造を表すこと (岩満他, 2013), 注目する要素以外を統制した模式的な樹木画に対し特異値分解やフーリエ解析を実施することで、注目する要素について画像解析結果から違いを読み取ることができるこ

Correspondence concerning this article should be sent to: Kazuhisa Takemura, Department of Psychology, Waseda University, Toyama, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8644, Japan. (E-mail: kazupsy@waseda.jp)

¹ 本研究は、2015 年度日本学術振興会科学研究費補助金 (挑戦的萌芽研究, 課題番号 15K13118, 研究代表者 竹村 和久) の助成を受けた。

と (Takemura et al., 2010), 画像としての見た目を保ったまま空間周波数の観点から画像を分解するウェーブレット変換および多重解像度解析が、描画の位置・濃さや描線の方法・太さを表すこと (Takemura et al., 2017a, 2017b) を示してきた。これらの解析手法はいずれも描画を数値行列である画像として捉え、変換を施している。変換後に出力される画像や数値は、描画に「何が描かれているか」を人が目視で確認するときにもつ視点だけではなく、描画が「どのように描かれているか」といった全体的な観点からも描画を捉え、特徴を表していると考えられる。このような複数の観点からの評定は、熟達した評定者にとっては比較的容易であり、適切な評定を下すことができるが、初心者にとっては難しいものであると考えられる。初心者がバウムテストの評定に取り組む際に、画像解析の出力も利用することは、描画のみを観察する場合よりも、複数の観点からの評定をする際の補助となる可能性があると考えられる。先行研究では、統合失調症患者の描く絵には、観察者の目を引く点があることが古くから報告されている (安永・徳田・栗原, 1958) が、本研究で扱う画像解析手法も併用することで、描画の具体的特徴や評定者の主観に左右されずに、描画の印象を評定することが容易になると考えられる。

統合失調症は、妄想、幻覚、解体した会話 (例：頻繁な脱線または減裂)、ひどく解体したまたは緊張病性の行動、陰性症状 (感情の平板化、思考の貧困、または意欲の欠如) という5つの特徴的症状のうち2つまたはそれ以上の症状が1ヵ月間の期間ほとんどいつも存在し、それが6ヵ月以上にわたって持続している状態を指し (American Psychiatric Association, 2000 高橋・大野・染矢 2002), 症状の程度については、Brief Psychiatric Rating Scale (Overall & Gorham, 1962)

や Positive and Negative Syndrome Scale (以下、PANSS とする: Kay, Fiszbein, & Opler, 1987) 等を用いて評価される。また、より新しい診断基準では、症状の偏りや持続性等の観点から、統合失調症スペクトラム障害および他の精神病性障害群として、統合失調症を含む複数の障害が段階的に配置されるように構成されている (American Psychiatric Association, 2013 高橋・大野 監訳 2014)。

これまで、画像解析手法を用いた樹木画の評定について検討してきたが、画像解析の出力が複数の観点を含んでいる可能性について詳しく検討されてはなかった。また、バウムテストに対するウェーブレット変換・多重解像度解析の実施について検討してきた (Takemura et al., 2017a, 2017b) が、他の画像解析手法との比較検討はまだされていない。本研究では、樹木画の定量的な評定をする手法として、ウェーブレット変換・多重解像度解析、特異値分解、フーリエ変換を用いることを提案する。また、各画像解析手法の特徴を比較検討するために、統合失調症患者の描いた樹木画に対する画像解析の実施例を示す。さらに、呈示する樹木画の描画形式に関する質問紙調査を実施し、樹木画に対して画像解析を利用することで樹木画のどのような特徴が明確になるかを検討した。

方 法

バウムテスト

対象者と手続き 本研究の対象者は、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 (American Psychiatric Association, 2000) 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

Figure 1. 対象者 A, B, C の描いた樹木画の画像 (左から対象者 A, B, C の描いた樹木画画像)。

注) 各 Figure の各高解像度画像につきましては、著者 (E-mail: kazupsy@waseda.jp) にご連絡ください。

Table 1
対象者 A, B, C の基本属性および尺度得点

対象者	性別	年齢	罹患年数	PANSS				投薬状況
				陽性	陰性	総合精神病理	SDS	
A	男性	53	28	19	29	45	32 ^a	抗精神病薬, 抗パーキンソン薬, 睡眠薬
B	女性	28	12	21	11	36	46	抗精神病薬, 抗パーキンソン薬, 気分安定薬, その他身体合併症の薬
C	男性	29	3	13	14	23	63	抗精神病薬, 抗うつ薬, 睡眠薬

^a 回答漏れが 1 項目認められた。他の項目への回答傾向から、2 点として補完した。

を得られた患者 3 名であった。

各対象者には個別に調査を実施した。はじめに研究についての説明を行い、書面にて研究参加への同意を得た。同意を得られた対象者に対して、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。その後、矢田部ギルフォード性格検査（以下、Y-G 性格検査とする）および Self-rating Depression Scale（以下、SDS とする）抑うつ尺度得点への回答を依頼した。なお本研究においては、Y-G 性格検査の結果は分析に用いなかった。

対象者の描いた樹木画を、スキャナ（FUJITSU fi-7160z）を用いて計算機に取り込んだ。スキャナの設定は、濃度値が 256 階調（グレースケール）、解像度が 300dpi、フォーマットが tiff であった。各対象者の樹木画画像を Figure 1 に示した。本研究では各画像に対し、Bolander（1977）および Koch（1957）を参考とした臨床心理学的な心理評定と、数値解析ソフト MATLAB（R2016a）を用いた画像解析を実施した。

調査の後、A 病院の医師が、PANSS を用いて各対象者の精神状態を全般的に評価した。PANSS（Kay et al., 1987）は統合失調症病像の類型のおよび多軸的な評価のために開発・標準化された、30 項目からなる尺度であり、各項目 7 段階（1：なし、4：中程度、7：最重度）で評価する。陽性・陰性症状については 7 点から 49 点、全般的重症度については 16 点から 112 点の間の値をとり、いずれも値が大きいほど症状の重症度が高いことを示す。また、陽性・陰性尺度得点の高低から、陽性症状の重症度が高い陽性型、陰性症状の重症度が高い陰性型、陽性・陰性症状ともに重症度が高い混合型、陽性・陰性症状ともに重症度が低い分類不能型の 4 類型に対象者を分類することもできる。Kay, Opler, & Fiszbein（1991）山田・増井・菊本訳（1991）は、240 名の統合失調症入院患者に対する PANSS を用いた症状の評価についての暫定基準をまとめ、各尺度の平均得点 ± 標準偏差は、陽性尺度 19.86 ± 6.27 点、陰性尺度 21.75 ± 6.21 点、総合精神病理尺度 39.68 ± 9.48 点であると示した。

対象者の臨床像 各対象者の性別、年齢、PANSS

尺度得点、SDS 抑うつ尺度得点、調査時の投薬状況を Table 1 に示した。

対象者 A は、罹患年数が最も長く、PANSS 陰性尺度得点および総合精神病理尺度得点において 3 名の中で最も高かった。Kay et al.（1991）の示した基準と比較して、陰性尺度得点は 1SD 以上高く、総合精神病理尺度得点は高く、4 類型では陰性型であった。一方で、対象者自らが回答した SDS 尺度得点からは、描画調査時点では、3 名の中ではもっとも落ち着いた状態であったことが示された。

対象者 B は、陽性尺度得点において 3 名の中で最も高かった。Kay et al.（1991）の示した基準と比較して、PANSS 陽性尺度得点はやや高く、陰性尺度得点は 1SD 以上低く、4 類型では陽性型であった。一方で SDS 尺度得点はやや高く、描画調査時点では、やや抑うつ的であったことが示された。

対象者 C は、罹患年数が最も短かった。Kay et al.（1991）の示した基準と比較して、3 尺度全てにおいて 1SD 以上低く、4 類型では分類不能型であった。一方で SDS 尺度得点からは、描画調査時点では、3 名の中ではもっとも抑うつ的であったことが示された。

画像解析 特異値分解およびフーリエ変換の実施方法は、岩満他（2013）の手法に従った。ウェーブレット変換は、ウェーブレット母関数 $\psi(x)$ を用いて、入力データ $f(x)$ を低周波成分と高周波成分に分解し出力する画像解析手法である。出力のうち、低周波成分は入力データのより大まかな部分を表し、高周波成分はより詳細な部分を表す。本研究では、多重解像度解析の要件を満たし、画像のウェーブレット変換として利用可能な二次元離散ウェーブレット変換 $DWT_f^\psi(j, k, l)$ を利用した。 $DWT_f^\psi(j, k, l)$ は、

$$DWT_f^\psi(j, k, l) = \frac{1}{2^j} \sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} f(x, y) \psi\left(\frac{x-2^j k}{2^j}\right) \psi\left(\frac{y-2^j l}{2^j}\right), \quad j, k, l, x, y \in 3 \quad (1)$$

と表せる。本研究では、ウェーブレット母関数 $\psi(x)$ に Haar のウェーブレット（Haar, 1910）を用いた、多

重解像度解析を実施した。多重解像度解析は、Mallat (1989)により提案された手法で、(1)式におけるウェーブレット変換のレベル j を1から n まで順に変更し、繰り返し実施する方法である。このときは入力データのもつ周波数や画像のサイズによって最大値が決まり、 n 回目のウェーブレット変換は、 $(n-1)$ 回目のウェーブレット変換により出力された低周波成分のみに対して実施される (Figure 2)。多重解像度解析を用いることにより、広い周波数帯からなる信号や高い解像度の画像を周波数の観点から分解することができる。描画の画像解析においては、各レベルのウェーブレット変換によって分解、出力される高周波成分が、比較的細い線を用いて描かれた部分をより詳細に表し、低周波成分が、比較的太い線を用いて描かれた部分をおおまかに表していると考えられる。

本研究の対象者3名の樹木画画像それぞれに対して多重解像度解析を実施すると、最大で12回のウェーブレット変換が実施可能 ($1 \leq j \leq 12$)であり、レベルごとに出力として、(a) 低周波成分からなる、入力よりも粗い樹木画、(b) 水平方向の高周波成分、(c) 垂直方向の高周波成分、(d) 対角方向の高周波成分を得た。ウェーブレット変換の出力は Figure 3 に示すように、(a) の低周波成分は入力画像と同様の配色で、(b) から (d) の高周波成分は描線部分が白く、背景の部分が黒く出力される。

質問紙調査

回答者 大学生、大学院生および大学職員など120名から回答を得た。このうち、回答に不備のあった2名を除外し118名 (男性44名、女性72名、性別無回答2名) の回答を分析に使用した。平均年齢は22.29歳 ($SD = 5.73$) であった。

質問紙の構成 Figure 1 に示した3つの樹木画について、臨床心理士による心理評定および上記の各画像解析手法の特徴に基づき、10項目からなる描画形式に関する評定項目を作成した (Table 2)。質問紙は呈示する描画画像に基づき4種類作成され、回答者は、(a) 描画のみ群 (30名)、(b) ウェーブレット変換群 (29名)、(c) 特異値分解群 (30名)、(d) フーリエ変換群 (29名) のいずれかにランダムに分配された。(a) 群には Figure 1 に示した描画のみを、その他の3群に

Figure 2. 多重解像度解析。

は描画に加え各手法を用いて出力された描画の解析画像をそれぞれ呈示した。解析画像について、(b) 群ではレベル1の垂直方向のウェーブレット変換画像を、(c) 群では最大特異値のみを用いた復元画像を、(d) 群ではフーリエ変換画像を、それぞれ呈示した。

手続き 本調査は集団または個別に実施された。回答者には、調査への参加が自由であること、回答が統計的に処理され、個人情報漏れ心配がないことを、回答前に説明した。回答所用時間は約10分であった。回答者は呈示されたすべての画像を参考として、各評定項目がそれぞれの描画画像に当てはまるか否かを「特徴あり」または「特徴なし」の二値で回答した。

分析 収集したデータについて、評定項目および対象画像ごとに、ベイズ推定を用いたポアソン回帰分析を実施した。分析ソフトウェアとして統計解析環境 R (ver. 3.5.0) および Rstudio (ver. 1.1.453) を、パッケージは rstan (ver. 2.17.3) を用いた。計算の繰り返し回数を21,000回とし、はじめの1,000回をバーンイン期間として破棄し、残りの20,000回を用いた。連鎖の構成数を5とし、合計100,000回を事後分布の結果と

Figure 3. レベル4のウェーブレット変換の出力画像 (左上が低周波成分、右上が水平方向、左下が垂直方向、右下が対角方向の高周波成分をそれぞれ表す)。高周波成分を表す3画像について閾値を0.01として二値化し、表示した。

Table 2
 評定項目と各群における回答頻度およびベイズ推定を用いたポアソン回帰分析の結果

項目	対象者	特徴ありと評定した回答者数および各偏回帰係数 (β_0 から β_3)							
		(a)		(b)		(c)		(d)	
		特徴あり	β_0	特徴あり	β_1	特徴あり	β_2	特徴あり	β_3
1 大きな木である	A	26	3.24	26	.00	29	.11	23	-.13
	B	18	2.86	16	-.12	17	-.06	20	.11
	C	4	1.25	2	-.83	2	-.83	3	-.33
2 規則的な描かれ方である	A	15	2.67	17	.13	20	.30	13	-.15
	B	9	2.14	8	-.13	7	-.27	5	-.64
	C	9	2.14	6	-.44	15	.53	13	.38
3 不自然な描かれ方である	A	19	2.92	19	.00	15	-.24	12	-.47
	B	14	2.60	15	.07	15	.07	14	.00
	C	23	3.11	20	-.14	25	.09	20	-.14
4 薄く描かれている	A	11	2.35	11	.00	10	-.10	7	-.48
	B	24	3.16	23	-.04	19	-.24	23	-.04
	C	0	-379.98	1	379.40	0	6.05	1	379.40
5 縦線が多く描かれている	A	9	2.14	10	.11	12	.30	12	.30
	B	7	1.87	6	-.17	2	-1.45	3	-.95
	C	21	3.02	17	-.22	20	-.05	25	.18
6 奇妙な表現がある	A	21	3.02	18	-.16	19	-.10	22	.05
	B	20	2.97	15	-.30	19	-.05	20	.00
	C	25	3.20	22	-.13	25	.00	17	-.39
7 バランスが悪い	A	12	2.44	6	-.74	10	-.19	7	-.57
	B	14	2.61	12	-.16	19	.31	17	.20
	C	12	2.45	18	.42	10	-.19	10	-.19
8 左右のバランスがある	A	18	2.87	20	.10	22	.20	24	.29
	B	10	2.25	15	.42	13	.27	9	-.11
	C	17	2.80	13	-.28	22	.27	17	.00
9 枝の対称性がある	A	10	2.25	7	-.38	14	.35	12	.19
	B	5	1.50	12	.94	6	.20	9	.64
	C	13	2.53	11	-.18	11	-.18	14	.08
10 幹が長い	A	25	3.20	24	-.04	28	.11	28	.11
	B	9	2.14	7	-.27	9	.00	12	.30
	C	2	.42	5	1.08	2	.01	2	.01

注) (a) : 描画のみ群, (b) : ウェーブレット変換群, (c) : 特異値分解群, (d) : フーリエ変換群。

した。シード値は 1234 とした。収束診断の基準として $\hat{R}$ を参照し, すべての分析において基準を満たしていた ($\hat{R} < 1.1$)。

結 果

画像解析

ウェーブレット変換・多重解像度解析 3 名の樹木画画像に対するレベル 1 から 4 のウェーブレット変換の出力について, Figure 3 から Figure 4 に示した。

Figure 3 は, 対象者 C の画像に対するレベル 4 のウェーブレット変換の全出力である。Figure 4 は, 3 名の対象者の画像に対するレベル 1 およびレベル 3 のウェーブレット変換の出力のうち, 垂直方向の高周波成分のみを示したものである。Figure 3 より, ウェーブレット変換の出力のうち, 枝では水平方向, 幹では垂直方向, 幹の基部では対角方向の高周波成分に, より多くの白い輝点や白線が出力されていることを確認できる。また, Figure 4 より, ウェーブレット変換のレベルが上がるにつれて, 画像において白い輝点や白

線が多くなっていた。

特異値分解 最大のものから 1, 10 個の特異値および表現パターンのみを用いて復元した画像を Figure 5 に示した。

Figure 5 上段より、最大の特異値のみを用いて樹木画を復元した画像には、左端から右端まで続く水平な直線および上端から下端まで続く垂直な直線のみが含まれていた。一方で Figure 5 下段より、複数の特異値を用いて復元した画像には、Figure 5 上段に見られた長い直線は見られず、より多くの短い直線が含まれていた。

フーリエ変換 入力画像に対してそれぞれ二次元離散フーリエ変換を行い、空間周波数を示す出力画像を得た。それぞれの画像を Figure 6 に示した。

Figure 6 から、対象者 A および対象者 C の樹木画の空間周波数は斜め方向に線状に、白い輝点が表れていたが、対象者 B の空間周波数は、特定の方向に線状には表れず、全方向に広がって表れていた。また、対象者 A および対象者 B の空間周波数は画像全体に広

がっていたが、対象者 C の空間周波数は画像中央にまとまって表れていた。

質問紙調査

各評定項目について特徴ありと評定した回答者数および、ポアソン回帰分析により推定された切片および各画像解析の影響を表す項の偏回帰係数を Table 2 に示した。ポアソン回帰分析の結果、95% 確信区間に 0 を含まない項目は認められなかった。95% 確信区間に 0 を含むが分布の中央からは外れており、「特徴あり」と回答することに対して正または負の影響を示す可能性のある項目としては、以下の 3 項目などが認められた。いずれも対象者 C の描画に対して、「2 規則的な描かれ方である」について特異値分解群は正の影響を与える傾向 ($\beta_2 = .53$, 95% 確信区間 $[-.30, 1.40]$)、 「6 奇妙な表現がある」についてフーリエ変換群は負の影響を与える傾向 ($\beta_3 = -.39$, 95% 確信区間 $[-1.03, .23]$)、 「7 バランスが悪い」についてウェーブレット変換群は正の影響を与える傾向 ($\beta_1 = .42$, 95% 確信区

Figure 4. レベル 1 および 3 のウェーブレット変換の出力画像（上段からレベル 1, 3, 左から対象者 A, B, C の描画についての出力画像）。閾値を 0.01 として二値化し、表示した。

Figure 5. 特異値分解の出力画像（上段から最大特異値のみ，特異値 10 個，左から対象者 A, B, C の描画についての出力画像）。

Figure 6. フーリエ変換の出力画像（左から対象者 A, B, C の樹木画についての出力画像）。

間 [-.31, 1.17]) であった。

考 察

本研究ではバウムテストの樹木画を定量的に評定するために、画像として計算機に取り込み、ウェーブレット変換・多重解像度解析、特異値分解、フーリエ変換の3種類の画像解析手法を用いることを提案し、3枚の描画に対してこれらの画像解析を実施した例を示した。また、大学生等を対象として、画像解析の結果を利用した描画の評定課題を実施し、樹木画の評定に画像解析を用いることの意義について検討した。

描画と画像解析との対応

対象者Aの描画では用紙全体に、斜め方向の直線で角ばった形の枝、垂直方向の直線で幹、水平方向の線で地面が、それぞれ描かれていた。画像解析の結果、低レベルのウェーブレット変換により、縦線で描かれた幹が垂直方向の高周波成分として分解され、白い輝点として多く表れていた (Figure 4)。また特異値分解により、縦横線が用紙全体に多く、薄く復元され、続いて枝や実などの細かな部分が少しずつ復元された (Figure 5)。そしてフーリエ変換により、白い輝点が画像全体に、また斜め方向の線状に表れた画像が出力された (Figure 6)。対象者Bの描画は用紙全体に、垂直方向の直線で細い幹の輪郭や幹表面の線が、曲線で樹冠や、黒く塗りつぶされた実が描かれていた。画像解析の結果、レベル1のウェーブレット変換により、幹の輪郭や、幹表面の線が垂直方向の高周波成分として分解され、白い輝点として多く表れていた (Figure 4)。また特異値分解により、塗りつぶされた実を中心に濃く復元され、続いて縦線のみで描かれた幹も復元された (Figure 5)。そしてフーリエ変換により、白い輝点が画像全体に、画像中央から広がって表れた画像に変換された (Figure 6)。対象者Cの描画は用紙下寄りの一部に描かれ、枝では水平方向、幹では垂直方向、幹の基部では斜め方向の線を繰り返し描くことで樹木全体が黒く塗りつぶされていた。画像解析の結果、レベル4のウェーブレット変換により、塗りつぶしに用いられた各方向の描線が、それぞれの方向の高周波成分として分解され、白い輝点として多く表れていた (Figure 3)。また特異値分解により、塗りつぶされた樹木全体を中心に濃く復元され始め、続いて僅かな特異値のみで元画像がほぼ完全に復元された (Figure 5)。そしてフーリエ変換により、白い輝点が画像中央に集中して、線状に表れた画像に変換された (Figure 6)。

これらのことから、ウェーブレット変換・多重解像度解析では、描画の描かれた位置情報を失うことなく、様々な解像度のレベルごとに、なおかつ描線の方向ごとに、それぞれ高周波成分を得られ、描線の位置や太さ、方向の特徴を定量的に扱うことができる可能性が

示された。特異値分解では、最大の特異値を含む僅かな特異値および表現パターンのみを用いることで、入力画像において多くの線が描かれた位置や、塗りつぶす表現を復元できる可能性が示された。フーリエ変換では、多くの輝点の出力された方向や輝点の表れている範囲から、多く描かれた描線の向きや描画範囲の大きさを読み取ることができる可能性が示された。

心理評定と画像解析との関係

両分析結果の対応に関する検討 対象者Aは、医師によるPANSSを用いた評価では、陰性症状が比較的強く認められていた。樹木画には、枝が角ばった形で描かれており、臨床心理学的な心理評定では、柔軟性の乏しさや、分裂気質であることが示唆される。描画と画像解析との対応からは、枝が角ばった形で描かれていることは、フーリエ変換画像において白い輝点が斜め方向に線状に表れていたことと対応している可能性が示された。これらのことから、対象者Aの描画のフーリエ変換画像において白い輝点が斜め方向に線状に表れていたことは、対象者Aの陰性症状の強さ、柔軟性の乏しさや分裂気質であることを示していると考えられる。対象者Bは、医師によるPANSSを用いた評価では、陽性症状が比較的強く認められていた。樹木画には、細い幹や、幹に縦の線が描かれており、臨床心理学的な心理評定では、繊細さ、敏感であることや、外界の影響を受けやすいことが示唆される。描画と画像解析との対応からは、幹や幹に描かれた縦の線は、ウェーブレット変換・多重解像度解析の出力のうち、垂直方向の高周波成分を表す画像において、白い輝点・線として表れていると考えられる。これらのことから、対象者Bの描画のウェーブレット変換・多重解像度解析の垂直方向の高周波成分を表す出力画像において幹が白い輝点および線で表れていたことは、対象者Bの陽性症状の強さ、繊細・敏感であることや、外界の影響を受けやすいことを示していると考えられる。対象者Cは、医師によるPANSSを用いた評価では、陽性・陰性症状ともにそれほど強くは認められていなかったが、樹木画には、木全体が黒く塗りつぶされており、臨床心理学的な心理評定では、受動的で現実感覚に乏しく、抑うつ的であることが示唆される。描画と画像解析との対応からは、樹木の塗りつぶしは、ウェーブレット変換・多重解像度解析の高周波成分を表す出力画像において、樹木の描かれた範囲全体に白い輝点が多く表れていたことと対応している可能性が示された。これらのことから、対象者Cの描画のウェーブレット変換・多重解像度解析の高周波成分を表す出力画像において樹木の描かれた範囲全体に白い輝点が多く表れていたことは、対象者Cの現実感覚の乏しさや抑うつ的であることを示していると考えられる。

質問紙調査結果からの検討 対象者 C の描画について、臨床心理学的評定では、木全体が黒く塗りつぶされていることが注目されていた。一方で質問紙調査の結果からは、対象者 C の描画について評定する際に画像解析の出力、特にウェーブレット変換画像を合わせて呈示することで、「規則的な描かれ方」、「バランスの悪さ」といった、描画の全体的な描かれ方について、元画像のみを呈示する場合と異なる評定がなされることが示唆された。特に「規則的な描かれ方」については、質問紙調査の結果からは、特異値分解やフーリエ変換を利用した出力画像が、入力画像の規則性・周期性を反映し、強調したと考えられる一方で、ウェーブレット変換を利用した出力画像は、逆に、弱めたと考えられる。このことは、ウェーブレット変換の出力画像には、入力画像と同様の位置情報が保持される特徴や、高周波成分の出力画像が色について白黒が反転して出力される特徴から生じたと考えられる。また「バランスの悪さ」について、特異値分解やフーリエ変換を利用した出力画像では、塗りつぶし表現が曖昧になったり周波数成分による表現に置き換えられたりしたが、ウェーブレット変換を利用した出力画像では、特に幹を中心に白い輝点が多く出力され、塗りつぶされた部分が強調されていた。これらのことから、臨床心理学的な心理評定においても注目された、同じ方向の線の繰り返しによって描かれた塗りつぶし表現は、「規則的な描かれ方」や「バランスの悪さ」に関係することが考えられる。このように対象者 C の描画を評定するために、画像解析手法、とりわけウェーブレット変換画像を用いることが有用であること、また描かれ方の規則性やバランスといった、肉眼のみからでは判断の難しい特徴について明らかにできる可能性が示された。

本研究の限界と今後の展望

本研究を通じて、樹木画に対して我々の提案した画像解析手法を用いることで、描画の定量的な評定をすることができる可能性が示されたと考えられる。本研究では、提案した各画像解析手法を比較検討する際の対象者を統合失調症患者 3 名としていた。3 名の描画をそれぞれに比較したことで、描画の塗りつぶしなど特定の表現や描線の方向、描画において用いられた用紙の範囲についての情報を、画像解析手法を用いることで抽出できる可能性が示された。また、質問紙調査の結果からは、特に対象者 C の描画について、画像解析手法を用いた出力画像が、臨床心理学的な評定にとどまらず、全体的な描かれ方を把握するために有用である可能性が示された。肉眼で確認することは困難であるが、本研究で用いた画像解析手法を用いれば捉えられる描画形式上の特徴が存在することが示唆される。

一方で、対象者によって、また樹木の表現のされ方によっては、本研究で例示したレベル 1 からレベル 4 のウェーブレット変換や、特異値分解で得られた特異値のうち最大のものから 10 個の特異値および表現パターンを用いて復元した画像のみからでは十分な分析ができない可能性が考えられる。この点について、本研究において提案した手法の一般化を考える上では、画像解析結果から樹木画を復元するという観点からも、さらなる検討を重ねる必要がある。また、本研究の対象者は、統合失調症の陽性・陰性症状それぞれの程度や、罹患年数の長さが異なっていた。この点について、今後、対象者数を増やし、PANSS 得点と画像解析の特徴量との関連や、4 つの類型ごとに特有の特徴量が存在する可能性等について分析を加え、対象者の特性について検討を重ねていく必要がある。本研究では、樹木画に対する従来の評定方法と、本研究において提案した画像解析手法による評定を対応づける形で検討してきたが、これらの点について、さらなる検討が必要である。また、本研究では画像解析手法を統合失調症患者の描画のみに対して実施した。今後は統合失調症のみならず、他の精神疾患の患者や健常者が描いた樹木画についても同様に画像解析を実施し、それぞれの精神疾患における樹木画の画像解析の有用性を検討していくことが必要であると考えられる。冒頭で述べたように、樹木画の評定は、一般的には熟練を要するものである。本研究で提案した手法およびその実施例は、現時点では十分に検討できていない点も数多く存在しており、引き続き検討を重ねる必要がある。

利益相反について

なお、本論文に関して、開示すべき利益相反関連事項はない。

引用文献

- American Psychiatric Association (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed., Text rev.). Washington, DC: American Psychiatric Association.
- (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 (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Association.
- (アメリカ精神医学会 高橋 三郎・大野 裕 (監訳) (2014). DSM-5 精神疾患の診断・統計マニュアル 医学書院)
- Bolander, K. (1977). *Assessing personality through tree drawings*. New York: Basic Books Inc.
- (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)

- Goodenough, F. L. (1926). *Measurement of intelligence by drawings*. New York: Brace World.
- Haar, A. (1910). Zur Theorie der orthogonalen Funktionensysteme. *Mathematische Annalen*, 69, 331–371.
- 岩満 優美・竹村 和久・松村 治・王 雨晗・延藤 麻子・小平 明子・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, 651–658.
- Kay, S. R., Fiszbein, A., & Opler, L. A. (1987). The Positive and Negative Syndrome Scale (PANSS) for schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 13, 261–276.
- Kay, S. R., Opler, L. A., & Fiszbein, A. (1991). *Positive and Negative Syndrome Scale (PANSS) rating manual*. Toronto, Canada: Multi-Health System.
- (ケイ, S. R. 山田 寛・増井 寛治・菊本 弘次 (訳) (1991). 陽性・陰性症状評価尺度 (PANSS) マニュアル 星和書店)
- Koch, C. (1952). *The tree test: The tree-drawing test as an aid in psychodiagnosis*. Bern: Verlag Hans Huber.
- (コッホ, C. 林 勝造・国吉 政一・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, K. (1957). *Der baumtest: Der baumzeichen versuch als psychodiagnostisches hilfsmittel* (3 Auflage). 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——心理的見立ての補助手段としてのバウム画研究—— 誠信書房)
- Mallat, S. G. (1989). A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation. *IEEE Transactions of Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 11, 674–693.
- Overall, J. E., & Gorham, D. R. (1962). The Brief Psychiatric Rating Scale. *Psychological Reports*, 10, 799–812.
- 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., ... 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., ... Todoroki, K. (2017b). Image analysis of psychological projective drawings by patients with Schizophrenia. *Paper presented at the MathPsych/ICCM 2017* (Coventry, UK), 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).
- 安永 浩・徳田 良仁・栗原 雅直 (1958). 精神分裂病患者の絵画についての一考察 精神神経学雑誌, 60, 137–149.

—— 2018. 8. 19 受稿, 2019. 1. 26 受理 ——