

Title	Draw as Experts: 描画過程における熟練者と初心者の身体動作特徴の比較分析
Author(s)	瀬戸, 健太; 天野, 一平; 謝, 浩然; 福里, 司
Citation	情報処理学会第217回ヒューマンコンピュータインタラクション研究発表会, 2026-HCI-217(30): 1-6
Issue Date	2026-03-02
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	https://hdl.handle.net/10119/20352
Rights	<p>社団法人 情報処理学会, 瀬戸健太, 天野一平, 謝浩然, 福里司, 情報処理学会第217回ヒューマンコンピュータインタラクション研究発表会, Vol.2026-HCI-217, No.30, 2026, 1-6. ここに掲載した著作物の利用に関する注意: 本著作物の著作権は(社)情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。</p> <p>Notice for the use of this material The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.</p>
Description	情報処理学会第217回ヒューマンコンピュータインタラクション研究発表会, 芝浦工業大学豊洲キャンパス, 東京, 2026年3月9日-11日



Draw as Experts: 描画過程における熟練者と初心者の 身体動作特徴の比較分析

瀬戸 健太^{1,a)} 天野 一平² 謝 浩然^{1,2} 福里 司^{1,b)}

概要: 本研究では、描画中の描き手の身体動作に着目し、描画過程における視覚的な判断（例：戦略）を分析する手法を検討する。具体的には、描き手の上半身の動作を撮影し、姿勢や運動パターン（例：思考による停止時間や、上半身の動作速度）の算出及び、描画フェーズを抽出することで、描き手の描画戦略および満足度との対応関係を探索的に分析するものである。その結果、Web カメラから身体動作指標を実用的に取得できる可能性が示され、描画は個人の戦略に応じた多様な構造（例：construction-first, detail-oriented）を持つことが観察された。また、描き手の停止時間と主観満足度間に正の相関がみられ、身体動作が描画中の認知的処理を反映し得ることが示唆された。本研究は、描画結果（絵の完成度やストローク形状）ではなく、描き手の「描画過程」そのものに着目し、身体動作を介して描画スキルを捉える枠組みを新たに提示し、描き手の状態推定や描画支援システムへの応用に向けた基礎的知見を提供する。

Draw as Experts: A Comparative Study of Upper-Body Movements Between Experts and Beginners During the Drawing Process

KENTA SETO^{1,a)} IPPEI AMANO² HAORAN XIE^{1,2} TSUKASA FUKUSATO^{1,b)}

1. はじめに

絵を描く行為は、視覚的判断と身体運動が密接に結びついた複合的技能 [5], [12] である。描き手の姿勢や身体動作パターンは、描画戦略や熟練度を理解する上で重要な手がかりとなるものの、従来の描画研究の大半は完成画像の品質やペンストロークの形状（軌跡）に着目しているため、描画中の身体動作そのものに焦点を当てた研究は非常に少ない。

そこで本研究は、熟練者と初心者の姿勢や身体動作パターンを比較することで、描画過程における認知的側面を新たな視点から捉えることを試みる。具体的には、(1) 幾何学的な特徴やパーツ（居所的な特徴）を有する「人物顔」を対象に、Web カメラを用いて人物顔を描画する描き手の上半身動作を撮影する。次に、(2) 撮影動画に対し、

MediaPipe Pose [10] を適用することで、描き手の静止時間および運動スケールを中心とした定量指標を算出する。更に、(3) 人物顔の描画過程を全体のバランス (structure)、輪郭 (outline)、パーツ (parts)、髪領域 (hair)、修正/仕上げ (finish) の 5 種類のフェーズに手動で分類することで、各フェーズにおける身体動作パターンの傾向を分析するものである。

本研究の目的は「描画中の身体動作の Web カメラベースの計測可能性の検討」「描画戦略の差異と身体動作指標との対応構造の記述的分析」「身体動作指標と主観満足度との関連性の探索」の 3 点である。

2. 関連研究

2.1 描画プロセス分析

描画研究の大半は、完成された絵やペンストロークの軌跡を基に、描画順序や修正過程を分析している。例えば、Cheng ら [2] は、デジタルペンを用いてユーザが描いたストローク列を記録・再生することで、完成図からは把握で

¹ 早稲田大学

² 北陸先端科学技術大学院大学

a) kenta_seto@akane.waseda.jp

b) tsukasafukusato@waseda.jp

きない描画過程の可視化を試みている。しかし同研究では、ストローク数やストロークの順序が、必ずしも認知的工程と一致しない点が指摘されており、ストロークの軌跡のみでは、描画行為の全体像を捉えきれない可能性が示されている。

2.2 身体動作と認知過程

身体動作は技能や認知負荷の外的表象として利用されてきた [8], [11]。手作業における停止や運動速度は、観察・判断・迷いといった内的処理を反映する指標と解釈されている。しかし描画の研究において、身体姿勢を主観的戦略やフェーズ構造と結びつけた試みは限定的である。

2.3 本研究の位置づけ

本研究は、描画中の身体動作やフェーズラベルと停止時間から、描画戦略を捉える点に特徴がある。これは、従来のストローク形状に基づくアプローチを補完し、描画プロセスを多層的に理解するための枠組みを提供できる。

3. 比較実験

3.1 実験課題と手順

各被験者に3枚の参照画像(顔画像)を提示し、1枚当たり15分間で模写する課題を課した。参照画像は、段階的に難易度を変化させ、単純形状(Task A)・中程度の人物表現(Task B)・複雑な人物表現(Task C)に対応するように選定した。描画終了後、描画に対する主観満足度を5段階リッカートスケール(1:全然満足していない~5:とても満足した)、および、普段から絵を描く際に用いる描画戦略を記述式のアンケートに回答してもらう。

3.2 被験者

本実験には、5名の被験者(P1-P5)が参加した。熟練者と初心者の分類は、各被験者の描画経験(自己申告)に基づき、描画の熟練度を5段階のリッカートスケール(1:全く経験がない~5:プロレベルの経験がある)で回答してもらうことで行った(平均3.0, $SD = 1.3$)。

表1に、各被験者の熟練度と描画に対する満足度(Task A~Cの平均値)のスコアを示す。また描画戦略として「一気に描く(S1)」「パーツの形状を意識して描く(S2)」「全体のバランスを優先して描く(S3)」「一度描いてから、適宜修正を行う(S4)」の4種類が報告された。以降の分析では、個人を特定可能な情報は記録せず、被験者ID(P1, P2, ... P5)のみを用いた。

3.3 実験環境

描画用の端末としてApple社製のタブレット端末iPadを用い、描画中の描き手の上半身動作を固定Webカメラで撮影した。撮影結果は試行ごとに動画形式(フレームレ

表1 各被験者の戦略及び、熟練度、満足度(全タスクの平均値)。S1:一気に描く, S2:パーツ形状を優先, S3:全体のバランスを優先, S4:一度描いてから適宜修正。

ID	戦略	熟練度	満足度
P1	S1	4	3.000
P2	S3	3	2.667
P3	S1	4	2.000
P4	S2	3	3.000
P5	S4	1	1.667

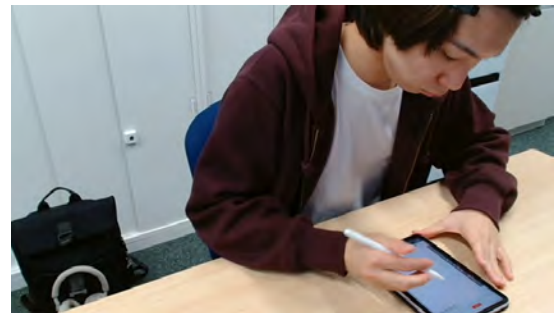


図1 実験環境。被験者はタブレット端末上で描画を行い、その際の上半身の動作を固定カメラで撮影する。撮影された動画は、姿勢推定アルゴリズム及び、手動ラベリングによって分析を行う。

ト:29.97[fps])で保存し、後述の解析に用いた。

3.4 描き手の身体動作の分析

認知科学の研究 [11] では、作業中の停止や速度変化が、認知的負荷や意思決定の痕跡として解釈可能であることが報告されている。また、描画時の運動特徴量から認知状態を推定する試み [13] が存在し、描画行動そのものを認知処理の外的表現として扱うことができる可能性が示されている。そこで本研究では、MediaPipe Pose (Pose Landmarker [10]) を用いて、動画データ中の描き手の動作の停止時間や速度変化を取得し、認知的処理の代理指標として用いる。

3.5 描画過程のラベリング

人物顔の描画を行う過程を、描画対象の意味的単位と手の操作目的に基づき、以下の五種類に分類した。なお、各フェーズ区間 (start, end) を秒単位で記録した。

- structure: アタリ・配置決め・比率の設計
- outline: 輪郭の確定
- parts: 顔パーツ等の細部描画
- hair: 髪の毛の線画・塗り
- finish: 全体調整・修正・最終仕上げ

各試行について、全体時間 (total) に対するフェーズ時間 (dur) の滞在割合 ($ratio = dur/total$) とフェーズの切替回数 n (遷移回数) を一つの指標として分析する。

表 2 各被験者の平均動作速度, 停止割合, 欠損率.

ID	動作速度	停止割合	欠損率
P1	0.399	0.020	0.002
P2	3.828	0.060	0.332
P3	0.678	0.011	0.006
P4	0.482	0.022	0.000
P5	1.043	0.007	0.000

3.6 停止指標と運動スケール

動画データから描き手の上半身運動の速度を取得する。但し、被験者の肩幅を基準に正規化している。得られた速度ノルムに対し、閾値 0.02 を下回る状態が連続 8 フレーム以上継続した区間を「動作の停止」とみなし、停止割合 (*stop_ratio*) を算出した。完全な静止状態 (=速度がゼロ) を停止状態としなかった理由は、観察・判断に伴う認知的処理における微小運動を考慮し、認知負荷の指標とみなす先行研究の考え方 [11] を参考にすることが挙げられる。また、描画中の認知的負荷や方略変化を反映する行動レベルの代理変数として、動作時の速度ノルムの平均値 (*speed_norm_mean*) を算出した。表 2 に、各被験者の *speed_norm_mean* と *stop_ratio* 及び、欠損率 (データ取得できなかった割合) を示す。

なお本研究は、描画時の身体動作と描画フェーズ・主観評価との関係性を主眼としているため、ペンストロークの軌跡や形状は解析の対象としない。これは、運動レベルの行動指標が認知的処理の外的表現としてどの程度利用可能かを検討することに焦点を絞るためである。

3.7 分析方針

本研究は小規模かつ探索的な研究として位置づけた上で、記述的・事例的解釈を重視するものとする。具体的には、得られたデータを基に、熟練者と初心者のフェーズ滞在割合を比較することで、描画戦略の違いを記述し、遷移回数により描画過程の非線形性を定量化する。また、描き手の主観満足度に対する *stop_ratio* 及び *speed_norm_mean* の関係について分析する。

4. 分析結果

4.1 フェーズ滞在割合

表 3 に各被験者の課題 (Task A~C) の描画フェーズの割合を示す。この結果から、被験者ごとにフェーズの割合が大きく異なることが確認できる。例えば、熟練度が高い P1 は、いずれの課題でも parts が支配的であり (0.32~0.53)、対象の構造 (structure) を決定した後は、細部 (detail) の描画に長時間コミットする戦略 (*detail-oriented*) であった。次に「全体のバランス (アタリ) を重視する (S3)」と回答した P2 は、structure が最大 0.33 を占めるといった、structure を重視する戦略 (*construction-first*) を取ってい

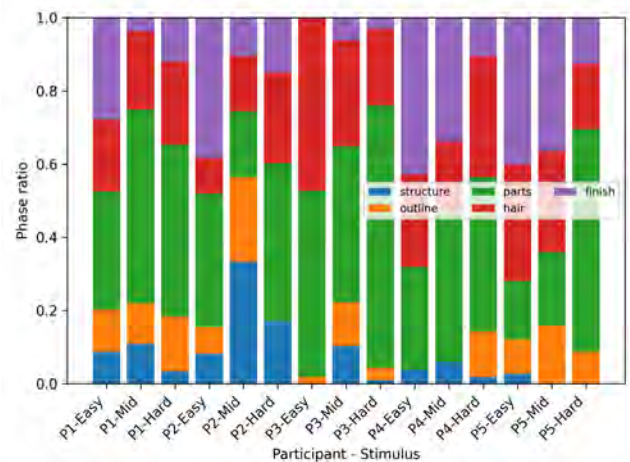


図 2 各被験者の描画フェーズの割合.

表 3 各被験者の描画フェーズの割合.

ID	難易度	Structure	Outline	Parts	Hair	Finish
P1	Task A	0.086	0.117	0.322	0.196	0.279
	Task B	0.109	0.111	0.529	0.214	0.037
	Task C	0.034	0.150	0.470	0.226	0.120
P2	Task A	0.081	0.073	0.365	0.097	0.383
	Task B	0.333	0.231	0.180	0.151	0.105
	Task C	0.171	-	0.431	0.248	0.150
P3	Task A	-	0.018	0.509	0.473	-
	Task B	0.102	0.119	0.428	0.290	0.061
	Task C	0.009	0.034	0.718	0.209	0.030
P4	Task A	0.039	-	0.281	0.253	0.428
	Task B	0.060	-	0.409	0.192	0.339
	Task C	0.018	0.125	0.421	0.330	0.105
P5	Task A	0.027	0.094	0.159	0.319	0.401
	Task B	-	0.158	0.201	0.276	0.365
	Task C	-	0.088	0.608	0.180	0.125

ることが確認された。また、「一気に描く」と回答した P3 は hair の割合が比較的高く、視覚的特徴から描画を進める傾向 (*feature-first*) が観察された。その一方、初心者である P5 は finish の割合が非常に大きく (0.36~0.40)、仕上げ段階での修正を行うパターン (*revision-oriented*) が見られた。

さらに課題の難易度との関係として、熟練度に限らず、Task-C を描く際は parts の割合が大きくなる結果が得られた (P3 は 0.72, P5 は 0.61 である)、この結果から、難度上昇に伴い、細部の描画を中心とする戦略にシフトする傾向がある。

4.2 フェーズ遷移

表 4 に、各被験者のフェーズ切替回数及び満足度を示す (切替回数の平均値は降順に P5 (= 5.33), P2 (= 5.00), P1 (= 4.67), P4 (= 4.33), P3 (= 3.67) である)。初心者である P5 は、最も切り替え回数が多く、特に hair と finish

表 4 各タスクに対する満足度及び描画フェーズの切り替え回数.

ID	難易度	満足度	切り替え回数
P1	Task A	2	4
	Task B	4	5
	Task C	3	5
P2	Task A	2	4
	Task B	2	6
	Task C	4	5
P3	Task A	3	3
	Task B	1	4
	Task C	2	4
P4	Task A	2	5
	Task B	4	4
	Task C	3	4
P5	Task A	1	7
	Task B	2	5
	Task C	2	4

の繰り返しを行う修正志向のパターンが顕著であった。二番目に切り替え回数が多い P2 は、structure と parts 間の繰り返しが頻繁に行われており、フェーズ滞在割合から得られた結果と概ね一致する。一方、切り替え回数が最も少なかった P3 は、フェーズ間の往復が少ない線形的な進行（一気に仕上げる）傾向が示されている。

4.3 身体指標と主観評価の関係

図 3 に *stop_ratio* と *speed_norm_mean* との関係、図 4 に *stop_ratio* と満足度の関係を示す。この結果から、*stop_ratio* と *speed_norm_mean* には強い相関 ($r = 0.84$) が得られた。これは、描画中の停止行動は単なる手の静止ではなく、次の身体動作をスムーズに行うための思考（準備）を行っている可能性が示唆された。その一方、停止行動が短い場合、次の身体動作のプランが十分にまとまらず、非効率な描画を行っていることが予想される。また、*stop_ratio* と満足度の間には中程度の正の相関 ($r = 0.42$) が得られた。これは、描画中の停止時間中の認知的処理が影響していると考えられる。

さらに、フェーズの切り替え回数と満足度の関係を図 5 に示す。両者の間には弱い負の相関 ($r = -0.23$) が観察され、フェーズ間を頻繁に往復することで満足度が低くなる傾向がみられた。これは、描画の方針が安定している場合には比較的線形的な進行であった一方、構造決定の迷いや修正が多い場合には非線形的な工程となってしまう、結果として達成感や確信の低下につながる可能性が示唆された。

但し、今回の分析結果は、サンプル数が少ないため、あくまでも限定的な探索的検討にすぎず、因果関係の主張ではない点に留意する。

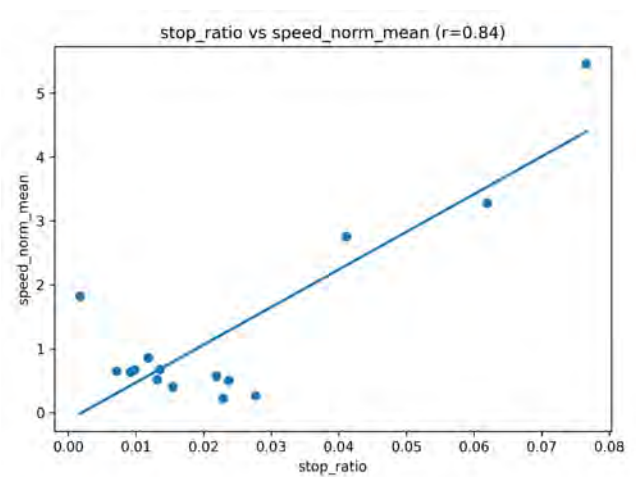


図 3 停止割合 (*stop_ratio*) と上半身運動の速度ノルムの平均値 (*speed_norm_mean*) の関係 (相関係数: $r = 0.84$).

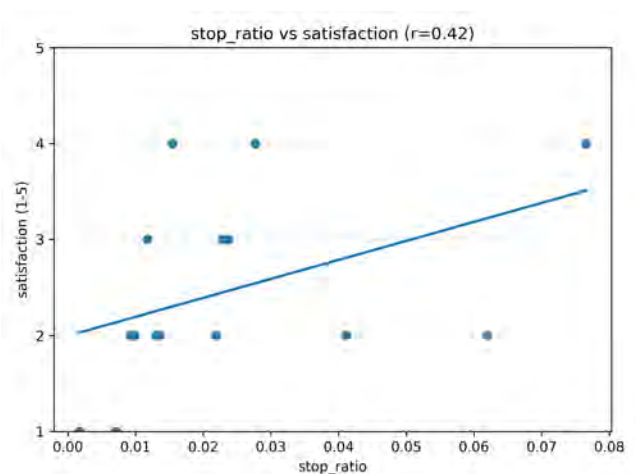


図 4 停止割合 (*stop_ratio*) と満足度の関係 (相関係数: $r = 0.42$).

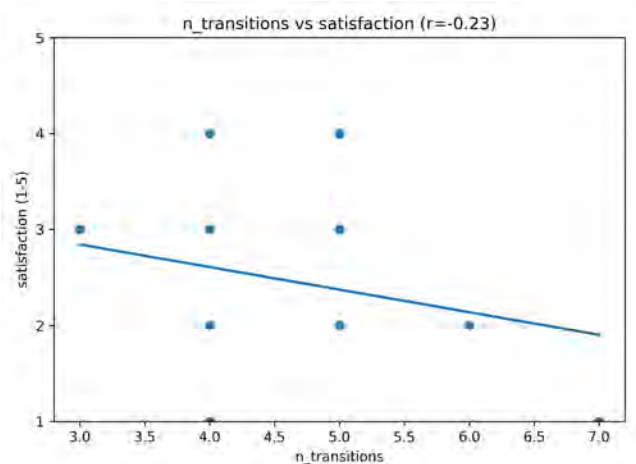


図 5 フェーズの切り替え回数と満足度の関係 (相関係数: $r = -0.23$).

4.4 事例分析

4.4.1 熟練度が高い描き手 (P1&P3)

structure を決定してから parts や hair が支配的な結果

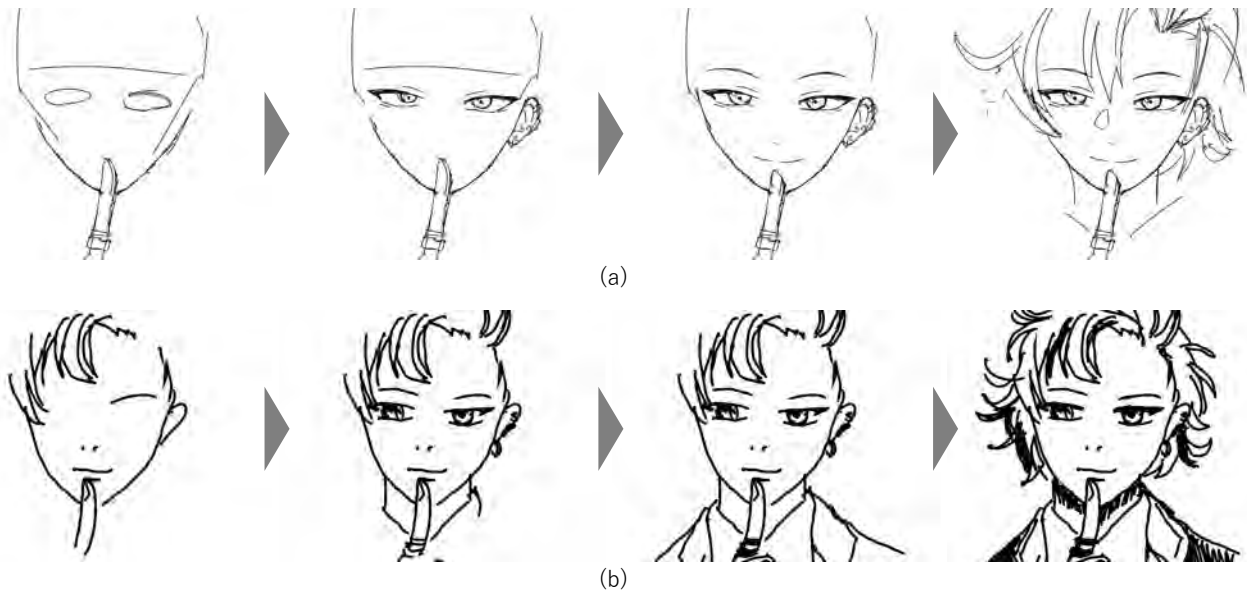


図 6 被験者による Type-C の描画過程. (a) P3 (熟練度:4), (b) P5 (熟練度:1).

となった. この結果から, 熟練度が高い描き手は, 「全体のバランスを決定してから, 細部 (パーツや髪) へ集中する戦略」をとる傾向があると予想できる. また, 自己申告の戦略 (S1) と異なることから, 熟練者は “無意識” に他の戦略をとっていると考えられる.

4.4.2 熟練度が中程度の描き手 (P2)

structure が最大 0.33 である点に加え, outline (= 0.23) を経て parts へ移行していた. この結果から, 熟練度の中程度の描き手は 「アタリ取りを優先する戦略 (S3)」を “意識的” に行う傾向があると考えられる.

4.4.3 熟練度が低い描き手 (P5)

finish が 0.40 で支配的かつ, フェーズの切り替え回数が最大 7 回と最も非線形な結果を示した. これは, 初心者は 「全体的なバランスを整えるフェーズをスキップし, 詳細部から先に描き, あとで調整する戦略 (S4)」をとっていることがわかる. その結果, 修正の回数が増えてしまい, 描画に対する満足度が 「1」 となっている.

以上の結果から, 描画過程は, 単一の線形的な工程ではなく, 個人の熟練度や戦略に依存した構造を持つことを示唆される. さらに描画過程は, 戦略, 課題難度, 身体動作の相互作用からなる多層的なプロセスである可能性も示された. 図 6 に, 被験者による描画結果の一例を示す.

5. 今後の展望

5.1 撮影環境について

今回の実験では, 被験者には 「Web カメラを上半身の動作が撮影可能な位置に設置する」 ことだけを条件としたため, 被験者によって撮影環境の多少の差異が発生した. 特に, P2 は縦画面で撮影したため, 上半身が画角外に出る頻

度が増加してしまい, 欠損率が高くなっている (表 2). 本研究で用いた *stop_ratio* および, *speed_norm_mean* はピクセル座標に基づく指標であったため, 身体指標に系統的な影響を与えた可能性がある.

5.2 ラベルの信頼性

今回の分析では, 動画データに対して, 一名の評価者が, 事前に定義した五種類のフェーズのラベルを手作業で付与したため, 境界判定には主観的判断が含まれる. 特に parts や hair, finish の境界は連続的であり, 再現性の観点で課題が残る. そこで, 複数評価者による二重ラベル付け [1] や, Cohen の κ 係数 [3], [4] による一致度評価を導入することで, ラベリング作業の精度を向上させる必要がある.

更に, 本研究で得られた身体指標と遷移特徴を教師信号とし, 機械学習技術 (例: 隠れマルコフモデルやトランスフォーマー) に基づくフェーズ自動分類システムを構築する予定である.

5.3 描き手の動作推定

今回は描き手の上半身を撮影し, MediaPipe Pose を用いた簡易的な測定であったため, 描画のような詳細な動きを十分に取得できていない可能性がある. 特に, 手元の遮蔽やペンの把持姿勢によって, 特徴点の揺らぎが発生し, *stop_ratio* に影響している可能性がある. そこで, 今後の課題として, モーションキャプチャ技術や高精度なハンドトラッキング技術を用いることで, 描き手の詳細なペンの動きの計測を行うことが挙げられる. また, アイトラッカーなどの視線計測技術を統合することで, マルチモーダルな解析を実施する予定である [9].

5.3.1 被験者数

本研究は、被験者5名、合計15試行の小規模なデータに基づく探索的分析であるため、得られた数値(例:相関係数)は参考値に留まる(本研究は、因果関係を主張するものではなく、仮説の作成のステップとなる)。今後は被験者人数を増やし、得られた仮説の検証を行う必要がある。

5.3.2 描画支援への応用

描画中の停止行動や遷移の異常を検知することで、描き手に「見直しを促す」「全体確認を提案する」といった適応的な描画支援システムへ展開する。

以上より、本研究は、描画過程を身体動作から捉える初期的な枠組みを提示したものであるため、. 今後は計測方法の改善や実験規模を拡張することで、描画技能そのものの理解と支援技術 [6], [7] への寄与が期待できる。

6. おわりに

本研究では、描画中の描き手を撮影し、姿勢や運動パターンから描画戦略や熟練度との関係性を分析する枠組みを提案した。具体的には、撮影動画に対し、既存の姿勢推定モデルを基に、描画中の動作の停止時間 (*stop_ratio*) や運動スケール (*speed_norm_mean*) といった身体特徴の計測を試みた。次に、動画中の描画過程のフェーズを手動でラベル付けを行うことで、描画プロセスが単一の線形工程ではなく、個人に応じた戦略(全体のバランス優先, パーツ形状優先, 適宜修正)を持つことが観察した。更に、更に、身体動作の指標である *stop_ratio* と(描画結果に対する)主観的な満足度の間には正の関連がみられ、身体動作は、描き手の認知的処理や自己評価と対応する可能性を示した。一方、フェーズ遷移回数と満足度の間には負の相関が確認され、工程間を頻繁に行き来する描画ほど主観評価が低くなる傾向が示された。これらの結果は、身体動作および工程構造が描き手の認知的処理や自己評価と対応することを示唆しており、熟練度を「描画過程」から捉えるアプローチの有効性を支持するものである。

ただし、現時点では小規模・探索的データに基づく初期検討にすぎず、撮影条件のばらつき、手動によるラベル付けにおける主観性、および描き手の詳細な動き(例:視線)を扱っていない点などの課題が存在する。将来的には、マルチモーダルな計測や自動ラベリング技術を導入しつつ、描画支援システムや技能評価への応用を目指したい。

謝辞 本研究は、JST BOOST JPMJBY24D6 の支援を受けたものです。また、実験にご協力いただいた被験者の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

[1] Chang, C.-M., He, Y., Yang, X., Xie, H. and Igarashi, T.: DualLabel: secondary labels for challenging image

annotation, *Graphics Interface 2022* (2022).

[2] Cheng, K.: Stroke Sequence in Digital Sketching, *CHI Extended Abstracts* (2004).

[3] Cohen, J.: A coefficient of agreement for nominal scales, *Educational and psychological measurement*, Vol. 20, No. 1, pp. 37–46 (1960).

[4] Cohen, J.: Weighted kappa: Nominal scale agreement provision for scaled disagreement or partial credit., *Psychological bulletin*, Vol. 70, No. 4, p. 213 (1968).

[5] Goel, V.: *Sketches of thought*, MIT press (1995).

[6] Huang, Z., Peng, Y., Hibino, T., Zhao, C., Xie, H., Fukusato, T. and Miyata, K.: DualFace: Two-Stage Drawing Guidance for Freehand Portrait Sketching, *Computational Visual Media*, Vol. 8, No. 1, pp. 63–77 (2022).

[7] Iarussi, E., Bousseau, A. and Tsandilas, T.: The Drawing Assistant: Automated Drawing Guidance and Feedback from Photographs, *ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, New York, USA, ACM, pp. 183–192 (2013).

[8] Kirsh, D. and Maglio, P.: On distinguishing epistemic from pragmatic action, *Cognitive science*, Vol. 18, No. 4, pp. 513–549 (1994).

[9] Liu, F., Huang, L., Huang, Z. and Wang, Z.: Learning to Draw Is Learning to See: Analyzing Eye Tracking Patterns for Assisted Observational Drawing, *ACM SIGGRAPH 2025 Conference Papers*, New York, NY, USA, ACM, pp. 16:1–16:11 (online), DOI: 10.1145/3721238.3730734 (2025).

[10] Lugaresi, C., Tang, J., Nash, H., McClanahan, C., Uboweja, E., Hays, M., Zhang, F., Chang, C.-L., Yong, M. G., Lee Juhyun, Chang, W.-T., Hua, W., Georg, M. and Grundmann, M.: MediaPipe: A Framework for Building Perception Pipelines, *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)* (2019).

[11] O'Brien, S.: Pauses as Indicators of Cognitive Effort in Writing and Translation, *Across Languages and Cultures*, Vol. 7, No. 1 (2006).

[12] Schon, D. A. and DeSanctis, V.: The reflective practitioner: How professionals think in action (1986).

[13] Yamada, Y. et al.: Automated Analysis of Drawing Process to Estimate Global Cognition, *JMIR Formative Research*, Vol. 6, No. 5 (2022).