

作画ミス見落としに関する基礎調査と その防止のためのイラストの自動遮蔽システムの実現

高橋拓^{†1} 中村聡史^{†1}

概要: イラスト制作における問題に作画ミスの見落としがある。数日後にはすぐに気付くような作画ミスであっても、作画中や作画直後には一時的に発見することが困難になるという現象がこの原因であると考え、我々はこれまでに、あえて視覚情報を制限したイラストを提示することで作画直後の作画ミス発見を促すイラストの部分遮蔽手法を提案し、その有用性を明らかにした。しかし、これまで一般のイラスト制作者における作画ミス見落としの実態は明らかになっていなかった。そこで、イラストを Web に投稿したことのあるユーザを対象に大規模なアンケート調査を行い、本研究では、現状広まっている既存手法だけでは満足に作画ミス見落としを防ぐことが難しいことなどが明らかになった。また、イラスト内のオブジェクトのパーツを分断する遮蔽が効果的であるという以前の研究の分析をもとに、入力されたイラストの内容に応じて自動で効果的な遮蔽パターンを生成する自動遮蔽システムを実装した。本システムを用いた作画実験を行ったところ、イラスト制作者が満足な作画ミスの修正が可能であったことや、既存手法で認識できなかった作画ミスの発見が達成できるなど、本システムが作画ミス見落とし防止に有効であることを明らかにした。

キーワード: イラスト制作, 作画ミス, スキーマ, 部分遮蔽, 視覚補完, 閉領域検出, クラウドソーシング

1. はじめに

ソーシャルメディアの普及に伴い、イラストの投稿や鑑賞がますます盛んに行われるようになりつつある。日本のイラスト投稿型 Web サービスである pixiv は、2020 年 9 月時点でユーザ登録者数が 5800 万人を超え、アクティブユーザにおける海外ユーザ比率が 40%を超えるなど、国内にとどまらず世界的な盛り上がりを見せている[1]。また、スマートフォンやタブレット端末を用いて、場所を問わずにイラスト制作が可能になったことなどからも、デジタルイラスト制作に着手するユーザは今後も増えると予想される。

一方で、イラスト制作初心者が意のままに作品を描き上げることは困難であり、SNS サイトへ投稿した翌日などに「作画ミス」に気が付き、削除したくなる人は珍しくない。本研究における「作画ミス」とは、作者の意図しない作画がイラスト内に残ってしまうことを指す。ここで、実在する作画対象との比較から描画精度を定義可能な模写とは異なり、想像から描かれるイラストに関しては、イラスト制作者自身しか答えをもたないため、自身で作画ミスを発見するしかない。

しかし、イラスト制作者が作画中や作画直後に自身で作画ミスを発見することは容易ではなく、先述の通り作画ミスが残ったまま Web に作品を投稿したり、同人誌などの形で入稿してしまう「作画ミス見落とし」の問題が生じる。この原因の一つとして考えられるのが「長時間同じイラストを見続けることにより、どこに違和感があるのかわからなくなる」というものである。本研究はこの感覚を抱えていることを「慣れ」の状況下にあると表現する。

ここで、自身で作画ミスが発見可能とされている手法と

して、イラストを左右反転して確認する行為があげられる。この手法はイラスト制作者に広く認知されており、ダ・ヴィンチの時代から推奨されている再確認手法である[2]。しかし、我々が以前行った美術系の大学生を対象にした実験から、左右反転がイラスト内の物体の左右のバランスの確認に効果的であるものの、網羅的な作画ミスの発見には不十分であり、作画ミス見落とし防止には多様な手法が必要であることが示唆された[3]。

以上の背景から、我々は作画直後の慣れの状況下であっても、多種にわたる作画ミスの発見が可能な手法として、あえて視覚情報を制限した状態でイラストを提示するイラストの部分遮蔽手法(図 1)を提案した[3]。本手法は人間の視覚補完能力[4]を応用したものであり、イラストの一部を遮蔽することで遮蔽物(以下、遮蔽範囲とする)の向こうにイラスト制作者の理想とするバランスを想像させると同時に、遮蔽されていない範囲(以下、非遮蔽範囲とする)における細部の作画ミスにも着目させることができるという仮説を立て、提案した。また、境界線が斜めに傾いた遮蔽を提示することで、作画中表示されることのなかった新鮮な視覚刺激の提示が可能になり、感覚の変化が生じやすいと仮定し実験を行った。実験から、上記の仮説が立証されたほか、遮蔽の境界によって分断されたパーツ内



図 1 部分遮蔽手法のイメージ

^{†1} 明治大学大学院先端数理科学研究科
Graduate School of Interdisciplinary Mathematical Sciences,
Meiji University

の細部の作画ミスや、そのパーツの大きさに関する作画ミスの発見に特に効果的であることが明らかになった。また、単純な注視点の移動ではなく、感覚の変化によって作画ミスの発見を促すことが出来た可能性が示唆された。

本研究では、これまでの研究で達成されていない以下の2つの問題を解決することを目的とする。まず、実験協力者以外の一般のイラスト制作者における作画ミス見落としの実態が明らかになっていない問題がある。このため、自身のイラストを Web に投稿したことのあるイラスト制作者を対象とした大規模なアンケート調査を実施し、結果の分析を行う。具体的には、本研究が対象とすべきイラスト制作者のレベル、既存の見落とし防止手法の普及度合い、見落としやすい作画ミスの種類の調査、および現状作画ミス見落としの要因としている「慣れ」の状況に関する分析を行い、本手法の有用性をより信頼できるものにする。次に、実際のイラスト制作環境における本手法の適用が、満足な作画ミス見落とし防止を可能にするか不明なままである問題を解決する。ここで、入力されたイラストの内容に応じて作画ミス発見に有効な遮蔽パターンを自動生成する自動遮蔽システムを実装し、ユーザの普段のイラスト制作環境において実際に満足な作画ミス修正が可能であるかを指標に本システムの効果を検証する。結果から、より効果的なシステム設計とその応用を考察する。

2. 作画ミス見落としに関する基礎調査

2.1 アンケートの概要

模写やトレースを除く、自身が描いたオリジナルのイラストを Web に投稿したことのある人を対象に作画ミス見落としに関するアンケート調査を行った。アンケートは、「イラスト制作の経験年数」や「ひと月における作画の頻度」などの回答者の属性のほか、「作画ミス見落としの頻度」「作画ミス見落としを防ぐために普段行っている工夫」「見落としに気付いた時の感情」「見落とししていた作画ミスの具体例」「作画ミスの見落としをする原因について想定されること」などの全13項目で構成されている。このアンケートを2020年8月に、Yahoo!クラウドソーシング[5]を用いて実施した。なお、我々の研究室がこれまでに実施した調査において、不真面目な回答をしていたユーザ765名を事前に実験依頼対象から除外した。実施の結果、有効な回答762件が得られた。

2.2 結果

図2、図3に「イラスト制作の経験年数」、「一週間の内に作画に費やす時間」の結果をグラフとして表示する。図2から、本アンケートの回答者が初心者から上級者まで幅広く構成されていることがわかる。また図3より、多くても週に5時間程度をイラスト制作に費やす回答者が多数であることから、趣味としてイラスト制作をしている層の割合がほとんどを占めていると予測できる。

本アンケートの各自由記述項目で得られた回答から、KH Coder[6]で Jaccard 係数を用いた共起ネットワーク図を作成し、頻出単語同士の関係性を可視化したものを図4から図6に示す。なお、利用する単語は図4が出現数10回以上、図5と6が出現数5回以上のものであり、すべて Jaccard 係数が0.15以上のまとまりを示している。

図4は、「作画ミス見落としを避けるためにしている工夫」について得られた記述における頻出単語のまとまりを示したものである。最頻出で繋がりが強固な組み合わせとして「左右一反転」が見られることから、左右反転が見落とし防止に広く使われていることがわかる。次いで、「時間一置く」が多くみられ、時間をおいて見直すといった手法の普及がうかがえる。また、「他人一目」、「友人一家族」などは第三者にイラストを確認してもらうといった内容を意味している。「拡大一縮小」、「全体一バランス」などは縮尺を変更することで全体を俯瞰する、もしくは細部に着目するといった内容であり、この「縮尺変更」に近い意味の回答は最も多く見られた。その他の「レイヤー分けをする」や「写真を参考にする」などは作画ミスの発生を根本的に防ぐために作画中や作画前に行う工夫を意味しており、作画ミス見落としを防ぐ本研究の目的からは外れる。以上を整理すると、よく利用されているのは「左右反転」「時間経過」「他者に見せる」「縮尺変更」であるといえる。

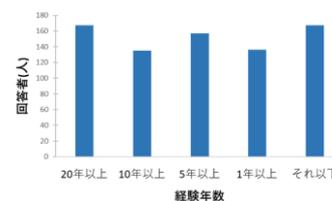


図2 回答者内の作画経験年数における人数の比較

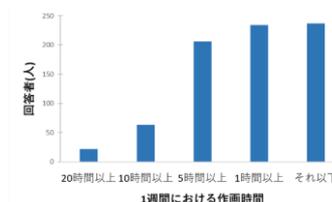


図3 回答者内の週の作画時間における人数の比較

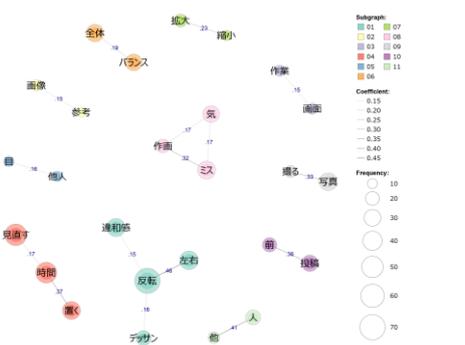


図4 共起ネットワーク (作画ミス見落とし防止の工夫)

因として考えられる。スキーマとは作画する対象物の記憶化された情報のことであり[8], アーティストはスキーマをもとに作画をすると言われている[9]が, これが記号的な認知バイアスを誘発する可能性がある[10][11]. 具体的には「りんごは丸い」というスキーマが, 「実際には複雑な形をしているりんごを正円として表現してしまう」などの作画ミス誘発してしまう現象のことである。これは写実的な模写において議論されてきた事象だが, 本研究が対象とする想像から描くイラストは, イラストにおける多くの要素がイラスト制作者の知識や記憶によって構成されるため, 模写以上に認知バイアスの影響を受けやすいと推測できる。

ここで, 既存手法である左右反転や時間経過は, この認知バイアスの低減ができていない可能性がある。左右反転は, 線やイラストそのものに手を加えずにイラスト制作者の視覚情報を変化させることで, イラスト内の意味を保ちながら新鮮な視覚刺激の提示を可能としている。また, 時間経過では単純にイラストを見ていない時間が, 自身が線にもたせた意味を忘れさせて認知を正常に戻していると考えられる。部分遮蔽手法はこうした一時的な視覚情報の変化と情報の非表示を同時に達成しているといえる。また, 遮蔽によって線を分断し, 線のまとまりを記号として認識できなくすることで線にもたせた意味を崩壊させ, バイアスを低減している可能性がある。さらに, 既に描かれている情報を手がかりに再度イラストの全体像を意識することで, 白紙のキャンバス上に自身の知識や記憶から描く条件よりも詳細な想像を可能にし, 遮蔽を取った際の作画ミス発見を促している可能性がある。これらの理由が, 以前の研究で明らかになった, 部分遮蔽手法による感覚の変化と作画ミスの発見につながったと考えられる。これと同時に, 「全体を見ることができない」といった意識が一点に集中してしまう問題も遮蔽によって解決している。

次に, 見落とされやすい作画ミスとして「デッサン狂い」と「表現のミス」, そして作画の工程において生じるミスが回答された。これらは部分遮蔽手法によって発見可能であることが実験によって明らかになっている[3]. しかし, 「表現のミス」に関する発見件数はわずかであった。

作画直後にイラスト制作者自身で適用可能な手法としては左右反転と縮尺変更が既に普及していることが明らかになった。先述の通り, 左右反転は左右のバランスの再確認に特化している可能性が示唆されている。一方, 縮尺変更については細部の確認と全体の俯瞰という点において部分遮蔽手法と同等の効果をもっている可能性がある。しかし, 先述したように部分遮蔽手法は遮蔽による感覚変化を引き起こしており, 有効な作画ミスにも差異があると考えられる。また, 表1から左右反転, 縮尺変更のどちらにおいても半数以上のイラスト制作者が日常的な作画ミスの見落としを回答していることから, 効果的ではあるが全ての作画ミス見落としは解決されていないことがわかる。

以上を整理すると, 作画ミス見落としはイラスト制作者の多くに関係する問題であり, 効果的な既存手法が広まっているが, まだ不十分である。我々が提案してきたイラストの部分遮蔽手法は, 作画ミス見落としを問題視可能なレベルのイラスト制作者を対象としており, 既存手法と併用することを目的とするものである。

3. 自動遮蔽システム

3.1 システムの設計

過去の実験と今回の調査によって明らかにした部分遮蔽手法の有用性をベースに, 入力されたイラストの内容に応じて適切な遮蔽パターンを自動生成する自動遮蔽システムを実装する。これまでの研究から, イラスト内のオブジェクトのパーツ内部を分断し, 意識の集中している箇所とその周辺を分離する遮蔽パターンの提示が作画ミス発見に特に効果的である可能性が示唆された。ここで, 線画における閉領域はオブジェクトやパーツの輪郭線としてあらわることが知られている[12]. 本システムは, このイラスト内部に配置されている閉領域をそれぞれイラスト制作者がパーツと想定して描写した範囲であると仮定し, これを分断する斜線を境界線とした遮蔽パターンの自動生成を考える。このとき, イラスト制作者が特に意識している箇所の推定は達成されないが, ランダムに選出された閉領域をもとに, さらに複数パターンの遮蔽が生成できれば, 特定のパーツ A と B が常に同範囲に存在する状況は発生しにくいと予想される。このため, 本システムはユーザが満足するまで, 新たな遮蔽パターンの生成と表示を繰り返すことを想定している。

システム利用の流れは以下の通りである。ユーザが保存した線画をドラッグアンドドロップで本システムに入力することで, 自動遮蔽が開始される(図7)。遮蔽パターンが表示され次第, ユーザは非遮蔽範囲の観察と遮蔽範囲の想像を行う。このとき SHIFT キー入力で遮蔽の表示/非表示を切り替え, 遮蔽範囲の想像と全体の確認を繰り返すことができる。ユーザが表示されている遮蔽パターンで発見できるミスがなくなったと感じた時に, ENTER キーを入力すると, 新たな遮蔽パターンがシステム上に生成および提示される。ユーザはこの流れを作画ミスの発見が満足にできたと感じるまで続けることができる。

本システムの実装には Processing を用いた。



図7 自動遮蔽システムの動作の様子

3.2 遮蔽アルゴリズム

遮蔽アルゴリズムの手順を図8に示す。入力されたイラストに対し、二値化処理と4近傍ラベリング処理を行うことで閉領域の検出を行う。このとき、特定の閉領域に完全に包括されている閉領域は同一の領域として扱うようにラベリングの調整を行う。これは、顔における目や口、服におけるポケットや柄などは一つのパーツとしてそれ自体をユーザに意識させるよりも、それを含んだ大まかなつながり（顔や服）を意識させることで、つながり内のパーツの配置バランスや形状の想像を促すことが重要であると考えたためである。このように、ランダムで選出される閉領域の絶対数がある程度減少させることで、ユーザに大まかなつながり内の想像を促す機会が増加すると予想される。

ラベリングの調整後、ランダムで閉領域を選出する。ここで、閉領域を囲うように接する矩形の斜め方向の頂点同士を通る斜線の一つを、遮蔽の境界線とした。図8中ではキャラクターの顔が選定され、斜めに分断するような遮蔽が表示されている。このとき、選定された矩形につき4種類の遮蔽パターンをランダムで生成する。キャラクターの顔が選定された際の4パターンの遮蔽を図9に示す。



図8 自動遮蔽アルゴリズムの手順

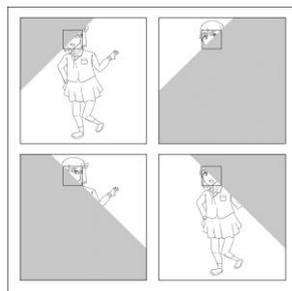


図9 遮蔽パターンの生成例

4. 実験

自動遮蔽システムの有用性を調査するための実験を行う。ここで、現時点において手法によって発見した作画ミスユーザが実際に修正可能であるか、また修正した結果満足なイラスト制作が達成されるのかは判明していない。また、ユーザの普段のイラスト制作環境における手法の効果は不明である。そこで、実際のイラスト制作環境において本システムを適用し、作画ミスを修正した結果の協力者の満足度を調査し、本システムの有用性の指標とする。

4.1 イラスト制作タスク

イラストの専門的な教育を受けていない初心者から中級者9名を対象に実験を行った。実験協力者（以下、協力者と表記する）には、指定したイラストを制作するタスクを行ってもらった。タスクとしては「車（以下、車タスク）」「ヘッドフォンを耳に装着した人物キャラクターの胸部まで（以下、ヘッドフォンタスク）」の2種類を選定した。選定の理由は、これらのタスクは多くのパーツで構成され、かつ正確な立体感の描画が困難な作画対象であり、分析に利用するデータの集計に適切だと判断したためである。なお、作画ミスを誘発するために、あまり得意ではない構図や簡略化しすぎない絵柄で描いてもらうよう指示した。

システムによる遮蔽パターンの自動生成を可能にするため、「線が完全に閉じている」「線がキャンパスの外周に触れていない」「線で陰影や質感の表現をしない」といった制約を設けた。また、イラストの情報量がある程度統一するため目安の制作時間を20分に設定した。協力者は目安の時間経過後も、完成と感ずるまで作画を継続可能とした。

4.2 作画ミスの発見と修正タスク

作画タスク完了後、協力者にはイラストの「こだわった点」「気に入っている点」「難しかった点」をアンケートに回答してもらった。その後、イラストを満足いくまで観察し、修正したい箇所をアンケートに記入したのち実際にイラストを修正してもらった。この初回の修正後のイラストを元画像と表記する。このとき、観察には初回観察用のシステムを使用してもらった。これにより、イラストをシステムに表示することによる感覚変化による発見を洗い出し、のちの自動遮蔽システムによる感覚変化のみを分析に利用するためである。

初回の修正後、協力者には自動遮蔽システムにイラストを入力してもらい、満足いくまで遮蔽の生成と観察を繰り返してもらった。アンケートには修正したい箇所と、作画ミスを発見した際にシステムに表示されている遮蔽ナンバーを記入したうえで、再度イラストを修正してもらった。このとき、最低でも遮蔽ナンバーが10になるまでは観察を続けるよう指示した。なお、初回と遮蔽システム適用後、どちらの修正においても時間制限は設けていない。

以上の順序を2つの作画タスク分行ってもらった。なお、順序効果を考慮し、取り組む作画タスクの順序は協力者によってそれぞれ変化させ、実験の間には無制限の休憩を設けた。また、2日後まで制作物が協力者の目に入らないよう、初日の実験終了後、作成データを監督者に送付次第データを全て削除するように指示した。

4.3 満足度に関するアンケート回答

作画の2日後、協力者には自身の制作物の満足度に関するアンケートに回答してもらった。

はじめに、車タスクとヘッドフォンタスクそれぞれの修正後の画像を提示し、気になる箇所や修正したい箇所を回

答してもらった。その後、修正の満足度を5段階で回答してもらおうとともに、その理由をあわせて記述してもらった。ここで、修正しない方が良かった箇所、もしくは修正したことで新たに生じた作画ミスがあれば追加で回答してもらった。最後に、「本システムの適用が作画ミスの見落とし防止に有効だと思うか」、「普段のイラスト制作においても使いたいと思うか」について5段階で回答してもらい、その理由をあわせて記述してもらった。そして「本システムに望む改善点」と「今後、どのような形でシステムが実装されたら利用したいと思うか」について記述してもらうことで、実験終了とした。

4.4 実験結果

表2にそれぞれのタスクにおけるシステム適用によって発見された作画ミスと2日後の再確認で発見された作画ミスの個数を示す。なお、実験手順に誤りが見られた協力者HとIのヘッドフォンタスクはこれ以降の結果から除外している。表から、全てのタスクにおいてシステムによる作画ミスの発見を達成している。このときの作画ミスとしては、細部の作画ミスやバランスの作画ミスなどの、部分遮蔽手法が効果的だと明らかにした種類の作画ミスであり、以前の結果の再現ができたといえる。一方で、2日後にはじめて発見されたミスがあることから完全な見落とし防止は達成されていない。

表3にそれぞれのタスクにおける修正の満足度を示す。この平均値は4.0となり、協力者全員が修正に満足感を抱いていることがわかる。

次に、表4と表5にはそれぞれ「本システムの適用が作画ミスの見落とし防止に有効だと思うか」、「普段のイラスト制作においても使いたいと思うか」に対する5段階の回答とその理由を記述したものを示す。平均値はそれぞれ4.3と4.0であり、記述内容からも協力者全員が本システムの適用が見落とし防止に有効であると感じたことがわかる。

以上の結果から、本システム適用が作画ミス見落とし防止に有効であり、比較的満足な修正が可能であることが明らかになった。以下の考察では、発見されなかった作画ミスの種類とアンケート回答から、詳細な有用性の分析とシステムの改善案を考察する。

表2 タスクごとの作画ミス発見個数

車	システム適用	A	B	C	D	E	F	G	H	I
		2日後	1	1	1	1	4	1	1	0
ヘッドフォン	システム適用	5	5	3	3	6	5	3	-	-
	2日後	1	2	2	3	1	2	2	-	-

表3 タスクごとの修正の満足度

満足度	A	B	C	D	E	F	G	H	I
車	3	4	4	3	4	4	4	4	4
ヘッドフォン	4	5	3	4	5	4	5	-	-

表4 「システムは作画ミス見落とし防止に有効か」

協力者	回答	記述
A	4	細かい部分のミスには有用だと感じた
B	5	イラストを描いた直後は全く気が付かなかったミスに気が付きやすくなった。
C	5	普段絵を描いているときも顔半分隠したりしてバランス確認したりはしていたから、色々な隠し方されることで普段よりもっと気をつけたいと思うから。
D	4	画でいえば窓やライトあたりの(形状や角度といった)大きなミス、人でいえば手の大きさのミスなど、目立つミスだけでも自分ではなかなか気づけない部分に気づけた気がするから
E	5	全体像を見ただけでは観察しないような場所を観察できたため、遮蔽をとった瞬間に思ったよりもバランスがとれていないことに気づけたため。
F	4	普段注視するポイントに癖がある(自分が気合入れて描いている場所をとにかく見る)ので、その癖を矯正するのに有効であると思われるため
G	4	隠れた部分との境界に注目できたから、観察するポイントを示されることを繰り返すことで、細かい場所にも注意がいくため。
H	4	描いている時とは違う視点で見ることができ、絵のバランスの悪さに気づくことができると感じた。
I	4	見えない部分を想像してから再度見ると違和感を感じたから

表5 「システムを普段のイラスト制作でも使いたいのか」

協力者	回答	記述
A	4	見落としやすい細かいミスについて気づくことができるため
B	4	ミスを減らせるのは是非使いたいけど、スマホでイラストを書くので一回パソコンに移すのはちょっと面倒に感じるかもしれない
C	5	システムを使うことでより多くのミスに気づいて直せることは嬉しいから
D	4	ミスにいち早く気づきたいから
E	4	遮蔽する回数が多くなると観察するのが面倒になっていったものの、描いている途中では気づけなかったミスに気づけたため。色を塗る前の線画の時点でミスに気づけるというのが利点だと思ったため。
F	3	塗りが発生するようなイラストや、画面上の訓練をしている場合であれば、細かいポイントに十分気をつける必要があるため使いたいと感じるが、単なる落書きや説明のためのイラストであればなくても問題ないと感じるため
G	4	普段から手で隠してバランスを見たりなどの方法で自分の絵を観察することがあるため、ただ、それ専用のシステムを介するのは面倒だと感じる。
H	4	左右反転させたりサイズを変えたりするのが線の修正点を見つけるのには手取り早く有効ではあるが、絵の一部がランダムで遮蔽される機能がClipStudio等に搭載されていたらサボ的に使うかもしれない。
I	4	「有効だと思うか」の回答と同文(見えない部分を想像してから再度見ると違和感を感じたから)

5. 分析と考察

5.1 自動遮蔽システムの有用性の分析

図10に実験結果の一例として協力者Bのヘッドフォンタスクにおける作画ミスの回答(画像左列)、および生成された遮蔽パターン一覧を示す(画像右列)。左列の画像左と、右列の画像右下に表示した数字は遮蔽ナンバー(以下、#番号で示す)を意味している。このとき、協力者Bはこだわった点を「表情・髪型」、気に入っている点を「目・眉」、難しかった点を「髪型・パーカー」と回答し、初回の観察では「パーカーと身体の左右バランス」「口と鼻の距離」を修正した。ここで、#1の遮蔽によってパーカーが完全に隠れ、頭部も分断されたことで、遮蔽範囲内の顔の想像と、顔より下の人体バランスを意識することができたと思われる。このときの回答は「右側の頬をもう少しキリッとさせたい」「首が長すぎる?」であった。次に作画ミスが回答されたのが#9であり、はじめて頭部が完全に隠れたパターンだった。これによって胴体みのバランスを意識することができ「右肩もなで肩にする」が回答されると予想される。#16では「右側の頭の輪郭をもう少し小さくしてもいいかもしれない」といった回答が得られた。頭部の右上のみが遮蔽されているのは#4も同じであるが、#16の方が隠されている範囲が広く、わずかな差により気付きが変化することがわかる。#24は頭部が完全に隠されている点において#9と同じだが、首が一部見えている点で異なり、首を基準

にした人体構造の想像が促された結果、はじめて頭の位置に関するミスに気付けたと思われる。

見落とし防止が達成されなかった作画ミスとして、「パーカーの右側が肌が見えすぎてとても不自然」がある。この原因として、システム適用によって右肩に意識が向き、同じ右肩に位置する右側のパーカーに意識が向かなかつたと想定される。実験を通して肩とパーカーを分離する遮蔽は生成されなかったことが見落としの原因として考えられる。また、他の協力者においても一度意識の向いた作画ミスに近接している作画ミスに気付けない例が見られたことや、修正することで新たに増えた作画ミスが2件回答されたことから、修正したものに再度システム適用することで、こうした作画ミスが減少する可能性がある。また、「前髪をふわっとしたい」も2日後にはじめて回答された。これは前髪より上が遮蔽されている#17で気付けた可能性があるが、実際には発見されなかった。このような表現の作画ミスの見落としは実験全体で多数見られた。これは以前の研究においてもあまり発見できなかった作画ミスであり、部分遮蔽手法が効果的ではない可能性がある。一方で、これまでの研究の協力者が全員初心者から中級者であり、イラストの基礎となるデッサン狂いを優先して見つけようとしている可能性がある。デッサン狂いが生じにくいと予想される上級者を対象とした実験を行えば、絵柄や表現における作画ミスの発見が見られる可能性がある。

以上から、本システムは可能な限り遮蔽パターンを生成することでより作画ミスの発見が増えて行くものであると考えられる。ここで、「作画ミスの見落としを防ぐための工夫を作画中にしたか?」といった質問に対し5名が左右反転をしたと回答し、3名が縮尺変更をしたと回答していた。このような既存手法を行ったうえで認識できなかった作画ミスを本システムの適用によって見落とし防止できた点においても、本研究の目的は達成されたといえる。

5.2 システムの改善案

表4において、イラスト全体のバランスの再確認が可能になったという回答と、細かなミスにのみ有用だと感じている回答が見られる。視覚補完能力に個人差が生じない[13]ことを考えると、個人の想像の仕方に結果が影響されている可能性がある。今後は非遮蔽範囲への単純な意識誘導にならないよう、遮蔽範囲の想像を促すような注意書きやインターフェース設計が必要であると考えられる。

また、本システムの使用感として「同じような遮蔽が提示されることがあった」という回答が複数見られた。分断するパーツが完全にランダムで選出される仕様ではあったが、偏りが生じてしまったことがうかがえる。これは、新鮮な視覚刺激の提示という部分遮蔽手法の前提に反してしまうため修正が必要である。一方で、視覚的に類似した遮蔽パターンであっても、完全に同一でなければ別の作画ミスの発見が促されていることから、あくまでも連続して提

示しないような工夫が重要である。

ここで、本システムの制限として「線が繋がっていないなければならない」がある。これは実際に協力者からも改善して欲しい点として回答されているため、モルフォロジー演算による線面の補間や、線面をスプライン補間することなどで改善予定である。このような、途切れている線分の隙間を埋める手順をアルゴリズムに取り入れることで、より多くの線面に対応するシステムが実現できると考えられる。また、表5の記述やシステムの改善点への回答として「既存のペイントツールの一機能として実装されていれば嬉しい」といった内容が多くあった。現状として、左右反転や拡大縮小のイラストへの適用はペイントツール内で完結する一方で、部分遮蔽手法を適用するためには専用のシステムを介さないといけない。そこで今後は、既存ペイントツールのプラグイン追加による機能として実装することも考えている。

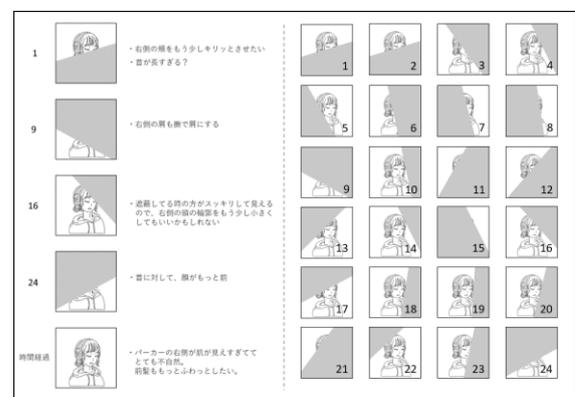


図10 協力者Bの作画ミス回答と遮蔽パターン一覧

6. 関連研究

6.1 描画精度と作画能力に関する研究

アーティストの作画能力と写実的なデッサンにおける描画精度の関連性を調査した研究は古くから数多く行われている。Gombrich[9]は、描かれている物体の構造に関する知識と理解がより正確な作画に重要であると主張した。この理論 Kozbeltら[7]の実験結果においても支持され、対象物への知識をもった専門家は初心者よりも優れた描画を行っている。この物体に対する知識はスキーマとよばれ、Bartlett[8]のスキーマ理論まで遡るものである。このようなスキーマによるポジティブな影響を支持する研究がある一方で、知識が描画行動に及ぼす負の効果を検証した研究も多い。Ruskin[14]は、物体認識能力やスキーマが正確な描画を妨げるとする「イノセントアイ仮説」を提唱し、Carmichaelら[10]やRosielleら[11]は、実験によってイラストがスキーマからバイアスを受けることを明らかにしている。Chamberlainら[15]は、以上のような描画精度と作画能力に関する研究を広くまとめている。

我々の研究はこれらの研究が調査した描画精度の低下要因を参考にしながら、模写ではなく存在しない対象物の描画における作画ミスを対象とする。また、作画ミスが発生することを防ぐのではなく、作画ミスに気付かせることを目的としている点においても異なっている。

6.2 全体的処理能力の低下や視覚補完に関する研究

本研究では、同一のイラストを見続けたときに生じる感覚変化が作画ミス発見を阻害する要因の一つであると位置づけている。このような認知の変化の代表例として、ゲシュタルト崩壊[16]があげられる。これは図形を注視し続けることでそのパターン全体の形態の認知が減衰してしまう現象であり、漢字などの文字認識において起こることが知られている[17]。全体的処理は漢字のほかに顔の認識においても生じ[18]、この顔の認識について Sagiv ら[19]は線画で描かれたスケッチの顔においても実際の人間の顔と同様の認識が生じることを示している。我々は、こうした持続的注視によって生じた慣れの感覚下であっても、作画ミスの発見を可能とするための部分遮蔽手法を提案している。

人間の視覚補完能力に、アモーダル補完がある[4]。これは、感覚入力がないにも関わらず、オブジェクトの遮蔽部分が補完されて知覚される現象である。Perdreau ら[13]は、アーティストと非アーティストの間でアモーダル補完に差がないことを発見した。我々の部分遮蔽手法は、このアモーダル補完を応用することで、隠されたイラストに対する視覚補完を引き起こし、イラスト全体やパーツのバランスの再確認を目指すものである。

7. おわりに

本研究では、作画ミス見落としの現状を明らかにするための大規模なアンケート調査を行った。作画ミスの見落としは初心者や上級者にかかわらず生じる問題であり、特に見落とされている作画ミスとしては「デッサン狂い」と「表現のミス」があり、それぞれ全体的なミスと細部におけるミスがある。これまで見落としの要因として扱ってきた「慣れ」の状況を構成する感覚として「全体を見ることができない」や「思い込み」があり、部分遮蔽手法によってこれらの解決が達成されていることが示唆された。また、有効な見落とし防止の既存手法として「左右反転」「時間経過」などが普及しているが、完全な作画ミス見落とし防止は達成されていないことがわかった。

一方、入力された線画内の閉領域をイラスト中のオブジェクトのパーツとして認識し、パーツ内部を分断するような遮蔽パターンを自動生成する自動遮蔽システムを実装した。システムの使用実験において、協力者が満足な作画ミスの修正が可能であったことや、既存手法で認識できなかった作画ミスの発見が達成できたことなどから、本システムの有用性を明らかにした。なお、遮蔽範囲の想像を促せなかった協力者がいたことや、現状のアルゴリズムではシ

ステムを適用できるイラストが限られていることから、さらなるシステム設計の改善を行うとともに、既存のペイントツールの拡張機能としての実装を目指す。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省科研費基盤(C) #20K12130 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] “pixiv がサービス開始から 13 周年！～月間海外投稿数 20 万作品を突破、インフォグラフィックを公開～”. <https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000102.000035885.html>, (参照 2020-12-16).
- [2] Kelen, E. (Ed.): Leonardo da Vinci's advice to artists. Philadelphia, PA: Running Press. 1990.
- [3] 高橋 拓, 中村 聡史. 作画ミス発見のためのイラストの部分遮蔽手法の検証, 情報処理学会 研究会報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol.2020-HCI-186, No.11, pp.1-8, 2020.
- [4] Gerbino, W.: Amodal Completion Revisited. *i-Perception*, Vol. 11, No. 4, pp. 1-26. 2020.
- [5] Yahoo!クラウドソーシング”. <https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/>, (参照 2020-12-16).
- [6] “KHCoder: 計量テキスト分析・テキストマイニングのためのフリーソフトウェア”. <https://kxcoder.net/>, (参照 2020-12-16).
- [7] Kozbelt, A., Seidel, A., Elbassoumy, A., Mark, Y. and Owen, D.: Visual Selection Contributes to Artists' Advantages in Realistic Drawing. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, Vol. 4, No. 2, pp. 93-102. 2010.
- [8] Bartlett, F. C.: Remembering: a study in experimental and social psychology. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 1932.
- [9] Gombrich, E. H.: Art and Illusion. Princeton, NJ: Princeton University Press. 1960.
- [10] Carmichael, L., Hogan, H. P. and Walter, A. A.: An experimental study of the effect of language on the reproduction of visually perceived form. *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 15, No. 1, pp. 73-86. 1932.
- [11] Rosielle, L. J. and Hite, L. A.: The caricature effect in drawing: evidence for the use of categorical relations when drawing abstract pictures. *Perception*, Vol. 38, No. 3, pp. 357-375. 2009.
- [12] Forrester, C., Aleksey, G., Alex, L., Heather, S. B., Adam, F., Thomas, F. and Szymon, R.: Where do people draw lines?. *ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH)*, Vol. 27, No. 3, pp. 1-11, 2008.
- [13] Perdreau, F. and Cavanagh, P.: Do Artists See Their Retinas?. *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 5, Article 171, pp. 1-8. 2011.
- [14] Ruskin, J.: Modern painters. -5 vol (Vol.3). New York: J. Wiley & Son. 1866.
- [15] Chamberlain R. and Wagemans J.: The genesis of errors in drawing. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, Vol.65, pp. 195-207. 2016.
- [16] Faust, V.C.: U"ber Gestaltzerfall als Symptom des parietooccipitalen U"bergangsbereiches bei doppelseitiger Verletzung nach Hirnschuss. *Nervenarzt*, Vol. 18, pp. 103-115. 1947.
- [17] 二瀬由理, 行場次朗: 持続的注視による漢字認知の遅延—ゲシュタルト崩壊現象の分析—. *The Japanese Journal of Psychology*, Vol. 67, No. 3, pp. 227-231, 1996.
- [18] Tanaka, J. W. and Farah, M. J.: Parts and wholes in face recognition. *The Quarterly journal of experimental psychology*, Vol. 46, No. 2, pp. 225- 245. 1993.
- [19] Sagiv, N. and Bentin, S.: Structural encoding of human and schematic faces: holistic and part-based processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol. 13, No. 7, pp. 937-951. 2001.