

Title	試行錯誤的描画を支援する消し跡機能 のデザインに関する基礎的検討
Author(s)	山田, 大誠; 高島, 健太郎; 西本, 一志
Citation	第5回コミック工学研究会予稿集: 1-8
Issue Date	2021-03-16
Type	Conference Paper
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/17794
Rights	一般社団法人 電子情報通信学会,山田 大誠,高島 健太郎,西本 一志,第5回コミック工学研究会予稿集,2021,1-8. 本研究会での発表予稿の著作権は著者に帰属するものとし、本研究会及び電子情報通信学会には帰属しません。
Description	第5回コミック工学研究会

試行錯誤的描画を支援する 消し跡機能のデザインに関する基礎的検討

山田 大誠^{†,a} 高島 健太郎^{†,b} 西本 一志^{†,c}

[†] 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科
a) s1910222@jaist.ac.jp b) ktaka@jaist.ac.jp c) knishi@jaist.ac.jp

概要 紙に描いた線を消しゴムで消した時などに残る消し跡は、描いたり消したりを繰り返しながら自分の描きたいものを手探りする試行錯誤的描画などに役立つ可能性があると考えられる。本研究は、描画ソフトウェアにおいて、紙の消し跡の再現にとどまらない、描画にもっと役立つ消し跡機能のデザイン・実装を目指している。本稿では、消し跡の描画への影響を明らかにするために行った実験の結果と、それに基づいた消し跡機能のデザインに関する基礎的検討について報告する。

キーワード 消し跡, 試行錯誤, 創造活動支援, 描画ソフトウェア, reflection-in-action

1 はじめに

Apple 社の iPad Pro やワコム社の Wacom One などのペンタブレット端末が普及する中、コンピュータ上で行われるデジタルな描画はますます人々に浸透している。デジタル描画の際にペンタブレット端末と共に用いられる、Adobe 社の Photoshop[1]や Illustrator[2], セルシス社の CLIP STUDIO PAINT[3]などの描画ソフトウェアは、様々な機能でユーザーの表現をサポートしている。マンナビが 2017 年にマンガ家を対象に行ったアンケート調査では、プロマンガ家の 7 割が制作工程の全てをデジタルで行っていると回答しており[4], マンガ制作においても描画ソフトウェアは欠かせないツールとなりつつある。

この調査では、デジタル制作のメリットについてもアンケートを取っており、そこで多く得られた回答の 1 つに、「描き直しが楽」というものがある。描画ソフトウェアの消しゴム機能や undo 機能, 選択範囲の移動・変形機能などを使えば、アナログでは時間と手がかかるような修正であっても、簡単に済ませることができる。

このことは、創造活動において特に重要であると我々は考える。マンガ制作のような、描くべきものが明確に決定されていない創造的な描画においては、描いたり消したりを試行錯誤を繰り返しながら、自分が描きたいものが何なのかを手探りするプロセスが少なからず存在する。描画ソフトウェアの修正機能は、この試行錯誤を繰り

返すのにかかる時間や労力を減らすことによって、描きたいものをより手探りしやすくしていると考えられる。

Schön[5]は、スケッチを用いてデザインをおこなう建築家の様子を観察し、もやもやとしたアイデアのままスケッチによる外在化をおこない、外在化された表現を足がかりに何を描きたいかというイメージを少しずつ固め、それを外在化するという繰り返しの中でデザインが行われているとして、このプロセスを reflection-in-action と呼んだ。描いたり消したりの繰り返しの中で描きたいものを手探りするという、マンガ制作などに見られる試行錯誤プロセスにおいても、近いことが行われていると考えられる。

だが一方で、マンガのデジタル制作についてはデメリットも指摘されている。マンナビが 2017 年、漫画編集者に対して行ったアンケート調査では、デジタル制作ではマンガ家が際限なく修正を繰り返してしまうということが指摘されている[6]。これは修正が容易であることや修正回数に物理的な限界が無い(紙で修正を何度も重ねると、次第にボロボロになっていく)ことが原因とされている。

しかし我々は、その他にも修正を何度も繰り返してしまふ原因があるのではないかと考え、紙と描画ソフトウェアとの違いの 1 つである「消し跡」に注目した。紙においては、一度描いた線を消すと、多くの場合何らかの痕跡を残す。例えば、鉛筆で紙に描いた線を消しゴムで消すと、消し残しや紙の凹みといった線の痕跡が残る。一方描画ソフトウェアにおいては、線を消した際に痕跡を残さないことが多い。例えば、描画ソフトウェアでの線の

修正に多く用いられる **undo** 機能を用いて線を消した場合、線の痕跡は一切残らない。消しゴム機能では消し跡を残すように薄く消すこともできるが、これも何度かこすると消し跡は完全に消えてしまう。

この消し跡は、修正を行う際に参照しながら描くという形などで、描いたり消したりを繰り返しながら自分の描きたいものを手探りする試行錯誤的な描画の役に立っている可能性があると考えられる。そこで我々は、消し跡が描画にどのような影響を及ぼしているのかについて明らかにし、得られた知見に基づいて、単なる紙の消し跡の再現にとどまらない、試行錯誤的な描画にもっと役立つような消し跡機能をデザイン・実装したいと考えた。

本稿では、消し跡が描画に及ぼす影響について明らかにするために行った実験とその結果、そして得られた知見に基づいた消し跡機能のデザインに関する基礎的検討について報告する。

2 先行研究

2.1 描画における消し跡に関する研究

描画における消し跡の有用性に着目し、消し跡に関する機能を実装した先行研究として、Dixon et al.[7]は、**undo** 機能などで消されたストローク(線)の痕跡が、同じ失敗の繰り返しを防ぐのに役立つとして、描画ソフトウェアにおいて消し跡を残す機能を実装している。実装された消し跡機能では、**undo** 機能やストローク消去機能でストロークを消した際、かすかに消し跡を残している。この消し跡は時間経過で徐々に薄くなっていき、最終的には完全に消える。Niino et al.[8]は、複数回重ね書きされた線を平均化するとユーザーにとってより美しい線になるという知見をもとに、**undo** で消された線の消し跡を残し、新たに書きされた線と平均化された線を提示するシステムを実装した。Schmidt et al.[9]は、**sketch-based modeling** において、ミスの修正を支援する目的で、3Dモデルの一部が消去された際に消し跡を残すシステムを実装した。

しかしこれらの研究では、消し跡が描画にどのような影響を及ぼしているのかについて詳しく分析されていない。これらの研究例も含め、我々の知る限りでは、消し跡に注目してそれが描画にどのような影響を及ぼしているのかを分析した研究例は見当たらない。

2.2 操作履歴を用いた描画の支援に関する研究

消し跡を用いて描画を支援することを目指す本研究は、操作履歴を用いた描画の支援に関する研究の1つとしても位置付けることができる。操作履歴を用いた描画の支援には、多くの先行研究がある。たとえば Su et al.[10]は、**selective undo**(最も新しい操作ではなく、それより前の一部の操作を取り消す **undo**)のための直感的イ

ンターフェイスとして、映画やアニメーションの制作で用いられる絵コンテ(Storyboard)のような描写を用いて操作履歴を表示する手法を提案している。Nakamura and Igarashi[11]は、任意の GUI アプリケーションの操作履歴を可視化することができる、アプリケーションに依存しない操作履歴の可視化手法を提案している。Chen et al.[12]は、画像編集ソフト上において、バージョンの分岐やマージ(分岐したバージョンの併合)などといった、バージョン管理を支援するシステムを実装した。

これらのような操作履歴を用いた描画の支援手法ではほとんどの場合、履歴はキャンバスとは別の場所に表示される。これに対し消し跡は、ユーザーの描画中に、キャンバス上に表示されることによって描画を支援するという点で、他の操作履歴を用いた支援手法とは異なっている。つまり消し跡は描画中、線を描くなどの操作を行っていて、キャンバスに意識が集中しているような場面においても参照することができる点が特徴である。

2.3 キャンバス上の表示による描画の支援研究

キャンバス上にガイドとなるような線などを表示することによる描画の支援には、多くの先行研究がある。たとえば Lee et al.[13]は、ユーザーの描いた線に基づいて画像検索を行い、その結果を薄い影のようにキャンバス上に表示することで描画の支援を行うシステム、ShadowDraw を実装した。Matsui et al.[14]が実装したシステム DrawFromDrawings は、キャンバス上にユーザーが描いたスケッチと参照先のスケッチを混ぜた結果の表示を行うことで、ユーザーの描画を支援する。

しかし、これらのようなキャンバス上の表示を用いた描画支援の多くは、ユーザーが描いたり消したりを試行錯誤の中で自分の描きたいものを手探りするようなプロセスの支援を想定していない。本研究は、このような試行錯誤的な描画の支援を目指す点が特徴である。

3 実験

消し跡が描画に及ぼす影響について詳しく分析するために行った実験について説明する。また、実験をデザインするために事前に実施した予備的調査についても簡単に説明する。予備的調査について詳しくは山田ほか[15]を参照いただきたい。

3.1 予備的調査

予備的調査では、既存の描画ソフトウェア(セルシス社の CLIP STUDIO PAINT[3])上で、どれだけこすっても必ず薄く消し跡が残る消しゴム機能と、一度こすただけで一切の消し跡を残さずに消すことができる消しゴム機能の2つを簡易に実装し、それぞれの消しゴムを用いた模写課題を3名の実験協力者に行ってもらった。

調査では、実験後のインタビューや画面録画といったデータを取った。

インタビューから、模写課題において、線を修正したい場面で消し跡が役に立つ可能性があることや、消し跡は役に立ちうるが邪魔にもなりうることが示唆された。また、予備的調査を記録した映像を観察すると、一切消し跡が残らない消しゴム機能での実験時に、同じ場所で線を引いたり消しゴムで消したりを短時間に何度も繰り返し、修正がスムーズに進まない状態に陥っている場面が複数確認された。このことから、消し跡が修正をスムーズに行う助けになりうることが示唆された。

予備的調査で得られた知見をもとに、実験用の描画ソフトウェアの設計・実装と、実験のデザインを行った。

3.2 実験用描画ソフトウェアの設計・実装

消し跡が描画に及ぼす影響について分析するために、実験用描画ソフトウェアを設計・実装した。ソフトウェアには、以下に示す5つの消し跡に関する機能を実装した。なお、消し跡に関する操作を含めたユーザーの全ての操作は、分析を行うために記録している。

(1) 消し跡を残す消しゴム機能

この実験用描画ソフトウェアでは、消しゴム機能としては、線を消した際に必ず消し跡が残る消しゴム機能のみ実装した。なお消し跡の実装の都合上、この機能は1本の線の一部を消すことはできず、線の一部に消しゴムが触れた時点で線を1本丸ごと消すという、selective undo的な機能となっている。

(2) 消し跡を残すundo機能

描画ソフトウェアで線を消す際にはundo機能が利用られることも多いため、undo機能を使って線を消した場合においても消し跡を残す機能を実装した。

(3) 消し跡の表示・非表示を切り替える機能

予備的調査において、消し跡が役に立つ場面と邪魔になる場面の両方があることが示唆されたことから、消し跡の表示・非表示を切り替える機能を実装した。この機能により、全ての消し跡の表示・非表示を一括で切り替えることができる(図1)。この機能には、ユーザーにとって消し跡が邪魔となる場面がどのようなものかを明らかにしたいというデータ収集の意図もある。

(4) 消し跡の濃さ・色を変更する機能

ユーザーは、どのような消し跡の色や濃さを好むのかについてのデータを得るために、全ての消し跡の濃さ・色を一括で変更できる機能を実装した(図2)。なお、消し跡の濃さとは不透明度のことであり、色とは別の数値として管理されている。

(5) いらぬ消し跡を消すための、消し跡用消しゴム

予備的調査において、消し跡は役に立ちうるが邪魔にもなりうることが示唆されたことから、いらぬ消し跡を



図1 消し跡の表示・非表示切り替え機能

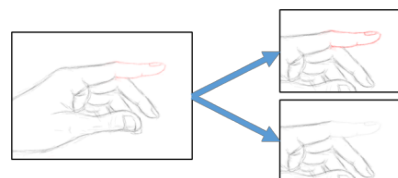


図2 消し跡の濃さや色を変更する機能

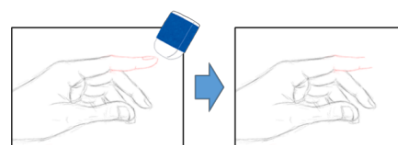


図3 消し跡用消しゴム機能

消すための、消し跡用の消しゴムを実装した(図3)。ユーザーはこの機能を用いて、邪魔だと感じた消し跡を選択的に消すことができる。この機能を使って消された消し跡は完全に消えたと扱われ、消し跡の表示・非表示状態に関係なく一切見えなくなる。この機能には、ユーザーにとって邪魔となる消し跡はどのようなものかを明らかにしたいというデータ収集の意図もある。

3.3 実験のデザイン

描画のプロセスにおける消し跡の影響について詳しく分析するために、プロトコル分析法(発話によって認知プロセスを分析する手法)による実験を行うことにした。プロトコル分析法には、実験協力者が課題を行っている最中に、逐一考えていることを発話してもらうThink Aloud法(以下TA法)と、課題を行っている様子をビデオカメラで記録し、実験後にその映像を実験協力者に見てもらい、各行動時に何を考えていたか発話してもらうRetrospective Report法(以下RR法)の2種類ある。TA法は実験協力者への認知的負担が大きい手法であり、負担により描画プロセスが大きく変容する可能性がある。一方RR法では、記憶の薄れによって細かい認知プロセスが捉えられない可能性がある。そこで今回の実験ではTA法とRR法の両方を実施することにした。

今回の実験では、描画の課題として写真の模写を行ってもらった。本研究の最終的な目標は、具体的なアウトプットが予め設定されない創造的な描画の支援であるため、描くべきものが具体的に設定されている模写は課題として適当ではない部分もある。しかし模写は描くべきアウトプットが予め設定されているため、データの比

較・分析が容易である。描画のプロセスにおける消し跡の影響について、これまでに詳しく検証された事例は無く、実験手法や分析手法について未だ手探りの段階であることから、まずは実験・分析しやすい模写で実験を行い、そこで得られた知見をもとに研究手法を固めていくというプロセスをとることとした。

実験の流れについて図4に示す。実験では、2人の実験協力者(A, B)に、写真(X, Y, X', Y')の模写を行ってもらった。その際、前節で示した実験用描画ソフトウェアを使用してもらった。実験は4回行い、うち2回は消し跡に関する機能を有効にしている状態(以下消し跡有り)、2回は消し跡に関する機能を無効にし、一切消し跡が残らない状態(以下消し跡無し)で行った。模写に用いる写真は、消し跡有りとしの実験で得られたデータを比較するために、左右反転させたものを用いた。これは、模写の内容や難易度を大きく変化させずに、慣れによる影響を最小限に抑えるためである。また、慣れの影響を抑えるために、消し跡有りの実験と無しの実験との間に、1週間以上の間隔を取った。

実験協力者には各実験の前に、発話をしながら課題を行うための訓練と、実験用描画ソフトウェアの試用を行ってもらった。実験において描画課題に制限時間は設けておらず、実験協力者が完成した(修正すべき部分がもう無い)と思った時点で実験を終了した。実験用の機器として、ワコム社のペンタブレットである Cintiq 16を使用した。実験の記録には、PCの画面録画機能および録音機能を用いた。

また、消し跡有りの実験終了後には、プロトコル分析法のデータとは別に、消し跡の影響や、消し跡に関する機能についてのインタビューを行った。

4 実験結果と考察

実験では、実験用描画ソフトウェアが記録した操作ログや、描き終えた絵と消し跡、実験中の画面録画、実験協力者による発話データ、実験後のインタビューなどのデータが得られた。我々はまず、操作ログに基づいて全体を俯瞰するように分析・考察を行い、その後、発話データや画面録画の観察、インタビューなどに基づいてケーススタディ的に分析・考察を行った。

なお、本稿には消し跡の表示・非表示切り替え機能や、消し跡用消しゴム機能に関する考察については記述しないため、山田ほか[15]を参照いただきたい。

4.1 操作ログに基づく考察

実験で用いた実験用描画ソフトウェアが記録した、ユーザーの操作ログに基づく分析・考察を行う。代表として図5に、実験協力者Bの写真X(消し跡有り、図5上)、及び写真X'(消し跡無し、図5下)の模写におけ

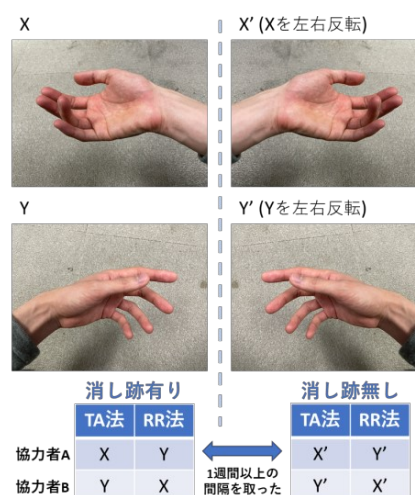


図4 実験の流れ

る操作ログを示す。

青色の折れ線グラフは、いつどのような操作が行われたか、その推移を示している。青の点が「P」にある場面では鉛筆による操作、「E」は消しゴム、「U」はundo、「R」はredo、「T」は消し跡用消しゴムによる操作が行われたことを示している。なお、消し跡無しでの実験(図5下)では消し跡用消しゴムの機能は使用できないため、「T」は省略されている。

オレンジ色のグラフは、消し跡の表示・非表示の切り替えと、各状態での操作の有無を示している。オレンジの点が「V」にある場面では、消し跡表示状態で何らかの操作が行われており、「I」にある場面では、消し跡非表示状態で何らかの操作が行われている。なお、消し跡無しでの実験(図5下)では消し跡の表示・非表示の切り替えはできないため、このグラフは省略されている。

4.1.1 修正の頻度に関する考察

予備的調査では消し跡が修正をスムーズに行う助けになりうる事が示唆されており、これについて実験の操作ログの分析をもとに考察する。

予備的調査において、一切消し跡が残らない消しゴム機能での実験時に、同じ場所で線を引いたり消したりを短時間に何度も繰り返し、修正がスムーズに進まない状態に陥っている場面が観察されたことから、修正の頻度が高いほど修正がスムーズに進んでいないと我々は考えた。そこで、操作ログから修正の頻度を計算した。

修正の頻度は、鉛筆で線を引いている状態と、消しゴムやundoで線を消している状態とが遷移する頻度であると定義した。図5のグラフにおいては、「P(鉛筆)」と「E(消しゴム)」の間にある青い線の粗密が、線を引いている状態と線を消している状態の、遷移頻度を簡単に示している。

遷移回数を、絵を描き終わるのにかかった時間で割

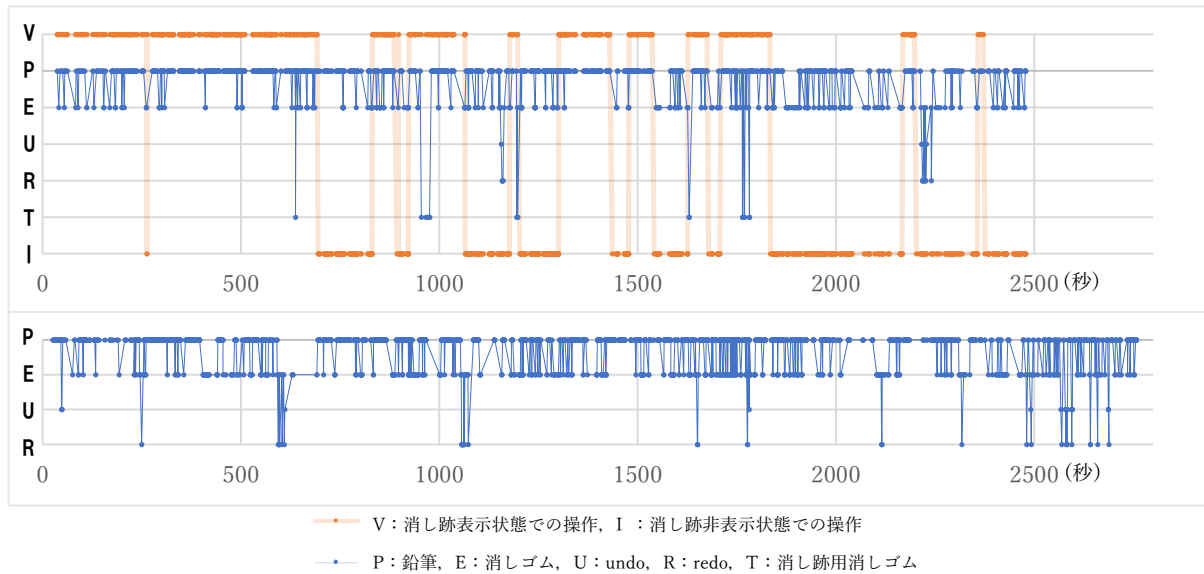


図5 協力者Bの操作ログ(上:消し跡有り 写真X, 下:消し跡無し 写真X')

表1 協力者Aの遷移頻度(回/1分)

	X (跡有)	X' (跡無)	Y (跡有)	Y' (跡無)
全体	2.71	3.90	3.99	4.58

表2 協力者Bの遷移頻度(回/1分)

	Y (跡有)	Y' (跡無)	X (跡有)	X' (跡無)
消し跡表示	3.32	---	4.61	---
消し跡非表示	4.68	---	5.85	---
全体	3.39	6.19	5.19	6.68

り, 1 分あたり何回の状態遷移が行われたかを算出した(表1, 表2). 協力者Bは消し跡表示・非表示切り替え機能を使用していたため, 各状態における遷移頻度を示しているが, 協力者Aは切り替え機能を使用せず, 最後まで消し跡表示状態のままであったため, 各状態における遷移頻度は省略している.

表1, 表2から, 消し跡有り(X, Y)と消し跡無し(X', Y')における遷移頻度を比較すると, 2人の協力者いずれにおいても, 消し跡有りの方が, 遷移頻度が低いことがわかる. また, 協力者Bについては, 消し跡有り(Y, X)において, 消し跡表示状態時の方が, 非表示状態時よりも遷移頻度が低いことがわかる.

これらの結果から, 消し跡には修正の頻度を減らす影響があることがうかがえる. 消し跡が具体的にどのように影響して修正頻度が減ったのかについては, 次節, 発話データなどに基づいて考察する.

表3 協力者Aのredo回数(回)

	X (跡有)	X' (跡無)	Y (跡有)	Y' (跡無)
全体	0	28	10	2

表4 協力者Bのredo回数(回)

	Y (跡有)	Y' (跡無)	X (跡有)	X' (跡無)
消し跡表示	1	---	0	---
消し跡非表示	0	---	16	---
全体	1	7	16	42

4.1.2 Redoに関する考察

図5から, 消し跡無し(図5下)ではredo(「R」)が何度も使用されているのに対して, 消し跡有り(図5上)ではあまり使用されていないことがわかる. また, 消し跡有り(図5上)においてredoが使用されたタイミングを見ると, 全て消し跡非表示状態の時であることがわかる.

表3, 表4に, 協力者A, Bのredo使用回数を示す. 協力者Aについては消し跡無しでredoが減ったケースがあるものの, それ以外のケースでは消し跡有り(X, Y)よりも消し跡無し(X', Y')の方がredoの回数が多い.

この結果から, 消し跡にはredoの回数を減らす影響があることがうかがえる. 消し跡が具体的にどのように影響してredoの回数が減ったのかについては, 次節, 発話データなどに基づいて考察する.

4.2 発話データなどに基づく考察

実験で得られた発話データや画面録画の観察, インタビューなどに基づく分析・考察を行う.

我々はまず、発話データなどから、消し跡の影響、あるいは消し跡が無いことによる影響を明確に説明できるケースを全て列挙した。次に、影響の類似性に基づいて、それらのケースを分類した。その結果、ユーザーが消し跡を役立てているケースは4種類に分類された。

本節では、その4種類について代表的なケースを示しながら説明する。

4.2.1 消し跡を基準として使う

模写の際、写真とは違うように線を描いてしまった時に、線を消した後、残った消し跡を基準として修正するという場面が多く見られた。図6のケースでは、指の線の角度を修正する際に消し跡を基準として参照しながら線を描いている。この場面では、下のような発話データが得られている。

- 「消し跡を見て、えーなんだろ、ちょっとミスしたところというか、まちがえたところと同じにならないように、線を修正しています」(RR法)

一方、消し跡無しの実験では、消し跡を基準として参照できないことによって、修正がスムーズに進まないという場面が多く見られた。図7のケースでは、手首の線を消して太く修正しようとするものの、太くする際の基準が残っていないために、ほとんど同じ場所に3回、線を描いている。この場面では、下のような発話データが得られている。

- 「もうちょい太く」(TA法)

この発話は3回目に線を引く直前にされており、少なくとも3回目の線を描く際には太く描きたいという意思があったことがわかる。

ただし、修正前の線を基準に修正するのに消し跡が必須というわけではなく、修正前の線を消さずに残したまま、上から修正を書き加え、その後消しゴムで修正前の線を消すことによって、同じように修正を行うことが可能であり、実験においてもそのような「足してから削る」修正が見られた。

しかし、「足してから削る」修正においても、消し跡が活用されたケースが見られる。図8のケースでは、「足してから削る」修正が行われているが、その際に過去の消し跡との「間を取る」という修正が行われている。

4.2.2 消し跡を使って後戻りする

行った修正が気に入らず、やっぱり修正前に戻したいという場面で、残った消し跡をなぞることで修正前に戻すという場面がいくつか見られた。図9のケースでは、爪を長めから短めに修正した時に、やはり長めの方がよかったと思い、長めに描いた時の消し跡を参照して再び長めに戻している。この場面について、インタビューで以下のような意見を得た。

- 「長めの方がそれっぽいなと思って、消し跡を見

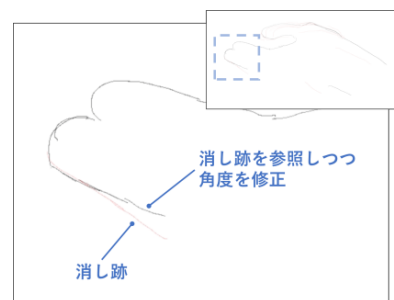


図6 協力者B 消し跡有り実験中(写真X)

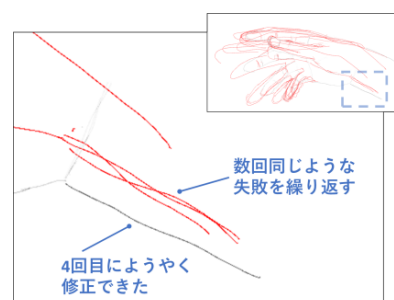


図7 協力者B 消し跡無し実験後(写真Y')
(消された線を分析のために着色している)

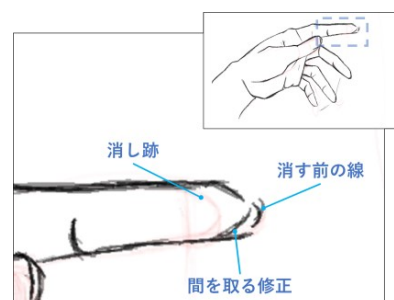


図8 協力者A 消し跡有り実験中(写真Y)

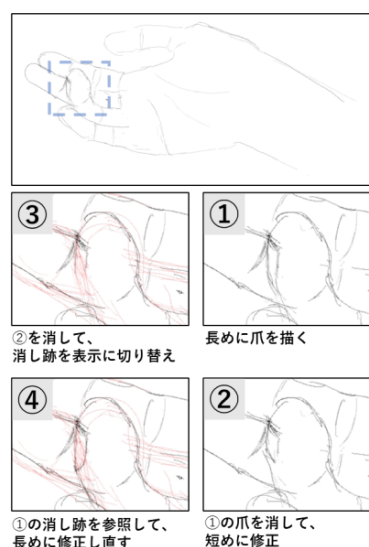


図9 協力者B 消し跡有り実験中(写真X)

て長めに戻した。消し跡はごちゃごちゃしていたが参照することはできた。」

このように、消し跡をなぞって後戻りできるということが、redoの使用回数を減らす要因になったと考えられる。

一方で、消し跡無しの実験では、後戻りしなくなったが、履歴が破棄されて redo できなかったという場面がいくつか見られた(undo 後に何らかの編集を加えると、undo された操作履歴は破棄され、redo できなくなる)。

4.2.3 消し跡を使って比較する

図10のケースのように、消し跡を使って修正前と修正後を比較して、行った修正が正しいことを確認するという場面がいくつか見られた。図10のケースについて、インタビューで以下のような意見が得られた。

- 「消し跡が残ることで、修正前と修正後の比較がしやすかった。比較をしながら見本を見ることで、どちらがよりしっくり来るかを考えることができた。」

4.2.4 消し跡から経緯を思い返す

消し跡を見ることで、修正後の状態に至るまでの経緯を思い返すという場面がいくつか見られた。図11のケースでは、指の線の修正を検討している場面で消し跡を見て、過去にどんな修正をなぜ行ったのか、現在の状態に至るまでの経緯を思い返し、修正を行うかどうかの参考にしていた。この場面では以下のような発話データが得られている。

- 「なるほどね。そういうことか。割と消し跡、あー消し跡使えばいいと。過去の線、うん、間違った線、いや反面教師的な使い方できる。反面教師だこれ、反面教師」(TA 法)

この場面では、結局修正はほぼ行われなかった。「反面教師」という発話データから、経緯を思い返すことによって、再び修正前と同じ状態に戻ってしまうような修正を防ぐことができたと推測される。

5 描画を支援する消し跡機能の基礎的検討

4章で得られた知見をもとに、紙の消し跡の再現にとどまらない、試行錯誤的描画を支援する消し跡機能のデザインについて検討を行う。

4章で得られた知見から、ユーザーは、消去された操作の履歴を保存・表示し、描画に利用するためのインターフェイスとして、消し跡を利用していることがわかる。つまり消し跡は、本来であれば破棄されたり、見えなくなったりしてしまう操作履歴を保持し、それをユーザーが利用しやすい形で表示している。Chen et al.[10]は画像編集ソフト上において、バージョンの分岐やマージ(分岐したバージョンの併合)などといった、バージョン管理を支援するシステムを実装した。消し跡は、1本1本の線という細かい粒度で履歴・バージョンを分岐させ、そ

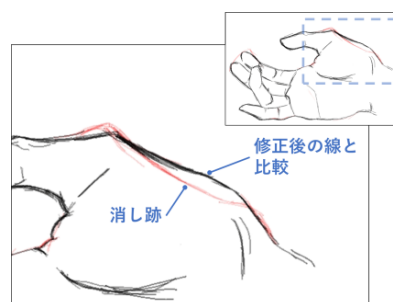


図10 協力者A 消し跡有り実験中(写真X)

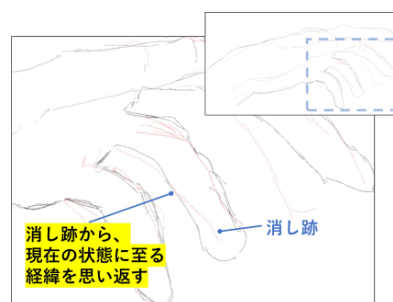


図11 協力者B 消し跡有り実験中(写真Y)

れらをマージしてキャンバス上に重ねて表示しているとも言える。

したがって消し跡は、操作履歴やバージョン管理に関する何らかの機能のためのインターフェイスとして有用であると我々は考えた。本稿ではその一例として、「4.2.2 消し跡を使って後戻りする」に基づいた、消し跡機能の検討を行う。

「4.2.2 消し跡を使って後戻りする」では、絵になんらかの修正を加えて試行錯誤する中で、修正前の状態に戻りたくなったという状況において、消し跡をなぞって元の状態に戻すという形で消し跡が活用されていることがわかった。また、消し跡無しの実験では、修正前の状態に戻そうとするも、履歴が破棄されて redo できなかったという場面がいくつか見られた。

この知見から我々は、消し跡が選択的 redo (selective redo) のためのインターフェイスとして有用であると考えた。図9で示したケースでは、ユーザーは消し跡をなぞることによって絵を修正前の状態(長めの爪)に後戻りさせると同時に、そこに少し改善を加えている。このようなケースについては、消し跡を「なぞる」ことによる後戻りが適当であると考えられる。しかし、完全な後戻りをしたい、つまり、消し跡と全く同じ線を復元したいとユーザーが思うケースもあるだろう。そのような場面においては、例えば「消し跡から通常の線に戻す選択的 redo ツール(逆消しゴム)」があれば、ユーザーは消し跡をなぞるよりも正確かつ容易に、過去の状態に後戻りすることができると考えられる。

本稿では、紙の消し跡の再現にとどまらない試行錯誤的な描画を支援する消し跡機能の一例として、選択的 redo を検討したが、今後、実験で得られた知見をもとに、他の機能、他の方向性についても検討を進めるつもりである。

6 おわりに

本研究は、描画における消し跡の影響に注目し、それを明らかにすること、また、そこから得られた知見に基づいて、単なる消し跡の再現にとどまらない、試行錯誤的な描画にもっと役立つ消し跡機能をデザイン・実装することを目指している。本稿では、消し跡の描画への影響を明らかにするために行った実験の結果と、それに基づいた消し跡機能のデザインに関する基礎的検討について報告した。実験で得られた、描画プロセスにおける消し跡の影響についての知見は、創造的描画の支援に貢献しようと期待される。

しかし、本研究はまだ初期段階にあり、様々な課題が残っている。まず、本稿にて報告した実験では模写を課題としている。マンガ制作のような創造的描画においては、模写とは異なる消し跡の影響もあると考えられる。また、消し跡の無意識的な影響についても未だ明らかにできていない。そして、創造的描画を支援する消し跡機能についてもまだ十分に検討しきれていない。

今後は、実験を重ねながら実験手法・分析手法を確立し、創造的描画における消し跡の影響を明らかにしていく。また、その知見に基づき、試行錯誤的な描画を支援する消し跡機能のデザイン・実装を進める。

謝辞

本研究での長時間にわたる実験に協力いただいた実験協力者の皆様に感謝申し上げます。本研究は JSPS 科研費 JP18H03483 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 写真, 画像, デザインエディター | Adobe Photoshop: <https://www.adobe.com/jp/products/photoshop.html>, (参照 2021-2-26).
- [2] 業界最先端のベクターグラフィックソフトウェア | Adobe Illustrator: <https://www.adobe.com/jp/products/illustrator.html>, (参照 2021-2-26).
- [3] 株式会社セルシス : CLIP STUDIO PAINT, <https://www.clipstudio.net/>, (参照 2021-2-26).
- [4] マンナビ マンガ賞/持ち込みポータルサイト | プロ漫画家の 7 割がフルデジタル! ? - 漫画家デジタル制作実態調査アンケート (漫画家編) - : <https://mannavi.net/2178/>, (参照 2021-2-26).
- [5] Schön, D. A.: The reflective practitioner. New York, (1983).
- [6] マンナビ マンガ賞/持ち込みポータルサイト | デジタル制作と作品の良し悪しは「関係ない」が 9 割! - 漫画デジタル制作実態調査アンケート (編集者編) - : <https://mannavi.net/2306/>, (参照 2021-2-26).
- [7] Dixon, D., Prasad, M., & Hammond, T.: icandraw: Using sketch recognition and corrective feedback to assist a user in drawing human faces, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 897-906 (2010).
- [8] Niino, S., Hagiwara, N., Nakamura, S., Suzuki, M., & Komatsu, T.: Analysis of average hand-drawing and its application, *International Conference on Intelligent Technologies for Interactive Entertainment*, pp. 34-48. Springer, Cham, (2017).
- [9] Schmidt, R., Isenberg, T., Jepp, P., Singh, K., & Wyvill, B.: Sketching, scaffolding, and inking: a visual history for interactive 3D modeling. *Proceedings of the 5th international symposium on Non-photorealistic animation and rendering*, pp. 23-32 (2007).
- [10] Su, S. L., Paris, S., Aliaga, F., Scull, C., Johnson, S., & Durand, F.: Interactive visual histories for vector graphics, *MIT*. Retrieved July, 11, (2009).
- [11] Nakamura, T., & Igarashi, T.: An application-independent system for visualizing user operation history, *Proceedings of the 21st annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 23-32 (2008).
- [12] Chen, H. T., Wei, L. Y., & Chang, C. F.: Nonlinear revision control for images, *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 30(4), 1-10 (2011).
- [13] Lee, Y. J., Zitnick, C. L., & Cohen, M. F.: Shadowdraw: real-time user guidance for freehand drawing, *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 30(4), 1-10 (2011).
- [14] Matsui, Y., Shiratori, T., & Aizawa, K.: DrawFromDrawings: 2D drawing assistance via stroke interpolation with a sketch database, *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 23(7), 1852-1862 (2016).
- [15] 山田大誠, 高島健太郎, 西本一志: デジタル描画における消し跡の影響に関する基礎的考察 ~ 試行錯誤的な描画の支援を目指して ~, インタラクション 2021 論文集, (2021-3-2 掲載予定)