

個人のイラスト制作における観察に対する支援手法の検討

菅野一平^{†1} 高橋拓^{†1} 中村聡史^{†1}

概要 : デジタル環境の普及により, イラストの練習法や上手に描く方法が多く共有されたことで, イラスト制作に独学で挑戦する人が増えた. しかし, 状況ごとに用いるべき手法が異なり, どの手法が最適か確立されておらず, 一人で学ぶことは容易ではない. 特に, イラストを描く上で見本をよく観察することは特徴を捉えるために重要であるが, ユーザ自身だけでは十分に行えていないことがある. そこで本研究では, 観察対象の言語化をさせて新たな気づきを促す手法を検討し, ユーザが気付いていない特徴や見た目を言語化させることで, 観察を一人で十分に行えるようなシステムの開発を目指す. 本稿では特に, 観察によって気付いていることと言語化の影響を調査するための実験を行った. その結果, 言語化を促す提案手法によって, 多くのユーザの観察が促進され, よりよい模写が可能となることを明らかにした.

キーワード : デジタルイラスト, メタ認知, 観察, 言語化

1. はじめに

スマートフォンや液晶タブレットを用いたデジタルイラストの制作環境の普及により, イラストに独学で挑戦する人が増えている. イラスト投稿型 SNS である pixiv は, 2019 年 4 月時点でユーザ登録者数が 4000 万人を超え, 1 日当たり約 21000 件のイラストが投稿されているなど, 盛り上がりを見せている[1]. また, Twitter[2]においては, 著名なイラストレータの作品に限らず, 一般人によって制作されたイラストが多くユーザに評価され, 拡散される様子が多く見られる. そのほかにも, SNS 上などで, イラストの描き方やペイントツールの使い方などに関する情報が多く共有され, 専門学校や美術教室に通わずとも, 独学で手軽にイラスト制作ができる環境が普及した. しかし, 学習環境が充実したとはいえ, 初心者が独学で自身の思い通りにイラストを描くことは難しい. 初心者が独学で, 現実の物体や作画資料に即した, 自身にとって違和感のないイラストを描くためには, 様々な練習方法を試し, 多くの時間をかけて練習をしなければならない.

イラスト制作の練習方法は多種多様であるが, その中でも初心者に効果的なものとして, デッサンや模写, スケッチといった描画対象をそのまま書き写す手法があげられる. しかし, このような描画対象を書き写すという練習においても, 初心者はなかなか思い通りに描けず, 絵を描画対象に似せることができない.

初心者が思い通りのデッサンや模写ができない原因として, 描画対象を十分に観察できていないことや, 描画対象の色や形状, バランスやロケーションをイメージできていないことなどがあげられる. このような, 十分な観察や, 描画対象のイメージができない初心者は 2 つの問題を抱えていると考えられる. 1 つ目は, 自身のイラストの違和感に気づけないことである. 違和感に気づくことができないければ, 自身の描いたイラストを修正し, より描画対象に似

せることができない. 2 つ目は, 違和感に気づいたとしても, その違和感の原因である, 自身の描いたイラストと描画対象の相違点に気づけないことである. 自身の絵の中の詳細な問題点に気づき, どのように修正すればよいか分からなければ, 実際にイラストを修正することはできない.

このような問題を解決するためには, 初心者に対して, 描画対象と自身の絵を十分に観察, 比較させることで, 修正点への気づきを促すことが考えられる. 一方で, 初心者に観察を指示したとしても, 観察して頭の中で考えているだけでは十分な観察に至らないことも多い.

ここで, 我々は観察で得られた気づきの言語化に着目した. ただ観察させるのではなく, 観察したことを言葉にして表出させることにより, その観察が明確化され, 模写を行う際に有効に働くと考えられる. そこで我々は, 模写対象の色や形状などの, 模写する際に注意すべき箇所をシステムが推定したうえで, その箇所に関する質問を提示し, 言語として応答させることで, よりよい観察を可能とする手法の実現を目指す.

本稿ではその研究の第一歩目として, まず単純に観察するのではなく, 観察結果を書き出させることがどのように模写に影響を及ぼすのかを検証することで, その表出の有用性について検討を行う. また, その観察における表出の内容と, 模写の結果から, 観察においてどのような質問をするべきなのかを明らかにする.

2. 関連研究

デッサンの制作プロセスを可視化する研究として, 安井[3]はデッサンから得られる学びや効果を分析するために, プロトコル分析を用い, フローチャートでのモデル化を行っている. このモデルによると, 描画対象と自身の描いたデッサン画の比較を行う際, 問題を発見, また状況を判断するステップで分岐が存在することがわかっている. この分岐において, なるべく描画対象とイラストの間に問題を

^{†1} 明治大学
Meiji University

発見し、その問題を解決する方法を思いつことが、思い通りにイラストを描画するために必要であると考えられる。

作画後にミスを感じさせる研究として、高橋ら[4]はイラストを作画した後に、意図に沿わない形で部分的にイラストを遮蔽することによって、問題への気づきを促す手法を実現している。本研究では作画後に限らず、異なるアプローチで気づきを促し、描画対象をより想像して描けるような支援を目指す。

コンピュータが模写やスケッチ、デッサンの制作を支援する研究は多数あり、描画中にガイドやアドバイスを提示するものは多い。デッサンの支援として、曾我ら[5]は、デッサン画の描画中に描画領域に依存した情報やアドバイスを提示することで、初心者のデッサン学習の支援を行っている。實井ら[6]は、デッサン時の初心者と熟練者の注視点の移動および注視回数をアイカメラにより測定し、モチーフの計測方法の違いを分析した。その分析を踏まえ、熟練者特有の比例法の使い方を、初心者に伝達する学習支援システムを構築している。Willifordら[7]は、写真を影の濃さで分割し、それぞれのステップでペンの持ち方や傾き、筆圧のガイドを提示することで、未経験者のトレスによる描画を支援している。Hennesseyら[8]はスケッチの支援として、3D オブジェクトのチュートリアルを自動生成するシステムを提案している。Dixon[9]らは人の顔写真の認識を行い、輪郭線をガイドとして提示することで、スケッチの支援を行っている。Leeらはユーザがイラストを描画している際のストローク群から、ユーザが何を描こうとしているのかを推定し、影のような形でガイドを提示するShadowDraw[10]を提案しており、イラスト描画に有効であることを明らかにしている。また Matsuiらは、イラスト描画中のものを推定し、候補として提示するとともに、その部分をイラスト描画中のものに融合率を変えつつ転写可能とする DrawFromDrawings[11]を提案しており、その有用性を明らかにしている。しかし、こうした手法はそのガイドや候補によってイラスト描画が誘導されてしまうという問題もある。

このように、イラスト練習に対して効果的な支援を行うための研究が盛んである。本研究ではこうした研究を参考にしながら、ユーザがより観察から得た気づきに対して焦点を当てられるような支援を行う。

3. 特徴言語化手法

模写において、より描画対象に自身の絵を近づけるためには、観察によって違和感に気づき、問題点を発見することが必要である。また関連研究で触れたとおり、画面上でのサポートを行う多くの研究があるが、我々は、画面上で随時サポートするのではなく、一旦ユーザの頭の中で描画対象を解釈させ、観察を促し、想像や考察をさせる支援手

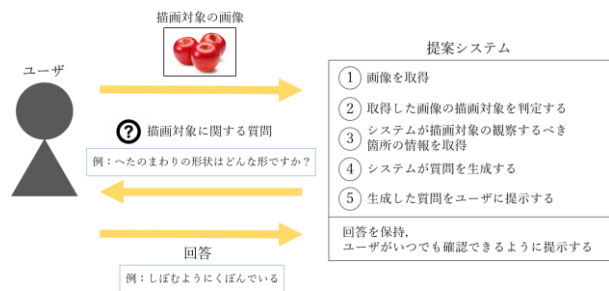


図1 システムの挙動

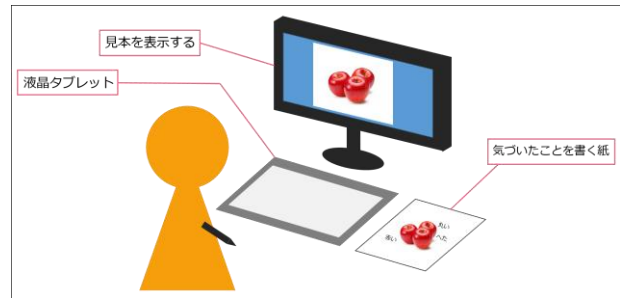


図2 実験1の言語化あり条件の様子

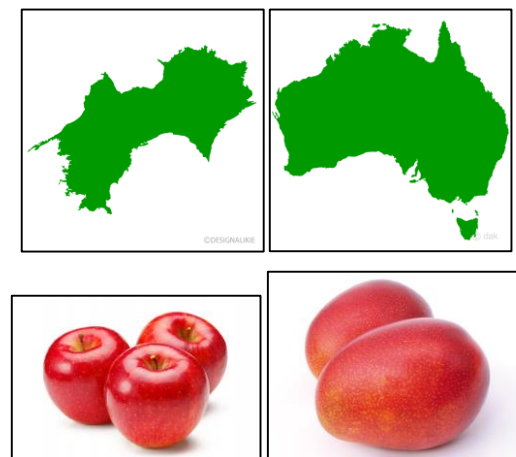


図3 実験1の描画対象[12]

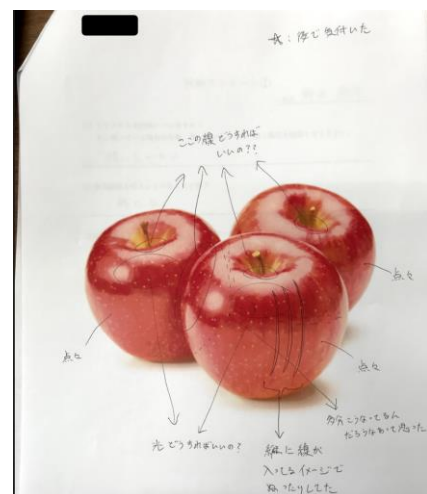


図4 言語化あり条件の用紙

法を目指す。ここで、ユーザに観察するよう指示をしたとしても、自身の頭の中で考え、観察した気になっているだけではなかなか十分な観察につながらないため、観察を促す手法が必要であると考えられる。

問題点を発見させる手法として、我々は言語化に着目した。前野[12]は、アートの好みという可視化できないものを視覚化、言語化させることで、学習者がそのタスクについて新たな発見や考察を促す手法を実現している。これをイラスト制作時の観察行為に応用することで、観察時の気づきを増やし、気づいたことに意識を向けさせることで、ユーザが描画対象について、より想像、考察をするようになる考えた。例えば、システムにより模写対象の注意すべき箇所に関する質問を行い、その質問への回答を要求することで、観察が促され、その部分の特徴や、違和感に気づくことができると考えられる。また、回答するとき言葉させることで、その箇所について考察し、解釈できると期待される。

図1にシステムとユーザとの対話に関するイメージ図を示す。ここではまず、システムがユーザに描画対象の画像を入力するように要求する。次に、ユーザが描画対象の画像を入力すると、システムが入力された画像内の描画対象を判定、その描画対象の観察すべき場所や観点の情報を取得する。その情報に基づき、システムが質問を決定し、ユーザに対して質問を投げかけ、言葉で回答するように要求する。そして、ユーザが描画対象の画像を観察してシステムに言葉で入力し、システムは入力された回答を保持し、いつでも確認できるようにする。

本稿では、このシステムの実現を目指し、まずは観察の気づきを表出することが模写においてどのような効果があるかを明らかにするため、イラスト未経験者を対象にした実験によって、本手法の有効性を明らかにする。また、最終的には本手法を搭載したシステムの実現を目指している。

ここでは特に、見本への書き込みによる観察模写実験と、箇条書きによる観察模写実験を実施し、その観察可能性について検討を行う。

4. 見本への書き込みによる観察模写実験

4.1 実験の目的と概要

イラスト初心者観察時の気づきや注意を調査し、気づいたことを言語化させることによって違和感に気づくようになるか、得られる気づきの箇所や具体性が変化するかを検証する実験を実施する。ここでは特に、描画対象に対して直接的に指示するような形で観察させ、模写に取り組んでもらう。具体的には、紙に描画対象の画像を印刷し、デジタルイラスト未経験者を対象として、その画像を模写してもらうものである。なお、実験では観察結果をイラストに書き込むという条件（言語化あり条件）と、書き込みを

行わない条件（言語化なし条件）と用意し、模写をしてもらう。実験協力者には、この条件を模写対象に応じて切り替え、1日に1つの対象ずつ、2日間にわたって実験に取り組んでもらった。またその後、実験協力者には観察や自身の描画に関するアンケート調査に回答してもらった。

4.2 実験手順

実験タスクは画像の資料を見ながら模写をしてもらうものである。(図2)まず、使用するペイントソフトに関する説明を行い、5分間練習を行ってもらった。使用可能としたツールはGペン、不透明水彩ブラシ、消しゴム、スポイト、レイヤ操作と、Undo、Redo操作である。その他のツールは、表現を大きく変えない範囲で必要に応じて実験監督者が許可した。ツールを制限した理由は、ツールによる差をなくし、分析を行いやすくするためである。

次に、描画対象の画像(図3)を2分間観察してもらった。この際、言語化あり条件の実験協力者には描画対象の画像を印刷した紙(図4、以下、観察用紙とする)を渡し、そこに観察時、描画時に観察することで得た気づきを書きながら実験タスクを遂行してもらうと指示を行った。ここで、観察対象は地図と果物の画像とした。地図を選定した理由は、全体を見たときの形と、部分を見たときの細かい地形が、深い観察をしないと見落とすと考えたためである。また果物を選定した理由は、滑らかな円形の輪郭で、一見単純な輪郭だと思いがちであることや、全体のベースの色が鮮やかでほとんど1色であるように見えるなど、簡単そうに見え、観察に意識が向きづらい対象であると考えたためである。この地図と果物を、それぞれ別の日に1つずつ描いてもらった。地図は輪郭のみ、果物は輪郭と色塗りを含めた模写をするように指示した。また、描き終わった直後にアンケートを行った。この際、言語化なし条件の実験協力者に観察用紙を渡し、観察時、描画時の気づきを書いてもらった。なお、観察用紙への記入をしてもらうか、してもらわないかについては、順序効果を考慮して実験協力者によってランダムになるようにした。

実験は、情報系の大学に通う21、22歳の大学生4名を対象にして行った。デバイスは液晶ペンタブレットのWacom MobileStudio Pro 16[14]を用い、制作ツールはClipStudio Paint Pro[15]を使用した。

またアンケートでは、以下の項目について調査した。

- (Q1) 観察時に気を付けたこと
- (Q2) 特に気を付けて描いたこと
- (Q3) どこを表現しようとしたか
- (Q4) 難しかったこと
- (Q5) 自由欄、コメント

ここでQ1は、ユーザ自身が注視したと思っている場所、Q2は描画時に意識したこと、Q3は描画時に特に表現しようとした特徴、Q4は描画技術、時間などが足りず、表現しきれなかった部分を調査するために質問した。

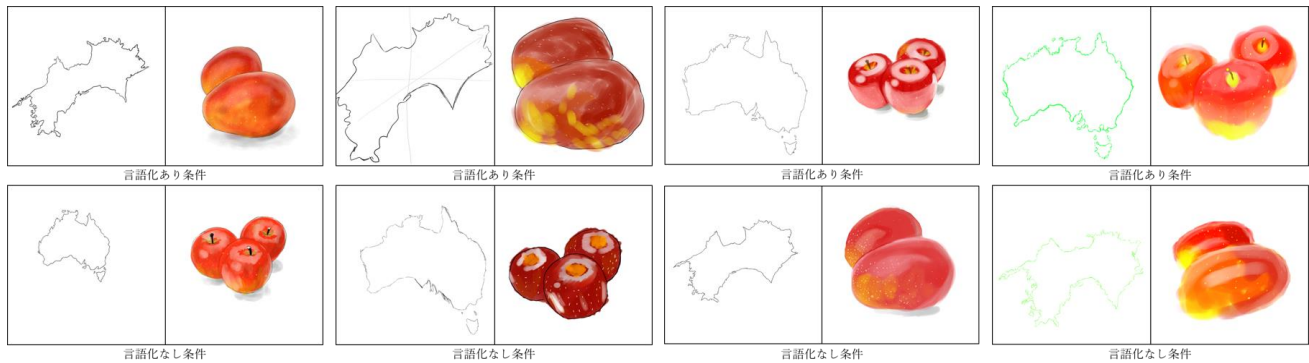


図5 実験1 協力者の模写 (左から協力者 A~D)

その後、観察忘れや、模写したものの客観視のために、数日空けて実験後アンケートを行った。アンケートは以下の項目で調査した。

- (Q1) 絵の出来栄えにどれくらい満足しているか
- (Q2) 模写としてどれくらいうまく描けたか
- (Q3) 対象と自分の絵を比較して、どれくらい似ているか
- (Q4) 似ている部分はどこか
- (Q5) 違和感があるか
- (Q6) どこに違和感があるか
- (Q7) 直すとしたらどこをどのように直すか

Q1~Q3 は1~7までの7段階のリッカート尺度、Q5は2択、それ以外は自由記述式で回答してもらった。

4.3 実験結果

実験で描いてもらったイラストを図5に示す。まず、主観的に自身の模写について評価について述べる。

ユーザが自身の絵にどれくらい満足しているかについて、事後アンケートのQ1の結果を表1に示す。地図の模写における評価の平均値が、言語化なし条件で5.00、言語化あり条件で5.50であった。果物の模写における評価の平均値が、言語化なし条件で3.75、言語化あり条件で5.00であった。これらの結果にはそれぞれ有意差はなかった($p < 0.05$)。

模写としてイラストがどれくらい満足したかについて、事後アンケートQ2の結果を表2に示す。地図の模写における評価の平均値が、言語化なし条件で4.75、言語化あり条件で5.00であった。果物の模写における評価の平均値が、言語化なし条件で3.50、言語化あり条件で4.50であった。これらの結果にはそれぞれ有意差はなかった($p < 0.05$)。

画像と自身の模写がどれくらい似ているかについて、事後アンケートQ3の結果を表3に示す。地図の模写における評価の平均値が、言語化なし条件で4.75、言語化あり条件で5.55であった。果物の模写における評価の平均値が、言語化なし条件で3.75、言語化あり条件で4.75であった。これらの結果にはそれぞれ有意差はなかった($p < 0.05$)。

次に、ユーザの模写とアンケートの結果から、ユーザ自

身の気づきが絵として表現できているか筆者が判定した結果について述べる。観察用紙に記述されていた特徴に対して、「1点:全体的に記述したことを表現できている。また、記述したことで再び観察し、記述した箇所について概ね正確に写すことができている」「0.5点:部分的に記述したことを表現できている」「0点:表現できていない」と点数を

表1 自身の絵にどれくらい満足しているか

	地図		果物	
	言語化なし	言語化あり	言語化なし	言語化あり
A	5	7	5	6
B	6	3	2	7
C	5	7	6	5
D	4	5	2	2
平均	5.00	5.50	3.75	5.00

表2 自身の模写はどれくらいうまく描けたか

	地図		果物	
	言語化なし	言語化あり	言語化なし	言語化あり
A	6	6	5	6
B	3	3	1	6
C	5	6	6	4
D	5	5	2	2
平均	4.75	5.00	3.50	4.50

表3 描画対象と自分の絵がどれくらい似ているか

	地図		果物	
	言語化なし	言語化あり	言語化なし	言語化あり
A	5	6	5	6
B	6	5	2	6
C	5	6	5	4
D	3	5	3	3
平均	4.75	5.5	3.75	4.75

表 4 見本記述による模写実験の客観評価

地図		合計点	記入した箇所
言語化なし	A	3.5	9
言語化なし	B	2	8
言語化なし	C	4.5	7
言語化なし	D	3.5	9

地図		観察中	描画中	合計点	記入した箇所
言語化あり	A	5	2	7	11
言語化あり	B	1.5	2.5	4	9
言語化あり	C	3.5	5.5	9	12
言語化あり	D	3	0	3	8

果物		合計点	記入した箇所
言語化なし	A	4	6
言語化なし	B	1	4
言語化なし	C	4.5	8
言語化なし	D	1.5	3

果物		観察中	描画中	合計点	記入した箇所
言語化あり	A	4	2	6	8
言語化あり	B	2.5	1.5	4	8
言語化あり	C	3.5	4.5	8	12
言語化あり	D	2	0.5	2.5	6

つけることで分析を行った。例えば、「光が左上から当たっている」と記述していた場合、左側に光の描画がされていれば 0.5 点、光と影の描画がされており、なおかつ光が当たっている場所、影の落ちる場所、濃さが概ね正確であれば 1 点、光の描画がなされていない、場所が明らかに違うなど、観察を十分に行えていないと考えられる場合を 0 点とした。そのほかで、「左右非対称」など、言語化が十分に行えておらず、曖昧なものや、「髪が難しい」など、感想の記述を除外した。

客観評価の点数を表 4 に示す。この表から、地図の模写において実験協力者 A, B, C が言語化あり条件で合計点数が高かった。果物の模写においては全ての実験協力者が言語化あり条件で合計点数が高かった。

4.4 考察

表 1~3 の結果から、言語化により、ユーザの観察が促され、ユーザが描画対象への想像や考察を多く行い、表現として活かすことができたことで、イラスト制作がより成功に近づいたと主観的に満足感を若干得られているということがわかる。しかし、有意差は出しておらず、言語化が有効であったとは言い切れない。そこで、見るべき特徴が今回の描画対象である地図や果物において少なく、より複雑なもので検証を行う必要があると考えられる。

次に、表 4 の客観評価では、言語化あり条件において、気づきを記入した箇所が増え、なおかつ評価点が高くなっていた。このことより、気づきを記述させることによってそれをユーザが意識することや、その気づきに対して想像や考察を行い、表現に活かすことができたと考えられる。また、地図の模写に対しての主観評価値よりも、果物の模写に対しての主観評価値が言語化により大きく上昇していることから、特徴が描画する上で簡単な描画対象に見え、

観察に意識が向きづらいものに対して、言語化を用いることでユーザに深く観察を行わせることができると考えられる。今回は、見本に直接記述させることで、特徴を描きださせやすくしたが、この手法ではユーザが位置関係の情報を記述する必要がなく、位置に関する観察や、想像を効果的に促すことができないと考えられる。また、図示をし易いため、言語化の効果が正確に検証できないと考えた。そこで以降の実験では、見本に直接記述させるのではなく、簡条書きで書かせることで検証を行う。

5. 簡条書きによる観察模写実験

5.1 実験の目的と概要

見本への書き込みによる観察模写実験では、その模写対象があまり複雑ではなかったため、十分な差がでなかった。そこで本実験では、複雑かつ立体的なものを観察対象として図 6 に示す女性の顔を対象とした。これは、人間の顔という立体がいくつも組み合わせられているもので、髪の毛の流れなど、表現すべきと考えられる場所が多いものということで選定した。

言語化あり条件の実験協力者に渡す用紙は観察時、描画時にそれぞれ簡条書きで書いてもらうものとした。言語化



図 6 実験 2 の描画対象

なし条件の実験協力者に渡す観察用紙も簡条書きのものと同じものであるが、書いてもらわないものとした。なお、2分間では時間が短く、十分に描画対象の特徴を捉えられないと考えたため、対象を観察する時間を2分から5分に増やした。そして、55分の制限時間を設け、30分、45分、50分で実験参加者に声をかけた。これら以外の手順や用いるツールは先述の実験と同様である。

5.2 実験結果

表4に、主観的な評価からユーザが自身の絵にどれくらい満足しているかの結果を示す。評価の平均値が、言語化なし条件で1.82、言語化あり条件で2.73であり、有意差があった($p<0.05$)。また、表5に、事後アンケートのQ2にある、模写としてイラストがどれくらい満足したかの結果を示す。評価の平均値が、言語化なし条件で1.91、言語化あり条件で2.64であり、この両者間には有意差はなかった($p<0.05$)。

一方、画像と自身の模写がどれくらい似ているかについて、事後アンケートQ3の結果を表6に示す。評価の平均値が、言語化なし条件で2.00、言語化あり条件で2.91であり、両者間に有意差はなかった($p<0.05$)。

以上の結果より、ユーザは簡条書きであっても、自身の気づきを表出するとともに、その気づきが絵として表現できていることがわかった。

6. 考察

2つの実験の結果より、ユーザが観察や描画の最中に言語化し、想像や考察を促すことで主観的に見て満足のいく絵に仕上げることができたと考えられる。また、表8の客観評価では、11人中10人の合計点が言語化なしに比べて高かったことから、複雑な描画対象に対しても、観察中に言語化をさせることで深く観察させることができたと考えられる。ここで、表から観察時の気づきが多く活かされていることがわかるが、描画中の気づきはあまり表現に活かされていない。これはイラスト描画というタスクが大変な作業であり、なかなか描画中に気づいたことを言語化し、絵に反映することが難しかったことが考えられる。しかし、描画中は自身のイラストと描画対象を見比べる必要があり、自身のイメージのずれを修正する必要があるため、描画中心になされた記述に関しても表現の中に活かされることが望ましい。

一方、表6、7の、描画対象にどれくらい似せることができたかについて、有意差は認められず、十分な差とは言えないことから、未経験者自身の気づきを言語化させるだけでは観察や想像、考察を十分に行うことができず、表現に活かされていなかったのではと考えられる。今後はさらなる実験を実施するとともに、その実験における自然な場面

表5 自分の絵にどれくらい満足しているか

	言語化なし	言語化あり
A	2	2
B	2	3
C	2	2
D	2	3
E	1	1
F	1	1
G	3	2
H	1	3
I	2	3
J	3	4
K	1	6
平均	1.82	2.73

表6 自身の模写はどれくらいうまく描けたか

	言語化なし	言語化あり
A	2	3
B	3	4
C	2	2
D	2	3
E	2	1
F	1	1
G	2	2
H	2	1
I	1	4
J	3	3
K	1	5
平均	1.91	2.64

表7 描画対象と自分の絵がどれくらい似ているか

	言語化なし	言語化あり
A	3	3
B	2	3
C	2	2
D	2	3
E	2	1
F	1	1
G	2	1
H	2	5
I	1	5
J	3	3
K	2	5
平均	2.00	2.91

表 8 簡条書きによる模写実験の客観評価

		合計	記入した箇所			観察中	描画中	合計	記入した箇所
言語化なし	A	2	3	言語化あり	A	3	1.5	4.5	11
言語化なし	B	3	7	言語化あり	B	3.5	5	8.5	16
言語化なし	C	2	3	言語化あり	C	8	2	10	16
言語化なし	D	0	1	言語化あり	D	2.5	0	2.5	8
言語化なし	E	5	8	言語化あり	E	4	1	5	10
言語化なし	F	1	1	言語化あり	F	2.5	0	2.5	5
言語化なし	G	6.5	11	言語化あり	G	9	2	11	19
言語化なし	H	3	4	言語化あり	H	6	0	6	14
言語化なし	I	0	0	言語化あり	I	1	0	1	3
言語化なし	J	1	2	言語化あり	J	3.5	0.5	4	9
言語化なし	K	0	0	言語化あり	K	7	2	9	16

を作り出すことによって、この問題の解決を図る予定である。

一方、図 7 は簡条書き手法における模写の結果である。この結果より、言語化をすることで、色使いが増えており、全体や各パーツのバランスが整っていることがわかる。

7. まとめ

本稿では初心者抱える模写の問題に着目し、観察時にする手法を提案し、そのうちの言語化させることについて有効性の検証を行った。結果として、言語化を用いることで観察や想像、考察が促されることが明らかになった。

今後はユーザに観察すべき場所の質問をすることで、観察を十分にできるようになるかの検証を行い、未経験者に対する質問手法の有効性を明らかにする。また観察に着目した検証を行い、未経験者の特性や、描画対象ごとにどこをどのように観察すべきなのか明らかにしたうえで、未経験者の観察を十分に支援できる質問システムの実現を目指す。

謝辞 本研究の一部は、JST ACCEL (Grant 番号 JPMJAC1602) の支援を受けたものである。

参考文献

[1] “pixiv-広告掲載”. <https://www.pixiv.net/ads>, (参照 2019-12-19).
 [2] Twitter. <https://twitter.com/>, (参照 2019-12-19).
 [3] 安井重哉. デッサンから得られる学びに関する研究, 日本デザイン学会研究発表大会概要集 60(0), 16, 2013.
 [4] 高橋拓, 中村聡史. イラスト客観視のための部分遮蔽手法の検討, 情報処理学会 研究報告デジタルコンテンツクリエイション, 2019.
 [5] 曾我真人, 松田憲幸, 瀧寛和. デッサン描画中に描画領域に依存したアドバイスを提示するデッサン学習支援環境, 人工

知能学会論文誌 Vol.23(3), pp.96-104, 2008.
 [6] 寶井陽平, 渡邊紀文, 久保村千明, 亀田弘之. 熟練者の視線にもとづいたデッサン時の比例法学習支援システムの構築, 人工知能学会研究資料 SIG-KST-026-05, 2015.
 [7] Blake Williford, Abhay Doke, Michel Pahud, Ken Hinckley, Tracy Hammond. C&C'19 Proceedings of the 2019 on Creativity and Cognition, pp.198-209, 2019.
 [8] James W. Hennessey, Han Liu, Holger Winnemoller, Mira Dontcheva, Niloy J.Mitra. How2Sketch: generating easy-to-follow tutorials for sketching 3D objects, I3D '17 Proceedings of the 21st ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games Article No. 8, 2017.
 [9] Daniel Dexion, Manoj Prasad, Tracy Hammond. iCanDraw: using sketch recognition and corrective feedback to assist a user in drawing human faces, CHI '10 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.897-906, 2010.
 [10] Yong Jae Lee, C.Lawrence Zitnick, Michal F.Cohen. ShadowDraw: Real-Time User Guidance for Freehand Drawing, ACM Transactions on Graphics, pp. 879-887, 2011.
 [11] Matsui, Y., Shiratori, T., Aizawa, K.: DrawFromDrawings: 2D drawing assistance via stroke interpolation with a sketch database. IEEE Trans. Vis. Comput. Graph. (TVCG), 2016.
 [12] マンゴー | 果物 | JAおきなわの特産品 | JAおきなわ. <http://www.ja-okinawa.or.jp/agriculture/detail.php?id=21>, (参照 2019-12-19)
 [13] 前野義晴, 大澤幸生. アートの好みを視覚化・言語化して磨く自分への理解, 情報処理学会論文誌 Vol.49(4), pp.1614-1624, 2008.
 [14] Wacom MobileStudio Pro. <https://www.wacom.com/ja-jp/products/pen-computers/wacom-mobilestudio-pro-16>, (参照 2019-12-19).
 [15] “イラスト マンガ制作ソフト・アプリ CLIP STUDIO PAINT (クリップスタジオペイント)”. <https://www.clipstudio.net/>, (参照 2019-12-19).

