

研究論文

# マイクロタスク型線画イラスト生成手法による イラストの特徴

佐々木 孝輔<sup>1,a)</sup> 平田 章<sup>1,b)</sup> 井上 智雄<sup>2,c)</sup>

受付日 2015年7月15日, 採録日 2015年11月30日

**概要:** イラストは、読者を引きつけると同時に文書などの可読性を高めることができるが、だれでも作成できるものではないため、需要が大きいコンテンツの1つである。これまでに、クライアントの要望に則した線画イラストを、描画能力を問わない複数人で作成することを目的とし、線画イラスト作成をマイクロタスク化し、クラウドソーシングにより実行する線画イラスト作成手法が提案されている。この提案手法の詳細な性質を調査するため、提案手法による線画イラストと1人が作成する線画イラストを比較した。また線画イラストの元となる原図の提示位置を変えることで、作成される線画イラストの違いを検討した。実験の結果から、提案手法によって1人による場合と遜色のない線画イラストを生成できる点で、本手法の有効性が確認でき、また新たな原図提示方法により、生成される線画イラストに多様性が生まれることが確認された。

**キーワード:** クラウドソーシング, マイクロタスク, イラスト作成

## Investigation of the Illustration Generated by Crowdsourced Microtasks

KOSUKE SASAKI<sup>1,a)</sup> AKIRA HIRATA<sup>1,b)</sup> TOMOO INOUE<sup>2,c)</sup>

Received: July 15, 2015, Accepted: November 30, 2015

**Abstract:** Illustration is a key factor to attract readers of a document, and is often requested. However not everybody can make it in good quality. To meet the high demand, a method of generating a drawing by crowdsourced microtasks has been proposed. In this paper, an experiment which compares the proposed method with the traditional method that one worker generates a drawing was carried out to investigate the features of this method. The result suggested that the drawings generated by the proposed method were as good as the ones generated by the traditional method. It was also observed that more variety of drawings came from adjacent placement of the original photo than overlaid placement.

**Keywords:** crowdsourcing, microtask, drawing generation

### 1. はじめに

雑誌、書籍、広報誌など、様々なメディアにおいて読者を惹きつけるものの1つにイラストがある。これまでイラ

ストを必要とするクライアントは、一般的にイラストレーターと呼ばれる専門性の高い職に就く者に構図や配色などのイラストに対する要求を伝え、イラストの作成を依頼した。そして比較的高価格なイラストが扱われてきた。

また文書に、適切に図や線などを用いることで可読性が高まることが一般に知られており [1], イラストの需要は大きい [2]。しかしそれらのすべてがイラストレータの作成する高価格なものを必要とするわけではない。たとえば個人商店や零細企業のチラシ、地域コミュニティやNPOの広報紙などにおいては、Webサイトから無料で入手できるイラストを使用することもある [3], [4]。昨今このような無

<sup>1</sup> 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科  
Graduate School of Library, Information and Media Studies,  
University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8550, Japan

<sup>2</sup> 筑波大学図書館情報メディア系  
Faculty of Library, Information and Media Science, Univer-  
sity of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8550, Japan

a) ksasaki@slis.tsukuba.ac.jp

b) hirata@slis.tsukuba.ac.jp

c) inoue@slis.tsukuba.ac.jp

料イラストサイトが広まる一方で、それらのサイトで入手できる既存イラストには種類に限りがあり、構図などの面で、クライアントが本当に欲しいイラストを得ることができるとは限らない。すなわち、イラストレータと契約を結ぶことで入手できる高価なイラストでもなく、種類に限りのある無料で入手可能なイラストでもない、クライアントの要求を満たしつつも価格を抑えたイラストを入手する方法が現状ではない。

この問題に対して、マイクロタスク型クラウドソーシングによる線画イラストの作成手法が提案されている。この線画イラスト作成手法では、イラストに関する知識や技能がない人も含めて、どんな人でもイラストを作成するタスクに参加できる。本手法の実現可能性については、線画イラストの作成実験を通じて実証されている [5], [6]。

本研究では、マイクロタスク型クラウドソーシングによって作成される線画イラストについて、その線画イラストの特徴と、より詳細な手法の性質を検討するための実験を実施した。まず、本手法による線画イラストと1人による線画イラストを比較した結果、マイクロタスクを用いて線画イラストを生成する場合でも、1人で線画イラストを作成する従来手法と遜色のない完成度の線画イラストを生成できることが示唆された。次に、提案手法のように線画イラストの元となる原図を描画領域に重ねて提示する場合と、原図を描画領域に重ねずに提示する新しい原図の提示方法を比較した。生成される線画イラストの違いを検討した結果、新たな原図提示方法により、描画される線に多様性が生まれ、原図とは多少離れた線画イラストが生成できることが確認された。

## 2. 関連研究

### 2.1 クラウドソーシングを利用した複雑なタスクの実行

マイクロタスク型クラウドソーシングでは一般に、画像のラベリングやデザインのフィードバックなどといった、単純で独立したタスクを行う場合が多い。Kitturらは、複雑で相互依存性のあるマイクロタスクを実行できるよう、分散コンピューティング技術の概念に基づき、タスクをサブタスクに分類したフレームワークを示した [9]。

このサブタスクの概念を利用したクラウドソーシングとして、Ambatiらは3段階の翻訳ワークフローを提案した。1段階目では、単語もしくは句の翻訳を行い、2段階目では1段階目の結果から、翻訳する文の言語が非母語であるバイリンガルが翻訳を行う。そして3段階目で、2段階目までの結果を見ながら、翻訳する文の言語が母語であるワーカが翻訳を行う。この3段階に分けた翻訳手法は、既存の手法よりコストを削減できたことを明らかにしている [10]。また、BernsteinらはSoylentと呼ばれる文章作成アプリケーションを提案している。Soylentでは、文章を要求に応じてより短くしたり、校正したりすることができ

る。ユーザが入力し選択したテキストは、Mturkのワークに表示される。Mturkのワークははじめに、表示されたテキストの間違ひを見つける。その後、見つかった間違ひを含むテキストに対し、修正もしくは書き直しを行う。修正や書き直しの案はMturkのワークによって何例か提示され、さらに別のワークが、修正案の中で最も適切なものを選び、修正内容として適用する。Mturkのワークによって修正が適用され、変更された文章は、逐次ユーザの画面に表示される [11]。これらの研究は、マイクロタスク型クラウドソーシングが、独立した簡単なタスクだけでなく、規模が大きく相互依存性のあるタスクでも実行可能であることを示している。

### 2.2 クラウドソーシングにおける共同創作タスク

クラウドソーシングを用いて、複数のワークが共同で実行する創作タスクについての報告があがっている。Yuらは、ワークがスケッチしたデザイン案どうしを組み合わせるという方法で新しいデザインを作成する手法を提案した。最初に1段階目として、提案システムのワークがデザイン案のスケッチを行い、作成されたスケッチをMturkのワークが評価する。次に2段階目として提案システムのワークは、評価された1段階目のデザイン案を組み合わせ、新しいデザイン案のスケッチを行う。2段階目のスケッチもMturkのワークによって評価され、同様に3段階目もスケッチを行う。1段階目と3段階目のデザイン案を比較した結果、創造性とオリジナル性の面で、提案手法は有効であることが確かめられた [12]。

また、Kawashimaらはアメリカ合衆国の100ドル紙幣を1万人のクラウドワークによって再描画するタスクを実行した。この再描画タスクでは、100ドル紙幣を1万のエリアに分割し、Mturkで募集したワークが、割り当てられたエリアを専用のオンラインツールを用いて描画する。1万人のワークにはそれぞれ1セントが報酬として与えられた。またワークには、この描画タスクが100ドル紙幣を再描画するというタスクの一部であることを伝えなかったが、結果として100ドル紙幣の再描画は完成した [13], [14], [15]。これらの研究は、クラウドソーシングで複数人が共同して創作タスクを実行できることを示している。

## 3. マイクロタスク型クラウドソーシングによるイラスト作成

### 3.1 手法の概要

マイクロタスク型のクラウドソーシングを用いた、線画イラストの作成手法が提案されている。提案手法は1枚の写真(原図)から、線画イラストを作成する。通常、線画を作成する際は物体の輪郭など、その画像を特徴づける線を描く。線を描くという行為自体は誰にでも行うことができ、また手本となる画像があれば何かしらの物体の輪郭線

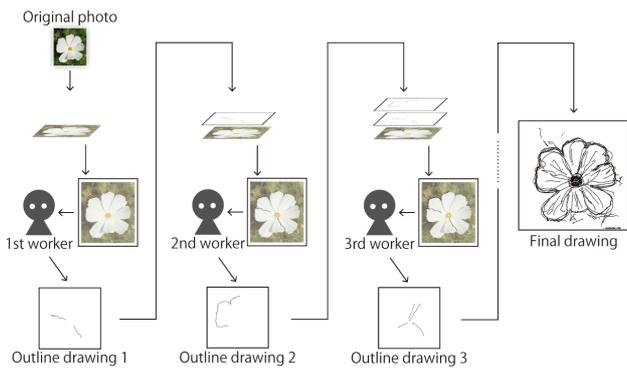


図 1 本手法の概念図

Fig. 1 Method of generating a drawings.

を描く行為も難しいものではない。そこで、この誰にでもできる線を描くという行為をマイクロタスクとして多数のワーカーに提示することで、クラウドソーシングによって写真から線画イラストを作成するものである。本手法の概念図を図 1 に示す。ワーカー 1 人 1 人が描いた線画というマイクロタスクを重ね合わせていくことで、最終的に 1 枚の線画イラストを生成する。各ワーカーには原図が線を描く描画領域に重ねて提示される。1 番目のワーカーから順に原図の輪郭線を模写するように線を描いていく。2 番目以降のワーカーには、それまでのワーカーが描いてきた線がすべて原図に重ねられ、その様子を見ながら線画として不足している線を描き加えていく [5], [6]。

2.2 節で述べたように、クラウドソーシングによる共同創作タスクによる研究がある。Yu らの研究は、Mturk によってデザイン案の評価を受けているものの、実際にデザインを作成するのは 1 人である。本研究は Yu らとの研究とは異なり、1 枚の線画イラストを複数人が共同で作成する手法について検証する。また、Kawashima らの研究はマイクロタスクによって 1 枚の 100 ドル紙幣を複数人で再描画するタスクであるが、1 人で再描画を行った際との比較検討を行っていない。本研究では、マイクロタスクによる手法と従来どおり 1 人で線画イラストを作成する手法について、その違いを検討する。

### 3.2 タスクの実行環境

先行研究で実施されている線画イラストの作成実験では、次のような環境で実験を行っている。ワーカーとなる実験参加者は、図 2 左のように椅子に着席して実験に参加した。実験に使用する機材として、入力インターフェースとして Wacom 社製ペンタブレット (CTE-650) を、本手法を組み込んだ実験システムを提示する PC として VAIO Pro 11 を使用した。参加者はいずれの機器も机に設置した状態で使用した。実験中ワーカーには、図 2 右のような、原図と描画領域を表示し、線画イラストを作成するための Web ベースのシステムページを提示した [5], [6]。

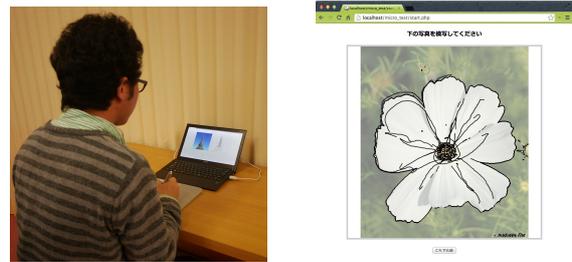


図 2 左：実験の様子/右：ワーカーに提示される画面

Fig. 2 Left: Worker in the experiment. / Right: Display on worker's browser.

本研究で実施する実験においても、同様の環境で実験を実施した。

## 4. 線画イラスト作成の性質調査実験

本研究では、佐々木らの線画イラストの作成実験 [5], [6] を元に、より詳細な手法の性質を検討するために、線画イラスト作成の性質調査実験を実施した。具体的には次の 2 点について検証する。まず第 1 に、佐々木らが提案した手法 (本手法) による線画イラストと 1 人による線画イラストを比較する。第 2 に、佐々木らの提案のように、ワーカーが線を描画する描画領域に重ねて提示する場合と、原図を描画領域に重ねずに提示する場合を比較する。以上の 2 点を調査するために、次のように実験の条件を設定した。

### 4.1 実験条件

本手法による線画イラストと、1 人による線画イラストを比較するために、2 つの条件を設定した。まずはマイクロタスクで複数人のワーカーが 1 枚の線画イラストを作成する複数条件、もう 1 つは、同じシステムを用いて 1 人のワーカーが 1 枚の線画イラストを作成する単独条件である。複数条件では、佐々木らの提案に従い、ワーカー 1 人につき 7 秒の制限時間を与え、ワーカーはその時間内で 1 枚の原図に対し線を描画する。またワーカーが、提示された画像がすでに線画イラストとして完成していると判断した場合、「これで完成!」ボタンを押すことでその画像への描画を取りやめることができる [5], [6]。一方単独条件では、ワーカーには原図と空白の描画領域が提示される。複数条件でワーカーに対し与えられた 1 枚 7 秒という制限時間は、単独条件では廃止し、ワーカーは自分が完成と判断するまで線を描画する。

次に、原図を描画領域に重ねて提示するか、重ねずに提示するかによって、作成される線画イラストの違いを検討するために、2 つの条件を設定した。まずは原図を描画領域に重ねて提示して線画イラストの作成を行う原図重ね置き条件であり、もう 1 つは原図を描画領域には重ねず、描画領域の隣に提示して線画イラストの作成を行う原図隣置き条件である。原図重ね置き条件では、図 2 右に示したように、ワーカーは原図をなぞる形で線画を描画できる。一方

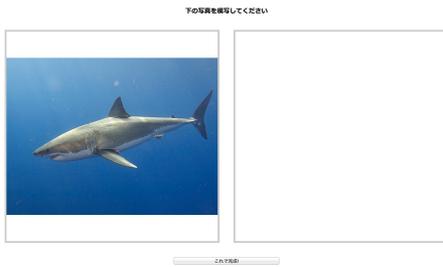


図 3 原図を描画領域の隣に置いたインターフェース

Fig. 3 The interface which places the original photo next to the canvas.

原図隣置き条件では、図 3 のように描画領域の隣に置くインターフェースをワークに提示した。ワークは原図を横に見ながら線を描画することになり、原図重ね置き条件のように、原図をなぞって線を描くことはできない。

以上の条件から、本研究で行った線画イラスト作成の性質調査実験では、次の 4 条件をランダムな順に参加者に提示する被験者内計画で実施した。

- (1) 複数条件かつ原図重ね置き条件 (複数重ね条件)
- (2) 複数条件かつ原図隣置き条件 (複数隣置き条件)
- (3) 単独条件かつ原図重ね置き条件 (単独重ね条件)
- (4) 単独条件かつ原図隣置き条件 (単独隣置き条件)

いずれの条件においても、提示する原図は図 3 左側にあるサメの写真 1 枚を使用した。複数条件で生成される線画イラストの数を増やすため、この性質調査実験を、別の参加者群で 2 回実施した。

ここで、提案手法により複数人で線画イラストを作成した場合と、1 人のワークが線画イラストを作成した場合の比較では複数重ね条件と単独重ね条件、および複数隣置き条件と単独隣置き条件の結果を、原図の提示位置に関する比較では複数重ね条件と複数隣置き条件、および単独重ね条件と単独隣置き条件の結果を、それぞれ比較する。

#### 4.2 実験参加者

線画イラスト作成の性質調査実験は 1 回目 (第 1 グループ)、2 回目 (第 2 グループ) とともに 20 名ずつがワークとして参加した。第 1 グループは男性 13 名、女性 7 名、平均年齢は 23.0 歳、年齢の標準偏差は 4.7 歳であった。第 2 グループは男性 16 名、女性 4 名、平均年齢は 20.7 歳、年齢の標準偏差は 1.9 歳であった。両グループで参加者の重複はなく、また実験方法に違いはなかった。いずれの参加者へも報酬はなかった。

#### 4.3 手続き

実験開始前には、図 4 に示される、システムの説明が記載された Web ページを提示しながら、次の内容を参加者に対して説明した。

- これから提示される 1 枚の写真について、描画領域に



図 4 システムの説明・練習ページ

Fig. 4 Web page of the instruction.

写真の模写を 4 回行ってもらうこと。また完成図として、図 4 左の写真のような模写を目指すこと

- 4 回の模写のうち、2 回はそれぞれ 7 秒の制限時間があること。ただし描画は写真の一部のみでよく、急ぐ必要はないこと。また線を描く前に提示された線画が完成されているものと判断した場合、ページ上の「これで完成!」ボタンを押すことで、その画像への描画を終了できること
- 4 回の模写のうち、他の 2 回は制限時間がないので、自分が完成だと思うまで線画を作成すること
- 制限時間がある模写かそうでないかは、4 回の描画前にそれぞれ実験者から指示があるので、その指示に従うこと

説明中の 4 回の模写とは、4.1 節の 4 条件を指す。また説明時に、参加者はシステムを用いて線を描く練習を同ページにて行った。ここでペンタブレットの操作感、およびシステム上での描画の感覚に慣れた後、実際のタスクに移行した。タスクでは 4 条件がランダムな順に提示され、実験者の指示に従い線画イラストの作成タスクを行った。

#### 4.4 完成画像の選定と各条件間での第三者比較

##### 4.4.1 完成画像の選定

実験終了後に、複数条件について、各画像の完成画像を選定した。判断者として本研究の事前知識を持たない 5 名 (いずれも男性、平均年齢 30.0 歳、標準偏差 9.9 歳) が、実験で描画されたすべての画像を見ながら、完成画像を選定した。その後完成画像の描画回数の平均値  $n$  (小数点以下を四捨五入) を算出し、 $n$  回目に描画された画像を完成画像とした。なお、4.3 節に記したように、実験参加者も提示された線画イラストについて完成か否かの判断をしたが、これは生成過程におけるものであるため、別途このような判断をさせた。

##### 4.4.2 複数条件と単独条件に関する比較

本手法を用いて線画イラストを生成する場合と、1 人のワークが線画イラストを作成する場合の違いを検討するために、複数条件と単独条件とで作成された線画イラストの第三者評価を行った。評価は完成画像を判断した判断者とは別の、本研究の事前知識を持たない評価者 5 名 (男性 1

名、女性4名、平均年齢23.6歳、標準偏差1.2歳)が独立で行った。

まず評価者には、同じグループ、同じ原図の提示位置で作成された複数条件の画像1枚と単独条件の画像1枚が提示される。この2枚のどちらが完成度が高いかを、同時に提示された原図に基づいて比較する。評価者は、「複数条件で生成された線画イラストの方が完成度が高い」「複数条件で生成された線画イラストも単独条件で作成された線画イラストも同じ程度の完成度」「単独条件で作成された線画イラストの方が完成度が高い」の3段階で回答した。これを1試行とし、この試行を同グループ内で作成された20枚の単独条件の画像それぞれについて行った。残りのグループ、残りの原図の提示位置についても同様の評価を行ったため、1人の評価者はこの評価を、合計80試行実施した。なお、実際には評価者に、どの画像がどの条件で生成された画像かは伝えていない。

#### 4.4.3 原図の提示位置に関する比較

原図の提示位置による違いを検討するために、原図重ね置き条件と、原図隣置き条件とで作成された線画イラストの第三者評価を行った。評価には完成画像の選定、および前述の第三者評価のいずれにも参加していない、本研究の事前知識を持たない5名(いずれも男性、平均年齢19.4歳、標準偏差0.8歳)が独立で行った。

まず評価者には、同一の実験参加者が作成した、単独重ね条件での線画イラスト1枚と、単独隣置き条件での線画イラスト1枚が提示される。この2枚のどちらが原図に近いかを、同時に提示された原図に基づいて比較する。評価者は、「原図重ね置き条件で生成された線画イラストの方が原図に近い」「原図隣置き条件で生成された線画イラストの方が原図に近い」の2段階で回答した。これを1試行とし、この試行を40枚の単独条件の画像それぞれについて行った。また、同一のグループで生成された複数条件での線画イラストにも同様の評価を行ったため、1人の評価者はこの評価を、合計42試行実施した。なお前述の評価同様、実際には評価者に、どの画像がどの条件で生成された画像かは伝えていない。

#### 4.5 データ収集

この性質調査実験では2グループ、計40名が実験に参加したため、表1に示す枚数の線画イラストを収集した。また描画終了後には口頭にて実験の感想を聴取した。単独条件では、描画を終了するまでに要した筆数を記録した。

表1 実験で取得した線画イラストの枚数

Table 1 The number of collected drawings.

	重ね置き条件	隣置き条件
複数条件	2	2
単独条件	40	40

これに加え、描画に要した筆数と描画時間の関係調べの実験を行った。線画イラストの性質調査実験に参加していない5名(男性3名、女性2名、平均年齢21.6歳、標準偏差1.5歳)が、単独条件での実験同様、筆数を測定し、さらに描画を行った時間を測定した。

## 5. 結果

### 5.1 描画結果

各グループにおける複数条件での描画の作成過程をそれぞれ図5、図6に示す。4段に分かれた図のうち、上2段が第1グループ、下2段が第2グループの描画内容を表す。各々の上段が各ワーカーの描画内容、下段がそれらを重ね合わせた作成過程を示しており、いずれも左上から右に向かって順に並んでいる。各描画線の左上の数字は通し番号である。また図7、図8は単独条件において全参加者40名が作成した線画を示している。

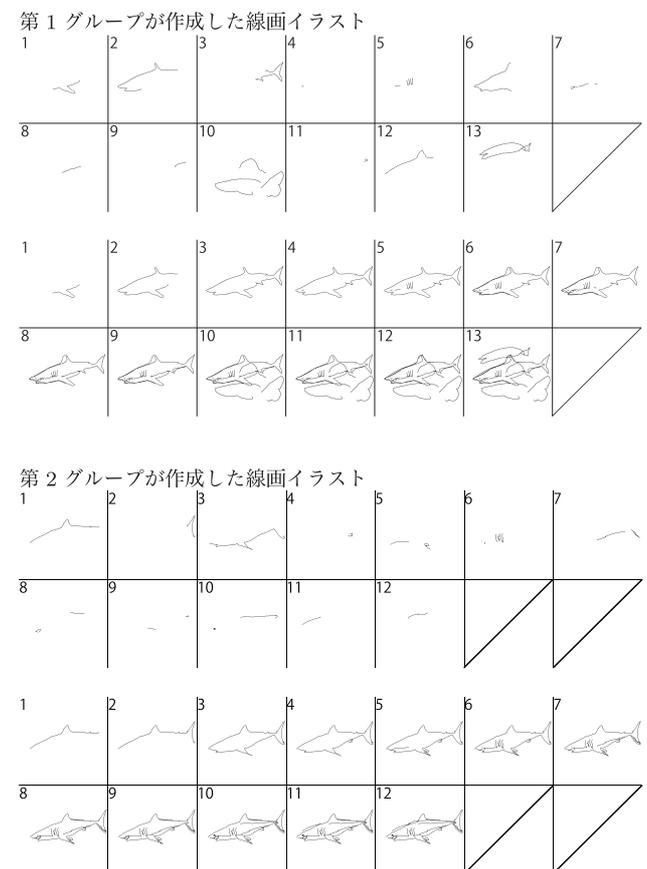


図5 複数重ね条件での描画の様子：上の2段が第1グループ、下の2段が第2グループで、それぞれ上段が各ワーカーの描画内容、下段が線画イラストの作成過程

Fig. 5 Drawn lines under microtask and canvas overlaid condition: Above 2 columns show lines drawn by the Group 1, below 2 columns show lines drawn by the Group 2. Each upper columns shows the images each workers drew, each lower columns shows the process of generating a drawing.

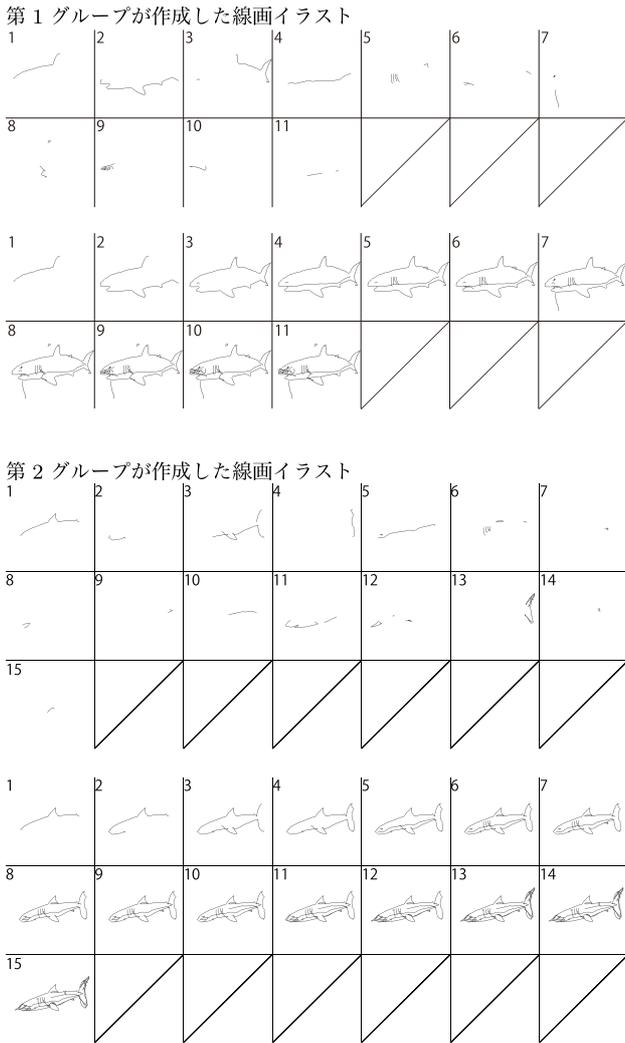


図 6 複数隣置き条件での描画の様子：上の 2 段が第 1 グループ，下の 2 段が第 2 グループで，それぞれ上段が各ワーカーの描画内容，下段が線画イラストの作成過程

Fig. 6 Drawn lines under microtask and canvas adjoined condition: Above 2 columns show lines drawn by the Group 1, below 2 columns show lines drawn by the Group 2. Each upper columns shows the images each workers drew, each lower columns shows the process of generating a drawing.

### 5.2 複数条件での完成画像

複数条件で描画された線画について，4.4.1 項で述べた判断者によって完成と判断された画像を，図 9 に示す。左側の 2 枚が第 1 グループによって生成された画像であり，右側の 2 枚が第 2 グループによって生成された線画イラストである。また，それぞれのグループの左側の画像が原図重ね置き条件，右側の画像が原図隣置き条件で生成された線画イラストである。以下に，完成した線画イラストの描画回数と標準偏差を示す。第 1 グループでは，原図重ね置き条件で 8 回 (1.2)，原図隣置き条件で 6 回 (0.6)，第 2 グループでは，原図重ね置き条件で 10 回 (1.3)，原図隣置き条件で 12 回 (1.7) であり，平均すると 9.0 回 (2.7) の描

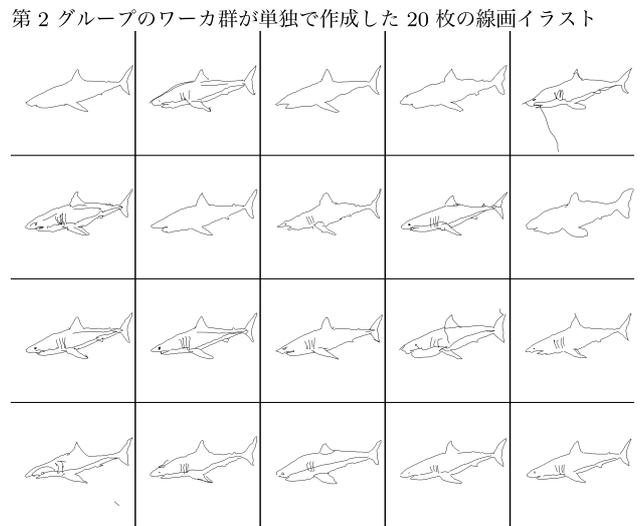
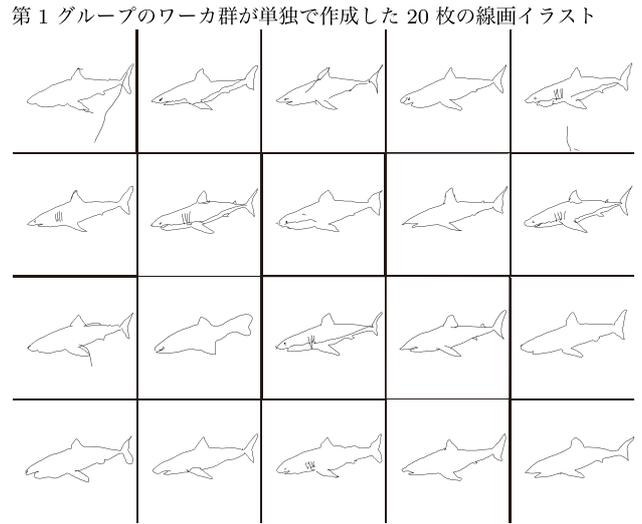


図 7 単独重ね条件で作成された線画イラスト：上段は第 1 グループが，下段は第 2 グループが作成

Fig. 7 Generated Drawings under single and canvas overlaid condition: Above images are generated by the Group 1, below images are generated by the Group 2.

表 2 複数条件と単独条件とでより完成度が高いと評価された回数  
Table 2 The number of evaluation, which drawing is more complete.

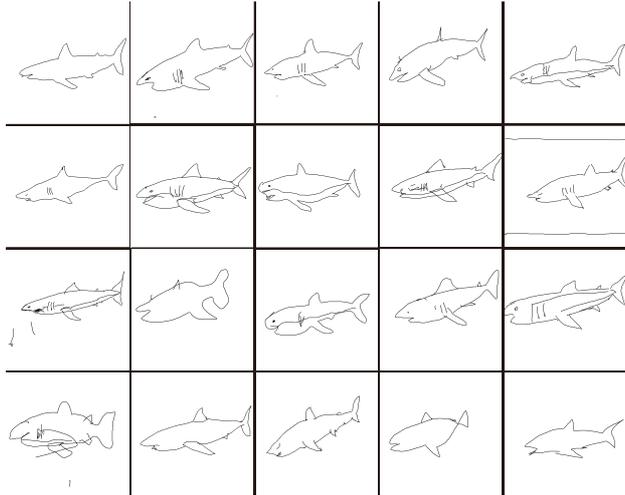
	複数条件	単独条件	どちらも同程度
原図重ね置き条件	148	14	38
原図隣置き条件	86	67	47
合計	234	81	85

画で線画イラストが完成することが分かった。

### 5.3 複数条件と単独条件との完成度の差

複数条件と単独条件における線画イラストの完成度比較評価の結果を表 2 に示す。この結果から，原図の提示位置によらず，複数によって生成される線画イラストの完成度は，従来手法のように 1 人で作成する線画イラストと遜色がないことが示唆された。

第1グループのワーカ群が単独で作成した20枚の線画イラスト



第2グループのワーカ群が単独で作成した20枚の線画イラスト

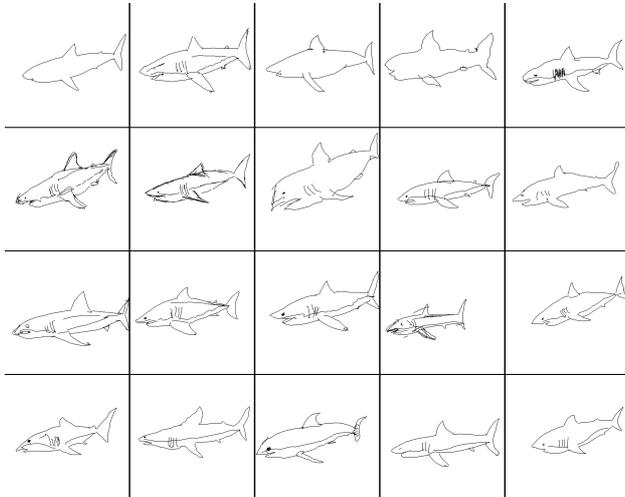


図8 単独隣置きで作成された線画イラスト：上段は第1グループが、下段は第2グループが作成

Fig. 8 Generated Drawings under single and canvas adjoined condition: Above images are generated by the Group 1, below images are generated by the Group 2.

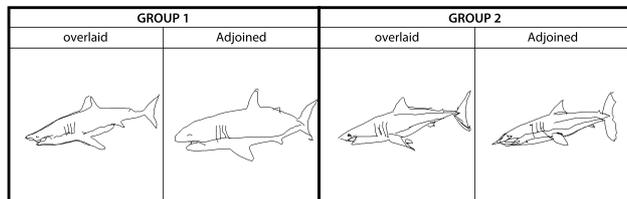


図9 複数条件での完成画像：左側が第1グループ、右側が第2グループで、左列が原図重ね置き条件、右列が原図隣置き条件での完成画像

Fig. 9 Generated Drawings: the left two images show the drawings generated by Group 1, the right two images shows the images generated by Group 2. In each group, left column is canvas overlaid condition, right column is canvas adjoined condition.

表3 描画の筆数と所要時間. 上：原図重ね置き条件, 下：原図隣置き条件

Table 3 The number of strokes and drawing time. Upper: canvas overlaid condition. Lower: canvas adjoined condition.

原図重ね置き条件 参加者 ID	所要時間 (秒)	所要筆数 (筆)	1筆あたりの描画時間 (秒)
1	51.3	9	5.7
2	84.1	20	4.2
3	47.6	7	6.8
4	36.1	2	18.0
5	60.8	9	6.8
合計/平均	279.9	47	6.0

原図隣置き条件 参加者 ID	所要時間 (秒)	所要筆数 (筆)	1筆あたりの描画時間 (秒)
1	98.0	10	9.8
2	168.3	49	3.4
3	65.8	14	4.7
4	91.8	19	4.8
5	90.7	12	7.6
合計/平均	514.6	104	4.9

#### 5.4 原図重ね置き条件と原図隣置き条件での比較

原図の提示位置による違いについて、単独条件で同じ人物が描いた線画イラストと複数条件で同じワーカ群が生成した線画イラストについて、原図重ね置き条件と原図隣置き条件のどちらがより原図に近い線画イラストとなったかを評価した。単独条件で作成された40枚と複数条件で生成された2枚、あわせて42枚の線画イラストのうち、原図を描画領域に重ねて置いた場合の方が原図に近いと判断されたのは154回、隣に置いた方が原図に近いと判断されたのは56回であった。この結果から、原図を描画領域に重ねると、原図を描画領域の隣に置いた場合に比べ、より原図に忠実な線画イラストが作成されることが分かった。

#### 5.5 筆数と描画時間

描画の際の筆数と描画時間について、4.5節で述べた実験の結果を表3に記す。また、すべての所要時間と所要筆数から1筆あたりの描画時間を算出すると5.3秒となった。

### 6. 検討

#### 6.1 複数条件と単独条件の比較

図7, 図8に見られるように、性質調査実験では実験参加者に時間制限がないことを伝え、参加者が完成と判断するまで線画を描画するよう伝えたにもかかわらず、単独条件において輪郭線だけを描き完成とした参加者がいた。一方で、内部まで詳細な線を描く参加者もいた。複数条件では、単独条件で輪郭しか描かなかった人と内部の線まで描いた人の個人差が吸収された線画イラストが完成し、単独

条件による線画イラストよりも完成度が高いことが示唆された。

なお、ワーカ集団が異なる場合など、状況によって生成される線画イラストには違いが生じ得るため、詳細な検討にはさらなる試行が望ましい。

## 6.2 原図の提示位置に関する比較

5.4 節では、原図の提示位置による違いを比較した。その結果、原図が描画領域の隣に提示された場合、描画領域に重ねて提示する場合に比べ、原図とは少しはなれた線画イラストが生成されることが分かった。原図とはなれるというのは、たとえば図 10 に示されるように、サメの線画イラストを生成する場合において、原図よりもヒレの形が丸みを帯びたり、少し細身の身体が描かれたり、といったような違いである。つまり本手法を用いることで、同じ 1 枚の原図を用いたとしても、まったく同じような物体の線画イラストが生成されるだけではなく、描画される線に多様性のある、複数の線画イラストが生成される可能性が示された。この原図提示方法により、線画イラストに対するクライアントの多様な要求に対応できる可能性がある。

また、性質調査実験後に参加者から聴取したコメントの中には、「原図が重ねてある状態で書くよりも、隣に置いてある方が描くのが難しい」という旨のコメントがあったが、今後の検討課題である。

## 6.3 初期の画像が及ぼす影響

図 5 と図 6 を見ると、複数条件では原図の提示位置、およびグループによらず、いずれも 3 番目のワーカまでに輪郭部の描画が終わっていることが確認できる。それぞれ 3 番目の描画ででき上がった輪郭線は大きく修正されることなく、いずれも最後まで描画が進んでいる。たとえば、図 6 では、第 1 グループはやや太めの、第 2 グループはやや細めのサメを、それぞれ 3 番目のワーカまでが描き、その後その概形を崩すことなく描画を進めていった。このことから、線画作成の序盤の方ででき上がった輪郭線は、線画の概形をほぼ決定する可能性が窺える。

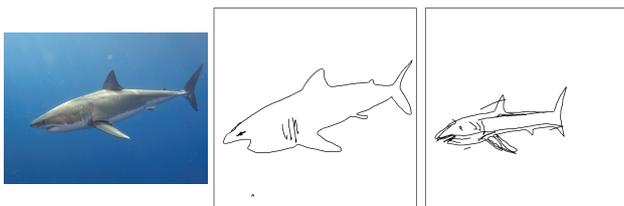


図 10 多様性の例。左：原図，中央：ヒレの形が原図より丸い例，右：体が原図より細い例

Fig. 10 Examples of variety. Left: the original photo. Center: the drawn shark which has rounder fins. Right: the drawn shark which has slimmer body.

## 6.4 タスクの所要時間

4.5 節で述べたように、単独条件である条件 (3) と条件 (4) では、線画イラストを完成させるまでに要した筆数を記録した。各グループ、原図の提示位置によらずすべての描画結果の筆数から、1 枚の線画イラストを作成するにあたり平均 12.4 筆 (最小 1 筆, 最大 85 筆, 標準偏差 11.8 筆) 要することが分かった。また 5.5 節の結果より、単独条件では 1 筆あたり 5.3 秒の描画時間がかかる。この結果より単独条件では、1 枚の線画イラストを作成する場合、およそ 65.4 秒かかると分かる。

一方でマイクロタスクを用いた本手法の場合、5.2 節の結果より、線画イラストが完成するのは平均して 9.0 回の描画後となる。そして本手法では、1 タスクあたり 7 秒の描画時間がかかる。この結果より複数条件では、1 枚の線画イラストを生成する場合、およそ 63.0 秒かかると分かる。

以上の結果より、従来どおり 1 人で線画イラストを作成する場合と、マイクロタスクを用いて複数人で線画イラストを生成する場合、1 枚の線画イラストが完成するまでにかかる時間はどちらもほぼ同程度になると考えられる。

## 7. まとめ

本研究では、マイクロタスク型クラウドソーシングによって作成される線画イラストについて、その線画イラストの特徴と、より詳細な手法の性質を検討するための実験を実施した。まず、提案手法による線画イラストと 1 人による線画イラストを比較した結果、提案手法によって 1 人による場合と遜色のない線画を得られることが示唆され、提案手法の有効性が確認された。続いて、提案手法のように原図を描画領域に重ねて提示する場合と、原図を描画領域に重ねずに提示する場合を比較した結果、提案手法とは異なり、原図を描画領域に重ねずに提示することで、生成される線画イラストの多様性を生むことが見て取れた。さらに提案手法において、ワーカによって初期に描かれた線画は、大きく修正されることなく、線画の作成が進む様子が観察された。生成される線画イラストの質にはなお課題は残るが、これらの知見を生かすことで、クライアントの要求により合致した線画イラストの作成につながると見込まれる。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金 26330218 の支援により行われた。

## 参考文献

- [1] Patterson, D.: Technical writing: Lines & spots, *SIGDOC Asterisk J. Comput. Doc.*, Vol.2, No.10, pp.8-10 (1976).
- [2] 株式会社クラウドワークス：相場や需要を押えよう！イラスト業のモノクロとカラーの挿絵の料金，入手先 (<http://crowdworks.jp/public/jobs/category/27/articles/8754>).

- [3] 無料イラストなら「イラスト AC」, 入手先  
(<http://www.ac-illustr.com/>).
- [4] イラスト無料素材 イラストボックス, 入手先  
(<http://www.illustr-box.jp/>).
- [5] Sasaki, K., Hirata, A. and Inoue, T.: Method of Generating a Drawing by Crowdsourced Microtasks. *CSCW'15 Companion Proceedings of the 18th ACM Conference Companion on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing*, pp.61-64 (2015).
- [6] 佐々木孝輔, 平田 章, 井上智雄: マイクロタスクによる線画イラスト生成手法, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.1 (2016) (in press).
- [7] SETI@home, available from  
(<http://setiathome.ssl.berkeley.edu/>).
- [8] Amazon Mechanical Turk, available from  
(<https://www.mturk.com/>).
- [9] Kittur, A., Smus, B., Khamkar, S. and Kraut, R.E.: CrowdForge: Crowdsourcing complex work, *Proc. 24th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp.43-52 (2011).
- [10] Ambati, V., Vogel, S. and Carbonell, J.: Collaborative workflow for crowdsourcing translation, *Proc. ACM 2012 conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp.1191-1194 (2012).
- [11] Bernstein, M.S., Little, G., Miller, R.C., Hartmann, B., Ackerman, M.S., Karger, D.R., Crowell, D. and Panovich, K.: Soyent: A word processor with a crowd inside, *Proc. 23rd annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp.313-322 (2010).
- [12] Yu, L. and Nickerson, J.V.: An internet-scale idea generation system, *ACM Trans. Interact. Intell. Syst.*, Vol.3, No.1, pp.2:1-2:24 (2013).
- [13] Kawashima, T. and Koblin, A.: Ten Thousand Cents, *ACM SIGGRAPH ASIA 2008 artgallery: Emerging technologies*, pp.18-18 (2008).
- [14] Ten Thousand Cents, available from  
(<http://www.tenthousandcents.com/>).
- [15] Doan, A., Ramakrishnan, R. and Halevy, A.Y.: Crowdsourcing systems on the World-Wide Web, *Commun. ACM*, Vol.54, No.4, pp.86-96 (2011).
- [16] Winter, M. and Duncan, J.W.: Financial Incentives and the "Performance of Crowds", *SIGKDD Explor. Newsl.*, Vol.11, No.2, pp.100-108 (2009).
- [17] Lasecki, W.S., Teevan, J. and Kamar, E.: Information Extraction and Manipulation Threats in Crowd-Powered Systems, *CSCW '14 Proc. 17th ACM conference on Computer supported cooperative work & social computing*, pp.248-256 (2014).
- [18] Sampath, H.A., Rajeshuni, R. and Indurkha, B.: Cognitively Inspired Task Design to Improve User Performance on Crowdsourcing Platforms, *CHI '14 Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.3665-3674 (2014).
- [19] Kittur, A., Chi, E.H. and Suh, B.: Crowdsourcing User Studies With Mechanical Turk, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.453-456 (2008).
- [20] Huang, S.-W. and Fu, W.-T.: Don't hide in the crowd!: Increasing social transparency between peer workers improves crowdsourcing outcomes, *CHI '13 Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.621-630 (2013).



佐々木 孝輔 (学生会員)

筑波大学大学院図書館情報メディア研究科博士前期課程在学中。クラウドソーシングを用いたデジタルコンテンツ生成手法の研究に従事。



平田 章 (学生会員)

筑波大学大学院図書館情報メディア研究科博士前期課程在学中。クラウドソーシングを用いたデジタルコンテンツ生成手法の研究に従事。



井上 智雄 (正会員)

筑波大学図書館情報メディア系教授。博士(工学)。専門はCSCW, HCI, 教育工学。情報処理学会論文賞, 同学会活動貢献賞, 同山下記念研究賞, ほか多数受賞。情報処理学会論文誌編集主査, 情報処理学会論文誌: デジタルコンテンツ編集幹事, 情報処理学会グループウェアとネットワーク研究会幹事, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会幹事, ACM CSCW Papers Associate Chair, IEEE TC CSCWD 委員, APSCE SIGCUMTEL 委員等歴任。『アイデア発想法と協同作業支援』(共立出版), 『Communication and Collaboration Support Systems』(IOS Press) 等執筆。本会シニア会員。