

# 人間とコンピュータが一緒にお絵描きを行なうシステムの提案: 人間とコンピュータのインタラクションの検証のために

## Proposal of Human-Computer Co-Drawing System to Inspect the Interaction

田川 咲紀<sup>1</sup> 畝見 達夫<sup>2</sup>  
Saki TAGAWA<sup>1</sup>, Tatsuo UNEMI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 創価大学 工学研究科 情報工学システム専攻

<sup>1</sup> Graduate School of Engineering, Soka University

<sup>2</sup> 創価大学 工学部

<sup>2</sup> Department of Information Systems Science, Soka University

**Abstract:** This paper, we proposes a system model for studying the effects of computers cooperating with humans in drawing a subject together on the same canvas. We present our hypotheses, partly drawn from a preliminary experiment with ten subjects. For a planned, we will conduct wider experiment on the subject. We propose two questions; (1) How does the drawing style of the computer affect the users performance? and (2) How does the distance between strokes drawn by computer and human affect the users performance? We are pursuing the answers through more experiments in which the computer draws with two parameters, imitation rate of drawing style and spatial interference rate. The effects of the rates are investigated by assigning a variety of probability distributions of occurrence for each rate.

## 1 はじめに

紙とペンでできるお絵かきは、小さな子どもからお年寄りまで楽しめる遊びである。また、壁への落書き、3次元空間へのお絵描き、スクリーンとプロジェクタを用いたお絵描きなど、拡張性が高く、汎用的な遊びでもある。

従来、絵を描くなどの創造的な行動は人間だけのものだと考えられてきた。しかし、人工知能画家 AARON[1] に代表されるように、現在では自律的に創造的な行為を行なう、創造的なコンピュータが受け入れられ始めている。さらに、お絵描きは個人のもの、人間同士によるコラボレーションにとどまってきたが、創造的なコンピュータの浸透にともなって、人間 - コンピュータ、人間 - ロボットによるお絵描きの可能性が見え始めた。実際に、人間の描いた線から連想的に絵を完成させていくコンピュータ [2] や、人間とコラボレーションすることを目的としたコンピュータ [3] が研究されている。

人間 - コンピュータ間インタラクションの側面では、お絵描きは「一緒に楽しい時間を過ごすことを主目的とした協調作業」[4] であるといえる。このような作業の間、人間に楽しさを生起させる要素は、「相手が人間

であると思うことそのもの」であり、相手がコンピュータである限り、作業を楽しいものにするには難しいといわれている [5]。しかし、文献 [5] でも指摘されているように、人間が共感したり、心理状態を重ね合わせられるようなコンピュータであれば、「相手が人間である」と感じているときのように、ただ「やりとりが楽しい」と感じる可能性も残されている。

人間同士が一緒にお絵描きをするとき、お互いに相手の動向を伺い、相手に合わせながら描く傾向がある。本研究では、お絵描きにおいて心理状態を重ね合わせるような状態とは、「コンピュータが自分に合わせている」「自分も自然にコンピュータに合わせている」と感じるような状態であると考え、さらにその状態がインタラクション自体の楽しさを促進すると仮定した。

人間 - コンピュータのお絵描きにおいて、「コンピュータが自分に合わせている」「自分も自然にコンピュータに合わせている」と感じさせるようなコンピュータの反応についてはあまり研究されていない。また、前述した人間と一緒に絵を描く創造的なコンピュータでは、「一緒に絵を描く」行為自体が不完全な場合もあり、人間 - コンピュータのインタラクションの検証には不向きである。

そこで本研究では、教示データを元に、人間と一緒に

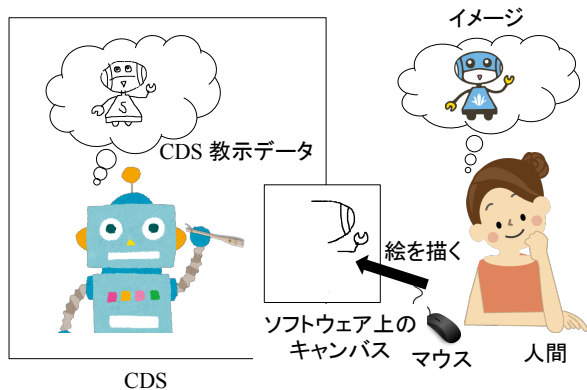


図 1: 人間と一緒に提示画像の絵を描くシステム, CDS の概要図.

に提示された絵を描く Co-Drawing System (CDS) を開発し, CDS を用いた人間 - コンピュータのインタラクションの観察から「コンピュータが自分に合わせている」と感じさせる反応の要素の仮定と, 仮定した要素を検証するためのシステムである Co-Drawing System TOMMY (CDST) の提案を行なう.

CDS を用いた観察の結果, 人間にはお絵描きにおいて意識しやすい要素と意識しにくい要素があり, 著者らは意識しやすい要素において人間が協調していると感じるような反応を実現できれば, 心理状態を重ね合わせるような状態を作りやすくなると考えた.

さらに, 観察の結果から

- 人間は線の描き方を意識しやすく, 真似をされると「合わせてくれている」と感じる
- 人間は線の空間的な位置づけを意識しやすく, そのやりとりを通して「相手が自分を気にかけている」と感じる

の 2 つを仮定した.

仮説の検証を行なうために, 線の描き方の真似度と線の干渉度を設定し, それによってシステムの反応を変更できる CDST の提案を行なう.

## 2 CDS の概要

### 2.1 人間と一緒に絵を描くシステム

CDS の概要図を図 1 に示す. CDS は PC 上で動作するソフトウェアであり, CDS と人間は, ディスプレイ上の共通のキャンパスの上で実験者から提示された画像の絵と一緒に描く. CDS は, CDS 自身だけで絵を描くことも, 人間と一緒に絵を描くこともできる. 人間がマウスを用いてキャンパスに線を書き込むと, CDS

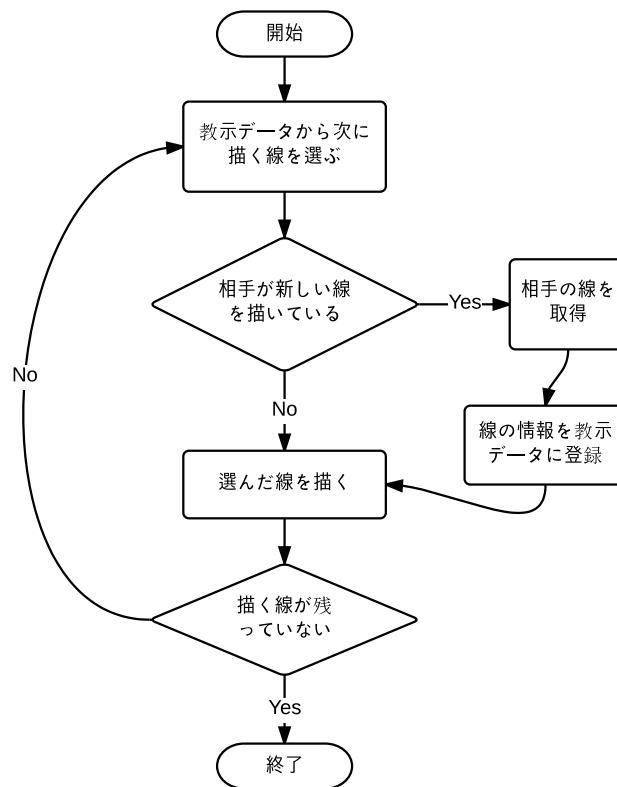


図 2: 人間の描いた線を取得しながら絵を描く処理の流れ.

はそれを検知し, 描かれた線の情報を取得する. また, CDS がキャンパスに絵を描くと, 人間はキャンパスに線が描かれていく様子をリアルタイムに見ることができる.

CDS は, 提示画像をシステムの解釈できる形に変換した教示データを持ち, 教示データに従って絵を描く. CDS が人間の線を取得しながら, 教示データに従って絵を描く処理の流れを図 2 に示す. CDS は, 教示データに含まれる線を描きつくすまで, 教示データから線を選び, その線を描くことを繰り返す. また, 人間がキャンパスに線を描いていることを検知した場合は, キャンパスからその線の情報を取得する.

### 2.2 教示データの作成

教示データは提示画像を CDS の認識できる形に変換したものであり, 人の手で作成する. ひとりの人が提示画像を見ながらマウスで絵を描き, その線のデータから, 一筆と一筆の境目, 線の絶対座標, 線を描くスピードを取得している.

線は一定時間間隔で取得される点の集まりとして取得される. つまり, 線を描く速さは点と点の距離が長いとき速く, 短いとき遅くなる. 線の始まりと終わり

はマウスが押された瞬間と放された瞬間によって取得する。

CDSはCDSのみで絵を描くとき、教示データを作ったときの線のかたち、線を描く速さを忠実に再現することができる。ただし、描き順は記録していない。

### 3 人間に影響を与える要素の見直し

#### 3.1 CDSによるお絵描きの観察

実験において、一緒に絵を描く行為を成り立たせるために、CDSは以下の3つの方針に従って動作する。

- 人間の描いた線の上に線を描かない
- 教示データの中から次の線を選ぶとき、人間の描いている線から遠いものから選ぶ
- 人間の描いた線の近くに位置する線が教示データのまだ描いていない線に含まれていた場合その線はすでに描かれたものとする

この方針は人間とコンピュータの線を描く領域を分離させ、分担のような働きを実現する。

以下に実験の条件を述べる。

- 被験者は始め、一緒に描いている相手は人間だと知らされる。
- CDSの描くスピードは、教示データに基づく（教示データ作成者と同じである）。
- CDSは教示データの中から人間の線から遠い線を優先して選ぶため、人間からはでたらめな描き順に見える。

この実験で著者らは被験者に対して、コンピュータと「一緒に描いた」と感じたか、コンピュータの絵を描く速さ、描き順などについて質問した。

#### 3.2 観察結果

被験者は大学生10名であり、そのうち8名がコンピュータと一緒に描いたと感じた、2名が感じなかったと回答した。一緒に描いたと感じた理由として、絵を描く場所をうまく分担できた、相手がリードして/自分に合わせてくれたなどが挙げられた。反対に、一緒に描いたと感じなかった理由として、絵を描くスピードが自分と違いすぎたという意見があった。

また、コンピュータが絵を描く速さについて、遅い・やや遅い・普通・やや速い・速いの選択肢のうちから、コンピュータの描き順について、自然・どちらかといえば自然・どちらともいえない・どちらかといえば不自然

・不自然の選択肢のうちから回答させた。コンピュータが絵を描く速さは普通だったと答えた人が半数を占めた一方で、コンピュータの描き順については7名がやや不自然、もしくは不自然と回答した。コンピュータが絵を描く速さについて感想などを述べた回答者が複数人いた一方で、コンピュータの描き順について感想などで触れた回答者はいなかった。

#### 3.3 人間に影響を与える要素の仮定

3.2の結果から、著者らはまず、お絵描きにおいて人間に意識されやすい要素とされにくい要素があると考えた。3.2の結果から言えば、相手の絵を描く速さやお互いの絵を描いている領域は意識されやすい要素であり、相手の絵の描き順は意識されにくい要素であると考えられる。

線を描く速さは、一本の線を描く間一定ではなく、線の描き方と密接に関係している。そこで、著者らは人間はお互いに線の描き方を合わせており、コンピュータが人間の線の描き方を真似すると、「合わせてくれている」と感じやすいと仮定した。

また、人間が自分の描く領域と相手の描く領域を意識していることから、コンピュータが自分の描く領域を浸食しすぎず、お互いの領域が離れ過ぎないことで「相手に意識されている」と感じやすいと考えた。

そこで、線の描き方をどのくらい真似するか、人間の描いている線にどのくらい干渉するかを変更できるシステムを考案した。CDSを拡張したこのシステムをCo-Drawing System TOMMY (CDST) と呼ぶ。

### 4 線の描き方を真似する

本研究では、線を描く速さを中心に線の描き方を定義し、CDSTはシステムの持つ「真似度」を使って人間の線の描き方を真似るものとした。真似度に基づいて線の描き方を真似るシステムを実装し、真似度の増減に伴う印象の変化を調査することで、描き方の真似と人間らしさの関係について検証する。

#### 4.1 線の描き方の表現

線の描き方はそれぞれの線ごとに固有であるとし、3つの要素を用いて表現した。

1つ目は、線を描く平均の速さである。これは、線の長さを線に含まれる点の数で割ったものであり、点 $P_t$ と次の点 $P_{t+1}$ の間の距離を $D_{t,t+1}$ 、線に含まれている点の個数を $N$ とすると、平均の速さ $V_{ave}$ は

$$V_{ave} = \frac{\sum_{k=1}^{N-1} D_{k,k+1}}{N}$$

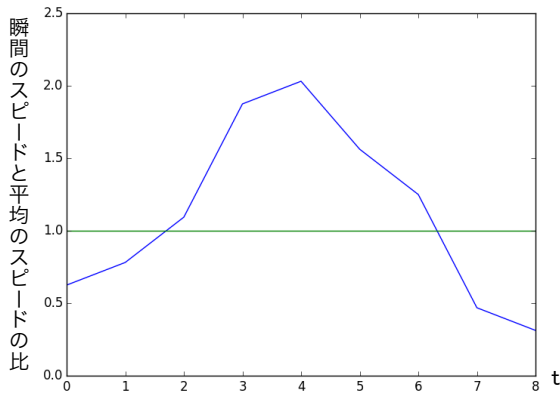


図 3: 描き方のくせの例

と表される。

2つ目は、点と点の間を1区間とすると、それぞれの区間における瞬間的な速さを平均の速さで割った比を全区間分並べたものである。これは、描き始めは遅いが徐々に速くなる、など、描き方のくせを表現するために用意したものである。図3に、描き方のくせをグラフ化した例を示す。縦軸の平均の速さとの比が1のとき、その区間の瞬間の速さは平均の速さとなる。すなわち、図3のようなグラフの場合は、描き始めは描く速さが遅いが徐々に速くなっていき、描き終わりは描き始めのように描く速さが遅くなっていることが分かる。線のある点  $P_t$  と次の点  $P_{t+1}$  の間を区間  $I_t$  とすると、区間  $I_t$  の瞬間の速さは  $D_{t,t+1}$  であり、速さの比  $R_t$  は

$$R_t = \frac{D_{t,t+1}}{V_{ave}}$$

となる。

こうして求めた速さの比  $R$  を区間  $I_1$  のものから区間  $I_{N-1}$  のものまで並べたものが、描き方のくせとして扱われる。

3つ目は、前の線を描き終えてからその線を描き始めるまでの待ち時間である。上記2つの要素は描き方を求めたい線からだけで算出することができるが、この要素はその前に描いた線から継続して時間をはかる必要がある。

## 4.2 相手の線の描き方の取得と真似

CDST は、一緒に絵を描いている相手が線を描くと、その線を取得し、4.1の表現の仕方に従って、相手の線の描き方を算出する。CDST が教示データから選んだある線  $L_c$  を描こうとすると、線の描き方を真似るとは、線  $L_c$  上の点  $P_t$  を描くときの速さ  $V_t$  を真似度に

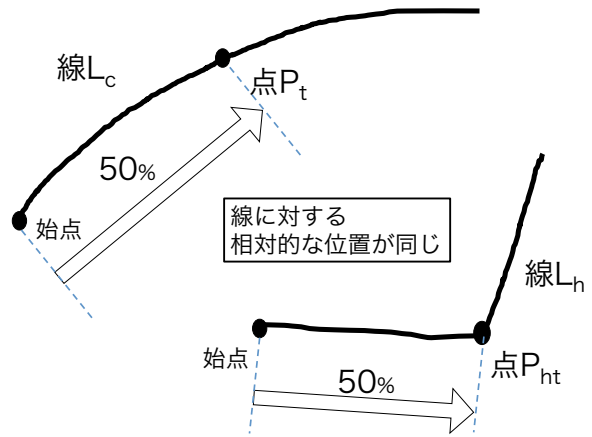


図 4: 線  $L_c$  上の点  $P_t$  と線  $L_h$  上の点  $P_{ht}$  の対応

従って CDST の線の描き方と取得した線の描き方から求めることを言う。真似度が高ければ相手の人間の線の描き方に近くなり、低ければ CDST の線の描き方に近くなる。真似度は 0 以上 1 以下の実数をとる。

CDST が教示データに含まれるある線  $L_c$  を相手の人間の線  $L_h$  から取得した線の描き方を真似して描くとする。真似度が  $M$  のとき、線  $L_c$  上の点  $P_t$  を含む区間  $I_t$  における描くときの速さ  $V_t$  は、

$$V_t = (1 - M)R_{ct}V_{\bar{c}} + MR_{ht}V_{\bar{h}}$$

と求められる。ここで、 $R_{ct}$ 、 $R_{ht}$  はそれぞれ、CDST と相手の人間の点  $P_t$  および線  $L_c$  上の点  $P_t$  に対応する線  $L_h$  上の点  $P_{ht}$  における描き方のくせを指し、 $V_{\bar{c}}$ 、 $V_{\bar{h}}$  はそれぞれ、CDST と相手の人間の線を描く平均の速さを示す。また、線  $L_c$  上の点  $P_t$  に対応する線  $L_h$  上の点  $P_{ht}$  とは、線  $L_c$  に含まれる点の数と線  $L_h$  に含まれる点の数異なることを考慮し、線上の相対的な位置を対応づけたものである。図4に点  $P_t$  と点  $P_{ht}$  の対応を示す。

さらに、教示データから次に描く線を選び、描き始めるまでの待ち時間  $d$  は

$$d = (1 - M)d_c + Md_h$$

で表される。ここで、 $d_c$ 、 $d_h$  はそれぞれ、CDST の待ち時間、相手の人間の待ち時間を示す。

## 5 空間的な干渉度合い

CDST では、線どうしの空間的な干渉度合いの影響をはかるため、次に描く線と人間の線との距離を干渉度によって調節する。すなわち、干渉度によって次の線を教示データの中から選ぶ方法を変える。

まず、教示データに含まれる線のうち、まだ描いていないものを人間の描いた線から近い順にソートする。このとき、人間の線と教示データに含まれるある線の距離は、距離が一番近くなる点の組み合わせの距離とする。

次に  $100 * (1 - \text{干渉度})$  をパーセンタイル値として、ソートされた教示データの線のうち、適切な線を次に描く線として選ぶ。すなわち、教示データのうちまだ描いていない線が  $N$  個あり、干渉度  $S(0 < S \leq 1)$  のとき、次に描く線  $L_n$  がソートされた教示データの線のうち  $0$  から数えた  $n$  番目に位置するとすると、このときの  $n$  は次式で求められる。

$$n = \lfloor (1 - S)N \rfloor$$

したがって、干渉度が高いとき、CDST は人間の描いた線から近い線を優先して描き、低いとき、人間の描いた線から遠い線を優先して描く。ただし、絵が完成するにつれて選択可能な線は少なくなるため、干渉度が高くても人間の描いた線から遠い線を描いたり、干渉度が低くても人間の描いた線から近い線を描いたりする場合がある。

## 6 真似度と干渉度の出現確率と組み合わせ

人間が何かするとき、コンピュータのように正確に同じことを繰り返すことは難しい。コンピュータでも振る舞いにぶれを持たせるため、線の描き方の真似度と線の空間的な干渉度は、線を描く度に三角分布に従う乱数で更新されるとした。

三角分布の確率密度関数  $f(x)$  は

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & (x < b) \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} & (x \geq b) \end{cases}$$

で表される。

ここで、 $a, b, c$  はそれぞれ分布の下限、分布の上限、分布の最頻値を表す。今回は実験的に表 1 のような値を持つ 3 パターンの分布を用いるとした。描き方の真似度は 0 以上 1 以下の実数で、空間的な干渉度は 0 より大きい 1 以下の実数で表す。三角分布の確率密度関数を、横軸を真似度・干渉度の値としてグラフにした図を 5 に示す。真似度が図 5 の分布 (1) から (3) に向かうにつれ、CDST は一緒に描いている相手の線の描き方を真似しがちとなる。また、干渉度が図 5 の分布 (1) から (3) に向かうにつれ、相手の線を邪魔しがちとなる。

CDST の振る舞いは真似度の持つ分布の形状と干渉度の持つ分布の形状の組み合わせによって変化する。真

表 1: 使用した三角分布の係数

	$a$	$b$	$c$
(1)	0.0	0.5	0.2
(2)	1.25	0.75	0.5
(3)	0.5	1.0	0.8

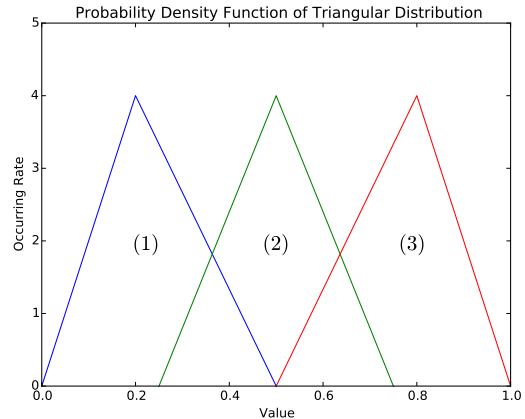


図 5: CDST で用いる三角分布

似度と干渉度はそれぞれ 3 つの分布の形状を持っているので、CDST は 9 通りの振る舞いを持っていることになる。

## 7 まとめ

本研究では、コンピュータが人間と一緒に描き方を真似てくれること、人間が「相手は自分に合わせて描いてくれた」、自分も自然に相手に合わせて描いた」と感じれば、心理状態の重ね合わせを起し、コンピュータとのインタラクション自体を楽しみと感じる可能性があるとの予測のもと、

- コンピュータが人間の描き方の真似をすると、人間は「自分に合わせてくれた」と感じる
- コンピュータが描く領域と相手の人間の描く領域の近づき具合、離れ具合が適切であるとき、人間は「相手が自分を気にしている」と感じる

という仮説を立てた。

また、2 つの仮説を検討するため、人間と一緒に描きができるシステムである Co-Drawing System (CDS) と、人間の線の描き方の真似と人間の線への干渉度合いの調節を可能にした Co-Drawing System TOMMY (CDST) を提案した。CDST の線の描き方の真似、線への干渉度合いの調節はそれぞれ真似度、干渉度で調

節され、それぞれの度合いを変えて組み合わせること  
で、CDST のふるまいを変化させることを示した。  
今後は、実験を通して仮説の検証を行なう。

## 参考文献

- [1] McCorduck, P. *Aaron's Code: Meta-Art, Artificial Intelligence and the Work of Harold Cohen*. W H Freeman & Co., San Francisco, USA, 1990.
- [2] 迎山和司, <http://www.kazushi.info/modules/works>, 2013/9/13
- [3] Davis, N., *Human-Computer Co-Creativity: Blending Human and Computational Creativity*. In *AAAI Technical Report WS-13-23*, AAAI Press (2013), Palo Alto, California, 9-12.
- [4] 山本吉伸, コンピュータとの協調作業は楽しいか, 日本人間工学会快適インタフェース部会シンポジウム講演集, pp.17-24 (1993) .
- [5] 山本吉伸, 松井孝雄, 関一夫, 梅田聡, 安西祐一郎, 計算機システムとのインタラクション-楽しさを促進する要因に関する考察, 認知科学, Vol.1, No.1, pp.107-120 (1994).