

CONTE: 携帯電話を用いた自由曲線を描画可能なイラスト作成ツール

吉 滝 幸 世[†] 太 田 雅 敏[†] 坂 根 裕^{††}
石 原 進^{†††} 水 野 忠 則^{††}

携帯電話を用いて、いつでも、どこにいてもイラストを作成できれば、外出先での出来事や、ふと思いついたイメージを、そのとき、その場でイラストにして、他者に送信したり WWW により公開したりできる。また、途中まで作成した画像を他者に送り、続きを描くことを繰り返して 1 枚の絵を作成するコラボレーションアートなどを手軽に楽しめる。しかし、携帯電話にはマウスやタブレットなどのポインティングデバイスが搭載されていないため、自由曲線を用いたオリジナルイラストを作成することが困難だった。本稿では、携帯電話のボタンのみの操作で自由曲線の描画を実現する 5 種類の描画法およびこれらを用いた描画ソフト CONTE (Canvas ON mobile TELEphone) を提案する。提案した描画法を用いてユーザが意図する画像を描くことができるかを評価実験によって検証し、各描画法の特性を明らかにした。さらに、CONTE と WWW との連携によるモバイル環境でのコラボレーションアートを実現する応用アプリケーションを実装した。

CONTE: A Drawing Tool for Free-form Curves on a Mobile Phone

SACHIYO YOSHITAKI,[†] MASATOSHI OHTA,[†] YUTAKA SAKANE,^{††}
SUSUMU ISHIHARA^{†††} and TADANORI MIZUNO^{††}

If we can draw an illustration with a mobile phone, we can draw an illustration of events and ideas anytime anywhere, and exchange the illustration with others, and publish it. Furthermore we can create pictures in corporate with others. However it has been difficult to draw free form curves using mobile phone, because it doesn't have pointing devices like a mouse and a pen. In this paper, we propose "CONTE" (Canvas ON mobile TELEphone): a drawing tool for free form curves on a mobile phone, and 5 drawing methods for free form curves on a mobile phone. We evaluated the drawing methods by comparing images drawn with a mouse and ones drawn with CONTE. In addition we implemented some web-based applications using CONTE for collaboration arts with CONTE.

1. はじめに

携帯電話を用いて、いつでも、どこにいてもイラストを作成できれば、外出先で起こった出来事や、風景、ふと思いついたイメージなどを、そのとき、その場でイラストにして、ネットワークを介して他者とのコミュニケーションで利用できる。たとえば、作成した画像を基に、Web 上で絵日記を公開したり、友人と携帯電話どうして絵を交換しながら 1 つの絵を作り上げたり、カメラで撮影した画像に自由にイラストを書

き加えたりするなど、コラボレーションアート、エンターテイメントへの応用が可能である。

Java プログラム実行機能やカメラが搭載された今日の携帯電話は、電車の路線検索など、WWW ベースのシステムのアプリケーションや、電子会議への参加¹⁾、遠隔 PC アクセス^{2),3)}、カメラで撮影した写真やムービー⁴⁾を用いたコミュニケーションツールなど、さまざまな用途に利用できる。しかし、PC や PDA と違い、携帯電話の入力インターフェースは、音声以外は 25 個程度のキーのみであり、マウスやタブレットなどのポインティングデバイスは搭載されていない。テガッキー⁷⁾のようにペンを手書き入力インターフェースとして備えた PHS 端末や、ペン入力型 PDA に通信機能を付加した製品が発売されているものの、多くの利用者を獲得するには至っていない。このため、携帯電話上で自由曲線を用いたオリジナルイラストを作成

[†] 静岡大学大学院情報学研究科
Graduate School of Information, Shizuoka University

^{††} 静岡大学情報学部
Faculty of Information, Shizuoka University

^{†††} 静岡大学工学部
Faculty of Engineering, Shizuoka University

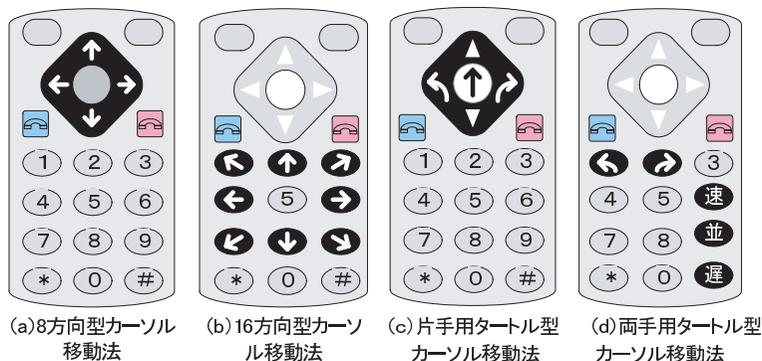


図 1 カーソルの軌跡を用いた自由曲線描画のためのカーソル移動方法

Fig. 1 Interface for drawing free-form curves.

することは困難とされ、これまでには、あらかじめ用意されたスタンプなどを利用して、カードやアニメーションを作成するツール^{5),6)}しか存在していない。

携帯電話上でのイラスト作成を実現するためには、入力インタフェースの制限を克服できる使いやすい自由曲線描画手法が必要である。本稿では、ボタン操作のみで曲線を描画する 5 種類の自由曲線描画手法を提案し、これらを用いたイラスト作成ツール CONTE (Canvas ON mobile Telephone) を提案する。さらに、定量的評価実験により、提案した曲線描画手法の特性を明らかにする。

CONTE を利用することで、携帯電話の限られた入力インタフェースのみで滑らかな曲線の描画が行え、オリジナルイラストを作成したり、カメラで撮影した画像に自由に落書きしたりできる。さらに、WWW を用いた補助アプリケーションを用いることで、携帯電話で作成した画像を WWW サーバ上に保存して後から PC 上で参照することや、画像の他者への公開、交換、他者が描いたイラストの描画手順の再生などが可能となる。

以下、2 章で携帯電話について 5 つの手法を提案する。イラスト描画アプリケーションで必要となる自由曲線描画手法について述べる。3 章では、CONTE の実装およびネットワークの連携機能について述べる。4 章では提案インタフェースの定量的評価実験の結果とその考察を述べ、5 章で CONTE の応用例を示し、6 章にまとめを述べる。

2. 携帯電話を利用した画像作成

2.1 携帯電話によるイラスト作成の意義とその課題

携帯電話を用いて自由にイラストを描画することができれば、いつでもどこでも誰でも手軽に、電子的なイラストを作成し、他者に送信したり、文章を加えて

絵日記を書いたり、遠隔地にいる人と交代に絵を描いたりすることなどができる。このような利便性は、普及率や携帯性が PC や PDA に比べてきわめて高い携帯電話を用いるからこそ得られる。しかし、その実現においては、携帯電話の入力インタフェースの制限を克服する必要がある。

入力インタフェースにおける PC, PDA との最も大きな違いは、PC や PDA にはマウス、ペンなどのポインティングデバイスが標準搭載されているのに対し、携帯電話にはテンキーしか備えられていないことである。ポインティングデバイスを外部接続することができれば、PDA と同様の入力インタフェースを備えることができるものの、外出先で自由な曲線描画のためだけに外部接続機器を利用することは煩わしく、現実的ではない。そこで、本章では、外部接続機器を利用せず、携帯電話のボタンのみの操作による自由曲線の描画手法を提案する。

2.2 自由曲線描画手法

一般に画像作成を行う場合、曲線描画法として主に利用される方法には、①ポインティングデバイスなどを利用してカーソル移動を行い、その移動する軌跡を用いて曲線描画を行う方法と、②制御点を配置し、それらの補間曲線を描く方法の 2 種類がある。本章では、携帯電話での利用を前提として、これらそれぞれの描画法による具体的な曲線描画手法を提案する。

携帯電話で①の方法を用いて描画する場合、カーソルの移動の方法によって使いやすさが異なる。図 1 (a) に示すように、単純に上下左右キーのみを用いると、カーソルの移動方向が 8 方向のみに限定されてしまう(以後この移動法を 8 方向型移動法と呼ぶ)。また、上下左右キーには機種依存があり、上下への入力にダイヤル状のインタフェースを用いる端末が存在する。そのため、上下左右キーのみを利用して曲線を描画す

ることは困難である。そこで数字キーを用いて滑らかな曲線を描画するために、カーソル移動法として、16方向型移動法および、タートル型移動法の2つを提案する。

2.2.1 8方向型/16方向型移動法

16方向型移動法では、図1(b)のように、1~9の数字キーを上下左右、斜めのカーソル移動に割り当てる。1と2などの隣接するキーの同時押しを利用することで、16方向へのカーソル移動を実現する。

この移動法の利点と欠点は以下のとおりである

利点 数字キー5を中心とした8つのキーの位置と、カーソルが移動する方向が対応しているため、操作方法の理解、習得が容易である。

欠点 片手のみを利用して画像を作成するユーザにとっては、複数キーの同時押しや、離れた位置にあるキーを押すことが難しい。

2.2.2 タートル型移動法

タートル型移動法は、8方向型移動法や、16方向型移動法よりも、より滑らかな曲線描画を目指し、かつ描画に必要とするキーが少ないカーソル移動法である。この移動法では、「発進・停止キー」と「左旋回キー」、「右旋回キー」の3つのキーを利用する。このタートル型移動法という名前は、この移動法がLOGO言語⁸⁾におけるタートルグラフィックスに似ていることに由来する。

カーソルはつねに現在の進行方向を記憶している。カーソルが停止している状態では、図2のように、現在の進行方向に向かって矢印が表示される。カーソルの方向転換には左右いずれかの旋回キーを利用する。旋回キーを押すごとに、進行方向が少しずつ変化し、全16方向へカーソルの向きを変えることができる。カーソルが移動している間に旋回キーを押すことで、滑らかな曲線の描画が可能である。カーソルの向きの変更は、カーソルの位置を固定したままでも可能とする。カーソルの方向転換を、カーソル移動を停止させてから行うことで、複雑な曲線を描画できる。

この移動法の利点と欠点として以下の項目があげられる。

利点

- 描画に最低限必要なキーが3つと少ないため、片手のみでも簡単に操作できる。
- 曲線を描くときは、1つのボタンを繰り返し押すだけでよいので、操作が容易に行える。
- 曲線の角度の変化を少しずつ行うため、滑らかな曲線を描きやすい。

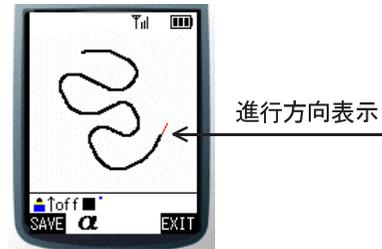


図2 進行方向の表示

Fig.2 Direction of the cursor.

欠点

- 鋭角を多用した画像を作成するには、いったんカーソルを停止し、進行方向を決めてからカーソル移動を行う必要があるため、操作が煩雑になり、描画に時間がかかる。
- 自由曲線の描画操作以外の操作との違いが大きい。たとえば、単純にスタンプを配置するような操作では、タートル型以外のカーソル移動法を使用するほうが自然である。

タートル型移動法のキー配置

携帯電話の特徴に、メールなどの文字入力を、両手と片手のどちらでも行えるという点がある。両手を使う場合は、キーを2つ以上同時に押すことで、複数の動作を同時に行うことができるが、片手のみを使う場合は、数字キー1と数字キー9などの離れた位置にあるキーを交互に押す操作や、複数のキーを同時に押す操作が難しい。そのため、片手のみで操作するユーザのためには、少ない操作で簡単に描画できることが望まれる。

そこで、タートル型移動法のキー配置として、片手入力向けと両手入力向けの2種類のキー配置を提案する。

片手用キー配置 片手用キー配置では、キーの同時押しを必要とせず、片手だけで簡単に操作できることを目的とする。キー操作の負担を軽減するため、カーソルの移動には、通常の携帯電話での利用頻度の高い上下左右キーを利用する。

図1(c)に、片手用キー配置を示す。図1(c)のように、携帯電話の決定キーをカーソルの移動開始・停止に割り当て、携帯電話の左右キーを左右旋回キーとする。移動開始キーを押すとカーソルが移動し始め、もう1度押すと停止する。カーソルが移動している間に旋回キーを押すことで、曲線を描画できる。片手入力用インタフェースでは、自動的にカーソルが移動するため、ユーザの好みに応じたカーソルの移動速度が得られることが重要である。そこで、携帯電話の上下

キーでカーソルの移動速度を変更できるようにする。両手用タートル型キー配置 両手用のキー配置では、数字キーをカーソル移動に使用し、左右の手によるキーの同時押しを活用することで、より簡単にユーザが意図したとおりの曲線が描けることを目指している。図 1 (d) に、両手用キー配置を示す。数字キー 1, 2 を左右旋回キーに割り当てる。数字キー 6, 9, # キーには速度の異なるカーソル移動に割り当て、順に速・中・遅とする。カーソル移動用のいずれかのキーが押されている間だけカーソルを移動させ、キーから手が離れるとカーソルの移動を止める。これによって、カーソル移動の停止および速度の微調整を容易にしている。

2.2.3 補間曲線を用いる手法

補間曲線を利用した曲線の描画には、制御点のすべてを必ずしも通過しないで曲線を描画する方法と、これらをすべて通過する曲線を用いる方法の 2 種類が考えられる。前者で一般的なものはベジェ曲線であり、後者で一般的な方法はスプライン曲線である。

ベジェ曲線の場合、補間曲線は制御点のすべてを通過しないため、ユーザが描画される曲線を想像しにくいという問題がある。また、PC などにおける画像作成ツール上でベジェ曲線を利用する場合においても、制御点の配置後にこれらの位置の補正を必要とする場合が多い。しかし、ポインティングデバイスの存在しない携帯電話上でこの方法を実現すると、制御点の位置補正に必要なカーソル移動にともなう負担が大きくなる。

一方、スプライン曲線では、あらかじめ配置した制御点を必ず通過する曲線が描画されるので、ユーザにとってはベジェ曲線よりも、描画される曲線の見当が付きやすいという利点がある。そこで本稿では、補間曲線としてスプライン曲線描画を採用することとした。

具体的には、前述のカーソル移動法によってカーソルを移動させ、数字キー 5 の押下で制御点を画面内に配置し、数字キー 5 をダブルクリックすることで描画を完了する。描画が完了すると、配置した制御点をすべて経由した曲線が描画される。

この描画法の利点と欠点は以下のとおりである
利点 制御点を配置するだけで曲線の描画を簡単に行える。

欠点 描画を完了するまで、どのような曲線が描画されるのかわからないため、意図しない曲線が描画されてしまう可能性がある。

2.3 WWW との連携

現在の携帯電話では、セキュリティ上の制限のため、携帯電話どうしてユーザプログラム間の直接通信は



図 3 CONTE の利用画面

Fig. 3 A screenshot of CONTE.

できない。また、携帯電話内ではメモリの制限により作成した画像を保持できる枚数が限られる。他者とのデータ交換や画像の保存のために WWW サーバを利用する。WWW を利用することで、携帯電話で作成した画像を用いた多くの応用が可能である。応用例の詳細は 5 章で述べる。

3. CONTE の実装

3.1 実装状況

前章で述べた描画手法と、WWW サーバとの連携機能を持つ携帯電話上のアプリケーション CONTE (Canvas ON mobile TELEphone) を実装した。実装は NTT DoCoMo i モード Java を利用して行い、松下通信製の携帯電話 P504i で動作確認した。P504i がダウンロードできる Java プログラムサイズは 30 KB までに制限されている。CONTE のプログラムサイズは 8 方向型、16 方向型、スプライン曲線描画を統合したものが 24.0 KB、タートル型が 15.90 KB である。データ保存などの機能を提供する WWW サーバシステムは Java サブレットで実装した。

CONTE の利用画面を図 3 に示す。作成できる画像サイズは携帯電話によって異なるが、動作確認を行った機種では 132 pixel × 128 pixel である。色は 16 色から選択できる。カーソル移動速度は、速 (5 pixel/sec) 中 (3.7 pixel/sec) 遅 (2.5 pixel/sec) の 3 通りから選択できる。

描画機能としては、2 章で述べた自由曲線描画機能 (ペンツール) に加えて、塗りつぶし、図形描画 (矩形と楕円)、スタンプ (5 種)、消しゴム、画面のクリア、UNDO が実装済みである。ペンツールで利用できるペンのサイズは 10 種類ある。実装上スプライン曲線による描画を行う場合に、折れ線を描くときは、いったん描画中のスプライン曲線を終端した後、再び描画する必要がある。これは実装に依存した制限であ

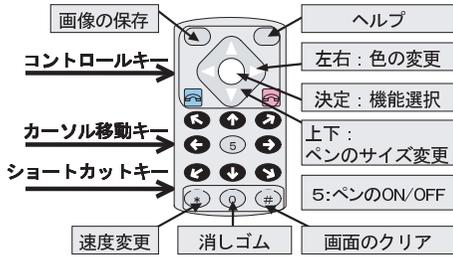


図 4 16 方向型移動法のためのキー配置

Fig. 4 Key arrangement for 16 direction moving method.

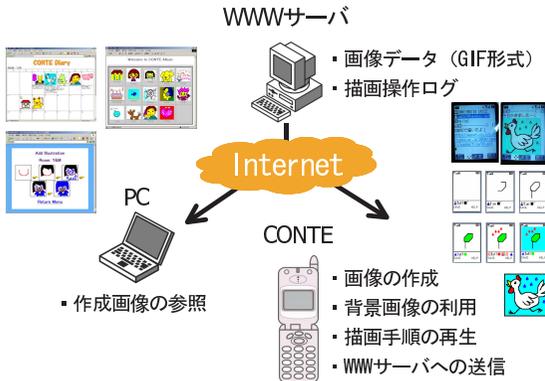


図 5 システム構成

Fig. 5 System overview.

る。現在選択している色や機能は画面の下部に表示され、描画中いつでも確認できる。

WWWサーバを利用した画像の保存と読み込み、背景画像のダウンロード機能も実装した。この CONTE と WWW との連携機能によるアプリケーションとして、CONTE Album, CONTE Player, CONTE Diary, Illustration Mail, リレーイラストを実装した。実装した応用アプリケーションの詳細に関しては 5 章で述べる。なお、現段階では文字入力機能は未実装である。

携帯電話の各キーには、2 章で示した自由曲線の描画に必要なキーに加え、機能の選択のためのキーや、頻りに利用する機能へのショートカット用のキーを割り当てた。図 4 に 16 方向型のカーソル移動を行う場合のキー配置例を示す。

3.2 システム構成

図 5 にシステムの全体構成を示す。ユーザは携帯電話上で、上述した機能を利用して画像作成を行う。作成した画像は、端末内の記憶領域か WWW サーバ内に、GIF 画像として、描画操作ログとともに保存される。WWW サーバ上に保存された GIF 画像は、他者にメールで添付するときや、待ち受け画面に設定する

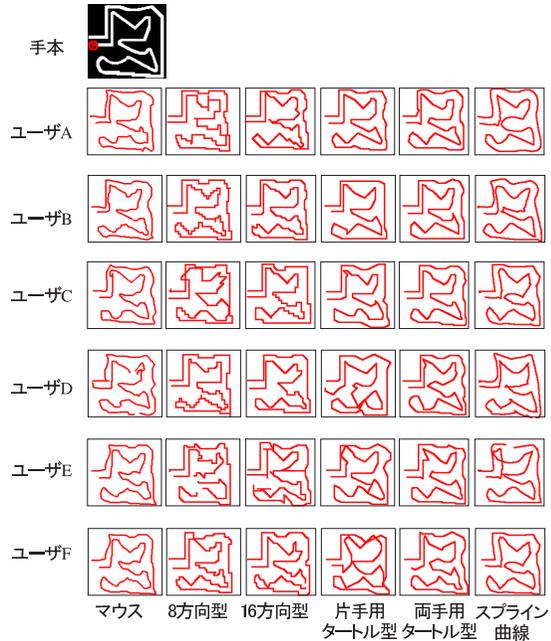


図 6 作成画像のサンプル

Fig. 6 Samples of illustrations.

ときに利用される。描画操作ログは CONTE Player で利用され、画像の描画手順の再生のため用いられる。

携帯電話上でのイラスト作成に利用する背景画像は WWW サーバ上に用意する。これらを利用する場合、描画操作の前に、利用する GIF 画像を WWW サーバからダウンロードする。

携帯電話上では、背景画像と作成画像は別のレイヤに描画され、画像の保存時にサーバ上で背景画像と作成画像の合成を行う。

4. 評価実験

提案した 5 通りの曲線描画法の特徴比較を行うため、実装した CONTE を用いて評価実験を行った。描画法の違いが曲線描画の正確さと描画時間に及ぼす影響、およびカーソル移動速度が作成画像に及ぼす影響を定量的に評価した。さらに各描画法による作成画像の特徴を調べた。

4.1 描画法が正確さと描画時間に及ぼす影響

実験内容

描画方式の違いが曲線描画の正確さと描画時間に及ぼす影響を定量的に評価するため、以下のような実験を行った。図 6 に示すさまざまな直線と曲線を含む手本を、8 方向入力、16 方向入力、スプライン曲線、片手用タートル型、両手用タートル型のそれぞれの方式を利用して、被験者に、背景に表示された手本画像の

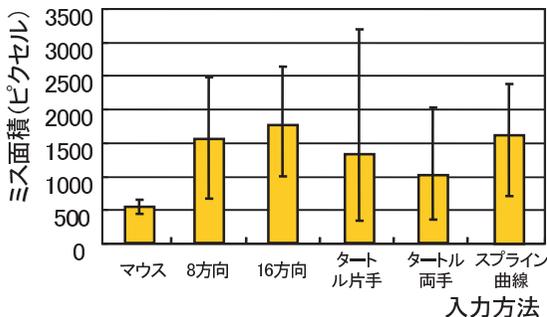


図 7 ミス面積
Fig. 7 Size of mistake area.

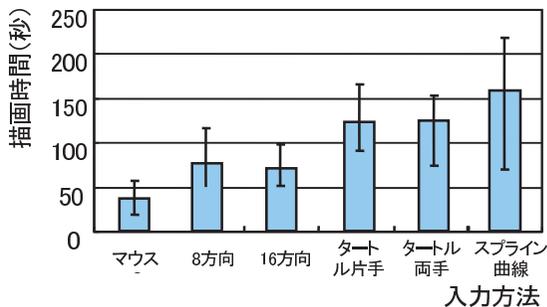


図 8 描画にかかった時間
Fig. 8 The time required for drawing an illustration.

白い部分をなぞってもらった。手本画像の白い部分の幅は、最も太いところで 7 pixel, 最も細いところでは 4 pixel となっている。描画できる線の太さは 3 pixel である。

実験後、被験者の描画した曲線が手本画像の白い部分からはみ出した面積 (ミス面積) と、描画に要した時間を計測した。描画時間の計測にはストップウォッチを用いた。ミス面積と描画時間がともに少ないほうが、ユーザが意図した画像を容易に描画できているといえる。被験者には、実験前に十分に CONTE の各描画インタフェースに慣れてもらってから実験を行った。描画時間にばらつきが生じる可能性があるため、この実験では消しゴム機能と UNDO 機能の使用は禁止した。また、カーソル移動速度はすべて中に固定した。比較の目安とするため、PC 上で、マウスを用いて同様の実験を行った。

PC 上のマウス入力には、Microsoft ペイントの自由描画ツールを用いた。PC の画面上では、今回の実験で用いた携帯電話で作成できる画像サイズ (132 × 128 pixel) を携帯電話の画面と同じ大きさで表示させた。実験後、アンケートを行い、被験者に各カーソル移動法の持つ特徴について、図 9 に示す 6 項目をそれぞれ 7 点満点で評価してもらった。被験者は学生 15 名である。

実験結果

図 6 にユーザによって描画された画像のサンプルを示す。また、図 7 にミス面積を、図 8 に描画時間の平均値を示す。図 7、図 8 中の誤差線は最大値・最小値を示している。

a) ミス面積

提案した 5 通りの描画法のうち、最もミス面積が少なく描画できていたのは両手用タートル型移動法だった。また、マウスを用いた場合はミス面積の最大値と最小値の差が 200 pixel 以内であったのに対し、他の

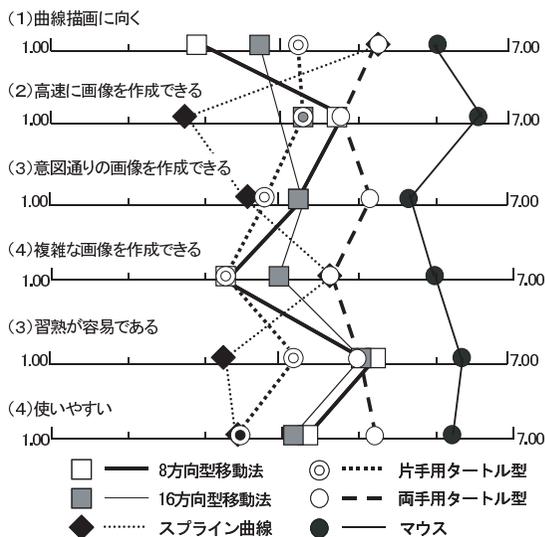


図 9 アンケート結果 (7 点満点評価)
Fig. 9 The results of questionnaires (7 point full marks).

描画法はこの差が 1,500 pixel 以上あった。特に片手用タートル型は、3,000 pixel 近い差があった。これは、図 6 のユーザ F が片手用タートル型を利用して作成した画像のように、適切な位置にカーソルを停止させられず、手本から大幅に外れてしまうことがあるためと考えられる。

b) 描画時間

描画時間は、8 方向、16 方向移動法が同程度の時間となっており、マウスに次いで高速に描画できていた。スプライン曲線やタートル型は描画時間が長かった。最も描画に時間がかかったのはスプライン曲線である。この理由として、マウスや 8 方向型、16 方向型では、方向の決定と描画操作を同時に行うのに対し、スプライン曲線と片手用、両手用タートル型は、方向の決定や制御点の配置と描画操作が分かれていたことが原因と考えられる。

スプライン曲線描画は、滑らかな曲線が描画される経由点しか配置できない仕様であったことも、描画時間が長くなった一因として考えられる。今回の実装では、折れ線を描画する場合にはいったん描画を終了し、もう1度曲線描画を始める必要があったが、経由点を追加するときに、滑らかに描画できる経由点と、折れ線が描画される経由点を選択できるようにすれば、描画時間が軽減される可能性がある。

また、2.2.3 項で述べた、制御点を必ずしも通らない補間曲線であるベジェ曲線については、スプライン曲線よりも煩雑な操作を必要とするため、描画時間はこれよりも長くなるものと推測する。

c) アンケートによる評価

アンケートでは、曲線の描画、高速な描画、意図どおりの画像作成、複雑な画像の作成、習熟の容易さ、インタフェースの使いやすさの6つの基準について、それぞれ7点満点で評価してもらった。この評価結果の平均値を図9に示す。

マウスはすべての項目に対して最高の得点となっている。特に、高速な描画に関しては6.7点と、満点に近い高得点だった。

8方向型移動法と16方向型移動法の各質問に対する得点の傾向は、マウスの傾向と似ている。高速な描画や、習得の容易さに関しては他の質問よりも得点が高くなっているが、曲線の描画や複雑な画像の作成、使いやすさに関しては、得点が低かった。

片手用タートル型移動法と両手用タートル型移動法の、各質問に対する得点の傾向もおおむね似ていた。マウスや8方向、16方向型移動法に比べ、質問ごとの得点の差は少なかった。片手用タートル型は、その中でも複雑な画像の作成が難しく、使いにくいと感じている被験者が多い。両手用タートル型は、マウス以外の描画法の中では、すべての質問に関して得点が高かった。

スプライン曲線に対する評価は、他のどの描画法とも似ておらず、質問ごとの得点の差が大きかった。スプライン曲線は、曲線の描画や、複雑な画像の作成には向いているが、高速に画像を作成することは困難であると感じている被験者が多かった。また、習得も難しく、使いにくいと感じている被験者も多かった。

4.2 カーソル移動速度が画像へ及ぼす影響

実験内容

マウスやペンをを用いる場合、ユーザは自身の手の動きにあわせてカーソルを動かすことが可能だが、ボタンによってカーソルを動かす場合、カーソルの移動速度は、あらかじめ設定された速度に制限されてしまう。

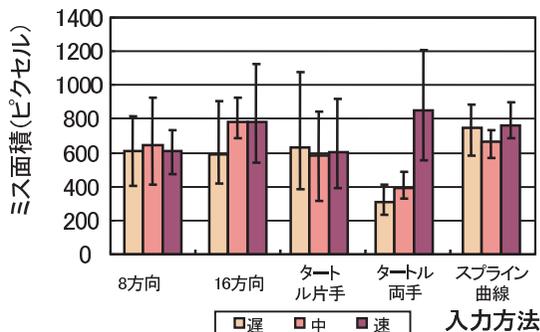


図 10 カーソルの移動速度によるミス面積の違い

Fig. 10 Differences of the size of mistake area by cursor speed.

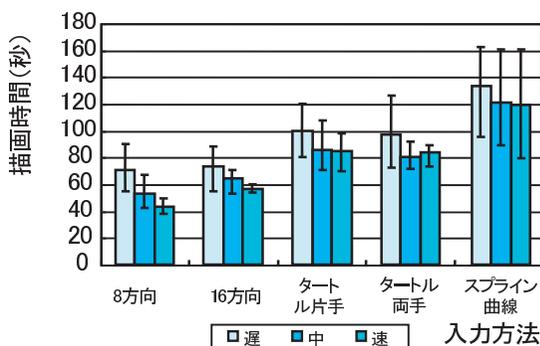


図 11 カーソルの移動速度による描画時間の違い

Fig. 11 Differences of time required for drawing by cursor speed.

これは描画時の操作感や、描画時間に影響を及ぼすと推測される。そこで、各描画法において、カーソル移動速度を変化させたときに、画像の描画時間やミス面積に及ぼす影響を調べるため、実験を行った。実験では被験者に、各描画法について速・中・遅の描画速度を用い、実験1と同じく手本画像の白い部分をなぞってもらった。

被験者らには、実験前に十分に CONTE の各描画インタフェースに慣れてもらってから実験を行った。この実験では消しゴム機能と UNDO 機能の使用は禁止した。被験者は学生3名である。

実験結果

実験2で得られたミス面積の平均を図10に、描画時間の平均を図11に示す。

図10より、ミス面積に関しては両手用タートル型の場合は描画速度による違いが顕著に現れた。8方向型、16方向型移動法や片手用タートル型では速度によるミス面積の差は少ないが、両手用タートル型では、速度を速にした場合のミス面積だけそのほかの速度よりも400ピクセル以上多く、思いどおりの画像作成は

難しいようだった。

図 11 より、総じて描画時間を遅くしたときが最も長くかかっており、速くなるにつれ、描画時間が短くなるのが分かる。

4.3 作成画像の特徴比較

実験内容

提案した各カーソル移動法を用いて描画した画像の特徴を調べるため、実験を行った。実験では被験者に、各描画法を利用して、指定した手本画像をなぞってもらった。手本画像には、図 12 左に示すように、さまざまな角度へのカーソル移動を必要とする 4 種類の図形を用意し、実験 1 と同様、手本画像の白い部分をなぞってもらった。さらに、意味のある絵を描いた場合の作成画像の特徴比較を行うため、3 名の被験者に対し、PC 上でマウスを利用して図 13 のような犬の絵を目標画像として作成してもらい、各カーソル移動法を用いて、それぞれが作成した目標画像に似せて描いてもらった。

実験 2 の結果から、描画速度は速いほうが画像を高速に描画できるが、描画速度を遅くしても、必ずしもミス面積が最小となるわけではないことが確かめられている。このことから、作成画像の特徴を調べるためには、被験者が最も描きやすいと感じた速度で描画してもらった画像を比較するのが最適と考えた。

そこで、被験者には、速・中・遅のすべてのカーソル移動速度を試してもらい、実験時はその中で最も使いやすい速度で描画してもらった。また、描画に要した時間を計測した。実験後に被験者らに各描画法の最適な描画速度について意見を得た。

図 12 の各手本をなぞってもらう場合は消しゴム機能と UNDO 機能の使用は禁止したが、図 13 の場合は、作成する画像の目標はあるものの、背景には画像を表示せず、実際に CONTE で絵を描画するように自由に絵を描くことを想定しているため、機能に制限を設けなかった。被験者は学生 3 名である。

実験結果

図 12、図 13 に、本実験でユーザが描画した画像を示す。この図より、各入力方式の特徴を分析する。各画像の下部に、描画時間とカーソル移動速度を示す。

a) 人工的な画像

図 12 より、マウスでは直線の描画が難しく（手本 A, B, C）、手本 D のような曲線の描画は、滑らかには描けているが、手本どおりの円の形にはなっていないのが分かる。

8 方向型移動法を使用した場合、手本 A だけ手本と似ているが、そのほかの手本に関しては、斜めの線や

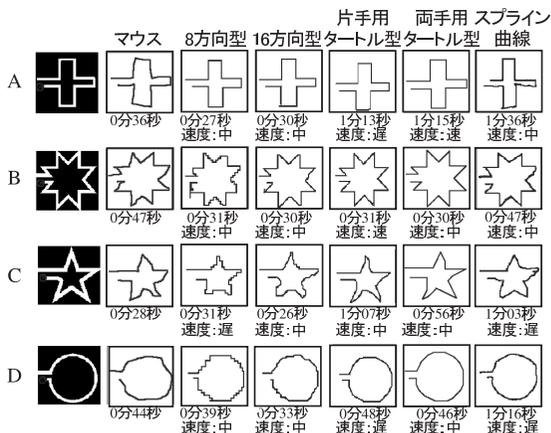


図 12 描画法による作成画像の違い I
Fig. 12 Differences of the illustrations by drawing method (I).



図 13 描画法による作成画像の違い II
Fig. 13 Differences of the illustrations by drawing method (II).

曲線が正確に描かれていない。

16 方向型移動法では、手本 A だけでなく、手本 B も上手になぞることができている。これは、斜めへの入力にキーが割り振られているため、キーの同時押しを行わなくても、斜めの向きの描画が簡単に行えるためである。しかし、8 方向型移動法と同様、手本 C、D に関しては滑らかに描くことはできなかった。

スプライン曲線で描画した場合は、どの図形も手本に近いものを描くことができる。

片手用、両手用タートル型移動法では、曲線を含む手本 D も大きなずれなく描くことができていた。手本 C 以外は手本とほぼ同じ図形を描画することができる。手本 C の星の絵は、線の傾きが 16 方向のどの角度にも対応していないために、手本と似てはいるが、角度には、ずれがあった。

b) 一般的なイラスト

各描画法を用い、図 13 の目標画像に似せて作成してもらった画像について比較した。

8 方向型移動法では、どの被験者による作成画像も、目標画像とは似ておらず、曲線の部分も直線で描かれていた。

16 方向型移動法では、被験者 B はかなり手本に似ている絵を描くことができていたが、描画時間は 7 分 16 秒と、他の描画法を用いた場合よりも 2 分以上長かった。このとき被験者 B は、描画速度を遅にしていた。被験者からは、カーソル移動に使うキーが多いため、押す方向を間違えたという意見があった。

スプライン曲線描画は、どの被験者も手本に似せることができていた。描画速度は全員が中となっていた。また、スプライン曲線が一番楽で、最も描きやすかったという意見を、被験者 B と C の 2 名から得た。

片手用タートル型移動法は、被験者 A、B は曲線を滑らかに描くことができていた。被験者 C の作成した画像では、他の描画法で作成した画像よりも、描き込みが少ない。被験者 C からは、自動的にカーソルが移動してしまうため、描きすぎてしまうという意見を得た。また、左右で進行方向を変更するときに、方向を間違えて描き始めてしまい、思いがけない方向にカーソルが進んでしまうことがあるようだった。

両手用タートル型移動法では、全員がカーソル速度を遅くしているが、滑らかな曲線を用いた画像を作成することができていた。被験者からは、8 方向型、16 方向型に比べて曲線を描画しやすいという意見があった。また、片手用タートル型と違って、カーソルが自動で進まないのが、安心感があるという意見が得られた。被験者 A からは、両手用タートル型移動法が最も描きやすいという意見を得た。

4.4 各描画法の特徴

実験から明らかになった各描画法の特徴をまとめる。

8 方向型移動法 描画法の習熟は容易であるが、曲線の描画は難しく、画像の作成には不向きである。

16 方向移動法 高速に滑らかな曲線を描くことは難しいが、細かい操作が可能のため、時間をかけて丁寧に描画することにより、ユーザの意図する画像を作成できる。

片手用タートル型移動法 描画中にカーソルが自動的に移動するため、細かい画像や複雑な画像の作成は難しく、習熟に時間を要する。

両手用タートル型移動法 携帯電話で画像の作成を行ううえで適している描画法といえる。速度は比較的遅めにするのが適切だと考えられる。

スプライン曲線 描画される曲線を予測することが難しく、正確さを要求される画像の作成は難しい。しかし、図 13 の犬の絵を描いた被験者 3 名中 2 名が、最も描きやすいと感じていることから、自由に絵を描画する場合は有効であるといえる。

5. CONTE を利用した応用アプリケーション

CONTE を用いて携帯電話で描画した画像は、WWW サーバを介して他者への公開や、送信が可能である。この機能を用いることで、CONTE は、いつでもどこでもネットワークを介して他者とのイラストの交換を行いながら 1 つの絵を完成させていくというコラボレーションアートや、出先のさまざまなところで作成した絵を他者と交換しあったり、日記にしたり、その絵の描き方を教えあったりすることなどのコミュニケーションに利用できる。本章では、CONTE の応用アプリケーション例を示す。これらの利用例はすべて実装済みであり、利用画面は実際にそのアプリケーションを使用して得たものである。

リレーイラスト 作成されている画像に追加して書き込みを加えることができる。画像を保存するときに、次に送りたい人のメールアドレスを書いて保存すると、その人に画像が送信される。これを繰り返すことで、前の人を書いた画像に次々と書き加えていくことができる。このとき、毎回サーバ上に絵が保存されるので、WWW ブラウザから画像が変化する過程を誰でも見えて楽しむことができる。リレーイラストの利用画面を図 14 に示す。

Illustration Mail 作成画像を保存するときに、送信したいメールアドレスを記入することで、WWW サーバ上に保存された画像へのリンクをメールで送信する。メール受信者は、そのリンクにアクセスするこ



図 14 リレーイラストの利用画面

Fig. 14 A screenshot of relay illustration.



図 15 Illustration Mail の利用画面

Fig. 15 A screenshot of illustration Mail.



図 17 CONTE Diary の利用画面

Fig. 17 A screenshot of CONTE Diary.



図 16 CONTE Album の利用画面

Fig. 16 A screenshot of CONTE Album.

とて画像を閲覧できる。作成画像は WWW サーバ上に 1 枚保存すればよいので、複数人にメールを送ったとしても、送信者側の通信費は安く済むといったメリットがある。Illustration Mail の利用画面を図 15 に示す。

CONTE Album 画像を WWW サーバ上で自分の作品を公開できる。見知らぬ人からコメントをもらうなど、CONTE で作成した画像を利用したコミュニケーションを実現する。CONTE Album の概観を図 16 に示す。

CONTE Player 他者の描いた絵の手順を、アニメーションのように再生する機能である。画像作成時に画像の描画操作ログを WWW 上に保存しておくことで、以前に描かれた絵が、どのような手順で描かれたのかを知ることができる。

同様の機能は、PC 上で動作するペイントソフトウェア openCanvas⁹⁾ などでも提供されている。

CONTE Diary CONTE で作成した画像やテキスト、モバイルカメラで撮影した写真やムービーなどを統合した Web 上の電子的な絵日記を作成できる。たとえば、携帯電話を用いて外出先で撮影した写真に落書きをして、文章を書き、まとめて WWW サーバ上に転送すると、サーバ上で HTML を生成し、携帯

電話や PC のブラウザ上からその日記を参照することができる。CONTE Diary の利用画面を図 17 に示す。CONTENTS 筆者らは携帯電話を利用した同期共有ホワイトボード CONTENTS¹⁰⁾ に関する研究も行っている。複数のユーザで 1 つのホワイトボードを共有するための通信手法を提案している。CONTENTS のインターフェイスには、本稿で提案したカーソル移動法を採用している。CONTENTS を利用することで、遠隔地にいるユーザ同士が共有ホワイトボードを介したコラボレーションを行うことが可能となる。

なお、リレーイラスト、CONTE Diary は asp で実装している。CONTE Album は JSP で実装を行った。Illustration Mail と CONTE Player は JAVA サーブレットにより実現した。CONTENTS は i アプリとして実装されている。

6. まとめ

本稿では、携帯電話のボタンのみの操作で自由曲線の描画を実現する 5 種類の描画法を提案し、プロトタイプシステム CONTE (Canvas ON mobile Telephone) を実装した。CONTE を利用することで、マウスやペン入力が存在しない、一般的なボタンのみの携帯電話インターフェイスで、いつでもどこでも自由に電子的なデータとしてイラストを作成できる。さらに、WWW サーバを介した画像の保存や、作品の公開、他者への画像の送信や、途中まで作成した画像を他者に送り、続きを描くことを繰り返して 1 枚の絵を作成することなどの、モバイル環境で絵を介したコミュニケーションが可能となる。

各描画法の特徴を調べるための評価実験から、両手用タートル型移動法と、スプライン曲線が携帯電話上での画像作成に向いている描画法であることが分かった。

今後の課題として、使いやすさの向上があげられる。

現在は使用しているペンの太さやなどを制御領域に表示しているが、これらをを一時的に描画領域内に表示して視線の移動範囲を減少させ、よりスムーズな描画を可能にするなど、使いやすいインタフェースを提案し、これまでの表示方式を用いた場合との描画時間や、使いやすさを比較する予定である。また、携帯電話のみならず、より画面サイズは大きい、必ずしもペンやマウス入力インタフェースを備えないPDAへ提案方式を適用した場合の有効性の評価も、課題としてあげられる。

なお筆者らは、携帯電話とPCやPDA間で、画像を用いたコラボレーションやコミュニケーションへの応用を検討している。この場合、個々の機器のインタフェースの制限の克服のみならず、機器間のインタフェースの格差にともなうコミュニケーション上の問題を吸収するための機構が必要となろう。

謝辞 評価実験を手伝ってくださった静岡大学、静岡文化芸術大学の学生の方々に深く感謝する。

参 考 文 献

- 1) 川口, 石原, 水野: PCと携帯電話の混在環境における電子会議システム, 情報処理学会研究報告 2002-GN-42, Vol.2002, No.6, pp.7-12 (2002).
- 2) Su, Sakane, Tukamoto and Nishio: Rajicon: Remote PC GUI Operations via Constricted Mobile Interfaces, *Proc. Int'l Conf. on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2002)*, pp.251-262 (2002).
- 3) 中須, 志築, 田中: 携帯電話版 VNC システム, インタラクシオン 2002 論文集, pp.217-224 (2002).
- 4) 加治木: リアルタイム圧縮伸張による動静止画像の高速通信及び画像認識, IPA 創造的ソフトウェア育成事業最終成果発表会論文集. <http://www.ipa.go.jp/NBP/CREC/CRlist66.html>
- 5) 株式会社プラザクリエイト: 気持ちメッセージャー. <http://www.plazacreate.co.jp/release/list/2002/020318.html>
- 6) ケイ・ラボラトリー: Euvo フレームスタンプ. <http://www.klab.org/j/application/euvo/>
- 7) TOSHIBA: テガッキー. http://www.toshiba.co.jp/about/press/1999_01/pr_j2101.htm
- 8) Papert, S.: *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, Basic Books, New York (1980).
- 9) 作成画像の再生を可能とするソフト “openCanvas.” <http://www.portalgraphics.net/>
- 10) 太田, 吉滝, 坂根, 石原, 水野: CONTENTS: 携帯電話上での同期式ホワイトボードの実現, *DI-*

COMO2002, pp.483-486 (2002).

(平成 14 年 7 月 9 日受付)

(平成 14 年 12 月 3 日採録)



吉滝 幸世 (学生会員)

昭和 55 年生。平成 14 年静岡大学情報学部情報科学科卒業。現在同大学大学院情報学研究科博士前期課程 (情報学専攻) に在学中。ウェアラブルコンピューティング, マルチモーダルインタフェースに関する研究に従事。



太田 雅敏 (学生会員)

昭和 54 年生。平成 14 年静岡大学情報学部情報科学科卒業。現在同大学大学院情報学研究科博士前期課程 (情報学専攻) に在学中。モバイル端末向けアプリケーションに関する

研究に従事。



坂根 裕 (正会員)

昭和 49 年生。平成 10 年大阪大学工学部情報システム工学科卒業。平成 12 年同大学大学院工学研究科修士課程修了。現在、静岡大学情報学部助手。ウェアラブルコンピューティング, ユビキタスコンピューティングに興味を持つ。電子情報通信学会, 日本バーチャルリアリティ学会各会員。



石原 進 (正会員)

昭和 47 年生。平成 6 年名古屋大学工学部電気学科卒業。平成 11 年同大学大学院工学研究科博士後期課程電子情報学専攻修了。平成 10 年度日本学術振興会特別研究員。平成 11 年静岡大学情報学部情報科学科助手。平成 13 年同大学工学部システム工学科助教授。博士 (工学)。モバイルコンピューティング, 無線環境用 TCP/IP に関する研究に従事。電子情報通信学会, ACM 各会員。平成 9 年度電気通信普及財団賞。



水野 忠則(正会員)

昭和 20 年生。昭和 43 年名古屋工業大学経営工学科卒業。同年三菱電機(株)入社。平成 5 年静岡大学工学部情報知識工学科教授。現在、情報学部情報科学科教授。工学博士。

情報ネットワーク、モバイルコンピューティング、放送コンピューティングに関する研究に従事。著書としては「プロトコル言語」(カットシステム)、「コンピュータネットワーク概論」(ピアソン・エデュケーション)等がある。電子情報通信学会、IEEE、ACM 各会員。本学会フェロー。
