

筑波大学大学院博士課程

システム情報工学研究科修士論文

オフスクリーンサーフェスを活用した
ペイントインタフェース

鈴木 文佳

修士（工学）

（コンピュータサイエンス専攻）

指導教員 田中 二郎

2013年3月

概要

コンピュータの入力デバイスの一つにスタイラスがある。スタイラス入力にはペインティングに適しており、ディスプレイに直接スタイラスで触れて入力を行う。ペインティングの際に用いるアプリケーションの GUI はアイコンやメニューを備えているが、これらの領域は小さく、スタイラスのタップを用いて選択することが難しい。そこでペインティングの際には、UI の領域を操作しやすいよう広く確保し、同時にペインティング対象であるキャンバスの領域も大きく確保したいというモチベーションがある。

本研究の目的は、スタイラス入力に適したペイントアプリケーションのインタフェースの作成である。そのためのアプローチとして、スタイラスの入力範囲を画面以外の領域まで広げ、ペインティングとそれ以外の操作を領域によって切り分ける。これは、操作領域を広く確保したいというモチベーションに基づいている。

本研究ではまず、絵の描き方に関する調査を行った。紙に絵を描く場合と PC を用いて絵を描く場合を比較し、それぞれの場合においてよく見られる行動について観察した。次に、観察結果に基づいてペイントアプリケーションの設計指針を立てた。更に、設計指針に基づき、タブレット PC 用と液晶ペンタブレット用の 2 種類のプロトタイプを実装し、それらのプロトタイプについて評価を行った。

目次

第1章	序論	1
1.1	ペイントアプリケーションのインタフェース	1
1.2	スタイラスを用いてペインティングを行う際の問題点	1
1.3	主作業領域の確保	2
1.4	本研究の目的	2
1.5	本研究のアプローチ	2
1.6	本論文の構成	2
第2章	関連研究	4
2.1	スタイラスインタフェースを拡張する研究	4
2.1.1	スタイラスの特性を活用する研究	4
2.1.2	スタイラスとタッチを組み合わせて使用する研究	4
2.2	入力面や操作面を拡張する研究	5
2.3	ベゼルを活用した研究	5
2.4	本研究の位置づけ	6
第3章	絵の描き方に関する調査	7
3.1	余白領域の使用に関する観察	7
3.1.1	予備調査	7
3.1.2	観察結果からの調査目的の決定	9
3.2	調査の目的	9
3.3	調査の流れ	10
3.3.1	タスク	10
3.3.2	環境と機材	11
3.3.3	被験者	11
3.4	観察項目	11
3.5	結果	12
3.5.1	被験者	12
3.5.2	キャンバスに対する操作頻度	13
3.5.3	レイヤに対する操作頻度	13
3.5.4	ツールの配置と手の移動量	14
3.5.5	インタビュー結果	17

第4章	ペイントアプリケーションの設計方針	20
4.1	オフスクリーンサーフェスに対するストロークの利用	20
4.2	ビジュアルフィードバック	22
4.3	搭載する操作	22
第5章	プロトタイプ1：タブレットPC版ペイントアプリケーション	23
5.1	実装	23
5.1.1	オフスクリーンサーフェス上のスタイラス動作の検出	23
5.1.2	ペイントアプリケーション	23
5.2	提案機能と操作方法	23
5.3	評価	26
5.3.1	被験者	26
5.3.2	内容	26
5.3.3	結果	27
	観察結果	27
	被験者のコメント	27
5.3.4	考察と議論	29
5.3.5	プロトタイプの改良	29
第6章	プロトタイプ2：液晶ペンタブレット版ペイントアプリケーション	30
6.1	設計	30
6.2	実装	30
6.2.1	画面外操作の検出	31
6.3	提案機能と操作方法	31
第7章	議論	35
7.1	ペイントアプリケーションの設計	35
7.2	タブレット端末への適用	35
第8章	結論	37
	謝辞	38
	参考文献	39

目次

3.1	ノートの紙面	8
3.2	セミナー資料の紙面	9
3.3	線の試し描き	9
3.4	試し塗りや混色	9
3.5	見本に使用した写真	11
3.6	紙タスク実施時の様子	12
3.7	PC タスク実施時の様子	12
3.8	キャンバスに対する操作の頻度	14
3.9	被験者 A の普段絵を描く際のレイヤウィンドウ	15
3.10	色鉛筆を非利き手にまとめて持つ被験者	16
3.11	色鉛筆を紙の周囲に置く被験者	16
3.12	色鉛筆を 1 本ずつ使用する被験者	16
3.13	被験者 B の PC タスク中の画面	17
3.14	被験者 A が PC を用いて絵を描く際の作業環境	18
4.1	使用するオフスクリーンサーフェスの位置と操作方法	21
4.2	2 方向のストロークを使用した操作方法	21
5.1	DUO for Laptop の受信ユニットと専用スタイラス	24
5.2	ツールパレットの操作方法	25
5.3	レイヤ選択時の操作方法	25
5.4	レイヤ非表示の際の操作方法	26
5.5	レイヤ移動時の操作方法	26
5.6	キャンバスの回転方法	27
5.7	被験者の描いた絵	28
6.1	Kinect の RGB カメラの画像	32
6.2	色相変更時のフィードバック	33
6.3	彩度変更時のフィードバック	33
6.4	明度変更時のフィードバック	33
6.5	レイヤー一覧	34
7.1	ストロークの向きを変更しパラメータを選択する	36

8.1	被験者 A	54
8.2	被験者 C	55
8.3	被験者 E	55
8.4	被験者 B	56
8.5	被験者 D	56
8.6	被験者 F	57
8.7	被験者 A	58
8.8	被験者 C	58
8.9	被験者 E	59
8.10	被験者 B	59
8.11	被験者 D	60
8.12	被験者 F	60

表目次

3.1 紙タスク中の操作頻度（回/分）	13
3.2 PC タスク中の操作頻度（回/分）	13

第1章 序論

コンピュータの入力デバイスの一つにスタイラスがある。スタイラス入力とはペインティングに適した入力形態であり、タブレット PC やペンタブレットにおいて使用される。スタイラス入力には直接入力と間接入力の2種類があり、直接入力の場合は画面に直接スタイラスを接触させて入力を行う。間接入力の場合は画面とは別に入力面となるタブレットが存在し、タブレット面にスタイラスを接触させて入力を行う。入力面にスタイラスで触れる以外にも、スタイラスが入力面に近づいているホバー状態を取得できるタブレットも存在する。PC を用いたペインティングの際には、スタイラスによる入力がしばしば使用される。

1.1 ペイントアプリケーションのインタフェース

人はコンピュータを用いて描画を行うとき、点や線の描画の他に様々な機能を使用する。ペインティングの際に用いるアプリケーションでは GUI のアイコンやメニューを用いてそれらの操作を行う。例えば、描画する線の色やサイズの変更操作、キャンバスのスクロール操作がある。

1.2 スタイラスを用いてペインティングを行う際の問題点

ペイントアプリケーションの従来インタフェースはマウス入力向けに設計されており、小さなアイコンやスライダを多数利用する。マウス入力時のクリック操作はスタイラス入力時のタップ操作にあたる。つまり、スタイラスを用いて従来のマウス入力向けインタフェースを操作する場合、マウスクリックによって選択する操作を全てスタイラスのタップを用いて行うこととなる。一方、スタイラスを用いて小さいターゲットを選択することは難しい。Renらは、スタイラスを用いて5ピクセル以下のターゲットを選択する場合は、タップやクロッシングなどの選択方法によってエラー率が変動するため、設計の際に注意すべきだと述べている [RM00]。この問題は、スタイラスによるタップはスタイラスの先端がぶれやすく、スタイラスが画面から離れる際に、選択したい対象からスタイラスの先端がずれてしまうために発生する。

スタイラスによる正確なタップは難しいが、ストローク入力はマウスのドラッグよりも簡単かつ正確である。その特性を使用した研究として CrossY[AG04] がある。この研究ではストロークによるクロッシングを用いたドローアプリケーションの操作を提案している。また、

スタイラスのタップによって小さな領域を選択することが困難であれば、選択対象となるアイコンやメニューを大きく表示するという解決策も考えられる。

1.3 主作業領域の確保

小さいアイコンやメニューの選択しにくさという問題を解決するために、小さい領域を大きくし、スタイラスのタップ時に選択座標がずれても入力できるようにするという解決策を述べた。例として挙げた描画する線の色やサイズの変更操作、キャンバスのスクロール操作は、ペインティングを支援する操作である。ペインティングの際に主となる操作は線や点の描画である。そのため、主操作以外の操作によって画面領域を大幅に消費し、主操作となるペインティングの領域が狭められてしまうことは避けたい。主となる作業の領域を大きく確保するというモチベーションは Scarr ら [SCGB12] の研究でも述べられている。

ここから、アイコンやスライダの領域を大きく確保し、更にキャンバスの領域も大きく表示したいというモチベーションがある。

1.4 本研究の目的

本研究の目的は、ペインティング向けのスタイラスインタフェースを作成することである。具体的には以下の条件を満たすスタイラスインタフェースを搭載したペイントアプリケーションを実装する。

- スタイラスによって操作しやすいこと。
- 主な操作であるペインティングのための入力領域と、副次的な操作のための入力領域をどちらも広く確保すること。

1.5 本研究のアプローチ

スタイラスの入力に使用する領域を拡張することによって目的を実現する。具体的には先行研究 [鈴木 11a][鈴木 11b] の手法を利用する。直接入力 of スタイラスインタフェースでは入力面と表示面は等しいが、入力面を拡張することにより、表示面を保ったまま入力に使用できる領域を増やすことができる。拡張する領域として、画面の周囲に存在する平面の領域を使用する。画面は枠に囲まれており、更に画面を設置する机がある。これらの平面を用いる。これらの、画面外に存在する平面の領域を、オフスクリーンサーフェスと定義する。

1.6 本論文の構成

本章では研究の背景と、本研究の目的についてこれまでに述べた。以降、2章では関連研究について述べる。3章ではスタイラスインタフェース設計のために行った調査について述べ、

4章では調査に基づいて作成した設計指針について述べる。5章では設計指針を基に実装したプロトタイプ1とその評価について述べる。6章ではプロトタイプ1を受けて改良したプロトタイプ2について述べる。7章においてこれらのプロトタイプについて議論し、8章でまとめる。

第2章 関連研究

本章では、関連研究と、本研究の位置づけについて述べる。

2.1 スタイラスインタフェースを拡張する研究

スタイラスインタフェースを拡張し支援する研究がある。この中で、スタイラスの特性を用いて新たな操作方法を提案するものと、スタイラスとタッチを組み合わせた操作方法を提案するものがある。

2.1.1 スタイラスの特性を活用する研究

スタイラスの姿勢情報を用いた操作方法を提案する研究がある。Grossman ら [GHB⁺06] はスタイラスのホバー状態を使用した。鈴木ら [鈴木 07] はスタイラス自体の回転や縦振り、横振りの動作を用いてショートカットアクションを定義している。また鈴木ら [鈴木 11c] は、スタイラスを握る動作を用いた入力手法も提案している。Tian ら [TXW⁺08] はスタイラスの傾きを使用した。梅林ら [梅林 09] はホバー状態のスタイラスの Z 座標を用いた。Song [SBG⁺11] らや Liu [LG12] らはスタイラスを握る手の姿勢を用いたインタラクションを提案している。

Apitz ら [AG04] は、スタイラスによるクロッシング操作を取り入れたドロアアプリケーションのインタフェースである CrossY を開発した。このシステムはブラシの設定変更やメニューの表示をクロッシング操作によって行う。CrossY はキャンバス上にメニューを表示する必要があり、更にクロッシング操作のために領域を広く使用する。本研究で提案するシステムでは、キャンバス上に、オフスクリーンサーフェスに割り当てた操作のキューと、変更後のパラメータのみを表示する。ツールが表示のために使用する領域、つまりキャンバスを隠す領域を小さくすることができる。

2.1.2 スタイラスとタッチを組み合わせて使用する研究

Hinckley ら [HYP⁺10] は、タッチインタフェースにおいてスタイラスとタッチによって操作するインタフェースを開発した。この研究では、片手で抑えた紙に沿ってもう片手で線を引くような、実世界において使用されているメタファを用いたインタラクション手法を提案している。

Hamilton ら [HKR12] は RTS (Real-time Strategy) ゲームインタフェースのために、スタイラスとタッチを組み合わせたインタラクション手法を提案した。利き手にスタイラスを持ち、非利き手は液晶ペンタブレットの画面の縁の近くに存在する、または画面の縁をつかんでいる状態を前提としている。RTS ゲーム内の操作によって、スタイラスとタッチ、利き手と非利き手の組み合わせを替え、スタイラスや手が届きやすい位置に GUI を表示する。

2.2 入力面や操作面を拡張する研究

入力面や操作面を拡張してユーザの操作を支援する研究がある。

Nijboer ら [NGI10] はスケッチインタフェースのために、キャンパスの周囲にジェスチャのための領域を設けるインタフェースを開発した。ジェスチャ領域からドラッグを開始した場合、キャンパスの回転、移動、ズーム操作を実行できる。

Fitzmaurice ら [FBKB99] は描画時の紙の回転に着目し、紙の回転方法を観察する実験を行った。直接入力のパックは回転させて持つことが可能であり、そのような回転可能なディスプレイにおいて描画を行う際には、画面の回転に合わせて UI も回転する必要があると主張している。

また、Butler ら [BIH08] や Kane ら [KAW⁺09]、Mistry ら [MM11] は、デバイスの周囲に操作面を生成するシステムを開発した。これらの研究では生成した操作面に対するタッチやドラッグを検出して操作に用いている。本研究ではスタイラス入力の操作範囲を拡張しているという点でこれらと異なる。

2.3 ベゼルを活用した研究

画面の枠であるベゼルを活用したインタラクション手法を提案する研究がある。Roth ら [RT09] は Bezel Swipe という操作を提案している。その利用例としてオブジェクトの作成、コピー、ペーストなどを挙げている。Bragdon ら [BNLH11] はベゼルから開始するジェスチャである Bezel Gesture を提案し、ジェスチャの種類の評価を行った。その結果、枠の領域は視覚的注意を必要とせずにアクセスすることが可能だと主張している。また、Jain ら [JB12] は [BNLH11] と [KB93] を受けて、Bezel Menu のレイアウトの評価を行った。

これらの研究と異なる部分は、本研究では枠そのものの上で操作を行うため、枠をトリガではなく、操作範囲として使用することである。縦長の枠であれば縦方向、横長の枠であれば横方向に広いため、枠の上でスタイラスを用いてストロークを行うことができる。また本研究では、オフスクリーンサーフェスを枠に限定せず、机など他の平面も用いる。枠の上は二次元的なストロークを行うことが可能である。

2.4 本研究の位置づけ

本研究は 先行研究 [鈴木 11a][鈴木 11b] の手法を拡張したスタイラスインタフェースを作成する。オフスクリーンサーフェスは画面近くに存在する平面領域であり、ユーザは画面と明確に区分できるため、注視せずに選択することができる。スタイラスを用いて選択する際、画面内に表示された小さなオブジェクトを選択するよりも、画面ではないが広い領域を選択する方が選びやすい [鈴木 11a]。

本研究はスタイラスの接する平面を拡張しているため、スタイラス自体の情報は使用しない。そのため、スタイラスの姿勢情報を用いた拡張方法と共存することができる。提案インタフェースにおいて、操作にはスタイラスのみを用いるものとし、全ての操作は平面へのスタイラスの接地をトリガとして動作する。これによって、平面に手をつく、画面の枠を手で押さえるなど、操作目的ではない手の接触により操作を誤って呼び出すことが回避できる。操作範囲を拡張する研究ではプロジェクタによって拡張範囲を投影するものがあるが、本研究では操作結果は投影ではなく画面内に表示する。拡張する領域が画面から近いいため、ユーザは画面内の表示内容と画面外部にある操作対象を同時に視認することが可能である。

第3章 絵の描き方に関する調査

本研究では、スタイラスインタフェースを設計し、その設計に基づいてペイントアプリケーションを開発する。インタフェース設計のため、拡張領域として使用するオフスクリーンサーフェスの調査を行った。本章では、実際に絵を描く際の鉛筆やスタイラスの使用方法和、描画領域の使用に関する調査について述べる。

3.1 余白領域の使用に関する観察

日常生活において、ノートや資料などに紙が用いられている。これらは中央に主な内容が書かれており、周辺の領域は余白となっている。ノートに記録すべき物事や、資料そのものの内容が主な内容である。これらの紙を使用する目的に沿った内容は、紙に対する主作業であるといえるため、そのために使用されている領域を主作業領域とする。主作業領域以外の部分は全て余白である。以降、これを余白領域と呼ぶ。人は余白領域に対して、綴じるために穴をあける、主な内容を補足するための書き込みを行うなど、紙の中央の領域とは異なる目的の操作を行うことができる。

オフスクリーンサーフェスを用いた操作を提案するにあたって、余白領域メタファの使用を考えた。余白領域に対する操作は主な操作を補足するものである。紙を綴じるために穴をあけることは、紙を管理するための行動であり、主な内容を補足するための書き込みを行うことによって、紙を見たときの記憶の復元が容易になる。絵を描く際にも紙は使用される。そのため、絵を描く際の余白領域の使用方法を観察し、観察から得られたメタファを用いて、オフスクリーンサーフェスを用いた操作を設計する。

3.1.1 予備調査

まず予備調査として、著者の筆記または描画の際の紙の使い方を観察した。紙に載っている文や絵の領域と、余白領域を区別し、そのうち余白領域の使い方に着目した。

ノート 著者はセミナーでの連絡事項や研究のアイデアを書きとめるためにノートを使用している。B5サイズの紙のノートであり、筆記の際にはボールペンを使用する。ノートの紙面を図 3.1 に示す。このノートでは、連絡事項や研究のアイデアが本文であり、本文の書かれている領域が主作業領域となる。ページ上部の余白には、日程や、本文と全く関係ないメモ書きがあった。また本文周囲にできる余白には、本文から矢印を引いて訂正文や追記が書かれていた。

ページ上部の書き込み

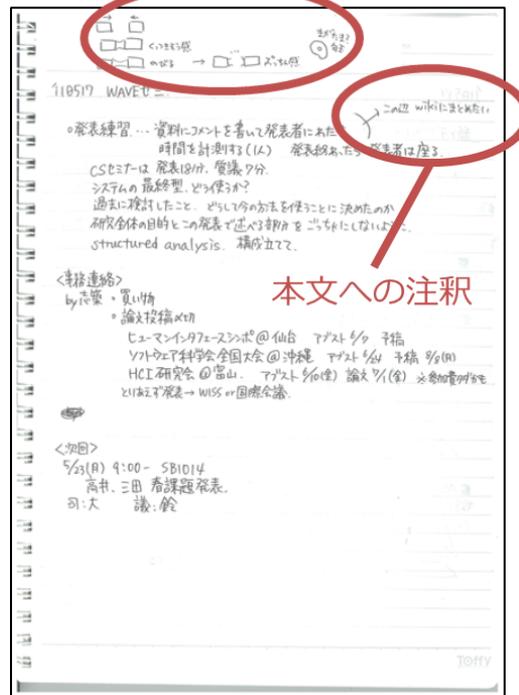


図 3.1: ノートの紙面

セミナー資料 著者は授業やセミナーにおいて配布資料に直接メモを書き込む。メモを書き込んだセミナー資料を図 3.2 に示す。セミナー資料の場合は印刷された文章が本文であり、主作業領域となる。余白領域には、セミナー中の質問や議論の内容をメモしている。また、上部の余白領域には、ファイリングのために穴をあけている。

イラスト 著者はサークルに所属していたときに漫画やイラストを描いていた。そのときに絵を描くために用いた原稿用紙を観察した。原稿用紙の場合は、絵が描かれている領域が主作業領域である。また、絵を完成サイズよりも大きいサイズの紙に描き、最後に完成サイズに裁断するという工程を踏む。このため、後々裁断する部分は余白領域となる。この余白領域に対して、線の試し描きや、試し塗り、混色を行っている絵があった。

実際に原稿用紙に描かれていた試し描きと混色の様子を、図 3.3 と図 3.4 にそれぞれ示す。これらは異なる原稿用紙の右角に描かれたものである。図 3.3 では線の強弱のつけ方を試している。図 3.4 ではペンの色と、2 種類の色を重ねた混色の結果を試している。また、絵を描いた日付が書かれている。

余白領域において試し描きや混色を行う理由として、以下の 2 点が考えられる。まず、余白領域が主作業領域と同じ紙面上という近い場所に存在しているため、見たり書き込んだりす

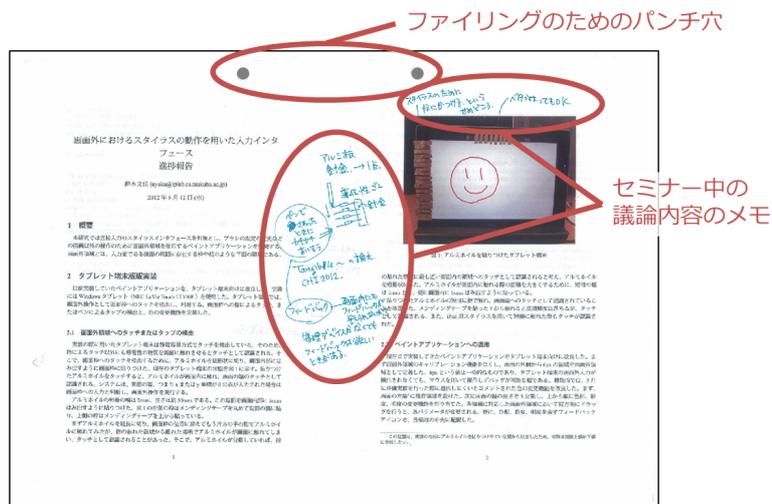


図 3.2: セミナー資料の紙面



図 3.3: 線の試し描き

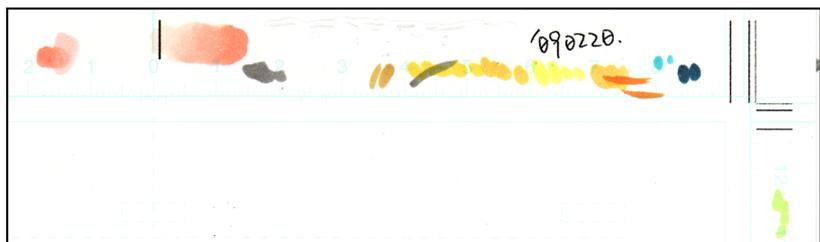


図 3.4: 試し塗りや混色

ることが容易であることである。次に、余白領域が主作業領域と同じ材質の紙でできているために比較条件がそろっており、主作業領域の近くに存在するため比較しやすいことである。

3.1.2 観察結果からの調査目的の決定

予備調査より、紙への筆記や描画の際、本来の目的とは異なる副次的な目的のために、余白領域は使用されることがある。本研究ではペインティングインタフェースに着目するため、描画時に限定し、余白領域の使用の有無、または使用方法について調査を行うこととした。

3.2 調査の目的

ペイントアプリケーションの設計指針を作成するため、人が絵を描く際の行動を調査した。調査では日常的に絵を描く人を対象とし、紙に対する描画と、PCを用いた描画の2種類につ

いて、描画中の行動を比較した。鉛筆やスタイラスの使い方、紙やキャンバスに対する操作を比較する。また、余白領域の利用の有無についても観察を行った。

仮説として以下を挙げる。

紙に対する入力の際に余白領域が使用されている。そのため、スタイラスによって画面に対する入力を行う際に、余白領域メタファを用いてオフスクリーンサーフェスを使用することが可能である。

調査からこの仮説を検証する。

3.3 調査の流れ

まず事前に被験者に対してアンケートを行った。アンケートでは、被験者の描画経験と、被験者が普段絵を描く際の環境について尋ねた。次に2種類のタスクを実施した。タスクでは、被験者に見本を見て絵を描くように指示し、描画の様子を観察した。タスク終了後にインタビューを行い、被験者が普段絵を描く際の環境について詳細な質問を行った。実験後の観察に使用するために、タスクを実施する様子とインタビューの様子をビデオ撮影した。

調査の際に、アンケート、手順の説明、インタビュー項目のリストを含む調査同意書を使用した。付録Aに添付する。

3.3.1 タスク

紙に対する描画とPCを用いた描画の、2種類のタスクを設定した。以降はこれらのタスクを「紙タスク」「PCタスク」と呼称する。全ての被験者は紙タスクを先に行い、続いてPCタスクを行った。

本調査は大学内のセミナー室において行った。タスクの際に使用する画材とPC環境は、調査のために用意したものを使用した。実験環境を統一した理由は、同じ画材またはペイントソフトを用いることによって被験者間での操作頻度の比較を可能にするためである。但し、被験者から普段使用している画材を使用したいと申し出があった場合は、その画材を使用させた。

描画のための見本には写真を使用した。紙タスク用の見本とPCタスク用の見本に異なる2枚の写真を用意し、それらを合わせて1セットとして、全部で2セット4種類の写真を使用した。見本に使用した写真の一部を図3.5に示す。写真はA4のコピー用紙に印刷し、タスク中は机の上に置くように被験者に指示した。

各タスクの時間は30分程度とし、被験者から延長の申し出があった場合のみ延長した。紙タスクとPCタスク、インタビューの間に、それぞれ休憩を挟んだ。調査にかかった時間は1人あたり2時間程度であった。



図 3.5: 見本に使用した写真

3.3.2 環境と機材

紙タスクでは画材に 36 色の色鉛筆、H と 2B の鉛筆、消しゴム、鉛筆削り、A4 のコピー用紙を使用した。なお、紙に対する描画では、使用可能な色の種類は画材の色数に制限される。そこで、色の変更が自由に行われるように、色数の多い 36 色の色鉛筆を用いた。

PC タスクでは環境にペイントソフト (Windows 版 Adobe Photoshop CS3)、マウス、ペンタブレット (Wacom intuos3 PTZ-431W) を使用した。ペイントソフトとペンタブレットは、事前アンケートより被験者の中で使用者が多かったものを参考に決定した。また、タスク開始前に、ペイントソフトのツールウィンドウの配置を使用しやすく変更するよう被験者に指示した。各タスク実施時の様子を図 3.6、図 3.7 に、それぞれ示す。

3.3.3 被験者

被験者として大学生と大学院生の 6 名を雇用した。そのうち男性が 3 名、女性が 3 名であり、右利きが 5 名、左利きが 1 名だった。

3.4 観察項目

タスクの観察の際、各タスク中の操作頻度に着目した。タスク中に頻繁に行われる行動や操作は、描画時に必要な操作であると考えられる。被験者によってタスク実施時間が異なるため、操作回数を被験者ごとのタスク実施時間で割った値、すなわち 1 分間あたりの操作回数を操作頻度とする。注目する操作は、ペイントアプリケーションにおいてよく使用される操作であるツールの切り替えにあたる操作、ブラシの設定変更にあたる操作、キャンバスに



図 3.6: 紙タスク実施時の様子



図 3.7: PC タスク実施時の様子

対する操作の3種類とした。これらの他に、ビデオの観察からタスク中によく見られた行動についても操作頻度を計測した。

紙タスクにおいては、ツールの切り替えにあたる操作として色鉛筆をケースから取り出す操作、色鉛筆をしまう操作、消しゴム操作の3種類、ブラシの設定変更にあたる操作として色鉛筆を持ち替える操作、キャンバスに対する操作として紙の移動操作、紙の回転操作の2種類を計測した。色鉛筆を持ち替える操作は、既にケースから取り出してある色鉛筆どうしを持ち替えた回数を計測した。PCタスクにおいて、ツールの切り替えにあたる操作としてツールの選択操作とショートカットキーによるツールの変更操作の2種類、ブラシの設定変更にあたる操作として色の変更操作とスポイトによる色の取得、ブラシウィンドウの表示の3種類、キャンバスに対する操作としてキャンバスのスクロール、拡大、縮小の2種類、その他の操作について計測した。色の変更操作として、カラーピッカーの表示と、スライダの調節による色の生成、カラーパレットからの色の選択の3種類の操作を合わせて計測した。その他の操作として、レイヤの作成、選択、移動操作と、フィルタ操作の回数を計測した。

3.5 結果

3.5.1 被験者

被験者の一覧を付録に添付する。事前アンケートにおいて、3名は普段の描画時にPCを用いると回答し、残りの3名は紙とPCを用いて描画を行うと回答した。また、6名ともペンタプレットの使用経験があると回答した。

6名のうち、被験者Aは、紙タスクにおいて持参したシャープペンシルを使用した。被験者Bは、PCタスクにおいて持参したペンタプレット(intuos 3 PTZ-631W、描画面 A5 ワイド)を使用した。

表 3.1: 紙タスク中の操作頻度 (回/分)

	色鉛筆を出す	色鉛筆をしまう	消しゴム	色鉛筆を持ち替る	紙の移動	紙の回転
平均	0.567	0.375	0.304	0.741	0.549	1.982
標準偏差	0.455	0.545	0.277	0.607	0.490	2.122

表 3.2: PC タスク中の操作頻度 (回/分)

	ツール選択	ショートカットキー	色の変更	スポイト	ブラシウィンドウ	スクロール	拡大	縮小	その他
平均	0.358	1.043	0.646	0.242	0.435	1.930	0.270	0.451	1.867
標準偏差	0.463	1.573	0.227	0.521	0.185	2.493	0.183	0.566	0.603

3.5.2 キャンバスに対する操作頻度

各タスクにおいて着目した操作とその操作頻度を表 3.1、表 3.2 にそれぞれ示す。

計測結果より、紙タスクにおける紙の回転と、PC タスクにおけるキャンバスのスクロール、その他の操作の 3 つの操作頻度が高いことがわかった。これらの操作に対する観察について詳しく述べる。

操作頻度の計測結果より、紙タスクにおける紙の回転と、PC タスクにおけるキャンバスのスクロールが頻繁に行われていることがわかった。これら 2 つはキャンバスに対する操作である。そこで、同じくキャンバスに対する操作である紙の移動と合わせて分析を行う。被験者ごとの操作頻度のグラフを図 3.8 に示す。図 3.8 より、被験者 B や D は紙に対する操作を行うが、PC の場合はスクロールをほとんど行わず、被験者 C は逆に紙に対する操作をほとんど行わないが、PC の場合のスクロールを頻繁に行う。また、被験者 E は紙に対しても PC の場合でもキャンバスに対する操作を頻繁に行っている。ここから、キャンバスに対する操作を使用するユーザは頻繁にその操作を使用し、逆にキャンバスに対する操作を行わないユーザはほとんど操作を使用しないということがわかった。

3.5.3 レイヤに対する操作頻度

紙の回転とキャンバスのスクロールの次に操作頻度が高いのは、PC タスクにおけるその他の操作である。この操作はレイヤに対する操作とフィルタ操作を含むが、そのうちフィルタ操作の回数はごく少なく、大半がレイヤに対する操作であった。ユーザはレイヤごとに描画や編集を行うことが可能であり、多くは絵をパーツごとに分けて描画するために使用される。ビデオの観察より、被験者は全員が描画のためにレイヤを使用しており、レイヤの作成、移動、表示の切り替えといった操作を頻繁に行っていた。

また、被験者 A はインタビューの際に、レイヤを大量に使用すると回答した。その被験者の作業画面のレイヤウィンドウを図 3.9 に示す。画面の縦方向に可能な限り広くレイヤウィン

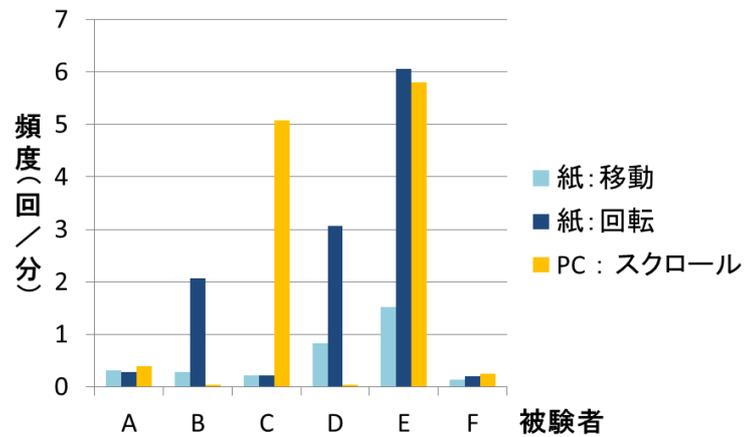


図 3.8: キャンバスに対する操作の頻度

ドウが表示されている。この結果から、レイヤを大量に使用するユーザがいることがわかる。

3.5.4 ツールの配置と手の移動量

紙タスクの観察中、一度使用した色鉛筆をケースに戻さず、紙の周囲に置く（図 3.10）、あるいは非利き手にまとめて持つ（図 3.11）という行動が見られた。被験者 6 名のうち 4 名がこの行動をとっていた。残り 2 名のうち 1 名は、色鉛筆を 1 本ずつケースから取り出して使用し（図 3.12）、1 名は色鉛筆を使用せずに鉛筆のみを用いて描画を行った。

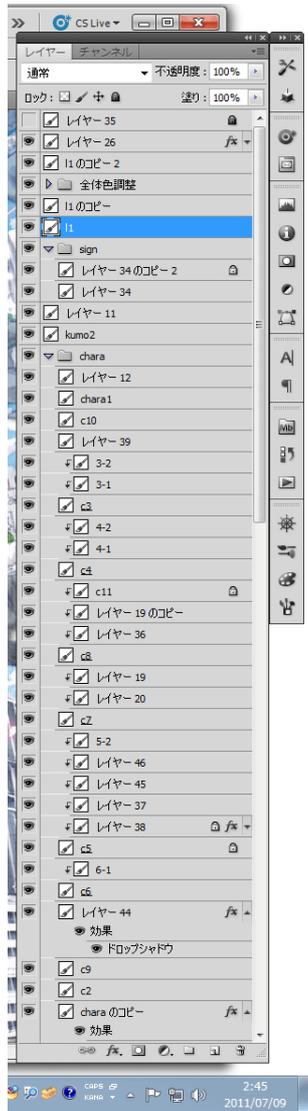


図 3.9: 被験者 A の普段絵を描く際のレイヤウインドウ



図 3.10: 色鉛筆を非利き手にまとめて持つ被験者



図 3.11: 色鉛筆を紙の周囲に置く被験者



図 3.12: 色鉛筆を1本ずつ使用する被験者

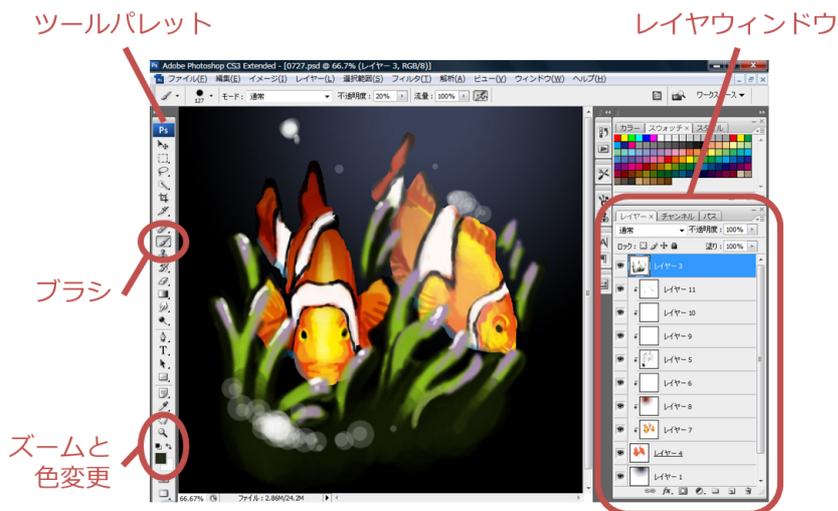


図 3.13: 被験者 B の PC タスク中の画面

また、被験者 B は PC タスクにおいて、まずレイヤを選択し、次にツールを選択し、最後にキャンバスに描画を行うという 3 つの手順を繰り返して描画を行っていた。被験者 B の PC タスク中の画面のスクリーンショットを図 3.13 に示す。この被験者は、ペイントソフトのツールウィンドウの配置を初期設定からあまり変えずにタスクを実施していた。よく使われるツールはブラシとズーム、そして色の変更であった。

タスクに使用したペイントソフトは、初期設定ではレイヤウィンドウが画面右端、ツールパレットが画面左端に配置されているため、レイヤとツールの選択を繰り返すと、スタイラスを入力面の左右に交互に向けなければならない。そのため、手の移動量が増加する。更に、この被験者は持参したペンタブレットを使用しており、それは我々が準備したペンタブレットよりも入力面が一回り大きかった。そのため、他の被験者よりも手の移動量が多いように見えた。レイヤは頻繁に使用される機能であるため、アクセスしやすいよう設計される必要がある。

3.5.5 インタビュー結果

インタビューでは普段絵を描く際の行動について尋ねた。

余白領域の使用法 インタビューにおいて、絵を描く際に周囲に試し描きをするか尋ねたところ、3 名が試し描きをすると答えた。3 名とも、紙と PC のどちらでも絵を描くと答えた被験者だった。うち 1 名は、「清書の際にペンの描き味を試すために、近くに置いた別の紙に対して描く」と答え、残りの 2 名は、「絵を描いている紙に直接、メモや日付を書く」と答えた。

PC のみを用いて絵を描く被験者は、3 名とも、試し描きはほとんどしないと答えた。ま



図 3.14: 被験者 A が PC を用いて絵を描く際の作業環境

た、紙と PC のどちらでも絵を描く被験者のうち 1 名が、「PC ではアンドゥが使えるため、描いてみてイメージした線や色と違う場合はアンドゥで消す」と答えた。

調査を行うにあたって、線の描き味の確認と、ペンの色や混色の確認の 2 つを試し描きの主な例として考えていた。しかし調査では、PC を用いて絵を描く場合、色や混色の確認は、余白領域ではなく絵に対して直接行われることが多かった。

また、試し描きに関して「ペンの描き味を試す」と答えていた被験者から、「面倒なので、なるべくしないほうがいいと思っている」というコメントが得られた。

キーボードショートカットの使用 PC タスク中に見られたキーボードショートカットは、ブラシや消しゴム、手のひらツール、ズームツールなどの選択、アンドゥ、ブラシサイズの増加または減少、ブラシの透明度の設定、スポイト、キャンバスの拡大縮小、キャンバスの全選択、選択範囲の解除などである。しかし、レイヤの作成、選択、移動などレイヤに関する操作と、描画色の選択に関しては、キーボードショートカットではなくペンのタップによって操作していた。

インタビューにおいて、被験者 A は普段 PC を用いて絵を描く際に液晶ペンタブレットを使用すると回答した。被験者 A の作業環境の写真を図 3.14 に示す。この作業環境の中で、被験者 A は液晶ペンタブレットの正面に座る。

被験者 A の使用しているペンタブレットは Wacom 社の Cintiq 21UX¹である。Cintiq は

¹<http://cintiq.jp/21ux/>

画面を回転することができるが、一定角度回転させると液晶画面が机にぶつかってしまうため、画面が机にぶつからないよう、机の端に設置していると述べていた。机の端に置くことによって、ペンの入力面とユーザの体の位置は近づく。しかし、ユーザから手の届く範囲にキーボードを置くことは難しい。そこで被験者 A は、液晶ペンタブレットとキーボードショートカットを併用するために、ゲーム用の片手キーボードによく使うキーを割り当てて使用している。被験者 A は左利きであるため、片手キーボードは右手側に置かれている。

このインタビュー結果より、直接入力のパンタブレットと、フルキーボードの併用は難しいと言える。そこで、キーボードショートカットを使用せず、スタイラスと入力面のみによって完結するインタフェースの設計を目的とする。

キャンバスの移動と回転 被験者 E は紙やキャンバスを移動、または回転させる回数が特に多かった。紙に対して絵を描く場合、描画対象となる紙の移動や回転が容易である。PC を用いて絵を描く場合に容易にキャンバスの移動や回転を行うことが可能になれば紙の場合の利点を PC の場合に取り入れることができる。

Fitzmaurice ら [FBKB99] も絵の描き方を観察する実験を行っている。Fitzmaurice らの実験の被験者にはプロのアーティストがおり、彼らは紙や液晶ペンタブレットを何度も繰り返し回転させて絵を描いたと述べていた。本調査では大学生と大学院生を調査対象としたが、プロのアーティストではないにもかかわらず、Fitzmaurice らの実験において観察されたように何度も紙を回転させて描く被験者がいた。

被験者の体の位置 紙の場合はズームイン、ズームアウトに対応する操作がない。しかし観察からは、被験者は体を紙に近づけたり遠ざけたりして、絵の一部または全体を見ようという行動が見られた。また、タスク 2 とタスク 3 の両方において、被験者が描画しようとする線の向きに合わせて腕の向きを変えるという行動が見られた。

第4章 ペイントアプリケーションの設計方針

3章の調査結果と分析より、ペイントアプリケーションの設計指針を作成した。

先行研究 [鈴木 11a][鈴木 11b] の手法を用いてオフスクリーンサーフェスに操作を割り当て、操作結果のフィードバックを画面に表示する。以降、オフスクリーンサーフェスに対する操作を画面外操作と定義する。

4.1 オフスクリーンサーフェスに対するストロークの利用

ブラシやキャンバスのパラメータを変更する動作として、オフスクリーンサーフェスに対するスタイラスのストロークを使用する。ユーザがストロークを開始すると、その領域に割り当てられた操作が実行され、ストローク距離の長さに応じてパラメータが変更される。ユーザがストロークを終了したとき、つまりユーザがスタイラスを画面外領域から離れた際に、パラメータが決定される。

画面の枠に対して入力を行う際、ユーザは枠に対して平行方向にストロークを行う(図 4.1a)。机のように広い面に対して入力を行う際には、縦横方向にストロークを行う(図 4.1b)。

また、先行研究のインタラクション手法に加えて、枠の角の領域も利用する。角の領域に割り当てた操作を実行する際には、ある枠の領域から隣の領域へL字を描くようにストロークを行う(図 4.1c)。ストロークの軌跡がL字を描いて隣の領域に入った時点において、割り当てられた操作が実行される。以降、操作例を示す図中では、矢印はスタイラスによるストロークの軌跡を表す。

1種類のパラメータの決定は単純なストロークによって操作可能である。しかし、より複雑な操作が必要となる場合がある。例えばレイヤに対する操作は、レイヤの作成、選択、表示の切り替えなどを含んでおり、これらは1種類のパラメータの決定では表せない。そのため、枠の1辺に対して複数の操作を割り当てる場合、枠に対して垂直方向のストロークを使用する(図 4.2)。枠の垂直方向の幅は狭いため、ストローク距離が短くなるが、選択やON/OFFの切り替えに使用可能である。具体例を以下に示す。まず、枠に対して垂直方向にストロークを行い、複数のパラメータから1つを選択する。次に、スタイラスを接地したまま枠に対して平行方向にストロークを行い、パラメータを変更する。単純操作の場合と同じように、ストロークの終了によってパラメータが決定される。

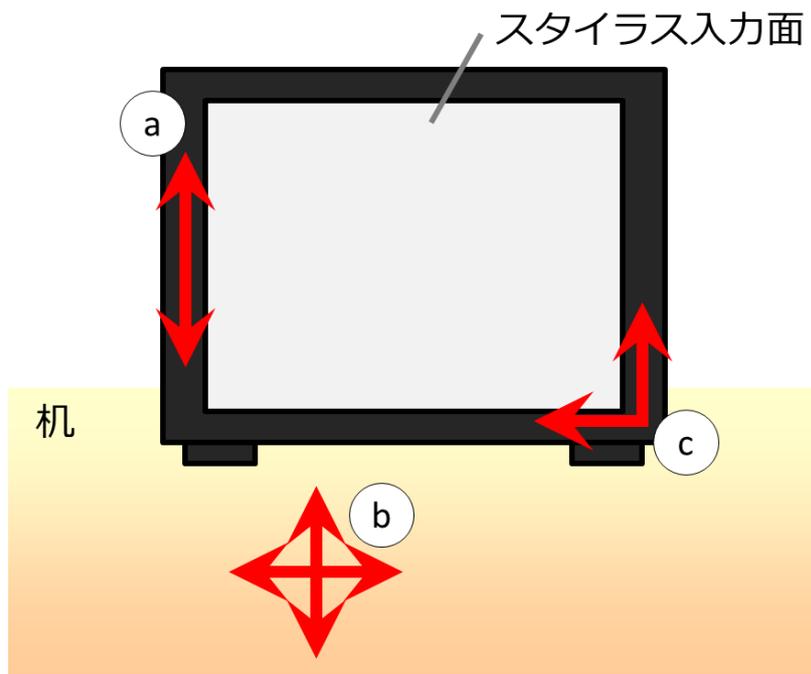


図 4.1: 使用するオフスクリーンサーフェスの位置と操作方法

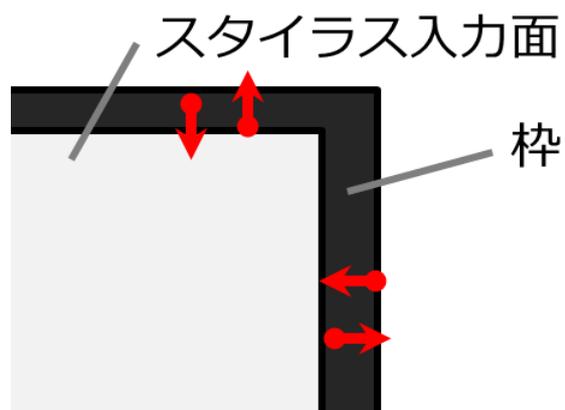


図 4.2: 2方向のストロークを使用した操作方法

4.2 ビジュアルフィードバック

画面外操作と、その操作結果をユーザに示すため、画面内の端の部分を表示に使用する。ユーザが画面外領域に対する操作を開始すると、操作によって変更されたパラメータを表すビジュアルフィードバックが表示される。これらはキャンバスの上に重畳表示される。これらの表示は、画面外領域に割り当てられた機能や、パラメータの変更結果のみを表す。そのため、ユーザは、ビジュアルフィードバックの表示領域そのものに対して操作を行わない。表示領域は操作対象とならないため、領域を見える限り小さくすることができる。

4.3 搭載する操作

3章の調査結果より、PCを用いたペインティングの際に、キャンバスの回転やスクロール、レイヤ操作は頻繁に使用されることがわかった。そこで、ユーザがこれらの操作を簡単に実行できるようにする必要がある。また、タスクの観察より、ユーザの手の移動量を減少させる必要があると考えられる。我々の提案するペイントアプリケーションでは、画面外領域に割り当てた操作はストロークによって実行されるため、単純な動作で呼び出すことが可能である。更に、これらの操作を、手の移動量を減少させるように画面外領域に割り当てる。

線の描画、消去 これらはペインティングの中で基本となる操作である。画面内に対するスタイラスのストロークによって描画を行う。スタイラスはサイドボタンを備えているものが多いため、サイドボタンを用いて線の描画と消去を切り替える。

色の変更 描画色は色相、彩度、明度の3種類の値から決めることが可能である。そのため、これら3つのパラメータをそれぞれオフスクリーンサーフェス上の画面枠に配置する。

ブラシサイズの変更 ブラシサイズは単純に増加、減少のみによって制御可能である。オフスクリーンサーフェス上の画面枠に配置する。

レイヤ レイヤは透明なシートを重ねて各シートに描画を行う機能である。一般的にレイヤは、シートの重なりを表現するため、縦方向に並べて表示される。そのため、本インタフェースにおいてもレイヤを縦方向に並べて表示するために、レイヤ機能は画面枠のうち、縦方向にストローク可能な左右どちらかの枠に配置する。

キャンバスのスクロール 画面に表示されているキャンバスを二次元方向に動かし、表示位置を変える機能である。二次元方向に操作するため、机の領域を利用する。

キャンバスの回転 画面に表示されているキャンバスの角度を変える。画面枠の角への操作を使用し、ストロークの向きによってキャンバスの回転方向を決める。

第5章 プロトタイプ1：タブレットPC版ペイントアプリケーション

4章において述べた設計に基づき、提案インタフェースを搭載したペイントアプリケーションのプロトタイプの実装を行った。実装にはタブレットPCを使用した。本章では、プロトタイプの実装と評価について述べる。

5.1 実装

実装には Panasonic 社の Let's note CF-C1 を使用した。タブレットPCのタッチパネル入力機能は使用せず、画面内またはオフスクリーンサーフェスに対する入力はスタイラスを用いて検出する。

5.1.1 オフスクリーンサーフェス上のスタイラス動作の検出

オフスクリーンサーフェス上のスタイラスの動きを取得するために PenAndFree 社の DUO for Laptop[Pen] を使用した。実装用の PC に DUO for Laptop の受信ユニットを取り付けた様子を図 5.1 に示す。

先行研究 [鈴木 11a][鈴木 11b] の手法を用いた。スタイラスのキャリブレーションの際にオフスクリーンサーフェスを含めた領域を指定する。ペイントアプリケーション実行時にアプリケーション側のキャリブレーションを行い、画面内領域の四隅の座標を指定する。以上2つの操作によって、オフスクリーンサーフェスと画面内を切り分ける。

5.1.2 ペイントアプリケーション

ペイントアプリケーションの実装には .NET Framework と SlimDX を使用した。SlimDX は C# 用の DirectX ライブラリである。

5.2 提案機能と操作方法

プロトタイプ1に、4章において提案した機能を実装した。ここではそれぞれの操作を割り当てた位置と操作方法について述べる。



図 5.1: DUO for Laptop の受信ユニットと専用スタイラス

線の描画・消しゴム 画面内へのストロークによって線を描画する。実装に用いたスタイラスはサイドボタンを有しているため、スタイラスのサイドボタンを押しながらストロークを行うと消去モードとなる。消去モードでは透明色による描画が可能である。

ツールパレット 描画する線のパラメータを変更する機能を 1ヶ所にまとめ、ツールパレットと名付けた。ブラシサイズと描画色の変更機能が備わっている。

オフスクリーンサーフェス上にスタイラスを向けると、画面上下のうち、スタイラスの位置が近い方にツールパレットが表示される。ツールパレットが表示されている方の枠を用いて操作する。ツールパレットには 4 種類の操作が横並びに表示されており、縦ストロークによって機能を選択し、横ストロークによってパラメータを変更する。

例として、ツールパレットを用いて色相を変化させる際のストロークの軌跡を図 5.2 に示す。ツールパレットに表示されている色が現在の描画色である。図 5.2 左図は操作前の様子であり、描画色として緑色が選択されている。ここから色相の値を変更させて、青色を選択する。まず、変更したいパラメータの枠の範囲内において、垂直方向にストロークする。次にスタイラスを枠に接触させたまま、右に動かす。横のストロークを続けている間、ツールパレットに表示されている描画色の色相が変化する。ユーザがスタイラスを枠から離すと、その時点で画面に表示されていた色が描画色となる。

レイヤ レイヤは操作頻度が高いため、利き手に近い画面右の枠に配置した。オフスクリーンサーフェス上にスタイラスを向けると、画面右側にレイヤの一覧が表示される。レイヤに対する操作として、線を描画するレイヤの選択、表示または非表示の切り替え、移動の 3 種類の操作を実装した。

レイヤの選択は枠の外側から内側へのストロークを用いる (図 5.3)。ユーザは選択状態

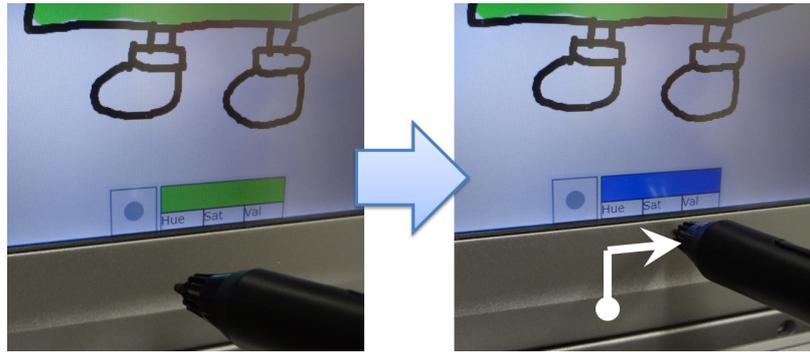


図 5.2: ツールパレットの操作方法



図 5.3: レイヤ選択時の操作方法

のレイヤにのみ描画を行うことが可能である。レイヤー一覧の中で、選択状態のレイヤは赤枠、それ以外のレイヤは黒枠で表示される。図 5.3 では、線の描かれたレイヤ（一覧上、以降線レイヤ）と色の塗られたレイヤ（一覧下、以降色レイヤ）がある。始めは色レイヤが選択されており、レイヤ選択操作によって線レイヤが選択される。

各レイヤごとに表示、非表示を切り替えることが可能である。レイヤの表示状態の切り替えには、枠の内側から外側へのストロークを用いる（図 5.4）。非表示状態のレイヤは、レイヤのサムネイルに×印が表示される。図 5.4 では、始めは線レイヤと色レイヤはどちらも表示されている。レイヤ表示状態の切り替え操作を行うと色レイヤが非表示になり、色の塗られた部分がキャンバスに表示されなくなる。

レイヤの移動の際は、移動したいレイヤから移動後の位置まで縦方向にストロークする（図 5.5）。図 5.5 では、レイヤ移動操作によって線レイヤと色レイヤの位置を入れ替えている。レイヤ移動後、線レイヤの線は色レイヤの色に隠されて、一部見えなくなっている。

キャンバスのスクロール 画面手前の机の領域においてストロークを行うと、画面内のキャンバスの表示位置が変更される。

キャンバスの回転 画面枠の四隅においてL字形のストロークを行うことによってキャンバスを回転させる。回転操作時のスタイラスの軌跡を図 5.6 に示す。時計回り、反時計回り

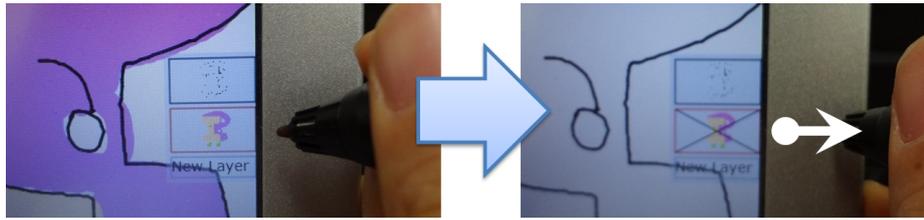


図 5.4: レイヤ非表示の際の操作方法

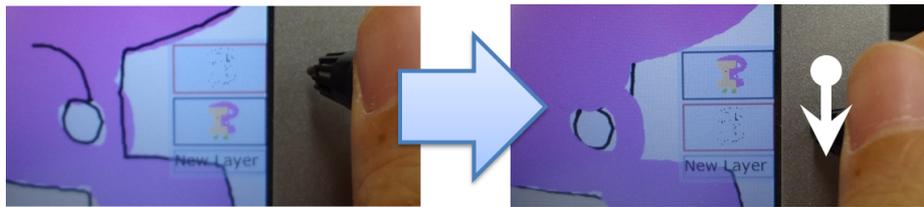


図 5.5: レイヤ移動時の操作方法

のどちらにも回転させることができる。

5.3 評価

提案ペイントアプリケーションの評価のために実験を行った。実験では、提案ペイントアプリケーションを被験者に使用してもらい、アプリケーション全体の操作感と、各機能の操作方法について感想を聞いた。対象をペイントアプリケーションに限定していることから、実験の被験者は日常的に絵を描く人を対象とした。まず予備実験を行い、その後本実験を行った。

5.3.1 被験者

予備実験の被験者は 23 歳と 24 歳の女性 2 人である。2 人とも右利きだった。予備実験より、実験の進め方と質問項目を決定した。本実験の被験者は 19 歳から 25 歳の男女 4 人である。うち、男性が 2 名、女性が 2 名であり、右利きが 3 名、左利きが 1 名であった。予備実験、本実験共に、被験者は全員ペンタブレットの使用経験があった。

5.3.2 内容

まず、被験者にペイントアプリケーションの各機能の操作方法を説明した。説明時にはオフスクリーンサーフェスを使用することを伝えたが、提案ペイントアプリケーションの設計指針や目的については説明しなかった。次に、被験者に自由にペイントアプリケーションを

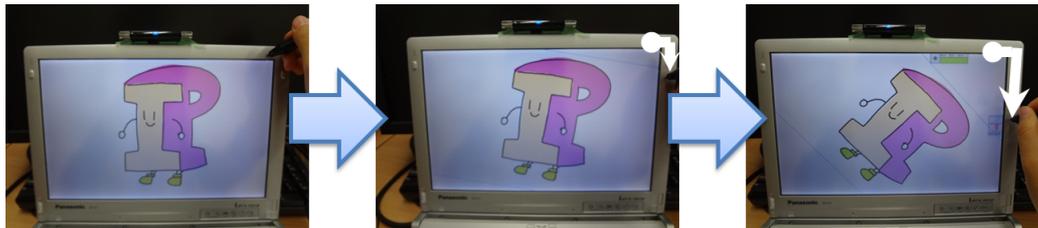


図 5.6: キャンバスの回転方法

使用してもらい、使用中のコメントを記録した。この自由描画の時間は30分程度とした。最後にアンケートを行い、ペイントアプリケーションを使用した感想について尋ねた。実験にかかる時間は被験者1人辺り1時間だった。

5.3.3 結果

実験の結果描かれた絵を図 5.7 に示す。本節では、実験中の観察と、得られたコメントについて述べる。

観察結果

実験中の観察より、被験者4名のうち3名は、ブラシサイズをあまり変更せず、均一な太さの線を描いていた。また、4名中3名は色の変更を行っていたが、1名はあまり色を変更させていなかった。自由描画中、1枚のレイヤに1種類の絵を描き、他のレイヤは非表示にするという行動が見られた。

オフスクリーンサーフェスを用いた操作では、ツールパレット操作中の誤入力が見られた。誤入力は2種類に分けられる。まず、ツールパレットに搭載された、ブラシサイズ、色相、彩度、明度の4つのパラメータのうち、被験者が意図する機能を選択できなかったことがあった。そして、パラメータを選択し変更したあと、決定の際にパラメータがずれてしまう現象が見られた。2つ目のパラメータの決定失敗は、ブラシサイズの変更操作の際に特によく見られた。

被験者のコメント

ペイントアプリケーションに対する感想は、全体的に肯定的であった。画面外操作に対しては、一部の機能に操作が難しいというコメントが得られた。

キャンバスの広さ ペイントアプリケーション使用中の被験者のコメントと、使用後の感想より、「キャンバスを広く使用できてよかった」というコメントが得られた。被験者のうち2名は、「小さいディスプレイで絵を描くときにもキャンバスを広く使いたいのので、提



図 5.7: 被験者の描いた絵

案アプリケーションの操作はいい」とコメントした。更に2名のうち1名は、「1人でペイントソフトを使用する際にはデスクトップPCや大きいディスプレイを使用できるが、複数人での打ち合わせのときなど、普段使用しているPC環境を使えない場合がある。その際にはノートPCを用いるので、小さいディスプレイを用いて絵を描く機会はある」とコメントしていた。

ツールパレット ツールパレットについて、「すぐに操作に慣れた」、「色の微調整ができるのが良い」とのコメントを得た。逆に、「縦横のストロークが難しい」、「色相、彩度、明度の値を指定する方法が難しい」というコメントがあった。観察中に見られたツールパレットの誤入力について、「ツールパレットの中から機能を選択する際に誤動作が多かったため、ツール同士の間隔を広げて欲しい」というコメントも得られた。このコメントをした被験者は、実験中に、ブラシサイズを変更しようとして色相を選択するという誤入力を何度かしていた。また、ツールパレットは1か所のオフスクリーンサーフェスに複数の機能を割り当てるものであったが、「1か所の枠に機能をまとめて割り当てるのではなく、もっと枠を広く使いたい。機能を割り当てる領域を変更したい」というコメントを得られた。

レイヤ機能 レイヤ機能の搭載については好評であり、ストロークによるレイヤ選択は操作しやすいとのコメントを得た。被験者のうち1名は、「左右のストロークと、選択、表示切替の操作の対応がとれないため、タップによってレイヤを選択し、左右のストローク

によって表示切替を行いたい」とコメントした。

キャンバスの回転機能 キャンバスの回転については、ペイントアプリケーションの機能説明時には好評であった。しかし、回転機能は自由描画の際にはほとんど使われていなかった。その理由として、「キャンバスの回転ができないペイントアプリケーションに慣れているため、あまり使わなかった」とコメントした。

5.3.4 考察と議論

被験者に対して、研究の目的や提案ペイントアプリケーションの設計方針についての説明はしなかった。しかし被験者からは、キャンバスを広く使用できてよかったと感想が得られた。コメントより、ユーザにキャンバスを広く使用したいモチベーションがあることがわかり、またキャンバスの領域を広く確保する点では問題が解決されたと言える。

しかし、スタイラスの操作領域の拡大については否定的なコメントが多かった。理由として、ツールパレットに複数の機能を搭載したことにより、機能選択時に小さい領域を選択しなければならなかったことと、ストロークのみを用いた操作がユーザにとって不自然に感じられたことが挙げられる。改善のために、ツールパレット中の各ツールの配置を隣接させるのではなく間隔をあけて配置することが考えられる。ストロークのみを用いた操作の不自然さについては、レイヤの選択と表示切り替えの操作方法に関するコメントだった。そのため、これらの機能と操作方法が対応するように改善する必要がある。

新しく追加した機能であるキャンバスの回転操作とレイヤ操作については、実験中の自由描画の際にあまり使用されていなかった。これは、自由描画の時間が30分と短く、キャンバスの回転やレイヤを使用するような手の込んだ絵を描くには時間が足りなかったことが原因と考えられる。また、キャンバスの回転機能を普段使用しないため、使わないと言った被験者がいた。

5.3.5 プロトタイプの改良

研究発表の際に「スタイラスの機能として、入力の際の筆圧が感知できるものがある。絵を描く際には筆圧を使用したいため、筆圧検知可能なペンタブレットでも提案インターフェースを使用したい」とコメントがあった。現在使用しているDUO for Laptopのスタイラスは、スタイラスのホバー状態は感知できるが、接地時の筆圧は感知できない。

そこで、筆圧感知可能なスタイラスを用いてプロトタイプ2を実装する。プロトタイプ2では、プロトタイプ1での操作方法を改良し、一般に用いられるスタイラスとペイントアプリケーションにおいて提案インターフェースの操作を実現する。

第6章 プロトタイプ2：液晶ペンタブレット版 ペイントアプリケーション

5章において述べたペイントアプリケーションはタブレットPCとDUOペンという限定された環境において実装している。これは3章の調査結果にあるような、実際にペイントアプリケーションが使用される環境とは大きく異なる。そのため、実際のペインティング環境に近い環境におけるプロトタイプを実装した。

6.1 設計

3章の調査では、調査対象となった6人の被験者全員が、PC環境におけるペインティングの際にペンタブレットを使用すると回答した。そこで、プロトタイプ2のペンタブレットを用いる。提案インタフェースは直接入力のスタイラスインタフェースを対象としているため、ペンタブレットは間接入力のものではなく、液晶ペンタブレットを使用する。

またプロトタイプ2では、既存のペイントアプリケーションを用いて提案インタフェースの操作を実現する。実装にはペイントアプリケーションとして Adobe Photoshop CS5（以下 Photoshop）を使用した。アプリケーションは、3章の調査結果より Photoshop を使用するユーザが多かったことと、外部制御用の API があることから Photoshop に決定した。

プロトタイプ2では、オフスクリーンサーフェスへの入力を検出し、Photoshop の機能を選択する部分を実装する。

6.2 実装

実装環境を以下に示す。

- ハードウェア
 - Wacom Cintiq 21UX (DTZ-2100D)¹
 - Kinect for Xbox 360
- ソフトウェア
 - Adobe Photoshop CS5

¹<http://tablet.wacom.co.jp/products/cintiq/dtz2100/>

- ライブラリ

- .NET Framework 4
- Microsoft Kinect SDK 1.5
- Adobe Photoshop CS5 Object Library
- Adobe Photoshop CS5 Type Library

3章の調査の被験者はWacom社のペンタブレットを使用していた。Wacom社のペンタブレットはクリエイタ向けに作られているものが多い。一般に筆圧感知が可能であり、高性能なintuosシリーズではスタイラスの傾きを検出できるようになっている。実装に用いたCintiq 21UXはintuos3のドライバを搭載した液晶ペンタブレットであり、スタイラスの筆圧と傾きを検出可能である。画面サイズは21.3インチ、読み取り範囲は432.0×324.0mm、最大画面解像度は1600×1200ピクセルである。

オフスクリーンサーフェスへの入力を検出するためにMicrosoft社のKinect for Xbox 360(以下Kinect)を使用した。液晶ペンタブレットは机の上に置き、Kinectは液晶ペンタブレットの画面とユーザが映るように、ユーザの背後に設置した。

6.2.1 画面外操作の検出

実装に使用した液晶ペンタブレットのスタイラスの検出範囲は画面の内側のみである。そのため、オフスクリーンサーフェス上のスタイラスの動きを検出するためにKinectを使用した。Kinectによって取得した深度情報の変化を用いて、スタイラスを持つ手と画面の接触を検出する。

画面外操作検出プログラムは、オフスクリーンサーフェス上において行われたジェスチャを検出し、ジェスチャによってPhotoshopの機能を実行する。ペイントアプリケーション使用時には、画面外操作検出プログラムとPhotoshopを立ち上げる。

液晶ペンタブレットは机の上に立てて置いた。椅子に座るユーザの後ろから、液晶ペンタブレットの画面を映すようにKinectを設置した。KinectのRGBカメラの画像を図??に示す。Kinectは地面からの高さが180mmとなるよう吊り下げた。

液晶ペンタブレットの画面の四隅にはマーカーとして赤い印をつけた。画面外操作検出プログラム実行時に、この4点のマーカーを用いて、画面内の領域とオフスクリーンサーフェスを分けるキャリブレーションを行う。

6.3 提案機能と操作方法

プロトタイプ2で使用する各機能について、機能を割り当てた領域と、それぞれの操作方法を述べる。実装する機能は、描画、色の変更、ブラシサイズの変更、レイヤ操作、キャンバスのスクロールである。液晶ペンタブレット自体が回転しているように見えるため、アプリケーションの機能として回転機能は実装しない。



図 6.1: Kinect の RGB カメラの画像

線の描画・消しゴム プロトタイプ1と同様に、画面内の領域は全てキャンバスとする。Photoshopの画面からツールウィンドウを全て消してキャンバスを全画面表示する。画面内へのストロークにより、ブラシを用いて線が描画される。実装に用いたペンタブレットのスタイラスには消しゴムボタンが備わっているため、消しゴム機能を使用するにはスタイラスの反対側を用いてストロークを行う。

色の変更 プロトタイプ1の評価より、複数の機能を隣接して配置することは誤動作の原因になり得る。そこで、ツールパレットに搭載されていた機能を離して配置した。描画色は画面上部の枠を使用し、色相、彩度、明度の3種類の値をそれぞれ調整して決定する。画面枠の横幅を3分割し、ストロークを開始した位置によって変更するパラメータの種類を決定する。左から彩度、色相、明度を割り当てた。描画色の変更中はフィードバックとして、現在選択されている描画色と、色相、彩度、明度のうち選択されているパラメータが表示される。操作中に画面に表示されるビジュアルフィードバックを図6.2、図6.3、図6.4に、それぞれ示す。

ブラシサイズの変更 オフスクリーンサーフェス中の画面左側の枠を使用する。上方向にストロークを行うとブラシサイズが減少し、下方向にストロークを行うとブラシサイズが増加する。

レイヤ プロトタイプ1と同様に、レイヤの選択、表示または非表示の切り替え、移動の3種類の操作を実装した。オフスクリーンサーフェス中の画面右側の枠を使用する。レイヤ一覧が表示されている様子を図6.5に示す。

レイヤ機能は、プロトタイプ1の評価結果を受けて操作方法を見直した。レイヤ選択の際には、画面内に表示されているレイヤのサムネイルの横でスタイラスを長押しする。



図 6.2: 色相変更時のフィードバック

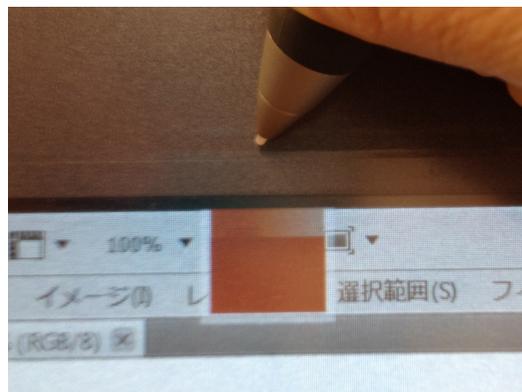


図 6.3: 彩度変更時のフィードバック

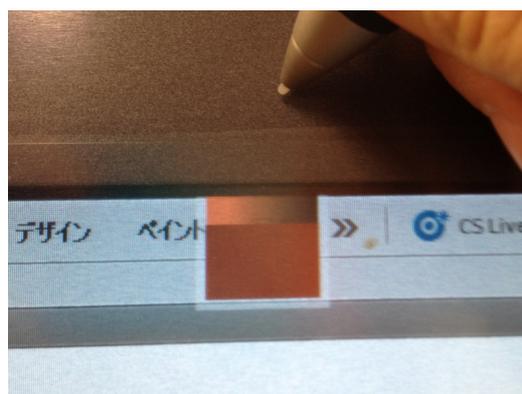


図 6.4: 明度変更時のフィードバック

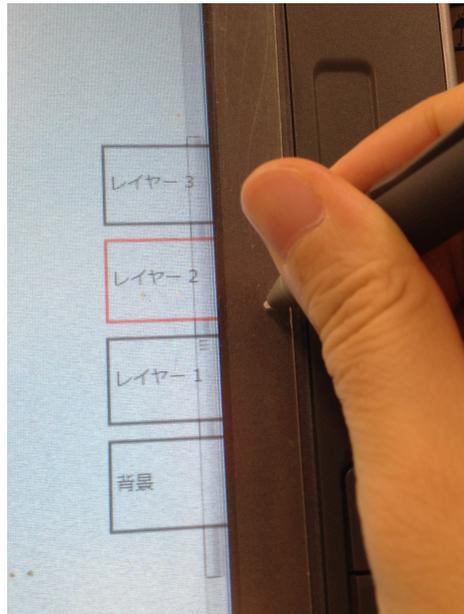


図 6.5: レイヤー一覧

枠の内側から外側へのストロークによって選択レイヤを非表示にし、外側から内側へのストロークによって選択レイヤを表示する。レイヤの移動の際は、移動したいレイヤから移動後の位置まで縦方向にストロークする。

キャンバスのスクロール スクロール操作はプロトタイプ1と同様に、画面手前の机の領域においてストロークによって、画面内のキャンバスの表示位置が変更される。

第7章 議論

前章までは、提案インタフェースと、実装した2種類のプロトタイプについて述べた。本章では、2種類のプロトタイプの試用と考察から得られた発展案について述べる。

7.1 ペイントアプリケーションの設計

提案インタフェースにおいて、画面外操作としてスタイラスのストロークを使用した。スタイラスを面に接して動かしている間は画面外操作が呼び出され、スタイラスが面から離れたときに操作完了となりパラメータが決定される。しかし、プロトタイプ1の評価実験の観察より、スタイラスを面から離して画面外操作を完了させる際に、ペン先がぶれてパラメータが変わってしまう現象が見られた。単純にストロークを使用するだけでは、ペン先のぶれの問題は解決できていない。

解決のために、パラメータの決定の際にストロークの向きを変える方法が考えられる。操作時のスタイラスの動きを図7.1に示す。スタイラスを接地して画面外操作を開始し(図7.1a)、一方向のストロークによってパラメータを変更する(図7.1b)。パラメータの決定の際には90度曲げてストロークを行う(図7.1c)。この際、ストロークの方向が変わった時点でパラメータは確定される。スタイラスを面から離すことによって画面外操作は終了し、描画色が確定する。

また、ハードウェア面での改良も考えられる。スタイラスの接地対象となる面の摩擦が大きくなり、ペン先が適度に引っ掛かるのならば、ペン先のぶれを抑えることができるだろう。

7.2 タブレット端末への適用

発展として、モバイル端末やスレート端末への搭載が考えられる。提案インタフェースはキャンバスを広く確保し、画面内に表示するGUIを減らすため、画面サイズが小さい環境においても作業領域を広く確保することが期待できる。モバイル端末は絵を描くには小さすぎるかもしれないが、スレート端末であれば絵を描くのに十分な大きさを備えている。また、操作領域を拡張するためにモバイル端末の背面に対する操作に着目した研究[BC09]がある。それらの背面に対する検出手法を用いて、端末の背面をオフスクリーンサーフェスとすれば本研究の提案インタフェースをモバイル端末やスレート端末に適用可能だろう。

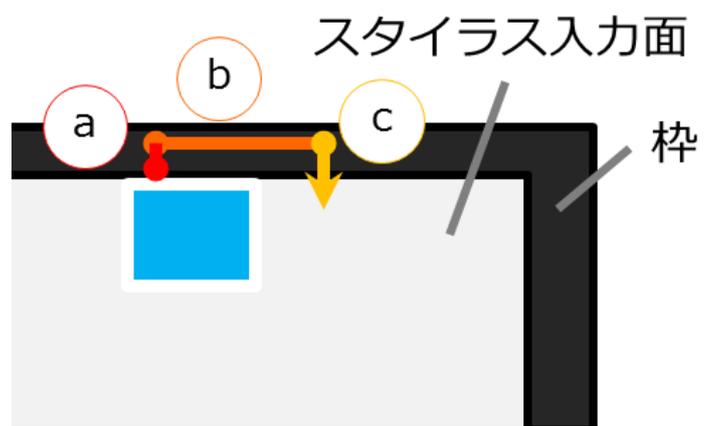


図 7.1: ストロークの向きを変更しパラメータを選択する

第8章 結論

本研究では、ペインティングに適したスタイラスインタフェースを提案し、提案インタフェースを搭載したペイントアプリケーションのプロトタイプを実装し、評価した。提案インタフェースは、オフスクリーンサーフェスに対するスタイラスの操作を取得し、スタイラスの入力面を拡張した。また、画面内への操作内容のフィードバック表示により、オフスクリーンサーフェスに対する操作をユーザに示す。

プロトタイプ1はタブレットPCを用いて実装した。プロトタイプ1の評価実験の結果、被験者の感想より、キャンパスの領域を大きく使用するという目的は達成された。スタイラスによる操作がしやすいようにスタイラスの操作領域を広げるという点では改善が必要というコメントが得られた。その後、プロトタイプ1の評価結果を受けてプロトタイプ2を実装した。プロトタイプ2では、実際のペインティングの環境により近づくように、スタイラスに液晶ペンタブレット、ペイントソフトとしてPhotoshopを用いた。これら2種類のプロトタイプの試用と評価より、今後の展望について述べた。

謝辞

本研究を行うにあたって、指導教員である田中二郎先生には多くのご指導と助言をいただきました。また、所属する WAVE チームの担当教員である志築文太郎先生には、個人研究の進め方や論文の執筆の他、チーム内の研究プロジェクトやセミナー、そして研究室内の生活面においても、様々なご指導とご助言をいただきました。三末和男先生、高橋伸先生には、所属するチームは異なりますが、研究発表の際に多くのご助言をいただきました。チーム内の議論とは全く異なる視点からご助言をいただくことができ、研究を進めるにあたって大変参考になりました。先生方に心より感謝申し上げます。

研究室の皆様には、研究活動と日常生活の両面において大変お世話になりました。特に WAVE チームの皆様には、研究の相談や議論に協力していただきました。3 年間研究を続けてこられたのは、WAVE チームの皆様のおかげです。本当にありがとうございました。

また、調査と実験に協力してくれた皆様に感謝します。お忙しい中、時間をとって実験に参加していただき、そこから研究の発展につながる多くのご助言をいただきました。皆様からのコメントがあって、ここまで研究を進めることができました。特に、学部時代の同期の友人達には、実験への協力以外にも、大学院に進学してからの日常生活においても何度も励ましていただきました。皆様の励ましが力強い支えとなりました。この場を借りてお礼申し上げます。

最後になりましたが、様々な面から支えてくださった両親と家族に、心より感謝申し上げます。皆様のおかげでここまで研究を続けることができました。

大学生活でお世話になった全ての方に感謝いたします。本当にありがとうございました。

参考文献

- [AG04] Georg Aritz and François Guimbretière. Crossy: a crossing-based drawing application. In *Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '04, pp. 3–12, 2004.
- [BC09] Patrick Baudisch and Gerry Chu. Back-of-device interaction allows creating very small touch devices. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '09, pp. 1923–1932, 2009.
- [BIH08] Alex Butler, Shahram Izadi, and Steve Hodges. Sidesight: multi-“touch” interaction around small devices. In *Proceedings of the 21st annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '08, pp. 201–204, 2008.
- [BNLH11] Andrew Bragdon, Eugene Nelson, Yang Li, and Ken Hinckley. Experimental analysis of touch-screen gesture designs in mobile environments. In *Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems*, CHI '11, pp. 403–412, 2011.
- [FBKB99] George W. Fitzmaurice, Ravin Balakrishnan, Gordon Kurtenbach, and Bill Buxton. An exploration into supporting artwork orientation in the user interface. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '99, pp. 167–174, 1999.
- [GHB⁺06] Tovi Grossman, Ken Hinckley, Patrick Baudisch, Maneesh Agrawala, and Ravin Balakrishnan. Hover widgets: using the tracking state to extend the capabilities of pen-operated devices. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, CHI '06, pp. 861–870, 2006.
- [HKR12] William Hamilton, Andruid Kerne, and Tom Robbins. High-performance pen + touch modality interactions: a real-time strategy game esports context. In *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '12, pp. 309–318, 2012.
- [HYP⁺10] Ken Hinckley, Koji Yatani, Michel Pahud, Nicole Coddington, Jenny Rodenhouse, Andy Wilson, Hrvoje Benko, and Bill Buxton. Pen + touch = new tools. In *Proceedings*

- of the 23rd annual ACM symposium on User interface software and technology, UIST '10, pp. 27–36, 2010.
- [JB12] Mohit Jain and Ravin Balakrishnan. User learning and performance with bezel menus. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '12, pp. 2221–2230, 2012.
- [KAW⁺09] Shaun K. Kane, Daniel Avrahami, Jacob O. Wobbrock, Beverly Harrison, Adam D. Rea, Matthai Philipose, and Anthony LaMarca. Bonfire: a nomadic system for hybrid laptop-tabletop interaction. In *Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '09, pp. 129–138, 2009.
- [KB93] Gordon Kurtenbach and William Buxton. The limits of expert performance using hierarchic marking menus. In *Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '93, pp. 482–487, 1993.
- [LG12] Shenwei Liu and François Guimbretière. Flexaura: a flexible near-surface range sensor. In *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '12, pp. 327–330, 2012.
- [MM11] Pranav Mistry and Pattie Maes. Mouseless: a computer mouse as small as invisible. In *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems*, CHI EA '11, pp. 1099–1104, 2011.
- [NGI10] Menno Nijboer, Moritz Gerl, and Tobias Isenberg. Exploring frame gestures for fluid freehand sketching. In *Proceedings of the Seventh Sketch-Based Interfaces and Modeling Symposium*, SBIM '10, pp. 57–62, 2010.
- [Pen] PenAndFree. Duo pen — digital pen mouse (tablet mouse). <http://www.penandfree.com/>.
- [RM00] Xiangshi Ren and Shinju Moriya. Improving selection performance on pen-based systems: a study of pen-based interaction for selection tasks. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, Vol. 7, No. 3, pp. 384–416, sep 2000.
- [RT09] Volker Roth and Thea Turner. Bezel swipe: conflict-free scrolling and multiple selection on mobile touch screen devices. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '09, pp. 1523–1526, 2009.
- [SBG⁺11] Hyunyoung Song, Hrvoje Benko, Francois Guimbretiere, Shahram Izadi, Xiang Cao, and Ken Hinckley. Grips and gestures on a multi-touch pen. In *Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems*, CHI '11, pp. 1323–1332, 2011.

- [SCGB12] Joey Scarr, Andy Cockburn, Carl Gutwin, and Andrea Bunt. Improving command selection with commandmaps. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '12*, pp. 257–266, 2012.
- [TXW⁺08] Feng Tian, Lishuang Xu, Hongan Wang, Xiaolong Zhang, Yuanyuan Liu, Vidya Setlur, and Guozhong Dai. Tilt menu: using the 3d orientation information of pen devices to extend the selection capability of pen-based user interfaces. In *Proceedings of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems, CHI '08*, pp. 1371–1380, 2008.
- [梅林 09] 梅林靖弘, 丸山一貴, 寺田実. ペンタブレットの空中動作を利用したインタラクション. 第 17 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2009), pp. 121–122, 2009.
- [鈴木 07] 鈴木優, 三末和男, 田中二郎. ユーザに優しいデジタルノート向けスタイラスインタフェース. 第 15 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2007), pp. 69–74, 2007.
- [鈴木 11a] 鈴木文佳. 画面外におけるスタイラスの動作を用いた入力インタフェース. 卒業論文, 筑波大学, 茨城県つくば市天王台 1-1-1, 2011.
- [鈴木 11b] 鈴木文佳, 志築文太郎, 田中二郎. 画面外におけるスタイラスの動作を用いた入力インタフェース. 情報処理学会第 73 回全国大会論文集, 第 4 巻, pp. 317–318. 社団法人情報処理学会, 2011.
- [鈴木 11c] 鈴木優, 三末和男, 田中二郎. ペンを握る動作を利用したインタラクション手法の検討. 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 4, pp. 1552–1561, April 2011.

付録 絵の描き方に関する調査の資料

実験同意書とアンケート

平成 23 年 月 日
システム情報工学研究科 コンピュータサイエンス専攻
鈴木 文佳

調査に関する同意書

この度は調査にご協力いただき、ありがとうございます。
この調査は、絵を描く際に使う画材やアプリケーション、それらを使った絵の描き方
について調べるものです。

調査の前に以下の項目の準備をお願いします。

(1) 作業環境の写真

作業机、作業に使う画材、紙やディスプレイの配置がわかるように撮影してください。

(2) ご自分が描いた絵の紙、または絵を描いているときの画面のスクリーンショット
紙に絵を描かれる方は、その紙を 1 枚持参してください。

PC を使って絵を描かれる方は、作業画面のスクリーンショットをとり、持参してく
ださい。

調査に関して、以下の項目に同意していただけたら、ページ下部の署名欄に署名
をお願いします。

- この調査によって得られたデータは、個人が特定されないように処理します。
- 調査結果は学内外で発表する論文において使用します。
- 調査の様子をビデオに撮影します。
- 調査後、以下の作品と準備物を提出していただきます。提出された作品は実験者が管
理します。

- ・ 調査中に作成する絵（紙、データ）
- ・ 作業環境の写真またはスクリーンショット
- ・ 持参した絵（紙またはデータ）のコピー

以上の項目に同意し、調査に協力します。

平成____年____月____日

署名_____

設問 1.1

あなたが描く絵の種類を教えてください。

以下の項目から最もよく描くものを選んでください。

[漫画・イラスト・その他]

設問 1.2

あなたが絵を描くのは仕事のためですか、それとも趣味のためですか。

[仕事・趣味・両方]

設問 1.3

あなたは絵を描くときに、紙と PC のどちらを使いますか。

[紙・PC・どちらも使う]

設問 1.4

あなたが絵を描くときに使う道具について教えてください。

(設問 1.3 で「紙」または「どちらも使う」と答えた場合は設問 1.4.1 に回答してください)

設問 1.4.1

以下の道具の中でよく使うものを選んでください。(複数選択可)

[鉛筆 (シャープペンシル) ・ボールペン ・つけペン ・ミリペン ・筆ペン
絵の具 ・色鉛筆 ・マーカー (コピックなど色つきのペン) ・その他]

(設問 1.3 で「PC」または「どちらも使う」と答えた場合は設問 1.4.2～1.4.5 に回答してください)

設問 1.4.2

PC で絵を描く際にペンタブレットを使ったことはありますか。

[よく使う ・触ったことがある ・使ったことがない]

(設問 1.4.2 で「よく使う」「触ったことがある」と答えた場合は設問 1.4.3 に回答してください)

設問 1.4.3

ペンタブレットを使ったことがある人への質問です。

あなたが使っているペンタブレットの製品名と、使用年数を教えてください。

設問 1.4.4

PC で絵を描く際に使うペイントソフトについての質問です。

以下の項目から、よく使うペイントソフトを選んでください。(複数選択可)

また、それらのペイントソフトの使用年数を教えてください。

[Photoshop・Illustrator・SAI・IllustStudio・ComicStudio・その他]

※使用ソフト(使用年数)のように回答してください。

例: Photoshop (1年)、Pixia (3年) など

設問 1.4.5

絵を描く際に使用する PC の OS とバージョン名を教えてください。

[Windows・Mac OS]

設問 1.4.6

PC で絵を描く際にディスプレイをいくつ使用しますか。

[1台・2台・それ以上]

設問 1 のアンケートは以上です。

設問 2.1

これからあなたに白い紙を渡します。その紙に、あなたが普段絵を描くときの方法で、指定されたオブジェクトを描いてください。時間は 30 分程度です。使用可能な画材は以下の通りです。

鉛筆 (H)、鉛筆 (2B)、消しゴム、色鉛筆 (36 色)

設問 2.2

PC を用いて、あなたが普段絵を描くときの方法で、指定されたオブジェクトを描いてください。時間は 30 分程度です。

PC の OS は Windows Vista、ソフトは Photoshop CS3 です。ペンタブレットは intuos 3、マウスは intuos のマウスと USB 接続のマウスがあります。

設問 3.1 あなたが絵を描くときの作業環境について教えてください。

設問 3.1.1 作業環境の写真を見せてください。

設問 3.1.2 筆記具以外に作業環境に置いているものはありますか。

(自由記述)

設問 3.2 紙に絵を描く人に質問します。あなたが描いた絵について教えてください。

設問 3.2.1 あなたの描いた絵を見せてください。

設問 3.2.2 この絵はどんな画材を使って描きましたか。使用した画材を全て教えてください。

(自由回答)

設問 3.2.3 絵を描くために使った画材は、作業中はどこに置いていますか。

(自由回答)

・紙の余白領域に試し描きがある場合

設問 3.2.4 紙の周囲に描いてあるものはなんですか。

(自由)

設問 3.2.5 何のために描きましたか。

(自由)

設問 3.2.6 どうしてこの場所に描きましたか。

(自由)

・試し描きがない場合

設問 3.2.7 絵を描く際に、下描きや試し描きはしますか。

下描き する／しない

試し描き する／しない

設問 3.2.8 設問 3.2.7 で試し描きをすると答えた人への質問です。試し描きはなにに対して描きますか。

(自由)

・PCでも絵を描く人に対して

設問 3.2.9 紙に絵を描くときにはできて、PCを使って絵を描くときにはできないことや困ることはありますか。

(自由)

設問 3.3 PC を使って絵を描く人に質問します。あなたが描いた絵について教えてください。

設問 3.3.1 あなたが描いた絵を見せてください。

設問 3.3.2 あなたが絵を描くときのスクリーンショットを見せてください。

設問 3.3.3 この絵を描くために使用したアプリケーション名を教えてください。

(自由)

設問 3.3.4 絵を描く際にどれくらいツールウィンドウを表示させていますか。

設問 3.3.5 ツールウィンドウをどこに表示していますか。また、ツールウィンドウの位置は固定していますか。

(表示位置は自由)

(固定しているかどうかはウィンドウごとに聞く)

設問 3.3.6 絵を描く際に、下描きや試し描きはしますか。

下描き する／しない

試し描き する／しない

設問 3.3.7 設問 3.3.6 で試し描きをすると答えた人への質問です。試し描きはなにに対して描きますか。

(自由)

・紙にも絵を描く人に対して

設問 3.3.8 PC を使って絵を描くときにはできて、紙に絵を描くときにはできないことや困ることはありますか。

(自由)

被験者一覧

被験者	A	B	C	D	E	F
性別	女	女	男	男	男	女
利き手	左	右	右	右	右	右
よく描く絵	漫画	漫画	その他 (アニメーション製作)	イラスト	イラスト	イラスト
紙 or PC	紙・PC	PC	PC	紙・PC	PC	紙・PC
紙の場合よく使う 画材	シャープペンシル つけペン ミリペン 色鉛筆 マーカー			鉛筆 シャープペンシル ボールペン つけペン 筆ペン		鉛筆 シャープペンシル ボールペン ミリペン 筆ペン
ペンタブレットの 機種 (描画面のサイズ、 使用年数)	Cintiq21UX (21inch、3ヶ月) intuos 4 PTK-840 (A4W、2年)	intuos 3 PTZ-631W (A5W、3年)	intuos 3 (A5、3年)	Bamboo FUN (A5、2年)	Bamboo FUN CTE-450 (A6、4年)	Bamboo FUN CTE-650 (A5、4年)
ペイントソフト	Photoshop (9年) Painter (6年) ComicStudio (5年) Illustrator (3年)	SAI (3年) ComicStudio (1年)	Flash (6年) Photoshop (4年) SAI (3年)	Illustrator (3年) IllustStudio (2年)	SAI (4年)	Photoshop (1年) Illustrator (1年) Photoshop Elements (4年) Pixia (3年)
OS	Windows 7	Windows 7	Mac OS X SnowLeopard、 WindowsXP(SAI用)	Windows Vista	Windows Vista	Mac OS X SnowLeopard
ディスプレイ	2台	1台	2台	1台	1台	1台

被験者が描いた絵

紙タスク

グループ A



図 8.1: 被験者 A



图 8.2: 被験者 C

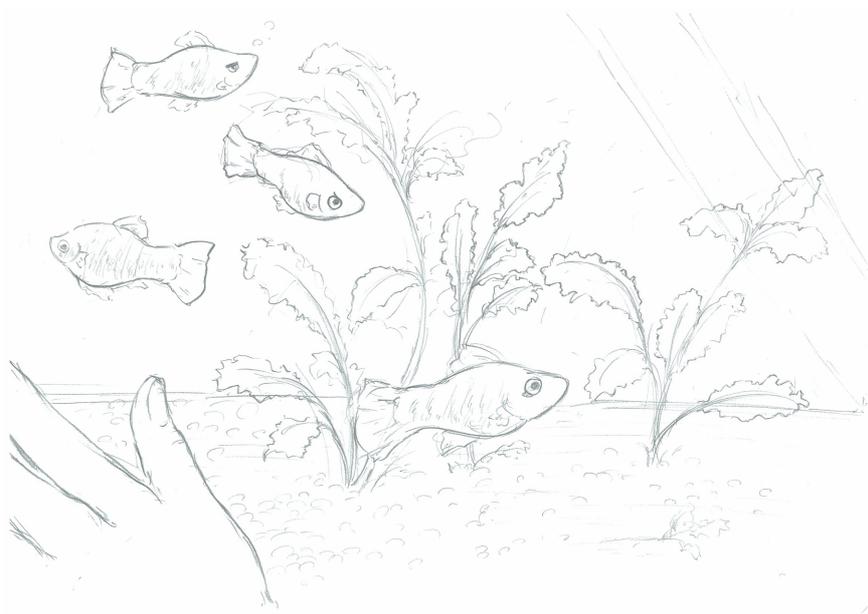


图 8.3: 被験者 E

グループ B

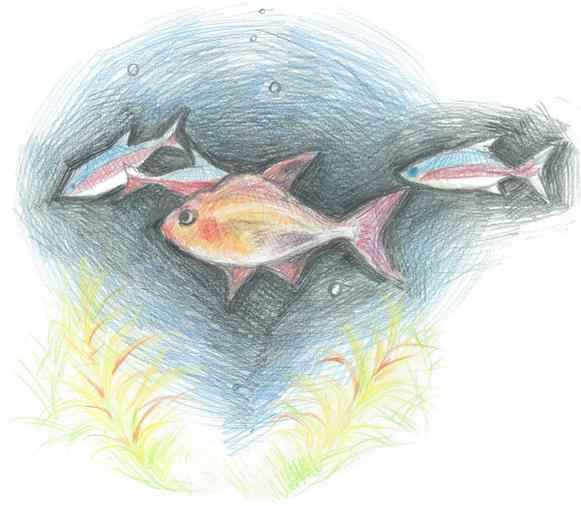


図 8.4: 被験者 B

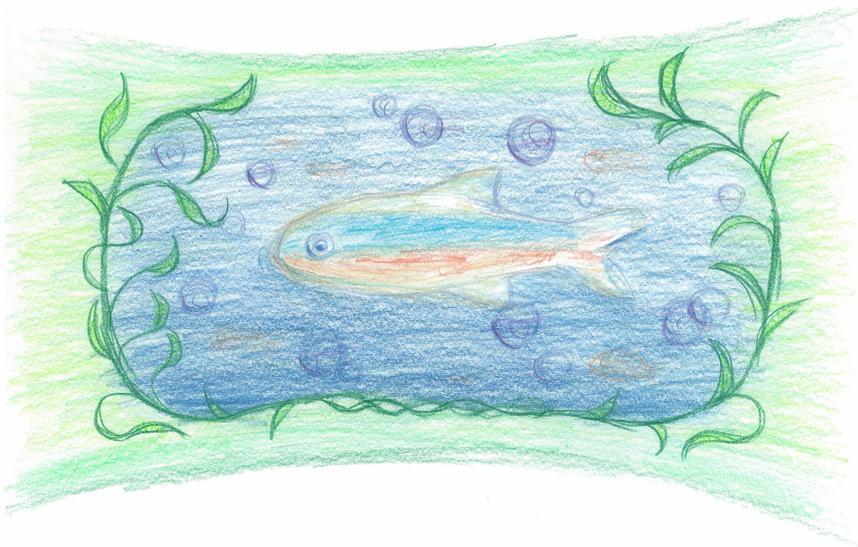


図 8.5: 被験者 D

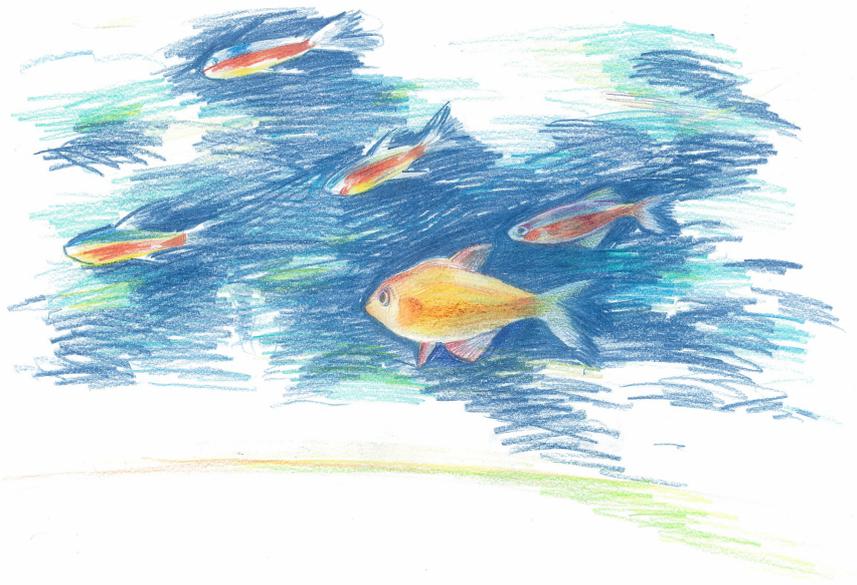


图 8.6: 被験者 F

PC タスク
グループ A



図 8.7: 被験者 A



図 8.8: 被験者 C



図 8.9: 被験者 E

グループ B



図 8.10: 被験者 B



图 8.11: 被験者 D

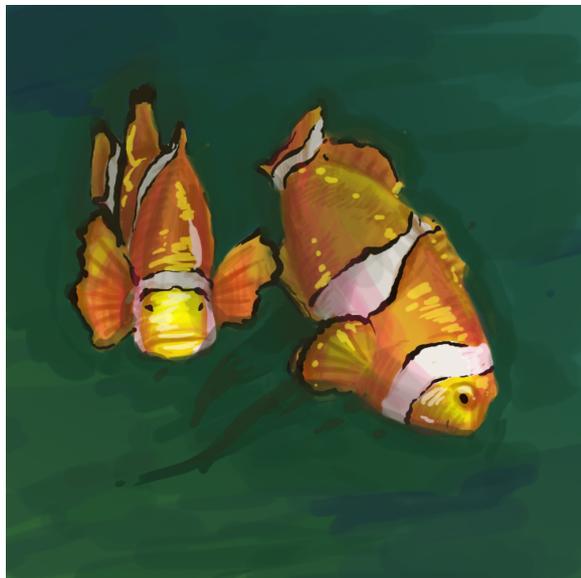


图 8.12: 被験者 F

調査結果

紙タスクにおいて計測した操作回数と頻度

被験者	見本	時間	色鉛筆を出す	頻度(回数/分)	色鉛筆をしまう	頻度	色鉛筆持ち替え	頻度
A	セットA	32:05	22	0.68579	22	0.68579	31	0.96633
B	セットB	31:51	14	0.43956	2	0.06279	37	1.1617
C	セットA	28:01	8	0.28551	1	0.03569	18	0.6424
D	セットB	30:00	44	1.46667	44	1.46667	0	0
E	セットA	33:30	0	0	0	0	0	0
F	セットB	30:26	16	0.5258	0	0	51	1.67598
平均		30:59	17.3333	0.56722	11.5	0.37516	22.8333	0.74107

被験者	消しゴム	頻度	紙の移動	頻度	紙の回転	頻度	見本を移動	頻度
A	11	0.34289	10	0.31172	9	0.28055	1	0.03117
B	2	0.06279	9	0.28257	66	2.07221	0	0
C	16	0.57102	6	0.21413	6	0.21413	0	0
D	0	0	25	0.83333	92	3.06667	2	0.06667
E	25	0.74627	51	1.52239	203	6.0597	0	0
F	3	0.09859	4	0.13145	6	0.19717	0	0
平均	9.5	0.30359	17.5	0.54927	63.6667	1.98174	0.5	0.01631

PC タスクにおいて計測した操作回数と頻度

被験者	見本	時間	ツール切り替え	頻度(回数/分)	ショートカットキー	頻度
A	セットA	33:34	3	0.08937	0	0
B	セットB	32:00	43	1.34375	22	0.6875
C	セットA	32:05	2	0.06234	142	4.42643
D	セットB	30:06	13	0.43189	0	0
E	セットA	46:24	0	0	53	1.14224
F	セットB	32:00	7	0.21875	0	0
平均		34:22	11.3333	0.35768	36.1667	1.0427

被験者	色の変更	頻度	スポイト	頻度	フラッシュボード	頻度
A	19	0.56598	0	0	8	0.23831
B	23	0.71875	45	1.40625	24	0.75
C	34	1.05985	0	0	14	0.43641
D	20	0.66445	0	0	10	0.33223
E	14	0.30172	2	0.0431	12	0.25862
F	18	0.5625	0	0	19	0.59375
平均	21.3333	0.64554	7.83333	0.24156	14.5	0.43489

被験者	スクロール	頻度	拡大	頻度	縮小	頻度	他(レイヤ等)	頻度
A	13	0.38725	5	0.14894	3	0.08937	54	1.60858
B	1	0.03125	19	0.59375	53	1.65625	76	2.375
C	163	5.08105	7	0.2182	6	0.18703	66	2.05736
D	1	0.03322	5	0.16611	3	0.09967	84	2.7907
E	269	5.79741	20	0.43103	27	0.5819	49	1.05603
F	8	0.25	2	0.0625	3	0.09375	42	1.3125
平均	75.8333	1.93003	9.66667	0.27009	15.8333	0.45133	61.8333	1.86669