

カーボンコピーメタファを用いた 入力モード切替インターフェース

池松 香^{1,a)} 椎尾 一郎^{1,b)}

概要：マルチタッチ可能なデバイスが一般に普及したことにより，これを利用した様々な直感的操作手法を容易に実現できるようになった．我々は，相対座標系および絶対座標系に基づく2種類の入力方式に着目し，これを切り替えるインタフェース設計を行った．スマートフォンやペンタブレットでは手書き文字入力やイラスト描画が容易であるが，一般的なPCに装備されたトラックパッドでは困難である．これは前者が，入力面座標が画面座標に1対1対応する絶対座標系による入力であるのに対し，後者は，マウスと同じく指の移動量をポインタの移動量に対応させた相対座標系を基準とした入力であることが理由である．トラックパッドでも，絶対座標による入力を提供すれば，手書きによる文字・図形入力などが容易になると考えられるものの，PCの大きな画面をGUI操作するためには現行の相対座標入力が有利である．そこで本論文では，トラックパッド入力において相対座標による入力と絶対座標による入力を直感的に切替える手法である，カーボンコピーメタファを利用したインターフェースについて報告する．本方式では，トラックパッド面に対応して絶対座標入力できる小領域を画面上に設定する．カーボンコピーメタファは，この領域を小さなカーボン紙片とみなして，非利き手でカーボン紙片の移動と固定を切り替えつつ，利き手で移動と入力をおこなう手法である．

An Input Switching Interface Using Carbon Copy Metaphor

IKEMATSU KAORI^{1,a)} SHIO ITIRO^{1,b)}

Abstract: Hand-drawing characters or image by smartphones and tablettes is much easier than drawing by track-pads commonly equipped in PCs and desktop PCs. The reason is that tablettes are absolute coordinates devices while track-pads are relative coordinates devices like conventional mouses. This paper proposes a novel user interface method aims to switch between relative coordinates input and absolute coordinates input seamlessly based on "Carbon Copy Metaphor". The proposed method allows a user to input hand-written characters or images easily by using a track-pad even that the input surface is much smaller than the display.

1. はじめに

近年スマートフォン，タブレットPC，ペンタブレット，トラックパッドなどの普及は目覚ましく，ペンや指でタッチする入力デバイス（以下タッチサーフェス）による入力方法が一般的になった．これらのタッチサーフェスでは，物を摘み，あるいは払うといった動作を模した直感的な

ジェスチャの使用で，ピンチやスワイプ，スクロールなどの操作を実現してきた．普及したタッチサーフェスデバイスを利用した実用性の高い様々なインタフェース手法は，近年のインタフェース研究分野の焦点ともなっている[3]．我々は，現在のタッチサーフェスが提供している，相対座標系および絶対座標系を用いた2種類の入力方式に着目し，新たな入力インターフェース設計を行った．

図1は相対座標入力方式と絶対座標入力方式による表示面でのポインタの動きの違いを表したものである．トラックパッドなどはマウスと同様に相対座標系を用いており，

¹ お茶の水女子大学人間文化創成科学研究科
Ochanomizu University, Bunkyo, Tokyo 112-8610, Japan

a) ikematsu.kaori@is.ocha.ac.jp

b) siiio@acm.org

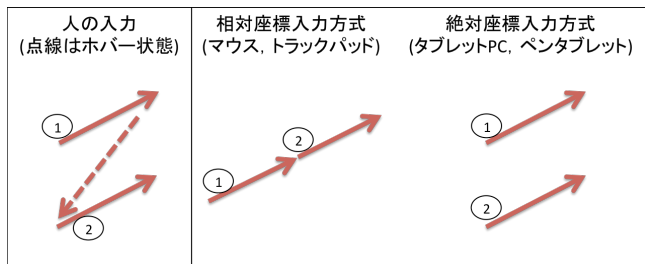


図 1 人の入力 (左) と、それに対応する絶対座標入力方式及び相対座標入力方式表示面でのポイントの軌跡

ユーザがタッチしつつ指を動かすと画面上のポインタが指の移動量に対応して移動する。ユーザが指を持ち上げて元の位置に戻すことを繰り返したり、システムがポインタの移動に擬似的な加速度を加味することで、入力面が小さくても大きい画面を容易に操作することができる。一方、スマートフォンやタブレット PC、ペンタブなどによる絶対座標の入力方法は、入力面上の座標が画面上の座標に一对一に対応するため、手書きの文字・図形入力や画像編集の切り抜きなどの作業をより簡単に行うことができる。

トラックパッドなどにおいても、絶対座標による入力を提供すれば、手書き文字や図形・画像操作が容易になると考えられる。しかし、大型のディスプレイが利用される PC 環境では、トラックパッド面と画面サイズの隔たりが大きいので、それぞれの座標を全対応させると指の動きが画面上に大きく拡大されることになり、細かい操作が困難になる。トラックパッド面に対応して絶対座標入力できる小領域を画面上に設定し、その領域にだけ手書きの文字や絵を書き込めるようにすれば、指の移動量とポインタの移動量が同程度になり、この問題は解決できる。しかしながら、入力用小領域を画面の中に設定したり、移動させたりするための使いやすいインターフェースを提供する必要がある。一方で、メニュー選択やウィンドウ操作などの一般の GUI 操作をトラックパッドで行う場合は、現行の相対座標入力が優れている。前述したように、指を持ち上げて戻す動作や擬似的な加速度機能により、大きな移動量を達成しつつ、操作対象の近辺では解像度の高い細かい操作が可能だからである。

そこで本研究では、デスクトップ PC やノート PC など、相対座標入力を基準とする操作方法のデバイス上で、(1) 相対座標入力と絶対座標入力の切り替えと、(2) 絶対座標入力エリアの移動と入力を直感的に切り替える手法として、カーボンコピーのメタファを利用したインターフェース手法を提案する。本方式では、ユーザが手書き文字や絵の入力等の絶対座標入力を必要としたときに、画面上に仮想的な“カーボン紙片”を表示する。ユーザは、両手のマルチタッチ操作により、入力したい領域へこのカーボン紙片を

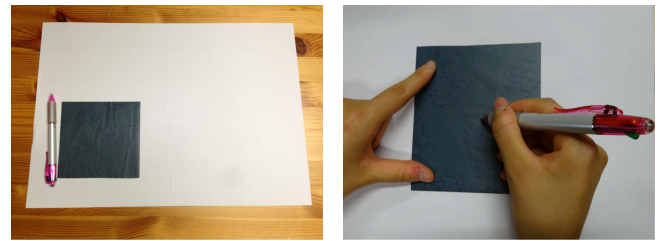


図 2 予備実験に用いたカーボン紙と画用紙 (左)、カーボン紙を用いて複写している様子 (右)

移動したり、またカーボン紙片の上に描画をすることができる。

2. カーボンコピーメタファ

本論文では、PC のトラックパッド操作において相対座標モードと絶対座標モードを提供し、これらを直感的に操作する方式として、事務作業で使われるカーボンコピーをメタファにしたインターフェース手法を提案する。カーボンコピーは事務作業において書類の間にカーボン紙を挟み、筆圧により下の紙に複写する手法である。

提案方式において通常のトラックパッド操作は、従来方式と同様の相対座標モードで機能する。一方、ユーザが非利き手でタッチ面に触れると、触れている間、ポインタの場に仮想的な“カーボン紙片”が現れる。これは、コンピュータ画面内のデスクトップ上に置いたカーボン紙片のメタファである。実世界のカーボン紙片は、指で軽く押さえて動かすことで、机上を移動させることができる。また指で強く押さえて固定することで、カーボン紙片への描画を下の書類に転写することができる。この動作をもとに、以下のインターフェース手法を提供する。すなわち、非利き手指のタッチで現れたカーボン紙片は、非利き手指 1 本でタッチされている間、机上で固定されていないカーボン紙片と同様に、利き手指のドラッグ操作で動かすことができる。ユーザがさらに非利き手の 2 本指でタッチ面に触れると、仮想的なカーボン紙片はデスクトップ画面に固定され、この下のオブジェクトに対して、絶対座標による操作が可能になる。カーボン紙片の下に図を描くことができるオブジェクトがあれば、トラックパッド上での利き手の描画操作で手書き文字や図を描く事ができる。以上により、トラックパッド操作の相対座標モードと絶対座標モードの切り替え操作、さらには、絶対座標モードにおいて描画対象となる画面領域の移動操作を、直感的に行うことができる。

2.1 予備実験

本システムでは、実世界の事務作業でカーボン紙を使うときと同様な動作で、入力領域の移動とそこへの入力作業を実現しようと考えた。そこで、コンピュータ内の仮想の

	被験者1 右利き	被験者2 右利き	被験者3 右利き	被験者4 右利き	被験者5 左利き	被験者6 右利き
カーボン紙の移動時						
カーボン紙への記入時						

:カーボン紙
 :指(左手) :指(右手)

図 3 予備実験における被験者毎のカーボン紙の扱い方。(移動と記入の場合に利用する手の指数と押さえる場所)

カーボン紙片を操作するインタフェースを設計するにあたって、実世界で人がどのようにカーボン紙を操作しているのかを観察する実験を行った。ここでは、大きな画面の一部に描画可能なエリアが設定された状況を考え、図2(左)のように、大きな画用紙(50cm × 40cm)と小さなカーボン紙片(13cm × 13cm)を用いた。被験者には、インクの出ないボールペンとカーボン紙を使って、画用紙の上の左半分に自分の名前(漢字、英字)を、右半分に自由にイラストを描いてもらい、その様子を観察した。被験者は大学生及び大学院生6名(右利き5名、左利き1名)である。

図3は、描画しようとする画用紙上の場所へカーボン紙を移動させる動作と、カーボン紙の上からインクの出ないボールペンを使って下の紙に描画を行う動作における、被験者の様子をまとめたものである。カーボン紙を移動・固定するために使った指数と、カーボン紙片上の触れた場所を列挙している。カーボン紙上で記入をする動作においては、被験者全員が、図2(右)のように、非利き手でカーボン紙の上下の端を抑えていた。これは描画にあたって、薄いカーボン紙がめくれること無く確実に固定するとともに、描画のための領域を多く確保するためにとった動作と考えられる。一方で、カーボン紙を目的の場所へ移動させる動作においては、カーボン紙を抑える位置、それに使用する手(利き手、非利き手)及び指の本数は被験者によって様々だった。

2.2 インターフェース設計

前節の予備実験にもとづき、次のようなインターフェース設計を行った。被験者がカーボン紙上で描画を行った動作に着目し、タッチサーフェス上で絶対座標入力を行う際のトリガとして”2点で非利き手側の端を抑える”という動作を取り入れた。図4のように、トラックパッドを2つのエリアに分割し、点線の左側のエリアを、仮想のカーボンコピー紙片を表示させるトリガとなる入力部分にあてた。図

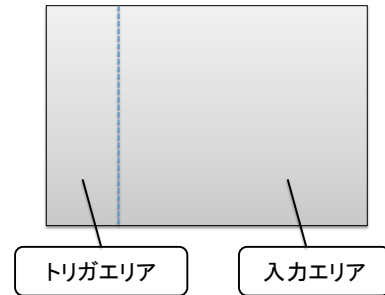


図 4 トラックパッドでの入力面分割(ユーザーが右利きの場合)

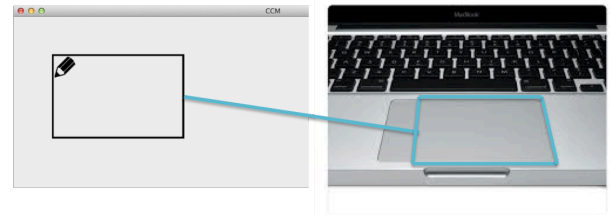


図 5 試作アプリケーション動作例。黒枠で示したカーボンコピーエリアがトラックパッド入力エリアに対応する。

4は右利きのユーザー用のエリア分割であり、左利きユーザーには左右反転のエリア分割をした入力面を提供する。以下では、左側エリアをトリガエリア、右側を入力エリアと呼ぶ。ユーザーがこのトリガエリアを二点で抑えると、画面上のポインター部分に、絶対座標入力により描画できる矩形領域が現れ、トラックパッドの入力エリアにより絶対座標入力を行える。画面上に現れた矩形の絶対座標入力エリアを以後カーボンコピーエリアと呼ぶ。このカーボンコピー入力モード中に抑えていた二点を離すと、カーボンコピーエリアは消失し通常の相対座標入力に切り替わる。

ここで現れる絶対座標入力領域は、画面の一部だけをカバーしているので、大きな領域を作業対象とする場合には、領域を移動させる必要がある。前節の予備実験でカーボン紙片を画用紙の上で移動させる動作に相当する。そこで、トリガエリアを1本指でタッチすることでもカーボンコピーエリアを表示し、このとき入力エリアで位置指定を行うことで、入力領域を移動できるように設計した。予備実験ではカーボン紙を移動させる場合に被験者に共通した動作が観察されなかったため、操作性及び従来の操作との親和性を考慮した設計とした。

3. 実装

設計したインタフェースに基づくプロトタイプを、Apple社のMac OS X 10.9アプリケーションとして実装した。図5(左)は、ユーザーがトリガエリアをタッチすることで、黒枠で示したカーボンコピーエリアが表示された状態である。さきの実験に対応させると、デスクトップ画面全体が画用紙に、黒枠内がカーボン紙に相当する。本プロトタイ

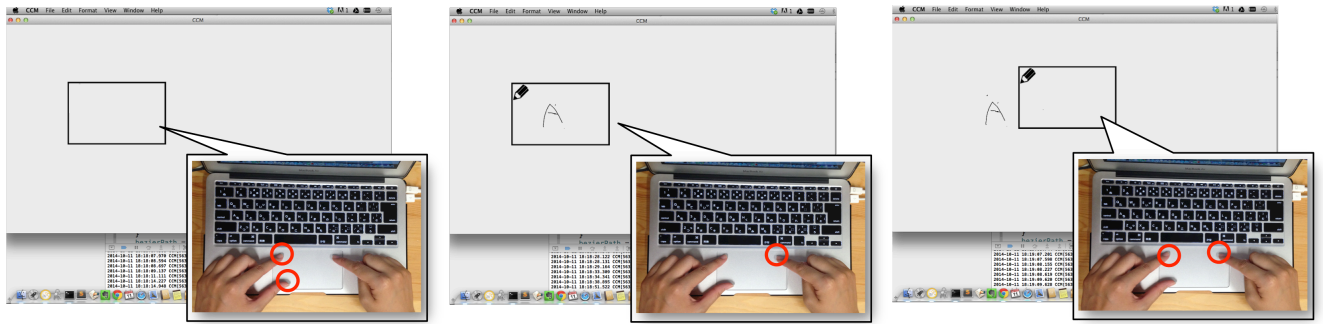


図 6 カーボンコピーエリアの表示 (左) カーボンコピーモードによる絶対座標入力 (中) カーボンコピーエリアの移動 (右)

ブでは、図 6 のように、トラックパッド上のトリガエリアを 2 本指で抑えながら、入力エリアを 1 本指でタッチすることで、カーボンコピーエリアにペイント入力を行うことができる。トラックパッドの位置座標とアプリケーション内のカーボンコピーエリアの位置座標は 1 対 1 対応しており、絶対座標による入力を行える。トリガエリアを 1 本指のみでタッチしつつ、別の指で右領域を操作すると、従来の相対座標モードでカーボンコピーエリアが移動し、カーボンコピーエリアの場所を変更することができる。

同様の機能を、PC とスマートフォンを連携させた環境でも実装し、手持ちのスマートフォンをトラックパッドの代用として扱い、カーボンコピー入力を行えるアプリを試作した。実装は Apple 社の iOS6 で行い、Mac mini に Bluetooth 接続し、上記と同じペイントアプリケーションを実行することができる。これにより、タッチサーフェスを備えていない PC でも本方式が利用可能になるだけでなく、スマートフォン上にカーボンコピーエリアの描画内容を表示することで、より直接的な入力が可能になる。タッチパッド部分に液晶ディスプレイを組み込んだ PC^{*1}においても、このプロトタイプのように、カーボンコピーエリアへの描画や入力を直感的に行うインタフェースが実現可能である。

3.1 遷移状態

図 7 に本アプリケーションの状態遷移図を示す。遷移状態の数字と併記された図の白丸は、トリガー領域でタッチされている指を表している。すなわち、S0、S1、S2 はそれぞれトリガー領域に 0、1、2 本の指がタッチされた状態を示す。状態 S0 から開始する。トリガエリアに触れていない状態 S0 でユーザが入力エリアにタッチすると、従来の相対座標入力モードでのトラックパッド操作を提供する。現在の実装ではポインター移動を行うのみであるが、本方式を OS に組み込むことができれば、OS が提供するメニュー

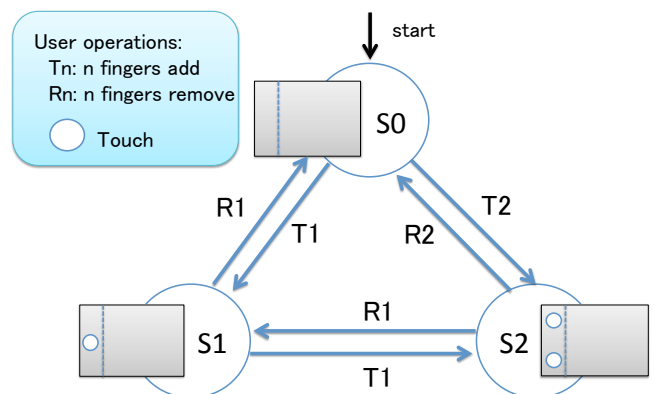


図 7 状態遷移図

やボタンなどの GUI 操作やピンチ、スワイプなどのマルチタッチ操作も行うことが可能であろう。ユーザが非利き手側の 2 本指でトリガエリアをタッチすると S2 状態に遷移する。このとき、画面上のポインター位置にカーボンコピーエリアが表示され、ユーザが利き手側の一本指で入力エリアにタッチすることで絶対座標入力が可能となる。現在の実装では入力エリアへのタッチで、カーボンコピーエリアの対応する場所へポインターが移動し、ドラッグで描画を行う。これも OS に組み込むことで、メニューやボタンなどの GUI 部品を絶対座標で操作することが可能になるであろう。また、ユーザが非利き手側の 1 本指でトリガエリアをタッチすると S1 状態に遷移する。このとき、画面上のポインター位置にカーボンコピーエリアが表示され、ユーザが利き手側の一本指で入力エリアをドラッグすることでカーボンコピーエリアの移動が可能となる。このモードでは、領域の移動のみが可能で、描画や GUI 部品の操作はできない。以上のように、カーボン紙片操作を想起させる非利き手のタッチでカーボンコピーエリア矩形が現れ、これをしっかり固定する動作を想起させる非利き手の 2 点タッチでその位置が固定されることで、シンプルで直感的なモード切り替えを提供する。

^{*1} たとえばシャープ社 PC-NJ70B など

表 1 タスク遂行までの所要時間 (秒)

	被験者 1 (右利き)			被験者 2 (右利き)			被験者 3 (左利き)			被験者 4 (右利き)		
	CCM	相対座標入力	差	CCM	相対座標入力	差	CCM	相対座標入力	差	CCM	相対座標入力	差
1 回目	38.2	45.3	-7.1	39.3	39.5	-0.2	61.6	59.8	1.8	42.2	42.8	-0.6
2 回目	26.1	45.5	-19.4	40.7	40.2	0.5	46.6	52.9	-6.3	40.0	40.3	-0.3
3 回目	26.0	42.0	-16.0	34.8	40.6	-5.8	47.5	45.8	1.7	35.7	41.1	-5.4

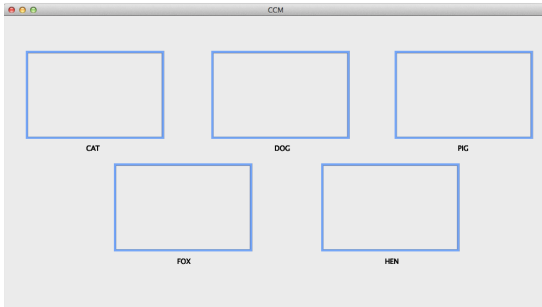


図 8 評価実験用のアプリケーション画面

4. 評価実験

提案手法の有効性を検証するため、作業効率を従来の相対座標入力のみによる方式と比較する評価実験を行った。

4.1 評価手法

Apple 社の MacBookAir(11 インチ) 上に、提案方式による操作を実現するシンプルなペイントアプリケーションを実装し、このコンピュータに組み込まれているトラックパッドを用いて以下の評価実験を行った。被験者は、20 代から 30 代の大学生及び大学院生 (女性 3 名、男性 1 名、うち左利き 1 名) の合計 4 名である。これらの被験者に対して、画面上に配置された 5 個の長方形の内部に、それぞれ指定された動物の英単語 (3 個の大文字) を手書きするタスク (図 8) を依頼した。記入する順番に関しては特に指示せず、任意の順番で記入してもらった。被験者らは、カーボンコピーメタファによる本方式と従来の相対座標入力方式を用いて、このタスクを 3 回ずつ行った。実験開始前に、被験者にはタスクの内容と操作方法を実演しつつ口頭で説明したあと、それぞれの方法を任意の回数練習してもらった。本方式では、マルチタッチ操作により絶対座標入力エリアを出現させ、これをターゲットの矩形枠付近で固定し、トラックパッド面へのタッチと指移動による手書き操作により文字を描く。従来方式では、トラックパッド面でのドラッグと指を持ち上げての移動を繰り返して文字を手書きする。4 名の被験者 (1, 2, 3, 4) のうち、被験者 1, 2 は従来の相対座標入力方式での 3 回のタスクを先に行い、被験者 3, 4 はカーボンコピーメタファによる本方式での入力による 3 回のタスクを先に行った。

4.2 結果と考察

タスク実行に要した時間と、本方式と従来方式の時間差を、表 1 に示す。表中の CCM 表記はカーボンコピーメタファの略である。入力方式ごとのタスク遂行時間から、ほとんどのタスクにおいて、提案手法による入力方式の方が従来の相対座標入力方式よりも短時間でタスクを遂行できていることが分かる。また、被験者 3 を除き、相対座標入力方式における各回でのタスクの遂行時間の差は 3 秒程度であり、大きな差異は見受けられない。これは、被験者が日常的に相対座標入力方式のインターフェースを使用しており、操作に慣れているためだと考えられる。一方、それぞれの被験者が行った 3 回のカーボンコピーメタファ入力における、タスク遂行時間の推移を観察すると、被験者 3 の 2 回目の結果を除き、先に行われたタスクより、後に行われたタスクの遂行時間が短くなっていることが分かる。これは、カーボンコピーメタファの操作方法に慣れることで、操作にかかる時間が短縮され、より効率的な入力が可能になった結果であると推測できる。以上の実験結果より、本方式は従来の相対座標入力方式よりも効率的な入力が可能であり、短時間の操作で習得できることが示された。

5. 関連研究

本研究では、タッチサーフェス上で座標モードを切り替えるインタフェースを提供する。そこで、タッチサーフェス上でのモードの切り替えに関する先行研究を紹介する。文鎮メタファ [9] では、ユーザーが現実世界の道具を扱う際の手の動きに着目し、スクロールや編集などの機能を使い分ける方法を提案した。本研究でも、仮想のカーボン紙片を移動・固定するモード切り替えに、紙を押さえて固定するメタファを用いている。しかし、デバイスとして広く普及しているマルチタッチサーフェスのみを利用し実装しているため、特別なセンサを追加することなく実現可能であり、またユーザごとの利き手の違いにも柔軟に対応でき実用的である。ThumbSense[7] は、指がノート PC のタッチパッドに触れることでキーボードの機能を切り替える。RodDirect[6] では、デバイスに格納されているタッチペンの回転や抜き差しする操作でドラッグやスクロールの切り替えを行う。他にもタッチの際に指を認識し、各々の指に対応した機能の使い分けを実現するインタラクション手法 [12] [10] や、感圧センサを搭載したペンを握る強さと筆圧の組み合わせにより機能を使い分ける手法 [11] がある。

また、ペンデバイスと指先のタッチに別の機能を振り分けることでモードの切替を行う研究 [5] [8] がある。製品化されているものでは、デスクトップ PC やノート PC の側面に赤外線センサを取り付けることにより、専用のタッチペンと指のタッチを識別する Touch8^{*2} などがある。ここで挙げた手法においては、いずれも入力方法の判別に外付けのハードウェアやカメラ、センサを搭載したペンデバイス、指紋認証装置などを必要とするが、提案手法では、これらの特殊なハードウェアが一切不要な方法を目標とした。

また、特殊な外部センサを追加せずに実現可能な方式に、タッチパネルと指先の接触面積の変化によりズームやスクロールの使い分けを実現する The fat thumb [2], 利き手と非利き手にそれぞれ異なる機能を割り振る手法 [1], 現実世界の文具を人が持とうとする際に形成する指の形を使って、タブレット PC 上での機能切り替えを提供する TouchTools [4] などがある。本研究は、デスクトップ PC やノート PC など、相対座標入力が基本になるデバイスでの入力切替を提供している。

6. まとめと今後の課題

本論文では、デスクトップ PC やノート PC で使用されるトラックパッドのような相対座標入力デバイスに対して、絶対座標入力モードを導入し、相対座標と絶対座標による入力を直感的に切り替えるための新しいメタファ、カーボンコピーメタファを提案した。そして、相対座標入力である従来のポインター移動操作をしている時に、トラックパッド上でカーボン紙を抑えるジェスチャをすることで、絶対座標入力に切り替えるマルチタッチインターフェースを提案し、これを実装した。本手法を用いることで、モードを意識することなく自然な動作で2つの入力方法を切り替えることが可能となる。提案手法は特別なハードウェアやセンサを必要とせず、広く普及しているマルチタッチサーフェスのみで実現可能である。今後は、本方式をより活かせるアプリケーションの提案・構築を行い、実世界の道具のメタファに基づく直感的なインターフェースとして評価を行いたい。

7. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 26330219 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Benko, H., Wilson, A. D. and Baudisch, P.: Precise Selection Techniques for Multi-touch Screens, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '06, New York, NY, USA, ACM, pp. 1263–1272 (2006).
- [2] Boring, S., Ledo, D., Chen, X. A., Marquardt, N., Tang,

- A. and Greenberg, S.: The fat thumb: using the thumb's contact size for single-handed mobile interaction, *Proceedings of the 14th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*, MobileHCI '12, New York, NY, USA, ACM, pp. 39–48 (online), DOI: 10.1145/2371574.2371582 (2012).
- [3] Fukuchi, K.: Recent Research Trends in Multi-touch Technology, *Computer Software*, Vol. 28, No. 2, pp. 55–62 (2011).
- [4] Harrison, C., Xiao, R., Schwarz, J. and Hudson, S. E.: TouchTools: Leveraging Familiarity and Skill with Physical Tools to Augment Touch Interaction, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, New York, NY, USA, ACM, pp. 2913–2916 (2014).
- [5] Hinckley, K., Yatani, K., Pahud, M., Coddington, N., Rodenhouse, J., Wilson, A., Benko, H. and Buxton, B.: Manual deskterity: an exploration of simultaneous pen + touch direct input, *CHI '10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '10, New York, NY, USA, ACM, pp. 2793–2802 (online), DOI: 10.1145/1753846.1753865 (2010).
- [6] Miura, M. and Kunifuji, S.: RodDirect: Two-dimensional Input with Stylus Knob, *Proceedings of the 8th Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '06, New York, NY, USA, ACM, pp. 113–120 (2006).
- [7] Rekimoto, J.: ThumbSense: Automatic Input Mode Sensing for Touchpad-based Interactions, *CHI '03 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '03, New York, NY, USA, ACM, pp. 852–853 (2003).
- [8] Schwarz, J., Xiao, R., Mankoff, J., Hudson, S. E. and Harrison, C.: Probabilistic Palm Rejection Using Spatiotemporal Touch Features and Iterative Classification, *Proceedings of the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, New York, NY, USA, ACM, pp. 2009–2012 (2014).
- [9] Siio, I. and Tsujita, H.: Mobile interaction using paper-weight metaphor, *Proceedings of the 19th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '06, New York, NY, USA, ACM, pp. 111–114 (online), DOI: 10.1145/1166253.1166271 (2006).
- [10] Sugiura, A. and Koseki, Y.: A user interface using fingerprint recognition: holding commands and data objects on fingers, *Proceedings of the 11th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '98, New York, NY, USA, ACM, pp. 71–79 (1998).
- [11] Suzuki, Y., Misue, K. and Tanaka, J.: Interaction Technique Combining Gripping and Pen Pressures, *Proceedings of the 14th International Conference on Knowledge-based and Intelligent Information and Engineering Systems: Part IV*, KES'10, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, pp. 440–448 (2010).
- [12] 優 鈴木, 和男三末, 二郎田中: 指を識別するタッチインターフェース向けインタラクション手法の検討, 情報処理学会研究報告. HCI, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告, Vol. 2011, No. 4, pp. 1–6 (2011).

^{*2} <http://mvpen.shop-pro.jp/?pid=52837346>