

# マルチタッチを利用した新しいUIの提案と実装

池松 香 (指導教員: 椎尾 一郎)

## 1 概要

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, ペンや指でタッチ入力するデバイス (以下, タッチサーフェス) による入力は一般的になった. これらのタッチサーフェスでは, 物を掴み, 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などの操作を実現してきた. タッチサーフェスを使用した実現性の高い様々なインターフェース手法は, 近年のインターフェース研究分野の焦点ともなっている [1]. 筆者は, (a) Memory Stones: 複数計算機間における情報移動技法 [2], (b) Multi-Press Interaction: 疑似押下圧力を用いたマルチタッチ入力手法 [3], (c) Carbon Copy Metaphor: マルチタッチを用いた入力モード切替インターフェースという3つの, マルチタッチ入力を用いた, 新しいユーザインターフェースの提案・実装を行った. 本論では, (c) について報告する.

## 2 はじめに

現在利用されているタッチサーフェスには, 相対座標系を使った入力と絶対座標系を使った入力の2種類の方式が存在する. トラックパッドはマウスと同様に相対座標系を用いており, ユーザがタッチしつつ指を動かすと画面上のポインターが指の移動量に対応して移動する. 一方, スマートフォンやタブレット PC, ペンタブレット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対一に対応するため, 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ため, 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 (図1右) 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が, 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. そこで本研究では, 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.

## 3 Carbon Copy Metaphor

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, 机上进行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.

### 3.1 予備実験

本システムでは, 直感的な操作を可能にすべく, 実世界の事務作業でカーボン紙を使うときの動作を取り入れ, コンピュータ内の仮想のカーボン紙片を操作するインターフェースを設計しようと考えた. そこで, 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, 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分けて自分の名前 (漢字, 英字) を, 右半分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. 本実験により, 被験者全員が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, それに使用する手及び指の本数は被験者によって様々だった.

### 3.2 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1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. 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2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 (図2). 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2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

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)		
	(i) 提案手法	(ii) 従来手法	差	(i)	(ii)	差	(i)	(ii)	差	(i)	(ii)	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 1: トラックパッドでの入力面分割

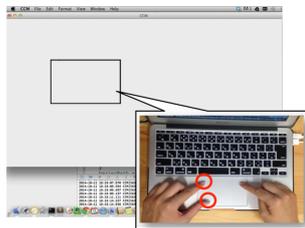


図 2: カーボンコピーモードによる入力

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ため、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。

#### 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。Apple社のMacBookAir(11インチ)上に、提案方式による操作を実現するペイントアプリケーションを実装し、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(CAT, DOG, PIG, FOX, HEN)を手書きするタスクを依頼した。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。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、3, 4は逆順

で行った。

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。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。

#### 5 関連研究

文鎮メタファ[4]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の機能を使い分ける方法を提案した。TouchTools[5]では、文具を把持する際の指の姿勢を利用し、機能切り替えを実現した。本研究は相対座標入力を基準とするデバイスに焦点を当てた研究であるためこれらとは異なる。

#### 6 まとめと今後の課題

本論文では、マルチタッチ入力を利用した新しいUIとして、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。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。今後は、本方式をより活かせるアプリケーションの提案・構築及び評価を行いたい。

#### 参考文献

- [1] Fukuchi, K.: Recent Research Trends in Multi-touch Technology, Computer Software, Vol. 28, No. 2, pp. 55–62 (2011).
- [2] 池松香, 椎尾一郎 記憶の石:マルチタッチを利用したデバイス間情報移動, 情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 4, pp. 1344–1352 (2014).
- [3] 池松香, 椎尾一郎 Multi-Press Interaction: 擬似押下圧力を用いたマルチタッチ技法, インタラクション 2014 論文集, pp. 618–623 (2014).
- [4] Siio, I. and Tsujita, H.: Mobile interaction using paperweight metaphor, in Proceedings of the 19th annual ACM symposium on User interface software and technology, UIST '06, pp. 111–114, New York, NY, USA (2006), ACM.
- [5] Harrison, C., Xiao, R., Schwarz, J. and Hudson, S. E.: Touch-Tools: Leveraging Familiarity and Skill with Physical Tools to Augment Touch Interaction, in Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '14, pp. 2913–2916, New York, NY, USA (2014), ACM.