

Thermo-Painter : 熱画像と熱メタファによるインタラクティブ描画システム

岩井大輔 佐藤宏介
大阪大学大学院基礎工学研究科

1. はじめに

ディスプレイ付タブレットは、紙とペンというメタファを究極な形で具現化したインターフェースである。しかし、ペンという限られたインターフェースでは、それ以外のツールによる描画、例えば筆の筆跡をユーザが自らの望むよう描くのは困難で、感性と経験によって体得してきた技術をそのまま用いて仮想空間上に絵を描くことはできない。触覚フィードバック提示装置を用いた描画システムも開発されているが、視触覚の一致がなされておらず描画作業を完全に模するには至っていない[1]。一方で、デジタルデータならではの長所として、描画後の絵の加工の容易さが挙げられるが、その操作インターフェースもまたペンに頼ったものとなっており、使いこなすまでには訓練が必要で決して直感的なものであるとは言えない。

本発表では、我々が開発した熱伝達・伝導現象を利用した新たなタブレット型入力装置と、それに実装した描画システム：Thermo-Painterについて述べる[2]。本システムでは、指と実世界に存在する筆を直接用いて描画することができ、自然で直感的なジェスチャや熱のメタファを利用した絵や画像の加工といったインタラクションを実現する。

2. Thermo-Painter の機構・動作原理

提案システムは、タッチ面、熱画像を取得する赤外線カメラ、プロジェクタから構成されている(図1)。タッチ面の背面に赤外線カメラ・プロジェクタを設置する。室温状態に保たれているタッチ面に対して温度差のあるものが接触すると、面上の接触領域に温度変化が生じる。これを熱画像で計測することによって、タッチ面上の接触位置を検出することができる。PCで、この入力系からのデータ処理を行い、プロジェクタからタッチ面へその結果を背面投影することで、タッチ面がそのまま投影スクリーンとなるディスプレイを構築

Thermo-Painter: An Interactive Hand Drawing System
Through Thermal Image and Thermal Metaphor
Daisuke Iwai, Kosuke Sato
Graduate School of Engineering Science, Osaka University

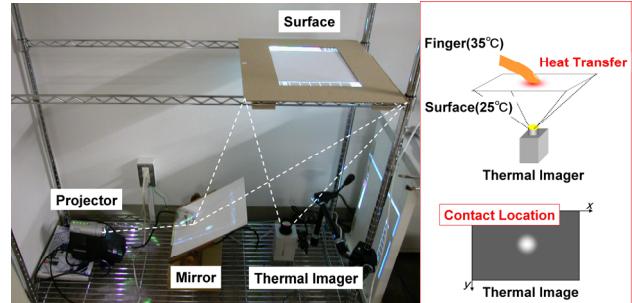


図1：システム構成と計測原理

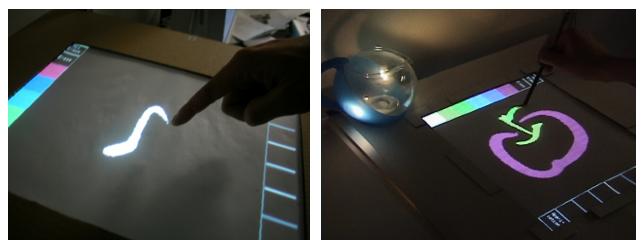


図2：手指・筆による描画

する。背面投影であるので操作中に投影光を遮蔽することがなく、熱画像は投影光に影響を受けないことからタッチ面上の表示結果に依らない安定した接触位置の計測を行うことができる。タッチ面の素材は、薄く赤外線放射率の高い、和紙と布である。描画原理は、入力ツール接触時に生じるタッチ面上の温度変化領域に任意色の光を投影するというものである。提案するタブレット型入力装置では、タッチ面と温度差のあるものであればなんでも入力ツールになりうる。また、2次元画像処理によって接触位置を算出していることから、複数点の入力を同時に独立に認識することができる。熱情報を用いていることから、低温・高温という2つの入力モードを持つ。これにより、ON/OFFしかない通常のコンピュータのインターフェースには無い新たなインタラクションを創造することができる。

3. 描画作業

3.1 手・指を用いた描画

体温を使って絵を描く。接触領域の面積によって、描かれる線の太さが変化するため、面に対す

る指や手の触れる角度をコントロールすることで、直感的に線の太さを変えながら絵を描くことができる（図2左）。和紙を用いた30×20[cm]のタッチ面を用いて、数人の利用者に、この特性について特に事前の説明を与えずに描画作業を行ってもらったが、この直感的作業をすぐに体得して描画を行っていた。利用者からは指の先に絵の具をつけて絵を描いているようだという感想を得た。タッチ面の和紙については、触れたときの感触がいいという感想を得た。150×80[cm]の綿布を用いた巨大なタッチ面での描画も行った。ここでは、掌全体を用いた豪快な描画作業が目立った。

3.2 筆を用いた描画

筆に湯を含ませて入力を行う。こうすることでタッチ面との温度差を生じさせると同時に、実際に筆で描く場合と同じ描き心地を得ることができる（図2右）。湯を入れたバケツを用意する。ある程度描くと筆に含まれている湯が紙に吸われるため、再度湯に筆をつけなければならない。しかし、実際に水彩絵の具で絵を描く場合においても、絵の具が紙に吸われてなくなってしまえば水と絵の具を頻繁に筆に補給しなければならないので、湯を筆に補給する動作はむしろ現実世界での描画作業に即したものであると言える。熱画像の輝度値に応じて表示する画像の明るさを変えると、水彩画風の効果を得ることも可能である。

3.3 2入力点による画像変形加工

面上での2入力点の動きを利用して、画像の形状を直感的に変形させる操作法を提案する。2入力点

は、熱画像から得られる2つの接触領域の各重心とする。それらの中点の移動量を操作対象領域の移動量に、2点間の距離の変化量を操作対象のその変化方向への拡大縮小量に、2点を結ぶ直線の傾きの変化量を操作対象の回転量にそれぞれ用いる。2入力点の移動とともに画像も移動し、2入力点の間隔を広げれば画像が広げた方向へ伸び、2入力点がある地点を中心にして回せばその点を中心として画像が回転するため、直感的にそして容易に操作対象の形状を変形することが可能である（図3）。

3.4 热メタファ（温水・冷水）による歪み加工

暖かければ膨張し冷たければ収縮するという熱の持つメタファを利用して、直感的に画像を歪ませるアプリケーションを試作・実装した。投影されている画像に、暖かいもので接触すればその接触領域に対応する部分の画像が膨張し、逆に冷たいもので接触すれば収縮する。バネモデルを利用し、高温変化領域では反発力、低温変化領域では収縮力を与えることで画像を非線形に歪ませることを可能にした（図4）。この画像加工操作は、低温・高温の2つの入力モードを効果的に利用した一例である。

4. まとめ

本発表では、熱画像によるタブレット型入力装置を開発し、描画システム：Thermo-Painterを実装した。本システムを用いて、指や筆を直接面に接触させて描画作業を行うことができ、ジェスチャや熱のメタファを利用した直感的な画像加工操作を行うことが可能である描画環境を構築した。

参考文献：

- [1] W. Baxter, V. Scheib, M. Lin, and D. Manocha. "DAB: Interactive Haptic Painting with 3D Virtual Brushes". In Proceedings of ACM SIGGRAPH 01, August 2001, pp. 461-468.
- [2] 岩井大輔、佐藤宏介、井口征士、“熱画像を利用した入力デバイスとインタラクション”、情報処理学会関西支部、支部大会講演論文集、2003.



図3：2入力点による形状変形



図4：中央部においてビーカー内の

温水・冷水による画像変形処理

(左：基準画像、中：膨張、右：収縮)