

J-011

触力覚提示を利用する画像処理ツールに関する考察

Development of an Image Processing Tool Using Haptic Devices

島本 達也† 賀川 経夫† 西野 浩明† 宇津宮 孝一†
 Tatsuya Shimamoto Tsuneo Kagawa Hiroaki Nishino Kouichi Utsumiya

1 はじめに

近年、市販の PC においても、様々な機能を持つフォトレタッチツールを用いて、デジタル画像データの編集や加工のための高度な画像処理を行えるようになった。多くのフォトレタッチツールでは、マウスなどによって擬似的に直接操作を実現するインタフェースの視覚的な効果によって、その操作内容を分かりやすく提示している。しかしながら、このようなツールを用いても、必ずしも利用者が求める結果が容易に得られるわけではない。例えば、特定の領域を切り出したい場合、カッターなどに見たてたカーソルを動かしながら領域の境界線をたどることで、その領域を指定するという操作ができる。しかしながら、目測での境界線の判別は容易ではなく、また、マウスのぶれなどによってカーソルが境界線から外れやすい。

本研究では、画像内の潜在的な特徴を触力覚情報として提示することにより、作業の不安定さを解消しながら、操作性を向上させる画像処理環境の構築に取り組んでいる[1~2]。本論文では、特定領域の抽出に焦点をあて、力覚を併用するインタフェースをもつ画像処理ツールに関して検討を行う。

2 触力覚を提示する画像処理ツール

図1に本ツールの概要を示す。力覚の提示には、SensAble社の力覚提示デバイス PHANTOM を利用する。このデバイスは、仮想空間内の X , Y , Z 方向の3自由度の力覚を提示でき、6自由度の入力デバイスとしても利用することができる。したがって、スタイラスを動かすことによって、画像上のカーソルをペンのように利用して各種の操作が可能である。このとき、画像の様々な特徴が力覚情報に変換され、デバイスを通して利用者にフィードバックされる。本ツールでは、図2に示すとおり、仮想的に画像平面を表現し、この上で様々な画像編集作業を行う。表現される力覚情報は、画像平面からの応力と平面上での摩擦力の2種類に分けられ、応力は、画像平面に対して垂直方向に、摩擦力は平行方向(スタイラスの進行方向の逆方向)に提示される。

3 画像特徴による力覚提示

編集操作の対象となる画像に関する力覚情報を求めるために、対象画像から抽出される特徴と力覚情報との関係を定義する必要がある。現在、図3に示すような、特定領域の周囲をカーソルで囲むことによる切り出し操作に着目してツールの開発に取り組んでいる。そこで、画像のエッジ特徴に着目し、エッジ強度に対応した力覚提示について考える。

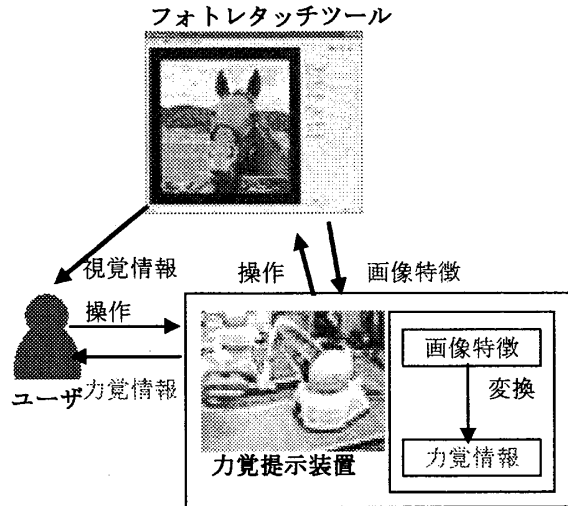


図1 力覚提示を利用した画像処理ツールの概要

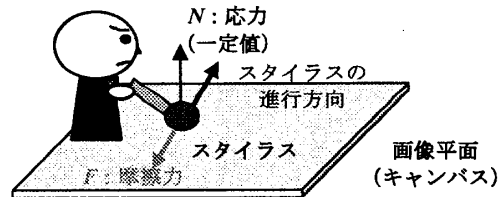


図2 スタイラスと力覚提示

エッジ特徴の抽出には、1次微分を利用する。画像内の座標 (x, y) における濃度の勾配を表す1次微分の値であるグラディエントは、大きさを持つベクトル量 $G(x, y) = (f_x, f_y)$ として表現される。ただし、 f_x は x 方向の微分、 f_y は y 方向の微分を表す。 f_x, f_y はデジタル画像では、以下の様に求める。

$$f_x = f(x+1, y) - f(x, y)$$

$$f_y = f(x, y+1) - f(x, y)$$

エッジ強度を E_m とすると、以下のようにして求めることができる。

$$E_m = |G(x, y)| = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

エッジ強度を諧調値に置き換えた画像の例を図4に示す。画像平面上でカーソルを動かす際に、摩擦力はカーソルの進行方向の反対方向へ向かう力として生成される。摩擦力の大きさ F は、 $F = \mu N$ で定義される。ただし、 μ は摩擦係数、 N は垂直抗力であるが、現段階では、 N は一定としている。このように、摩擦力 F の大きさは、エッジ

† 大分大学工学部知能情報システム工学科

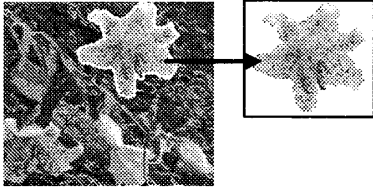


図3 切り出し操作の例

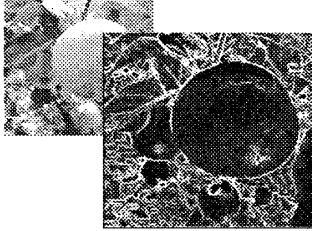


図4 エッジ強度画像

強度に応じて決定する。そこで、 $\mu = \text{fric}(E_m)$ とすると、 F は、以下のように定義される。

$$F = \text{fric}(E_m) \times N$$

利用者が所望する領域の切り出しを行うためには、以下の点について考慮する必要がある。

- (1) 利用者が意図する境界線とエッジが一致している場合、手ぶれなどによりエッジを外れないようにしなければならない。
- (2) 利用者が意図する境界線とエッジが異なったり、交差したりする場合は、エッジにとらわれすぎないようにし、また、複雑な背景で細かいエッジが多数存在するときでも、スタイラスを自由に動かせることができなければならない。

そこで、 $\text{fric}(E_m)$ を図5に示すように、逆比例の関係とし、摩擦力が最大の時でも、画像処理操作にあまり大きな影響を及ぼさないように設定する。

3. システムの実装と評価実験

3.1 評価実験

力覚提示が画像処理操作に及ぼす影響と問題点を検討するために、24名の被験者に、以下に示す2つの環境において、画像内の指定された領域を抜き出す操作を行ってもらった。

環境1: 摩擦力が提示されない状態 (キャンバスに見た平面状の反力のみが提示される)

環境2: エッジ強度によって大きさが変化する摩擦力を提示する状態 (摩擦力の最小値 0.5, 最大値 2.0 といった固定値に設定)

実験には、 256×256 の自動車の画像を使用した。抜き出しを行う際には、エッジとして現れていない境界線をたどったり、背景が複雑なために、エッジが入り組んだ部分でスタイラスを動かしたりする必要がある。

操作終了後、各環境における操作について5段階で評価してもらい、本ツールに関してコメントしてもらった。実験結果を表1に示す。全体として環境2での評価が高かった。コメントにも「環境2の方が使いやすい」という意見が多かったが、力覚が有効に作用すると感じた部分が「エッジが細かい部分」と「大きな部分」という意見が

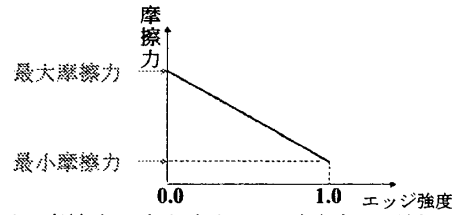


図5 摩擦力の大きさとエッジ強度の関係

表1 実験結果

	環境1	環境2	相対評価
評価平均	2.63	3.83	1.2

ともにあった。また、提示される力の大きさについても大きい/小さいというように個人的な差異が見られた。さらに、少数ではあるが力覚をストレスに感じるという意見もあった。

3.2 考察

実験結果から、力覚情報を提示した方が全体的に評価が高く、操作の精度や使いやすさの向上に対して有効であるといえる。特に、エッジ強度が低い部分でも、線がぶれずに境界をたどることができたという意見が多かった。しかし、複雑にエッジが入り組んだ部分での操作に関しては、その評価に個人差があった。細かい部分の操作では、摩擦力に変化が起きやすいため、力覚提示をストレスに感じてしまうことがある。今回の実験では、提示する力覚の大きさやその変化に関するパラメータを固定していたために、大きな個人差が生じたと思われる。力覚の感じ方は主観的であるため、それらを個人が利用しやすい値に自分で設定してもらうことで、操作性が向上するのではないかと考えられる。

4. まとめ

本論文では、画像編集における切り出し操作における力覚提示の利用に関して検討した。評価実験により、全体的に操作性の向上に有効であるといった結果が得られたが、その感じ方に個人差がある等の問題点も判明した。今後の課題として、画像と力覚提示の手法の検討やパラメータ等による個人が感じる力覚の差異について検討する必要がある。また、画像編集における他の操作にも力覚を利用することができないか検討する。

参考文献

- [1] 賀川 経夫, 島村 直樹, 西野 浩明, 宇津宮 孝一: 触覚デバイスを併用する画像処理ツールの開発, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.106, No.398(20061124) pp.9-14, 2006.
- [2] Nishino H., Takekata K., Sakamoto M., Salzman B. A., Kagawa T., and Utsumiya K.: An IEC-Based Haptic Rendering Optimizer, Proc. of the IEEE WSTST'05, 2005.
- [3] Salisbury K., Conti F., and Barbagli F.: Haptic Rendering: Introductory Concepts, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 24, No. 2, pp.24-32, 2004.
- [4] Choi S. and Tan H. Z.: Towards Realistic Haptic Rendering of Surface Textures, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.24, No.2, pp.40-47, 2004.
- [5] Kim L., Sukhatme G.S., and Desbrun M.: A Haptic-Rendering Technique Based on Hybrid Surface Representation, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.24, No.2, pp.66-75, 2004.