

Title	九谷焼絵付け体験のための力触覚モデル
Author(s)	長瀬, 文彦
Citation	
Issue Date	2007-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/3576">http://hdl.handle.net/10119/3576</a>
Rights	
Description	Supervisor:井口 寧, 情報科学研究科, 修士

# 九谷焼絵付け体験のための力触覚モデル

長瀬 文彦 (510071)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2007年2月8日

キーワード: バーチャルリアリティ, 力覚, 筆, 釉薬.

## 1 はじめに

近年のめざましいコンピュータの性能の向上により、コンピュータグラフィックス (CG) といった非常に多くの演算量を必要とする分野に対しても研究が行われるようになってきた。コンピュータグラフィックスの応用として行われている分野がバーチャルリアリティ (Virtual Reality:VR) である。バーチャルリアリティとは、コンピュータ上で作成した仮想世界を人間に疑似体験させることを行うテクノロジーである。この VR 技術を用いることで、現実世界で実際に行う前の事前検証を行ったりすることができるという利点から様々な分野において期待されている。また、バーチャルリアリティ技術における人間とコンピュータの間に直感的な橋渡しを行うインターフェースという特性上、直感的な操作を必要とする芸術といった分野においても盛んに研究が行われている。芸術分野も VR 技術の研究を行っている分野の中の一つである。このような創造性を重視される分野において、力触覚情報は視覚情報以上に重要とされており、これを VR 技術により再現することで、遠隔地との協調作業や材料の有無に関わらず練習を行うことが可能となるなどの応用が期待されている。そこで、今研究ではその芸術分野におけるバーチャルリアリティ技術の利用に着目した。ここで考えている芸術とは石川県の伝統工芸である九谷焼である。九谷焼は絵付けを主としている焼き物である。焼き物の絵付け (上絵付) や釉薬を用いた色付けを行う制作過程では、学習の際、実際に手を使った動作で早く効果が得られ、立体提示による没入感で、現実には体験している感覚を得られる。これを実現するため力覚提示装置 PHANToM を用いる。これを用いて九谷焼絵付の体験学習を仮想空間上で行うことで、練習のコストと時間の削減がはかれる。また、絵付が主である九谷焼の場合、一度に大量の器を買い付けて売れる絵柄を描くことしかできず、新作を作り出せないという問題を抱えている。VR 技術を用いれば、九谷焼の新たな絵柄の作品を制作することができ、予め作品に対する評価を受けることができるだろう。そうなることにより、多大にかかるコストの削減と新作を生み出す機会が得られる。そこで今研究では、新作を作り出すため

の支援となるべく、絵付けの体験学習が行えるような3次元のシステムの開発に向けた研究を行う。

## 2 実際の絵筆による絵付け時の反力特性

九谷焼の絵付けの際に用いられる絵筆は、釉薬という顔料の一種を用いているために通常の絵画よりも強い粘性を受けるものとなる。そこで、被験者には”円形”、”四角形”、”星形六角形”という三種類の形状を実際の九谷焼の器に書いもらい、その反力変化の様子をデータとして示すことで絵付けにおける筆の特徴を把握した。筆先のサイズは、筆の穂の部分の長さが17 [mm]、太さの直径が4 [mm]である。”円形”、”四角形”、”星形六角形”という三種類の形状を書いてもらったのは、立体の曲面形状の表面に描画する際の基本となる線種が含まれていると考え、この形状を書いてもらうことで描画時の特徴を得ることができる。

結果、被験者ごとに個人差はあるが、描画時の反力特性の形状自体はよく似た形となった。

## 3 仮想環境内での絵付け時の力覚の表現

本研究では、ペン型の力触覚提示装置 PHANTOM を用いることで仮想空間上の絵筆を表現する。釉薬を帯びた絵筆を、力の増減に応じて徐々に変形する特性を持つレオロジー物体とみなし、マス・スプリング・ダンパ法 (MSD 法) のばね・ダンパモデルを用いて表現する。一般にばねモデルによる反力は  $F_s = -k_s \cdot x$ 、ダンパモデルによる反力は  $F_d = -k_d \cdot v$  で表される。本研究においては、ばねとダンパを並列に接続するフォークトモデルを利用している。よって、これらを用いて合わせることにより、作り出される力は、 $F_{sd} = F_s + F_d$  となる。

これは、筆の一点を表現しているため、全体を表すための係数が必要となる。よって、そのために使用する絵筆を用いて、実際にかかっている反力についての計測を行うことにより求めた。その結果より、筆には沈み込みの深さの二乗の割合で反力が大きくなっていることがいえた。これにより、沈み込みの深さを  $d$  とすると、接触力として絵筆全体を表した場合の反力は、 $F = (F_s + F_d) \cdot d^2$  となる。

また、このモデルではばね・ダンパモデルを用いているため、ばね定数とダンパ定数を決定しなければならない。そのため、実際に3種類の図形を描いてもらった際のデータに基づき各定数の参考値の決定を行う。実際の絵筆のデータでは0.3秒で最大0.127Nの反力変化があった。よって、それに基づいて作成したばね定数は0.000144、ダンパ定数は0.000043という値になった。

## 4 力触覚提示装置 PHANToM を用いた九谷焼絵付け用触覚システムの構築

本システムでは、PHANToM を使用して仮想空間内で筆を操作することで、釉薬のついた絵筆らしい力覚を受けることができる。力覚を伴った仮想現実環境での釉薬を帯びた絵筆の触覚システムの構築に向けて、現実感の高い反力生成の手法を提案した。力覚表現に関しては前節のような提案手法を用いる。

また、それを用いて作成したものについて、被験者に対するアンケートを用いて5段階評価をしたところ、全体の平均点が3.63、分散が0.48、標準偏差が0.69という結果になった。

## 5 結論

本論文では、釉薬を帯びた筆らしさを求めた反力提示による没入感の高い仮想現実環境における触覚モデルを提案した。その実現のために、まず実際の絵筆から反力特性を調査し、その反力特性から筆モデルを作成する上で必要と考えられる反力生成モデルを決定した。

これらから、新たに設定した反力生成の手法により現実性の高い力覚をユーザに与えることを可能にし、没入感の高い触覚モデルとして動作させることが可能となった。