



## シュンシセイ 蠢 刺青

### Tattoo Alive

鈴木 蒼生<sup>1)</sup>, 遠藤 勇<sup>1)</sup>, 大坂 侑平<sup>1)</sup>, 市川 将太郎<sup>1)</sup>, 邱 家輝<sup>1)</sup>, 土田 太一<sup>1)</sup>, 丹野 隆幸<sup>1)</sup>, 泉 健太<sup>2)</sup>

Aoi SUZUKI, Isamu ENDO, Yuhei OSAKA, Shotaro ICHIKAWA,  
Pascal CHIU, Taichi TSUCHIDA, Takayuki TANNO, and Kenta IZUMI

- 1) 東北大学 電気通信研究所  
2) 東北大学 工学部

**概要:** 本企画では、皮膚感覚を伴って身体の表面をまるで生きているかのように蠢く刺青を「蠢刺青 (シュンシセイ)」と呼び、刺青が皮膚表面を蠢く感覚及び蠢刺青と人との新たなインタラクションの実現を目的とする。蠢刺青の実現においては、ラバーハンド錯覚とプロジェクションマッピングを用いることで、触覚提示デバイスに阻害されることなく投影された刺青と、それに伴う触覚を同時に提示可能となる。インタラクションシナリオとして、初めにラバーハンド錯覚のための学習を行い、その後触覚において代表的な圧覚、熱覚に風覚を加えたシナリオを用意した。

**キーワード:** アート・エンタテインメント, ラバーハンド錯覚, プロジェクションマッピング

## 1. はじめに

針の先にインクを付着させ、皮膚を傷つけることで身体に模様を描く刺青という身体装飾手法がある。近年ではファッションや宗教上の理由などから、様々な人がこの刺青を身体に彫っている。描かれる模様は、幾何学的なものから鳥や蛇といった生物、他にも炎や風などといった自然現象のように多岐にわたる。アニメや漫画などの創作作品においても例外ではなく、加えて創作作品においてはしばしば特殊な刺青が描写されることがある。例えば、少年漫画では身体に彫られた刺青・刻印が蠢いて体を覆い、熱を持つなどの描写や、ヤモリのような形の痣が肌をまるで生きているかのように這いまわるなどの描写がある。私たちは、この創作作品に登場する刺青から皮膚感覚が与えられるという体験に着目した。

本企画では、創作作品のような、生きているかのように皮膚感覚を伴いながら動き出す刺青を「蠢刺青 (シュンシセイ)」と呼び、この蠢刺青の感覚および蠢刺青と人との今までにない新たなインタラクションを実現することを目的とする。蠢刺青の実現のため、ラバーハンド錯覚を利用した刺青のプロジェクションマッピングシステム、および触覚提示システムを実装した。またユーザと蠢刺青のインタラクションシナリオを作成し、それに基づいた入力デバイスを実装した。

## 2. 関連研究

蠢刺青の体験を実現するにあたり、ユーザには視覚情報と皮膚感覚を同時に提示する必要がある。刺青のような視覚映像の提示は、Ink Mapping[1]のようにプロジェクタを用いて肌に刺青の画像・映像を投影することで実現できる。皮膚感覚を提示する手法としては、Ants in the Pants[2]のような腕に巻くことのできる薄型の触覚ディスプレイや、Force Jacket[3]のようなジャケット型の触覚ディスプレイなどのウェアラブルな触覚ディスプレイが提案されている。視覚と皮膚感覚の両立のためには触覚ディスプレイの上から刺青を投影する手法が考えられる。しかしこの手法では、本来肌の表面に見えるはずの刺青が触覚ディスプレイ上に投影されるため、刺青である感覚が損なわれてしまう。これを回避するためには、遠隔から触覚を提示できるHaptoClone[4]のような手法を用いることが考えられるが、この場合は実装のコストが非常に高くなってしまう。

そこで、我々はラバーハンド錯覚[5, 6]に注目した。ラバーハンド錯覚とは、ユーザ自身の手とゴム製の手モデルを並べ、間に仕切りを置きユーザにはゴム製の手しか見えないようにした環境下で、両方の手に同じ視覚・触覚刺激を同時に与えると、ユーザはゴム製の手を自分の手であるかのように錯覚する現象である。このラバーハンド錯覚を用いて、ユーザにゴムの手を自身の手であると錯覚させた状態で、ゴム製の手に刺青をプロジェクションし、本

シーン	皮膚感覚	ユーザの行動
蛇の蠱刺青が前腕の手側を締め付ける	圧覚, 触覚	ライターを点ける 息を吹きかける 水をかける
火種の蠱刺青が点く	温覚(弱)	
火種の蠱刺青が大きくなり, 蛇が逃げる	温覚(強), 風覚	
火の蠱刺青が水で鎮火される	冷覚	
蛇の蠱刺青が再び戻ってくる	圧覚, 触覚	
オペレータが蛇の蠱刺青をナイフで刺す	なし	

図 1: インタラクシオンシナリオ

物の腕には触覚情報を提示する。これによって、刺青投影の没入感を損なうことなく、触覚提示を行うことができる。

### 3. インタラクシオンシナリオ

触覚ディスプレイをデザインするにあたり、刺青として描かれる模様は幾何学的な模様や生物、自然現象など、様々なものが考えられる。そこで本企画では、インタラクシオンシナリオの例として、ヒトの様々な触覚のうち、圧覚、風覚、熱覚を刺激する、「蛇の刺青を退治するシナリオ」を作成した。蛇は、代表的な刺青の1つであるとともに、実際に存在する生き物であることから感覚の想像が容易であること、締め付けるという理解しやすい圧覚の提示ができることから今回シナリオの作成に用いた。

シナリオの内容は、最初に蛇の蠱刺青が手の甲から現れユーザの手首を締め上げる。ユーザはそれを追い払うため、火種の蠱刺青をライター型デバイスにより登場させる。その火に向かってユーザが息を吹きかけると、火種はだんだん大きくなり、やがて火におびえた蛇の蠱刺青はどこかへ逃げていく。次に、燃え盛る火の蠱刺青を鎮火するために、ユーザがコップ型デバイスで腕に水をかける仕草をする。水の蠱刺青が登場し、火の蠱刺青は徐々に鎮火する。しかし火が消えると、逃げたはずの蛇の蠱刺青が手首に戻ってきて、再び手首を締め上げてしまう。最後はオペレータが蛇の蠱刺青に向かってナイフを振り下ろし、退治する。

普段行うことのない、自身の腕に火をつけるという行為と火を水で鎮火するという日常と非日常を織り交ぜたストーリーとなっている。また、シナリオの最後にオペレータが蛇の蠱刺青を刺すのは、ユーザにインパクトを与えてシナリオの区切りを明確にし、ユーザのラバーハンド錯覚

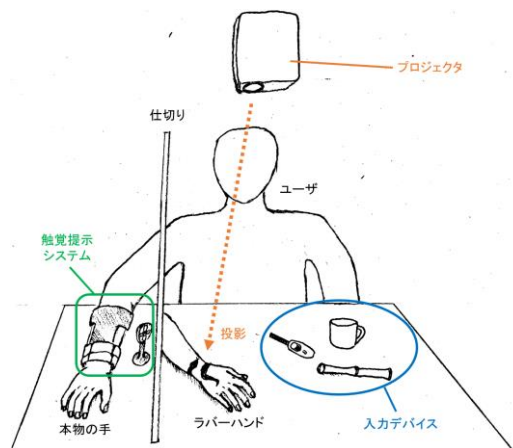


図 2: システムの全体像

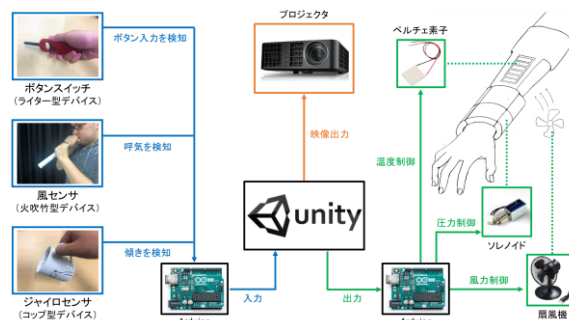


図 3: システムのコンポーネント図

を解くためである。そのため、このシーンではオペレータがラバーハンドをマジックナイフで刺すが、皮膚への触覚の提示は行わない。

ここで、ユーザが蠱刺青を体験する際には、インタラクシオンシナリオの前には、1分程度の学習フェーズ（本物の手とラバーハンドに同じ視覚・触覚刺激を同時に与え錯覚を起こすフェーズ）を行うため、シナリオ開始段階でユーザは既にラバーハンド錯覚を引き起こしているものとする。

### 4. システム構成

作成するインタラクシオンシナリオに基づき、システム全体としては図2のようなものを作成する。システムはラバーハンドに刺青を3D投影するプロジェクションマッピングシステム、ユーザと刺青のインタラクシオンを実現するための入力デバイス、およびプロジェクションした刺青に合わせて触覚提示を行う触覚提示システムの3つに大別され、図3のように連携する。

#### 4.1 プロジェクションマッピングシステム

本コンテンツでは、ラバーハンドの位置が変わることは無いため、プロジェクタを事前に位置合わせしておき、ラバーハンド上にプロジェクションマッピングを行う。プロジェクタは図2のようにユーザの頭よりも高い位置に固定し、ユーザに見えない位置からラバーハンドの上面にのみプロジェクションを行う。また、シナリオの体験中はユーザの入力に応じて映像を出力する必要があるため、映像は事前に作成しておく動画とプログラムによる処理を組み合わせ、半自動的に作成する。

#### 4.2 入力デバイス

インタラクシオンシナリオに必要な入力デバイスとして、ライター型、火吹竹型、コップ型のデバイスを作成する。各デバイスは図3のようにマイクロコンピュータへ接続されており、入力をPCへ送信できるようにする。

ライター型デバイスは火を起こすための入力デバイスである。このデバイスにはスイッチを搭載し、ラバーハンドに近づけてスイッチを押すことで、火種の刺青を投影するタイミングを検知する。火吹竹型デバイスは火種を大きくするための入力デバイスである。このデバイスには内部に風を検知するセンサを搭載し、ユーザがこのデバイスを用いてラバーハンドに向かって息を吹きかけることで、火種の火力を上げるタイミングを検出する。コップ型デバイ

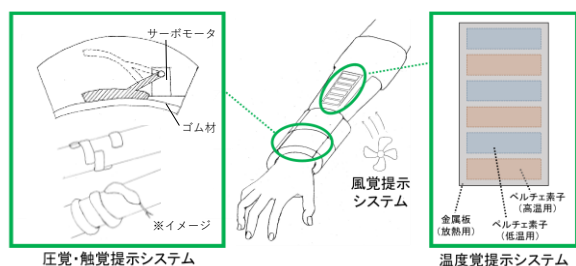


図4: 製作する触覚ディスプレイ

スは火の刺青を鎮火するための入力デバイスである。このデバイスにはジャイロセンサを搭載し、ラバーハンドに向けて傾けることで、火の刺青を鎮火するタイミングを検知する。

#### 4.3 触覚提示システム

インタラクシオンシナリオで体験する、蛇の触覚と圧覚、呼気の風覚、火の温覚、水の冷覚をユーザに与えるため、触覚提示システムは図4のように手首側の触覚・圧覚提示システム、肘側の温度覚提示システム、外付けの風覚提示システムからなる。各システムは図3のようにマイクロコンピュータへ接続されており、PCからの操作を受け付ける。

プロジェクション自体はラバーハンドの上のみであるが、蛇の触覚・圧覚に対応する映像は、蛇の刺青が手首に巻き付く内容であるため、映像に合わせて手首の任意の地点に任意のタイミングで触覚・圧覚の提示ができるよう、触覚・圧覚提示システムは手首を包み込む形状とする。デバイスは8個のユニットに分け、それを結合させて一つのデバイスとする。各ユニットは、腕にある程度強い力(蛇が腕を締め付ける力)をかけられるよう、サーボモータを用いて圧力を発生させる。ユーザの皮膚に触れるユニット内側の部分にはゴム材を使用することで蛇の皮膚感を再現する。

熱覚提示システムは前腕肘側の上部にペルチェ素子を用いることで映像に応じて高温、低温を発生させる。素子の温度変化の効率を上げるため、素子の上部には金属板を張り付け放熱させる。

風覚提示システムにはUSB扇風機を用い、マイクロコンピュータから電圧制御を行うことで、ユーザが吹きかける息の強さを再現する。

#### 5. 体験の流れ

実際に蠱刺青の体験を行うためには、ユーザのラバー

ハンド錯覚を引き起こす必要があるため、インタラクシオンシナリオの初めに、ユーザの本物の手とラバーハンドと同じ視覚・触覚刺激を与える「学習フェーズ」を行う必要がある。学習フェーズはオペレータの手により行われ、ラバーハンドとユーザの本物の手の甲を、筆などで同時になぞることでラバーハンド錯覚を引き起こす。

また、インタラクシオンシナリオの最初には蛇の蠱刺青が登場するため、学習フェーズの最後にオペレータが蛇の蠱刺青をユーザの手の甲に彫る。具体的には、プロジェクタでラバーハンドの手の甲に向かって蛇の刺青を彫る動画を再生すると同時に、オペレータがその動画に合わせてラバーハンドと本物の腕を板でなぞることで、刺青を彫っているかのようにユーザに見せかける。

上記の学習フェーズ(計1分~1分半程度)が終わると、3章で述べた蛇の蠱刺青を退治するシナリオが開始する。

#### 参考文献

- [1] Osker, and Gasper, Ink Mapping: videomapping on tattoos, <https://www.youtube.com/watch?v=hNvqyc3mKPY>
- [2] Sato Keiji, Sato Yoshimi, Sato Michi, Fukushima Shogo, Okano Yu, Matsuo Kanako, Ooshima Sayaka, Kojima Yuichiro, Matsue Rika, Nakata Satsuki, Hashimoto Yuki, and Kajimoto Hiroyuki., 2008, Ants in the Pants., ACM SIGGRAPH 2008 New Tech Demos., No. 3
- [3] Alexandra Delazio, Ken Nakagaki, Roberta L. Klatzky, Scott E. Hudson, Jill Fain Lehman, and Alanson P. Sample., Force Jacket: Pneumatically-Actuated Jacket for Embodied Haptic Experiences, 2018, In Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems., No. 320.
- [4] Yasutoshi Makino, Yoshikazu Furuyama, Seki Inoue, and Hiroyuki Shinoda. 2016. HaptoClone (Haptic-Optical Clone) for Mutual Tele-Environment by Real-time 3D Image Transfer with Midair Force Feedback. In Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems., page. 1980-1990.
- [5] Botvinick M., and Cohen J., 1998. Rubber hands 'feel' touch that eyes see. Nature.
- [6] 本間 元康, 2010, ラバーハンドイリュージョン: その現象と広がり, 認知科学 17 巻 4 号, p. 761-770