

研究課題別評価書

1. 研究課題名

触・力覚の知覚特性を利用した新たな芸術表現の基盤研究

2. 氏名

渡邊淳司

3. 研究のねらい

現在、メディア芸術の分野において、触・力覚を利用した作品の数は視聴覚を利用した作品に比べて非常に少ない。そこで、本研究課題では、視聴覚に加えて、触・力覚を効果的に芸術表現に利用するための基盤技術を提供し、メディア芸術の表現領域拡大に貢献することをねらいとする。

4. 研究成果

芸術表現を鑑賞者の感覚知覚特性まで含めて考えることは、作品の表現能力を拡大する上で重要な視点である。本研究課題では、時間・空間・質感等の触・力覚の基本的な知覚特性を調べる基礎研究とともに、その知覚特性を新たなインタフェース技術やデザイン原理へ適用する応用研究を行った。基礎研究は主に、心理物理実験のパラダイムを用いて行い、その研究成果の一部は影響力を持つ国際論文誌(Nature Neuroscience 誌 等)へも発表された。応用研究については、成果を技術展示や作品制作、ワークショップでの発表を数多く行った。以下、その応用研究の内容を記す。

触・力覚インタフェース技術の開発

触・力覚の環境知覚特性の利用: 爪上からの凹凸感提示とその芸術表現への応用

触・力覚における情報提示は、視聴覚に比べて、大掛かりなデバイスが必要となることが多く、触・力覚を作品制作に利用することの障壁の一つとなっていた。しかし、人間の知覚特性や錯覚を利用することで、より簡便なシステムによって触・力覚提示を実現することが可能になると考えられる。これまで、図1にあるような、爪側から振動刺激を与え、指の腹側に凹凸感を提示する触覚提示手法についての研究を行ってきたが、本研究課題では、その振動波形をうまく変化させることで、様々なテクスチャ感覚の提示を可能にした。さらに、指の位置を同時に計測することで、タッチパネルモニタ上の動画像に合わせて触感覚が変化するシステムを実現した。従来研究では、ディスプレイ側が振動することで、モニタ上に触感を感じられるデバイスも開発されてきたが、錯覚による爪上からの振動を利用することで、時間遅れのない高速な応答性、ディスプレイのサイズに因らない空間的拡張性、十分な提示感覚の強度を実現した。

また、このシステムを利用して作品制作を行い、平成20年度文化庁メディア芸術祭 アート部門優秀賞を受賞した。この作品は「Touch the Invisibles」というタイトルで、図2のように、タッチパネルモニタに小さな人間が歩く動画像が映し出されており、鑑賞者は爪側振動インタフェースを装着することで、その人間に指で触れることが可能になる。ただし、影だけの見えない人間に触ることができるが、姿が見える人間には触ることができないようになっている。このような、視覚と触覚が一致しない世界を体験することをテーマとした作品である。

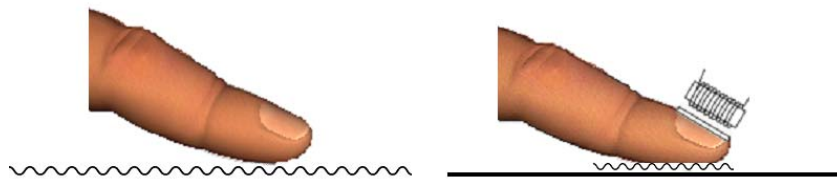
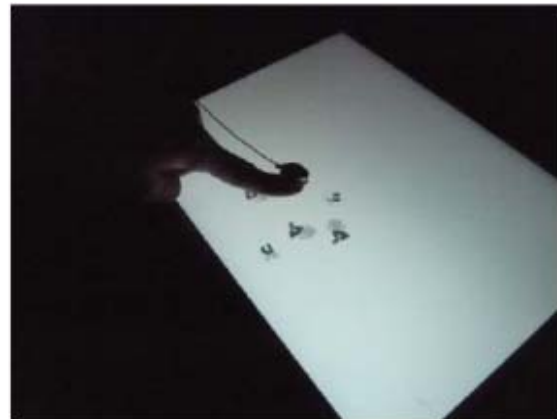


図 1: 通常の凸凹面の知覚(左) 本研究課題の爪側振動による指腹側凸凹感提示(右)



図 2: Touch the Invisibles の画面(左)



Touch the Invisibles 体験の様子(右)

触・力覚の身体知覚特性の利用: 身体貫通感覚提示の開発

人間の触・力覚は、環境を知覚するだけでなく、人間自身の身体知覚を含むものである。そこで、触・力覚のもう一つの側面である、身体に関する知覚特性を利用した情報提示インタフェース、具体的には、身体内を何かが通過したような貫通感覚を提示するインタフェースを実現した。図 3 のように、腹と背に振動子をベルトで固定し、それらを適切な時間差で振動させると、その振動間に「腹部を通過する仮現運動」が知覚され、あたかも何かが身体を貫通したような感覚が知覚される。この感覚は、物理的に提示することが不可能であり、人間の知覚特性・錯覚(本インタフェースでは仮現運動知覚)を利用することで初めて実現可能となる。本インタフェースは、人間の錯覚を利用することで、触・力覚インタフェースの効果範囲を身体内部にも拡張したものであるといえる。

インタフェースの開発においては、身体通過仮現運動知覚が生じる、振動子の最適な時間差、振動波形等の振動パラメータを特定するとともに、映像情報と貫通感覚が同期するようなアプリケーションを実現し、SIGGRAPH2008 New Tech Demo(2008 年 8 月)にて展示を行った。

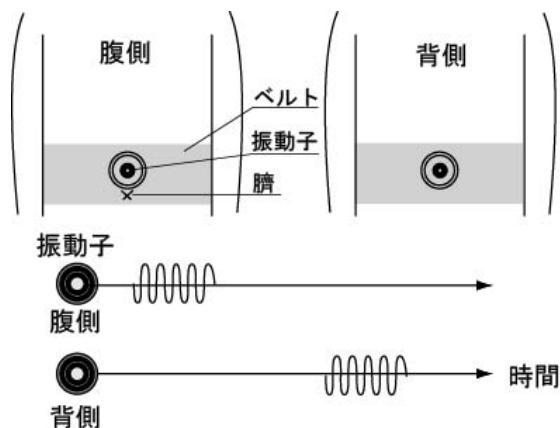
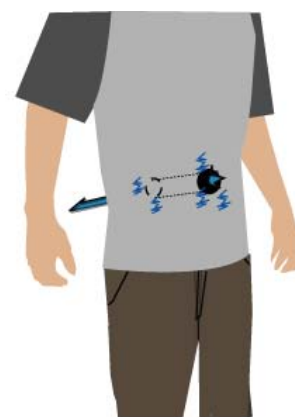


図 3: 貫通感覚提示の原理(左)



貫通感覚提示の概念図(右)

触・力覚におけるデザイン原理の構築

本研究課題においては、触・力覚情報の伝達技術だけでなく、触・力覚を通じて感情を伝えるデザイン原理についての研究を行った。これまで、視聴覚においては、その感覚特性に合わせて効果的に色や音を配置するためのデザイン原理が提案されてきた。例えば、視覚における色相環を利用したカラーデザイン理論や、聴覚における音楽の作曲理論は、実際にデザインや制作の現場でも使用されている。しかしながら、触・力覚では、これまで、そのような統合的なデザイン原理に関する研究は数少ない。そこで、本研究課題では、新たな触・力覚のデザイン原理として、日本語のオノマトペを利用したデザイン原理を提案した。

言葉は、その記号的意味と、意味以外の質感的要素(書き言葉の文字の形、話し言葉の声の抑揚)を持っているが、特にオノマトペは、その意味よりも、単語の音の響き自体が対象の性質を表している語である。例えば、「つるつる」というオノマトペは、その音を聞いただけで、ある共通の滑らかな触覚テクスチャイメージを呼び起こす。そこで、このようなオノマトペに対する共通イメージに着目し、触感覚オノマトペと実際のテクスチャの主観的なイメージを関係付ける平面図(触相図)を作成し、そのデザイン原理としての可能性を検証した。

触相図の作成手順は以下の通りである。まず、日本語の触感覚に関するオノマトペ約 40 語を集め、それらの物理特性(粘性、摩擦係数、空間周波数、温度等)の主観評価を行う。次いで、その主観評価結果に対して主成分分析を行い、2 次元上にオノマトペの分布図を作成する(図 4 左)。そして、そのオノマトペの分布に対して、実際のテクスチャ片を配置し、その平面上でテクスチャの関係性を議論する。例えば、図 4 右にあるように、テクスチャの好嫌など主観イメージの判断と合わせて、テクスチャ片をオノマトペの位置に配置すると、主観イメージの関係性を視覚化することが可能である。また、その 2 次元上の位置関係を利用し、あるテクスチャ片に対して「より“ざらざら”したテクスチャ」という指定や、これまで予想できなかったテクスチャを、触相図に基づいて推奨することも可能となる。

本デザイン原理は、環境に無限に存在する触覚テクスチャ情報を、物理情報(摩擦係数や粘性)のまま扱うのではなく、主観イメージを含む有限な記号(オノマトペ)で表現しなおして扱うことで、一つのデザイン理論が構築できるのではないかと考えたものである。

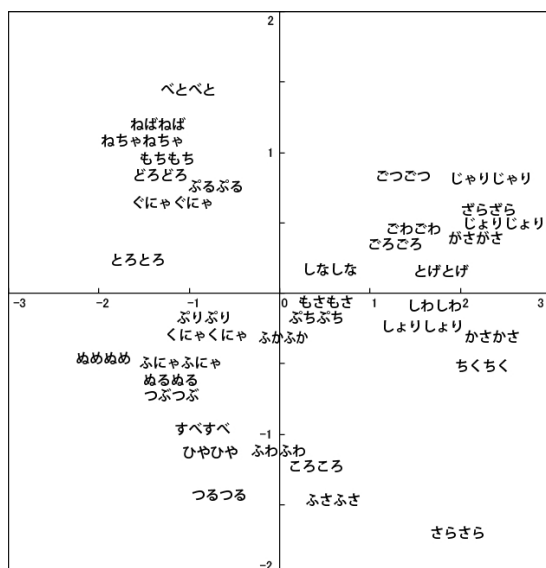
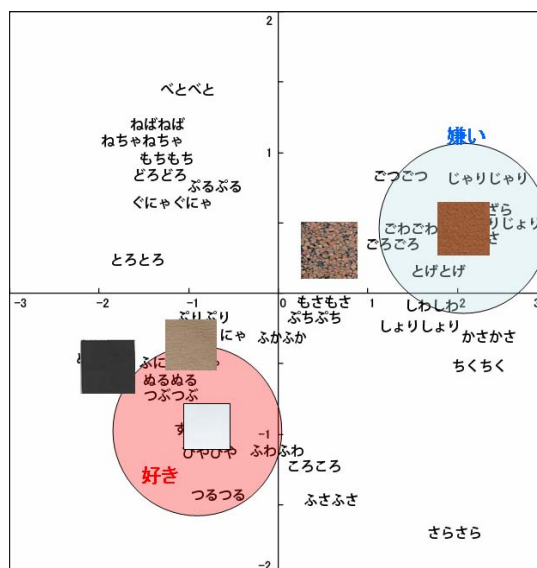


図 4: 触相図のサンプル(左)



蝕相図上にテクスチャサンプルを配置(右)

5. 自己評価

本研究課題は、触・力覚を効果的に芸術表現に利用するための基礎知識・基盤技術を提供し、メディア芸術の表現領域拡大に貢献することをねらいとしていた。研究成果として、基礎的な知覚メカニズムの研究を影響力ある国際論文誌に発表するだけでなく、これまで人間が感じたことの無い触・力覚感覚を提示するインタフェース技術や、触・力覚に関する新たなデザイン原理を提案した。メディア芸術表現において、驚きや新たな体験を通し、鑑賞者の心を動かすことは作品の重要な要素であると考えられ、本課題によって提案されたインタフェースやデザイン原理は、その表現領域を拡大するとともに、作品制作に触・力覚技術を利用する表現者の増加に繋がると考えられ、当初の研究の狙いは達せられたと考えられる。

また、研究推進プロセスとして、国内外問わず様々なバックグラウンドを持った研究者・芸術家と研究活動を行い、論文だけでなく技術展示、作品制作、ワークショップと様々な形態で数多くの成果発表を行うことができた。

6. 研究総括の見解

本研究は、視聴覚に加えて触・力覚を効果的に芸術表現に利用する基盤技術の開発を目指したものである。研究では、触・力覚の基本的な知覚特性を調べる基礎研究とその知覚特性を応用した新たなインタフェース技術の開発を行った。そして、それを用いた作品を研究者自身やクリエイタとの協働で制作した。具体的には以下のとおりである。

触・力覚の情報提示として、指先の爪側から振動刺激を与え、指の腹側に凹凸感を提示するインタフェースを開発した。従来は触・力覚の情報提示には、大掛かりな装置を要したが、このインタフェースにより簡便化されたことで芸術表現への利用の可能性が開けた。さらに振動波形を制御することにより、様々なテクスチャ触感の表現をすることが可能になった。これらの知覚メカニズムは国際論文誌に発表され、これを利用して多くの作品が制作された。その中の1つである「Touch the Invisibles」は、文化庁メディア芸術祭アート部門優秀賞を受賞した。技術・表現の両面で具体的な成果をあげたことは多いに評価できる。

更なる研究成果として、何ものかが自分の身体内を通過したような感覚を提示する装置や触・力覚の感情を他人に伝えるためのデザイン原理などがある。

触・力覚を芸術表現に使うための幅広い分野からの研究が行われ、触・力覚を使った芸術分野に対する基盤技術の整備が進んだものとして評価できる。今回の研究成果は論文発表ばかりではなく、特許としても多く出願されており、触・力覚インタフェースが、教育分野・福祉分野等の産業にも応用され発展することを期待する。

7. 研究成果リスト

A さきがけの個人研究者が主導で得られた成果

(1)論文発表

Junji Watanabe, Masashi Nakatani, Hideyuki Ando, Susumu Tachi:
Haptic localization for vibro-tactile onset and offset are dissociated
Experimental Brain Research, (in press)

Junji Watanabe, Seiichiro Hayashi, Hiroyuki Kajimoto, Susumu Tachi, Shin'ya Nishida:
Tactile motion aftereffects produced by appropriate presentation for mechanoreceptors
Experimental Brain Research, Vol. 180, No. 3, pp. 577-582, 2007.

Hideyuki Ando, Junji Watanabe, Masahiko Inami, Maki Sugimoto, Taro Maeda
A Fingernail-Mounted Tactile Display for Augmented Reality Systems
Electronics and Communications in Japan, Part II Vol. 90, No. 4, pp. 56-65, 2007.

渡邊 淳司, 福沢 恭, 梶本 裕之, 安藤 英由樹:
腹部通過仮現運動を利用した貫通感覚提示
情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 10, pp. 3542-3545, 2008.

渡邊 淳司, 吉田 知史, 安藤 英由樹, 田畑 哲稔, Maria Adriana Verdaasdonk:
マルチメディアパフォーマンスにおけるVibro-Scape Design の実践的試み,
日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 413-416, 2007.

(2)特許出願

研究期間累積件数:4件(A3件、B1件)

発 明 者:渡邊 淳司
発明の名称:近似触感材料推奨システム
出 願 人:科学技術振興機構
出 願 日:2008 年 10 月 10 日
出願番号:特願 2008-264234

発 明 者:渡邊 淳司
発明の名称:貫通触感覚提示装置
出 願 人:科学技術振興機構
出 願 日:2007 年 9 月 14 日
出願番号:特願 2007-239750

発 明 者:渡邊 淳司
発明の名称:仮想感覚提示装置
出 願 人:科学技術振興機構
出 願 日:2007 年 3 月 14 日
出願番号:特願 2007-65842

(3)その他の成果

○受賞

- ・H21.2 第 12 回文化庁メディア芸術祭 アート部門 優秀賞
(渡邊 淳司, 草地映介, 安藤英由樹: Touch the Invisibles)
- ・H20.2 第 11 回文化庁メディア芸術祭 アート部門 審査委員会推薦作品賞
(草地映介, 渡邊 淳司: Slot Machine Drawing)
- ・H19.2 第 10 回文化庁メディア芸術祭 アート部門 審査委員会推薦作品賞
(安藤英由樹, 吉田知史, 前田太郎, 渡邊 淳司: Save Yourself !!!)
- ・H20.3 インタラクシオン 2008 インタラクティブ発表賞
(渡邊 淳司, 福沢 恭, 梶本 裕之, 安藤 英由樹:
腹部を通過する仮現運動を利用した貫通感覚提示)

○Ars Electronica Center 常設展示

- H21.1～ (Junji Watanabe, Tetsutoshi Tabata, Hideyuki Ando:
Saccade-based Display – behind the eyeball –)
- H19.9～H20.10 (Eisuke Kusachi, Junji Watanabe: Slot Machine Drawing)
- H19.9～H20.8 (Hideyuki Ando, Tomofumi Yoshida, Junji Watanabe: Save Yourself !!!)

○SIGGRAPH 技術展示

- H20.8 SIGGRAPH 2008 New Tech Demo (Sayaka Ooshima, Yasushi Fukuzawa,
Yuki Hashimoto, Hideyuki Ando, Junji Watanabe, Hiroyuki Kajimoto:
/ed – Gut Feelings when Being Cut and Pierced –)
- H19.8 SIGGRAPH 2007 Emerging Technologies (Hideyuki Ando, Junji Watanabe,
Tomohiro Amemiya, Taro Maeda: Full-Scale Saccade-Based Display:
Public/Private Image Presentation Based on Gaze-Contingent Visual
Illusion)
- H18.8 SIGGRAPH 2006 Emerging Technologies (Hideyuki Ando, Tomohiro Amemiya,
Taro Maeda, Masashi Nakatani, Junji Watanabe: Embossed Touch
Display: Illusory Elongation and Shrinking of Tactile Objects)

○解説論文

安藤 英由樹, 渡邊 淳司, 雨宮 智浩, 前田 太郎:
力触覚における錯覚とその応用
計測と制御, Vol. 47, No. 7, pp. 582–586, 2008.

B その他の主な成果

(1)論文発表

Alan Johnston, Aurelio Bruno, Junji Watanabe, Ben Quansah, Natasha Patel, Steven Dakin,
Shinya Nishida:
Visually-based temporal distortion in dyslexia
Vision Research, Vol. 48, No. 17, pp. 1743–1858, 2008.

Masahiko Terao, Junji Watanabe, Akihiro Yagi, Shin'ya Nishida:
Reduction of stimulus visibility compresses apparent time interval
Nature Neuroscience, Vol. 11 No. 5, pp. 541– 542, 2008.

Junji Watanabe, Shin'ya Nishida:
Veridical perception of moving colors by trajectory integration of input signals
Journal of Vision, Vol. 7, No. 11, Article 3, pp. 1–16, 2007.

Junji Watanabe, Hideyuki Ando, Taro Maeda, Susumu Tachi:
Gaze-contingent Visual Presentation based on Remote Saccade Detection
Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 16, No. 2, pp. 224–234, 2007.

Shin'ya Nishida, Junji Watanabe, Ichiro Kuriki, Toyotaro Tokimoto:
Human brain integrates color signals along motion trajectory

Current Biology, Vol. 17, No. 4, pp. 366–372, 2007.

新居 英明, 橋本 悠希, 稲見 昌彦, 渡邊 淳司:

頭部方向指向性を持つ見通し距離会話システム

日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 401–404, 2007.

草地 映介, 渡邊 淳司:

表現意図と偶然性を併せ持つ“Minimal Drawing”の提案

日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 389–392, 2007.

安藤 英由樹, 吉田 知史, 前田 太郎, 渡邊 淳司:

“Save Yourself !!!”-前庭刺激による平衡感覚移植体験-

日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 225–232, 2007.

安藤 英由樹, 渡邊 淳司, 杉本 麻樹, 前田 太郎:

前庭感覚インタフェース技術の理論と応用

情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 3, pp. 1326–1335, 2007.

内田 貴之, 渡邊 淳司, 川上 直樹, 舘 暲,

走査型ディスプレイにおいて生じる形態歪みの特性

映像情報メディア学会誌, Vol. 60, No. 9, pp. 1496–1499, 2006.

林 政一郎, 渡邊 淳司, 梶本 裕之, 舘 暲:

触知覚における運動残効現象の研究

日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 11, No. 1, pp. 69–75, 2006.

安藤 英由樹, 仲谷 正史, 渡邊 淳司, 前田 太郎, 舘 暲:

なぞり動作を利用した触形状提示手法の検討

日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 11, No. 1, pp. 91–94, 2006.

仲谷 正史, 渡邊 淳司, 安藤 英由樹, 前田 太郎, 舘 暲:

腕運動中に提示される触覚刺激の定位

日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 11, No. 1, pp. 101–104, 2006.

(2)特許出願

発 明 者: 渡邊 淳司, 新居英明

発明の名称: 赤外線通信装置

出 願 人: 科学技術振興機構

出 願 日: 2007 年 9 月 28 日

出願番号: 特願 2007-253806

(3)その他の成果

○解説論文

安藤 英由樹, 渡邊 淳司, 前田 太郎:

前庭電気刺激を利用した平衡感覚インタフェース

映像情報メディア学会誌, Vol. 62, No. 6, pp. 20-23, 2008.

前田 太郎, 安藤 英由樹, 渡邊 淳司, 杉本 麻樹:
前庭感覚電気刺激を用いた感覚の提示
バイオメカニズム学会誌, Vol. 31, No. 2, pp. 82-89, 2007.

安藤 英由樹, 前田 太郎, 渡邊 淳司:
“目が動いたときだけ見ることができる”情報提示装置 眼球運動計測を利用した選択的視覚
情報提示手法
画像ラボ, Vol. 17, No. 6, pp. 43-49, 2006.

○主な招待公演・基調講演

2008 年 1 月 24 日
日本ロボット学会「手の巧みさ研究専門委員会」第 4 回研究会 招待講演
渡邊 淳司: 触環境感覚と触身体感覚の心理物理

2007 年 12 月 14 日
第 6 回ロボティクスにおける空間の知能化及び構造化に関する研究専門委員会 招待講演
渡邊 淳司: 知覚体験を情緒体験へ変換する装置ー知覚と空間のCodeー

2007 年 11 月 28 日
視聴覚情報研究会(AVIRG) 11 月例会・総会 招待講演
渡邊 淳司: 人間の環境への働きかけとインタフェースデザイン

2007 年 3 月 29 日
知覚コロキウム 2007 招待講演
渡邊 淳司: 知覚研究と新たな情報提示・芸術表現への応用

2007 年 2 月 16 日
CREST ユビキタスコンテンツ・シンポジウム 2007 基調講演
渡邊 淳司: 知覚研究の編集的アプローチ