

「共生社会に向けた人間調和型環境技術の構築」
平成21年度採択研究代表者

H23 年度 実績報告

舘 暲

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科・特任教授

さわれる人間調和型情報環境の構築と活用

§1. 研究実施体制

(1) 舘グループ(慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科)

① 研究代表者: 舘 暲(慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科・教授)

② 研究項目

(1) 触原色原理に基づく触知覚メカニズムの解明とデバイス設計法

(2) 身体性を有する触覚情報コンテンツの構成技術

(3) 実体性を提示する3次元視触覚ディスプレイ

(4) 実証システムの構築と検証

§2. 研究実施内容

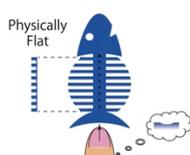
(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

H23 年度においては、これまでに開発した要素技術の統合を進め実用的な「さわれる情報環境」の技術体系を構築することを目指し、以下の(1)～(4)の各研究項目を実施した。さらに本 CREST プロジェクトのこれまでの研究成果を総括し公開するため、実施項目(5)として第1回 CREST 成果発表会を開催した。

(1) 触原色原理に基づく触知覚メカニズムの解明とデバイス設計法

【1-a. 触原色原理の解明】

「魚の骨」のような形状において、体験者が指腹部で魚の背骨にあたる部分を図中の矢印の方向になぞると、物理的には平らな面であるにもかかわらず「くぼみ(凹知覚)」が体験されることを発見し Fishbone tactile illusion と名付けた。本錯触覚は米国視覚科学会主催の 7th Best Illusion Contest にノミネートされ、授賞式や報道メディアを通じて世界中に広めることができた。



Fishbone Tactile Illusion



7th Best Illusion Contest の様子と記事抜粋

【1-b. 触覚センサの開発】【1-c. 触覚ディスプレイの開発】

人間と同等サイズのロボットハンドの指先部に搭載可能な触覚センサを開発し、本触覚センサをロボットハンドに搭載することで「能動的触覚スキャンハンド」を構築した。本触覚センサは、昨年度までに研究を行ってきた光学式触覚情報計測の技術を用いており、3N 未満の 3 軸の力と 23°C～33°C の温度を 120Hz で計測可能であり、能動的な触動作の際に指先に加わる圧力や摩擦力、振動、温度変化を実時間で同時に計測できる。また、人の指と同等の形状、柔軟性、温度を有しており、人が物体に触れた際に生じる相互作用性を再現しつつ、正確な温度計測が実現できる[A1, A4, A6]。さらに、この触覚センサで取得した触覚情報を人にフィードバックすることを目的として、グローブ型の触覚ディスプレイを開発した。指先に加わる圧力や摩擦力、振動の提示には、我々がこれまでに研究してきた GravityGrabber を採用し、温度変化の提示にはペルチェ素子を採用した。このグローブ型触覚ディスプレイを用いることで、触覚センサにより計測された、力の大きさや方向、温かさや冷たさなどの触覚情報を実時間で提示可能であることを確認した。



光学式触覚センサによる情報計測



能動的触覚スキャンハンド



グローブ型触覚ディスプレイ

【1-d. 触覚デザインツールキットの開発】

触覚メディアの普及のため、誰でも簡単に触覚を有するコンテンツを作成できる環境を構築することを目的として、触覚情報の取得・保存に音声信号を用いることで、安価に作成でき容易に利用可能な触覚デザインにおけるラピッドプロトタイプングツール「TECHTILE ツールキット」を開発した。本ツールキットによって IEEE Haptics Symposium 2011 で Best Demo Award を、Laval

Virtual 2012 [A10]で PRIX Emerging Technologies を受賞するとともに、本ツールキットを用いて、全国の大学や科学館などで合計 10 回以上のワークショップを開催し、800 人以上の子供や学生の参加を得て、参加者が自らオリジナルの触覚コンテンツを制作できる体験を提供し、さわれる玩具や、触感を介したコミュニケーションデバイスなど、様々な作品が生まれた。



TECHTILE ツールキット



TECHTILE ワークショップの様子

(2) 身体性を有する触覚情報コンテンツの構成技術

【2-a. 触運動知覚の基礎的研究】

視触覚融合を用いた触覚伝送手法の研究開発の一貫として、「くすぐり感」の双方向の実時間伝送を実現した[A9]。これは、自分の掌の上で他者の指先が動いているかのような視覚的效果を与えることで、一点の単純な振動を、指の運動として錯覚させる手法である。国内会議 CEDEC2011, 国際会議 SIGGRAPH ASIA 2011[A7]での実演展示では、多数の一般来場客が本手法を用いてお互いにくすぐり合う体験を楽しんだ。

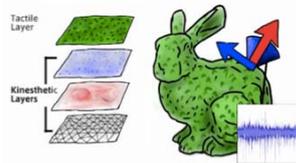
【2-b. 触覚情報コンテンツ合成技術の構築】【2-c. 触覚スキャナの開発】

3DCG に豊かな触感情報を付与するため、人間の触知覚原理に基づき、3D モデル上に触覚情報をマッピングするレイヤ構造を設計した[A3]。力覚レイヤはモデルの三次元形状を表す形状レイヤ、表面の弾性コンプライアンスと摩擦それぞれの分布を表す弾性レイヤ・摩擦レイヤの3層からなり、物理シミュレーションによる力覚レンダリングに用いられる。皮膚感覚レイヤは材質や微細な表面形状により生じる表面の振動情報の分布を表すものであり、形状表面の接線方向の触動作速度に基づいて振動の提示が行われる。また温度感覚レイヤは物体表面の温度分布を表す。

このような触覚レイヤ上に、実世界に存在する様々な物体のリアルな触覚情報をマッピングするために、実物体から触感のコピー&ペーストを行える「触覚スキャナ」の開発を行なっている。本年度は触覚スキャナの初期段階として、振動取得用のマイクと触圧取得用のイナストマーセンサを内蔵した触覚スキャナを試作し、物体表面をなぞることにより材質や微細形状に基づく触感情報が取得できることを確認した。さらに実物体からコピーした触感情報を様々な 3D モデルにペーストできるインタラクションシステム Haptic Duplicator[A11]を構築した。



視覚による触運動知覚の誘発に基づく、くすぐり感の伝達



触覚モデルのレイヤ構造



触覚スキャナによる触感のコピー

(3) 実体性を提示する3次元視触覚ディスプレイ

【3-ab さわれる立体映像提示装置の開発】

昨年度に開発した、実空間中に3次元映像を重畳表示し、見た場所を見たままに触れる多視点裸眼立体ディスプレイ“RePro3D”を拡張し、実環境中に投影された3DCGキャラクターとの触覚を伴うインタラクションを実現した。これにより視覚・触覚の双方において、情報環境と実環境の融合が達成され、「見たものを見たままに触る」情報環境の基盤技術が構築できた。



ジオラマに重畳された
3DCG キャラクター



実物体を介したキャラクターと
の触覚コミュニケーション



RePro3D 体験の様子

(4) 実証システムの構築と検証

【4-a. 「能動的触覚伝送プラットフォーム」の構築】

触覚情報の計測・伝送・提示に関する研究成果を統合した実証実験を行うための「能動的触覚伝送プラットフォーム」を構築した。テレグジスタンスロボットシステム Telesar5 (Telexistence Surrogate Anthropomorphic Robot 5) を構築した。Telesar5 のオペレータにおける運動計測システムとしては、旭光電機株式会社と共同開発した FST(Flexible Sensor Tube) を利用し、全身の運動計測が可能である。両眼両耳の視聴覚情報の提示には、その場で直接に対象物を見た場合の大きさと距離が正確に保たれるハイビジョン画質・高視野角の HMD を設計・開発した。また 1-c. で開発したグローブ型触覚ディスプレイにより、1-b. で開発した能動的触覚スキャンハンドから得た触覚情報を実時間でユーザに提示する。一方、Telesar5 のスレーブロボットは、人間の眼間距離と等しく配置されたハイビジョンステレオカメラ、両耳にマイクロフォン、口にスピーカーを搭載した頭部を、人間の首だけでなく肩や腰の動きも再現するよう開発した 9 自由度マニピュレータ上に配置した。また両手腕として 7 自由度からなる「能動的触覚スキャンアーム」、15 自由度からなる「能動的触覚スキャンハンド」を開発し、指先には分布圧覚情報と温度情報を計測可能な触覚センサを搭載した。このプラットフォームを用いることで、スレーブロボットの手が人間の手に追従して対象物とコンタクトし、その触覚情報を視聴覚と同時に矛盾なく伝えられることが可能となり、人が遠隔地からロボットの居る場所に居るような感覚を有して「見たところを見たように触る」ことが可能となった。本研究成果は、CREST 成果展示会 HAPTIC MEDIA 2011 や国際ロボット展にて多くの来場者に対して実演展示形式にて公開された。本研究成果は国内外の多くの報道機関を通して世界中で報道され、特に東日本大震災に伴う福島原発事故等の危険な事故における長期的修復作業への活用が期待されている。



Telesar5 マスタコックピット



Telesar5 スレーブロボット



国際ロボット展における展示

(5) 第1回 CREST 成果発表会の開催

本 CREST 研究の2年間の研究成果を公開する場として、第1回「さわれる情報環境」プロジェクトシンポジウム「Haptic Media Symposium 2011」および展示会「Haptic Media Exhibition 2011」を、10月7-9日に開催した。さわれる情報環境のコンセプトを伝える講演会に加えて、H22-23年度のCREST研究成果である能動的触覚スキャンプラットフォーム Telesar5, TECHTILE toolkit, Fishbone Tactile Illusion, RePro3D, Pen de Draw に関する口頭発表および実演展示を行い、研究者や企業関係者、親子連れなど、延べ約2000人の来場者を得て効果的な成果公開が行えた。



Haptic Media Symposium



Haptic Media Exhibition

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

●論文詳細情報

- A1. 佐藤克成, 篠田裕之, 舘暲: 光学式皮膚感覚センサのための示温塗料とカメラを用いた温度計測, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 第16巻, 第3号, pp.391-398(2011.9)
[DOI: なし]
- A2. 古明地秀治, 佐藤克成, 南澤孝太, 渡邊孝一, 新居英明, 舘暲: ロボットハンド操作システムのための円筒型多点ベクトル入力インタフェース, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 第16巻, 第3号, pp.415-425 (2011.9)
[DOI: なし]
- A3. 家室証, 南澤孝太, 舘暲: スケッチ入力によるモデリングのための非接地ペン型力覚ディスプレイ, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 第16巻, 第3号, pp.459-468(2011.9)
[DOI: なし]
- A4. Katsunari Sato, Hiroyuki Shinoda, Susumu Tachi: Finger-shaped Thermal Sensor using Thermo-sensitive Paint and Camera for Telexistence, in Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Shanghai, China (2011. 5) [DOI: 10.1109/ICRA.2011.5980271]
- A5. Yuki Imamura, Hironori Arakawa, Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: HAPMAP: Haptic Walking Navigation System with Support by the Sense of Handrail, in Proceedings of ACM SIGGRAPH 2011 Emerging Technologies, Vancouver, Canada (2011. 8) [DOI: 10.1145/2048259.2048265]

- A6. Katsunari Sato, Hiroyuki Shinoda, and Susumu Tachi: Design and Implementation of Transmission System of Initial Haptic Impression, in Proceedings of SICE Annual Conference 2011, pp.161-621 (2011.9)
[DOI: 未定]
- A7. Masahiro Furukawa, Hiroyuki Kajimoto, Susumu Tachi: KUSUGURI: Visual Tactile Integration for Tickling, in Proceedings of ACM SIGGRAPH ASIA 2011 Emerging Technologies, Hong Kong (2011.12)
[DOI: 10.1145/2073370.2073384]
- A8. Kouta Minamizawa, Keitaro Shimizu, Masahiko Inami, Naohisa Ohta, Susumu Tachi, Shigeto Yoshida, Nariaki Yamaguchi, Shigeki Imai: Adaptive Parallax Autostereoscopic LED Display, in Proceedings of ACM SIGGRAPH ASIA 2011 Emerging Technologies, Hong Kong (2011.12)
[DOI: 10.1145/2073370.2073393]
- A9. Masahiro Furukawa, Hiroyuki Kajimoto, Susumu Tachi: KUSUGURI: a shared tactile interface for bidirectional tickling, in Proceedings of ACM Augmented Human 2012, Megeve, France (2012.3)
[DOI: 10.1145/2160125.2160134]
- A10. Kouta Minamizawa, Yasuaki Kakehi, Masashi Nakatani, Soichiro Mihara, Susumu Tachi:TECHTILE toolkit - A prototyping tool for design and education of haptic media,in Proceedings of Laval Virtual VRIC 2012, Laval, France (2012.3)
[DOI: 未定]
- A11. Yuta Takeuchi, Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: Haptic Duplicator, in Proceedings of Laval Virtual VRIC 2012, Laval, France (2012.3)
[DOI: 未定]

(3-2) 知財出願

- ① 平成23年度特許出願件数 (国内 2件)
- ② CREST 研究期間累積件数 (国内 2件)