

戦略的創造研究推進事業 CREST

研究領域

「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」

研究課題

「さわれる人間調和型情報環境の構築と活用」

研究終了報告書

研究期間 平成21年10月～平成27年3月

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,
特別招聘教授)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

本研究は離れた場所に存在する人やモノ、あるいは実際には触れられない人工物であっても、対象の素材感・重量感・ぬくもり・しめりけ等を伝え、直接触っているかのような感覚を提供する「さわられる情報環境」を構築することで、映像と音声のみで構築される現代の受身的な情報環境を、自ら手を伸ばし対象の存在感を感じ取る能動的な人間調和型の情報環境に拡張することを目指している。上記を達成するため、以下のとおり4つの研究項目を設定し研究を実施した。

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

触覚受容器の時空間的触知覚特性の解明を通じて触原色原理に基づく触知覚メカニズムについて生理学的・心理学的な裏付けを得た。この知見を応用し、電気的刺激法においては、陰極刺激と陽極刺激の組み合わせによるメルケル細胞とマイスナー小体との選択的刺激に基づき、薄型で高密度な電気触感ディスプレイで複数の触感を識別可能であることを確認した。また物理刺激法においては、圧・せん断力・振動・温度などの触要素を、身体運動に応じて時空間的に適切に統合する設計法を構築し、高いリアリティを有する触感伝送を実現した。

研究項目(2) 身体性を有する触覚情報コンテンツ構成技術

身体性を有する触覚情報コンテンツの構築手法を確立するため、能動的な運動下で対象の触感を取得する触感スキャナ、取得した触感のデータベースから望みの触感を検索する手法、ユーザの身体運動に応じて触感をリアルタイムに加工して提示する触感レンダリング、インターネット上での触感コンテンツの共有環境の構築を行い、実世界から取得した多彩な触感を編集・加工して、身体性を有する触感コンテンツを自在に創作し共有することを可能とした。さらに触感表現のラピッドプロトタイピングツールを開発し、様々な領域への触感表現の普及展開を推進した。

研究項目(3) 実体性を提示する3次元視触覚ディスプレイ

見たものに直接手を伸ばし、見たままにさわられるような3次元映像を作り出すことは、さわられる情報環境における利用者の自然な所作を可能とするために必要不可欠である。そこで、再帰性投影多視点法に基づく、42視点を有する裸眼多視点3Dシステム RePro3D および Active-shuttered Real Image Autostereoscopy (ARIA) 法に基づく複数人が同時に体験可能な空中投影型裸眼3Dディスプレイ HaptoMIRAGE を開発し、実空間中に裸眼で観察可能な3D映像を投影し、触感ディスプレイと統合することで触感を有し、かつインタラクションが可能なシステムを構築した。

研究項目(4) 実証システムの構築と検証

さわられる情報環境の様々な技術要素を統合し、触感を伴う体験を提供するために、細やかな触感を伝えるトレイグジスタンスロボット「TELESAR V」および、多人数が3次元映像に触れ、操作することができる3次元視触覚情報環境「HaptoMIRAGE」の2種類の実証システムを構築することで、「さわられる情報環境」のコンセプトを具現化すると共に、システムの構築論を実証的に示した。

以上のように、本研究では、触原色原理を中心とした「さわられる情報環境」に関する基礎的な知

見から、デバイス設計法、触感コンテンツの制作・編集手法、3次元的な視覚と触覚のクロスモダリティを実現した体験環境の構築、これらを統合した実証システムの構築までを行い、「さわれる情報環境」の構築法を理論・実証の両側面から示した。日本科学未来館における常設展示・企画展示や SIGGRAPH Emerging Technologies における国際展示など数多くの展示機会、およびオープン・イノベーションの理念に基づく触感技術の普及展開活動を通じて、「さわれる情報環境」の多岐に亘る分野での可能性を示し、新たな人間調和型情報環境の社会実装に向けた基盤を構築した。

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1. 触原色原理の生理学的・心理物理学的知見の究明と錯触覚の発見

触原色原理の根底をなす人の触覚受容器である、メルケル細胞、マイスナー小体、パチニ小体について、その時間的知覚メカニズムの心理物理学的検証をすすめた。これらの過程で発見した錯触覚が Fishbone Tactile Illusion として米国視覚科学会主催の 7th Best Illusion Contest にノミネートされるなど、触原色原理の生理学的・心理学的な裏付けを得るとともに、触覚センサ・ディスプレイの開発に繋がる基礎的な知見を得た。

2. 触原色原理に基づく触覚ディスプレイの工学的設計論の構築

電気的刺激法と物理的刺激法の2つの可能性を検討し、電気的刺激法については薄型・高密度の電気触覚ディスプレイを開発。陰極刺激と陽極刺激の組み合わせによるメルケル細胞とマイスナー小体との選択的刺激に基づき、3次元的な圧力やクリック感などを提示可能として触感の範囲を大幅に広げた。物理的刺激法については、圧力・せん断力・振動・温度といった各触知覚要素を身体運動や物体のアフォーダンスと適切に組み合わせることで、これまでにない高いリアリティを有する触感の提示を行うことが可能になった。この設計論に基づいて開発した指型触感伝送装置や触感デザインツールキットがそれぞれ国際学会で受賞するなど、実用性の高い工学的設計論を構築することができた。

3. 人の視知覚原理に基づく多視点裸眼立体ディスプレイの設計手法

3次元映像を見たままにさわれるディスプレイの実現を目的として、裸眼で観察可能な3次元映像の提示手法を提案・開発した。これまで主流であった Integral Photography と比べて、設計が容易・解像度の向上が図りやすい・空間中に映像を提示できるといった利点を有する再帰性投影多視点法、ユーザの人数や視点によって自在に視差の数や方向を変更できる Adaptive Parallax Autostereoscopy 法、高精細な空中 3D 映像を複数人が同時に観察・操作することを可能とした Active-shuttered Real Image Autostereoscopy (ARIA) 法の3手法を開発し、いずれも新たな立体ディスプレイ手法として SIGGRAPH Emerging Technologies に採択された。

< 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果 >

1. 視聴覚に加え細かい触感をも伝えるテレイグジスタンス分身ロボット **TELESAR V**

操縦者の身体運動に従って動くアバタロボットに触原色原理に基づく触覚センサを搭載することで、物体の把持感覚や冷温感、布の手触りを伝達できるテレイグジスタンスシステムを構築した。本研究成果は国際ロボット展や **SIGGRAPH** にて展示され世界各国で数多くの報道メディアで取り上げられ大きな反響を得た。さらにテレイグジスタンスによる新たな産業の創出に向けて民間企業への技術移転が進められている。

2. さわれる3次元視触覚情報環境の構築

再帰性投影多視点法に基づく、42 視点を有する裸眼多視点 3D システムである **RePro3D** を構成し、空中像を **AR** (拡張現実) 環境で投影し、それとのインタラクションが可能であることを示した。**GravityGrabber** のような触覚ディスプレイや **HapticEditor** による触感の編集を統合することにより、インタラクションによる力を人に提示し、それを編集することも可能となった。また、**Active-shuttered Real Image Autostereoscopy (ARIA)** 法に基づく複数人が同時に体験可能な空中投影型裸眼 3D ディスプレイと、物体を介したタンジブルな触感提示を組み合わせた、さわれる3次元視触覚情報環境 **HaptoMIRAGE** を開発した。いずれのシステムにおいても **JST** と慶應義塾大学からの共同プレスリリースを実施し、報道媒体を通じて大きな反響を得た。

3. オープン・イノベーションによる触感表現の普及展開活動 **TECHTILE**

触感技術を人の生活に根ざした情報メディアとして普及することを目指して、音響信号を触覚情報として利用することでシンプルかつ高品位な触感伝送を可能とする **TECHTILE toolkit** を開発し、山口情報芸術センターと共同で「触感を表現する」ためのプラットフォームやコミュニティを構築する活動「**TECHTILE**」を推進した。国内外の科学館・美術館・大学・企業において数十回におよぶワークショップを実施し、オープン・イノベーションによる触感表現の普及展開を推し進め、これをきっかけに複数の企業と具体的な共同研究も展開している。これら一連の活動は 2012 年度グッドデザイン賞 **Best 100** を受賞するなど、国内外で高い評価を得ている。

§ 2 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

① 舘グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
舘 暲	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	特別招聘教授	H21.10～H27.3
南澤 孝太	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	准教授	H21.10～H27.3
Charith Fernando	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	特任助教	H23.9～H27.3
青山 瑠美子	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	研究補助員	H21.10～H27.3
児島 絵美理	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	研究補助員	H22.10～H27.3
新居 英明	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチャー	H21.10～H27.3
仲谷 正史	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチャー	H21.10～H27.3
佐藤 克成	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチャー	H21.10～H27.3
柴崎 美奈	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチャー	H23.9～H27.3
神山 洋一	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチャー	H26.4～H27.3
上田 雄太	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチャー	H24.7～H27.3
水品 友佑	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチャー	H24.7～H27.3
花光 宣尚	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	博士課程2年	H24.7～H27.3
武田 港	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	博士課程1年	H25.9～H26.3
岩崎 花梨	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H25.9～H27.3

田中 博和	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程1年	H26.7～H27.3
古川 正紘	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	特任助教	H25.9～H26.3
上間 裕二	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチャー	H23.9～H26.3
内田 早紀	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H24.7～H26.3
渡島 健太	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H24.7～H26.3
張 衍義	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H25.5～H26.3
出利葉 健	慶應義塾大学理工学部	学部4年	H25.9～H26.3
中山 政野	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	特任助教	H24.4～H25.6
家室 証	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチャー	H21.10～H25.3
黒木 帝聡	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチャー	H22.6～H25.3
毛利 瑠子	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H22.6～H25.3
竹内 祐太	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H23.9～H25.3
廣多 響	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H23.9～H25.3
片倉 弘貴	慶應義塾大学 SFC 環境情報学部	学部4年	H24.1～H25.3
小山 駿介	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程1年	H24.7～H25.3
坂本 菜月	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程1年	H24.7～H25.3
竹村 純	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程1年	H24.7～H25.3
Suzanne D'Bel	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程1年	H24.7～H25.3

李 創	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程1年	H24.7～H25.3
渡邊 孝一	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	特別研究助教 (H21-22)	H21.10～H24.3
荒川 裕紀	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H22.6～H24.3
今村 有希	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H22.6～H24.3
清水 啓太郎	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H22.6～H24.3
田中 秀和	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H23.9～H24.3
Calista Lee	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程1年	H22.12～H24.3
泉 秀幸	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程1年	H23.9～H24.3
佐脇 風里	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程1年	H23.9～H24.3
細川 真太郎	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H22.6～H23.9
長島 みのり	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H22.10～H23.9
中里 秀幸	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程2年	H22.10～H23.9
黒木 忍	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチャー	H21.10～H23.3
吉田 匠	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチャー	H21.10～H23.3
竹下 圭佑	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチアシ スタント	H22.4～H23.3
廣部 祐樹	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	リサーチアシ スタント	H21.11～H23.3
芝原 隼人	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程1年	H22.6～H23.3
田中 薫	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科	修士課程1年	H22.6～H23.3

研究項目

- 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
- 身体性を有する触覚情報コンテンツ構成技術
- 実体性を提示する3次元視触覚ディスプレイ
- 実証システムの構築と検証

(2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

触感技術の普及展開活動(テクタイル/TECHTILE)を, CREST 苗村チームの笥康明准教授と共同で進めている. 様々な業界と連携しながら触感技術の普及展開を行う中で, 国内外の科学館・美術館・教育産業・エンタテインメント産業・放送産業・家電産業・自動車産業・日用品産業など, 様々な業界のプレイヤーとのネットワークを形成し, 密に情報交換を行っている.

§ 3 研究実施内容及び成果

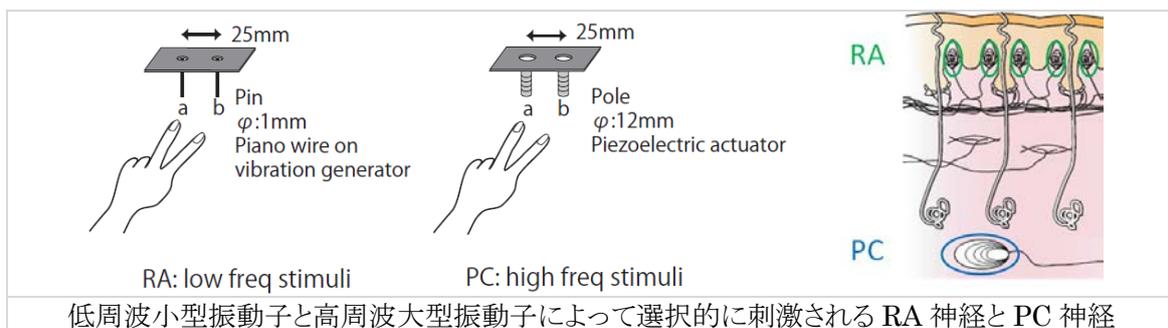
3.1. 触原色原理に基づく触知覚メカニズムの解明とデバイス設計法（慶應・館グループ）

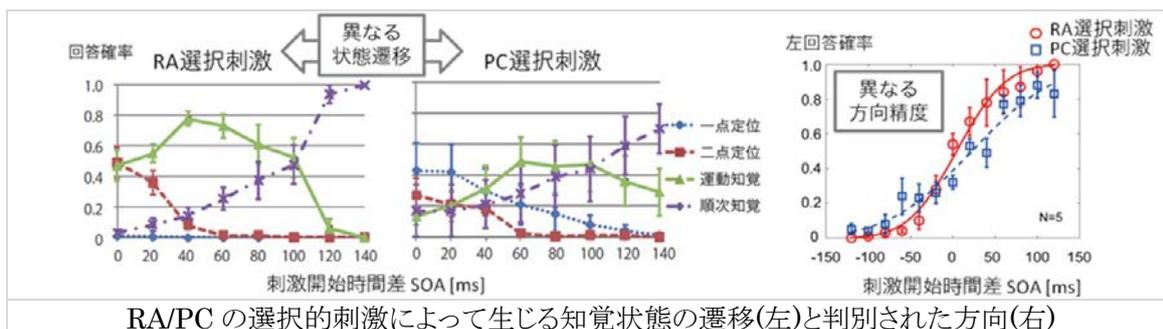
視覚情報や聴覚情報においては、人間の知覚メカニズムに関して生理学的、心理学的側面からの解明が進み、人間の感覚知覚原理に基づいた感覚情報計測および提示の設計論が確立している。そのため、カメラやテレビなど、感覚情報を汎用的に計測・提示するシステムが設計され普及するに至っている。本研究項目では、触覚情報においても、このような知覚メカニズムの解明に基づく設計論を確立し、触覚センサや触覚ディスプレイの設計を行うことを目指し研究を推めた。具体的には、本研究グループが提唱している、触原色原理に基づく触知覚メカニズムについて、物理空間3基底、生理空間7基底、心理空間3基底への分類を行い、触覚受容器の時空間的触知覚特性の解明を試みることで触原色原理の生理学的・心理学的な裏付けを得た。この知見を応用し、電氣的刺激と物理的刺激による2種類の触感提示法を設計した。電氣的刺激法においては、陰極刺激と陽極刺激の組み合わせによるメルケル細胞とマイスナー小体との選択的刺激に基づき、薄型で高密度なデバイスで複数の触感を提示可能とした。また物理刺激法においては、圧・せん断力・振動・温度などの触要素を、身体運動に応じて時空間的に適切に組み合わせる設計論を構築し、高いリアリティを有する触感の記録・伝送・提示を実現した。

【1-a. 触原色原理の解明】

(1-a-1) 経皮電気刺激による触覚の時間知覚メカニズムの基礎的検証

触原色原理を利用した触覚信号提示に向けた基礎的検討として、触覚受容器の選択刺激による時空間的な情報の提示精度を検証した。人の手における圧覚は主に SAI 系、皮膚の伸びは SAII 系、低周波振動は RA 系、高周波振動は PC 系の触覚受容器で符号化されている。このうち小型の振動子を低周波振動させると皮膚浅部の RA が、大型の振動子を高周波振動させると皮膚深部の PC が優先的に活動する事が知られている。そこで、指先2か所に対して振動を加え、同時や運動感など「知覚状態の遷移」と右/左の「方向判断の精度」を計測し、選択刺激による時空間情報提示能力の精度を比較検討した。その結果、(1) RA への刺激では2刺激間の時差を変更することで複数の知覚状態を生成可能であったが、PC への刺激では複数の知覚状態が混ざってしまうこと、(2) RA への刺激に比べ PC への刺激では振動方向の判別精度が低いこと、が示された。これにより、指腹に対して振動の時間的なパターンを利用して時間・時空間的な情報提示を行うには、低周波振動を用いて RA 神経を選択的に刺激することが適当であると示唆された。





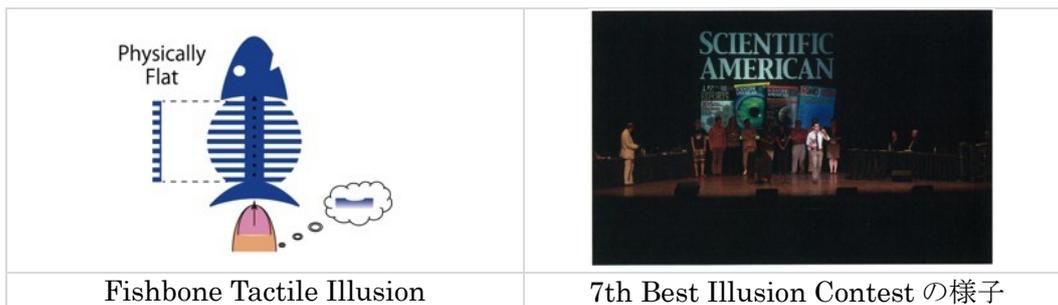
(1-a-2) 3次元ベクトルやクリック感を提示する経皮電気刺激法の設計と基礎的検証

経皮電気刺激による触覚受容器の選択的刺激を応用して、3次元力ベクトルを提示する電気刺激信号を設計した。皮下の触覚受容器のうち振動覚を担うRA受容器と圧覚を担うSAI受容器は、それぞれ陽極刺激・陰極刺激による選択的刺激が可能である。指先に3次元力ベクトルを加えた際の皮膚変形を有限要素法により算出し、触覚受容器応答の空間分布の推定を行うことで、電極ピンアレイ上における電気刺激信号の極性、強度、および周波数を設計した。設計した電気刺激信号を用いて力ベクトルの方向弁別実験を行った結果、経皮電気刺激により3次元力ベクトルを提示可能であることが確認された。これらを効果的に組み合わせ、タッチインタフェースにおけるユーザの操作感の向上を試みた。タッチパネルを模した3cm×5cm大の基板に12×20=240個の電極が実装された電極アレイを作成し、アレイ上での指位置・圧力を計測し、電気刺激のタイミングや強度・周波数を制御することで、ボタンの凹凸形状やクリック感を提示し、評価実験を通して本手法による操作性の向上を確認した。



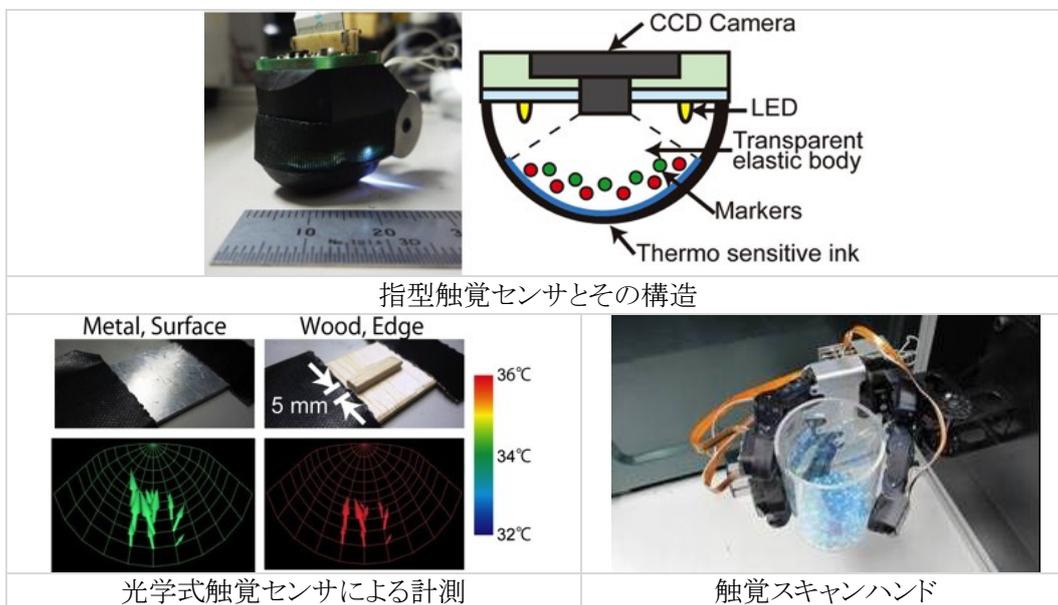
(1-a-3) Fishbone Tactile Illusion の発見

「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、触原色原理に基づき本現象を説明し、Surface texture can bias tactile form perception という題目で Experimental Brain Research に掲載された。また本錯触覚を Fishbone tactile illusion と名付け、新たな錯覚として紹介したところ、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広く紹介された。



【1-b. 触覚センサの開発】

人は皮膚の変形と温度変化の情報をそれぞれ機械受容器と温度受容器から取得し、それらの受容器応答を統合的に解釈することで触感を得ている。人と同等の触覚情報を取得するため、皮膚の変形と温度変化の情報を同時に計測可能な指型触覚センサを開発した。センサ表面の温度変化を計測するために、温度変化に伴い色が変わる示温塗料とカメラを用いた光学式の温度センサを構築した。これに、我々がこれまで開発してきた光学式 3 軸力分布センサの技術を組み合わせ、指の変形と温度変化を同時に計測する触覚センサを試作した。本触覚センサは、3N 以下の 3 軸の力と 23 度～33 度の温度を 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。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。

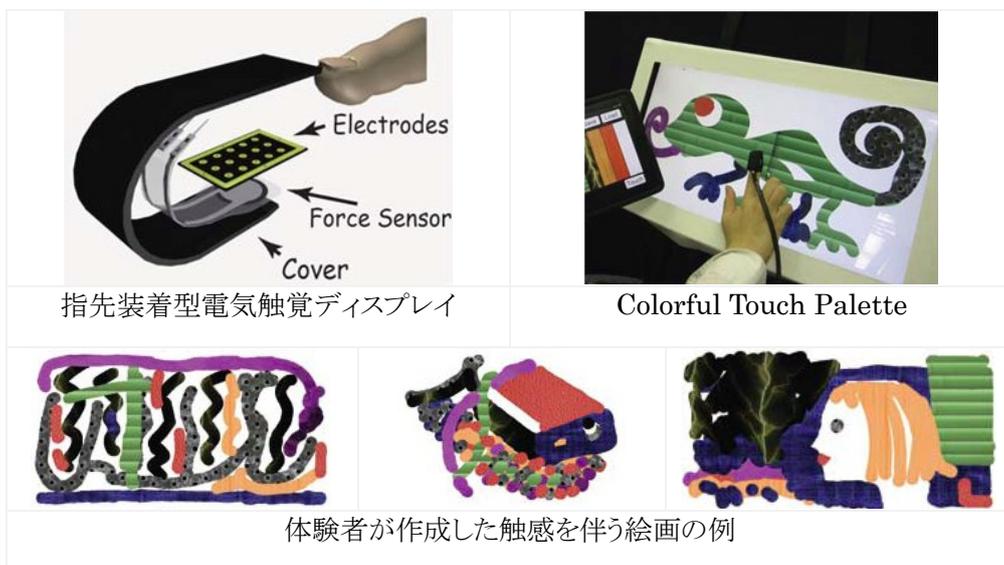


【1-c. 触覚ディスプレイの開発】

触原色原理に基づいたデバイス設計について、電氣的刺激に基づく触覚提示法と、物理的刺
激に基づく触覚提示法という2つの方向性に関して研究を進めた。

(1-c-1) 電氣的刺激による様々な触感の提示システム Colorful Touch Palette

(1-a-2)で述べたとおり、従来の電気触覚ディスプレイに関する基礎的技術の拡張として、触覚
刺激のための電気信号に関しては、経皮電気刺激による触覚受容器の選択的刺激を応用して、3
次元力ベクトルを提示する電気刺激信号を設計した。指先に3次元力ベクトルを加えた際の皮膚
変形を有限要素法により算出し、触覚受容器応答の空間分布の推定を行うことで、電極ピンアレイ
上における電気刺激信号の極性、強度、および周波数を設計した。これに基づき陽極刺激による
振動覚と陰極刺激による圧覚の混合提示を行い、従来の記号的な提示から素材感の提示への拡
張を行った。刺激強度の時空間的なばらつきによる粗さの表現と、二種類の触感の混合に
よる中間的な触感生成の可能性を実験的に検証した。さらに異なる素材感を持つ7種類のテクス
チャを選別し、パレットから任意の“触絵具”を選び指先で画面をなぞることで触感を伴った絵を描
画する事ができる視触覚が融合した描画システム“Colorful touch palette”を構築した。本研究成
果は VRSJ 2009, インタラクシオン 2010, SIGGRAPH 2010, i-tokyo 2010 にて子供を含む多く
の来場者に対して体験型展示を行い、触って楽しむ絵画体験は全く新しいながらも馴染みやすい
と好評を得ると同時に、体験者から多くの創造的な作品が生まれた。



(1-c-2) 高密度・薄型電気触覚ディスプレイの開発

電気触覚ディスプレイのさらなる薄型化・高集積化を目指し、日本メクトロン株式会社との共同研
究として、触動作時の皮膚変形を阻害しないフレキシブルな電極基板を開発し、指先装着型の電
気触覚ディスプレイを構築した。大きさ 20mm×14mm の基板上に、直径 1mm、中心間距離
2mm の刺激電極が 54 個、周辺部に GND 電極が配置されており、成人男性の人差しの指腹部
全体が触覚提示領域となる。ポリイミド製で柔軟性があり指腹部の曲面を考慮した密着性の高い形
状であるため、安定した強度で刺激が行える。さらに電極基板を装着した状態でも実物体に触れ

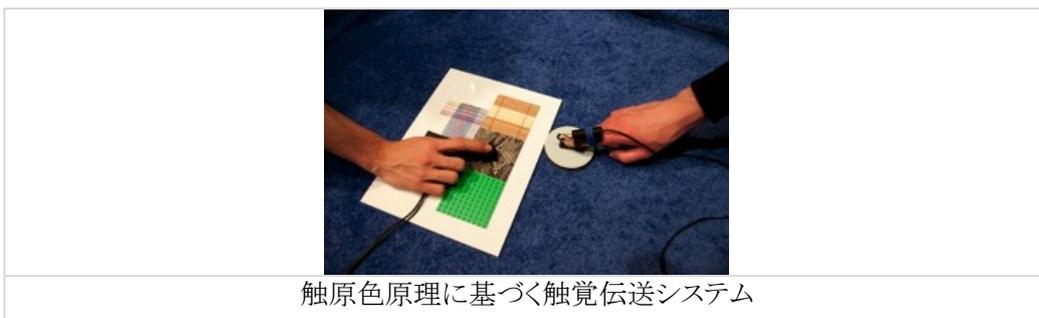
た際の指腹の変形を妨げないため、実物体の触感に電気刺激による触感を重畳する拡張現実感的応用に適している。また、刺激のコントロール部を小型化し、配線部分の伸縮性を高め、装置の装着性を向上させたことにより、提示する触覚の質を高め、振動刺激などを用いた触覚伝送システムへの統合を容易にした。これを用いた拡張現実感的応用として、実物体の触覚と電気刺激の触覚を重畳提示した場合に、それぞれの感覚を正確に知覚可能であることを検証した結果、実物体と電気刺激でエッジを提示した場合、検出精度に有意差がない、すなわち同程度の精度でエッジを知覚できることを確認した。現在、電氣的刺激法による触感伝送のスタンダードとなるデバイスの開発を目指し、本ディスプレイに一対一対応する高密度触感センサの開発を進めている。



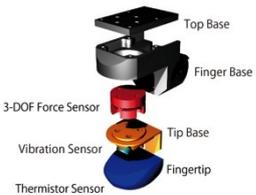
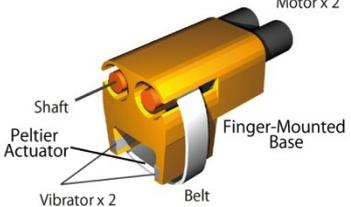
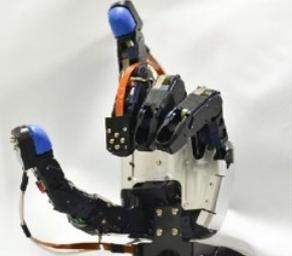
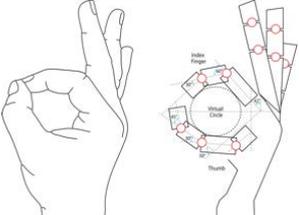
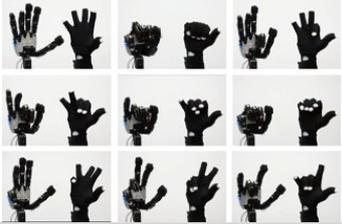
フレキシブル電極基板を用いた電気触覚ディスプレイ

(1-c-3) 物理的刺激に基づく触覚ディスプレイ

触原色原理における物理空間の各触感覚要素を個々に伝送し時空間的に統合するという設計方針に基づき、物体表面の触り心地を伝送する触覚伝送システムを構築した。触覚センサには振動取得用のマイク・温度取得用のサーミスタ・圧力取得用の3軸力覚センサを内蔵し、触覚ディスプレイには振動提示用の振動子・温度提示用のペルチェ素子・圧力提示用に本研究グループが開発した、垂直力とせん断力の2軸の力を提示できる GravityGrabber を搭載した。本システムにより物体に触れた際の圧力や物体の温度だけでなく、物体表面の触り心地(例えば、デニムのざらざらした触り心地や綿のつつつした触り心地など)や、モノの硬さの違いなども実時間で伝送可能であることが確認された。さらに、この触覚伝送システムを人の能動的な行動に正確に対応させるためには、人の手指の細かな動きを正確に捉え、ロボットハンドに反映する必要がある。そこで 14 自由度のセンサを有するグローブを新たに開発し、得られたデータから手指の姿勢を導出する新たなアルゴリズムを構築した。これにより、これまで以上に正確に手指の動きを反映することが可能となり、能動的な触動作の伝送において重要な要件である、運動と触感との同期の精度が向上し、触感のリアリティを大幅に高めることができた。



触原色原理に基づく触覚伝送システム

	
<p>指型触覚センサの構造</p>	<p>装着型触覚ディスプレイの構造</p>
	
<p>能動的触覚スキャンハンド</p>	<p>グローブ型触覚ディスプレイ</p>
	
<p>手指の姿勢同定アルゴリズムによる操作者とロボットハンドの姿勢同期の様子</p>	

【1-d. 触感デザインツールキットの開発】

前項において、よりシンプルかつ高品位な物理的刺激による触覚伝送手法を研究する過程で、触覚情報の取得・保存に音響信号を用い、1Hz～30Hz の非可聴振動から、数 kHz の可聴振動までをシームレスに伝達することにより、布の触感や液体を注ぐ感覚など、従来の多くの触覚伝送システムより高品位な触感の記録・伝送・再生が可能となることを発見し、触感表現のためのラピッドプロトタイピングツール「TECHTILE toolkit」を開発した。本成果は IEEE Haptics Symposium 2012, JVRC 2012 でそれぞれ Best Demo Award を、Laval Virtual 2012 で PRIX Emerging Technologies を受賞するなど高い評価を得た。また、本装置を用いた触感表現の普及活動を進め、様々な分野のユーザが様々な目的で触感表現を手軽に扱うことを可能とした。

	
<p>TECHTILE toolkit</p>	<p>触感伝送の例</p>

3.2. 身体性を有する触覚情報コンテンツ構成技術（慶應・館グループ）

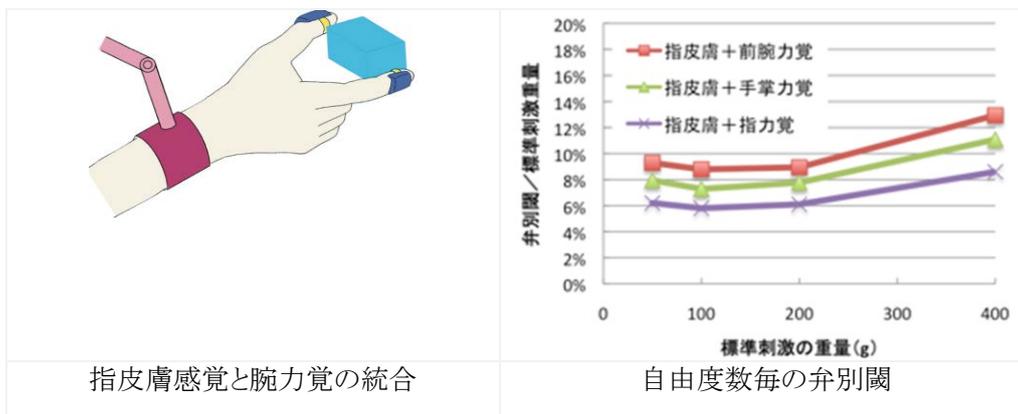
これまで触覚技術の情報メディアとしての普及を妨げていた要因の1つに、コンテンツ制作手法が確立されておらず、良質なコンテンツが存在しなかったことがあげられる。そこで本研究項目では、接触時の身体運動を考慮した触覚コンテンツのデータ構造および編集手法を構築し、コンテンツ制作者が触覚技術を扱える環境の確立を目指す。

感覚の知覚過程において常に身体運動が介在するという点において触覚は視覚や聴覚と大きく異なり、触覚において身体性は極めて重要な要素となる。そこで、身体性を有する触覚情報コンテンツの構築手法を確立するため、触運動知覚の知見に基づきアクティブな運動下で対象の触感を取得する触感スキャナ、取得した触感を蓄積したデータベースから望みの触感を探し出す触感検索手法、体験するユーザの身体運動に応じて予め記録された触感をリアルタイムに加工して提示する触感レンダリング手法、インターネット上で触感コンテンツの共有を行うプラットフォームの構築を行い、実世界から取得した多彩な触感を編集・加工して、身体運動に応じた触感を伴う体験を提供する触感コンテンツの自在な創作と共有を可能とした。さらに触感コンテンツのラピッドプロトタイプングを可能とする TECHTILE toolkit を用いて、触感表現の様々な領域への普及展開を推進した。

【2-a. 触運動知覚の基礎研究】

(2-a-1) 指皮膚感覚と腕部固有受容感覚の協調に基づく力触覚提示の自由度設計

我々の先行研究において指の皮膚感覚を刺激するハプティックディスプレイを開発してきたが、幅広い力を提示するためには腕の固有受容感覚の刺激も必要不可欠といえる。ところが従来の多自由度リンク機構は可動範囲や干渉の問題が生じ易く、機構の簡易化が求められる。そこで指の皮膚感覚と腕の固有受容感覚との役割分担に着目し、指への皮膚感覚提示と腕への固有受容感覚提示との統合を前提とすることで各々の感覚提示機構において必要な自由度数の削減を試みた。この結果、必要な弁別性能に応じた提示装置の自由度数の削減に関する指針を得、小型ながら幅広い質量を提示可能なハプティックディスプレイが設計可能であることを確認した。



(2-a-2) 視覚の尺度変換を利用した力覚強調

コンパクトな力覚提示機構を設計するために、視覚の尺度変換を利用した力覚強調効果を、力覚提示機構の設計パラメータとして導入することを試みた。心理物理実験から、知覚される力覚は

視覚の尺度変換係数 α の値に応じて実際の力の 0.5 倍～2.5 倍の範囲で変動する傾向を確認した。すなわち視覚の尺度変換を用いることで力覚提示装置の出力の最大 2.5 倍相当の力知覚を生起させ、小型の装置を用いて、実際より大きな力覚の提示が可能であることが示された。



【2-b. 触覚情報コンテンツ合成技術の構築】

(2-b-1) 力覚を有する 3DCG コンテンツ作成システム Pen de Draw

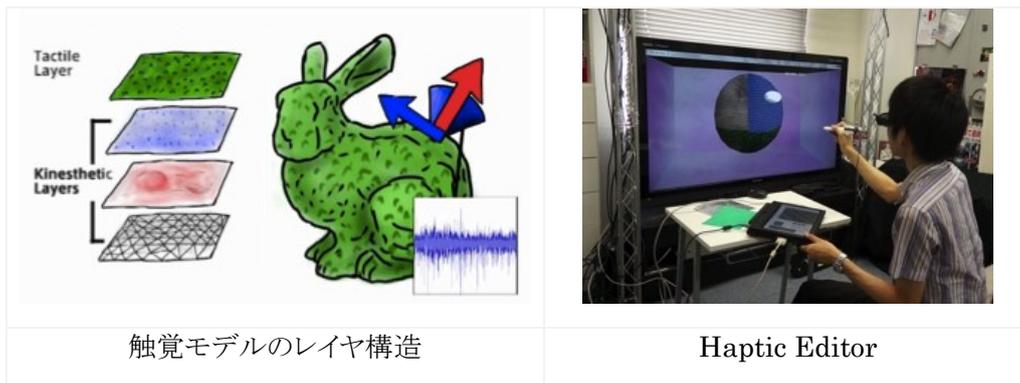
身体性を有する触覚情報コンテンツを作成するシステムのプロトタイプとして、空中でのスケッチ入力により、さわれる 3DCG モデルの直感的作成が行える 3D モデリングシステム“Pen de Draw”を開発した。ペン型力覚デバイスを持ったユーザの手の空中での動作軌跡からパラメータ抽出により 3次元形状の生成を行うアルゴリズムを実装し、力覚フィードバックによるバーチャルなキャンバスの教示を行ったことにより、空中に絵を描くような感覚での 3次元形状を作成できる環境を実現した。本研究成果は、JST 予感研究所 3, インタラクティブ東京 2010, DCEXPO 2010, IEEE-VR, Singapore Science Center で行われた JST Exhibition において体験型展示を実施し、1600 人以上の体験者を得た。また、本成果をまとめた論文が日本バーチャルリアリティ学会論文賞を受賞するなど、高い評価を得た。



(2-b-2) 触感を伴う 3DCG コンテンツの制作・編集システム Haptic Editor

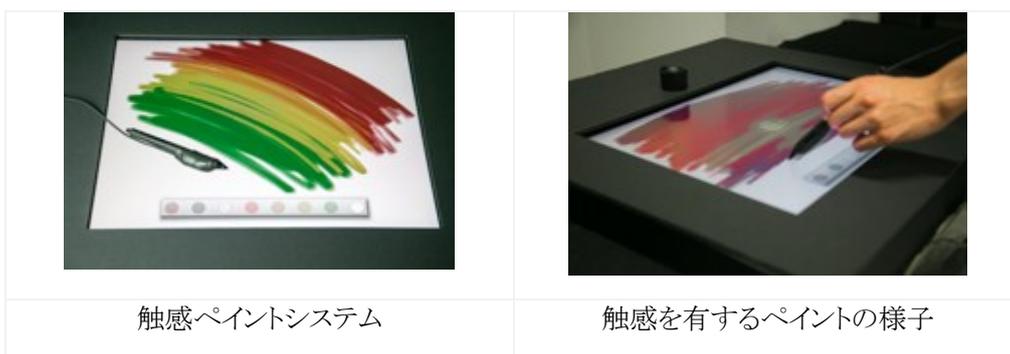
力覚のみならず、触感をも伴う 3DCG コンテンツとのインタラクションを実現するには、触感情報をマッピングされた 3DCG モデルを制作することが必要となる。そこで触原色原理に基づく触感覚要素に対応した触感レイヤ構造を有する「さわれる 3D モデル」を構成し、その表面に分布する触感情報を編集することが可能な HapticEditor を開発した。形状や力覚のみならず、3DCG に豊かな触感情報を付与するため、人間の触知覚原理に基づき、3D モデル上に触覚情報をマッピングするレイヤ構造を設計した。力覚レイヤはモデルの三次元形状を表す形状レイヤ、表面の弾性コンプライアンスと摩擦それぞれの分布を表す弾性レイヤ・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。本レイヤ構造に基づいて、触覚スキャナで得た実世界の触感情報をマッピングすることで、3DCG の形状・力覚情報・触感情報も同時に編集・体験可能なシステム Haptic Editor を構築した。本研究成果は SIGGRAPH ASIA 2012 へ採択され展示を行った。



(2-b-3) 触感を有する絵の具による触感ペイントシステム

振動アクチュエータおよび温冷感アクチュエータをペン型のデバイスに内蔵し、ペイントアプリケーションと組み合わせることで、多彩な触感を描画できるペイントシステムを開発した。本システムでは、パレット上に赤レンガ、ダンボール、麻布などの様々な触感を絵の具の顔料のように並べて提示する。ユーザはこれらの触感をパレットから選び、キャンバスの上に触感を持った絵を描くことができる。ユーザは、様々な触感を感じながら描くだけでなく、ペンデバイスを通して描いた絵に触れることも可能である。提示される触感としては、振動アクチュエータによる素材のテクスチャ、温冷感アクチュエータによる素材の温度感、視覚的な効果による Pseudo-haptics によって誘発される粘性を組み合わせ、多彩な触感の合成を実現した。



(2-b-4) 記録された触感の身体運動と同期した提示 Interactive Instant Replay

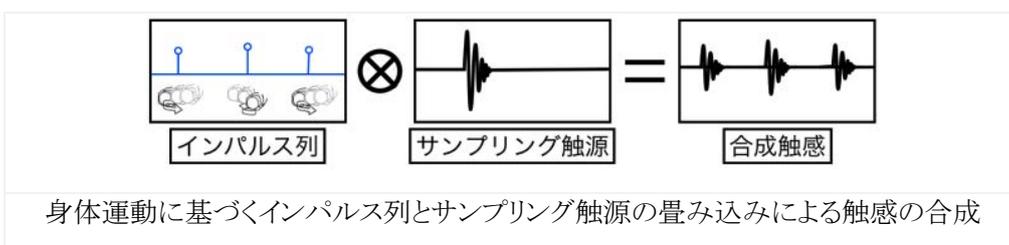
より高い身体性を有する触体験を提供するため、予め記録した触感を、体験時の身体運動に応じてインタラクティブに速度を変化させて体験する手法「Interactive Instant Replay」を開発した。具体的な事例としてスポーツ体験の触感を伴う放送を想定し、従来の映像と音声による「受動的な視聴」によるスポーツの観戦ではなく、「体験」としてのスポーツ観戦を目的としたシステムを構築し

た. 競技中のスポーツ選手の映像に加え, 能動的な触覚を取得し, 映像・触覚をユーザの身体運動に合わせて提示することで, 過去に記録しておいたスポーツ選手が感じていた体験を, ユーザが自身の体験として追体験することができる. バドミントン競技を題材とし, ユーザのラケットの振りに合わせて, 選手がシャトルを打った時の映像と, 振動による触感を提示することで, バドミントン選手の体験を追体験することを実現した. 特にユーザが通常よりもゆっくりラケットを振ると, 映像だけでなく, 打撃に伴う触感をも, スローモーションとしてインタラクティブに体験することができる. この, インタラクティブな触覚のスローモーションによって, モノの触覚の判別能力が向上することも心理物理実験により明らかにした.



(2-b-5) 身体運動に応じた触覚のリアルタイムレンダリング

これまでの研究項目では, 記録した触覚の再現を目指していたが, 本項では, 実世界の多彩な触覚情報を振動波形として記録しておき, それを自由に抽出して加工・編集することで自在な触覚情報コンテンツを構成する手法の確立に向けて研究を進めた. 振動・圧力・温度を含む実世界の触覚を記録することは既に達成されつつある. しかし触覚を伴うインタラクションを実現するためには, 記録した触覚を体験時の身体運動に応じて変調する必要がある. そこで身体動作に基づき触覚情報をリアルタイムに変調するため, 本研究では, 物体の運動から触覚に至る過程で, 運動中の微細な衝突が元振動を生成し, その振動が固体伝搬して指に至ることに着目した. すなわち全ての触覚を連続的に発生する微細な衝突の総和として捉え, 記録した触覚情報とその質感を表す元振動の波形データである“サンプリング触源”と, 物体の運動・接触・なぞりに伴う触覚のダイナミクスを表す“インパルス列”に分離した. このことで, 体験時の身体運動に応じてインパルス列を演算し, 触源波形との畳み込みを行なうことで, 「触覚」と「身体運動」とを独立に制御することが可能となり, コンテンツに応じた自在な触覚情報を実時間でレンダリングすることが可能となった.





【2-c. 触覚スキャナの開発】

(2-c-1) 実世界からの触感のコピー&ペーストシステム Haptic Duplicator

「さわれる3Dモデル」に対して、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進めた。まず、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圧力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覚情報が取得できることを確認し、実物体からコピーした触覚情報を様々な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 を構築した。



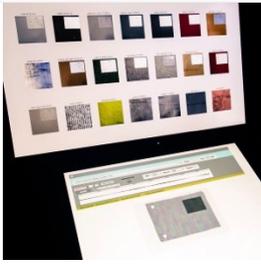
(2-c-2) 触覚スキャナによる触感の拡張体験「触感の虫めがね」

「触感の虫めがね」は、触覚スキャナを応用し、子供に身の周りのモノの触感に興味をもって貰うことを目的としたデバイスである。触感マイクを埋め込んだペンでモノをなぞることで、素材の振動感を採取し、テクニカルツールキットを使って、振動波形を拡大しウレタン樹脂で覆ったアクチュエータで触感を提示する。制作したデバイスを静岡科学館る・く・るの“るくるのみる・きく・さわの不思議展”に2014年4月19日から5月18日の約一ヶ月間展示を行い、実際に子どもの使っている様子を観察した。その結果、子どもが様々な素材の触感を比べていた様子からモノの触感の比較行動を促すことができたことが確認できた。さらに持ち運べるように改良したものを日本科学未来館の「おやっこひろば」にてユーザテストを行った結果、子供たちがその場を歩き周りながら触感を探索している様子や触感に関する親子のコミュニケーションを確認することができた。

		
触感の虫めがね	静岡科学館での展示	日本科学未来館での ユーザテスト

(2-c-3) 触感の検索と、インターネット上での触感共有プラットフォーム Touch Cast

身体性を有する触覚情報コンテンツの構成技術における触覚情報は、主に実世界の触感情報を振動波形として記録する手法を扱っている。この手法により、これまで物理的に保管されていた触覚情報を電子的な情報として蓄積することが可能になった。蓄積された情報が少量であれば、簡単なカテゴリで分類されたものから選ぶことができる。しかし情報量が多くなった場合、オノマトペのような触覚を抽象化したカテゴリによる分類は難しく、さらに選び出すことは困難である。そこで、より感覚的に触覚情報を識別し探し出せる手法として、人間の感覚的解釈に近づけて触覚情報を検索する研究を進めてきた。本研究では、深い階層構造で識別を行うニューラルネットワークモデルのひとつである Convolutional Neural Networks を用いて触覚の識別器を実装し、入力された触覚情報に基づいて、蓄積された触覚情報から類似する情報を表示するシステムを構築した。現在は 42 種類の触覚識別器(データセット総数 215040 個)において、入力した触覚情報が検索結果の上位 5 位以内に含まれる場合が全体の 66%の検索精度となっている。さらに作成したこれらの触感をインターネット上で共有し検索することが可能なプラットフォーム TouchCast を構築し、触覚情報をインターネット上で集積し活用するための基盤技術の構築を行った。

	
触感スキャンの様子	触感の検索結果
	
TouchCast	

【2-d. 触感デザインの普及展開】

触感コンテンツが社会一般に普及するためには、基盤技術開発のみならず、これを受け入れる社会的土壌の構築および触感コンテンツのクリエイターの育成も重要である。そこで **TECHTILE toolkit** を用いて、山口情報芸術センター(YCAM), CREST 苗村チームと共同で触感表現の普及活動を展開し、2012年度グッドデザイン賞 Best 100 に選定された。2013年3月には山口情報芸術センターにおいて2日間の集中ワークショップを開催し、研究者、デザイナー、哲学者から学生まで幅広い層の参加者を得て、**toolkit** の組み立てや触感コンテンツの創作に加え触感表現の可能性に関する活発な議論を行った。また身体性を有する触覚情報コンテンツの芸術分野への応用として、身体に装着可能な無線型の **TECHTILE toolkit** を開発し、YCAM および世界的にトップクラスのコンテンポラリーダンサーと協力し、触感を利用した新たな身体表現の可能性を模索した。

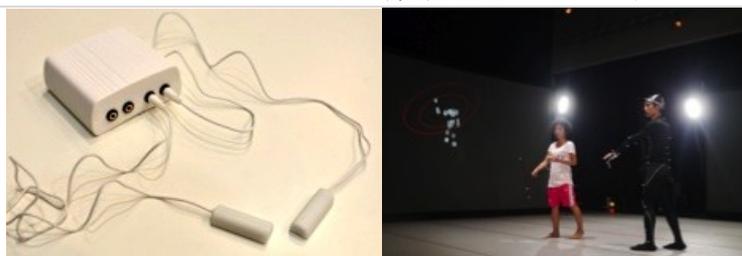
その後も継続的に、幼児・小中学生から成人まで、様々な年齢層や目的に応じたワークショップを展開しており、現在も日本科学未来館において、幼児向けの新たな展示スペース「おやっこひろば」に協力し定期的に親子向けのワークショップを開催しているほか、キッズニア東京などへの出張ワークショップを実施したり、企業やフリーランスのエンジニア・デザイナーを対象とした触覚ハッカソンを開始するなど、「さわれる情報環境」の教育普及や産業展開に向けて、活発に活動を行っている。



TECHTILE ワークショップの様子



YCAM での TECHTILE 集中ワークショップの様子



無線化とパフォーマンス・アートへの応用

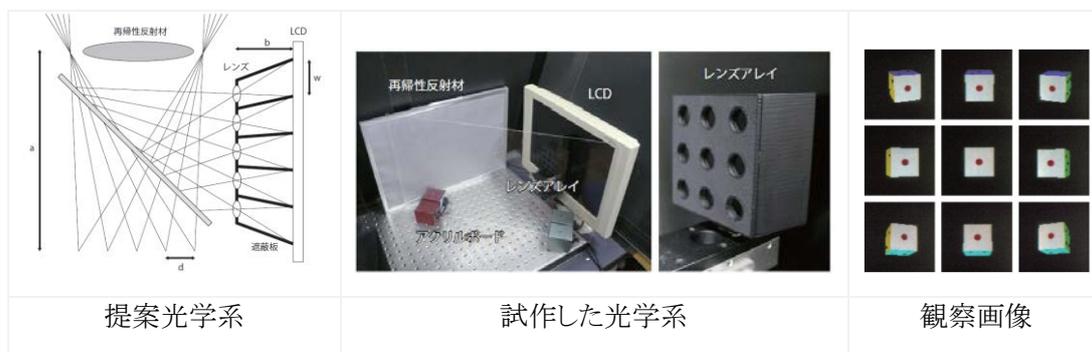
3.3. 実体性を提示する3次元視触覚ディスプレイ（慶應・館グループ）

見たものを見たままに触れることは、対象物の「実体性」の認識において必要不可欠な要素である。そこで利用者が3次元映像を手に取り、触ったり操作したりすることが可能な、すなわち対象物体の「実体性」を提示可能な3次元視触覚ディスプレイを開発する。

【3-a. 視触覚融合の基礎研究】

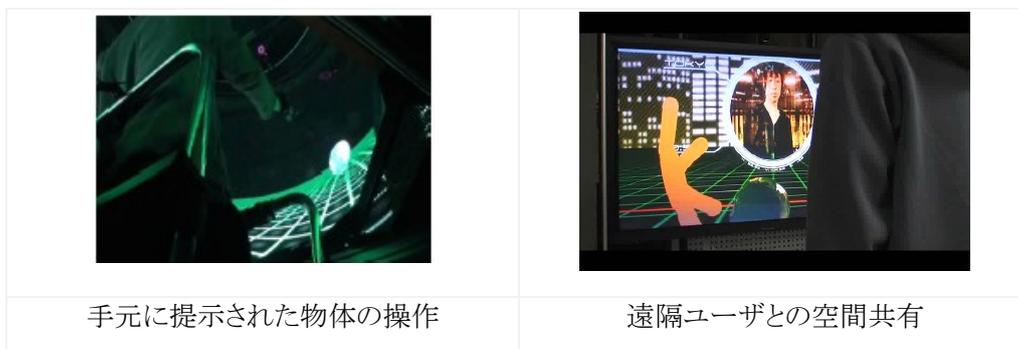
(3-a-1) 3次元視覚ディスプレイの基本構造の設計

触覚提示と等しい位置関係を保つ立体映像の提示を目的として、再帰性反射材をスクリーンとしてプロジェクタアレイにより視差映像を投影し上下左右の運動視差を有する立体映像を裸眼に提示できる3次元視覚ディスプレイを設計し、光学系の試作を行った。LCDの表面に投影レンズをアレイ状に配置する光学系を試作し、各視点画像の連続性が保たれる光学パラメータを実験的に明らかにした。結果としてレンズ間隔を12～16mmにすることで連続的な視差画像を提示できることが確認された。



(3-a-2) 全周囲立体映像提示環境における身体運動の取得と手元への立体映像提示

遠隔地にいる相手と表情や視線を介したコミュニケーションを行いながら、ユーザ同士の空間を共有し、バーチャルな3次元物体の操作を行うシステムを構築した。全周囲立体ディスプレイTWISTERを用いて、カメラで取得したユーザの顔の映像と、モーションキャプチャによる身体運動の情報を双方向に送受信することで空間共有及び3次元物体の協調操作を行う。実際にシステムを構築しネットワークを介した通信を行うことで、両ユーザが1つの物体を協調操作する視触覚が融合されたインタラクションが実現された。

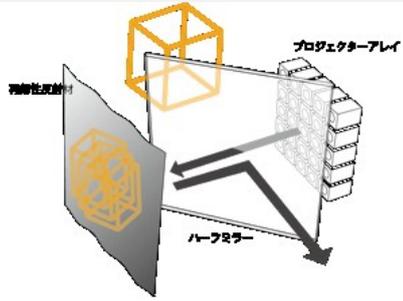
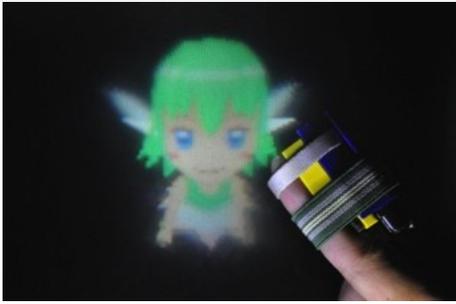


【3-b. さわれる立体映像提示装置の開発】

(3-b-1) 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

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”を開発した。高輝度液晶パネルにレンズアレイおよびフレネルレンズを配置することで、小さなプロジェクタを15mm 間隔で多数並べた状態と等価な高密度プロジェクタアレイを構成する手法を設計した。この結果、上下左右の滑らかな運動視差を有する3次元映像を空中像として提示することが可能となった。また、赤外線カメラによってユーザの指先と立体映像との接触状態を認識し、ユーザの指に装着した指先装着型触覚ディスプレイを通じて映像に触った感覚を再現するシステムを構築し、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。

本研究成果は、SIGGRAPH2010, インタラクティブ東京 2010, DCEXPO2010(コナミ株式会社とのタイアップによるゲームキャラクタコンテンツを制作), ISVRI 2011, Singapore Science Centerで行われたJST Exhibitionにおいて体験型展示を実施し、2000人以上の体験者に対して立体映像との自然な触覚インタラクションを提供し、本手法の有効性が確認された。また、本研究成果に関しては、平成22年10月12日、『触れる多視点裸眼立体ディスプレイ「RePro3D」を開発～実空間に投影されたキャラクターと触れ合える立体ディスプレイ～』と題したプレスリリースを行い、多くの報道機関によって広く紹介された。

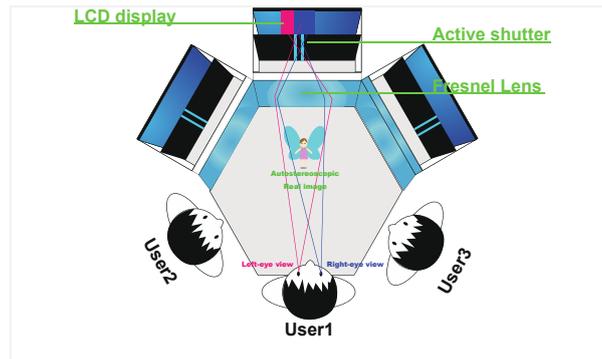
 <p>裸眼立体映像提示の原理</p>	 <p>RePro3D 外観</p>
 <p>空中像に触る様子</p>	 <p>ジオラマに重畳された 3DCG キャラクター</p>

	
<p>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</p>	<p>ゲームキャラクタとのタイアップ</p>

(3-b-2) 複数人で観察可能な空中投影型広視野裸眼 3D ディスプレイ

前項で述べた研究成果である、さわれる 3 次元視触覚ディスプレイ RePro3D は 3D 映像を視認できる範囲が狭く個人での体験に限定されていた。そこで複数人での体験が可能な広視野型の裸眼立体ディスプレイを新たに設計した。試作システムにおいて約 150°もの広視野角の立体映像の提示を達成し、複数人でのコンテンツの視触覚体験の共有が実現可能となった。本システムを用いることで約 150°もの広視野角への裸眼立体映像の実空間への重畳提示が可能となり、複数人でのコンテンツの視触覚体験の共有に向けて、視覚提示部分については必要条件を満たす手法が確立したといえる。

本システムにおける 3D 映像提示の原理は、本研究グループが提案した **Active-shuttered Real Image Autostereoscopy (ARIA)**法を応用している。ARIA 法で構築される 3D ディスプレイは、モーションキャプチャセンサ、液晶ディスプレイ、透明液晶ディスプレイ、フレネルレンズの 4 つの要素から構成され、本手法では、まずユーザの視点位置をモーションキャプチャにより計測し、その頭部位置に対応した両眼視差映像を液晶ディスプレイに表示する。この映像がフレネルレンズの手前の空間中に実像として結像する。しかし、このままでは左目用の映像と右目用の映像が両方とも左右の眼に入ってしまうため、それを防ぐために透明液晶ディスプレイを液晶ディスプレイとフレネルレンズとの間に配置した。透明液晶ディスプレイは、左右の眼それぞれに対応した映像がそれぞれの眼のみに入るように、光線の進行方向を決定するアクティブシャッターとして働く。これにより、左目用の映像はユーザの左目のみに、右目用の映像はユーザの右目のみにと、空間中に結像した視差映像が正しく片方ずつ交互に入り、ユーザは立体映像として認識することができる。本ユニットを 3 台連結し、視差映像とアクティブシャッターの位置は、ユーザの頭部位置に応じて変化するため、広い範囲から 3D 映像の観察が可能となった。



広視野裸眼 3D ディスプレイの構成



提示された 3D 映像に手をかざす様子

3.4. 実証システムの構築と検証（慶應・館グループ）

さわれる情報環境の様々な技術要素を統合し、本研究で提案する「さわれる人間調和型情報環境」の有効性を実証するため、細やかな触感を伝えるテレイグジスタンスロボット「TELESAR V」および、多人数が3次元映像に触れ、操作することができる3次元視触覚情報環境「HaptoMIRAGE」の2種類の実証システムを構築することで、「さわれる情報環境」のコンセプトを具現化すると共に、システムの構築論を実証的に示した。

【4-a. 「能動的触覚伝送プラットフォーム」の構築】

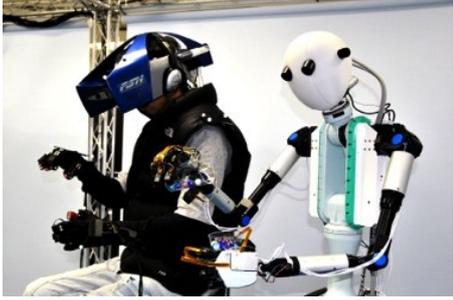
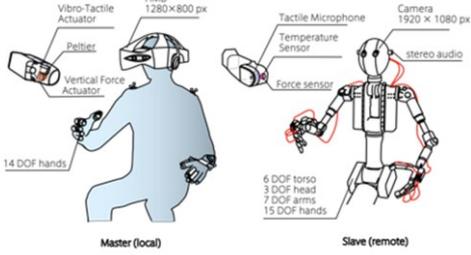
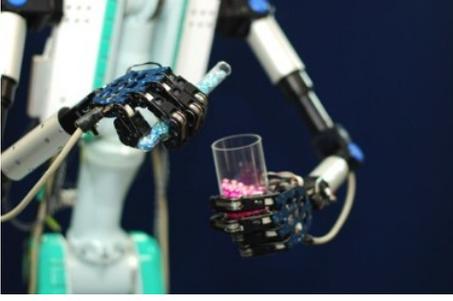
単なる触覚伝送のためのプラットフォームにとどまらず、人間の遠隔行動・遠隔体験を可能とするシステムを構築することを目指して、これまで研究を進めてきた各種要素技術を統合し、触覚情報の計測・伝送・提示に関する研究成果を統合した実証実験を行うための「能動的触覚伝送プラットフォーム」TELESAR V (TELExistence Surrogate Anthropomorphic Robot version V)を構築した。

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。またグローブ型触覚ディスプレイにより、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った。本システムによって対象の表面をなぞる動作など腕の能動的な運動と視聴覚が統合したことで、詳細な触感の伝送を実現し、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、本CRESTプロジェクトの成果展示会HAPTIC MEDIA 2011や2011年11月の国際ロボット展、2012年8月のSIGGRAPH 2012 Emerging Technologiesにおいて多くの来場者に対して実演展示形式にて公開された。また、2012年7月にJSTと共同で『細やかな触感を伝えるテレイグジスタンス遠隔操作ロボットを開発』と題したプレスリリースおよび記者発表会を実施し、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に代表される、危険な災害・事故における調査・復旧作業への活用が期待されている。さらに本研究成果を実社会に適用することを目指して、旭光電機株式会社との共同研究を展開し、商用版のテレイグジスタンスシステムの開発を行っている。

また学術論文としてはロボット分野のトップカンファレンスの1つであるIROS 2012にDesign of TELESAR V for Transferring Bodily Consciousness in Teleexistence と題した論文を発表し、Best ICROS Application Paper Award Finalist および、IROS 2012 Best Student Paper

Award Finalist に選定された。

	
<p>TELESAR V 外観</p>	<p>システム構成</p>
	
<p>アバタロボットが物を持つ様子</p>	<p>アバタロボットが布を触る様子</p>
	
<p>国際ロボット展での展示</p>	<p>SIGGRAPH 2012 での展示</p>
	
<p>Telexistence FST (旭光電機株式会社ホームページより)</p>	

【4-b. 視触覚を融合した「さわられる人間調和型情報環境実験評価システム」の構築】

研究項目(3-b-2)において開発した、複数人で観察可能な空中投影型 3D ディスプレイを用いて、視触覚を融合したさわられる人間調和型情報環境実験評価システム「HaptoMIRAGE」を構築

した. HaptoMIRAGE は従来の3Dディスプレイの課題であった,「裸眼で多視点の3D映像」,「現実空間への3D映像の重ね合わせ」,「複数人での3D映像の共有」,「広範囲からの3D映像の観察」を実現したインタラクティブな3Dディスプレイである. 3D コンテンツを自在にデザインできるように Unity をベースにした HaptoMIRAGE Engine を開発したことで, 様々なコンテンツを適用できるようになり, 例えば, ペンで示した空間中に直接, 3次元的なスケッチを描く, 商品や展示品などの現実の物体の上に立体映像を重ねる, 展示台の上に立体映像を投影し展示台を動かせば3D映像も動くように実物体を介したインタラクションを行う, といった現実空間と情報空間が3次元的に融合した新しいインタラクティブ体験を提供する.

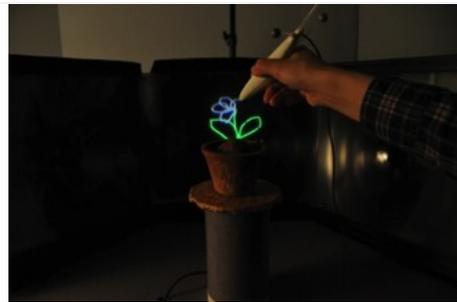
本システムは 2014 年9月に JST と慶應義塾大学の共同プレスリリースを行い, また, SIGGRAPH 2014 Emerging Technologies や, CEDEC 2014 において展示発表を行ったことにより, 多くの人々に周知することができた.

なお, 現在, ペンや展示台に, 研究項目(2)で構築した触覚提示手法の統合を進めており, 「さわれる情報環境」の実証システムとして, 3次元映像との触感を伴うインタラクションが実現されている.

さらに, HaptoMIRAGE を用いて, 遠隔地の人やモノを3次元映像として伝送するシステムを構築しており, 未来のテレビ電話とも呼ぶべき3次元映像によるテレイグジスタンス・アバターを実現した. 今後, 本システムをさわれる情報環境と統合することで, さわれる情報環境を遠隔コミュニケーション・遠隔コラボレーション環境としても拡張していきたいと考えている.



HaptoMIRAGE の外観



HaptoMIRAGE による 3D スケッチ



実物体と3D映像が融合した視触覚インタラクション

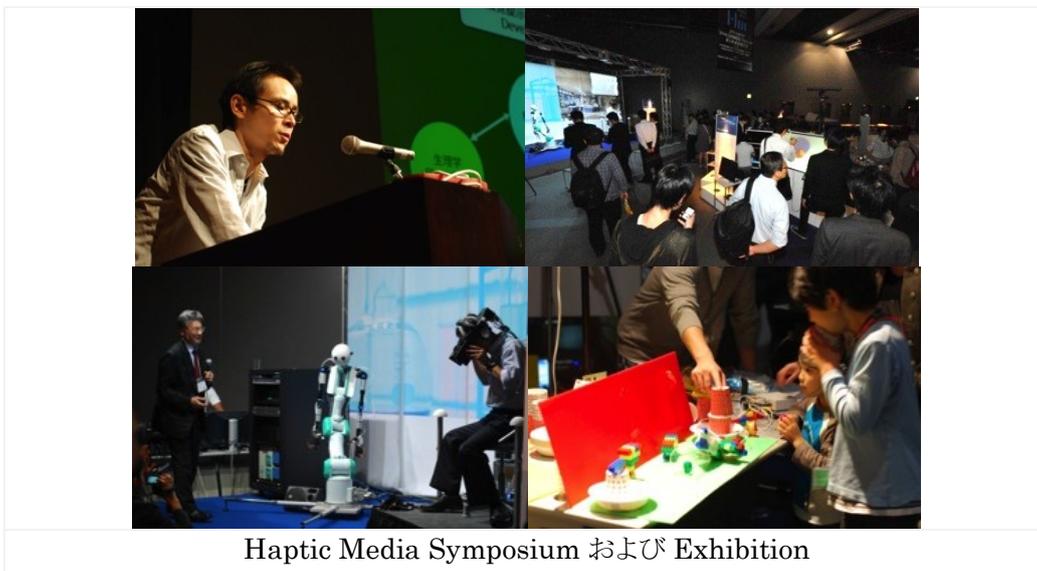


ユーザの3次元映像の伝送

3.5. 成果の公開（慶應・館グループ）

(5-1) 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。



(5-2) ICAT2013 および未来館研究棟オープンラボ

第4年次開発した様々な「さわれる情報環境」のプロトタイプを一同に集め、広く一般に公開することでその有用性を実証することを目的として、2013年12月13日にICAT2013における一般公開シンポジウム、および2013年12月14日～15日の2日間、日本科学未来館においてオープンラボを開催した。本シンポジウム及びオープンラボは、複数チームからの研究成果が一同に会することで、本チームの「さわれる情報環境」のみならず、「共生社会に向けた人間調和型情報環境の構築」に向けた様々な取り組みの潮流とその将来性を示すことを狙い、CREST「情報環境」研究領域の相澤チーム・石川チーム・苗村チームと合同で企画・主催した。

ICAT2013における公開シンポジウムにおいては、本シンポジウムの直前、12月5日に本研究領域の総括である東倉洋一 国立情報学研究所名誉教授が逝去されたという悲報が入ったことから、本研究分野に対する先生の貢献をたたえ、セッションの冒頭に黙祷を捧げさせていただいた。その後、CRESTの4つのチームの研究代表者による講演が行われた。苗村チームから“Harmonized Inter-Personal Display Project”，相澤チームから“FoodLog: Multimedia Food Recording Tool”，石川チームから“Dynamic Information Space based on High-speed Sensor Technology”，館チームから“Haptic Media: Construction and Utilization of

Human-harmonized Tangible Information Environment” と、4つのプロジェクトのこれまでの研究成果が一同に紹介され、海外からの参加者に、日本の戦略的研究予算による最先端の研究の質の高さを印象付けていた。またパネルディスカッションにおいては、CREST 研究領域として個々のチームの研究成果をどう統合し、日本の未来を形作るべきか、という領域アドバイザーからの課題が提示され、研究成果の社会実装に関して、各講演者の豊富な経験に基づく問題提起がなされた。

その翌日から2日間に亘り開催された、JST-CREST×日本科学未来館研究棟 Open Lab 2013「みらいの ふつうの つくりかた」と題するオープンラボは、2日間で約 400 名の来場者を記録し、多くの家族連れが最先端の成果を楽しげに体験する様子が見られた。また、企業関係者も多く来場し、「さわれる情報環境」の産業展開について活発な議論が行われた。

以上の取り組みにより本プロジェクトの研究成果が実証可能な段階にあることが確認されると共に、社会実装に向けて改善すべき課題等が明確化された。



さわれる情報環境プロジェクトの成果公開の様子

相澤チーム／苗村チーム／石川チームの成果公開の様子

(5-3) 日本科学未来館メディアラボ 第 14 期常設展示

「まず！ふれてみよ - テニトルセカイ ツナグミライ -」

本 CREST プロジェクトの最終年次における最終的な成果公開の場として、平成 26 年 10 月 22 日から平成 27 年 6 月 15 日までの 8 ヶ月間、日本科学未来館において常設展示「まず！ふれてみよ - テニトルセカイ ツナグミライ -」を公開している。常設展示「メディアラボ」は、先端情報技術による表現の可能性を、定期的な展示更新を行いながら紹介していくスペースである。このスペースに、HaptoMIRAGE, GravityGrabber, TECHTILE, 触感放送, 触感検索といった、さわれる情報環境に向けた本プロジェクトの様々な成果を展開し、本展示そのものが、さわれる情報環境に必要な要素技術から、生活へ普及した様子までを示す実証の場となることを目指し展示エリアを設計した。見て聞くだけでなく、手でさわって全身で体感できるような、未来の体験型情報メディアの創造に向けた本プロジェクトの研究活動を体験可能な形で紹介した本展示は、公開から 5 ヶ月経過時点で 15 万人以上におよぶ展示体験者数を記録し、好評を博している。



常設展示「まず！ふれてみよ - テニトルセカイ ツナグミライ - 」

§ 4 成果発表など

- (1) 原著論文発表 (国内(和文)誌 8件、国際(欧文)誌 39件)
- A01 城堅誠, 筧康明, 南澤孝太, 新居英明, 川上直樹, 舘 暉: ARForce: Augmented Reality のための光学式多点力ベクトルセンサ, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.12, pp.2831-2840 (2009.12) [DOI:なし]
- A02 Katsunari Sato and Susumu Tachi: Design of Electrotactile Stimulation to Represent Distribution of Force Vectors, in Proceedings of IEEE Haptics Symposium 2010, pp.121-128, Waltham, MA, USA (2010.3) [DOI: [10.1109/HAPTIC.2010.5444666](https://doi.org/10.1109/HAPTIC.2010.5444666)] [Acceptance Rate: 30%]
- A03 Kouta Minamizawa, Domenico Prattichizzo, and Susumu Tachi: Simplified Design of Haptic Display by Extending One-point Kinesthetic Feedback to Multipoint Tactile Feedback, in Proceedings of IEEE Haptics Symposium 2010, pp.257-260, Waltham, MA, USA (2010.3) [DOI: [10.1109/HAPTIC.2010.5444646](https://doi.org/10.1109/HAPTIC.2010.5444646)] [Acceptance Rate: 30%]
- A04 Dzmitry Tsetserukou, Katsunari Sato and Susumu Tachi: ExoInterfaces: novel exoskeleton haptic interfaces for virtual reality, augmented sport and rehabilitation, in Proceedings of ACM Augmented Human Conference 2010, Megeve, France, pp.1-6 (2010.4) [DOI: [10.1145/1785455.1785456](https://doi.org/10.1145/1785455.1785456)] [Acceptance Rate: 54%]
- A05 Shinobu Kuroki, Junji Watanabe, Naoki Kawakami, Susumu Tachi and Shin'ya Nishida: Somatotopic dominance in tactile temporal processing, Experimental Brain Research, Vol.203, No.1, pp.51-62 (2010.5) [DOI: [10.1007/s00221-010-2212-8](https://doi.org/10.1007/s00221-010-2212-8)]
- A06 佐藤 克成, 舘 暉: 指型 GelForce と電気触覚ディスプレイを用いた分布触覚情報伝達システム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.12, No.2, pp.55-62 (2010.5) [DOI:なし]
- A07 Dzmitry Tsetserukou, Katsunari Sato and Susumu Tachi: FlexTorque: Exoskeleton Haptic Interface for Tactile Interaction with the Digital World, in Proceedings of EuroHaptics 2010, Amsterdam, Netherlands (2010.7) [ISBN: [3-642-14074-2](https://doi.org/3-642-14074-2) [978-3-642-14074-7](https://doi.org/978-3-642-14074-7)] [Acceptance Rate: 25%]
- A08 Katsunari Sato and Susumu Tachi: Evaluation of Transmission System for Spatially Distributed Tactile Information, in Proceedings of EuroHaptics 2010, Amsterdam, Netherlands, pp.279-284 (2010.7) [ISBN: [3-642-14063-7](https://doi.org/3-642-14063-7) [978-3-642-14063-1](https://doi.org/978-3-642-14063-1)] [DOI: [10.1007/978-3-642-14064-8_40](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14064-8_40)] [Acceptance Rate: 25%]
- A09 Takumi Yoshida, Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Hideaki Nii, Susumu Tachi: RePro3D: Full-Parallax 3D Display Using Retro-Reflective Projection Technology,

- in Proceedings of ACM SIGGRAPH 2010 Emerging Technologies, Los Angeles, CA, USA (2010.7) [DOI: [10.1145/1836821.1836841](https://doi.org/10.1145/1836821.1836841)]
- A10 Yuki Hirobe, Takumi Yoshida, Shinobu Kuroki, Kouta Minamizawa, Katsunari Sato, Susumu Tachi: Colorful Touch Palette, in Proceedings of ACM SIGGRAPH 2010 Emerging Technologies, Los Angeles, CA, USA (2010.7) [DOI: [10.1145/1836821.1836831](https://doi.org/10.1145/1836821.1836831)]
- A11 Yuki Hirobe, Takumi Yoshida, Shinobu Kuroki, Kouta Minamizawa, Katsunari Sato, Susumu Tachi: Colorful Touch Palette, in Proceedings of ACM SIGGRAPH 2010 Posters, Los Angeles, CA, USA (2010.7) [DOI: [10.1145/1836845.1836933](https://doi.org/10.1145/1836845.1836933)]
- A12 Masashi Nakatani, Robert Howe and Susumu Tachi: Surface texture can bias tactile form perception. *Experimental Brain Research*, Springer, Vol.208, No.1, pp 151-156 (2011.1) [DOI: [10.1007/s00221-010-2464-3](https://doi.org/10.1007/s00221-010-2464-3)]
- A13 Sho Kamuro, Kouta Minamizawa and Susumu Tachi: 3D Haptic Modeling System using Ungrounded Pen-shaped Kinesthetic Display, in Proceedings of IEEE Virtual Reality 2011, Singapore (2011.3) [DOI: [10.1109/VR.2011.5759476](https://doi.org/10.1109/VR.2011.5759476)]
- A14 Takumi Yoshida, Keitaro Shimizu, Tadatoshi Kurogi, Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Hideaki Nii and Susumu Tachi: RePro3D: Full-parallax 3D Display with Haptic Feedback using Retro-reflective Projection Technology, in Proceedings of IEEE International Symposium on Virtual Reality Innovations 2011, Singapore (2011.3) [DOI: [10.1109/ISVRI.2011.5759601](https://doi.org/10.1109/ISVRI.2011.5759601)]
- A15 Katsunari Sato, Hiroyuki Shinoda, and Susumu Tachi: Vision-based Cutaneous Sensor to Measure Both Tactile and Thermal Information for Telexistence, in Proceedings of IEEE International Symposium on Virtual Reality Innovations 2011, Singapore (2011.3) [DOI: [10.1109/ISVRI.2011.5759612](https://doi.org/10.1109/ISVRI.2011.5759612)]
- A16 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](https://doi.org/10.1109/ICRA.2011.5980271)] [Acceptance Rate: 49%]
- A17 Sho Kamuro, Kouta Minamizawa and Susumu Tachi: An Ungrounded Pen-shaped Kinesthetic Display - Device Construction and Application to 3D Interaction and Modeling, in Proceedings of IEEE World Haptics Conference 2011, Istanbul, Turkey (2011.6) [DOI: [10.1109/WHC.2011.5945546](https://doi.org/10.1109/WHC.2011.5945546)] [Acceptance Rate: 17%]
- A18 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](https://doi.org/10.1145/2048259.2048265)] [Acceptance Rate: 23%]
- A19 佐藤克成, 篠田裕之, 舘 暉: 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]
- A20 古明地秀治, 佐藤克成, 南澤孝太, 渡邊孝一, 新居英明, 舘 暉: 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]
- A21 家室証, 南澤孝太, 舘 暉: 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]
- A22 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: なし]
- A23 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](https://doi.org/10.1145/2073370.2073384)] [Acceptance Rate: 20%]
- A24 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](https://doi.org/10.1145/2073370.2073393)] [Acceptance Rate: 20%]
- A25 吉田匠, 家室証, 南澤孝太, 新居英明, 舘 暉: 再帰性投影技術を用いた実空間重畳型多視点立体ディスプレイ RePro3D の開発, 映像情報メディア学会誌, Vol.66, No. 4, pp. 1-7 (2012.2) [DOI: なし]
- A26 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](https://doi.org/10.1145/2160125.2160134)] [Acceptance Rate: 54%]
- A27 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 ACM VRIC 2012, Laval, France (2012.3) [DOI: [10.1145/2331714.2331745](https://doi.org/10.1145/2331714.2331745)] [Acceptance Rate: 45%]
- A28 Yuta Takeuchi, Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: Haptic Duplicator, in Proceedings of ACM VRIC 2012, Laval, France (2012.3) [DOI:

- [10.1145/2331714.2331749](https://doi.org/10.1145/2331714.2331749)] [Acceptance Rate: 45%]
- A29 Kouta Minamizawa, Yasuaki Kakehi, Masashi Nakatani, Soichiro Mihara and Susumu Tachi: TECHTILE Toolkit, in Proceedings of ACM SIGGRAPH 2012 Emerging Technologies, Los Angeles, CA, USA (2012.8) [DOI: [10.1145/2343456.2343478](https://doi.org/10.1145/2343456.2343478)]
- A30 Charith Lasantha Fernando, Masahiro Furukawa, Tadatoshi Kurogi, Kyo Hirota, Sho Kamuro, Katsunari Sato, Kouta Minamizawa and Susumu Tachi: TELESAR V: TELExistence Surrogate Anthropomorphic Robot, in Proceedings of ACM SIGGRAPH 2012 Emerging Technologies, Los Angeles, CA, USA (2012.8) [DOI: [10.1145/2343456.2343479](https://doi.org/10.1145/2343456.2343479)]
- A31 Sho Kamuro, Yuta Takeuchi, Kouta Minamizawa and Susumu Tachi: Haptic Editor, in Proceedings of ACM SIGGRAPH 2012 Posters, Los Angeles, CA, USA (2012.8) [DOI: [10.1145/2342896.2343031](https://doi.org/10.1145/2342896.2343031)]
- A32 Susumu Tachi, Kouta Minamizawa, Masahiro Furukawa, Charith Lasantha Fernando: Telexistence - from 1980 to 2012, in Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2012), Vilamoura, Algarve, Portugal (2012.10) [DOI: [10.1109/IROS.2012.6386296](https://doi.org/10.1109/IROS.2012.6386296)] [Acceptance Rate: 85%]
- A33 Charith Lasantha Fernando, Masahiro Furukawa, Tadatoshi Kurogi, Sho Kamuro, Katsunari Sato, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: Design of TELESAR V for Transferring Bodily Consciousness in Telexistence, in Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2012), Vilamoura, Algarve, Portugal (2012.10) [DOI: [10.1109/IROS.2012.6385814](https://doi.org/10.1109/IROS.2012.6385814)] [Acceptance Rate: 45%]
- A34 Sho Kamuro, Yuta Takeuchi, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: Haptic Editor, in Proceedings of ACM SIGGRAPH ASIA 2012 Emerging Technologies, Singapore (2012.11) [DOI: [10.1145/2407707.2407721](https://doi.org/10.1145/2407707.2407721)]
- A35 Sho Kamuro, Yuta Takeuchi, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: Haptic Editor: Creation and Editing System for Touchable 3D Content (briefs_0138), in Proceedings of ACM SIGGRAPH ASIA 2012 Technical Briefs, Singapore (2012.11) [DOI: [10.1145/2407746.2407760](https://doi.org/10.1145/2407746.2407760)]
- A36 MHD Yamen Saraiji, Charith Lasantha Fernando, Masahiro Furukawa, Kouta Minamizawa and Susumu Tachi: Virtual Telesar - Designing and Implementation of a Modular Based Immersive Virtual Telexistence Platform, Proceedings of 2012 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2012), pp.595-598, Fukuoka, Japan (2012.12) [DOI: [10.1109/SII.2012.6426950](https://doi.org/10.1109/SII.2012.6426950)]

- A37 Tadatoshi Kurogi, Masano Nakayama, Katsunari Sato, Sho Kamuro, Charith Lasantha Fernando, Masahiro Furukawa, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: Haptic Transmission System to Recognize Differences in Surface Textures of Objects for Telexistence, Proceedings of IEEE Virtual Reality 2013, PO-042, Orlando, Florida, pp.137-138 (2013.3) [DOI: [10.1109/VR.2013.6549400](https://doi.org/10.1109/VR.2013.6549400)]
- A38 Kevin Fan, Hideyuki Izumi, Yuta Sugiura, Kouta Minamizawa, Sohei Wakisaka, Masahiko Inami, Naotaka Fujii and Susumu Tachi: Reality Jockey: Lifting the Barrier between Alternate Realities through Audio and Haptic Feedback, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'13), pp.2557-2566, Paris, France (2013.4) [DOI: [10.1145/2470654.2481353](https://doi.org/10.1145/2470654.2481353)]
- A39 Yuta Ueda, Nobuhisa Hanamitsu, Yusuke Mizushina, Mina Shibasaki, Kouta Minamizawa, Hideaki Nii, and Susumu Tachi: HaptoMIRAGE: a multi-user autostereoscopic visio-haptic display, ACM SIGGRAPH 2013 Posters, Anaheim, CA, USA (2013.7) [DOI: [10.1145/2503385.2503465](https://doi.org/10.1145/2503385.2503465)]
- A40 竹内 祐太, 片倉 弘貴, 南澤 孝太, 館 暉: 触感コンテンツの創作・共有に向けた オンラインプラットフォームの技術基盤の構築, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.18, No.3, pp.383-392 (2013.9) [DOI: なし]
- A41 Susumu Tachi: From 3D to VR and further to Telexistence, Proceedings of the 23rd International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT), Tokyo, Japan, pp.1-10 (2013.12) [DOI: [10.1109/ICAT.2013.6728898](https://doi.org/10.1109/ICAT.2013.6728898)]
- A42 Susumu Tachi, Kouta Minamizawa, Masahiro Furukawa and Charith L. Fernando: Haptic Media: Construction and Utilization of Human-harmonized "Tangible" Information Environment, Proceedings of the 23rd International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT), Tokyo, Japan, pp.145-150 (2013.12) [DOI: [10.1109/ICAT.2013.6728921](https://doi.org/10.1109/ICAT.2013.6728921)]
- A43 C. L. Fernando, M. Furukawa, K. Minamizawa, S. Tachi, Experiencing ones own Hand in Telexistence Manipulation with a 15 DOF Anthropomorphic Robot Hand and a Flexible Master Glove, Proceedings of the 23rd International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT), Tokyo, Japan, pp.20-27 (2013.12) [DOI: [10.1109/ICAT.2013.6728901](https://doi.org/10.1109/ICAT.2013.6728901)]
- A44 M. Y. Saraiji, C. L. Fernando, M. Furukawa, K. Minamizawa, S. Tachi, Realtime Egocentric Superimposition of Operator's Own Body on Telexistence Avatar in Virtual Environment, Proceedings of the 23rd International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT), Tokyo, Japan, pp.35-39 (2013.12) [DOI: [10.1109/ICAT.2013.6728903](https://doi.org/10.1109/ICAT.2013.6728903)]
- A45 Y. Ueda, K. Iwazaki, M. Shibasaki, Y. Mizushina, M. Furukawa, H. Nii, K. Minamizawa, S. Tachi, HaptoMIRAGE: Mid-Air Autostereoscopic Display for

- Seamless Interaction With a Mixed-Reality Environment, In ACM SIGGRAPH 2014 Emerging Technologies, p. 10 (2014.8) [DOI: [10.1145/2614066.2614093](https://doi.org/10.1145/2614066.2614093)]
- A46 Y. Ueda, K. Iwazaki, M. Shibasaki, Y. Mizushina, M. Furukawa, H. Nii, K. Minamizawa, S. Tachi, HaptoMIRAGE: Mid-Air Autostereoscopic Display for Seamless Interaction With a Mixed-Reality Environment, In ACM SIGGRAPH 2014 Posters, p. 30 (2014.8) [DOI: [10.1145/2614217.2614275](https://doi.org/10.1145/2614217.2614275)]
- A47 仲谷正史, 筧康明, 南澤孝太, 三原聡一郎, 舘 暉: 触感表現の一般普及に向けた方法論とテクニカルワークショップを通じたその実践, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.19, No.4 [DOI: 未定]

(2) その他の著作物(総説, 書籍など)

- B01 Susumu Tahchi: Telexistence, World Scientific Pub Co Inc (2009.10)
[ISBN: 978-9812836335]
- B02 舘 暉, 佐藤誠, 廣瀬通孝: バーチャルリアリティ学, 工業調査会 (2010.01)
[ISBN: 978-4769351382]
- B03 舘 暉: 知の統合, 学術の動向, Vol. 15, No. 10, pp.10_66-10_69 (2010.12.16)
[DOI: 10.5363/tits.15.10_66]
- B04 舘 暉: 工学基礎, 学術の動向, Vol. 15, No. 12, pp.12_29-12_31 (2011.3.25)
[DOI: 10.5363/tits.15.12_29]
- B05 南澤孝太: 皮膚感覚刺激による把持・質量感の提示, 日本ロボット学会誌, Vol. 30, No. 5, pp. 39-41 (2012.6)
- B06 舘 暉: 知の統合学, Vol. 7, No. 2, pp.67-72 (2013.10)
- B07 筧康明, 仲谷正史, 南澤孝太, 三原聡一郎, 触覚教育と普及, 触覚認識メカニズムと応用技術・触覚センサ・触覚ディスプレイ-【増補版】, 第6章, 下条誠・前野隆司・篠田裕之・佐野明人(編修)(2014.3)
- B08 Susumu Tachi: Telexistence 2nd Edition, World Scientific, ISBN 978-981-4618-06-9 (2015)

(3) 国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 18 件、国際会議 7 件)

(国内)

- C01 吉田匠: RePro3D:触れる裸眼多視点立体ディスプレイ, 立体映像 WG セミナー第5回「インテグラルイメージングの近未来」, テレコム先端技術研究支援センター (2010.12.22)
- C02 南澤孝太: 身体運動と連携した皮膚感覚刺激による把持・重量感の提示, 日本バーチャルリアリティ学会第 15 回大会, 2B1(OS)力触覚の新潮流, 金沢 (2010.9.16)
- C03 南澤孝太: Beyond 3D: さわれる情報環境の構築に向けて, マシンレス web の時代へ -

- インタラクティブ・ホログラム講演会, 東京インタラクティブセンター, 東京 (2011.1.14)
- C04 舘 暉: テレグジスタンスの最近の展開 - 代理ロボットの実用化と今後の分身ロボットへの進展とその課題, 3D&バーチャルリアリティ展専門セミナー, 東京ビッグサイト (2011.6.22)
- C05 舘 暉: 人間の能力の拡張 盲導犬ロボットからテレグジスタンスまで, WIDE 協議会, 東京 (2011.12.10)
- C06 舘 暉: バーチャルリアリティの実世界への新展開, 第35回日本脳神経CI学会総会, パシフィコ横浜 (2012.3.2)
- C07 舘 暉: テレグジスタンス—その目指すもの, 第1回テレグジスタンスシンポジウム, 横浜 (2012.6.5)
- C08 舘 暉: 知の統合 これまでの取り組み, 日本学術会議 公開シンポジウム「知の統合」その具現/日本学術会議総合工学委員会工学基盤における知の統合分科会, 東京大学弥生講堂 (2012.7.27)
- C09 舘 暉: 原点回帰 -バーチャルリアリティとテレグジスタンスの将来を見据えて-, 第17回日本バーチャルリアリティ学会大会 基調講演, 横浜 (2012.9.12)
- C10 舘 暉: バーチャルリアリティとテレグジスタンス, 日本技術士会 第150回記念ロボット技術研究会, 日吉 (2012.11.22)
- C11 舘 暉: バーチャルリアリティとテレグジスタンス, 先端計測 2013/日本学術会議 IMEKO 分科会, 日本学術会議講堂 (2013.3.12)
- C12 舘 暉, オグメンテッド・リアリティ (AR) からオグメンテッド・ヒューマン (AH) へ ~ 拡張現実感と人間能力の拡張が拓く世界~, 3D&バーチャルリアリティ展 基調講演, 東京ビックサイト (2013.6.20)
- C13 舘 暉, バーチャルリアリティの近未来, 相模原商工会議所工業部会近未来技術研究会, 慶應義塾大学協生館 (2013.9.24)
- C14 舘 暉: スーパーヒューマンを目指した「次世代 AR 技術」の最新動向, 3D&バーチャルリアリティ展 基調講演, 東京ビックサイト (2014.6.26)
- C15 南澤孝太, 舘 暉: さわれる情報環境の構築に向けて, 第16回日本感性工学大会, 企画セッション: 触覚技術の感性工学への応用 (2014.9)
- C16 舘 暉: インタラクティブテクノロジーが変える未来, デジタルコンテンツエキスポ 2014, 日本科学未来館 (2014.10.24)
- C17 舘 暉: テレグジスタンスがつなぐ未来, デジタルコンテンツエキスポ 2014, 日本科学未来館 (2014.10.26)
- C18 舘 暉: さわれる情報環境 その生成、編集、伝達, JST シンポジウム「情報学による未来社会のデザイン」, 東京大学福武ホール (2014.12.5)
- (国際)
- C19 S. Tachi: Stereoscopic 3D Technology and Virtual Reality, Invited Workshop Keynote at 9th International Conference on Entertainment Computing, Seoul, Korea (2010.9.8)

- C20 S. Tachi: Telexistence and Entertainment Computing, Invited Conference Keynote at 9th International Conference on Entertainment Computing, Seoul, Korea (2010.9.9)
- C21 S. Tachi: Construction and Utilization of Human-harmonized "Tangible" Information Environment, JST Workshop at IEEE International Symposium on Virtual Reality Innovation, SUNTEC Convention Center, Singapore (2011.3.20)
- C22 S. Tachi: Construction and Utilization of Human-harmonized "Tangible" Information Environment, JST Open Café at IEEE Virtual Reality Conference, SUNTEC Convention Center, Singapore (2011.3.23)
- C23 * Susumu Tachi, Telexistence, Virtual Realities 2013, Dagstuhl Seminar 13241 (2013.6)
- C24 Susumu Tachi, Telexistence from 1980 to 2013, IEEE RAS Telerobotics Summer School, Keio University, Yokohama, Japan (2013.7)
- C25 Susumu Tachi, Virtual Reality and Telexistence, Cyberworld2013, Keio University, Yokohama, Japan (2013.10)

② 口頭発表 (国内会議 53 件、国際会議 20 件)

(国内)

- D01 吉田匠, 家室証, 南澤孝太, 新居英明, 舘 暲: 再帰性投影型多視点立体ディスプレイにおける高解像度化の検討, 3次元画像コンファレンス 2010, 東京 (2010.7)
- D02 黒木忍, 渡邊淳司, 満洲邦彦, 舘 暲: 触運動知覚の刺激周波数による違い, 日本バーチャルリアリティ学会第 15 回大会, 金沢 (2010.9)
- D03 佐藤克成, 篠田裕之, 舘 暲: 触感センサにおける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第 15 回大会, 金沢 (2010.9)
- D04 吉田匠, 家室証, 南澤孝太, 新居英明, 舘 暲: 再帰性投影型多視点立体ディスプレイのための物体操作インタフェース, 日本バーチャルリアリティ学会第 15 回大会, 金沢 (2010.9)
- D05 家室証, 南澤孝太, 舘 暲: 非接地ペン型力覚ディスプレイを用いた 3DCG モデリングシステム, 日本バーチャルリアリティ学会第 15 回大会, 金沢 (2010.9)
- D06 今村有希, 家室証, 南澤孝太, 舘 暲: 壁やロープを伝う感覚で目的地に導く触覚ナビ, 日本バーチャルリアリティ学会第 15 回大会, 金沢 (2010.9)
- D07 黒木帝聡, 家室証, 南澤孝太, 舘 暲: 実物体とバーチャル物体が混在する環境における両者の触覚的差異の軽減, 日本バーチャルリアリティ学会第 15 回大会, 金沢 (2010.9)
- D08 荒川裕紀, 家室証, 南澤孝太, 舘 暲: 2次元画像に対する0.5次元情報の触覚的付加, 日本バーチャルリアリティ学会第 15 回大会, 金沢 (2010.9)
- D09 南澤孝太, 吉田匠, 清水啓太郎, 黒木帝聡, 家室証, 舘 暲: 実空間に投影された 3D キャラクターとの触覚インタラクション, 日本バーチャルリアリティ学会 力触覚の提示と計算研

研究会 第 5 回研究会, 仙台 (2010.11)

- D10 佐藤克成, 舘 暲: 有限要素法を用いた受容器応答推定に基づく経皮電気刺激の信号設計, 日本バーチャルリアリティ学会 力触覚の提示と計算研究会 第 5 回研究会, 仙台 (2010.11)
- D11 佐藤克成, 篠田裕之, 舘 暲: 示温塗料とカメラを用いた指型温度センサの評価, 第 11 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 仙台 (2010.11)
- D12 家室証, 南澤孝太, 舘 暲: 非接地ペン型力覚ディスプレイを用いた触覚 3D モデリングシステム, 第 11 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 仙台 (2010.11)
- D13 佐藤克成, 篠田裕之, 舘 暲: 有限要素法を用いた受容器応答推定に基づく経皮電気刺激の信号設計, 日本バーチャルリアリティ学会 力触覚の提示と計算研究会 第 6 回研究会, 横浜(2011.3)
- D14 家室証, 南澤孝太, 舘 暲: Pseudo-Haptics を利用した弾性体とのハプティックインタラクション, 日本バーチャルリアリティ学会 第 16 回大会, 22C-4, 函館 (2011.9)
- D15 舘 暲, 南澤孝太, 古川正紘, 佐藤克成: テレイグジスタンスの研究(第 65 報)- Telesar5: 触覚を伝えるテレイグジスタンスロボットシステム-, エンタテインメントコンピューティング 2011, 02A-01, 東京 (2011.10)
- D16 古川正紘, 佐藤克成, 南澤孝太, 舘 暲: テレイグジスタンスの研究(第 66 報)- Telesar5 のための視聴覚伝送系の設計-, エンタテインメントコンピューティング 2011, 02A-02, 東京 (2011.10)
- D17 佐藤克成, 南澤孝太, 古川正紘, 舘 暲: テレイグジスタンスの研究(第 67 報)- カベクトルと温度情報による触感伝送 -, エンタテインメントコンピューティング 2011, 02A-03, 東京 (2011.10)
- D18 南澤孝太: 身体性と実体性を有する触覚提示技術の構築, エンタテインメントコンピューティング 2011, 02A-04, 東京 (2011.10)
- D19 家室証, 南澤孝太, 舘 暲: Pen de Draw -触れる 3D モデル作成システム-, エンタテインメントコンピューティング 2011, 03A-01, 東京 (2011.10)
- D20 清水啓太郎, 柴崎美奈, 黒木帝聡, 家室証, 吉田匠, 南澤孝太, 舘 暲: RePro3D: さわれる3次元視触覚ディスプレイ - バーチャルキャラクタの能動的インタラクション-, エンタテインメントコンピューティング 2011, 03A-02, 東京 (2011.10)
- D21 今村有希, 荒川裕紀, 家室証, 南澤孝太, 舘 暲: 手すりを伝う感覚によるナビゲーションデバイス, エンタテインメントコンピューティング 2011, 03A-03, 東京 (2011.10)
- D22 仲谷正史, 舘 暲: さわれる情報環境構築に向けた触知覚特性の研究, さわれる情報環境構築に向けた触知覚特性の研究, エンタテインメントコンピューティング 2011, 03A-05, 東京 (2011.10)
- D23 家室証, 南澤孝太, 舘 暲: 実世界の材質情報に基づいた触れる 3D モデル作成システム, 第 12 回計測自動制御学会(SICE)システムインテグレーション部門講演会, pp. 2267-2269,

京都 (2011.12)

- D24 黒木帝聡, 南澤孝太, 高橋英行, 世古口誠, 杉本麻樹, 舘 暲:AR 技術を用いた CAD システム:RhinoAR の評価, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会, 21B-3, 横浜 (2012.9)
- D25 中山雅野, 家室証, 南澤孝太, 舘 暲:裸眼立体ディスプレイにおける柔軟物変形シミュレーションによる材質感の提示, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会, 22B-2, 横浜 (2012.9)
- D26 Fan Szu-Wen, 泉秀幸, 杉浦裕太, 南澤孝太, 脇坂崇平, 稲見昌彦, 藤井直敬, 舘 暲: To Confuse the Perception of Reality through Mixing the Past with Audio and Haptic Feedback, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会, 22B-5, 横浜 (2012.9)
- D27 Fernando Charith Lasantha, 古川正紘, 黒木 帝聡, 廣多 馨, 家室 証, 南澤孝太, 舘 暲:Study on Telexistence LXX: Position estimation of head, body and hand in Telexistence with an anthropomorphic slave robot, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会, 32A-1, 横浜 (2012.9)
- D28 南澤孝太, 笥康明, 仲谷正史, 三原聡一郎, 舘 暲:TECHTILE toolkit: 触感表現のためのラピッドプロトタイピングツール, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会, 33D-5, 横浜 (2012.9)
- D29 竹内祐太, 家室証, 南澤孝太, 舘 暲:Haptic Duplicator: 触感のコピー&ペーストに基づく 3DCG 触覚インタラクション, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会, 34D-2, 横浜 (2012.9)
- D30 家室証, 竹内祐太, 南澤孝太, 舘 暲:Haptic Editor: さわれる 3D モデル作成システム, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会, 34D-6, 横浜 (2012.9)
- D31 竹内祐太, 片倉弘貴, 家室証, 南澤孝太, 舘 暲:TouchCast: 触感のコピー&ペーストを応用した User-Generated Tactile Content の創作・共有のためのオンラインプラットフォーム, エンタテインメントコンピューティング 2012, S2-01, 神戸 (2012.9)
- D32 泉秀幸, ファンケビン, 渡島健太, 杉浦裕太, 南澤孝太, 脇坂崇平, 稲見昌彦, 舘 暲: Reality Jockey: 聴覚情報を主体とした Substitutional Reality System を用いた会話型システムの提案, エンタテインメントコンピューティング 2012, S2-03(2012.9)
- D33 水品 友佑, 家室 証, 南澤 孝太, 稲見 昌彦, 舘 暲:振動触覚による運動感における触覚提示物体の形状依存性の評価, 舘:振動触覚による運動感における触覚提示物体の形状依存性の評価, 第 13 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2012), pp.331-332(2012.12)
- D34 黒木帝聡, 中山雅野, 佐藤克成, 家室証, Charith Lasantha Fernando, 古川正紘, 南澤孝太, 舘 暲:布の触感の違いを伝えられる触感伝送システム, 舘 暲:布の触感の違いを伝えられる触感伝送システム, 第 13 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2012), pp.1340-1343(2012.12)
- D35 花光宣尚, 中山雅野, 南澤孝太, 稲見昌彦, 舘 暲:物理演算ベースのサウンドレンダリン

- グを用いた振動触感の生成の検討, 舘 暉: 物理演算ベースのサウンドレンダリングを用いた振動触感の生成の検討, 第 13 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2012), pp.2045-2047(2012.12)
- D36 家室証, 竹内祐太, 南澤孝太, 舘 暉: 実物体から採取した振動テクスチャの合成による 3D 触覚インタラクション, 舘 暉: 実物体から採取した振動テクスチャの合成による 3D 触覚インタラクション, 第 13 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2012), pp.2056-2057(2012.12)
- D37 中山雅野, 福本雅朗, 稲見昌彦, 舘 暉: 対象物の厚さに依存する摩擦に関する触覚効果, 信学技報, vol. 112, no. 483, HIP2012-88, pp. 71-73 (2013.3)
- D38 上田雄太, 南澤孝太, 舘 暉: TECHTILE Toolkit を用いた位置情報を伴う振動触覚の記録再生の検討, 信学技報, vol. 112, no. 483, HIP2012-91, pp. 85-86 (2013.3)
- D39 上田 雄太, 花光 宣尚, 水品 友佑, 柴崎 美奈, 新居, 英明 南澤 孝太, 舘 暉: 広視野を有する実像提示型裸眼立体ディスプレイ, 日本バーチャルリアリティ学会 第 18 回大会, 21D-4(2013.9)
- D40 SARAJI MHD YAMEN, Fernando Charith Lasantha, 古川 正紘, 南澤 孝太, 舘 暉: テレイグジスタンスの研究(第 75 報)-テレイグジスタンスのためのバーチャル環境への自己身体の実時間重畳-, 日本バーチャルリアリティ学会 第 18 回大会, 22A-1(2013.9)
- D41 花光 宣尚, 武田 港, 南澤 孝太, 稲見 昌彦, 舘 暉: 身体動作に基づく振動触感提示モデルの検討, 日本バーチャルリアリティ学会 第 18 回大会, 22E-5(2013.9)
- D42 水品 友佑, 南澤 孝太, 舘 暉: 触覚における Mixed Reality のための Hapto-through Finger-Mounted Display の検討, 日本バーチャルリアリティ学会 第 18 回大会, 32E-5(2013.9)
- D43 内田 早紀, 上間 裕二, 南澤 孝太, 舘 暉: 多視点裸眼立体映像の双方向通信に向けた撮像系の検討, 舘: 多視点裸眼立体映像の双方向通信に向けた撮像系の検討, 日本バーチャルリアリティ学会 第 18 回大会, 33D-5(2013.9)
- D44 柴崎 美奈, 張 衍義, 武田 港, 小幡 光一, 吉野 弘一, 南澤 孝太, 徳久 悟: VR シアターにおけるパーソナルな鑑賞体験を支援する多人数ポインティングの検討, 日本バーチャルリアリティ学会 第 18 回大会, 34A-3(2013.9)
- D45 張 衍義, 柴崎 美奈, 武田 港, 吉野 弘一, 小幡 光一, 南澤 孝太, 徳久 悟, 稲見 昌彦: 多人数ポインティングを用いたミュージアムシアターでの観客鑑賞パターン分析, エンタテインメントコンピューティング 2013, (2013.9)
- D46 内田早紀, 上間裕二, 南澤孝太, 舘 暉: 同一視点からの空間共有のための裸眼 3D 映像のリアルタイム双方向通信, 第 31 回 情報処理学会エンタテインメントコンピューティング研究会, (2014.3)
- D47 花光 宣尚, 出利葉 健, 南澤孝太, 舘 暉: 振動触感に基づくテキスタイル触感の識別, 第 16 回日本感性工学大会, 企画セッション: グローバルテキスタイル&モードビジネス研究会, E66(2014.9)

- D48 佐藤 克成(奈良女子大学), 杉山 智紀(慶應義塾大学), 木村 泰介, 室本 進吾, 尾崎 和行(日本メクトロン), 南澤 孝太, 舘 暉(慶應義塾大学):テレイグジスタンスの研究(第 80 報)フレキシブル基板を用いた指腹部の分布触覚情報伝達システム:日本バーチャルリアリティ学会 第 19 回大会, 11E-6(2014.9)
- D49 新居 英明, 上田 雄太, 南澤 孝太, 舘 暉:空中像投影型ステレオディスプレイ動作範囲拡張手法:日本バーチャルリアリティ学会 第 19 回大会, 12C-1(2014.9)
- D50 上田 雄太, 田中 博和, 柴崎 美奈, 新居 英明, 南澤 孝太, 舘 暉:空中投影型裸眼立体ディスプレイによる複合現実環境とのインタラクション, 日本バーチャルリアリティ学会 第 19 回大会, 13C-1(2014.9)
- D51 水品 友佑, Fernando Charith Lasantha, 南澤 孝太, 舘 暉:Interactive Instant Replay:身体運動にカップリングされた映像と触覚提示によるスポーツ体験共有システム, 日本バーチャルリアリティ学会 第 19 回大会, 22A-5(2014.9)
- D52 花光 宣尚, 南澤 孝太, 舘 暉:Convolutional Neural Network を用いた触感検索手法の提案:日本バーチャルリアリティ学会 第 19 回大会, 22A-6(2014.9)
- D53 柴崎 美奈, Fernando Charith Lasantha, 南澤 孝太, 舘 暉:子どもの探索行動に着目したテクタイルデバイスの提案, 日本バーチャルリアリティ学会 第 19 回大会, 34E-3(2014.9)

(国際)

- D54 Scinob Kuroki, Junji Watanabe, Susumu Tachi, and Shin'ya Nishida: Somatotopic and spatiotopic encoding of tactile timing and motion, 2009 TRG meeting (2009.11)
- D55 Katsunari Sato and Susumu Tachi: Design of Electrotactile Stimulation to Represent Distribution of Force Vectors, IEEE Haptics Symposium 2010, pp.121-128, Waltham, MA, USA (2010.3)
- D56 Dzmityr Tsetserukou, Katsunari Sato and Susumu Tachi: ExoInterfaces: novel exoskeleton haptic interfaces for virtual reality, augmented sport and rehabilitation, ACM Augmented Human Conference 2010, Megeve, France (2010.4)
- D57 Katsunari Sato and Susumu Tachi: Evaluation of Transmission System for Spatially Distributed Tactile Information, EuroHaptics 2010, Amsterdam, Netherlands, pp.279-284 (2010.7)
- D58 Scinob Kuroki: Association between Perceptual States and Accuracy of Directional Judgments: Difference in Mechanoreceptive Inputs, TRG 2010, St. Louis, USA (2010.11)
- D59 Takumi Yoshida, Keitaro Shimizu, Tadatoshi Kurogi, Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Hideaki Nii and Susumu Tachi: RePro3D: Full-parallax 3D Display with Haptic Feedback using Retro-reflective Projection Technology, IEEE

- International Symposium on Virtual Reality Innovations 2011, Singapore (2011.3)
- D60 Katsunari Sato, Hiroyuki Shinoda, and Susumu Tachi: Vision-based Cutaneous Sensor to Measure Both Tactile and Thermal Information for Telexistence, IEEE International Symposium on Virtual Reality Innovations 2011, Singapore (2011.3)
- D61 Katsunari Sato, Hiroyuki Shinoda, Susumu Tachi: Finger-shaped Thermal Sensor using Thermo-sensitive Paint and Camera for Telexistence, 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Shanghai, China (2011. 5)
- D62 Sho Kamuro, Kouta Minamizawa and Susumu Tachi: Ungrounded Pen-shaped Kinesthetic Display - Device Construction and Application to 3D Interaction and Modeling, IEEE World Haptics Conference 2011, Istanbul, Turkey (2011.6)
- D63 Katsunari Sato, Hiroyuki Shinoda, and Susumu Tachi: Design and Implementation of Transmission System of Initial Haptic Impression, SICE Annual Conference 2011, pp.161-621 (2011.9)
- D64 Masahiro Furukawa, Hiroyuki Kajimoto, Susumu Tachi: KUSUGURI: a shared tactile interface for bidirectional tickling, ACM Augmented Human 2012, Megeve, France (2012.3)
- D65 Kouta Minamizawa, Yasuaki Kakehi, Masashi Nakatani, Soichiro Mihara, Susumu Tachi: TECHTILE toolkit - A prototyping tool for design and education of haptic media, ACM VRIC 2012, Laval, France (2012.3)
- D66 Yuta Takeuchi, Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: Haptic Duplicator, ACM VRIC 2012, Laval, France (2012.3)
- D67 Charith Lasantha Fernando, Masahiro Furukawa, Tadatoshi Kurogi, Sho Kamuro, Katsunari Sato, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: Design of TELESAR V for Transferring Bodily Consciousness in Telexistence, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2012), Vilamoura, Algarve, Portugal (2012.10)
- D68 Sho Kamuro, Yuta Takeuchi, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: Haptic Editor: Creation and Editing System for Touchable 3D Content (briefs_0138), ACM SIGGRAPH ASIA 2012 Technical Briefs, Singapore (2012.11)
- D69 MHD Yamen Saraji, Charith Lasantha Fernando, Masahiro Furukawa, Kouta Minamizawa and Susumu Tachi: Virtual Telesar - Designing and Implementation of a Modular Based Immersive Virtual Telexistence Platform, Proceedings of 2012 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2012), pp.595-598, Fukuoka, Japan (2012.12)
- D70 Kevin Fan, Hideyuki Izumi, Yuta Sugiura, Kouta Minamizawa, Sohei Wakisaka,

Masahiko Inami, Naotaka Fujii and Susumu Tachi: Reality Jockey: Lifting the Barrier between Alternate Realities through Audio and Haptic Feedback, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'13), pp.2557-2566, Paris, France (2013.4)

- D71 Susumu Tachi: From 3D to VR and further to Telexistence, Proceedings of the 23rd International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT), Tokyo, Japan, pp.1-10 (2013.12)
- D72 Susumu Tachi, Kouta Minamizawa, Masahiro Furukawa and Charith L. Fernando: Haptic Media: Construction and Utilization of Human-harmonized "Tangible" Information Environment, Proceedings of the 23rd International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT), Tokyo, Japan, pp.145-150 (2013.12)
- D73 C. L. Fernando, M. Furukawa, K. Minamizawa, S. Tachi, Experiencing ones own Hand in Telexistence Manipulation with a 15 DOF Anthropomorphic Robot Hand and a Flexible Master Glove, Proceedings of the 23rd International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT), Tokyo, Japan, pp.20-27 (2013.12)

③ ポスター発表 (国内会議 16 件、国際会議 11 件)

(国内)

- E01 黒木忍, 渡邊淳司, 舘 暲, 西田眞也: 触覚の運動方向検出メカニズムにおける環境座標の優位性, 多感覚研究会 (2009.12)
- E02 黒木忍, 渡邊淳司, 満洲邦彦, 舘 暲, 西田眞也: 触運動残効による運動方向検出メカニズムの検討, 「脳と心のメカニズム」第 10 回冬のワークショップ (2010.1)
- E03 廣部祐樹, 黒木忍, 佐藤克成, 南澤孝太, 舘 暲: Colorful Touch Palette: 視触覚テキストチャデザインシステム, インタラクション 2010 (2010.3)
- E04 佐藤克成, 舘 暲: 経皮電気刺激による接線力提示のための触覚受容器応答の有限要素法による推定, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会(Robomec2010), 旭川 (2010.6)
- E05 家室証, 南澤孝太, 舘 暲: 空中で使用可能なペン型ハプティックディスプレイのインタフェースとしての応用, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会(Robomec2010), 旭川 (2010.6)
- E06 佐藤克成, 篠田裕之, 舘 暲: 遠隔物体の形状と温度の知覚が可能な力触覚情報伝達システム, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会(Robomec2011), 2P1-O03, 岡山 (2011.5)
- E07 家室証, 南澤孝太, 舘 暲: 空中で使用可能なペン型ハプティックディスプレイ: 単軸駆動型デバイスの実装と立体映像とのインタラクション, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会(Robomec2011), 1P1-C06, 岡山 (2011.5)

- E08 竹内祐太, 家室証, 南澤孝太, 舘 暲:触圧と振動を音声信号として取得する触覚スキャナの開発, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012(Robomec2012)論文集, 1A1-A01 (2012.5)
- E09 Charith Lasantha Fernando, Masahiro Furukawa, Tadatoshi Kurogi, Sho Kamuro, Katsunari Sato, Kouta Minamizawa and Susumu Tachi: Study of Telexistence LXVIII, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012(Robomec2012)論文集, 1A1-J01 (2012.5)
- E10 黒木帝聡, チョイコーイー, 高橋英行, 南澤孝太, 杉本麻樹, 舘 暲:RhinoAR:AR 技術を用いたモックアップ作成支援システムの開発, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012(Robomec2012)論文集, 2P1-N02 (2012.5)
- E11 並木明夫, 高明遠, 松下左京, 伊藤直樹, 田中徹, 上田明寿, 村上慶典, 池田真也, 和田貴志, 舘 暲:Telexistence FST による高出力双腕ロボットの遠隔操作システムの開発, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012(Robomec2012)論文集, 2P1-P04 (2012.5)
- E12 上田雄太, 南澤孝太, 中山雅野, 舘 暲, 実物体の触感をコピー可能なミニチュア型触覚ディスプレイ, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013(Robomec2013), 1A1-E07 (2013.5)
- E13 根岸健多, 伊藤直樹, 並木明夫, 田中徹, 上田明寿, 村上慶典, 池田真也, 和田貴志, 守本悌三, 藤森秀雄, 舘 暲:i-MarioNET 舘 暲:i-MarioNET : Telexistence FST を用いた遠隔操縦型ヒューマノイドロボットシステム, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013(Robomec2013), 1A1-R14 (2013.5)
- E14 花光宣尚, 南澤孝太, 舘 暲, 音響解析に基づく固体振動成分の解析と振動触感の生成, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013(Robomec2013), 2A1-B01 (2013.5)
- E15 中山雅野, 福本雅朗, 稲見昌彦, 舘 暲,対象物の厚さに依存する摩擦に関する触覚効果, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013(Robomec2013), 2A2-A12 (2013.5)
- E16 佐藤克成, 南澤孝太, 梶本裕之, 舘 暲, 木村泰介, 室本進吾, 尾崎和行, 松本博文:フレキシブル基板を用いた指先装着型電気触覚ディスプレイ, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013(Robomec2013), 2A1-A13 (2013.5)

(国際)

- E17 Kouta Minamizawa, Domenico Prattichizzo, and Susumu Tachi: Simplified Design of Haptic Display by Extending One-point Kinesthetic Feedback to Multipoint Tactile Feedback, IEEE Haptics Symposium 2010, Waltham, MA, USA (2010.3)
- E18 Dzmityr Tsetserukou, Katsunari Sato and Susumu Tachi: FlexTorque: Exoskeleton Haptic Interface for Tactile Interaction with the Digital World, EuroHaptics 2010, Amsterdam, Netherlands (2010.7)
- E19 Yuki Hirobe, Takumi Yoshida, Shinobu Kuroki, Kouta Minamizawa, Katsunari

Sato, Susumu Tachi: Colorful Touch Palette, ACM SIGGRAPH 2010, Los Angeles, CA, USA (2010.7)

- E20 Scinob Kuroki, Junji Watanabe, Kunihiko Mabuchi, Susumu Tachi, Shin'ya Nishida: Neural representation of motion signal after direction remapping in touch: Evidence from motion aftereffect, Neuroscience 2010, San Diego, USA (2010.11)
- E21 Sho Kamuro, Kouta Minamizawa and Susumu Tachi: 3D Haptic Modeling System using Ungrounded Pen-shaped Kinesthetic Display, IEEE Virtual Reality 2011, Singapore (2011.3)
- E22 Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: An Ungrounded Pen-shaped kinesthetic Display: Device Construction and Applications, IEEE World Haptics 2011, Istanbul, Turkey (2011.6)
- E23 Sho Kamuro, Yuta Takeuchi, Kouta Minamizawa and Susumu Tachi: Haptic Editor, ACM SIGGRAPH 2012 Posters, Los Angeles, CA, USA (2012.8)
- E24 Susumu Tachi, Kouta Minamizawa, Masahiro Furukawa, Charith Lasantha Fernando: Telexistence — from 1980 to 2012, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2012), JUBILEE Video, Vilamoura, Algarve, Portugal (2012.10)
- E25 Tadatoshi Kurogi, Masano Nakayama, Katsunari Sato, Sho Kamuro, Charith Lasantha Fernando, Masahiro Furukawa, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: Haptic Transmission System to Recognize Differences in Surface Textures of Objects for Telexistence, Proceedings of IEEE Virtual Reality 2013, PO-042, Orlando, Florida, (2013.3)
- E26 Yuta Ueda, Nobuhisa Hanamitsu, Yusuke Mizushina, Mina Shibasaki, Kouta Minamizawa, Hideaki Nii, and Susumu Tachi: HaptoMIRAGE: a multi-user autostereoscopic visio-haptic display, ACM SIGGRAPH 2013 Posters, Anaheim, CA, USA (2013.7)
- E27 Y. Ueda, K. Iwazaki, M. Shibasaki, Y. Mizushina, M. Furukawa, H. Nii, K. Minamizawa, S. Tachi, HaptoMIRAGE: Mid-Air Autostereoscopic Display for Seamless Interaction With a Mixed-Reality Environment, In ACM SIGGRAPH 2014 Posters, (2014.8)

④ 技術展示（国内会議 17 件、国際会議 18 件、一般向け 29 件）

（国内）

- F01 今村有希, 荒川裕紀, 家室証, 南澤孝太, 舘 暉: 手すりを伝う感覚で誘導する触覚ナビ, インタラクシオン2011, 日本科学未来館 (2011.3)
- F02 RePro3D, 清水啓太郎ほか, CEDEC 2011 インタラクティブセッション(2011.9)

- F03 黒木帝聡, 南澤孝太, 高橋英行, 世古口誠, 杉本麻樹, 舘 暉:AR 技術を用いた CAD システム:RhinoAR の評価, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会 (2012.9)
- F04 中山雅野, 家室証, 南澤孝太, 舘 暉:裸眼立体ディスプレイにおける柔軟物変形シミュレーションによる材質感の提示, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会 (2012.9)
- F05 Fan Szu-Wen, 泉秀幸, 杉浦裕太, 南澤孝太, 脇坂崇平, 稲見昌彦, 藤井直敬, 舘 暉: To Confuse the Perception of Reality through Mixing the Past with Audio and Haptic Feedback, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会 (2012.9)
- F06 Fernando Charith Lasantha, 古川正紘, 黒木 帝聡, 廣多 馨, 家室 証, 南澤孝太, 舘 暉:Study on Telexistence LXX: Position estimation of head, body and hand in Telexistence with an anthropomorphic slave robot, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会 (2012.9)
- F07 南澤孝太, 笥康明, 仲谷正史, 三原聡一郎, 舘 暉:TECHTILE toolkit: 触感表現のためのラピッドプロトタイピングツール, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会 (2012.9)
- F08 竹内祐太, 家室証, 南澤孝太, 舘 暉:Haptic Duplicator: 触感のコピー&ペーストに基づく 3DCG 触覚インタラクション, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会 (2012.9)
- F09 家室証, 竹内祐太, 南澤孝太, 舘 暉:Haptic Editor: さわれる 3D モデル作成システム, 日本バーチャルリアリティ学会 第 17 回大会 (2012.9)
- F10 竹内祐太, 片倉弘貴, 家室証, 南澤孝太, 舘 暉: TouchCast: 触感のコピー&ペーストを応用した User-Generated Tactile Content の創作・共有のためのオンラインプラットフォーム, エンタテインメントコンピューティング 2012, 神戸 (2012.9)
- F11 上田 雄太, 花光 宣尚, 水品 友佑, 柴崎 美奈, 新居, 英明 南澤 孝太, 舘 暉: 広視野を有する実像提示型裸眼立体ディスプレイ, 日本バーチャルリアリティ学会 第 18 回大会, 21D-4(2013.9)
- F12 SARAJI MHD YAMEN, Fernando Charith Lasantha, 古川 正紘, 南澤 孝太, 舘 暉: テレイグジスタンスの研究(第 75 報)-テレイグジスタンスのためのバーチャル環境への自己身体の実時間重畳-, 日本バーチャルリアリティ学会 第 18 回大会, 22A-1(2013.9)
- F13 花光 宣尚, 武田 港, 南澤 孝太, 稲見 昌彦, 舘 暉: 身体動作に基づく振動触感提示モデルの検討, 日本バーチャルリアリティ学会 第 18 回大会, 22E-5(2013.9)
- F14 水品 友佑, 南澤 孝太, 舘 暉: 触覚における Mixed Reality のための Hapto-through Finger-Mounted Display の検討, 日本バーチャルリアリティ学会 第 18 回大会, 32E-5(2013.9)
- F15 RePro3D, 清水啓太郎ほか, CEDEC 2011 インタラクティブセッション(2011.9)
- F16 佐藤 克成(奈良女子大学), 杉山 智紀(慶應義塾大学), 木村 泰介, 室本 進吾, 尾崎 和行(日本メクトロン), 南澤 孝太, 舘 暉(慶應義塾大学): テレイグジスタンスの研究(第 80 報)フレキシブル基板を用いた指腹部の分布触覚情報伝達システム: 日本バーチャルリアリティ学会 第 19 回大会, 11E-6(2014.9)
- F17 HaptoMIRAGE による 3 次元スケッチ, 上田雄太ほか, CEDEC 2014 インタラクティブセ

セッション(2014.9)

(国際)

- F18 Takumi Yoshida, Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Hideaki Nii, Susumu Tachi: RePro3D: Full-Parallax 3D Display Using Retro-Reflective Projection Technology, ACM SIGGRAPH 2010 Emerging Technologies, Los Angeles, CA, USA (2010.7)
- F19 Yuki Hirobe, Takumi Yoshida, Shinobu Kuroki, Kouta Minamizawa, Katsunari Sato, Susumu Tachi: Colorful Touch Palette, ACM SIGGRAPH 2010 Emerging Technologies, Los Angeles, CA, USA (2010.7)
- F20 Yuki Imamura, Hironori Arakawa, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: HAPMAP: Haptic Walking Navigation System with Support by the Sense of Handrail, IEEE World Haptics 2011, Demos, Istanbul, Turkey (2011.6)
- F21 Yuki Imamura, Hironori Arakawa, Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: HAPMAP: Haptic Walking Navigation System with Support by the Sense of Handrail, ACM SIGGRAPH 2011 Emerging Technologies, Vancouver, Canada (2011.8)
- F22 Masahiro Furukawa, Hiroyuki Kajimoto, Susumu Tachi: KUSUGURI: Visual Tactile Integration for Tickling, ACM SIGGRAPH ASIA 2011 Emerging Technologies, Hong Kong (2011.12)
- F23 Kouta Minamizawa, Keitaro Shimizu, Masahiko Inami, Naohisa Ohta, Susumu Tachi, Shigeto Yoshida, Nariaki Yamaguchi, Shigeki Imai: Adaptive Parallax Autostereoscopic LED Display, ACM SIGGRAPH ASIA 2011 Emerging Technologies, Hong Kong (2011.12)
- F24 Kouta Minamizawa, Masashi Nakatani, Yasuaki Kakehi, Soichiro Mihara, Susumu Tachi: TECHTILE toolkit, IEEE Haptics Symposium 2012, Hands-on-demos, Vancouver, Canada (2012.3)
- F25 Kouta Minamizawa, Yasuaki Kakehi, Masashi Nakatani, Soichiro Mihara, Susumu Tachi: TECHTILE toolkit, Laval Virtual ReVolution 2012, Laval, France (2012.3)
- F26 Yuta Takeuchi, Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: Haptic Duplicator, Laval Virtual ReVolution 2012, Laval, France (2012.3)
- F27 Kouta Minamizawa, Yasuaki Kakehi, Masashi Nakatani, Soichiro Mihara and Susumu Tachi: TECHTILE Toolkit, ACM SIGGRAPH 2012 Emerging Technologies, Los Angeles, CA, USA (2012.8)
- F28 Charith Lasantha Fernando, Masahiro Furukawa, Tadatoshi Kurogi, Kyo Hirota, Sho Kamuro, Katsunari Sato, Kouta Minamizawa and Susumu Tachi: TELESAR V: TELExistence Surrogate Anthropomorphic Robot, ACM SIGGRAPH 2012 Emerging Technologies, Los Angeles, CA, USA (2012.8)

- F29 Yuta Takeuchi, Hirotaka Katakura, Sho Kamuro, Kouta Minamizawa and Susumu Tachi: TouchCast :An On-line Platform for Creation and Sharing of Tactile Content Based on Tactile Copy & Paste, ACM UIST 2012, Demonstrations, Boston, CA, USA (2012.10)
- F30 Kouta Minamizawa, Yasuaki Kakehi, Masashi Nakatani, Soichiro Mihara, Susumu Tachi: TECHTILE toolkit, JVRC 2012, Madrid, Spain (2012.10)
- F31 Sho Kamuro, Yuta Takeuchi, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: Haptic Editor, ACM SIGGRAPH ASIA 2012 Emerging Technologies, Singapore (2012.12)
- F32 Y. Ueda, K. Iwazaki, M. Shibasaki, Y. Mizushina, M. Furukawa, H. Nii, K. Minamizawa, S. Tachi, HaptoMIRAGE: Mid-Air Autostereoscopic Display for Seamless Interaction With a Mixed-Reality Environment, In ACM SIGGRAPH 2014 Emerging Technologies, (2014.8)
- F33 Hirokazu Tanaka, Nobuhisa Hanamitsu, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi : Tangment, AsiaHaptics2014, C-21L, Tsukuba, Japan (2014.11)
- F34 Nobuhisa Hanamitsu, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi : HapticSearchEngine, AsiaHaptics2014, A-23L, Tsukuba, Japan (2014.11)
- F35 Yusuke Mizushina, Wataru Fujiwara, Tomoaki Sudou, Charith Lasantha Fernando, Kouta Minamizawa, and Susumu Tachi : Interactive instant replay: sharing sports experience using 360-degrees spherical images and haptic sensation based on the coupled body motion. In Proceedings of the 6th Augmented Human International Conference (AH '15), Singapore, pp.227-228 (2015.3)

(一般向け公開展示)

- F36 “Pen de touch”, デジタルコンテンツエキスポ 2009, 日本科学未来館, 2009.10.22-25
- F37 “Twinkle”, デジタルコンテンツエキスポ 2009, 日本科学未来館, 2009.10.22-25
- F38 “GravityGrabber”, TECHTILE 展, K-Garally, 2010.2.26-28
- F39 “Pen de Draw”, 予感研究所 3, 日本科学未来館, 2010.5.1-5
- F40 “遠く遠くに手が届く”, ドラえものの科学みらい展, 日本科学未来館, 2010.6.12-9.27
- F41 “RePro3D”, インタラクティブ東京 2010, 日本科学未来館, 2010.8.24-25
- F42 “Pen de Draw”, インタラクティブ東京 2010, 日本科学未来館, 2010.8.24-25
- F43 “Colorful Touch Palette”, インタラクティブ東京 2010, 日本科学未来館, 2010.8.24-25
- F44 “RePro3D”, デジタルコンテンツエキスポ 2010 次世代コンテンツ技術展(ConTEX), 日本科学未来館, 2010.10.14-17.
- F45 “Pen de Draw”, デジタルコンテンツエキスポ 2010 次世代コンテンツ技術展(ConTEX), 日本科学未来館, 2010.10.14-17
- F46 “遠く遠くに手が届く”, ドラえものの科学みらい展(巡回展), NTT クレドホール, 広島県, 2010.12.23.-2011.1.23
- F47 “RePro3D”, JST Exhibition, Singapore Science Center, Singapore, 2011.3.24-27

- F48 “Pen de Draw”, JST Exhibition, Singapore Science Center, Singapore,
2011.3.24-27
- F49 “遠く遠くに手が届く”, ドラえもんの科学みらい展(巡回展), 新潟県立自然科学館, 新潟
県, 2011.3.19-2011.4.10
- F50 “遠く遠くに手が届く”, ドラえもんの科学みらい展(巡回展), ツインメッセ静岡, 静岡県,
2011.4.29-2011.5.8
- F51 “遠く遠くに手が届く”, ドラえもんの科学みらい展(巡回展), 新梅田シティ, 大阪市,
2011.7.16-2011.9.4
- F52 “遠く遠くに手が届く”, ドラえもんの科学みらい展(巡回展), 盛岡市民文化ホール, 岩手県,
2011.10.7-2011.10.23
- F53 “TELESAR V”, 2011 国際ロボット展, 東京ビックサイド, 東京, 2011.11.9-12
- F54 “RePro3D”, ビジュアルメディア EXPO 2011, パシフィコ横浜, 2011.12.7-9
- F55 “遠く遠くに手が届く”, ドラえもんの科学みらい展(巡回展), 郡山市ふれあい科学館 スペ
ースパーク, 福島県, 2011.12.10-2012.1.15
- F56 “遠く遠くに手が届く”, ドラえもんの科学みらい展(巡回展), あすたむらんど徳島, 徳島県,
2012.3.17-4.8
- F57 “遠く遠くに手が届く”, ドラえもんの科学みらい展(巡回展), 福岡アジア美術館, 福岡市,
2012.4.14-5.27
- F58 “遠く遠くに手が届く”, ドラえもんの科学みらい展(巡回展), 長崎歴史文化博物館, 長崎県,
2012.7.7-8.5
- F59 “遠く遠くに手が届く”, ドラえもんの科学みらい展(巡回展), 岡山市デジタルミュージアム,
岡山県, 2012.8.10-9.9
- F60 “遠く遠くに手が届く”, ドラえもんの科学みらい展(巡回展), 高知ちばさんセンター大ホー
ル, 高知県, 2012.12.22-2013.1.6
- F61 “遠く遠くに手が届く”, ドラえもんの科学みらい展(巡回展), 名古屋市科学館, 愛知県,
2013.3.16-5.6
- F62 “遠く遠くに手が届く”, ドラえもんの科学みらい展(巡回展), 高岡市美術館, 富山県,
2013.7.27-9.8
- F63 “TECHTILE toolkit”, “HaptoMIRAGE”, とよた産業フェスタ, 豊田スタジアム, 愛知県,
2013.9.28-29
- F64 “テクタイルツールキット”, “触感の虫めがね”, みる・きく・さわりの不思議展, 静岡科学館る・
く・る, 2014.4.19-5.18

(4) 知財出願

① 国内出願(3件)

- G01 特願 2010-108664, 特開 2010-287221, 力覚提示デバイス
川上直樹, 舘 暲, 南澤孝太, 家室証

G02 特願 2011-218437, 立体画像表示装置

山口典昭, 吉田茂人, 南澤孝太, 稲見昌彦, 舘 暲

G03 特願 2012-036626, 情報提示装置,

稲見昌彦, 上間裕二, 小泉直也, 曾憲威, 南澤孝太, 杉本麻樹, 舘 暲

② 海外出願(1件)

G04 I.Kawabuchi, S.Tachi, N.Kawakami, Rotation and Extention/Retraction Link
Mechanism, United States Patent 7,926k370B2/Apr.19,2011

③ その他の知的財産権

なし

(5) 受賞・報道等

① 受賞

H01 【Best Paper Award】 Dzmitry Tsetserukou, Katsunari Sato and Susumu Tachi:
ExoInterfaces: novel exoskeleton haptic interfaces for virtual reality, augmented
sport and rehabilitation, ACM Augmented Human Conference 2010 (2010.4.7)

H02 【Honorable Mention Award】 Takumi Yoshida, Keitaro Shimizu, Tadatoshi Kurogi,
Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Hideaki Nii and Susumu Tachi: RePro3D:
Full-parallax 3D Display with Haptic Feedback using Retro-reflective Projection
Technology, IEEE ISVRI 2011 (2011.3.20)

H03 * 【平成23年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰・科学技術賞(研究部門)】 舘 暲,
(2011.4.11) ~ 我が国の科学技術の発展等に寄与する可能性の高い独創的な研究として
テレグジスタンスの研究業績を顕彰

H04 * 【平成23年度 東京都功労者表彰(技術振興功労)】 舘 暲 (2011.10.3) ~ テレグ
ジスタンスの研究を通して技術の振興に尽力し特に優れた業績を挙げたことへの表彰

H05 【IEEE RAS JP Young Award】 佐藤克成, Finger-shaped Thermal Sensor using
Thermo-sensitive Paint and Camera for Telexistence, ICRA2011 (2011.5)

H06 【CEDEC2011 インタラクティブセッション大賞 受賞】 清水啓太郎, 黒木帝聡, 家室証, 柴
咲美奈, 吉田匠, 南澤孝太, 舘 暲: さわれる多視点裸眼立体ディスプレイ「RePro3D」,
CEDEC2011 (2011.9)

H07 【計測自動制御学会 学術奨励賞 研究奨励賞】 佐藤克成, 示温塗料とカメラを用いた指
型温度センサの評価, SICE SI 2011 (2012.2),

H08 【Best Demo Award】 Kouta Minamizawa, Masashi Nakatani, Yasuaki Kakehi,
Soichiro Mihara, Susumu Tachi: TECHTILE toolkit, IEEE Haptics Symposium
2012, Hands-on-demos (2012.3)

H09 【PRIX Emerging Technologies】 Kouta Minamizawa, Yasuaki Kakehi, Masashi

Nakatani, Soichiro Mihara, Susumu Tachi: **TECHTILE toolkit - A prototyping tool for design and education of haptic media**, Laval Virtual ReVolution 2012 (2012.3)

- H10 **【芸術科学会 奨励賞】** 竹内祐太, **TouchCast: 触感のコピー&ペーストを応用した User-Generated Tactile Content の創作・共有のためのオンラインプラットフォーム**, エンターテイメントコンピューティング 2012 (2012.9)
- H11 **【日本バーチャルリアリティ学会 論文賞】** 家室証, 南澤孝太, 舘 暉: **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, Vol.16, No.3, pp.459-468
- H12 * **【グッドデザイン賞 Best 100】** 触感表現の普及活動「TECHTILE」, Yasuaki Kakehi, Masashi Nakatani, Kouta Minamizawa, Soichiro Mihara (2012.10.1)
- H13 **【Best Application Paper Award Finalist】** Charith Lasantha Fernando, Masahiro Furukawa, Tadatoshi Kurogi, Sho Kamuro, Katsunari Sato, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: **Design of TELESAR V for Transferring Bodily Consciousness in Telexistence**, IROS2012 (2012.10)
- H14 **【Best Student Paper Award Finalist】** Charith Lasantha Fernando, **Design of TELESAR V for Transferring Bodily Consciousness in Telexistence**, IROS2012, (2012.10)
- H15 **【Best Demo Award】** Kouta Minamizawa, Yasuaki Kakehi, Masashi Nakatani, Soichiro Mihara, Susumu Tachi: **TECHTILE toolkit**, JVRC 2012 (2012.10)
- H16 **【Best Poster Award】** Tadatoshi Kurogi, Masano Nakayama, Katsunari Sato, Sho Kamuro, Charith Lasantha Fernando, Masahiro Furukawa, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi: **Haptic Transmission System to Recognize Differences in Surface Textures of Objects for Telexistence**, Proceedings of IEEE Virtual Reality 2013, PO-042, Orlando, Florida, pp.137-138 (2013.3)
- H17 **【PRIX Industrial design and Simulation】** Sho Kamuro, Yuta Takeuchi, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi, **Haptic Editor**, Laval Virtual 2013 (2013.3)
- H18 **【インタラクティブセッション 第3位】** 上田雄太, 花光宣尚, 水品友佑, 柴崎美奈, **HaptoMIRAGE -広視野型3次元裸眼視触覚ディスプレイ-**, CEDEC2013 (2013.9)
- H19 **【Honorable Mention Award】** C. L. Fernando, M. Furukawa, K. Minamizawa, S. Tachi, **Experiencing ones own Hand in Telexistence Manipulation with a 15 DOF Anthropomorphic Robot Hand and a Flexible Master Glove**, Proceedings of the 23rd International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT), Tokyo, Japan, pp.20-27 (2013.12)
- H20 **【計測自動制御学会 SI 部門技術業績賞】**「TECHTILE プロジェクト(仲谷正史, 舘 康明, 南澤 孝太)」, (2014.12)
- H21 **【日本バーチャルリアリティ学会 学術奨励賞】** 水品 友佑, **Interactive Instant Replay:**

身体運動にカップリングされた映像と触覚提示によるスポーツ体験共有システム (2015.3)

② マスコミ(新聞・TV等)報道

1. 科学技術振興機構, 慶應義塾大学, “触れる多視点裸眼立体ディスプレイ「RePro3D」を開発 ~実空間に投影されたキャラクターと触れ合える立体ディスプレイ~”, 2010年10月12日

文部科学省において記者会見およびシステムのデモンストレーションを実施し, 8社約20名の参加を得た結果, 主要新聞社・テレビ局から8件の新聞・テレビ報道がなされ, その後継続的に7件の個別取材に応じている. これに加えてWeb上で24件の記事が公開された.

I01 “触れる”感覚の3D開発 美術品展示やゲームに応用
共同通信, 2010.10.12

I02 “触れる”3D開発 美術品やゲームに応用
産経スポーツ net, 2010.10.12

I03 感触味わえる3D映像を慶応大学の研究Gが開発_
ANN ニュース, 2010.10.12

I04 触れる3D 慶応大教授ら開発
毎日新聞・28面, 2010.10.13

I05 実在する? 3D
産経新聞・27面, 2010.10.13

I06 指に触れる3D 慶大, システム開発 触覚インターフェース活用
日刊工業新聞・25面, 2010.10.13

I07 穴のぞくと3D 画像の感触も
日経産業新聞・7面, 2010.10.13

I08 触れられる3D映像 慶大などディスプレイ
日本経済新聞(夕刊)・18面, 2010.10.13

2. 科学技術振興機構, 慶應義塾大学, “細やかな触感を伝えるテレイドジスタンスロボットを開発”, 2012年7月11日

本CRESTプロジェクトの研究拠点である横浜市港北区・河野ビルにおいて, 記者発表会およびシステムのデモンストレーションを実施し, 13社約25名の参加を得た結果, 主要新聞社・テレビ局から, 延べ22件の報道が行われた. その他, 多数の個別取材, および, 展示会を通じた取材, Webニュースの記事なども含め, 延べ約90件の報道実績を有する.

I09 “触感”伝える遠隔操作ロボット開発
マイナビニュース, 2012.7.11

I10 “触感”伝える遠隔操作ロボット開発
サイエンスポータル編集ニュース, 2012.7.11

I11 世界初の遠隔操作ロボット 細かい触覚まで再現

- ANN, 2012.7.11
- I12 微妙な手触りの違いを人に伝えることができる新型ロボット公開
FNN, 2012.7.11
- I13 JSTと慶応大, 装着者に布と紙の感触の違いを伝えられるロボットを開発
マイナビニュース, 2012.7.11
- I14 触覚伝えるロボット開発 慶応大チーム
河北新報, 2012.7.11
- I15 指先の触感まで再現可能＝バーチャル体験ロボ開発－遠隔医療に応用期待・慶大
など
時事通信, 2012.7.11
- I16 指先の触感まで再現可能＝バーチャル体験ロボ開発－遠隔医療に応用期待・慶大
など
The Wall Street Journal 日本版, 2012.7.11
- I17 触覚伝えるロボット開発 慶応大チーム
47NEWS, 2012.7.11
- I18 触感伝える遠隔操作ロボ 紙と布を判別, 慶応大が開発
朝日新聞デジタル, 2012.7.11
- I19 JSTと慶大, 細やかな触感や存在感を伝えるテレグジスタンス遠隔操作ロボットを開
発
日経プレスリリース, 2012.7.11
- I20 「感触を伝えるロボット」開発
NHK, 2012.7.11
- I21 世界初の遠隔操作ロボット 細かい触感まで再現
テレビ朝日, 2012.7.11
- I22 世界初, “感触”伝えるロボット
TBS, 2012.7.11
- I23 ロボットまるで分身
読売新聞(10面), 2012.7.11
- I24 触覚再現 伝導ロボ 布と紙の差, 判別デキマス
朝日新聞(10面), 2012.7.11
- I25 遠くのサラサラ伝える ロボットが感触判別→情報発信
東京新聞(2面), 2012.7.11
- I26 JSTと慶大 指先の触感再現 遠隔操作ロボ開発
日刊工業新聞(3面), 2012.7.12
- I27 操縦者に手触り伝わる 慶大が分身ロボ開発 危険な場所の作業に応用
日経産業新聞(11面), 2012.7.12
- I28 JSTと慶大, 離れた場所に細やかな触感を伝えられる遠隔操作ロボットを開発

MdN DESiGN INTERACTIVE, 2012.7.12

I29 「感触」伝える遠隔操作ロボ 慶大で開発
電気新聞, 2012.7.12

I30 微妙な手触りの違いを人に伝えることができる新型ロボット公開
FNN フジニュースネットワーク, 2012.7.27

3. 科学技術振興機構, 慶應義塾大学, “空中に3D映像を投影する裸眼3Dディスプレイを開発”, 2014年9月1日

日本科学未来館において記者会見およびシステムのデモンストレーションを実施し, 6社約15名の参加を得た結果, 主要新聞社・テレビ局から8件の新聞・テレビ・雑誌報道がなされ, 加えてWeb上で5件の関連記事が公開された.

I31 眼鏡なしで立体映像表示技術, NHK NEWS
<http://www3.nhk.or.jp/shutoken-news/20140901/4155021.html>
平成26年9月1日(月)

I32 人で立体像共有 裸眼 3D ディスプレー
日刊工業新聞 17面, 平成26年9月2日(火)

I33 宙に浮く立体映像 位置問わず裸眼でも
日経産業新聞 8面, 平成26年9月2日(火)

I34 裸眼で3D映像 位置限定なし
日本経済新聞 14面, 平成26年9月2日(火)

I35 空中に浮かぶ3Dの地球
毎日新聞 24面, 平成26年9月2日(火)

I36 NHK情報まるごと, 平成26年9月3日(水)

I37 空中投影 複数人が裸眼で観察
フジサンケイビジネスアイ, 平成26年9月8日(月)

I38 「子供の科学」11月号, 「空中に立体映像を投影する裸眼3Dディスプレイ」, 平成26年10月10日発売

(個別取材)

I39 動きに忠実, 感触も再現へ
日本経済新聞, 1面, 2010.1.25

I40 3D映像 茶の間に街中に メガネ不要 医療に活用も
日本経済新聞・15面(サイエンス), 2010.4.4

I41 関西情報ネット ten! | ten! タメ「ドラえものの道具が現実!？」
読売テレビ, 2010.5.28

I42 ドラえもののひみつ道具がホンモノになった!?!スペシャル
テレビ朝日, 2010.7.2

I43 さきっちょ | パノラマのさきっちょ『ツイスターV』

- テレビ朝日, 2010.7.20
- I44 実用化された「マンガの技術」に仰天 どうめいマント・どこでもドア
週刊 SPA! 通巻 3244 号 pp.30-31, 2010.8.10
- I45 さきっちょ | ドラえもののさきっちょ
テレビ朝日, 2010.8.10
- I46 お絵かき 3Dに 慶大がシステム 娯楽機器に応用も
日本経済新聞(夕刊)1 面, 2010.8.21
- I47 画面の絵 触るとざらざら 慶大 タッチパネル用装置
日本経済新聞・13 面(科学技術), 2010.8.23
- I48 さきっちょ | さきっちょスペシャル
テレビ朝日, 2010.10.23
- I49 「触れる」立体映像 慶大が開発
読売新聞・30 面, 2010.11.7
- I50 Biz スポ | “見る”から“体感する”へ 広がる3D
NHK 総合, 2011.1.15
- I51 さきっちょ | 舘先生のさきっちょ『Repro3D』
テレビ朝日, 2011.2.15
- I52 立体映像で相手と対話 慶大がシステム開発 眼鏡なし, 周囲ぐるり
日経新聞・11 面, 2011.5.9
- I53 Best illusions: Feel a shape that isn't there
New Scientist Magazine, 2011.5.17
- I54 触覚フィードバック可能な遠隔作業用分身ロボット / Telexistence Robot Avatar
Transmits Sight, Hearing and Touch - TELESAR V
Diginfo, 2011.11.6 153,526Views(2012.10.12 現在)
- I55 [business domestic] 'SMOOTH MOVE' (Telesar5)
The Japan Times, 7 面, 2011.11.10
- I56 Jornal Nacional “IREX 2011” (Telesar5)
2011.11.11
- I57 スッキリ!! (Telear5)
日本テレビ, 2011.11.11
- I58 触覚メディア リアリティを増幅する最新技術
BS フジ, 2011.11.13
- I59 王様のランチ (Telesar5)
TBS テレビ, 2011.11.19
- I60 スタジオパーク 「ロボットが暮らしを変える」(Telesar5)
NHK 総合 2011.11.25
- I61 地球★アステク #38 「ようこそ! 未来の映像世界へ」/ビジュアルメディア

Expo2011

BS ジャパン, 2011.12.22

- I62 Stephen L. Macknik and Susana Martinez-Conde, "10 brain twisters compete to be the best illusion of 2011," Scientific American Mind - Jan/Feb, 2012. p. 51.
- I63 立体 CG キャラ 重みで存在感 慶大, ゲームに応用も カメラとモーター連動
日経産業新聞, 2012.1.26
- I64 遠隔で同じ動作「分身ロボ」開発 慶大, 原発作業も視野
日経新聞, 11 面, 2012.1.30
- I65 超平凡博士★タナカ「自分の分身を作ることができるのか」
TBS テレビ 2012.2.4
- I66 めざましてれび「Shinka せんか」(Telesar5)
フジテレビ, 2012.2.8
- I67 ここまでキてる夢科学 ワクワク未来研究所 (Telesar5)
日本テレビ, 2012.2.11
- I68 Japan scientist makes 'Avatar' robot
日本語版: 五感を伝えられる「アバター」型ロボット, 慶応大が開発
AFP 通信, 2012.2.11
- I69 New robot offers up tasks of avatar
The Japan Times, 1 面, 2012.2.11
- I70 В Японии сделали робота-"аватара"(Telesar5)
2012.2.17
- I71 CG で実際の空間に再現 慶大がシステム開発
PC 設計の家電や日用品 試作前に詳細確認
日経産業新聞, 2012.2.27
- I72 Japan: Telesar V
Gadget Show, 2012.4.23
- I73 感触の記録・共有, 簡単にゲームなどに臨場感
慶大がシステム
日経産業新聞, 9 面, 2012.4.24
- I74 触感伝える分身ロボット「高精度」布の違いも感知
慶大・館特任教授らシステム開発
週間科学新聞, 2 面, 2012.7.20
- I75 触感がわかる遠隔操作ロボット
子供の科学 第 75 巻 9 号 p.9, 2012.8.10
- I76 手で触れた“触覚”も再現! バーチャルリアリティの未来
R25 No.313 p.11, 2012.8.23

- I77 R×R 遠隔医療から映画・ゲームへの応用まで「バーチャルリアリティ」の未来, R25 (web), 2012.8.23
- I78 CS放送ニュースバード「ニュースの視点」
TBS, 2012.8.28
※TELESAR V に関する報道
- I79 ワールドビジネスサテライト「トレンドたまご」
テレビ東京, 2012.8.31
※TELESAR V に関する報道
- I80 バーチャルリアリティがめざす未来の生活とは
milsil 第5巻第5号 p.3, 2012.9
- I81 大！天才てれびくん
NHK, 2012.10.24
※TELESAR V に関する報道
- I82 地球★アステク
BS ジャパン, 2012.10.25
※TELESAR V に関する報道
- I83 ロボットがさわった感触があなたに伝わる！
Newton 第32巻第13号 p.13, 2012.11.7
- I84 LE MONDE DE L'INTELLIGENCE
No.27 pp.46-51 Le robot avatar
OCTOBRE/NOVEMBRE 2012
- I85 NHK, 「くらし☆解説「超未来！分身ロボット誕生」」
2013年4月30日(火)10:05-10:15
- I86 テレビ朝日, 奇跡の地球物語「新感覚ロボット～遠隔技術が変える未来」
2013年5月5日(日)18:30～18:55
- I87 日経新聞, 「ロボット参上 10 視覚や聴覚 瞬時に伝える まるで分身, 不思議な感覚」, 平成 25 年 7 月 7 日(日)
- I88 テレビ朝日, モーニングバード！「アカデミヨシズミ～命を救える可能性を高める“最新医療支援システム”」『遠隔地から触診できる分身ドクターロボ2号』, 2013年12月23日(月)8:00～9:54
- I89 BS-TBS, 「週間 BS-TBS 報道部 #45 特集 未来ビジョン 未来を拓くロボット技術」, 2014年2月23日(日)21:00～22:54
- I90 日経産業新聞, 「解剖 先端拠点 慶大国際バーチャルリアリティ研究センター 遠隔操作 複数分野が協力」, 平成 27 年 10 月 30 日(木)
- I91 東京新聞, 「希望の種 分身ロボット 触感 空間を超える」, 平成 27 年 1 月 26 日(月)
※TELESAR V に関する報道

I92 NHK 教育テレビ NHK スペシャル NEXT WORLD, 第4回「人生はどこまで楽しくなるのか」, 2015年3月11日(日)

③ その他 (ネットメディアでの Web 上への記事掲載)

- J01 [SIGGRAPH]製品化前の次世代技術が目白押し. 魔法のクッキーからインタラクティブな裸眼立体視まで, 「Emerging Technologies」展示セクションレポート, 4Gamer.net, 2010.08.04
- J02 Telesar V telexistence robot avatar
ubergizmo, 2011.7.11
- J03 Video: A Steerable Remote 'Telexistence' Robot that Transmits Sight, Sound, and Touch to the Operator
Popular Science, 2011.8.11
- J04 HAPMAP navigational system keeps your eyes at the prize, your hands at the route (video)
nexusgadget, 2011.8.11
- J05 HAPMAP navigational system keeps your eyes on the prize, your hands on the route
All Cool Gadget Reviews And News, 2011.8.11
- J06 HAPMAP navigational system keeps your eyes on the prize, your hands on the route (video)
TechQmeter, 2011.8.11
- J07 HAPMAP navigational system keeps your eyes on the prize, your hands on the route (video)
Smart Gaming,UK, 2011.8.12
- J08 HAPMAP navigational system keeps your eyes on the prize, your hands on the route (video)
Engadget, 2011.8.12
- J09 "[SIGGRAPH]これこそ真の“アンドロイド”な携帯電話!? 最先端技術が集結の「Emerging Technologies」展示セクションレポート(1)
4Gamer.net, 2011.8.13
- J10 HAPMAP navigational system keeps your eyes on the prize, your hands on the route (video)
TECHieFEED, 2011.8.13
- J11 Ferien auch für Ohren und Augen: Navigation HAPMAP (Videos)
Engadget German, German, 2011.8.13
- J12 HapMap навигационная система сохраняет свои глаза на приз, ваши руки на маршруте (видео)

- Nokia-New.Ru, Russia, 2011.8.13
- J13 HAPMAP navigational system keeps your eyes on the prize, your hands on the route (video)
China, 2011.8.13
- J14 Immersive Tech @ SIGGRAPH 2011
ImmersiveTech.org, 2011.8.17
- J15 指でツンツンすると押し返される感触 3DCG の妖精と“触れ合う”技術
IT Media, 2011.9.7
- J16 RePro3D system lets users play with and touch digital 3D characters
CoolestGadgets.com, 2011.9.16
- J17 Touchable 3D Character Projected Into a Real Environment
DIGINFO TV, 2011.9.16
- J18 実空間に投影されたキャラクターと触れ合える立体ディスプレイ
DIGINFO TV, 2011.9.16
- J19 RePro3D Lets You Interact With Floating 3D Characters (Video)
Greeky Gadget, 2011.9.16 (転載)
- J20 RePro3D: A 3D Display with Touchable, Virtual Environments
TECHEBLOG, 2011.9.16
- J21 RePro3D lets you touch 3D characters
ubergizmo, 2011.9.16
- J22 RePro3D is a 'touchable' 3D interface that lets you poke pixies (video)
engadget, 2011.9.16
- J23 仮想オブジェクトに”触る”ことができる裸眼用 3D スクリーン RePro3D
Ceron.jp, 2011.9.16
- J24 仮想オブジェクトに”触る”ことができる裸眼用 3D スクリーン RePro3D
Feed Trial, 2011.9.16(転載)
- J25 仮想オブジェクトに”触る”ことができる裸眼用 3D スクリーン RePro3D
TechCrunch JAPAN, 2011.9.16 (転載)
- J26 仮想オブジェクトに”触る”ことができる裸眼用 3D スクリーン RePro3D
Ceron.jp, 2011.9.16 (転載)
- J27 仮想オブジェクトに”触る”ことができる裸眼用 3D スクリーン RePro3D
Feed Trial, 2011.9.16 (転載)
- J28 RePro3D: Naked-Eye 3D Display Lets You “Touch” Virtual 3D Characters (Video)
TechCrunch, 2011.9.16
- J29 RePro3D 3D display needs no glasses and lets you touch the 3D on screen
SLASH GEAR, 2011.9.16 (転載)
- J30 Система RePro3D позволяет контактировать с виртуальными 3D-объектами

- Компьюлента, 2011.9.16
- J31 RePro3d: Tecnología que te dejará “tocar” objetos tridimensionales
gizmologia, 2011.9.16h
- J32 Reach out and touch 3D characters with RePro3D (w/ video)
PHYS.ORG, 2011.9.17
- J33 Reach out and touch 3D characters with RePro3D
International Society for Presence Research, 2011.9.19 (転載)
- J34 Keio University demonstrate Touchable 3D Character Projected Into a Real
Environment
AKIHABARANEWS, 2011.9.20
- J35 RePro3D enables users to “touch” projected 3D images
Newlaunches.com, 2011.9.21 (転載)
- J36 RePro3D Touchable 3D Display With Tactile Feedback: Future of Gaming And
Display At Keio University
The Cool Gadgets, 2011.9.21
- J37 RePro3D; 3D touchable technology
Say People, 2011.9.22
- J38 実際にさわれる多視点裸眼立体ディスプレイ「RePro3D」
Web3D Project by Eyes, JAPAN, 2011.9.28
- J39 HAPMAP Navigational System Changes
The Way You Navigate, 2011.9.29
- J40 Telesar V: Your Next Telepresence Robot Avatar
technabob, 2011.11.7
- J41 Telesar V Robot Is Basically a Means to Transfer One's Consciousness
softpedia.com, 2011.11.7
- J42 Telesar V, le robot Avatar de Telexistence
Robot Blog, 2011.11.8
- J43 Robotic avatar transmits real-time sensations of remote environment
gizmag, 2011.11.8
- J44 TELESAR V Wants To Be Your Robotic Avatar
medgadget, 2011.11.8
- J45 日本の「代用体験」ロボット(動画)
Wired, 2011.11.10
- J46 触覚まで分かる!?自分を分身させられる遠隔作業用分身ロボット「TELESAR V」がスゴイ!!,
コモンポストムービー, 2011.11.12
- J47 Au Japon, un robot teleguide sur le modele d'Avatar (Telesar5)
Japonation.com, France, 2012.2.3

- J48 Electric avatar: Japanese robot works like a hi-tech 'puppet' controlled via a virtual reality suit (Telesar5)
mailOnline, 2012.2.6
- J49 Japan scientist makes 'Avatar' robot
Phys.org, 2012.2.10
- J50 Japan scientist makes 'Avatar' robot
NDTV Gadgets, 2012.2.10
- J51 Avatar' robot Telesar V robot brings new meaning to escapism
autokinematics.com, 2012.2.10
- J52 TELESAR V, un robot al estilo Avatar desarrollado en Japon
alt1040, Spain, 2012.2.10
- J53 The Week's Best Robot Videos: AlphaDog, Avatars, and a Death Star
Slate, 2012.2.10
- J54 阿凡達真實版 與機器人感同身受 (Telesar5)
自由時報, China, 2012.2.11
- J55 Robo TELESAR V quer trazer filme Avatar para a realidade
TECHMUNOO, Brazil, 2012.2.13
- J56 TELESAR V: Robot Antropomorfo Teledirigido
robodosis, Spain, 2012.2.14
- J57 Avatar Robot Created by Japanese Scientist
DailyBits, 2012.2.15
- J58 Το πρώτο ρομπότ Avatar (Telesar5)
Otherside, Greece, 2012.2.15
- J59 Telesar V: controlez un robot a distance
ici Japan, France, 2012.2.16
- J60 Electric avatar: Japanese robot works like a hi-tech 'puppet' controlled via a virtual reality suit
DailyMail, UK, 2012.2.16
- J61 Робот-аватар Telesar V Robot Avatar из Японии
tphp.ru, Russia, 2012.2.16
- J62 Telesar V
The Daily Star, 2012.2.17
- J63 Инновации Робот "TELESAR V" поможет человеку чувствовать на расстоянии,
Roboting.ru, Russia, 2012.2.18
- J64 Techtile Toolkit : présentation à Laval Virtual 2012
augmented reality, France, 2012.3.15
- J65 Telexistance Robot (Telesar5)

- TelepresenceRobots.com, 2012.4.9
- J66 HAPMAP Navigational System Demonstration at SIGGRAPH 2011
5min Media , 2012.4.24
- J67 Laval virtual 2012 : le haptique à l'honneur
France, 2012.4.30
- J68 JST と慶応大, 装着者に布と紙の感触の違いを伝えられるロボットを開発
夕刊アモーバニュース, 2012.7.11
- J69 TELESAR V Avatar Transfers Touch, Vibration, Temperature
PlasticPlus, 2012.7.12
- J70 Telesar V Robot Hints At The World Of Surrogate Robots
33rd Square, 2012.7.12
- J71 TELESAR V Robot Lets You Feel What It Feels, See What It Sees
GEEK TECH, 2012.7.13
- J72 TELESAR V - SIGGRAPH 2012
TEK.GADG, 2012.8.6
- J73 Robotics at SIGGRAPH 2012
gpuscience.com, 2012.8.9
- J74 TECHTILE toolkit: a prototyping tool for designing haptic media
4Gamer.net, 2012.8.9
- J75 Avatar Robots Let Users Feel What They Feel
iq.intel.com, 2012.9.26
- J76 Man Driving His Telexistence Robot Avatar "TELESAR V"
ElectricTV, 2012.10.3
- J77 HaptoMirage Creates 'Tangible' Holograms, VR World, 2014.9.2
- J78 空中に 3D 映像を投影する裸眼 3D ディスプレイ開発, 日経バイオテック(net), 平成 26 年 9 月 2 日(火)
- J79 慶応大学、空中に投影できる裸眼 3D ディスプレイを開発 ～複数ユーザーが同時利用可能, PC Watch, 平成 26 年 9 月 2 日(火)
- J80 慶応大、複数人で同時に 3D 映像に直接触れられる裸眼 3D ディスプレイを開発, マイナビニュース, 平成 26 年 9 月 2 日(火)
- J81 空中に 3D 映像を投影するディスプレイ「ハプトミラージュ」を開発
RBB Today, 平成 26 年 9 月 2 日(火)
- J82 CG キャラと触れあえる? 未来のゲームに応用できそうな「インタラクション技術」を
SIGGRAPH 2014 展示会場でチェック
空中に表示したユニティちゃんをグルグル回す HaptoMIRAGE
4Gamers, 平成 26 年 9 月 2 日(火)
- J83 ロボットと社会 ～共存の道はどこに?～, JST サイエンスニュース, 平成 27 年 2 月 26 日

配信

(6) 成果展開事例

① 実用化に向けての展開

- ・ 2011年1月より旭光電機株式会社との共同研究を開始し、本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 **TELESAR V** の実用化に向けた製品開発を行なっている。本年度2011年11月に開催された国際ロボット展において、研究成果であるテレイグジスタンスシステム **Telexistence FST** を共同で発表し、国内外からの来場者や報道関係者より好評を得た。
- ・ 2012年1月より日本メクトロン株式会社との共同研究を開始した。同社はフレキシブル基板の製造に関して世界的にトップシェアを誇る企業であり、本CRESTプロジェクト研究成果である電気触覚ディスプレイの技術と同社のフレキシブル基板を組み合わせることで、薄く柔軟な電気触覚ディスプレイを開発した。今後、本デバイスの製品化に向けて研究を進めていく。
- ・ 2010年10月よりシャープ株式会社と裸眼3Dディスプレイに関する共同研究を実施し、その成果は2011年12月の **SIGGRAPH ASIA 2011 Emerging Technologies** に採択された。
- ・ 本CREST研究成果である **TECHTILE toolkit** に関しては、現在、他の教育研究機関や企業への提供を行なっている。既に国内外へ150台以上の提供実績があり、いくつかの共同研究に発展している。教育研究機関との共同研究としては、2011年6月から山口情報芸術センターと実施している、触感表現の普及および新たな表現手法の開発に関する共同研究を始め、CREST 研究領域内では、苗村チーム(寛准教授グループ)との共同研究を行い、他チームへの提供も随時行なっている。また、芝浦工業大学や **INRIA**(フランス)など、国内外の研究機関へも装置を提供し、触覚技術の教育・研究ツールとしての実用化が進みつつある。
- ・ その他、家電メーカー、放送局、自動車メーカー、化粧品メーカー等と、それぞれの事業領域における触覚技術の製品展開に向けて共同研究を実施している。
- ・ 本プロジェクトの実用化展開プログラムとして、**JST ACCEL**「触原色に立脚した身体性メディア技術の基盤構築と応用展開」の採択が決定し、本CREST研究成果のさらなる展開を推進することとなった。

② 社会還元的な展開活動

- ・ 本CREST研究の最初の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、2011年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となった。
- ・ 本CREST研究の一貫として、触感表現の普及活動を実施しており、これまでに大学生や小学生を対象として30件以上のワークショップ(**TECHTILE workshop**)を実施し、これまで1500

人ほどの参加者を得ている。また、<http://techtile.org/> において、触感表現コミュニティの形成に向けた情報公開を行なっている。

- 本 CREST 研究成果は、様々な展示会に出展しており、これまで 24 件の一般向けの展示会実績がある。特に「ドラえものの科学みらい展」には、TECHTILE toolkit を応用した展示作品を出展しており、2年半の長期に亘り全国各地を巡回し、これまでに数十万人の来場者を得ている。
- 2013 年 7 月より、日本科学未来館の研究棟に「さわれる情報環境」プロジェクトの研究拠点を設置し、日本科学未来館と協力しながら、オープンラボやワークショップなど様々な試みを行っている。特に、2014 年 6 月に新設された幼児向け常設展示エリア「おやっこひろば」に協力し、「さわれる写真をつくろう」「触感おもちゃをつくろう」といった、親子向けワークショップを定期的に開催している。
- 本 CREST 研究の 4 年間の研究成果を公開する場として、本研究領域の他プロジェクトと合同で、オープンラボ「みらいのふつうのつくりかた」を 2013 年 12 月 14-15 日に開催した。日本科学未来館 研究棟の「さわれる情報環境」研究拠点へのツアーとして実施し、研究者や企業関係者、親子連れなど、延べ約 400 人の参加者を得て、未来館研究棟としても初となる大規模なオープンラボイベントとなった。
- 富士ゼロックスと共同で、2014 年 8 月 2-3 日に、触覚ハッカソンというイベントを開催した。様々な企業やフリーランスのエンジニア・デザイナーが集まり、本プロジェクトの研究成果を始めとした様々な触覚技術が各大学・企業から提供され、参加者の個々のの興味に基づき、2 日間でオリジナルの触覚インタラクションシステムを開発し、大きな盛り上がりを見せた。

§ 5 研究期間中の活動

5.1 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2010/5/1-5	予感研究所3	日本科学未来館		CREST デジタルメディア領域主催シンポジウムに作品展示および講演で協力
2010/11/25	CREST「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」領域 第1回公開シンポジウム	学術総合センター		領域シンポジウムにおける研究プロジェクトの紹介
2011/3/20	JST Workshop in ISVRI 2011	SUNTEC Convention Center (Singapore)		JST シンガポール事務所主催のシンポジウム
2011/3/23	JST Open Café in IEEE-VR 2011	SUNTEC Convention Center (Singapore)		JST シンガポール事務所主催のシンポジウム
2011/7/1	TECHTILE workshop	山口大学工学部	20	TECHTILE toolkit を用いた 学生向けワークショップ
2011/7/1	TECHTILE workshop	山口県立大学 国際文化学部	12	TECHTILE toolkit を用いた 学生向けワークショップ
2011/7/21	TECHTILE workshop	香川大学工学部	40	TECHTILE toolkit を用いた 学生向けワークショップ
2011/7/24	TECHTILE workshop	九州大学 芸術工学部	32	TECHTILE toolkit を用いた 学生向けワークショップ

2011/8/21	YCAM Lab Camp - テクスタイルシンポジウム	山口情報芸術センター	約 50	触覚の科学からアートまで、触覚に基づく価値づくりを目指す TECHTILE の活動コンセプトを様々なゲストの講演を通して紹介
2011/10/7	HAPTIC MEDIA SYMPOSIUM 2011	日本科学未来館	約 100	「さわれる情報環境」プロジェクト・第 1 回成果発表会として、 本 CREST プロジェクトの2年間の研究を総括する講演会を実施
2011/10/8 2011/10/9	HAPTIC MEDIA EXHIBITION 2011	日本科学未来館	約 2000	「さわれる情報環境」プロジェクト・第 1 回成果発表会として、 本 CREST プロジェクトの研究成果を体験可能な形式で展示
2011/11/16	TECHTILE workshop	芝浦工業大学	24	TECHTILE toolkit を用いた 学生向けワークショップ
2011/11/20	TECHTILE workshop in サイエンスアゴラ	日本科学未来館	10	TECHTILE toolkit を用いた 一般来場者向けワークショップ ～ 触感を表現する・触感で表現する～
2011/11/23	TECHTILE workshop	名古屋工業大学	28	TECHTILE toolkit を用いた 学生向けワークショップ
2011/12/6	TECHTILE workshop	慶應義塾大学	15	TECHTILE toolkit を用いた 学生向けワークショップ

2011/1/7	ドラえもんの科学みらい 展ワークショップ	郡山市 ふれあい科 学館	19	TECHTILE toolkit を用い た 小学生・親子向けワークシ ョップ ～「さわりごこち」を伝えよ う!
2012/2/25 2012/2/26	テクタイルワークショップ in ワークショップコレクシ ョン 2012	慶應義塾大 学 日吉キャン パス	約 700	TECHTILE toolkit を用い た キッズ向けワークショップ ～ 触感を探って, 伝えて, 楽し もう!
2012/6/12	TECHTILE toolkit: Haptic design environment for sharing haptic experience	Hotel Scandic Rosendah (Finland)	32	触覚分野のトップカンファレ ンスの 1 つである EuroHaptics 2012 におい て, TECHTILE toolkit を 用いた研究者向けワークシ ョップを実施した
2013/3/9 -3/10	YCAM InterLab Camp vol.2 「TECHTILE」 集中ワークショップ	山口情報芸 術センター	約 50	山口情報芸術センターとの 共同事業として実施した触 感表現の普及活動の集大成 としてのワークショップお よびシンポジウム
2013/08/21	Miraikan ラボ 2013～ ナマの研究者に会える 7 日間～触感を創り感じ る体験	日本科学未 来館	約 50	未来館研究棟の活動の一 環として行った夏休みイベ ント TECHTILE toolkit を 用いて小学生以上を対象に 行ったワークショップ
2013/08/21	Miraikan ラボ 2013～ ナマの研究者に会える 7 日間～触感を創り感じ る体験	日本科学未 来館	約 50	未来館研究棟の活動の一 環として行った夏休みイベ ント TECHTILE toolkit を 用いて小学生以上を対象に 行ったワークショップ

2013/10/24-26	デジタルコンテンツ EXPO2013 日本科学 未来館共催企画 「Innovation Workshop in Miraikan ～研究室か らアイデアを見出す3日 間～	日本科学未 来館	約 70	未来館研究棟の活動の一 環として行った TECHTILEtoolkit を用い た一般向けワークショップ
2013/11/13	芝浦工業大学 学部生 に向けたワークショップ	芝浦工業大 学	約 30	芝浦工業大学にて行った特 別授業 TECHTILEtoolkit を用い た学部生向けワークショップ
2013/12/13	ICAT 2013 CREST Organized Session	日本科学未 来館	約 100	JST-CREST「共生社会に 向けた人間調和型情報技術 の構築」研究領域に所属す る4つの研究プロジェクトの 研究成果に関する国際シン ポジウム
2013/12/14-15	JST-CREST×日本科 学未来館研究棟 Open Lab 2013 「みらいの ふつうの つくりかた」	日本科学未 来館	約 400	JST-CREST「共生社会に 向けた人間調和型情報技術 の構築」研究領域に所属す る4つの研究プロジェクトの 研究成果を一般向けに行っ たオープンラボ
2014/6/8	「さわれる写真をつくろ う」「触感おもちゃをつく ろう」	日本科学未 来館	約 30	日本科学未来館に新設され た幼児向けスペース「おやっ こひろば」における親子向け ワークショップ
2014/6/12	「さわれる写真をつくろ う」「触感おもちゃをつく ろう」	日本科学未 来館	約 30	日本科学未来館に新設され た幼児向けスペース「おやっ こひろば」における親子向け ワークショップ
2014/7/13	「さわれる写真をつくろ う」「触感おもちゃをつく ろう」	日本科学未 来館	約 30	日本科学未来館に新設され た幼児向けスペース「おやっ こひろば」における親子向け ワークショップ

2014/8/2	キッズニア東京サマー キャンプ 2014	キッズニア 東京	30	キッズニア東京における小 学生を対象としたワークショ ップ
2014/8/2-3	触覚ハッカソン	富士ゼロッ クス	約 100	富士ゼロックスと共同で実施 した, 様々な企業のエンジニア やデザイナーを対象とした触 覚技術に関する2日間の開発 イベント
2014/8/22-2 3	Miraikan オープンラボ ～研究者の"秘密基地" を探検しよう	日本科学未 来館	約 80	日本科学未来館の研究棟 オープンラボにおける, ラボ ツアーの実施
2014/8/28	キッズニア東京サマー キャンプ 2014	キッズニア 東京	30	キッズニア東京における小 学生を対象としたワークショ ップ
2014/9/28	「さわれる写真をつくろ う」「触感おもちゃをつく ろう」	日本科学未 来館	約 30	日本科学未来館に新設され た幼児向けスペース「おやっ こひろば」における親子向け ワークショップ
2014/10/21	メディアラボ第 14 期常 設展内覧会	日本科学未 来館	約 60	
2014/10/22- 2015/6/15	メディアラボ第 14 期常 設展「ふれてみよ! -テ ニトルセカイ ツナグミラ イ-	日本科学未 来館	約 150,000 (3 月現 在)	様々な CREST 研究成果の 常設展示
2014/11/30	おためし サイセンタ ン! 「親子で作るテクタ イルおもちゃ」	日本科学未 来館	約 30	親子向け触感表現ワークシ ョップ
2015/3/28	おためし サイセンタ ン! -さわりごこちのコ ピペ?! 未来のおもちゃを つくろう-	日本科学未 来館	約 20	親子向け触感表現ワークシ ョップ

§ 6 最後に

本研究は、触覚を、視覚や聴覚と同様に記録・伝送・再生可能なメディアとすることにより、「さわれる情報環境」という新たなメディアとして普及させ、視聴覚メディアからマルチモーダルメディアへの進化を促すものである。これは、視聴覚情報の最たるメディアであるテレビが出現したときと同様に、メディア産業の飛躍的な拡張を創出することが期待できる。例えば、さわれる商品カタログや広告メディアの出現、博物館の収蔵品や匠の技のアーカイブ化などにより、実体性の伴う情報体験を得ることができるようになり、従来視聴覚のみの不十分な情報により生じていた情報の錯誤が減少し、より効果的な情報伝達が実現される。また、遠くはなれた環境をも、その場に居るかのように触感を含めて体験可能となる。さらに、実際には存在しない触体験を提供するアートなど、触覚情報コンテンツの創造が盛んになると期待できる。本研究により実現される「さわれる情報環境」は、単にメディア産業の拡張をもたらすだけではない。実体性を伴う体験や創造のツールは、人間の知的好奇心を刺激し主体性を高めることで、現代社会における個の存在感の希薄化を解消する可能性がある。この主体性の向上こそ、「さわれる情報環境」の、人間と調和する情報環境を実現する基盤技術としての社会に対する最大の貢献である。

