

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：17501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500148

研究課題名(和文)五感情報の個性化に基づく環境融合型情報コミュニケーション法に関する研究

研究課題名(英文)Study on an Information Communication Method with Environmental Integration Based on Personalization of Multisensory Data

研究代表者

西野 浩明(NISHINO, Hiroaki)

大分大学・工学部・教授

研究者番号：00274738

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：五感データを生成・提示する技術に基づいて、人間と仮想環境との対話を汎用化するための基盤技術開発とそのシステム化について研究を行った。五感の中でも、特に、触力覚および嗅覚への情報提示技術に着目し、仮想物体への触感付与や香りによる環境演出技法等の基盤技術に関する研究開発を行った。また、複数の感覚データを統合して利用するクロスモーダル手法についても考察を行い、現実環境との継目ない統合化を念頭に、拡張現実に基づく対話技法の開発を行った。さらに、開発した技術を市民参加型工房でのものづくり支援や身体障がい者による計算機操作の支援等に適用し、開発した技術の効果と実用性について実証的かつ総括的に検証した。

研究成果の概要(英文)：We studied on a new method for making interactions between humans and virtual environments versatile communication means based on multisensory technology. Our approach is to develop a basic technique generalized for processing five senses, incorporating it into practical application systems to verify its effectiveness. We especially focus on the sense of touch and smell in this project, designing and implementing methods for presenting realistic tactile impression and fragrance to users in a virtual environment. We also consider cross-modal interaction methods for efficiently fusing multisensory data, developing some application systems for seamlessly integrating virtual and real environments based on AR (Augmented Reality). We further apply the developed technologies for supporting fabrications in grass-roots craft centers and computer operations by physically handicapped people, empirically and panoptically evaluating the effectiveness and practicality of the development results.

研究分野：情報科学

キーワード：ヒューマンインタフェース 五感コミュニケーション バーチャルリアリティ 拡張現実

1. 研究開始当初の背景

本課題による研究プロジェクトの開始当初は、3次元映像や立体音響による可視化・可聴化技術に加えて、物体の手触り感や香りを人工的に生成・提示する技術の開発が進んでいた。例えば、指先から得られる物体の触感をリアルに提示する触覚ディスプレイ、複数の香料を混合して様々な香りを生成する嗅覚ディスプレイなど、新しいハードウェア装置の開発を中心に活発に研究が行われていた。これらの研究開発では、新たな装置の開発とその応用として、個々の感覚系に対して現実感のある刺激を提示する方法について様々な研究が行われていた。

しかしながら人間は、個々の感覚系に対する刺激を検知するだけでなく、五感から得られる情報を統合して周囲の環境を知覚しながら適切に反応・対処している。このような、五感に基づく人間と環境との対話を人工的な環境で直観的に行えるようにするためには、提示される仮想環境を利用者がリアルに感じるように「個性化」して描出するメディア表現法、そのような環境を現実世界とシームレスに繋げるための描出技術、および人間と仮想環境との対話法の確立が重要である。

2. 研究の目的

本課題では、五感データを生成・提示する技術に基づいて、人間と仮想環境との対話やコミュニケーションを汎用化するための要素技術開発とその検証を実証的に行った。視聴覚系の可視化・可聴化技術には膨大な蓄積があるものの、触力覚、嗅覚、味覚といった分野の五感情報処理技術は、まだ発展途上の段階である。我々は、特に触力覚および嗅覚への情報提示技術の開発に着目し、それらの要素技術を研究開発するとともに、物体触感や香りを含めた五感情報を融合して実効性のあるシステムで利活用しながら評価することで、開発した技術を実証的に検証した。

3. 研究の方法

3年間のプロジェクトを、以下の(1)~(3)に示すフェーズに分けて研究開発を行った。これらの研究を実施する上で、五感情報処理の利用目的として、仮想環境を描出する際の現実感の向上や演出の洗練化のための手段であることに加えて、必要な情報を効率よく適時に伝えるコミュニケーションメディアとしての位置づけについても考慮しながら、各種技術やシステムの開発および評価を行った。

(1) 基盤技術開発フェーズ(平成24年度):五感情報の生成・描出を行うための基盤技術の設計と開発を行った。触力覚と嗅覚に着目した技術に加えて、複数の感覚データを融合するクロスモーダルな情報提示手法について

も研究開発を実施した。

(2) 応用システムの開発と試用(平成25年度):初年度に開発した基盤技術を評価するための応用システムを開発した。特に、現実環境とのシームレスな統合化を念頭に、拡張現実に基づく情報提示手法と対話技法の開発を行った。

(3) 現実課題への適用と総合評価(平成26年度):本課題の総まとめとして、開発した技術を日常的なものづくりや生活支援の現場に適用し、効果と実用性について総括的かつ実証的に検証した。

上記3フェーズにおける基盤技術やシステムの開発において、ハードウェアは市販されている触力覚および嗅覚ディスプレイを導入し、主としてソフトウェアの研究開発を行った。味覚の処理については、利用可能な商用装置がなかったため、今後の継続を念頭に置いた調査を行った。

4. 研究成果

(1) 触力覚系および嗅覚系情報処理の基盤技術開発、および複数感覚のクロスモーダル効果の検証とその実験システムの構築

香り付き動画編集・再生機能の設計と開発

複数の香料を調合しながら多様な香りが提示できる揮発香料調合型嗅覚ディスプレイ(図1)を導入し、嗅覚データの生成・提示技術を開発した。このような装置を使用する際に重要となるのが、適切な香料の選択と調合量の決定であり、初心者には扱いが難しい。そこで、動画像の特徴的な場面に対して、それらの内容に合致する香りを自動的に決定して利用者に提案するシステムを開発した。同システムの操作画面を図2に示す。利用者は、香りを付加する場面を表す感性語(例えば、清々しい、ロマンチックな等)を選択することで、その語に合う複数の香り候補をシステムが生成・提示する。その中から、利用者が場面に最も合う香りを選択する。選択された香りは、動画の再生時に対象場面が表示されたときに同期して射出される。

また、動画の場面演出としての利用に加えて、センサから得られる屋外情報(温度や湿度)を屋内の背景情報として緩やかに通知する手法を開発した。これは、イメージや音のように緊急性を要せず、現在の作業を妨げずに、背景的に情報を伝えることができるという香りの特性を情報伝達の新たなメディアとして用いた研究である。以上の成果は、国内会議(5.の学会発表)や国際会議(雑誌論文)で発表した。



図1．嗅覚ディスプレイ AROMAGEUR

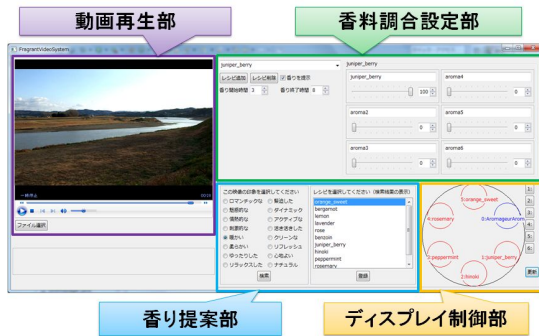


図2．香り付き動画編集システムの操作画面

触覚情報に基づく情報提示・探索機能の設計と開発

触力覚ディスプレイを用いることで、グラフィックス等で描画された3次元の仮想物体に触れることができるようになる。本課題では、対象の物体に触れたときに反力を提示して物体の重量や表面の触感等を表現する力覚ディスプレイ（図3）、およびタッチスクリーン面全体を振動させて表示されている情報の種別を触感で提示する触覚ディスプレイ（図4、5）を用いて研究を行った。

力覚ディスプレイを用いた対話技法として、計算機の操作卓上のアイコンに触覚情報を付与し、力覚ディスプレイで触りながら、ファイル操作やコマンド実行などを高効率に実行できるようにした。また、触覚ディスプレイの活用技術として、Webページの閲覧や電子マップによるルート探索等で、触感によって提示された内容の概形や目的地の効率的な発見などができる方法を考案・実装した。視覚障がい者にとっては、触覚情報のないタッチスクリーンの利用は困難であったが、本研究の成果を応用することで、スマートフォンやタブレット等の情報機器を自立的に利用できるようになる。以上の成果は、国際学術誌（雑誌論文、）や国内会議（学会発表）で発表した。



図3．反力提示式力覚ディスプレイ



図4．振動提示式タッチスクリーン

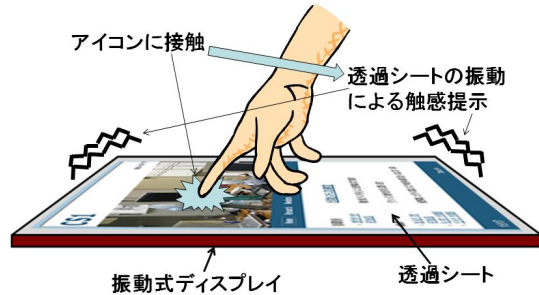


図5．振動による触感提示の仕組み

医療画像の可聴覚および可触化に基づく診断支援機能の設計と開発

医用画像処理の技術進歩はめざましく、微小なピッチ幅で高精細な人体の断層画像が取得できるようになった。このような技術の進歩は、診断精度の向上に寄与する一方、大量の高精細画像を診断時に精査しなければならぬ医師の負担を格段に増加させている。この問題の1つの解決法として、図6に示すように、精査が必要な画像の部位を音や振動触感の提示で通知する技術を開発した。これにより、画像診断医の視覚への過重な負荷の軽減、医学生による画像診断演習の支援等に有効な対話手法を実現した。以上の成果は、国際会議（雑誌論文、）および国内学会（学会発表）で発表した。



図6．振動による触感提示の仕組み

(2) 拡張現実に基づく現実世界と仮想環境のシームレスな統合化

ネットワーク管理業務支援システムの設計と開発

仮想環境と現実世界とを接続する技術の最適な課題の一つに、ネットワークの構築がある。企業や大学の構内網は、巨大化・複雑化する物理網を論理的な組織構造に基づいて仮想網(VLAN: Virtual LAN)で管理するの

が一般的である。このようなネットワークインフラを高効率かつ安定に運用するためには、物理網とその仮想管理データ(VLAN)との正確な対応付けと管理維持業務が必須となる。しかしながら、長年の経験と技能を有する管理者でもこの業務を間違いなく遂行するのは難しい。そこで、図7に示すように、管理者が注目するネットワーク機器をその視線から検出し、装置に関連するVLAN情報をオンラインで検索して管理者が装着する頭部搭載式ディスプレイ(HMD: Head Mounted Display)に提示するシステムを拡張現実(AR: Augmented Reality)技術に基づいて設計・開発した。図8は、管理者視点で見た装置とその管理情報が提示されている様子である。実際に構内網管理を業務とする専門家による評価を行い、開発技術の有効性を確認した。以上の成果は、国際会議(雑誌論文)および国内学会(学会発表)で発表した。国際会議では約250件の論文発表があったが、本研究の技術的な有用性と実用性が高く評価され、最優秀論文(第1位)を受賞した。

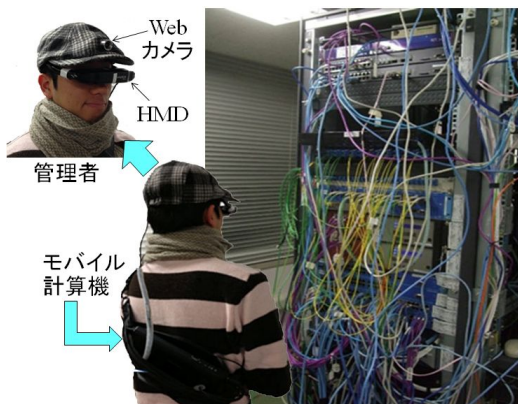


図7．システムの利用環境

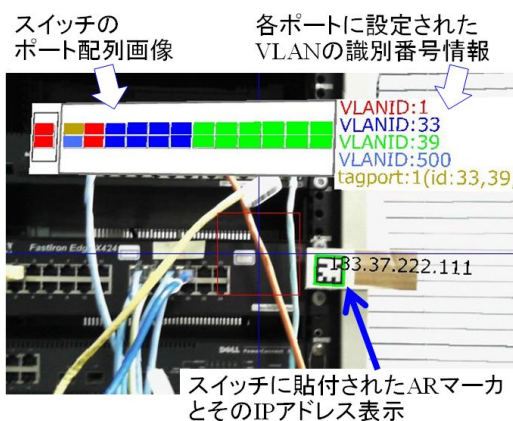


図8．システムによる情報提示例

仮想環境と現実世界をシームレスに繋げるメディアデータ管理システムの設計と開発

仮想環境と現実世界とを接続する研究のもう一つの課題として、マルチメディアデータの編集・管理システムを取り上げた。動画

イメージや音データ等を含んだマルチメディア文書の作成・編集作業は、初心者にとっては敷居の高い技術である。そこで、図9に示すように、計算機の操作に不慣れた利用者でも、容易にマルチメディアデータの操作が可能なシステムをARに基づいて開発した。現実世界での文書操作は、物理的な冊子を対象に行うが、本システムでは、現実の冊子体を介してデータ管理とその編集を行う機能を実現した。利用者はHMDを装着し、目の前にある冊子体をめくったり、ページを入れ替えたりしながらデータ処理を行うことができる。冊子の各ページには、図10に示すように対応するページデータがARで重畳表示されている。この研究は、電子データを冊子という視覚と触覚で閲覧・操作するインタフェースを介して、仮想と現実との間で自然な対話を可能にする技術を構築したものである。以上の成果は、国際学術誌(雑誌論文)および国内学会(学会発表)で発表した。

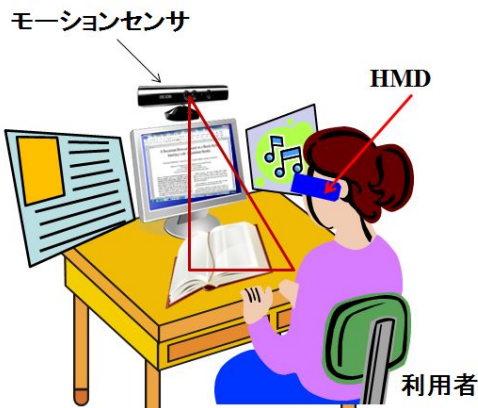


図9．システムの利用環境

冊子から取出して作業空間に配置されたドキュメントデータ

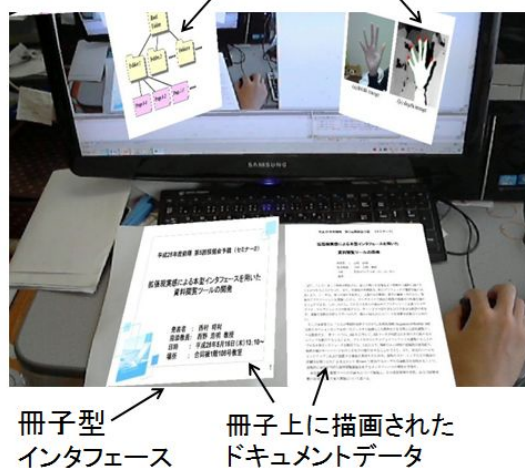


図10．システムによる情報提示例

(3) 現実課題への適用と総合評価
市民参加型ものづくり工房への統合化とその評価
本課題で実施した研究開発内容の技術的

な検証と総括を行うために、一般市民が利用できる場所での開発内容の公開と評価を念頭に研究を行った。このために、国内外に急速に普及し始めている市民参加型ものづくり工房である FabLab への設置・公開を想定して、初心者でも容易かつ直観的に 3 次元造形とその実体化ができるシステムを開発した。図 1 1 に示すように、利用者は市販のセンサで身近な物体（例えば、自身の上半身）を計測し、インターネット上で公開されているフリーな 3 次元データ素材等と組合せながら簡単な造形操作を行い、独自の 3 次元モデルを創作する。このデータを 3 D プリント等の装置で実体化することで、実際に手にとって完成品の精度を検証することができる。できあがった作品を香りや音のメディアとともに演出するような、制作後のコンテンツデザインにもシステムを活用することができる。実際に、大分市にある FabLab や関連のイベント等で本システムをデモ展示して、多くの一般利用者に公開し、利便性や性能に関して定量的に評価するとともに、開発した技術の有効性について非常に高い評価が得られた。以上の成果は、国際会議（雑誌論文）で発表した。

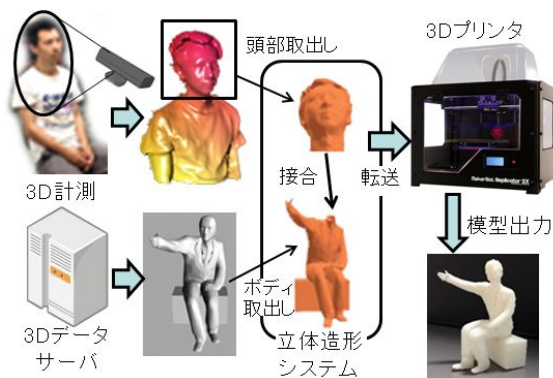


図 1 1 . 3 次元造形システムの構成

身体障がい者支援システムへの適用とその評価

現実課題へのもう1つの適用例として、身体に障がいをもつ利用者の計算機操作支援技術を想定したシステムの開発と評価を行った。特に、上肢機能に障がいを持つために、キーボードやマウスといった標準的な装置を利用することができない場合を想定し、足の動きで操作を行う対話法の設計とシステムの開発を行った。同様な目的で市販されている機器も存在するものの、高価であるため、本課題では、市販されている廉価な Web カメラとモーションセンサを用いて図 1 2 に示すようなシステム操作環境を実現した。作業機の裏面に設置した Web カメラが常に利用者の足下の動きを検出・追跡し、利用者は、比較的緩やかで少ない足の動きでマウスの移動やアイコン選択などの操作ができるように工夫されている。障がい者用支援機器として市販されているフットマウスと比較

実験を行い、特殊機材が不要な上、利便性の面でも満足できる結果が確認できた。以上の成果は、国内会議（学会発表）で発表するとともに、平成 27 年 6 月に開催予定の国際会議（雑誌論文）でも発表する予定である。

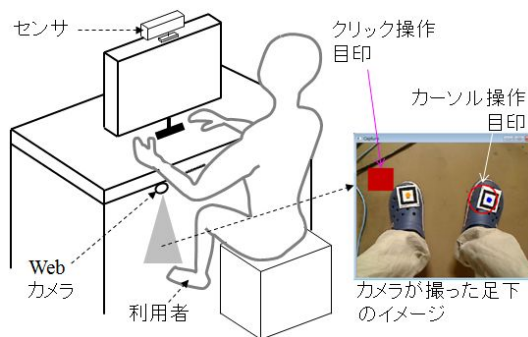


図 1 2 . システムによる情報提示例

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 26 件)

Hiroyasu Inoue, Hiroaki Nishino, Tsuneo Kagawa: Foot-Controlled Interaction Assistant Based on Visual Tracking, Proc. of the 2015 IEEE Int'l Conf. on Consumer Electronics - Taiwan, 2 pages, June 2017 (発表予定). 査読有

Masatoshi Nishimura, Hiroaki Nishino, Tsuneo Kagawa: A Digital Contents Management System Using a Real Booklet Interface with Augmented Reality, Int. J. Space-Based and Situated Computing, Vol.4, No.3/4, pp. 324-330, 2014. 査読有 (doi: 10.1504/IJSSC.2014.066038)

Jiaqing Lin, Hiroaki Nishino, Tsuneo Kagawa: A 3D Authoring Method by Editing Real World Scene, Proc. of the 8th Int'l Conf. on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, pp.643-648, July 2014. 査読有 (doi: 10.1109/CISIS.2014.45)

Yutaka Nagatomo, Hiroaki Nishino, Tsuneo Kagawa: Proc. of the 2014 IEEE Int'l Conf. on Consumer Electronics - Taiwan, pp.117-118, May 2014. 査読有 最優秀論文賞（第 1 位）受賞 (doi: 10.1109/ICCE-TW.2014.6904013)

Takahiro Ishikawa, Hiroaki Nishino, Tsuneo Kagawa: A Fragrant Video Authoring System Based on Sensitivity Words, Proc. 2013 International Workshop on ICT, 4 pages, December 2013. 査読有

Hiroaki Nishino, Yuki Fukakusa, Akari Hatano, Tsuneo Kagawa, Kouichi Utsumiya: A Tangible Information Explorer Using Vibratory Touch Screen, Computing, Vol.95, No.10/11, pp.1053-1071, 2013. 査読有 (doi: 10.1007/s00607-012-0226-8)

Tsuneo Kagawa, Hiroaki Nishino, Shuichi Tanoue, Hiro Kiyosue, Hiromu Mori: A Medical Imaging Diagnosis Supporting Method with Sound Effects, Proc. of the 5th IEEE Int'l Conf. on Awareness Science and Technology, pp.338-343, November 2013. 査読有

(doi: 10.1109/ICAwST.2013.6765462)

Hiroaki Nishino, Ryotaro Goto, Yuki Fukakusa, Tsuneo Kagawa, Jiaqing Lin, Kazuyuki Yoshida, Kouichi Utsumiya, Junji Hirooka, Eiji Aoki, Toshihiko Osada, Nobuhiro Nagatomo: A Touch Screen Interface Design with Tactile Feedback for Practical Applications, Int. J. Space-Based and Situated Computing, Vol.3, No.1, pp.8-21, 2013. 査読有

(doi: 10.1504/IJSSC.2013.051974)

Yusuke Ouchi, Hiroaki Nishino, Tsuneo Kagawa, Kouichi Utsumiya: A Tangible 3D Desktop Environment with Force Feedback, Journal of Mobile Multimedia, Vol.8, No.2, pp.114-131, 2012. 査読有

Jiaqing Lin, Hiroaki Nishino, Tsuneo Kagawa, Kouichi Utsumiya: A Tangible Medical Image Processing Assistant with Haptic Modality, Proc. of the 6th Int'l Conf. on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, pp.723-728, July 2012. 査読有

(doi: 10.1109/CISIS.2012.125)

[学会発表](計 28 件)

原楨稔幸, 西野浩明: 拡張現実によるネットワークボロジ可視化システム, 第 77 回情報処理学会全国大会, 2015 年 3 月 17-19 日, 京都大学(京都府・京都市). 井上寛康, 西野浩明, 賀川経夫: 身体動作を用いた計算機操作支援機能の設計と開発, 第 67 回電気・情報関係学会九州支部連合大会, 2014 年 9 月 18,19 日, 鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市).

賀川経夫, 田上秀一, 清末一路, 森 宣, 西野浩明: 医用画像診断における画像特徴の可聴化に関する検討, 情報処理学会火の国情報シンポジウム 2014, 2014 年 3 月 4,5 日, 大分大学(大分県・大分市).

松崎秀則, 賀川経夫, 西野浩明: モバイル端末を用いた逐次誘導型案内システムの開発, 第 66 回電気関係学会九州支部連合大会, 2013 年 9 月 24,25 日, 熊本大学(熊本県・熊本市).

石川隆浩, 西野浩明, 賀川経夫: 感性語に基づく香りつき動画編集ツールの開発, 第 66 回電気関係学会九州支部連合大会, 2013 年 9 月 24,25 日, 熊本大学(熊本県・熊本市).

西村将利, 住江慶彦, 賀川経夫, 西野浩明: 拡張現実感による本型インタフェースを用いた資料閲覧ツールの開発, 情報

処理学会火の国情報シンポジウム 2013, 2013 年 3 月 14, 15 日, 熊本大学(熊本県・熊本市).

長田悠綺, 西野浩明, 賀川経夫: 携帯機器向け触覚提示機能に関する研究 - 対話型進化計算による振動パターン設計機能 -, 第 65 回電気関係学会九州支部連合大会, 2012 年 9 月 24,25 日, 長崎大学(長崎県・長崎市).

Yasuhiko Sumie, Masatoshi Nishimura, Tsuneo Kagawa, Hiroaki Nishino: AR Office: A Collaborative Design Space Based on Augmented Reality, 第 65 回電気関係学会九州支部連合大会, 2012 年 9 月 24,25 日, 長崎大学(長崎県・長崎市).

6. 研究組織

(1)研究代表者

西野 浩明 (NISHINO HIROAKI)

大分大学・工学部・教授

研究者番号: 00274738

(2)研究分担者

吉田 和幸 (YOSHIDA KAZUYUKI)

大分大学・学術情報拠点・教授

研究者番号: 20174922

賀川 経夫 (KAGAWA TSUNEO)

大分大学・工学部・助教

研究者番号: 90253773