

機関番号：17501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500114

研究課題名（和文） 違和感の探索に基づく境界知発見型仮想環境の構成法に関する研究

研究課題名（英文） Study on a Virtual Environment with Boundary Intelligence Discovery Based on the Exploration of Unpleasant Sensation

研究代表者

西野 浩明（NISHINO HIROAKI）

大分大学・工学部・准教授

研究者番号：00274738

研究成果の概要（和文）：本課題では、「仮想と現実を継ぎ目なくつなげる仮想環境」を構成するために、「現実と仮想の間に人間が違和感を覚える境界」を明確化し、それに基づいて、利用者に違和感を与えないリアルな仮想環境を描出する手法に関して研究開発を行った。このために、人間の感性を利用してシステムの最適化を行う対話型進化計算法に、認知科学や免疫学等の知見を融合した仮想環境の構成法とソフトウェアを設計・開発した。また、仮想物体の質感表現、技能の記録と伝習など、利用者の違和感がシステムの機能・性能に大きく影響するような応用分野に提案手法を適用し、その有効性を実証的に評価・検証した。

研究成果の概要（英文）：We studied on a new method for building a virtual environment seamlessly bridging virtual and real worlds. Our approach is to making a realistic virtual environment by exploring and finding a boundary giving observers unpleasant sensations between them. We designed and developed a technical framework and software for realizing the concept of “boundary discovery” based on an optimization technique called interactive evolutionary computation. We enhanced the method by integrating different fields’ knowledge and findings such as cognitive science and immunology. We evaluated our approach by applying the implemented method to some application systems such as the texture representations of 3D virtual objects and recording and carrying on the tradition of craftsmanship, and conducted empirical experiments.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：情報科学

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：バーチャルリアリティ、情報通信工学、境界知、触力覚メディア、進化計算

1. 研究開始当初の背景

本課題の申請時における仮想現実に関する研究開発では、3次元画像や立体音響によ

る視聴覚情報に加えて、触力覚データを統合化したマルチモーダルな情報提示が主流になりつつあった。仮想物体の重量、硬軟感、

表面材質等、多様な触感提示が可能な新しいディスプレイ装置も開発されてきた。これにより、自然で現実感のある仮想環境の構築が可能になってきた。しかしながら人間は、異なるメディア間の同期や情報提示精度の僅かなずれを敏感に感知して、それが人工的な環境であるという「違和感」を感じ取る。また、違和の感覚には個人差があるため、ある利用者にはリアルに感じる仮想環境が他の利用者には違和感を与える場合もある。仮想と現実を継ぎ目なく統合化する仮想環境技術の汎用化には、利用者に違和感を与えないメディア表現技術の確立が重要である。

人間の違和感の解消には、まず利用者が「少し不自然に感じる境界」を発見し、そこから違和を感じない仮想空間の描出パラメータを導出するような手法の実現が新たな仮想環境構成法の鍵になると考えた。

2. 研究の目的

人間は、見ている画像や触っている物体に違和感を覚えても、その理由を具体的に説明することは難しい。しかしながら、複数の画像や物体の中から、違和を感じるものと感じないものを選択することは可能である。このように、明示化できない人間の感覚に基づいて、複数の例を提示しながら対話的に利用者が望む解に接近・収束させる技術として、対話型進化計算 (IEC) がある。これまでに、映像や音楽といった視聴覚系メディアの制作等に 응용され、その有効性が立証されてきた。本課題では、視聴覚系メディアの表現に適用されてきた IEC を、新たに触力覚メディアの分野にも拡大・適用し、利用する触力覚装置の特性や触感提示のための計算パラメータ等を意識せずに、利用者自身が直観的に独自の触感を設定・制作できる手法を実現する。また、同手法で作成した視聴覚・触力覚向けの要素技術を利用した応用システムを開発して、提案手法の有効性を実証的に評価する。

3. 研究の方法

下記の (1)～(3) の研究開発項目に基づいて研究活動を行った。

(1) 要素技術の設計と開発：触力覚を含んだ複合メディアの探索・最適化を IEC に基づいて行う手法の考案と開発、違和感探索を効率化する認知的インタフェースの設計と実装、複合メディアデータ共有のための高性能プロトコルと可視化機能の開発を行った。

(2) 応用システムの設計と開発：人間の違和感の克服が重要な課題となる応用分野に着目し、仮想物体の質感表現システム、技能の記録・再生が可能な習字学習支援システム、触知型メディアに基づく計算機インタフェースを上記項目 1 の要素技術を基盤に開発した。

(3) 実証実験と改良：上記 1 および 2 の手法

や応用システムの実証実験を行い、開発技術の公開を行うとともに、実験結果の考察に基づいてシステムの改良と洗練化を実施した。

4. 研究成果

前節の研究開発項目に対する主な成果について以下に記述する。

(1) 要素技術の設計と開発

①改良型 IEC の設計と実装

従来の IEC 技術は、膨大な探索空間の中から最適な解を高速に求める方法の確立に焦点が当てられていた。しかしながら、本課題で新たに開発する違和感探索の技術には、多様な解の中から違和感の誘発を起こす境界を見つけ出すという、従来型 IEC とは観点異なる手法の考案が必要である。そこで、人間の免疫機構に基づく改良型 IEC を新たに考案した。図 1 に同手法の処理概要を示す。

人間の免疫システムには、生体内に侵入してくる抗原に対して、抗体を産生してそれらを排除する抗体産生機構と、抗体産生のバランスを調節する自己調節機構とがある。免疫システムは、この 2 つの機構を繰り返し実行しながら人体を未知の抗原から保護する機能を実現している。開発した改良型 IEC は、複合メディアに違和感を与えるデータ値を「抗原」に、システムが自動生成するメディアデータを「抗体」とみなし、利用者の評点を基に多様な違和感の境界データを探索・発見する仕組みを実現した。

本成果は国際会議と国際論文誌で公開し、最適化技術の新規性の観点から高い評価を受けた[雑誌論文⑥]。

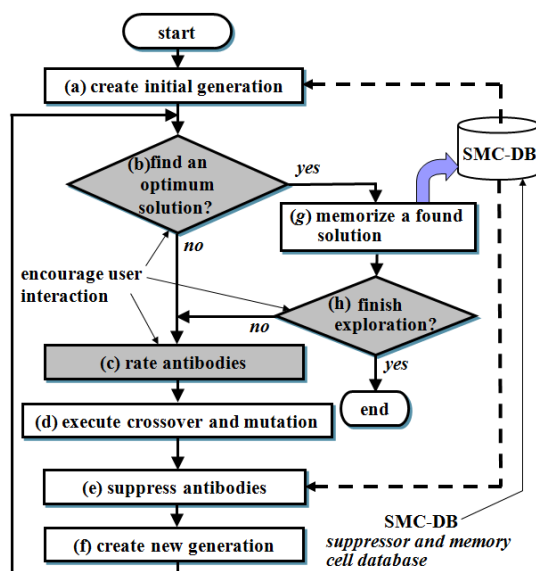


図 1 改良型 IEC の処理概要

②触力覚メディア向け高性能データ共有手法の設計と開発

触力覚装置は、触刺激や反力を高い更新率

で変化させながら、多様な触感（硬軟、重量、表面材質等）を表現するものである。このため、ネットワークを介して遠隔地間で触力覚装置を共有する場合は、データ転送時の遅延やゆらぎによって誘発される触力覚メディアの違和感増大が問題になる。そこで、3次元可視化データをネットワーク上で高効率に共有するために開発された推測航法（dead-reckoning）に基づいて、遅延やゆらぎの影響をデータ予測法で補う、触力覚メディア共有向けの新たな分散データ共有法を設計・実装した。図2に同手法の実装例を示す。これにより、ネットワークを利用した触力覚メディアの高速データ共有を可能にするとともに、改良型 IEC を用いて、違和感のない共有仮想空間の構成法を探索するための要素技術を開発した。

本成果は国際会議と国際論文誌で公開し、触力覚特有の問題点の設定とその解決手段の提供という着眼点の新規性について高い評価を受けた[雑誌論文⑤]。

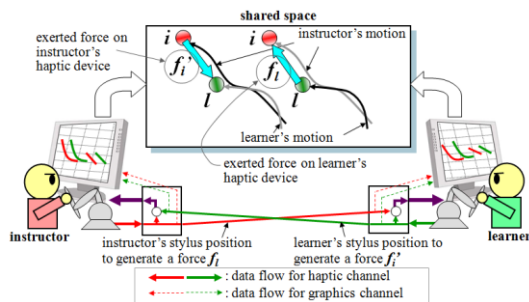


図2 触力覚メディアの分散データ共有法

(2) 応用システムの設計と開発

① 仮想物体の質感デザインシステム

人間の違和感をキーに仮想環境の構築を行う問題について、3次元仮想物体の質感デザインに焦点を当てて応用システムの開発を行った。特に、仮想環境の素材作成では、多様な環境や雰囲気と合致するグラフィックス画像データの生成・編集機能が必要になる。そこで、考案した改良型 IEC を携帯情報端末（携帯電話、PDA 等）でいつでもどこでも利用可能な携帯型 IEC システムを開発した。

図3に同システムの利用者インターフェースを示す。利用者は画面上に複数個提示されるモデルデータに対して自身の尺度で評点を与え、その点数に基づいて改良型 IEC が違和感のないモデルの候補を再生成する。同システムを用いて、設計対象となる場所で仮想物体の形状や質感を調整しながら、その環境や雰囲気と合致するグラフィックスデータを直観的に作成することができる。また、利用者の評点に含める違和感の尺度と生成されるデータの質感の違いについて主観評価実験を行い、開発したシステムの有効性を検証した。実験で作成されたグラフィックスモデ

ルの例を図4に示す。

本成果は国際会議で公開し、携帯向けの新たな応用システムとしての実用性と機能性に対して高い評価を受けた[雑誌論文④]。

② 技能伝習に基づく体感型習字学習支援システム

イメージ情報での記録・伝達が難しい問題として、技能の伝習・教示があげられる。その1つの例として習字学習を題材に応用システムの開発を行った。習字の学習においては、手本文字（イメージ）の観察と模写だけでは上達は難しく、とめ・はね・はらい等の運筆スキルを習得する必要がある。そのためには、教師のスキルを体感しながら学習できるシステムが必要になる。熟練者の微細な運筆を追体験できるような環境の実現には、触力覚メディアの活用が必須となる。そこで、図5に示す触力覚装置を用いた習字学習支援システムを開発した。

同システムでは、触力覚装置の先端部（プローブ）を習字の筆に見立て、これを利用者が把持して、システムが提示する硬い仮想キャンバス面に文字を書く（図6）。毛筆の柔らかさとキャンバスの硬さを1台の触力覚装置で利用者に提示することが可能である。また、教師の運筆動作を記録・再生する機能を実装し、学習者が予め記録されている教師の運筆を触知しながら、触感と視覚の双方で文字の執筆技能の習得ができるようにした。

本成果は国際会議と国際論文誌で公開し、触力覚に基づく技能伝習という新たな応用の可能性について高い評価を受けた[雑誌論文③]。

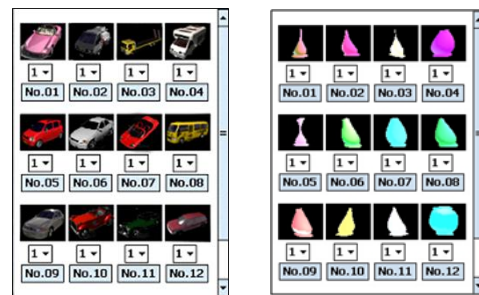


図3 改良型 IEC の携帯情報端末向け利用者インターフェース

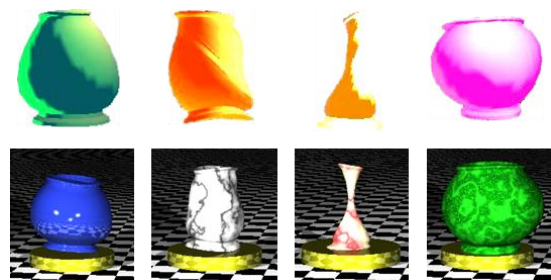


図4 3次元物体の材質感デザイン実験

③触知型メディアに基づく計算機インタフェース

タブレット型ノートパソコンやスマートフォン等、入出力に利用できる多様な対話手段が利用可能になってきた。そこで、従来の視聴覚メディア中心の計算機インタフェースに触力覚メディアを統合化することで、より直観的かつ高効率に利用できる新たな計算機インタフェースの開発を行った。

図7は、市販のゲームコントローラを用いて遠隔から計算機を操作するシステムである。拡大投影された計算機画面を遠隔位置から把持したコントローラや手ぶり動作で操作することができる。このとき、操作の起動確認等は手元のコントローラにフィードバックされる振動刺激をとおして確認できるようにすることで、操作の効率や精度を高めることに成功した。図8は、触力覚装置で操作できる3次元デスクトップ環境である。通常の2次元デスクトップに奥行きをつけて立体的に構成し、触力覚装置で3次元入出力操作を行うことが可能になる。また、ファイルの数や容量などを触感情報で提示することで、視覚確認だけで行う場合よりも高効率な操作環境が提供できることを確認した。

これらのシステムは、上記①および②で研究開発を行ったシステムの評価結果に基づいて、新たな応用システムとして設計・開発したもので、2011年の国際会議に採録され、発表予定である[雑誌論文①、②]。



図5 触力覚装置を用いた体感型習字学習支援システム

鯨 寿 魏

図6 執筆文字の例

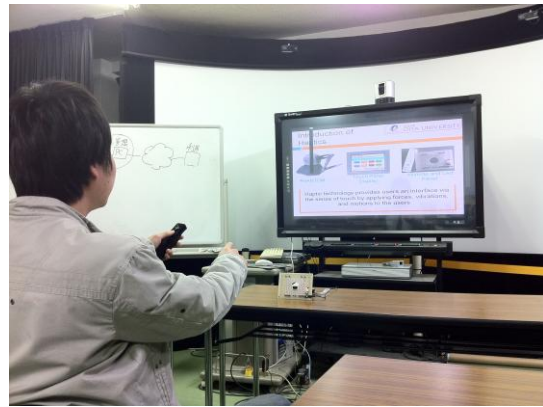


図7 ゲームコントローラを用いた遠隔操作インタフェース



図8 触力覚装置を用いた3次元デスクトップ操作環境

(3) 実証実験と改良

上記(1)および(2)で開発したソフトウェアや応用システムは、大学内のイベントや学外の研究会等で公開実験を行い、随時フィードバックを得ながら改良と機能拡張を継続してきた。図9に実験風景の写真を示す。特に、総括的な実験を行うために参加したSAINT 2010国際会議のデモセッションにおいては、延べ50名を越える国内外の専門家によるシステムの試用と評価を受け、開発したシステムの有効性と課題について実証的に評価・考察を行った[学会発表①]。これらの実験から、視聴覚・触力覚情報を融合する複合メディアに基づく新たな仮想環境の構成法として有効な結果が得られたことを確認した。



図9 評価実験風景

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 45 件)

- ① Yusuke Ouchi, Hiroaki Nishino, Tsuneo Kagawa, and Kouichi Utsumiya: A Tangible 3D Desktop Environment with Force Feedback, Proc. of the 14th International Conference on Network-Based Information Systems, 7 pages, September 2011(発表予定). 査読有
- ② Lin Jiaqing, Hiroaki Nishino, Tsuneo Kagawa, and Kouichi Utsumiya: A Method of Two-Handed Gesture Interactions with Applications Based on Commodity Devices, Proc. of the 5th International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, 6 pages, , June 2011(発表予定). 査読有
- ③ Hiroaki Nishino, Kouta Murayama, Kazuya Shuto, Tsuneo Kagawa, and Kouichi Utsumiya: A Calligraphy Training System Based on Skill Acquisition Through Haptization, Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, Springer, 14 pages, Published online: 22 January 2011. 査読有
- ④ Hiroaki Nishino, Tsuneo Kagawa, and Kouichi Utsumiya: A Mobile Graphics System for Ubiquitous Environment, Proc. of the 12th International Conference on Network-Based Information Systems, pp.83-90, 2009. 査読有
- ⑤ Hiroaki Nishino, Akira Yamaguchi, Tsuneo Kagawa, and Kouichi Utsumiya: A Networked Virtual Environment for Teaching Handwritten Characters through Shared Haptisation, International Journal of Business Intelligence and Data Mining, Vol.4, No.1, pp.38-61, 2009. 査読有
- ⑥ Hiroaki Nishino, Takuya Sueyoshi, Tsuneo Kagawa, and Kouichi Utsumiya: An Interactive 3D Graphics Modeler Based on Simulated Human Immune System, Journal of Multimedia, Vol.3, No.3, pp.51-60, 2008. 査読有

[学会発表] (計 81 件)

- ① Jiaqing Lin, Shogo Sueyasu, Chiyofumi Abe, Tsuneo Kagawa, Hiroaki Nishino, Kouichi Utsumiya: Demonstrations on Graphics Learning System, Haptic Interface, and Sensor Data Visualizer, The 10th Annual International Symposium on Applications and the Internet (SAINT 2010), Demo Presentation at Exhibition, Seoul, Korea,

July 19-23 2010.

- ② 大内勇佑, 西野浩明, 宇津宮孝一, 賀川経夫: 触感提示機能を有する3次元デスクトップ環境の開発, 情報処理学会火の国情報シンポジウム2011, 福岡, 2011年3月8,9日.
- ③ Jiaqing Lin, Hiroaki Nishino, Tsuneo Kagawa, and Kouichi Utsumiya: Free Hand Interface for Controlling Applications Based on Wii Remote IR Sensor, 第63回電気関係学会九州支部連合大会, 福岡, 2010年9月25,26日.
- ④ Masaharu Miyamoto, Hiroaki Nishino, Tsuneo Kagawa, and Kouichi Utsumiya: An Optimization Method of Haptic Stimuli Using Interactive Evolutionary Computation, 第63回電気関係学会九州支部連合大会, 福岡, 2010年9月25,26日.
- ⑤ 木谷仁治, 工藤秀樹, 賀川経夫, 西野浩明, 宇津宮孝一: 生産ライン設計および最適化のための3次元仮想シミュレータ, 情報処理学会火の国情報シンポジウム2010, 宮崎, 2010年3月15,16日.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西野 浩明 (NISHINO HIROAKI)
大分大学・工学部・准教授
研究者番号: 00274738

(2) 研究分担者

宇津宮 孝一 (UTSUMIYA KOUICHI)
大分大学・工学部・教授
研究者番号: 70037878

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