

科学研究費補助金研究成果報告書

平成25年 6月 7日現在

機関番号： 12601
 研究種目： 基盤研究(A)
 研究期間： 2008～2012
 課題番号： 20240012
 研究課題名(和文) デジタル茶室の花鳥風月的な時空間創出技術

研究課題名(英文) Creation and Technologies for a digital teahouse with traditional styles

研究代表者

河口 洋一郎 (KAWAGUCHI YOICHIRO)
 東京大学・大学院情報学環・教授
 研究者番号：50241807

研究成果の概要(和文)：デジタル茶室を創出するため、花鳥風月インタフェースの研究を行った。表面が変形できるディスプレイを作った。また、デジタル茶室に使えるデジタルコンテンツも作成した。花鳥風月インタフェースを検証するには、実装されたデジタル茶室を使って、評価実験を行った。評価実験の結果により、花鳥風月なインタフェースで、視聴体験を向上する効果が明らかにした。これで、バーチャルなCG空間と実物の花鳥風月インタフェースを融合し、先端技術で創出した伝統的な日本庭園のような開放空間の五感向上の効果が明らかにした。これまでの展示、発表などの活動で、研究成果の公開・国民への発信という目標も達成した。

研究成果の概要(英文)： In order to create a digital teahouse, we had conducted research on Japanese traditional Kacho-Fugetu Interface. We also created the prototype of a display whose surface is capable to change its shape. In addition, we created digital contents for the teahouse. Then, we use the digital tea house prototype we created conduct evaluation experiments. According to the experiment result, we found the positive effect of digital teahouse interface for audience. Therefore, the teahouse interface which merged virtual CG space and physical space, creating a traditional open space like a Japanese garden, will arise users' experience. The exhibitions and presentations for this research so far, aimed us to meet the research goal.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
2009年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
2010年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
2011年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
2012年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
総計	38,200,000	11,460,000	49,660,000

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：感性情報学

キーワード：花鳥風月インタフェース、デジタル茶室、開放的なCG空間、変形ディスプレイ、

1. 研究開始当初の背景

我々は実世界を無限の広さを持っているかのように感じる。ところでCAVE等の没入型

ディスプレイを用いて実世界のように無限の広がりを持って知覚・認識される仮想世界を構築・提示する事は、計算機のリソース、

CAVE 自体が有する物理的制約・空間的限定性などにより非常に困難な問題である。これに対し日本の伝統的茶室は四畳半一間の閉鎖空間でありながら、我々の感覚は増幅され、そこに時空間特性の無限性を知覚するに至る。この茶室の特性に着目する事により、表現空間の空間的局所性を解消するために、日本の伝統的茶室に着目し、デジタル茶室を構築する事によりメタなレベルで開放性・無限性知覚の創発を目指す。

ところで、近年の脳科学の成果により、自己の境界が消え去り世界との一体感をリアリティと共に知覚するといった体験が脳の方向定位連合野の過度な抑制に起因し、さらに、方向定位連合野の過度な抑制は注意連合野への大量な情報の入力により起こる事が知られている。これを踏まえ本研究では、人とデジタル茶室の相互作用ダイナミクスに濃密な情報を埋め込むことにより、開放空間知覚の創発のための構成論・方法論の構築を試み、さらに相互作用ダイナミクスへの濃密な情報の埋め込みを花鳥風月インターフェースの構築、CGの実世界実体化により試みる。特に、花鳥風月インターフェースの構築においては濃密な情報の埋め込みのために自然そのものを参考にする。自然においては、光、風、1mmにも満たない小さな昆虫や鳥のように、人に対して鋭敏に応答する要素から、木々や山々や川の流れ、眼下に広がる雄大な海、さらには四季の移ろいに至るまで、雄大な安定性を持って人と相互作用する要素まで、マイクロなレベルからマクロなレベルまで、人と自然の相互作用はシームレスな時空間ダイナミクスとして構成されている。本研究ではこの、ダイナミクスの時空間的連続性に着目し、そのダイナミクスを再現する事を目指す。また、自然には「驚き」、つまりは情報が溢れている事を参考に、相互作用ダイナミクスのうちに人の予測破綻を引き起こすための方法論構築を目指す。

2. 研究の目的

【メタレベルでの開放性知覚の創発】

VR 環境における臨場感とは実世界との本質レベルでの等価性と不可分である。ところで、VR 環境およびその提示装置を実世界と同様に「無限」の広さを持ったものとして定義・構築する事は現実問題として不可能であるため、CAVE等の没入型ディスプレイなどとは全く異なるアプローチが必要となる。この問題を解決するため、前述の通り本研究では「茶室」の持つ特異な性質に着目し、メタレベルにおいて人と空間の相互作用のうちに開放性・無限性を創発させる事を考え、その構成論・方法論の構築を試みる。

【花鳥風月インターフェースの構築】

と『自然』としてのマンマシンインターフェ

ース：花鳥風月インターフェースの構築を目指す。具体的には、人とマシンとの相互作用ダイナミクスの内に、鋭敏性を持ったマイクロレベルから雄大な安定なマクロレベルに至るまでの、シームレスなダイナミクスを構成する事、および、人の予測を裏切る事により新鮮な驚きを人に感じさせる事の出来るシステムを構成する事を目指す。

ところで、古くから、車、飛行機などに見られるように、人と機械は「機能」、つまり、共同作業において相互作用をしてきた。また、近年においては、人と機械が「人と『ペット』として」、また、「人と『人』として」相互作用する事を目指して、AIBO等のペトロボット、アンドロイド等が研究されているが、デジタル茶室はこれらの概念を一步超えて、「人と『自然』として」人と機械が相互作用する事を目指す研究である。

【CGの実世界実体化】

本研究では、目で見て耳で聞き、肌で触れる事が出来るCGコンテンツを用いて濃密な情報提示を行う事によりメタレベルでの開放性知覚の創発を目指す。従来の仮想複合現実に関する研究においては、ハプティックデバイス、ヘッドマウントディスプレイ等のデバイス、立体視めがね等をインターフェースとして、緻密に造りこまれた仮想(複合)空間内に人が没入してゆく事の支援が目指されていた。これに対し、我々は仮想空間がカタチを持って実世界に没入してゆく事を目指し、CGに連動して凹凸状に変形するスクリーンを開発している。本研究では、このスクリーンの基礎技術をデジタル茶室へと応用させる事を試みる。この試みにより、3次元立体視ディスプレイではない、実体型ディスプレイ(3次元立体ディスプレイ)の新しいアプリケーションが提案される事になる。仮想世界の内の任意の3次元物体ないしエージェントを手で触り、肌で感じる事を可能とする実体型ディスプレイは、実世界中を様々な形状へとその身体を変形させつつ動き回るCG、つまり、Embodied Graphics (EG)を実現するための新たな可能性を秘めている。

3. 研究の方法

[デジタル茶室の機構・制御系設計]

150mmの凹凸スパンが可能な屏風状凹凸スクリーンは既に実装が終わっている。本研究では、デジタル茶室における濃密な情報創出のために、茶室状の実体型CG空間を構成する。この際、1m程度のストローク幅での大変形を実現する事を考えた場合、変形運動実現のための機構および動力源の設計が副次的に問題となる。特に、アクチュエーターとして空気圧シリンダ等を用いる事を考えると、コンプレッサーに要求される容量は膨大なものとなる事が予想されるため、本研究で

は空気圧シリンダではなく、直動型のモーター、マトリクス状に配置された風船等も併用して実装してゆく事も視野に入れて設計を行う。また、1m程度のスパンを実現するために、1m程度のストロークを持つロットレスメカシリンダなどの大きなシリンダを低密度に配置して大きな動作を、そして大きなシリンダの先端に小型シリンダおよび風船を高密度に配置する事で小さな動作を実装してゆく。

[花鳥風月インターフェースの設計開発]

本研究では、自然と人との相互作用におけるマイクロレベルでの鋭敏性からマクロレベルでの雄大さまでの時空間的特性を実装してゆく事を目指す。マイクロレベルでの鋭敏性に関しては、人の動作に先行して観察される「予備動作」に着目し、この予備動作を生体信号またはカメラ動画像から抽出・検出し、その予備動作に対応してデジタル茶室を「先取的」に大変形させてゆく。またマクロレベルでの雄大性に関しては、鋭敏なシステムの相互作用により動的安定が形勢されるホメオカオスダイナミクスを参考に、カオスアトラクタを恣意的に設計する事により実現してゆく。なおこの際に、CGコンテンツと時空間ダイナミクスを連動させる事を試みる。

[花鳥風月インターフェースのためのコンテンツ設計および並列計算機構]

四季折々の自然の雄大さを目で見て、耳で聞き、肌で感じるために必要なコンテンツを設計・開発してゆく。具体的には、四季を対象に、デジタル茶室が提示する空間がどの季節にあたるのか、瞬時に人が理解する事が出来るためのコンテンツを設計してゆく。同時に、リアルタイムなCGのレンダリングが可能となるように、GPU等を用いた並列計算環境ないしグリッドコンピューティング環境を構築する。

[システム全体構成]

システム全体としての構成を図3に示す。デジタル茶室はCGの情報に応答して凹凸変形を行い、人はその凹凸変形に従って、「スクリーンに触る」等の動作を行い、その人の動作をセンサで検知して先取的にCGを変化させてゆく事により、相互作用の基本ループを形成する。なお、この相互作用ループに、鋭敏性・雄大性・予測不可能性を取り入れてゆく事により、濃密な情報提示、しいては開放空間知覚の創発を目指す。

4. 研究成果

平成21年度においては、茶室における凹凸運動とCGの茶室表面への投影を両立させる

ための技術として、LEDとシリンダを組み合わせる事によって、表面を凹凸変形させる事が可能なCGディスプレイの試作実装を行った。また、デジタル茶室にふさわしいコンテンツ創造およびデジタル茶室の文化的意義に関する議論の場として、東京都現代美術館にて『日本的電腦空間の創出』～電腦茶室と新伝統CG～(平成22年2月27日)を開催した。

平成22年度と23年度の実績としては、平成21年度に実施した実験的研究を基にして、大きく下記6つを実現した。

1. 3×3×3m程度の空間を埋め尽くす事の出来るLED形式の“ディスプレイ”を実装した。
2. 上述のLEDディスプレイをHOST PCから制御可能な制御機構を実装した。
3. アクチュエーターによってLEDディスプレイの表面変形を実装した。この際、最大変形距離が50cm以上となる事を目指した。まず、直動型のシリンダによる設計・実装を行い、加えて各LEDがシリンダによって結合されるタイプの設計・実装を行った。
4. 大空間をLED形式の”ディスプレイ”によって構成する場合、視認距離・解像度が問題になる。このため、”ディスプレイ”表面にブラー効果を取り入れる事により解決を試みる。なお、「閉鎖空間からの開放性知覚」を起こす事を可能とするために十分であるための構成論構築を実現した。
5. 滑らかかつ幽玄なディスプレイの変形のための、ディスプレイ表面の変形の制御方法を完成した。
6. 花鳥風月実現するための効率的なコンテンツを作成した。

平成24年度と25年度の実績としては、評価実験を行った。その結果は、予想した通り、ポジティブな評価を得たことが分かった。特に、変形ディスプレイの上で超高精細CG映像を投影することで、ユーザーにとって、視覚、聴覚、触覚の併用できるインタラクションが実現し、視聴体験を向上する効果が明らかにした。さらに、花鳥風月インターフェースの一環とした鳥や魚などの形をもつ造形物インターフェースに対して、ユーザーの没入感を高める効果も明らかにした。これで、バーチャルなCG空間と実物の花鳥風月インターフェースを融合し、先端技術で創出した伝統的な日本庭園のような開放空間の五感向上の効果が明らかにした。また、今年度では、花鳥風月インターフェースに関する研究の結果をまとめ、国内と国際の展示や学会で発表された。さらに、展示、学会では、発表しながら、他の研究者の意見を聞き、今後の改善点や応用に対する展開なども考え直した。これまでの展示、発表などの活動で、研究成果の公開・国民への発信という目標も達成した。

五年間の研究では、日本の伝統文化と先端技術の融合とした斬新な試みとして、豊かな成果を取り得た。これから、より多くの応用も期待される。

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 1 件)

T. Toyoizumi, S. Yonekura, A. Kamimura, R. Tadakuma, and Y. Kawaguchi, 1-DOF spherical mobile robot that can generate two motions in Proc. of 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)

[学会発表] (計 36 件)

- ① 河口洋一郎, Impact of the Artistic Robot, 国際ロボットアート学会(招待講演)、韓国/晶原
- ② 河口洋一郎, MimicTile: A Variable Stiffness Deformable User Interface for MobileDevice, CHI2012、アメリカ/テキサス、オースティン
- ③ 河口洋一郎, Keynote Speech、長春国際アニメマンカケームフェア(招待講演)、中国/吉林
- ④ 河口洋一郎, Kawaguchi 25th Anniversary CG Show、SIGGRAPH 2012(招待講演)、アメリカ/ロサンゼルス
- ⑤ 河口洋一郎, JECCO, ACE2012、ネハール/カトマンズ
- ⑥ 河口洋一郎, Emergent Gait Evolution of Quadruped Artificial Life, ACE2012、ネハール/カトマンズ
- ⑦ 河口洋一郎, The Motion of Fluid in Zero Gravity、10th International Conference of Asia Digital Art and Design Association、台湾/台中
- ⑧ Y. Kawaguchi, Self-organized bio-architecture pavilion –possible future for the Expo 2010 Shanghai China, ASIAGRAPH in Shanghai 2010
- ⑨ Y. Kawaguchi, The Art inspired by evolution, International Conference on Science & Arts at GUCAS、
- ⑩ Y. Kawaguchi, Growth and Gemotion: Self-organized Creative Cosmos, ACM SIGGRAPH 2010 Award Talk
- ⑪ Y. Kawaguchi, The 9th International Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry (VRCAI 2010)、
- ⑫ Y.Nakagawa, S.Yonekura and Y.Kawaguchi, Super Thin 3D Form Display for Multimodal User Experiences using Vertically Defor-

mation of Leaf Spring and SMA, International Symposium on VR innovation (ISVRI) 2011

- ⑬ Y. Kawaguchi, Gemotional Art Space, JST Exhibition
- ⑭ 河口洋一郎, Stone Growth, ふれる、感じる伝統的工芸品展
- ⑮ Y. Kawaguchi, Gemotional Art Space, The 3rd ACM SIGGRAPH Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques in Asia (SIGGRAPH Asia 2010)、
- ⑯ Y. Kawaguchi, Gemotional Bio-Machines, ASIAGRAPH in Tokyo 2010
- ⑰ M. Emoto, A. Ueda, and Y. Kawaguchi, The psychological effects of high resolution computer graphic artwork, ASIAGRAPH in Tokyo 2010
- ⑱ H. Sato and Y. Kawaguchi, The melting phenomenon of an object with a complex geometry –the melting using the shell model–, ASIAGRAPH in Tokyo 2010
- ⑲ T. Ishii and Y. Kawaguchi, Development of visual simulator of robots with hair flow sensors, ASIAGRAPH in Tokyo 2010
- ⑳ Y. Nakagawa, S. Yonekura, and Y. Kawaguchi, Super thin 3D form display using leaf spring and SMA for multimodal user experiences, ASIAGRAPH in Tokyo 2010
- ㉑ S. Goto and Y. Kawaguchi, Heat shimmering simulation by lattice Boltzmann method, ASIAGRAPH in Tokyo 2010
- ㉒ K. Nagasawa and Y. Kawaguchi, Animation of balloons with mesh refinement, ASIAGRAPH in Tokyo 2010、
- ㉓ K. Yorozu, Y. Hirayama, and Y. Kawaguchi, Development of expressive tentacle devices, –tentacles with flexible behaviors by utilizing mechanical characteristics, ASIAGRAPH in Tokyo 2010
- ㉔ T. Toyoizumi and Y. Kawaguchi, Development of the simplest spherical robot of rich 2D mobility, ASIAGRAPH in Shanghai 2010
- ㉕ Y. Kawaguchi, Creation of Artistic Gemotional Creatures, JST Workshop
- ㉖ K. Nagasawa and Y. Kawaguchi, Swimming simulation of ammonite by fluid-rigid coupling, ASIAGRAPH in Shanghai 2010
- ㉗ Y. Kawaguchi, 8K Ultra High Definition TV for Art, The 1st Brazil Japan Symposium on Advances in Digital Television
- ㉘ Y. Kawaguchi, The Artistic & Scientific World in 8K Ultra High Definition TV, The 17th International Display Workshops
- ㉙ Y. Kawaguchi, Animation for Bio Machining Art, The 5th International Conference o

n E-learning and Game (Edutainment 2010)

- ③⑩ Y. Kawaguchi, Pioneering the Cosmos in the Art and Science, China National Center for Developing Animation, Cartoon & Game Industry (NCACG)、
- ③⑪ Y. Kawaguchi、From spiral to space; self-organized monument using Growth model for EXPO、ASIAGRAPH in Tokyo 2010
- ③⑫ Y. Kawaguchi、Self-organized bio-architecture pavilion –possible future for the Expo 2010 Shanghai China、
- ③⑬ 河口洋一郎、情感的生命機械体芸術、札幌市立大学大学院デザイン研究科開設記念講演会
- ③⑭ 河口洋一郎、ジェモーショナルバイオマシナート、CGアートコンテスト「COSMOS' 10」
- ③⑮ 河口洋一郎、表現と科学のコラボレーション、長崎水辺の映像祭
- ③⑯ 河口洋一郎、表現と科学の宇宙、富山芸術環状線-ART GO ROUND-

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河口 洋一郎 (KAWAGUCHI YOICHIRO)

東京大学・大学院情報学環・教授

研究者番号：50241807

(2) 研究分担者

堀 聖司 (HORI SEIJI)
東京大学・大学院情報学環・特任助教
研究者番号：40396859

米倉 将吾 (YONEKURA SHOUGO)
東京大学・大学院情報学環・助教
研究者番号：60456192

米 海鹏 (MI HAIPENG)
東京大学・大学院情報学環・助教
研究者番号：20633027

(3) 連携研究者

神村 明哉 (KAMIMURA AKIYA)
独立行政法人産業技術総合研究所・情報通信
エレクトロニクス分野研究企画室・企画主
研究者番号：70356822