

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成30年 5月30日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2017

課題番号：26540098

研究課題名(和文)生き物のように反応する自律的健康増幅デザインシステムの創出

研究課題名(英文) Design System with Life-like Interactions for Supporting Self Health-care

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、体感型インタラクティブデザインの持つ情感的に反応する映像表現が体験者の参加の意欲を喚起するという特長を生かし、体験者の身体情報の計測データを投影して情感的に反応するCGを提示することで体験者へ健康状態の計測と身体運動へのモチベーションを与え、健康バロメータと健康増進の2つの目的を果たすような映像空間システムの開発を行うもので、1) 総合的生体センシングと推定された健康状態のモデルへの投影、2) 生物の持つ複雑なマイクロ表面構造に起因する構造色のシミュレーション技術の開発、3) 高速かつ大規模なモデル計算およびレンダリング手法の構築、を実施した。

研究成果の概要(英文)：In this research a new design system had been proposed both for measurement of the health condition and for enhancing motivation to the physical exercise, by displaying the emotionally responsive CGI projecting the measurement data of the body information of participants, taking advantage of the feature that the emotionally responsive visual expression of interactive design evokes motivation for participation. In particular, we developed new methods for 1) projecting parameters via bio-sensing and presumed health state to graphic models, 2) simulating and rendering structural colors caused by complex and semi-periodic microscopic surface structures of living organisms, and 3) rendering large scale model in high speed.

研究分野：メディアアート

キーワード：自律的健康増幅デザインシステム 生命・自然現象の数理モデルに基づくCG表現 自己組織化モデル シミュレーションCG インタラクティブCG メディアアート

1. 研究開始当初の背景

(1) 高齢化社会において、個人の健康管理と健康増進への関心が高まっている。そのような状況で注目されているのが「自律的健康管理」という考え方である。自律的健康管理とは、インフォームドコンセントの倫理観に基づき個人が主体となって自らの価値観や規範に基づいて健康管理を行っていくものである。従来の健康管理・増進手法では「専門家の指導に従わない」あるいは「問題点を理解しているが保健行動を継続できない」といった問題が少なくなく、問題を長期間抱え続けた結果、大きな疾病に至るケースがしばしばあった。自律的健康管理は、その答えの一つとなる新たな手法として期待されている。

(2) 自律的健康管理の一環として、近年のセンサ技術の発達により、煩雑な装置を用いることなく、個人で様々な身体情報の計測を行い、健康状態を推定することも可能となった。しかし、被験者にとっては、計測された数値の変化を提示されるのみでは、自身の健康状態を反映している実感が得られにくく、またそのために、数値を改善させよう、あるいは測定を継続して行おうという健康増進へのモチベーションが得られにくい、という問題があった。

(3) 他方、コンピュータグラフィクス(CG)と自己組織型ロボットを用いた体感型インタラクティブデザインは、体験者の位置、動き、声などの身体情報をセンサから取得し、得られたデータをパラメータとして、生物的CGを生成し提示するシステムから成る。その特長は、情感的に反応する映像表現が体験者の参加の意欲を大きく喚起することである。

2. 研究の目的

上記の背景から、本研究では体感型インタラクティブデザインの持つ「情感的に反応する映像表現が体験者の参加の意欲を喚起する」という特長を生かし、体験者の身体情報の計測データを投影して情感的に反応するCGを提示することで、体験者へ健康状態の計測と身体運動へのモチベーションを与え、健康バロメータと健康増進の2つの目的を果たすような、映像空間システムの開発を行った。

3. 研究の方法

本研究では、体験者の健康状態と身体運動を投影する自然現象に基づく数理モデルとして、グロースモデル[1]を採り上げた。体験者へ健康状態をモデルに反映させるために、以下の軸から基礎研究を進めた。

(1) 総合的生体センシングと推定された健康状態のモデルへの投影
体験者への負担を減らす目的において、セン

サはRGBカメラ、赤外線センサ、ウェアラブルセンサ等低侵襲型のものを用い、それらを組み合わせた総合的生体センシングシステムを構築した。

(2) 生物の持つ複雑なマイクロ表面構造に起因する構造色のシミュレーション技術の開発

グロースモデルの表面特性に生物発想の構造色を与えるためのシミュレーションシステムを構築した。映像空間システムへの実装においては、単に既存の生物の反射特性を再現するだけでなく、センサから得られた身体情報を基に推定された健康状態を反映して情感的に変化する微細構造とそれに起因して変化する構造色の生成手法を考案した。

(3) 高速かつ大規模なモデル計算およびレンダリング手法の構築

より複雑で多様な形状を生成するために、モデルの大規模化と、それを実用レベルで可能にする演算の高速化が不可欠である。そのために、GPGPUに代表されるSIMD演算によってモデル演算を高速化する手法について研究した。

そして上記基礎研究で得られた知見を組み合わせた映像空間システムを構築し、検証・フィードバックを通し、手法の結晶化を図った。

4. 研究成果

(1) 心拍センサおよび姿勢センサから得られた情報を、生命現象の数理モデルにパラメータとして入力することで、体験者の身体情報を生物的印象を持つCGにリアルタイムに投影する映像空間システムのプロトタイプを開発し、展示実験を行った。(図1図2)生命現象に基づく数理モデルとしてグロースモデルによる形状と、ウリクラゲの持つ構造色による色彩を導入した。得られたCG映像は体験者の動きと脈拍に生命らしい反応を示し、身体情報を反映する映像システムとしての良い展望が得られた。本研究の成果は第19回日本バーチャルリアリティ学会大会において学術奨励賞を授賞した。

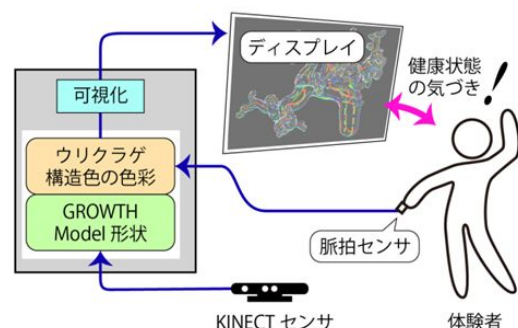


図1 研究成果(1)で開発された映像システムの模式図

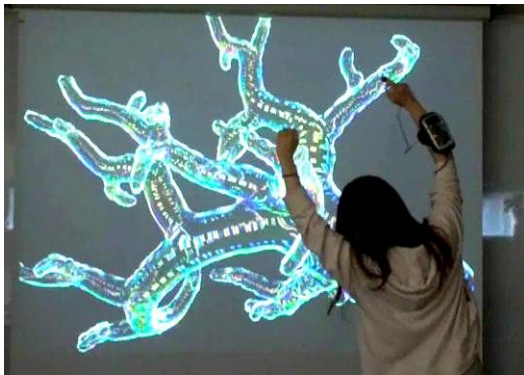


図2 映像システムの展示風景

(2) 複雑なマイクロ表面構造に起因する構造色を有する生物の代表としてウリクラゲ (Beroë cucumis) を取り上げ、その体側に生じる構造色のパターンをモデル化し、可視化する手法を考案した。ウリクラゲは体側に放射状に虹色に光る「櫛板列」という筋が8列あることが特徴で、遊泳に従い虹色のパターンがネオンサインのように波打ち、他の生物種には見られないダイナミックな色彩の変化を呈する。Welchらの観測[2]によると櫛板表面には他の組織より屈折率のわずかに高い円柱状の組織が規則的に配列しており、これが特定の波長のみを選択的に反射するフォトニック結晶の構造を取っている。本研究ではWelchらの提案したモデルに基づき可視光の範囲で反射強度を積算することで任意の反射角・格子定数に対する反射色を計算した。得られた反射色テクスチャ(図3)をモデルに適用するにあたっては、光学パラメータの局所的なゆらぎと遊泳に合わせた櫛板の角度の周期変化を考慮した。(1)において脈拍センサから取得した値を櫛板列の見えのパラメータに対応させ、脈動に対応して虹色の波打つパターンが生じるようにし、システムに取り入れた。

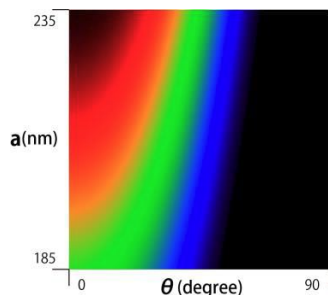


図3 ウリクラゲ構造色の反射色テクスチャ

(3) 研究に先立ち構造色の可視化分野に関する俯瞰的な論文調査を行った。2012年～2014年に主要CG学会にて発表された「構造色CGに関する論文」から、引用を辿る手法で、1981年～2014年で106本の論文、記事を収集し、その傾向を調査した。

CG分野において構造色に取り組む研究者は少なく、1人の貢献によってかなり数字が

左右されるものの、

- 論文発表数は90年代後半～00年代前半にピークがある。(被引用の多い論文が1999年に2本発表されたのと、2000年中盤からの、並列計算による高速化ブームのため)
 - 散乱、特に天空光の可視化を扱う論文が多い。
 - 生物の持つ複雑な構造色は2000年以降から散見されるものの、未だ手つかずの領域が多くある。
- 等の知見を得た。

(4) グロースモデルをメタボール(等値曲面)によって描画することで、モデルに柔らかい生物的な印象を持たせた。メタボールを用いたグロースモデルのリアルタイム描画の手法の概要は以下の通りである。空間を格子状に分割する。各格子点についてグロースモデルの全ての枝から分布する形状場を積算していく。Marching Cubes法によって等値曲面を生成する。それらの計算にGPGPUに代表されるSIMD演算を用いることで処理の高速化を図った。

(5) 従来のグロースモデル以外の生物的な挙動として、新たに分枝が無限に増殖していく造形モデルを考案し、体験者のシルエットに追従して増殖する螺旋形状を提示するようなプロトタイプを開発した。

(6) 粒子法による流体シミュレーションを用いて体験者の動きに合わせ流体が発生、渦巻き、破裂するような映像空間システムを構築した。

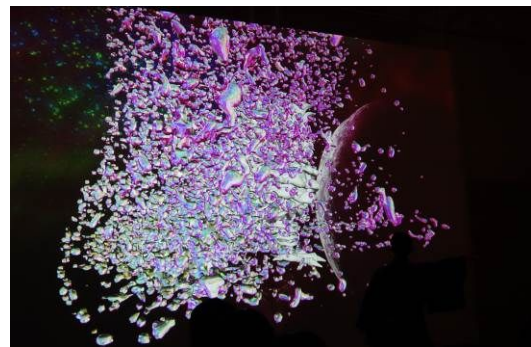


図4 体験者の身体情報に反応する流体を用いた映像空間システムの展示風景

(7) 電話番号など、個人にユニークな情報を利用して体験者毎にユニークな自己組織の形状(アバター)を生成する映像空間システムを開発し、アートイベントで展示実験を行った。

(8) 時系列情報を含む大規模データを3次元空間上で可視化する新たな手法を構築した。本手法は、特に集団の長期的身体情報データを可視化する上で、俯瞰的傾向の把握と、部分的な特徴の抽出の両方を動的に行うこと

が可能で、自律的健康管理システムへの応用が期待できる。

(9) システムに生物発想のロボットを導入する基礎研究として、シャコの攻撃時の前肢のメカニズムや節足昆虫の把握動作を模倣したデバイスを開発し、評価を行った。

(10) 生物的なパターンの生成手法として、反応拡散モデルによるテクスチャの自動生成手法を新たに構築した。

<引用文献>

Kawaguchi, Y., 1982. A morphological study of the form of nature. SIGGRAPH '82 Proceedings. 223-232. ACM

V. Welch et al.: Optical properties of the iridescent organ of the comb-jellyfish *Beroë cucumis* (Ctenophora). In PHYSICAL REVIEW E 73, 041916, 2006.

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)

[学会発表](計 9 件)

MUTO, M. and KAWAGUCHI, Y., "Interactive Texture Synthesis System by Reaction-Diffusion Systems", Proceedings of ASIAGRAPH 2016, In USB Memory (2016) 査読有

IWASAWA, S. and KAWAGUCHI, Y., "The "Propagative" GROWTH Model with Life-like Behaviors", Proceedings of ASIAGRAPH 2015, pp.70-73 (2015) 査読有

FUKUSHIMA, A. and KAWAGUCHI, Y., "Interactive Device Inspired by Strike Mechanism of Mantis Shrimp", Proceedings of ASIAGRAPH 2015, In USB Memory (2015) 査読有

BANDO, T. and KAWAGUCHI, Y., "Interactive Fluid Simulation Featuring Collision with Complex Solid Model", Proceedings of ASIAGRAPH 2015, In USB Memory (2015) 査読有

MAEDA, T. and KAWAGUCHI, Y., "Weeping Tree: Beyond all time-series data visualization", Proceedings of ASIAGRAPH 2015, In USB Memory (2015) 査読有

FUKUSHIMA, A. and KAWAGUCHI, Y., "Insect Leg inspired Friction Attachment for Miniature Quadcopter", International ACM Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE 2015) Creative Showcase (2015) 査読有

IWASAWA, S. and KAWAGUCHI, Y.,

"Generating the GROWTH Model Geometry Based on the Human Posture", Proc. of ICGG2014 (16th International Conference on Geometry and Graphics), pp.467-474 (2014) 査読有

岩澤駿, 福嶋昭彦, 河口洋一郎「自律的健康増幅のための、生き物のように反応する映像システム」第19回日本バーチャルリアリティ学会大会予稿集 pp.590-593 (2014) 査読有

IWASAWA, S. and KAWAGUCHI, Y., "Visualization and Application of Structural Colors of the Comb Jelly (*Beroë Cucumis*)", the 12th annual conference of Asia Digital Art and Design Association, paper#132 (in USB memory), (2014) 査読有

[その他]

河口洋一郎, 招待講演「シミュレーションとインタラクティブアート」, 精華大学特別講演会 (2018)

河口洋一郎, 招待講演「ネイチャーテクノロジーと生命知のアート」, NSMB Green University 特別講演会 (2018)

河口洋一郎, 招待講演「ネイチャーテクノロジーによる生命知のアート」, ハワイ大学特別講演会 (2017)

河口洋一郎, 招待講演「シミュレーションとインタラクティブアート」, 台南応用科技大特別講演会(2017)

河口洋一郎, 8K シアター講演「アートのための生命知」, Ars Electronica Festival 2017 (2017)

河口洋一郎, 招待講演「アートのための生命知」, パリ大学特別講演会 (2017)

河口洋一郎, 招待講演「シミュレーションとインタラクティブアート」, 四川美术学院 特別講演会(2017)

河口洋一郎, 招待講演「シミュレーションとインタラクティブアート」, 広州美术学院 特別講演会(2017)

河口洋一郎, 招待講演「ネイチャーテクノロジーによる生命知のアート」, ASIAGRAPH 2017 International Conference in Kaohsiung (2017)

KAWAGUCHI, Y., IWASAWA, S., BANDO, T., and MUTO, M., CG パフォーマンス "Gemotion Dance with KAGURA", ACM SIGGRAPH 2015 Birds of a Feathers (2015)

岩澤駿, 招待講演「構造色 CG の概観と応用事例」第15回構造色シンポジウム, 構造色研究会(2014)

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

岩澤 駿 (IWASAWA, Shun)

東京大学・大学院情報学環・助教

研究者番号： 30733480

(平成28年度まで研究分担者)