

「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」研究領域 領域活動・評価報告書

—平成20年度終了研究課題—

研究総括 原島 博

1. 研究領域の概要

本研究領域は、情報科学技術の発展により急速な進歩を遂げたメディア芸術という新しい文化に係る作品の制作を支える先進的・革新的な表現手法、これを実現するための新しい基盤技術を創出する研究を対象とします。

具体的には、コンピュータ等の電子技術を駆使した映画、アニメーション、ゲームソフト、さらにはその基礎となるCGアート、ネットワークアート作品等の高品質化(多次元化も含む)を目的とした映像や画像の入力・処理・編集・表示技術、インターフェイス技術、ネットワーク技術等に関する研究を行います。視覚や聴覚以外の感覚の表現をも可能とする人工現実感技術、現実空間と人工空間を重畳させる複合現実感技術等も含まれます。また、デジタルメディアとしての特徴を生かした斬新な表現手法の研究、快適性や安全性の観点から人間の感性を踏まえた表現手法の研究、物語性に優れた作品の制作を可能にする高度なコンテンツ制作手法の研究、誰もが自由にデジタルメディア作品の制作を効率的に行うことが出来るソフトウェア・ハードウェアに関する研究なども対象とします。

2. 研究課題・研究者名

別紙一覧表参照

3. 選考方針

選考の基本的な考えは下記の通り。

- 1) 選考は「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」領域に設けた領域アドバイザー10名の協力を得て研究総括が行う。
- 2) 選考方法は、書類選考、面接選考及び総合選考とする。
 - ・書類選考において1提案につき3名の選考委員に査読評価依頼する。
 - ・選考委員の所属機関と応募者の所属機関が異なるよう配慮する。
 - ・面接選考では可能な限り多くの研究提案を直接聴取し、質疑応答する。
- 3) デジタルメディア作品の制作そのものでなく、制作に役立つ科学技術の研究開発を対象にした。但し、成果が技術開発を行う研究者の自己満足的な論文発表にだけにならないように、できるだけ制作者側との協働・協力・情報交換に努めるように。一方では、制作現場の一過性の要求に応える技術ではなく、将来におけるメディア芸術作品の高度化に資する先進的かつ革新的な科学技術であることに留意した。

4. 選考の経緯

一応募課題につき領域アドバイザー3名が書類審査し、書類選考会議において面接選考の対象者を選考した。続いて、面接選考および総合選考により、採用候補者を選定した。

選考	書類選考	面接選考	採用者
対象者数	49名	12名	5名

注)採択は5名であるが、一期の研究期間延長の1名を加え今回の修了者は6名である。

5. 研究実施期間

平成17年10月～平成21年3月

6. 領域の活動状況

領域会議:5回

その他:研究計画検討会、終了報告会、展示会(予感研究所)の開催

研究総括(または技術参事)の研究実施場所訪問:研究開始時に研究総括が領域事務所会議室にて研究計画説明会を開催し、その後技術参事が各研究者の研究実施場所を訪問し、研究環境等を確認した。その後の移動のあった場合や適時訪問を行った。また当領域は展示も1つの研究発表の場として位置付けており、予感研究

所(日本科学未来館)、先端技術ショーケース(文化庁メディア芸術祭協賛展)を開催した。

7. 評価の手続き

研究総括が各研究者からの報告書および自己評価を基に、アドバイザーの協力を得て行った。また、研究終了時に当領域の主催するシンポジウムなどでの意見を参考とした。

(評価の流れ)

平成 20 年 11 月	当領域の領域シンポジウム(CREST合同)を開催
平成 21 年 3 月	研究期間終了
平成 21 年 3 月	研究報告書及び研究課題別評価提出
平成 21 年 3 月	研究総括による評価

8. 評価項目

- (1) 外部発表(論文、作品展示、特許出願等)、研究を通して得られた新しい知見などの研究成果
- (2) 得られた研究成果の科学技術への貢献

9. 研究結果

平成 17 年度からは、技術の研究のみならずその開発成果を自ら作品制作することのできる研究者が多く参画した。そして、全天周から極小映像までを扱う映像表示、感性リアルさを目指したCG表現、アーティストが使える色彩処理ツール、触・力覚を利用した新しい表現技術、視触覚感覚のディスプレイという幅広い分野を研究対象とし、本領域の趣旨に合致した課題に取り組んだ。

本領域は、個人型研究さきがけ、チーム型研究CRESTからなるハイブリッド領域であり、領域運営においてもそれぞれの研究趣旨を活かしつつ、ハイブリッド領域の良さが発揮できるように推進した。例えば、領域シンポジウム、予感研究所は、さきがけ・CRESTの共同開催とした。共同開催したことで、双方の研究者の意見交換が活発に行われ、またその成果は、より多くの一般の人達に見てもらうことができた。そうした活動のなかで得られた様々な意見や評価は、研究推進にも大いに役立った。

本研究期間を通じての各研究者の研究結果は以下のとおりである。

佐藤研究者の研究は、現実世界の写実性を画像として表現するための要素とは何かという課題設定を行い、これに正面から取り組んだ。CG(コンピュータグラフィック)の分野では、実在物の色艶や質感をモデル化することが求められ、研究が進められている。今回の研究では、これまで経験的に行なわれていた観測画像の取得を、双方向反射関数の周波数特性と球面調和関数のサンプリング定理に基づき、理論的に何枚画像を準備すればよいかを明らかにした。これら一連の研究により、屋内外の複雑な光源環境下でも、特異な反射特性をもつ物体(あわびのような貝殻模様)でもモデル化することが可能になった。

串山研究者の研究は、直接人が触れることによりインタラクションを生じる視触覚感覚ディスプレイ技術を開発し、その技術を使って作品を制作する研究である。具体的には、ペルチェ素子を用い冷温感を見学者の手の動きにあわせ画像とともに提示する「thermoesthesia」、直径 1.2 mmの小さな鋼球を砂状に敷きつめ電磁石で制御することにより硬柔感を提示する「Magnetospheres」他を制作した。開発に当たっては、基礎技術ばかりではなく触感にあわせたシミュレーション画像の技術開発を行った。作品は SIGGRAPH、ArsElectronica などの世界的な展示会において高い評価を得た。

後安研究者の研究は、CG における人のリアリティのある動きを、平田オリザ氏の演劇における「リアルに見せる技術」から解明しようとしたユニークな研究である。このため、劇団の稽古場に参画し、平田オリザの指示や俳優のセリフを3台のビデオ映像に同時記録した。そして、俳優のセリフでは、しゃべり出しのタイミングパターンの再帰定量分析を行った。その結果、演技が熟達するにつれ、再帰率は高まる(安定した状態になる)と思われていたものが、実際には再帰率はかえって低下(28%⇒25%(試行数 90 回)した。熟達するにつれランダムな行為を意図的に生み出し、劇でのリアリティを生み出していることがわかった。

橋本研究者の研究は、全天周と極小領域という2つの異なる視点からの、環境を捉える映像の研究である。具体的には、Panorama Ball VissionとZooMuSee 他を制作した。Panorama Ball Vission は、広角レンズの主点を軸とし 360 度回転するカメラ(入力)部と、1920 個のLEDを 6 本のアレーに配置し 500rpm で回転する球体ディスプレイ(出力)部からなる装置である。この開発により、万博などのビッグイベントでしか見ることの出来なかった全天周映像が、身近で容易に見られるようになった。また、ZooMuSee は、昆虫の等身大の映像データをPCやネット上で操作ができるように技術開発をしデータベース化を行なった。これらのコンテンツは見る人に自然への関心を喚起させるもので、多くの科学館・美術館で展示され、技術による新たな知覚世界が広がった。

武藤研究者の研究は、メディア芸術の重要な要素である色彩を、芸術的観点と技術的観点から結びつけ、直感的でインタラクティブに制御できる色彩造形手法の構築を目指した。人間の視覚がもつ色相環の心理量とディスプレイやLED等のデバイスのもつRGBの物理量との差異に着目し、視覚的な整合性を保ちつつ物理的に計算制御できるカラーモデルを作りあげた。そして、色彩のもつ空間的・時間的な側面と照明・建築などの実体と結びつけ「Optical Trajectory」「Optical Tone」等の作品を制作し、新たな視覚と環境のインタラクションを創成した。これらの成果は、芸術分野のみならず、デザイン分野にも新たな影響を及ぼすもので、世界的なインテリアデザインの見本市であるミラノサローネに採択されたことは、産業・社会に対する具体的な貢献が今後期待される。

渡邊研究者の研究は、視聴覚に加えて触・力覚を効果的に芸術表現に利用するための基盤技術の開発を目指した。研究は、触・力覚の基本的な知覚特性を調べる基礎研究とその知覚特性を新たなインタフェース技術等へ適用する応用技術の開発が行われた。今回開発された触・力覚の提示装置は、指先の爪側から振動刺激を与え、指の腹側に凹凸感を提示するものである。これを利用し制作した「Touch the Invisibles」は、文化庁メディア芸術祭アート部門優秀賞を受賞した。その他数多くの開発を行い、基礎研究については学会発表で、また応用研究では作品発表を積極的に行ったことは多いに評価される。

10. 評価者

研究総括 原島 博 東京大学大学院情報学環・学際情報学府 教授

領域アドバイザー氏名(五十音順)

秋山 雅和	日本大学大学院法学研究科 客員教授
井口 征士	宝塚造形芸術大学メディア・コンテンツ学部 教授
加藤 和彦	筑波大学大学院システム情報工学研究科 教授
陣内 利博	武蔵野美術大学造形学部視覚伝達デザイン学科 教授
館 暲	東京大学大学院情報理工学系研究科 教授
為ヶ谷 秀一	女子美術大学大学院美術研究科 教授
土井 美和子	(株)東芝 研究開発センター 首席技監
中津 良平*	シンガポール国立大学工学部 教授
馬場 哲治*	前(株)バンダイナムコゲームス 研究部長
松原 健二	(株)コーエー 代表取締役執行役員社長COO

*平成17年6月より参画

(参考)

(1)外部発表件数

	国内	国際	計
論文	20	21	41
展示	45	22	67
口頭	37	37	74
その他	3	5	8
合計	105	85	190

※平成21年3月現在

(2)特許出願件数

国内	国際	計
9	3	12

(3)受賞等

・佐藤いまり

画像の認識・理解シンポジウム MIRU2005 優秀論文賞(H17.7)

平成21年度科学技術分野 文部科学大臣表彰 若手科学者賞(H21.4)

画像の認識・理解シンポジウム MIRU2006 優秀論文賞(H18.7)

電子情報通信学会 平成19年度論文賞 (H20.5)

・串山久美子

「Best Poster Session Presenter」the 2007 Japan–America Frontiers of Engineering Symposium(H19)
Art Gallery Grand Prix Award , Asia Society of Art Science 2008(H20.6)

・橋本典久

芸術文化学会芸術賞(2006 年)

・武藤努

Honorary Mention PRIX ARS ELECTRONICA 2008 : INTERACTIVE ART(H20)

・渡邊淳司

第 12 回文化庁メディア芸術祭 アート部門 優秀賞(Touch the Invisibles) (H21.2)

第 11 回文化庁メディア芸術祭 アート部門 審査委員会推薦作品賞(Slot Machine Drawing) (H20.2)

第 10 回文化庁メディア芸術祭 アート部門 審査委員会推薦作品賞(Save Yourself !!!) (H19.2)

インタラクシオン 2008 インタラクティブ発表賞(腹部を通過する仮現運動を利用した貫通感覚提示)(H20.3)

(4) 招待講演

国内 14 件

国際 1 件

別紙

「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」領域 研究課題名および研究者氏名

研究者氏名 (参加形態)	研究課題名 (研究実施場所)	現職 (応募時所属)	研究費 (百万円)
佐藤いまり (兼任)	「感性リアル」表現の制作支援を目的としたCG技術の開発 (国立情報学研究所)	国立情報学研究所 コンテンツ科学研究系 准教授 (東京大学大学院学際情報学部 学生)	22
串山久美子 (兼任)	感触表現の制作支援を目的とした視触覚感覚ディスプレイ技術の開発 (首都大学東京)	首都大学東京 システムデザイン学部 教授 (東京農工大学大学院 特任教授)	32
後安 美紀 (専任)	「意図的なランダムな行為」の創出方法の解明 (株)国際電気通信基礎技術研究所	独)科学技術振興機構 さきがけ研究者 (株)国際電気通信基礎技術研究所 研究員	41
橋本典久 (専任)	全天周と極小領域映像を扱うための入出力機器の研究開発 (武蔵野美術大学)	独)科学技術振興機構 さきがけ研究者 (筑波大学人間総合等研究教育支援室 技術職員)	48
武藤努 (兼任)	人間の知覚に基づいた色彩の動的制御システムの構築 (財)国際メディア研究財団	(財)国際メディア研究財団 研究員 (同上)	36
渡邊淳司 (専任)	触・力覚の知覚特性を利用した新たな芸術表現の基盤研究 (NTT コミュニケーション科学基礎研究所)	独)科学技術振興機構 さきがけ研究者 (東京大学大学院情報理工学系研究科 日本学術振興会 特別研究員)	38

研究課題別評価書

1. 研究課題名

「感性リアル」表現の制作支援を目的としたCG技術の開発

2. 氏名

佐藤いまり

3. 研究のねらい

コンピュータグラフィックス(CG)により現実感の高い映像コンテンツを生成するためには、その入力としてシーンの物体(形状や反射特性)に関する精密なモデルを必要とする。実在物体の持つような複雑な質感の生成を追求すればするほど、生成対象の物体に関するモデルを準備するのが難しいという問題が存在する。本研究では、実世界の観察に基づき、実在物体の持つ複雑な質感や形状をモデル化し写実的な画像生成を実現する技術を開発する。さらに人間の視覚特性を考慮することにより、人間の感性を刺激して現実感を感じさせるような感性的なリアリティを実現する画像加工技術の開発を行う。

4. 研究成果

コンピュータグラフィックス(CG)の研究分野では、現実感の高い画像生成をその中心的な課題として、様々な描画アルゴリズムやハードウェアが開発されてきた。さらには、物体の持つ微妙な質感が表現できる反射モデル式も提案され、複雑な反射特性や形状を持つ物体を反射モデル式に基づき高速に描画するといったことが可能となってきている。

CGにより現実感の高い映像コンテンツを生成するためには、その入力としてシーンの物体(形状や反射特性)に関する精密なモデルを必要とする。レンダリング技術の急速な発展の一方で、実物体の持つような複雑な質感の生成を追求すればするほど、物体の形状モデルや反射パラメータを設定するのが難しいということが問題となってきている。

画像生成に用いる物体のモデルをどのようにして設定すればよいかという問題に対して、本研究では、実在シーンの観測に基づき実在物体のモデルを自動構築する技術を開発する。具体的には、照明変動に伴い物体表面の各点において観察される輝度変化に基づき実在物体の反射特性(色艶、質感)や形状をモデル化する手法の開発を進めた。さらに、人間の視覚特性を考慮することにより、効果的な画像提示方法についても研究を進めた。

1) 質感のモデル化

実在物体の見え(色艶や質感など)のモデル化に際し、対象物体を観察するための照射方向(物体を照らす光源の方向)は、経験的に決められることが多く、どのような光源のもとで撮影された何枚の観察画像を準備すれば対象物体の反射特性が正しくモデル化できるのかという点は、これまで十分に検討されてこなかった。本研究では、物体の反射特性を表す双方向反射関数の周波数特性と球面調和関数のサンプリング定理にもとづき、どれだけの方向にどのような光源を配置しながら画像を撮影すれば、その物体の見えの変動を表現するのに十分であるかという点を明らかにしている。

提案手法を用いて実在物体の見えを効率良くモデル化し、屋内外の複雑な光源環境下におけるその物体の見えを生成した結果を図1に示す。ここでは、Debevecらにより提供されているLight Probeによる実光源環境計測を画像に用いた(図1上段:球面に広がる光源環境を画像として表示)。屋内外の複雑な光源環境の変化に応じて、現実感の高い物体の見えが生成されている様子が良く分かる。

サンプリング理論に基づく解析を通し、対象物体の見えをモデル化するために必要な照射方向(物体を照らす光源の方向)が物体表面の反射特性の周波数帯域(何次元までの高周波数成分を持つかを示す)に応じて増減することが分かった。しかしながら、撮像装置の制約などから十分な枚数の入力画像を準備できない場合や対象物体の周波数帯域を明示する事が難

しい場合も十分に予想される。これまであまり議論されてこなかったが、実物体を対象とした場



図1:複雑光源環境下において生成された画像:上段に光源環境を示す。

合、反射特性のモデル化に利用できる入力画像枚数には限りがあるため、物体の見えの変動が十分に観察できなかった場合に生じる影響(エイリアシング)を考慮することは重要である。

本研究では、この問題にも取り組み、拡散球を点光源で照らすことにより構築される拡散光源下で物体表面の見えを観察することにより、物体の見えのモデル化において、不十分なサンプリングに起因するエイリアシングを回避することができることを示した。図2に拡散光源を用いた撮像装置と提案手法を用いて生成された画像を示す:対象物体を包み込む形で拡散球(乳白色で中が空洞な拡散球を点光源で照らすことにより、点光源からの明るさを拡散して物体表面を照らすことができる)が配置されている。拡散光源の利用により、限られた枚数の入力画像からも、物体表面の持つ周波数帯域に左右されず、入力画像のサンプリング間隔から決定される周波数帯域まで、エイリアシングの影響なく基底画像を獲得することが可能となった。これにより、従来は取り扱うことが困難であった非常に複雑な反射特性を持つ実在物体に対しても比較的少数枚の入力画像からモデルを獲得し、任意照明環境下の物体の見えを効率良く生成できるようになった。

図2では、視点位置や光源環境の変化に応じて物体表面の見えが大きく変化する複雑な色・艶を持つ貝殻(あわび)を対象物体として用いた実験結果を紹介する。回転テーブルに取り付けられたアーム上の点光源を拡散球の外側を回転させ、各光源下で物体の画像を準備することにより照明変動に伴う物体の見えの変動をモデル化した。対象物体を一般的な室内光源環境下で撮影した画像と、提案手法により生成された画像とを比較した結果を図の中央に示す。ここでは、魚眼レンズ付カメラを用いて計測された研究室の実際の光源分布を用いて画像を生成した。鏡面反射や複雑な色合いなど、全体として実際の見えと非常に良く一致している様子が分かる。また、対象物体を屋内外の複雑な光源環境下において合成した結果を図の左に示す。光源環境の変化に応じて大きく変動するような現実感の高い物体の見えを生成している様子が分かる。図3では、提案手法を用いて生成された画像を評価するために、一般的な物体を対象としてシミュレーション実験を行った結果を示す。正解画像(上段)に比べ遜色の無い画像が提案手法により生成できている(下段)ことが分かる。

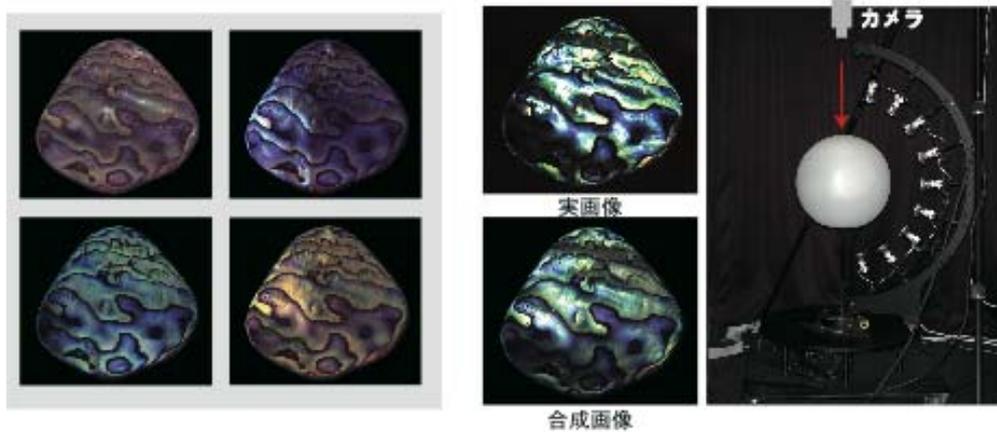


図2：拡散光源を用いた撮像装置（右）：拡散球の上部にカメラが配置されており、拡散球上に空けられたカメラ用の穴を通して、物体の見えを観察している。光源環境の変化に基づき見えの変動を合成（左）、実画像と合成画像との比較（中央）。

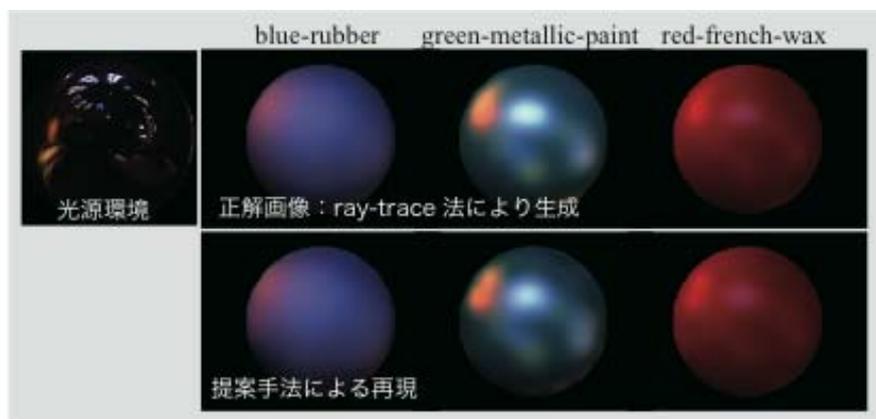


図3：CGを用いたシミュレーション実験。上段：ray-trace法による正解画像。下段：提案手法を用いてサンプリング理論に基づき対象物体の見えを効率良くモデル化し複雑な自然光源環境下での物体の見えを生成している。正解画像と比べても遜色の無い見えが生成できていることが分かる。

2) 形状のモデル化

従来研究は、完全拡散反射などを表す反射モデル式を利用することにより物体表面の形状を推定できることを示している。しかしながら、現実世界の物体の中には、パラメトリックな反射モデル式で表現できないような複雑な反射特性を示す物体が多数存在する。本研究では、様々な照明条件で撮影された物体の画像列のみを利用して、反射モデルを仮定せず、物体を照らす光源方向も未知という困難な条件のもとで、物体形状を推定する手法を開発した。

具体的には、照明変動に伴い実在物体表面の各点で観察される輝度履歴（照明変動に伴う輝度の変化）に基づき物体の三次元形状を推定する手法を開発した。図4に示すように類似の法線ベクトルを持つ物体表面の点の輝度履歴はほぼ等しくなる。そこで、類似度と各点の法線ベクトルの類似度に密接な関係があることに着目し、多次元尺度構成法（観測された類似度に基づきデータ内の構造を見つけ出す方法）の枠組みで法線ベクトルを推定するという全く新しい発想に基づく形状推定手法を提案した。

実画像を用いた実験結果を図4に示す（推定に用いた入力画像列、推定された法線および物体形状を示す）。実験対象は、(a) ビスク焼きの猫、(b) プラスチックのレモン、(c) 陶磁器の羊であり、130枚から150枚の画像を用いて物体形状を復元している。おおまかな物体形状が詳

復元されている様子が分かる。特に、ビスク焼きの猫は、非一様なテクスチャに加えて鏡面反射やキャストシャドウが生じており、形状推定が困難であることが予想される。このような対象に対しても良好な結果が得られており、このことは提案手法により頑健な形状推定が可能なことを示している。

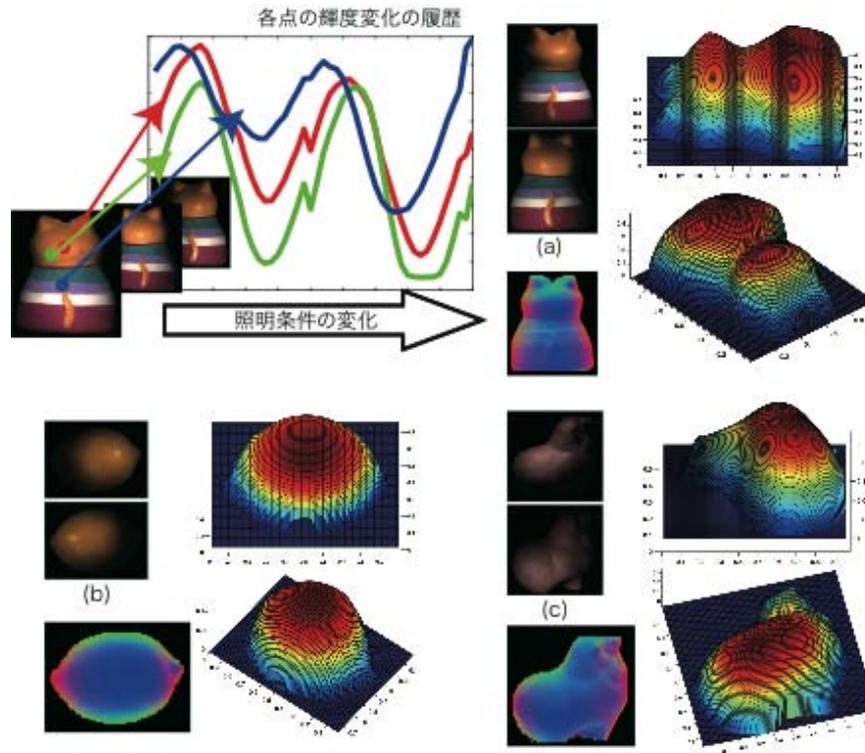


図4：実画像を用いた形状推定実験

3) 人間の視覚特性を考慮した効果的な画像提示

私たちが知覚する光の情報(波長や輝度)に比べ、コンピュータ上で生成された画像を提示する液晶モニタなどの画像提示デバイスが出力できる輝度の範囲(色や輝度のダイナミックレンジ)は限られている。そのため、このような画像提示デバイスを用いて、私たちが実世界で観察するような輝度や色のダイナミックレンジを再現することは難しい。

本研究では、出力デバイスの色や輝度の範囲を最大限活用して、液晶モニタなどの画像提示デバイスの色や輝度出力の限界を超えて、コントラスト高く色鮮やかな印象で画像を提示するための要素技術の開発を行った。具体的には、人間が知覚しない色誤差や輝度誤差を積極的に利用することにより実際に提示している明るさ以上にコントラストの高い画像として人間に知覚させるアプローチを検討した。

- ① 色誤差の利用: 人間の視覚特性を考慮し、同じ色に知覚される色領域を積極的に利用することにより、輝度高く色を再現できることを示した。
- ② 輝度誤差の利用: ユーザが知覚しない最小輝度差や画像各領域における空間周波数に基づき定められる輝度誤差を利用することにより、仮想的に画像提示デバイスの出力範囲を広げてことが画像を提示することが可能なことを示した。

5. 自己評価

研究の申請段階では、人間の感性を反映させて直感的に物体のモデル化が行えるモデリングツールの開発および画像生成アルゴリズムの開発を目指していた。しかしながら、領域会議での議論や研究総括からの助言を通して、完成度の高いモデリングツールの開発に焦点をあてるよりも、現実世界の写実性を画像として表現するために必要な要素は何かということに正面

から向き合うことに興味を持ち始めた。その結果、光学と感性の両側面から研究を進め、1) 質感のモデル化、2) 形状のモデル化、そして 3) 人間の視覚特性を考慮した効果的な画像提示について成果を挙げることができた。特に、1) 質感のモデル化の研究では、物体のどのような光源のもとで撮影された何枚の観察画像を準備すれば対象物体の反射特性(色艶・質感)を効率に精度良くモデル化できるのか、その必要撮影条件を理論的に明らかにすることができた。実在物体のモデル化作業の効率化と精度向上に貢献できる成果であると考え。また、2) 形状のモデル化では、様々な照明条件で撮影された物体の画像列のみを利用して、特定の反射特性を仮定せず、物体を照らす光源方向も未知という非常に困難な条件のもとで形状推定する技術を世界にさきがけて提案することができた。3次元センサや光源装置などの特殊なデバイスを必要とせず、デジタルカメラなどの一般的な撮像機器を用いて形状を容易に獲得することも開発された技術の大きな利点であると考え。

6. 研究総括の見解(公開)

CG(コンピュータグラフィック)の研究分野では、現実感のあるリアルな画像生成が重要な1つの研究課題となっている。今回の研究では、複雑な質感や形状をもつ物体の画像を生成するための、観測画像の取得、モデル化や、画像をディスプレイ等に効果的に表示する技術開発について取り組んだ。

質感のモデル化においては、経験的に行なわれていた観測画像の取得を、双方向反射関数の周波数特性と球面調和関数のサンプリング定理に基づき、理論的に何枚画像を準備すればよいかを明らかにした。形状のモデル化においては、観測される輝度履歴に着目し形状を推定する方式を提案し、これまでパラメトリックな反射モデルでは不可能な形状でも推定することが可能になった。具体的には、屋内外の複雑な光源環境下でも、また特異な反射特性をもつ物体(あわびのような貝殻模様)でも、モデル化することができるようになった。ディスプレイなどの画像デバイスは、人が知覚する色や輝度などの光の情報量に比べて、狭い範囲でしか出力できない。人には知覚できない色誤差や輝度誤差の特性を利用し、デバイスが物理的限界を超えて色や輝度を提示しているかのように人が知覚する画像の表示技術を開発した。

今回の研究は、現実世界の写実性を画像として表現するための要素とは何かという課題設定を行い、正面から取り組んだものもある。その研究成果は、画像関連における学会でも高く評価された。今回開発された技術が、CG 作成の効率化に現場で活用されるよう更に研究が進められることを期待する。

7. 研究成果リスト(一部公開)

A: さきがけの個人研究者が主導で得られた成果

(1) 論文(原著論文)発表

- I. Sato, T. Okabe, Q. Yu, and Y. Sato, "Shape Reconstruction Based on Similarity in Radiance Changes under Varying Illumination," *Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV07)*, pp. 1-8, October 2007.
- I Sato, T Okabe, Y Sato, and K. Ikeuchi, "Appearance Sampling of Real Objects for Variable Illumination," *International Journal of Computer Vision*, vol. 75, no. 1, pp. 29-48, October 2007.
- 佐藤いまり, 岡部孝弘, 佐藤洋一, 池内克史, "任意光源環境における画像生成のための物体の見えの標本化," *情報処理学会論文誌*, vol. 47, No. SIG10 (CVIM15), pp.107-119, July 2006.
- I. Sato, T. Okabe, Y. Sato, and K. Ikeuchi, "Using Extended Light Sources for Modeling Object Appearance under Varying Illumination," *Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 05)*, pp. 325-332, October 2005.
- 佐藤いまり, 岡部孝弘, 佐藤洋一, 池内克史, 「拡散光源を用いた物体の見えの標本化」, *情報処理学会 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU 2005)*, pp. 88-95, July 2005.

(2) 特許出願

なし

(3) その他

[受賞]

- 画像の認識・理解シンポジウム MIRU2005 優秀論文賞(H17.7)
- 平成21年度科学技術分野 文部科学大臣表彰 若手科学者賞(H21.4)

B: その他の主な成果について

(1) 論文(原著論文)発表

- Mark Ashdown, 佐藤いまり, 岡部孝弘, 佐藤洋一, 「人間の視覚特性を考慮した投影画像の光学的補正」, 電子情報通信学会論文誌 D-II, vol. J90-D, no. 8, pp. 2115-2125, October 2007.
- Mark Ashdown, 佐藤いまり, 岡部孝弘, 佐藤洋一, 「人間の視覚特性を考慮した投影画像の光学的補正」, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2006), pp.75-81, July 2006.

(2) 特許出願

なし

(3) その他

[受賞]

- 画像の認識・理解シンポジウム MIRU2006 優秀論文賞(H18.7)
- 電子情報通信学会 平成19年度論文賞 (H20.5)

研究課題別評価書

1. 研究課題名

感触表現の制作支援を目的とした視触覚感覚ディスプレイ技術の開発

2. 氏名

串山久美子

3. 研究のねらい

情報社会の発展に伴って、人と人との直接的なコミュニケーションのあり方が注目されるようになってきた。本研究では、人と情報社会を結ぶ触覚インタフェースとして、直接人が触れ、触覚そのもののインタラクションのある、感触表現の制作支援を目的とした視触覚感覚ディスプレイ技術の研究と開発をおこなう。新しい技術によって、これまでにない表現やコミュニケーションの意味を問うことができると考える。メディア芸術表現のみならず、日常の情報活動をも支援する触覚デジタルコンテンツの可能性を提案する。

4. 研究成果

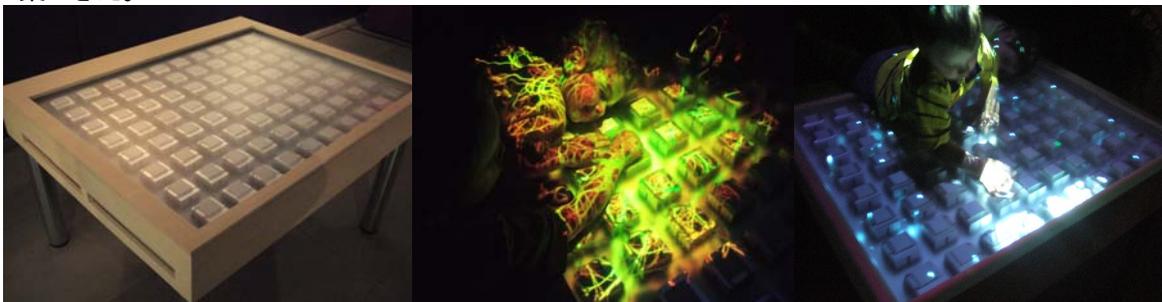
感触表現の制作支援を目的とした視触覚感覚ディスプレイ技術の研究と開発として、下記のの研究を行い研究成果を発表した。

- ①冷温感覚ディスプレイの研究と開発
- ②砂状の硬軟感覚ディスプレイの研究と開発
- ③ふわふわ触圧感覚ディスプレイの研究と開発
- ④ディスプレイのインタラクションに対応した画像生成ソフトウェアの開発、実装

① 冷温感型ディスプレイの研究と開発

ペルチェ素子とタッチパネルを組み合わせた、インタラクティブな冷温感ディスプレイ「Thermoesthesia」(サーモエステシア 温度感覚の意味)の開発と実装を行った。映像に合わせた冷温のインタラクションのある冷温感覚のディスプレイは、これまでになく、新しい提示のディスプレイとして、特許公開を始め、国内外で新規性を高く評価された。

試作版として、4cmペルチェ素子 24 枚を使用した19インチディスプレイを制作した。その後、電子部品の設計とプログラミングを再検討し、システムの安定性と大型化を図り、公共空間での体験型ディスプレイとして、4cm角ペルチェ素子 80 枚を使用した 50 インチの大型版の実装を行った。その結果、アルスエレクトロニカセンターでの1年間の常設展示等に耐えうる安定したシステムを構築できた。



また、冷温の画素数と温度変化の即時性の向上、使用応用範囲の拡大を目的とした 30mm 角ペルチェ素子 48 枚を使用した薄型、携帯可能な15インチディスプレイの開発をした。持ち運びの容易なシステムとして、海外での学会デモや通信実験などに使用され、ハンディータイプの冷温感覚ディスプレイのプロトタイプとして有効であった。



冷温感ディスプレイ性能実験として、ペルチェ素子の反応実験、耐久テスト、複数のペルチェの位置による温度関係などの実験を行った。

②砂状の硬軟感覚ディスプレイの研究と開発

硬軟感覚を体験できる装置として、2種類の装置の開発をした。

砂状の硬軟感触を提示できるディスプレイとして、小型スチールボールと電磁石を使用したインタラクティブな硬軟感覚ディスプレイ「Magnetospheres」の開発と実装を行った。

まず、直径 1.2mm 小型スチールボールと電磁石 80 個を使用した硬軟ディスプレイ 19 インチ版「Magnetospheres」の設計と実装をした。次に大型化を図るための設計を再検討し、直径 1.5mm 小型スチールボールと電磁石 192 個を使用した硬軟ディスプレイ 50 インチ版「Magnetosphere」の実装と成果発表を行った。



③ふわふわ感触触圧提示ディスプレイの研究と設計

硬軟感覚を体験できる装置の2番目として、生命感を感じさせるふわふわ感触のディスプレイを開発した。

ふわふわ感触に毛を使用し、サーボモーターによる上下、回転運動によって得られる硬軟感覚を提示できるディスプレイの実験と50インチ版の実装を行った。



④ディスプレイのインタラクションに対応した画像生成ソフトウェアの開発、実装

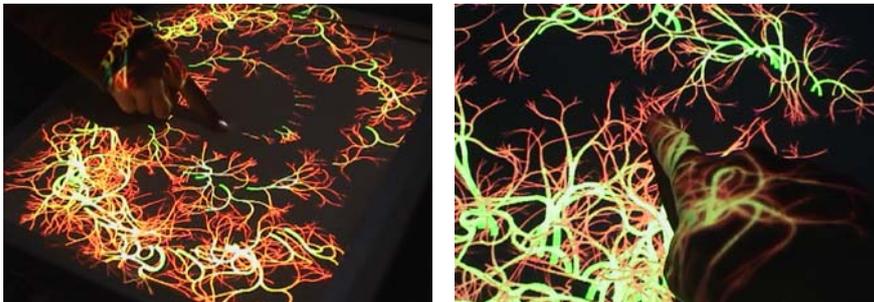
●冷温感ディスプレイ「Thermoesthesia」に対応した画像生成、シミュレーションCGとして、中谷宇吉郎氏の雪の研究を元に、雪の結晶を、他 氷の生成、植物の成長のシミュレーション画像を生成し、冷温触覚に合わせた3つのコンテンツからなる画像の生成を実装した。

雪の結晶のシミュレーション

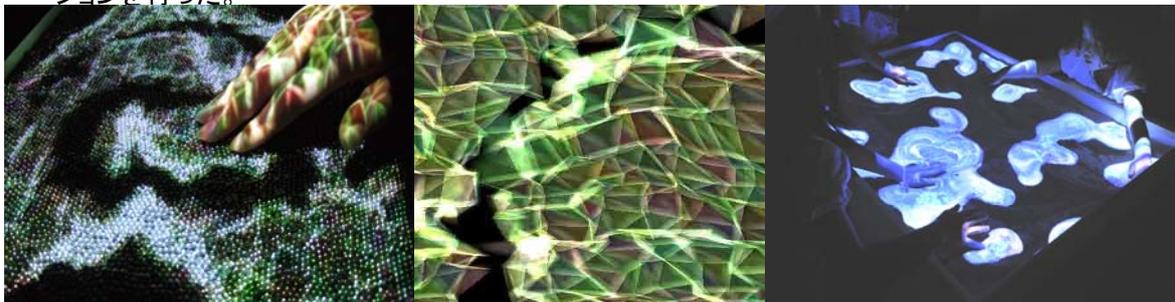


Simulation of snow crystals growth

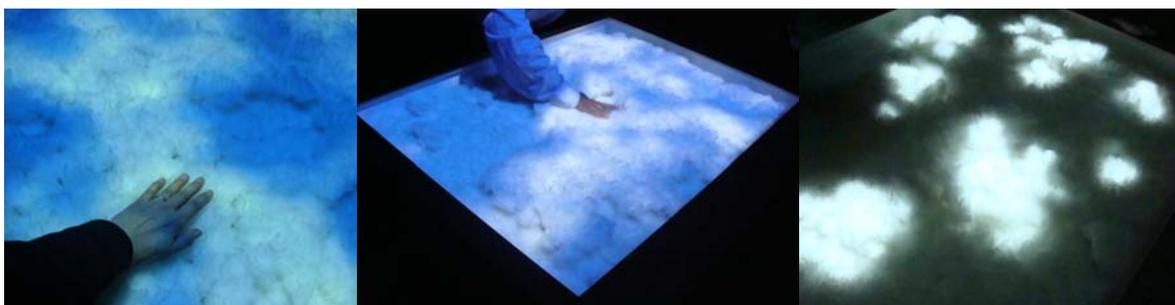
中谷ダイヤグラム(Nakaya,1954:Snow crystals より引用)を応用したシミュレーション
 温感のイメージ 植物の成長



● 砂状の硬軟ディスプレイの画像として、バネのシミュレーションと粘りのある水滴のシミュレーションを行った。



● ふわふわ感覚の硬軟ディスプレイの画像として、雲の2種類のシミュレーションの画像生成を行った。



5. 自己評価

本研究では、直接人が触れ、触覚そのもののインタラクションのある、視触覚感覚ディスプレイ技術の開発をすることで、メディア芸術表現のみならず、日常の情報活動をも支援する触覚デジタルコンテンツの可能性を提案することがねらいである。成果として、冷温感覚ディスプレイと2種類の硬軟感覚ディスプレイ 大小5台の開発と触感にあわせたシミュレーション画像7件の技術開発をすることができた。研究成果は、論文発表を始め、国内外学会での作品発表、特許など3年間で42件の発表をおこなった。さきがけ研究を通じて、触覚技術、ディスプレイ技術、工学の研究者との国際的な交流に触れ、工学技術の基礎研究を学ぶことができた。また、メディア芸術表現として本研究で開発したディスプレイを使用した表現の研究成果がアート展での作品発表、一般市民へ向けた作品発表や科学技術館での常設、報道機関での発表など一般市民が体験できる場で発表することで、科学技術と表現を結ぶ役割として今後本領域が社会に高く貢献できる分野であることを確信した。これらの工学と表現の両面からバランスの取れた研究として、本研究のねらいは十分に達せられたと判断する。

6. 研究総括の見解

近年情報社会での人と人との直接的なコミュニケーションのあり方が注目されている。本研究では、人が物に直接触れることにより生じる触覚をインタフェースとして取り上げ、触覚によるインタラクションを可能にした視触覚感覚ディスプレイの技術開発に取り組んだ。

「thermoesthesia」は、80枚のペルチェ素子を用い冷温感を、見学者の手の動きにあわせた画像を表示しながら、体験することのできる50インチのディスプレイである。冷温の触覚を提示する要素技術とともに、省電力化、低コスト化、高信頼性化のためのソフトウェアによる実用化技術が開発された。またハードだけでなく、冷温感に同期した表示コンテンツの開発も行った。これらのディスプレイ装置は、日常生活における新たなVRコミュニケーション手段として評価され、SIGGRAPH、Ars Electronicaなどの世界的な展示会で高い評価を得た。「Magnetospheres」は、直径1.2mmの小さな鋼球を砂状に敷きつめ、その下にある128個の電磁石をソフトウェア制御し、手で触れると硬柔感を生じるディスプレイである。先端技術ショーケース'09では、多くの人たちが触って硬柔感を楽しむことができた。

これらの成果は、工学と表現の融合から生まれたものであり、工学者でもありまた芸術表現者でもある研究者だからこそ可能になったものとして高く評価できる。今後研究を更に進めることにより、新しいメディア芸術が生まれ出ることを期待する。

7. 研究成果リスト

A. さきがけの個人研究者が主導で得られた成果

(1)論文(原著論文)発表

①Kumiko Kushiya, Shinji Sasada「Thermoesthesia Thermoesthesia-About collaboration of an artist and a scientist」 Educational Program, Sketch, SIGGRAPH 2006 A Publication of ACM SIGGRAPH 2006-7

②串山久美子「温度感覚ディスプレイによる触覚表現について-インタラクティブアート作品 Thermoesthesia」エンタテインメントコンピューティング2007 pp 68-73 2007-10

③串山久美子「メディアアートとテーブル型システム」ヒューマンインタフェース学会誌 2007 Vol.9 No.1 P.44-47 2007-3

④Kumiko Kushiya About sense of touch expression with the Thermal sense display 'Interactive art work 'Thermoesthesia' Asia Society of Art Science 2007 P.110-116 2007 2007-5

⑤Kumiko Kushiya, Shinji Sasada「Development of a visuo-tactile 50inch display for soft and hard sensation-- Magnetosphere 2」, Asia Society of Art Science 2008 pp.74 ,2008-10

招待講演

- ①エンタテインメントコンピューティング学会 EC2007 シンポジウム招待パネラー(2007年10月)
- ②実践女子大学 特別招待講演 (2008年10月)
- ③武蔵野美術大学 特別招待講演 (2008年10月)

(2)特許出願

研究期間累積件数:2件

発明者:串山久美子

発明の名称:ディスプレイ装置

出願人:科学技術振興機構

出願日:2007/07/19

特許番号:特許第4171771号

発明者:串山久美子

発明の名称:直動-揺動用駆動装置及び直動-揺動用駆動装置を備えたディスプレイ装置

出願人:公立大学法人首都大学東京

出願日:2008/03/30

管理番号:2008-0029

(3)その他の成果

●受賞 2件

- ①「Best Poster Session Presenter」 at the 2007 Japan-America Frontiers of Engineering Symposium
- ②「Magnetosphere」, Kumiko Kushiyama, Shinji Sasada, Art Gallery Grand Prix Award , Asia Society of Art Science 2008,2008-6

●展示

- ① Kumiko Kushiyama、Shinji Sasada「Thermoesthesia」ArtGallery SIGGRAPH 2006 A Publication of ACM SIGGRAPH H.18年7月
- ② Kumiko Kushiyama、Shinji Sasada「Thermoesthesia」Ars Electronica2006 Center P.354-356, A Publication of HATJE CANTZA Ars Electronica Center1年間常設
- ③ 大阪科学技術館 2007年「Thermoesthesia」— 常設展示
- ④「Magnetosphere」Kumiko Kushiyama, Shinji Sasada 「Magnetosphere」Art Gallery、Laval Virtual 2008 A Publication of Laval Virtual 2008,2008-4
- ⑤ Kumiko Kushiyama、Shinji Sasada「Tactile C loud landscape」Art Gallery SIGGRAPH ASIA 2008 A Publication of ACM SIGGRAPH H.20年12月10-13日
- ⑥ 串山久美子、笹田晋司「Magnetosphere」先端技術ショーケース09 文化庁メディア芸術祭協賛展 H.21年2月4-15日

●テレビ出演

- ①サイエンスチャンネル JST「メッセージ フロム サイエнтиスト」2008年1月放送

研究課題別評価書

1. 研究課題名

「意図的なランダムな行為」の創出方法の解明

2. 氏名

後安 美紀

3. 研究のねらい

現場のアニメータはモーションキャプチャデータをもとに CG キャラクタの動きを作成する際、いくつかのコマを抜いてわざと動きをぎくしゃくさせてリアリティを出している。言うならば動きのノイズとリアリティとは深くかかわっているといえる。現場のアニメータがコマの中抜きというマイナスの方法論で動きのリアリティを追求しているとするならば、本研究のねらいは、稽古という積み上げの方法論でリアリティ追求をしている演劇から動き方の法則を発見し、CG キャラクタ作成に生かすことにある。なかでもいったん築き上げたタイミング秩序構造をわざとずらしていく方法を採用する平田オリザの演劇に着目し、「意図的なランダムな行為」の創出方法の解明を目指すことにある。

4. 研究成果

(i) 演劇創作過程を中数自由度のシステムダイナミクスとして捉える

1人や2人、あるいは群集の相互作用については、決定論的な記述や統計的な推定に基づいた数多くの研究がなされている。しかし10人程度の中途半端な人数の相互作用については、人間の日常行動ではよく見られるタイプの相互作用であるが、決定論的に記述するには自由度が多すぎ、かといって統計的に処理するには自由度が少なすぎるという理由から、研究はあまり進んでいない。

本研究では、このような中数自由度を持つ人間の相互作用の法則性をつきとめ、CG でリアルに再現するという目的を掲げ、研究を推進した。そのためにまず最初におこなったのは、演劇創作過程を図1のようなシステムダイナミクスの一環として捉えることであった。すなわち、演劇を演出家、俳優集団、観客の三者から構成されるひとつのシステムとして捉える。そして演劇を、観客を観察者とした、俳優の行為の時空間パターンの表現形態として捉える。俳優は与えられた役柄にそって主体的に役づくりをおこないながら、他の俳優たちと相互作用する。演出家は創作過程において俳優に指示を出し、行為の方向付けをおこなう。すなわち演劇の創作過程とは、それぞれが自己目的をもって様々な方略にしたがって活動する俳優の集団に対して、演出家がなんらかの拘束条件を与え、ある合目的な時空間パターンを形成していく過程であると考えられる。重要なことは、本番を見た観客による劇に対する解釈がおこなわれる以前に、作品の創作過程において、俳優のパフォーマンスを媒介に自らが下した作品の評価というフィードバックループを受けながら、演出家自身の解釈というものがダイナミックに変わっていくということである。演出家もあくまで自己組織化するシステム内の人間であり、システム全体の動きから影響を受けると捉え方をしている。

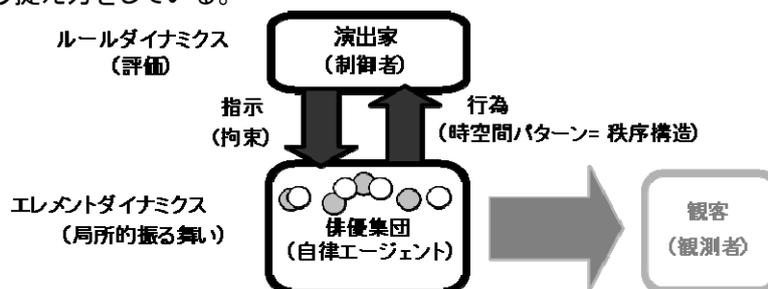


図1: 演劇創作過程のシステムダイナミクス

(ii) 序破(急)仮説の提案

その次におこなったことは、俳優ひとりひとりの局所的振る舞いに関する、序破(急)仮説を提案することであった。全体の集団行動パターンとして、いったん築き上げたタイミング秩序構造をわざとずらしていく方法を探っているであろうことはこれまでのデータから推測可能であったが、その全体パターンを生成するためにはひとりひとりの個々の行動のなかにも秩序作りとずらしの側面が織り込まれているに違いないという考えのもと立てた仮説であった。それは次のようなものである。

図2は、2人の俳優(AとB)の会話場面を再現したもので、矢印方向が時間の流れを表している。俳優Bは、俳優Aの発話を受け継いで次の発話をおこなわなければならないとする。俳優Bが稽古でまずおこなうことは、俳優Aの発話のなかに、自身の次の発話を準備するためのキュー(*)を探すことである。このキューの知覚と同時に自身の発話行為の準備も始めていると仮定する。俳優個々の行為中におこるマイクロスリップ(MS)と呼ばれる動きのノイズは、キューの知覚と発話準備の調整結果の副産物として、ある一定以上の確率で生起すると仮定する。お互いが相手の発話のなかに自分の発話のキューを求める、すなわち相手に合わせて自分の行為を規定するので、会話の秩序が生まれ、会話進行がでたらめに崩壊してしまうことはなくなる(秩序形成)。さらにそのことが、全体的な稽古進行をマクロにみた場合の、規則的な規定リズムの構築(第1段階)につながると考えられる。発話のキューをどこにするかほぼ定まり(キューの激しい探索過程が治まり)、第1段階の習熟過程が安定化すると(MSの出現形態も安定化すると)、今度は自身の発話行為をどのように組み立てるか、より一層選択の幅が広がることとなる。俳優個々人の行為をミクロにみれば、収束しがちなリズムを「破」る行為と捉えることができる。稽古の流れをマクロにみればこのことは意図的にリズムをずらす第2段階の出現と関係すると考えられる。

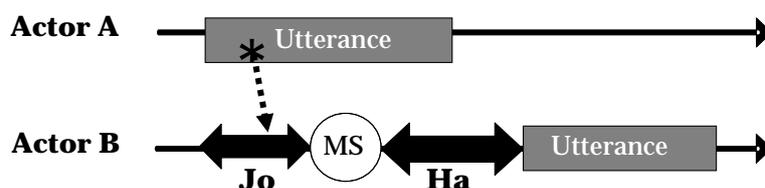


図2: 発話タイミング調整に関する序破(急)仮説

(iii) ほどよく不安定になるために稽古をする、すなわち危うきに遊ぶために稽古する

(i)(ii)は概念的な規定を扱った話であった。これ以降は、平田オリザの演劇創作過程のフィールドワークをおこなうことによって得た実データの分析結果について報告する。ローデータは、ある特定の同時多発会話シーンの稽古に着目し、初日の稽古から本番にいたるまで90回以上の試行をすべて抜き出し、各試行において俳優の個々のセリフのしゃべり出しのタイミングを時系列上にプロットしていった発話タイミングチャートである。いったん自己組織的に規則的なタイミング秩序を作り上げた後、それをわざとずらす過程が見られるという、先に何度となく述べた現象は、もともとはこれらの発話タイミングチャートに畳み込まれた時系列構造をリカレンスプロットという方法で展開図示した結果から導き出されたものである(図3)。リカレンスプロットとは、得られた時系列データを高次の位相空間に埋め込むことにより得られる離散データの自己相関分析を行なう手法であり、システムが持つリズムや時間的変動の時定数を推定することができる手法として知られている。

図3にあるよう、ここで問題となるのは、初期段階の稽古の無秩序さと、意図的なランダムな行為が見られた本番の「破」の段階とでは、リカレンスプロットの見え方自体は非常に似通っているが、いったいそこにどのような違いが見られるのかということであった。そこで図3でいうとリカレンスプロット内の白い部分、すなわち位相空間内の2点間の距離が比較的近いとみなされた再帰性の高い部分が $N \times N$ 平面のなかにどれくらい含まれるか再帰率を計算したところ、稽

古を減るにしたがって再帰率が下がっていることが明らかになった(図4. 統計的な有意差あり)。再帰率が高ければ、安定したシステムであること、つまりシステムに含まれるノイズが少ないことを意味する。したがって平田オリザの稽古では、稽古を積み重ねれば積むほど、きちんとなるどころか、俳優のタイミング取りが不安定化しており、危うきに遊ぶために稽古するという状況が生まれていたといえる。

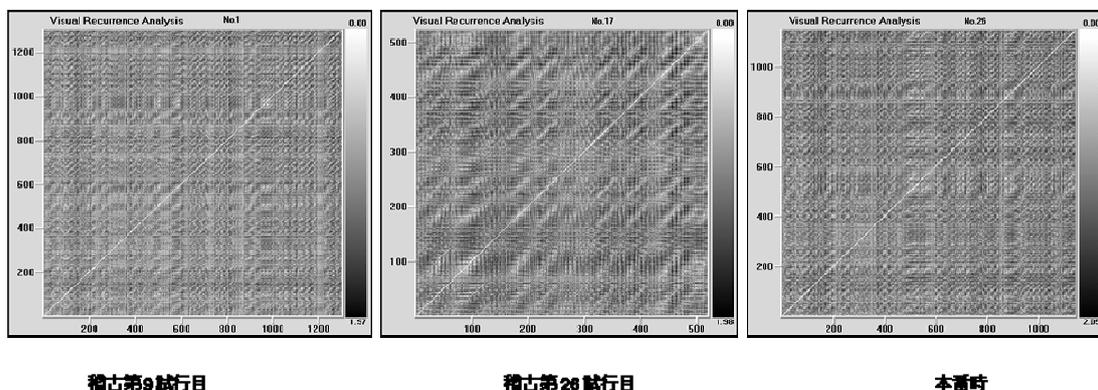


図3：リカレンスプロットに現れた演技秩序 リカレンスプロットを作成するためには、まず最初に高次元相空間内の点の総数が N 個となる2次元画像を用意する必要がある。そして、そのなかの2点間 i, j の距離が十分近いとき、 $N \times N$ 画素中の第 (i, j) 画素をプロットする方法が採られている。 i 番目のデータと j 番目のデータが常に同じようにプロットされたり、あるいは同じようにプロットされたデータがしばらく続くような時、この時系列データは大域的にあるいは局所的に周期 n の整数倍の周期を持っていると考えられる。このことは、リカレンスプロットにおいて周期性を持つデータは $N \times N$ 画素中に右上がり傾き1の線分となって現れることを意味する。もちろん、 $i=j$ となる右上がりの対角線はデータとデータが全く等しいので、常に現れる。

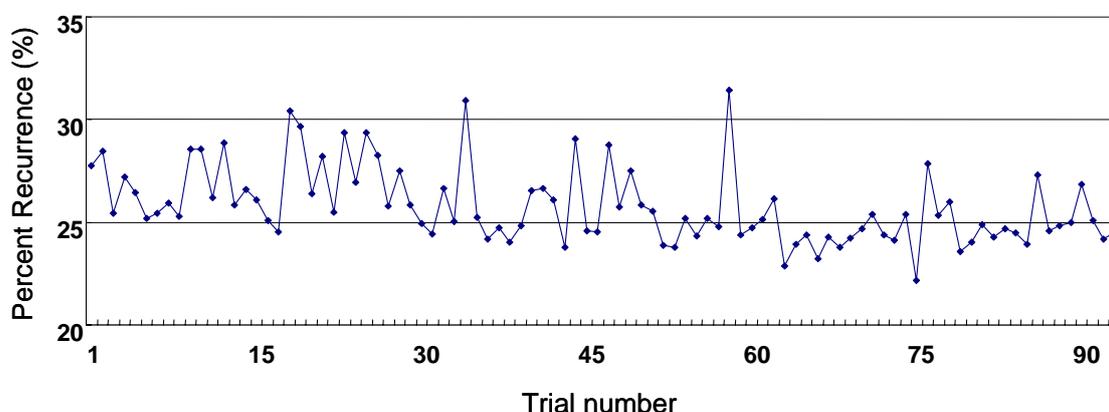


図4：リカレンスプロットのなかの再帰率(Percent Recurrence)の時系列変化 稽古をするほどに、発話タイミングパターンがわずかに不安定化していくことが明らかになった。

(iv) 直接制御と間接制御: 1対4の制御則不変量

創作過程において俳優に指示を出し、行為の方向付けをおこなう演出家のスキルについて述べる。ここでは、エージェントベースシミュレーションで試される方法を援用して、指示内容の持つ機能について調べた結果を報告する。

さきがけ期間中に再演作と新作の2作品の全稽古のフィールドワークをおこなった。のべ半年にも及ぶフィールドワークを通じて、大量の貴重なローデータを得ることができた。そこからボトムアップに意味を発見していく全数調査方法を採用した。すなわち、それぞれの作品で出された平田オリザの指示をすべて逐語的に書き起こし、いくつかの評価基準に基づいて、各指示の機

能について分類分けしていく作業をおこなった。そのなかのひとつに、エージェントベースシミュレーションの考えを援用した直接制御と間接制御の分類がある。「あと1秒早く」というように具体的に直接的に目標値を設定したタイプの指示を「直接制御」と呼び、「もうちょっと早く」というように実際の行動をどこまで調整するかは俳優たちの決定にまかせるタイプの指示を「間接制御」と呼んで、全体の中の2つの指示タイプの占める割合を算出することにした。

平田オリザはタイミングに関する指示にだけ、どの稽古場のフェーズにあっても、機械のような驚くべき正確さで、直接制御1に対して間接制御4の割合になるよう指示を出していた(図5)。俳優の示す「意図的なランダムな行為」は、演出家の一定の評価基準に基づいた意図的な制御によって達成されていることが明らかになった。直接制御でがちがちに固めるだけでは表現のダイナミズムは生まれず、かといって間接制御で俳優の自由裁量にまかせるだけでは表現の最低限の秩序が崩壊していつてしまうのだと考えられる。なぜ1対4でないかといふのは、うまくいかなかった稽古の直接制御と間接制御の割合を調べたり、1対3、1対5などの割合でシミュレーションしてみたりするなどして、今後検討していく必要がある。

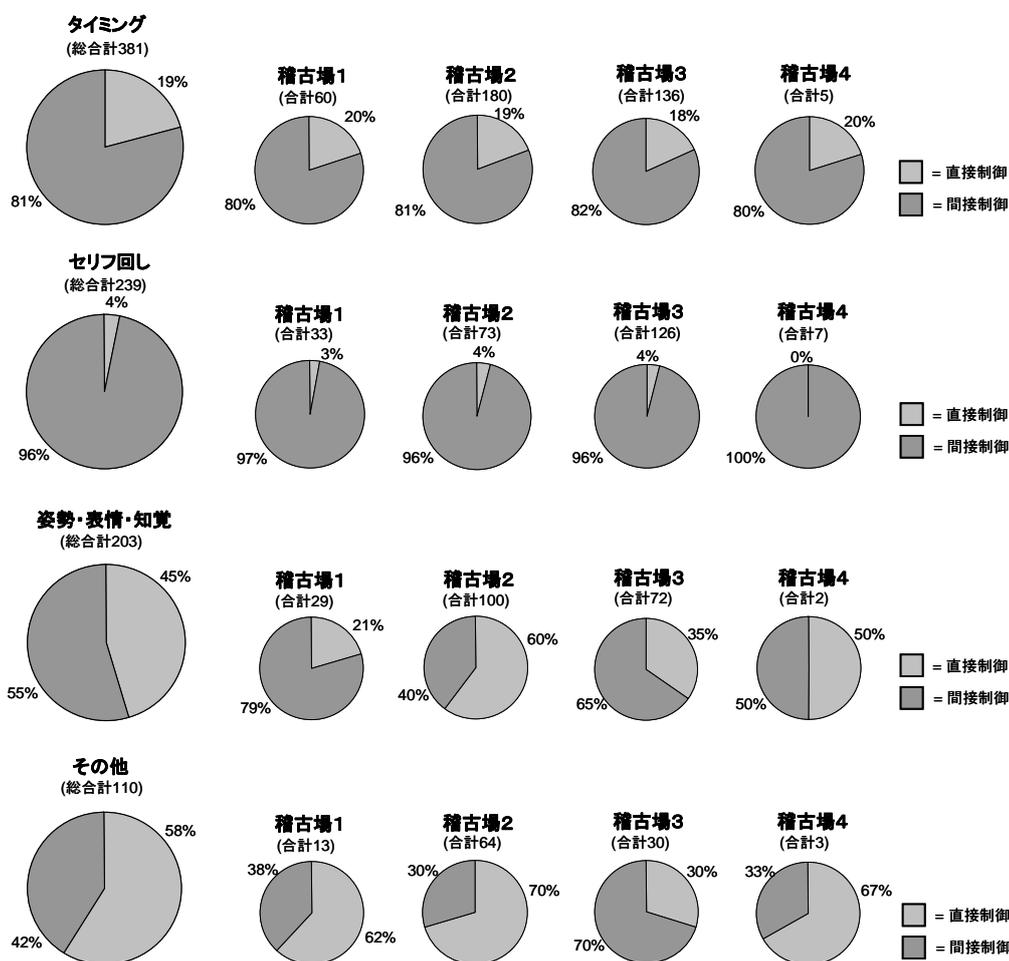


図5: 4つの稽古場所を移動しながら作られた再演作の直接制御と間接制御の割合

(v) 演出家の視線計測

上演を前提とする作品の真剣勝負の稽古のときに、演出家が何を見ているのか調べた。二者間会話と同時多発会話の2種類の稽古シーンに分けて、アイマークカメラで撮影した映像を見てみると、二者間会話では発話されたセリフの統語情報や韻律情報を利用して予期的に話者交替のタイミングにわずかに先行させて視線を動かしていることが、同時多発会話では話

者交替のタイミングに視線が必ずしも同調しておらず、むしろ左右全体をスキャンするような演出家の視線配布の様子が観察された。このことから平田オリザは、特定の人や事柄に注目して演出しているというよりは、「会話の流れ」のようなものを見聞きしているといえる。

5. 自己評価

演出家による指示(拘束)、俳優が集団で作る行為(時空間パターン)、個々の俳優のエレメントダイナミクス(局所的振る舞い)の各項目を個別に検討していった。ひとつひとつの発見が、表現研究に対してそれぞれ興味深い知見をもたらすものであると考えている。しかし残念ながら個別の発見をつなぐ全体的ストーリーをまだ見出せていない。序破(急)仮説をもとにしてCGキャラクタ再現のための運動モデルの提案までこぎつけたかったのだが、それは果たせなかった。ライフワークとして宿題が残った。今後の研究につなげていきたいと思う。

6. 研究総括の見解

リアリティのある人の動きをCG表現するためには、単に人の動きをそのまま表現しただけではリアリティは得られない。例えば、アニメ作りの現場では、コマをわざと落とすことによりリアルな動きを作り出している。今回の研究は、それとは逆に、アフォーダンスという切り口をもつ生態心理学を基礎にして、人のリアリティある動きを作り出す基礎モデルを提案するものである。具体的には、平田オリザ氏の演劇における「リアルに見せる技術」からそれを解明しようとしたユニークな研究である。

そのため劇団の稽古初日から本番までの全90回の稽古場に参画し、俳優のセリフや平田オリザの指示を映像記録した。俳優のセリフでは、個々セリフのしゃべりだしのタイミングを時系列的にプロットし、そのパターンの再帰定量分析を行った。その結果、演技が熟達するにつれ、再帰率は高まる(ノイズの少ない安定した状態になる)と思われていたものが、実際には再帰率はかえって低下(28%⇒25%)をした。演技が熟達するに従って、ランダムな行為を意図的に生み出すことで劇のリアリティを生み出していることがわかった。また、演出家平田オリザのセリフ回し等の指示と視線計測をアイマークカメラで撮影を行い、演出家は特定の話者の動きに着目しているのではなく、稽古シーン全体をスキャンしているような「会話の流れ」を見ていることが判った。

今回の研究では、長期のフィールドワークと多量の映像データ分析を通じて、演劇でのリアリティについて興味ある結果が得られた。今回の研究で得られた新たな知見が、当初目標としていたアニメなどの実際の制作の中で有効に使われるよう研究が更に進むことを期待する。

9. 研究成果リスト

A さきがけの個人研究者が主導で得られた成果

(1)論文(原著論文)発表

・後安美紀, 辻田勝吉, “演劇創作におけるシステムダイナミクス,” 認知科学, Vol. 14, No. 4, pp.509-531, 2007

(2)特許出願

なし

(3)その他の成果

受賞

なし

著書

・後安美紀, 辻田勝吉, “演劇の秩序形成,” 『自己組織化ハンドブック(仮称)』, 株式会社エヌ・ティー・エス, 印刷中

学会発表

・GOAN, M., FUKAYA, T., & TSUJITA, K., “Two Succeeding Stages in Acquisition

Process of a Rehearsed Drama: Applying System Dynamics to Human Collaborative Behavior,” The 2nd International Conference on Knowledge Generation, Communication and Management (KGCM 2008), Proc. of The 12th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (WMSCI2008), Vol.VII, pp.126-131, Orlando, Florida, USA, June 29 – July 2, 2008

・GOAN, M. & FUKAYA, T., “Timing makes meaning: Protocol analysis on directions during creation in a drama-making process,” Proc. of International symposium on skill science 2007 (ISSS’07), pp.68-75, Keio University, Tokyo, Japan, September 18 –20, 2007

・後安美紀, 辻田勝吉, “演劇創作過程のシステム論的理解: 序破(急)仮説と評価基準の自己生成について,” 日本認知科学会第24回大会発表論文集, pp.376-381, 2007 (9/3-5)

・GOAN, M. & TSUJITA, K., “Analysis of the creation of a drama-making process by dynamical systems approach,” S. Cummins-Sebree, M. Riley, & K. Shockley (Eds.) Studies in Perception & Action IX, pp.57-60, Proc. of the 14th International Conference on Perception and Action (ICPA 14), Yokohama Aka-Renga Soko No.1, Japan, July 1 –6, 2007

招待講演

・パネリスト(招待). The 2nd Conference, International Association of Performing Language. University of Victoria, Victoria, British Columbia, Canada, March. 6-8, 2009

B その他の主な成果

(1)論文(原著論文)発表

なし

(2)特許出願

なし

(3)その他の成果

受賞、著書、招待講演等

なし

学会発表

・米澤拓吾, 竹村亜紀子, 後安美紀, “演出家の視線を通じたインタラクション分析: 二者間会話と同時多発会話シーンの比較,” 日本生態心理学会第2回大会発表論文集, 札幌学院大学, pp.31-32, 2008 (8/23-24)

研究課題別評価書

1. 研究課題名

全天周と極小領域映像を扱うための入出力機器の研究開発

2. 氏名

橋本典久

3. 研究のねらい

球の中心をレンズの焦点とし、球体外面に空間を投影させる事により、小型で歪みのない完全な全天周画像を得る Panorama Ball にリアルタイムな入出力をするための研究開発および、昆虫などの極小領域から超高解像度かつ被写界深度の深い画像データを得るための装置の開発を行う。この超広角と超狭角の画像研究は、自然界を深く理解するのに役立ち、新たなコンテンツ産業の創出に貢献する。

4. 研究成果

概要

本研究では、全天周と極小領域という 2 つの異なる視点から、環境を捉える映像技術についての研究を行った。

まず、全天周映像においては、Panorama Ball(図 1)という球面写真システムをもとに、全天周カメラと球体ディスプレイによるリアルタイム表示可能な球面映像入出力装置 Panorama Ball Vision(図 2)を完成させ、もう一方の極小領域映像においても、2003 年から制作している家庭用スキャナを使った昆虫の超高解像度画像[life-size](図 3)データを閲覧する事のできるデータベース“ZooMuSee(ズームシー)(図 4)”の制作を行った。



図 1

図 2

図 3

図 4

Panorama Ball Vision

PanoramaBall

Panorama Ball とは、橋本典久が個人で 1996 年から制作を行っていた球体写真である。通常の映像記録メディアは、空間や被写体を四角いフレームで切り抜くことにより、取得してきた。

Panorama Ball は、フレームによって切り抜いた空間の一部だけを表現するのではなく、切り抜かない全環境、空間そのものを記録するためのメディアができないかと研究を開始し、試行錯誤の結果、巨大ドームシアター等との差別化や個人でも使えるような形態として球体の外側に表示できることを発見した。

Panorama Ball は鏡のような反転像では無いが、撮影した現場に設置した時に、現実の空間との整合性が合わないことから、さらに研究を深めた結果、球体の中心にピンホール(又はレンズの主点)が存在すると仮定したときの、球面を感光面とした全方位型球体写真であることをつきとめた(図 5)。これはガラスの球体に浮かぶ像に近いものである。(図 6)*Panorama Ball -球体による空間表現方法- 筑波大学大学院修士課程芸術研究科修了論文 2002 年

Panorama Ball Vision カメラ部 (PBVC)

球体の中心にピンホールが存在する状態をレンズにあてはめると、レンズの主点が球体の中心に存在するということである。そのことを反転させると、レンズの主点を中心にして動かないように様々な角度を撮影した画像は、極至近距離から無限遠までパララックス(視野の誤差)のない像を取得できるということである。レンズを複数用いた全天周カメラは数種類存在するが、至近距離は正しく取得する事が出来ない。そのため、185° の広角レンズを、レンズの主点を軸に水平方向に回転させることでパララックスの無い全天周画像を入力するカメラを開発した。(図 7.8)

当初の予定では、スリッピングを使用し、カメラも高速で回転させる予定であったが、使用条件をクリアするスリッピングが輸入できないことから、ロータリーアクチュエーターを使用し、往復回転運動を行う事とした。

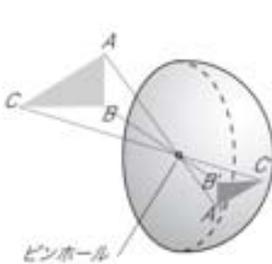


図 5



図 6

レンズの主点を回転軸とする

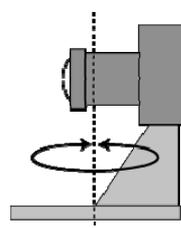


図 7



図 8

Panorama Ball Vision ディスプレイ部

カメラで撮影された映像は PC に取り込まれ、180° の画角で切り抜きジオメトリ変換を行い、パノラマ画像を生成する。録再生することも可能。(図 9)

パノラマ画像は、さらに座標を回転させることが可能で、ディスプレイに表示する画像を任意の方向に回転させることができる。

PCからは信号入力インターフェース、回転コントローラとLED回転台、スリップリングを通して回転部に送られる。回転フレームの中では、信号が分配され、LEDアレイで表示される。(図10)

球体は6本のLEDアレイによって構成される。軸部分にはLEDが配置されず、表示可能領域は片側で170°となる。(図11)

LEDパネルは、LEDひとつ分の間隔を開けて配置されるため、送信する映像信号は天頂部から奇数または偶数のインターレース方式とし、隣り合うLEDアレイには、奇数列と偶数列が交互に配置した。

回転スピードは500rpm、リフレッシュレートは、50Hz相当である。

個別のLEDチップはLEDの明るさを変化させるのではなく、明滅時間の調整によって発色を調整している。また、回転時にLEDの移動距離が経度によって異なるため、同一の光量を出すためには、緯度別に最適な輝度を設定する必要がある。



図 9

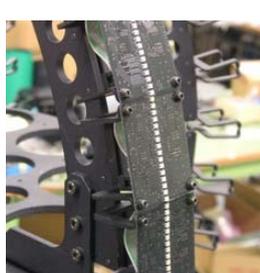
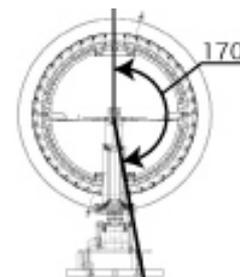


図 10



ZooMuSee(ズームシー)

ZooMuSeeの前身は、2003年から橋本典久+scope(稲葉剛、玉置淳)で制作している超高解像度人間大昆虫写真[life-size](図)である。実際に採取した昆虫を家庭用スキャナによって、高画質で取り込み、適切な処理後に人間大の大きさで出力をすると、例えばチョウ類の場合、近寄ってみることで鱗粉の一枚一枚までもがはっきりと見えるという作品である。人間が肉眼では見ることの困難な微細な領域を一部を切り抜くこと無く見せ、拡大表示と画像の解像度の劣化という相反する命題をクリアしている。被写界深度は3mm程度である。

当初の目標では、被写界深度を10mm程度まで上げる入力機器も開発できればと考えていたが、様々な要因から今回は見送った。しかし、超高解像度のデータを有効活用すべく、データベースでの公開とした。

ZooMuSeeは、Zoom(拡大)+See(見る)、ゾウムシ、動物園(zoo)+虫などから作成した造語である。Google mapsのように、インターネットブラウザ上で、画像の拡大や縮小、移動が自由自在にでき

るものである。機能限定の Web バージョンと、アップル社の iMac にインストールした単体モデルがあり、単体モデルには、原寸大での表示が可能である。

Adobe 社の Flash と、Zoomify, Inc の Zoomify enterprise バージョンを使用して制作を行った。博物館などでの展示できるように工夫したフルバージョンと、機能限定の web バージョンを制作した。Web 版の URL は <http://zoomusee.musabi.ac.jp/> すでに、デザイナーや画家などがこれをもとに作品を制作している。

5. 自己評価

全天周映像に関しては、入出力機器を制作するという当初の目標は達することができた。全天周コンテンツが巨大なドームシアターでしか扱う事ができない特殊なものではなく、個人がプライベートな用途にも使用可能であることを周知し、今後の全天周映像コンテンツの地平を開く事ができたと考える。

極小領域のパンフォーカス入力機器は制作する事が出来なかったが、高解像度昆虫画像のデータベース ZooMuSee を公開することにより、社会的に役立つコンテンツを広く公開することができた。ますます自然から遠ざかって行く子供達に、もう一度自然への興味を引き起こすための扉として機能を果たせるのではないかと考える。

6. 研究総括の見解（公開）

全天周と極小領域という2つの異なる視点からの映像を提示する入出力機器の技術開発を目指した研究である。今回の研究は、表現者としてのキャリアをもつ研究者が、コンテンツ開発はもとより、自ら装置の技術開発に取り組んだものである。

Panorama Ball Vision は、広角レンズの主点を軸とし 360 度回転するカメラ(入力)部と、1920 個の LED を 6 本のアレーに配置し 500rpm で回転する球体ディスプレイ(出力)部からなる装置である。この装置によって小型でつなぎ目や歪のない全天周画像がリアルタイムに表示することが可能になり、これまでビッグイベントでしか見ることの出来なかった全天周映像が、身近で容易に見ることができるようになった。自分の身の周りの風景や、歴史建造物の内部を全部写しとったりする新たな全天周の映像コンテンツが生まれることが期待される。

一方、研究者は昆虫を被写界深度 3 mm の狭角で撮影し、等身大までに拡大する研究を行っている。今回開発した ZooMuSee は、その映像データを、PC やネット上で画像の拡大縮小や移動などの操作ができるようにしたデータベースである。制作した多くのコンテンツ映像は、見る人に自然への関心を喚起させるもので、技術による新たな知覚世界が期待される。

入力から出力まで可能なユニークな装置を制作し、その特性を生かし、環境や自然のコンテンツ映像を拡充した。そして、多くの科学館・美術館での展示を通して多くの人が自然界への理解を深めたことは大きな成果である。研究を更にすすめ、新しい映像の分野を生み出すことを期待する。

7. 研究成果リスト(一部公開)

(1) 論文(原著論文)発表

無し

(2) 特許出願 注) 出願公開前の特許は、その旨記載。

研究期間累積件数：1件

発 明 者：橋本典久

発明の名称：映像表示装置(特願 2008-021193)

出 願 人：JST

出 願 日：平成 20 年 1 月 31 日

(3) その他の成果

受賞

2006 年 PanoramaBall による空間表現手法 芸術文化学会芸術賞

新聞、雑誌などでの掲載

2006.1 武蔵美通信 1月号にインタビュー記事掲載

2006.5.3 朝日新聞関東版 1面・中部版 14面に掲載[風景は360度 魚眼レンズ使って「球体写真」いかが?]

2006.4.21 読売新聞 12面 アート with 科学 予感研究所展の予告記事

2006.6.18 朝日新聞 be on Sunday 広がる知覚世界 12/坂根巖夫

2006.7.5 茨城新聞 コラム[吐玉泉]に水戸市笠原中でのワークショップ記事

2006.7.23 新潟日報大地の芸術祭特別号に掲載

2006.9.26 朝日新聞茨城版 28面に水戸梅が丘小学校でのワークショップの記事

2007.7.3 中日新聞 14面「デジタルで別世界」

2008.4.23 朝日新聞埼玉版「巨大昆虫にどっきり?」メディアセブンでの展示記事

2008.7.26 毎日新聞夕刊「研究者の遊び心体感」予感研究所 2 関連記事

2008.11.19 #Fairground(Web マガジン) 予感研究所 2 関連記事



展示報告

依頼展示のリストをここに挙げる。パノラマボール、パノラマボールビジョンを(P)、超高解像度人間大昆虫写真[kife-size]と ZooMuSee を(昆)とする。また、ワークショップを WS と表記した。

2006 年

5.3-5.7 予感研究所 / 日本科学未来館(P,昆)

7.15-8.2 人間大昆虫写真展~巨大な虫がやってきた~/ 出雲市科学館(昆)

7.15-10.1 巨大昆虫探査艇キョロロ号 / 越後妻里アートトリエンナーレ 2006(昆)

8.5-9.3 橋本典久展 凝視著, 卻看不見的光景 / 台湾当代芸術館 MOCA Studio(P,昆)

10.27-28 TOKYO FESTA / Grand Central ST. NY(P,昆)

12.15-16 さきがけ LIVE 2006 / 東京国際フォーラム(P)

2007 年

3.10-6.24 ミュゼ浜口陽三春コレクション展 一蝶を巡る世界一 (参考展示) (昆)

7.21-9.2 「ザリガニワールド」/ 名古屋市科学館夏の特別展(昆)

7.30-8.6 OPEN STUDIOvol.4 / 東京芸術大学映像研究科(昆)

8.11-26 ユーレカ!“昆虫力”エンサイクロペディア展 / 科学技術館(昆)

10.26-11.10 ART X DANCE 横浜創造界隈のアーティストたち / 横浜市民ギャラリーあざみ野(P)

2008 年

- 4.18-5.3 高解像度人間大昆虫写真[life-size]展 / メディアセブン(昆)
- 5.3 ワークショップ / 単式顕微鏡づくり ミクロの世界を歩こう /メディアセブン(P,昆)
- 6.4-5 NAC フェスタ / 秋葉原 UDX(P)
- 6.14-15 産学官連携関係 / 京都国際会議場(P)
- 7.5-8.31 大昆虫展 / 千葉県立中央博物館(昆)
- 7.19-8.31 ムシ虫ワールド 世界の昆虫大集合！ / 新潟県立自然科学館(昆)
- 7.26-30 予感研究所 2 / 日本科学未来館(P,昆)
- 8.16,17,23,24 手のひら顕微鏡づくり WS / 東京ガス環境エネルギー館(P,昆)
- 11.1-2 パノラマボールをつくろう / 東京ガス環境エネルギー館 10 周年記念 WS(P,昆)
- 11.10 第 2 回領域シンポジウム「表現の未来へ」/ 東京大学弥生講堂一条ホール(P,昆)
- 2009 年
- 1.30-2.14 あざみ野写真 EXPO 視覚の冒険 / 横浜市民ギャラリーあざみ野(P,昆)
- 2.4-15 先端技術ショーケース / 国立新美術館

シンポジウム、招待講演

- 2006 年 映像の広がり可能性 武蔵野美術大学映像学科
- 2007 年 映像の広がり可能性 武蔵野美術大学映像学科
- 2008 年 映像の広がり可能性 武蔵野美術大学映像学科
 映像の広がり可能性 武蔵野美術大学視覚伝達デザイン学科
 アーティストトーク / 横浜市民ギャラリーあざみ野
- 2009 年 アーティストトーク / 横浜市民ギャラリーあざみ野

研究課題別評価書

1. 研究課題名

人間の知覚に基づいた色彩の動的制御システムの構築

2. 氏名

武藤努

3. 研究のねらい

本研究のねらいはデジタルメディアを用いた色彩造形手法を芸術的観点と技術的観点を結びつけ高度化することにある。光を感受することにより引き起こされる知覚的な体験である色彩をデジタルメディア技術という観点から捉え直し色彩の動き・空間性を研究する。これによりコンピュータを用いた色彩出力をインタラクティブに制御し、動的・空間的な色彩造形手法を構築する。

4. 研究成果

はじめに

デジタルメディア技術の進歩により視覚造形手法は絵具等の物質的な側面だけではなくコンピュータ等を用いた現象的な側面へと広がりを見せている。そのため高度な視覚表現を実現するにはこれを構成する形態・色彩・動き等の視覚造形要素をメディアの変化に応じた形で捉え直す必要がある。本研究では中でも色彩に着目しデジタル制御される色彩出力技術を基盤とした色彩の動き・空間性扱う。具体的には、色彩の動的制御のためのカラーモデル、視覚環境インタラクション、色彩照明装置への応用の3段階をもって研究を行った。

色彩の動的制御のためのカラーモデル

色彩を数値化しデジタル制御するため、モニターディスプレイやフルカラー発光ダイオード(LED)等の加法混色デバイスは色彩出力を赤・緑・青の色彩の物理量で行っている。対して人間の色彩知覚は明度・色相・彩度の心理量によるため、視覚的かつ連続的に色彩変化を扱うためにはこの差異に気を配り数値化した色彩を制御する必要がある。これを改善するため、まず本研究の基盤となる色彩の動的制御のためのカラーモデルを研究した。具体的には連続的な色彩変化を制御するため、明度制御を主軸に色相関係を重視したカラーモデルを構築した。これにより明度を一定とした色相変化・彩度変化、色相を一定とした明度変化・彩度変化等を可能とし視覚的に滑らかな色彩変化を実現した。

例として下記に3種類の色相環を挙げる。図1は黄、赤、青を一次色とする視覚的な補色関係を保った色相環(ヨハネス・イッテンの12色相環)である。12色相環では視覚的な整合性はあるが、数値的連続性がなく計算制御するには扱いにくい。図2は赤、緑、青を一次色とする数値的な整合性を保った色相環(HSB色相環)である。HSB色相環では色相の並びは数値的な整合性があるものの、色相、明度など視覚的に一定ではない。図3は視覚的な補色関係を保ち明度差を一定にした色相環(色彩の動的制御のためのカラーモデルによる色相環)を挙げる。色彩の動的制御のためのカラーモデルによる色相環は視覚的な整合性と数値的な整合性を考慮し、色彩変化を視覚的な整合性を保ち計算制御できるように設計した。



図1(ヨハネス・イッテンの12色相環)

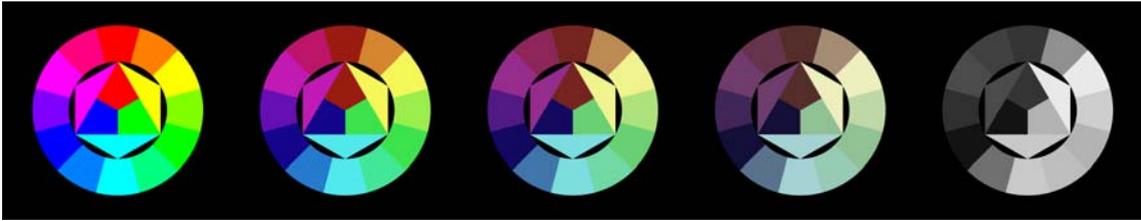


図 2(HSB 色相環)



図 3(色彩の動的制御のためのカラーモデルによる色相環)

視覚環境インタラクション

物質的なメディアを用いた平面的・静的な色彩造形手法はデジタル制御される光という現象的なメディアにより空間的・動的な広がりを見せている。色彩の空間的・時間的側面は照明・建築などの分野の問題と組み合わせたり、新たな視覚表現の可能性を示している。そこで本研究では物質的に環境を変化させるのではなく、色彩光の変化を用いて視覚的な見えの状態を変化させる色彩造形手法を視覚環境インタラクションとして研究した。

視覚環境インタラクションの検証制作として「Optical Trajectory」「Optical Tone」「COLORS in SHADOWS * SHADOWS in COLORS」等のカラーインスタレーションの制作を行った。「Optical Trajectory」は色彩の動きの可視化に着目した振り子状の LED インターフェースによる検証例である。「Optical Tone」は物体色と光源色を用いた視覚環境インタラクションの検証制作である。(図 4 左)この試みは LED 色彩制御技術と造形分野の色彩構成手法を用いた色彩知覚の恒常性を再体験するインタラクティブな実験であり Ars Electronica 2008 をはじめ国内外の展示会に出品し検証の機会を得た。「COLORS in SHADOWS * SHADOWS in COLORS」は視覚環境インタラクションの中でも光・影・色彩という問題に着目した検証制作である。(図 4 右)マルチ映像プロジェクション手法を用いたこの試みでは光と影というインタラクションを色彩という観点からデジタルメディアにより拡張し新たな色彩体験として提示した。これらの検証により色彩光を用いた視覚環境インタラクションは既存の実空間に導入しやすく、メディア芸術分野のみではなく照明手法、サインシステム、広告表現等に実用可能なことがわかった。



図 4(Optical Tone, COLORS in SHADOWS * SHADOWS in COLORS)

色彩照明装置への応用

近年普及し始めたLED等を用いた次世代光源は基本的には蛍光灯等の既存光源の代替えとしての側面が大きい。しかしデジタル制御可能な次世代光源は省エネルギー等の問題ばかりではなく生活に色彩光をもたらす側面もある。この点に着目し、デジタルメディア技術に基づくインタラクティブな色彩制御や動的・空間的な色彩造形手法をメディア芸術分野とともにデザイン分野に応用した。一般的な実用環境での利用を前提とすると、照明光として加法混色出力を制御する際には明るさや色みを直感的に操作する必要があるため、ユーザーの色彩操作軸は赤・緑・青の物理量軸よりも明度・色相・彩度の心理量軸の方が都合が良い。また、従来の明るさのみの調光に加え色彩照明機器は色相・彩度の要素が加わりインターフェースが複雑になるが、スイッチ等ON・OFFに変えてセンシング技術による操作インターフェースを取り入れ容易な操作を可能とする必要がある。これらの点を考慮し、装置の形状と使用者の行為を色彩インタラクション手法で結びつけ色彩の動き・空間性という問題を示しその有用性・可能性を提示した。

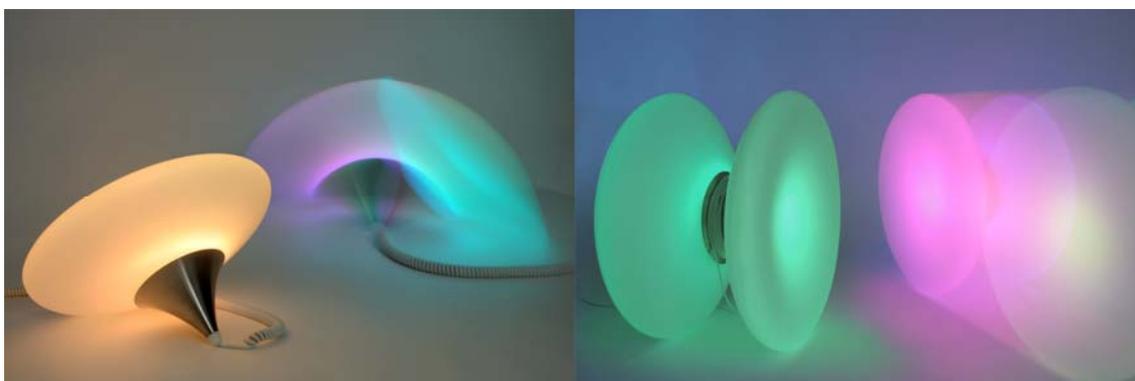


図 5(色彩照明装置応用例)

5. 自己評価

本研究のねらいはデジタルメディアを用いた色彩造形手法を高度化することにある。そのため視覚造形要素としての色彩の動きという側面をデジタルメディアという観点から捉え直す研究を主軸とした。またデジタル制御される色彩出力をインタラクティブに制御し直感的に色彩操作するインターフェースを研究した。これらの研究過程で検証制作を行い、色彩の動きを考える際、色彩を知覚的に体験する現象として捉えさらにその空間性を加味する必要があるという認識に至った。そしてデジタルメディアを用いた動的・空間的色彩造形手法を発展させ、色彩光による視覚環境インタラクション手法を構築したことは当初のねらいを達した成果といえる。さらに色彩は視覚造形の根底をなす要素の一つでありその応用の幅は広く、引き続きメディア芸術における色彩やその応用方法の研究が必要だと考える。

6. 研究総括の見解

メディア芸術のクリエイターには、芸術・技術両面からの知識・経験が必要となっている。今回の研究は、メディア芸術の重要な要素である色彩を、芸術的観点と技術的観点から結びつけ、直感的でインタラクティブに制御する新たな色彩造形手法の構築を目指した。

研究は、以下の3点から行われた。それぞれに成果が得られた。

- ①人間の視覚がもつ色相環の心理量とディスプレイやLED等のデバイスのもつRGBの物理量との差異に着目し、視覚的な整合性を保ちつつ物理的に計算制御できるカラーモデルを作りあげた。このことは、同じ色彩に対しても異なるアプローチをする芸術と技術を結びつけたもので、この分野における1つの基盤技術となるものである。
- ②環境の中で色彩光を色彩のもつ空間的・時間的な側面と結びつけ、動的に変化させる色彩

造形手法を開発した。「Optical Tone」「COLORS in SHADOWS*SHADOWS in COLORS」等の作品を制作し、新たな視覚と環境のインタラクションを具体的な形として提示した。これらの作品は、Ars Electronica、府中美術館などに展示され高く評価された。

③LEDを用い、明るさだけでなく色相・彩度を調光できる新たな色彩照明機器の提案を行った。照明機器は、日常の生活環境の中で使用できるものであり、今回の研究が日常生活に關係のあるデザイン分野にも広がったものである。このことは、当初計画にはなかったものであり、研究の大きな進歩である。また、世界的なインテリアデザインの見本市であるミラノサローネ(2009/4)に作品を展示できる機会を得られるなど、今後の産業・社会に対する具体的な貢献が期待される。

7. 研究成果リスト

A. さきがけの個人研究者が主導で得られた成果

(1)論文(原著論文)発表
なし

(2)特許出願

発 明 者:武藤努
発明の名称:色変換方法及び色変換装置
出 願 人:財団法人国際メディア研究財団
出 願 日:2007年9月12日
出願番号:特願 2007-236748

発 明 者:武藤努
発明の名称:照明装置
出 願 人:財団法人国際メディア研究財団
出 願 日:2007年12月28日
出願番号:特願 2007-340096

発 明 者:武藤努
発明の名称:色変換方法及び色変換装置
出 願 人:財団法人国際メディア研究財団
出 願 日:2008年8月29日
出願番号:PCT/JP2008/065507

(3)受賞

Honorary Mention PRIX ARS ELECTRONICA 2008 : INTERACTIVE ART

(4)展示

- ・Optical Trajectory2、「OPEN SPACE 2007」展
NTT インターコミュニケーションセンター、東京 2007
- ・Optical Trajectory2、「仙台芸術遊泳 2007「光と都市」光と遊ぶ・闇と遊ぶ」展
宮城県立美術館、宮城 2007
- ・Optical Tone 「DANCE WITH COLORS!」展
SKIP シティ彩の国ビジュアルプラザ映像ミュージアム、埼玉 2007
- ・Optical Tone、「SIGGRAPH 2008 New Tech Demos」

LOS ANGELES CONVENTION CENTER、California USA 2008

- Optical Tone、「CyberArts 2008」
OK Center for Contemporary Art、Linz Austria 2008
- COLORS in SHADOWS * SHADOWS in COLORS、「第 4 回府中ビエンナーレ」
府中市美術館、東京 2008
- Optical Tone、「SIGGRAPH ASIA 2008 Art Gallery」
Suntec Convention Centre、Singapore 2008

研究課題別評価書

1. 研究課題名

触・力覚の知覚特性を利用した新たな芸術表現の基盤研究

2. 氏名

渡邊淳司

3. 研究のねらい

現在、メディア芸術の分野において、触・力覚を利用した作品の数は視聴覚を利用した作品に比べて非常に少ない。そこで、本研究課題では、視聴覚に加えて、触・力覚を効果的に芸術表現に利用するための基盤技術を提供し、メディア芸術の表現領域拡大に貢献することをねらいとする。

4. 研究成果

芸術表現を鑑賞者の感覚知覚特性まで含めて考えることは、作品の表現能力を拡大する上で重要な視点である。本研究課題では、時間・空間・質感等の触・力覚の基本的な知覚特性を調べる基礎研究とともに、その知覚特性を新たなインタフェース技術やデザイン原理へ適用する応用研究を行った。基礎研究は主に、心理物理実験のパラダイムを用いて行い、その研究成果の一部は影響力を持つ国際論文誌(Nature Neuroscience 誌 等)へも発表された。応用研究については、成果を技術展示や作品制作、ワークショップでの発表を数多く行った。以下、その応用研究の内容を記す。

触・力覚インタフェース技術の開発

触・力覚の環境知覚特性の利用: 爪上からの凹凸感提示とその芸術表現への応用

触・力覚における情報提示は、視聴覚に比べて、大掛かりなデバイスが必要となることが多く、触・力覚を作品制作に利用することの障壁の一つとなっていた。しかし、人間の知覚特性や錯覚を利用することで、より簡便なシステムによって触・力覚提示を実現することが可能になると考えられる。これまで、図1にあるような、爪側から振動刺激を与え、指の腹側に凹凸感を提示する触覚提示手法についての研究を行ってきたが、本研究課題では、その振動波形をうまく変化させることで、様々なテクスチャ感覚の提示を可能にした。さらに、指の位置を同時に計測することで、タッチパネルモニタ上の動画像に合わせて触感覚が変化するシステムを実現した。従来研究では、ディスプレイ側が振動することで、モニタ上に触感を感じられるデバイスも開発されてきたが、錯覚による爪上からの振動を利用することで、時間遅れのない高速な応答性、ディスプレイのサイズに因らない空間的拡張性、十分な提示感覚の強度を実現した。

また、このシステムを利用して作品制作を行い、平成20年度文化庁メディア芸術祭 アート部門優秀賞を受賞した。この作品は「Touch the Invisibles」というタイトルで、図2のように、タッチパネルモニタに小さな人間が歩く動画像が映し出されており、鑑賞者は爪側振動インタフェースを装着することで、その人間に指で触れることが可能になる。ただし、影だけの見えない人間に触ることができるが、姿が見える人間には触ることができないようになっている。このような、視覚と触覚が一致しない世界を体験することをテーマとした作品である。

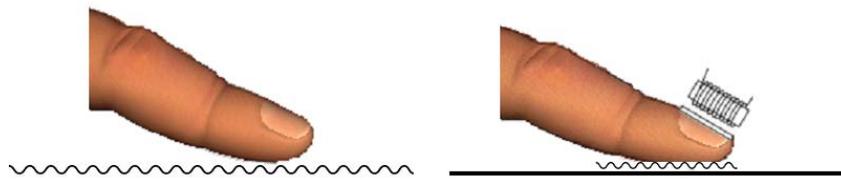


図 1: 通常の凸凹面の知覚(左) 本研究課題の爪側振動による指腹側凸凹感提示(右)

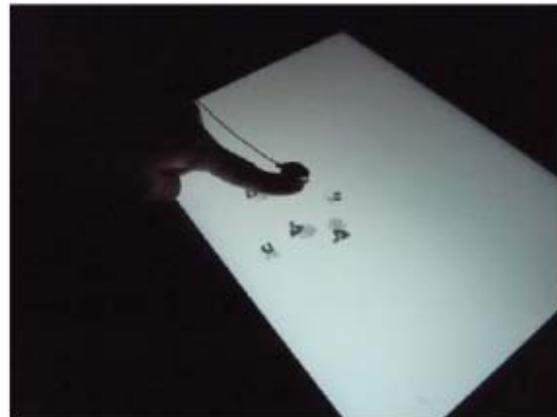


図 2: Touch the Invisibles の画面(左)

Touch the Invisibles 体験の様子(右)

触・力覚の身体知覚特性の利用: 身体貫通感覚提示の開発

人間の触・力覚は、環境を知覚するだけでなく、人間自身の身体知覚を含むものである。そこで、触・力覚のもう一つの側面である、身体に関する知覚特性を利用した情報提示インタフェース、具体的には、身体内を何かが通過したような貫通感覚を提示するインタフェースを実現した。図 3 のように、腹と背に振動子をベルトで固定し、それらを適切な時間差で振動させると、その振動間に「腹部を通過する仮現運動」が知覚され、あたかも何かが身体を貫通したような感覚が知覚される。この感覚は、物理的に提示することが不可能であり、人間の知覚特性・錯覚(本インタフェースでは仮現運動知覚)を利用することで初めて実現可能となる。本インタフェースは、人間の錯覚を利用することで、触・力覚インタフェースの効果範囲を身体内部にも拡張したものであるといえる。

インタフェースの開発においては、身体通過仮現運動知覚が生じる、振動子の最適な時間差、振動波形等の振動パラメータを特定するとともに、映像情報と貫通感覚が同期するようなアプリケーションを実現し、SIGGRAPH2008 New Tech Demo(2008 年 8 月)にて展示を行った。

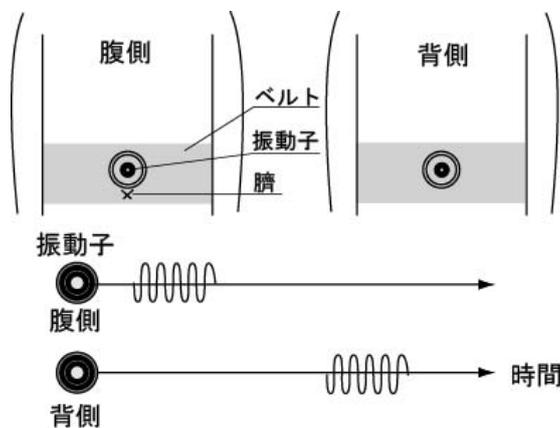
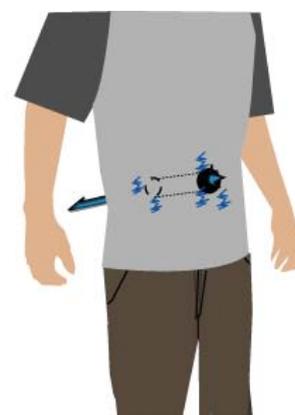


図 3: 貫通感覚提示の原理(左)



貫通感覚提示の概念図(右)

触・力覚におけるデザイン原理の構築

本研究課題においては、触・力覚情報の伝達技術だけでなく、触・力覚を通じて感情を伝えるデザイン原理についての研究を行った。これまで、視聴覚においては、その感覚特性に合わせて効果的に色や音を配置するためのデザイン原理が提案されてきた。例えば、視覚における色相環を利用したカラーデザイン理論や、聴覚における音楽の作曲理論は、実際にデザインや制作の現場でも使用されている。しかしながら、触・力覚では、これまで、そのような統一的なデザイン原理に関する研究は数少ない。そこで、本研究課題では、新たな触・力覚のデザイン原理として、日本語のオノマトペを利用したデザイン原理を提案した。

言葉は、その記号的意味と、意味以外の質感的要素(書き言葉の文字の形、話し言葉の声の抑揚)を持っているが、特にオノマトペは、その意味よりも、単語の音の響き自体が対象の性質を表している語である。例えば、「つるつる」というオノマトペは、その音を聞いただけで、ある共通の滑らかな触覚テクスチャイメージを呼び起こす。そこで、このようなオノマトペに対する共通イメージに着目し、触覚オノマトペと実際のテクスチャの主観的なイメージを関係付ける平面図(触相図)を作成し、そのデザイン原理としての可能性を検証した。

触相図の作成手順は以下の通りである。まず、日本語の触覚に関するオノマトペ約 40 語を集め、それらの物理特性(粘性、摩擦係数、空間周波数、温度等)の主観評価を行う。次いで、その主観評価結果に対して主成分分析を行い、2次元上にオノマトペの分布図を作成する(図4左)。そして、そのオノマトペの分布に対して、実際のテクスチャ片を配置し、その平面上でテクスチャの関係性を議論する。例えば、図4右にあるように、テクスチャの好嫌など主観イメージの判断と合わせて、テクスチャ片をオノマトペの位置に配置すると、主観イメージの関係性を視覚化することが可能である。また、その2次元上の位置関係を利用し、あるテクスチャ片に対して「より“ざらざら”したテクスチャ」という指定や、これまで予想できなかったテクスチャを、触相図に基づいて推奨することも可能となる。

本デザイン原理は、環境に無限に存在する触覚テクスチャ情報を、物理情報(摩擦係数や粘性)のまま扱うのではなく、主観イメージを含む有限な記号(オノマトペ)で表現しなおして扱うことで、一つのデザイン理論が構築できるのではないかと考えたものである。

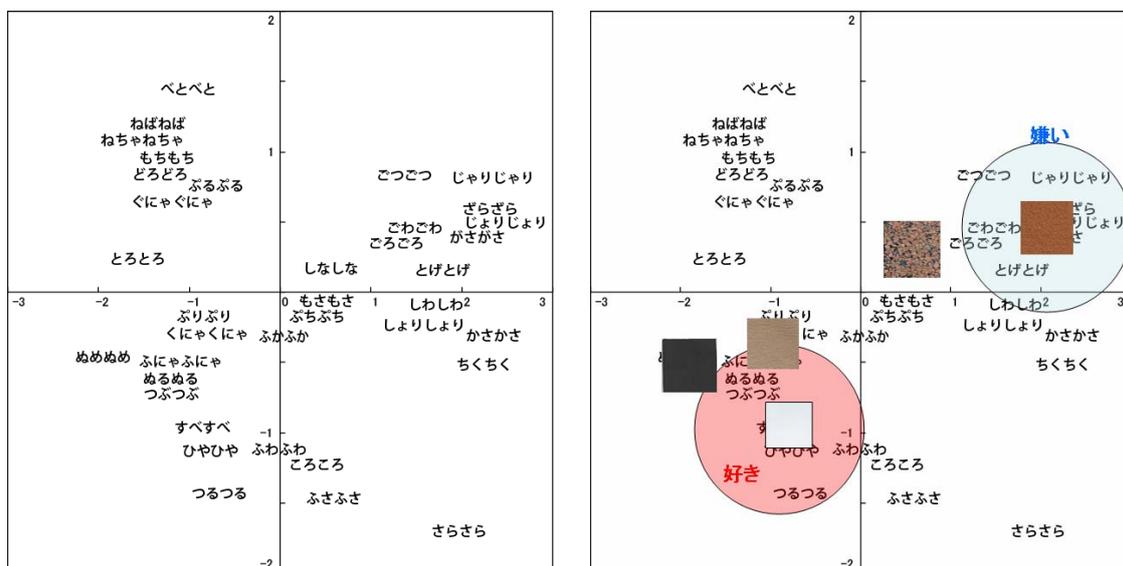


図4: 触相図のサンプル(左)

触相図上にテクスチャサンプルを配置(右)

5. 自己評価

本研究課題は、触・力覚を効果的に芸術表現に利用するための基礎知識・基盤技術を提供し、メディア芸術の表現領域拡大に貢献することをねらいとしていた。研究成果として、基礎的な知覚メカニズムの研究を影響力ある国際論文誌に発表するだけでなく、これまで人間が感じたことの無い触・力覚感覚を提示するインタフェース技術や、触・力覚に関する新たなデザイン原理を提案した。メディア芸術表現において、驚きや新たな体験を通し、鑑賞者の心を動かすことは作品の重要な要素であると考えられ、本課題によって提案されたインタフェースやデザイン原理は、その表現領域を拡大するとともに、作品制作に触・力覚技術を利用する表現者の増加に繋がると考えられ、当初の研究の狙いは達せられたと考えられる。

また、研究推進プロセスとして、国内外問わず様々なバックグラウンドを持った研究者・芸術家と研究活動を行い、論文だけでなく技術展示、作品制作、ワークショップと様々な形態で数多くの成果発表を行うことができた。

6. 研究総括の見解

本研究は、視聴覚に加えて触・力覚を効果的に芸術表現に利用する基盤技術の開発を目指したものである。研究では、触・力覚の基本的な知覚特性を調べる基礎研究とその知覚特性を応用した新たなインタフェース技術の開発を行った。そして、それを生かした作品を研究者自身やクリエイターとの協働で制作した。具体的には以下のとおりである。

触・力覚の情報提示として、指先の爪側から振動刺激を与え、指の腹側に凹凸感を提示するインタフェースを開発した。従来は触・力覚の情報提示には、大掛かりな装置を要したが、このインタフェースにより簡便化されたことで芸術表現への利用の可能性が開けた。さらに振動波形を制御することにより、様々なテクスチャ触感の表現をすることが可能になった。これらの知覚メカニズムは国際論文誌に発表され、これを利用して多くの作品が制作された。その中の1つである「Touch the Invisibles」は、文化庁メディア芸術祭アート部門優秀賞を受賞した。技術・表現の両面で具体的な成果をあげたことは多いに評価できる。

更なる研究成果として、何ものかが自分の身体内を通過したような感覚を提示する装置や触・力覚の感情を他人に伝えるためのデザイン原理などがある。

触・力覚を芸術表現に使うための幅広い分野からの研究が行われ、触・力覚を使った芸術分野に対する基盤技術の整備が進んだものとして評価できる。今回の研究成果は論文発表ばかりではなく、特許としても多く出願されており、触・力覚インタフェースが、教育分野・福祉分野等の産業にも応用され発展することを期待する。

7. 研究成果リスト

A さきがけの個人研究者が主導で得られた成果

(1) 論文発表

Junji Watanabe, Masashi Nakatani, Hideyuki Ando, Susumu Tachi:
Haptic localization for vibro-tactile onset and offset are dissociated
Experimental Brain Research, (in press)

Junji Watanabe, Seiichiro Hayashi, Hiroyuki Kajimoto, Susumu Tachi, Shin'ya Nishida:
Tactile motion aftereffects produced by appropriate presentation for mechanoreceptors
Experimental Brain Research, Vol. 180, No. 3, pp. 577-582, 2007.

Hideyuki Ando, Junji Watanabe, Masahiko Inami, Maki Sugimoto, Taro Maeda
A Fingernail-Mounted Tactile Display for Augmented Reality Systems
Electronics and Communications in Japan, Part II Vol. 90, No. 4, pp. 56-65, 2007.

渡邊 淳司, 福沢 恭, 梶本 裕之, 安藤 英由樹:
腹部通過仮現運動を利用した貫通感覚提示
情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 10, pp. 3542-3545, 2008.

渡邊 淳司, 吉田 知史, 安藤 英由樹, 田畑 哲稔, Maria Adriana Verdaasdonk:
マルチメディアパフォーマンスにおけるVibro-Scape Design の実践的試み,
日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 413-416, 2007.

(2)特許出願

研究期間累積件数:4件(A3件、B1件)

発明者:渡邊 淳司
発明の名称:近似触感材料推奨システム
出願人:科学技術振興機構
出願日:2008年10月10日
出願番号:特願 2008-264234

発明者:渡邊 淳司
発明の名称:貫通触感覚提示装置
出願人:科学技術振興機構
出願日:2007年9月14日
出願番号:特願 2007-239750

発明者:渡邊 淳司
発明の名称:仮想感覚提示装置
出願人:科学技術振興機構
出願日:2007年3月14日
出願番号:特願 2007-65842

(3)その他の成果

○受賞

- ・H21.2 第12回文化庁メディア芸術祭 アート部門 優秀賞
(渡邊 淳司, 草地映介, 安藤英由樹: Touch the Invisibles)
- ・H20.2 第11回文化庁メディア芸術祭 アート部門 審査委員会推薦作品賞
(草地映介, 渡邊 淳司: Slot Machine Drawing)
- ・H19.2 第10回文化庁メディア芸術祭 アート部門 審査委員会推薦作品賞
(安藤英由樹, 吉田知史, 前田太郎, 渡邊 淳司: Save Yourself !!!)

- ・H20.3 インタラクシオン 2008 インタラクティブ発表賞
(渡邊 淳司, 福沢 恭, 梶本 裕之, 安藤 英由樹:
腹部を通過する仮現運動を利用した貫通感覚提示)

○Ars Electronica Center 常設展示

- H21.1～ (Junji Watanabe, Tetsutoshi Tabata, Hideyuki Ando:
Saccade-based Display – behind the eyeball –)
- H19.9～H20.10 (Eisuke Kusachi, Junji Watanabe: Slot Machine Drawing)
- H19.9～H20.8 (Hideyuki Ando, Tomofumi Yoshida, Junji Watanabe: Save Yourself !!!)

○SIGGRAPH 技術展示

- H20.8 SIGGRAPH 2008 New Tech Demo (Sayaka Ooshima, Yasushi Fukuzawa,
Yuki Hashimoto, Hideyuki Ando, Junji Watanabe, Hiroyuki Kajimoto:
/ed – Gut Feelings when Being Cut and Pierced –)
- H19.8 SIGGRAPH 2007 Emerging Technologies (Hideyuki Ando, Junji Watanabe,
Tomohiro Amemiya, Taro Maeda: Full-Scale Saccade-Based Display:
Public/Private Image Presentation Based on Gaze-Contingent Visual
Illusion)
- H18.8 SIGGRAPH 2006 Emerging Technologies (Hideyuki Ando, Tomohiro Amemiya,
Taro Maeda, Masashi Nakatani, Junji Watanabe: Embossed Touch
Display: Illusory Elongation and Shrinking of Tactile Objects)

○解説論文

安藤 英由樹, 渡邊 淳司, 雨宮 智浩, 前田 太郎:
力触覚における錯覚とその応用
計測と制御, Vol. 47, No. 7, pp. 582–586, 2008.

B その他の主な成果

(1)論文発表

Alan Johnston, Aurelio Bruno, Junji Watanabe, Ben Quansah, Natasha Patel, Steven Dakin,
Shinya Nishida:
Visually-based temporal distortion in dyslexia
Vision Research, Vol. 48, No. 17, pp. 1743–1858, 2008.

Masahiko Terao, Junji Watanabe, Akihiro Yagi, Shin'ya Nishida:
Reduction of stimulus visibility compresses apparent time interval
Nature Neuroscience, Vol. 11 No. 5, pp. 541– 542, 2008.

Junji Watanabe, Shin'ya Nishida:
Veridical perception of moving colors by trajectory integration of input signals
Journal of Vision, Vol. 7, No. 11, Article 3, pp. 1–16, 2007.

Junji Watanabe, Hideyuki Ando, Taro Maeda, Susumu Tachi:
Gaze-contingent Visual Presentation based on Remote Saccade Detection
Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 16, No. 2, pp. 224–234, 2007.

Shin'ya Nishida, Junji Watanabe, Ichiro Kuriki, Toyotaro Tokimoto:
Human brain integrates color signals along motion trajectory

Current Biology, Vol. 17, No. 4, pp. 366–372, 2007.

新居 英明, 橋本 悠希, 稲見 昌彦, 渡邊 淳司:
頭部方向指向性を持つ見通し距離会話システム
日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 401–404, 2007.

草地 映介, 渡邊 淳司:
表現意図と偶然性を併せ持つ“Minimal Drawing”の提案
日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 389–392, 2007.

安藤 英由樹, 吉田 知史, 前田 太郎, 渡邊 淳司:
“Save Yourself !!!”-前庭刺激による平衡感覚移植体験-
日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 225–232, 2007.

安藤 英由樹, 渡邊 淳司, 杉本 麻樹, 前田 太郎:
前庭感覚インタフェース技術の理論と応用
情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 3, pp. 1326–1335, 2007.

内田 貴之, 渡邊 淳司, 川上 直樹, 舘 暲,
走査型ディスプレイにおいて生じる形態歪みの特性
映像情報メディア学会誌, Vol. 60, No. 9, pp. 1496–1499, 2006.

林 政一郎, 渡邊 淳司, 梶本 裕之, 舘 暲:
触知覚における運動残効現象の研究
日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 11, No. 1, pp. 69–75, 2006.

安藤 英由樹, 仲谷 正史, 渡邊 淳司, 前田 太郎, 舘 暲:
なぞり動作を利用した触形状提示手法の検討
日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 11, No. 1, pp. 91–94, 2006.

仲谷 正史, 渡邊 淳司, 安藤 英由樹, 前田 太郎, 舘 暲:
腕運動中に提示される触覚刺激の定位
日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 11, No. 1, pp. 101–104, 2006.

(2)特許出願

発 明 者: 渡邊 淳司, 新居英明
発明の名称: 赤外線通信装置
出 願 人: 科学技術振興機構
出 願 日: 2007年9月28日
出願番号: 特願 2007-253806

(3)その他の成果

○解説論文

安藤 英由樹, 渡邊 淳司, 前田 太郎:
前庭電気刺激を利用した平衡感覚インタフェース

映像情報メディア学会誌, Vol. 62, No. 6, pp. 20-23, 2008.

前田 太郎, 安藤 英由樹, 渡邊 淳司, 杉本 麻樹:
前庭感覚電気刺激を用いた感覚の提示
バイオメカニズム学会誌, Vol. 31, No. 2, pp. 82-89, 2007.

安藤 英由樹, 前田 太郎, 渡邊 淳司:
“目が動いたときだけ見ることができる”情報提示装置 眼球運動計測を利用した選択的視覚
情報提示手法
画像ラボ, Vol. 17, No. 6, pp. 43-49, 2006.

○主な招待公演・基調講演

2008年1月24日
日本ロボット学会「手の巧みさ研究専門委員会」第4回研究会 招待講演
渡邊 淳司: 触環境感覚と触身体感覚の心理物理

2007年12月14日
第6回ロボティクスにおける空間の知能化及び構造化に関する研究専門委員会 招待講演
渡邊 淳司: 知覚体験を情緒体験へ変換する装置－知覚と空間のCode－

2007年11月28日
視聴覚情報研究会(AVIRG)11月例会・総会 招待講演
渡邊 淳司: 人間の環境への働きかけとインタフェースデザイン

2007年3月29日
知覚コロキウム2007 招待講演
渡邊 淳司: 知覚研究と新たな情報提示・芸術表現への応用

2007年2月16日
CREST ユビキタスコンテンツ・シンポジウム2007 基調講演
渡邊 淳司: 知覚研究の編集的アプローチ