

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 10 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009 ～ 2012

課題番号：21300033

研究課題名（和文） Affective Rendering - 情動適応型 CG の実現

研究課題名（英文）

Affective Rendering - Toward the Realization of Affect Adapted Image Synthesis

研究代表者

茅 暁陽 (MAO XIAOYANG)

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・教授

研究者番号：20283195

研究成果の概要（和文）：

本研究は、ユーザの情動を感知する情動センシング、情動をコンピュータ内で認知・利用する情動アナリシス、情動に適応する画像や映像を合成する情動適応型イメージシンセシスの各フェーズからなる閉じた処理ループを構成することにより、人間中心の情報ネットワークシステムの重要な基盤技術としての新しいCG技術—affective renderingの確立を目的として、感情価と覚せい度で構成される2次元情動モデルを使用し、各種視覚要素が情動に与える影響の調査、生体情報より2次元情動空間における状態の推定および情動を特定な状態に誘導する視覚アニメーションの設計と提示技術を開発した。

研究成果の概要（英文）：

We proposed affective rendering as a new affective computing technology which deals with user emotion in the field of image synthesis. Affective rendering is realized in 3 steps - affect sensing, affect analysis and affect adapted rendering. We have carried out various experiments to study the mapping between the typical visual parameters and 2D affect space. Techniques for estimating the 2D emotion state of a user from biological signals are developed and applied to an emotional painting tool that dynamically adapts the colors of brush and the outline of canvas to the estimated emotion of the user.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2010年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2011年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2012年度	1,900,000	570,000	2,470,000
年度			
総計	13,700,000	4,110,000	17,810,000

研究分野：総合領域

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：グラフィクス

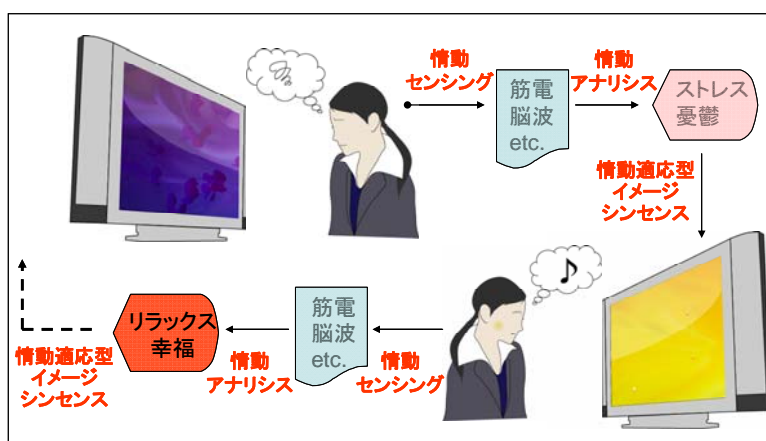


図 1 情動適応型 CG

### 1. 研究開始当初の背景

80年代以降飛躍的に発展してきたラスタグラフィクスに、GPU (Graphical Processing Unit) に代表されるような最新の高速化ハードウェア技術が加わり、現在では光と物体との物理的相互作用を忠実にシミュレートし、写真と見分けがつかないような写実的な画像を容易にリアルタイム生成できるようになってきた。これを背景に近年の主要なCG研究は、画像を生産する機械から消費する人間へその中心をシフトしてきている。換言すれば、①計算資源の効率的な利用による高品質画像の生成から人間の視覚や認知の特性に根ざした情報の効果的な表現へ、②物理法則に基づく実世界の写実的な再現から独自のスタイルによる心象世界の表現へのシフトである。実際米国では、2004年以降世界最高峰の国際会議であるACM SIGGRAPHに併設して、専門の国際会議Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization (APGV)が毎年

Animation and Renderingも2007年より毎年開催されるようになったなど、NPRの注目度は年々高まりを見せていた。しかし、①と②の両分野は、その注目度の高さに比較して実際の応用における有効性に関する評価がまだ低いことも事実であった。情報に対する理解の仕方や絵を見たときの感じ方には個人差があり、一般的な認知科学や心理学の知見を適用するだけでは不十分であった。また既存のNPR研究の多くは特殊な描画スタイルの模倣に過ぎず、生成された画像がユーザにとって本当に美しく感動的であるかどうかという点はまだ評価していなかった。写実性と異なり、絵を見たときの感じ方や感動を定量的に評価する

開催されるなど、①への関心度が非常に高かった。また欧州では、Heinrich H. Bühlhoff氏が率いる独国 Max Planck Institute for Biological CyberneticsのHuman Perception, Cognition and Actionグループが当分野を牽引していた。一方、②は90年代初頭に登場したNon-Photorealistic Rendering (NPR)とよばれる研究に代表される。絵画の歴史が、写真技術の発明により、見えている通りに世界を再現する古典派から、独自のスタイルで作者のメッセージや感じ取った世界をより効果的に伝える印象派や抽象派へと発展したと同様に、NPRは写実的な画像の代わりに、デフォルメや誇張・省略などによりユーザの注意を喚起し、感動を与えられるような画像の生成を目的とする。SIGGRAPHとEUROGRAPHICSの共催で2000年以降隔年開催されていた国際会議Symposium on Non-Photorealistic

ことは、極めて挑戦的な課題であった。NPR画像の誘目性や銘目性現に報告されていたが、ユーザの心理ごどう影響するかを客観的に評価する方法はまだ確立されていなかった。これを実現し、個々のユーザの感じ方に適応した画像を生成するためには、ユーザが感じるフラストレーション、興味、怒り、喜びなど、ユーザの精神的、心理的な状態をさす情動 (affect) を数理的にモデル化する必要があった。

そこで我々は、人工知能、ロボティクス、ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) などの諸分野で近年目覚ましい関連研究が巻き起こっていた affective computing に注目した。これは、ユーザの情動を感知しそれに反応するコンピュータを生み出す技術として、1995年に米国MITメディアラボのRosalind Picard教授

により提案されたものである。欧州でも、第6次EU研究開発枠組み計画 (FP6) プロジェクトに計11カ国27の研究グループが参加し、2004年から4年間に渡り HUMINE (Human-Machine Interaction Network on Emotions) という超国家学際プロジェクトが実施された。この概念は、国内ではまだまだあまり広く認知されているとはいえない。affective computing 技術をゲームなどのユーザビリティ評価に利用する研究例も報告されていた。しかし、いずれも個々の領域・問題における小規模な開発・実験に終始しており、分野全体としての系統的かつ集約的な発展の方向性は見せていなかった。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、上述のaffective computingの概念をCG分野に導入し、図1に示すような人間中心の新しいCG描画技術「affective rendering」を提案した。具体的には4年間の研究期間に、次の3つの要素技術を確立することを目指した。

- ① 情動センシング (affect sensing)  
CG画像・映像を見る際のユーザの各種生体情報の取得
- ② 情動アナリシス (affect analysis)  
生体情報からのユーザ情動の推定、情動と各種CG描画パラメータとの関係づけ
- ③ 情動適応型イメージシネシス (affective image synthesis)  
ユーザの情動に適応するだけでなく、ユーザの情動を望む方向に誘導できるような画像の合成

さらに、Affective Digital Paintという応用システムを試験的に構築し提案方法の有効性を検証することを目指した。

## 3. 研究の方法

以下に示すような4つの具体的なサブゴールを設定し、研究を行った。

- ① CG画像をみるユーザの生体情報を取得し、生体情報からユーザの情動を自動推定する方法の開発
- ② 情動とCGモデリング・レンダリングパラメータとの関係のモデル化
- ③ 情動に適応する動的画像合成方法の提案と実装
- ④ 応用システムの構築による提案方法の有効性評価と総括

サブゴール①は生体情報の取得と生体情報からの情動の推定の二つからなる。情報の推定には表情の利用と生体情報の利用の各方式が知られている。前者では、笑ったり、眉間を寄せたりなど、表情に大きな変化がない限り情動を推定することが難しい。本研究ではユーザが自然な形でCGシステムを利用する場面を想定し、本人が意識的に情動を表出し

なくても計測できることを第一義的に捉え、後者の方式を採用した。色、形状、動きなど、画像生成のための代表的なパラメータを変化させながら、ユーザの脳波、心電、筋電、脈波などの生体情報についてそれぞれの描画パラメータに対する反応を計測する実験を実施した。

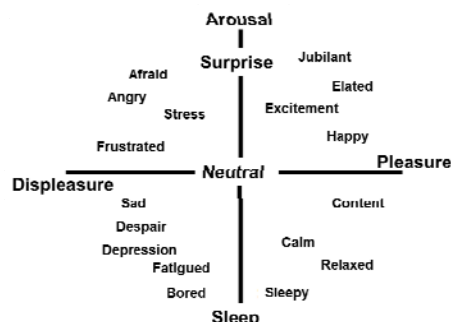


図2 2次元情動モデル

一方、生体情報からの情動の推定は、本研究を成功させる上で最大のチャレンジの一つであった。情動の定量的モデルとして、人間の感情を感情の正負（感情価）と感情の強弱（覚醒度）の2軸で表現する2次元モデルが知られている（図2）。感情価は、正および負の感情との間で表される感情の質であり、「楽しい」は正の、「悲しい」は負の感情となる。一方覚醒度は、感情の高低差を示し、「興奮」は高い、「落ち込み」は低い覚醒度をそれぞれ表す。本研究では複数種の生体情報を組み合わせ、2次元感情空間に対応した情動を可能な限り高い解像度で検出する方法の開発を行った。

次にサブゴール②で、形状、色、サイズ、動きなど、CG画像・映像を決定する各種視覚パラメータと情動との関係を明らかにする実験を行った。できる限りプリミティブレベルでの2次元情動空間との対応関係を明らかにする方針の採用により、適用範囲の広いモデルの構築を目指した。

サブゴール③では、ユーザの情動をモニタリングし、現況に合わせて適切な画像・映像を提示し、望む方向に情動を誘導できるレンダリング技術の開発を行った。これは、図2の2次元感情モデル空間において、ある位置から別の位置へ情動状態を遷移させる問題に帰着させることができる。サブゴール①とサブゴール②で得られた結果を組み合わせ、まずは覚醒度を所定方向に誘導する映像の設計を行い、その成果を踏まえて、感情価も含めた2次元情動空間における誘導映像の制作を試みた。

サブゴール④で開発する応用システムとして、情動適用型アニメーションとお描きソ

フトの開発を行った。前者はスクリーンセーバなど、ユーザの情動に適応するCG映像を表示させることにより、ユーザの情動をより望ましい状態に誘導する作業環境の実現に向けての基礎研究であり、後者はブラシトロックやキャンパスの視覚属性をユーザの情動に適応させ、人と心が通うお描きソフトの開発を目指した。

#### 4. 研究成果

##### (1) レンダリングパラメータと情動との対応づけ

心理学分野で得られている知見に基づき、各種視覚要素と2次元感情との対応関係を精査し、情動モデルの4つの象限に対応した視覚アニメーションを設計した。視覚効果の構成要素として色、動き、サイズ、数、形状、動作速度を考慮した。

##### 色

喜びの感情を示す第1象限では黄・橙系、怒りの感情を示す第2象限では赤・紫系、悲しみの感情を示す第3象限では青系、穏やかな感情を示す第4象限では緑系がそれぞれ対応するとした。

##### 動き

調和のとれた滑らかな動きからはポジティブな感情を、不調和でぎくしゃくした動きからはネガティブな感情を抱く。上方向への移動、拡大・縮小といった動きは第1象限に、左右への往復移動、振動といった動きは第2象限に、下方向への移動、振動といった動きは第3象限に、波運動は第4象限に位置させた。

##### サイズ

高い覚醒度では小さく、低い覚醒度では大きくとした。

##### 数

高い覚醒度では多く、低い覚醒度では少なくとした。

##### 形状

正の感情価ではなめらかで丸く、負の感情価では鋭くとした。

##### 動作速度

高い覚醒度では速く、低い覚醒度では遅くとした。

以上の仮説に基づき図3に示すような2次元情動空間の4つの象限に対応したアニメーションを設計した。

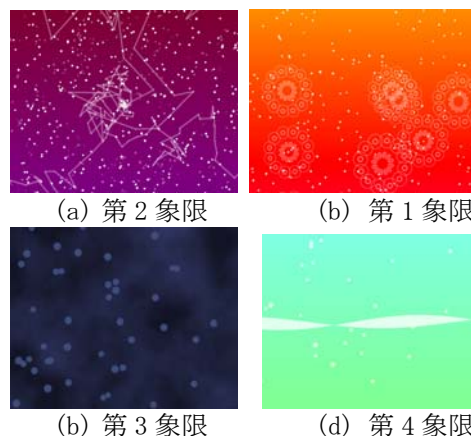


図3 各象限に対応する映像

第1象限に位置する映像はオレンジ色を背景に、丸いパーティクルと、複数の丸い物体が回転しながら上方向へ移動していく。第2象限に位置する映像は、紫色を背景に、中央に稲妻のような線と、尖ったパーティクルがランダム動きや反射を繰り返す。第3象限に位置する映像は、明度が低い青色を背景に、尖ったパーティクルが下方向へ移動していく。第4象限に位置する映像は、明度の高い緑色を背景に、波のようなオブジェクトと、丸いパーティクルが右方向へ移動していく。

上記の映像によって特定の感情へ促されるかを検証するために、2次元情動空間上に定義されている画像集(IAPS)から選択した画像と設計した映像を使用し、映像による元画像の感情価と覚醒度への影響を、主観的評価と生体信号を測定することで調べる実験を行った。主観評価では、画像の評価の重心を望む方向に誘導できることを一部確認できた。生体情報として、脳波( $\theta$ 波、 $\alpha$ 1波、 $\alpha$ 2波、 $\alpha$ 3波、 $\beta$ 波)、脳血流、呼吸数、脈波(脈拍数、HF成分、LF/HF成分)、皮膚電導を測定した。多くの生体信号では有意差は認められなかったものの、 $\alpha$ 2波、 $\alpha$ 3波、脈拍LF/HF成分に変化について、各映像の象限の変化との対応がみられた。

##### (2) 生体情報に基づく覚醒度の推定と覚醒度適応型映像提示システムの設計

図4(b)、(d)に示す映像をそれぞれ覚醒度を高める映像と下げる映像として使用し、生体情報に基づく覚醒度の推定と覚醒度適応型映像提示システムの設計を行った。まず、2種類の映像を被験者に提示し、呼吸、脈波、皮膚伝導率の3種類の生体情報を計測したところ、呼吸と脈波について、映像による有意な効果が認められた。呼吸数では、増加によ

り高い覚せい度にあるといえ、減少により低い覚せい度にあるといえる。一方、HF が高い値であれば覚せい度も高く、低い値であれば低い状態にあるといえる。このことから、図4に示すような生体情報から覚せい度を推定するファジィルールを作成した。

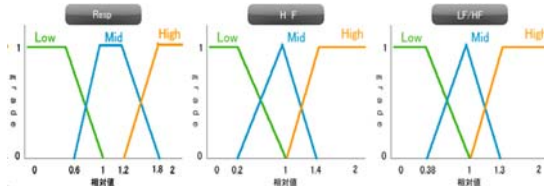


図4 呼吸、HF、LF/HF のメンバシップ関数

検証実験を行ったところ、生体情報の変動に合わせて映像の切り替えが行われていること、そして、興奮アニメーションが提示された場合は高い方向へ、リラックスアニメーションが提示された場合は低い方向へ、覚醒度が変化することが確認された。

### (3) 重回帰モデルによる感情価の推定

静止画像から喚起される感情価とそれに伴う観察者の脳波および脳血流の生理指標から、感情価と生理指標との回帰モデルを構築する実験を行った。この結果、感情価の評価値を目的変数とし、中枢神経系の脳波の周波数帯ごとのパワー値および脳血流中の酸化ヘモグロビンと脱酸化ヘモグロビンの比 (HEG率) を説明変数とするMARS法に基づく回帰モデルを示すことができた (寄与率66%)。また、分析の結果、9.5 Hzから11.5 Hzの脳波と脳血流のHEG率が重要な変数であることが分かった。この結果を受けて、画像の構成要素と中枢神経系の生理指標との関係を実験したところ、線画のストロークの太さの違いと脳血流のHEG率との間に関係があること、また、色と脳波の  $\theta$  波との間に関係があることがわかった。このような結果から、画像を閲覧している観察者の脳波および脳血流からその感情価を連続的に推定することが可能であると結論付けることができた。また、生理指標それぞれに対して画像の構成要素との関係があることがわかり、脳波や脳血流の生理指標が、画像およびその構成要素と観察者の感情との間に相互作用のあるインタフェースを設計するうえでの重要な指標となることが分かった。

### (4) 情動適応型ペイトツール

(3)で得られた回帰モデルを利用し、図5に示すような情動適応型自己表現描画インタフェースを試作した。

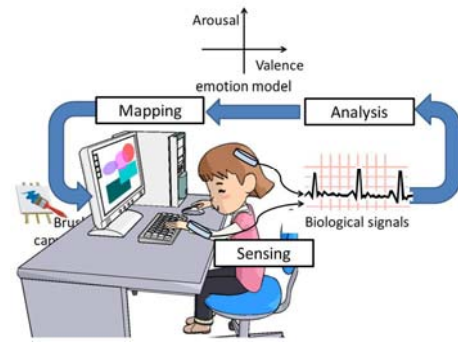


図5 情動適応型ペイトツール



図6: 情動推定による色の決定

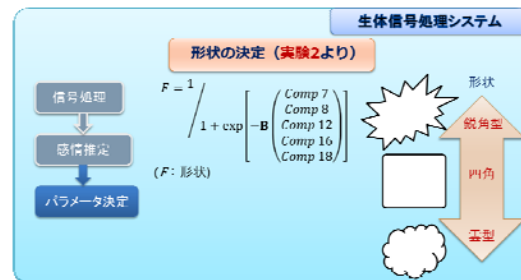


図7: 情動推定による形状の決定

システムでは、情動をブラシの色 (図6) およびキャンバスの形状 (図7) にマッピングし、ユーザの情動に合わせて動的に変化させる。被験者に利用してもらったところ、色と形状は自身の情動に適応されているという評価が得られた。

## 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17件)

1. Michitaka Hata, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, Automatic generation of accentuated Pencil Drawing with Saliency Map and LIC, The Visual Computer, 査読有, Vol. 28, No. 6-8, 2012, PP 657-668  
DOI: 0.1007/s00371-012-0689-9
2. 阿部 敬由, 豊浦 正広, 茅 暁陽, 大局的特徴量 GIST を用いた作品例に基づく

- 絵画調画像生成, 画像電子学会誌, 査読有, Vol. 41, No. 4, 2012, PP 340-351
3. 森脇和也, 小俣昌樹, 嘉糠大輔, 茅暁陽, 今宮淳美, 生体信号の変化に伴って観察者の覚せい度を制御する視覚的効果の設計, 画像電子学会誌, 査読有, Vol. 40, 2011, PP 768-777
  4. 嘉糠大輔, 小俣昌樹, 今宮淳美, 茅暁陽, 感情に連動して色が変化するお絵描き, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 査読有, Vol. 15, No. 3, 2010, PP479-482

[学会発表] (計 12 件)

1. 川頭 匠, 豊浦 正広, 小俣 昌樹, 茅 暁陽, 情動誘導映像の設計, 芸術科学フォーラム, 査読なし, 2013年3月15日, 慶応義塾大学
2. Masaki Omata, Kazuya Moriwaki, Xiaoyang Mao, Daisuke Kanuka, Atsumi Imamiya, Affective Rendering: Visual Effect Animations for Affecting User Arousal, IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS), 査読有, 2012年5月11日, Tangier
3. 嘉糠大輔, 小俣昌樹, 茅暁陽, 今宮淳美, 感情推定に向けた感情喚起画像提示時の脳波と脳血流変化の測定, 第18回VR心理学研究会, 査読なし, 2011年12月9日, 高知工科大学

[その他]

ホームページ等

[http://www.vc.media.yamanashi.ac.jp/Top\\_jp.html](http://www.vc.media.yamanashi.ac.jp/Top_jp.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

茅 暁陽 (MAO XIAOYANG)

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・教授

研究者番号：20283195

### (2) 研究分担者

高橋 成雄 (TAKAHASHI SHIGEO)

東京大学・新領域創成科学研究科・准教授  
研究者番号：40292619

小俣 昌樹 (OMATA MASAKI)

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・准教授

研究者番号：60402088

研究分担者

吉田 典正 (YOSHIDA NORIMASA)

日本大学・生産工学部・准教授

研究者番号：70277846

研究分担者

豊浦 正広 (TOYOURA MASAHIRO)

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・助教

研究者番号：80550780

### (3) 連携研究者

なし