

## アート創作におけるインタラクティブ支援環境

佐藤宏介\* 金谷一朗\* 片寄晴弘\*\* 木村朝子\*\*\* 堀井千夏\*\*\*\*

平成 11 年より実施してきた日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業「感性的ヒューマンインタフェース（インタラクションの相乗効果を用いた感性創発世界の構築）」（研究代表者谷内田正彦大阪大学教授、JSPS-RFTF99P01404）の中で、著者らが行ってきたアート&テクノロジー研究を概観する。本研究は、インタラクションによる感性のシナジー（相乗）効果を媒介する人間-マシン-人間・インタフェースの実現を目指し、人の芸術的活動の質的向上に寄与しうる、感性相互作用を担うことのできる入出力インタフェース、感性の相互触発を可能とする新しいインタラクティブメディアの開発を通して、アート創作におけるインタラクティブ支援環境の設計論を検証してきた。

## Interactive Support Systems Inspiring Artistic Idea

Kosuke Sato\*, Ichiroh Kanaya\*, Haruhiro Katayose\*\*,  
Asako Kimura\*\*\*, and Chinatsu Horii\*\*\*\*

In this paper, we will describe several achievements in some part of Project of "Intuitive Human Interface -Construction of Kansei Emergence World based on Synergetic Interaction-" started in the fiscal year of 1999 under the Research for the Future Program (RFTF) run by the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS-RFTF99P01404, Representative researcher Prof. Masahiko Yachida), which is intending to build Kansei interactive support systems inspiring artistic idea. Kansei interface devices and Kansei interactive media we built are presented.

### 1. はじめに

本稿では、人間の意図や感性にマッチした情報機器インタフェースを実現する目指し、平成 11 年度から平成 15 年度に互って実施されてきた日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業「感性的ヒューマンインタフェース」分野（研究推進委員長：原島博東京大学教授）の中の 4 プロジェクト

のうち、「インタラクションによる相乗効果を用いた感性創発世界の構築（研究代表者：谷内田正彦大阪大学教授）」[1]において、著者らが遂行してきた人の芸術的活動の質的向上に寄与しうる、感性相互作用を担うことのできる入出力インタフェース、感性の相互触発を可能とする新しいインタラクティブメディアに関する研究成果を概観する。

---

\* 大阪大学大学院基礎工学研究科, Osaka University, {sato, kanaya}@sys.es.osaka-u.ac.jp

\*\* 関西学院大学理工学部情報学科, Kwansei Gakuin University, katayose@ksc.kwansei.ac.jp

\*\*\* 立命館大学理工学部情報学科, Ritsumeikan University, asa@cs.ritsumei.ac.jp

\*\*\*\* 摂南大学経営情報学部経営情報学科, chinatsu@kjo.setsunan.ac.jp

芸術分野や福祉分野の作業において、感性情報を効率よく相手に伝達することが強く求められており、感性の伝達特性を解明し、活用することで開かれるあらゆる可能性に期待が高まっている。また、実際にこのような感性情報を人間のコミュニケーションにおいて伝達するためには、言語情報だけでなく身振りや素振りなどのシンボリック情報やノンバーバル情報の利用が有効となる。

そこで著者らは、本研究プロジェクトにおいて感性情報の伝達特性の解析および感性情報を介した人間同士のインタラクションやそのインタフェースに関する研究を行ってきた。以下に挙げる項目の分野を手掛かりに、感性的直観的コミュニケーション支援環境の構築を行ってきた。

#### 生理指標による感性伝達特性の解析

- ・生理指標計測センサの構築 [2]
- ・生理指標計測に基づくインタラクティブメディアアート活動時における演者、聴衆の感性分析 [3]

#### 直感的ユーザインタフェース

- ・触覚フィードバック付ポインティングデバイス [4]
- ・方向指示による家電選択コントローラ [5]
- ・触覚フィードバック付指先装着型インタフェース GyroTouch [6]
- ・触覚フィードバック付道具型インタフェース ToolDevice [7]
- ・抵抗力制御によるマウスへの触覚フィードバックの提示 (VISCOUS マウス) [8]
- ・プロジェクト投影型ウェアラブル複合現実感システム [9]

#### デザイン支援環境

- ・複合現実感によるデザイン画彩色支援システム [10-11]
- ・プロジェクト投影による色の見え置換システム [12]
- ・デザイナーの感性を考慮した意匠面の設計支援 [13]

#### インタラクティブメディアアート

- ・携帯電話を用いた多人数によるビデオミキシング [14]

## 2. 生理指標による感性伝達特性の解析

### 2. 1 生理情報モニタリング技術の開発

ユーザの生理指標 (たとえば、脳波、心電、脈波、皮膚インピーダンス) を計測するシステムを開発する。また、高速な生体信号処理システムを開発し、計測された生理指標から快適度、高揚度、ストレス度などのユーザの生理、心理情報を実時間で予測する手法を開発する。感性インタラクションという領域での使用なので、複数ユーザのデータの同時計測が可能であり、また自由に動き回れることが望ましいケースが多い。このため、複数人のユーザの生理指標を同時計測できる小型無線化生理データ取得システムの開発を進めてきた。

これらの用途では、被験者 (測定対象者) が動き回り、かつ、複数人に対して同時計測を行うことを想定した計測システムの構成が必要となる。このような用途に対応したテレメタリングモニタリングが可能な生理指標センサも市販されているが、主に医療での用途を目的に開発された大掛かりなシステムであるため、価格と可搬性の双方から、フィールドワーク的な使用に適したものは言えなかった。そこで、複数人に対して同時計測を行うことが可能な小型・無線多重化生理指標計測システムを開発を行っている。開発をしたシステムを図 1 に示す。

システムは FM 微弱電波形式の親機 (受信部) と 4 台の子機 (送信部、センサ部を含む) で構成されている。子機は同一の周波数を使用するが子機は時分割の手法で、指定された順序に従って蓄積したデータの送信を行う。

脈波は発光ダイオードとフォトトランジスタを使用し、指先での赤外光の透過量から血流量をとらえることにより取得している。感度を落とすことなく消費電流を減少させるためパルス駆動で発光させている。皮膚アドミタンスについては手首と親指に薄い網状のステンレス電極を装着し、この間の抵抗を測定している。交流を印加し同期検波を用いて感度とレンジを得ている。手の動作による電極に対する圧力変化が原因となるノイズがあるが、その変化は非常に穏やかなものであるためハイパスフィルタで取り除いている。

ここで使用する生理指標は基本的に自立神経系の活動の指標となるものである。交感神経系の支配下 (緊張、ストレス) では、脈波が増加する、

発汗量の増加に伴い、皮膚インピーダンスが減少するという事象をとらえるものである。心拍数は、脈波から周波数を計算するという形で計算される。単位としては、BPM (beat per minutes)が使われる。皮膚インピーダンスにおける直流成分 (0.078 Hz 以下の成分、以下、SIDC) の減少は、発汗すなわち緊張を表す指標である。また、一方、皮膚インピーダンスの高域での変化 (0.078 Hz 以下の成分、以下、SPR) も、緊張感に関する指標として知られている。

以上のセンサシステムと指標を用いて、芸術活動/パフォーマーの平静時、演奏時 (実験室内) での生理指標データの計測を行った。このを用いて「パフォーマンスにおける引き込み現象」や「ダンス療法における精神的な同調現象」の解明に適用した。



図1 小型・無線多重化生理指標計測システム

## 2. 2 生理指標計測に基づくインタラクティブメディアアート活動時における演者、聴衆の感性分析

各種のコンサートに行ったとき、スポーツの試合を見に行った時、祭りに参加したときに、テレビで見るのとは違った臨場感「背中がゾクゾクとする感覚」を味わうことがある。このような感覚は、「場」の要素が関連し、特に何らかの形でインタラクションが発生している際に顕著なものといえる。本研究の一つとして、インタラクションの相乗効果を検証した。「パフォーマー」「聴衆」に自律神経に関する生理指標の計測を行った。

### 2. 2. 1 「インタラクティブメディアアート2000@和歌山」

インタラクション技術を応用した新しい芸術領

域を市民レベルで紹介を行うことを目的として、2000年10月27日に和歌山市民会館にて、「インタラクティブメディアアート2000@和歌山」を開催した。このイベントでは、世界レベルで活躍しているアーティスト3組のコンサートの他、インタラクション技術に関する公開講座、インタラクション技術を応用したアプリケーションや学生政策マルチメディアコンテンツの展示を行った。

### 2. 2. 2 能楽堂講演による生理指標計測

2001年度4月、大阪の能楽堂で講演 (観客数約80人) を実施し、演奏者、観客、システムオペレータ (裏方) の生理指標計測を実施した (図2)。実験を実施する際のもっとも大きな興味は、演奏者と観客の引き込み現象を生理的な視点から探ることであったが、残念ながら、この点では有意なデータを取得することができなかった。しかしながら、3回の実験を重ねることで、奏者 (作曲家) の主観による楽曲中の相対的緊張度変化と、実際に演奏した際の生理指標との関連で興味深い結果を得ることができた。



図2 尺八パフォーマンス時の生理指標計測

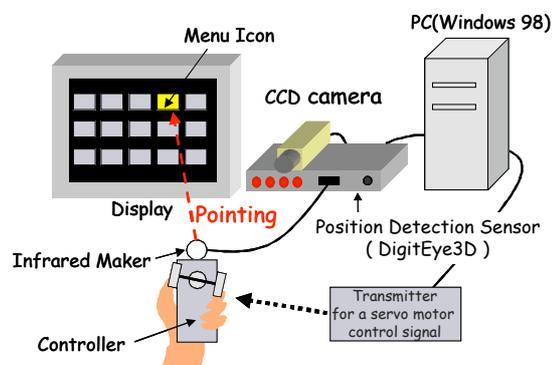


図3 触覚フィードバック付ポインティングデバイス

### 3. 直感的ユーザインタフェース

#### 3. 1 触覚フィードバック付ポインティングデバイス

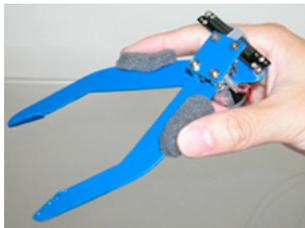
手の動きによってアイコンを選択し、触覚感覚によりアイコンを選択していることをフィードバックするという、直感的な動作・確認方法を利用したポインティングデバイスを構築した。図3にシステム構成を示す。触覚フィードバック部では、親指と人差し指で可動部を挟み、可動部の左右への傾きをフォースフィードバックとしてユーザへ返す。ポインティング部では、手元のデバイスに位置検出用のマークを装着し手の位置情報を検出している。

#### 3. 2 触覚フィードバック付指先装着型インタフェース GyroTouch

ウェアラブルな VR 環境を想定し、指先に装着可能な小型の触覚フィードバックデバイス GyroTouch を構築した。触覚フィードバック提示を行うことで、ウェアラブルな環境においても、



図4 触覚フィードバック付指先装着型インタフェース GyroTouch



(a) ピンセット型



(b) スポイト型

図5 触覚フィードバック付道具型インタフェース ToolDevice

直感的操作を補助することができる。GyroTouchの概観を図4に示す。GyroTouchは小型モータ起動・反動トルクを利用した触覚デバイスであり、人差し指の右側面に装着したケースでは、モータ内のロータ回転を時計方向から反時計方向に逆転させるときに、指先を持ち上げるような反動トルクが働き、これが物体に接触した際の反力として知覚される。

#### 3. 3 触覚フィードバック付道具型インタフェース ToolDevice

道具のメタファーを利用した入出力デバイスとして、スポイト型デバイスと、ピンセット型デバイスを構築し、評価をおこなった。スポイト型デバイス(図5(a))は、サーボモータを利用した押し込み感で情報の量を、ペルチェ素子による温度変化で情報の新旧をフィードバックする。スポイトが持つ"液体を吸い込み、押し出す"というメタファーを利用し、情報の移動を行うメンタルモデルを構築するのが狙いである。ピンセット型デバイス(図5(b))は、ギヤードサーボモータを利用した反発力で情報の量をフィードバックする。ピンセットが持つ"物体をはさむ"というメタファーを利用している。

なお、本システムについては、本研究会資料140-18「インタラクションデバイスの触知化」で詳述する。

#### 3. 4 プロジェクタ投影型ウェアラブル複合現実感システム

複合現実感による感性支援をユーザの状態にかかわらず享受できる「ウェアラブル複合現実感MR」が新たな感性的メディア環境として注目されている。その一つの形態として、本研究ではプロジェクタを用いたウェアラブル複合現実感システムを提案した。

本システムは、投影対象とウェアラブルシステム本体からなり、本体は、赤外線投光モジュール、画像センサ、コンピュータ、プロジェクタが一体化した構造をする(図6)。投影対象には再帰性反射材によるマーキングが施し、赤外線投光モジュールから赤外光を投光しながら、次の処理を行う。(1)再帰性反射材からの反射光を赤外線フィルタ付きの画像センサで撮像する。(2)得られた画像からマーカを抽出し、ラベリング処理から投影対象のIDと位置・姿勢を認識する。(3)算出された

投影対象の座標に合致させて、テクスチャ画像をCG合成し、プロジェクタより投影する。本システムを用いることにより手近な投影対象に、ヘッドマウントディスプレイなどを用いる事なく、コンピュータで作製した画像を光学的に重畳させ、平面実物体上の文字や図形に注釈や動画を重畳する事を可能とする。

なお、本システムについては、本研究会資料140-19「プロジェクタを搭載するウェアラブル複合現実感システム」で詳述する。



図6 プロジェクタ投影型ウェアラブル感性支援システム

#### 4. デザイン支援環境

##### 4.1 複合現実感によるデザイン画彩色支援システム

共同彩色作業に着目し、作業者と計算機システムとのインタラクションから、単独作業であっても共同作業の際に生じる相乗効果を期待することが可能な実物体ベースの作業支援システムを実現した。本システムでは、作業者がパートナーの作業から影響を受ける際の思考特性として、以下に示す二種類を用い、この特性から参考配色を自動生成する。パートナーの作業に代わって参考配色を作業者に提示することで、効率よく相乗効果を誘発させることができる。

- ・ 同意の参考特性：自分の意図に添った対象が提示されたときに、この対象を手本とする参考特性。
- ・ 反意の参考特性：自分の意図とは掛け離れた対象が提示されたときに、この対象を反面教師として、ほど遠いものを作ろうとする参考特性。

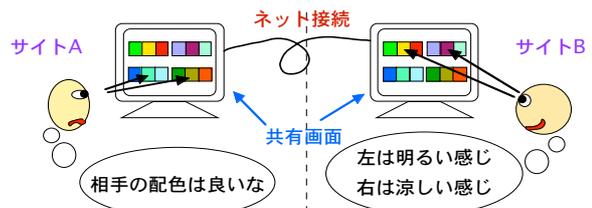


図7 インタラクションによる配色感性の創発



図8 ネットワーク共有による配色感性のインタラクションシステム

配色パターンによるコミュニケーションシステムを構築した[11]。このシステムは、図7に示すような2台のコンピュータをネットワークで接続し、両者で共通のグラフィックスウィンドウ(図8)を利用することが可能である。この共有グラフィック環境において、2人組の被験者に共同配色を行わせ、互いの配色が相手にどのような影響を与えるかを調べる実験を行った。

上記のインタラクションによる配色感性の創発現象の心理実験の知見に基づき、機械が人間の配色デザインを支援するシステムを構築した。

彩色作業環境には、液晶ディスプレイにハーフミラーを設置した複合現実感ディスプレイを用いる。実世界上にある実デザイン画と仮想世界上の彩色画像を網膜上で光学重畳させ、仮想的に実デザイン画の彩色を行う。本システムの概要を図9に示す。

作業者の彩色履歴から同意・反意の参考配色を算出した彩色支援の結果を図10に示す。19.6インチ液晶ディスプレイと小型CCDカラーカメラ、パーソナルコンピュータ、タブレットを使用した。カメラは実デザイン画の真上に固定しており、実デザイン画には同図(b)に示すような利用

者が自由に描いたスケッチを利用した。作業者はLCDモニターとハーフミラーの間からタブレット上の実デザイン画を覗き込むようにして彩色作業を行うことになる。同図(c)に参考配色ウィンドウと図2(b)の実デザイン画を作業者が仮想彩色した結果を示す。参考配色の詳細は同図(d)となり、上部ウィンドウが同意配色、下部ウィンドウが反意配色である。彩色像の提示用モニタに表示された図2(e)と実デザイン画の同図(b)とを光学重畳した結果は、

同図(f)となり、作業者は、実空間にはない彩色結果と参考配色を仮想的に閲覧しながら彩色作業を行うことになる。評価実験の結果より、本システムは、マウスなどの間接操作ではなく、実デザイン画の直接操作による仮想彩色が可能となり、また、彩色試行の際に、彩色履歴から作業者のアイデアを効果的に促す参考配色を自動提示できることが確認された。

#### 4. 2 デザイナーの感性を考慮した意匠面の設計支援

家電、自動車製品等の意匠面設計のための、デザイナー感性を考慮したコンピュータ支援設計(CAD)を扱った。意匠面は最終製品の表面形状を構成する曲面であり、製品の印象を決定付ける重要な要素である。しかしながら、意匠面設計はこれまで主にデザイナーの感性にのみ頼っており、またデザイナーの感性を考慮したCADシステムも十分実用的なものではなかった。我々はこれらの問題点を解決するために、デザイナーが意匠面に対して描く印象を数学的に定式化し、新たなコンピュータ支援意匠面設計法を提案した。

デザインにおける曲線、曲面の印象を決定付ける要素は、曲線、曲面の曲がり具合の「味わい」

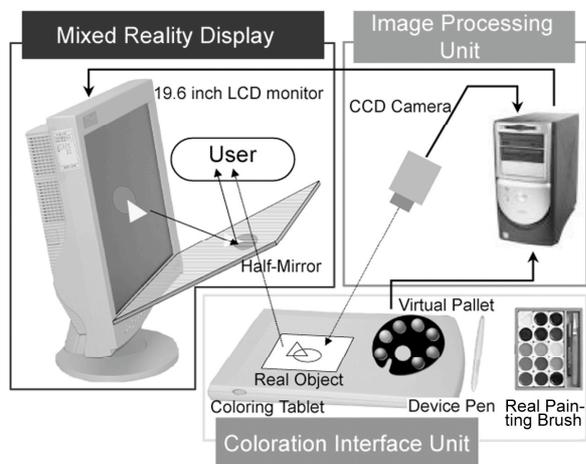


図9 デザイン画彩色支援システムの概要

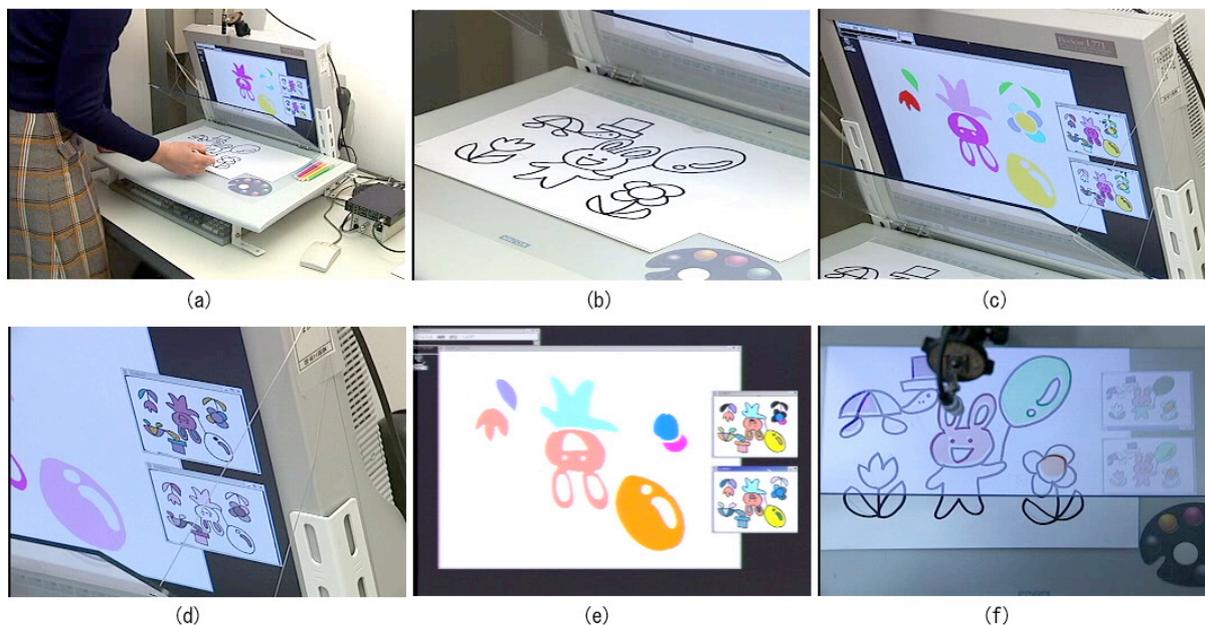


図10 デザイン画彩色支援結果  
 (a) 作業環境, (b) 実デザイン画, (c-e) 参考配色と仮想彩色結果, (f) 実デザイン画と仮想彩色結果の光学重畳

と「ボリューム感」に尽くされることがこれまで知られている。先行研究により、デザイナーが描く曲線（以下、意匠曲線と呼ぶ）の曲がり具合の「味わい」は代表的な5クラスに分類できることがわかっている。意匠曲線はまず単調リズム曲線と複合リズム曲線の2グループに大別され、単調リズム曲線はさらに曲線の印象によって「きれいのある曲線」、「ニュートラルな曲線」、「たまりのある曲線」の3クラスに分類される。複合リズム曲線は「きれいのある曲線」および「たまりのある曲線」の組み合わせであり、その混在比が異なる2クラスがある。これら5クラス分類は、自動車デザイナー等による意匠曲線の感性的分類に一致することがわかっている。

従来の意匠曲線の分類は数値解析に頼ったものであったが、我々は従来の意匠曲線の分類の数学的定式化をはじめて行い、計算機上で扱いやすい感性モデルを構築することに成功した。意匠曲線の計算機感性モデルを実装したコンピュータソフトウェアを作成し、ユーザが容易に意匠曲線をデザインないし解析できるようにした（図11に作成したソフトウェアの画面ショットを示す）。

また、意匠曲線の計算機感性モデルを3次元に拡張し、3次元空間中の意匠曲面の感性的特徴量を扱えるようにした。

## 5. インタラクティブメディアアート

### 5.1 携帯電話を用いた多人数によるビデオミキシング

アミューズメント、アート領域におけるインタラクションに関する研究として、昨年度までは、演奏知識や技能の部分システムが補償することで、音楽初心者が、演奏意図を表現するシステムの開発を進めてきた。本年度は、多人数によるVJ (Visual Jockey) システムの開発ならびに試行的なイベント開催に取り組んだ。複数の人間がVJに参加するためのデバイスとして、ここでは、最近、普及が著しい携帯電話を用いることにした。多人数参加型VJの概要を図12に示す。

VJの参加者は携帯電話から、メール送信、Webエントリーの何れかの手法で、メッセージを送信する。メッセージには、メッセージの表出の仕方を指定するためのコントロールタグ、それに続くテキスト、あるいは映像を付加することが

できる。

このシステムの実地的なテストとして、屋内（いわゆるクラブ）、屋外でVJパフォーマンスを実施した。その様子を図13に示す。自分自身が送信するメッセージがエフェクトを伴って、表示されるインパクトは、特に、グループでの参加者には、かなり大きいようだ。記念写真をとる参加者がいたり、また、連想ゲームが始められるなど、通常のVJイベントとは大きく異なった盛り上がり方が観られた。

## 4. おわりに

平成11年度からスタートした未来開拓学術研究推進事業によるプロジェクト「感性インタラクション（略称）」の中で実施した研究成果の一部について紹介した。我々の研究な枠組みを図14に示すが、具体的な応用によって構成は多少異なってくるが、このような感性インタラクションを統合した「共通の場」としてのプラットフォーム開発に必要な要素技術と研究のポイントについて紹介してきた。研究プロジェクトの終わりまで半年となり、要素技術が集積したことを実績にして、感性インタラクションのシステム設計論を体系化を目指す。

人間間や人間・機械間における感性インタラクションによって、互いの感性を触発し、その創造性を活性化するような感性的インタフェースの開発に本研究で得られた知見が有効活用されることを望む。

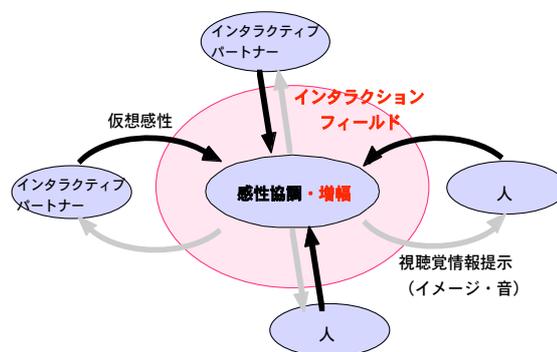


図14 インタラクションによる感性の触発・昂揚・増幅

## 参考文献

- [1] 谷内田他：平成 11～14 年度研究成果報告書 (2000～2003).
- [2] 金森, 片寄, 平井他, 緊張感の伝播計測を目的とした多重無線化生体信号センサ, インタラクシオン'99 論文集, pp.53-54, 1999.
- [3] 平井, 志村, 金森他, インタラクティブコンピュータミュージックの制作と作品の検討 - 「竹管の宇宙」を題材として, 情処論, Vol.43 No.2 pp.310-319, 2002.
- [4] 原田, 木村, 佐藤宏, ハプティックフィードバックを有する把持型ポインティングデバイス, HIS2001 講演論文集, pp.21-24, 2001.
- [5] 川崎, 中澤, 木村他, ハンドヘルド型ネット家電ユーザインタフェースによる機器選択, HIS2001 講演論文集, pp.37-38, 2001.
- [6] 木村, 佐藤, -GyroTouch- 反動トルクによるウェアラブル VR 用指先装着ハプティックデバイス, HI 学会論文誌, Vol.4, No.1, pp.33-39, 2002.
- [7] 池田, 木村, 佐藤, 道具の持つアフォーダンスを利用した触覚フィードバックデバイス, VR 学会論文誌, Vol.7, No.3, pp.339-345, 2002.
- [8] 福中, 木村, 佐藤他, 宏介, MR 流体を用いたマウスホイールへの触覚フィードバック, 2003 年信学総大, A-15-26, 2003.
- [9] Toshikazu Karitsuka, Kosuke Sato, A Wearable Mixed Reality with an On-board Projector, The 2nd International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), (2003). (to appear)
- [10] 柳川, 堀井, 和田他, 複合現実感によるデザイン画彩色支援システム, システム制御情報学会論文誌, Vol. 16, No. 6, pp. 270-278 (2003).
- [11] 和田, 堀井, 佐藤, 色彩デザインのための配色イメージ創発支援システム, 日本色彩学会論文誌, Vol. 27, No. 1, pp. 3-11 (2003).
- [12] 吉田壮伸, 堀井千夏, 佐藤宏介, 井口征土, プロジェクタ投影による色の見えの置換システム, 2003 年電子情報通信学会総合大会, A-16-13, 2003.
- [13] Ichiroh Kanaya, Yuya Nakano, Kosuke Sato, Computer Aided Design of Aesthetic Surface, SICE Annual Conference 2003 (2003). (to appear)
- [14] Haruhiro Katayose, Tsuyoshi Miyamichi and Naruki Mitsuda, Collaborative Visual Jockey using Mobile Phones, HCI International 2003 (2003). (to appear)

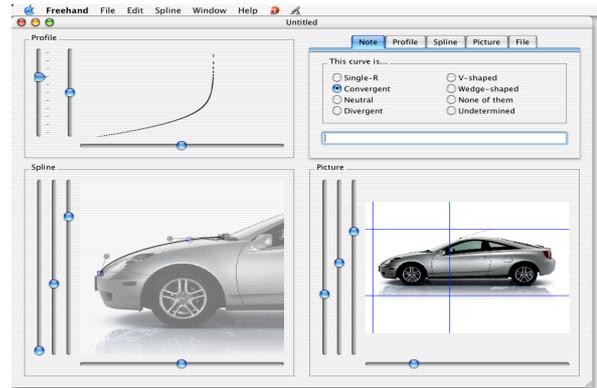


図 1 1 造形デザイン支援のための感性 CAD

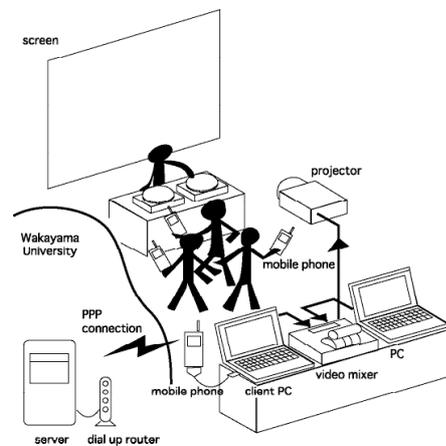


図 1 2 携帯電話ベースのビデオミキシング

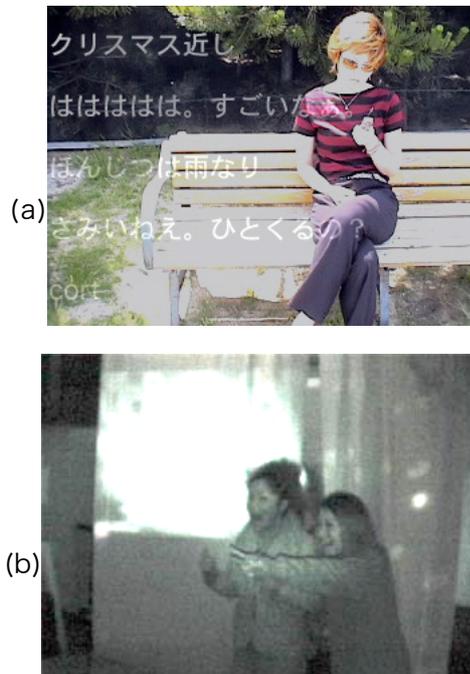


図 1 3 飲食店 (いわゆるクラブ) でのビデオジョッキー活動の投影映像と観客の様子