

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

谷内田 正彦、西田 正吾、佐藤 宏介

大阪大学大学院基礎工学研究科

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ための基礎的応用的研究を行う事を目的として、平成11年度より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」分野がスタートした。本分野は4プロジェクトからなるが、本稿ではこの内、「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」プロジェクトについて、その目的、概要、現在までの研究成果について述べる。

Construction of Kansei Emergence World based on Synergetic Interaction

Masahiko Yachida, Shogo Nishida and Kosuke Sato

Graduate School of Engineering Science, Osaka University

Projects of "Intuitive Human Interface" field 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), intending to make both basic and practical researches for building human interfaces which meet human intentions and/or *kansei*. In this paper, we will describe the objectives, outline, and results obtained so far of "Construction of Kansei Emergence World based on Synergetic Interaction", which is one of the four projects of "Intuitive Human Interface" field.

1. はじめに

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ための基礎的応用的研究を行う事を目的として、平成11年度より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：原島博東大教授）がスタートした。

本分野は（1）人間の内的知識と外的情報の統合的な利用に関する認知科学的研究（プロジェクトリーダー：乾 敏郎 京都大学教授）、（2）マルチモーダル擬人化インタフェースとその感性基盤機能（石塚 満 東京大学教授）、（3）情報知財の組織化とアクセスの感性的インタフェース（田中 譲 北海道大学教授）、（4）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（谷内田 正彦 大阪大

学教授）の4プロジェクトから構成されている。

われわれのプロジェクト（4）では、これまでのインタフェースのように、単にユーザとシステムが一对一で向かい合っている場面のみでなく、ネットワークやマルチメディアを積極的に活用する事で、複数のユーザとシステムとが、場と感性を共有し、そこから新たな知的で創造的な活動が生まれるような環境を提供できるシステムの構築を目指している。

すなわち、共通の場における共同作業は、人間間や人間／機械間における感性的情報のインタラクションによって、その創造性はいっそう活性化される、というシナジー（相乗）効果を工学的インタフェースの設計の中心に据えているのが特徴である。また、感性情報を単に媒介するのみでなく、ユーザの感性を触発し、イン

タラクションを活性化する機構も取り込んだインタフェースを目指している。このような感性的インタフェースを用いて作品を製作する事により、単独製作より、複数人のインタラクションがユーザの感性を刺激し、より良い（感性的な）作品を生み出せる事を実証出来たらと考えている。

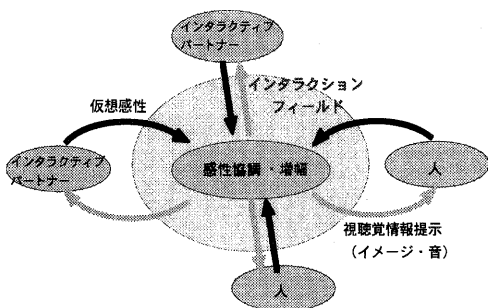


図1 インタラクションによる感性の触発・昂揚・増幅

2. システムの枠組みと研究のポイント

システムの簡単な枠組みを図1に示す。具体的な応用によって構成は多少異なってくるが、ここでは共通的な所のみを示している。以下では、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述べる。研究プロジェクトがスタートしてまだ1年程度しか経過していないが研究の現状についても簡単に触れる。

2. 1 ユーザ情報のセンシング・認識技術の開発

(1) 視覚センサによる観察、認識：ユーザの意図、感性情報を得るため、視覚センサにより、ユーザの表情、ジェスチャ、身体動作（身振り）をリアルタイムで認識できる手法を開発する。

身体ジェスチャを感性システムの入力とする場合には、ユーザに違和感を生じさせないようにできるだけ身体拘束が少ないほうが望ましい。そこで、我々は非接触観測が可能であるカメラを利用して身体ジェスチャを計測する。

身体ジェスチャの推定には、カメラから得られたステレオ画像から、人物の頭、手の3次元位置を割り出し、人の形状モデルと背景差分により切出した領域を利用する。図2に示すように人物の姿勢は、頭と手の追跡結果からシルエットマッチングにより確率的に最適解が推定される。最適解を確率的に求めるために、人物の動きのパターンを予めモデル化しておく。しかし、人の形状モデルは観測できるパラメータより自由度が高く、そのままではモデル化できない。そこで、我々は人物の形状パラメータ空間を線形区分し各小区間を線形近似して、モデル化の際のパラメータを減少させ自由度の問題を解決し、さらに高速化を両立した。



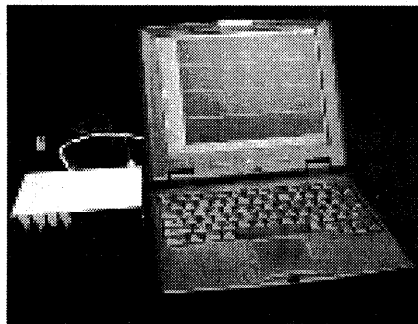
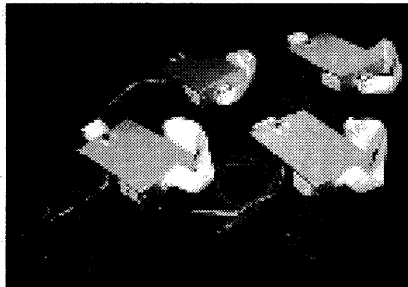
図2 姿勢推定結果

次に、人物の姿勢推定などの計測が終われば、計測結果から人間の行動を理解する。実際にはシンボリックな意味を持つジェスチャを認識するシステムを開発している。ジェスチャ認識システムの入力には、ユーザの服装などに左右されないように動き情報を利用している。我々は、HMM とオートマトンを組み合わせて、コンテキスト情報を含んだジェスチャ認識システムを構築し、さらに、リアルタイムで動作が可能なジェスチャ認識システムを構築した（図3）。リアルタイム性は感性を阻害しないという点で認識システムにとって重要である。



図3 リアルタイムジェスチャ認識

(2) 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



を実時間で予測する手法を開発する。

生理指標の計測については、感性インタラクションという領域での使用を考えると、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いる。また、このセンサシステムを用いて「パフォーミングアート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」の解明などの研究を進める予定である。

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トリングが可能な生体信号計測システム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、多くはフィールドワーク的な使用に適したものとは言えなかった。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の開発を行っている。開発したシステムを図4に、装着例を図5に示す。

システムは親機（受信部）と4台の子機（送信部、センサ部を含む）から構成されており、FM微弱電波形式で通信を行う。総ての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

図4 小型・無線多重化生理指標計測システム

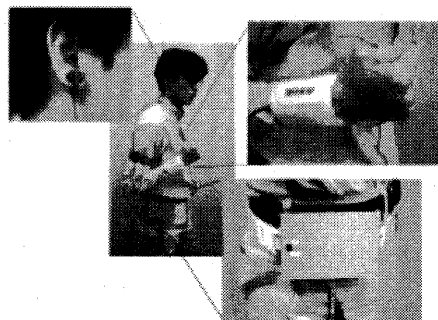


図5 センサを装着したところ

を行う。データ形式は一般的なシリアル通信である。親機、子機共に RISC ライクな構造を持つシングルチップコンピュータ（Microchip 社製 PIC16F84）で制御されており、両機とも水晶発振器による高精度な時計を内部に持っている。計測開始時、子機は一時的に有線で親機に接続され現在の時間情報を取得した後分離される。その後、子機は自分に指定されたスケジュールに従って送信状態に移行する。本システムにおける親機は時間管理部を除けば、通常の受信機能以外のものを全く必要としないことが大きな特徴である。

現在、計測可能な生体信号は脈波と皮膚電気活動の一つである皮膚アドミタンスの2つであるが、他のトランスデューサ類を増設する事も可能なように設計されている。脈波は発光ダイオードとフォトトランジスタを用いた光電容積脈波として計測している。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ステンレス電極を装着し、通電法として交流電圧を印加することで測定している。また、ここでは同期検波を用いて感度とレンジを確保している他、動作に伴うアーティファクトに対してはローパスフィルタで取り除いている。

これから得られる生理指標は基本的に自律神経系の活動の表すものである。交感神経が優位な支配下（ストレス、緊張状態）では、脈波は増加し、皮膚アドミタンスは発汗量の増加に伴って増加する。脈拍から得られる指標は脈拍数の他、周波数解析に基づく脈拍変動が計算される。皮膚アドミタンスにおいては長期的な変動（0.1Hz 以下の成分）である皮膚アドミタンス水準と、短期的な変化（0.1Hz 以上）が計算される。

以上の指標を用いて、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や観客とのインタラクションの状態を生理学的・心理学的に見いだす。

2. 2 視聴覚情報提示技術の開発

ユーザが共存感を持った上での臨場感あふれる視聴覚情報の提示技術を開発する。一つは、例えばジャイロセンサや視覚センサにより計測された身体表現を音表現（例えば、身体表現によりテンポやボリュームを変える）や映像表現に変換し、それらを同時に提示する（マルチメディア表現）ことにより、より豊かな表現を可能にする技術を開発する。もう一つは我々のグループが開発した全方位画像の実時間動画入力を用い、臨場感のある視覚情報を提示する方法を開発する。

臨場感あふれる環境提示は、人間に感性を励起する上で重要な要素である。本年度は、仮想空間構築のための環境モデリングならびに全方位視覚センサの超解像度化に関する研究を行った。

（1）超解像度全方位画像

従来、我々は、周囲 360 度を一度に観察できる全方位視覚センサ(HyperOmniVision)を考案してきた。このセンサは、入力画像を容易に透視投影画像に変換でき、従来の画像処理との整合性が非常に良いという利点がある反面、その構造上から一般のカメラに比べ同一画角では解像度が低いという欠点をもつ。そこで、本研究では、全方位視覚センサの持つ光学特性を解析し、カメラ運動により得られる画像列から超解像度化を行うための手法を構築した。図7は、図6のシミュレーション全方位画像に対する透視変換を行った場合の比較実験結果の一例である。

（2）3D環境モデリング

周囲環境を計算機でリアルに提示するために、3次元環境モデリングは不可欠である。本研究では、全方位視覚センサを用いてロボットが3次元環境モデルを自動的に生成する方法を開発した（図8）。本手法は、ロボットの動きが未知という条件下で、環境地図の生成を行うことができる。

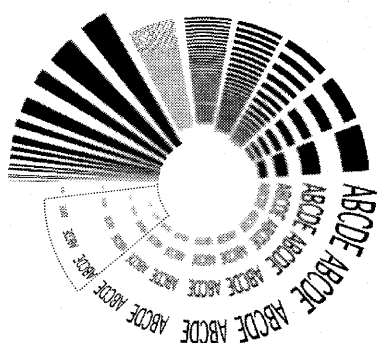


図6 HyperOminiVision シミュレーション入力画像

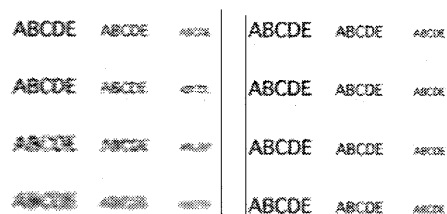


図7 線形補間画像(左)と超解像度化画像(右)

2. 3 インタラクティブパートナーの開発

ユーザとシステムとがより自然に協調できることを可能にするインタラクティブパートナー（エージェント）を開発する。すなわち、知識とルールに基づいた論理的情報だけでなく、ユーザの感性的情報も考慮に入れた感性協調型エージェントを開発する。また、エージェントに仮想感性を持たせ、その感性に基づいてユーザとインタラクションを行うが、この仮想感性の構築法や人間の側の感性の計測方法も重要な研究課題である。

仮想感性に関しては、音楽演奏を対象に「心理的ポテンシャル」と「注目度」という概念をとりあげ、これをエージェントに持たせることを提案している。^{(2) - (4)} 心理的ポテンシャルは、「ストレス」と「盛り上がり」の2つの側面に基づいて計算される。ストレスは、状況に対する満足度であり、状況が予想されたもの、即ち起こる確率が高いものであればストレスは小さくなり、逆に予想外で確率の低いものであれば

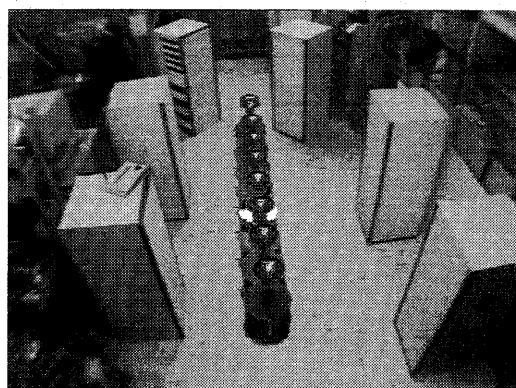


図8 ロボットによる自動環境モデリング結果

大きくなる。一方、盛り上がり度は、テンションの高低をあらわすもので理論的に盛り上がるときはプラスされ、盛り下がるときにマイナスされる。この2つの組み合わせで心理的状态が表現され、それを具体的に計算した値が心理的ポテンシャルである。

一方、注目度とは、「聴き手が、演奏者の音や演奏パターンに注目させられる度合いを表す指標」で、各楽器ごとの演奏パターンの組み合わせで、相対的に決まることが実験的に確かめられている。この注目度の変化量をエージェントに持たせ、それをコントロールすることにより人間らしさを出すことが可能になると考えられる。

具体的な感性的協調作業の一例として音楽をとりあげ、これらの概念に基づいて人間とエージェントが合奏を行うプロトタイプシステムを

構築し、感性協調型エージェントの有効性を検証しつつある〔図9参照〕。

さらに、人間から計測した生理信号に基づいて、人間の側の感性を計測するシステムについても、基礎的な検討を始め、さしあたっては演奏者の「昂揚感」を対象に分析を進めつつある。

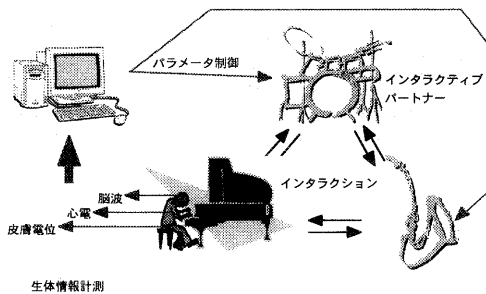


図9 協調合奏システム

2. 4 インタラクションフィールドの開発

複数のユーザおよび仮想感性を持つ複数のインタラクティブパートナーがインタラクションを行い、感性を共有できる共通の場（インタラクションフィールド）の開発を行う。

現状では、前述のインタラクティブなパートナーの開発とは別に、素人でも演奏が楽しめるような、直接操作的な演奏インタフェースをもつ「演奏のための共通の場」の検討も進めており、プロトタイプの第一バージョンができたところである。

また、共通の場における共同作業は、感性的情報のインタラクションによって、その創造性はいっそう活性化されるというシナジー（相乗）効果を期待しているが、互いの感性を触発したり、相乗効果を助長したりする仕掛けも研究予定である。これについては、音楽演奏を対象に感性協調モデル構築のための心理実験や分析からスタートしていく計画である。さらに、「演奏のための共通の場」をベースにしたシナジー効果の実験についても、本プロジェクトの最終年度に実施を予定している。

3. 応用システム

開発されたプラットフォームにコンテンツを組み込むと種々の応用システムを作成できるが、以下にそのいくつかを列記する。

（1）各地に分散した異種・異能アーティストのための共通電子スタジオ。ネットワーク芸術活動の支援。音楽・絵画・造形などにおけるインタラクティブな協調芸術活動の支援。

（2）遠隔地間デザイナーの協調による工業デザイン。

（3）相乗効果を用いた教育支援。

（4）児童の創造性、社会性を豊かにするエデュティメント、電子コミュニティメディア（電子砂場）。

（5）高齢者・障害者のコミュニティ参加を支援する体感インタフェース。

現在、（1）に関連したインタラクティブメディアコンサート、（3）に関連した危険予知訓練システム、（4）に関連した協調型合奏システムの開発を進めている。

3. 1 インタラクティブメディアアートコンサート

コンピュータを使って映像や音楽を楽しむマルチメディア技術がますます身近になってきているなか、この技術は、芸術分野においてもインタラクティブメディアアートと呼ばれるジャンルで積極的に利用されてる。2000年10月27日、和歌山大学システム工学部公開講座の連携としてインタラクティブメディアアートのレクチャーコンサートを行った（図10）。コンサートとしては世界的に活動を行っているアーティスト3組を招待し、その作品を鑑賞すると同時に、作り込まれた様々な仕掛けに関して新世代の表現芸術を、IT（Information Technology）と芸術のクロス領域という位置づけて解説した。また、会場では上記解説を含むマルチメディア技術に触れられる来場者参加型の展示物も用意し、一般を含め多数の参加を得た。これら内容はNHK等マスコミで報道された。

む視点からの映像を自己に提示するとともに他者にも提示することで、ユーザの意図の反映された映像を介した場の共有を行うことができる。さらにユーザの感性を高めるための仕組みとしてミラーエージェントとよぶユーザ視点の注視情報の共有によるインタラクション支援手法を提案し、他者だけでなく自己も含めたインタラクションによる、感性情報を媒介とする創発機構の実現を目指している。



図10 インタラクティブメディアアート2000@
和歌山 (http://www.svs.wakayama-u.ac.jp/~katayose/ima_text.html)

3. 2 危険予知訓練システム

危険予知訓練(KYT)とは、職場に潜在する危険を排除するために予め職場全員によりブレーンストーミングを行い、ひとつずつ危険を抽出していくトレーニング手法で、これまで多くの企業で実施されてきた。KYT 実施上の難しさは、参加者全員が作業内容がどのようなものであるかを熟知すると共に、他者により指摘された危険がどこで、いかなる危険を含み、どのようにして回避できるのかを話し合いの中で理解できる必要がある。

現在構築中のシナジエティック危険予知トレーニングシステムでは、上記のような問題に対し、人間に感性を励起するための環境提示手法と人間の細やかな動作やジェスチャ、表情を非接触で実時間で計測する手法とを用いることで、各種身体情報をフィードバックし、ユーザの望

3. 3 協調演奏システム

インタラクティブパートナーやインタラクティブフィールドの有効性を検証するため、ユーザとエージェントが合奏を行うプロトタイプシステムを構築した。具体的には、図 11 に示すピアノ、ドラム、ベースの 3 者によるセッション（この場合は、人間がシンセサイザーを演奏しエージェントがドラムとベースを担当）や素人でも音楽が楽しめる「演奏の共通の場」などを構築してきており、最終年度の統合システムに向けて、個々の要素技術の確認を行いつつあるのが現状である。さらに、これらの途中段階のプロトタイプにおける評価も部分的に行っており、例えば、2. の（3）で述べた心理的ポテンシャルや注目度をエージェントに持たせることにより、人間のユーザがエージェントとの協調演奏の質が上がった（つまり、人間がより楽しめるようになった）ことなどが確認されている。

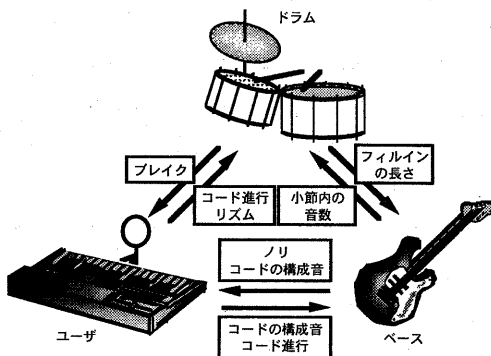


図 1 1 協調演奏システムの例

4. おわりに

昨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「感性的インタラクション (略称)」について述べた。人間間や人間・機械間における感性的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を開発するのが狙いである。

なお、研究の詳細については昨年度の報告書(1)を参照されたい。また、最新の研究状況については、本年11月22日〔水〕10:00~17:00に本学の銀杏会館において、公開シンポジウムを開催致しますので興味のある方はぜひ参加されたい。

参考文献

- [1] 谷内田ほか：1999年度研究成果報告書、2000年3月
- [2] 才脇直樹、川端純一、西田正吾「心理的ポテンシャルを用いた感性協調型合奏システム」ヒューマンインタフェース学会論文誌 Vol.2, No.1, pp.47-57, 2000年2月。
- [3] A. Oda, N. Saiwaki and S. Nishida, "Cooperative Performance System with Information on feelings", Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC'99), pp. IV 236-241, Tokyo, Japan, October, 1999.
- [4] 才脇直樹、小田晃弘、寺嶋知織、西田正吾、川端純一「感性的情報を用いたセッションシステムの構築」第39回計測自動制御学会学術講演会CD-ROM 予稿集, 福岡県飯塚市(2000年7月)
- [5] Masahiko Yachida, Yoshio Iwai, Dadet Pramadihanto, "Integrated Person Identification and Emotion Recognition from Facial Images", Proceedings of the 4th Asian Conference on Computer Vision, Vol2, pp.812-818, Taipei, Taiwan, Jan. 2000.
- [6] Yasushi Yagi, Masahiko Yachida, "Development of A Tiny Omnidirectional Image Sensor", Proceedings of the 4 Asian Conference on Computer Vision, , Taipei, Taiwan, Jan. 2000.
- [7] 長原, 八木, 谷内田, "全方位時空間画像からの超解像度化", 情報処理学会研究報告 2000-CVIM-121, pp. 81-88 (2000)
- [8] 浜田, 八木, Benson, 谷内田, "全方位視覚センサを用いた環境地図とロボット自己位置・姿勢の同時推定法, 情報処理学会研究報告 2000-CVIM-121, pp. 105-110 (2000)
- [9] H. Nagahara, Y. Yagi, M. Yachida, "Super-resolution for an Omnidirectional Vision Sensor, Journal of Advanced Robotics, 14, 5, pp. 427-430 (2000)
- [10] 長原, 八木, 谷内田, "多重焦点全方位画像からの超解像度化", 日本ロボット学会学術講演会, vol.2, pp. 783-784 (2000)
- [11] 萬上圭太, 岩井儀雄, 谷内田正彦, "統計的な動きモデルを用いたジェスチャ姿勢推定", 画像の認識理解シンポジウム MIRU2000, pp. II-103-108, 長野, 2000年7月
- [12] ダデット・プラマディハント, 岩井儀雄, 谷内田正彦, "フレキシブル特徴照合による人物同定と表情認識", 画像の認識理解シンポジウム MIRU2000, pp. II-163-168, 長野, 2000年7月
- [13] 石川修, 平井重行, 金森務, 片寄晴弘, 井口征士, "ジェスチャーによる楽器 PlaytheDE", 情報処理学会インタラクション 2000, pp.161-162 (2000)
- [14] Osamu Ishikawa, Yushi Aono, Haruhiro Katayose, Seiji Inokuchi, "Extraction of Musical Performance Rules Using a Modified Algorithm of Multiple Regression Analysis", ICMC2000 (2000)