

感性協調に基づいたインタラクティブな音コミュニケーション 環境の構築

西田正吾¹ 才脇直樹² 仲谷美江¹ 加藤博一¹

あらまし

近年、ヒューマンインタフェースの分野では、ヒューマンインタラクションやコミュニケーションを扱う研究が増加しており、その分析手法や支援のあり方に関する議論が盛んに行われるようになってきている。本稿では、「感性協調に基づいたインタラクティブな音コミュニケーション環境の構築」というテーマに対し、筆者らの研究グループで取り組んできた研究成果について紹介する。具体的には、感性協調による共感世界構築の枠組みについて述べた後、エージェントにおける仮想感性構築法、共通の場構築のためのインタフェース、感情表現を介したダンスと音楽の関連づけ等の要素技術について述べる。

Design and Implementation of Interactive Sound Communication Environment Based on Kansei Coordination

Shogo NISHIDA¹ Naoki SAIWAKI² Mie NAKATANI¹ Hirokazu KATO¹

Abstract

Human interaction and human communication are hot topics in the field of Human Interfaces recently. This paper deals with design and implementation of interactive sound communication environment based on Kansei coordination, by focusing on affective aspects of human interaction. Concretely, a framework to support Kansei coordination is discussed, and component technologies, such as realization of artificial Kansei in agent, interfaces for common platform and analysis of relations between dance and music etc., are introduced.

1. まえがき

近年、ヒューマンインタフェースの分野では、ヒューマンインタラクションやコミュニケーションを扱う研究が増加しており、その分析手法や支援のあり方に関する議論が盛んに行われるようになってきている。^{[1]-[3]}本稿では、「感性協調に基づいたインタラクティブな音コミュニケーション環境の構築」というテーマに対し、筆者らの研究グループで取り組んできた研究成果について紹介する。

感性のインタラクションに関する研究としては、異なる感性をもつ人々が一つの場で出会い、互いに引き込まれていく現象の研究や、異なる感性が影響しあいながらモノを創造していく協同制作プロセスの研究などがある。具体的には

- 1) 演奏者と聴取者の引き込み現象^{[5][6]}
- 2) 対話者相互の身体性の共有^[7]
- 3) 触覚画の制作プロセス^[9]

などの研究が行われているものの、感性のインタラクションに関してはまだ研究例はそれほど

1 大阪大学大学院基礎工学研究科システム創成専攻

Department of Systems Innovation, Graduate School of Engineering Science, Osaka University

2 奈良女子大学生活環境学部

Faculty of Human Life and Environment, Nara Womens University

多くなく、感性の動的な側面の分析とその主要ファクターの解明が重要であろうと考えられる。さらに「感性協調」の支援という視点から見ると、感性の動的な側面の現象面の解明と対象を限定した「共感世界の構築」のための効果的な手法の開発をあわせた形で研究を進めていく必要があるものと思われる。

2. 感性協調に基づいた共感世界の構築^[22]

複数の人間と複数のコンピュータ（エージェント）とが、自然に協調して楽しみながら芸術などの創作活動を行うためには、感性のインタラクションが支援できるような環境を構築する必要がある。

このような環境のシステムイメージを第1図に示す。この図においては、 n 人の人間と m 個のエージェントが存在し、「共通の場」を通じて、相互にインタラクションをしながら、芸術活動などの感性に関わる活動を行い、人間と人間、人間とエージェントの相互の触れ合いや「共通の場」を通じた協調により、そのアクティビティの活性化を目指そうというものである。このような環境を想定すると、

- (a) エージェントが人間と同じように仮想的な感性を持ち、人間がエージェントと楽しみながら活動ができること
- (b) 人間の側の感性の状態がモニターできており、人間の感性状態に合わせたアダプティブなシステムの応答が可能であること
- (c) 共通の場に関わる人間とエージェントの状態を総合的に判断して感性協調を支援し、その相乗効果をより高められること

が重要であると考えられる。

そこでこのような機能を実現するための要素技術について考えてみると、以下のようなものがピックアップできるように思われる。それぞれの技術課題について、簡単に説明を加えておく。

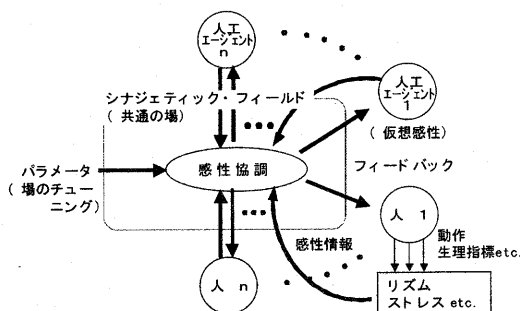


図1 感性協調の場

(1) エージェントにおける仮想感性構築法

近年のペットロボット等においても、感性的な機能の付加が盛んに行われているが、その構築法は必ずしもシステムティックに行われているとはいえず、アドホックな対応が多いように思われる。感情モデルの研究^[10]や Affective computing^[11]の研究も行われているが、エージェントが持つべき仮想感性のカテゴリー化およびその評価手法、さらには共通の場からのフィードバックのやり方などが技術課題としてあげられる。

(2) 人間の感性指標の抽出法

人間の感性的な側面における指標としては、人間の動作、生理信号などの利用が考えられる^[12]。ここでは、特に芸術活動に関連する感性の評価的／創造的両側面のはたらき度合いを示すような指標が問題となるので、そのような感性指標を得る手法の開発やその精度の向上が技術課題としてあげられる。

(3) 「共通の場」の構築のためのインタフェース

共通の場を通じて、インタラクションが自由に行えるためには、人間の感性に直接訴えかけることが可能なインタラクション環境も必要となる。直接操作性や感性とのマッチングを考慮したインタフェースデザインや活動環境の構築手法も課題となろう。

(4) 感性協調のメカニズムの解明と感性協調支援手法

感性活動そのものを促進することが第1図に示す環境の最終目標であるが、共通の場合における協調支援メカニズムを考えるうえでは、感性協調の分析とそのモデル化が重要なベースとなる。モデルに基づいた感性協調支援手法の開発が重要な課題になるものと思われる。

現在、筆者らのグループでは、音環境を対象に上記(1)～(4)の課題に取り組んでいる。以下、具体的な研究内容を紹介する。

3. エージェントにおける仮想感性構築法

感性協調系における心的状況をエージェントに実現するのに「心理的ポテンシャル」と「注目度」の概念を導入して、人間とコンピュータとのより自然な合奏の実現を図ることを試みた。[24][25]以下、心理的ポテンシャルについて述べる。心理的ポテンシャルは、具体的には「ストレス」と「盛り上がり」の二つの側面から、予め与えられた知識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、すなわち起こる確率が高いものなら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は大きくなる。盛り上がりはテンションの高低を表すもので、理論的に盛り上がりと考えられるときにプラスされ、盛り下がるときにマイナスされる。この二つの組合せで心理状態が表現され、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。

この概念に基づいたエージェントは第2図に示すように状況認識部、心理的ポテンシャル計算部、アクション生成部の3つの部分より構成されている。状況認識部ではエージェントに入力された情報の特徴が抽出され、そのエージェントがおかれている状況を認識する。合奏における状況としては、コード進行やリズムパターンなどが想定されている。次の心理的ポテンシャル計算部では、得られた状況をもとに心理的ポテンシャルの値が計算される。合奏における心理的ポテンシャルは、例えばリズムを変

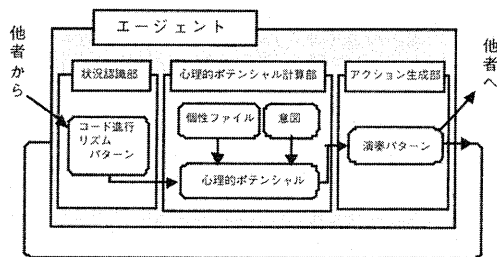


図2 エージェントの構造

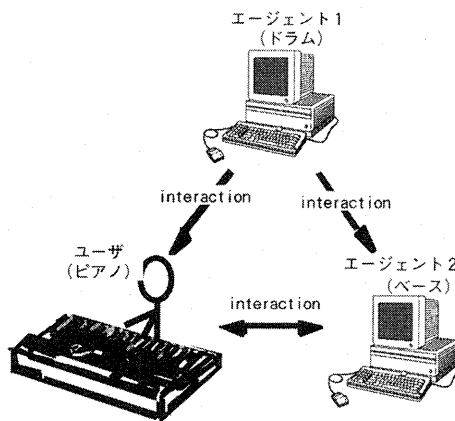


図3 協調演奏システム

えるときの人間のフィーリングの役割を果たす。心理的ポテンシャルの計算における各要素の重み付けを「個性ファイル」と呼び、エージェント毎に異なったものが与えられている。個性ファイルの違いにより同じ状況に対する応答に違いが生じるため、この部分でエージェントの個性が実現される。最後に、アクション生成部ではエージェントが次にとるアクション（演奏）を心理的ポテンシャルを閾値として用いてリアルタイムに決定、生成している。

このようなエージェントが人間と合奏を行うプロトタイプシステムが構築され、被験者を用いた評価実験が行われた。具体的な合奏の構成としては、第3図に示すようにピアノ、ドラム、ベースより成るセッションを取り上げ、ユーザがシンセサイザを演奏し二つのエージェントはドラムとベースを担当している。また、被験者

実験の結果「初心者は一エージェントとの合奏を楽しむことができたが熟練者ではエージェントの演奏パターンが予測できるために飽きが早くくる」ことや、「上級者になるほどインタラクションの質を重視する」ことなどが確かめられている。また、システムの応答については、単純なメロディの切り替えでも意外と被験者の印象に残ったり気分を良くさせるインタラクションがある反面、作り込まれた仕掛けがあっても初心者上級者を問わずほとんど被験者の感性に訴えかけないものもあることが確認されている。

4. 共通の場構築のためのインタフェース

これまで開発された協調合奏システムの多くは、演奏者に相当の技量と知識を要求するものであった。ここでは初心者でも協調演奏に参加でき、エージェントと音楽を介したインタラクションを楽しむことができるシステムの構築を目指している。具体的には、音楽の構成に注目し、フレーズの組み合わせを変化させることで演奏を行う新しい楽器としての側面を併せ持ったセッションシステムと、その演奏状況を可視化し、「音を遊ぶ」感覚を付加するマルチモーダルな映像を呈示する新しい音楽演奏環境としてのビジュアルインタフェースの二つを統合したシステムの構築に取り組み、それらの評価実験を行った。

本研究では入力された音楽の構成方法を分析し、それに応じてあらかじめ用意されたフレーズを発声するという手法を用いる。また、このような手法を応用するのに適切な音楽として、リズム中心のサンプリング的な音楽を対象にする。実際は、ギター、ベース、ドラムといったいくつかの楽器を担当するエージェントにそれぞれ数種類のループフレーズをあらかじめ用意しておき、それらのフレーズを自由に組み合わせ、音楽全体の雰囲気を変化させる形で演奏を行う（第4図）。このような手法を用いれば、ユーザの演奏能力や音楽の知識に関係なく誰でも利用でき、またユーザは、音楽を聴いたときに発生する心の高ぶりといった情緒的な

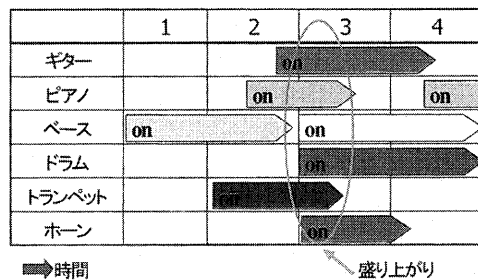


図4 構成主義による演奏

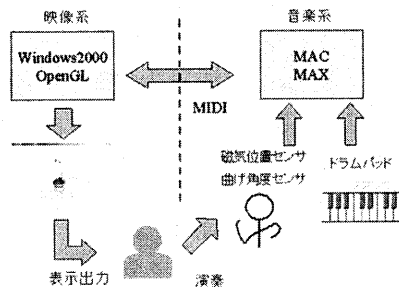


図5 システム構成



図6 実験の様子

感性や、限られた範囲内であってもその中で曲の展開を考え音楽を作り出すといった感性を直感的に演奏に反映させることができると考えられる。本研究では、このような考え方を協調演奏システムにおける「構成主義」と定義する。

さらに、人間の演奏に協調して他の楽器を担当するエージェントに4種類の「性格」を与え、自律性の向上を試みた。また、音楽のビジュアルインタフェース（以下V I）については、楽

譜の音を見せるための可視化だけではなく、可視化された音自身を動かすといった直感的な動作で変化させるおもしろさにも注目した。具体的には、音楽系のセッションシステムに接続し、そのエージェント・演奏者の演奏状況を可視化する音楽演奏環境としてのVIを提案し、構築する。なおこのVIの構築に際しては、以下の二つの点が重要であると考えている。

1) 動的な音楽情報の可視化方法

動的な音楽の変化に対し、それをどのように可視化するかについては、操作する音を発音する楽器をオブジェクトとして表示することで直感的にその音の動きを理解できるように設計する。

2) 「音を遊ぶ」感覚の具体化方法

初心者が、簡単にシステムを扱えるようにはどのような音楽的演奏要素をコントロールできるようにするか、つまりインタフェースによって操作する映像パラメータ要素に対し適度な音楽的知識レベルの要素を選択、操作できる必要がある。

プロトタイプシステムのシステムアーキテクチャーを第5図に示す。

一方、評価については、大阪の福岡で開催された子供向けVRの祭典へ本システムを出展し、多くの子供たちに使用してもらった。被験者は、幼稚園児31名、小学生低学年131名、小学生高学年95名、大人10名である。(第6図に実験の様子を示す) 実験結果より、大人や高学年では、システムの応答を理解しその範囲で楽しんでいたことが分かる。一方、幼稚園児や低学年には理解することが難解であったことがわかったが、リズムにのったりVIを見ることで自分たちなりの楽しさを発見していたことが分かった。またインタフェースの評価として、ドラムがよい評価を受けたが、音が直接的に変化して応答が理解しやすかったことや、システムの応答を深く理解することがなくてもリズムにのって演奏できたことが挙げられる。逆にキーボードの評価が低かったが、システムの応答が理解しにくかったことや、入力操作が単調で、継続的な入力を促すものでなく飽きやすかった

ことが挙げられる。

5. 感情表現を介したダンスと音楽の関連づけ

本研究では、ダンスと音楽の関連づけについて分析するとともに、音楽からダンスを生成する手法やダンスにあった音楽を選択する方法等の検討を行う。^{[26][27]}

具体的な「音楽から動作の生成手法」については、第7図に示すように、入力標準MIDIファイルとし、まず音楽から感性情報を抽出し、次にその感性情報を動作パラメータに変換してオブジェクトの動きを生成統合する。ここで用いる音楽の感性情報とは、Hevner^[13]の理論に基づいており、音楽から受ける感情を8つ(Happy、Lonely、Sharp、Natural、Solemn、Dynamic、Flowing)に分類し、各感情を表す楽曲構成要素(調、テンポ、和音、音高、リズム、メロディ)をベースに構築する。

一方、動作については、個々のオブジェクトの動き(ミクロな動き)と全オブジェクトで構成される全体の形の変化(マクロな動き)の2種類の動きを仮定し、それぞれのパラメータを決定することにより動作を生成している。本手法では、Hevnerの8感情を松本の7感情^{[14][15]}に変換し、抽出・統合された時間区間における感情値をもとに、それを表現する運動成分と基本動作因子を算出する。群舞のマクロな形には様々なバリエーションがあるが、これを遷移図で表現し、音楽の感情値と基本動作因子によってマクロパターンを決定する。また、ミクロな動作については、直線加速運動、正弦波周期運動、放物線運動を組み合わせたモデルに基づいて決定する。生成例を第8図に示す。評価については、映画音楽など9曲について群舞CGを作成し、音楽の感情と舞踊の感情が一致しているか否かを主観評価してもらったところ、妥当な結果が得られた。一方で、表現力に乏しいなどの意見が得られ、マクロ形のパターンの種類やその遷移パターンの記述法の充実が求められている。

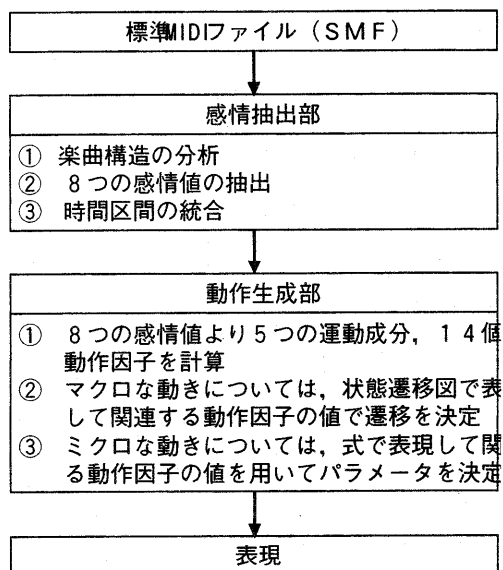


図7 動作生成の手順

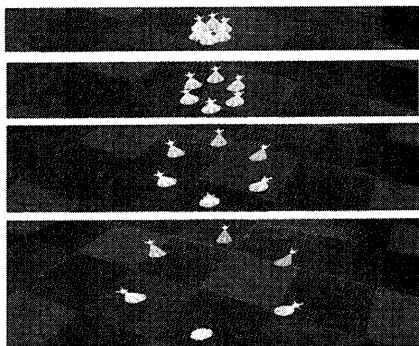


図8 ダンスの生成例

6. 感性協調の分析

他者と感性協調していると考えられる状態には、引き込み現象^[16]や共感などが見られるが、ここでは一体感を感じている状態を対象とする。^[28] 大学生への調査から、ほとんどの人はスポーツや合唱合奏などで盛り上っている時に一体感を体験している。一体感を感じる状況では、身体的な協同作業を行っていることに注目した。人間は、生理的リズムや自然のリズム、社会

のリズムなど輻輳したリズムに囲まれて生活している^[17]。ここで用いるリズムとは、単に時間的秩序というだけでなく、構成、割合、間といった空間的なものまでを含む。人間自身も個人に特有のリズムを持っていて、自由にリズムをとってもらうとほぼ一定の数値(380ms~880ms)になることがわかっている^[18]。このリズムは、個人差はあるが個人内では安定していて、活動など外的な要因には左右されず、生理的リズムの変化にも影響されない固有リズムである。一方で、我々には日々の出来事や環境に左右される気分のリズムがある。基本的な価値観や嗜好は変わらなくても、日々の選択は気分によって変動する。人間は、様々なリズムにのっと思って思考したり感じたり活動しているものといえる。この個人のリズムが相互作用によって他者のリズムと同調し、お互いが同じリズムを刻んでいると感じたとき、共感、親近感、そして一体感が生まれるものと推測される。そこで、リズム同調と同時に、どのような要素が一体感に重要であるかを調べる実験を行った。

最初に、二人で打鍵してタイミングを取り音楽を進めるゲームを用意し、主体的にリズムを合わせる条件と計算機が指定するリズムに合わせる条件(第9図)に分け、一体感がどのように差があるかを検証する実験を行った。結果は、主体的にリズムを合わせる条件は非常に難しく、上手くあわせることはなかなかできないが楽しい、一体感を感じる、という評価が得られた。反対に、計算機指定条件では、課題

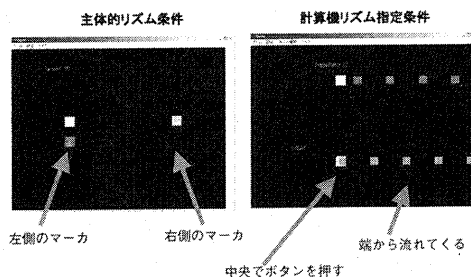


図9 二種類のリズム協調課題

は簡単で成績はよいが、楽しさは低く、一体感を感じる人と感じない人の差が開いた。計算機指定課題でも、相手を強く意識する人は一体感を感じていた。

そこで、相手を意識する度合いが一体感に関連すると考え、次に相手の動作をより強く意識させるために振動刺激を導入した実験を行った。他者を意識する方法として大きな効果があるのは接触することであるが、実験では接触の代行として他者の動作タイミングを振動に変換し皮膚感覚として伝えることにした(第10図)。結果は、振動を与えたことのみでは、必ずしも一体感は向上しなかった。被験者間についてを立て相手を見えなくなった場合には、振動によって一体感が上がる効果が得られた。振動は相手の動きを知る一種の手がかりとなる可能性は示されたといえる。このような一体感に関する被験者実験の結果をベースに感性協調支援のあり方について検討を加えつつある。



図10 振動を与えたリズム協調課題

6. あとがき

以上、本稿では、「感性協調に基づいたインタラクティブな音コミュニケーション環境の構築」というテーマに対し、筆者らの研究グループで取り組んできた研究成果について紹介した。感性的なインタラクションは、アートや創作活動などで日常的に観察されるものであり、感性協調支援の重要性は今後増していくものと思わ

れる。

謝 辞

本稿で紹介した研究の一部は、日本学術振興会未来開拓学術推進事業「感性的ヒューマンインタフェース(インタラクションによる相乗効果を用いた感性創発世界の構築)」(JSPS-RFTF99P01404)による支援を受けている。

文 献

- [1] 井口, 猪田, 小林, 田辺, 長田, 中村: 感性情報処理, オーム社(1994).
- [2] 辻編: 感性の科学—感性情報処理へのアプローチ, サイエンス社(1997).
- [3] 日本学術会議: 感性と感性情報, 共立出版(1994).
- [4] 原田: 感性の定義, 筑波大学感性評価構造モデル構築特別プロジェクト研究報告集「感性評価2」, pp.41-47(1998).
- [5] W.S.Condon and L.W.Sander: Neonate Movement Is Synchronized with Adult Speech: Interactional Participation and Language Acquisition, SCIENCE, Vol.183, pp.99-101(1974).
- [6] 山本, 三宅: 音楽を介したコミュニケーションにおける聴取者と演奏者の相互作用の解析とメディアプレーヤーへの応用, ヒューマンインタフェースシンポジウム2000論文集, pp.207-210(2000).
- [7] 渡辺, 大久保, 中茂, 檀原: InterActor を用いた発生音声に基づく身体的インタラクションシステム, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.2, No.2, pp.21-29(2000).
- [8] 李, 原田: 感性情報の客観性と主観性による相補的デザインアプローチ, 筑波大学感性評価構造モデル構築特別プロジェクト研究報告集「感性評価2」, pp.367-374(1998).
- [9] 草原: 視覚と触覚におけるイメージの共有と触発, 情報処理学会C V I M研究会研究報告, Vol.2000, No.106, pp.81-84(2000).
- [10] A.Ortony, G.L.Clore and A.Collins: The Cognitive Structure of Emotions, Cambridge Univ. Press(1988).
- [11] R. Picard: Affective Computing, The MIT Press(1997).
- [12] 人間生活工学研究センター編: 人間感覚計測応用技術の研究開発平成10年度, 新エネルギー・産業技術総合開発機構(1998).
- [13] K.Hevner: The Affective Value of Pitch and Tempo in Music, American Journal of Psychology, Vol.49, pp.621-630, 1936.
- [14] 松本千代栄: 舞踊研究: 課題設定と課題解決学習運動の質と感情価, 日本女子体育連盟紀要 '87-1, pp.53-89, 1987.
- [15] 阪田真理子, 柴眞理子, 米谷淳, 蓼沼真: 舞踊運動における身体メディア情報のモデル構築, H I学会論文誌, Vol.3, No.4, pp.45-54, 2001.

- [16] 渡辺富夫, 大久保雅史: コミュニケーションにおける引き込み現象の生理的側面からの分析評価, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.5, pp.1225-1231, 1998.
- [17] 中村雄二郎: 哲学的断章, 青土社, 1986.
- [18] Fraisse, P. (津崎実訳): リズムとテンポ (ドイチュ編-音楽の心理学 (上) 第6章), 西村書店, 1999
- [19] 仲谷, 西田「インフォーマルコミュニケーション研究の動向」計測と制御 Vol.33, No.3, pp.214-221, (1994).
- [20] 西田, 米谷, 渡辺, 仲谷, 安村「コミュニケーション支援の研究動向と今後の展望」ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.2, No.2, pp.102-109, (2000).
- [21] 谷内田, 西田, 佐藤: 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, 情報処理学会C V I M研究会研究報告, Vol.2000, No.106, pp.51-58 (2000)
- [22] 西田, 才脇, 仲谷「ヒューマンインタラクションにおける協調支援 -感性協調による共感世界の構築に向けて」システム制御情報学会誌 Vol.45, No.6, pp.305-313, (2001).
- [23] 西田「ヒューマンインタラクションによる協調支援, 創発支援」電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会招待講演 PRMU2001-200, pp.47-54, 2002年1月
- [24] 才脇, 川端, 西田: 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.47-58 (2000)
- [25] 勝本, 吉田, 才脇, 西田「三次元空間楽譜の構築」システム制御情報学会論文誌, Vol.47, No.6, pp.295-302, 2003年6月.
- [26] 王, 才脇, 西田: 3Dパネモデルに基づいた音楽に応じた動作の自動生成, システム制御情報学会論文誌, Vol.14, No.9, pp.447-457, 2001.
- [27] 王, 仲谷, 西田「音楽にあわせた複数オブジェクトの動作の自動生成の一手法」電気学会論文誌C, Vol.123, No.3, pp.446-455, 2003年3月.
- [28] 吉良, 仲谷, 西田「身体性に注目した感性協調支援実験—リズムを介した協同作業について—」ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.5, No.2, pp.205-213, 2003年5月.
- [29] 渡辺, 吉田, 才脇, 土方, 西田「イメージに基づいたWebページデザイン支援システム」ヒューマンインタフェース学会論文誌 Vol.3, No.4, pp.287-297, 2001年11月.
- [30] 小松, 土方, 才脇, 西田「カオスと電荷モデルを用いた群衆行動のモデリングと生成」電気学会論文誌C, Vol.121-C, No.1, pp.118-126, 2001年1月.
- [31] Ramasamy Palaniappan, Paramesran Raveendran, Shogo Nishida and Naoki Saiwaki "A New Brain-Computer Interface Design Using Fuzzy ARTMAP" IEEE Trans. on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, Vol.10, No.3, pp.140-148, September 2002.
- [32] Ramasamy Palaniappan, Paramesran Raveendran and Shogo Nishida "Multi-channel Noise Reduced Visual evoked Potential Analysis" Trans. on IEE of Japan (採録決定)