

# インタラクティブ・メディアアートのための ヒューマンインターフェース技術造形

## Design of Human Interface for Interactive Media Art

This paper is intended as an investigation of some methods of human interfaces in computer music, media installations and interactive multimedia art. I have been producing many sensors, interfaces and interactive systems for computer music and media installations as a part of my composition. In this study the main stress falls on designing systems with microelectronics technology, producing interactivity in media arts and controlling acoustics and graphics in real-time and interactivity with human performances. I will report some methods and discuss the problems with many works of my own presented and performed in recent years.

長嶋 洋一

デザイン学部技術造形学科

Yoichi NAGASHIMA

nagasm@computer.org

Faculty of Design

Department of Art and Science

### 1. はじめに

筆者はこれまで10年以上にわたって、コンピュータ音楽を中心としたメディアアートに関するテーマの創作・研究活動を進めてきた。具体的には、エレクトロニクス技術や情報通信技術（IT）の領域において、感性情報処理・マルチモーダルコミュニケーション・インターネットワーキング・ヒューマンインターフェースなどのテーマでの研究・実験・開発とともに、いろいろなインタラクティブ・マルチメディア作品を作曲・制作して公演・発表する活動を行ってきた。基本的なモチベーションとしては、一般的なDTM（Desk Top Music）やカラオケ自動演奏データやプロモーションビデオ（DVD）のように、制作が完了すれば固定的な「再生」で何度でも同じ出力を得られる記録型作品、というタイプにはあまり興味がなく、センサを活用したインタラクティブ性、Performer（狭義には「演奏者」）の即興性、カオスのライブ生成の偶然性、その場の環境要因、等の影響を重視してきた。本稿ではその中から「メディアアート」の概念とその展開、これまでに関わった研究テーマの紹介、筆者が目指しているインタラクティブ・メディアアートの姿、具体的な作品制作の実例紹介などを行う。紙面の都合で個々の技術的な詳細は述べきれないので、興味のある読者は末尾の参考文献を参照されたい。

### 2. メディアアートに関する研究と創作

#### (1) 「メディアアート」とは

一般的な意味での「メディアアート」とは、単純に「マルチメディアを活用したアート作品」というほどのものである。具体的には、古典的な意味での電子音楽（CDに固定された電子音響作品）やアニメーション・ムービーのような映像作品、さらにはコンピュータゲームやインターネットホームページの中にも「アート」と呼べるものが少なくないが、これらも全て広義には「メディアアート」の一種であると言える。本学デザイン学部技術造形学科には、学生の多くが「ゲームのデザインをしてみ

たい」という希望を持って入学してくるが、これも「メディアアーティストを目指したい」という夢とかなりの部分で同義であると思われる。しかし本稿ではより狭義に、ここに敢えて「実験的」「先駆的」「創作的」という意味を加えておくことにする。体感型アーケードゲームや追従型通信カラオケなど、過去に多くのメディアアーティストや研究者が挑戦した新しいアイデアや作品やシステムから、現在エンターテインメントやコンシューマ分野でビジネス化された実例は数限りないが、先駆者の実験・創作は制作のための手法や環境から自分で試行錯誤的に創造する、という意味で、「与えられたツール（制作支援のための完成された道具）を使って量産する」というビジネス領域でのマルチメディア制作とは一線を画している。この点を重視して、本稿では本学デザイン学部の方向性への期待も込めて、狭義のメディアアートにスポットを当てていくことにする。

#### (2) PEGASUS project

筆者は過去に、メインとする Computer Music の領域において、統合的なコンピュータ音楽の創作・演奏環境として、PEGASUS（Performing Environment of Granulation, Automata, Succession, and Unified-Synchronism）project と名付けた実験的なシステムの実現に向けた研究を行ってきた。ここでは、Granular Synthesis 方式（サウンドの要素を Grain と呼ばれる構成単位に分解して音響を構築する手法）によるライブ楽音合成システムをオリジナル開発し、そのパラメータ補間とライブ制御に、登場してきたばかりのニューラルネットワークを利用した。また、リアルタイムにカオスを生成させ、そのパラメータで音楽生成やグラフィクス生成を行う作品も合わせて創作した。これはコンピュータ音楽の生成と同期してカオス演算の数学的結果を描画プロジェクションすることで、自然な形で音楽とグラフィクスとが結合して変容する、一種の典型的なメディアアート作品となった。筆者とメディ

アートとの出会いは、このようにいわば「偶然の必然」であった。

**(3) マルチメディア作品のための実験と制作**

PEGASUS project を発展させた形で次に取り組んだのは、Computer Music だけでなく積極的にグラフィックスの要素も取り込んだマルチメディア・アートの生成環境である。ここでは、メディアアートの創作を支援する「環境」は、そのままパフォーマンス（公演、展示、プレゼンテーション等）の実行環境ともなり、さらに複数の領域のアーティストのコラボレーションによる制作を支援するためのオーサリング環境ともなる筈だ、という現在まで通じる理念からスタートした。

実際には、「眼で聴き、耳で観る」という図 1 のようなマルチモーダルなコンセプトを理想として掲げた上で、個々の具体的な作品創作においては、現実として手の出せる範囲から少しずつ、作品ごとに個別のシステム実現手法・制作手法・公演形態を検討した。

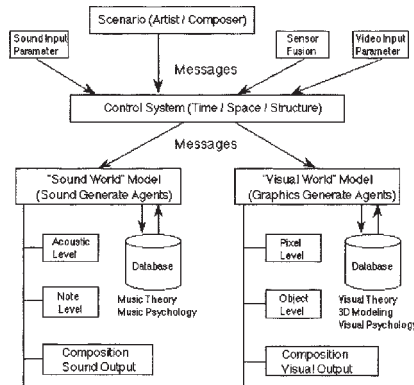


図 1. 「眼で聴き、耳で観る」システム

以下、筆者が過去に制作・発表したいくつかの作品の具体的なシステム構成とコンセプトについて簡単に紹介する。

**"CIS(Chaotic Interaction Show)"**

作曲 1993 年、初演 1993 年 9 月 16 日「知識工学と芸術に関する国際ワークショップ・コンサート」、大阪・ライブホール、パーカッション:花石真人、CG:由良泰人、指揮:長嶋洋一

CG 作家の由良泰人氏との初のコラボレーション作品。ライブのカオス生成による背景音響パートは MIDI 音源群と MIDI

制御のリアルタイム CG (AMIGA) を駆動する。ステージ中央の MIDI ドラムパッドに向かう Performer (打楽器奏者) はランダムによる背景リズムを聞き足元のモニタを見て即興演奏し、この情報に基づいて独奏サウンドとリアルタイム CG を生成した(図 2)。

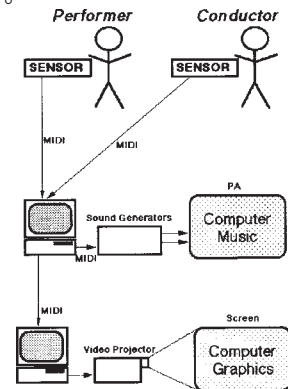


図 2. 作品 "CIS (Chaotic Interaction Show)" のシステム

**"MUROMACHI"**

作曲 1994 年、初演 1994 年 5 月 27-28 日「眼と耳の対位法」、京都・関西ドイツ文化センターホール、パフォーマンス:八幡恵美子、CG:由良泰人

前作を受けて、サウンド系と映像系の主従関係を逆転するというコンセプトにより作曲した。ステージ中央に AMIGA 上の MIDI 出力 CG ソフトを用いてペンシル型マウスでお絵描きする Performer が立つ。このマウスの操作に対応した背景音響群と個々のサウンドを生成した。メニューの画面消去コマンドはシーンを変更し、Performer がノッてきて次のシーンに進まなければ永遠に終わらない可変長の音楽となった(図 3)。

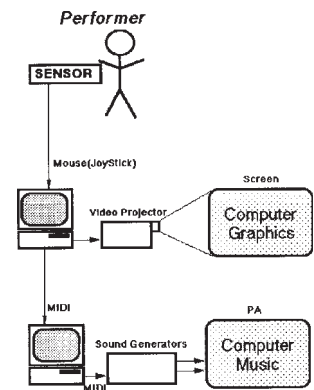


図 3. 作品 "MUROMACHI" のコンセプト

この作品の制作過程においては、浜松（長嶋）と京都（由良）という物理的に離れた共同制作のために、電子メールにて図 4 のような画像系と音楽系とを結び付ける情報プロトコルを独自に検討・定義して、それぞれオリジナルソフトを開発した。

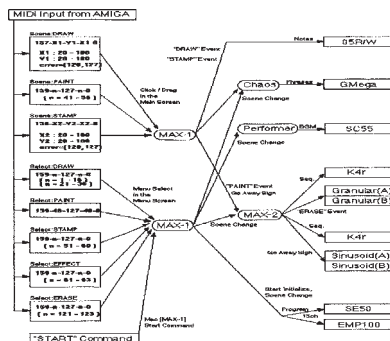


図 4 . 作品"MUROMACHI"の情報プロトコル

図 3 にある作品コンセプト図は簡略形であり、実際の初演時には図 5 のようなシステム構成として、計 5 台のコンピュータによる協調動作により作品を構成した。なお、この作品は何度か再演され、「芸術祭典・京」においては、小学生が自分で体験するインスタレーション作品へと変貌した。

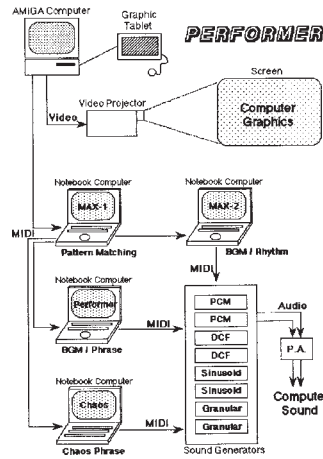


図 5 . 作品 "MUROMACHI" のシステム

**"Strange Attractor"**

作曲 1994 年、初演 1993 年 11 月 6 日「コンピュータ音楽の現在 (日本コンピュータ音楽協会)」、神戸・ジーベックホール、ピアノ:吉田幸代

タイトルにもあるように全編にカオスのアルゴリズムを使用し、背景パートのアルペジオ (1 次元 Logistic 関数) もスクリーン上の CG (2 次元カオスの数学的プロット) も、プリピアードピアノを叩いたり物を投げ込む Performer のトリガから与えられて生成した。Performer は刻々と変化する背景のカオス周期を眼と耳で追いかけて、その分岐周期を知覚できたら次に進むというような楽譜の指示 (カオス演算の数学的推移が音楽を進行させるコンセプト) とした (図 6)。

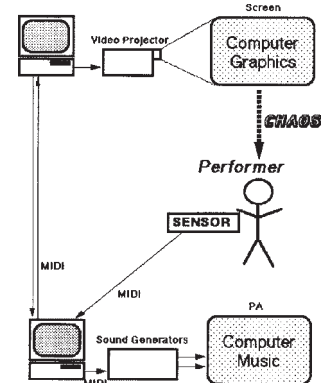


図 6 . 作品 "Strange Attractor" のシステム

3 . インタラクティブアートに関する研究と創作

(1) 「メディアアート」から「インタラクティブアート」へ

上述のような実験・研究・創作を進めていた 1990 年代前半のコンピュータ技術の進展により、テクノロジーアート、あるいはメディアアートの領域でも多くの進歩があった。TV 番組「ウゴウゴルーガ」「電波少年」等では有名になった [CG 機能に特化した AMIGA コンピュータ] の独壇場は過去のものとなり、図 1 のようなコンセプトを実現するためのプラットフォームとしては、より汎用性を高めた Open-GL に対応した SGI (シリコングラフィクス) 社のグラフィックワークステーションの時代となった (SGI が「ジュラシックパーク」「スターウォーズ」等の映画 CG を実現したのは有名な話)。またサウンド系においても、

MIDI音源でなくコンピュータ本体でのソフトシンセシス（後述）が実現されるようになってきた。

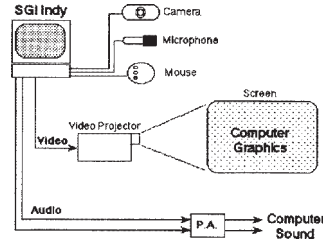


図 7 . 最小構成マルチメディアシステムの例

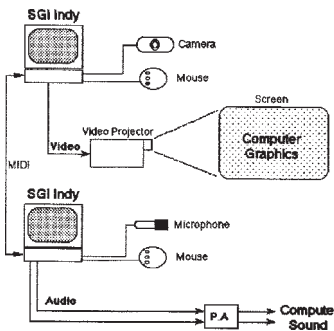


図 8 . 分散処理マルチメディアシステムの例

このような状況を受けて、筆者の研究や創作のプラットフォームも SGI コンピュータを活用した、図 7 - 図 9 のようなシステムへと進化した。

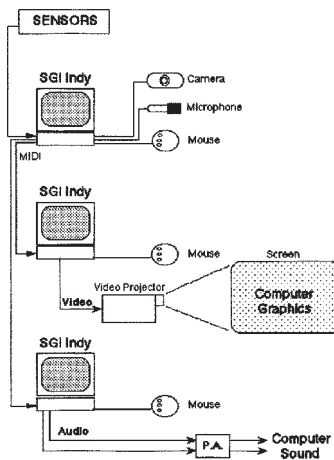


図 9 . インタラクティブシステムの例

以下、筆者が過去に制作・発表したいくつかの作品の具体的なシステム構成とコン

セプトについて簡単に紹介する。

**"David"**

作曲 1995年、初演 1995年 10月20日『日独メディア・アート・フェスティバル』、京都・関西ドイツ文化センターホール、パフォーマンス: 藤田康成、CG : 由良泰人

両手首、両肘、両肩の関節の曲げを検出するオリジナルセンサを作曲の一部として開発し、このセンサを装着したダンサーの Performance をセンシングして、サウンドパートおよび SGI Indy 上で開発した Open-GL によるリアルタイム 3 次元 CG の生成を制御した。背景音響パートはシーケンス情報としてでなく生成アルゴリズムとして記述され、Performer の情報によって同じテンポでビートを 3 / 4 / 5 分割するパートを即興的に行き来した (図 10)。

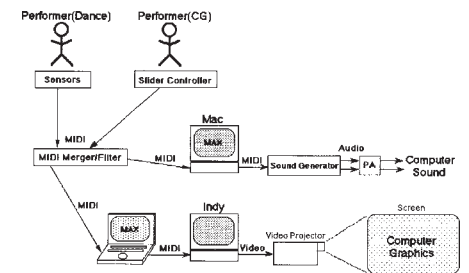


図 10 . 作品 "David" のシステム

**"Asian Edge"**

作曲 1996年、初演 1996年 7月 13日『コンピュータ音楽の現在 II (日本コンピュータ音楽協会)』、神戸・ジーベックホール、パフォーマンス: 吉田幸代、CG : 由良泰人

背景音響パートに MIDI 音源系のシステムでなく、事前に音響信号処理により制作した多数のサウンドファイル (テーマを受けてアジアの民族楽器を多種採用) をリアルタイムに多重再生する Unix 上の処理システムを開発した。背景グラフィクス系でも、Open-GL によるリアルタイム MIDI 制御 3D-CG ソフト、複数の背景ビデオ映像、ステージ上の Performer を向いた CCD カメラ群を利用して、センサによる「演奏」と同期してライブスイッチング (MIDI ビデオスイッチャも作曲の一部として開発) を行った。元々ピアニストである Performer は、楽譜でなく詩人に委嘱した詩のイメージをもって即興的にパフォーマンス (広義の「演奏」) を行い、オリジナル MIBURI センサを利用した一種の「舞い」によって表



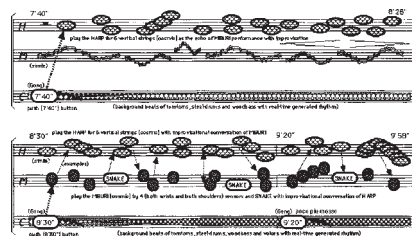


図 15. 作品 "Atom Hard Mothers" の楽譜の一部



図 16. オリジナル楽器「光の弦」

## (2) アルゴリズム作曲

上述のような実験的作品の創作を進める上でキーとなった基礎として、「アルゴリズム作曲」の概念と、これを具現化するための環境としての "Max" の存在がきわめて重要であった。ここでは伝統的音楽・ポピュラー音楽などと対比して、「即興」をキーワードとした解説を試みることにする。

音楽演奏において、即興は常に重要な音楽的要素である。作曲家が楽譜で示す音楽の姿をそのまま忠実に再現する「ロボットのような演奏」が至上であるならば、最上の音楽演奏を記録した DVD があればもうライブ演奏は不要だ、ということになってしまうが、音楽とはそんなものではない。ジャズやロックやポピュラーの世界では、楽譜のアドリブパートには、即興で演奏すべき音は記載されておらず、演奏すべき音（ピッチ、リズム、フレーズ、コード、アーティキュレーション、アクセント等々）の全てが演奏者の即興に任されている。コード等の枠組みが比較的決まっているポピュラーに比べてジャズではさらに自由になり、リフ以外の繰り返し構造、あるいはコード進行そのものまで演奏者同士の即興で決め

られつつ演奏が進行していく。ここでは腕だけでなく、耳と勘の優れた演奏家でなければ生きていけない。

一方、ビジネスの世界での DTM とは「MIDI シーケンスデータとして制作・編集された音楽演奏情報」である。テレビ番組やゲームや CM の BGM、カラオケの曲データ等、MIDI ベースの音楽は既に産業として膨大に消費されている。その基本はシーケンサの本質である「確実に何度でも同じ演奏が再現される」という点にあり、ノンリアルタイム音楽とかテープ音楽と分類される。記録媒体に固定、あるいはインターネット配信などによりライブスペースの時間的空間的制約を越えて残っていく、というメリットの代償として、この種の音楽は「演奏の場のリアリティと偶然性」を失っている。

アルゴリズム作曲の立場はこれと発想が異なり、「毎回どこか異なった演奏となる音楽」「その場の状況に応じて変わる音楽」を作曲として構築する、という姿勢である。生身の人間の演奏であれば、ジャズのアドリブだけでなくクラシック演奏でもその場限りという性格を持つ。しかしここでは、微妙な演奏表現のレベルよりももっと大きく、音楽演奏情報や作品の構成そのものが演奏のたびに変わるような「仕組み」、すなわちアルゴリズムを設計・構築する一種のプログラミング作業として「作曲」をとらえるのである。

モーツァルトの「さいころ音楽」やケージの音楽のように、乱数や易学をベースとした統計・確率の音楽というアプローチもこの一種である。コンピュータにとって乱数や確率的な情報処理はお手軽なものであり、ここに様々な音楽的制約を作用させて「そのたびに異なった音楽情報」を生成することは容易である。最近ではテーマとしてカオス・フラクタル・遺伝アルゴリズム・ファジイ等の新しい概念が利用され、自然界において変動する種々の現象を「時間的に変動するもの」として音楽に焼き直す、という手法も多い。例えば植物細胞の微小電位、飛来する宇宙線、人間の脳波やホルモンの変動、大気中の有害物質の濃度変化、

DNA のゲノム配列、風速や温度や湿度や地磁気の変化、さらには世界的な株価変動などのマクロ社会現象までが、データを時間的に置換・配置した「\*\*\*の音楽」として発表されてきた。

### (3) "Max"によるアルゴリズムの実現

IRCAM の Miller Puckette と David Zicarelli によって開発されたソフトウェア "Max" に筆者が初めて触れたのは、世界に公開される前の 1990 年頃であったが、この Max の優れたアイデアとコンセプトは 10 年以上経過した現在でも、世界の先端メディアアーティストに支持され活躍を続けている。Max の特長は「プログラミング不要でアルゴリズムを実現する」という点にあり、本稿の一つの主題そのものでもある。以下、実例とともに簡単に紹介するので、興味のある読者は理屈でなく、実際に Max/MSP を体験する事をお薦めする。

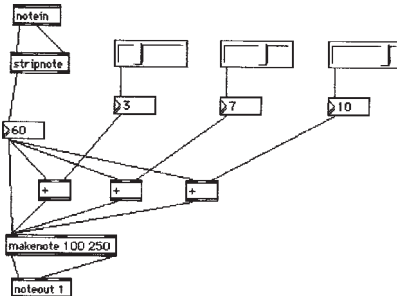


図 17. Max パッチの一例「ハーモナイザ」

図 17 は、筆者が 1 分ほどで制作（プログラミング）した Max のパッチ（一種のプログラムを Patch と呼ぶ）の一例である。この例では、電子ピアノなど外部の MIDI 機器から入力された MIDI ノートイベント（演奏情報）から stripnote というオブジェクト（一種のソフトウェア部品であるブロック）によって、ノートオン（発音開始）の音高情報を抽出する。変数ボックスから直下に makenote から noteout しているルートは、ベロシティ（音量）＝ 100、デューレーション（音長）＝ 250msec、という条件で、そのまま MIDI 入力情報に対応した演奏情報をスルー出力していることになる。そして同時に、変数

ボックスからの音高情報は右側にある 3 個の「+」オブジェクトにも入る。ここでは上のスライダーで個別に設定された値が加算され、この音高のイベントも makenote に合流して MIDI 出力される。つまりこのパッチは、入力の 1 音ごとに設定された 3 音のハーモニーが自動的に加わる「MIDI ハーモナイザー」という機能を実現しているのである。ハーモニー設定のスライダーをマウスで簡単に変更できるだけでなく、実はここに外部からの MIDI 情報を与えて「動的なハーモナイズ」も簡単に実現できる。たったこれだけの機能の実時間処理でも、古典的な C 言語などによるプログラミングで実現することの大変さは、ソフトウェアの専門家ほど理解していただけるだろう。

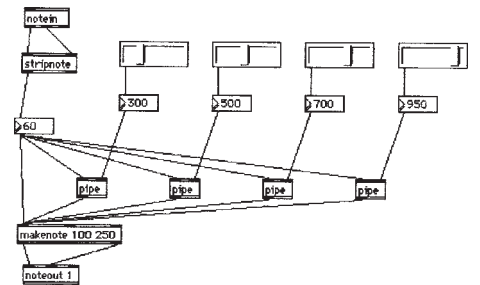


図 18. Max パッチの一例「エコマシン」

図 18 のパッチは一見すると前例のパッチに似ているが、オブジェクトが pipe という時間要素となっている点が重要である。pipe は、右側の入力で設定される時間 (msec) だけ、左側の入力情報を遅延して出力する、というものである。それぞれのオブジェクトの時間管理やシステムとしての並列処理について、Max ではプログラミングをする側では何も考えなくてよい。図 18 の例であれば、MIDI 演奏入力がそれぞれの設定値ごとに遅延されミックスされた出力が得られ、たったこれだけでお手軽な「MIDI エコマシン」となっている。

音楽情報処理の場合、通常はこのような遅延要素はあらかじめプリセットしておく（実時間処理のための時間的パラメータが変動してはシステムの動作として問題がある）。ところが Max の場合、本質的にシステムがリアルタイム動作をするために、そ

の時間的要素をリアルタイムに変更することも容易である。図 18 をもう一度眺めてみると、時間的動作のパラメータである pipe オブジェクトの右側の入力には、定数でなく任意の変数をリアルタイムに与えられる。これは「MIDI エコーマシンの遅延時間パラメータを刻々と変える」というようなフレキシブルな動作を容易に実現できることを意味する。

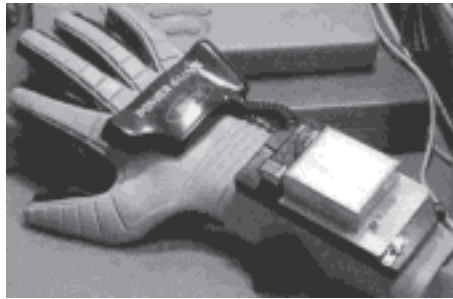


図 19. ワイヤレス MIDI パワーグローブ

アルゴリズム作曲、あるいはリアルタイム作曲という音楽的な概念は、Performer のあらゆるパフォーマンス情報をセンサによってシステムに取り込み、この情報によってリアルタイムに演奏情報を生成したりアレンジしていく、という手法へと容易に発展する。図 19 は、筆者が作曲の一部として制作した、「MIDI パワーグローブ」である。このセンサは右手の指の曲げ状態を、4 本の指（薬指と小指は共通）のそれぞれの ON/OFF という 16 状態として検出し、ワイヤレスで送信する。そして、この MIDI パワーグローブからの情報を扱うために作ったのが、図 20 のパッチである。

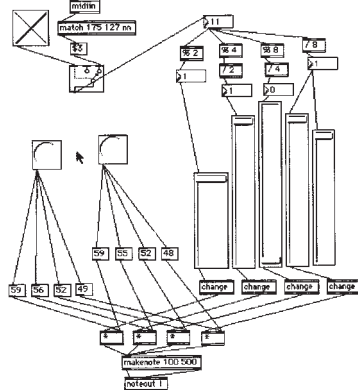


図 20. 「パワーグローブ楽器」のパッチ

アルゴリズムの流れを概説すると、まず入力の MIDI 情報は全て midiin オブジェクトから得られる。そして、match によって、ステータスが 175 (ポリフォニックプレッシャー 16 チャンネル)、ノートナンバー 127、という特定の情報にヒットした時だけ、そのバリューが「\$ 3」という指定で出力され、これをスイッチで ON/OFF して、次段の認識系に行く。パワーグローブの指情報は 4 ビット 2 進数としてコーディングされ、1 の位を親指に、2 の位を人差指に、4 の位を中指に、8 の位を薬指と小指に、と割り当てている。図 20 の中のスライダーは、値域としてゼロと 1 だけをとるように設定してあるので、グローブの握り状態はそのまま、このスライダーの動きとして可視化される。このそれぞれの桁のゼロか 1 か、という値は、イベントの変化がある時のみ出力する change を通過して、さらに乗算の「\*」オブジェクトに入力される。この乗算のもう一方の値としては、二つのボタンで設定される和音データが与えられるため、一方では Cmaj7 のコード、もう一方なら C#m7 のコードの構成音として、指の動きに対応してアルペジオ演奏を行えることになる。このパッチにより、パワーグローブが一種の「楽器」となるわけであるが、実際の作品ではこんなに単純ではなく、シーンごとに性格が変わる楽器として機能する。

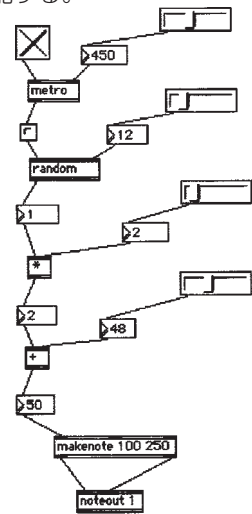


図 21. 音楽自動生成パッチ



「アルゴリズム作曲」のもう一つの本流は、シーケンスデータとして固定されない音楽演奏情報を、演奏の際にリアルタイムに自動生成していく、というタイプである。Max の時間情報を扱うオブジェクトを活用すれば、このアルゴリズムはプログラミング言語で開発するよりも、ずっと効率的に作曲できることは容易に想像がつかだろう。

自動作曲のもっとも基本となるのは、モーツァルトの「さいころ音楽」と同じ、乱数を用いたアルゴリズムである。図 21 のパッチは、まさにこの原型となるシンプルなもの、そのアルゴリズムは上から下に順に追いかけることで理解できる。まず正方形の ON/OFF トグルスイッチによって metro オブジェクトがスタートされると、右側の入力から設定されたインターバルで等間隔のトリガが発生される。これが自動演奏のテンポとなる。これを受けた random オブジェクトがこのパッチの中心で、この図では右側から入力された 12 という値によって、ゼロから 11 までのランダムな整数が得られる。基本的には、これで「さいころ音楽」はできてしまう。

生成されたランダム値は、乗算オブジェクト「\*」に入り、この右側の設定値と乗算される。たとえば 1 を設定すれば素通りするが、図 21 のように 2 を設定していると、乱数出力は全て偶数となるので、MIDI ノートナンバとしては「全音音階」(Whole Tone Scale) が得られることになる。設定値が 3 なら dim7 の和音を構成し、4 なら aug コードとなり、5 なら sus4 系のスケールとなるわけである。この出力はさらに加算オブジェクト「+」によって、右側の入力値だけオフセットを加算される。この補正によって、MIDI ノートイベントとして聞きやすい音域に移調する。ランダムに生成された音階は、永遠に等間隔で続く音の並びとなりメロディーのように知覚されにくい。ここに擬似的に「リズム」の要素を盛り込むには、既に紹介したオブジェクトを 1 つ追加するだけである。

#### 4. ヒューマンインターフェースに関する研究と創作

##### (1) 「インタラクティブアート」とセンサ

指揮・演奏などの音楽的経験から音楽におけるライブ性と即興性を重視し、コンピュータによる人間の感性の拡大という可能性にも興味がある筆者の現在の創作の中心は、「インタラクティブ・アート」と呼ばれるジャンルである。これはステージ、あるいはパフォーマンスに注目した視点に立脚する音楽への姿勢である。もともと音楽演奏というのは、ソロ演奏であっても対話的(インタラクティブ)なものである。自分の演奏によって空間に生成される音響を演奏者自身がフィードバック体感している上に、コンサートであればその場の音響を共有している聴衆の「気」、つまり期待感や緊張や興奮、というのは演奏者も一体となって体感するものであり、ここにライブ音楽の醍醐味がある。この世界に、エレクトロニクス技術やコンピュータ技術を活用した「道具」を導入・活用し、人間の感性と表現可能性とを拡大したいと考えている。ここで重要な要素となるのは、ライブ性のある情報を作品として構築するための前述の「アルゴリズム作曲」の概念と支援環境である "Max" であり、もう一つは人間の Performance とシステムとの間のヒューマンインターフェース技術、特にいろいろな「センサ」とその活用である。



図 22. オリジナル楽器 "SNAKEMAN"

例えば図 22 は、大阪・難波のインド民芸品店で仕入れた太鼓の胴体に、日本橋のジャンク屋で見つけたマイクのフレキシブルパイプを組み合わせた、SNAKEMAN と名付けた一種の楽器とも言えるセンサである。このパイプの先端の間に赤外線ビーム

が走り、それを遮断する速度に応じた MIDI 情報が出力される。図 23 は、このセンサがシステムの重要な要素として機能した作品 "Atom Hard Mothers" の公演風景で、背景音響素材となった「鈴虫」をイメージした Performer が宙をまさぐる動作が赤外線ビームを遮ることによってシーンが推移した。



図 23. 作品 "Atom Hard Mothers" の公演風景

**"Visional Legend"**

作曲 1998 年、初演 1998 年 9 月 19 日 [「国際コンピュータ音楽フェスティバル」、神戸・シーベックホール、笙：東野珠実

あらかじめ Performer の使う笙の演奏した音響断片をサンプリングして、詩を朗読するバリトンの声とともに、Kyma の音響信号処理によって背景音響パートを制作。ライブの場合は、ビデオとスライドショー CG と CCD カメラによるライブ・グラフィックス系を、オリジナル制作した笙のためのプレスセンサ (呼気・吸気の双方向) によってトリガし、あわせて Kyma をライブ制御する MAX の MIDI アルゴリズムによって、笙のサウンドへのリアルタイム信号処理を行った (図 24 - 25)。

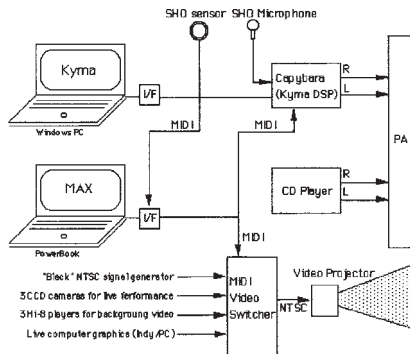


図 24. 作品 "Visional Legend" のシステム



図 25. 作品 "Visional Legend" の公演風景

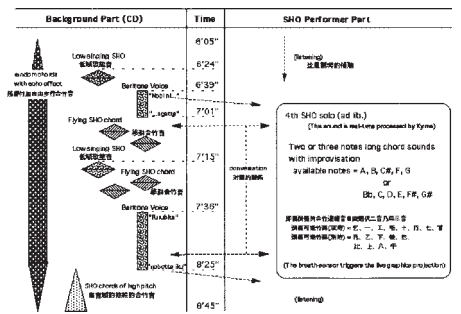


図 26. 作品 "Visional Legend" の楽譜の一部

図26はこの作品の楽譜の一部であるが、古典的な楽譜が横構成で時間的に左から右に流れるのに対して、上から下に流れるようになっている。これは演奏者にとっては戸惑いもあるようだが、楽譜に記述されたメッセージが横書きであり、左半分の CD 背景音響パートと右半分の演奏者パートとを効率良く対峙させるためにこの構成を採用した。また楽譜には笙の持つ個々の竹のピッチから構成した、アベイラブルノートの指定による即興の指示があり、演奏者は個々の音については自分の感性とその場の響きで選択して演奏した。また、図 27 は笙プレスセンサの開発実験の様であり、17本の竹のうちの 1 本に双方向半導体気体圧力センサを組み込んでいる。



図 27. 実験中の笙プレスセンサ

### "Beijing Power"

作曲 2000 年、初演 2000 年 3 月 11 日『相愛大学音楽研究所公開講座コンサート』、相愛大学、超琵琶：長嶋洋一

図 28 の「超琵琶 (Hyper-Pipa)」は、北京の楽器店で入手した土産物の民族楽器に、3 次元加速度センサ、ジャイロセンサ、衝撃センサ、タッチセンサ等のセンサ群と液晶パネルや青色 LED 群を 32bit カードマイコンとともに組み込んだオリジナル楽器である。この楽器を用いて 2000 年 3 月に相愛大学で初演した作品 "Beijing Power" では、従来の琵琶演奏のスタイルにとらわれず、例えば「弦を弾いてから胴体を左右に揺する」ことでリアルタイム楽音生成の高調波成分を制御する、といった新しい演奏技法と一体となった作曲を行った。



図 28. オリジナル楽器「超琵琶」

### (2) リアルタイム楽音合成・音響信号処理

1990 年頃までの Computer Music とはいえ、肝心のサウンドの部分では、非実時間的にスタジオで音響信号データを編

集・加工する「テープ音楽」か、あるいは MIDI 電子楽器を音源とする楽音生成手法が一般的であった。しかしデジタル信号処理 (DSP) 技術の進展と、コンピュータ自体の驚異的な性能向上によって、コンピュータのソフトウェア自体でリアルタイムに楽音合成や音響信号処理を実現する、というソフトウェアシンセシスのシステムがいくつも登場してきた。ここでは本学技術造形学科の「サウンドデザイン」「音楽情報科学」でも採用している 3 種類のシステムについて簡単に紹介するとともに、筆者の作品での適用事例を紹介する。

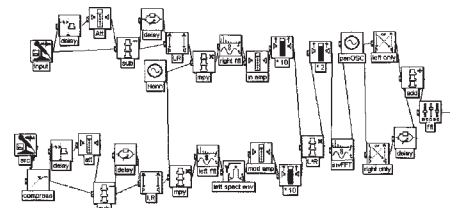


図 29. "Kyma" による音響信号処理の開発例

図 29 は、本稿で既に何度か登場している "Kyma" システムの音響信号処理アルゴリズムのプログラミング画面である。米国 Symbolic Sound 社の開発した Kyma システムは、多数の DSP エンジンを搭載した専用のハードウェア Capybara と、ホストコンピュータ上のソフトウェア Kyma からなり、Max ライクの簡単な GUI により、楽器メーカーの「お仕着せ」でない強力なリアルタイム音響信号処理を簡単に構築できるようになった。

### "Voices of Time"

作曲 1999 年、初演 1999 年 3 月 20 日『相愛大学音楽研究所公開講座コンサート』、相愛大学、フルート：太田里子

この作品は外見上はステージ上にフルート独奏者が立つだけであり、図 30 の楽譜を読む限りでは、メロディーもリズムもハーモニー（調的構造）もある、ごく普通のクラシック音楽のようである。しかしこの作品では、同じステージ上でコンピュータを操作する筆者のマウス操作により、演奏されるフレーズの一部をその場でライブサンプリングし、これを Kyma と MAX を用いたアルゴリズムによってライブ音響信号処理して変容・拡張・多重化された音響

がフルート音響に加わることで、一人の演奏者が自分自身の演奏音響とともにライブで共奏・競演し、新しいメロディー、新しいリズム、新しいハーモニーを「その場限り」のものとして刻々と生成するという意味で、挑戦的なインタラクティブアート作品であった。この発想と手法はここ最近の筆者の作曲において、「笙」の独奏、ボーカルの朗読音声、ピアノ独奏、パイプオルガン独奏、と作品テーマとフューチャリングする楽器を変えながら、いくつかの作品として結実・公演された（図31）。

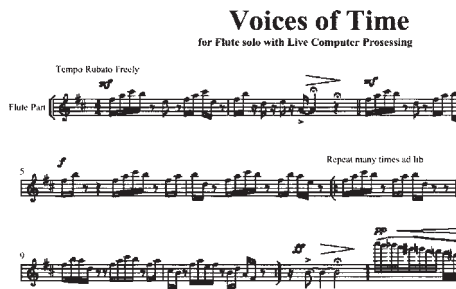


図 30. 作品 "Voices of Time" の楽譜の一部

**"Mycoplasma"**

作曲 1998 年、初演 1998 年 10 月 28 日『神戸山手女子短期大学公開講演会・コンサート』、神戸・ジーベックホール、パフォーマンス：塩川麻依子

**"Piano Prayer"**

作曲 1999 年、初演 1999 年 12 月 15 日『神戸山手女子短期大学公開講演会・コンサート』、神戸・ジーベックホール、ピアノ：吉田幸代

**"Great Acoustics"**

作曲 2000 年、初演 2000 年 3 月 11 日『相愛大学音楽研究所公開講座コンサート』、相愛大学、パイプオルガン：塩川麻依子



図 31. 作品 "Great Acoustics" の公演風景

Kyma システムが専用の DSP エンジンでソフトウェアシンセシスを実現するのに対して、図 32 の "Max/MSP"、および図

33 の "SuperCollider" では、Macintosh コンピュータの完全なソフトウェア上でリアルタイム音響信号処理を実現する。このため処理能力では限界があるもののシステムの可搬性ではメリットがあり、筆者は作品やパフォーマンスの形態などにより、サウンド系システム要素として適宜、使い分けている。

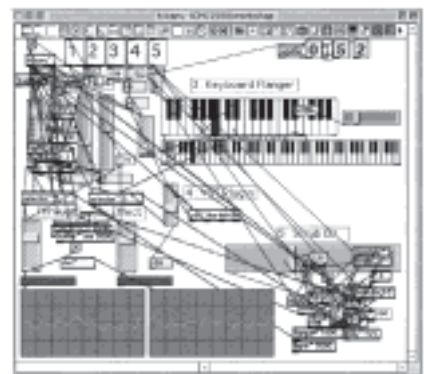


図 32. "Max/MSP" による音響信号処理の開発例

```

{
var fofreq;
fofreq = MouseX.kr(0.04, 40, 'exponential');
z = RLP4.ar(
  LFSaw.ar(LFNoise0.kr(0.2, 7, 40).round(1).midlops*[1, 1.5]),
  LinExp.kr(
    LFSos.kr([fofreq, fofreq*2], -1),
    -1, 0.01, 0.4),
    MouseV.kr(0, 0.99) // cutoff
  ) * 0.1;
PingPongN.ar(z.at(0), z.at(1), 0.16, 0.16, 0.6)
}.scope(0.1)

```

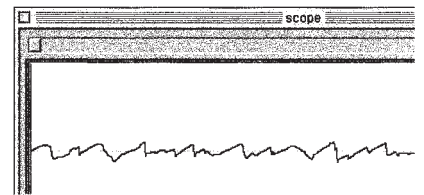


図 33. "SuperCollider" による音響信号処理の開発例

**"Bio-Cosmic Storm"**

作曲 1999 年、初演 1999 年 10 月 16 日『日独メディア・アート・フェスティバル』、京都・関西ドイツ文化センターホール、パフォーマンス：塩川麻依子、CG：中村文隆、センサ：照岡正樹

人間の身体動作（関節の曲げや赤外線位置計測）から、より密接なヒューマンインターフェイスを求めた「笙プレスセンサ」や「呼吸センサ」の実験を経て、この作品では筋肉から発生する電気信号パルスそのまま検出する筋電センサを活用した Performance を実現した。ピアニストである Performer は「ピアノの鍵盤に触れてはいけない」という指示のもと、鍵盤上空の空間でピアノを弾いたりピアノを押したりす

ると、この筋肉から発生する神経パルスがそのまま音響信号ソースとして、また SuperCollider によるソフトウェアシンセシス音源のためのライブパラメータとして、さらに Open-GL により神経パルスと同期して振動する鍵盤を描いたリアルタイム 3D-CG を駆動した。図 34 は実験中の筋電センサの電極部分であり、図 35 はこの作品の公演風景である。

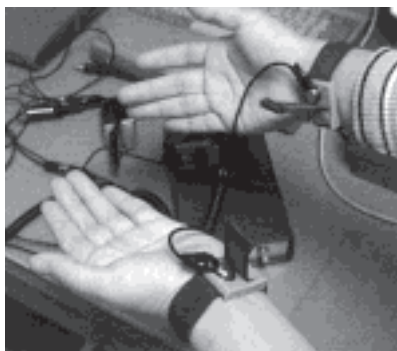


図 34. 筋電センサの電極部分



図 35. 作品 "Bio-Cosmic Storm" の公演風景

### (3) パフォーマンス作品とインスタレーション作品

コンサート会場での「公演」と、ギャラリーなどでの「展示」というのは、メディアアートの発表の形態としてだいぶ異なる印象があるかもしれないが、インタラクティブアートという視点から、筆者はこの両者にあまりこだわりを持たないようにしてきた。事実、最初はコンサートの Performance だった作品を改訂してギャラリーの体験型インスタレーションとなったものや、ライブ演奏のためのオリジナル

楽器を敢えて展示型作品のイメージで制作した事例もある。ビデオ作品をエンドレステープ化して単に上映するようなインスタレーション作品は別として、来場者の振る舞いや働きかけをセンサで検出してマルチメディアが変化するようなインタラクティブ・インスタレーション作品は、テーマや発表形態によってはコンサートでのライブ Performance とも成り得る、という実感はますます強くなっている。インターネット時代となって、コンピュータ画面内の仮想空間でのメディアアートも登場してきたが、センサ等のヒューマンインターフェースによって「身体的な実感の欠如」という課題が克服されていくものと期待しつつ、自分でも考察・実験を進めている。

#### "Brikish Heart Rock"

作曲 1997 年、初演 1997 年 10 月 15 日『神戸山手女子短期大学公開講演会：コンサート』、神戸・ジューベックホール、パフォーマンス：住本絵理、佐藤さゆり

二人のパフォーマーのうち、電子的システムとは完全に切り離されたフルートは、楽譜で指示されたアベイラブルノートから完全に即興でソロするように指示された。80個の LED が動的なディスプレイを行う一種のオブジェとして制作したオリジナルの静電タッチセンサ（図 36）と筋電センサ MiniBioMuse を「演奏」する Performer も、基本的には即興のみである。



図 36. オブジェ「静電タッチセンサ」

#### メディアインスタレーション "森海"

制作 2000 年、発表 2000 年 5 月 28 日『静岡文化芸術大学一般公開デー・特別展示』、静岡文化芸術大学、コラボレータ：李恩沃・佐藤聖徳・大山真澄・加藤美咲・川崎真澄・北嶋めぐみ・林文恵

図 37 は、体験型インスタレーション作品 "森海"（しんかい）のシステムブロック

図である。この作品は、技術造形学科の教員・選抜学生のコラボレーションにより、わずか3週間でセンサからCGまで制作した。図38のように、学内の8台の大型プラズマディスプレイを並べ、学生がPhotoshopで制作したCG静止画をスライドショー化してビデオに記録してエンドレス再生し、3系統のライブCCDカメラ画像とともに、来場者を赤外線ビームセンサで検出してMIDIビデオスイッチを切り替え、同時にイベントに対応したサウンドを生成した。

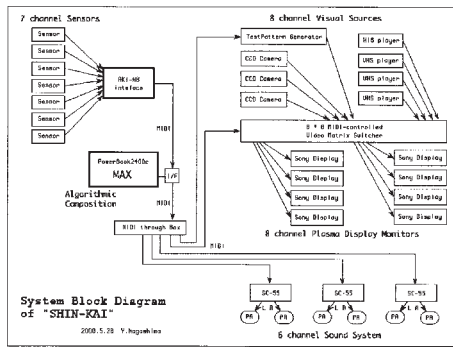


図 37. 作品 "森海" のシステム構成



図 38. 作品 "森海" の展示風景

**"Wandering Highlander"**

作曲2000年、初演2000年9月17日『電子情報通信学会・情報処理学会・日本音響学会・IEEE等連合大会シンポジウム』、静岡大学、パフォーマンス：鈴木奈津子、コラボレータ：大山真澄・加藤美咲・川崎真澄・北嶋めぐみ・高木慶子・竹森由香・田森聖乃・渋谷美樹・鈴木飛鳥

この作品はパフォーマンスを伴ったインタラクティブ・メディアアート作品であり、センサを装着した Performer (芸術文化学科学生) のダンスにより音楽と映像が駆動された。9名のコラボレータ学生によるCG制作は、「一人5枚の連続したCG画

像を制作。最後の1枚を次の人に渡し、次の人はこれをスタートの素材として5枚のCGを制作」という「連画」の手法によって、最終的に45枚のCG画像を創作した。

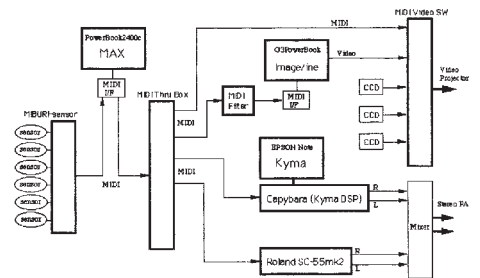


図 39. 作品 "Wandering Highlander" のシステム構成

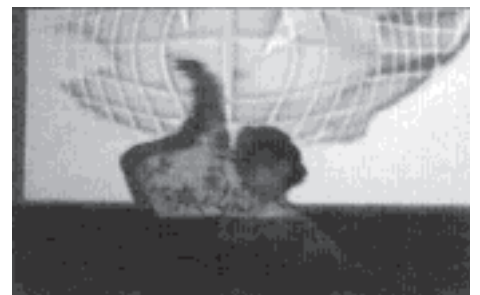


図 40. 作品 "Wandering Highlander" の公演風景

**5. おわりに**

インタラクティブなマルチメディア・アートやメディア・インスタレーションを実現するための技術造形的アプローチについて紹介した。今後も、自由な発想と意欲的なテーマの発掘を念頭に、才能ある本学の学生や教員とのコラボレーションにより、新しい創作に挑戦していきたい。

**参考文献**

- (1) <http://nagasm.org/ASL/>
- (2) Yoichi Nagashima : Neural-Network Control for Real-Time Granular Synthesis, 1992年度人工知能学会全国大会論文集I (人工知能学会), 1992年
- (3) Yoichi Nagashima : An Experiment of Real-Time Control for "Pseudo Granular" Synthesis, Proceedings of International Symposium on Musical Acoustics (国際音響学会), 1992年
- (4) Yoichi Nagashima : Real-Time Control System for "Pseudo" Granulation, Proceedings of 1992 International Computer Music Con-

- ference (International Computer Music Association)、1992年
- (5) Yoichi Nagashima : Musical Concept and System Design of "Chaotic Grains"、情報処理学会研究報告 Vol. 93, No. 32 (93-MUS-1) (情報処理学会)、1993年
- (6) Yoichi Nagashima : PEGASUS-2 : Real-Time Composing Environment with Chaotic Interaction Model、Proceedings of 1993 International Computer Music Conference (International Computer Music Association)、1993年
- (7) Yoichi Nagashima : Chaotic Interaction Model for Compositional Structure、Proceedings of IAKTA / LIST International Workshop on Knowledge Technology in the Arts (International Association for Knowledge Technology in the Arts)、1993年
- (8) Yoichi Nagashima : マルチメディア Computer Music 作品の実例報告、情報処理学会研究報告 Vol. 94, No. 71 (94-MUS-7) (情報処理学会)、1994年
- (9) Yoichi Nagashima : Multimedia パフォーマンス作品 Muromachi、京都芸術短期大学紀要 [瓜生] 第17号京都芸術短期大学)、1995年
- (10) Yoichi Nagashima : Multimedia Interactive Art : System Design and Artistic Concept of Real-Time Performance with Computer Graphics and Computer Music、Proceedings of Sixth International Conference on Human-Computer Interaction- 7) (ELSEVIER)、1995年
- (11) Yoichi Nagashima : マルチメディア生成系におけるプロセス間情報交換モデルの検討、情報処理学会研究報告 Vol. 95, No. 74 (95-MUS-11) (情報処理学会)、1995年
- (12) Yoichi Nagashima : PCM 音源の並列分散処理による Granular Synthesis 音源、情報処理学会論文誌 Vol.36.No.8 (情報処理学会)、1995年
- (13) Yoichi Nagashima et al.: A Compositional Environment with Interaction and Intersection between Musical Model and Graphical Model --- "Listen to the Graphics, Watch the Music" ---、Proceedings of 1995 International Computer Music Conference (International Computer Music Association)、1995年
- (14) Yoichi Nagashima : マルチメディア作品におけるカオス情報処理の応用、京都芸術短期大学紀要 [瓜生] 第18号京都芸術短期大学)、1996年
- (15) Yoichi Nagashima : マルチメディア・インタラクティブ・アート開発支援環境と作品制作・パフォーマンスの実例紹介、情報処理学会研究報告 Vol. 96, No. 75 (95-MUS-16) (情報処理学会)、1996年
- (16) Yoichi Nagashima : マルチメディア Computer Music 作品の実例報告、情報処理学会研究報告 Vol. 94, No. 71 (94-MUS-7) (情報処理学会)、1994年
- (17) Yoichi Nagashima : [広義の楽器] 用ツールとしての MIDI 活用、情報処理学会研究報告 Vol. 96, No. 124 (96-MUS-18) (情報処理学会)、1996年
- (18) Yoichi Nagashima : インタラクティブ・マルチメディア作品 "Asian Edge" について、京都芸術短期大学紀要 [瓜生] 第19号 (京都芸術短期大学)、1997年
- (19) Yoichi Nagashima et al. : "Improvisession": ネットワークを利用した即興セッション演奏支援システム、情報処理学会研究報告 Vol. 97, No. 67 (97-MUS-21) (情報処理学会)、1997年
- (20) Yoichi Nagashima : センサを利用したメディア・アートとインスタレーションの創作、京都芸術短期大学紀要 [瓜生] 第20号 1997年 (京都芸術短期大学)、1998年
- (21) Yoichi Nagashima : 生体センサによる音楽表現の拡大と演奏表現の支援について、情報処理学会研究報告 Vol. 98, No. 74 (98-MUS-26) (情報処理学会)、1998年
- (22) Yoichi Nagashima : Real-Time Interactive Performance with Computer Graphics and Computer Music、Proceedings of the 7th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Man-Machina Systems (International Federation of Automatic Control)、1998年
- (23) Yoichi Nagashima : BioSensorFusion:New Interfaces for Interactive Multimedia Art、Proceedings of 1998 International Computer Music Conference (International Computer Music Association)、1998年
- (24) Yoichi Nagashima : インタラクティブ・アートにおけるアルゴリズム作曲と即興について、神戸山手女子短期大学紀要第41号 1998年 (神戸山手女子短期大学)、1999年
- (25) Yoichi Nagashima : MIDI 音源の発音遅延と音源アルゴリズムに関する検討、情報処理学会研究報告 Vol. 99, No. 68 (99-MUS-31) (情報処理学会)、1999年
- (26) Yoichi Nagashima et al. : "It's SHO time" --- An Interactive Environment for SHO(Sheng) Performance、Proceedings of 1999 International Computer Music Conference (International Computer Music Association)、1999年
- (27) Yoichi Nagashima : クラシック音楽とコンピュータ音楽、神戸山手女子短期大学紀要第42号 (神戸山手女子短期大学)、2000年
- (28) 長嶋洋一 : 「コンピュータサウンドの世界」、CQ 出版、1999年
- (29) 長嶋洋一 : 「作るサウンドエレクトロニクス」、ASL 出版、1999年 ( <http://nagasm.org/hightech/02-11/> )
- (30) 長嶋・平賀・平田・橋本編 : 「コンピュータと音楽の世界」 共立出版、1998年