


 解 説

新世代楽器とインタラクティブアート

HyperInstruments and Interactive Art by Haruhiro KATAYOSE and Tsutomu KANAMORI (L. I. S. T.).

片 寄 晴 弘¹ 金 森 務¹

¹ (財)イメージ情報科学研究所

1. はじめに

計算機音楽とは、電子機械、とくに、計算機を使って制作・演奏された音楽であり、それ自体はおよそ4半世紀の歴史をもつ。計算機音楽の種別としては、作品全体の構成に計算機を利用したものや個々の音の合成に利用するものなど創作の意図に応じて多岐に渡っている^{1)~3)}が、演奏(コンサート)の形態という視点では、「テープ音楽」から「ライブ+人間の演奏者による音楽」、さらに、「ライブ計算機音楽」へと変遷を遂げている。レコードの発明以来、音楽は、記録されたものを聞くという姿が定着している。一方で、「ライブ」の演奏の臨場感、緊張感は音楽が本来もっていた大きな魅力であり、上記のような演奏形態の変遷は、ニーズに支えられた自然なものである。もちろん、このような変遷は技術の進歩、とくに計算機能力の向上により可能になってきたものである。

本稿では、ライブ計算機音楽にまつわる技術的動向について述べる。具体的には、ライブ計算機音楽と密接な関係をもつ新世代楽器の紹介を行う。その上で、ライブ計算機音楽を芸術全般的な視点に立って眺めたインタラクティブアートとよばれる領域の紹介を行う。最後に、インタラクティブアートの事例として、我々が取り組んでいる作品を紹介する。

2. 新世代楽器

よく知られているように、現在、音楽に関係する幅広い範囲で、電子楽器が広く使われている。電子楽器の中心技術の1つである発音機構については、アナログ方式の音源のほか、FM音源、PCM音源、最近では物理モデル音源など多くの種類のものが商品化されているが、紙面の関係上

ここでは扱わない。詳しくは文献1), 4)などを参照されたい。

奏法という観点では、テルミン^{*}のように一部の例外もあるが、電子楽器の多くは従来の楽器の奏法を踏襲するという思想のもとに作られてきた。電子的に合成された音の効用の1つとして、音色を自由に設定することができるが、演奏中には、従来の楽器と同様、動作と音の関係が明確にわかる範囲でジェスチャと発音が結びつけられている。

1980年代後半から、RADIO DRUM⁵⁾やVIDEO HARP⁶⁾など、従来の電子楽器の範疇を超えた楽器が作られ始めた。これらの楽器は、1) ジェスチャを計測する特殊なセンサをもつ、2) センシングから発音までに作品と直結した計算機処理が入る、という共通の特徴を有している(図-1)。この種の楽器は、従来、存在していなかったため、適当な呼称がなかった。1990年頃からインフォーマルに新世代楽器と呼んでいたが、最近はこの名称が定着しつつある。

音楽的には、センシングから発音までに計算機処理が入るということが非常に意味深い。ジェスチャと発音のマッピングに種々なアルゴリズムを用いることによって、従来の物理的な制約を超えた演奏表現を行うことが可能になり、作品制作の新たな動機となっている。

新世代楽器は上記のRADIO DRUMやVIDEO HARPのほか、さまざまなものが開発されている。ユニークなところでは、筋電位、脳波を計測するBioMuseを音楽コントローラとして用いているものや、我々が開発を進めているCyber尺八、商品化に至っている例としては、曲

^{*} 旧型のラジオのチューニング時にみられたビート音を応用した楽器、アンテナと手の距離に応じて、ピッチ、ボリュームを制御。

げセンサを利用し、腕・肩・手首の動作で演奏を行うヤマハのミブリなどがある。以下、新世代楽器の一例として RADIO DRUM, VIDEO HARP, Cyber 尺八を紹介する。

1) RADIO DRUM

RADIO DRUM はかつては BELL 研での活躍で名をはせた M. Mathews らによって開発された新世代楽器で、2つのドラムスティックから、送信された電磁波を受信パッド内の受信アレイで検出し、それぞれのドラムスティックの3次元座標を出力する。得られたセンサ情報は各種プログラムにより、発音のタイミングを制御するトリガー信号 (MIDI 規格というノートオン, ノートオフ), あるいは、積極的に量的な計測データを利用したバリューストローラとして用いられている。分解能は、スティックとパッドの距離によって異なる。X, Y (図-2) に対しては、スティックとパッドが近接した場合で、1%の分解能をもつ。Z方向に関しては、パッドから約15cmま

での検出が可能である。時間分解能はこれも MIDI の時間分解能と同程度の 1ms を確保している。RADIO DRUM の前身となるシーケンシャルドラムは、MIDI 以前の 1980 年に発表されており、その先駆性が注目される。

2) VIDEO HARP

VIDEO HARP は、CMU の D. Rubine らによって開発された光学スキャンセンサを用いたハーブ状の楽器である (図-3)。ビデオハープは図-3に示す台形状の枠内でネオン光を投影し、その中で指先によって遮られた光束を検出することによって、演奏動作の計測を行う。分解能に関してはフォトセンサの入射角として 0.25 度までの判別が可能である。時間分解能は 33.3ms で、変化速度をコントローラとして利用したい場合には多少の問題があるとされる。

3) Cyber 尺八

西洋楽器が、規格化という方向で発展してきたのに対し、日本の伝統楽器は、多様性を容認する自然のままの形態が受け継がれている。中でも、尺八は宗教的な意味も含めて、単なる指遣いと吹奏だけではない身体表現全体が独特の表現をつかさどっている。Cyber 尺八では、これらの演奏表現にかかわる身体表現のセンシングを行うことで、日本の伝統楽器と電子楽器とのインタフェースを実現した。ここでは、1) 音響情報、2) 運指情報、3) 首振り情報、4) 補助的情報の検出を行い、その情報を基に、各種音源、エフェクタのコントロールを実現している。首振り情報に関しては加速度センサによる姿勢の検出、ジャイロセンサによる回転速度の検出を行っている。運指情報

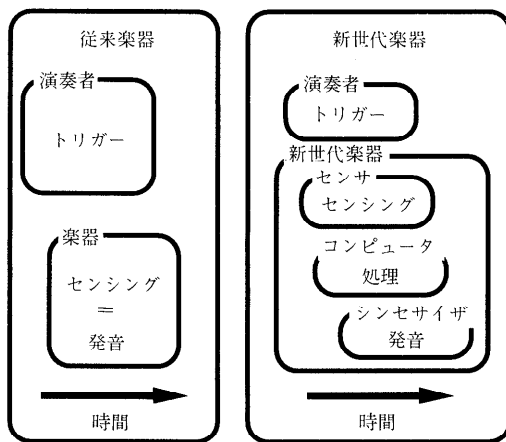


図-1 従来楽器と新世代楽器

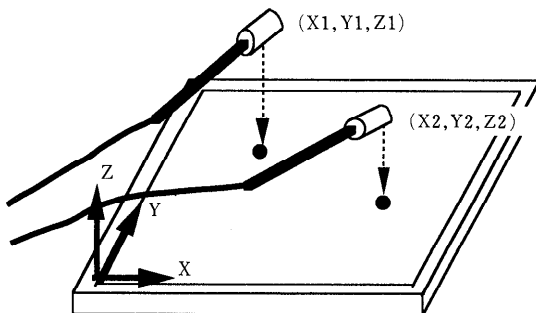


図-2 RADIO DRUM の概要図

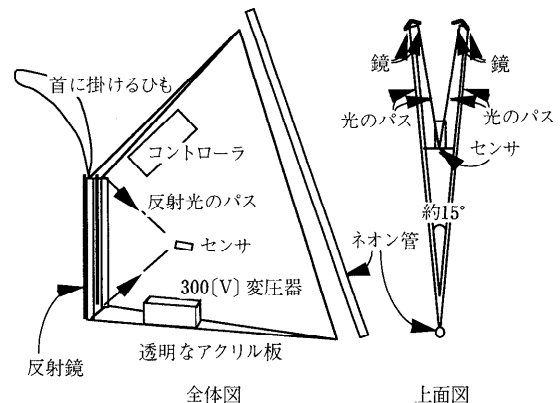


図-3 VIDEO HARP



図-4 Cyber 尺八を用いたパフォーマンス

に関しては、尺八の指孔の周囲に4つの電極を配し、指のカザシを検出することも可能である。これらの直接的なセンサ情報に、パターン認識を行うことで、コロコロ、カラカラといった運指上での技法や、ユリやユスリといった各種ビブラートをとらえることが可能である。

3. インタラクティブアート

前章の新世代楽器を読んでいただいて、インタラクティブアートがどのようなものかある程度想像いただけるかと思う。本章では、インタラクティブアートという領域についていくつかの視点から説明する。まず、インタラクティブアートの概観を図-5に示す。

この図に示すように、インタラクティブアートでは、パフォーマ（演奏者、演技者）のジェスチャを計測し、その信号に対して、各種信号処理を行い、制御信号として、音響、映像、照明、アクチュエータなどの各メディアを変化（オン・オフ/モジュレーション）させる。パフォーマとマシンとの間には、各メディアを通じた実時間フィードバック系が形成されている。

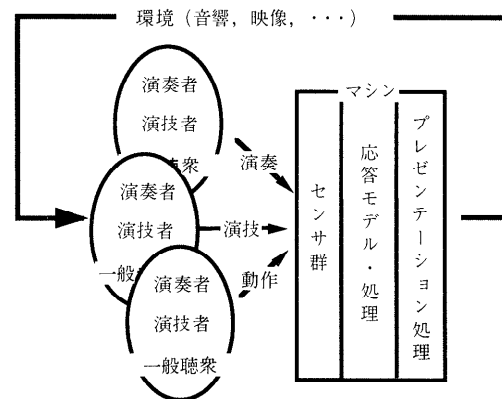


図-5 インタラクティブアートの全体像

一般にパフォーマンスをともなったアートをパフォーマンスアートという。従来のパフォーマンスアートにおいては、パフォーマは演じる人、聴衆は観る（聴く）人という役割分担があったが、インタラクティブアートにおいてはその垣根を取り払うことが可能である。最近、この特徴を生かした心理療法も研究され始めている。

1) ジェスチャ

ここでは、ジェスチャとは、行為としてのジェスチャのほか、音響的なもの、時間推移などを含めて、人間が生成することのできるすべての情報伝達対象をさしている。メディア制御という観点からは、ジェスチャはトリガーとバリューに分類される。トリガーとは、たとえば、ライトの点灯などのように、デジタル的に状況変化のきっかけを与えるものである。これに対して、バリューとはアナログ的な変化に対応する信号である。センサを用いて計測されるジェスチャとメディアを制御する信号は1対1に対応している必要はない。それぞれ、芸術的な要請に応じて、変換・マッピングが行われる。

人間のジェスチャは基本的にはアナログ量である。トリガーとして使われるデータは、センサレベルでの閾値処理、アナログ値としてとらえた人間のジェスチャのパターン認識処理により、得られるものである。

2) 実時間フィードバック系

マルチメディア技術に関連した人とマシンのフィードバック系としては、WWWやVideo on Demand, Video Gameなどがある。WWWやVideo on Demandは基本的に銀行のオンラインシステムと同じく、オンライン・トランザクショ

表-1 計測対象とトランスデューサ

計測対象	トランスデューサ
姿勢角	加速度センサ(重力)
関節角	ひずみセンサ, 筋電位センサ
位置・距離	超音波センサ, 画像センサ
角速度・回転角	ジャイロセンサ
歌声, 楽器音	ピッチセンサ, 音声認識

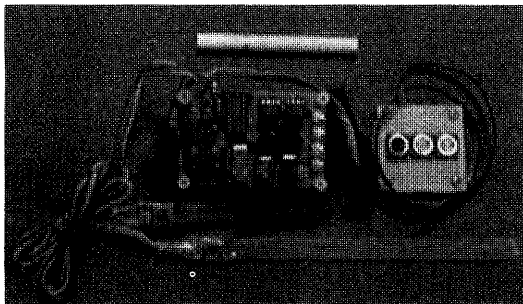


図-6 ATOM 8の外観

姿勢角 2 ch, 角速度 1 ch, 曲げ角 2 ch, ボタン 3 ch を計測するユニットである。

ン処理系であるのに対し、Video Game やインタラクティブアートは、特別な意図がある場合以外には、トリガーを与えてから音・映像が動くまで遅れ時間が弊害となるリアルタイム処理系に位置づけられる。

楽器演奏を考えてみるとわかるように、聴覚/視覚的/触覚的なフィードバックがパフォーマの微妙な運動的な制御、ひいては微妙な演奏を可能にしている。そのほかに、インタラクティブアートにおいて、時間遅れが大きいとパフォーマの意図を聴衆が理解することが困難になり、ライブパフォーマンスの意義が希薄になってしまうことがある。

3.1 構成技術

1) センサ系

インタラクティブアートの実演においては安定性が求められる。安定性を重視したインタラクティブアートでは、データトラフィックを減らすという目的もあり、オン・オフを検出する比較的単純化されたフォトダイオード、衝撃センサ、圧電素子などが用いられてきたが、最近では、バリュウデータを積極的に扱ったり、また、マルチセンサ、センサフュージョンなどの技術を応用したものがみられるようになっている。

最近のインタラクティブアートに使用されている代表的な連続バリュウ計測トランスデューサを表-1に示す。

表-1に示すようなトランスデューサからの出力をA/D変換した上で、計算機への入力が行われる。センサからの出力信号は、RS規格、MIDI規格にしておくことと便利である。パフォーマの負担を考えるとセンサユニットはできるだけ、小型のものが望ましい。また、演奏・演技中に激しい動作がある場合は無線化しておくことも有効である。我々はこのような観点に立ってATOM 8の開発を行っている(図-6)。ATOM 8は8chからのトランスデューサ入力信号をMIDI信号に変換する。時間分解能は、10msのオーダーで設定することが可能である。

2) オーサリング環境

インタラクティブアートのオーサリング環境としては、Macintosh上で稼働するMAXが有名である。MAXは、MIDI信号を扱うことのできる視覚的プログラム環境で、計算機音楽分野で広く使われている。最近では、QuickTimeムービー、Timelineオブジェクトも用意されており、総合的なマルチメディアオーサリング環境として成長しつつある。

一般にインタラクティブアートオーサリング環境としては、できる限り、使用者がアーティスト的な思考に集中できることが望まれる。MAXは有用なツールである反面、その自由度がゆえにシナリオエディタとしては使いづらい面も多い。また、インタラクティブアートを扱う際に、トラフィック制御、安定性を高めるための配慮が必要である。我々は、コンテンツの再利用性、生産性を考慮して、上述のATOM 8使用時の各種テンプレートと方法論を作成している。このほかに、リアルタイムパターン認識、SGI INDY上で、能率的にCGプログラムとリンクを行うことができるオーサリング環境の開発を進めている。

3) プレゼンテーション系

プレゼンテーション系の代表として音響/映像を取りあげる。最近では、両者ともにパソコンレベルでのハードディスクレコーディング/再生が可能になっている。メディアへのランダムアクセスはインタラクティブアートの発展に大きく貢献

表-2 音響・映像の制御対象

	音響	映像
ソース	サンプル(録音, ライブ) 各種シンセサイザー	ビデオ(録画, ライブ) CG
基本操作	音源の変更 発音, 消音	スタート, ストップ, ジャンプ コマ送り, スイッチング
エフェクト	ディレイ モジュレーション ピッチチェンジ リバーブ モーフィング	量子化 反転 色調変更 ディレイ アフィン変換 形状変化 モーフィング

している。表-2に音響/映像系プレゼンテーションの制御対象をまとめる。

音響に関してはすでに、各種音源、エフェクタの商品化が進んでいるが、CPUの進歩により、さまざまな可能性をもったソフトウェア的な音合成が話題の中心になりつつある。

映像に関しては、ビデオ系とCGに大きく分けることができる。ビデオ系のインタラクティブなエフェクト処理については、現在のところ、実績は少ないが、最近、ビデオ関連器材はどんどん安くなっており、近い将来に普及することが予想される。一方で、CGは、マシンの処理速度に大きく依存するという問題点を除くと、計算機での映像生成という点においてインタラクティブアートとの相性もよい。とくに、最近の家庭用ゲーム機器は非常に安価であり、CGのプレーヤとして期待される。

3.2 ミュージックパートナーシステム

以上、インタラクティブアートコンテンツの制作に関連する技術を紹介してきたが、ここでは、たとえば、アンサンブルの相手のように、人間の代役となるという意味でのインタラクティブシステムについて紹介する。ミュージックパートナーシステムは、大きく、楽譜をベースにした自動伴奏システムと、かけあいを中心としたセッションシステムにわけることができる。

自動伴奏システムは、コンピュータを伴奏者に見立ててソリストである人間に追従させることを目標としたシステムである。計算機は、あらかじめ、ソロのパートと伴奏パートを知っていて、ソ

リストがどの部分を弾いているかの監視を続けながら、リアルタイムで伴奏情報を生成する。ソリストがつけたテンポや強さの変化に対する追従、ミスタッチに対する処理などが研究されてきた。歌唱センサと結びついた追従型カラオケシステムなども研究されている。最近では、演奏プランニング上の問題、すなわち、認知科学的なアプローチでの興味が高まりつつある。

セッションシステムとは、相手となる人間の演奏そのものに反応して即興演奏を行うシステムである。自動伴奏システムが主として時間を制御対象にするのに対し、メロディ、ハーモニー、リズムなどより多くの自由度での制御対象をもつ。処理的には人間の演奏意図の認識部、演奏データの生成部から構成される。人間の演奏意図の認識部については、音楽的な禁則条件の認識のほか、盛り上がり具合といった感性領域での認識が行われる。生成部については、音楽的ルールによる演奏データ生成のほか、個性による表現の差異などを扱ったものも出始めている。

4. インタラクティブアートの具体例^{7),8)}

本章では、我々が手がけてきたインタラクティブアートの例として「竹管の宇宙」とDMI (Dance Multimedia Interaction) アーティストックプロジェクトを紹介する。

4.1 竹管の宇宙

我々は1993年より、作曲家/尺八演奏家の志村哲氏らと共同で、上記のCyber尺八を用いたインタラクティブアート「竹管の宇宙」の制作を行っている(図-4参照)。本作品では、センシング情報に基づいて、演奏する計算機(バーチャルパフォーマ)を制御したり、あるときは、バーチャルパフォーマとの掛け合いを行うことで、演奏者は単なる尺八奏者という枠を超えたパフォーマンスアートを実施している。「竹管の宇宙」第3作および第5作(最新の作品)についてはそれぞれICMC'94, ICMC'96のコンサートで上演し、好評を得た。第4作からはサンプル、エフェクタ、ミキサのリアルタイムコントロールに加え、ハードディスク上に記録された映像のリアルタイム操作を実現している。

4.2 DMIプロジェクト

DMI (Dance Multimedia Interaction) プロ



図-7 DMI プロジェクトからの1シーン

プロジェクトは新しい舞台表現を実験と感性（自己表現）の研究のために1994年から振付師の高安マリ子氏らと取り組み始めたプロジェクトである。マルチメディアおよびコンピュータ技術を用いた舞台は多くあるが、ほとんどの場合、機械の決定したシーケンスに人間が合わせている。DMIでは、パフォーマンスが音響・映像・照明などのメディアおよび時間をコントロールしており、きわめて緊張感の高い舞台が展開される。1995年11月には第1回の実験公演「流れる水の中」の舞台公演を行った。上述のようにインタラクティブアートの制作はセンサトラフィック、ユーザインタフェースなどさまざまな技術的な課題があり、コンテンツ制作の障害となっていた。本年は、上述のATOM8と一体となったコンテンツ制作テンプレートおよび方法論を確立した結果、生産性が大幅に高まることが確認できている。

5. ま と め

本稿では、新世代楽器とインタラクティブアートについて述べた。領域自体が現在成長中ということもあり、系統だてた解説というより、紹介という立場をとらせていただいたことをご容赦いただきたい。

なお、紙面の都合上、それぞれの研究・システムの文献に関しては割愛させていただいたが、本稿で紹介した新世代楽器および自動伴奏システムは文献1), 2)に網羅されている。また、個々の

セッションシステムについては本学会音楽情報科学研究会にて発表されている。詳細を知りたい方は参照されたい。

参 考 文 献

- 1) Roads, C.: The Computer Music Tutorial, The MIT Press (1995).
- 2) 平成4年度文部省科学研究費総合研究(B), 「音楽情報科学に関する総合的研究」調査報告書(1993).
- 3) 鈴木 孝: 音楽芸術と計算機, 情報処理, Vol. 35, No. 9, pp. 830-835 (Sep. 1994).
- 4) 長嶋洋一: 音素材の生成, 情報処理, Vol. 35, No. 9, pp. 808-814 (Sep. 1994).
- 5) Mathews, M.: The Conductor Program and Mechanical Baton, Proc. Intl. Computer Music Conf., pp. 58-70 (1989).
- 6) Rubine D., and McAviney, P.: The Video Harp, Proc. Intl. Computer Music Conf., pp. 49-55 (1988).
- 7) Katayose, H. et al: Virtual Performer, Proc. ICMC, pp. 138-145 (1993).
- 8) 片寄晴弘, 金森 務, 白壁弘次, 井口征士: LISTにおけるマルチメディアアート制作状況—竹管の宇宙プロジェクト, DMIプロジェクト—, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, MUS-16, pp. 47-50 (1996).

(平成8年10月3日受付)



片寄 晴弘(正会員)

昭和61年大阪大学基礎工学部制御工学科卒業。平成3年同大学院博士課程修了。工学博士。同年(株)オーグス総研入社。平成4年度より(財)イメージ情報科学研究所にて、音楽情報処理、感性情報処理の研究に従事。主任研究員。平成2年情報処理学会学術奨励賞受賞。人工知能学会, ICMA各会員。



金森 務(正会員)

昭和52年京都工芸繊維大学工学部電子工学科卒業。平成5年同大学院後期博士課程単位取得後退中退。デジタル・ミュージック・シンセサイザー、演奏における感性情報処理を研究。作曲、編曲および、キーボード奏者としても活動。平成7年情報処理学会山下記念研究賞受賞。