

解説



音楽情報処理

5. 音楽芸術と計算機†

鈴木 孝竹

1. はじめに

音楽芸術と科学技術の融合した結果として「コンピュータ音楽」が生まれた。本稿では芸術的な側面からその歴史的概観と、そこに応用されている情報処理の各種手法をシステム例を上げて説明する。特に近年の計算機科学の発展目覚ましい諸分野が、音楽芸術表現にどのように応用されているかについて重点的に述べている。具体的には、音楽そのものを創造するための音楽制作環境としての計算機システムツール、音楽を再現するための表現手段としての楽器的なインタラクティブシステムを中心に解説を行う。最後に、コンピュータ音楽の意義と問題点を考察する。

これらを通して、計算機と人間の知的な芸術創造行動との関連がより深く議論できる足掛かりを与えることを目的としている。

関連参考文献として、1)~4)がある。

2. コンピュータ音楽の歴史的概観

本章では音楽とコンピュータの関係を概観することが目的であるが、初めに音楽とテクノロジーの関連について考えてみる。

音楽そのものの成立と辿ってきた道を振り返ると、たとえば楽器にみられるように、音楽とテクノロジーは常に共存してきたと言えるだろう。コンピュータと音楽の関係もその延長線上に捉えることができると考えられる。

ここではそういった視点を踏まえて、特に音楽とテクノロジーの関連を以下の時代区分をもとに概観してみる。

(1) 20世紀以前-機械仕掛けの音楽-

西洋では古くは中世から自動音楽機械が考案されてきた。機械仕掛けのカリヨンやオルゴールにみられるような演奏装置である。この流れは産業革命とともに一層顕著になり、特に楽器の変革によって新しい音楽が生まれてきた。19世紀末には自動演奏ピアノまでが作られている。

この点では計算機の世界のBabbageの計算機械とその後のコンピュータ発展の歴史との対応で考えると分かりやすいかもしれない。その当時の最新の技術を駆使しようという意志がみえてくる。

(2) 20世紀前半-電気仕掛けの音楽-

今世紀に入ると電気楽器の発明が相次いだ。テルミン、オンドマルトノ、ハモンドオルガンなどである。まず楽器に当時の最先端の技術が使われるということが音楽の世界では一般的のようである。この流れは現在の電子楽器へと姿を変えていくが楽器とテクノロジーとの関連という点ではまったく同じ流れと言える。

さらにこの時代の特筆すべきことは、音楽そのものの記録技術が確立したことである。このレコーディング技術はその後のテープ音楽や現在のコンピュータを使った音楽の制作編集システムに受け継がれていき、メディアとしての音楽という今までになかった新しい形を産み出していくことになる。

(3) 第2次大戦後-多様なテクノロジーと音楽-

上記に示した流れが一気に花咲いていく。戦後すぐにパリで始まったミュージックコンクレートやケルンを中心とした電子音楽スタジオの設立からテープ音楽という現代音楽の一つのスタイルが生まれていった。楽器の分野では電子楽器としてのシンセサイザの発明がある(50年代から60年代)。

ここではテクノロジーの占める比率がかつてなく増大していった、音楽という感性を扱う分野であ

† Music and Computer Science by Takashi SUZUKI (Department of Computer Science, Tokyo National College of Technology).

‡ 東京工業高等専門学校情報工学科

りながら何か定量的な制御手法を考える必要が生まれてきた。すなわちコンピュータ音楽の予感が芽生えてきたと言える。

本章で取り上げるコンピュータ音楽は直接にこの流れの上に位置していると言ってよい。

(4) コンピュータ音楽

1946年の電子計算機 ENIAC の発明と呼応するかのようコンピュータを用いた音楽の試みが始まった。その下地は上に述べたように十分あったからとも言えるだろう。

以下に年代順にその流れを概観してみる。

● 50年代

イリアック組曲 (1956) に代表されるような数学的音楽分析をもとにした作曲手法の開発。

● 60年代

Xenakis による統計手法を用いた一連の作品。

Mathews による音楽制御システムの構築。

● 70年代

Chowning による FM 合成モデルにみられる音響分析合成技術 (信号処理技術)。専門の研究所の設立と組織化の動き。

● 80年代

コンピュータ工学の発展と密にリンクした多様な展開期。MIDI* の考案と普及。

● 90年代

マルチメディアやバーチャルリアリティ化?

以上みてきたようにコンピュータと音楽の関わりは主として以下の二つの目的を目指していると考えられる。

a. 新しい音 (音色) 合成, 音楽創造 (作曲編曲)

b. 再現芸術としての音楽創造

これらはコンピュータがいわゆる西洋音楽で求められる新しい価値をもった創造活動との高い親和性があったからこそ自然に展開されてきたと言える。

次章からは近年の動向ということで主として80年代以降の新しい動きについてみていくことにする。

3. コンピュータ音楽の制作環境とツール

前章で概観したように新しい音色や音楽そのものを創造したいという音楽芸術側からの欲求と計算機工学がリンクした形でさまざまな制作環境やツール群が発表されてきている。近年の発展目覚ましい計算機工学の要素技術を取り入れ、また恩恵を受けている分野とも言える。

ここではそのようなシステムを以下のように研究者、作曲家らによって開発されてきたシステムと、近年急激に立ち上がってきた商業、民生用システムに分類してみていくことにする。

(1) 研究者、作曲家のためのシステム

コンピュータの歴史と同様、常にその時代に使うことができる最先端の技術を取り入れて進化した音楽 (音色) 制作システムである。

いくつか例を上げる。

● UPIC

作曲家の Iannis Xenakis が考案した UPIC は、ユーザによって音響や音楽素材を直接に扱えるよう設計されたコンピュータベースの音楽制作システムである^{5),6)}。ユーザがグラフィックタブレットに直接必要なパラメータや音の情報を書き込み、それがすぐにホストコンピュータによって処理されて音に変換される。

いわば、音をアニメーションのように視覚的にだれでも直感で作れることを目指したもので、特別なコンピュータの知識がない人にも使えるように考えられている。

● MAX

MAX は、当初は IRCAM (パリにある国立のコンピュータ音楽研究所) の 4X シンセサイザ* をコントロールするために、Miller Puckette によって作られたテキストベースの言語であった。その後、Mac で MIDI を扱うためのグラフィカルな開発環境として、David Zicarelli によって改良が加えられ、現在ではこの世界の定番となっている⁷⁾。

MAX によって MIDI に関する制御が自由に行えるようになった。自動シーケンス、伴奏、シンセサイザの音色編集などのアプリケーションを MAX を用いて作成することができる。画面上の

* Musical Instrument Digital Interface. 電子楽器制御用のシリアルインタフェース。1983年に規格化され、世界標準となっている。

* 4Xは、リアルタイムデジタル信号処理プロセッサとして80年代初めに開発され、実際の音楽作品に使用された。

各種オブジェクトを線で結ぶことにより、オブジェクト指向の手法で自由に MIDI パッチの作成、編集が可能となっている。

コンピュータ技術のオブジェクト指向プログラミングが音楽情報処理に花咲いた良い見本である。

● ISPW

IRCAM で開発された音楽制作ワークステーションが ISPW (IRCAM Signal Processing Workstation) である。

これは NeXT コンピュータをホストマシンとして i860 RISC CPU 2 個とモトローラ DSP56001 を 1 個搭載したボードからなるシステムである。ここでは、デジタルオーディオを直接信号処理レベルでしかも MAX を用いてインタラクティブに扱えるようになっている。ISPW によってデジタルオーディオがリアルタイムで扱えるようになり、さらに PCM でマルチトラックハードディスクレコーディングが可能となっている。一昔前までは大型コンピュータを用いてバッチ処理で信号処理をしていた時代と比べると (つい 10 年前まではそうであった)、デスクトップで実時間でそれ以上の処理が可能となっているわけであり、ここ数年の急速なコンピュータ技術の恩恵を最も受けている分野であると言える。

(2) 商業、民生用システム

実用化されてきたシステムとしては大きく二つの流れがあると考えられる。

● 商業音楽制作用のプロ向け大規模システム

マルチトラックテープによる制作手法が従来から行われている。現在ではアナログからデジタルに移行している (DAT の技術)。しかしながら、計算機のテープメディアとの対応で分かるように、編集が中心となる作業ではランダムアクセスのディスクなどのメディアが適しているのは明らかである。一方音楽の世界でも、デジタルオーディオ技術で、生の音を高品質で AD 変換や DA 変換して PCM 化することが可能になってきた。

このようなオーディオのデジタル化と計算機技術の進歩 (ディスクの大容量化や CPU の高速化、低コスト化) が結びついて、ディスクレコーディングシステム、あるいはデジタルオーディオ・ワークステーションといったシステムが開発されてきている。応用分野は、ポピュラー音楽な

どの商業音楽制作はもちろんであるが、ポストプロダクションと言われる放送局での音声番組制作や映画の画面に効果音を重ねる制作、近年では TV コマーシャルの音楽音声制作などの分野で独自の発展をしてきている。映像に音楽音声を同期させるためには 1 フレーム (通常 30 分の 1 秒)、あるいはそれ以下の精度で編集を行う必要があり、テープの切り貼り編集では職人芸が要求されていた。ディスクレコーディングシステムはそのランダムアクセス性と編集の容易さから真っ先にこの業界に受け入れられていった。

実際のシステム例としては、有名なものとしては、Fairlight と Synclavier がある。共に 10 年以上前に開発されているが、初めはいわゆるサンプリングとしての楽器の使い方であったが、長時間録音再生とファイル化、編集機能を目指してディスクレコーディングへと進化していった。ほかにも BBC で採用されてきた AMS 社の AudioFile やスタジオ機器メーカーのシステムが多数開発されている。

これらはプロ用であり高価 (1000 万円以上の価格帯) であるが、最近では DSP を用いた信号処理までこなせるようになり、音楽制作上での総合環境として進化していくと考えられる。信号処理技術を用いた時間圧縮伸張 (ピッチを変えずにテンポを変える) や、ピッチ変換 (テンポを変えずにピッチを変える) が可能である。原理的には音の収録以後は PCM ファイルと信号処理を用いて編集からミックスダウン後のマスタの作成まですべて計算機上で行うことが可能である。

● 民生用システム

この分野はここ数年で急速に発展してきた。音楽制作に比較的低価格なパソコンを用いて、MIDI や PCM オーディオファイルを扱い、ユーザがインタラクティブに音楽を作っていけるツールである。GUI が優れている Mac (Macintosh) をベースにしているシステムが多い。Mac は当初よりだれにでも簡単に使いこなせる GUI を基に、優れた MIDI シーケンサが商品化されてきている。MIDI 楽器だけではなく、それに同期したアコースティックな音も扱いたいということでディスクレコーディングシステムが追加されてきた。

これらのツールの特徴としては、比較的低価格なためにアマチュアレベルの購買層を新たに開拓して新しいジャンル (DTM; Desk Top Music) を

作り出しつつあるということがある。近年ではその使いやすさと音の質の向上で高価な商業音楽制作にも用いられるようになってきている。

計算機技術からみると、この分野は MIDI を扱うリアルタイムプログラミングや PCM ファイルをディスクからリアルタイムで転送するためのバッファ管理技術やファイルシステムの最適化技術、さらには異なるメディア間の同期と時間制御管理技術などを考える必要がある。また前述の MAX でみられるようなオブジェクト指向の考え方や DSP を用いた信号処理、マルチメディア環境など最新の技術をも取り込もうとしており、今後の発展が期待できる分野である。

最後に問題点を考えてみる。特に大容量の PCM データを扱うプロ用システムでは、高品質を維持するためデータ圧縮をしないリニア PCM (現在では 100 KHz サンプリング、20 ビット程度が可能) をマルチトラックでもつため G バイトクラスのディスクをすぐに消費することになる。そのためそれらのデータを他に転送したりバックアップを取ったりする場合に何分もかかり、作業が中断してしまうことがある。この解決法の一つは、将来性能向上が期待されている可搬メディアの光磁気 (MO) ディスクの採用である。また大容量データを扱うデータベース (マシン) 技術のアプローチも有効であるかもしれない。

信号処理技術もより高品質でリアルタイム処理を目指した研究が必要である。

より洗練されたヒューマンインタフェースの構築が一層重要である。高機能化の反面、操作性が最大のネックになっているシステムもみられる。優れた GUI やオブジェクト指向パラダイムの採用、より人間指向の入出力デバイスの開発など、計算機科学技術のより一層の発展が期待されている。

4. コンピュータ音楽の表現手段

ここでは再現芸術としての音楽表現創造に関するコンピュータの応用をみていくことにする。

従来のコンピュータの利用法では、コンピュータの出力した結果を人間が一方的に受け取るといった片方向処理がほとんどであった。しかしながら近年のコンピュータの処理速度の飛躍的な向上とヒューマンインタフェースの研究の発展によっ

て、人間とコンピュータがリアルタイムに対話あるいは協調しながらある仕事を進めていくインタラクティブシステムが急速に実用化されてきている。この流れは、マルチメディアやバーチャルリアリティの世界では本質的なものであり、今後のコンピュータの利用法の一つの核となると思われる。

コンピュータ音楽の世界からみても、インタラクティブシステムが重要なキーワードとなっている。音楽そのものを創造しようとするコンピュータ応用におけるこの分野は、伝統的な音楽表現に新しい可能性を開くものとして現在積極的に研究が進められている。2. の歴史の概観でもみたように音楽とテクノロジーとの関係はまず楽器から始まっているが、このようなインタラクティブシステムもこの流れの上に位置すると考えられる。すなわち、伝統的な楽器に加えてコンピュータ技術を用いることにより人間のジェスチャを音楽そのものに変換しようとする (今までにはなかったという意味での) 新世代楽器とも言うべき概念である。いくつか例を上げる。

● RADIO DRUM

スタンフォード大の Max Mathews らによって開発された打楽器奏法を取り入れた楽器、指揮コントローラである⁹⁾。

RADIO DRUM は電磁波を送信する二つのドラムスティックと受信アンテナの特別なアレイからなる平面で構成される。受信アレイ内に簡単なデータ処理装置があり、ドラムスティックの3次元座標を連続的に測れるように設計されている。

音楽的には、打楽器的な即興演奏や伝統的な声楽曲の伴奏に用いられて成果を上げている⁹⁾。

● VIDEO HARP

CMUのD. Rubineらによって開発されたVIDEO HARP は複数の指の動作 (ジェスチャ) を検出する光学スキャン楽器である^{10), 11)}。

指先のイメージ画像を検出して、それらの位置と速度を導き出して動作する。得られた情報は MIDI に翻訳されてシンセサイザなどをドライブする。翻訳変換過程はプログラマブルで、楽器として異なったアーティキュレーション奏法にすることができる。すなわち一般的なハープの演奏法や鍵盤楽器のようなジェスチャによって演奏される。

● HYPERINSTRUMENT (HI)

MIT メディアラボの Tod Machover らによって開発が行われている新世代楽器である¹²⁾。

HI が目指していることは、楽器の概念を拡大することである。プロの音楽家の習熟度合いに従って楽器の能力も上がっていくことである。HI の研究目的は、音楽的な知性をもったマシンと人間がインタラクティブな演奏ができることである。楽器の技術と知識ベースとインテリジェントな音楽構造を作ることで音楽表現の再構築ができる。

HI にはいくつかの版があるが、基本形は二つのコントローラ (MIDI キーボードとパーカッションコントローラ) と、そこからの MIDI をモニタする Mac コンピュータからなる。Mac 内では、Hyperlisp で記述されたリアルタイムプログラムが動いており、データが受け取られると、それは分析されて音楽的なイベント情報として MIDI にコード化されて、多様な音源をドライブしてシステム全体として一つの新しい楽器として振る舞うことになる。また最近の研究では、MIDI 以外の連続音をもっている弦楽器、チェロをコントローラとして用いた研究もなされている¹³⁾。

● BioMuse

ごく最近の動きとして、生体から得られる脳波をはじめとする信号情報を音楽に変換する新しいタイプの「楽器」の試みがある。スタンフォード大の Atau Tanaka は、生体信号情報を AD 変換後 MAX を用いて MIDI にマッピングして発音するシステムを発表している¹⁴⁾。直接人間の感覚感性情報を情報処理する新しい試みとして注目される。

以上みてきた「新世代楽器」により今まで考えられてきたいわゆる「楽器」の範疇がさらに広がるようとしている。楽器というと普通はピアノやギターのように、演奏部と発音部が一体の物理的な「物」として明確に目に見え定義できるものを思い浮かべる。ところが計算機と電気的な音響装置を使うとそれらが必ずしも一体化する必要はなくシステムとして「楽器」が定義されるということが起こってくる。ここで上げた「楽器」は、まさにそうしたシステム化された形で、ジェスチャ入力部、解析演算処理部、音源部といった全体ではじめて一つの楽器と呼べるものである。そういう意味では、楽器自身も計算機技術を用いたバーチ

ャル化が行われているとも考えることができる。

5. コンピュータ音楽の意義と今後の課題

以上、音楽と科学技術との関連でコンピュータ音楽の世界をみてきた。主として西洋の音楽芸術は、常に新しい価値を追い続けて進化し普遍化しようとする力が働いていると言えよう。そのような思想と西洋文明の科学技術が結びついた形で「コンピュータ音楽」が生まれたのは、ある意味ではごく自然な流れであろう。現在もその渦中にあるのは確かであり、今後もマルチメディアやバーチャリアリティといった概念をも取り込んで 21 世紀に流れ込んでいくと思われる。しかしながら音楽という人間の感性を扱う以上、その目標や結果の評価はその多様性ゆえに難しいと言えるであろう¹⁵⁾。今後ますます研究者一人一人の姿勢や理念が問われていくことになるとと思われる。

この世界の最先端の研究と音楽作品の成果が聞ける場として、ICMC (International Computer Music Conference) がある。1974 年のアメリカから毎年交互に欧米で開催されてきたが、1993 年に初めて東京で開催された。今回初めて東洋の国、日本で開かれたことは 21 世紀を目前にした現在、象徴的なことに思える。西洋の科学技術は確かに文明社会を育て人間の生活を豊かにした。音楽のような芸術創造に取り入れられるのは当然であろう。しかしながら、コンピュータと音楽の係わりは始まったばかりであり、音楽の世界全体からみるとほんの一部の出来事にしか過ぎないとも言える。コンピュータ音楽の世界でもただ進化すればいいといった視点だけでは、閉鎖的な袋小路に入り込む可能性もあるだろう。そういった意味で何か(東洋思想のような)違ったパラダイムをもつことが来たるべき世紀には必要なのかもしれないと考える。いずれにしても計算機と音楽が手を取り合って新しい価値をもった情報処理の世界と音楽の世界が誕生することを期待したい。

参考文献

- 1) Abbott, C. et al.: Special Issue on Computer Music, ACM Computing surveys, Vol. 17, No. 2 (1985).
(和訳: bit 別冊「コンピュータ・サイエンス」共立出版, 1987年2月).
- 2) 西村監修: bit 別冊「コンピュータと音楽」, 共立出版 (1987年9月).

- 3) 高澤他: 特集: 計算機と音楽, 情報処理, Vol. 29, No. 6 (June 1988).
- 4) 田口他: 平成4年度科研費総合研究(B)調査報告「音楽情報処理の技術的基盤」課題番号 04352030 (1993年3月).
- 5) Lohner, H.: The UPIC System: A User's Report, Computer Music Journal, Vol. 10, No. 4, pp. 42-49 (1986).
- 6) Marino, G., Raczinsky, J. M. and Serra, M. H.: New UPIC System Demonstration, In Proceedings of 1991 ICMC, pp. 567-570 (1991).
- 7) Miller Puckette, M. and Zicarelli, D.: MAX Development Package, Opcode Systems (1990).
- 8) Boie, B., Mathews, M. and Schloss, A.: The Radio Drum as a Synthesizer Controller, In Proceedings of 1989 ICMC, pp. 42-45 (1989).
- 9) Mathews, M.: The Conductor Program and Mechanical Baton, In Proceedings of 1989 International Symposium on Music and Information Science, pp. 58-70 (1989).
- 10) Rubine D., and McAvinney, P.: The Video Harp, In Proceedings of 1988 ICMC, pp. 49-55 (1988).
- 11) Rubine, D. and McAvinney, P.: Programmable Fingertracking Instrument Controlleres, Computer Music Journal, Vol. 14, No. 1, pp. 26-41 (1990).
- 12) Machover, T. and Chung, J.: Hyperinstrument: Musically Intelligent and Interactive Performance and Creativity Systems, In Proceedings of 1989 ICMC, pp. 186-190 (1989).
- 13) Chung, J., Gershenfeld, N. and Norris, M. A.: A Development Environment for String Hyperinstrument, In Proceedings of 1991 ICMC, pp. 150-152 (1991).
- 14) Tanaka, A.: Musical Technical Issues in Using Interactive Instrument Technology with Application to the BioMuse, In Proceedings of 1993 ICMC, pp. 124-126 (1993).
- 15) 鈴木, 小坂, 坪井: 音楽情報処理の研究目標, 音楽情報科学研究報告, 93-MUS-4, pp. 17-26 (1993).

(平成6年1月21日受付)



鈴木 孝 (正会員)

1955年生. 1979年東北大学工学部原子核工学科卒業. 1981年同大学院工学研究科修士課程修了. 三菱電機(株)入社. 1984年から87年に東京大学工学部, 生産技術研究所受託研究員としてデータベースマシンの開発に従事. その後ヤマハ(株)を経て, 1992年より東京工業高等専門学校情報工学科講師. 計算機を用いた音楽制作演奏システムと音楽情報のデータベース化に興味を持つ. 本会音楽情報科学研究会幹事. 日本音響学会音楽音響研究会, 民族芸術学会, 日本ポピュラー音楽学会, International Computer Music Association 各会員.

