

# 音楽作曲とプログラミング インスタレーション “Tangible Sound” より

## Composing and Programming Experience of Installation “Tangible Sound”

米澤朋子<sup>1)</sup>, 安村通晃<sup>2)</sup>

Tomoko YONEZAWA and Michiaki YASUMURA

1) 慶応義塾大学 政策・メディア研究科

(〒252 神奈川県藤沢市遠藤 5322, yone@sfc.keio.ac.jp)

2) 慶応義塾大学 環境情報学部

(〒252 神奈川県藤沢市遠藤 5322, yasumura@sfc.keio.ac.jp)

**Abstract:** 現在の音楽は様々な方向に枝分かれし、従来の型を破る音楽の演奏や作曲を開拓し、広める人々も多い。音楽の拡張における作曲方法の拡張についての研究は現在あまり見られるものはない。パフォーマンスの工夫について考え、新しい楽器が開発されているところもあるが、その目的や方向性は明確ではない。本稿では新しい楽器の概念を提示し、従来の音楽スタイルの枠を破る作曲を支援することを目的とする。

### 1. はじめに

本研究は、音楽作曲や音響生成における様々な音楽パラメータの入力方法の可能性の中で、従来の音楽スタイルの枠を打ち破る、新しい「楽器概念」の提示を目指すものである。その際、身体動作に直結した直接操作感覚を重要視し、一つの楽器的な手段として、また音や音楽の表現メディアとして**流体**を取り上げた。

音や音楽の特性として、時間により変化するために起こるつかみにくさや認識のしづらさがあげられる。これを完全に情報として認識しやすくしてあるのが楽譜データである。しかし本研

究ではこのつかみづらさに注目し、音響独特の操作方法を考えていくこととする。

そこで同じく時間により変化する形を持つ「**流体**」と「**音**」のリンクについて提案し、実装したインスタレーション “Tangible Sound” について報告を行う。音楽知覚や操作において、音を探索したり音楽を構築するには、相応の知識が必要である。そこで本研究では、音や音楽の探索過程において、流体の触覚を援用したシステムを実装したのち、その効果について考察する。

### 2. これまでの音楽情報処理

## 2.1 伝統的 1 2 音音楽

これまでに、音楽の分野における情報処理では、伝統的な音楽（いわゆる 1 2 音音階など）を取り扱ったものが中心的に存在している。

その中でも特に、MIDI の共通規格によって、音楽の楽曲データを共通の楽譜のように取り扱うことを可能にしたため音楽情報処理をより浸透させることとなった。楽譜データは、その目的から、演奏のためのデータ処理が主である。

次に、音楽認知分野における音楽情報処理を挙げると、音楽的構造にたいして人がどのように情動を得るかについて研究するという意味でも、検証としてのデータ処理のために音楽楽譜データが用いられている。

最後に、本稿の Topic である音楽作曲における情報処理を挙げると、楽譜データの構築のための音楽理論の計算プログラムからできている。つまり音楽作曲におけるこれまでの情報処理では、1 2 音音楽という限界枠とともに、プログラムされた狭い意味での音楽理論という限界枠も抱えていることになる。

## 2.2 ノイズを含む信号処理

音響信号処理として様々なプログラミング手段が生まれたが、その中でもっとも代表的な方法として、C-sound が挙げられる。これは、MIT において 70 年代にはすでに主流とされるほど用いられた音響生成のための言語であるが、ここで音楽と音響のつなぎ合わせが行われたと考えられる。

ここではこのつなぎ合わせを「音楽

の拡張」と呼ぶことにする。音響生成を作曲と読んでいる場面において、一般の人にとって入り込めない領域といった感を与えられるものであった。しかしこの音響と音楽がリンクされることによって、音響の音楽性を一般に浸透させることができるようになった。ミニマルミュージックといった音楽の新しい形態は、この「音楽と音響のリンク」から来るものだと考えられる。特にミニマルミュージックにおいては、音楽と音響に共通のそれぞれの信号処理としてのプログラミングが存在する。

## 2.3 パフォーマンスの拡張

音楽情報処理において重要なこととして、パフォーマンスによる即興的な作曲が挙げられる。Club Music などで即興的に存在する曲を変化させたりするなど、一般に浸透した形でのパフォーマンスに対し、近年では PC がライブパフォーマンスに組み込まれ、プログラミングによる音作り・演奏を即興でこなすスタイルが生まれている。

Opcodes による MAX のアプリケーションは音楽情報をリアルタイムで編集・出力可能とした新しい音楽プログラミング言語で、それを音響の範囲まで拡張する MSP の出現によりさらに新しい音楽情報を扱えるようになった。プログラミングがライブパフォーマンスのスタイルに組み込まれ、演奏における音楽の拡張も進んでいるといえるだろう。

## 2.4 新しい楽器としてのインターフェイス

現在インターフェイス面においても様々な音楽に対するアプローチが模索されている。

Cosmic Score [1] では、音楽の楽譜データについて様々なユーザインターフェイスを提供するという「作曲」に関するアプローチを提案している。一方、パフォーマンス分野については、BioMuse [2] と呼ばれる筋電計と音楽のリンクなど、身体動作と音楽の結びつきを示すもののものが存在する。

音楽に対する入力はいままで主に楽器や PC の普及による MIDI を通したキーボード・マウス入力であった。しかしこれらは音楽に対する知識のないユーザにとって簡単な身体動作による入力とは言い難い。そこで、新しい入力について具体的なデバイスを提案する。音楽的な情報処理を 2.1 から 2.3 において述べた音楽の拡張を活かし有効にするため、新しい楽器入力概念を提案する。以下にそのプロトタイプとなる、これまでの研究について述べる。

### 3. これまでの研究

#### 3.1 センサー入力と音楽

現在様々な音楽入力が提案される中で、センサー入力の分野には未だ開発の余地が残されている。本研究では、プロトタイプとしていくつかのセンサー、身体動作の受容器を新規に作成した。そのセンサーからの入力を MIDI データに変換するため、今回は I-Cube[12]を利用した。

#### 3.2 ペダルタイプのセンサー



図1 ペダルセンサー

力を入れることで音楽表現入力とするためにペダルセンサーを開発した。可変抵抗をスライドさせる上部の亚克力板を四方で支えるばねによって、抵抗感・触覚によるフィードバックを得ることができる。ここでは音域変化に用いた。(図1)

#### 3.3 光センサーの利用



図2 光センサー

光センサーを入力の1手段とする可能性について実装、実験を行った。ここでは音高変化に用いた。その結果、ペダルセンサーと異なり、身体動作による直接入力ではないため思い通りの入力を行うには難しいことが判明した。そのため、インストールにおいては他のセンサーの補助的な役割を果たすために用いることとした。

## 4. インスタレーションの概念

### 4.1 Ambient と Graspable

Tangible Bits[3]では、情報の存在を物質に例える。固体の対象を Graspable Media とし、Foreground Job とリンクさせ、気体・液体を Ambient Media とし、Background Job とリンクさせるコンセプトが提示されている。

(表 1)

しかし、音楽を積極的に触ったり加工したりしたいと思う人が存在するということは、音や音楽が必ずしも Ambient Media ではないと考えられる。時間の経過によりつかみにくい、触れることはできるメディアという意味で、流体は気体とは違い Tangible Media という位置づけができるのではないかと考えた。今回は水という流体を対象にしてユーザの入力の Tangible な対象にすることを目指す。

表 1 Tangible Bits[3]における分類

|                 | 情報の形態          | 分類               |
|-----------------|----------------|------------------|
| Ambient Media   | Background Job | Fluid            |
| Graspable Media | Foreground Job | Graspable Object |

### 4.2 音楽と流体のリンク

Water Machine[4]において行われている試みは、水面の波を音に変換するという一見単純なものであるが、前章の Tangible Media という位置づけをもっともよく表すことのできる流体メディアの活用例として興味深い(図 3)。しかしこのシステムでは単に存在する水の波をセンシングし音に変換しているに過ぎない。これに対して、本研究

では流れる水と人との関係を再定義し、流体に対し積極的に音や音楽の操作・入力を行うメディアとして捉える。(図 4)

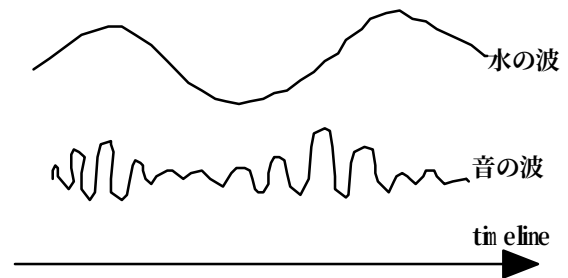
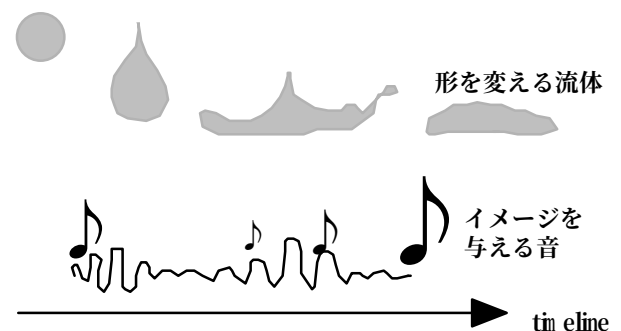


図 3 Water Machine[4]に於ける試み

### 図 4 Tangible Sound に於ける試み



## 5. 実装システム

### 5.1 システム概要

本システムは水道の蛇口をきっかけとして水の流れを生み、それに触れることで音楽を構築するシステムである。水を出す量に応じて音を出し、その水を溜めたりこぼしたりするという動作を検出することで、それらの行動に対する音の変化・音楽的フィードバックを返す。

水との関わりの中で、ユーザのメンタルモデルの中の音の時間変化・水の

時間変化をリンクさせることを目的とする。

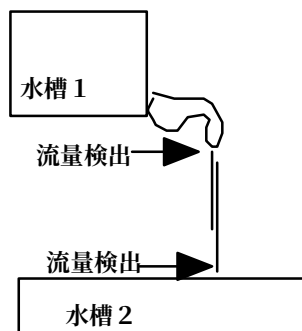


図5 システム概要

まず、図5における上部水槽に蛇口を設置し、その蛇口からの流量と下部水槽直前の流量を検出する。上部と下部の流量の差分により、ユーザの行動を検出する。

上部の流量と下部の流量が等しく存在するときは「水が出ているがユーザは触れていない」とし、 $(\text{上部の流量}) > (\text{下部の流量})$ の場合は「ユーザが水を溜めるとい動作をしている」、 $(\text{上部の流量}) < (\text{下部の流量})$ のときは「ユーザが水をこぼすという動作をしている」と判断することとした。そして、それぞれのアクションが音に反映するように、MAX(付録参照)によってプログラムした。

また、水を溜め続けたために手から水が overflow している状況についても検出するため、何かが蛇口の下に存在しているかどうかを調べるよう光センサーを補助的に用いることとした。

## 5.2システム詳細部

本システムでは、水を下部水槽から

組み上げるポンプにより循環させることとした。センサー部分は水に触れないように加工するなどの必要があることがわかったため、ある程度水そのものから距離をおいたり、水を遮断するなどの工夫を行った。

### 5.2.1 蛇口センサー

まず、上部の流量を計測するため、蛇口の開度を検出するセンサーを設置した。

本センサーは回転式可変抵抗と蛇口をタコ糸で接続し、同期的に動作させることで開度を検出している。同じアクリル板に水槽と回転式可変抵抗を設置することで安定した動作を狙った。(図6)

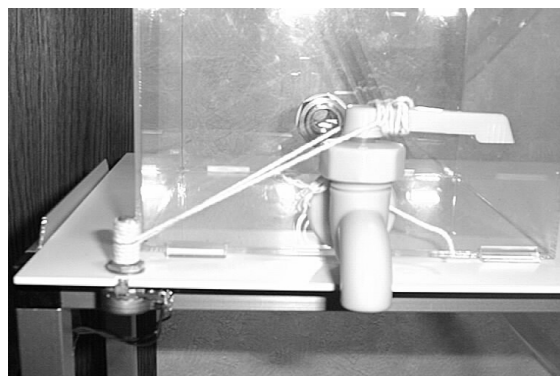


図6 回転式可変抵抗の設置

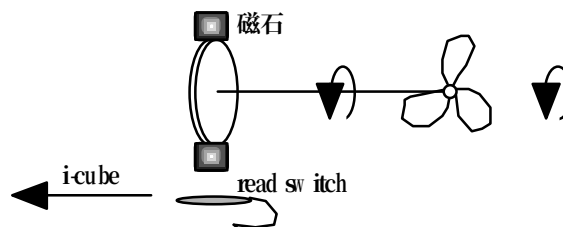


図7 リードスイッチによる流量センサー

### 5.2.2 回転式流量センサー

次に、下部流量の検出については、当初使用する予定であった流量センサーなどはとても高価なため、回転式流量センサーを制作した。(図7,8)

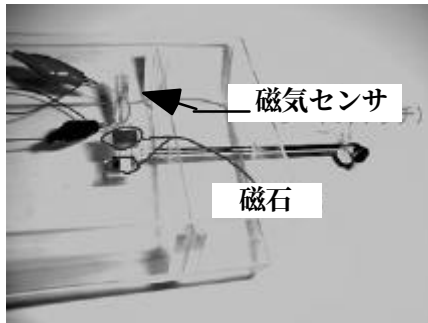


図8 流量センサーの実装

これは、下に落ちてくる水によりスクリューを回転させ、リードスイッチにより回転をカウントするものである。カウントから流量を検出するため、MAX内部で一定時間内のカウントを計測する。

また、これらのセンサーの精度の低さを考慮し、システム左横に光センサーを設置し、ユーザの入力の有無を補助的に計測することとした。

### 5.3内部システム

以下では、上記のハードウェアを利用して音を構築するためのソフトウェアについて述べる。

まず、Macintosh 付属 QuickTime 音色による MAX パッチを作成し、流れる水の量と音量をリンクさせた。

また、(上部流量)>(下部流量)、(下部流量)>(上部流量)のときに出すそれぞれの音を、AIFF ファイルや FM Sound を用い、やはり MAX のパッチに

より実現した。

下に示すのはインスタレーションの実行風景である。

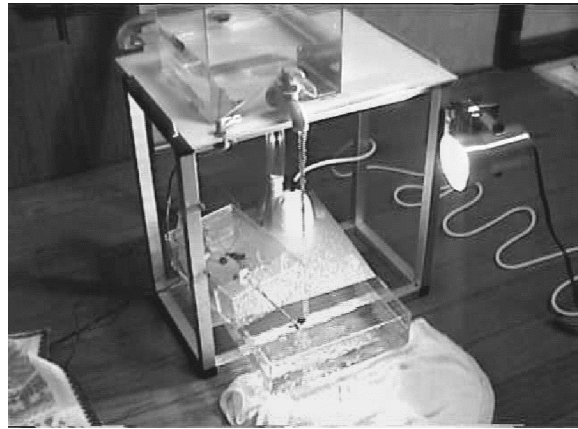


図9 実行風景

## 6. システムに対する考察

### 6.1流体の触覚の重要性

当初の目標である Tangible な流体と Tangible な音とのリンクで重要なのは、その触覚的フィードバックである。身体動作と音のつながりと同時に触覚的フィードバックが重要になってくる「楽器」の概念と共通な特徴を持っている。

しかし、音・音楽という聴覚メディアの Tangible 性を表現するため行なった実際のインスタレーションで、水そのものの音や感触を楽しむ人が多いことがわかった。特に、水に触れるという触覚はほかの流体では得られない感触をフィードバックとして与える。つかめない触覚を生かすために、これからは「流れる水」に限定せず、様々な形態の「水」に注目しデザインを行う必要がある。

また、音のデザインを行う上で水そのものの音を活かし、水の楽器という

多くの様々なご意見をいただいた。  
岩竹先生，岩竹研究会の皆さまも様々な形でご協力いただいた。

#### 使用機材について

- 1 Macintosh PowerBookG3
- 2 お風呂用ポンプ
- 3 光センサー
- 4 回転型可変抵抗
- 5 アルミパイプ（高低差用）
- 6 スクリュー
- 7 リード・スイッチ

- 8 アクリルケース×2
  - 9 チューブ
  - 10 レバー式蛇口（プラスチック）
  - 11 I-cube & MIDI Interface
  - 12 Macintosh 付属外部マイク
- なお、ソフトウェアに関しては、
- 13 MAX3.5.8
  - 14 MSP
- を使用している。

- [7] 大山正・秋田宗平，知覚工学，福村出版株式会社，1989.
- [8] 米澤朋子，流体による音表現，慶応義塾大学湘南藤沢学会，1998.
- [9] リタ・アイエロ，音楽の認知心理学，誠信書房，1998.
- [10] 乾敏郎，認知心理学・知覚と運動，東京大学出版会，1995.

## 参考文献

- [1] 高橋和哉・伊賀聡一郎・安村通晃，Cosmic Score: 3D スコアを用いたマルチユーザのための作・編曲システム，第 12 回ヒューマン・インターフェース・シンポジウム論文集，pp.593-598, 1996.
- [2] Atau Tanaka, Musical Issues in Using Interactive Instrument Technology with Application to the BioMuse, In Proc. Of ICMC, 1993.
- [3] 石井裕：Tangible Bits: 情報の感触/情報の気配，情報処理学会誌 Vol.39 No.8, 1998.
- [4] 左近田展康：Water Machine 水機械，Bumpodo GALLERY, 1998.
- [5] 平井茂幸・片寄晴広・金森務・井口征士：インタラクティブアートのためのソフトウェアセンサー，音楽情報科学研究報告，情報処理学会，1998.
- [6] 長嶋洋一・照岡正樹・井口征士，生体センサーによる音楽表現の拡大と演奏表現の支援について，第 26 回音楽情報科学研究報告，情報処理学会，1998.

## 質疑応答

Q: 普通の電子楽器のペダル（ボリューム）とどう違うか？

A: 必ず思い通りの値が出るのではなく，流体のつかみづらさと音のつかみづらさをリンクさせているところ。

Q: テルミンによる演奏は，これと同じ範疇の作曲に入るのか？

A: 新しい入力方法という意味では同じ。思い通りの音が必ずしも出ないという点においては異なる。（ランダムではなく，Ambient な性質との融合）

Q: 音楽も英語やプログラミングなどと同じ文法を持っているはず。そういう文法を持ったものを音にした方がいいのでは？（入れ子になった繰り返し構造が必要では？）

A: 音楽と関わる身体動作が入力というより自動作曲に近いかもしれない。

Q:自分の意図を伝えたいことと水を使うこととは矛盾するのでは？

A:これまで楽器が入力に思い通りの出力を得るというスタイルであったが、それを拡張することが本研究の目的である。

Q:楽器としてみて、自分の思い通りの音が出せたか？

A:基本的には音の変化を確認するに留まる。完全に思い通りの音が出ることが最終目標ではなく、Ambient な要素と融合することを目指す。

Q:コラージュしたものを使うのは創造性か？

A:自動作曲は規則によって音楽が作られている。そこで、コラージュがしたいという人はそうすればいいが、よりアドバンスな音を作りたい人は新しいものを組み込まないといけないのではないか。今回のものはプロトタイプでしかなく、最終的には音響生成と音楽をつなげた形で実現したい。

Q:自分が持っている感情をいかに容易に表現できるかが重要では？後から説明できることが大事では？

A:従来音楽のスタイルにおいて容易に表現することを目指すのではなく、拡張された音楽における新しいアプローチの追及を目的としている。

Q:採譜はできるか？ 同じように演奏はできるか？

A:可能。ただし、12音音階よりも複雑になる場合、それらパラメータを正確に再生することは難しいし、できたとしても重要なこととなるかどうかは分からない。

Q:シンセサイザーと、この「楽器」を使ったとき、作曲、演奏はどういう位置付けになるのか。

A:パフォーマンスの可能性において、一般の人の参加が可能であることと、Ambient な要素と積極的な入力との融合を図った点が新しい試みである。

Q:このシステムからは君（米沢）がいうような、目的は果たせないのではないのか。

A:本システムはプロトタイプであり開発中である。目的とする「作曲」が「従来作曲」ではなく、音楽の拡張に伴った形でパフォーマンスを含む作曲活動を目的とする。

Q:既存の作曲のイメージと違うが、既存の方法と異なる、このやり方は、実現可能なのだろうか分からない。

A:今までの12音音階でない形で実現する予定なので、既存の方法ではカバーできない入力が必要である。そのためにPCを用いることが有効だと考えている。

Q:水を入れて（ししおどし）のようなものをシステムの中に持っていたほうがいいのではなからうか．今つくったものはとりあえず音を出すだけなのでこれから，さらに展開してほしい．

A:仕掛けのあるシステムは面白い．本システムでは水の触覚を重要視したシステムであったが，今後参考にしたい．

Q:楽器として使ったとき，音を作るものとして考えていますかそれとも....

A:最終的には身体入力により音を作る形で実現したい．

Q:帯域の広い音階を押さえないと，すぐにあきてしまうかもしれない，従来楽器のようにある程度複雑なものが必要なのでは．

A:そこを目指していくつもりである．

Q:自分が思っていることを容易に伝えられる？

A:現在ははっきりしないが，今後音楽の拡張が一般化すれば可能であろう．

## Overview として

全体的に楽器とは何か，というコメントが多かったと思う．今後の研究においてこの定義をどのように拡張していくかを考えていきたい．

従来の音楽スタイルでは一般的になりえなかった作曲の方法として定義づけを新たにし，楽器に対する視点を変えてシステム構築・利用が可能になるよう目指していきたい．

音楽が何であるか，作曲はどこまでが創造であるかなど，哲学的な議題も多かったが，音楽に関わる方法を見直すことで音楽が何であるかも変化すると考えている．従来と同じ方法ではなく新しいアプローチを与えることで，音や音楽の新しい楽しみ方が生まれる可能性を考慮している．

本システムに関して，質疑応答において多くの意見をいただくことができた．楽器の設計における重要な点など，皆さまのご意見を参考にシステムの再構築を試みようと考えている．