

流体による音楽入力 ～水のセンシングを用いた楽器の検討

米澤朋子 (yone@sfc.keio.ac.jp)^{1) 2)}, 間瀬健二 (mase@mic.atr.co.jp)²⁾

1) 慶応義塾大学大学院 政策・メディア研究科

(〒 252-0816 神奈川県藤沢市遠藤 5322)

2) ATR 知能映像通信研究所

(〒 619-0288 京都府相楽郡精華町光台 2-2)

概要

本稿では、触覚的フィードバックを持つ音楽入力インタフェースとして流体を活用し実装したシステムと、その楽器としての検討について考察を述べる。近年、水による様々なインスタレーションなど水を利用した作品が多く発表されているが、入力インタフェースとしての可能性を持った水という対象を有効に活用していると言えるものは多くない。

我々は時間経過による水の形状変化と音の変化を関連付けさせ、楽器という音楽入力インタフェースに関して水を用いることを提案する。その具体例として実装した“Tangible Sound #1”及び“Tangible Sound #2”を紹介するとともに、様々な水のセンシングと音楽入力手段としての水の可能性について考察を行う。

Music by Fluid Input ～ Investigation of Musical Instruments Using Water Sensing

Tomoko YONEZAWA (yone@sfc.keio.ac.jp)^{1) 2)}, Kenji MASE (mase@mic.atr.co.jp)²⁾

1) Keio University Graduate School of Media and Governance

(〒 252-0816 5322, Endo, Fujisawa-shi, Kanagawa, JAPAN)

2) ATR Media Integration & Communications Research Laboratories

(〒 619-0288 2-2, Hikari-dai, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto, JAPAN)

abstract

This research aims practical uses of fluid media for musical instruments. Recently there are many installation and interactive arts with water but they aren't referred to the effect that water can be used as medium. Water and Sound have common characteristics that both media change by time and are not graspable through time. We introduce “Tangible Sound” #1 and #2 as novel musical instruments which use water for input media. We propose some method of sensing water for enjoying music.

1 はじめに

本研究は、人が音楽と触れ合う接点を考察し、従来楽器に対して拡張を行うことを目標とする。

近年、特に Computer Music の分野を主として様々な音楽分野の展開・細分化が起こっている。リアルタ

イムでインタラクションを楽しむインスタレーションなども多く発表され、パフォーマンスにおいても様々な実験的試みがなされている。しかし現在はまだ多くの作品がそれぞれ単独のシステム概念に基づき構築されている。そのため、恒久的に用いられる音楽入力と成り得るシステムはまだ十分に存在しない。

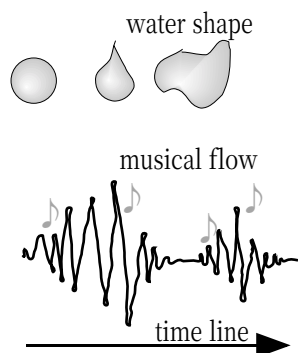


図 1: 時間の経過と水と音楽の関係

本稿では楽器における入力インタフェースとして流体を用いることで音楽の演奏スタイル、ひいては音楽表現そのものを拡張することを目指す。特に音の時間変化の特性と水の時間変化の特性の類似性に着目し、システム“Tangible Sound #1, #2”を作成した。人が音を探索して音楽を構築する時、相応の知識が必要とされる。本システムでは流体の触覚を援用することで音の探索を容易にし、音楽理論に関して明るくないユーザー層にも触覚によって音楽学習の発端となることを狙った。

2 研究の背景

2.1 流体メディアとしての『水』

流体の形状、存在を知覚することは、音や音楽表現を時間の経過により認識していることと共通性がある。この性質の共通性により流体を音楽演奏のメディアとして利用することを考えた。(図 1 参照)

西洋音楽に代表されるように、従来の楽器は 12 音音階などの規則の枠の中で音楽を演奏・再現するために主に用いられる。一方、風鈴や水琴窟・鹿威しなど、自然環境の要因が作用して入力となる音響装置の例も昔から多く存在している。特に後者は水や風といった流体を作用として用いたものが多い。そこで、環境的要因の作用とユーザーの意図的な操作を入力として融合させた楽器の実現を目指し、流体を楽器インタフェースに用いることを考えた。

まず、素材として流体の中でも水を選定した。水は流体の中でも特に我々の生活習慣の中に様々な形で存在している。雨や河川といった自然環境におけ

る水だけでなく生活習慣に密着し利用している水にも目を向けることで楽器としての利用シーンの広がりを生みだせると考える。

なお水の流体としての物理量のセンシングにおいてはその流れを制御する系から取得することも可能であるが、本研究では水自身を直接計測することを試みる。すなわち、**水自身のセンシング**を行うことでユーザーの入力を認識するシステムとし、楽器メディアとして水を用いることの可能性を考察した。

2.2 先行研究

石井 [1] は、情報を Foreground と Background に種別けし、それぞれに graspable media、ambient media を採用することを提案している。そこでは、空気・水を ambient media として位置づけているが、水についてはユーザーの積極的なインタラクションも可能である。本研究では、水は graspable でもなく ambient でもない「**触れるが掴めない**」メディアという位置づけをする。

左近田 [2] は、水の波を音に A/D 変換を用いマッピングして、水の波と音の波をリンクさせた点に注目できる。この作品では空間の揺らぎや水の不確定性を表すコンセプトを柱にしているが、インタフェースとしての水の役割には着目していない。また、ユーザーの意図的な入力を反映するような楽器としての使い方の考察はない。

杉原ら [3] の水ディスプレイは、半球状の水膜にプロジェクタで光を当て、内部にいるユーザーが水の反射を用い映写環境を楽しむものである。水を表現メディアとして積極的に用いる例として注目できる。しかし、水独特の利用については多く言及していない。

3 実装システム

我々が水の状態を感じたり、水に作用したりするとき、水の存在有無・水圧・温度・光の反射など、様々な情報を得ている。水は人が作用して流れをつくることもできるが、本システムでは「溜められた水」ではなく「**流れている水**」に着目する。具体的には、生活の中に存在する水とのインタラクションの中で最も習慣に根付いていると言える、水道の蛇口から出る水に焦点を当てた。

ユーザーの意図的な操作入力を判別するため、図 2 のように上部流量と下部流量を計測する方法を採っ

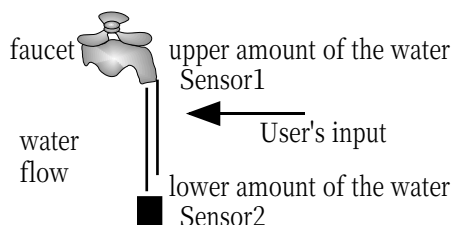


図 2: 上部流量と下部流量の利用

た。これにより上下流量の差分を計算し、ユーザの作用 (水を溜める・こぼす・何も触れない) を間接的に判別することが可能である。この「流れている水」をセンシングすることにより、連続的なデータ入力を用いた楽器を試作・検討した。

3.1 Tangible Sound #1

3.1.1 システム基本概念 #1

上記の方法を用いて、Tangible Sound #1 [5] を制作した。システムは上部水槽・下部水槽・水の循環部分・センサ部分・A/D 変換・MIDI-Interface 接続部分・ソフトウェア部分から成る。上部水槽に樹脂製の蛇口を設置し、ユーザが、水を出す・流れに触れる・妨げる・解放するといった行動をすることにより音楽要素への入力を行うシステムを図った。

3.1.2 具体的手法 #1

ここでは上部流量と下部流量のセンシング方法について述べる。蛇口と Turn Sensor を糸によって連動させ、蛇口の開度を測定することで上部流量を推定する (図 3 参照)。すなわちここでは上部水量の制御系を測定している。また、下部流量については、図 4 に示したカウンタを設置した。これは、磁石のついたスクリューの回転をリードスイッチが検出し信号を送るもので、羽根車式流量計を参考とした。これらの流量測定に加え、光センサ・赤外線式人体センサを用いることによりユーザの入力の**気配**を検知することとした。これらのアナログデータを i-Cube¹ に送り、MIDI Interface を介してシリアルで Macintosh に入力する。

¹ i-Cube: MIDI を扱う A/D 変換器

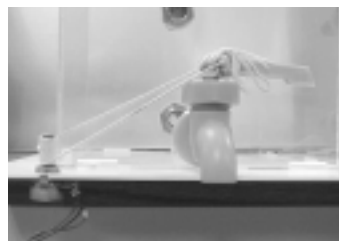


図 3: Turn Sensor と蛇口の連動設置

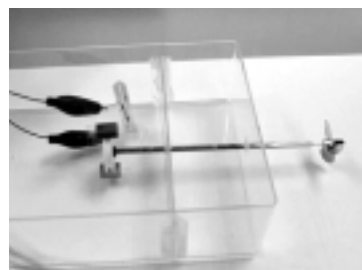


図 4: リードスイッチによるカウンタ

3.1.3 ソフトウェア #1

本システムでは MIDI を扱った音響・音楽構成の計算に Max/MSP² を用いている。上下流量それぞれのセンサ入力を処理し、音楽的要素として受け付けるソフトウェアの構築を試みた。ここでは様々な分野の音楽に対する入力の可能性を探るため、1) 音響生成、2) 音楽的要素の 2 種類の要素の同時入力を考えた。

まず、あらかじめ準備した循環音楽をベースに、入力として受け付けた上下流量により音量・音高の音楽的要素を変化させるシステムとした。また、**気配**の検出のために用いた光センサや人体センサの入力は、MSP による音響生成の音量・音源・音高を直接制御する際に用いた。

こうして Tangible Sound #1 では、水流に手を入れて音響や音楽を変化させ楽しむことが可能になった。しかし循環音楽の演奏と MSP による音響生成が同じ操作から引き起こされるため、フィードバックが複雑でユーザにとって分かりにくいものになった。そこで、音響的要素と音楽的要素を切り分け、

² Max/MSP: Max は Opcode の音楽プログラミングソフト。MSP は Max 上の音響生成用パッチ



図 5: Tangible Sound #1

表 1: Source と Drain に関する比較

	媒体	Source	Drain
flute などの 従来楽器	呼気	吹入口	押さえる穴の 選択
本システム	水	蛇口	MainDrain &SubDrain

それぞれの要素を明示的に操作できるインタフェースの必要性が示された。音響的演奏を切り放し、音楽的演奏に絞り、楽器の用途によって別々のシステムでマッピングすることで分かりやすいインタラクションを伴った楽器を目指し、Tangible Sound #2 を開発することとした。

3.2 TangibleSound #2

3.2.1 システム基本概念 #2

従来楽器においては、管楽器のように息を吹くことで気体の流体としての Source(源)を作り出し、それを流し込む先の Drain(受け皿)を選ぶことで音高を調節するというモデルを考えることができる。

本システムにおいても、上部流量と下部流量をこの楽器モデルの Source と Drain として用いるとき、従来楽器の音高の選択方法を参考にして Drain 部分を工夫する必要があると考えた。

3.2.2 具体的手法 #2

本システムでは Tangible Sound #1 におけるインタラクションを簡略化し、より楽器としてのインタラクションが実感しやすいシステムを目指した。蛇口から流れる水を触れるというインタラクションと上部流量と下部流量のセンシングは基本的に継続して採用することにした。

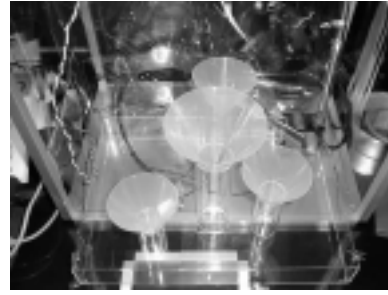


図 6: Main DRAIN と Sub DRAIN

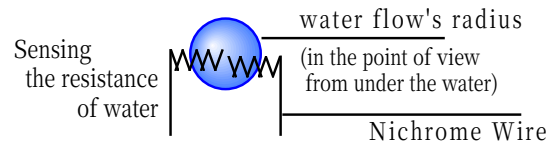


図 7: 上部流量センサの仕組み

それに加え下部流量測定のため Drain として**漏斗**を準備した。図 6 に示したように、中心の大きな漏斗を Main Drain、周囲の 3 つの小さな漏斗を Sub Drain とした。これらの漏斗が水を飛散させるユーザの行為を音に反映する役目を果たす。

次に流量検出のためのセンシング技術について述べる。水の存在を直接計測するため、水の電気抵抗を利用するものに変更した。ニクロム線を使った蛇口の下の水の直径の計測 (図 7, 8 参照) と、Drain となる**各漏斗の水位**の計測を行った (図 9, 10 参照)。

3.2.3 ソフトウェア #2-1: Stand Alone

Tangible Sound #1 からのセンサシステムの改変を反映し、ソフトウェアの再構築を行った。

上部流量を Source としての機能に対応させるた



図 8: 蛇口下部へのセンサ設置

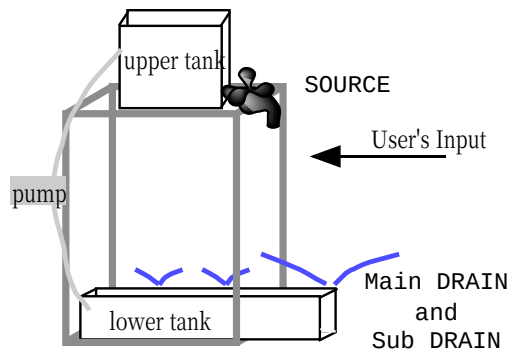


図 9: Tangible Sound #2 のシステム構成



図 10: Tangible Sound #2



図 11: Tangible Sound #2 の実行風景

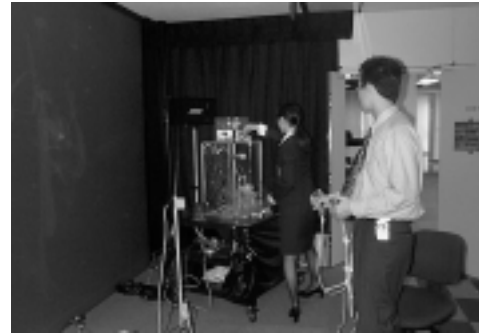


図 12: GMI での Orchestration 実行風景

め、流量値で音量を制御するものとした。下部流量は Main Drain で計測し、12 音音階における音高に対応させた。流量の変化を発音タイミングとする。

流量による連続的な値のみでなく離散的な入力を可能にするため、Sub Drain を選択して水をこぼすことにより、それぞれに割り当てられた楽音を決定するようにした。

3.2.4 ソフトウェア #2-2: Orchestration

Tangible Sound #2 では他の楽器とのセッションを行うという実験的試みも行った。別の楽器 (群) により演奏されている楽曲に対して Orchestration という方式で GMI [6]³ に参加した (図 12 参照)。

ここでは Source を Main Volume に、Main Drain, Sub Drain1,2,3 をそれぞれ Drums, Percussion, Bass, Keyboard にマッピングした。基本状態は Drums パートのみの演奏とし、Main Drain や Sub Drain への水の流量を各パートの音量操作とした。

4 考察

Tangible Sound #2 の Stand Alone は、公開展示において 50 名程度の一般見学者の反応を見た。連続的である流量 (Main Drain) の変化が 127 段階に切り分けられ発音タイミングとなって演奏されることに違和感はなかったようで、積極的に水に触れて楽しんでいた。しかし、音楽的な楽器としての可能性として、水の扱いづらさ・環境的要因の介入を含んだインタラクションを取り入れるための音のマッピングを更に考慮しなければならないことも指摘された。

³ GMI: General MultiMedia Instrument Project

Orchestrationとしての利用⁴では、本システムが思い通りの音を出す楽器ではなく環境的要因が影響するため、各パートの音量制御という利用法は困難だった。聴覚的フィードバックが弱く、触覚フィードバックに負けてしまうため、Tangible SoundはOrchestration楽器としては向いているとはいえないことが判明した。

5 課題

本システムではSourceとなる蛇口が一つであるため、音入力パラメータが限定される。蛇口を複数にし、複数ユーザの参加を可能にしたい。また今回は「流れている水」の流量変化に注目したが、「溜められた水」に対する作用とその各種パラメータのセンシングを可能にすることも興味深い。具体的には、水圧などユーザの触圧覚と同等のものをセンシングする方法によって、水の触覚の援用を促進できると考えている。ソフトウェア部では、流量という連続的な値によってMSPによるリアルタイムの音響生成を行うことも考慮していきたい。

Tangible Soundの実用的な応用シーンの可能性として、以下が考えられる。

1. 家庭内での水道水の利用環境に適用
2. プールや風呂等大規模な水のアメニティに適用
3. 音や音楽教育のきっかけとしての利用
4. 自然環境でのアウトドアアメニティとして利用

流体に対する様々な入力方法は一座標方向に流れる水に対するものとは限らない。追加の余地のある水センシングとして、水圧・飛散・渦など、場や広がりのある値を計測できれば、より複雑な操作が可能になるだろう。

6 おわりに

本文で示したような楽器の拡張は音楽そのものの拡張やユーザ層の展開の可能性を広げると考える。さらに音楽の社会的な位置づけや定義まで拡張できると考えている。

現在、視覚・聴覚など単数・複数のあらゆる感覚器を通じた表現が増加している。本研究の実現・普及・応用により、人々が日常生活の中で音楽に触れ

る機会を増やし、すべての人の文化的表現の機会の増加を支援できると考えられる。

我々は、本研究を従来楽器による古典的な音楽演奏・聴取からComputer Musicによる作曲など、音響生成から音楽演奏までを可能とする様々な音楽の拡張を人々の文化生活に取り入れる契機としたい。そして、音楽を人々により扱いやすい文化財産とし社会を豊かにすることへつなげたいと考えている。

今後も『音響や音楽は時間により変化してつかみにくいもの』という定義を前提に、水による時間変化の特性を用いて音とリンクさせつつ新しい楽器の検討をしていきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたって、ATR 知能映像通信研究所のTimothy Chen氏、西本一志氏、松瀬尚氏、角康之氏、中津良平社長、慶応義塾大学環境情報学部の安村通見教授、田中能元客員教授、岩竹徹教授、桜田陽介氏他多くの方々にご協力頂いたことをここに感謝する。

参考文献

- [1] 石井裕, “Tangible Bits:情報の感触/情報の気配”, IPSJ Magazine Vol.39 No.8, 1998.
- [2] 左近田 展康, “Water Machine”, Bumpodo GALLERY, 1998.
- [3] 杉原有紀, 稲見昌彦, 川上直樹, 館日章, “被り型水ディスプレイの開発 (第2報) - 水膜スクリーンの投影特性 -”, 日本バーチャルリアリティ学会第4回大会論文集, pp167-168, 1999.
- [4] Yuki Sugihara, “Water Display”, Conference Abstracts and Applications Computer Graphics Annual Conference Series p.183, 1999.
- [5] 米澤朋子・安村通見, “流体による音表現 インスタレーション Tangible Sound より”, 日本バーチャルリアリティ学会第4回大会論文集, pp177-180, 1999.
- [6] Kazushi Nishimoto and Kenji Mase, “A Proposal for a Framework for General Multimedia Art Creation Instruments” ACM SIGCHI Proceedings of the third Creativity & Cognition Conference, pp108-115, 1999.
- [7] 平井重行・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”, 第26回音楽情報科学研究報告, 情報処理学会, 1998 Aug.
- [8] 山崎弘郎, “センサ工学の基礎”, 昭晃堂, 1985.

⁴ performer は米澤