

流体による楽器インタラクション

米澤 朋子 *1 *2 間瀬 健二 *2

Interaction of Musical Instruments Using Fluid

Tomoko Yonezawa *1 *2 and Kenji Mase *2

Abstract – *Fluid water is a suitable interface to use in performing flowing sound and music, since fluid and sound have common characteristics. For example, both media change shape over time and so they cannot be grasped. We use flowing water in a musical instrument installation. As water is frequently used in daily life as an essential resource among various fluid materials, such an instrument using water will be more friendly and become an amenity in our life. Recently there have been many installations and interactive artworks using water, but they do not exploit the ability to use water itself as a medium. This research aims to find practical uses of fluid media for musical instruments. In addition, we propose a method to sense the amount of water flow for enjoying music. For judgement of user's actions, we use the changes of the upper flow from the faucet and in the lower flow toward drains as well as the difference between these two values. This configuration leads to a novel concept of "Source and Drains," which is also applicable to traditional wind instruments. Based on this concept, we introduce installations that are named "Tangible Sound" #1 and #2 as novel musical instruments that use water as input media.*

Keywords : musical instrument, extension of music, water installation, tactile interface, performance

1. はじめに

ここ数年でのインタラクティブアート作品の増加はすさまじく、それを支えるハードウェアやソフトウェアが多く開発されている。物理的現象や機械的メカニズムを利用した作品から、コンピュータを用いたハードウェア/ソフトウェア制御によりインタラクティブ性を展開するものへ、主流が移りつつある。その中には、水を利用した様々な作品が多く発表され、水自体の性質を利用して制作されたインタラクティブアートも散見されるが、水との直接のインタラクションに着目した作品は多くない。

一方、視覚メディアに限らず様々な感覚器に訴えるインスタレーションが考案されつつある中、音響や音楽をテーマとして扱う、サウンドインスタレーションと呼ばれる作品が多く制作されている。中でもインタラクティブなサウンドインスタレーションは、ユーザの行動と音が対応付けされている点において、楽器としての可能性を持っていると言えるだろう。しかし様々なユーザインタラクションを反映し音を出力する

システムが存在する中、楽器としての考察やユーザビリティにまで言及したものは多くないため、楽器としての一般化が難しく、いまだ一つ一つのアート作品の位置にとどまりがちなのが現状である。中にはテルミンのようにユーザ層が増え楽器としての位置を確立しつつあるものも存在する。しかし触れる対象のない空間での演奏は触覚インタラクションがないため不安定感があり、再現性やプレースメントに困難が生じる。

我々は、水への作用により触覚的インタラクションを得ながら音楽要素に働きかけるシステムを用いて、従来楽器に対する概念や枠組みを拡張することを提案する。多くのVRシステムで触覚のフィードバックを付与する手法が検討されている中でも流体は扱いにくいメディアである。例えば雨宮ら [1] は空気流を用いた触覚ディスプレイを提案しているが、On-Offの表現にとどまっている。音楽も一つの流体メディアであると考え、その触覚インタフェースを検討することはVRの触覚的インタラクション手法への新たな知見につながる可能性がある。本論文ではまず人工的な表記が確立している音楽から、流体の触覚インタフェースを考察する。そして、人が音楽と触れ合う接点について伝統的な楽器の仕組みと比較しながら、サウンド・インタラクティブアート作品の制作を通して、流体の触覚インタフェースを有する新しいVR楽器へ

*1: 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

*2: ATR 知能映像通信研究所

*1: Keio University Graduate School of Media and Governance

*2: ATR Media Integration & Communications Research Laboratories

展開することを目指す。

現在、コンピュータを用いて新たな音楽表現やパフォーマンス分野を拡張する試みが行われている。しかし、広いユーザ層の中で音楽表現そのものを拡張するためには、インタフェースの構築を新たに行う必要があると考えられる。よって、触覚的インタラクションを活用することで従来楽器の枠を拡張することにより、音楽の演奏スタイル、ひいては音楽表現そのものを拡張できると考える。

本稿では、流体の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水を活用しこれまで著者らが実装したシステム“Tangible Sound” [2], [3] のコンセプトと実装方法、更に考察について述べる。以下2節では関連する作品と研究を概観する。3節では“Tangible Sound” のコンセプトを紹介し、実装した2つのシステムのハード及びソフトの構成を詳しく述べる。更に4節では水メディアの導入について考察すると共に、インタラクティブアートとしての位置づけを示し、5節でまとめとする。

2. 関連する作品・研究

水を用いたインスタレーションの例としては、古来からある噴水や鹿威しなどを挙げることができる。しかしこれらはユーザの自由なインタラクションに欠け、自らの身体の機能拡張と感じるようなメディアとしての役割を果たしているとは言いがたい。しかし近年コンピュータプログラムによる制御やセンサ入力・アクチュエータ出力を利用する作品が増え、水を用いたアートもその影響を受けつつあると言える。

杉原ら [4] の水ディスプレイは、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。しかし映写環境以外の相互作用において水を用いることの利点には多く触れていない。本研究では楽器という用途において入力インタフェースとしての水について議論する。

宇井ら [5] の Wave Rings は、赤外線センサにより人が近づくと水中スピーカに音出力され、その振動で水が跳ねるインタラクティブアートである。これはアクチュエータとしての水の活用を、音の振動を用いて可能にしているという見方ができる。これまでの入力メディア、視覚的表現メディアとしての可能性のみではなく、物理的要因(ここでは音)による水への入力作用を用いたシステム構成として興味深い。

石井 [6] は Tangible Bits のコンセプトを提案し、空気・水を ambient media として位置づけているが、水はユーザの積極的なインタラクションも可能なメディアである。本研究では、水は graspable でもなく ambient でもない「触れることはできるが掴めない」メディアという位置づけをする。

左近田 [7] は、水の波を A/D 変換を用いて音にマッピングして、水の波と音の波をリンクさせた。この作品は水の不確定性をコンセプトとしているが、入力インタフェースとしての水には着目していない。また、ユーザの意図的な入力を反映する楽器としての用途に関する考察もない。

これらの研究やインタラクティブアート作品における試みは、水を用いたという点で共通性があるがその水の利用方法は様々である。我々の生活や文化の中に存在する水の利用だけではなく、その水を活用して美的感覚に持ち込みたいとする潜在意識が存在することも考えられる。我々は直接のインタラクション対象として、実体としての水を取り扱ったシステムを提案する。

3. 実装システム

3.1 システムのコンセプト

時間により変化する流体の形状や存在を知覚することは、時間の経過により音や音楽表現を認識していることと共通性がある(図1参照)。また、音響や音楽が時間変化することは、熟練していない聴取者にとって水の形状と同じように掴みづらいと考えられる。これらのことを考慮し、音と水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。

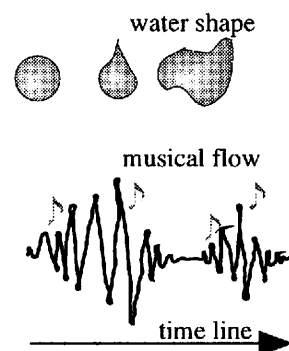


図1 水と音の時間による変化の共通性
Fig. 1 Common Characteristics of Temporal Change

西洋音楽に代表されるように、従来の楽器は12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てきたため、伝統的な音楽は主にその枠の中で形成された。つまり、表現や演奏などの芸術の形態は複数回に渡る再現によって認識・洗練され、浸透したと言える。そのため、近年の即興的リアルタイムパフォーマンスでは、音楽の枠組みや再現の反復という時間の枠組みを外した入力を可能とする楽器の検討が必要になっていると考えられる。

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が昔から多く存在している。特にこれらの音響装置は、水や風といった

流体を作用として用いたものが多い。こういった原始的音響装置は、自然の作用による楽器ということもできる。そこで、ユーザの即興的かつ意図的な操作と環境的要因の作用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。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、親しまれている。雨や河川といった自然環境だけでなく、例えば入浴・水泳・洗面・洗濯などの生活習慣と密着しているため多く利用されていることも要因として挙げられる。このように積極的に親しまれ触れられている水に目を向けることで、楽器としての利用シーンの広がりを生みだせるはずである。

そこで、水を用いた楽器を検討しインタフェースを構築するため物理量のセンシングにより水に対する入力を計測することとした。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、本研究では水自体を直接計測する。すなわち、水自体のセンシングを行うことでユーザ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。

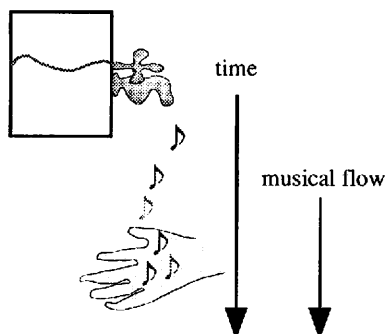


図2 Tangible Soundの原コンセプト
Fig. 2 Original Conceptual Drawing of Tangible Sound

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、本システムでは水と音をその時間変化という共通性により関連・結合させたシステムを構築するため、「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、流れている水の制御や水との接触があるため、最も利用する機会の多いと考えられる水道の蛇口から出る水に焦点を当てた。その初期構想モデルを図2に示す。

具体的手法としては、ユーザの意図的な操作入力を判別するため、図3のように上部流量と下部流量を計測する方法を採った。これにより、ユーザの水そのものや蛇口への操作による上下流量の変化や上下流量の

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が構成できる。

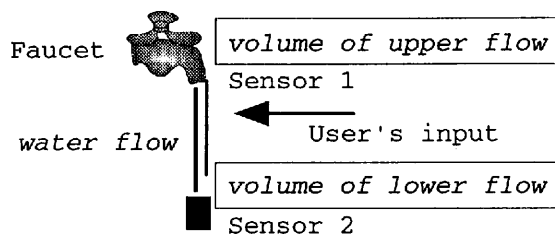


図3 上部流量と下部流量
Fig. 3 Volumes of Upper and Lower Flows

3.2 Tangible Sound #1

上記の方法を用いて、Tangible Sound #1 [2] を制作した。システムは上部水槽・下部水槽・水の循環機構・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(図4参照)。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の入力が可能なシステムとした。

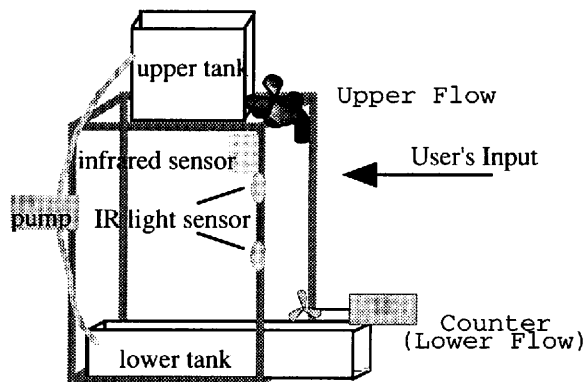


図4 Tangible Sound #1のシステム構成
Fig. 4 Structure of Tangible Sound #1

3.3 具体的手法 #1

まず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5参照)。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6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ーウの回転をリードスイッチにより検出し信号を送るもので、羽根車式流量計を参考としたものである。ま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¹を検知するこ

1:ここでは、水への tangible な作用にいたらない、非接触なユーザの存在判定や入力行動の可能性の存在の意味で用いている

ととした。これらのアナログデータを i-Cube²に送り、MIDI Interface を介してシリアルで Macintosh に入力する (図7参照)。このようにして構築した Tangible Sound #1 の外観を図8に示す。

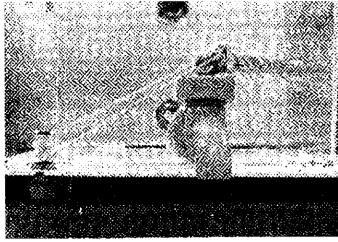


図5 Turn Sensor と蛇口の運動
Fig. 5 Turn Sensor connected to Faucet

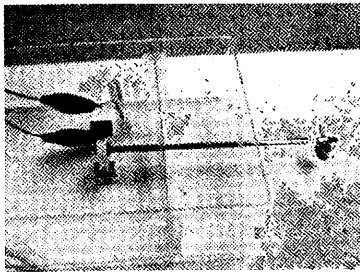


図6 リードスイッチによるカウンタ
Fig. 6 Counter by Lead Switch

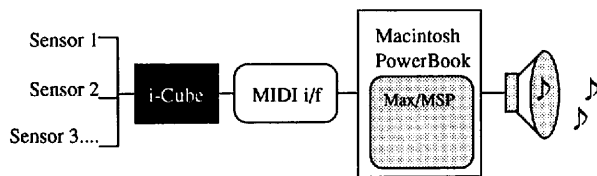


図7 アナログセンサ入力から音楽出力
Fig. 7 Analog Signal Sensors Input to Music

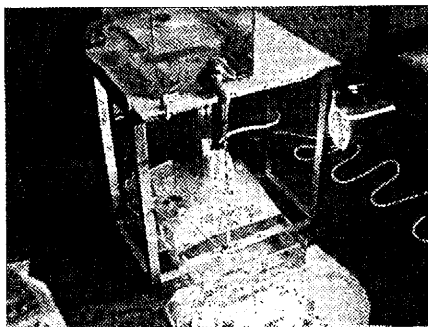


図8 Tangible Sound #1
Fig. 8 Tangible Sound #1

3.4 ソフトウェア #1

本システムでは MIDI を扱った音響・音楽構成の計算プログラムに Max/MSP³ 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) 音楽的要素、2) 音響生成要素の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・音高といった簡単な音楽的要素を変化させるシステムとした。循環音楽は QuickTime3.0 により 8 小節 / 2channel の MIDI file を循環演奏させるものとする。各 channel の音量に対し、それぞれ上下流量をマッピングした。ここでは、複雑な音楽要素入力について特に考慮しないため、音楽理論による一音一音からの音楽構成を実現するような演奏入力については受け付けないものとした。

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出力は、MSP による音響生成の音量・音源・音高の直接制御に用いた。これら音楽要素操作および音響合成という2つの手段により音楽的フィードバックを返すこととした (図9参照)。

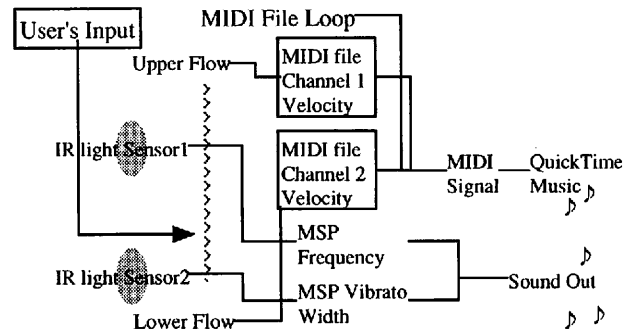


図9 Tangible Sound #1のソフトウェア構成
Fig. 9 Software Structure of Tangible Sound #1

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たりするなど、音響生成と音楽演奏が独立にならず、音のフィードバックが複雑になったため、ユーザにとってインタラクションが分かりにくいものになった。

従って、音響と音楽要素を思い通りに同時に操作して楽しむことは相当難しいことが分かった。このシステムでは、同じ操作により引き起こされる二つのファクタを切り分けて利用することは、センサの存在を意

2: i-Cube: MIDI を扱う A/D 変換器

3: 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

識したユーザの工夫がなければ難しく、水に触れることで音の変化を楽しむという単純な目的を果たしているとは言いがたい。

水という思い通りになりにくいメディアを用いたことを活かすためには、音響的要素と音楽的要素を切り分け、それぞれの要素を明示的に操作できるインタフェースが必要であることが示された。

そこで、音響的演奏を切り放して音楽的演奏に絞り、楽器の用途によって別々のソフトウェアシステムをマッピングすることにより、分かりやすいインタラクションを伴った楽器を実現するため Tangible Sound #2 を開発することとした。

3.5 Tangible Sound #2

前述の Tangible Sound #1 の問題を改善し、分かりやすいインタフェースを伴ったシステムの構築を目指し、Tangible Sound #2 の制作を行った。

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、いくつかの穴を指などで塞ぎ、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(表1 参照)。

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。そこで本システムにおいて、Drain を複数個準備し音の選択を可能にすることを考案し、実装した。

表1 Tangible Sound と管楽器の比較
Table 1 Comparison between Tangible Sound and Wind Instruments

	媒体	Source	Drain
フルート、パイプオルガンなどの従来楽器	呼気	吹入口	押さえる穴の選択
Tangible Sound	水	蛇口	Main Drain & Sub Drain

3.6 具体的手法 #2

本システムでは Tangible Sound #1 におけるセンサの設置を変更し、より楽器としてのインタラクションを実感し易いシステムを目指した。蛇口から流れる水に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。

次に、流量検出のためのセンシング技術について、Tangible Sound #1 からの改善・変更点を述べる。

今回は上下流量共、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。上部流量については、まずニクロム線を用いた水の直径の計測が図10に示した回路により可能であることを予備実験で確認し、この方法を採択することとした。この回路

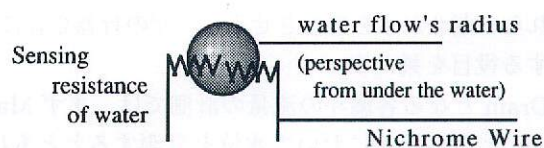


図10 上部流量センサの仕組み
Fig.10 Device of Upper Flow Sensor

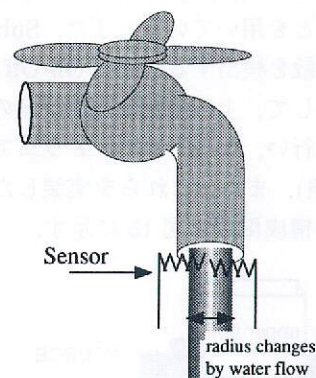


図11 蛇口下部へのセンサ設置図
Fig.11 Sensor Installation under Faucet

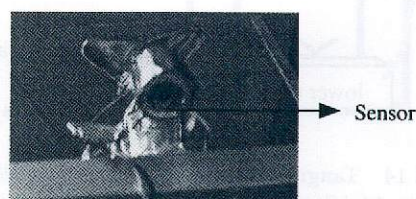


図12 センサ設置部分(蛇口下部より撮影)
Fig.12 Sensor Installation

を蛇口の直下に設置(図11 参照)することにより、上部流量を検出した。図12に、実際に水の直径計測のセンサを蛇口の下に取り付けた様子を示す。これにより、市販の流量センサを蛇口下部に取りつけるより過大なスペースを占有することなく、また比較的安定して流量を検出することができるようになった。

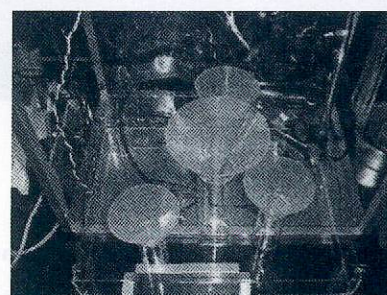


図13 Main Drain と Sub Drain
Fig.13 Main Dain and Sub-drain

下部流量については、Drain として漏斗を準備した。図13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。

Drainとなる各漏斗の流量の計測では、まず Main Drain となる漏斗において水位を計測するとともに、Sub Drain となる漏斗において水の存在の有無を検出した。Main Drain の流量の計測では、漏斗の下部で流量が絞られるため、流量が漏斗の排水量を越えると水が溜まることを用いている。また、Sub Drain では単純に水の飛散を検出するための On-Off 構造とした。

このようにして、上部流量と下部流量の計測・水の飛散の計測を行い、システムハードウェア部を構成した(図 14 参照)。また、これらを実装したハードウェアシステムの構成風景を図 15 に示す。

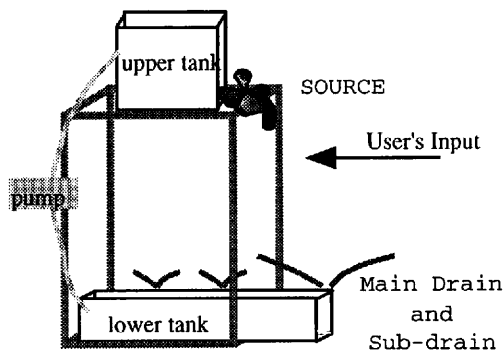


図 14 Tangible Sound #2 のシステム構成
Fig. 14 Structure of Tangible Sound #2

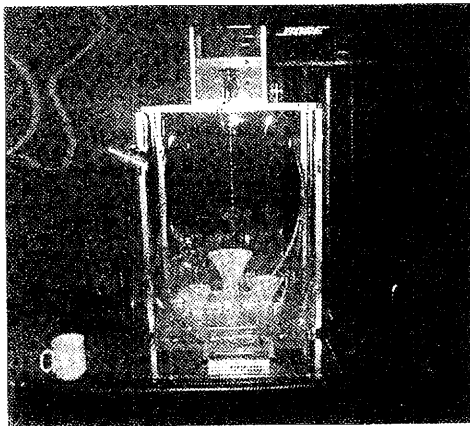


図 15 Tangible Sound #2
Fig. 15 Tangible Sound #2

3.7 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、#2 における Stand Alone モードとしてソフトウェアの再構築を行った(図 16 参照)。

このソフトウェア構成では、基本的に一つの楽音の出力機構を制御する。上部流量を Source としての機能に対応させるため、流量値で音量を制御するものとした。Main Drain で計測した下部流量は 12 音階に

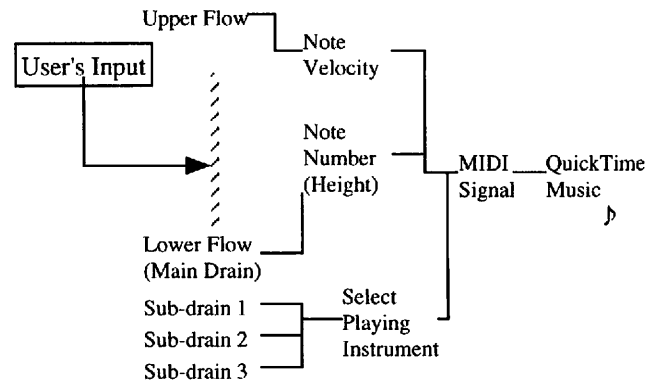


図 16 Tangible Sound #2 のソフトウェア構成
Fig. 16 Software Structure of Tangible Sound #2

おける音高に対応させた。それに加え、下部流量の有無は実際の発音の有無を決定し、流量の変化を発音タイミングとする。実際には、水が流れている間はほとんど常に水位が微妙に変化しているため、流量が存在するときは i-Cube から送られてくる信号ごと(本システムでは 40ms ごと)に発音されることになる。

また、本システムは従来楽器の Drain の機能に対応する仕組みを取り入れるため、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に変更するようにした。つまり言い換えると、流量による連続的な値のみでなく選択による離散的な入力が可能になったとも言うこともできる。使用した楽音は、QuickTime 音色の中の Acoustic Grand Piano, Guitar Fret Noise, Bird Tweet の 3 種類で、それぞれを Sub Drain にマッピングした。

これらの音楽情報を用い、MIDI によって QuickTime 音源を介して発音した。実行風景を図 17 に示す。

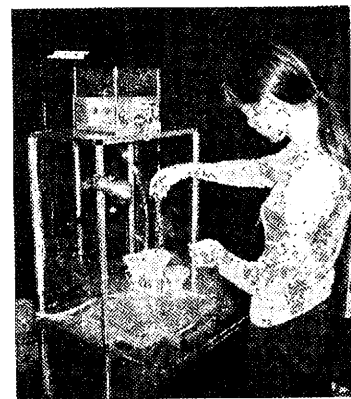


図 17 Tangible Sound #2 の演奏風景
Fig. 17 Performing Tangible Sound #2

3.8 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 を行う

楽器という位置づけで GMI[9]⁴ に参加した (図 18 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.

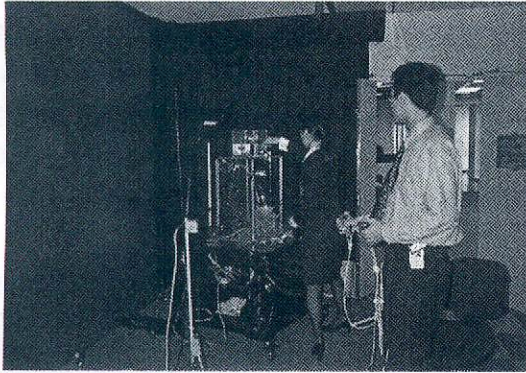


図 18 GMI での Orchestration 楽器としての実行風景
Fig. 18 Performing as an Orchestration Instrument in GMI (General Multimedia Instrument)

4. 考察

4.1 システム実施より

Tangible Sound #2 の Stand Alone モードについて, 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特に違和感はなく, 積極的に水に触れて楽しむ様子が観察された. 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.

Orchestration としての利用⁵ 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. これは協調演奏であり, 各パートの音量に関して操作することは可能だが, 発音タイミングや音高などのパラメータに関しては関わるできない. そのため聴覚的フィードバックが弱く, 触覚フィードバックの方がユーザにより強いインパクトを多く与えてしまうという問題が残った. Orchestration 楽器とするには, 発音タイミングなどについて直接操作性を提供する必要がある.

4.2 入力手段としての水

4.2.1 水の触覚の利用について

水は様々な感覚器に独特のフィードバックを返す. 例えば, 視覚的な光の反射・屈折, 聴覚的には水の音そのもの, 触覚的には温度・水圧といったものが挙げられる. それぞれの感覚に与える水の特性を活かした作品の可能性はある. しかし, インタラクティブ性を十分に活かすためには身体的直接操作感覚が必要だとされる [10] ことを考慮すると, 触覚の利用がインタラクティブアートにおいて重要であることが考えられる.

空気は同じ流体であっても常に我々の肌に触れるものである. しかし水は気体と異なり, 我々の通常生活で常に体の皮膚に触れているものではないため, その触覚は我々の注意をより喚起することができる.

4.2.2 環境的要因の作用について

Stand Alone Mode では, 3.7 節に述べたように下部流量変化を発音タイミングとし, その音高は流量により決定するものとしている. 常に音が出ることで水が常に流動していることを感じるシステムとなった. また, 思い通りに動かせる固体対象ではなく, こぼれ落ちる水による演奏も為されるため, 水を用いたサウンドインスタレーションは環境的要因の作用を取り入れることに有効であると考えられる.

4.2.3 インタラクティブアートと楽器の拡張

インタラクティブアートは, これまでの難解な芸術論や一方的な作品を解釈するという形式と異なり, ユーザが自由に触れてそのインタラクションを楽しみ, 解釈を生むことも芸術の枠内に包括する. そこから, インタラクティブアートは芸術の枠の拡張を担っているとも考えられる.

本システムにおけるインタラクティブ性の特徴は, 日常親しむ蛇口というインタフェースを介して水を用いている点である. ユーザの反応を観察すると, 水遊びの要素はインタラクティブアートとして楽しむのに適していると推測された. そこから水の触覚を楽しむことが重要だということが考察される. またシステム設計では, #1 と #2 のユーザの反応の違いから, 受け皿の準備などによりユーザの行動を誘導するなどのインタフェースの工夫が重要であることを再確認した.

次に本システムの楽器としての位置づけについて再考する. 水という媒体を通してインタラクティブアートの要素をシステムに持ち込むことで, 音楽に触れることへの楽しみや親しみによりユーザがパフォーマーとなることが可能となったと考えられる. これによって, リアルタイムの音楽フィードバックを返す楽器が実現したと考えられ, 従来楽器による音楽の閉鎖的な洗練 (3.1 節参照) の方法を, ユーザに広く拡張することができるかと考察した.

4: GMI: General MultiMedia Instrument Project, メディアにとらわれない汎用的なインタフェースを有するマルチメディアアート製作ツール研究開発の試み

5: performer は米澤

5. おわりに

本稿では、まずインタラクティブアートとサウンドインスタレーションの特徴を位置づけ、楽器インタフェースにおけるインタラクティブアートの要素の有用性について考案した。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るため、楽器入力にリアルタイムの水の触覚刺激を援用し制作したシステムを紹介した。そして、触覚 VR を用いたインタラクティブアートの有用性と、インタラクティブアートの楽しみや親しみによる楽器の拡張について論じた。

システム詳細部の今後の課題を挙げる。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。

次にシステムの展開について考えると、4.2 節に挙げた触覚の活用に限らず、視覚・聴覚を併用し拡張していくことで作品がよりインタラクティブを楽しみやすいものとなると言える。現在水の水の触覚を楽しむ場として、プールなど全身で水を感じるものがある。同様に、楽器にも全身体感的インタラクティブを取り込み没入感を生じさせることにより、今後の楽器インタフェースの新しい展開の可能性がある。

これらを踏まえ 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。

楽器はこれまで音楽の専門家やそれを目指す芸術の体系の内部に含まれていたが、インタラクティブアートの一般性により多くのユーザに開かれたものとなることが可能である。水に触れるインタフェースにより、音に対する触覚 VR を援用し、インタラクティブアートの触れやすさと楽器の音とのインタラクティブの楽しみを同時に満たすことで、従来楽器を拡張すること

につながると考える。

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。

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、創作を含む文化生活に取り入れる契機としたい。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と考えている。

謝辞

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、Rodney Berry 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] 雨宮賢一、田中豊、篠原英一、“空気噴流を用いた指先装着型触覚ディスプレイ”、日本バーチャルリアリティ学会第 4 回大会論文集, pp.41-44, 1999.
- [2] 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, pp.177-180, 1999.
- [3] 米澤朋子、間瀬健二、“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”、情報処理学会研究報告, MUS33-1, pp.1-6, 1999.
- [4] 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, pp.167-168, 1999.
- [5] 宇井のどか、瀬藤康嗣、“Wave Rings”, <http://www.sfc.keio.ac.jp/~noriyuki/pcs/>, 1998.
- [6] 石井裕、“Tangible Bits:情報の感触/情報の気配”, IPSJ Magazine, Vol.39, No.8, pp.745-751, 1998.
- [7] 左近田展康, “Water Machine”, Bumpodo GAL-LERY, 1998.
- [8] Yuki Sugihara, “Water Display”, Conference Abstracts and Applications Computer Graphics Annual Conference Series, pp.183, 1999.
- [9] 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, pp.108-115, 1999.
- [10] 小川正賢, “惑いのテクノロジー”, 東洋館出版社, 1998.
- [11] 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”, 情報処理学会研究報告, MUS26-9, pp.61-66, 1998.
- [12] 山崎弘郎, “センサ工学の基礎”, 昭晃堂, 1985.

(1999 年 12 月 1 日受付)