

Tangible Sound: 流体を用いたインタラクションによる音表現とその拡張

米澤 朋子 †‡, 安村通晃 ‡, 間瀬 健二 †
† (株)ATR 知能映像通信研究所
‡ 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科
{yone,mase}@mic.atr.co.jp, {yone,yasumura}@sfc.keio.ac.jp

Tangible Sound: Design and its Extension of Interactive Musical Expression with Fluid

Tomoko Yonezawa †‡, Michiaki Yasumura ‡, Kenji Mase †
† ATR Media Integration & Communications Research Laboratories
‡ Keio University Graduate School of Media and Governance
{yone,mase}@mic.atr.co.jp, {yone,yasumura}@sfc.keio.ac.jp

概要

本稿は、流体を用いた新しいインタラクションによる音楽表現のための試作“Tangible Sound”について、これまで我々が行ったいくつかの試みや発表をまとめたものである。水は時間により形を変化させ、つかみにくいという物理的な性質を持つ。それと同時に音や音楽は時間により変化するため、そのはかなさに一瞬の美を見つけることが可能となる。我々はこれらのメディアの共通した性質に着目し、水流と音楽の流れを関連付けたインタラクティブシステムを試作した。本文でははじめに本研究の動機とその関連研究を挙げ、水をメディアと見なしインタフェースに取り入れた経緯を述べる。次にTangible Sound #1 と#2 において、水流を測定するセンサとその構成、ひいてはその音楽生成部における試作の経緯とそれぞれの試作段階における問題点を述べる。また、それに基づき Tangible Sound #2 に施した新たな拡張について述べる。最後にこれらの試作から考察した事柄を述べる。

1. はじめに

新たなインタフェースを用いたシステムと、それを支えるハードウェアやソフトウェアが近年多く開発されている。一方、視覚メディアに限らず様々な感覚器に訴えるマルチモーダルインタフェースが考案されつつある中、音響や音楽を表現テーマとして扱う、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。

これらは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となっているが一般化が難しく、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。その中には、電気とは縁遠い水を利用したシステムや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あまり多くない。

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時間変化する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。本論文では従来の音楽演奏ではなく、時間変化する音楽の流れそのものに流体の触覚インタフェースを導入することを考察する。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、拡張された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。すなわち、流体の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脱し、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。

我々は文献[2][3]でTangible Soundの初期システムを提案し、水を介し音に触れるインタフェースの可能性を示した。その後流れのSourceとDrainというコンセプトを導入し、センサを機械式から電気式に変更したより柔軟なシステムを構成し、Tangible Sound #2と名づけ文献[4][5][6]で紹介した。更に音楽的な表現の複雑さを追求するため、システムのハードウェア・ソフトウェアの機能追加を行った[7]。

本稿ではこれらをまとめて、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実装したシステム“Tangible Sound”のコンセプトと実装方法と考察について総括する。以下2節では関連する作品と研究を概観する。3, 4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、5節ではその拡張を詳しく述べる。更に6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、7節でまとめとする。

2. 関連研究

水を用いたインスタレーションの例としては、古く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との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。

Sommererら[8]のA-Volve、土佐[9]のUnconscious Flowでは水の親しみやすさを導入し、水の存在するインタフェースを構築しているが、水をインタラクションのメディアとして積極的に利用していない。杉原[10]のWater Displayは、水を映写環境に用い視覚的表現メディアとして導入する例として注目できるが、水との相互作用を用いることの利点には多く触れていない。宇井ら[11]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ーに音が

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。これは物理的要因(ここでは音)による水への入力作用をアクチュエータとして用いたシステム構成として興味深い。これらに対し我々は、音表現という用途において入力インタフェースに水を用いた。

石井[12]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。我々の研究では、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。

我々の研究に最も関連が深いと考えられるのは、左近田[13]のWater Machineである。水の波をA/D変換を用いて音にマッピングし、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。しかし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. Tangible Sound #1 のデザインと試作

3.1 Tangible Soundの源コンセプト

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(a)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。

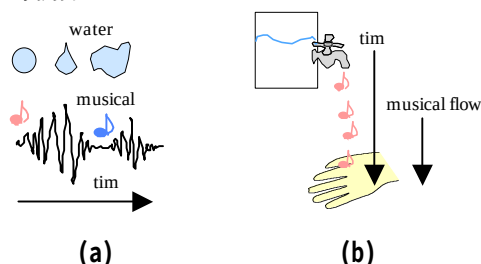


図1: 水と音の時間による変化の共通性

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。

我々は素材として流体の中から水を選定した。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。その要因として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を用い、楽器としての利用シーンの広がりを生みだせると考えた。

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。

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、「ためられた水」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1(b)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2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ういた楽器が構成できる。

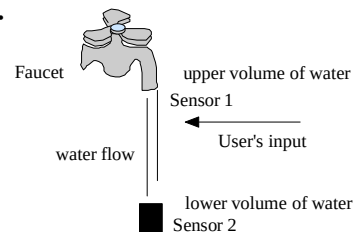


図2: Tangible Sound のモデル: 上部流量と下部流量

3.2 Tangible Sound #1 のハードウェア構成

上記のモデルを用いて、Tangible Sound #1[3]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3参照)。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。

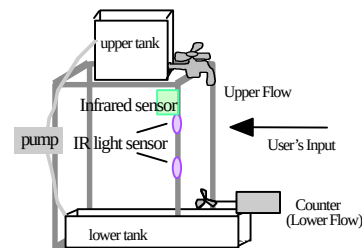


図3: Tangible Sound #1 のシステム構成

3.3 センシング手法 #1 -機械的センシング-

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。蛇口と回転角センサ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4(a)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(b)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を検知することとした。

これらのアナログデータを i-Cube² に送り、MIDI

¹ ここでは、水への tangible な作用に代らない、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

² i-Cube: MIDI を扱う A/D 変換器

Interface を介してシリアルで Macintosh に入力する(図 5 参照)。このようにして構築した Tangible Sound #1 の外観を図 6 に示す。

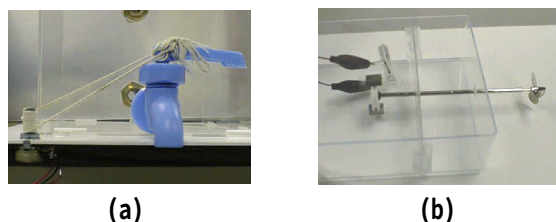


図 4: Tangible Sound #1 におけるセンサ

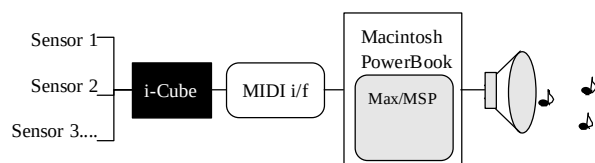


図 5: アナログセンサ入力から音楽出力



図 6: Tangible Sound #1 の外観

3.4 Tangible Sound #1 のソフトウェア

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 種類の要素を用いた同時入力を考えた。

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かった。

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 7 参照)。

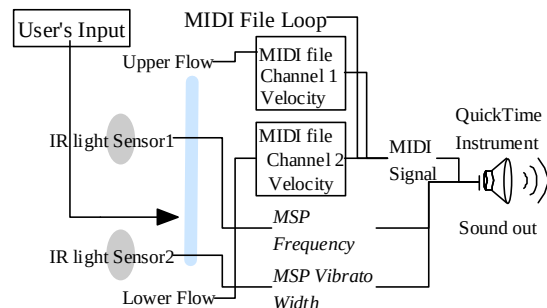


図 7: Tangible Sound #1 のソフトウェア構成

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いえない。

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。

4 Tangible Sound #2 のデザインと試作

4.1 Source & Drain コンセプトの導入

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

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

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

	媒体	Source	Drain
従来管楽器	空気	吹込口	押さえる穴
TangibleSound	水	蛇口	漏斗

4.2 センシング手法 #2 -電気的センシング-

本システムでは Tangible Sound #1 におけるセンサの設置方法などを変更し、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。

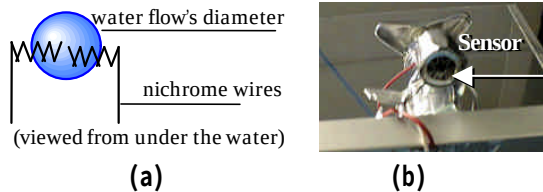


図8: 上部流量センサの仕組み

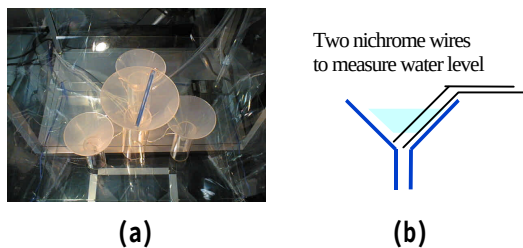


図9: Main Drain と Sub-drain

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流の直径の計測が図8(a)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。この回路を蛇口の直下に設置することにより、上部流量を検出した。実際に水流の直径計測のセンサを蛇口の下に取り付けた様子を図8(b)に示す。これにより、市販の流量センサを蛇口下部に取り付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。

下部流量については、Drain として漏斗を準備した。図9(a)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ーの行為を音に反映する役目を果たす。

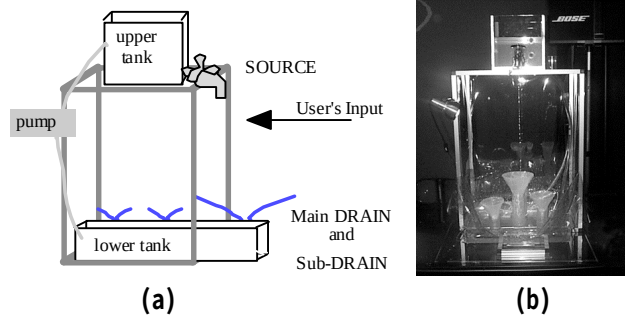


図10(a): Tangible Sound #2 のシステム構成

図10(b): Tangible Sound #2 の外観



図11: Tangible Sound #2 の演奏風景

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(図9(b) 参照)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10(a)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10(b)に示す。この実行風景を図11に示す。

4.3 ソフトウェア#2-1: 楽器制御

Tangible Sound #1 からのセンサシステムの改変を反映し、#2 における楽器制御 モードとしてソフトウェアの再構築を行った(図12 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。

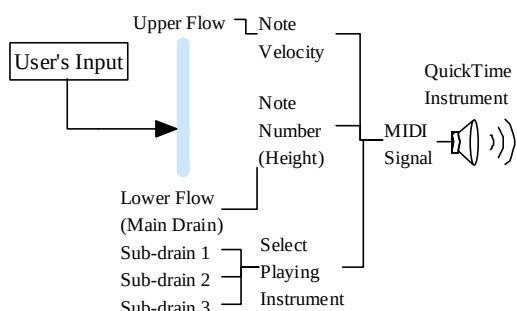


図 12: 楽器制御(#2-1)のソフトウェア構成

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える。ここで使用した楽音は、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。

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。

4.4 ソフトウェア#2-2: Orchestration 音量制御

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 を行う楽器として GMI⁴ [14]に参加した。

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。

デモ演奏の試行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は困難だった。各パートの音量の操作のみ可能であるため、同時に他の演奏楽器のパートにおいて発音がなければ変化を感じることが出来ない。そのために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ーにより強い印象を与えてしまうという問題が残った。Orchestration 楽器とするには、直接操作性を提供するためにあらかじめ決められた楽譜を演奏するなどの協調演奏の必要があると考えられる。

5 Tangible Sound #2 の拡張

5.1 Drain メタファによるセンシング手法の拡張

4.3, 4.4 節におけるソフトウェアの試行では楽器制御・Orchestration 共に各 Sub-drain は on-off の信号のみ用いたため、音の表現に限界があった。Drain の個数が少なく、水の飛散を測定するには不十分であるため、本来の目的を果たすには満たない。

ここで、Tangible Sound #2 における Source and Drain メタファについて再度考えた。従来管楽器における演奏では、Drain の選択と同時に呼気によって Source の量も調節している。複数の Drain を選択することにより Drain から実際に出ていく空気量は呼気による Source と同じではなくなる。そのため、水を受け止める Drain ごとに流量を計測することが必要であると考えた。

そこで Sub-drain でも、水の飛散を計測するのではなく Main Drain と同様にそれぞれの流量を計測するため、図 9(b)のセンシング手法を Sub-drain にも導入することでハードウェアを改良した。そして、各 Drain の流量を音楽要素へ反映しようと考えた。

また、当初は識別のために変化をつけた各 Drain の高さの違いを、音楽要素の緊張度に反映するように利用し、以下の 2 種類のソフトウェアを試作した。

5.2 ソフトウェア#2-3: 音階制御

音階制御では、上部流量は 4.3 節と同様に各 MIDI note の音量と音長を決定する。しかし下部流量ではそれぞれの Drain に、その高さの降順に、E-flat, F-minor, G-minor, A-flat の音階の Table をマッピングし(図 13 参照)、水を受け止める難しさを音楽的

⁴GMI: 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。つまりここでの Orchestration は従来楽器ではなく新たな他のマルチメディア楽器に対し音量制御を行ったものである。

⁵ performer は米澤

緊張に反映することを狙った。そしてそれぞれの受け止める流量を反映した音高の note を出力する機構とした。これによりユーザは水を流し入れる Drain を選択し和音を変化させることができるようになった。

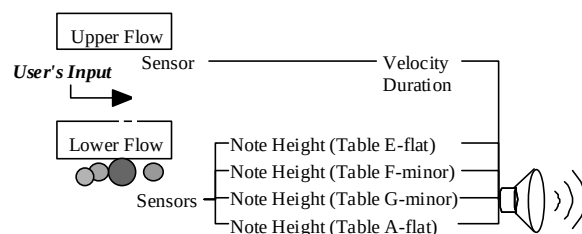


図 13: 音階制御タイプのソフトウェア構成

5.3 ソフトウェア#2-4: 音響制御

次に音響制御では、本来の水の音を用いた連続的な操作と、それに伴う連続的な音の変化の実現を狙った。あらかじめ水の音を録音し、5トラックの同じ水の音を循環させる。まず上部流量は音量と同時に再生速度を決定する。ここで上部流量と Main Drain における下部流量の差分が閾値を超えたとき、水流に対するユーザの入力があつたと見なし、5つの水の音に共鳴フィルタをかけた。この時フィルタの中心周波数を、音階制御と同じく E-flat, F-minor, G-minor, A-flat の和音の Table により与えた。これにより、4.5 節と同様に Drain の選択により和音の変化を楽しむと共に、ユーザは水を触れることにより、音色が水の音から音楽的な和音へ連続的に変化することを感じることが出来るようになった。

6. 考察

6.1 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、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[15]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。水は空気と異なり、我々の生活で常に触れている対象ではないため、時間変化している水圧は我々の注意を更に喚起することができる。つまり水を用いたインタフェースは、時間により形を変化させる流体を触覚・視覚的に認識させる。

よって本システムでは水の触覚を用いることにより、水と音や音楽の変化が結びついたような操作感

覚を生むことに成功したと考えられる。

また、本システムでは水自身とのインタラクションに限らず、日常親しむ蛇口を介して水を用いている。他にも、Tangible Sound #2 における水の受け皿を用意したことがユーザの操作行動を誘導する結果をもたらした。周辺のインタフェースデザインの工夫が水とのインタラクションを触発する意味においても重要であることが経験的に確かめられた。

6.2 環境的な要因の作用

4.3 節の楽器制御モードと 5.2 節の音階制御では、下部流量変化を発音タイミングとした MIDI の note がハードウェアのクロックにより出力され、その音高は流量により決定する。水自身の動きにより下部流量における水位が変化し発音タイミングとなるため、水が常に流動していることを感じさせ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。

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独特な音のマッピングを更に考慮する必要があるだろう。

6.3 音楽インタラクションの拡張

公開展示の反応より、水遊びの要素を更に導入することで効果的な没入感を付与できることが推測される。水の触覚そのものが、楽しめるフィードバックとして重要な効果をもたらしている。

水を触覚メディアとしてシステムに持ち込むことで、ユーザが音楽に触れることへの楽しみや親しみを得ながらパフォーマーとなることが可能になったと考えられる。そして、楽しみを伴い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ことにより、従来楽器による演奏からユーザ層を拡張することができると思われる。

7. おわりに

本稿では、流体を用いたインタラクションによる音や音楽の表現制御のための試作、Tangible Sound #1 と #2 について紹介した。音表現の入力にリアルタイムの水の触覚刺激を援用し、時間経過による水の形状変化と音の変化を関連付ける経緯を述べた。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、その楽しみや親しみによる楽器の拡張について考察した。

今後の課題として、水流制御の改変が考えられる。現在一つである蛇口を複数にすることで、複数ユー

ザの参加を可能にし、限定されていた音制御のパラメータを増やすことができる。また、「流れている水」のみでなく「ためられた水」に対する作用をセンシングすることも興味深い。そのためには、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を用い、水の触覚の援用を促進できると考えている。また、飛散・渦など場や広がりのある値を計測すれば、より複雑な水への入力が可能になる。

最後に、応用について述べる。現在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ション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

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親しみやすさにより多くのユーザに開かれたシステム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音表現とのインタラクション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ている。

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西本一志氏、中津良平社長、慶応義塾大学環境情報学部の田中龍元客員教授、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，“音楽作曲とプログラミング”，情報処理学会夏のプログラミングシンポジウム報告集，pp.79-88，1999。
- [3] 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。
- [4] 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。
- [5] 米澤朋子、間瀬健二，“流体による楽器インタラクション”，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol.5，

No.1，pp.755-762，2000。

[6] 米澤朋子、間瀬健二，“Tangible Sound #2 における楽器インタラクション”，情報処理学会 Interaction2000 シンポジウム，IPSJ Symposium Series，Vol.2000，No.4，pp.141-142，2000。

[7] Tomoko Yonezawa, Kenji Mase, “Tangible Sound: Musical Instrument Using Fluid Media,” ICMC2000 proceedings, pp.551-554, 2000, Aug.

[8] Christa Sommerer and Rautent Mignonneau, “Interacting with Artificial Life: A-Volve”, COMPLEXITY, John Wiley & Sons, Inc., Vol.2, No.6, pp.13-21, 1997.

[9] Naoko Tosa, “Unconscious flow”, SIGGRAPH Electronic Art and Animation Catalog, pp.11, 1999.

[10] Yuki Sugihara, “Water Display”, Conference Abstracts and Applications Computer Graphics Annual Conference Series, pp.183, 1999.

[11] 宇井のどか、瀬藤康嗣，“Wave Rings”，<http://www.sfc.keio.ac.jp/~noriyuki/pcs/>，1998。

[12] 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。

[13] 左近田展康，“Water Machine”，Bumpodo GALLERY, 1998。

[14] 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.

[15] 小川正賢，“惑いのテクノロジー”，東洋館出版社，1998。

[16] 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。

[17] 山崎弘郎，“センサ工学の基礎”，昭晃堂，1985。

米澤朋子(よねざわともこ)

1999 年慶応義塾大学環境情報学部卒。現在同大学大学院政策・メディア研究科修士課程在籍。1999 年 9 月より ATR 知能映像通信研究所第二研究室にて学外実習中。音楽インタフェースに関心。VR 学会、日本音楽知覚認知学会、情報処理学会各学生会員。

安村通見(やすむらみちあき)

1978 年～90 年 日立製作所中央研究所にて並列コンパイラ等を研究。現在、慶応義塾大学環境情報学部教授。マルチモーダルインタフェースに関心。ヒューマンインタフェース学会、ソフトウェア科学会、情報処理学会、認知科学会、教育工学会、ACM、IEEE 各会員。博士(理学)。

間瀬健二(ませけんじ)

1981 年日本電信電話公社入社。1995 年より ATR 知能映像通信研究所第 2 研究室長。コンピュータグラフィックス、画像処理およびエージェント技術のヒューマンインタフェースへの応用の研究に従事。IEEE、ACM、情報処理学会、電子情報通信学会、VR 学会各会員。博士(工学)。