

流水を利用したインタラクションの提案と実装

小谷野 さとみ^{*1} 椎尾 一郎^{*1}

Appliance control using flowing water

Satomi Koyano^{*1}, Itiro Siio^{*1}

Abstract - Water is one of the necessities of life and is always used in many household activities. Some actions such as controlling electronic appliances are limited while these activities, because hands are wet. To get rid of this limitation, this study proposed the system of controlling electronic appliances by using interaction with water. This system takes resistance values from electrodes attached to the edge of the sink and the tap, and sends the values to the program controlling PC applications. User's gestures in the flowing water from the tap make the changes of the resistance, and can control the applications, in such ways of changing the system volume and soundtracks, playing and pausing of music.

Keywords: water, gesture, appliance control, kitchen

1. はじめに

台所や浴室など、我々の日常生活において水を利用するシーンは多い。一方で、水で手が濡れている場合は行動が制限されることがある。例えば台所での洗い物等の水作業中に電化製品を操作したい場合、それらの機器が濡れたり汚れたりしないために、作業を中断し濡れた手を拭く必要がある。またそのような電化製品が離れた場所にあった場合は、手を拭いて操作しにくいのが煩わしいと感じることもある。そこで本研究では、水作業中でも作業を中断することなく電化製品を操作できるシステムを提案、実装する。

本研究で試作した手法は、台所場で AV 機器などをコントロールすることを目的に、耐水性のある入力デバイスを利用する。特に、蛇口から流れる水とのインタラクションを利用することで、手の汚れを気にせず操作できることが特徴である。水を利用したインタラクティブな研究は過去に多く存在し、その多くがエンタテインメント性を追求したものである。水流とのインタラクションは楽しく魅力的なものであるため、これを実用的な入力インタフェースに利用することで、実用性とエンタテインメント性の両方を兼ね備えた入力手法を目指した。

2. 実装

2.1 水の電気的性質

水作業中でも手の汚れを気にすることなく電化製品の操作を行うために、本研究では蛇口から流れる水をインタフェースとして利用する。操作方法として、蛇口からの流水に手をかざし様々なジェスチャをすることで家電の操作を行う方法を考えた。流水の中で手の動きを検出する方法として、水の静電容量の変化や電気抵抗値の

変化を利用することが考えられる。このうち静電容量について測定を試みたところ、静電容量はノイズなどの周囲の環境によって大きく左右されやすいことがわかった。その一方で、電気抵抗値は比較的安定した測定値が得やすいことがわかった。図1は給湯室、研究室（鉄筋コンクリートビル）のシンク、大学内実験住宅（木造一戸建て）のシンクというそれぞれ環境の違う場所で、テスターのプローブをそれぞれ蛇口の口とそこから出る水に当て、水柱の長さに対する抵抗値を測った結果である。また図2は、実験住宅内のシンクにおいて、水の強さを強、中、弱の三段階に変え、それぞれの水柱の長さに対する抵抗値を測った結果である。これらの結果から、水の電気抵抗値は、測定する場所や水の強さが変わっても、水柱の長さに比例して安定して変化することがわかった。よって本研究では、水の電気抵抗値の変化を利用し様々な操作を行うシステムを提案、実装することにした。

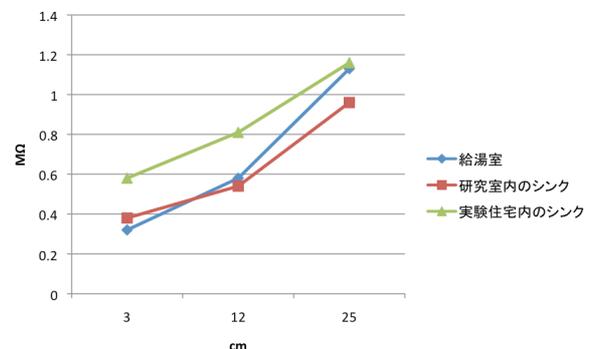


図1 別環境における抵抗値の変化
Fig.1. Electronic resistance values of water flow in three kitchens.

*1: お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科

*1: Graduate School of Humanities and Sciences, Ochanomizu University

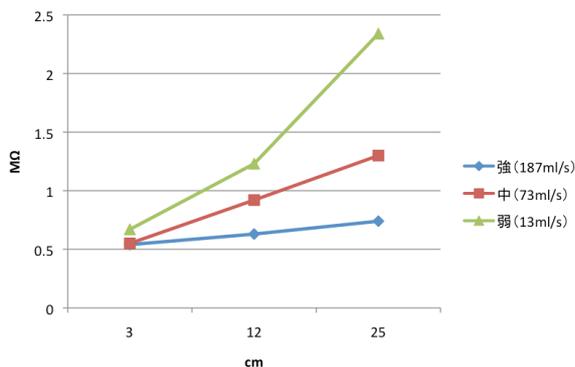


図2 水の強さにおける抵抗値の変化
Fig.2. Electronic resistance values in different water current.

2.2 システム概要

蛇口から流れる水の電気抵抗値が水柱の長さに応じて変化することを利用し、図3のようなシンク周りのシステム構成とした。抵抗値を測定するための電極はそれぞれ蛇口の口とユーザが触れるためにシンクの縁に取り付けた耐水パネルとなっている。図4のようにパネルはポリプロピレン板に7cm×10cmのアルミニウム箔を貼ったものを試作した。ユーザがシンクに立ち、片方の手は流れている水にかざし、もう片方の手はパネルに触れることで、蛇口、水、ユーザ、パネルを経由した回路ができる。ユーザがかざした手を上下させることによって水柱の長さを変化し、それに応じて抵抗全体の抵抗値が変化する。この抵抗値変化の検出にマイクロコンピュータ Arduino 内蔵の AD 変換器を用いた。

Arduino はアナログピンを通じて 5ms ごとに抵抗値を測定する。ここでサンプリング周波数を約 200Hz としたのは、これが電源周波数(50Hz)の偶数倍であるため、ラインノイズを低減できると考えたからである。測定値を一定数取得したら平均値を出す。ここではシステムに 100ms で応答してほしいと考え、20 個の値を取得したら平均値を計算するように設定している。求められた平均値は、Arduino のシリアル通信機能により、100ms ごとに PC (OS は Mac OS X) 上の Python プログラムに送信される。Python プログラム上では受け取った値に応じて OSA¹ を呼び出している。呼び出された OSA はアプリケーションのプロセスに AppleEvent² を送る。今回はシステム音量の変化と iTunes の操作を実現した。システムを利用している様子を図5に示す。

1: Open Scripting Architecture:Mac OS 上でプロセス間通信を実現するための機構

2: MacOS で採用されているプロセス間通信の protocols Apple Event Interprocess Messaging Protocol(AEIMP)で送受信される高水準イベント

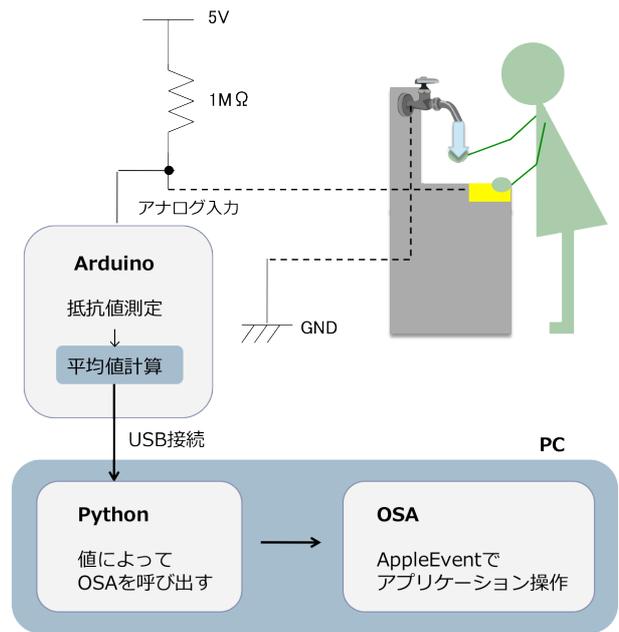


図3 システム構成
Fig.3. Overview of the system.



図4 電極パネル
Fig.4. The touch panel.

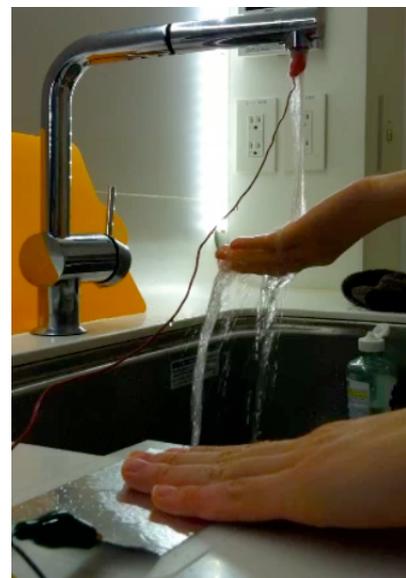


図5 システム利用の様子
Fig.5. A user gesturing in the current.

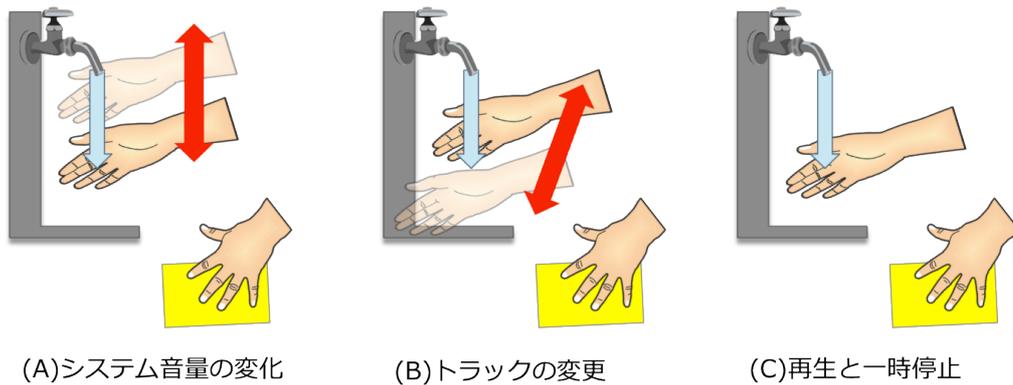


図 6 それぞれの機能の操作方法
Fig.6. Three gestures implemented by the prototype.

2.3 操作例

開発したプログラムは、ユーザが蛇口からの水流のなかで手を動かすことで行う 3 種類のジェスチャを認識する。いずれも片手をパネルに触れながら、もう一方の手を流水にかざすジェスチャである。流水に手をかざす動作は、日々の家事で一般的であるため、機器操作のためのジェスチャであることを明示する機構が必要である。本システムは、ユーザが片手をパネルに触れているかどうかにより、水作業と機器操作ジェスチャを弁別する。以下に詳細を示す。

2.3.1 システム音量の変化

図 6(A)はユーザが流水の中で手を上下に動かすジェスチャである。これにより PC のシステム音量を変化させる機能を実装した。通常の家事でユーザが水に手をかざしても、電極に触れなければ回路は閉じず抵抗値は無制限になる。片方の手を電極に触れ、もう片方の手を水にかざすことで、人と水の回路が構成される。この時点、すなわち無限大から抵抗値が下がった時点での抵抗値を、初期値とする。手を上に動かすと、取得できる値は初期値よりも低くなる。このとき PC のシステム音量を大きくする。また逆に、水流に手をかざした後、下に動かすと、抵抗値は初期値よりも大きくなる。このときシステム音量は小さくする。水の強さが中程度の水流の場合、約 $0.1M\Omega$ で音量が 1 段階ずつ変化するように設定したところ、5 段階の音量変更が実現できた。

2.3.2 トラックの変更

次に iTunes 上でのトラックの変更を行う機能を実装した。これは、図 6(B)に示すようにユーザが水を切るように手を通過させると一瞬回路がつながることを利用している。ユーザの手が水に触れたとき、Python プログラム上で 100ms ごとにカウントを始める。ユーザの手が通過するとカウントをやめる。このカウント数があらかじめ決めた値以下だった場合、手が一瞬通過したと判断してトラックの変更を行う。例えばこの値を 10 と設定すると、手が水に触れている状態が 1 秒以下ならトラック変更を行う。1 秒以上手が水に触れていた場合は、カウ

ト数は 10 を超えるのでトラック変更は起こらない。

2.3.3 再生と一時停止

同様に iTunes 上での再生と一時停止を行う機能を実装した。図 6(C)に示すようにユーザが水にかざしている手を同じ場所で一定時間留めると、音楽が再生していた場合は一時停止、一時停止していた場合は再生を行う。トラック変更の場合と同様に手を入れた時に 100ms ごとにカウントを始め、一定カウント以上抵抗値の大きな変化がなければ再生もしくは一時停止を行う。例えばカウント数 30 以上と設定すると、3 秒間同じ場所で手を留めておけば再生もしくは一時停止を行うことができる。

3. 考察

以上の 3 種類の機能を備えたプログラムを実際に実験住宅内のキッチンシンクで動かしたところ、水作業をしながら音楽の音量変化、トラックの変更、再生と一時停止を行うことができた。再生と一時停止を行う際の停滞時間については、今後最適化の必要があると思われる。停滞時間を長く設定すれば、誤動作を避けることができる一方で、応答速度が低下する。また水の無駄遣いにもなる。誤作動が起こらず、かつスムーズに機能が動作するための適切な停滞時間を検討する必要がある。また水柱の長さを利用して音量操作するジェスチャでは、流す水の強さによって抵抗値の振れ幅が変化するため、これに対処できるような閾値の設定を考える必要がある。例えば、ユーザが最初に手を水流にかざした時の初期値にしたがって、音量変化の閾値を変えることで、水量の違いにある程度対応できると考えている。

4. 関連研究

人と水とのインタラクションをエンタテインメントに応用した研究には以下が挙げられる。Tangible Sound[1]は、ユーザが出した水の量をセンサで測定し、これを音楽のパラメータとして音楽を生成している。一方、[2]のシステムでは、水槽に水を満たし、これに手を差し入れたユーザによる水面変化を検出し、変化の大きさに応じ

た音と映像を投影する。さらに[3]は、蛇口を急に締めた際の水道管内の圧力変化によって起こる water hammer という現象を利用し楽器を作成している。本研究では、人と水とのインタラクションの楽しさを生かしつつ、機器の操作に応用する試みを行った。

一方、水を利用した入力手法として、Bathcratch[4]は、水で濡れた浴槽をこする操作を提案し、これによりスクラッチ音が鳴る仕組みを実現している。また家庭内の水道を利用した研究に HydroSense[5]がある。これは、水道管の1カ所に取り付けた水圧センサを用いて、ユーザの様々な水利用行動を検出している。

5. まとめと今後の予定

水の電気抵抗値の変化を利用したインタフェースを提案し、Arduino, Python, OSA を用いて実装した。また機能として、システム音量の変化、iTunes でのトラックの変更、再生と一時停止を実現させた。

今後はより機能を拡張し、自然かつスムーズな機能の切り替え方法の検討、水の強さなどの可変的な条件にも対応できる検出方法の検討を課題として取り組んでいきたい。また考察で述べたようなパラメータの動的最適化を行い、実用的なシステムとしたい。また機能を増やした際の複数機能の切り替え方法の検討も今後の課題として挙げられる。現在、蛇口やシンクにタッチセンサなどをつける方法を考えている。

また、今回実装した音楽再生リモコン機能の他に、よ

り生活に密着したその他の機能の案として、家電の電源の On, Off や、温度、火加減、明るさの調節などへの応用も可能である。また浴室や洗面所など、キッチン以外の水場でも応用できるような機能も今後考えていきたい。また実用面だけでなく、楽器やエンタテインメント性への応用も検討したい。

6. 参考文献

- [1] 米澤 朋子, 安村通晃, 間瀬 健二 : 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 ; 16thNICOGRAPH/MULTIMEDIA 論文コンテスト, pp127-134(2000)
- [2] 趙 慧寧, 木下 雄一朗 : 水とのインタラクションを利用した音楽表現システムの提案 ; 第 71 回情報処理学会全国大会講演論文集, pp4.247-4.248(2009)
- [3] Steve Mann, Ryan Jansen, Jason Huang, Matthew Kelly, Lei Jimmy Ba, Alexander Chen : User-interfaces based on the water-hammer effect: water-hammer piano as an interactive percussion surface ; TEI'11, pp1-8(2011)
- [4] 平井 重行, 榊原 吉伸 : Bathcratch: 浴槽こすり音を利用した日常生活環境組み込み型楽器 ; 情報処理学会研究報告 2011-MUS-90(2), pp1-6(2011)
- [5] Jon Froehlich, Eric Larson, Tim Campbell, Conor Haggerty, James Fogarty, Shwetak N. Patel : HydroSense: Infrastructure-Mediated Single-Point Sensing of Whole-Home Water Activity ; Ubicomp'09, pp235-244(2009)