

## 叩打音を利用した操作インタフェースと浴槽への適用

伊藤大毅<sup>†1</sup>京都産業大学大学院先端情報学研究科<sup>†1</sup>平井重行<sup>†2</sup>京都産業大学コンピュータ理工学部<sup>†2</sup>

## 1. はじめに

日本の浴室には給湯器などのリモコンが壁に固定されており、高齢者や身障者には操作が辛い環境であると言われている。我々は、これまでエンタテインメント要素を含めて、浴室でのQoL向上を目指して様々な研究を行ってきた。浴槽内部に静電容量タッチセンサを埋め込むTubTouch[1]システムでは、給湯機や照明など既存機器のリモコン機能だけでなく、親子で入浴中に数を数える行為を支援する実際の生活に即したアプリや、メディアアート作品など[2]これまでにない浴室内の楽しみ方を提案するに至っている。ただ、TubTouchでは操作メニューの表示を常に行うわけにはいかず、通常の浴槽への出入りでもセンサが埋め込まれた縁に触れることはあるため、メニュー表示タイミングを明示的に指定する手法が必要であった。そこで、静電容量センサと同様に piezo センサを埋め込むことで、叩打音を検出する案が示された。我々は、この piezo センサによる叩打音入力機能を拡張し、TubTouchと同様に汎用的に利用できる操作インタフェースを提案した[3]。今回、我々は浴槽縁上の叩打位置（叩いた場所）を用いる処理だけでなく、叩打音色（叩き方）や叩打パターン（叩くリズム）までも用いて、より様々なユーザインタフェースで汎用的に活用できるシステムを目指し、システムの実装を行っている。本稿では、その叩打位置や叩打音色それぞれの処理内容について延べ、具体的な応用例についても説明する。

## 2. システム概要

## 2.1 システム構成

日本国内で普及しているシステムバス浴槽で、その縁の裏側に piezo センサを複数設置し、浴槽叩打音による浴槽自体の振動を直接計測して音響信号処理を施すことで各種の操作インタフェース

を実現する（図1参照）。そして、叩打音の音響信号に対し、「叩打位置」「叩打音色」の認識を行う。次節以降では、それぞれの処理について説明する。

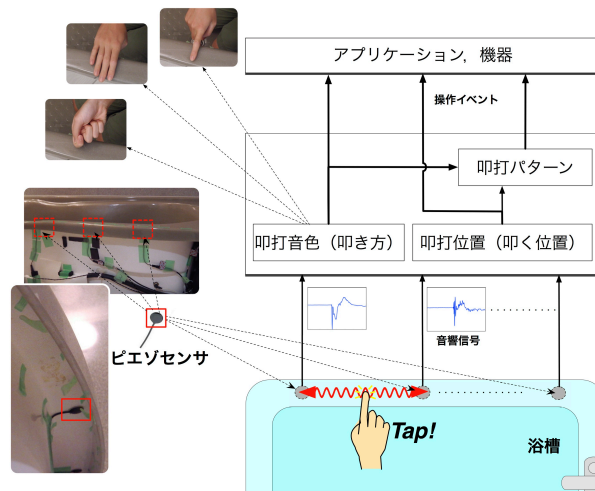


図1 浴槽インタラクションシステムの構成

## 2.2 叩打位置検出

浴槽裏側に設置した piezo センサによって叩打位置検出を行う。位置検出の仕組みとしては、センサ数の増加に伴う設置困難さと複数チャンネルの信号処理での計算負荷の増加を考慮して、なるべく少ないセンサ数で実現できる方が良く考える。また、TubTouchで用いられているような静電容量センサ等の他システムとの併用を考慮すると、柔軟にセンサを設置できるシステム構成の方が良い。これらのことから、piezo センサを多数連続で並べるのではなく、一定距離で離して設置し、後打音の振動がセンサに伝搬するまでの時間差を利用して叩打位置を算出する方法[4]をとることにする。

## 2.2.1 初動検出処理

時間差による位置検出を実現するためには、叩打による振動がセンサへ到達する時間を正確に求める必要がある。そのため、叩打音の振幅がある閾値を超えた時刻を初動（振動がセンサに到達した時刻）として検出する。ただ、閾値によってはわずかな叩き方の違いで振幅の時間変化が著しく、検出時刻のばらつきが大きくなり十分な位置検出

精度が得られない。そこで二乗平均平方根 (RMS) により波形の時間変化を平滑化して閾値処理する手法を用いる。これにより、振動が増加し始める瞬間のみを的確に検出できる。

### 2.2.2 叩打音位置検出のための振動解析

叩打音の初動を検出する適切な閾値と、RMS 処理時の波形切出し用の矩形窓の幅は未知である。これらは浴槽の材質、形状等によっても変化することが想定できる。これらの適切な値は、予め収録した叩打音データを解析することで求める。図 2 は、叩打音から求めた閾値と RMS 窓幅での各叩打位置の振動伝搬時間をプロットしたものであり、叩打位置がセンサから 100~300mm 離れていれば伝搬時間が重複せず、位置判別が可能であることが分かる。この結果から、適切な閾値、RMS 窓幅を求めることができる。解析手法と結果の利用は、新たに適用する浴槽環境に対するキャリブレーション手法として利用できる。

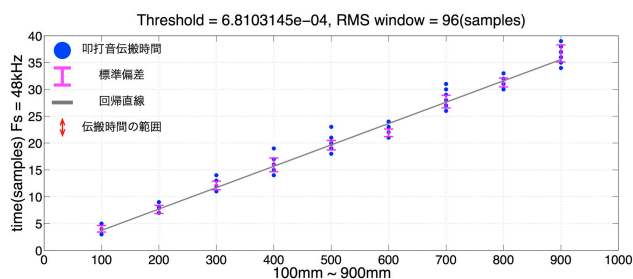


図 2 各叩打位置の伝搬時間と回帰直線

### 2.3 叩打音色検出

叩打音色検出に関する処理としては、Lopes らのシステム[5]や Harrison らのシステム[5]がある。これらではピエゾセンサで計測した叩打音色を周波数解析によって指先や拳での叩打を区別しているが、多少のタイムラグのある手法である。また、Possessing Drums[6]は入力音を駆動と伝達関数に分割し。伝達関数を別の音色に差し替えることによって音色の変換を実現している。これによりリアルタイムな叩打音色の変換を行っており、瞬時の反応を必要とするシステムに応用できると考えられる。また、コンピュータ以外にはセンサとしてマイク 1 本のみが必要で、単純な構成で実現できる利点もあり、本システムへも容易に適用できると考える。これらのことより本研究では、Possessing Drums のアルゴリズムを利用してリアルタイムな叩打音色検出処理を実装している。

### 3. 叩打音を利用するアプリケーション

本システムの応用例として、TubTouch システムにおけるメニュー表示の ON/OFF 切り替え操作を、浴槽を特定位置、特定の叩き方で 2 度タップすることでユーザが明示的に操作することが考えられる。また他の既存システムの ON/OFF のコントロールも可能であると考え。また、本研究では叩打位置と叩打音色に対応したサウンドを鳴らすエンタテインメントシステム”BathDrum”を提案し実装している[7]。他にもお風呂で楽しめるアプリケーションとして、もぐらたたきゲームと、クイズやなぞなぞ遊びを支援する早押しクイズボタンを実装している (図 3 参照)。



図 3 叩打音を利用したアプリケーション

### 4. おわりに

本稿では、浴槽縁を「叩く」インタフェースを提案し、そのシステム概要と叩打位置検出、叩打音色検出処理について述べた。また、それら処理を用いた応用システムについて紹介した。今後はこれらの性能評価やユーザ評価を行う予定である。

### 参考文献

- 1) 榎原吉伸, 林宏憲, 平井重行, TubTouch: 湯水の影響や自由形状への適用を考慮した浴槽タッチ UI 環境, 情報処理学会論文誌 Vol.53, No.4, 2013.
- 2) Shigeyuki Hirai, Yoshinobu Sakakibara and Seiho Hayakawa. Bathcratch: Touch and Sound-Based DJ Controller Implemented on a Bathtub, Proc. of ACE2012, pp.44-56, 2012.
- 3) Daiki Ito and Shigeyuki Hirai, Tap Location User Interface on a Bathtub Edge Using Embedded Acoustic Sensors, Proc. of AmI2014, LNCS8850 (2014)
- 4) Joseph A. Paradiso, Che King Leo, Nisha Checka, Kaijen Hsiao. Passive acoustic sensing for tracking knocks atop large interactive display, Proc. of the 2002 IEEE International Conference on Sensors, pp.512-527, 2002.
- 5) Pedro Lopes, Ricardo Jota, Joaquim A. Jorge. Augmenting touch interaction through acoustic sensing, Proc. of ITS2011, pp.53-56, 2011.
- 6) Kazuhiko Yamamoto. Possessing Drums: An Interface of Musical Instruments that Assigns Arbitrary Timbres to Personal Belongings, Journal of Information Processing, Vol.21, No.2, pp.274- 282, 2013.
- 7) 伊藤大毅, 平井重行: 浴槽叩打音を利用したお風呂ドラム BathDrum の叩打位置検出, 情処研究報告 2013-EC-29-1, 2013.