

ユビキタス住環境の音楽システム化による 新たな日常生活音楽経験プラットフォームの創出

平井 重行¹

概要： 筆者はこれまで、浴室を中心にセンシングシステムを組み込んだユビキタス住環境について研究を行ってきた。その幾つかの応用システムは、インタラクティブな音楽を生成・演奏するものであり、従来の完成された音楽を鑑賞するものと違い、日常生活の中で自らの生活行為・行動を音楽やサウンドとして表現することができる。これらは従来ならばインタラクティブなコンピュータ音楽作品として特定場所で展示・体験されてきたものを、一般住宅へ持ち込むという新たな側面を持っている。そして、そのシステムで利用されるサウンドや音楽トラックは、基本的に入れ替えが可能なものであり、システムによっては Max パッチによりインタラクションの形そのものを変えることすら可能である。これらの形式を用意していることから、様々なサウンドデザイナーや音楽家による作品を導入することもできる。本報告では、インタラクティブシステムという接点から、サウンドデザイナー・音楽家と一般の生活者とを結びつけることについて、システムの研究開発例と共に考察・議論を行う。

1. はじめに

音楽情報処理の研究やその他科学技術の発展により、テクノロジーを利用した新たな音楽の作り方や表現方法、また演奏（楽器やパフォーマンス）が拡がりを見せている。そして、音楽解析技術や Web などの技術と共に音楽を聴く行為についても、様々な展開を見せている。

ただ、それらは従来の音楽活動である作編曲、演奏、鑑賞という枠組みを扱うものが多い。筆者はそれらを踏襲しつつも、音楽のスキルや知識という観点を除外して日常生活そのものに音楽を如何に溶け込ませるか、またコンピュータならではのインタラクティブ性を活かして日常生活に音楽をどう持ち込んで有効活用するか、という観点で幾つかの研究を行ってきた。加えて、筆者は実際の住宅を IT 化する形のユビキタス住宅をプラットフォームにした研究も行ってきた。その中の幾つかは、インタラクティブ音楽システムとして設計・開発したものがある。それらはすべて筆者一人で行ったわけではなく、デザイナーや音楽家・アーティストとのコラボレーションにより実現できたシステムや作品もある。日常生活に音楽を積極的に活用するためには、そのためのユビキタスな技術プラットフォームが必要であるうえで、上手くインタラクションデザインされたシステムと魅力的なコンテンツが重要と考えている。テ

クノロジー・デザイン・コンテンツの3つの観点では、技術屋だけでは到底実現が難しく、音楽家やアーティストだけでも日常生活で実際に取り込まれる形で活用し続けられる作品を提供するのは難しい。

以下、本稿では、日常生活と IT との研究に関するスマートホームについて考察をした後、筆者が研究で扱ったインタラクティブ音楽システムを紹介し、クリエイターや音楽家達とのコラボレーションや、一般人がインタラクティブ音楽作品を体験するプラットフォームを提供することについて考察を行う。

2. ユビキタス住宅研究について

スマートハウスの研究は、古くは Xanadu House[1] をはじめとする実験住宅プロジェクトとして数々行われてきている [2][3][4][5][6]。これらでは実際の住宅内に IT 技術を埋め込んだり、それらを活用したサービス・システムの構築、人の生活行動を計測しながらインタラクティブに動作するアプリケーションの開発まで、基礎的な研究から様々な応用研究までが展開されている。

筆者は、スマートハウス研究の1つとして、京都産業大学内に建築された実験住宅 Home（くすいーほーむ） [7][8] をプラットフォームに、住宅で扱う生活をコンピュータを中心としたテクノロジーで拡張する研究を様々に行っている。そこでは、環境型センシング技術を用いたユーザインタフェース、すなわちユビキタスコンピューティング環境

¹ 京都産業大学 コンピュータ理工学部
Faculty of Computer Science and Engineering, Kyoto Sangyo University

としてのセンサを用いたユーザインタフェースを中心に研究を行っている。そして、その応用方向の一つとしてインタラクティブに音楽を扱うシステムもある。次章では、E Home での研究とそれ以前から行って来た住宅関連研究の中で、特に浴室におけるインタラクティブ音楽システムに関して研究例とその応用性について紹介する。

なお、ユビキタス住宅などのスマートハウス研究において、浴室とトイレは日常生活で毎日使う場所と言える。特に日本人は諸外国の人達に比べて風呂文化が発達しており、個人宅の浴室はもちろん、スーパー銭湯や温泉などの公衆浴場にいたるまで、利用形態やそのための機器など様々な点で発展が目覚ましい。その中でスマートハウス研究においては、浴室を扱う研究はあまりなく、安心・安全や健康管理に関する研究は存在すれど、アメニティ・エンタテインメント的観点の研究は皆無に等しい。そのような中で以降で紹介するシステムは特殊な研究例とも言えなくはないが、インタラクティブ音楽システムとしての観点から敢えて生活と音楽・メディアアートとの繋がりについて考察を行いたい。

3. 日常生活にけるインタラクティブ音楽システムの研究例

3.1 Bathonify:入浴状態の可聴化

既存住宅に多く導入されている全自動風呂の給湯器には、湯温調整のための温度センサはもちろん、自動湯張り量調整機能のための水圧センサが内蔵されている。この水圧センサは浴槽内の水位を計測しているのだが、普段は10分おきなどで水位計測を行っているだけである。このセンサの値を連続計測すれば、人が浴槽へ入った際の急激な水位変化や、湯水をかき回した際の水面の揺れ、さらには呼吸による水面の微少な上下(1mm程度)までもが計測できる。Bathonifyは、この給湯器の機能を用いて、入浴状態を計測しそれをインタラクティブなサウンド(効果音や音楽を含む)を鳴らし、入浴している人が楽しめる風呂システムを開発した。このサウンドは入浴者本人が楽しむことはもちろん、そのインタラクティブなサウンドを宅内や遠隔地に伝えることで、他人に入浴状態を伝えることも可能である。その場合は入浴時のサウンドや音楽の変化を聴く必要が出てくるものの、従来の浴室で起こっていることを知る手段は数少なく、既存の設備が活用できるシステムであることから、安心安全の観点でこのシステムは有用であると言える。また、Bathonifyでは心拍計測機能を持つ浴槽や給湯器を利用することで、リアルタイムに心拍が計測でき、それをBGMのテンポ制御に使うことも可能である。これは入浴者本人が自分の普段の健康状態を音楽のテンポを通して把握することができ、疲労や飲酒の際の心拍数でBGMを聴くとその違いがつかずさになる。このように、Bathonifyは音楽やサウンドというアメニティ・エ

ンタテインメント的な要素により、安心・安全や健康管理などの用途を兼ね備えた日常生活支援システムと言える。

このシステムの試作では、表現するサウンドについては各センサの値の違いや状態により様々に変化していくものとして作成しているが、基本的なセンシングシステム部分は筆者が作成し、サウンドや音楽のコンテンツのデザインと制作は、音楽家の左近田展康氏が行った。システム上はサウンドセットという形でMaxパッチを入れ替えればインタラクティブなサウンドを様々に入れ替えることもできる造りにしており、他のサウンドデザイナー・音楽家が作品として作成すれば、そのまま導入できる仕組みとなっている。

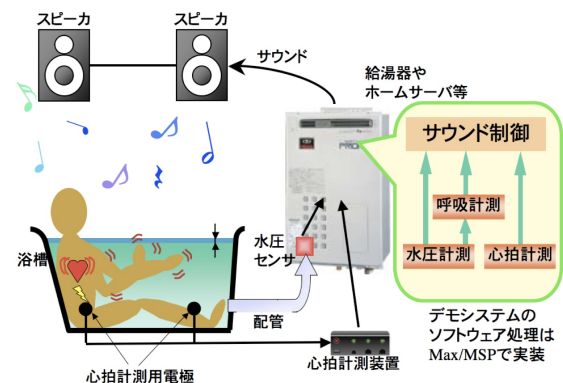


図1 Bathonifyのシステム概要図

3.2 浴室利用物品の利用

前述のBathonifyは、浴槽で入浴中の動作や生理指標を計測して、音や音楽として表現すると共に別の場所へそれら情報を伝達することに主眼が置かれている。一方で、日本の浴室では洗い場で髪や身体を洗ったりすることから、浴槽内以外での行動計測や状況把握も重要と言える。そこで、我々は将来的にバーコードの代わりに無線ICタグが印刷・埋め込まれて個品が販売されることを視野に入れ、シャンプーボトルや洗面器などの浴室利用物品にタグが付与される想定のもと、棚の裏や床下からそれらを読み取ることで利用物品を検出するシステムの研究を行った[11]。その中で、物品の置き場所それぞれに応じた楽器パートが、置かれる物品に対してその演奏内容が変わるシステムも試作し、物品の利用の仕方によって浴室での入浴行動の違いによる音楽の違いを表現することを行っている。このサウンドやリズムの割当などは、自由に入れ替えが可能である。

なお、このシステムは利用物品の検出のみでなく、物品の種類とその順序から「頭を洗う」「身体を洗う」などのより上位レベルの入浴行動をHMMで推定する研究も行っている[12]。この仕組みを利用すれば、「頭を洗う」などの上位行動レベルの情報を基に音楽やサウンドの生成を行うことも可能と考えられる。

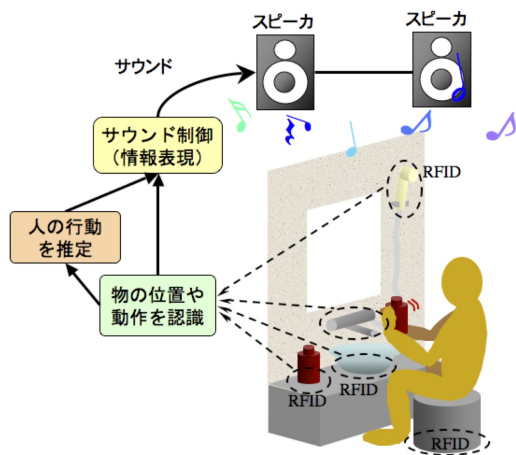


図 2 浴室物品タグ検出システムの概要図

3.3 浴槽内蔵タッチセンサを利用した応用

浴室に増え続ける様々な機器を統合的に操作できる UI 環境を提供するアプローチとして、浴槽内部に静電容量方式のタッチセンサを組み込み、入浴者が浴槽に触れて様々な操作ができる TubTouch システムを提案、実装した [13]. このシステムでは操作情報の提示に天井設置プロジェクタを用いて浴槽表面に投影する形式を取っている (図??参照). その投影内容によって様々な機器操作のメニューやアプリケーション画面を表示することができる.

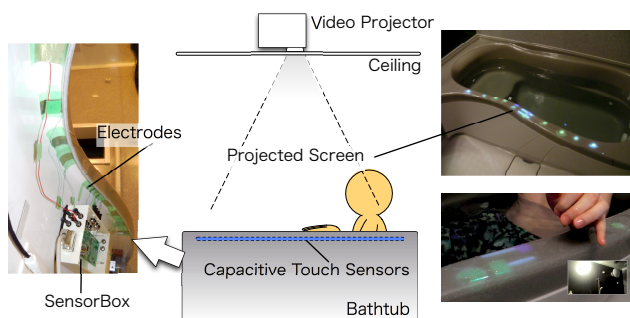


図 3 TubTouch システム概要図

この TubTouch は、単に既存機器のコントロールをするだけでなく、浴槽縁への自由な画面表示が可能なおことから、様々なアプリケーションをも操作可能である。以下にその幾つかを紹介する。

3.3.1 Batheremin: テルミン楽器アプリ

TubTouch の近接操作機能を用いてテルミンとしてのアプリケーション Batheremin[15] を開発した。元々、テルミンは静電容量センサであり、センサ端子であるアンテナが 2 本あり、それらへの手の近接量により音高と音量を制御するものである。Batheremin でも、浴槽縁画面上に音高と音量を制御するエリアの表示を行い、ユーザはそこに手を近付けることで、それぞれのコントロールができる。現状では近接距離の反応範囲が 5cm 程度と、音高制御範囲としては非常に難しいものと言えるが、テルミンアプリとして

の設定や浴槽と手指の形状やジェスチャにより様々に音高制御ができるので、練習次第では浴室で面白いパフォーマンスを行うことも可能である。このアプリケーションについては、テルミンの模倣であり、音を出すシステムだけでは発展性はないに等しいが、近接操作を利用した楽器としての応用は、世界的に様々に研究開発されているので、それらを参考にして、浴室ならではの面白い発展も期待できる。



図 4 Batheremin 演奏の様子

3.3.2 BathCrount: 幼児向け数え上げアプリ

数を数える支援をする子供向けの BathCount を TubTouch アプリケーションとして開発した [15]. 日本の多くの家庭では子供が幼少時に親と風呂に入り、「20 数えたらお風呂から出よう」などと示し合わせて一緒に数を数える慣習がある。このように親子のコミュニケーションとして浴室で一緒に声を出すイベントがあり、子供にとっては数を覚える一つの動機とも言える。このような日常生活上でよくあるイベントに対し、本アプリケーションはより多様な楽しみ方を提供するようなものとして作成した。

アプリケーションとしては、浴槽縁に表示されるカウントボタンにタッチするたびに、数え上げる音声流れ、画面エフェクトがかかるようになっている。現状では音声は 1 種類しか用意していないが、その音声を入れ替えるように可能であるし、音声以外の音も鳴らしたり、10 の桁が変わる際に画面エフェクトを追加するなど、様々な変化に富んだものに改良することも可能である。



図 5 BathCount 利用の様子

3.3.3 Bathtuboom: 光と音による遊びアプリ

幼少期にお風呂嫌いになる時期があるが、そのような子供がお風呂場で楽しむような仕組みを作るというコンセプトでデザインしたアプリケーションが Bathtuboom[14] (図??参照) である。これは浴槽縁に表示される 8 色の光の玉 (ボタン) に触れると、各玉に応じた音楽フレーズが流れ、

浴槽上で様々なアニメーション描画が行われる。システム内部では8個のボタンそれぞれに割り当てられたサウンドトラックが同時並行に鳴り続けており、通常はすべて音量がゼロの状態になっている。各ボタンが押されると再生音量を大きくし、その後経過時間と共に音量を小さくしていくという処理を行っている。個々のトラックはそれぞれ音楽フレーズとして聴くことができるが、複数同時に聴いても音楽として成立するようにデザインされており、最大8つを同時に聴いても1つの音楽として聞こえるようになっている。現状のサウンドデザイン・作曲は、Seiho氏が手がけている。ただ、システム上はサウンドファイルを入れ替えるだけで様々な音環境を創り出せるため、様々な8つのサウンドトラックをコンテンツとして提供する形にすれば、毎日使っても楽しみ続けるアプリケーションとして利用できると考えられる。



図 6 Bathtuboom 利用の様子

3.4 Bathcratch: DJ スクラッチ演奏システム

浴槽を手指でこする動作が、DJがターンテーブルでスクラッチ演奏をする動作に似ていることから、浴槽をこすって音楽のスクラッチ演奏を行うシステム Bathcratch を開発した。浴槽など滑らかな表面を手指でこすると「キュッ」という音が鳴る。これは物理現象としては Stick and Slip 現象と呼ばれるものだが、人にとってはピッチが聞き取れる音であることから、浴槽をこすった際の音に F0 と調波構造があることを確認した。Bathcratch では、浴槽の裏側に Piezo センサを設置して、こすり音を浴槽の固体振動として直接計測し、F0 検出をすることにより手指で浴槽を擦ったイベントを検出する。ただ、こすり音の検出タイミングそのものをスクラッチ音出力のタイミングには用いず、リズムトラックのテンポやリズムに合わせた形で予め設定されたいくつかのスクラッチフレーズ・サウンドが合成されるようになっている。また、Bathcratch には TubTouch も部分的に導入しており、スクラッチフレーズの切り替えはボタン操作で行う。これらにより比較的簡単にスクラッチ音を鳴らすことはできるが、個別フレーズの鳴らし方は、こするタイミングにより左右され、それらをボタンで切り替えながら操作することで演奏のバリエーションが出るため、スクラッチ演奏としては練習すれば上達するシステム

となっている。

一方、背景に鳴るリズムトラックが複数用意しており、演奏中に動的に切り替えが可能である。現在は、Jazzy HipHop や Old School HipHop, Dubstep, Drum'n Base, Electronica などが用意されている (サウンドトラック制作は Seiho 氏)。また、スクラッチフレーズの設定やスクラッチ音の種類の変更もできるようにしてある。これらは音の入れ替えが可能でシステム構築されているため、様々なトラックメイカーやアーティストがサウンドを制作・提供することで、違う雰囲気の演奏システムにすることも可能と言える。

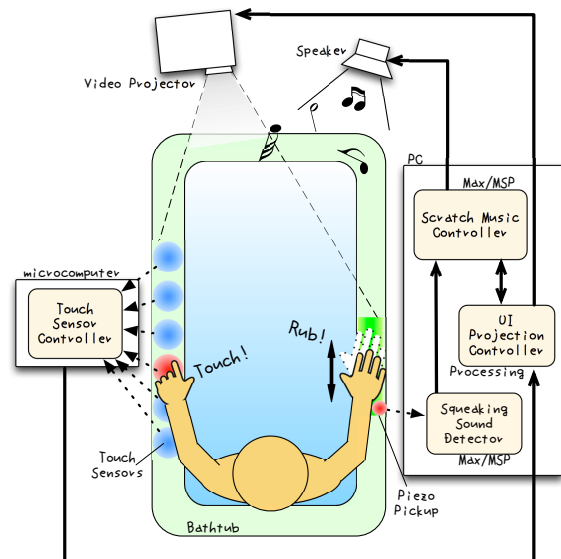


図 7 Bathcratch システム概要図



図 8 Bathcratch 演奏の様子

3.5 BathDrum: お風呂ドラム

先の TubTouch や Bathcratch ではそれぞれ「ふれる」インタフェースや「こする」インタフェースを提供するシステムで、それぞれを利用した浴槽インタラクティブ音楽システムを実現している。BathDrum[17] は、こららとは違い、浴槽を叩く音を利用して打楽器として遊べるようにする音楽システムである。浴槽縁の裏に複数の Piezo センサを一定間隔で設置し、浴槽縁を叩打した際の振動 (信号) の到達時間差から叩打位置を計算し、それに応じたサウンドを鳴らすようになっている。現在は信号検出に RMS 処理を用いて、時間領域のみで叩打位置算出処理を行って

るが、将来的には周波数領域の処理も導入しての精度向上を目指す。また、PossessingDrums[18]の手法を導入することで、様々な叩打手法（指先や爪でのタップ、複数指の腹でのスラップ、パンチなど）に応じたリアルタイムな音色変換を行って、打楽器として幅の広さも出すことが可能と考えている。このシステムについては、現在研究開発中でありまだまだ改良および開発すべき点は多いものの、割り当てる打楽器やその他音色の種類に関して様々なサウンドデザインが考えられることから、デザイナーやアーティストと共に魅力的なシステムに仕上げたいと考えている。

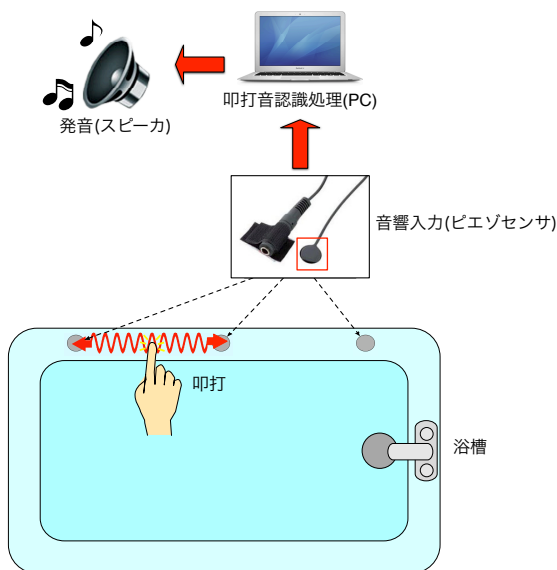


図9 BathDrum システム概要図

4. 考察

前述のシステムでは、その多くが音楽音響処理に Max を、ビジュアル処理には Processing を用いている。Max はインタラクティブなサウンド・音楽制作では世界的に利用されているソフトウェアであり、Processing も同様にインタラクティブ CG などの処理によく利用される。既存のクリエイターやアーティスト、音楽家がインタラクティブな音楽制作をする場合には、Max（もしくは兄弟分の PureData）を使うため、Max で動くプログラムとしてシステムを構築しておき、そのインタラクションに関する部分の処理を入れ替え可能な構造にしておけば、コラボレーションが非常にし易い。その上で、実際にこのようなシステムを一般に普及させようとするれば、PC で動作するシステムであれば困難なものと言えるが、最近は組み込み機器が OS を使うようになってきており、Max や PureData などのシステムも組み込み用にカスタマイズされてきている。このような流れから、今後はインタラクティブな音楽システムが実用的なものとして普及する土台は整ってきているとも言える。

5. おわりに

本稿では、筆者がユビキタス住宅の研究の一部として開発してきたインタラクティブ音楽システムについて紹介し、そのシステムとインタラクティブな音楽コンテンツとの関係について考察を行った。浴室という特殊な場所における事例とは言え、単に既存の音楽の制作・演奏・鑑賞という枠組みとは違う形の、日常生活の中でサウンド・音楽を活用するという観点での研究であると筆者は考えている。このような形でのシステム開発や適用が増え、クリエイター・音楽家とエンジニアがコラボレーションしつつ、新たな形の音楽制作や流通、活用ができることを切に願っている。

参考文献

- [1] Mason, Roy., Jennings, Lane., Evans, Robert. The Computerized Home of Tomorrow and How It Can Be Yours Today!, Acropolis Books (1983)
- [2] Cory D. Kidd, et al. : The Aware Home: A Living Laboratory for Ubiquitous Computing Research, Proc. of the Second International Workshop on Cooperative Buildings - CoBuild' 99. Position paper (1999)
- [3] S. S. Intille, K. Larson, J. Beaudin, E. Munguia Tapia, P. Kaushik, J. Nawyn, and T.J. McLeish, "The Place-Lab: a live-in laboratory for pervasive computing research (Video)," Proc. of Pervasive2005 (2005)
- [4] B.de Ruyter, et al. Ambient Intelligence Research in HomeLab: Engineering the User Experience, Ambient Intelligence, Springer, pp.49-61 (2005)
- [5] 上田博唯, 山崎達也. ユビキタスホーム: 日常生活支援のための住環境知能化の試み, ロボット学会論文誌, Vol.25, pp.10-16 (2007)
- [6] 椎尾一郎, 元岡展久, 塚田浩二, 神原啓介, 太田裕治. Ocha House とユビキタスコンピューティング, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.12, No.1, pp.7-12 (2010)
- [7] 平井重行, 上田博唯. 京都産業大学の生活型実験住宅 Home (くすいーほーむ) について. 電子情報通信学会 信学技報, Vol.110, No.35, MVE2010-12. pp.43-50 (2010)
- [8] 平井重行, 上田博唯. 実験住宅 Home (くすいーほーむ) でのユーザエクスペリエンス研究へ向けて. 計測自動制御学会 SI2011 講演論文集 (2011)
- [9] Hideki Koike, Yasushi Matoba, Yoichi Takahashi: AquaTop display: interactive water surface for viewing and manipulating information in a bathroom, In Proc. of ITS2013, pp.155-164 (2013)
- [10] 平井重行, 藤井元, 佐近田展康, 井口征士: 新たなアメニティ空間を目指した浴室:入浴状態を音で表現する風呂システム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.6, No.3, pp.287-294 (2004)
- [11] 大西諒, 平井重行: RFID を用いた浴室内行動計測の基礎検討, 情報処理学会論文誌 Vol.49, No.6, pp.1932-1941 (2008)
- [12] 大西諒, 平井重行: RFID タグ付き浴室物品の使用履歴からの入浴行動推定 -処理のリアルタイム化とその評価, 電子情報通信学会サイバーワールド研究会講演論文集, pp.1-8 (2009)
- [13] 榊原吉伸, 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.54, No.4, pp.1538-1550 (2013)
- [14] 林宏憲, 榊原吉伸, 早川聖朋, 平井重行: タッチセンサ内蔵浴槽による浴室のインタラクションデザインとその応用,

ヒューマンインタフェース学会研究報告集 Vol.12, No.1.
(2010)

- [15] Shigeyuki Hirai, Yoshinobu Sakakibara, and Hironori Hayashi: Enabling Interactive Bathroom Entertainment Using Embedded Touch Sensors in the Bathtub, In Proc. of 10th International Conference ACE 2013, pp.544-547 (2013)
- [16] Shigeyuki Hirai, Yoshinobu Sakakibara, Seiho Hayakawa. Bathcratch: Touch and Sound-Based DJ Controller Implemented on a Bathtub, In Proc. of 9th International Conference ACE 2012, pp.44-56 (2012)
- [17] 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, 情報処理学会研究報告 2013-EC-29-1 (2013)
- [18] 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)
- [19] Mynatt, Elizabeth D., Back, Maribeth, Want, Roy, Baer, Michael and Jason B. Ellis.: Designing Audio Aura, Proc. of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems, pp.566-573 (1998)
- [20] Tran, Quan T. and Elizabeth D. Mynatt.: Music Monitor: Ambient Musical Data for the Home; Proc. of the IFIP WG 9.3 International Conference on Home Oriented Informatics and Telematics (2000).
- [21] 沖真帆, 塚田浩二, 栗原一貴, 椎尾一郎: イルゴール: 家庭の生活状況を奏でるオルゴール型インタフェースの研究, 情報処理学会論文誌 Vol.52, No.4, pp.1586-1598 (2011)
- [22] 杉野 碧, 塚田 浩二, 椎尾 一郎: 家事を楽しくする「歌うキッチン」の提案, インタラクシオン 2007 論文集 CD-ROM (2007)