

浴槽埋めこみ型機器操作インタフェース TubTouch のユーザ評価

榊原 吉伸¹ 平井 重行²

概要：我々は、周囲の環境に入力インタフェース機能を統合してインタラクティブな居住空間とする研究の1つとして、浴槽に静電容量方式タッチセンサを組み込むことで浴室内機器やその他様々な応用に利用できるシステム TubTouch の研究を行っている。これまでは、浴槽へ埋め込んだタッチセンサの出力値の湯水による影響に関する基礎実験や、実際に操作可能な UI 環境を実装して応用システムを構築するなどを行って来た。本稿では、この TubTouch の機能の操作感についてユーザ評価を行った結果について述べる。

1. はじめに

ユビキタスコンピューティング環境の概念 [1] により、周囲の環境を情報化する研究は基礎技術から応用技術、具体的なアプリケーションまで様々な方面で進められている。中でも居住環境、すなわち一般住宅の部屋を情報化する研究は幾つかのプロジェクトが行われてきている [2]-[5]。我々も、日本の一般住宅を対象とした研究を行っており [6][7]、その中でも特に浴室に関する研究を数多く行って来ている [8]-[18]。浴室は水場であるため情報化という観点では、一見、縁遠そうに思えるが、給湯器のリモコンが多くの住宅の浴室内に設置されており、屋外の給湯器と浴室内のリモコンで通信を行っているのが現状である。また、浴室暖房乾燥機やミストサウナ装置、浴室テレビ、浴室オーディオ、調光照明、ジェットバスなどのオプション機器も多数販売されており、家電と呼べるものが多数設置可能でもある。そして、それらの機器を導入すれば浴室の壁に個別のリモコンが据え付けられることになる。これはリビングルームで AV 機器やエアコンなどのリモコンが多数ある状況と似ているが、浴室ではリモコンは壁に固定されてしまう点が大きく異なる。機器が増える度に壁裏に配線する工事を行い、壁面へ次々とリモコンが占める面積が増えてゆき、場合によっては浴槽周囲の壁面のあちらこちらに配置されることになる。これはユーザインタフェース（以降、UI）やインタラクションの観点から、ユーザにとって、特

に高齢者にとっては複雑さが増して操作に混乱を来す問題があるほか、壁に固定であるゆえ、リモコンの数が増えれば設置箇所によって手が届きにくいなどの問題も起こる。特に身体障害者などの特定ユーザにとっては非常に使い辛い環境になると言える。一方で、浴室用のテレビ（ディスプレイ機器）やオーディオ機器の普及を考えれば、浴室がそれらを介して様々なコンテンツサービスやインターネットサービスを利用する場となることも容易に想像できる。その際には、既存の浴室機器のリモコンのようなものではなく、現在の PC やスマートフォンでの入力のような汎用性のある入力操作ができるほうが良いと言える。

我々は、この既存リモコンの諸問題と今後の浴室環境の方向性を踏まえた上で、浴槽そのものを操作インタフェースとして活用し、ユニバーサルに利用できることを目指した浴槽 UI 環境 TubTouch を提案・実装した。現時点の TubTouch は、静電容量センサを浴槽本体内部に埋め込んで浴槽縁をタッチセンサ化すること、天井からプロジェクタによって浴槽縁へ操作に関連する情報を投影すること、によって構成している。これまでは幾つかの機器操作や、これまでにないエンタテインメントアプリケーションへの適用を行うなど、デモンストレーションとその応用性や将来性を示すことを中心に TubTouch の研究を行ってきた [13]-[15]。

本報告では、この TubTouch で可能となる各操作について身体性や操作性の観点でユーザ評価を行った結果について考察する。2 章では、TubTouch の技術概要とこれまでに実装・適用したアプリケーションについて説明する。3 章では、本報告におけるユーザ評価の内容とその結果についてまとめる。4 章で TubTouch の現時点の課題や将来に

¹ 京都産業大学 先端情報学研究科
Graduate School of Frontier Informatics, Kyoto Sangyo University

² 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

について考察と議論を行い、5章でまとめとする。

2. TubTouch について

2.1 TubTouch 概要

TubTouch は、浴槽の縁上面を静電容量方式のタッチセンサによって入力インタフェース化し、操作箇所や内容を示す画面を天井設置プロジェクタから投影することで構成している(図1参照)。現時点で画面表示のためのプロジェクタを天井裏に設置しているが、将来的にはピコプロジェクタを天井面に取り付けて利用することを想定している。防水タイプで電源も表示情報もすべてワイヤレスで動作するピコプロジェクタであれば導入も容易になる。一方で、プロジェクタを用いず、浴槽そのものにディスプレイ機能が埋め込まれる可能性もある。それゆえディスプレイ方式は重要ではなく、TubTouch の研究的価値は、水場である浴室において浴槽埋め込みのタッチ UI 機能を導入することを中心に、次の2つを両立させることにありと我々は考えている。1つは、前節に示した既存機器のリモコンが持つ課題を解決すること。もう1つは、タッチ UI 機能を用いてこれまでにない応用例を示すことにより、新たな浴室環境の付加価値やそこでの過ごし方を提案し、その将来性を示すことである。ひいては、日常生活で慣れ親しんでいる実世界環境に統合した入力インタフェース機能を提供し、ディスプレイ機能と合わせることで、生活の場面に即したインタラクション手法を提供することにある、と考えている。

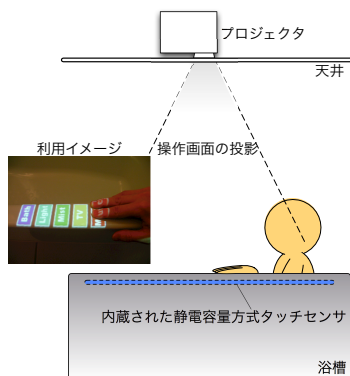


図1 TubTouch の概要

2.2 タッチセンサ端子の設置とインタラクションデザイン

日本国内の規格化されたユニット型システムバスは、浴槽の横壁(エプロン)が取り外し可能で、浴槽裏側にも容易にアクセスできる。TubTouch はこのことを利用して、既存浴槽の横壁裏側の空間にタッチセンサの端子とセンサ回路ボックスを置く形になっている(図2参照)。具体的な端子の配置については、図3のように、浴槽で入浴中の場合と洗い場にいる場合の両方から操作されることを考慮した

形にしている。ここで、大型端子は50mm四方のものと、10mm×20mmのサイズのものをを用いている。これら端子によって近接操作、タッチ操作、スライド操作の3種類の入力操作方法が実現されており、それらに対するセンサ出力や処理については、参考文献[14][15]に述べている。

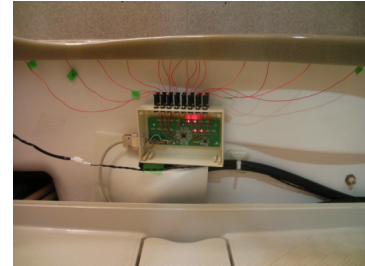


図2 浴槽横にセンサ回路と端子を設置した様子

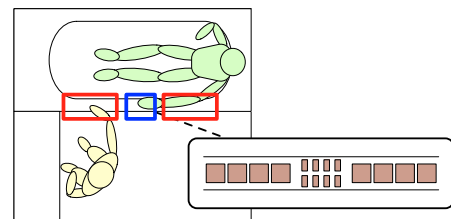


図3 浴室内のユーザ位置と浴槽縁の主な操作箇所と端子の配置

2.3 応用システム

本研究では、これまでに調光照明や音楽プレーヤなど既存機器や機能の制御を行うデモのほか、子供が浴槽に浸かる間に数を数えるアプリケーションや浴槽縁の光の玉に触れることで音楽フレーズが流れる子供向けシステム、近接操作を用いた浴槽テルミン楽器など、これまでにない浴室向け応用システムを実装してきた。さらに、別研究として進めている、浴槽でDJスクラッチ演奏を行うシステム[16]の一部機能として利用するなど、様々な形で応用例を示している。調光照明の機能を表示している際の様子を図4に示す。



図4 TubTouch を用いた調光照明の操作画面の表示例

3. ユーザ評価

3.1 評価の目的

TubTouch を構成した浴槽縁は、前節の図 3 で示す通り浴槽内と洗い場の二方向からの操作されることとなる。特に浴槽内にいる場合、浴槽底に座った状態では、浴槽縁上面は脇から肩付近の高さとなり、そこまで手を上げて操作を行うことになる。これは従来のタッチ UI からすれば独特の体勢を取ると言え、ユーザの身体サイズ（座高や腕の長さなど）によって操作感や印象が異なる可能性がある。そこで、実際の浴槽の中に座って TubTouch の UI 画面を操作することで、身体的な違いと操作感に関するユーザ評価を行う。

3.2 評価の概要

20 - 40 代の男女 7 人（女性 2 人を含む 20 代 6 人，40 代男性 1 人）を被験者として TubTouch のユーザ評価を行った。ここでは、京都産業大学の実験住宅 ㊦ Home（くすいーほーむ）の浴室（ヤマハリビングテック製，1616 サイズ，浴槽はエルゴタイプ）において、タッチ UI を特定タスクで操作し、その後にアンケートに回答するという形で評価を行った。各被験者には自宅で入浴するような形でリラックスし浴槽内に座ってもらい、自然な体勢で操作を行うよう促した。その状態で表示したアイコンやスライダーに対してタッチやスライドの操作を行ってもらった。今回はそのタッチ操作とスライド操作によるタスクに対して述べる。

なお、各被験者に対しては事前に身体測定を行い、身長・座高・腕の長さ・手首から指先の長さを測定し、身体性による操作感の考察を行う際の参考にする。その事前に行った身体計測の結果を図 5 に示す。図の通り、被験者は 152cm～185cm であり、座高・腕の長さもそれに比例している。以降、被験者は背の低い順に 1-7 の番号を振る。図 6 は浴槽内での腕の可動範囲を被験者毎に計測したもので、限界の範囲を最長・最短とし、操作時に許せる範囲を自由最長・自由最短としてグラフにしたものである。被験者によって範囲の長さ自体は違うものの、全体的な位置は座高・腕の長さに相関して被験者から遠くなっている。以下の節では、タッチ操作とスライド操作それぞれの機能の評価手順や結果について述べる。

3.3 タッチ操作機能の評価

浴槽の縁の壁から 370mm の位置に約 60mm 四方のアイコンを約 40mm 間隔で 4 つ配置し、被験者の身体に近い方からそれぞれ Delete, A, B, C を表記したタッチボタンとして割り当てた（図 8）。これらボタンを使って「ABAB」「CCAB」などの文字列を 15 個入力するタスクを 1 セットとし、被験者には 5 セットぶんの入力を行ってもらった。

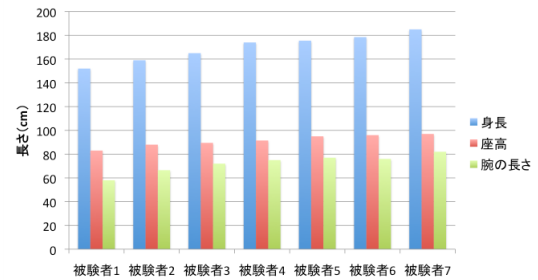


図 5 被験者の身長・座高・腕の長さ

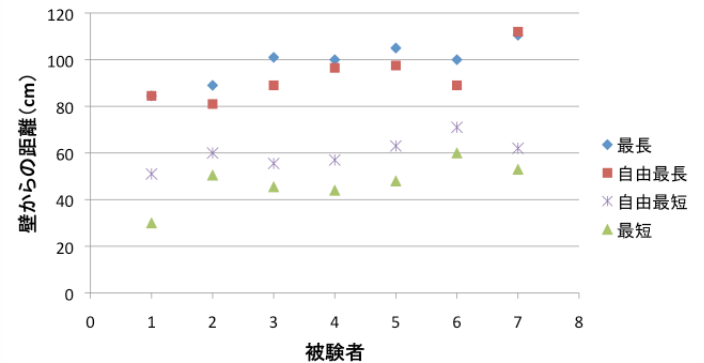


図 6 浴槽縁上で左手が届く範囲

それら文字列は構成する文字に法則性はなく、どの被験者にも同じ順序の文字列群を提示した。提示文字列や被験者の入力文字は図 9 のように浴槽内壁に表示され、被験者はそれを見ながら連続で入力を行う。浴槽縁上面の各ボタンをタッチ入力時刻を記録し、1 セットの操作にや特定操作にかかった時間などを分析した。



図 7 被験者とタッチアイコンの位置関係

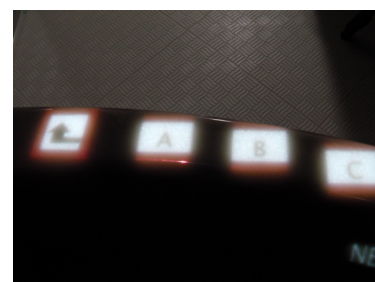


図 8 タッチアイコン：左から Delete, A, B, C
Delete 側に被験者，C が最も遠い



図 9 浴槽内壁への表示

5回の試行毎にかかった合計時間の推移を図10に示す。全体的に試行回数を重ねる毎にかかる時間は減っていく傾向であることから、慣れによる操作性の向上が見られる。被験者4（グラフ中一番下）は作業時間がおおよそ横ばいであること、すべての被験者の中でも作業時間が最短であることから、最初から意図した通りにタッチ操作が行えており、習熟しなくても使いこなせているという事がわかる。被験者1（グラフ中一番上）は途中から作業時間が増え、また減っていく。観察したところ、この被験者はタッチ操作に慣れるとタッチ面から離す手の距離が次第に短くなり、タッチ／リリースを決定するセンサの閾値をまたがず、誤動作を起こしている事がわかった。途中からそれに気づき修正し、作業時間が減っていた。

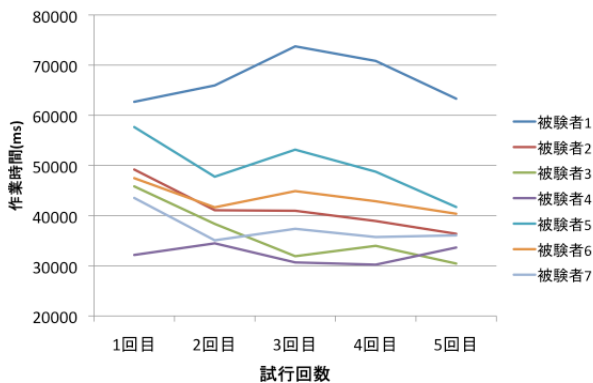


図 10 タッチ操作の試行毎の時間の合計

3.4 スライド操作機能の評価

浴槽縁のおおよそ中央（壁から約750mmの位置）に約70mmのスライダを配置し、これを同じ長さで1～5の5段階、1～10の10段階の2つの解像度で実装する。このスライダを指先で操作し指定した数字に合わせるという実験を行った。タッチの実験と同様に浴槽内壁に次の数字を表示し、連続で10回の入力を行う。なお今回の実験では指定した数字に合わせて1秒経過すると決定となり、次の指示が与えられる。スライド操作に関しても2つの解像度それぞれを5セットずつ行った。なお、触れ方によりセンサの反応が悪いという状態が見られたときは適宜助言をし改善した。

それぞれの試行毎にかかった合計時間の推移を図11と図12に示す。5段階の試行ではタッチと同じように回を重ねる毎に全体的に施工時間が減っていき、慣れる様子が見れた。しかし10段階の試行では、一部施工時間が減っていく被験者もいるが、全体的には回を重ねても施工時間の減少は見られない。スライダは端子を複数並べたものの計測値を連続的に見て位置を判断しているが、端子一つ一つが小さいためある程度の接地面積が必要となる。スライダ面を指を立てるように触れたり指の腹を押し付けるなど、被験者によってスライダの触れ方が違ったため、適切な触れ方を助言することで操作性の向上が図れた。5段階の試行ではその影響で操作時間が改善できているが、10段階の試行では施行毎にばらつきがあり難しい。操作インタフェースとして適用するときは、5段階のスライダなら慣れることで操作は可能であるといえる。

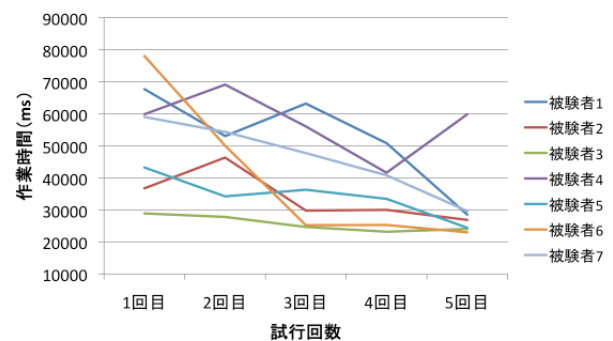


図 11 スライド操作（5段階）の試行毎の時間の合計

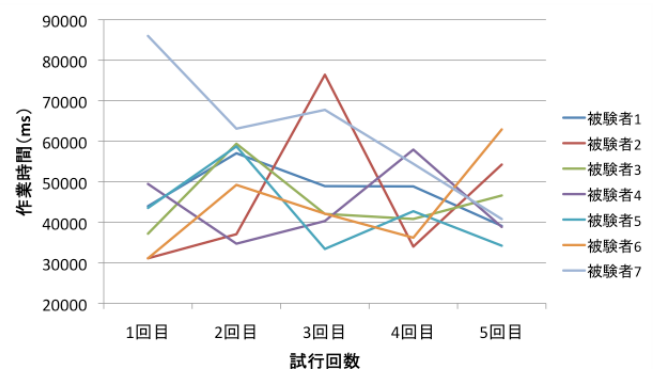


図 12 スライド操作（10段階）の試行毎の時間の合計

3.5 アンケート

実施したアンケートから、操作感に関する回答（図13）と浴槽に投影した表示の見やすさについての回答（図14）を示す。

図13ではタッチに関しては多くの被験者がスムーズであったと答えており、意図した通りに操作出来ていたことがわかる。3をつけていた被験者1はそもそもCのタッチ

が遠いと答えており、CをタッチするときにBにも手がかぶるような誤操作を起こしていた。そのことが評価が3であった理由だと考えられる。その他のタッチに関して「同じ場所の連打が反応しづらい」という感想があった。これは現状のタッチセンサICは静電容量を約140ms毎でサンプリングしており、同じ場所をタッチするとなるとタッチ→リリース→タッチの閾値を超えるのに最速でも約280ms必要なためである。

スライダでは5段階ではスムーズである／ないと答えた被験者は分かれ、10段階と答えた被験者はスムーズでないように寄った。

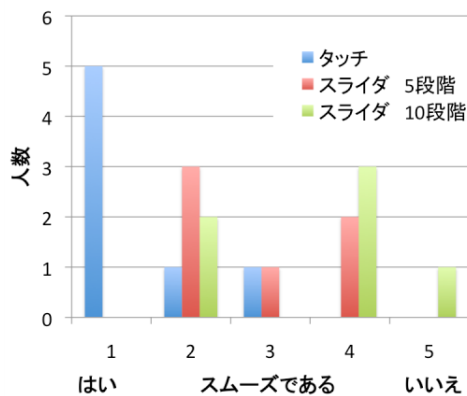


図 13 実験後の操作の感想

今回の実験では浴槽縁上面と浴槽内壁に情報を提示したが、どちらも概ね視認性は良好であるといえる(図14)。座高の低い被験者では浴槽縁上面のアイコンなどが角度の関係で見づらいと懸念していたが、身長152cmの被験者1も含めて浴槽縁上面は見やすいとしており、座高に依る影響はないと言える。ただし、今回はなるべくリラックスした状態を促したものの、空の浴槽であったため体勢維持のために普段の入浴時よりも無意識に上体を起こして座っていた可能性はあるため、浴槽に湯水を張った状態での検証が必要である。一方、浴槽内壁への表示はやや見えづらいと答えた被験者もいた。見えづらいとしていた被験者からは、共通して表示が滲んで見づらいという回答が得られた。今回使用した浴槽は人造大理石製のため光が透過・拡散して見づらくなるという問題がある。さらに内壁への投影は浴槽縁上面よりも角度がつき、単位面積あたりの光量が少なくなるためより見づらくなっていると考えられる。実際に内壁に表示された数字の「1」と「3」を見間違えたという被験者もいた。

内壁へ投影する内容のデザインは、歪みの補正と合わせて懸念すべき事項である。

4. 議論と今後の課題

今回我々は浴槽を操作インタフェース化する技術TubTouchについてユーザ評価を行った。前章までの考

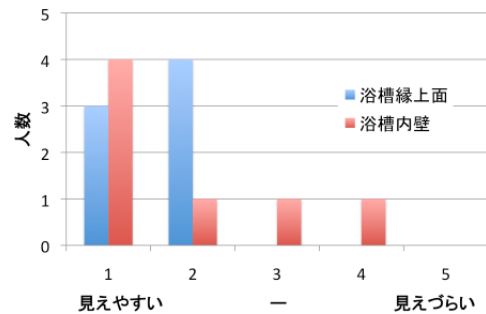


図 14 浴槽縁上面と浴槽内壁の表示の見やすさ

察から、入出力装置としての議論を行う。

4.1 情報提示装置として

今回の実験では浴槽縁上面に操作インタフェースを表示し、浴槽内壁に実験の指示などの情報を表示した。浴槽内壁への表示は、被験者へのアンケートから、浴槽縁上面程ではないにしろ情報表示が十分可能である事が分かる。ただし、細かいアイコンや文字情報を表示する時には浴槽の素材とデザインに気をつけるべきである。また、浴槽内壁への表示は浴槽縁上面に比べて暗く映ることも考慮に入れる必要がある。

4.2 入力装置として

今回の被験者実験ではタッチ操作を使った簡単な文字入力機能を実装したが、レスポンスや被験者のアンケートから、タッチ操作はそのまま実用に耐えるものであると考える。スライダ操作については、今回の使用しているタッチセンサICでの実装では5段階ならば慣れることである程度の操作は可能であることがわかった。小さい端子の間では計測値がゆれて細かな位置調節は難しいが、大まかな位置は入力出来るのでスライドすることで大雑把に位置を決め、進む/戻るボタンで位置を微調節する操作系にすれば、現状の実装でもスライダとして機能出来る。

4.3 センサ面の位置について

ユーザが浴槽にゆったり座った姿勢では、姿勢が窮屈で手では触れられない範囲があることがわかった。図6で示したように被験者の座高や腕の長さに依存していることが分かるほか、ユーザの身体の柔軟性も影響していると考えられる。誰でも使用する浴室なので、多様な体格のユーザに対応するようなセンサの配置の指標となると考える。

5. おわりに

本論文では、浴槽を操作インタフェース化する技術TubTouchで実現できる各種操作について、身体性や操作性の観点でユーザ評価を行い、考察した。浴槽内に座り浴

槽縁まで腕を上げて操作するインタフェースは、座高や腕の長さなどが操作性や投影物の視認性に影響を与えると考え、7人の被験者による実験を行った。座高や腕の長さによる影響は、操作性の面では浴槽縁の自分に近いところに触れときに窮屈な姿勢になったり遠いところに触れるときに手が届かなかつたりと、センサの配置に考慮する必要がある。座高による浴槽縁上面・浴槽内壁の視認性への影響は今回実験で使用した浴槽ではみられなかった。しかし座高などに依存せず表示が滲んでしまうため、投影角度が急な浴槽内壁への情報提示はデザインに気を配る必要がある。タッチ操作では概ね全ての被験者からスムーズに扱えるという感想を得られ、実用的であるということがわかった。スライド操作は被験者によって多少慣れが必要ではあったものの、5段階まで使えるということがわかった。今回は単体の操作手法だけを実験検証したが、今後はすでに実装している機器操作などの個別アプリケーションや、それらを選択的に扱う操作の流れ全体についてもユーザ評価を行う予定である。

参考文献

- [1] Mark Weiser. The Computer for the 21st Century. <http://nano.xerox.com/hypertext/weiser/SciAmDraft3.html>. Scientific American Special Issue on Communications, Computers, and Networks. Sep. 1991.
- [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] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 林宏憲, 大西諒, 平井重行. 一般住宅用浴室におけるミストを利用した立体的映像表現. エンタテインメントコンピューティング 2007 論文集, pp.75-76, 2007.
- [10] 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.
- [11] 大西諒, 平井重行. RFID 付き浴室物品の使用履歴からの入浴行動推定. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008 論文集, 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] 林宏憲, 平井重行. 水場での静電容量式タッチセンサの適用と入力インタフェースの実現. 情報処理学会研究報告 2009-HCI135/UBI24-18, 2009.
- [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] 榊原吉伸, 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, 情報処理学会インタラクション 2012 論文集, 2012.
- [16] 平井重行, 榊原吉伸, 早川聖朋. Bathcratch: 浴槽をこすることで DJ スクラッチ演奏を楽しむシステム. エンタテインメントコンピューティング 2011 論文集, pp.95-100, 2011.
- [17] Shigeyuki Hirai, Keigo Shima. Multi-touch Wall Display System Using Multiple Laser Range Scanners. Proc. of Interactive Tabletops and Surfaces 2011, 2011.
- [18] 松浦祐樹, 平井重行. マルチタッチ対応壁ディスプレイを用いた実寸大電子書架システム. FIT2012 講演論文集, 2012.