

RFID を用いた浴室での行動計測へむけて -浴室物品の使用時間に関する実験-

大西 諒*1 平井 重行*2

Toward Measurement of Human Activities in A Bathroom Using RFID -Experiment for Time Intervals of Using Item in A Bathroom-

Ryo Onishi*1 and Shigeyuki Hirai*2

Abstract - A bathroom is one of the spaces we use everyday life. Our research is focusing on a bathroom toward a smarthome as an ubiquitous computing environment. There are some applications of a bathroom, for instance security, healthcare and relaxation. As one of the researches, we have built a system that measures bathing actions from positions of items that equipped RFID tags in a bathroom.

This paper describes two experiments and discussions for that our RFID system can handle human activities while bathing. One of the experiment is for the response time of reading tags in wet area. The other is for the time intervals people have or hold items in a bathroom.

Keywords : Ubiquitous Computing, RFID, Bathroom, SmartHome, User Activity

1. はじめに

住宅内でのユビキタス関連研究^[1-3]の対象の多くは、居間やキッチンなど、電化製品が容易に設置できる場所が多く、水場である浴室は、電子機器類を容易に設置できない事情があるため、研究対象となりにくい。しかし、浴室は家の中でも毎日利用される場所のひとつである。最近になり、浴室用テレビやオーディオシステム、心拍・体脂肪計測機能付き浴槽、赤外線センサを利用した、入浴事故防止のための人の動きを検知する製品^[4]が登場してきている。これら製品の方向性から、ユビキタス環境としての浴室は、安心・安全、健康管理・増進、アメニティー・リラクゼーションへの応用が求められるといえる。

これらの状況を踏まえ、我々は浴室に対して、浴室をインタラクティブな空間にして、他の場所への伝達やコミュニケーションが可能となるよう浴室内のセンシング技術やメディア表現技術について研究を行っている。これまで、浴槽の入浴中の動作や心拍、呼吸を計測してインタラクティブにサウンドで入浴状態を表現するシステムの構築がある^[5]。これは、入浴者自らが楽しむアメニティー用途のほか、日常の健康管理、死亡事故防止のための安全管理へ向けたモニタリング機能としての応用が可能である。しかし、利用範囲は浴槽内のみであるため、浴槽外を対象とした研究として、RFID を用いた浴室での行動計測を行っている^{[6],[7]}。RFID タグ（以下タグ）を浴室物品に取り付け、その位置を浴室外から計測し、入浴者が利用する物品の動きから、状態や行動をある程度具体的に把握する仕組みを提案したものである。また、この行動計測システムに対し、

アンチコリジョン対応リーダの導入や、複数 RFID リーダの同期制御（複数アンテナで電波を同時に放出しない）を行うことで、電波干渉回避などの改良を施し、タグの読み取りの確実性の向上を図った。このシステムの応用として、浴室内での行動をもとに、様々なインタラクションやコミュニケーションの実現、安全で入浴者自身が楽しめるインタラクティブな浴室を目指している。

今回、この行動計測システムにおいて、浴室での実際の人の行動計測が可能かを確認する目的で、様々な浴室物品の使用時間に関する被験者実験を行った。本稿では、浴室物品の使用時間とタグの読み取りレスポンス時間を比較した結果と、その考察について述べる。

2. 浴室での行動計測の概要

2.1 行動計測の方法と特徴

浴室内で入浴者が利用する物品（シャワー、カラン、洗面器、石鹸（石鹸皿）、シャンプー類、いす、タオルなど）にタグを取り付け、RFID リーダ（以下リーダ、以下アンテナの意味も含む）を浴室外に複数設置し、タグを読み取ることで、物品の位置を取得し、入浴者が使用している物品から行動計測を行う。タグの取り付けに関して、将来は浴室物品など、物の流通段階からタグが取り付けられていることを前提としている。タグは、パッシブ型タグを用い、電気設備であるリーダを浴室外に置くことで、入浴者への電氣的な安全性を確保しつつ、装置自身の故障頻度も低く抑える。一方で、入浴者自身は既存の物品を従来通りに自然に使用し、機器やシステムの存在を意識する必要はない。これは Mark Weiser が提唱したユビキタスコンピューティングの概念^[8]として非常に重要であると考えている。

2.2 本研究での実験用浴室

YAMAHA 製 AX1616 を本研究での実験用浴室として用いた（図 1）。この浴室は、半分の面積が浴槽であり、残

*1: 京都産業大学大学院理学研究科

*2: 京都産業大学理学部

*1: Division of Science Graduate School of Kyoto Sangyo University

*2: Faculty of Science Kyoto Sangyo University

りが床となっている。床部分に接する壁には照明、鏡、シャワーフック（上下2ヶ所）、シャワーとカランの複合水栓、洗面器が置けるカウンター、シャンプーなどを置く棚がある。この浴室のシャワーフックの壁裏、カウンター下部、および床下にリーダを設置している（図1丸部分）。

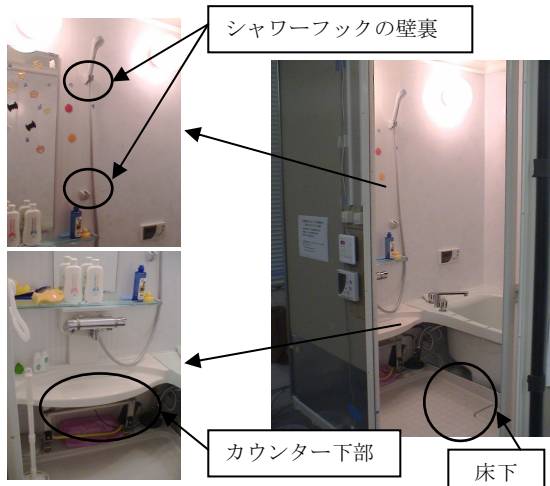


図1 実験用浴室

Fig.1 An Bathroom for Experiments

3. タグのレスポンス時間計測

RFID を用いた浴室での行動計測システムにおいて、浴室物品の使用の検出が可能かを検証するために、タグのレスポンス時間の確認を行った。

3.1 使用リーダ・タグ

リーダ・タグの周波数帯は 134.2kHz 帯と 13.56MHz 帯を使用している。水や金属の影響を比較的受けにくいことから浴室の利用に適していると考え、これらの周波数帯を選んだ。また、13.56MHz 帯に関しては ISO-15693 対応のものを選び、将来、物の製造段階から取り付けていると仮定しているタグにも対応しやすいと考えた。134.2kHz 帯リーダは、Texas Instruments 社の S2000 を用い（図2）、13.56MHz 帯リーダは、Welcat 社の EFG-400-01 を用いた（図3）。アンチコリジョンに関しては、S2000 は非対応、EFG-400-01 は対応となっている。



図2 S2000 Micro Reader (RI-K3A-001A)
Fig.2 S2000 Micro Reader (RI-K3A-001A)

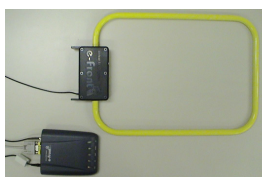


図3 EFG-400-01 IC タグ/IC カードリーダライタ
Fig.3 EFG-400-01 IC tag / IC Card Reader Writer

3.2 S2000 のレスポンス時間の計測

本研究は、浴室での利用を想定しているため、水の影響を確認する意味も含め、水のない環境とある環境で、それぞれの状況でタグを 500 回ずつ読み込むこととした。水のある環境は、シャワーでタグに湯水をかけている状態でタグを読み込むこととした。タグのレスポンス時間の平均と標準偏差を図4に記す。

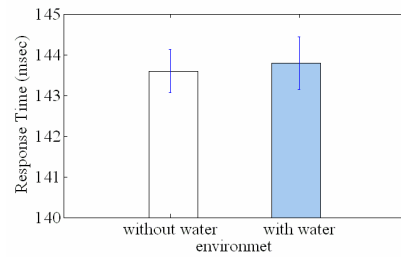


図4 S2000 リーダのタグのレスポンス時間
Fig.4 Tag's Response Time of S2000 Reader

図4で、右側が水のある環境となっている。タグのレスポンス時間に関して、水の影響はないと考えられる。また、浴室物品の使用時間（物品を手にとって元の位置に戻すまでの時間）が 150ms を越えるのであれば、物品の使用検出は可能である。また、このリーダの設置場所は、シャワーフックの上下二ヶ所、床下に二ヶ所となっており、今回は、シャワーの使用時間と上記レスポンス時間を比較する。

3.3 EFG-400-01 のレスポンス時間の計測

1台のリーダで、1~10個のタグのレスポンス時間を確認した。各々の個数において500回ずつ読み込むこととした。各々のレスポンス時間の平均と標準偏差を図5に示す。

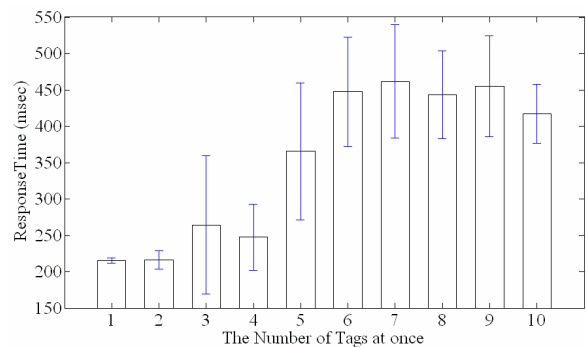


図5 EFG400-01 リーダの複数タグのレスポンス時間
Fig.5 Tag's Response Time of EFG-400-01 Reader

図5の各々の平均値を見ると、約450msで飽和状態になっている。標準偏差を見ると、3個、5個のレスポンスのときに大きくなっており、タグの個数によって比例して大きくなるということが分かる。これは、タグの位置がアンテナの読み取り範囲の境界付近である場所や、タグのコイルの向きとアンテナが放出する磁束の向きが平行に近い向きなど、アンテナに対しタグが読み取りにくい配置の場合に、タグのレスポンス時間が不安定になり、レスポンス

に多くの時間を要することが原因であった。今回の、3個、5個の読み取りの際に、そのような配置があったため、標準偏差の値が大きくなったと考えられる。

こちらに関しても、水による影響を確認するため、水のない環境とある環境で、上記とは別に、1~10個のタグをそれぞれ500回ずつ読み込むこととした。レスポンス時間の平均と、標準偏差を図6に示す。水のある環境は、S2000と同様、シャワーでタグに湯水をかけている状態でタグを読み込むこととした。また、水の影響の有無を確認することが目的なので、タグを両環境で同じ配置にし、また、レスポンス時間が安定するよう配置した(図7)。図7のタグに書いている数字は、タグを取り除いた順番となっており、タグを徐々に減らす形で各々の個数についてのレスポンス時間を計測した。

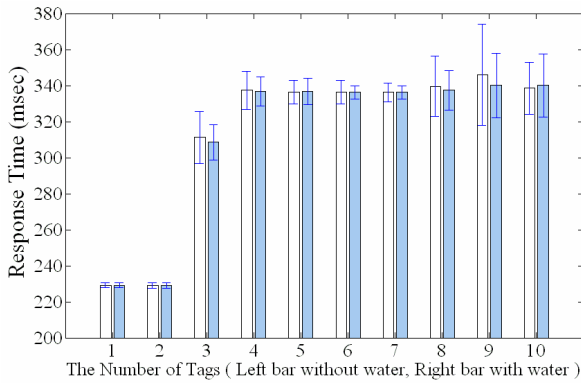


図6 EFG-400-01 リーダのタグのレスポンス時間
Fig.6 Tag's Response Time of EFG-400-01 Reader

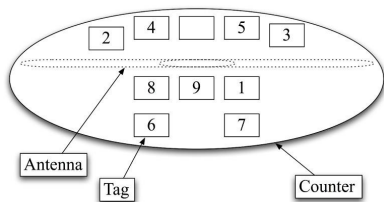


図7 タグの配置

Fig.7 Arrangement of Tags

図6で、各グループの右側が水のある環境となっている。タグのレスポンス時間に関して、水の影響はないと考えられる。しかし、水のある環境では、タグの読み取り範囲が1cm~2cmほど狭くなった。タグが、狭くなった読み取り範囲の境界付近に位置した場合、レスポンス時間が不安定になることがあったので、水の影響を受けることがある。

上記結果から、浴室物品の使用時間がおおよそ500msを越えるのであれば物品の使用検出は可能である。しかし、アンテナは、カウンター上部の全範囲で物品の検出ができるように、カウンター下部に2つ配置した。また、両アンテナ間で同期制御を行っているので、タグが多くある場面を想定した場合、レスポンス時間を1secと見積もる必要がある。今回、このレスポンス時間とカウンター上部に置

く浴室物品の使用時間について比較する。また、複数タグの同時読み込みの際、タグがあるにもかかわらず認識に失敗するタグの読みこぼしが見られた。読みこぼしを物品の使用と認識すると、行動計測に大きな支障をきたすので、一定時間、もしくは、一定回数タグが読み込めなかった場合に、物品が移動したと認識するようにする必要がある。

4. 被験者実験

4.1 浴室物品の使用時間の計測

3章でのレスポンス時間から、浴室での実際の行動計測が可能かを検証するために、様々な物品の使用時間を計測する被験者実験を行った。被験者は15名(男性10名、女性5名)である。用意した物品と、物品に対する動作を表1に、各々の動作を10回行ってもらった物品使用時間の平均と標準偏差を図8に示す。

表1 使用物品と動作

Table 1 Items and Actions

使用物品	動作
洗面器	1:お湯をかぶる
シャンプーボトル	2:ふたを開けて中身を出す 3:ふたが既に開いている状態で中身を出す 4:物品を確認する
洗顔石鹸チューブ	5:ふたを開けて中身を出す 6:ふたが既に開いている状態で中身を出す
コップ	7:湯水を口に含む
鏡	8:顔を確認する
スポンジ(9,10)もしくはタオル(11,12)	9 or 11:両腕を洗う 10 or 12:体を洗う
シャワー	13:シャワーを軽くあびる 14:浴槽をぬらす

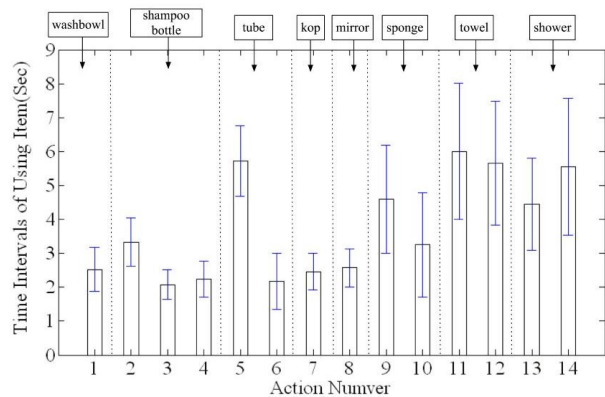


図8 物品の使用時間

Fig.8 Time Intervals of Using Item

物品に関して、シャンプーボトルはふたを開けてボトル

を逆さまにして中身を出すタイプ、洗顔石鹸チューブはふたを回して開けるタイプ、鏡は手に持てるタイプとなっている。また、被験者には、物品に対する動作を素振りとして行ってもらった。また、同じ物品で使用時間が異なっても使用の検出が可能かを検証するために同一物品で複数動作を行ってもらった。

図8に関して、x軸の数値が表1の動作の番号に対応している。シャンプーボトルは14名の平均、標準偏差となっており、1名はこちらで用意したタイプのボトルを自宅環境では使わず、どのような動作をイメージしたらいのか分かりにくいとの意見から、計測を行わなかった。また、スポンジは3名、タオルは11名の平均、標準偏差となっており、1名はどちらも使用しないことから計測を行わなかった。その他は15名の平均と標準偏差となっている。

シャワーとS2000レスポンス時間を比較すると、使用時間の平均は早い動作のほうで4.18秒と、150msをはるかに超えており、使用検出に問題は無い。カウンター上に置く物品と、EFG-400-01のレスポンス時間(同期制御あり)を比較すると、どの動作も1secを超えており、タグが多くある場面でも物品の使用検出は可能といえる。しかし、読みこぼしを考慮し、読みこぼしの許容回数×1secと考えると、多くの動作で、読みこぼしの許容回数が1~2回となる。読みこぼしの度合いを調べて、この許容回数で物品の使用検出が可能かを検証する必要がある。

4.2 被験者からのフィードバック

今回こちらで用意したシャンプーボトルに関して、自宅環境において、実際に使う被験者は1名で、その他14名はプッシュタイプのボトルを使用しているとの回答を得た。また、プッシュタイプであることから、物品を使用する際に物品を移動することはないとの回答を13名から得た。1名は使う際に実際に移動することから、その移動時間を計測すると、平均は2.249sec、標準偏差は0.4306となった。こちらも、読みこぼしの許容回数が1~2回となった。また、シャワーに関しても5名の被験者が実際にはシャワーを手にとらず、シャワーヘッドにかけたままシャワーを浴びるとの回答も得た。この場合、シャワーを使用しているかの検出ができない。多くの被験者の自宅環境において、シャンプーやシャワーを使っているといった浴室での主要となる行動の把握が困難な結果となった。14名の被験者から自宅環境では、鏡は浴室の壁にかかっているとの回答を得た。これもまた動かさないので、鏡の使用検出も多くの場合でできない。1名の被験者からタオルを浴槽のふたの上に置いているとの回答を得た。浴槽のふたの上に置いている物品の使用検出も現在の所はできない。

5. おわりに

本研究は、浴室における浴槽外での入浴者の行動計測と、その応用を目的としている。

本報告では、我々が構築している行動計測システムにおいて、浴室での実際の人の行動計測が可能を確認するた

めの、タグのレスポンス時間と、様々な浴室物品の使用時間に関する被験者実験について述べた。タグのレスポンス時間と被験者実験の結果から、本実験環境で、タグの読みこぼしを考慮しない場合、今回我々が用意した物品の使用検出は可能であった。読みこぼしを考慮した場合、カウンター上に置く多くの物品で読みこぼしの許容回数が1~2回となった。読みこぼしの度合いを調べ、この許容回数で物品の使用検出が可能かを検証する必要がある。また、多くの被験者の自宅環境において、物品を移動しないことから、物品の使用検出が困難である状況が多く見られた。様々な場面での行動計測を可能とする対策が必要である。

また、システムの応用として、入浴者の行動や状態を把握・モデリング^{[9],[10]}し、安全で入浴者自身が楽しめるインタラクティブな浴室や、状況を外部伝達としてメディア表現するシステムとして発展させていきたいと考えている。

謝辞

本研究は科学研究費補助金(若手研究(B)18700201)の助成を受けて実施された。

参考文献

- [1] Kidd, Cory D., Orr, Robert J., Abowd, Gregory D., Atkeson, G., Essa, Irfan A., MacIntyre, B., Mynatt, E., Starner, T. and Wendy Newstetter.: The Aware Home: A Living Laboratory for Ubiquitous Computing Research; Proc. of the Second International Workshop on Cooperative Buildings - CoBuild'99(1999)
- [2] 橋本: 住宅におけるリアルタイム人間行動計測技術; 計測自動制御学会中部支部第7回福祉工学研究委員会研究会資料, pp.9-12(2001)
- [3] 椎尾, Rowan, J., Mynatt, E.: Digital Decor: 日用品コンピューティング; ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.5, No.3, pp.323-330(2003)
- [4] 安藤, 森, 内田: 動き検知センサ「風呂用心」; 三洋電機技報, Vol.33, No.3, pp.31-38(2001)
- [5] 平井, 藤井, 左近田, 井口: 新たなアメニティくうかんを目指した浴室-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)
- [6] 平井, 小川: RFIDを用いた浴室での行動計測; ヒューマンインタフェースシンポジウム2005 論文集1, pp.407-410
- [7] 大西, 平井: RFIDを用いた浴室での行動計測システムの改良; 情報処理学会研究報告 2007-UBI-7, pp.17-22 (2007)
- [8] Weiser M.: The Computer for The Twenty-First Century; Sci. Am., pp.94-100(1991)
- [9] 青木, 大西, 小島, 福永: HMMによる行動パターンの認識; 電子情報通信学会論文誌, VOL.J85-D-II, 2002-7, pp.1265-1268
- [10] 山本: 「異常行動」の計測と理解; ヒューマンインタフェース学会誌 Vol.9, No.1, 2007, pp.29-34