

# 実験住宅ΞHome（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

○平井 重行（京都産業大学）， 上田 博唯（京都産業大学）

## Towards a User-Experience Research in a Living Laboratory ΞHome (KSU-iHome)

○Shigeyuki HIRAI (Kyoto Sangyo University), and Hiro tada UEDA (Kyoto Sangyo University)

Abstract: This paper describes a living laboratory ΞHome with its various user-interface researches. Our researches have two approaches to new user experience, a HRI (Human Robot Interaction) approach and an ubiquitous computing environment approach. We also discuss user experience to consider it from different angles.

### 1. はじめに

Xanadu House[1]を始めとする実験住宅プロジェクトは、建築・快適環境・エネルギーなどの観点で取り組みが行われてきた。その中で1990年代以降、IT技術を中心とした様々な技術的革新やユビキタス環境の概念の広まりに伴い、ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI: Huma Computer Interaction)観点での研究が行われるようになった[2]-[5]。本稿では、京都産業大学内に施工された生活型実験住宅 ΞHome (KSU-iHome: くすいーほーむ) [6]について、2章で概要を説明し、そこで行われている先進的 HCI 研究について3, 4章で紹介する。それらの研究はこれまでの生活では経験していないモノの使い方やインタラクションを提供するものである。その価値判断にはユーザエクスペリエンス(UX: User eXperience)が重要な鍵を握ることから、5章でそれについて議論する。

### 2. 実験住宅 ΞHome 概要

#### 2.1 研究および住宅のコンセプト

ΞHome における HCI 研究は、主に2つのアプローチを取っている。1つは日本の先進的技術として重要な位置付けであるロボットを扱うアプローチである。ここでは生活支援するパートナー的役割を果たす対話ロボットに焦点をあて、HRI(Human Robot Interaction)の研究を行っている。

もう1つは、Mark Weiserが提唱したユビキタスコンピューティング環境の概念に基づくアプローチである。その「コンピュータの先進的な機能が身の周りのモノに埋め込まれ、人々の目や意識から消え去って自然に利用できる環境」[7]という概念を実現すべく、日常生活空間に先進的なユーザインタフェース(UI)環境を構築して、生活支援インタラクティブシステムの研究を行っている。そのため、ΞHome は日本での従来工法でありながら、壁の表面や中、天井や床に様々なセン

サやディスプレイ機器類を埋め込めるような自由度の高い形式の住宅となっている。

#### 2.2 設計施工上の特徴

ΞHome は京都産業大学の校舎の一郭（実験室内）に、マンション（コンドミニアム）タイプの住宅として施工された。面積60平米程度で1LDKの間取りとなっている（Fig.1 参照）。床は、タイル状の剥がせるフローリングユニットで構成され、配線やセンサ埋込みが自由にできる。内壁は従来の石膏ボードにクロス貼りだが、住宅の外周が校舎建物内部であり温湿度の変化にあまり注意しなくて良く、外壁や断熱材はない。それゆえ壁裏への配線やセンサ埋込みも容易である。

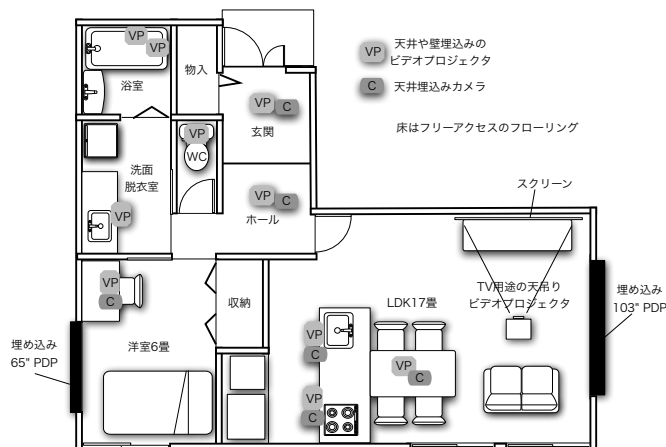


Fig. 1 Layout of ΞHome

天井は、浴室を除く住宅内部すべてに対し、再帰性反射材による不可視マーカが印刷された特殊なクロスを貼り付けている（Fig.2 参照）。このマーカ天井を赤外線LED付き赤外線カメラで撮影するとFig.2右側のように写るため、マーカの画像認識処理によりカメラの三次元位置と姿勢の推定が可能である[8]。ΞHomeでは赤外カメラが埋め込まれたメガネや帽子を用いて、ユーザ頭部の位置や姿勢を得るためなどに用いる。

また、天井裏は住宅外側から上れるようになっており、足場があって自由に移動可能である。キッチンカウンタなどの上部天井裏に設置したプロジェクタや小型カメラの調整などに役立つ。

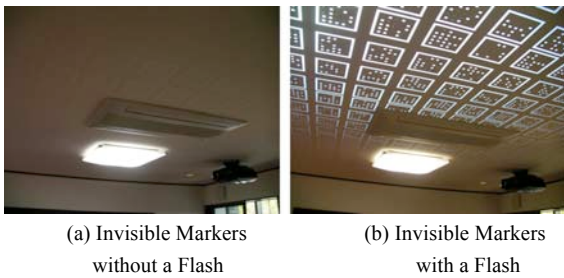


Fig. 2 Wallpaper on the ceiling with invisible markers

### 3. 対話ロボットとの共生に関する研究

本章では、EHome で行われている研究テーマのうち、対話ロボットを用いた HRI 研究を中心に紹介する。

#### 3.1 来客対応ロボット

対話ロボットの役割の1つとして、玄関先での来客対応が考えられる。従来だと、インターホンで家の中から訪問者へ対応する際、相手（知人かセールスマンかなど）によって対応の仕方が違う。そこで、その対応を玄関先に設置した対話ロボットが代行し、ユーザは家の中で端末を用いて玄関先ロボットを操作、または室内ロボットを介した直感的な操作が行えるシステムの研究を行っている (Fig. 3 参照)。ここでは、天井マーカとカメラ付メガネでユーザ視線（頭部の向き）を追跡し、玄関先ロボットの視線制御を試みている [9]。

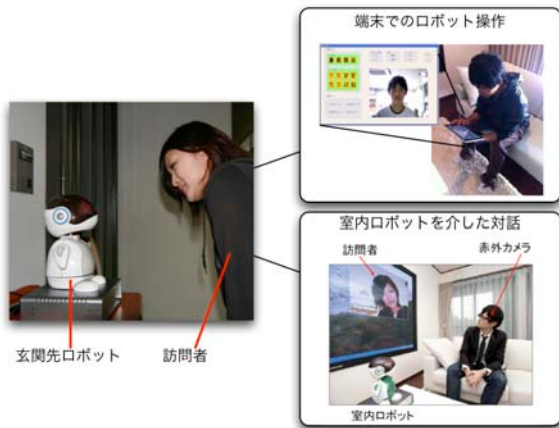


Fig. 3 Visitor reception system at the entrance

#### 3.2 愚痴を聞くロボット

日常生活していると、ロボットに対して愚痴をこぼすこともあるという想定で、ロボット側が愚痴を聞く際の戦略を提案した [10]。この研究では、愚痴の内容が同意を求めるものか、断定口調かなどの違いからロボットのしぐさを変化させることを試みている。

### 3.3 その他対話ロボットに関する基礎研究

直接、日常生活場面に即した内容ではないが、マルチモーダル、ノンバーバルなインタラクションに関する基礎的な研究テーマも並行して行っている。具体的には、会話の雰囲気や視線の印象への影響などについて扱っている [11][12]。

## 4. 環境型ユーザインタフェースに関する研究

本章では、住宅設備や壁など環境へセンサ類を埋め込んで、ユーザの行動や所作を自然な形で計測し、インタラクションへ活用するための研究を紹介する。

### 4.1 浴室を対象とした研究

#### 4.1.1 浴室行動・生体計測に基づくシステム

電子機器の持ち込みが容易でないと思われがちな、浴室における UI 研究を数々行っている。その1つに給湯器内蔵センサを活用したシステムがある。これは、湯張り量計測目的の水圧センサを活用し、浴槽のお湯のかきまぜ行為や呼吸を計測、その情報からインタラクティブにサウンドを鳴らす [13]。また浴槽心拍計も併用可能で、入浴中の心拍数に応じた BGM テンポ制御を行い、体調や健康状態を音楽で感覚的に知るなどの効果もある。これらはユーザが入浴を楽しむ以外に、キッチンや遠隔地などへも情報伝達ができ、安否確認などへも応用可能となっている (Fig. 4 参照)。

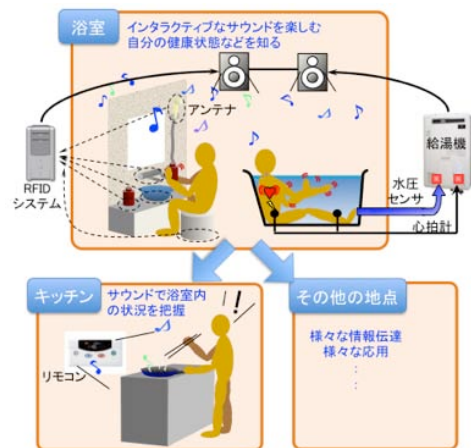


Fig. 4 Overview of interactive sound bath system

また、洗い場で洗顔や洗髪の最中の行動に対しては、浴室にある物品を使う際に、持ち上げたり移動させたりすることに着目し、RFID で物品の場所を検出する研究を行った (Fig. 4 参照)。RFID の湯水に対する通信特性を実験したうえで、実際に利用物品の検出ができることを確認している [14]。そして、様々な人の浴室での行動パターンと使用物品の順序を HMM で学習・推定する手法も研究を行っている [15][16]。ここでは物品に印刷されたバーコードが将来 RFID へ置き換わるこ

とを想定しているが、ユーザにとっては従来通りの入浴を行うだけでよく、環境がユーザを見守る機能を実現できる点で有意な手法と考えている。

#### 4.1.2 浴槽操作インタフェースと応用

浴槽自体を操作インタフェースとする一手法として、静電容量方式タッチセンサを浴槽縁裏側に設置するだけで、浴槽をタッチ操作インタフェースへと変える研究を行っている[17]-[19]。従来、静電容量センサは水にも反応するが、水と人の皮膚の比誘電率が違うため、センサ出力を適切に処理することでその違いが区別できる。ここでは、浴槽縁に手を近付ける近接操作や、縁上で滑らせるスライド操作、そして直接触れるタッチ操作の3種類の操作を実現した (Fig.5 参照)。

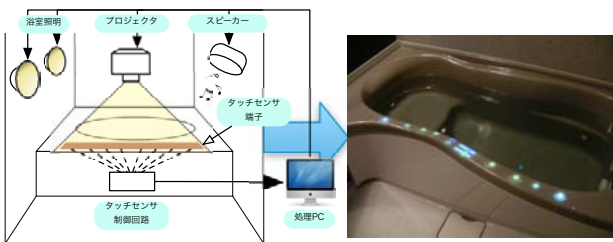


Fig. 5 Overview of bathtub touch sensor system

また、このタッチセンサを部分的に用いる応用システムの研究も行っている。その一つが、最近の日本の浴室に多く導入されるようになったミストサウナ (浴室乾燥暖房機の一機能) を用いて、天井から降ってくるミストへ光を当てることで幻想的な空間を演出する研究である[20]。光の形状や色などを浴槽の触れ方で変化させることができる。他に、浴槽操作インタフェース化の別の手法として、ピエゾセンサを浴槽裏側に設置し、浴槽のこすり音を検出して操作に用いる研究[21]でもタッチセンサを併用している。

#### 4.2 キッチンを対象とした研究

ΞHome のキッチンカウンタはカウンタがオープンタイプであり、カウンタ上部の天井にはプロジェクタとカメラが埋め込んである (Fig.6 参照)。これらを用いた新たな表現方法の調理支援システムの研究に取り組んでいる。

調理支援システムの1つは、カメラで食材の位置や向きを画像認識し、食材に対してプロジェクタで必要な情報を重畳表示するシステム[22]である (Fig. 7 参照)。このシステムでは、レシピや調理方法に関するコメン

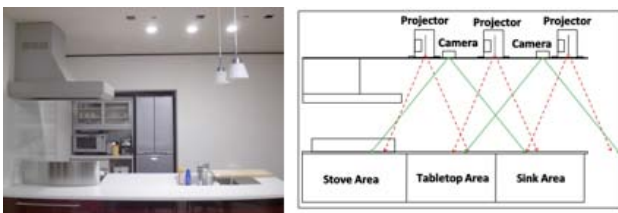


Fig.6 Overview of ΞHome kitchen counter system

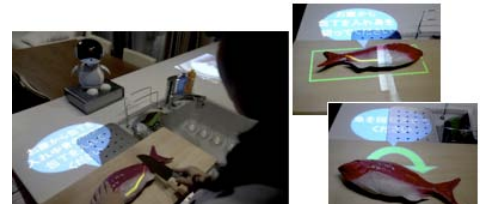


Fig.7 Projection examples of the cooking support system

トを、食材が吹き出しでユーザに話しかけるといった表現を導入している。もう1つは、レシピ情報などをカウンタ面に投影しつつ調理支援を行うものである[23]。静止画ではわかりにくい泡立て具合などを調理状況として動画で提示するほか、対話ロボットを用いて音声でのインタラクションなども試みている。

#### 4.3 その他の箇所を対象とした研究

リビングルームの壁に埋め込まれた 103 インチプラズマディスプレイに対し、複数のレーザレンジスキャナを用いてマルチタッチ化を行った (Fig.9 参照)。この技術は既存の壁埋込ディスプレイに対して、後からマルチタッチ化が容易なほか、タッチイベントはネットワーク上で利用できるなどの利点もある[24]。この壁ディスプレイの用途案には、電子書籍を実寸大で表示する電子本棚システムが考えられ、現在、ジェスチャ操作のデザインと共にシステムの試作を行っている。

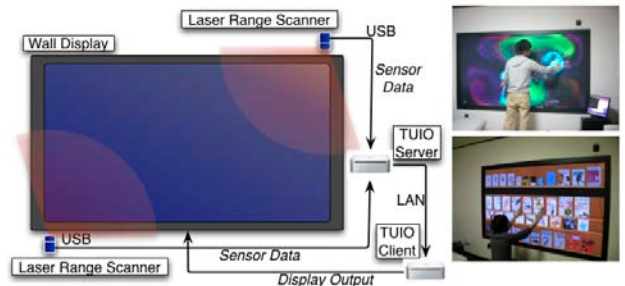


Fig. 9 Overview of multi-touch wall display

洗面脱衣室の洗面化粧台については、鏡をハーフミラーに取り替え、その裏側にプラズマディスプレイを設置して鏡ディスプレイ化した。普段の洗面や化粧時に目の前に情報提示可能な環境にしている (Fig.10 参照)。この鏡ディスプレイも前述のレーザレンジスキャナによってマルチタッチ化を行う。



Fig. 10 Half-mirror display washstand

## 5. ユーザエクスペリエンス研究へ向けて

3章, 4章で紹介した研究システムは, 技術的に新しいものそうでないもの様々である. ユビキタス環境やUIの分野でこの類のシステムは多数提案され試作されてはいるものの, 実際の生活場面で日常的に使いつづけて評価している例はあまりない. また, これらのシステムはこれまでにない体験・経験を提供するものであり, 本来評価すべきなのは現時点での使いやすさや便利さではなく, 毎日使いつづけた際のUXに注目すべきである.  $\Xi$ Homeではまだ長期滞在しての実験は実施していないが, 特定のシステムの評価すべきタイミングでは滞在しての日常的利用を行う予定である. また, その際には, 脳活動計測も導入するなどして新たな評価手法の確立についても追求したいと考えている.

## 6. おわりに

本稿は, 京都産業大学の実験住宅  $\Xi$ Homeで行われている数々のHCI研究について紹介した. いずれもこれまでにないシステムや操作方法であるため, UXに着目した実験を今後行っていくつもりである. また, 並行してトイレやダイニングテーブル, 洋室, ベッドなど環境型UIのアプローチとして手を付けていない箇所は多々ある. そして, 生活支援できる行動・行為も多種多様である. HRI研究と環境型UI研究, 双方の組み合わせたシステムなど, より新たなシステムの提案とそのUXに注目した実験的研究を行ってゆきたい.

## 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 PlaceLab: 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  $\Xi$ Home(くすいーほーむ)について, 信学技報 Vol. 110, No. 35, pp. 43-50, 2010.
- [7] 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.
- [8] 中里祐介, 神原誠之, 横矢直和: 不可視マーカを用いた位置・姿勢推定のための環境構築とユーザ位置・姿勢推定システム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.13, No.2, 2008.
- [9] 小吹健太郎, 辻剛正, 上田博唯: スマートホームにおけるロボットの視線制御方法の提案, 信学技報 Vol. 110, No. 457, pp. 31-36, 2011.
- [10] 松原大, 上田博唯: 愚痴を聞くロボットの提案, 信学技報 Vol.111, No.38, pp.45-50, 2011.
- [11] 守屋宣孝, 荻野晃大, 上田博唯: 対話型ロボットが醸し出す会話の雰囲気に関する評価実験, 信学技報 Vol. 110, No. 35, pp. 1-6, 2010.
- [12] 小吹健太郎, 上田博唯: 対話ロボットの振り向き動作に対する視線感知に関する実験と考察, エンタテインメントコンピューティング2011論文集, pp. 337-342, 2011.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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, WISS2011 論文集, 2011.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] Shunsuke Morioka, Hirotada Ueda: Cooking Support System Utilizing Built-in Cameras and Projectors, Proc. of IAPR Conference on Machine Vision Applications, pp. 271-274, 2011.
- [23] 南部惣太, 信耕令佳, 上田博唯: 調理支援システムにおける対話ロボットの効果 ~タコ焼きと出汁巻きを例題として, 信学技報 Vol. 111, No. 235, pp. 75-80, 2011.
- [24] Shigeyuki Hirai, Keigo Shima: Multi-touch Wall Display System Using Multiple Laser Range Scanners, Proc. of Interactive Tabletops and Surfaces 2011, 2011.