

京都産業大学の生活型実験住宅 Ξ Home (くすいーほーむ) について

平井 重行[†] 上田 博唯[†]

[†] 京都産業大学コンピュータ理工学部 〒603-8555 京都市北区上賀茂本山

E-mail: [†] {hirai, ueda}@cc.kyoto-su.ac.jp

あらまし 京都産業大学の校舎内に、実生活可能なマンションタイプの実験住宅 Ξ Home (くすいーほーむ) が 2010 年 3 月に完成した。この実験住宅は、日常生活の行動計測やインタラクションの分析、新しいインタフェースやインタラクティブシステムの日常的・長期的使用実験の場として利用できるよう、幾つもの工夫がなされている。本報告では、住宅の設計・施工上の特徴、施工時に導入した設備・機器類の説明を行う。また、筆者らがこれまでにやってきた研究と今後の取り組みについても述べる。

キーワード 住宅, 日常生活, 行動計測, 情報ディスプレイ, ロボット対話, アンビエント・インテリジェンス

Ξ Home (KSU-iHome): A Living Laboratory at Kyoto Sangyo University

Shigeyuki HIRAI[†] and Hirotada UEDA[†]

[†] Faculty of Computer Science and Engineering, Kyoto Sangyo University

Kamigamo-Motoyama, Kita-ku, Kyoto, 603-8555 Japan

E-mail: [†] {hirai, ueda}@cc.kyoto-su.ac.jp

Abstract An apartment house, called Ξ Home (KSU-iHome), have been built in Kyoto Sangyo University on Mar. 2010. This apartment house has various features to carry out some practical study and research plans, for instance, monitoring activities, analysis of interactions, long-term user studies of new user-interfaces and interactive systems for everyday life. In this paper, constructional plans, designs, features, and installed equipments of Ξ Home are described. And also, our previous and future works are described.

Keyword Smart Home, Smart House, Everyday Life, Activity Monitoring, Information Display, Human-Robot Interaction, Ambient Intelligence

1. はじめに

スマートホーム(Smart Home or Smart House) 研究の源流は 1970~1980 年代のホームオートメーション(HA: Home Automation) と言える。この時期に米国の Xanadu House[1]を始めとするプロジェクトにおいて、家庭内の危機のコンピュータ応用の取り組みが盛んに行われ、家庭内の機器へのコンピュータ応用の取り組みが盛んに行われてきた。1990 年代以降、ネットワークやセンサ、情報処理などの技術進化、半導体チップの小型化・高性能化など、様々な技術的革新に伴い、様々な形の住宅や住環境の一部を再現した研究が行われてきている[2]-[8]。本報告では、京都産業大学にて新たに建築した生活型実験住宅 Ξ Home (KSU-iHome: くすいーほーむ) をとりあげ、その研究コンセプトと共に設計・施工上の特徴、設置した設備機器類について述べる。その上で筆者らがこれまでにやってきた関連研究や今後の研究概要についても説明する。

2. Ξ Home の研究コンセプト

Mark Weiser の提唱したユビキタスコンピューティング環境の概念[13]は、「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」という内容が中心であり、アンビエントインタフェース(Ambient Interface)やカームテクノロジー(Calm Technology)という側面が重要だと述べている。 Ξ Home では、そのアンビエントインタフェースの側面を日常生活空間として実現することを研究の基本コンセプトの一つとしており、それを日本での一般的な住宅において実現しようとしている。ここでは、日本での従来工法を基本とした住宅に対し、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むような自由度の高い形式の住宅とすることを、建築上のコンセプトとした。その上で、壁や床、天井や家具などに埋め込まれたセンサやディスプレイを用いたアンビエント



図1 ㊄ Home の住宅間取り図

Fig.1 The Layout of ㊄ Home

インタフェースとそのアプリケーションについて研究を行う。これは、新築の戸建て住宅やマンションでなく、既存の住宅であっても小型・薄型化また高性能化された機器類を違和感なく住環境に取り付けることが可能であることを前提としている。実際に、高性能マイコンを搭載したセンサノードやビデオプロジェクタは年々小型化・高性能化が進んでおり、PDPや有機ELなどのディスプレイも、曲げられるような薄型で、貼り付けて利用できるものが研究開発されてきている。

一方、日本のコンピュータ関連研究としてロボットは非常に重要な位置付けであり、生活上の様々な支援を行うパートナーとして様々な研究が活発に行われている。本研究では、次章に述べる通り高齢者も考慮しつつ1人か2人の生活を対象とした住宅であり、人とコンピュータシステムのインタラクションにおいてロボットが果たす役割も非常に大きいとも考えている。また、筆者の一人がNICTのゆかりプロジェクトにおけるスマートホームに関する研究[8]と、そのスマートホームを使った長期生活型実証実験を通じての人とロボットの共生に関する研究[14]を遂行した経験や知見を活かし、対話ロボットが住宅内に居て、先のアンビエントインタフェースと連携しながら人の生活を支援するシステムや環境について扱うことも、㊄ Homeの研究コンセプトの一つとしている。

さらに、これら新規に研究開発されたアンビエントインタフェースやロボットの対話インタフェースについては、生活の中で利用のされ方がどう変化するのか、人々の意識がどう変化していくのかなどを知るために、長期的な生活実験が行えることも科学的な観点で重要



図2 木製床材をはがした床

Fig.2 Wooden Floor Units

である。そのような生活実験が可能な住宅を用意することも、本研究のコンセプトとして重要な位置付けとして、㊄ Homeの設計・施工を進めた。

3. ㊄ Home の設計・施工上の特徴

3.1. 住宅間取り

㊄ Homeは、京都産業大学キャンパス内の校舎の一部(14号館3Fの実験室内)に、マンション(コンドミニウム)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(図1参照)である。LDKは3,4人向け住宅と同様の広さであるが、寝室として利用できる洋室が6畳1部屋であることから、住宅全体としては1人か2人で住む広さと言える。そのため、高齢者や子供の居ない夫婦、独身の人などが住む住居として該当し、実際に生活実験を行う際には、それらに該当する被験者で行うことを想定している。

また、施工した実験室の形状や間取りの都合から、玄関の土間およびホールは各々1坪ぶんの広いスペースとなっている。浴室は1坪タイプの一般的な広さであるが、洗面脱衣室は1坪半と少々広めである。

以上から、間取りとしては1LDK相当で、1人ないし2人で住む作りとなっている。

3.2. 基礎、床

マンションタイプとは言え、校舎内に柱や梁、壁を立てる建築物であることから、耐震性能を考慮して、基礎については戸建て住宅と同様の布基礎としている。但し、後から床下へ配線などがしやすいよう、基礎の各所にアクセス用もしくは配線用の穴を開けている。

床については、玄関の土間を除き表面上は全て木製

のフローリングとした。但し、OAフロア用としても利用できる 500mm 四方のタイル状の木製床材^Aを並べた(図2参照)。その木製床材の下にはOAフロアと同様に着脱可能な床板ユニットがあり、フリーアクセス可能となっている。これにより、後からセンサを含む各種配線が比較的自由にできる構造となっている。

3.3. 柱, 壁

従来工法と同様の木造柱を用いている。ただ、後述の天井裏の足場設置や大型ディスプレイの壁への埋込みのほか、校舎の3Fで施工する事情もあり、耐震強度を確保するために柱の間隔は比較的短めにしている。

壁については、内壁は石膏ボードを柱に打ち付け、壁クロスを貼った通常の施工である。一方で、外壁については、基本的には石膏ボードを貼っていない。部分的に石膏ボードをビス留めした箇所があるものの、ビスを外せばボード自体も簡単にはがせ、壁埋込のセンサやその他機器取付けが容易にできるよう配慮している。また、校舎内での施工なので、住宅内外の気温差がそれほどは起こらないことから、外壁や壁内部の断熱材は必要ないと判断して省略している。

浴室の壁だけはシステムバス製品のものであり、人造大理石と石膏ボードの貼り合わせで構成されている。筆者の先行研究で浴室壁裏にRFIDリーダを設置するシステムがあるが、壁に鉄板が挟まれている浴室壁だとRFIDがうまく使えないため、今回の壁パネルを持つシステムバス^Bを導入した。

なお、住宅を施工した実験室の壁と、住宅の柱や外壁(基礎部分)との間は、300~1000mm程度空いており、機器設置や作業のスペースとして利用できる。

3.4. 天井および天井裏

天井の内装については、浴室を除く住宅内部すべての天井に対し、不可視マークが印刷された特殊なクロスを貼り付けている(図3参照)。このマークはクロスとほぼ同色の再帰性反射材がクロス表面に塗られており、天井に貼る場合には景観を損ねない程度の見栄えとなる。このマーク付きクロスは赤外線LED付きの赤外線カメラで撮影すると、マーク部分が白く写る。各マーク内部は様々なパターンであり、そのパターンの並びをキャリブレーションした上で、画像処理すれば、カメラの三次元位置と姿勢の推定が可能である。この機能を利用すれば、宅内での行動計測用途のほか、拡張現実感システムやアンビエントインタフェースへの応用が可能である。この技術は、奈良先端科学技術大学院大学の神原誠之氏の協力を得ている[15]。なお、天井の工法は従来住宅であるため、梁に石膏ボードが

打ち付け、その石膏ボードにクロスを貼っている。

次に、天井裏の特徴について説明する。並行する梁の上に架ける形で鉄製格子の足場が置かれており、天井裏に対して比較的自由にアクセスが可能となっている(図4参照)。これは天井裏にビデオプロジェクタや小型カメラなどを設置する際に利用するため設置した。



(a) 不可視マーク (フラッシュなし撮影)
(a) Invisible Markers without a Flash
(b) 不可視マーク (フラッシュあり撮影)
(b) Invisible Markers with a Flash

図3 天井クロスに印刷された不可視マーク

Fig.3 Wallpaper on the Ceiling with Invisible Markers

そして、プロジェクタやカメラ、それらを制御する小型PCを設置するために、天井の石膏ボード上にはLANケーブルや電源ケーブルが随所に配線してある。将来的にはプロジェクタやカメラは、小型化・無線化・高性能化されたものを部屋内部の天井に張り付ける程度で利用できることを想定している。現時点ではそこまでの機能を持つものは安価に入手不可能なため、天井裏へ設置することとした。それらの設置箇所は図1の図面に"VP"と"C"の記号で示している。なお、前述の壁と同様、天井裏(通常は屋根裏)への断熱材は設置していない。天井裏へは図1の図面で103インチPDPの上の外型通路に設置した梯子で登ることができる。



(a) 鉄製格子足場 (a) Scaffoldings
(b) 天井裏を上から見た図 (b) Above the Ceiling

図4 天井裏の様子

Fig.4 Above the Ceiling

3.5. その他

リビングルームおよび洋室には、それぞれ103インチ^C、65インチ^Dのプラズマディスプレイパネル(PDP)

^A 檜のフローリングユニット

<http://freeaxe02.sakura.ne.jp/content/view/36/52/>

^B ヤマハリリビングテック CZ1616 V グレード

^C パナソニック TH-103PF12

^D パナソニック TH-65PF12KR

が壁に埋め込まれている(図5参照).住宅自体が校舎内に施工されているため,校舎の窓がない箇所に住宅の窓を配置しても自然光が採光できない.そのため,窓の代わりとして埋め込み,風景映像を流すことで借景的な空間作りを試みるほか,センサと連携してインタラクティブな情報ディスプレイとしても利用するなど,様々な用途に使う予定である.



(a) リビングルームの103”PDP (b) 洋室の65”PDP
 (a) 103” PDP in A LivingRoom (b) 65” PDP in A BedRoom
 図5 壁に埋め込まれたプラズマディスプレイ

Fig.5 Embedded PDPs in Walls

玄関扉以外の扉にはマグネットセンサが付けてあり,開閉情報がセンシングできるようになっている(図6参照).トイレや洗面脱衣室,浴室など,画像センサが利用できない箇所への居場所特定の手がかりになる.センサ自体や配線が目立たないように,扉枠や壁クロス色に近いモールで覆うなど,施工上の配慮はしている.

玄関横1畳ぶんの広さの物入れは,ネットワークスイッチや各種サーバ,センサデータ収集や機器制御のマシンなどを設置するスペースである(図7参照).

Ξ Home は,後述する様々な浴室用設備を導入するためにガス給湯暖房機を導入している.校舎内に施工した住宅なので,ガス給湯暖房機の排気を考慮する必要がある.今回は,住宅を施工した実験室内で,住宅外部となる箇所(図1の図面上でキッチン下部の壁の下)を壁で囲い,建物外側の窓をガラリ窓とすることで排気に対応した.住宅内エアコン用の室外機もこの箇所に設置している.



図6 扉のマグネットセンサ

Fig.6 A Magnet Sensor for Detecting A Door Open/Closed



図7 玄関横の物入れの様子
 Fig.7 A Storeroom by Entrance

4. 住宅設備機器について

本章では,キッチンや浴室,トイレ,給湯暖房機など,設置した住宅設備機器について述べる.

4.1. システムキッチン

LDKに設置したキッチンは,対面型のオープンキッチンカウンタ^Eである(図8(a)参照).カウンタ上面は段差のない人造大理石の一枚板であり,このカウンタ内部にタッチセンサを仕込むほか,天井裏設置プロジェクタから画面投射することで,カウンタ上面をインタラクティブな情報ディスプレイとして利用する.またカウンタに後述のコミュニケーションロボットを設置して,情報ディスプレイと合わせて調理支援の対話インタフェースとしても活用する(図8(b)参照).



(a) カウンタ全体 (b) Phyno とカウンタ
 (a) Kitchen Counter (b) Phyno on the Counter

図8 対面型オープンキッチンカウンタ

Fig.8 Open-Type Kitchen Counter

4.2. 浴室

浴室は図9(a)に示す一坪タイプの標準的なもので,様々な市販の浴室用設備・機器を取り付けている.天井には最新の複数種のミスト発生機能を持つ浴室乾燥暖房機^Fを備え付けているほか,浴室用オーディオシステム^G,調光スポットライト^Hが付いている.他にエプ

^E ヤマハリビングテック DOLCE スクエアタイプ

^F 大阪ガス ミストカワック

^G ヤマハリビングテック アクアソニック R

^H ヤマハリビングテック アクアライト

ロンカウンタ内部にも別のミスト暖房装置^Iがあり、浴槽にはマイクロバブル・ジェットバス装置^Jも取り付けられている。ただ、これらのように多くの設備機器を導入すると、図 9(b)に示すように浴室壁に個別リモコンが並ぶことになる。AV 機器が多数あるリビングルームと同様に操作の混乱を招く恐れがあり、ユーザインタフェースとして解決すべき課題と考えている。



(a) 浴室の様子 (b) 浴室機器リモコン
(a) A Bathroom (b) Remote Controllers

図 9 浴室と多数の浴室機器リモコン

Fig.9 A Bathroom and Remote Controllers

4.3. トイレ

トイレの便器は、自動開閉・自動洗浄・サウンド再生機能があるものを導入した^K (図 10 参照)。これにはトイレ室内を音場空間として考慮された形でスピーカが内蔵されている。サウンド入力端子もついているので、外部制御によるインタラクティブなサウンドを鳴らすことができる。また、図 10 の写真ではまだ取り付けられていないが、室内天井奥の箇所に天井吊りのビデオプロジェクタを設置し、トイレ室内側の扉へ情報投射できるようにする予定である。



図 10 トイレ室内の様子

Fig.10 Toilet

^I ヤマハリビングテック ミスト II

^J ヤマハリビングテック うるおい浴+

^K パナソニック 電気 アラウーノ・タイプ 1

4.4. 洗面化粧台

洗面脱衣室には、横幅 1,600mm 程度ある比較的大きめの洗面化粧台を設置した^L (図 11 参照)。これはキッチンカウンタと同様に上面パネルが人造大理石となっている。洗面ボウルも比較的大きなサイズのものだが、その横のカウンタ平面も広く、タッチセンサなどを取り付けると共に天井裏設置プロジェクタからの画面投射で情報ディスプレイとして利用できるようにする予定である。ただ、プライバシーの都合上、キッチンや玄関のような天井裏設置のカメラはない。



図 11 洗面化粧台

Fig.11 A Washstand

5. これまでおよびこれからの研究テーマ

5.1. コミュニケーションロボットとの共生

先に述べたように、筆者の一人は NICT におけるゆかりプロジェクトの中で、長期生活型実証実験(長期と言っても二週間くらいであるが、これまでに行われた実験に比べれば、かなり長いと言える)を通じての人とロボットの共生に関する研究を遂行したが、その中で多くの知見を得た。生活実験後のインタビューにおいて、カメラで生活を記録すること(ライフログ)に対しては、ほとんど全ての生活者の方々が「ロボット内のカメラはいいが天井カメラの監視は嫌だと感じた」、あるいは「生活開始後の三日間は緊張し、常に姿勢を正すような生活であった」と述べられた。しかし、また同時に全ての方が「四日目くらいからは天井カメラも気にならなくなった」とのことであり、「『おあさん、おはよう』と言ってもらえるのが嬉しくて、顔をよく覚えてもらおうとした」などというコメントもあつたりした。

初期メンタルモデル構築の負荷という観点で興味深いコメントとして「話し掛けるとテレビやエアコン

^L ヤマハリビングテック AFFETTO セレクトボウル

を操作してくれるので、他に売られているペットロボットとは違うし、ただのリモコンのように無機質なものと思えばいいのかと考えると、それとも明らかに異なる」というものがあった。また、メンタルモデル構築進行時の混乱を示す例として「こちらの Phyno と自分が話している時に、あちらで、さっきまで私と話していた Phyno が夫と話をしているのが偶然目に入ったということがあって、そのときにいったい今何が起きているのかという大きな戸惑いを感じた」という報告もあった。一方、二週間の生活におけるロボットと生活者の対話を書き起こして分析した結果からは目を追って愛着感情が形成されていく[14]ということも明らかとなり、またロボットが親和性のある行動を取ることで、誤動作への許容度が大きくなるという現象も観測された。

生活実験の結果として得られた知見の中で、特に注目すべき結果として次のようなことがある。共生とは文字通り共に生きることであるが、そこにはよく世間で言われる「同じ飯を食った仲」というような感覚が不可欠である。ゆかりプロジェクトでは四つの家族にユビキタスホームで、それぞれに二週間の生活を過ごして頂いたが、どの生活者の方も日々の生活の中で、ロボットと夕食の献立を相談し、テレビ番組の面白そうなものを共に探すという生活をされ、その結果としての食事や番組の内容に満足し、それらのことを通じて共通の目的を達成したという共感のようなものを感じられたようで、そういう経験の積み重ねが、真に共生を実感させるものであると、生活者にインタビューしながら強く感じた。今回の Ξ Home においても、二週間程度の生活型実験は必須であると考えている。その中で、生活者とロボットが何を共有するのかということが、大きなポイントになる。キッチンでの調理、リビングルームでの娯楽や教養といった生活者の日常の活動に対し、対話ロボットが知的に関与して行くとはどういうことなのか？深く追求して行きたい。また、その過程で生活者はロボットとどのような体験を重ねるかということを中心とした実験を計画して行きたい。

5.2. 浴室を中心としたインタラクション

もう一人の筆者は、これまで浴室を中心に様々なインタラクティブシステムやユーザインタフェースの研究を行ってきた。まずはこれまでの研究システムを Ξ Home に導入した後、家中の様々な箇所と連動もしくは遠隔地との情報伝達・連携など、システム拡充をしていく予定である。

これまでの研究の一つは、浴槽で入浴中の状態を音楽・サウンドで表現する可聴化システムである[18]。このシステムでは、給湯暖房機の水圧センサで湯水の揺れや呼吸の情報を、浴槽心拍計で心拍情報を得て、

綿密にデザインされた音楽・サウンドでインタラクティブに表現する。その音楽やサウンドにより、入浴者自身が楽しんだり健康管理に役立てたりすることができる。一方で、浴槽に浸かっている状態に対しては RFID を用いるシステムの研究を行ってきた。ここでは、バーコードに代わって RFID が付いた浴室内の物品(洗面器やシャンプーボトル、シャワーヘッドなど)の位置を浴室壁裏や床下から読み取って使用物品を検出する[19]。その順序やタイミングから行動を推定する処理についても研究を行っている[20][21]。このシステムは、日用品などの個品に RFID タグが付くという将来的な仮定があるが、入浴者は普段通り入浴行動を行うだけでよい点に特徴がある。これら2つの浴室システムは、ビジョン技術が使い難い特殊な環境にてそれ以外の手段で浴室内部での入浴者の状態や行動を計測・推定しており、可聴化を主としてキッチンや遠隔地へ情報伝達することで入浴状態を他人に把握してもらうなど、アンビエント・インタフェースやアンビエント・インテリジェンスの要素を多分に含んでいる。 Ξ Home においては、これら安心・安全、健康管理、アメニティを共に成立させるシステムとして連携して稼働させ、日々の利用を通して、その効果や課題を確認する予定である。

これらとは違う試みには、浴槽内部に静電容量方式のタッチスイッチを複数埋め込むことで浴槽縁をタッチセンサ化し、操作インタフェースとする研究も行っている。ここでは、水場で静電容量センサが利用できることを確認した上で、On/Off スイッチやスライダ、近接センサの機能を実現している[22]。その上で、前述した浴室設備機器のリモコン統合操作を行うユーザインタフェースのデザインを行っているほか、アート・エンタテインメント作品の制作など様々な応用にも取り組んでいる[23]。ほかにも、最近普及しているミストサウナ装置を活用して、浴室中に充満するミストにプロジェクタで映像投射し、立体的なディスプレイとして芸術的・神秘的な空間を演出する研究もある[24]。 Ξ Home に導入したミストサウナは機能多彩であり、2側面および天井の3方向からプロジェクタの投射ができる浴室構造にもなっている。今後はこれらを活用して、より有効で見栄えのいい立体的ディスプレイの研究を行う予定である。

5.3. その他

前節までに述べた、これまでの様々な研究システムや新たに設置した機器類を用いて、実生活を中長期的に行って、認知・行動に関するインタラクション分析やユーザビリティ評価などについて研究していく予定である。その際、天井の不可視マーカと小型カメラを用いることで、被験者の宅内行動や注視方向などを記

録・分析することができる。それ以外でも必要に応じてセンサ類を天井や床に設置することができるので、様々な行動記録や分析にも柔軟に対応可能である。また現在、ATRの川人光男氏の協力を得つつ、日常生活での脳活動計測を行うことも計画している。スマートホームにおける日常的な生活における長期的脳活動計測[25]という試みは、新しい知見を数多く提供してくれるものと期待している。

天井の不可視マーカについては、行動記録用途のみならず、リアルタイムの位置・方向認識ができることが本来の特徴である。それを活用して、宅内に設置した壁埋込ディスプレイや天井裏プロジェクトなど様々な情報ディスプレイと含めて拡張現実感の応用システムなど[26]についても取り組んでいく予定である。

また、天井や床、壁裏など様々な箇所に様々なものを埋め込めるようにしている点を活用して、住宅ならではのアンビエントインタフェースの提案と知的処理を加えたアンビエントインテリジェンスとして機能する応用システムについても追求していきたい。

6. おわりに

本報告では、京都産業大学にできた生活型実験住宅 Ξ Home (くすいーほーむ) に関して、住宅としての設計・施工上の特徴や、導入した設備機器類、これまでの研究そして今後の研究予定について述べた。

住空間を構成することが必要な研究は、空間的にも費用的にも大がかりなものとなり、容易に実現できるものではない。今後、京都産業大学外部の研究者や企業にも様々な研究用途で利用してもらえらるオープンな場として提供することも考えている。

これらを踏まえ、情報技術と住環境の融合研究を様々な形で進めて行きたい。

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, Robert Orr, Gregory D. Abowd, Christopher G. Atkeson, Irfan A. Essa, Blair MacIntyre, Elizabeth Mynatt, Thad E. Starner, Wendy Newstetter: The Aware Home: A Living Laboratory for Ubiquitous Computing Research, In the Proceedings of the Second International Workshop on Cooperative Buildings – CoBuild'99. Position paper, 1999.
- [3] Kent Larson: The Home of the Future, A+U 361, Oct. 2000.
- [4] 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)," in Proceedings of Pervasive 2005 Video Program. May, 2005.
- [5] B. de Ruyter, E. Aarts, P. Markopoulos, and W. Ijsselstein: Ambient Intelligence Research in HomeLab: Engineering the user Experience, Ambient Intelligence, Springer Berlin Heidelberg, pp.49-61, Dec. 2005.
- [6] 森武俊, 野口博史, 佐藤知正: センシングルーム: 部屋型日常行動計測蓄積環境 第2世代ロボットテックルーム, 日本ロボット学会誌, Vol.23, No.6, pp.665-669, Sep. 2005.
- [7] 白石康星, 保川悠一郎, 西田佳史, 本村陽一, 溝口博: 日常生活行動情報収集管理システム~MAGOMEハウスにおける行動分析~, 人工知能学会全国大会論文集(CD-ROM), Vol.22, pp.3G3-03, 2008.
- [8] 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.
- [9] OchaHouse: <http://ochahouse.com/>
- [10] トヨタ夢の住宅 PAPI: <http://www.toyotahome.co.jp/papi/index.html>
- [11] 大阪ガス NEXT21: <http://www.osakagas.co.jp/rd/next21/index.htm>
- [12] 大和ハウス 実験住宅: <http://www.daiwahouse.co.jp/lab/lab/experiment.html>
- [13] 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.
- [14] 松本斉子, 上田博唯, 山崎達也, 往住彰文: 共生ロボットに対するコンパニオン・モデルの形成~ホームユビキタス環境における生活実証実験から~, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.10, No.1, pp.21-36, 2008.
- [15] 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.
- [16] 上田博唯, 小林亮博, 佐竹純二, 近間正樹, 佐藤準, 木戸出正継: ユビキタス環境における対話型ロボットインタフェースのための対話戦略の構築, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.1, pp.87-97, 2006.
- [17] 宮脇健三郎, 佐野睦夫, 上田博唯: ユビキタス環境における調理支援, 電子情報通信学会マルチメディア・仮想環境基礎研究会(MVE), Vol.105, No.256, pp.77-82, 2005.
- [18] 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, Mar. 2004.
- [19] 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, Jun. 2008.
- [20] 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, Sep. 2008.
- [21] 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, Mar. 2009.
- [22] 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-HCI-135/2009-UBI-24, Nov. 2009.
- [23] 林宏憲, 榎原吉伸, 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, pp.59-64, Mar. 2010.

- [24] 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, Oct. 2007.
- [25] 川人光男: ブレイン・ネットワークインタフェース, 電子情報通信学会誌, Vol.91, No.2, pp.123-130, 2008.
- [26] 永松明, 中里祐介, 神原誠之, 横矢直和: 屋内環境におけるモバイルプロジェクション型 AR 案内システム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.14, No.3, 2009.