

ユビキタスコンピューティング実験住宅

椎尾 一郎†

† お茶の水女子大学 理学部情報科学科

要 旨

本稿では、お茶の水女子大学に建設されたユビキタスコンピューティング実験住宅 Ocha House を紹介する。Ocha House は、スケルトン&インフィルの考え方に基づき、コンピュータ、センサ、配線などの変化に柔軟に対応できることを目指して設計された新しい住宅である。また、実験住宅のために開発された、様々なユビキタスコンピューティングアプリケーションの一部を紹介する。Ocha House は、これらのアプリケーションを実装し、実際の生活の場での評価とデモンストレーションを行う場として、今後も活用していく予定である。

Ocha House: a Residential Lab for Ubiquitous Computing

Itiro Sio†

†Faculty of Science, Ochanomizu University

Abstract

This paper describes Ocha House project at Ochanomizu University. The Ocha House is a residential laboratory for ubiquitous computing applications built in the university campus in 2009. It proposes a house of the future with "skelton and infill" structure, which accepts computing devices that will be obsolete more easily than a house. Ubiquitous computing applications for everyday house environments made by the projects members are also introduced in this paper.

1 はじめに

成熟し、生活に溶け込んだ技術は、人々にとって当たり前の透明な存在になり、利用者は技術や使用方法を意識する必要がなくなる。コンピュータ技術も同様に、身近な生活に進出するにつれて、次第にこのようなユビキタスコンピュータとしての利用が主流になりつつある [13]。コンピュータ利用の主分野が、パーソナルコンピューティング (PC) からユビキタスコンピューティングに移行するためには、価格、サイズ、電力消費、ネットワーク、基本ソフトウェアなど、様々な技術課題が存在する。その中で、ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) の

課題はというと、ユビキタスコンピューティングのための新しいユーザインタフェース手法の開発と、新しいユーザのための魅力あるアプリケーションの提案の2点であると考えている [8] [7]。これは、新しいユーザの立場に立って開発された GUI と WWW が、メインフレームから PC への移行におおいに貢献したことからも推測できる。

一方で、コンピュータ利用の場が、オフィスに代表されるビジネスの現場から、生活空間に移行するにつれて、人々が長い時間を過ごす家が、重要な舞台になりつつある。研究者や技術者の職場はオフィスでもあるので、そこに新しいアイデアを適用し、実験、評価することは比較的容易であった。しかし、



図 1: 実験住宅 Ocha House の全景 .

人が実際に生活を営んでいる家に対して、大掛かりな改造を伴う実装を行ったり、実装結果を多数の人に訪れてもらってデモンストレーションすることは難しい．そのため、米国ジョージア工科大学 [6] などをはじめ、様々な大学や研究機関で、実験住宅を建設して、そこで実験やデモンストレーションを行う試みがされている．

本稿では、2009 年に完成したお茶の水女子大学ユビキタスコンピューティング実験住宅（通称 Ocha House）¹ と、筆者らが実装している、家庭を対象としたユビキタスコンピューティングアプリケーションの一部を紹介する．

2 実験住宅 Ocha House

Ocha House は、東京都文京区大塚の大学敷地内に建設された床面積 $82.7m^2$ の平屋住宅である．敷地面積は $259.6m^2$ であり、住宅部分以外は、庭、玄関アプローチ、駐車場などになっている．図 1 に実験住宅の全景を示す．従来、大学、研究施設などで建設されたユビキタスコンピューティング実験住宅の多くは、通常の住宅に準じた設計がされていた．実際の生活の場でのコンピュータ利用を実験するために、住宅自体には特色を持たせない方針と言える．一方筆者らは、情報工学、建築学、人間工学の分野にわたるプロジェクトチームを編成することができた．そこで、ユビキタスコンピューティングの住生活への応用は、情報技術の提案にとどまることなく、住宅建築との関わりの中でデザインされていくべきであると考え、住宅自体に対しても実験的な試みを行うことにした [2] ．

建築分野では、スケルトンインフィルという考えにより、住宅を支える構造部分（スケルトン）と、間仕切りや内装のような家の内部にあって住環境を



図 2: 建設中の実験住宅（左）とフレームに用意された配線溝（右）．

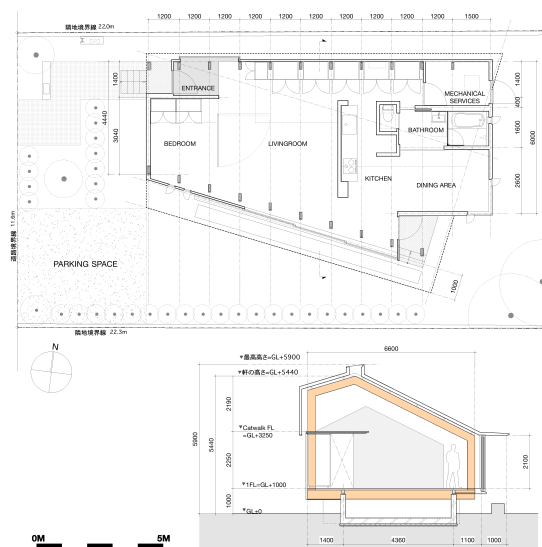


図 3: 実験住宅の平面図（上）と断面図（下）．

整える部分（インフィル）を分離する考えがある．一般に、家の寿命に比べて、人の生活状況はより短い時間尺度で変化する．そこで、スケルトンインフィルの設計により、たとえば外壁だけで家を支え、内部の部屋の間仕切りを自由に変更可能にし、家族構成の変化のような住民のライフスタイル変遷に柔軟に対応する家を実現できる．一方で、家にコンピュータ機器、センサ、ネットワークなどを組み込むことを考えると、技術革新の激しいこれらの機器、部品が陳腐化する速度は、家の寿命に比べて遥かに速い．筆者らは、コンピュータ機器もインフィルと考え、家の構造から分離することで、容易に入れ替えられ、保守が容易なコンピュータ組み込み対応住宅が実現できると考えた．そこで Ocha House も、家全体を木製フレームで支えるスケルトンインフィル構造とした．

図 2 左に示す建設中の様子からわかるように、

¹<http://ochahouse.com/>

Ocha House は、杉材パネルで作られた剛性フレームで支えられている。フレームの厚さは 108mm である。このフレームを 11 フレーム、1.2m 間隔で並べて、全体として長方形の家としている。家の長辺方向に働く水平力に対しては、耐力壁によりフレームを支えている。なお、杉材パネルは日本産杉間伐材を用いており、森林育成の課題でもある間伐材有効利用の点からも望ましい。

実験住宅と敷地の一部の平面図を図 3 上に示す。西端の玄関から、ベッドルーム、リビング、キッチン、ダイニングおよびバストイレが配置されている。1.2m 間隔のフレームの間を利用して、北壁面にはクローゼットを設置している。ここには、コンピュータ機材などを組み込むことも可能である。

図 3 下に、実験住宅の断面図を示す。実験住宅には、キャットウォークと名付けた屋根裏部屋部分がある。ここには、空調と照明のための機材が多少置かれていて、大半は自由な空間になっている。実際の住宅では、大きな収納スペースとして利用可能である。実験のための住宅として、居住部分に置けないようなコンピュータ機器や測定機器などを、ここに設置する予定にしている。

実験住宅の床下には、フレームを支えるコンクリートの基礎がある。基礎は、下駄の歯のようにフレームを支えていて、歯の間にあたる部分が大きな床下を構成している。従来住宅より大きい床下を持っているため、この部分で人が作業して機器や配線を設置することが容易である。

以上のクローゼット、キャットウォーク、床下を接続しているのが、家を支える木製フレームである。図 3 下の箇所では、5 角形になったフレームが家全体を支えている。フレーム外側中央には、図 2 右に示すように、36 x 36 mm の溝が作られている。これは電源やネットワーク、センサなどの配線のための配線溝である。配線溝でフレーム周囲が接続されているため、クローゼット、キャットウォーク、床下と、それ以外の天井や壁面に置かれた様々な機器類、センサ、ディスプレイ、操作パネルなどを、大掛かりな工事を行うことなく、容易に接続することができる。また、フレームとフレームの間の接続についても、クローゼット部分や、床下部分での配線により可能である。

以上のように本実験住宅は、構造と設備を分離したフレキシビリティあるフレーム構造により、コンピュータ機器の設置や配線などに対応した住宅を目



図 4: SyncDecor: 同期する家具、日用品、調度品。

指している。そのみならず、材料の有効利用や、住宅の長寿命化という点からも優れて合理性を持っている。ただし、将来的な技術革新に対して十分な発達余裕をもつものなのか、あるいは住宅をさらに自由度の高いプラットフォームとする必要があるのかという点は、今後の実証実験によって見極めていく必要があるだろう。

3 アプリケーション

筆者らのグループは、家の設計、建設と並行して、家庭を対象としたさまざまなユビキタスコンピューティングのためのアプリケーションとユーザインタフェース手法を提案してきた [7]。ここでは、その一部を紹介したい。

3.1 カジュアルなコミュニケーション

コンピュータを利用したコミュニケーション機器がユビキタスな日用品になるに従い、電子メールやビデオ会議のような密なコミュニケーションだけでなく、日常の些細なイベントや人の振る舞いなどを伝達する通信機器が増えてくると考えられる。これらは、環境や日用品に組み込まれたセンサやネットワークを利用して、簡単な操作で、利用者の位置や身の回りの状況などのコンテキスト情報や、映像、音、手触りなどの非言語なアウェアネスを伝達する。たとえば、一人暮らし老人のように遠隔地で暮らす家族や、サテライトオフィスで働く人などを対象に、遠隔地の親しい人同士に「つながり感」を提供する装置がこのカテゴリーに含まれる。

図 4 に示す、SyncDecor [11] は、同期する日用品を利用して、離れて暮らす家族や恋人などに仮想的に同居しているような感覚を提供するシステムである。遠隔地に置かれたランプの明るさ、ゴミ箱のふたの開閉、電気器具のオン・オフ、赤外線リモコン

操作，音楽プレイヤーの動作などが連動する．また InPhase [9] も，同様に離れて暮らす家族などの親しい人達のためコミュニケーションシステムである．これは，扉を開ける，ソファに座る，窓を開ける，テレビ番組を見るなどの，家における人の行動を検出し，それが離れた家で同時に発生した時に，偶然の一致をチャイム音などで双方に知らせるシステムである．会話の中で，偶然同じ言葉を相手と同時に言ったときに，それを指摘する子どもの遊び²が各地にある．これは仲間と同じ事を言った事実を強調し，連帯感や一体感を喜ぶ行為である．InPhase は同様の効果を，遠隔地の人々に提供するシステムである．SyncDecor と InPhase は，一般の家庭を対象に長期間の実証実験を行っているが，家にコンピュータ駆動する機器類やセンサを配置する作業と，それを保守する作業は予想以上に面倒であった．今後は，同様なセンサ主体のコミュニケーションシステムを，Ocha House に実装することで，コンピュータに対応した家の設計を評価していく予定である．また，ジョージア工科大学の実験住宅 Aware Home にも同様なシステムを配置し，時差のある家の活動を伝達しあう場合の課題について研究をすすめる予定である．

3.2 表示と操作の簡素化

従来の PC は，何でもできるが操作が難しいという傾向があった．それに対して，ユビキタスコンピューティングでは，機器が単機能になる結果，操作や，提示される情報の理解が非常に簡単になる．その一方で，家の中に多数のセンサやアクチュエータを配置し，様々な日用品をコントロールできるようになった場合，これらの表示と操作が複雑になってしまう問題がある．

イルゴールは，家庭の様子を奏でるオルゴール箱である [4]．家の中に置かれたさまざまなセンサの現在や過去のデータを，オルゴール調の音楽に乗せて音表示する．これにより，来客があったこと，リビングに家族が集まる様子，キッチンで調理する様子などを，音楽で知ることができる．

Ocha House には現在，図 5 に示すような配置で，焦電型モーションセンサ（人感センサ）を使ったセ

²たとえば，「ハッピーアイスクリーム」と宣言し，相手の体に触れたほうが勝ち，もしくはアイスクリームをご馳走になれる

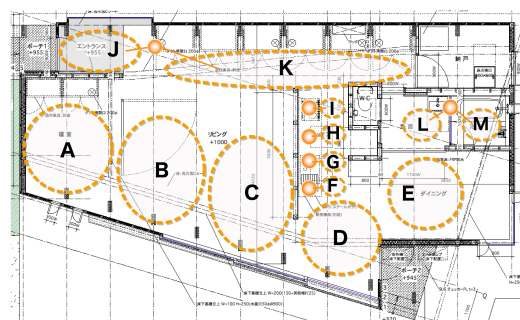


図 5: モーションセンサの配置．

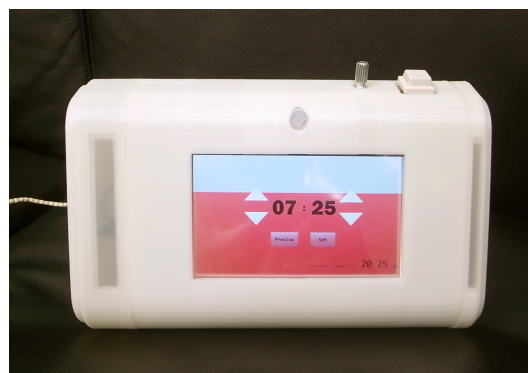


図 6: MediAlarm: 多様な目覚めを実現する目覚まし時計．

ンサモジュールが設置されている．多くのセンサモジュールがフレームに取り付けられて，廊下，リビング，ダイニングなどの領域の，人の動きを検出している．キッチンでは，カウンタの下にセンサモジュールを配置することで，コンロ，作業台，流しなどの場所ごとに人の動きを検出している．センサモジュールは，人感センサと ZigBee 規格の小型無線ネットワークモジュール XBee で構成され，サーバコンピュータには無線により検出結果を伝送している．電源はフレームの配線溝などを經由して有線で供給されている．

イルゴールのユーザは，傾きセンサが取り付けられている蓋をあけることで，通常のオルゴールの操作と同様に音量を調整することができる．また，ぜんまいノブを回すことで，記録された過去の状況を再生できる機能もある．蓋を開閉する，ぜんまいノブを回すという，日常の動作を用いた操作を実現している．それと同時に，多数のセンサからの情報を，音楽という 1 次元の受動的な表示で提示することで，操作の煩わしさを排除している．

図 6 に示す MediAlarm は，アラーム音，音楽，

光，振動，部屋の照明，エアコン，SNS への投稿などにより，ユーザを起こす目覚まし時計である [5]．通常の目覚まし時計のようなアラーム音だけでなく，照明やエアコンなどの家電製品をコントロールしたり，さらには，twitter などの SNS システムに寝坊していることを書き込んで，知り合いに起こしてもらふことまで含めて，多様な形態の目覚めを支援している．MediAlarm ではこのような多様な機能を「起きたい度」を調整する 1 つのつまみだけで設定する．重要なスケジュールのある日は「起きたい度」を上げておくと，より大きな音や光，友人への通知などにより起こしてくれる．多数の機能を，「起きたい度」という 1 次元のコントロールにマッピングすることで，操作が非常に簡単になっている．複数のペダルやレバーを駆使して加速を行うマニュアル操作自動車を，アクセルという 1 次元のコントロールにして簡単な操作を実現したことに類似した工夫である．

3.3 美容とおしゃれを支援する家具

オフィスやビジネスの場が主流の PC アプリケーションユーザに男性の割合が多いことは対照的に，家アプリケーションユーザの半数以上は女性と考えられる．このため，家を対象としたアプリケーション開発には，女性の視点にたった発想が不可欠である．また，生活科学などの家を対象とした学問や技術から学ぶことは多い．その点で，情報科学と生活科学の両分野の構成員からなる Ocha House プロジェクトは，優位なスタートラインに立っていると考えている．以下では，女性の視点が特に重要になる，美容やファッションに関するアプリケーションを紹介する．

図 7 に示すタグタンズ [12] は，ユーザがフックに洋服を掛けるという日常の自然な操作により，その服を自動撮影し，デジタル化し，WWW 上にアップロードする家具である．服を掛ける部分は人型をしていて，人型の各部にあるフックにハンガーをかけることで，洋服の種類を分類できる．取得された服の写真は WWW 上から閲覧できるため，店頭での専門家の意見を得るなどの利用も可能である．また，タグタンズの服画像データベースを利用して，日々着用した服とスケジュール情報を記録し，着ていく服選びを支援するシステム [10] も開発している．これは，当日の外出先，会う予定の人，気温や天候な



図 7: タグタンズとアップロードされた服の写真．



図 8: メイクアップを支援する電脳化粧鏡．

どに合わせた服を，過去の履歴からリストアップし，コーディネート支援を行う．また twitter を使って，コーディネート候補への投票を友人に依頼する機能もある．

図 8 は，高解像度カメラと液晶ディスプレイにより構成した電子的な化粧鏡である [1]．化粧鏡の本来の機能を電子的に強化することを目的として，ポイントメイクの場所へのパン・ズーム機能などを実装している．目元や口元などのポイントメイクを行うために化粧道具を顔に近づける自然な操作を行うと，顔と道具が画像認識されて，その部分へカメラが自動的にパン・ズームする．通常の鏡に顔を近づけると，顔の細かい部分を見ることができが，この鏡では，そのような自然な動作を近接センサで検出して，人が近づくと拡大表示を行う機能も実現している．

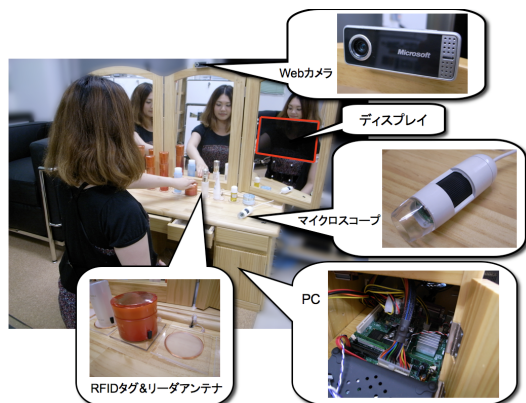


図 9: 美容専門家の遠隔アドバイスを受ける美肌台。

図 9 は、スキンケアを支援する化粧台「美肌台」である [3]。効果的なスキンケアを行うためには、現在の肌の状況だけでなく、浴びた紫外線量、過ごした場所の湿度などの環境情報や、体温、睡眠時間などの体調の情報が重要である。美肌台は、ユーザの肌状況以外に、体調や環境を記録したライフログデータを取得し、これをネット上の専門家に送付し、スキンケア方法のアドバイスを受けるためのデバイスである。美肌台には、肌状況を取得するカメラや顕微鏡、別途携帯するライフログセンサから情報を取得するインタフェース、専門家からのアドバイスを表示するディスプレイなどで構成されている。また、タグを付加した化粧品の使用履歴を記録するための、RFID リーダ内蔵化粧品台も設置されている。化粧品台には LED によるイルミネーション機能があり、専門家からの化粧品アドバイスに使用される。

4 まとめ

本稿では、お茶の水女子大学に建設されたユビキタスコンピューティング実験住宅 Ocha House を紹介した。Ocha House は、コンピュータ、センサ、配線などの変化に柔軟に対応できることを目指して設計された新しい住宅である。また、実験住宅のために開発された、様々なユビキタスコンピューティングアプリケーションの一部を紹介した。今後は、生活者の視点に立ったコンピュータ技術、HCI 手法、アプリケーションを実装し、実際の生活の場での評価とデモンストレーションを行う場として、本実験住宅を活かしていきたい。

参考文献

- [1] E. Iwabuchi, M. Nakagawa, and I. Siio. Smart makeup mirror: Computer-augmented mirror to aid makeup application. In *Human-Computer Interaction*, Vol. 5613 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 495–503. Springer, 2009.
- [2] 元岡 展久, 椎尾 一郎, 太田 裕治, 塚田 浩二, 神原 啓介, 井口 雅人. 生活者の視点を重視したユビキタスコンピューティング実験住宅の試み. *日本建築学会総合論文誌*, (8):77–82, Jan. 2010.
- [3] 中川 真紀, 塚田 浩二, 椎尾 一郎. ライフログを用いた遠隔美肌カウンセリングシステム. *インタラクシオン 2010 論文集*, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, 第 4 巻, pp. 235–238, Mar. 1–2 2010.
- [4] M. Oki, K. Tsukada, K. Kurihara, and I. Siio. Homeorgel: Interactive music box for aural representation. In *UbiComp 2008: Ubiquitous Computing Adjunct Programs*, pp. 45–46, Sept. 21–24 2008.
- [5] M. Oki, K. Tsukada, and I. Siio. Medialarm: alarm-type interface integrating various media. In *Adjunct Proceedings of Pervasive 2010*, pp. 29–32, May 17–20 2010.
- [6] 椎尾 一郎. ユビキタスコンピューティング@ホーム. *ヒューマンインタフェース学会誌*, 4(3):3–9, Aug. 2002.
- [7] 椎尾 一郎. 日常生活のユビキタスコンピューティング. *人工知能学会誌*, 23(5):628–633, Sept. 2008.
- [8] 椎尾 一郎. 日用品インタフェース. *日本バーチャルリアリティ学会誌*, 13(3):148–152, Sept. 30 2008.
- [9] H. Tsujita, K. Tsukada, and S. Itiro. Inphase: evaluation of a communication system focused on “happy coincidences” of daily behaviors. In *CHI '10: Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems*, pp. 2481–2490, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [10] H. Tsujita, K. Tsukada, K. Kambara, and I. Siio. Complete fashion coordinator: a support system for capturing and selecting daily clothes with social networks. In *AVI '10: Proceedings of the International Conference on Advanced Visual Interfaces*, pp. 127–132, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [11] 辻田 眸, 塚田 浩二, 椎尾 一郎. 遠距離恋愛者間のコミュニケーションを支援する日用品 “SyncDecor” の提案. *コンピュータソフトウェア*, 26(1):25–37, Feb. 2009.
- [12] K. Tsukada, H. Tsujita, and I. Siio. TagTansu: a wardrobe to support creating a picture database of clothes. In *Adjunct Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Computing*, pp. 49–52. ACM Press, May 19–22 2008.
- [13] M. Weiser. The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3):94–104, Sept. 1991. (邦訳: 21 世紀のコンピューター, 日経サイエンス, Nov. 1991).