

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

UBIQUITOUS COMPUTING HOUSE PROJECT: DESIGN FOR EVERYDAY LIFE

元岡展久*¹、椎尾一郎*²、太田裕治*³、塚田浩二*⁴、神原啓介*⁵、井口雅登*⁶
Nobuhisa MOTOOKA, Ichiro SHIHO, Yuji OHTA, Koji TSUKADA, Keisuke KAMBARA, Masato IGUCHI

Abstract

Computers become from day to day smaller and cheaper: their utilization, as daily life equipments, is now ubiquitous, even if we are not always quite so conscious about it. It's therefore essential to think about the development of ubiquitous computing on our daily lives. Focusing on this idea, we have planned to conduct several experiences to show how ubiquitous computing can be used in the most efficient way. As for, Ocha House, an experimental house, has been constructed in 2008, as part of Ochanomizu University. In this house, we intend to propose everyday life oriented design, depending on different computing equipments that can be easily installed, maintained or renewed for a better future.

Keywords

Experimental house, Skeleton-infill, Interface, Life supporting equipment
実験住宅, スケルトンインフィル, インタフェース, 生活支援

1 はじめに

コンピュータが小型、安価になり、日用品としてコンピュータ利用がますます進展する。その利用は、研究所、工場などから、オフィスや公共インフラへと広がり、いまや生活のあらゆる場面で一般的となった。今後さらに家庭でのコンピュータ利用が展開していくことになる。本研究は、特にユビキタスコンピュータの住宅への応用に注目し、家庭での生活者ニーズに応じた利用について、その提案と実証実験をおこなうものである。

本稿では、2008年度大学敷地内に建設した実験住宅「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 以下Ocha Houseと称す）（図1）（図2）の研究プロジェクトを概説したうえで、建築構法の視点、ならびに実装する生活支援機器の視点から、ユビキタスコンピューティングを取り入れた住宅のあり方について提案を示し、問題点を検討する。

2 Ocha House プロジェクトの概要

東京都文京区大塚に建設されたOcha Houseは、延床面積82.7m²、木造1階建ての住宅である¹⁾。ユビキタスコンピュータの実装と更新を考慮し、技術革新に対応できるフレキシビ

リティをもつ住宅を設計した。本プロジェクトは、このOcha Houseを利用し、1)生活支援アプリケーションの開発とその利用における自然なインタフェースの開発、ならびに2)家庭での高齢者支援におけるユビキタスコンピュータの利用提案、という課題に取り組んでいる。各種アプリケーションをOcha Houseに実装し、モニターが実際に生活することを通じて、実証実験をおこなう予定である。将来的には、情報技術革新に対して一般の住宅にどれくらいの変容や発達余裕を持たせておくべきかについても検討し、ユビキタスコンピューティングを取り入れた住宅のあり方を考える。

本プロジェクトは、情報科学、建築学、人間工学など多分野の研究者の共同でおこなわれている。住宅にかかわる諸機能を統合し、実際の生活の中で実証していくには、多分野の専門家の共同が必要である。中でも、各種のユビキタスコンピュータを総合し、住宅に有効に組み込むためには、住宅設計に携わる建築家の担う役割は大きい。建築家は、生活者の意向に応じて生活の全体を住宅の設計に反映させる。情報技術の利用についても、他の専門家の協力のもと、生活におけるユビキタスコンピューティングの位置づけを明確にし、機器の実装と更新を考慮して住宅を設計することが求められる。

そこで以下第二章では、情報機器の実装を考慮して設計されたOcha Houseについて、建築構法上の試みを述べる。一般住

*¹ お茶の水女子大学人間文化創成科学研究科 准教授
*² お茶の水女子大学 教授
*³ お茶の水女子大学 准教授
*⁴ お茶の水女子大学 特任助教
*⁵ お茶の水女子大学 特任リサーチフェロー
*⁶ 東京電力(株)建設部土木・建築技術センター住環境技術グループ

宅にユビキタスコンピュータを実装するには、天井や床下、壁面への配管配線など、通常の住宅設計で考慮すべき項目にあらかじめ機器の実装と利用の方策を立てておく必要がある。Ocha House は完全な実験のための環境としてではなく、一般的な住宅として計画されている。そこで一般の住宅であり、かつ情報機器の頻繁な実装と更新が考慮された住宅を実現するため、いわゆるスケルトンインフィルにもとづく構法を提案する。

続く第三章では、これまでに実現された実験住宅を俯瞰しながら、今回建設された Ocha House で検証するユビキタスコンピューティング利用の理念を示す。新技術をあたかも生活者ニーズであるかのように取り立て、ニーズと整合しないものにはいけない。技術は生活を支援するものであり、生活者ニーズを満たす手段としてユビキタスコンピューティングを捉える。

第四章では、第三章で示した理念に即し、Ocha House で企図されているアプリケーションの開発について述べる。照明や空調などの自動制御による快適性や省エネ性の向上に加え、生活者の視点から発想されたアプリケーションと、その利用の可能性を検討する。

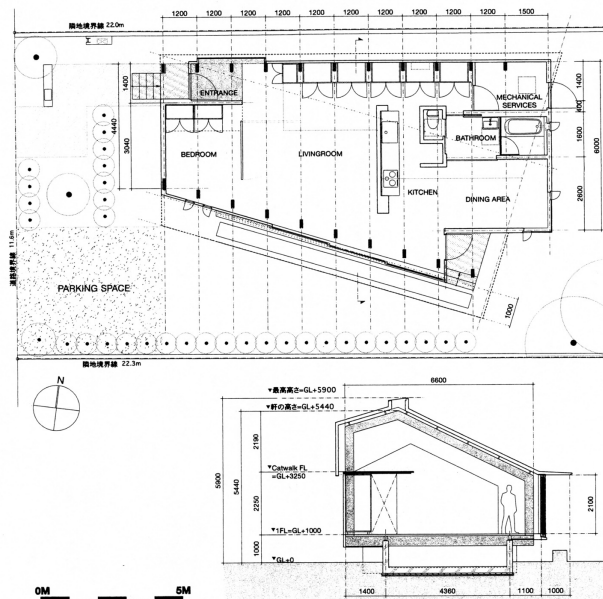


図1 Ocha House 平面図、ならびに南北断面図

3 ユビキタスコンピューティング実験住宅の設計

Ocha House は人が通常の生活をいとむ住宅であると同時に、実証実験スペースでもある。技術革新が頻繁におこる情報機器に対応するため、設備情報機器の更新を容易に行える設計が求められた。そのため開発されたのは、杉三層パネルをフレーム状に加工し、構造体とする構法である。一体的な剛性フレームによって住宅全体の構造を独立させ、間仕切りや設備機器といったインフィルと構造との分離を試みた。

フレームは、図(図3)のように、杉三層パネルの継ぎ位置をずらしながら厚さ方向に三枚のパネルを重ねて接着ビス止めしていくことで、接合部に金物は使わない一体的なラーメンとなっている。杉三層パネルは厚さ36mmであるので、三枚重ねたフレームの厚みは、108mmとなる。このフレームを12フレーム、1.2m間隔で並べたものが住宅の全体を構成する主たる構造となっている。直交方向は、耐力壁で水平力に抵抗する。

基礎を下駄の歯のように北側と南側に二列立ち上げ、その基礎にフレームを組み込み並べる(図4)。天井面(屋根)は、アクリル製の束によって、フレームから100mm浮かせ(図5)、フレームと天井の間に、照明器具やセンサ、配線等のスペースを確保した。独立したフレーム状の骨格をうすいスキン(外壁、サッシュ、屋根)が包み、一体的な空間を生み出す(図6)。フレームに関する性能について²⁾、ならびにアクリル丸棒の束による浮き天井の構造的性能について³⁾は、既に別途発表されておりここでは割愛する。本稿ではユビキタスコンピューティングを住宅内に取り込んでいくために、このフレーム構造とともに検討された提案を示す。

- 1) 一般住宅の天井裏にあたる部分としてキャットウォークを設置し、機器の実装や配線に供するスペースとした。キャット



図2 Ocha House 外観写真

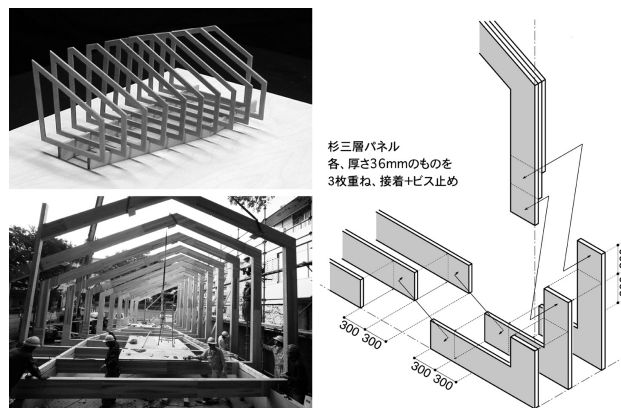


図3 Ocha House 構造モデル、施工写真、接合部説明図



図4 基礎立上り部、ならびにフレーム固定部分詳細

トウォークは杉三層パネルを二枚重ねた板で構成されており、板の任意の箇所に機器を実装することができる。

- 2) フレームを構成する3枚のパネルのうち、挟まれる中間材の幅を、両側の表面材に比べ36mm小さくすることで、フレームの外周に36X36mmの配線溝をもうけた(図5)。照明、センサなどの配線が、フレームの外周に沿って実装可能である。
- 3) 1階床面を地盤面から1mあげ、床下に設備スペースを確保する。設備の更新に応じて、どの場所からも簡単な配管アクセスを可能するとともに、床下は東端から西端まで通じており、メンテナンスのアクセスも容易となる(図4)。
- 4) 住宅のどこにでもユビキタスコンピュータを取り付けられるように、床下、フレーム外周、キャットウォークを使用する。配線配管は各フレーム間の1階北側に設けられた収納内で集約される(図7)。収納を設備コアとして、設備機器、配管が生活面に露出されないよう計画される。センサやインタフェースをのぞき情報設備のスペースは生活空間から分離されるが、情報設備への配管接続やメンテナンスの作業のアクセスは容易である。
- 5) Ocha Houseでの情報機器の実装に関してなされた提案は、材料や施工の点でも利点が多い。杉三層パネルは日本産杉間伐材を用いており、間伐材の有効利用の点からも好ましい。さらに集成材の場合、集成材製作のために特殊な工場が必要であるが、杉三層パネルのフレームの場合は、通常の大工作業(部材をパネルから切り出し、接着剤で圧着する)のみである。パネルさえ輸送できれば、現場で容易に施工可能である。

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。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は、ユビキタスコンピュータの実装を考慮して開発されたものであるが、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、長期的に見た場合、Ocha Houseが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、第三章以降で示すアプリケーションの実証実験を繰り返すことで、見極めていく必要があるだろう。

4 実験住宅の先行例と Ocha House との比較

現在、ユビキタスコンピューティングの実験住宅は、様々な国、大学、企業の研究所で計画されている。日本では、先駆的な「TRON 電脳住宅」⁵⁾ や、「JEITA ハウス」⁶⁾ といった例、企業が主体となって開発した「トヨタ夢の住宅 PAPI」⁷⁾、「松下電器 EUHouse」⁷⁾ があげられる。さらに、情報技術先進国といわれる韓国では Hyundai の「ヒルステイト展示館」などがある⁸⁾。住宅内の機器を大規模に自動化し、住宅内の環境をコンピュータで制御するというホームオートメーションの姿が示さ

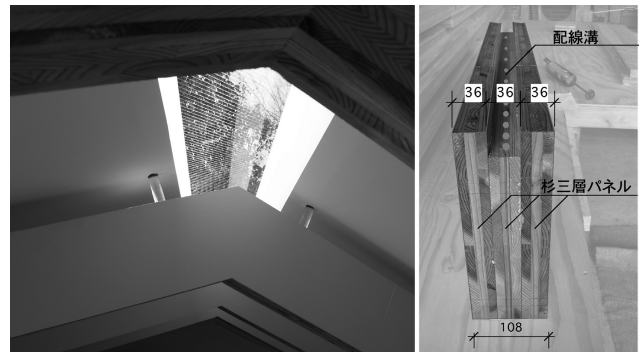


図5 浮き天井詳細写真、ならびにフレームの断面



図6 Ocha House 内観写真
(フレームに設置された LED 間接照明が天井を照らす)

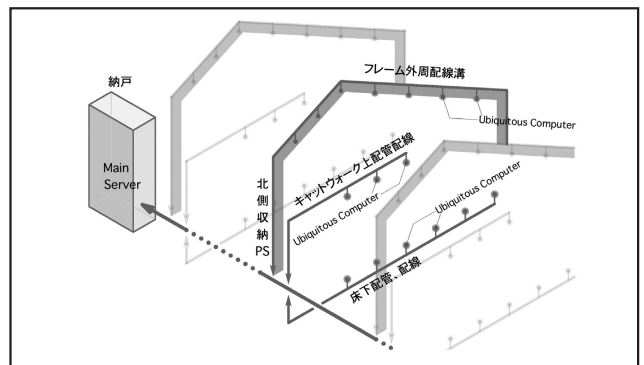


図7 情報配管、配線の概要図

れており、近未来の生活の様子を体験することができる。

また、ドイツのDFKI研究所⁹⁾における研究事例として、障害者や高齢者など、限定されたユーザを対象としたアプリケーションの開発がある。四肢が不自由な障害を持つユーザが首を傾げるだけでコントロールできる車いす、認知障害者に使いやすい音声対応リモコンなど、特殊な障害をもつユーザを対象として、情報技術が支援する研究がおこなわれている。

通常の住宅にユビキタスコンピュータを組み込んでいくというコンセプトでは、米国のジョージア工科大学で「Aware Home」、フロリダ大学では「Gator-Tech Smart House」が試みられている。これらは高度なオートメーション機能を有さず、一般的な住宅に、ユビキタスコンピューティングが導入されている。

このように住宅でのユビキタスコンピュータの利用は、既に多岐にわたり、先進的な試みのおかげで、徐々にではあるが、住宅の中にユビキタスコンピューティングは浸透しつつある。Ocha Houseでは、これらの試みを踏まえ、ユビキタスコンピューティングについて新しい提案を行うため、1) 範囲を限定したアンビエントコンピュータ¹⁰⁾、2) 生活者が主導的に、かつ自然に制御することのできるユビキタスコンピューティング、という二つの理念に基づき、生活者の視点で発想されるアプリケーションの検討を進めた。

一点目のアンビエントコンピュータは、これまで住宅全体を自動化した大掛かりなホームオートメーションとして実践されてきたが、実際の一般住宅に取り込むには、コスト面が問題であった。そのためOcha Houseでは既往の試みと異なり、自動化の範囲を限定したアンビエントコンピュータを取り入れることとした。また生活全てをコンピュータに任せてしまうと、コンピュータがユーザの意図しない動作をしたり、生活者の主体性が失われたりすることにユーザが不満を抱くことになりかねない。この課題に対応するため、二点目にあげたように、一般的な生活者が主導的に、かつ自然に制御することのできる生活支援機器の導入を念頭におき、今までにない利便性や快適性を目指すコンピュータの利用を提案する。

5 住宅におけるユビキタスコンピューティングの応用例

ユビキタスコンピューティングを生活に取り入れる際、その利用には二つの方向性がある。一つは完全にコンピュータに任せて環境を制御し、コンピュータが自律的に生活を見守り調整するシステムである。他方、生活支援機器は必ずしも完全自動である必要はない。状況に合わせて使い方を人が判断し、適切な支援をえられればよい。よってもう一つの方向は、人の制御のもとで人の能力を支援するシステムである¹¹⁾。第三章で述べた二つの理念は、この方向性に対応している。本研究では、二つの理念にもとづき、ユビキタスコンピュータを利用したアプリケーションを設計し検証する。自律的コンピュータとしては住民の生活状況に対応した環境制御、能力支援としては生活者の主導的制御にもとづく各種の能力拡大支援機器が考えられている(図8)。これらの具体的応用例を以下に述べる。

5.1 アンビエントな環境制御

自律的な個別状況対応型環境制御の一つとして、照明のアンビエント制御システムの開発とその実装をすすめている。人の居場所や生活の状況をセンサが感知し、それに合わせて照明箇所や照度をコンピュータが自律的に制御するものである。自動調光を考慮してOcha Houseの照明はすべてLEDを用いた。照明機器の選定、配置、配線は、フレームの特質を生かして計画された。すなわち、LED照明機器をフレーム外周の配線溝に配列し装着する。LEDはフレームから浮いた天井面を照らし、間接光として空間全体を照らす明かりとなる(図6)。フレーム全体で実装されたライン状LED機器は、62個、これを40の

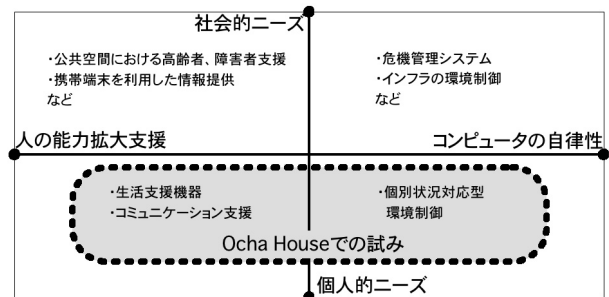


図8 コンピュータの応用の位置づけ



図9 タグタンスの外観



図10 フックセンサーの外観、および撮影画像とFlickrとの連携

部分にわけ、各部分を別個に調光できる。

将来的には、個人の居場所を感知できるセンサと同期させることで、人の居場所に合わせた環境照明の自動制御をおこなう。個別のタスク照明は、人の意思によるコントロールとし、環境照明は、時間帯や居場所に応じた自動制御を用いる。すべての照明をコンピュータに任せるのではなく、タスク照明と環境照明の利用を明確に分離し、範囲を限定した自動制御とする。

5.2 生活支援機器—衣服をデータベース化するタンス

能力拡大支援のシステムとしては、「ファッション」「美容」「コミュニケーション」「食事」などに注目し、以下のような衣食住に密着したアプリケーションを提案している。

「タグタンス」¹²⁾は、手持ちの洋服を手軽に撮影して、ファッションコーディネート支援する。「電腦化粧鏡」¹³⁾は、ディスプレイと高解像度カメラを組み合わせた電子的な化粧鏡を用いて、女性のメイクアップを支援する。「SyncDecor」¹⁴⁾は、居住環境におかれた遠隔地間のランプやゴミ箱などの状態を遠隔地で同期させ、遠距離恋愛や単身赴任のコミュニケーション支援を目指す。「DiningPresenter」¹⁵⁾は、食卓の上部にプロジェクタとカメラを設置し、食事の進行にあわせてさまざまな写真やイラストを投影することで、楽しい食事を演出する。これらのうち本稿では一例として「タグタンス」について述べる。

ファッションに敏感な人にとって、毎日の洋服の選択は重要であると共に、手間のかかる作業である。手持ちの洋服の写真を撮影してパソコンや Web などで管理すれば、こうした作業も楽になるが、撮影自体が大変面倒である。そこで、フックに洋服を掛けるだけの操作で、手軽に洋服を撮影し同時にタグ付けしてデジタル化できるシステムを提案する。図（図9）のように、Ocha House に設置される両開き収納の扉の一方に、USB カメラ、照明、液晶ディスプレイを、他方にフックセンサを取り付ける。ユーザがタンスを開くと、扉に付けられたリードスイッチで開閉を検出し、自動的に撮影用の照明が点灯する。次に、ハンガーに掛った洋服をフックセンサに掛けることで、衣服の画像が自動的に USB カメラで撮影される。フックセンサには、複数のフックが取り付けられており、フックの位置に応じて、洋服の種別（インナー、アウター、ボトムなど）を判別することができる（図10）。撮影画像には、洋服の種別や重さ、および撮影時刻などが自動的にタグ付けされる。必要に応じて、Flickr¹⁶⁾などの Web サービスに直接撮影画像がアップロードされる（図10）。

大型機器による生活支援と異なるコンセプトとしては、フックに洋服を掛けるという誰でも容易かつ自然な操作で扱えるインタフェースであること、そのシンプルな操作だけで一定品質の写真を撮影できること、さらに既存のタンスの扉に組み込み手軽に設置できることである。

家事時間の短縮や新たなコミュニケーションなど、情報技術によって変化する社会や時間は、人間の能力を広げ、生活の自由度を高める。例えば、タグタンスでは記憶（記録）する、整理するという能力が支援され、また、衣服の情報を知人と共有するなど、他のシステムと連携させることで生活に新たな楽しみをうみだす可能性が試みられる。

6 まとめ

本稿では、2008 年度に建設されたお茶の水女子大学実験住宅 Ocha House について、建築構法の視点、ならびに生活にもとづく支援機器の視点から遂行している試みについてまとめた。

- 1) 情報機器の実装と更新を考慮した自由度の高い住宅の構法として、杉三層パネルを利用したフレームのラーメン構造を実現した。この構法の特性を生かしたユビキタスコンピュータの実装の提案をおこなった。
- 2) 生活におけるユビキタスコンピュータの利用として、範囲を限定した自律システムと、人の主体的制御による能力支援システムの二つの設計理念を挙げた。それらにもとづく生活支援機器の応用例を示し、開発を試みた。

現在は、実験住宅が竣工した段階であり、ユビキタスコンピュータを組み込むための住宅デザインならびに構法の開発は一応、完成した。ただし、情報技術の更新のスピードを考えると、今後住宅は、特に情報機器の点において、完成という静的な状態にはいたることなく、常に何らかの機器が試みられ、また近い将来に既設機器が新しいものに更新されるという、いわ

ば動的な状況の中で生活が行われる器であると捉えるべきであろう。

一般住宅レベルにまで研究成果を敷衍していくためには、今回設けられたような過剰な電気回路、容量や、LED 照明の高いイニシャルコスト、ならびに様々な機器を使用した際の電力量についても、検討していく必要がある。実際の住宅設計において設計者は、限られたコストで最大限の性能を発揮させることが求められる。ユビキタスコンピューティングを生活に取り入れる際にも、はたして本当に必要か、使いやすくデザインされているか、生活にどのような影響を及ぼすのか、といった総合的な視点からの吟味が必須となる。住宅がユビキタスコンピューティングに対し親和性を持ち、かつ環境に調和するものであるために、住宅にどれくらいの余裕をもたせるべきかについて、Ocha House での実証実験を重ね見極めていくことは、本研究の長期的な課題である。

なお本研究は、執筆者以外に、意匠設計、構造設計、設備設計、照明設計、施工において多数の関係者の方々¹⁾の指導と協力を得ておこなわれた。関係者に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) Ocha House の建物概要
設計：元岡展久、河野泰治、鍋野友哉 構造設計：稲山正弘、福山弘、秋山信彦 設備設計：環境エンジニアリング 田中敬介 照明設計：パナソニック電工 施工：株式会社エンゼルハウス 加藤泰洋
用途地域：第一種中高層住居専用地域、準防火地域
規模：敷地面積 259.6m²、建築面積 90.6m²、延床面積 82.7m²
構造：木造、地上1階
- 2) 秋山信彦、福山弘、稲山正弘、小林研治、安藤直人、元岡展久『スギ3層パネルによるラーメン構造の接合部に関する実験的研究』日本建築学会大会学術講演梗概集、2008、pp.367-368.
- 3) 福山弘、稲山正弘、秋山信彦、河野泰治、鍋野友哉、元岡展久『アクリル丸棒による構面のオフセット指示接合部の耐力』第12回木質構造研究会技術発表会、技術報告集、2008、pp.89-92.
- 4) Ocha House において開発されたフレームの構法は、一般的な住宅にも適用できる。本構法は、住宅の空間全体を一体的な構造として成立させている。よって全体の構造から独立させた層を内部に設けることで、多層化が可能である。構造とインフィルの分離から、生活様式の変化に応じた改修も容易である上、構造が露出しており劣化状況の把握も容易であるなど、住宅躯体の長寿命化についての利点も多い。なお施工の規準、施工コストについてはさらなる検討が必要である。
- 5) 坂村健氏を中心とした TRON 脳住宅研究会により 1989 年建設された先駆的な脳住宅。
- 6) 経済産業省国家プロジェクトとして電子情報技術産業協会が多摩ニュータウンに 2002 年に建設したモデルハウス。
- 7) 「PAPI」はトヨタホームがユビキタスをテーマに坂村健監修で愛知県に建設した脳住宅。「EUHouse」は松下電器（現パナソニック）が、東京都江東区にエコとユニバーサルデザインを

テーマに建設した住宅。

- 8) Hillstate Gallery は、Hyundai 社が 2007 年建設した多様なユビキタスアイテムに触れ合うことができる展示館。その他韓国では、Daewoo 社が建設した住宅「未来住宅館」、Samsung の「来美安ユビキタス住宅体験館」等がある。
- 9) ドイツ人工知能研究センター DFKI は 1988 年に設立された IT 研究所であり、ドイツ各地に 7 つの研究所を有する。
- 10) 本研究で用いる「アンビエント」は環境光という意味での「アンビエント」ではない。人がコンピュータの存在を意識することなく、コンピュータが環境の中にとけ込み自動的に制御することを「アンビエント制御」、またそのとき使用されるコンピュータを「アンビエントコンピュータ」と称す。
- 11) 二方向はドナルド・ノーマンによって既に指摘されている。NORMAN, Donald, *The Design of Future Thing*, 2007 (trans. jap., 安村通見他訳, 『未来のモノのデザイン ロボット時代のデザイン原論』新曜社, 2008, p.156) .
- 12) TSUKADA, Koji, TSUJITA, Hitomi, SIIO, Itiro, *TagTansu : A Wardrobe to Support Creating a Picture Database of Clothes*, in Adjunct Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Computing, Australian Computer Society, Sydney, Australia, 2008.5, pp.49-52. (<http://www.pervasive2008.org/Papers/LBR/lbr12.pdf>)
- 13) 岩渕絵里子、椎尾一郎、『電脳化粧鏡：メイクアップを支援する電子鏡台』、第 16 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (wiss2008), 日本ソフトウェア科学会研究会資料シリーズ, ISSN 1341-870X, No. 58, 2008.11, pp.45-50.
- 14) 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 (日本ソフトウェア科学会) Vol. 26, No. 1, ISSN0289-6540, 岩波書店, 2009, pp.25-37.
- 15) 森麻紀、栗原一貴、塚田浩二、椎尾一郎、『拡張現実食卓における彩りと物語の調理システム』第 16 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (wiss2008), 日本ソフトウェア科学会研究会資料シリーズ, ISSN 1341-870X, No. 58, 2008.11, pp.57-62.
- 16) 画像、写真を共有するコミュニティサイト。Web 上で写真の分類や整理するほか、他人に公開したり仲間で共有したりすることができる。

(2009 年 2 月 12 日原稿受理・2009 年 7 月 6 日採用決定)