

Georgia Techにおける Aware Home プロジェクト 日用品コンピューティングによる生活者支援

椎尾 一郎†

†玉川大学工学部

要 旨

Aware Home は、ジョージア工科大学のキャンパス内に建設された、家庭向けコンピュータ利用を研究する実験住宅である。2000年春の完成以来、建物、家具、日用品に埋め込んだコンピュータ、ネットワーク、センサを利用して、人の状況認識技術の開発やアプリケーションの研究が進められている。筆者はここで、単機能のコンピュータを組み込んだ家具や日用品を使って、収納物の探索支援や、遠隔家族とのコミュニケーション支援を実現するシステムを試作した。本報告では、Aware Home のプロジェクトを中心に、日常生活を豊かにするユビキタスコンピューティング研究を紹介する。

Everyday Computing in the Aware Home at Georgia Tech

Itiro Sio†

†Faculty of Engineering, Tamagawa University

Abstract

The Aware Home is an experimental residential laboratory at Georgia Institute of Technology. Since the completion of the house in spring 2000, research on human context recognition and everyday computing applications has been carried out, using ubiquitous computers, networks and sensors embedded in the house and everyday things such as furnishings and small appliances. The author has developed systems for finding daily objects and for communication between family members, using furniture and decor with single function computers. This report introduces research projects at the Aware Home, to support everyday human activities by ubiquitous computing.

1 はじめに

コンピュータは、ますます小型で安価になり、身の回りのあらゆる物に組み込まれつつある。近未来のコンピュータは、洗濯機や冷蔵庫のような単機能の“白もの”家電のように、単一の目的のために使われる情報アプライアンスになると予想されている[4]。この動きは、企業が使うメインフレームから、個人が使うパーソナルコンピュータへ、コンピュ

タ利用形態がシフトしたことに相当する大きな変革になるであろう。

コンピュータユーザの数とバリエーション、市場規模のいずれもが格段に大きくなることに従って、ユーザにとってのコンピュータの位置づけも大きく変化するであろう。生活の場に大量に配置されたコンピュータは、どこにでもあるありふれたコンピュータ、すなわちユビキタスコンピュータとなり、コンピュータを使っているという意識をユーザに持たせ

ないような透明な存在の日用品になる [13] . ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) の設計方針も変化するかもしれない . 従来の HCI の設計では , コンピュータをドラマチックで素晴らしいものにして , 人々の生活に欠かせない道具にすることを目標にすることが多かった . ユビキタスコンピューティングにおける HCI 設計の目標は , これとは違い , コンピュータを生活に溶け込んだ自然なものにして , 人々がコンピュータを使っていることを忘れさせることになるであろう [14] .

パーソナルコンピューティングの舞台は主にオフィスであった . 日用品やアプライアンスとしてのコンピュータは , オフィスだけでなく人々の生活全般で使われることになる . そこで , 人々がオフィスより長い時間を過ごす家庭が , 今よりも重要な応用分野になるであろう . 本報告では , ジョージア工科大学の Aware Home プロジェクトを中心に , 日常生活を豊かにするユビキタスコンピューティング研究を紹介する .

2 Aware Home

遠隔地に一人暮らしする高齢者家族の問題は , 日本と同様に米国でもベビーブーム世代の大きな心配事になっている¹ . 独居老人宅にネットワーク , センサー , コンピュータをはりめぐらせることで , 家庭電化製品の誤った操作を警告したり , 定時に薬を飲むなどの重要な作業を思い出させたり , さらに住人の危険な兆候を通報することが可能になる . このようなサービスを成功させるためには次の二点が課題になる . 一つは , 住人の位置 , 活動などの状況を正しく認知できる家を造ること . もう一点は , 住人の生活の質を向上させたり , 高齢者になっても独立した生活を保つことを支援するような , 魅力的なアプリケーションを提供することである .

このような課題に取り組み , 実証実験を行う目的で , ジョージア工科大学のキャンパス内に , 実験住宅 Aware Home が建設された (図 1) . 2000 年春の完成以来 , 建物 , 家具 , 日用品に埋め込んだコンピュータ , ネットワーク , センサを利用して , 人の状況認識技術の開発やアプリケーションの研究が進められている² .

Aware Home の建物は , 二階建ての住居部分に

¹<http://www.gtri.gatech.edu/rh-win00/main.html>

²<http://www.awarehome.gatech.edu/>



図 1: 家庭向けコンピュータ利用のための実験住宅 Aware Home .

屋根裏部屋と地下室を備えた , 470m² の床面積を持つ , 典型的なアメリカ南部風戸建て住宅である . ネットワーク配線がはり巡らされていることと , 天井部分がフリーアクセスになっていてセンサ類の設置や配線が容易になっていることを除くと , 内装もごく一般的な住宅そのものである . 一階と二階の間取りは同一で , 各階にダイニングキッチン , 暖炉付き居間 , 書斎 , 寝室 × 2 , 風呂トイレ × 2 がある . 片方の階で試作したシステムを , もう一方の階で評価実験したり , デモンストレーションすることが可能である .

Aware Home は , Gregory Abowd 氏を中心とする 7 人の教授陣と , その研究室メンバーが共同で利用している施設で , 家庭や在宅オフィス環境でのコンピューティングをテーマにした博士課程学生や研究者らがさまざまなプロジェクトをすすめている . テーマは家庭でのユビキタスコンピューティングのためのインフラと , アプリケーションの研究に分類できる . インフラの研究には , 住宅の中の家族の状況 , 特に位置情報を検出するシステムと , その状況をアプリケーションに提供するツールキットの開発がある . アプリケーションとしては , 台所 , 居間 , 書斎などにおいて , 家族の利便性やコミュニケーションをサポートするさまざまなアイデアが実験されている .

3 状況がわかる家

パーソナルコンピューティングでは , ユーザがキーボードやマウスを使って , コマンドやメニューを入力 / 選択して , コンピュータに自分の意図を伝えて

いる．高度で複雑な仕事においては効率的な方法であるが，単機能の情報アプライアンスのような道具では操作を複雑にする要因になる．デスクトップ作業に比べて，はるかに多様な状況で使われる装置であれば，その状況を検出することで，入力操作を軽減したり無くしたりすることが可能である．

実世界の状況で，取得しやすく使い道の多いものが，誰がどこに居るかという情報である．オフィスでの人の認識と位置情報を利用する研究（[12] など）や，ウェアラブルコンピュータを使って屋外で人の位置情報を利用する研究（[1] など）はさかんに行われており，カーナビや携帯電話を使った屋外での位置情報利用サービスが，すでに実用化されている．しかし家庭の中での人の位置を利用したコンピュータ応用の研究は，これからのテーマである．

家の中での人の位置が検出できるとさまざまなアプリケーションが可能になる．その一つが探し物支援アプリケーションである．私たちは家の中で鍵，財布，眼鏡，リモコンなどを頻繁に無くしている．そのような場面で，自分が過去に家の中のどの場所にいたのかを詳細に知ることができれば，最後にその遺失物を使った場所を割り出すことができる．また，例えば台所で家事をしている親が，家のどこかに居る子供と会話をしたくなった場合，音声回線を自動的に子供の居る場所へ接続してくれるような賢いインターフォンがあると便利である．

このように，家の中で誰が，何時，何処にいたかが分かれば，さまざまなアプリケーションの可能性が広がる．しかし家の中では屋外のように GPS を利用することができない上，オフィスと違って，位置検出のために物の携帯や，バッジの装着を強いることも難しい．現在では家庭で利用できる位置検出手法の決め手がないので，カメラによる画像処理，RFID タグ，音声や振動，加重などさまざまなセンサを組み合わせることで，欠点を補いあうことになる．

Aware Home でも，人と位置の認識のために，さまざまなセンサ技術が試行された．その一つに，床への加重のパターンを検出して人を認識する Smart Floor [6] がある．人によって歩き方が異なるので，床への加重のかかり方も異なる．そこで，床板の下に加重センサを設置して，加重パターンから人を認識するシステムである．ただ，床への組み込みのコストがかかるために家全体には導入されなかった．また，赤外線や電波を利用した市販の位置検出システムも試験されたが，障害物や干渉の問題があり，



図 2: Aware Home の天井．黒い点がカメラのレンズ．

オフィスに比べて狭く，物の多い家の環境では有効に機能しなかったそうである．そこで，Aware Home では RFID タグと，カメラによる画像処理を組み合わせる手法が採用された [5] ．

Aware Home の天井には，広角レンズを備えた小型のテレビカメラが多数埋め込まれている（図 2）．これらのカメラが撮影した動画データは，地下にある画像処理サーバ群に送られて，画像処理により動きのある部分が切り出される．これから，カメラで撮影できる範囲のどこに人がいて，どちらを向いているかを，実時間で検出することができる．

家の中に自動撮影するカメラが設置されることは，住人にとって居心地の悪いことかもしれない．センサやネットワーク接続されるコンピュータが身の回りに多数配置されるユビキタスコンピューティング環境では，このようなプライバシーの問題が重要な課題になる．他のセンサに比べて大量の情報を収集するカメラやマイクロフォンは，特に嫌われやすい．しかし撮影場所が限定されていたり，ユーザが要求している情報に生情報が加工されていれば，受け入れられる場合が多い．たとえば最近普及しつつある光学式マウスも，机の上の画像を撮影して，画像処理により移動量を検出している．光学式マウスがプライバシー問題の標的にならないのは，限られた場所のみを撮影していることと，画像処理で得られる移動量だけがコンピュータに転送されていることが，ユーザにわかっているからである．Aware Home の天井カメラも，生の画像情報はすべて廃棄して，画像処理した動き情報だけを提供しているので，そのことが保証されるような形で実装できれば，一般に



図 3: RFID を取り付けたスリッパと、読み取りアンテナ。

受け入れられるであろう。

頭上のカメラでは顔画像を撮影できないので、写っている人が誰であるかを認識することが困難である。そこで、RFID タグを使った人識別システムが併用されている。これは人の履き物に、RFID タグを装着して、玄関マットやカーペットの下に設置された RFID リーダーアンテナで読み取る方法である (図 3)。図のようにスリッパの中にタグを埋め込んだり、ドーナツ型のタグを靴ひもに通したり、靴の踵に小さな穴を開けて、小型のガラス封入タイプのタグを埋め込んだりしている。アンテナの大きさは 61cm × 47cm で、玄関の他に、各部屋の出入り口や、台所とリビングの間、冷蔵庫の前、廊下の始点や分岐点など、人の動線の集まるところに複数設置されている。

カメラと RFID タグによる人の位置検出は、それぞれ全く異なる特徴を持っている。天井カメラによる方法は、撮影領域の範囲で連続的に人の位置を知ることができるが、人の識別はできない。また認識の失敗により誤った位置情報を提示する場合もある。一方で RFID タグは、人の識別ができ、人がセンサの上に居ることを確実に検出できるが、分解能は非常に悪い。そこで、この二つのセンサシステムから得られる、場合によっては矛盾する情報を整理して、最も確からしい位置情報を得る必要がある。このような作業を、位置情報利用アプリケーションがそれぞれ行うのでは開発の無駄になる。そこで、アプリケーションプログラムが共通に利用できるツールキット [7] や、情報提供サーバの開発が進められている。

4 台所コンピューティング

家の中でも台所は、人が仕事を行う代表的な場所である。食品の在庫管理、調理情報の取得と閲覧、調理手順や方法のガイドや教育、水や熱を使った食材の化学反応コントロールなどなど、従来の事務、教育、プロセス制御などのコンピュータ応用に近い種類の作業が行われる。また家族や来客とのコミュニケーションの場になることも多いので、コンピュータのネットワーク機能を利用できる場面も多い。そのため台所は、家庭でのユビキタスコンピューティングが活躍する重要な場所の一つになるであろう。

たとえば、Counter Intelligence³ というプロジェクトでは、台所での作業を効率よく、安全におこなうための研究がすすめられている。ここでは、マグカップやスプーンなどの食器に化学的なセンサを組み込んで、調理の手助けをしたり、コンロや鍋つかみなどに温度センサを組み込んで、危険な状況を警告するなどのアイデアが実装されている。たとえば、熱い物をつかむと声を上げる鍋つかみなどが作られている。

一般に調理は、複数のタスクが並行して進行したり、加熱時間管理などのリアルタイム性が要求される複雑な作業である場合が多い。その進捗管理はたいていの場合、短期記憶に頼って行われるが、家事には育児や電話によるじゃまが入ることがある。たとえばクッキーを作るためにボウルに小麦粉、砂糖、ベーキングパウダー等々を加えている最中に、電話が鳴って中断することになったとする。用事を終えて台所に戻ってきたときに、ボウルにどの材料を加えていたのか忘れてしまう場面がありうる。とくに高齢になると、短期記憶の能力が衰えるので、このように忘れを救うための対策が必要になる。米国でも高齢者人口が増加しつつあることが問題になっており、人の状況をコンピュータで記録することで、人の記憶力を補強するアプリケーションの需要が、今後増大すると考えられている。

Aware Home に設置された Cook's Collage [11] は、調理台の作業のスナップショットを撮影して、過去に何を行ったかを思い出させてくれるシステムである (図 4)。撮影された写真は、ディスプレイに漫画のコマのように表示される。調理の中断から台所に戻ってきたときに、これを巻き戻して閲覧すれば、どこまで作業を行っていたかを知ることができ

³<http://www.media.mit.edu/ci/>



図 4: Cook's Collage. キッチンキャビネットの下に 4 個のカメラがあり、調理台の作業のスナップショットがディスプレイに表示される。

る。カメラ画像の撮影は、調味料瓶などに取り付けられたセンサ信号や、カメラ画像の変化をトリガーにする方式が実験されている。本システムのデモは好評で、日常的に料理をする見学者からの評価も高い。またこのシステムのカメラは、調理台の上だけを撮影するため、人の身体は手だけしか記録されない。このため自動的に写真を撮られることへの拒否反応も少ないようである。

5 日用品コンピューティング

近未来のコンピュータの使われ方が、身の回りの電気モータの歴史にたとえられることがある [4]。モータが高価であった頃は、アタッチメントを取り替えるだけで何にでも使える汎用の道具として販売されていた。その後、小型で安価になると、身の回りの様々な道具に組み込まれて、単一の仕事にだけ使われるようになり、モータは、ユーザにとってそこにあることを意識させない透明な存在になった。ソフトウェアを入れ替えればなんでもできると宣伝された汎用パーソナルコンピュータがユビキタスになり、単機能の情報アプライアンスとして使われつつある状況は、このモータの利用の変遷に酷似している。

ただ、コンピュータと電気モータには相違点も多い。汎用のパーソナルコンピュータは、アタッチメントを取り替えられるモータとは桁違いの種類のアプリケーションをこなすことができる。人に代わって物を自動的に動かす目的で、モータが生活の中に

浸透してきたのとは違い、コンピュータには、人の記憶力、認知力、計算能力、コミュニケーション能力を強化するなど、はるかに多くの可能性がある。日用品に組み込んだコンピュータによって何をさせるのか、研究者やアプリケーション設計者のセンスが問われることになる。

コンピュータが組み込まれた身の回りの日用品を、筆者らは Digital Decor と呼んでいる [10]。Decor とは、家の中の家具、建具、調度品、置物、アプライアンスなどの総称である。これらは人々が慣れ親しんだ日用品で、利用方法が明白な単一の機能しか備えていない。Decor の単機能でわかりやすい特徴を保ちつつ、コンピュータによってその機能を強化したり、存在から想起される新しい機能を実現していくことが、ユビキタスコンピューティング設計を成功させる一つの手法であろう。

5.1 賢い収納家具

引き出し、戸棚、カップボード、筆筒、箱など、収納機能を持つ decor にコンピュータを組み込むことで、内容物の探索を支援することが可能になる。たとえば、TouchCounters [15] は、工具などの格納箱とこれを収納する専用棚で構成された捜し物支援システムである。それぞれの格納箱にはディスプレイが、また棚には格納箱を識別するセンサがついている。箱のディスプレイに、使用頻度や、箱同士の使用履歴の相関を表示することで、ある作業に必要な工具や材料の入った箱を容易に見つけられるようになる。

Aware Home では、10 個の引き出しを持つ家具のそれぞれの引き出しに、開閉センサを付けた Timestamp Drawers が試作された [8]。引き出しの開閉イベントは、コンピュータに記録され、その記録をインタラクティブに閲覧することができる。これにより、たとえば「先週の会議で貰った後、すぐに収納した書類」を、引き出しの開閉記録を元に探すことができる。このシステムには音声認識機能もあり、引き出しを開閉しつつ発話した内容が、開閉の備考情報として記録される。これを利用して、時刻だけでなく、キーワードにより引き出し開閉記録を検索することも可能である。

収納家具の内容物の把握が困難な理由のひとつが、不透明で、扉を開けないと中が見えないことである。収納家具の中の写真があれば捜し物作業は楽になる

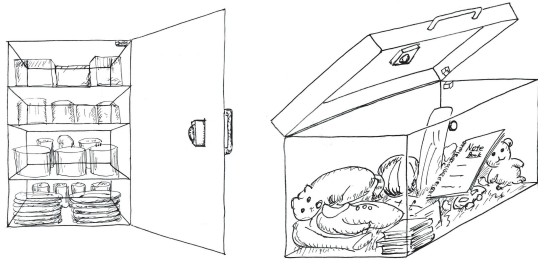


図 5: カップボードのドア (右) や、おもちゃ箱のふたの下 (左) にカメラを取り付けて、ドアやふたを閉じるタイミングで写真を撮影することで、探し物支援が可能になる。

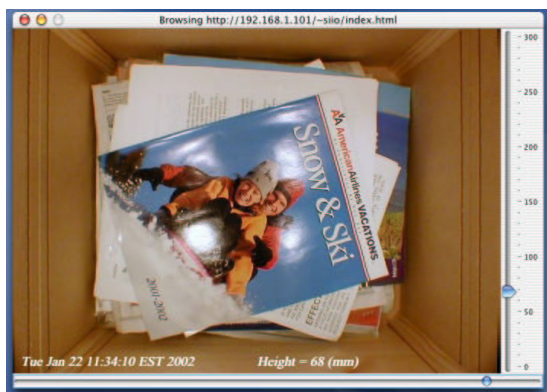


図 6: Strata Drawer の引き出しの中の写真ブラウザ。ウィンドウ下には時間軸、右には高さ軸のスライダーがあり、撮影時刻と、内容物の蓄積高さを変えて写真を閲覧することができる。

が、カメラを探して、写真を撮り、すぐに取り出せる場所に写真を保存する手間が膨大になる。収納家具がセンサ、カメラ、コンピュータを内蔵して、内容物の写真を自動的に撮影して保管してくれれば、探し物作業はずっと容易になるであろう。たとえば、図 5 のようにカップボードの扉の内側や、おもちゃ箱のふたの下にカメラを取り付け、扉やふたを閉じるたびに写真を撮影し、過去の写真までを見ることができれば、積み重なった下の物や、別の物の背後にある物も、写真だけから探すことができる。また、この家具が、写真データを配信するサーバとして機能すれば、遠隔地にある複数の家具の内容物を、一か所から閲覧して物探しを行うことも可能である。

Strata Drawer は、カメラに加えて、引き出し内容物の量センサーを取り付けて、内容物の写真と、蓄積された高さ情報を収集するシステムである⁴。撮

⁴<http://swiki.cc.gatech.edu:8080/ahome/110>



図 7: Peek-A-Drawer . ネットワーク接続したキャビネットの上の引き出しの内容が、もう一方の下の引き出しのディスプレイに表示される。

影された写真は、タイムスタンプと高さ情報とともに保存される。専用のブラウザソフトでこの引き出しにアクセスすると、図 6 のように、任意の時間と、蓄積高さに相当する写真を見ることができる。これにより、引き出しの中に積み重なった書類や衣類の中から、目的の物を探し出すことができる。

5.2 コミュニケーションする日用品

前節で述べたように、先進諸国では近年、家族のあり方が変わり、大家族で暮らす人々は少数派になり、近しい親族が離れて暮らすことが一般的になった。しかし、子供や孫と離れて暮らす老人は、生活の一部を孫と共有したいと考えている。彼らは、離れて暮らす孫たちのお気に入りの玩具や、学校で書いた絵や作品などに関する、もし同居していたら自然と共有できるであろう情報を欲しがっている。一方で、離れて暮らしている老人の健康を心配する子供世代の家族も居る。コンピュータによりネットワーク機能を持つことができる家具や日用品を用いれば、このような要求に応えるコミュニケーションサービスをわかりやすく直感的なインタフェースで提供できるであろう。

図 7 に示す Peek-A-Drawer [10] は、ネットワーク接続された一対の引き出し家具である。片方の上の引き出しを閉じると、内蔵されたカメラが引き出しの中を自動的に撮影して、もう一方の引き出し家具のディスプレイに表示する。ディスプレイは引き出しの中に上向きに設置されているので、離れた場所の引き出しの内容をのぞき込んでいるかのようなり



図 8: Digital Family Portraits . 暖炉の上に飾られたおばあちゃんの写真 . 液晶ディスプレイになっていて、縁飾りの蝶の大きさがその日のおばあちゃんの活動状態を表している .

アリティを得ることができる . Peek-A-Drawe が実現する画像によるコミュニケーションは、今日でもデジタルカメラや電子メールを使えば実現できる . しかし、撮影をして、データを転送して、メールに添付して発信する作業が必要である . 引き出しに物を格納するだけで転送され、開けるだけで見ることができるという操作手順は、通常の引き出しをいつものように使用しているのと何ら変わらないため、コンピュータやネットワークの存在を感じることなくコミュニケーションが可能である . また、撮影対象が引き出しの中に限定されていることで、プライバシーの問題も生じない .

離れて暮らす高齢家族メンバーの様子を子供世帯に伝える電気ポットに i-POT がある⁵ . 無線通信ユニットが内蔵された電気ポットが、高齢者宅の電気ポットの使用頻度をサーバコンピュータに送信する . 必要な操作は通常の電気ポットと変わらないので、機器を操作する難しさは全くない . また、発信されるのが生活活動そのものではなく、間接的なポットの稼働状態情報であるために、モニターされる側に抵抗が無いようである .

i-POT では、子供世帯が高齢者宅の状況を知るために、電子メールや WWW ページを使用する . 子供世帯での表示機能もユビキタスなデバイスで行う提案が、Aware Home に設置されている Digital

⁵<http://www.mimamori.net/>

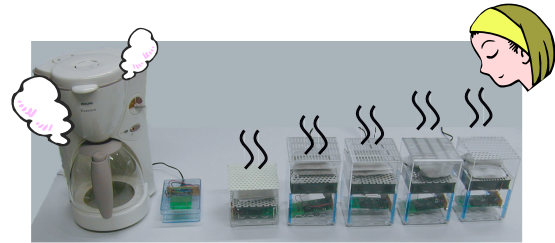


図 9: Meeting Pot . センサ付きコーヒーメーカーと、5 個のコーヒー芳香発生器 .

Family Portraits [2] である . 図 8 は、一見、暖炉の上に飾られているおばあちゃんの写真に見えるが、実は液晶ディスプレイである . 写真の縁飾りの蝶は、遠隔地に暮らすおばあちゃんの活動状況を示していて、一日の活動状況 (ドアの開閉回数など) に比例して、一つの蝶の大きさが変わる . 蝶のマークが小さくなっていけば、電話などをかけて様子を探ることになる . ディスプレイがタッチパネルにもなっていて、タッチすると相手の状況を判断して、電話してもかまわない状況ならば電話をかけてくれる機能も持っている .

図 9 は、だれかがコーヒーを入れたことを、香りを使って遠隔地に伝えるコーヒーメーカー、Meeting Pot である [9] . 左のコーヒーメーカーでコーヒーを入れると、組み込まれた無線送信機が信号を発信する . 右にある 5 個のアクリルボックスは、内部に受信機、ファン、インスタントコーヒー粉が入った芳香発生器である . コffeeメーカーからの信号を受信するとファンが回転し、コーヒーの香りを出す . Meeting Pot は当初、オフィスのお茶飲み場でのコミュニケーションを促進する目的で作成された . 公立はこだて未来大学のミーティングエリアにコーヒーメーカーが、教員の個室に芳香発生器が設置されて、評価実験がすすめられている . また Aware Home の台所にも設置されて、住宅内でのコーヒーブレイクを伝えるデモも行われている . コffeeメーカーからの信号は、サーバコンピュータへも伝達されていて、電子メールや WWW ページで遠隔地のコーヒーメーカーの様子を知ることができる . これにより離れて暮らす家族がコーヒーを入れる様子を、同居している場合と同様に、香りでも知ることも可能である .

6 まとめ

コンピュータが環境や日用品に組み込まれて透明な存在になるユビキタスコンピューティングの応用研究例を、ジョージア工科大学 Aware Home プロジェクトを中心に紹介した。この中には、家庭に限らず、ホームオフィス、サテライトオフィスはもちろん、一般のオフィスなどへも展開可能なアイデアも多い。

ユビキタスコンピューティングの本質は、どこでもコンピュータが使えることではなくて、コンピュータの複雑さが消滅してどこにでもある日用品になることである。そのため、機能が少なく単純であること、使っていることを意識させないような自然で透明なインタフェースであることが重要である。透明なインタフェースを実現するために、Aware Home のプロジェクトでは、家具や調度品のような誰でも知っている日用品を利用したり、人の位置や状況を取得する手法が用いられている。

一方で、身の回りに、カメラ、センサ、ネットワーク機能をもった人工物があふれることで、プライバシーへの配慮が重要になる。Aware Home の見学者の中にも、天井に設置された小型カメラ群に居心地の悪さを訴える人も多かった。また、オフィスよりもさらに多様な環境で使われることになるので、地域による生活や文化の違いが、従来以上に大きな課題になるであろう。たとえば日本の住宅では、靴に RFID タグを付ける方式には別の工夫が必要になるであろう。

コンピュータの市場が、日用品を使うすべての人々の生活の場に広がるのは確実である。主にオフィスでの知的作業支援をターゲットにしてきたヒューマンコンピュータインタラクションの研究者/設計者は、今後、人々のすべての生活時間・空間からの設計課題を受けとめて活躍できる時代になりつつある。

参考文献

- [1] Feiner, S., MacIntyre, B., Hollerer, T. and Webster, T.: A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment, *Proc. ISWC '97 (First Int. Symp. on Wearable Computers)* 1997.
- [2] Mynatt, E.D., Rowan, J., Craighill, S. and Jacobs, A.: Digital Family Portraits: Providing Peace of Mind for Extended Family Members. *Proceedings of the 2001 ACM Conference on Hu-*

man Factors in Computing Systems (CHI 2001), pp. 333-340, April, 2001

- [3] Negroponte, N.: *BEING DIGITAL*, Knopf, January 1995. (邦訳: 福沢洋一: *ビーイング・デジタル*, アスキー出版局, 1995, pp. 293-294.)
- [4] Norman, D. A.: *The Invisible Computer*, MIT Press, September 1998. (邦訳: 岡本 明, 安村 通明, 伊賀 聡一郎: *パソコンを隠せ、アナログ発想でいこう! 複雑さに別れを告げ、"情報アプライアンス" へ*, 新曜社, 2000.)
- [5] O'Connell, T., Jensen, P., Anind Dey, A. and Abowd, A. D.: Location in the Aware Home. *Position paper for Workshop on Location Modeling for Ubiquitous Computing, at Ubicomp 2001 conference* September 2001. <http://www.teco.edu/locationws>
- [6] Orr, R. and Abowd, G. D.: The smart floor: A mechanism for natural user identification and tracking. *Companion Proceedings of CHI 2000*, Short paper. May 2000.
- [7] Salber, D., Dey, A. and Abowd, G. D.: The Context Toolkit: Aiding the Development of Context-Enabled Applications. *Proceedings of CHI'99* pp. 434-441, May 1999.
- [8] 椎尾一郎: Smart Drawers: 家具による実世界インタラクション. 電子情報通信学会 2001 年総合大会講演論文集、情報・システム 1, p. 138, March 2001.
- [9] 椎尾一郎, 美馬のゆり: Meeting Pot: アンビエント表示によるコミュニケーション支援. インタラクション 2001 論文集, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, Vol. 2001, No. 5, pp. 163-164, March 2001.
- [10] Siio, I., Rawan, J. and Mynatt, E.: Peek-a-drawer: communication by furniture. *Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computer Systems (ACM CHI 2002)*, pp. 582-583, April 2002.
- [11] Tran, Q., Mynatt, E.: Cook's Collage: Two Exploratory Designs. *Position paper in "Technologies for Families" workshop at CHI 2002* April 2002.
- [12] Want R., Hopper A., Falcao V. and Gibbons J.: The active badge location system *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)* Vol. 10, No. 1, pp. 91-102, January 1992.
- [13] Weiser, M. : Some computer science issues in ubiquitous computing. *Communications of the ACM* , Vol. 36, No. 7, pp. 75-84, July 1993.
- [14] Weiser, M. : Creating the invisible interface:(invited talk) . *Proceedings of the 7th annual ACM symposium on User interface software and technology*, p.1, November 1994.
- [15] Yarin, P. and Ishii, Y.: TouchCounters: Designing Interactive Electronic Labels for Physical Containers. *Proceeding of the CHI 99 conference on Human factors in computing systems* pp. 362-369, 1999 .