

特集 実世界インタフェースの新たな展開

6 家庭のユビキタス コンピューティング

椎尾一郎 お茶の水女子大学

コンピュータを普通の道具や日用品として使うユビキタスコンピューティングでは、通常の日用品と同様に家庭での応用が重要になる。本稿では、HCIの視点から見たユビキタスコンピューティングの課題を述べる。また、お茶の水女子大学の実験住宅 Ocha House で行っている家庭におけるユビキタスコンピューティングアプリケーションの事例を紹介する。

ユビキタスコンピューティングの HCI

長らく最先端技術の代表であったコンピュータも、技術が成熟し普及することで、テレビ、自動車、時計、電気モータ、ボールペンのような日用品になりつつある。ありふれた日用品を人々が使うとき、そこで使われている技術の存在や使用方法を意識することは少ない。このように、コンピュータがありふれたどこにでもある存在の日用品として利用される状況を、M. Weiser はユビキタスコンピューティングと呼んだ⁵⁾。ユビキタスコンピューティングは、メインフレーム、パーソナルコンピューティング(PC)に続く、次世代のコンピュータ利用形態と言われている。

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、さまざま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^{3), 4)}。コンピュータが日用品になり、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。新しいHCIの可能性を探るためには、家を除外することはできない。

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、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、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²⁾などをはじめ、さまざまな大学や研究機関で、実験住宅を建設し、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、HCIの視点から見たユビキタスコンピューティングの課題を述べる。また、その事例として、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^{☆2}、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。

☆1 <http://ochahouse.com/>

☆2 お茶の水女子大学アカデミックプロダクションの塚田浩二助教、神原啓介リサーチフェロー、および筆者が指導する大学院学生、学部学生が実装を行っている。

アプリケーションの課題

冒頭に記したように、ユビキタスコンピューティングにおける HCI の大きな課題は、メインフレームでも PC でもない新しいコンピュータユーザのための、魅力あるアプリケーションの提案である。

黎明期のパーソナルコンピュータは、個人で使える小さなメインフレームを目指していたため、長い間、オフィスワークがビジネスで使う事務機械以上に進化することがなかった。一般の人々が家庭で使う、本来のパーソナルなコンピュータになったのは、WWW が発明されてからである。WWW 成功の要因の 1 つは、インターネット上の情報をグラフィカルユーザインタフェース (GUI) の様式で閲覧したいというユーザ要望を、的確に汲みとってアプリケーションに結びつけたことであり、ユーザ研究の成果であると言える。PC からユビキタスコンピューティングへの移行においても、単に、どこでも WWW が使える小型で安価な PC を目指すのではなく、新しいアプリケーションを提供する魅力的な日用品を目指すべきである。

アプリケーションを発掘するためには、利用可能な技術の活用と、利用者の要望の発掘の両方のバランスが重要だと考える。手元にある技術を活用するために、無理のあるシナリオでアプリケーションを作っても受け入れられない。日用品としてのユビキタスコンピューティングのアプリケーションを考えるならば、生活している人たちの視点に立って、アプリケーションシナリオを組み立てる必要がある。ただ、生活者から面接やアンケートにより要望を得ることはできても、アプリケーションの面白いアイデアを出すのは開発する側である。生活の場で利用可能な技術やインタフェース手法を多数準備しておくことで、柔軟な発想が可能になると感じている。

以下では、筆者らによって実装された、家庭を対象としたアプリケーションを例に、コンピュータ組み込み日用品の可能性について述べる。



図-1 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

▶ カジュアルなコミュニケーション

家庭の環境や日用品にネットワーク機能が組み込まれることで、これを遠隔地とのコミュニケーション手段に使うアプリケーションが増えてくると考えられる。これらは、組み込まれたセンサやユーザの操作により、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、映像、音、手触りなどの非言語的なアウェアネスなどを伝達する。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」を提供する日用品がこのカテゴリに含まれる。

図-1 に示す Peek-A-Drawer 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仮想的に覗き込んでいるのようになりアリティを得ることができる。

図-2 に示す、SyncDecor 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。

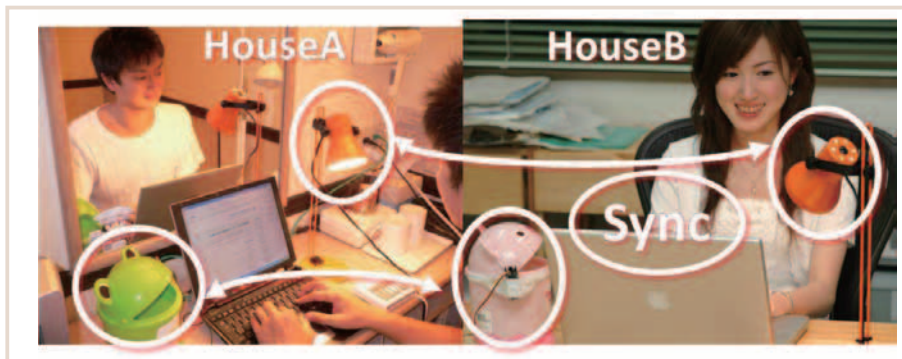


図-2 SyncDecor：同期する家具，日用品，調度品

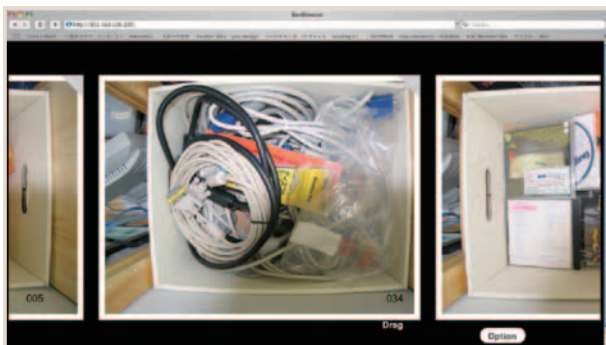


図-3 収納箱の中の写真を閲覧するブラウザ画面

▶ 物探しの支援

日常生活での物探し支援は、ユビキタスコンピューティングの有用なアプリケーションになるだろう。たとえば、引き出し、戸棚、カップボード、筆筒、箱など、収納機能を持つ家具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。その場合に、物の登録や追跡を、ユーザに負担なく行ってもらうことが課題になる。

筆者らが開発している箱ブラウザは、棚に置かれた段ボール箱の中の写真を簡単に撮影し、この写真をネットワーク経由でブラウズすることで物探しを支援するシステムである。段ボール箱には通し番号が割り当てられており、それに対応した2次元マーカが貼られている。箱を部屋の特定の場所に置くと、写真撮影され、マーカが読み込まれ、写真と箱番号が対応づけられる。図-3に、箱の中の写真を閲覧している様子を示す。

▶ 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



図-4 メイクアップを支援する電腦化粧鏡

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は女性である。このため、家を対象としたアプリケーション開発には、女性の視点に立った発想が不可欠である。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。

筆者らが実装したコンピュータ組み込み洋服ダンス、タグダンスは、ユーザがフックに洋服を掛ける操作により、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掛けることで、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。

図-4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。化粧鏡の本来

特集 実世界インタフェースの新たな展開

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。

▶ エンタテインメント

従来のデスクトップコンピュータや携帯型コンピュータと同様に、生活に組み込まれたユビキタスコンピュータもエンタテインメントに応用可能である。これにより、生活のあらゆる場面で人を楽しくさせたり、達成感を得たり、個人のスキルアップを目指すアプリケーションが実現されるであろう。

筆者らが手がけた歌うダイニングキッチン、キッチンや食卓にさまざまなセンサを組み込み、その応答に対して楽しい音を提示することで、調理、皿洗い、食事を楽しいものにしようというシステムである。包丁作業、炒め物、皿洗いなどに魅力的な効果音を付加して、単調になりがちな家事を楽しくしようと試みている。

図-5は、コンピュータプロジェクタを搭載し、床面に向かって映像を提示する掃除機である。吸い込み口に取り付けたセンサで掃除機の動きを検出して、投影物がその場所に置かれているかのような効果を実現している。この掃除機により、ゴミのキャラクターを吸い込むゲーム、写真を閲覧するシステム（吸い込まれる瞬間に拡大表示する）、英単語学習支援ソフト（吸い込まれる瞬間にカードが裏返し、日本語が読める）などのアプリケーションを実装している。

安価で小型になったコンピュータプロジェクタは、生活の場で照明器具として常時稼働し、現実を拡張するインタフェースとして今後使われていくと思われる。Ocha Houseの食卓上方にもプロジェクタが設置されている。ここでは、料理、皿、テーブルク



図-5 パーチャルな情報を投影する掃除機

ロスの上にコンピュータ情報を投影する投影型拡張現実感により、食卓の場を楽しくするシステムを実装している。たとえば、食卓に置いた料理にあった色の柄をさらに投影することで、料理の彩りを良くしたり、料理そのものに色を投影することで、着色料を使わずに同等の効果を上げることが可能である。また、食材や調理の知識を皿の近辺に表示したり、偏食を正すアニメーションを表示するなどの、食育支援アプリケーションなどへの展開も可能である。

インタフェースの課題

PCの成功におけるGUIの功績は誰もが認めるところである。しかし、日用品として使われるコンピュータには、GUI以外の手法が適している場合もあるし、ユーザインタフェースデバイスの制約からGUIが利用できない場合もある。

GUI以外のインタフェース手法としては、本特集がテーマにしている実世界インタフェースが有望である。コンピュータ画面と指示装置を前提としたGUIに対して、実世界の事物を利用する実世界インタフェースは、生活の場で使われる日用品のインタフェースとして整合性が高い。

たとえば、タンジブルなインタフェース手法は、

実体のある物を使うことで、ユーザが状況を直感的に把握しやすいメリットがある。また、ガラス瓶、本、食器、冷蔵庫のマグネットなど、生活に溶け込んで、素性がよく分かっている日用品を利用できるため、なじみやすく自然なインタラク션을設計できる。また、アンビエントな情報提示も、オフィスよりもはるかに多彩な環境と言える家庭を対象とすることで、新しい可能性が広がるであろう。

ウェアラブルコンピューティングも、一般の衣服や身につけるアクセサリーなどに違和感なく取り込まれていくことで、日常生活で情報操作を行うためのデバイスとして発展していくであろう。布や編み物などの柔らかい衣類を入出力として利用したり、ジッパーやボタンなどの衣類の部品を利用してのインタラクシヨンの試みが、今後ますます盛んになると考えている。また、ウェアラブルなコンピュータや、実世界に置いたセンサにより得られるライフログやコンテキスト情報を利用してのインタラクシヨンのも、日常のインタフェース手段として利用されていくであろう。

以下では、筆者らが実装したアプリケーションを例に、家庭のユビキタスコンピューティングのためのインタフェースについて、手法と課題を述べていきたい。

▶ 単機能で常時稼働する日用品

コンピュータが安価で小型になることで、現在の電動モータのように、単一のアプリケーションに1つのコンピュータを割り当てることが現実的になりつつある。単機能であれば、ユーザインタフェースはきわめて簡単になり、だれにでも使える日用品や、冷蔵庫やトースターなどのいわゆる「白もの」家電のようなユビキタスコンピューティングアプリケーションを実現できる。たとえば市販のデジタルフォトフレームは、従来の紙の写真立てのように、デジタル写真を表示する機能だけを持った液晶ディスプレイである。今後は、このように限られた情報だけを提示するコンピュータディスプレイが増えてくると思われる。

また、食器、衣類、家具、調度品などの身の回りの日用品の多くは、当然のことながら常に稼働状態にある。普段は停止しているトースターや掃除機などの家電製品も、スイッチを入れるだけで瞬時に稼働状態になる。日用品としてのコンピュータも、使いたいときにいつでもすぐに使えることが重要である。

▶ 日用品メタファの利用

コンピュータに限らず、複雑な機械の操作方法を学ぶ場合に、日常生活になかった新しい動作（たとえば、レバーとペダルを同時に操作したり、キーボードやマウスを操作するなど）を覚えなければならぬことが多い。しかし、コンピュータを日用品として使ってもらうためには、日常のいつもの動作で操作できることが重要である。また、日用品にコンピュータを組み込む場合には、その日用品を使う通常の動作により、意識することなくコンピュータ操作ができるよう設計すると良いだろう。

前述の Peek-A-Drawer (図-1) では、引き出しを開閉するという日用品としての動作を利用して、写真を撮影し、これを遠隔地に転送している。利用者は、新しい操作を覚える必要はない。同じく、前述のタグタンスにおいても、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、デジタル化している。

▶ 操作と結果が分かりやすい

日用品は、構造や機能が単純であることもあり、なんらかの操作をした場合に起こる結果は容易に予想できる。日用品となったコンピュータも、同様に、人の操作により引き起こされる結果が、分かりやすく直感的である必要がある。

たとえば、前述のカジュアルなコミュニケーションで紹介した、遠隔地コミュニケーションシステムでは、自分の行動が相手にどのように伝達されたかを知ることが困難である。そこで、Peek-A-Drawer (図-1) では、手元の引き出しの中がそのまま相手に伝わり、SyncDecor (図-2) では、手元の日用品

の動きがそのまま相手に伝わる設計を行っている。こちらの状態がそっくりそのまま遠隔地に伝わるよう設計することで、ユーザの行動が引き起こす遠隔地の状況を直感的に把握することを可能にしている。

▶ 設置と保守

従来のコンピュータアプリケーションでは、インストール、初期設定、設定の変更、バージョンアップなどの設置と保守の作業は、アプリケーションそのものの操作に比べたら軽微な作業であり、その使い勝手がそれほど大きな問題にはならなかった。しかし、意識する必要のない透明な存在を目指すユビキタスコンピューティングでは、従来のコンピュータアプリケーションのような設置と保守の使い勝手は受け入れられないであろう。実際の家庭ユーザが導入して使い続けることを考慮した設計が必要になる。

まずは設定の操作を考えてみよう。たとえば、天気予報を表示する調度品の場合、予報対象の地域を決めなければならない。またそれ以前に、ネットワークやサーバの設定をする必要があるかもしれない。ユーザが購入して電源をいれるだけですべて設定できるのが理想であるが、これらを設定するインタフェースを組み込む場合にも、その操作が複雑にならないように十分注意する必要がある。

次に保守のための作業を考えると、バッテリーの充電／交換、ネットワークの不調、機器の故障など、現在のPCで起きている保守作業やトラブルが、将来は家庭内の種々雑多な日用品で発生する可能性がある。家具や家屋に組み込まれたコンピュータの交換は困難であり、ネットワークで連携したシステムでは故障ユニットを特定することすらできないかもしれない。このような日々の保守や故障への対処を支援するインタフェースが課題になるであろう。

ユビキタスコンピューティングのための住宅

家庭におけるユビキタスコンピューティングを実現するためには、しばしば住環境にコンピュータ、



図-6 実験住宅 Ocha House の全景

センサ、ケーブルなどを設置する必要が生じる。そのため、ユビキタスコンピューティングに対応した住宅設計が重要になる。ここでは、家庭のためのユビキタスコンピューティングを実現する上で、使い勝手の良い機能を備えた住宅の例として、筆者らが設計した Ocha House を紹介する^{☆3}。

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 82.7m² の平屋住宅である。敷地面積は 259.6m² 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-6 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。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、住宅建築とのかかわりの中でデザインされていくべきであると考え、Ocha House では、住宅自体に対しても実験的な試みを行うことにした¹⁾。

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整える部分(インフィル)を分離する考えがある。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、家族構成員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。筆者

^{☆3} Ocha House は、お茶の水女子大学生活科学部の元岡展久准教授らにより設計された。



図-7 建設中の実験住宅(左)とフレームに用意された配線溝(右)

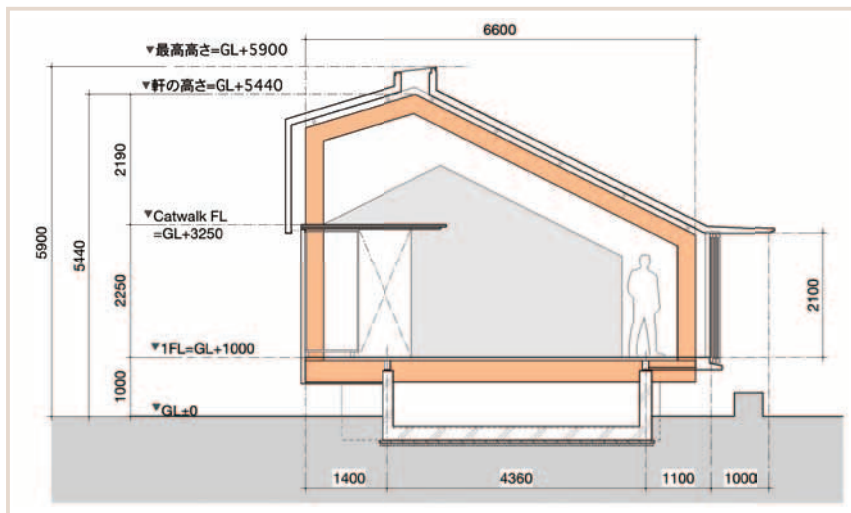


図-8 実験住宅の断面図

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-7 左に示す建設中の様子から分かるように、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。

図-8 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り、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2面あり、その間は広い均一な空間になっている。そのため、床下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-8 下の個所では、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-7 右に示すように、電源やネットワーク、センサなどの配線のための配線溝が用意されている。配線溝で家全体が接続されるため、クローゼット、キャットウォーク、床下、天井、床、壁面に置かれたさまざまな機器類、センサ、ディスプレイ、操作パネルなどを容易に接続することができる。フレームの間の接続には、クローゼット部分や床下部分での配線に対応する。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構造を有している。

多彩なユーザへの対応

ユビキタスコンピューティングにおける HCI の課題は、新しいアプリケーションの発掘とユーザインタフェース手法の開発であることを述べた。また、ユビキタスコンピューティング実験住宅である Ocha House の紹介をした。さらに、筆者らが開発したアプリケーションを例に、日用品としてのコンピュータ応用とそのユーザインタフェースについて述べた。ユビキタスコンピューティングアプリケーションは、日常のあらゆる状況を対象にしている、すべての生活者がユーザである。従来の PC アプリケーションはオフィスワーカーを対象としたので、同じくオフィスワーカーであるコンピュータアプリケーション開発者の視点でも、実用的なインタフェースを設計することができた。日用品の分野では、たとえば、中年男性の服飾デザイナーが 10 代女性の服をデザインすることもあり、設計者とユーザが乖離していることは珍しいことではない。コンピュータも日用品になり、すべての生活者がユーザになることで、さまざまなユーザの視点に立って設計することが必要になったと言える。PC の黎明期に唱えられ

た、「すべての人のためのコンピュータ」というスローガンは、知的作業をするすべての人のためのという意味であった。しかしまこそ文字通りに、あらゆる人たちのためのコンピューティングが課題になっている。

参考文献

- 1) 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, No.8, pp.77-82 (2010).
- 2) 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, Vol.4, No.3, pp.3-9 (2002).
- 3) 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, Vol.23, No.5, pp.628-633 (2008).
- 4) 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, Vol.13, No.3, pp.148-152 (2008).
- 5) Weiser, M.: The Computer for the 21st Century, *Scientific American*, Vol.265, No.3, pp.94-104 (1991) (邦訳: 21 世紀のコンピュータ, 日経サイエンス (Nov. 1991)).
(平成 22 年 5 月 9 日受付)

椎尾一郎 (正会員) sio@mac.com

1979 年名古屋大学理学部物理学科卒業。1984 年東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了。同年、日本アイ・ビー・エム (株) 東京基礎研究所に入社。1997 年玉川大学工学部電子工学科。2005 年よりお茶の水女子大学理学部情報科学科教授。工学博士。

