

特集 「センシングネットワーク：要素技術編」

日常生活のユビキタスコンピューティング

Everyday Ubiquitous Computing

椎尾 一郎
Itiro Siioお茶の水女子大学理学部
Ochanomizu University.
siio@acm.org, <http://www.siio.jp/>**Keywords:** ubiquitous computing, everyday computing, HCI, information appliances.

1. はじめに

コンピュータ技術が成熟し、小型化と低価格化が進むにつれて、人々は意識してコンピュータを使うことがなくなり、コンピュータが、どこにでもある透明な存在になるといわれている [Weiser 91]. 将来はコンピュータが、衣類、家具、食器、日用品、建具などの身の回りのあらゆるものに組み込まれ、コンピュータが人々の生活のあらゆる場面に浸透していくことが予想できる。ただし、その実現のためには、低価格化、小型化、電力の確保などのハードウェアの課題、多数の微小なコンピュータを接続しプログラミングするための、ネットワークとソフトウェアの課題などを解決する必要があるだろう。しかし、それ以上に、家具や衣類にコンピュータが組み込まれると何が嬉しいのかを人々に示すこと、すなわち、ユビキタスコンピューティングのためのキラアアプリケーションの模索が重要であると考えられる。

従来のコンピュータアプリケーションは、主に、オフィス、工場、研究所などの、ビジネスの現場を対象としていた。ビジネスの場面だけでなく、すべての日常生活を対象とするユビキタスコンピューティングの場合、人々が大半の時間を過ごす家庭におけるアプリケーションが重要になるであろう。家庭におけるユビキタスコンピューティングのアプリケーションには、物探しと記憶の支援、デジタル世界の情報提示、カジュアルなコミュニケーションの3種類が有望である [椎尾 02, 椎尾 04]. 本論文ではこれに加えて、日用品の機能増幅と、エンタテインメントの要素について述べ、著者らが行っている研究を中心に実装例を紹介する。

2. 日用品の機能増幅

道具が本来もっている機能を組み込んだコンピュータにより強化するアプリケーションは、従来のコンピュータ利用の延長上にあり、ユビキタスコンピューティングのアプリケーションの中で最も一般的なカテゴリーである。ただし、オフィスなどで使われる道具と違い、コン

ピュータを導入することでユーザの負担が増えないように、より一層配慮する必要がある。そのためには、システムが常時稼働に近い状態であること、単機能であること、インタフェースが自然であることなどが重要になるであろう。

キッチンはそのものづくりの場であり、家庭の中でも工場やオフィスに近い存在である。そのため、従来のコンピュータ利用で一般的な、プロセス管理、ワークフロー支援、在庫管理、コミュニケーション支援などの需要がある。このような従来型アプリケーションが受け入れられる素地のあるキッチンは、家の中でもコンピュータを導入しやすい場所といえる。そこで著者らは、センサ、ネットワーク、ディスプレイを組み込んだキッチン、**Kitchen of the Future** [Siio 07] を試作し、そこに、調理過程の記録、再生、公開のためのアプリケーション、調理手順のナビゲータ、遠隔地コミュニケーションシステムなどを実装した。図1は、2か所（函館と東京）に設置したコンピュータ組込みキッチンを、テレビ会議で接続して、一方の熟達者（図1上）が、もう一方の初心者（図1下）の調理を指導している様子である。マルチディスプレイを利用して作業場所に情報を提示するなどの工夫により、調理作業に支障の出ない自然なインタフェースを目指している。

図2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 [岩淵 08]. 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



図1 テレビ会議により接続した遠隔地キッチン



図2 メークアップを支援する電腦化粧鏡

メイクの場所へのインテリジェントなパン・ズーム機能、鏡へ近づくことにより起動するズーム機能、スナップショット機能などを実装している。

3. 知的活動の常時支援

日常生活の中で、常時稼働しているコンピュータがあれば、日常的な人の記憶支援や物探し支援などが可能になる。特に高齢化社会に向かう先進諸国では、高齢者に対する記憶支援や物探し支援の需要が高まると考えられている。

米国ジョージア工科大学の実験住宅 *Aware Home*^{*1} に設置された *Cook's Collage* [Tran 03] 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。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る。

引出し、戸棚、カップボード、箆筒、箱など、収納機能をも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。*TouchCounters*[Yarin 99] 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探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。

図3は、それぞれの引出しに開閉センサが取り付けられた家具である[椎尾 03b]。引出しの開閉イベントは、時刻情報を付加してコンピュータに記録される。ユーザはカレンダーやスケジュール表をもとに、書類をしまった場所の見当をつけることができる。

収納家具の内容物の把握が困難な理由の一つが、不透



図3 Timestamp Drawers.
開閉を記録する引出し家具

明で、扉を開けないと中が見えないことである。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。例えば、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、1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、引出し内にカメラとレーザセンサを取り付けて、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[椎尾 03b]。撮影された写真は、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出しにアクセスすると、図4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、引出しの中に積み重なった

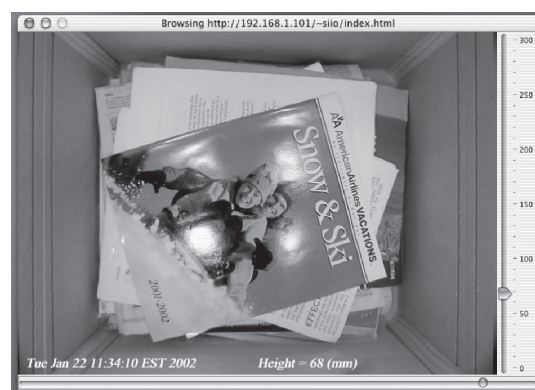


図4 Strata Drawerの引出しの中の写真ブラウザ。
ウィンドウ下には時間軸、右には高さ軸のスライダがあり、撮影時刻と、内容物の蓄積高さを変えて写真を閲覧することができる

*1 <http://www.awarehome.gatech.edu/>



図5 物を段ボール箱に入れて棚に格納したオフィス（上）．
段ボールの中の写真を見ながら閲覧するブラウザ画面（下）

書類や衣類の中から、目的の物を探し出すことができる。

箱ブラウザ[中川]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RFIDタグが貼られている。箱を棚の特定の場所に置くと、写真撮影され、タグが読み込まれ、写真と箱番号が対応づけられる。図5に、対象とした棚と、箱の中の写真を閲覧している様子を示す。

多数の引出しや箱を使った整理方法としては、引出しや箱の収納単位にラベルをつけて、分類して探しやすくする方法が一般的である。この方法では、複数の分類カテゴリーに属するアイテムの分類や探索が困難であったり（こうもり問題）、分類が大まかすぎて多数の箱が同じ分類カテゴリーに割り当てられてしまい物探しが困難になったり、逆に、分類が細かすぎて空箱に近い状態になり収納効率が低下する問題がある。引出しや箱に、行き当たりばったりに物を入れていっても、コンピュータで管理追跡することで物探しを容易にするアプローチが有効であると考えられる。

コンピュータやWeb上に所持している洋服の写真があれば、買い物先で手持ちの服を見てアレンジしたり、

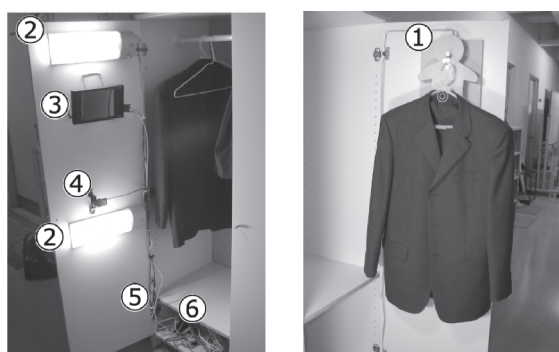


図6 タグタンス。①フックセンサーのほかに、②照明、③ディスプレイ、④カメラ、⑤リードスイッチ、⑥PCなどが組み込まれたタンス

SNSで公開したり、オークションに出品するなどの場面で有効に利用できる。しかし、洋服の写真を撮って管理するのは面倒な作業であった。図6に示すタグタンス[Tsukada 08]は、ユーザがフックに洋服を掛けるだけで、手軽に洋服を撮影し、デジタル化し、Web上にアップロードすることができる家具である。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。

4. カジュアルなコミュニケーション

ユビキタスコンピューティングの3番目の可能性は、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たカジュアルなコミュニケーションにある。

例えば、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「繋がり感」を提供する装置がこのカテゴリーに含まれる。「繋がり感通信」のために、ネットワーク接続されたプランターFamilyPlanterが実装されている[宮島 03]。これは、プランター近辺での人の動き、近接などをセンサで感知すると、遠隔地のプランターの造花が動いて知らせるデバイスである。

商業サービスされているアプリケーションとして、「みまもりほっとライン」がある*2。ここで使われるi-POTは、離れて暮らす高齢家族メンバのお湯の消費状況を子供世帯に伝える電気ポットである。i-POTと同様に、高齢者宅の状況を子供世帯に伝えるデバイスに、Digital Family Portraits[Mynatt 01]がある。液晶ディスプレイでつくられた写真立ての縁装飾の部分に、遠隔地に暮らす老人家族の活動状況を表示する。

図7に示す、SyncDecor[Tsujita 07]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8は、誰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[Siio 03a]。コーヒーメーカーでコーヒーを入れると、離れた場所に置かれた芳香発生器からコーヒーの香りが



図7 SyncDecor: 同期する家具、日用品、調度品

*2 <http://www.mimamori.net/>

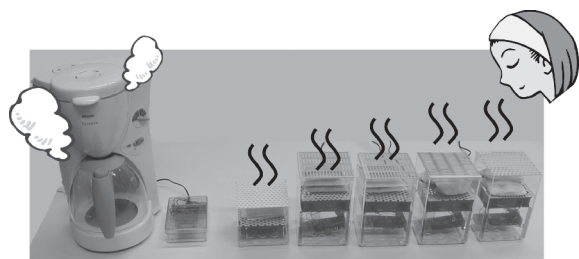


図 8 Meeting Pot.
センサ付きコーヒーメーカーと、5 個のコーヒー芳香発生
器



図 9 Peek-A-Drawer.
ネットワーク接続したキャビネットの上の引出しの内容が、
もう一方の下引出しのディスプレイに表示される

する。このコーヒーメーカーをオフィスの共有スペースに置き、芳香発生器をオフィスに置くことで、コミュニケーションを促した。また、実験住宅 **Aware Home** の台所にも設置されて、住宅内でのコーヒープレークを伝えるデモも行われた。

図 9 に示す Peek-A-Drawer[椎尾 03b] は、ネットワーク接続された一対の引出し家具である。片方の上の引出しを閉じると、内蔵されたカメラが引出しの中を自動的に撮影して、もう一方の引出し家具のディスプレイに表示する。ディスプレイは引出しの中に上向きに設置されているので、離れた場所の引出しの内容をのぞき込んでいるかのようなリアリティを得ることができる。

5. デジタル世界の情報提示

安価なコンピュータを身の回りに配置すれば、ネットワーク上の情報を生活にとけ込んだ形で、常時表示するアプリケーションが可能になる。例えば、従来の温度、気圧、湿度、晴雨計は、居間などに置かれ、センシングしたその場の情報を表示する。これを、ネットワーク上の気象情報を表示する常時稼働コンピュータに置き換えれば、身近な調度品としての存在はそのまま、外出予定先の気温、正確な予想気温、天気予報がわかる日用品になるであろう。

英国 Brunel 大学では、インターネット上の天気予報情報を、トーストに焦げ目で表示するトースターが

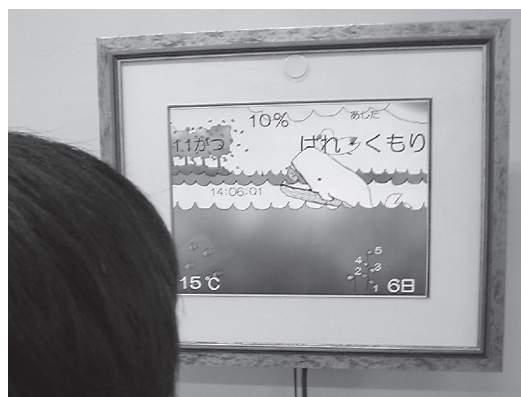


図 10 インターネット上の天気予報情報を表示する壁掛け
ディスプレイ

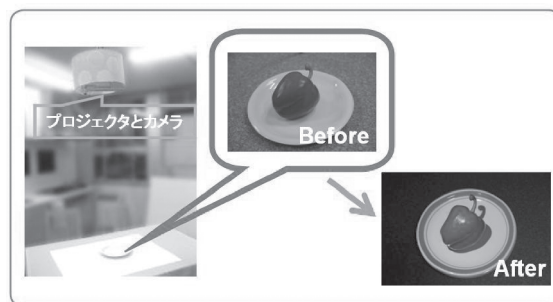


図 11 いろどりん：食卓投影型拡張現実システム

試作されている^{*3}。なお、トーストに焦げ目で情報を提示するアイディアは以前から知られていて、例えば [Negroponte 95] では、ネットワークから取得した株価情報を焦げ目で表示するトースターが提案されている。

コンピュータ本体だけでなく、ディスプレイも安価になることで、生活のさまざまな部分に組み込み可能になり、デジタル世界の情報を表示するありふれた存在になるであろう。例えば、デジタルフォトフレームは、コンピュータディスプレイが安価になったことで実現した製品であり、従来の紙の写真のような手軽さで、デジタル情報を身近に飾ることを可能にしている。今後は、現在の掛け時計のように常時稼働し、さまざまなネットワーク情報を表示する壁掛けディスプレイが製品化されていくと思われる。図 10 は、インターネット上の天気予報情報をイラストで表示する壁掛けディスプレイ [Siio 05] である。

天気予報を生活の中で常時表示するために、さまざまなデザイン上の工夫が施されている。

一方、コンピュータプロジェクタも、小型、軽量、安価、省電力になることで、従来の照明の代わりに使うことが一般的になるかもしれない。その結果、現在の投影型拡張現実システムとして研究の手法が、一般家庭に導入される可能性がある。

^{*3} <http://www.theregister.co.uk/content/2/19442.html> など。



図 12 家庭の様子を音で提示するオルゴール型デバイス、イルゴール

図 11 に示す「いもどりん」は、日々の食卓の上で、投影型拡張現実を実現するものである。現在は、食卓に置いた料理に合った色の柄を皿に投影することで、料理の彩りを良くするアプリケーションが動いている [森 08]。今後は、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も計画している。

音を出す日用品を使って、デジタル情報を提示するアプリケーションも考えられる。例えば、図 12 に示すイルゴールは、家庭の様子を奏でるオルゴールである [沖 08]。家の中に置かれたさまざまなセンサのデータを、オルゴール調の音楽に乗せて音表示する。これにより、同じ家や離れて暮らす家族の様子、留守中の家の雰囲気を知ることができる。

6. 生活を楽しくするコンピューティング

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。

歌うダイニングキッチンとは、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 [杉野 07]。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 13 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 [小笠原 07] である。吸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、ごみのキャラクタを吸い込むゲーム、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



図 13 パーチャルな情報を投影する掃除機

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。

7. ま と め

本論文では、身の回りのあらゆる場所や物に応用分野が広がるユビキタスコンピューティング時代のアプリケーションについて考察した。そして、家など生活の場における有望なアプリケーションとして、以下の 5 種類をあげて、著者らの研究を中心に紹介した。

- 日用品の機能増幅
- 知的活動の常時支援
- カジュアルなコミュニケーション
- デジタル世界の情報提示
- 生活を楽しくするコンピューティング

ユビキタスコンピュータの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。そのようなアプリケーションを見つけ出すためには、人々が環境や日用品と関わり合う状況を分析して、人々のニーズを見つけ出していかねばならない。オフィス活動を支援する従来のパーソナルコンピュータアプリケーションは、プログラマーの視点でも見つけ出すことが可能であった。日常生活を対象にするユビキタスコンピューティングアプリケーションの開発には、生活者の視点が重要である。そのため、建築家や、服飾、家具、食器、日用品などのデザイナーの手法に学んだり、彼らとコラボレーションをすることも重要になるであろう。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [岩淵 08] 岩淵絵里子, 椎尾一郎: 電脳化粧鏡: メイクアップを効果的に支援するための電子的な鏡台, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, インタラクション 2008 論文集, Vol. 2008, No. 4, pp. 191-192 (2008)
- [宮島 03] 宮島麻美, 伊藤良浩, 伊東昌子, 渡邊琢美: つながり感通信:

人間関係の維持・構築を目的としたコミュニケーション環境の設計と家族成員間における検証, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 5, No. 2, pp. 171-180 (2003)

- [森 08] 森 麻紀, 栗原一貴, 塚田浩二, 椎尾一郎: いろどりん: 食卓の彩り支援システム, 信学技報, MVE2007-79, 第 107 巻, pp. 69-72 (2008)
- [Mynatt 01] Mynatt, E. D., Rowan, J., Craighill, S. and Jacobs, A.: Digital family portraits: supporting peace of mind for extended family members, *Proc. SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems*, pp. 333-340, ACM Press (2001)
- [中川] 中川真紀, 塚田浩二, 椎尾一郎: 箱ブラウザ: 収納箱の手軽な撮影と閲覧システム, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008 論文集
- [Negroponte 95] Negroponte, N. P.: *Being Digital*, Knopf (1995), (邦訳: 福沢洋一: ピーピング・デジタル, pp. 293-294, アスキー出版局 (1995))
- [小笠原 07] 小笠原遼子, 山本妙子, 塚田浩二, 渡邊恵太, 椎尾一郎: インタラクティブな掃除機, エンタテインメントコンピューティング 2007 講演論文集, pp. 71-74 (2007)
- [沖 08] 沖 真帆, 塚田浩二, 栗原一貴, 椎尾一郎: イルゴール: 家庭を奏でるオルゴール, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, インタラクション 2008 論文集, Vol. 2008, No. 4, pp. 177-178 (2008)
- [椎尾 02] 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)
- [Siio 03a] Siio, I., Rowan, J., Mima, N. and Mynatt, E.: Digital decor: augmented everyday things, *Graphics Interface 2003*, pp. 159-166 (2003)
- [椎尾 03b] 椎尾一郎, Rowan, J., Mynatt, E.: Digital decor: 日用品コンピューティング, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 15, No. 3, pp. 323 (11) -330 (18) (2003)
- [椎尾 04] 椎尾一郎, 中西泰人: ユビキタスコンピューティングにおけるヒューマンコンピュータインタラクション, 人工知能学会誌, Vol. 19, No. 4, pp. 418-424 (2004)
- [Siio 05] Siio, I., Ida, Y., Miyazawa, H. and Kusunoki, F.: Decorative information display in everyday environment, *Proc. 2005 Int. Conf. on Active Media Technology (AMT2005)*, No. 05EX1041, p. 287, IEEE (2005)
- [Siio 07] Siio, I., Hamada, R. and Mima, N.: Kitchen of the future and applications, Jacko, J. A. ed., *Human-Computer Interaction*, Vol. 4551 of LNCS, pp. 946-955, Springer (2007)
- [杉野 07] 杉野 碧, 岩瀬絵里子, 椎尾一郎: 家事と食卓を楽しくする「歌うダイニングキッチン」の試作, エンタテインメントコンピューティング 2007 講演論文集, pp. 67-70 (2007)
- [Tran 03] Tran, Q. T. and Mynatt, E. D.: What was I cooking? towards Deja Vu displays of everyday memory, Technical Report GIT-GVU-TR-03-33, Georgia Institute of Technology (2003), http://www.cc.gatech.edu/gvu/research/tr/tr03_33.html
- [Tsujita 07] Tsujita, H., Siio, I. and Tsukada, K.: SyncDecor: Appliances for sharing mutual awareness between lovers separated by distance, *CHI'07: CHI'07 extended abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2699-2704, ACM, New York, NY, USA (2007)
- [Tsukada 08] Tsukada, K., Tsujita, H. and Siio, I.: Tag-Tansu: A wardrobe to support creating a picture database of clothes, *Adjunct Proc. 6th Int. Convergence on Pervasive Computing*, pp. 49-52, ACM Press (2008)
- [Weiser 91] 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ー, 日経サイエンス, Nov. 1991)
- [Yarin 99] Yarin, P. and Ishii, H.: TouchCounters: Designing interactive electronic labels for physical containers, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 362-369, ACM Press (1999)

2008 年 7 月 17 日 受理

著者紹介



椎尾 一郎 (正会員)

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・エム株式会社東京基礎研究所に入社。1997 年玉川大学工学部電子工学科助教授を経て 2002 年より教授。2001 年米国ジョージア工科大学客員研究員。2005 年 4 月よりお茶の水女子大学理学部情報科学科教授。実世界指向インタフェース, ユビキタスコンピューティングを中心に研究。

日本ソフトウェア科学会, 情報処理学会, ヒューマンインタフェース学会, ACM 会員。博士 (工学)。