

ユビキタスが拓く未来 —その現状と課題—



名古屋大学大学院 工学研究科
准教授・工学博士 河川 信夫

河川信夫 (かわぐち のぶお) 1990年名古屋大学工学部電気電子工学科卒業、92年同大学院情報工学専攻博士前期課程修了、95年同後期課程満了。同年より名古屋大学助手、講師を経て2000年同大助教授。2006年より現職。モバイルコンピューティング、ユビキタスコミュニケーション、スマートルーム、位置情報システムに関する研究に従事。2004年には大学発ベンチャー(有)ユビグラフを設立し、技術担当取締役を兼務。

■ユビキタス

「コンピューティングとは

近年、「ユビキタスコンピューティング」、「ユビキタスネットワーク」、「ユビキタス社会」という言葉が日常的に使われるようになりつつある。「ユビキタスコンピューティング」とは、米国ゼロック社のパロアルト研究所 (PARC) に在籍していたマーク・ワイザーが一九八〇年代後半に提唱した概念で、そもそも「神はいたるところに存在する」という意味のラテン語の宗教用語「Ubiquitous (ユビキタス)」から、コンピューターがどこにも存在する、ということの意味する言葉として作られた。一方、「ユビキタスネットワーク」は主に日本で提唱されはじめた言葉であり、どこでもネットワークに接続可能な社会を意味する。最近では、第3世代携帯電話 (W-CDMA) や高速データ通信網 (HSDPA)、次世代の通信として WIMAX や次世代 PHS などが登場し、国内はまさにユビキタスネットワークの時代に突入しようとしている。最後の「ユビキタス社会」とは、「ユビキタスコンピューティング」や「ユビキタスネットワーク」が普及した社会、と解釈すればよいであろう。

では、そもそもユビキタスコンピュータでは、そもそもユビキタスコンピュータのコンセプトは、どのように考えられたのであろうか。一九八〇年代、急速な計算機技術の発達を受け、計算機内に仮想現実を構築する技術、いわゆるバーチャルリアリティの研究が注目を浴びていた。これは、すなわち現実を計算機の中に閉じ込めることを目的とした分野である。これに対し、ワイザーは発想の逆転を行った。すなわち、あらゆる物の中に計算機を入れたらどうなるか、ということを考えていたのである。(図1)ここでいう計算機とは、いわゆるパソコンのようなものではなく、非常に小さなICチップのようなものと考えてほしい。も

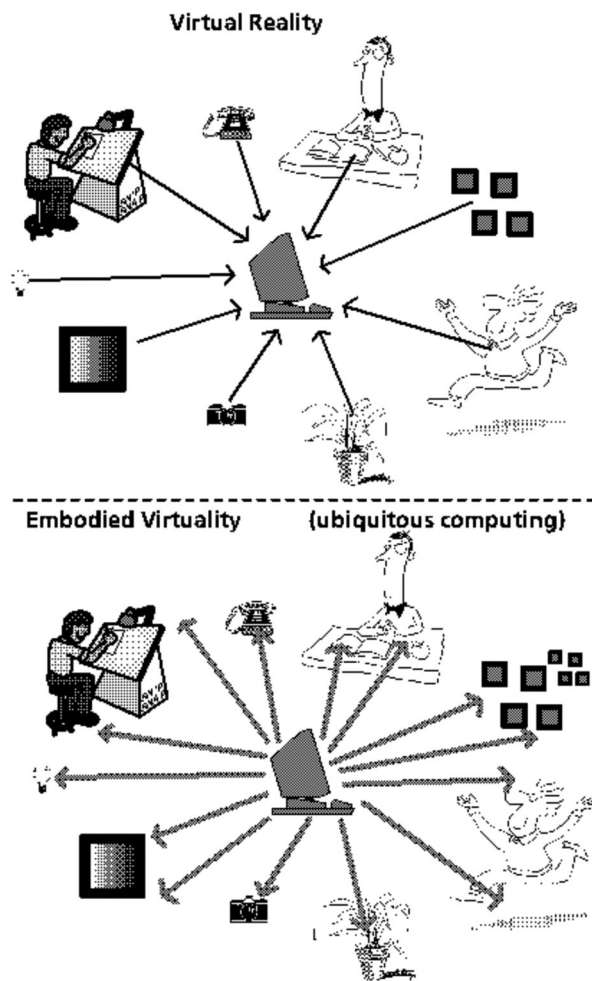


図1：マーク・ワイザーの考えたユビキタスコンピューティングのコンセプト図
(<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/VRvsUbi.gif>より)

ちろん単体で動作するだけでなく、ワイヤレスネットワークを使って他の機器との通信も可能である。すると、計算機そのものは、人には見えない (Invisible) にも関わらず、人に対し、様々なサービスを実現可能になる。見えないコンピュータというだけではわかりづらいため、ワイザーの例を紹介しておこう。昔はモータやエンジンは高価で貴重であったため、工場に数台しかなく、それを様々な機械装置が共有して利用していた。一方、現代では、技術の進歩によってモータは小型・低価格化され様々な機器に組み込まれて利用されている。自動車为例にとると、すでに数十のモータやアクチュエー

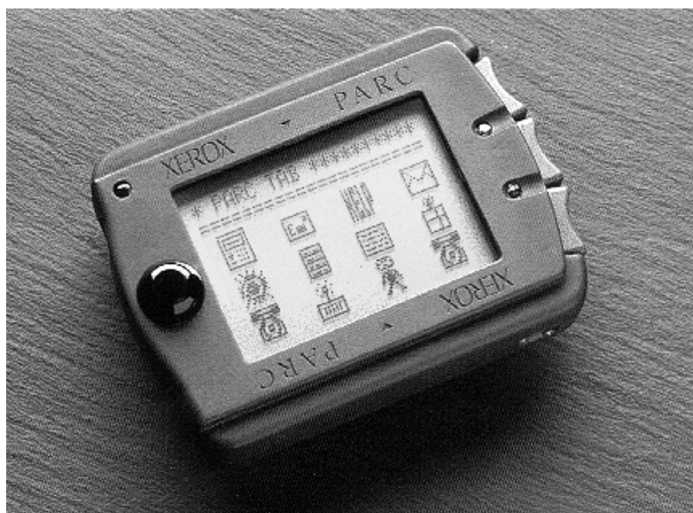


図2：PARC Tab (<http://www.ubiq.com/parctab/tab.gif>)

タが車の中に組み込まれている。しかし、通常、窓をあけたり、ワイパーやミラーを動かしたりするのに、その中のモータを意識することは少ないはずである。すなわちモータは「見えなく」なっており、単にモータが実現するサービスが意識されるだけである。ユビキタスコンピュータの世界でも、多数の計算機がモノに埋め込まれたとしても、それは意識されず、単なる「サービス」を実現するための部品として扱われる。ワイザーらは PARC において小型の Tab や Pad、Board といったコンピュータが埋め込まれたディスプレイデバイスを開発し、その有効性を示している。Ta

b は小型のタバコサイズのディスプレイ付きコンピュータであり赤外線が無線通信が可能である。Pad はノートサイズ、Board は白板型であり、それぞれの大きさが最適なデザインがなされている。Tab (図 2) はモノや人と関連づけられ、その位置や行動の把握が可能である。これによって、ユーザやモノの場所の把握がされ、入退室管理や、ユーザの場所に応じた電話の転送などをはじめ、様々なサービスを実現できる。

東京大学の坂村健も一九八〇年代に「TRON」プロジェクトを推進し、その中で「どこでもコンピュータ」といった概念を提唱していた。これは「ユビキタスコンピューティング」とほぼ同じ概念である。当時の技術では、チップの超小型化は困難であったが、計算機的能力を仮想世界の中から現実世界に取り出すためには、こういった発想が必要であった。

さて、バーチャルリアリティは、盛んに研究が行われた一九八〇年代から二〇年以上が経過し、計算機とネットワークの普及と能力や速度の向上によって個人のパソコンやゲーム機でも手軽に実現できるようになった。最近では、パソコン上の仮想空間を使った様々なゲームやコミュニケーションツールが登場しつつある。インターネット上のサーバに接続し、数十万人が同時に利用可能なメタバース (Meta Universe の略) と呼ばれる巨大な仮想空間も構築されている。

一方、ユビキタスコンピューティングは提唱されてから二〇年近く経過したにも関わらず、近年やっと普及の途についたところである。これは、ハードウェアの能力とプログラム技術だけで発展可能なバーチャルリアリティと違い、ユビキタスコンピューティングは、実際の世界のモノに計算機を埋め込むことが必要であり、さらに、その計算機を安く、小型に、大量に作り、配布する必要があるためである。さらに、残念ながら、現時点ではどのような計算機をどのようにモノに埋め込めばよいのか、ということに対する最終的な解は得られておらず、そのため様々な試行がなされている段階と捉えてよいと思う。しかしながら、様々な実現可能性の断片は見えてきており、ここ数年で大きく状況が変わる可能性もある。前に挙げた車の例でも、車に含まれるマイクロプロセッサの数は年々増加しており、すでに数十個が利用されており、モータのように、プロセッサが分散配置されていくトレンドは止まらないと言っているであろう。

バーチャルリアリティが仮想世界の中で閉じており、現実世界との関係が希薄であるのに対し、ユビキタスコンピューティングによって実現される社会は、実世界の情報を計算機の中に取り込み、また、計算機の中で処理された結果を実世界に還元できる世界といえる。ユビキタスコンピューティングは、実生活におけ

るコンピューティング (計算活動) であり、日常的な人間の生活の中にいかに計算機やネットワークによる支援を行うか、といった視点が重要になる。すなわち、生活の基盤である衣・食・住すべてにわたって支援の枠組みを考えることができる。もちろん、学校や職場、自宅などの場所、移動のための公共交通機関や、自動車、劇場、図書館、商店といった、人が生活を営むすべての場所で、それぞれに対応したユビキタスコンピューティング技術が必要になる。

では、ユビキタスコンピューティング技術が浸透した社会は、どのような社会になるであろうか？ 様々な機関や研究グループがユビキタスコンピューティングによって実現される未来を示したビデオなどを作成しているが、それらの多くは、様々な事柄がこれまでよりも手軽で便利になった、気の利いたサービスを紹介している。これらの予想から見えてくるのは、日々の延長線上にあるユビキタス社会である。つまり、ユビキタスコンピューティングが広く実現されたとしても、社会が劇的に変化するわけではなく「ほんの少しだけ便利」がたくさんある社会、が実現されるといってもよいと思う。今現在、やろうと思えばできるのに、コストやソフトウェア連携、データ連携の面で困難な事柄が、ユビキタス関連技術の進歩によって実現されていくのである。すると、これらの技術そのものは「見え

なく」なり、サービスに隠れてしまうようになる。つまり、気付かれないのが最高のユビキタスシステムであるといえる。

■身近になりつつある ユビキタス社会

ここでは、ユビキタス社会をより身近にイメージするために、すでに実現されているユビキタスコンピューティングを紹介しよう。「ユビキタス」というと、なんだか特別なことのような意識があるかもしれないが、実はあちこちですでにその片鱗が見え始めているのである。たとえば「自動水栓」、そう、手を出すだけで自動的に水がでる蛇口のことである。最近のホテルやデパートではすでに当たり前のように設置されているが、ほんの数年前までは、水を出すためには、蛇口は手でひねる必要があった。それが、ある時から手を差し出すだけで水が出る自動水栓が急速に普及した。残念ながら自動水栓のセンサはネットワーク化されていないが、こういったセンサ技術によって、生活が少しずつ手軽に・便利になっていく社会がユビキタス社会と理解してもらおうとわかりやすいであろう。

実際にユビキタスシステムとして利用されているサービスとしては、象印マホービン(株)の「みまもりほっとライン」ipo



図 3 : みまもりほっとライン (<http://www.mimamori.net>)

t」が有名である。これは、携帯電話の通信モジュールを搭載した電気ポットを利用しており、電源の ON/OFF や給湯が行われると、その情報がサーバにアップロードされる仕組みで実現されている。サーバ上の情報は、インターネットを通じ、携帯電話やパソコンを用いて確認できる。(図 3) そもそものは、独居老人の孤独死といった問題の解決をめざしており、親元から離れた暮らす子供が親の無事を確認するためのサービスである。電気ポットという、誰

もが日常的に利用するモノをセンサとして通信デバイスを加え、サービスとして提供しているのである。ポットを利用することによって「見張られている」という意識ではなく、より手軽に、気楽に人の挙動が把握できる点が抵抗なく受け入れられている理由である。

他にも、最近では、通信機能を持った万歩計や体脂肪計、血圧計といった製品が登場している。Apple 社の携帯音楽プレーヤー iPod には、Nike + iPod Sport Kit と呼ばれる周辺機器がある。(図 4 左) これは小型のワイヤレス



図 4 : Nike+iPod Sport Kit (左) と「てくてくエンジェル」(右)

加速度センサを靴などに入れることによって、人のステップをセンシングすることを目的にした製品である。iPod 側にも受信機を接続することによって、現在のランニングの状況が音声や画面で確認できるようになっている。また、iPod をインターネットに接続されているパソコンに接続すれば、iTunes という音楽管理ソフトによって、ランニング情報を Nike+ の Web サイトにアップロードすることが可能になる。このウェブサイトでは、ユーザー登録することによって、自分の積算走行距離の登録や他のユーザーとの交流が可能になっている。

シンプルなセンサである万歩計は、小型センサとしての利用が増えており、ハドソンの「てくてくエンジェル」(図 4 右)、任天堂の「ポケットピカチュウ」などの小型のゲーム機能をもった万歩計や、任天堂 DS 用の「生活リズム計」といったゲーム機と連携する製品が存在する。健康サービスでは、オムロンの万歩計シリーズの「Walking Style」やタニタの体重計・万歩計・血圧計などを組み合わせた健康管理の仕組みなどが存在する。また、コナミスポーツクラブの「e walky life 2」は体重・体脂肪計とも連携し、トータルでのヘルスケアを実現している。最近では、携帯電話にも加速度センサが搭載されており、GPS による位置の計測と組み合わせた KDDI au の「Run & Walk Sm

art Sport」なども始まっている。このように、センサがネットワーク化されることによって可能なサービスがコストとのバランスがとれている分野から、少しずつ製品化されつつある。また、たとえば飛行機工場といった特殊な場所では、膨大な部品リストを簡単に検索するための技術としてウェアラブルコンピュータやオーギュメントドリアリティ(強化現実)などのユビキタス技術が使われている。作業の効率や精度の向上がコストよりも優先される場合には、ユビキタスコンピュータの導入が有効となる分野も存在する。

■ユビキタス コンピュータの現状

以下では、われわれの研究室が関連する研究分野を中心に、ユビキタスコンピュータの現状を紹介する。まず、ユビキタス環境の基盤ソフトウェアとなることを目標に開発した cogma (Cooperative Gadgets for Mobile Appliance) を紹介しよう。cogma は Java を利用した移動ソフトウェアの機構を提供しており、動的なネットワーク機器の発見や機器間でのソフトウェアの移送機能などを持っている。cogma の柔軟な仕組みによって、従来は複雑になりがち

で、デバッグが困難であったネットワーク上の連携ソフトウェアの開発が容易になる。cogma は多様なユビキタスシステムを実現可能であるが、われわれはその実証を進めるため、スマートルーム (cogma room) の構築を進めてきた。

◆スマートルームの構築 (cogma room)

cogma room 内には、温度計や湿度計、人感センサ、電力計、照



図 5 : cogma room

度センサー、などのセンサーが多数配置されていると同時に、ネットワークを通じて操作可能なディスプレイやスクリーン、プロジェクタ、マトリクスディスプレイが設置されている。部屋の照明も照度や ON/OFF が個別に制御可能である。c o g m a r o o m では、すべての機器が c o g m a を通じて制御可能であり、われわれはこの環境を使って様々な実験を進めてきた。ユビキタス社会における技術で大切なのは「実際に構築してユーザとして試してみる」ことである。ユビキタス技術は「ほんの少しだけ便利」の積み重ねであるため、机上では便利そうに思えたことも、実際に試してみると、使えない技術であることが多々ある。逆に実環境でこそ発見できるようなこともある。われわれの c o g m a r o o m でもすべての電灯がコンピュータ上から制御できる仕組みになっているにもかかわらず、ほとんどの場合、壁のスイッチ(これもこれもネットワーク経由で制御を行っている)での電灯の ON/OFF を利用していた。結局、机上で設計した PC 上の電灯制御ソフトウェアは、無用の長物となっていた。一方、音声や他のアクションと連動しての電灯の ON/OFF は、壁スイッチをわざわざ押しにくい手間がはぶけて、非常に便利であった。このように「なにが便利で、なにが不便か」といったものは、

実際に体験してみないとわからない点があり、実証環境の有用性をあらためて確認したといえる。

◆スマート・ミーティングシステム

c o g m a r o o m では、複数のディスプレイを用い、遠隔地とのコミュニケーションを実現している。その際、個人の端末上の情報をプラズマディスプレイやプロジェクタ等に投影して、会議等で共通する、ということがしばしば行われる。しかし、ディスプレイケーブルの取り回しや、遠隔地のパソコンの画面を共有するのは接続切り替えが必要であったりして、操作が煩雑であった。そこで、われわれは c o g m a を利用してネットワークを通じたディスプレイ共有システムを構築した。このシステムはその後、大学発ベンチャー(有ユビグラフ)を通じて、プレゼン共有用の USB スティック P r e s t i c k と表示用アプリケーション P r e s t a t i o n として製品化されている。(図 6)無線 LAN 等のネットワーク環境において、複数の P r e s t i c k や P r e s t a t i o n を組合せて、複数の端末と複数のディスプレイ間での無線プレゼン共有が可能である。議長が自由にプレゼン表示ユーザを指定する機能や、ファイル共有、手書きツール等を持っており、先進的なオフィスや会議室での導入が行われている。

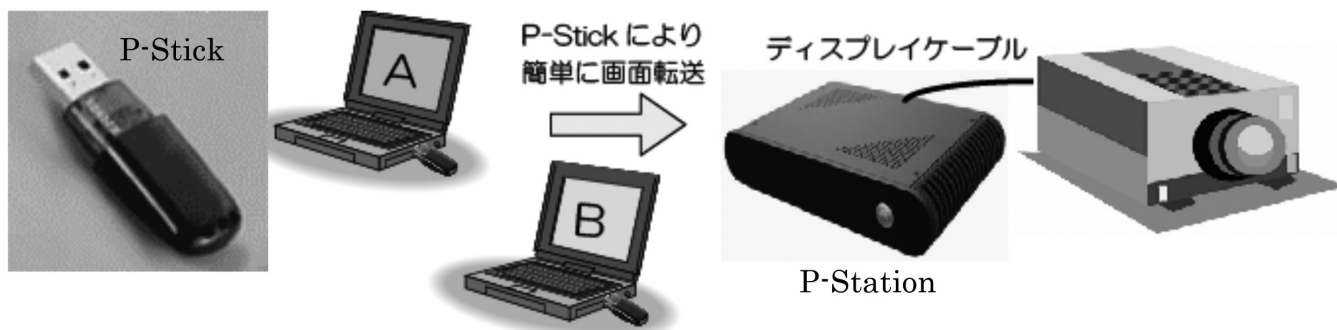


図 6: P-Stick と P-Station(<http://www.ubigraph.com>)

◆エコ・ユビキタス情報環境

われわれは、電力量のセンシング活用によって省エネを実現できるのではないかと考え「エコ・ユビキタス情報環境」というコンセプトを提案している。一例を紹介しよう。cogma roomには電力計や温度計が設置さ

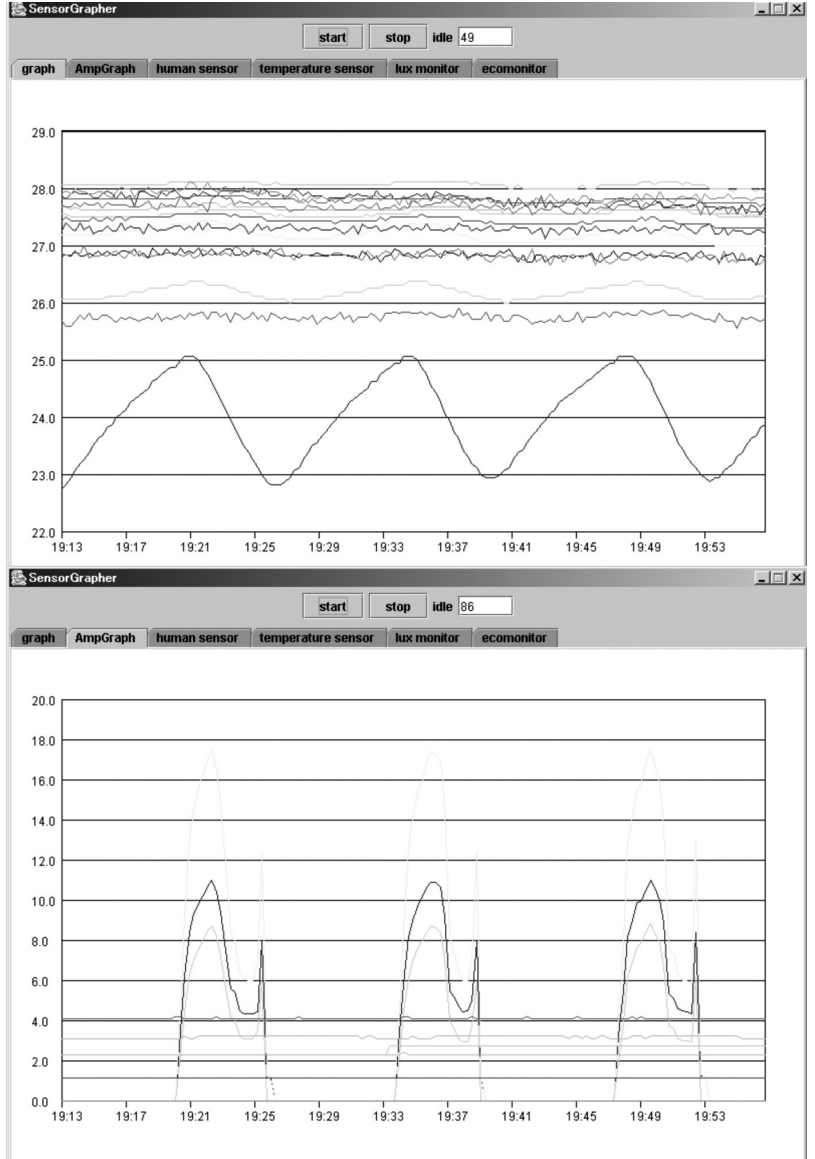


図7：cogma roomの温度センサと電力計

れているので、温度変化とエアコンの動作の相関などを見ることができ。図7の上図は、部屋の中の一六箇所を設置された温度センサの値の変化を示しており、下図は電力計の値の変化を示している。ここで注目してほしいのは、大きく変化している温度と同期して、電力量が変化している点である。これは、エアコンの吹き出し口の近く

に設置してあった温度センサの値であり、エアコンの動作の様子をわかりやすく提示している。つまり、エアコンが動作しているとき（電力消費があるとき）は、温度が下がっていき、ある程度下がるとセンサによってエアコンがOFFになる。逆に温度が上がるとエアコンがONになっていることがわかる。従来、電力計は積算電力量で表示すれば十分であったため、三〇分程度の積算をするだけで、瞬間的な電力消費の表示は行われてこなかった。一方、cogma roomでは、数秒毎のサンプリングを行ったため、このようなグラフを得ることができた。さて、このグラフから理解できることは、エアコンの電力消費のムラである。一台のエアコンは通常このような電力消費を行っているとする。ON/OFFの間隔は気温や部屋の広さなどで決まるため、通常異なる周期となる。複数のエアコンが稼働しており、異なる周期で動作すると、あるタイミングで同時にすべてのエアコンがONになるところがあり得るため、総電力量はすべてのエアコンの合算値を想定する必要がある。しかし、もし、各エアコンがネットワーク機能を持っており、互いにON/OFF周期を制御しあうことが可能であれば、互いにOFFの時間を上手にわけあって稼働することが可能になる。総電力消費量はほとんど変わら

ないとしても、同時電力量が削減できるため、契約電力量を減らすことが可能になり、大きな省コストにつながる。また、われわれは小型低価格の電力センサを開発し、これと小型のワイヤレス情報提示装置(図 8)を組み合わせて、機器毎や部屋毎の電力消費の「見える化」を行うことによってエコ・ユビキタス情報環境の実現を目指している。

また、ユーザの行動とエアコンの温度設定を組み合わせるといったことも一つの可能性として挙げられる。これ



図 8 : ワイヤレス情報提示装置

は、エアコンの温度設定を一定とする必要はない、という意味である。よく、会議などで、開始直後は移動してきたばかりで暑い、しばらくたつとエアコンの効きすぎで寒くなるといったことがある。もし、エアコンがユーザの行動や体温を知っており、時間がたつにつれて安定していくことがわかれば、エアコンがユーザの行動や状況にあわせて最適な温度設定を行う仕組みがあってもよい。

◆スマートセンシングシステム

電力計の検討などから、われわれは実世界のセンシングがユビキタスコンピュータセンシングにおいて重要な役割を果たすことを再認識した。従来のセンサデバイスは、デバイス単体では、データ取得を行うのみで、データの処理や蓄積は、中央のコンピュータやストレージで行うことが主であった。これに対し、近年の小型プロセッサの高性能化やフラッシュメモリに代表される大容量メモリの低価格化によって、センサ単体でデータ処理やデータの蓄積を行う仕組みが搭載されるようになりつつある。これによって、様々なデータ処理を単体で実行可能なスマートセンサの実現が進んでいる。われわれは、スマートセンサを誰もが簡単に利用でき、ユビキタスシステムを自分で構築でき

るようになるために、スマートセンサのプログラムを簡便化する「インスタントラーニングスマートセンサ (ILSS) 」(図 9) を提案している。ILSS では、簡単な手順でセンサに実世界の音や振動を教えることが可能である。これによって、センサやデバイスを組み合わせるだけで「ノックがあったら、電灯をつける」といった簡単なユビキタスシステムを実現することが可能になる。

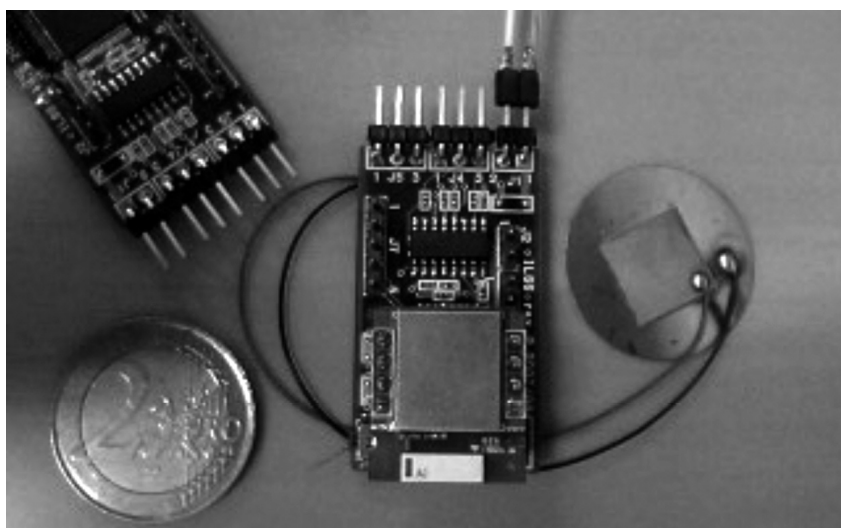


図 9 : スマートセンサのプロトタイプ

◆無線 LAN を用いた
□ケーショニアウエアネス

実世界の持つ情報のひとつに「位置」がある。様々な「位置情報」は、任意の人・モノに付与できるメタデータであるため、その応用可能性は非常に広い。しかし、位置を取得する手段はまだま

だ普及しているとは言い難い。一方、近年多くの機器で無線 LAN が使われるようになりつつある。無線 LAN が利用する基地局には機器毎に固有の ID (BSSID) が振られているため、この ID と位置情報 (緯度・経度等) を対応づけたデータベースを構築することにより、受信端末の位置を推定することができる。図 10 に名古屋市栄の市

街地の無線 LAN 基地局の存在状況を示す。この図は一〇〇メートル×一〇〇メートルの区画のすべての道路を無線 LAN 端末を持って移動し、調査を行ったものであるが、この範囲だけで八七八の無線 LAN 基地局を発見することができた。また、われわれは東京、大阪についても同様の調査を行い、市街地ならば、ほぼ同様の結果を得られるこ



図 10：名古屋市街（1km 四方）の無線 LAN の様子

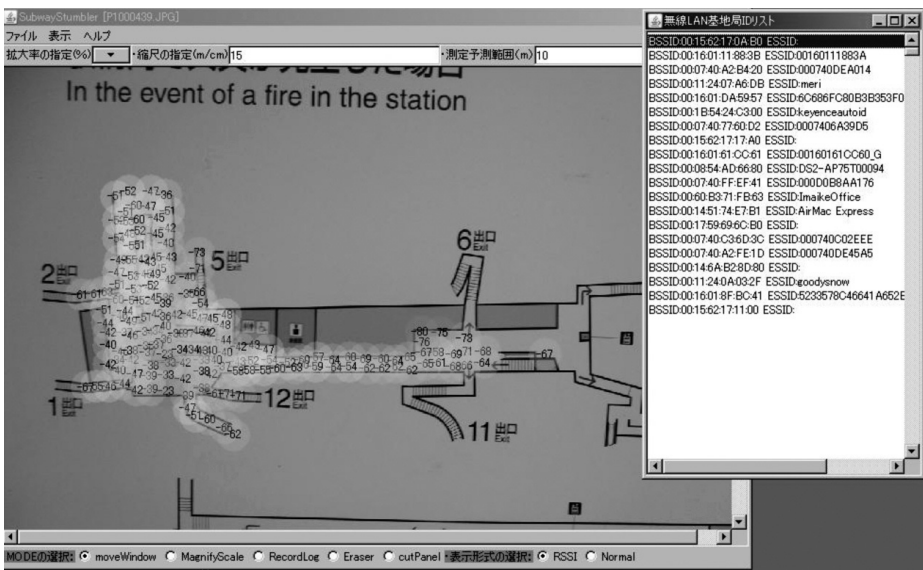


図 11：地下鉄構内での無線 LAN 収集

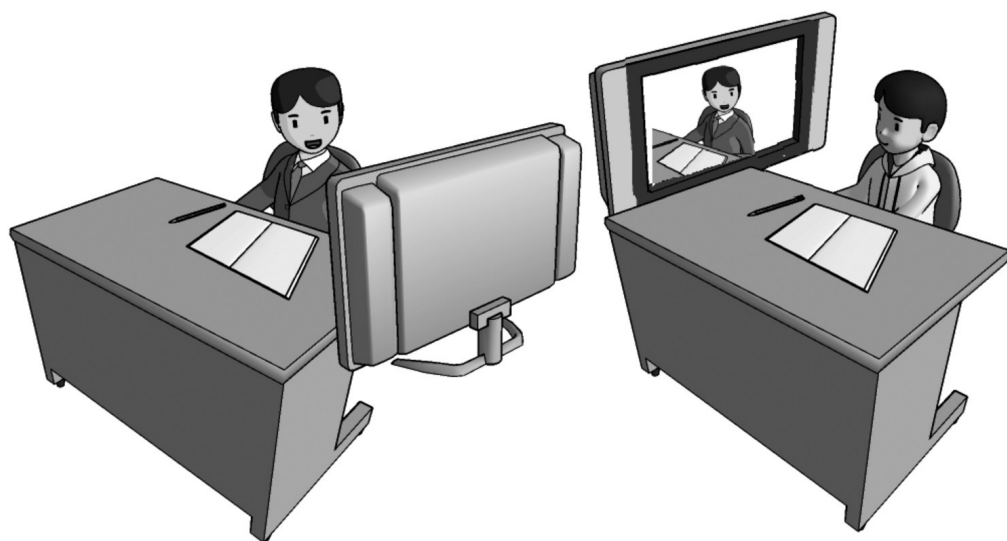


図12 : Side By Sideコミュニケーションの例

とを確認した。われわれはインターネット上に無線LANの基地局情報を収集するためのポータルサイト Locky.jp を構築し、ボランティアベースでのデータ収集を進めている。その結果、二〇〇八

年一月現在で、日本全国で五〇万を超える基地局情報を収集している。このデータベースを用いることにより、大都市圏では、ほとんどの場所で無線LAN位置推定が可能になる。

さらに、われわれはGPSが利用できない屋内や地下街、地下鉄などで無線LAN位置情報システムの構築を目指し図11に示すような屋内無線環境収集ツールを構築した。名古屋市営地下鉄の全八三駅について調査を行い一、五〇〇を超える無線基地局の位置情報を収集した。このデータを用いた実証実験を現在進めているところである。

◆スマートコミュニケーションシステム

出張経費や、ミーティングの時間短縮の実現を目指して、遠隔でのビデオ会議の導入が進んでいる。ユビキタス社会が進展するにしたがって、遠隔環境での会議が急速に普及することが期待できる。しかし、単なるビデオ会議は、実際のコミュニケーションを超えることはできない。われわれは、あたかも隣に座っているかのように遠隔の指導者とコミュニケーションが可能なSide By Sideコミュニケーションを提案している。ユーザは、遠隔にいる相手をあたかも隣にすわっているかのように感じることができ、この開発のために、多地点間通信ミドルウェアSAMTK (Scalable

Adaptive Multicast Toolkit) の開発も進めている。

また、SAMTKを用いることによって図13に示すような三次元空間での仮想的な会議の実現も容易に可能である。われわれは、講演会などで利用可能なことを目的に多数で同時に参加できる三次元会議システムの開発も進めている。

ここまでで、われわれの研究室での最新の研究内容を中心に、ユビキタスコンピューティングの現状を紹介した。一言でユビキタスコンピューティングといっても、スマートルームから、センシング、コミュニケーション、ロケーションウェアなど、幅広い内容から成り立っていることが理解していただけたと思う。また、これらのユビキタス技術が、様々な基礎技術を組み合わせて利用しており、また決して日常から大きく離れたものでもないことも理解していただけたと思う。

誌面の都合で紹介できる研究は一部であるが、ユビキタスコンピューティングの分野では、実世界センシングと仮想世界への連携が一貫して共通している基本的なテーマとなっている。このようなテーマは、いろいろな領域に展開可能である。たとえば、自動車を対象とすると速度やエンジン回転数、位置といった客観的情報から、アクセル踏力、ブレーキ踏力、ハンドル角度といったドライバの操作情報、さらに、最近では、生体情報である発汗、体温、心拍といった情報ま



図13：SAMTKを用いた多地点間仮想遠隔会議システム

でも取得することが可能であり、これらを用いた幅広い応用が検討できる。また、車のワイパー情報、ABSの稼働情報、加速度情報なども取得できる。車のワイパー情報と位置情報を組みあわせれば、最粒度での雨情報が取得できる。実際に二〇〇二年には、名古屋のタクシー一、五〇〇台を用いて降雨センサーとして利用することが確認できている。

■ユビキタス社会実現へ向けての課題

ユビキタス社会を実現するためには、まだまだいろいろな分野で多くの課題が残されている。特に、人材育成の観点が大きな鍵となっていると思う。ユビキタスコンピューティング技術は、決して特別な技術ではない。日々進歩している様々な技術の組み合わせによって構成されることが多いため、ユビキタスコンピューティングを実際に設計・稼働させるためには、非常に幅広い知識が必要となる。

技術者教育は、専門性を高めることに重点が置かれることが多いが、ことユビキタスコンピューティング分野においては、いかに広い視点で検討ができるかが重要となってくる。ユビキタス社会を支えるためには、様々な分野でユビキタスシステムのセンスを持った人材が必要となる。近年、組み込みデバイスが急速に普及していることによって「組み込みソフトウェア技術者」の不足が叫ばれて

いるが、実は将来的には「ユビキタスシステム技術者」の需要が高いと考えている。単なる「ソフトウェア技術者」ではなく「システム技術者」の観点からの人材育成が必要である。

◆ユビキタス革命を阻むもの

ユビキタス革命とは、冒頭にあげたワイザールの夢想が現実になった世界、すなわち「ほとんどすべてのモノにワイヤレス通信可能なコンピュータチップが内蔵され、それぞれが適切な動作・連携を行うことによって、人の諸活動を支援する世界が実現される社会変化である」と定義してみよう。しかし、ユビキタス革命が実現されるまでには、まだまだ多くの障害を乗り越える必要がある。

以下に、現時点でのユビキタス革命を実現するための障害となっている項目を挙げてみた。これらの項目は、ある意味ではビジネスチャンスであり、自社に得意な分野があれば、ぜひチャレンジしていただきたい。しかし、注意しなければいけないのは、これらの事柄は単独ではあまり役に立たない点である。すべての項目がそろって初めて「ユビキタス革命」が成立するのである。もちろん、すでにあげたように、個別の事象では、すでにユビキタス化が実現できる場面もある。これは、テクノロジとコスト、ユーザのニーズが特定の分野においてバランスしたから可能になっていると理解して

ほしい。

○テクノロジ

- ・ 電源・ワイヤレスでの電力伝送、バッテリー技術の高度化、電力管理技術の高度化

- ・ 通信・大量のデバイスでも安定して通信可能で低消費電力のワイヤレス通信技術

- ・ ソフトウェア・様々な機器間連携を手軽に実現可能なソフトウェア
- ・ プロトコル・実社会の事象を表現可能な標準言語

- ・ センシング・さまざまな実世界データのセンサデバイス

○コスト

すべてのモノにチップを搭載するには、前記のテクノロジが搭載されたチップを非常に安く作ることが必要になる。もちろん、対象によってターゲットとなる価格は異なるが、数円〜数百円といったレベルが期待される。

○アプリケーション

ユーザがお金を払ってでも使ってみたい、と思わせるようなアプリケーションが必須である。前述の自動水栓は、設置している場所がコストとブランド訴求力(ユーザに与える印象)とのバランスで設置されているといえよう。

○セキュリティ

当然であるが、基本的なセキュリティが守られていないシステムは利用されない。どの程度のセキュリティレ

ベルが必要か、は応用によって異なるため、一概に言えないが、社会状況に合わせてセキュリティへの対応が必要である。

○社会システム

ユビキタス社会を現実化するために、社会システムとしての受容が必要である。いろいろなデバイスにIDが付与されると、当然、トラッキング等の可能性も生じるため、プライバシーと利便性とのバランスが求められる。こういった問題を解決するためには、法律や制度といった社会システムが必要になる。

○マインド

ipod の例にもあるように、ユーザが抵抗なく使えるもの、使えないものが存在する。また、その抵抗感、社会状況によっても変化する。法整備や制度、セキュリティがいかにかにすんでも、ユーザのマインドが成熟していなければ、受け入れられない。ユビキタスシステムを利用するためのユーザ教育も必要となる。

「ユビキタス革命」は決して急激に進むことはない。なぜなら、社会がユビキタス化するためには、大量のモノや建物にコンピュータが埋め込まれて設置される必要があるためである。既存のモノや建物に後からコンピュータを埋め込むことは、現在の技術ではコスト的に困難であ

るため、基本的には、長い時間をかけた更新によって導入が進むと考えられる。つまり、ここ最近にユビキタスシステムを導入せずに作ってしまった建物が、将来的には最も「非ユビキタス」システムになってしまう可能性がある。そうならないためには、可能な限りシステムの入れかえや、変更柔軟な構造を導入するなどの工夫が必要となる。施設管理・建物管理においては、長期的な視点に立った「ユビキタスシステム」を考慮した導入が必要となる。

■まとめ

本稿では、ユビキタスコンピューティングの紹介から、現状、そして課題までを紹介してきた。ユビキタス社会が静かに進行する「ユビキタス革命」によって実現されることをご理解いただけたと思う。

ユビキタスコンピューティングの研究には、実際の現場での情報がどうしても必要である。われわれも自身の居室や研究室をユビキタス環境の実証環境として構築することを進めてきた。しかし、省エネ等、様々な実証実験を進めるためには、実際のユーザの生のデータが必要である。本稿にてユビキタスコンピューティングに興味をもたれた方は、ぜひとも声がけいただきたい。