



# ユビキタスコンピューティングの足跡と展望

—— エデンを探して —— ☆1

*every plant yielding seed that is upon the face of all the earth, and every tree with seed in its fruit; you shall have them for food. Genesis 1:30*

Bo Begole

PARC

益岡竜介

米国富士通研究所

人々は日々の生活で自由かつ自在に、情報を伝え、学び、共有し、創造し、手に入れ、また現実世界の“もの”を扱いたいと望んでいる。ユビキタスコンピューティングは、自然の環境と調和して生きることができた、聖書の創世記にあるエデンの園のように、現在の技術と調和して生きることのできる世界のビジョン実現を目指してきた。そのビジョンの進展は、Ubiquity, Natural Interaction, そして Proactivity の3つの次元に沿って起きてきた。小型化やメディアのデジタル化のハードウェアの流れが、よりポータブルな、あるいはビル、家電製品、家具、服などに埋め込む技術を実現し、コンピューティングの遍在 (Ubiquity) を推し進め続けている。また新たな技術は、人々がすでに自身が持っている物理世界とやりとりする方法とマッチする、より自然なやりとり (Natural Interaction) の仕方を生み出す。知的システムは情報のフィルタリング、ソート、表現、そして適切な物理的な動作を、主体的に行うこと (Proactivity) を可能にする。本稿では、ユビキタスコンピューティングがエデンの園を探す過程における、その技術的進展およびいくつかの社会的な影響を議論していく。

## Genesis (創世記)

聖書の創世記では、エデンの園は人類があふれる植物や動物とともに何の不足もなく生きた牧歌的な園として描かれている。エデンの園では人々は「園を管理する」ために生き、生活は自由で生活に必要なものはそこにすべてあった。その環境は生活のための条件を完全に満たしており、人は自分を守るための服さえも必要とはしなかった。

エデンの園の物語は、技術によってより複雑な農業社会そして最終的には現代社会へと導かれていく以前の、大地からの恵みによって人々が生きているより単純な生活の情景を呼び起こす。現在、我々の周りの環境はす

に文明以前の自然な風景ではなくなっている。情報化時代において、ありあふれる技術に取り囲まれ、その技術は人間の感覚では直接認識し得ないものに関する知識を保持し、また電気・機械機器により人間の生の能力を超えた作業も可能とする。そのような中、ちょうど創世記の著者たちがあこがれたより単純かつ前農業社会のように、ユビキタスコンピューティングの創始者たちも人々が自由かつ自在に情報があふれる環境を操作し物理世界の“もの”をコントロールできる技術を創造しようと努めた。

ユビキタスコンピューティングは1980年代後半に出現した。そのころにはコンピュータの何代かにわたる継続的な小型化を目の当たりにし、ムーアの法則はすでに広く受け入れられていた。一頃は倉庫を要した計算能力もすでにマイクロチップに収められ、メインフレームはすでにミニコンにその主要な役割を明け渡しつつあり、そのミニコンもパソコンに置きかえられていく直前であった。モバイルコンピューティングとしてのデバイス

☆1 この論文の原本 “Search for Eden : Historic perspective and current trends toward the ubiquitous computing vision of effortless living” は英語で作られ、以下に置かれている。  
<http://www.parc.com/research/publications/details.php?id=6469>

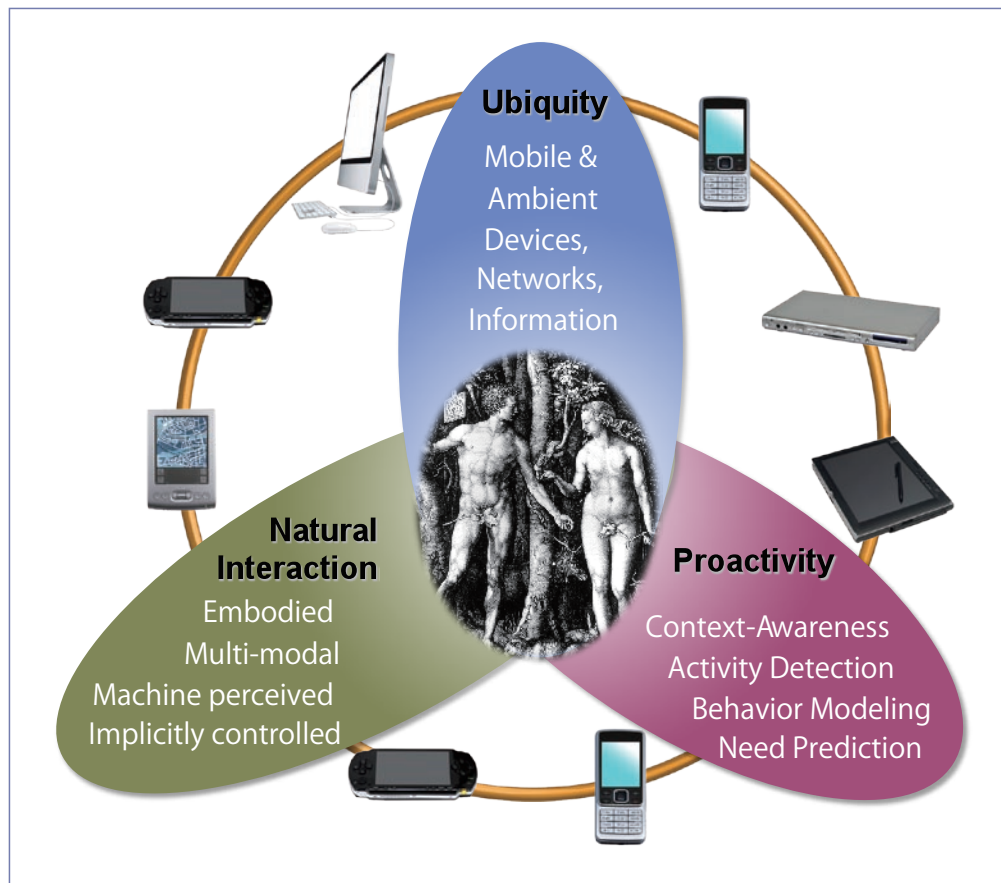


図-1 現在の技術があふれる環境と自由自在にやりとりできるようにするユビキタスコンピューティングの目標は3つの次元に沿って進展してきた。

は、プログラム電卓の形で見られ、多くの家電そして自動車は組み込みマイコンでコントロールされていた。ちょうど、パーソナルコンピューティングのパラダイムによって計算処理やデータがメインフレームからなるセンタから個々のオフィスワーカーの環境に持ち込まれたように、1980年代の時代の先端を行く人々にとってはコンピュータが我々の生活の各方面に入り込み続け、日々の生活で何百といわないまでも数多くの計算能力のある機器と相互作用していくだろうことは明白であった。将来は、個人の生活の中でユーザがそれらの個々の機器に十分な注意を注ぐことは無理になるであろうと予測された。ユビキタスコンピューティングのパラダイムが成功するために、“日々の生活が織り成す織物の中に織り込まれ、その織物と一体となり見分けがつかなくなる”<sup>1)</sup> 技術を実現することに努めた。

1980年代にユビキタスコンピューティングを生み出した技術トレンドは今日も続いている。デジタル機器はいろいろなサイズや機能で存在し、ワイヤレスネットワークは仕事場、学校や家に行き渡り、複雑な機械には組み込みマイコンが入り、その人間による操作を簡単なものとしている（たとえば、アンチロックブレーキ）。技術は数多く生まれたが、残念なことに人の生活は単純に

なるよりも、より複雑なものになってしまっている。人は、複数のそれぞれ、機器、ネットワーク、サービス、データフォーマット、デジタル著作権保護、統一性のないインタフェースを扱う必要があり、それらのデジタル機器の管理のつまらない詳細に煩わされている。いろいろな意味でコンピュータ、情報、メディア、通信が生活のあらゆる面に広がっていくという以前のビジョンは夢でも何でもなくなったが、一方で多様な情報サービス、機器、そして家電を管理、コントロールすることがますます難しくなっているという現実があまりにも遍在して（ubiquitous）いる。我々はいまだに日々の環境と自由自在にやりとりできるエデンの園を探し続けている。

幸いにもユビキタスコンピューティングにおける研究と新しいアイデアによって、我々はユビキタスコンピューティングの目標に向かって、キーとなる3つの次元に沿って近づき続けている：その3つの次元とは Ubiquity, Natural Interaction, そして Proactivity である。本稿ではその3つの次元に沿ってユビキタスコンピューティングの足跡と展望を議論する。

## Ubiquity (遍在)

ユビキタスコンピューティングの進展の第一の次元では、コンピュータの加速する小型化とその日常生活での機器への組み込みを最大限利用することに集中した。ユビキタスコンピューティングの分野ができた当初は、そのビジョンを実現するためのハードウェアである機器と情報を交換するソフトウェアインフラを作ることがその研究とアイデアの主たるものとなった。

コンピュータを持つすべての機器で使い、ネットワークを通じ相互作用や情報の共有を可能とする統一されたOSを作ることを目指して、1984年に東京大学でThe Real-time Operating system Nucleus (TRON) プロジェクトが始まった<sup>2)</sup>。いろいろなバージョンのTRONがスマートハウス、インテリジェントビルやインテリジェント家具に使われた。また組み込みシステム用の実時間OSであるITRON (Industrial TRON) は携帯電話、デジタルカメラ、CDプレーヤなどで走り、世界でもっとも使われているOSと言われている。今日、TRON協会やT-Engineフォーラムによってユビキタスコンピューティングの統一した基盤を開発するという目的を推進し続けている。

もう1つのユビキタスコンピューティングの新しいパラダイムの初期の例は、1980年代後半にOlivetti Researchで開発されたActive Badgeシステムである。Active Badgeは赤外線無線ネットワークにつながれた小さなバッテリー駆動機器でどの部屋にあるかを検知できた。Active Badgeには入力用にボタンが1つだけあり、ユーザはそれをバッジのようにつけた。ユーザがボタンを押すとシステムはユーザの場所に応じた働きをした。たとえばバッジをつけている人が部屋に入る権限を持っていればドアを解錠したり、オフィスでプライバシーが欲しいときにそのことを伝えたり、またキッチンの近くなればコーヒーを作ったりすることなどに使われた。

1990年代の初頭には、“ユビキタスコンピューティング”の言葉が生まれたXeroxのPalo Alto Research Center (PARC)で“computing by the inch, foot and yard”を実現するデバイスを作る研究が行われ、それらはハンドヘルド、タブレット、あるいは大画面デバイスなどの形で実現された。その時代、最も小さなコンピュータもまだポータブルとは言えず、PARCの研究者らはタッチスクリーンから手書きや直接選択で入力可能なバッテリー駆動のハンドヘルド (PARCtab) やタブレット (PARCpad) を自ら作った。設計や打合せに使われていたホワイトボードは、そういった用途により効率的に行える大きな壁掛けタッチスクリーンを使ったものに

新たに作り直された。すべてのサイズの機器は赤外線無線ネットワークを通じて一体として機能した。システムのすべてのアプリケーションはどのサイズの機器でも走り、フォーマットの違いやアプリケーションのバージョンの違いを気にすることなく電子文書を同僚の間で互いに共有することができた。

パーソナルコンピュータの増大する一方の計算能力は“情報”と考えられていた範囲を拡大していった。初期のオフィス用コンピュータは単純なテキストあるいは数字の形での情報しか扱うことができなかったが、新しいデジタル記録装置はいろいろな形のメディアを生み出していた：静止画像、音声、ビデオなどである。マルチメディア情報を扱うために、その時代のソフトウェアを複雑かつ複数のフォーマットのデータ構造およびそのリポジトリを扱えるように更新することとなった。キーボードやマウスの入力装置に加えて、マルチメディア文書は新しい形の入力機器も必要とした：マイクやカメラである。デジタルなメディアをとらえたり、表示したりする機器は我々の日常生活の中にどんどん入り込んできている。

他の情報技術と同様に、ユビキタスコンピューティングはその対象を職場での作業を中心として始まったが、増大し続けるコンピュータの遍在 (Ubiquity) とデジタルメディアにより、その対象は家をも含むように拡大していった。しかし一般の消費者は複数のメーカからの多くの機器をどのように組み合わせればいいのかを理解するのに苦労している。それらの機器は、異なるメディアタイプ (静止画、音楽、ビデオ)、異なるフォーマット (JPG, RAW, Windows Media, QuickTime, RealMedia, DVD, Blu-ray, MVI DVD) に加え、技術者の考えの中でしか意味を持たない消費者を混乱させる各種メディア標準 (Universal Plug and Play (UPnP), Digital Living Network Alliance (DLNA)) やメディアをつなげる技術 (HDMI, DVI, Bluetooth, Wi-Fi, やその他の独自のネットワーク規格) などの組合せから成り立っている。これら多くの混乱させる規格とそれら規格が急速に陳腐化する危険は、普通の消費者を規格競争が収まるまで購入を待たせることになり、新しい技術を受け入れることを遅らせる。ユビキタスコンピューティングの研究は表示機器の能力に合わせたメディアフォーマット間の動的な変換などの問題に対して1つの回答を与えた。PARCのObjé™ 相互運用フレームワークはメディアの保存元 (たとえば、ホームビデオライブラリ) から、その送り先のメディア表示装置 (たとえば、デジタルディスプレイ) に向けてメディアを動的かつセキュアに変換しながら送る。

TRON, PARC ネットワーク, そしてObjé はすべて



デバイス間の情報をやりとりする仕組みを提供する。しかし、人が何十、ときによっては数百のメディアや機器、アプリケーション、サービスに囲まれる今日のユビキタスコンピューティングの環境に対応するためには、それらの仕組みだけでは足りない。このような多くのサービスに囲まれている環境ではユーザはサービスを組み合わせてどのようなことが一体できるのか（あるいはどのような組み合わせが不可なのか）が分からずに途方にくれてしまう。富士通研究所とメリーランド大学の共同プロジェクトとして開発された Task Computing はユーザにアプリケーション、機器、リモートサービスが提供する機能をすべてサービスとして抽象化し、動的に組み合わせ、ユーザにそれらのサービスの組み合わせをタスクとして提示するユーザオリエントドな枠組みである<sup>3)</sup>。Task Computing はセマンティック Web 技術を用い、ユーザが現在いる環境で使えるサービスのセマンティックなサービス記述を集め、意味のあるサービスの組合せからなるタスク空間を動的に生成する。そして個々のサービスや機器の別々のインタフェースではなく、その環境でできることとしてのタスクに基づいたインタフェースを提供し、ユーザが実行可能なタスクを容易に指定し、実行できるようにしている。Task Computing の1つのクライアントでは、ユーザが一文をしゃべるだけで、デバイス、アプリケーション、リモート Web サービスなどの複数の提供元からのサービスをタスクとしてその場で組み合わせ、実行することができる。

ユビキタスコンピューティングの最初の次元である Ubiquity はすでに現実となった。かつて研究者が一から作らなくてはいけなかった機器はいまや電器販売店で購入することができる。この意味でユビキタスコンピューティングはすでに我々の周りにある。しかし一方でユーザは現在のあまりある技術の前でまだまだ翻弄されている。幸いにも進歩し続ける技術がユーザの混乱やとまどいを軽減することになる2つの機能、Natural Interaction（自然なやりとり）と Proactivity（主体性）をもたらすことになる。

### Natural Interaction（自然なやりとり）

電子情報の世界は、我々自身の世界からはどこか隔たっているように感じられる：PC、PDA、携帯電話などはその画面に表示される小さな入り口を通じて情報空間のほんの一部を垣間見せるだけである。人々は情報や機器をボタンを押し、マウスを動かすことによって操作する。ユビキタスコンピューティングでは情報と物理的な現実との間に何の区別もつけず、また他の人に話しかけるときにキーボードを使わないようにコンピュータと

やりとりする際にも自然な方法があるべきだという観点をとる。キーボードやマウスは最近の発明であり、我々の体は、触る、つかむ、しゃべる、動く、聞くなどの世界と自然にやりとりする方法をずっと昔から身につけている。

グラフィカルユーザインタフェースは、ユビキタスコンピューティングに先立って現れ、ユーザがスクリーン上で操作したいものを指示し、選択するという“直接操作”の概念を採用した。実のところこの“直接操作”は通常、マウスの別の表面上の動きでスクリーン上の対応するポインタを動かすという、いくらか間接的なコントロールでしかない。ユビキタスコンピューティングで使われるハンドヘルドや壁掛け機器は、マウスが置けるようなテーブルの上で使われることを想定していない。したがってそれらの機器はそれ自身の表面で直接ユーザが操作できるタッチスクリーンを用いた。同様にテキスト入力用のフルサイズのキーボードがそのような機器の近くにいつもあるとは限らない。そこで手書き認識技術が作られ、小さなハンドヘルドの限られたスクリーンの上でも書けるようにした。

もっと直接的な操作の形態が Tangible User Interface (TUI) であり、代表的なものは1996年からMITのTangible Media Groupによって創造された。そこでは情報が提示される空間自体が同時にユーザがやりとりし、操作する対象となる。このアプローチの強力な例は“*Illuminating Clay*”に見ることができる。このシステムは、造園設計家が柔らかい粘土のモデルを変形すると、レーザスキャナで新しい形を測定し、高さ、等高線、水の流れ、斜面の傾きを計算し、それらを粘土モデルの上に実時間で投射する。この例では、造園設計家の伝統的な道具である粘土が入力と出力の両方の媒体として使われ、設計の繰り返し作業を直接サポートする。

最も古い情報交換の手段は話すことである。その曖昧さや不正確さはあっても、人間の言語は概念を表す最も豊かな手段である。ユビキタスコンピューティングが始まった時期にも音声認識は多少は可能となっていたが、研究者は音声認識だけでは十分ではないことに気づいた。音声は我々がやりとりするための唯一の手段ではなく、それ以外にも人は指し示したり、ジェスチャーを使ったり、絵を描いたり、感情を表出したり、文を書いたり、見つめたり、その他の意味を示す手がかりを使ったりする。個々の手段はそれぞれにある種の情報を伝えるのにより適した特徴を持っている。さらに人は意味を強調するために、よくそれらの複数の手段を組み合わせたりする。人と機械のやりとりも同様にそのような複数の入出力手段を使うことが利点になる：テキスト、マウス、音声、ジェスチャー、ビジョン、触覚などである。嗅覚や味覚

を使った相互作用の技術もある。目標は1つあるいは2つの入力機構（キーボードとマウス）だけの使用を超えて、人間と機械の相互作用をより豊かなものとし、人がアプリケーションあるいはその人の好みに応じた複数の手段を自在に使えるようにすることである。

以上までで紹介したやりとりのパラダイムでは、ユーザは明示的にシステムに何をやってもらいたいかを指示する。ユーザはシステムを思い通りに動かすために入力やコマンドを明示的に生成する必要がある。マルチモーダルな相互作用を可能にしたのと同様のセンサを使って目標や意図を暗黙のうちに示しているユーザの行動を検知することができる。近年のそのようなシステムの例として“Responsive Mirror”がある。これは自動的にコントロールされるビデオを使い、試着室で今着ている服と、前に着た服のイメージを買い物が動くのに合わせて表示することにより、比較できるようにするものである。客が自分自身を見ようと振り返ったときはユーザがその向きからどう見えるかを知りたいということを暗黙に指示している。カメラが客の向きをとらえディスプレイ上に前に着た服のイメージを対応する向きで表示することにより、客の求める情報を提供する。小売店の環境では人はそのほかにも暗黙的に必要な情報を示すいろいろな行動をとる：商品を取り上げたり、吟味したり、店員を探したり、商品を横に並べて比較したりなどする。機械による認識技術の信頼性が上がり、そのコストが下がれば、こういった暗黙の行動に基づいた情報提供は他の領域でも見られるようになるであろう：職場、キッチン、学校、空港、飛行機、家、ショッピングモール、映画館、病院などである。

ユビキタスコンピューティングが可能にする、新しい“Natural Interaction”技術の目標は物理的な世界と電子的な世界との間での情報のやりとりを簡単にすることである。人が情報を作り、操作し、アクセスし、物理的な環境をコントロールするのに特別な道具や訓練を受ける必要をなくすべきである。自由かつ自在な生活を実現するために、究極的には環境がユーザの目標を達成するためのすべてを含む必要がある。何の機器も装着したり持ち運ぶことなく、アダムとイブのように(比喩的に)“裸で”生きられるようになるべきである。

## Proactivity (主体性)

電子機器はそれが使われている環境をすぐ忘れてしまうように見える：携帯電話は打合せの最中に鳴り、メール着信通知はプレゼンテーションの最中に飛び出し、音声ナビゲーションシステムは車中での会話を中断し、ユーザは“最も近い”プリンタ、ディスプレイ、あるいは

はスピーカにつなげて欲しいといった簡単なことでさえ指示できない。ユビキタスコンピューティングのパラダイムでは、機器はそれらが使われているコンテキスト(文脈)を知り、適切に動作する。コンテキストには物理的な環境の状態(場所、時間、天気など)、電子的な環境の状態(カレンダーソフトの予定、最近受け取った文書内容、メール、電話での通話など)、そしてその状況にいる人々の状態(会話している、集中している、笑っているなど)がある。コンテキストアウェアネスにより、システムが状況に応じて適切に動作するだけでなく、ユーザのニーズを予測し主体的に動作することが可能となる。

主体的なシステムは、自ら予測動作をする完全に主体的なものから、ただ使いやすくはするが実際の動作にはユーザの決定を待つものまでである。主体性の程度は動作の適切性とその動作が間違っていたときの重大性に依存する。もし自動ドアがたまに間違っただけで誰にも通らなかつたといってもなんら問題はなく、その失敗のコストは低い。一方で、一般に最も近いプリンタに印刷することは有用であるが、いつも自動的に最も近いプリンタを使うことは無駄になることが多く、情報漏えいにもつながりかねない。プリンタのリストを近いものからソートしてユーザに見せるほうが、ユーザに最も近いプリンタを選ばせながらも必要に応じて別のプリンタも選ぶことができるということで、安全で有用である。

もっとも最初のコンテキストアウェアなシステムはユーザがどの部屋にいるのかを検知し、かかってきた電話を一番近い電話機に回したり、文書を場所(たとえば会議室のスケジュール)と連携させたり、印刷結果を最も近いプリンタに送ったり、同僚の場所を通知したりするシステムであった<sup>4)</sup>。

コンテキストアウェアシステムの究極の目標はただ単に環境の状態を知るのではなく、その環境の中で行動する人々の意図や目標を見抜くことである。このことは各個人の作業や行動で大まかに決定できる。各個人の作業や行動は、複数のセンサやその人が入力したりアクセスしたりした電子的データの内容により、部分的に推測することができる。たとえば人が会議室に入ろうということと、その部屋で会議が予定されている事実を組み合わせることにより、その人の行動は会議出席だということが推論される。この概念が1990年代初頭のActivity-based Information Retrieval (AIR)の基礎となった。それ以来、行動検知に関する大きな進展が見られ、システムは複数の粒度における行動を検知できるまでとなった：機械的な行動(歩行、自転車走行、歯磨きなど)から長い時間にわたり高いレベルで初めて認識される行動(フットボールをする、レストランで食事をする、レポー



トをまとめる、パーティなどでお付き合いする、食事を  
用意する、など)までである。行動検知の技術はその人の  
精神の状態への洞察も提供する。たとえば、ある研究で  
は人が積極的に会話や作業に関与しているとシステムが  
検知した場合には、それが中断されることを精神的に受  
け入れにくくなることを実証した。

初期のコンテキストウェアなプラットフォームでは、  
検知されたコンテキストをアプリケーションに送る  
機構を提供した。その先のアプリケーションが検知され  
た状況にどのように反応するかはアプリケーションの持  
つ知識に任された。アプリケーションの行動に対するこ  
のような知識ベースのアプローチは間違いを起こしやす  
い。それはいろいろなコンテキストの組合せに対する適  
切な行動に関する完全な知識を事前に持つことが難しい  
からである。このような知識ベースのシステムは、何ら  
かの意味でユニークな状況でシステムが不適切な行動を  
とることにより、ユーザをいらだたせてしまう可能性が  
多い。その他のアプローチは機械学習技術を使い、確率  
的なモデルを過去の似たような状況でのユーザの行動の  
観察から作るものである。このような行動モデルは本人  
さえも気づかなかったようなパターンをも見つけ出すこ  
とにより、上記の知識ベースのシステムを補完する。た  
とえば人が電話やメールでつかまる可能性の低い時間の  
時間的なモデルにより、本人自身も気づかなかったつか  
まりにくい時間帯を見つけて出した研究がある<sup>5)</sup>。

行動モデルは確実ではなく確率に基づいており、した  
がって確率的にしか正確であり得ない。うまく設計され  
たシステムでは期待される利得がエラーのコストを超え  
るときのみ動作をするようにする。たとえば Lilsys のよ  
うな、確率的なモデルに基づいて邪魔になるような電話  
の呼び出しの回数を減らすシステムでは、時折割込みで  
きるかの予測を間違ってしまう。もしシステムが実際  
には割込みできないにもかかわらず割込み可能と予測し  
てしまうと、迷惑な割込みのコストは高いものとなる。  
しかしながら、割込み可能ときに割込み不可と予測す  
ることは、電話をかけた人がメッセージを残せることを考  
慮すれば、エラーのコストは高くない。したがって行動  
モデルのパラメタをより悪影響の少ないほうに間違うよ  
うに設定することができる。

大日本印刷と PARC の共同プロジェクト Magitti では、  
proactivity (主体性)、コンテキストウェアネス、活  
動検知、行動モデルのすべてを組み合わせる携帯電話を  
用いた推薦システムを実現した。システムはお店、レ  
ストラン、博物館、公園、その他の情報を、ユーザが  
5種類の行動のどれを行っているかの確率に応じて推薦  
する: 5種類の行動とは、食事、買い物、見物、行動、  
読書である。活動は環境コンテキスト(時間、場所)と

データコンテキスト(カレンダーソフトの予定、最近の  
メッセージ、最近アクセスした Web ページ)、さら  
には以前同様のコンテキストでユーザが訪れた場所のモデ  
ルを元に予測される。システムはその人がどのような活  
動をしているかを予測し、その人の個人的な興味にマッ  
チした情報を推薦することができる。

2007年より日本政府からの研究費により、アンビ  
エント情報社会基盤創世拠点に採択された大阪大学の主  
導で、日立や Philips などの企業も参加する国際的な産  
学共同プロジェクトとして“アンビエント情報社会”の  
プロジェクトが始まった<sup>6)</sup>。それまでユビキタスコン  
ピューティングのプロジェクトでは個々のユーザや部屋  
のレベルなどの局所的なコンテキストしか決めてこな  
かった。この野心的なプロジェクトでは、すでに浸透  
している Internet に基づき“コンテキスト”を社会全  
体、あるいは地球全体の非常に大きなスケールにまで  
持っていくことを目指している。アンビエント情報社会  
は次の3つの機能から実現される: “broad gathering”  
では社会インフラ、工業システム、日常生活、職場環境  
に埋め込まれたセンサからの膨大な量のセンサデータを  
収集し、“intelligent computing”ではその集められた  
膨大なデータを解析し、その中にある複雑なパターンや  
依存関係とそれらから導かれる適切な解決策を見出し、  
“service feedback”でユーザにユーザインタフェース  
やアクチュエータを通じて解決策に基づく有用なサー  
ビスを提供する。

初期のコンテキストウェアなシステムの段階から、  
このようなシステムはユーザの行動に関する情報を収集、  
記録するため、個人のプライバシーが失われる可能性  
について心配されてきた。この課題に取り組むため、い  
くつかのシステムでは誰が何を見られるかを明示的に規  
定できるようにしていた。しかしそれにはアクセスコン  
ロールリストを管理し、最新の状態に保つことが必要で  
あり、ユーザにとってはそれは難しい。多くの社会科学  
者による人々のプライバシーの概念や実践の研究により、  
プライバシーは時間やコンテキストで変化するいくつもの  
要素を組み合わせた複雑な概念であることが分かっている。  
したがって各個人の、他の人との関係と状況に応じた、  
プライバシーと注目されたいという要求の可能なすべ  
での組合せを予測するアクセスコントロールの仕組みは  
不可能であろう。可能な1つのアプローチは人が自然  
に顔を合わせてのやりとりを管理している方法を見習っ  
た“impression management”である。ユーザに個人  
情報が他者に見られたかもしれないことを知らせ、想定  
される社会的なダメージを修復するツールを提供する。  
ただ現在まで、そのようなアプローチを援用した本格的  
なシステムはほとんどない。



拡大する一方の機器やコンピューションの広がりには我々の社会に情報過多の感覚を生み出した。幸いにも、数多くのユーザの行動データをデータマイニングし、モデル化し、主体的にユーザの目標を予測することにより、ユビキタスコンピューティングは“あまりにユビキタス(遍在している)である”問題から、歓迎されるべき解決策となった。

## Conclusion (結論)

エデンの園は実体を持たない土地ではない。一地上から離れた霊の世界でもない。エデンの園は物理的な場所であり、人々がそこで暮らし、園を管理しながら働いた場所である。同様にユビキタスコンピューティングの目標は、人々が単にプラグインし、生活の現実から離脱する“Matrix”(映画“The Matrix”に出てきた仮想現実世界)を作ることではない。ユビキタスコンピューティングは技術を通じ人々がより高い社会的な目標を達成することに集中できるような生活を送れるようにするものである。

我々が今日の技術に向き合うときに感じる苛立ちはいろいろな原因からなる：技術の限界、セキュリティの必要性、ビジネスからの要請、以前の技術の制約の上に新しい技術が作られていることなどである。一体となった解決策を実現するには、これらの多くの人間的な要請を扱うための技術を要する。ユビキタスコンピューティングのビジョンは全体的なアプローチによってのみ実現される。そのアプローチにはいくつもの技術研究分野とそれに対応する人文科学研究分野が必要である：コンピュータ科学と社会科学、機械認知と認知科学、行動モデリングと行動人類学、人工知能と認知心理学、ハードウェアとアーキテクチャ、工学と設計などである。

善悪の知識の木の果実を食べて以来、人類は知識を継続的に獲得し続け、今日の技術の環境を持つに至った。ユビキタスコンピューティングの研究者は複数の学問分野を援用し、人のニーズを理解し、異なる機器、ネットワーク、そしていろいろな情報の間の境界を減らし、物理世界と電子情報世界の両者を滑らかにコントロールできるようになった。本稿で紹介した3つの次元、

Ubiquity, Natural Interaction, そして Proactivity に沿って今後も進展しつづけることにより、エデンの園のような情報環境を実現できるであろう。そこでは我々は技術と調和して生き、人と情報や物理環境との間をつなぐための機器を持つ必要なく“裸で”暮らせる。もし我々の技術的環境が我々のニーズにあっていないのなら、それは我々のせいではない。我々の皆の能力をあわせれば、エデンの園での自然な生活に相当する、技術との自然な生活を実現することは必ずできる。

### 参考文献

- 1) Weiser, M. : The Computer for the 21st Century, Sci. Am. 265, 3, pp.94-104 (Sep. 1991).
- 2) Sakamura, K. : TRON -Total Architecture, In Proceedings of Architecture Workshop in Japan '84, IPSJ, pp.41-50 (Aug. 1984).
- 3) Task Computing : <http://taskcomputing.org>
- 4) Schilit, B., Adams, N. and Want, R. : Context-aware Computing Applications, In Proceedings of First International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp.85-90 (1994).
- 5) Begole, J. and Tang, J. : Incorporating Human and Machine Interpretation of Unavailability and Rhythm Awareness into the Design of Collaborative Applications, Human-Computer Interaction, Vol.22, No.1 (2007).
- 6) アンビエント情報社会基盤創生拠点 : <http://www.ist.osaka-u.ac.jp/> GlobalCOE

(平成 20 年 4 月 28 日受付)

**Bo Begole**  
bo@parc.com

.....  
Palo Alto Research Center (PARC) ユビキタスコンピューティングエリアのマネージャ、1998年バージニア工科大学より博士号(コンピュータ科学)取得、大学前は米国陸軍でアラビア語の翻訳者として従事、2008 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW 2008 <http://www.cscw2008.org/>)の共同議長。

**益岡竜介(正会員)**  
ryusuke.masuoka@us.fujitsu.com

.....  
1985年東京大学理学部数学科卒業。1987年同大学修士課程卒業。2000年同大学より博士号(数理学)取得。1988年(株)富士通研究所入社。1991年カーネギーメロン大学客員研究員。1993年富士通研究所に戻り、2001年より米国富士通研究所に移り、現在に至る。現在米国富士通研究所 Trusted Systems Innovation Group ディレクターおよびメリーランド大学 Adjunct Professor。

