

アウェアネスサポートに関する研究動向

Researches on Awareness Support

Abstract

Looking up the word “awareness” in a dictionary gives the definition “having knowledge of”. As can be suspected from this, the word “awareness” in CSCW (Computer Supported Cooperative Work) is used in a very wide variety of ways. In this paper we refer to three major concepts of awareness, all of which are popular research issues : Workspace Awareness, Context-aware, and Peripheral Awareness. Workspace Awareness refers to supporting the understanding of the activity of colleagues. Context-aware computing involves making computational devices understand the context in which they are run. Peripheral Awareness is about presenting information at the periphery of human perception, in contrast to traditional displays such as PC monitors, which can only present information at the center of human perception. After discussing the three issues, we will discuss the possible future of awareness researches, which will likely to become more application-based, and have closer relations with the field of ubiquitous computing, where computation is intended to be embedded in the environment, and become invisible to the users.

1. はじめに

1.1 アウェアネスとは

“awareness”という単語を辞書で引いてみると、最初に出てくる訳は以下のようなものである。

1 : having knowledge of;

これを日本語に訳すと、「～について知っている」になる。これはアウェアネスという概念がいかに幅広く、漠然としているかを象徴的に示している。

次に論文の中で“awareness”が使われている例を探してみる。大抵 CSCW の分野の論文で、“～awareness”という形で使われている。ざっと挙げると次のようなものがある。

Organizational Awareness

Situation Awareness

Informal Awareness

Social Awareness

Structural Awareness

Workspace Awareness

Context Awareness

Peripheral Awareness

実に多くの種類がある。しかしこれだけの種類があるということは、アウェアネスが非常に重要な概念として扱われていることのあらわれであるとも言える。本稿ではこれらのうち最も盛んに研究が行われている3つの分野を取り上げて、過去および現在のアウェアネスに関する研究の動向を示す。

1.2 本稿で扱うアウェアネス

本稿ではアウェアネスに関して、Workspace Awareness、Context-aware(Context Awareness)、Peripheral Awareness の3つの分野を取り上げる。それぞれの分野の詳しい内容は後の章で述べるが、ここで簡単に説明を行っておく。

Workspace Awareness では離れた場所にいる同僚の行動の理解を支援するシステムを扱う。共同で作業を行うグループが同じ部屋で作業することの利点は、同僚が何をやっているかをすぐに理解できることである。同僚の仕事の進行状況を知ることによってグループ全体の仕事の流れが把握でき、自分の仕事をグループ全体の目的と関連させてとらえられるようになる。同僚の行動を理解することは、グループ作業の効果に大きな影響を及ぼしているのである。Workspace Awareness の目的は、グループの人間が互いに離れた場所にいる場合にも、お互いの行動を理解しあえるようなシステムを実現することである。

Context-aware は、計算機に周りの環境や状況を理解させる技術を扱う。周りの状況を計算機が自動的に理解すれば、ひとつひとつの作業にいちいちユーザが入力を与えてやる必要がなくなり、結果的により多くの情報を簡単に処理するシステムが実現できる。

Peripheral Awareness は、人間の知覚の周辺に対する情報提示の手法を扱う。計算機の出力のほとんどの部分はモニタ上に提示される。人間はモニタに意識を向けていないと計算機が

ら情報を受け取ることはできない。しかし狩りをしている猟師が周りの環境全てから情報を受け取っているように、人間は本来豊富な情報認識の能力を持つ。知覚の周辺に対して情報を提示するとは、このような人間の認識能力をより活用した形で情報提示を行うという意味である。

1.3 本稿の構成

本稿では、2章で Workspace Awareness、3章で Context-aware、4章で Peripheral Awareness についての説明を行う。最後に5章でまとめ、今後の研究の方向性についての考察を行う。

2. Workspace Awareness

Workspace Awareness は離れた場所にいる同僚の行動の理解を支援するシステムを扱う。CSCW の分野では長い間中心的な問題として扱われてきて、アウェアネスの研究の中でも最も古くから行われているものの1つである。Workspace Awareness を支援するシステムには多様なものが存在するが、ここでは WYSIWIS と media space の2つの考え方に注目して紹介する。

2.1 WYSIWIS

WYSIWIS は What You See Is What I See の略で、利用している全てのユーザに対して同じ画面を提示するようなアプリケーションを指し、通常何らかの特定の作業を想定している。ユーザ間でお互いの作業の進行状況に対する認識が共有され、それぞれのユーザが常にグループ全体の成果を意識しながら作業を行うことができる。

2.1.1 ShrEdit

ShrEdit[13]は複数のユーザが同時に利用するエディタで、デザインの初期の段階でのコラボレーションを支援する目的で開発された。図1のように ShrEdit の画面上には複数のウィンドウが表示され、そのうちいくつかは全てのユーザが見たり書き込んだりすることのできる public ウィンドウで、残りは自分以外には見ることも編集することもできない private ウィンドウである。誰かが public ウィンドウに編集を行うと、コラボレーションに参加している全てのユーザの画面にその結果が反映される。

2.1.2 CoMo

CoMo[22]はプロダクトデザインなどで利用される3Dモデリングの作業に WYSIWIS の概念を取り入れたシステムである。

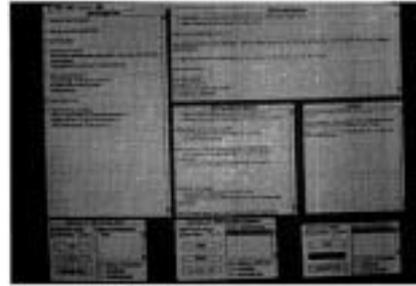


図1 ShrEdit

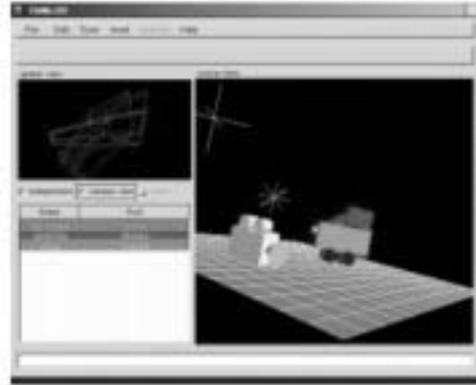


図2 CoMo

図2は CoMo の画面を表す。右の大きな画面がユーザの作業領域であり、通常の3Dモデリングシステムと同様に自由に視点を変えながら作業を行うことができる。左上の小さな画面は世界座標の中での各ユーザの視点を表していて、他のユーザの視点と自分の視点の関係を知ることができる。また任意に他のユーザの視点に合わせて、他のユーザと全く同じ画面を見ながら作業することもできる。

2.2 Media space とその応用

Media space とは映像や音声を用いて、離れた場所にいる同僚と時間と空間を共有するシステムを指す。特定の作業に目的を絞るのではなく、同じ部屋にいるのと同じ効果を生み出すことを目的としている。通常の遠隔会議支援システムと異なり長時間利用し続けることを想定していて、仕事とは直接関係のない何気ない日常会話や、偶然の出会いから生まれる会話、自発的な議論なども支援し、それらが生産性の向上に与える影響を考慮している。

2.2.1 Xerox PARC の media space

図3は Xerox PARC で開発された media space システム[8]を利用している様子を表す。共有スペースや工作上緊密な関係にある同僚のデスクなどと接続しておくことで、離れた位置にいる人同士で会議を行ったり、日常会話を楽しんだりなど、すぐ近くにいる同僚と同じような行動をとることが可能になる。

常に映像と音声を流しておくことで、共有スペースで会議や自発的な議論が始まったり、同僚が出勤したりといった「向こう側で何が起きているか」についての情報がユーザにすぐに伝わる。



図3 Media Space

2.2.2 Portholes

Dourish の Portholes[12]は media space の Workspace Awareness 支援の側面に注目し、それをさらに発展させたシステムである。Media space はそれぞれの接続場所に対して別のモニタを使うが、Portholes は多くの場所から情報を得ることを前提に作られていて、図4のように GUI 上に一斉に表示する。Portholes は media space と違いウェアネスサポートに目的を絞っているため、動画の送信や音声会話のサポートは使わず、定期的に更新される画像と、ユーザが任意に画像に付加する情報で構成される。これによりリソースの消費が抑えられ、情報を得る場所の数を増やすことができる。



図4 Portholes

3. Context-aware

日常生活において、人間は身の回りの状況について様々な判断を行いながら行動を決定している。しかし計算機はユーザが与えた入力に対して適切な行動を取ることはできるが、自分で周りの環境や状況について判断することは得意ではない。

Context-aware とは、自身の置かれた環境や状況などを特徴付ける情報 (context) を理解し、適応することのできるシステムを指す。例えば携帯電話に context-aware computing を組み込めば、ユーザがクラシックのコンサートを聴いている時など、音をたてるのが好ましくない状況で着信音が鳴ることは

ない。

3.1 Context の分類

Context には位置や時間、温度などの物理的な情報だけでなく、置かれた状況の社会的な意味合いやユーザの精神状態など周りの状況の特徴付けるあらゆる情報が含まれる。Dey の分類 [11](図5)によると、context は3つの entity (places, people, things) に対する4つの category (identity, location, status, time) に分けることができる。Identity は各々の entity を識別する固有の情報である。Location は単に地図上の位置だけを示すのではなく、方向や傾き、あるいは他の entity との相対的な位置関係も含む。Status は entity の状態を示す情報で、context の中で最も多様な種類がある。例えば場所の温度や静けさ、ユーザの健康状態や感情、行動などが含まれる。最後に Time は現在時刻、出来事の順序や、ある状態が続いている時間の長さなどの情報を指す。

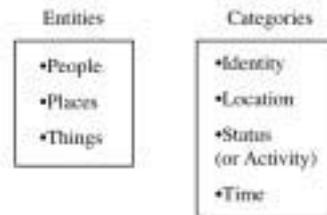


図5 Context の分類

3.2 Location の取得と利用

Context を計算機が認識するにはセンサなどの技術が必要になる。Context の中でも、Identity, Location, Time は比較的簡単に取得できる。中でも Location の取得には IR、RF、ultrasound など多くの技術が提案されている。

3.2.1 IR (赤外線)

IR (赤外線) は位置情報の取得手段のうち最も手軽で安価なものであり、特に context-aware の初期の研究では広く使われている。

Olivetti の Active Badge[23]は IR を用いて従業員の位置情報を取得するシステムのひとつで、context-aware に関する最初の研究と言われている。Active Badge は図6のような小さなバッジで、15秒おきに各バッジに固有の IR (赤外線) 信号を発信する。各従業員の身に付けた Active Badge の発信した信号は建物内に設置されたセンサによって感知され、研究所内の LAN を通じてひとつのサーバに集められる。位置情報を参照することで、従業員に連絡を取るのにその従業員の行きそうな全ての部屋に電話をかける必要がなくなる。



図6 Active Badge

PARCTab[24]は同様に IR を用いたシステムで、位置情報を取得するだけでなく、より積極的に利用するシステムである。ユーザは PARCTab のデバイス(図7)から、自分の現在いる部屋に関する情報を表示したり、書類を最も近いプリンタからプリントアウトしたりなど、位置情報を利用した様々なアプリケーションを実行することができる。



図7 PARCTAB

IRを用いる利点はデバイスが安く小さく作れることの他に、信号が壁を通り抜けないので部屋単位の精度が確実に確保できる点がある。逆に問題点としては、障害物の多い部屋では信号がセンサに届かない可能性があることが挙げられる。

3.2.2 RF (高周波)

位置情報を取得するもうひとつの一般的な手法として、RF (高周波)がある。RF は IR に比べて信号の届く範囲が広く、障害物を通り抜け、また大量のデータの通信が行える。

PinPoint 3D-iD[1]は RF を用いた商用のシステムである。各ユーザの身に付けたタグから RF 信号が発信され、建物内のアンテナがそれを感知する。タグの位置は複数のアンテナで感知された信号の強さから三角測量の要領で得られる。三角測量の手法は誤差が数メートルと正確なデータが得られる反面、建物内の各地点での実測データを用意する必要があるため、システムを新たに設置する際やアンテナの位置を変える際に多くの作業が必要になるのが欠点である。

RADAR[7]は既存の無線 LAN のネットワークをオフィス内での位置情報の取得に利用することを目的とした研究である。

位置情報を計算する方法として、PinPoint と同様の三角測量の他に、建物内の信号の伝播を数学モデルで表す方法を利用している。この方法は発信器と受信機間の距離や障害物(壁)の数、観測される信号の強さの関係を数学モデルで表し、三角測量の場合は実測で求めていたデータを計算で出すことができる。三角測量に比べ時間や手間がかからないが、誤差は大きくなる。

もうひとつ無線LANを用いたシステムにGUIDE[10]がある。GUIDE は位置情報を利用して観光旅行者の案内を行うシステムである。旅行者の案内システムは位置情報を実用的に利用できる例として、context-aware のアプリケーションでは最も多く研究されているもののひとつである。GUIDE は TeamPad というデバイスの上で地図上の現在位置や名所についての情報など、旅行者に有益な情報を表示する。また時刻の情報も利用して、効率よく名所を巡るための旅行プランを提案する。GUIDE は位置情報の取得のために観光の対象になりそうな場所に配置されたサーバを利用するが、旅行者用のシステムなので精度はそれほど必要とされないため、三角測量などの方法は用いない。その代わりに同時に2つのサーバが信号を受け取ることで距離でサーバを配置しておいて、それぞれのサーバの受信範囲で形作られるセル単位での位置情報を得る。

Cyberguide[5]も GUIDE と同じく旅行者の案内用のシステムで、GPS を用いて屋外での位置情報を得る。サーバを設置する必要がない代わりに、GUIDE と違い外部のデータにアクセスすることができないので、データを全てデバイスの内部に置いておく必要がある。これにより旅行者の利用できるデータの量に制限があることや、データを更新する時に手間がかかるといった問題がある。

3.2.3 ultrasound (超音波)

Ultrasound (超音波)を用いたシステムは、IR や RF に比べて非常に高い精度で位置を計測できる。Bat[14,3] (図8) は ultrasound を用いたシステムのひとつである。Bat は手のひらに収まる非常に小さなデバイスで、ベースステーションから RF 信号を受け取ると ultrasound 信号の発信が促される仕組みになっている。天井に設置された複数のセンサが信号を感知し、RF 信号が発信されてから ultrasound 信号が到達するまでの時間から Bat までの距離を計算し、三角測量によって位置を求める。10 立方メートルの部屋で実験を行ったところ、試行のうち 95%で誤差が9cm 以内であった。この高い精度を利用して、物体や人に複数の Bat をくっつけてその相対的な位置を求めることで、方向についての情報も得ることができる。

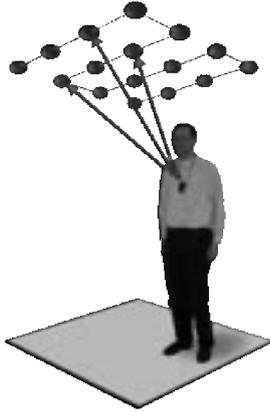


図8 Bat System

3.3.4 その他のLocation取得技術

上で紹介した以外にも位置情報の取得に使える様々な技術が存在する。センサを用いて自動的に位置を計測する技術には他にも Electromagnetic (電磁) センサや optical (光学) センサがある。Dallas semiconductors の iButton[2]は、金属製の丈夫な缶ケースの中にメモリが入ったもので、ワークステーションなどに接続された iButton 用レセプタにユーザが iButton を接触させることでメモリ内の固有の ID 情報をシステムに送る仕組みになっている。このシステムでは自動的に位置情報が取得されないため厳密には context-aware とは言えないが、システムへ位置情報を知らせるかどうかをユーザが選択できる利点があり、実用性は高い。同様にユーザ側にある程度の操作が要求されるシステムに、Rekimoto の Navicam[21] (図9) がある。これはバーコードの印刷されたシールを様々な場所に貼っておき、Navicam に搭載されたカメラでこのバーコードを映すとシステムがバーコードを認識して固有の情報が画面に表示されるというシステムである。単純な位置情報以外の Location としては、ジャイロを用いて傾きを感知するシステム[27]などがある。



図9 Navicam Screenshot

3.2 Statusの取得と利用

Context のうち Status は最も多様な情報を含むが、取り上

げている研究は Location に比べると少ない。Status のうち比較的簡単に取得できるのは部屋の温度や明るさなどの物理的な情報である。例えば Location の取得で紹介した Active Badge は、周りが暗くなると信号を発信する間隔を長くして、長時間使われずに机の引き出しなどにしまわれた場合に電池の減りを抑えるようになっている。これは部屋の明るさという Status を利用している例と言える。

ユーザの感情は一般的に物理的な Status とは考えられていないが、Healey の StartleCam[4]はそれを物理的に測定し、その情報を利用する context-aware システムである (図10)。StartleCam はユーザが興味を持って驚いた (Startle) した情景を映像として記録する。興味を持ったかどうかの判定は、人間の体に付けた2つの電極に電圧を与え、電流を測定することで行う。ユーザが興味を持って興奮すると汗をかくことで多くの電流が流れる。ユーザが興味を持っていると判断された場合、カメラの映像がローカルなハードディスクに保存されるか、インターネットを通してサーバに保存される。



図10 StartleCam

3.3 アプリケーションへの利用

以上で紹介したように、現実的に取得できる context は今のところ限られている。しかしこれらの情報をうまく用いることで、オフィス内での利用や旅行案内以外にも多くのアプリケーションが開発されている。

Dey の Conference Assistant[12]は会議の出席者を支援するシステムで、PinPoint 3D-ID を用いて取得する Location がベースになっている。機能には自分と仲間の位置の表示、現在いる部屋で行われている発表に関する情報の表示、メモ取りの支援、仲間との発表に対する評価の交換などがある。

Personalized Shopping Assistance[6]は買い物支援するシステムである。インターネットショッピングのような商品の検索システムや、顧客管理に基づく商品の推薦などの機能をショッピングセンターの客にも利用できるようにしたもので、これも Location のデータがベースになっている。Location のデータを顧客データと組み合わせることで効果的な商品の推薦が行

える。

これらの例のように context 情報は、処理を工夫したり、他の情報と組み合わせることで幅広いアプリケーションに利用できる。

4 . Peripheral Awareness

Peripheral Awareness は人間の知覚の周辺に溶け込む形で情報を提示する手法を扱う。知覚の周辺とは、人間が特に意識していない対象を指す。人間は日常生活において、特に意識していないものも含めた様々な対象から情報を得ている。例えば何かの作業に集中している時でも、足音がすれば誰かが近づいてくることが分かる。このように本来人間には豊富な情報認識能力が備わっていることを考えると、全ての情報をユーザの目の前のモニタに表示する従来のコンピュータは効率が悪し。Peripheral Awareness は、ユーザに「それとなく分かるような」形で情報を提示するので、ユーザは何か新しい情報を受け取る度に現在の作業から気をそらす必要がない。以下では情報提示の手法を大きく3種類に分けてPeripheral Awarenessの例を紹介する。

4 . 1 モニタ上での提示

Peripheral Awareness の最も簡単な例は、ディスプレイの隅などに、通常の作業の邪魔にならない大きさで情報を提示する手法である。身近な例を挙げると、メールの受信数を画面の隅のアイコンの変化で表示するものもそのひとつと言える。より多くの情報を peripheral に提示する手法の研究例としては、Cadiz らの Sideshow[9] や Zhao らの What's Happening? [26] などが挙げられる。

Sideshow はディスプレイの端に、同僚の勤務状況やメールの受信などの情報をまとめたバーを表示する手法(図11)であり、開発した Microsoft Research では13000人の従業員が Sideshow をダウンロードし、そのうち7000人が日常的に利用するようになった。



図11 Sideshow

What's Happening? は Sideshow と同様の GUI 表示に加

え、スクリーンセーバー上にも情報を提示するシステムである。これらのシステムに共通するのは、手軽で別個のデバイスなどを用意する必要が無く、メインディスプレイ上に表示するのでより具体的な情報を提示できる反面、同じディスプレイ上に表示するので情報を多く載せようとするとならば画面の上のスペースを多く取り、ユーザが作業から気をそらされる原因になる。

4 . 2 Sub-display での提示

メインモニタ以外に情報を提示する一般的な手法としては、Sub-display がよく用いられる。

MacIntyre らの Kimura[17] (図12) では、個人のコンピュータのディスプレイとは別に、プロジェクタを用いてホワイトボードに情報を投影する。ホワイトボードには過去に行った作業が古いものほど奥に隠れるように表示され、自分の作業の履歴が分かるようになっている。また、もしシステムが過去の作業に関連のある情報を新たに受け取った場合(作業に関連して送ったメールに返事が来た場合や、関連する人物が共同スペースに姿を表した場合など) その情報は最も重要な情報として、サブディスプレイの一番上に表示される。



図12 Kimura

もう一つサブディスプレイを用いた例としては、McCarthy らの Unicast, OutCast, GroupCast[18] (図13) がある。このシステムでは3つのサブディスプレイを用意し、それぞれが個人のデスクの隅、グループの共同スペースの壁、廊下の壁に設置され、それぞれ個人、グループのメンバー、グループ以外の人に向けた情報が表示される。



図13 Unicast

これらの sub-display を用いたシステムでは、同じディスプレイに表示しない分情報を表示する場所に対する制約がないが、sub-display に表示する内容はユーザが「それとなく」理解できて、メインの作業からあまり注意をそらさないように、具体的な情報は表示できず抽象的な画像による提示になる。

4.3 別個のデバイスでの提示

以上で紹介した研究例は全て情報をディスプレイ上に表示するものだが、全く別個のデバイスを用いた情報提示の手法の研究もある。これらの研究には、視覚だけでなく人間の他の感覚も活用することを目的としているものが多い。

Audio Aura[20]は音声情報のみを用いたシステムで、全ての情報を抽象的な音に変えて提示する。使用する音はアラーム音のようにユーザの注意を完全にそちらに向けてしまうようなものであってはならないので、カモメの鳴き声や波の音など自然の音を利用して、メールの受信や同僚の位置情報などを表している。

聴覚だけでなく、さらに多くの感覚に訴えかけるシステムも研究されている。その代表的なものには Pedersen らによる AROMA[19]がある。AROMA は「情報の抽象的な提示」を目指して作られたシステムで、抽象的なグラフィック、海辺の波の音、回転するメリーゴーランド型デバイス、パームレストの温度変化で情報を表現する。Ishii の AmbientROOM[16] (図 14)は、ユーザの周りに様々な反応をするデバイスを配置し、ユーザの周りの環境全体を一種のディスプレイとして利用する試みである。

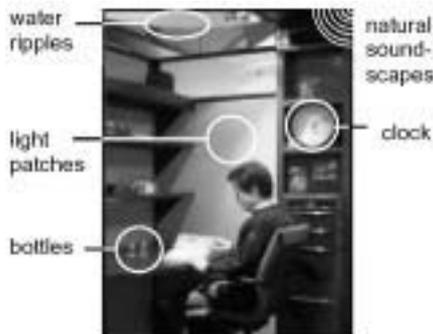


図 14 AmbientROOM

5. まとめと今後の展望

本稿では Workspace Awareness、Context-aware、Peripheral Awareness の 3 つの分野に注目してアウェアネスに関する研究を紹介してきた。まずそれぞれの分野の今後について考察を行う。

Workspace Awareness は今後 media space の流れを汲むようなリアルタイムで映像と音声を流すシステムと、個人の PC

向けの、必要な情報だけを的確に表示するシステムの 2 つの方向に発展していくと考えられる。そのどちらにおいても、今後は相手に関する社会的、心理的なものを含む様々な context を集めることが重要になってくると思われる。

Context-aware は位置情報の取得に関しては既に多くの研究がなされている。今後最も大きな問題は、社会的な意味や心理状態など、定量的な検出が難しいが、コミュニケーションに重要な役割を果たす context の取得であると思われる。

Peripheral awareness は実験的な提示手法の研究から特定の情報の提示を想定した実用的なアプリケーションへの応用にシフトしていくと思われる。この分野の研究の実用性を判定する上で非常に難しい問題として、出来上がったシステムをどのようにして評価するかという問題がある。

これらの分野の今後はお互いに独立したものではなく、互いに関連を持ちながら進んでいく。アウェアネス全体の今後としてひとつと言えることは、今後は具体的な目的を持ったアプリケーションベースでの研究が進んでいくと考えられることである。本稿で紹介したような様々な技術をうまく組み合わせて、特定の用途に役立つシステムが次々に開発されていこう。現在でも Context-aware で紹介した Conference Assistant や Personalized Shopping Assistance などが、既存の技術を組み合わせる実用的なシステムを構築している。

アウェアネスの研究全体の今後を考える上で避けては通れない問題がプライバシーの確保である。常に自分の映像がカメラで撮影されていたり、常に位置を把握されたりするのは一歩間違えるとプライバシーの侵害になる。現在までも Hudson[15]のようにプライバシーを考慮したシステムの提案が行われているが、研究がより実用的なアプリケーションにシフトしていくにつれて、より注目を浴びるようになると思われる。

最後にコピキタスコンピューティングとの関連を考える。コピキタスコンピューティングとは Weiser[25]が提唱した考え方で、環境の中に計算機を埋め込んで、ユーザから計算機が存在が見えなくなり、何も意識しなくても計算機が利用できるような状況を指す。少し注意すると、Context-aware や Peripheral Awareness は突き詰めればコピキタスコンピューティングの考え方に繋がることになる。Context-aware computing によって、情報を与えなくても自動的に状況を判断して行動を決定するデバイスが設計できる。また peripheral awareness によってディスプレイは環境に埋め込まれ、別々のデバイスが情報提示の役割を担うようになる。このような状況下では、ユーザが計算機を意識して操作することがなくなり、計算機は「見えなく」なる。つまり context-aware computing と peripheral awareness は、コピキタスコンピューティング環境のひとつの実現方法を示している。

参考文献

- [1]<http://www.rftechnologies.com/pinpoint/>
- [2]<http://www.ibutton.com/>
- [3]<http://www.uk.research.att.com/bat/>
- [4]<http://www-white.media.mit.edu/tech-reports/TR-468/>
- [5] Aboud, G.D., Atkeson, C.G., Hong, J., Long, S., Kooper, R., Pinkerton, M., Cyberguide: A mobile context-aware tour guide, *ACM Wireless Networks*, 1997, pp.421-433.
- [6] Asthana, A., Cravatts, M. & Krzyzanowski, P., An indoor wireless system for personalized shopping assistance, in: eds. Cabrera, L.-F. & Sattyanarayanan, M. *Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*. 1997. pp. 69-74.
- [7] Bahl, P. & Padmanabhan, V.N., RADAR: An In-Building RF Based User Location and Tracking System, *In Proceedings of IEEE INFOCOM 2000*, 2000.
- [8] Bly, S.A., Harrison, S.R. & Irwin, S. Media spaces: Bringing people together in a video, audio, and computing environment, *Communications of the ACM*, 1993.
- [9] Cadiz, J.J., Venolia, G., Jancke, G., Gupta, A., Designing and deploying an information awareness interface, *Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work*, 2002.
- [10] Cheverst, K., Davies, N., Mitchell, K., Friday, A., Experiences of developing and deploying a context-aware tourist guide: the GUIDE project, *Proceedings of the sixth annual international conference on Mobile computing and networking*, 2000.
- [11] Dey, A. and Abowd, G. D., Salber, D., A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications, *In HUMAN-COMPUTER-INTERACTION*, 2001.
- [12] Dey, A., Futakawa, M., Salber, D., & Abowd, G., The Conference Assistant: Combining Context-Awareness with Wearable Computing, *In Proceedings of the 3rd International Symposium on Wearable Computers*, 1999.
- [12] Dourish, P. & Bly, S. Portholes: Supporting awareness in a distributed work group. *Proceedings of the Conference on Computer-Human Interaction(CHI)*, 1992.
- [13] Dourish, P. & Bellotti, V. Awareness and coordination in a shared workspace. *Proceedings of the ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, 1992.
- [14] Harter, A., Hopper, A., Steggle, P., Ward, A., Webster, P., The anatomy of a context-aware application. *In MOBICOM 1999*, 1999.
- [15] Hudson, S.E. & Smith, I. Techniques for Addressing Fundamental Privacy and Disruption Tradeoffs in Awareness Support Systems. In: *Proceedings of CSCW '96*, 1996..
- [16] Ishii, H., Wisneski, C., Brave, S., Dahley, A., Gorbet, M., Ullmer, B., & Yarin, P. ambientROOM: Integrating Ambient Media with Architectural Space. In *CHI'98 Conference Summary*, 1998.
- [17] MacIntyre, B., Mynatt, E.D., Volda, S., Hansen, K.M., Tullio, J., Corso, G.M., Support for multitasking and background awareness using interactive peripheral displays, *Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology*, 2001.
- [18] McCarthy, J.F., Costa, T.J., & Liongosari, E.S., UniCast, OutCast & GroupCast: Three Steps Toward Ubiquitous, Peripheral Displays, *Proceedings of Ubicomp 2001 Conference*, 2001.
- [19] Mynatt, E.D., Back, M., Want, R., Baer, M., Ellis, J.B., Designing Audio Aura, *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 1998.
- [20] Pedersen, E., Sokoler, T. AROMA: Abstract Representation Of Presence Supporting Mutual Awareness. *Proceedings of CHI '97*, 1997.
- [21] Rekimoto, J., Nagao, K., The world through the computer: computer augmented interaction with real world environments, *Proceedings of the 8th annual ACM symposium on User interface and software technology*, 1995.
- [22] Shin-Ting, W., Luiz Gonzaga, D. S. Jr., Workspace Awareness in Relaxed WYSIWIS Systems. *In XV Brazillian Symposim on Computer Graphics and Image*, 2002.
- [23] Want, R., Hopper, A., Falcao, V. & Gibbons, J. The active badge location system. *ACM Trans.* 1992.
- [24] Want, R., Schilit, B., Adams, A., Gold, R., Petersen, K., Goldberg, D., Ellis, J. & Weiser, M. The ParcTab Ubiquitous Computing Experiment. *Technical Report*, 1995.
- [25] Weiser, M. (1991) The Computer of the Twenty-First Century. *In Scientific American*, 1991.
- [26] Zhao, Q.A., & Stasko, J.T. What's Happening? The Community Awareness Application. In *CHI 2000 Extended Abstracts*, 2000.
- [27] Rekimoto, J., Tilting operations for small screen interfaces. *In ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 1996.