

解説

# コンテキスト アウェアネスを 用いた アプリケーション の研究動向



上岡 英史 国立情報学研究所

kamioka@nii.ac.jp

近年、主にユビキタスコンピューティングおよびヒューマンインタフェースの研究分野においてコンテキストアウェアネスへの関心が急速に高まっている。コンテキストアウェアネスを用いたアプリケーションは、コンピュータやネットワークシステムがユーザの行動や環境を自動的に把握し、ユーザが自ら明示的にはたらきかけなくてもそれらに応じた必要あるいは有益な情報を提供することを目的としたアプリケーションである。ここでは、現在行われているコンテキストアウェアネスの研究、および、それを用いたアプリケーションの研究開発動向について分かりやすく解説する。

## 人間の生活を豊かにしてくれるコンテキスト アウェア・アプリケーション

「あっ、そうだ！今日はせっかくホームセンターに行ったのだから切れていた倉庫の電球を買ってあげればよかった」とか、「バスがなかなか来ないなあ。確かに8:20って書いてあるのに。待てよ、今日は土曜日だから休日スケジュールの運行だ」というような経験を一度は誰もがしたことがあるのではないだろうか。そして、もしホームセンターにいるときに携帯電話に「倉庫の電球が切れています」という電子メールが届き、また、バス停へ出かけようとしているときに家の玄関のインターホンのスイッチが入り、スピーカから「今日は休日なので電車やバスのスケジュールには注意しましょう」と音声メッセージが流れてくれたら、このような失敗を減らすことができ、我々の日常生活がより豊かで便利なものになるに違いない。

もう1つの例を見てみよう。いま、1組の恋人同士が喫茶店で話をしている。どうやら昨夜電話で口論となり、まったく進展がないので会って話をする事になったらしい。すると彼女は、「やっぱり会って話せてよか

った。電話ではお互いの気持ちがなかなか通じないし、顔が見えるほうが素直な気持ちになれる」と言った。人間がface-to-faceで話をするときには相手の口調やジェスチャーなどを自然に観測しており、それらが声だけの電話の場合と比べて会話をより豊かなものにしていくのである。ここで重要なのは、2人は相手の口調やジェスチャーなどを無意識のうちに感じ取り、相手が話す言葉の裏に隠れた気持ちを自然に理解し合っていることである。もし、口調やジェスチャーで表現されるべきものを言葉だけで表現したらどうなるであろうか。おそらく会話は言い訳がましい単語が長々と、かつ、淡々とあたかもロボットが事務的に要件を話すようなものであり、きっと相手は聞く耳さえ持たなくなってしまうであろう。

これらの3つの例に共通しているものは、人間が現在置かれている状況を自動的または自然に取得し、それらをもとにその人が必要としている情報、あるいは、その人にとって有意義な情報を判断し、それらの情報を人間に知らせていることである。人間と人間との間ではこれらのことはごく当たり前に行われているが、相手がコンピュータの場合には人間の言葉、常識、気持ちを理解することができないため、同じようにはいかない。このような人間とコンピュータとの相互作用をより豊かなも

研究社 新英和中辞典	(1) [文章の] 前後関係, 文脈, 脈絡, コンテキスト (2) [ある事柄の] 状況, 環境
ロングマン 現代英英辞典	(1) the situation, events, or information that are related to something, and that help you to understand it better (2) the words and sentences that come before and after a particular word, and that help you to understand the meaning of the word

表-1 辞書における“context”の説明

のにするために近年活発に行われてきている研究が、コンテキストウェア・アプリケーションである。

次章以降では、コンテキストとは何か、コンテキストウェアネスの意味するもの、コンテキストウェア・アプリケーションの研究動向について解説し、最後にコンテキストウェアネスの課題と将来像について述べる。

## コンテキストとは何か？

「コンテキスト (context)」を辞書で調べてみると、表-1のように解説されている。しかしながら、これらはあまりに一般的すぎてコンテキストウェア・コンピューティングにおけるその定義を理解するには役に立たない。

一方、コンテキストウェアネスの研究者たちによるコンテキストの定義を参照してみると、「コンテキストとは、場所、方向、近くの人や物体のアイデンティティおよびそれらの変化、時刻、季節、温度、感情、関心の焦点」、などと列挙されている。これらは辞書の説明に比べると具体的ではあるが、依然複雑でどのように応用していくのか分かりにくい。

コンテキストウェアネスの一研究者である Anind K. Deyらは文献<sup>1)</sup>でコンテキストの定義に関するサーベイの結果、コンテキストの類義語である“環境 (environment)”という語を用いて比較的分かりやすい説明を行っているのでここで引用してみたい。

「コンテキストとは絶えず変化している実行環境であり、以下の3つの環境を含む。

- Computing environment : 利用できるプロセッサ, ユーザが入出力のためにアクセスできるデバイス, ネットワークの能力および連結性, コンピューティングコスト
- User environment : 位置, 近くにいる人, 社会的状況
- Physical environment : 明るさ, 騒音レベル]

さらに、彼らはコンテキストの定義として、以下のよう述べている。

「コンテキストとは、ユーザとアプリケーションとの

間の相互作用に関連すると考えられるエンティティ (たとえば、人、場所、オブジェクト) の状況の特徴化するために利用し得るあらゆる情報である。典型的なコンテキストとしては、人々やグループ、計算上あるいは物理的なオブジェクトの場所、アイデンティティ、状態、などが挙げられる」

コンテキストウェア・アプリケーションを議論する上では、この定義は直感的に理解しやすいと思われる。しかしながら、コンテキストウェアネスの研究者たちは自分たちの研究を説明する上でコンテキストを定義、分類しているのが現状であり、今後もこれらの定義は変化していくものと思われる。

## コンテキストウェアネスとそのアプリケーション

前章で述べたコンテキストをもとに、ここではコンテキストウェアネスとそのアプリケーションとは何かを具体的に考えてみる。

コンテキストウェアネスとは、コンテキスト情報を検知かつ取得することを意味するように思えるが、取得したコンテキスト単体ではユーザの状況を十分理解することができず、いくつかのコンテキストを取得・解釈することによってより上位のコンテキストを把握するのが一般的である

したがって、ここでは取得後のコンテキスト情報の処理まで含めてコンテキストウェアネスと呼ぶことにする。コンテキストウェア・アプリケーションとは、コンテキストウェアネスによって取得したコンテキストをもとにそれらを解釈し、ユーザが必要とする情報やユーザにとって有意義な情報を判断し、場合によってはこれらの情報を外部データベースなどから取得し、ユーザの現在のコンテキストに適合したかたちでこれらの情報を提供するアプリケーションである。

コンテキストの取得方法は、センサ情報 (体温、現在位置など) から取得する、現存する情報 (予定表、天気予報、株価情報など) から取得する、ユーザモデルやタスクモデルから取得する、使用しているコンピュータ機

器の状態やユーザによるコンピュータ機器の操作状態から取得する、ユーザによる明示的な入力から取得する、などさまざまである。

センサからの直接的なコンテキスト情報の取得は一般的に低位レベルのコンテキストであり、実際にはさらに付加的なコンテキスト情報あるいは既存情報を組み合わせてユーザが必要とする情報を形成するが多い。たとえば、ある会社の会議室にIDカードを使って入ってきた社員がいる場合を考えてみる。センサはその社員の社員コードを認識しているであろう。しかし、他の人が知りたいのはその社員コードではなく会議室には誰がいるのか、あるいは、現在そこで会議が行われているかなどであり、より上位のコンテキストを取得するためにさらなる情報が必要である。このようにユーザが必要とする情報を提供するために取得したコンテキストをアプリケーションに引き渡すこともコンテキストウェア・アプリケーションの重要な役割である。

では、これらのコンテキストウェア・アプリケーションは何のために使われるのであろうか。

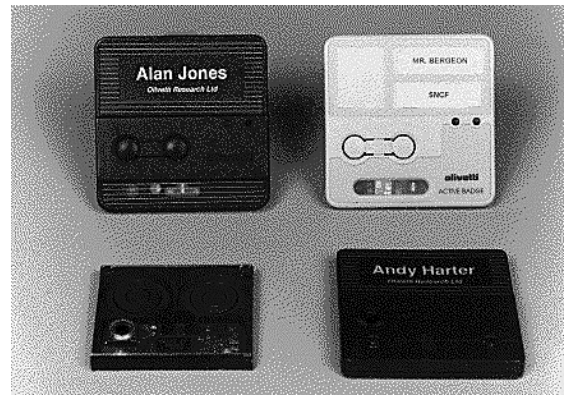
これは大きく分けて、(1) 人間の記憶のサポート、(2) 人間の判断のサポート、(3) 人間の行動のサポート、の3つが考えられる。(1) は人間が何かしなければならないことがあるときにそれを通知する、(2) は人間が何かをするときに何種類もの方法があるとき最適な方法を教える、(3) は人間が何かをするときに不明な点があるとき必要な情報を提供する、というものである。現在、研究されているコンテキストウェア・アプリケーションはおおよそこれらのどれか、あるいは、いくつかにまたがったコンセプトを持ったものとして分類されると思われる。

## コンテキストウェア・アプリケーションの研究動向

この章では、コンテキストウェアを用いたアプリケーションの研究事例を紹介する。

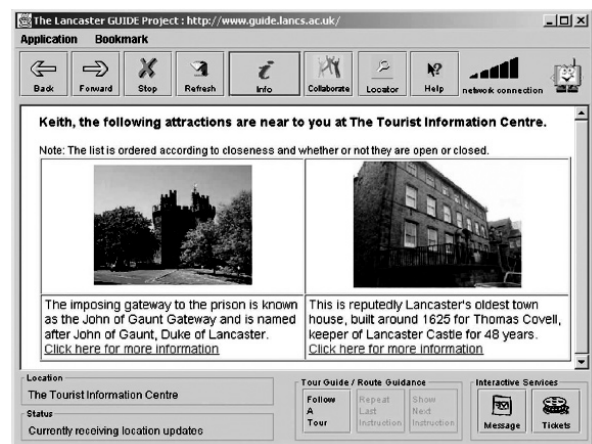
### ● Active Badge (図-1)

Active Badge<sup>2)</sup>システムは1990年にOlivetti研究所で開発され、最初のコンテキストウェア・アプリケーションといわれている。このシステムは、バッジをつけた人間の位置情報をもとにその人にかかってきた電話を近くの電話に転送するというアプリケーションである。Active Badgeを着けた社員が社内を移動すると、それが発するIRシグナルをオフィス内各所に設置してあるセ



(出典: <http://www.uk.research.att.com/thebadge.html>, AT&T Laboratories Cambridge)

図-1 Active Badge



(出典: Davies, N. et al: Using and Determining Location in a Context-Sensitive Tour Guide, IEEE Computer, Vol.34, No.8, 2001, ©2001 IEEE)

図-2 Lancaster Guide Project

ンサが検知し、その情報が位置情報としてサーバに記憶される。サーバからはバッジの現在位置を取得するためのコマンドを発することもでき、ある特定の場所にどのバッジが一番近くにあるかを見つけ出すことができる。

また、Active Badgeの発展型とでもいえるPDAサイズのコンピュータ、Parc Tabがゼロックスパロアルト研究所で開発された。位置情報の収集という機能に関してはActive Badgeと同じであるが、これ以外に電子メール表示機能、近くにあるプリンタを検出する機能などが備わっている。

### ● Lancasterガイド・プロジェクト (図-2)

Lancasterガイド・プロジェクト<sup>3)</sup>はユーザの位置というコンテキスト情報を用いて市内の観光案内を行うコンテキストウェア・アプリケーションである。場所情報の取得にはGPS (Global Positioning System) と802.11無線LANのビーコン情報を用い、また、ユーザの好み合わせたカスタムツアーも実現した。

このガイドシステムでは、観光客が無線LANカードを内蔵したペン入力型のタブレットコンピュータを持ち歩き、市内各地に設置された基地局と通信する。市内はいくつかのセルに分割されており、各セルにはセル・サーバとよばれる情報提供サーバがあり、観光客があるセルに入ってくるとユーザ端末にそのセルの情報が記載されたページが同報される。

このアプリケーションの機能は以下の5つである。

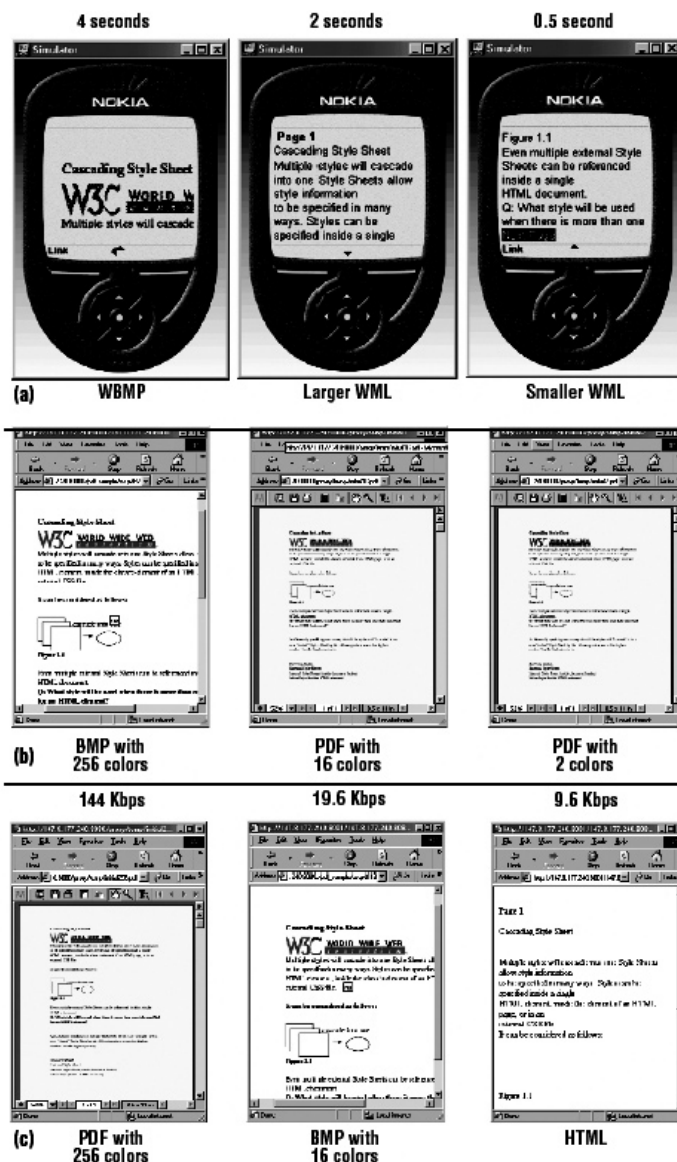
- 情報アクセス：観光客は現在位置をもとに観光情報を検索する。
- カスタムツアー：観光客が興味のあるスポットをいくつか入力すると、その情報をもとに適当な市内ツアーを設定し、場所の移動に関するルートガイダンスを行う。
- サービスアクセス：観光客は観光スポットのチケットやホテルの予約を行うことができる。
- メッセージの送受信：観光客は他の観光客やツアーリスト・インフォメーションセンタとメッセージを交換でき、仲間と連絡を取り合ったり質問をしたりできる。
- 協調作業ツール：観光客は自分の現在位置を仲間知らせることができ、また、他の人が残したある観光スポットに対する感想・印象データを共有することができる。

カスタムツアーの場合には、観光客が訪れたい場所、観光時間などを入力し、それをもとに食事の場所や興味のあるようなスポットを盛り込んでツアーのスケジュールを作成する。ただし、この場合には何通りものツアースケジュールが作成される可能性があるため、最終的に観光客がどこに到着したいかという情報を入力することによって最適なツアーを作成する工夫を施しているのも興味深い。

### ● コンテキストウェア・ディジジョンエンジン (図-3)

コンテキストウェア・ディジジョンエンジン<sup>4)</sup>は、ユーザが使用するデバイスおよびネットワークの能力と、アクセスするコンテンツのコーディングフォーマットとのネゴシエーションを行い、ユーザが満足する最適な表示フォーマットを決定する。

本アプリケーションでは、コンテンツはネゴシエーションにおいて決定されたコーディングフォーマットに変換するためにトランスコーダ(コンテンツのコーディン



(出典：Lum, W.Y. et al.: A Context-Aware Decision Engine for Content Adaptation, IEEE Pervasive Computing, Vol.1, No.3, 2002, ©2002 IEEE)

図-3 Context-Aware Decision Engine

グフォーマットを変換するサーバ)へ送られ、変換後そのコンテンツをユーザに送信する。

本アプリケーションでは、PDFで作成されたコンテンツを、以下の5つのデバイスおよびネットワークに関するコンテキストに適合するようにオリジナルコンテンツを変換する。なお、その際、ユーザによってプリファレンスが指定された場合はネゴシエーション時に考慮される。

- (1) カラー：コンテンツ表示に使用する色の数。
- (2) ダウンロード時間：ネットワークの帯域に依存。
- (3) スケーリング：フォーマットとしてWML, HTML, bitmap, PDFを用意。

- (4) モダリティ：トランスコーディング時にオリジナルコンテンツをどの程度保持するかを示す規準。  
 (5) セグメント：図やリッチフォントの削除など、どの程度コンテンツの情報を切り落とすかを表す量。

本アプリケーションの実現性を確認するために、ユーザ端末としてデスクトップコンピュータとPDAを想定したシミュレータを作成している。このシミュレータは、ディスプレイの解像度やメモリバッファ容量などデバイスにかかわるコンテキストを自由に設定でき、それらの情報とコンテンツとの間で上記のコンテキストネゴシエーションを行うデモンストレーションを行っている。

近年、モバイル端末の普及に伴い、ディスプレイサイズや表示可能な画像フォーマットの制約が多くなり、デスクトップコンピュータで表示することが前提となったコンテンツにアクセスした場合に十分満足のいく表示ができないことに着目した研究である。

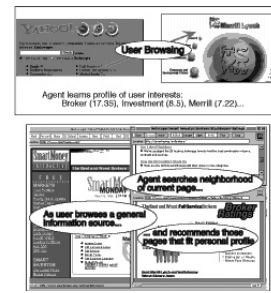
#### ●ソフトウェアエージェント Letizia (図-4)

Letizia<sup>5)</sup>はユーザのコンテキストを活用したソフトウェアエージェントで、ユーザのWebアクセス履歴を記録・分析してユーザプロファイルを作成し、これをもとにユーザが興味を持ちそうなWebページを予測して表示する。たとえば、ユーザが投資ブローカ関係のWebページをアクセスしていたことを記憶しておき、そのユーザが蓄財関係のWebページをアクセスしたときにブローカの格付けに関するページを自動的に表示する。

### コンテキストウェアネスの課題と将来像

これまでさまざまなコンテキストウェア・アプリケーションが研究開発されてきたが、その多くがコンテキストとして比較的取得しやすい場所情報を用いたものである。しかしながら、取得が難しいとされている人間の感情を検知するセンサもいくつか研究されているし、人間の行動(立っている、座っている、走っているなど)を用いたコンテキストウェア・アプリケーションも実用段階になっているので、近い将来においてはインビジブルコンピューティング(invisible computing)が実現できるものと期待している。

インビジブルコンピューティングはユビキタスコンピューティングの父といわれるMark Weiserが唱えた概念で、コンピュータが人間の生活に自然に溶け込み、最終的には人間の意識からコンピュータが消え失せるというものである。しかし、このような時代が訪れたときに問



(出典：http://lieber.www.media.mit.edu/people/lieber/Teaching/Context/Out-of-Context-Paper/Out-of-Context.html, Lieberman, H. et al: Media Laboratory, Massachusetts Institute of Technology)

図-4 Software Agent Letizia

題となるのがプライバシー問題である。

人間が気づかないところでコンピュータが動作するというは、人間が知らない間に個人情報も流れ出ていることにほかならない。このようなことに配慮したコンテキストウェアシステムにおけるプライバシー制御の研究も行われるようになってきた<sup>6)</sup>。今後は、先端技術の研究開発とプライバシー保護の両面からコンテキストウェア・アプリケーションを検討していく必要があるであろう。

**謝辞** 本稿を執筆するにあたり、カリフォルニア大学バークレー校のAnind K. Dey博士、および、国立情報学研究所の山田茂樹教授には多くの議論に参加していただき、また、貴重なアドバイスをいただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) Dey, A.K., Abowd, G.D. and Salber, D.: A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications, Human-Computer Interaction (HCI) Journal, Vol.16 (2-4), pp.97-166 (2001).
- 2) Want, R., Hopper, A., Falcao, V. and Gibbons, J.: The Active Badge Location System, ACM Transactions on Information Systems, 10(1), pp.91-102 (1992).
- 3) Davies, N., Cheverst, K., Mitchell, K. and Efrat, A.: Using and Determining Location in a Context-Sensitive Tour Guide, IEEE Computer, Vol.34, No.8, pp.35-41 (2001).
- 4) Lum, W.Y. and Lau, F.C.M.: A Context-Aware Decision Engine for Content Adaptation, IEEE Pervasive Computing, Vol.1, No.3, pp.41-49 (2002).
- 5) http://lieber.www.media.mit.edu/people/lieber/Teaching/Context/Out-of-Context-Paper/Out-of-Context.html
- 6) Jiang, X. and Landay, J.A.: Modeling Privacy Control in Context Aware Systems, IEEE Pervasive Computing, Vol.1, No.3, pp.59-63 (2002).

(平成 14 年 12 月 2 日受付)

