

M-81 ユビキタスコンピューティングを実現するための ルールに基づく入出力制御デバイス

A Rule-based I/O Control Device for Realizing Ubiquitous Computing

塚本 昌彦¹ 寺田 努² 早川 敬介³ 柏谷 篤³
Masahiko Tsukamoto Tsutomu Terada Keisuke Hayakawa Atsushi Kashitani

因果律に従う時間的継起の原則: 一切の変化は原因と結果とを結合する法則に従って生起する
相互作用或は相互性の法則に従う同時的存在の原則: およそ一切の実体は空間において同時的に存在するものとして知覚される限り完全な相互作用をなしている (Kant[1]).

1. はじめに

ユビキタスコンピューティング. 最近多大な注目を集めているこの言葉は, 「どこにでもあるコンピュータ(ユビキタスコンピュータ)」を利用する新しいコンピューティングスタイルを表している[2]. ユビキタスコンピュータとしては, 次のようなものが考えられる[3].

- ・ 「場所」コンピュータ: 現実空間のさまざまな場所に設置された据え置き型コンピュータ. あるいは, 壁や床などのあらゆる場所に埋め込まれたコンピュータ.
- ・ 「もの」コンピュータ: あらゆるものに内蔵され, その「もの」と常に一緒に存在するコンピュータ.
- ・ 「人」コンピュータ: 人が装着するウェアラブルコンピュータ. あるいは体に埋め込むインプラントコンピュータ.

これらのコンピュータはそのコンピュータが存在する場所にいる人や状況に応じて, 自律的に情報交換や物理動作を行う. 特に, 机, 椅子, 黒板, 窓, 道路など, 身の回りのありとあらゆるものにコンピュータが埋め込まれており, 多くのコンピュータはむしろ見えないものであるような状況[4]が想定されている. ここで, 各コンピュータは無線通信機能を持ち, 情報交換をして有機的にさまざまな機能を果たす. このような環境はこれまでにない新しいものであり, メールやWWWなど従来のアプリケーションを利用するのとは根本的に異なっている. そのため, これまでにない新しいコンピュータの枠組みが必要となる. 本稿ではユビキタスコンピューティングに求められる要件を抽出し, 必要機能を絞り込んだうえで, ルールに基づく入出力制御という枠組みを提案する.

2. ユビキタスコンピュータの要件

従来のコンピュータはディスプレイと入力装置を持ち, GUIやCUIによりユーザがシステムを操作して利用する. しかし, 「見えないコンピュータ」としてのユビキタスコ

ンピュータは, 基本的にディスプレイやキーボード, マウスを持たないものであり, ユーザがコンピュータを操作するのはまったく違う原理で動作させることを考えなければならない. すなわち, ユビキタスコンピュータは, 周りの状況を察知して, 他のユビキタスコンピュータと情報交換をし, 自律的に動作することが求められる. ここで, コンピュータに求められる要件として次のものを考える.

- ・ 自律性: ユーザがいなくても自律的に動作する.
- ・ 汎用性: さまざまな用途に利用できる.
- ・ 有機性: 複数のコンピュータが有機的に連動する.

実は実世界をよく観察してみると, すでにそのような機能をもつコンピュータが多数設置されている. それは以下のような「街角シーケンサ」である.

- ・ 街角の電灯は暗くなると自動的に点灯し, 明るくなると消灯する.
- ・ 夜間のエスカレータは動作モードを切り替え, 手前に人が近づくと一定時間動くモードになる.
- ・ 交差点に設置されたたたくさんの信号機は互いにうまく連動し, 正しく交通の整理をしている. 中には夜になると動作モードを変えて, 点滅信号になるものや, 車が止まるとそれを感知して信号が青になるようなものもある.

一般に, シーケンサ(プログラマブルコントローラ)のプログラミングには, ラダーと呼ばれる図的プログラミングが広く用いられている. このようなシーケンサは, あらゆるものに埋め込むユビキタスコンピュータとしては, (1) 大出力で大型, (2) 動作が固定, (3) 記述が全体的(wholly), (4) 複雑な計算や時間的な経緯, タイミングなどは記述しにくいなどの点で不十分である. 以下では, シーケンサの機能をもとにして, これらの点を補うためのユビキタスコンピュータの制御手法について述べる.

3. ルールによる入出力制御

一般に人間は現実世界の事象を因果的に捉える. 本稿ではこのような現実世界の物事の動作を理解する原理を, ユビキタスコンピュータの動作原理として適用する. すなわち, ユビキタスコンピュータのプログラミングは事象の因果関係を記述するルールとして与える. ここで, 因果関係を記述するための世界自体は次のようにモデル化する.

- ・ イベント(E): 実世界の事象
- ・ コンディション(C): 内部状態
- ・ アクション(A): 外部への動作と内部状態の更新

そして, これらのイベント, コンディション, アクションを組にしてルールを記述する. つまり, あるイベント(E)が起り, 特定のコンディション(C)を満たしているとき, そのアクション(A)を実行する, という動作原理を記述する. ECAの組として動作を記述する方式は, 古くからデー

*1: 大阪大学大学院情報科学研究科, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

*2: 大阪大学大学院サイバーメディアセンター, Cybermedia Center, Osaka University

*3: NEC インターネットシステム研究所, Internet Systems Research Laboratories, NEC Corp.

データベース分野で、自律的に動作するデータベース(アクティブデータベース)の動作を記述するのに使われてきたものである[5]。これはまたエキスパートシステムなどで人間の知識を効率よく表現するための if-then 形式とほぼ同等のものである。イベント、コンディショニングが if 部にあたるが、外部事象と内部状態をわけることで、イベント駆動型の効率よいエンジンを実現できる。ECA の形式で記述すべき機能としては、

- ・ 入出力の組み合わせパターン
- ・ コンピュータ間のメッセージ交換
- ・ タイマ
- ・ ルールの書き換え
- ・ 物体識別
- ・ データ蓄積

が挙げられる。これらを記述できるようにすることで、例えば表 1 に示すようなことが実現できる。

このほか、すべてのユビキタスコンピュータが備えていなくてもよい機能も数多く考えられる。ディスプレイ機能がそのひとつであるが、ユーザに直接何か情報を伝えるためには重要である。ダイヤルやキーなどの入力手段も同様であるが、これらはセンサの一種と考えてもよい。

4. 最後に

以上述べた基本的なユビキタスコンピューティングの考え方にに基づき、筆者らはユビキタスコンピュータのプロトタイプを実現している[8-11]。本稿では、さまざまな(広義の)ユビキタスコンピュータのなかでも、特にユーザが直接利用しない「見えない」コンピュータのモデルを明らかにすることを主眼に置いたが、人間が装着して直接利用するウェアラブルコンピューティング(「人」コンピュータ)

においてもルールによる制御が有効である[12]。今後は両者の統合を考えていく必要がある。将来のユビキタス・ウェアラブル環境において、本稿で示したルールに基づくシステムが重要な役割を担うものと期待する。

参考文献

- [1] カント(篠田訳):“純粋理性批判(上),”岩波文庫(1961).
- [2] M.Weiser: The Computer for the Twenty-first Century, Scientific American, pp.94-104 (1991).
- [3] 塚本ほか: ルールに基づく入出力制御によるユビキタスコンピューティング, ヒューマンインタフェースシンポジウム(HIS2002)論文集(2002, 掲載予定).
- [4] D.A.Norman: The Invisible Computer.
- [5] J.Widom and S.Ceri: Active Database Systems, Morgan Kaufmann Publishers, Inc. (1996).
- [6] StartleCam: A Cybernetic Wearable Camera, <http://www-white.media.mit.edu/tech-reports/TR-468/>.
- [7] 塚本: モバイル・マルチメディアによる 21 世紀音楽新世紀宣言, NTT コンピュータミュージックシンポジウム II (2001).
- [8] 寺田ほか: ユビキタスコンピューティングのための入出力制御デバイスの動作記述言語, FIT2002 論文集(2002, 掲載予定).
- [9] 早川ほか: ユビキタスコンピューティングのための入出力制御デバイスのハードウェアアーキテクチャ, FIT2002 論文集(2002, 掲載予定).
- [10] 義久ほか: ユビキタスコンピューティングのための入出力制御デバイスのソフトウェアアーキテクチャ, FIT2002 論文集(2002, 掲載予定).
- [11] 岸野ほか: ユビキタスコンピューティングのための入出力制御デバイスの PC 統合環境, FIT2002 論文集(2002, 掲載予定).
- [12] 塚本ほか: ウェアラブルコンピューティングのためのルール処理システム的设计と実装, FIT2002 論文集(2002, 掲載予定).

表 1: ルールによる入出力制御の例

<p>[入出力]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 駅に着いたらシステムが勝手に切符を購入する。 ・ ぶつかり警報機。人ごみでほかの人にぶつかりそうになると警報ブザーが鳴る。 ・ 子供が乗ってますランプ。後ろに車が近づくと点灯する。 ・ ごみ箱いっぱい警報ランプ。一定量を越えたらランプがつく。 ・ 黒板消しカウンタ。使用回数をカウントして一定回数に達するとクリーニングを促すランプがつく。 ・ 人体検出扇風機。人が近づくと動作する。 ・ ドッキリカメラ[6]。心拍数が上がるとカメラのシャッターがおりる。 ・ 薬の服用を促す薬箱。食後に忘れないように警告ブザーがなる。 ・ ユーザ行動にあわせて調光する電灯。アベックにはムードを出し、本を読むときには本にスポットを当てる。 ・ 天気の良い日には日光浴をしたがる植木鉢。 ・ 安全性を監視するネジ。 ・ 街角ジョギング演奏[7]。街角石畳を踏み場所によってなる音が変わる。 ・ 絵が傾いていることを検出するセンサ ・ 公園のベンチやオフィスの椅子で体重や体脂肪率が量れる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 期限を過ぎると悪臭を放つ閲覧板。 ・ 窓閉め忘れ警報ブザー ・ 水出しっぱなし警報ブザー ・ 黒板マグネットや貼り付けメモ、クリップに ToDo を書き期限を設定してあちこちに貼り付けておくと、期限間近の警報が鳴る。 <p>[ルールの追加・書き換え]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 日ごる通行者を監視している道路センサを使って、待ち合わせに遅れた A 君がこの道を通りかかったらメッセージを伝えるようにしておく。 ・ 祭日のイベントで、街中の踏切をそのまま使って、アトラクションゲームをする。 ・ 通常オートロックのモードで使っているドアを一時的に合言葉であくようにしておく。 ・ 生体センサを使って居眠り防止の振動機能をつけている椅子を踏み台に使う。そのとき振動機能を停止させておく。 ・ 教室におかれた自立走行型の机と椅子をすべて、スクール形式のモードからシアター形式のモードに切り替える。 <p>[物体識別]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 商品情報や合計金額を提示する買い物籠。 ・ 冷蔵庫内のものの管理。賞味期限の近いものを使った料理を示唆してくれる。 ・ 財布ロスト検出。 ・ 商品単位での流通の管理。 ・ 廃棄物の処理方法の追跡・監視。 <p>[データ蓄積]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 商品の製造工程の詳細を商品自体に記録しておく。 ・ ベットの一日の出来事を首輪に記録しておく。 ・ テレビや電子レンジなどの商品の利用時間や利用人数を記録しておき、廃棄時にデータ回収して商品開発に利用する。
<p>[メッセージ交換]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 共通の知人を持つ人が近くにいるとブザーが鳴る。 ・ 知人が近くにいるとブザーがなる。 ・ たくさんのコップを PC で制御して音楽を演奏する。 ・ 家の中のあらゆるものを外からインターネット経由で制御する。 ・ 街角監視カメラを使って記念撮影し、インターネットに画像をアップする。 ・ 街角の石畳を手元のパソコンの入力手段として利用する。 	
<p>[タイマ]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 一定時間冷蔵庫を開けっ放しにするとブザーが鳴る。 ・ 商品の賞味期限が近づくにつれ警告のインジケータが点灯する。 	