

# 場所に応じた行動履歴解釈機能を有するユビキタスセンサ・知識ベース 統合型アクティブ・マルチ DBS の実現方式

矢部 竜太<sup>†</sup> 倉林 修一<sup>‡</sup> 清木 康<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 慶應義塾大学総合政策学部 〒252-0805 神奈川県藤沢市遠藤 5322

<sup>‡</sup> 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 〒252-0805 神奈川県藤沢市遠藤 5322

<sup>††</sup> 慶應義塾大学環境情報学部 〒252-0805 神奈川県藤沢市遠藤 5322

E-mail: <sup>†</sup> <sup>‡</sup> <sup>††</sup> {s06934ry, kurabaya, kiyoki}@sfc.keio.ac.jp

**あらまし** 本稿では、実生活環境における環境設置型センサ機器、および、モバイル機器に付与されている移動型センサ機器から取得するセンシング情報を対象として、ユビキタス・コンピューティング環境において実生活を送る利用者の状況の変化を自動的に検出し、その状況に応じた情報配信やアラート動作を実行するユビキタス・アクティブ・マルチ DB システムを示す。本システムは、コンテキストが抽出されていない状況から特定の状況を検出する ECA ルール (Global-ECA) と、特定した状況における反応動作を実装する ECA ルール (Local-ECA) を連動させ、動的なサービスの選択・有効化・実行のシームレスな連結を伴う、実生活を送る利用者の状況の変化に応じた情報配信やアラート動作を実現するものである。この 2 種類の ECA ルールを連動させるルール言語として、Dual-ECA ルール言語を設計した。本稿では、プログラム可能なセンサネットワーク機器を用いた動的状況検出・情報配信機構の実現方法を示し、人体の基本動作を格納した知識ベースを用いた人体動作コンテキスト抽出、および、検索方式の実現ならびに実験により、本システムの実現可能性、および、有効性を示す。

**キーワード** アクティブ・マルチデータベース、ユビキタス・コンピューティング、センサ・データ処理

## An Active Multi-DBS for Integrating Ubiquitous Sensors and Knowledge Bases to Interpret Human's Behavior According to Spatial Contexts

Ryota YABE<sup>†</sup> Shuichi KURABAYASHI<sup>‡</sup> and Yasushi KIYOKI<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Faculty of Policy Management, Keio University 5322 Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252-8520 Japan

<sup>‡</sup> Graduate School of Media and Governance, Keio University 5322 Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252-8520 Japan

<sup>††</sup> Faculty of Environment and Information Studies, Keio University 5322 Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252-8520 Japan

E-mail: <sup>†</sup> <sup>‡</sup> <sup>††</sup> {s06934ry, kurabaya, kiyoki}@sfc.keio.ac.jp

**Abstract** In this paper, we present a ubiquitous active multi DB system which automatically detects situational changes of users and performs the information provision according to detected situations. The system uses both the environmental installation type sensor devices and mobile type sensor devices in order to sense environmental information. This system provides two types of Event-Condition-Action (ECA) rules as follows: i) Global-ECA rule for detecting a specific situation when the context is not extracted yet. ii) Local-ECA for specifying an actual reaction operation in the situation detected by Global-ECA. We have developed a prototype system, which selects, validates, and executes dynamic services seamlessly, for realizing automatic information provision according to the situational changes of users in everyday life. In this paper, we show the system implementation method for constructing automatic information provision mechanism according to dynamic situation detected by humans' behavior. Our method integrates a bunch of programmable sensor network devices and the knowledge base which stored the fundamental motion of the human body for extracting context from sequences of the humans' behavior.

**Keyword** Active Multidatabase, Ubiquitous Computing, Sensor Data Processing

### 1. はじめに

今日、社会における安心安全、および、快適な生活の実現のためには、既存のセンサ機器群と知識ベース群の情報源を横断した情報獲得による迅速かつ適切な情報獲得、分析が求められている。このような状況に

おいて、それら情報源の蓄積およびマルチデータベース化による連結、そして、それらのアクティブデータベース化による自動情報配信機構の実現が極めて重要である。アクティブデータベース[1]は、検索、更新などの操作に反応して、別の検索、更新のリアクション

を自動起動するイベント駆動型の DB システムである。

アクティブデータベースは、事象の発生(イベント)、状況判定(コンディション)、状況成立時の振る舞い(アクション)の三要素を一組にした Event-Condition-Action (ECA)ルールとして、自動起動の動作を記述する。ECA ルールは、E-C-A の各要素の処理において、それぞれ直行した操作を許容するため、「いつ」、「何を」、「どのように」配信するかを、統合的に記述可能であり、モバイルデータベース環境を対象としたアクティブデータベースシステム[2]や、ユビキタス環境における情報配信機能を実現するアクティブデータベースシステム[3]、モバイルコンピューティング環境における能動型情報配信方式[4]などが提案されている。

本稿では、日常かつ継続的な社会における安心安全、および、快適な生活の実現に寄与することを目的として、ユビキタス環境上に存在するセンサ機器から得られるユビキタス情報と、人体の基本動作に関して蓄積された知識ベースをリアルタイムに統合する、“ユビキタスセンサ・知識ベース統合型アクティブ・マルチデータベース・システム”の実現方式を示す。ユビキタス社会において、分野横断的な情報獲得、検索、分析が必要となる生活空間の安全化・快適化について、それらの分野の異種データベース間統合・検索・分析を実現するユビキタスセンサ・知識ベース統合型アクティブ・マルチデータベース・システムは、迅速な情報獲得による早期問題発見、問題解決方法の提示を行う、自動情報配信機構を実現する。

本システムの特徴は、コンテキストが抽出されていない状況から特定の状況を検出する ECA ルール (Global-ECA) と、特定した状況における反応動作を実装する ECA ルール (Local-ECA) を連動させ、動的なサービスの選択・有効化・実行のシームレスな連結を伴う、実生活を送る利用者の状況の変化に応じた情報配信やアラート動作を実現する点にある。本システムの基本機能は次の 4 機能である。

機能1：リアルタイム・センサデータ蓄積機能：本システムは、ユビキタス環境に設置された各種センサ、および、利用者が身につけている各種センサから取得するデータを、データベースに格納する機能を有する。

機能2：位置情報取得機能：本システムは、ユビキタス環境に設置された各種センサ、および、利用者が身につけている各種センサの識別子や電波強度を用いて、利用者の位置を検出する機能を有する。本稿では、具体的な実装として、サン・マイクロシステムズ社の SunSPOT<sup>1</sup>を用いて、

SunSPOT の ID、および、SunSPOT に接続されたセンサ値を用いた場所検知機能を実現するシステムを示す。

機能3：Global-ECA 処理機能：本システムでは、事前準備として、ユビキタス環境の各場所に、予めその場所における利用者の動作の意味を記述する知識ベースを設定する。本システムは、利用者の現在位置に応じて、これら知識ベースを自動的に選択する。また、本システムは、選択した知識ベースを用いて、ユーザの動作状況を検出し、適切な情報配信を行う。

機能4：Local-ECA 処理機能：本システムは、利用者が身につけているセンサ機器から取得した動作パターンと、知識ベース上に格納されたセンサデータとの相関量演算をリアルタイムに行う。相関量演算により得られた動作パターンと、直前に検出した動作パターンの遷移可能性を、動作状況遷移グラフを用いて計量し、遷移可能な動作であれば、利用者の動作状況として検出する。このように、本システムにおける知識ベースは、動作パターンと動作の遷移可能性定義グラフの 2 つのデータを格納している。

本稿では、プログラム可能なセンサネットワーク機器を用いた動的状況検出・情報配信機構の実現方法を示し、人体の基本動作を格納した知識ベースを用いた人体動作コンテキスト抽出、および、検索方式の実現ならびに実験により、本システムの実現可能性、および、有効性を示す。

## 2. ユビキタス・アクティブ・マルチ DBS

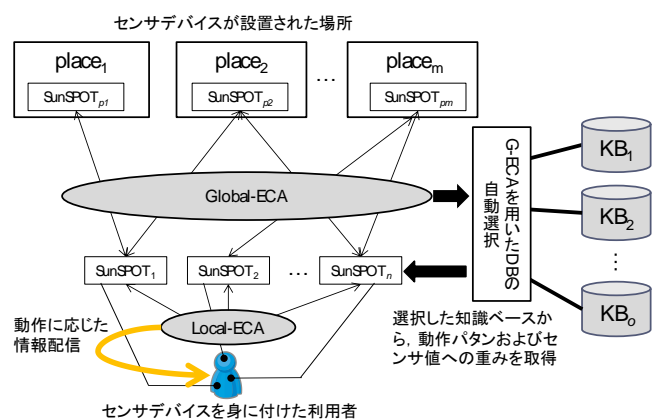


図 1 2 種類の ECA ルールを用いてユビキタスセンサと知識ベースを連結するアクティブ・マルチ DBS

ユビキタス・アクティブ・マルチ DBS のシステム構成、および、基本機能について述べる。本システムは、コンテキストが抽出されていない状況から特定の状況

<sup>1</sup> <http://jp.sun.com/products/software/sunspot/>

を検出する ECA ルール(Global-ECA)と、特定した状況における反応動作を実装する ECA ルール(Local-ECA)を連動させ、実生活を送る利用者の状況の変化に応じた情報配信やアラート動作を実現する(図 1).

本システムの特徴は、場所に応じて変化する利用者の動作の意味を抽出するために、すなわち、時系列加速度変化マトリクスにおける基本動作との相関量を計量するために、場所とセンサを組合せに応じて、複数の知識ベースを用いる点にある。本方式の利点は、広域環境における多様なアプリケーション依存の動作検出を目的として、場所に応じて知識ベースを切り替える機構を有する点にある。利用者にとって利用可能なセンサデバイスのプロフィールと、場所に応じた知識ベースの動的な選択によって、利用者の「今」、「その場」における動作の意味を検出し、適切な情報配信に結びつけることが出来るようになる。

本システムは、プログラム可能なセンサネットワーク機器である SunSPOT を用いて、これらの Local-ECA, および, Global-ECA ルールの処理系を実現する。本システムでは, SunSPOT を, 部屋や場所に関連づけられたユビキタスセンサとして, そして, 利用者が携帯するモバイルセンサの両方として利用する。本稿では, プロトタイプシステムとして, “小パーソナルスペース”上における, 3 軸センサを用いて検出可能なユーザの物理的動作を対象とした知識ベースを実際に構築した。

### 2.1. 基本データ構造:時系列加速度変化マトリクス

本節では, 基本動作検出に用いるセンサ値 (AP) のデータ構造として, 加速度変化マトリクスについて述べる。加速度変化マトリクスでは, 各列は 3 軸センサから取得される x 軸, y 軸, z 軸を示し, 行は時系列を示す。各セルは, 加速度の差分値を格納する(図 2)。

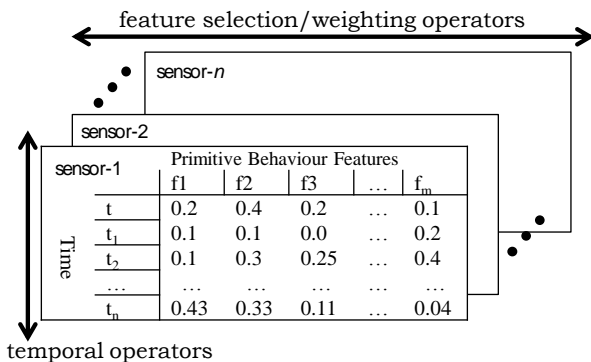


図 2 加速度変化と基本動作の相関量マトリクス

### 2.2. 基本動作検出に用いる知識ベース

本節では, 基本動作検出に用いる知識ベース群のデータ構造について述べる。本システムにおける知識ベースは, 動作パターンと動作の遷移可能性定義グラフ

の 2 つのデータを格納している。

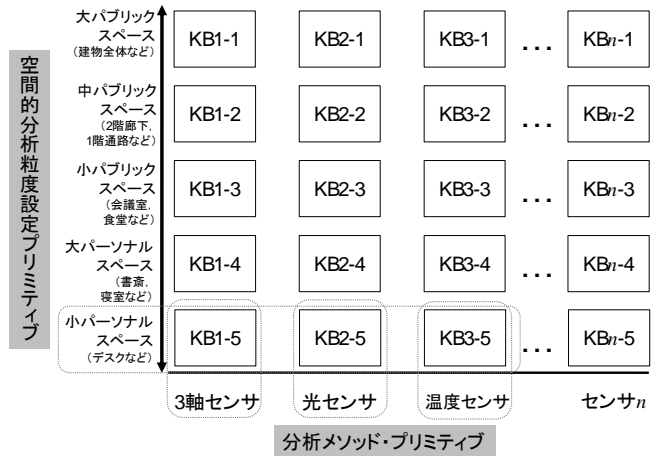


図 3 分析粒度設定と分析メソッドに応じた動作パターン知識ベースを設定

- 加速度差分・基本動作相関量マトリクスは, 基本動作を列とし, 各行には相関量加速度の差分変化値を示し, 各セルには, 加速度の差分と検出したい各基本動作との相関量を格納する。本システムは, ユーザの動作によって検出された加速度の差分データを用いて本マトリクスを検索し, その検索結果として得られる相関量を, 別のマトリクスに蓄積する。蓄積した相関量は, さらに追加される相関量がなかった場合は減算処理の対象となる。本システムは, これらの加算・減算処理を繰り返す, 相関量があらかじめ設定されたしきい値を超えて蓄積された基本動作を, 実行された動作として抽出する。なお, このオペレーションの際にかけられる減算の式も Global-ECA によって動的に切り替えられる。本システムは, 図 3 に示すように, 加速度差分・基本動作相関量マトリクスを, 場所とアプリケーションの組合せに応じて, 複数構築し, これらの知識ベースと図 2 の加速度変化マトリクスと連結することによって, ユーザの動作の意味を検出する。
- 動作状況遷移可能性グラフは, 直前に検出した動作 A から遷移可能な動作群 S を求めるために, 動作状況の遷移可能性をグラフとして記述したものである。例えば, 座っている状態から立ちあがることは出来るが, 歩くという動作を行うことはできない, という各動作の遷移可能性を記述する。このグラフは, 有向循環グラフとなる。本システムは, 動作関係を示す有向循環グラフの記述にマトリクス形式を用いる。動作関係を示す有向循環グラフを記述するマトリクスは検出したい基本動作を各列とし, 行には特定の基本動作と列に記

述された各動作との遷移可能性を、1:遷移可能、および、0:遷移不可能として記述する。

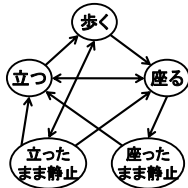


図 4 知識ベースにおける動作関係を示す有向循環グラフ

### 2.3. Global-ECA/Local-ECA ルールを用いた利用者コンテキスト抽出方式

本節では、Global-ECA/Local-ECA ルールを用いた利用者コンテキスト抽出方式について述べる。本システムは、図 4 に示すように、4 ステップの処理を実行し、利用者の動作を検出する。

- Step-0: Global-ECA ルールを用いた選択された知識ベースの選択

本システムは、SunSPOT の ID (MAC アドレス) を用いて SunSPOT 端末の識別を行う。SunSPOT を身に付けた利用者の位置を検出するために、利用者側 SunSPOT は、定期的にブロードキャストメッセージを発行している。部屋などに設置されたユビキタス環境側 SunSPOT は、このブロードキャストメッセージを受信すると、送信側 SunSPOT へレスポンス・パケットを送信する。利用者側 SunSPOT は、レスポンスパケットを受信し、到達可能であることが確認された全てのユビキタス環境側 SunSPOT とストリーム通信を開き、当該 SunSPOT の RSSI を取得する。利用者側 SunSPOT は、予め設定された RSSI 値と位置情報のマッピングテーブルを用いて、利用者の現在位置を算出する。

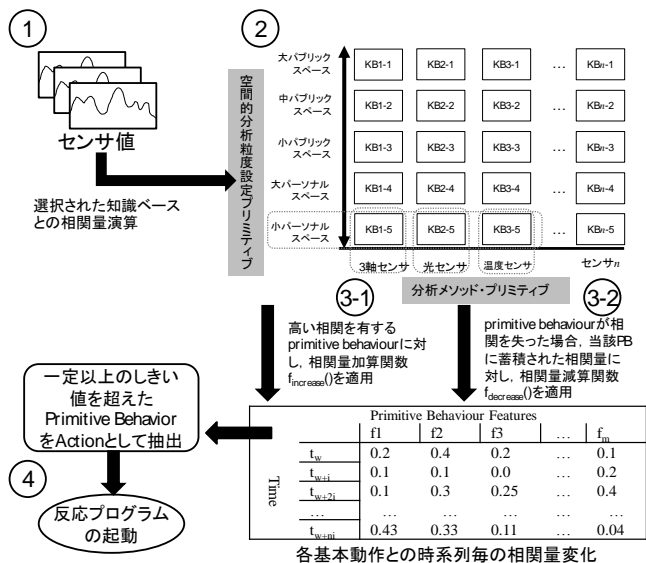


図 5 状況適応的知識ベース選択機構

- Step-1: センサ値の取得  
本システムは、位置情報を確認した利用者側 SunSPOT と信頼性のあるストリーム通信を開き、当該 SunSPOT の 3 軸センサ値を取得する。

- Step-2: 利用者側 SunSPOT の位置情報に応じて選択された知識ベースとセンサ値との照合

本システムは、知識ベース内の動作パターン加速度変化ベクトルを対象として、ユーザの動作によって検出された加速度変化ベクトルとの類似性を判定するために、両ベクトル間の差分を相関量として計量し、差分が大きい値  $t$  を以下の時に、予め動作パターンに設定されたスコアを、各基本動作との時系列毎の相関量変化を示すマトリクスに該当するセルに加算する。このマトリクス上の値の変化を、本方式では、基本動作相関量と呼ぶ。

- Step-3-1: 相関量加算関数の適用  
Step-2 を実行する際、高い基本動作相関量を有する動作に対し、相関量加算関数  $f_{increase}()$  を適用する。

- Step-3-2: 相関量減算関数の適用  
Step-2 を実行する際、ある特定の基本動作相関量の加算値がゼロになった場合、当該基本動作に蓄積された相関量に対し、相関量減算関数  $f_{decrease}()$  を適用

- Step-4: アクションの抽出とトリガ起動  
一定以上のしきい値を超えた基本動作をアクションとして抽出し、動作関係を有する有向循環グラフを用いて直前の状態からその動作への遷移可能性を検証する。当該動作が遷移可能であると判断された時、そのアクションを実行されたものとして抽出し、当該アクションと紐付けされたプログラムを起動する。

### 3. Global-ECA/Local-ECA ルールを実行するアクティブ・マルチ DBS の実装

本節では本方式の実現方式について述べる。本実現方式においてはサン・マイクロシステムズが開発した無線センサーネットワークデバイス Sun SPOT を用いる (図 5)。Sun SPOT は Java によるプログラミングが可能であり、開発には Java1.6.0\_07 を用いた。



図 6 SunSPOT を用いた実験環境

Sun SPOT はベースステーションとワイヤレスセンサーデバイスの二種類があるが、そのどちらにもプログラミングを施すことが可能である。本実装方式においては、ワイヤレスセンサーデバイスは各種センサが取得した値を無線ネットワークに送信する。今回実装したシステムについてはベースステーション側のプログラムを中心に説明をする。また、本システムでは、利用者側 SunSPOT を、図 7 のように、利用者の背面中央部分に取り付け、利用者の動作パターンを検出する。

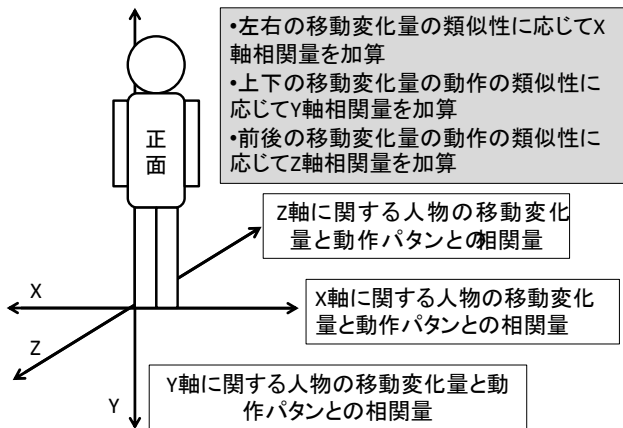


図 7 三軸センサを用いて計測した加速度変化量を対象とした動作検出方式

### 3.1. SunSPOT を用いた位置検出機能

本システムでは、各 SunSPOT 間の相対距離を電波強度を用いて計量し、利用者の現在位置を算出する機能を実現している。また、SunSPOT をネットワーク中で一意に識別可能な RSSI 値を用いた位置検出手法として、利用者が身に付けた SunSPOT からブロードキャストメッセージを発行し、データをやり取りした各 SunSPOT とストリーム通信を開き RSSI を取得、その数値から、利用者の現在位置を算出する。本システムは、次の 2 つのパラメタを検出する。

- パラメタ 1：本システムは、ユビキタスセンサを用いて、ユーザの周囲状況を推定するパラメタの検出を行う。例えば、利用者がある特定の部屋に入退出した場合に、その入退出記録を検出する。本システムは、パラメタ 1 の検出において、進入部屋や時間等に応じて、ユーザが部屋内で行う動作を検出するための知識ベースを選択する。
- パラメタ 2：本システムは、モバイル/ウェアラブルセンサを用いて、ユーザの動作を推定するパラメタの検出を行う。本システムは、パラメタ 2 を、利用者の動作パターンの集合として蓄積する。本システムは、Global-ECA を用いて取得したパラメタ 1 に応じて、Local-ECA におけるパラメタ 2 の蓄積方法を動的に切り替える。

- パラメタ 3：本システムは、センサ値からの情報だけで判定できない動作をはいていするため、直前の動作から、直後の動作を決定する機能を有する。これは例えば、静止状態を検出した際に、直前の動作が「歩く」等であれば、「立ったまま静止」というアクションを検出し、直前の動作が「座る」であれば、「座ったまま静止」というアクションを検出するものである。

### 3.2. データ収集サーバの実装

この節ではベースステーション側のプログラムのクラス構成について説明する。本システムは全部で 8 クラスのクラスファイル (ConnectClass, DataObserver, ReadTable, EvalRelation, RecordRelation, SunSpotHostApplication, DAG, ReadAttributeTable) から構成されている。各クラスの機能概要を次に示す。

- ConnectClass クラス：ワイヤレスセンサーデバイスからパケットを受信し、解析、そして必要なデータを取り出す機能を実現するクラス。
- ReadTable クラス：加速度差分と各種動作との相関量マトリクスを読み込み、取得されたセンサー値をもとに検索をかけるクラス。また、この時読み込むテーブルは G-ECA によって変更が動的に行われる。
- EvalRelation クラス：検索された各種動作との相関量を蓄積する。そして、一定の条件下において、蓄積された相関量が閾値を超えた動作を、直前に実行された動作として反応を返すクラス。
- DataObserver クラス：実験用の GUI を制御するクラスであり、パラメタの設定機能を有する。
- RecordRelation クラス：相関量蓄積の様子等を TSV ファイル上に記録するためのクラス。
- SunSpotHostApplication クラス：各種クラスを駆動するためのアプリケーション機能を提供するメインクラス。
- DAG クラス：動作関係を示す有向循環グラフを記述した CSV ファイルを読み込み、直前の動作と検出候補の動作から遷移可能かどうかを検証するクラス。
- ReadAttributeTable クラス：動作属性を記述した CSV ファイルを読み込み、静止に移行する際には、直前まで行われていた動作からその動作の属性を検証しその静止が立ち静止になるのか座り静止になるのかを判断するクラス。

本システムでは、上記のクラスを用いて以下の操作を実行する。1) SunSPOT が有するアドホック・ワイヤレス通信機能を用いて、加速度等の各種センサーデータを送信し、サーバと接続しているベースステーション SunSPOT を用いて受信する。2) 受信した加速度



データを用い、事前に用意したデータベース上で動作パタンの検索を行い、検出した動作パタンの相関量を取得する。3)相関量を条件に応じて減算を行いつつ、蓄積していく。4) 閾値を超えた動作があった場合、利用者の動作として検出する。

### 3.3. 相関量のリアルタイム可視化機能を有する ECA 処理系の実装

本システムにおいて Global-ECA を実現するベースステーション側のプログラムについて述べる。また、センサ値と知識ベース間の相関量をリアルタイムに計量・可視化する機能の実現方式を示す。Global-ECA は以下の二つの機能によって実現される。

- 利用者現在位置機能：部屋の各所に設置した Sun SPOT とユーザに取り付けられた Sun SPOT の通信の電波強度を取得し、そこからどの部屋にいるかを推測する機能。
- データ検索間隔の切り替え機能：Local-ECA を実現するプログラムのスレッド休止間隔を目的に応じて切り替える機能。

G-ECA は上記二つの機能を組み合わせる、利用者の状況に応じて動的に検索対象となる知識ベースを変更する。本稿では、SunSPOT を対象として、3 軸センサを値を用いて利用者のコンテキストを抽出するシステムの実現方式を示す。図 8 に、実現システムを稼働させ、2 台の SunSPOT の 3 軸センサから得られる値の可視化状況を示す。赤、緑、青のグラフが一台目の Sun SPOT のデータ、オレンジ、黄、黒のグラフが二台目の Sun SPOT のデータを示す。また、図 9 に、移動する利用者に取り付けられた SunSPOT を対象として、本システムを用いた利用者動作の抽出状況を示す。画面上の赤い横線が、動作抽出のしきい値を示し、縦のブロックが相関量の蓄積を示している。この画面上では、「座る」動作と、「歩く」動作の二つに相関量が蓄積している。この例では「座る」の相関量がしきい値を超えているため、システムは「座る」動作を検出する。

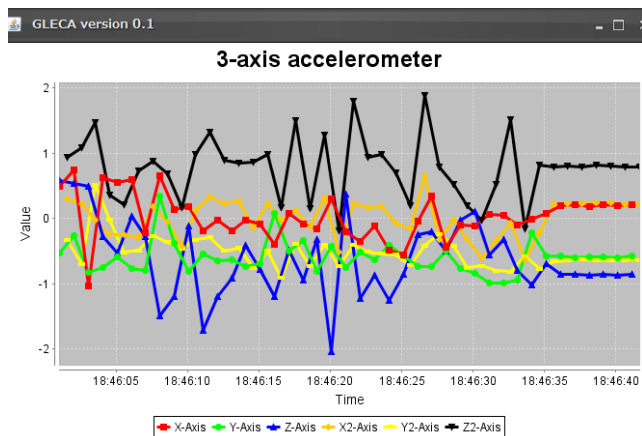


図 8 加速度センサ値情報可視化機構



図 9 相関量蓄積状況可視化機構

## 4. 実験

本節では、本システムの有効性、および、実現可能性を検証するために、実現したシステムを用いたコンテキスト抽出の精度評価を示す。本実験では、現在実装したシステムを利用して、利用者の「立つ」という動作、および、「静止」という動作（無動作）の二種類の動作を行ったときの相関量の蓄積されていく様子を記録し、利用者の実際の動作と、システムが検出する動作の比較を行った。実験は被験者 1 名の背面中央部分に Sun SPOT を 1 台を取り付け、椅子に座った状態から立ちあがる、及び立っている状態から座る、そして立った状態から約 5~6 秒間ほど研究室を歩くということを行った。その際に、相関量がどのように検出されたか、また、検出された動作はどのように変遷したかということについて記録した。

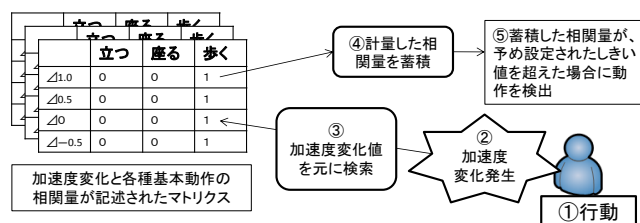


図 10 評価実験における動作検出の手順

表 1、および、表 2 に、記録した相関量の時系列的变化を示す。これらの表では、行は時系列、各列は検出対象動作を示す。今回の実験では、各列は左から『立つ,座る,歩く,静止』を表している。本実験では、正面方向に向かって歩行する動作（歩く）、および、垂直方向にかがむ動作（座る）を検出対象動作としたため、左右方向の加速度変化に対応する相関量は計量されず、全て 0 の値をとった。本方式は、3 軸センサから得られる値を直接動作検出の対象とせず、それらセンサ値の時系列的な加速度変化を対象として、動作パターンとの照合を行っている。この方式により、利用者の動作

中の小さなぶれ（ノイズ）があった場合は、加速度変化の値が微量なものとなり、相関量へ影響しないため、利用者の主たる大きな動作のみを対象とした相関量演算を実現した。

表 1. 「立つ」動作の相関量の時系列的な変化

X 軸相関量変化の様子 列：動作パタン名 行：時間推移	立つ	座る	歩く
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
Y 軸相関量変化の様子 列：動作パタン名 行：時間推移	立つ	座る	歩く
	0	0	0
	0	3	0
	3	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
Z 軸相関量変化の様子 列：動作パタン名 行：時間推移	立つ	座る	歩く
	0	0	0
	0	0	2
	0	0	2
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

表 2. 「歩く」動作の相関量の時系列的な変化

X 軸相関量変化の様子 列：動作パタン名 行：時間推移	立つ	座る	歩く
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
0	0	0	
Y 軸相関量変化の様子 列：動作パタン名 行：時間推移	立つ	座る	歩く
	0	0	0
	0	1	0
	1	0	0
	0	0	0
	3	0	0
	0	0	0
	1	0	0
	0	0	0
Z 軸相関量変化の様子 列：動作パタン名 行：時間推移	立つ	座る	歩く
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	2
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	2
	0	0	0
	0	0	0

● 実験 1「立つ→座る」の動作検出： **正解率 60%**  
 実験 1 では、利用者が立った状態から椅子へ座る際の動作を対象として基本動作の変化を抽出する。実験結果を図 11 に示す。本実験では、「立つ→座る」の直前に先に立つという動作の相関量が蓄積されたことが何度か観測されたが、これは動作関係を示す有向循環グラフによって遷移不可能な動作として、基本動作とし

ては検出されなかった。正解率が低い部分では、センサが上下の加速度を正しく検出できなかったために、別の動作を検出してしまっている。本実験の結果から、動作関係を示す有向循環グラフを用いた動作候補の絞り込みが有効に機能することがわかった。

● 実験 2「座る→立つ」の動作検出： **正解率 100%**  
 実験 2 では、利用者が椅子へ座っている状態から立ち上がる際の動作を対象として基本動作の変化を抽出する。実験結果を図 12 に示す。本実験では、立ち上がる際に歩く等の相関量も検出されたが、動作関係を示す有向循環グラフを用いて動作候補から取り除かれた結果、実行された動作として検出されなかった。  
 ● 実験 3「立つ→歩く」の動作検出： **正解率 80%**  
 （約 6 秒間の動作検出中、4 秒以上「歩く」及び「継続」を検出したものを正解とする）

実験 3 では、利用者が椅子から立ち上がり、歩き出す際の動作を対象として基本動作の変化を抽出する。実験結果を図 13 に示す。本実験では、継続が行われている部分では相関量の加算が行われていないにも関わらず「歩く」の継続動作とされているが、これは加速度センサの反動を検出しないようにするために、動作が検出された直後は相関量を加算しないという方式をとっているためである。

今回の実験においては全体的に単純な単一動作の検出においては有効性を示した。今後は、動作の複雑なシーケンスや、長期間にわたる動作を連続的に検出するための動作知識ベース構築を行う予定である。センサデータにノイズデータが混入すると、動作検出の精度に影響することがわかった。

## 5. まとめと今後の課題

本稿では、実生活環境における環境設置型センサ機器、および、モバイル機器に付与されている移動型センサ機器から取得するセンシング情報を対象として、ユビキタス・コンピューティング環境において実生活を送る利用者の状況の変化を自動的に検出し、その状況に応じた情報配信やアラート動作を実行するユビキタス・アクティブ・マルチ DB システムを示した。本システムは、コンテキストが抽出されていない状況から特定の状況を検出する ECA ルール(Global-ECA)と、特定した状況における反応動作を実装する ECA ルール(Local-ECA)を連動させ、動的なサービスの選択・有効化・実行のシームレスな連結を伴う、実生活を送る利用者の状況の変化に応じた情報配信やアラート動作を実現するものである。本稿では、プログラム可能なセンサネットワーク機器を用いた動的状況検出・情報配信機構の実現方法を示し、人体の基本動作を格納した知識ベースを用いた人体動作コンテキスト抽出、および、検索方式の実現ならびに実験により、本シス

テムの実現可能性を示した. 今後の研究の展開として, 実働環境における複雑な動作を行う利用者のコンテキスト抽出技術の開発を行う予定である.

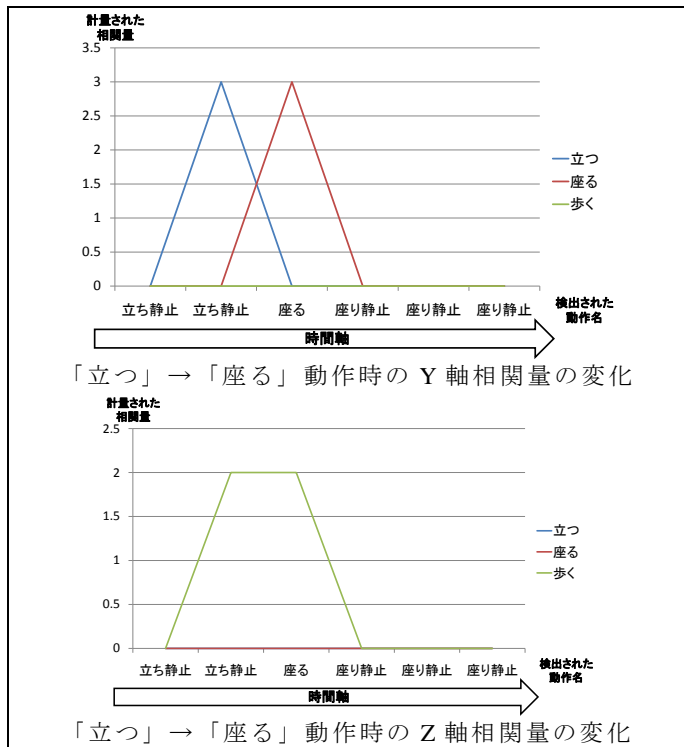


図 11 「立つ」→「座る」の動作検出における動作相関量の変化

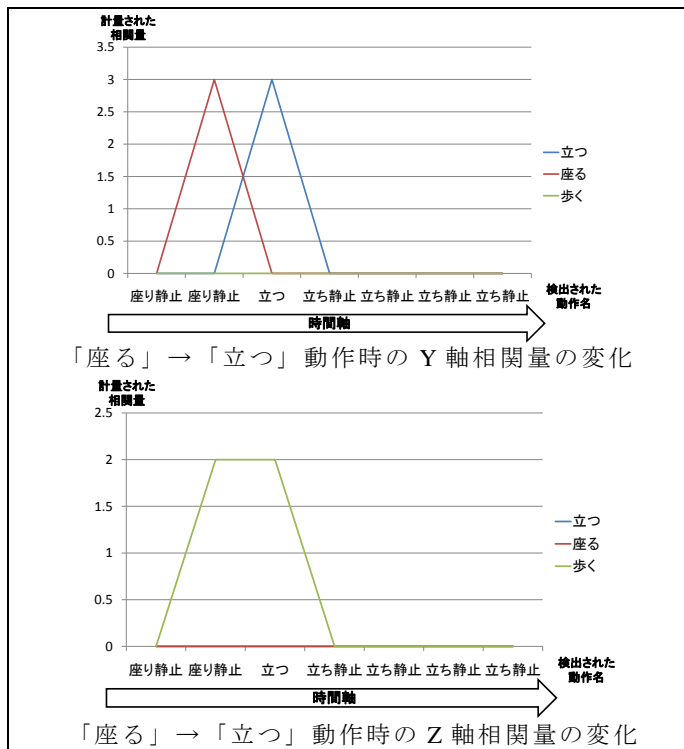


図 12 「座る」→「立つ」の動作検出における動作相関量の変化

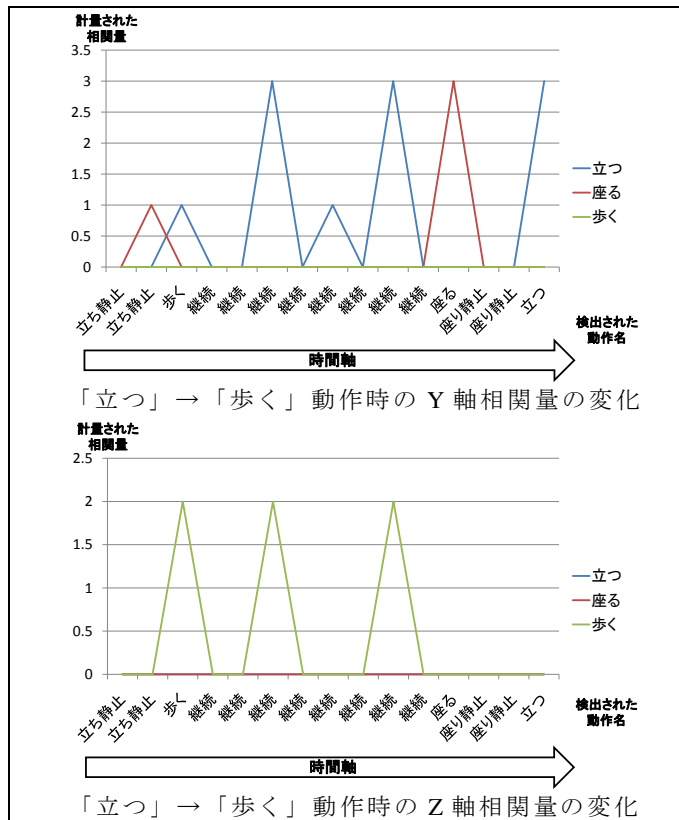


図 13 「立つ」→「歩く」の動作検出における動作相関量の変化

### 参考文献

- [1] 石川 博: “アクティブデータベース”, 情報処理, Vol.35, No.2, pp.120--129 (1994).
- [2] 寺田 努, 塚本昌彦, 西尾章治郎, “移動体計算環境におけるアクティブデータベースの動的トリグラフ構築機構の設計と実装,” 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.43, No. SIG12(TOD16), pp. 52--63 (Dec. 2002).
- [3] 宮前雅一, 寺田 努, 岸野泰恵, 塚本昌彦, 西尾章治郎, “ウェアラブル環境のためのイベント駆動型ナビゲーションプラットフォーム,” 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 3, pp. 694--703 (Mar. 2005).
- [4] 森薫, 倉林修一, 石橋直樹, 清木康: “モバイルコンピューティング環境におけるユーザ情報の動的計量による能動型情報配信方式”, 電子情報通信学会第 15 回データ工学ワークショップ (DEWS2004), 2004.