

(5) ユビキタスサービスのための 情報基盤技術

ユビキタス環境における多数のサービスの中から、ユーザの望むサービスに容易にアクセス可能とする情報基盤技術、ならびに、ユーザがサービスを利用する際に、センサネットワークを用いて状況把握を行い、サービスを快適に利用可能とする情報基盤技術について述べる。

いそ 磯	としき 俊樹	いそだ よしのり 磯田 佳徳	おおつじ きよた 大辻 清太
すずき ひろき 鈴木 裕紀	くらかけ しょうじ 倉掛 正治	すぎむら としあき 杉村 利明	

1. まえがき

近年、至る所でコンピューティングリソースが利用可能となりつつある。このユビキタスコンピューティングの概念を発展させたユビキタスサービスや、ユビキタスネットワークなどの新しい名称の通信サービスが注目されつつある。そして、「いつでも、どこでも、だれでも」コンピュータネットワークを用いたサービスを快適に利用できることが期待されている。このコンセプトの実現に向けた技術課題を分類してみると、サービスをさまざまなネットワークや端末の上で利用可能とする技術[1]と、実世界に遍在するコンピューティングリソースやその他の機械・モノに関する

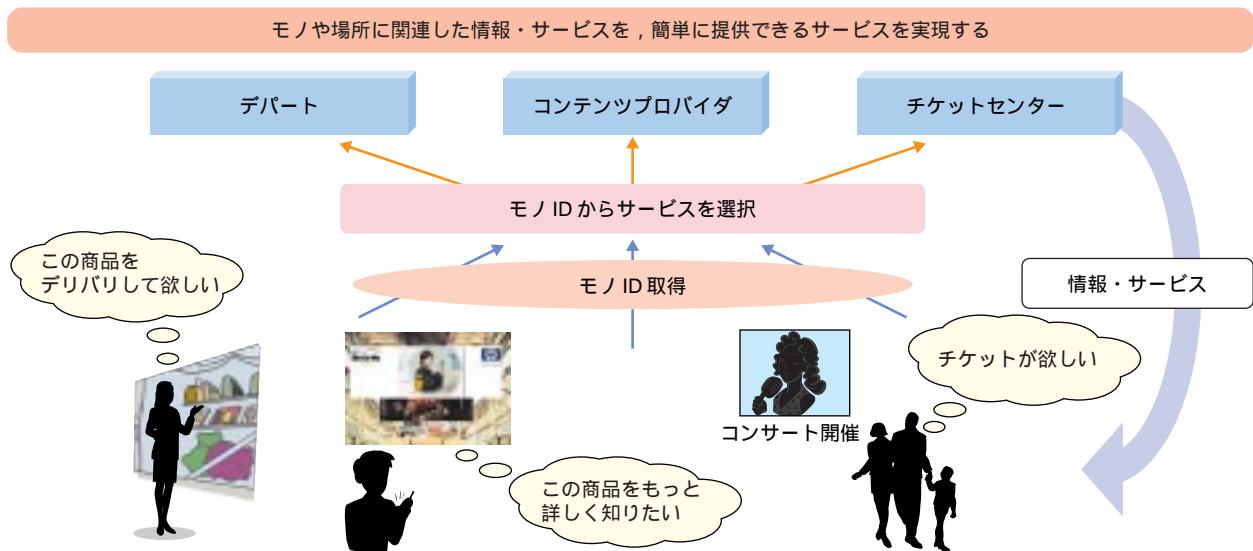


図1 ユビキタスサービス

るサービスを発見し、利用可能にする際の技術に分けることができる。

本稿では、後者に関する研究について述べる。2章では、携帯機を持ち運ぶという状況で、実世界の中のさまざまなモノと関連付けられたサービスからユーザが望むサービスを発見し、利用するための情報基盤技術について述べる。3章では、環境側で遍在させたセンサ情報を利用することで、ユーザの状況に合わせてより快適にサービスを利用するための技術について述べる。最後に4章でまとめを行う。

2. ユビキタス・ディスカバリ・サービス(UDS)プラットフォーム

2.1 はじめに

移动通信網の発展によって電子情報世界への接続がさらに容易になり、さまざまなサービスを受けられるようになった。しかし、このようなサービスの多様化は、従来のインターネットなどの有線ネットワークで享受できる範囲を超え、日常生活のあらゆるシーンのモバイル環境においても飛躍的に利用されるようになり、これらの多様化したサービスに対する広範な情報を適切に運用管理することが困難になってきている。そのため、モバイルユーザに適切なモバイルサービスを提供するユビキタスサービスを実現するためにも、多様化したサービスを管理するための情報基盤技術が不可欠となる(図1)。

そのような情報基盤技術の1つとして、ドコモでは実世界と情報とを結びつける技術について研究を進めている。

本章では、現実世界に存在する物理的存在(衣料品, 食料品, デバイス, 什器, 建物など)や論理的存在(場所, イベントなど)を一意に同定可能とする万物ID, ならびに

万物IDからサービスを取り出すユビキタス・ディスカバリ・サービス(UDS: Ubiquitous Discovery Service)プラットフォームについての研究成果*について説明する。

2.2 関連技術の動向

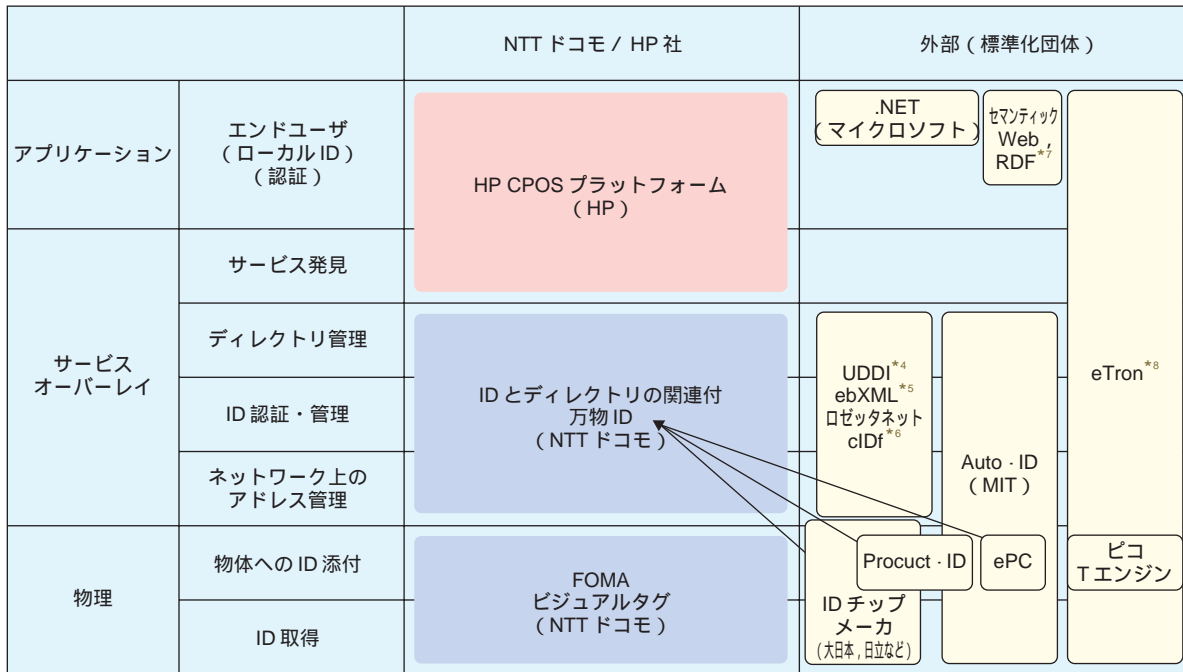
現実世界のモノとネットワーク上のサービスを関連付けるUDSを実現するためには、少なくとも次の機能が必要となる。

- ・現実世界の「モノ」がUDSプラットフォーム上で区別できる機能
- ・現実世界の「モノ」に関連するネットワーク上のサービスを発見できる機能

これは、モノ(電子コンテンツも含む)のID管理技術からサービス管理技術までが必要であることを意味する。しかし、現状では個別の技術が各方面でいろいろと提案されているものの、これらを体系的に網羅した技術は確立されていない(図2)。例えば、ID管理からサービス管理まで体系的な基盤技術を扱っているものとしてAuto-ID Center [2]があるが、ePC^{*1}という独自IDフォーマットを導入しており、既存IDとの親和性がない。また、多様なサービスの関連付けやコンテキストに応じたサービスを選択するための汎用的なサービス記述も規定されていない。

そこで本稿では、既存IDコードの親和性を考慮したIDの発行管理や、モバイル環境下でも利用可能なID読取機能, ならびにIDに連携するサービス管理機能まで体系的に整理し、提供できるUDSアーキテクチャとその実現について提案を行う。

* 本研究はドコモとヒューレット・パカード社と日本ヒューレット・パカード社との共同研究



本件は、ドコモと HP 社の共同研究である。

図2 関連技術マップ

2.3 UDS プラットフォームの概要

UDS プラットフォームは、万物IDから、それに関連するサービスをたどることが可能なユビキタスサービスをサポートする、ID 管理技術を中心としたサービスプラットフォーム[3]である(図3)。ここでいう万物IDとは、現実世界のモノをユニークに特定するための論理的識別子であり、バーコードやRFID(Radio Frequency Identification)など、一意性が保証された各コード体系から生成することができる。

また、このプラットフォーム上でよりリッチなユビキタスサービスを実現するためのスキームとして、サービスポータルがある。これは、ユーザの要求条件やコンテキストに適したサービスを見つけ出し、対象サービスに接続するものである。

UDS プラットフォームは、以下の要素技術から構成される。

(1) 万物ID 発行管理機構

この機構は、既存IDでも新規IDでも、それぞれのコード体系の中で一意性が保証されているものであれば、すべて“万物ID”という一意性を保証するための論理的なIDコードを発行管理するものである。原則、この万物IDは、UDS プラットフォームの中でさまざまなコード体系を区別するために用いられる論理コードであるが、新規にIDとして万物IDを発行することも可能である(図4)。万物IDの生成方式は、JAN^{*2}コードやISBN(International Standard Book Number)コードのような既存のIDの場合であれば、そのIDコード体系を表すName Space(例え

ばJAN、ISBNや個人などの発行依頼者のメールアドレスなど)とDate(発行依頼日)をtagAuthorityとして定義し、Name Spaceでの一意性が保証されたローカルIDと組み合わせたものから万物IDが生成できる(図4)。

この方式を導入することで、このプラットフォーム上ではJANやISBNなどの既存のIDコード体系もそのまま扱うことができるので、既存システムとの高い親和性を持つことが可能である

また、ビジュアルタグ(詳細は後述)など、携帯機カメラを使って読取可能な新規IDも、この万物IDの新規コードの1つとして発行管理することができる。

(2) BIND^{*3}(モノのIDとサービス連携)情報管理機構

この機構は、“BIND情報チケット”というモノに関する多様な関連情報が表現できるサービス記述方式に基づくものである。これは、IDに関連するサービス情報や、そのアクセス方法、さらにはアクセス権情報などを記述できるデータセットである。

特にサービス情報やアクセス方法の記述は、その実体を示すポインタ情報であるので、多様なサービスを記述することが可能である。このBIND情報チケットを導入することで、各IDに複数のサービスを結び付け、状況に応じて結び付けるサービスの変更や、各サービスの利用権限の制御などを自由に行うことが可能である。

また、情報公開制限や情報の有効性の保証に関する記述が柔軟にできるため、多種多様なサービスへの対応や

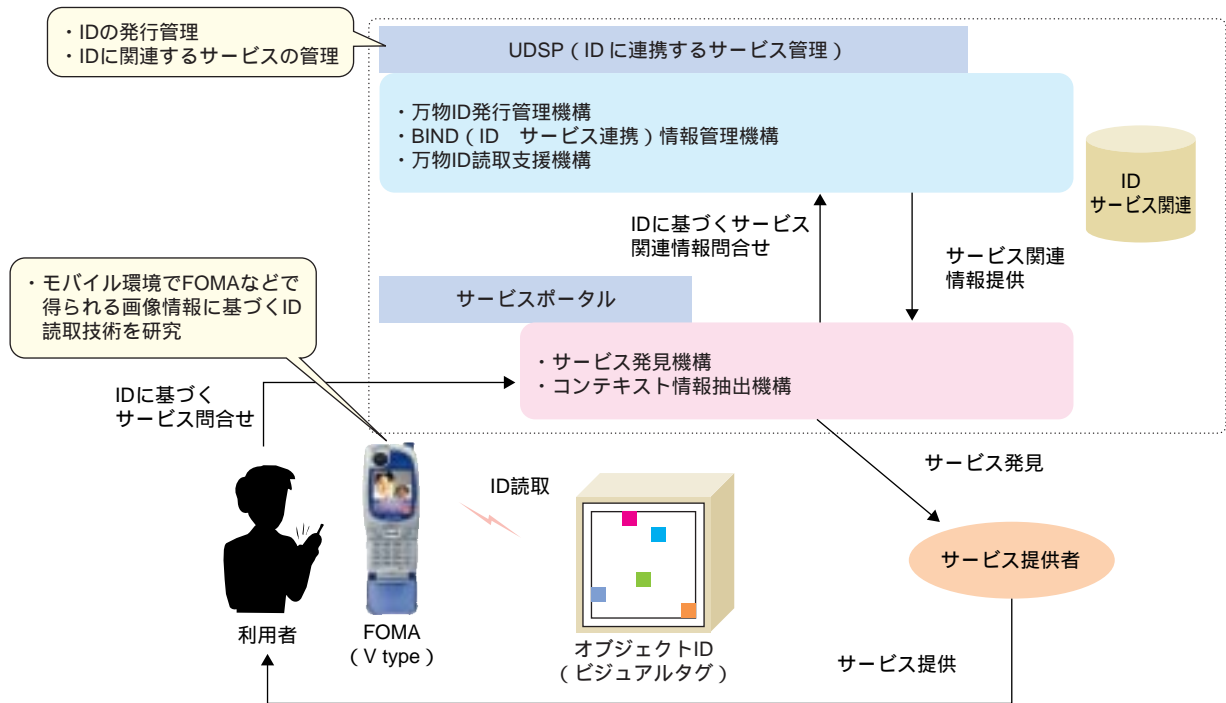


図3 UDSプラットフォーム

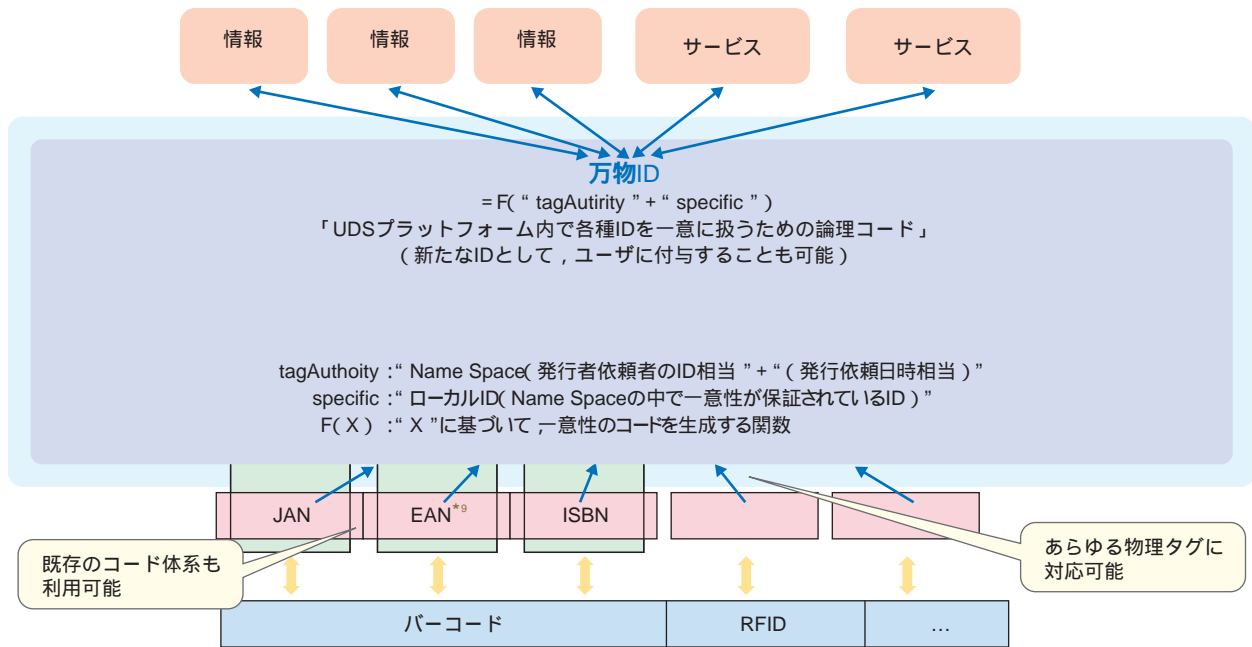


図4 個別ID空間から共通ID化する技術

切替制御が実現できる。

(3) 万物ID 読取管理機構

この機構は、さまざまなIDの読取りを可能とするものである。バーコードやRFIDなどの既存IDを、デジタル携帯電話方式 (PDC: Personal Digital Cellular) や携帯情報端末 (PDA: Personal Digital Assistant) など携帯機付属のカメラやリーダから読み取ることができ、それ

らのIDはUDSプラットフォームで利用することが可能である。ここでの機能は、モバイル環境下でもモノのIDを同定できるようにするための技術であり、幾何学的不変量に基づくビジュアルタグ読取方式[4]を用いたものである (図5)。これは、ビジュアルタグという5色の特徴点の位置関係によって決まる、カメラ視点によらない不変な特徴量に基づいたIDコードを利用している。この方

式を導入することにより，バーコードなどの従来IDタグに比べて読取距離や読取角度に制約が少ない条件のもと，携帯機搭載カメラを用いて手軽にモノのIDを同定することが可能である．

(4) 基本ポータル機構

この機構は，ユーザとUDSプラットフォームの橋渡しをする基幹部分である．ユーザの機体識別情報に基づく認証機能や位置情報（オープンiエリア情報），取得情報に基づき，ユーザに適したサービスや情報を提供する機能である．

2.4 UDSプラットフォームを利用したサービス例

ここでは，UDSプラットフォームの処理フローを，その上で動作するユビキタスサービスを例にとって説明する．

図6にモバイル環境でのユビキタスサービスの一例を示す．ユーザが街中で興味のあるポスターを目にしたとき，現実世界のモノであるポスターからサービス提供を受けるまでのフローは以下の通りである．

ユーザがポスターに添付してあるビジュアルタグを携帯機搭載カメラで読み取り，その画像データをUDSプラットフォームへ送信．

UDSプラットフォーム内にある「基本ポータル機構」は，ユーザのコンテキスト情報（iエリアの位置情報など）を取得し，画像データを「万物ID読取管理機構」へ送信．

「万物ID読取管理機構」では，画像データから幾何学的不変量を解析し，「万物ID発行管理機構」へ送信．

「万物ID発行管理機構」では，幾何学的不変量に対応付けられたコードとして万物IDを抽出し，「BIND情報管理機構」へ送信．

「BIND情報管理機構」では，万物IDと関連付けられた複数のサービスを検索し，「基本ポータル機構」へ送信．

「基本ポータル機構」では，ユーザのコンテキストに基づき最適なサービスをユーザへ提示．

ユーザは，必要なサービス（例えば，CM映像情報提供サイトや購買情報サイトへの接続）を選択．

別の例としては，ディスプレイなどの装置を設置しなくとも，行先案内板に添付してあるビジュアルタグを携帯機搭載カメラで読み取り，UDSプラットフォームへ送信する

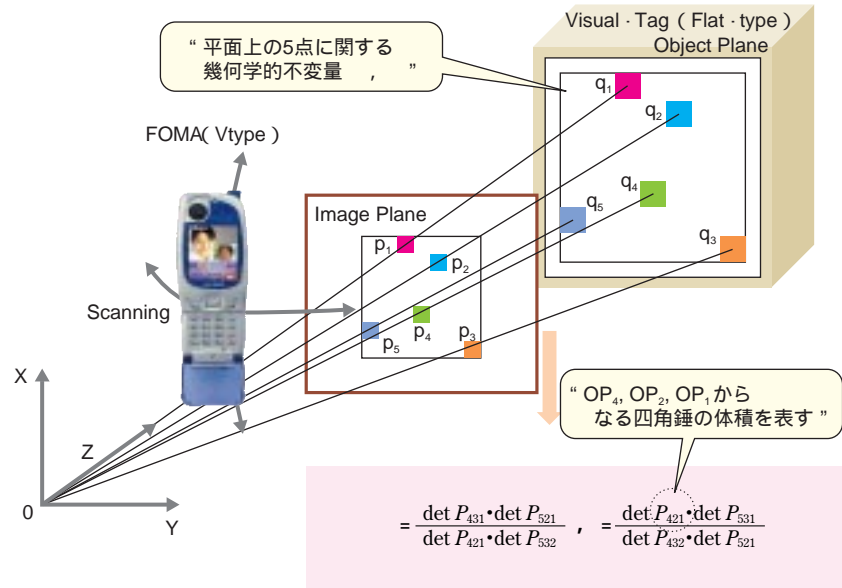


図5 ビジュアルタグ読取方式

ことで，行先の案内映像やライブ映像を見ることができるようサービスが可能となる．

他にも定期券のIDと時刻表情報を結び付けたり，プレゼントのメッセージカードのIDと音声データを結び付けたりといったMy Info・Attachmentサービスも実現できる．

2.5 今後の展開

今後は，モバイル環境下でもロバスタな携帯機搭載カメラを用いたID読取技術や多様なIDからのサービス高速検索技術などの要素技術の機能拡充を図るとともに，フィールド実験を実施し，UDSプラットフォームの技術検証やユビキタスサービスへの有効性を検証していく．

3. 実世界情報基盤と知的ユーザ支援

これまで，人間の知的な機能を実現するためのさまざまな研究が行われてきたが，それらの多くは計算機やロボット単体の記憶や推論のメカニズムを探求するものであったといえる．しかし，「人間は環境との相互作用の中で世界を認識する」という分散認知[5]の考えに基づけば，携帯端末の記憶や情報処理能力だけを追求するのではなく，環境および携帯端末とユーザとの相互作用を促進することが重要である．また，円滑な相互作用を実現するためには，ユーザの詳細な活動情報を収集し，活用することも重要である．

本章では，環境，携帯端末，ユーザとの相互作用に基づき，ユーザの状況に合わせてサービスを適応化するシステムへのアプローチと，実装を進めているプロトタイプシステムについて述べる．

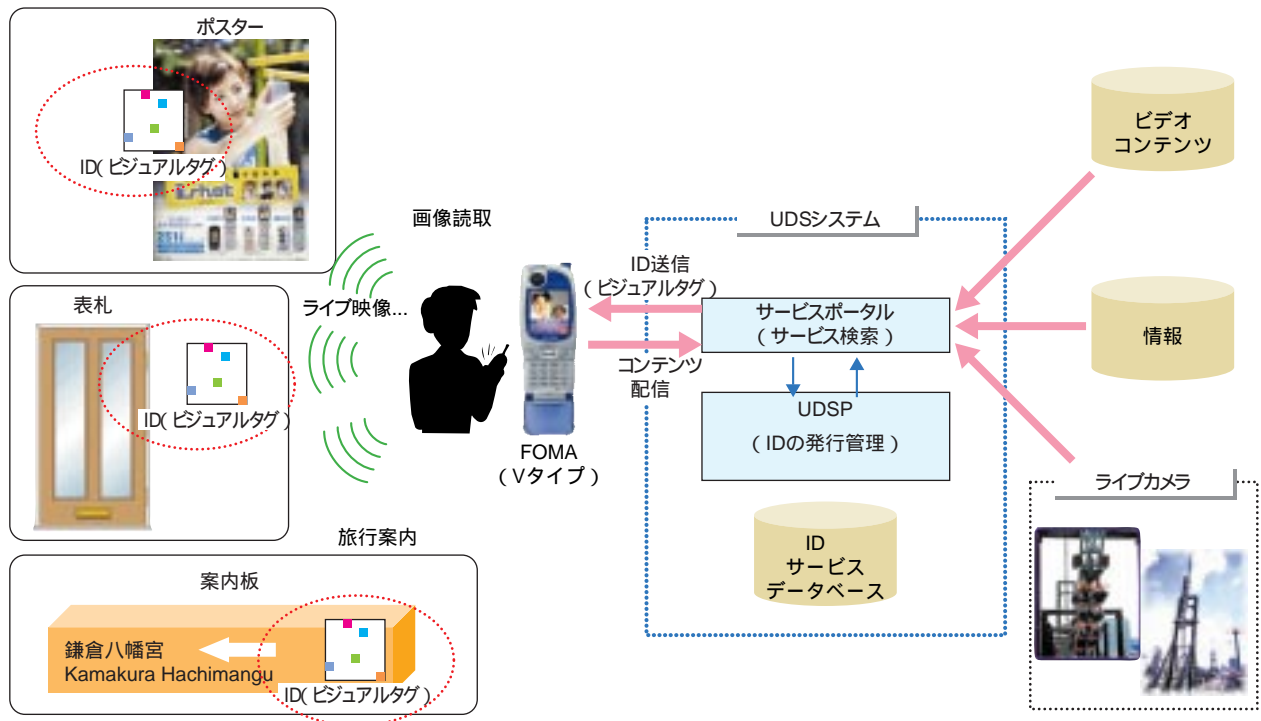


図6 ユビキタスサービス例

3.1 実世界情報基盤

インターネットはすでに広く普及し、必要不可欠な情報基盤となっているが、現状では実世界とは異なる新たな仮想世界 (Cyber World) が構成されているととらえられている。しかし、近年、カメラをはじめとするさまざまなセンサがネットワークに接続され、実世界の情報をインターネット上に取り込む動きが加速している。また、ユビキタスコンピューティング[6]に代表されるように、計算資源やセンサを環境の至る所に存在させる動きも活発化している。すなわち、いったん仮想世界として遊離した世界を、実世界と密に結びつけようという流れである。仮想世界も現在の社会を支える重要な世界であるが、インターネットで実現される仮想世界に実時間で実世界の情報が流れ込めば、さらに豊かな情報基盤になると考えられる。

一方、携帯端末は、現在でも通話やメール、インターネットアクセスといった環境との相互作用の機能を持つ。さらに、短距離無線通信機能によって身の回りの機器やセンサと通信することで、周辺機器の操作をはじめとしたさまざまな相互作用を行うことが可能となる。また、マイクやカメラといった携帯端末に搭載されたセンサを用いれば、多様な情報を携帯端末によって獲得することが可能となる。これらの情報はユーザの活動に密着した情報であり、ネットワークを介してサーバに蓄積することで、さまざまな活用が期待できる。現状のインターネットが

担う情報基盤は、上記の実世界に関する環境の情報やユーザの相互作用の情報を取り込んだ実世界情報基盤に進展していくと考えられる。このような実世界情報基盤を用いた知的ユーザ支援のイメージを図7に示す。図中の共生エージェント情報基盤は、ユーザの日常生活に密着し、共生する携帯端末によって各ユーザ特有の相互作用の情報を長期間にわたり収集・蓄積することから形成される情報基盤である。その際の携帯端末はユーザの活動を収集するだけでなく、ユーザと環境とのインタラクションの媒介や各種サービスの提供を行う。環境情報基盤は、環境に張り巡らされたセンサや情報機器により形成される情報基盤であり、特にセンサ群は分散処理や組織化を行うことで高次の認識処理を行う。

今後、両情報基盤を統合して研究開発することで、実世界情報基盤はより豊かなものとなり、活用範囲が大幅に広がるとともに、知的なユーザ支援機能の実現が期待される。

3.2 ユーザ支援システム

ドコモでは現状の携帯電話を拡張した携帯型情報処理端末 (以下、携帯端末) とユビキタス環境が協調動作し、日常生活のあらゆるシーンで人間を支援するためのプロトタイプシステムの構築を進めている。このシステムでは、携帯端末がユーザに合わせたガイダンス情報の提供やサービスのカスタマイズなどのユーザ支援を行う。

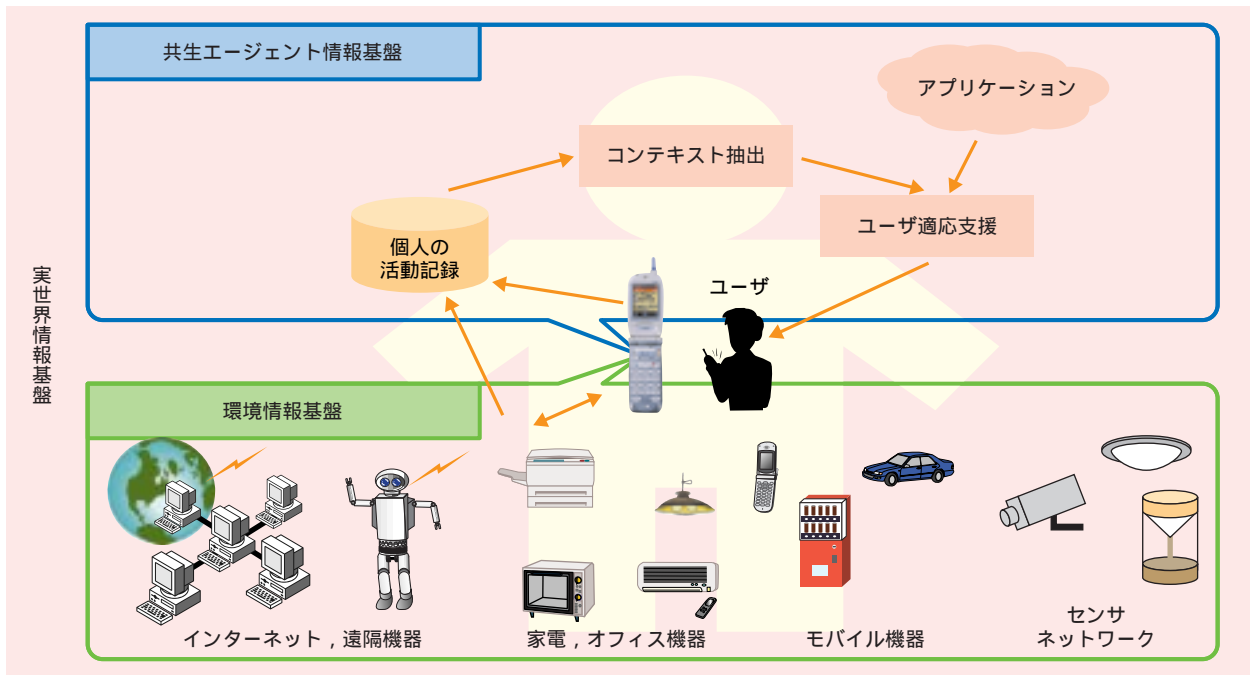


図7 実世界情報基盤

このようなシステムが適切にユーザ支援を行うためには、長時間の個人の活動を収集・蓄積・解析し、利用する能力が必要である。人間の活動を収集するシステム[7], [8]はいくつか提案されているが、本研究で目指すシステムは、以下の2つの点で異なる。

1点目は、すでに述べたように、環境側に遍在したセンサネットワークを活用し、携帯端末とセンサネットワークの双方から情報収集を行う点である。

2点目は、携帯端末の記憶や情報処理能力だけを追及するのではなく、環境とユーザの相互作用を促進することがユーザ支援の基本にあるというポリシーでシステムをデザインする点である。これにより、ユビキタス環境での多様な情報を活用することが可能となり、ユーザ支援のための状況把握が容易になると考えられる。

3.3 ユビキタス実験ハウス

プロトタイプシステムの実装環境として、図8に示す実験ハウスの中に機器やセンサを設置し、実験を進めている[9], [10]。実験ハウス内のユーザは、携帯端末としてセンサを搭載したノートPC、もしくは携帯電話を持って家屋内を移動する。環境側の視覚センサネットワークはユーザ位置の追跡や画像の保存を行う。また、ユーザと環境との密なインタラクションを促進するために、各種ガイダンス情報の提供や家電制御を可能とする、仮想的なタグを環境に配置した。図9に全体のシステム構成を示す。

(1) 視覚センサネットワーク

実験ハウス内の複数ユーザの位置追跡は、1階、2階の天井に16台設置したカメラ（以下、天井カメラ）によって行う。この天井カメラは、円錐状のミラーをカメラで撮像することで通常のカメラと比較して広角な画像を取得することが可能である。図10に示すように各天井カメラでのユーザ検出は画像の差分処理によって行い、人間として検出した扇型領域の足元を床面上でのユーザ位置として検出する。複数の天井カメラで検出されたユーザ位置を統合する際は、前の検出フレームで推定されたユーザ位置に対して一定範囲内に存在する検出位置を同一ユーザとみなし、各検出位置の重心を取ることで最終的なユーザ位置を決定する。

また、周囲360度の画像を取得可能な全方位視覚センサを実験ハウス1階の壁面に25台設置した。この全方位視覚センサでは天井カメラで検出されたユーザ位置に基づき、最もユーザに近い位置の全方位視覚センサの画像を取得し、ユーザの活動情報として蓄積する。さらに家屋内でのユーザの立つ、座るといった動作認識機能の実装も進めている。

(2) 仮想タグ

実験ハウス内では、時空間に仮想的に存在するタグをサーバ上に設定し、ユーザの携帯端末と通信を行うことで、各種ガイダンス情報や家電制御手段をユーザに提供する。仮想タグはユーザがグラフィカルユーザ

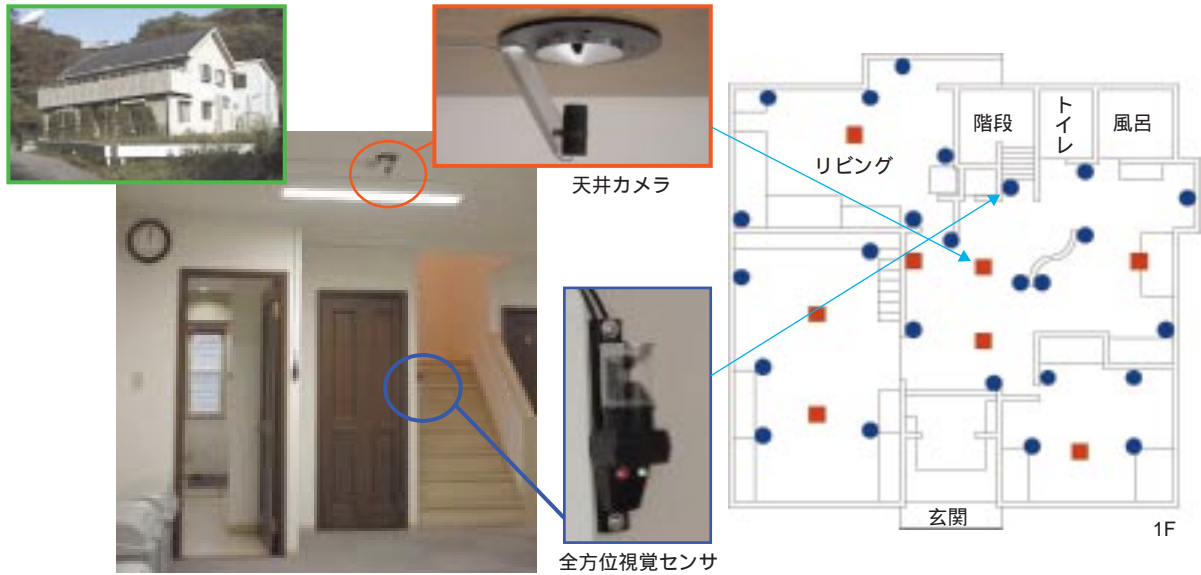


図8 ユビキタス実験ハウス

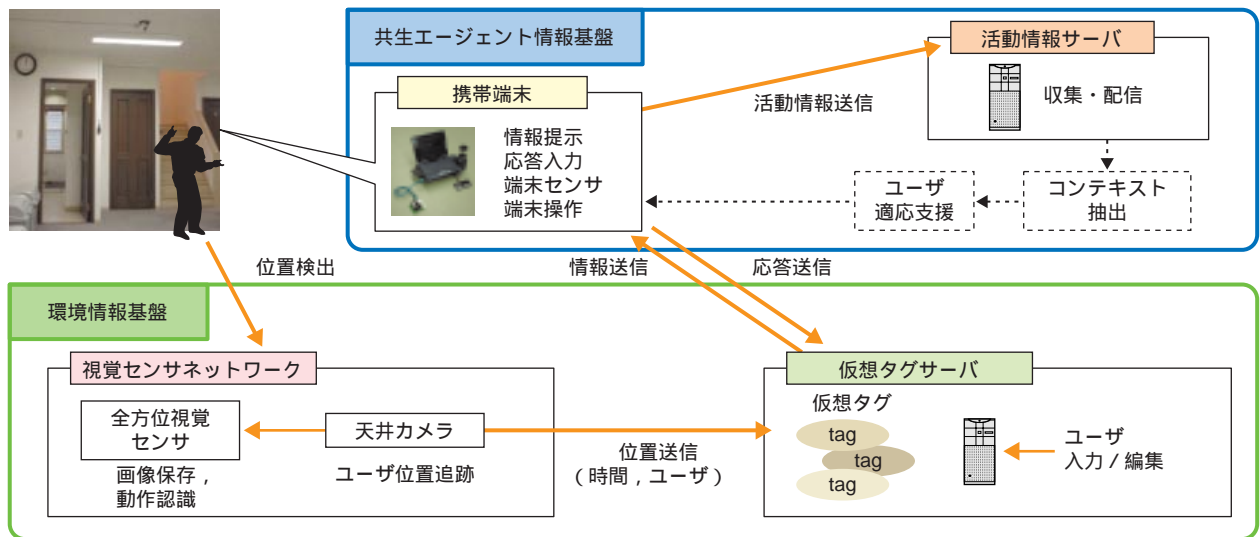


図9 システム構成

インタフェース (GUI : Graphical User Interface) を用いて5W1H形式 (いつ, どこで, 誰が, 誰に, 何を, どのように) で設定し, 条件に合致したタグが携帯端末と通信を行う. この仮想タグでは, ユーザへの情報提供の能動性の違いから, Recommend, Remind, Communication の3種類のタグを用意している.

Recommend タグは, 該当するタグを携帯端末にリスト表示し, ユーザがリストからタグを選択することで家電制

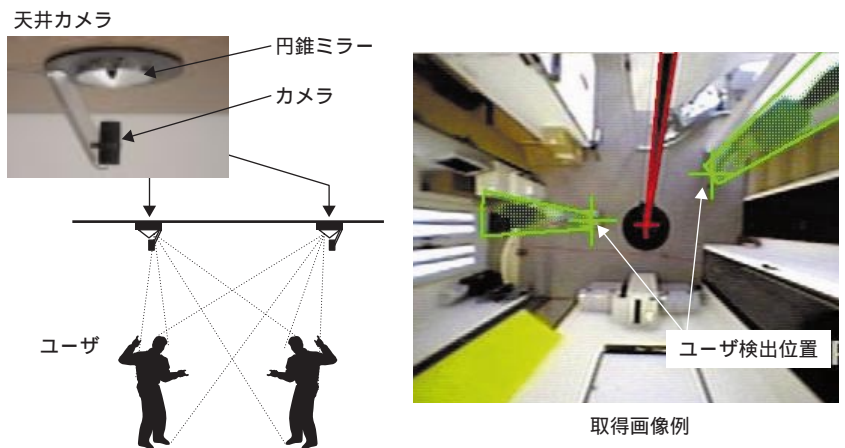


図10 天井カメラによるユーザ位置検出

御や時刻表などの情報を提供する。ユーザ位置や時間によるリストの変化は能動的にユーザに通知されないが、ユーザは望む情報に1クリックでアクセスすることが可能となる。

Remind タグは、能動的な情報の通知をユーザに行う。携帯端末がノートPCの場合は、ポップアップウィンドウと音声によって、携帯電話の場合はメールによって情報提示を行う。一般的なToDo事項などを設定するが、通知された情報に対して、ユーザは「再通知」や「提示取り直し」などの応答を返信することが可能である。

Communication タグは、上記2種類のようなユーザ支援情報ではなく、環境からの冗長な相互作用の情報提示を行う。通知される一連の会話フレーズに対してユーザは、「はい」、「いいえ」の選択や任意のテキスト入力により、応答を返すことが可能である。このような応答の情報から、間接的にユーザの特性を把握することを想定している。以上のような仮想タグとの相互作用の情報は、以降に述べる活動情報サーバにすべて蓄積される。

(3) 携帯端末

ユーザが持ち歩くノートPC上に搭載した全方位視覚センサや加速度センサからの情報およびマウス操作やキーボード入力したテキスト情報を取得し、無線LAN (11Mbit/s) を介して活動情報サーバに送信する。また、仮想タグによって提示された情報の選択や応答、家電制御の情報も時刻とともに送信する。図11に、携帯端末として用いるノートPCおよび携帯電話の画面を示す。

(4) 活動情報サーバ

活動情報サーバは、各携帯端末から送信された活動情報をXML^{*10} (eXtensible Markup Language) 形式で蓄積する。また、ユーザ本人や他のユーザからの活動情報の配信要求に対して配信を制御する機能を持つ。

3.4 アウェアネス通信

本項では、ユビキタス環境における実世界情報基盤の活用として実装したアウェアネス通信アプリケーションについて述べる。

ユーザは、自分自身の過去の行動を参

照したい場合や他者の現在の状況を把握したい場合がある。そのような機能を実現するアプリケーションを、ここではアウェアネス通信と呼ぶ。そのような場合、ユーザの持つ携帯端末上のセンサ情報や端末の操作情報、さらには環境側のセンサ情報も含めて参照できれば、過去の行動の確認や他者が現在置かれている状況の把握が容易となる。本システムでは、各種センサ情報や携帯端末の操作情報を、情報参照したいユーザ名や時間範囲、キーボード入力したキーワードに基づき検索・参照可能としている(図12)。活動情報はサーバに蓄積された情報だけでなく、他ユーザの携帯端末と直接リンクを張り、リアルタイムで参照することも可能としている。他者からの参照が行われる場合は、プライバシーの問題への対処が重要である。そのために本システムでは、情報を開示する相手に応じたデータ種類や再生レート定義したプロトコルを用い、情報開示の制御を行っている。

3.5 ユーザ活動情報の解析

収集された活動情報の解析としてユーザの特定エリアで

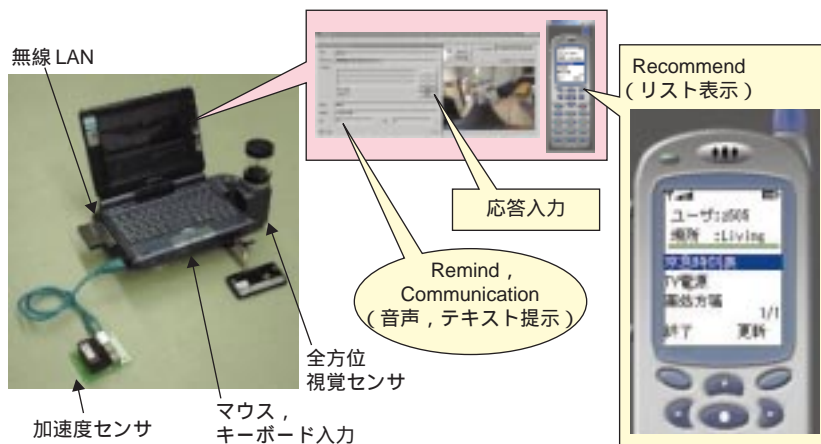


図11 実験用携帯端末



図12 活動情報参照画面

の存在頻度や移動軌跡に基づく活動パターンの抽出を進めている。図13は、単一ユーザの10分間の移動軌跡と複数ユーザの7時間の移動軌跡の一例であり、家屋の構造に依存して存在頻度に違いが見られる。今後は、朝夕などの特定時間範囲や個人特有の移動パターンなどをモデルとして抽出することを試みる。さらに仮想タグの有無によるパターンの変化などについても解析を行っていく。

4. あとがき

ユビキタスサービスの実現を目指して行っている2種類の研究を紹介した。多種多様なサービスが存在するユビキタス社会では、サービスを効率的に検索・発見し、個人に合わせて利用することが重要となる。さらなるサービスの高度化のためには、状況依存型サービス発見・管理、文脈依存型サービスカスタマイズなどが、今後の課題である。

文 献

- [1] 太田, ほか: “ユビキタスインタフェース技術”, 本誌, Vol.11, No.1, pp.48-55, Apr.2003.
- [2] <http://www.autolDcenter.org/>
- [3] 片桐, 磯, 町田, 杉村, “Motomedia GUID System Phase1”, NTT DoCoMo 技開資, 13-115, 2002.
- [4] 磯, 倉掛, 杉村, “モバイル環境下における携帯端末を用いたID読取方式の検討”, 電子情報通信学会技術研究報告PRMU2002-145, pp.99-104, 2002.
- [5] Gavriel Salomon: “Distributed cognitions”, Cambridge university press, 1993.
- [6] Dan Russell and Mark Weiser: “The Future of Integrated Design of Ubiquitous Computing in Combined Real and Virtual Worlds”, Proc. CHI-98, Los Angeles, CA, pp.275-276, 1998.
- [7] 廣瀬通孝, 上岡玲子, 山村明義, 檜山敦: “ウェアラブルコンピュータの為の体験記録についての研究”, 日本バーチャルリアリティ学会第5回大会論文集, pp.389-392, Sep.2000.
- [8] 石島健一郎, 椎名誠, 相澤清晴: “個人体験映像の構造化と要約-生体情報を用いた映像要約によるライフメディア-”, 信学技報PRMU2000-48, pp.51-58, Jul.2000.
- [9] 磯田佳徳, 太田賢, 杉村利明, 古川雅之, 石黒浩, “実世界情報基盤に向けた人間活動情報の獲得と利用”, 情処研報 MBL Vol.2001, No.83, pp.237-243, 2001.
- [10] 磯田佳徳, 太田賢, 杉村利明, 石黒浩, “日常生活空間における人間活動情報の収集とユーザ支援システム”, 情報処理学会第64回全国大会, 6G-01, 3,341-342, 2002.

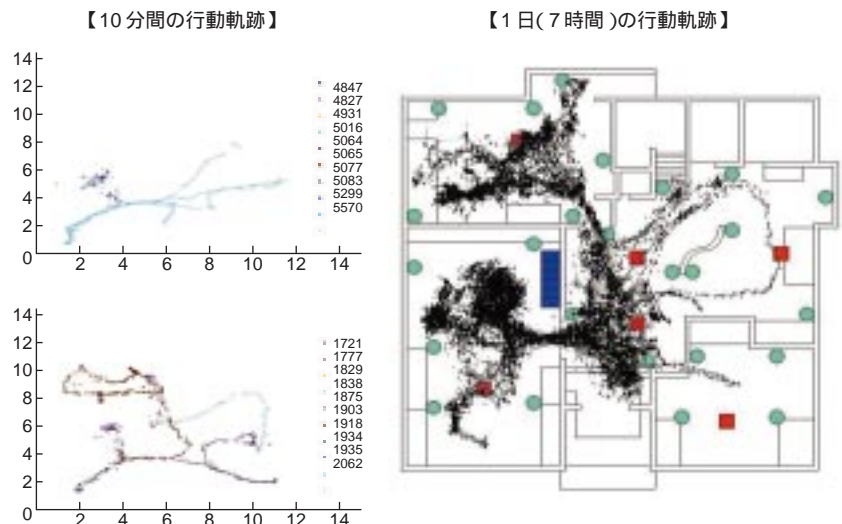


図13 ユーザ活動軌跡

用語解説

- * 1 ePC (Electronic Product Code) : Auto-IDセンターで利用される物体ID
- * 2 JAN (Japan Article Number) : バーコード体系の1つ
- * 3 BIND (Binding ID with services) : IDとサービスとの関連付け
- * 4 UDDI (Universal Description, Discovery, and Integration) : XMLベースのオープン標準仕様の設計とレジストリの運営を行うプロジェクト
- * 5 ebXML (electronic business XML) : XMLを利用した取引規格
- * 6 cIDf (Contents ID Forum) : コンテンツIDフォーラム
- * 7 RDF (Resource Description Framework) : XMLやHTMLで記述されたドキュメントを管理するための言語仕様
- * 8 eTron (entity and economy TRON) : 証明書, 伝票, 印鑑, キー, マネー, チケットなど, 原本の同一性を保証すべき実体を電子データとして管理したり, 非セキュアなネットワークを通じて安全に移動(譲渡)できるメカニズムを実現するもの
- * 9 EAN (European Article Number) : ヨーロッパで使われるバーコード体系
- * 10 XML (eXtensible Markup Language) : 独自のタグを定義できるようにした文書記述言語

用語一覧

FOMA : Freedom Of Mobile multimedia Access (第3世代携帯電話)
 GUI : Graphical User Interface (グラフィカルユーザインタフェース)
 ISBN : International Standard Book Number (国際標準図書番号)
 LAN : Local Area Network
 PDA : Personal Digital Assistant (携帯情報端末)
 PDC : Personal Digital Cellular (デジタル携帯電話方式)
 RFID : Radio Frequency Identification
 UDDI : Universal Description, Discovery, and Integration
 UDS : Ubiquitous Discovery Service
 (ユビキタス・ディスカバリー・サービス)
 UDSP : Ubiquitous Discovery Service Platform
 (ユビキタス・ディスカバリー・サービス・プラットフォーム)
 XML : eXtensible Markup Language