

## センサの遍在環境におけるユーザの周辺情報の蓄積方法に関する考察

岩谷 晶子\* 高汐 一紀\* 徳田 英幸\*†

本論文では、センサが遍在しユーザの周辺のセンサ情報が取得可能な環境において、ユーザの周辺情報を利用するアプリケーションにセンサ情報を提供することセンサ情報提供フレームワークの提案をする。ユーザの周辺のセンサ情報を利用するアプリケーション例を挙げ、ユーザの周辺のセンサ情報の取得と収集および蓄積に適したモデルの要件を考察する。この要件に基づいて、センサ情報を取得可能な環境側で動作するモジュールとユーザの PC やアプリケーション側での動作するモジュールによって構成されるセンサ情報提供フレームワークの提案をする。

## Location-based Sensor Data Aggregation in Ubiquitous Sensing Environments

Akiko IWAYA\* Kazunori TAKASHIO\* Hideyuki TOKUDA\*†

In this paper, we propose a framework for providing sensor data to applications in an environment where sensors are pervasively available, and data from those sensors can be obtained. We examine applications that use sensor data, and determine requirements of models for data acquisition, collection, and storage. The proposed framework consist of a software module in the environment, and a software module within the application.

### 1. はじめに

ユビキタスコンピューティング環境<sup>16)</sup>が浸透するにつれ、デスクトップコンピューティングから離れて、現実世界でのユーザの支援を実現するアプリケーションが増加している。特に、ここ数年のセンシング技術の発達により、ユーザの個人的な体験を環境に設置されたセンサによって取得・利用することに焦点を当てた研究が注目されている<sup>3),4),8),12),13),15)</sup>。

個人的な体験に関わるセンサ情報を利用したアプリケーションを実現するためには、ユーザが移動した先々に設置されたセンサから情報を取得することが望ましい。特に、ユーザの体験を記録する目的でアプリケーションを構築する場合、家などの限られた空間だけではなく、移動中や移動した先々で、特定の時間だけでなく、常時センサ情報を取得する必要がある。しかし、既存のセンサ情報を利用するアプリケーションの多くは限られた空間と時間において特定のセンサを利用することを想定している。アプリケーションの目的によっては、限られたセンサ情報でも十分な場合もある。加えて、現状でセンサ情報をオープンに提供する基盤が少ないことから、センサアプリケーションのドメインを家庭内やキャンパス内などに区切ってしまふことが多い。時間的、空間的、センサの種類的にもスケーラブルなセンサアプリケーションを実現するためには、さまざまな場所でセンサ情報をオープンに提供可能な基盤環境と、ユーザが移動した先々

でのセンサ情報を取得するための枠組が必要となる。

本研究の最終的な目的は以下の二点である。

- ユーザが移動した先々に存在するネットワークに接続されたセンサから、ユーザに関連する情報を取得すること
- 取得した情報を蓄積し、アプリケーションに対して提供すること

これらを実現するために、センサ情報提供基盤とセンサ情報の収集機構で構成されるセンサ情報提供フレームワークの要件を考察する。

本稿は全 7 節から構成される。第 2 節では、本研究で想定するアプリケーションのセンサ情報の利用モデルについて分析する。この議論を踏まえて第 3 節では、想定環境となる、センサ情報提供基盤システムについて論じる。第 4 節では、機能要件に基づいて、ユーザの周辺情報を収集・蓄積するセンサ情報収集機構の概要を述べる。第 5 節にてセンサ情報収集機構 システムのアプリケーションの実装と今後の検討事項について述べ、第 6 節では関連研究としてユーザの周辺のセンサ情報を取得・収集するシステムやアプリケーションについて述べる。第 7 節で本稿のまとめを述べる。

### 2. 想定するアプリケーション

本研究では、ユーザが移動した先々に存在するネットワークに接続されたセンサから、ユーザに関連する情報を取得・利用するアプリケーションを想定する。このアプリケーションの目的は、ユーザがいつ、どこで、何をしたか？を思い出す手がかりとなる情報を収集し、提示することである。

具体的なアプリケーション例として二つのシナリオを挙げる。

\* 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科  
Graduate School of Media and Governance, Keio University

† 慶應義塾大学 環境情報学部  
Faculty of Environmental Information, Keio University

アプリケーション A ミーティングや立ち話のディスカッションで話した内容や、授業で聞いた内容を思い出すためにセンサによって記録された情報を利用する  
 アプリケーション B 持ち歩いていないはずの携帯電話をどこにおいたのか、を思い出すためにセンサ情報を利用する

本節では、上述したアプリケーションの特徴を明確にし、そこから求められるセンサ情報提供フレームワークの要件について考察する。考察する項目としてアプリケーションがセンサ情報の取得対象とする空間と時間、アプリケーションの性質などの項目について考察する。各項目で、はじめに一般的な議論をし、次に本研究で対象とするアプリケーションやセンサ情報提供フレームワークの要件について論じる。

### 2.1 アプリケーションとセンサの結合性

アプリケーションがセンサを利用する場合、アプリケーションとセンサの疎親の度合を考慮する必要がある。表 1 に関連性についてまとめる。例を挙げると、ネットワークに接続されていない PC に直接接続されたセンサは、その PC のみからしか利用できないため、アプリケーションはその PC 上で動作している必要があり、両者の関係は親である。いっぽうで、PC がネットワークに接続され、複数のアプリケーションから、そのセンサが取得した情報を利用可能である場合には、両者の関係は疎である。複数のアプリケーションがセンサ情報を利用する場合、センサ情報を複数のアプリケーションへ提供するためのモデルが必要である。

表 1 アプリケーションとセンサの関連性

関連性の度合	利用形態
親	単一のアプリケーションがセンサを専有
疎	複数のアプリケーションがセンサ情報を利用

本研究で想定するアプリケーションでは、ユーザが移動するさまざまな場所で取得されるさまざまなセンサ情報を利用するため、アプリケーション専用のセンサではなく、複数のアプリケーションから利用可能な状態でセンサ情報を提供すべきである。したがって、センサ情報提供基盤にはセンサ情報を複数のアプリケーションへ提供するためのモデルを実現する必要がある。

### 2.2 要求するセンサ情報

センサアプリケーションは各々の目的に基づいて、センサ情報を要求する。センサの種類はすべてのセンサアプリケーションにとって必要である。また、センサがセンサ情報を取得するサンプリングレートや、センサアプリケーションが必要とする時間帯の情報であるかどうかを判断する適時性、さらに、同じカメラセンサの場合でも、画素数の高いセンサ情報が必要な場合、あるいは、より細かい粒度で位置情報を表現できるセンサ情報が必要な場合など、センサ情報自体の質が重要なアプリケーションも存在する。表 2 にセンサアプリケーションがセンサ情報に要求する基準をまとめる。

表 2 センサ情報の必要性を決定する基準の例

基準	例
センサの種類	温度、カメラ、気象、位置情報など
センサ情報のサンプリングレート	300 ミリ秒毎、1 秒毎、1 時間毎 など
センサ情報の適時性	最新の情報、要求した厳密な時間の情報
センサ情報自体の質	カメラの画素数、位置情報の粒度 など

先に述べたアプリケーション A の場合、要求するセンサ情報として、音声や動画などが挙げられる。またアプリケーション B の場合には、自分が携帯していたものを置き忘れた可能性のある候補を絞り込むことができるように、行動履歴が保存されている必要がある。行動履歴となりうる情報として、位置情報の変化や時間、また一緒にいた人の情報などがある。

しかしながら、ユーザの移動先にアプリケーションが要求するセンサが必ずしも存在するとは限らない。そのため、具体的なセンサを指定して要求するのではなく、抽象的な表現で必要となるセンサ情報の指定をすることが望ましい。

### 2.3 アプリケーションの興味空間

本稿では、アプリケーションが興味を持つ対象が含まれる空間を興味空間と呼ぶ。アプリケーションがユーザの周辺情報を取得するためには、ユーザを含む興味空間の広さを決定し、その空間に含まれるセンサからセンサ情報を取得する必要がある。以降では、アプリケーションの興味空間の性質について考察する。

#### 興味空間の広さ

アプリケーションの興味対象が含まれる空間の広さを決定することにより、その空間に含まれるセンサが決定される。興味空間の広さの決定は、センサ情報提供基盤環境で採用するロケーションモデルにより複数の方法が考えられる。一つはアプリケーションの興味対象の位置を基準とした絶対的な距離(半径)によって指定する方法である。図 1(a) では、ユーザを中心とした半径  $r$  を興味空間として指定した様子を表している。絶対的な距離によって興味空間の広さを決定する手法として、興味対象からの距離を用いて空間に含むセンサを決定する方法や、各センサの位置と対象の位置を同一の座標系にマッピングし、そこから距離を取得して空間に含むセンサを決定する方法が考えられる。

興味空間の広さを決定するもう一つの方法が対象の現在位置をある広さを持つ意味的な空間に含め、その空間によって指定する方法である。この場合、興味空間の広さは、意味的な空間の広さに依存する。これを実現するためには、意味的な空間の定義と、センサが属する空間の設定があらかじめ必要である。図 1(b) では、アプリケーションの興味対象であるユーザが学校に滞在しており、アプリケーションの興味空間は学校全体であることを示している。図中では学校において取得できるセンサ情報は全部で三つであり、したがって、アプリケーションの興味空間に含まれるセンサはその三つであることを表している。意味的な空間は多くの場合、階層的な構造

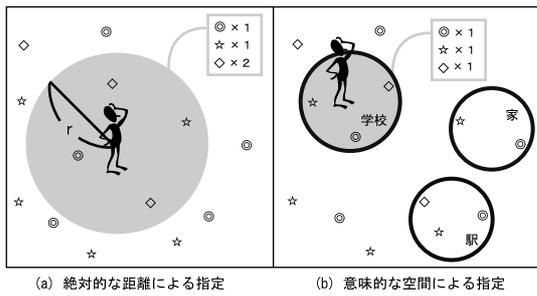


図 1 興味空間の広さの指定

で管理されており、同じ一つの空間でも、研究室、SFC、遠藤、藤沢市、神奈川県というように複数の名前を持つ。階層的に管理される場合、一般的に階層が上にあるほど、より広い空間である。どの階層での名前を利用するかについてはアプリケーションの要求や位置情報を取得するデバイスに依存する。

アプリケーションが興味空間の広さを指定する場合、ロケーションモデルに応じて、対象の現在位置からの距離を指定するか、意味的な空間の階層を指定する必要がある。

#### 興味空間の変化の有無

アプリケーションの興味対象が移動する場合には、対象の移動にあわせて興味空間も移動する。それにともない、興味空間に含まれるセンサもまた変化する。図 2 ではユーザの移動にともなう興味空間の変化と、興味空間に含まれるセンサの種類や数の変化を表している。

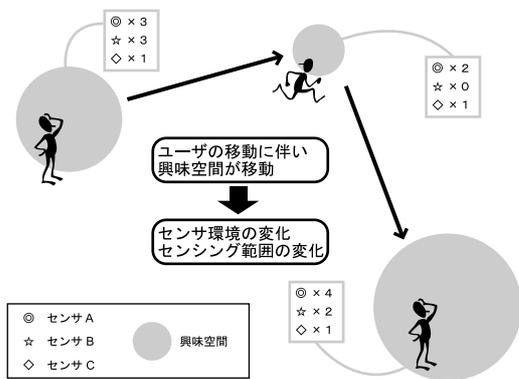


図 2 興味空間の変化

本研究で想定するアプリケーションの対象となる興味空間は、常にある特定のユーザを含む空間なので、ユーザが移動して存在する場所が変わると、興味空間に含まれるセンサが変化し、アプリケーションに提供すべきセンサ情報も変化する。

#### 2.4 センサ情報の興味時間

アプリケーションがセンサ情報を利用する場合、ある瞬間のセンサ情報のみの場合や、ある期間の複数のセン

サ情報というように時間軸においても多様な要求が考えられる。

センサ  $s$  で取得できるセンサ情報を  $R$  とするとき、ある瞬間  $t$  に取得されたセンサ情報を  $R_t$  とあらわす。このとき  $t$  はアプリケーションがセンサ情報を必要とする時間あるいは期間であり、本稿では興味時間と呼ぶ。興味時間は大きく表 3 のように分類可能である。また、図 3 では各時間表現のモデルを表している。

表 3 興味時間の分類

図 3 中での記号	説明
(a)	$t = now$
(b)	$t = start$ から $end$
(c)	$t = l_m$ から $l_n (m < n)$

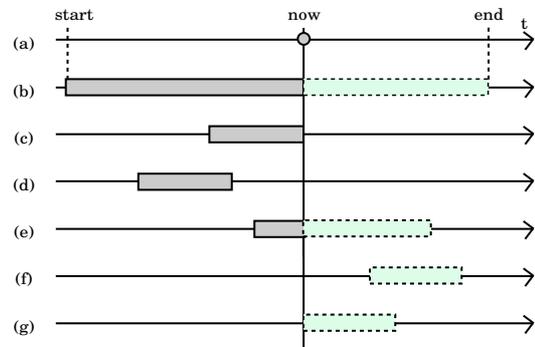


図 3 興味時間のモデル

現在のセンサ情報を必要とする場合 (表 3(a)), センサの取得開始時から終了時までのセンサ情報を必要とする場合 (表 3(b)), ある特定の期間のセンサ情報を必要とする場合 (表 3(c)) に分類した。ある特定の期間については、過去のある時点から現在まで (図 3(c)), 過去の期間 (図 3(d)), 過去のある時点から未来のある時点までの期間 (図 3(e)), 未来の期間 (図 3(f)), 現在から未来のある時点までの期間 (図 3(g)) などが考えられる。興味時間の開始の指定方法を以下に挙げる。

**あるイベント E の発生** 本稿で想定するアプリケーションの場合、ユーザがエリアに入ったら興味時間の開始となる

あらかじめ決められた区間 毎日朝 6:00 から 6:30 など  
本研究で想定するアプリケーションでは、アプリケーション A の場合、ログの対象となるイベントが発生している間が興味時間である。一方で、アプリケーション B の場合、ユーザの行動履歴の取得が目的であるため、ユーザの移動による興味空間の変化が発生した瞬間が記録として必要である。

#### 2.5 センサ情報の興味時間あたりの密度

興味時間内にアプリケーションがセンサ情報を必要とする頻度をセンサ情報の興味時間あたりの密度と呼ぶ。興味時間あたりの密度が高いほどアプリケーションが利用

可能なセンサ情報が増加し、アプリケーションが利用できるセンサ情報に対する選択の幅が増加するが、アプリケーション側でより多くのストレージを必要とする。アプリケーションに応じてセンサ情報の利用目的は異なるため密度の指定は多様であるが、もっとも高い密度はセンサごとのサンプリングレートに依存することになる。

本研究で想定するアプリケーションにおいて、アプリケーション A では、興味時間あたりの密度を高く設定することにより、詳細に情報を記録する必要がある。一方で、アプリケーション B の場合には、状況を詳しく思い出すという必要性よりもユーザの記録という目的が強いため、密度が高い必要はない。

このように、アプリケーションに応じてセンサ情報を必要とする周期は異なるため、アプリケーション側で指定できるようにする必要がある。

## 2.6 センサ情報の持続性

センサ情報を永続的に保存するのか、取得した直後に利用するかによってアプリケーションのセンサ情報を利用する性質を区別することができる。またセンサ情報提供フレームワークにおいても、センサ情報の保存に関していくつかの想定が考えられる。

本研究で想定するアプリケーションではセンサ情報を繰り返し参照し、利用する可能性があるためアプリケーション側では保存する。センサ情報提供フレームワーク側では、最低限アプリケーションがセンサ情報を収集するまでの間、センサ情報を保存しておく必要がある。

## 2.7 センサ情報提供フレームワークに求められる要件

以上の分析から、ある特定のユーザの周辺情報を取得・蓄積するためのセンサ情報提供フレームワークで実現すべき機能を以下にまとめる。

複数のアプリケーションへのセンサ情報提供 センサ情報提供基盤環境では複数のアプリケーションに対してセンサ情報を提供する必要がある

ユーザの任意の空間に対する近接性の取得 アプリケーションはユーザがどこにいるか、という情報は認知しない。ただ、周辺にセンサ情報を取得可能があるかどうかについて興味がある。センサ情報提供基盤環境側では、ユーザが環境内にいるということを確認し、アプリケーションに対して通知する必要がある

興味時間における取得密度の指定 常に生成されつづけるセンサ情報に対して、アプリケーションが要求するセンサ情報の取得周期を指定できる必要がある

アプリケーションによる興味空間の広さ指定 アプリケーションはユーザの周辺が持つ広さを指定できる必要がある

センサ情報提供基盤環境に非依存なセンサ情報の要求 センサ情報提供基盤環境に存在するセンサの種類や要求のプロトコルをアプリケーションがあらかじめ知らなくても必要なセンサ情報の要求ができる必要がある

空間に対する近接性の取得なセンサ情報の一覧の提供

されたセンサ情報の提供センサ情報の取得密度の指定による興味空間の広さの指定を実現する機構

## 3. センサ情報提供基盤環境

センサ情報提供フレームワークは、センサ情報取得基盤環境とセンサ情報収集機構で構成される。センサ情報取得基盤でセンサ情報を取得し、センサ情報収集機構では、アプリケーションが必要センサ情報を収集しアプリケーションへ提供する。本研究では、センサ情報提供基盤環境を想定環境とし、センサ情報収集機構を実現する。前節で述べたセンサ情報提供フレームワークの要件は、センサ情報提供基盤環境への要件とセンサ情報収集機構への要件に分類される。本節では、これらを含むセンサ情報提供基盤環境への要件を整理し、本稿で想定する環境について述べる。

### 3.1 既存のセンサ情報提供基盤環境

本項では、本研究で対象とする既存のセンサ情報提供基盤環境について分類しそれらの特徴を説明する。

統合センサ環境 統合センサ環境とは特に屋内での位置取得を目的としたセンサ情報提供環境で、Active Badge System<sup>6)</sup>のように、センサシステムとロケーションシステムの統合環境を構築し、ユーザの周辺情報の収集を実現する。ユーザやオブジェクトの位置は超音波を発信する Badge と環境に配置されたことによってレーザによって取得する Badge の位置情報や周辺に存在する Badge の情報はロケーションサーバに問い合わせることにより取得可能である。アプリケーションはより正確で詳細な位置情報や、正確な環境認識が可能である半面、このアプローチは敷設にコストがかかるため容易に導入できないことが最大の欠点である。

ワイヤレスセンサネットワーク ワイヤレスセンサネットワーク<sup>2)</sup>では、環境に配されたセンサ同士でアドホック無線ネットワークを構築し、複数の超小型センサノード<sup>9),11)</sup>を経由してセンサ情報の取得を実現する。ワイヤレスセンサネットワークでは基本的にセンサノードの性能が貧弱であるため、画像や音声などのリッチなセンサ情報を扱うのが難しい。また、バッテリー駆動であるため、電力消費を抑えた動作を実現する必要がある。

オープンセンサアーキテクチャ オープンセンサアーキテクチャとは、WWW と同様に多数のセンササーバが、多数のクライアントからの要求を受けてセンサ情報を提供するアーキテクチャのことである。インターネットと同様のスケールでの実現を目的としている。現在研究が進められているプロジェクトとして、Intel Research 社の IrisNet<sup>5)</sup> や Open GIS Consortium による Sensor Web<sup>1)</sup> が挙げられる。IrisNet では、センサ情報の取得を行う Sensing Agents(SA) と SA の取得した情報を集め、アプリケーションのクエリに対応する Organizing Agent(OA) が存在する。センサがその場所の情報を取得するという理由から、

OA は地理的、あるいは政治的な境界を持つという想定をしている。

### 3.2 センサ情報提供基盤環境の要件

本稿で想定するセンサ情報提供基盤環境としてもっとも近いものは、上述のオープンセンサアーキテクチャである。移動するユーザの周辺情報を収集することを目的とした場合に、特定のエリアでのみ取得可能なセンサ環境では実現が困難である。上述の想定に加え、本研究で想定するセンサ情報提供基盤環境の要件を以下に述べる。

**センサの管理** センサ情報提供基盤環境が管理する空間におけるセンサの位置やセンサ情報を蓄積したデータベースへのポインタ、センサ情報の記述子などをアプリケーションが参照可能であること

**アプリケーションの興味対象の位置取得** アプリケーションの興味対象の位置情報を取得可能であること。本研究で想定するアプリケーションではユーザの位置に応じてセンサ情報の収集をする。このため、センサ情報提供基盤環境側でユーザの位置情報を取得し、その位置に応じたセンサ情報の提供をする

**対象とアプリケーションのマッピング** ある対象がアプリケーションにとって興味対象であるかどうかをセンサ情報提供基盤環境側が判断しアプリケーションへ通知するためには、あらかじめ、アプリケーションとセンサ情報提供基盤環境で必要なセンサ情報に関するマッピングをする

### 3.3 センサ情報提供基盤環境内における位置取得

ユーザの位置情報を取得するためには、ユーザの現在位置を取得するデバイスユーザが携帯している必要がある。例えば、携帯電話のGPSや、RFIDタグが候補としてあげられる。これらの位置情報の記述はセンサ情報提供基盤環境内における位置の記述と同一であるとは限らないため、センサ情報の収集においては、その位置情報の記述の変換を行い、ユーザの周辺という情報を取得する必要がある。

### 3.4 本研究での想定

本稿では、上記の要件を満たすセンサ情報提供基盤環境を想定する。本環境では環境内に存在するセンサを管理し、センサの位置情報やセンサ情報の提供を行うプロキシサーバが存在する。各サーバに対してアプリケーションが情報の取得要求をする(図4)。また、アプリケーションが興味対象とする特定のユーザは、位置情報を取得するためのデバイスを持っている。

複数の異なるドメインの管理者が同様のアーキテクチャでセンサ情報の提供を実現した場合、ユーザとアプリケーションのマッピングにおいて名前空間の問題を考慮する必要がある。本稿では、問題を単純にするためにすべてのセンサ情報提供環境が同一の名前空間を利用してユーザ認識を行うことを想定する。

## 4. センサ情報収集機構

全節までで、想定するアプリケーションの分析と、想定環境についてまとめた。本節では、アプリケーション

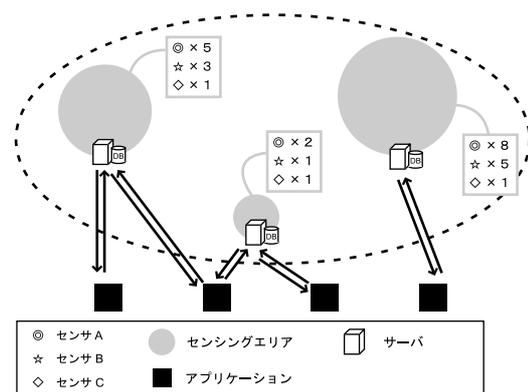


図4 センサ情報提供基盤環境

に応じたセンサ情報の収集機構について諸課題の解決手段をはじめに述べ、センサ情報の収集機構の設計について述べる。

### 4.1 センサ情報収集における諸課題

#### 4.1.1 メタデータによるセンサ情報の指定

ユーザの周辺情報を収集する場合、アプリケーションはあらかじめ必要なセンサ情報の種類を指定する必要がある。しかし、ユーザの移動する先がどこで、その場所にどのようなセンサがあるかをアプリケーションがあらかじめ知ることは困難である。

この問題に対処するため、本研究ではセンサ情報の属性によるメタデータ化を行い、センサ情報の要求をする。メタデータの例を表4に示す。センサ情報提供基盤環境に存在するセンサとメタデータとのマッピングを行うことにより、明示的なセンサの指定をせずにセンサ情報の要求が可能となる。

表4 抽象的な表現によるセンサ情報の指定

表現例	センサ
Audio	ビデオカメラ、マイク
Video	ビデオカメラ
Image	スチルカメラ、照度センサ
Location	圧力センサ、無線タグ検知システム、GPS
Weather	温度計、湿度計、気圧計
Object	無線タグ

#### 4.1.2 アプリケーションによる必要な情報の指定

本研究で想定するアプリケーションでは、ユーザが移動するとアプリケーションの興味空間に含まれるセンサが変化し、センサ情報を要求する先も変化する。一方でアプリケーション側の要求自体は時間や空間にかかわらず一定である。メタデータによるセンサ情報の指定を行うことによって、センサ情報の要求内容を環境が変化する度に変更する必要がなくなる。この場合、アプリケーションで必要な情報を必要なタイミングに毎回要求する方式よりも、アプリケーションが必要な情報の登録を行いそのアプリケーションに対してpushすることによる情報の収集が望ましい。

アプリケーションによって指定すべき情報は、セン

サの属性，センサ情報が必要な周期，ユーザを示す ID などの情報である．指定は XML データによって行う．図 5 に記述例を示す．

```

<Request>
  <userID>WXUDMY</userID>
  <applicationID>001</applicationID>
  <address>
    hoge.sfc.keio.ac.jp:2222
  </address>
  <sensorAttribute>Video</sensorAttribute>
  <sensorAttribute>Image</sensorAttribute>
  <timeSchedule>
    <periodic>
      <interval>10 min</interval>
    </periodic>
  </timeSchedule>
</Request>

```

図 5 アプリケーションによる要求の例

#### 4.2 システム概要

センサ情報収集機構は三つのパーツから構成される．各構成要素の概要を以下に述べる．

**要求生成部** ユーザが管理する PC 上で動作し，要求の生成や要求の送信を行う．要求の生成に必要な情報は，GUI などを利用してユーザに入力を求める．送信を行うタイミングはユーザ管理部による，ユーザの位置情報の変更の通知による

**データ送信部** センサ情報提供基盤環境内のセンササーバ上で動作し，要求生成部からの要求の受け付け，センサ情報提供基盤に対するセンサ情報の要求を行う．要求生成部から受信したセンサ情報のメタデータと，プロキシサーバで管理しているセンサとのマッピングを行い，センサ情報提供基盤環境に内で利用されたクエリ方式を用いて，センサ情報の要求を行う．アプリケーションの要求に従いセンサ情報のクエリを行い，アプリケーションに対してセンサ情報を push する

**ユーザ管理部** ユーザの位置情報を管理し，ユーザの現在位置が変更すると，データ送信部へのポイントを要求生成部に通知する．

#### 4.3 センサ情報収集までの動作概要

図 7 に，センサ情報収集における各モジュールの動作概要図を示す．

以下に動作概要を述べる．

- (1) (ユーザ) エリアへ侵入
- (2) (ユーザ管理部) ユーザの検知と要求生成部へ通知
- (3) (要求生成部) プロキシサーバ上のデータ送信部へセンサ情報要求の送信

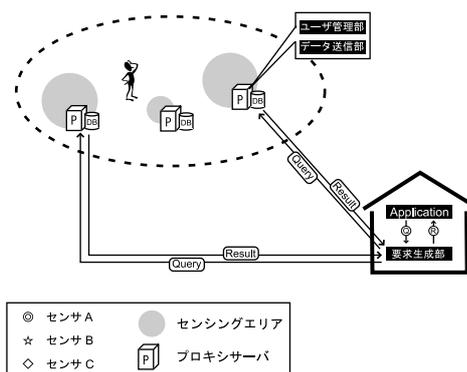


図 6 システム構成図

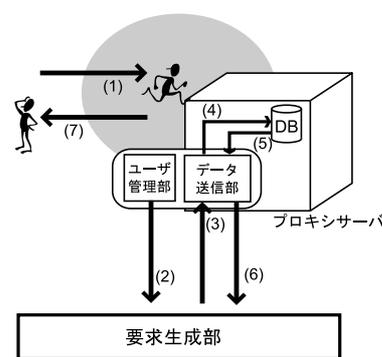


図 7 動作概要

- (4) (データ送信部) 受信した要求の変換とセンサ情報提供基盤環境へのクエリの送信
- (5) (データ送信部) センサ情報提供基盤環境からのセンサ情報の受信
- (6) (データ送信部) 要求生成部へ センサ情報の送信
- (7) (ユーザ) エリアから退出
- (8) (ユーザ管理部) ユーザ ID の OUT の確認とセンサ情報の送信終了

センサ情報収集機構によるセンサ情報の収集はユーザがセンサ情報提供基盤環境内で認識されることがトリガとなり開始される．

ユーザ管理部に対して，ID と特定の要求生成部とのマッピングを設定し，ID の検知と同時に対応する要求生成部へ通知するイベント通知型で説明した．しかし，センサ情報提供基盤環境によって，必ずしもこの手法が実現できるとは限らない．他の手段として，センサ情報収集機構が各プロキシサーバに対してポーリングを行い，ユーザの認識を行う方法もある．

## 5. プロトタイプ実装と検討

### 5.1 センサ情報提供基盤環境のプロトタイプ

センサ情報提供基盤環境のプロトタイプの構築を行った．本プロトタイプで実装したセンサは，WEB カメラ (図 8 右上)，TinyOS mote<sup>7)</sup> (図 8 右下)，RFID タグシステム<sup>14)</sup> (図 8 左) である．取得できるセンサ情報はそれ

ぞれ、静止画像、温度と湿度と照度、特定のエリアへの IN / OUT のみの位置情報である (図 8 右下参照)。これらのセンサ情報は常時取得され、プロキシサーバとなるホストへ定期的に送られる。プロキシサーバとなるホストでは、sql によるクエリを想定し、PostgreSQL によるセンサ情報データベースを構築した。ユーザの位置情報の取得方法に関しては、グローバルな ID を想定し、ユーザ管理部であらかじめユーザの ID を登録し、各プロキシサーバへの侵入を検知すると、アプリケーション側へ通知する。



図 8 利用したセンサ

### 5.2 センサ情報収集機構の実装と検討

センサ情報収集機構は Java2 SDK 1.4.2 を用いて実装されている。ユーザ管理部、データ受信部、要求生成部の間の通信はすべて TCP/IP による XML データの送受信を行う。データ送信部で行うメタデータから具体的なセンサの変換では、センサ情報提供基盤環境側であらかじめ用意されたメタデータとセンサとのマッピングを用いて実現した。

本研究でのアプリケーション例として、9 にスナップショットを掲載する。

### 5.3 検討

本研究における今後の検討項目を以下に述べる。

#### センサ情報

取得したセンサ情報がユーザにとって意義があるかどうかは、センサの設置方法や、取得の周期 (時間あたりの密度)、種類に依存する。取得したセンサ情報から、ユーザにとって意義のあるセンサ情報の取得について検討する。

#### センサ情報のアプリケーションへの提供方法

本稿では、ユーザの周辺のセンサ情報を自動的に収集・蓄積する手法について主眼をあてた。現在は、ユーザの周辺のセンサ情報を利用するアプリケーションに対しては、時間と場所をキーとして検索し、該当するセンサ情報をそのままの形で提供している。今後は、センサ情報の塊ではなく、体験情報という形でより抽象的なデータセットの構築とアプリケーションへの提供を目的としたシステムの構築を行う。

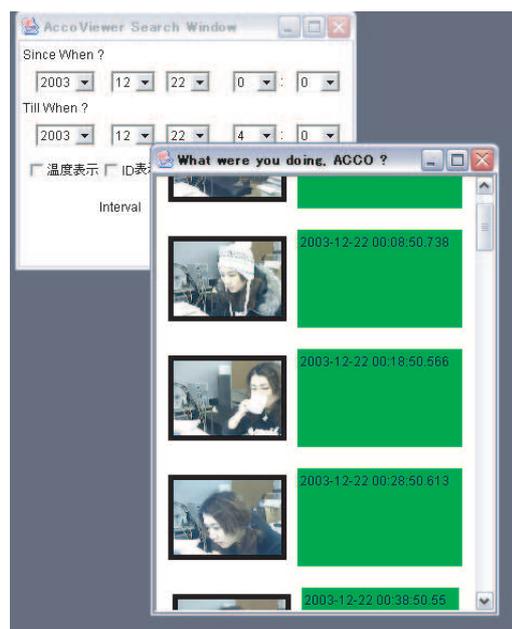


図 9 アプリケーション例

## 6. 関連研究

本節では、ユーザの周辺情報の取得・蓄積を実現するアプリケーションについて、目的別に紹介する。

### 6.1 短期的な蓄積

Dèjà Vu Displays<sup>15)</sup> は Aware Home プロジェクトの一環として行われている研究である。Dèjà Vu Displays では、ユーザが料理などのシーケンシャルな手順を踏む作業を行っているときに、つい先程まで行っていた作業をディスプレイに表示して、ユーザの作業を支援することを目的としている。ユーザの作業を常に複数台のカメラでキャプチャし、キャプチャした画像を専用のディスプレイに表示することで、実現する。Dèjà Vu Displays では特に、作業に集中しているユーザに対して、一瞬だけその注意を逸すと、ついさきほどまで覚えていたことを突如忘れてしまう、いわゆる度忘れに対処することに焦点を当てているため、アプリケーションが必要とするセンサ情報の時間軸的スコープは現在から数十分前位と短い。アプリケーションは家庭内での利用に限定しているため、単一の空間において特定のセンサ (カメラ) のみから情報を取得する。

SPECs<sup>10)</sup> では研究室やオフィスなどの閉じた空間ではなく公共空間において、人やものなどの検知を目的とする基盤システムの提案をしている。SPECs では付加的なインフラストラクチャを用いずに実現するため peer to peer 通信でセンサ同士の認識をする単純なデバイスを利用する。

### 6.2 長期的な蓄積

データの取得後の利用における問題に対して取り組んでいるのが、Microsoft Research の MyLifeBits<sup>4)</sup> である。MyLifeBits では個人にかかわるデジタル化されたさ

さまざまな情報をデータベースに保存し、その情報を容易に参照することを目的としたプロジェクトである。保存された情報に対して、リンクを用いた連想的な情報の検索やテキストの注釈の付加、情報の再構築によるストーリーの作成ができるようにインタフェースが工夫されている。センサ情報などを対象にしていなかったため、情報の取得すなわち、データベースへの情報の入力に関しては、自動的に行うような機構を用いてはいない。

Georgia Tech の Life Memory Box プロジェクト<sup>12)</sup>では、家庭内での家族の思い出を蓄積するためのシステムを実現するために、家族へのインタビューに基づいて、ハードウェアとシステムを構築した。ここでは、特に家族の思い出の蓄積に焦点を当てているため、センサ情報の取得は必要なときに明示的に記録するイベントドリブン型である。

### 6.3 特定の経験を蓄積

Comic Diary<sup>13)</sup> はカンファレンスなど特別な1日の経験を漫画として記録するアプリケーションである。カンファレンスに参加するユーザはPDAを位置情報を取得可能なデバイスを携帯しており、ユーザは参加する予定のセッション、参加したセッションの感想、出会った人などをことあるごとにPDAに対して入力する。センサ情報やユーザの入力情報、ユーザの個人的なプロフィール情報を用いて、漫画を自動生成し、1日の体験として、保存・共有する。

Rememberer<sup>3)</sup> は Comic Diary と同様、ある特定の経験を記憶、共有するためのツールキットである。特に、美術館や博物館などの施設で、見たもの、経験したことを、環境側に設置されたセンサで取得し、ユーザが持つセンサデバイスで位置情報の認識を行うことにより実現する。Rememberer ではセンサ情報をHTMLで再構成し、ユーザに提供する。

## 7. おわりに

本稿では、センサが遍在する環境において、ユーザの周辺のセンサ情報をアプリケーションに提供することを目的とするセンサ情報提供フレームワークの提案をした。また、本フレームワークの要件を挙げるため、アプリケーションのセンサ情報を取得・利用する際のモデルを整理した。

## 参 考 文 献

- 1) Open GIS Consortium. Sensor Web Enablement and OpenGIS SensorWeb. <http://www.opengis.org/functional/?page=swe>.
- 2) D. Estrin, J. Heidemann, R. Govindan, and S. Kumar. Next Century Challenges: Scalable Coordination in Sensor Networks. In *Proceedings of the Fifth Annual International Conference on Mobile Computing and Networks (MobiCOM '99)*, Aug. 1999.
- 3) M. Fleck, M. Frid, T. Kindberg, E. O'Brien-Strain, R. Rajani, and M. Spasojevic. Rememberer: A Tool for Capturing Museum Visits. In *Proceedings of UbiComp 2002: Ubiquitous Computing, 4th International Conference*, pages 48–55, Sep. 2002.
- 4) J. Gemmell, G. Bell, R. Lueder, S. Drucker, and C. Wong. MyLifeBits: Fulfilling the Memex Vision. In *Proceedings of ACM Multimedia 2002*, pages 235–238, 12 2002.
- 5) P.B. Gibbons, B. Karp, Y. Ke, S. Nath, and S. Seshan. IrisNet: An Architecture for a Worldwide Sensor Web. *IEEE pervasive COMPUTING*, 2(4):22–33, Oct-Dec. 2003.
- 6) A. Harter and A. Hoppe. A Distributed Location System for the Active Office. *IEEE Network*, 8(1):22–33, Jan. 1994.
- 7) J. Hill, R. Szcwcyk, A. Woo, S. Hollar, D. Culler, and K. Pister. System Architecture Directions for Network Sensors. In *Proceedings of ASPLOS 2000*, Nov. 2000.
- 8) S.S. Intille, E.M. Tapia, J. Rondoni, J. Beaudin, C. Kukla, S. Agarwal, L. Bao, and K. Larson. Tools for Studying Behavior and Technology in Natural Settings. In *Proceedings of UbiComp 2003: Ubiquitous Computing, 5th International Conference*, pages 157–174, Oct. 2003.
- 9) J.M. Kahn, R.H. Katz, and K.S. J. Pister. Next century challenges: mobile networking for “Smart Dust”. In *Proceedings of the 5th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking*, pages 271–278, 1999.
- 10) M. Lamming and D. Bohm. SPECS: Another Approach to Human Context an Activity Sensing Research, Using Tiny Peer-to-Peer Wireless Computers. In *Proceedings of UbiComp 2003: Ubiquitous Computing, 5th International Conference*, pages 192–199, Oct. 2003.
- 11) J.M. Rabaey, M.J. Ammer, J.L. daSilva, D. Patel, and S. Roundy. PicoRadio Supports Ad Hoc Ultra-Low Power Wireless Networking. *IEEE Computer*, 33(7):42–48, Jul. 2000.
- 12) M.M. Stivens, G.D. Abowd, K.N. Truong, and F. Vollmer. Getting into the Living Memory Box: Family archives & holistic design. *Personal Ubiquitous Computing.*, 7(3-4):210–216, 2003.
- 13) Y. Sumi, R. Sakamoto, K. Nakao, and K. Mase. ComicDiary: Representing Individual Experiences in a Comics Style. In *Proceedings of UbiComp 2002: Ubiquitous Computing, 4th International Conference*, pages 16–32, Sep. 2002.
- 14) RF Code Spider RFID System. <http://www.indatasys.com/html/products/>.
- 15) Q.T. Tran and E.D. Mynatt. What Was I Cooking? Towards Déjà Vu Displays of Everyday Memory. Technical Report GIT-GVU-TR-03-33, Georgia Institute of Technology, 2003.
- 16) M. Weiser. The computer for the 21th century. In *Scientific American* 256(3), 94–104, September 1991, Sep. 1991.