

ユビキタス環境DBのための能動的センサ移動による実空間状況獲得

草野 弘行[†] 山下 啓太[†] 富井 尚志[‡]

[†] 横浜国立大学大学院環境情報学府情報メディア環境学専攻

[‡] 横浜国立大学大学院環境情報研究院

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7

E-mail: [†] {d07hc014, d08hc041}@ynu.ac.jp, [‡] tommy@ynu.ac.jp

あらまし 近年, RFID をはじめとした低価格なセンサの普及により, 実空間内にセンサ群が張り巡らされた環境が現実味を帯びてきた. 実空間内では, 多数のセンサと物体との間で検知が断続的に発生し, それらは時系列に沿ったセンサ検知列としてデータベースに蓄積することが可能である. 本研究では, センサを能動的に移動させることによって, 実空間の状況の取得に必要なセンサ検知列を獲得する. データベースに蓄積された過去の検知状況から, 検知を必要とする対象を取得し, 検索結果に基づいてセンサを制御する. このようなデータベースに基づいたセンサの移動によって, 手間を抑えつつ物体の検知率が向上し, 必要とする実空間の状況変化を効率よくデータベースに反映することが実現する. 能動的センサ移動の有用性を, 実験によって検証した.

キーワード ユビキタスコンピューティング, 時空間データベース, RFID

Real Space Condition Acquisition with Active Moving Sensor for Ubiquitous Environment Database

Hiroyuki KUSANO[†] Keita YAMASHITA[†] and Takashi TOMII[‡]

[†] Department of Information Media and Environment Sciences, Graduate School of
Environment and Information Sciences, Yokohama National University

[‡] Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University
79-7 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501 Japan

E-mail: [†] {d07hc014, d08hc041}@ynu.ac.jp, [‡] tommy@ynu.ac.jp

Abstract Embedding various sensors in the real space became realistic because of rapid development of sensor technologies such as RFID. Sensors can detect objects intermittently and those detections can be accumulated into a database as a series of detection. In this paper, we move sensors actively to acquire a series of detection which is needed to acquire a real condition. We retrieve the objects from a database which need to be detected. Moving sensors are controlled by retrieval results from a database. Sensors controlled by database make more detection and it is possible to accumulate a real condition into a database efficiently. We evaluate superiority of active moving sensors by experiment.

Keyword Ubiquitous Computing, Spatial-temporal DB, RFID

1. はじめに

近年, RFID をはじめとした低価格なセンサの普及により, 実空間内にセンサ群が張り巡らされた環境が現実味を帯びてきた. また, センサの無線化, 小型化によりこれらを人体に取り付け, 携帯することが容易となってきた. 一方, 総務省が掲げている u-Japan 政策 [1] のような政策的展開も含め, 生活空間の状況を常に獲得し蓄積する「ユビキタス環境」が, 今後発展するであろうと考えられる.

RFID リーダは近傍の RFID タグに対して無線通信を行うセンサである. そのため, タグに対して非接触での読み取りが可能となる. RFID タグは一意的 ID とアンテナを持つ IC タグである. 電池を用いないパッシブ

型タグは小型かつ安価という特徴を持つため, 多数のタグを物体へ付与することが可能となる. あらゆる場所, 物体に IC タグが張り付けられた電子タグ付き環境 [2] では, 多数のセンサと物体との間で検知が断続的に発生し, 実空間内の物体の変化がセンサによってリアルタイムに検知される. 得られたセンサデータから, 実空間における物体の動きを取得し, データベースに蓄積することが可能となる. このような実空間の状況を蓄積するユビキタス環境データベースにより, 空間利用者は

- (1) 使用したい物体の現在位置の取得
- (2) 遺失物のそれまでの移動履歴の取得
- (3) 空間内に取り残された所有物の一覧取得

といった空間検索が実現する。

しかし、大量の物体が存在するユビキタス環境において、実空間内の状況の変化をくまなく検知することは困難である。空間に固定配置されたセンサや、空間利用者に取り付けられたセンサの移動といった、受動的な空間検知のみでは検知漏れが発生し、実空間の最新の状況をデータベースに反映することができない。そのためセンサの検知範囲外となった領域を、センサを移動させて検知範囲内にする必要があるが、センサを移動させるという行為による手間が発生する。

そこで、データベースに蓄積された検知状況に基づいてセンサを能動的に移動させることによって効率よく検知することを考えた。実空間の過去の検知履歴から、データベースの更新を必要とする検知対象を取得する。検知対象の検索例として、一定期間以上検知されていない場所、検知が一定期間途切れた物体の移動履歴などが挙げられる。検索結果に基づいてセンサを能動的に移動させることによって実空間検知が行われ、得られたセンサデータはデータベースに蓄積される。蓄積されたセンサデータによってデータベースが更新され、能動的センサ移動における新たな手掛かりとなる。データベースによる制御と、その結果によるデータベースの更新を繰り返し行う本手法をCBDB(Control By Database)と定義した。CBDBによる移動するセンサの制御により、実空間の状況を効率よく検知しデータベースと実空間の状況を一致させることが実現する。このような、能動的センサ移動による実空間状況獲得の優位性について、実験による検証、評価を行った。

以下、第2章では研究背景について述べ、第3章では移動するセンサの設計、実装について述べ、第4章では実験、検証を行い、第5章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 研究背景

2.1. ユビキタスコンピューティング技術

実空間に様々なセンサを張り巡らせたユビキタス環境の研究が数多く行われている。TinyDB[3]ではセンサ同士が互いに通信を行うセンサネットワークにおける、内蔵バッテリーを考慮したセンサの制御及びデータの取得を行っている。J. Rieckiらは物体そのものを表すGeneral Tag、物体に関連付けられたサービス等を表すSpecial Tagを空間中に配置し、空間内に存在するサービスの発見、管理を行うCAPNETを実装した[4]。また、物体に多数貼り付けられたタグと、利用者が装備するリーダとの検知の規則性から、個人特有の特徴を取得し判別する研究が行われている[5]。D. Merrillらは、身体装着型の小型赤外線センサによって利用者の注視点を取得し、利用者の興味に応じて情報を提供するアプリケーションを実装し、検証した[6]。A. Deshpandeらは、センサネットワークから取得される実空間データの不完全性をデータベース内にカプセル化し、それらに影響されない空間データ取得ができるMauveDB[7]を提案している。独立行政法人・情報通信研究機構(NICT)ではユビキタスホーム[8]と呼ばれる様々な機器やセンサを配置した生活空間を試験的に構築することで、これらユビキタスコンピューティング

技術の実生活におけるデータを取得しその利便性・安全性などについて検証を行っている。島川らのTagged World Projectでは、部屋内の様々な場所に配置されたRFIDタグと人が携帯するリーダによって人の行動を認識し、その意図を推定することが行われている[9]。

これらに対し、我々はユビキタス環境のひとつとして「概念共有環境 CONSENT(CONcept Sharing EnvironmeNT)」[10]を提案してきた。RFIDセンサによって取得したセンサデータを「AさんがノートBを引き出しCから取り出す」といった、空間利用者間で共有する意味や意図と結び付けて蓄積する。そのため、空間利用者はこれらをキーとした検索が可能となる。

2.2. 位置情報獲得

実空間状況をセンサによって獲得し、利用者の支援を行う研究が行われているが、その中で位置情報を重要な情報とし、それを獲得する手法が数多く提案されている。水野らの提案するMobiTra [11][12]では、物品に取り付けられたRFIDタグと、それを検知する携帯可能なRFIDリーダ、RFIDリーダの位置を検出する位置検出環境によって、階層的な位置追跡を行った。Christian S. Jensenらによって、移動オブジェクトを対象とした、オブジェクトが密集する領域を効率的に取得するDensity Queryの研究が行われている[13]。Jongchul Songらは工事現場における、RFIDタグ付けされた建築資材および機材の位置情報をRFIDリーダとGPSレシーバを持った現場監督の近傍通過による検知によって取得する実験を行った[14]。Chieh-Ling Huangらは、RFIDによって位置を検知する際、電波干渉を防ぐための電波送信間隔を最適化するために、空間内の電波送信器をノード、電波送信器間の電波干渉をエッジとしたグラフで表現し、グラフの単純化によって電波送信間隔のスケジューリングを単純化し、精神病患者病棟で実験を行った[15]。

2.3. RFIDを用いた実空間検知

センサ技術の高度化により様々なセンサが普及し、それらの利用が容易となった。また、センサの無線化、小型化によりこれらを人体に取り付け、携帯することが容易となり、利用者への負担の少ないセンサ利用が可能となった。本節では、RFIDの特徴及び実空間検知におけるRFIDの有効性について述べる。

RFIDリーダは近傍のRFIDタグに対して無線通信を行うセンサである。そのため、タグに対して非接触での読み取りが可能となる。RFIDタグは一意的IDとアンテナを持つICタグである。電池を用いないパッシブ型タグは小型かつ安価という特徴を持つため、あらゆる場所、物体にタグを張り付けた電子タグ付き環境の実現が可能となる。電子タグ付き空間では、空間利用者が身に付けたリーダと物体に張り付けられたタグとの間で検知が断続的に発生する。タグのIDは一意的であるため、タグが付与された物体を検知されたIDによって一意に特定することが可能である。このような検知列を用いることで、実空間における物体の存在や状況の確認が実現される。すなわち、実空間検知に有効である。一方、RFIDは検知可能な範囲に限界があり、検知範囲外のタグは検知されない。このRFIDの欠点

は、実空間検知における課題となる。

2.4. 実空間検知における課題

ユビキタス環境には多数の空間利用者や物体が存在し、それらの動きは多様である。それに対しセンサにはそれぞれ固有の検知範囲が存在するため、センサの限られた検知範囲を効果的に活用する手法が必要となる。空間全体を網羅するようにセンサを固定配置する場合は大量のセンサが必要となり、それらの構築は困難である。加えて、それらのセンサによって空間全体が網羅されている状態を維持するためのメンテナンスの手間は膨大なものとなる。一方、検知範囲の広いセンサを用いることによって必要なセンサの数を減らすことが可能であるが、獲得できる位置の粒度が荒くなるという欠点がある。空間利用者が装備するセンサは利用者の動きに伴って移動するが、利用者の生活に伴うセンサの移動は受動的かつ局所的であり、空間全体をくまなく検知することには不向きである。

そこで、センサを能動的に移動させることによって空間を能動的に検知することを考えた。このとき能動的に検知する必要のある物体を、空間内に大量に存在する物体の中から選び出す必要がある。加えて、能動的にセンサを移動させることによって発生する手間を必要最小限に抑える必要がある。これらの問題の解決手法として、データベースに蓄積された過去の検知状況から、データベースの更新に有効な検知対象を取得し、センサ移動を効率よく行うことを考えた。次章で移動するセンサの設計を行う。

3. 移動するセンサの設計, 実装

3.1. Control By Database

センサを装備したエージェントによってセンサを能動的に移動させ、実空間検知を能動的に行うことで、実空間の状況の変化を効果的に検知することが実現する。このとき、検知すべき場所をデータベースに蓄積された検知履歴を用いて決定することにより、データベースの更新に必要な実空間検知を効率よく行うことが可能となる。データベースの更新は得られたセンサデータによって行い、次にエージェントが検知すべき場所は、更新されたデータベースに基づいて決定される。このようなデータベースによる制御とデータベースの更新のサイクルにより、データベースと実空間の状況を一致した状態に保つことが可能となる。

この手法はユビキタス環境データベースに蓄積された情報を基にエージェントを制御し、センサの検知結果を基にデータベースを更新するものである。我々はこれを Control By Database(CBDB)と定義した(図1)。

3.2. 空間状況獲得の流れ

空間状況獲得の流れを図2に示す。最初に、センサを装備したエージェントは検知すべき対象を決定するために、データベースに問い合わせを行う。検知すべき対象の検索例として、一定期間以上検知されていない場所、検知が一定期間途切れた物体が最後に検知された場所などが挙げられる。検索によって対象を絞り込むことでエージェントに掛かる手間を削減すること

が可能となる。続いてエージェントは、問い合わせによって得られた対象の周辺の物体を、センサを移動させて検知する。センサによる検知は複数発生し、センサデータは時系列に沿ったセンサ検知列となる。センサ検知列はデータベースに蓄積されると同時に、データベースに記録された空間状況を更新する。

3.3. 検知すべき場所の検索

センサを装備したエージェントはセンサを移動させて実空間内の物体の検知を行う。このとき闇雲に移動するだけでは効率的な検知が行われず、不必要な手間が発生する。そこで、データベースの更新において有意である物体や場所を、検知すべき対象としてエージェントに提示することにより、効率的なセンサ移動が可能となると考えた。

検知を必要とする対象はデータベースに蓄積された検知履歴から得られる、検知が必要な物体や場所とする。検知を必要とする条件のひとつとして「最終検知以降、長期間検知されていない物体」が挙げられる。最後に検知してからの経過期間が長いほど、実空間においてその場所に存在するか存在しないかが不明確となるため、実空間で検知を行って最新の状況を取得する必要がある。検知を行う際の手掛かりとして、その物体が過去に最後に検知された場所や高頻度で検知された場所などが挙げられ、これらは検知すべき対象となる。また、場所に注目した検知を必要とする条件のひとつとして「長期間検知されていない場所」が挙げられる。検知されていない期間が長いほど、未検知の物体移動がその場所で発生している可能性があるため、検知すべき対象となる。一方、物体の出入りが頻繁に起こる場所がある場合、その場所を重点的に検知することで検知漏れを防ぐことができると考えられ、検知すべき対象の条件となる。

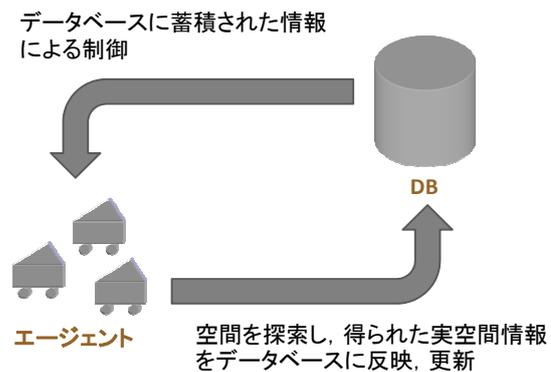


図1 Control By Database

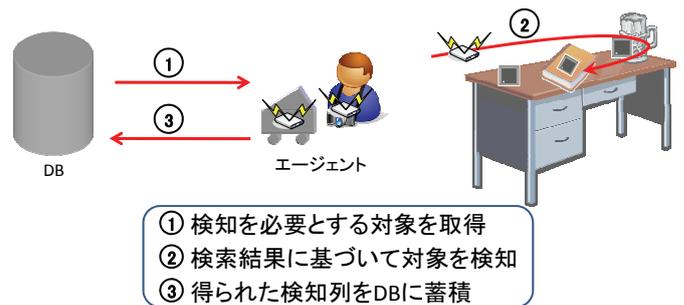


図2 空間状況獲得の流れ

このように、検知すべき対象の条件は複数考えられるが、いずれもデータベースに蓄積された検知履歴に基づいており、データベースへの問い合わせによって取得可能である。問い合わせの例として以下のものが挙げられる。

- (1) 物体の場所毎の最終検知日時
- (2) その物体が最も頻繁に検知される場所
- (3) 一定期間以上検知されていない場所
- (4) 物体が頻繁に出入りする場所

(1)はその物体がそれぞれの場所で最後に検知された日時を取得するものである。この問い合わせにより、長期間検知されていない物体の探索を、最後に検知された場所から順に行うことが可能となる。(2)はその物体が過去に最も多く位置していた場所を取得するものである。その物体はこの検索で上位に現れた場所に存在する可能性が高いことが予測可能である。(3)はセンサの検知範囲外となっている状態が一定期間以上続いている場所を取得するものである。長期間更新が滞った場所の検知を効率的に行うことが可能である。

(4)は状況変化の激しい場所であることを示している。このような場所を重点的に検知することで、状況変化を取りこぼさずに獲得することが可能となる。逆に、状況変化があまり起こらない場所は頻繁に検知を行う必要がないため、手間の削減に活用可能である。

セロテープ 11128 を対象としたときの (1), (2) の検索結果を図 3, 4 に、図 5, 6 に (3), (4) の検索の結果を示す。

3.4. エージェントへの移動方針示唆

センサを装備したエージェントは 4.2 節で示した検索結果に従って制御される。先行研究[16]ではエージェントとしてロボットを用いた。一方、センサを装備した人をエージェントとして扱う場合は、検索結果に基づいた移動方針を人が判断可能な GUI 等を通して示唆する必要がある。本実験では、データベースへの問い合わせによって得られた検知すべき場所を仮想空間を用いて提示することで、エージェントとなる人へ視覚的な移動方針示唆を行った。検知すべき場所を仮想空間上に矢印で指示し、移動方針を提示したものを図 7 に示す。

3.5. 実空間状況獲得

センサの移動によって多数の物体との間で検知が複数回発生するため、得られるセンサデータは時系列に沿ったセンサ検知列となる。センサの移動によって得られる検知列の例を図 8 に示す。検知日時が近い場合、それらのタグが張り付けられた物体が実空間において近くにあると考えられる。そこで、一定の時間幅をもったウィンドウによって部分検知列を取り出す。時刻 t_k を起点とし、サイズが d のウィンドウ内の検知列 R_k は次式で表される。

$$R_k = \{ r_x \mid t_k \leq t_x < t_k + d \}$$

続いて R_k 内の各々のタグに結び付けられた物体をデータベースより取得する。タグはそれぞれ一意な ID を持つため、データベースを検索することによってそのタグが付与された物体を一意に特定可能である。続いて検知された物体間の状況を決定する。「テーブル

	WHERE	ANNOTATION	DATE
1	9076	テーブル(卓子)一般	2009-01-15 12:35:48.000
2	8512	学校用机	2009-01-08 10:32:54.000
3	11186	学校用机	2008-12-18 17:44:29.000
4	7030	学校用机	2008-12-04 15:52:56.000
5	20663	テーブル(卓子)一般	2008-10-16 12:30:35.613
6	6194	テーブル(卓子)一般	2008-10-06 12:58:19.870
7	8902	テーブル(卓子)一般	2008-09-19 14:44:52.797

図 3 物体の場所毎の最終検知日時

	WHERE	ANNOTATION	COUNT
1	11186	学校用机	47
2	9076	テーブル(卓子)一般	46
3	8512	学校用机	33
4	16966	引出し	7
5	8070	学校用机	6
6	20663	テーブル(卓子)一般	3
7	8902	テーブル(卓子)一般	2

図 4 その物体が最も頻繁に検知される場所

	WHERE	ANNOTATION	DATE
1	617	長机	2008-12-23 20:55:01.000
2	134730	エコバッグ	2009-01-08 10:29:58.000
3	636	畳いす	2009-01-08 10:33:45.000
4	186	食器戸棚	2009-01-08 13:36:31.000
5	20504	PC機器用テーブル	2009-01-14 19:44:37.000
6	146110	学生かばん	2009-01-16 14:46:41.000
7	130012	箱一般	2009-01-16 15:29:22.000
8	118	本棚	2009-01-16 15:30:39.000
9	129859	白い箱	2009-01-16 15:30:41.000
10	129778	段ボール箱	2009-01-16 15:30:56.000

図 5 一定期間以上検知されていない場所

	WHERE	ANNOTATION	COUNT
1	11186	学校用机	4824
2	7030	学校用机	3781
3	8070	学校用机	3764
4	11178	学校用机	1322
5	8902	テーブル(卓子)一般	1124
6	6194	テーブル(卓子)一般	628
7	9076	テーブル(卓子)一般	311
8	617	長机	231
9	116	本棚	220
10	117	本棚	206
11	113	本棚	206

図 6 物体が頻繁に出入りする場所

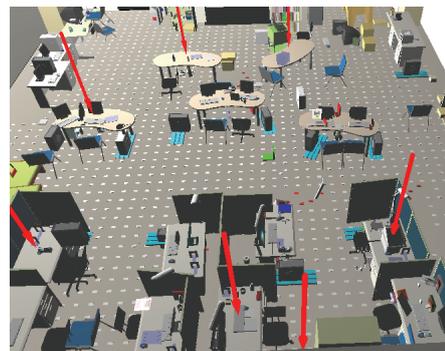


図 7 移動方針示唆の例

20663」,「ホチキス 11416」,「カッターナイフ 188443」,「シャーペン 57439」が検知列内にあった場合, 検知列のみではこれらの論理的な位置関係を決定することは不可能である. そこでデータベースに蓄積された物体間の関係と照らし合わせることによって,「テーブル 20663 上に, ホチキス 11416, カッターナイフ 188443, シャーペン 57439 が置かれている」という状況を得ることができる. 確定した物体状況はデータベースに反映される.

4. 実験による検証

データベースによって制御された能動的センサ移動の優位性の評価のため, 重要共有物品を対象とした実空間状況獲得実験を行った. 我々の研究室では 2008 年 4 月から, 概念共有環境 CONSENT の日常実験を行っている. 本実験ではその概念共有環境データベースを用いた.

実験環境は以下の通りである.

データベースサーバ

CPU : Intel Xeon 3.4GHz dual core
Memory : 4GByte
OS : Microsoft Windows Server 2008
DBMS : Microsoft SQL Server 2008

RFID リーダ

富士通社製 F3972T110
ウェルキャット社製 WIT-120-T, WIT-150-T

実験室環境

実験参加者 : 11 人
タグ付き物体数 : 1199 個
タグ総数 : 4304 枚

CBDB によって制御される能動的センサ移動の有用性を検証するために, 研究室内で使用頻度が高い物や, 常に位置を把握しているべき物といった重要共有物品を 17 個挙げ, 評価対象とした. 重要検知物品の一覧を表 1 に示す. これらは空間利用者が必要としたときに即座に利用できるように, 常に位置が把握されることが望ましい. そのためセンサによって定期的に検知される必要がある.

実験風景を図 9 に示す. CBDB に従ってセンサを装備したエージェントを能動的に移動させ, 物体を能動的に検知する実験を 2008 年 12 月 18 日から開始し, 物

体検知状況の比較を行った. 実験開始以前は, 空間利用者は物体検知を意図したセンサ移動を行わずに生活し, データベースによる検知場所の制御も行われていない. 実験開始後は, 能動的にセンサを移動させるエージェントを導入した. エージェントは空間利用者が一日毎の当番制によって一人が担当した. 担当者はデータベースの検索結果から得られる移動方針示唆の GUI に基づいて, 該当する場所にセンサを能動的に移動させ, 物体を意図的に検知した.

能動的センサ移動の開始時刻と終了時刻を記録し, 開始-終了間の時間差を物体検知の所要時間とした. 重要共有物品は, 実験開始以前, 以後共に制約を与えず, 利用者の生活に伴って空間中を移動した. 重要共有物品の検知度合いを測る指標として, それぞれの物体について, 日付毎に最後に検知してからの経過時間で分類した.

実験結果を図 10, 11 に示す. 図 10 は重要共有物品の検知率の推移とセンサ移動に要した所要時間を表し, 図 11 は重要共有物品の個々の検知状況を表した. 期間 1 は実験開始前であり, 重要共有物品の移動はあるが能動的センサ移動がない期間である. 期間 2 ではデータベースによる移動方針示唆に基づいて能動的センサ移動を行った. すなわち, 能動的センサ移動があり, かつ CBDB による支援がある期間である. 検知対象の検索条件は, 2 日以上検知が途切れた重要共有物品の検知位置履歴とした. 期間 3 は年末年始休業のため, 空間利用者が不在であり, 重要共有物品の移動が発生しなかった期間である. そのため, 能動的センサ移動は行われていない. 期間 4 は移動方針示唆なしで, 担当者の裁量により能動的センサ移動を行った. すなわち, 能動的センサ移動があるが, CBDB による支援がない期間である. 日時 5 は空間利用者全員で部屋の整理整頓を行った日であり, 同時に空間検知を全員で行った. 期間 6 は期間 2 と同様であるが, 検知対象の検索条件は, 2 日以上検知が途切れた重要共有物品の場所毎の過去の検知回数を基にした.

以上の条件で実験を行い, 能動的センサ移動の有無及び CBDB による支援の有無において比較, 評価を行った.

4.1. 重要共有物品の検知頻度の評価

重要共有物品の検知頻度を測る指標として, 重要共有物品について最後に検知してからの経過時間を日付毎に求めた. 最終検知からの経過時間が短い物体ほど, その物体が頻繁に検知されていると判断可能である. すべての日付, すべての重要共有物品について最終検知からの経過時間によって分類し, 集計した. この結果を図 10 の面グラフに示す.

期間 1, すなわち実験開始以前は, 空間利用者は能動的なセンサ移動を全く意識せず, CBDB による支援も受けていない状態である. そのため, ごく一部の重要共有物品が検知されるだけにとどまり, 8 日以上検知されていない重要共有物品が大多数を占めた. センサに検知されないことにより実空間の状況がデータベースに反映されず, 必要な時に正確な位置を検索出来ない状態であった. 一方, 移動方針の示唆に基づいて能動的センサ移動を行った期間 2 では, 1 日以内, 1

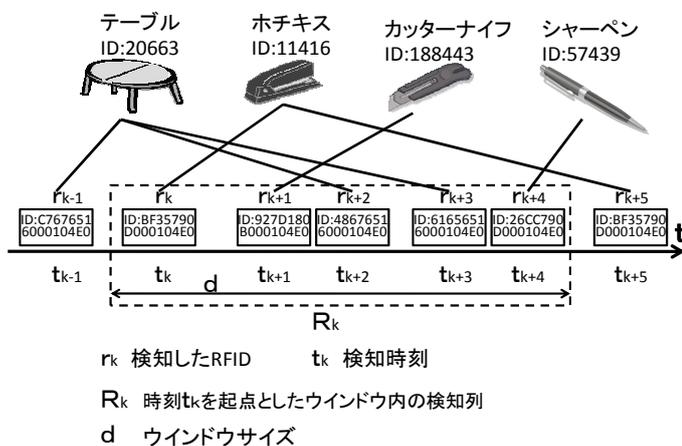


図 8 センサ検知列

日以上 2 日以内、2 日以上 4 日以内に検知された重要共有物品の比率が大幅に向上し、重要共有物品がセンサによって検知される機会が大幅に増加した。

続いて CBDB による支援の効果について考察を行う。期間 2 では移動方針の示唆に基づいて能動的センサ移動を行ったのに対し期間 4 では移動方針の示唆を用いず、担当者の裁量によって能動的センサ移動を行った。期間 2 と期間 4 はいずれも能動的センサ移動を行ったため期間 1 よりも検知頻度が向上したが、移動方針の示唆に基づいた期間 2 がより高い値となった。これは、CBDB による支援が重要共有物品の検知頻度の向上に有効であることを示している。

残りの期間についての補足を述べる。日時 5 は空間利用者全員でセンサ移動を行った日であったため、すべての重要共有物品を検知することができたが、センサ移動に伴う手間は著しく多くなった。期間 6 では期間 2 とは異なる検索条件で支援を行ったが、期間 2 と同様の効果を得られた。

4.2. 能動的センサ移動に要した時間の評価

次に、CBDB からの示唆によって移動するエージェントの手間について考察する。CBDB からの提示を受けて、実際に RFID リーダを装備した担当者が該当箇所に移動し、周辺を RFID リーダによってスキャンする行動を行なった。この行動に要した時間が、エージェントの手間であるといえる。この結果を図 10 の折れ線「所要時間」に示す。

当然、状況把握のためにエージェントはわざわざ該当箇所周辺まで移動し意図的な検知を行うため、実験開始以前と比べて大きな手間を要する。しかし、物体の状況を把握することの方が重要な場合には、やむを得ないコストであると考えられるので、そのようなアプリケーションで有効である。また、探索対象のキーとして、データベースに蓄積された過去の状況を加味しているため、何の手掛かりもない場合、すなわち CBDB によるアシストを受けない場合と比べて手間が改善されている可能性がある。

能動的センサ移動による手間が発生した期間は期間 2 と期間 4 である。両者において、物体検知の所要時間自体は大きな差異が見られなかった。しかし、重要共有物品の検知頻度は期間 2 の方が高い値を示した。期間 2 では移動方針示唆を行ったが、期間 4 では移動方針示唆を行わなかったことから、移動方針示唆によって不必要な手間の発生を抑えられたと考えられる。すなわち、移動方針示唆に基づいた能動的センサ移動によって効率的な物体検知が行われたと考えられる。

以上より、CBDB による支援が能動的センサ移動の手間の改善に有効であることが示された。

4.3. 物体毎の検知状況における検証

重要共有物品の個々の検知状況を図 11 に示す。期間 2 では検知されたが期間 4 では検知されなかった重要共有物品はホチキス 11416、マッキー 129558、はさみ 194677、研究資料 2065618、ファイル 11088218、ファイル 11128832、ファイル 11137332 であった。図 10 から、期間 2 と期間 4 での能動的センサ移動の所要時間はほぼ同じ値を示していたことから、期間 4 での担当

者の裁量による能動的センサ移動は CBDB による支援によって示唆される場所とは無関係の場所の検知を行っていたと推測される。そのため、期間 4 では多くの重要共有物品を検知できなかったと考えられる。

一方、期間 2 では検知されなかったが期間 4 では検知された重要共有物品はエコバッグ 134708 であった。これは、エコバッグ 134708 が実空間において CBDB によって示唆された場所のいずれにも存在しなかったため、CBDB では示唆されない場所の検知を行っていた期間 4 で偶然発見されたと推測される。CBDB による支援を行った期間 2、期間 6 内で検知されなかった重要共有物品はホチキス 12428、マッキー 129558、エコバッグ 134708、エコバッグ 134719、ファイル 11128832 であった。本実験では検索条件が重要共有物品の過去の検知履歴に依存していたため、示唆によって発見されなかった物体がある場合には「長期間検知されていない場所」といった他の検索条件を用いる必要があると考えられる。

4.4. 能動的センサ移動の応用

以上より、データベースによる能動的なセンサの移動が有効であることが示された。これは、日常生活への影響を抑えつつ、実空間内の物体状況を効率よく把握することに成功したことを示している。

本実験では、データベースによる検知対象の提示を重要共有物品の過去の検知履歴を基にして行った。空間利用者が無意識のうちに行っている物体の移動の偏りを取得し有意な検知対象を提示することにより、エージェント自身の空間についての知識の有無に依存せず能動的センサ移動を行うことが可能である。今後、ロボットによる空間の自動検知や、小売店等における棚卸し作業の負担の分散化等への応用につながると考えられる。

表 1 重要共有物品

ID	名称	ID	名称
11416	ホチキス	188476	メジャー
12428	ホチキス	194677	はさみ
13356	セロテープ	2065618	研究資料
129558	マッキー	11088218	ファイル
134708	エコバッグ	11092132	ファイル
134719	エコバッグ	11128832	ファイル
134730	エコバッグ	11137332	ファイル
188432	ドライバ	11159432	ファイル
188443	カッターナイフ		



図 9 実験風景

- 1: 能動的センサ移動なし
- 2: 能動的センサ移動あり、データベースによる支援(最終検知日時)
- 3: 空間利用者が不在
- 4: 能動的センサ移動あり、データベースによる支援なし
- 5: 部屋全体の整理整頓実施日
- 6: 能動的センサ移動あり、データベースによる支援(検知回数)

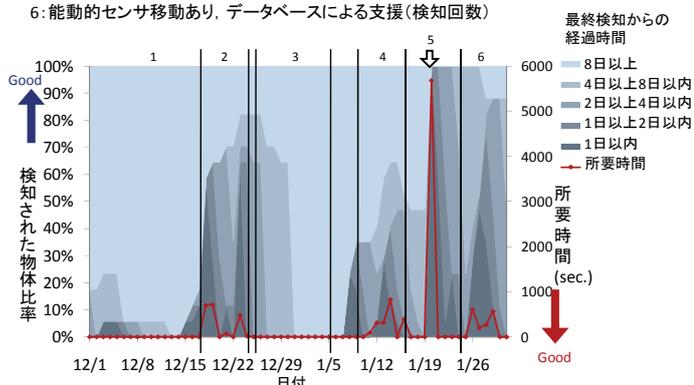


図 1.0 重要共有物品の検知率と所要時間の評価

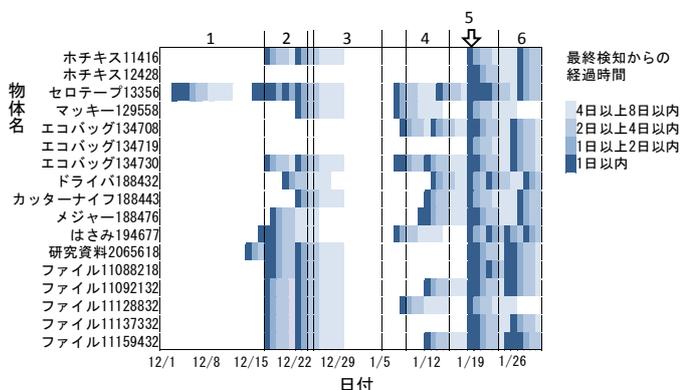


図 1.1 物体毎の検知状況

5. まとめ

本研究では、ユビキタス環境におけるセンサによる実空間状況獲得のために、データベースによって制御されて移動するセンサを設計、実装した、重要共有物品を対象とした実空間状況獲得実験において、CBDBによる移動方針示唆によって重要共有物品の検知頻度を向上させ、センサ移動に伴う不要な手間を抑えたことが示された。以上より、実空間状況獲得におけるCBDBの優位性が示された。今後の課題として、他の検索条件、環境における実験、評価を考えている。

謝辞

本研究は平成 19 年度・平成 20 年度横浜国立大学教育研究高度化経費および平成 20 年度横浜国立大学大学院環境情報研究院共同研究プロジェクト経費の助成を受けて行った。

文 献

- [1] 総務省, u-Japan 政策, http://www.soumu.go.jp/menu_02/ict/u-japan/index.html
- [2] 山下啓太, 富井尚志, “DB によって管理された電子タグ付き空間での位置情報タグの登録・維持支援手法”, 情報科学技術フォーラム(FIT2008)講演論文集, D-018, pp.83-86, 2008.9
- [3] Samuel Madden, Michael J. Franklin, Joseph M. Hellerstein and We Hong, “TinyDB: An Acquisitional

Query Processing System for Sensor Networks” Proc. ACM Transactions on Database Systems, Vol.30, No.1, pp.122-173, March 2005.

- [4] J. Riekkki, T. Salminen, I. Alakärppä “Requesting Pervasive Services by Touching RFID Tags” Pervasive Computing, IEEE Volume 5, Issue 1, Jan.-March 2006 Page(s): 40–46
- [5] Mark R. Hodges, Martha E. Pollack "An 'Object-Use Fingerprint': The Use of Electronic Sensors for Human Identification" Ubicomp 2007, 289-303, 2007.9
- [6] D. Merrill, P. Maes, “Augmenting Looking, Pointing and Reaching Gestures to Enhance the Searching and Browsing of Physical Objects” Pervasive2007, pp.1-18, 2007.
- [7] Amol Deshpande, Samuel Madden, “MauveDB: supporting model-based user views in database systems” SIGMOD Conference 2006: 73-84
- [8] 独立行政法人・情報通信研究機構(NICT), ユビキタスホーム, <http://www.nict.go.jp/index-J.html>
- [9] 楓 仁志, 山原 裕之, 藤原 聡子, 野口 豊司, 東辰輔, 島川 博光, “タグ付けられた世界における個人行動特性を用いた意図推測” 組込みソフトウェアシンポジウム 2005, Oct, pp.126-133, 2005. <http://taggedworld.jp/>
- [10] 麦嶋慎也, 清水隆司, 富井尚志, “ユビキタス環境 DB における利用者の概念を利用した行動支援手法”, 日本データベース学会論文誌, Vol.7, No.1, pp.221-226, 2008.6
- [11] Hiroshi Mineno, Kazuo Hida, Miho Mizutani, Naoto Miyauchi, Kazuhiro Kusunoki, Akira Fukuda and Tadanori Mizuno, “Hierarchical Position Estimation for Tracking System using Mobile Detectors,” In GESTS International Transactions on Computer Science and Engineering, Vol.23, No.1, ISSN 1738-6438, pp.21-32, Nov.2005.
- [12] 峰野博史, 肥田一生, 水谷美穂, 宮内直人, 楠和浩, 水野忠則, “移動機器連携ロケーショントラッキング方式の提案,” 情報処理学会研究報告 Vol.2004-GN-51, pp.1-6, Mar.2004.
- [13] Christian S. Jensen, Dan Lin, Beng Chin Ooi, Rui Zhang, “Effective Density Queries of Continuously Moving Objects”, International Conference on Data Engineering (ICDE), page 71, Atlanta, USA, 2006.
- [14] Jongchul Song, Carl T. Haas, Carlos H. Caldas, A proximity-based method for locating RFID tagged objects” Advanced Engineering Informatics, Volume 21, Issue 4, October 2007, Pages 367-376
- [15] Chieh-Ling Huang, Pau-Choo Chung, Ming-Hua Tsai, Yen-Kuang Yang, Yu-Chia Hsu “Reliability improvement for an RFID-based psychiatric patient localization system” Computer Communications, Volume 31, Issue 10, 25 June 2008, Pages 2039-2048
- [16] 那須洋之, 草野弘行, 富井尚志 “ユビキタス環境データベースによるエージェントの物体状況探索制御手法” Proc. of Data Engineering Workshop (DEWS2007) D7-6, March, 2007