概念共有環境 CONSENT における行動パターンの取得

小川 悌知† 賀来 健一† 渡邊 文隆† 佐渡山 英史* 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　工学部電子情報工学科

‡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: †{d05hc014,d04hc008,d04hc055}@ynu.ac.jp,＊b0244068@ynu.ac.jp,‡tommy@ynu.ac.jp

あらまし　近年のユビキタス技術の発達により，RF-ID に代表されるような空間センサが実用化されつつある．これら空間センサがオブジェクトの動きをセンスすることによって，計算機による様々な日常生活支援が可能となるであろう．ここで，人間の行動には何らかのパターンが存在し，ある行動をした時に高い頻度で行われる行動パターンと照らし合わせることによって，普段と違った行動を指摘するといった支援ができると考えられる．本稿では，前述のユビキタス環境によってそれら人間の行動パターンを取得・蓄積することで，例えば，機密度の高い書類をしまわずに席を立った時に，書類をしまうことを指摘してくれる，というような日常生活支援を可能とする「概念共有環境 CONSENT」の提案を行う．さらにオフィスグループウェアを CONSENT の応用事例とし，実空間中での行動を蓄積することで，有効な行動支援手法が実現可能であることを示す．

キーワード　ユビキタスコンピューティング，マルチメディア DB，時空間 DB

Acquisition and Application of Action Patterns on Concept Sharing Environment (CONSENT)

Daichi OGAWA† Kenichi KAKU† Fumitaka WATANABE†
Hidefumi SADOYAMA* and Takashi TOMII‡

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

＊Division of Electrical and Computer Engineering, School of Engineering, Yokohama National University

‡Faculty of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

79-7 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501 Japan

E-mail: †{d05hc014,d04hc008,d04hc055}@ynu.ac.jp, ＊b0244068@ynu.ac.jp, ‡tommy@ynu.ac.jp

Abstract Spatial sensor represented by RF-ID is put to practical use by the development of ubiquitous technology of late years. As for these spatial sensors, various everyday life supports with a computer will be enabled to realize individual management of objects. There are some patterns for a human action and supports are possible by comparing with some frequent action patterns. We suggest "CONcept Sharing ENvironmenT" which enables everyday life support by they acquire and store human action patterns by the above-mentioned ubiquitous environment. Furthermore, we implement an office groupware which is applied example of CONSENT and show that we can realize effective action support technique by storing actions in real world.

Keyword UbiquitousComputing, MultimediaDB and Spatial-temporal DB

1. はじめに

近年の情報技術の発展により“いつでも・どこでも”計算機の恩恵を受けられる「ユビキタス環境」が現実味を帯びてきている[1,2, 3]. ユビキタス環境では, 人々は時間や場所にとらわれることなく計算機にアクセスすることができ，パーソナライズされた最適な情報を

得ることができる．また，時には無意識のうちにその恩恵を受けることができるサービスも可能となり，それらは我々の生活をより豊かなものにしていくと考えられる．

このようなユビキタス環境による支援は，共通の意識を持った人々が集まって協調作業をする空間(コミュニティ空間)に用いることが考えられる．そして，それらを計算機上で再現しようと考えた場合，バーチャルリアリティによる仮想環境を用いれば良いと考えられる．しかし実空間の物体に関する情報として位置情報や形状データの取得は可能であるが，実際にはそれらに加えて参加者間には様々な概念が暗黙のうちに存在している．例えばオフィスでは「この書類はこのグループで共通管理している」というような物体の状態に関する知識や「この場所は喫煙スペースである」といったコミュニティ固有の決まりごと，また「使用中の PC」のような個人的な意図などである．コミュニティの参加者は自らの行動を選択する際に，それらの概念から少なからず影響を受けているといえる．これはコミュニティが，前述のように複数人が互いに影響を与え合って協調作業を行う空間であるためである．ここで，先ほどの例のようにそれらの概念を(a)社会一般の知識・常識，(b)空間固有の知識・常識，(c)各個人の持つ意図，の 3 つに大別した場合，(b)はコミュニティごとにその概念が異なり(c)はそのときどきの状況によって異なる．そのためこれらの概念をリアルタイムで正確に把握し他者と共有することは困難であるといえる．我々は上述したような空間利用者の概念の共有を実現する空間を「概念共有環境 CONSENT (CONcept Sharing ENvironmenT)」と名付け，プロジェクトとしてその実現に取り組んでいる．概念共有空間は，共有空間内で生じた事象を DB 化し，その概念をキーとした検索や操作ができるというメリットがある．

一方，ユビキタス技術の発展により，RF-ID などのデバイスを用いた日常生活支援システムについての研究などが数多く行われている．例えば，坂村らによって発足したユビキタス ID センター[1]では，ucode とよばれる一意の ID を DB 上で管理することによって現実世界と計算機や情報家電等の連動を実現し，包括的に我々の生活をサポートすることを目標としている．独立行政法人・情報通信研究機構(NICT)[3]ではユビキタスホーム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．また，安浦らは RF-ID 情報システムの信頼性を向上させる手法を提案[4]している．

これらユビキタスに関する研究では，生活環境に存在する各種センサを用い,そこから得られるデータを，いかに人間の行動と結びつけ，人間を支援するかが重要となってくる[5,6,7]．そこで本研究では，得られたセンスサデータを蓄積していき，それらをデータ抽出することにより,よく行われる行動パターンを取得し，よく行われる行動パターン、すなわち普段の行動を基に行動支援をする方法を提案する．

普段の行動を用いた行動支援の方法には以下の 2 通りがあると考える．一つは，次に起こる動作を予測しその動作を提示する方法だが，いちいち普段よく行う行動を提示するのは利用者に不快感を与えてしまう．そこで本稿ではもう一つの方法，普段の行動と違った行動をしたときに普段と違った行動でよいかを提示する方法で，例えば機密度の高い書類をしまわずに席を立った時に,書類をしまわなくてよいのかを提示する，という支援について実装を目指した．

しかし従来手法では動作を取得する際に，自分の席に座って今週号の雑誌を読むことと，自分の席に座って先週号の雑誌を読むことを，違う行動として取得してしまう．これでは実際によく行うはずの行動パターンを取得することができず，その行動に対する支援ができなくなる.そこで本研究では,上述のシステムを，概念共有環境と組み合わせることによって，インスタンス毎に取得してきたセンスデータのタイプも扱うことができる．つまり，概念的には同じ行動，例えば今週号の雑誌を読むのと先週号の雑誌を読むことを同等に扱える．これによって，より有用な行動パターンを取得し，それに合わせた支援も可能となる．また，複数の人々が存在する空間での，それぞれの利用者に合わせた支援も可能となる．本稿ではこれらを実現するアプリケーションを実装し,その実現性の検証を行う．以下，2 章において概念の共有を実現する「概念共有環境」について述べる．次に, 3 章でその取得手法を，そして 4 章において行動パターン抽出の実現性についての検証を行い，最後に 5 章にてまとめと今後の課題を述べる．

2. 概念共有環境 CONSENT

空間の情報共有を実現するために，本プロジェクトでは意味情報を三次元形状データと関連付けて DB に蓄積するモデル化手法を提案してきた[8]．これにより，視覚的な情報のみならず意味情報をも共有することが可能になり，知識や常識などの空間の概念や実空間の現在の状態である現実状態の共有を実現した．

2.1. 概念を形成する空間の意味

モデル化の対象を明確にするために，第一義的な意味的要素として次の二つに大別した意味記述を定義する．

定義 1.　物体に関する意味

仮想空間に存在する形を持ったオブジェクトや特定の領域の概念で機能や役割を併せ持ち，一般に名詞で表現される．

例１：本棚（しまう，取り出すなどの機能を持つ）

例２：休憩スペース（喫煙する，飲食をするなどの機能を持つ）

定義 2.　操作に関する意味

仮想空間でのオブジェクトの移動や形状変化などに対して明示的あるいは暗黙的に含まれる空間の利用者の考えや目的，意図．

例：椅子の整頓（椅子のオブジェクトの座標移動が利用者の椅子の整頓という意図を持つ）

そして，この概念共有環境 CONSENT で共有する概念について定義する．

定義 3. 概念共有環境における概念

空間に暗黙的に存在する知識や常識などで，定義 1, 2 で定義された二つの意味を組み合わすことで表現される．

例１：喫煙スペースでは喫煙可能である．

例２：共通物品棚には他の人が自由に使用してもよいものを置くことができる．

ここで定義した概念を共有する仕組みが必要となるので，そのためのモデル化を行った．

2.2. 三層構造モデル

空間の概念の共有化を図るためには，空間内に存在するオブジェクトの形状データとの対応が重要となる．本プロジェクトでは空間に存在する意味データと分離し，その間を「仲介者：存在エンティティ」で結ぶ三層構造モデル化手法（図 1）を提案してきた[8]．この三層構造モデルの導入により，オブジェクト間の意味を用いた概念構造の表現や前検索を必要としない効率的な検索が可能となる．

- **意味層**

意味層では 2.1 節で定義したような空間の意味の明確化・体系化を行うためにオントロジを用いて意味を抽出し，それを意味層のエンティティとしている．

また，今後オントロジ自体の Web 上での流通が考えられ，そして空間内に存在する知識や常識などの概念は変化するものであると考えられるため，意味層へのオントロジの登録については外部からのデータのインポートや再編集・追加・削除などが可能なことが好ましい．

ここで用いるオントロジとして３つのオントロジを定義する．

定義 4.　物体オントロジ(Object Ontology)

物体オントロジは空間のオブジェクトまたはある特定の領域を指すエンティティであり，以下の属性を持つ．

- 物体オントロジ名を表すラベル
- 物体の大きさや値段などの属性の型と地域の定義
- 概念定義：自然言語などで定義される物体オントロジの詳しい説明

なお，物体オントロジによって定義されるエンティティ間の関係には，Is-a と Part-of がある．

定義 5.　概念的操作オントロジ(Conceptual Action Ontology)

概念的操作オントロジは空間のオブジェクトや特定の領域が持つ機能や役割を指すエンティティであり，以下の属性を持つ．

- 概念的操作オントロジ名を表すラベル
- 概念定義：自然言語などで定義される概念的操作オントロジの詳しい説明

尚，概念的操作オントロジによって定義されるエンティティ間の関係には，Is-a がある．

さらに物体オントロジと概念的操作オントロジとの間に成り立つ関係を明確にする役割を持つオントロジも定義する．

定義 6.　関係オントロジ(Relation Ontology)

関係オントロジは物体オントロジと概念的操作オントロジの間に成り立つ関係を明確にするエンティティであり, EDR 概念辞書[9]で使用される８つの関係子を用い，以下の属性を持つ．

- 関係オントロジ名を表すラベル
- 概念定義：自然言語などで定義される関係オントロジの詳しい説明

以上の３つのオントロジによって，必要な意味の要素を明確かつ体系的に定義でき，その組み合わせによって空間の知識や常識などの様々な概念表現が可能となる．例えば,「引き出しにしまうことができる」という概念表現は「物体オントロジ：引き出し」「関係オントロジ：in」「概念的操作オントロジ：しまう」間の関係付けによって表現可能である．更に目的語を伴うような「引き出しに参考書をしまうことができる」という概念表現は，上述の３つと「関係オントロジ：objective」「物体オントロジ：参考書」間の関係付けに

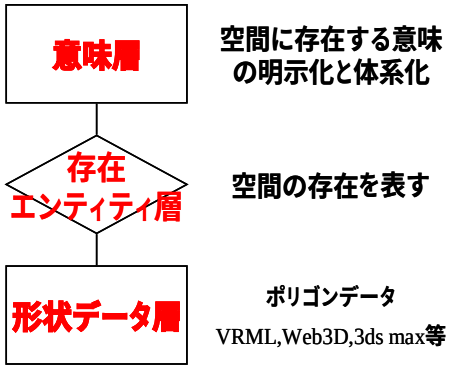

図 1 三層構造モデルの概念図

Fig.1 3-layer model

よって可能となる．

- **形状データ層**

実空間を DB にそのままマップしようと試みた場合，実空間オブジェクトの形状データなど，空間から得られた生のデータを保存する汎用スキーマが必須となる．ここで，形状データ層には，形状データの頂点データ・面ループ・色や形状データ間の相対座標などの階層構造を持たせ，一般的には空間データとして取り扱われるデータすべてを管理する．一方で，これらのデータは単なる生データであり，この層の形状データには意味情報を一切持たさない．これによって意味層と形状データ層が分離され，それぞれ独立に管理することができる．

- **存在エンティティ層**

存在エンティティ(EE)層に蓄積される存在エンティティとは，空間の存在を表すオントロジの具体物である．そのため，存在エンティティ層のインスタンスは対応するオントロジ層のインスタンスと Instance-of 関係にある．ここでオブジェクトや特定の空間の存在を表すエンティティを定義する．

定義 7.　物体存在エンティティ(Object Existing Entity)

物体 EE は物体オントロジの具体物であり，その具体物が空間に存在することを示すエンティティである．属性として以下のものを持つ．

- 所属する物体オントロジの属性値
- 物体を表す形状データの簡易ポリゴン
- 注釈：その物体 EE の簡単な説明文（例えば，雑誌の何月号かなど）

概念共有環境では，利用者が意図を持った操作である概念的操作を行うことによって，その操作が行われていない状態から操作が実行中である状態へ移行する．したがって，操作が実行中である状態を表す情報が必要となる．そこで，その情報を概念的操作オントロジと Instance-of 関係となる概念的操作存在エンティティによって表現する．

定義 8.　概念的操作存在エンティティ(Conceptual Action Existing Entity)

概念的操作 EE は概念的操作オントロジの具体物であり，その存在により空間中である操作が実行中である状態を表すエンティティである．

物体存在エンティティと概念的操作存在エンティティの間には，所属する物体オントロジと概念的操作オントロジとの間に成り立つ関係と同様の関係を定義できる．これを関係存在エンティティとして次に定義する．

定義 9.　関係存在エンティティ(Relation Existing Entity)

関係 EE は関係オントロジの具体物であり，物体 EE と概念的操作 EE の関係を明確にするエンティティである．以上のモデルにより，知識や常識などの空間の概念や状態の共有が可能となった．

2.3. 現実状態の取得方法

コミュニティ内では，様々な概念的操作が絶えず行われており，それによって空間内の状態は時々刻々と変化していく．そのため，空間の共有を実現するためには，2.2 節で述べたモデルと親和する状態取得方法の検討と，それを同時実行的に管理できる DB の構築が必要となる．本節では現実状態の取得方法について述べる．

コミュニティの状態を共有するためには，概念情報だけでなく実空間中のオブジェクトの位置情報を取得し，その状態にこめられた意図とともに DB に蓄積する必要がある．その際，利用者への負担の増加を防ぐため，それらは可能な限り無意識のうちに行われることが望ましい．また，同時に複数のオブジェクトの移動を検知できる必要がある．これらの条件を満たすため，本研究では無線 IC タグ技術(RF-ID)を用いることとした．

RF-ID は無線通信によって，RF-ID リーダ（以下リーダ）に近づいた IC タグに記述されたユニークな ID を読み取ることができるため，オブジェクトの計算機上での個体管理を実現する．空間中のすべてのオブジェクトに対して IC タグを貼り付けることにより，近づいたリーダとの相対関係から，これらの位置情報を管理することが可能となる．同様の方法で，空間利用者にもタグを持たせることで利用者の位置情報も管理可能である．ここで，空間利用者を「who」とする．また，以下に定義するような Semantic Space すべてにリーダを配置する．

定義 10.　意味空間(Semantic Space)

暗に存在する意味を持った空間であり，存在エンティティ層で管理される．例として収納空間や作業領域などが挙げられる．また，「引き出しの中の収納空間」というように形状オントロジのインスタンスと Part-of 関係を持つ．

また，DB 上の実空間を模倣した仮想空間との対応をとるため以下のように ID の対応づけを行い，現実状態のインスタンスの生成・削除によって現実状態の DB への登録を行う．

- **タグ ID⇔オブジェクトの物体 EEID**
- **リーダ ID⇔Semantic Space の物体 EEID**

ここで，タグを貼ったオブジェクトを「what」，リーダに対応するオブジェクトを「where」と呼ぶ．現実状態を以下のように定義した．

定義 11.　現実状態(Real State)

現実状態は，意味層で定義される物体オントロジと概念的操作オントロジで組み合わせて作られた空間の知識・常識などの概念の具体物であり，そのインスタンスの存在により実空間中で，ある操作が実行中であることを表すエンティティである．属性として以下のものを持つ．

- 操作対象の物体 EE
- 操作先の物体 EE
- what と where の組にして一意に定義した操作の意図である概念的操作 EE（以下 how）
- その操作を行った空間利用者の ID

複雑な記述が可能な現実状態を以上の属性で定義した理由としては，現実状態としてリーダから取得できる 4 属性だけで十分であると考えたためである．これによって例えば本(what)に相当する IC タグと U 氏(who)に相当する IC タグが引き出し Semantic Space(where)に相当するリーダに反応した場合,「U 氏が本を引き出しにしまった」という現実状態として表現可能となった．そして，現実状態を作成したら，履歴としてリーダがセンスした時刻と共に DB に蓄積していく．ここで，センスした時刻を「when」とする．

ただし，人間の行動（例えば，机の上のゴミをゴミ箱の中に移動させる）について考えたとき，意図（ゴミを捨てた）は実際には明確に宣言されずに，同じ様な動作であっても，意図が同時に複数存在することがある．例えば，机の上の空間にノートを移動させた場合，利用者が机の上でノートに何かを書くのか，読むだけなのか，それとも置いたのかという場合である．本稿では，このように複数の候補がある場合はあらかじめエキスパートが決めておいたおおよそ一般的と考えられる how が割り当てられる．また,同じ what･where の組でも，what が近づく場合と離れる場合がある．その場合はそれぞれに応じた現実状態を作成する．

このようにして現実情報を取得し DB への蓄積を行い，実空間の状態共有を実現する．なお，ひとつのオブジェクトに対して現実状態は唯ひとつ定義されることとする．

3. 行動パターンの抽出と行動支援

ユビキタス空間で人間を支援する上で，人間の行動を把握するということは,欠かせないことと仮定した．そこで，人間の行動パターンの抽出と行動支援を実現するための手順を図 2，図 3 に示す．図 3 のような行動をしたときに，図 2 で取得した行動パターンと照らし合わせ，普段の行動と違うと判断しその動作を提示する．

3.1. 動作と行動

人間の行動を把握するということは，1 つ 1 つの動作を把握し，その 1 つ 1 つの動作をセンスデータと結びつける必要がある．そこで本節では，人間の「行動」について定義する．

定義 12.　動作と行動

人間の行動パターンを取得していく上で，最小単位の動きを「動作」とし，2.3 節の定義 11 で述べた現実状態を作成したら，1 つの動作とする．しかし，センスデータである what･where の組を動作としていくと，例えば「雑誌 127 を本棚 245 にしまう」と「雑誌 132 を本棚 260 にしまう」といった同様の動作を違う動作としてしまい，利用期間が短くサイクルの早いものに対して行動支援をする為の有用なデータが取れない．そこで動作を,意味層を用いた以下の属性で表現する．

- 動作対象(what)のタイプに当たる物体オントロジ(以下 WHAT)
- 動作先(where)のタイプに当たる物体オントロジ(以下 WHERE)
- WHAT と WHERE の組にして一意に定義した動作の意図である概念的操作オントロジ(以下 HOW)
- その操作を行った空間利用者の ID(who)

実際に蓄積される形式は,上記 3 つの属性の ID と，利用者の ID を組にした形で表される．例えば，それ

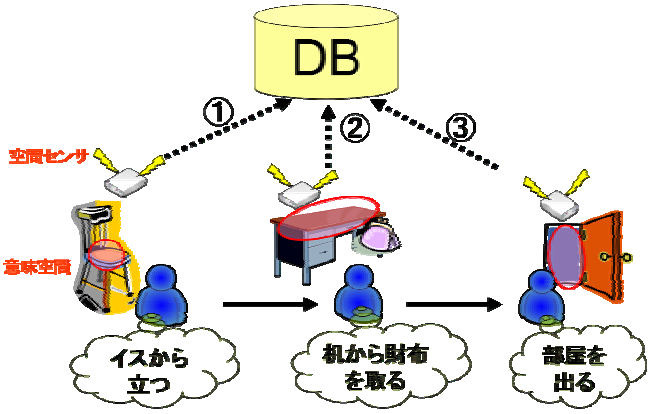

図 2 行動パターン取得

Fig.2 acquisition of action pattern

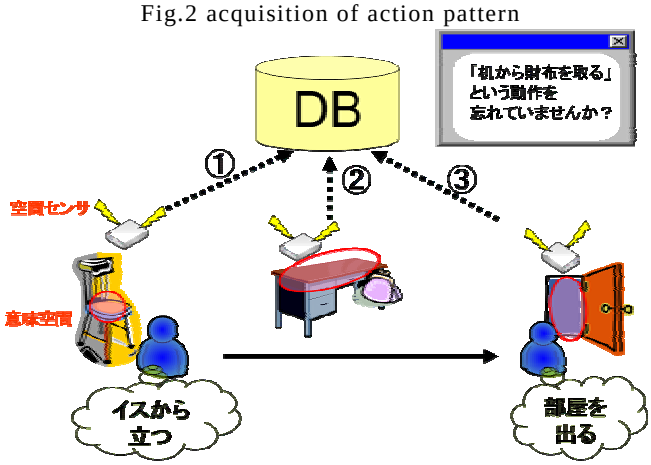

図 3 行動支援

Fig.3 support of action

ぞれを，27(雑誌)，17(本棚)，45(置く)，6（利用者）とすると,「利用者 6 が雑誌を本棚に置く」という動作は，[6,27,17,45]というタプルで表現される．さらに動作の集合を「行動」とし，複数の動作の時系列で表現される一連の動きとする．

2.3 節で述べたように who の取得にはタグを利用者に持たせる.実際には図 4 のように指輪型 IC タグを利用者が着用し，Semantic Space(where)に what と who に対応する IC タグが同時に入ることによって,その動作を who によって行われたものとする．これによって複数の利用者がいる環境でも，個人個人の動作を把握することができ,それぞれの行動パターンを取得できる．

3.2. 行動パターンの抽出

本稿の目的となる行動支援のためには，利用者それぞれの過去の行動から，どのような行動パターンがどれだけの頻度で行われているのかを知る必要がある．また，人間の行動というのは，目的は同じでも常に同じ行動ではなく，例えば本棚に本をしまう途中に他の本棚から他の本を取り出す，といったように目的とする行動とは無関係な動作をとる．さらに，RF-IDを使って動作を取得するが，RF-IDは無線通信なので，近くを通った時に反応してしまい，間違った行動を取得してしまうということも考えられる.そこで本稿では，過去の行動から無関係な行動や間違った行動を取り除いた行動パターンとその頻度を抽出する手段として，PrefixSpan法[10]を利用する．

定義13.　行動パターン

「行動パターン」は行動の一部であり，PrefixSpan 法によって得られた行動を「行動パターン」とする．PrefixSpan法は時系列データを複数入力することによって，その中の頻度の高いパターンを抽出することができる．例えば，｛本を机で読む，コーヒーを飲む，本を本棚にしまう｝といった時系列データがあったとき，本を机で読んだ後は本棚にしまうという行動が多く出てくるはずである．PrefixSpan法はこのように，ある動作が起きた後にどのような動作がどれくらいの頻度で起きるかを取得できる．

3.3. 行動の分割

前節で述べたように，PrefixSpan 法には複数の時系列データが必要である．しかし，RF-ID で得られる各個人の動作の時系列データは一連の時系列として取得されてしまい，これを複数の行動に分割する必要がある．そこで，本稿では，一連の行動には時間的・物的・場所的つながりがあると考えた．

- when が一定時間以上離れた
- what が変わる
- where が変わる

これらが同時に起きたときに行動を分割する，と定義する.これらの妥当性については今後の課題とする．

3.4. 行動パターンの蓄積

PrefixSpan法で得られたデータをDBに蓄積していく．属性として以下のものを持つ．

- 行動
- その行動の出現頻度
- その行動をした利用者の ID

行動パターンは行動と同様に，複数の動作の時系列で表され，行動パターンの出現頻度は行動支援をする際の優先度となる．また，すべての行動パターンを蓄積せずに，頻度と動作数の閾値を決め，閾値を超えるものだけを蓄積していく．この閾値は，行動を取得する期間や行動の内容によって大きく変わるものと考えられる．

3.5. 行動支援

行動パターンを利用した行動支援の方法には 2 通り考えられる．一つは，それまでの行動を行動パターンと照らし合わせ，次に起こる動作を予測する方法である．しかし普段通りの行動をしたときに，いちいち次の動作を提示するのでは利用者に不快感を与えてしまう恐れがある．そこで本研究ではもう一つの，同じようにそれまでの行動を行動パターンと照らし合わせ，普段と違う行動であった場合に提示するという方法を考える．本研究では，ある行動を行った際に DB に蓄積されている行動パターンと照らし合わせ，さらに複数の行動パターンが候補に挙がった場合，行動頻度の高いものを利用して，上述の支援を行う．

4. 検証実験

4.1. 動作取得の実現性

これまでに述べてきたようなシステムを，ユビキタス家具(Ubiquitous Furniture)の一部として RF-ID によって Semantic Space を実現した共通用本棚と個人用机と引き出しで実装を行った(図 5).

実装環境は以下のとおりである．

図 4 指輪型タグ

Fig.4 Ring–shaped IC tag

CPU：Intel Pentium4 2.4GHz
メモリ：512MByte
OS：Microsoft Windows XP Professional
RF-ID リーダ：TI S6350Midrange リーダ×1
FUJITSU ロングレンジリーダ F3972T130×2
IC タグ：TI HF-I タグ×30
家具：本棚×1，机×1，引き出し×1

本節では，この本棚を用いて動作取得の実現性の検証を行う．まず，ハードウェアの観点からの実現性として，RF-ID リーダの性能の検証を行い，ユビキタス家具の実現性を示す．

(1) RF-ID リーダ読み取り範囲の検証

RF-ID リーダの読み取り範囲は，以下のようなった．

- TI 社リーダ：平均半径 10cm
- FUJITSU 社ロングレンジリーダ：平均半径 30cm

これは where の範囲に相当し，それぞれの RF-ID リーダによる where の検出性能が示された．

(2) RF-ID リーダ同時読み取り限界数の検証

アンチコリジョン機能をもつリーダが同時に読み取ることのできるタグの枚数は以下のようなった．

- TI 社リーダ：平均 5.6 個
- FUJITSU 社ロングレンジリーダ：平均 28.4 個

これは what，who の読み取り性能を表し，それぞれの RF-ID リーダによる what, who の検出性能が示された．

(1)，(2)共に，各 30 回の動作から平均を出した．結果から，TI 社のリーダを用いれば，引き出し程度の狭い空間なら動作の取得が可能であり，また FUJITSU 社のリーダを用いれば本棚 1 段程度の空間内の動作の取得が可能であることが示せた．以上より，空間にリーダを設置する際には空間で扱われるオブジェクトのサイズ・数量と，同時読み取り限界数・読み取り範囲およびその指向性を十分に考慮することにより，RF-ID によってユビキタス家具が実現可能である．以上より，動作の取得が可能であることを示せた．

4.2. 行動パターンの実現性

CONSENT のオフィスを対象とした応用事例として，実際に構築した「CONSENT-Office」上での行動を蓄積していき，行動パターンの取得の実現可能なことを以下の実験により検証する．実装環境は以下の通りである．

DB サーバ
ハードウェア：Dell Precision 530
CPU：Intel Xeon 2.4GHz (DUAL 構成)
Memory：1GByte
OS：Microsoft Windows Server 2003
DBMS：Microsoft SQL Server 2005
クライアント PC
ハードウェア：自作構成
CPU：Intel Pentium4 CPU 2.4GHz
Memory：512MByte
OS：Microsoft Windows XP Professional

まず前提条件として，RF-ID などのセンサによって，以下（約 70 種）のような実世界の情報を取得できる環境がある（将来実現する）と仮定する．

- オブジェクトや利用者の移動
- 電気機器の電源のオン・オフ
- 扉や窓などの開閉など

この仮定は文献[1,3]よりそれほど不適当な仮定ではないと考えられる．その環境と同じ条件下で取得できる動作を手動で DB に反映させる．言い換えれば空間利用者の行った行動の意図が正しく DB に反映されるといえる．これを空間利用者 10 人，期間を一週間として模擬データを採取し，その模擬データに対して 3.2 節で述べた行動パターンの抽出が有効であるか，つまりこのシステムの有用性を考察する．

図 6 に模擬データの一部を示す．データは一日に一人平均約 80 動作で，合計約 4000 動作，このデータに対して PrefixSpan 法で行動パターンの抽出を行った．そして，その結果を図 7 に示す．結果より，実際によく行った行動パターンが DB に蓄積されている．また，行動支援システムのプロトタイプを実装して，ある行動を行ったときに，行動パターンと照らし合わせて違ったときに，普段と違う行動であることを提示する，という行動支援を行った．今回はダイアログ形式で普段と違った行動の中で，不足している動作を，履歴から最も多かった what を CG という視覚的な情報として出力した．例えば，「本を本棚にしまう」という動作が不足しているとすると，履歴から最も多かった本を中心とした図 8 のような CG を出力する．以上より，本システムによって有用な行動支援が可能であることを示した．今回はダイアログ形式で支援を行ったが，より有用な支援として音声での出力や，その忘れた動作を自動的に行うなどといった支援も可能である．このような，より有用な支援は今後の課題とする．

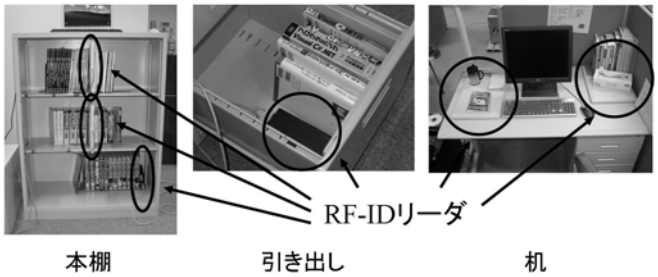

図 5 ユビキタス家具
Fig.5 Ubiquitous Furniture

```
select OO1.OO_LABEL as WHAT, OEE1.OEE_ID as what, OO2.OO_LABEL as [WHERE], OEE2.OEE_ID as [where],
       CAO.AO_LABEL as HOW, UD.A_NAME, His.UpdateTime
from History His
inner join OBJECT_EE OEE1 on His.what = OEE1.OEE_ID
inner join OBJECT_ONTOLOGY OO1 on OO1.OO_ID = OEE1.OO_ID
inner join OBJECT_EE OEE2 on His.[where] = OEE2.OEE_ID
inner join OBJECT_ONTOLOGY OO2 on OEE2.OO_ID = OO2.OO_ID
inner join CONCEPT CO on His.CO_ID = CO.CO_ID
inner join CONCEPTUAL_ACTION_ONTOLOGY CAO on CO.HOW = CAO.AO_ID
inner join USER_DATA UD on His.UpdateUser = UD.USER_ID
```

	WHAT	what	WHERE	where	HOW	A_NAME	UpdateTime
1287	週刊ビッグコミックスピリッツ	273	机	56	机の上で読む	渡邊優作	2005-12-02 13:04:37.713
1288	日経ビジネス	302	机	50	机の上で読む	植田賢	2005-12-02 13:08:44.860
1289	回転椅子	181	回転椅子	181	回転椅子から立つ	小川慎知	2005-12-08 06:14:05.333
1290	財布	572	机	55	机の上に置く	小川慎知	2005-12-08 06:14:37.227
1291	回転椅子	183	回転椅子	183	回転椅子に座る	那須洋之	2005-12-02 13:12:44.867
1292	回転椅子	180	回転椅子	180	回転椅子に座る	植田賢	2005-12-02 13:12:57.507
1293	ミドルタワー	118	ミドルタワー	118	ミドルタワーの電源をつける	那須洋之	2005-12-02 13:14:23.557
1294	書類引き出し	70	書類引き出し	70	書類引き出しを開ける	植田賢	2005-12-02 13:17:42.420
1295	大口引き出し	78	大口引き出し	78	大口引き出しを開ける	植田賢	2005-12-02 13:25:08.603
1296	大口引き出し	78	大口引き出し	78	大口引き出しを閉める	植田賢	2005-12-02 13:25:20.527
1297	窓	514	窓	514	窓を閉める	植田賢	2005-12-02 13:31:21.210
1298	財布	572	机	55	机の上から取る	小川慎知	2005-12-08 06:14:40.290
1299	回転椅子	181	回転椅子	181	回転椅子から立つ	小川慎知	2005-12-02 13:34:03.850
1300	ミドルタワー	116	ミドルタワー	116	ミドルタワーの電源をつける	小川慎知	2005-12-02 13:34:33.713
1301	回転椅子	180	回転椅子	180	回転椅子から立つ	植田賢	2005-12-02 13:35:35.307
1302	回転椅子	179	回転椅子	179	回転椅子に座る	渡邊文隆	2005-12-02 13:35:37.260
1303	扉	516	扉	516	扉を開ける	小川慎知	2005-12-08 06:14:56.227
1304	扉	516	扉	516	扉を開ける	東嶋慎也	2005-12-02 13:35:58.153
1305	扉	516	扉	516	扉を開ける	東嶋慎也	2005-12-02 13:36:09.420
1306	扉	516	扉	516	扉を閉める	小川慎知	2005-12-08 06:14:58.900
1307	週刊少年ジャンプ	19	書籍棚空間	466	書籍棚にしまう	賀来健一	2005-12-08 12:17:06.477
1308	固定椅子	191	固定椅子	191	固定椅子に座る	東嶋慎也	2005-12-02 13:39:59.330
1309	窓	514	窓	514	窓を閉める	東嶋慎也	2005-12-02 13:41:35.693
1310	回転椅子	179	回転椅子	179	回転椅子から立つ	渡邊文隆	2005-12-02 13:41:56.520

図 6 模擬データ

Fig.6 Imitation data

	APO_ID	USER_ID	FREQUENCY	ORDER	WHAT	WHERE	HOW
▶	0	6	6	0	14	14	262
	0	6	6	1	159	73	222
	0	6	6	2	154	154	188
	0	6	6	3	154	154	238
	1	6	6	0	14	14	262
	1	6	6	1	159	73	222
	1	6	6	2	154	154	188
	2	6	6	0	14	14	262
	2	6	6	1	159	73	222
	2	6	6	2	154	154	188
	2	6	6	3	154	154	238
	3	6	6	0	14	14	262
	3	6	6	1	159	73	222
	3	6	6	2	154	154	238
	4	6	6	0	14	14	262
	4	6	6	1	154	154	188
	4	6	6	2	154	154	238
	5	6	3	0	52	52	217
	5	6	3	1	53	53	218
	5	6	3	2	54	54	219
	6	6	3	0	52	52	217
	6	6	3	1	53	53	218
	6	6	3	2	54	54	219
	6	6	3	3	155	155	220
	7	6	3	0	52	52	217
	7	6	3	1	53	53	218

図 7 行動パターン

Fig.7 Action pattern

図 8 動作の提示

Fig.8 The presentation of motion

5. まとめと課題

本研究では，空間利用者の概念の共有などを実現する空間「概念共有環境 CONSENT(CONcept Sharing ENvironmenT)」を提案・実装し，そこでの人間の動作を RF-ID を使って取得し，そこから PrefixSpan 法を用いて行動パターンを取得する方法を提案した．また，実際の動作を蓄積していき，それらを用いて検証実験を行うことによって，行動パターンの取得の実現性を検証し，さらに行動パターンを用いた簡単な行動支援のプロトタイプを実装した．

今後の課題として，行動の分割の妥当性を検証していき，さらに有用な行動支援のアプリケーションを実装していく．また，行動パターンを蓄積していく際の閾値について，実際に RF-ID を使って行動支援の有用性を検証する必要がある．そして，PrefixSpan 法だけでなく，色々なデータマイニングを試し，より有用な行動パターンの取得を考えていく必要がある．

謝辞　本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金(課題番号 17700097)の支援による．

文　献

[1] ユビキタス ID センター，http://www.uidcenter.org/

[2] EPCglobal, ttp://www.epcglobalus.org/

[3] 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/overview/index-J.html

[4] 萩原大輔，井上創造，安浦寛人：RFID 情報システムにおけるシステムレベルでの信頼性向上，TOD,Vol,46,No.SIG8(TOD26),(2005).

[5] 福田 司，中内 靖，松原 隆：事例データベースとデータマイニングによる調理作業支援システムに関する研究，第 23 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2005),No.3D32,2005

[6] 福田 司，中内 靖，松原 隆：自律移動ロボットとタッチパネルディスプレイを利用した調理作業支援システムに関する研究，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'05 予稿集(ROBOMEC2005),No.2A1-N-052,2005

[7] Taketoshi Mori, Hiroshi Noguchi, Aritoki Takada, Tomomasa Sato. Sensing Room: Distributed Sensor Environment for Measurement of Human Daily Behavior *First International Workshop on Networked Sensing Systems(INSS2004)*, pp.40-43, 6 2004.

[8] 南博康，賀来健一，富井尚志：意図共有を実現するオフィス仮想環境の設計，信学技法，Vol. 104, No. 345, DE2004-114, pp. 1-6, (2004).

[9] 通信総合研究所，EDR 概念辞書 http://www.crl.go.jp/overview/index-J.html

[10] Jian Pei, Jiawei Han, and et al. Mining Sequential Patterns Efficiently by Prefix-Projected Pattern Growth. In *Proc.of International Conference of Data Engineering*, pp. 215–224, 2001.