

クエリフィードバックによる意味情報推奨機構を有する 成長型ユビキタス環境データベース

佐々木 貴司[†] 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: [†] d05hc022@ynu.ac.jp, [‡] tommy@ynu.ac.jp

あらまし 近年の情報技術の発展により、すべての物品にタグが貼られて管理ができるようなユビキタス環境の実現が現実味を帯びてきている。本研究では、このような環境下ですべての物体に関する意味情報も DB 化して、複数利用者で共有・検索できるようにする事を考える。このとき、新規にオブジェクトを DB に登録する際に、すでに DB に蓄積されている意味—形状の対応済インスタンスデータを対象に適切なクエリによって絞り込みを行い、新規オブジェクトに結び付けるべき意味情報の推奨を行う。利用者は推奨された意味情報の中から正しいものを選択して DB に登録するため、次のクエリの際にはこのデータも検索対象となる。この手法を本稿では「クエリフィードバック」と定義する。本手法によって既にユビキタス環境 DB に蓄積されている正しいデータを用いて推奨することで、結びつけるべき概念を選択する利用者の手間を低減することが可能となる。また、登録データを DB にフィードバックすることによってユビキタス環境 DB に正しいインスタンスが増えることで、推奨の精度が向上する成長型のユビキタス環境 DB が構築できる。上述のシステムを我々がこれまで提案してきたユビキタス環境 DB の一つである「概念共有環境 CONSENT」上に実装し、有用性に関する評価実験を行った。この実験により、本手法がユビキタス環境における概念とオブジェクトの結びつけに関する利用者の手間を低減できることを示した。

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

Growing Ubiquitous Environment Database with Semantic Information Recommendation Module by Query Feedback

Takashi SASAKI[†] Takashi TOMII[‡]

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

[‡] Faculty of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

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

E-mail: [†] d05hc022@ynu.ac.jp, [‡] tommy@ynu.ac.jp

Abstract A ubiquitous environment that manages all objects with ID-tags becomes realistic by development of recent information technology. In this study, we propose storing semantics of all objects into a DB, sharing and retrieving them with multi users under such the environment. When a new object is registered into the DB, then candidates of appropriate semantics are ranked by query for retrieving the DB which has correspondence between the semantics and shape those are already stored. A user chooses a right semantics from recommended ones and registers this relationship between the semantics and the original object into the DB. That data becomes retrieval subject in the case of a next query. We define this method as "Query Feedback" in this paper. User's cost for selecting semantics will be reduced because of recommending appropriate candidates by using the right data which are already accumulated in the ubiquitous environment DB by this method. In addition, growing the ubiquitous environment DB such as improving precision of recommendation can be constructed because the right instance increases in the ubiquitous environment DB by feeding back registration data. We implemented it on "CONSENT: Concept Sharing Environment" which is one of ubiquitous environment DB that we have already proposed and evaluated it. As a result, this paper assesses proposed method can reduce cost of registering relationship between semantics and objects.

Keyword Ubiquitous Computing, Multimedia DB and Spatial-temporal DB

1. はじめに

近年、計算機技術の発達や高速なネットワーク環境の普及による技術的背景と、u-Japan 政策[1]に代表されるような政策的背景の両方のファクターからユビキタス環境の実現が現実味を帯びてきている。日常生活の中でも、スーパーやコンビニエンスストアで非接触の IC カードを用いた買い物が当たり前のように利用でき、また RF-ID タグが普及し安価になったことから、今後はすべての物体に ID タグが貼付される事も予想される。このようなユビキタス環境では井形らの OKAR[2]のように、意味情報とオブジェクトとを結びつけることによってより高度なサービスを提供することが可能となる。そこで、我々はこのような環境下ですべての物体や操作に関する意味情報も DB に蓄積して、複数ユーザーで共有・検索できるようにする事を考えてきた。しかし、このような環境で新規にオブジェクトを登録する際に意味情報とオブジェクトの結びつけを全て手動で行うのは膨大なコストがかかる。また、意味を対象にしているため完全な自動化は困難である。前川ら[3]は、センサノードのセンシングデータと、状態遷移図を用いて記述したモノのメタデータとのマッチングを行うことによってモノを推定する手法を提案している。しかし空間利用者の傾向を考慮した推定は行われていない。空間 A では意味情報として「コップ」と記述されたオブジェクトが、別の空間 B では「湯飲み」と記述されている場合もある。

そこで本研究では、ユビキタス環境 DB における新規オブジェクト登録時の意味情報とオブジェクトの結びつけのコストを低減するとともに、利用者の傾向を考慮した空間構築支援を目的とする。そして、本稿ではこの目的を達成するために「クエリフィードバック」という手法を提案する。本手法では新規オブジェクト登録時の初期データとユビキタス環境 DB に蓄積された正しいインスタンスデータを用いたクエリによって意味情報の絞り込みを目指す。クエリによって結びつけるべき意味情報を推奨することによって意味情報選択のコストを低減するとともに、利用者の傾向を考慮した空間構築支援が実現できる。また、利用者がクエリによって推奨された意味情報を選択し、正しい概念と形状の組をユビキタス環境 DB にフィードバックすることにより、さらに正しいデータを持つユビキタス環境が構築できる。本稿ではクエリフィードバックの有用性を実証するため、われわれが今まで提案してきたユビキタス環境 DB の 1 つである「概念共有環境 CONSENT」上でプロトタイプシステムを実装し評価を行う。

以下、2 章において「概念共有環境 CONSENT」について述べる。次に、3 章で本稿の提案であるクエリフィードバックについて述べ、4 章でプロトタイプシステムの実装を行う。そして 5 章でクエリフィードバックの有用性に対する評価実験を行い、最後に 6 章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 概念共有環境 CONSENT

本章では、われわれがこれまでに提案してきたユビキタス環境 DB の一つである「概念共有環境 CONSENT」について述べ

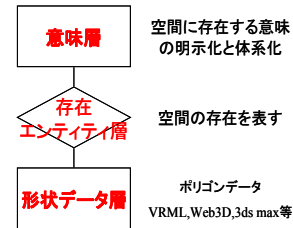


図 1. 三層構造モデルの概念図

る。1 章で述べたように、ユビキタス環境では意味情報とオブジェクトとを結びつけることによってより高度な日常生活をサポートするサービスを提供することが可能となる。そこでわれわれは意味情報を三次元形状データと関連付けてエンティティとし、それを実空間のセンサデータと対応付けて DB に蓄積するモデル化手法[4][5]を提案してきた。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。

そこで次節以降では、概念共有環境 CONSENT における「意味」とは何か、エンティティと「意味情報」を切り分けて管理することができるモデル化手法である「3 層構造モデル」について述べる。

2.1. 空間の意味

「概念共有環境 CONSENT」では空間の意味を以下の二つに大別して定義する。

定義 1. 物体に関する意味

実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。なお本稿における「意味情報」とは、この「物体に関する意味」を指す。

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

実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。

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せることによって表現される。

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

ジェットの形状データの取得と、その物体に関する意味情報との対応が重要となる。我々は空間に存在するオブジェクトの形状データと意味情報を分離し、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。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意味情報をキーとした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。コミュニティ固有の意味情報の記述方式としてはオントロジが有効である。オントロジとは意味や概念の要素とそれらの関係を明示的に規定したものである。具体的なオントロジの例として Word Net[6]や UMLS[7]が挙げられ、Web の情報検索や共有をアプリケーションとして個々の分野ごとにエキスパートによってそれぞれ作成されている。オントロジの記述方法としては OWL[8]が利用可能であり、記述支援ツールとして protégé[9]等が利用可能である。このため、オントロジは分野ごとにカスタマイズする事が可能であり、本研究ではコミュニティ固有のオントロジを空間エキスパートが作成、カスタマイズしたものを用いることとする。より具体的には、これまでの成果[10]を踏まえて以下の3つを定義した。

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る。本研究では、この物体オントロジの要素を利用者に推奨することを目的とする。

操作オントロジ(Action Ontology)

概念的な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る。本研究では、操作の状況から類推される物体オントロジの要素を推奨するために用いる。

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操作オントロジの間に成り立つ関係を指すエンティティである。本研究では、関係オントロジで記述された物体オントロジと操作オントロジの関連から、物体オントロジの要素を推奨するために用いる。

● 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、3次元形状データを用いて視覚的に物体の位置や形状を表現することは利用者支援に際して効果的である。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。

形状データの蓄積により、空間情報共有を視覚的にアシストすることができ、検索結果の表示の際[11]や空間内のエージェント制御[12]など、空間共有の様々なアプリケーションで有効

である。一方、形状データの取得については、

1. 空間デザイナーに一任して作成する[13]
2. 3D形状スキャナを利用する[14]
3. ダウンロードしたCADデータ等を活用する

などの手段によって可能である。空間情報共有の視覚的支援[15]という観点からは、コミュニティに流入するオブジェクトの形状データについては既に登録されているものを再利用できることが多い。すなわち、新たに作成しなければならない形状データの割合は、再利用できる形状データの割合に比べてしばらく運用することによって少なくなると考えた。したがって本研究では主に1,2の手段によって得た形状データをDBに登録することとする。

● 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。

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。本稿の「オブジェクト」とは、この物体 EE を指す。クエリフィードバックにおいて物体 EE を介して物体オントロジを推奨することによって、利用者の傾向を考慮した空間構築支援が可能となる。

2.3. 現実状態の取得方法

空間情報共有 DB を用いて日常生活をサポートする事例では、コミュニティ内では様々な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。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。

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。

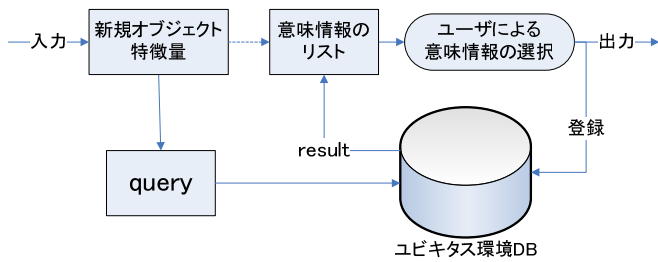


図 2. クエリフィードバックアーキテクチャ図

また、「引き出しの中の収納空間」というように物体オントロジのインスタンスと Part-of 関係を持つ。

また、実空間を模倣した DB 上の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 EE
- リーダ ID ⇔ Semantic Space の物体 EE

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。これらを用いて、実際の現実の事象がどのような状態であるか（現実状態）を以下のように定義した。

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(what)
- 操作先の物体 EE(when)
- what と where の組にして一意に定義した操作の意図である操作 EE (以下 how)

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 3 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 タグが引き出し Semantic Space(when)に相当するリーダに反応した場合、「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。where がリーダ ID に対応しているため、リーダ ID の取得から where で操作可能な what のタイプ (物体オントロジ) を推奨することが可能となる。

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、簡潔なモデル表現のために、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。

2.4. 実空間への応用

本節では、概念共有環境 CONSENT の実空間への応用について述べる。概念共有環境 CONSENT が有効となるアプリケーションドメインとして以下のような状況を考えて。

(1) 工場の生産工程

近年、工場の生産工程では実際に RFID タグを用いた在庫管理や生産管理の実証実験が行われている。そこで、さらに物体

の意味情報も蓄積して管理することによって生産ラインの最適化シミュレーションなどの有用な支援を提供することができる。また、形状の取得に関しても部品の CAD データを再利用することによって容易に取得できる。

(2) 日常生活

日常生活で発生する様々な行動を DB に蓄積することによって、頻出行動の抽出や行動支援 [13] が可能となる。また、空間シミュレーションや統計調査などにも応用できるであろう。

(1), (2) のいずれにおいても、本研究で支援する対象は次の事柄である。「その空間に新しいモノが現れたとき、最初にどのような手間で意味情報を捉えるか」。尚、5 章の評価実験では(2)の日常生活への応用について実験を行った。

3. クエリフィードバックによる新規オブジェクト登録

本章では、オブジェクトと意味情報の結びつけに関する利用者の手間を低減するための提案手法である「クエリフィードバック」について述べる。2 章で述べた様な RF-ID タグ付きオブジェクトの空間状態を日常生活の中で管理する為には、次のデータを取得しなければならない。

1. オブジェクトの形状データ
2. オブジェクトに添付されたタグの ID
3. オブジェクトのタイプ (意味情報)

本研究におけるオブジェクトの登録とはこれら 1~3 の組を取得することを表す。これら 1~3 の組を初期にすべて正しく得られたときに初めて、その後の日常生活ではリーダの位置 (意味空間) と対応付けて空間の状態を取得することが可能となる。すなわち、概念共有環境 CONSENT を実現する 1 つの重要な前提として 1~3 の組を日常生活の中でいかに正しく登録するかという課題を解決する有効な手段が必要となる。1 の形状データについては 2 章で述べた。尚、形状データが未取得であってもオブジェクトデータの登録が可能となる様にシステムを設計した。また、2 のタグ ID については RFID によって取得可能である。しかし、3 のオブジェクトの意味情報は、同じオブジェクトでもコミュニティによって異なるため完全に自動で取得するのは困難である。

ユビキタス環境からの利用者支援が受けられるという事から、本研究ではある程度までは利用者に手動による登録を強いる事はやむを得ないと考えた。しかし、手動登録の手間は必要最小限でなければならない。そこで、まず利用者の手間を低減するために、結び付けるべき意味情報を絞り込んで利用者に提示し、利用者を選択させることを考えた。意味情報を絞り込むことによって相対的にコストを低減することができる。ここで本手法では、新規オブジェクト登録時に得られる特徴量とユビキタス環境 DB に既に登録されている正しいインスタンスデータを用いたクエリによって結び付けるべき意味情報の絞り込みを目指した。利用者は本システムによって出力されたクエリの結果から新規オブジェクトに結び付けるべき意味情報を選択し、ユビキタス環境 DB に登録 (フィードバック) する。利用者が選択

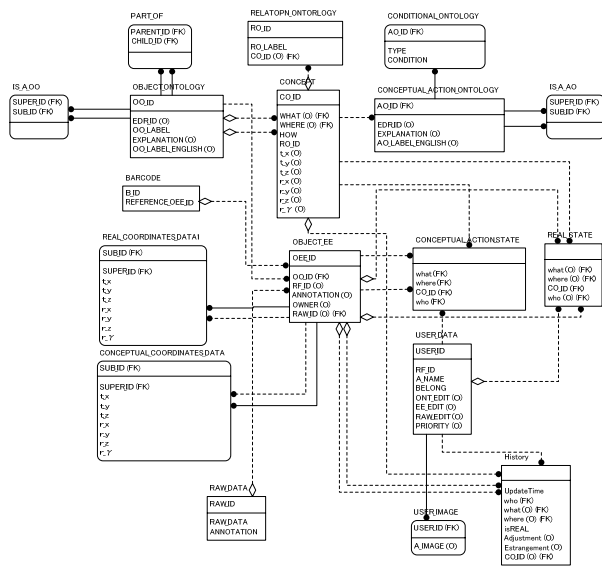


図 3. 概念共有環境 CONSENT の論理スキーマ

した意味情報とオブジェクトの組が DB にフィードバックされることで、次の登録時にはそのデータも検索対象となる。新規オブジェクトを登録する際のクエリフィードバックのシステムアーキテクチャ図を図 2 に示す。次節以降では、クエリフィードバックにおける各モジュールについて詳しく述べる。

3.1. 新規オブジェクト登録時の特徴量の取得

ユビキタス環境 DB からクエリによって意味情報の絞込みを行う際のキーとするために、新規オブジェクト登録時に計算機可読な特徴量を抽出する。特徴量として、本稿では以下の 3 つを定義する。

形に関する特徴量

オブジェクトのポリゴンデータの形状特徴量を表す。ポリゴンモデルにおける形状データの特徴量については先行研究として体積や表面積などのスカラー量の特徴量[16]や、形状の 2 点間の距離の分布をヒストグラムで表した特徴量[17]などがある。

分類に関する特徴量

オブジェクトの一般的な分類を表す。この分類はコミュニティ固有の分類とは異なり、商品 ID などの一般的な分類である。

場所に関する特徴量

オブジェクトが存在する場所を表す。場所がわかることによって、空間的な制約（例：書類引き出しにはプリンタはしまえない）やコミュニティ固有の制約（例：研究用机ではアルコール飲料を飲んではいけない）などの意味に基づく制約を利用することができる。

3.2. クエリによる意味情報の絞込み

3.1 節で取得した特徴量をキーとしてユビキタス環境 DB 内に蓄積されたインスタンスデータを絞り込み、結び付けられた意味情報を参照するクエリを発行することで、新規オブジェクトに結びつけるべき意味情報を絞り込む。絞り込んだ意味情報は一つとは限らないため、今回は順位付リストとして利用者に提示する。既にユビキタス環境 DB 内に蓄積されたデータを用いて意味情報を絞り込むことによって、オブジェクトと意味情

報の結びつけのコストを削減するとともに、空間利用者の傾向を考慮した構築が実現できる。

3.3. DB への新規オブジェクトの登録

3.2 節で絞りこんだ意味情報をユーザに推奨し、ユーザは意味情報とオブジェクトを結びつけて登録（フィードバック）する。登録したデータを次に新しいオブジェクトを登録する際に用いることで DB 内の正しいデータが増えて、そのため 3.2 節における絞込みの精度が増し登録コストの削減や空間利用者の傾向を考慮した構築が向上する。

4. プロトタイプシステムの実装

3 章で述べたクエリフィードバックを 2 章で述べた概念共有環境 CONSENT 上に実装した。実装環境は以下の通りである。

- CPU : Athlon(TM)64 3800+
- メモリ : 2GB
- OS : Windows XP Professional
- 開発環境 : Microsoft Visual Studio 2005
- DBMS : Microsoft SQLServer2005

また、SQLServer2005 上で実装した概念共有環境 CONSENT の論理スキーマを図 3 に示す。

新規オブジェクト登録時の初期データと、意味情報を絞り込む際のクエリについて以下で詳しく述べる。

4.1. 新規オブジェクト登録時の特徴量の定義

3.1 節で述べた新規オブジェクト登録時の特徴量を以下のよう

形に関する特徴量

形に関する特徴量として以下の二つを実装した。

- VSB : ポリゴンオブジェクトの体積、表面積、BoundingVolume を 3 次元のベクトルで表す。オブジェクトの大きさやだまかな形が強く反映される。
- D2[17] : ポリゴンオブジェクトの頂点の 2 点間距離のヒストグラムを任意の次元のベクトルで表す。オブジェクトの形状が強く反映され、大きさは反映されない。

分類に関する特徴量

分類に関する特徴量としてオブジェクトに付属している（商品 ID）バーコードの値を DB に登録した。

場所に関する特徴量

場所に関する特徴量としてオブジェクトに貼られた RFID タグが検知されたリーダ ID を実装した。リーダの ID は以下のフォーマットで表記する。

- ホスト名-メーカー名-機器番号

リーダの ID からオブジェクトが存在する場所の意味情報をリスト 1 のクエリで取得した。ここでリスト 1 の変数 @READER_ID は RFID タグが検知されたリーダの ID を表す。

4.2. クエリによる意味情報の絞込み

4.1 節で定義した特徴量を用いて利用者に推奨する意味情報を絞り込むためのクエリを以下に示す。

形状特徴量を用いた絞込みクエリ

形状特徴量を用いた推奨意味情報の絞込みクエリは、新規オ

リスト 1. オブジェクトが存在する場所の意味情報取得クエリ

```
SELECT OBJECT_EE.OO_ID
FROM OBJECT_EE,OBJECT_ONTOLOGY
WHERE OBJECT_EE.OO_ID = OBJECT_ONTOLOGY.OO_ID
and OBJECT_EE.RF_ID = @READER_ID
```

リスト 2. 形状特徴量を用いた絞込みクエリ

```
SELECT DISTINCT OBJECT_ONTOLOGY.OO_ID,SIM
FROM RAW_DATA,OBJECT_EE,OBJECT_ONTOLOGY
WHERE RAW_DATA.RAW_ID = OBJECT_EE.RAW_ID and
OBJECT_EE.OO_ID = OBJECT_ONTOLOGY.OO_ID
ORDER BY SIM DESC
```

リスト 3. 商品 ID (バーコード) を用いた絞込みクエリ

```
SELECT OBJECT_ONTOLOGY.OO_ID
FROM BARCODE,OBJECT_ONTOLOGY,OBJECT_EE
WHERE BARCODE.REFERENCE_OEE_ID = OBJECT_EE.OEE_ID
and OBJECT_EE.OO_ID = OBJECT_ONTOLOGY.OO_ID and
BARCODE.B_ID = @BARCODE
```

リスト 4. RFID リーダ ID を用いた絞込みクエリ

```
SELECT DISTINCT OBJECT_ONTOLOGY_1.OO_ID
FROM OBJECT_EE INNER JOIN OBJECT_ONTOLOGY
ON OBJECT_EE.OO_ID =OBJECT_ONTOLOGY.OO_ID
INNER JOIN CONCEPT
ON OBJECT_ONTOLOGY.OO_ID = CONCEPT.[WHERE]
INNER JOIN OBJECT_ONTOLOGY AS OBJECT_ONTOLOGY_1
ON CONCEPT.WHAT =_OBJECT_ONTOLOGY_1.OO_ID
WHERE OBJECT_EE.OEE_ID = @WHERE
```

プロジェクト登録の際に特徴量として形状データを取得可能な場合に用いる。新規登録するオブジェクトの形状と類似するオブジェクトを検索し、それらに対応付けられた意味情報を推奨意味情報として利用者に提示する。具体的には、4.1 節で定義した形状特徴量によって新規オブジェクトの形状データと DB 内の形状データとの類似度(SIM とする)を求め、新規オブジェクトの形状データとの類似度が高い順に DB 内の形状データを並び替える。そして、DB 内の形状データに関連付けられている意味情報を RAW_DATA テーブル、OBJECT_EE テーブル、OBJECT_ONTOLOGY テーブルの 3 つのテーブル間のリンクから参照する。以上のクエリをリスト 2 に示す。この手法は意味情報推奨手法[16]として提案してきた。

商品 ID (バーコード) を用いた絞込みクエリ

商品 ID を用いた推奨意味情報の絞込みクエリは、バーコード付オブジェクトを新規オブジェクトとして登録する場合に用いる。同一のバーコードを付加されたオブジェクトが既に登録されていれば、そのオブジェクトに付加された意味情報を利用者に提示する。具体的には、4.1 節で定義した商品 ID を持つ DB 内のインスタンスを検索する。そして、そのインスタンスに関連付けられている意味情報を BARCODE テーブル、OBJECT_EE テーブル、OBJECT_ONTOLOGY テーブルの 3 つのテーブル間のリンクから参照する。以上のクエリをリスト 3 に示す。ここでリスト 3 の変数@BARCODE は、新規登録オブジェクトのバーコードの値である。

RF-ID リーダ ID を用いた絞込みクエリ

RF-ID リーダ ID を用いた推奨意味情報の絞込みクエリは、新規オブジェクト登録の際に特徴量としてそのオブジェクトを検知した RF-ID リーダの ID が利用可能な場合に用いる。検知

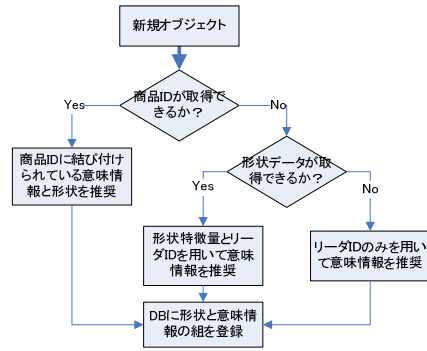


図 4. 新規オブジェクト登録のフローチャート

された場所で操作することが可能なオブジェクトの候補をオントロジから検索し、その結果を利用者に提示する。具体的には、4.1 節で定義した RFID リーダの ID から、新規登録オブジェクトが存在する場所の意味情報を取得する。ここで取得した場所に関する意味情報と 2.2 節で示した Ontology の制約を用いて、その場所で操作することが可能な意味情報を CONCEPT テーブル、OBJECT_EE テーブル、OBJECT_ONTOLOGY テーブルの 3 つのテーブル間のリンクから参照する。以上のクエリをリスト 4 に示す。ここでリスト 4 の変数@WHERE は、新規登録オブジェクトの RFID タグが検知されたリーダの ID である。

4.3. 特徴量取得の実現性

4.1 節で定義した新規オブジェクト登録時の特徴量において、形状特徴量に関しては optional であると定義する。これは利用者にとってオブジェクトのポリゴンデータを作成するのは非常に困難であるからである。しかし、3 次元形状スキャナの普及や、Web による製品カタログの公開などによってこのコストは低減されるようになると思われる。

また、商品 ID に関してもバーコードが添付されていないオブジェクトも存在するため optional であると定義する。

そしてリーダ ID に関しては、本稿ではすべてのオブジェクトにタグが貼られている環境を想定しているため mandatory であると定義する。

4.4. 新規オブジェクト登録のフロー

本節では、プロタイプシステムを用いて実際に新規オブジェクトを登録する際のフローについて述べる。このフローは図 4 のフローチャートに沿って行われる。ここで、統一したインスタンス例として以下のものを考える。

- 形状 : 500ml ペットボトル
- 商品 ID : 4901777119178
- リーダ ID : PC001-FUJITSU0
- 正解の意味情報 : 日本茶・麦茶ドリンク

尚、形状の「500ml ペットボトル」とは、一般的な 500ml ペットボトルに対して実装したシステムで割り当てている形状データである。

商品 ID が取得できた場合

「商品 ID : 4901777119178」を変数に代入したリスト 3 のクエリを実行することによって図 5 の結果が得られる。同じ商

品 ID において以前に登録された意味情報と形状が一意に特定されるため、ユーザによる選択の手間は省かれる。

商品 ID が取得できない且つ形状データが取得できた場合

「形状：500ml ペットボトル」と「リーダ ID：PC001-FUJITSU0」を変数として代入したリスト2とリスト4のクエリを実行し、積集合を求めることによって図6(a)の結果が得られる。ユーザは推奨された意味情報の中から「正解の意味情報：日本茶・麦茶ドリンク」を選択する。

商品 ID が取得できない且つ形状データも取得できない場合

「リーダ ID：PC001-FUJITSU0」を変数として代入したリスト4のクエリを実行することによって図6(b)の結果が得られる。ユーザは推奨された意味情報の中から「正解の意味情報：日本茶・麦茶ドリンク」を選択し、「形状：500ml ペットボトル」を選択する。

5. 評価実験

4章で実装したクエリフィードバックの評価を行うため実験を行った。まず、実験の準備として本研究室の環境を再現した概念共有環境 DB を構築した。この構築には、研究室に存在する概念を表すオントロジの構築や研究室に存在するオブジェクトの形状データの構築、そしてそれらを結びつける存在エンティティの構築が含まれる。次に、この環境を3ヶ月間日常生活の中で運用して研究室に新たに増えたオブジェクトを登録した。ここで、オブジェクトの登録とは意味情報の選択を表す。そして3ヶ月の運用で得られた、登録時の初期データと意味情報の組を正解セットとした。この正解セットを用いて、クエリフィードバックの有用性の評価と、クエリフィードバックを組み込んだユビキタス環境 DB の成長性に関する評価を行った。また、実験で構築した概念共有環境 DB の規模を以下に示す。

- 物体に関する Ontology の要素数：3602 個
- 存在エンティティの数
 - 運用実験前：450 個
 - 運用実験後：1038 個
- 登録済正解セットの総数：588 組

5.1. クエリフィードバックの有用性の評価

クエリフィードバックの有用性を評価するため、3ヶ月間の運用後の DB において以下の実験を行った。

1. 正解セットの1組に対して、意味情報を絞り込む際に用いる特徴量の組み合わせを変えて正解の意味情報が何番目に推奨されるかを測定する。
2. 1を全ての正解セットの組に対して行う。

ここで、特徴量にバーコードを用いた場合は正解が一意に特定されるため評価の対象外とした。結果を図7に示す。図7のグラフの横軸は正解の意味情報が推奨された順位を表す。また、縦軸は正解セットのすべての組の中で、横軸の順位以内に正解の意味情報が推奨された割合を表す。提案手法の支援なしの場合はオントロジの全ての要素の中から正解の意味情報を選択す

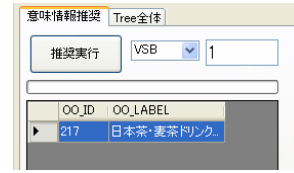


図 5. バーコードを用いた推奨



(a) 形状特徴量とリーダ ID を用いた推奨 (b) リーダ ID を用いた推奨

図 6. 推奨結果

るため、意味情報が推奨される順位が高くなるほど、その順位以内に推奨される割合は比例的に低くなる。すなわち、結果が図7の矢印の方向にあるほど望ましい。図7の結果から、クエリフィードバックを用いない場合に比べて、用いた場合の方が正しい意味情報を絞り込めることを示した。また各々の初期データの組み合わせを比較したとき、リーダ ID のみを用いた場合は支援なしの場合と比べて意味情報を絞り込むことはできたが、推奨された意味情報に順位付けがなされていないため比例的なグラフになった。これに対し、形状特徴量を用いると、形の類似性も考慮して順位付けするため良い結果となった。このとき、形状特徴量のみでは今回の実験では D2 の方が VSB よりよい形状特徴量であると言える。結論として形状特徴量に D2 を用いて、かつリーダ ID を組み合わせた場合が最もよい結果となった。これにより、本研究で提案した適切なクエリとして、形状特徴量だけでなく、そのオブジェクトがどこで (where: リーダ ID) センスされたかという意味情報を用いることで、推奨意味情報の絞り込みが可能であることを示した。ただし、クエリフィードバックを使った場合に正解が推奨される割合はどの初期データを用いたときにも、ある値で飽和している。これは、本手法が DB 内のインスタンスデータを基に意味情報を推奨するため、インスタンスデータに結び付けられていない意味情報は推奨されないためである。まだインスタンスデータに結び付けられていない意味情報に関する推奨は今後考えていく必要がある。

5.2. クエリフィードバックを組み込んだユビキタス環境 DB の成長性に関する評価

クエリフィードバックは DB 内のインスタンスデータを用いて意味情報を推奨するため、DB 内のインスタンスデータが増

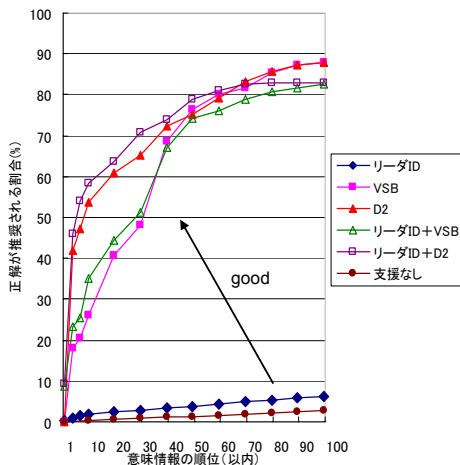


図 7. 有用性の評価

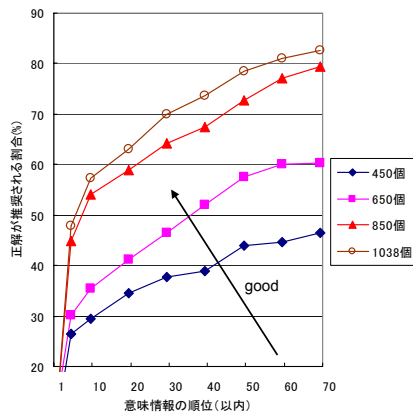


図 8. 成長性の評価

えると推奨の精度は向上すると考えた。そこで、これを実証するため以下の実験を行った。特徴量については 5.1 節の結果より最も評価のよかった、D2 とリーダー ID を組み合わせたものを用いた。

1. 運用実験前の状態の DB において、正解セットの 1 組に対して正解の意味情報が何番目に推奨されるかを測定する。
2. 正解セットの中からランダムに選択、登録して DB のインスタンスを増やした状態で 1 を行う。
3. 2 を DB のインスタンスの数が運用実験後の状態になるまで行う。

結果を図 8 に示す。グラフの見方は図 7 と同様である。パラメータは DB 内の存在エンティティのインスタンス数を表す。図 8 の結果からインスタンス数を増やしていくことで、より正しい意味情報を絞り込めることを示した。また、5.1 節で言及した正解が推奨される割合の飽和点に関してもインスタンス数を増やすことで向上することが示せた。これによりフィードバックの効果が有効であることを示した。

6. まとめと今後の課題

本稿では、ユビキタス環境におけるオブジェクトと意味情報の結び付けに関する利用者の手間を低減するための手法である

クエリフィードバックを提案した。また、提案手法を概念共有環境 CONSENT 上に実装し、評価実験を行うことで本手法の有用性と本手法を組み込んだユビキタス環境 DB における成長性を示した。

今後の課題として、意味情報の推奨における DB 内のインスタンスの数をを用いた重み付けや、まだインスタンスデータに結び付けられていない意味情報の推奨などが挙げられる。

謝辞 本研究は平成 17 年度および 18 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の助成を受けて行った。また本研究の一部は、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] 総務省, u-Japan 政策 HP, http://www.soumu.go.jp/menu_02/ict/u-japan/index2.html/
- [2] 井形 伸之, 小櫻 文彦, 片山 佳則, 津田 宏: "セマンティックグループウェア:RDF を用いた KnowWho の実現", 人工知能学会, SIG-SWO-A303, セマンティックウェブとオントロジー研究会, Mar, 2004.
- [3] 前川卓也, 柳沢 豊, 服部正嗣, 岡留 剛, "ユビキタス環境におけるコンテキストウェアのためのモノの表現", 日本データベース学会 Letters Vol.5, No.2, 2006, pp.45-48
- [4] 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", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.104, No.345, pp.1-7, 2004.10.
- [5] 富井尚志, "マルチメディアデータベースに基づく高度コミュニティ空間の実現", 電子情報通信学会誌, Vol.89, No.6, pp.511-517, June, 2006
- [6] Word Net, <http://wordnet.princeton.edu/>
- [7] Bodenreider O., "Medical Ontology Research: A Report to the Board of Scientific Counselors of the Lister," Hill National Center for Biomedical Communications. May 17, 2001
- [8] OWL 勧告, <http://www.w3.org/TR/>
- [9] Protégé Project, <http://protege.stanford.edu/index.html>
- [10] 渡邊優作, 富井尚志, "高度コミュニティ空間におけるオントロジー言語 OWL を用いた意味層の構築", 情報科学技術フォーラム(FIT2006), 情報科学技術レターズ Vol.5, LD-005, pp.59-62, 2006.9.
- [11] Kenichi KAKU, Hiroyasu MINAMI, Takashi TOMII, Hiroyuki NASU, "Proposal of Virtual Space Browser Enables Retrieval and Action with Semantics which is Shared by Multi Users," icdew, p. 1259, 21st International Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW'05), 2005.
- [12] 那須洋之, 富井尚志, "概念共有環境 CONSENT におけるエージェントを用いた物体探索による現実操作状態更新手法", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.107, No149, pp.173-178, 2006.7.
- [13] 3ds max : <http://www.discreet.com/products/3dsmax/>
- [14] cyberware 社: <http://www.cyberware.com/>
- [15] 小川悌知, 賀来健一, 渡邊文隆, 佐渡山英史, 富井尚志, "概念共有環境 CONSENT における行動パターンの取得", 電子情報通信学会データ工学研究専門委員会主催第 17 回データ工学ワークショップ(DEWS2006), Proc. of Data Engineering Workshop, DEWS2006 4B-i9, 2006.3.
- [16] 佐々木貴司, 賀来健一, 富井尚志, "意味情報推奨による仮想オフィス環境への新規オブジェクト登録支援手法の評価", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.105, No172, DE2005-67, pp.13-18, 2005.7.
- [17] R.Osada, T. Funkhouser, Bernard Chazelle, and David Dobkin Shape Distributions, *ACM TOG*, 21(4), pp. 807-832, (2002).