

概念共有環境 CONSENT における 現実状態と概念的状態の整合支援手法の提案

Support Method for Subtraction Adjustment between Real State and Conceptual State in Concept Sharing Environment

麦嶋 慎也†
Shinya Mugishima

富井尚志‡
Takashi Tomii

1. はじめに

近年、情報技術の発達により安価で高速な計算機やネットワーク、センサが普及し“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」が現実味を帯び始めている。例えばユビキタスコンピューティングで家庭生活を支援するユビキタスホーム[1]といったシステムが提案されており、実空間の人の集まりをユビキタス環境で支援する手法の有用性と実現性が示されている。そこで、ユビキタス環境による支援が有用なアプリケーションとして、ある特定の目的を持った人の集まりをグループウェアによって支援することを考える。ここである特定の目的を持った人の集まりをコミュニティと呼び、それらの存在する実空間をここではコミュニティ空間と呼ぶことにする。

コミュニティ空間を計算機で支援するとき、バーチャルリアリティ（以下 VR）は有効な手段である。例えば DBMS の強力な管理機能を VR に持たせた VRDB[2]では、空間情報を仮想空間にマップし、普遍的に管理するためのデータモデルを提案している。また PAW[3]のように、ネットワークを利用して大人数の参加者が仮想空間で仮想社会を形成するためのツールが提案された。それに加えて暗に存在している概念、例えば「物体 O の状態は××のようにあるべき」とか「利用者 A は××をしたつもりである」といった概念的な要素も明示的に共有できれば有用であろう。

そこで我々は、様々な物や人が存在し、複数の参加者に共通の概念が暗に存在しているような空間（コミュニティ空間）をユビキタス環境で支援することを考えた。具体的には現実状態と概念的状態を切り分け、DBMS と VR を用いて視覚的情報の共有、現実状態の共有、概念的状態の共有を実現する空間を「概念共有環境 CONSENT (CONcept Sharing ENvironment)」の実現に向けて取り組んできた[4]。

本研究では、この蓄積・共有された現実状態と概念的状態を用いて両状態の乖離を比較・評価し検索・整合できるシステムの構築を提案する。現実状態は必ずしも概念的状態に従ったものとは限らない。しかし、これらが整合するということは、概念を実空間で共有できたことになり、コミュニティ空間として行動が円滑に進む状態となると考えられる。

本研究は次のような手法により実現される。第一に現実状態と概念的状態をそれぞれ蓄積する手法を設計

する。第二に蓄積されたデータを用いてオブジェクトに対し現実操作状態と概念的状態を比較し乖離しているものを検索できるようにする。第三に検索されたオブジェクト群に対して、空間整合に有用な情報にして表示する。

以上について実装・運用・実験・検証を行った。

2. 概念共有環境 CONSENT

本章では概念共有環境 CONSENT における現実と概念の説明、及び概念的状態の説明と、その蓄積モデルについて説明する。

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。

I. 物体に関する意味

空間に存在する形を持つ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、主に名詞で表現される。

II. 操作に関する意味

オブジェクトの移動や形状変化などに対し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、意図で、主に動詞で表現される。

次に、この概念共有環境 CONSENT において共有する概念について定義する。

概念共有環境 CONSENT における概念

空間に暗黙的に存在する知識や常識で、定義 I, II 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よいものを置くことができる。

定義した概念は以下の 3 つに大別できると考えた。

- (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

(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。本研究ではこれらのリアルタイムでの共有が困難である (b) と (c) に注目し、これらの概念を共有する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、空間に存在するオブジェクトの形状データと概念との対応が重要となる。概念共有環境 CONSENT では空間に存在する意味を形状

† 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学研究院

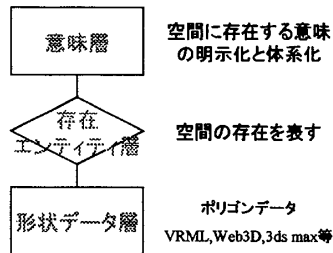


図1 三層構造モデル

データと分離し、その間を「仲介者：存在エンティティ (EE)」で結ぶ三層構造モデル化手法を提案している (図1)。これにより、I) 意味の明確化、II) 意味の構造化、III) 情報の冗長性の排除、IV) 独立したデータ管理という4つの利点がある。

以上により、意味が明確かつ体系的に定義された概念共有環境の構築が可能となる。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全検索を必要としない効率的な検索が可能となる。

2.3 概念的状態と現実状態

前節のように操作の意図は明示的かつ体系的に定義している。そのため、利用者は、空間に存在する物体に対し、現実での状態とは関係なく「××したつもり」という意図を付加することができる。これを明確にするため本節では現実状態と概念的状態について述べる。

・現実状態 (Real State)

現実状態とは、ある物体が実際にどのような状態であるかを表すエンティティであり、対応付けられる意味層の要素によって、「誰が」「何を」「どこで」「どうしている」という事実を一意に示すような、存在エンティティ層の1要素である。RF-ID[5]などのセンサによって、一部の現実状態を取得することが可能である。

本研究で現実状態は RF-ID を用いて取得することになっている。しかし、RF-ID によってセンサできる情報は、タグ ID とリーダ ID、および、タグがリーダによって検出された事実だけである。そこで我々は、タグ ID は動作対象の物体（「何を」）と、空間利用者（「誰が」）に割り当て、リーダ ID は操作先（「どこで」）に一意に割り当てることにした。一方、操作方法（「どうしている」）については、物体と操作先の組によって一意に決定付ける操作に限定する。

この結果、以下の4属性で現実状態を記述する。

- ・操作対象の物体(what)
- ・操作先の物体(where)
- ・what と where の組に対して一意に定義した操作の意図である概念的状態(how)
- ・その操作を行った空間利用者(who)

・概念的状態 (Conceptual State)

概念的状態は、利用者がある物体に対して“このようにしてほしい”という概念を表す明示的なエンティティであり、「何を」「どこで」「どうしてほしい」という事実を一意に示すような存在エンティティ層の1要素である。

本研究では現実状態と概念的状態とを比較するために、現実状態と合わせた4属性とする。

- ・概念的状態の対象の物体(what)

- ・概念的状態の対象の物体(what)
- ・what と where に対して行われている概念的状態の意図である概念的状態(how)
- ・その概念を作成した(操作を行った)空間利用者(who)

この4属性によって、例えば「ノート(what)が書類引き出し(where)に U 氏(who)によってしまわれている(how)つもりである」という概念的状態を表現できる。

また、コミュニティ内で行われる操作の意図は意味層で明示的かつ体系的に定義されるため、利用者は「この本を使用中の状態にしろ」というような概念的状態の変更を行うことができる。

ここでモデルの簡略化のために本研究では、概念的状態を空間のあるべき理想的な状態とし、ひとつのオブジェクトに対する概念的状態は唯一と定義されることとする。

3. 現実-概念状態整合支援の設計

現実状態と概念的状態の整合について、その支援機能の設計を行った。本章では、現実状態と概念的状態の整合についての考察と支援法について説明する。

3.1 現実状態と概念的状態の整合

現実状態と概念的状態には状態乖離、すなわち「ずれ」が生じる。それには次の二つが考えられる。

乖離1. 現実状態が概念的状態と乖離する

乖離2. 概念的状態が現実状態と乖離する

乖離1の例として「私(who1)が引き出し(where1)で管理している(how1)本(what)が他人(who2)にテーブル(where2)で利用されている(how2)」これは共通の what に対して概念操作状態として where1 に存在しているが、現実状態は where2 に乖離したことを表す。

乖離2の例として「本棚(where1)に共有管理している(how1)書類(what)を私の机(where2)に置いておいて(how2)ほしい」。これは共通の what に対して現実状態では where1 に存在しているが、概念的状態により where2 に乖離したことを表す。

これらの乖離を整合することができれば、共有仮想空間で行われた概念的状態が、現実にも反映されたことになり、利用者が“このようにあってほしい”と考えている環境が現実空間に反映されることになる。

空間を整合した状態にするためには、現在の空間の状況乖離を整合させるだけでなく、今後乖離を起こすような行動を抑制できると良い。乖離を起こす行動を抑制するには、今までどの利用者が、どの程度空間を乖離させてきたのかを表示すれば、利用者に注意したり、乖離させているオブジェクトの配置を見直したりするなどして抑制できると考えた。

よって、整合支援には以下の二つの機能が必要であると考えた。

- 空間の状況乖離を整合させる機能
 - 過去の乖離に関する動作をカウントする機能
- 以下にこの機能を述べる。

A. 空間の状況乖離を整合させる機能

空間の状況乖離を整合させる機能は、現実状態がどれだけ概念的状態と乖離しているか、すなわち「どの物体(what)をどんな操作状態(how)でどこに(where)移動させれ

ば良いか」を検索・表示できれば良い。そのためには 2.3 節で述べた様に現実状態と概念的状態を同一の属性を持たせて蓄積し、比較演算ができればよい。

ある物体(what)が乖離しているとは、現実状態と概念的状態の中に蓄積されている同一の what に対し 現実状態の場所(when)と概念的状態の場所(when)が異なる状態、現実状態の操作(how)と概念的状態の操作(how)が異なる状態、または場所と操作が両方とも異なる状態の時と定義できるので、これを検索の対象とする。

ところで、乖離1と乖離2では、優先度は操作要求である乖離2の方に置かれることが多い。よって乖離1と乖離2では見分けられるようにする必要がある。

B. 過去の乖離に関する行動をカウントする機能

空間の状態を利用者が乖離させてしまうことを抑制するためには、乖離に関する行動を誰が行ったのかをカウントすることが有効である。

乖離に関する行動をカウントする機能は、「誰が空間を乖離状態にしているのか(乖離状態を片付けているのか)」ということを表示させる機能である。そのためには、操作状態(what, where, how)を利用者(who)ごとに操作した時間(time)ごとに、「乖離させた動作」(Estrangement)か「整合させた動作」(Adjustment)かを判定し蓄積しておけばよい。

判定の方法は次のようにする。行った動作の対象となる物体と、現在のその物体の状態を比較し、場所(when)や操作(how)が乖離する行動ならば Estrangement 属性に true を挿入し、一致させる行動ならば Adjustment 属性に true を挿入する。どちらでもない場合は両方に false を挿入する。また、不一致させる行動かつ一致させる行動というのは考えられないため、両方に同時に true が挿入されることは無い。

乖離1のケースでは、誰が空間固有の知識・常識を守っていないかがわかる。乖離2のケースでは誰が操作要求を多く出しているのがわかる。

3.2 整合支援 UI の設計

3.1 で設計された方針に従ってデータを蓄積することで、何(what)をどこ(when)に持っていけば良いか検索できるため、物体を移動するようなロボット等を用いれば利用者に負担をかけることなく現実状態が整合できるようなユビキタス環境の実現につながる[1]。本研究では、近い将来に実現されるユビキタス社会環境を視野に入れ、モデル評価のために第一段階の設計として、利用者が手動で操作を宣言できる環境を導入しておく。すなわち、PC のブラウザにより支援し、利用者の手で整合してもらうことにする。

利用者は what や when を ID で表示されても理解するのは難しい。したがって、必要な機能として I. 空間を VR で表示する、II. オブジェクトの移動位置はその VR 上で表示する、III. 現在乖離しているオブジェクトをリストで表示する、IV. 乖離に関する行動を利用者別にカウントしリスト表示する。と言った基本的な機能の他、V. 空間全体がどの程度乖離しているのかを数値で表示する、VI. 場所別に乖離しているオブジェクトの多い順に表示する。など、利用者に整合を促す様な機能があると良い。

4. 現実-概念整合支援の実装

2, 3 章で説明してきたモデルに基づき、それらを実現するスキーマと、現実状態と概念的状態の乖離を整合する UI を実装した。

ここで実装の際の問題点として、本研究の現実状態の取得が RF-ID で行われるため、現実状態の how に対する正確な情報を把握できないという点がある。しかし RF-ID リーダによって取得される物 (what: タグ ID) と場所 (when: リーダ ID) の組によって、ある程度 how の解釈を限定することができる。例えば「本」が「本棚」に入った場合には「しまう」と解釈できる。

そこで今回は what と when の組が一意に how を取ることにした。

4.1 概念共有環境 CONSENT の論理スキーマ

2, 3 章で設計したモデルの論理モデルを図 2 に示す。これを論理スキーマとして DB サーバ上に実装した。

なお DBMS には Microsoft 社の SQL Server 2005 を用いた。また、その中で、本研究で特に重要である現実状態と概念的状態を表現するスキーマ、および履歴を表現するスキーマを図 3 に示す

4.2 整合支援 UI の実装

設計に基づき、概念共有環境 CONSENT を用いた現実状態と概念的状態の整合支援をする UI を実装した。

なお実装には開発言語として C#, VR 表示として OpenGL を用いた。実装した UI を図 4 に示す。

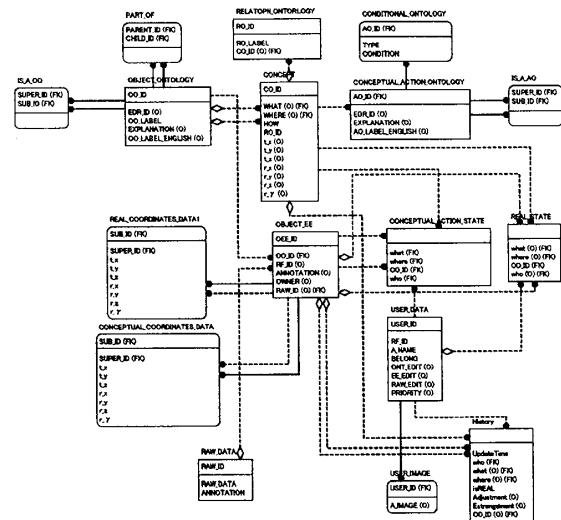


図2 論理モデル

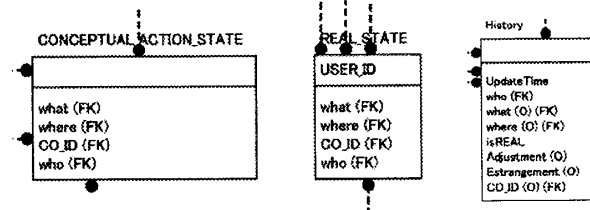


図3 概念的状態・現実状態・履歴

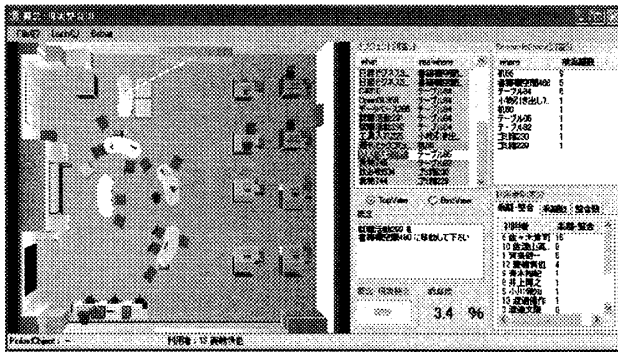


図4 状態整合支援 UI

5. 現実-概念整合支援の検証

本章では、実装したシステムの実現性を検証した。すなわち、実際に運用を行い設計どおりの状態と履歴が蓄積でき、整合支援UIが実現できるかを検証した。実験環境は以下のとおりである。

データベースサーバ

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：AMD Athlon (TM)XP 2500+, Memory：512MByte, OS：Microsoft Windows XP Professional, 他、同程度のPC 計13台

また、実験の条件を以下に示す。

1. 空間利用者13人
2. 運用期間1週間(06/2/17~06/2/23)
3. オブジェクトの状態変化はRF-IDリーダとタグで取得した。リーダやタグが足りない部分では、リーダとタグから得られるデータと同様のデータを利用者にブラウザから手動で入力させた。
4. 毎日〇時~〇時まで××という行動をしてほしいというような時間的、行動的制約は課さず、普段と同様に生活してもらい、利用者の行動を取得した。

履歴の蓄積結果を表1に示す。その蓄積結果より求めた利用者ごとの乖離行動を乖離1と乖離2でそれぞれカウントし、リストにしたものを図5に示す。今回の実験で使われたオブジェクトの数は全体で751個であった。

蓄積結果を見ると、全体の割合に比べ概念的な操作の回数が少ない。概念的な操作は現実状態を変更せずに“こうあってほしい”という概念を付加するという、これまでの生活に無かった行動なので、利用者がこの行動に慣れていなかったことが原因と推測される。この点については今後、より長期的な運用実験が必要である。

利用者別の乖離行動については、設計どおりの結果が得られた。また、蓄積された状態と履歴から図4のようにVR上で整合場所を指示し、リストで乖離しているオブジェクトが表示できるような状態整合UIを実現できた。具体的には図4のUIは3.2節で述べたI~VIの要求機能をすべて満たしている。よって本システムの実現性が示されたといえる。

6. まとめ

本研究は我々の提案する概念共有環境 CONSENT を用いて、現実状態と利用者が“このようにあってほしい”という理想状態ともいえる概念的な操作状態を付加し、共有することを考えた。また、二状態の間に発生する乖離を整合支援するためのUIを設計・実装し、その実現性を検証した。

今後はPCモニターより利用者の負担にならない出力デバイスの考察と、比較モデルや蓄積モデルの妥当性及び確実性を高めること、今回制限の大きかったhowについての扱いについてが課題である。また、本システムの中でひとつの状態や動作だけでなく、一連の行動のつながりである仕事を指示できるシステムなどへの発展も考察していきたい。

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

参考文献

- [1] 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>
- [2] 渡辺知恵美, 増永良文: “仮想世界データベースシステム VWDB2 における仮想世界同期法,” 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.44, No.SIG8 (TOD18), pp.65-77, June, 2003.
- [3] 松田晃一, 上野比呂至, 三宅貴浩: “パーソナルエージェント指向の仮想社会「PAW」の評価”, 信学論, Vol.J82-D-II, No.10, pp.1675-1683, October, 1999
- [4] 渡邊文隆, 賀来健一, 富井尚志, “概念状態と現実状態を統合するユビキタス空間の実現性に関する検証”, 信学技報, Vol.105, No.338, pp.1-6, November, 2005
- [5] 荻原大輔, 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”, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.46, No.SIG8 (TOD26), pp.37-47, June, 2005

表1 履歴の蓄積結果

履歴蓄積数	202回
現実操作回数	172回
概念的な操作回数	30回
総乖離行動回数	62回
総整合行動回数	38回

現実状態の乖離	概念的な操作状態の乖離	現実状態の乖離	概念的な操作状態の乖離
利用番号	乖離数	利用番号	乖離数
8 佐々木宣司	6	8 佐々木宣司	9
1 賀来健一	6	10 佐藤山風史	6
12 渡辺知恵美	3	2 砂子一徳	2
10 佐藤山風史	3	12 渡辺知恵美	1
9 喜木裕紀	1	9 喜木裕紀	0
8 井上博之	1	8 井上博之	0
5 小川慎知	1	7 藤澤洋之	0
13 遠達隆作	1	5 小川慎知	0
4 植田賢	0	3 遠達文隆	0
3 遠達文隆	0	13 遠達隆作	0
11 林祐貴	0	11 林祐貴	0
7 藤澤洋之	-2	賀来健一	0
2 砂子一徳	-2	4 植田賢	-1

図5 乖離行動のカウント