

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

佐々木 貴司[†] 賀来 健一[†] 富井 尚志[‡]

[†] 横浜国立大学大学院環境情報学府 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7

[‡] 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, d04hc008}@ynu.ac.jp, [‡] tommy@ynu.ac.jp

あらまし 近年の計算機技術の発展によりサテライトオフィスやフリーアドレスオフィスなどの新しいオフィスの形態が生じてきている。しかしこれらのオフィスにおいてユーザが行えるコミュニケーションの手段としてはチャットやメールなどに限られており、他のユーザとの「意味」の共有を行うことは難しい。そこでわれわれは仮想空間とデータベースを連携させ、空間のオブジェクトに対して「意味」をキーとした検索や操作を行うことができる「仮想オフィス環境」を提案している。しかし、「仮想オフィス環境」に新しいオブジェクトを登録しようとする際に「そのオブジェクトがこの空間ではオントロジ上のどのような意味に属するのか」ということをユーザが選択しなければならない。一方、「仮想オフィス環境」における「意味」は膨大な種類になり得るため一つ一つの意味を手作業でチェックしていくのではユーザに負担がかかってしまう。そこで本稿では新規オブジェクトを登録する際の「意味」をデータベース内の形状データの特徴量の類似度から推薦する手法を提案し、評価実験を行った。これにより本手法が実際に3次元形状データの特徴量の類似度に基づきオントロジをしぼりこむことができ、ユーザの負担を軽減できることを示した。

キーワード 時空間 DB 類似検索 オントロジ

Support method of registering a new object to Virtual Office Environment by Semantic Information Recommendation

Takashi Sasaki[†] Kenichi Kaku[†] 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

E-mail: [†] {d05hc022, d04hc008}@ynu.ac.jp, [‡] tommy@ynu.ac.jp

Abstract By the development of the computer technology in recent years, the form of a new office takes an a different usage such as a satellite or a free. However, it is limited to the chat and the mail so on that as the means of communications the user can do in these offices, and so it is difficult to share "Semantics" with other users. Then, we propose "Virtual Office Environment" in which users can retrieve the object of the space with "Semantics" as a key according to cooperating a virtual space with the DB. However, when a new object is registered in "Virtual Office Environment", the user should select "To what Semantics does the object belong in this space?". On the other hand, the load rests upon the user in "Semantics" in "Virtual Office Environment" checking an individual meaning by the hand work because it can become a huge kind. Then, we proposed the method for recommending "Semantics" when a new object was registered in this text from a similar level of the amount of the feature of the shape data in the DB, and evaluation was done. As a result, this paper assesses proposed method is feasibility for user.

Keyword Spatio-temporal DB, Similarity-Based Retrieval, Ontology

1. はじめに

近年の計算機技術の発展により、従来の視覚データのための仮想空間だけではなくDBと

連携することによって3次元空間の情報を管理するような研究が行われている。例えば、VRシステムとDBMSのコラボレーションし

たシステムであり、共有時空間のためのデータモデルの提案を行っている VWDB[1]がある。これらのように空間のオブジェクトの位置情報や動きを DB で管理することに加え、空間内のオブジェクトの意味や利用者の空間中での行動やオブジェクトへの操作に込められた意図を共有できれば、さらに有効な空間共有を実現できるであろう。

そこでわれわれは、このような検索や操作を、仮想空間とデータベースを連携させた「仮想オフィス環境」[2]によって実現している。「仮想オフィス環境」では、データベースによって形状データや空間データを蓄積するだけではなく、利用者コミュニティ内の「意味」「意図」などの意味情報も付加して管理・蓄積し、両者を横断的に検索・共有できることが特徴である。意味情報を付加することにより、「この書類をしまうことが可能な引き出しはどれか？」というような仮想空間内での意味に基づく検索が可能になる。「意味」と形状データを共有するためにわれわれは意味(オントロジ)層—存在エンティティ層—形状データ層の3層からなるスキーマが提案している。

ここで「仮想オフィス環境」において「意味」と「形状データ」が結び付けられた「存在エンティティ」は動的に増減する可能性がある。これは、空間の物の役割や状態とその意図は、時と場合によって変化していく為である。また、新規に物とその意図が追加されることもありうる。この場合にはユーザが自由にまだ形状データ層に登録されていない形状データを新しく空間内に登録できなければならない。しかし「仮想オフィス環境」のオントロジの階層は複雑で要素の数も大量にあるため、その新たな形状データが空間内のどのオントロジに所属するかを一般のユーザが選択するのは困難である。

そこで本研究では、新しいオブジェクトの3次元データの特徴量を取得し、そのデータに近い特徴量をもつ形状データ層の形状データにリンクしているオントロジのリストをユーザに提示することによって、ユーザの登録コストを軽減するための新規オブジェクトの「仮想オフィス環境」への登録支援ツールを提案する。以下、この手法を意味情報推奨手法と定義する。本稿の目的は大きく分

けて次の2つになる。

- 「仮想オフィス環境」のユーザが空間へ新しいオブジェクトを登録する際の手間を軽減する
- 空間固有のオントロジのユーザの理解を支援する

これらによってユーザが積極的に新規オブジェクトを登録することができ、より現実世界を反映した空間構築の支援となると考えられる。そしてこれらの目的を満たすために以下の三点の機能を設計した。

1. 三次元形状データの特徴量を計算する
2. 既に DB に登録された DB 内の形状データと新規形状データの類似度を計算する
3. 類似度が高い順に形状データとそれに結び付けられているオントロジをリストアップする

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[3]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[4]などがある。これらの設計に基づくツールを実装し、評価した。

以下2章ではわれわれが提案している仮想オフィス環境について、3章で本稿の主提案である意味情報推奨手法の設計について、4章でその実装について述べる。そして5章で意味情報推奨手法の評価について、最後に6章でまとめを述べる。

2. 仮想オフィス環境

本章では仮想オフィス環境においての意味とは何か、そして本プロジェクトで提案してきた3層構造モデルについて述べる。

2.1. 意味

従来の仮想空間では、空間内のオブジェクトの形状や位置情報、動きといった視覚的な情報のみが利用者に共有され、その空間に存在する暗黙的な意味情報は利用者個々の認識に任されていた。そこで本プロジェクトでは予め意味情報を抽出し、それを3次元形状データと関連付けてDBに蓄積することにより視覚的な情報だけでなく意味情報も共有できると考えた。意味情報の共有が可能になれば、仮想空間内を統一された価値基準で検索、操作ができるようになるであろう。そこでわれわれは、モデル化する意味情報を明確

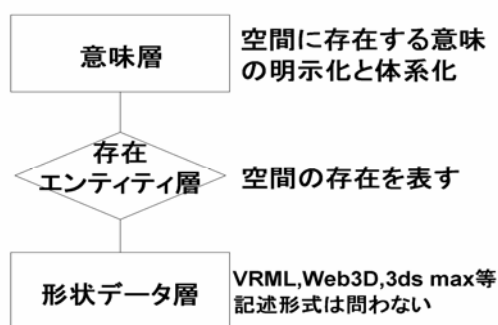


図1 3層構造モデル

にするために意味を定義し、その意味を体系的かつ明示的に定義しておく手法としてオントロジ[5]を用いた[2].

空間の意味の共有を実現するためには、空間の形状データとの対応が必要になる。本プロジェクトでは図1のように空間に存在する意味を形状データと分けて、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[6]を提案してきた。この手法により、意味と形状データを分離して管理することができ、構造を持った意味の表現、データの再利用が可能になる。

2.2. 3層構造モデル

本節では、空間の意味の共有を実現するためにわれわれが提案してきた3層構造モデルについて述べる。前節で述べたように3層構造モデルは意味層、形状データ層、存在エンティティ層からなる。以下で各層の説明をする。

意味層

意味層にはオブジェクトの持つ概念や機能が蓄積されている。そして、それらを体系的に管理するために我々は意味層の記述方式として以下の3つのオントロジを定義した。

- 形状オントロジ(Shape Ontology)
- 機能オントロジ(Action Ontology)
- 関係オントロジ(Relation Ontology)

ここで、本稿で使用しているのは形状オントロジのみであるため、形状オントロジについての説明のみを行う。形状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。

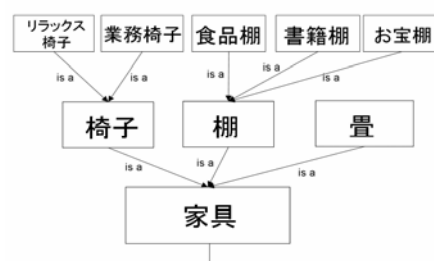


図2 形状オントロジの一部

- 概念名を表すラベル
- 属性(形状の大きさや値段などの属性の型と値域の定義)
- 概念定義：自然言語などで定義される概念の詳しい説明

尚、形状オントロジによって定義されるエンティティ間の関係は、Is-a と Part-of がある。またオントロジの設計については、EDR 概念辞書[7]に用意されている概念を使用した。EDR 概念辞書は概念が Is-a 階層で記述され、各概念は名称と概念説明を持つ。形状オントロジは「具体物」概念のサブクラスで定義される。また、EDR 概念辞書に無い概念や空間独自のラベルや概念定義を用いたい場合も考えられる。その場合は、設計者が必要な概念の定義をして EDR 概念辞書から抽出した階層構造の適切な位置に挿入したり、既存の EDR 概念辞書の概念のラベルや概念定義を変更する。仮想オフィス環境における形状オントロジの一部を図2に示す。

形状データ層

形状データ層には仮想世界を構成している物体のオリジナルの形状データが蓄積されている。形状データ層では形状データが一般的に持つ「頂点リスト」「面ループ」「色」などが関連属性として保証されれば良い。また、ある形状データが「子部品群」の集約によって定義される事は一般によくある。この親子関係と、そこから派生する相対座標、相対角度も形状データ層に蓄積する。また形状データの特徴量もあわせて蓄積する。形状データ層に蓄積するデータは以上とし、どのポリゴン群が「机の引出し」を表しているかのような意味情報は一切含めない。したがって、意味情報と形状データを分離が可能となる。尚、仮想オフィス環境では形状データについては上記の情報が得られさえすれば、作成方

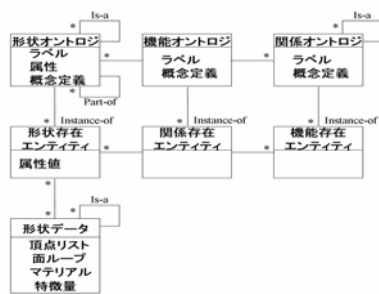


図3 概念スキーマ

法は特に問わない。

存在エンティティ層

存在エンティティ層には仮想オフィス環境における実際の存在が蓄積されている。具体的には、意味層の要素と形状データ層の要素に関連付けられたインスタンスである。本研究では、存在エンティティの意味解釈の複雑化を避けるため、ある存在エンティティはある1つのオントロジの概念にしか所属できないという制約を設ける。

2.3. 概念スキーマ

2.2節で説明した3層構造モデルに基づき設計した概念スキーマを図3に示す。形状における3層との対応は意味層と形状オントロジ、形状データ層と形状データ、存在エンティティ層と形状存在エンティティがそれぞれ対応している。

3. 意味情報推奨手法

本章では、本稿で提案する意味情報推奨手法における有用性と構成要素について述べる。

3.1. 意味情報推奨手法の有用性

仮想オフィス環境において空間の物の役割や状態とその意図は、時と場合によって変化していく為、「意味」と「形状データ」が結び付けられた存在エンティティは動的に増減する可能性がある。また、新規に物とその意図が追加されることもありうる。この場合にはユーザが自由にまだ形状データ層に登録されていない形状データを新しく空間内に登録できなければならない。しかし意味層のオントロジの階層は複雑で要素の数も大量にあるため、その新たな形状データが空間内のどのオントロジに所属するかを一般のユーザが選択するのは困難

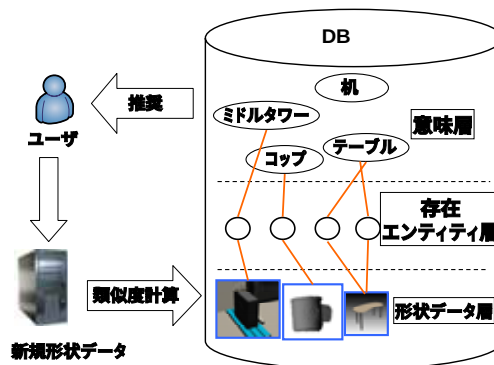


図4 意味情報推奨システム

である。ここでオントロジが複雑であるということに関して、空間内の全ての意味を表現しなくてはいけないので有用性の観点からは必須である。一方、複雑すぎるとユーザによる積極的な空間の構築を促すことができず、多用途性の観点からは問題である。

そこでこの問題を解決するために意味情報推奨手法を提案する。具体的にはユーザから与えられた意味が付加されていない新規形状データに対して、DB内の形状データと類似度を計算し、類似度が高い順にリンクされた意味層の意味情報をユーザに推奨するという手法である(図4)。

3.2. 意味情報推奨手法の構成要素

意味情報推奨手法の実現にあたり以下の2つの構成要素が考えられる。

- 形状データの特徴量を計算する
- 特徴量から類似度を計算する

本節では、これらの2つの要素について関連研究を交えて述べる。

形状データの特徴量の導出方法

本研究は3次元形状データの類似度からふさわしいオントロジを推奨することを主眼にしているため、特徴量については多様な特徴量を許容できれば個々の特徴量はどうのようなものを用いても構わないと考えた。そこで形状に関する典型的な特徴量として、今回の実装では以下の3つの特徴量を用いた。

(1) 表面積

形状全体の表面積 S 。ポリゴン i の面積を S_i とすると次式で定義される。

$$S = \sum_i S_i \dots\dots\dots(i)$$

(2) 体積

形状の体積V. ポリゴンiと重心を結んでできた三角錐の体積をV_iとすると次式で定義される.

$$V = \sum_i V_i \dots\dots\dots(ii)$$

(3) Bounding Volume

形状の外寸 (幅 W, 奥行き D, 高さ H) をそれぞれかけあわせたもので, 形状が実際にどれだけの空間を占有するかを表す. Bounding Volume を V_e とすると次式で定義される.

$$V_e = W \cdot D \cdot H \dots\dots\dots(iii)$$

特徴量の類似度の導出方法

多次元特徴量をもつオブジェクトの類似度を計算する手法として, 多次元特徴ベクトルを用いる方法が一般的であると考えられ

る. そこで, 3.2.1 節で定義した3つの特徴量から3次元の特徴ベクトルを定義する. ただし, 特徴量はそれぞれ値域が異なるため, 標準得点で正規化して特徴ベクトルを構成する. あるn次元の特徴ベクトルについて, k番目の特徴量の値をx_k (k=1~n), 平均値をμ_xとすると, 標準偏差σ_xおよび標準得点z_kは次式により定義される.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_k (x_k - \mu_x)^2} \dots\dots\dots(iv)$$

$$z_k = \frac{|x_k - \mu_x|}{\sigma_x} \dots\dots\dots(v)$$

特徴ベクトルの類似度を求める手法としてはコサイン相関値を用いる手法[8]やEuclid 距離を用いる手法, また二次形式距離を用いる手法[9]などがある. 以下に定義した類似度を示す.

(1) Euclid 距離を用いる方法

2つの特徴ベクトルX, Yのk番目の要素の標準得点をX_k, Y_kとすると, Euclid距

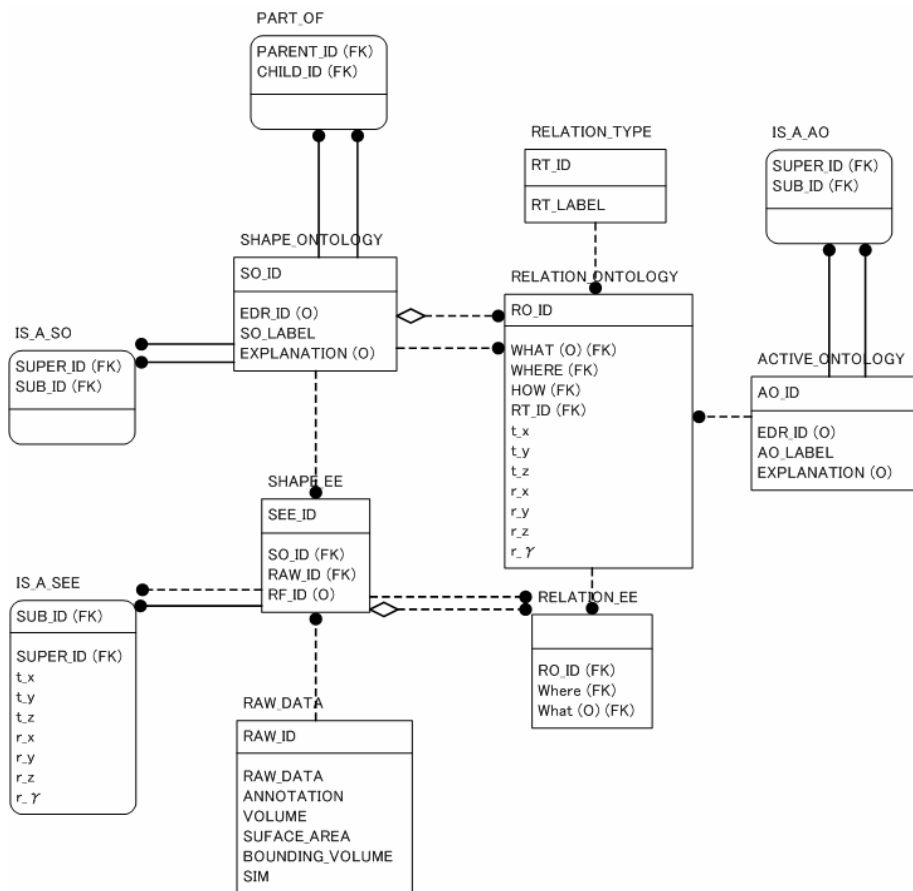


図5 論理スキーマ

離を用いた類似度SIM_{EUC}を次式で定義した.

$$SIM_{EUC} = \sqrt{\sum_k (X_k - Y_k)^2} \dots\dots(vi)$$

(2) コサイン相関値を用いる方法

2つの特徴ベクトルX, Yのk番目の要素の標準得点をX_k, Y_kとすると, コサイン相関値を用いた類似度SIM_{COS}を次式で定義した.

$$SIM_{COS} = \frac{\sum_k X_k \cdot Y_k}{\sqrt{\sum_k X_k^2} \cdot \sqrt{\sum_k Y_k^2}} \dots\dots(vii)$$

4. 新規オブジェクト登録支援システムの実装

3章の設計に基づいて, 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

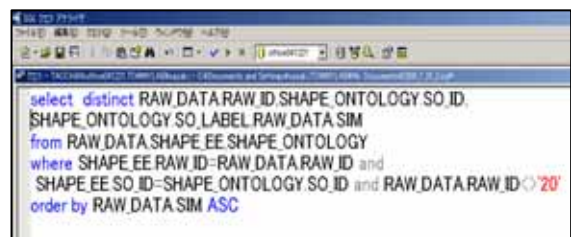


図6 ランキング SQL

登録支援システムを実装した. 実装環境は以下の通りである.

CPU : Athlon(TM)2500+ 1.83GHz

メモリ : 512MB

OS : Windows XP Professional

開発環境 : Microsoft Visual Studio .Net 2003

DBMS : SQL Server 2000

また, SQL Server 2000 上で実装した仮想オフィス環境の論理スキーマを図5に示す. 既

表1 DB内の形状データの特徴量

RAW_ID	オントロジのラベル	Volume(cm ³)	SurfaceArea(cm ²)	BoundingVolume(cm ³)
0	白机	57161	64844	588000
1	固定椅子	14712	16794	135000
2	テーブル	44604	31780	833000
3	書籍棚	55570	65117	411840
4	小物引き出し	2006	6984	12384
5	書類引き出し	2006	6984	12384
6	大口引き出し	6409	13281	35776
7	パーティション	27462	26298	27462
8	畳	67383	511625	67383
9	ディスプレイ装置	4013	6379	4013
10	プログラミング解説書	1440	1224	1440
11	論文集	1440	1224	1440
12	大ホワイトボード	23282	34727	23282
13	すのこ	1034	9052	1034
14	部屋	35895090	6925534	35895090
15	お宝棚	7377	74370	966240
16	漫画	1440	1224	1440
18	ミドルタワー	39371	15459	39371
19	ペン	20	102	20
21	コップ	247	212	508
22	ベル	9	34	113
23	弁当メニュー	1	560	1
24	キーボード	1204	1295	1204
25	黒マジック	67	138	67
26	マウス	278	276	278
27	プリンタ	32000	12309	32000
28	プロジェクタ	8268	3906	8268
29	スピーカー	1106	736	1106
30	ビデオデッキ	24329	8586	24329
31	赤マジック	67	138	67
32	研究書類	1440	1224	1440
33	雑誌	1440	1224	1440
34	事務書類	1440	1224	1440
35	書き込み型書類	1440	1224	1440

にDB内に登録されている形状データの特徴量に関してはあらかじめ導出し、図5のRAW_DATAテーブルに格納してある。形状の類似度については新規形状データの入力の際に、類似度を計算する関数 getSIM() によって類似度を SIM を計算し、値をRAW_DATAテーブルのSIMに挿入する。そしてSIMの値に基づいて形状データをランキングし、対応する意味をRAW_DATAテーブル、SHAPE_EEテーブル、SHAPE_ONTOLOGYテーブルの3つのテーブル間のリンクから参照する。ランキングのためのSQLを図6に示す。

5. システムの評価

前章で実装したシステムを評価するために評価実験を行った。以下にその概要を示す。

5.1. 実験データ

DB内の形状データの特徴量を表1に示す。これらのデータは3D形状作成ツールによって作成し、あらかじめDBに登録されているものである。

これに対して新規オブジェクトを登録しDB内のデータから意味推奨を行う際、評価のために新規形状データについては特徴量だけをカタログ[10]やWebカタログ[11]から計算して生成した模擬データを使用した。これは、カタログから生成したとする意味の正解が明らかなデータに対して、推奨される順位をみるためである。このように、あらかじめ正解が明らかなデータを実験に用いることで、純粋に推奨される意味の順位だけに注目し形状オブジェクトの意味の解釈のゆらぎを排除することが可能と考える。また、この妥当性については、模擬データを使用した場合においても体積、表面積、Bounding Volumeの値は不変であることにより保たれると考えられる。

5.2. 実験方法

実験の手順を以下に示す。

(1)まず、新規形状データに対して仮想オフィス環境のオントロジの中から一番ふさわしいと判断されたもの（以下、正解）を規定する。

(2)実装したツールに新規形状データの特徴量を入力し類似度を求める。類似度はコサ

イン相関値を用いる場合と、Euclid距離を用いる場合の2種類について求める。

(3)出力されたオントロジのランキングにおいて(1)で規定した正解の順位を記録する。

(4)規定した正解ごとに以下の式から平均順位を算出する。ここで規定した正解のカテゴリ別において、そのサンプル数をn、n番目のサンプルの順位をRank_n、平均順位をRank_{ave}とする。

$$Rank_{ave} = \frac{\sum Rank_n}{n} \dots\dots\dots(viii)$$

5.3. 実験結果

実験結果を表2に示す。この表の平均順位の値が小さいほど高順位にランキングされるため、よい結果であると考えられる。また調べた57個の模擬データにおける(viii)式のRank_nの最低順位はコサイン相関値を用いた場合が27位、Euclid距離を用いた場合が11位であった。今回の実験においては類似度の算出をEuclid距離で行ったほうがよい結果が得られた。以下、Euclid距離を類似度を用いた場合について考察する。

表2より平均順位の最低値は正解を「ディスプレイ装置」としたときの3.80位であった。ここで表1より比較対象は35種類であるので、

$$3.80 / 35 = 0.109$$

上式より今回用意した空間においてはランキングの上位11%にはほぼ正解のオントロジが推薦されると考えられる。

また、順位の最低値は11位であった。(1)と同様に、

表2 実験結果

規定した正解	サンプル数	平均順位	
		コサイン相関値	Euclid距離
白机	3	10.30	3.30
テーブル	6	6.40	2.00
ミドルタワー	10	22.90	3.20
パーティション	9	4.89	2.56
書籍棚	8	3.13	3.50
ディスプレイ装置	5	19.00	3.80
ペン	5	2.00	2.00
書類引き出し	6	18.84	3.17
大口引き出し	5	21.00	2.60
合計	57		
平均		12.05111111	2.90333333

11 / 35 = 0.314

上式より今回用意した空間においてはランキングの上位 31%には正解のオントロジが確実に推薦されると考えられる。

(1), (2)より意味情報推奨による手法が今回用意した空間において新規オブジェクトを登録する際のユーザの負担を十分軽減することができるということを示せた。

6. まとめ

本稿では仮想オフィス環境における新規オブジェクト登録の際のユーザの負担を軽減するため、意味情報推奨による支援手法を提案した。さらに、実装と評価実験を行うことによって本手法が実際に3次元形状データの特徴量の類似度に基づきオントロジをしぼりこむことができ、ユーザの負担を軽減できることを示した。

今後の課題としては、オントロジの階層構造を利用したランキングやより有用な3次元形状データの特徴量の追加、またオントロジごとの特徴量の重み付けなどがあげられる。

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] 渡辺知恵美, 増永良文, “仮想世界データベースシステムにおける仮想世界同期法”, TOD, Vol.43, No.SIG9(TOD18), 2003
- [2] 賀来 健一, 那須 洋之, 南 博康, 富井尚志, “複数利用者間で意味を共有した検索・操作が可能な仮想空間ブラウザの提案”, データ工学ワークショップ論文集 (DEWS2005), Mar. 2005
- [3] 村上存, 湯浅修二, 田島史和, 斉藤祐樹”形と色の特徴量を用いたデザイン支援に関する研究”, 日本機械学会第 11 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, pp.167-170, 2001
- [4] 武井毅, 南谷高宏, 中澤昌俊, 大淵竜太郎, “形状の詳細度を考慮した 3 次元モデルの形状類似検索”, Visual Computing/グラフィックスと CAD 合同ワークショップ 2003, pp.13-18
- [5] 溝口理一郎, “オントロジー研究の基礎と応用”, 人工知能学会誌, Vol.14, No6, Nov. 1999
- [6] 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, Oct. 2004
- [7] 情報通信研究機構, EDR 概念辞書, http://www2.nict.go.jp/kk/e416/EDR/J_index.html
- [8] 澤扶美, 河内美樹, 木俣豊, 田中克己”仮想スタジオ構築のためのデジタル素材のオーサリングと検索”, 情報処理学会研究報告 No.113-013, 1997
- [9] James Hafner, et al., Efficient Color Histogram Indexing for Quadratic Form Distance Functions, IEEE Trans. Pattern Anl. Machine Intell. 17(7), pp.729-736, (1995)
- [10] UCHIDA OFFICE CATALOG vol.54, 2003
- [11] ソニーeカタログサイト: <http://www.ecat.sony.co.jp/index.cfm>