

仮想共有空間データベースのための 検索結果強調表示ブラウザの実装

清水 隆司[†] 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: † d07hc023@ynu.ac.jp, ‡ tommy@ynu.ac.jp

あらまし 近年、情報技術の発達により RFID を用いて実空間における物体の位置や ID を DB に蓄積し、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た。しかし、このような数多くの物体が計算機に管理されている環境ではある特定の複数の物体を探すために物体名で検索を行なうと、名前の一一致するすべての物体が検索結果となるので、検索結果が多くなってしまうことが考えられる。そこで、まず DB に物体の位置、状態、操作履歴を蓄積し、その情報を基に絞り込み条件を用意し、返される検索結果を絞り込む。そしてさらに物体の様々な状況を想定したいくつかの強調表示を用意する。この検索結果の絞り込みと強調表示を組み合わせることで、物体が多く存在しても利用者は探したい物体を特定できると考えた。

キーワード ユビキタス、検索、強調表示、空間共有

Implementation of Query Result Emphasizing Browser used for Shared Virtual Space Database

Ryushi SHIMIZU[†] 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: † d07hc023@ynu.ac.jp, ‡ tommy@ynu.ac.jp

Abstract A Ubiquitous environment that stores position and ID of objects in DB by using RFID becomes realistic by development of recent information technology. However, a Ubiquitous environment is a place where a lot of things are managed by computers so that quite a lot retrieval results will be returned when a user retrieves a specific object. Therefore, we store information of object such as position, condition, operation history to DB, and make queries with those information to cut most retrieval results off. Also, we make some of way to emphasize the object in virtual space that covers any situation. Then emphasize the results that remained after cutting it off by query while displaying it. This enables that a user finds a specific object even at the place where many objects exist.

Keyword Ubiquitous, Retrieve, Emphasizing, Space Sharing

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から“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[1][2][3]。ユビキタス環境では場所や時間にとらわれることなく、場合によっては利用者が使用していることを意識することなく計算機にアクセスすることができる。また、人や物体の移動をセン

サ等で検知することにより、様々な空間情報を取得することが可能となる。これらの空間情報を DBMS で管理することで、物体の位置や利用者の行動履歴などの検索、更新、シミュレーションなどが行われている[4][5]。さらに、このような 3 次元空間の情報を扱う場合には 3D 仮想空間を用いることで、利用者は空間的な認識がしやすい他に、空間的な表現もできる。例えば、VWDB では、共有時空間のためのデータモデルを提案し、それにより「この方向にあるもの」「この距離

にあるもの」といったような空間的な表現の検索などを可能としている[6][7]。

一方で、実際の空間には様々な物体が数多く存在しており、ユビキタス環境ではそのほとんどの物体が計算機に管理される。このような環境において物体の情報の蓄積されたデータベースで集合的な検索を行なうと、一度では把握しきれないほどの量の結果が返される。例えば、「自分の物理のノート」をしまった場所を探したくて、「すべてのノート」というような集合的な検索を行った場合、実際の空間には何冊ものノートが存在し、そのすべてのノートが結果として返されてしまうということが起こる場合がある。これでは結局利用者の負担が大きくなってしまうと考えられる。

そこで、本研究では物体の検索結果を利用者が容易に把握できるように支援する方法を提案する。その実現方法として、まずデータベースには物体の位置、状態、そして物体への操作履歴を取得し、蓄積する。そして、これらの蓄積された物体の情報を基に物体の位置や所有者、操作履歴、状態を指定した絞り込み条件を用意し、返される検索結果を絞り込む。検索結果は実空間を基にした3D仮想空間を構築し、その仮想空間上での物体の位置を表示する。そして物体が引き出しの中や箱の中に存在していたり、たくさんの物体に囲まれていると、周りの物体が障害になり物体の特定がしにくくなることも考えられる。そのため、物体の様々な状況を想定したいくつかの強調表示を用意する。この検索結果の絞り込みと強調表示を組み合わせることで、物体が多く存在しても利用者は探している物体を特定できると考えた。

本稿では、この物体の検索結果強調表示の有用性を実証するために、ユビキタス環境DBの1つでわれわれが今まで提案してきた「概念共有環境 CONSENT(CONcept Sharing ENvironment)」上でプロトタイプシステムの実装を行なった。CONSENTは、あらかじめ実空間内にある物体の意味やその空間内でユーザが行うであろう行動や物体への操作を抽出し、これらの関係を明示的に定義しデータベースに蓄積することで、仮想空間内の意味情報に基づいた検索や更新、シミュレーションなどを可能とし、視覚的情報の共有、空間に存在する概念の共有を実現するユビキタス環境である。

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章で検索結果強調表示プラウザについて述べ、4章で検索結果強調表示プラウザの実装を行う。そして5章で評価を行い、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

従来のPAW[8]などの仮想空間では視覚的な情報や位置情報のみが共有され、その空間に存在する暗黙的な意味情報は個々の利用者の認識に任せていた。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データベースに蓄積するモデル化手法[9][10]を提案してきた。ここで意味情報とは物体に関する知識である。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の共有を実現した。そして、概念

の共有によって、空間に対する概念を用いた検索や操作を可能にした。

2.1. CONSENT の論理スキーマ

概念をデータベースに蓄積して共有するために、概念と物体の形状データを切り離して蓄積するモデルを用いた。このモデルは「意味層」、「形状データ層」、「存在エンティティ(EE)層」の3層に分かれている(図1)。以下それぞれの層について説明する。意味層は、あらかじめ利用者のコンセンサスを得られる概念を抽出して、オントロジ[11]を用いて明示化・体系化を行い記述している。形状データ層は、物体の形状のポリゴンデータを蓄積している。存在エンティティ層は、意味層と形状データ層の仲介者として2つの層の要素を結びつけ、空間の存在を表している。このモデルにより、概念と形状データを別々に管理することができます、それぞれ独立に取得したデータを蓄積していくことができる。また、意味層と形状データ層の要素を対応づけた存在エンティティ層の要素1つ1つが存在を表すので、意味層と形状データ層の要素を使いまわすことができる。

実際に空間に存在している物体の一覧は OBJECT_EE テーブルに格納されている。1つの物体は一意に決まる ID である OEE_ID を持つておらず、属性として物体の持つ意味と形状、所有者、そして現実空間での物体と結びつけるための IC タグの ID をもっている。また、REAL_COORDINATES_DATA テーブルでは物体の現実空間の位置座標、HISTORY テーブルでは物体の操作履歴が管理されている。よって OEE_ID が決まれば、物体に関するこれらの情報が取得できる。

2.2. 仮想空間

実空間をデータベース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。

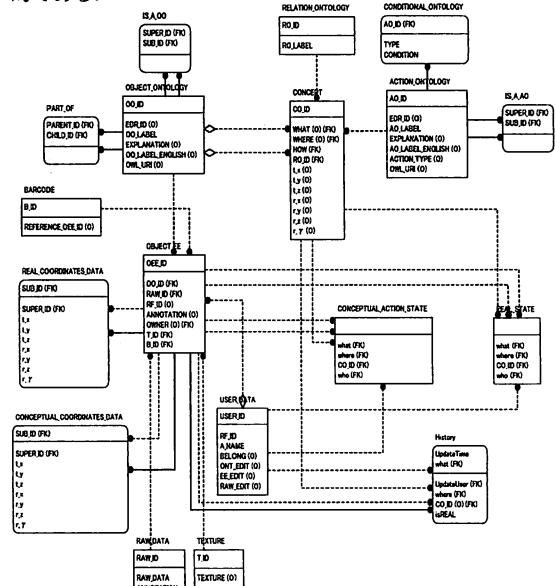


図1 概念共有環境 CONSENT の論理スキーマ

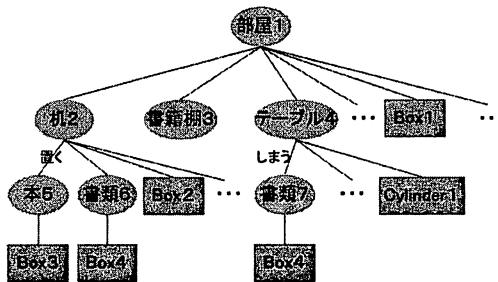


図 2 意味情報付きシーネグラフ

形状データは、頂点データ・面ループ・色や形状データ間の相対座標を XML 形式で記述した。また仮想空間の 3D 描画には OpenGL[12]を用いた。形状データの取得については、3D 形状スキャナ[13]やダウンロードした CAD データ等を活用することで容易に可能となり、同じ種類の物体に関しては既に登録されている形状データを再利用することができる。実際に新しくコミュニティに流入する物体の多くは過去にコミュニティにあった物体と同じ種類のものが多い[14]。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。このことから 3D 形状データを用いることでおこる負担は少ないと考えられる。

2.3. 意味情報付きシーネグラフ

DBMS によって管理された空間の PC 間での共有方法として CONSENT では、「意味情報付きシーネグラフ」を用いて空間を共有する方法を提案した。意味情報付きシーネグラフとは、形状データと物体に付加する意味情報が記述されたシーネグラフであり、図 2 のような構造を持つ。この図では、丸ノードが実際に存在している物体、四角ノードがその物体の形状データを表し、枝が物体間の相対座標、回転や状態を保持している。さらに各丸ノードは OEE_ID とその物体の意味情報にあたる概念定義、そして可能な操作の知識(例えば、物体の意味が論文集の場合、論文集は書籍棚にしまうことができるなど)を保持している。

このシーネグラフはブラウザとデータベースの中間データとする。これにより、データベースに蓄積されている空間の形状データを CG で扱いやすく、利用者が空間の構造・状態を理解しやすい階層構造に直すことができる。また、OEE の ID を参照することによりデータベースとシーネグラフが一意に対応しているため、データベースのビューとしての役割も担っている。これによって、同じ空間でも利用者ごとに見え方を変えるなどの、利用者のパーソナライズの実現を可能にしている。

このシーネグラフを用いることで、実空間を模擬した仮想空間をブラウザに表示する。そして、このシーネグラフに対する操作をデータベースに反映し、変更部分を他の利用者の意味情報付きシーネグラフに渡すことで、結果的にデータベースと意味情報付きシーネグラフの整合性を保ち、複数の利用者が同一の仮想空間を共有することが可能になる。

2.4. ユビキタス環境での問題点

ユビキタス環境では多くの物体が計算機に管理される。そして CONSENT でも空間中のすべての物体に対して IC タグを貼り付け、「モノをしまえる空間」などにリーダーを置くことで、物体の位置情報を管理している。このように管理されている物体の情報をデータベースに蓄積していくことで、特定の物体の位置を検索することが可能となる。

しかし、データベース内の物体の数が多くなることで、集合的な検索で返される結果が一度では把握しきれないほどの量になってしまう。例えば、ある特定のノートを検索する際に、「すべてのノート」というような集合的な検索を行なう。すると現実空間には多くのノートが存在する場合もあり、そのすべてのノートが結果として返されると考えられる。特定の物体を探している場合は多くの検索結果が返されると、さらにその結果から特定の物体を探す作業が必要となる。

また、返された検索結果をできるだけ多く把握したい場合も多い。例えば、「もういらない週刊誌をすべて集めて捨てたい」というときには利用者はできるだけ多くの週刊誌を効率的に認識したいと考えられる。

次章ではこのような問題を解決するための方法を説明する。

3. 検索結果強調表示ブラウザの設計

本章では、物体を検索し多くの検索結果が返された際に、その検索結果の中から利用者の要求している複数の物体を特定する検索結果強調表示について述べる。

3.1. 検索結果強調表示

強調について説明する(図 3)。2.3 節で述べたように、シーネグラフはデータベース内の空間全体の情報から必要な情報を組み替えて生成している。利用者が物体の位置について物体名で検索を行なうと、一致する物体すべてが特定された空間全体のシーネグラフが返される。しかし、DB 内の物体が多いと特定される物体の数が一度では把握しきれない量になってしまう場合がある。そこで、さらに検索結果を絞り込み、その結果を強調し、全体のシーネグラフを表示する。この絞り込みと強調表示を組み合わせて物体を強調することを行なった。

3.2. 検索から表示までの流れ

検索から表示までの流れを図 4 に示す。まず、利用者がブラウザにおいて絞り込み条件と強調表示法の指定を行ない、探したい物体名を入力し検索を開始する。指定した絞り込み条件を基にクエリを作成しデータベースに適用する。データベースはその結果をブラウザに返し、ブラウザは最初に指定した強調表示法で絞り込み結果の物体を強調して利用者に呈示する。

3.3. 絞り込み

仮想空間内に存在するある物体の場所を検索する際に、検索結果が多く返されるのを避けるために制限条件を用意する。一般的な質問の種類としてあげられる 5W1H (what, who, which, where, how, when) から考えると、what を探す対象として、which というのは多くのものから複数の結果に絞り込む質問としておかしいので、次の 4 つの制限条件が考えられる。

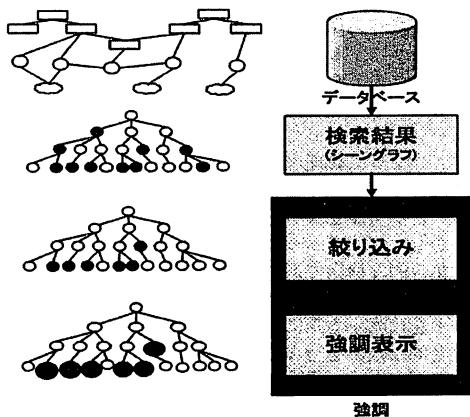


図3 強調

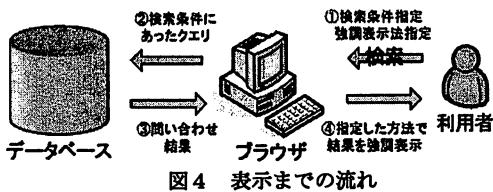


図4 表示までの流れ

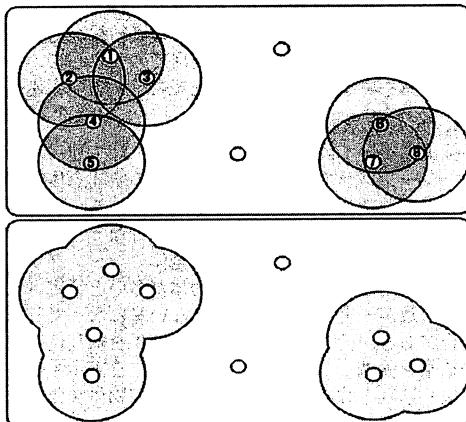


図5 集合の抽出

(1) whose 条件

この制限条件により、「A氏の所有しているもの」の中からの検索が可能となる。

(2) where 条件

この制限条件により、「自分のいる場所の近く(何メートル以内)にあるもの」の中からの検索が可能となる。

(3) how 条件

この制限条件により、「しまわれているもの」の中からの検索が可能となる。

(4) when 条件

この制限条件により、「最近(何日前以降)使用していないもの」の中からの検索が可能となる。

また、この4つの条件の積または和をとり、AND検索またはOR検索により、検索結果をさらに絞ることができると考えた。

3.4. 物体強調表示

仮想空間を表示することで空間の状況が直観的に把握しやすくなる。しかし、数多くの物体が存在する空間で特定の物体がどこにあるのかを検索し、仮想空間に結果を表示する場合には、その物体の周りに多くの邪魔になる物が存在するために、瞬時に把握するのは困難な場合がある。そこで、特定の物体を強調表示することで瞬時に利用者がその物体を認識できるようにすることは有用であると考えられる。強調表示方法は特定の方法にこだわる必要はない、物体に注視させるという目的を果たせれば、その方法はなんでもよい。そこで、次の3つの方法を用意した。

(1) 矢印強調法

もっとも単純で、視線を誘導することが可能な矢印で特定の物体を示すことで強調する。この強調により、検索と一致したすべての物体の存在する場所の全体的な分布が一目でわかる。また1つ1つの物体の明確な場所も瞬時に把握できる。

(2) 半透明化強調法

物体には机や棚などどのようにすぐ目に見えるところにあるものもあれば、直接見えない引き出しや箱の中にしまわれているものもある。またパーティションなどの視界の邪魔になるものが多く存在すると、机の上のものも見えなくなってしまう。そこで、特定の物体以外の物体を半透明化することで引き出しの中やパーティションの裏にあるものが透けて見え、特定の物体は不透明であることから強調されて見えると考えた。

(3) 写真添付強調法

物体の写真を呈示することで、個々の物体の違いが一目でわかり、また形状データだけの空間に写真があることで違和感がでて強調されると考えた。

3.5. 物体の分布表示

返された検索結果をできるだけ多く効率的に把握したい場合も多い。しかし、利用者に一度にすべて把握させてそのすべての位置に誘導させるのは困難である。このため、検索結果の物体の位置の分布を考える。物体が多く存在している場所を一つの集合とみなし、集合ごとに分けて表示することで、利用者は集合単位で認識することができる。

そこで、点在している物体の中から集合を抽出する。そのため、類似したパターン同士を同じクラスにまとめるクラスタリングを行う。しかし、最短距離法やk-meansアルゴリズム[15] [16]などのクラスタリングアルゴリズムは分割するクラスの数を指定する必要があるため、単純クラスタリングを用いた。単純クラスタリングはランダムに1点を選び、その点から閾値T以内の距離に含まれる点をまとめてクラスタを形成し、T以上の距離ならその点を新しいクラスタの中心とするという方法でクラスタリングを行う。しかし、このままではすべてのクラスタの大きさは半径Tの円になってしまふ。そこで、次の方法でクラスタリングを行った。

1. 検索対象の物体の中からランダムに1つ選ぶ。
2. その物体から閾値T以内の距離にある物体を探し、それらの物体を集合に追加する。

3. 追加した物体から閾値 T 以内にある物体を探し、集合に追加し、すでに追加されている点は追加しない。
4. 3 を繰り返し、その集合のすべての物体の閾値 T 以内に新たな物体がなければ、それを 1 つの集合とする。
5. すでに抽出した集合以外の物体の中からランダムに 1 つ選び、1 ~ 4 を繰り返す。

このようにして、物体の集まりを抽出した（図 5）。これにより、利用者を検索した物体が多く存在する場所に誘導することができ、周辺を探すことによって効率的にそれらの物体にたどり着ける。

4. 検索結果強調表示の実装

3 章で述べた検索結果強調表示を 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 : Athlon64 x2 4800+
- メモリ : 2GB
- OS : Windows Vista Business
- 開発環境 : Microsoft Visual Studio 2005
- DBMS : Microsoft SQLServer2005

4.1. 絞り込み

2.1 節で述べたように空間に実際に存在する物体の一覧は OBJECT_EE テーブルに格納されている。よって、物体がどこにあるかを検索する際には、OBJECT_EE テーブルから絞り込み条件をみたしている物体を探し出せばよい。物体を一意に決める ID である OEE_ID が決まれば、物体の座標が格納されている REAL_COORDINATES_DATA テーブルから座標が求まる。このときの絞り込み条件には、3.3 節で述べたように、物体の持つ属性である距離、所有者、状態、履歴を指定した条件用いる。表 1 では @when で指定した期間使われていない物体の OEE_ID を返すクエリを示した。物体の操作履歴は HISTORY テーブルに蓄積されており、このテーブルから条件にあった物体に絞り込む。同様に where, whose, how を用いた絞り込み条件も用意した。

表 1 when 検索のクエリ

```
SELECT DISTINCT HISTORY.what
FROM HISTORY INNER JOIN USER_DATA ON
HISTORY.who=USER_DATA.[USER_ID]
WHERE UpdateTime>DATEADD(DAY, -1*@WHEN, GETDATE())
AND USER_DATA.A_NAME LIKE @WHO
```

表 2 近隣のオブジェクトを返すクエリ

```
WITH ABSOLUTE_LIST(OEE_ID, X, Y, Z) AS
(SELECT *
FROM GET_ABSOLUTE
WHERE OEE_ID IN (
SELECT OBJECT_EE.OEE_ID
FROM OBJECT_EE INNER JOIN OBJECT_ONTOLOGY ON
OBJECT_EE.OO_ID=OBJECT_ONTOLOGY.OO_ID
WHERE OBJECT_ONTOLOGY.OO_LABEL LIKE @NAME
))
SELECT A.OEE_ID, B.OEE_ID
FROM ABSOLUTE_LIST A, ABSOLUTE_LIST B
WHERE A.OEE_ID<>B.OEE_ID
AND SQRT(POWER(A.X-B.X, 2)+POWER(A.Z-B.Z, 2))<100
```

4.2. 物体強調表示の実装

(1) 矢印強調法

特定の物体に注視させることが目的であるため、もっとも目につきやすい赤色の矢印を物体の真上 1 メートルから物体の絶対座標までの長さ 1 メートルの矢印を表示するように実装した。

(2) 半透明化強調法

半透明化は形状データを構築する際にオブジェクトの表面の属性を半透明に設定することでできる。しかし、障害となる物体が 1 つではなく、いくつもある場合は半透明にするだけでは見えず、透明度を低くすると特定の物体は見えるようになるが周りの物体すべてが見えなくなってしまう。そこで、ポリゴンを網目に描画し、網戸が透けて見える効果を組み合わせることで、物体がどこにあっても強調されるようにした。

(3) 写真添付強調法

TEXTURE テーブルには物体の写真が格納されており、物体は外部キーとして TEXTURE テーブルの主キーを属性に持っているので、物体の形状の代わりに物体の写真を TEXTURE テーブルから読み込み、テクスチャ化して表示する。形状データだけが存在する空間で、写真を表示することで強調されて見える。さらに、物体個々の違いが写真により判別ができる、利用者は写真からも自分の探している物体がどれなのかを判断できるという利点がある。しかし、障害物があると見えなくなってしまう場合がある。

4.3. 分布表示の実装

集合を抽出するために、表 2 で @NAME で指定した物体名と一致するすべての物体から全組み合わせの 2 点間距離を出し、1 メートル以内の組み合わせだけを返すクエリを作った。

この返された結果から 3.5 で述べた方法で距離の近いものでグループ分けし、集合を抽出した。ただし、クエリですべてに距離についての制約をしているので、3.5 では返された組み合わせをたどるだけでよい。集合は組み合わせを DB からとってきてそのままグループ分けをしているため、物体 2 つ以上を集合とみなしている。

分布の表示は集合ごとに色分けした点を物体のある位置に表示した。これにより、物体の分布を点分布図でみることができる。

5. 評価

本章では第 4 章で実装した検索結果強調表示プラウザの評価を行なう。このとき使用した仮想空間は 2006 年 9 月 25 日～2006 年 12 月 20 日までに行なった実験の際に構築した本研究室をモデル化したものとした。

強調表示については、矢印強調法、半透明化強調法、写真添付強調法を障害物の多い場所や引出しの中など様々な物体の状況を想定し使ってみたところ、半透明化強調法は障害物や物の中にあってもはっきりとどこにあるか認識することができた。しかし、物体の色が元々暗い場合はあまり目立たないという欠点があった。矢印強調法も障害物や物の中にあっても直接物体を見ることはできないが、矢印によりどこにあるかは認識できた。写真強調法は障害物で隠れてしまうが、なけ

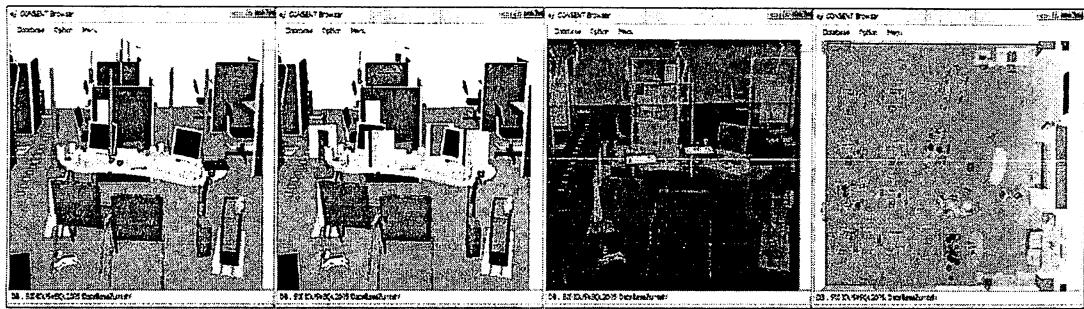


図 6

れば写真から物体を特定することもできた（図6の左3つ）。また、これらの強調法を物体の状況にあわせて組み合わせて使うことで、どこにあっても物体に注視させることができた。

しかし強調表示を行っただけで、絞り込み条件を用意せずに検索した場合、やはり物体によっては多くの結果が返され、そのすべての物体を強調表示してしまう。これではかえって強調されず、また利用者には多くの結果から1つ1つ希望の物体であるかを調べる作業が課せられた。そこで利用目的にあわせ、与えられた絞り込み条件を組み合わせて検索することにより検索結果を数個に絞り込むことができた。

図6の一番右の図では、「少年ジャンプ」について、「この一週間使用していないもの」という絞り込み条件をつけて検索を行い、研究室の真上から見た様子を表示した。条件を満たしている物体の分布が表示されている。この結果から、どのあたりに「もう読まれていない（いらない）ジャンプ」がたくさんあるかが一目でわかり、集合ごとに位置を把握できるので効率的に利用者を物体の場所に誘導することができる。

これらの結果から利用者は多くの物体が検索結果として返された場合も絞り込み、強調表示や集合単位での表示をすることで物体のある場所を把握することができる。

6.まとめ

本研究では、実空間には物体が数多く存在することを想定し、そのたくさんの物体の中から特定の複数物体を探し、一目で把握できる検索結果強調表示ブラウザを設計、実装した。物体がどこにあるのかを探すために検索すると、データベースに蓄積している物体の位置や状態の情報を利用し、絞り込み条件により検索結果を絞り込み、さらに仮想空間にその絞り込んだ結果を状況に合わせて異なる強調表示法で表示する。そうすることで、利用者に探している物体のある場所を一目で把握させることを実現した。

今後の課題としては、絞り込み条件や強調表示法の組み合わせを多く用意したため、利用者に選択させるのは多少負担がかかることも考えられる。そこで負担を少なくするために、絞り込み条件を選ぶのではなく、暗示的に条件を考慮し、重み付けを行い、検索結果を順位づけして表示することを考えている。

謝辞

本研究は平成17年度および18年度横浜国立大学大

強調表示

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。

文献

- [1] ユビキタス ID センター
<http://www.uidecenter.org/>
- [2] EPCglobal
<http://www.epcglobalinc.org/>
- [3] u-Japan 政策
http://www.sourin.go.jp/menu_02/ict/u-japan/index2.html
- [4] 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”, Proc. of Data Engineering Workshop (DEWS2006), 4B-i9, March, 2006
- [5] 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”, 電子情報通信学会データ工学研究専門委員会主催第16回データ工学ワークショップ(DEWS2005), Proc. on Data Engineering Workshop, DEWS2005 1D-d5, 2005.3
- [6] 横川明子, 増永良文, “仮想世界データベースシステムにおけるマルチモーダル融合問合せ処理法”, 信学技報Vol.105, No.12, pp.91-96, July, 2005
- [7] 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.44, No. SIG 8(TOD 18), (2003)
- [8] 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 VolJ82-D-II, No. 10, pp. 1675-1683, (1999)
- [9] 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.
- [10] 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ケーション空間の実現”, 電子情報通信学会誌 Vol.89, No.6, pp.511-517, June, 2006
- [11] 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, No. 6, (1999)
- [12] 日本SGI株式会社, <http://www.sgi.co.jp/visualization/opengl/>
- [13] cyberware 社: <http://www.cyberware.com/>
- [14] 佐々木貴司, 富井尚志, “クエリフィードバックによる意味情報推定機構を有する成長型ユビキタス環境データベース”, 電子情報通信学会データ工学研究専門委員会主催第18回データ工学ワークショップ(DEWS2007), Proc. of Data Engineering Workshop, DEWS2007 D7-9, 2007.3.
- [15] 宮本定明 著, “クラスター分析入門：ファジィクラスタリングの理論と応用”, 森北出版, 1999.10
- [16] John A.Hartigan 著, 西田春彦訳, “クラスター分析”,マイクロソフトウェア, 1983.8