

仮想博物館における情報散策インタフェース

國 枝 和 雄[†] 原 雅 樹[†] 王 生 進[†]

博物館コンテンツを始めとする各種コンテンツの電子化が進むと共に、3次元仮想空間を用いてそれらを視覚化するシステムへの要望が高まっている。我々は、これらのシステムを実用化する上で問題となっている3次元インタフェースの操作性の悪さを解消し、誰もが思い通りの情報散策を行うことのできる3次元仮想博物館の研究を進めている。

本稿では、3次元仮想博物館において利用者操作を軽減するための仮想視点の自動制御と、散策の過程で必要となるソーティングやフィルタリング等の操作を虫眼鏡メタファに統一して利用者に提供する「多次元メガネ」について述べる。

Information Strolling Interface in a Digital Museum

KAZUO KUNIEDA[†], MASAKI HARA[†] and SHENGJIN WANG[†]

In recent years, various 3D interfaces for information visualization using realistic virtual space have been proposed. However, almost none of them have enough usability and availability in practical use. In particular, it is too difficult for nonprofessional users to operate objects and a viewpoint in 3D environment. The virtual museum is described here, which has two interface methods for "easy-retrieval" to solve above problem. We have implemented "Semantic Glass" to visually sort and filter objects by intuitive operation and "Automatic view controller" to appreciate contents.

1. はじめに

近年、国内外において博物館コンテンツおよびそれに関する文化財情報の電子化が積極的に進められている¹⁾⁴⁾。さらに、この電子化されたコンテンツを仮想環境下で展示する試みも多数行われており、特に実世界では困難な体験型システムへの期待が高まっている。しかし、現状では展示する者や鑑賞する者の立場からみて、必ずしも「使いやすい」あるいは「思い通りの事ができる」環境とはなっていない⁵⁾。

また、3次元インタフェースの観点に立つと、コンテンツの3次元化や、高度な視覚化に対応するために3次元インタフェースを用いた情報視覚化システムの必要性が高まってはいるものの、CAD等の専門ツールやアミューズメントなどの領域を除くと、一般への普及は進んでいない。要因の一つとしては、3次元表示のためのハードウェアコストの問題があったが、これについては近年の急激な高性能化と低価格化によって解消されつつある。一方、いま一つの要因として現状の3次元インタフェースにおける操作の難しさが挙げられる。ユーザインタフェースの分野において、こと3次

元インタフェースについては、利用者の視点に立った「使いやすさ」への取り組みが不十分である。例えば、3次元空間上のオブジェクトの表示サイズを調整することでさえ、一般の利用者には容易ではない。

我々は、これに対して、3次元仮想空間において利用者が容易な操作で思い通りの情報へアクセス可能なインタフェースの開発に取り組んできた。その中で、電子化された博物館や図書館において行われる検索操作は、予め検索対象が決まっていてキーワードなどを手掛かりに効率重視で目的のものを探し出したい場合と、「ぶらっと感覚」で書店へ本を見に行くといった曖昧な目的意識による散策的な情報検索に大別できると考えた。さらに、前者の要望については従来の文字端末ベースのシステムを用いても十分に支援可能であるが、後者については文字以外の情報、例えば展示室の雰囲気、展示品の並びなどを重要な手掛かりとして情報を辿っていく過程であり、これを支援するにはそれらの情報を表現可能な仮想空間を場として提供することが必要であると考えた。我々はこの検索過程のことを**情報散策**と呼び、情報散策における「わかりやすさ」と「使いやすさ」を追求した3次元仮想博物館システム**臨場感ミュージアム**を開発した⁶⁾⁷⁾。臨場感ミュージアムでは、例えば、書籍のコンテンツを視覚化する場合

[†]NEC ヒューマンメディア研究所
Human Media Research Laboratories, NEC Corporation

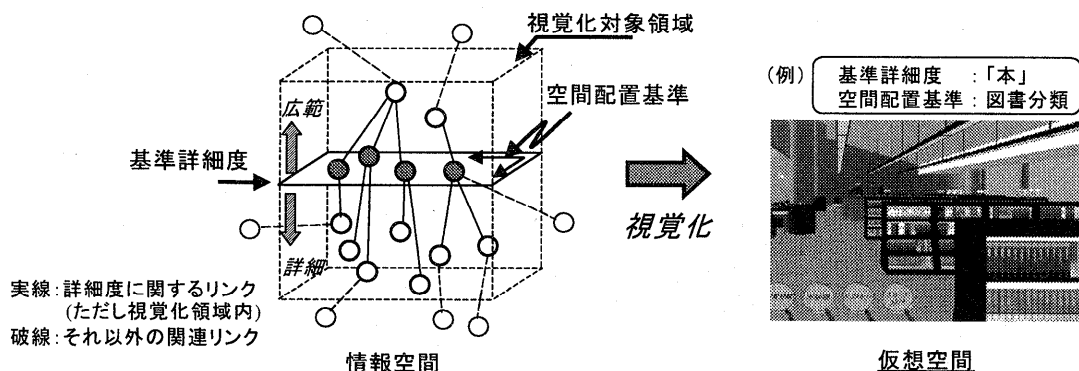


図1 情報空間と仮想空間の関連
Fig.1 Relation between Information Space and Virtual Space.

には、利用者が図書館あるいは書店をイメージすることのできる空間を生成し(図1参照),さらに仮想空間において、利用者が実際の図書館での行動と類似した操作,例えば,(空間を歩く)→(書棚を選択)→(本を選択)→(ページの閲覧)等を行うことによって情報散策することを可能とする。

「わかりやすい」情報散策インタフェースを実現するためには、空間生成において、今自分がどういった空間のどの位置にいるかといったことを利用者に常に意識させながら,なおかつ,利用者が注目している対象については詳細な情報を提示する必要がある。すなわち,直感性の高いオーバービュー表示と,その中で利用者の意図に応じた詳細表示の仕組みが必要となる。一方,「使いやすい」情報散策インタフェースを実現するためには,前述した3次元インタフェースの操作性の問題を解消することが必要となる。以上の検討結果に基づいて,我々は,まず各種コンテンツについて効果的な視覚化を行えるように,それぞれの種別に応じた仮想空間を提供した。この時,実世界を模した空間とすることによって,利用者が一見してその空間に存在する情報の種別や存在を理解できる「直感性」を実現した(直感的なオーバービューの実現)。さらに,3次元空間において利用者が容易な操作で思い通りの情報散策を行えるインタフェースとして

- (1)3次元空間上に関連情報を重量表示したり,3次元空間内でコンテンツに対して直接的な操作でソーティングやフィルタリングを行うことのできる虫眼鏡メタファ(利用者の意図による詳細表示の実現)。
 - (2)コンテンツ制作者が予め各コンテンツに設定した「お勧め鑑賞地点」を基に,コンテンツ作成者の意図を反映した自動鑑賞を実現する視点制御方式(3次元空間における利用者操作支援)。
- を開発した。以下,本稿では情報散策について考察し

た上で,それを支援するための各インタフェースについて詳述する。

2. 情報散策の基本インタフェース

2.1 空間生成

仮想空間を表現手法の観点から分類すると,利用者が一見して現実世界を連想できるものと,直接的に現実世界を印象づけることのない無機的な表現を用いるものが考えられる。前述した「わかりやすさ」につながる直感性については,利用者が実世界で経験した空間配置を,頭中にて仮想空間に投影することで,見えない部分も含めて瞬時に空間配置を把握できることに因るところが大きい。例えば図1に示す仮想空間では,ここが図書館であることや,画面右奥にどの程度の本が並べられているかといった情報もある程度把握することが可能である。したがって,我々は,第一に視覚化の基本となる空間は,現実世界を模した表現とすることが重要であると考えた。一方,無機的な表現の空間については,例えば空間を変形させるなど,利用者に違和感を与えずに自由度の高い空間表現を行うことが可能である。そこで,我々はこれらを積極的に使い分けることとし,情報散策の基本となる空間については実世界表現を用い,散策の過程で例えば座標軸を動的に入れ替えるなどの表現を行う必要が生じた場合に,無機的な表現を用いることとした。

次に,情報空間と仮想空間の関連について説明する。臨場感ミュージアムにおける仮想博物館の世界は,有向グラフとして構成される情報空間を,複数の仮想空間によって視覚化したものである。その一つの仮想空間において利用者が表層的に見る情報は,一定の詳細度あるいは抽象度を持つ情報を集めて特定の指標に基づいて整理したものであると言える。例えば,図書館

空間であれば、「本」という詳細度の情報が、図書分類を基準に整理され視覚化される。また、ある情報Aと、Aの詳細情報に当たるBとの関係は、仮想空間における包含関係(3次元的にBがAに内包される)や従属関係(Aの一部の構成品としてBが表現される)などで自然に表現可能なことが多い。したがって、仮想空間を生成する場合には、ある特定の詳細度の情報だけで構成するのではなく、それに近い詳細度の情報も含めて視覚化することが有効である。以上のことから、臨場感ミュージアムでは、情報空間のある領域の情報を、詳細度関係を枝とする林構造に写像し、それを3次元仮想空間として視覚化することとした。以上の関係を図1に示す。ここでは、視覚化の主たる情報(例えば仮想図書館ならば本)の詳細度のことを基準詳細度、整理するための基準(例えば図書分類)を空間配置基準、視覚化される情報が存在する領域のことを視覚化対象領域と呼ぶ。なお、林構造の枝の意味としては詳細度ではなく抽象度等の別の表現が適切な場合もあると考えられるが、本稿それらを含めて詳細度という表現を用いる。

2.2 情報散策

情報散策における利用者の行動について検討する。複数の仮想空間からなる仮想博物館において利用者が情報を探す過程としては、一つの仮想空間内部での情報の散策や、異なる詳細度や領域を表現する別の仮想空間へと辿っていく過程が挙げられる。前節で述べた様に一つの仮想空間は基準詳細度と空間配置基準に基づいて生成されており、この点に留意して、情報散策の過程を分類すると下記の様に考えられる。

(1)空間配置による散策

視覚化対象領域において、同じ詳細度の情報を空間配置を参考に探す過程であり、図1の基準詳細度平面での散策に相当する。例えば、仮想図書空間においてウォークスルーしながら本を探すことである。

(2)詳細度による散策

視覚化対象領域において、詳細度を変化させながら「より詳細」あるいは「より広範」な意味の情報を探す過程であり、図1の実線で示されるリンクを辿ることに相当する。具体的には、展示された「車」について、外観を見ている状態から、特定の部品についての情報散策へ移行する過程などが例として挙げられる。また、この過程は利用者がある事柄について探求していく過程として捉えることもでき、いわゆる体験的な展示もこの範疇に入ると考えられる。以下、この過程

で得られる情報を詳細情報と呼ぶ。

(3)関連情報による散策

視覚化対象領域の内外を問わず、詳細度でも空間配置基準でもない基準によって情報を探す過程であり、図1の破線で示されるリンク、あるいはその場で新たに生成されたリンクを辿ることに相当する。仮想図書館を例とすれば、本のページを見ている状態で、そこに出てきた人名から、その人についての情報を調べるために他の本を閲覧したり、他の空間へ移動したりする場合である。なお、本稿における「関連情報」とは、一つの情報から関連検索などによって導出される情報を広く指すが、(2)の詳細情報は含まないものとする。すでに述べた通り、詳細情報は仮想空間において元の情報と密接に関連づけて視覚化することが有効であり、仮想空間での扱いが他の関連情報とは異なるためである。

2.3 ユーザインタフェースの設計

前節に示した3種類の散策過程を利用者が行うための操作インタフェースについて検討する。

空間配置による散策については、第一に仮想空間に配置された情報の一覧を見ながら選択する操作、すなわち仮想視点を操作するためのインタフェースが必要となる。また、補助的なものとして、多数の情報が配置された場合に、その中から所望のものを絞り込むインタフェースも必要と考えられる。

詳細度による散策については、まず仮想空間において詳細情報を利用者の見える形にするための操作が必要となる。なぜならば、例えば「車」を基準詳細度とした時の「車の部品」の様に、基準詳細度以外の情報は、必ずしも外観として見えるように配置されとは限らないからである。また、一つの情報に対して詳細情報は複数あると考えられるので、それらから所望のものを選択する操作も必要である。

関連情報による散策については、詳細度による散策の場合と異なり関連情報は現在見えている仮想空間には存在しない情報である。したがって、まず利用者に関連情報が存在することを提示するためのインタフェースが必要となる。具体的には、関連リンクを視覚化することが考えられる。ここで、関連リンクは複数存在すると考えられるので、その中から所望の一つを選択し辿るインタフェースが必要である。この時、関連リンクを辿ることによって利用者の注目、すなわち仮想視点の位置は、同一仮想空間の別の位置、あるいは別の仮想空間へ移動することになるので、そのためのインタフェースもまた必要となる。

以上について表1にまとめる。

表1 散策インタフェースにおける操作一覧
Table 1 List of Operations for Information Strolling.

散策種別	必要となる操作
空間配置	視点移動, 対象絞込み
詳細度	詳細情報表示, 詳細情報選択
関連情報	関連リンク表示, 関連リンク選択, 視点位置切り換え

「使いやすい」情報散策インタフェースを構築するためには、これらの操作を仮想空間における容易な操作として実現する必要がある。我々は、そのためには、

- (1) 利用者に3次元的操作を行わせないこと
- (2) 操作は直接的であること

の2点が特に重要であると考え、「視点移動」については次章で述べる自動的な視点制御を用いることで(1)の問題を回避し、残る操作については4章で述べる虫眼鏡メタファによって(1)および(2)の解決を図った。

3. 仮想視点の自動制御

本章では、仮想空間における視点移動の自動制御方式について述べる。なお、以下の説明では、3次元空間に視覚化された情報をオブジェクトと呼ぶ。3次元仮想空間における視点移動操作は、主に空間を基準として行う場合(空間ウォークスルーと呼ぶ)と、オブジェクトとの相対位置関係を基準として行う場合(鑑賞ウォークスルーと呼ぶ)がある。これらのウォークスルーを手動で行うには、いずれも3次元的操作が必要となるため、経験の少ない利用者にとっては困難なものとなる。そこで、我々はそれぞれについて、システムによる自動的な視点制御を基本として、ある決められた範囲内でのみ利用者の操作を許すインタフェースを提供する。

空間ウォークスルーについては、システム側で予め複数の移動経路を設定し、利用者がその中から希望のものを選択することによって、選ばれた経路上を自動的に移動するインタフェースとした。

一方、鑑賞ウォークスルーについては、仮想空間に配置される各オブジェクトに対して、予め鑑賞に適した視点位置などに関する情報を“推奨ベクトル”として設定し、実行時にこれら推奨ベクトルを基に視線方向と視点位置を決定することとした。ここで、推奨ベクトルの設定は、コンテンツに関する専門知識のあるコンテンツ作成者やキュレータが行うことを想定している。推奨ベクトル方式の特徴としては、

- オブジェクトを基準として推奨ベクトルを設定するため、オブジェクトの配置に依存しない。
- 推奨ベクトルをコンテンツ作成者が設定することによって、コンテンツ作成者の意図を反映した視点制御が可能である。
- 推奨ベクトルとシステム環境情報とを合わせて視点制御を行うため、システム環境が変化しても最適な鑑賞を実現可能である。

が挙げられる。

以下では、ここで特徴となる推奨ベクトルに基づいた鑑賞ウォークスルーのための自動視点制御について述べる。なお、推奨ベクトル方式の詳細については文献8)においても報告した。

3.1 推奨ベクトル

推奨ベクトルはオブジェクトを効果的に鑑賞するためのビューに関するパラメータをベクトルとして表現したものである。推奨ベクトルは、各オブジェクトに複数設定することができ、その構成要素は、図2に示すように鑑賞の中心点、方向、姿勢、重みである。中心点、方向、姿勢の各パラメータは推奨表示のための視線の位置、方向、回転の情報を表し、重みは視点のオブジェクトへの“寄り”を表している。

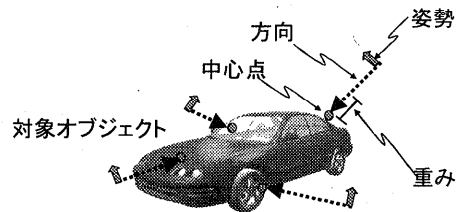


図2 推奨ベクトル

Fig. 2 Recommending Vector.

また、オブジェクトの推奨表示のための視点方向および位置の算出手順は以下の通りである(図3参照)。

- (1) オブジェクトにバウンディングボックスを設定する。
- (2) 推奨ベクトルをZ'軸とする視点座標系を設定し、これと現在システムで用いられている視野角を用いて、仮の視野に対応する四角錐を算出する。
- (3) バウンディングボックスと四角錐を重ね合わせ、視点位置をZ'軸に沿って移動させながら四角錐に包含されたオブジェクトが最大となる位置を見つける。

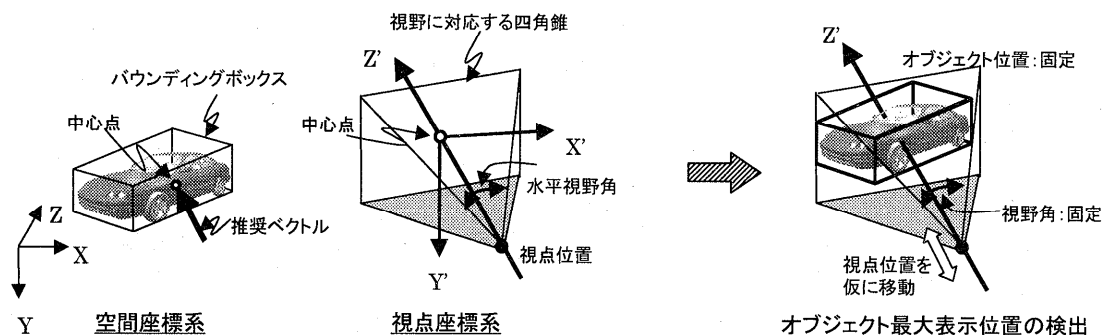


図3 視点位置算出の概要
Fig. 3 Calibration of Viewpoint Position.

(4) 「重み」の分だけ視点位置を前後させて最終的な視点位置を決定する。

3.2 視点経路の算出

前節の手順によって、各推奨ベクトルに対応する視点位置(推奨ポイント)が算出される(例えば図4の吹き出しの位置)。さらに、視点を制御するためには、推奨ベクトルで指定された複数の推奨ポイントの間を移動するための視点の動き(視点経路)を決定する必要がある。臨場感ミュージアムでは、システム実行時に下記の手順によって視点経路を算出している(図4参照)。

- (1) 他のオブジェクトとの位置関係などから、推奨ポイントの先頭となるポイントを決定する。
- (2) 各推奨ポイント間の空間的な類似度(例えば、距離や方向の近さを総合的に評価)を算出する。
- (3) 先頭ポイントから、最も類似度の高いポイントを順次選出、これを鑑賞順序とする。
- (4) 鑑賞順序にしたがってポイント間を幾何的に補間し、鑑賞時の視点経路とする。

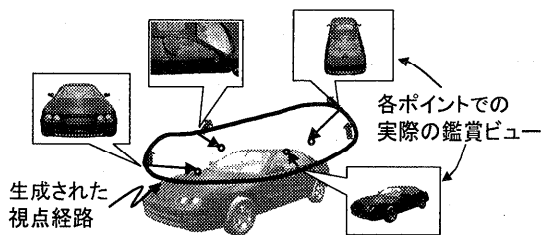


図4 視点経路の算出
Fig. 4 Moving path of Viewpoint.

3.3 関連研究

3次元空間における仮想視点制御については、仮想3次元カメラの制御方式として多くの研究が行われてきた^{9)~13)}。しかしながら、これらの研究では3次元空間におけるカメラの6軸値を用いて精密に制御すること

を追求したものであり、例えばコンテンツ作者といった立場の人が、これによって思い通りの視点経路を設定することは困難である。また、Druckerらは、実行時の利用者の意図(例えば、次はA展示室にある絵画を見たい等の要求)をポテンシャル場として表現し、利用者の意図を反映した視点経路の自動生成方式を提案している¹⁴⁾。この方式は、実行時にその都度利用者の意図を視点経路に反映させることに主眼を置いている。そのため、コンテンツ作者の意図を反映するには、時系列に沿った形で推奨情報を設定する必要がある、そういった利用形態には適しているとは言えない。また、思い通りの経路を設定しようとすれば、意図がポテンシャル場にどのように反映されるかを理解しておく必要がある。

これに対して推奨ベクトル方式は、コンテンツ作者の意図を視点経路に容易に反映することが可能な点で、優れていると考えられる。特に、推奨ベクトルは、「ここからこの角度で鑑賞してください」という情報そのものであり、コンテンツ作者にとっても直感的に理解できるものであると言える。

4. 「多次元メガネ」インタフェース

4.1 虫眼鏡メタファ

本章では、表1に示した操作の中で、視線移動以外の操作について、それらを利用者に提供するためのインタフェースについて検討する。各操作を実現するために共通に必要な機能としては、

- ・対象となるオブジェクトの範囲を指定する機能
- ・選択したオブジェクトに対して然るべき処理を施し、その結果を表示する機能

が挙げられる。

前者は、詳細情報や関連リンクなどの元となるオブジェクトを指定する機能であり、後者は、そのオブジ

エクトについての詳細情報や関連リンクを調べ、その結果を視覚化する機能である。我々は、これらを直接的な操作で実現し、「使いやすい」インタフェースとするには、虫眼鏡メタファが有効であると考えた。虫眼鏡メタファは、「レンズ」という半透明なオブジェクトを通して仮想世界を覗くことによって、そこにある情報を様々に加工して見るができるというものである(図5参照)。特に、対象範囲の指定と、結果の表示を「レンズ」によって、同じ場所で同時に行える点が直感的で優れていると言える。また、実世界の虫眼鏡は手に持って利用するツールであり、利用者に対して自由に動かせるという意識を自然に抱かせることができる点でも有効である。

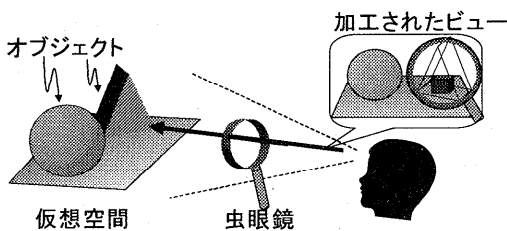


図5 虫眼鏡メタファの概念
Fig. 5 Concept of Lens Metaphor.

4.2 多次元メガネ

臨場感ミュージアムでは、以上の特徴を持つ虫眼鏡メタファを「多次元メガネ」(semantic glass)として実現した。図6に多次元メガネの概要を示す。

多次元メガネは、視覚化する情報の種類ごとに提供され、その時点で利用可能なものがアイコンとして利用者に提示される。例えば図書空間では、キーワード検索、関連リンク表示等、車展示空間では、機能表示、構造表示などのメガネが提供される。多次元メガネの呼出し(起動)は、利用者がアイコンを選択することによって行われる。多次元メガネは呼び出された時点で、関連情報などの視覚化を開始し、利用者からの指示で

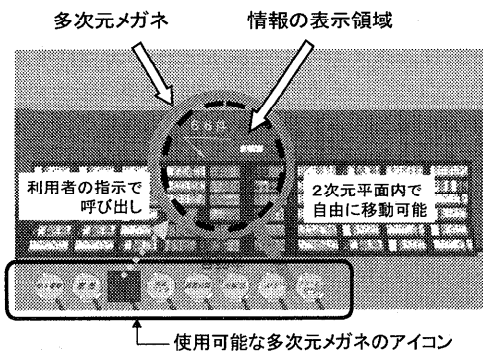


図6 多次元メガネの概要
Fig. 6 Overview of Semantic Glass.

削除されるまで視覚化を継続する。利用者の多次元メガネに対する操作としては、

- 呼出し
- 画面上での移動
- サイズ変更
- 削除

が可能である。2章でも述べたように臨場感ミュージアムでは、「使いやすい」操作を実現するために、利用者に3次元操作を行わせないよう設計しており、多次元メガネについても同様の設計とした。すなわち、多次元メガネはマウスカーソルと同様に常に画面上に位置しており、移動も画面上の2次元移動のみである。利用者は画面上で多次元メガネを移動して、対象オブジェクトが見掛け上メガネの枠に入るようにすることで対象範囲の指定を行うことができる。

以上の機能は、虫眼鏡メタファとして一般的なものである。ここで、他にない多次元メガネの特徴として、情報散策中に仮想空間から別の仮想空間へ移動する時の「扉」の役目を多次元メガネが備えている点が挙げられる。次節で述べる様に多次元メガネでは、レンズ枠の領域に他の仮想空間を表示することによって、散策の途中に虫眼鏡を使って他の世界を覗いているかのようなビューを利用者に提示することができる。この時、利用者がレンズの中に表示された空間へ移動したければ、利用者はレンズ枠を通してその空間へ移動することができる。ただし、前述した通り利用者の操作は2次元に制限されており、レンズの中へ入っている視点移動は演出として自動的に行われる。

4.3 ビュー種別

次に多次元メガネのレンズの部分に表示されるビューについて表示手法別に説明する。生成されるビューは、重畳ビュー、変形ビュー、独立ビューの3種類である(図7参照)。以下では、多次元メガネによって生成

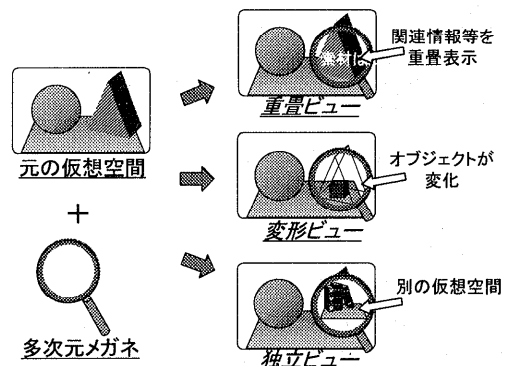


図7 多次元メガネによるビューの種別
Fig. 7 Types of a View through the Semantic Glass.

される関連情報、詳細情報等の情報を2次情報と呼ぶ。

(1)重畳ビュー

元の仮想空間の映像上に、2次情報をオーバーレイ表示するビューである。この場合、元の仮想空間の状態は変化せず2次情報が新たに付加されたビューとなる。関連リンクを付加的に表示する場合などに用いる。

(2)変形ビュー

レンズ枠に囲まれた部分について、元の仮想空間の状態を変化させるビューである。例えば、「車」が表示されている場合に、詳細度を変更して「車の部品」を視覚化する場合などに用いる。

(3)独立ビュー

レンズ枠の領域に他の領域とは別の仮想空間が表示されるビューである。元の空間の補助的な空間を表示する場合や、元の空間から特定のオブジェクトを別空間へ取り出して並べ替えなどを行う場合に用いる。

4.4 多次元メガネを用いた操作インタフェース

次に、多次元メガネを用いた利用者インタフェースについて述べる。表2は、2章の表1で挙げた利用者操作とそれを実現するための多次元メガネとの対応を示すものである。

表2 多次元メガネを用いた利用者操作
Table 2 User Operations using the Semantic Glass.

操作種別	メガネ種別	ビュー種別
対象絞込み	検索メガネ	重畳ビュー
	並べ替えメガネ	独立ビュー
詳細情報表示	詳細メガネ	変形ビュー
関連情報表示	関連リンクメガネ	重畳ビュー
視点位置切換	(直接対応せず)	独立ビュー

(1)対象絞込みインタフェース

仮想空間に数多くのオブジェクトが配置されている場合に、対象を絞込むことによって情報散策を補助するためのものである。そのためのインタフェースとして、検索と並べ替えの2種類の多次元メガネを提供する。

(1-1)検索インタフェース

検索インタフェースは、キーワードや過去の履歴等による検索を行った結果を仮想空間に重畳表示し、その結果を見ながらウォークスルーすることを可能とするものである(図8参照)。画面上には検索結果を重畳表示で見えるための虫眼鏡が配置されており、利用者は適宜これを移動して結果をみることができる。この時、多次元メガネでは、検索結

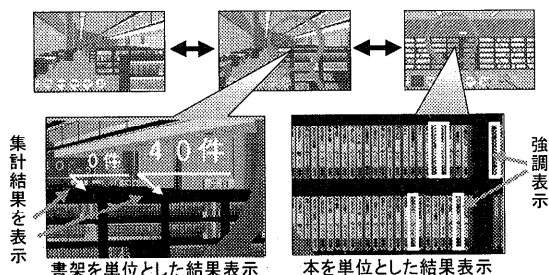


図8 検索結果の表示例

Fig. 8 Example of a View through Retrieval Glass.

果が仮想空間の状態に合わせて適宜加工されることを特徴としている。例えば虫眼鏡越しに書架を見れば、その書架に検索条件に該当する本が何冊あるかという情報が表示され、一方、虫眼鏡越しに本を見れば検索条件に該当する本が強調表示されるといった具合である。また、多次元メガネは各検索と一対一に対応し、同時に複数の多次元メガネを用いることも可能であるが、現在のところ、各メガネでの検索結果は独立に表示されるのみで、重ね合わせたメガネの間で論理演算する等の機能は実現していない。このメガネの重ね合わせの意味付けについては検討中である。

(1-2)並べ替えインタフェース

ここでの並べ替えインタフェースとは、利用者が現在注目している情報を視覚的にフィルタリングして並べ替え空間へと取り出す機能と、それを任意の基準で並べ替える機能を提供するものである(図9参照)。

フィルタリングに関しては、仮想空間においては、対象オブジェクトが利用者から見える位置にあるか否かで、利用者がそれに注目しているかどうかを概ね判断することができると考え、

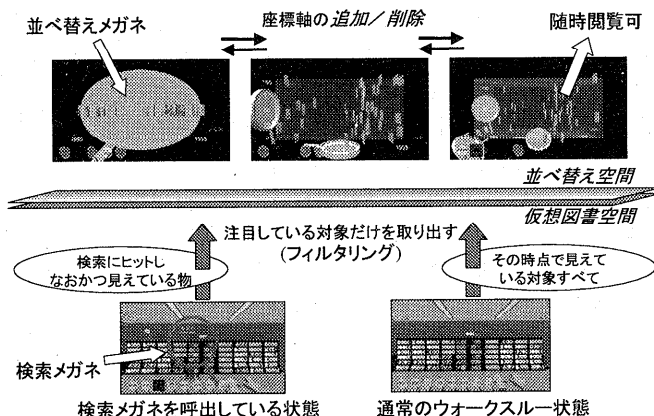


図9 並べ替えメガネの表示例

Fig. 9 Example of a View through Sorting Glass.

- 仮想空間において利用者から見える位置にあるか否か
- 検索メガネを使用中であればそれにヒットしているか否か

を条件にフィルタリングを行っている。また、並べ替えについては、並べ替えのキーに対応する複数のメガネから任意のものを手に取ることで、動的に座標軸の設定とオブジェクトの再配置が実行される。また、並べ替え空間では、オブジェクトを閲覧すること、および元の仮想空間へ戻ることが可能であるが、仮想空間としては一時的なものであるので、2.1節で述べた理由により無機的な空間表現を用いている。

(2) 詳細情報インタフェース

詳細情報インタフェースは、仮想空間に配置されたオブジェクトを基準として、それに関する詳細情報を見るためのものである。まず、現在表示されているオブジェクトが詳細情報を持っている場合には、詳細情報に対応した詳細メガネのアイコンが画面に表示される。利用者は複数のアイコンから一つを選ぶことによって見たい詳細情報の種類(例えば、構造情報、機能情報などの別)を選択する(図 10 参照)。

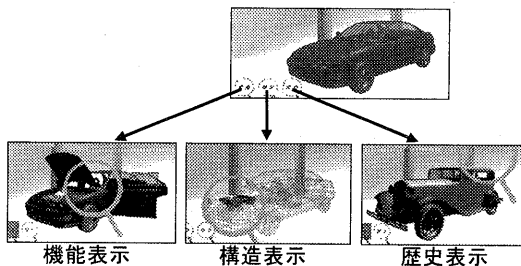


図 10 詳細情報表示の例

Fig. 10 Example of View through Detailed Glass.

この段階で、それまで隠されていた詳細情報が利用者に見える様にオブジェクトおよび詳細情報の表示が変化する。すなわち、変形ビューである。ここで、詳細情報とは、例えば「車」オブジェクトに対してその部品のことであり、2.2節で述べたように複数の詳細情報が、オブジェクトとの意味的な関係に基づいて仮想空間に配置されている。例えば車の構造表示の場合には、車の個々の部品が現実の車に組み付けられる位置と同様の位置関係で配置され、利用者は詳細メガネによってそれらの部品を順次選択し、その構造情報を見ることができる。同様に、機能表示では各部の機能、歴史表示では新旧の車が順次が表示される。

(3) 関連情報インタフェース

関連情報インタフェースは、重畳ビューを用いて現

在しているオブジェクトについての関連リンクを表示するものである(図 11 参照)。

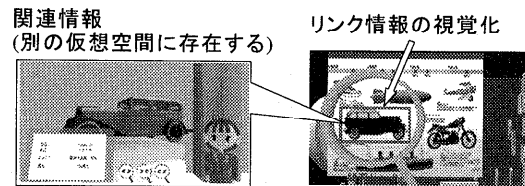


図 11 関連リンク表示の例

Fig. 11 Example of a View through Relative-Link Glass.

ここで、関連情報と呼んでいるのは、現在表示されているオブジェクトと何らかの関連性はあるが、その場でオブジェクトと関連づけて視覚化するには適さない情報のことである(2.2 節参照。視覚化できるものは前述の詳細情報である)。したがって、利用者に対しては、関連情報そのものを提示するのではなく、関連情報(別の空間、もしくは同じ空間の別の位置に存在)へのリンクのみを提示する。利用者は関連リンクメガネをオブジェクトに重ねることで、重畳表示された関連リンクを見ることができる。さらに、利用者が関連リンクを選択した場合には、視点切り換えインタフェースの機能によって仮想空間が切り替わる。

(4) 視点切り換えインタフェース

視点位置切り換えについては、単独のインタフェースとして提供するのではなく、他のインタフェース操作によって視点を切り替える必要が生じた場合に、それを利用者に対して直感的に伝達するための機能を提供している。現状で視点切り換えが必要となるのは、検索メガネによって元の仮想空間と並べ替え空間とを切り替える場合と、前節で述べた関連リンクを辿る場合であり、いずれについても、フェーディングによる視覚効果を視点切り換えインタフェースとして用いている。これに関しては、意味的につながりのない空間を切り替える場合には、フェーディングによって十分な効果が得られると考えているが、一方で、関連を持つ空間の切り換えには、その関連性を表現するために多次元メガネが空間の「扉」であること(4.2 節参照)を利用者に提示する等の手法がより効果的であると考えられる。その実装法については、現在検討中である。

4.5 関連研究

虫眼鏡メタファについては、Bier による Magic Lens¹⁴⁾を始めとして、その3次元への拡張¹⁵⁾、複数重ね合わせへの拡張¹⁶⁾などが数多く提案されている。これらの手法の利用者インタフェースとしての主たる機能は、オブジェクトと虫眼鏡との位置関係を基に、オ

プロジェクトの視覚化手続きを変化させるというものである。これは、多次元メガネの詳細メガネと同様に、オブジェクトを様々な観点で見るためのものである。一方、我々は、多次元メガネによって、情報空間を広く散策するための機能を提供することを目的としている。例えば、虫眼鏡を空間の「扉」としての位置付けで捉えている点や、検索メガネが空間散策の補助ツールとして有効な機能を備えている点など、多次元メガネはオブジェクトだけでなく、空間をも様々な観点で見るためのインタフェースとして位置付けられる。すなわち、従来にはない新たな領域へ、虫眼鏡メタファを適用したものであると言える。

5. 実現および評価

我々は、これらのインタフェースを備えた臨場感ミュージアムを構築した。システム構成を表3に示す。

表3 システム構成
Table 3 System Specification.

ハードウェア構成	
CPU	Pentium2 333MHz
3D-GA	NEC 製 TE3AL および AccelGraphics 社製 Eclips2
ソフトウェア構成	
OS	WindowsNT 4.0
3D レンダリング	OpenGL
DB	SQL Server
その他	VR ツールキット (sense8 社製 WorldToolkit)

本システムについては、既に展示会等において一般に公開する機会を得ており、その結果、空間生成や仮想視点の自動制御に関しては、本方式で構築した3次元仮想空間インタフェースが十分な直感性およびアフォーダンスを備えているとの評価を得た。また、多次元メガネの操作も直感的であり、比較的短い期間で習得可能であることもわかった。しかし、多次元メガネに関しては、初見時には「何ができるのか」わかりづらいと評価されることがあった。これは、情報散策における多数の操作を多次元メガネで実現したため、アイコンに示した機能名だけではその内容が理解できないことが原因となったと考えられる。これについては、アイコンを用いるか否かを含めて利用者への提示方法について再度検討したい。

6. 終わりに

本稿では、

- 利用者操作を軽減する仮想視点の自動制御
- 情報散策に必要な操作を虫眼鏡メタファで提供する多次元メガネインタフェース

を特徴とする情報散策インタフェースについて述べた。ここでの情報散策とは、利用者が思いつくままに自分の意図で見たい情報を探す過程であるが、その延長には興味を持った対象に対してより詳しく探求していく過程も含まれると考えられる。これは、いわゆる体験型のサービスを利用者に提供することでもあり、今後我々は、本稿で述べた詳細メガネの様なインタフェースによってこの過程を支援することに加えて、より直感的なインタフェースによる支援についても検討を進める。また、そのために、3次元アニメーションや質感表現等のコンテンツ表現の高度化についても着手する予定である。

参考文献

- 1) Johnston, P.: Opportunities for New Creativity and Easier Access to Europe's Cultural Heritage, *Proc. of EVA-GIFU'98*, pp.26-1~26-19 (1998).
- 2) Cappellini, V.: Beyond the VASARI Scanner, *Proc. of EVA-GIFU'98*, pp.16-1~16-7(1998).
- 3) 林 和彦: 文化庁における情報化の試み, *Proc. of EVA-GIFU'98*, pp.29-1~29-6 (1998).
- 4) 富田健介: デジタルアーカイブ構想の推進について, *Proc. of EVA-GIFU'98*, pp.27-1~27-13 (1998).
- 5) 西野嘉章: 大学博物館の実験展示「デジタルミュージアム」をめぐる、博物館研究, Vol.32, No.5, pp.14-17 (1997).
- 6) 國枝和雄, 原 雅樹: 複合ビュー空間を用いた情報視覚化方式, 第55回情処全大論文集, pp.4-3~4-4 (1997).
- 7) 國枝和雄, 原 雅樹, 王 生進: マルチメディア情報散策を可能とする仮想博物館システム, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.22, No.47, pp.19-24 (1998).
- 8) 王 生進, 國枝和雄: 仮想空間における推奨ベクトルに基づく視点制御方式, 第56回情処全大論文集, pp.4-220~4-221 (1998).
- 9) Miller, G. et al.: The Virtual Museum: Interactive 3D Navigation of a Multimedia Database, *The Journal of Visualization and Computer Animation*, Vol.3, No.3, pp.183-197 (1992).
- 10) Blinn, J.: Where am I? What am I looking at?: *IEEE Computer Graphics and Applications*, pp.76-81 (1988).
- 11) Karp, P. and Feiner, S.: Issues in the Automated Generation of Animated Presentations, *Graphics Interface '90*, pp.39-48 (1990).
- 12) Gleicher, M. and Within, A.: Through-the Lens

Camera Control, *Computer Graphics*, Vol.26, No.2, pp.331-340 (1992).

- 13) Drucker, S. and Zeltzer, D.: Intelligent Camera Control in a Virtual Environment, *Graphics Interface '94*.
- 14) Bier, E.A., Stone, M.C., Fishkin, K., Buxton, W. and Baudel, T.: A Taxonomy of See-Through Tools, *ACM CHI '94*, pp.358-364(1994).
- 15) Viegas, J., Conway, M.J., Williams, G. and Pausch, R.: 3D Magic Lenses, *ACM UIST'96*, pp.51-58(1996).
- 16) Fox, D.: Composing Magic Lenses, *ACM CHI'98*, pp.519-525(1998).

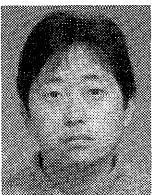
(担当編集委員 中川 優)
(1998年 9月 20日 受付)
(1998年 12月 27日 採録)



国枝 和雄 (正会員)

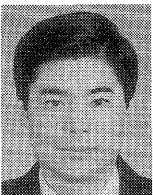
1964年生。1987年京都大学工学部情報工学科卒業。1989年同大学院修士課程修了。1992年同大学院博士後期課程単位取得認定退学。

同年, NEC 入社。以来, ヒューマンコミュニケーション, 3次元インタフェースの研究に従事。現在, ヒューマンメディア研究所主任。博士(工学)。電子情報通信学会, 映像情報メディア学会各会員。



原 雅樹 (正会員)

1970年生。1992年神戸大学工学部電子工学科卒業。1994年同大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了。同年, NEC 入社, 現在に至る。主として仮想空間を利用したヒューマンインタフェースの研究開発に従事。電子情報通信学会会員。



王 生進

1962年生。1985年中国・清華大学電気電子学部情報工学科卒業。1988年中国・北京廣播学院大学大学院工学研究科通信システム専攻修士課程修了。

1997年東京工業大学大学院総合理工学研究科知能科学専攻博士課程修了。同年, NEC 入社。以来, ヒューマンインタフェース, 人工現実感, 三次元画像処理の研究に従事。工学博士。電子情報通信学会会員。