モバイルコンピューティングと
ワイヤレス通信 18－24
高度交通システム 6－24
（２００１．９．７）

# 実世界と仮想共有空間の実時間相互作用システム

呉　起東
公立はこだて未来大学

大沢　英一
公立はこだて未来大学

実世界と対応する三次元モデルを仮想共有空間上に構成し,実世界と仮想共有空間を実時間で結合する手法を提案し，システムを試作し評価した。仮想共有空間上の三次元モデルはVRMLによって表現し，磁気センサを用いて実世界の対象物の三次元座標と姿勢に関するデータを獲得し,実時間で位置および姿勢情報をVRML三次元モデルに反映し,同時にVRMLビューアで描画する。試作システムでは実際のミュージアムに対応する仮想ミュージアムを構成し，実世界のオブジェクトの位置や姿勢の変化を実時間でビューア上に反映することができた。このように実世界と実時間で相互作用する仮想共有空間の構成技術は，次世代社会情報基盤となるディジタルシティにおいて重要な位置をしめる。

## The Real-time Interaction system of the Real world and the virtual space

Oh,Gi-Dong
*Future University - Hakodate*

Ei-Ichi Osawa
*Future University - Hakodate*

In this paper we propose a new method to link the real world with the related shared virtual three-dimensional space in real-time fusion. We also have developed a system to realize the proposed method. The evaluation of the performance of the system is also reported in this paper. We use VRML to construct three-dimensional model of the real world in the shared virtual space. We extended VRML so that it could obtain real-time sensor data concerning 3D coordinate and posture of the real world objects. The extended system is called Interactive VRML below. Using Interactive VRML system, we have developed a virtual museum of an existing real museum. The movement of real objects of the real existing museum is reflected to the corresponding virtual object of the virtual museum in real-time fusion. The real-time interaction between the real world objects and the corresponding virtual objects in the shared virtual space is the significantly demanded property in digital cities, which are regarded as the promising next generation social information infrastructure.

## １．はじめに

日常生活，社会活動，そして経済/産業などを中心としたコミュニティ支援のプラットフォームとして都市をメタファとした新しい情報空間であるディジタルシティ[1]への要求が高まっている．ディジタルシティは未来の社会情報基盤に対する新しいアプローチであり，インターネットの普及にともなって,1990年代に入ってから世界の各地で開発されてきた[2,3,4,5]。

ディジタルシティの主目的は,都市に密接に関連する様々な種類の情報の交換や人々のコミュニケーションを支援するためのコンピュータネットワークを用いた共有仮想空間の提供である。 よって,重要な技術要件としては(1)マルチメディア情報集約統合技術,(2)利用技術,(3)そしてコミュニケーション技術が挙げられる。 マルチメディア情報統合およびその利用を考えた場合,現在ではWWWが広く用いられている。 実際に,多くのディジタルシティではWWWを利用し，これまでに都市に関して集約されてきた断片的な情報を統合し,それらを提供することでコミュニティ支援を行うことを試みている．WWWは，情報間にリンクをはることで関係付けを可能にし,分散された様々な情報へのアクセスを可能にする。

都市に関連した情報は雑多であり，かつ，相互に複雑な関係をもっている。 そのような対象を仮想共

有空間上に表現する場合，必ずしも見通しの良いトップダウンな情報空間として構成できる保証はない。　そこで，WWWのようなハイパーテキスト形式の情報ツールが多く利用されているわけであるが，WWWは情報検索という側面を考えた場合に必ずしも利用しやすいツールというわけではない。 我々がWWWで情報検索を行う場合，例えば検索エンジンを用いてキーワード検索などを行うが，相互の関係が不明な多量の検索結果が提示されることになり，さらにそこから情報の絞り込みが必要となる。

都市とその中でのコミュニティ活動を仮想共有空間上に表現する場合，もう一つ別の有力な情報空間構成法がある。　それは，都市の地形的/空間的構造を三次元モデルとして仮想共有空間上に表現することである。ディジタルシティは都市をメタファとした情報空間であるが，その中をナビゲートし様々な情報にアクセスしようとした場合，もしも都市の三次元モデルがあれば，実際の都市における日常的な経験やノウハウを情報検索に用いることができる。

例えば，公共サービスに関する情報は役所に行けば獲得することができることを知っているので，三次元の都市モデルの中に役所を作り，そこで公共サービスに関する情報を提供するなどである。

ディジタルシティで行う情報集約/統合/検索/提供の全ての問題が都市の三次元モデルを用意しただけで解決できるわけではないが，三次元モデルは情報空間のナビゲーションを支援する有力な手段である。 さらに，ディジタルシティへ固定端末からのアクセスするだけではなく，実際に都市の中を移動している時に，情報携帯端末を用いて現在の位置の周囲の情報を検索するなどを考えた場合やはり都市情報が空間的に位置づけられているとさらに高度な情報サービスが行える可能性がある。

実際に，いくつかのディジタルシティでは，二次元もしくは三次元の都市情報を利用することで，仮想共有空間のナビゲーションを可能にしている[2,4,6]。

ところで，都市はきわめてダイナミックである。都市を三次元モデル化する場合に，もしもそれが静的なモデルであると，都市の変化に追従できず，時間とともにその利用価値が下がっていくであろう。ディジタルシティにおける三次元都市モデルは，都市のダイナミクスを十分に表現できる機能が必要であると考えている。

このような都市のダイナミクスを扱える三次元都市モデルに関する研究はほとんどはなされていない。動画像やセンサデータを用いて都市をリアルに表現するといった試みがいくつかなされているに過ぎない。本論文では，次世代のディジタルシティに向けて，実世界と実時間で相互作用する仮想共有空間上の三次元モデルに関する一つの構成法を提案するとともに，試作したシステムの説明と考察を行う。

## ２．Interactive VRML

### 実験目的

実世界と仮想共有世界を連結するための新しいデザイン手法を探る。

そのために(1)実世界と仮想共有空間を実時間で結合するための手法および(2)仮想共有空間と相互作用するための新しいVRMLブラウザーのプロトタイプを実装する。

### 試作システムとプログラム開発環境

試作システムは図１のように１)実世界オブジェクト、２)実世界オブジェクトの動きを検出するセンサ、３）センサデータを提供するサーバ、４）実オブジェクトと仮想オブジェクトのインタフェース５）VRMLで造られた仮想空間から構成される。

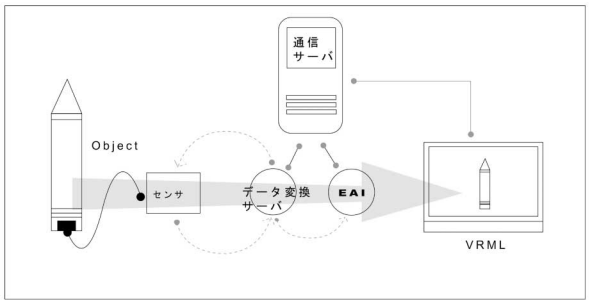



**図１．実験システムの構造**

### １）ミュージアム

試作システムの実験は公立はこだて未来大学のミュージアムを対象として行った。ミュージアムの中で図２のように一辺45cmの正方形ボックスを８つ積み上げ、その上に高さ50cm半径4.5cmの鉛筆型オブジェクトを用意した。

### ２）仮想ミュージアム

当該ミュージアムおよび上記オブジェクトの実寸法モデルをVRMLを用いて仮想共有空間上に製作した（図３）。

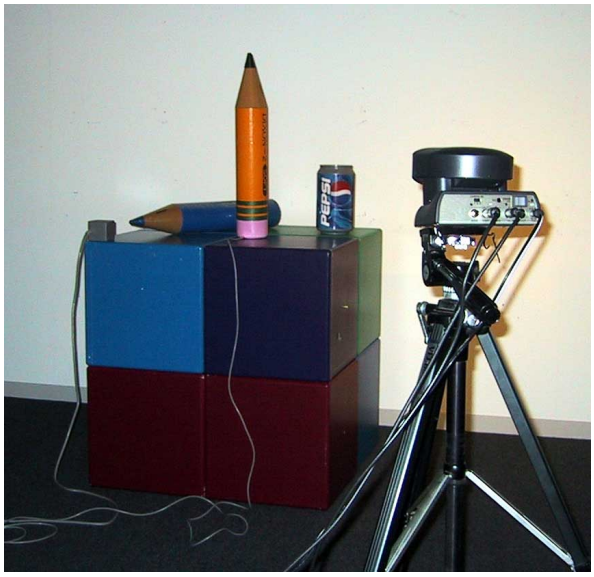



図２．ミュージアムに設置したオブジェクト

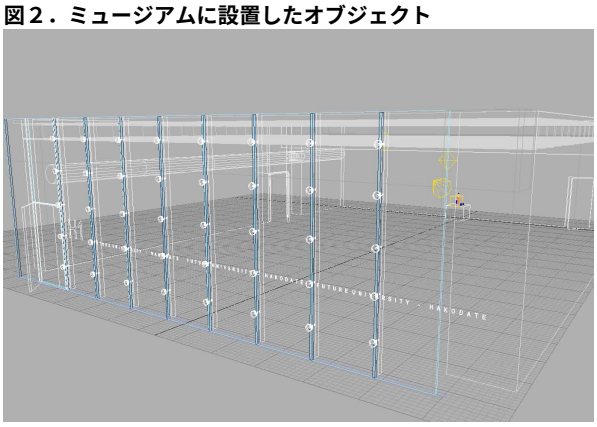


図３．ミュージアムの三次元モデル

## ３）システム構成

実世界にあるオブジェクトの動きと仮想共有空間にあるオブジェクトの動きの対応をとるために以下のシステムを開発した。

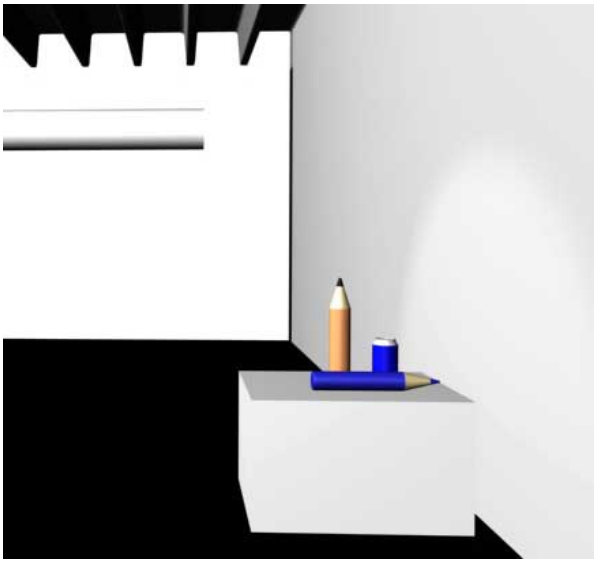


図４．ミュージアムの三次元オブジェクトモデル

１.データ変換サーバ:　通信サーバ(図１参照)からリクエストを受け取ると、RS - 232C ポートに接続されたセンサーよりオブジェクト位置情報､姿勢情報を取得し、変換して、EAI に送信する。通信サーバからのリクエストは周期的(約10ミリ秒)に起こる。

２. JAVA Applet ： EAI (External Authoring Interface)用のクラスライブラリを用いて､データ変換サーバから得られた実オブジェクトの位置情報､回転情報をもとに､VRMLの仮想オブジェクトの位置を更新する。

## ４）センサー（Polhemus）

実世界にあるオブジェクトを動かすと三次元磁気センサーからX,Y,Z軸方向へのの移動とオブジェクトの空間姿勢、すなわちψ = Azimuth, θ = Elevation, φ = Roll の６つのデータが得られる。そしてデータ変換サーバのリクエストに応じる。

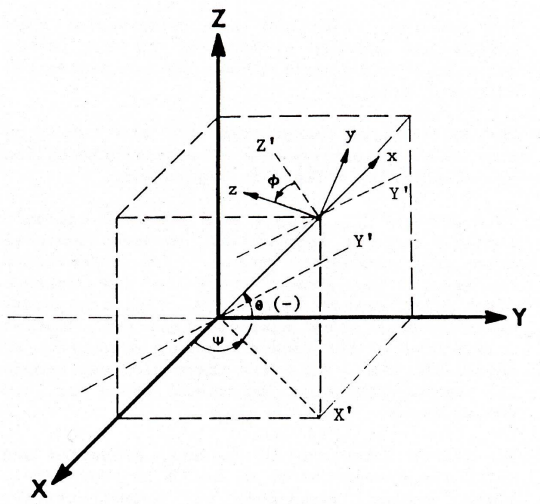



図５．三次元センサーの座標

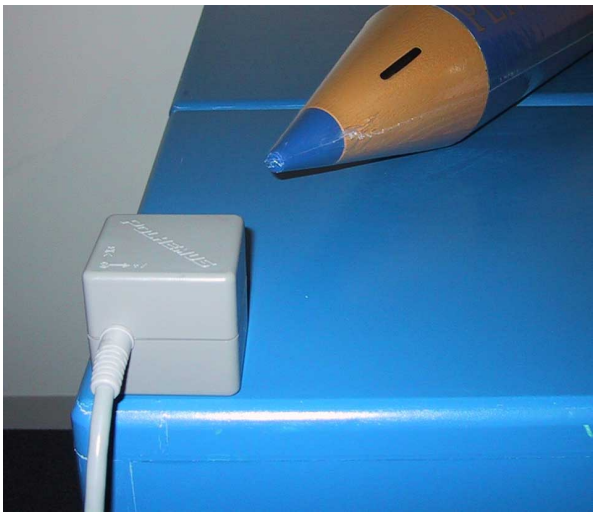


図６．Polhemus　センサー

**試作システム実行手順**

1.通信サーバ上でデータ変換サーバを実行する。データ変換サーバはCOMポートの初期化、TCP/IPスタックの初期化等を行い、VRMLからのアクセスを待つ。
2.ブラウザでVRMLファイルとEAIを記述したHTMLファイルにアクセスする。JAVA Appletが実行される。
3. EAIが初期化コマンド（文字G）をデータ変換サーバに送信する。
4.データ変換サーバがRS-232Cポートを通してセンサに対するプリントコマンド（文字P）を発行する。センサからの情報をバイナリで取得する。センサから取得した情報から位置情報、回転情報(各16ビットunsinged int)を抜き出し、","区切りの文字列（CSV）に変換し、EAIに送信する。その後接続待ちに入る。
5.通信サーバから情報を受け取り、EAIを使ってVRML内のオブジェクトを動かす。
上記3から5を約10ミリ秒の間隔で繰り返す。

## ３．実験結果

実験を行う際に用いたコンピューターの環境はCPU:PentiumⅢ-600Mhz、Main Memory：128Mbyte, OS:Windows NT 4.0 - Server Pack 5である。VRMLは152のオブジェクト（Vertices : 21668, Faces : 42340)、 5つのライト、 3つのカメラで構成されている。センサーからコンピューターの間のデータレートは約10ミリ秒の程度であって仮想空間にあるオブジェクトをリアルタイムで追走してスムーズに動作させることが出来た。 実験の結果軽量なデータであれば対象物の書き込みがある程度の規模になってもリアルタイム性は損われないことがわかった。

## 4．関連研究と考察

二次元もしくは三次元情報を用いたディジタルシティとしてヘルシンキ・アリーナ2000[4], ル・ドゥールジェム・モンド[6], そしてディジタルシティ京都[2]などが挙げられる。ヘルシンキ・アリーナ2000はエリサ・コミュニケションズ(旧ヘルシンキ・テレコム)を中心とした巨大なコンソーシアムにより運営されており,広帯域の次世代メトロポリタンネットワークを提供することを目的としている。

このディジタルシティの一部として,ヘルシンキ全市を三次元仮想空間上の構築する三次元仮想都市バーチャル・ヘルシンキが進行している。バーチャルヘルシンキもモデリング言語にVRMLを用いている。モデル化された仮想都市と実際の都市との相互作用に関しては,例えばバスやタクシーなどの移動媒体をアバターとして表現して,仮想都市内部で動的に動かすなどの試みがなされているようである。

ル・ドゥールジェム・モンドは, 世界的に有名なパリ市のディジタルな複製を目指しており,有料放送テレビ局CANAL+によりWWW上で提供されているサービスである。ユーザは三次元アバターにより仮想都市内部を散策することが出来,他のアバターとコミュニケーションすることができる。ル・ドゥールジェム・モンドは非常によくデザインされたパリ市の複製であるが,実際のパリ市との相互作用は考慮されていない。 世界中の多くの人に魅力的な仮想的なパリ市での生活を体験してもらうということが主目的になっている。
ディジタルシティ京都では,空間情報の活用と提供に関して3つの試みがなされている。 一つはGeoLink[7]であり, これは京都市の二次元地図と京都市のある場所を対象としたWebページをリンクし,ディジタルシティへの二次元的イフェースを提供する. 二つ目は3DMLを用いた市内の三次元化である。

3DMLで定義された京都市内のいくつかのブロックに,ディジタルカメラで撮影した写真を貼ることで, Webブラウザのプラグインを用いることで,市内の一部をパノラマ的に見通すことができる。さらに, いくつかの商店やデパートにはWebページがリンクされており,それらの情報も利用できる。 三つ目は, 二条城バスツアーであり, これも3DMLでモデル化された二条城の内部を観光することができる。 ディジタルシティ京都では, 二次元および三次元情報をインタフェースにうまく活用しているが,都市は一旦モデル化されると自動的には更新されておらず,都市のダイナミクスを表現することに乏しい。
このように,世界各地のディジタルシティではいくつか三次元化の試みがなされているものの,実際の都市との相互作用を考えた動的なモデリング

手法に関しては,まだほとんど検討も実験も行われていない。 本論文で述べた手法は, 仮想共有空間と実世界の実時間結合を目指しており,その意味において他の研究とは差別化される。

## 5．まとめと今後の課題

実世界をVRMLにより仮想共有空間上にモデル化し,実世界の対象物に装着した位置方位センサーのデータをもとに,実世界の対象物の位置的変化を実時間で仮想共有空間に反映させる手法とその試作システムについて説明した。

実世界と仮想共有空間の実時間結合は,よりリアルでダイナミックなディジタルシティを実現するために必須の技術である。 本論文では位置方位センサーを用いて実世界の対象物の三次元座標と方位データを取得し,それと整合をとるように仮想共有空間内の対応する仮想オブジェクトを動かすという手法を検討し,それを実装して実験をおこなった。今回行った実験では, 十分な速度で実世界と仮想共有空間を結合することができたが、複数の実オブジェクトに対する仮想オブジェクトを並列に動作させるための拡張が必要である。
そのために以下の図7のような拡張を考えている。

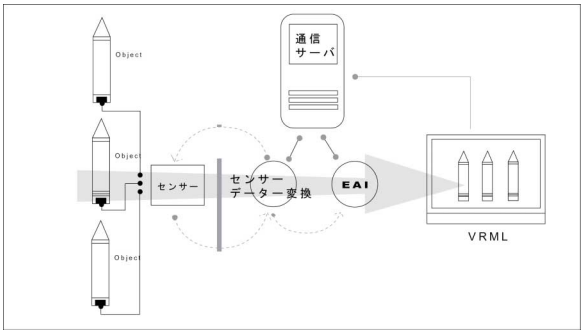



**図7．並列に拡張するための概念図**

また、都市を仮想共有空間上にモデル化し, 都市の持っている様々なダイナミクスをとらえて仮想共有空間に反映させるためには,各種のセンサ情報や動画像情報を扱う必要がある。 例えば, クルマや電車などの移動体に関しては,その位置情報を獲得するのにGPSなどの利用が有効であろう。このような各種のセンサデータを複合して取り扱うことも今後の課題である。

さらに,各種のセンサ情報や画像情報を実時間(もしくは限りなくそれに近い時間で)仮想共有空間上に反映させるためには,ボトルネックが生じないような通信の手法やデータの蓄積, 更新, 管理といった工夫が必要となる。 今後はこれらの問題について検討を行い,よりリアルでダイミックな仮想共有空間上の都市の構成法について研究を進めていく予定である。

**参考文献**

[1] 石田亨：ディジタルシティの現状, 情報処理, Vol. 41, No. 2,pp.163-168, 2000.

[2] 小山聡, 平松薫, 山田幸一：ディジタルシティ京都, bit, Vol. 33,No. 4, pp.8-12, 2001.

[3] Van den Besselaar, P. and Beckers, D.: Demographics and Sociographics of the Digital City, in Ishida, T. (Ed.), Community Computing and Support Systems, Springer Verlag, pp.109-125, 1998.

[4] Linturi, R., Koivunen, M. and Sulkanen, J.: Helsinki Arena 2000 - Augmenting a Real City to a Virtual One, in Ishida, T. and Isbister,K. (Eds.): Digital Cities: Experiences, Technologies and Future Perspectives, LNCS1765, Springer-Verlag, 2000.

[5] Schuler, D.: New Community Networks: Wired for Change, ACM Press, 1996.

[6] フレデリック・ル・ディベルデ: ル・ドゥールジェム・モンド -パーソナライズされたキャラクターで入るデジタルパリ-, bit, Vol. 33, No. 4,
pp.21-24, 2001.

[7] 平松薫, 石田亨: 地域情報サービスのための拡張Web空間, 情報処理学会 論文誌: データベース, Vol.41, No.SIG6 (TOD7), pp.81-90, 2000.