

# 仮想古代遺跡景観モデルと遺跡データベースによる マルチユーザウォークスルー

坂田義則 八村広三郎  
立命館大学 理工学部 情報学科  
{sakata, hachi}@img.cs.ritsumei.ac.jp

近年、計算機の発達により、様々な場面でバーチャルリアリティ (VR) 技術が利用されるようになってきた。考古学分野においても、現在では見るができなくなった古代の景観を、VR 技術を用いて復元する試みが行われている。本研究では、古代景観の復元作業を効率良く行うためのモデリングツールを開発し、実際に古代景観を再現した。また、発掘調査報告書をもとに遺跡データベースを構築し、これを古代景観と連携させることで、ウォークスルーを行いながらデータベースにアクセスすることを可能とした。さらに複数ユーザによる古代景観の共有化を試みた。

## Development of virtual ancient scenery and an archaeological database with multi-user walk-through capability

Yoshinori Sakata Kozaburo Hachimura  
Department of Computer Science, Ritsumeikan University

Today, virtual reality (VR) technology has spread into various fields: VR technology has been used for restoring ancient scenery in the virtual space for the archaeological studies. This paper presents a modeling tool for the efficient restoration of the ancient scenery. A database storing information about ruins and remains extracted from the excavation reports can be linked with the virtual ruins. This enables database access during walking-through the virtual space. The system is also capable of supporting cooperative work among several users during walk-through via the internet.

### 1 はじめに

近年、都市開発などに伴って遺跡の発掘が盛んに行われるようになっており、遺跡の発掘調査の終了時には、遺跡や遺物に関する文字情報、遺物の大きさなどの数値情報、遺跡の実測図や、遺構・遺物の写真などの画像情報といった多種多様な情報が大量に得られる。一般にこれらは冊子の報告書として刊行されるが、現在のマルチメディア技術、データベース技術、さらにはバーチャルリアリティの技術を応用して、発掘調査データを電子化し、データベースとして考古学研究に利用したり、インターネットを通じて広く一般に公開することが求められている [1]。

CG 技術の進歩と普及によって、リアリティの高い画像を手軽に生成することが可能となり、考古学分野でも、CG 技術の応用が期待されている [2]。古

代の景観や遺物、遺構などは、現在では消滅してしまい実際に見ることは不可能である。そこで、CG を用いて仮想的に古代景観を復元し映像化する。ここで古代景観を復元するためには、各対象物を空間内に配置するなどのモデリング作業が必要となる。ところが、このようなモデリング作業のために汎用の CG モデリングシステムを利用するには、コンピュータや CG に対する知識が要求され、多くの時間と労力を必要とするという問題がある。

以上のような背景を考慮し、本研究では、3次元CGを用いて古代の景観を復元するためのモデリングツールの開発を行い、さらに、これで作成された仮想古代遺跡をウォークスルーしながら、調査報告書に基づいて構築された遺跡のデータベースにアクセスすることを実現した。このようなウォークスルーを利用した遺跡データベースは、マルチメディア報告書や教育分野で利用できるものと考えられる。

また、仮想遺跡を複数ユーザで共有が可能な空間へと拡張するためのマルチユーザシステムを開発し、ユーザ相互のコミュニケーションを可能とした。

## 2 古代景観モデリングと遺跡データベース

### 2.1 古代景観モデリング

CG技術の普及により、さまざまな場面でCGが広く利用されるようになった。考古学分野においても、現在では見ることのできなくなった古代の住居、古墳、あるいはその他の建造物などを含む古代景観を、CG技術を用いて3次元的に映像化する試みが行なわれている。

たとえば、古代景観の復元映像化、アニメーションを目的として開発された古代景観モデラー (Ancient Scenery Modeller) と呼ばれるモデリングシステムの研究がある [3]。この研究では、復元する対象物の配置位置などを数値的に決定したり、アニメーションの動きを決定するような手作業によるデータ作成工程における作業者の負担を軽減し、短期間でモデリングデータの作成を可能としている。

また、失われた過去の集落を3次元CGによって復元し、身振りと大型スクリーンの入出力インタフェースによって、利用者がスクリーンの前の操作領域内を動き回るだけで、仮想集落の中をウォークスルーでき、住居や土器などの選択とそれに関する情報を検索することが可能な展示システム VisTA-walkの研究も行なわれている [4]。

一般に、3次元CGを利用して古代景観の復元を行う場合、発掘調査報告書をもとに遺構や遺物などのオブジェクトのモデリングと、航空測量などによって計測された地形データからの地形のモデリングを行わなければならない。さらに、自然な情景として表現するために、空や雲、人物、草や樹木などもモデリングし、配置することが望ましい。このように、古代景観を復元するためのモデリング作業には、多くの時間と労力、およびコンピュータやCGに対する専門的な知識や経験が必要となってくる。このような、モデリング作業が容易に行える環境を用意することが望まれている。

### 2.2 遺跡データベース

考古学における最大の課題のひとつに、発掘調査によって得られる膨大な出土情報の管理がある。たとえば、1995年の1年間の日本全国での発掘調査件

数は約7600件、発掘届出件数は36000件にものぼる [1]。ひとつの遺跡の発掘調査が終了した時には、遺跡名や所在地名などのテキスト情報、遺物の大きさなどの数値情報、遺跡・遺構・遺物に関する実測図や写真といったイメージ情報など、その内容・形態とも多様な情報が大量に得られることになる。

このような状況で、データの大量性に起因するさまざまな問題が生じる。すなわち、出土情報の総量が人間の管理能力を越え、「どこで」「何が」出土したのか誰も正確に把握できない状態に陥っているとされており、こうした大量データの効率的な管理・活用・流通を実現するため、考古学情報のデータベース化が課題となっている [1]。

## 3 システムの全体構成

本システムの全体構成を図1に示す。本システムでは、発掘調査報告書から得られる古代景観の構成要素となる遺物や遺構、建造物などの「オブジェクト」と、測量結果によって得られた地形データから古代景観の「地形」を、それぞれVRMLによりあらかじめモデリングしておく。そして、別々にモデリングしたオブジェクトと地形を古代景観モデリングツールを用いて地形上にオブジェクトの配置を行い、合成データファイルをVRML形式で出力する。作成された合成データファイルを、CosmoPlayerなどのVRMLプラグインを利用してWebブラウザ上に表示し、この仮想空間内をウォークスルーすることができる。

また、発掘調査報告書に基づいて遺跡データベースを構築し、Webブラウザ上での検索を可能とする。さらに、古代景観に配置されたオブジェクトと遺跡データベースの検索結果を相互リンクすることで、古代景観から遺跡データベースの検索結果へ、また検索結果画面から古代景観へと双方向の移動を可能とする。

なお、本研究では現在の立命館大学びわこ・くさつキャンパス所在地で発掘された「木瓜原遺跡」を例にとり、古代景観モデリングと遺跡データベースの構築を行う。

## 4 古代景観のモデリング

### 4.1 オブジェクトのモデリング

本研究では、オブジェクトのモデリングにはCyberWalker (TIS社製)を用いた。CyberWalkerによるモデリングの様子を図2に示す。モデリングする

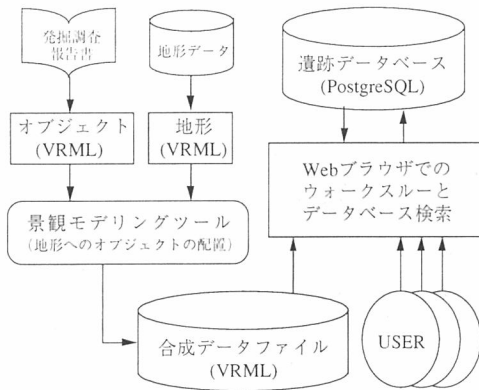
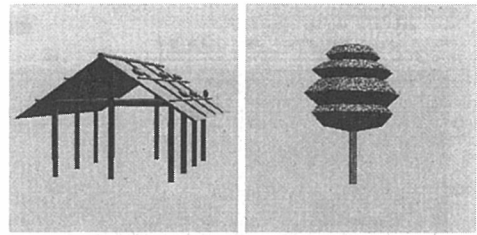


図 1: 古代景観モデリングと遺跡データベース

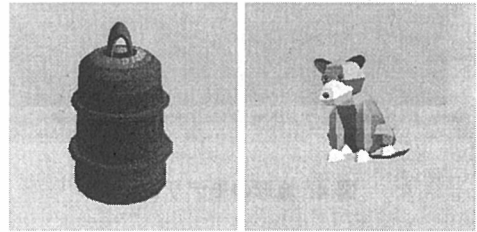
オブジェクトは、遺構、遺物、家などの建造物、および樹木などの自然物である。オブジェクトは VRML 形式で出力し、保存できる。

モデリングを行う際には、木目模様や壁柄など、それぞれのオブジェクトに適したテクスチャをマッピングする。また、モデリングしたオブジェクトには、Webブラウザ上でウォークスルーを行う時に遺跡データベースを参照できるように、検索結果画面へのリンク先の URL 情報を付加する。実際にモデリングを行ったオブジェクトの例を図 3 に示す



(a) 家屋

(b) 樹木



(c) 遺物 (梵鐘)

(d) 動物

図 3: オブジェクト例

本研究で対象とした木瓜原遺跡の地形データは航空測量によって得られたものであり、各格子点の水平面座標 (x,y) と、その地点の高度 (z) を列挙した以下のような書式になっている。

X	Y	Z
-3276.660	-113190.600	131.400
-3276.600	-113190.500	131.412
-3276.500	-113191.000	131.400
:	:	:

この地形データから、本研究室で開発した地形データ変換プログラムを用いて、古代景観のモデリングを行う。地形のモデリングは、VRML の Indexed-FaceSet ノードを用いて三角形パッチで行う。実際に、地形データを VRML データに変換し、VRML プラグインを用いて Web ブラウザ上で表示させた様子を図 4 に示す。

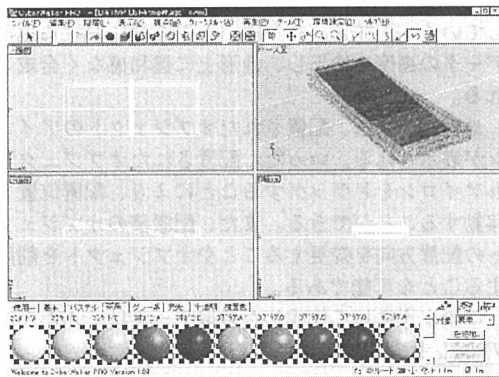


図 2: CyberWalker によるオブジェクトのモデリング

## 4.2 地形のモデリング

遺跡の地形形状は測量によって得られる。地形データには、この測量結果をデータ化した等高線地図データや、格子点ごとに標高値を持つ格子状標高データの形式などがある。

## 4.3 モデリングツール

### 4.3.1 遺跡定義ファイル

仮想古代景観を構成する要素データおよびモデリングの際に利用するデータとして以下のようなものが必要となる。

- 地形図の画像ファイル
- 地形データファイルとその属性
- 配置可能オブジェクトの VRML ファイル
- オブジェクトに対応したアイコン用画像ファイル

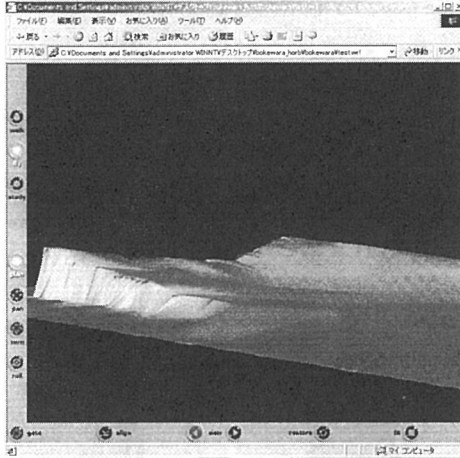


図 4: 地形のモデリング

トを地形上に配置してこれらを合成する。

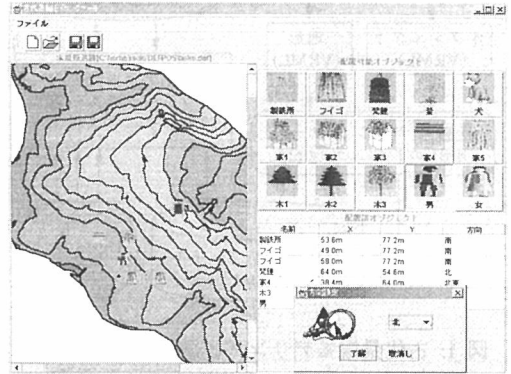


図 6: 古代景観モデリングツールの GUI

#### - 遺跡データベース検索用データ (URL)

これらのデータに関する情報を一括してひとつのファイルに保存して、管理しておく。この定義ファイルは遺跡ごとに別々に用意することで、異なる遺跡についても同じように対応することが可能である。遺跡定義ファイルの例を図 5 に示す。

```

#遺跡名
木瓜原遺跡

#地形図名
bokewara.gif

#遺跡DB検索画面ファイル名
http://hokusai.img.cs.ritsume.ac.jp/~yamakita/cgi-bin/iseki.php3

#VRML地形データ名と大きさ(x,z)
tikei05.wrl 120 120

#配置できるオブジェクト名(英語 日本語 画像名 VRML名)
tetu 製鉄所 tetu.gif tetu.wrl
fuiigo フイゴ fuiigo.gif fuiigo.wrl
bonsyo 竝 bonsyo.gif bonsyo.wrl
kama 釜 kama.gif kama.wrl
dog 犬 dog.gif dog.wrl
house1 家1 house1.gif house1.wrl
house2 家2 house2.gif house2.wrl
house3 家3 house3.gif house3.wrl
house4 家4 house4.gif house4.wrl
house5 家5 house5.gif house5.wrl
tree1 木1 tree1.gif tree1.wrl
tree2 木2 tree2.gif tree2.wrl
grass 草 grass.gif grass.wrl
boy 男 boy.gif boy.wrl
girl 女 girl.gif girl.wrl

```

図 5: 遺跡定義ファイルの例

モデリングツールの GUI 画面を図 6 に示す。GUI 画面の左半分には、遺跡の地形図が表示される。画面右上に表示されている配置可能オブジェクトの一覧からオブジェクトを選択した後、地形図上の任意の場所をクリックすることで、その位置にオブジェクトを配置する。

ユーザはこれらのオブジェクトを、GUI で表示された地形図上に、発掘調査の結果をもとにして配置していく。オブジェクトは、その位置における地形データの高度を検出し、地形上に違和感なく合成される。

地形図上には、配置されたオブジェクトのアイコンが表示される。いったん配置されたオブジェクトもアイコンをドラッグすることにより、配置位置を移動することができる。また、配置済のオブジェクトの配置方向を変更することやオブジェクトを削除することも可能である。

このようにして作成した合成データは、ふたたび VRML 形式で出力される。

## 5 古代景観と遺跡データベースの連携

### 5.1 遺跡データベースの構築

#### 4.3.2 オブジェクトの配置

前述したように、本システムではそれぞれの遺跡において古代景観を構成する遺構や遺物などの「オブジェクト」と、古代景観の地面となる「地形」をあらかじめ VRML を用いてモデリングしておく。ユーザは、モデリングツールによりこれらのオブジェク

本研究では、発掘調査報告書にもとづくテキスト情報や画像情報を管理するための遺跡マルチメディアデータベースを PostgreSQL を用いて構築している。ここでは、木瓜原遺跡の場合を例にとり、発掘調査報告書をもとにして、発掘場所、遺構、遺物、位置の 4 つのテーブルを用いて、データベースを構

築している。以下に各テーブルの構成と、テーブルに入力されているデータの例を示す。

● 発掘場所

発掘場所に関する情報を管理する。各発掘場所に位置番号を割り当てる (表 1)。

表 1: 発掘場所テーブルの例

発掘場所名	位置番号
製鉄炉	SR-01
小割り場	SR-02
須恵器窯	SR-03
梵鐘製造土坑	SR-04
大鍛冶場	SR-05
小鍛冶場	SR-07
木炭窯	SS-114
工房中央部	SD-291

● 遺構

遺構に関する情報を管理する。遺構の情報には、遺構の名称、位置番号、モデリングした VRML ファイル名、発掘画像ファイル名、画像のタイトル、遺構の説明がある (表 2)。

表 2: 遺構テーブルの例

遺構名	位置No	VRML	画像	タイトル	説明
送風装置 (フイゴ)	SR-01	seitetu.wrl	a028.jpg	フイゴ部 検出状況	検出された炉は..
大鍛冶炉	SR-05	okaji.wrl	a055.jpg	大鍛冶炉	平地面の南西に..

● 遺物

遺物に関する情報を管理する。遺物の情報には、遺物の名称、位置番号、モデリングした VRML ファイル名、発掘画像ファイル名、画像のタイトル、遺物の説明がある (表 3)。

表 3: 遺物テーブルの例

遺物名	位置No	VRML	画像	タイトル	説明
炉壁	SR-01	roheki.wrl	a032.jpg	炉壁	製鉄炉の炉壁は..
梵鐘龍頭鑄型	SR-04	bonsyo.wrl	033.jpg	梵鐘龍頭鑄型	梵鐘の肌面以外の..

● 位置

位置に関する情報を管理する。位置番号がどの地区に属するのかを表す (表 4)。

表 4: 位置テーブルの例

位置 No	地区
SR-01	No.1
SR-02	No.1
SR-03	No.1
SR-04	No.1
SR-05	No.5
SR-07	No.7
SS-114	No.1
SD-291	No.2

5.2 Web ブラウザからの遺跡データベースへのアクセス

遺跡データベースはスクリプト言語 PHP を利用して、Web ブラウザからアクセスする。Web ブラウザでの検索処理と古代景観との連携を図 7 に示す。

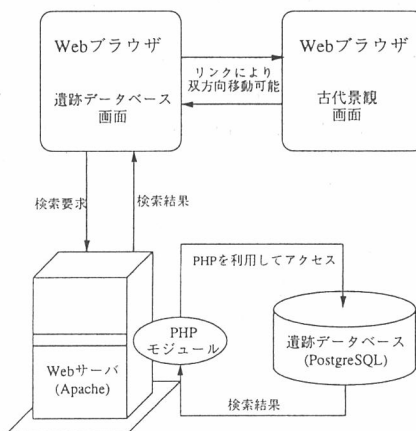


図 7: 検索処理と古代景観との連携

Web ブラウザの検索インタフェース画面から検索要求があった場合、Web サーバは PHP モジュールを利用して遺跡データベースに問い合わせを行い、検索結果を Web ブラウザに返す。また、その検索結果画面中に古代遺跡へのリンクがある場合は、これを使って古代景観への移動ができる。逆に、古代景観中の遺構や遺物をクリックすることで、検索結果画面へ移動することもできる。このように、古代景観中のオブジェクトと遺跡データベースの検索結果画面を相互リンクすることで、古代景観と遺跡デー

データベースへの双方向の移動が可能である。

### 5.3 ウォークスルーによる遺跡データベースの検索

VRML プラグインソフトを利用して VRML による仮想遺跡データを Web ブラウザ上に読み込んで表示し、これによって、ユーザはブラウザ上に表示された仮想空間内を自由にウォークスルーすることができる。

ウォークスルー時に表示される画面の例を図 8 に示す。画面は 3 つのフレームに分割されており、左半分のフレームが仮想景観の表示画面である。同図右上のフレームはデータベース検索用のフレームであって、ここに遺構名やキーワードなどの検索条件を入力し、遺跡データベースを検索することができる。検索の結果はこのフレーム内に表示される。さらに検索結果のデータ中に画像データへのリンクがあって、これをクリックした場合には、対応する画像が図 8 の右下のフレーム内に表示される。検索は、ウォークスルー画面の表示とは無関係に独立に行うことができる。

すでに述べたように、VRML での仮想遺跡のモデリング時に、仮想遺跡内のそれぞれのオブジェクトに対して、VRML の Anchor ノードを用いて遺跡データベースの対応するデータへのリンクを設定しておくことができる。これにより、図 8 左のフレームで仮想空間内をウォークしているときにオブジェクトをマウスでクリックすると、そのオブジェクトに関する詳細情報をデータベースより検索して表示することができる (図 9)。

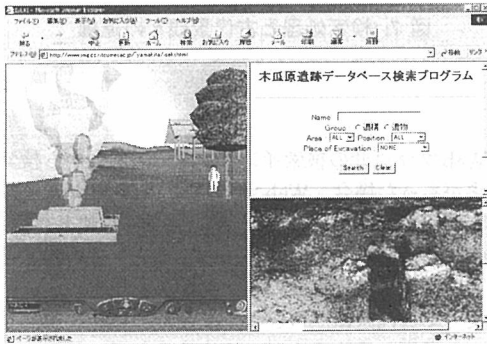


図 8: ウォークスルーと検索の画面

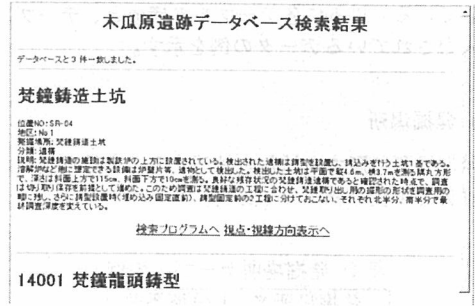


図 9: 検索結果画面

## 6 仮想空間の共有

### 6.1 マルチユーザシステム

複数ユーザによる共有が可能な 3 次元仮想空間は CVE (Cooperative Virtual Environment) と呼ばれ、様々な分野で応用研究が行われている。

たとえば、実世界と仮想世界から共有仮想空間に参加し、そこで得られた知識や情報をデータベース化して記録することができる環境教育支援システムの研究がある [5]。

また、外国語教育への応用例として、ネットワーク上に仮想大学 "Virtual University" を構築し、その雰囲気や臨場感を体験しつつテキストチャットまたはボイスチャットを用いて外国語を学習するシステムの研究が行われている [6]。

本研究では、前章までで述べた古代景観モデリングシステムで作成した仮想古代遺跡をマルチユーザ機能を持った CVE として拡張した。これにより、ユーザが同じシーンを見ながら議論したり、また、片方のユーザが教師役として説明するといったことがインターネットを介して行えるようになる。

### 6.2 マルチユーザシステムの構築

#### 6.2.1 システム構成

複数ユーザでの仮想空間の共有を可能にするためのシステムの全体構成を図 10 に示す。システムはクライアントサーバ方式で実現しており、マルチユーザサーバと各ユーザが利用するクライアントとで構成される。各クライアントおよびサーバは、インターネット上にあればどこからでも相互に利用できる。サーバおよびクライアントソフトは Java で作成している。

各ユーザのクライアント画面の仮想空間の視野内には、他のユーザを表すアバターが表示されている。いま、たとえば、ユーザ A がそのブラウザ画面の上でウォークスルーを行うと、その位置と視線方向の情報が、マルチユーザサーバに送出される。サーバはそのとき接続しているすべてのクライアントにその情報を送信し、各クライアントはその値を用いて、仮想空間内のユーザ A に相当するアバターの位置と視線方向を更新してブラウザ画面上に表示する。

ユーザが移動したとき、他のユーザの Web 画面でアバター位置を更新するためには、Java によるクライアントプログラムと VRML データとの間で位置情報などの授受が必要になる。これには、Java-EAI の機能を利用している。

ここでは、通信負荷の増大を防ぐため、クライアントとサーバの間の通信はアバターの移動が自然にならない程度の時間間隔（1 秒程度）で行っている。

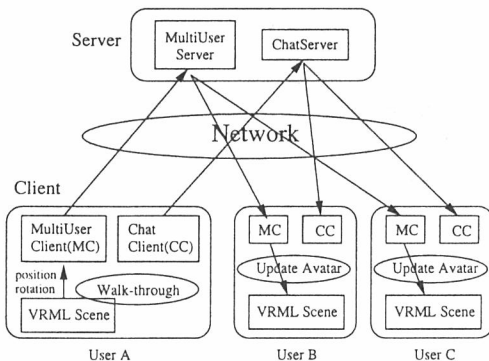


図 10: システム構成

本システムでは、以下に示すような機能を実装している。

- チャット機能

ユーザ間での文字によるコミュニケーションのために、チャットの機能を用意した。

チャット機能もクライアントサーバ方式で実装されている。すなわち、あるユーザが発言を行うと、これはチャットサーバに送出され、サーバは受信したメッセージをサーバに接続している全ユーザに送出する。発言者の送ったメッセージは受信者のチャットクライアントの発言欄に表示される（図 11(a)）。

このようにして、仮想空間内を独立にウォークスルーしながら、空間内にいる他のユーザとの間で、

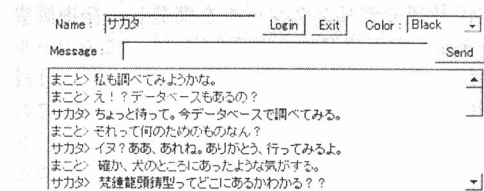
文字による会話が可能になる。

- アバター

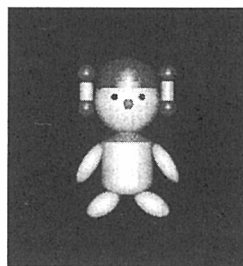
仮想空間における各ユーザを 3 次元 CG モデルでアバターとして表示する。これにより、各ユーザは他のユーザが存在する位置とその視線方向を識別することができる。ここでは、システムへの負荷を抑えるために、アバターは簡単なプリミティブを組み合わせただけの簡易なモデルとしている。また、モデルの形状は同一であるが、胴体の色によりユーザの識別が可能である（図 11(b)）。

- ユーザ位置表示機能

仮想空間内に存在している全てのユーザの位置を、地形図上に表示する。図 11(c) では、自分を表す黄色の矢印のマークと他のユーザを示す赤い矢印のマークが表示されている。これにより、空間内のユーザの数、各ユーザの存在位置、およびその視線方向を把握することができる。



(a) チャットクライアント



(b) アバター



(c) ユーザ位置表示

図 11: マルチユーザ化のためのインタフェース機能

### 6.3 仮想空間の共有によるウォークスルー

本システムを用いて、複数のユーザが仮想遺跡内でウォークスルーを行っている様子を図 12 に示す。

ユーザは、チャット機能を利用して他のユーザと意見交換しながら、ウォークスルーを行っており、さらに別ウィンドウで遺跡データベースを参照している。

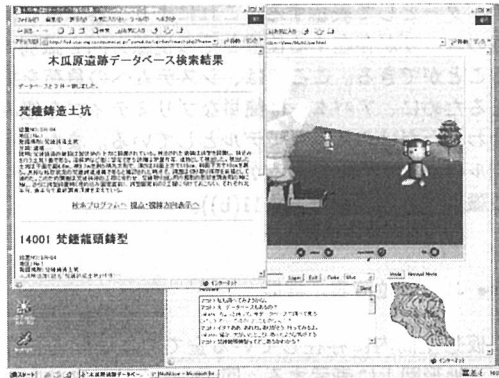


図 12: マルチユーザシステムの実行例

## 7 おわりに

古代景観モデリングツールを開発し、発掘調査データからの仮想遺跡の復元を行った。このツールの使用により、手作業によるモデリングデータ作成工程における作業者の負担が軽減され、短期間での仮想空間の構築が可能となった。開発したモデリングツールは、オブジェクトサイズ変更機能や視点モデリング機能などが不十分なので、今後改善する必要がある。

また、発掘調査により得られた出土情報を元にマルチメディアデータベースを構築し、古代景観との連携を実現した。これにより、Webブラウザ上で遺跡内をウォークスルーしながら、仮想空間内の遺構や遺跡に関する詳細情報を検索し、表示することが可能となった。

さらに、仮想空間として構築した古代遺跡を複数のユーザで共有し、ユーザ相互でのコミュニケーションを可能とするマルチユーザシステムの構築を行った。これにより、他ユーザと意見交換を行いながらのウォークスルーが可能となった。

複数ユーザでの仮想空間の共有によるウォークスルーとコミュニケーション機能、さらにデータベースの参照機能は、特にインターネットを介した遠隔教育で効果的に活用できるものと考えられる。なお、現システムには、複数のユーザが同時にウォークスルーを行うと、一時的に操作不能になるという問題があるため、これを早急に解決する必要がある。

古代景観モデリングツールおよびマルチユーザシステムは JAVA で実装しているため、プラットフォーム非依存とすることができた。

今後は、本システムにおける問題点を解決するとともに、考古学関係者や一般の人にシステムを使用してもらい、ウォークスルー速度や操作性といったシステムの評価を行いたいと考えている。

謝辞 木瓜原遺跡の発掘調査データを利用して頂いた、(財)滋賀県文化財保護協会の横田洋三氏ならびに本研究プロジェクトに参画された立命館大学八村研卒業生諸氏に心より感謝します。

## 参考文献

- [1] 及川 昭文:「考古学データベース」, 情報処理, 38 巻 5 号, pp.388-391, (1997,5)
- [2] 小沢 一雅:「コンピュータ・グラフィックスによる古代景観の映像的復元」, 人文学と情報処理, pp61-68, (1997,8)
- [3] 岡本 稔, 小沢 一雅:「古代景観モデラー (AS-M)」, 人文科学とコンピュータ, pp97-102, (1994,1)
- [4] 門林 理恵子, 間瀬 健二:「実空間でのコンテキストを利用して仮想空間内をガイドするマルチモーダルなパーソナルエージェント」, 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.653-660, (1998,7)
- [5] 岡田, 吉村, 守屋, 酒井:「三次元仮想自然空間の共有による環境教育支援システムの構築」, 情報処理学会第 61 回全国大会, pp.385-386, 2000
- [6] 日比野 修, 岡田稔:「VRML による外国語学習システムの作成とその可能性」
- [7] 山北 俊典, 八村 広三郎:「古代景観モデリングツールの開発と、ウォークスルーによる遺跡データベースの検索」, 情報処理学会第 62 回全国大会論文集, pp.137-138, 2001
- [8] 坂田 義則, 八村 広三郎:「仮想空間の共有による古代遺跡のウォークスルー」, 電子情報通信学会総合大会論文集, p.361, 2001