

# 専門家と非専門家の両方を支援する 集落変遷シミュレーションシステム†

門林 理恵子, 間瀬 健二‡

(株) エイ・ティ・アール知能映像通信研究所

〒 619-02 京都府相楽郡精華町

E-mail:{rieko,mase}@mic.atr.co.jp

## 概要

著者らは、一つの集落遺跡内での住居や倉庫などの建物の分布の時間的変遷をシミュレーションし、3次元CGによって可視化するVisTAシステムを開発中している。VisTAシステムは、対話的なインタフェースを備えており、いつ、どこに、どのような建物が存在したかに関する仮説を立てて検証するプロセスを何度でも容易に繰り返すことができる。さらに、身振りによる直観的なUIを備え、博物館での展示などに適したVisTA-walkシステムも開発中である。

## Abstract

We have developed the VisTA system which is an interactive visualization and simulation tool for archaeological data. The system helps archaeologists set up a hypothesis about the space-time changes of ancient villages and evaluate it so that they can discover new knowledge. On the other hand, we also developed the VisTA-walk system for museum visitors, which has more intuitive gesture user interface.

## 1 はじめに

宅地開発などに伴う発掘調査の件数は年々増加しており、1年間に1万件を越える調査が行われている。これらの発掘の成果は、報告書として出版されたり、博物館での展示として公開される。したがって博物館は、考古学の専門家と、専門知識を持たない一般の人々を結び付ける施設と考えることができる。

しかし、従来の博物館での展示の在り方は、博物館を訪れる人々すべてから十分な興味を引き出し、理解を促すものであったわけではない。年齢も興味も保有する知識も様々である来館者すべてに対して、従来の展示という方法では、専門家が持つ豊富な知識を十分に伝達することが難しい。しかも、来館者から展示してあるものについてのより詳しい説明や、根拠となるデータなどへのアクセスの要求があっても、これらに答えることができない。

そこで、著者らは、Meta-Museumと呼ぶ新しい博物館のコンセプトを提案した<sup>[3]</sup>。Meta-Museumとは、博物館のスタッフである学芸員ら専門家と、専門知識を持たない一般の人々との間にコミュニケーションを

創出、支援することで、非専門家が自分の興味や視点に基づいて専門的な知識を獲得できる環境である。そのためにMeta-Museumは、1)まず、専門家の研究を支援し、2)専門家自身が、その成果を容易に利用者へ提供でき、3)非専門家が自分の興味などに基づいて、専門知識を取りだし、理解することを支援するための機能を提供することを目標としている。

このような考え方のもとで、著者らはこれまでにVisTA<sup>[1]</sup>とVisTA-walk<sup>[2]</sup>と呼ぶ二つのシステムを開発してきている。これらは基本的には同等の機能を持つシステムであるが、前者は主に専門家の研究支援、後者は主に非専門家の博物館での利用を目的としているために、ユーザインタフェースが大きく異なる。

VisTAシステムは、古代の集落遺跡の変遷過程をシミュレーションするシステムである。考古学データは時空間の多次元データであり、一つの遺跡から発掘調査によって得られるデータは膨大な量である。これらのデータを駆使して、一つの遺跡全体の時間的、空間的な変遷の様子を詳細に復元することは至難の技であり、実際これまでこのような研究はなされていない。そこでVisTAシステムは、あらかじめ遺跡の地形データと発掘調査によって得られた建物跡のデータを入力しておき、これらのデータを基に研究者一人一人が個々の建物の種類や存続年代を設定することで、変化の様子をリアルタイムに3次元コンピュータグラフィックスによって視覚的に確かめられるようにした。これによって、集落遺跡の時間的変化についての

†A Space-time Simulation System of Ancient Villages for Research both Experts and Museum Visitors

‡Rieko Kadobayashi and Kenji Mase

ATR Media Integration & Communications Research Labs.  
Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto 619-02, Japan

Key word: simulation, visualization, 3D CG

仮説を可視化しながら検証でき、仮説の時空間的な側面での無矛盾性を高めることができる。また、3次元CGによって復元された集落の中を歩き回ることも可能であり、過去の景観について直観的に知ることができるようになった。

VisTAシステムのユーザインタフェース(UI)は、属性データの一つずつ入力するのに適したキーボードとマウスを採用した。しかし、VisTAシステムを利用して得られた成果を博物館などで一般の人々に公開する場合には、より直観的なUIを提供して、来館者が内容の理解に注力できるようにすべきである。そこで、VisTAシステムとはほぼ同等の機能を持ち、入力インタフェースが異なるVisTA-walkシステムを開発してきた。現在、VisTA-walkシステムは、170インチの大きなスクリーンを利用して3次元CGによって復元された集落の様子を映し出す。利用者は、マウスではなく自分の身振りによって仮想集落内をウォークスルーすることが可能である。また、個々の建物に関する情報を得たい場合は、右手あるいは左手を上げることで指示でき、WEBブラウザによって発掘調査で得られた生のデータを入力することができる。

以下、本稿では、まず2章でVisTAシステムについて述べ、次に、3章では、博物館でのVisTAシステムの展示の様子と、VisTA-walkシステムについて述べる。最後に、4章でまとめを述べる。

## 2 専門家を支援する：VisTAシステム

VisTAシステムは、基本的に研究者の専門的な研究を支援するためのシステムである。一般に研究活動は、次のようなステップの繰り返しとしてモデル化できる。まず、発掘調査などで得られた一次データが蓄積されたデータベースから、研究対象となるデータを選別する。次に、それらのデータ間に共通するパターンを見だし、そのパターンを説明づける仮説を生成する。そして仮説を検証し、もし仮説が不十分であれば、仮説の修正やデータ間に別のパターンを発見するなどして、満足のいく結果が得られるまでこの過程を繰り返す。

考古学のように時空間データを対象とする場合、上記のような仮説の生成、検証、修正プロセスは、非常に困難である。VisTAシステムは3次元コンピュータグラフィックスを利用したリアルタイムシミュレーション機能を提供することで、これらの作業を直観的に行えるようにするものである。特に、VisTAシステムを利用して可能となる研究は、一つの集落遺跡内に存在した建物が空間的にどのように配置されていたか、そして時間的にどのように変化していったかという巨視的な変遷過程の検証である。この場合必要になる作業は、実際に個々の建物に存続した年代データを付与するということである。そしてすべてについてデータを入力すると、変遷のシミュレーションを

行い、視覚的に仮説を確認し、誤りがないかを検証する。

VisTAはこのような研究者の研究を支援するだけでなく、その成果を一般の人々に公開するときにも利用することができる。ただし、後述のように、マウス操作は日頃コンピュータを利用しない人々にとっては使いづらいものであり、博物館などでの展示に使用する場合は、操作に習熟するまでの時間が短くてすむユーザインタフェースが望まれる。この点については、3章で述べる。

### 2.1 VisTAシステムの概要

利用者はVisTAシステムを起動すると、まず、遺跡のデータベースを選択する。これは、地形データと発掘資料から得られる住居などの建物が存在した位置のデータを含んでいる。建物が存在した場所には、その建物の床の形状に合わせて、四角形や円形をした床マークが表示される。そこで、これらの床マークの一つずつ選び、存在した建物の種類、年代、識別名を入力する。遺跡内にある床マークの一部、あるいは全部についてこの作業を行ったのち、年代シミュレーションを実行すると、集落の変遷の様子を3次元CGによって確認することができる。ここで不都合な点があれば、先ほどの作業を繰り返し、存在年代などの情報を修正する。そして、結論に到達するまで何度でも、上記のプロセスを繰り返す。このようにして、集落の変遷過程に関する仮説を生成、検証し、新しい知識を獲得することができる。図1にVisTAシステムの動作例を示す。

年代シミュレーションを実行している間、あるいはある年代に停止してにおいて、3次元CGで復元された集落の中を“歩き回る”ことができる。また、住居の中に入り、構造を見ることも可能である。これによって、集落内のある地点からの光景がどのようなものであったかといった視点からの研究が可能となる。

これらの機能の選択と制御は、ウィンドウを用いたグラフィカルユーザインタフェースによって提供される。ウィンドウには、年代シミュレーションを制御するためのウィンドウと、CGを利用して可視化された集落を表示するための“ビューワー”ウィンドウの2種類がある。以下、それぞれのウィンドウが提供する機能について述べる。

### 2.2 ビューワー

ビューワーは、シミュレーション結果としてのある年代のある視点から見た集落の景観を表示するためのウィンドウである。同時に、ビューワーは、集落の中を“歩き回る”ために必要な機能を提供する。たとえば、ウィンドウの枠の左下についているダイヤルの操作やウィンドウ内でのマウスの操作で、集落内を移動

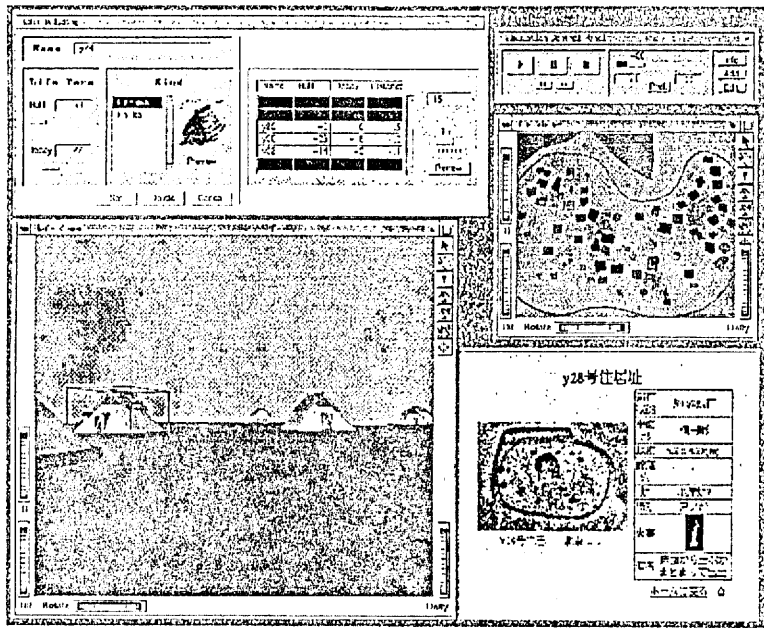


図 1: VisTA システムの動作例

できる。もちろん、立ち止まって周囲を見渡すことも可能である。

ビューワーには2種類ある。一つは、“Walk Viewer”（図1左下）と呼ぶもので、仮想的な利用者の視点から“見える”集落の光景を表示する。もう一つは、“Aux Viewer”（図1右中）と呼ぶもので、集落全体の鳥瞰図を提供するとともに、利用者の分身となる仮想人物（アバターと呼ばれる）を表示して、遺跡や建物の大きさや方向を容易に把握できるようにする。

この仮想人物は、身長170cmに設定してある。利用者がWalk Viewerで見ている光景は、この仮想人物の目の高さに合わせて作成されたものである。たとえば、住居の中に入ったとき、Walk Viewerでは内部構造だけが見えるのに対し、Aux Viewerでは仮想人物も表示されるため、その身長と比較することで、その住居の大きさを直感的に把握することができる。

## 2.3 コントロールウィンドウ

VisTA システムは主に“Simulation Control Panel”ウィンドウで制御する。年代シミュレーションは、ビデオテーブルコードの感覚で操作できるようになっている。さらに、必要に応じて、シミュレーションの早さや期間を設定するための“Preference”ウィンドウや、住居のデータを編集するためのウィンドウが開く。また、ファイルの入出力や表示方法などを決定する“Console”ウィンドウがある。

### 2.3.1 Simulation Control Panel ウィンドウ

Simulation Control Panel（図1右上）は、3つの部分からなる。左に配置したボタンは、シミュレーションを操作するためのものである。上の3つのボタンを押すことで、それぞれ、集落の変遷のシミュレーション映像を再生、一時停止、停止することができる。その下にある小さなボタンは、住居が建つ、消滅するといったイベントのあったときだけを、順に表示するためのものである。左側は時間を遡り、右側は年代順に進む。

中央では、シミュレーションする期間を設定したり、シミュレーション中の年代を表示する。上段のスライドバーに、現在シミュレーション中の時代が表示される。バーの下側左右にあるウィンドウに、シミュレーションする期間の始まりと終りが表示されている。これらの値の設定は、下段の中央にあるボタンをクリックすると表示されるPreferenceウィンドウで行う。Preferenceウィンドウでは、シミュレーションのスピードの設定も可能である。

右の部分は、建物のデータを操作するためのものである。建物の追加は、床マークの位置情報に建物の属性データを結合する作業である。たとえば、新しい建物を追加するには、まず、その建物を建てる場所にある床マークを選択する。一番上にある“Add”ボタンをクリックすると、“New Building”ウィンドウが開くので、建物の識別名、存続期間、種類の属性を設定する。すでに存在している建物のデータを変更する場合

は、その建物を選択してから、中段の“Edit” ボタンを押して“Edit Building” ウィンドウを開き、新しい値を設定すればよい。“New Building” ウィンドウとの違いは、削除ボタンを含んでおり、既存の建物を削除することができる点である。また、建物を選択しないで“Edit” ボタンを押すと、存在する建物の一覧表が現れるので、この中から必要なものを選択し、修正を行ってもよい。最下段にあるボタンは建物の情報を得るためにボタンである。図1の左下に表示されている建物を選択してから、このボタンをクリックすると、図1の右下の情報ウィンドウが開く。これは、WEB ブラウザを使用している。このウィンドウで、年代を決めるために必要な発掘データを得ることが可能である。

上述の作業を繰り返し、個々の建物について存続期間を設定すると、集落の時間的変遷に関する仮説ができたことになる。図2は、その仮説をシミュレーションしたときの様子を3枚のスナップショットで示したものである。左から右へと順に年代が新しくなるにつれ、集落内の建物の分布が変化しているのがわかる。

### 2.3.2 Console ウィンドウ

“Console” ウィンドウは、VisTA システム全体を管理するためのウィンドウである。一番下にはシステムを終了するための“Quit” ボタンがある。その他は、4つの部分に分れており、一番上は、ファイル操作、2番目の部分は“Aux Viewer” の表示、3番目の部分は“Track Human” 機能の制御、そして最後の部分は“Stereo Vision” を制御するためのものである。

“Aux Viewer” 部分で“Show” を選択すると、集落全体の鳥瞰図が表示される。これを利用すれば、自分が今どこを歩いているのかがわかる。

“Track Human” 機能を“On” にすると、“Aux Viewer” 機能によって表示される鳥瞰図が自分の位置を中心としたものになる。

“Stereo Vision” 機能を“On” にすると、集落のCG がステレオ画像で表示されるので、Silicon Graphics 社の“Crystal Eyes” と呼ばれるゴーグルのような眼鏡を装着すれば、立体感のある映像を見ることができ

## 2.4 遺跡の3次元モデルの作成

今回、VisTA システムを実際に構築する際に具体例として横浜市にある大塚遺跡<sup>[6]</sup>を取上げた。大塚遺跡は、弥生時代の環濠集落の遺跡で、環濠内が完全に発掘された数少ない例であり、報告書が刊行されているので、遺跡全体の実測図の入手が容易である。また、各住居の床面が検出されているため、既知の床面の位置、形状データを前提として変遷の仮説検証プロセスの支援に焦点を当てて、その効果を調べることができ

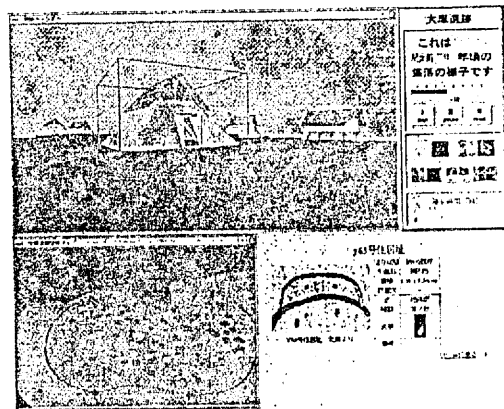


図3: 博物館展示版 VisTA システムの GUI

まず、地形モデルの作成方法について述べる。発掘調査報告書に記載された2次元の遺跡全体の实測図を基に、この図に含まれる等高線をコンピュータに入力した。本遺跡では、環濠はほぼ海拔47m以上のところにあるので、47m以上については1mごと、それより下は、45、40、35メートルの5mごとの等高線を使用した。このようにして作成した等高線データを用い、等高線間を自動的に補完して、地表面を作成した。

次に、遺跡内のどこに住居があったかを示すために、直方体に近い形状を持つ床マークを作成し、実測図から得られる床面の大きさや、主軸の向きを反映しつつ、地形データの上に置いた。ただし、形状については、どの床面も長方形とみなし、個々の細かな差は捨象した。

ここまでで、実測図の3次元モデル化が終りである。そしてこれが、研究者すべてに提供される共通データベースとなる。

このデータベースを利用して、研究者が個人の仮説を生成し、検証することになるが、その際に使用するのが、住居のモデルである。これまでに、平面が長方形のものと円形のものを3次元モデル化した。それぞれ、一般に公開されている復元模型や図版を参考に、柱などの構造、屋根の形などをモデリングした。これらの住居モデルの幅、奥行き、高さは、床マークの大きさに合わせて変形される。

## 3 非専門家を支援する：VisTA-walk システム

### 3.1 VisTA システムの展示

2章で述べたように、VisTA システムは、研究支援システムであると同時に、非専門家の理解を助けるためのシステムでもある。後者の役割についてその有

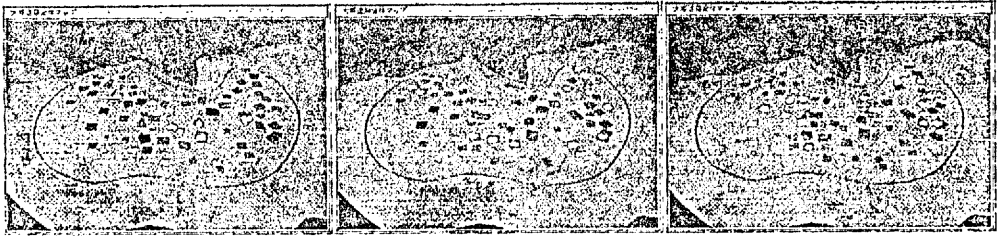


図 2: 集落の変遷に関する仮説の例

効性を検証するために、1996年11月4日から12月3日までの一ヶ月に渡り、大阪府泉大津市にある織稲館で開催された特別展「弥生環濠都市と巨大神殿展」に VisTA システムを出展し、利用者の反応をみた。

この場合に想定した利用者は、おもに考古学の専門知識を持たない一般の人々である。また、大人だけでなく子供の利用者も考えられる。そこで、研究用のシステムとは機能、インタフェースともに若干の変更を加えたものを開発した。大きな違いは、考古学の成果を理解しやすくするための道具として位置づけているために、仮説生成/検証のための機能を隠蔽している点である。つまり、住居を選択しても存続年代など属性の設定や変更ができない。しかし、シミュレーションの実行や、集落内の探検、選択した建物や大塚遺跡に関わる情報の表示等は可能である。属性の設定や変更の機能を隠蔽したので、入力インタフェースはマウスだけを提供した。展示に用いた VisTA システムのユーザインタフェースを図 3 に示す。

会期中に VisTA システムの操作性等に関するアンケート調査を行い、87 名が回答を得た。回答者の 9 割以上が考古学に興味があると答えた。また、日頃パソコンを使っていると答えた人とそうでない人との割合は半々であった。操作性に関しては、これらの二つのグループで差が見られた。つまり、パソコンを使っている人たちは操作が容易と答えた割合が高いのにくらべ、ほとんど使わない人たちは操作が難しいと答えたひとが多かった。しかし、今後も VisTA のような展示を利用したいかという問いには、両グループで有意な差はなく、全体で 9 割以上あった。

### 3.2 VisTA-walk

アンケート調査でも明らかとなったように、3次元CGで復元した仮想集落のウォークスルーを行う場合に、マウスの操作は特にパソコンに不慣れな人たちにとって難しい。そこで、利用者にとって直観的で、操作がしやすいインタフェースとして、身振りを採用した VisTA-walk システムを開発した [2]。

このシステムでは、スクリーンの上に設置されたカメラが利用者の身振りを検出することができる [5]。ま

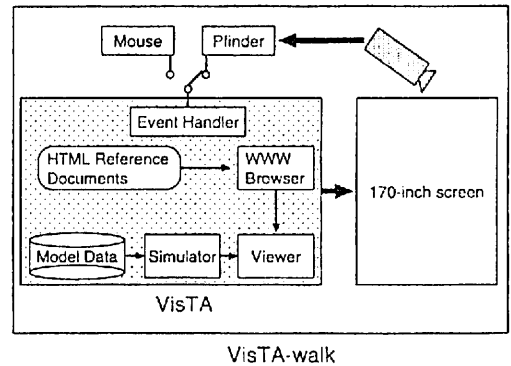


図 4: Block diagram of VisTA-walk

ず、カメラの映像から利用者の存在領域が抽出され、頭、両腕、胴、両足の各部分が認識される。次に、腕の上下、立つ、しゃがむといった利用者の姿勢と位置を認識する。これらの身振りは、スクリーン上に写し出された復元集落内を歩き回るためのコマンドと、建物を選択して情報を得るためのコマンドとして解釈される [4]。

図 5 は、このシステムを利用している様子である。ここでは、利用者が左手を上げて、建物を選択し、右上のウィンドウに情報を表示させている。このように片手を上げる身振りは、対象物を選択して情報を得るコマンドとして解釈される。これに対して、集落内を歩き回る身振りは、ニュートラルな位置での停止と、その位置を基準として前後、左右への移動の 5 種類ある。前後への移動は、集落内を前進、後退する動作として解釈される。左または右への移動は、左転回、右転回した効果が得られる。集落内で立ち止まるためには、ニュートラルな位置に立つ必要がある。このほかに、視点を変更するための 2 種類のコマンドがある。両手を上げる身振りによって、視点を上に向けたことになり、しゃがむことによって、視点を低い位置に置いたことになる。

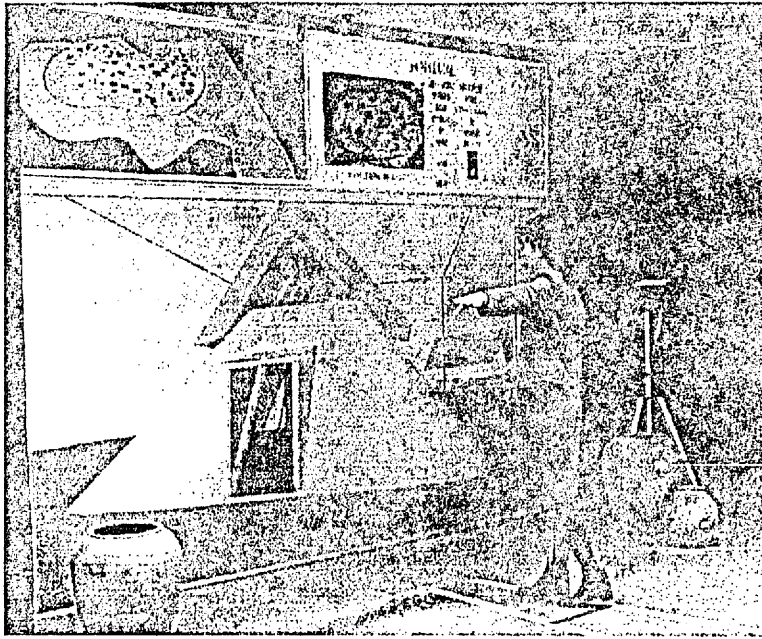


図 5: VisTA-walk の使用例

#### 4 まとめ

本稿では、Meta-Museum プロジェクトの一貫として開発した VisTA システムと VisTA-walk システムについて述べた。VisTA システムは、古代の集落の変遷過程のシミュレーションを 3 次元 CG を用いた可視化を行うことで、仮説を生成、検証する過程を容易に行えるようにするものである。また、VisTA-walk は、VisTA システムよりも使いやすいユーザインタフェースを備え、博物館などでの非専門家向けツールに適合している。

著者らは、VisTA システムや VisTA-walk システムが、考古学の新しい研究方法を提供するとともに、その成果がより正確かつ簡単に一般の人々に伝達できる道具となることを望んでいる。

#### 謝辞

本研究の機会を与えてくださった(株)ATR 知能映像通信研究所の酒井保良会長、中津良平社長に感謝致します。VisTA ならびに VisTA-walk システムの開発にご協力頂いた Eduardo Neeter 氏、(株)CSK の宅見氏と、Pfinder プログラムを提供して頂いた MIT Media Lab. に感謝致します。

#### 参考文献

- [1] 門林 理恵子, エドゥアルド ネータル, 間瀬 健二: VisTA: 可視化技術を用いた考古学データの対話的シミュレーションシステム, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, pp. 463-470 (1996).
- [2] 門林 理恵子, エドゥアルド ネータル, 間瀬 健二: 身振りインタフェースを用いた集落変遷シミュレーションシステム, 1997年電子情報通信学会総合大会講演論文集 基礎・境界, p. 396 (1997).
- [3] 門林 理恵子, 間瀬健二: 新しいコミュニケーション環境としての MetaMuseum, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, pp. 71-78 (1995).
- [4] Mase, K., Kadobayashi, R.: Gesture Interface for a Virtual Walk-through, *Workshop on Perceptual User Interfaces* (to appear).
- [5] Wren, C. R., Azarbayejani, A., Darrell, T. and Pentland, A.: Pfinder: real-time tracking of the human body, *Tech Report 353*, MIT Media Laboratory Perceptual Computing Section (1995).
- [6] 横浜市埋蔵文化財センター: 大塚遺跡 港北ニュータウン地域内埋蔵文化財調査報告 XII (1991).