

● 論文

集落変遷シミュレーションシステムVisTA*

門林理恵子・エドゥアルド・ネーテル・間瀬健二・中津良平**

著者らは、考古学データベースからの対話的知識獲得を支援するシステムを構築中である。そのサブシステムとして、一つの集落遺跡内での住居や倉庫などの建物の分布の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システムを開発した。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。

1. はじめに

全国各地に博物館が建設され、所蔵品のデータベース作成など何らかの形での情報化の整備が進みつつある現在、博物館自体の役割は、普及啓蒙のための施設から生涯教育の場などへ変容しつつある。しかし、従来の博物館で主流であった、専門家によって用意された“展示”を定められたコースに従って“鑑賞”するという形態だけに頼っている、高度で体系化された専門知識を、利用者が真に理解し、自らのものとするのは難しい。その理由はいくつも考えられるが、もっとも大きな理由は、現在の展示方法では、利用者の個人差に応じられないこと、利用者からの積極的な情報検索、知識獲得の要求に応えられないことと考えられる。

そこで、著者らは、非専門家である博物館利用者が自分の興味や視点に基づいて専門的な知識を獲得するための枠組みとしてMeta-Museumを提案している[4],[5]。Meta-Museumは、1) 専門家の研究を支援し、2) その成果を容易に、利用者に提供でき、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。

このような考え方にに基づき、1) の専門家の研究支援の方法を確立することを主たる目的として、考古学データベースからの対話的知識獲得システムVisuArch

(Visualization and Simulation Tool for Archaeological and Geographical Data) を開発中である[2],[7]。このシステムは、古代の集落遺跡のデータベースを対象にして、集落の発展過程などについての知識獲得の支援を行う。

一般に、研究活動のサイクルは次のように考えられる。データベースから、研究対象となるデータを選別し、それらのデータ間に共通するパターンを見いだす。そして、抽出されたパターンをもとに仮説を生成し、その仮説を検証する。検証の結果、その仮説が不十分であれば、修正を行う。あるいは、データ間に別のパターンを見いだしたり、データ選別作業そのものも再度行う。このようなステップを何度も繰り返し行い、納得のいく結果が得られると新しい知識が発見されたことになる。このような研究過程は、KDD (Knowledge Discovery in Database: データベースからの知識獲得) プロセスと呼ばれる[1]。VisuArchシステムは、考古学分野を対象にKDDプロセスを支援するものと位置付けることができる。

ところがKDDのうち、仮説を生成、検証、修正するプロセスは、対象が時空間データの場合、リレーショナルデータベースや一般的なグラフや図面を用いてもデータの内容を理解することが困難である。しかし3次元CGを用いた対話的シミュレーションを用いることによりKDDプロセスに直観的、視覚的、空間的な要素を導入することができる。本論文で提案するVisTA (Visualization Tool for Archaeological Data) は、VisuArchのサブシステムとして1つの集落遺跡の変遷に関する仮説を検証する際に3次元CGシミュレーションを活用することを目指したものである。建物跡の配置データをベースにして、利用者は個々の建物の存続年代を設定することで、リアルタイムに変遷の様子を視覚的に確めることが可能である。これによって、

*Space-Time Simulation System for Ancient Village

**Rieko Kadobayashi, (株)エイ・ティ・アール知能映像通信研究所
Eduardo Neeter, (株)エイ・ティ・アール知能映像通信研究所
Kenji Mase, (株)エイ・ティ・アール知能映像通信研究所
Ryohei Nakatsu, (株)エイ・ティ・アール知能映像通信研究所

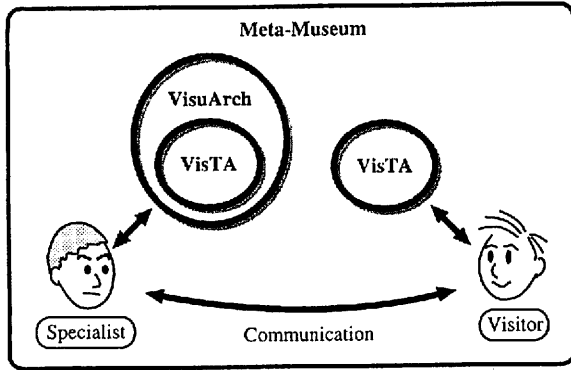


図1 Meta-Museumにおける専門家と来館者のコミュニケーションのモデル (VisTAの共有がコミュニケーションの基礎を形成する)

集落遺跡の時間的変化についての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でも可能であり、過去の景観について直観的に知ることができる。

図1に、Meta-MuseumにおけるVisTAシステムの位置づけを示す。専門家は、Meta-Museumが提供する機能の一つであるVisuArchを用いて、古代の集落についての詳細な研究を行うことができる。そして、その成果の一部である集落の変遷過程をVisTAシステムを用いて、3次元CGによってわかりやすく非専門家に伝えることができる。非専門家は、専門家によって可視化された集落の生成、発展、消滅の過程を見るだけでなく、集落内を自由に"歩き回って"景観を確認したり、住居そのものの構造などについての知識を得たりすることができる。

このように、Meta-Museumは、専門家と非専門家が様々なコミュニケーションを通して、知識を共有するための環境であり、両者が互いの知識や質問を相手にうまく伝えるための共通基盤が必要となる。VisTAシステムはその道具の1つとしてとらえることもできる。

以下、本稿では、まず2章でVisTAシステムの概要を述べ、次に、3章では、弥生時代の環濠集落で全面発掘された貴重な例である大塚遺跡を具体例として、遺跡の3次元モデルの作成方法について述べる。4章では、VisTAを用いて実際に博物館で展示した例について紹介し、5章でまとめを述べる。

2. VisTAシステム

2.1 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、これらの床マークを一つずつ選び、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2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 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、ビデオテープレコーダ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。

2.2.1 Simulation Control Panelウィンドウ

Simulation Control Panel (図3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

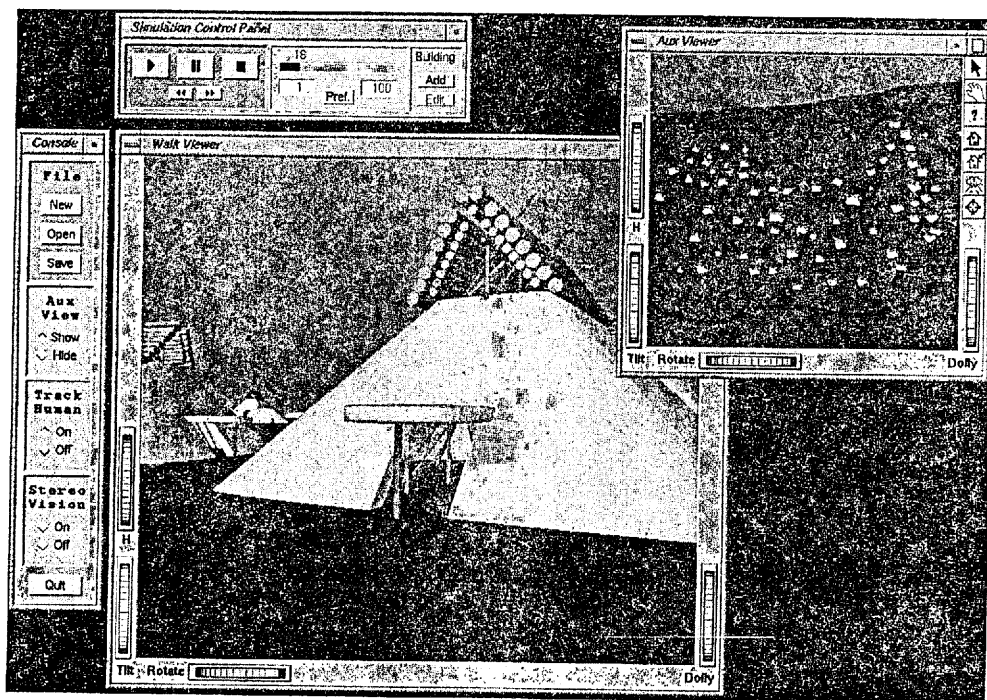


図2 VisTAシステムの動作例

では、100年から700年までをシミュレーションし、そのうちの352年が表示されていることを示す。シミュレーションの期間や、速さの設定は、図3の右下にあるPreferenceウィンドウで行う。この例では、100年から700年までのシミュレーションを20秒で行うように設定している。

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。そして、"Add"ボタンを押すと、図4に示す"New Building"ウィンドウが開き、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、"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、図5のような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。

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6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。

2.2.2 Consoleウィンドウ

"Console"ウィンドウ（図3の左にある長細いウィンドウ）は、VisTAシステム全体を管理するためのウィンドウであ

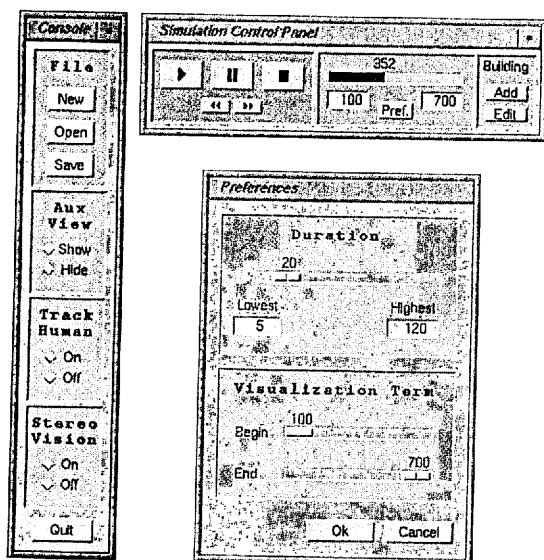


図3 制御ウィンドウ一覧

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。たとえば、図3の例

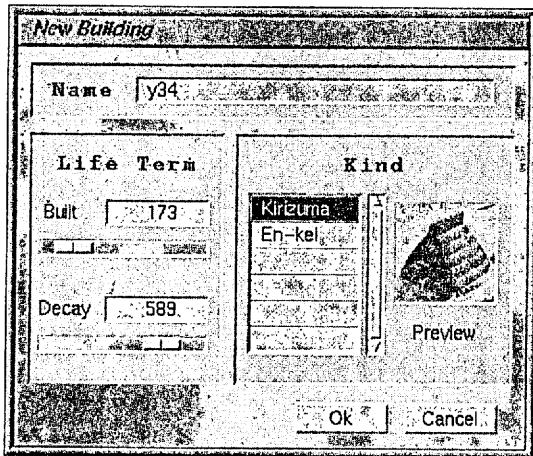


図4 住居の情報の編集ウィンドウ

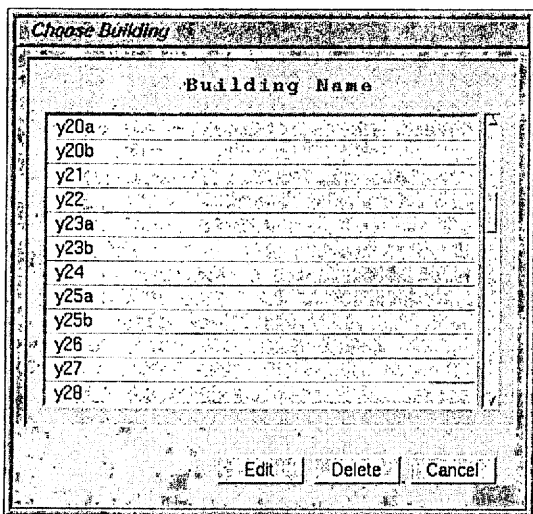


図5 住居の情報の一覧ウィンドウ

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る。

2.3 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2真中) 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2右上) 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。図7は、利用者が住居の中にいる様子を表している。真中にあるWalk Viewerでは、住居の中の構造だけが見えている。それに対し、右上のAux Viewerには、仮想人物も表示されており、その身長と比較することで、この住居の大きさを直感的に把握することができる。

3. 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[9]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る。

まず、地形モデルの作成方法について述べる。図8の左上に示す2次元の実測図から、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、環濠はほぼ海抜

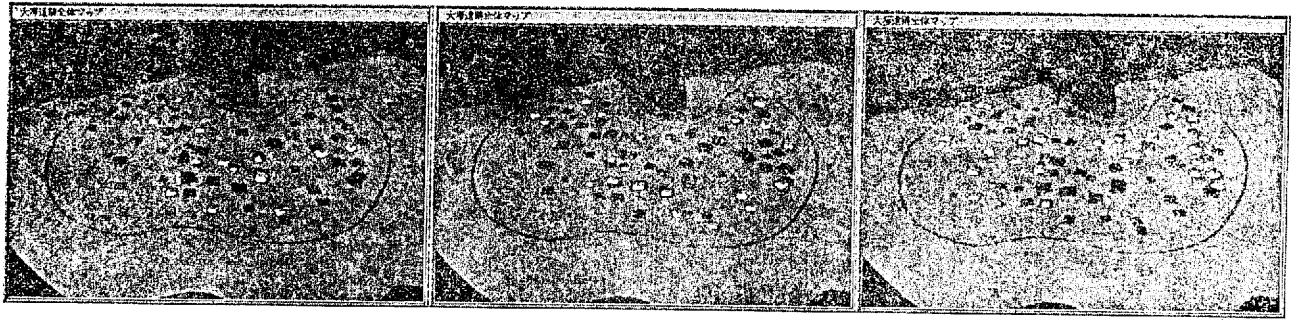


図6 集落の変遷に関する仮説の例

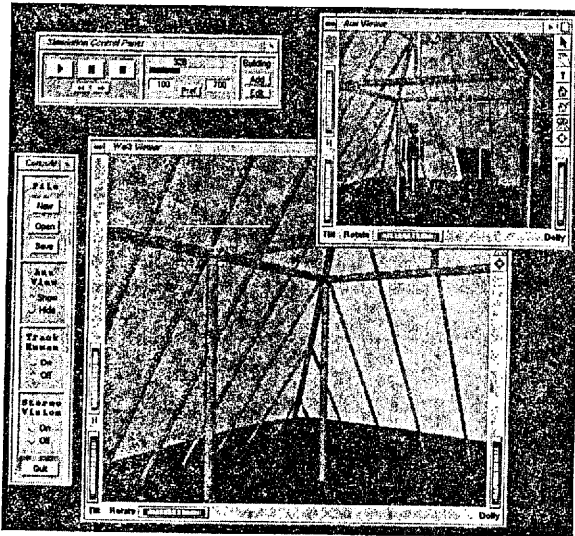


図7 建物の中に入ったときの例

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（図8右上）を用い、等高線間を自動的に補完して、地表面を作成した（図8左下）。

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。これを図8の右下に示す。

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同形のものも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。

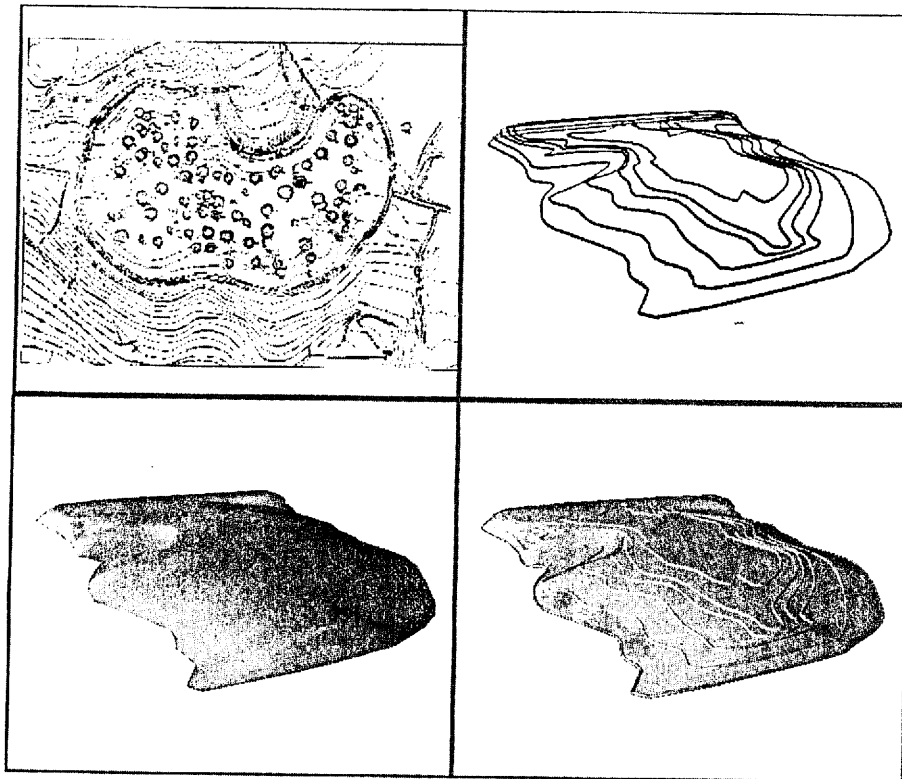


図8 地形モデル

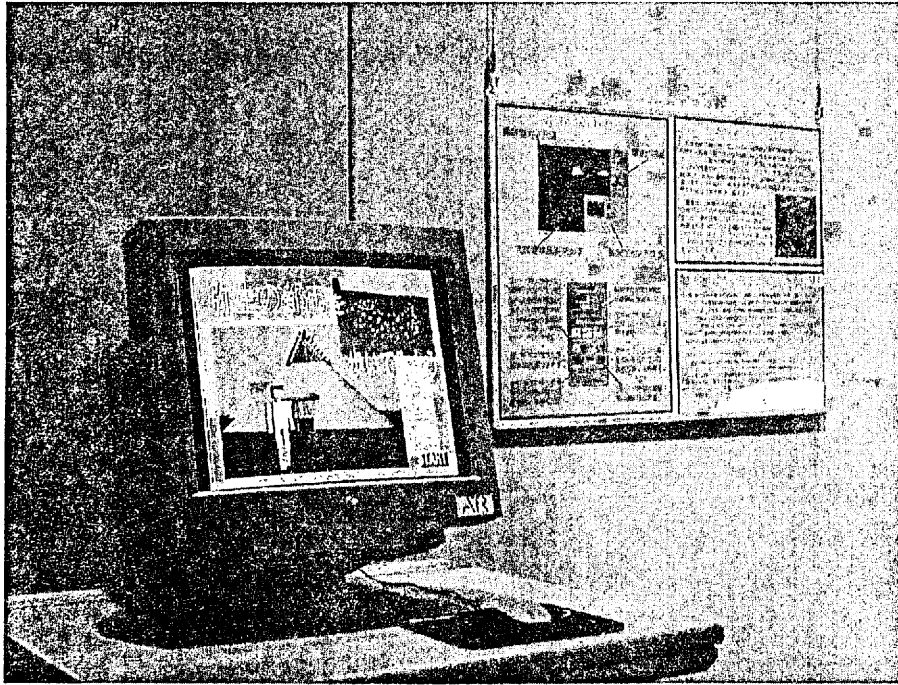


図9 織編館での展示風景

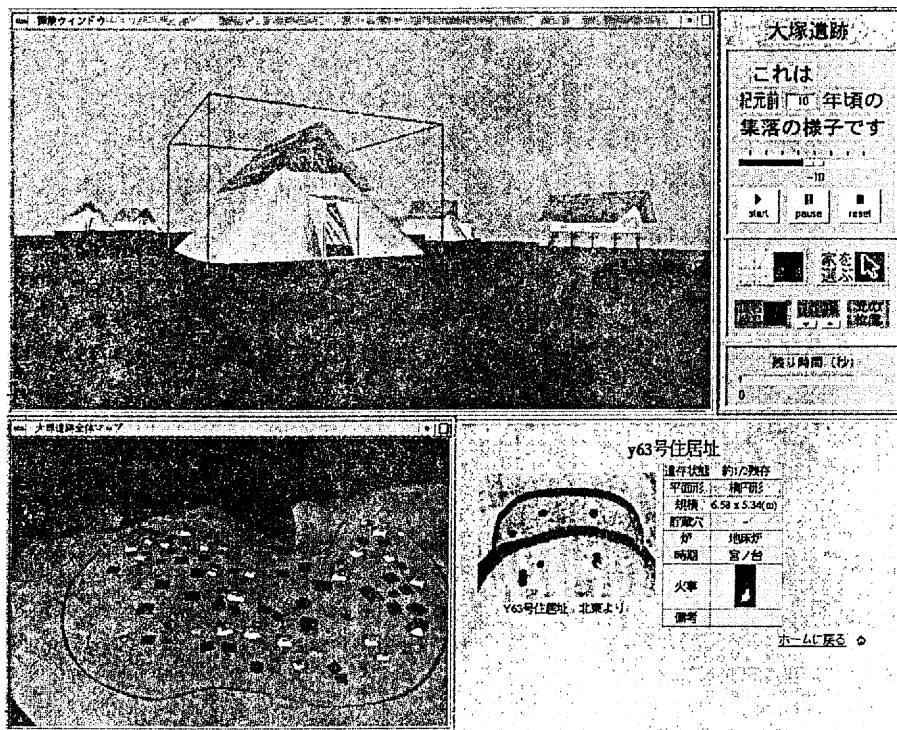


図10 博物館展示版VisTAシステムのインターフェース

4. 博物館展示としてのVisTAシステム

4.1 特別展での利用実験

1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編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。図9は展示の様子である。

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、インター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。

インターフェースに関しては、入力装置としてマウスだけを提供して、システム

の習熟よりもシステムの本来的な内容の体験のために意識と時間を集中できるように配慮した。展示に用いたVisTAシステムのユーザインターフェースを図10に示す。

選択された建物等の情報は、図中の右下のウィンドウに表示される。表示には、インターネットでの情報提供

に広く使用されている方式を使用しており、一般的なWEBブラウザであるNetscape等で見ることができる。したがって、この住居の表示画面から、リンクが張られた他のページ、たとえば大塚遺跡全体の解説へ移ることも容易である。さらに、本展示では、館内での情報提示に限ったが、インターネットを利用して、広く一般への情報提供を行うことも可能である。

4.2 利用者による評価

会期中、VisTAシステムに関するアンケートを実施し、87名から回答を得た。アンケートの内容は、考古学への興味やパソコンの使用頻度、システムの使い易さなどの選択式の12の設問とシステム全般についての自由記入である。

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人とそうでない人は、半々であった。VisTAシステムそのものについては、75%の人が興味があると答えた。使いやすさについては、使いやすいと答えた人が33%、どちらでもないが26%、難しいが41%であった。VisTAシステムを利用することで、よく理解できたかという設問については、8割以上が理解できたと答えている。また、9割以上の人々が、今後もこのような展示を利用したいと答えている。

操作の容易さについては、日頃パソコンを使っている人とそうでない人との間に有意な差が見られた。すなわち、普段パソコンを使っている人は、容易と答える割合が高いのにくらべ、仕事でも趣味でも全く使わない人のグループは、操作が難しいと答えた人が多かった。しかし、再度このシステムを利用したいかという問いには、グループ間に有意な差が見られなかった。以上のことから、VisTAシステムの操作は、特にパソコンを使いなれない人にとっては難しく、ユーザインタフェースの改良の余地があるものの、展示内容の理解を助ける上で効果が大きかったと言える。

4.3 将来の展示方法

今回の織編館での展示は、入力インタフェースとしてマウスを、出力インタフェースとして20インチのモニターを使用した。しかし、アンケート調査の結果からも明らかなように、マウスによる操作を難しいと感じた人は多く、別の入力インタフェースを検討することも必要である。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

を備えた将来の展示の在り方の一例として、170インチの大スクリーンを利用したシステムを構築中[6]である。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[8]。まず、カメラの映像から利用者の外形が抽出され、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して解釈される。現在のシステムで、認識可能な身振りとコマンドの対応を表1に示す。

図11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。現在は、このように、CGで復元された集落内の建物を選択して情報を表示させることしかできないが、将来は、大スクリーンの手前に土器などの実物を展示しておき、利用者がそれを指差すと、大スクリーンの

表1 身振りコマンド一覧

身振り	実行されるコマンド
基本位置に立つ	立ち止まる
前に踏み出す	前に移動する
後に移動する	後に移動する
右に移動する	視点が右に回転する
左に移動する	視点が左に回転する
片手を上げる	建物の選択
両手を上げる	視点を上に移動した後、元に戻す
しゃがむ	視点を低い位置に変更する

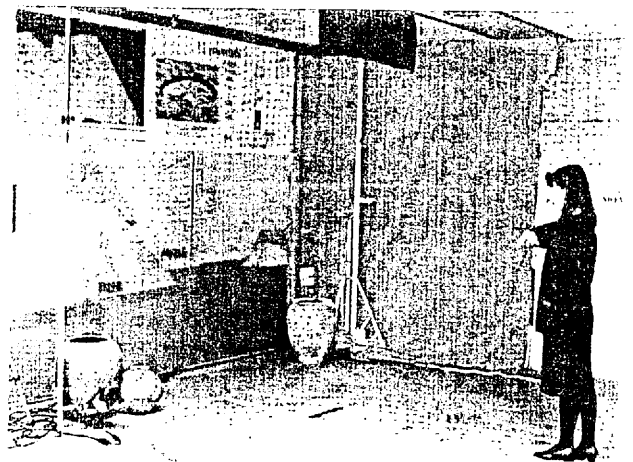


図11 大スクリーンを利用した展示

中の集落内で古代の人々がその土器を使用している光景などが表示されるといった展示も可能となろう。あるいは、ゴーグル程度の大きさのヘッドマウントディスプレイが開発されれば、目の前の展示物と大スクリーンに表示された仮想空間とに関連づけられた解説を、利用者一人一人に異なる形で提示することも可能になると考えている。

5. 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システムについて述べた。

VisTAシステムは、データベースから新しい知識を発見し、獲得する過程を支援するVisuArchシステムのサブシステムであり、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。Meta-Museumにおける位置付け、機能やユーザインタフェースの概要、大塚遺跡のデータを用いた集落の復元例について紹介した。また、博物館での展示の一方式としての可能性についても言及した。

今後は、住居やその他の建物のモデルの追加や、同時に存在した建物の一覧表作成などの機能の追加、より柔軟で使いやすいユーザインタフェースの開発などの課題を解決する予定である。著者らは、VisTAシステムを利用するこ

とで、新しい研究方法が開かれることを望んでいる。

参考文献

- [1] Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., Smyth, P., Uthurusamy, R.: *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*, AAAI/MIT Press, 1996.
- [2] 門林 理恵子、エドゥアルド ネータル、間瀬健二：考古学データベースからの対話的知識獲得の支援手法、電子情報通信学会ソサイエティ大会論文集、pp. 525-526 (1996)。
- [3] 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)。
- [4] 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)。
- [5] 門林 理恵子、間瀬 健二：MetaMuseumの実現を目指して一人化による知識の共有、日本情報考古学会第1回大会発表要旨、pp. 21-26 (1996)。
- [6] Mase, K., Kadobayashi, R. and Nakatsu, R.: Meta-Museum: A Supportive Augmented-Reality Environment for Knowledge Sharing, Proc. of International Conference on Virtual Systems and Multimedia, pp. 107-110 (1996)。
- [7] Neeter, E., Kadobayashi R. and Kenji Mase: An Interactive Visualization and Simulation Tool for Archaeological and Geographical Data, ATR Technical Report, TR-M-0007 (1996).
- [8] Wren, C. R., Azarbayejani, A., Darrell, T. and Pentland, A.: Pfunder: Real-Time Tracking of the Human Body, Tech Report 353, MIT Media Laboratory Perceptual Computing Section (1995)。
- [9] 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.

Space-Time Simulation System for Ancient Village

Rieko KADOBAYASHI, Eduardo NEETER,
Kenji MASE, and Ryohei NAKATSU

We have developed the VisTA system which is an interactive visualization and simulation tool for archaeological data. One of the goals of the system is to help archaeologists set up a hypothesis about the changes of ancient villages and evaluate it so that they can discover new knowledge. Specifically, VisTA permits visualization of ancient villages using 3D Computer Graphics and simulates formation of the village over time, letting users set the lifespan of each building and evaluate the settings. The other goal is to give non-expert users, who would be museum visitors, better understanding of the archaeological knowledge about the objective village. Since VisTA allows users to walk through the village, archaeologists and museum visitors can easily study the spatial and geographical layout of the village.