

## 対話的集落変遷シミュレーションシステムの作成と博物館展示のためのユーザインタフェースの提案

門林理恵子<sup>†</sup> (正員)

西本 一志<sup>†</sup>

間瀬 健二<sup>†</sup> (正員)

中津 良平<sup>†</sup> (正員)

Implementation of Interactive Simulation Systems for Space-Time Change of Ancient Villages and a Proposal of User Interface for Use in Museum Exhibitions

Rieko KADOBAYASHI<sup>†</sup>, Member, Kazushi NISHIMOTO<sup>†</sup>, Nonmember, Kenji MASE<sup>†</sup>, and Ryohei NAKATSU<sup>†</sup>, Members

<sup>†</sup> (株) エイ・ティ・アール知能映像通信研究所, 京都府

ATR Media Integration & Communications Research Laboratories, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto-fu, 619-0288 Japan

あらまし 本論文では、3次元CGによって集落の変化の様子を対話的に可視化し、仮想集落内をウォークスルーすることのできるVisTAシステムと、これに博物館などの展示に適したユーザインタフェースを追加したVisTA-walkシステムの開発について報告する。

キーワード 3次元CG, 仮想集落ウォークスルー, シミュレーションシステム, 身振りインタフェース, 博物館展示

### 1. まえがき

仮想的なビジュアル空間と情報空間を併せもつサイバースペースが提供できる最も効果的なアプリケーションの一つとして、仮想博物館を挙げることができる。データベース管理やバーチャルリアリティ (VR) などのコンピュータ技術を利用することにより、博物館が有する膨大な資料の効率的な検索を可能にしたり、難解な知識の効果的な展示を行うことが可能となる。例えば、既に国立民族学博物館のように3次元的情報まで含めて長期的に博物資料を電子化し柔軟性のある展示を試みたり [9], WWW上で資料をブラウズする形で仮想的な見学ができるサービスを行っているところがある [1]。サイバースペース技術の将来像として、Kellog [8]らは自然史博物館を題材にした空想未来的なシナリオを描き、仮想博物館のイメージを提案している。

一般に、博物館はモノを展示する場所であり、歴史や美術品を学んだり鑑賞する場所とされている。ところが、年齢も興味も、保有する知識もさまざまである来館者すべてに対して、「展示」という従来からの方法では、専門家もつ豊富な知識を十分に伝達することは難しい。しかも、展示してあるモノ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

要求が来館者からあっても、これらにこたえることができない。

そこで、筆者らは、Meta-Museumと呼ぶ新しい博物館のコンセプトを提案した [3], [10]。Meta-Museumとは、博物館のスタッフである学芸員ら専門家と、専門知識をも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) 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。

このような考え方のもとで、筆者らはまず考古学を題材とした、VisTA [4], [5] と VisTA-walk [6] 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もつシステムであるが、前者は主に上記 (1) を、後者は主に上記 (2) と (3) を支援対象としているために、ユーザインタフェースが大きく異なる。

以下、本論文では、まず2. で VisTA について文献 [5] で紹介した概説に加え、システム構成について詳しく述べる。次に、3. では、博物館展示システムとしての VisTA-walk について述べる。4. はまとめである。

### 2. 専門家の研究支援を目的とした VisTA

考古学データは複雑な時空間の多次元データであり、しかも一つの遺跡から発掘調査によって得られるデータの量は膨大である。このため、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、実際これまでそのような研究はなされていない。そこで VisTA では、3次元コンピュータグラフィックス (CG) を利用したりアルタイムシミュレーション機能を提供することで、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直視的な検証を可能にする。研究者は、視覚的に仮説を確認し、誤りが無いかを検証できるので、複雑で大量のデータを対象とした研究が容易に行えるようになる。

更に、3次元CGによって可視化された研究結果は、非専門家にとっても親しみやすいものとなるので、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

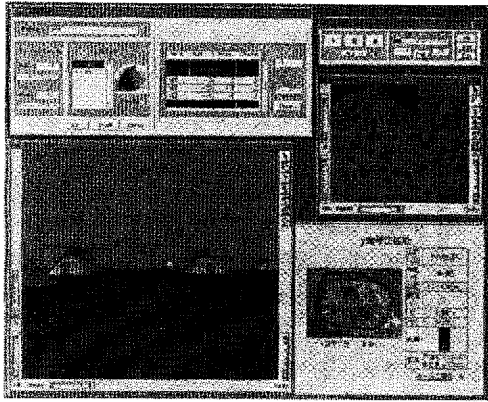


図1 VisTAのユーザインタフェース  
Fig. 1 User interface of VisTA.

ることができる。

## 2.1 VisTAの概要

VisTAは遺跡データベース管理モジュール、時空間シミュレーションモジュール、WebブラウザおよびHTML化された資料、ビューワなどからなる。図1にVisTAのコンソール画面を、図2の一部にVisTAの内部構造を示す。

コンソール画面には、年代シミュレーションを制御するためのウィンドウ（図1の右上）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”ウィンドウ（図1の左下と右中）が表示される。シミュレーションウィンドウは、集落の変遷のシミュレーション映像を再生、一時停止、停止する機能を提供する。また建物のデータを操作するためのインタフェースも提供し（図1の左上）、個々の建物の属性を修正することができる。システム全体はOpen Inventorをベースにしており、シミュレーションモジュールが動的に生成する空間をビューワに表示する。ビューワのユーザインタフェースはウォークスルーモードとオブジェクト選択モードがあり、オブジェクト選択モードで建物や建物内の物体を選択すると、そのオブジェクトの属性リストからHTMLファイル名がWebブラウザに送られる。シーンはテクスチャマッピングとLevel of Detail (LOD) 制御を行い、シーンのリアリティとインタラクティブ性を維持している (ONYX IR, R10000で9 frame/s)。

研究者は、遺跡データベース管理モジュールを使って、地形モデル、建物の発掘位置および建造物の形状モデルを基礎データとして格納したり、各建物の変遷

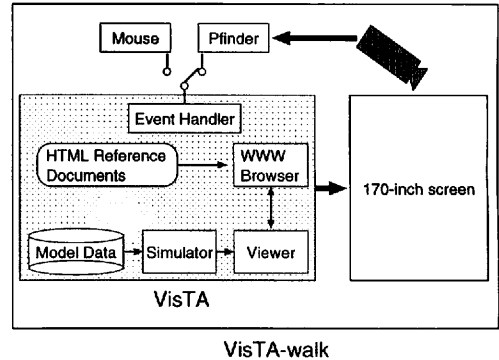


図2 VisTAおよびVisTA-walkのシステム構成図  
Fig. 2 Block diagram of VisTA and VisTA-walk.

仮説を編集画面から入力編集する。こうして入力されたデータに基づき、時空間シミュレーションモジュールは、年代シミュレーションを実行し、二つの視点からのビューワを用いて、遺跡の変遷の様子を3次元CGにより可視化する。研究者は、3次元CGで復元された集落の中をウォークスルーすることによって変遷仮説を検証する。この際、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も可能となる。また、ビューワ中で建物等の主要オブジェクトを指定すると、そのオブジェクトに関連するHTMLドキュメントがWebブラウザに表示される。検証の結果、不都合な点があれば、以上の作業を繰り返し、データを修正する。こうして、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。

VisTAを使用することで、従来は難しかった仮説検証も容易にできるようになる。例えば、図1の左上のウィンドウの右半分には、現在年代を設定している建物と他の建物がどのくらい離れているかを表示している。これは、このような環濠集落の場合、焼失している建物が多いことが発掘調査からわかっているため、そのようなデータをもとに、類焼を防げる程度の距離をあけて、住居を建てたのではないかと仮説の検証を支援するための機能である。この機能は、VisTAを見た考古学者のコメントをもとに実装した。

## 2.2 VisTAの展示

前述のように、VisTA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にも利用できる。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1か月にわたり、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、横浜市にある弥生時代の環濠集落の代表的な遺跡である大塚遺跡[12]を題材としたVisTAを出展し、利用者の反応を見た。

出展システムでは、仮説生成の機能は隠べいし、シミュレーションの実行、集落内の探検、選択した建物や大塚遺跡にかかわる情報の表示のみ可能とした。また、入力インターフェースはマウスだけを提供した。

VisTAの操作性等に関するアンケート調査によれば、回答者の約半数が日ごろパソコンを使っておらず、その多くが操作が難しいと回答した[5]。この調査による限り、この分野の展示における一般的な来館者には、マウスなどのインターフェースは適していないことが明らかである。

### 3. 博物館展示のためのVisTA-walk

近年の博物館では、一般来館者の関心をより高め、内容を容易に理解してもらうことを目的として、VR技術を応用した体感型の展示が多くなってきた(例えば、奈良県五條市にある市立五條文化博物館の“疑似体験映像室”[2]など)。このような来館者の参加を促し、理解を支援するための展示方法への要求は、今後ますます増加すると考えられる。

しかし、仮想空間の操作のために装着型デバイスを使用することは、子供から高齢者まで幅広い年齢の人々が訪れる博物館での展示には望ましくない。なぜなら、肉体的、精神的負担によって本来の展示内容理解に注力できなくなる懸念があるからである。

そこで筆者らは、特別な装置を装着することなく、容易に操作でき、かつ臨場感がある展示方法として、170インチの大スクリーンと身振りインターフェースをVisTAに追加したシステム“VisTA-walk”を開発した。VisTA-walkの構成を図2に示す。

170インチのスクリーンの中央上部に設置されたカメラから、スクリーンの前に立った利用者の映像が、身振りを検出するPfnderプログラム[11]へと送られる。そしてまず、カメラの映像から利用者の存在領域が抽出され、プログラム中のモデルに従って頭、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。

このようにして検出された身振りは、スクリーン上に映し出された復元集落内を歩き回るためのコマンド、視点を変更するコマンド、更に、建物やオブジェクトを選択して情報を得るためのコマンドの3種類のどれ

表1 身振りコマンド一覧  
Table 1 List of gesture commands.

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	建物または建物内オブジェクトの選択
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

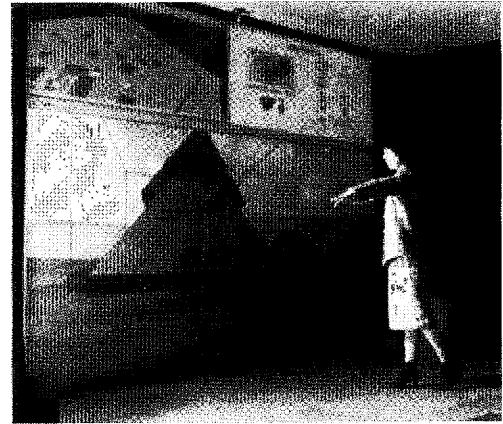


図3 VisTA-walkの使用例  
Fig. 3 Example usage of VisTA-walk.

かに解釈される[7]。VisTA-walkで使用している身振りコマンドの一覧を表1に示す。このように自由度の高い全身の身振りをインターフェースとして用いることで、例えば、マウスインターフェースでは必要であったモードの切換えが不要となり、利用者の精神的負担を軽減できる。図3は、VisTA-walk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関連情報を表示させている。

これらの身振りを仮想集落内の移動に対応づける方法は複数考えられるが、以下の理由により、Zhai et al. [13]の分類における“Isotonic Rate”にあたるデザインを採用した。

まず、操作領域内に基本位置を定めている。これはPfnderが利用者の位置を検出するために使用する床面の2次元座標の原点にあたる。マウスは机上のどこにあっても、ボタンを押し始めたところを基準として操作できるが、利用者は常にカメラの視野の中にいる必要があるため、VisTA-walkを操作できる領域は限られ、基準となる位置を利用者が止まったところへと

変更することができないからである。この基本位置に戻って立ち止まることで、仮想集落内で停止することができる。

また操作領域の制限から、基本位置から離れた距離は、仮想集落内での移動距離に対応づけるのではなく、移動速度に対応づけた。従って基本位置から遠く離れるほど、仮想集落内を移動する速度が速くなる。

次に、基本位置から前後への移動は、集落内を前進、後退する動作に対応づけている。しかし、基本位置から左または右へ踏み出す動作は、左または右へ平行に移動するのではなく、仮想集落内で視点を回転させるようにしている。これは、操作領域内を前後左右に動くという身振りだけで、目標物の前に回り込むことができるようにするためである。従って基本位置から例えば右斜前に踏み出すと、車のハンドルを右に切りながらアクセルを踏んでいるのと同じように、仮想集落内を右方向へ回転しながら前進することになる。

#### 4. む す び

本論文では、Meta-Museum プロジェクトの一環として開発した VisTA と VisTA-walk について述べた。VisTA 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を用いて可視化することで、仮説の生成、検証を容易に行えるようにするものであり、専門家の研究の支援を主たる目的としている。VisTA-walk は専門家が VisTA を利用して得た新しい知識を、一般の人々に伝えるための道具として、博物館などでの展示に適したユーザインタフェースを備えたシステムである。

なお、VisTA-walk で採用したユーザインタフェースの有効性については、被験者実験を行って評価してある[6]。その結果、(1) 大スクリーンは臨場感を与えるのに有効であること、(2) マウスインタフェースのままスクリーンを大きくすると操作性が悪いこと、(3) 身振りインタフェースは、大スクリーンと併用しても、デスクトップで VisTA を使用すると同程度の操作性を提供できること、がわかっている。このようなVRシステムの展示においては、本文で提案している非接触型のインタフェースは、更に次のような効果をもたらすと考えられる。(1) 精密な機械を壊すのではないかというユーザの恐怖心を軽減する。(2) 接触型のスイッチ等は実際よく故障している。非接触型になれば保守のメリットが生じる。(3) ユーザの体格などに合わせた成形をする必要がない。(4) 自由度が高く大スクリーンなど臨場感ある展示に適している。

VisTA-walk の課題としては、ジョイスティックなどの他の入力デバイスとの比較を行い、操作性能を評価すること、ビジョンシステムの多眼化などにより、ジェスチャの語いを増やすことなどが挙げられる。

VisTA-walk は、来春から常設展示として使用される予定である。一般来館者の操作の様子を観察し、その結果をもとにより良いインタフェースを提案していきたい。

謝辞 本研究の機会を与えて下さった(株)ATR 知能映像通信研究所の酒井保良会長に感謝致します。VisTA ならびに VisTA-walk の開発に御協力頂いた Eduardo Neeter 氏、(株)CSK の宅見正氏と、Pfnder プログラムを提供して頂いた MIT Media Lab. に感謝の意を表します。織編館での展示に際して御協力頂いた泉大津市立織編館館長代理久世仁士氏、VisTA の開発にあたり有益な御助言を頂いた大阪府教育委員会文化財保護課榎田直佳氏に深謝の意を表します。

#### 文 献

- [1] A. Celati, E. Negroni, M. Padula, and L. Palumbo, "Virtual museums: Enjoy the monumental cemetery of Milano through Internet," Proc. INET'95, pp.997-1005, 1995.
- [2] 市立五條文化博物館, "市立五條文化博物館リーフレット,"
- [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, Oct. 1995.
- [4] 門林理恵子, エドゥアルド ネーテル, 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, Oct. 1996.
- [5] 門林理恵子, エドゥアルド ネーテル, 間瀬健二, 中津良平, "集落変遷シミュレーションシステム VisTA," 情報考古学, vol.2, no.1, pp.48-55, March 1997.
- [6] 門林理恵子, 西本一志, 間瀬健二, "仮想空間のウォークスルーのためのユーザインタフェースの評価," 第3回知能情報メディアシンポジウム論文集, pp.331-338, Dec. 1997.
- [7] R. Kadobayashi, K. Nishimoto, and K. Mase, "Design and evaluation of gesture interface for an immersive virtual walk-through application for exploring cyberspace," Proc. The Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.534-539, April 1998.
- [8] W.A. Kellogg, J.M. Carroll, and J.T. Richards, "Making reality a cyberspace," in Cyberspace, M. Benedikt, ed., MIT Press, 1991.
- [9] 国立民族学博物館, "国立民族学博物館要覧 1996," 1996.
- [10] K. Mase, R. Kadobayashi, and R. Nakatsu, "Meta-museum: A supportive augmented-reality environment for knowledge sharing," Proc. VSMM'96, Gifu, Japan, pp.107-110, Sept. 1996.

- [11] C. R. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell, and A. Pentland, "Pfinder: Real-time tracking of the human body," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.19, no.7, pp.780-785, July 1997.
- [12] 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.
- [13] S. Zhai, P. Milgram, and D. Drascic, "An evaluation of four 6 degree-of-freedom input techniques," *Adjunct Proc. INTERCHI'93: ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1993. (平成9年12月26日受付)
-