

古代景観シミュレーションのための モデリング支援システムの試み

岡本 稔[†] 小沢 一雅^{††}

コンピュータグラフィックスによるビジュアライゼーション技術が考古学や博物館においても検討される段階に入っている。ビジュアライゼーションを3次元コンピュータグラフィックスによって実現しようとする場合、おおむねモデリング（形状記述）とレンダリングという2つの工程を経て行われるのが普通である。とくにモデリングに関していえば、多量の人的作業量と時間に加えて、特別な経験や専門的知識が必要とされるのが実態である。本稿では、日本古代における弥生時代から古墳時代に時代を限定した景観シミュレーションのための特別なモデラの構成について述べる。時代を特化した本モデラは、古代景観シミュレーションをアニメーションで実施することを想定した支援システムであり、人的作業量を軽減するさまざまな利便性を実現している。

Implementation of a Modelling Support System for Computer Graphical Simulation of Japanese Ancient Scenery

MINORU OKAMOTO[†] and KAZUMASA OZAWA^{††}

Visualization of ancient monuments by computer graphics has recently been widespread over many fields including archaeology and museums. Visualization is carried out through the two main stages; i.e. modelling and rendering. The former modelling means description of shapes of objects to be visualized, which needs very much time and human labour with empirical knowledge. The proposed modeller has been implemented to support modelling of ancient scenery in special periods in Japanese history. Namely, the special periods include those from Yayoi to Kofun Period. Animated pictures simulating the Japanese ancient scenery have been realistically produced by the support of the modeller.

1. はじめに

コンピュータグラフィックスに基づくビジュアライゼーション（可視化）の技術が実用段階に入っている^{1),2)}。本稿では、考古学的なビジュアライゼーションに注目し、それを支援する目的で試験的に構築したシステムの構成について述べる。

考古学におけるビジュアライゼーションの事例は多様である^{3),4)}が、現在では見ることのできない古代の住居、古墳、あるいはそのほかの建築物などを風景の中で映像化してみせる景観シミュレーション^{5),14),15)}は、古代を直感的に理解させる有力な方法であって、その導入は歴史教育や各地の博物館などにおける新たな課題となりつつある。

一方、ビジュアライゼーションの技術的な環境は昨今著しい進歩を示しつつある。具体的には、ハードウェアの高機能化と並行してさまざまな汎用3次元コンピュータグラフィックス（CG）用ソフトウェア^{6)~8)}などが開発されている。こうしたソフトウェアを個々の専門分野（たとえば、考古学、医学、建築学、服飾デザインなど）で活用することは原理的には可能であるが、残念ながらCGに関する知識や経験がまったくない当該専門分野固有の研究者や担当者にとって簡単に利用できる環境には到達していない。このため、個々の専門分野に特化したビジュアライゼーション用のCGソフトウェアを志向する動きも活発である。たとえば、建築学の分野でもいくつかのCADソフトウェア^{9),10)}などが開発されている。これらのソフトウェアは、建築学系の専門家（建築学に関する知識や経験を持つ人々）ならばCGに関する専門知識がなくとも設計やビジュアライゼーションを容易に行うことができる環境を実現している。このほか、周知のように、機械設計に関するCADソフトウェア^{11)~13)}な

[†] 株式会社メトロ
METRO Corp.

^{††} 大阪電気通信大学情報工学部
Faculty of Information Science and Technology, Osaka
Electro-communication University

ども著しく進歩しており、機械設計の専門家向きの特化されたビジュアルライゼーションの環境がつくられている。

こうした動向の中、考古学分野ではビジュアルライゼーションを容易に実現するための支援ソフトウェアはその必要性にもかかわらずいままお未整備の状態にある。本稿では、考古学、とりわけ弥生時代から古墳時代の景観シミュレーションに特化した支援システムのあり方と具体的なシステムの構築例について述べる。古代景観モデラ ASM (Ancient Scenery Modeller) と名づけられた本システムは、当然 CG に関する技術的知識のない考古学系の利用者(研究者、発掘担当者、文化財行政担当者など)を想定している。

一般に、CG によるビジュアルライゼーションにおける最も複雑な工程は物体の形状記述(モデリング)である。古代景観シミュレーションでは、個々の要素物体(建築物や樹木など)のモデリングと、それらを統合した空間(遺跡全体の地形と諸物体の配置された空間)のモデリングが必要になる。ここで、建築物など、プリミティブの組合せによる詳細な物体のモデリングをマイクロなモデリング、空間のモデリングをマクロなモデリングとよぶことにする。

マイクロなモデリングにはとくに CG の専門的知識や座標幾何学的な思考が必要であるため、ASM の設計ではこの工程をシステムから完全に排除することをめざした。さまざまな古代景観の構成に必要な物体群の詳細なモデリングデータはシステム内のデータベースにあらかじめ登録されている。このため、必要な物体をデータベース内から選択し、遺跡地図上に配置状況を入力するというマクロなモデリングだけで画像生成(レンダリング)に必要な空間モデル(統合形状データ)が生成される。考古学系の利用者(研究者)に近い遺跡地図に基づいた一連の操作手順の導入によって、利用者にとってやさしい支援システムが実現されている。このほか、ASM は、古代景観シミュレーションに直結するアニメーション化のための支援機能がいかにあるべきかについても、その試案となる諸機能の実現をはかっている。

2. 考古学系の利用者を意識したモデリング支援環境

2.1 アニメーション制作の工程

古代景観シミュレーションを CG アニメーションによって実施するための標準的な工程は、概略次のような流れになる。

(1) 景観を構成する要素物体(建造物、樹木など)

のモデリング

- (2) 自然地形のモデリングと空間のモデリング
- (3) 光源環境の設定
- (4) アニメーションのためのカメラコースの設定
- (5) 画像確認
- (6) レンダリング(画像生成)
- (7) 動画への変換(アニメーション作成)

以上の各項目についての具体的な内容は以下のとおりである。

(1) は、景観を構成する要素物体の形状をコンピュータの処理可能なデータ形式で記述する作業である。要素物体が球や三角板などのプリミティブ(基本物体)のどのような組合せで表現できるかを検討しなければならない。また、要素物体の表面の質感を表現するために、周囲光、拡散反射、鏡面反射の色と度合い、透明度、反射率、屈折率、金属度などを設定しなければならない。表面に 2 次元画像を貼り付ける(テクスチャマッピング)場合は、その貼り付け方や位置などの情報を入力する必要がある。

(2) は、(1) の要素物体を空間内に配置する作業であって、遺跡地図などの情報をもとに景観を構成する自然地形のモデリングを行った後、地形上に要素物体を配置して空間モデルを構成する。

(3) では、太陽光を想定して、光源の種類、色、強さ、方向などの値を設定する。

(4) は、視点の移動によって生成されるアニメーションの流れを決定する段階であって、アニメーション制作上最も重要な工程の 1 つである。

(5) は、(4) で設定したカメラコースが正しいコースを通っているかどうかを確認する段階である。この作業は試行錯誤をとともなう非常に時間のかかる作業になるのが普通である。

(6) では、(5) までの設定に従ってアニメーションを構成するすべてのフレーム画像(コマ)の生成を行う。

(7) では、(6) で生成された全フレーム画像を用いて一連のアニメーションを構成する。目的によりムービーファイルへの変換を行う場合もあるが、本稿では VTR に逐次 1 つずつ順に録画を行う、いわゆるコマ撮りによってアニメーションを制作する。

以上の 7 項目にあげられた作業の中で、モデリングに関係する(1)~(5)の作業は、汎用 3 次元 CG ソフトウェアを用いる場合でも、CG に関する技術力や専門知識などを有する技術者の介在が不可欠である。とくに、CG の知識をまったく持たない考古学系の利用者にとって、(1) のようなマイクロなモデリングはか

なり煩雑であって困難な作業になるであろう。それに対して、(2)のマクロなモデリングは、地形と遺構との関係が主題であって、考古学的に遺跡を把握する様式との共通性も高い。したがって、CGの知識や経験がない場合でも適当なユーザインタフェースを持つ支援システムを用意すれば十分に対応が可能と考える。むしろ、考古学系の利用者が関心を持って取り組みたいと考える作業こそマクロなモデリングであるともいえよう。

2.2 ASMのねらい

古代景観の空間モデルをつくるためには、上述のようにまず地形をモデリングする必要がある。次には、建築物などの文化物体や樹木の配置が問題になる。この場合、考古学系の利用者が最も遺跡の状況を把握しやすい遺跡地図をベースにする方法が最適と考えられる。さらに、座標幾何学的な思考をまったく不要にする作業環境の実現が望ましい。

既存の汎用3次元CGソフトウェアや建築CADソフトウェアにこのような環境を期待するのは一般的にいて困難といえよう。たとえば、前者の一例としてSoftimage⁶⁾を利用して地形や物体配置情報の入力を行う場合を考えると、ポリゴンメッシュやパッチやNURBSのような幾何オブジェクトによって地形を作成し、その上にモデリングされた建造物などを(3次元的に)配置する手法になる。建築王⁹⁾やチーフ・アーキテクト¹⁰⁾などの建築CADソフトウェアでは、建造物の内外形状のデザイン支援に重点がおかれているものの、複数の建物や樹木を広大な地形に配置して形成される空間のモデリングを支援する点について十分な配慮がなされているとはいえない。

とくに、樹木は古代景観を形成するとりわけ重要な要素物体である。したがって、古代景観シミュレーションでは、さまざまな成長形状をなす樹木の自動生成機能を持つモデリング支援システムが望まれるが、建築CADソフトウェア単体でそのような機能を持つ事例はいまのところない。

ASMのねらいは、考古学分野の利用に特化したモデリング支援環境を提供することにあるが、そのために必要な機能をどのような作業環境(ユーザインタフェースを含む)の中で実現できるかが最も重要な課題と考える。実際、後述のように、ASMの機能を個別にみていくと、ほとんど同等の機能を汎用3次元CGソフトウェアや建築CADソフトウェア、あるいはその他の応用ソフトウェアの中に見出すことができる。しかし、それらをどのような作業環境で実現できるかという視点で見るとまったく異なっている。ASM開

発において腐心した点もじつはすべてここにある。たとえば、上述の遺跡地図をベースにした座標幾何学的思考をまったく必要としないモデリング環境の追求などはその一例にはかならない。

重要なことは、機能の差異にあるのではなく、それがいかに考古学分野に適合した様式で実現されているかどうかにある。適合性が未熟であれば、機能が原理的に存在したとしてもまったく無価値に等しい。これは、考古学をはじめ人文科学への情報工学的方法の導入における最も典型的な課題の1つであって、情報工学的にみても明らかに高度な問題に属している。ASMは、古代景観シミュレーションの対象を日本古代のごく特定の時代に限定することによってこうした課題の解決をはかろうとする実験的システムである。

3. ASMによる古代景観シミュレーション

3.1 データベース

古代景観を構成する物体は多種多様であるが、弥生時代から古墳時代にかけて(2~5世紀)の景観に特化することによって人工物(文化的物体)の種類をかなり少数に限定することができる。この結果、実用規模でのデータベース化が容易となり、これによる利便性を最大限に活用したシステムの実現を考えることができる。

一方、ASMが目標とする弥生時代から古墳時代にかけての日本古代は、いわゆる大和朝廷の時代が始まる前夜に相当し、考古学的にも歴史学的にも重要性がきわめて高い時代である。にもかかわらず、古墳以外の建造物がすべて消滅している点は以後の時代と大きな落差を示している。したがって、多数の遺跡について景観シミュレーションの必要性が見込まれ、潜在的に利用度の高い時代設定にもなっている。

データベースに格納される物体とは各個にすでにモデリングされた表面形状データ(モデリングデータ)であって、現在、(1)人工物として、竪穴式住居、高床式倉庫、物見櫓、のろし台、古墳、柵、水田など、(2)自然物として、各種の樹木などを持っている。ASMのモデリングデータは、データ間が木構造によって関係づけられる一般的な構造になっている。

とくに人工物の中でも考古学に重要な意味を持つ建造物に関しては、佐賀県の吉野ヶ里遺跡の復元データを忠実にモデリングしたものである¹⁵⁾。

自然物である樹木は、景観のリアリティに大きくかわる。樹木のモデリングデータの生成手法には、環境の影響を受けない手法¹⁶⁾のものや、環境の影響を受ける手法^{17),18)}のものがある。古代景観シミュレー

ションでは、周囲の環境（樹木による光の遮り）によって個々の樹木の形状が成長とともに変化する手法が適切であると判断し、金山ら¹⁹⁾の方法を拡張した手法を用いてモデリングデータを自動生成している。本手法は、屈性（光屈性、重力屈性）、頂芽優勢、休眠芽の休眠打破、枝の枯死、植物ホルモン²⁰⁾、種の違いによる枝構造²¹⁾を考慮した樹木の成長モデルである。

遺跡によっては、データベース中に既登録の物体の組合せのみで景観シミュレーションが可能な場合もある一方、未登録の物体を景観に組み入れなければならない場合もある。こうした新規の物体については、当然新たにモデリングが必要となる。この場合、後の利用を想定して、得られた物体データをデータベースに新規登録を行う。ASMのデータベースは、このように景観シミュレーションの実践に従って次第に成長し充実していくことを想定している。

データベースは、上記のように個々の遺跡に依存しない比較的汎用度の高い物体からなっているが、個々の遺跡ごとにまったく違った形状を示すのは地形である。地形は景観を支配する最も重要な要素の1つであって、ASMでは後述のように地形のモデリング支援機能を実現している。

ASMが最終的に提供するものは、アニメーションを構成する全フレーム画像の生成に必要な景観全体を記述した空間モデル（景観データ）の系列である。こうした景観データを順次レンダリングすることによって対応するフレーム画像の系列が得られる。このとき、ASMと協調してレンダリングを実行する専用レンダラとしてのASR（Ancient Scenery Renderer）が用いられる。ASRは、古代景観にふさわしいテクスチャマッピング機能などを有するレイトレーシング型のレンダラであるが、本稿においてはその詳細は割愛する。なお、ASMのユーザインタフェースとしてX-Windowシステムが用いられる。なお、開発言語はC言語を用いている。

3.2 ASMの操作手順

ASMを用いたアニメーションの制作手順を図1に示す。

遺跡を中心とする地形の入力は、まずウインドウ画面上にスキャナにより取り込んだ等高線地図を表示する。次に、マウスを用いて等高線上を適切な間隔標準化しクリックしていくと、一連の座標値がその等高線形状を表す基礎データとして入力される。このとき、

* ミクロナモデリングについては、CGの専門的知識を持つシステム管理者が担当することを想定している。

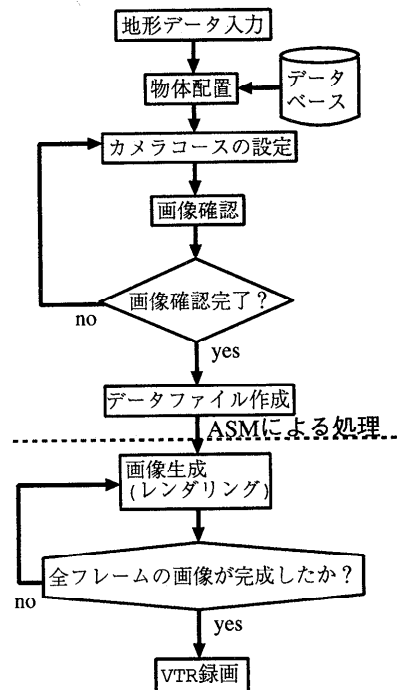


図1 アニメーション制作の過程

Fig. 1 Stages to produce an animation picture.

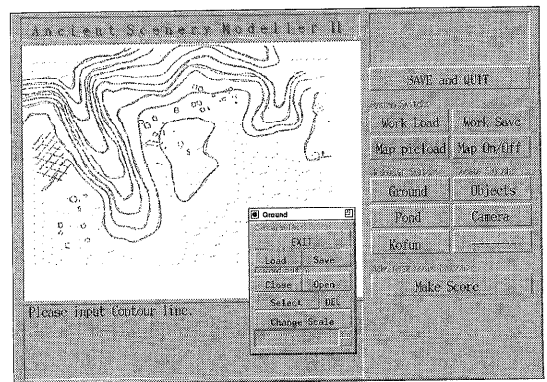


図2 等高線の入力

Fig. 2 Input of contour lines.

閉じた等高線と開いた等高線の2種類の表現が可能である。標本点の入力の後、標高値を指定して1つの等高線の登録が完了する。このようにしてすべての等高線を登録する（図2参照）。地図の縮尺については、任意の2地点をマウスで指定し、その間の実距離を入力することで縮尺値が設定される。

等高線地図の任意の位置に、建造物または樹木などの物体位置が可能である。地図に遺跡の情報があり、建造物の跡などが記述されている場合、それに基づい

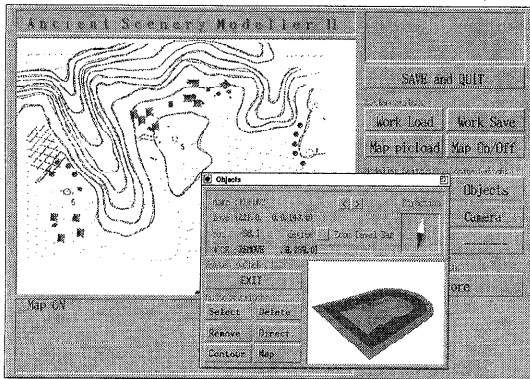


図3 物体の配置
Fig. 3 Configuration of objects.

て容易に物体配置ができる(図3参照)。

まず、マウスを用いて配置しようとする物体(建造物や樹木など)をデータベースから選択する。次に、等高線地図の表示されたウィンドウ画面上で物体の位置と方向を決定する。画面上では、各物体は土地に対して同じ縮尺のミニチュアで表示されるので、あらかじめ物体どうしの重なりを回避することができる。

古代景観を構成する物体には、古墳のように大規模なものから竪穴式住居のように小規模なものまであり、スケールに大きな格差がある。このため、縮尺を自由に変更できる機能を付加している。小物体を配置するときには倍率を下げることで作業を容易にすることができる。また、地面上に中心点と半径を指定して定まる領域を無草地として定義することができる。未定義の領域は草地としてあつかわれる。

アニメーションによる景観シミュレーションは、ビデオカメラを移動しながら移り変わる風景を連続的に撮影して実景観を表現する手法に対応させることができる。このとき、ビデオカメラの移動する経路がカメラコースである。

ASMにおけるカメラコースの設定は、図4(a)中の手前の画面で行う。同図(b)はその拡大画面であって、景観を包括する3次元世界を上から見下ろした平面図と横から見た側面図をそれぞれ表示する2つのウィンドウを用いて、カメラの3次元位置(視点)と目標点を決定することができる。このとき、カメラに映る映像のワイヤーフレーム表示が奥の画面に表示されるので、カメラアングルの適否を確認できる。ここで、この視点におけるカメラの通過速度(km/h)を指定して視点-目標点の一对の設定が完了する。

このような方法で必要な数の視点-目標点の対を順々に設定すると、とびとびの視点が一連の曲線また

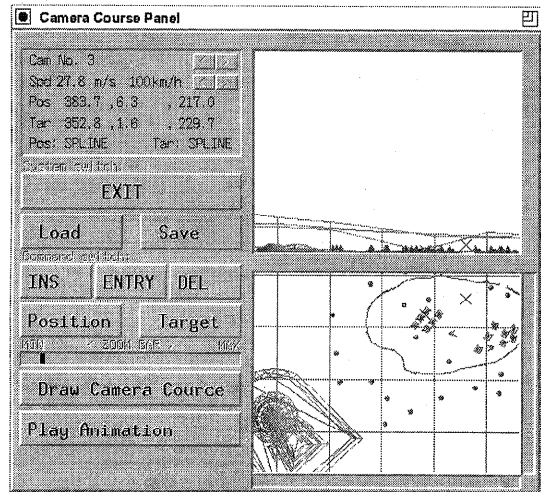


図4 視点と目標点の設定
Fig. 4 Defining pairs of view-point and its target-point.

は直線で自動的に補間され、カメラコースが決まる(図5参照)。同時に、目標点についても同様の補間が行われ、カメラコース上の任意の視点に対して1つの目標点が対応づけられるようになる。

カメラコースの適否は、ワイヤーフレーム表示のアニメーション画像でただちに確認することができる。確認が完了すると、モデリングされた景観データがすべてデータファイルとして書き出され、ここでASMによる処理が終了する。図6に景観データのワイヤーフレーム表示の一例を示す。これが後述のレンダリングによって画像生成されたものが図7(a)である。

3.3 レンダリング

ASMが出力したデータファイルはアニメーションを構成する全フレーム画像の生成に必要な光源情報やカメラコースなどの関連データと景観全体のモデリングデータである。専用レンダラASRは、ASMで設定したカメラコースに従って順々にデータファイルから景観データを読み込み、レンダリングを行う。すべてのフレーム画像の生成が完了し、画像ファイルの形で出力された段階でレンダリングが終了する。

フレーム画像を画像ファイルから次々読み出し、ビデオテープレコーダで録画してアニメーションが完成する。この工程はすべて自動化されている。

図7(a), (b)および(c)は、古墳時代のムラの景観シミュレーションのためのアニメーション作品¹⁴⁾を構成するフレーム画像である。

4. ASMの機能

ASMは、与えられた遺跡を中心とする古代景観シ

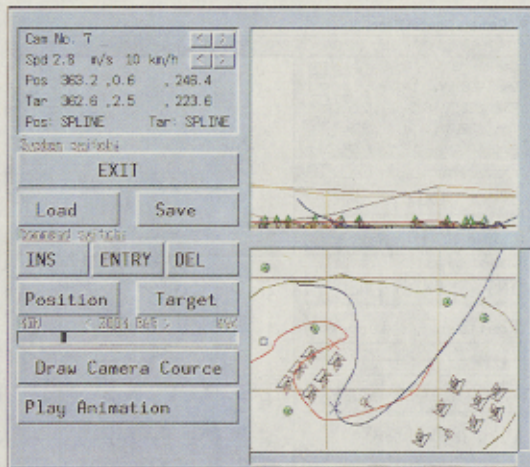


図5 補間されたカメラコース。青線が視点移動のカメラコース、対応する目標点は赤線上を動く

Fig. 5 Interpolated camera course. The camera moves along the blue line, aiming at its target point synchronously moving on the red line.

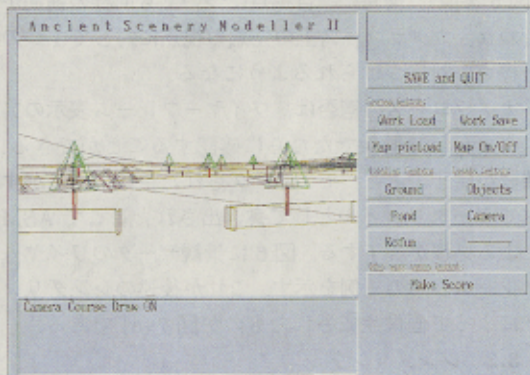


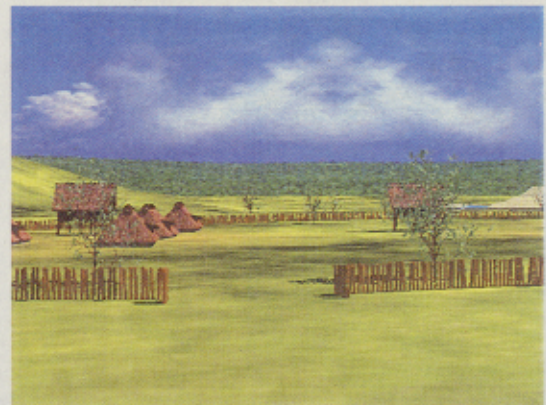
図6 ワイヤーフレーム表示

Fig. 6 Wire frame representation.

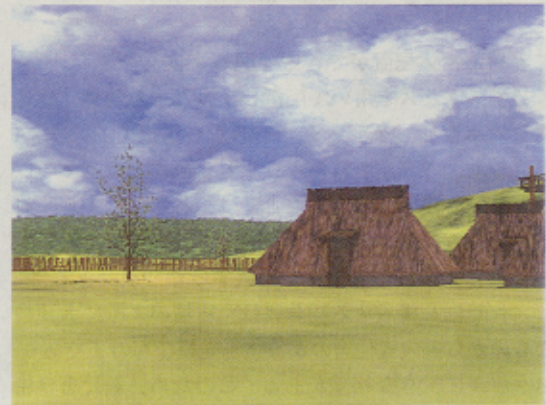
ミュレーションをアニメーション形式で実施することを前提としたモデラであって、前述のようなさまざまな支援機能を実現している。ASMに実装されている支援機能は各種の汎用CGソフトにみられるものとはほぼ同等な内容であるが、ここでは、それぞれの実現手法や問題点について要約する。

4.1 自然地形のモデリング機能

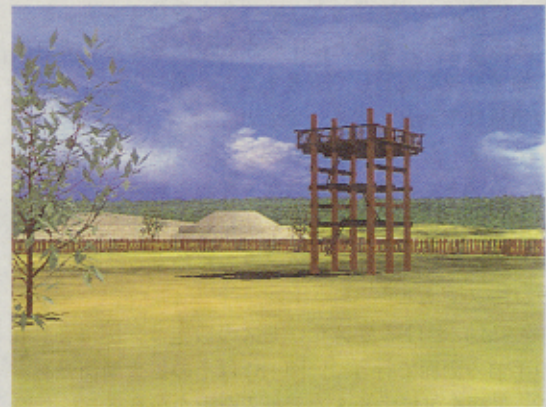
古代景観シミュレーションにおける重要な問題として、遺跡ごとに異なった形状を持つ自然地形をどのように扱うかがある。自然地形は、景観を支配する主要な要素であって、できる限り形状を忠実にモデリングできることが望ましい。一方、省力化の観点からすれば、たとえばフラクタルによる疑似地形の生成²²⁾なども強力な手法となりうる。しかし、ASMの目的が



(a)



(b)



(c)

図7 アニメーション作品を構成するフレーム画像の例。(a)、(b)および(c)は、出現時間順

Fig. 7 Three frames in an animation picture. (a), (b) and (c) are arranged in temporal order.

学術的な意味を含んだ古代景観シミュレーションの支援にある以上、疑似地形の導入については拙速を避け、慎重に検討すべき課題と判断した。

したがって、地形のモデリングについては当面自然

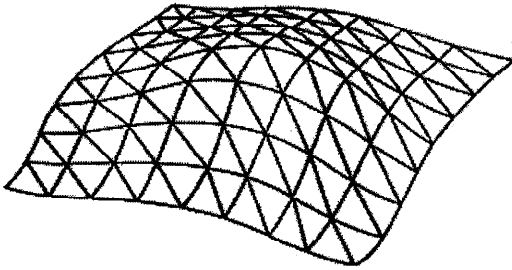


図 8 メッシュデータ
Fig. 8 Mesh representation of the land.

地形をできる限り忠実に表現する方向でシステム化を
考えることにした。厳密には、古代の地形と現在の形
は同一ではないが、支障がない限り現地形を準用する
ことにしている。とくに地形変化が著しい場合には、
現地形に修正を加える余地も残すことを考えた。

遺跡をとりまく地形に関する原資料として、等高線
地図の準備を想定している。この場合、地形の修正は、
等高線を適宜修正する方法で対処できる。

ASM では、前述のようにスキャナで取り込んだ等
高線地図中の各等高線の形状を逐一マウス操作を介し
て登録していく方法を採用している。ASM の内部処
理によって、マウス操作で入力された等高線上の標本
点列は、スプライン関数を用いてなめらかに補間され
る。地形の形状は、最終的に図 8 のようなメッシュ状
のデータへ変換される。メッシュの細かさは任意に設
定可能である。メッシュデータは、レンダリング時は
パッチ曲面²³⁾として処理される。現在、土地モデル
にはフラクタルによって生成した単一テクスチャが張
られているが、定義された無草地領域に対して色成分
の変化がつけられるようになっている。

4.2 カメラコース補間機能

キーフレームが設定されているとき、その間の足り
ないフレーム画像を補う、中割り処理によって ASM
ではカメラコースの補間を行っている (図 9 参照)。

作業によって入力された複数の視点座標・目標
点座標 (キーフレームに対応する) をスプライン補間
または直線補間を行い、中割り画像を生成するのに必
要な新たな視点を算出する²⁴⁾。

キーフレームに対応する複数の視点は、3.2 節で
述べたように、それぞれの視点を通過するときのカメラ
の通過速度も指定される。この速度情報によって中
割り画像を生成する視点の位置が決定される。簡単な
例として図 10 で考える。キーフレームを生成する視
点 (カメラ位置) として、A 地点と B 地点が与えら
れるものとする。ここで、カメラは A 地点から B 地

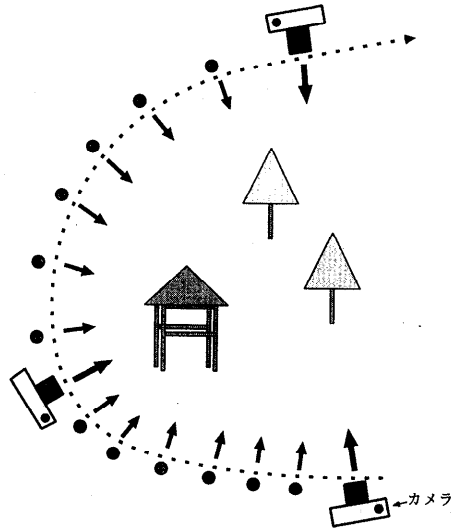


図 9 中割り処理。3 つのカメラで示される位置がキーフレームを
与える。その他の位置で中割り画像が生成される
Fig. 9 Interpolation of pictures. Key frames are given at
three positions indicated by cameras. Interpolating
pictures are generated at other positions on the
camera course.

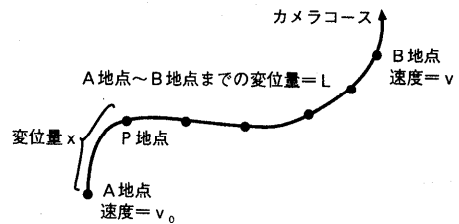


図 10 中割り画像生成のための視点座標の算出
Fig. 10 Computing three-dimensional positions of view-
points to produce interpolating pictures.

点へ向かって補間されたカメラコースに沿って等加速
度で進むものと仮定する。いま、A 地点のカメラ速度
を v_0 、B 地点でのカメラ速度を v とし、A 地点から
B 地点までの変位置を L とすると、カメラの加速度
 a は次の式で与えられる。

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2L} \tag{1}$$

A 地点から出発して B 地点に向かう任意の P 地点
に至るまでの変位置を x とし、所要時間を t とする。
このとき、 x は次式で与えられる。

$$x = \frac{v_0 t + at^2}{2} \tag{2}$$

既述のように、ASM では 1 秒あたり 30 枚のフレ
ーム画像を割り当てることを想定している。そこで、式
(2) の右辺の t に $1/30, 2/30, 3/30, \dots$ のように $1/30$

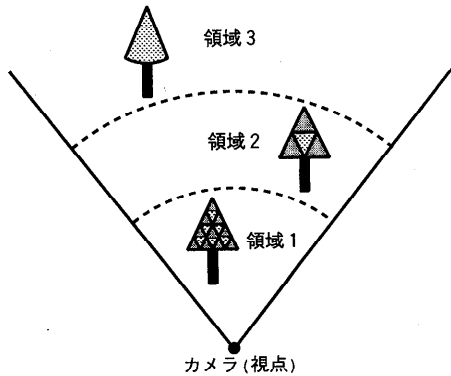


図 11 物体データの自動置換

Fig. 11 Automatic transposition of object data.

秒間隔で時刻を代入していくことによって A 地点からのそれぞれの変位量 x を順々に求めることができる。こうした変位量に基づいて、最終的に中割り画像を生成するための視点座標を決定する。このようにして算出された視点座標や目標点座標はアニメーションに必要なフレーム枚数分のリストデータ形式で記述している。

4.3 遠景用・近景用データの自動置換

視点から見て遠距離にある物体には単純で簡単な遠景用の物体データ、近距離にある物体には細部まで記述された近景用の物体データを自動的に配置する機能がある。

多数配置された樹木などの自然物の記述には、一般に膨大なデータ量が要求される。一方、コンピュータの記憶空間には限界があり、モデリング段階でデータ量の効率的な削減を行わなければならないのが実状である。さらに、データ量の削減はレンダリングに要する時間の短縮にも効果がある。

ASM のデータベースには、それぞれの樹木や建造物について遠景用から近景用まで数種類の物体データを持たせている。レンダリング時の前処理として、視点からの距離に応じて自動的にデータの置換を行い、1つのフレーム画像の生成に必要な景観データの総量を削減している。図 11 に例示されるように、領域 1 のような近景には最もデータ量の多い近景用物体データが配置され、領域 3 のような遠景にはデータ量の最も少ない遠景用物体データが配置されることになる。

4.4 光源の自動設定

古代景観シミュレーションでは、場合によっては時刻による景観の変化を考えなければならない。本稿では、景観の時刻変化を単純化し、太陽の移動による光源方向の変化のみに帰着させている。加えて、朝焼け

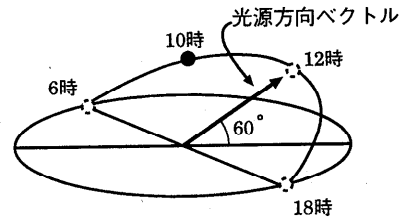


図 12 光源方向の計算

Fig. 12 Computing direction of the sun light.

や夕焼けなど時刻変化にともなう景観全体の色調の変化を表現できる機能を考慮している。なお、現在のところ、季節の変化には対応できていない。

ASM では、太陽光源を平行光源として取り扱い、光源方向ベクトルを時刻に応じて変化させる。図 12 に示す方法によって、ある時刻を指定するとそのときにあった光源方向ベクトルと光源色が設定される。なお、このときの太陽の運行の基準は夏至の日に設定されている。

5. おわりに

古代景観シミュレーションを意図したアニメーションを制作しようとする場合、モデリングに多大な労力と時間を費やさなければならない。それに加えて、専門的知識と経験が必要であることは本文中でも指摘した。ちなみに、1991年に筆者らが実施した佐賀県の吉野ヶ里遺跡の景観シミュレーションでは、モデリングに投入した大学生の作業量はおよそ 400 人日に達している¹⁵⁾。これに対して、ASM を活用したほぼ同等の古代景観シミュレーションでは、40 人日に軽減されている¹⁴⁾。もちろん、後者にはデータベース中の個々の物体のモデリングに要した人的作業量は含まれていないため、単純比較は有意ではないが、このことを差し引いても ASM が作業者の負担軽減に効果を発揮していると考えられる。とりわけ、古代景観シミュレーションの原資料となる遺跡地図そのものをベースとした座標幾何学的思考をまったく必要としないモデリング環境が実現されていることによる負担軽減の効果は大きいと考えている。

仮想的な遺跡地図に基づく古墳時代集落の景観シミュレーションの実施例からみて、ASM が人文科学領域(考古学)における積極的なビジュアルイゼーション支援の方法として有効性を持つと考えている。とくに、考古博物館における映像展示への寄与が期待されている³⁾。

ASM の対象とする弥生時代から古墳時代にかけての古代景観の候補地は全国各地に多数存在する。それ

らのほとんどは景観シミュレーションがいまのところ未実施の状態にある。古代文化に関心が集まっている今日、こうした遺跡についても景観シミュレーションの要請が次第に高まっていくものと予想される。本文中でも述べたように、ASMのデータベースは実践を重ねることによって内容の充実がはかれる。この意味でも、今後多くの遺跡の景観シミュレーションを積極的に実施したいと考えている。

最後に、緊急の課題はASMのパソコン版の開発にあると考えている。最近のパソコンの機能向上はめざましく、すでにASMが問題なく動作する状況になっている。パソコン版では、OSを除いておよそ10MB程度のメモリでASMは十分快適に動作すると予想している。一方、汎用3次元CGソフトウェア、たとえばSoftimage⁶⁾を例にとった場合、200MB程度のメモリが要求される実態とはまさに対照的である。利用目的を特化したASMのもう1つの特長が顕著にうかがえる。パソコン版の開発が各地の関係機関による古代景観シミュレーションを活性化する契機となることも期待する次第である。

参 考 文 献

- 1) Brown, J.R., Earnshaw, R., Jern, M. and Vince, J.: *Visualization*, Jhon Wiley & Sons, New York (1995).
- 2) Robertson, P.K. and Silver, D. (Eds): *Visualization Case Studies, IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.15, No.4, pp.18-85 (1995).
- 3) Ozawa, K.: ASM: An Ancient Scenery Modeller, *British Museum Occatinal Paper*, No.114, pp.109-118 (1996).
- 4) Reilly, P. and Rahtz, S.: *Archaeology and the Information Age*, Routledge, London (1992).
- 5) 中前栄八郎: 景観シミュレーション, 情報処理学会「グラフィックスとCAD」研究会資料, 39-1, pp.1-7 (1989).
- 6) Softimage 3D, Softimage 社製 (1997).
- 7) LightWave 3D, NewTek 社製 (1997).
- 8) 3D Studio MAX, Kietix 社製 (1997).
- 9) 建築王, テクノビジョン社製 (1998).
- 10) チーフ・アーキテクト, アンドール社製 (1998).
- 11) AutoCAD, AutoDesk 社製 (1998).
- 12) SolidDesign, コクリエイト・ソフトウェア社製 (1998).
- 13) DesignLT, イー・アンド・シー・コーポレーション社製 (1998).
- 14) 岡本 稔, 小沢一雅: 古代景観モデラ (ASM), 情報処理学会「人文科学とコンピュータ」研究会資料, 23-5, pp.33-40 (1994).
- 15) 小沢一雅, 河合利幸: コンピュータグラフィックスによる吉野ヶ里遺跡の復元, シンポジウム「考古学とコンピュータ 1991」, pp.33-40 (1991).
- 16) Aristid Lindenmayer: *The Algorithmic Beauty of Plants*, Springer-Verlag (1990).
- 17) 金丸直義, 高橋清明, 千葉則茂, 斎藤伸白: 向日性による樹木の自然な枝振りのCGシミュレーション, 信学論, Vol. J75-D-II, No.1, pp.76-85 (1992).
- 18) 大川俊一, 千葉則茂: CGのための樹木の生長モデル—架空の植物ホルモンによる樹木の制御, グラフィックスとCAD, pp.119-126 (Dec. 1994).
- 19) 金山知俊, 阪田省二郎, 増山 繁: ささまざまな樹種に対応可能な樹木の成長モデル, グラフィックスとCAD, pp.111-118 (Dec. 1994).
- 20) 増田茂雄: 絵とき植物ホルモン入門, オーム社 (1992).
- 21) 四手井網英, 斎藤新一郎: 落葉広葉樹図譜 冬の樹木学, 共立出版 (1978).
- 22) 横矢直和: フラクタルによる3次元複雑形状の解析とその応用, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.86, No.94, PRU86-21-29, pp.19-28 (1986).
- 23) 中前栄八郎: コンピュータグラフィックス, オーム社, 東京 (1987).
- 24) Glassner, A.S.: *Computer Graphics User's Guide*, Howard W. Sams & Co., Inc. Indianapolis (1984). 白田 (訳): 図説コンピュータグラフィックス, アスキー出版 (1985).

(平成10年8月26日受付)
(平成11年1月8日採録)



岡本 稔 (正会員)

昭和47年生。平成6年大阪電気通信大学工学部経営工学科卒業。同年本学会山下記念研究賞受賞。平成8年同大学院工学研究科博士前期課程情報工学専攻修了。同年、(株)CSK入社。平成9年より(株)METRO勤務。ゲームソフトウェアおよびシステムの研究・開発に従事。音楽やCG画像処理などのマルチメディア技術全般に興味を持つ。現在、ユニットα-Projectとして音楽活動中。IEEE会員。



小沢 一雅 (正会員)

昭和 17 年生. 昭和 41 年大阪大学基礎工学部電気工学科卒業. 昭和 47 年同大学院博士課程修了. 工学博士. 同年大阪電気通信大学工学部講師. 昭和 54 年同教授. 平成 2 年同大学院担当 (情報工学). 平成 7 年同大学情報工学部教授. 同学部長. レーザ OCR の研究を経て, パターン認識, コンピュータ考古学等の研究に従事. 電子情報通信学会, IEEE, 英国 BMVA, CAA 各会員. 著書「情報理論の基礎」(国民科学社), 「数理考古学入門」(共訳: 雄山閣), 「前方後円墳の数理」(雄山閣), 「考古学における層位学入門」(単訳: 雄山閣), 「パターン情報数学」(森北出版).
