

# 考古学的ビジュアライゼーション

小沢 一雅

大阪電気通信大学総合情報学部

ozawa@ozlab.osakac.ac.jp

## ◎考古学的ビジュアライゼーションが意味するもの

考古学は物質的証拠（物証）によって過去を復元する科学であり、物証を獲得する目的で発掘調査が行われている。一方、ビジュアライゼーションとは不可視情報の可視化であって、流体の振舞いなどいわゆる目視できない自然現象を可視化する技術として周知されている。

考古学においても自然科学とはやや違った意味で不可視情報の可視化はやはり有効であり、過去を復元するための推理過程で重要な役割をはたすと期待される。発掘調査によって得られる物証は多くの場合常に不完全あるいは欠損状態にあり、原形で出土するものはほとんどないというのが実態である。これを原形に復元して可視化することができれば、過去を考える有力な参考情報を提供できることになる。実際、発掘された土器の破片から原形を復元したり、あるいは検出された堀立柱の遺構（柱穴）とその他の断片的な情報を総合して実際に上部構造（建造物）を復元してみせた事例も多い。こうした物理的復元による可視化は依然として考古学的ビジュアライゼーションの確かなあり方である。

一方、物理的復元ではなく、コンピュータグラフィックス（CG）による映像復元も考古学的ビジュアライゼー

ションの新しいかたちとして定着しつつある。考古学では断片的な物証をよりどころに原形を脳裏にイメージしなければならない場合にしばしば遭遇するが、往々にしてこれは正確さを欠いたり、ときには誤った思いこみの原因にもつながりかねない。原形をCGによって映像的に復元できればこうした問題も劇的に軽減し得るという期待感がある。

物理的復元であれ映像復元であれ、考古学的ビジュアライゼーションが他から明確に区別されるべき理由は、まず取得されるデータ（物証）が不完全であることと、それに起因する原形の推測処理が多かれ少なかれ介在しなければならないという点に集約される（図-1参照）。データのタイプについていうと、ものの形状に関しては実測図のような形態が代表的であるが、それを読み解くのはもちろん人間の仕事である。それ以外に、ものの状況が文章で記述されている場合も多い。これらも重要なデータである。もちろん、こうしたデータが豊富に獲得できていれば推測は容易であろうが、そうでない場合がむしろ一般的と考えられる。さて、この推測処理がとりあえず完了したとすると、次は最終段階の可視化である。場合によっては物理的復元という直接的手段が用いられることもあろうが、多くは映像復元によって十分に目的が達成され得ると思われる。昨今、コンピュータの計算パワーが飛躍的に向上したこともあってCGの技術はおおむね確立され、広く普及するに至った。考古学的ビジュアライゼーションの現実的で普遍的な手法として、CGによる映像復元が活発に行われるようになったゆえんである。

考古学的ビジュアライゼーションは、研究・教育・啓蒙・博物館・行政など多方面において今後ますます大きな役割をはたしていくと予想される。考古学的ビ

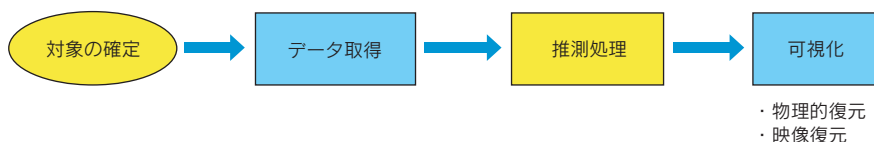


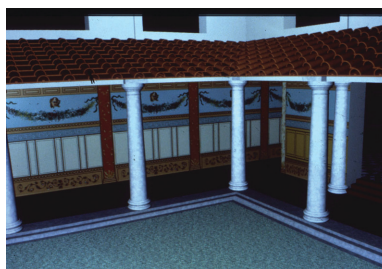
図-1 考古学的ビジュアライゼーションの工程



図-2  
埴輪の物理的復元 (東殿塚古墳出土・天理市所蔵)



(a) 高床式倉庫 (by K. Ozawa, 1990)



(b) ローマ人宮殿  
(by C. Davidson & J. Cornforth, 1990)

図-3  
遺構のビジュアライゼーション

ジュアライゼーションを展開していく上で、考古学者と情報処理技術者との密な協調体制ができていれば理想的である。CGによる映像復元においては、さまざまな形状モデルの作成をはじめ、ものの材質に依拠する質感表現など情報処理技術者が積極的に関与すべき余地はいまなお多い。ひるがえって、推測処理の過程においても数理統計的な情報処理や知識処理などが有効となる場面がある。このため、特に多くの情報処理技術者が考古学的ビジュアライゼーションに関心を持って参加されることを期待したい。

### ◎考古学的ビジュアライゼーションをタイプ別に分類する

考古学的ビジュアライゼーションの対象となる事例は実に多彩であって、もちろんここでそのすべてを網羅することはできない。とりあえず、物証についての教科書的な定義を主軸にしたタイプ別分類を以下に試みる。

#### 遺物のビジュアライゼーション

遺物とは可搬性のある物証のことであって、土器や金属器などがその具体例である。土器の破片を集めて原形を推測し、物理的復元を行う事例は多い。もちろ

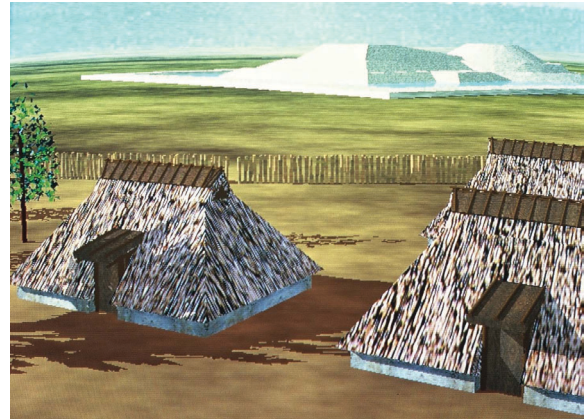
ん、CGによるビジュアライゼーションも昨今各所で盛んに行われるようになった。図-2は古式の前方後円墳を特徴づける都月形埴輪(天理市東殿塚古墳出土)の物理的復元例である。出土した破片を集めて、原形を復元している。破片の不足している部分は推測に基づいて石膏で補完されている。破片を集めて土器の原形を復元する際の推測処理に関しては、人間のパターン認識能力に依存した伝統的手法が最も強力であると思われる。コンピュータによって同様の推測ができれば理想的であるが、残念ながらその成功例を筆者は知らない。

#### 遺構のビジュアライゼーション

遺構とは可搬性のない物証を意味する。具体的には、建築物の痕跡(柱穴や礎石)などの例を挙げることができる。日本の古代建築物は木造が主流であったため、本体は完全に消滅しているものの、柱穴の列などが検出されると建物の種別や規模が推測できるようになる。さらに、詳細な物証と知見を総合しつつ、建物全体の構造について推測が行われていく。とりあえず構造が確定すれば、可視化に着手できる。図-3(a)は日本古代の高床式倉庫の映像復元例であり、同図(b)は英国Sussex州Fishbourneで発掘されたローマ人の宮殿遺構の映像復元例である。



(a) 五色塚古墳



(b) 古墳と集落 (by K. Ozawa, 1996)

図-4

古墳の物理的復元と映像復元

### 遺跡のビジュアライゼーション

遺構や遺物が検出された地区全体は遺跡と呼ばれる。遺跡のビジュアライゼーションの対象としては、外部施設を含む古墳の全体形や古代の集落全体などがその代表的な例になろう。後者の場合、多数の建物群をはじめ、水田や柵、あるいは堀など多種多様な人工構造物の復元を行わなければならないため、推測処理に要する作業量は一般に膨大になる。さらに、適当な現実感を追求しようとするれば、樹木、動物あるいは人など自然物をも再現する必要がある。こうなると、物理的復元でこれに対処するのはきわめて困難になる。むしろ、CGによるビジュアライゼーションが偉力を発揮する場面である。図-4 (a) に神戸市五色塚古墳の物理的復元例<sup>1)</sup>を示す一方、同図 (b) には前方後円墳を眺望する古墳時代集落の映像復元例<sup>2)</sup>を示す。

### 学術的ビジュアライゼーション

専門的研究の視点でみると、考古学的ビジュアライゼーションの対象は上記以外にも無数に存在するはずである。すなわち、抽象的なモデルから即物的な対象に至るまで多彩な可能性があると考えられる。たとえば、古代社会の政治的ネットワークがその対象になることもあろう。図-5は、仮想的空間分析のビジュアライゼーションの例である。考古学において空間分析が重視されるようになったが、この例では地層と遺物の関係がうまく可視化されている。一方、即物的な実践例として、古代エジプトのミイラの内部組織(骨格など)を非破壊で可視化する試みもある<sup>3)</sup>。埼玉県稲荷山古墳

出土の鉄剣からX線照射によって金象嵌の文字列が可視化された事例も記憶に新しい。こうした例では、データ取得のための計測技術が決定的な役割をはたすことになる。

### ◎コンピュータの役割はどこにあるか

考古学的ビジュアライゼーションの最初の段階は、対象の確定である。つまり、何を、どこまで可視化するのか、その範囲と内容を確定しなければならない。対象が確定すれば、次の段階はデータ取得である。的確なデータが豊富に取得できれば、推測処理は容易になるし、少なれば推測には当然困難をとまなう。もちろん、対象によっては完璧なデータ取得が可能なこともある。このような幸運に恵まれれば、推測処理は一切不要になり、いきなり可視化にとりかかれる。

データ取得が計測技術と不可分であるような対象に関しては、計測の高度化のためにコンピュータが活用される。たとえば、各種の3次元計測やX線CTなどの技術を応用したデータ取得の事例も多い。とりわけ重視すべき方向は、目視できない情報を可視化する技術の追究にあると思われる。目視できない情報といっても多様性があるが、おもしろい事例として、シュメール王朝時代(紀元前2000年頃)の薄い粘土で封印された機密文書(文書自体も粘土板)の内部構造を特殊なX線計測によって非破壊で3次元的に把握し、これに基づいて文書部分のみをコンピュータで抽出し、2次元パタ

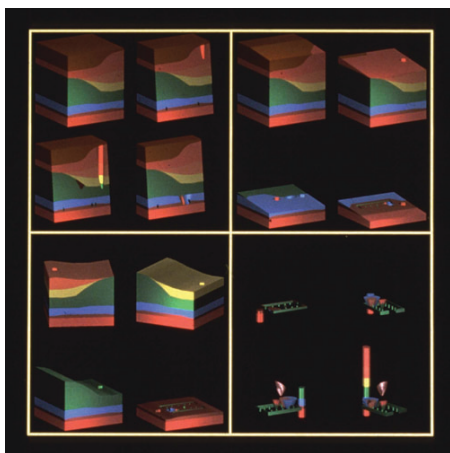


図-5  
仮想的空間分析 (by P. Reilly, 1990)

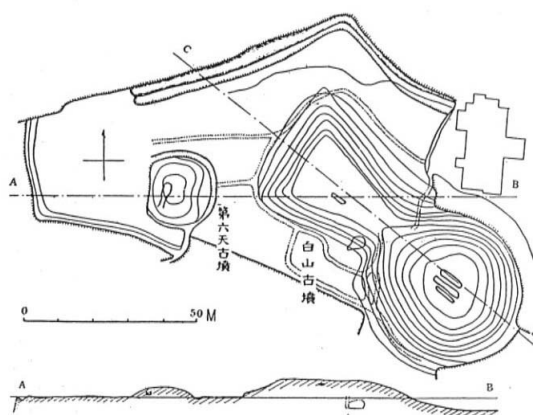


図-6  
白山古墳実測図

ーン(楔形文字列)として再構成した研究例がある<sup>4)</sup>。

しかし、情報处理的にみれば、むしろデータ取得が本質的に不完全な状況における推測処理にこそ興味ある問題が含まれているわけであって、さまざまな技法を試してみる余地があり、好奇心もかきたてられる。ただし、推測処理のあり方は、対象に依存しつつまさに千差万別であり一元的に論ずることはできない。いってみれば、対象ごとにまったく個別の違った様相を持つとみなした方が実態に近い。たとえば、遺物・遺構の原形を推測する例を考えてみても、土器の場合は破片と破片の張り合わせ問題(不完全なジグソーパズル)であって、常に全体形をイメージしながら個々の接続関係を試行錯誤的にみつけていくことになる。一方、筆者がかかわってきた古墳の原形の推測では、まず型式判定が重要な役割を演ずることになるが、形状の詳細を決定するためには知識处理的な手法が必要になる<sup>2)</sup>。ひとついえることは、直接間接を問わず、データ(考古学的知見を含む)を可能な限り多く取得しておく必要があるということであろう。推測処理の主体はあくまで人間であって、コンピュータを活用すべき局面を臨機応変に判断しながらデータを選択的に活用していく必要がある。

一般に、類型の問題が多すぎて人間による量的な処理限界を超えるような場合には、多少精度は落ちてでもコンピュータによる自動処理を考える価値がある。しかし、類型がほとんどない場合には、自動処理を考える意味はあまりない。考古学的ビジュアライゼーションにおける推測処理は、まさにこのタイプにあてはま

るわけであって、問題ごとにコンピュータ利用の形態が異なってくる。あるときには統計分析や数理的分析が必要になったり、あるいはデータベース利用が必要になったり、またあるときには地理的分析が必要になったりするからである。最も重要なことは、いかに説得力のある適正な推測ができるかどうかであって、このために時間と労力を費やすのは大いに価値がある。もし、考古学の専門家の支援をおおぐことができれば、こうした推測処理は全体としてスムーズに進行するはずである。

一方、CGによる可視化の段階を想定すれば、コンピュータの利用形態はほぼ一元的である。すなわち、対象の形状モデル作成から映像生成に至る工程がそれである。昨今、コンピュータの機能向上によってCG環境は一段とよくなった。各種の映像生成支援ソフトも簡単に利用できるようになり、CGによる考古学的ビジュアライゼーションが手軽に実践できる環境がようやく整ったといえよう。

### ◎実践例を紹介する

考古学的ビジュアライゼーションとは何か、およびそれを実践する上での問題の所在について概観してきたが、これらに関連させながら筆者がこれまでとりくんできた実践例のいくつかを以下に順次紹介する。



図-7  
白山古墳の映像復元

### 白山古墳の映像復元 (1985)

1985年、神奈川県川崎市の加瀬白山古墳（以下、白山古墳）の映像復元の依頼が川崎市教育委員会からよせられた。当時、開設間近であった川崎市市民ミュージアムにおける映像展示を目的とした依頼であった。白山古墳は4世紀中頃多摩川流域に築造された古墳時代前期の関東地方最大級の前方後円墳であって、古墳時代の関東を考える上で考古学的にきわめて価値の高いモニュメントである（あった）。残念なことに、白山古墳は昭和10年代中頃、旅館建築のため破壊され現存しない。不幸中の幸いというべきか、この破壊工事の開始直後に慶應義塾大学の有志によって緊急調査が行われ、調査報告書が刊行された<sup>5)</sup>。この報告書が考古学的ビジュアライゼーションの起点になったのは当然である。

本プロジェクトでは白山古墳近傍の地形を含む墳形の復元に対象がしぼられた。調査報告書に記載されている破壊直前の墳丘実測図（図-6参照）をもとに、築造時の原形を推測する作業に取り組んだ結果、白山古墳は奈良県桜井市のメスリ山古墳と基本形状において相似形をなすことが判明した<sup>2)</sup>。一方、墳丘近傍の地形（台地の形状）については、国土地理院から提供された明治時代の1/25,000国土地図のコピーに基づいて推測した。その他、映像復元に必要なデータはすべて調査報告書から取得した。CG映像生成にあたっては、当時のメインフレームコンピュータ（FACOM）を使用した。画像生成（レンダリング）にはレイトレーシング方式の自作プログラムを用いている。図-7がその映像作品の1つである。墳丘表面に葺石が張られていないことや段築のないことは調査報告書の記載にしたがった結果であるが、テクスチャマッピングが不完全な点が当時の課題であった。

### 吉野ヶ里弥生集落の映像復元 (1991)

佐賀県の吉野ヶ里遺跡は、本来工業団地造成のための事前調査の段階でその存在が明らかになった大規模



図-8  
楼観からみた吉野ヶ里弥生集落の景観シミュレーション

な複合遺跡である。最初の本格的な発掘調査は1986年5月～1989年3月の3年間に実施されたが、この間、大規模な弥生環濠集落の存在をうかがわせる遺物や遺構が多数検出された。これをうけて佐賀県は工業団地造成を中止し、当該地区全体を遺跡として保存することを決定した。当然、発掘調査は継続されることとなり、その後も次々と魏志倭人伝の世界を彷彿とさせる遺物・遺構が検出されるに至った。この結果、吉野ヶ里遺跡は我が国最大級の弥生環濠集落遺跡として認知されるようになり、楼観や住居など建物の物理的復元も遺跡公園整備の一環として実施された。

1991年5月、吉野ヶ里遺跡公園整備に時機をあわせてシンポジウム「考古学とコンピュータ」が佐賀市で開催された。吉野ヶ里弥生集落の映像復元プロジェクトは、本シンポジウム当日の作品公開をめぐって約1年前にスタートしている。目標は吉野ヶ里の弥生集落を包含する景観シミュレーションであって、具体的にはCGアニメーション作品の制作を企画した<sup>6)</sup>。発掘調査によって描かれた地区全体の精密な平面図など、映像復元に必要なデータはすべて佐賀県教育委員会から提供された。推測処理の段階では、建物の映像表現の詳細に関して考古学的見地から高島忠平（佐賀県教委 [当時]）、小山修三（民博 [当時]）、および川昭文（筑波大 [当時]）ら各氏の助言を得た。特に楼観が赤く塗装されていた可能性があるとの助言は新鮮であった。図-8は、かくして制作された吉野ヶ里弥生集落を映像復元したCGアニメーション作品中の1つのフレーム画像である。CG映像生成は筆者らによって行われたが、約4分ほどのCG

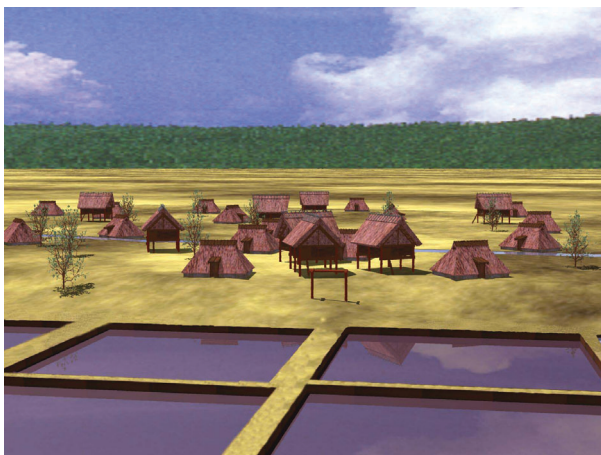


図-9  
溝咋遺跡の映像復元

アニメーション制作に多大の労力(約1,000人日)を要した。この経験が後に古代集落などを対象とする景観シミュレーション支援のための古代景観モデラASMを構築するきっかけになった<sup>7)</sup>。古代景観を構成する物体群やそれらの配置という作業だけに特化したモデラがあれば、モデリング作業が効率化されるという点に着目した結果である。

### 茨木市溝咋遺跡の映像復元(1999)

溝咋遺跡は、阪急電鉄茨木市駅近傍の土地に茨木市と阪急電鉄が共同で大規模な住宅団地を建設するにあたって事前に行われた発掘調査で検出された複合遺跡である。特に、古墳時代と推定される地層から広域に広がる集落の遺構群が多数みつかった。水田、人工水路、住居、倉庫、柵などである。1999年、発掘調査にあたった大阪府埋蔵文化財調査研究センターから、遺跡平面図に基づく古墳時代集落の映像復元についての依頼がよせられた。当団地中央部に位置する集会ホールに展示したいとの趣旨であった。提供されたデータ(平面図)に基づいて発掘担当者の助言を得ながら集落全体の詳細な構成について推測処理を実施した。制作された映像作品を図-9に示す<sup>8)</sup>。

### ◎考古学的ビジュアライゼーションの未来をどう描くか

失われた過去を再現することは素晴らしい。映像復

元がきめこまかく行われれば、物理的復元を十分に代替するばかりか、場合によってはそれを超える機能さえ発揮し得る。特に、遺跡全体を包含する景観シミュレーションは、物理的復元では実現できない効果を持つといえよう。コンピュータ環境が今後ますます進化するると予想される中、考古学的ビジュアライゼーションの未来を正確に予測することは困難であるが、いくつかの大きな流れは予感し得る。1つは、CG機能を極限まで追求し、古代世界の映像的体感をめざす方向である。いうなれば擬似体験型である。要素的にみれば、精密なレンダリング方式をリアルタイムで実現する技術、古代景観に不可欠な自然物(樹木、動物、人など)を大量に映像表現する技術、時間変化あるいは季節変化にともなう景観変化の連続的な表現技術の開発などが擬似体験型的前提になるであろう。一方、映像と知識を結びつけようとする方向も大きな流れになるであろう。つまり、考古学データベースと映像を結びつけるような知識連関型である。さらに、仮説に基づいて仮想的な映像を生成していく方向も有力になる。これはシミュレーション型といえる。また、計測技術を徹底的に追究し、従前には検知できなかった情報の可視化をめざすといった計測技術型も当然ある。

擬似体験型はどちらかというところエンターテインメント的な方向であって、博物館など特別な空間に应用される可能性がある。知識連関型は教育的あるいは啓蒙的であって、ネットワークと結びついて社会的に広く定着していく可能性を持っている。シミュレーション型と計測技術型は学術的色彩が濃く、それぞれ専門的な考古学研究に強い影響を及ぼしていくであろう。考古学的ビジュアライゼーションの未来には、ここに述べた4つのタイプのみならず、さらに予想を超える新しい展開があるやもしれない。しばらくの間、わくわくしながら動向を見守りたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 史跡五色塚古墳復元・整備事業概要, 神戸市教育委員会(1982).
- 2) 小沢: 古墳の形状復元とシステム化, 情報処理学会論文誌, Vol.32, No.6, pp.756-765 (June 1991).
- 3) Hughes, S. W.: Three-dimensional Reconstruction of an Egyptian Mummy, British Museum Occasional Paper, No.114, pp.211-225 (1996).
- 4) Applbaum, N., Horowitz, W. and Applbaum, Y. H.: Computed Tomography Imaging of Sealed Clay Cuneiform Tablets, British Museum Occasional Paper, No.114, p.288 (1996).
- 5) 柴田・森: 日吉加瀬古墳, 三田史学会, 東京(1953).
- 6) 小沢・河合: 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』論文集, pp.33-40 (1991).
- 7) Ozawa, K.: ASM: An Ancient Scenery Modeller, British Museum Occasional Paper, No.114, pp.109-118 (1996).
- 8) 小沢: コンピュータグラフィックスによる溝咋遺跡古墳時代集落の復元, 大阪府文化財調査研究センター調査報告書第50集『溝咋遺跡』, 巻頭図版(2000).

(平成14年8月4日受付)