

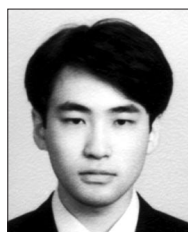


デジタルアーカイブと教育

—マヤ遺跡の復元と教育応用—

安藤 真, 谷川智洋

通信・放送機構



1. はじめに

近年のデジタル技術の発達と、文化遺産への関心の高まりによって、人類の共有財産である様々な文化財をデジタルデータによって保存していこうとする、いわゆるデジタルアーカイブの試みが盛んに行われている。その一方で、VR の技術が成熟するにつれ、VR はこれまでの産業用シミュレーションやトレーニング、医療支援、サイエンティフィック・ビジュアライゼーションなどから、文化や芸術の分野へとその応用範囲を広げつつある。この二つの流れが結びつき、VR によって文化財を再現し、多様な目的に利用しようとする試みは、いわば自然な成り行きであると言えよう。特に遺跡や古代建築物など、広範囲の立体形状を高精細なリアルタイム・グラフィックスによって再現し、VR 空間の中を自在にウォークスルーすることができるようになると、空間的な考古学検証や、博物館などでのインタラクティブな展示など、従来のデジタルアーカイブでは困難な使い方が可能になってきた [1][2]。さらに、このような高精細な VR コンテンツは、学校教育や生涯学習など教育アプリケーションとしても効果的に利用できると期待されている [3]。

私たちの研究グループでは、性能や形態の異なる様々な VR 環境をネットワークによって相互に接続した混在型の VR 環境 (スケーラブル VR) を構築し、教育アプリケーションに応用することで、体験学習やグループ学習、相互観察など学習において重要な要素が支援でき、高い学習効果をもたらすと考え、そのためのシステムの構築とスケーラブル VR コンテンツの試作を行っている [4]。

その一つとして、マヤ文明を題材としたコパン遺跡の VR コンテンツを制作し、実際に子どもたちに体験してもらうための体験教室を開催した。これまでに実施した体験教室では、子どもたちは古代マヤの遺跡の中をあたかも探検しているかのように体験し、マヤ文明の神秘さや古代マヤ人の生活ぶりに思いを馳せた。

本稿では、スケーラブル VR による教育アプリケーションとして制作したコパン遺跡と、遺跡の中で体験学習やグループ学習を行った課外授業の事例について紹介する。

2. 教育アプリケーションのための遺跡の再現

Virtual Archaeology と教育

遺跡や古代建築物などを VR によって復元・再現する試みは、Virtual Archaeology(以下 VA と略称する)と呼ばれている。VA の主な目的は、三次元デジタル化した遺跡や古代建築物などのデータを、保存や修復時のツールとして活用したり、また研究者間の情報共有や考古学検証のための材料として利用することである。しかし、最近は研究者だけではなく、広く一般の人々を対象に貴重な文化財を体験してもらい、その価値を共有したり最新の研究成果を分かりやすく伝えていくためのメディアとしての役割にも注目が集まっている。特に研究用途にも耐えうる正確さをもった VA コンテンツを教育用途に応用した事例はまだ少なく、学校教育や生涯学習などへの応用により、高い効果が期待されている。今回制作したコパン遺跡は、このような教育分野での利用を想定したものである。

ホンジュラスーコパン遺跡

制作したコパン遺跡は、中米ホンジュラスの西端に位置する古代マヤ文明の代表的な遺跡の一つである。優れた建築物と芸術性の高い石彫を今に多く残すコパン遺跡は、1980年にユネスコによって世界遺産に登録されている。またコパン遺跡からは、コパン王朝のみならず周辺都市の興亡を知る上で手がかりとなる多くの碑文や石彫が発見されたこともあり、現在では発掘調査やマヤ文字の解読などマヤ考古学においても、中心的な存在となっている。そのため、VRによる再現に不可欠な図面や考古学的な検証結果が比較的充実しており、また歴史の見所が多くあり、VRによって再現することの意義も大きい。

VAの大きな特徴は、時間軸と空間軸を自在に往来できることであり、現在の遺跡の様子と過去の復元シーンを様々な角度から提示することで、新たな検証を加えることができる。今回制作したコパン遺跡も、現在の遺跡の様子を忠実に再現したシーンと、かつて栄えていた王朝時代の様子を最新の研究成果に基づき再現した二つのシーンによって構成される。どちらもホンジュラス国立人類学歴史学研究所の監修を基に制作を行った。

現在のコパン遺跡のシーン

高い正確性が要求されるVAコンテンツの制作にあたって、建築物等の正確な再現のために、新たに測量図面を起こした。しかし、広大な遺跡全体を隈無く緻密にデータ化することには大変な労力を伴うことになる。今回は博物館展示や教育分野での利用を想定していることから、現在遺跡として残されている約600m × 400m四方の領域のうち、歴史的重要性を考慮しながら実際にウォークスルー可能な範囲を定め、制作するモデルやテクスチャの品質を決定することにより、遺跡の完成度を高めている(図1)。図2は、このようにして制作されたコパン遺跡のVRシーンの一部である。

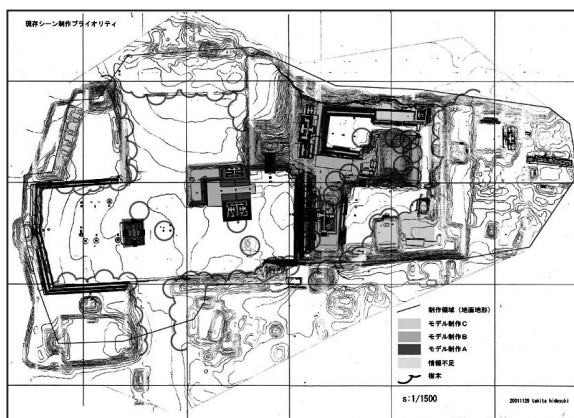


図1 制作領域の重要度の決定



図2 コパン遺跡全景 (VR シーン)

テクスチャは、6 × 7 フィルムを中心に撮影した約2000点の写真を高解像度ドラムスキャナによってデジタル化したものを用いた。特にVAに求められる正確な色再現に応えるため、同時に撮影したカラーチャートを基準にカラーマッチングを行った(図3)。

図4は、16号神殿の正面に現在も存在するアルターQと呼ばれる祭壇である。体験学習では、実際に祭壇上面に刻まれたマヤ文字を観察し、マヤ文字が漢字のように複数の構成要素から成り立っていること、それぞれに表音的役割と表意的役割があること、文字の配列に厳密なルールがあること、などを発見することができる。このような用途に対応するためには、マヤ文字の表面に十



図3 写真撮影の様子



図4 高解像度テクスチャによる祭壇



図5 復元した古代コパン

分接近し、その詳細な様子が観察できなくてはならない。そのため、この祭壇をはじめとする代表的な石彫は、碑文が画面一杯に拡大されても詳細度を失わないよう、 2048×2048 以上の解像度のテクスチャを利用している。

古代コパンの復元シーン

現存しない古代のシーンを復元することは、考古学者にとって最も興味深い部分であろう。今回のVRコンテンツでは、発掘調査などによって判っている最新の研究成果に基づき、建築物の形状や色などを正確に復元した。

発掘された壁面の顔料や地下に埋没している神殿の調査によって、かつてコパンが栄えていた頃のアクロポリスは、赤と白を基調とした漆喰によって彩られ、極めて人工的かつ荘厳な空間であったことが判ってきている。現時点で判明している色彩および配色については、同研究所に保存されている漆喰片と標準色カラーガイドを比較しながら綿密に吟味し、忠実に再現した(図5)。このような厳密な色の再現手法は初めての試みで、同研究所からも注目をされている。

地下神殿の復元シーン

古代マヤ人は、古い建築物を埋め立て、増築を繰り返しながらアクロポリスを拡張してきた。そのため、アクロポリスの地下部分には、いまなお多くの神殿が埋没している。特に16号神殿の地下から発掘されたロサリラと呼ばれる神殿は、1400年前の姿をほぼ完全に残している点で考古学上極めて重要な遺物である(図6)。実際のロサリラは今なお発掘中であり、現地に赴いても地下の地層面から露出したほんの一部をガラス越しに見ることができるだけである。しかしVR化することで、ロサリラを中心に全周移動をしながら、高い芸術性によって彩られた壁画をつぶさに鑑賞することができる。

また、マルガリータはロサリラのさらに地中深くに存在する遺物の一つで、1993年に初めてその存在が明らか



図6 ロサリラ (VR シーン)



図7 マルガリータ (VR シーン)

かになった。初代王ヤシュ・クック・モの身内の墓と考えられているが、詳細は今なお明らかになっていない。石棺の側面には初代王を象徴するケツァールとコンゴウインコのレリーフが色鮮やかに描かれ、見るものを圧倒する。マルガリータは一般公開されていないため、VRによってのみ体験することができるという点でVRの有効性を象徴するものの一つと言える(図7)。

VRによってリアルタイムに空間の中を移動し、鑑賞することが可能になると、モデルの正確さに加えて、より自然で臨場感の高い映像が求められてくる。今回作成したVRコンテンツにおいても、このようなビジュアル面でのリアリティを重視し、自然物の表現やライティング処理、空気感の演出のためのエフェクト処理を付加している。マヤの遺跡を印象付ける特徴の一つに深い熱帯樹林に囲まれた石造建築物の風景があるが、樹木などの自然物はVRにとって苦手な対象物の一つであり、大量の樹木を三次元データとして表現することは難しい。そのため一本の樹木の葉群を数グループに分け、それぞれの実写画像を多方向から見ても不自然にならないように組み合わせたモデルを用いることで、少ないデータ量で立体感のある樹木の表現を行った。

また、再現した遺跡のライティングと陰影は、夏至の太陽の位置をシミュレートしている。高度な歴を持っていた古代マヤ人にとって、夏至は一年の中で特別な日であったとされ、VR によってその様子を空間的に捉えることは、考古学的な検証に有効であると考えられる。

3. 教育への応用－コパン遺跡の体験学習－

高精細な VA を実現するためには、極めて高い表現力が要求される。特に教育現場においては、知的好奇心の高揚や、高い臨場感による体験的な知識の獲得のために、あたかもその世界に入り込んだかのような高精細かつ現実感のある表現によって三次元空間を提示することが求められる。そのため、従来の VA ではハイエンド・グラフィックワークステーションの利用が前提とされ、教育に応用する際の障壁が大きいという問題があった。しかしながら、最近ではパーソナルコンピュータの映像表現力が飛躍的に高まり、かつてのハイエンドプラットフォームに匹敵する品質の映像を、極めて安価かつ大量に利用することが可能になってきた [5]。これにより、スケーラブル VR によって性能や形態の異なる多数の VR 環境を活用した新しい教育アプリケーションの構築が可能になった [4]。

一方、教育分野では、体験学習の枠組みとしてグループ学習が注目されており、子どもたちが相互にその行動を観察できるようにすることが重要であると言われている。そこで、学校教育での利用を想定し、多人数が同時に高い臨場感で映像を共有できるシアター型 VR 環境と、グループ毎に独立して VR 空間を体験することが可能なホーム型 VR 環境を相互接続することにより、VR 空間および実空間両面からの相互観察を支援するためのシステムを構築した。参加者はそれぞれに割り当てられたホーム型 VR 環境を操作することで、遺跡の中を自由に動き回り、興味のある対象物をゆっくりと観察することができる。同時に、全員が映像を共有できる大型スクリーンによって、共通の解説を行い、遺跡全体を客観的に表示して参加者の現在位置を示すといった使い方ができる。

この環境を用いて、小学6年生の児童11名を招き、ネットワークによって共有されたコパン遺跡を高臨場感の表示システムによって体験するバーチャル遺跡ツアーと、ゲーム感覚で自由に遺跡の中を探索し、クイズを通じてマヤ文明についての学習を行うスタンプラリーの、2つの学習手法に基づく体験教室を開催した。

バーチャル遺跡ツアー

中南米考古学の専門家である早稲田大学文学部の寺崎秀



図8 ギャラリートーク

一郎氏を招き、コパン遺跡のバーチャル・ツアーを行った。大型スクリーンに映し出される没入感の高い映像によって、子どもたちはあたかもコパン遺跡の中を歩き回りながら講師の話を聞くという体験を通じ、マヤ文明の背景、文化、風俗などについて学んだ (図8)。特に石碑にマヤ文字を刻む道具として使われた石器については、実物(レプリカ)を実際に子どもたちに手に取らせることにより、映像だけでは伝えきれない質感や重量感などを伝える工夫も行った。

スタンプラリー

スタンプラリーは、グループに分かれた子どもたちが、遺跡内に隠されたマヤに関する問題を探し当て、これに回答することで得点を競い合うゲームである。3名ずつ4つのチームに分け、各チームにホーム型 VR 環境を割り当てた (図9)。子どもたちはグループ毎に自由に遺跡内を移動でき、その際に他のグループの姿をアバタによって確認することができる。一方、前方の大型スクリーンでは遺跡全体を上空から見下ろす表示を行い、子どもたちはそこに表示される自分たちのアバタによって、現在位置を即座に把握することができる。また、ゲーム中に問題に関する質問などがあった場合には、適宜スクリーンの映像を使い、ギャラリートークと同様の手法によって、全員が共有できるヒントを与えることも可能にした。

実験結果

スタンプラリーの間は、どのチームもグループ内で真剣に相談し、チーム間で積極的な競い合いが発生していた。問題を解くに当たり、子どもたちは自分が持っている資料と、手元の画面に表示された映像を並列に並べて頻繁に比較を行っていた。

それぞれのチームの中では、自分たちの現在地について確認し合うために、前方の大型スクリーンに表示された自分たちのアバタの動きを利用する場面も確認できた。全員が共有できるシアター型 VR 環境を併用するこ



図9 スタンプラリー

とで、単に客観的に現在地を表示する補助ツールとしてだけでなく、チームの中でのコミュニケーションや合意形成を促進する使い方として有効に機能していたと言える。

また、チーム同士の関係については、アバタを追跡したり発見した立て札の前に立ちふさがって邪魔をししたりするなど、アバタによって他のチームを意識しつつゲームを優位に進めようとする戦略が認められた(図10)。このように、共有空間内でのグループ学習を支援するような教育アプリケーションにおいて、アバタをコミュニケーションツールとして用いたスケーラブルVRコンテンツの構成が有効であったと言える。

また、学習後のアンケートでは、ほぼ全員がマヤ文明について何らかの興味を持ったという答えを得ることができた。古代マヤ文明に対する好奇心の喚起と理解は、没入感の高いシアター型VR環境での体験学習が大きな効果をもたらしたと考えられる。またスタンプラリーでは、友達と協力してマヤ文字を解読するといったグループ学習によって、協調性やコミュニケーション能力の育成を支援できることが確認できたと考えられる。今回構築したスケーラブルVRシステムにより、これらの異なる学習モデルを同時に扱うことができ、より効果の高い教育アプリケーションの作成が可能であることが確かめられた。

4. おわりに

本稿では、スケーラブルVRによる教育アプリケーションとして試作したマヤ・コパン遺跡のVRコンテンツと、このコンテンツを実際に用いて体験学習やグループ学習を行った課外授業の試みについて紹介した。VAの応用範囲は、かつての専門家向けのツールから博物館展示や学校教育など一般向けに広がりつつある。しかしVAはデジタルアーカイブの新しい側面であり、取って代わるものではない。むしろインタラクティブ性や同時参加性などVRの特徴を積極的に取り入れることによ



図10 アバタの干渉

て、学校教育や生涯学習などの教育分野にデジタルアーカイブの新たな活用方法が広がっていくものと期待される。

このような中で、VRについては今後ますます利用状況を念頭に置いた技術開発が必要になってくるであろう。本稿では、体験学習やグループ学習を支援するための教育アプリケーションを念頭に、異なるVR環境を相互接続した混在型VR環境の一形態として、同一の場所でギャラリートークとグループ学習が同時に可能なシステムを構築した。近年の生涯学習への関心の高まりにより、教育アプリケーションのターゲットとして学校教育のみならず博物館や美術館などの展示システムへの応用が期待されているため、現在、より幅広いユーザーを対象とした共同学習のためのインタフェース等を開発し、博物館展示などにも利用可能なシステムの構築を目指している。

我々は、今回開発したシステムを2003年3月から5月まで東京上野の国立科学博物館で開催される「神秘の王朝—マヤ文明展」に特別出展し、博物館や美術館などの展示におけるVRのあり方についても検討を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 加茂竜一: デジタルアーカイブとバーチャルリアリティ表現, 科学と工業, Vol.76, pp.344-349, 2002
- [2] 西岡貞一: デジタルアーカイブと高臨場感ディスプレイ, 映像情報メディア学会, Vol.55, No.8/9, pp.1089-1093, 2001
- [3] 西岡貞一: 研究室紹介—凸版印刷株式会社IML-, VR学会誌, Vol.6, No.1, pp.69-71, 2001
- [4] 谷川, 吉田, 安藤, 王, 葛岡, 廣瀬: 異種VRシステムの統合によるスケーラブルVRに関する研究, 日本VR学会第7回大会論文集, pp.417-420, 2002
- [5] 小黒久史: PCによる高リアリティVR—文化財アーカイブへの応用—, 映像情報メディア学会技術報告, 高臨場感ディスプレイフォーラム2002

【略歴】

安藤 真 (ANDO Makoto)

1996年 成蹊大学工学部工学研究科博士前期課程修了。同年 凸版印刷株式会社入社。VRによるデジタルアーカイブを中心としたコンテンツ製作、大型映像展示システムの技術開発に従事。2002年 通信・放送機構研究員。

谷川 智洋 (TANIKAWA Tomohiro)

1997年 東京大学工学部産業機械工学科卒業, 1999年 同大学大学院工学系研究科機械情報工学専攻修士課程修了, 2002年 同博士課程修了, 2002年 通信・放送機構研究員, 現在に至る。イメージ・ベースト・レンダリング, MRに関する研究に従事。博士(工学)。