

# 博士論文概要

## 論文題目

文化遺産アーカイブにおける  
立体視表現に関する研究

Study on stereoscopic representation  
for digital heritage

## 申請者

阿部	信明
Nobuaki	Abe

国際情報通信学専攻  
先端メディアと人間工学研究Ⅱ

近年、情報通信技術の発展を背景に、知的・文化的所産のデジタル化が行われてきた。特に文化的所産である文化遺産については、有形無形に関わらずデジタルアーカイブ (Digital Archive) することで、その保存・観察・継承に役立てようとする取り組みが活発化している。文化遺産を所蔵する博物館などの施設では、保護や管理の難しさ、または展示スペースの制約から公開が大幅に制限されている。元来、博物館の基本理念である収集、研究、保存、展示のうち、文化遺産を後世へ残すための「保存」と、現代の人々に広く公開し伝える「展示」は、相反する理念であり両立は困難であるとされている。そのため、「保存と展示」の両立を可能とする技術として、デジタルアーカイブとその公開に関する研究分野が注目されている。

文化遺産のうち立体物である場合には、価値の判断を色彩情報や来歴などのほかに、凹凸やフォルムなどの形状に依存するところが大きい。そのため 3 次元形状をそのまま保存することのできる 3 次元デジタルアーカイブは、実物により近いデータを記録するのに有効であると考えられる。3 次元デジタルアーカイブするための計測やデータの生成についての研究は、活発になされており、さらに教育への活用など、蓄積されたデータの利活用についても研究されるようになってきた。しかしながら、3 次元情報を有するデジタルアーカイブを表示するためのディスプレイには、2D ディスプレイが使用されることがほとんどで、3D 映像として対象の立体感を再現可能な 3D ディスプレイを用いた活用事例は少ない。

そこで本研究では、アーカイブされた形状データを呈示することの出来るメディアである、3D 映像を用いた公開方法についての検討を行う。具体的には、多様な文化遺産を対象にデジタルアーカイブを行い、または、既存のアーカイブ資料を使用して、対象に適した 3D 映像表現に関わる「デザイン」と「評価」について検討を行う。まず、文化遺産を 3D 映像として表現するために必要な 3 次元デジタルアーカイブの手法について検討を行う。さらに、人間工学に基づく設計と評価手法を用いて、異なる対象ごとに適した 3D 映像表現を盛り込んだコンテンツ制作と呈示システムの構築を行う。その中で、3D 映像特有の課題である映像の歪みや安全性、制作手法についても検討を行う。コンテンツ制作と呈示システムの試作から、3 次元データを利用した文化遺産デジタルアーカイブの効率的かつ効果的な 3D 映像表現に関する知見を得ることが、本研究の目的である。

第 1 章では、本研究の背景となる文化遺産デジタルアーカイブの動向と 3D 映像呈示技術について述べるとともに、本研究の目的を示した。

第 2 章では、文化遺産 3 次元デジタルアーカイブについての利活用に関する先行研究について述べ、その中で 3D ディスプレイを利用した取り組みについても述べる。さらに 3D 映像については、2D 映像とは異なる課題が知られているため、その原理について解説し、文化遺産を 3D 映像表現によって公開する際の課題点を抽出し、当該分野における本研究の位置づけを明らかにする。

第3章では、小型の文化遺産を対象として、新たな3D映像表現という切り口から、インタラクティブ性を有した水平表示型3Dディスプレイシステムを試作した。試作したシステムで、表示する対象として中国故宮博物院の文物から4点を選定した。表示する対象について、3次元計測とマニュアルモデリングによるCGモデルの生成を行い、それぞれ得られた3次元デジタルデータの比較検討をした。

本システムでは、3D映像の水平面呈示を行うことで高さを表現すると同時に、ディスプレイに取り付けたタッチセンサと傾きセンサを利用した多様なインタラクションを実装した。文物に「触れる」という感覚を3D映像によって体験させるために、クロスモーダル刺激を用いた実験的なインタラクションも実装した。試作したシステムを評価するために、ユーザーテストを行った。結果より、立体感や質感について良好な評価が得られ、本システムでの3D映像表現が、形状や大きさといった、文化遺産にとって重要な情報の理解に効果的であることが示唆された。対象の裏側を見るために映像呈示面を傾斜させるという操作については、直感的で分かりやすいと評価されたことから、3D映像を操作するための一般的なインタフェースとしての可能性がある。指先のセンシングと対象の映像位置の調整によるクロスモーダル刺激によって、物体表面を撫でるといったインタラクションにおいても、形状の把握に有効であるとされた。しかしながら、意図したような「触れる」感覚という点では、感覚の強度不足していることがわかり、3D映像を用いたクロスモーダル刺激による視触覚の統合やインタラクションに、多くの課題や改善点があると考えられた。

第4章では、大規模な文化遺産のデジタルアーカイブを呈示する際の3D映像表現について検証するために、中国麦積山石窟を対象に3次元デジタルアーカイビングとVR (Virtual Reality) コンテンツの制作を行った。制作したVRコンテンツでは、麦積山石窟第123窟を中心に3D映像による表現を取り入れ、インタラクティブな操作によって仮想体験するシステムを構築した。また、3次元デジタルアーカイブしたデータを用いて、ラウンドネスファクターを意識した3D映像表現したことで、実写では難しい大きな対象の鳥瞰の視点や歪みの少ないズームイン効果を実現した。

制作したコンテンツについてアンケートによる評価を行い、違和感の少なさや実物らしさの項目で高い評価が得られ、コンテンツの再現性に対する高い信頼が確認された。また、立体感、臨場感、スケール感の項目についても高い評価が得られたことで、3D映像表現を用いることで大規模な文化遺産でも、形状や雰囲気表現することの有効性が示唆された。

第5章では、文化遺産をシアター型の3D映像コンテンツとして公開する際の、3D映像表現とその制作方法についての検討を行った。対象として、国立科学博物館で開催された「黄金の都シカン」展に設置された3Dシアターで上映するコンテンツの制作を行った。映像は、遺跡発掘を記録したアーカイブ映像と遺跡の復元CG映像で構成された。制作には、

国際的に注目されている技術である 2D/3D 変換技術を用いて、既存の 2D のアーカイブ映像をもとに制作された 3D 映像と、CG 映像をステレオレンダリングして制作された 3D 映像を組み合わせ方法で行った。異なる手法で 3D 化した映像素材を一つのコンテンツとして、立体感の統制とるために、3D 映像の奥行き感を定量化するパラメータとして視差角を用いて、その分析結果を確認しながらフィードバックする制作方法を提案した。また、不特定多数が鑑賞するコンテンツであるため、3D 映像の生体安全性を意識して、3D コンソーシアムで策定されている 3DC 安全ガイドラインに準拠した制作を行った。

さらに、鑑賞者に対してアンケートを実施し、制作した 3D コンテンツの奥行き感と自然さについて主観評価を行った。奥行き感については CG 映像の方が、自然さについては実写映像の方が高く評価された。このことから同じ基準の視差角で制作されていても、3D 化の手法による印象の差について一定の傾向が認められたといえる。また、座席位置による 3D 映像の鑑賞体験に影響するかについて評価を行ったが、有意差は見られなかった。このことから、制作・評価を行った 3D コンテンツの視差角・上映条件では、座席位置による立体感や自然さへの影響はないことが示唆された。このことは、本章で取り上げた 3D コンテンツの制作条件では、人が立体感を恒常的に捉えられる範囲内であったことが推測される。

第 6 章では、結論として本研究の総括を行った。本研究を通して、以下の主な知見が得られた。

- 小型の文化遺産について、手元に 3D 映像を浮かび上がらせ操作させることで、対象の高さを表現でき、より強く形状を意識させるのに有効性が示された。
- 視覚と触覚を併せて用いることで、文化遺産へ「触れる」という新しい映像表現への可能性が示された。
- 自然視では形状把握が不可能な大型の文化遺産においても、立体感を正しく伝えることで、形状の把握に有効であることが示された。
- 実写と CG など質的に異なる素材においても、立体視という次元で値を統一することによって、違和感の少ない 3D 映像コンテンツの制作が可能であることが示された。
- 一定の視差角の範囲内に収まった 3D 映像であれば、視聴位置の違いに起因する形状の歪みは、異なった印象を感じさせないことが示された。

以上の知見は、3次元デジタルアーカイブされた文化遺産について、従来の 2D 映像ではなく、3D 映像を用いて表現することで、文化遺産を効率的かつ効果的に公開し伝達する方法としての有効性を示した。また、多様な文化遺産のタイプに対して、システムを試作を行い実証的に公開方法を示した。本研究で得られた知見は、文化遺産デジタルアーカイブの利活用と 3D 映像コンテンツの表現について更なる発展、高度化に寄与できると考える。