

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：12606

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2013～2016

課題番号：25704004

研究課題名(和文) 携帯型端末機に対応した本物に魅せる3Dデータの制作・表現手法の研究

研究課題名(英文) A Study on the Methods for Creating and Presenting "Realistic" 3D Data for Mobile Devices

研究代表者

山田 修 (YAMADA, OSAMU)

東京藝術大学・大学院美術研究科・講師

研究者番号：30571723

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,700,000円

研究成果の概要(和文)：文化財や美術品の3Dデータは加速的に取得されているが、色情報、質感を付与した3Dデータは少ない。3D計測による形状の取得に加え、マイクロスコブや蛍光X線分析の情報から、テクスチャ制作を行っていたが、実技者による豊かな感性と研究者の客観的な知見も取り入れ、3Dデータの完成度を高めていった。

このような3Dデータも、開発したアプリケーションによって、iPhone、iPadといった携帯型端末機に実装することで、自由な角度での閲覧が可能になり、一部はAppleStoreでの配信も行っている。またヘッドマウントディスプレイを用いたVRにも応用できるなど、今回の研究成果は様々な分野で応用可能となった。

研究成果の概要(英文)：Although 3D data of cultural properties and artworks is being accumulated with increasing speed, not many 3D data accompanies information on color and texture. This project has been creating texture with information gained through microscopes and fluorescent X-ray analysis, in addition to the shapes obtained through 3D measurement. By incorporating also the rich sensitivity of the artists and the objective insights of the researchers, the project was able to improve the quality of the 3D data.

The project also developed an application that allows the 3D data to be implemented onto mobile devices such as iPhone and iPad, where users can view the image freely from any chosen angle, and some of the data is also distributed on AppleStore. The data can also be applied to VR using head mounted display. In such ways, the results of this study became applicable to many different fields.

研究分野：文化財

キーワード：コンテンツ アーカイブ 文化財 CG VR 携帯型端末

1. 研究開始当初の背景

文化財、美術品のCG(ComputerGraphics)は、主にテレビ放送で用いられ、番組の内容を補助的に解説するためのものや、往時の姿に復元するといった使われ方がみられる。この背景には空前の美術ブームに加えて、コンピュータの性能やCGソフトウェアの機能が近年飛躍的に進化したこともあり、以前に比べ制作環境が整えやすいことにあると考えられる。

CGに使用する3Dデータは形状をつくるモデリングと色彩情報が含まれたテクスチャと呼ばれる画像を貼り付けるマッピングという作業が必要である。また質感をつくり出すための独特な機能を持つテクスチャもあり、CGの完成度を決定付ける重要な要素のひとつになっている。このような3DデータをCGソフトウェアで読み込み、パラメータの数値や光源の位置等の環境条件を設定し、レンダリング(描画計算)を行うことで、最終的なCG画像・動画をつくることができる。またVR(VirtualReality)のソフトウェアを用いれば、自らがリアルタイムに操作を行い、自由な位置や視点から3Dデータを表示することも可能になる。

現在行われている美術品、文化財のCG制作にあたっては、その分野の専門家による監修は行われているが、その意図をCG制作技術者が十分理解し、反映しきれていない場合が多く、本物の持つ価値や魅力を伝えられないのが現状である。また今ではテレビ放送ではフルハイビジョンが標準とされ、さらに精細な動画規格である4K解像度へと移り変わろうとしている一方で、Apple社のiPhone、iPadに代表されるようなスマートフォン、タブレットといった携帯型端末機が飛躍的な普及を遂げている。しかしこれらの端末では、高精細に作り上げた3DデータをあらかじめレンダリングしたCG画像・動画を鑑賞することはできても、VRのようにリアルタイムで動作する程の描画性能は持ち合わせておらず、データを表示するには十分とはいえないのが現状である。こういったことが現在求められる3Dでのバーチャルミュージアムといったコンテンツ開発が滞っている要因のひとつとなっている。本研究では、専門家の視点をCG技術に反映した上で、形・色・質感の3要素の調節を工夫し、特に携帯型端末機でのコンテンツ化を実現可能とする最適なデータ量の3Dデータの効率的な制作手法を確立することである。

本研究の最大の課題は、実際の文化財、美術品が持つ魅力をどのようにしたら3Dデータとして画面上で再現できるかということである。そのためには3Dデータを構成する形・色・質感をバランスよく表示するための基準となるパラメータの数値やテンプレートとなるテクスチャなどをあらかじめ決定しておく必要がある。本研究ではその部分を光学機器を用いた科学的な検証結果に基づ

きながらも、彫刻、彩色、美術史といった専門家からの感性や知識を取り入れることで、極めて本物に魅せる3Dデータを制作して表現することが目標である。

なお本研究は彫刻文化財を中心として研究を行う。彫刻文化財には木、漆、土、石、金属等といった材質が用いられており、同様の素材を使用する絵画、工芸品、建造物への応用も見込める。

2. 研究の目的

・形について

立体物にとってその特徴を伝えるのに一番欠かせない情報は形状であることはいうまでもない。通常モデリング作業は形状を構成する頂点や線を専用のソフトウェア上で操作することで形をつくり上げていく。現在ではレーザー計測等の非接触の形状取得の機械によって比較的容易にその形を正確にデジタル化し、その性能を最大限に発揮すれば、亀裂や彩色の盛り上がりといった表面の微妙な凹凸まで計測することが可能になっている。ただしその場合、データ処理において多大な時間や手間がかかるだけでなく、最終的なデータ自体も膨大な量になるため、精細なデジタルアーカイブとしては適するものの、携帯型端末機などで表示するには現実的なデータ量とはいえない。ここでは主にレーザー計測により取得した形状データから実技者、研究者の観点から、量感、動感の中で重要な特徴点を抽出した上で、表示に最適なサイズまでデータを削減する手法を確立する。

・色について

色は質感と結びつくことで、素材独自の雰囲気を生み出す。つまり表面の色の見え方はその質感と共に光の加減で大きく異なるため、それぞれの色を測定することで質感による変化を明らかにしておく必要がある。今回実物や制作した手板等のサンプルから表面の色を測色計を用いて客観的な数値情報として記録し、テクスチャ制作の基礎資料とする。

・質感について

同じ素材による顔料や金箔を使用しても表面の質感によって、その見え方は大きく変わる。例えば天然の岩顔料でも、その粒子の細かさの違いでその色の彩度は大きく変化をする。また截金と呼ばれる手法の中には、金(Au)を粉末状にした金泥の下地に細工した金箔を貼り付けたものも多くみられる。このように元になる色が同じでも質感が違う素材をマイクロスコープによる観察を行い、実技者、研究者の視点を踏まえた上で、CGを用いて表現していく手法を検討する。

・表示方法について

このように検討を重ねて制作した3Dデータを実際に表示する端末機で随時動作確認を行い、問題点を明らかにし、修正、改良を行っていく必要がある。またそれに伴い端末

機で表示や操作するためのプログラム開発も行う。

本研究における一番の特色は実技者による豊かな感性と研究者の客観的な知見を3Dデータの制作・表示技術に取り入れていくことで完成度を高めていくことである。特に実物を制作する手法を取り入れることでより効率的、効果的な制作が大きく期待される。例えば仏像に用いられる玉眼という技法を実物と同じ構造でCGデータを制作して表示させたとき、実物とどのような違いが表れるかを検証し、またどのようにすれば本物に近づけるかといった点についても考察していく。

3. 研究の方法

本研究の一連の流れとしては、平成25、26年度に「技術調査」、「実態観察調査」を並行して行い、27、28年度に「実機での動作検証」を行う。

「技術調査」では専門家の視点から形状の特徴となる点・線を決定し、形状データの制作手法を検討する。また色彩、質感を形状データにマッピングし、それと同時進行で「実態調査」を行い、実際の文化財や美術品もしくは制作した手板のサンプルの表面を写真撮影、マイクロスコープによる観察、測色計による色の測定を行い、テクスチャを制作するのに必要な基礎データを取得する。これらの作業を繰り返し行い、研究協力者とともに評価、検証を行うことで、より本物に魅せる3Dデータの制作手法を確立していく。そしてこの3Dデータを用いて、最終年度に携帯型端末機での動作検証を行い、技術上、表現上の課題や問題点の解決にあたっていく。

今回の研究の重要なポイントは3Dデータの制作といったデジタル技術と彫刻・彩色といった実技の融合である。研究代表者は今までで3D技術を実際の彫刻制作や修復技術に役立てる研究を行ってきたが、今度は逆に実際の作業をCG制作において役立てることを考えていく。そのためには実技者の視点を可能な限り反映させることが肝要である。

また彫刻技法、彩色技法、美術史からの検証・評価に関してはそれぞれを専門とする第一人者となる研究者に参加してもらい、調査・サンプル試作に関してはその素材、技法に専門を有する東京藝術大学教員を中心に執り行う。CG、VR技術においては工学院大学教員、プログラム等ソフトウェア開発は株式会社ソニックビジョンクリエイトと連携を取って行う。

4. 研究成果

平成25年度は当該テーマに沿った形の3Dデータを制作やその仕様について研究を行った。まず形状については、3Dスキャンによる場合どれくらいの精度で測定するか、またどれくらいデータをリダクションする必要があるか、またモデリングによってどれ

くらいつくりこめばよいかについて検討を行った。その際に従来の固定型のスキャナーに加え、ハンディタイプのものや写真測量といった技術もテストし、それら技術の作業効果についても考察した。続いて3Dデータに伴うテクスチャについては、表現するのに必要な解像度の決定だけでなく、バンプ、スペキュラ等の設定値において、実際に顔料で手彩色したものや漆箔したものを観察することで決定していった。その結果、CGにおける適切なデータ量、解像度、レンダリング時間といった設定値の指標となった。また脱活乾漆、木心乾漆の手板サンプル(彩色)を制作し、CG制作に活用した。

平成26年度は主に東大寺中性院弥勒菩薩立像を例に3Dデータを用いたコンテンツ配信のための手法について研究を行った。本像は数重もの部材で構成されており、その構造の様子を携帯型端末機にてVR表示し、ボタンによってパーツが分離し像の構造を示すものである。形や色のデータ自体の制作だけでなく、アニメーションデータの制御、カメラ移動の操作、パーツ動作、ユーザーインターフェースのプログラムも開発し、iPadに実装し実証実験を行った。その結果、動作において適切なデータ量を見極めることができ、操作方法においても明確な指針を立てることができた。また前年度同様に漆箔、玉眼(水晶嵌入)の手板サンプルを制作し、光沢感や透明度またそれに関する反射状況の研究に役立てた。

平成27年度は本研究の重要なテーマである仏像の3Dデータを携帯型端末機に実装し、コンテンツとして配信することを中心に行った。コンテンツ開発はVR開発ソフトウェアUnityで行い、端末機としてApple社iPhone、iPad、iPod touchを用いて実験した。動作自体は数百万ポリゴンのデータで4Kサイズのテクスチャを数枚用いても問題ないが、配信となると端末機側の環境のこともあり、適切なデータ量を見極めるために多くの調整を試みた。今回静岡県浜松市の摩訶耶寺金剛力士立像をテーマに『摩訶耶寺の仁王さま デジタル「お守り」』をアップロードし、Apple社App Storeで配信した(図1)。

さらに福島県磐梯町で開催した「とくいつ芸術祭」において、iPod touchをデバイスとして使うことでインタラクティブに茨城県真壁町虚空蔵菩薩坐像を壁面に表示する展示を行った。コンテンツ自体には問題はなかったもののハードウェア自体の耐久性に難がみられ、展示方法においては今後課題を残すことになった。

また質感の追求も多種にわたり検討を重ねた。鏡面、陶磁器、金属といった素材に対してもマイクロスコープによる観察や蛍光X線分析を行うことで素材を同定することで、テクスチャ制作に生かした。

また今後活躍する技術と考えられるデジタル写真測量の技術についても探求し、中国

西安、洛陽にて撮影した主に隋から唐代における石仏等の画像解析による3Dデータ化を行い、今後の携帯端末へのデジタル化の活用方法について研究を行った(図2、図3)。撮影方法、画像解析方法やその後のデータ編集等において一定の作業手法を確立したが、より高いクオリティを求めるために更なる研究余地があると考えている。

平成28年度は主に、テクスチャ付き3Dデータの制作手法、携帯型端末での表示技術・配信手法の実証、今後の表示デバイスの可能性について検討を行った。テクスチャ付き3DデータはこれまでもPhotoScanを用いたデジタル写真測量で検証していたが、それを突き詰める形で大小の規模や素材の違い、スケールの調整方法、レーザー計測と比較した精度検証などを行なった。その結果様々な分野の文化財に適用した撮影方法や設定値がわかった。今後とも主力技術として実際の調査現場で実践的に使用していくことで、その確度を高めていった。

携帯型端末での開発、配信の流れは本研究ですでにApp Storeでの配信などの実証を行ない、引き続き制作を継続しコンテンツ化を行なっていく予定となっている。しかしそのためには継続的なメンテナンスやハードウェア、ソフトウェアともに性能や機能の向上に対応していく体制を確立しなければならず、引き続き研究を続けていかななくてはならない。

表示デバイスについては主にHMD(ヘッドマウントディスプレイ)を利用したコンテンツについて検証した。2016年12月にはSIGGRAPH Asiaに参加したが、多くの実証実験やコンテンツはHMDが中心になっており、今後HMDを視野に入れたコンテンツ開発をしていかなければならない。

本研究分野は目まぐるしく技術が変化しており、本課題の研究期間だけでも、随分とハードウェア、ソフトウェアの進化が見られた。従来なら動作が不安定であったファイルサイズの3Dデータも現在の端末なら問題なく動作する場合も多い。そんな理由からデータのあるべき形といったはっきりとした終着点は決定できないが、これまでの研究から今後の状況の変化に対応した現時点の最適な手法については導き出すことができた。



図1 摩訶耶寺・金剛力士立像のiOS版コンテンツ。



図2 中国洛陽 龍門石窟 盧舎那仏坐像のデジタルカメラによる写真測量。簡易的手法ながらもテクスチャ付きの3Dデータが生成可能であるため、本研究で有効な技術である。



図3 龍門像を等高線図(左)、正投影図(右)で示したもの。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計2件)

山田修「彫刻文化財の復元における3D計測技術を用いたシミュレーション研究 (A Simulation Study of Reproduction and Reconstruction of Buddhist

Sculptures Using 3D Measurement Technology)」、東アジア文化遺産保存国際シンポジウム 2015 in 奈良、2015 年
山田修「彫刻文化財における図学的解釈」、日本図学会、2014 年

〔図書〕(計 2 件)

山田修他『東大寺の新研究 1 東大寺の美術と考古』、法蔵館、2016 年、48 頁

山田修『東大寺 あべのハルカス美術館開館記念特別展』、朝日新聞社、2014 年、4 頁。

〔その他〕

ホームページ等

<https://itunes.apple.com/us/app/mo-he-y-e-sino-ren-wangsama/id1009879158?mt=8>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 修 (YAMADA Osamu)

東京藝術大学・大学院美術研究科・講師

研究者番号：30571723

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

藪内 佐斗司 (YABUCHI Satoshi)

杉浦 誠 (SUGIURA Makoto)

鈴木 篤 (SUZUKI Atsushi)

藤曲 隆哉 (FUJIMAGARI Takaya)

白澤 陽治 (SHIRASAWA Yoji)

小島 久典 (KOJIMA Hisanori)