



## PoTS 映像学の活用： 文化財の保存と展示

大石岳史（東京大学生産技術研究所）

### 3D e-Heritage

本稿では、文化財を対象として3次元デジタル化、解析、展示する技術について概説する<sup>1)</sup>。実世界を光線として記述するのに対して、物体を表面形状データとして表現することは解析や可視化などの面で効率的である。特に近年では、RGB-Dカメラやレーザーレンジセンサなど形状計測機器が発達し、実物体の表面形状を3次元デジタル化することが容易になってきている。そのため3次元形状データは製品検査やリバースエンジニアリング、映像素材、ナビゲーションや自動運転といったさまざまな分野で広く利用されている。

3次元形状データの利活用は多岐にわたるが、文化財分野においても図面や写真に代わって広く用いられるようになってきている。特にレーザーレンジセンサの高性能化によって都市や遺跡レベルの大規模な構造物を高精度、高密度に3次元デジタル化することが可能となっている。また3次元データの解析によって新たな知見を得る試みも行われている。この文化財の3次元データは3D e-Heritageと呼ばれ、要素技術から応用まで幅広い研究が進められている。以下では、この3D e-Heritageの生成、解析、展示技術について実例を交えながら紹介していく。

### サイバー考古学

3D e-Heritageは、レンジセンサによって複数の部分形状データを取得し、それらをつなぎ合わせるによって生成される。従来は固定センサによって多数の部分データを取得し統合していたが、近年では広範囲を効率よく計測する移動型計測シ

ステムも広く用いられている。モバイルマッピングシステムは、車両やドローンにレーザーレンジセンサを搭載し、計測された点群をGPSやIMU、画像から推定された位置姿勢に応じて適切に配置することによって形状データを取得する<sup>2), 3)</sup>。一方、画像列から3次元再構成する手法も急速に発展しており、コストと精度に応じて適切に選択、利用されている。図-1に示すのは、レーザーレンジセンサを用いてカンボジア・アンコールワット遺跡を3次元デジタル化した例である。このような大規模構造物もcm以下の精度、解像度でデジタル化が可能となっている。

文化財の3次元データは、さまざまな形で可視化、解析することによって新たな知見を得ることができる。たとえば、奈良大仏の螺髪の本数が文献記載と大きく異なることが3次元データを用いて明らかにされた。ギリシャ時代の彫像の形状比較によって、これまで不明であった作者を同定する証拠が発見されている<sup>4)</sup>。また最近ではアディティブ・マニファクチャリング技術により、3次元データを実体化して建物の構造解析に用いる例も見られる。文献5)では、計測データから3Dプリンタを用いて模型を製作し、風洞実験により風向きや風速に応じた風荷重や空気の流れが可視化され構造特性が明らかとなっている。このような3次元計測、解析技術と考古学、美術史学、建築学といった分野との融合はサイバー考古学と呼ばれ、広くその発展と成果が期待されている。

### 複合現実感復元展示

3次元データを効果的に可視化する方法として、実世界に仮想世界を重畳して見せるMR (Mixed



図-1 カンボジア・アンコールワット遺跡の3次元データ

Reality：複合現実感）は近年最も注目される技術の1つである。MRは、仮想世界を実際の場所で現実の風景と併せて体験できるため、より高い臨場感が得られる。また未来や過去の風景を仮想的に再現できるため、将来建設される建物を表示したり、失われた有形・無形文化財を仮想復元するなど時間方向に表現を拡張できるのも大きな利点である。

昨今では、表示デバイスやIMUなど位置姿勢計測センサの発達、画像処理技術の発展により屋外の広い空間におけるMRシステムも実現されている。屋外MRでは、実世界の3次元データを用いることにより、安定した位置合わせや遮蔽処理が可能となる。また全方位カメラによって光源情報を取得し、仮想世界に実世界と同様な色彩づけ、陰影処理を行うことで光学的な整合性も実現できる。表示デバイスはHMD、HUD、スマートフォンなどさまざまな形態のものが利用されている。近年注目されているオプティカルシースルーディスプレイでは、仮想物体の色再現性や視認性を制御する技術も必要となっている<sup>5)</sup>。3D e-Heritageの応用としては、上記のようなMR技術によって平城京や飛鳥京といった古代都市全体を仮想復元する試みも行われている。

## 3D e-HeritageにおけるPoTS映像学の展望

本稿では、PoTS映像学の応用技術として、文化財を3次元形状データによって保存、解析、展示

する3D e-Heritageについて概説した。時空間の光線を再現するためには、物体を3次元形状データとして表現する形式が効率的である。特に、近年ではスマートフォンにもレンジセンサが搭載されるなど、3次元デジタル化技術はさらに身近なものとなっており、サイバー考古学にも見られるように幅広い分野で利活用されている。また今回紹介した文化財分野だけでなく、自動運転や自律作業ロボットなど産業分野においても3次元処理技術は欠かせない技術である。さらに、HMDなどさまざまな表示機器の小型化、高性能化によってMRやVRに見られる可視化技術も急速に発展している。これらの可視化技術は、3次元データをより写實的に再現し、さらに時間軸で表現を拡張する技術としても重要である。今後も3次元デジタル化、解析、可視化といった要素技術に加えて、さまざまな応用技術の発展が重要性を増していくものと期待される。

### 参考文献

- 1) 池内克史, 大石岳史 編著：3次元デジタルアーカイブ, 東京大学出版会 (Dec. 2010).
- 2) Zheng, B., Huang, X., Ishikawa, R., Oishi, T. and Ikeuchi, K.: A New Flying Range Sensor: Aerial Scan in Omini-directions, In Proc. International Conference on 3D Vision (3DV), pp.623-631, Lyon, France (Oct. 2015).
- 3) Ishikawa, R., Zheng, B., Oishi, T. and Ikeuchi, K.: Rectification of Aerial 3D Laser Scans via Line-based Registration to Ground Model, IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, Vol.7, pp.89-93 (July 2015).
- 4) Lu, M., Zhang, Y., Zhang, B., Masuda, T., Ono, S., Sengoku-Haga, K. and Ikeuchi, K.: Portrait Sculptures of Augustus: Categorization via Local Shape Comparison, Proc. 2013 International Congress on Digital Heritage, pp.661-664, Marseille, France (2013).
- 5) Honda, Y., Yamada, S., Araya, M., Oishi, T. and Yoshida, A.: Evaluation of the Wind Pressure by Wind Tunnel Test using the 3D Laser Scanning Data in Bayon Temple, Cambodia, SAHC (2014).
- 6) Fukiage, T., Oishi, T. and Ikeuchi, K.: Visibility-Based Blending for Real-Time Applications, In Proc. 13th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR2014), pp.63-72, Munich (Sep. 2014).

(2016年7月4日受付)

大石岳史 (正会員) ■ oishi@cvl.iis.u-tokyo.ac.jp

東京大学生産技術研究所・次世代モビリティ研究センター准教授, 博士 (学際情報学)。同大学大学院情報学環特任講師などを経て2011年より現職。大規模文化財の3次元モデル化、複合現実感による仮想復元展示に関する研究に従事。