

# 地震被災時の文化財等の保全と復旧のために

## 一 井 康 二

### はじめに

広辞苑によると、博物館とは「考古学資料・美術品・歴史的遺物その他の学術的資料をひろく蒐集・保管し、これを組織的に陳列して公衆に展覧する施設」とある。

本稿では、私の専門である地震工学や防災工学と博物館の関係性について考察する。そして、本稿の読者の多くが博物館関係者であると思われるので、防災工学における先端技術で、博物館の用務に役立ちそうなものをひとつ紹介する。

### 地震工学・防災工学と博物館の接点

地震工学において、日本は圧倒的に優位な環境にある。その理由の一つは、日本が地震国であり、地震の揺れのデータや（不幸なことに）様々な被害のデータを豊富に得ることができるためである。また、米国西海岸などと異なり、古くから高密度に人が居住していたため、寺社などに歴史地震の記録も残されている。

人が書き残した記録なども博物館の蒐集対象であり、防災工学と博物館の古くからの接点であろう。私は古い字体で書かれた文献を全く読むことができないが、歴史家による取り組み<sup>例</sup>（例えば<sup>1)</sup>）のほかに、工学分野の研究者による文献などから過去の豪雨時の雨量を推し量る試み<sup>2)</sup>がある。

人が書き残したものでなくても、災害に関連した物理現象の痕跡が利用されることも多い。例えば、考古学の発掘の際に地震で地盤が液状化した痕跡が見つかることは多く、これも過去の地震の年代や大きさを推定する資料となる<sup>3)</sup>。また、写真1にみられるような墓石の転倒は、各地の地震の揺れの大きさの推定に役立つため、昔から地震学者や防災関係者に着目されてきた。墓石はきれいな形状をしていて、一般の構造物より、どの程度の揺れで転倒するかという評価が容易であるためである。また、地震直後にすぐ復旧されるものではないとか、復旧されても石材の傷の有無等から被害の有無が

推定できるという利点もある。ただ、1995年以降は耐震補強された墓石も普及しているため、調査においても注意が必要という。

このように、博物館の取り扱う範疇に含まれるような内容が地震工学や防災工学に貢献してきた例はいくつかある。そこで、本稿では、地震工学や防災工学の経験で、何か博物館の取り扱う世界に貢献できるものがないか、検討した。



写真1 墓石の転倒例（2016年熊本地震）

### 被災文化財等の保全へ、経験の共有を

地震が起きると、博物館の蒐集や保管の対象物も危険にさらされる。このためには、博物館の施設の耐震補強を行っておくことや、美術品等の破損しやすい物品は免振装置のある展示台を利用することが必要である。なお、免振装置には様々なものがある。例えば、鎌倉の長谷の大仏は、地震が来ても台座の上をツルっとすべり、地震の揺れが大仏に伝わらないという免震構造が採用されている。

厄介なのは、2016年の熊本地震で被害を受けた熊本城のような大規模構造物である。2019年のG20では大阪城にエレベーターが設置されたことについての発言があり、物議をかもした。同様の議論は文化財等の耐震補強についても生じ、オリジナルの状況を残しながら、きちんと保全・補強するというのは常に難しい課題となる。

写真2は、熊本地震で被害を受けた（熊本城とは異なる）城郭の一部である。ブルーシー

トにより全面が覆われ、土のうによる重しによって固定されている。このようなブルーシートによる応急措置は災害時に一般的にみられるものであり、被災した文化財等においても同様である。

ブルーシートによる被覆を行う理由は、余震による落石等が周囲に飛び散ることを防ぐだけではない。例えば、写真3は同じく熊本地震により被災した別の文化財の上面であるが、地表面（左側の石列の背後）に亀裂が生じている。このような亀裂からは雨水が浸透しやすくなり、土でできた構造物や斜面は水を含むと重量が増加すると同時に強度が低下するので、壊れやすくなる。つまり、被災した土構造物や斜面のさらなる劣化や変状を防ぐためには、水を侵入させないことが肝要であり、そのためにブルーシートによる被覆が行われる。（なお、写真3の地点は、撮影後にブルーシートによる被覆が行われた。）



写真2 熊本地震で被災した城郭の一部



写真3 地震により生じた地表面の亀裂

なお、ブルーシートによる被覆を行う場合には、重しに用いる土のう袋も含めて、耐久性の

あるものを用いることが望ましい。すなわち、当初は応急措置のつもりでも、結果的に長期間の使用をすることもあるので、紫外線で劣化しにくい材質のものを用いた方がよい。具体的には、ブルーシートは厚手のもの（例えば3000番台以上）、土のう袋も白色より黒色のものが望ましい。また、風によるブルーシートのめくれを防止するために、被覆したブルーシートの端部をしっかりと押さえることが重要である。

実際、2018年の大阪北部地震では、高槻周辺の家屋の屋根に多くの被害が発生し、ブルーシートによる応急復旧が行われた。しかし、地震後の台風21号の被害などもあり、屋根の修理が進捗しないまま、ボロボロになった状態のブルーシートで覆われた家屋が1年以上も散見された。

人生で災害に遭遇する機会はそれほど多くなく、被災経験から得られる教訓は必ずしも共有化されない。しかし、博物館等で文化財等の保全・保護を担当する方には、失われてしまうと2度と戻らない文化財等を守るためにも、ぜひ積極的に災害時の教訓を蒐集していただきたい。

### 被災・変状した文化財の復旧への写真の利用

どれほど入念に対策をしていたとしても、自然災害による被災を完全に防ぐことはできない。残念ながら被災してしまった文化財等を適切に復旧するためには、被災前の状態がきちんと記録されていなければならない。

近年では、高精度の3次元レーザースキャナが普及し、文化財の詳細な形状を把握・保存することが可能となった。さらには、計測した内容（例えば遺跡の全容）をVRで体験できるアプリなども開発されている<sup>4)</sup>。

このようなデジタルアーカイブ化が進めば、万が一の時の文化財等の復旧も容易になると予想できる。また、博物館の「蒐集・保管し、これを組織的に陳列して公衆に展覧する」という使命からしても、デジタルアーカイブ化がすすめば、博物館に行くことなく自宅で展示物を鑑賞できるようになり、博物館の入場者数は減ってしまうのかもしれないが。

しかし、デジタルアーカイブ化のための高精度の3次元レーザースキャナは未だ高価である。すぐに種々の文化財等の形状情報を取得・

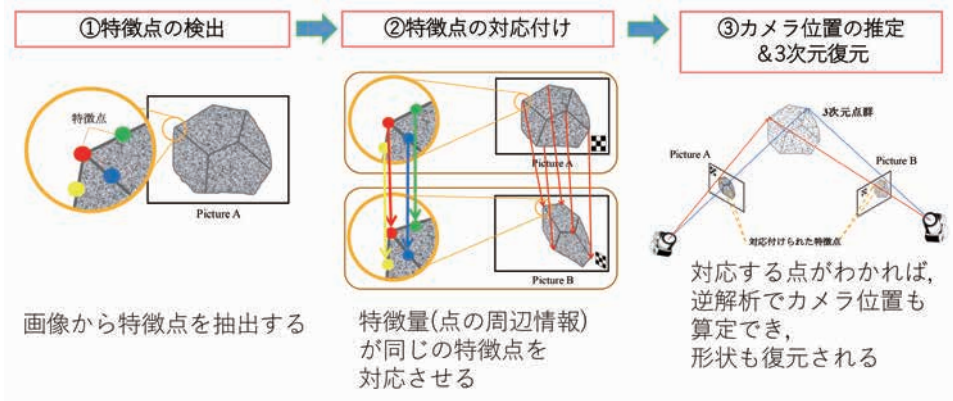


図1 デジタル写真からの形状復元の原理

保存できるわけではない。そこで本稿で提案したいのが、デジタルカメラ画像の利用である。

「ローマは一日にして成らず」という有名な言葉がある。その言葉のもじりで、「ローマが一日でできちゃった、数十万枚のデジタル写真で」とでも訳すべき記事がある<sup>5)</sup>。実際、15万枚の旅行者のデジタル写真を統合して、ローマの街並みを再構成できたという内容である。

このデジタル写真の利用技術は、図1のようにまとめられる。すなわち、画像解析の技術により、複数の写真に共通して含まれている対象物を同定することができる。すると、写真内の対象物の位置関係から、撮影時のカメラ位置も逆解析により求めることができ、あとは写真測量の技術の応用で、撮影対象全体の形状を復元できるという理屈である。

実際に、社寺等によくある石垣の形状復元を試みた例を写真4と写真5に示す。写真4は撮影風景であり、通常デジタルカメラ(Nikon COOLPIX P7700)で2mほど離れた位置から撮影した。撮影画像は写真5に示す12枚である。これを適切なソフトウェアで画像解析することにより、図2に示すように3次元形状を把握することができた。なお、この時のソフトウェアの詳細等は参考文献6)を参照されたい。

この技術を利用した画像解析ソフトウェアは既に何種類か市販されている。著者らは、石垣以外にも種々の対象の形状復元に取り組んでおり、撮影にあたっての留意事項を図3や図4のように取りまとめている<sup>6)</sup>。

形状復元の精度は、カメラの性能(画素数)や撮影枚数、撮影距離、画像解析時の条件設定に依存する。しかし、本技術のメリットは、な



写真4 石垣の撮影風景

んといっても、通常デジタルカメラで何枚もの写真をいろいろな角度で撮影しておくだけで済むことである。以前のフィルムカメラと異なり、デジタルカメラでは撮影のコストも撮影後の画像の保存コストも無視できるほどであり、その気になれば明日からでも取り組むことが可能である。

また、ローマの街並みの復元の例のように、過去に第三者によって撮影された画像も利用することができる。つまり、すでに失われた文化財等の復旧にも、写真さえあれば活用できる。

災害はいつ発生するかわからず、文化財等の被災・変状もいつ生じるかわからない。万が一の時のため、可能な範囲でデジタルデータをアーカイブしておくことは重要である。本稿で述べたデジタル写真の利用は、当面の措置の一つとして有効であると思う。

#### おわりに

本稿では、地震工学や防災工学の分野でも、博物館で取り扱うような考古学の発掘調査、文献資料等が役立つことを述べた。また、

逆に災害時の応急復旧の経験等が、文化財等の被災時の保全にも役立つことを述べた。さらに、先端技術の一つである画像解析技術が、文化財等の形状の記録・保全に有効であり、明日からでも活用が可能であることを述べた。なにかしらの読者のみなさんの業務等のお役に立てば望外の喜びである。

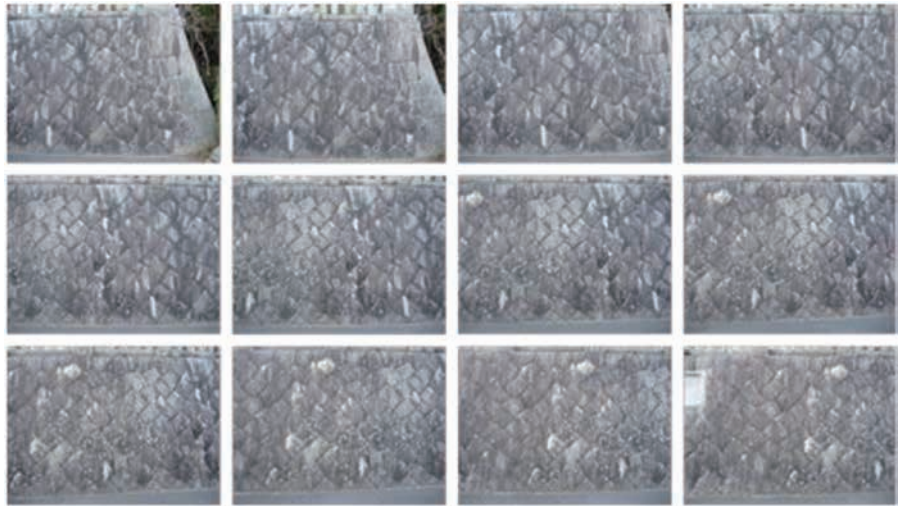


写真5 石垣の撮影画像 (12枚)

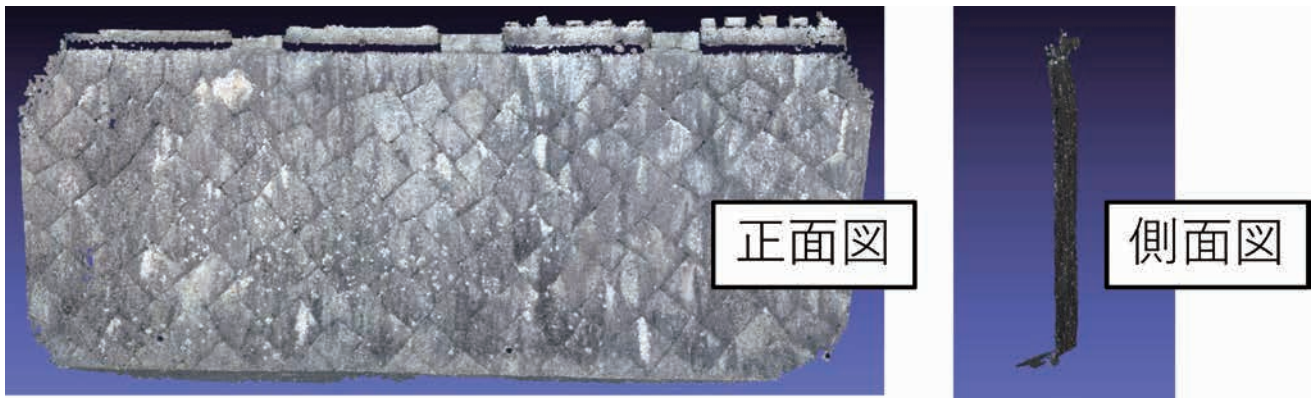


図2 石垣の3次元形状復元結果

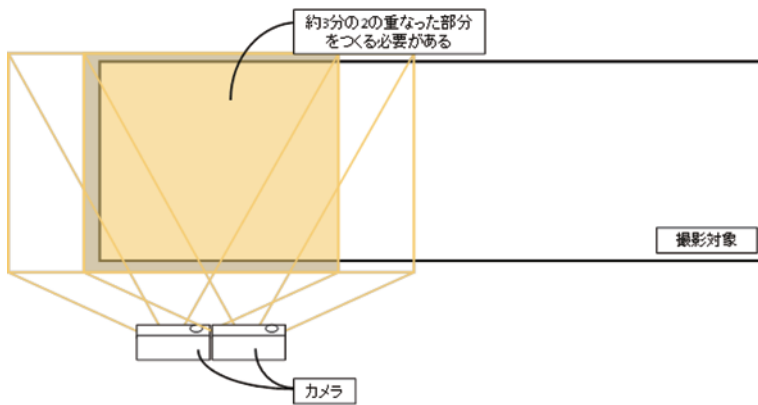


図3 石垣等の形状復元のための撮影条件<sup>6)</sup>

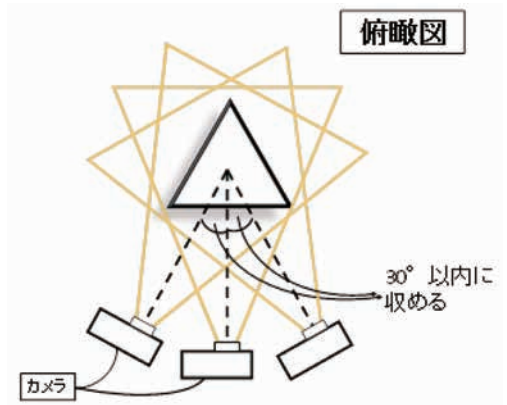


図4 物品等の形状復元のための撮影条件<sup>6)</sup>

【参考文献】

- 1) 磯田道史「天災から日本史を読みなおす－先人に学ぶ防災」(中公新書、2014年)
- 2) 庄建治朗, 鎌谷かおる, 富永晃宏「日記天気記録と気象観測データの照合による梅雨期長期変動の検討」(水文・水資源学会誌30(5) 294-306、2017年)
- 3) 寒川旭「地震考古学—遺跡が語る地震の歴史」(中公新書、1992年)
- 4) Master Works - journey through history in virtual reality - (<http://masterworksvr.com/>) (確認2019年7月29日)

- 5) Hannah Hickey "Rome was built in a day, with hundreds of thousands of digital photos" (<https://www.washington.edu/news/2009/09/15/rome-was-built-in-a-day-with-hundreds-of-thousands-of-digital-photos/>) (確認2019年7月29日)
- 6) 一井康二「写真画像から形状復元した3次元点群データによる建造物の変状把握」JACIC 研究助成報告 ([http://www.jacic.or.jp/josei/pdf/2014\\_01.pdf](http://www.jacic.or.jp/josei/pdf/2014_01.pdf)) (確認2019年7月29日)

博物館運営委員 社会安全学部教授