

## 城郭石垣管理における画像情報の活用について

ハザマ\* ○正員 笠 博義, 正員 黒台昌弘, 正員 平井光之, 大澤克比古

### 1. はじめに

明治維新や戦災によって建造物が焼失した事例が多い我が国の城郭において、石垣は往時の貴重な土木技術を伝える文化財であると同時に、今日では市民の憩いの場としての史跡公園等に風格をもたらす景観構成要素としても重要である。こうした石垣は大半のものが西暦 1600 年の関ヶ原の合戦前後に構築されたものであり、築後 400 年を経過する中で不安定化が進んでいるものも少なくない。

また、城郭石垣は、外堀、内堀または城内の櫓や門などと一体化されていることが多く、一つの城郭における石垣の総延長は 1km 以上となることが多い。特に、規模の大きな城郭においては、史跡として管理されている石垣のみでも、その総延長が数 km に達することもあり、その維持管理作業は容易ではない。このような石垣の管理は自治体が行っている場合が多く、文化財の発掘事業などと並行して、石垣の安全性の管理や維持補修などを適宜行う必要があり、こうした作業の効率化が強く望まれている。

本研究は、現在、台帳により管理されることの多い石垣の維持管理を、より効率的に行う上で、大きな課題となるその立体的な形状を容易かつ正確に測定する技術として、デジタル画像解析による方法の適用性を評価すると同時に、GIS による石垣管理について基礎的な検討を行ったものである。

### 2. 石垣の維持補修における管理項目の整理

石垣の維持管理においては、石垣の文化財的な側面と構造物の安定性の面からの管理を行う必要がある。具体的には、対象とする石垣がいつ、誰によって構築されたのか、その構築方法はどのようなものであるかといった歴史的な項目と、石垣の安定性が現在どのようになっているか、特に周辺を訪れる一般市民に対して危険性はないのかといった安全管理の面とがある。これらの項目について、斜面の安定性評価に関する管理項目との対比する形でまとめたものが表-1 である。この表に示すように、安定性に関する項目はほぼ斜面の安定性管理に関わる項目と類似している。このことは、石垣の安定性の管理においては、その高さや勾配または表面の変状の有無などが重要な安定性の評価項目になり得ることを示している。中でも局所的な孕み出しは、背面土圧や水圧が局所的に作用していることを示唆しており、安全管理上その範囲や量を測定することが重要である。このため、これまでも光波測量などで主な断面を測量することでこうした情報を入手していたが、この方法では面的な変位を捉えるためには、多数の測線が必要となり施工性と経済性の面で問題がある。また、石垣表面の情報としては、個々の石材の亀裂や劣化の有無や石材同士の噛み合いの状況（特に縦目地が連続している場所などが弱点となる）などが安定性を評価する上で大きな問題となる。

表-1 石垣の主な管理項目

	文化財的な側面	安定性に関する側面	岩盤斜面管理項目
基本情報	築造年代、築造方法、築造者、歴史的な特徴	高さ、勾配、構築方法、石材材質	比高、勾配、地質
変状に関する情報	崩壊履歴、補修履歴等	断面形状、孕み出し、石材の劣化、縦目地	断面形状、亀裂、変位計測データ
周辺環境情報	城郭、櫓などの構造物	湧水、植生、周辺環境変化	湧水、凍結、植生
管理情報	文化財指定、発掘経緯・計画	周辺の通行量、構造物の有無	崖下通行量、道路の重要性

### 3. デジタル画像解析による測定方法

本研究で検討した方法は、デジタル画像による画像解析による方法である。この作業に使用した機器を、表-2 に、作業の流れを図-1 に示した。この方法では撮影前に基準点を設置する必要があるが、これはス

キーワード：城郭石垣、写真測量、デジタルカメラ、補修計画

\*〒107-8658 東京都港区北青山 2-5-8 TEL03-3405-4052, FAX03-3405-1854

テレオ画像において参照点となるものであり、設置が容易な場合には反射板を貼り付けることで対応が可能である。ただし、高石垣などのように、容易に反射板が設置できない場合は、ノンプリズム式のトータルステーション

によって、特徴的な石材面等を測量することによって代用することも可能である。基準点が設置された後は、デジタルカメラで撮影を行うが、先に設定した基準点が写し込まれていればよく、手持ちによる撮影でも十分である。屋外で行う作業は以上であり、以降の作業は屋内でのデータ処理のみである。

画像解析は左右の画像の対応点を計測する評定と、この点に基づいて画像内の座標を測地座標に変換する絶対評定およびDTMの自動計測からなる。こうした作業で基本的な作業は終了し、必要に応じてオルソフォト画像（図-2）、等高線図（図-3）などの出力を行う。

#### 4. 画像情報を活用した石垣管理方法

これまで説明してきた方法により、対象とする石垣の立体形状の情報を取得することが可能となる。この情報には図-2に示したように、石垣の表面情報も含まれており、単に石垣の変状状況のみならず、個々の石材の色、形状、目地の状況または、構築方法などについても把握することができる。また、基準点自体を公共測量座標系に基づいて設置しておけば、対象石垣の地図上における位置情報も含まれることとなる。同時に、測量結果をもとに石垣の高さや勾配を算出することも可能である。

以上のように、画像情報から石垣の安定性に関する多数の情報が得られることとなり、こうした情報に加えて、文化財的な側面の情報や補修履歴などの管理上の情報を付加し、これらをGISによって一元管理することによって、総合的な石垣管理情報システムの構築が可能であると考えられる。

#### 5. まとめ

石垣の管理は、データ量が膨大であり、そのデータを効率的に入手・作成するためには多大な時間や手間およびコストがかかることから、その効率化が望まれていたことは前述したとおりである。これに対して、本研究では電子化された画像情報を活用する方法について検討を行い、GIS上でこれらの情報を統合管理することにより、効率的な管理システムを構築できることを示した。今後は、実際の石垣管理情報の入手過程を整理すると同時に、実用的な石垣管理システムの構築を行う予定である。

最後に、画像情報の処理に際しては関係者の方々にご協力を頂いた。ここに感謝の意を表します。

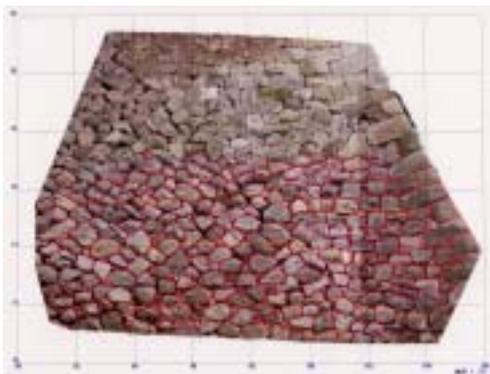


図-2 測定石垣のオルソフォト画像

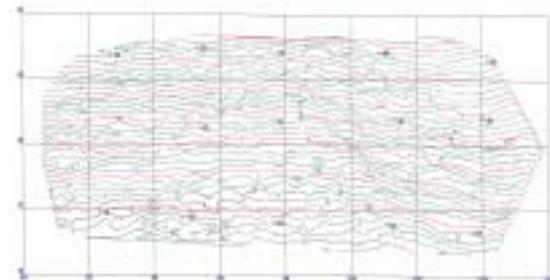


図-3 測定石垣の等高線図  
(図-2の撮影範囲の下半分のみを図化)

表-2 使用機器一覧

	型式	備考
デジタルカメラ	オリンパス E-10	2240×1680 画素
画像解析装置	TOPCON PI-2000	ソフトウェア含む
画像解析ソフト	TOPCON DI-1000	オルソフォト作成など
測量機器（評点 測量用）	トータルステーション	ノンプリズム式

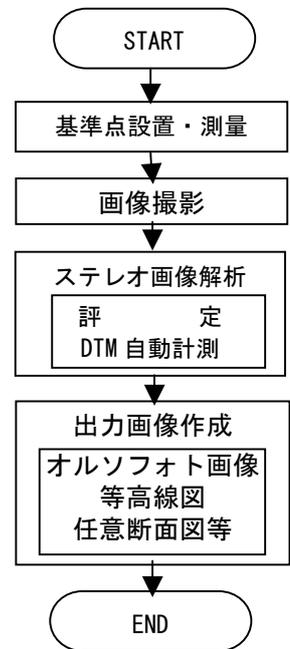


図-1 作業の流れ