

丸亀城の天守および石垣の見え方に関する定量的分析 - 景観的被害を加味した文化財防災の検討に向けて -

Quantitative Analysis on the Visibility of the Castle Tower and Stone Wall of Marugame Castle
: Basic Study for Disaster Prevention of Cultural Property in Consideration of Landscape Damage

藤井健史¹・藤居芙美佳²

Takeshi Fujii and Fumika Fujii

¹ 立命館大学助教 理工学部建築都市デザイン学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

Assistant Professor, Ritsumeikan University, Dept. of Architecture and Urban Design

² 株式会社藤田建装 (〒111-0035 東京都台東区西浅草 1-7-4)

FUJITAKENSO

Loss of cultural property also means loss of historical and cultural landscape. When considering cultural property disaster prevention, it is necessary to take into account the landscape effect. This research is a basic research to examine measures against disasters and maintenance management taking into consideration landscape damage caused by the loss of cultural property. We will develop a method to quantitatively analyze the visibility of the castle from the surrounding streets, targeting Marugame Castle where the stone wall was damaged by heavy rain and a typhoon. Then, this method is applied to the surrounding cities of Marugame Castle before the disaster to analyze the characteristics of the castle landscape in detail.

Keywords: *Visibility analysis, Historical landscape, Castle town, Landmark*

1. はじめに

(1) 背景と目的

日本の都市形成において重要な役割を果たしてきたものに城がある。城を中心に形成された城下町を起源とする都市は、現在も日本に多く残されている。城を有する都市においては、建物の中から城が見え隠れし、城は景観を印象づける重要なランドマークとなっている。このような城下町特有の景観特性は歴史文化的な価値の一つであり、観光への活用や地域アイデンティティの形成へとつなげることが、まちづくりの重要な課題とされている。

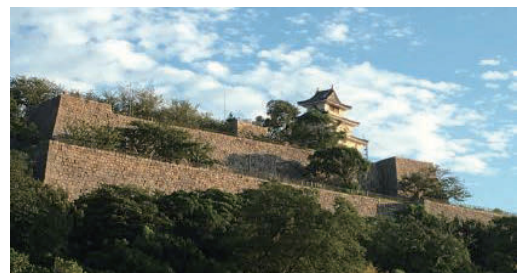


図1 丸亀城

日本国内に城は多く存在するが、築城当時の天守を現在に残すものは12城と少ない。このうちの1つとして挙げられる香川県丸亀市の丸亀城は、総高日本一の石垣を有する「石垣の名城」としても知られており、その石垣の上に小ぶりの天守が鎮座する姿は独特の景観を生み出している。しかし、平成30年の西日本豪雨や台風の影響により、7月から10月にかけて丸亀城南西部の石垣が大規模に崩落する被害を受け、現在は復旧に向けての取り組みが急がれている。

こういった文化財の防災や復旧に関する研究として、文化財自体の構造的な検討や復旧手法についての議論は多くなされている。しかし、丸亀城の石垣の崩落は単に石垣それ自体の損失だけでなく、丸亀城特有の

歴史的景観の損失を意味する。文化財防災を考える上では、文化財の損失に伴う景観的な被害も加味して災害への対策や維持管理を講じていく必要がある。

そういった試みの第一歩として、本研究では周辺街路から丸亀城への眺望を定量的に把握する手法の開発を行い、これを石垣崩落前の時点における丸亀城周辺都市に適用する。これにより、周辺街路における被災前の丸亀城の天守と石垣それぞれの可視量の分布、天守と石垣の見え方のバランスの分布、重要視点場の分布を明らかにすることが本研究の目的である。得られた知見は、今回の石垣崩落による景観的損失の定量的な把握や周辺都市への景観的影響を加味した石垣維持管理計画の検討の基礎的な資料になると考えられる。

(2) 研究の位置づけ

城の可視性の評価に関連する研究として、磯田ら¹⁾は熊本城の可視・不可視領域を立体的に算出し、周辺都市の建築がランドマークの眺望に与える影響を評価している。また、小林ら²⁾は姫路城や松本城などを対象に、視対象から観測地点までの視距離がその眺望に与える影響について検討している。いずれも、城の代表点あるいは一部分が見えれば一律に可視と判定する方法が取られている。丸亀城への眺望による景観の印象は、天守や石垣が可視か不可視かだけでなく、どの程度見えているのか、あるいはどのように見えているのかが関わっている可能性がある。この観点から、本研究は天守や石垣の可視性を量的に捉え、また天守と石垣の見え方のバランスについても定量化している。

次に、丸亀城の天守・石垣・城内緑地の景観的な関係性に着目した研究として、大藪ら³⁾は景観シミュレーション画像の提示によって、城内緑地の増減が城景観の印象に与える影響を明らかにしている。天守と石垣の見え方に着眼する点は本研究と共通するが、特定の視点場・地点からの印象評価に終始している。対して、本研究は周辺の広範な街路上からの丸亀城の見え方の幾何学的な定量化を目的としている。

以上の既往研究の成果を踏まえ、本研究は①丸亀城を対象として天守と石垣の可視量を幾何学的に計算する点、②石垣と天守の見え方のバランスについても定量化する点、③限られた視点場のみからではなく、周辺都市の街路からの丸亀城の見え方を網羅的に把握する点において、特徴的であると考えられる。

2. 研究対象と方法

(1) 研究対象

研究対象は香川県丸亀市の丸亀城とその周辺街路を含めたおよそ2 km × 2.5 kmの範囲とする(図2)。丸亀城は市のランドマークであり、重要な景観形成要素となっている。今回の研究対象地域については、事前

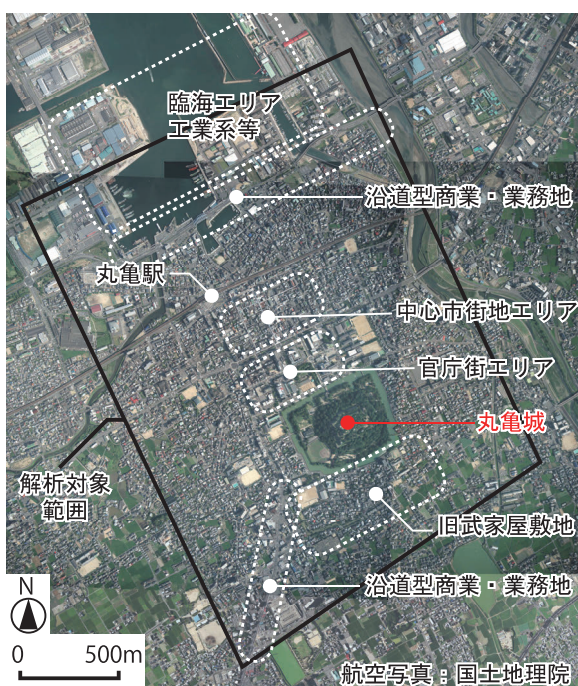


図2 研究対象地域

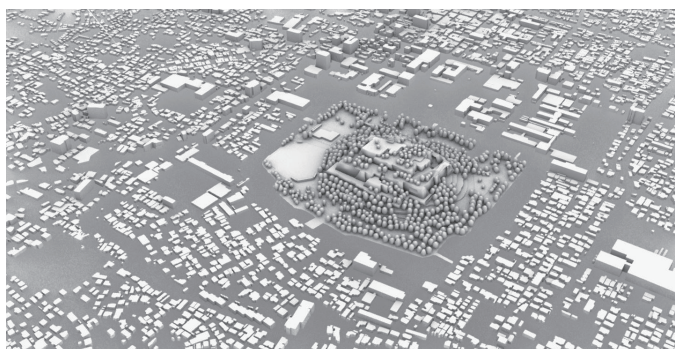


図3 丸亀城と周辺街区の3次元モデル

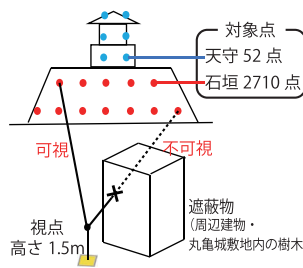


図4 計算条件

表1 見え方分析指標

天守可視量 V_c	可視であった天守の対象点の数
基準天守可視量 SV_c	天守立面1面分が全て見えた場合の可視点の数 ※ 52/4=13点
天守可視率 α_c	V_c/SV_c
石垣可視量 V_s	可視であった石垣の対象点の数
基準石垣可視量 SV_s	石垣立面1面分が全て見えた場合の可視点の数 ※ 2710/4=678点
石垣可視率 α_s	V_s/SV_s
天守石垣可視比率 α	$V_c/(V_c + V_s)$ ※ $V_c=0$ かつ $V_s=0$ の地点は除く

に行った現地調査を踏まえ、駅、官庁街エリア、中心市街地エリア、臨海エリア、旧武家屋敷地の町割りが残るエリアなど特徴的な範囲を含んで選定した。

(2) 研究方法

a) 3次元モデルの作成

本研究ではまず3次元CADソフト・3dsmaxを用いて、Zmap-TOWN II（2016年度）、讃岐丸亀城研究調査報告書⁴⁾、丸亀城跡平面図⁵⁾、現地調査で得られた情報をもとに丸亀城及び周辺街区の3次元モデルを作成する（図3）。また、丸亀城敷地内の樹木は石垣の視認性へ大きく影響するため、航空写真と現地実測に基づく大まかな樹冠形状を多面体で単純化して作成している。なお、対象地域には微地形は存在するものの基本的には平坦な地域であるため、地面はフラットなモデルとしている。

b) 計算方法

作成した3次元モデルの天守・石垣の立面上にそれぞれに3mピッチで対象点を設定する。天守に合計52点、石垣に合計2710点を設定した。次に、対象地域に5mメッシュを配置し、中心点が街路にあたるメッシュを街路メッシュとして設定する。街路メッシュの高さ1.5mの位置を各視点とし、視点と天守及び石垣に設定した対象点を走査線で結び、遮蔽物を周辺建物および丸亀城内樹木とした交差判定によって可視・不可視を判定する（図4）。各視点で可視となった対象点の総数が可視量である。計算に使うプログラムは、汎用プログラミング言語Pythonを用いて開発した。天守と石垣別の可視性や天守と石垣の見え方のバランスを分析するため、天守・石垣を別々に計算する。以上の計算を全ての街路メッシュ（32,189メッシュ）で行う。

視対象の可視性を定量化する方法としては、本研究で採用する可視点数の数え上げ手法のほかに、立体角によって見えの大きさを算出する手法も考えられる。後者は視点から対象点までの視距離を加味する手法である。城というランドマークの可視性を評価するにあたって、視距離を加味するか否かは議論が分かれるところであろう。しかし、たとえ遠方からでも城の全体像が見えていれば、観測者には城景観として映る場合もある。反対に、近傍から城のごく一部分が大きく見えていたとして、これが城景観と認識されるかは疑問が残る。そこで、本研究では天守・石垣の見えの大小よりも、どれだけの範囲の天守・石垣が見えているのかを計測することを重要視する立場を取り、上記のような可視点数の数え上げ手法を採用する。

c) 丸亀城の見え方分析の計算指標の提案と分布図の作成

天守可視率 α_c と石垣可視率 α_s の分布図（図5・6）と分析指標（表1）を示す。 α_c と α_s は、天守及び石垣の立面1面分が全て見えた場合のおおよその可視点数（天守13点、石垣678点）を基準可視量とし、天守及び石垣の可視量 V_c 、 V_s を各基準可視量で除した値で、ともに0以上2以下の値を取る。 $\alpha_c=1.0$ なら立面1面分に相当する範囲の天守が見えており、 $\alpha_c=2.0$ なら立面2面分がすべて見えている状態といえる。また、天守と石垣の見え方のバランスを分析するため、天守石垣可視比率 α_x を計算し、分布図を作成した（図7）。 α_x は天守と石垣の総可視量に対する天守可視量 V_c の比である。 $0 \leq \alpha_x \leq 1$ となり、 α_x が高いほど石垣と比較して天守の可視量の割合が高く、低いほど石垣の可視量の割合が高いことを示す。

3. 丸亀城の見え方に関する分析と考察

(1) 見え方分布図の分析と考察

α_c と α_s の街路全体における平均値は、それぞれ0.43、0.09であった。天守・石垣ともに可視率が特に高い地点がまとまって分布しているエリアとしては、官庁街のエリア（図5,6,8-A）、臨海エリア（図5,6,8-B）が挙げられる。官庁街エリアは丸亀城のすぐ北側に位置し、市民ひろばなどの空地も存在するため視線の通りがよく、 $1.8 < \alpha_c \leq 2.0$ 、 $0.3 < \alpha_s \leq 0.5$ 程度と値が高い。このエリアは過去の城下町の町割りと大きく変わっている部分であり、丸亀城の眺望を考えて都市計画が行われた可能性も考えられる。臨海エリアも $\alpha_c \cdot \alpha_s$ ともに非常に高く、 $1.9 < \alpha_c \leq 2.0$ 、 $0.3 < \alpha_s \leq 0.6$ 程度であった。周囲に高い建物が少なく開けた場所であることが要因と考えられる。また、これらのエリアの天守石垣可視比率 α_x はともに $0.06 \leq \alpha_x \leq 0.1$ 程度であり、図7からも α_x の分布の類似が見て取れる。臨海エリアは丸亀城から遠いため見かけ上の大きさは小さいものの、天守・石垣の見え方としては官庁街エリアと類似していると言える。

一方で、前述の2つのエリアの間に位置する中心市街地エリア（図5,6-C）からは天守・石垣はほとんど見えないことが分かった。商店街などが多く、幅員の小さい街路に建物が密集しているためである。丸亀駅

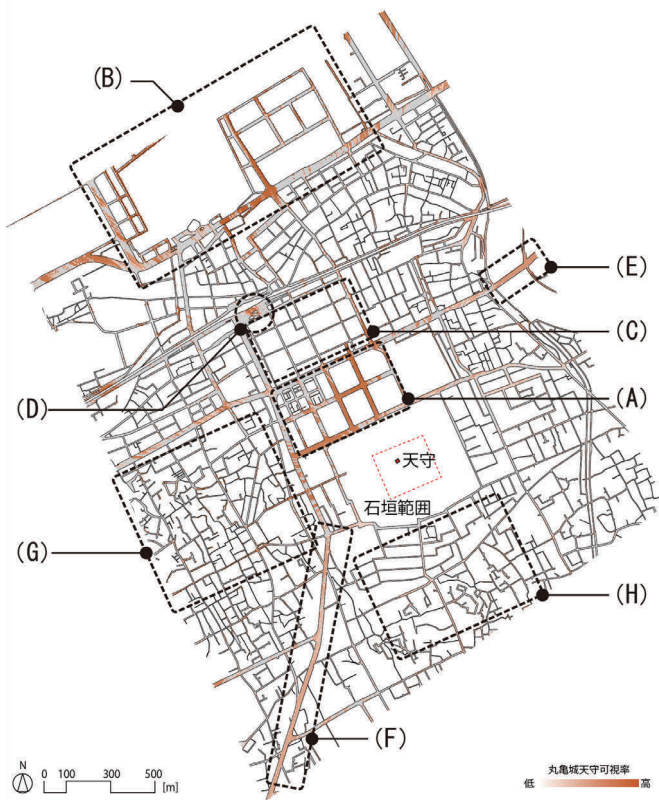


図5 天守可視率 α_c の分布図

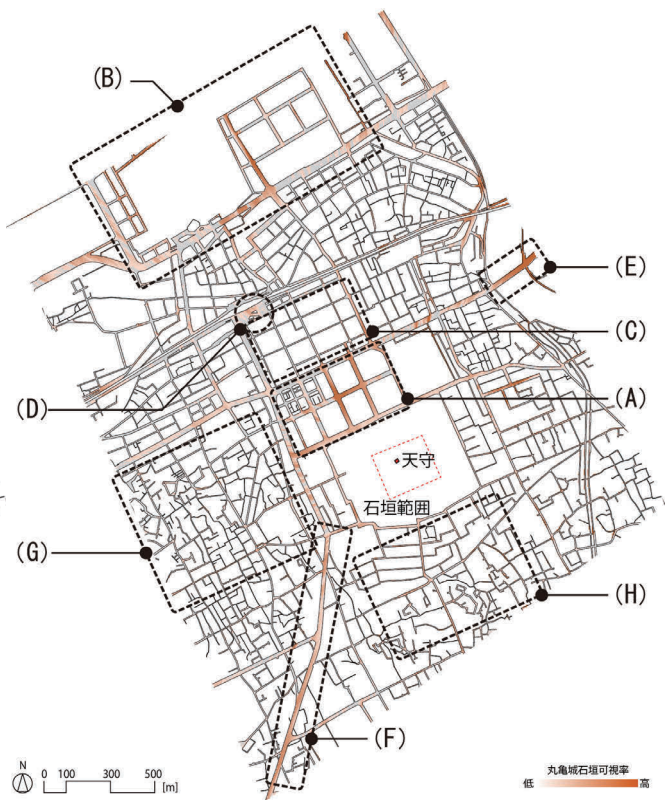


図6 石垣可視率 α_s の分布図



図7 天守石垣可視比率 α_x の分布図



図8 各エリアのストリートビュー

の周辺では、南側ロータリーに局所的に α_c の高い地点が存在することが分かった（図5,6,8-D）。

他には、土器川に架かる県道33号線の道路橋上（図5,6,8-E）で $\alpha_c = 1.0$ 程度、 $0.4 < \alpha_s \leq 0.6$ と比較的高い。天守は、丸亀城内の樹木によって隠れている部分もあるが、立面1面分程度は見えている。また石垣は、3段にわたって綺麗に見えている。臨海エリアと同様に視界が開けていることが要因と考えられる。県道33号高松善通寺線沿い（図5,6,8-F）ではロードサイドの建物越しに天守を望める地点があり、断続的に $0.7 < \alpha_c \leq 1.0$ 程度の値が分布している。

丸亀城西側の住宅地のエリアでは α_c の非常に高い地点が点在して分布しているのが特徴的である（図5,6,8-G）。街路形態が複雑かつ駐車場等の空地も多いため、場所によって住宅などの建物の隙間から丸亀城への眺望が急に開け、天守が高い可視量で見えている。

一方で、丸亀上南側の旧武家屋敷地を含む住宅地エリアでは α_c はそれほど高い値は分布していないが、 α_s は $0.3 < \alpha_s \leq 0.5$ 程度の地点も多く分布しており、石垣は比較的良好に見えていることがわかる（図5,6,8-H）。丸亀城天守が北寄りに建っており南側からは樹木に隠れるため、 α_c は小さくなったと考えられる。このエリアは過去の町割りから変わっていないことから、築城当時から天守の可視性が低かったと考えられる。このことは図7において α_x の低い値の地点がこのエリアのほとんどを占めていることにも表れている。このエリアに限らず丸亀城の南側および東側は総じて α_x が低い。天守より石垣の方がよく見える状態であることがわかる。一方、丸亀城の北側や西側では α_x の上下が激しい街路も散見される。これらの街路では天守と石垣の見え方のバランスが目まぐるしく変化していると考えられる。

(2) 天守および石垣の可視率ヒストグラムの分析

横軸を α_c および α_s の階級、縦軸を街路全体に対する面積率としたヒストグラムと、階級に応じた分布図を作成し、詳細に天守および石垣の可視率の分布様態を分析する。

図9に天守可視率 α_c のヒストグラムを示す。 $\alpha_c > 0$ の街路面積率は39.9%であった。また、 $\alpha_c > 0$

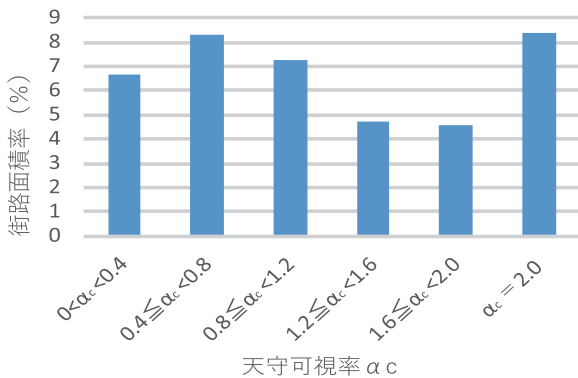


図9 α_c のヒストグラム

図9・10注：グラフの見やすさのため、値が0の地点は除いたヒストグラムとした。

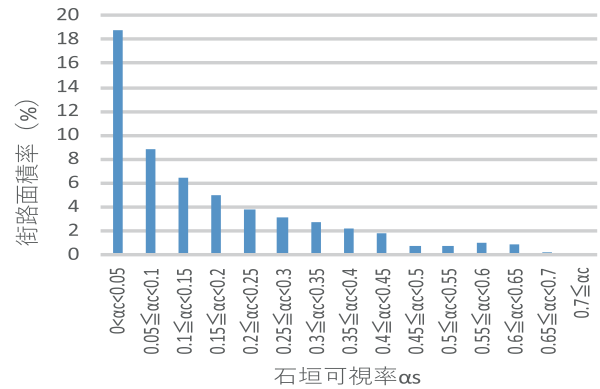


図10 α_s のヒストグラム



図11 $0 < \alpha_c < 0.4$ の分布



図12 $0.8 \leq \alpha_c < 1.2$ の分布



図13 $\alpha_c = 2.0$ の分布



図 14 $0.1 \leq \alpha_s < 0.2$ の分布



図 15 $0.2 \leq \alpha_s < 0.4$ の分布



図 16 $0.4 \leq \alpha_s < 0.6$ の分布

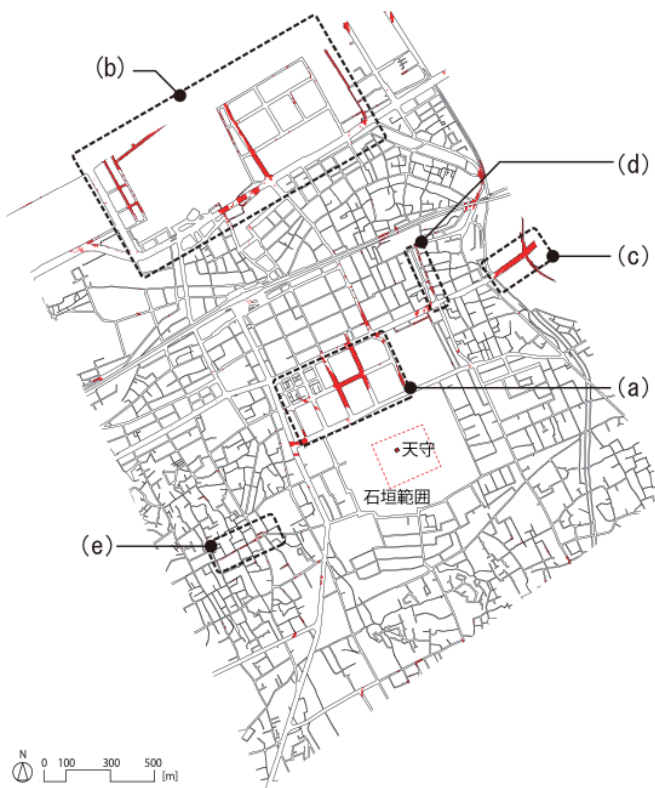


図 17 $\alpha_x \leq 0.1$ かつ $\alpha_c \geq 1.0$ の重要視点場の分布

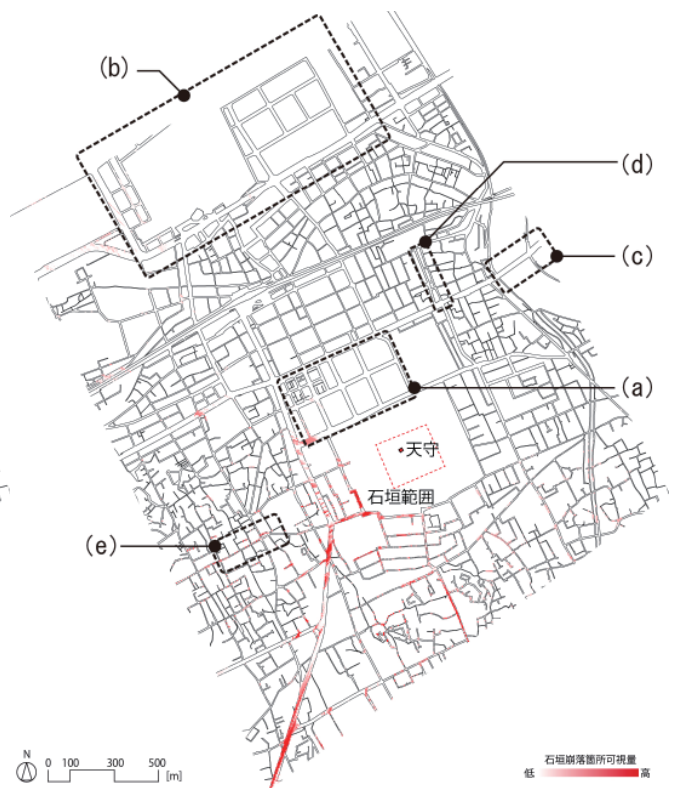


図 21 石垣崩落箇所可視量の分布図



(d) 一番町付近



(e) 県道 205 号線沿い

図 18 重要視点場のストリートビュー



図 19 事故当時の石垣の崩落状況 (出典: 丸亀城 HP)

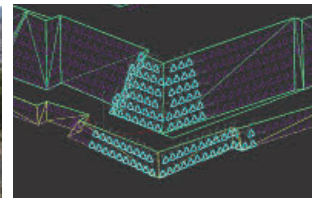


図 20 崩落該当箇所の石垣対象点

の地点に限定した場合の α_c の平均値は 1.08 であった。対象地域の 4 割の街路から平均して天守立面 1 面に相当する天守を視認できることが分かった。丸亀の市街地から一定以上の丸亀城への眺望が確保されていると考察できる。階級による街路面積率に大きな差はなく、各階級の α_c を有する地点が対象地域内にそれぞれ一定数以上存在していることがわかる。 $\alpha_c \geq 1.0$ 、即ち天守の立面 1 面程度以上の可視率を有する地点は街路の約 20% を占める。さらに、天守の 2 面全体が見えている地点も街路の 9% 程度あることが分かつ

た。階級別に分布図を見ると、 α_c の値に応じて分布に偏りがあることを確認できる。 α_c が低い地点は天守の東・南側に（図11）、 α_c が中程度の地点は天守の南西側・北東側に（図12）、 α_c が高い地点は天守の北から北西側にかけて密集している（図13）。丸亀城から遠く離れている場所でも α_c が高い地点は多く存在している。これは、標高約66mの亀山を利用して築城された丸亀城の天守が現代の周辺都市の建物高さよりもかなり高い位置に存在するためである。視点から視対象までの距離が大きくなれば、その間に遮蔽物が存在する確率が高くなり、一般には視対象の可視量は減少する傾向にあることを考えると、遠方にも天守を視認できる地点が多く分布することは丸亀城の1つの特徴であると考えられる。

図10に石垣可視率 α_s のヒストグラムを示す。 $\alpha_s > 0$ の街路面積率は56.6%であり、対象地域のうちおよそ6割弱の街路から石垣が見えていることが分かった。天守と比べて、各可視率の分布の偏りは少なく、対象地域全体に各可視率の地点が散らばって分布している（図14-16）。 $\alpha_s > 0$ の地点に限定した場合の α_s の平均値は0.16であった。 $\alpha_s = 0.16$ は立面積に換算すると約1,000 m²である。天守北側立面が約130 m²であることを考えると、丸亀市街地においては石垣もある程度の可視性が確保されていると言える。

(3) 重要視点場の抽出と石垣崩落による影響

前節までに丸亀城の天守および石垣の可視率の分布と天守・石垣の見え方のバランスの分布を明らかにした。これらの結果を重ね合わせれば、天守・石垣の可視率とその見え方のバランスを複合的に勘案し、任意の条件の視点場を抽出することができる。本節では例として、官庁街エリアの天守と石垣の見え方を参考に重要と思しき視点場の抽出を試みる。官庁街エリアは丸亀市景観計画の景観エリアの設定において、丸亀城を核とした歴史的景観を形成するエリアとして位置づけられている。官庁街エリアからの丸亀城への眺望は景観行政の上で重要視されており、丸亀城の代表的な見え方の1つであると考えられる。そこで、ここでは官庁街エリアの天守と石垣の見え方($0.06 \leq \alpha_x \leq 0.1$ 程度、図8-A)を参考に、対象地域内において $\alpha_x \leq 0.1$ かつ $\alpha_c \geq 1.0$ の視点場を重要視点場と定義し抽出した（図17）。官庁街エリア（図17-a, 図8-A）、臨海エリア（図17-b, 図8-B）、県道33号土器川道路橋（図17-c, 図8-E）に該当する視点場が広く分布する。また、丸亀市一番町（図17-d, 図18-d）や西側住宅地の県道205号線沿い（図17-e, 図18-e）などにも小さいながらもまとまりを持って視点場が存在するほか、条件に該当する視点が局所的に散見されることがわかった。こういった小規模な視点場の検出は街路網全体での分析を試みた成果であると言える。

次に、丸亀市発表の情報をもとに石垣崩落箇所該当する石垣の対象点を110点設定し（図19, 20）、周辺街路における崩落箇所の可視量の分布、即ち今回の石垣崩落による景観的被害の分布を把握した（図21）。石垣崩落の景観的な影響範囲は93,475 m²であり、これは対象地域の街路の11.4%に相当する。重要視点場の分布（図17）と比較すると、今回の石垣崩落箇所が丸亀城の南西の隅部であったため、県道205号線沿い（図17-e, 図18-e）の重要視点場は比較的大きな景観的被害を受けていることがわかる。一方で、本研究で採用した条件によって抽出した重要視点場は丸亀城の北側から東側にかけて集中しており、これらの視点場については今回の石垣崩落による直接的な景観的被害は小さかったと言える。ただし、仮に北側の石垣で崩落が起こっていれば、甚大な景観的被害を引き起こしていた可能性が高い。まずは今回の崩落箇所の復旧が喫緊の課題ではあるが、さらに長期的な視点に立って丸亀城の石垣を維持していくにあたっては、周辺都市における重要視点場の分布等も判断材料として補修の優先度を検討する等、総合的な維持管理計画の策定が求められる。

4. おわりに

本研究では、香川県の丸亀城を対象に周辺街路からの丸亀城の眺望を定量的に把握する手法の開発を行い、丸亀城の周辺都市に適用した。対象とした丸亀城下の街路における城景観の特性について、主に以下の知見を得た。

- ① 天守と石垣の可視率の分布を把握した。特徴的なエリアについては具体的な可視率を明示しつつ、要因について考察を加えた。
- ② 石垣と天守の見え方のバランスの分布を把握した。官庁街エリアと臨海エリアの天守・石垣の見え方が類似している。また、丸亀城の南側および東側は総じて天守より石垣の方が良く見える状態であり、丸亀城の北側および西側では天守と石垣の見え方のバランスが目まぐるしく変化する街路が散見される。

- ③ 対象街路の約4割の街路から、平均して立面1面分に相当する天守が視認できる。天守立面1面程度以上の可視率を有する地点は対象街路の20%を占め、天守2面全体が見える地点も約9%存在する。
- ④ 対象街路の6割弱の地点で石垣は視認できる。石垣が視認できる地点における平均の可視量は立面積換算で約1,000 m²であった。
- ⑤ 景観行政上重要視されている官庁街エリアから丸亀城への眺望を参考に、 $\alpha_x \leq 0.1$ かつ $\alpha_c \geq 1.0$ の地点を重要視点場と定義して視点場を抽出し分布を明示した。

本研究の成果は、文化財の損失に伴う景観的な被害も加味した文化財の災害対策や維持管理の検討に向けての城景観評価手法の開発と丸亀城への眺望データベースの構築と位置付けることができる。本報では石垣崩落の景観的被害については基礎的な分析を示すにとどまったが、今後さらに詳細な分析を行う必要がある。加えて、その他の箇所での崩落を仮定した景観被害シミュレーションへの展開を通じて、文化財自体の保護だけでなく、それが形成する歴史文化的景観までを一体的に捉えた文化財防災のあり方について考究していきたい。

謝辞：本研究は立命館大学歴史都市防災研究所の「研究拠点形成支援プログラム」の支援を受けて行った。また、東京大学空間情報科学研究センターとの共同研究として実施し、Zmap-TOWN II (2016年度Shape版)香川県データセットの提供を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 磯田節子・両角光男・位寄和久：ランドマークの可視・不可視に着目した大規模建築物の影響評価モデルの検討－景観形成計画のためのシステム解析手法に関する研究－，日本建築学会計画系論文集，第59巻，第456号，pp.163-169, 1994.
- 2) 小林隆史・大澤義明：都市中心地区ランドマークの可視性に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第69巻，第583号，pp.91-98, 2004
- 3) 大藪崇司・増田拓郎：丸亀城改修に伴う予測景観とその評価に関する研究，ランドスケープ研究：日本造園学会誌，第63巻，第5号，pp.551-554, 2000.3
- 4) 丸亀市教育委員会：讃岐丸亀城研究調査報告書，1988
- 5) 丸亀城跡平面図（丸亀市教育委員会総務課文化財保護室提供）
- 6) 丸亀城郭及び城下町古地図，1971（丸亀市立資料館所蔵）