

# 古代城柵・岩手県盛岡市志波城の ドローン写真測量と3次元モデル作成の予備実験\*

堀江 潔\*\*, 岡本 渉\*\*\*, 大浦 龍二\*\*, 眞部 広紀\*\*

**Preliminary Experiment for Drone Photogrammetry and 3D Modeling  
of the *Josaku* fortification “Shiwa Castle”, Morioka City, Iwate, Japan**

Kiyoshi HORIE\*\*, Wataru OKAMOTO\*\*\*, Ryuji OHURA\*\*, Hiroki MANABE\*\*

## 1. はじめに

本報告で取り上げる志波城(岩手県盛岡市)をはじめ多賀城(宮城県多賀城市), 胆沢城(岩手県奥州市), 秋田城(秋田県秋田市)等, 東北地方各地の古代城柵は, 7世紀から9世紀にかけて, 蝦夷支配の拠点として律令国家により築かれた。文献史料に「城」と表記され, 蝦夷の攻撃に備えた軍事施設としての性格がある一方で, 約40年の発掘調査により一つの地方官衙であるとする見方が定着している<sup>1)</sup>。

城柵が政治拠点であることは確かであるが, 国ごとに設置された国府や九州一円を管轄する大宰府, 全国統治のための都城である藤原京や平城京, 平安京とは明らかに異なる点が存する。ギリシア・ローマの都市国家や古代中国の古代都市等が異民族の侵入を防ぐための高い城壁に圍繞されているのに対し, 国府, 大宰府や平城京等は四方を城壁に取り囲まれていない。これに対し, 城柵は四方に築地塀や木柵等の防禦施設を設置している。このことから分かるとおり, 城柵は国府や大宰府, 平城京等の都城よりも防禦機能を高めた政治拠点で, このことは明らかに蝦夷の攻撃に備えていたことを示す。実際, 奈良時代の蝦夷支配拠点・多賀城(宮城県多賀城市)は, 780年に起きた伊治公若麻呂の反乱により焼失している。

このように東北地方の城柵は, 防禦機能を備えた施設であり, 本研究グループが進めている日本列島各地に通時的に広がる防禦機能を持つ大規模遺跡の比較研究の中で, 重要な研究対象の一つとなる。本研究グループが主たる研究対象とする西日本の古代山城



図1 志波城(中央少し上が政庁跡)  
(ドローン空中撮影)

と, 東北地方の古代城柵との比較研究は, まだ十分に進んでいない<sup>2)</sup>。本研究グループが採っている方法は, ①山城等のドローン空中撮影を実施, ②SfM/MVS処理を行い3次元モデルを作成, ③山城等の3次元構造の相互比較と防禦機能のシミュレーション, という文理融合型の研究手法である。今後, 考古学等様々な研究分野と連携・融合しながら, 山城や城柵等の研究進展に寄与できるものである。加えて将来的には, 諸方面の研究者や一般市民が利用可能な3次元モデルのアーカイブ化を計画している<sup>3)</sup>。

2019年10月, 上記の研究目的に基づき, 岩手県盛岡市に所在する, 最も規模の大きい古代城柵である志波城のドローン空中撮影を実施した(図1。ドローン操縦・空中撮影:岡本が担当)。本報告は, 『佐世保工業高等専門学校研究報告』第56号(本号)掲載の他の事例報告<sup>4)</sup>と同じく, SfM/MVSソフトウェアを用いた3次元モデルの実験的作成につき, 簡易的に報告を行うものである。

\* 原稿受付 令和2年1月20日

\*\* 佐世保工業高等専門学校 一般科目

\*\*\* 名古屋大学 全学技術センター



図2 発掘が始まった当初の志波城跡一帯  
[1976年9月30日, 国土地理院撮影の  
空中写真 (CT0766-C8-27) ] (国土地理院)

## 2. 志波城の概略

志波城の造営開始は 803 年、命じたのは蝦夷征討に力を入れていた桓武天皇、造営長官は坂上田村麻呂である<sup>5)</sup>。前年の胆沢城(岩手県奥州市)造営の直後であるが、降伏した蝦夷の族長・阿弭流為が 802 年に斬られた後、胆沢以北のいくつかの勢力が次々と服従したことで、一気に蝦夷支配の拠点を北上させたのであろう<sup>6)</sup>。

造営された場所は、岩手県盛岡市の中心部から 5 km ほど西、北上川に合流する手前の雫石川右岸に形成さ



図3 平坦な城内, 竪穴住居跡



図4 外郭築地大垣  
(中央に櫓, その右に外郭南門が見える)



図5 櫓



図6 外大濠と外郭南門

れた低位段丘上にあり, 周囲とほとんど高さが変わらない平地である(図 1~3)。この地に残る小字名「方八丁」は江戸時代の絵図にも記されており<sup>7)</sup>, その四角い形の区画は, 発掘が開始された 1976 年当時(この当時は「太田方八丁遺跡」と呼称されていた)にはよく残されていた(図 2)。

先述したとおり, 国府や大宰府, 平城京等の都城との違いは, 外郭を取り囲む一辺 840m の築地大垣の存在である(図 4)。北辺は雫石川に浸食されており, 東辺・西辺は道路下にあるため未確認で, 南辺のみが発掘調査で確認されている<sup>8)</sup>。その築地大垣には, 約 60m ごとに櫓が設けられ(図 4・5), 蝦夷来襲の見張りや, 来襲時の弓矢での狙撃等ができる。

この外側に, 他の城柵では発見されていない一辺 928m の外大濠が取り囲んでいる(図 6)。北辺以外の三辺で確認されており, 東辺では濠の両側に土塁と思われる土盛りがある。

城内に目を転じると, 外郭南門を入ってすぐ, 築地大垣沿いの幅 108m の範囲に竪穴住居群があり(図 3), 鎮兵の住居跡と考えられている。

以上、築地大垣と櫓、その周囲の外大濠、土塁状の土盛り、鎮兵のための城内の堅穴住居群が、志波城の防禦に關係する施設である。その他、重要な遺構として政庁等があるが、本報告の主題からそれるので割愛する。

最大の城柵・志波城の弱点は、北辺の北方 2 kmにある雫石川の氾濫被害にしばしば見舞われることである。811 年末には水害を理由に南東約 10 kmにある徳丹城(岩手県矢巾町)への移転が決まり、志波城の歴史は終焉を迎える。

1984 年に国指定史跡に指定され、現在は「志波城古代公園」として整備が進められている。

### 3. ドローン空中撮影

眞部・岡本の協力のもと、ドローン空中撮影の計画を立案した。ドローン空中撮影に最適な気候条件としては、草木の勢いが落ちた時期、かつ積雪がなく降雨が少ない時期、の 2 点が重要となる。気象庁ホームページ (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>) を用いて志波城が所在する盛岡の気象データの平年値を調べたところ(図 7)、6~9 月は雪が降った日が全くなく、また 5 月は 0.1 日、10 月は 0.3 日と極めて積雪の可能性が低いことが分かった。さらに 10 月の降水量が 9 月の 58%程度であることを考慮すると、ドローン空中撮影が確実に実施できる可能性が高いのは 10 月と判断した。

結果として今回も天候に恵まれ、撮影当日は曇天で、

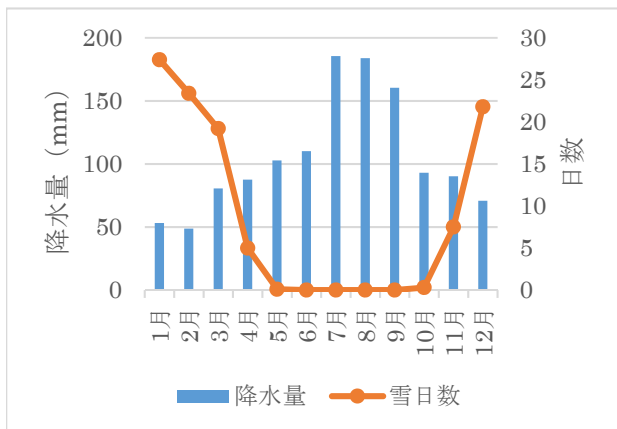


図7 盛岡の降水量と雪日数の平年値  
(気象庁ホームページの一覧をもとに加工して作成。)



図8 HPよりドローン発進  
(Phantom4ProPlusV2.0)



図9 東北自動車道と鉄塔、送電線  
(ドローン空中撮影)

写真測量画像の撮影には最適の天候となった。使用したドローンは、DJI 社の Phantom4ProPlusV2.0 である。

旅程の都合により 15 時少し前に志波城古代公園に到着したこともあって、観光客が極度に少なかったため、外郭南門を入れてすぐ横に HP(ホームポイント。ドローンの離発着点)を定めた(図 8)。最初に、撮影の妨げとなる周辺の高い建造物や風の強さを調べるため、偵察飛行を行った。大きな問題点は、城域の南西隅近くに鉄塔が建っており、北西から南東にかけて送電線が横切っていることであった(図 9)。これは電波障害を起こしてドローンが操縦不能となり、墜落事故を起こす可能性があるため、自動飛行モードを設定する前に、念入りに周囲の上空を調査した。

その後、2 種の自動飛行モードを用いて写真測量画像の撮影を実施した。まず計測撮影・領域モード(撮影範囲を決め、一定の間隔を空けた直線的に飛行するルートを決め、真上から写真測量画像を撮影する。以下「領域モード」と表記する)で広大な全域を撮影した。

その時点で日が暮れかかってきたため、外郭南門の周辺の狭い範囲を、計測撮影・建物モード(撮影対象の周囲を円を描きながら飛行し、斜め上の角度から写真測量画像を撮影する。以下「建物モード」と表記する)で撮影を行った。

#### 4. 画像処理

SfM/MVS ソフトウェアは、ロシア Agisoft 社の Metashape Professional を使用した。以下の 3 次元モデルは、これまでと同様に、山船晃太郎氏(テキサス農工大学)に教わった内容を基本とし、岡本・大浦・眞部の協力のもとで堀江が作成した。

#### 5. 3次元モデルの評価

Agisoft 社の Metashape Professional を使用し、次の 2 通りの方法で 3 次元モデルを作成した(図 10～13)。

方法① 領域モードで撮影した写真測量画像 473 枚

方法② 外郭南門の周辺部のみ建物モードで撮影した写真測量画像 168 枚と、①を合わせた写真測量画像枚 計 641 枚

本報告で撮影対象とした志波城は、他の報告で紹介した山城やグスク、チャシ等と異なり、明らかに平らな地形上に建造され

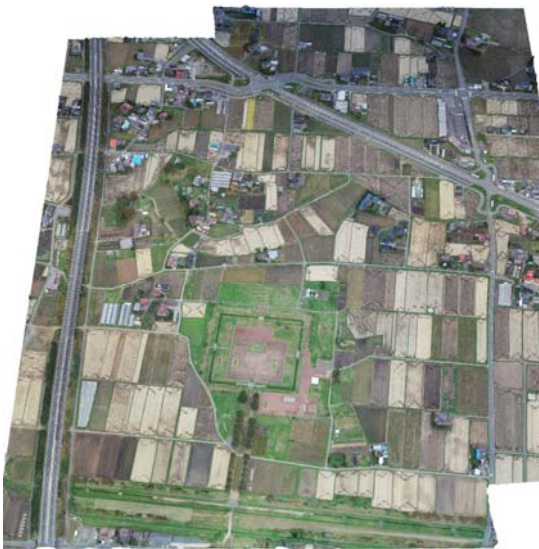


図10 3次元モデル1(領域モード)



図11 3次元モデル2(領域モード)



図12 3次元モデル3(領域モード+一部建物モード)



図13 3次元モデル4(領域モード+一部建物モード)

ている。3次元モデルも、それぞれ1枚の板のように見え、防禦機能が低いことは明白である。領域モードのみの写真測量画像を使った3次元モデル(図9・10)も、これに外郭南門部分のみ建物モードで撮影した写真測量画像を加えて作った3次元モデルも、平らな場所については出来栄にそれほど差はない。

ただ、外郭南門周辺の築地大垣や櫓、外郭南門に至るまで、領域モードだけではうまくモデル化できず、ぼやけてしまった(図11の紅色の○印)。写真測量画像の枚数が多いので当然ではあるが、外郭南門周辺だけを建物モードで撮影し3次元モデル化に利用した図13のモデルの方が、まだ精密度が高い。しかしこ

れでもまだ、築地大垣や櫓、外郭南門の3次元モデルはぼやけかかっており、精度の面で不満の残る仕上がりである。この原因は、明らかに写真測量画像の枚数不足である。

また、外郭南門周辺のみ建物モードで撮影し3次元モデル化に利用した図12・13は、外郭南門周辺のみ、他の地域よりも黒く、暗くなってしまった(紅色の○印)。これは、この建物モードでの撮影が日没近くにさしかかってしまい、写真測量画像自体が暗くなっているためである。

今回は旅程の都合で、志波城の現地に到着してから日没まで2時間余の時間しかなく、写真測量画像を数多く撮影するだけの時間的余裕がなかった。しかし、城柵の特徴である、平らな地形上の防禦施設の3次元モデルをつくることができ、他の山城等との防禦機能の比較研究が可能となった点は、大きな成果と言える。

## 6. 今後の課題

本報告では、蝦夷支配の拠点として造営された古代城柵・志波城の3次元モデル作成のための予備実験を実施した。平らな地形に築かれているため、城域の多くは真上から撮影する領域モードで問題なく精度の高い3次元モデルが作成できた。しかし、本研究グループにとって最も重要である防禦機能を持つ施設である外郭築地大垣、櫓、外郭南門(それぞれ復元建造物)については、城柵全域の3次元モデルの中では精度が低かった。城域全体をこれ以上精密にする必要性はないであろうが、外郭築地大垣等、特に防禦施設として重要な箇所については、低い高度でドローン空中撮影を実施し、精密な3次元モデルを作る必要がある。

本研究グループは、日本列島各地の山城等の防禦施設を備えた大規模遺跡について、3次元モデルを用いた防禦機能の比較研究を進めている。今回、東北地方の蝦夷支配の拠点・城柵として志波城を選んだが、近年は多様な姿を持つ城柵像が提示されている<sup>9)</sup>。蝦夷と律令国家との緊張関係にも変遷があり、その変遷の中で、城柵の防禦機能に時期による違い、担っている役割による違い等が存し、東北地方に集中して造営された城柵ではあるが、一括りにすることはできない<sup>10)</sup>。日本海側の秋田城は、北海道地域の様々な人びと

との交易の拠点としての役割が注目されている<sup>11)</sup>。今後、このような多様な城柵の機能、役割に留意して撮影対象を選択し、3次元モデル化して、城柵内それぞれの防禦機能の比較研究をすべきであろう。さらには、本研究グループが目指す他地方の山城やチャシ、グスク等の防禦機能の比較研究も進めていく予定である。道のりは果てしなく遠いが、一つ一つ事例を重ねていきながら、研究を進めていきたい。

## 注

- 1) 西野修, 日本の遺跡 31 志波城・徳丹城跡 古代陸奥国北端の二城柵, 同成社, pp.5-6, 2008 など
- 2) 熊谷公男, 古代の城柵と山城, 鞆智城シンポジウム「古代の山城と東北城柵」資料集, pp.11-23, 2019 など
- 3) 堀江潔, 眞部広紀, 岡本渉, ドローンによる西北九州地域の古墳・山城の空中撮影—3D化によるアーカイブ構築を目指して—, 日本情報考古学会講演論文集, VOL.21 (通巻 41 号), pp.98-103, 2018, 堀江潔, 眞部広紀, 岡本渉, 三次元モデルによる古代山城比較研究試論—佐賀県武雄市おつぼ山神籠石と福岡県久留米市高良山神籠石—, 佐世保工業高等専門学校研究報告第 55 号, pp.48-51, 2019
- 4) 本号に, チャシコツ岬上遺跡・オロンコ岩チャシ(北海道斜里町), エンルムチャシ(北海道様似町), 脇本城(秋田県男鹿市), 利神城(兵庫県佐用町), 具志川城(沖縄県糸満市)の事例を掲載している。
- 5) 『日本後紀』延暦 22 年(803)2 月癸巳(12 日)条に「造志波城所」, 同書同年 3 月丁巳(6 日)是日条に「造志波所使従三位行近衛中将坂上田村麻呂」が見える。
- 6) 注 1)前掲書, pp.22
- 7) 盛岡市文化財シリーズ第 43 集 志波城跡と蝦夷(エミシ), 盛岡市教育委員会歴史文化課, pp.5-7, 2016 など
- 8) 注 1)前掲書, pp.49, 53
- 9) 村田晃一, 版図の拡大と城柵, 熊谷公男編 東北の古代史 3 蝦夷と城柵の時代, 吉川弘文館, pp.87-88, 2015 など
- 10) 西野修, 平安初期の城柵再編と地域社会, 鈴木拓也編 東北の古代史 4 三十八年戦争と蝦夷政策の転換, 吉川弘文館, pp.100-104, 2016 など

- 11) 鈴木琢也, 擦文文化の成立過程と秋田城交易, 北海道博物館研究紀要 1, pp.6-16, 2016 など

#### 付記

本研究は, 国立高等専門学校機構の「研究ネットワーク形成支援事業」に採択された「洞窟計測探査シミュレーションプログラム」(代表: 眞部広紀)の, 大規模遺跡調査部門のプロジェクトの一環として進めているものである。

#### 謝辞

盛岡市教育委員会の神原雄一郎氏には, 志波城のドローン空中撮影に際し, ご配慮をいただきました。ここに記して感謝の意をあらわします。

本研究で行った3次元モデル作成実験に際しては, サントリー文化財団「学問の未来を拓く」助成金「古代から中近世にわたる山城・城柵・グスク・チャシの変遷に関する研究—構造の3次元モデル比較と防禦機能に関するシミュレーション—」(代表: 堀江)の補助の一部により進めました。