

秋田県男鹿市脇本城の 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 Wakimoto Castle, Oga City, Akita, Japan**

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

1. はじめに

中世は「山城の時代」と言っても過言ではない。全国各地で争乱の多い時代であり、数え切れないほどの山城が各地に造営された。近年、吉川弘文館から刊行された齋藤慎一・向井一雄著『日本城郭史』でも、全頁の半分ほどを中世の記述が占めている¹⁾。城郭の数を具体的に示すのは困難だが、例を挙げるなら、それまで各地域で個別に研究が進められていた各城郭の知見について初めて全国を網羅的に集成した『日本城郭大系』(新人物往来社、1980年刊行)には、長崎県内の中・近世の城郭が661ヶ所も掲載されている(番所や台場等も含む)²⁾。その『日本城郭大系』には、堀江・大浦・眞部の勤務校の所在する佐世保市内(当時)の城郭として29ヶ所掲載されているが、その2年後の1982年刊行の『佐世保市中世山城分布調査報告書』を見ると、中世山城だけで35ヶ所が収録されている³⁾。中世の時期に莫大な数の山城が各地に造営されたことが理解できるであろう。

本研究グループは、日本列島各地に通時代的に広がる防禦機能を持つ大規模遺跡として重要性の高い、山城、城柵、チャシ(北海道、東北)、グスク(南西諸島)等を研究対象とする。ドローン空中撮影により取得した写真測量画像を使って SfM/MVS ソフトウェア処理を行うことで3次元モデルをつくり、構造比較と防禦機能のシミュレーションを行うという文理融合型の研究に取り組んでいる。将来的には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⁴⁾。



図1 脇本城(ドローン空中撮影)

考古学の世界でも、各地域の城郭の比較研究はまだ進んでいない⁵⁾。本研究グループの新しい手法による研究はまだ緒に就いたばかりだが、考古学のみならず様々な研究分野との連携、融合により着実に進めていくことで、城郭研究の進展にも寄与できるであろう。

2019年10月、上記の研究目的に基づき、秋田県男鹿市に所在する、東北最大級の中世山城の脇本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⁶⁾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。

2. 脇本城の概略

秋田県北西部に「なまはげ」で著名な男鹿半島がある。その南側に日本海に突き出た標高100mほどの丘陵地の自然地形を利用し、脇本城は築城されている(図2。真ん中から左側に広がる黒っぽく見える部分)。2004年に国指定史跡となり、男鹿市による整備が進められている。

* 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 上空から見た脇本城

[1994年10月25日, 国土地理院撮影の
空中写真 (T0942X-C12-8)] (国土地理院)



図3 南側の曲輪方面を臨む

脇本城の始まりは明確でない。安東氏が居城とする前⁷⁾, 15世紀には城としての機能が備えられたようである。その後, 鎌倉時代から戦国時代にかけて陸奥・出羽両国で勢力を張った安東氏の一族, 檜山安東氏の当主・安東愛季(ちかすえ)が湊安東氏の領地も支配するに至り, 織田信長との関係を保ちつつ支配を進め, 1577年に檜山・湊両城を嫡子・業季に譲って脇本城を居城とし, 大規模に改修した。築城された丘陵地は約150haあり, 東日本を代表する城郭と遜色ない規模を誇っている⁸⁾。1603年に廃城となった。

現在は, 比較的小規模な曲輪が並ぶ内館地区を中心に整備されており(図3), 中世山城に特徴的な虎口や高低差約6mにもなる大土塁, 5つある井戸跡等を見ることができる。内館地区からは日本海を一望でき, 男鹿半島の西端方面(図4)や南方にあたる秋田市方面を見晴らすことができ(図5), 日本海貿易の支配を目論んだ安東氏の戦略をうかがい知ることが可能である。

また, 東側は海岸線沿いに町並みを見下ろすことができるが, この町並みは脇本城の城下町であったと考えられている(図6)。交易のための港も整備されてい



図4 男鹿半島の西部方面を臨む



図5 南東方向, 秋田市方面を臨む



図6 脇本城の城下町地区(中央部)を臨む
(ドローン空中撮影)



図7 天下道(赤線で加筆)
(ドローン空中撮影)

た。この城下町から、脇本城の最大の特徴と言ってもよい「天下道」が、城内を通過して男鹿半島西部の船川・北浦地区へ通り抜けている(図 7)。この道は近世以後も交通路として使われたが、中世に整備されたとされる。脇本城は、海路だけでなく陸路も押さえる交通の要衝に立地しているのである。中世には、交通路として重要な街道や尾根道を城内に取り込んで築城される山城が多くある⁹⁾。この立地が軍事的に重要であることは言うまでもないが、経済面でも交通路を押さえる意味は大きい。そもそも軍事と経済は、密接不可分である。

このように防禦・貿易管理の両面において優れた立地にある脇本城であるが、江戸時代の 2 度の地震で南端部の大半が海へ崩落したと言われている¹⁰⁾。現状の地形も、内館地区の南端部・生鼻崎(おいばなぎき)は 90 度近い絶壁でなっており、崩落の様子を彷彿とさせる。図 8 は、ドローンを使って真上から撮影



図 8 崩落している南斜面
(ドローン空中撮影)

した写真測量画像の 1 枚である。真ん中付近に上(東)から下(西)に向かって带状に白っぽく延びている部分(矢印)が、崩落によって形成された急崖である。今後の遺跡の保全を図るためにも、3次元モデルを作成して現状の地形を押さえておくことの意義は大きいと言える。

3. ドローン空中撮影

ドローン空中撮影の計画は、眞部・岡本の協力を得て立てた。大規模遺跡のドローン空中撮影に最適な気候条件は、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>)を用いて秋田の気象データの年平均値を調べたところ、5 月から 9 月まで雪が降る日がなく、10 月も 30 年間の平均で 0.1 日であることが分かった(図 9)。9 月も

しくは 10 月が最適であるが、草木の繁茂具合を考え、10 月にドローン空中撮影を計画した。

幸い撮影当日は曇天で、写真測量画像の撮影に最も適した天候となった。内館地区は草刈られて整備されており、見学者もなかったため、内館地区で高度が最も高い最北部の曲輪に、HP(ホームポイント。ドローンの離発着点)を定めた(図 9)。

DJI 社の Mavic2Pro を用いて、周囲に高度の高い山や建造物がないか等の確認のための偵察飛行を行った後、Phantom4ProPlusV2.0 を飛行させて写真測量画像撮影に入った(図 10)。

撮影は 2 種の自動飛行モードを用いて行った。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

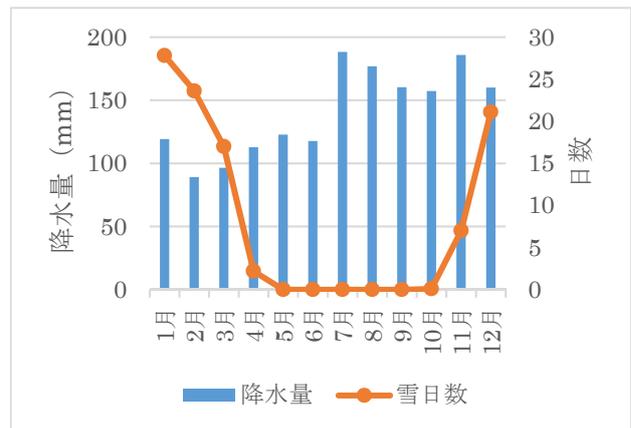


図9 秋田の降水量と雪日数の年平均値
(気象庁ホームページの一覧をもとに加工して作成。)



図 10 ドローン発進
(Phantom4ProPlusV2.0)

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、次に草刈り等の整備が進んでおり曲輪・土塁等地形の起伏が分かりやすい内館地区について、3回に分けて計測撮影・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)で撮影を実施した。

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、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ものである。

5. 3次元モデルの評価

Metashape Professional を使用し、次の3通りの方法で3次元モデル化し、様々な角度から見比べて比較検討を行った(図11~16)。

方法① 脇本城全域を領域モードで撮影した

写真測量画像 286枚

方法② 脇本城の内館地区を、3点をサークルの中心として、3回に分けて建物モードで撮影した

写真測量画像 計379枚

方法③ ①②を合わせた写真測量画像 計665枚



図13 3次元モデル3(領域モード)



図14 3次元モデル4(領域モード+一部建物モード)

3次元モデル作成に使う写真測量画像が多いので当然であろうが、方法③による図12・14が、領域モードだけの写真測量画像を使用した方法①による図11・13よりも、精度が高い3次元モデルが仕上がっていた。

図11は領域モードだけで撮影した写真を用いたモデルであるが、南側の崖面がモデル化できていない(図11の赤い○印)。他の事例報告(ウトロチャシやエンルムチャシ, 具志川城等)で指摘しているとおり、切り立った崖面のような地形は、建物モードで斜め上から写真測量画像を撮影する方法が力を発揮する。また、同じく図11を子細に観察すると、内館地区の木がぼやけて丸まったような形になっていた(図11の黄色い○印)。より精度を上げるためには、真上からの写真だけでなく、建物モードによる斜め上からの写真を加えた方がよいと考えられる。

しかし、方法③による3次元モデル(図12・14)にも、弱点が存する。脇本漁港周辺の海面(図12の赤い○印)が、領域モードだけの図11よりもぼやけて



図11 3次元モデル1(領域モード)



図12 3次元モデル2(領域モード+一部建物モード)



図 15 3次元モデル・内館地区 1 (建物モード)



図 16 3次元モデル・内館地区 2 (建物モード)

いる。また脇本城北部の道路も、ぼやけている(図 14 の赤い○印)。建物モードにより斜め上からのデータが入ったことで、かえって精度が低くなってしまったと考えられる。

図 15・16 は、内館地区に限定して 3 ポイントを中心として 3 回建物モードにより撮影した写真測量画像を使ったものである。立ち木の輪郭等、まだ甘いところも散見されるが、ほぼ良い仕上がりの 3 次元モデルを作成することができている。

6. 今後の課題

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。本報告では、東北地方最大級と言える脇本城を取り上げ、精密な 3次元モデル作成のための予備実験を実施した。見学者用に整備が進んでいる内館地区については、ほぼ精度に

問題ない程度の 3次元モデルが作成できた。これをもとに、さらに精密な 3次元モデルをつくり、土塁や空堀等、当時の構築物をモデル化できれば、防禦機能の考察が可能となる。

但し、内館地区は脇本城の中核的な区域とは言え、脇本城全域から見れば、ほんの一部に過ぎない。他の地区である馬乗り場地区、兜ヶ崎・打ヶ田地区、乍木地区、お念堂地区については、領域モードのみによる 3次元モデルにとどまっている。詳細に防禦機能を追究するためには、内館地区以外の精密な 3次元モデルも必要となる。今後の課題としたい。

なお、脇本城の内館地区の南端が造営されている、日本海に突き出た生鼻崎の下には、日本海に沿って国道 101 号線のトンネル(生鼻崎トンネル、生鼻崎第二トンネル)が通っているが、現在でもしばしば斜面崩落等を原因とする通行規制が行われる。2020 年 1 月現在も、2018 年 12 月から、日本海に近い方の生鼻崎トンネルが斜面崩落により通行止めとなっている(秋田県公式サイト「美の国あきたネット」、<https://www.pref.akita.lg.jp/>)。今後も、地震や豪雨等の災害により、脇本城内館地区南端の崩落が進むことが容易に想定できる。自然災害による被害を最小限に食い止め、遺跡保存と積極的活用を図ることが今後も求められている。

本研究グループが実施しているドローン空中撮影で獲得した写真測量画像を使った 3次元モデルや、ドローン空中撮影による動画は、自然災害防止のみならず、観光リソースとしての価値の高度化にも有用であると感じる。今後はそのような形での地域貢献にも積極的に踏み出していきたいと考えている。

注

- 1) 齋藤慎一・向井一雄, 日本城郭史, 吉川弘文館, 2016。向井一雄氏は「あとがき」で「日本の城の歴史を考えた時、なんとと言っても中世・戦国は「城の時代」であり、質・量ともに比重が大きい」と述べている(pp.458)。
- 2) 日本城郭大系 第 17 巻, 新人物往来社, pp.48-205, 1980
- 3) 佐世保市中世山城分布調査報告書, 佐世保市教育委員会, pp.13-71, 1982
- 4) 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

- 5) 齋藤慎一, 展望, 注 1 前掲書, pp.452
- 6) 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), 志波城(岩手県盛岡市), 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。
- 7) 脇本城, 日本城郭大系 第 2 巻 青森・岩手・秋田, 新人物往来社, pp.396-397, 1980
- 8) 国指定史跡脇本城跡パンフレット, 男鹿市文化スポーツ課文化ジオパーク推進班より
- 9) 西股総生, 「城取り」の軍事学－築城者の視点から考える戦国の城－, 学研パブリッシング, pp.40-65, 2013
- 10) 注 7)前掲書, pp.397

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

男鹿市観光文化スポーツ部の大友太地氏には, 脇本城のドローン空中撮影に際してご配慮をいただき, また現地を案内いただきました。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。