

北海道斜里町オロンコ岩チャシの 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 Oronkoiwa Chashi, Shari Town, Hokkaido, Japan

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

1. はじめに

北は北海道、南は南西諸島に至る約 3,000km にわたる日本列島の各地には、古代から中近世まで通時代的に山城が数多く造営され、各時代の歴史的意義、各地域の歴史的特性の解明に不可欠なファクターとなっている。堀江は、文献史学の立場から西北九州から瀬戸内海沿岸地域に分布する古代山城(さんじょう)の研究を進めているが¹⁾、古代山城に関する文献史料は寡少で、発掘調査が進んでいない山城が多いこともあり、山城の築城時期や造営目的については議論が分かれている。

そこで視野を大きく広げ、山城を必要とする戦争スタイルを考えてみると、自軍の兵力が少ない場合、防禦機能の高い山城などの高所に立て籠もって戦う形態は、戦闘機や爆撃機が初めて使用される第一次世界大戦まで、通時代的に不変と言ってよいだろう。このように考える時、古代山城と防禦施設を伴う点で共通する東北地方の古代城柵、各地の中世山城、琉球王国成立前後のグスク、アイヌ民族が造営したチャシ等も研究対象に含めた防禦機能の比較研究は、一定の有効性を持つであろう。

本研究グループは、ドローン空中撮影により取得した写真測量画像を SfM/MVS ソフトウェア処理して 3次元モデルを構築し、それらを用いた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手法をとる。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予定している。研究方法の詳細についてはかつて述べたので²⁾、

そちらを参照していただきたい。

2019年6月、上記の研究目的に基づき、北海道斜里町のウトロ崎にあるオロンコ岩チャシ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³⁾と同



図1 オロンコ岩チャシ (ドローン空中撮影)
(真ん中付近の岩がオロンコ岩チャシ)



図2 チャシコツ崎(左)とウトロ崎(右)
[1978年10月9日国土地理院撮影の空中写真
(CH0781-C1A-9)] (国土地理院)

* 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

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、簡易報告を行うものである。

2. オロンコ岩チャシの概略

知床半島のオホーツク海側にある北海道斜里町の中ほど、ウトロ温泉の目の前にペレケ湾がある。この湾の北東側にオロンコ岩と三角岩、ゴジラ岩が存するウトロ崎があり、南西側に古代に遡る遺跡が発見されたチャシコツ崎(カメ岩)がある(図2)。

オロンコ岩は標高58mの急崖で、空壕や段などの遺構はないが、かつて行われた頂上部の発掘で、年代不明の炉跡がローム層中から発見されている⁴⁾。この岩についての古い時代に遡る史料はないが、アイヌに伝わる伝承が残されている。昔この島の上にオロッコ族(トナカイ遊牧を生業とするサハリン北東部の先住民族⁵⁾)が住んでおり、下を船で通るアイヌ目がけて石や木を投げて邪魔をしたが、急崖で囲まれた島の地形を利用して防ぎ、なかなか追いつくことができなかつた。そこでアイヌはオロッコ族をこの島から下りさせるように、海草や魚を鯨のように積み重ねておき、見下りてきたオロッコ族を皆殺しにした⁶⁾。以上が、この切り立った岩をチャシとする由来である。

チャシは北海道を中心に、南は東北地方、北は千島列島やサハリン、沿海州にまで分布している⁷⁾。当時アイヌは、南からは和人の進出を受け、北からはサハリンや沿海州の少数民族との戦いを強いられ、中国の元や明からの攻撃も受けていた⁸⁾。チャシはこのような軍事的緊張の中での砦としての機能のほか、見張りの場、祭式を行う場、資源監視機能としての見張り台、



図3 切り立った斜面

一種の聖域等々、様々な見方が提示されており⁹⁾、時期的には16世紀前後から18世紀まで造営されたと考えられる¹⁰⁾。その機能について戦時の防禦のみに限らない見方があるのは、古代山城¹¹⁾や沖縄のグスク¹²⁾も同様である。オロンコ岩チャシの場合は、

上の伝承に加えて急崖という地形的特徴からすれば(図3)、戦時に使われる防禦機能は、当然あったものと考えておくべきだろう。

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案した。西日本に多い古代山城の探査は晩秋から冬が最適だが、北海道のチャシは気候を考えると、雪解け後から初春頃がよい。校務に追われる年度初めは避け、6月初めに空中撮影を実施した。幸い天候に恵まれ、スムーズにドローン空中撮影を実施することができた。

撮影は、午前と午後に分けて行った。午前は観光客が少なかったこともあり、オロンコ岩チャシ上の平坦面にHP(ホームポイント。ドローンの離発着点)を定めた(図4)。飛行中はドローンの状態、ルート周辺を飛行するヘリコプターや猛禽類の動き、雨雲や風の変化等を注意深く監視する必要があるため、空中の飛行ルートを一望できる場所、加えて離発着の妨げとなる障害物がなく周囲が開けた場所にHPを置くのが理



図4 午前中のHP



図5 ドローン空中撮影風景
(ドローン空中撮影)

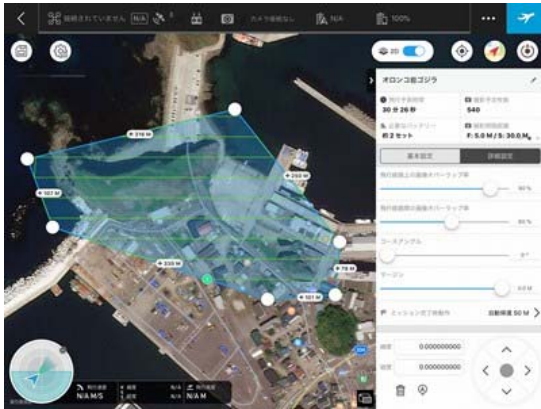


図6 フライトマップ(領域モード)

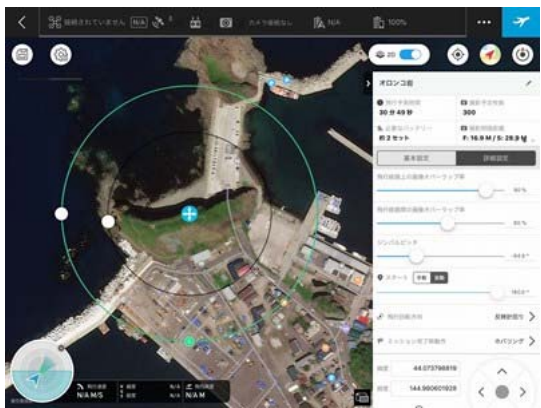


図7 フライトマップ(建物モード)

想的である。チャシ上の平坦面は、その意味で理想的な場所である。

まず最初に、小型のドローン DJI 社の Mavic Air を飛行させ、撮影範囲周辺にある高さのある建物の有無、風の強さ等を確認した(図 5)。続いて、DJI 社 Phantom4ProV2.0 を用いて、写真測量画像の撮影を開始した。

写真測量画像の撮影は、飛行前にフライトマップを作成し、自動飛行で行った。今回は、計測撮影・領域モード(図 6。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)と、計測撮影・建物モード(図 7。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)の 2 つの撮影法をとった。領域モードでの撮影だけでは撮影対象物の側面のデータがうまく取得できないことが原因であろうが、対象物の側面の 3 次元モデルが粗くな

図8 ドローンに群がる海鳥
(黄色の○印がドローン)

ったり、高さのある対象物の高さが 3 次元モデル上で適切に再現できない事例が多かったため、建物モードでの撮影を実験した。

なお、午前中に苦慮したのは、オロンコ岩チャシやその近隣のゴジラ岩等に生息する多数の海鳥の飛行である。特に、写真測量画像撮影のために 2~3 秒に 1 度は停止する Phantom4ProV2.0 にウミウが群がり、衝突を避けるためにだいぶん気を遣った(図 8)。

知床半島のウトロ地区より北部は、ウミネコ、ウミウ、ケイマフリ、オオセグロカモメの繁殖が知られている¹³⁾。理由は定かではないが、海鳥は特に朝方に盛んにドローンに群がって来、昼過ぎにはほとんど近寄って来なくなった。

午後は観光客が増えてきたことを考慮し、HP をオロンコ岩下の駐車場とし(図 9)、撮影を継続した。



図9 午後のHPからドローン発進

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ものである。

5. 3次元モデルの評価

Agisoft 社の Metashape Professional を使用し、次の 3 方法で 3 次元モデル化した(図 11~16)。

- 方法① 領域モードで撮影した写真測量画像 123 枚
- 方法② 建物モードで撮影した写真測量画像 332 枚
- 方法③ ①②を合わせた写真測量画像 455 枚

3 種類作成した 3 次元モデルの比較検討を、大浦と行った。まず、上の①~③の方法で作成したオロンコ岩チャンの 3 次元モデルについて、南側の急斜面の比較を行う(図 11~13)。

作成前は、方法③で作った 3 次元モデル(図 13)が、

最も精密なモデルができるであろうと予想した。方法①(図 11)は真上からの撮影であるため、側面(崖面)のデータ収集力が弱く、方法②(図 12)は斜め上からの撮影であるため、平面や頂上部のデータに弱点があると考えられ、方法③が方法①・②双方の弱点を補完し合うと予想されたからである。

しかし実際に 3 次元モデルを作成したところ、方法③(図 13)の 3 次元モデルは、実際のゴツゴツした南急斜面の崖面よりも滑らかに見える。この特徴は方法②(図 12)も同様で、予想に反して方法①(図 11)が最も南急斜面の崖面の凸凹を比較的正確に表現できていた。

方法②は、異なる 3 段階の高度から斜め下の角度をとって写真測量画像を撮影する。高さのある撮影対象の斜面を精度高く 3 次元化できると予想したが、意外にもその精度は低かった。この原因の究明には、



図 11 3次元モデル1(南斜面, 領域モード)



図 14 3次元モデル4(北斜面, 領域モード)



図 12 3次元モデル2(南斜面, 建物モード)



図 15 3次元モデル5(北斜面, 建物モード)



図 13 3次元モデル3
(南斜面, 領域モード+建物モード)



図 16 3次元モデル6
(北斜面, 領域モード+建物モード)



図 17・18 登頂ルート沿いの防護ネット

さらに別の撮影対象で様々な撮影方法で実験を繰り返し検討していく必要がある。その原因について現時点で仮説を立てるとすれば、オロンコ岩チャシの南急斜面に、岩の崩落による事故を防ぐために設置されている防護ネット(図 17, 18 参照)の存在が原因ではないかと考えられる。オロンコ岩チャシの南側には、観光客用の駐車場とトイレがあり、そこから登頂ルートが設けられている。事故防止のための防護ネットと岩の表面との間には、数 cm の隙間が生じている。斜め上からの撮影となる方法②では、SfM/MVS ソフトウェアを用いて 3 次元モデルを作成する際、この部分の高さのデータ取得が難しかったことが考えられる。方法③は、方法②で取得した写真が含まれているため、方法②と同様に位置データが正確に取得できなかったであろう。

また、頂上部に細長く伸びる平面についても、方法①(図 11)が最も精密に 3 次元モデル化されていた。

なお、斜面地を被覆する防護のための金網の影響により、その下の地形の形状が 3 次元モデルで正確に再現されないことについては、既に実験的研究が行われている¹⁴⁾。その実験結果によると、撮影画像の分解能が 10mm 程度になるまで斜面に接近して撮影すれば、金網や防護ネットの影響を少なくできるとのことである。

次に、北斜面の比較検討を行う(図 14~16)。先述した南斜面での検討結果とは逆に、方法①(図 14)の粗さが目立つ。まず左下のトンネルの上部が、方法②(図 15)・③(図 16)に比べて暗く見え、崖面のモデル化が十分に出来ていない。この崖面は周りよりも凹んでいるので、真上からの撮影だけでは情報不足なのだ

ろう。また、右下部分の洞穴の内部がぼやけており、斜め上から撮影した方法②と、②で取得した写真を含む方法③の方が、洞穴内の地形をより正確に再現できている。

このように北斜面の 3 次元モデルは、南斜面とは全く逆に、建物モードの情報が入った方法②・③の方が明らかに精度が高い。あくまでも現時点の仮説に過ぎないが、この理由も地形と防護ネットとの関係で考えることが可能かも知れない。オホーツク海側にある北斜面は、南斜面よりもさらに急な角度の崖となっている。真上からの撮影となる方法①では、位置情報のデータが収集しにくかったのであろう。また、北側斜面はウトロ温泉街側の駐車場の反対側にあたり、観光客の登頂ルートから外れているため、防護ネットが設置されていない場所が多い。その結果、方法②でも防護ネットに邪魔されずに崖の凹凸の位置情報を入手できたのであろう。

以上の検討結果によると、南斜面や頂上の平坦面は領域モード、北斜面は建物モードで撮影した写真測量画像が、それぞれ 3 次元モデルの作成に適した情報を入手できることが分かった。

6. 今後の課題

本報告で試みた、オロンコ岩チャシを事例とする精密な 3 次元モデル作成のための予備実験において、1 つの撮影対象に、その部分ごとの地形の特徴や防護等の有無等、遺跡保存や見学者保護のための設置物の特徴によって、精密な 3 次元モデル作成に適した撮影モードが異なる場合があることが分かった。今後は、撮影対象の地形の特徴を細かく分析、理解し、それに応じた撮影法を選択してドローン空中撮影を実施していく必要がある。

また、SfM/MVS ソフトウェアの習熟も大きな課題である。今回、ドローン空中撮影で取得した写真測量画像を 3 パターンで Metashape Professional を用いて実験的に 3 次元モデルを作成した。精密さを欠く原因について仮説を立ててみたが、それが正しいとすれば、より精密な 3 次元モデルを作成するには、Metashape Professional に写真測量画像を入れる前に、南斜面・北斜面それぞれの地形的特徴をより実物に近く正確に捉え再現することのできる写真を、1 枚 1 枚確認して選ぶ作業が必要となる。

あるいは、北斜面は建物モード、南斜面及び頂上部の平坦面は領域モードで撮影したものを使い、それぞれ3次元モデルをつくってから、2つのモデルを合体させる方法も考えられる。写真測量画像を両方を一気に3次元モデル化するよりも、あらかじめ2つの3次元モデルをつくった後に合成した方が、作業時間の短縮が図れるとする研究結果がある¹⁵⁾。今後はこのような方法を試していく必要があるだろう。

本研究グループは、山城等の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試みようとしている。前述したとおり、伝承によると、オロンコ岩チャシに立て籠もるオロッコ族(ギリヤーク)に対し、アイヌは何度か攻めたが勝つことができず、謀略を用いてこの切り立ったチャシから下りさせてそこを攻撃するしかなかったことが分かる。すなわち、伝承ではオロンコ岩チャシの防禦力はかなり高かったことになるのである。現状残っている地形からしても、ほぼ垂直に近い崖面が多く、防禦力の高さは実感できる。また、伝承と地形から考えれば、オロッコ族を攻撃するアイヌは、陸上からだけでなく海上からも攻めたと考えられる。したがって、防禦機能を研究するにあたっては、海上からの襲撃からの防禦を考えねばならない。このように考えると、先に報告したウトロチャシ(チャシコツ岬上遺跡)と同様に、オロンコ岩チャシ周辺の海底の地形も復元して防禦機能を検討する必要がある(図19)。浅海底の精密な地形計測で大きな成果を上げている九州大学の菅浩伸氏の研究¹⁶⁾等に学ぶところが多いが、今後の課題としたい。

他の古代山城等、各地の城郭との比較研究を行うまでは、まだまだ遠い道のりである。一つずつ事例を積



図19 急崖の下に広がるオホーツク海

み重ねていくことで一步一步実現に近づけていきたい。また将来的には、3次元モデルをもとに大規模遺跡等の文化財のデジタルアーカイブ化により、全世界の諸分野の研究者や一般市民に対する研究成果を還元していきたい。また、学問的貢献だけでなく、観光リソースとしての価値の高度化等の手法により、社会的貢献も目指していきたい。

注

- 1) 堀江潔, 百済滅亡後における倭国の防衛体制—斉明紀「繕修城柵」再考—, 日本歴史第818号, pp.1-16, 2016
- 2) 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
- 3) 本号に, チャシコツ岬上遺跡(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), 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。
- 4) オロンコ岩チャシ, 日本城郭大系 第1巻 北海道・沖縄, pp.84-85, 1980
- 5) 山田祥子, 池上先生とウイルト語学, 北方人文研究第5号, pp.179-180, 2012 など
- 6) 宇田川洋, 増補改訂 アイヌ伝承と砦, 北海道出版企画センター, pp.242-243, 2005 など
- 7) 加藤晋平, チャシの成立をめぐる二, 三の問題—シベリアとカムチャツカ半島—, 北海道チャシ学会編, アイヌのチャシとその世界, 北海道出版企画センター, pp.189-192, 1994, 初出1980 など
- 8) 齋藤慎一, 北海道の城館, 齋藤慎一・向井一雄, 日本城郭史, 吉川弘文館, pp.294-296, 2016
- 9) 宇田川洋, チャシとアイヌ社会, 注7前掲書, pp.77-83, 1994, 初出1992
- 10) 後藤秀彦, 北海道のチャシ, 注7前掲書, pp.46, 1994, 初出1982 など
- 11) 向井一雄, よみがえる古代山城—国際戦争と防衛ライン—, 吉川弘文館, pp.10-72, 2017 など

- 12) 齋藤慎一, 南西諸島の城館, 注 8 前掲書, pp.280-286, 2016, 山本正昭, いわゆるグスクとは何かーグスク論争から半世紀を経てー, 第 59 回古代山城研究会例会「古代山城と祭祀・寺院ー神籠石論争から四天王信仰までー」プログラム・予稿集, pp.24-30, 2019 など
- 13) 福田佳弘, 知床半島における海鳥類の繁殖分布モニタリング調査 1997-2004 年, 知床博物館研究報告 第 26 号, pp.21-24, 2005 など
- 14) 日外勝仁・角田富士夫・倉橋稔幸, 急崖岩盤斜面のモデル構築に適した UAV 撮影方法等について, 寒地土木研究所月報 791 号, pp.23-28, 2019
- 15) 注 14 前掲論文, pp.27-28
- 16) 平成 28 年度～32 年度文部科学省科学研究費補助金 基盤研究(S) 課題番号:16H06309 「浅海底地形学を基にした沿岸域の先進的学際研究ー三次元海底地形で開くパラダイムー」(研究代表者:菅浩伸)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

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ー構造の 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ー」(代表:堀江)の補助の一部により進めました。