

# 北海道斜里町ウトロチャシ(チャシコツ岬上遺跡)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 Utoro Chashi (Chashikotsu-Misakiue ruins), Shari Town, Hokkaido, Japan**

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

## 1. はじめに

7世紀半ばから8世紀にかけて、北部九州地域を中心とする西日本各地に次々と造営された古代山城(さんじょう)は、律令国家形成期の国家像および当該期の地方社会像を明らかにするための重要なファクターである。堀江は、文献史学の立場から古代山城の研究を進めているが<sup>1)</sup>、関係する文献史料は極めて少なく、また発掘調査が進んでいない山城が多く、考古学的知見も豊富とは言えない。このような研究状況を打破するため、視野を東アジアに広げ、特に百済や新羅等、朝鮮半島諸国の山城との比較研究が古くから行われてきており、貴重な成果と知見が公表されている<sup>2)</sup>。

このように空間軸を広げる研究手法は古くから行われている一方、時間軸を広げる研究手法は、これまで手薄であった。古代山城と同様に防禦機能を持つ施設としては、蝦夷支配の拠点である東北地方の古代城柵、混沌とする中世社会の中で各地に数多造営された山城、さらには北海道のチャシ、南西諸島のグスク等が、南北約3,000 kmに広がる日本列島各地に、古代から中近世まで通時代的に造営されている。戦闘機や爆撃機が発明、実用化されて戦争に導入された第一次世界大戦以前は、防禦機能の高い山城等の高所に立て籠もる戦争スタイルがとられていた。今後、古代山城研究をさらに深めるための新たな切り口として、上記のような時間軸を広げた視野に立つ比較研究が重要になると考える。

本研究グループは、通時代的に造営される防禦施設を伴う点で共通する古代山城、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、アイヌが



図1 チャシコツ崎(ドローン空中撮影)

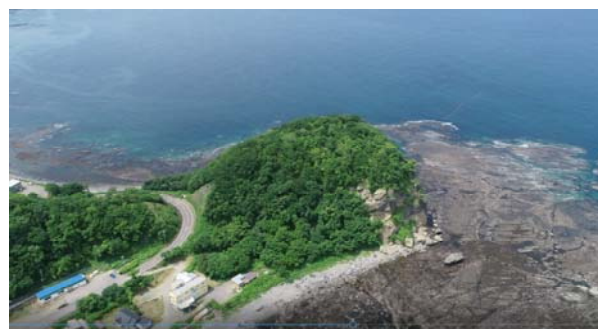


図2 チャシコツ崎(ドローン空中撮影)

造営したチャシ等を研究対象とする。比較研究の方法として、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<sup>3)</sup>。

2019年6月、上記の研究目的に基づき、北海道斜里町のチャシコツ崎にあるウトロチャシ(チャシコツ岬上遺跡)のドローン空中撮影を実施した(図1・2。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

\* 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

モデルの実験的作成について、簡易報告を行うものである。

## 2. ウトロチャシ(チャシコツ岬上遺跡)の概略

オホーツク海に面した知床半島の中ほど、知床観光の拠点となっている北海道斜里町のウトロ温泉に入る手前に、オホーツク海に突き出たチャシコツ崎(カメ岩)がある(図3)。この岬の名称に明らかだが、ここにチャシがあったとする伝承がある(ウトロチャシ)。そして、この岬の段丘上に、近年注目されているチャシコツ岬上遺跡がある。さらに先に進んでウトロ温泉に入ると、標高58mのオロンコ岩チャシが聳え立っている(図4)。

チャシコツとは、アイヌ語で「チャシ・コツ・エト」(砦のある岬、砦跡の岬)と言われ<sup>5)</sup>、次のような内容の伝承が残されている。「昔、オロンコ岩チャシにオロッコ人(ウィルタ)が住んでおり、アイヌに対し悪さをはたらいたため、アイヌはペレケ湾を挟んだチャシコツ崎(ウトロチャシ)に立て籠もって互いに争った」<sup>6)</sup>。

このように地名や伝承からすれば、16世紀前後か



図3 南側からチャシコツ崎(カメ岩)を望む



図4 オロンコ岩チャシの上から  
チャシコツ崎を望む

ら18世紀までアイヌが戦時の防禦等のために造ったチャシ<sup>7)</sup>がこの地に存在したと考えられる。細く縋れたチャシコツ崎の付け根部分に、かつて一条の壕があったといわれるが、国道改良工事で切り通しが造られた際に破壊され<sup>8)</sup>(図2参照)、現在確認することはできない。1954年のウトロ周辺写真には、遺跡背後の段丘面との間にある細尾根に、チャシの壕とも考えられる僅かに凹んだ溝のようなものが見えるという指摘がある<sup>9)</sup>。

2013年から5年間にわたる斜里町立知床博物館による発掘調査の結果、このチャシコツ崎の急崖の上から、竪穴住居跡31棟ほか積石を伴う土坑墓、多様な配石遺構等、チャシの時代を遙かに遡るオホーツク文化終末期からトビニタイ文化期の極めて重要な遺構、遺物が発見されている<sup>10)</sup>。これがチャシコツ岬上遺跡で、2019年2月、国指定史跡となった。

注目すべき遺物として、奈良時代末期、称徳天皇が鑄造させた貨幣「神功開寶」や、本州で生産されたと考えられる高品質の織物断片等を挙げるができる。これらは擦文人を中継し、蝦夷等北方交流の拠点・秋田城(秋田県秋田市)からのルートで入手したものと考えられている<sup>11)</sup>。この遺跡がこの時期、オホーツク人の広い交易網の一拠点集落であったことは明らかで、オホーツク海沿岸地域への見晴らしが良い立地にあることに加え、日常生活には不便な切り立った急崖上にあることは注目できる。まさにこのような立地は、本報告に続いて報告する北海道様似町のエンルムチャシ、さらには東北地方最大級の中世山城である秋田県男鹿市の脇本城、沖縄県糸満市の具志川城も同じである。

遠方への見晴らしが良い立地は、戦時において敵を早期に発見する点で有利であると同時に、交易を担う



図5 竪穴住居跡(左方の凹んだ部分)

人びとにとっては交易相手の接近の早期発見や、交易活動に必須の天候観測等の点でも有利である。山城等の戦時の防禦施設の研究を行う際には、交易等、戦時以外の様々な活動にも活用されることを念頭に置きながら、複眼的な視点でその機能を追究していく必要があることを痛感する。

### 3. ドローン空中撮影

降雨・降雪時や強風時にドローン飛行はできない。さらに、遺跡の状況から言えば、草木が生い茂る春先から秋口の時期も避けた方がよい。特に遠方でドローン空中撮影を実施する際には、どの時期に撮影旅行を計画するかが重要となる。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。

まず、斜里町と同じくオホーツク海沿岸にある網走(直線距離で斜里町から約60km)の気象データの平年値を調べたところ(気象庁ホームページ, <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>), 6~9月は雪がなく、また北海道に梅雨がないこともあり、6月が最も降水量が少ないことが分かった(図6)。そこでドローン空中撮影を確実に実施できる可能性が高いのは6月と判断し、撮影旅程を立てた。

幸い撮影当日は快晴で、日陰の地域の写真が暗くなってしまう恐れはあったが、写真測量画像の撮影自体は問題なく実施できた。

現地に入り、まずHP(ホームポイント。ドローンの離発着点)を定めた。チャシコツ崎から海辺に降りた先に浅い岩礁が広がっていたので、そこをHPと

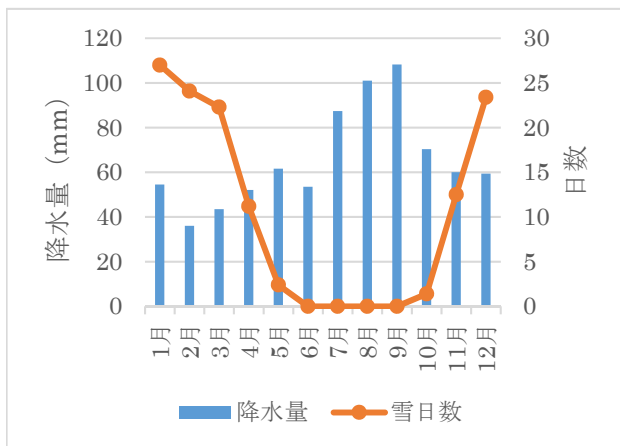


図6 網走の降水量と雪日数の平年値  
(気象庁ホームページの一覧をもとに加工して作成。)



図7 HP(ホームポイント)からドローン発進  
(Phantom4ProV2.0)

した。最初に小型のドローンDJI社のMavic Airを飛行させ、周辺地形の確認等を確認したが、特に高い建造物がなく、また海鳥の飛行もほとんどなく、安心して撮影できる状況であった。

次にDJI社Phantom4ProV2.0を用いて、写真測量画像の撮影を開始した(図7)。フライトマップを作成し、自動飛行モードで写真測量画像の撮影を実施した。今回は、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)を用いて240枚、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114枚の写真測量画像を撮影した。

### 4. 画像処理

北海道より戻り、パソコンの環境を大浦・眞部と整備した後、3次元モデル作成の作業に取り掛かった。

使用したSfM/MVSソフトウェアは、ロシアのAgisoft社のMetashape Professionalである。九州大学浅海底フロンティア研究センター長・菅浩伸氏のご配慮により、堀江と岡本は2019年2月12~15日に九州大学大学院地球社会統合科学府の授業「統合学際研究法」の一環として行われた山船晃太郎氏(テキサス農工大学)を講師とする「多視点ステレオ写真測量と考古学・地形学」を受講させていただき、そこでMetashapeの使い方をはじめとして、Photogrammetryの基本を学んだ(図8)。

以下で作成する3次元モデルは、山船晃太郎氏に



教わった方法を基本として、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。

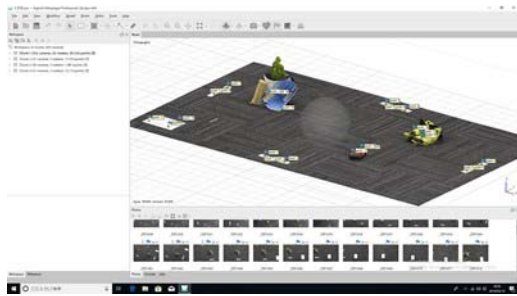


図8 九州大学での Metashape 使用法演習

### 5. 3次元モデルの評価

Agisoft 社の Metashape Professional を使用し、次の3種類の方法で3次元モデルを作成した(図9～14)。

方法① 領域モードで撮影した写真測量画像 240枚

方法② 建物モードで撮影した写真測量画像 114枚

方法③ ①②を合わせた写真測量画像 354枚

まず最初に領域モードで撮影した写真測量画像を



図9 3次元モデル1(建物モード)



図10 3次元モデル2(領域モード+建物モード)



図11 3次元モデル3(建物モード)



図12 3次元モデル4(領域モード+建物モード)



図13 3次元モデル5(建物モード)



図14 3次元モデル6(領域モード+建物モード)

用いて 3 次元モデル作成に入ったが、全ての写真をアラインメント(整列)できなかった。アラインメントできなかったのは、岬上の樹木が生い茂る、最も標高の高い部分である。手動でのアラインメントもうまくいかず、今回は領域モードの写真測量画像のみを使った 3 次元モデルの作成は取り止めた。

次に、建物モードの写真測量画像を使った 3 次元モデル(方法②=図 9・11・13)と、領域モード・建物モード両方を入れて作った 3 次元モデル(方法③=図 10・12・14)を作成した。これを比較すると、建物モードだけでは、岬先端部分の崖面(図 9 の紅色の○印部分)や、海面に近い樹木(図 11・13 の紅色の○印部分)、岬を横切る道路(図 9・13 の黄色の○印部分)等々の部分で、モデル化が不十分で、ぼやけた仕上がりになった。明らかに、真上から撮影した写真測量画像を含めて 3 次元モデル化した図 10・12・14 の方が、精密に仕上がっていた。

しかし、方法②(図 9・11・13)は 114 枚という少ない枚数の写真測量画像を使ったもので、方法③(図 10・12・14)の 3 分の 1 以下の枚数の写真しか使用していない。方法②は、少ない枚数の画像しか使用していない割には、3 次元モデルの仕上がりは良いと言える。建物モードでの撮影高度の段階をもっと増やし、写真測量画像の枚数を増やせば、効率良く(3 次元モデル作成にかかる時間を短く)、より精密な 3 次元モデルができるのではないかと考えられる。

## 6. 今後の課題

本報告が撮影対象としたウトロチャシ(チャシコツ岬上遺跡)があるチャシコツ崎は、半径 120~130m 程度の比較的小規模な、三方を切り立った崖で囲まれた岬である。このような地形の場合、建物モードを用いて写真測量画像を枚数を多く設定し撮影できれば、より精度の高い 3 次元モデルができるのではないかと考えた。

この見通しは、3 つのパターンで 3 次元モデルを作成した後、それぞれのモデルを比較して導いたものである。もし可能であるなら、写真測量画像の撮影前に、撮影対象とする遺跡について、地形の特徴を詳細に把握し、その地形に適した撮影モードを選択して撮影枚数を的確に指定できれば、より精密な 3 次元モデルの作成につながるであろう。

現状では、撮影旅行に出かける前の準備作業として、Google Earth Pro を活用し、あらかじめ撮影対象となる山城・遺跡等の地形の概要を掴み、撮影範囲や HP(ホームポイント)候補予定地の調査を実施している。Google Earth Pro は非常に優れた機能を持つが、写真測量画像取得のためのドローン自動飛行モードを決定できるほど、細かな地形情報を得ることは難しい。

また、現状では、撮影対象の近くに高い山や建造物等がないか、風の強さはどうか、等々のチェックを、写真測量画像の撮影前に偵察飛行としてドローン空中撮影を実施しているが、この時に、撮影モード決定のための詳細な地形の観察調査をドローンで同時に実施することも一案として考えられる。しかし、現実的には、写真測量画像の撮影前に、詳細な地形観察調査のためのドローン飛行を多く行ってドローン操縦者に負担をかけ過ぎてしまう。また、バッテリーを多く消耗してしまうこと、時間のかかる写真測量画像の撮影に充てられる時間を減らしてしまうこと等々のデメリットが大きいため、この一案はなるべく避けるべきであろう。

限られた撮影日程、時間、天候条件、バッテリーの数、撮影者の体力、集中力等々を考慮しながら、撮影対象の遺跡にとってどの撮影法が精密な 3 次元モデル作成に適しているか。どの程度の枚数を撮影しておけば精度の高い 3 次元モデル作成ができるか。これらの問題をより迅速に判断し、現場で実施できるか。今後の大きな課題と言ってよいだろう。Photogrammetry の基本を教えていただいた山船晃太郎氏に、3 次元モデル作成の究極は、どのような写真を撮影するかに尽きる、とご教示を受けたことが思い出される。

また、現在使用している SfM/MVS ソフトウェア Metashape Professional の更なる習熟も不可欠である。今後は様々な機会を活用して、このソフトウェアの習熟に努めたい。

本研究グループの目指すところは、山城等の大規模遺跡についての、3 次元モデルを用いた防禦機能の比較研究である。防禦機能を詳細に研究するためには、まず精密な 3 次元モデルを作ることが必要である。しかし、それは現状の地形に基づくモデルである。岬の先に崩落した岩が多く見られるが(図 15)、これを

3次元モデルを利用して崩落する前の崖面に復元し、波浪の侵食により失われた海面周辺の崖面の推定復元ができれば、チャシとして利用された当時の地形に近いものが復元できる。困難な作業であることは間違いないが、今後の課題としたい。

また、今回のウトロチャシのように、岬という地形を利用して防禦施設を作っている場合は、海上からの、船による敵からの襲撃も想定しなければならないだろう。そうすると、防禦機能の検討には陸上の地形だけでなく、岬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。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<sup>12)</sup>等に学ぶところが多いが、これについても今後の課題としたい。

なお、ウトロチャシ(チャシコツ岬上遺跡)の存する知床半島西岸は、流氷が最も早く接岸し、最も遅くまで残る地域である。しかし近年は、気候の温暖化により、北極海の流氷が減少しており、それによりオホーツク海や北海道沿岸の流氷も減っている<sup>13)</sup>。その結果、波高が高くなり、海沿いの地形が侵食されている事例が多く報告されている<sup>14)</sup>。このチャシコツ崎も、現状の地形観察を行うと、流氷による侵食に加え、波の侵食等による地形の変化が顕著であるが(図15)<sup>15)</sup>、今後、流氷の減少と地形変化との関係の検討が必要となるであろう。そのような場合、定期的な3次元モデル作成による地形観察が有用となる。

チャシコツ崎のチャシコツ岬上遺跡に対しては、地元住民による整備、活用への要望も多い<sup>16)</sup>。今後、本研究グループの研究が、遺跡保存、遺跡活用等に関係



図15 崩落した岩

する地域貢献に寄与できれば幸いである。

## 注

- 1) 堀江潔, 百濟滅亡後における倭国の防衛体制一斉明紀「繕修城柵」再考一, 日本歴史 第818号, pp.1-16, 2016
- 2) 佐藤興治, 朝鮮古代の山城, 日本城郭大系 別巻I 城郭研究入門, 新人物往来社, pp.341-372, 1981, 亀田修一, 朝鮮半島古代山城の見方, 西谷正編集代表 韓半島考古学論叢, すずさわ書店, pp.545-575, 2002, 松波宏隆, 韓国古代城郭の城壁築造, 古代文化 第62巻第2号, pp.55-65, 2010 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・山城の空中撮影一3D化によるアーカイブ構築を目指して一, 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一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一, 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, 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), 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) 松田功, 第1章第4節 歴史的環境, 斜里町文化財報告XL チャシコツ岬上遺跡 総括報告書, 斜里町教育委員会, pp.8, 2018
- 6) ウトロチャシ, 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
- 7) 後藤秀彦, 北海道のチャシ, 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.46, 1994, 初出1982 など
- 8) 33 ウトロチャシ, 北海道チャシ学会, 北海道のチャシ集成図I(道東北篇), 北海道出版企画センター, pp.42, 1985
- 9) 注5に同じ。
- 10) 平河内毅, 第4章第1節 発掘調査の成果, 注5前掲書, pp.185-188
- 11) 平河内毅, 第4章第3節 大陸や本州との関係性, 注5前掲書, pp.193-195
- 12) 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－三次元海底地形で開くパラダイム－」(研究代表者：菅浩伸)など。

- 13) 館山一孝, オホーツク海の流氷の動向, 地理・地  
図資料 2016年度2学期②号, pp.4, 2016
- 14) 本間大輔・井元忠宏, 山本泰司, オホーツク海に  
面した海岸道路の波遡上に伴う盛土被害の発生事  
件とその対策, 寒地土木研究所月報 764号, pp.25-  
30, 2015 など。
- 15) 平河内毅, 第4章第4節 今後の課題, 注5前掲  
書, pp.197
- 16) 松田功, 第1章第1節 調査の目的と経過, 注5  
前掲書, pp.1

#### 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

チャシコツ岬上遺跡内は, 今後の保存, 整備に向け  
て現在立ち入り禁止となっている。知床博物館の平河  
内毅氏には, この遺跡をご案内いただき, 多くのご教  
示をいただきました。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。