

長崎県壱岐市黒崎砲台跡の ドローン写真測量と地下施設跡飛行探査の予備実験 —歴史文化観光資源としての活用法検討—*

堀江 潔**, 岡本 渉***, 大浦 龍二**, 眞部 広紀**

**Preliminary Experiment for Drone Photogrammetry
and Flight Exploration at the Ruins of Underground Facilities
of Kurosaki Battery Remains, Iki City, Nagasaki, Japan
: Study on the Conservation and Utilization of Historical and Cultural Heritage
as a Tourism Resource**

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

1. はじめに

令和3年(2021)年3月13日、舞鶴市政記念館(京都府舞鶴市)において「旧軍港四市 鎮守府日本遺産シンポジウム」が開催された。舞鶴高専、呉高専と広島工業大学、佐世保高専、防衛大学校と、旧軍港四市に所在する高専・大学と防衛大学校の各教員(研究者)に日本遺産関係者を加え、対面・オンラインで各市での戦争遺跡関連の研究、それと絡めた学生教育の取り組み等の発表がおこなわれた。このシンポジウムに堀江・岡本・眞部が出席し、佐世保高専の取り組みとして電子制御工学科の前田貴信教授が無窮洞でのロボット実験についてオンラインで紹介をおこない、堀江がパネルトーク「調査と活用の良い関係」に参加した(図1)。この中で、戦争遺跡への工学的アプローチの新規性が高く評価され、あらためて保存・活用の前提となる調査・研究の重要性が提唱された。

高専機構 KRA の積極的な連携支援や、シンポジウム開催等を契機として、舞鶴高専建設システム工学科・毛利聡氏を代表とする研究ネットワーク『軍港都市遺産を対象とした先端測量技術の開発と遺構調査の実践』が発足した。これは、分野横断的な研究連携と先端測量技術による調査、及びその調査技術開発と利活用法の検討等を通して、戦争遺跡等へのアプローチを試みるものである。本研究は、この一環として実施したものである。

* 原稿受付 令和4年1月11日

** 佐世保工業高等専門学校 基幹教育科

*** 名古屋大学 全学技術センター



図1 旧軍港四市 鎮守府日本遺産シンポジウム
(2021年3月13日, 舞鶴市政記念館)

各地に残る戦争遺跡の中には、史跡指定されずに放置されているもの、劣化が著しく調査・研究が難しいもの等、消滅危機に瀕する遺跡が数多く存する。堀江・大浦・眞部の勤務校が所在する長崎県は、大陸や朝鮮半島に近く、海路の要衝・東シナ海や対馬海峡に面しており、特に西彼杵半島や県北地域、対馬・壱岐等の離島には、近代要塞の中核となる砲台跡が多く設置された。しかし生活圏や公共交通機関から外れているため、戦後放置され、廃墟化したものが多い。場所を見つけるだけでも大変な労苦と危険を伴うところが数多く存するのが現状である¹⁾。

本研究は、離島・壱岐に所在し、現在地下施設跡が立入禁止となっている、黒崎砲台跡を研究対象とする。その安全かつ効率的な測量方法を検討するため、令和3年12月末に実施した予備実験について、簡易的な報告をおこなう。

2. 黒崎砲台跡の概略

壱岐要塞の一つである黒崎砲台は、壱岐島の西岸、黒崎半島の先端に設けられた(図2)。昭和3年(1928)に着工、同8年(1933)に竣工した。受け持つ海域は広大で、北は対馬要塞・竜ノ崎砲台(対馬市)と連携して対馬海峡東水道を通る敵艦航行の妨害を、南は壱岐要塞・的山大島砲台(平戸市)と連携して壱岐水道を通る敵艦の航行妨害を、主たる任務とした。大正11年(1922)のワシントン海軍軍縮条約締結後、建造中止・廃艦となった艦艇の持つ主力艦用の砲塔を設置することとなった。八八艦隊計画の中止により航空母艦に改装された巡洋戦艦赤城の一番砲塔で、当時最新鋭の45口径3年式40糎連装砲である。最大射程は30,300mであった²⁾。

黒崎砲台は、実戦で一発も発射することなく終戦を迎えた。昭和25年(1950)以後、GHQの指導のもとで解体されている。

3. 歴史文化観光資源としての黒崎砲台跡の現在

黒崎砲台跡は、壱岐の有名な観光スポット「猿岩」(図3)のすぐそばにある(図4)。表1は、インターネット検索を用い、壱岐市内の観光スポットランキングを公開しているものを見つけ、まとめたものである(1つは対馬も含めたランキング)。猿岩は1~4位



図2 黒崎砲台跡の位置
(矢印の場所, Google Earth Proより)



図3 猿岩

に入る、人気観光スポットである。猿岩見学用の駐車場横にある黒崎砲台跡は、1つを除き9~15位で、ランク外も2つある。猿岩は見ても、そのすぐ横の黒崎砲台跡は見学しない、という観光客が多いこと



図4 猿岩と黒崎砲台跡の位置
(Google マップに加筆)

表1 壱岐の観光スポットランキング(2022年1月)

Webサイト名	猿岩	黒崎砲台跡
じゃらん (1月のオススメ)	3位	9位
たびらい	3位	-
フォートラベル	1位	12位
Holiday	2位	9位
RECOTRIP (壱岐・対馬)	2位	14位
RETRIP	4位	-
skyticket	4位	12位
Travel Note	2位	4位
Trave Room	2位	15位
Tripadvisor	2位	14位



図5 砲塔井

を示している。黒崎砲台跡は貴重な歴史文化観光資源だが、猿岩の隣という立地の優位性を活かしていない。

黒崎砲台跡の見学場所は、もともと2ヶ所あった。一つは「砲塔井」である(図5)。猿岩の駐車場横に「壱岐市猿岩物産館 お猿のかご屋」があり、その裏から歩いてすぐの所にある。砲塔自体は戦後撤去され、砲塔井がむき出しになっている。特に詳しい説明板がなく、戦争遺跡に精通した人以外、見学者は何に使われたものか分からず、その歴史的価値に気付きにくいと感じる。

もう一つは、地下施設跡への入り口である(図6)。島内各所から猿岩に向かう車道沿いにあり、猿岩の駐車場から、車道を60mほど歩かねばならない。車道沿いで場所は分かりやすいが、よほど強い興味が無ければ見に行かないと思われる。

加えて、壱岐市内で震度5強が観測された平成17年(2005)の「福岡県西方沖地震」の影響で、地下施設跡の壁や天井に亀裂ができ、落盤の危険性があることが分かった。壱岐市は、立入禁止の看板とバリケードを設置しているが(図7)、危険を顧みず無断



図6 地下施設跡への入り口



図7 立入禁止の看板とバリケード

侵入したり、たき火等よからぬ行為をする者がいるようである³⁾。侵入者を極力避けるため、以前は見学用につけていた電灯を今はつけないようにしているとのことである。

戦争遺跡として貴重な歴史文化観光資源であり、かつ壱岐随一の観光スポットのすぐ横にある黒崎砲台跡だが、地下施設跡は見学できず、そのポテンシャルを發揮できない状況にある。人気が低い理由は、このあたりに主原因があると考えられる。

4. ドローン写真測量の予備実験

今回の調査にあたり、堀江は壱岐市に対し、2件の許可申請を打診した。砲塔井周辺のドローン空中撮影実験と、地下施設跡の立入禁止区域での測量調査実験(30分限定、GoPro10使用)である。見学者と強風に注意するように、という条件付きでドローン空中撮影

図8 ドローン離陸
(AutelEvo2Pro)

は許可されたが、地下施設跡に立ち入ったの測量実験は、許可されなかった。

そこでまず、3Dモデル製作を想定して、許可を受けた砲塔井でのドローン空中撮影を実施した。使用したドローン(UAV, Unmanned Aerial Vehicle)は、DJI社のMavic2Pro、及びAutelEvo2Proであ

る(ドローン操縦：岡本)。

最初に AutelEvo2Pro を使用し、上空と周辺の障害物等を確認する偵察飛行をおこなった(図 8)。風が強かったが、夕方であったこと、年末であったこと等の理由で観光客は一人もおらず、ドローン飛行に支障はなかった。海鳥の飛行も見られなかった。そこで Mavic2Pro を用いて、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、写真測量画像取得を目的とするドローン空中撮影を実施した。

5. 地下施設跡のドローン飛行探査の予備実験

次に、立入許可が下りなかった地下施設跡について、人間が立ち入らずに測量をおこなうことを想定し、ドローン飛行探査実験を実施した。HP(ホームポイント、ドローンの離発着点)は立入禁止の看板・バリケードの手前に設置し(図 9)、立入禁止区域内に操縦者を



図9 HPから発進するドローン



図10 Mavic2ProにGoProとペンライト2本を装着

含め人間が入り込まないように注意を払った。

使用したドローンは Mavic2Pro で、1回目の飛行では、付属品のライトを装着して飛行探査実験をおこなった。Mavic2Pro の機体カメラは、真上に向けることができず、天井部分の撮影ができない。そこで2回目の飛行では、天井にカメラを向けた GoPro10 を養生テープでドローン機体に装着し、さらにペンライト 2 本も同様に上を向けてドローン機体に装着した(図 10)。このようにして、(ドローン+GoPro)で天井部分も含めた地下施設跡全体の撮影を試みた(図 11・12)。

次頁に、2回目のドローン飛行探査実験においてドローン機体カメラで撮影した動画のスクリーンショットを掲げる(図 13~17)。地下施設跡内の電灯がつかないため、日光が届かない所は明るさが不足している(図 13・14)。しかし地上からの日光が差し込む場所は、問題なく撮影できている(図 15~17)。次回以後の撮影実験の重要課題は、地下施設内の明るさをどう確保して撮影できるか、である。

なお、撮影の過程で、地震の影響でできたと推測さ



図 11 地下施設跡を飛行するドローン①



図12 地下施設跡を飛行するドローン②



図13 ドローン撮影動画のスクリーンショット①



図16 ドローン撮影動画のスクリーンショット④
(中央奥に砲塔井が見える)



図14 ドローン撮影動画のスクリーンショット②
(右奥に砲塔井と水力蓄力機井が見える)



図17 ドローン撮影動画のスクリーンショット⑤
(左奥に砲塔井が見える)



図15 ドローン撮影動画のスクリーンショット③
(水力蓄力機井)

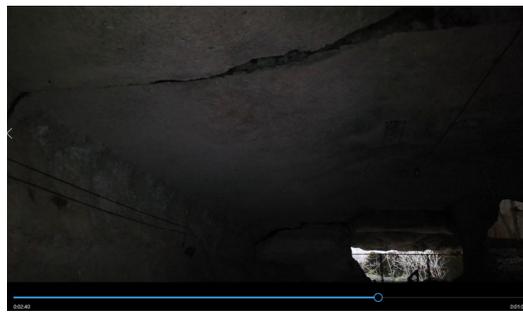


図18 天井部分の亀裂か？

れる天井部分や壁の亀裂をいくつか見つけることができた(図18・19)。

今後、黒崎砲台跡を歴史文化観光資源として活かしていく道を考えるならば、まず地震の影響による天井・壁の亀裂の修復、補強による安全強化が不可欠である。そのためにも、今回のドローン飛行探査実験等、



図19 天井・壁の亀裂か？

人間が危険区域に立ち入らない測量方法を模索し、実践していく必要がある。

最後に、ドローンに装着した GoPro で撮影した天井部分の動画について記す。これは現地で地下施設跡内の暗さを考え、急遽ドローンに GoPro を取り付けて撮影したものである。今回は、GoPro と天井の距離が近かったからか、どの地点の天井か判別しづらい所が多かった(図 20)。もう少し地上に近い所を飛行させ、天井の撮影をおこなうことが必要かもしれない。ただ、地下施設跡の地面には砂が積もっているようで、地上近くでドローンを飛行させるとドローンのプロペラが起こす下向きの風で砂が舞い上がり、撮影の妨げとなる。

このような場合、神奈川県横須賀市千代ヶ崎砲台跡での予備実験で使用した地上走行ロボット(UGV)⁴⁾を黒崎砲台跡で活用すれば、天井部分をうまく撮影できる可能性がある。今後の課題としたい。



図 20 天井部分の撮影

7. 3次元モデルの製作実験

上記の予備実験を終えた後、撮影した動画をもとにし、SfM/MVS ソフトウェアを使用して、堀江が 3D モデル製作を実験的におこなった。これまでの報告⁵⁾と同様、ロシア Agisoft 社の Metashape Professional を使って 3D モデルを製作した。その後、3D モデルの評価を堀江と大浦でおこなった。

図 21・22 は、砲塔井の上空からドローン空中撮影を実施し、建物モードで写真測量画像を 265 枚撮影、それをもとに 3D モデルを製作したものである。図 22 は、図 21 の 3D モデルを拡大したものだが、精度高く精巧な 3D モデルが製作できている。



図 21 3D モデル①

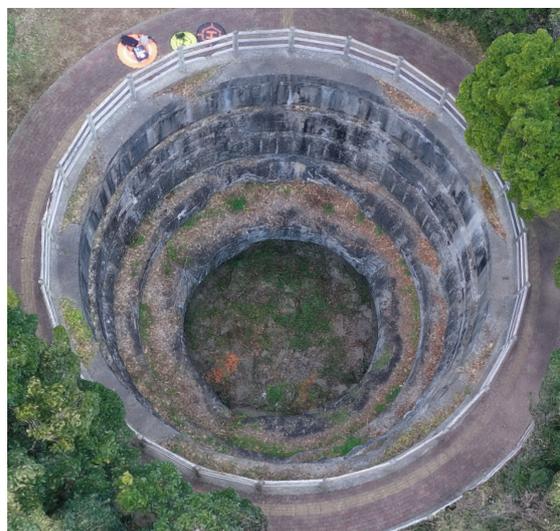


図 22 3D モデル②

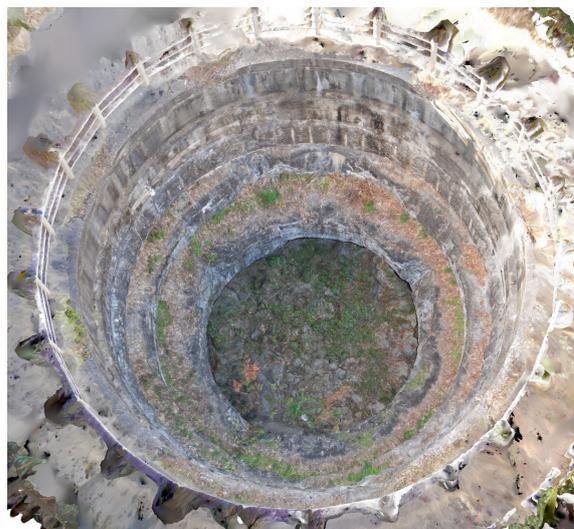


図 23 3D モデル③

これと比較するために製作したのが、図 23 の 3D モデルである。これは、堀江がデジカメ (Nikon COOLPIX W300) で砲塔井を撮影した写真をもとにしている。砲塔井の周囲を撮影角度を変えて2周し、計 211 枚の写真測量画像を取得した。こちらもかな



図 24 3D モデル④



図 25 3D モデル⑤



図 26 3D モデル⑥

り精密にできているが、少し手振れしたのか、ぼやけてうまく再現できていない部分がある。

最後に図 24 は、GoPro10 に 97cm 延長ポールを装着し、1m ほど高い位置から砲塔井の周囲を1周して撮影した動画をもとに製作した 3D モデルである。6分弱の動画から1秒に1枚を切り出し、計 224 枚の画像から 3D モデルを作った。砲塔井の側面、草が生えている底部ともに再現できていない部分が目立つ。延長ポールを用いたため、どの部分が撮影されているのか確認しながら撮影できなかったこともあり、砲塔井全体を満遍なく撮影できていないのであろう。

今回は風が強かったこともあり、建物モードのみの撮影で、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定め、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)での撮影は実施しなかった。にもかかわらず、精度の高い 3D モデルを製作することができた。あらためてドローン空中撮影の優位性を確認することができた。

なお、地下施設跡のドローン飛行探査実験で獲得した動画から切り出した画像を使い、何度か切り出し枚数を変えながら、いくつかの 3D モデルを実験的に製作した。しかし、3D モデルとして再現できない場合が多く、日光が届いていた砲塔井と水圧蓄力機井の底部周辺が再現されたもののできた程度にとどまった(図 25)。

さらに、図 25 の 3D モデルを製作する際に使った画像に、ドローン機体上の GoPro で天井を撮影した動画から切り出した画像を加え、3D モデルを製作してみた(図 26)。まだまだ不完全な 3D モデルだが、両者の画像群がきちんと接合できてい

る部分があることを確認できた。

今回のドローン飛行探査実験は、当初地下施設内の電灯がつかないことを想定しておらず、明るさを十分に確保できなかった点が誤算であった。明るさが不足したことにより、壁や天井の形状や色等の特徴を捉えにくくなったことが、3Dモデル製作にとって致命的な欠陥であることが再確認できた。次回以後の予備実験や、本格的な測量実験では改善せねばならない最重要点である。

8. 今後の課題

今回の予備実験で、特に立入禁止となっている地下施設跡について、ドローンを用いて人間が立ち入らずに測量を実施することが可能であるという手ごたえを得ることができた。今後は、より正確な測量ができるドローン飛行実験を試み、より精密な地下施設跡全体の3Dモデルを製作したい。そして地下施設内の地震被害による亀裂を詳細に知ることができれば、今後の保存と整備、活用につなげていく一つの検討材料を提供できる。ドローンでうまく撮影できない箇所が出てきた場合等には、千代ヶ崎砲台跡での測量実験に用いたUGVを、黒崎砲台跡でも活用して測量実験を実施したい。

長崎県内各地には、本研究で取り上げた黒崎砲台跡以外にも、まだまだ多くの埋もれた戦争遺跡が存する。それぞれの調査実験を進めることにより、歴史文化観光資源となり得る遺跡に光をあて、管理団体となる自治体や周辺住民の理解を高め、保存・公開を促進していく道を探りたい。

経済不況に常にさらされている長崎県内の離島地域にも、戦争遺跡が数多く残されている。これらが自然に呑み込まれて忘れ去られ、開発等により取り壊されることを防止し、離島地域の地域振興の手段として活用可能な歴史文化観光資源としていくためにも、この研究を今後着実に進展させていきたい。

注

- 1) 対馬観光物産協会, 対馬砲台あるき放題～対馬要塞まるわかりガイドブック～, pp.29-31
- 2) 宮武直人, 壱岐要塞について—その戦略と兵備—, 長崎県埋蔵文化財センター研究紀要 1, p.98, 2011

- 3) 黒崎砲台跡に無断侵入者が多発, 壱岐新報, 2020年1月29日
- 4) 本号において, 神奈川県横須賀市千代ヶ崎砲台跡のドローン写真測量とUGV探査の予備実験について報告をおこなっている (pp.72-79)。
- 5) 堀江潔, 岡本渉, 大浦龍二, 眞部広紀, [a]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, 佐世保工業高等専門学校研究報告第56号, pp.13-19, 2020。その他, 6本の報告を同号に掲載した。[b]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, pp.21-27, [c]北海道様似町エンルム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, pp.29-34, [d]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, pp.35-40, [e]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, pp.41-46, [f]登頂禁止の「天空の城」利神城のドローン写真測量と3次元モデル作成の予備実験, pp.47-52, [g]海食崖に立地するグスクのドローン写真測量と3次元モデル作成の予備実験—沖縄県糸満市具志川城一, pp.53-58

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,及び「軍港都市遺産を対象とした先端測量技術の開発と遺構調査の実践」(代表:毛利聡)のプロジェクトの一環として進めているものである。

本研究は、JSPS 科研費 JP21K12472 の助成を受けたものである。