

三次元計測の野外調査での利用例

～都井岬見張所・探信所跡を例に～

留野 優兵
(宮崎県埋蔵文化財センター)

1 はじめに

本稿は三次元計測、特に iPhone などの iOS 端末の一部機種に搭載されている LiDAR (Light Detection and Ranging) の野外調査での使用例を紹介するものである。デジタルトランスフォーメーションや仮想現実、拡張現実などの言葉が飛び交う昨今、技術的なハードルが下がったことによって、計測された成果物を目にすることも増えており、機会も増えている。今回はより身近で軽便な利用例を紹介したい。

本稿では iPhoneLiDAR で三次元計測した 3D モデルと点群 (Point Cloud) の編集を行う。特に編集に用いる点群処理ソフト CloudCompare の使用方法のうち、等高線の表示とソリッドモデルの表示についてまとめている。また、派生して GIS ソフトを用いた分布図、遺構配置図の作成についても紹介する。記録の対象は、串間市都井岬に所在する旧日本海軍都井岬見張所・探信所の遺構とした。上記の内容と合わせて、現地に残る遺構について若干の考察を行っていく。

2 都井岬見張所・探信所の概要

都井岬見張所・探信所は、串間市都井岬の扇山およびその周辺の稜線上に設置された旧日本海軍の施設である。旧日本海軍呉鎮守府の防衛を担当する呉鎮守府海軍警備隊の指揮下に設置され、太平洋戦争の期間中、海上空中見張りを任務として活動した。都井岬見張所・探信所に関する文書として、『呉鎮守府海軍警備隊戦時日誌』(以下、戦時日誌) (表 2) がある。また、終戦後、連合軍へ武器装備を引き渡す際に装備品目録『都井岬見張所兵器調』(表 1) と施設の配置模式図(図 1) が作成されている。なお、後述のとおり都井岬では見張所は先行して設置され、その後、レーダーを使用する探信所の整備が始まっている。両者が合流した後も、指揮を行う下士官の部署が見張所と探信所を並列して呼称されていることから、本稿では都井岬見張所・探信所と呼称した。

1942 (昭和 17) 年 3 月には、肉眼での観測を行う特設 (防空) 見張所として機能しており、1942 年 3 月 12 日に呉海軍警備隊司令官から都井岬・足摺岬の見張所長宛に連合軍の潜水艦・航空機に対する見張りの強化について命令が出されている (呉警機密第 518 番電)。レーダー (海軍の呼称は電波探信儀) を使用して観測を行う探信所としての整備は、戦時日誌の 1942 (昭和 17) 年 8 月の記事に電波探信儀三号の設置工事着手とあることから、見張所に次いで探信所の整備が始まったようである。

都井岬の見張所および探信所は 1944 (昭和 19) 年 11 月に見張所が撤収されるまで並立して設置されていたらしく、指揮を執った下士官の名前はそれぞれの部隊に対して記録されている。見張所の撤収後、指揮を執る下士官の部署は探信所長兼見張所長となり、見張所の兵員が探信所の兵員となっている。

都井岬見張所・探信所の整備工事については、『別府と占領軍』(佐賀 1981) に「(前略) ただ前にも述べた軍需関係は時局が逼迫して来ても依然検討し、後藤組は呉の海軍施設部大分海軍工作隊という名で足摺岬、都井岬、宿毛など豊後水道一体の要塞工事を建設し (後略)」(同: p46) とある以外に管見の情報はない。施設の構造については、海軍施設部による『特設見張所 (戊) 施設

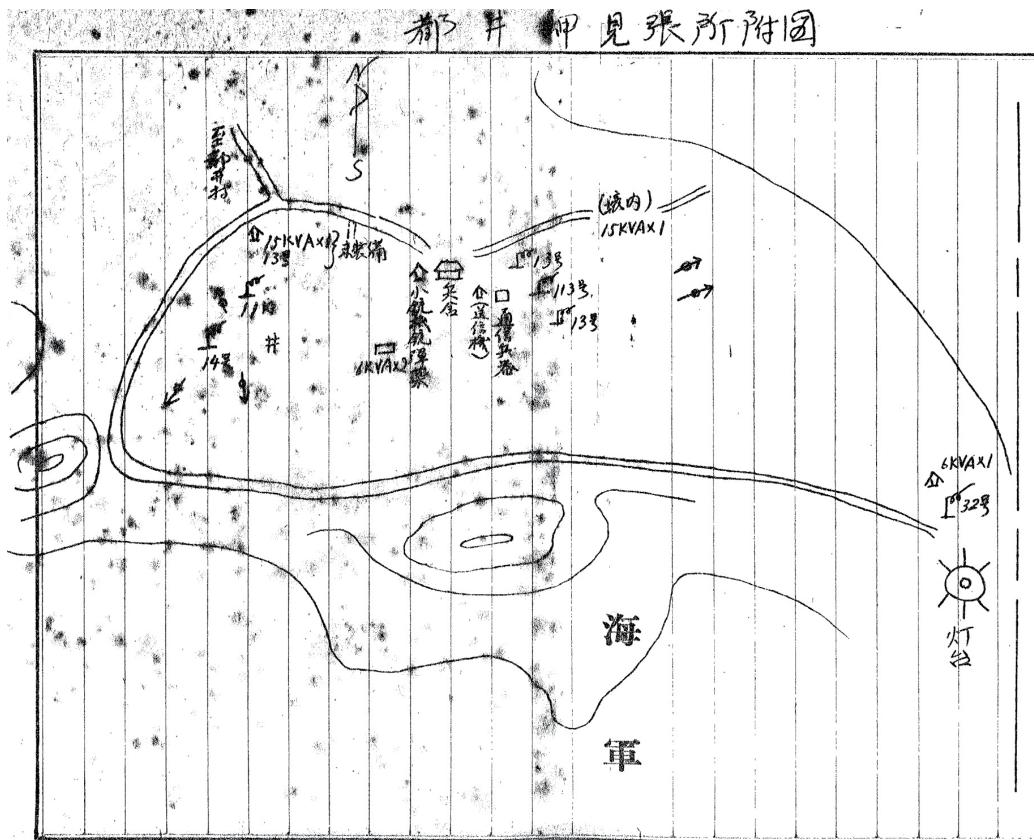


図1 都井岬見張所兵器調附図

表1 都井岬見張所兵器調より装備一覧

都井岬見張所兵器調 (20.8.30)

一電波兵器			四其の他		
品名	数量	所在	品名	数量	所在
一號電波探信儀三型	3		十五KVディーゼル交流発電機	2	
一號電波探信儀一型改三	1		六KVガソリン交流発電機	4	附図の通り
三式一號電波探信儀一型	1	附図の通り	一KVガソリン交流発電機	2	装備工事中
一號電波探信儀四型	1				
三號電波探信儀二型	1				

二通信兵器			五建物		
品名	数量	所在	品名	数量	所在
ティーエム短移動電信機	3	附図の通り	兵舎	1	都井岬
九二式三號通信機	1	未装備	附属建物	2	〃

三防備兵器		
品名	数量	所在
二五耗機銃	3	都井岬
同弾薬	3201	〃
一三耗機銃	2	〃
同弾薬	2920	〃
小銃	65	〃
同弾薬	5660	〃

標準』他の規定に従っていると考えられるが、この点は別節で若干の検討を行う。

終戦直後の1945（昭和20）年8月30日付に作成された『都井岬見張所兵器調』によると、都井岬には対空警戒レーダーの一號電波探信儀三型（以下13号電探）を3基、一型電波探信儀一型改三（以下11号電探）を1基、三式一號電波探信儀一型を1基、一号電波探信儀四型（以下14号電探）を1基、沿岸監視用として三号電波探信儀二型（以下32号電探）を1基装備していた。防御火器として13ミリ機銃や25ミリ機銃、小銃その他を装備していた。引渡書に付属する都井岬見張所附図では、配備されたレーダー類が、兵舎を挟んだ東側と西側、都井岬灯台近くの三地点に

表2 呉鎮守府海軍警備隊戦時日誌より都井岬見張所・探信所関連記述

(赤字は筆者加筆)

時期	記述内容		
昭和17年1月	五 兵力部署左の通定む	兵力	
	部隊 指揮官	特設見張所(主要任務:海上、空中見張) 足摺、蓋井、角島、高崎山、美保ヶ関、日ノ御崎、都井、足摺、見島、室積、向道村、昇仙	
昭和17年3月	吳陸上防備部隊 指揮官直率	足摺、蓋井、角島、高崎山《都井崎》	
	(4)特設(防空)見張所 既設のもの左の通 三 令達報告等	中野村、敵島、甲島、津と地島、安居島、角島、蓋井、高崎山、美保ヶ関、日ノ御崎、都井、足摺、見島、室積、向道村、昇仙 峰、野島、深浦 発 日時 元	受 日時 宛(通報)
昭和17年8月	12日0930 同 ※警備隊司令官	都井崎 足摺崎見張所長 吳警機密第518番電	一 情報に依れば宮崎東方海面に敵潜水艦出没す
			二 敵機に対する見張を敵にすべし
昭和17年12月	五 特設見張所	乙(既設)、巳(未着手)	
	都井岬	宮崎県南那珂郡都井村	十二 暫望遠鏡(一) 七倍後鏡(二) 電波探信儀三號(一)
昭和18年1月		一、訓令 官房機密第1002號 (17.1.24)	一、電波探信儀三號は近く工事に着手
	17.12.17 島後特設見張所(戊)官房機密第15479号 電波探信儀備工事打切の訓令(三號)	二、電波探信儀一號装備予定は官房機密台8712號の2に依り中止(17.9.3)	
昭和18年3月	18.1.19 潮岬、室戸、足摺、都井 官房機密第271号	工事中のもの	
	工事中のもの	都井特設見張所(戊)	
昭和18年4月	(2)施設其の他	(2)見張所関係	工事中のもの 探信所 都井岬
	(3)要領変更及位置変更	18.3.20 都井岬探信所附属見張所位置変更の件呉海軍建築部長に照会(呉警備隊機密第五号の六)	
昭和18年5月	(2)施設其の他	(2)見張所関係 工事中のもの(訓令済)	探信所 - 都井岬
	(2)見張所関係	特設見張所(戊) ③工事中のもの 嘉納山、大華山、都井岬	
昭和18年12月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	都井岬見張所長 兵曹長 高木義美	
	吳鎮付(司令官承命)	別紙第四 機密呉警備隊命令第82號 18.12.18	
昭和19年1月	別紙第四 機密呉警備隊命令第82號 18.12.18	機密呉鎮府命令第468號に基づき当隊戦時特別週課に左の通定め昭和18年12月20日より之を実施す	
	(中略)	(中略)	
昭和19年2月	(二)丁特別日課 曜日を半舷外日出(從前の日曜日課)となすもの		
	(中略)		
昭和19年3月	(八)呉地区徳山地区以外の陸上防備隊の戦時特別週課に左の通定め昭和18年12月20日より之を実施す		
	別紙第一 呉地区徳山地区以外の陸上防備部隊の戦時特別週課		
昭和19年4月	週課	適用部隊	
	甲特別日課	島後探信所 足摺探信所	
昭和19年5月	乙 "	見島探信所 美保ヶ関探信所	
	丙 "	日ノ御崎探信所	
昭和19年6月	丁 "	都井見張所	
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	吳鎮付(司令官承命)	都井岬見張所長 兵曹長 高木義美
昭和19年7月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	吳鎮付(司令官承命)	都井岬見張所長 兵曹長 高木義美
	(2)施設其の他	(2)見張所探信所	(口)探信所完備
昭和19年8月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	吳鎮付(司令官承命)	都井岬見張所長 兵曹長 高木義美
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	承命	都井岬見張所長 兵曹長 高木義美
昭和19年9月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	承命	都井岬見張所長 兵曹長 高木義美
	(4)見張所探信所	既設見張所	美保ヶ関、都井岬、石船山
昭和19年10月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	承命	都井岬見張所長 兵曹長 高木義美
	(4)見張所探信所	既設見張所	美保ヶ関、都井岬、石船山
昭和19年11月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所 兵曹長 小谷繁春
	五 作戦経過の概要	承命	都井岬見張所長 兵曹長 高木義美
昭和19年12月	(4)探信所(工事中)	都井岬	官房艦機密第4170號に依り二式一號電波探信儀設置工事中 官房艦機密第4192號に依り三式一號電波探信儀設置工事中
	(5)見張所(既設)	美保ヶ関・都井岬	
昭和20年1月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長 兵曹長 小谷繁春
	五、作戦経過の概要	承命	都井岬見張所長 兵曹長 高木義美
昭和20年2月	(4)探信所	既設	日御崎、足摺、見島、島後・都井岬
	(5)見張所	既設	(官房艦機密第4192號に依り三式一型電探裝備 美保ヶ関・都井岬
昭和20年3月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長 兵曹長 小谷繁春
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	承命	都井岬見張所長 兵曹長 高木義美
昭和20年4月	(4)探信所	都井岬	三式一號一型 完備
	(5)見張所(完備)	美保ヶ関、都井岬	
昭和20年5月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長 兵曹長 小谷繁春
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	承命	都井岬見張所長 兵曹長 高木義美
昭和20年6月	(2)撤収	都井岬見張所	電波探信儀完備に依り見張所撤収兵員は探信所員となる
	(2)施設及砲台見張所の現状(内は訓令番号を示す)(4)探信所	都井	
昭和20年7月	三式一號一型(一)		修理中
	三式一號三型(一)		吳廠試験のため裝備
昭和20年8月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年9月	都井岬		三式一號一型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號三型 一
昭和20年10月	(4)探信所	所名	兵器
	都井		三式一號二型 一
昭和20年11月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
	(2)撤収	都井岬見張所	二式一號一型改三 一
昭和20年12月	(2)施設及砲台見張所の現状(内は訓令番号を示す)(4)探信所	都井	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	三式一號三型(一)		
昭和20年1月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年2月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年3月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年4月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年5月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年6月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年7月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年8月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年9月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年10月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年11月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年12月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年1月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年2月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年3月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年4月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年5月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年6月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年7月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年8月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年9月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年10月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年11月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年12月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年1月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年2月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年3月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年4月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年5月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年6月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年7月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年8月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年9月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年10月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年11月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年12月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年1月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年2月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年3月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年4月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年5月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年6月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年7月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年8月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年9月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年10月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年11月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年12月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年1月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年2月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年3月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年4月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年5月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年6月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年7月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年8月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年9月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年10月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年11月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年12月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年1月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信所	所名	兵器
昭和20年2月	都井		三式一號三型 一
	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	三式一號一型 一
昭和20年3月	(4)探信所	所名	三式一號三型 一
	都井		三式一號二型改三 一
昭和20年4月	二 人員の現状(イ)職員官氏名	隊附	都井岬探信所長兼見張所長 兵曹長 小谷繁春
	(4)探信		

配備され、合わせていくつかの陣地が設定されていたことが分かる。

3 記録と図面作成の方法

本節ではGISソフトを利用した遺構配置図、三次元計測を行った遺構の平面図を作成する。

(1) 遺構配置図の作成

遺構配置図の作成には、GISソフトを利用した。位置座標の取得と図面作成の方法を記述する。

遺構の位置座標の取得には、タブレット上で GIS アプリの「EcorisMap」を使用した。この GIS アプリは、オープンソースアプリの1つで、2023年3月現在、無料で使用している。Android、iOS の両方に対応しており、表示可能な地図は Google Map の基本地図・陰影起伏図・衛星画像、地理院地図の他、他の GIS ソフトで作成した地図も表示できる。都井岬見張所・探信所の遺構には、地上に設定された陣地跡やコンクリート基礎、浄化槽跡等と、地下に設定された壕の跡がある。このうち地下の遺構も、衛星画像で地上に露出する通気口等からその位置を確認することができる。EcorisMap に表示した地図上で遺構の位置をタップして登録していく、経緯度の数値を取得する。得られた経緯度は、リスト化して .csv 方式で保存しておく（表 3）。標高データは、ひなた GIS に csv 方式の経緯度リストを読み込んで遺構の位置を点で表示し、点上にカーソルを合わせると確認することができる。

図面の作成には「地理院地図 / 電子国土 web」を用いた。csv 方式の経緯度リストを読み込み、記録したポイントをブラウザ上の地図に表示する。この状態を画像として出し、Adobe Illustrator で遺構番号などの情報を加えて分布図を作成した（図 2・3）。

また、地理院地図 / 電子国土 web には、表示している地図を 3D モデルとして出力する機能があり、これを利用することで広い範囲に分布する遺構の立体的な配置を確認することができる。出力した 3D モデルは各種 3D ビューワーで見られる他、図4の俯瞰図のように CloudCompare 等でカメラ位置の操作を行うことで必要な視点から見た画像を得ることができる。



図2 遺構分布図1 (1/30000) (上が北)

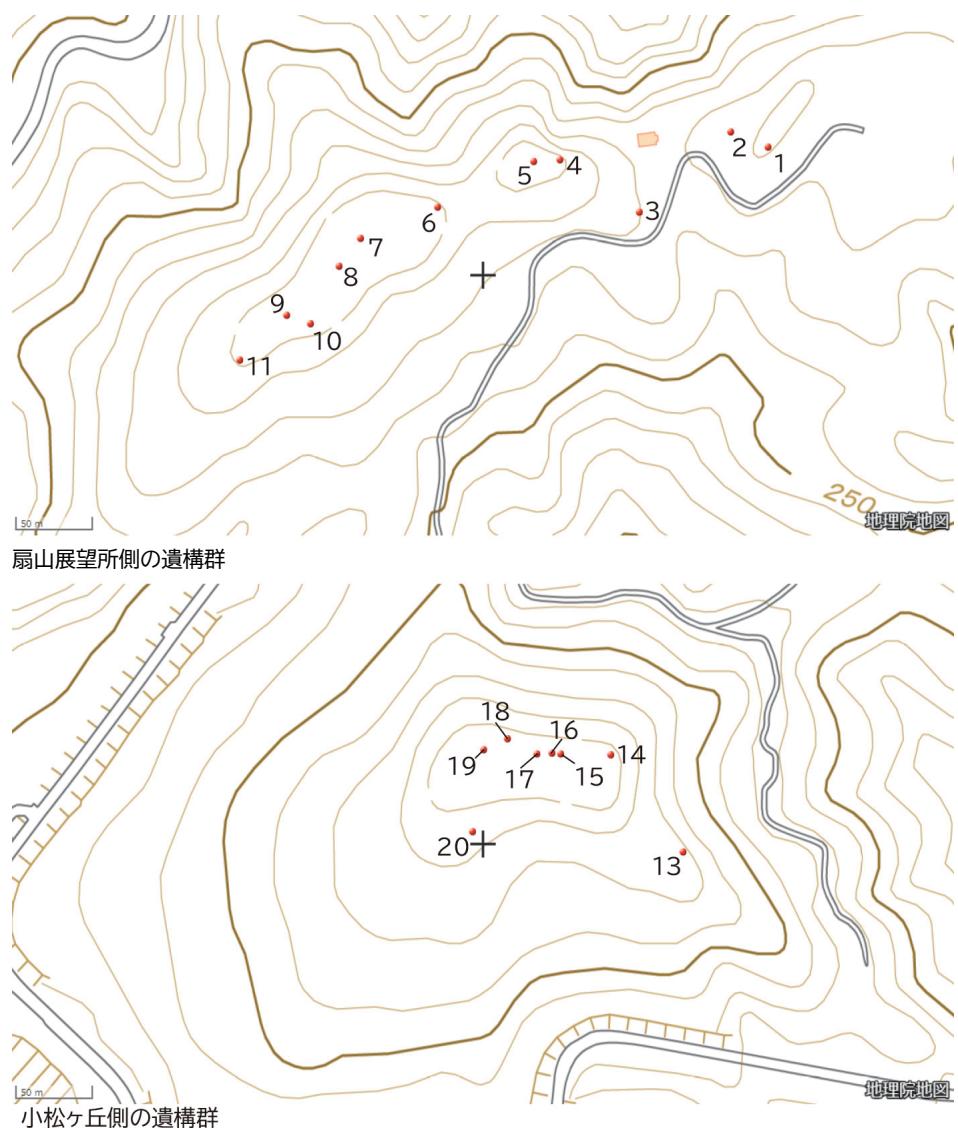


図3 遺構分布図2 (1:5000) (上が北)

表3 都井岬見張所・探信所跡の遺構座標

	遺構名	経度	緯度	標高		遺構名	経度	緯度	標高			
1	地下壕跡1	131.3338662	31.37290609	284.88		12	レーダー基台か	131.3304326	31.36826142	200.58		
2	浄化槽跡	131.3336144	31.37299223	285.63	扇山展望所へ至る稜線上の遺構							
3	発電機壕	131.3329985	31.37255368	274.6		13	陣地跡7	131.3266128	31.37596468	266.71		
4	陣地跡1	131.3324604	31.37283679	290.72		14	陣地跡8	131.326123	31.37648966	281.2		
5	陣地跡2	131.3322857	31.37282792	292.35		15	陣地跡9	131.3257867	31.3764951	285.43		
6	地下壕跡2	131.3316349	31.37258117	291.25		16	レーダー基台か	131.3257254	31.37649939	283		
7	陣地跡3	131.3311126	31.37241256	295.31		17	陣地跡10	131.3256254	31.37649396	285.65		
8	陣地跡4	131.3309704	31.37226027	293.71		18	陣地跡11	131.3254276	31.3765741	285.5		
9	電波塔跡か	131.3306164	31.37199662	293.1		19	陣地跡12	131.325264	31.37651428	286.19		
10	陣地跡5	131.3307783	31.37195039	291.1		20	陣地跡13	131.3251903	31.37607346	278.32		
11	陣地跡6	131.3302962	31.37175273	290.27								

扇山展望所付近の遺構群

小松ヶ丘付近の遺構群

（2）三次元計測と遺構平面図の作成

①陣地跡

都井岬見張所・探信所には 20 か所程度の遺構が残存している。このうち陣地跡は土壘に囲われた構造となっており、発掘現場で完掘した遺構と同じく天井を持たず、傾斜面と床面で構成されている。ここでは、発掘現場での利用を考慮して、近い条件で計測を行えるこの陣地跡の 1 つ（図 3-13）を計測して遺構平面図を作成する

今回は三次元計測の方法として一部の iOS 端末に付属する LiDAR (Light Detection and Ranging) を使用した。LiDAR の測距の原理は ToF (Time of Flight) 方式という、レーザのパルス光を発信して、測定対象で反射して戻ってくるまでの時間を測定することで距離を導出するものである。端末として iPhone12ProMax を準備し、アプリとして Abound Labs Inc の Metascan を使用して計測を行った。計測は 2022 年 12 月 7 日午後 4 時 54 分に行い、おおよそ南北 35 m、東西 20 m の範囲を記録した。この時、端末はスマホホルダーでミニ三脚に固定した状態で両手に保持し、歩きながら計測した。計測した 3D モデルは 10,464 の点と 15,604 の面からなり、スマートフォンのカメラが取得した RGB 情報をもとにした色情報を有している。今回の計測ではトータルステーションなどを用いて座標や標高データを取得していないため、3D モデルに国土座標等は付与していないが、LiDAR による測距データに基づいたスケールは情報として保有している。

Metascan で計測した 3D モデルは、obj 形式で出力して PC に移した後、CloudCompare と Adobe Illustrator を使用して図化していく。

まず等高線の表示を行う（図 5）。obj 形式の 3D モデルを CloudCompare に読み込み、データベースツリーで「cloud」を選択する。次にツールバーから「点を 2D ラスターに変換」のアイコン（紺と水色の格子）を選び、「Rasterize」のウインドウを表示する。標高の基準になる点を生成するため、「step」に数値を入力し、「direction」で等高線の軸（今回のデータでは Y 軸）を選択し、「Update grid」をクリックすると高さごとに色分けされた点が表示される。次に「Contour plot」のタブを選択し、「Start Value」で等高線の始まる標高を設定、「Step」で等高線の間隔を設定し、「Generate」をクリックすると、等高線が生成される。この後、「Export」を選択して 3D モデルに

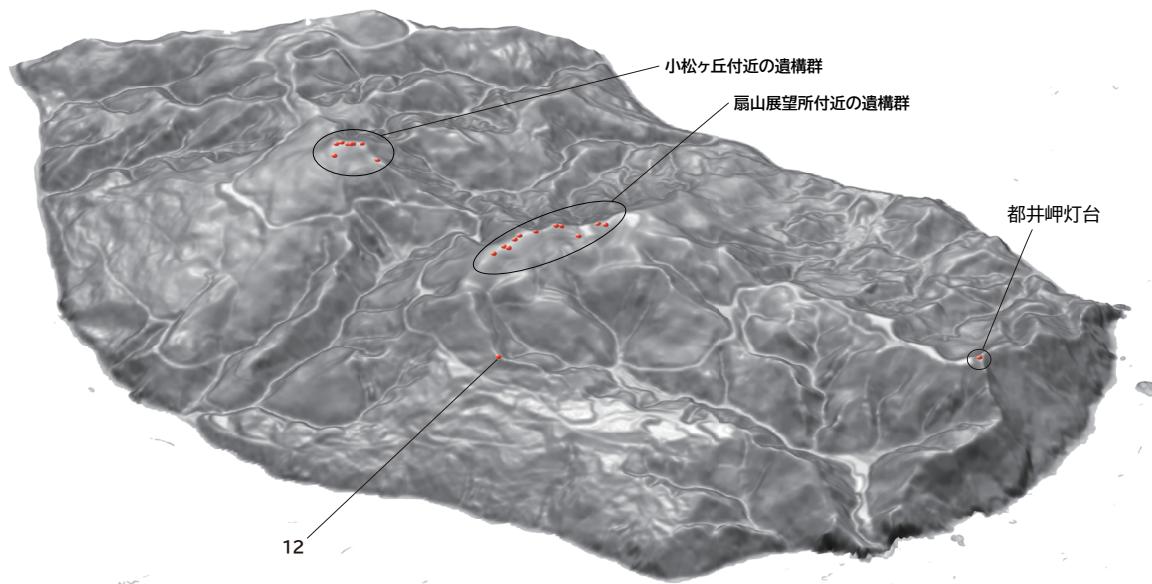


図4 都井岬鳥観図（縮尺任意）

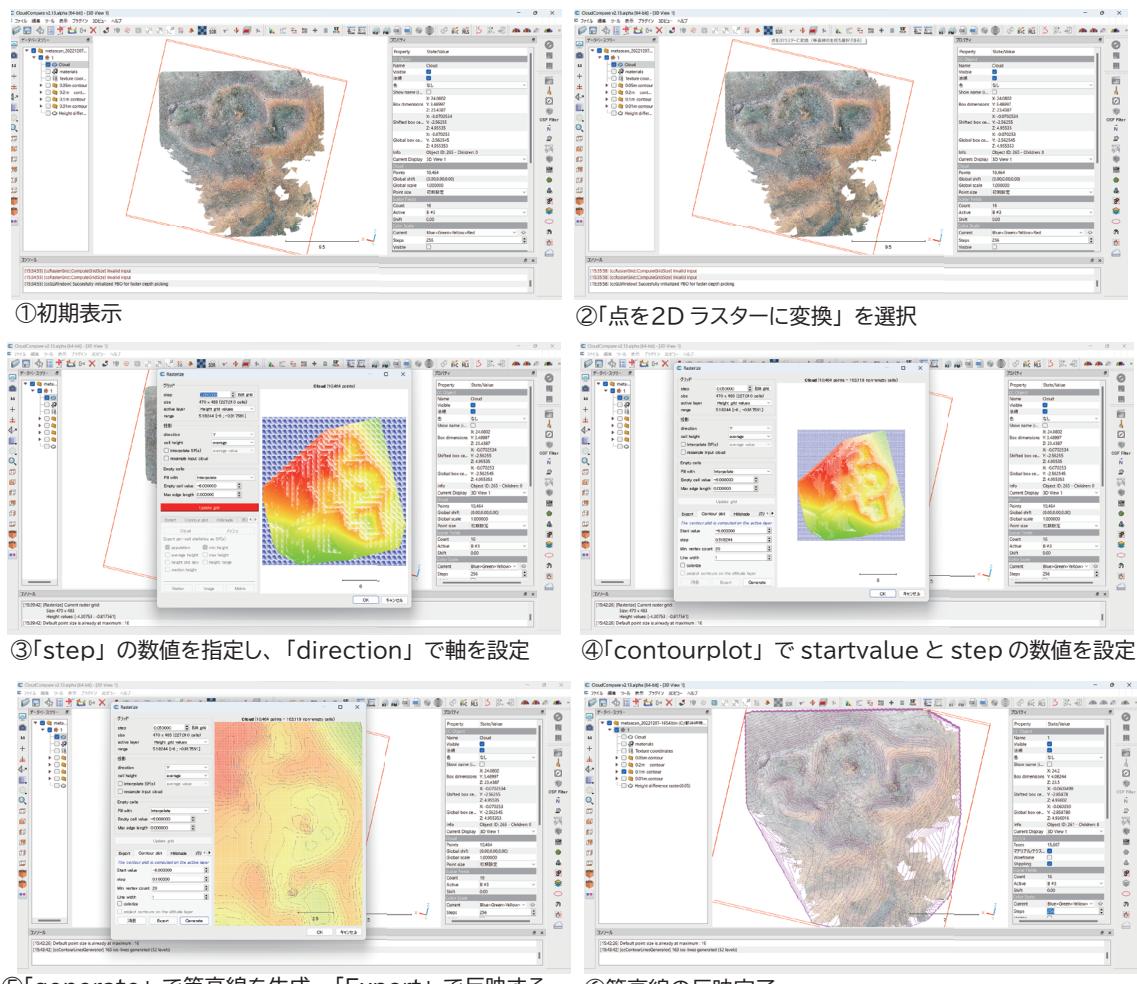


図 5 CloudCompare での等高線生成

表示する。CloudCompare 内の数値はメートル単位となっている。

次に 3D モデルから色情報を抜いて、純粋な凹凸のみを描写するソリッドモデルの表示を行う(図6)。データベースツリー内でグループの塊を示す五角形を選択し、右側のプロパティからメッシュ内にある「マテリアル / テクスチャ」のチェックを外す。これで 3D モデルから色情報を抜いた状態となる。次に上部のツールバーから「編集>法線>演算」を選択し、現れたウィンドウから「per-vertex (頂点に基く)」または「per-triangle (三角網に基く)」を選択するとソリッドモデルが表示される。法線の表示 / 非表示はプロパティのチェックで選択できる。

前述したとおり、今回使用している 3D モデルには位置座標を反映していないが、LiDAR での計測に基いた大きさの情報は持っている。この情報から 3D モデル内の高低差の情報を色として表示したいと思う(図7)。まずデータベースツリー内で cloud (点群) を選択する。次に等高線を生成するときに用いた「2D ラスターに変換する」を選び、「Rasterize」を表示する。等高線の時と同じように「step」「direction」を指定し、「Update Grid」で高さごとに色分けされた点を表示する。この後、「Export」のタブを表示して、「cloud」または「mesh」を選択すると標高ごとに色分けされた 3D モデルが outputされる。今回は高い位置から低い位置に向けて赤→緑→青の順に変化していくよう設定した。図7では mesh として出力したモデルの「法線」を演算したうえで 10 cm の等高線と共に表示している。

ここまでで生成した等高線とソリッドモデルを合わせて表示したものが図9の1、等高線とテクスチャ

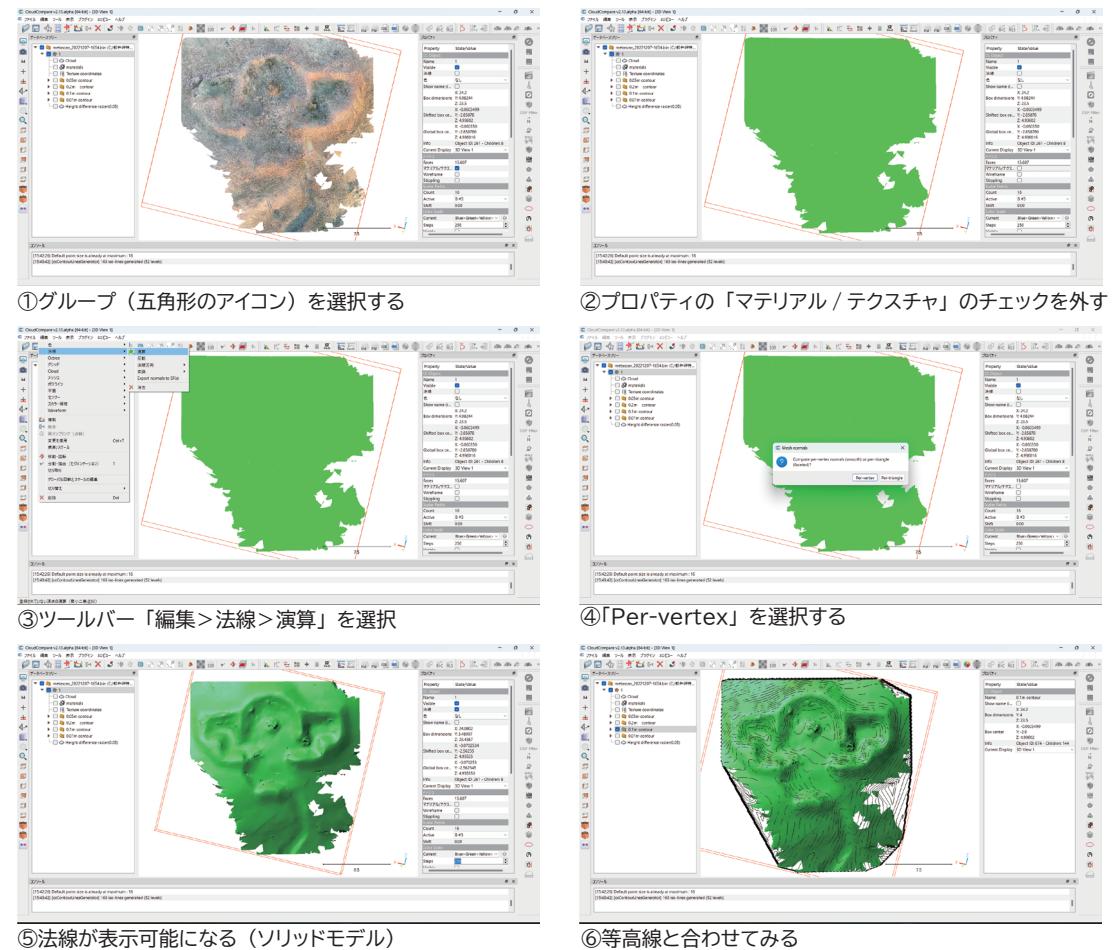


図 6 CloudCompare でのソリッドモデル表示

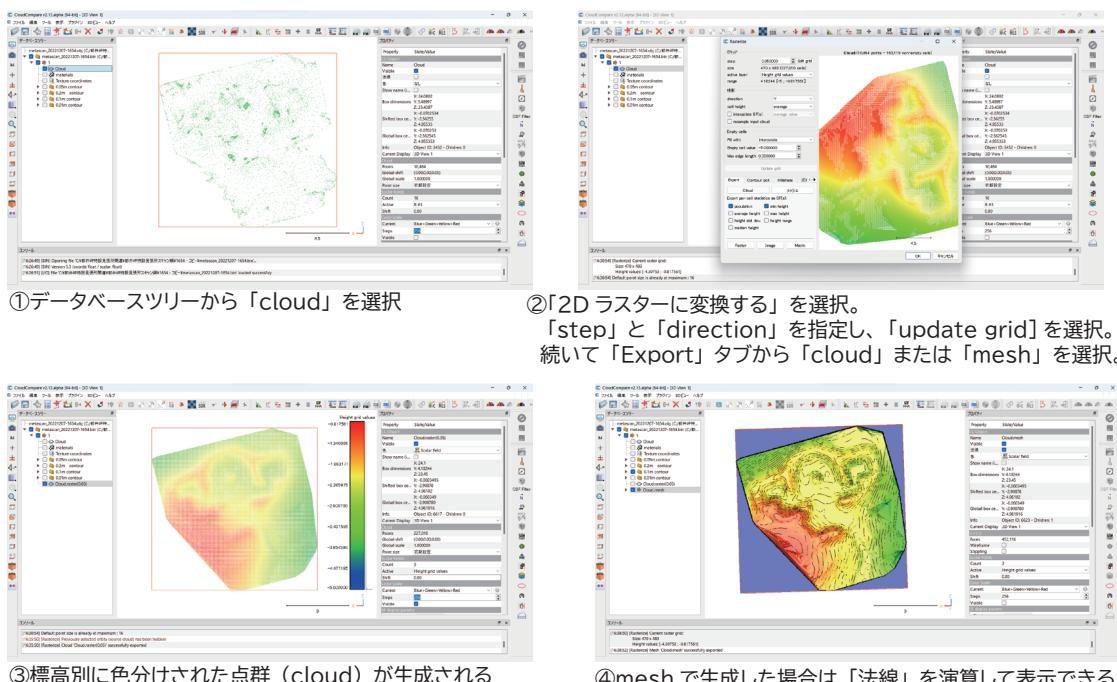


図 7 CloudCompare でのスカラー表示

を表示したのが図9の2、等高線とスカラーを表示したのが図10の3である。また、CloudCompareで生成した等高線を出力した後、Adobe Illustratorで土壌の範囲を示した図が図10の4である。

②地下壕1

図11の地下壕は、図3の3を図化したものである。これもiPhoneLiDAR（アプリはScaniverseを使用）で計測したモデルをパソコンに移し、Metashape Standardにインポートしてノイズや余分なポイントを削除した後、保存してCloudCompareに読み込んでいる。スマートフォン側で計測したデータは、Metashapeで編集を行った後にCloudCompareで読み込んでもスケールの情報は残っていた。また、地下壕内での計測では光量が足らず、スマートフォンのカメラが十分にRGB情報を取得することができなかったため、色情報を除いた状態で展開図を作成した。後の反省となるが、スマホホルダーに装着可能な小型のLED照明等を準備して計測を行うことで、暗所での計測の結果をより良く得られる。

展開図は、CloudCompareでモデルの水平を設定したうえで、回転させ、画像を出力し、その後、Adobe Illustrator上で配置して作成した。水平の設定は、上部の「ツール」から「水平」から行う。これは点群（Point Cloud）から任意の三点を選択して、その面を基準としてモデルの水平を設定する機能である。今回は地下壕の床面の角から三点を選んで基準面とした。モデルの回転は、画面左側のバーにある立方体のアイコンに機能が割り振られているので、そこで任意の面を向け、上のツールバー「表示」から「ファイルをレンダリング」を選択し、スケールなどと共に画像を保存する。地下壕はコンクリート造のため、稜線ははっきりと認識することができた。①の陣地跡と同じようにモデルの法線を演算し、マテリアル / テクスチャを表示させない状態で、地下壕では展開図を作成した（図11）。展開図の状態から遺構の稜線を拾い上げて、Adobe Illustratorなどでデジタルトレースを行うことも可能ではあるが、今回はソリッドモデルでも構造の把握できると考えて行わなかった。

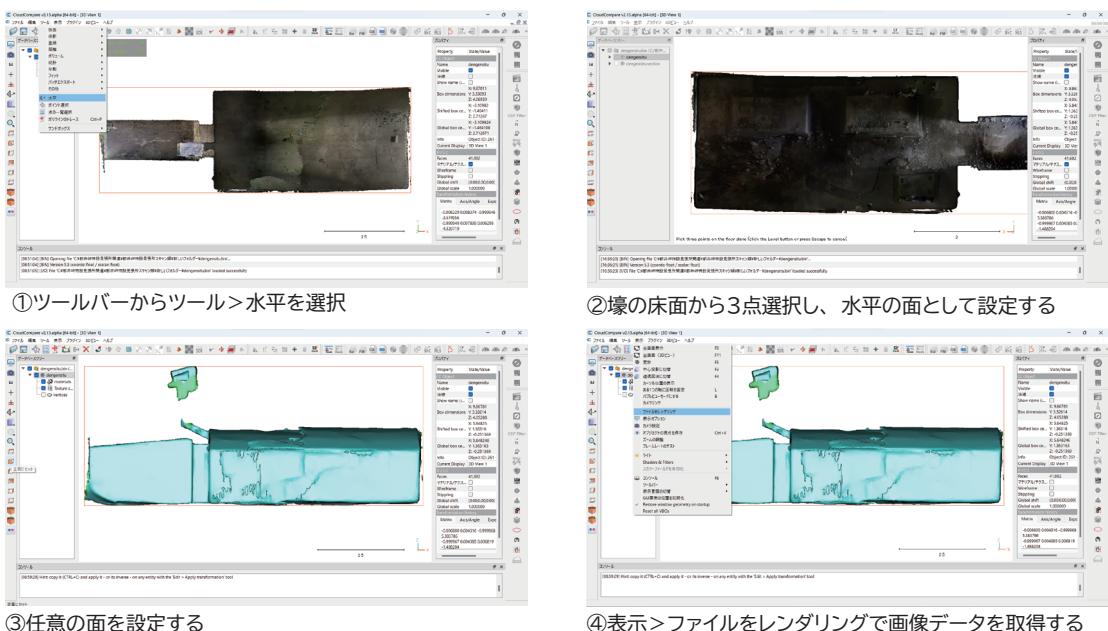


図8 CloudCompareでの水平合わせと画像出力表示

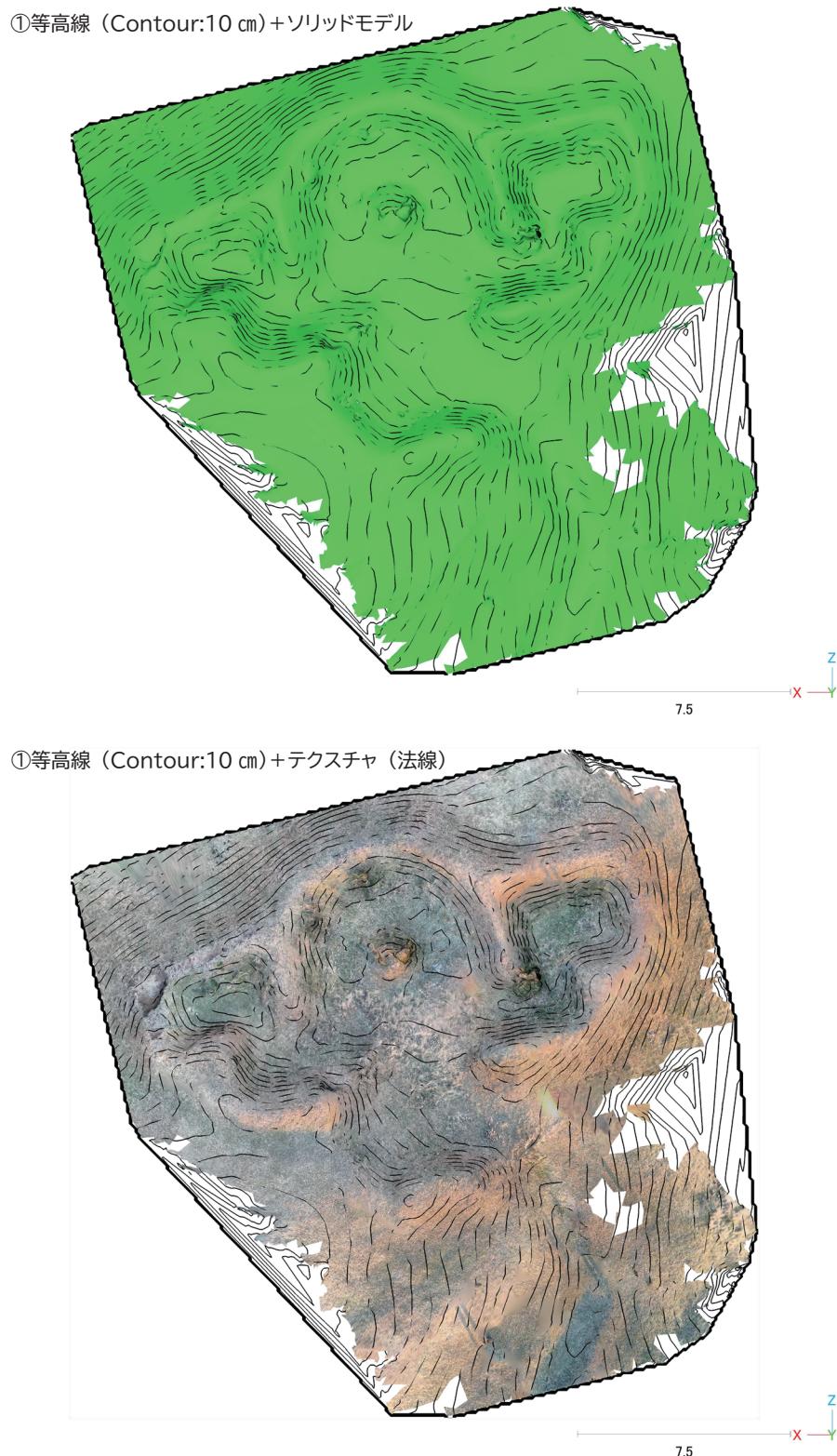
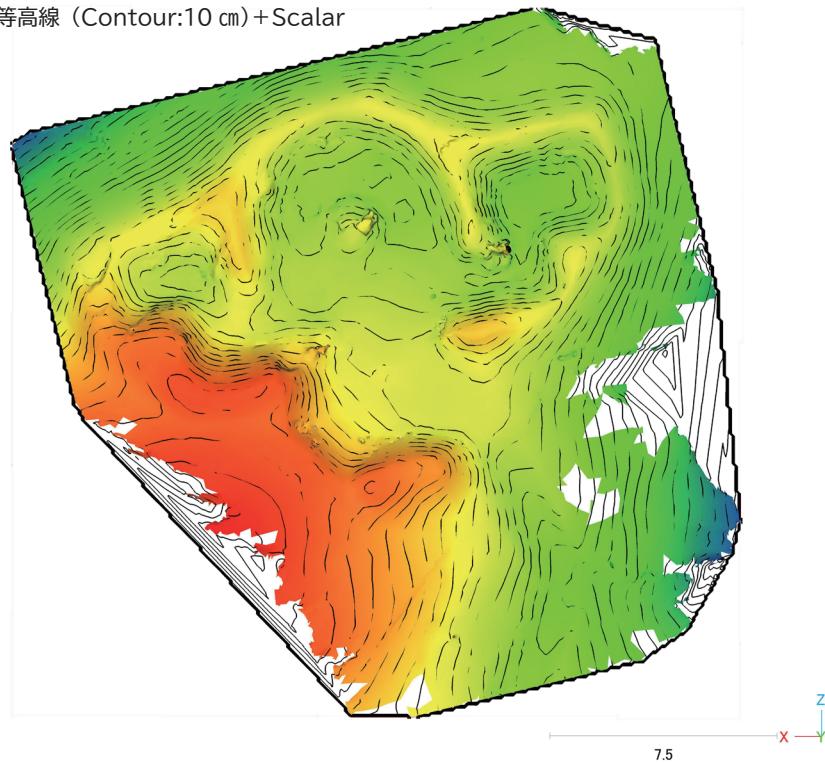


図9 陣地跡7の平面図バリエーション1

③等高線 (Contour:10 cm)+Scalar



④等高線 (Contour:20 cm)+土壌トーン

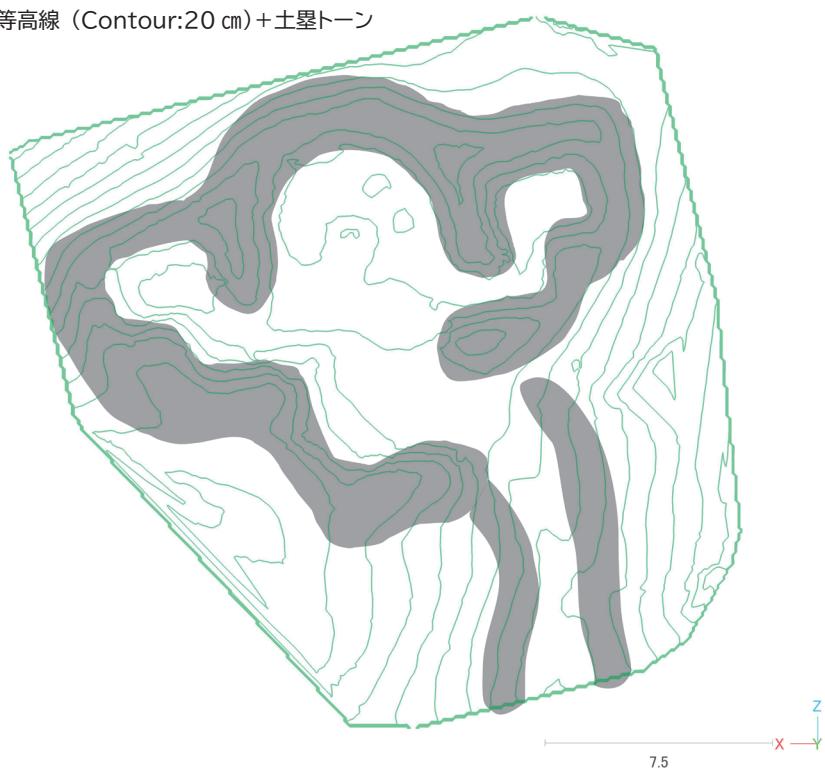


図 10 陣地跡 7 の平面図バリエーション 2

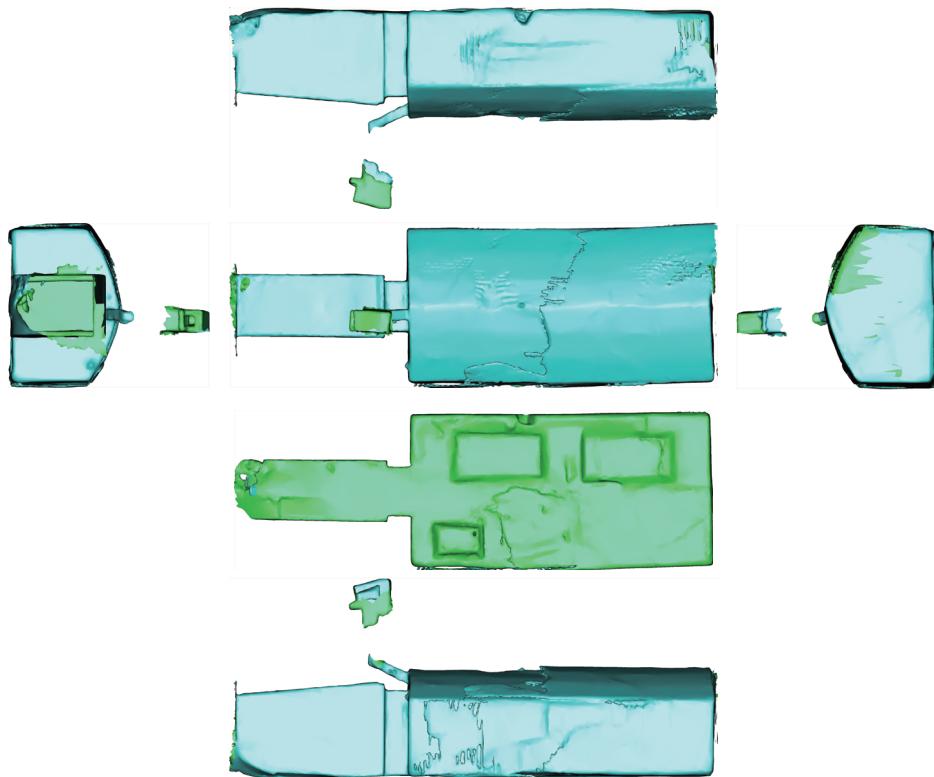


図11 発電機室展開図 (1:150)

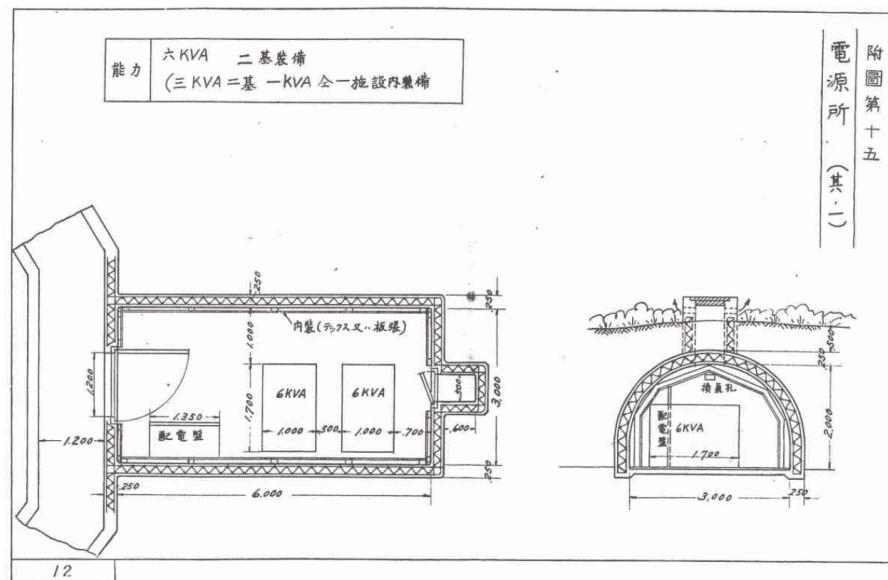


図12 電源所 (其・一)

4 都井岬見張所・探信所の遺構配置に関する若干の考察

『都井岬見張所兵器調』附図によると見張所・探信所の施設は、次の通り配置されていた。

都井岬灯台付近 32号電探1基・6KVA (6KVガソリン交流発電機の略) 1基

兵舎の東側 通信兵器(送信機)・13号電探3基・15KVA(15KVガソリン交流発電機の略)1基(壕内)・陣地2か所

兵舎の西側 小銃機銃弾薬・6KVA2基・14号電探1基・11号電探1基・陣地3か所・(13

号電探 1 基・15KVA1 基※未装備)

現在、現地には白蛇神社の南側に兵舎跡と発電機室、東側の図 3-2 の施設横に「都井岬レーダー基地」と指揮室に関する解説板が設置されている。それぞれの解説板の出典が現地では確認できなかったため、これらは参考とし、附図にある施設と遺構の対応について考えていきたい。

『呉海軍警備隊戦時日誌』の昭和 18 年 1 月の記事では、工事中の見張所として「都井岬特設見張所（戊）」という記述がある。特設見張所（戊）は、太平洋戦争中に設定された特設見張所の分類の一つで、その施設の構成や構造については標準的な内容が『特設見張所（戊）施設標準』で定められている。

『都井岬見張所兵器調』附図では兵舎の南西側に 6KVA2 基の表示があり、発電機を含む施設があつたことがわかる。『特設見張所（戊）施設標準』の中には「能力六 KVA 二基」の「電源所（其・一）」の模式図がある（図 12）。これを図 3-3 にある壕の構造（図 11）と比較してみる。まず、「電源所（其・一）」の図面では 2 基の発電機と 1 基の配電盤が配されており、その大きさは発電機が 1.7 m × 1.0 m、配電盤が 1.35 m とある。図 11 の壕には 2 基の 1.8 m × 0.95 m の台座と、1 基の 1.0 m × 0.75 m の台座が残っている。「電源所（其・一）」では発電機を収めた部屋の寸法は 6.0 m × 3.0 m となっており、図 11 の壕の部屋は 6.0 m × 3.1 m を測る。また、「電源所（其・一）」では換気孔が短軸側の壁に開き、地上に露出する配置が見られるが、図 11 の壕でも地上に抜ける換気孔が見られる。以上のことから、出入口の構造や幅、台座の配置・向きは異なるが、図 11 の壕の機能は、解説板にあるように発電機を設置した発電機室であると推測できる。

図 11 の壕（発電機室）の位置を基準としたとき、兵舎はその北東側にあり、現在の白蛇神社の付近にあたる。そのため、附図にある施設と現在の遺構配置の対応は、兵舎の東側に描かれた施設が扇山展望所付近の遺構群、兵舎の西側に描かれた施設が小松ヶ丘側の遺構群と考えられる。それぞれの遺構の対応は表 1 のように推測している。

図 9 および 10 で示した陣地跡（図 3-13）は、小松ヶ丘側の遺構群に含まれている。その構造は



図 13 小松ヶ丘側の遺構群 ※ Google Earth より

土壘で3つの区画に分けられており、中央の区画には機銃等の台座と考えられるコンクリートの基礎が設置されている。現地には同種の構造をもつ陣地跡が4か所（13・14・19・20）存在し、それ以外にも円形の土壘で囲われた陣地跡、レーダー基台と考えられるコンクリート基礎も確認している。附図では陣地跡を示す記号は3か所しか記載されていないため、現状の数とは合致していない。附図を含む『都井岬見張所兵器調』が作成された時期は、終戦直後であり混乱した状況であった事、正確な配置図ではなく、情報が省略された模式的な図である事から生じた相違と考えている。

図4は南側から都井岬を鳥瞰している。遺構群の立地する稜線は岬の中でも高所に位置しており、レーダーの電波や見張所所員の視線を遮らない場所を選んでいることが分かる。この点は『特設見張所（戊）施設標準』に「四周開闊にして特に主探信方向に対しては山其他の顯著なる電波反射物体なき可及的高所を理想とす」と定められている事とも合致している。その一方、小松ヶ丘側の遺構群では、航空写真を見ると陣地間を結ぶ通路の存在をはっきりと確認できる。この点は『特設見張所（戊）施設標準』にあって「第八 電探空中線枠は適當なる迷彩を施し偽装網（草木等を結着す）等に依る隠蔽に努むるを要す、施設附近は努めて草木等を植栽し兵員の徒步連絡に必要最小限の通路を残し連絡道路等は一般に構築せざるものとす」とあるのとは、合致していないように思える。このような標準的な施設の構成や運用と、現場での運用のあり方については今後整理していきたい。

5 現状認識と実装に関して

前節まで野外調査における三次元計測の利用について作図方法と共に事例を紹介し、加えて都井岬見張所・探信所について若干の考察を行った。ここでは三次元計測に関する筆者の現状での考えをまとめておく。

まず、三次元計測の性質を今のところ次のように把握している。

- ①三次元計測は網羅的である。三次元計測は座標情報を持った無数の点として対象の形を網羅的に記録する。
- ②三次元計測は可逆的である。デジタルデータとして記録された情報は、スケール変更などの加工、修正を容易に行えるだけではなく、適切な保存によって常に記録は立ち戻ることができる。
- ③三次元計測は普遍的である。遺構から遺物まであらゆる対象の記録に応用可能であり、公共的なプラットフォームで公開することにより誰もが利用することができる。

①と②には、一例を前節までに示している。③については、すでにいくつかの自治体や博物館、大学など研究機関が利用している「Sketchfab」や2022年10月18日に公開された3DDB Viewer上の「全国文化財情報デジタルツインプラットフォーム」がその例として挙げられる。これらのプラットフォームには、さまざまな三次元計測データがアップロードされており、表示やダウンロードが可能となっている。②の可逆性にかかる保存についても、デジタルデータとして出力される三次元計測は、こうしたプラットフォームを活用することが容易な利点を持つ。計測で作られた3Dモデルを活用した幅広い取り組みも始まっており、岐阜県飛騨市を中心に市内で出土した石棒をの3Dモデルを作成している「石棒クラブ」(<https://www.sekiboclub.com/>)や、文化財・街角等の風景を含めて3Dモデルを作成してコンテストを行う「みんキャプ」(<https://2022.minc.app/>)などの事例がある。三次元計測は記録にとどまらず、多くの場面で活用に資する可能性を持っている。

これまで立体的な形状を平面の図面に落とし込んできた考古学は、三次元計測の普及によって記録の次元が変化する。観察と計測が並行する形で作成され、情報を選択しながら図面を残してきた「実測」は、対象の形状を網羅的に記録する計測と、計測した情報を取捨して整理・提示する観察の工程が

明確に分かることになる。このことは網羅的な記録があるからといって調査員の観察が必要なくなるわけではなく、今後より増大していく情報の取り扱いについて知識と経験と思考に拠りながら提示する技能が求められる。画像処理による石器稜線可視化の技術（横山・千葉 2017）や、人工知能による土器型式の推定（千葉・杉山・高野 2021）、須恵器の形状判断を行う研究（井上・堀 2021）も現れているが、もうしばらくは人間の目が重要な役割を担う時代が続くのではないだろうか。

一方、卑近の業務に寄せて考えた時、三次元計測による記録をどのような形態で報告するのか考える必要がある。「実測」が整理した情報を点と線で表したように、三次元計測の記録から点と線を選択して従来の「実測図」を作成して報告するのか、あるいは本稿で行ったような編集で作業を収めて、なるべく情報を削ぎ落さずに報告するのか。遺構や遺物の性質、残存状況等を考慮しながらも「記録保存」として事実の報告が求められる発掘調査報告書では、できる限り計測のデータが失われない方法が求められる。

三次元計測は日進月歩で進んでいく技術に目が向かがちだが、実際に取り組んでみると、三次元で記録された情報をどのように整理・提示するのか、観察と計測が混じりながら行われる「実測」の在り方など、メタな問い合わせが投げかけられているようにも思える。今後も技術的なキャッチアップに努めつつ、議論の推移を追っていきたい。

謝辞・追記

計測データの公開にあたって、土地所有者の都井御崎牧組合から許可を得た。記して感謝する。

編集作業中の 2023 年 2 月 22 日に、ファーザーの HP 高射砲陣地と防空砲台 (AntiAircraft Battery) <http://www17.big.or.jp/~father/aab/aab.html> にて、都井岬見張所・電波探信所跡の現況に関するレポートが公開されていることを確認した。陣地跡等の遺構に関する考察なども行われている。都井岬見張所・電波探信所跡のより詳細な現地情報については、こちらを参照することをお勧めしたい。

引用・参考文献

- 井上隼多・堀 涼 2021 「機械学習を用いた陶邑窯・猿投窯出土須恵器の判別実験」『下国雑誌』第 3 号、21 ~ 44 頁
- 海軍施設本部 1945 『特設見張所（戊）（兵装）施設標準』防衛省防衛研究所蔵
- 川内野 篤 2021 「旧佐世保海軍警備隊野戸母崎特設見張所跡現地調査概報」『長崎県埋蔵文化財センター研究紀要』第 11 号、36 ~ 50 頁
- 川内野 篤 2022 「旧佐世保海軍警備隊野戸母崎特設見張所跡現地調査概報」『長崎県埋蔵文化財センター研究紀要』第 12 号、64 ~ 76 頁
- 佐賀忠男 1981 『別府と占領軍：ドキュメント戦後史』「別府と占領軍」編集委員会
- 千葉豊・杉山淳司・高野紗奈江 2021 「AI（人工知能）による縄文土器型式の識別システムの構築と未知の縄文土器系統の創造」<https://kaken.nii.ac.jp/grant/KAKENHI-PROJECT-22H00713/>
- 永見秀徳 2016 「石造文化財の資料照会における SfM の活用」『文化財の壺』Vol.4、文化財方法論研究会、24 ~ 25 頁
- 永見秀徳 2017 「石造文化財での三次元計測における作業フロー」『文化財の壺』Vol.5、文化財方法論研究会、20 ~ 23 頁
- 野口 淳 2021 「考古学・文化財地理空間情報のオープンデータ化、整備と活用」『デジタル技術による文化財情報の記録と活用 3』奈良文化財研究所研究報告第 27 冊、奈良文化財研究所、63 ~ 77 頁
- 野口 淳 2022 「第 3 章 考古学 / 文化財への応用」『Interface2023 年 1 月号』CQ 出版社、26 ~ 30 頁
- 野口 淳 2022 「文化機関における 3 次元計測・記録データの管理・公開の意義と課題」『カレントアウェアネス』(351)、CA2017、18 ~ 22 頁、<https://current.ndl.go.jp/ca2017>
- 横山 真・千葉 史 2017 「PEAKIT による考古遺物の視覚表現」『季刊考古学』第 140 号、26 ~ 29 頁

CQ出版社編 2022『Interface2023年1月号』

JACAR（アジア歴史資料センター）Ref.C08030470100、昭和16年11月20日～昭和17年5月31日 吳海軍警備隊戦時日誌戦闘詳報（防衛省防衛研究所）

JACAR（アジア歴史資料センター）Ref.C08030471000、昭和17年6月1日～昭和17年11月30日 吴海軍警備隊戦時日誌戦闘詳報（防衛省防衛研究所）

JACAR（アジア歴史資料センター）Ref.C08030471800、昭和17年12月1日～昭和18年5月31日 吴海軍警備隊戦時日誌（防衛省防衛研究所）

JACAR（アジア歴史資料センター）Ref.C08030472700、昭和18年6月1日～昭和18年11月30日 吴海軍警備隊戦時日誌（防衛省防衛研究所）

JACAR（アジア歴史資料センター）Ref.C08030473600、昭和18年12月1日～昭和19年11月30日 吴海軍警備隊戦時日誌（防衛省防衛研究所）

JACAR（アジア歴史資料センター）Ref.C08030475000、昭和19年12月1日～昭和20年7月1日 吴海軍警備隊戦時日誌戦闘詳報（防衛省防衛研究所）

「都井岬見張所兵器調」JACAR（アジア歴史資料センター）Ref.C08010899600、佐世保海軍施設部 引渡目録 5／6（防衛省防衛研究所）

全国文化財情報デジタルツインプラットフォーム（産業技術総合研究所）：

https://gsrt.digiarc.aist.go.jp/nabunken_aist/index.html

Sketchfab：<https://sketchfab.com/feed>

みんキャプ：<https://2022.minc.app/>

石棒クラブ：<https://www.sekiboclub.com/>

地理院地図：<https://maps.gsi.go.jp/>

図・表出典

図1：「都井岬見張所兵器調」より引用

図2～4：地理院地図/GSI Maps からダウンロードした地図に筆者追記

図5～11：筆者作成

図12：海軍施設本部 1945 より引用

図13：GoogleEarth から引用

表1：「都井御崎見張所兵器調」をもとに筆者作成

表2：「吳海軍警備隊戦時日誌」昭和16年11月～昭和20年7月をもとに筆者作成

表3：筆者作成