

佐世保の特殊地下壕跡「無窮洞」を活用した UGV の UZUME 探査予備実験

眞部 広紀 **1, 堀江 潔 **1, 大浦 龍二 **1, 前田 貴信 **2

**Preliminary UZUME Exploration Experiment for UGV
Utilizing a Special Underground Bunker Site: "Mukyuu-do" in Sasebo, Nagasaki, Japan.**

Hiroki MANABE**1, Kiyoshi HORIE**1, Ryuji OHURA**1, Takanobu MAEDA**2

Key words: UGV, underground cavern, special underground shelter, Japan heritage

Abstracts

In this paper, we report a 3D model of a special underground shelter, preliminary multiple UGVs experiment and wireless relay.

1. はじめに

日本航空宇宙学会の数十年前,百年以上先を射程に入れた長期プログラム『JSASS 宇宙ビジョン 2050』^{1,2)}には月・火星の「縦孔-地下空洞探査」が組み込まれている。高専大学連携研究ネットワークの『洞窟計測探査シミュレーションプログラム』と『旧軍港市学術調査委員会』は,月・火星の縦孔-地下空洞(図1)の探査関連テーマに携わる研究室や協力機関に対して,技術・スキル・見識の継承を目的とした支援体制を構築してきた。

長崎県佐世保市の「無窮洞」(図2)は旧宮村国民学校(現佐世保市立宮小学校)の防空壕として,宮村国民学校の裏手にある凝灰岩の小山の岩盤に開鑿された。工期は昭和18年(1943)から昭和20年(1945)8月15日の終戦の日まで続いた。主洞の幅は5m,奥行きは19m,副洞の幅は3m,奥行きは15mの大きさがある。主洞・副洞のほか,書類室やかまどがある台所,便所,避難道(非常階段)も造られている。佐世保工業高等専門学校では長崎県佐世保市宮の特殊地下壕「無窮洞」(図2)をUZUME実験サイトとして,年に数回の頻度で使用している。

本稿では,2023年11月現在まで「無窮洞」で実施したUZUME実験の取り組みを紹介する。

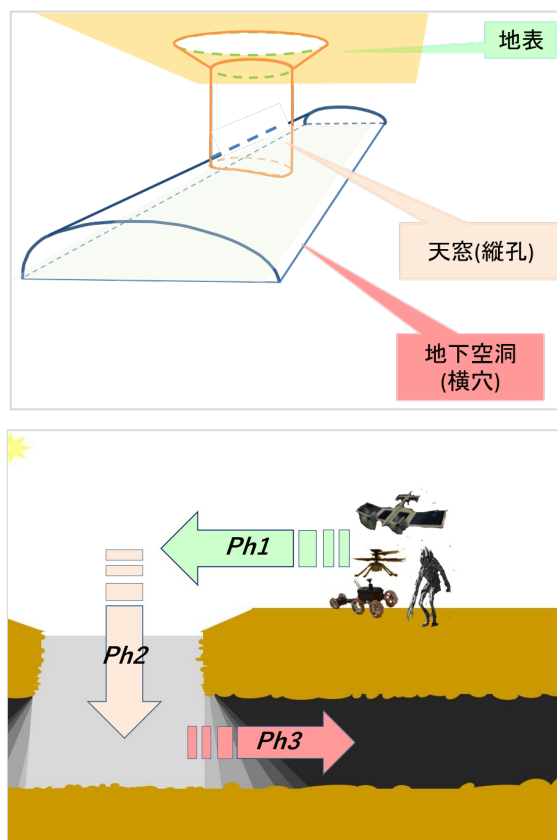


図1 「縦孔-地下空洞」模式図

* 原稿受付 令和5年11月26日

**1 佐世保工業高等専門学校 基幹教育科

**2 佐世保工業高等専門学校 電子制御工学科

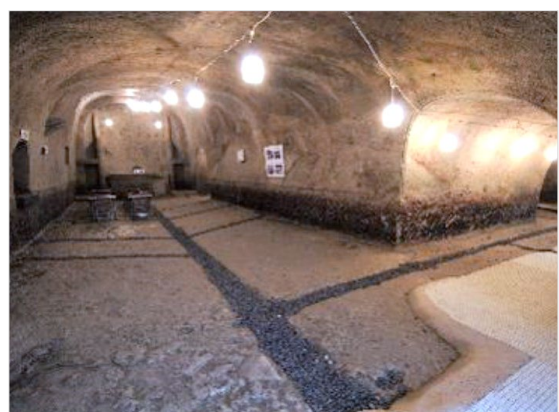
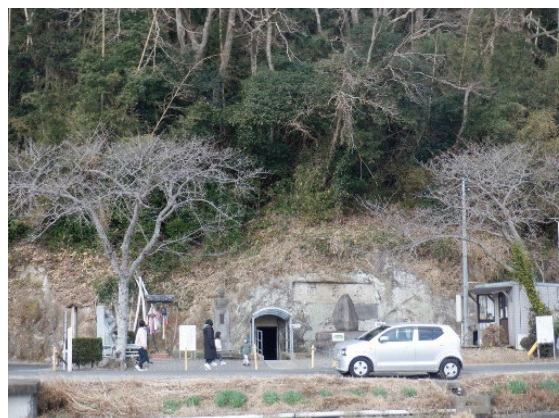


図 2 「無窮洞」

2. 3D モデル化

3次元モデル(3Dモデル)は精細な白地図として定量的な研究, VR, AR, ロボット探査シミュレータの素材として展開は多岐に渡り, リアルな実験サイトと両輪の関係(デジタルツイン)にある。

佐世保工業高等専門学校基幹教育科は『洞窟計測探査シミュレーションプログラム』と協力して, スマートフォン搭載の3Dアプリによる「無窮洞」の3Dモデル化作業を行った(図3)。作成した3DモデルはUGVによるSLAMの検証資料としている(図4)。



図 3 洞内のスマートフォン写真測量撮影



図 4 3D モデル (スクリーンショット)

上：真上から

中上：出入口から奥を俯瞰

中下：奥から出入口を俯瞰

下：奥から入口を仰望 (地面下から)

3. UZUME 実験 (2022 年度以前)

周波数の高い無線制御通信は光に近い直進特性をもつので、地下空洞内では基地局から見通せない箇所無線制御通信の電波がほとんど伝わらない。対策として、地下空洞の屈曲点に中継器を配置すれば無線制御通信が可能になる。「無窮洞」は小規模ながら回廊状の空間形状であり、見通せない箇所が多く電波環境条件が地下空洞に近い。基地局～ロボット、ロボット A～ロボット B など、群ロボット間の無線制御通信を想定した無線通信中継実験に適している。

佐世保工業高等専門学校電子制御工学科は『洞窟計測探査シミュレーションプログラム』と協力して、2017 年以來³⁾、「無窮洞」をフェーズ 3 の UZUME 実験サイトとして、年に数回の頻度で実験に利用してきた⁴⁾。実験項目は、深度カメラによる深度画像測定 (図 5)、ロボット搭載 LiDAR によるリアルタイム 3D 計測 (図 6)、無線通信中継 (図 7) がある。

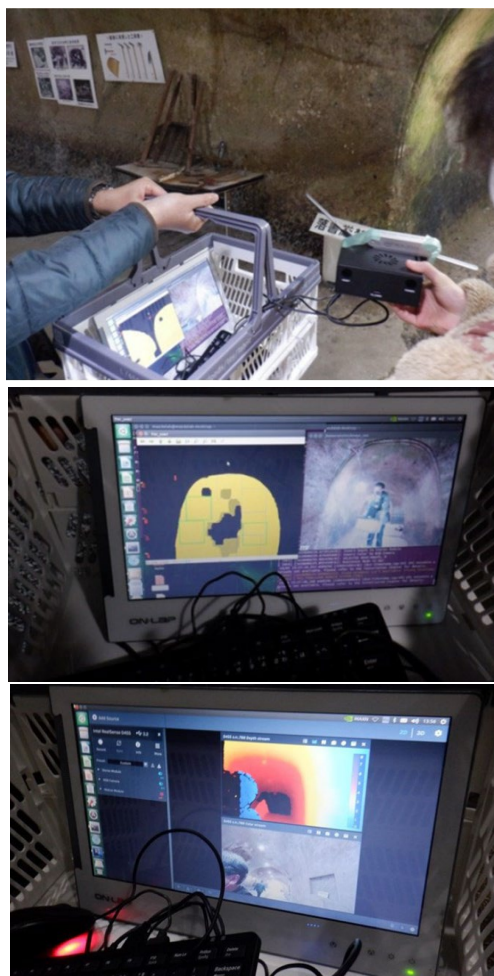


図 5 深度画像測定実験⁴⁾



図 6 UGV の Laser SLAM 実験⁴⁾



図 8 リアルタイム 3D 計測実験



図 7 無線通信中継実験⁴⁾

4. UZUME 実験 (2023 年度中間報告 I)

今年度も引き続き、佐世保工業高等専門学校電子制御工学科は「無窮洞」における各種の UZUME 実験を継続中である。実験項目には、四輪駆動ロボット搭載 LiDAR によるリアルタイム 3D 計測 (図 8) , 無線通信中継 (図 9, 10A, 10B) がある。

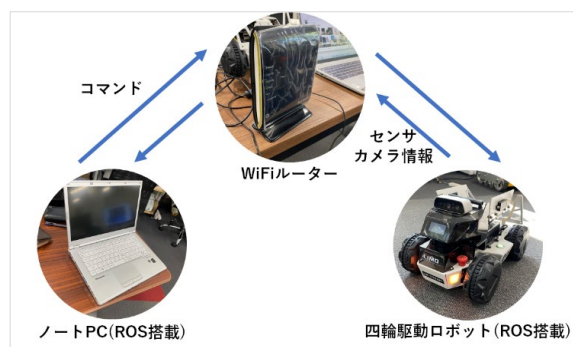


図 9 無線通信中継実験概念図

基地局 PC (固定) ~WiFi ルーター (固定) ~ロボット (可動)

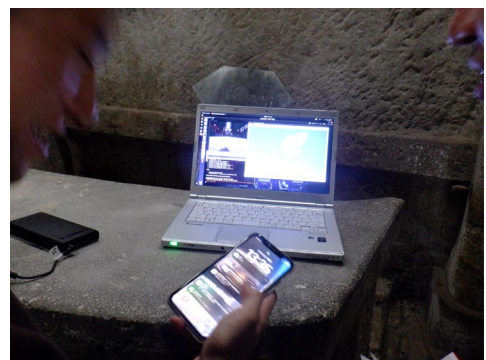


図 10A 無線通信中継実験+SLAM 用地図作成実験

図 10B 無線通信中継実験+SLAM 用地図作成実験

5. UZUME 実験 (2023 年度中間報告 II)

前節の無線通信中継実験では、位置を固定した WiFi ルーターによって中継を行わせた。地下空洞の群ロボット探査模擬実験には、2機のロボットによる無線通信の確立が必要になる。現時点(中間報告)では、『洞窟計測探査シミュレーションプログラム』が他の UZUME 実験サイト「野島掩体壕跡」(神奈川県横浜市金沢区)、「千代ヶ崎砲台跡」(神奈川県横須賀市)、「万野風穴」「窓穴」(静岡県富士宮市)で使用した UGV(合同会社 AeroFlex 製「Cave Cat」)を追加のロボットとした(図 11, 12, 13)。



図 11 Cave Cat



図 12 2機のUGV



図 13 Cave Cat の段差乗り越え

6. まとめと課題

ペイロード重量に関して、四輪駆動ロボットよりも Cave Cat が大きい。段差乗り越えの性能に完成手も Cave Cat の方が大きい。2 機体制の運用においては、

- ① 四輪駆動ロボットを前衛とすると不整地の進入能力が落ちるが、Cave Cat をルーターのキャリアとすることができる。
- ② Cave Cat を前衛とする場合は四輪駆動ロボットペイロード重量が小さくルーターのキャリアを担わせることができない。

となるため、現時点での選択肢は①だけになる。機体のペイロード重量は増加させにくいため、四輪駆動ロボットの足回りを改良して、不整地走破性能を上げる方が現実的な対策である。

4) 眞部広紀, 前田貴信, 堀江潔 :

地下空洞を模擬する防空壕跡を活用した UGV と UAV の探査予備実験

佐世保工業高等専門学校研究報告, 第 58 号, pp.105-107, 2022 年 1 月

<https://sasebo.repo.nii.ac.jp/records/914>

参考文献

1) 日本航空宇宙学会,

JSASS 宇宙ビジョン 2050 (2021 年 7 月)

<https://www.jsass.or.jp/wp-content/uploads/2021/08/f8f3e1ff5286673fb4cf443bb7d4276d.pdf>

2) 日本航空宇宙学会,

JSASS 宇宙ビジョン 2050 を達成するための

宇宙科学技術ロードマップ

人間が定住する月拠点建設へのロードマップ

【2019 年度・2021 年度増補】【ロボット】補足資料

<https://www.jsass.or.jp/wp-content/uploads/2021/09/6baf476a014f9552c89a14ed52289812.pdf>

3) 前田貴信, 眞部広紀, 山下寛文, 富永敦士 :

無窮洞におけるレーザー計測とロボット探査の予備実験

佐世保工業高等専門学校研究報告, 第 54 号, pp.10-14, 2018 年 1 月

<https://sasebo.repo.nii.ac.jp/records/857>