

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*

眞部 広紀**1, 前田 貴信**2, 堀江 潔**1,

Preliminary UGV and UAV Exploration Experiment utilizing Ruin of Air-raid Shelter analogous to Underground Caverns

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

Key words: **Exploration Experiment, Ruin of Air-raid Shelter**

Abstracts

In this paper, we discuss Exploration Experiment utilizing ruin of air-raid shelter analogue to underground caverns.

1. はじめに

2000年代に発見された月・火星に縦孔は底部に長大な横穴（-地下空洞）の繋がりが推定されている。2022年1月現在、未だ人類は地球外の縦孔-地下空洞に探査機を到達させていない。これらの未知・未踏領域への直接探査の前段階として、地球における基礎技術の検証と予行演習、即ち、類似地形・類似環境の探査シミュレーション実験が必要になる。

本研究ネットワーク『洞窟計測探査シミュレーションプログラム』は月・火星の縦孔-地下空洞の直接探査を目指すUZUME計画ワーキンググループと連携して、三つのフェーズに区分した「縦孔-地下空洞」の探査ルートコンセプトを提案し、地球の「縦孔-地下空洞」類似地形・類似環境の探索・測量・3Dモデル化を進めている¹⁾。

[フェーズ1] 縦孔洞口への接近

[フェーズ2] 縦孔内部への降下（側壁・底部の探査）

[フェーズ3] 地下空洞への進入（奥部の探査）

旧軍港四市である長崎県佐世保市の「無窮洞」（旧宮村国民学校地下教室）（図1）は、本校（佐世保高専）からアクセスの良い防空壕跡の日本遺産である。本稿では「無窮洞」における[フェーズ3]のUGVとUAVの探査実験を紹介し、群ロボット間通信、群ド

ローン間通信、ロボット-ドローン間通信の基礎となる無線中継通信実験、レーザースキャナ測定実験、深度カメラによる深度画像測定実験、Laser SLAM実験など [フェーズ3]実験地としての検討を行う。



図1 「無窮洞」

2. 「無窮洞」実験²⁾

[フェーズ3]の地下空洞（横穴）は、外部から日光や電波が入り口近く以外に進入してこない。見通せない箇所は電波もほとんど伝わらない。したがってGPSなどの衛星測位手法は使用できない。「無窮洞」はコンパクトながら、ほぼ地下空洞に近い電波条件を備えている。そのため、非GPS環境下のドローン飛行実験（図2）、群ロボット間通信を想定した無線中継通信実験（図3）の実施が可能である。日照条件も同様で、洞内照明は必要時に点灯/消灯できるので

* 原稿受付 令和4年1月14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

暗所走行実験もできる。また、回廊状のトンネル構造のため、レーザースキャナ測定実験(図4)、深度カメラによる深度画像測定実験(図5)、Laser SLAM実験(図6)によって得られた壁面モデルの閉合誤差を可視化できるメリットがある。



図2 ドローン飛行実験

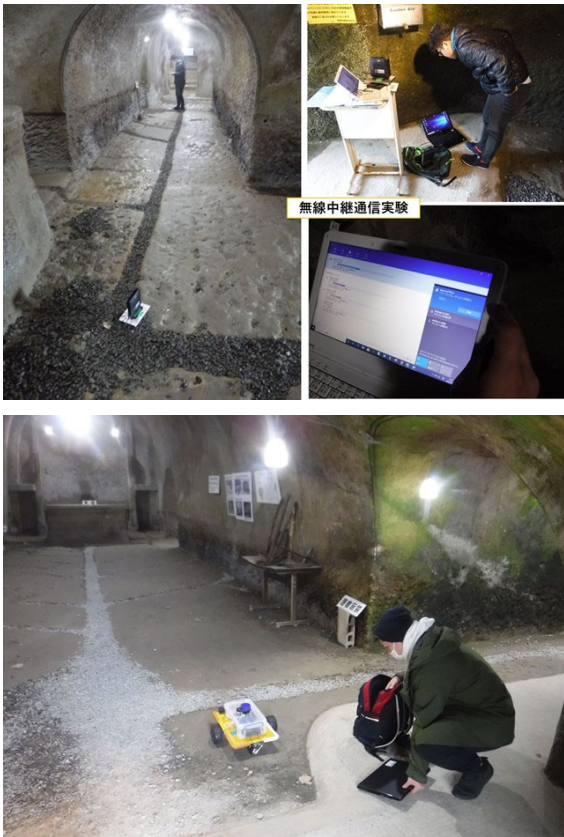


図3 無線中継通信実験



図4 レーザースキャナ測定実験

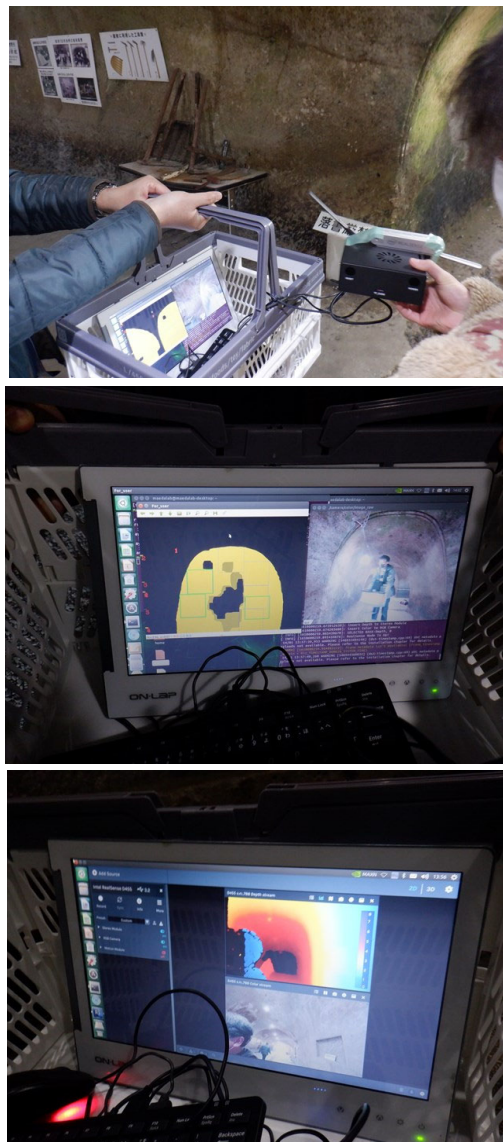


図5 深度画像測定実験



図6 UGVのLaser SLAM実験

3. 検討

既往実験を実績をもとに、各実験項目の実施見込みを述べる。

[UGV]

(G1) 操縦走行実験：可

∵空間のトレンド状が水平方向に優位である。床面は凹凸が少なく、UGVは走行可能。

(G2) レーザースキャナ測定実験：可

∵空間形状が四辺形の回廊状であり、天井高がおおよそ3m以下で、天井・壁面の曲面がなだらか。

(G3) 深度画像測定実験：可

∵同上

(G4) Laser SLAM 実験：可

∵同上

(G5) 自律走行試験：可

∵(G1)～(G4)が可

(G6) 群ロボット間通信実験：可

∵回廊の各辺は直線的で、見通し範囲が大きい。コーナーにUGVを配置すれば可能。

[UAV]

(A1) 操縦飛行実験：可

∵空間形状が水平方向に優位であり天井・壁面の曲面はなだらか。天井高がおおむね3m以下で一定しているので、空間の中ほどで一定の高度を維持できればUAVは飛行可能。

(A2) レーザースキャナ測定実験：可

∵同上

(A3) 深度カメラによる深度画像測定実験：可

∵同上

(A4) Laser SLAM 実験：可←(A1)～(A4)が可

∵同上

(A5) 自律飛行試験：可

∵(A1)～(A4)が可

(A6) 群ドローン間通信実験：可

∵回廊の各辺は直線的で、見通し範囲が大きい。コーナーにUAVを配置すれば可能。

[UGV-UAV]

(GA1) ロボット・ドローン間通信実験：可

∵(G6)(A6)が可

4. 今後の展開

UGVの自律走行実験、群ロボットの走行実験、UAVの自律飛行実験、群ドローンの飛行実験の実施を目標とする。

近代遺跡を洞窟探査ロボティクス実験を目的として積極利用する取り組みは、本研究ネットワークが先鞭をつけた。好条件に恵まれた「無窮洞」は記念すべき実験サイトの第1号である。令和3年度(2021年度)は「無窮洞」実験を継続するとともに、神奈川県横須賀市「千代ヶ崎砲台跡」と長崎県岐崎市「黒崎砲台跡」においても探査実験を実施している。

参考文献

- 1) 眞部広紀, 久間英樹, 稲川直裕, 前田貴信, 堀江潔, 大浦龍二, 岡本渉, 春山純一, 月と火星の縦孔-地下空洞を目指すための地球における洞窟計測探査シミュレーション, 佐世保工業高等専門学校研究報告第56号, pp.77-93 (2020年1月)
- 2) 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)