

(様式第 7 号関係の指定様式)

霧島ジオパーク学術研究報告書 (要旨)

【研究者】 眞部広紀

【所属】 佐世保工業高等専門学校 基幹教育科

研究の名称 : 被圧型大規模湧水のロボット探査

【研究の成果概要】

霧島山系を取り巻く「環霧島エリア」には数多くの湧水が存在する。これらの湧水の中には洞窟や水中洞窟を含む地下水文系の湧出口として推定できるものが存在する^{1,2)}。当初、本研究の主な対象を、水底の横穴奥が未撮影の霧島市「大出水の湧水」と半水面環境の横穴奥が続いていることが見込まれる小林市「大出水湧水」に設定した。前者には ROV を、後者には USV を探査手法に選定した。さらに霧島市「シラス壁からの湧水」、本事業期間中に新たに発見した霧島市「下ノ第 2 洞穴」、以前からの実験フィールドである曾於市「溝ノ口洞穴」を追加した。「シラス壁からの湧水」「下ノ 2 洞穴」には USV と UGV を、「溝ノ口洞穴」には 2DLiDAR 搭載 UGV を探査手法とした。これらの調査・探査により以下の成果が得られた。

1. 霧島市「大出水の湧水」 : 主担当 長嶋豊 (佐世保工業高専)

本研究グループでは数年前に小型水中ロボット (ROV) による水底撮影を実施している³⁾。このとき水底に (水中の) 横穴を発見しているが、強い流速により横穴奥を撮影できていなかったことが本事業で追加調査を行う動機になった。

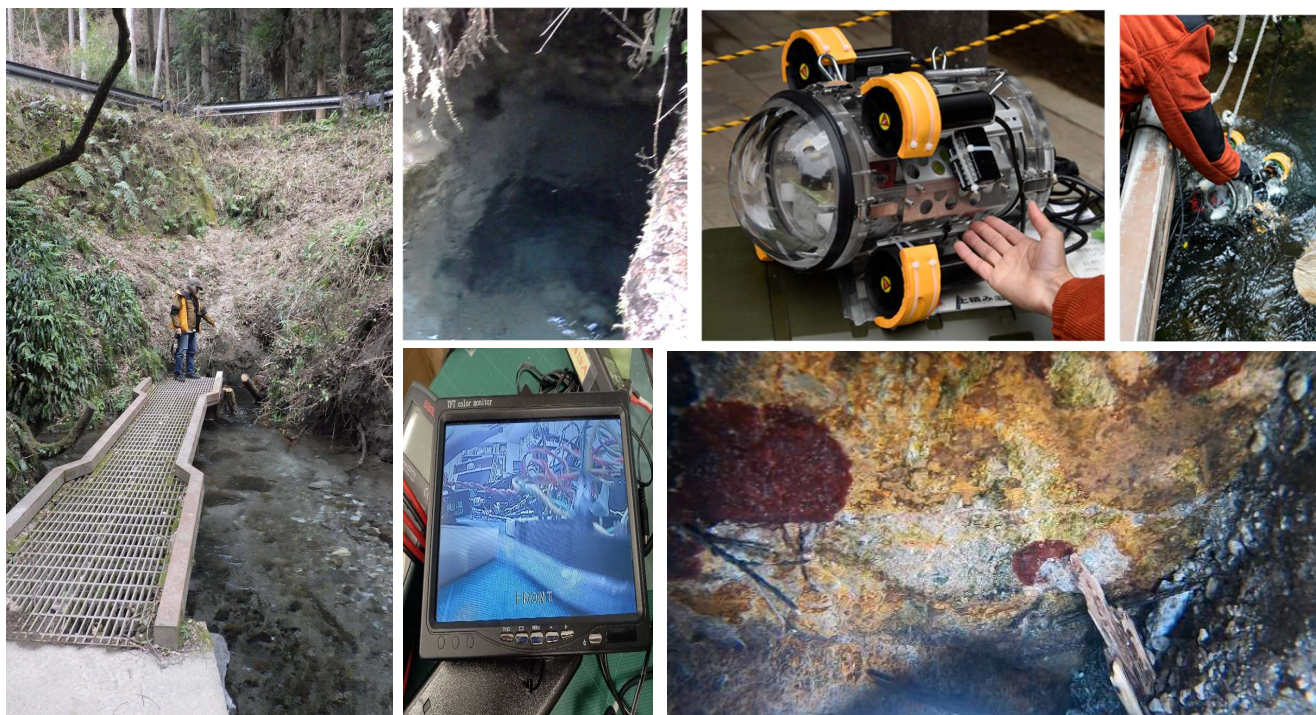


図 1. 霧島市「大出水の湧水」外観・使用 ROV・水中シーン

2. 小林市「大出水湧水」： 主担当 バルデスラジャン・堀井樹（(株)AeroFlex）

大流速の水流を湧出する「大出水湧水」は、人間の進入はもちろん、水中ロボット ROV や舟艇型ロボット USV を阻んできたため、奥部の様相は未知であった。本研究グループが実施した LiDAR 計測の 3D モデルにより奥部の奥行きが深いことが証左されている（図 3）。今回調査のために水面下の水流の動圧を低減させる目的で、スクリーを使用しない方式の機体を製作した。この新型 USV の探査により「大出水湧水」は横穴（半水面環境）として奥に続いていることが判明した。



図 2. 小林市「大出水湧水」USV 探査（準備作業・開始シーン）

3. 霧島市「シラス壁からの湧水」： 主担当 バルデスラジャン（(株)AeroFlex）

霧島市「大出水の湧水」の西にある「下ノ第 2 洞穴」（後述）、そのさらに西に「シラス壁からの湧水」は位置する。「シラス壁からの湧水」では USV 探査を実施し、奥部の湧出状態について観察・撮影を行った。



図 3. 霧島市「シラス壁からの湧水」外観・使用 USV・穴の奥部

4. 霧島市「下ノ第2洞穴」： 主担当 バルデスラジアン ((株)AeroFlex) , 高嶋洋 (第一工科大学)

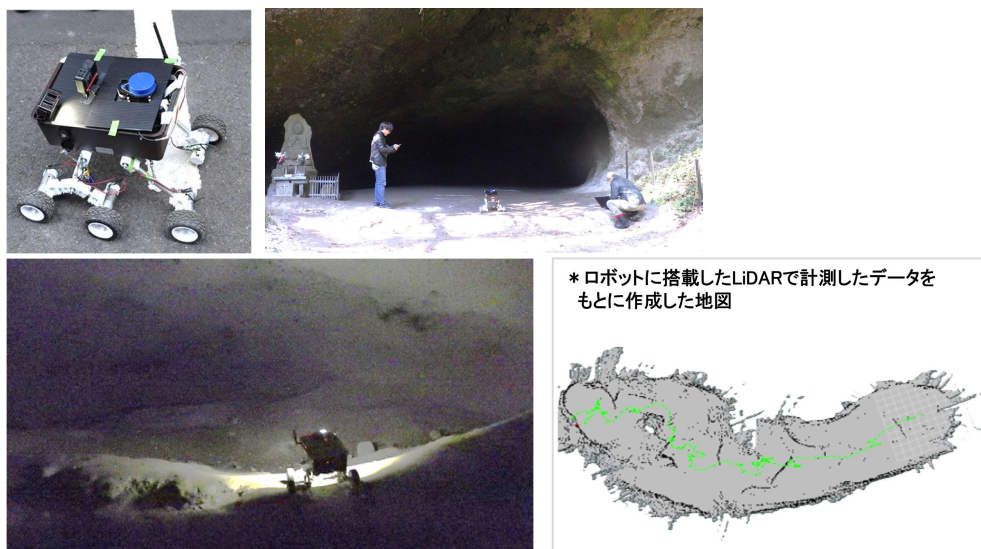
「下ノ第2洞穴」は「シラス壁からの湧水」の東側の近隣に所在する。現地伝聞情報により、「下ノ第2洞穴」には地下空間(洞窟)の存在が推定されていた。「シラス壁からの湧水」と同様に USV 探査を「下ノ第2洞穴」に対して行い、洞口奥に通路状の洞窟を確認した。洞口から通路状洞窟までの半水面環境については、作業人員が安全に通過可能であることが USV 探査結果に基づいて確認できたため、簡単な洞窟調査を行った。ホール状の地下空間(第1チェンバー)と水没部の存在を確認・撮影した。



図 4. 霧島市「下ノ2洞穴」使用 USV・洞内(第1チェンバー)

5. 曾於市「溝ノ口洞穴」： 主担当 前田貴信 (佐世保工業高専)、バルデスラジアン ((株)Aero Flex)

以前の調査実験で得られた「溝ノ口洞穴」の UGV 搭載 LiDAR マッピング(よりも精緻な自己位置把握地図)が得られた。ここで SLAM (Simultaneous Localization and Mapping: 自己位置推定と環境地図作成)とは、移動プラットフォーム(UGV など)に搭載したセンサ(LiDAR など)の取得データをもとにリアルタイムでプラットフォーム周辺環境の地図を拡大生成する方式を指す。プラットフォームの自己の位置をプロットとしていくことでナビゲーションに利用できる。



* ロボットに搭載したLiDARで計測したデータをもとに作成した地図

図 5. 「溝ノ口洞穴」使用 UGV・洞口・洞内・搭載 LiDAR を使用した 2DSLAM

「溝ノ口洞穴」には洞口に向かって左側に小規模な地下川があり、それを移動ルートとして利用する USV 移動撮影実験を行った。



図 6. 霧島市「溝ノ口洞穴」使用 USV・洞内（地下川付近）

今後の展開

霧島市「大出水の湧水」の ROV 探査はシステムの性能を向上させて継続する。小林市「大出水湧水」は奥部の USV 探査と 3D 測量を進める。「シラス壁からの湧水」と「下ノ第 2 洞穴」の水文系の関連性が見いだされたため、「下ノ第 2 洞穴」の第 2 チェンバーや第 3 チェンバー、さらに奥部の調査・測量を行う。また、第 1 ホールの水没部水面下の ROV 探査を行う。「溝ノ口洞穴」では奥部の UGV 遠隔通信制御実験を行う。

参考文献

[1] 高嶋洋

霧島地域の水に関わる特殊地形及び地形発達過程に係る研究（要旨）

令和 6 年度霧島ジオパーク学術研究支援補助金, 2025

<https://kirishima-geopark.jp/wp-content/uploads/2025/06/①高嶋.pdf>

[2] 眞部広紀, 稲川直裕, 稲田優希, 高嶋洋

北霧島地域における洞口と推定される湧水と周辺微地形の LiDAR 計測実験

佐世保工業高等専門学校研究報告第 61 号, 2025

<https://sasebo.repo.nii.ac.jp/records/2000030>

[3] 眞部広紀, 稲川直裕, 稲田優希, 高嶋洋, 平木功明

霧島「大出水の湧水」ROV 調査第 1 回

佐世保工業高等専門学校研究報告第 60 号, 2024

<https://sasebo.repo.nii.ac.jp/records/2000004>

[4] 眞部広紀, 前田貴信

溝ノ口洞穴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, 2017

<https://sasebo.repo.nii.ac.jp/records/856>