

白水の池の穴水中洞窟におけるROV探査と 周辺地形のドローン写真測量の予備実験*

眞部 広紀**1, 稲川 直裕**2, 鶴野 瑞穂**3,
中村 勇仁**3, 須小 透河**4, 村上 崇史**5,
岡本 渉**6, 堀江 潔**1, 大浦 龍二**1

Preliminary Experiments for ROV Exploration of Shiramizunoikenoana Underwater Cave and Drone Terrain Photogrammetry

Hiroki MANABEE**1, Naohiro INAGAWA**2, Mizuho TSURUNO**3,
Yuzjin NAKAMURA**4, Touga SUKO**5, Takashi MURAKAMI**6,
Wataru OKAMOTO**7, Kiyoshi HORIE**1, Ryuji OHURA**1

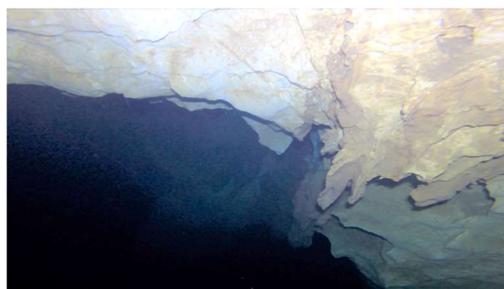
Key words: Underwater Cave, ROV Exploration, Drone Photogrammetry, 3D

Abstracts

In this paper, we discuss photogrammetry methods and 3D models for using ROV (Remotely Operated Vehicle) and UAV (Unmanned Aerial Vehicle).

1. はじめに

本研究グループは立ち上げ当初から水中洞窟の初動調査プロジェクトを継続している(画像1)¹⁻⁸⁾。2019年9月に、山口県秋吉台の西側に所在する「白水の池の穴」において、日本文理大学の稲川直裕研究では、ROV⁹⁾を使用した水中洞窟内部の撮影予備実験を行い、撮影画像から壁面の3Dモデルを作成した。また、カルストの地下水文系の研究に供する目的で、「白水の池」の周辺地形のドローン空中撮影画像をもとに、3Dモデルを作成した。本稿では、これらの



画像1 上: ROVシステム

中: 大分県「稲積水中鍾乳洞」の水中観測実験

下: 「稲積水中鍾乳洞」内部

* 原稿受付 令和元年10月31日

**1 佐世保工業高等専門学校 一般科目

**2 日本文理大学大学院航空電子機械工学専攻・
工学部機械電気工学科

**3 日本文理大学大学院 航空電子機械工学専攻1年

**4 日本文理大学工学部 機械電気工学科2年

**5 日本文理大学工学部 機械電気工学科4年

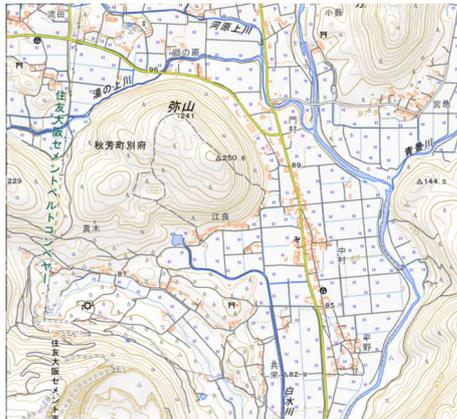
**6 美祿市教育委員会

**7 名古屋大学 全学技術センター

2. 「白水の池の穴」のROV 探査実験

山口県美祢市別府の「白水の池」は青景川支流の白水川の水源地である(画像 2,3)。「白水の池の穴」は池の北西に位置し、半水没した洞口をもつ湧出型の

水中洞窟である。本研究グループの日本文理大学機械電気工学科の稲川直裕研究室では、開発した ROV 水中観測システムを使用して「白水の池の穴」水中洞窟の内部観察実験を実施した(画像 4,5)。



画像 2 「白水の池」周辺の地形
引用：国土地理院地理院地図「秋吉台」



画像 3 「白水の池」
上：全景(空中撮影)、下：全景



画像 4 機器材の搬送



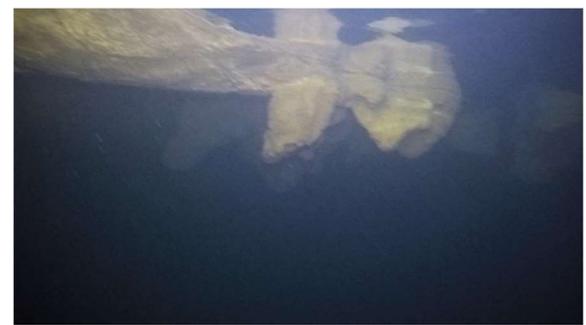
画像 5 前進基地局

2.1 「白水の池の穴」 水中洞窟

水中洞窟は洞口から徐々に水深が深くなり、内部は天井高に較べて幅が大きく、ROV カメラの視野内すべてをライトで照明することができなかった。そのため、ROV をおおむね壁面に沿って移動させた(画像 6)。



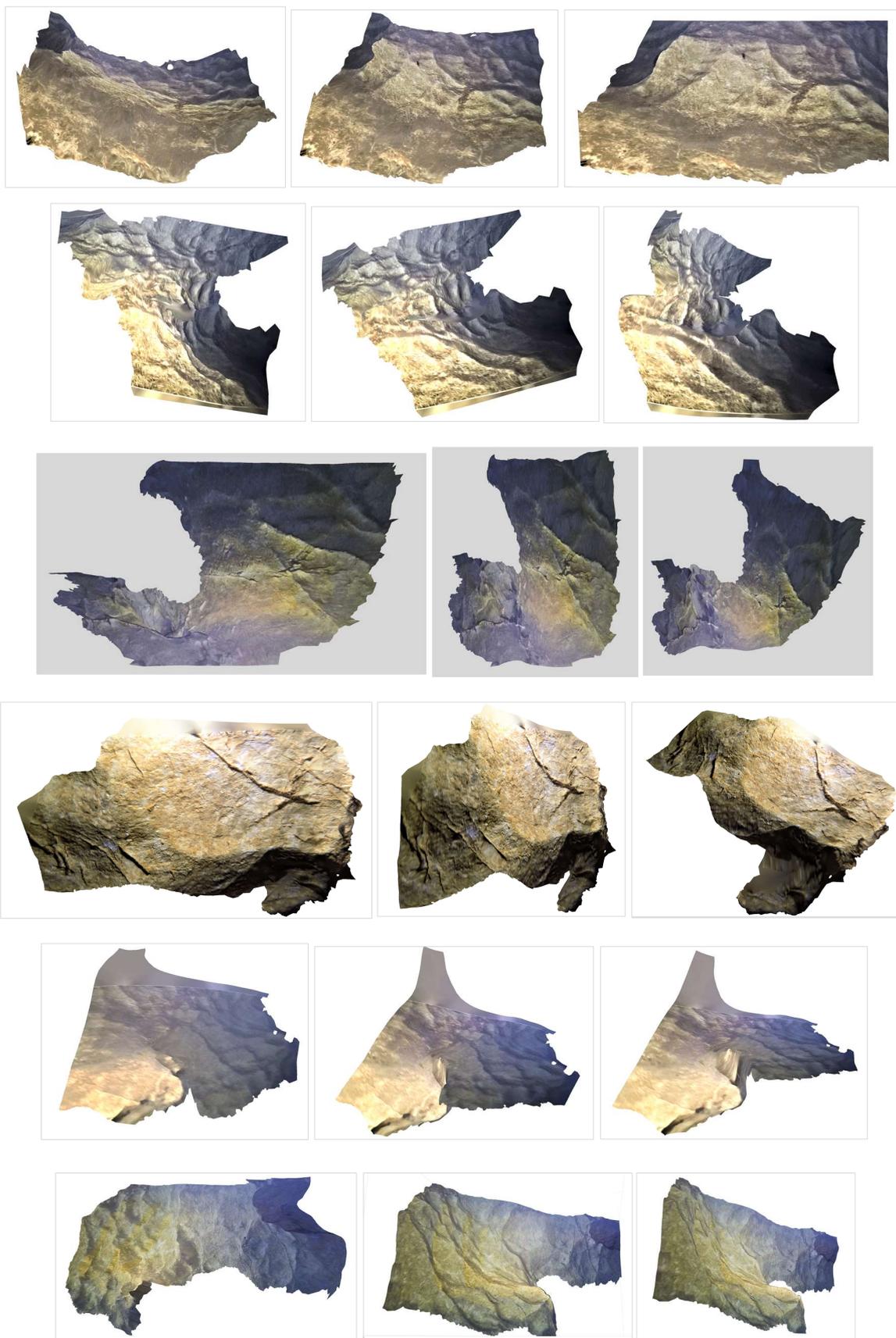
画像 6 水中洞窟内



画像 6 (続き) 水中画像内

2.2 水中洞窟壁面の 3D モデル

撮影した動画から壁面が映っている静止画を抜き出し、Agisoft 社 Metashape による画像処理を行い 3D モデルを作成した (画像 7)。ROV のテザーケーブルの状況を定期的に観察するため、ROV の姿勢変更を繰り返したことにより、洞口から壁面を連続して撮影できなかった。水中洞窟全体の 3D モデルを目的とするならば、壁面を連続して撮影できるように水中観測ミッションと ROV システムを改良することが今後の課題となる。



画像 7 壁面の 3D モデル

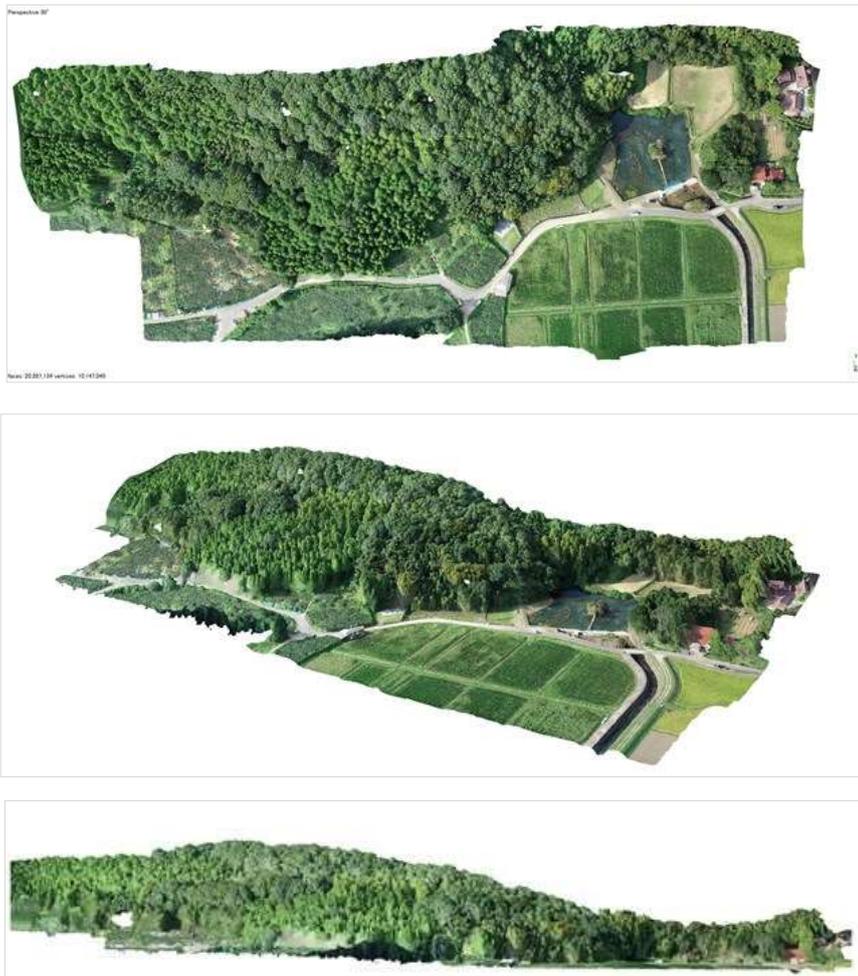
4. 「白水の池」周辺地形のドローン写真測量

カルストに関係する洞窟の研究において、地下部分（洞窟・水中洞窟）と地表地形を総合的に組み合わせた3次元地図の基盤が必要である。本研究グループでは、「白水の池」と関連する「寺山の穴」「門前の穴」を含む周辺地形をドローン（画像、DJI Phantom4Pro+Ver2.0）を使用して空中撮影を行った（画像8）。

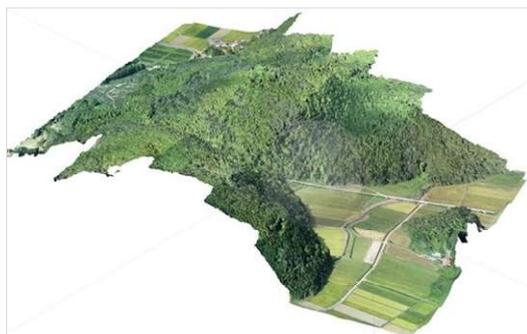
撮影画像をもとに Agisoft 社 Metashape による処理を行って3Dモデルを作成した（画像9,10）。今回の測量実験では、HP（ドローンの離発着点、オペレータの位置）を池のそばに設置したが、山向こう側にドローンが飛行した際、通信が途切れて帰還させることがあった。見透しのよい高所をHP用に変定することが今後の課題である。



画像8 池のそばのHP



画像9 「白水の池」近辺（3Dモデル）



画像 10 「白水の池」周辺地形 (3D モデル)



画像 10 (続き) 「白水の池」周辺地形 (3D モデル)

参考文献

- 1) 眞部広紀, 長嶋豊, 浦田健作, 宮本憲
水中洞窟探査ロボットの検証実験と予備調査,
佐世保工業高等専門学校研究報告第 46 号
pp.43-48 (2009)
- 2) 眞部広紀, 浦田健作, 長嶋豊他
白滝の穴水中洞窟における探査ロボットと
サーベイシステムの実証実験
- 3) 眞部広紀, 長嶋豊, 浦田健作, 染谷孝他
岩戸洞水中洞窟におけるロボット探査と
球磨カルストの水文地質予備調査
佐世保工業高等専門学校研究報告第 48 号
pp.33-44 (2011)
- 4) 眞部広紀, 長嶋豊, 浦田健作, 染谷孝他
徳之島浅間湾屋のウンブキ水中洞窟におけるロボ
ット探査とソナーによる形態計測の予備実験
佐世保工業高等専門学校研究報告第 51 号
pp.19-27 (2015)
- 5) 眞部広紀, 長嶋豊, 浦田健作, 染谷孝他、
ROV を援用した水中洞窟調査(短報)
-宮古島平良ピキャズと平尾台不動洞-
日本洞窟学会第 42 回大会(苅田町平尾台大会)
学術講演会
- 6) 眞部広紀, 稲川直裕, 山田努, 岡本渉, 堀江潔,
松見豊, 長嶋豊, 浦田健作, 染谷孝
山地カルストの洞窟水文系における
ROV と UAV を使用した調査法の検討
佐世保工業高等専門学校研究報告第 55 号
pp.76-92 (2019)
- 7) 眞部広紀, 松見豊, 岡本渉, 稲川直裕, 山田努,他
水没した陥没ドリーネのアンキアライン水文系に
おける山地カルストの洞窟水文系における
UAV-ROV 調査法の検討
佐世保工業高等専門学校研究報告第 55 号
pp.66-75 (2019)
- 8) 眞部広紀, 稲川直裕, 山田努, 長嶋豊
沿岸域カルストのアンキアライン水文系における
ROV 調査法の検討
佐世保工業高等専門学校研究報告第 55 号
pp.56-65 (2019)
- 9) 稲川直裕,
自作水中観測ロボットを用いた大分県内ダムの
環境保全調査
[https://kikaku.or.jp/xc/uploads/fckeditor/chousa_ke
nkyu/h29%20kenkyuhoukoku03.pdf](https://kikaku.or.jp/xc/uploads/fckeditor/chousa_ke
nkyu/h29%20kenkyuhoukoku03.pdf)