

## 再帰反射を用いた水中結像における光源の出射角が点像に与える影響 Influence of diverging angle of the light source on the image spot formed in water by use of retro-reflection

宇都宮大学<sup>1</sup>, JST ACCEL<sup>2</sup> ○(B)工藤大樹<sup>1</sup>, 千葉一成<sup>1</sup>, 八杉公基<sup>1,2</sup>, 二宮 尚<sup>1</sup>, 山本裕紹<sup>1,2</sup>

Utsunomiya Univ.<sup>1</sup>, JST ACCEL<sup>2</sup>, °Daiki Kudo<sup>1</sup>, Kazunari Chiba<sup>1</sup>, Masaki Yasugi<sup>1,2</sup>,

Nao Ninomiya<sup>1</sup>, and Hirotsugu Yamamoto<sup>1,2</sup>

E-mail: hirotsugu@yamamotolab.science

### 1. はじめに

何もない空中に空中像を形成する手法として AIRR (Aerial Imaging by Retro-Reflection)[1] が提案されている。先行研究にて, AIRR により形成された水中像の結像位置と大きさについて報告されている[2]。本研究では空气中に設置された光源上の 1 点を水中に結像した際の点像の広がり, 光源からの光の発散角度によって変化する可能性を確認する。

### 2. 原理

Fig. 1 に水中像を形成する原理を示す。光源からの光はビームスプリッター (BS) に入射し, 透過光と反射光に分かれそれぞれが進行方向の再帰反射材で再帰反射し, BS に対して面称の方向に水中像を形成する。底上げ距離を  $a$  [mm], 水の屈折率を  $n$  とすると水中像は水槽の BS 側の壁面から  $na$  [mm] の位置に結像する。

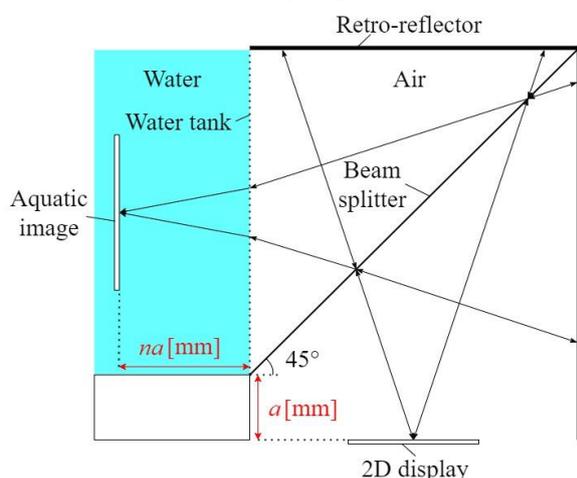
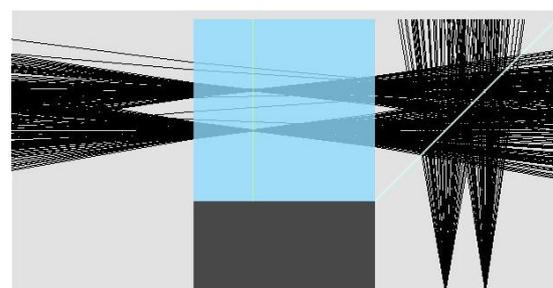


Fig. 1 The optical system to form aquatic image.

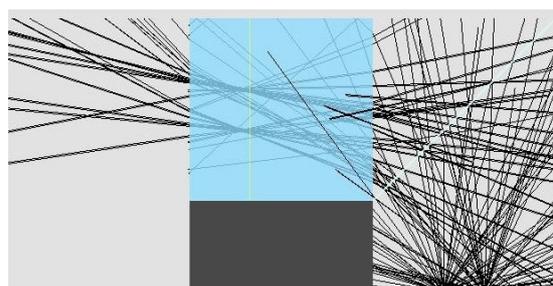
### 3. シミュレーション

光源からの光の広がり角度を  $20^\circ$ ,  $180^\circ$  とし, 底上げ距離を  $50.0$  [mm], 水の屈折率を  $1.33$  としたときのシミュレーション結果をそれぞれ Fig. 2(a), (b) に示す。シミュレーションには LightTools を用いた。Fig. 2 中の黄色の線は原理上の水中像の結像位置を表している。Fig. 2(a) では原理上の結像位置に集光しているの

に対して, Fig. 2(b) では, 原理上の結像位置から離れた位置に集光している。



(a)



(b)

Fig. 2 The result of simulation when the light spread from the light source is (a)  $20^\circ$ , (b)  $180^\circ$ .

### 4. おわりに

空气中に設置された光源上の 1 点を水中に結像した際の点像の広がり, 光源からの光の発散角度によって変化する可能性を確認した。参考文献

[1] H. Yamamoto, *et al.*, Opt. Express, 22, pp. 26919-26924 (2014).

[2] D. Kudo, *et al.*, Proc. IDW'20, pp. 265-268 (2020)