

ドローンとフォトニクス

# 水中無線技術と水中ドローンが拓く新しい海中世界

Wireless technologies and underwater drone develop new undersea world

島田 雄史 Takeshi Shimada

アクアジャスト株式会社 (ALAN コンソーシアム), 〒 272-0035 千葉県市川市新田 5-9-22  
 AQUADJUST Co. Ltd. (ALAN Consortium), 5-9-22, Shinden, Ichikawa, Chiba 272-0035, Japan

**Abstract** : In this paper, we consider the underwater environment to be the next-generation economic sphere, and introduce activities that aim to utilize robots that can move freely underwater in place of humans, and to realize underwater information networks. In terms of technology, we will discuss research and development on underwater wireless technologies with blue light such as communication and LiDAR. We will also introduce the current status of development of equipment, systems, and networks to realize more flexible underwater networks by differentiating them from acoustic and wired technologies.

**Keywords** : wireless, photonics, acoustics, sensor, communication, underwater drone, network

## はじめに

360°を海に囲まれ、領海と排他的経済水域が世界第6位の広さを有する我が国には、国土の保全と国民の安全を確保すべく海洋を守っていくこと、経済社会の存立・成長の基盤として海洋を活かしていくことなどが強く求められている。洋上風力発電をはじめとする海洋産業の拡大や海洋安全保障の取り組みの強化が進展する中、広大な海洋の開発・利用における省人化や生産性の向上を進める必要がある<sup>1)</sup>。

我々にとって水中・海中は身近であるが、生活や産

業面においてその活用は地上や空中と比較して非常に遅れている。水中・海中を大きく活用するには情報通信技術の拡大が不可欠だが、地上や空中で利用されている電波は水中を透過しないという課題がある。水中世界は「ラストフロンティア」「最後のデジタルデバイド領域」などと呼ばれる所以である。その一方で、青色の光は水中を透過するため、光を使用した水中無線技術の展開が期待される<sup>2)</sup>。

青色の光だけではなく、音響技術、さらには水中ドローン、自律型無人探査機 (autonomous underwater vehicle : AUV) 等の融合が今後の課題である。

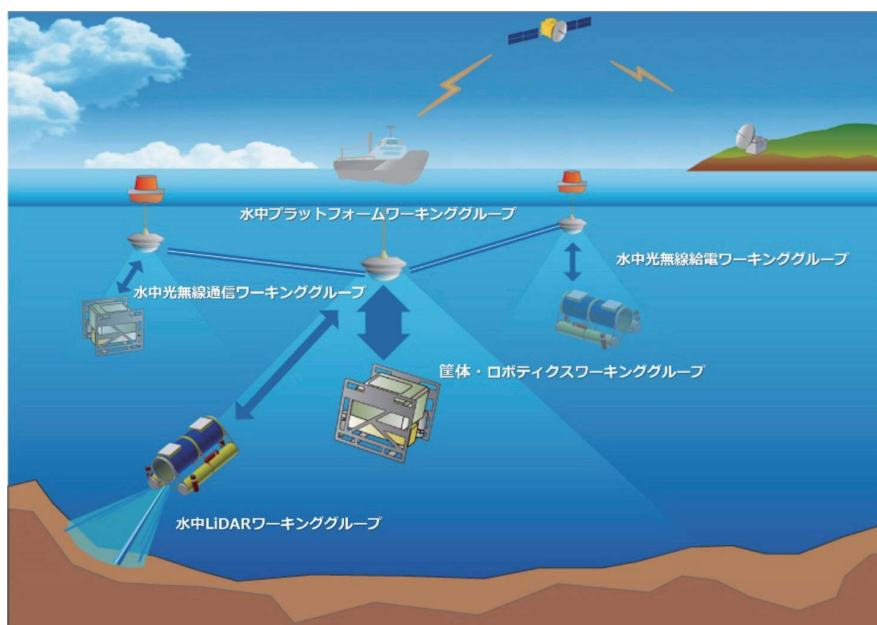


図1 設立当初のALAN コンソーシアム体制イメージ

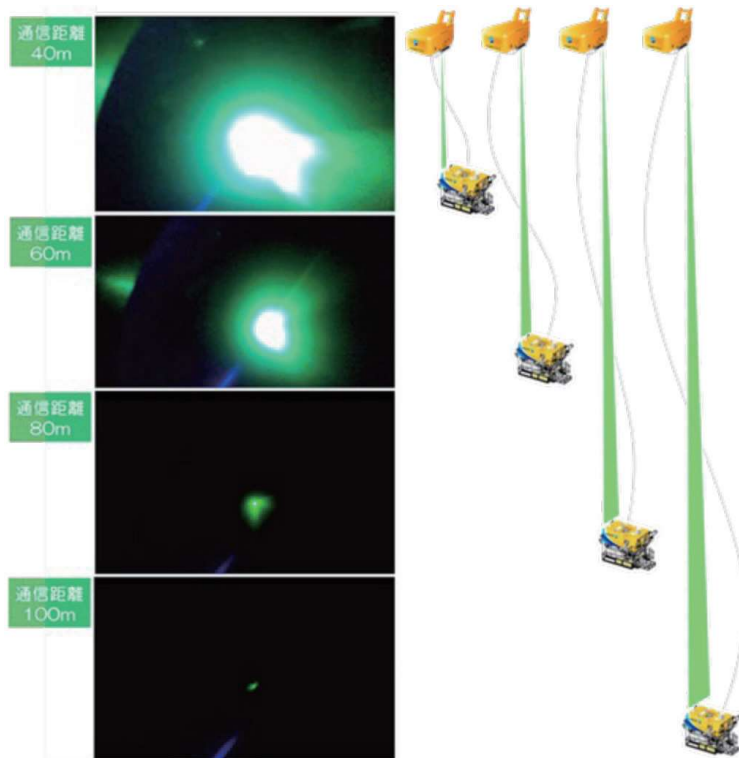


図2 通信試験装置「受信器」に格納されるカメラ画像と通信イメージ（トリマティス提供）  
JAMSTEC 保有無人探査船「かいこう」のランチャー（親機）からビークル子機を降下。

今回は、様々な取り組みを紹介するとともに、将来の海中世界を覗いてみたい。

### ALAN コンソーシアム

水中環境を次世代の新経済圏と捉え、民需に特化した材料、デバイス、機器、システム、ネットワーク等の開発を推進し、海中の光応用技術によって、新たに海中マーケットを掘り起し、日本が海中光技術で世界をリードすることも目指し、新たな産業の可能性（ニーズ）を探り、必要な技術／研究開発を促すべく、2018年6月21日に Aqua Local Area Network コンソーシアム（以下 ALAN）は、一般社団法人電子情報技術産業協会（JEITA）の共創プログラムとして設置された<sup>3)</sup>。

当初の ALAN は、可視光が水中での損失が小さく、可視光レーザー技術が国内に蓄積されていることに着目し以下を推進することをコンセプトとしていた（図1）。

- ・青色光源を中心とした光無線技術〔水中光無線通信、水中 LiDAR (light detection and ranging)、水中光無線給電〕の研究開発
- ・音波や有線技術等とのすみわけによる、より柔軟性のある（水中）ネットワークの実現
- ・人間に代わり水中で自由に行動できる水中ロボッ

トの活用

- ・水中環境を次世代の新経済圏と捉えた民需に特化した材料・デバイス・機器・システム・ネットワーク開発

水中・海中で光が活用できることを探求すべく、国内の大学・研究所を中心としたメンバーで、光の高速性・指向性等の機能での実証を最優先とし、水中光無線通信、水中 LiDAR、水中光無線給電のワーキング



図3 トリマティス製水中フュージョンセンサ(トリマティス提供)

グループで研究・開発を進め、諸学会での成果発表を積極的に行った。また、事務局である JEITA が主催する CEATEC での展示等を通じ、普及活動を進め、2019 年には水中 LiDAR の第 1 回実験も行った<sup>45)</sup>。

2021 年には、ALAN 会員である国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC) と株式会社トリマティスが実海域において 1 Gbps × 100 m 超高速海中光ワイヤレス通信に成功した。当時において、従来の海中音響通信の数倍以上、他の海中光ワイヤレス通信と比較しても数十倍以上という光で大容量・高速通信ができることを証明した<sup>6)</sup> (図 2)。

2023 年 10 月には水中 LiDAR の第 1 回実験を行った株式会社トリマティスが、3 色の LiDAR とカメラを融合した世界初の水中フュージョンセンサを製品リリースした<sup>7)</sup>。

送信した光が対象物から返って来る時間を距離情報に置き換える測距での LiDAR からの距離情報とカメラの画像情報を組み合わせることで、水中環境下において、これまで、絶対的な座標軸がないがゆえ、正確な 3D 情報が得られなかった状況改善に期待が持てる。

また、計測時間 0.05 秒/frame、計測点数 1,200,000 点/秒と従来の機器と比較し、飛躍的な高速化、高精度化も実現している。

陸上、空間で活用される技術が、水中環境でも実現できることを証明した意味は大きい。

## 水中ドローン協会との提携

水中光無線通信、水中フュージョンセンサと要素技

表 1 音波・光・電磁波・カメラの比較

項目	音波	光	低周波電磁波	カメラ
長所	遠達性 実績証明済	高速 低価格	耐環境性 空/海の境界を超える	
短所	浅海に弱い 空/海の境界NG	濁度に弱い 光軸合わせ	短距離 低速	
距離感	3,000m	300m	30m	さらに近距離
周波数 (色)	20kHz	青～緑～黄	10kHz	
環境影響	中	大	小	
伝送速度	10Kbps	1Gbps	1Kbps	
遅延@1km	0.7s	4 μs	5ms	

術が確立し、それを搭載するプラットフォームとしての水中ロボットの検討も必要となる中、その議論を進めるパートナーとして、既に各種展示会で ALAN との共同出展にご協力いただいていた日本水中ドローン協会と ALAN において、2024 年 1 月にパートナーシップを締結した<sup>8)</sup>。

今後、社会実装を進めるにあたり、AUV、遠隔操作無人探査装置 (remotely operated vehicle : ROV) の世界的な動向等も注視しなければならず、水中ドローン協会が幅広く保有する様々な情報、知見を今後活用して参りたい。

実際、海外メーカーの勢いに押されている感も強い領域であり、モノづくりの日本をアピールする上でも我々の手掛ける諸技術とのミキシングで新たな製品展開ができればと願っている。

## 社会実装に向けた水中無線技術

水中で使える無線技術には、光、音波、電磁波、カメラの 4 技術が挙げられる。

音波は水中において広く活用されており、現在も技術進展は続いている。音波の利点は極めて長距離まで信号の届く遠達性であり、応用にもよるが km 単位での利用が可能である。一方で音波の周波数は kHz 程度と非常に低い。

電磁波も 10 kHz 程度になれば数 10 m 単位での伝搬も可能だが、この低い周波数では通信速度が 1 Kbps ほどとなり、音波と同様に利用が制限される。

前述の実験結果から、光は通信速度 1 Gbps の実現

が可能であるが、水中の伝搬距離は水質により大きく変化し、良い条件でも、地上や空中などの数100 mや数 km といった距離までは届かない<sup>2)</sup> (表1)。

例えば、通信距離に応じた音波と光とミキシングによって、フレキシブルな水中無線技術が確立できると考えている。

光無線で使用する可視光 LD (laser diode) も、現状は、通信、センシングにフォーカスした仕様でない製品であり、今後、さらなる特性改善も期待できる。

### 水中ドローンと水中無線技術

現在、世の中で水中ドローンと呼ばれている製品の多くは、ホビー用途であり、操作性、コストの面からも非常に手軽に入手できるようになっている。しかしながら、水中無線機器類の大きさを考えた場合、水中ドローンではなく、ROV、AUV になってくる。通信、センシングをリアルタイムかつ無線で行うことを考えると、姿勢維持や常に送受信の目合わせを行わなければならない、通信機器、センサと一体化した ROV、AUV が今後必要になってくる。市販の ROV、AUV に通信機器、センサを搭載して、諸条件出しをした上で、常に通信機器は、相手を探し続け、つながり続ける位置、機構で、センサも用途に応じた適切な位置、

機構での設計が必要になる。そこに新しい技術が隠れているのかも知れない。

ROV、AUV と水中無線通信、水中センサが一体化することで、水中のリアルモニタリングが実現し、ALAN が目指す世界を実現可能とする。

### ALAN 発ベンチャー

これまで技術面からの社会実装への課題を述べてきたが、ALAN の活動を行う中で、もう1つ大きな壁があった。

筆者が2024年3月末で代表を務めていた株式会社トリマティスは、ALAN の提案企業であり、代表企業であった。その任を果たすべく、諸実験を通し、ALAN をリーディングしてきたのだが、光技術の企業であり、水中環境と常に向き合える状況にはなかった。ALAN の代表として、海洋事業の方々とお話する度に「島田さん、常に水中環境と向き合わなきゃ!」とご指摘を受けることも多かった。

そこで、真の社会実装を果たすためには、水中環境と常に向き合う企業をと、2023年2月にアクアジャスト株式会社を設立した。

ALAN の事務局である一般社団法人電子情報技術産業協会 (JEITA) のご賛同もいただき、ALAN 発

## アクアジャストが掲げる海洋・海中の新経済圏

### 【事業コンセプト】

洋上風力発電を海洋・海中のハブと位置付け

空中・宇宙・陸上との通信や給電、

WARSaaSの運用ステーションとして活用、

日本中の海を繋ぐことでALANの実現をめざす。

### 【社名由来】

**AQUA** 水中だけでなく広域な意味での「海」

**QUAD** ロボティクス、通信、センサ、給電  
(4) システム、ネットワーク、データ、サービス  
トリマティス(3)から1つ先へ

**ADJUST** 海との共存



Aquadjust ROBO  
(A4TR)  
(ロボット)



Aquadjust SENSE  
(A4TS)  
(モニタリング・探査)



Aquadjust LINK  
(A4TL)  
(通信)



Aquadjust X  
(A4TX)  
(データ活用・サービス)



Aquadjust PLUS  
(A4TP)  
(水中デジタルツイン)



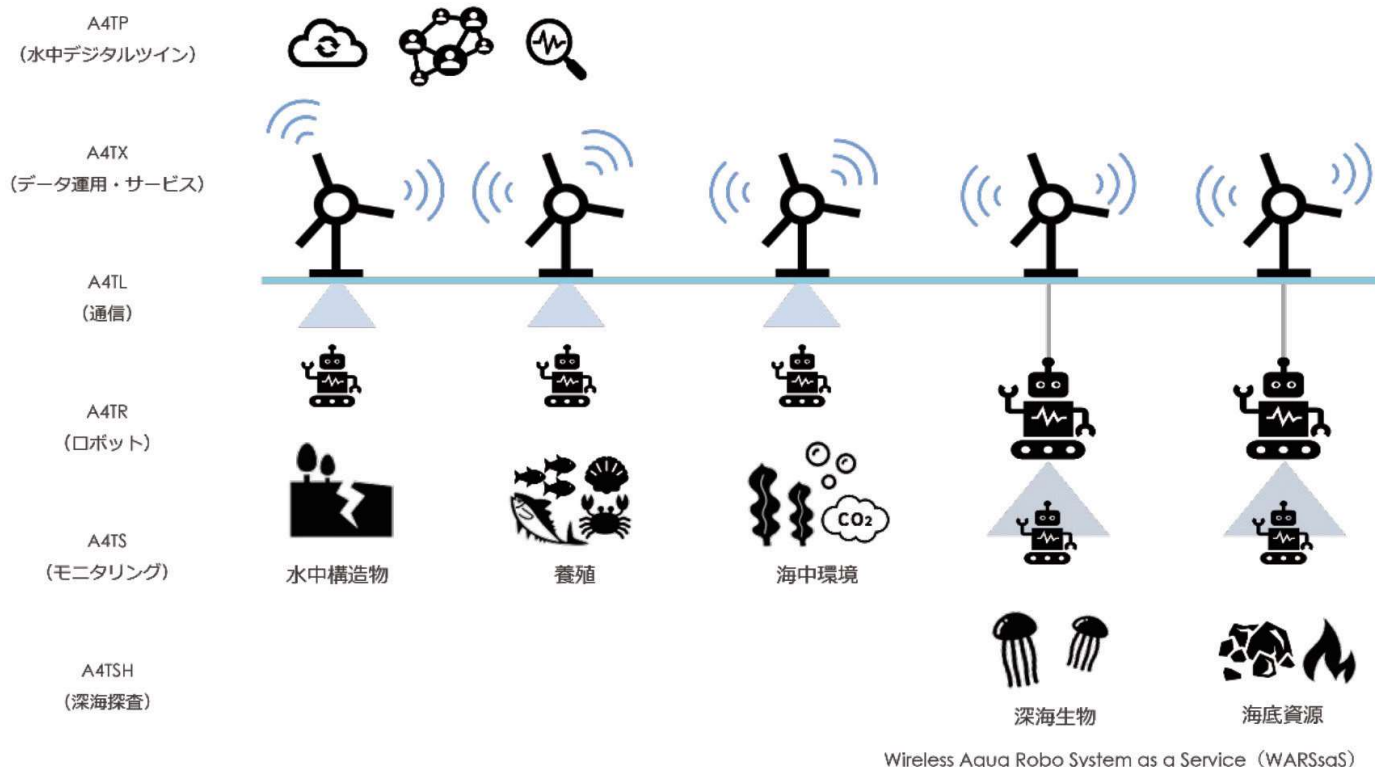
Aquadjust SEARCH  
(A4TSH)  
(深海探査)

## 海洋・海中のリアルモニタリングから始まる新しい世界

Copyright © AQUADJUST All rights reserved.

図4 アクアジャスト概要





Copyright © AQUADJUST All rights reserved.

図5 アクアジャストの描く海上・海中事業展開

ベンチャーの称号を得て、ALANの申し子の如く、船出をした<sup>9)</sup>。

水中ロボットに無線通信機器、センサー類を搭載し、水中からデータを取得し、リアルタイムに送信するシステム提案から手掛けることとしている(図4)。

その先には、例えば、今後、海上に敷設される洋上風力発電を1つのハブと考え、その下に通信エリアを構築し、洋上風力発電を介して、衛星通信、5Gといった空間通信で結ぶことで、ALANを構築して行くことも考えている。

ALAN設立当初は、誰もが「本当にALANってできるの?」と言っていた世界が、数年先には実現できるかも知れないとの願いの下、今後、事業活動を進めていく所存である(図5)。

## おわりに

国が掲げるAUVの社会実装に向けた戦略で、海洋、海中の重要性が再認識され始めてきている。まさに四面を海に囲まれた日本だからこそ新たな事業提案ができると考えている。

その先駆けとなるべく、2018年のALAN設立来、

活動をしてきたが、今回、昨年設立したアクアジャストの紹介も加えながら「ラストフロンティア」「最後のデジタルデバイド領域」に挑む我々の活動を皆様にご覧いただき、海洋、海中に興味を持っていたらと願うばかりである。

## 【参考文献】

- 1) 内閣府: “自律型無人探査機(AUV)の社会実装に向けた戦略,” [https://www8.cao.go.jp/ocean/policies/auv/auv\\_strategy/strategy\\_index.html](https://www8.cao.go.jp/ocean/policies/auv/auv_strategy/strategy_index.html) (2024年9月15日閲覧)。
- 2) “ALANレポート,” 2023年6月。
- 3) “JEITA報道発表,” <https://www.jeita.or.jp/japanese/topics/2018/0521.pdf> (2018年5月21日)。
- 4) 鈴木謙一: “水中ネットワークを実現するALANコンソーシアム,” 2019年電子情報通信学会ソサエティ大会, ABS-1-16 (2019-09)。
- 5) 島田雄史, 鈴木謙一: “解説: 水中LiDARへの取り組み,” レーザセンシング学会誌, 2 (2021) 25-30, 2021。
- 6) “JAMSTEC報道発表,” [https://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20220126\\_2/](https://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20220126_2/) (2022年1月26日)。
- 7) “ALAN, 世界初の水中フュージョンセンサ技術を開発,” OPTRONICS ONLINE (2023年10月10日付ニュース)。
- 8) “JEITA報道発表,” <https://www.jeita.or.jp/japanese/topics/2024/0130.pdf> (2024年1月30日)。
- 9) “JEITA報道発表,” <https://www.alan-consortium.jp/wp/wp-content/uploads/2023/10/bf9e01f79bc8496825bc0c277d629f5f.pdf> (2023年10月6日)。