

自律型海中ロボット

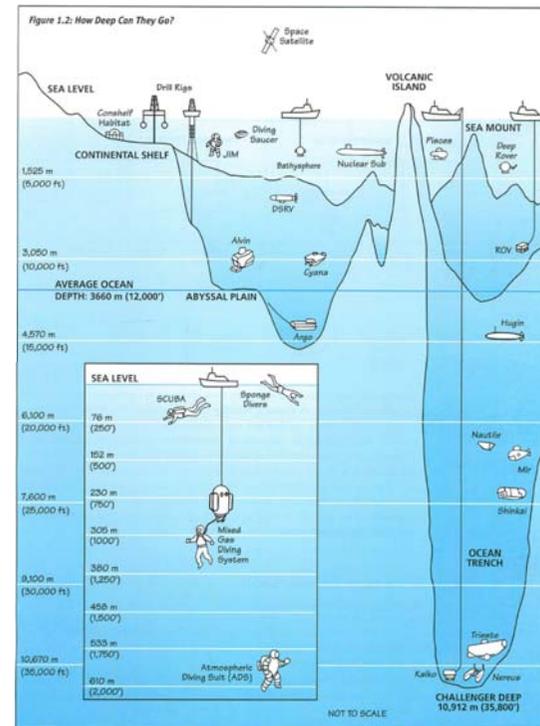
巻 俊宏

東京大学生産技術研究所
海中観測実装工学研究センター
<http://makilab.iis.u-tokyo.ac.jp>

海中は ロボットの世界

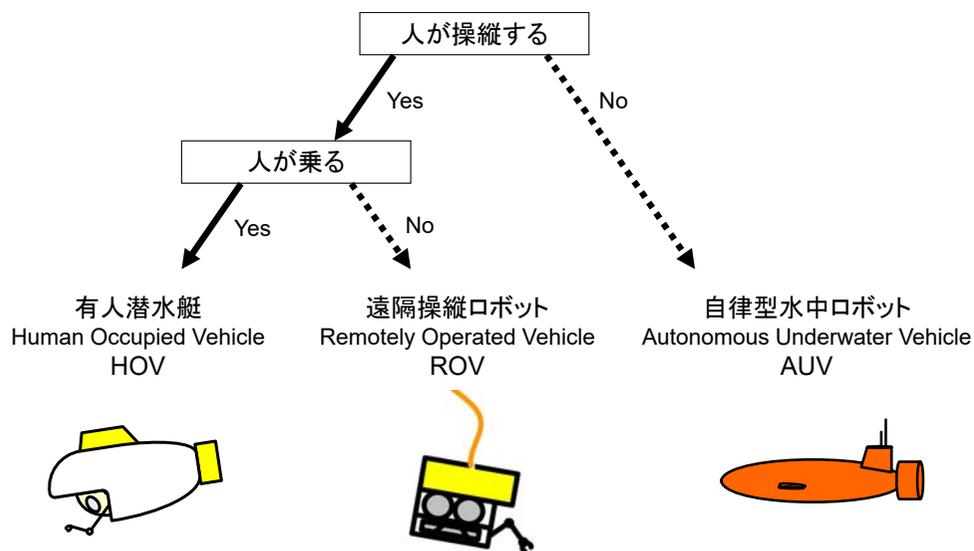
- ・資源、エネルギー
- ・安全保障
- ・空間利用
- ・水産
- ・防災
- ・科学
- ・捜索救助
-

海中ロボットがあればいいね
無いと困る!

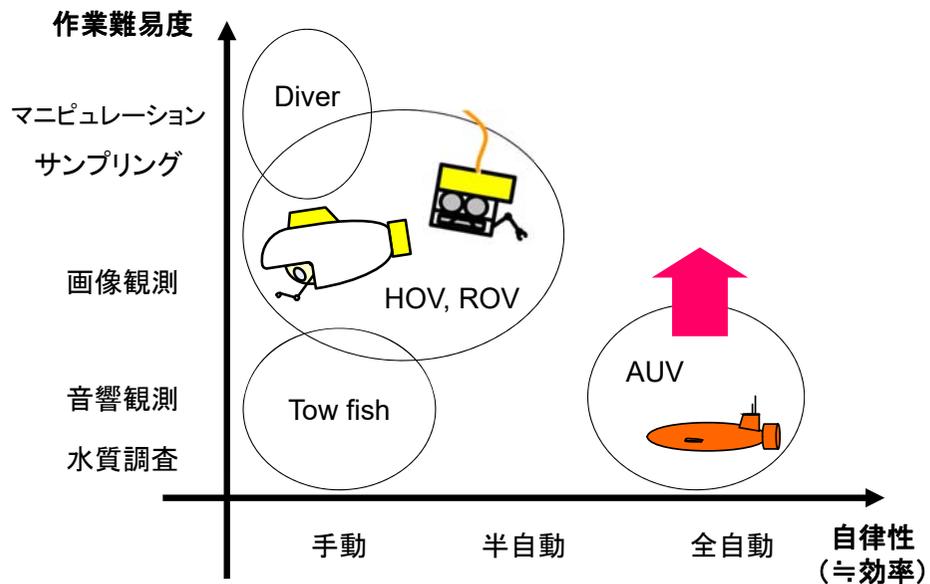


S. Moore, et al., Underwater Robotics, MATE Center, 2010.

海中ロボットの分類

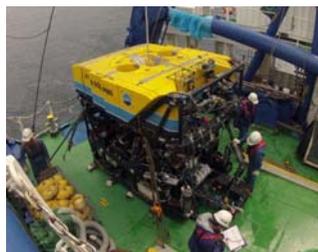


役割分担



ROV

- Remotely Operated Vehicle
- 船上からリモコン操縦する
- 利点



ハイパードルフィン (日本)

- HOV並みの細かい作業ができる
 - 電池切れの心配がなく、長時間・大パワーの作業ができる
 - 観測内容をリアルタイムに確認できる
- 欠点
 - 船上の支援装置が必要になる
 - ケーブルにより行動範囲が制限される
 - 潮流等の影響を受ける

AUV

- Autonomous Underwater Vehicle
- ケーブル無し、全自動で動く
- 利点
 - ケーブル無しで自由に活動できる
 - 支援装置が要らず、低コスト
 - 船舶無しでの運用も可能
- 欠点
 - エネルギー制限がある
 - 複雑な作業ができない(今のところ)
 - 観測結果をリアルタイムに確認できない

AUV開発の歴史

- 1959 ワシントン大学 北極海のデータ収集のため無索無人ロボットの開発を開始
- 大学を中心にAUV研究がスタート(1970s-80s)
- 海軍による大規模開発(アメリカ、ロシア、カナダ、デンマーク、フランス、イギリス・・・)
- 1990s 民間企業による開発(石油開発、通信など)
- 2000s 普及、多様化

AUVの形式

	クルーズ型	ホバリング型	グライダー型
形状・特徴	細長い胴体で後部に主推進器を持つ。魚雷形。	前進のみでなく、上下や横方向にも推進器を持つ。	プロペラによる推進器を持たず、本体の浮力変化により移動する。
利点	推進効率に優れるため、広範囲の観測に向く	複雑な動きができるため海底や構造物付近での調査に向く	消費電力が非常に小さいため、長距離・長期の観測に向く
適用事例	深浅測量、資源探査、水質調査	生物調査、人工物調査	水質調査
航続距離	O(100km)	O(10km)	O(1000km)
例	うらしま Remus r2D4	Nereus HROV Tuna-Sand	Spray Sea glider



REMUS 6000 (アメリカ)

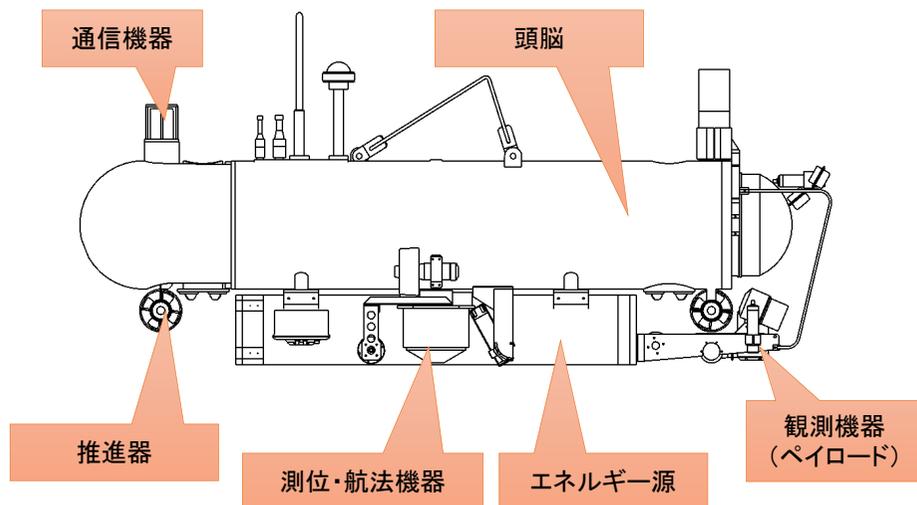


Tuna-Sand (日本)



Slocum (アメリカ)

AUVの構成要素



REMUS

クルーズ型AUVのベストセラー

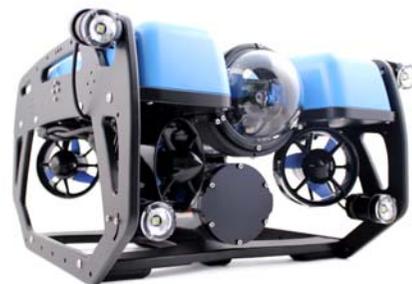
- 1994 ウッズホール海洋研究所 / MIT
- 2001 HYDROID社 (米国)
- 2003 米軍がイラク戦争で掃海に利用
- 2005 世界で200台以上使われる



<https://www.hydroid.com>

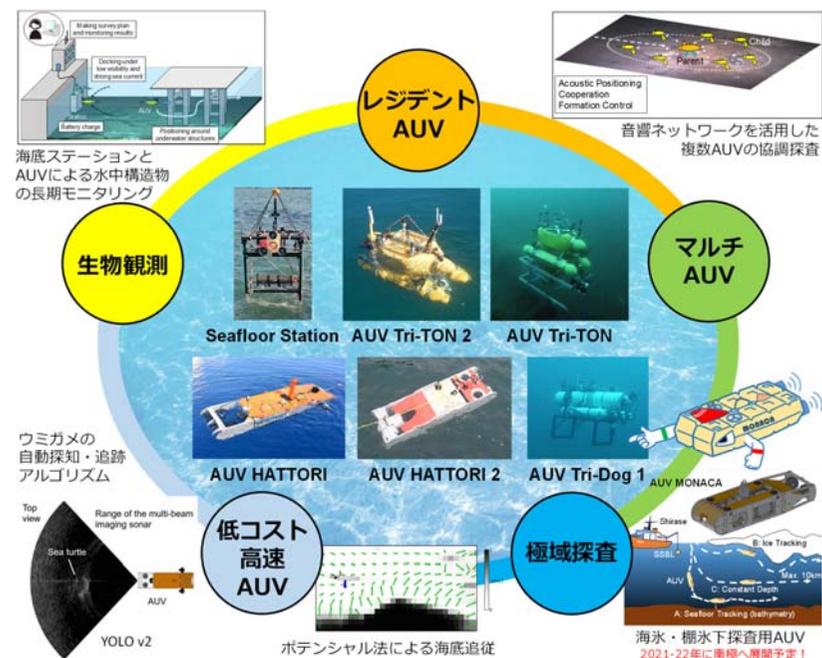
水中ドローン

- 従来よりも小型かつ圧倒的に安価(1/10以下)な水中ロボットが増えてきた
- 低コスト化の背景
 - 空のドローンの普及
 - ハードウェアの低コスト化
 - オープンソース化
- 現状は「小型のROV」
- 今後、AUVも登場するかも



Blue ROV 2
<https://www.bluerobotics.com/>

巻研究室における取り組み：海×ロボット



ステーションへの自動ドッキング

性質の異なる複数のセンサを確率的状態推定手法(Particle Filter)によって統合することで、センサノイズや欠測に対してロバストな相対測位を行う。

音響測位装置

ステーションとの相対位置関係(距離、方位、相対角)を計測。遠距離(最大1000m)まで計測できる。

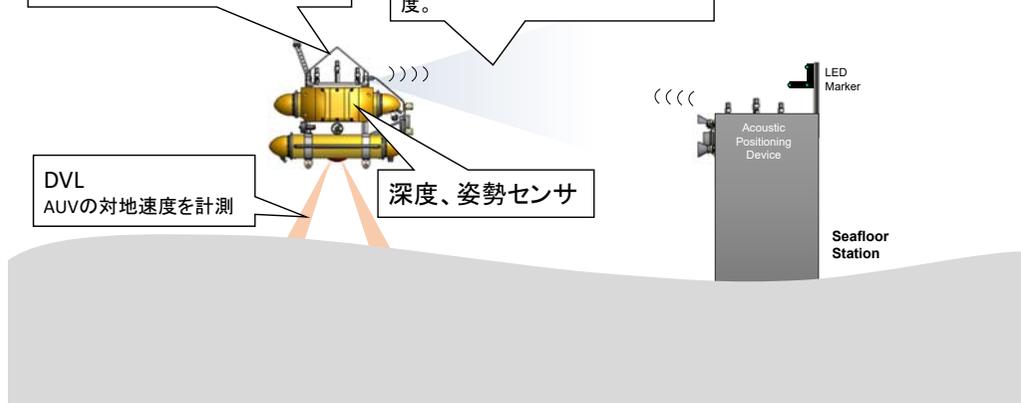
カメラ

ステーションのLEDマーカーを用いて、ステーションまでの相対位置関係を計測。レンジは狭い(~5m)が高精度。

DVL

AUVの対地速度を計測

深度、姿勢センサ



AUV Tri-TON 2

Vehicle

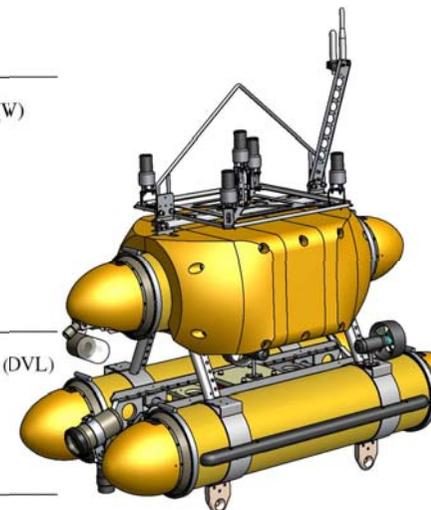
Size	1.41m (L) × 1.46m (H) × 0.76m (W)
Mass	260 kg
Max. speed	0.5 m/s
Max. depth	2,000 m
Duration	8 hours
Actuators	100 W Thruster × 5
Power	Li-Ion 26.6 V 30 Ah × 4
Communication	Wireless LAN (in air), ALOC
CPU	Intel Core i5
OS	Microsoft Windows 7

Navigational Instruments

Velocity & Altitude	Teledyne RDI Navigator 1200 kHz (DVL)
Depth	Mensor DPT6000
Roll & Pitch	OceanServer OS5000
Heading	JAE JG-35FD (FOG)
Obstacle detection	Tritech Micron
Position	GPS (in air), ALOC

Imaging Instruments

Camera	Lumenera Lm165 (2M pixel) × 2
Flash	Morris Hikaru-komachi 6 × 2
Sheet laser	Custom made (445 nm, 500 mW) × 2



AUV HATTORI

～起伏のある海底を低高度かつ高速に追従できる小型AUV～

- 浅海域(サンゴ礁)の効率的な画像マッピングのために開発された小型、低コスト、高機動なAUV
- データ処理手法の工夫により、高級なセンサを使わずに、起伏のある海底を低高度かつ高速で追従できる



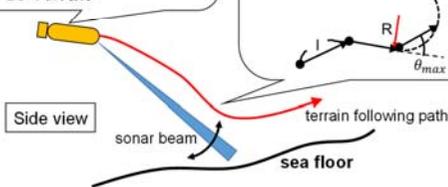
Highly
Agile
Terrain
Tracker for
Ocean
Research and
Investigation

(A) 危険度マップを生成

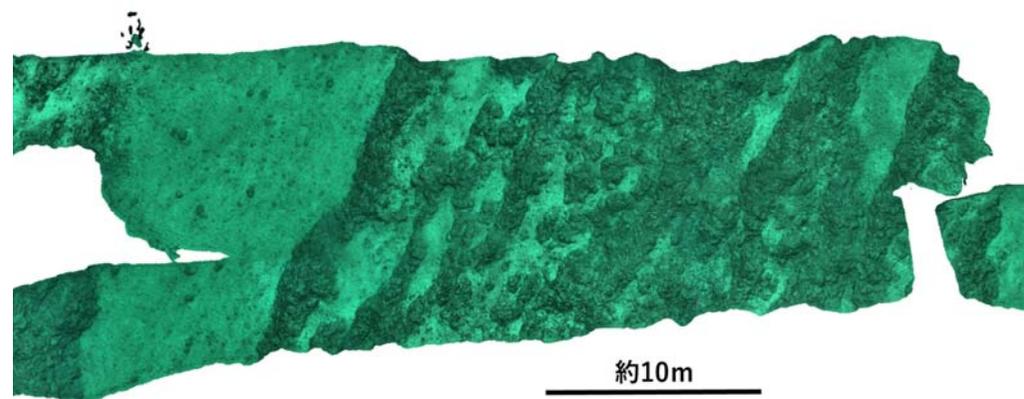
進行方向鉛直平面(XZ平面)の危険度を評価
自機位置を固定したメッシュマップを定義
鉛直方向にスキャンしたソナーの反射強度から評価したポテンシャル(危険度)を付与。
2行x列の行列Pとして取り扱う

(B) 海底追従経路の生成

ビームシャドウ、回避の前提から補完
到達目標を表すポテンシャルを加え、**ポテンシャル法**を利用。
最小旋回半径を考慮した経路を生成。
設定したwaypointからpitch角を計算



Size (L × W × H)	1.02 × 0.48 × 0.14 [m]
Mass	16 [kg]
Computer	Intel Compute Stick (main) Teency 3.2 × 2 (low-level)
Software	Ubuntu16.04, ROS
Thruster	Surge 2, Heave 2 (Blue Robotics T200)
Battery	LiPo 4 cell (thruster), 3 cell (computer, sensors)
Navigation al Sensors	Scanning Sonar, Flow meter, Depth sensor, Thermometer, AHRS
Payloads	Camera (GoPro) × 2, LED light × 2, Sheet laser



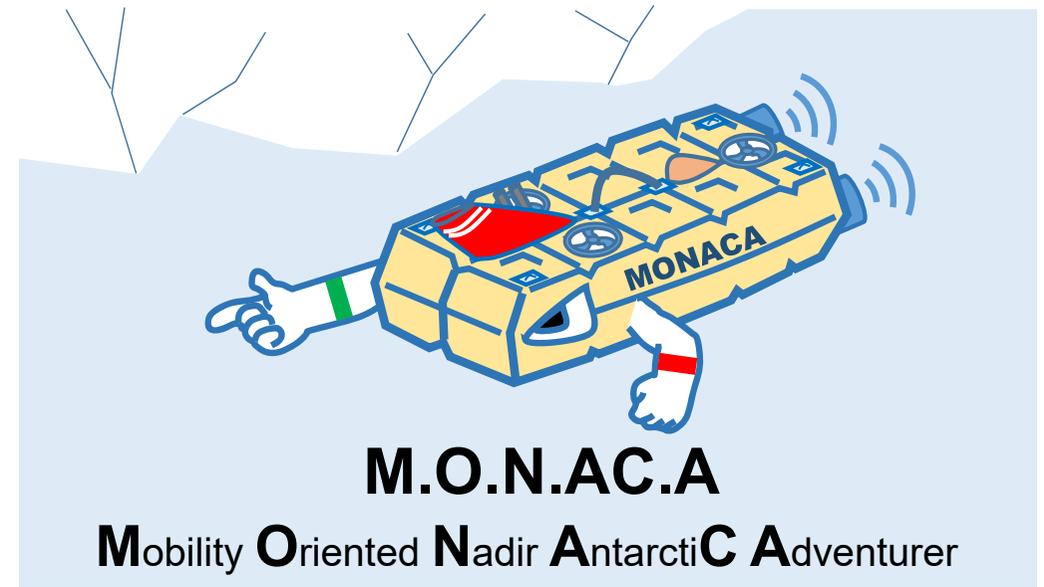
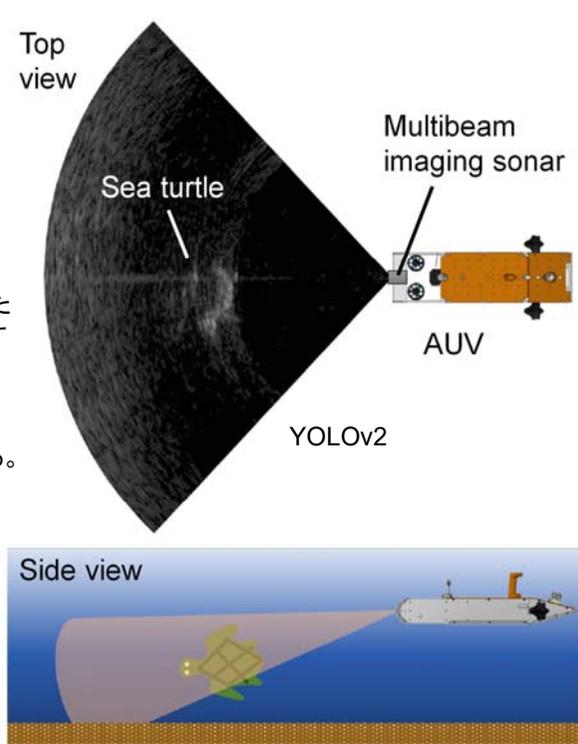
HATTORI 2 の観測結果より作成した海底画像マップ
(2018年11月 石垣島)

ウミガメ追跡 ロボット

遊泳生物の新たな観測手法の確立を目指す。

生物にタグ等を取り付けず、まったく自然状態での長期観測を実現する。

水中で広域を探知できるソーナー（音響センサ）とAIを組み合わせる。

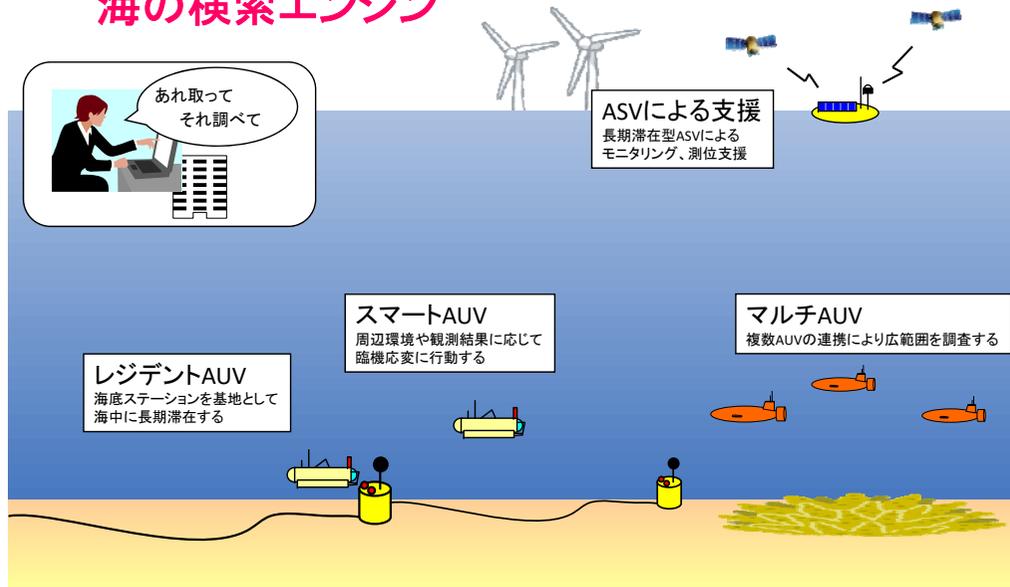


<http://grantarctic.jp/>
文部科学省 科学研究費助成事業 新学術領域研究『熱-水-物質の巨大リザーバ 全球環境変動を駆動する南大洋・南極氷床』

将来構想：海中ロボット王国

-自律プラットフォームによる全自動海中探査システム-

海の検索エンジン



関連イベント情報

- UT21 Online
 - 海中工学に関する国際ビデオコンペティション
 - 2021年3月2日
 - <http://www.ut2021.org/>
- 水中ロボットコンベンション in JAMSTEC 2020
 - 自作の水中ロボットの競技会・発表会
 - オンライン（一部現地企画はJAMSTEC）
 - 2020年12月5～6日
 - 参加無料、要事前登録
 - <http://jam20.underwaterrobonet.org/>



IEEE OES Underwater Technology 21

UT21 Online

Underwater Video Competition



UT21 calls for videos designed to promote the appeal of Underwater Technology (Undersea Engineering) to a wide audience

Entry for Video Competition is Now Open!

Entry Period: Thursday, October 1 - Friday, December 18, 2020

Click [Call for Videos](#) for more details

[Call for Videos](#)