

東大生研 海底ケーブルWS資料

AUVドッキングシステム技術の開発について

2018年9月19日
川崎重工業株式会社
船舶海洋カンパニー
AUV事業推進部

弊社が建造した有人潜水艦船

潜水艦
「そうりゅう」型



Dimensions(M) : 84 × 9.1 × 10.3

Displacement : 2,950T

Source:
http://www.mod.go.jp/msdf/formal/gallery/ships/ss/soryuu/img/502_031.jpg

深海救難艇(DSRV)



Dimensions(M) : 12.4 × 3.2 × 4.3

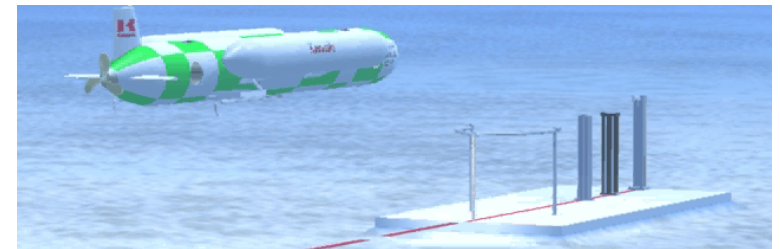
Weight in Air : 40T

Source:
http://www.mod.go.jp/msdf/formal/gallery/ships/asr/chihaya/img/403_031.jpg

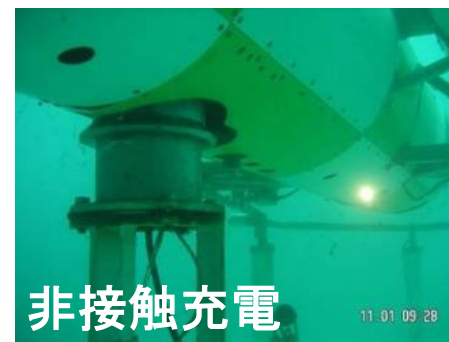
弊社が建造したAUV

AUV「マリンバード」

2003年に自動ドッキング及び非接触充電を成功

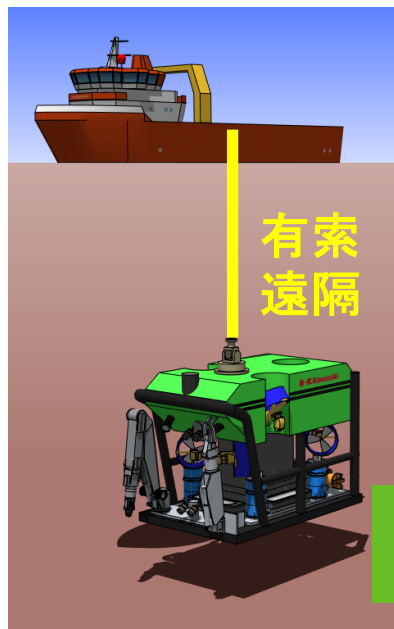


ドッキングステーション



Length:	6.7m
Width:	1.8m
Height:	1.1m
Weight in Air:	1.3ton
Depth:	100m
Speed:	2.5kt

無人潜水機の一般的特徴



無人潜水機

遠隔操作型 (ROV)
Remotely Operated Vehicle

自律制御型 (AUV)
Autonomous Underwater Vehicle

海中作業における主役

より高度な技術により地形調査などを担う

<ul style="list-style-type: none"> ■ 洋上船から無限のエネルギー供給 ■ 人間によるリアルタイム操作 	長所	<ul style="list-style-type: none"> ■ ケーブルによる行動制限なし ■ 投入後母船の行動を制限しない
<ul style="list-style-type: none"> ■ 専任のオペレーターが必要 ■ 運用するためのコストが高い 	短所	<ul style="list-style-type: none"> ■ エネルギーが有限のバッテリー ■ 自律制御のため複雑な作業は困難

AUVの短所を補う要素技術を開発

Energy Saving

Recharge system

Precise Autonomous Control

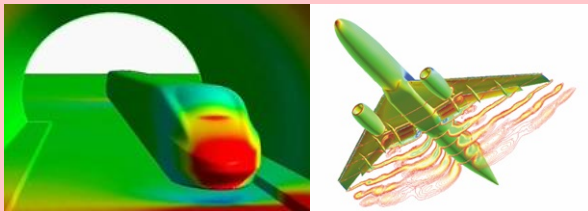
Communication

プロトタイプAUVの要素技術開発

艇体形状最適化

Energy Saving

当社のビークル製品形状
最適化ノウハウ、インフラ



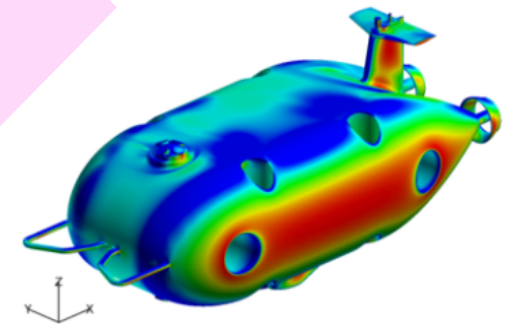
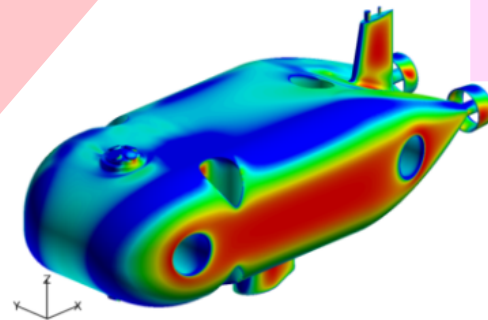
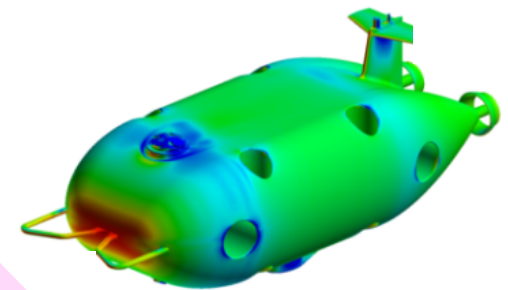
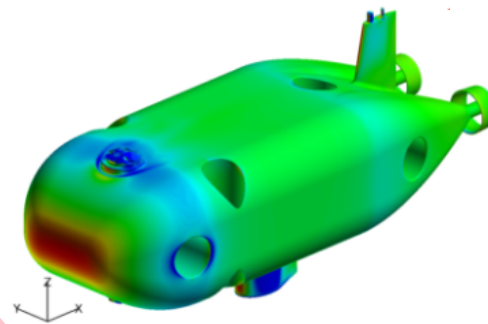
CFD Analysis



Fluid Tunnel Test Tank Test

適用

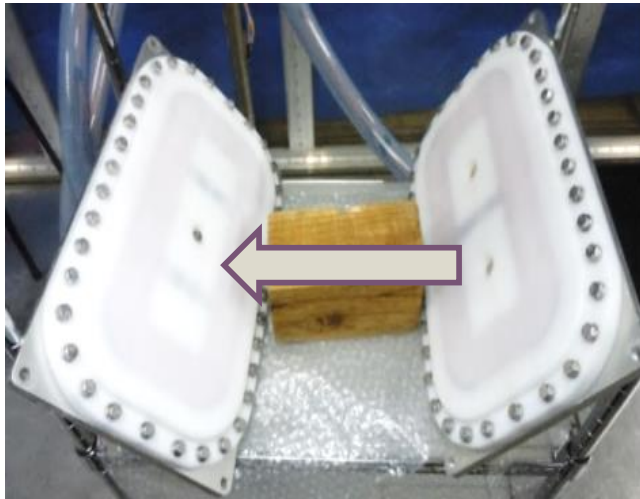
最適化



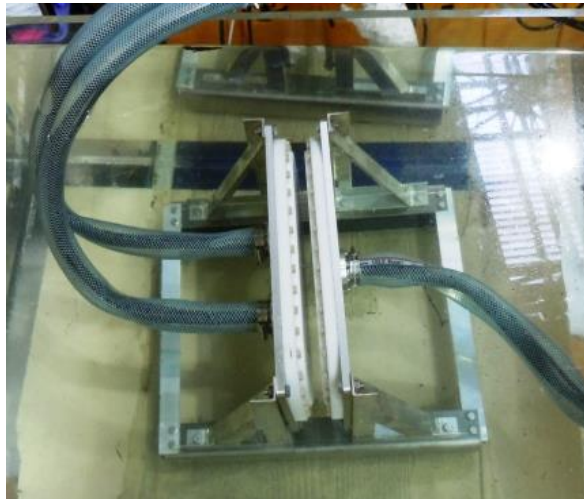
プロトタイプAUVの要素技術開発

非接触給電システム

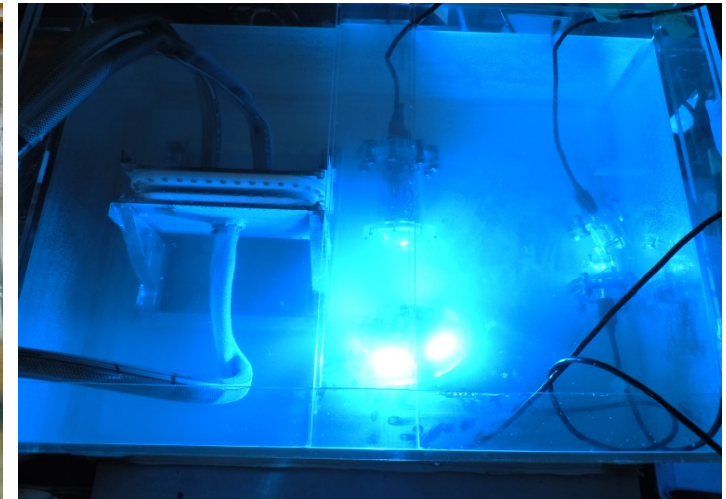
Recharge system



Underwater Non-Contact Coupler



Trial scene in a seawater



Combined with optical communication system

Transport 5kW power

@seawater

Efficiency 90%

@seawater

プロトタイプAUVの要素技術開発

水中大容量通信システム

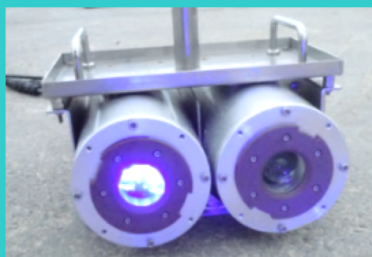
Communication

LD Device

(Long range & High data rate)

Maximum transfer rate **40Mbps**
@seawater

Maximum transfer range **35m**
@seawater



Sea trial scene

LED Device

(Without Alignment & Wide Angle)

Maximum Wide Angle **±40deg.**
@seawater



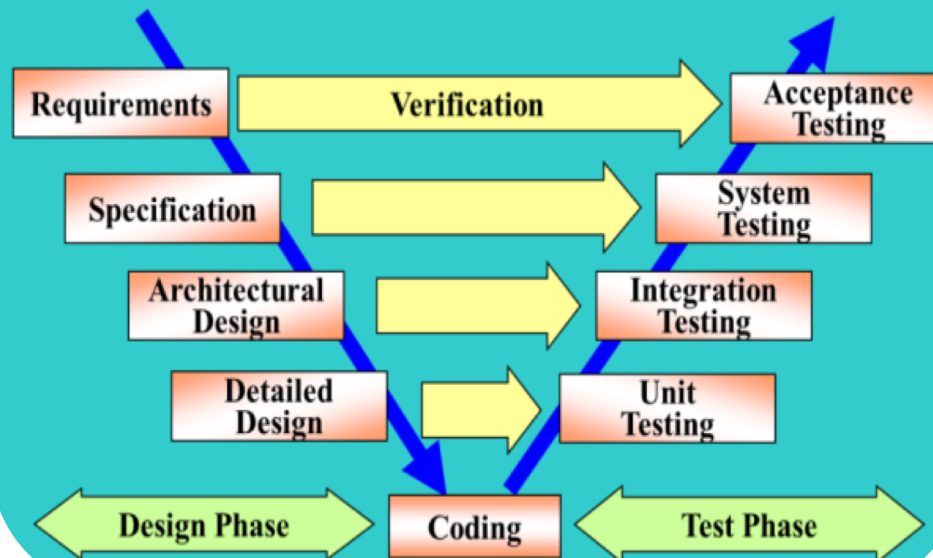
ROV sea trial scene

プロトタイプAUVの要素技術開発

先進的制御アルゴリズム開発

Precise
Autonomous
Control

Kawasaki's safety-oriented software development procedures.



Heriot-Watt University's state of the art advance algorithms development know-how.



Linux+ロボット用ミドルウェアROSの採用

プロトタイプAUVの開発

国交省海洋資源開発関連技術開発支援補助金事業

国交省補助事業「海中設備保守整備用無人潜水船」(2013～2017FY)として、要素技術の開発と、プロトタイプAUV(ホバリング型)に搭載した性能確認試験を実施した。

事業工程

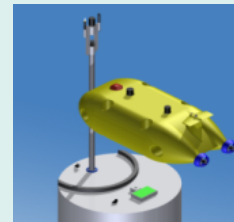
	2013FY	2014FY	2015FY	2016FY	2017FY
開発工程		作業型AUV建造			
	フィジビリティスタディ	設計	製作	試験	
	要素技術開発				

海底インフラ保守点検だけではなく、海洋資源開発にも貢献を目指す

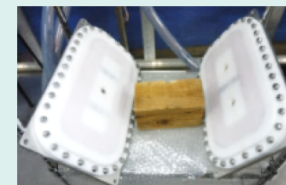


開発した要素技術

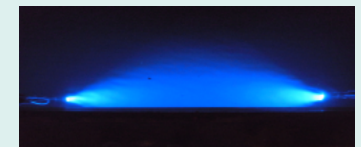
・ドッキング技術



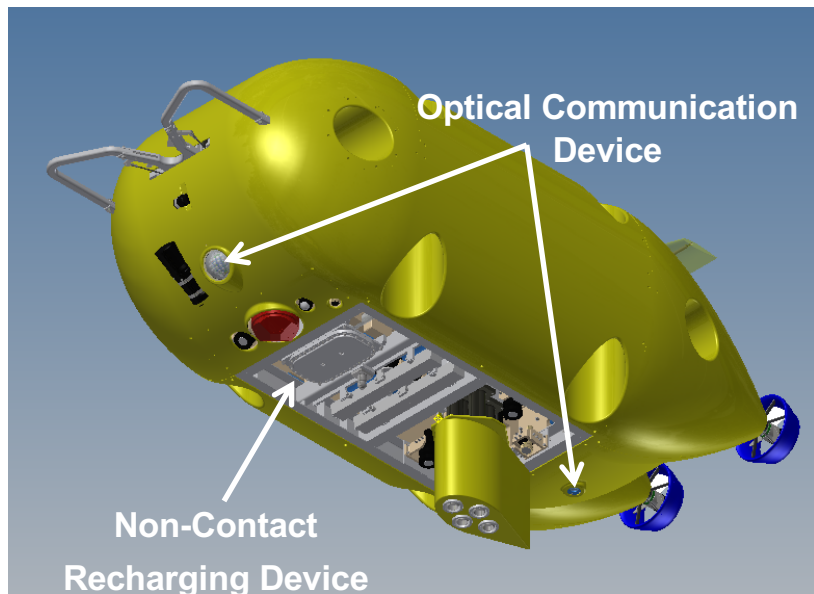
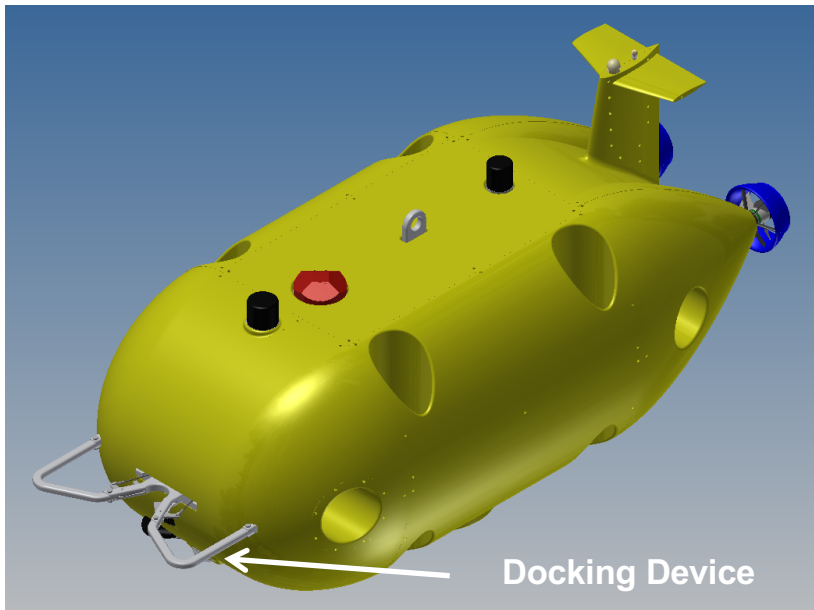
・非接触給電技術



・光通信兼測位技術



プロトタイプAUVの開発

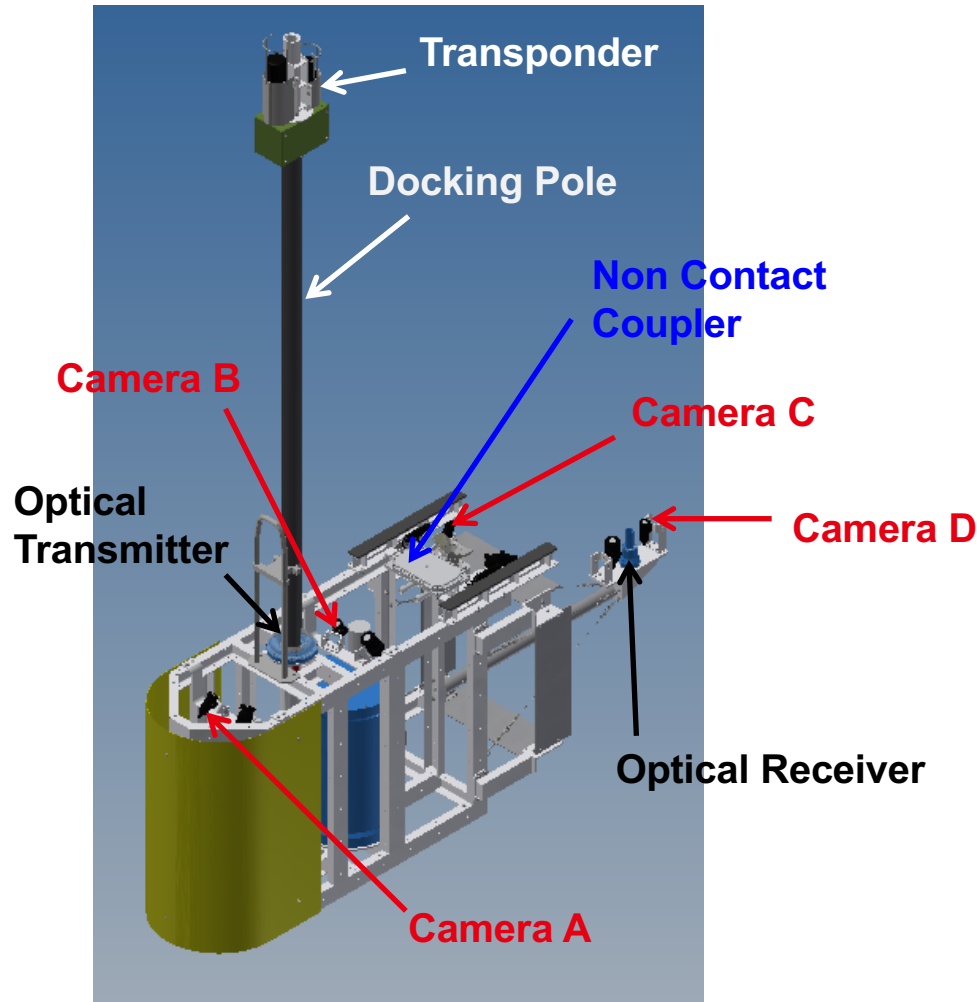


プロトタイプAUVの概略仕様

Length	3.3m
Breadth	1.4m
Height	1.2m
Weight	1.5t
Speed	3.0knot (max.)
Depth	2,000m
Battery	10kWh (Li-Po Battery)
Operation Time	8h
Recharging Time	2h
Propellers	2 Main Propellers 2 Side Thrusters 4 Vertical Thrusters
Navigation System	Inertial Navigation System Sonar
Safety Device	Ballast Desorption Device Iridium Communication Device

プロトタイプAUVの開発

ドッキングステーションの概略仕様

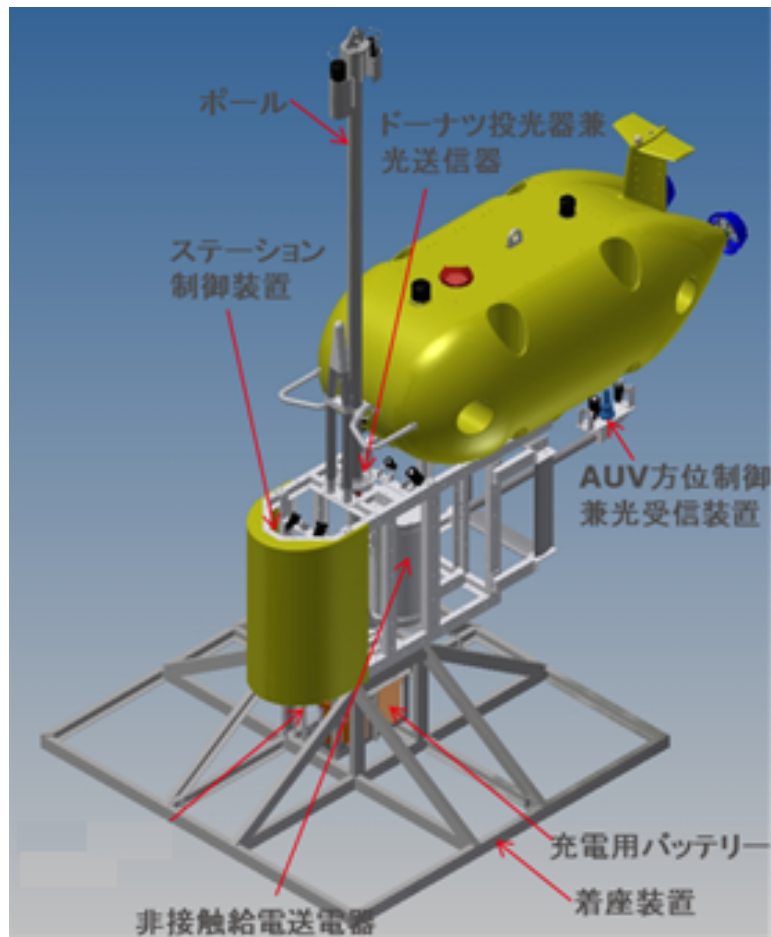


Length	3.5m
Breadth	1.2m
Height	5.1m
Weight in air	0.5t
Depth	500m
Supply system	Non-contact recharging system
Acoustic communication	1 USBL Transponder 1 USBL Transducer
Optical communication	1 Optical Transmitter 1 Optical Receiver
Camera and Light	4 Camera 4 LED Light

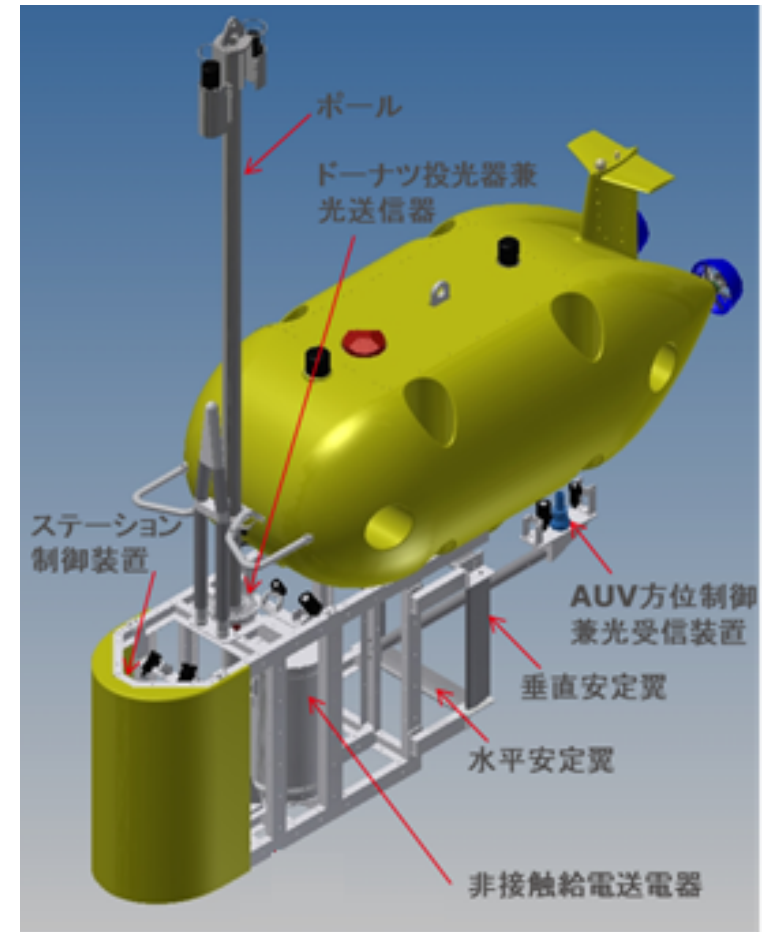
プロトタイプAUVの開発

ドッキングステーション状態

着座型

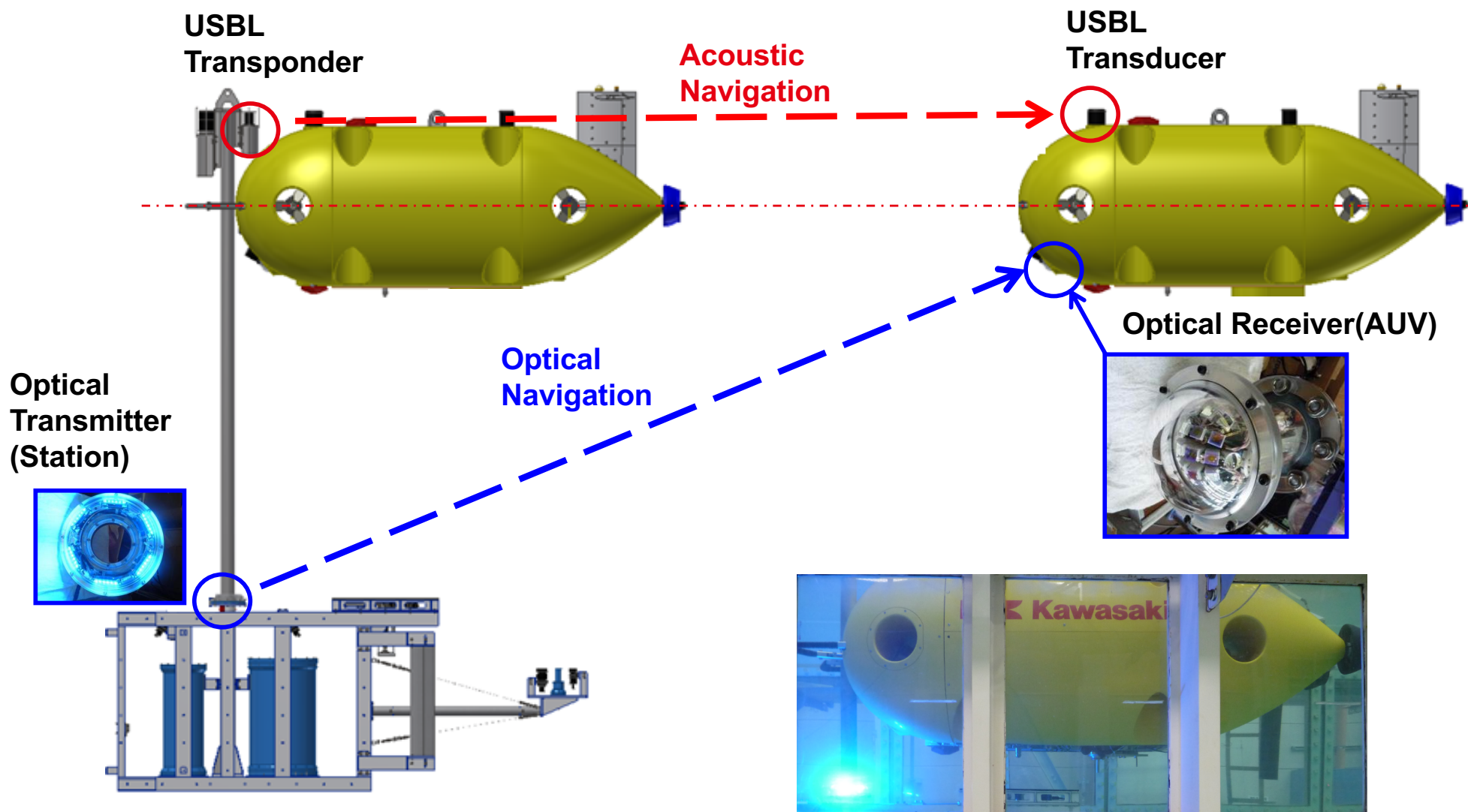


えい航型



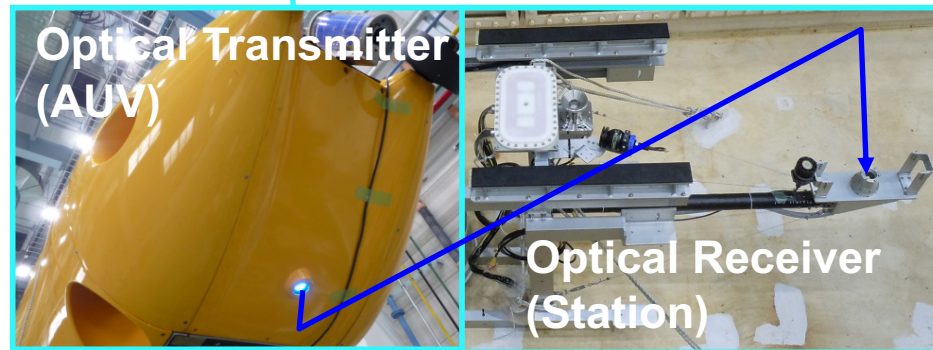
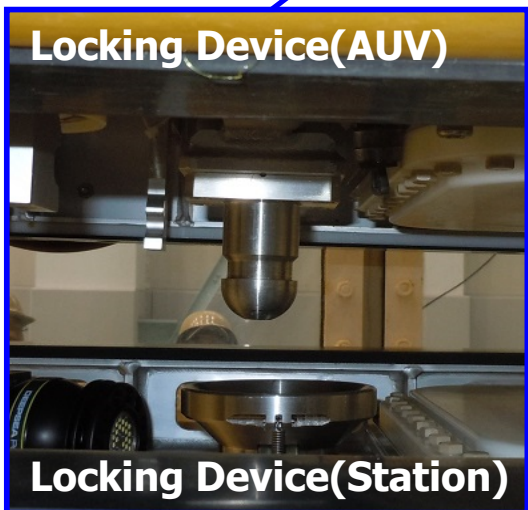
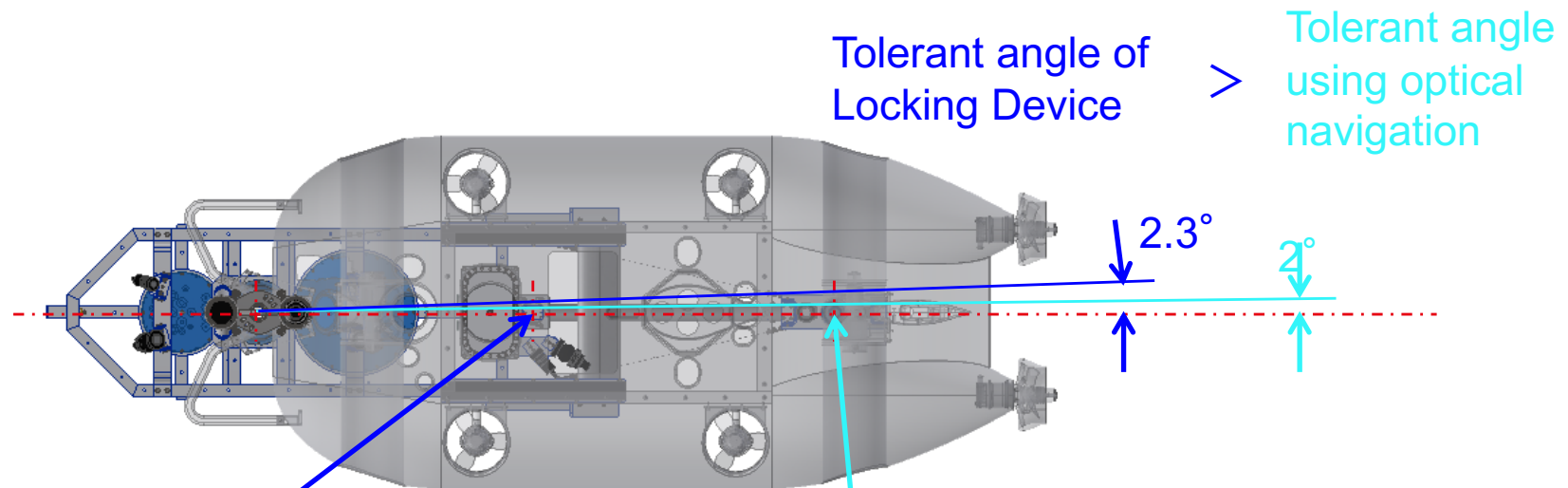
プロトタイプAUVの開発（ドッキングメカニズム）

アプローチ～ポールキャッチングまで



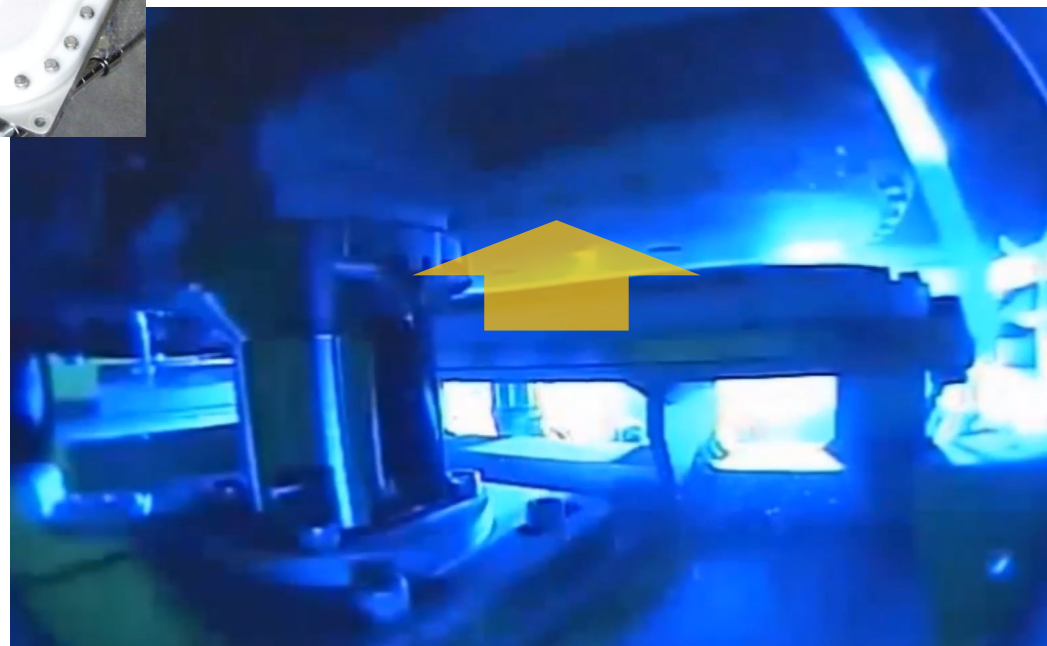
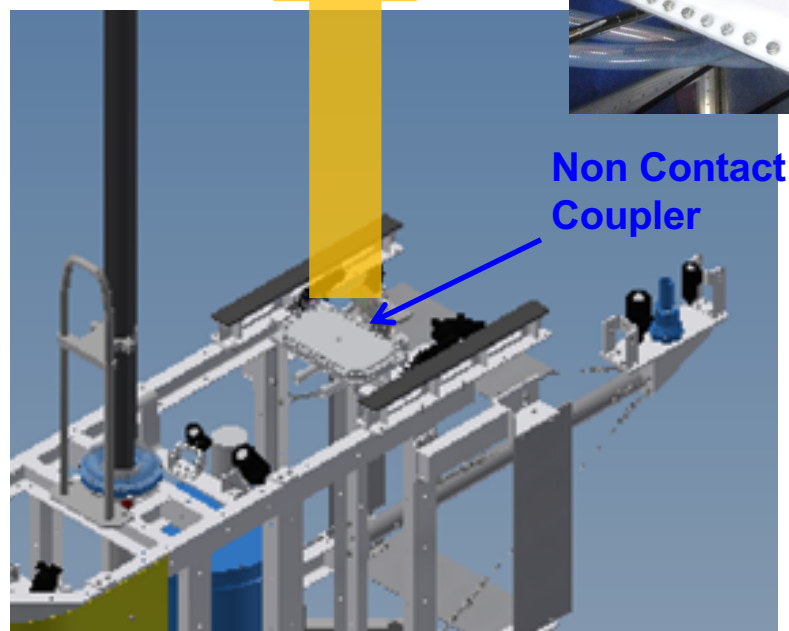
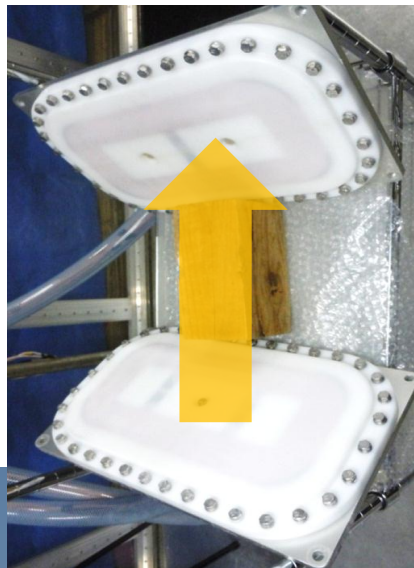
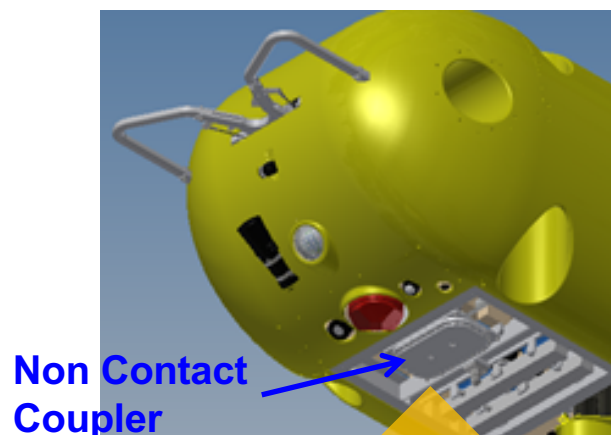
プロトタイプAUVの開発（ドッキングメカニズム）

ポールキャッチ後～相対角度合せ～ランディング



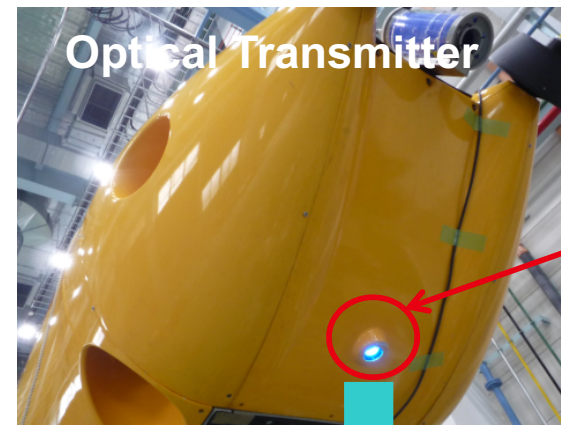
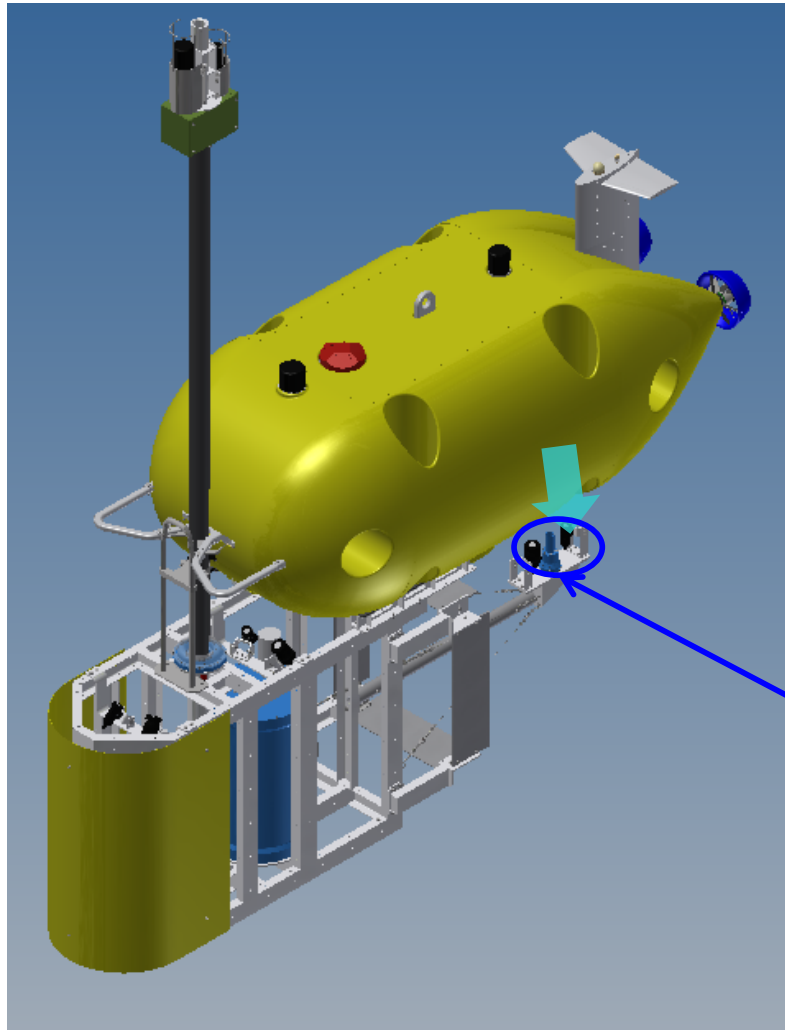
プロトタイプAUV 実証試験状況

非接触充電デモンストレーション状況

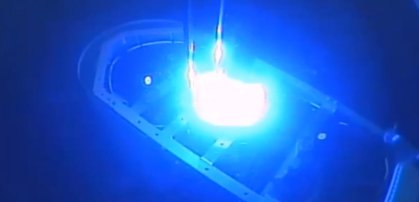


プロトタイプAUV 実証試験状況

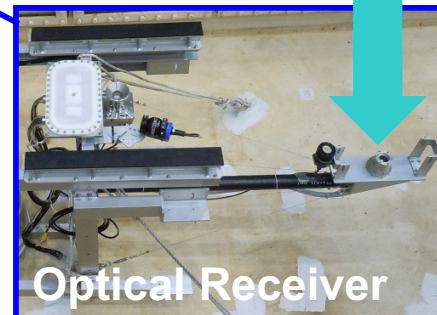
大容量信号伝送デモンストレーション状況



Movie Data in AUV



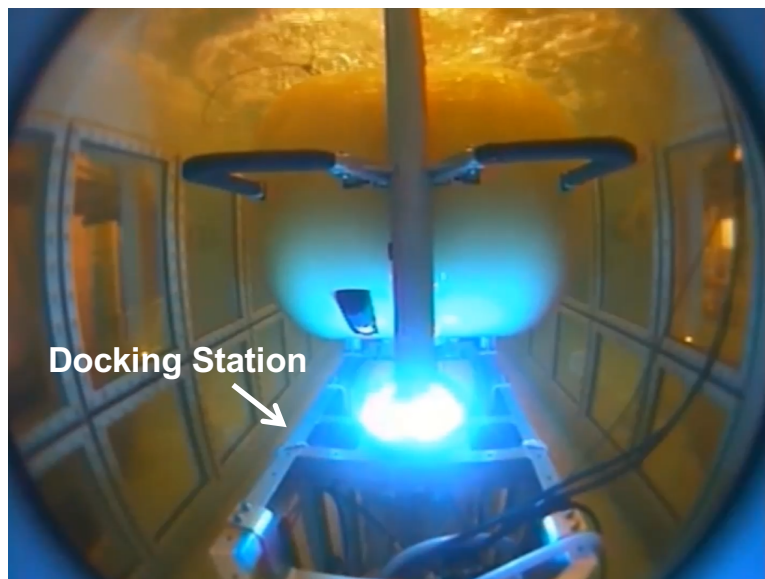
From AUV to Station



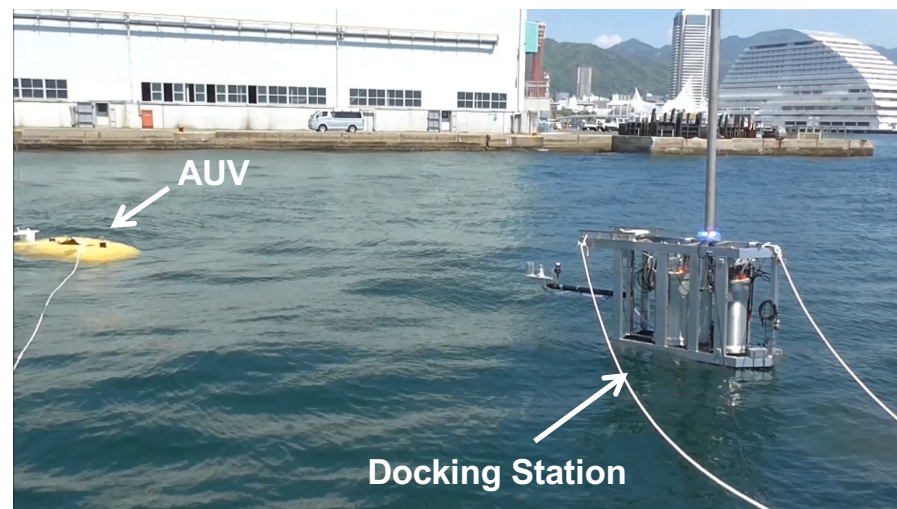
ムービークリップのような大容量のデータを高速でAUVからステーションへ送信する試験を実施

プロトタイプAUV 実証試験状況

水槽試験状況

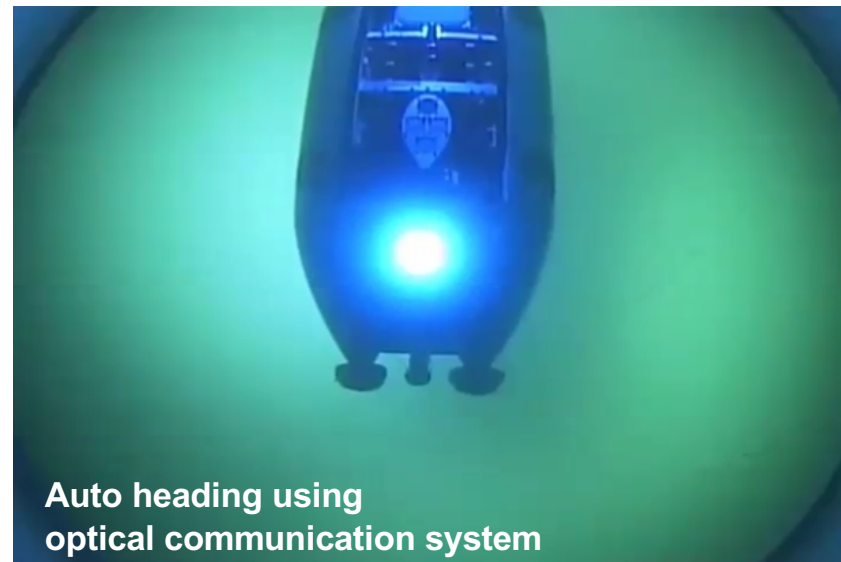


岸壁試験状況



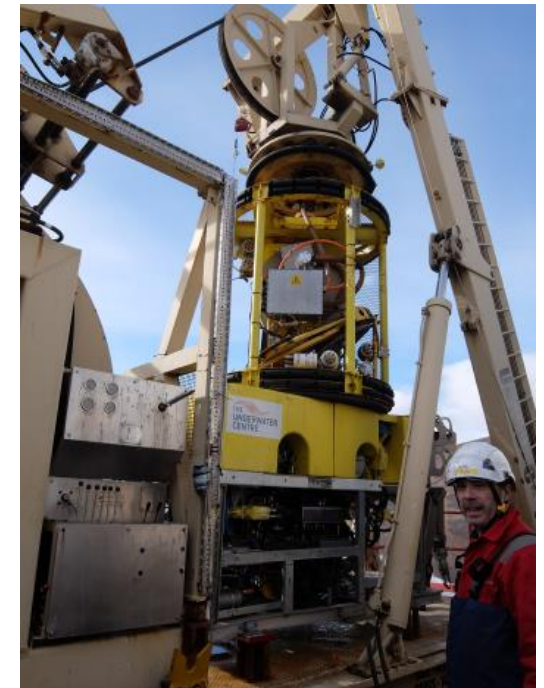
プロトタイプAUV 実証試験状況

国内洋上試験状況



プロトタイプAUV 実証試験状況

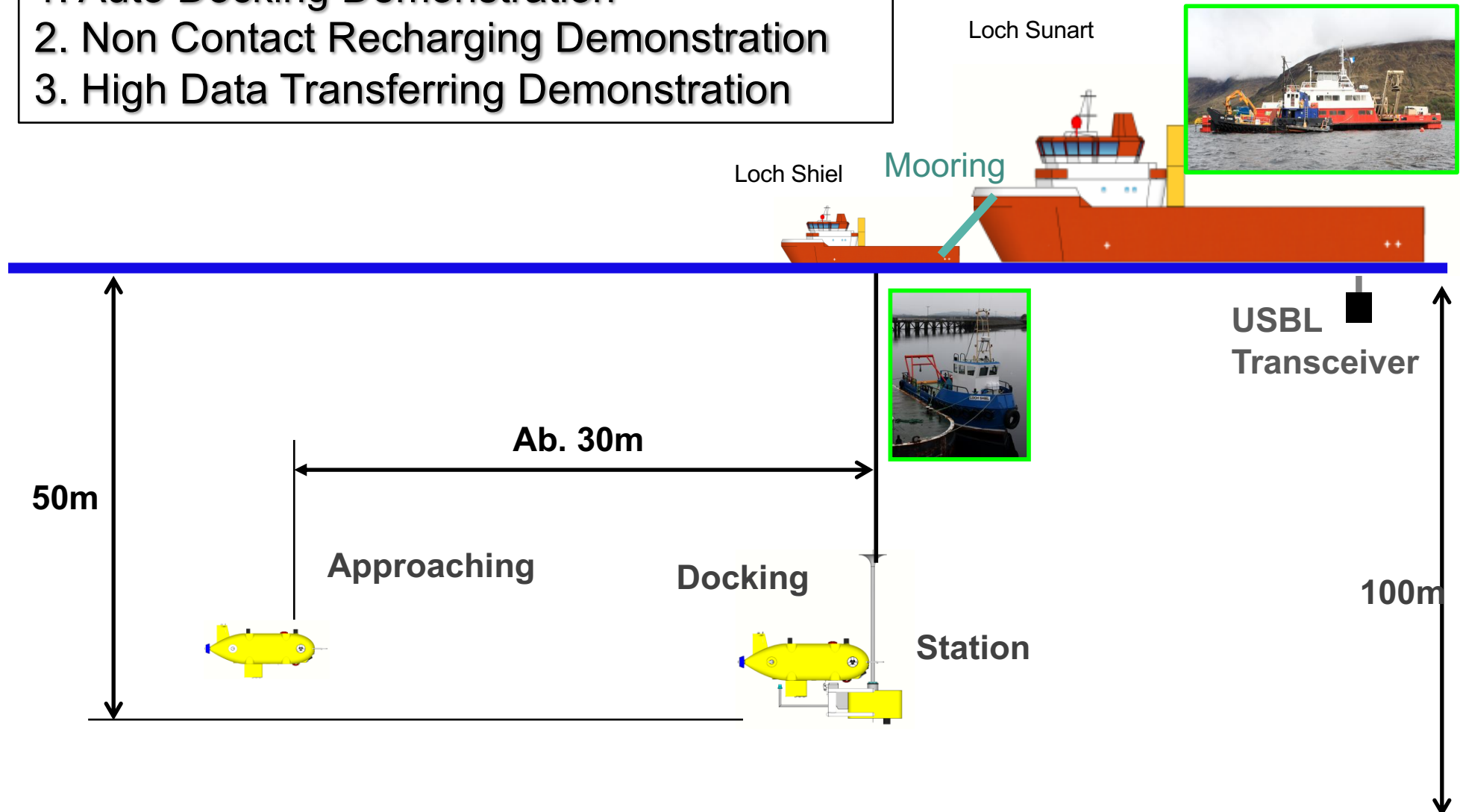
英国スコットランド海上試験場The Underwater Centreで
洋上試験、デモンストレーションを実施



プロトタイプAUV 実証試験状況

KHI showed these demonstrations.

1. Auto Docking Demonstration
2. Non Contact Recharging Demonstration
3. High Data Transferring Demonstration

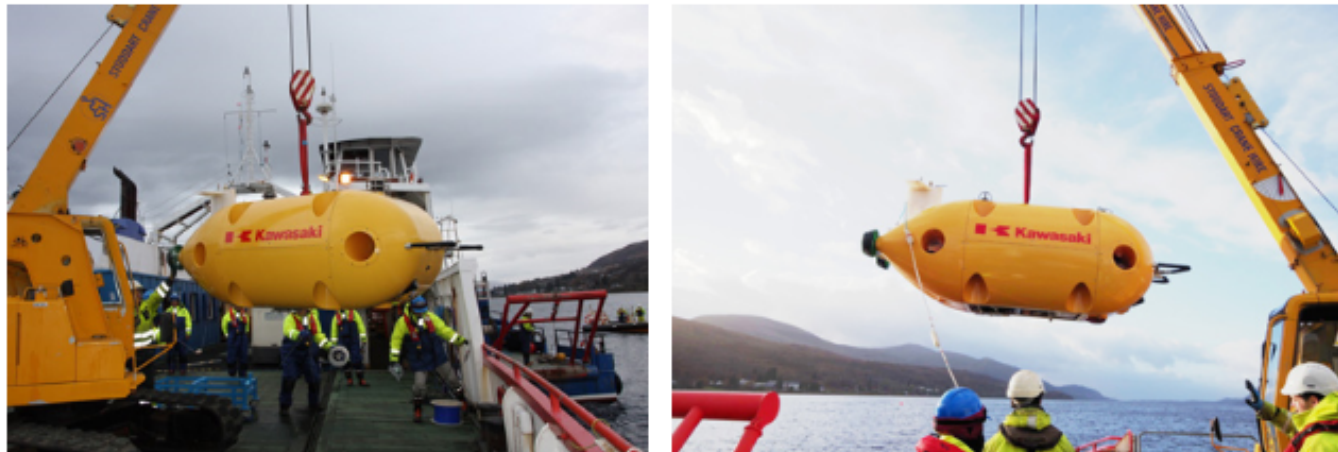


プロトタイプAUV 実証試験状況

AUV Development

Kawasaki Successfully Completes AUV Verification Test in UK

Nov. 21, 2017



Tokyo, November 21, 2017 — Kawasaki Heavy Industries, Ltd. announced today its successful completion of a verification test for an autonomous underwater vehicle (AUV) in UK waters.

商用AUVの開発

現海洋基本計画の「海洋産業の振興と国際競争力の強化」を継続実施する。

国交省補助事業(2013~2017FY)において開発した要素技術を搭載したAUV(ホバリング型)を産業界へ適用を提示

具体的には、石油&ガス市場へ参入
特に、海底パイプライン検査への適用

AUV (現事業で開発)	+ ロボットアーム (KHIで現在開発中)	+ 検査ツールユニット (国交省新補助事業で開発)
-----------------	--------------------------	------------------------------

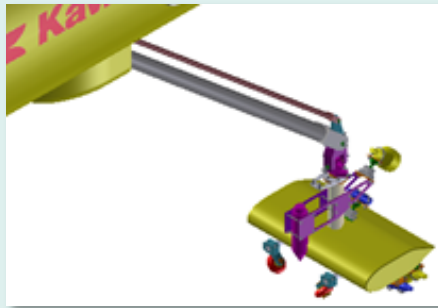
検査ツールユニットによる海底パイプ検査装置の開発、採取データ分析装置
開発及びAUVに搭載し検査実施の実用化の目途を得る

商用AUVの開発

パイプラインを含む、水中石油ガス設備の近接検査技術に関する技術の開発

近接検査要素技術(開発実施中)

- ・ロボットアーム
- ・非破壊検査技術※



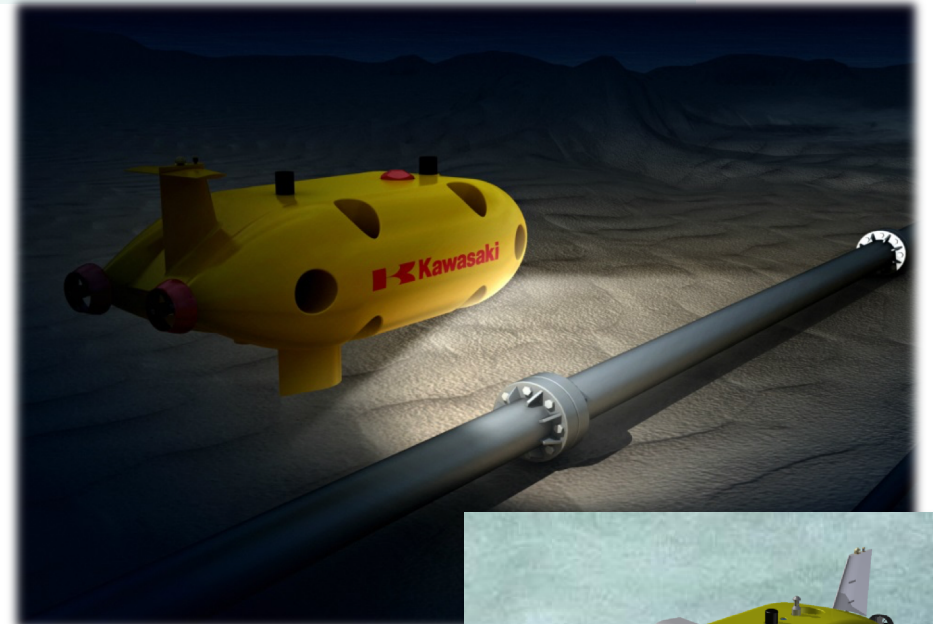
- ・自律制御技術
- ・パイプトラッキング技術

2015年より共同研究開発実施中



パイプラインが海底に埋没していても複数センサを用いた融合アルゴリズムで自動トラッキングをし続ける

※印: 国土交通省海洋資源開発関連技術高度化研究開発支援補助事業を利用し開発を実施中



2020年度、市場参入を目標に開発を進める

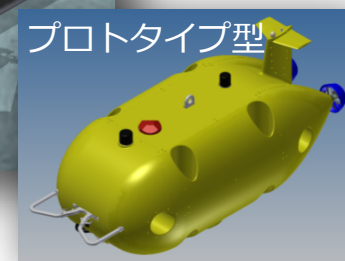
商用AUVの開発

- ・プロトタイプ型で実証した要素技術を搭載
(ドッキング・非接触給電・非接触光通信)
- ・新要素を追加
→ロボットアーム
→パイプライン自動検知・制御アルゴリズム
→検査ツールユニット (アーム先端)

商用型



プロトタイプ型



全長	4.5m	(3.3m)
幅	1.2m	(1.4m)
全高	1.5m	(1.2m)
空中重量	1.7t	(1.7t)
最高速度	4.0knot	(3.0knot)
深度	3,000m	(2,000m)
航行時間	8h	(8h)
充電時間	4h	(4h)

(カッコ内はプロトタイプ型AUV)

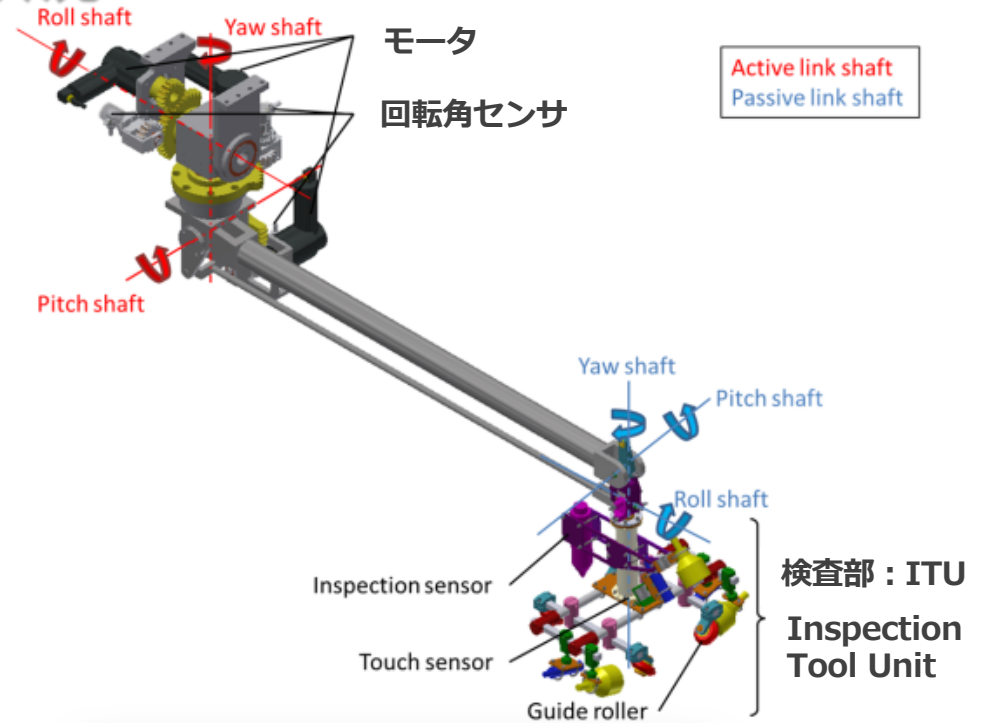
商用AUVの開発

1. ロボットアームシステムの開発状況

課題①：アームの設計、
リンクモーションの検討

課題②：アームの海水仕様化

課題③：アームからの反力等の
制御ソフト開発



	2017	2018	2019
開発工程	設計①②	試験	設計 試験
	ソフト③		ソフト最適化



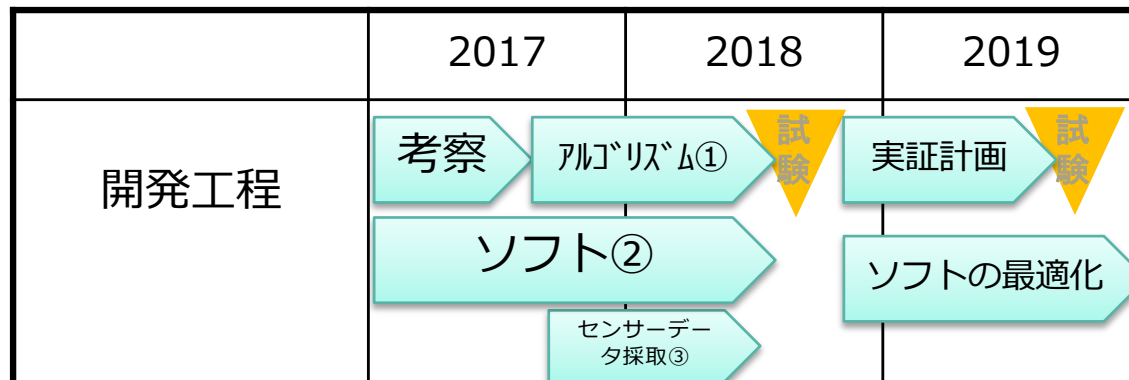
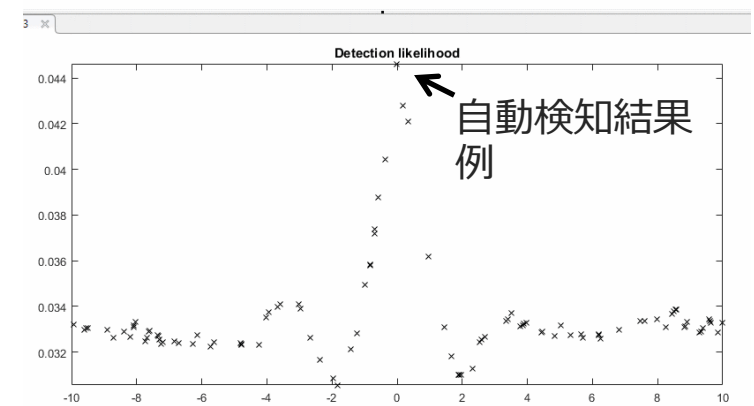
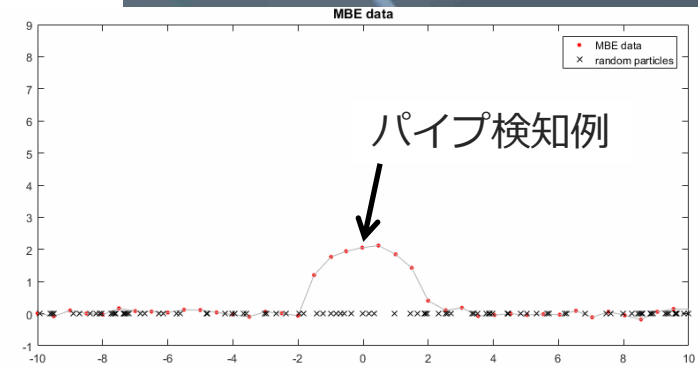
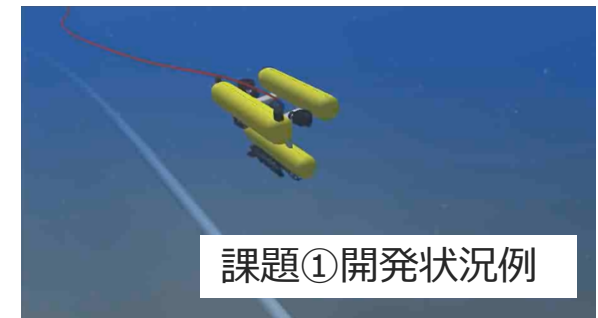
商用AUVの開発

2. パイプライン自動検知・制御アルゴリズムの開発状況

課題①：制御アルゴリズムの開発

課題②：制御プログラム（ソフト）の開発

課題③：センサーの選定



商用AUVの開発

3. 検査ツールユニットの開発状況

課題①：検査技術のフィジビリティスタディ

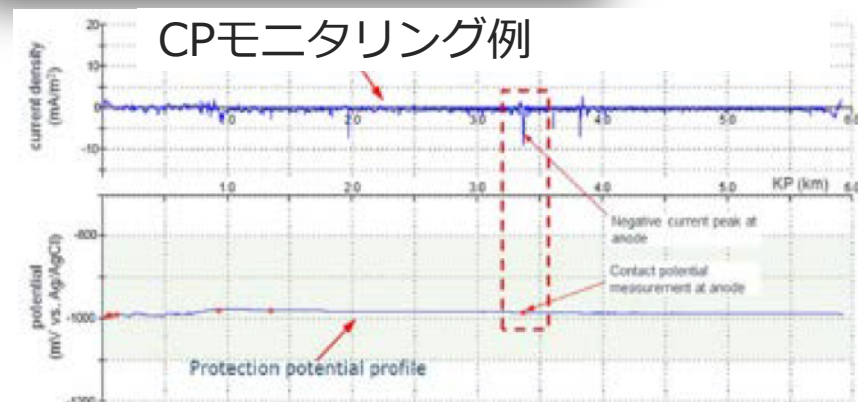
課題②：検査ツールの開発

課題③：データの分析（アウトプット）

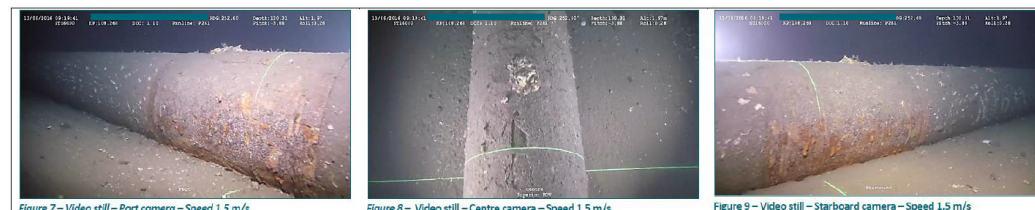
※防食電位計測（CPモニタリング）を軸として検討

※取り替え可能なため、将来的に多用途への派生あり
（非破壊センサー・油もれ検知）

国交省補助事業
2018-2022

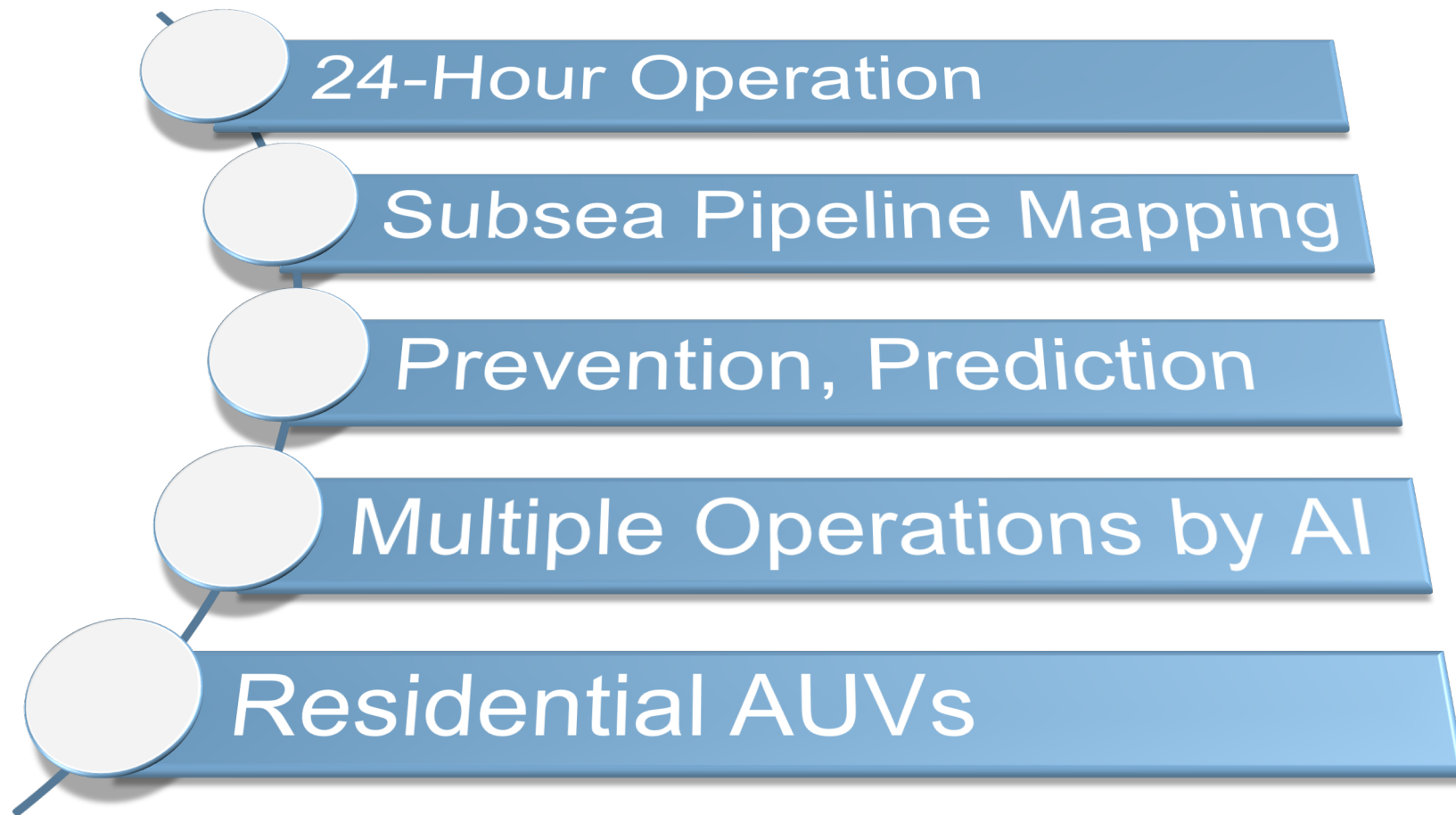


近接検査例



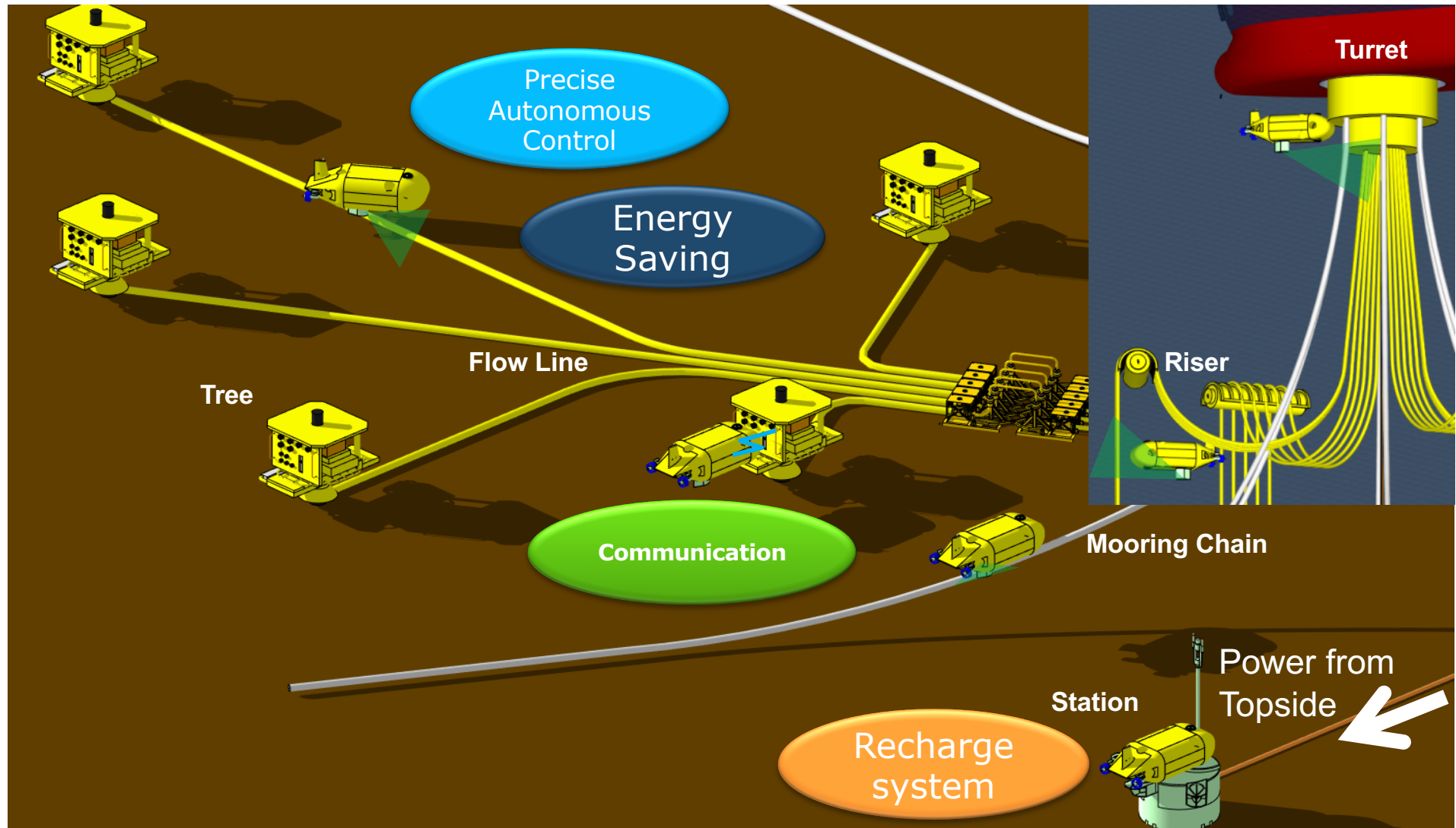
	2018	2019	2020	2021	2022
開発工程	①②検査技術		③データ処理・分析ツール技術		
		試験			試験

AUVの適用構想（2025FY～）



AUVの適用構想（2025FY～）

海底油田設備の検査イメージ



AUVの適用構想（2025FY～）

海底ケーブルへの適用

パイプラインのトラッキング検査技術は、海底ケーブルへの転用が可能と考える

- ケーブル網敷設場所（新規）の調査
- ケーブル網敷設状況（既設）の調査（1,500m以深）：点検のみ
保護工事などはROVによる。
- ケーブル網ノードにAUV用海底ステーション接続（ex. プラグイン）
によるAUVの長時間運用と観測データ転送
- 個別地震計等への電力供給（非接触給電）や観測データ採取（水中光通信）



【期待効果】

精度の良い点検

検査コストの低減（ROV使用時の洋上船の低減、運用コストの低減）

HSEリスクの低減（着水・揚収回数）の低減

Kawasaki, working as one for the good of the planet
“Global Kawasaki”