

令和5年度 地域デジタル基盤活用推進事業 (実証事業二次)

ローカル5Gを活用した湾内におけるブリ養殖給餌業務 完全無人化に向けた自動操船 成果報告書

2024年 3月 15日

株式会社 Z T V

目次

I.	地域の現状と課題認識	
1.	地域の現状	2
2.	地域の抱えている課題	3
3.	これまでの取組状況	4
II.	目指す姿	
1.	将来的な目指す姿	5
2.	目指す姿に向けたステップと実証の位置づけ	6
3.	成果（アウトカム）指標	
1.	ロジックツリー	7
2.	成果（アウトカム）指標の設定	8
III.	ソリューション	
1.	ソリューション	
a.	ソリューションの概要	15
b.	ソリューションの詳細	16
2.	ネットワーク・システム構成	
a.	ネットワーク・システム構成図	18
b.	設置場所・基地局等	19
c.	設備・機器等の概要	21
d.	許認可等の状況	22
3.	ソリューション等の採用理由	
a.	地域課題への有効性	23
b.	ソリューションの先進性・新規性、実装横展開のしやすさ	24
c.	無線通信技術の優位性	25
4.	費用対効果	
a.	ソリューションの費用対効果	26
b.	導入・運用コスト引き下げの工夫	29
IV.	実証	
1.	実証計画	30
2.	検証する項目・方法	31
3.	本実証における検証ポイントと結果	36
4.	実証結果	40
5.	実証に要した経費	50
6.	実証スケジュール	52
7.	リスクと対応策	53
8.	PDCAの実施方法	54
9.	実証の実施体制	55
V.	実装・横展開の計画	
1.	実装計画・スケジュール	
a.	実装に向けた具体的計画	68
b.	実装の体制	69
c.	ビジネスモデル	74
2.	資金計画	75
3.	他地域への横展開の方策	76
4.	普及啓発活動	77
VI.	実証視察会	
1.	実証視察会	78

1 地域の現状



三重県尾鷲市★

特徴 三重県南部に位置する市。
面積の9割が山林。
国内有数の年間降水量。

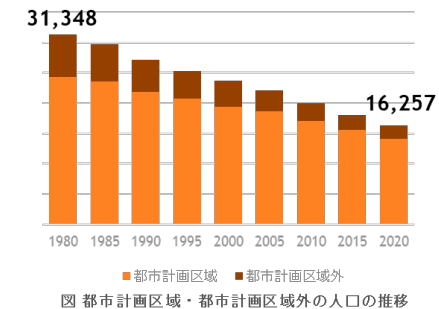
人口 総数 16,043 (2023年8月)

人口 構成
0～14歳: 1,240人
15～64歳: 7,474人
65歳～: 7,329人

主要産業 漁業（ブリ、マダイ、カツオ他）
林業（ヒノキ）

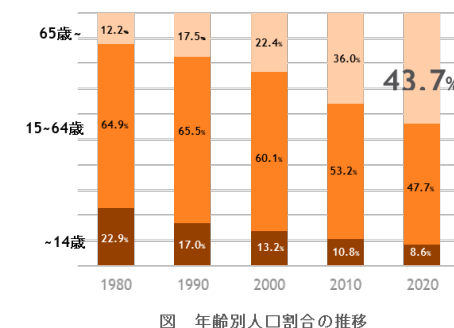
A 人口の減少

- 昭和55年と令和2年で比較すると40年で約半数まで減少



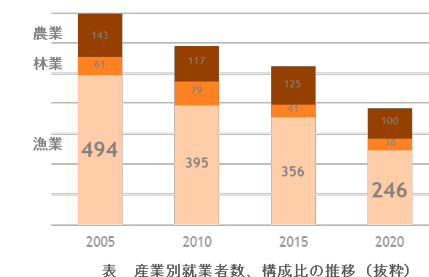
B 高齢化の進展

- 高齢化率が平成7年の22.4%からR2年では43.7%まで増加。



C 産業別就業者数（第一次産業）

- 第一次産業全体で減少がみられるが、漁業就業者数については平成17年と令和2年で比較すると半数まで減少しており、減少率が高い。



※各グラフは出典のデータをもとにZTVが作成

② 地域の抱えている課題

対象者

内容

ブリの 養殖事業者

- 農林水産省では、ブリを戦略的養殖品目と位置づけ、国内だけでなく海外輸出にも積極的に取り組み、新たなマーケットの開拓も進められている。水産庁の生産量目標では2018年の14万トンから2030年には24万トンまで増加することを目指しており、増産に向けた対応が必要となっている。
- 全国規模で養殖就業者数の減少が継続しており、将来的に労働力が不足することが想定される。
- 給餌船による養殖業務は重労働でもあり、また、従事者の育成には相当期間の教育が必要となるため、業務負荷の軽減や省人化・無人化につながる業務の改善が求められている。
- 尾鷲物産では、5年後、10年後にそれぞれ1,000トンの増産を計画しており、それに対応するため従業員の増員や給餌船の追加が必要となる。



図 ブリ類・マダイの成長産業化イメージ
(水産庁「養殖業成長産業化総合戦略について」より)

戦略的 養殖品目	2030年 生産目標	2030年 輸出目標	対象マーケット	生産方向
ブリ類	24万トン	1,600億円	◆ 北米市場の拡大、アジア・EU市場、国内需要創出 等	□ 生産性向上による生産拡大、養殖管理の徹底やHACCP導入 等

図 戦略的養殖品目「ブリ類」の2030年生産目標等
(参考：水産庁「養殖業成長産業化総合戦略について」より)

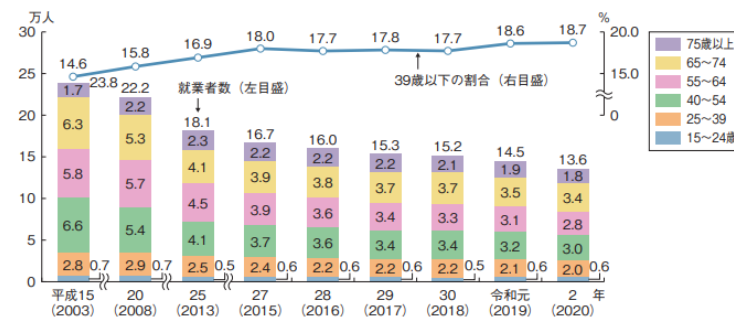


図 養殖就業者数の推移について
(水産庁「令和3年度 水産白書」より)

③ これまでの取組状況

2022年度

取組概要

少子高齢化や海外での需要の高まりによる増産への対応に必要な人員の不足を補うため、将来的な無人化や省人化を視野に入れた養殖業務のシステムを検討。
給餌船に取り付けた4Kカメラで生け簀内のブリが餌を食べる様子を撮影し、その映像をローカル5Gを経由して陸上にあるAIサーバまで伝送。AIが解析と停止判定を行い、その結果から給餌機を自動制御（給餌を停止）するシステムを構築。

成果

限られた期間や条件下での取り組みとなったが、ユーザへのヒアリングを通じて、業務量の一定の削減効果は確認できた。

見えてきた課題

ベテランの従業員の作業レベルへの到達には相当数の学習が必要となることが分かった。
ブリの成長過程や気象海象状況などに合わせて柔軟な給餌量のコントロールが必要となるため、継続した映像データの収集やAI判定識別器の開発と、それらの制御信号を受けて正確に稼働するための機構の精度向上が求められる。

事業名

令和4年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証
[ローカル5Gを活用したAI画像認識によるブリ養殖の効率化に向けた実証]

1 将来的な目指す姿

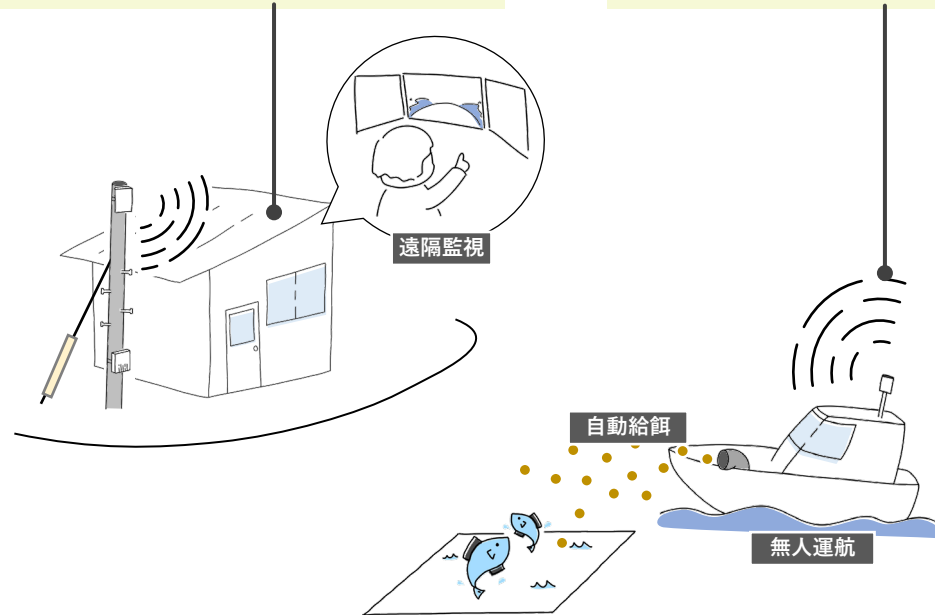
船舶を利用したブリ養殖給餌業務の**完全無人化**

- 無人運航船と自動給餌システムの統合による給餌業務の無人化を達成し、生産性の向上を図るとともに、従業員の安全性向上や負担軽減による働きやすい環境の提供。

⇒肉体的・精神的に厳しい業務から従業員を開放し、かつ、少ない隻数で増産を達成できることによる**業界全体の発展**

従業員は給餌船に対して陸上から給餌や操船の様子を確認。必要に応じて陸上から給餌船への指令を出す。

平時は自動（無人）で給餌や操船を実施。異常発生時は自動停止し陸上からの指令を受けて作動。



肉体的・精神的な負担軽減や操船中の事故遭遇や船舶からの落下などの危険が排除され**安全性向上による働きやすい環境**。

船上での給餌業務がなくなるのに合わせて、リスクリングを行い、陸上遠隔給餌業務や、経験が生かせる業務への転換による**キャリアプランの構築**につながる。

高齢など肉体的な制限から就業が出来なかった人が働けることによる**人材不足の解消や生きがいの創出**。

負のイメージが払しょくされることによる**若者への訴求力向上**。

AIや機械などの性能向上により従業員の船上でのトレーニングが不要となり**新規事業者参入への障壁が解消**。

② 目指す姿に向けたステップと実証の位置づけ

2023

本実証

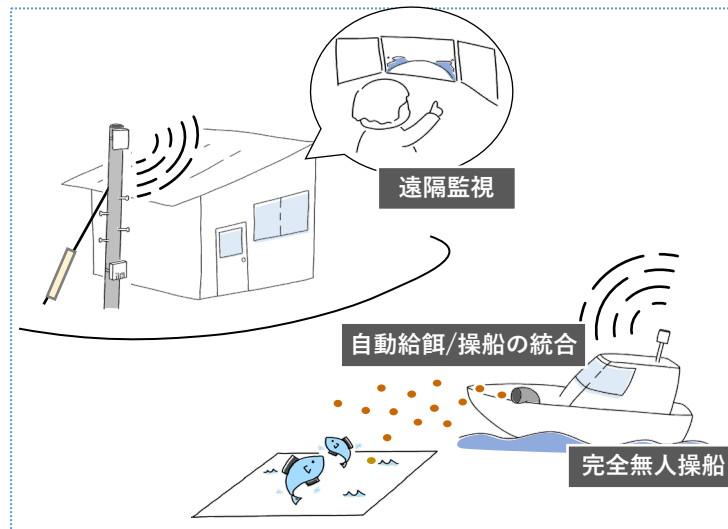


尾鷲湾内のブリ養殖生け簀とその周辺での無人運航及び自動給餌の実証

- 無人運航を想定したシャドー運航の実施
- 給餌の開始、停止判定精度の向上

2024~2028

実装に向けた準備・実装



尾鷲湾内における無人給餌業務システムの構築と稼働

- ガイドラインに準拠した完全無人操船の達成（2026年）
- 新規造船による無人運航と自動給餌システムの統合と試験稼働（2027年）
- 実業務での無人給餌システムの本格稼働（2028年）
- 実装開始（2028年～）

2029~

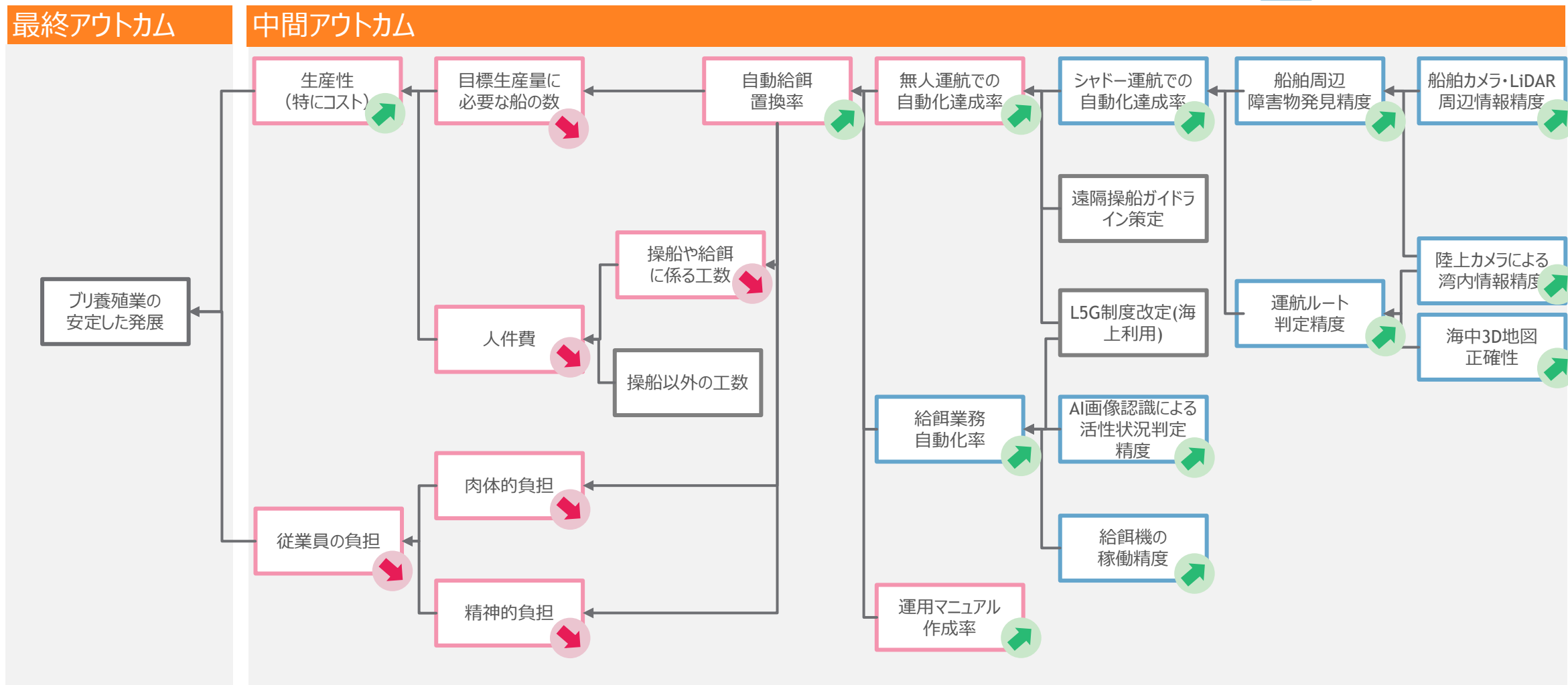
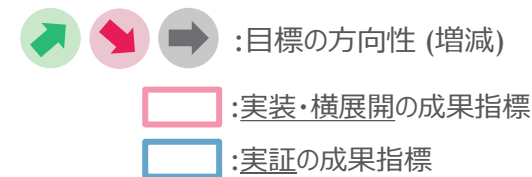
全国の養殖業者へのシステム横展開



尾鷲物産での本格稼働および他地域の事業者への無人給餌業務システムの導入に向けた展開

③ 成果 (アウトカム) 指標

a. ロジックツリー



③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 実装・横展開

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
無人運航での自動化達成率	0% 操船の開始から停止まですべて手動で実施	運航業務全体の80%を自動化	無人での対応が困難となる係船等の業務を全体の20%とし、それを除く80%の業務での自動化を目指す。	運航全般にかかわる船舶の操作が自動および手動で行われたかについては全てログとして記録される。本来自動化による操作を従業員が手動操作した場合にはその状況が記録される。自動化が可能な操作項目において従業員が手動操作している割合のログを確認し、自動化率を算出する。
無人給餌業務の運用マニュアル作成率	手動給餌業務の手順書およびOJTによる作業理解	養殖業務担当全従業員が理解できるマニュアルの作成率90%	通常 of 無人給餌については、担当する全従業員が最終的にマニュアルを参照しなくても業務できるよう、内容を理解することを目指す。ブリ養殖は出荷までに2年間を要し、実際の稼働からマニュアルを更新していくことが現実的であり、実装時に作成率100%の達成は困難となるため90%とする。	実際の運用を行う従業員にマニュアルの理解度を確認する。
自動給餌への置換率	0% 操船、給餌開始、給餌量変更、給餌終了作業を従業員が手動で行う	-2028年 14% -2033年 56% -2038年 78% -2043年 100%	5年ごとに船舶のリプレースを想定しており、そのタイミングで無人給餌業務への置換が可能となる。	事業者が所有する船舶数を事前に把握しておき、リプレースに合わせて従業員および経営者への聞き取りから実績を判定。

③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 実装・横展開

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
給餌船業務にかかる人件費の削減	2,400万～ 3,200万円/年/隻 (従業員3～4名)	800万円/年/隻 (従業員1名) (2033年)	現在は1隻の給餌船に対して3～4名の従業員が給餌業務を受け持っている。 無人給餌稼働後は、陸上から操船および給餌を監視する従業員を1名割当て、乗船する従業員は不要となるため2～3名分の削減が見込める。	従業員数および実働数をカウント
目標生産量における必要給餌船数の削減	手動7隻/3,000トン	無人9隻/5,000トン (2043年)	無人給餌は手動給餌と比較して給餌船の稼働率が高い。(病気、けが等による欠員が発生しないことや業務時間中の休憩が不要) 尾鷲物産の将来の生産量目標5000トンに対して、手動給餌船の場合11隻必要だが無人給餌船の場合9隻で対応できる。	生産量と稼働する給餌船数をカウントし生産性を確認
生産性の向上	2,400万～ 3,200万円/年/隻 (従業員3～4名) 手動7隻/3,000トン	800万円/年/隻 (従業員1名) (2033年) 無人9隻/5,000トン (2043年)	給餌業務にかかる人件費の削減と、給餌船1隻あたりの生産量増加によりブリ養殖の生産性が向上する。	実働数、生産量の確認 および経営者への聞き取り

③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 実装・横展開

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
肉体的負担の削減	給餌業務を担当する従業員に対してヒアリングを行い、現在の手動による肉体的負担の状況を確認する。	自動給餌達成後の負担が軽減した従業員割合 100%	無人化が可能となる港と生け簀間の操船および生け簀での給餌作業における肉体的負担は0となる。 係船、餌の搭載、給油、船内設備の点検などについては引き続き作業が必要となるため肉体的負担は発生する。全体の20%程度	自動給餌を実施した従業員に対して肉体的負担の軽減が達成できているかヒアリングを行う。
精神的負担の削減	給餌業務を担当する従業員に対してヒアリングを行い、現在の手動による精神的負担の状況を確認する。	自動給餌達成後の負担が軽減した従業員割合 90%	給餌船による業務は海上での作業となるため、他船や漂流物との衝突、落水などの危険がある。これらを回避するため業務中は常に周囲の監視と安全行動が必要となることから精神的負担は大きい。無人化となることで、精神的負担は軽減される。 港での作業における負担は全体の20%程度。	自動給餌を実施した従業員に対して精神的負担の軽減が達成できているかヒアリングを行う。
従業員負担の削減	給餌業務を担当する従業員に対してヒアリングを行い、現在の手動による給餌業務全般の負担の状況を確認する。	自動給餌達成後の負担が軽減した従業員割合 90%	漁港と生け簀間の移動、生け簀での給餌業務では海上での業務となるため陸上以上に安全への配慮が必要となり、肉体的、精神的にも負担が高くなる。無人給餌が可能となることで陸上から遠隔で業務の監視や必要時のみ制御を行うことになるため業務負担が軽減する。船上での作業は着岸時に限定。餌の搭載や給油作業、船内設備の点検など。	自動給餌を実施した従業員および管理職、経営部門に対して給餌業務全般の負担軽減が達成できているかヒアリングを行う。

③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 実装・横展開

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
操船や給餌にかかる工数の削減	操船、給餌は開始から停止まで全て手動操作	給餌機の操作工数削減 80% 給餌船操作工数削減 80%	給餌船業務の工程 給油（20分） 餌搭載（10分） 操船（30分～1時間） 給餌（3～5時間） 係船（5分） 点検（5分）において、給餌機操作では給餌開始、給餌量調整、給餌停止に関する3時間～5時間分の業務、給餌船操船では運航開始、操舵、停止の各工程に関する30分～1時間について自動化により削減する。	各作業のうち自動化により業務が削減されたものについての手動業務での所要時間と業務全体の所要時間を計測し、削減効果を確認する。

③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度	船舶カメラ、LiDAR未設置	運航に支障を及ぼす障害物を90%検知	自動操船において運航の障害となる他の船舶や海上浮遊物を確実に認識する必要がある。 気象海象状況で波が高い時および小さいサイズの浮遊物は波に隠れて検知できない可能性を10%とする。	運航ルート上に障害物相当の浮遊物（船舶）を配置しておき、カメラ・LiDARの情報を陸上まで伝送。船上および陸上でスタッフによる目視確認と陸上に設置する遠隔監視システムによる障害物判定を並行して行い、検知精度を比較。
陸上カメラによる湾内情報精度	陸上カメラ未設置	運航に支障を及ぼす障害物を90%検知	自動操船において運航の障害となる他の船舶や海上浮遊物を確実に認識する必要がある。 気象海象状況で波が高い時および小さいサイズの浮遊物は波に隠れて検知できない可能性を10%とする。	船上から目視で認識できた障害物を陸上カメラでも見落としが無いことを同一人物が確認する。
海中3D地図正確性	海図による数10mメッシュの水深情報	3Dマップによる5mメッシュの水深情報	自動操船において座礁する可能性のある危険なエリアを運航しないための状況を事前に把握しておく必要があるが、現在の海図では数10mメッシュの水深情報となり、水深20m未満の情報はない。本実証フィールドのような湾内の浅い海域における5mメッシュの3Dマップを作成する。	事業者および従業員の把握する海図には記載されていない水深情報についてのヒアリングを行い、3Dマップの正確さを確認する。
AI画像認識による活性状況判定精度	低活性状態の判定のみ可能（精度80%）	複数の活性状態での判定精度80%。	季節、気象海象、魚の成育状況など常に変化する要素が多数あり、同一の環境が再現されることはなく、従業員においても都度活性状況の判定に20%程度の誤差（ゆらぎ）がでるため判定精度の目標を80%とする。	AIが活性状況の判定に使用する画像を用いて従業員にも判定を行ってもらい、差分を確認する。

③ 成果 (アウトカム) 指標

b.成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

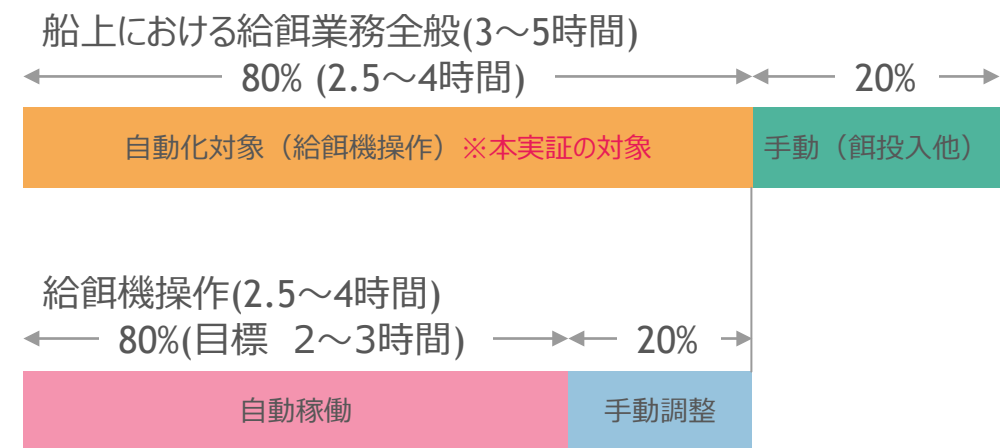
成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
給餌機の稼働精度	給餌機の停止のみ可能（稼働精度100%）	複数の活性状態での稼働精度100%。	活性状態によって、給餌量を調整する必要があり、調整シャッターの開け閉め制度を100%達成しなければならない。但し、現在は開けるか閉めるかの対応しかできておらず、本実証では30%閉める等の制御での精度を測定する	自動開閉によるシャッター調整を従業員が目視で確認し、従業員が操作した場合との差分をヒアリングし、判断する。
操船に必要な船舶周辺の障害物発見精度	船舶移動中は進行方向を確認	船舶移動中の障害物判定精度90%	漁港から生け簀までの移動中は常時進行方向に障害物等がないかを確認しながら操船を行っている。操船者が確認をする業務の削減を目指す。 本実証では操船者が乗船する無人相当での運航（シャドー運航）を行う。 気象海象状況で波が高い時および事故に至る可能性が低い小さいサイズの浮遊物が波に隠れて検知できない可能性を10%とした。浮遊物が検知できないほどの気象海象であれば給餌業務自体が取りやめになる。	船舶より送信された情報から陸上に設置した遠隔監視システムが運航ルート上の障害物を検知するとアラートを発報する。その情報を陸上のスタッフからシャドー運航で乗船する従業員に向けて連絡を行い、船上での目視確認と比較する。
漁港と生け簀間の給餌船運航ルートの判定精度	気象海象状況等をもとに経験から運航ルートを判断	正確な運航ルートの判定率80%	常に状況が変動する海上において、運航ルートの判断には経験が重要となる。3次元地図を用いた危険エリアの特定により、経験に頼らない運航ルートの作成を目指す。 活性状況（餌の食べ具合）同様にの季節、気象海象など常に変化する要素が多数あり、同一の環境が再現されることはなく、従業員においても都度判定に20%程度の誤差（ゆらぎ）がでることが想定されるため判定精度の目標を80%とした。検証を進めながら目標値の見直しも検討する。	提案された運航ルートを従業員がこれまでの判定方法と比較し正確であるかを判断

3 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
シャドー運航における操船自動化の達成率	操船の開始から停止まですべて手動で実施。	運航業務全体の80%を自動化	無人での対応が困難な港や生け簀への係船業務等を除く80%の業務での自動化を目指す。 運航全般にかかわる船舶の操作が自動および手動で行われたかについては全てログとして記録される。	操船業務全般において従業員が手動操作を実施した割合のログを確認し、自動化率を算出する。

船上における給餌業務関連作業の自動化率	給餌開始、給餌量変更、給餌終了作業を従業員が手動で行う	給餌開始、給餌量変更、給餌終了作業の自動化率80%	魚体サイズや気象条件により食べる量が常に変動するため餌の食べ具合を常時確認しながら給餌量のコントロールを行っており、1つの生け簀当たり10～20分程度の業務時間となっている。従業員と同等の判断をAIが行い、正確な給餌制御が可能となることで業務量の削減を達成する。 船上の給餌業務全般に必要な時間は3～5時間（平均4時間）で、給餌機への餌の投入や周辺的安全確認等を除いた80%（2.5～4時間）が給餌機操作に該当し、自動給餌により削減される時間の対象となる。 本実証ではAI判定との誤差がでた場合の手動調整が必要となる割合を20%と想定。給餌機操作の80%となる2～3時間を目標値として設定。 給餌機操作における手動調整の20%について、従業員からのフィードバックや給餌データのアップデートを実施することで無人対応船舶の本格導入時（2028年）までには100%の自動稼働達成を見込む。	従業員への聞き取りを行い、給餌業務中に手動作業が発生した時間と業務全体の時間との割合を確認
---------------------	-----------------------------	---------------------------	--	---

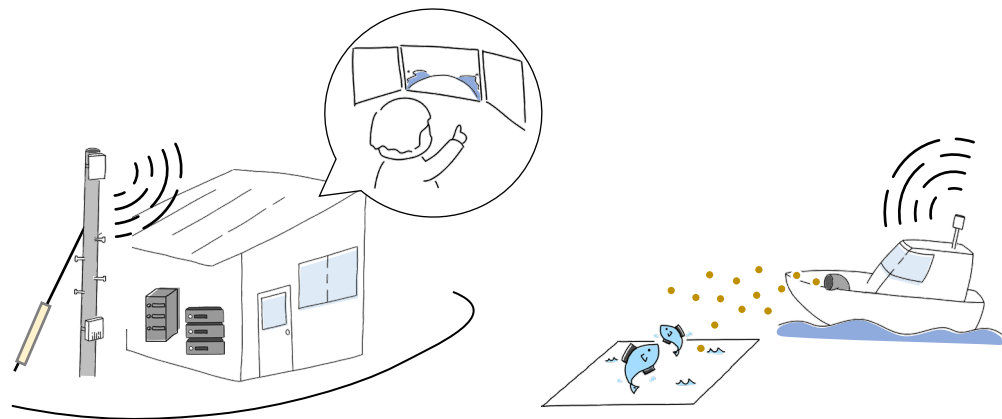


Ⅲソリューション

1 ソリューション

a.ソリューションの概要

ソリューションの概要



主要機器、無線通信技術等の通信インフラ

- ・L5G
- ・センサ
(船上カメラ、LiDAR、GNSS)
- ・AI
- ・給餌機
- ・自動操船
- ・遠隔監視
- ・陸上カメラ

ソリューションの運用の全体像

センサデータをAIが解析、船舶の無人運航と生け簀への自動給餌。

陸上から従業員が必要に応じて給餌船、給餌機に指令。

受益者等のステークホルダー、運用者

従業員：負荷軽減、安全性向上
経営者：人材確保、事業拡大

中間アウトカム (実証)

定量アウトカム

- ・船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度
- ・陸上カメラによる湾内情報精度
- ・海中3D地図正確性
- ・AI画像認識による活性状況判定精度
- ・給餌機の稼働精度
- ・操船に必要な船舶周辺の状況確認工数の削減
- ・漁港と生け簀間の給餌船運航ルートのパターン精度
- ・シャドー運航における操船自動化の達成率
- ・船上における給餌業務関連作業の自動化率

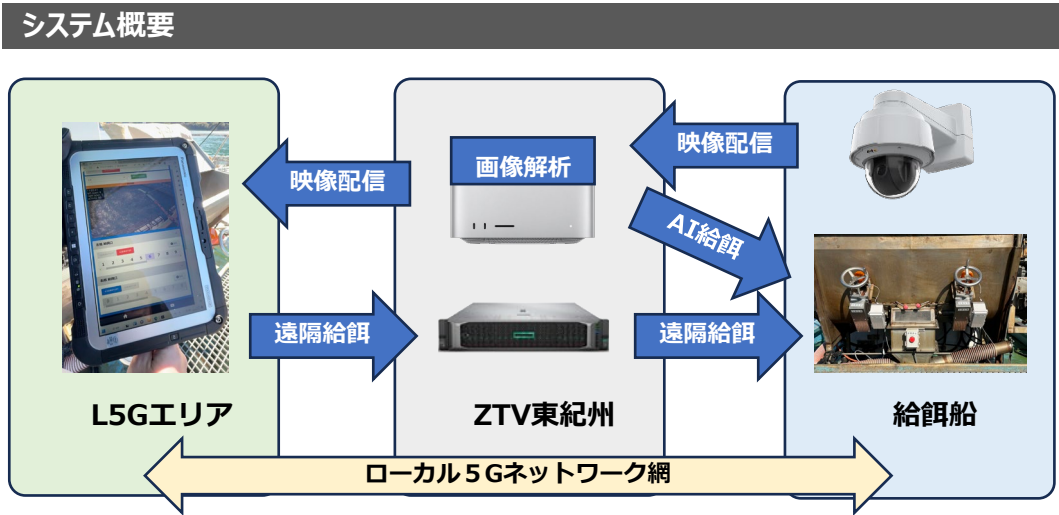
中間アウトカムを改善するソリューションの価値

- ・人件費削減および生産性向上
人件費削減や生産性向上による収益性向上のみではなく、乗船していた従業員に対してリスクリングを行うことで、キャリアプランの構築につながるだけでなく企業としても人材の確保ができ、今後のビジネス戦略にも好影響を与える。
- ・負荷軽減
肉体的、精神的な負担が改善されることで働きやすい環境が達成され、従業員の離職率の低減や、業界としてのイメージ向上につながる。

1 ソリューション

b.ソリューションの詳細

自動給餌システム

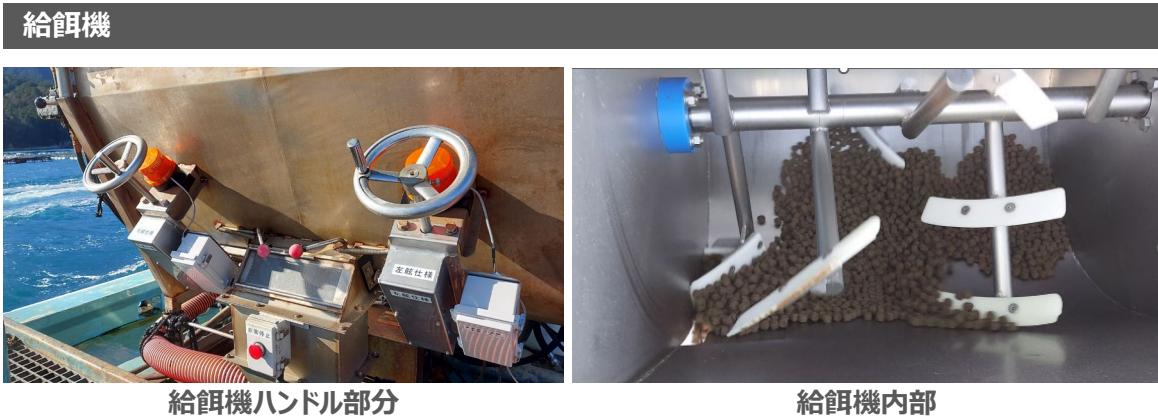


AIシステム

A photograph of a feeding ship with a 4K camera mounted on it. Text overlay on the image reads 'right open: 0' and 'activity: 32'. A yellow arrow points from the text '給餌船に取り付けた4Kカメラの映像' (Video from 4K camera attached to feeding ship) to the camera.

AIの判定結果 →

判定\正解	High2	High1	Low	Non
High2	139	19	0	0
High1	11	131	15	0
Low	0	0	131	8
Non	0	0	4	142



Ⅲソリューション

①ソリューション

b.ソリューションの詳細

自動操船システム

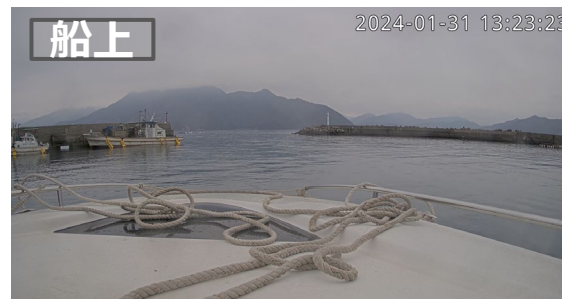
実証船



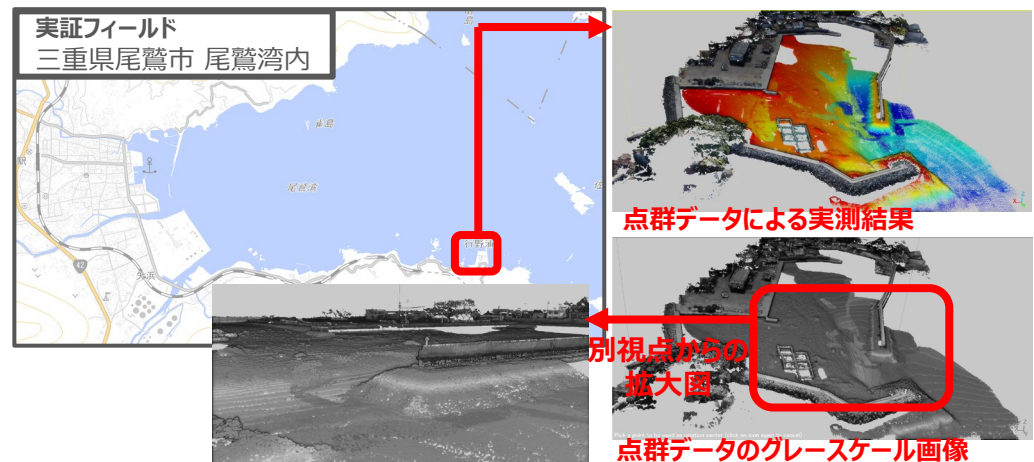
障害物検知



船上カメラおよび陸上カメラからの映像



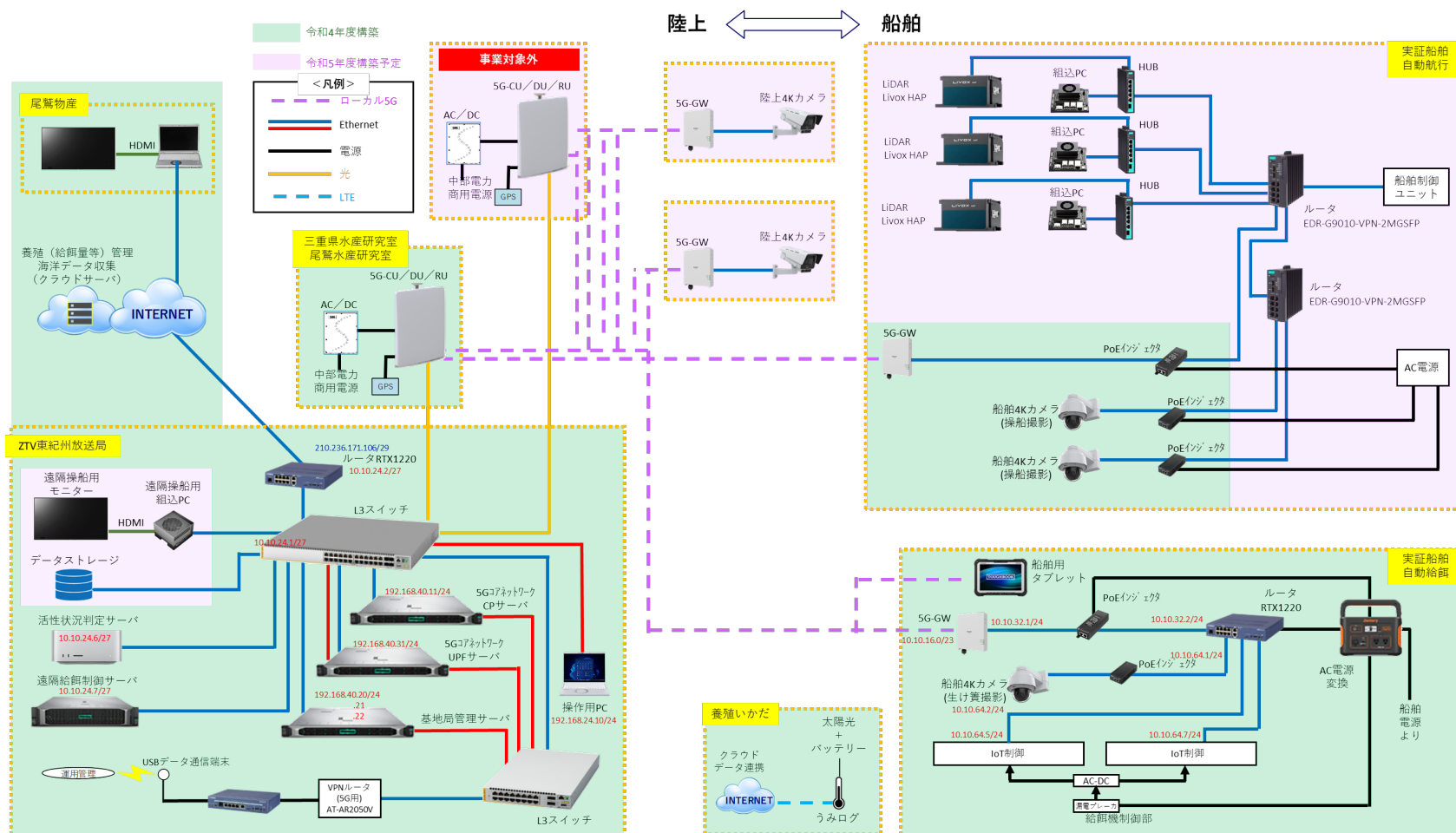
水中3Dマップ



② ネットワーク・システム構成

a. ネットワーク・システム構成図

イメージ



説明

本実証では湾内周辺の陸上に4Kカメラを設置。船からの情報だけでなく、湾内の船舶や障害物などの情報をリアルタイムに収集することで、周辺状況をより正確に判断します。陸上カメラは、船舶上にカメラを設置する場合よりも効率よく広いエリアを監視することができ、複数船舶で共同利用することもできますので、システム全体としての運用効率向上に貢献します。株式会社ZTVでは令和3年度と4年度の2年間にわたり海上およびその周辺環境をフィールドとする開発実証を実施しました。海に向けてのローカル5Gの電波発射や船上での安定した電波受信環境の構築経験を活かしたシミュレーションや設備構築が可能です。

ローカル5Gを活用し、養殖漁場における給餌業務の完全無人化の達成に必要なとなる、港から生け簀までの給餌船の自動操船（シャドー運航）の実現、および、自動給餌システムの性能向上を図ります。

② ネットワーク・システム構成

b. 設置場所・基地局等

イメージ



説明

本実証は、自動操船への検証環境構築および昨年度の令和4年度実証継続を可能にするため、三重県尾鷲市に昨年構築済みのローカル5Gシステムを活用します。

本フィールドは複数事業者の生け簀や船舶が多数存在しており、自動操船の検証環境として最適です。

行野浦漁港にローカル5G基地局を新設して、湾内全域をあまねくエリアカバーした環境で実証を行います。

② ネットワーク・システム構成

b. 設置場所・基地局等

イメージ



Ⅲソリューション

② ネットワーク・システム構成

c.設備・機器等の概要 本実証で使用する機器の一覧です。 令和4年度開発実証において導入した機器は黒字、今回追加する機器については**赤字**で表記しています。

無線機諸元	
項目	内容
無線局数	基地局1局
周波数帯 帯域幅	周波数4.8-4.9GHz 帯域100MHz (99M9 X7W 4849.98MHz)
通信方式	直交周波数分割多元接続方式(DXIN OFDM)
運用形態	SA方式 オンプレミス型
アンテナ地上高	6m(ポールに設置)
アンテナタイプ	セクタアンテナ(内臓アンテナ) 半値角 水平65度(垂直8度) 利得 18dBi
送信出力	Tx 28dBm(0.5W) RF Cable Loss 0dB
接続数	基地局 16端末 5GC 100端末(本件ライセンス条件)
最大スループット (同期/準同期)	DL 800/340Mbps UL 90/180Mbps (物理レイヤ理論値)

ローカル5Gシステム 無線機器構成				
項目	装置名	数量	調達先	役割・機能
5G システム	基地局	1 1 (事業対象外)	Airspan NetworksLtd.	L5G(sub6)基地局。CU/DU/RU一体型。 周波数4.8-4.9GHz 帯域100MHz の高速無線通信を実施。
	基地局管理 サーバ	1	HPE	基地局管理ソフト搭載サーバPC。 基地局の設定と状態管理。
	5GCネットワー クサーバ	2	パナソニック コネクト	C-PlaneとU-Planeのオンプレ型5GCネットワーク。 基地局と端末とインターネット及び閉域網との通信回線網。
	操作端末	1	パナソニック コネクト	操作用端末(Windows)。 基地局等の管理操作用端末。
	L3SW	2	アライドテレシス	ネットワーク中継器。 5Gシステムの装置間とサーバ間を中継。
5G 端末	VPNルータ	1	アライドテレシス	VPN(IPsec)接続の仮想網。 遠隔監視のためセキュアな接続通信。
	5G ゲートウェイ	2 2	パナソニック コネクト	5G移動局端末でネットワーク中継器。船舶上の設備へ無線通信を中継。 陸上設置カメラ映像伝送。

自動操船システム構成				
項目	装置名	数量	調達先	機能
4Kカメラ（船上）	P3248-LVE	2	AXIS	操船確認撮影
海洋データ取得	うみログ	2	アイエスイー	3層水温、溶存酸素データの取得
4Kカメラ（陸上）	P1378-LE	2	AXIS	湾内確認撮影
3D-LiDAR	HAP	3	Livox	操船確認用
組み込みPC	Jetson NX	3	NVIDIA	収集データ解析
ルータ	EDR-G9010-VPN-2MGSFP	2	Moxa	船内ネットワーク集約
HUB	EDS-G205-1GTXSFP	3	Moxa	船内ネットワーク集約
遠隔操船用組込PC	Jetson AGX Orin	1	NVIDIA	収集データ解析
データストレージ	TS5410DN1204	1	Buffalo	収集データ格納

給餌自動化システム システム構成				
項目	装置名	数量	調達先	機能
4K カメラ	P3248-LVE Network Camera	1	AXIS	生け簀撮影
活性状況 判定サーバ	Mac Studio	1	Apple	AI解析
遠隔給餌 制御サーバ	HPE ProLiant DL サーバ	1	HP	給餌制御
AI開発用PC	Mac Book Pro	2	Apple	AI解析開発
給餌自動化システム	遠隔給餌システム	1	アイエスイー	自動給餌制御

※本実証で使用する機器についてはサプライチェーンリスクに留意した選定を行います。 21
※当初計画の機器が使用できない場合を想定した代替品および代替構成についても検討を行います。

② ネットワーク・システム構成

d. 許認可等の状況

許認可の種類	スケジュール
ローカル5G無線(2局) 周波数：4.8～4.9GHz帯 構成：SA方式 利用環境：屋外	1局目(天満浦局) - 昨年度時点で免許取得済み 2局目(行野浦局) 10月 現地調査 ローカル5G免許申請準備 11月 免許申請 天満浦局の再免許申請 12月 天満浦局再免許・行野浦局免許交付 (実験試験局免許/令和7年3月31日まで) 基地局構築・電波発射 1月 実証開始

3 ソリューション等の採用理由

a.地域課題への有効性

対象の課題	課題解決への有効性
養殖ブリの増産対応および人口減少による労働力不足	ブリ養殖の給餌業務は年間を通して早朝から実施され、また、生け簀までの移動や給餌業務中も周辺の状況にも注意を払いながら操船を行う必要があるため、体力面、精神面共に負荷のかかる業務となります。 本実証で取り組む無人操船を行うシステムが自動給餌機能を備えた給餌船に搭載されることで、生け簀までの移動のための従業員が不要となり、給餌業務の完全無人化が可能となります。 これにより、不安定な船上で作業を行うという業務量（従業員）の大幅な削減、安全性の向上が期待できます。

ソリューション 無人給餌業務	
他ソリューションに対する優位性	
名称	比較
給餌船および給餌機の手動操作(現状の給餌方式)	本実証フィールドの養殖事業者である尾鷲物産では10～15トンの餌を港で毎回複数の船に分散して搭載し、生け簀を6時間かけて巡回し6万匹のブリに給餌しています。 現在は、餌の食べ具合（活性状態）を従業員が目視で確認し、規定量もしくはそれ以上食べないと判断したら手動で給餌を停止します。また、餌の食べ具合の判断は人が行っており、経験値によって給餌停止タイミングにバラつきが出ます。

③ ソリューション等の採用理由

b.ソリューションの先進性・新規性、実装横展開のしやすさ

対象の課題	先進性・新規性	実装・横展開のしやすさ
養殖ブリの増産対応および人口減少による労働力不足	ローカル5Gを活用した自動操船への取組みは日本初になります。 現在、大型船や見通しの良い外海での自動操船技術は開発が進んでいますが、湾内の小型船舶が多数航行する場所において、湾内周辺の任意の場所に設置する4Kカメラ等による陸上監視システムと無人運航船を組み合わせたシステム（以下、無人運航システム）としての運航実験実績はなく、先進的な取組みとなります。	ソリューション 無人給餌業務 無人操船に利用するシステムはヤンマーホールディングスもしくは東京海洋大学において研究開発が進められているものを実証フィールドである尾鷲湾内での給餌業務環境向けにカスタマイズしたものを活用するため、新規構築と比べ期間やコストの削減が期待できます。

③ソリューション等の採用理由

c.無線通信技術の優位性

通信技術	ソリューション実現の要件を満たす通信技術の特徴
ローカル5G	ローカル5Gの特性である高速通信による大容量・低遅延性 専用に割り当てられた周波数やSIMを用いることによる周波数干渉や不正アクセスの回避

他無線通信技術との比較	
名称	比較結果
- キャリア5G 4G（LTE） - WiFi6E	令和4年度開発実証において、2台の4KカメラとLiDARを給餌船に搭載し、無人操船で必要となるデータ収集を行いました。その結果、膨大なデータ量により、大量のトラフィックが発生することが確認されました。 本実証フィールド（三重県尾鷲市）では、船舶が基地局から1km以上離れた広域の場所や、陸上の任意の場所からリアルタイムで映像およびデータの伝送を断続的に行う必要があります。このため、複数基地局の適切な切り替えによる安定した高速通信環境が不可欠となります。 また、遠隔から船舶を制御するためには、不正アクセスを防止するセキュリティ対策や周波数干渉による通信障害が発生しないようにする仕組みが必要です。これらの要件を満たすためには、ローカル5Gが最適となります。

1 実証計画

目的

- ブリ養殖における給餌業務無人化
無人運航
- ブリ養殖を行う給餌船を想定した船舶における尾鷲湾内での実質的な無人運航の実施
- 自動給餌
- 給餌業務軽減に向け、ブリに与える餌の量を活性状況に応じて柔軟に変更するためのシステムの開発および精度向上

アウトカム

- 無人運航
- 船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度
 - 陸上カメラによる湾内情報精度
 - 海中3D地図正確性
 - 操船に必要な船舶周辺の障害物発見精度
 - 漁港と生け簀間の給餌船運航ルート of 判定精度
 - シャドー運航における操船自動化の達成率
- 自動給餌
- AI画像認識による活性状況判定精度
 - 給餌機の稼働精度
 - 船上における給餌業務関連作業の自動化率



検証の概要

効果検証

- 無人運航
- 無人運航と手動運航での目的地までの移動時間、障害物発見等。
- 自動給餌
- 手動給餌と比較した業務量の削減割合。

技術検証

- 無人運航
- 無人運航に必要な映像等データの伝送品質。障害物等の判定速度、精度
- 自動給餌
- AIによる活性状況の判定速度、精度。給餌量のコントロール。

運用検証

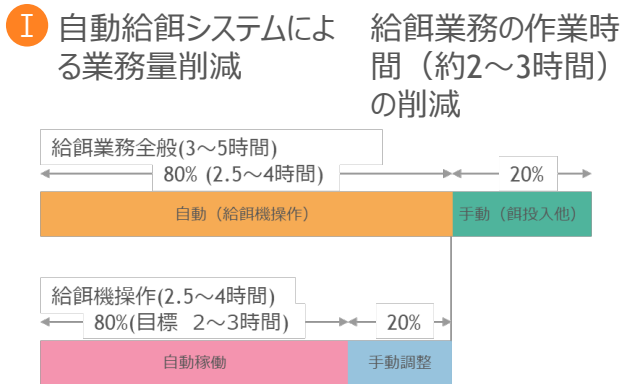
- 無人運航
- 無人運航時の遠隔からの状況確認、操作手順。増加する業務の確認。
- 自動給餌
- 削減できる業務、運用方法の確認。

② 検証する項目・方法

a.効果検証

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件
	項目	目標		
無人運航	I シャドー運航における操船自動化の達成率	目的地までの移動時間：手動操船の150%以内。 自動運航の割合：80%	操船責任者が乗船し、必要時には操作を行うことが可能な体制で自動操船を実施。 目的地までの移動時間および海上に浮遊する障害物を検知した時の船の動作を実際の操船者と比較する。 気象海象、時間帯、他船の往来等複数の要因によって環境が異なることからパターン毎の検証を行う。 複数パターンで実証して、操船に関わる時間の内、自動航行とそうでない時間の割合を確認する。 自動航行できていない原因の究明を行う。 今回の実証では安全を最優先することもあり、手動操船と同じスピードでの運航は行わないため150%程度を想定。実証に取り組む中でスピードアップが可能となれば時間の短縮を目指す。	平常時において給餌業務の遂行に遅延が発生しない現状の手動操船と同等の移動時間を維持する。 他船の運航に影響を及ぼさない。 緊急時には遠隔から確実に停止指示が行える。

自動給餌



従業員の給餌作業手順から、自動給餌システムに置き換え可能なポイントごとおよび作業全体において、手動給餌と自動給餌（昨年度および今年度）での作業工程や時間の削減を確認する。

本実証では給餌機の操作以外（給餌機への餌の投入、周辺の安全確認等）の作業が20%程度をしめ、これについては従業員が行うため給餌業務全体にかかる時間（3～5時間）のうち80%（約2.5～4時間）が削減対象となる。この対象のうち20%がAI判定誤差による手動調整を行うと想定されるため実質的な削減時間は約2～3時間となる。

手動調整が不要となり、給餌業務が完全自動化され業務全体の80%削減されることにより、当初導入する給餌船2隻の投資：

初期 9,000万円×2
ランニング 3,800万円/年

効果：

削減人件費(800万×80%×10人)
6,400万円/年

から約7年で回収可能となる。

② 検証する項目・方法

b.技術検証

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件
	項目	目標		
無人運航	I 船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度	運航に支障を及ぼす障害物を90%検知	本実証では船舶に設置したカメラ、LiDAR、GNSS等の信号をローカル5G経由で陸上のサーバまで伝送する。船舶が移動しながら無人運航に必要な遅延や必要な伝送帯域を維持し、運航に支障を及ぼす恐れのある他の船舶や海上浮遊物の検知が船上からの確認と同様行えることを検証する。船上から目視で認識できた障害物をカメラ、LiDARでも見落としが無いことを同一人物が確認する。運航ルート上に障害物相当の浮遊物（船舶）を配置しておき、カメラ・LiDARの情報を陸上の遠隔監視システムまで伝送。遠隔監視システムが運航ルート上の障害物を検知するとアラートを発報する。その情報を陸上のスタッフからシャドー運航で乗船する従業員に向けて連絡を行い、船上での目視確認と比較する。また、遠隔監視システムを船内に移設し、自律システムとしての動作検証と比較を行う。	複数の船舶が同時に無人運航を行う条件下で安定運用に必要な条件（海況、データ品質、帯域、遅延等）を導き出す。上記条件下において遠隔監視システムによる運航に支障を及ぼす障害物の検知精度100%。 ※コスト負担が増加しないよう、過剰とされないカメラ、LiDAR等センサーの性能や設置台数を選定する。
	II 陸上カメラによる湾内情報精度	運航に支障を及ぼす障害物を90%検知	本実証では陸上に設置したカメラの信号をローカル5G経由でサーバまで伝送する。運航ルートの選定や無人運航に必要な情報についての遅延や必要な伝送帯域を維持し、運航に支障を及ぼす恐れのある他の船舶や海上浮遊物の検知が船上からの確認と同様行えることを検証する。船上から目視で認識できた障害物をカメラ、LiDARでも見落としが無いことを同一人物が確認する。運航ルート上に障害物相当の浮遊物（船舶）を配置しておき、陸上カメラの情報を遠隔監視システムまで伝送。遠隔監視システムが運航ルート上の障害物を検知するとアラートを発報する。その情報を陸上のスタッフからシャドー運航で乗船する従業員に向けて連絡を行い、船上での目視確認と比較する。	複数の船舶が同時に無人運航を行う条件下で安定運用に必要な条件（海況、データ品質、帯域、遅延等）を導き出す。上記条件下において遠隔監視システムによる運航に支障を及ぼす障害物の検知精度100%。 ※コスト負担が増加しないよう、過剰とされないカメラ、LiDAR等センサーの性能や設置台数を選定する。

② 検証する項目・方法

b. 技術検証

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件
	項目	目標		
無人運航	Ⅲ 海中3D地図正確性	3Dマップによる5mメッシュの水深情報	船舶が航行するルートの中の水の情報を事前にカメラ、レーダーで収集し3Dマップを作成する。事業者および従業員の把握する海図には記載されていない水深情報についてのヒアリングを行い、3Dマップの正確性を確認する。 3Dマップが無人運航の危険把握に十分活用できることを確認する。 正確性向上に必要なデータ収集の方法を検討する。	無人運航での危険把握に十分活用できること。
	Ⅳ 漁港と生け簀間の給餌船運航ルートの判定精度	正確な運航ルートの判定率80%	漁港から生け簀までの移動には航行ルートがあり、海面状況などから適切なものを出港前に選択する必要がある。 事前に従業員が複数のルートを選定する。陸上カメラ、海中3Dマップを用いて最適なルートを決め、従業員の判断と比較を行う。	ルートの選定だけでなく、海面状況から運航中止の判定も行える。
	Ⅴ シャドー運航における操船自動化の達成率	決められたルートを運航：90% 障害物検知時の停止：90%	漁港と生け簀間において決められた運航ルートで無人運航を行えることを確認する。 非常時に停止作業が行えるよう操船者が乗船する。 船舶より送信された情報をもとに周辺状況を把握し適切な運航が維持できるよう陸上から指示を出す。 進行方向に障害物を検知した際には自動的に停止することを確認する。 登録された運航計画ルートと実際に航行したシャドー運航のルートと比較し、外れた箇所について確認を行う。 停止が必要な障害物の検知を乗船した操船者もシャドー運航時に行い、機器の判定と比較する。	従事者が実際の操船と比較して大きな差がなく目的地まで無人運航できる。 遠隔からの制御が不可能となった時にも自動的に停止できる機能を整備する。

2 検証する項目・方法

b.技術検証

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件
	項目	目標		
自動給餌	I AIによる画像判定システムの精度	判定精度：80%	従業員が操作する給餌機の操作ログと生け簀内のブリが餌を食べる様子をAIに学習させ、関連性を紐づけることで映像から適切な給餌量を判定し制御信号を給餌に発信する。この判定における精度の検証を行う。 AIが活性状況の判定に使用する画像を用いて従業員も判定を行い、差分を確認する。 AIと従業員の判定に齟齬が出た際には従業員の判定を正として、追加の学習をさせるかたちでフィードバックを行い精度を向上させる。	給餌業務従事者が違和感を覚えないレベルを維持するため映像データによる学習を継続的に行い、判定精度の向上を図る。年間を通じて80%以上の判定精度。
	II 給餌機の制御	正確性：100%	自動開閉によるシャッター調整を従業員が目視で確認し、従業員が操作した場合との差分をヒアリングし、判断する。給餌機が期待する制御を正確に行えていない場合には、従業員が手動操作を再現し、適切なシャッター開度に調整できるようフィードバックを行う。 継続的な稼働を行い、不具合等が発生しないことを確認する。	

② 検証する項目・方法

c.運用検証

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件
	項目	目標		
無人運航	I 無人運航を想定した作業手順の確立	作成した手順による運航実施達成率：100%	無人運航の船舶が送信する映像を陸上のモニタでリアルタイムに視聴し現状の運航との違いを確認し、無人運航における作業手順を作成する。 作成した手順を用いて複数の操船者が無人運航を実施する。必要に応じて改定し、一定のスキルを持つ操船者（養殖業務従事者）であれば手順を用いることで運航ができることを検証する。	シャドー運航で乗船する操船者および遠隔から監視担当者が安全であると判断する。
	II 無人運航により増加する業務量の算出	無人運航に関する業務量の増加：10%以内 全体の業務量は70%以上削減	無人運航により乗船者はいなくなるが、陸上から状況を把握するなど新たに増加する業務について確認を行う。	増加した業務によってこれまでの業務が止まったり滞留することのないよう、対応するための社内体制の確立もしくは外部委託先の選定
自動給餌	I 自動給餌により削減および増加する業務量の算出	業務量の削減：80%以上 業務量の増加：10%以内 全体の業務量は70%以上削減	自動給餌の実施により削減および増加する業務について従業員に確認を行う。	全従業員が操作方法を理解し、業務時にマニュアルの確認が必要とならないようなシステムとなること。

3 実証における検証ポイントと結果

a.効果検証 自動化により業務時間および負担が削減することを確認

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
無人運航	I シャドー運航における操船自動化の達成率	目的地までの移動時間：手動操船の150%以内。	港から生け簀までの移動時間（離着棧除く） 手動運航時 385秒 ① 自動運航時 430秒 ② 手動と自動の比率 ②/① = 111.7%となり目標を達成	実証期間中は天候にも恵まれたこともあり、想定を大きく上回る結果が得られた。給餌業務を実施するうえで一番厳しい気象状況での検証を行う必要がある。
		自動運航の割合：80%	港から生け簀までの総移動距離 1120m ① 手動操作が必要な離着棧区間 20m 自動運航が可能な区間 1100m ② 全行程中の自動運航の割合 ②/① = 98.2%となり目標を達成	
自動給餌	I 自動給餌システムによる業務量削減	給餌業務の作業時間（約2～3時間、給餌業務全体の80%）の削減	5日間延べ16台の生け簀で自動給餌を実施。 16回の給餌業務で 生け簀での給餌業務全体の作業総時間は274分 ① 自動給餌を行った時間は210分 ② 自動給餌以外の業務（生け簀離着棧、給餌機の手動調整）を行った時間は64分 ②/① = 76.6%となり、目標には少し届かなかった。	目標にはわずかに届かなかったが、AI判定の精度向上や給餌機の高度化により手動調整に要する時間が削減されることや、今回は発生しなかった斃死した魚の回収業務を実施した場合には80%以上の削減が達成できると考える。

3 実証における検証ポイントと結果

b.技術検証 さらなる精度向上に向けて継続的なデータ収集と開発が重要

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
無人運航	I 船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度	運航に支障を及ぼす障害物を90%検知	LiDAR3台を実証船上部に設置し、360度全方位の障害物を検知する。 周囲8方向において相対距離75m地点に停泊した船舶すべてを検知した。 障害物検知率100%を達成。	全方位の検知にはLiDARが3台必須となるため品質を維持した状態で小型、低廉化が重要。
	II 陸上カメラによる湾内情報精度	運航に支障を及ぼす障害物を90%検知	カメラを2か所に設置。 陸上から100m以上離れた場所にある船舶や生け簀を目視と遠隔（ZTVサーバ室に設置したPCからリモート接続したカメラ映像を別のPCからVPNで接続）の2パターンで確認。 目視と遠隔に大きな遅延なく支障を及ぼす可能性のある障害物をすべて確認。	監視目的で人が画面を見続けるのは困難なため、AIによる判定システムの採用が必要。
	III 海中3D地図正確性	3Dマップによる5mメッシュの水深情報	数cm刻みの点群データを収集し、さらにその画像を平滑化することで視覚的にわかりやすい形の3Dマップを作成。 5mより相当詳細な精度の水深情報が確認可能。	陸上（海上）からは判断が難しい水深の浅いポイントが把握できることで安全な運航ルートの判定が可能となる。 詳細な情報が得られることで、震災による海底隆起により形状が変わった場合の調査にも活用が期待できる。
	IV 漁港と生け簀間の給餌船運航ルートの判定精度	正確な運航ルートの判定率80%	陸上カメラ、水中3Dマップから行業従事者以外の人物が港から生け簀までの運航ルートを複数パターンで作成。 給餌業務従事者がその運航ルートの安全性や正確性を判定しすべて問題が無いことを確認。	実証期間中は気象海象共に安定かつ湾内を航行する船舶も多くない状況だったため、複雑な運航ルートの検証までは行っていない。

③実証における検証ポイントと結果

b.技術検証 さらなる精度向上に向けて継続的なデータ収集と開発が重要

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
無人運航	V シャドー運航における操船自動化の達成率	決められたルートを通航：90%	港から生け簀まで事前に指定したルートで自動操船による検証を8回実施。 全ての検証において決められたルートを通ることを確認。	実証期間中は天候にも恵まれたこともあり、良好な結果が得られた。 給餌業務を実施するうえで一番厳しい気象状況での検証を行う必要がある。
		障害物検知時の停止：90%	指定したルートの進行方向に障害物となる船舶を停泊。 自動操船中の船舶が一定の範囲内に近づいたときに障害物を検知および停止するかを5回実施。 全ての検証において検知及び停止することを確認。	港周辺などの他の船舶が多数存在する場合には停止判定する範囲を小さくするなどの調整が必要になるため、さらなる性能向上が必要になる。
自動給餌	I AIによる画像判定システムの精度	判定精度：80%	ブリの餌の食べる様子を 非活性 / 低活性 / 高活性1 / 高活性2 の4パターンに分けるAI判定システムを作成。 目視とAIでそれぞれ150回の活性状況の判定を行い、目視と比較して87%～95%の判定精度を達成。	季節や成長度合いによって高活性と判定される活性状況も異なることから、継続したデータの収集が必要。
	II 給餌機の制御	正確性：100%	給餌停止のためのシャッター開度変更についてAI判定による指示およびタブレットを使用した手動指示のそれぞれにおいて100%の精度でシャッターが制御されていることを確認。	ハードウェア面では長期運用を想定した防水、防錆面の品質向上が必要。 ソフトウェア面では柔軟な給餌量の調整が可能となるプログラムの開発が必要。

3 実証における検証ポイントと結果

c.運用検証 削減効果を高めるためにも複数隻へのシステム導入が必要

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
無人運航	I 無人運航を想定した作業手順の確立	作成した手順による運航実施達成率：100%	操船：尾鷲物産の養殖業務従事者 操船指導および操船状況確認：ヤンマーHD ヤンマー社の準備した手順書を用いて、養殖業務従事者が自動操船システムの起動から目的地到着までを単独で実施できた。	漁場や湾内のルールによって運航手順が異なることもあるため、今回の手順をベースに修正を行っていく。
	II 無人運航により増加する業務量の算出	無人運航に関する業務量の増加：10%以内 全体の業務量は70%以上削減	増加する業務として陸上からの船舶および給餌監視。生け簀の移動や給餌のタイミングをずらすことで、複数隻（従業員10名）の監視業務を1名で受け持つ。10名分の業務を1名で受け持つため、業務量は10%の増加。本実証での給餌業務の削減効果は約80%となるため、増加する業務量（10%）を相殺して70%が削減できる。	集中管理による削減効果を得るためには複数隻の船舶への導入が必要。 操船、給餌それぞれに専任の監視担当を配備する方法、または、両方を兼務する方法について検討が必要。 また、監視業務を外部へ委託することによる業務負荷軽減や増加コストについても検討が必要。
自動給餌	I 自動給餌により削減および増加する業務量の算出	業務量の削減：80%以上 業務量の増加：10%以内 全体の業務量は70%以上削減	増加する業務として陸上からの船舶および給餌監視。生け簀の移動や給餌のタイミングをずらすことで、複数隻（従業員10名）の監視業務を1名で受け持つ。本実証での給餌業務の削減効果は約80%となるため、増加する業務量（10%）を相殺して70%が削減できる。	集中管理による削減効果を得るためには複数隻の船舶への導入が必要。 操船、給餌それぞれに専任の監視担当を配備する方法、または、両方を兼務する方法について検討が必要。 また、監視業務を外部へ委託することによる業務負荷軽減や増加コストについても検討が必要。

④ 実証結果 a.効果検証

I シャドー運航における操船自動化の達成率

実施概要

実施日：2024年2月7日（水）午前
天候：晴れ
海象：良好

事前に設定した運航ルートを実験船でそれぞれ1回実施。
運航に要した時間を計測し手動操船と自動操船で比較して増加割合を判定。
本実証では短期間の実証のためデータ収集による検証は一回のみ実施。

操船方法別の移動時間

手動操船	385秒
自動操船	430秒
手動/自動	111.7%

→手動操船の150%以内達成

自動および手動運航の割合

運航ルート	の全長	1120m	
自動操船		1100m	
手動操船		20m	離着岸時
自動/全長		98.2%	

→自動操船の割合80%以上達成



運航ルート（全長1,120m）



スタート地点（離着岸）



ゴール地点（着岸）

黄色の区間が自動操船/オレンジ色の区間が手動操船

4 実証結果 a.効果検証

I 自動給餌システムによる業務量削減

5日間延べ16台の生け簀で自動給餌を実施。
生け簀到着から次の生け簀に向かうまでの全体の作業内容と消費時間から自動と手動の割合を算出した。

日付	漁場	イケス数	自動給餌業務		自動給餌以外の業務				給餌業務全体	備考
			平均給餌時間（分／イケス）	トータル時間（分）	係留（分／イケス）	給餌機手動調整（分／イケス）	斃死した魚の回収（分）	トータル時間（分）	トータル時間（分）	
2024.1.15	尾鷲	4	15	60	2	2	0	16	76	
2024.1.16	大曾根	4	10	40	2	2	0	16	56	
2024.1.22	大曾根	4	15	60	2	2	0	16	76	薬混入
2024.2.8	尾鷲	2	15	30	2	2	0	8	38	
2024.2.9	大曾根	2	10	20	2	2	0	8	28	
		16		210			0	64	274	

16回の給餌業務で
生け簀での給餌業務全体の作業総時間は274分 ①
自動給餌を行った時間は210分 ②
自動給餌以外の業務（生け簀離着棧、給餌機の手動調整）を行った時間は64分
②/① = 76.6%となり、目標には少し届かなかった。
実証対象の生け簀での斃死した魚がいなかったため本実証では回収作業時間なし。

目標にはわずかに届かなかったが、AI判定の精度向上や給餌機の高度化により手動調整に要する時間が削減されることや、今回は発生しなかった斃死した魚の回収作業を実施した場合には80%以上の削減が達成できると考える。

手動業務の一つである給餌機への餌投入については給餌機が稼働状態で実施するため本実証での時間配分としては自動給餌時間内に組み込んだ。
将来的な給餌の無人化には給餌機への餌投入の自動化も必須となるため給餌船の改修に向けた検討を行う。

4 実証結果 b.技術検証

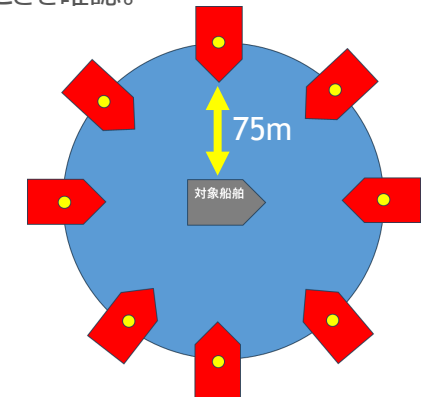
I 船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度

3台のLiDARが360度の情報を収集する。船舶と障害物の距離が120m程度まで近づくとシステムの地図上に障害物のマーク（赤い船）が表示される。対象船舶を洋上に停止させ、周囲8方向相対距離75m地点での計測を行ったところ、**100%検知**できることを確認。船上に搭載した4Kカメラ映像をローカル5G経由で陸上にも伝送し、遠隔からも進行方向に存在する他船がモニター上で判定できることを確認。



LiDARが検知した障害物を赤い船マークで表示

※地図上の障害物は航空写真撮影時のものとなるため実際の障害物の場所とは異なる。



周囲8方向からの監視イメージ



船上カメラ映像を陸上で確認

IV実証

④ 実証結果 b.技術検証

II 陸上カメラによる湾内情報精度

陸上から100m以上離れた場所にある障害物（本実証では船舶、生け簀）や実証船舶について陸上および船上から遅延なくリアルタイムの映像伝送を行う。

陸上カメラからは港周辺、入港する実証船、その他停泊中の船舶、生け簀等を確認。

実証船の船上カメラからは停泊する船舶、岸壁周辺の様子を確認。

港および船上から肉眼でも同様の対象物（障害物）が**100%視認**できることからカメラを用いることで精度の高い湾内情報を得られることが確認できた。



IV実証

4 実証結果 b.技術検証

Ⅲ 海中3D地図正確性

数cm刻みの点群データを約2億点収集し5mメッシュを相当上回る精度での海底状況を3Dマップ化。
また、収集した点群データを平滑にまとめることで視覚的にわかりやすくなり、安全性が向上する。
海底の状況（地形）がわかることで、潮汐により水深の浅い場所での安全航行や運航ルートを選定にも貢献。



空撮による港周辺の様子



点群データをキューブ化した海中3Dマップ

Ⅳ 漁港と生け簀間の給餌船運航ルートの判定精度

陸上に設置した陸上カメラ、作成した水中3Dマップを参照して障害物や海中の危険個所を回避した港から生け簀までの運航ルートを作成し、給餌業務従事者が安全性等を確認。

本実証では複数パターンの運航ルートを作成し、給餌業務従事者がその運航ルートの安全性や正確性を判定しすべて問題が無いことを確認。

水中3Dマップの無い状態で、港周辺の環境に詳しくない操船者が運航ルートを計画すると水深の浅い危険個所を通る可能性が発生する。

IV実証

④ 実証結果 b.技術検証

✓ シャドー運航における操船自動化の達成率

・決められたルートを実行

港から生け簀までの指定したルートで自動操船を実施。

実施日 2/7: 2回 2/8: 3回 2/9: 2回

合計8回運航しすべて（100%）決められたルートを通ることを確認。



運航ルート



指定ルート（黄色）と実際の運航ルート（赤い点線）

・障害物検知時の停止

指定したルートの進行方向に障害物となる船舶を停止しておく。

合計5回行い、すべて（100%）停止することを確認。



進行方向に他船を検知



自動停止

4 実証結果 b.技術検証

I AIによる画像判定システムの精度

昨年度事業に引き続き鳥羽商船高等専門学校がAI判定システム（識別器）構築を担当した。
ブリの餌の食べ具合による海面の状況（活性状況）は季節や成長度合いによって違いがあり高活性の判断も都度異なることから、柔軟に対応ができるよう識別器を2段階（低活性/高活性）から4段階（非活性/低活性/高活性1/高活性2）に追加した。

活性状況の画像150種類×4段階を準備し、構築した識別器により判定精度の計測を行った。
それぞれの活性状況において判定精度**87%～95%**となり、目標の80%を上回った。

実証期間中は天候に恵まれたこともあり、荒天時の検証は行えていないため、さらなる精度向上には複数の気象状況等での実証確認が必要となる。

判定＼正解	High2	High1	Low	Non
High2	139	19	0	0
High1	11	131	15	0
Low	0	0	131	8
Non	0	0	4	142

AIの判定結果（活性状況毎に150回検証）



給餌の様子とAIが判定する活性状況（左上）

IV実証

4 実証結果 b.技術検証

II 給餌機の制御

モーター制御部を株式会社アイエスイが開発。

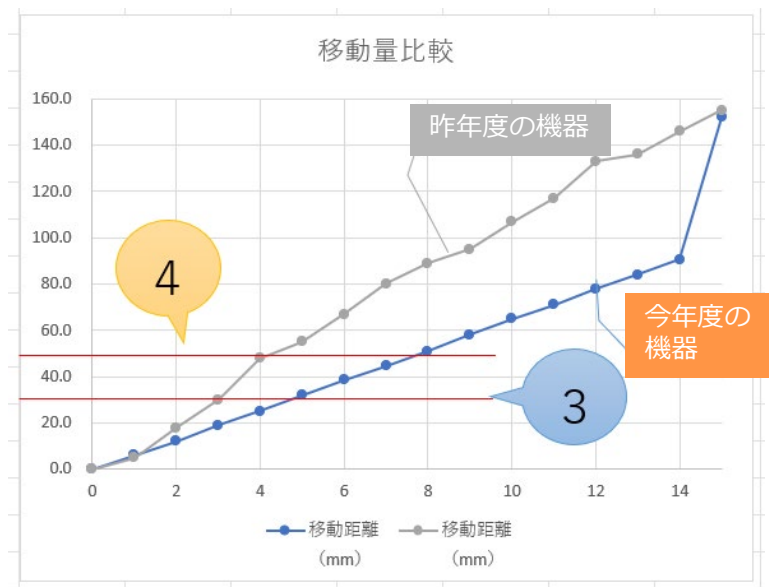
既存給餌船の給餌機ハンドルに30分程度で取り付けができるよう改良されており昨年度のシステムに比べメンテナンス性が高くなっている。

従事者へのヒアリングを行い、自動給餌が作動するまでのAI判定の回数、給餌開始時のシャッター開度のマニュアル調整など昨年度と比較し詳細な制御が可能となった。

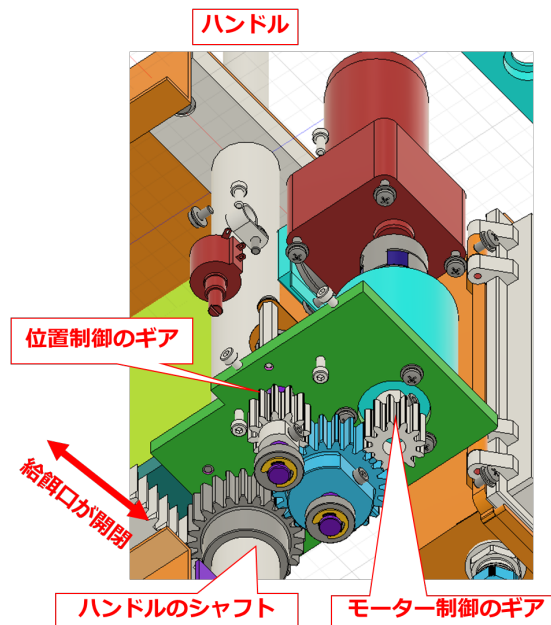
AI判定による給餌停止の変更指示およびタブレットからの手動変更指示のどちらにおいても**100%**の精度でシャッターがコントロールされていることが確認できた。

今後も継続的に運用を行い、防水、防錆面を含め長期安定稼働に必要な条件を求めていく。

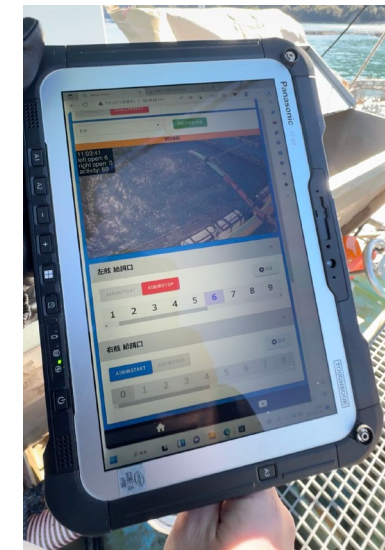
ソフトウェア面では柔軟な給餌量の調整（段階的な増減）が可能となるプログラムの開発が必要となる。



シャッターの移動距離を細かくすることでより細やかな給餌量の制御が可能



正確なシャッター制御を行うため
モーター制御部を新たに開発



船上、陸上どちらからも給餌状況の
確認やシャッター制御が行える

4 実証結果 c.運用検証

I 無人運航を想定した作業手順の確立

次の通り役割および条件を設定

尾鷲物産の養殖業務従事者が自動操船と手動操船どちらも実施。

船舶所有者であるヤンマーHDが操船指導と、船上および陸上から操船状況を確認。

現時点で自動化されていない離着桟および桟橋、生け簀への係留作業については操船者が、それ以外については船舶が自動で行う。

ヤンマーHDが尾鷲物産にヒアリングを行い、業務で使用する運航ルートを通して目的地まで向かう手順を作成。

手順書に従い一連の流れを実際の湾内で実施、設定したの自動操船の役割分担での運航が**100%**実施できた。

II 無人運航により増加する業務量の算出

増加する業務として陸上からの船舶および給餌の監視や制御を遠隔から行う。

港から生け簀や次の生け簀までの移動や給餌のタイミングをずらすことで、複数隻（従業員10名を想定）の監視および制御業務を1名で受け持つ。

従業員10名分の業務を1名で受け持つため、業務量は10%の増加。

本実証での給餌業務の削減効果は約80%となるため、増加する業務量（10%）を相殺して70%が削減できると判断。

4 実証結果 c.運用検証

I 自動給餌により削減および増加する業務量の算出

日付	漁場	イケス数	自動給餌業務		自動給餌以外の業務			給餌業務全体		備考
			平均給餌時間（分／イケス）	トータル時間（分）	係留（分／イケス）	給餌機手動調整（分／イケス）	斃死した魚の回収（分）	トータル時間（分）	トータル時間（分）	
2024.1.15	尾鷲	4	15	60	2	2	0	16	76	
2024.1.16	大曽根	4	10	40	2	2	0	16	56	
2024.1.22	大曽根	4	15	60	2	2	0	16	76	薬混入
2024.2.8	尾鷲	2	15	30	2	2	0	8	38	
2024.2.9	大曽根	2	10	20	2	2	0	8	28	
		16		210			0	64	274	

検証において活性状況の判断や給餌機の制御については自動化されることで80%程度の削減が期待できる。
※削減率 210/274 = 76.6%

新たに取り付けた機器についての仕組みや操作、メンテナンス方法などに対応する必要があり、また、遠隔からの給餌機監視により10%程度の業務量増加を想定。

増加業務については従業員の負担とならないよう手順のマニュアル化やメンテナンスの簡素化を進める。
本実証では、アイエスイー社が作成したマニュアルを用いて給餌システムの操作を従業員にレクチャ。
現在では従業員単体でシステムの操作、および別の従業員への操作レクチャも可能となっている。

1. ハードウェア操作説明

【操作方法】
1. 電源スイッチを入れ、約1分後、両舷の給餌口が自動開鎖します。
2. Webにて給餌口のレベル操作をすることで、12段階で自動開鎖します。
3. AI給餌は、画像判別により活性度合いを判断し、自動開鎖します。
※緊急停止ボタンを押すと、モーターが動作していた際に、緊急停止します。

電源ボックス

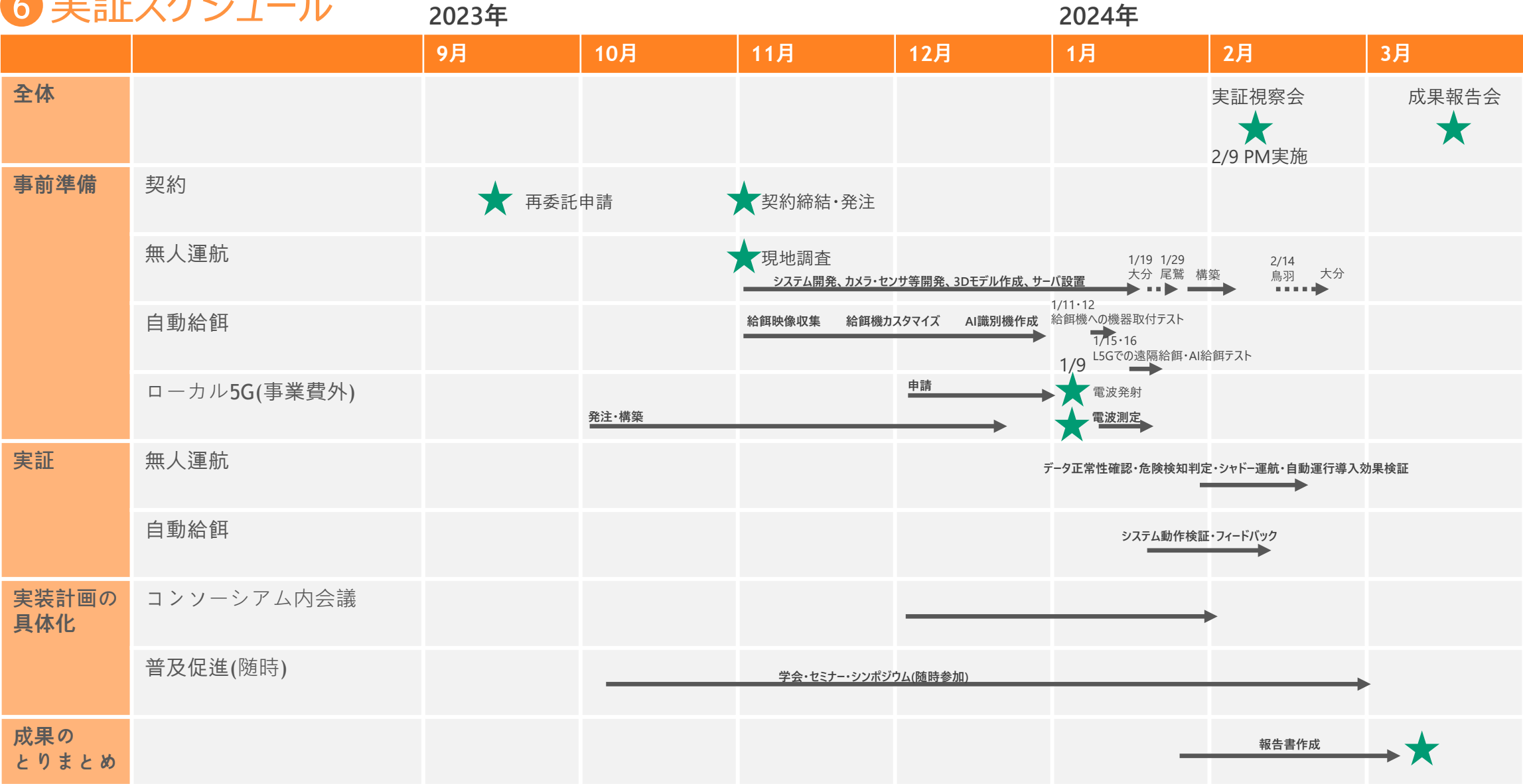
2. Web操作説明

①VPN接続
②Webブラウザのアドレスに、10.10.24.7を入れてアクセス
③以下の手順で操作

手動給餌：0～11のレベルで給餌口の遠隔制御
AI給餌：画像解析によりActivity30%以下が3秒継続で給餌口を自動開鎖
0～給餌口開鎖
11～給餌口全閉鎖
給餌レベルを変更で動画撮影開始
変更なければ50分で録画停止

録画画像の閲覧
撮影位置選択
パソコンの場合、給餌口レベルや漁獲予定総量をCSVファイルとしてダウンロード
撮影場所に音声VCR
動画再生、停止、送り、巻き戻し

6 実証スケジュール



7 リスクと対応策

リスク		対応策
項目	概要	
事前準備	・実証部材等の納期遅延 ・関係団体等との交渉	・現時点ではスケジュール内の構築を予定しているが、発注前となるため正確な納期については未確定。 ・実証フィールドとなる尾鷲湾を管理する団体から実証実施に対して制限を受ける。
実証	・気象海象状況による実証スケジュールの遅延 ・実証にかかるコスト	・コンソーシアム各社に納期確認を徹底し、遅延が発生する場合には代替機器等への切替ができるよう準備を行う。 ・近日中に海上保安庁および漁業協同組合へ訪問し、実証事業についての説明を行う。
実装計画の具体化	・実装にかかるコスト	・船舶が利用可能な期間内で実証が完了できるよう予備スケジュールの調整を行う。 ・コンソーシアム各社との連携を密にし、大幅なコストの上昇が発生する場合には、負担方法について協議し実証の停滞が発生しないよう対応を行う。
成果のとりまとめ	・実証未完了による情報不足	・将来的に原材料等のコストが上昇した場合吸収できるかが不明。 ・採用するシステムの性能が確保でき、かつ安価な代替機器への切替を検討する。 ・効率的な運用によりリソースを最適化し、コストの削減を図る。
	・実証が未完了となることにより、必要な結果が取得できず、成果報告の内容に不足が生じる。	・不足する情報を補うための追加実証等が実施可能かを検討する。

8 PDCAの実施方法

課題把握を実施する体制

通常時

週次進捗報告（定例）

- 開催時期: 週次
- 方法: Web会議（資料配布：メール、チャット、ファイル共有サービス）
- 体制: コンソーシアム各社
- アジェンダ
 - 準備・実証の状況確認
 - 緊急時でない課題の共有
 - 実装・横展開に向けた課題の炙り出し

対策を立案・実行する体制

対策方針の議論・決定

- 実施条件: 進捗が予定よりも遅れた、または、遅れることが確実な場合
- 頻度: 随時（定例会議後等）
- 方法: 対面およびWeb会議
- メンバー:
 - 無人運航 ZTV、尾鷲物産、シンクレイヤ、ヤンマーHD、東京海洋大学
 - 自動給餌 ZTV、尾鷲物産、シンクレイヤ、鳥羽商船高専、アイエスイー
 - 無線基地局 ZTV、シンクレイヤ、パナソニックコネク

緊急時

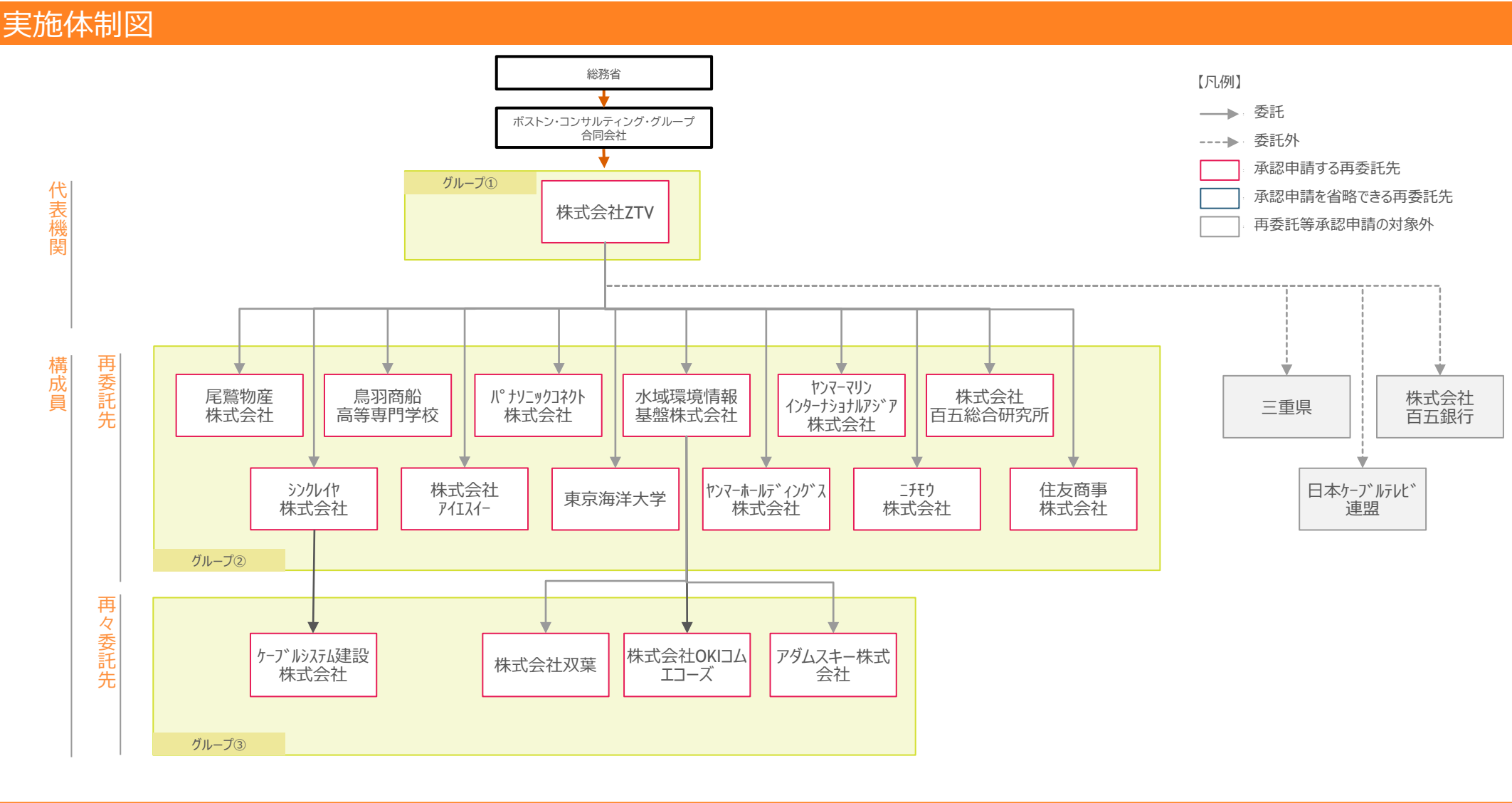
課題発生時の情報共有

- 実施条件: 全体進捗に影響を及ぼす問題が発生した場合
- 頻度: 問題発生当日中
- 方法: メール、必要に応じてweb会議開催
- 体制:
 - 無人運航 ZTV、尾鷲物産、シンクレイヤ、ヤンマーHD、東京海洋大学
 - 自動給餌 ZTV、尾鷲物産、シンクレイヤ、鳥羽商船高専、アイエスイー

対策方針の議論・決定

- 実施条件: 全体進捗に影響を及ぼす問題が発生した場合
- 頻度: 問題発生当日中
- 方法: 対面およびWeb会議
- メンバー:
 - 無人運航 ZTV、尾鷲物産、ヤンマーHD、東京海洋大学
 - 自動給餌 ZTV、尾鷲物産、鳥羽商船高専

9 実証の実施体制



9 実証の実施体制

団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
a 株式会社ZTV	プロジェクトの全体管理	12名×110時間	新事業推進部 朝熊 淳
b 尾鷲物産株式会社	実証漁場の提供 給餌作業先頭の機材の提供	3名×100時間	飼料増養殖部・増養殖課 山本 将人
c シンクレイヤ株式会社	ネットワーク構築における品質確認 全体SI 報告書作成支援	9名×120時間	ネットワークシステム推進部 橋本 幸広
d 鳥羽商船高等専門学校	自動給餌のAI開発 報告書作成支援	4名×40時間	情報機械システム工学科 児玉 謙司
e 株式会社アイエスイー	給餌システム・成育管理システム構築 および給餌船への設置・運用サポート	7名×100時間	開発部 高橋 完 阿部 晃平
f パナソニックコネクト株式会社	ローカル5G環境の安定稼働運用支援	8名×80時間	現場ソリューションカンパニー パブリックサービス本部 センシング総括部 高橋 一仁

9 実証の実施体制

団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
g 東京海洋大学	船舶映像の遠隔確認による業務支 自動操船に必要となるデータの収集と解析 法規制対応に関する検討	5名×20時間	学術研究院 清水 悦郎
h 水域環境情報基盤株式会社	海中3Dマップの作成	3名×50時間	川名 優孝
i ヤンマーホールディングス 株式会社	自動操船に係るノウハウの提供 自動操船システムの構築・検証	10名×180時間	技術本部中央研究所 システム研究センター 丹生 秀和
j ヤンマーマリンインターナショナル アジア株式会社	自動操船に係るノウハウの提供 実証用船舶の提供	8名×50時間	開発部ソリューション開発部PJ室 遠藤 英輝
k 三重県	プロジェクト支援	2名×30時間	三重県水産研究所 尾鷲水産研 究室 井上 美佐

9 実証の実施体制

団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
l 日本ケーブルテレビ連盟	プロジェクト支援	2名×30時間	事業企画部 野崎 健
m ニチモウ株式会社	ローカル5G活用モデル導入推進への取組み 養殖事業者・漁業協同組合への提案・販売	5名×50時間	海洋事業本部 青木 信也
n 株式会社百五銀行	プロジェクト支援	1名×20時間	法人コンサルティング部コンサルティング課 平井 秀興
o 株式会社百五総合研究所	プロジェクト支援 実装横展開に係るアドバイザー	9名×60時間	コンサルティング事業部 瀧本 和彦
p 住友商事株式会社	プロジェクトマネジメントサポート	2名×120時間	メディア事業本部 ケーブルテレビ事業部 事業推進第2チーム ソリューション開発G 乾 千乗

9 実証の実施体制

団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
q ケーブルシステム建設株式会社	ローカル5G基地局設置（事業外） 実証船舶への機器設置 システム正常性確認	8名×30時間	工務部 長瀬 健二
r 株式会社双葉	海中3Dマップ作成における、陸上部分の土 木測量および基準点、空間ID（ボクセル） の設定	4名×30時間	執行役員（事業計画） 目黒 章友
s 株式会社OKIコムエコース	海中3Dマップ作成における、水中スキャン測 定の実施	3名×20時間	技術部 植松 圭一
t アダムスキー株式会社	海中3Dマップ作成における、水中データと陸 上測量データとの合成	2名×40時間	代表取締役社長 須賀 直樹

ソリューションの実装・展開に向けた課題と対応策

a.効果検証 気象海象や季節、成長度合いなど複数の条件に対応するための情報収集と開発が必要。

	残課題	対応策	対応する団体名	対応時期
	無人運航 I シャドー運航における操船自動化の達成率 • 気象海象状況が及ぼす影響についての検証。 • 本実証では手動操作となった区間（離着陸）についての自動化。	無人運航 I シャドー運航における操船自動化の達成率 • 荒天時、早朝深夜等において給餌業務が実施できる範囲で一番厳しい運航条件を設定し、操船の自動運航を行い、達成率を検証する。 • コンソメンバー（尾鷲物産、ヤンマーHD）と協議を進め、段階的に自動化を目指す。	無人運航 I シャドー運航における操船自動化の達成率 • 尾鷲物産、ヤンマーHD、東京海洋大学、ZTV	無人運航 I シャドー運航における操船自動化の達成率 • 2024年以降継続的に実施 • 2024-26年の間に実施
実装に向けて	自動給餌 I 自動給餌システムによる業務量削減 • 給餌業務全般の自動化	自動給餌 I 自動給餌システムによる業務量削減 • 自動給餌において従業員が手動で給餌機の制御を行う必要があった業務の削減に向けたAI判定精度向上。餌の投入などの手動給餌業務部分についてコンソメンバー（尾鷲物産、アイエスイー）と協議を進め、段階的に自動化を目指す。	自動給餌 I 自動給餌システムによる業務量削減 • 尾鷲物産、鳥羽商船高専、アイエスイー、ZTV	自動給餌 I 自動給餌システムによる業務量削減 • 2024年以降継続的に実施

ソリューションの実装・展開に向けた課題と対応策

b.技術検証 完全無人業務に向けて、長期稼働と複雑な条件下での運用に取り組む

実装に向けて		残課題	対応策	対応する団体名	対応時期
		無人運航 Ⅰ 船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度 ・性能の向上と小型低廉化。安定した長期稼働。	無人運航 Ⅰ 船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度 ・性能の向上がコスト増や大型化とトレードされないデバイスの開発要望。海上での長期運用がデバイスにどの程度影響を及ぼすかを継続的に収集。	無人運航 Ⅰ 船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度 ・ヤンマーHD、東京海洋大学	無人運航 Ⅰ 船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度 ・2024年以降継続的に実施
		Ⅱ 陸上カメラによる湾内情報精度 ・障害物検知の省力化	Ⅱ 陸上カメラによる湾内情報精度 ・湾内の船舶が集中する状況での障害物検知が可能となるAI判定システムの開発と運用。	Ⅱ 陸上カメラによる湾内情報精度 ・ヤンマーHD、東京海洋大学	Ⅱ 陸上カメラによる湾内情報精度 ・2024年以降継続的に実施
		Ⅲ 海中3D地図正確性 ・継続的に危険把握を正確に行うための海中3D地図情報の維持	Ⅲ 海中3D地図正確性 ・定期的および震災等による海底の形状変化が想定される場合など条件ごとに情報アップデートの基準を作成する。また、アップデートに必要なリソースの検討を行う。	Ⅲ 海中3D地図正確性 ・尾鷲物産、東京海洋大学、水域環境情報基盤	Ⅲ 海中3D地図正確性 ・2027年頃（海底の形状変化が想定されるような災害が発生した場合には別途検討）
		Ⅳ 漁港と生け簀間の給餌船運航ルート の判定精度 ・複雑な条件での運航ルート判定	Ⅳ 漁港と生け簀間の給餌船運航ルートの判定精度 ・気象海象や早朝夜間および本実証とは異なる生け簀を目的地とするなど、複雑かつ複数の条件を用いたルートの作成を行い判定精度を向上させる。	Ⅳ 漁港と生け簀間の給餌船運航ルートの判定精度 ・尾鷲物産、ヤンマーHD、東京海洋大学	Ⅳ 漁港と生け簀間の給餌船運航ルートの判定精度 ・2024年以降継続的に実施
		Ⅴ シャドー運航における操船自動化の達成率 ・厳しい気象状況での検証。 ・停止判定の範囲を狭めて運用するための性能向上	Ⅴ シャドー運航における操船自動化の達成率 ・本実証期間中に発生しなかった気象海象や早朝夜間において給餌業務を実施可能な中で一番厳しい条件時の検証を行う。 ・湾内などの他船舶が多数存在する条件での動作検証を行う。カメラ、LiDARの必要な性能要件を確定する。	Ⅴ シャドー運航における操船自動化の達成率 ・尾鷲物産、ヤンマーHD、東京海洋大学	Ⅴ シャドー運航における操船自動化の達成率 ・2024年以降継続的に実施

ソリューションの実装・展開に向けた課題と対応策

b.技術検証 完全無人業務に向けて、長期稼働と複雑な条件下での運用に取り組む

残課題		対応策	対応する団体名	対応時期
実装に向けて	自動給餌 I AIによる画像判定システムの精度 ・ 季節、成長度合いによって高活性と判定される活性状況が異なる。	自動給餌 I AIによる画像判定システムの精度 ・ 年間を通じて季節、成長度合い毎の給餌映像を収集しAI判定精度の向上を図る。	自動給餌 I AIによる画像判定システムの精度 ・ 尾鷲物産、鳥羽商船高専	自動給餌 I AIによる画像判定システムの精度 ・ 2024年以降継続的に実施
	II 給餌機の制御 ・ 長期運用を想定した品質確保。 ・ 給餌量の調整をこれまで以上に柔軟（段階的な増減）に行う。	II 給餌機の制御 ・ 船舶に設置された機器を継続的に点検し、防水および防錆面での維持が可能かを判定。不足する場合は対応方法について検討を行う。 ・ AI判定結果から給餌量の増減が実施できるプログラムを開発し事業者からのフィードバックを反映性能向上を目指す。	II 給餌機の制御 ・ 尾鷲物産、アイエスイー	II 給餌機の制御 ・ 2024年以降継続的に実施 ・ 2024-26年の間に実施

ソリューションの実装・展開に向けた課題と対応策

c.運用検証 増加する業務量と費用の精査と外部委託の活用を検討

実装に向けて		残課題	対応策	対応する団体名	対応時期
		無人運航 Ⅰ 無人運航を想定した作業手順の確立 • 漁場、湾内ごとに異なるのルールへの最適化。 Ⅱ 無人運航により増加する業務量の算出 • 完全無人業務を想定した陸上からの支援業務内容の抽出。 • 長期安定運用のための体制構築。	無人運航 Ⅰ 無人運航を想定した作業手順の確立 • 漁場、湾内のルールなどによって運航や係留手順にも違いがあるため、地域の従事者や管理者へのヒアリングを行い、手順を修正していく。 Ⅱ 無人運航により増加する業務量の算出 • 離着桟、係留などが無人化される場合のシミュレーションを実施し、従事者へのヒアリングを行い増加する業務量の算出。 • 操船と給餌業務それぞれの監視担当者の専任、兼任時の業務負担を検証し必要人員を検討する。監視業務を外部委託することによる業務負荷軽減と増加コストについての検討を行う。	無人運航 Ⅰ 無人運航を想定した作業手順の確立 • 尾鷲物産、ヤンマーHD、東京海洋大学、ZTV Ⅱ 無人運航により増加する業務量の算出 • 尾鷲物産、ヤンマーHD、東京海洋大学、ZTV	無人運航 Ⅰ 無人運航を想定した作業手順の確立 • 2024年以降必要に応じて実施 Ⅱ 無人運航により増加する業務量の算出 • 2024-26年の間に実施
		自動給餌 Ⅰ 自動給餌により削減および増加する業務量の算出 • 完全無人業務を想定した陸上からの支援業務内容の抽出。 • 長期安定運用のための体制構築。	自動給餌 Ⅰ 自動給餌により削減および増加する業務量の算出 • 生け簀への係留、餌の補充などが無人化される場合のシミュレーションを実施し、従事者へのヒアリングを行い増加する業務量の算出。 • 操船と給餌業務それぞれの監視担当者の専任、兼任時の業務負担を検証し必要人員を検討する。監視業務を外部委託することによる業務負荷軽減と増加コストについての検討を行う。	自動給餌 Ⅰ 自動給餌により削減および増加する業務量の算出 • 尾鷲物産、アイエスイー、ZTV	自動給餌 Ⅰ 自動給餌により削減および増加する業務量の算出 • 2024-26年の間に実施

ソリューションの実装・展開に向けた課題と対応策

a.効果検証 完全無人化に向けて機器、ソフトウェアの性能向上、インフラの拡充、運用体制の整備が必要

	残課題	対応策	対応する団体名	対応時期
横展開に向けて	無人運航 I シャドー運航における操船自動化の達成率 完全無人化の達成。	無人運航 I シャドー運航における操船自動化の達成率 カメラ、センサ、海中 3Dマップの精度およびリアルタイム性の向上と、外部からの監視や制御を行うための通信インフラの拡充をすすめ、これらを安定的に運用するための体制整備も並行して行う。	無人運航 I シャドー運航における操船自動化の達成率 尾鷲物産、ヤンマーHD、ZTV	無人運航 I シャドー運航における操船自動化の達成率 2027年頃
	自動給餌 I 自動給餌システムによる業務量削減 完全無人化の達成。	自動給餌 I 自動給餌システムによる業務量削減 カメラ、センサ、海中 3Dマップの精度およびリアルタイム性の向上と、外部からの監視や制御を行うための通信インフラの拡充をすすめ、これらを安定的に運用するための体制整備も並行して行う。	自動給餌 I 自動給餌システムによる業務量削減 尾鷲物産、鳥羽商船高専、アイエスイー、ZTV	自動給餌 I 自動給餌システムによる業務量削減 2027年頃

ソリューションの実装・展開に向けた課題と対応策

b.技術検証 精度向上とコスト削減の両立が重要

残課題		対応策	対応する団体名	対応時期
横展開に向けて	無人運航 Ⅰ 船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度 ・ 精度のさらなる向上とコスト削減	無人運航 Ⅰ 船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度 ・ 一括購入などの条件を提示してサプライヤとの交渉を行い、性能コストの優れたデバイスの導入を進める。	無人運航 Ⅰ 船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度 ・ ヤンマーHD、東京海洋大学	無人運航 Ⅰ 船舶カメラ・LiDAR周辺情報精度 ・ 2024年以降継続的に実施
	Ⅱ 陸上カメラによる湾内情報精度 ・ 精度のさらなる向上とコスト削減	Ⅱ 陸上カメラによる湾内情報精度 ・ 一括購入などの条件を提示してサプライヤとの交渉を行い、性能コストの優れたデバイスの導入を進める。	Ⅱ 陸上カメラによる湾内情報精度 ・ ヤンマーHD、東京海洋大学	Ⅱ 陸上カメラによる湾内情報精度 ・ 2024年以降継続的に実施
	Ⅲ 海中3D地図正確性 ・ 正確性の確保と維持に必要なコストの削減	Ⅲ 海中3D地図正確性 ・ 高性能な設備とデータ処理アルゴリズムの改善によりデータ収集や解析にかかる時間を削減しリアルタイム性を高め正確性を維持する。当該養殖業以外での海中3Dマップ利用への展開を進め、コスト削減を目指す。	Ⅲ 海中3D地図正確性 ・ 尾鷲物産、東京海洋大学、水域環境情報基盤	Ⅲ 海中3D地図正確性 ・ 2027年頃（海底の形状変化が想定されるような災害が発生した場合には別途検討）
	Ⅳ 漁港と生け簀間の給餌船運航ルートの判定精度 ・ 精度のさらなる向上。	Ⅳ 漁港と生け簀間の給餌船運航ルートの判定精度 ・ カメラ、センサ、地図データのアップグレードによる情報精度の向上や、風速、海中温度等新しい気象海象データを追加することにより、これまで以上にリアルタイム性と精度の高い判定を目指す。	Ⅳ 漁港と生け簀間の給餌船運航ルートの判定精度 ・ 尾鷲物産、ヤンマーHD	Ⅳ 漁港と生け簀間の給餌船運航ルートの判定精度 ・ 2024年以降継続的に実施
	Ⅴ シャドー運航における操船自動化の達成率 ・ シャドーから完全無人化の達成。	Ⅴ シャドー運航における操船自動化の達成率 ・ カメラ、センサ、海中3Dマップの精度およびリアルタイム性の向上と、外部からの監視や制御を行うための通信インフラの拡充をすすめ、これらを安定的に運用するための体制整備も並行して行う。	Ⅴ シャドー運航における操船自動化の達成率 ・ 尾鷲物産、ヤンマーHD	Ⅴ シャドー運航における操船自動化の達成率 ・ 2024年以降継続的に実施

ソリューションの実装・展開に向けた課題と対応策

b.技術検証 精度向上とコスト削減の両立が重要

残課題		対応策	対応する団体名	対応時期
横展開に向けて	自動給餌 I AIによる画像判定システムの精度 • 精度向上と追加識別器作成における時間とコストの削減	自動給餌 I AIによる画像判定システムの精度 • エリア、条件ごとに給餌データの収集を稚魚から出荷までの期間に継続的に実施することで、複数条件での識別器が作成できる。これを他地域における給餌判定システムのベースとすることで、識別器作成にかかる時間とコストの削減につなげる。	自動給餌 I AIによる画像判定システムの精度 • 尾鷲物産、鳥羽商船高専	自動給餌 I AIによる画像判定システムの精度 • 2026年までにベースとなる識別器を構築。随時アップデートを行う。
	II 給餌機の制御 • 精度向上と柔軟な給餌量調整の対応。 • 運用維持費用の削減。	II 給餌機の制御 • 従事者へのヒアリングを行い、船舶ごとに異なる給餌船の給餌量制御をカスタマイズする。IoTデバイスを活用して収集した餌の消費量データを解析し効率的な給餌機の稼働を達成する。	II 給餌機の制御 • 尾鷲物産、アイエスイー	II 給餌機の制御 • 横展開先確定後個別に実施

ソリューションの実装・展開に向けた課題と対応策

c.運用検証 事業者ヒアリングによる優先順位決めと外部委託による負荷軽減の検討

	残課題	対応策	対応する団体名	対応時期
横展開に向けて	無人運航 I 無人運航を想定した作業手順の確立 - 手動業務からの移行に必要となる作業手順作成業務量の削減。 II 無人運航により増加する業務量の算出 - 事業者ごとに取り組む業務が異なるため、個別にヒアリングと対応が必要。	無人運航 I 無人運航を想定した作業手順の確立 - 実装までに作成した作業手順をテンプレート化し、事業者ごとにヒアリングを行い、フィードバックを取り入れて手順書作成を行う。 II 無人運航により増加する業務量の算出 - 業務手順を明確にして無人化による削減効果の高い業務とそれ以外を選別し事業者へのヒアリングを行い優先順位を決める。優先順位の高い削減可能な業務量と、逆に増加する業務量を検討する。 - 監視および遠隔制御を外部委託することで専属の担当者を選任する必要がなくなり、運用負荷の軽減につながる体制を構築する。	無人運航 I 無人運航を想定した作業手順の確立 - 尾鷲物産、ヤンマーHD、東京海洋大学、ZTV II 無人運航により増加する業務量の算出 - 尾鷲物産、ヤンマーHD、東京海洋大学、ZTV	無人運航 I 無人運航を想定した作業手順の確立 2026年までにテンプレートを構築。随時アップデートを行う。 II 無人運航により増加する業務量の算出 - 横展開先確定後個別に実施 - 外部委託体制を2027年頃までに構築
	自動給餌 I 自動給餌により削減および増加する業務量の算出 事業者ごとに取り組む業務が異なるため、個別にヒアリングと対応が必要。	自動給餌 I 自動給餌により削減および増加する業務量の算出 - 業務手順を明確にして無人化による削減効果の高い業務とそれ以外を選別し事業者へのヒアリングを行い優先順位を決める。優先順位の高い削減可能な業務量と、逆に増加する業務量を検討する。 - 監視および遠隔制御を外部委託することで専属の担当者を選任する必要がなくなり、運用負荷の軽減につながる体制を構築する。	自動給餌 I 自動給餌により削減および増加する業務量の算出 尾鷲物産、アイエスイー、ZTV	自動給餌 I 自動給餌により削減および増加する業務量の算出 - 横展開先確定後個別に実施 - 外部委託体制を2027年頃までに構築

1 実装計画・スケジュール

a.実装に向けた具体的計画

2023	2024~2030	2031~
本実証	実装	横展開
給餌船に見立てた実証船による無人運航（本実証では操船者が乗船するシャドー運航）を行い、給餌業務従事者および実証フィールドを管轄する海上保安庁、漁業協同組合による無人運航の本格実装に向けた条件を策定。 - 無人運航による安全性確保および事故等インシデント発生時の対応手順 - 季節要因等による環境変化への対応確認 自動給餌システムによる業務負担の削減がユーザの期待値に達しているかを確認し、本格実装への判定を行う。 - 実装に向けて、長期稼働に対応する設備の選定と維持運用に必要となる保守体制の確立	2024-26（自動給餌） - 複数条件での正確な給餌判定を行うためのAI 学習の強化・識別器の追加。 - 給餌機から送出される餌の量を段階的増減させるための機能を実装。 - 餌補充等自動化機能を構築。 2024-26（自動操船） - 湾内など他船との距離が近くなる環境における障害物検知・停止精度を向上。 - 岸壁、生け簀への離着桟と係留の自動化機能を実装。 2027（自動給餌・自動操船） - 給餌の操船両方に対応した無人給餌船構築 - 監視・運用体制構築 2028（自動給餌・自動操船） - シャドー運航による無人業務開始 2024-30（STCW条約） - JSTRA：ガイドラインのupdate・技術調査 結果をIMOに提案 - IMO：MASS Code審議（'25）/採択（'26）/発効（'28） - STCW条約：MASS Codeの確定を受けて改定の検討 2026（ローカル5G制度） - 制度改定（見込み）/商用免許取得/電波発射	老朽化した給餌船の更新に合わせて無人給餌対応船への切替を推進する。 - 事業者への負担が増加しないよう、費用対効果から、給餌船切替のタイミングを柔軟に調整。 - 他地域の事業者にも無人給餌対応船の視察や体験を通じて導入への促進を図る。ローカル5G設備の低廉化が進展することで試験的な導入についてのハードルが下がると想定。

STCW条約：船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約

JSTRA：日本船舶技術研究協会

IMO：国際海事機関

MASS Code：自動運航船の国際規則



① 実装計画・スケジュール

b.実装の体制

団体名	役割	リソース
a 株式会社ZTV	プロジェクトの全体管理	12名
b 尾鷲物産株式会社	実証漁場の提供 給餌作業先頭の機材の提供	3名
c シンクレイヤ株式会社	ネットワーク構築における品質確認 全体SI 報告書作成支援	9名
d 鳥羽商船高等専門学校	自動給餌のAI開発 報告書作成支援	4名
e 株式会社アイエスイー	給餌システム・成育管理システム構築 および給餌船への設置・運用サポート	7名
f パナソニックコネクト株式会社	ローカル5G環境の安定稼働運用支援	8名

1 実装計画・スケジュール

b.実装の体制

団体名	役割	リソース
g 東京海洋大学	船舶映像の遠隔確認による業務支 自動操船に必要となるデータの収集と解析 法規制対応に関する検討	5名
h 水域環境情報基盤株式会社	海中3Dマップの作成	3名
i ヤンマーホールディングス 株式会社	自動操船に係るノウハウの提供 自動操船システムの構築・検証	10名
j ヤンマーマリンインターナショナル アジア株式会社	自動操船に係るノウハウの提供 実証用船舶の提供	8名
k 三重県	プロジェクト支援	2名

① 実装計画・スケジュール

b.実装の体制

団体名	役割	リソース
① 日本ケーブルテレビ連盟	プロジェクト支援	2名
② ニチモウ株式会社	ローカル5G活用モデル導入推進への取組み 養殖事業者・漁業協同組合への提案・販売	5名
③ 株式会社百五銀行	プロジェクト支援	1名
④ 株式会社百五総合研究所	プロジェクト支援 実装横展開に係るアドバイザー	9名
⑤ 住友商事株式会社	プロジェクトマネジメントサポート	2名

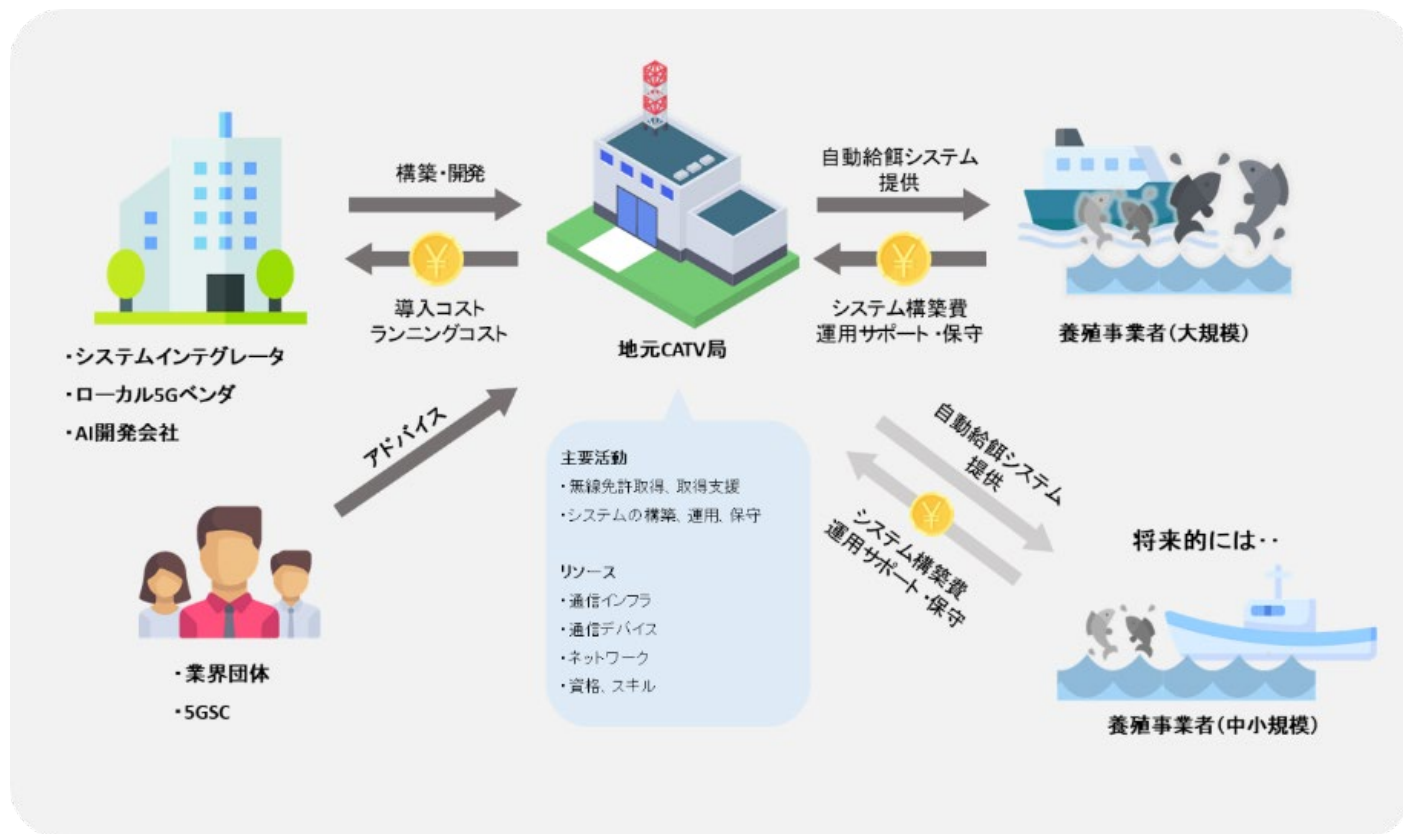
1 実装計画・スケジュール

b. 実装の体制

団体名	役割	リソース
q ケーブルシステム建設株式会社	ローカル5G基地局設置 実証船舶への機器設置 システム正常性確認	8名
r 株式会社双葉	海中 3Dマップ作成における、陸上部分の土木測量および 基準点、空間ID（ボクセル）の設定	4名
s 株式会社OKIコムエコース	海中 3Dマップ作成における、水中スキャン測定の実施	3名
t アダムスキー株式会社	海中 3Dマップ作成における、水中データと陸上測量データ との合成	2名

① 実装計画・スケジュール

c.ビジネスモデル



概要

課題を持つブリ養殖事業者に対し、その地域でサービス提供を行う地元CATV事業者がローカル5G免許取得をし、無人給餌業務ソリューションを提供。

収益化モデル

ターゲット：大規模ブリ養殖事業者

単価：

基地局 600万円/基地局/年

自動給餌システム 2,000万円/年 + 300万/隻/年

顧客数：2（尾鷲物産他）

③ 他地域への横展開の方策

対象 (地域・業界団体等)	現在の検討状況	今後の取組予定	効果の見立て
実証参加企業である尾鷲物産の 関連企業（愛媛県）	尾鷲物産を通じて担当者に概要 を説明予定	実証開始後に現地視察等の開催 を検討	ソリューションの共同利用によるコスト 低減が見込める。 関連企業としての強みを生かして 情報共有、運用支援を行うことで 早期の効果が期待できる。
ブリ養殖事業者（三重県内）	－	漁業協同組合を通じて事業者へ の案内を依頼	ソリューションの共同利用によるコスト 低減が見込める。 近接エリアであればローカル5G設 備の共同利用も可能となり、運用 コストの低減が見込める。
ブリ養殖事業者（全国エリア）	－	コンソーシアムメンバーから全国の 事業者への紹介を検討	ソリューションの共同利用によるコスト 低減が見込める。

4 普及啓発活動

取組概要	現在の検討状況	今後の取組予定	効果の見立て
実証視察会・見学会	実証取り組みを総務省他関係省庁および各種団体向けに現地で開催を検討	1月の実施を予定 必要に応じて複数回の開催も検討	最新の取組について周知できること で、将来的なシステムの導入への 機会が生まれる。専門家や事業 者からのフィードバックを得られること で、システムの改善につながる。
日本ケーブルテレビ連盟による CATV事業者向け説明会	－	連盟所属のCATV事業者向けに取 組みの説明を行う。（時期未 定）	実証フィールドと同様の事業者が 所在するエリアへの展開に向けて 情報発信が可能となる。
イベント、セミナー、学会等への参 加および情報発信	－	コンソーシアム各社が所属する団 体等を通じてイベント、セミナー等 での情報発信を行う。（随時）	イベント、セミナー参加者からの問 い合わせが期待できる。
テレビ、新聞社等メディア向け情報 発信	三重県内のメディアおよび関連企 業向けにプレスリリースの発信を計 画。	総務省公表後、実証開始等適宜 発信。	メディアに取り上げられることで広域 に取り組みが周知でき、認知度の 向上が期待できる。

1 実証視察会

実施概要

日時：2024年2月9日(金)12時00分～16時00分

場所：尾鷲商工会議所、尾鷲物産(株)行野浦事業所 および 尾鷲湾内

アジェンダ：

- ・本実証の概要説明
- ・現地視察
- ・質疑応答

参加者

総務省、東海総合通信局、ボストン・コンサルティング・グループ合同会社
(株)ZTV、尾鷲物産(株)、シンクレイヤ(株)、鳥羽商船高等専門学校、(株)アイエスイー、
パナソニックコネクト(株)、東京海洋大学、水域環境情報基盤(株)、ヤンマーホールディングス(株)、
ヤンマーマリンインターナショナルアジア(株)、三重県、ケーブルシステム建設(株)、(株)双葉、アダムス
キー(株)



1 実証視察会

質疑応答

BCG 尾鷲物産のような先進的な取り組みに取り組む漁業事業者は中小企業では少なく、投資体力も限られてくると考えられるが、実装するにあたっての長期的な観点から、どういった事業者をターゲットに展開していくのかの考えを聞きたい。

ZTV まずは尾鷲物産が先進的な取り組みを実施し、本システム自体の知名度や有用性が広がることを期待。また尾鷲物産の関連事業者など繋がりのある所からアプローチしつつ、比較的規模の大きい事業者をターゲットとして考えている。広く普及することで、全体的なコスト削減や設備の共用なども可能となると考えている。

海洋大 生け簀の監視と船の運航の2つを実施していたが、どちらも合わせて何隻の船を同時に運航できる想定か。

シクレイ 一つのカメラ当たり、8Mbps程度のストリーム。また、今年度実証ではL5Gのアップリンクの割合を増やし、100Mbps程度のULが可能。同時にどれくらいを動かせられるかは実証の確認が必要。

海洋大 とりあえず、一隻は十分か。

シクレイ 一隻は十分。ロケーションによっては基地局を増やしたり、ULとDLの割合を自由に変えられるL5Gの特性を活用したりと、使用感に応じて対応する想定。

総務省 「今後の課題」について、本システムを利用する側の目線(ユーザー企業)として、見えてきた課題があれば教えてほしい。

尾鷲物産 使用感としては、改善点はまだまだ多い。ハード面に関しては問題なく給餌はできているが、AI給餌という点では、製品といえるレベルには至っていない。自動運転に関しては、事前にGPSでプロットしたルートを走らせることはできるが、波や風の影響を十分に考慮できていないためまだ改善の余地あり。ただ、この短い期間でここまで進んでいるのは素晴らしいことだと考える。

総務省 「ルールや制度の改定への働きかけ」について、現在国交省にあるガイドラインでは自動航行への制限があるかと思うが、ルール改定に向けた実際の動きはあるのか。

YHD 操船に関しては、国土交通省海事局と連携して、法改正にむけた取り組みを進めている。現状の枠組みの中でどう取組を行うかという観点と、法改正の観点の両面から検討を実施。

1 実証視察会

質疑応答

総務省 本システムの導入で課題が解決されたとき、どの程度の利益が出る想定なのか。

ZTV 具体的な金額ではないが、本システムで削減できるコストは人件費であり、船舶1隻あたり3名の削減効果があると仮定すれば、隻数×数百万というような規模での経済効果が出てくると考える。設備投資も必要にはなるため、コスト削減を実現するためには1隻で終わるのではなく複数隻、最終的にはすべてを変えることで確実な利益が考えられる。

総務省 何隻を自動化すればペイする、といった具体的な数字はわかっているか。

ZTV 実施計画の段階で想定試算はしているが、現時点での具体的な数字を出すためには改めての見直しが必要となるため、この場での回答は控えたい。

アダムス 横展開にむけて海上保安庁へのアプローチを行うとあったが、具体的にはどういったアプローチになるのか。

ZTV 本実証についての説明を実施済み。また、ヤンマーHDからも海上保安庁との連携を進めている。

YHD 海上保安庁、国交省海事局とやり取りをしている。無人艇の運航を実際に行っていくためには法整備の観点と、船の設計の観点との両面がある。具体的に話を詰めていき、メーカーとしてやるべきところ是对応しつつ、法整備は対応いただいている。尾鷲の海域を管轄しているのが第五管区。そことの連携を実施。海上保安庁本庁には付き合いのある方がいるためその人を中心に話をしている。

総務省 鳥羽商船高専が参画し、地域の産業の課題解決をしている点に感心した。この取り組みで苦労した点や今後の改善点があればぜひ鳥羽商船から話を聞きたい。

鳥羽商船 我々は学校であるため、教育の観点から取り組みがスタートする。今日出た質問で言えば、光の具合はどうするか、雨の場合はどうするかといった課題が発生するため、学生が研究の中でそういった課題の解決を目指して開発を行っている。地元との結びつきについて、鳥羽商船は三重県の南部にあり、農林水産業や観光業が地域の産業を支えている。そういった産業が抱える課題をテクノロジーでどうやって解決できるかについて考えている。工場・プラントなどではAIが活躍しているが、漁業に対しては何ができるのかといった観点で様々な研究を行っており、本案件もその中の一つ。地元の課題に目を向ける教育をしながら、学生が主体的に取り組む姿勢がはぐくまれ、テクノロジーが開発されていくという活動。

1 実証視察会

質疑応答

総務省 (コメント)

様々な視察を行う上で最も感じた課題点が「実証から実装への橋渡し」。L5Gに限らず、実証をして「良いプロダクト」ができた後にどう社会実装していくか。どうすれば社会実装を支援できるのかを考えている。

政府としては、岸田内閣「デジタル田園都市国家構想」でデジタルを活用した地域活性化に力を入れている。総務省としても、地域DXという名の下で取り組みを進めている。また、ローカル5G開発実証の流れを汲んで「地域デジタル基盤活用推進事業」を実施している。

その中で、本案件のユニークなところがたくさんあると感じた。

一つは、ZTVがイニシアチブをとっている点。東京などの大企業が地方で実証を行うケースが多くあるという課題があるが、地域に密着した企業がイニシアチブをとっている点はユニークであると感じた。

また、座組についても、非常にたくさんの企業が参画しており、高専の学生など若い方々を巻き込んでやっている点もユニークだと感じた。

課題解決をして効果が出るところも地場産業・地域企業であり、総務省としても応援したいと考えている。

本案件は財務省へも「こういった案件をさらに増やしたい」と紹介をしており、次年度は1.5倍～2倍程度の予算を取得。

本日の視察会も学びが多く実りのある視察会であったと感じた。

昨年12月から「活力ある地域社会の実現に向けた情報通信基盤とその利活用に関する懇談会」を立ち上げ、さらに地域DXに貢献していき、L5G含むインフラ部分の普及や、人材育成について、連携体制をどう作るか、自走に向けてなどについて検討を進めている。ぜひこういった検討の場でも本案件のような内容もピックアップしたい。

L5Gについてはコストの課題が大きい。湾内で自動操船だけのために使っていないなかなかペイしない。地域での共同利用でコスト削減に寄与できるのではないかと考えている。

東海総通 ZTVではL5G共同利用を全国に先駆けて活用されており安心している。また、L5Gの地域利活用、普及促進にも尽力してもらっており感謝している。

本案件についても、L5Gの高速・低遅延・大容量を生かし切った素晴らしい実証実験だったと感じている。今後の実用化に向けては、自動走行船で自動的に給餌をするといったビジネスモデルが考えられるが、商用局の海上利用は制度上のハードルがある。また、冗長化については先ほどの説明でL5G以外の通信インフラも活用と話が合ったがどのように考えられているのかを聞きたい。

ZTV 冗長については、今のL5Gは現状の無線通信インフラとしては最も優れていると考えている。そんなL5Gと肩を並べるシステムとなるとなかなか難しいが、コスト面から言えばWi-Fi。今回の湾内という環境であれば、エリアが限られるためそのエリア内オフロードすることも考えられる。

現状ではL5Gのリッチな使い方を目的として大容量の映像を通信しているが、そういったデータは別の通信インフラに載せて、L5Gでは低遅延・多接続といった別のメリットを得るといったことも考えられる。

引き続き情報収集を行っていきたい。

東海総通 実用局での海上利用の制度化等の案件については、みなさんのご意見も踏まえて本省との連携をとって検討していく。