

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

---

成果報告書概要版

令和5年3月

株式会社ZTV

---

## 実証概要

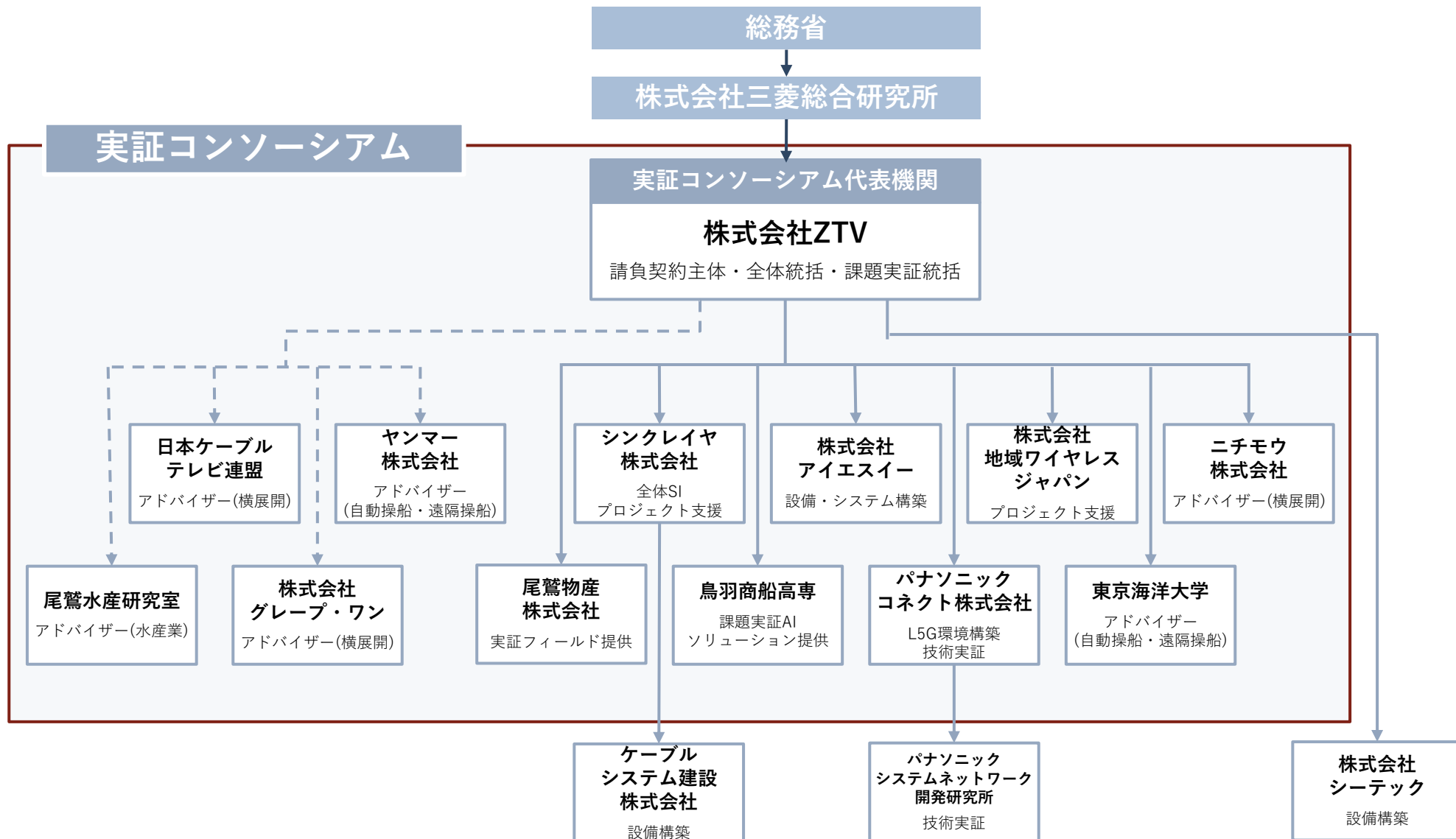
---

# 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

<b>実施体制</b> <small>(下線：代表機関)</small>	(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スト(株)、(株)地域ワイヤレスジャパン、東京海洋大学、ヤンマーホールディングス(株)、三重県、(一社)日本ケーブルテレビ連盟、ニチモウ(株)、(株)グレープ・ワン	<b>実施地域</b>	三重県尾鷲市 (尾鷲湾内 プリ養殖生け簀)
<b>実証概要</b>	プリ養殖を始めとする海面養殖業においては、一人当たりの産出額は増加傾向にある一方、病気や自然災害等のリスク対策、餌代や人件費の高騰及び少子高齢化による人材不足などの課題が存在。 ▶ 海上に位置するブリ養殖生け簀にローカル5G環境を構築し、4K映像を活用した陸上からの船舶操作支援、AI判定による遠隔自動給餌及び魚体サイズ・海洋データ等の一元化による成育管理に関する実証を実施。 ▶ 給餌作業の自動化による労働力不足解消を通じた、ブリ養殖の漁獲量向上、競争力強化、安全性向上を実現。		
<b>主な成果</b>	▶ <b>AIによる活性状況判定精度は99%以上、遠隔給餌機制御は100%</b> を達成し、給餌業務を行うベテラン従業員と遜色のないレベルでの停止処理が可能となったことで新人など経験の浅い従業員であっても不要な給餌を削減できるようになる。コスト削減、労働負荷軽減、海洋の汚染防止が期待できる。 ▶ 海洋データ等一元管理により <b>給餌データ管理業務の効率化や給餌や投薬の実施判定に寄与</b> できることを確認。		
<b>技術実証</b>	▶ 海上における潮位変動による基地局アンテナと移動端末との相対的な高さの変化に着目した電波伝搬モデルの精緻化や、湾対岸への電波漏洩についてアンテナチルト角度の調整による電波漏洩軽減評価を実施する。 ▶ 周波数：4.8-4.9GHz帯（100MHz） 構成：SA方式 利用環境：屋外		
<b>主な成果</b>	▶ <b>海上では自由空間伝搬/2波モデル(ブレイクポイント距離)が測定と合致</b> 、潮位1m上昇でエリア端が300m程変動することを確認。 ▶ 尾鷲湾をまたいで基地局から対岸陸上への電波漏洩を、海面反射影響あるも、 <b>アンテナチルト角調整(2→5度)で軽減</b> できることを確認。		
<b>今後の展開</b>	本実証成果の実装に向けては、自動給餌システムのブラッシュアップ（AI判定精度の向上）、提供コストの低減についての検討が必要。令和5年度は実証フィールドでの継続したAI判定用データの収集と解析を実施し、 <b>令和6年度以降、横展開として尾鷲物産のグループ会社等のブリ養殖事業者に向けた展開を検討</b> 。		



# 実施体制



---

## 実証環境

---

# 実証環境の概要

## 実証フィールド

### 実施場所

- 三重県尾鷲市内  
尾鷲物産(株)所有のブリ生け簀周辺

### フィールド 選定理由

- 湾が斜面(山)に囲まれており、海上から斜面に向けた電波伝搬の検証が可能。
- 基地局1局で複数の養殖生け簀をカバー可能。
- (株)ZTVの所有する既存の局舎、光ファイバを流用でき安価に環境構築が可能。



尾鷲湾内 給餌船とブリ養殖生け簀



給餌船



実装した自動給餌機

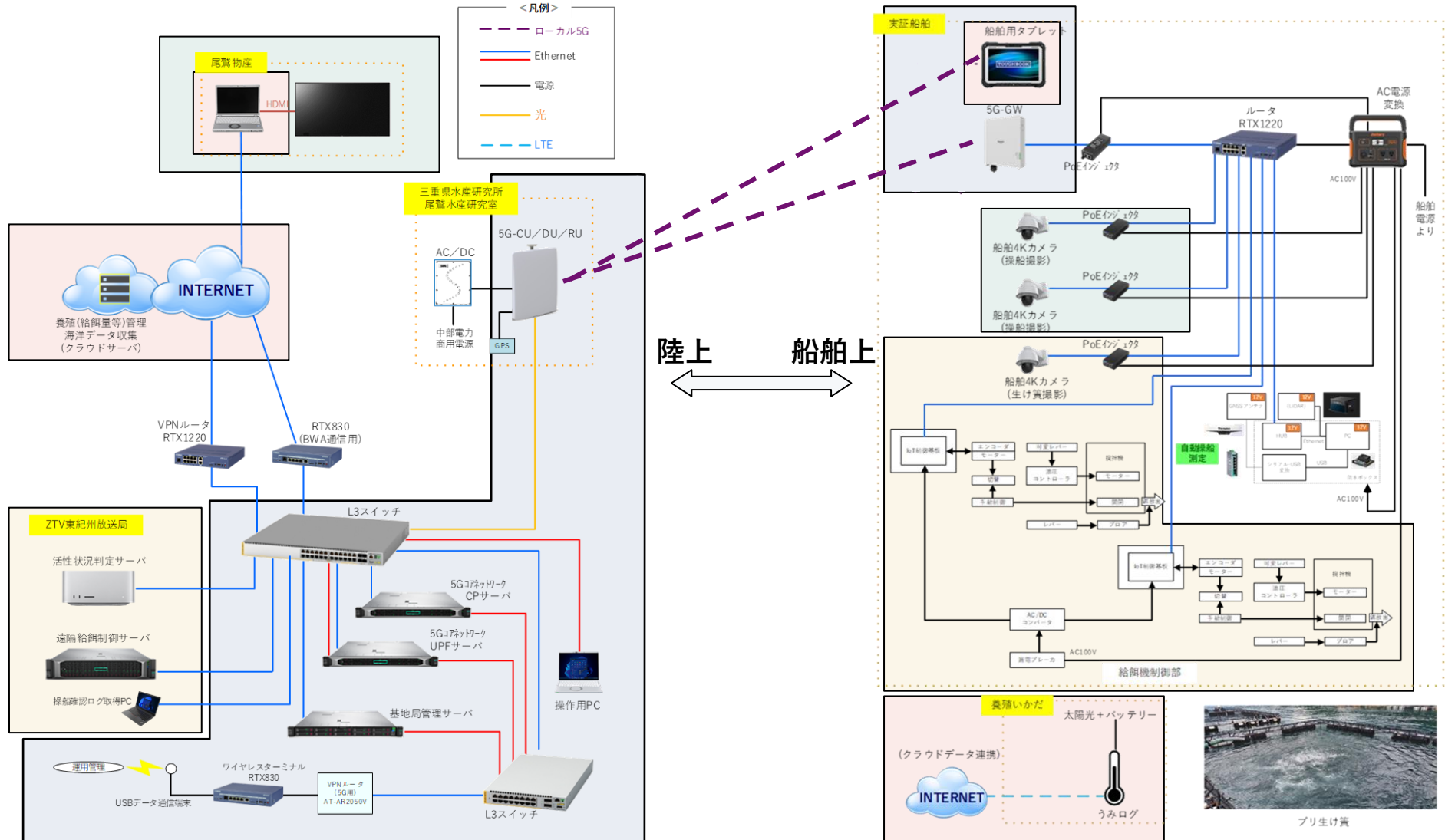
# ネットワーク・システム構成図

青 L5Gシステム

黄 給餌自動化システム

赤 海洋データ取得および  
養殖管理システム

緑 操船確認システム



# ネットワーク・システム構成

## 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台	Airspan Networks Ltd.	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台	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台	パナソニック コネク	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および閉域網との通信回線網。
	操作端末	1台	パナソニック コネク	操作作用端(Windows)。 基地局等の管理操作作用端。
	L3SW	2台	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台	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台	パナソニック コネク	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。

## 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

## 海洋データ取得および養殖管理システム構成

項目	装置名	数量	設置形 態	調達先	機能
海洋データ 取得	うみろ ぐ	2	固定	アイエス イー	3層水温、溶存酸素 データの取得およ び 水中画像の取得
クラウドサー バ	-	-	クラ ウド	アイエス イー	養殖(給餌量等)管理 海洋データ収集
尾鷲物産 ノートPC	Let'sn ote	1	固定	Panasonic	事務所内での取得 データの閲覧
船舶用 タブレット	TOUG H BOOK	2	可搬	パナソニッ クコネク	船舶上や出先にお ける取得データの 閲覧

## 操船確認システム

項目	装置名	数量	調達先	機能
4Kカメラ	P3248-LVE Network Camera	2	AXIS	操船確認撮 影
尾鷲物産 ノートPC	Let'snote	1	Panasonic	操船確認用
尾鷲物産	55インチレ ビ	1	Panasonic	操船確認用 液晶テレビ



# システム機能・性能・要件

## ローカル5G無線区間に必要な通信性能

項番	送信データ	送信元	送信先	用途	通信性能		フレームレート	伝送遅延
					UL	DL		
1	4Kカメラ映像	生け簀撮影用 4Kカメラ	遠隔給餌制御サーバ	給餌活性判別	15Mbps	－	10fps以上	1秒 以下
2	4Kカメラ映像	操船確認用 4Kカメラ	尾鷲物産PC	操船確認	15Mbps	－	10fps以上	1秒 以下
3	4Kカメラ映像	操船確認用 4Kカメラ	尾鷲物産PC	操船確認	15Mbps	－	10fps以上	1秒 以下
4	海洋データ 給餌量等	養殖(給餌量)管理、海洋 データ収集(クラウド)	タブレット	海洋データ 給餌量管理	1Mbps	5Mbps		1秒 以下
5	給餌機制御情報	遠隔給餌制御サーバ	給餌機制御システム	給餌機制御	－	1Mbps	－	1秒 以下
<b>合計</b>					16Mbps	6Mbps		

※商用化時には湾内に5隻程度の給餌船が同時に稼働するため、単体運用の5倍程度のトラフィックが発生することが想定されます。  
 ※本実証では画質、フレームレート等の変更によるAI判定や自動操船への影響度合いを測定し、実運用時の適正なパラメータについても検証します。

---

## ローカル 5 G の電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証）

---

# 技術実証テーマ I \_ 電波伝搬モデルの精緻化

## 背景となる技術的課題

漁業海上でのローカル5G活用において、海岸設置する基地局からの電波伝搬は、陸上と異なり遮蔽物が少なく自由空間に近く、現行算出式の伝搬損失計算値との差異大と考えられる。また潮位変動により、電波伝搬距離が変動する可能性あり。潮の満ち引き(潮位変動)に伴う相対的な高さ変化の影響を考慮して、海上におけるローカル5G電波伝搬特性等の詳細なデータを取得することを技術的課題としました。

## 実証目標

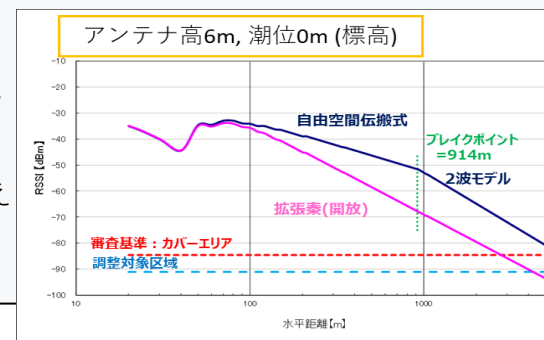
新たな利用環境となる海上でのローカル5Gエリア設計に寄与すべく、海上を船で直線上移動して測定実施し、自由空間伝搬モデルと2波モデル(ブレイクポイント距離)の計算値と比較検証し、海上における算出式を導出します。あわせて潮位変動の影響を確認します。

精緻化では現行パラメータを対象とせず、現行エリア算出法にも特定の距離区間で適用される、自由空間伝搬モデルをベースとし、基地局のアンテナ高さ(空中線高)と端末高さから導かれる2波モデルのブレイクポイントを距離閾値とする、仮説算出モデルの提案を目標とします。

## 実証仮説

海上では遮蔽物が少なく平坦のため、自由空間伝搬と2波モデル(ブレイクポイント距離)に近似する仮説とします。

基地局アンテナ高が10m以下(今回地上高6m)では、現行算出式(開放地)での伝搬損失計算値と差異が大きくなり(15-20dB)ます。エリア端が150m程変動すると考えられ、有意に実測できます。



## 評価・検証方法

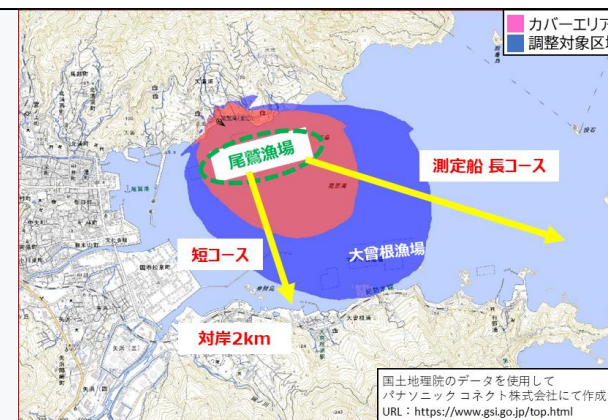
電波法関係審査基準の算出法および仮説算出法に基づき、カバーエリア/調整区域のエリア図を作成、尾鷲湾海上を船で航行してエリアスタで受信電力 (SS-RSRP) を測定します。

### ①長コース

- ・基地局から方位110° 方向へ約6ノットで航行し、測定限界点までを連続的に受信電力測定。
- ・復路は同コース途中20地点で停止し、各地点で1000サンプル以上の受信電力測定。

### ②短コース

- ・基地局から方位162° 方向へ約6ノットで航行し、対岸付近航行可能点まで連続的に受信電力測定。
- ・復路は同一コース途中地点で停止し、各地点で1000サンプル以上の受信電力測定。



# 技術実証テーマ I \_ 電波伝搬モデルの精緻化

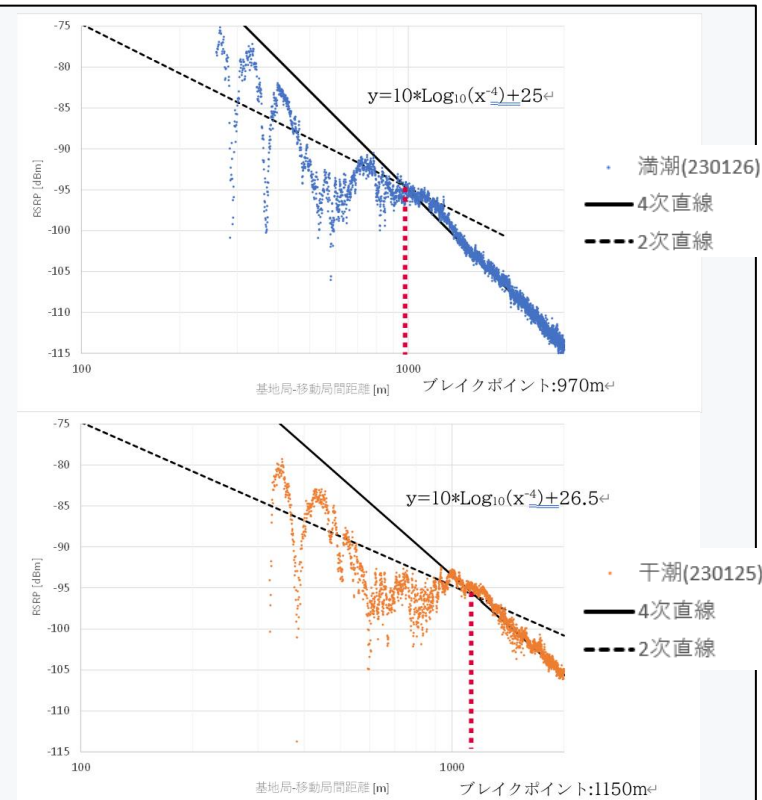
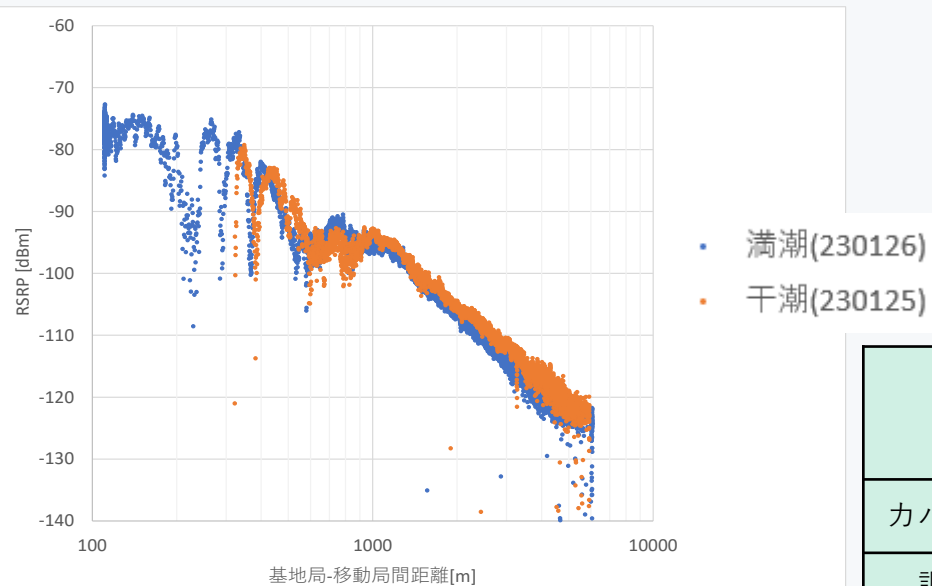
## 実証結果

満潮時と干潮時に、海上航行して測定した受信電力(RSRP) 対 基地局-移動局間距離の結果を示します。図に示すように満潮時と干潮時とも2波モデルの特徴(ブレイクポイント以内では2次の減衰、以遠では4次の減衰)を示しています。また、ブレイクポイントは満潮時⇒干潮時で180m後退することが認められ、ブレイクポイント以遠の受信電力が満潮時に対して干潮時に約1.5dB上昇しています。また潮位変動によりカバーエリア端が約300m変動することを示しています。

[ブレイクポイント以遠モデル式] x:距離[m], y:受信電力RSRP[dBm]

満潮時： $y = 10 * \text{Log}_{10}(x^{-4}) + 25$

干潮時： $y = 10 * \text{Log}_{10}(x^{-4}) + 26.5$



	満潮時 (潮位155cm)	干潮時 (潮位62cm)	端差分
カバーエリア端	3100 m	3400 m	300 m
調整区域端	4500 m	4900 m	400 m

# 技術実証テーマII\_エリア構築の柔軟化 (1/2)

柔軟化の対象：■不感地対策 他者土地への電波漏洩軽減

解決方策 ■反射板 ■中継器 ■DAS ■LCX その他

エリア構築の課題  
技術的課題

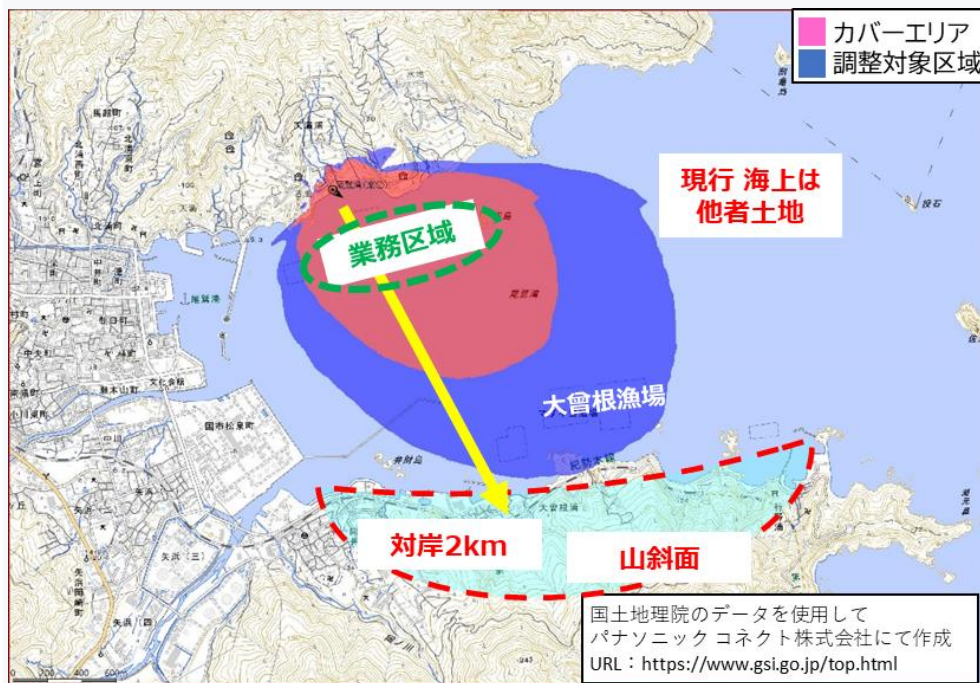
新たな利用環境となる海上(業務区域)では遮蔽物が少なく平坦で電波伝搬の見通し広くて、その地理的特性から中継器や電波反射・遮蔽板などを設置するエリアの柔軟構築には制限が多い中、対岸陸上(他者土地)への電波漏洩を軽減することを課題としました。

上記課題の  
解決方策

海上でのカバーエリアを確保しつつ、海面反射等の影響ある山斜面を含む対岸陸上へ、基地局アンテナのチルト角調整により電波漏洩を軽減します。

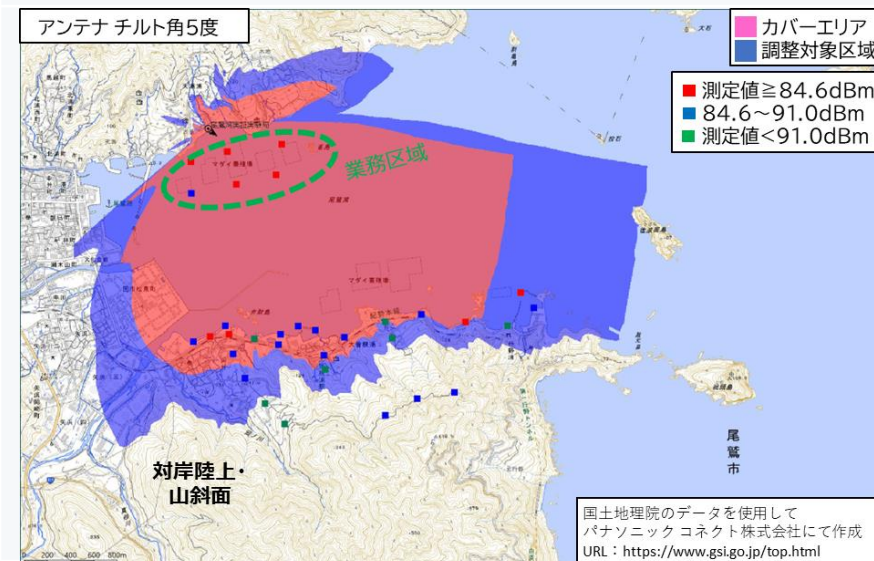
業務区域、カバーエリア、調整対象区域、自己土地、他者土地

〔業務区域図、カバーエリア図、調整対象区域図、自己土地図、他者土地図〕



エリア構築のシミュレーション

方法：自由空間伝搬+2波モデル (ブレイクポイント距離以降 4次減衰) および、レイトレース(イメージング法)で海面反射影響確認を追加



評価：〔実用性、優れる点、留意点等〕

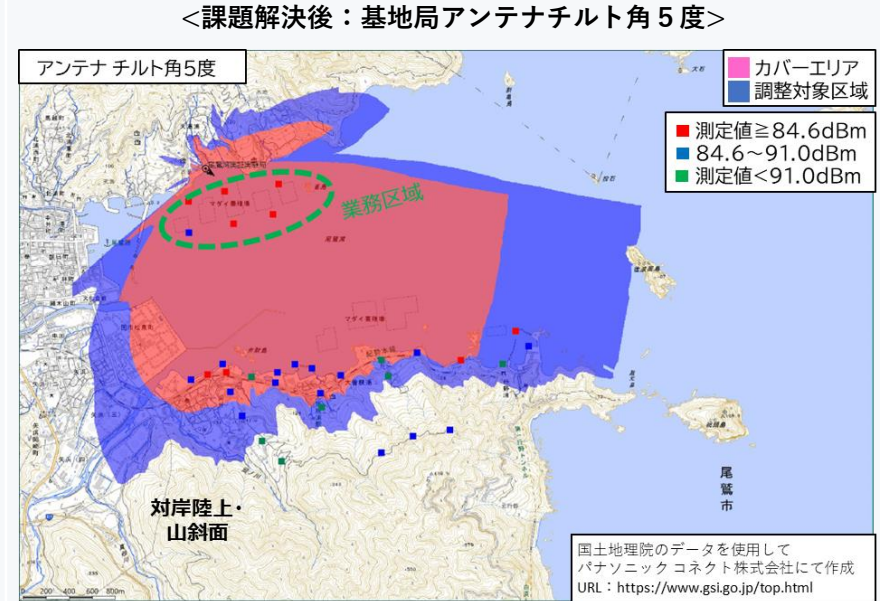
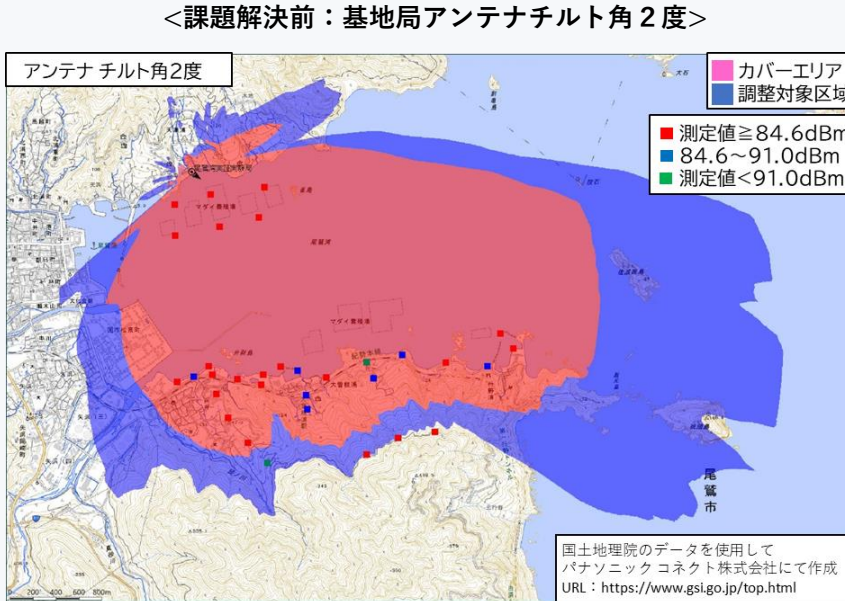
海上では測定値の方が伝搬距離が遠い、対岸陸上では測定値の方が近い。海面反射を考慮したレイトレースの計算値は、測定値と比較的合う。

# 技術実証テーマII\_エリア構築の柔軟化 (2/2)

柔軟化の対象：■不感地対策 他者土地への電波漏洩軽減

解決方策 ■反射板 ■中継器 ■DAS ■LCX その他

## 実証結果



## 実証の成果

- ・得られた知見
- ・課題解決への貢献
- ・シミュレーション精度向上への貢献
- ・さらなる課題の提案

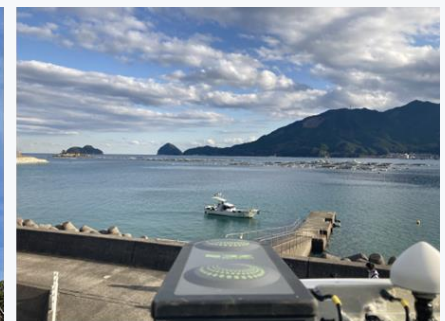
実証実験の結果、基地局アンテナのチルト角を調整することによって、受信電力を制御し、カバーエリア・調整区域の範囲調整が可能であることが示されました。具体的にはアンテナチルト角を $2^{\circ} \Rightarrow 5^{\circ}$ とすることで、カバーエリア内のスループット (UL:8.6Mbps以上、DL:29.3Mbps以上)を確保した上で、調整区域の受信電力 (RSRP)を、ほぼ全地点域で減少 (1.3~11.5dB)させることができています。よって、エリア構築の柔軟性向上に向けて本手法は有効であると考えます。

また、エリア構築においては、受信電力強度だけでなく、基地局~移動局間の距離による遅延への対応が必要であるという知見も得られ、その対処方法として基地局パラメータの調整が有効であることも明らかにしました。

## 写真



ローカル5G基地局



ビーム方位・チルト角を調整

---

## ローカル 5 G 活用モデルに関する検討（課題実証）

---

# 実証概要、実証環境

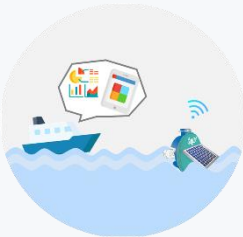
## 実証概要

本実証ではブリ養殖の効率化を目指し、以下3つのソリューションについて実証を行いました。



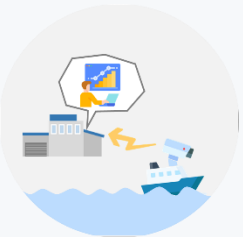
### 自動給餌制御

給餌中の水面を4Kカメラで撮影しローカル5Gで陸上へ伝送。ブリの活性状況をリアルタイムにAIで判定し、それをもとに給餌機を遠隔自動制御します。給餌制御サーバの信号によって餌の放出量が増減し、ブリの活性がなくなると自動で給餌が終了します。



### 成育管理

アイエスイー社『うみログ』を活用した海洋データの収集や、管理データの入力・閲覧を海上・陸上で自由に行えるようにします。また、海洋データの確認による魚病や赤潮の対策、給餌実施可否判断の効率化を実現します。



### 遠隔操船確認

船上カメラの映像をリアルタイムに陸上で確認できるようにし、将来的な自動操船に向けたデータを収集します。

## 実証環境

尾鷲湾内北側陸地に位置する三重県水産研究所 尾鷲水産研究室敷地内にローカル5G基地局を1局設置し、尾鷲物産株式会社が所有するブリ養殖生け簀設置エリア2箇所の尾鷲漁場と大曾根漁場にて養殖生け簀の計約70台の一部を対象に、ブリ養殖業における課題解決を目的とした実証実験を行いました。

ローカル5G基地局から大曾根漁場まで届くために、基地局のチルト角を0°、高さ7.5mのローカル5Gによる通信環境を構築しました。

本実証における課題実証エリア(養殖生け簀)と各システム関連設備の設置場所との関係を下図に示します。





# ローカル5G活用モデルの有効性に関する検証

## 検証方法

課題	項目	内容	目標
自動給餌制御	AI判定	給餌作業の映像から、活性状況（餌の食べ具合）を推定し、給餌量の制御を行う。判定の精度を職員と比較する。	活性状況判定精度99%以上
	給餌機制御	AIからの指令を受けて、給餌機に取り付けられた制御装置が正しく稼働する。	100%正常稼働すること
	餌の食べ残し削減	AI判定を利用した給餌機の停止制御により、従業員と同じ精度で給餌を行えるようになることで、見落としやミスにより与えすぎていた餌の削減を目指す。	ベテラン従業員作業と比較し遜色ないこと
	新人教育の期間削減	2カ月（40日）程度を要する一人で給餌業務が可能となる期間を削減する。もしくは教育が不要となる。	教育方法、期間の見直しが可能となる
	給餌業務量削減	給餌作業を自動化することで、給餌機の操作および生け簀の常時監視が不要となり、従業員の肉体的、精神的な負担を軽減する。	従業員聞き取りを行い、軽減していること
成育管理	データ入力作業削減	給餌量、水温、溶存酸素量等の手書きで収集しているデータをタブレット等で入力、データを一元管理する。	現在の事務作業（1時間/日）を半減する。
	斃死数削減	海洋データによる養殖場の水質把握により、異常の検知を早期に行う事が可能となり、ブリの斃死数の削減を目指す。	昨年までの平均斃死数と比較し削減されている
	給餌業務時間削減	海洋データから、高水温や赤潮発生を遠隔から検知することで、給餌業務を中止するか判断が餌積み込み作業や出港前にできるようになり、それらの時間が不要となる。	遠隔取得と現地確認による高水温、赤潮の判定
操船確認	操船確認業務	給餌船から伝送される高精細映像の確認による操船における安全性の向上。 将来的な自動操船に向けたデータの収集。	導入要求のある地域の地理的な特性を考慮した自動操船システムを導入する際のシステム設計基礎データ、陸上側・船舶側それぞれに要求する機能の切り分け設計、自動操船を行う際のセンサの要件決定等に活用できるデータの収集。

## ローカル5G活用モデルの有効性に関する検証

ソリューション名	評価・検証項目	目標	検証結果	目標達成状況	考察および対応策	
自動給餌制御	機能	1. ローカル5G 2. AIサーバ 3. 給餌機制御	1. 伝送速度 DL200Mbps以上 2. 活性状況判定精度99%以上 3. 100%正常稼働すること	1. 伝送速度DL200Mbps以上 2. 低活性で給餌停止のAI判定 3. 自動制御の正常稼働	1. ○ 2. △ 3. ○	1. 対象生け簀の伝送速度の目標を達成した。 2. AI判定により非活性の給餌停止を確認した。高活性の状態まで持っていくため、および気候等によるAIデータ学習期間が必要。 3. AI判定による給餌機のシャッター閉鎖制御が行われて目標を達成した。
	運用	1. マニュアル作成 2. 研修実施 3. 既存業務との比較	1. 自動給餌マニュアルの作成 2. 研修、トレーニングの実施 3. 業務への影響を確認	1. 自動給餌マニュアルを作成 2. 研修の実施 3. 作業内容フロー比較	1. ○ 2. ○ 3. ○	1. 自動給餌のマニュアル作成して目標を達成した。 2. 研修、トレーニング実施して目標を達成した。 3. 従来と自動給餌フロー比較して目標を達成した。
	効果	適切な給餌量の停止判定	1. 作業量の軽減 2. コスト削減 3. 業務効率化 4. 安全性向上	1. 非活性の給餌停止確認 高活性給餌量の調整不可 2. 非活性の給餌停止で無駄な飼料の投棄が防げる。 3. AI精度が実用に至らず 4. 安全な場所で確認可能。	1. △ 2. ○ 3. △ 4. ○	非活性の給餌停止と無駄な飼料の投棄を防いだ。給餌の開始から高活性の給餌量の変化に対応できていないため、継続したAIデータ学習と実証が必要。
成育管理	機能	1. 成育管理 うみログ	1. 記録の反映 2. 観測データの確認	1. データの記録集計ができる 2. 観測データが確認できる	1. ○ 2. ○	1. 自動集計により労力とミスが減少して目標を達成した。 2. 自動観測データをWeb上でどこからでも情報を確認できて成育管理に活用できて目標を達成した。
	運用	1. マニュアル作成 2. 研修実施 3. 既存業務との比較	1. 養殖管理マニュアルの作成 2. 研修、トレーニングの実施 3. 業務への影響を確認	1. 養殖管理マニュアルを作成 2. 研修の実施 3. 作業内容のフローを比較	1. ○ 2. ○ 3. ○	1. 養殖管理のマニュアル作成して目標を達成した。 2. 研修、トレーニング実施して目標を達成した。 3. 従来との給餌量削減効果を比較して目標を達成した。
	効果	情報の収集・記録、斃死回避	1. 業務効率化 2. コスト削減 3. 省力化 4. 斃死数削減	1. 24時間の環境データ測定。 2. 燃料代、人件費の削減。 3. 現地取得、データ入力可能。 4. 魚病の事前対策できる。	1. ○ 2. ○ 3. ○ 4. ○	うみログの海洋データと養殖管理システムにより作業量の軽減と安全性が向上し、目標を達成した。
操船確認	機能	4Kカメラ、ローカル5G	1. 映像の鮮明さ 2. 表示映像のフレームレート 3. 悪天候下 4. 船舶動揺時の画角 5. 遅延時間	1. 映像データに関して低圧縮率であれば十分に活用できる 2. 直接的にデータ量を変更できる圧縮率に変更した（フレームレートではデータ量に直接影響しない可能性があるため） 3. 晴天のみ実施 4. 給餌船の運航を考えると十分ではない。 5. 1秒強の遅延。	1. △ 2. △ 3. △ 4. △ 5. △	1. 準同期、非同期通信の採用を考慮した調査が必要。 2. 高圧縮にすればデータ量は削減できますが画質が低下するので、画質とデータ量のバランスを検討するために、継続して詳細な調査が必要。 3. 晴天のため雨天は継続して確認必要。 4. 複数台のカメラを設置して映像送信を行う必要がある。継続して詳細な調査が必要 5. 許容できる範囲か、継続して詳細な調査が必要
	運用	1. マニュアル作成 2. 研修実施	1. 養殖管理マニュアルの作成 2. 研修、トレーニングの実施	1. 安全確認実施 2. 研修の実施	1. △ 2. ○	1. 熟練者の安全確認を行った。マニュアル化は継続必要。 2. 研修、トレーニング実施して目標を達成した。
	効果	遠隔地から乗組員に操船確認を提供	安全性向上	遠隔で航行映像を確認し、航行の安全性が向上した。	○	自動航行の基礎データの実証により安全性の向上を確認した。実用には目的地的に船を係留、停泊する方法が必要。

# ローカル5G活用モデルの実装性に関する検証

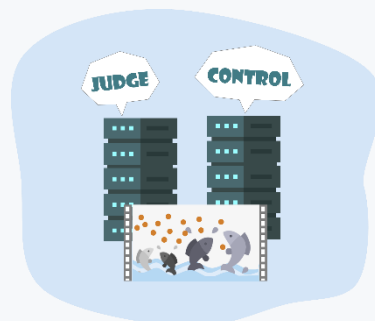
## ローカル5G活用モデルの全体像

### ① 自動給餌制御 ローカル5G

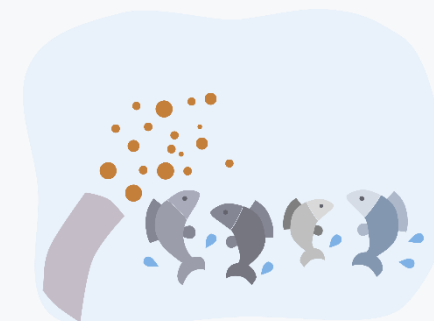
AIが餌の食べ具合を判定し、ブリ養殖給餌船上の給餌機を遠隔制御することで作業を自動化。給餌業務における負荷を軽減します。



給餌中の水面を4Kカメラで撮影しリアルタイムの映像をローカル5Gで陸上へ伝送します



映像のブリの活性状況をAIで判定しそれをもとに給餌制御サーバで給餌機を遠隔自動制御します



給餌制御サーバの信号によって餌の放出量が増減し、ブリの活性がなくなると自動で給餌が終了します

### ② 成育管理 LTE

アイエスイー社『うみログ』を活用した海洋データの収集や、養殖管理データの入力・閲覧を海上・陸上で自由に行えます。

※給餌計画（餌の量・スケジュール）の策定や、給餌実施/中止、投薬準備の判定に上記データが必要となります。  
 ※本システムは大容量通信を必要としないため、低消費電力で海上利用の実績があるキャリアLTEの端末を利用します。  
 ※自動給餌制御によるブリ成育状態の確認に必須となります。



### ③ 遠隔操船確認 ローカル5G

船上カメラの映像をリアルタイムに陸上から確認。将来的な自動操船に向けたデータを収集します。



# ローカル5G活用モデルの実装性に関する検証

## 実装性を高める手法の検討

大項目	小項目	評価	根拠
導入しやすさ	導入コストが適正な価格であること	○	本実証における導入および運用コストについて取りまとめを行いました。導入および運用にかかるコストが高額となるため、ユーザの希望額に近づけるよう設備共用、サブスクリプション型のプランを策定しました。
	費用対効果が得られること	△	本実証における導入および運用コストについて取りまとめを行いました。導入および運用にかかるコストが高額となるため、ユーザの希望額に近づけるよう設備共用、サブスクリプション型のプランを策定しました。
	多様なメニューから選択できること	△	自動給餌システム、成育管理システムそれぞれ個別でのコスト試算を行いました。単独での導入も可能ですが、メリットを最大限に活かすには一体で使用する事が望ましいです。
	標準化やデータベース化された情報を参照できること	○	本実証において取得できた情報については5Gソリューション提供センターおよびL5G導入手引書への提供を検討します。
	交付金等を活用できること	○	取り組みを外部に向けて発信することで来年度以降の交付金対象となることを目指します。
運用しやすさ	デジタル機器等への知識がなくても対応できること	○	ユーザ企業の実際の業務で使用することで改善点等の情報を収集しました。また、勉強会や使用感等のヒアリングを複数回実施しデータ入力インターフェースの改善を実施、それらを反映したマニュアルの作成も行いました。
	メンテナンスが不要もしくはほとんど発生しないこと	△	実証期間内にサービス停止が伴うメンテナンスが発生しなかったため、影響度合いについては判断ができませんでした。不具合等発生によるメンテナンスに至らないようセンサやモータなどの稼働部品については定期的な点検を行う必要があります。
	保守体制が確立していること	○	実証継続および横展開における運用保守についての体制を確認しました。実証継続はコンソーシアムメンバーを中心に対応する体制を確立します。横展開については地域のCATV事業者との連携も必要となるため、該当するエリアが出て来たら協議を行います。
将来性	対象エリアの拡大に合わせて設備の増強が容易であること	○	自動給餌に必要な通信帯域については確保できており、給餌船の増加にも柔軟に対応可能です。今後、映像やセンサにより大量のデータを使用する自動操船や、プリ養殖目的以外での利用が開始され帯域の不足が見込まれる場合には非同期運用による上りトラフィックの増強も視野に入れる必要があります。
	機能拡張やカスタマイズが簡単に行えること	○	実証を通じて継続的にカスタマイズを実施しました。AI判定の精度向上に必要な画像データの取り込みをしやすい仕組み。成育管理データの入力システムのインターフェースの追加。等
信頼性	故障率が低いこと	△	実証期間中の設備故障は発生しませんでした。実証終了後も継続して状況の確認を行い、故障が発生した場合には要因が環境（海上）によるものかそれ以外かを含め原因の特定と再発を防ぐ方法について検討します。
	他社導入実績が豊富であること	×	現時点では実証環境のみとなるため、導入実績が集まるよう普及展開に努めます。

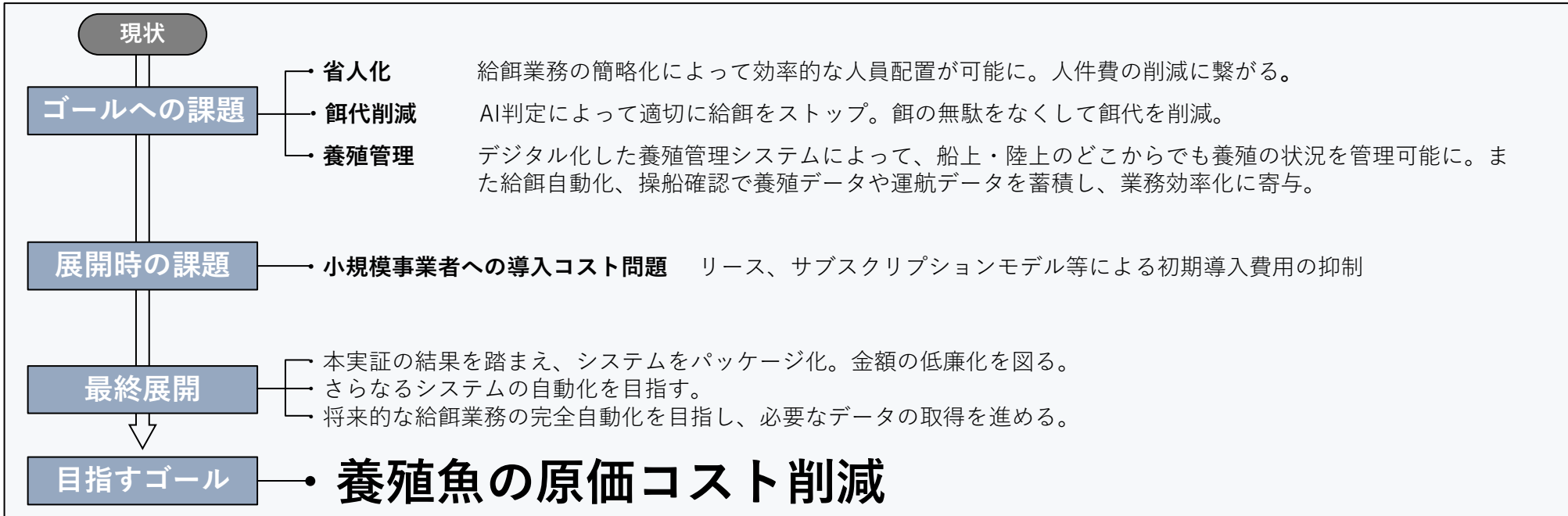
# ローカル5G活用モデルの実装に係る課題の抽出および解決策の検討

## 実装に係る課題と解決策

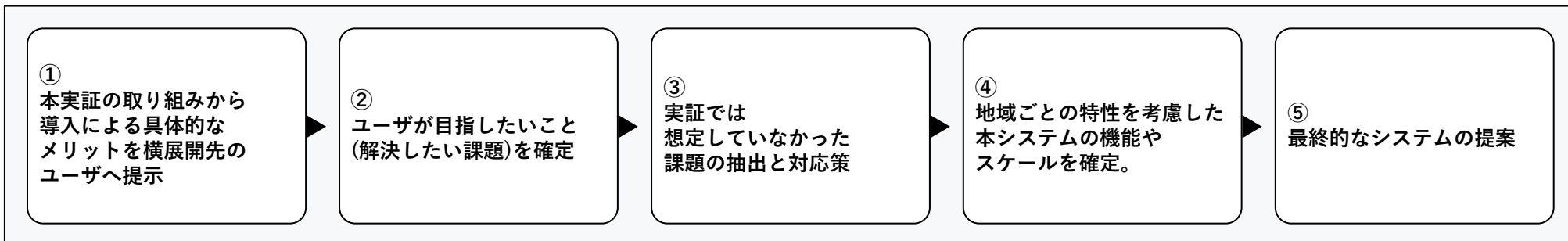
項目	解決策
ローカル5G上りトラフィック輻輳	自動給餌におけるカメラ映像のトラフィックのみであれば問題なし。 自動操船に必要な映像やセンサデータを断続的に送信する場合は帯域不足となる可能性がある。ブリ養殖以外での利用（港湾監視、コンシューマサービス等）が行われるとさらなる帯域不足も懸念される。スライシングによる柔軟なトラフィック制御が必要。
カメラ設置場所	実証環境では従業員が映り込まない高さにカメラを設置。 正確にAI判定できたが気象状況や時間帯など複数の条件で判定精度を上げるには波の高さが確認しやすい場所（従業員の目線に近い場所）に設置することが望ましい。
システムの性能向上	SI責任者がシステムの機能やスペックを十分理解し構築を行った。システムの稼働後はスケジュールを考慮しながらAI判定精度や動作の安定性の向上を目指し各事業者担当と連携を行った。
システムへの習熟	ユーザ企業の業務担当者が実機を触り、その場でシステム開発者に対して質問や改善点等についての議論を繰り返し行うことで良好なコミュニケーションを維持しながら理解度向上および機能改善が図れた。
AI解析処理時間	今回の実証では毎秒1枚の画像で処理を実施し、精度の高い判定結果を得られた。今後様々な条件下での利用が想定されるため引き続き検証を行う。 また、サーバのスペック上は同時に10台以上の処理能力を有するため複数の給餌船での稼働や他事業者とのサーバ共用による運用コスト削減も視野に検討を進める。
船舶のローカル5G受信アンテナ設置場所	今回の実証ではローカル5G受信端末を船舶上部に設置したことで障害物等の悪い通信環境が確保できた。オムニタイプのため船の旋回時にも通信に大きな影響はなかった。
ローカル5Gの安定運用	実証期間全体を通して一度だけ接続の不具合が発生したが、端末への設定の再投入で復旧した。必要な手順をまとめておくことで再発時には復旧までの時間短縮が期待できる。
電源の安定取得	船内のバッテリーのみでは電圧の変動や突然の停止などでシステムに影響を及ぼすことが懸念されるため、安定した運用を行うためには蓄電池との併用が理想。
設置設備の錆対策	カメラのハウジング部分にはフッ素加工による防錆処理を実施。実証期間が短いため効果は不明。他の設備については未対策だが、錆の発生は確認されていない。
取得データの反映、解析の精度向上	実証期間中にAI判定の画像データを収集したが、精度向上には条件の異なるデータを大量に収集することが求められるため稼働後も継続したデータ収集が必要です。
気象条件等外部要因による取得データの変動	実証期間中は気象条件に恵まれたこともあり、荒天での給餌データの取得およびAI判定精度の確認はできませんでした。季節により餌の食べ具合も異なることや、データは多いほど精度が向上するため、今後の給餌業務においても継続的に画像の収集を実施します。
導入効果	今回ユーザ企業の尾鷲物産を例にとっても、全ての生け簀を対象として、ローカル5Gによるエリアカバーを実現することは非効率である。実装・横展開時には無理に全ての生け簀を対象とせず、費用対効果から、より効率的な導入範囲を検討することが必要である。
運用	実証を継続し、清掃等のメンテナンスが必要な各種機器のメンテナンス周期を定めることや、カメラやセンサのコーティング等によるメンテナンス周期の長期化について検討を行います。
制度的課題	将来的な自動（遠隔）操船による無人での給餌業務を実現に向けて、ルールメイキングも考慮した実証の継続を検討する。
普及方策	各社個別への導入提案ではなく、自治体や漁連、組合などを経由し、ユーザ企業が保有する生け簀の場所の把握およびローカル5G基地局が設置できる場所の想定（事前交渉）を行った上で、各社個別に提案を行う。
ローカル5Gのカバーエリアと対象とする養殖生け簀の範囲について	健全なブリの成育を実現するためのシステム安定稼働の観点から、出来る限り強電界にローカル5Gが使用できるよう、対象とするブリ養殖生け簀の位置からローカル5Gの置局位置を検討する必要がある。 一方、収支最適化の観点からは、基地局相当1局につき、より多くの事業者（養殖生け簀）を対象に使用していただくことが重要であり、カバーエリアとしてどこまでの範囲を許容するかの線引きが必要である。

# ローカル5G活用モデルの実装・普及展開

## 実装・普及展開シナリオ



## 実装に向けたステップ



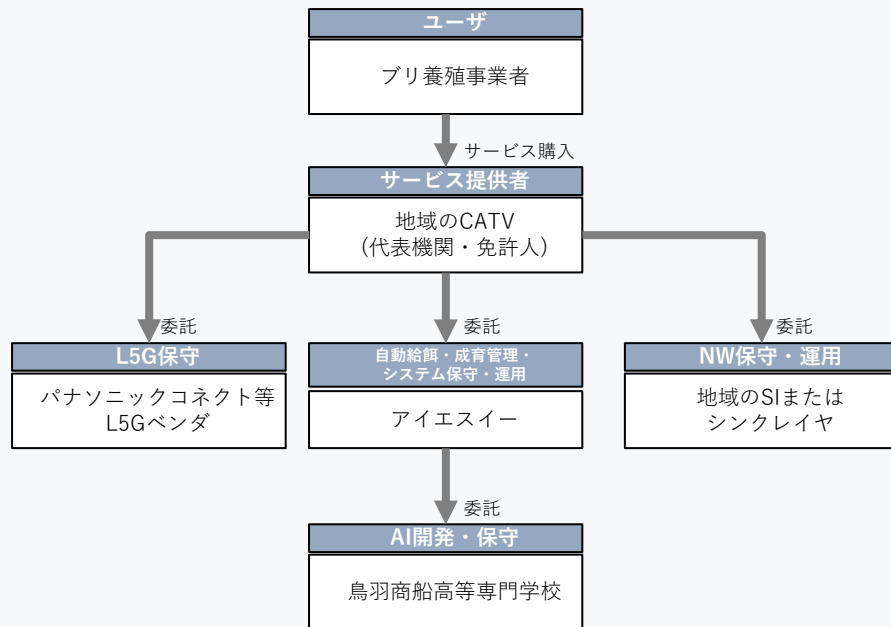
# ローカル5G活用モデルの実装・普及展開

## 実装計画の実施にあたっての実施体制

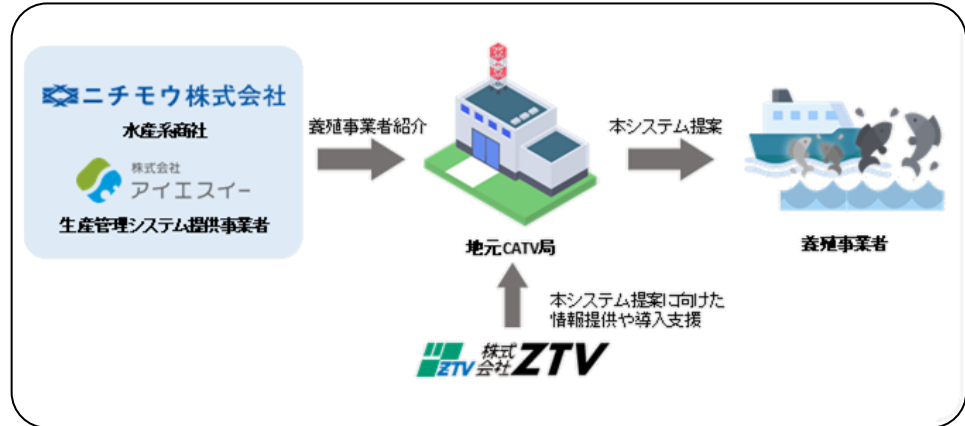
全国展開時のサービス提供者は地域のCATV事業者であるため、本実証主体であるZTVは後方支援がメインとなります。

本実証でシステム開発を行う株式会社アイエスイーおよび水産系商社のニチモウ株式会社が主体となり養殖事業者への提案や販売を行います。(右上図)

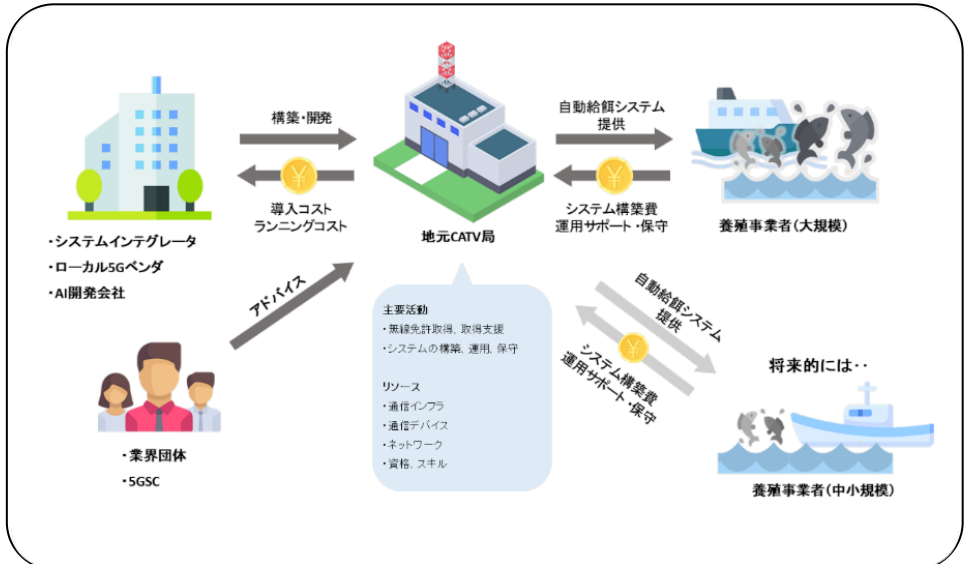
システムの構築にあたっては、下図のような体制での展開を考えています。



## 横展開に向けた体制



## 事業構造図



## ローカル5G活用モデルの実装・普及展開

## 実装計画・収支計画

		令和4年度 (2022)	令和5年度 (2023)	令和6年度 (2024)	令和7年度 (2025)	令和8年度 (2026)	令和9年度 (2027)	令和10年度 (2028)	令和11年度 (2029)
(実装継続) 実装計画	自動給餌システム	開発実証	継続運用・機能追加				正式導入 自社内への横展開		
	育成管理システム	開発実証	継続運用・機能追加				正式導入 自社内への横展開		
	操船確認システム	開発実証	継続運用・機能追加				正式導入 自社内への横展開		
	ローカル5Gシステム	実装(実験試験局)			実装(商用免許)				
(横展開) 実装計画	自動給餌システム		システム提案・構築				他地域への横展開		
	育成管理システム		システム提案・構築				他地域への横展開		
	操船確認システム		システム提案・構築				他地域への横展開		
	ローカル5Gシステム			商用免許					
収支計画(千円)	(1)ユーザから得る対価	0	0	88,650	58,450	58,450	58,450	58,450	58,450
	(2)補助金・交付金	0	0	0	0	0	0	0	0
	(3)収入 ((1)+(2))	0	0	88,650	58,450	58,450	58,450	58,450	58,450
	(4)ネットワーク設置費	0	1,000	76,000	0	0	0	0	0
	(5)ネットワーク運用費	0	5,000	2,100	18,900	18,900	18,900	18,900	18,900
	(6)ソリューション購入費	0	1,000	47,650	14,850	14,850	14,850	14,850	14,850
	(7)ソリューション開発費	0	3,000	16,000	0	0	0	0	0
	(8)支出((4)+(5)+(6)+(7))	0	10,000	141,750	33,750	33,750	33,750	33,750	33,750
	(9)収支 ((3)-(8))	0	-10,000	-53,100	24,700	24,700	24,700	24,700	24,700

## 収入、支出の算定根拠

【実装継続】・令和5年度は本年度の取り組みの継続およびシステムのブラッシュアップにおける費用。コンソーシアムメンバー負担にて実施。担当は次の通り 全体統括:ZTV、ネットワーク全般：シンクレイヤ、L5G：パナソニックコネク、自動給餌・育成管理システム：アイエスイー、AI：鳥羽商船高専、データ収集用船舶：尾鷲物産。支出額1,000万円  
・令和6年度以降は横展開先とのシステム共用（4ユーザで案分）による費用を見込んだコストと同額で算定。維持費原価375万円/年。ユーザ負担465万円/年

【横展開(初期投資一括型)】・ローカル5Gコアシステムおよび自動給餌システムサーバを4ユーザで共用。4ユーザ分合計の収支。  
・本実証で構築したシステムを標準仕様として構築費用原価を6,900万円、次年度からの維持費原価を1,500万円/年。2割の利益をのせてユーザに対して請求。  
・1ユーザあたりの負担額は構築2,100万円、ランニング465万円/年。

【横展開(サブスクリプション型)】・ローカル5Gコアシステムおよび自動給餌システムサーバを4ユーザで共用。4ユーザ分合計の収支。  
・本実証で構築したシステムを標準仕様として構築費用原価を6,900万円、次年度からの維持費原価を1,500万円/年。2割の利益をのせてユーザに対して請求。  
・1ユーザあたりのランニング負担額は880万円/年。導入4年目（令和10年度）で累積黒字化の見込み。



---

## まとめ

---

# まとめ

## 技術実証

### 検証成果・今後の課題

- ・テーマⅠ 電波伝搬モデル精緻化：新たな利用環境となる海上では、自由空間伝搬+2波モデルが有効、潮位変動±1mでエリア端距離の±300m変動も確認。  
今後、地形やエリア構築等の異なる環境でもデータ蓄積し、海上ローカル5Gの展開を目指す。
- ・テーマⅡ エリア構築柔軟性向上：基地局アンテナのチルト角調整(2→5度)で、海上業務区域で伝送帯域確保しつつ、海面反射影響ある対岸陸上・山斜面への電波漏洩軽減(受信電力1.3-11.5dB減)を確認。  
エリア構築においては、受信電力強度だけでなく、基地局～移動局間の距離による遅延への対応が必要。

## 課題実証

### ✓ 検証成果

- ・自動給餌システムは給餌機制御が期待通りの動作を行った。AI判定は本実証での目的は達成できたが、実装に向けてさらなるデータの収集や精度の向上が求められる。餌代や業務の削減が期待できる。
- ・成育管理システム 集約データから給餌や投薬の判断に活用するなど業務の効率化に貢献している。
- ・操船確認システム 高精細映像の伝送検証などから将来の自動操船にも繋がる情報の収集ができた。

### ✓ 今後の課題

- ・当該フィールドは次年度も実証継続を予定している。通年でのデータの収集によるAI判定精度の向上。使いやすさ向上のためのユーザへのヒアリングとシステムの改修。給餌船の自動操船に向けた取り組みの詳細検討。

## 実装・普及展開

- ✓ 実装横展開においてもコンソーシアムメンバー各社が主要な部分を担当する。L5Gコアやサーバ設備を複数ユーザで共用することでコスト低減を図る。サブスクリプション型の提供により初期費用を軽減することで導入への障壁をなくす。想定提供価格とユーザの希望額の間を開きがあるため更なるコスト削減や補助金の活用などの方策について検討が必要。