

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

# AI画像解析や見回りロボットによる 高品質和牛の肥育効率化に向けた実証

## 成果報告書概要版

令和5年3月

開04 西日本電信電話株式会社

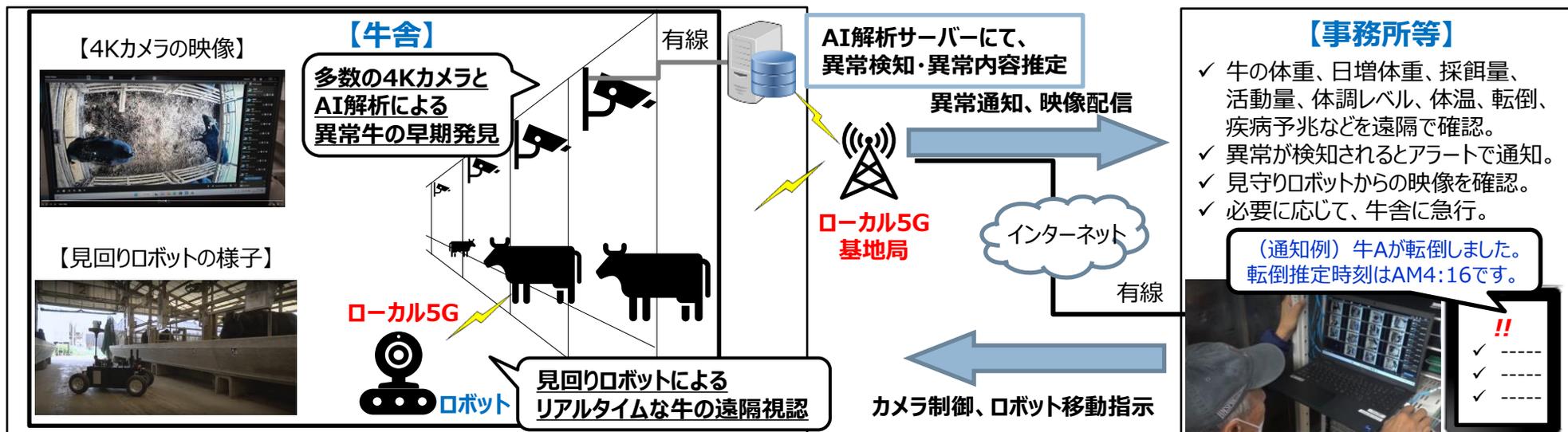
鹿児島 肉用牛産地(肥育・繁殖)形成 スマート農業による低コスト和牛生産 実証コンソーシアム

---

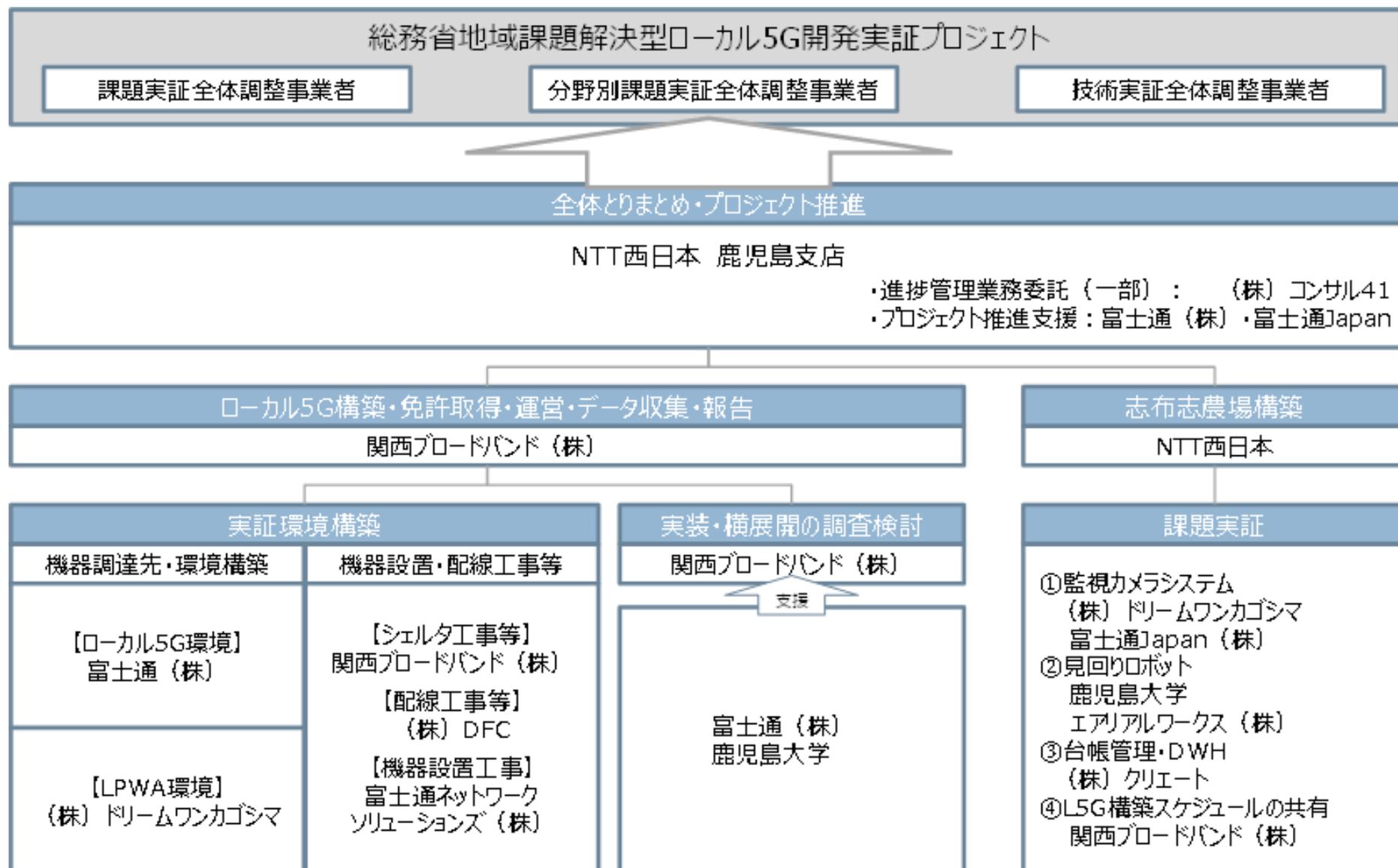
## 実証概要

---

<b>実施体制</b> <small>(下線：代表機関)</small>	西日本電信電話(株)、関西ブロードバンド(株)、富士通(株)、富士通Japan(株)、富士通ネットワークソリューションズ(株)、鹿児島大学、(株)DFC、(株)ロボネット・コミュニケーションズ、ICTプロデュース、(株)コンサル41	<b>実施地域</b>	鹿児島県鹿屋市 (うしの中山 大隅ファーム)
<b>実証概要</b>	肉用牛の肥育においては、飼料費等生産費の増大による生産基盤の弱体化に直面する一方、牛の体調・状態管理には人手が必要という課題が存在。 ➢ 半屋外の牛舎内にローカル5G環境を構築し、多数の4KカメラとAI解析による異常牛の早期発見や、見守りロボットによるリアルタイムな牛の遠隔視認の実証を実施。 ➢ 肥育プロセスの詳細な監視及びデータの分析を通じ、牛の肥育における高品質化・省力化を実現。		
<b>主な成果</b>	➢ <b>1,008台のIPカメラ</b> を9台のローカル5G端末に有線接続し、事務所との間でローカル5Gを介した映像伝送にて <b>牛の行動観察、監視の効率化を実現</b> 。 ➢ <b>最大64台のIPカメラのライブ映像を同時閲覧可能(4K/5fps)</b> 。熟練者による牛の健康状態の確認に <b>十分な画質・フレームレート</b> であることを確認。 ➢ 見回りロボットに搭載したカメラの遠隔操作を実現。 <b>当該カメラの映像品質も牛の監視において十分なレベル</b> であることを確認。		
<b>技術実証</b>	➢ 一般的な建物より建物侵入損が小さい牛舎において、周囲への電波漏洩抑制を目的に指向性アンテナと漏洩同軸ケーブルを活用したエリア構築を実施。 ➢ 周波数：4.8-4.9GHz帯(100MHz) 構成：SA方式 利用環境：半屋外		
<b>主な成果</b>	➢ 指向性アンテナは設置近傍(見通し外環境)、LCXはLCX設置牛舎配下(見通し環境)で課題実証の <b>要求性能(UL80Mbps)を概ね満たせた</b> ことを確認。 ➢ LCX設置牛舎と隣接牛舎(LCX未設置)で約20dBの減衰を確認、 <b>他者土地への電波漏洩が課題となるエリア構築に有効</b> であることを確認。		
<b>今後の展開</b>	令和5年度も引き続き実証を継続し、監視ソリューションの改善と品質強化を実施。職員が本システムを活用することで起立困難牛の検知率100%を目指す。 <b>令和6年度は、うしの中山様にて商用運用を開始</b> 。また令和7年度以降は、大規模農場へのローカル5Gを活用した本システムの普及展開を実施する。		



# 実施体制



---

## 実証環境

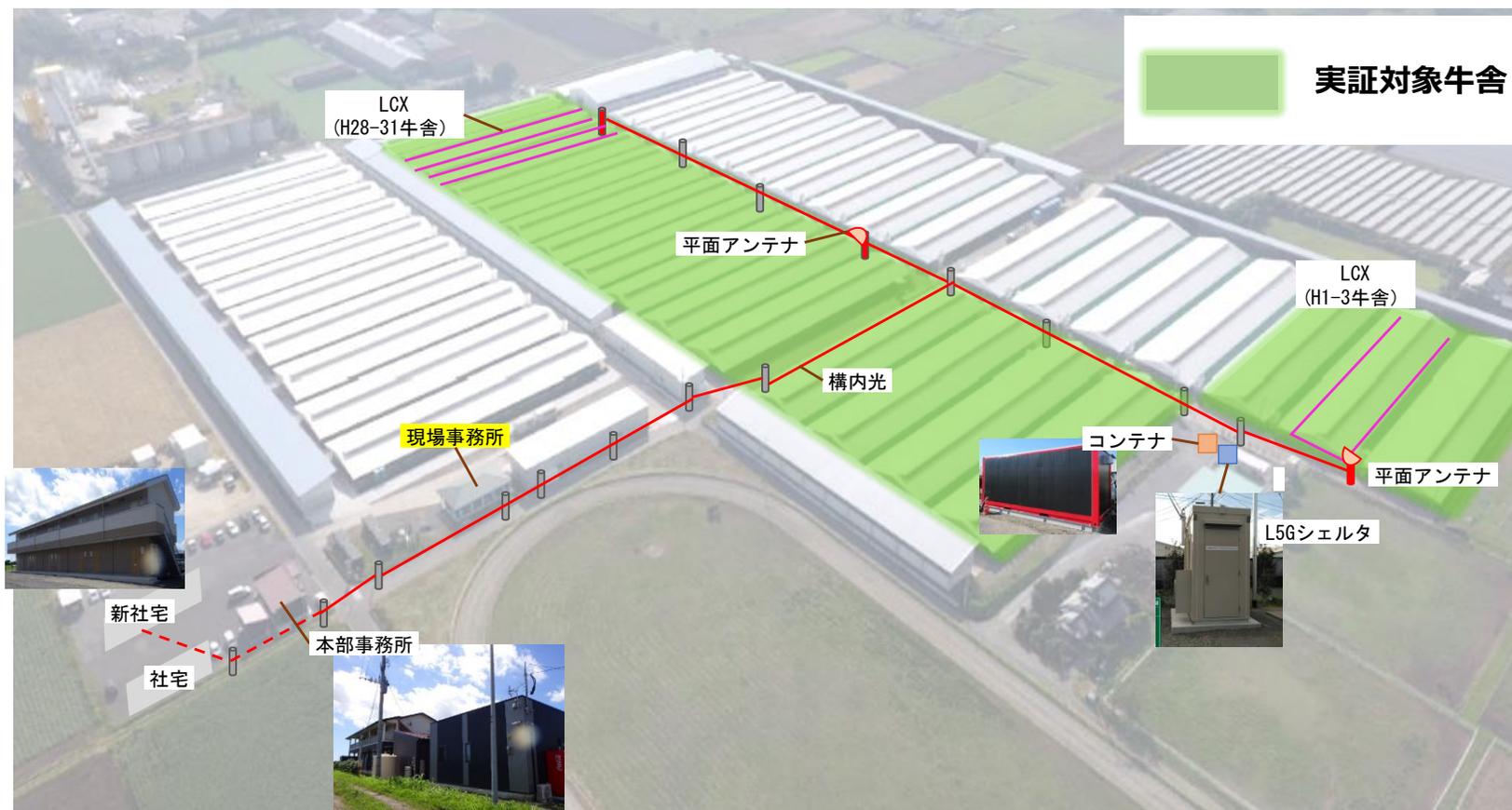
---

# 実証環境の構築

## 実証環境

本実証では、4.7GHz帯（4.8GHz～4.9GHz 合計100MHz幅） SAシステムを用いる

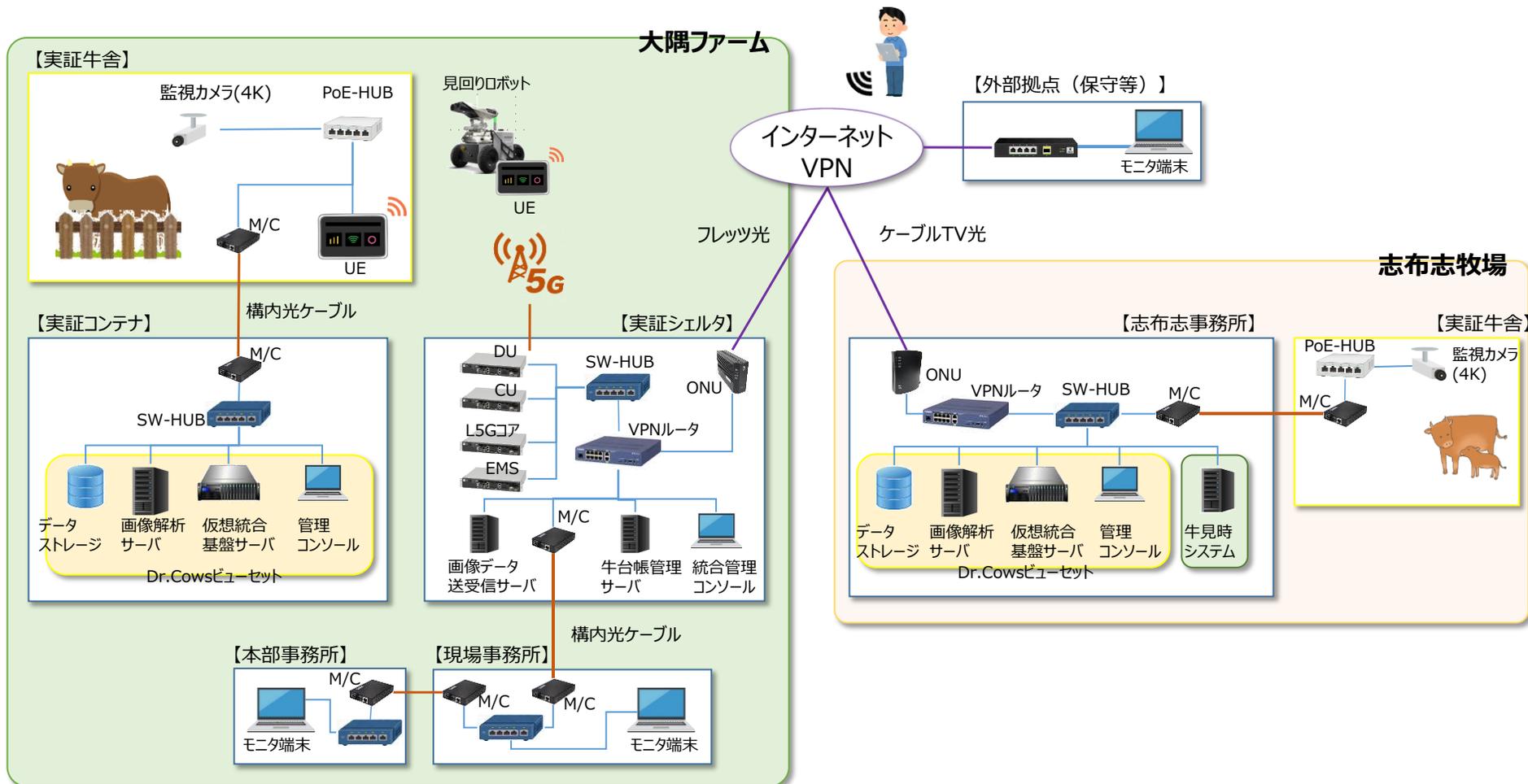
実証場所はうしの中山大隅ファーム（以下、大隅ファーム）とし、全42棟の牛舎を自己土地内に所有する環境である。実証場所である牛舎内は、半屋外の環境であり、水面地形となっている。また、牛舎は開けた空間であることから、電波漏洩はしやすい環境である。18牛舎を平面アンテナとLCXにてカバーする。（下図）



# 実証環境の構築

## ネットワーク・システム構成

大隅ファームと志布志牧場にてIPカメラと見回りロボットにて監視を行い、AI画像解析により異常牛を発見



# 実証環境の構築

## システム諸元・性能

### 【ローカル 5 G システム】

項目	内容
基地局	PW320-DU PW331-48L4C-SRU
製造ベンダ	富士通
台数	3台
設置場所（屋内/屋外）	屋外
同期/準同期	同期(準同期(*))
UL：DL比率	DL:UL:S=7:2:1(準同期の場合) DL:UL:S=4:4:2)
周波数帯	4.8-4.9GHz帯
SA/NSA	SA
UL周波数	4.8-4.9GHz
DL周波数	
UL帯域幅	100MHz
DL帯域幅	
UL中心周波数	4.85GHz
DL中心周波数	
UL変調方式	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
DL変調方式	
MIMO	DL:4Layer UL:2Layer

### 【監視カメラシステム（Dr.Cowsビュー）】

	項目	項目	数量	単位
基 本	1 サーバ（ラック）64G	型番：DELL PowerEdgeR250 CPU:インテルXeon E-2336 2.9GHz 6C/12T メモリ：32GB x 2 = 64GB HDD：2TB 3.5インチx2=RAID1、内蔵DVDドライブ 追加ネットワーク：1GbEx1、電源：450W 保守サポート：ProSupport & 翌営業日対応オンサイト保守サービス, 24ヶ月含む	5	台
	2 VPNルータ	拠点とリモートメンテナンス接続 YAMAHA製 RTX830	1	台
	3 管理コンソール	監視カメラコンソール Inspiron15 3000 CPU:Intel Core i5 メモリ：8GB 保守サポート：3年間 Premium Support(1年目), 引き取り修理(2-3年目)	1	台
	4 サーバハブ	BUFFALO製 BS-GS2008 (L2Gigaスマートスイッチ 8ポート)	2	台
	5 ストレージ（ラックマウント型）	Synology社 型番：RackStation RS820+ (4ベイ) スライドレール	1	台
	6 内蔵HDD	6TB x 2台 3.5"SATA HDD 7200rpm 使用容量 1台：1MB*2枚 (30秒間隔) *60分*24時間*30日=86.4GB 28台 * 86.4GB*2(RAID1)=4.8TB	2	台
	7 無停電源装置 (UPS)	・オムロン社製：BU150R：バックアップ時間：8分：入力電圧：100V ・サーバ用(500W) ・ストレージ用(500W) ※1牛舎1台 サーバとストレージで1台を共用	1	台
	8 モニタ 23.8インチワイド（サーバ用）	Dell P2422H	1	台
	9 キーボード（サーバ用）	ロジクール K835	1	台
	10 マウス（サーバ用）	ロジクール M720r	1	台

右のIPカメラ(HV-E800A)は、大隅ファームに1,008台設置、志布志牧場に28台設置する



### 【ローカル 5 G システムのスループット理論値】

DLスループット	ULスループット	条件
1.7Gbps	0.2Gbps	<ul style="list-style-type: none"> <li>・帯域幅100MHz</li> <li>・TDDスロット比率 D:U:S=7:2:1</li> <li>・MIMOレイヤ数 DL:4, UL:2</li> <li>・256QAM (DL/ULとも)</li> </ul>

---

## ローカル5G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

自己土地である畜舎と他者土地の境界域が狭い畜産農家において、業務区域である牛舎内をエリア化する場合に、業務区域内の無線品質を確保しつつ、他者土地への電波漏洩を軽減することが課題となる。

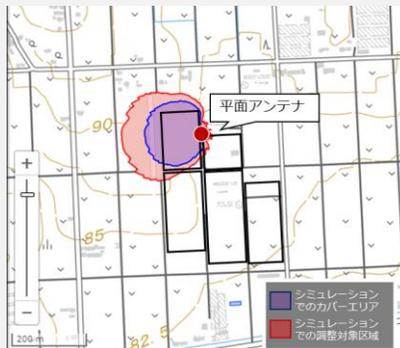
上記課題の  
解決策

課題解決前：面的にエリアカバー可能な指向性アンテナを使用する  
課題解決後：面的にエリアカバー可能な指向性アンテナと限定的にエリアカバー可能なLCX(電波漏洩ケーブル)を組み合わせて使用

## 業務区域、カバーエリア、調整対象区域、自己土地、他者土地



赤線より内側：自己土地  
赤線より外側：他者土地  
赤色網掛け：業務区域  
黒線より内側：測定不可エリア

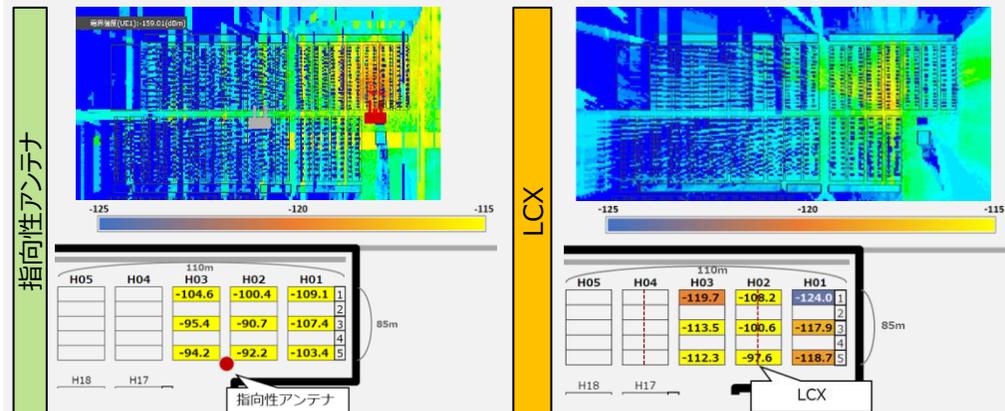


引用：国土地理院地図

## エリア構築のシミュレーション

方法：レイトレース法による独自開発ツールを使用。長さ1mの単位LCXを縦列に並べ、各LCXの入力電力は前段LCXによる伝送損失を考慮。単位LCXの指向性パターンは別途測定したアンテナパターンによる点波源で模擬。スロット方向は下向き。

〔シミュレーション値/実測値を比較した図表〕



評価：〔実用性、優れる点、留意点等〕

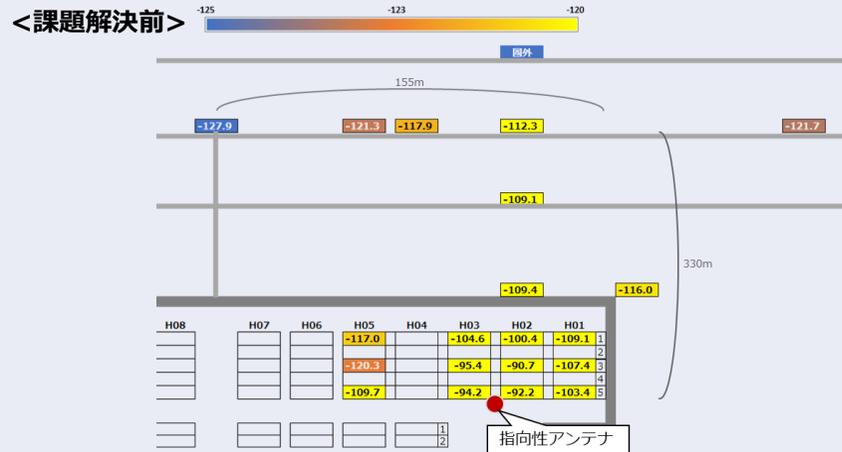
指向性アンテナが面的にエリアカバーできる点、LCXが限定的にエリアカバーできる点を事前にシミュレーションでき、実測値を測定した結果同じ傾向を確認することができた。LCXの短手方向がシミュレーションよりも漏洩しなかった点については、牛舎構造が鉄骨構造で通路両側に牛房があるため、遮蔽影響が大きかったものとする。

# 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

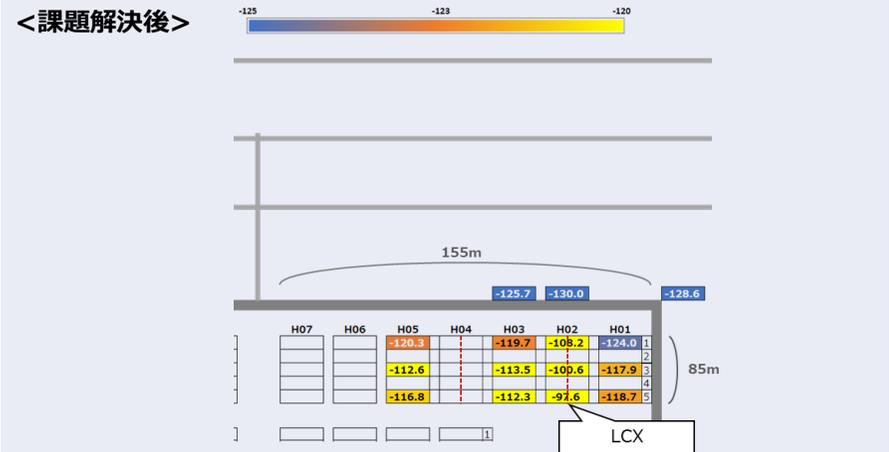
解決方策 ■反射板 ■中継器 ■DAS □LCX ■その他

## 実証結果



他者土地へ電波が漏洩しやすい(仮説Ⅰ)

上図に示すとおり、自己土地をカバーエリアとしてエリア設計を行った場合、他者土地への電波漏洩がしやすいことが確認できた。



カバーエリアと干渉調整区域の距離が短く、他者土地へ電波が漏洩しやすい(仮説Ⅱ)

上図に示すとおり、LCXを敷設している牛舎以外のエリア(長手方向の他者土地やLCXを敷設していない隣接牛舎)に対しては電波漏洩しづらく、ピンポイントでカバーエリアを構築することを確認できた。

## 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

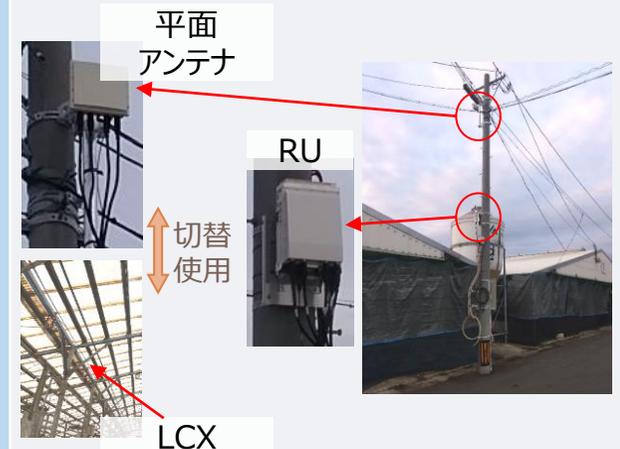
### 【課題解決への貢献】

- ・他者土地への電力漏洩については、概ね自己土地内に収めることができた
- ・自己土地内スループットは、LCX設置牛舎に限定されるものの、概ね目標値(UL80Mbps)を達成
- ・伝搬シミュレーションでは、単位LCXの縦配列により模擬できることが確認できた

### 【さらなる課題の提案】

- ・指向性アンテナ及びLCXそれぞれを用いて課題実証システムの要求性能を自己土地全域で満たすためには、指向性アンテナの電波シミュレーションの詳細化及びセル間で生じるセル間干渉影響が課題と考えられる。

## 写真



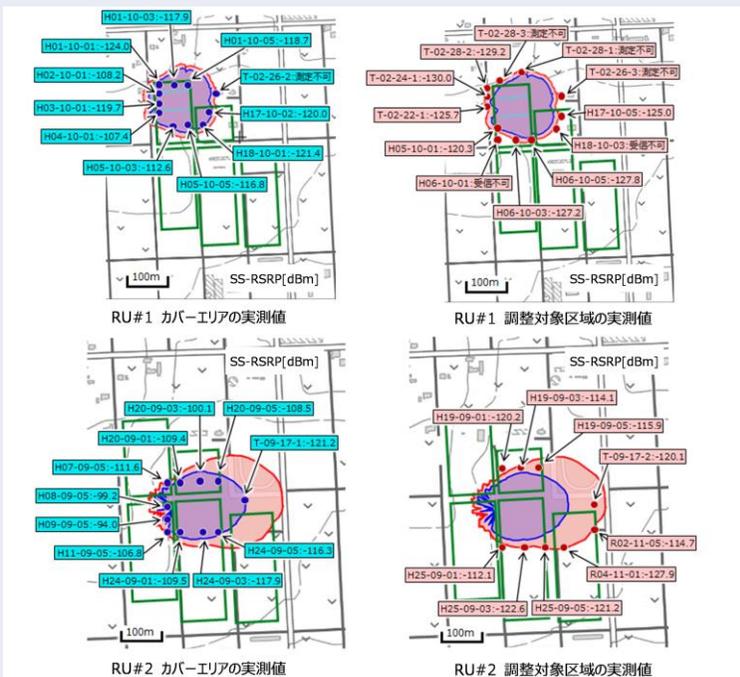
# 基本的な電波伝搬データの取得

## 実証内容

電波法関係審査基準が規定するエリア算出法に基づき、各RUによるカバーエリア及び調整対象区域を表すエリアに関して、以下の検証を行った。

- ① シミュレーションによる閾値の検証  
エリア算出法を用いたシミュレーションによるカバーエリア端/調整対象区域端における実際の受信電力を測定し、シミュレーションにおける閾値の検証
- ② カバーエリア内のローカル5Gの性能評価  
カバーエリア内の測定点において、受信電力及び伝送性能を測定し、課題実証システムの要求性能を実現できるか否かを検証

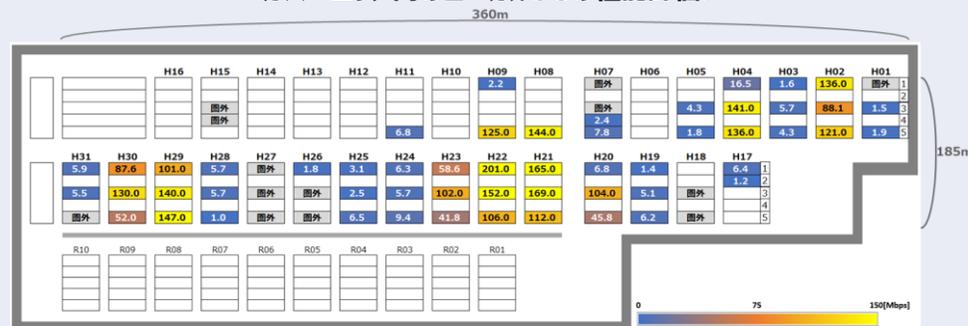
### <エリア算出法と実測におけるカバーエリア、調整対象区域の検証>



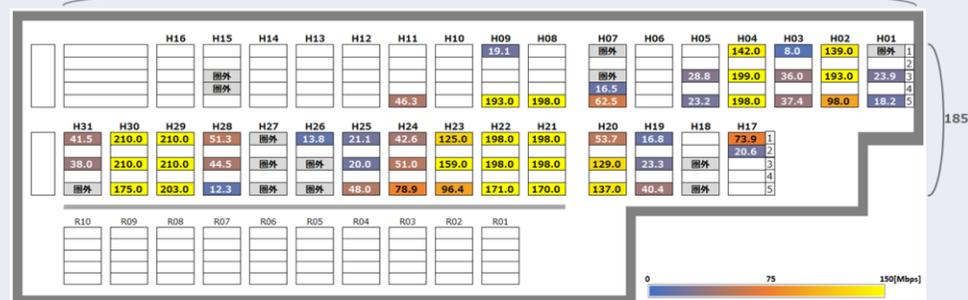
引用：国土地理院地図

アンテナ種別	エリア算出法の妥当性	
LCX (RU#1, #3)	妥当	自牛舎(LOS環境)
	差分あり	隣接牛舎(NLOS環境) / 屋外 (実測値が低い傾向)
平面アンテナ (RU#2)	妥当	電波放射前後方向の地点
	差分あり	電波放射左右方向の地点 (実測値との差分大)

### <カバーエリア内のローカル5Gの性能評価>



ULスループット(UDP)の測定結果



DLスループット(UDP)の測定結果

- 以下のポイントでは、概ね課題実証システムの**要求性能 (UL 80Mbps)** を実現
  - LCX設置牛舎配下(LOS環境)
  - 指向性平面アンテナ設置近傍(NLOS環境)
- 電界強度が得られていないポイントは性能を満足できないことを確認
- LCXアンテナによるスポット照射は有効**である

---

## ローカル5G活用モデルに関する検討(課題実証)

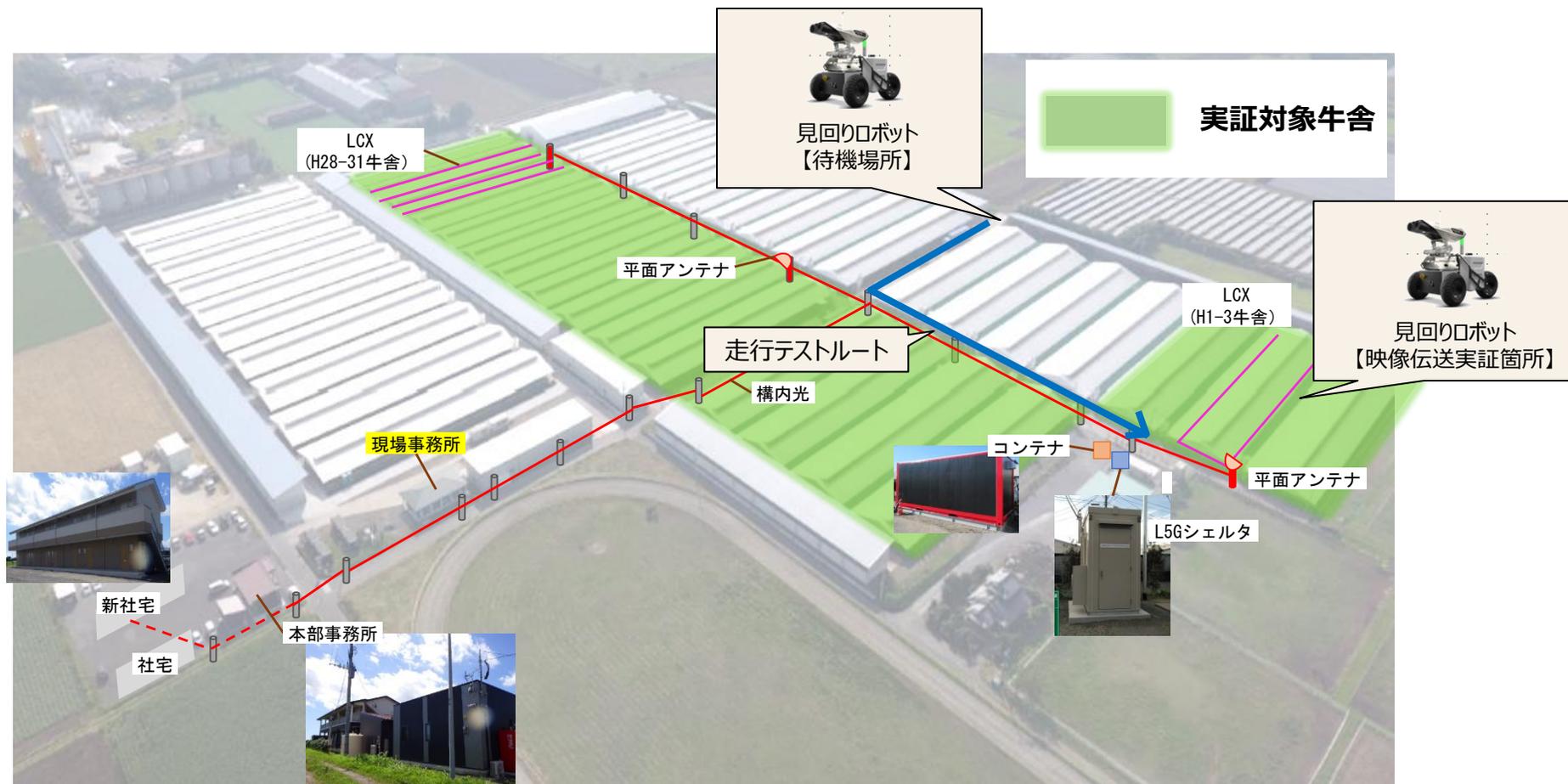
---



# 課題実証 実証エリア

## 【実証環境について】

牛監視カメラについては、実証対象牛舎（下図の緑部分）に設置したIPカメラ1,008台にて実証を行なった。（1牛房に1台設置）  
見回りロボットについては、待機場所から映像伝送実証箇所までの区間で走行テストを実施し、LCXが整備された牛舎内にて映像伝送試験を実施した。



# 検証結果サマリ①

## 検証結果サマリ

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	考察及び対応策
牛監視カメラ	機能	1. 画像配信サーバへのアクセス 2. 映像伝送	1. 静止画像撮影サービス機能が正しく処理ができ、検索、表示、ダウンロード等がストレスなく処理可能 2. ローカル5Gネットワークで接続して、統合監視コンソールで最大16台接続でき、映像遅延が1秒以内	1. 最大64台のカメラのライブ映像と静止画像を閲覧可能 2. 映像遅延1秒以内	1. ○ 2. ○	システム構成によりカメラの同時接続台数が7台～64台まで変化。ネットワーク接続形態やリモートアクセスツールの選定など最適なシステム構成にて設定する必要がある。  （監視端末から直接IPカメラにアクセスする方法では7台同時接続が最大であった。一方、監視端末をエッジコンピュータと位置付けて、統合監視端末とリモート接続すると64台接続、ストレスなく映像監視可能）
	運用	1. 各牛房に取り付けたカメラの映像伝送	1. 生産者にライブ映像と静止画を見てもらいアンケートを実施 2. ローカル5Gに接続した16台のIPカメラの同時映像表示と、4K・FHDの表示により、牛の行動観察が可能	ライブ映像を牛舎別の牛監視コンソールと牛房カメラを切り替えて牛の行動観察が可能かシステムを操作していただき、起立困難牛の監視・発見に活用できることを確認	1. ○ 2. ○	各牛房の天井にIPカメラを設置し、ライブ映像を牛舎別の牛監視コンソールと牛房カメラを切り替えて牛の行動観察（起立困難牛の発見等）が可能かシステムを操作していただき、起立困難牛の監視・発見に活用できることを確認
	効果	1. 起立困難牛の発見（人間による画像監視） 2. 起立困難牛のAI監視 3. 起立困難牛のLIVE映像による抽出	職員ヒアリングにて可能・不可能の判断	1. ライブ映像、静止画像撮影Webサービスを利用することで可能	1. ○ 2. ○ 3. ○	起立困難牛を見分けることは可能との回答結果であるが、20分程度の静止画を抽出して観察する必要があるため手間がかかり現実的ではない。AI監視で起立困難牛を検知してから、牛監視カメラシステムと見回りロボットにて目視判断する運用が望ましい。

# 検証結果サマリ②

## 検証結果サマリ

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	考察及び対応策
蓄積画像伝送	機能	障害状況収集 (障害監視画像データ受信サーバから画像配信サーバに対して障害監視状況収集)	IPカメラの障害情報を、ライブ映像表示ソフト、静止画撮影Webサービスで障害監視情報一覧として出力し、リモート保守で参照できること	静止画ダッシュボードや静止画サムネール一覧から参照や各種操作ができる	○	IPカメラをローカル5Gネットワーク経由で接続して、仕様どおりに機能が実行できることを確認できた。監視カメラ接続状態表示・障害管理機能（撮影実行・停止、カメラ接続状態確認、障害アラーム機能、静止画撮影予約登録、削除、予約編集処理、静止画検索（IPカメラ、撮影日時）、ダウンロード、削除処理等）
	運用	・各牛舎に設置されたエッジサーバーの蓄積画像の伝送Web静止画撮影サービス機能検証 ・過去の静止画により、牛の行動観察（起立困難牛の発見等）が可能か運用検証	サーバに蓄積された静止画を、カメラ番号、撮影日時を指定してサムネール表示して、牛の行動観察が可能かシステムを操作していただきアンケートとヒアリングを実施	起立困難牛の監視・発見に活用できることをヒアリングにより確認	○	サーバに蓄積された静止画を、カメラ番号、撮影日時を指定してサムネール表示して、牛の行動観察（起立困難牛の発見等）が可能かシステムを操作していただき、起立困難牛の監視・発見に活用できることを確認
	効果	1. 起立困難牛の発見（人間による画像監視） 2. 起立困難牛のAI監視 3. 起立困難牛のLIVE映像による抽出	職員ヒアリングにて可能・不可能の判断	1. ライブ映像、静止画撮影Webサービスを利用することで可能	1. ○ 2. ○ 3. ○	起立困難牛を見分けることは可能との回答結果であるが、20分程度の静止画を抽出して観察する必要があるため手間がかかり現実的ではない。AI監視で起立困難牛を検知してから、牛監視カメラシステムと見回りロボットにて目視判断する運用が望ましい。

# 検証結果サマリ③

## 検証結果サマリ

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	考察及び対応策
見回りロボット (カメラ)	機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・搭載カメラ（フルHD）の映像品質試験</li> <li>・搭載カメラ映像の操作性（PTZ）試験</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・職員アンケートによる評価（画像品質、操作性を5段階評価）</li> </ul>	画像：良いもしくは大変良い 操作性：大変良い	○	Web静止画像撮影とライブ映像を利用することにより起立困難牛の監視に活用できるとの回答を得ることができた。
	運用	見回りロボットに搭載したカメラの映像伝送	<ul style="list-style-type: none"> <li>・昼間、夜間、悪天候時などの条件を変えた運用環境におけるアクセス成功率</li> <li>・職員アンケートによる映像評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・昼間、夜間、悪天候時等の条件が異なる天候ごとでの検証不可</li> <li>・映像レベルについて十分との評価</li> </ul>	× ○	ロボットの防水・防塵加工は要件に合わせて今後実施することとなるため、晴天、雨天など条件が異なる天候ごとでの検証は来年度実施要。 晴天時の実証は実施し、カメラの映像伝送、遠隔操作がストレスなく可能である旨を確認できた。
	効果	見回りロボットに搭載したカメラ画像による起立困難牛の対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラ映像による起立困難牛か否かの判断可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・職員による画像確認により判断可能</li> </ul>	○	カメラの映像伝送、遠隔操作は可能で起立困難牛の判断も可能。

# 実装性に関する検証

実装性に関する検証を以下のとおり実施した

1. システム導入における費用対効果について各種調査や関係者へのヒアリングにより、以下項目について試算した。
  - ①見回り費用の削減 ②事務処理作業の軽減 ③緊急出荷牛の回避 ④死亡牛の回避によるコスト効果
2. システム導入における課題の洗い出しを畜産関係者へのヒアリングにより実施した。

## 【1.システム導入における費用対効果】 (単位：千円)

費用項目	人間による見回り等費用	牛監視カメラ・見回りロボット導入後費用（想定）
①見回り費用	51,000	27,540
②出荷作業等事務処理	2,900	1,850
③肥育牛の早期出荷	40頭（損失20,059）	28頭（損失14,041）
④肥育牛の死亡	14頭（損失17,844円）	9頭（損失11,471）
合計	91,803	54,902

## 【2.システム導入における課題】

課題	内容	対策
①導入費用の低減	通信環境構築費用、牛監視ソリューション構築費用や運用費用が利用者の負担になる。	・通信環境については、サブスクリプション型を利用。 ・牛監視solについては、他ICTサービス同様に1頭あたり月額1,000円程度の提供を目指す。
②ソリューションの性能改善	AI画像解析の精度向上はR5年度に実施予定であるため、異常牛の検知率がまだ不明である。	・R5年度の取り組みを通じ、職員が本システムを活用することで異常牛の検知率100%を目指す。
③顧客に対する営業活動	システム導入にあたってはICTベンダが関与し、構築から運用までサポートする仕組みが必要。	・NTT西日本が主体となって営業展開を実施
④運用面の改善	故障時の体制整理や通常利用時は直感的な操作ができることといった改善点がある。	・R5年度の取り組みを通じてブラッシュアップ実施。

# 実装に係る課題

項目	実装・普及展開シナリオ
目指すべき姿	<p>畜産農家が抱える課題（肥育牛の収量の向上、生産コストの低減、品質の向上、労働力の確保などの実現による経営基盤の強化）をICTソリューションによってサポート・解決する。コンソメンバならびにうしの中山様等により大隅地方の畜産農家を対象に10000頭程度のユーザ数にてサービス提供する。</p>
現時点の課題 (ミッシングピース)	<p>【提供費用】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>畜産ソリューションとして普及展開を目指すためには、競合価格帯からも<b>月額1,000円/頭</b>の実現が、ビジネスプラン成立に不可欠</li> </ul> <p>【ソリューションの性能改善】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ユーザのサービス要求水準（<b>死亡率30%以上改善</b>）達成のため、AIのさらなる学習が不可欠</li> </ul> <p>【顧客に対するプロモーション】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>提供費用として月額1,000円/頭のサブスクリプション型サービスを実現するため、10,000頭程度のユーザ数獲得を目指す。</li> </ul> <p>【運用面の改善】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>試験運用フェーズから実運用フェーズへの移行を踏まえ、ユーザのシステム管理者、運用管理者に対する研修・トレーニングのモデル開発が不可欠</li> </ul>
将来像の実現に向けたシナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証事業後は実証環境であるうしの中山様で利用を継続し、実証時に抽出された課題（ICTコスト特に運用費用のさらなる低減、AIのさらなる学習、見回りロボットの実運用化等）への対応（ユーザが希望するサービス水準レベル：起立困難牛の早期発見による死亡牛の低減30%以上を達成）をはじめとする、本ソリューションのサービス開発/品質強化を行い、<b>令和6年度にはうしの中山様の 大隅農場全域で本格実装</b>を開始する。</li> <li>この本格実装の稼働状況や運用ポリシーを踏まえ、他事業者への展開に向けた課題（AIのさらなる学習⇒補足、コスト低減）への対応を行う。</li> <li>令和7年度には<b>大隅地方の複数の畜産農家において、本活用モデルを横展開</b>することで実運用の実績を蓄積する。</li> <li>これと並行して、本実証事業を通じて得た知見や専門アカウント部門を主体とした体制で実装・横展開を推進し、令和9年までに4ユーザを獲得する。また、<b>小規模農家への横展開</b>に向けた個別仕様を具体化する中で、コンソメンバ内で設備シェアリング実現に向けた分析・検討を行い、サービス提供価格の低減に向けた取り組みを実施。これらシェアリングに関する新規ソリューションの組み合わせを加味し、顧客要望に応じた柔軟なサービスラインナップの構築を検討する。</li> </ul>

# 実装計画・収支計画

実装計画については、下表のとおり、本実証のローカル5Gシステムを利用し、監視ソリューション等のブラッシュアップを行ったのちに、R6年度からスマート畜産システムとして実装する。R7年度からは他大規模畜産農家への展開をNTT西日本が中心となって実施する。

通信インフラ、監視ソリューションともにサブスクリプション型のサービスをラインナップに加えることにより、ユーザにとってのシステム導入障壁を下げられるように仕組みづくりを検討する。

		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)
実装計画	監視ソリューション	開発実証	課題対応	コンソ内実装	自社内への横展開		
	見回り計画メンテナンス	開発実証	課題対応	コンソ内実装	他地域・他分野への横展開		
	ローカル5Gシステム	開発実証	実装				
収支計画 (千円)	(1)ユーザから得る対価	-	-	28,000	185,964	215,040	244,116
	(2)補助金・交付金	-	-	0	0	0	0
	(3)収入 ((1)+(2))	-	-	28,000	185,964	215,040	244,116
	(4)ネットワーク設置費	-	-	0	71,798	61,028	61,028
	(5)ネットワーク運用費	-	-	12,212	21,859	32,727	43,595
	(6)ソリューション購入費	-	-	15,960	89,454	92,555	106,919
	(7)ソリューション開発費	-	-	0	0	0	0
	(8)支出((4)+(5)+(6)+(7))	-	-	28,172	183,111	186,310	211,542
	(9)収支 ((3)-(8))	-	-	-172	2,853	28,730	32,574
収入、支出の算定根拠	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2024年度1ユーザ、2025年度以降1ユーザずつ利用者が増えるシミュレーション（1ユーザ2,000頭規模）</li> <li>・うしの中山は既にNW環境及び農業ソリューションのシステム環境が整っているため、個別運用型にて試算。</li> <li>・2025年度以降利用するユーザは初期費用を極力抑えるため、NW設置費用を最小化することを目的にサブスクリプション型を採用。ローカル5G及びスマート農業の構築費用についてはユーザから徴収。また、システム導入2年目からは、ローカル5G及び5G利用料（5,076千円）と牛監視ソリューション（月額1千円/頭）をユーザから徴収。</li> <li>・シェアリングによる小規模農家への展開は本収支計画に含んでいない。</li> <li>・ネットワークやソリューションの運用費用は導入から2年目以降に10%削減できたと仮定して計算。設置費用（構築費用）はそれぞれ15%削減できたと仮定。</li> </ul>						

# 実装性を高める手法の検討

なにを	どのようにして（手段、取組方法、アウトカム）	いつまでに
提供コスト低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>今回の実証事業を通じてローカル5Gの最適なNW提供パターンを検討するため、初期導入費用は本実証よりも低減可能。初期導入費の低減に比例して保守費用も低減。牛監視システムについては本実証事業のノウハウを元に機能改善が実施され、普及展開版となることから価格を再設定検討していただく。また、ローカル5Gについては、NTT西日本においては初期費用を必要としないサービス提供型のソリューションを提供済み。また畜産ソリューションとしてのアプリケーション（Cowsビュー）については現在はシステム構築型の提供のみであるが、今後、複数の企業にて共同利用が可能なクラウド型のサービス提供モデルを検討する。</li> </ul>	ローカル5G:NTT西にて対応済 畜産ソリューション：R6年度（実証後）以降にドリームワンカゴシマ社にて
ソリューション追加開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>本実証のノウハウを元に画像解析AIの機能を向上させる。</li> <li>補助事業による追加開発を実施することにより、2024年3月までに画像解析によるAIの新機能を開発。具体的には、カメラの画角追加による精密な牛の行動解析や個体識別機能の追加を想定している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・R5年度農水実証において実施</li> <li>・R6.3までに追加開発を目指す</li> </ul>
顧客開拓	<ul style="list-style-type: none"> <li>本コンソメンバ各社において、ローカル5G活用モデルのユースケース、提供価値、ビジネスプランを訴求、営業展開する。代表企業のNTTにおいては、西日本エリア30府県に営業拠点を持っており、ターゲットに対して事例紹介、提案活動が可能。コンソメンバにおいては全国展開が可能のため役割分担（エリア分担）のうえ、営業活動を実施。</li> </ul>	・R6年度から本格営業展開
運用面の改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>運用面においては専業の監視センターを構築して、生産者個人の夜間の監視業務からの解放を目指す。</li> </ul>	・R6年度から
<p>計画した収入を下回った場合の対応方法（資金調達など）</p> <p>NTT西日本、関西ブロードバンド社、富士通、ドリームワンカゴシマ社などにて、新たな開発資金を投入してクラウド型サービスを開発する。資金調達はスマート農業系の実証事業などを活用することを想定。</p>		

---

## まとめ

---

# まとめ(技術実証)

<b>課題解決システム 利活用環境 における 技術的課題</b>	<p>令和3年度総務省実証の成果より、畜舎の外側から畜舎内に指向性電波を発射した場合、畜舎の電波遮蔽が小さく<b>他者土地への電波漏洩がしやすい</b>ことがわかっている。一方で送信電力等を調整して<b>電波漏洩抑制を考慮した場合、自己土地内に不感地帯が発生</b>する可能性があるといったトレードオフ的な課題があり、エリア構築には綿密な設計と膨大な検証時間を要する。施策として<b>スポット的に電波照射し、電波漏洩の軽減が期待できるLCX</b>を用いたエリア構築がある。しかしながら全畜舎へのLCX設置は、<b>機器費や設置工数など膨大なコスト増</b>となる。</p>
<b>上記課題の 解決のための 目標と仮説</b>	<p>目標：自己土地内の不感地帯解消、及び他者土地への電波漏洩軽減の両面を考慮し、且つコストを最小限に抑えてエリア構築することを目的に、<b>指向性アンテナ、LCXの特徴を具体化した上で指向性アンテナとLCXのハイブリッド構成によるエリア構築手法を確立</b>      仮説：指向性アンテナにて自己土地を広くカバーする一方で、他者土地<b>漏洩の抑制に伴い生じる不感地帯に対し、LCXをカバーエリアと干渉調整区域の距離差を抑制するよう設置し</b>(牛舎内で電波漏洩スロットを真下に向け電波伝搬距離を短くする)、<b>電波漏洩を軽減</b>させることで<b>スポット的にエリア化</b>する施策が有用と考える。</p>
<b>得られた 技術的知見</b>	<p>知見：<b>LCXは敷設牛舎をエリア化できる一方で長手方向の他者土地や短手方向の隣接牛舎に対しては電波漏洩し難い</b>ことが確認でき、牛舎のような半屋外環境に対し電波漏洩を抑制しつつ<b>狭小不感地帯をエリア化できる</b>知見を得た。また<b>エリア設計シミュレーションでは単位長LCXを敷設ケーブル長に縦配列させたモデル</b>にて近似値を計算できる知見を得た。(エリア内一部不感地帯あり)      活用：エリア設計する上で、<b>指向性アンテナにて広くエリア化を図る</b>と共に、電波漏洩の抑制設計に伴い生じる不感地帯を明確にし、その<b>不感地帯へLCXによる狭小エリア化を図る</b>シミュレーションを実施することでスムーズ且つ柔軟なエリア設計が可能と考える。      効果：畜産業においては複雑な区域をエリア化することも想定され、今回の実証結果から電波漏洩抑制の観点ではLCXによる狭小エリアを自己土地内に限らず配置することで柔軟なエリア設計は可能と考える。しかしながら<b>エリア化範囲が複雑且つ広大である場合、LCXのみのエリア設計ではCAPEX、OPEX観点で共にコスト高</b>となる。そのため、指向性アンテナにて広くカバーすると共に、不感地帯や自己土地境界をLCXでカバーする<b>ハイブリッド構成がコストを最小限</b>に抑えたエリア設計に貢献できると考える。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="430 1025 1036 1053"> <p>指向性アンテナ(左)とLCX(右)によるエリア構築状況</p> </div> <div data-bbox="1408 1025 1937 1053"> <p>指向性アンテナLCXによる望ましいエリア構成</p> </div> </div>
<b>課題</b>	<p>本実証エリア内に一部不感地帯が残置したため、次年度のロボット検証に支障が出ないように、ローカル5Gシステムの調整を実施。</p>

# まとめ(課題実証)

<p>実証結果</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■多端末同時接続技術：1,008台の固定カメラを9台のUEに有線接続し、事務所とローカル5Gで接続。映像伝送の品質を検証。</li> <li>➢ 同時に<b>最大64台のカメラの4K画質ライブ映像(3860×2160/5fps)をモニタに表示・閲覧</b>することが可能で、熟練者にとって正しい判断を下すことができるレベルの画質・フレームレート映像であることを確認。(通常運用では16分割画面を表示)</li> <li>➢ 1,008台の4Kカメラから<b>28秒間隔での静止画撮影</b>を伝送・蓄積し、熟練者が起立困難牛の発見から遡り牛の健康状態を確認するのに十分な画質であることを確認。</li> <li>■見回りロボット技術：見回りロボットのカメラの制御信号伝送・映像伝送をローカル5Gにより実施。</li> <li>➢ <b>カメラの遠隔操作は遅延が少なくストレスを感じず実施可能</b>だったことを現場職員に確認。<b>映像品質もフルHD相当の映像品質(1920×1080/15fps)の伝送を行い、牛の行動を詳細把握できる</b>レベルであることを現場職員に確認。 (一部牛舎に不感地帯が存在するため、来年度の見回りロボットの実証に支障がないよう、今後ローカル5Gネットワークの調整を実施)</li> <li>■費用削減効果：事務所からの映像確認と見回りロボットの活用による作業時間削減効果や費用削減効果を検証。</li> <li>➢ 見回り稼働等の軽減にて約2400万/年、死亡牛・緊急出荷牛の回避にて1200万/年、<b>合計3600万/年のコスト効果</b>が期待できる。</li> </ul>
<p>実装計画</p>	<p>R5年度以降、NTT西日本が中心となり実装・横展開に向けた畜産農家への広報・提案を継続する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・R5年度は、ローカル5Gシステム利用を継続し、AIのさらなる学習、見回りロボットの実運用化に向けた取り組みを実施。<b>職員が本システムを活用することで起立困難牛の検知率100%ならびに死亡牛頭数の30%低減</b>を目指す。</li> <li>・R6年度からは、実証フィールドにおけるローカル5Gと牛監視ソリューションの商用利用を開始し、スマート畜産を実現</li> <li>・R7年度は、NTT西日本が中心となって大規模畜産農家へのローカル5Gを活用した本システム導入に向けた提案を実施する。</li> </ul> <p>実装を確実にするため、以下に取り組む。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・費用低減：ローカル5Gについては、<b>NTTBSにて商用化済みのサブスクリプション型サービス</b>提供により初期導入費を低減し、導入障壁を下げる。<b>監視カメラソリューションについてもサブスクリプション型のサービス提供</b>をドリームワンカゴシマ社にてR5年度以降検討する。</li> <li>・性能改善：R5年度に<b>実フィールドにおいて学習データの拡充やモデルの改良などによりブラッシュアップ</b>を目指す。</li> <li>・運用面の改善：<b>複数の畜産農家が共同利用する監視センターを構築</b>することで、<b>運用面での負担軽減</b>ならびに<b>ノウハウ蓄積によるサービス品質向上</b>も図ることが期待できる。</li> </ul>
<p>課題</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・R5年度に実証継続し、見回りロボットの自律走行性能を向上させるための知見を得ること。</li> <li>・導入費用や維持管理費用の低減に向け、通信インフラ、監視カメラソリューションの費用低減を実施すること。</li> </ul>