

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

【開発実証事業】

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

令和5年3月

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

目次

1.	実証概要	1
1.1	背景・目的.....	1
1.2	実証の概要	2
2.	実証環境の構築.....	3
2.1	対象周波数帯	3
2.2	実施環境	3
2.3	ネットワーク・システム構成	5
2.3.1	ローカル5Gのネットワーク構成	6
2.3.2	基地局等の機器類調達先等	18
2.3.3	4.7 GHz 帯システム	19
2.3.4	見回りロボットの LIVE 映像伝送システム	24
2.3.5	牛監視カメラの LIVE 映像伝送システム	26
2.4	システム機能・性能・要件.....	27
2.4.1	ローカル 5G システムの性能	28
2.5	その他.....	29
2.5.1	実証システムの拡張性等	29
2.5.2	実証システムの安全性確保のための対策.....	34
3.	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)	36
3.1	実証概要	36
3.2	実証環境	36
3.2.1	測定に使用する機器	39
3.3	実施事項	42
3.3.1	電波伝搬モデルの精緻化	42
3.3.2	エリア構築の柔軟性向上.....	42
3.3.3	準同期 TDD の追加パターンの開発	59
3.3.4	基本的な電波伝搬データの取得	59
4.	ローカル 5G 活用モデルに関する検討(課題実証)	117
4.1	実証概要	117
4.1.1	背景となる課題.....	117
4.1.2	本事業におけるローカル 5G 活用モデル.....	124
4.1.3	実証内容の新規性・妥当性.....	136

4.1.4	実証目標.....	149
4.2	実証環境	152
4.3	実施事項	154
4.3.1	ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証	154
4.3.2	ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証.....	187
4.3.3	ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討	221
4.3.4	ローカル 5G 活用モデルの実装・普及展開	222
5.	普及啓発活動の実施	238
5.1	映像制作	238
5.2	実証視察会の実施	238
5.3	その他普及啓発活動	243
6.	実施体制	245
6.1	実施体制の全体像	245
6.2	実施体制内の役割	245
7.	スケジュール	248
	添付資料.....	249

1. 実証概要

1.1 背景・目的

■背景・課題

肉用牛の肥育過程においては、現在約 1%の死亡率をゼロにすることが課題となっている。具体的には、寝たときにひっくり返って起き上がれなくなることを防いだり、牛の体温が上昇したときに迅速に対処したり、早い段階で牛の病気を発見するといった必要がある。このようにして、死亡牛をゼロに近づけることで、牛という資源を無駄にしないようにすることが重要である。

また、適切な時期に適切な量の餌を与えることにより、重量を増やし、肉を付けることで、牛の品質を向上させることも課題である。量、質ともに、お客様が求める良質な牛肉を生産し、生産・販売の価値を向上させ、牛の能力を最大限生かしていくことが重要である。

さらに、多数の牛を飼育する場合、部屋数（牛房）が多く、同じクオリティで確認することが難しいため、人手をかけずに牛の死亡を防ぐことも課題となっている。人口が減少する中、少人数で高品質な牛肉を生産できる仕組みを整え、先進技術を導入して農業のイメージを変え、若年層の興味を集めることを目指す。

このような課題に対して、ローカル 5G による課題解決を図り、本事業の実証生産者であるうしの中山が「日本のスタンダードになる」ことを目指す。

■導入の目的

肥育プロセスの詳細な監視・データの分析（特に画像）を行い、異常を精密に抽出するためには LTE とは比較にならない高速・多端末に対応したローカル 5G が有用である。また、ロボットによる見回りの自動化と LIVE 画像取得や見回りロボットのカメラによる MR 視界の共有においてもローカル 5G は必要である。

■実証生産者の概要

【会社概要】

うしの中山では 1950 年の創業から変わらない伝統技法、飼養管理を継承しながら、新たな畜産の可能性にチャレンジしていく。“牛の能力を最大限に引き出す”ことが使命であり、そのためには牛と向き合い、感謝を忘れないことが重要と考えている。毎朝一頭一頭に『おはよう』の声をかけることから始まり、牛たちが安心して過ごせるような心配り、環境づくりに日々励んでいる。食されて美味であることを追求した結果、数多くの高い評価を得ている。

【うまみの追求】

牛肉の世界では BMS（牛脂肪交雑基準）で評価される肉の霜降り具合や、色味が一般的に重視され、うまみの評価基準はない。しかし、うしの中山では徹底的にうまみにこだわる。うまみを追求した結果、うしの中山の牛肉は美しい霜降りを作り出し、口の中でさらっと溶ける脂、うまみの強い赤身を生み出す。

【肉質】

うまみを追求した技術、ストレスのない環境でどの牛も一級品として育て上げている。15 種類以上の素材とビール酵母を混ぜた特別配合の飼料で育てられた牛は、オレイン酸の値が高く、脂の融点は低い「フワッ」と蕩け、口に脂が残ることなく身体の中に入る食べやすい肉質となっている。もも肉まで美しいサシの入ったうしの中山の牛肉はうまみと上等なサシを兼ね備えており、すべての方に満足いただける肉質を、自信を持ってお届けしている。



図 1.1-1) うしの中山について(うしの中山 HP より)

1.2 実証の概要

鹿児島県鹿屋市にある 5,000 頭規模の肥育牛生産農家を舞台にして、ローカル 5G の同時多数接続機能を活用し、18 棟の牛舎に設置した 1,008 台の 4K カメラから常時得られる膨大な画像データをエッジ処理・AI 処理で解析し、起立困難牛のいる牛舎の早期発見・ローカル 5G で遠隔視認するシステムを構築した。さらに自動走行する見回りロボットを開発し、対象牛の詳細をリアルタイムに遠隔視認した。加えて、AI により対象牛房の残飼料量を調査させ、牛舎 18 棟の精密飼養が可能なことを実証した。また、志布志市の中規模一貫型肉用牛生産農家でコスト的に困難な夜間宿直を本遠隔監視（含む分娩）によりシェアリングできることを検証した。最後に畜産業務の事務処理に関し、RPA を活用した DX 化により作業集約できることを実証した。その結果、牛の事故率、飼料ロス、事務費の低減により産地の利益を 10% 増加させることを最終目標とし、効率的かつ省力的で産地モデルの達成が可能なことを実証した。

2. 実証環境の構築

2.1 対象周波数帯

本事業では、4.7GHz 帯（4.8GHz～4.9GHz 合計 100MHz 幅）における電波伝搬特性の解明及び同周波数帯を用いた端末等からの映像伝送等を想定したローカル 5G の性能評価等の技術実証を実施した。使用する周波数帯帯域を図 2.1-1 に示す。

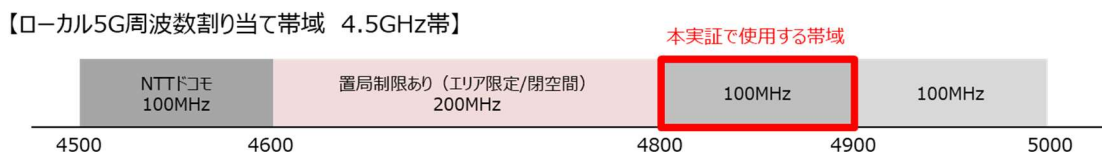


図 2.1-1) 本事業の対象周波数

2.2 実施環境

本事業を行った有限会社うしの中山大隅ファーム（以下、大隅ファーム）は、鹿児島県鹿屋市に位置し、全 42 棟の牛舎を自己土地内に所有している。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、電波漏洩をしやすい環境であり、自己土地の牛舎から他者土地までの距離が短いため、自己土地に展開するローカル 5G の実証エリア構築が困難な環境である。

以下にうしの中山及び大隅ファームについて記載する。

表 2.2-1) うしの中山の概要

名称	有限会社 うしの中山
代表者名	中山 高司
所在地	鹿児島県鹿屋市串良町有里5137-3
創業年月	1950年1月
企業の沿革	1950年：有限会社うしの中山 創業
	1978年：長島町 150頭牛舎完成
	2005年：長島町 1,000頭牛舎完成
	2017年：1,000頭を連れ鹿屋市へ移転
	2017年：3,800頭牛舎「平成」完成
	2019年：1,000頭牛舎「令和」完成 飼育規模4,900頭へ
業種	畜産農業
従業員数	25名
売上	38億円
事業概要	黒毛和牛の肥育・販売（4850頭飼養）



図 2.2-1) 大隅ファーム牛舎外観



図 2.2-2) 大隅ファームの自己土地と他者土地



図 2.2-3) 大隅ファームの牛舎内

飼養能力			
平成牛舎			
育成舎	6棟	1,008頭	(168頭×6棟)
肥育舎	26棟	2,828頭	(112頭×25棟、28頭×1棟)
		3,836頭	
令和牛舎			
育成舎	2棟	312頭	(156頭×2棟)
肥育舎	8棟	800頭	(100頭×8棟)
		1,112頭	
全体			
育成舎	8棟	1,320頭	
肥育舎	34棟	3,712頭	
	42棟	4,948頭	

表 2.2-2) 大隅ファームの牛舎規模

2.3 ネットワーク・システム構成

本事業で用いる技術実証のシステム構成を以下に示す。

「Dr.Cows ビュー」及び見回りロボットを購入し、本事業ではローカル 5G 機器をはじめ通信環境の整備を行った。なお、課題実証に関する各機器（サーバ類、データストレージ、見回り

ロボット等)の主な諸元値については2.3.4、2.3.5へ記載する。

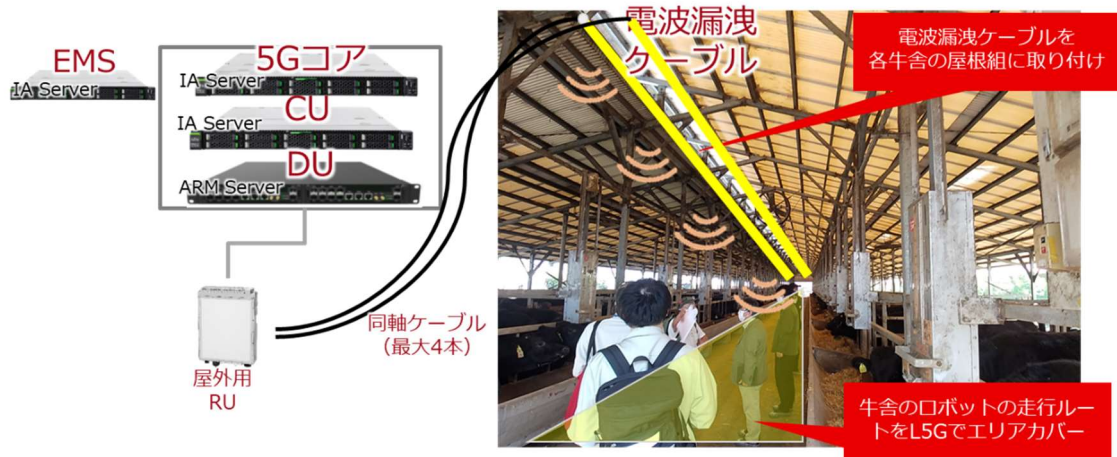


図 2.3-1) 本技術実証のシステム構成イメージ

2.3.1 ローカル5Gのネットワーク構成

本事業で使用するローカル5Gのネットワーク・システム構成図、IPアドレス設計例を以下に示す。

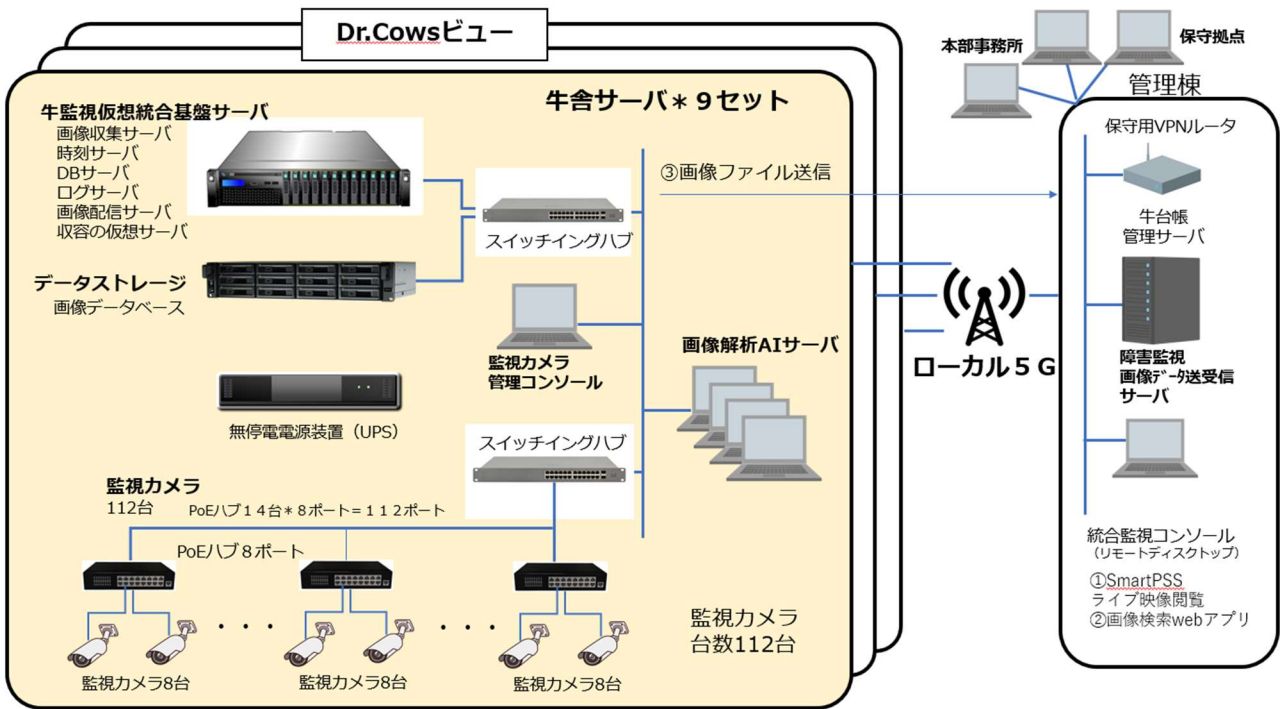


図 2.3.1-1) 本事業で用いる「Dr.Cowsビュー」システムの構成

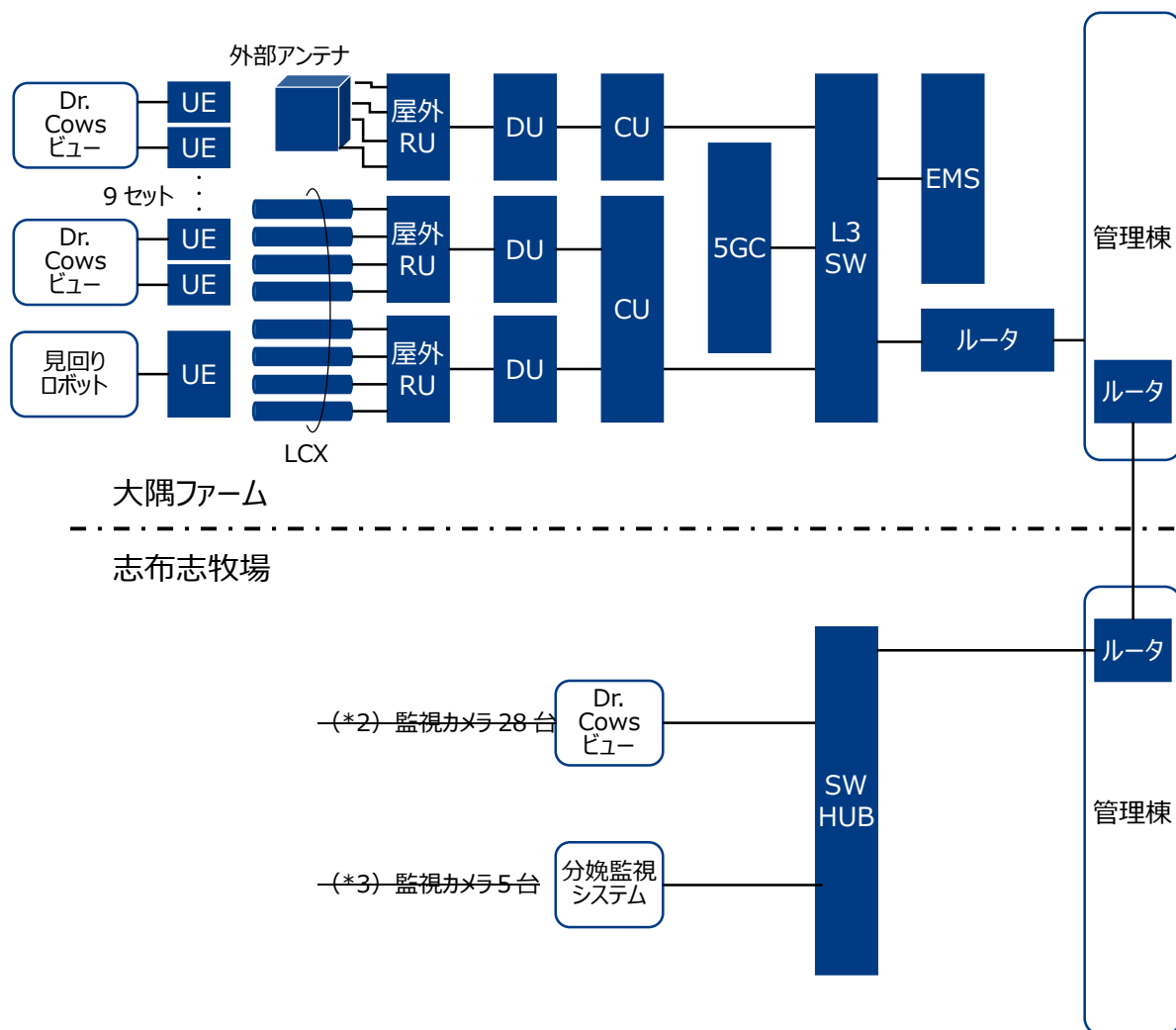


図 2.3.1-2) ローカル 5G システム構成(大隅ファーム/志布志牧場)

表 2.3.1-1) ローカル 5G システム(基地局)の概要

	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	4.8-4.9 GHz 帯
SA/NSA	SA
UL 周波数	4.8-4.9 GHz
DL 周波数	
UL 帯域幅	100MHz
DL 帯域幅	
UL 中心周波数	4.85 GHz
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
------	------------------------

* ユースケース観点（カメラ映像（台数、解像度））で、準同期が実用的かつ有効的である場合は、準同期 TDD に切り替えを実施。

表 2.3.1-2) 本事業で用いる課題実証側の IP アドレス設計例

	FROM	FROM	プロトコル	TO	TO	補足
管理棟→牛舎棟	監視カメラ 管理コンソール (管理棟)	10.128.0.101	RDP:???	10.128.X.211	監視カメラ 管理コンソール (牛舎棟)	牛舎監視端末へのRDP通信にて使用
	障害監視 画像データ送受信 サーバ(管理棟)	10.128.0.102	http:80	10.128.X.205	画像配信サーバ	管理棟の監視サーバから障害状況収集
	障害監視 画像データ送受信 サーバ(管理棟)	10.128.0.102	https:443	10.128.X.205	画像配信サーバ	管理棟の監視サーバから障害状況収集
	障害監視 画像データ送受信 サーバ(管理棟)	10.128.0.102	TCP/UDP	10.128.X.205	画像配信サーバ	予備
管理棟→インターネット	障害監視 画像データ送受信 サーバ(管理棟)	10.128.0.102	ntp	ntp.nict.jp	インターネット	時刻同期
牛舎棟→インターネット	時刻サーバ	10.128.X.202	ntp	ntp.nict.jp	インターネット	時刻同期
牛舎棟→管理棟	画像配信サーバ	10.128.X.205	TCP/UDP	10.128.0.102	障害監視 画像データ送受信 サーバ(管理棟)	画像データ転送のTCP/UDP通信にて使用
	画像配信サーバ	10.128.X.205	TCP/UDP	10.128.0.102	障害監視 画像データ送受信 サーバ(管理棟)	予備
インターネット→管理棟	各保守拠点	グローバルIP	tcp/udp/gre/esp	10.128.0.100	VPNルータ	(L2TP/IPSEC)VPN
	営業所	グローバルIP	tcp/udp/gre/esp	10.128.0.100	VPNルータ	(L2TP/IPSEC)VPN
	開発拠点	グローバルIP	tcp/udp/gre/esp	10.128.0.100	VPNルータ	(L2TP/IPSEC)VPN
※IPアドレスの第3オクテットの「X」は、「1～10」に読み替えてください						

表 2.3.1-3) Dr.Cows ビュー制御部分1セットの構成(9セット導入)

	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) スライドライール	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)	ロジテール K835	1	台
	10 マウス (サーバ用)	ロジテール M720r	1	台



ブランド	HV-E800A
製品型番	B06W-SHP-HX
レンズマウント	ウォールマウント
付属機能、特徴	赤外線
付属品	カメラ本体 ネットライン ネジ袋(取り付け用)警告ステッカー 防水カバー 説明書
モータータイプ	デジタルズーム
防水性	IP67
カラー	スタンダード防犯カメラ
製品サイズ	18 x 10 x 8 cm; 520 g
解像度	8MP解像度(4K:3840*2160P)
センサー	SONY IMX415
ビデオ圧縮フォーマット	H264、H265
ビデオビットレート	256Kbps~16000Kbps
耐候性	IP67防水防塵
レンズ	2.8mm
画角	110°
動体検知	対応
ナイトビジョン	30m
オーディオ	内蔵マイク
赤外線LEDライト	24個
システムサポート	Windows、Mac OS、Linux、Android、IOS
ストレージサポート	PC、NVR、NAS

図 2.3.1-3) 導入カメラ HV-E800A 仕様(製品紹介 HP より)
(大隅ファームに1,008台導入、うしの中山志布志牧場に28台導入)

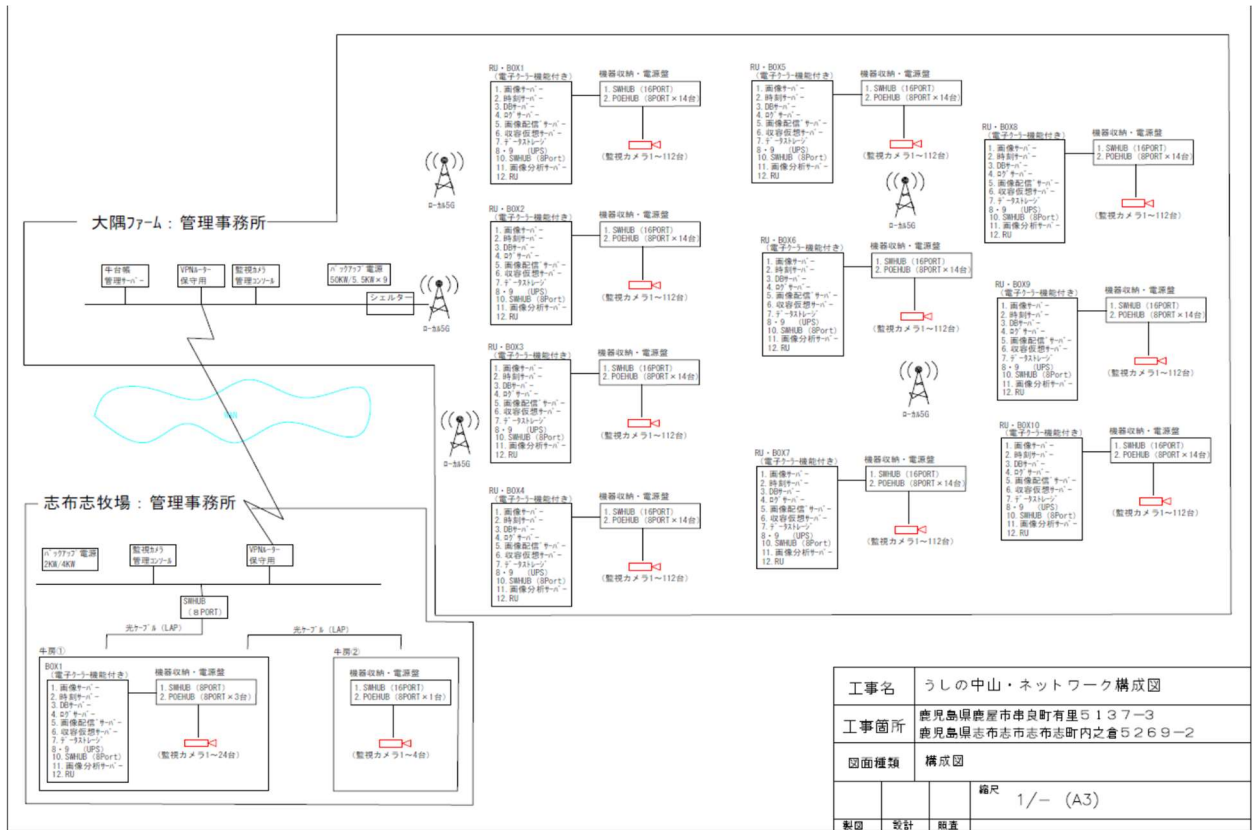


図 2.3.1-4) ネットワーク全体図(大隅ファーム・志布志牧場)

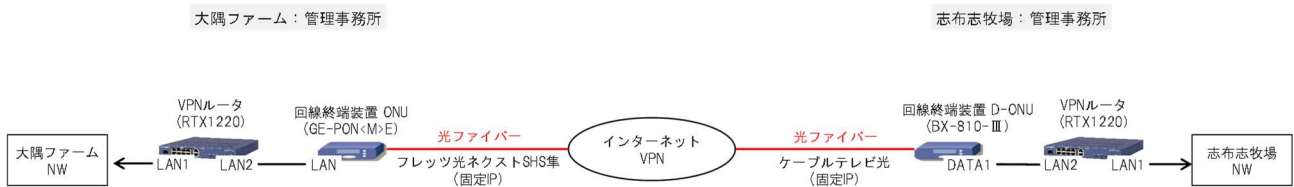


図 2.3.1-5) WAN 構成図

■大隅ファーム概要

【敷地について】

面積:約 300m×400m、牛舎は 42 棟。1 棟の牛舎には 56 牛房（肥育房は牛 2 頭、育成房は牛 3 頭）。

【主な建屋について】

堆肥置き場：高さ約 8m、壁はコンクリート、屋根の材質はトタン（鉄板）。

牛舎：高さ約 5m、側面は吹き抜け、屋根の材質はプラスチック（想定）、牛舎内は高さ 0.5～1m 程度の飼槽（コンクリート）が敷かれている（遮蔽物となる）。屋根を支える鉄柱は非常に細く、見通しを遮るほどではない。

【コア装置の設置場所】

サーバ類は敷地内の発電設備の BOX に設置した。事務所内は騒音等が起きるため設置が厳

しい。また事務所と敷地間の道路は公道である。公道を跨いだケーブル類の配線は行政手続きが煩雑なため、敷地内にコア装置設置用のシェルタを敷設。

【RU 設置場所】

堆肥置き場が牛舎より高く、ポールを高くして RU を設置しても、堆肥置き場で電波が遮断される。そのため、敷地の角や隅に RU×3 台を分散して設置（電源用のコンクリート製自営柱を活用してコストを抑える）。

RU は敷地内の電柱に設置。

電柱：高さ約 10m に設置（1 か所）。

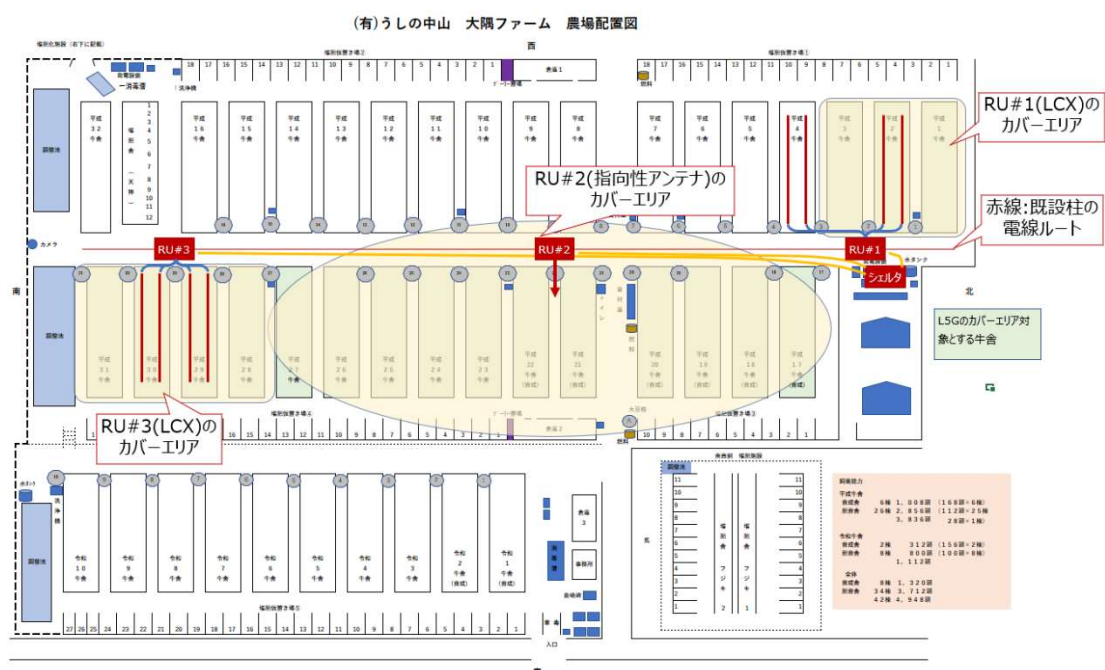


図 2.3.1-6) 大隅ファームセル設計(全体)

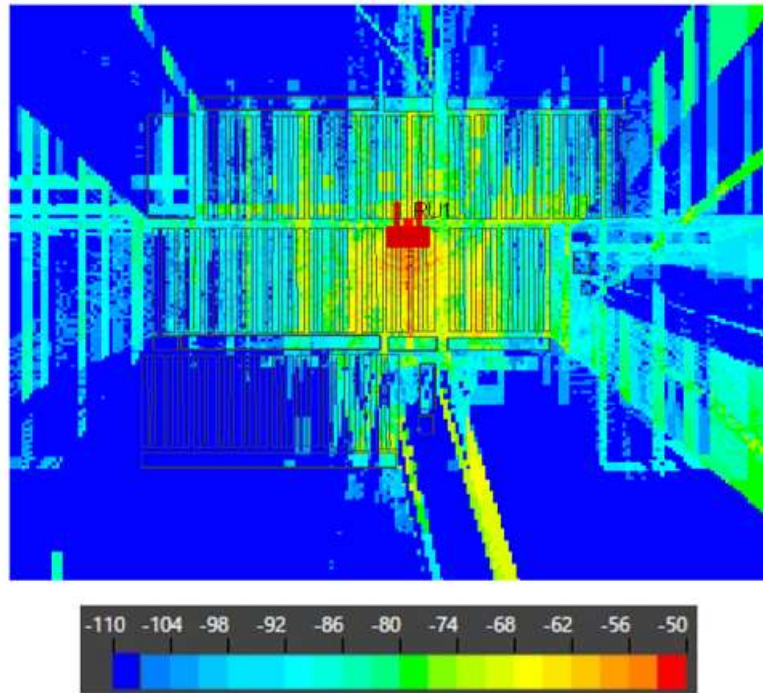


図 2.3.1-7) セルシミュレーション例(RU#2(指向性アンテナ)のみ)

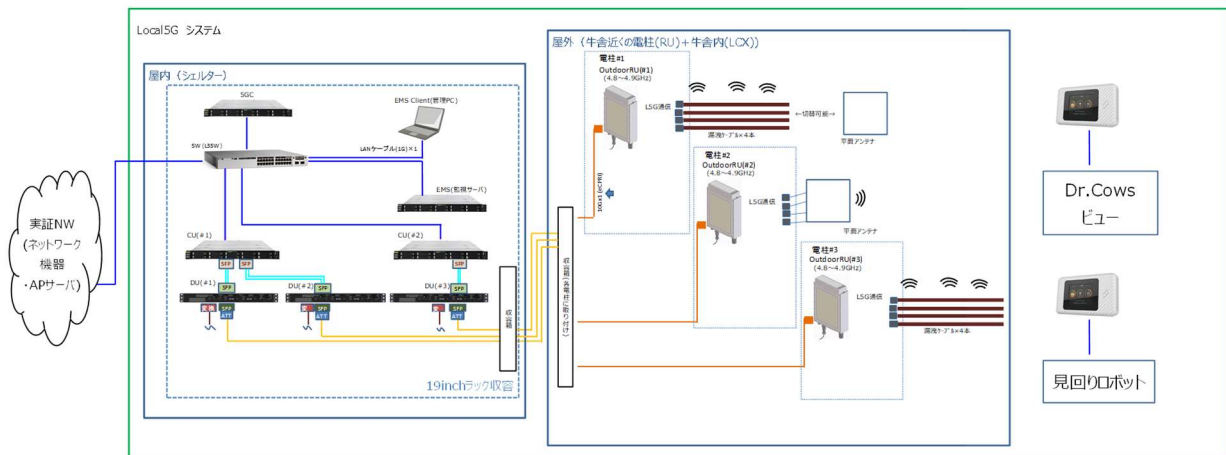


図 2.3.1-8) 伝送路イメージ

牛舎内



飼槽(コンクリート)



屋根は光を通してため、プラスチックと想定



プラスチック

図 2.3.1-9) 牛舎の様子

敷地中央の堆肥置き場は、盛土にっている



壁はコンクリート



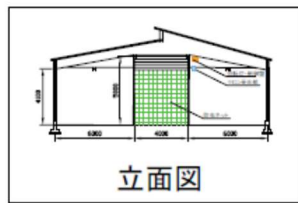
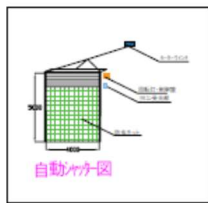
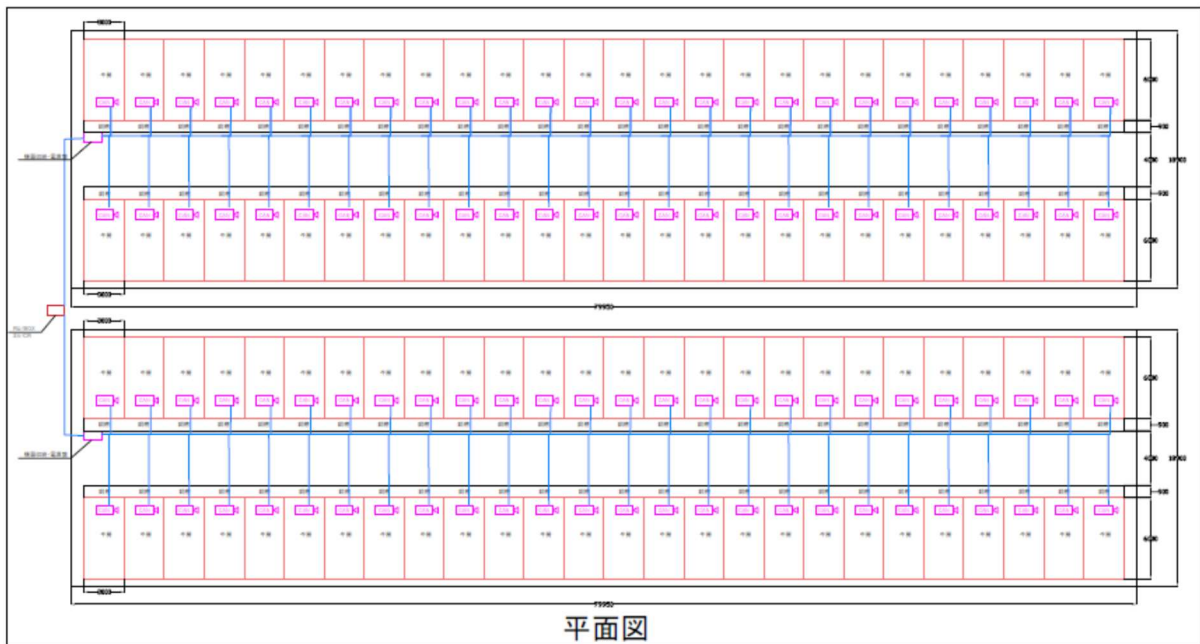
屋根はトタン(鉄板)



堆肥置き場 側面



図 2.3.1-10) 堆肥置き場の様子



- * 監視カメラ配置計画 20牛房 対象 1120台+α
- * 可動式・脱着方式 採用
- * UTP0.5-4P (CAT5E)
- * RU/BOX SV/CR(電子クーラー機能付き)
- * 機器収納・電源盤
- * ネットケーブル

うしの中山 牛房建屋

鹿児島県鹿屋市串良町有里5137-3

図 2.3.1-11) 大隅ファーム 牛監視カメラ設置図

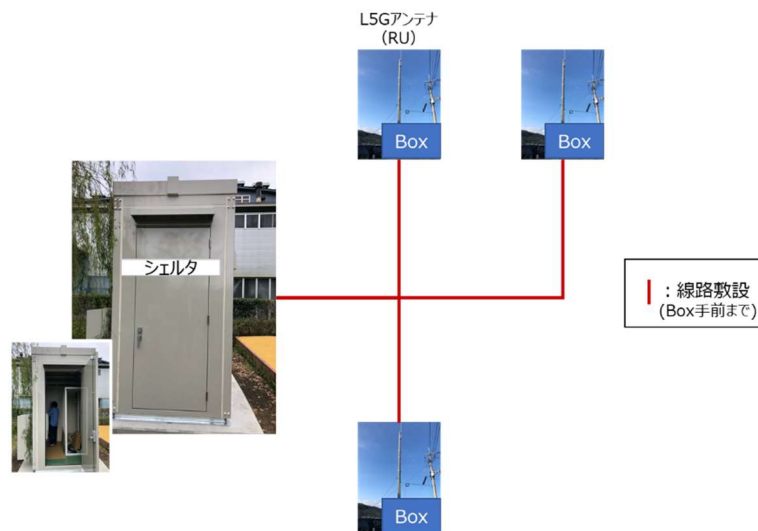


図 2.3.1-12) 大隅ファーム電源工事図

L5Gのコア装置やエッジサーバー類を格納するシェルタは、下記の仕様を想定しています。

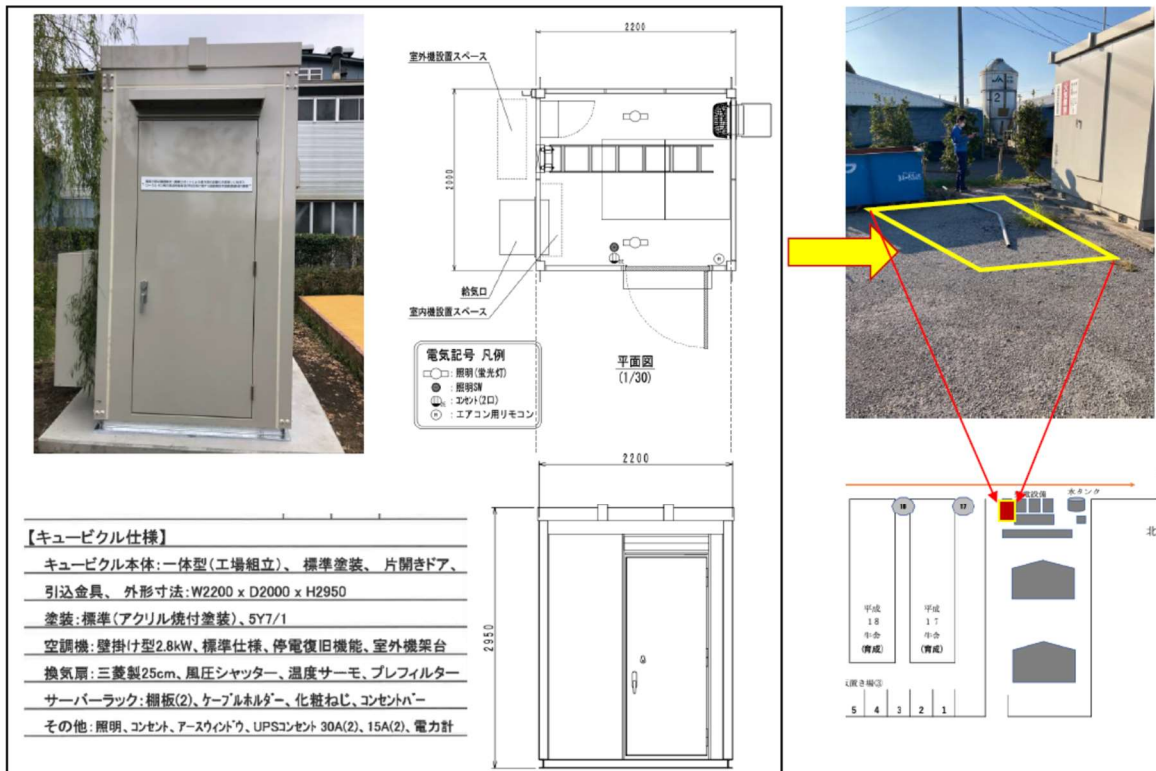


図 2.3.1-13) ローカル 5G 機器格納シェルタの仕様



図 2.3.1-14) 各基地局までの光ケーブルルート図

①→① 場内電柱を借用



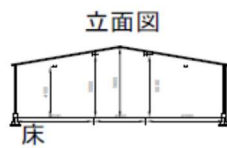
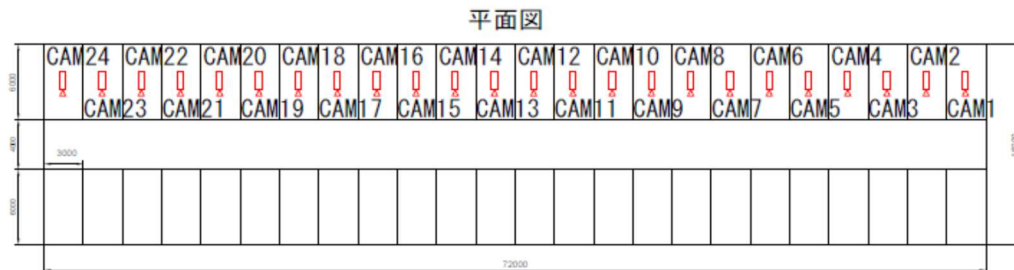
③→② 堆肥仮置き場①の屋根か壁面を利用



①→③ 場内電柱から地面埋設

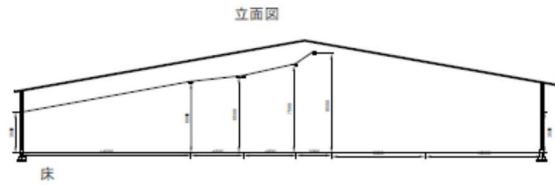
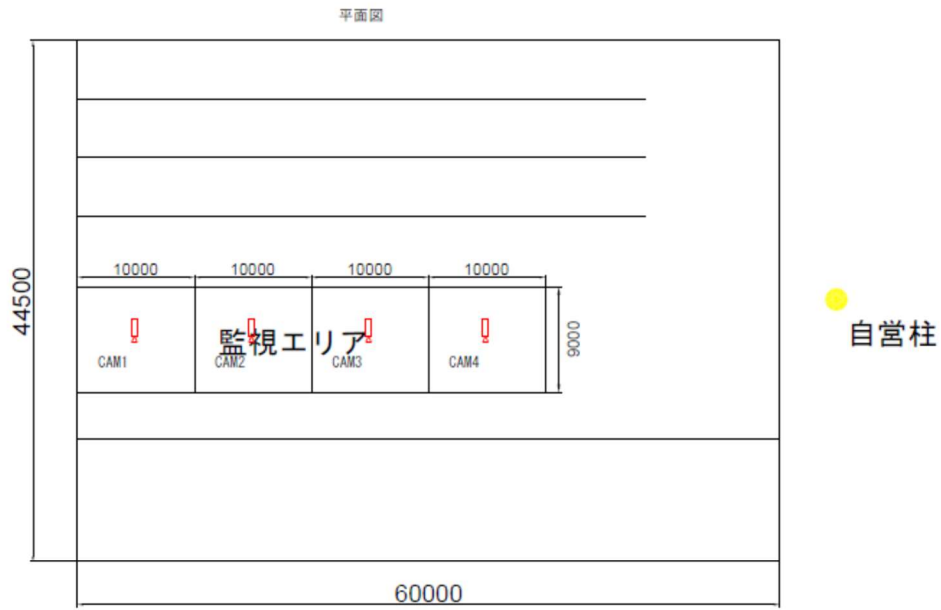


図 2.3.1-15) 各基地局までの光ケーブルルート図(詳細)



工事名	うしの中山・志布志牧場
工事箇所	鹿児島県志布志市志布志町内之倉5269-2
図面種類	牛房1・立面・立面図(監視カメラ配置図)
製図	縮尺
設計	
原案	

図 2.3.1-16) うしの中山志布志牧場設置図(動態牛監視カメラ)



工事名	うしの中山・志布志牧場
工事箇所	鹿児島県志布志市志布志町内之倉5269-2
図面種類	牛房2・立面・立面図（監視カメラ配置図）
	縮尺
製図	登野 樹直

図 2.3.1-17) うしの中山志布志牧場分娩牛監視カメラ設置図

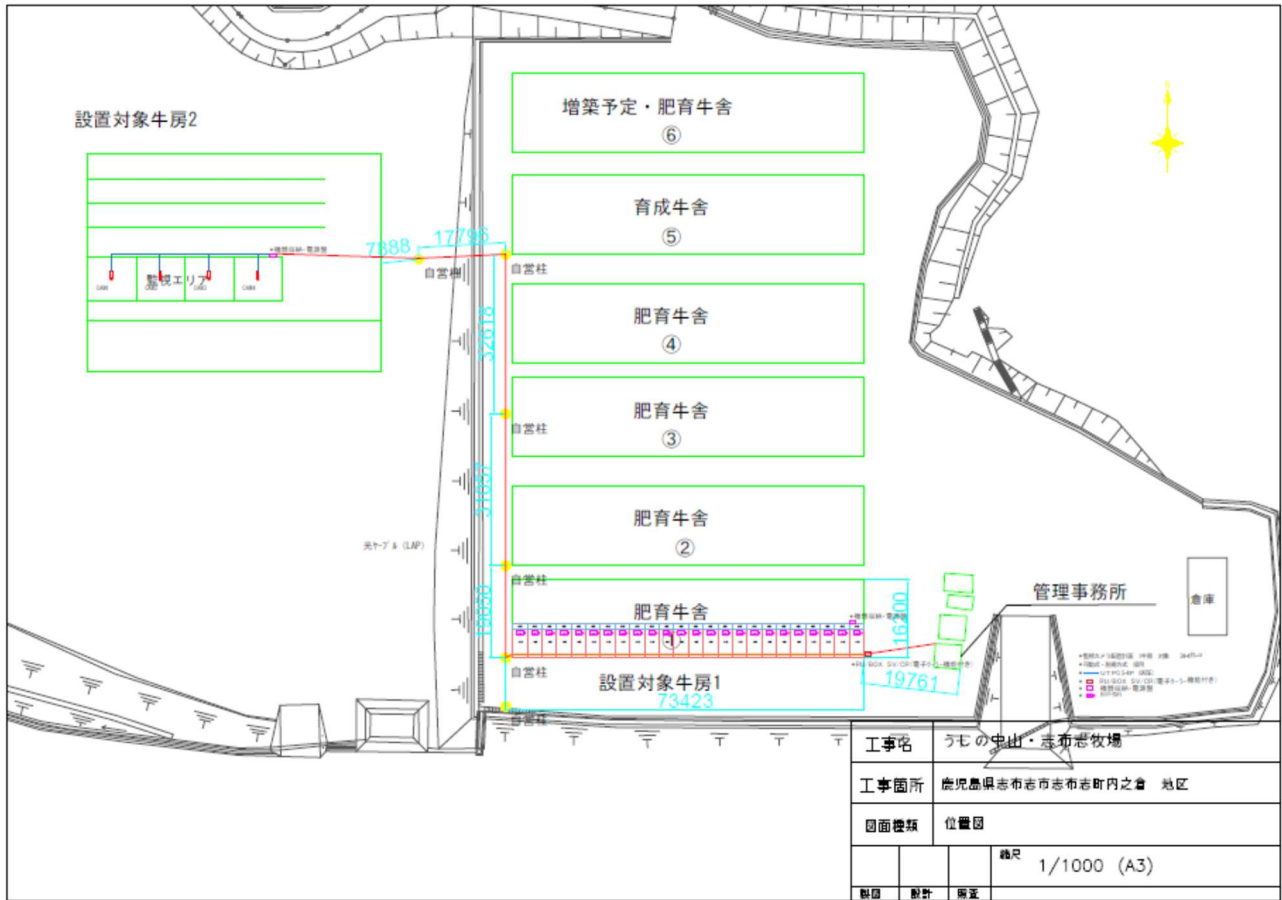


図 2.3.1-18) うしの中山志布志牧場配置図

2.3.2 基地局等の機器類調達先等

本事業で使用する基地局等の機器の一覧を表 2.3.2-1 に示す。

表 2.3.2-1) 機器一覧

No	設置場所	使用機器	調達先	数量	設置形態	備考
1	大隅ファーム (技術実証)	EMS	富士通株式会社	1	固定	
2		5GC	富士通株式会社	1	固定	
3		CU	富士通株式会社	2	固定	
4		DU	富士通株式会社	3	固定	
5		屋外 RU	富士通株式会社	3	固定	
6		UE	兼松フューチャテックソリューション	2	固定	

			ズ株式会社				
8		指向性アンテナ	日本アンテナ株式会社	2	固定		
9		LCX	株式会社フジクラ・ダイヤケーブル	8	固定		
10	大隅ファーム (課題実証)	画像解 AI 用 PC	株式会社 DFC	1	固定		
11		見回りロボット用カメラ	株式会社 DFC	2	固定		
12		牛監視統合サーバ	株式会社 DFC	1	固定		
13		監視カメラコンソール	株式会社 DFC	10	固定		
14		VPN ルータ	株式会社 DFC	2	固定		
15		Cows ビュー	株式会社 DFC	1 式	固定		
16		監視カメラ	株式会社 DFC	1,008	固定		
17		UE		兼松フューチャテックソリューションズ株式会社	9	固定	
18				兼松フューチャテックソリューションズ株式会社	2	可搬	

2.3.3 4.7 GHz 帯システム

本事業におけるローカル 5G の 4.7 GHz 帯システムは SA (Stand Alone) 方式のシステムである。基本仕様としては 3GPP Release15 に準拠する。

以下、4.7 GHz 帯システムを構成する機器について記載する。

(1) 5GC

端末接続時の認証、セッション管理、パケット転送などの機能を担う。

本事業で使用する 5GC は汎用サーバ上で稼働するソフトウェアにより実現される。

5GC の主な諸元値を表 2.3.3-1 に示す。

表 2.3.3-1) 5GC の主な諸元値

項目	諸元値
サポート機能	AMF, SMF, UPF, UDM, UDR, AUSF, NRF
ユーザー数	同時接続数 256 (登録数 512)
装置としての最大スループット	4.4Gbps (DL/UL 合計)
最大接続 CU 数	5

(2) CU

無線リソース制御を担う。

本事業で使用する CU は汎用サーバ上で稼働するソフトウェアにより実現される。

CU の主な諸元値を表 2.3.3-2 に示す。

表 2.3.3-2) CU の主な諸元値

項目	諸元値
ユーザー数	256
装置としての最大スループット	2.0Gbps (DL/UL 合計)
最大接続 DU 数	4

(3) DU

ベースバンド処理を担う。

ハードウェア外観を図 2.3.3-1 に示す。

主な諸元値を表 2.3.3-3 に示す。



図 2.3.3-1) DU のハードウェア外観

表 2.3.3-3) DU の主な諸元値

項目	諸元値
ユーザー数	64
最大スループット理論値	DL:1.7Gbps、UL:0.2Gbps (スロット数比率 DL:UL:S=7:2:1) ※
帯域幅	100MHz

MIMO レイヤ数	DL:4 レイヤ UL:2 レイヤ
MCS	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
Beam 数	6
接続 RU 数	1

(4) 屋外 RU

屋外向け無線機である。

外部アンテナを接続することができる RF 接続ポートを備えている。

ハードウェア外観を図 2.3.3-2 に示す。

主な諸元値を表 2.3.3-4 に示す。

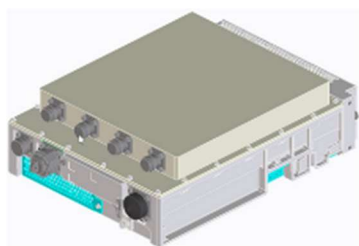


図 2.3.3-2) 屋外 RU のハードウェア外観

表 2.3.3-4) 屋外 RU の主な諸元値

項目	諸元値
周波数帯	4.8-4.9GHz
TRX 数	4TRX
帯域幅	100MHz
ストリーム数	4
CC 数	1
システム空中線電力	24.9dBm(4.9dBm/MHz)
EIS	-101.9dBm
送信電力	+31.9dBm
給電	AC100/200V +/-10%
消費電力	152W typ
重さ	<7.0kg
大きさ	259 x 353 x 76 mm
冷却	強制空冷
温度	-10°C to + 50°C

(5) EMS

ローカル 5G 4.7GHz 帯システムの各装置を監視・保守するための機能を提供する。

汎用サーバ上で稼働するソフトウェアにより実現される。

主な諸元値を表 2.3.3-5 に示す。

表 2.3.3-5) EMS 主な諸元値

項目	諸元値
監視対象ノード	5GC、CU、DU (RU)
機能	状態監視、障害管理、構成管理

(6) UE

COMPAL Electronics 社製の 5G モバイルルータ型端末である。

ハードウェア外観を図 2.3.3-3 に示す。

主な諸元値を表 2.3.3-6 に示す。



図 2.3.3-3) UE のハードウェア外観

表 2.3.3-6) UEの主な諸元値

項目	諸元値
Size	119 x 72 x 23.5mm
Weight	235g
SIM card type	Nano SIM
Operating Band	n79, n257, B38, B41
Downlink (5G Sub-6 SA)	2.12Gbps; 100MHz BW, 256QAM, 4x4 MIMO
Uplink (5G Sub-6 SA)	0.90Gbps; 100MHz BW, 256QAM, 2x2 MIMO
3GPP Power Class	PC3 Handheld UE
Connectivity	USB (type-C) , Ethernet (RJ45) , Wi-Fi
Operating Temperature	-10 to 45°C
Operating Humidity	5% to 95% (Non-condensing)
Battery	5300mAh (typ.)

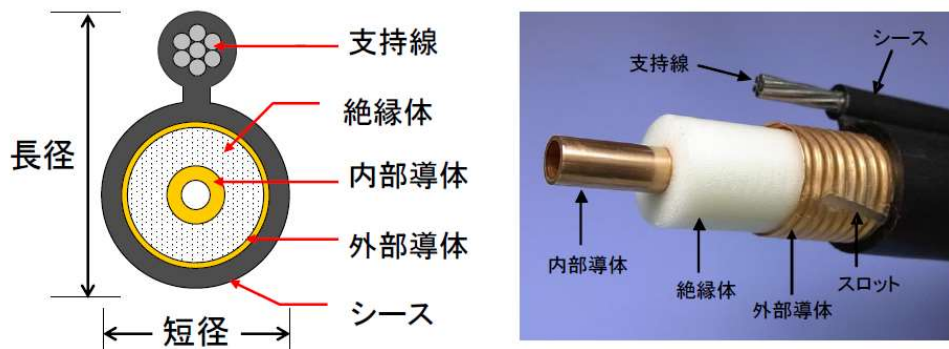


図 2.3.3-4) LCX のハードウェア外観

表 2.3.3-7) LCX の主な諸元値

項目	諸元値		
	水平偏波	垂直偏波	
ケーブルサイズ	20D		
標準仕上外径 短径×長径	29 mm × 39 mm		
概算質量	0.7 kg/m		
使用周波数帯域	4.6～4.9GHz		
絶縁抵抗	1000MΩ以上 (内外導体間)		
耐電圧 (AC1000V 1 分間)	異常のないこと (内外導体間)		
特性インピーダンス (10MHz)	50±5		
電圧定在波比	1.5 以下 (コネクタ付属状態で使用周波数帯域にて)		
標準減衰量 (20℃)	4.6GHz	0.23 dB/m	0.16 dB/m
	4.9GHz	0.30 dB/m	0.20 dB/m
標準結合損失	4.6GHz	60 dB	
	4.9GHz	60 dB	

(7) 指向性アンテナ

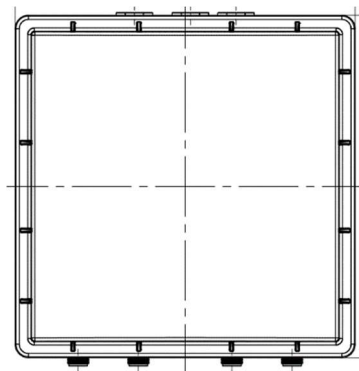


図 2.3.3-5) 指向性アンテナのハードウェア外観

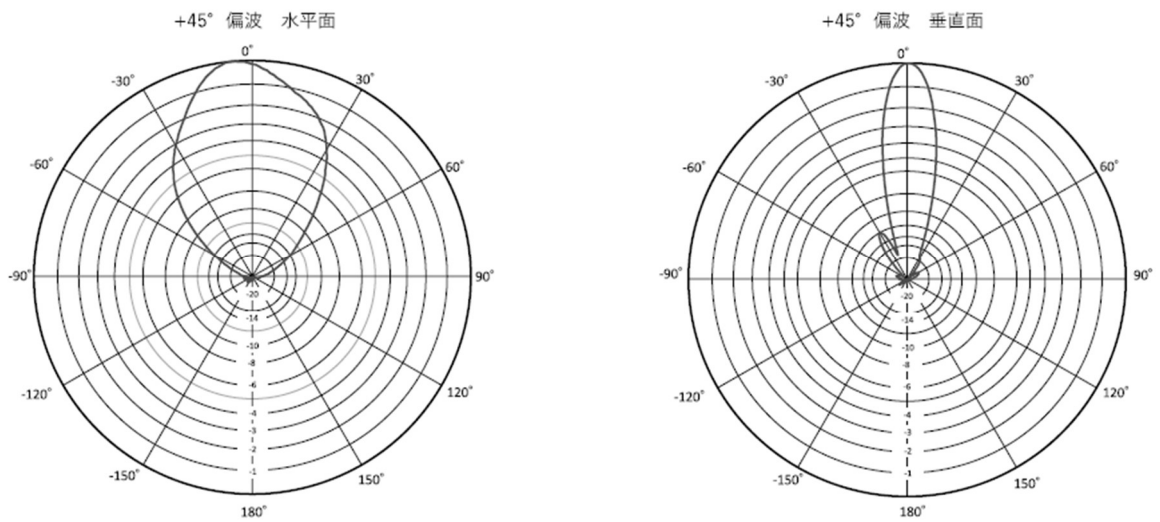


図 2.3.3-6) 指向性アンテナのアンテナパターン図

表 2.3.3-8) 指向性アンテナの主な諸元値

項目	諸元値
アンテナ型式	平面アンテナ
偏波面	水平及び垂直
使用周波数	4400～5000MHz
利得	12dBi
半値幅	水平面 59° 垂直面 19°
前方対後方比	180°±60°において 15dB 以上
質量	約 2.0kg
使用温度範囲	-20～+60℃

2.3.4 見回りロボットの LIVE 映像伝送システム

本事業における見回りロボットの LIVE 映像伝送システムを構成する機器について記載する。

(1) 画像解析 AI 用 PC



図 2.3.4-1)画像解析 AI 用 PC

表 2.3.4-1)画像解析 AI 用 PC スペック

モデル名	LEVEL-M0P5-R56X-SAX-RG [Windows 10 Pro (Upgrade)]
型番	ILeDXs-M0P5-AR56X-SASXB-RG
OS	Windows 10 Home 64 ビット [DSP 版]
形状	ミニタワー / microATX
CPU 型番	Ryzen 5 5600X
コア数	6 コア
メモリ容量	16GB (8GB×2)
1st ストレージ	500GB NVMe 対応 M.2 SSD

(2) 見回りロボット用カメラ

見回りロボットの上に搭載する FEELWORLD 社製カメラである。本カメラにローカル 5G 用 UE を LAN 接続し、ローカル 5G 経由で映像を伝送する。



図 2.3.4-2)見回りロボット用カメラ

表 2.3.4-2)見回りロボット用カメラ諸元表

項目	諸元値
接続技術	イーサネット、 HDMI
ビデオキャプチャ解像度	1080p
レンズタイプ	ズーム
画像キャプチャ速度	60fps
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ 20 倍光学ズーム ・ HDMI/3G-SDI/IP ネットワークポート ・ PoE ・ オートフォーカス機能 ・ デュアルチャンネル 3.5mm リニア入力対応 ・ 2D & 3D ノイズリダクション技術 ・ 高速・超静音ヘッド回転、マルチアングル全方位撮影 ・ 最大 255 プリセットポジション対応 ・ H.265/H.264 エンコードをサポート
PTZ パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> ・ パン回転：-170° ～+ 170° ・ 傾斜回転：-30° ～+ 90° ・ パン制御速度：0.1～60° /秒 ・ チルト制御速度：0.1～30° /秒 ・ プリセット速度：パン：60° /秒、チルト：30° /秒

2.3.5 牛監視カメラの LIVE 映像伝送システム

本事業における牛監視カメラの LIVE 映像伝送システムを構成する機器について記載する。

(1) 牛監視統合サーバ



図 2.3.5-1) 牛監視統合サーバ

表 2.3.5-1) 牛監視統合サーバスペック

モデル名	DELL PowerEdgeR250
CPU	インテル Xeon E-2336 2.9GHz 6C/12T
メモリ	32GB x 4
HDD	2TB 3.5 インチ x2=RAID1、内蔵 DVD ドライブ

(2) 監視カメラコンソール



図 2.3.5-2) 監視カメラコンソール

表 2.3.5-2) 監視カメラコンソールスペック

モデル名	Inspiron15 3000
CPU	Intel Core i7
メモリ	32GB
OS	Windows11 Pro + Office2021 Home&Business

(3) Cows ビュー

表 2.3.5-3) Cowsビュー

制御ソフトウェア	Cows ビュー基本制御ソフトウェアライセンス cv112 用
制御ソフトウェア	Cows ビュー基本制御ソフトウェアライセンス cv28 用
Cows ビュー112×10 式用 コンテナハウス	Cows ビューcv112×10 式用コンテナ
Cows ビュー28×1 式用コ ンテナ	Cows ビューcv28×1 式用コンテナ
Cows ビュー112×9 式用太 陽光パネル	Cows ビューcv112×9 式用太陽光パネル
Cows ビュー28×1 式用太 陽光パネル	Cows ビューcv28×1 式用太陽光パネル

2.4 システム機能・性能・要件

【今回の検証概要ならびにシステム機能・性能・要件】

畜産の現場においては、大規模化が進んでいる（零細農家の淘汰・廃業と大規模生産者の更なるメガファーム化の進展）。

今回のローカル 5G 開発実証は、そうした情勢の中、鹿児島でも有数の規模を誇る大隅ファーム（5,000 頭規模）と株式会社うしの中山志布志牧場（700 頭規模）（以下、志布志牧場）を実証生産者としてコンソーシアムを形成している。

大隅ファームにて多端末（1,008 台のカメラ及び 2 台の見回りロボット、2 台の MR グラス）を配して、伝送の安定性（安定した画像取得の可不可）、スピード（画像の乱れ、フリーズなど）、ルーラル地区における電波漏洩対策について検証した。

*画像伝送時間自体は調査対象ではない。ターンアラウンドのみ課題実証にて検証した。

牛監視カメラのシステムにおいては 1,008 台のカメラを 28 秒ごとにサイクリックに画像を収集して画像解析及び画像の収集・保存を行った（エッジ側処理）。その結果、例えば 20 分以上連続して移動量が極端に小さな牛がいた場合は、生産者にアラームを通知し、生産者がローカル 5G 経由で LIVE 画像を取得して（4K、FHD など画質は検証 5fps 程度）牛の状態を観察する。観察の結果、さらに詳しい確認が必要と判断した場合は、見回りロボットを現場に行かせて（PTZ 可能なカメラを搭載）詳しい画像を収集する。同時に見回りロボットからの視界を MR グラスにて確認する仕組みを想定している。

1,008 台のカメラが 1,008 個の牛房にいる約 2,350 頭の黒毛和牛を監視する。

監視対象が多い点や牛の画像確認は同時多発的に起こる場合を考慮し、本事業では LIVE 配信するカメラを 1 牛舎 1 台から 16 台と増やした場合のネットワーク遅延や安定性について検証した。

- (1) カメラの LIVE 映像を表示する場合の 1 台あたりの必要伝送量を最大 16Mbps と想定（4K カメラ。15fps）し、カメラ接続限界台数の検証を行った。
- (2) ローカル 5G 経由で IP カメラと接続された牛舎監視コンソールに統合監視コンソールを接続し、IP カメラを 1~16 台まで接続台数を増やした場合でも、鮮明な LIVE 映像（4K、フレームレート 5）の同時表示と映像遅延が少ないシステム構築を行った。
- (3) Web 静止画撮影サービスについて、以下の機能が仕様どおりに稼働するか検証を行った。
 - ・監視カメラ接続管理（撮影実行・停止、カメラ接続状態確認、装置障害管理機能）
 - ・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

また、性能が出ない場合の回避策（カメラの fps や画質の調整、LIVE 映像のビューアソフト選定、ネットワーク処理方式など）の検討を行った（見回りロボットや MR グラスについても 1 端末として試験に包含する）。

一部の牛舎（他社土地隣接の牛舎 9 棟）については、電波漏洩対策を行い、実際の漏洩電波の測定試験を行った。

2.4.1 ローカル 5G システムの性能

本事業で使用するローカル 5G システムにおけるスループット理論値を表 2.4.1-1 に示す。

実運用における良好な無線環境での実効スループットは 80Mbps と考えられるため、本項に

記載の要求スループットは実現可能と考えられる。なお、本実効スループットについてはこれを上限とするものではなく、実フィールド環境における各種パラメータのチューニングにより改善を図るものとする。

表 2.4.1-1) ローカル 5G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">・帯域幅 100MHz・TDD スロット比率 D:U:S=7:2:1・MIMO レイヤ数 DL:4、UL:2・256QAM (DL/UL とも)

2.5 その他

2.5.1 実証システムの拡張性等

(1) 4.7GHz帯システム

1)国際的な規格への取り組み

ア)3GPP 標準化活動への取り組み

富士通は第 3 世代移動通信システムの開発を目指した 3GPP(3rd Generation Partnership Project)へ当初から参画し W-CDMA、HSPA、LTE/SAE など第 3 世代移動通信の標準化活動に積極的に貢献してきた。本実証に使用したローカル 5G システムは Release15 に準拠したソフトウェアとなるが、市場ニーズやユースケースの需要を鑑み Release16 及び 17 の機能を今後対応する予定である。

また、今後の標準化動向に関し、O-RAN、Open ROADM 等において各コンポーネント間がオープン化され、仮想化基盤における Openstack、Kubernetes や、オーケストレータにおける ONAP、ETSI、OSM 等領域ごとにオープンリソースがリリースされてくると想定している。EtoE オーケストレータ領域においては、API 定義、事業者間連携、スライス管理・制御等が TMF、MEF、3GPP 等で行われており実装に向けたモデルとなり、全体的な最適化(安全性・信頼性を含む)を目指し、技術的な開発を行っている。

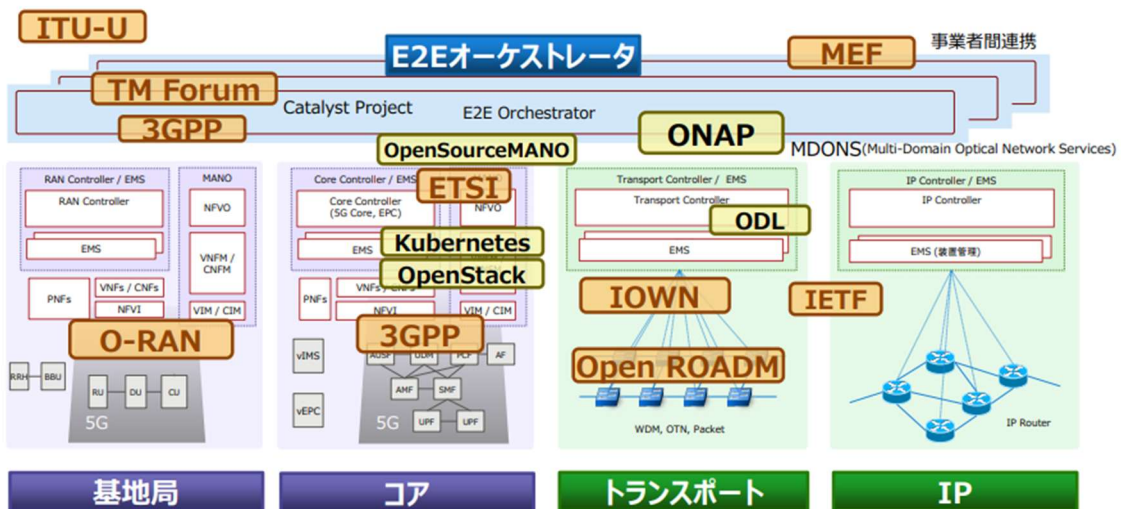


図. 2.5.1.1-(1):ITU-U

イ)O-RAN 準拠および、普及に向けた取り組み

O-RAN では、基地局装置を複数のコンポーネント(子局(RU:Radio Unit)、親局(DU:Distributed Unit および CU:Central Unit))に分離し、それぞれを標準化されたインターフェースで接続することが可能となる。これにより、基地局ベンダロックインから解放されることになり、商用導入までの時間短縮が図れるとともに利用者向けに最適化されたサービスを提供するための最善の機器構成を採用できることが可能になる。また、RAN の仮想化は汎用 HW の利用によるコスト削減や、柔軟性および拡張性の向上をもたらすことができる。

無線アクセスネットワークのオープン化の特徴は大きく3つの要素で構成される。

- 1)さまざまなベンダのRAN装置の組み合わせを実現するオープンインターフェース
- 2)RAN装置内のハードウェアとソフトウェアの分離を可能にする仮想化
- 3)RANの運用最適化および自動化を実現するインテリジェント化

ベンダ中心ではなくユースケース中心に構築されたアーキテクチャとなり、主な利点を下図に示す。

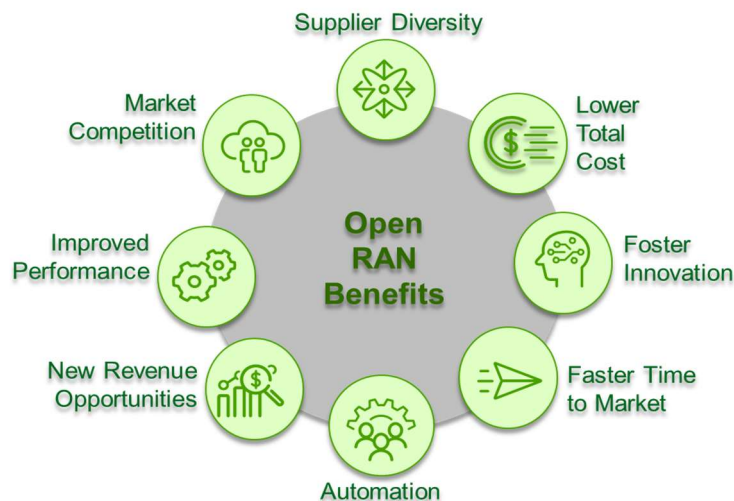


図. 2.5.1.1-(2) :Open RAN Benefits

4.7GHz システムを提供している富士通は O-RAN Alliance へ Academic Contributors として参画しており、O-RAN 普及加速に向けて、複雑性・難解性・専門性・ステークホルダー多彩性などの課題に向けて下記を取り組んでいる。

- QoS/QoE 及び UX/CX 満足に対する必要最低限のリソース制御
- サービス & コンテンツ特性変化に追従したリソースの柔軟な制御
- 仮想化/ソフト化/オープン化に即したクラウドネイティブ指向のセキュリティ技術
- Integration:システムの可用性・リジリエンシーの強化

2)ローカル 5G システムの機能拡張

ア)1)国際的な規格への取り組みで記した 3GPP のリリース計画への適用(URLLC、mMTC 等)とともに、各業種への適用やサービス提供が可能となるよう、マルチテナント機能やネットワークスライシング、キャリアアグリゲーションや外部連携機能などの機能提供を市場ニーズにあわせて開発検討している。

イ)システムの簡易運用の提供

複数拠点のローカル 5G システム運用にあたり、設備に対して IT 人材が常駐する環境は想定しがたいため、そういったケースでも簡易的な運用のあり方についても検討が必要となる。運用者に対して、基地局の利用ライセンスを提供し、構築・監視・運用を実施するサービス形態のプライベートワイヤレスクラウドサービスを提供している。

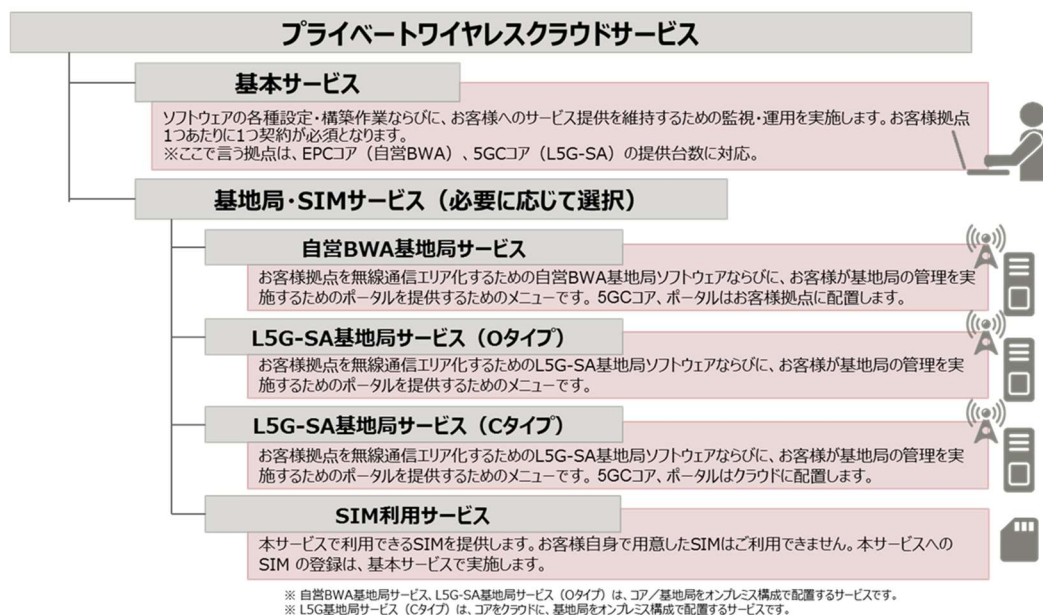


図. 2.5.1.1-(3) プライベートワイヤレスクラウドサービス

3) 仮想化 5G システムの適用

オープン RAN 化に伴い、ローカル 5G の共用コア利用だけでなく、無線通信処理を行う DU (Distributed Unit)、処理したデータをコアネットワークとやりとりする CU(Central Unit)の仮想化の開発を進めている。ローカル 5G サービス事業者の観点では、用途に応じた設備を複数のベンダから選んで構築できるようにすることで、幅広いニーズに応えるソリューションを提供できるなどのメリットや、現地には最小限の設備で提供できるなど、コストを削減できるなどのメリットがある。富士通ではサービス提供の多様化、キャパシティごとのラインナップ含め今後の開発を全国通信会社向けから検討している。

また、全体の基地局運用にかかわる制御機能として、AI や富士通独自の量子インスパイアード技術「デジタルアニーラ」によってユーザーの利用状況の変化を予測し、設備単体の最適化を実施、また、同一地域内などの単位で最適な構成の導出やユーザー数やトラフィックに応じたリソースブロックの制御や夜間の停波などを行うことで消費電力を削減し、従来のシステムよりシステム全体の総 CO2 排出量を 50%削減が可能となるグリーンテクノロジーを搭載する予定となる(図_グリーンシステムの全体像)

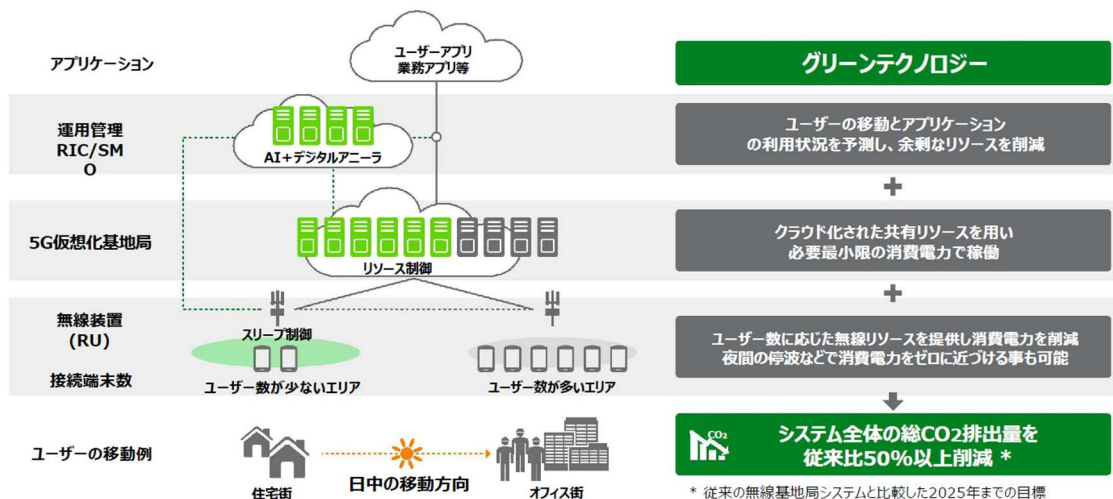


図. 2.5.1.1-(4) :グリーンシステムの全体像

4) ネットワーク全体のセキュリティ対策

ア) ローカル 5G を含めた NW 全体のセキュリティの必要性

有線・Wi-Fi 含め、通常のネットワーク、既存のネットワークとローカル 5G が共存し、プライベートネットワーク全体と考えた場合のセキュリティ対策と、その最適化についても検討の必要性がある。ローカル 5G を含めた、エンタープライズネットワークセキュリティとして、ソリューションのエコシステムの提供を行っている。

具体的には、5G 網の中にある IoT デバイスと、各環境下にあるデバイスを複数の FW の通信を使って統合分析し、ローカル 5G の中も外も含めて、組織全体の IoT デバイスや資産の可視化と管理を一緒に行う。また共用コアとして複数のユーザーのローカル 5G 設備と一緒に NGFW を配備し、膨大なデバイス環境下でも機器 ID・加入者情報 ID ベースで可視化と脅威からの保護を、マルチテナントで統合管理を行うことが可能となる。ユーザーごとに異なる構成やセキュリティポリシーに対し、柔軟な全体の NW セキュリティを構築することで、ミッションクリティカルな業務への適用を実現可能とする。

業種	利活用	QoS対象通信の一例
製造業	AIを活用した高精度位置情報測定システム 映像とAIを活用した生産管理システム	・映像、制御システム、自動制御システムの通信 ・ERPシステムの通信 ・優先度の低い通信の帯域制限
社会インフラ分野	複数のカメラ・AIを活用したリアルタイム異常検知 保守点検の自動化システム・運転士支援システム	・センサー、カメラ、AI分析に関する通信 ・運用保守回線の通信 ・DoS/遅延要因となる通信
建設分野	重機の自動運転・遠隔操作 危険作業の検知システム・危険エリアの侵入検知	・遠隔操作システム、制御信号システム ・走行管理システムの通信 ・従業員が発生させる優先度の低い通信
教育分野	カメラ・ドローン・VRを活用した、リモートコーチングや遠隔授業	・動画、ドローン、VR関連通信 ・生徒が発生させる優先度の低い通信
メディア分野	膨大なカメラ、センサーを活用した臨場感のある映像配信	・動画、センサーデータ、制御通信 ・配信システム通信 ・DoS、遅延要因となる通信の制限

図.2.5.1.1-(5) :ユースケース別アプリケーション QoS 及び DoS の一例



図. 2.5.1.1-(6) :企業のネットワーク環境をあらゆる脅威から多層防御

2.5.2 実証システムの安全性確保のための対策

(1) 特定高度情報通信技術活用システム

[4.7GHz帯システム]

本実証におけるローカル5G システムについては、3GPP(Release15)に準拠しており、標準化された無線インターフェースが具備されたものを採用した。また本システムの基地局、コア設備等については特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及び導入の促進に関する法律(令和2年法律第 37号)に基づく開発供給計画認定を受けた実績を有する事業者が開発供給した機器であり、同認定を取得しているシステムを採用した。

1. 認定の日付

令和4年6月13日

2. 開発供給計画認定番号

2021 開 1 総経第 0002 号-2

3. 認定開発供給事業者の名称

富士通株式会社

4. 認定開発供給計画の概要

一般企業、自治体向けに、製造業(スマートファクトリーでの活用を想定)をはじめとして地域活性化のための様々な事業領域に適用可能なローカル5G システムに供する設備として以下の設備を開発供給する。

5. 開発供給を行う特定高度情報通信技術活用システムの内容

表.2.5.2.1-(1) :特定高度情報通信技術活用システム

メーカー	種別	型番・型式	主な仕様等(概要)
富士通	特定基地局以外の 基地局の無線設備	PW300-CU	・CU
富士通	特定基地局以外の 基地局の無線設備	PW300-DU	・DU
富士通	特定基地局以外の	PW300-RU-O	・RU

	基地局の無線設備		<ul style="list-style-type: none"> ・4.8-4.9 GHz 帯用 ・アンテナ一体型 ・屋外設置用
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備	PW300-RU-1	<ul style="list-style-type: none"> ・RU ・4.8-4.9 GHz 帯用 ・アンテナ分離型 ・屋内設置用
富士通	交換設備	PW300-5GC	<ul style="list-style-type: none"> ・オンプレミス型 ・5G SA 方式
富士通	交換設備	PW300-EMS	<ul style="list-style-type: none"> ・オンプレミス型 ・5G SA 方式
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備、交換設備	PW300-SK	<ul style="list-style-type: none"> ・CU 及び交換設備 ・オンプレミス型 ・5G SA 方式

本実証で導入するシステムについては、「IT 調達に係る国の物品等又は役務の調達方針及び調達手続に関する申合せ」(2018 年 12 月 10 日関係省庁申合せ)4 等に留意し、サプライチェーンリスク対応を含む十分なサイバーセキュリティ対策を講じた。また、本課題実証に際してクラウドサービスの利用等、外部のネットワークへの接続やデータ伝送を伴うため、個人情報の管理等を含め、サイバーセキュリティ対策を講じた。

(2) その他の実証システム

本実証で導入する全てのシステムにおいて、サプライチェーンリスク対応を含むサイバーセキュリティ対策が施した。またクラウドサービスの利用等外部のネットワークへの接続やデータ伝送を伴うため、個人情報の管理等を含め、サイバーセキュリティ対策を講じた。

3. 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）

3.1 実証概要

ローカル 5G の実証環境を用いて、エリア構築の柔軟性向上をテーマとし、複数のアンテナを活用したエリア構築を実証した。大隅ファームは、多数の牛舎が建ち並び、牛舎のすぐ外は他者土地となっている。そのため牛舎全体のカバーエリア化と他者土地への電波漏洩軽減の両立が難しく、畜産分野におけるローカル 5G のエリア構築の柔軟性向上に適した実証環境と言える。

本事業では、カバーエリアを広く確保できる指向性アンテナと、他者土地の電波漏洩を軽減するために、牛舎内に電波漏洩ケーブルを設置したハイブリッドな構成を構築し、牛舎全体のカバーエリア化と他者土地への電波漏洩軽減の両立に向けた電波測定を行い、畜産分野におけるローカル 5G のベストプラクティスを導出した。

実現方法として、出力を下げてエリアカバーすることも考えられるが、それを全体でカバーすると他者土地への電波漏洩の懸念が考えられる。双方の最適解となるローカル 5G の構成を検討する必要がある。

3.2 実証環境

前述のとおり、本事業を行う大隅ファームは、牛舎のすぐ外は他者土地となる環境である。牛舎内は屋根が高く開けた空間であることから、電波漏洩しやすい環境であると考えられる。本項では、大隅ファームが、畜産分野において一般的な環境であり、牛舎全体のカバーエリア化と他者土地への電波漏洩軽減の両立が難しい環境であることを示す。

まず牛舎全体のカバーエリア化を考えた場合、牛舎中心に無指向性アンテナを設置する方法や四方から中心に向けて指向性アンテナを設置する 2 つの方法が考えられる。前者の場合、他者土地への電波漏洩を考慮すると、四方のエリアが不感地帯になることが想定される。後者の場合では、各基地局が干渉しあうため、綿密な置局設計が必要となる。

大隅ファームは、自社土地が広く、かつ他者土地への電波漏洩の軽減を考慮する必要がある環境のため、指向性の特徴（自己土地内を広くカバーでき、かつ他者土地までの距離がある）と、電波漏洩ケーブル（以下 LCX）の特徴（他者土地への電波漏洩）の両方の観点で検証が可能であり、畜産分野への横展開を踏まえると最適な環境であると言える。



図 3.2-1) 大隅ファーム全体(引用:国土地理院地図)

① 牛舎内

各牛舎の造りはすべて共通化されており、牛舎の両側に牛房が設置されている。屋根は畜産波板が使用されている。

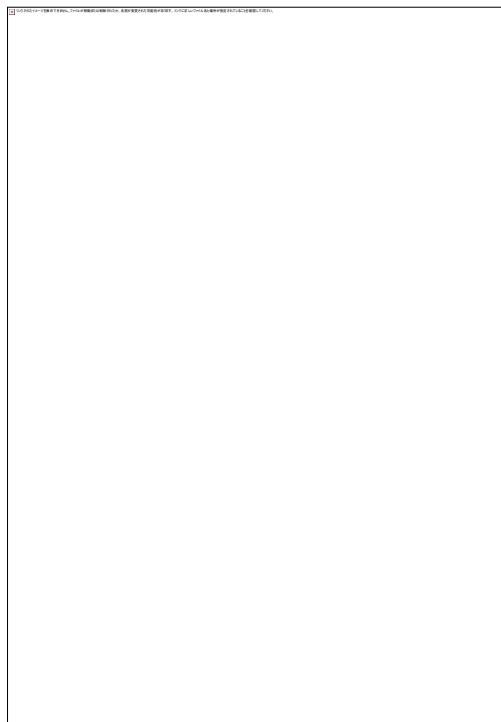


図 3.2-2) 牛舎内

② 自己土地と他者土地の標高差について

大隅ファーム右上部分は他者土地が盛り土となっており、他者土地への電波漏洩が低減されるような環境になっている。それに比べて大隅ファーム左部分は他者土地と自己土地が平坦となっているため、他者土地への電波伝搬に差分が生じる可能性がある。



図 3.2-3) 大隅ファーム右上部分の他者土地(引用:国土地理院地図)



図 3.2-4) 大隅ファーム左部分の他者土地(引用:国土地理院地図)

③ 自己土地の電波遮蔽物について

牛舎の屋根よりも高い肥料置き場があり、他者土地への電波伝搬に影響を与える可能性がある。



図 3.2-5) 自己土地の電波遮蔽物(引用:国土地理院地図)

3.2.1 測定に使用する機器

(1) 電界強度測定器（エリアテスタ）

電界強度を測定する機器として、Sub6 モジュールを搭載したアンリツ社エリアテスタ (ML8780A) を使用した。



図 3.2.1-1) エリアテスタ外観図

表 3.2.1-1) エリアテスタ主要諸元

項目	諸元値
寸法	240 (W) × 170 (H) × 41 (D) mm
質量	1.3kg 以下
消費電力	最大 10W
対応バンド	3.7 GHz (Band n77, n78)、4.5 GHz (Band n79)
測定項目	SS-RSRP、SS-RSRQ、SS-SIR、RSSI、Transmission Power、DMRS-SIR、DMRS-RSRP、フレームタイミング
測定 PCI 数	最大 40
チャンネル帯域幅	10、5、20、30、40、50、60、70、80、90、100 MHz
その他	SS-RSRP 受信感度 (目安) : ~ -140dBm 程度

(2) Nemo Outdoor

UE のステートモニタリングを行うため、キーサイト・テクノロジー社のソフトウェアツールである Nemo Outdoor を使用した。

図 3.2.1-2 に接続構成を示し、図 3.2.1-3 にサンプル画面を示す。



図 3.2.1-2) Nemo Outdoor 接続構成



図 3.2.1-3) Nemo Outdoor 実行画面サンプル

(3) 端末ログツール (QXDM)

UE のステートモニタリングを行い、無線区間の遅延を測定するため、ソフトウェアツールである QXDM を使用した。

図 3.2.1-4 に接続構成を示す。



図 3.2.1-4) QXDM 接続構成

(4) iPerf

回線の負荷試験を行うため、ソフトウェアツールである iPerf (iPerf2) を使用した。
 図 3.2.1-5 に iPerf の接続構成を示し、図 3.2.1-6 に実行結果のサンプルを示す。



図 3.2.1-5) iPerf 接続構成

```

12 0 30
Connecting to host 3.testdebit.info, port 5201
[ 4] local 37.123.101.142 port 50233 connected to 62.34.91.3 port 5201
[ ID] Interval            Transfer          Bandwidth
[ 4]  0.00-2.01      sec  1.48 MBytes      6.15 Mbits/sec
[ 4]  2.01-4.01      sec  1.66 MBytes      6.98 Mbits/sec
[ 4]  4.01-6.01      sec  1.60 MBytes      6.72 Mbits/sec
[ 4]  6.01-8.00      sec  1.66 MBytes      6.98 Mbits/sec
[ 4]  8.00-10.02     sec  1.60 MBytes      6.67 Mbits/sec
[ 4] 10.02-12.01     sec  1.66 MBytes      6.98 Mbits/sec
[ 4] 12.01-14.01     sec  1.60 MBytes      6.72 Mbits/sec
[ 4] 14.01-16.01     sec  1.66 MBytes      6.98 Mbits/sec
[ 4] 16.01-18.00     sec  1.60 MBytes      6.72 Mbits/sec
[ 4] 18.00-20.01     sec  1.66 MBytes      6.92 Mbits/sec
[ 4] 20.01-22.01     sec  1.66 MBytes      6.98 Mbits/sec
[ 4] 22.01-24.01     sec  1.60 MBytes      6.72 Mbits/sec
[ 4] 24.01-26.01     sec  1.66 MBytes      6.98 Mbits/sec
[ 4] 26.01-28.00     sec  1.60 MBytes      6.72 Mbits/sec
[ 4] 28.00-30.01     sec  1.66 MBytes      6.92 Mbits/sec
-----
[ ID] Interval            Transfer          Bandwidth
[ 4]  0.00-30.01     sec  24.4 MBytes      6.81 Mbits/sec
[ 4]  0.00-30.01     sec  24.3 MBytes      6.79 Mbits/sec
sender
receiver

```

図 3.2.1-6) iPerf 実行結果サンプル

3.3 実施事項

3.3.1 電波伝搬モデルの精緻化

このテーマには取り組まない。

3.3.2 エリア構築の柔軟性向上

(1) 実証の目的・目標

1) 背景となる技術的課題と実証目的

■ユースケースにおけるエリア構築の課題

牛舎が建ち並ぶ環境において、牛舎内を見回りロボットが走行し対象牛の映像を伝送するためには、牛舎内をカバーエリアとする必要がある。また、牛舎のすぐ横は他者土地となるため、牛舎内をカバーエリアとしつつ、他者土地への電波漏洩の軽減がエリア構築の課題である。

本実証を行った大隅ファームの自己土地、他者土地及び業務区域を以下に示す。自己土地内の業務区域と他者土地が隣接しているため、他者土地への電波漏洩の軽減が必須となる。

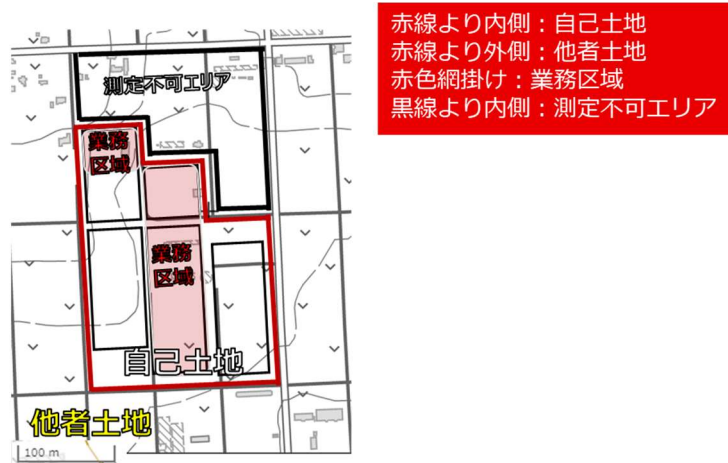


図 3.3.2-1) 大隅ファームの自己土地、他者土地及び業務区域(引用:国土地理院地図)

① 上記課題の背景にある技術的課題

令和 3 年度の総務省実証で、牛舎やビニールハウスの環境下における成果があり、以下の取り組みを行っていた。これらの特徴は牛舎に限らず畜舎で共通の認識である。

■牛舎や畜舎におけるローカル 5G 実証の特徴

- ▶ 畜舎の構造上の強度を鑑みて、基地局を畜舎の天井梁に取り付けることはできない。
- ▶ このため畜舎の外側から指向性を持った電波を畜舎内に発射することを試みている。
- ▶ 畜舎の柱に RU を設置しているが、畜舎の電波遮蔽が想定よりも小さく、他者土地への電波漏洩があることがわかっている。

上述した特徴を持った実証環境では、想定以上に他者土地への電波漏洩があることがわかった。ローカル 5G 装置を設置するためには、電波漏洩を軽減する対策が必要である。ユースケースを実施するカバーエリアの確保と他者土地への電波漏洩の軽減対策、双方を実現することが畜産分野でのローカル 5G 普及に向けた技術的課題である。本実証ではエリアシミュレーション結果を考察したうえで、他者土地を考慮したときに生じる不感地帯や他者土地への電波漏洩地点に着目し、エリア構築の柔軟性向上の対策を検討した。

他者土地への電波漏洩の軽減対策としては分散型アンテナシステム（以下 DAS）や LCX といった技術が想定される。DAS の場合は、牛舎内が半屋外という電波漏洩しやすい環境のため、指向性、無指向性に関わらず他者土地へ電波が漏洩しやすい（ただし、伝搬特性は違う）ことから、他者土地漏洩のリスクが高いと想定される。よって本実証では、ケーブルの動線上に電波をスポット的に照射できる LCX を用いて実証した。LCX を牛舎内に配置することにより、牛舎内をカバーエリア、他者土地への電波漏洩を軽減させることが実現可能と考える。ただし、牛舎すべてに LCX を配置することは、設置工事や機器などのコスト増となるため、外側から指向性アンテナ+LCX のハイブリッド構成を実現し、畜産分野におけるローカル 5G 構成のベストプラクティスを導出することを本実証の目的とした。

2) 実証目標

本事業では、指向性アンテナと LCX の電波伝搬の比較を行うことで、他者土地への電波漏洩を軽減する効果を明確にすることを実証目標とした。実証目標値として、本実証の中でエリアシミュレーションを行った結果を用いることとする。具体的な数値については、エリアシミュレーションを実施したうえで設定するが、他者土地への電波漏洩の軽減効果のイメージとして、各測定ポイントにおいて LCX を用いたときのカバーエリアと干渉調整区域の距離差分と指向性アンテナを用いたときのカバーエリアと干渉調整区域の距離差分を比較するなどを想定している。

また、2.4 章に記載した課題実証システムで求められるローカル 5G の性能として、表 3.3.2-1 に示す性能を満たすことを目標とした。

表 3.3.2-1) ローカル 5G の所要性能

	見回りロボットの LIVE 映像伝送	牛監視カメラの LIVE 映像伝送	総合性能要件
上りスループット	16Mbps/1 台	64Mbps/4 台 (カメラ)	80Mbps (計 5 台)
下りスループット	10Mbps/1 台	50Mbps/1 台 (PC)	60Mbps
遅延時間 (端末～コアネットワーク間伝送遅延時間)	100msec	100msec	100msec

3) 過年度技術実証からの発展性・新規性

令和 3 年度総務省実証 (No.2、No.3) の成果より、畜舎の壁損失 (R 値) は通常の壁と比較して小さいため、屋内で無指向性アンテナを設置する場合や屋外から指向性アンテナで牛舎内へ向ける場合、サービスエリア内のカバレッジを十分取りつつ、できる限り調整対象区域を抑える置局設計が求められる。

本事業では、LCX を畜舎内に設置することで、他者土地への電波漏洩の軽減効果を実証した。また、カバーエリアを広く確保できる指向性アンテナと他者土地への電波漏洩を軽減できる LCX アンテナを組み合わせることで、畜舎に最適なローカル 5G 構成を導出した。

(2) 実証仮説

指向性アンテナと LCX を用いたときのカバーエリアの違い及びそれぞれのアンテナの特徴を以下に示す。

■ 指向性アンテナの特徴

- 自己土地内を広くカバー可能
- 他者土地へ電波が漏洩しやすい (仮説 I) ため、綿密な置局設計が必要

■ LCX の特徴

- LCX を設置した近傍のみをカバーするため、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づらい (仮説 II)
- 牛舎内に LCX を設置するため、設置工事コストの確保が必要

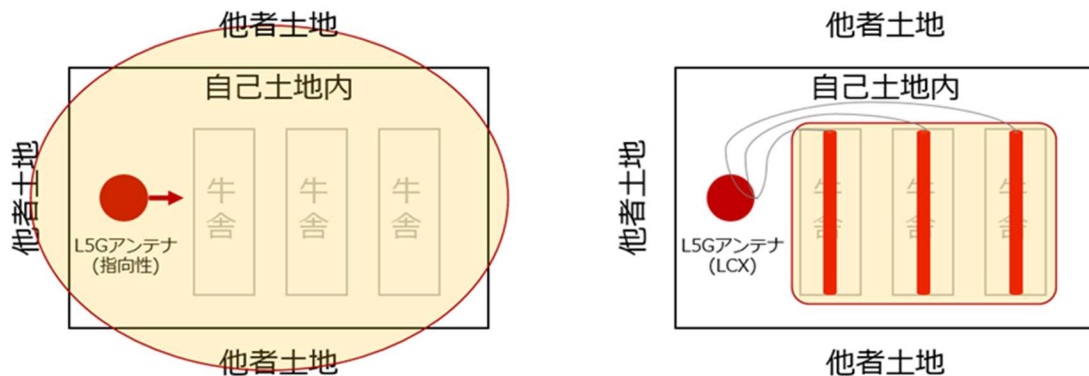


図 3.3.2-2) カバーエリアイメージの違い(左図:指向性アンテナ、右図:LCX)

上述したとおり、本事業では仮説 I（指向性アンテナは電波漏洩しやすい）と仮説 II（LCX は電波漏洩しにくい）について、エリアシミュレーションによりカバーエリア及び干渉調整区域の電波強度の目標値を設定し、フィールド測定により効果を明らかにした。また、LCX の特徴にも記載している設置工事コストの確保が必要となるため、将来的な横展開を考慮し、指向性アンテナと LCX を組み合わせた最適なローカル 5G 構成のモデル化を行った。なお、現時点では LCX を用いたエリア図の作図指針が明確化されていないため、ここでは現行のエリア算出式を用いて次の方法で模擬して作図した。長さ 80m の LCX を長さ 10m の LCX を 8 本連結したものと考え、長さ 10m の各 LCX には前段までの LCX による伝送損を考慮した電力を設定し、拡張秦式を用いて各 LCX からの距離 r における受信電力を算出した。

エリア算出法を用いて算出した結果を下記に示す。これらの値を活用し、カバーエリアと調整対象区域の差分を比較検討した。

●LCX/1 本

- ・ LCX:0~10m カバーエリア:68m/調整対象区域:82m
- ・ LCX:10~20m カバーエリア:62m/調整対象区域:75m
- ・ LCX:20~30m カバーエリア:57m/調整対象区域:69m
- ・ LCX:30~40m カバーエリア:52m/調整対象区域:63m
- ・ LCX:40~50m カバーエリア:48m/調整対象区域:58m
- ・ LCX:50~60m カバーエリア:44m/調整対象区域:53m
- ・ LCX:60~70m カバーエリア:41m/調整対象区域:49m
- ・ LCX:70~80m カバーエリア:31m/調整対象区域:45m
- ・ LCX:0~80m カバーエリア:65m/調整対象区域:75m

●LCX で構築するエリア図（カバーエリア及び干渉調整区域）

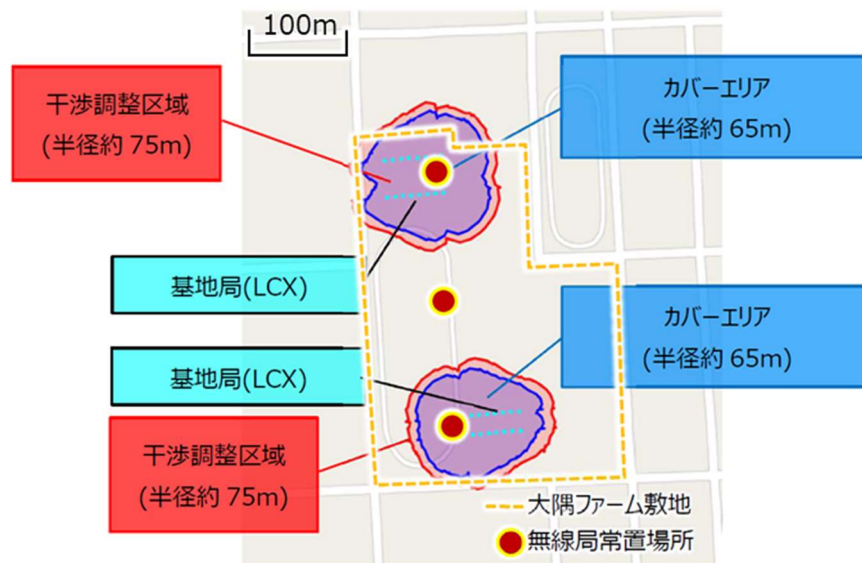


図 3.3.2-3) LCX で構築するエリア図(カバーエリア及び干渉調整区域)
 (引用:©OpenStreetMap(<https://www.openstreetmap.org/copyright>))

●平面アンテナ

- ・カバーエリア:131m/調整対象区域:199m

●平面アンテナで構築するエリア図 (カバーエリア及び干渉調整区域)

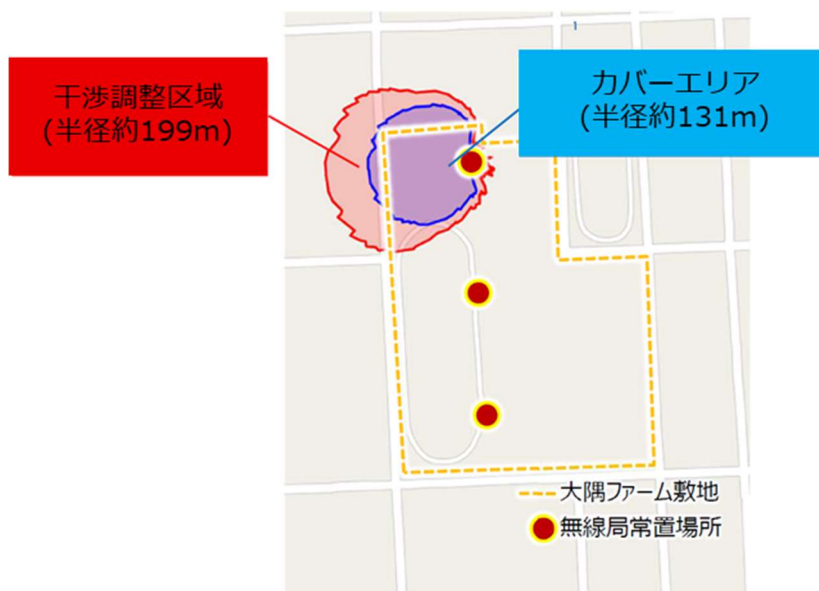


図 3.3.2-4) 平面アンテナで構築するエリア図(カバーエリア及び干渉調整区域)
 (引用:©OpenStreetMap(<https://www.openstreetmap.org/copyright>))

エリアシミュレーションは、レイトレース法を用いた。パラメータとしては、LCX の長さ 1m の測定データ (メーカー提供) を活用し、10m 単位での LCX ケーブル長によるエリアシミュレーションを実施した (なお、シミュレーションツールにインプットする情報としては、伝送損

=0.3dB/m、結合損=60dB、基準距離=1.5m、放射角=30 度の LCX を想定し、LCX メーカーから提供を受けた単位長 (1m) の LCX の指向性パターンを使用する)。

平面アンテナ、LCX を用いてエリアシミュレーションを実施した結果を、他者土地への電波漏洩の観点、自己土地内の不感地帯の観点で整理した。

●平面アンテナのエリアシミュレーション結果

条件：左図ダウンチルト 15 度、右図ダウンチルト 45 度

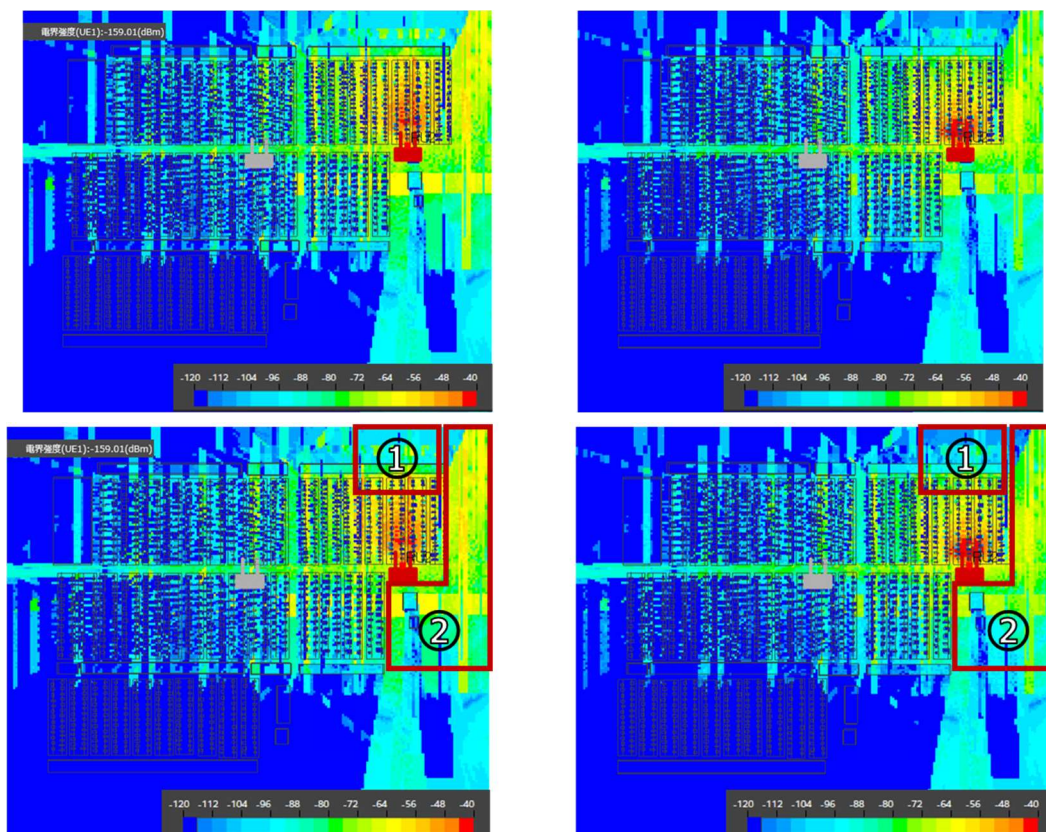


図 3.3.2-5) 平面アンテナのエリアシミュレーション結果

平面アンテナの正面方向 (①) と側面及び背面方向 (②) の結果について以下に示す。

正面方向 (①) について、ダウンチルト 15 度の場合、自己土地内の不感地帯はないものの、他者土地への電波漏洩が多い結果となった。また、ダウンチルト 45 度の場合、ダウンチルト 15 度と比べて他者土地への電波漏洩は少し軽減できているものの、自己土地内のエリア端の受信強度が 10dBm 程度低くなる結果となった。

側面及び背面方向 (②) について、ダウンチルト 15 度及びダウンチルト 45 度どちらにしても不感地帯への電波漏洩が多い結果となった。

●LCX のエリアシミュレーション結果

条件：左図平成 4 牛舎の LCX×2 本、右図平成 2 牛舎の LCX×2 本

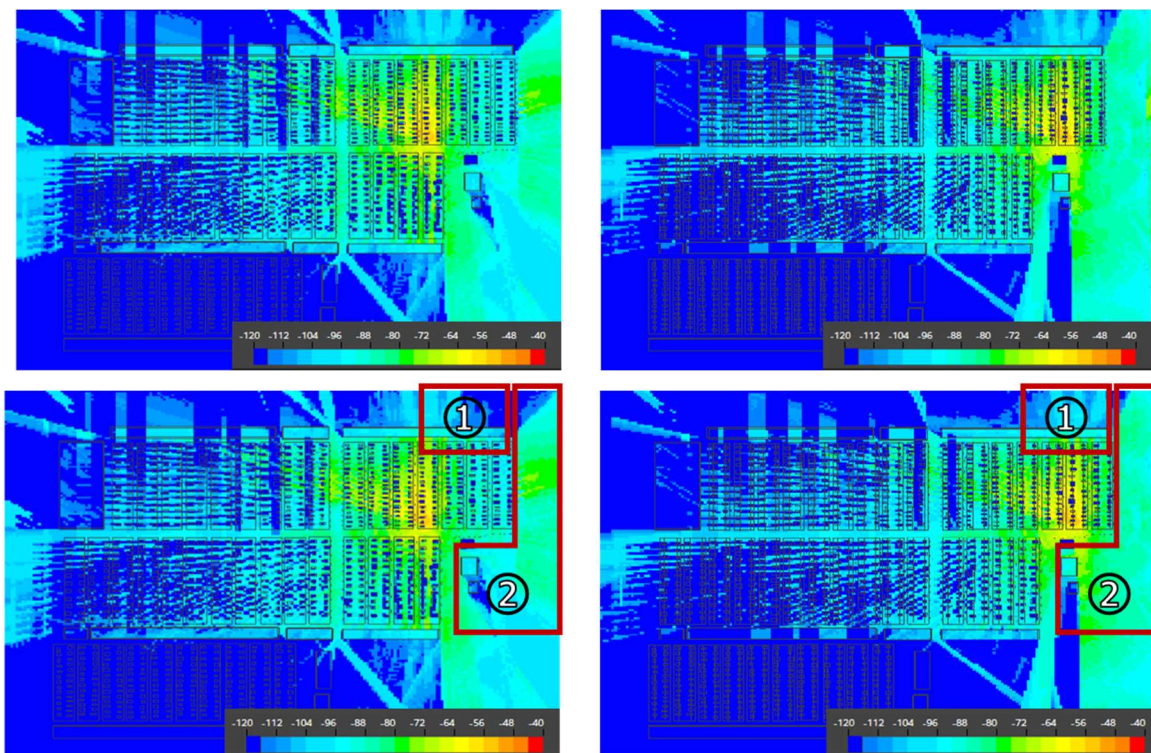


図 3.3.2-6) LCX のエリアシミュレーション結果

LCX の正面方向 (①) と側面及び背面方向 (②) の結果について以下に示す。

正面方向 (①) について、LCX は他者土地への電波漏洩は少なく、LCX を敷設している牛舎に関しては、不感地帯も少ない結果となった。

側面及び背面方向 (②) について、他者土地への電波漏洩は、平面アンテナの結果と比較して少ない結果となった。

(3) 評価・検証項目

本章の実証を通じて評価・検証する項目を以下に示す。

1) エリア算出法の閾値の検証

本検証では受信電力として表 3.3.2-2 に示す項目を評価・検証した。

表 3.3.2-2) 受信電力の評価

項	評価・検証項目	説明
1	SS-RSRP[dBm]	1 リソースエレメントあたりの Secondary Synchronization Signal の受信電力
2	SS-SIR [dB]	SS-RSRP とリソースエレメントあたりの干渉電力の比
3	RSSI[dBm]	測定帯域内 (アンリツ社製エリアテスタでは SS-Block 部分の全帯域) の 1 OFDM シンボルの受信電力[dBm]

100MHz 帯域での RSSI 値と SS-RSRP 値とは次式により換算可能である。

$$RSSI[dBm] = SS-RSRP[dBm] + 10 \cdot \log_{10}(12 \cdot N) [dB]$$

N はリソースブロック数であり、今回のシステムでは 273 である。カバーエリア端、調整対象区域端の閾値は 100MHz 帯域の RSSI 値ではそれぞれ -84.6dBm、-91.0dBm であり、これらを SS-RSRP 値に換算すると、それぞれ -119.8dBm、-126.2dBm となる。

エリア算出法の閾値の設定については、3.3.2 章に記載しているとおり、現行のエリア算出法（ローカル 5G 電波法関係審査基準の Sub6 規定）及び LCX については、長さ 80m の LCX を長さ 10m の LCX を 8 本連結したものと考え、弊社独自の計算ツールにて複数送信点の伝搬式による算出結果をオーバーラップさせた図を作成する方法を用いた。

2) カバーエリア内のローカル 5G の性能評価

本検証では受信電力のほか、表 3.3.2-3 に示す項目を評価・検証した。

表 3.3.2-3) 性能評価の評価・検証項目

項	評価・検証項目	説明
1	UL スループット [Mbps]	PUSCH 上の MAC レイヤにおけるスループット、例えば Nemo Outdoor ツールを使用して測定
2	DL スループット [Mbps]	PDSCH 上の MAC レイヤにおけるスループット、例えば Nemo Outdoor ツールを使用して測定
3	遅延時間 [ms]	MAC レイヤにおける往復の遅延時間。例えば端末ログデータから抽出する。

具体的に使用したツールについて 3.2.1 に記載した。

(4) 評価・検証方法

本章における検証項目の評価・検証方法を以下に記載する。

■ 仮説 I 及び仮説 II の検証

表 3.3.2-4) 仮説 I 及び仮説 II の検証

パターン	仮説
指向性アンテナ	他者土地へ電波が漏洩しやすい（仮説 I）
LCX	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づらい（仮説 II）

屋外に設置している RU の位置を変えずに、同一エリアを指向性アンテナまたは LCX（電波漏洩ケーブル）、それぞれのアンテナを用いた時の電波漏洩影響を検証した。使用した屋外 RU とアンテナを切り替えた際のカバーエリアのイメージを図 3.3.2-7 に示す。

LCX では指向性アンテナに比べてカバーエリアと調整対象区域の距離が小さくなり、期待するエリアをカバーしているか評価を行った。

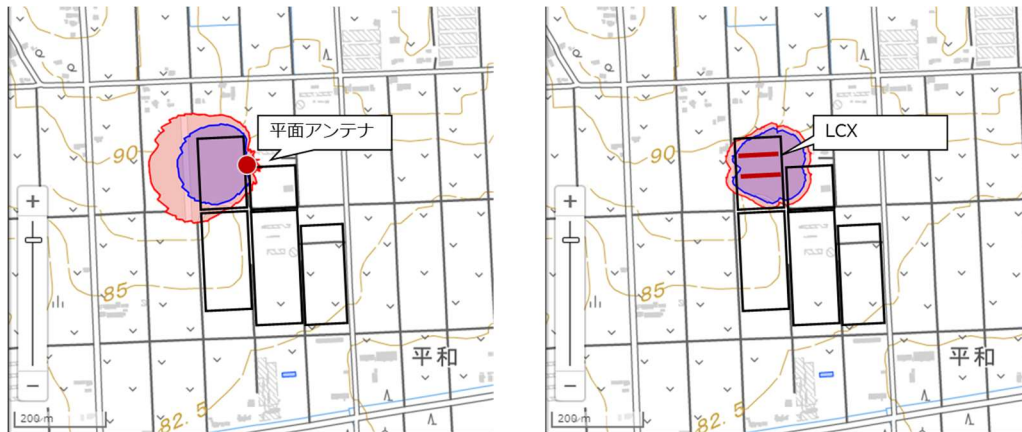


図 3.3.2-7) カバーエリア、調整対象区域の違い(左図:指向性アンテナ、右図:LCX)(引用:国土地理院地図)

設置した RU 及びアンテナについて、カバーエリア及び調整対象区域相当の受信電力が得られるエリアに 30 地点以上の測定地点を設けた。測定地点は、アンテナ種別による改善効果が変わるように、共通の測定地点を設けることで、指向性アンテナによるカバーエリアと LCX によるカバーエリアの測定結果を比較し、仮説 I 及び仮説 II を検証した。なお、測定地点の測位手段としては、電解強度測定器（アンリツ社製のエリアテスタ ML8780A）に実装される GPS 測定機能を用いて、緯度（ $dd^{\circ} mm' ss.sss''$ ）、経度（ $ddd^{\circ} mm' ss.sss''$ ）を測定した（測定精度は水平、垂直ともに 10m 程度）。

測定地点は図 3.3.2-8 に示す。測定手順については、3.3.4 章に記載する。

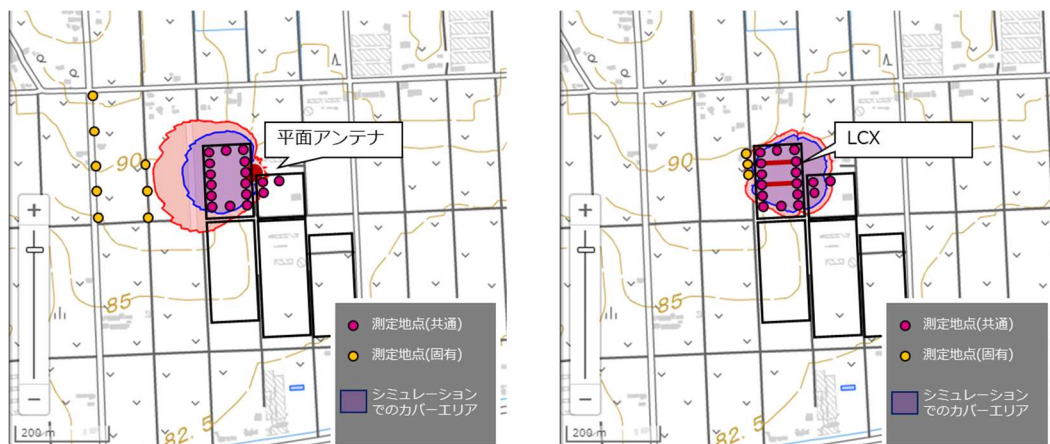


図 3.3.2-8) 測定地点の例(左図:指向性アンテナ、右図:LCX)(引用:国土地理院地図)

(5) 実証結果及び考察

● エリアシミュレーションと測定結果の比較

事前に実施するエリアシミュレーション結果と技術実証で得られた測定結果を比較し、差異が

大きいか所について考察を行った。

指向性アンテナ及び LCX それぞれの電波伝搬の違いがわかるように測定結果の比較を行った。まず、エリア算出法を用いたシミュレーションにてカバーエリア及び調整対象区域の閾値となる地点を平面図上にプロットし、実測によるカバーエリア、調整対象区域の閾値となる地点を同平面図上にプロットした図面及び実際に測定した測定点を図 3.3.2-9 に示す。

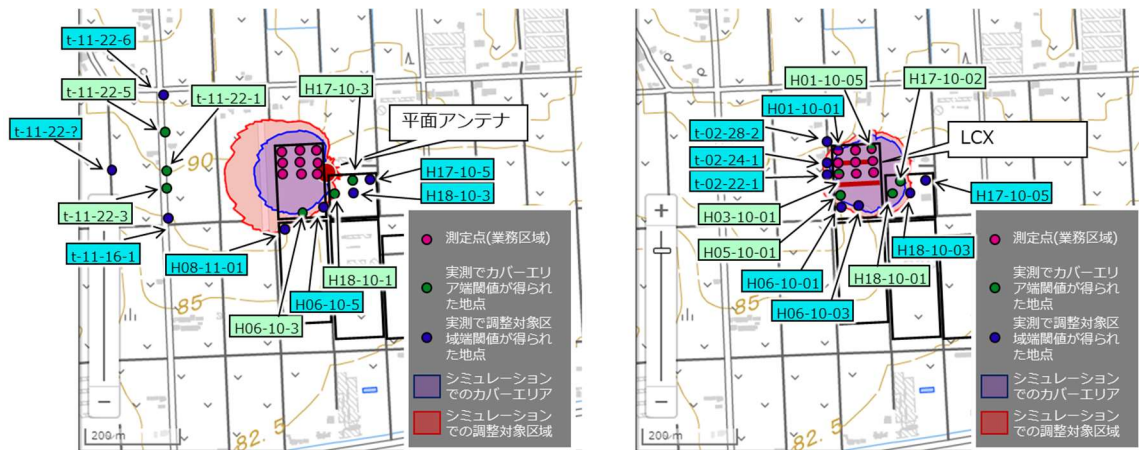


図 3.3.2-9) 各アンテナのエリア端測定結果例(左図:指向性アンテナ、右図:LCX)(引用:国土地理院地図)

表 3.3.2-5) 各測定点における測定値

測定点	基地局との 3D 距離[m]	実測値 SS- RSRP[dBm]	アンテナ 種別	基地局からの方位角 (※)	備考
t-11-22-6	364.3	-121.7	平面	30 度	調整対象区域端
t-11-22-5	341.3	-117.7	平面	15 度	カバーエリア端
t-11-22-1	218.1	-111.7	平面	0 度	カバーエリア内
t-11-22-?	318.1	圏外	平面	0 度	調整対象区域端
t-11-22-3	333.1	-121.3	平面	345 度	カバーエリア端
t-11-16-1	346.5	-127.9	平面	330 度	調整対象区域端
H08-11-01	138.4	-121.4	平面	315 度	調整対象区域端
H06-10-3	90.0	-117.8	平面	315 度	カバーエリア端
H06-10-5	78.6	-125.3	平面	270 度	調整対象区域端
H18-10-1	57.2	-121.5	平面	270 度	カバーエリア端
H18-10-3	76.3	-123.3	平面	225 度	調整対象区域端
H17-10-3	62.2	-120.2	平面	180 度	カバーエリア端

H17-10-5	98.8	圏外	平面	180 度	調整対象区域端
H01-10-01	24.5	-124.0	LCX	30 度	調整対象区域端
t-02-28-2	49.3	-128.6	LCX	30 度	調整対象区域端
H01-10-05	19.9	-118.7	LCX	90 度	カバーエリア端
t-02-22-1	41.4	-125.1	LCX	0 度	調整対象区域端
t-02-24-1	35.8	-130.0	LCX	15 度	調整対象区域端
H03-10-01	24.3	-119.7	LCX	0 度	カバーエリア端
H05-10-01	24.2	-120.3	LCX	345 度	カバーエリア端
H06-10-01	49.3	圏外	LCX	330 度	調整対象区域端
H06-10-03	46.6	-127.2	LCX	315 度	調整対象区域端
H18-10-01	37.6	-121.4	LCX	270 度	カバーエリア端
H18-10-03	64.9	圏外	LCX	225 度	調整対象区域端
H17-10-02	45.8	-120.0	LCX	180 度	カバーエリア端
H17-10-05	99.6	圏外	LCX	180 度	調整対象区域端

※図 3.3.2-9 より左方向を基準 0 度とし、時計回りで 360 度とする。

表 3.3.2-6) 各エリアの距離の変化

基地局からの方位角 (※)	カバーエリアの閾値を実測した距離		調整対象区域の閾値を実測した距離	
	提案手法実施前	提案手法実施後	提案手法実施前	提案手法実施後
0 度	218.1m	24.3m	318.1m	41.4m
15 度	341.3m	14.1m	—	35.8m
30 度	—	24.2m	364.3m	24.5m
315 度	90.0m	20.0m	138.4m	46.3m
330 度	—	—	346.5m	49.3m
345 度	333.1m	24.2m	—	—

※図 3.3.2-9 より左方向を基準 0 度とし、時計回りで 360 度とする。

指向性アンテナについて、図 3.3.2-9 の左図より、エリアシミュレーションにて設計したカバーエリア及び調整対象区域どちらも実測値の方が高い数値となった。実測値の方が高くなった

要因としては、自己土地に比べて他者土地の標高が 3m ほど高く、かつ指向性アンテナは自己土地の自営柱（地上高 9.5m）の位置に設置しているため、自己土地内の牛舎（高さ 5m）の遮蔽影響を受けずに、かつ牛舎の屋根の反射により、シミュレーション値よりも実測値が高くなったと考える。

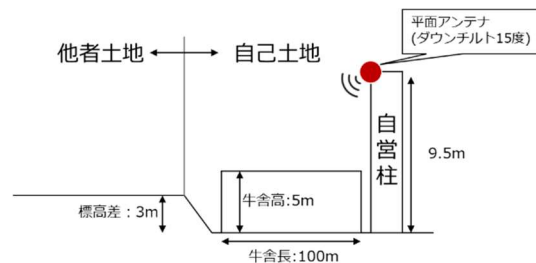


図 3.3.2-10) 自営柱における指向性アンテナ位置

LCX について、長手方向はエリア算出法の値と実測値との差分は小さく、エリア算出法による妥当性が確認できた。また、表 3.3.2-7 より提案手法前（指向性アンテナ）に比べて提案手法後（LCX）は、他者土地への電波漏洩を軽減することが確認することができた。短手方向は、LCX を敷設している牛舎と LCX を敷設していない隣接牛舎で 10-20dBm 程度の差分があることが確認できた。本差分については下図に示すように、牛舎内は鉄骨構造かつ通路両側に牛房があるためと考える。

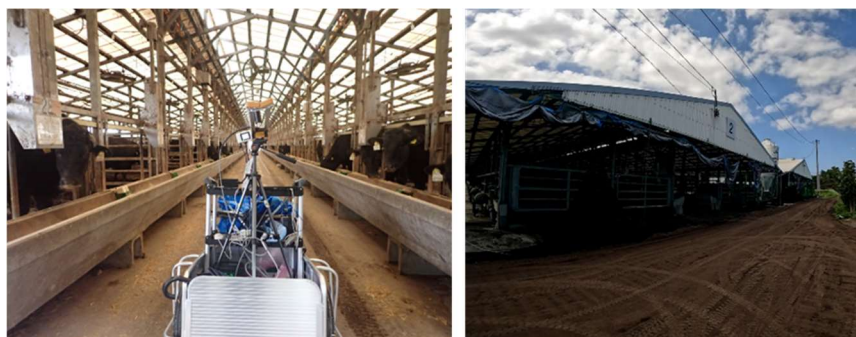


図 3.3.2-11) 牛舎構造の様子

● 提案手法による課題実証に対する評価結果及び考察

課題実証に必要な所要性能を満たしているか評価するために、カバーエリア内のローカル 5G の性能測定結果を平面図上に色分けしてプロットした図面を作成した。上りスループット測定結果のプロット図面の例を下図に示す。なお、下りスループットに関しても上りスループットと同様に測定結果のプロット図面を作成した。また、伝送スループットと RSRP、SIR の関係性を表したグラフを作成した。

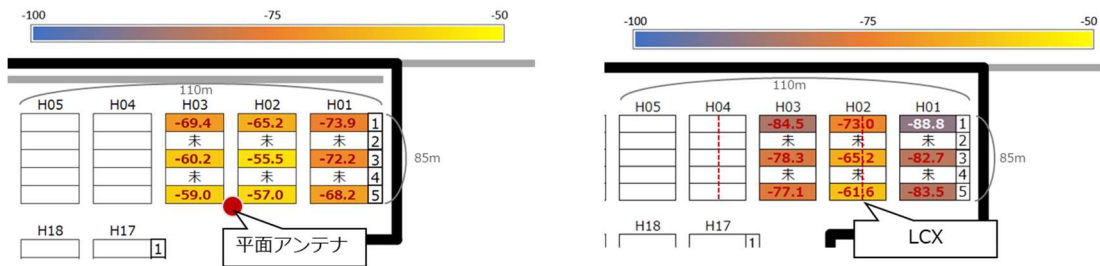


図 3.3.2-12) 各アンテナの電波強度の測定結果(左図: 指向性アンテナ、右図: LCX)

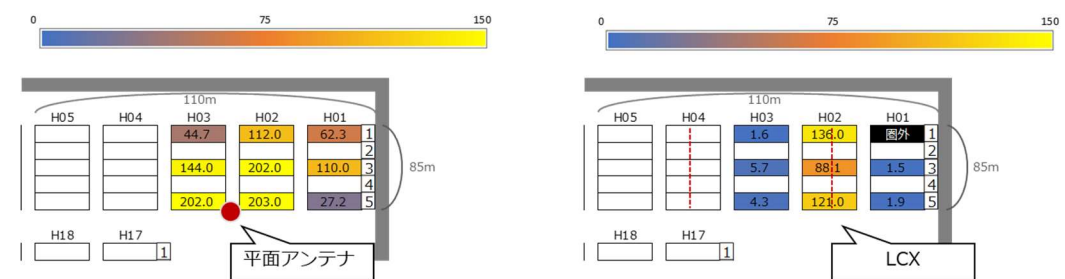


図 3.3.2-13) 各アンテナの UL スループットの測定結果(左図: 指向性アンテナ、右図: LCX)

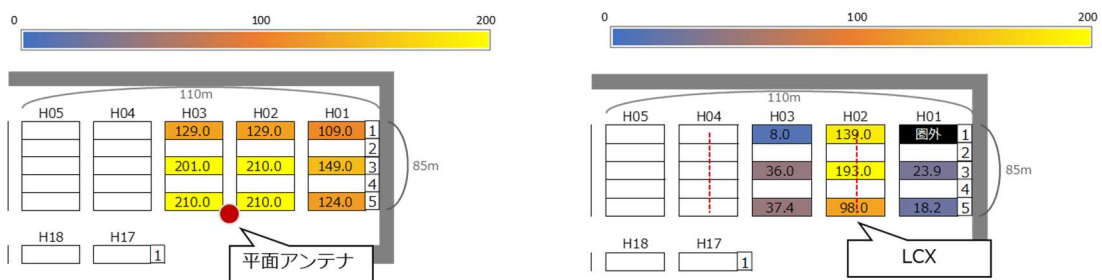


図 3.3.2-14) 各アンテナの DL スループットの測定結果(左図: 指向性アンテナ、右図: LCX)

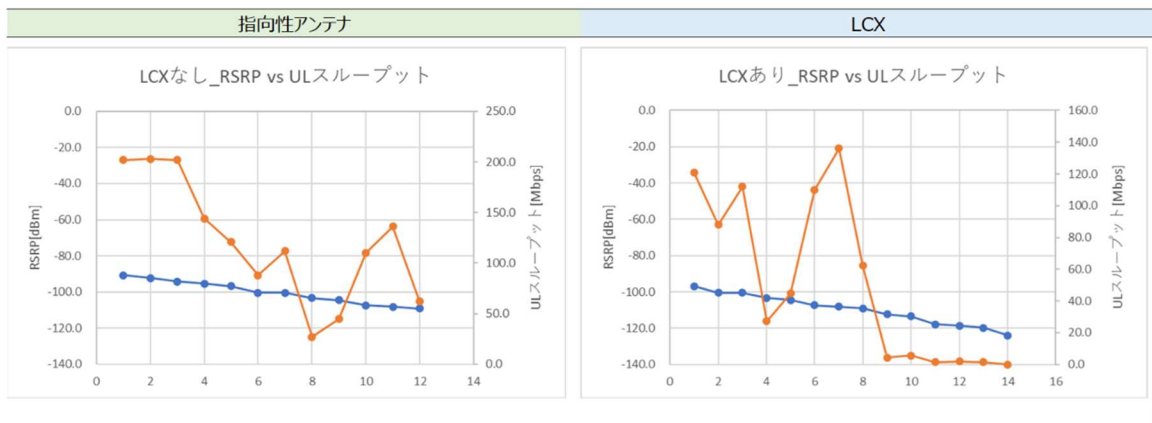


図 3.3.2-15) 受信電力(RSRP) 対 伝送性能(UL 伝送スループット)の比較グラフ

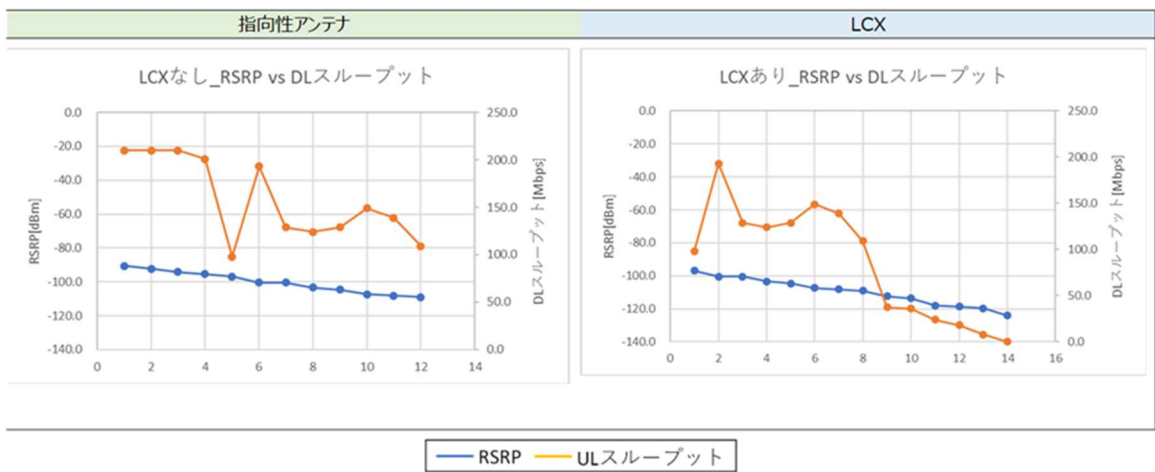


図 3.3.2-16) 受信電力(RSRP) 対 伝送性能(DL 伝送スループット)の比較グラフ

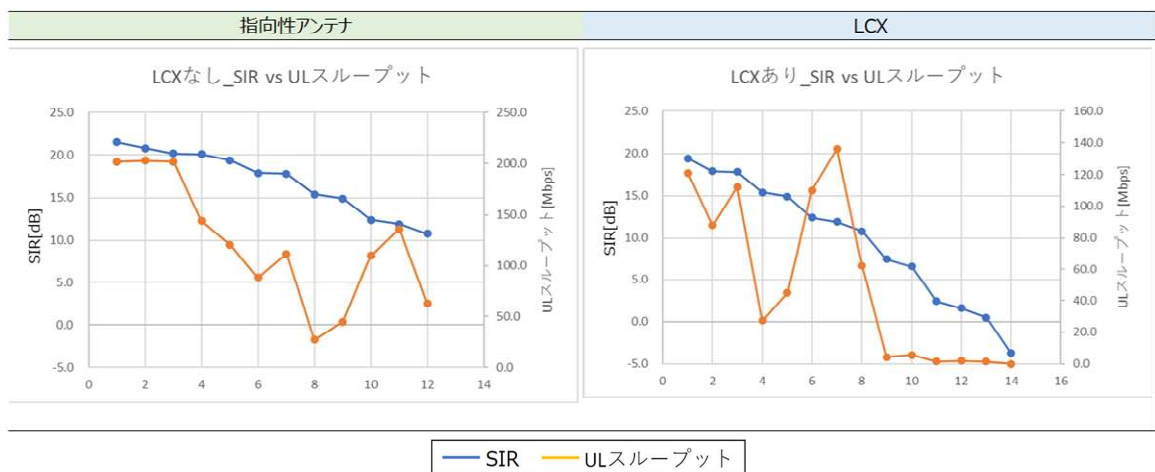


図 3.3.2-17) 通信品質(SIR) 対 伝送性能(UL 伝送スループット)の比較グラフ

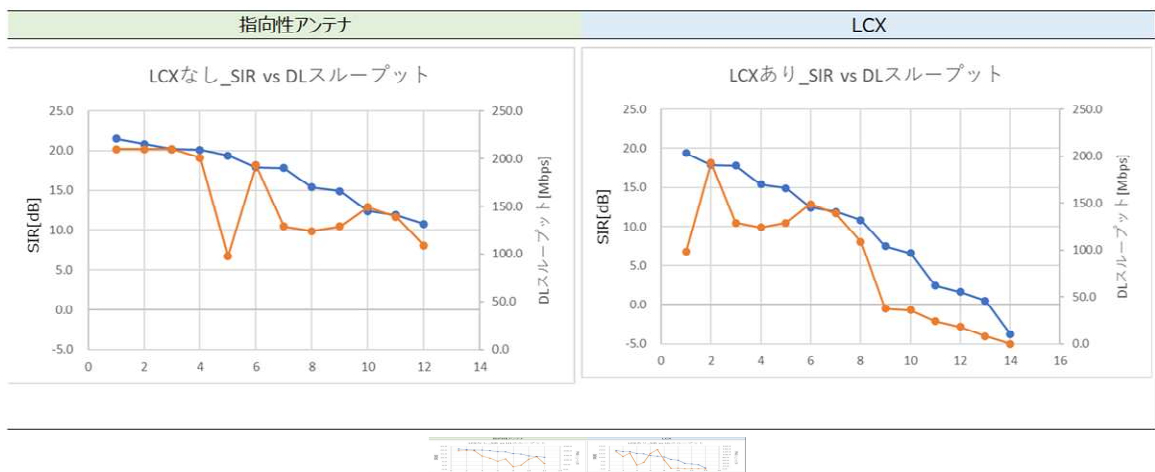


図 3.3.2-18) 通信品質(SIR) 対 伝送性能(DL 伝送スループット)の比較グラフ

表 3.3.2-7) ローカル 5G の所要性能

	見回りロボットの LIVE 映像伝送	牛監視カメラの LIVE 映像伝送	総合性能要件
上りスループット	16Mbps/1台	64Mbps/4台 (カメラ)	80Mbps (計5台)
下りスループット	10Mbps/1台	50Mbps/1台 (PC)	60Mbps
遅延時間 (端末～コアネットワーク間伝送遅延時間)	100msec	100msec	100msec

表 3.3.2-7 に課題実証のローカル 5G 所要性能を再掲する。指向性アンテナは面的にカバーエリアができており、最良ポイントで UL 203 Mbps、DL 210 Mbps を達成したが、業務区域端 (H01-5 や H03-1) では一部所要性能未達の部分も生じることが確認できた。LCX は LCX を敷設している牛舎は最良ポイントで UL 136Mbps、DL 193Mbps を達成した一方で、LCX を敷設していない隣接牛舎は所要性能未達になっていることが確認できた。本結果より、指向性アンテナでは、面的にカバーすることができる反面、アンテナの指向性や角度により一部か所でスループット性能に差が生じており、LCX では、LCX を敷設している牛舎はカバーすることができるが、LCX を敷設していない隣接牛舎は減衰が大きくなる特長が得られたと考える。

次に各アンテナの測定結果を比較したうえで、実施容易性やコストを考慮したローカル 5G の構成モデルの確立を目指すことを検討した。例えば、指向性アンテナでカバー可能な範囲を推測し、カバーしきれないエリアを LCX でカバーすることで、他者土地への電波漏洩を軽減しつつ、自社土地を広くカバーするハイブリッド構成を検討した。

- エリア設計手法のモデル化

本検証での測定結果から計画時点で想定していた仮説 I、II に対する評価を行った。

表 3.3.2-8) 仮説 I 及び仮説 II の検証結果

パターン	仮説	検証結果
指向性 アンテナ	他者土地へ電波が漏洩しやすい (仮説 I)	図 3.3.2-17 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。
LCX	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づらい (仮説 II)	図 3.3.2-17、図 3.3.2-18 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
--	--------------------

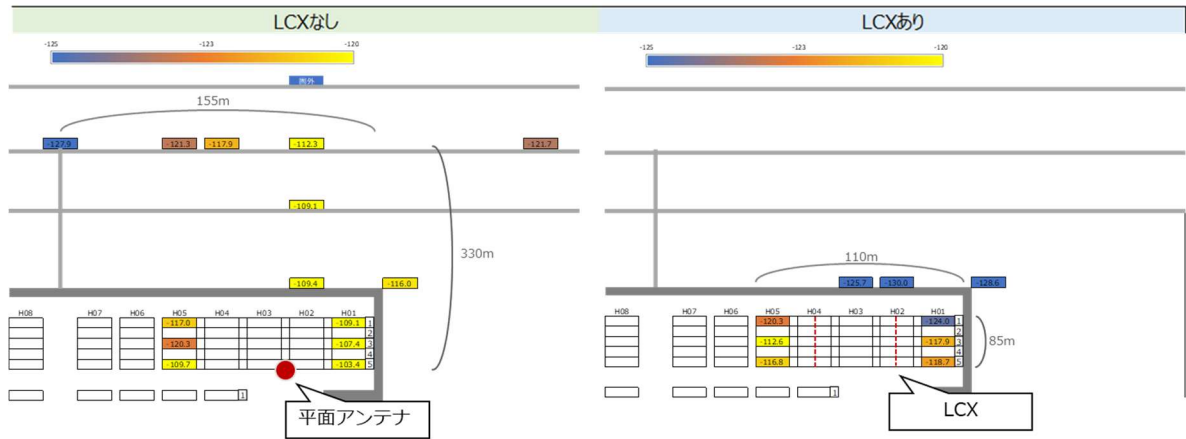


図 3.3.2-19) 他者土地への電波漏洩軽減の実測値

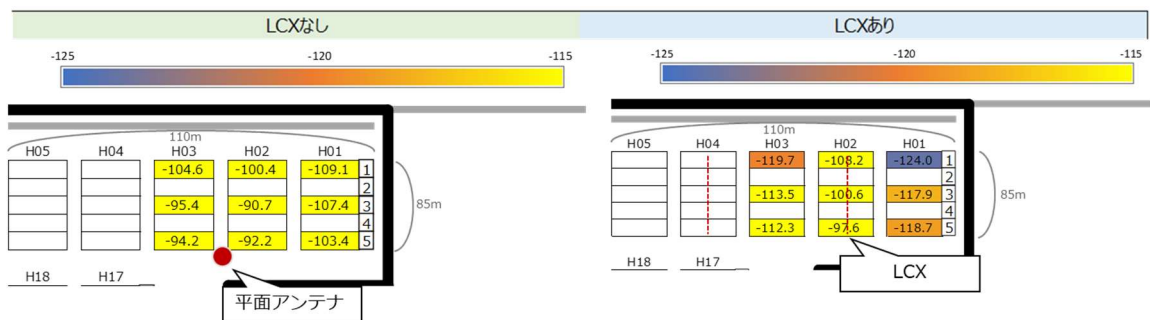


図 3.3.2-20) 受信電力(RSRP)の実測値

上述しているとおり、仮説Ⅰ、Ⅱについて、本実証での測定結果も踏まえて立証できたと考え、提案手法によるエリア設計の検討観点や設計手順のモデル化を図った。

従来手法（指向性アンテナ）を用いて、自己土地内を幅広くエリア構築することができ、提案手法（LCX）を用いて、他者土地への電波漏洩を軽減するピンポイントでのエリア構築することができるため、従来手法（指向性アンテナ）及び提案手法（LCX）を組み合わせたエリア構築のモデル化について検討した。

例えば、畜舎は電波が漏洩しやすい（R 値が小さい）ため、他者土地へ電波漏洩しないように指向性または無指向性アンテナで広くエリアカバーできるようにエリア設計・シミュレーションを実施（手順①）し、発生した不感地帯に対して LCX を設置し畜舎全体（自己土地）をエリアカバーできるようにエリア設計・シミュレーションを実施する（手順②）などが考えられる。

- 実施容易性・コスト等の比較

本実証で用いた従来手法（指向性アンテナ）と提案手法（LCX）を用いた場合の比較を行った。なお比較の条件は以下となる。

- ・対象業務区域は大隅ファーム内
- ・指向性アンテナは、指向性アンテナ 1 台+RU1 台でエリア構築
- ・LCX は、LCX4 本（80m/1 本）+RU1 台でエリア構築
- ・LCX は牛舎内に敷設する
- ・5 段階で評価。値が大きいほど優勢。

表 3.3.2-9) 指向性アンテナと LCX を用いた場合の実施用意性とコスト等の比較

評価項目	評価分類	指向性アンテナ		LCX	
設備規模（セル数）	コスト	5	カバー可能な牛舎（1 セル）数が多いため設備規模 小	3	カバー可能な牛舎（1 セル）数が少ないため設備規模 大
	例えば、大隅ファーム全域（41 牛舎）のカバーを想定した場合の試算例を示す。				
			カバー可能な牛舎/セル	カバーする牛舎数	必要セル数
		指向性アンテナ	3	41	14 セル
	LCX	2	41	21 セル	
上記に示すように、設備規模観点では必要セル数が多い LCX は不利となる					
消費電力	コスト	5	設備規模に準ずる	3	設備規模に準ずる
導入リードタイム	実施容易性	2	特注になりがちで時間を要する	4	在庫があれば長さの加工のみ
エリア設計	コスト/ 実施容易性	2	セル間干渉影響は免れず、且つ不感地帯や漏洩抑制を考慮すると緻密なエリア設計や現地調査が必要。	5	隣接牛舎同士のセル間干渉影響は起きない（本実証の結果より）ため、簡易なエリア設計で十分。
設置位置	実施容易性	3	高所に設置	4	天井等の高さで容易にアクセスが可能
施工の容易性	実施容易性	4	施工後の放射方向、チルトの調整は容易	3	ケーブルの向きを指示どおり施工するのは困難。施工後の調整も困難
移設の容易性	実施容易性	3	施工の容易性に準ずる	2	施工の容易性に準ずる
カバレッジ範囲	実施容易性	5	カバーエリア範囲は広い	3	カバーエリア範囲は狭い。ただし対象カバー範囲の構築は容易。
漏洩制御	実施容易性	1	他者土地への漏洩範囲が広い。漏洩抑制によるカバレッジの範囲縮小とともに不感地帯が生じる可能性大	5	対象カバー範囲は十分に確保、他者土地への漏洩範囲が狭い
基地局との位置関係	実施容易性	2	LCX 入力端と RU は近い必要あり	2	アンテナ入力端と RU は近い必要あり
拡張性	コスト/ 実施容易性	2	牛舎の規模に併せて、漏洩抑制しながらのエリア拡張設計は膨大な時間を要する	5	牛舎の規模に併せてエリア設計でき拡張が容易に可能
設置場所の選定	コスト/ 実施容易性	2	牛舎の規模に併せて、漏洩抑制しながらのエリア拡張のための選定は非常に時間を要する	5	牛舎単位であり容易に選定可能
敷設作業費用	コスト/ 実施容易性	4	高所ではあるが、作業規模としては設備規模に準ずる	3	牛舎内へのケーブル配線作業には人員数、作業時間ともに指向性アンテナより要する

比較の結果、指向性アンテナ、LCX 双方に大きなメリット、デメリットがあることから、コストを抑え且つエリア構築の柔軟性の向上を目的とした場合、上述したように指向性/無指向性

アンテナで電波漏洩を抑制しつつ広くエリアカバーを構築し、発生した不感地帯や業務区域境界に対して LCX でエリアカバーを構築する、ハイブリッド構成による設計が有用だと考える。

コスト面：

表 3.3.2-10) 指向性アンテナと LCX のコスト比較

	カバー可能な牛舎/セル	カバーする牛舎数	必要セル数
指向性アンテナ	3	41	14 セル
LCX	2	41	21 セル

指向性アンテナは 1 セルにつき 1 つのアンテナが必要となり、LCX は牛舎につき 2 本の LCX が必要となる。必要セル数にアンテナ (LCX) のハード購入費用を掛け合わせることで、概算で必要なハードコスト比較を行うことが可能と考える。

実施容易性：

表 3.3.2-11) 指向性アンテナと LCX のコスト比較

	メリット・デメリット
指向性アンテナ	<ul style="list-style-type: none"> セル数が増えると隣接セルが増えるため、セル間干渉影響は免れない。緻密なエリア設計やセル間干渉が発生するポイントでの現地測定が必要となる (コスト増) 1 セルあたりのカバー可能な牛舎が多いため、ハードコストが低くなると想定。
LCX	<ul style="list-style-type: none"> LCX を敷設している牛舎の隣接牛舎は、セル間干渉が起きない (本実証の結果より) と想定し、簡易なエリア設計で十分と考える。 牛舎あたりに 2 本の LCX を敷設する必要があるため、ハードコスト面、工事費用面でコスト増が見込まれる。

3.3.3 準同期 TDD の追加パターンの開発

このテーマには取り組まない。

3.3.4 基本的な電波伝搬データの取得

電波法関係審査基準 (平成 13 年度総務省訓令第 67 号) が規定するエリア算出法 (以下、エリア算出法と記載) 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図面を作成し、図面に示されるエリアに関して、本章では以下の検証を行った。

(1) 実施方法

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及び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との比較及び閾値が実測される位置を確認することにより、シミュレーションにおける閾値の検証を行った。

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 20 以上の測定点において、受信電力及び伝送性能（アップリンク（以下、UL）/ダウンリンク（以下、DL）別の伝送スループット、伝送遅延）を測定し、課題実証システムで要求される性能を実現できるか否かを検証した。

1) 実証目標

本事業においては、各課題実証システムで求められるローカル 5G の性能として、表 3.3.4-1 に示す性能を満たすことを目標とする。

表 3.3.4-1) ローカル 5G の所要性能

	見回りロボット 映像伝送	牛監視カメラ映 像伝送	蓄積画像伝送	総合性能要件
上りスループット	12Mbps	16Mbps x 4 台	4Mbps	80Mbps
端末-コアネットワー ク間の伝送遅延時間	100msec	100msec	100msec	100msec

2) 評価検証項目

本章の実証を通じて評価・検証する項目を以下に示す。

① エリア算出法の閾値の検証

本検証では受信電力として表 3.3.4-2 に示す項目を評価・検証した。

表 3.3.4-2) エリア算出法の閾値の検証における評価・検証項目

No.	評価・検証項 目	説明
1	SS-RSRP [dBm]	1 リソースエレメントあたりの Secondary Synchronization Signal の受信電力
2	SS-SIR [dB]	SS-RSRP とリソースエレメントあたりの干渉電力の比
3	RSSI [dBm]	測定帯域内（アンリツ社製エリアテスタでは SS-Block 部分の全帯域）の 1 OFDM シンボルの受信電力 [dBm]

100MHz 帯域での RSSI 値と SS-RSRP 値とは次式により換算可能である。

$$\text{RSSI}[\text{dBm}] = \text{SS-RSRP}[\text{dBm}] + 10 \cdot \log_{10} (12 \cdot N) [\text{dB}]$$

N はリソースブロック数であり、今回のシステムでは 273 である。カバーエリア端、調整対象区域端の閾値は 100MHz 帯域の RSSI 値ではそれぞれ -84.6dBm、-91.0dBm であり、これらを SS-RSRP 値に換算すると、それぞれ -119.8dBm、-126.2dBm となる。

② カバーエリア内のローカル 5G の性能評価

本検証では 3.3.2 で示した受信電力のほか、表 3.3.4-3 に示す項目を評価・検証した。

表 3.3.4-3) カバーエリア内のローカル 5G の性能評価における評価・検証項目

No.	評価・検証項目	説明
1	UL スループット [Mbps]	PUSCH 上の MAC レイヤにおけるスループット、例えば Nemo Outdoor ツールを使用して測定
2	DL スループット [Mbps]	PDSCH 上の MAC レイヤにおけるスループット、例えば Nemo Outdoor ツールを使用して測定
3	遅延時間 [ms]	MAC レイヤにおける往復の遅延時間。例えば端末ログデータから抽出する。

3) 評価検証方法

本章の実証を通じて評価・検証する項目を以下に示す。

■シミュレーションによる閾値の検証

以下の各ステップを実施し、検証した。

a. カバーエリア及び調整対象区域のエリア端位置の図示

エリア算出法の計算式を基に机上計算でシミュレーションし、カバーエリア及び調整対象区域となる閾値相当の位置を平面図上にプロットした。カバーエリア、調整対象区域の各閾値を表 3.3.4-4 に示す。

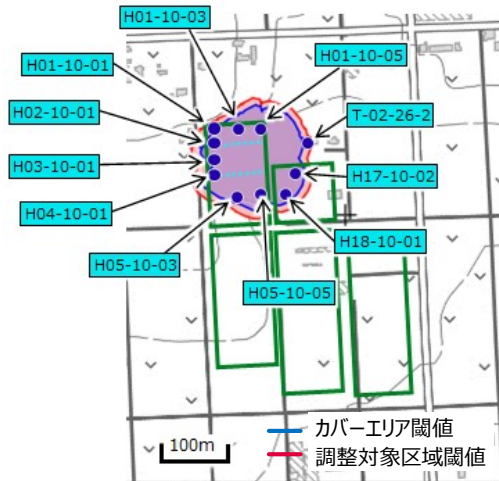
表 3.3.4-4) エリア端の閾値

閾値種別	閾値
カバーエリア	-84.6dBm
調整対象区域	-91.0dBm

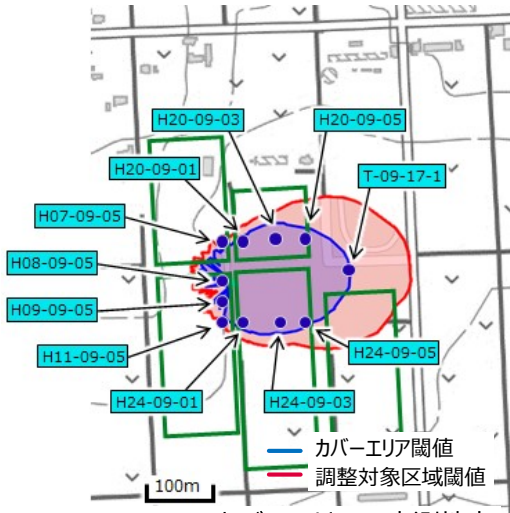
b. 各エリア端位置での電界強度の実測

各 RU に対し、各エリア端位置に相当する 8 地点以上の地点を選択し、表 3.3.4-2 の項目を測定した。測定には電界強度測定器（アンリツ社製のエリアテスタ ML8780A）を使用した。測定は 0.1 秒間隔で 2 分間測定（合計 1,000 サンプル）した結果を統計処理し、中央値、 σ 、上位 10% 値、下位 10% 値を求めた。なお定在波の影響を避けるため、ひとつの測定点において 10λ （ λ は波長）の範囲で測定位置を動かしながら測定した。

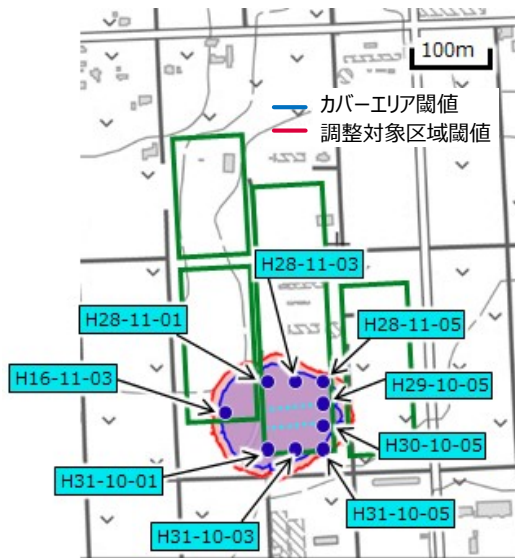
各 RU のカバーエリア端、調整対象区域端に対し実測した地点について図 3.3.4-1 に示す。



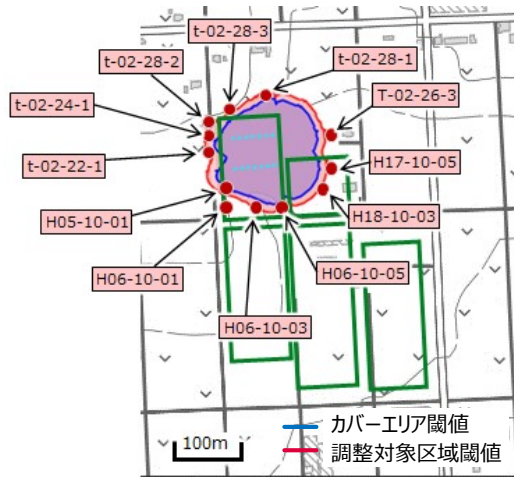
RU#1 カバーエリアの実測地点



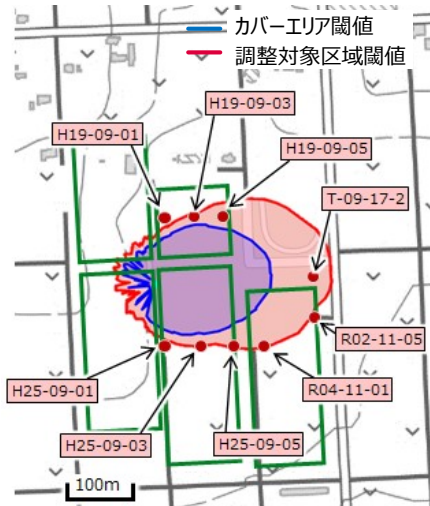
RU#2 カバーエリアの実測地点



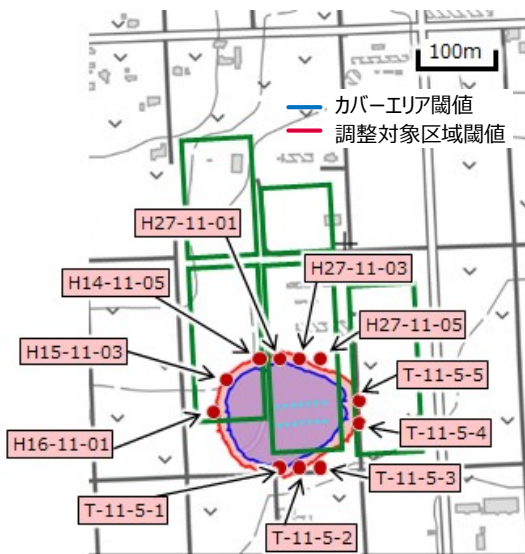
RU#3 カバーエリアの実測地点



RU#1 調整対象区域の実測地点



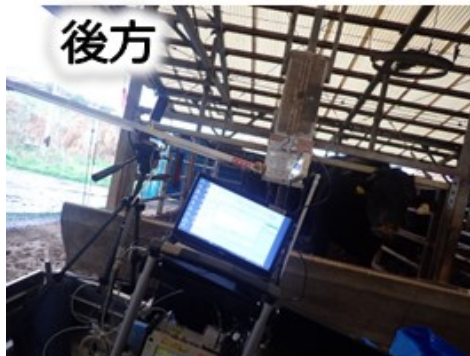
RU#2 調整対象区域の実測地点



RU#3 調整対象区域の実測地点

図 3.3.4-1) カバーエリア端、調整区域端相当の実測地点(引用:国土地理院地図)

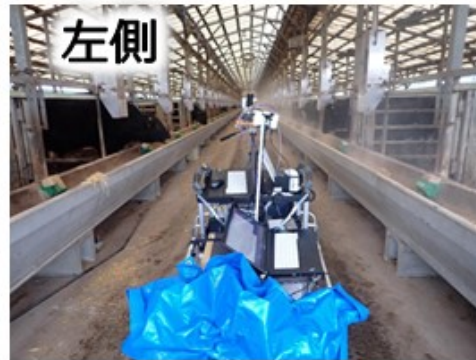
各測定地点周辺の様子について以下（「H01-10-01～T-11-5-5 周辺の様子」）に示す。



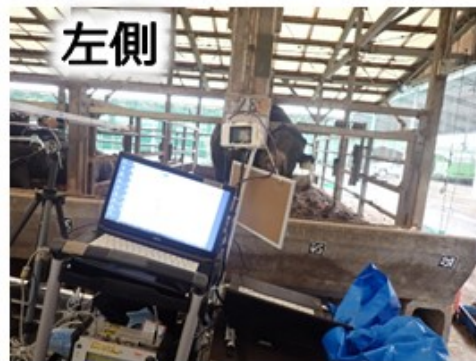
H01-10-01の周辺の様子



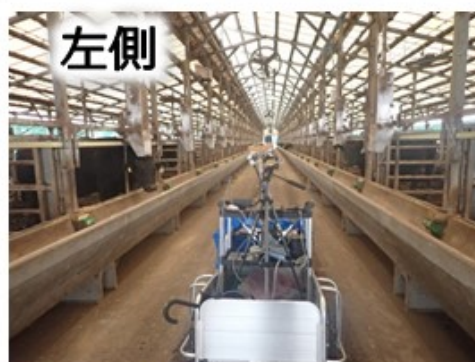
H01-10-03の周辺の様子



H01-10-05の周辺の様子



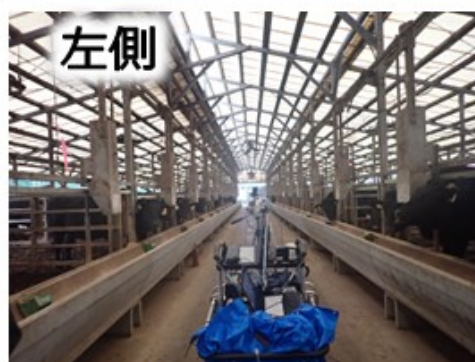
H02-10-01の周辺の様子



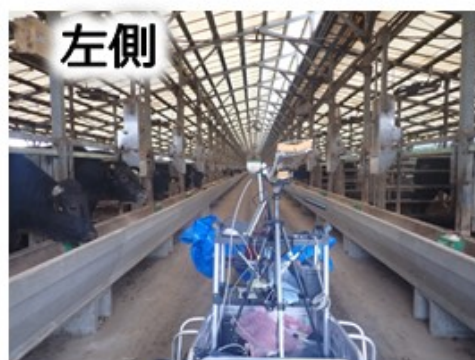
H03-10-01の周辺の様子



H04-10-01の周辺の様子



H05-10-03の周辺の様子



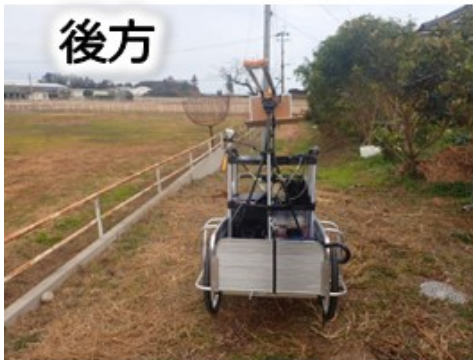
H05-10-05の周辺の様子



H17-10-02の周辺の様子



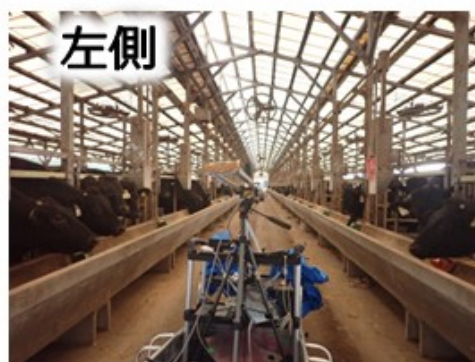
H18-10-01の周辺の様子



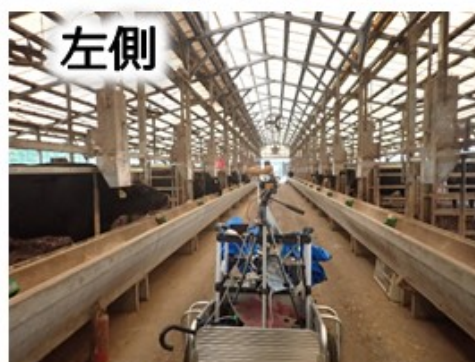
T-02-26-2の周辺の様子



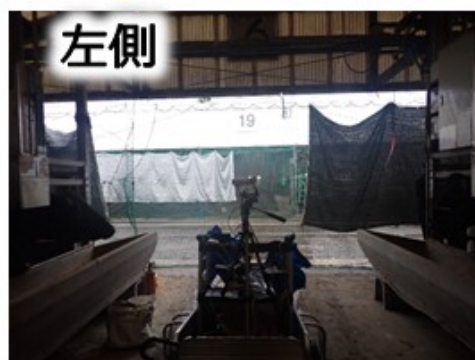
H05-10-01の周辺の様子



H06-10-01の周辺の様子



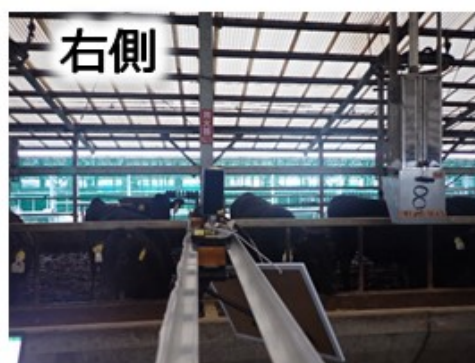
H06-10-03の周辺の様子



H06-10-05の周辺の様子



H17-10-05の周辺の様子



H18-10-03の周辺の様子



T-02-22-1の周辺の様子



T-02-24-1の周辺の様子



T-02-26-3の周辺の様子



T-02-28-1の周辺の様子



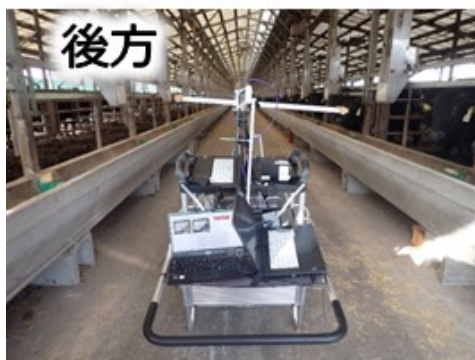
T-02-28-2の周辺の様子



T-02-28-3の周辺の様子



H07-09-05の周辺の様子



H08-09-05の周辺の様子



H09-09-05の周辺の様子



H11-09-05の周辺の様子



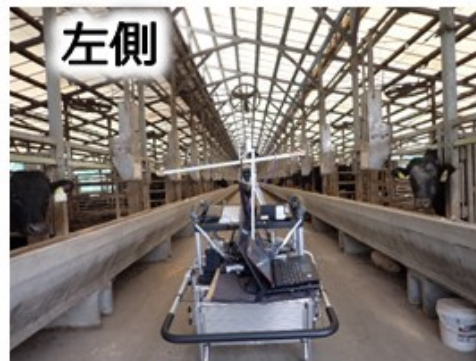
H20-09-01の周辺の様子



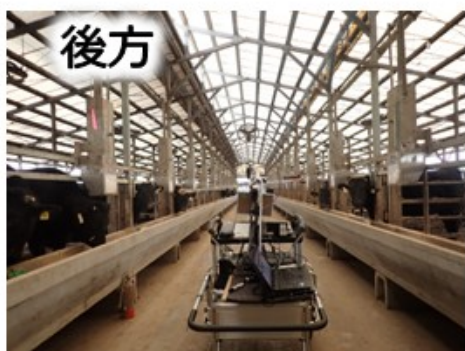
H20-09-03の周辺の様子



H20-09-05の周辺の様子



H24-09-01の周辺の様子



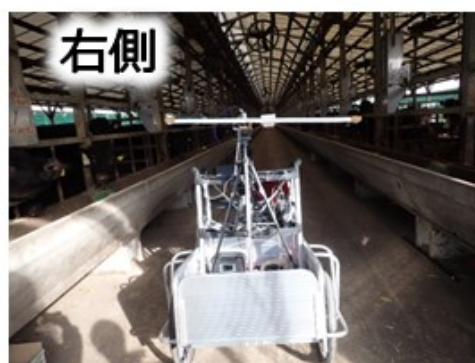
H24-09-03の周辺の様子



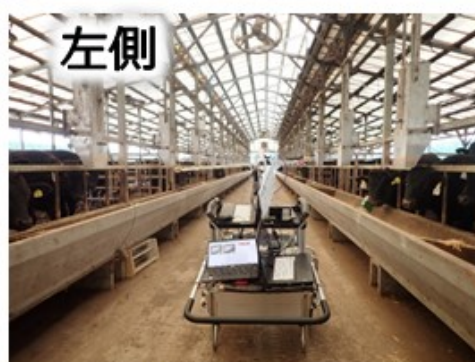
H24-09-05の周辺の様子



T09-17-1の周辺の様子



H19-09-01の周辺の様子



H19-09-03の周辺の様子



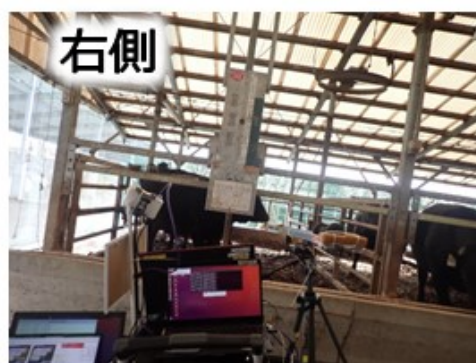
H19-09-05の周辺の様子



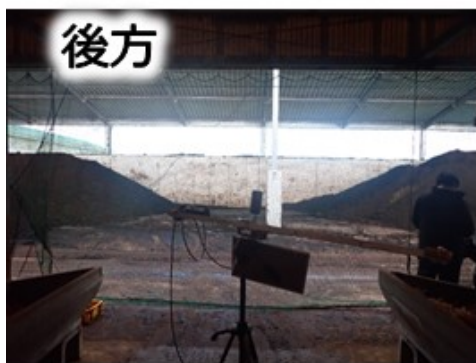
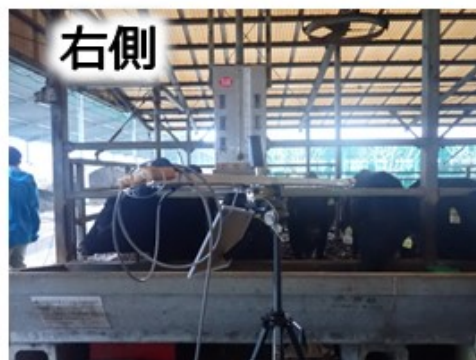
H25-09-01の周辺の様子



H25-09-03の周辺の様子



H25-09-05の周辺の様子



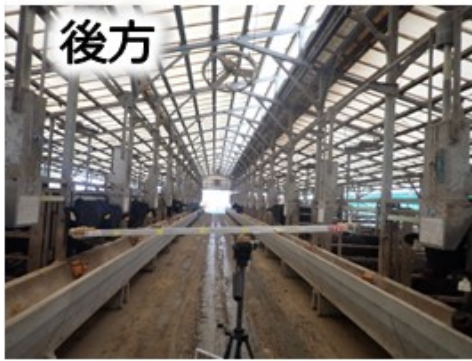
R02-11-05の周辺の様子



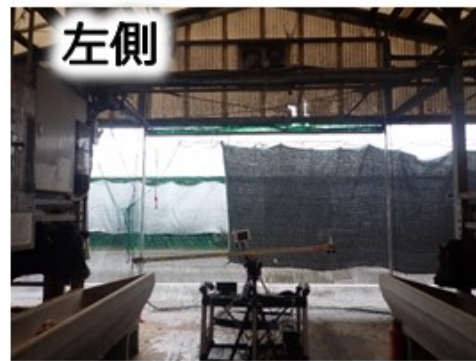
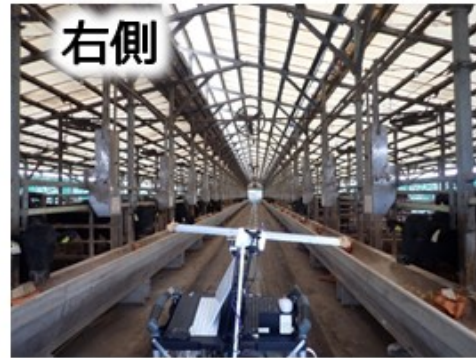
R04-11-01の周辺の様子



T-09-17-2の周辺の様子



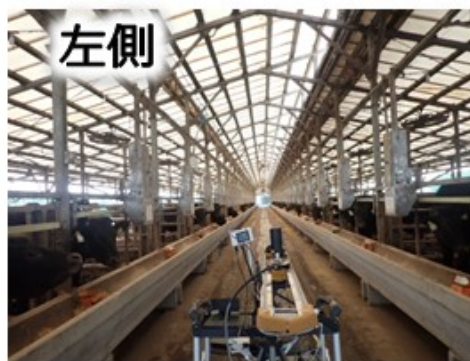
H16-11-03の周辺の様子



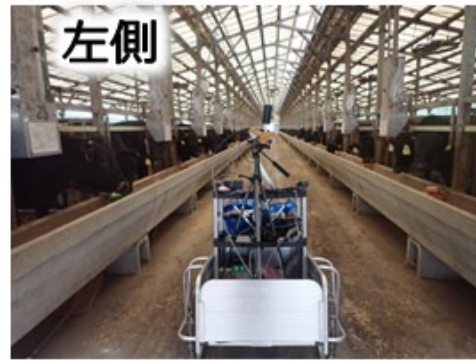
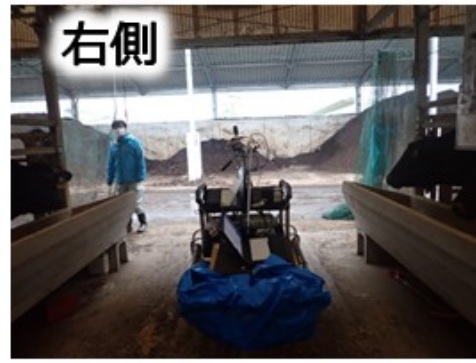
H28-11-01の周辺の様子



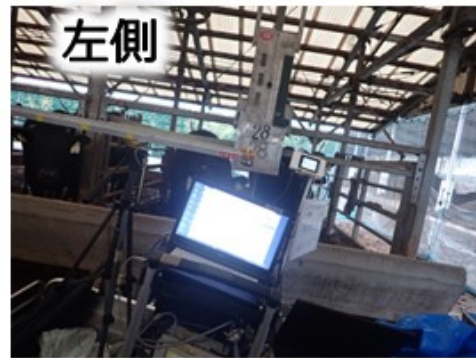
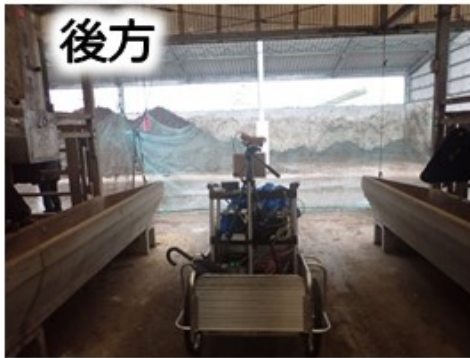
H28-11-03の周辺の様子



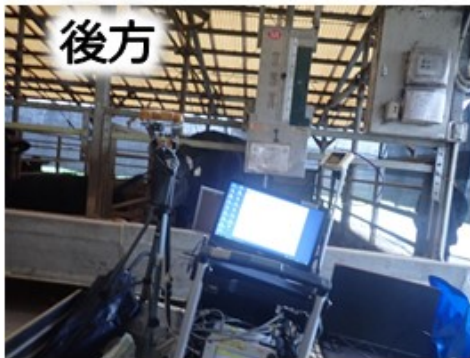
H28-11-05の周辺の様子



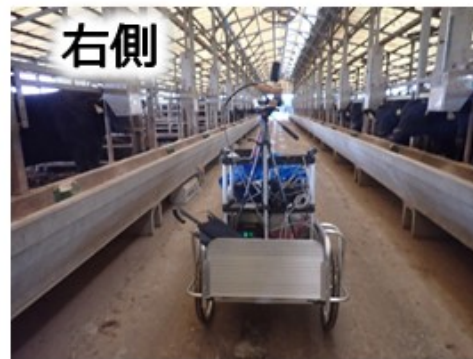
H29-10-05の周辺の様子



H30-10-05の周辺の様子



H31-10-01の周辺の様子



H31-10-03の周辺の様子



H31-10-05の周辺の様子



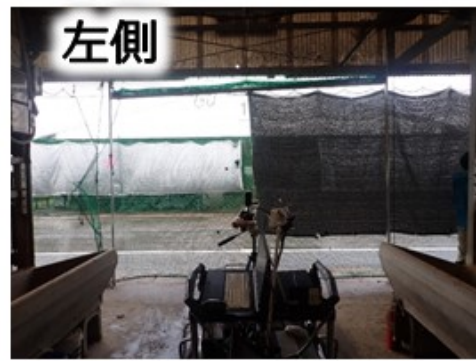
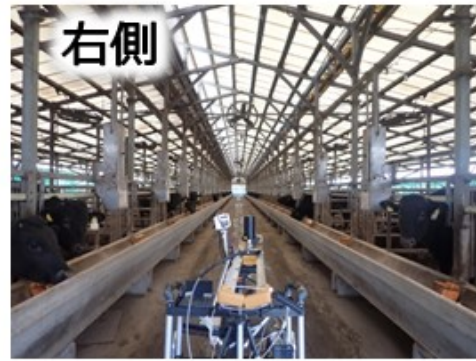
H14-11-05の周辺の様子



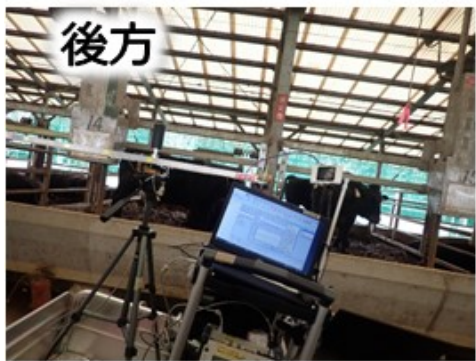
H15-11-03の周辺の様子



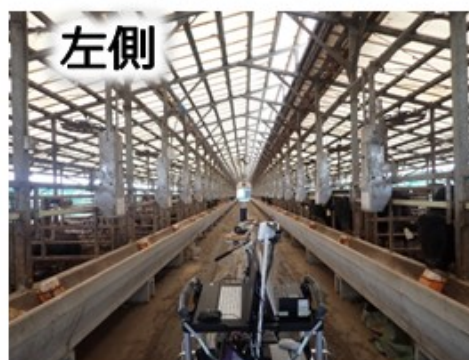
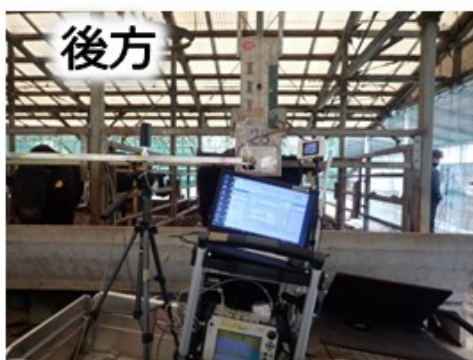
H16-11-01の周辺の様子



H27-11-01の周辺の様子



H27-11-03の周辺の様子



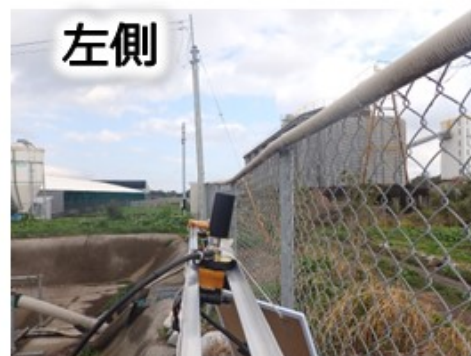
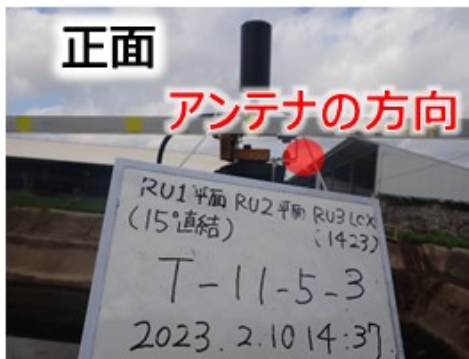
H27-11-05の周辺の様子



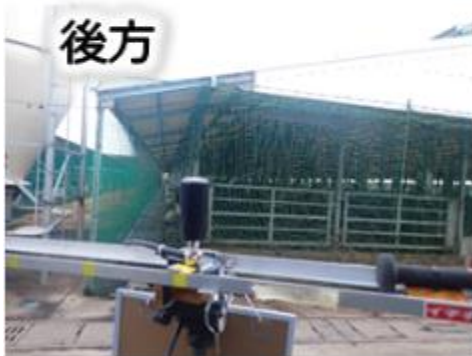
T-11-5-1の周辺の様子



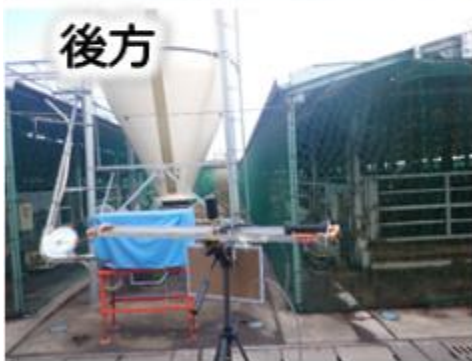
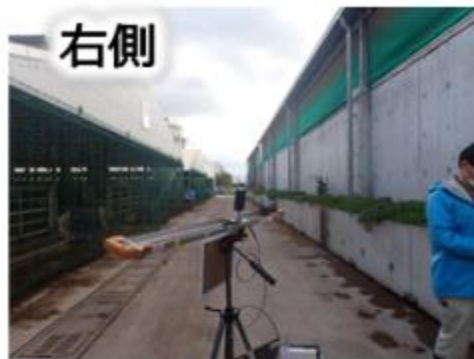
T-11-5-2の周辺の様子



T-11-5-3の周辺の様子



T-11-5-4の周辺の様子



T-11-5-5の周辺の様子

図 3.3.4-2) 各測定地点の様子

c. 実測値とエリア算出式における閾値との比較

エリア算出式による各エリア端閾値と、エリア端に相当する位置の実測値とを比較した。

d. 閾値が得られる実測地点の確認

c の結果、実測値と閾値が 3dB 以上異なる場合は、実測値を得た地点の周辺を移動し、閾値が得られる地点の位置を確認した。

e. 実測と閾値の得られる地点の平面図上へのプロット

エリア算出式で閾値となる地点と、実測にて閾値が得られる地点について、平面図上にプロットした。

4) カバーエリア内のローカル 5G の性能評価

カバーエリアに相当するエリアについて、主にカバーエリアとなる自己土地内にて 20 以上の測定地点を設け、各地点での受信電力及びスループット、遅延時間を測定した。

本事業における測定地点を図 3.3.4-3 に示す。実際の測定地点については、柱や設備等の位置、遮蔽物の有無等による電波伝搬への影響条件を考慮して決定した。

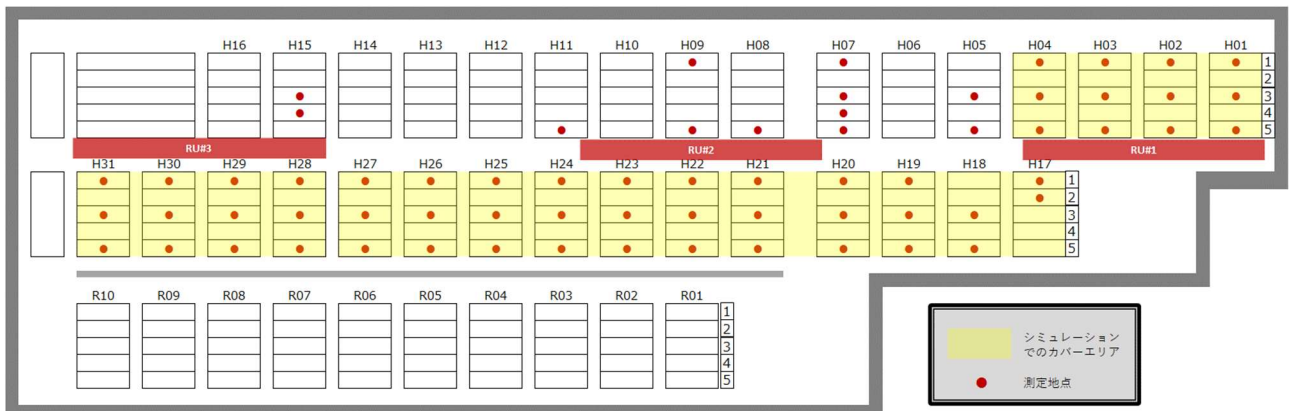


図 3.3.4-3) 性能評価の測定地点例

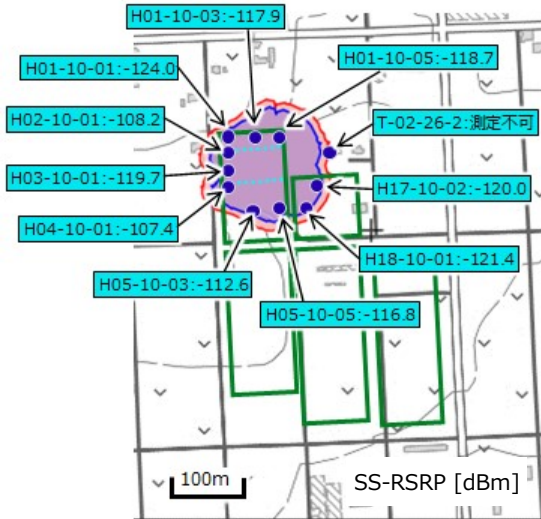
測定するスループットについては表 3.3.4-3 の No.1 及び No.2 の項目を iPerf 等のスループット測定ツール及び無線伝送部分のスループットを測定できるツール（キーサイト社製の Nemo Outdoor）により測定した。iPerf ツール及び Nemo Outdoor ツールを使用する場合、端末に接続した PC とコアネットワーク側の L3SW に接続した PC のそれぞれで iPerf ツールをサーバーモードまたはクライアントモードで実行することとし、上り方向、下り方向それぞれについて UDP モードによる試験データを送信し、端末に接続した PC 上の Nemo Outdoor ツールによって PUSCH/PDSCH 上の MAC レイヤにおけるスループットを測定した。測定時間は 1 地点あたり上り/下り各 1 分間とした。また、遅延時間については、端末に接続した PC とコアネットワーク側の L3SW に接続した PC のそれぞれで iPerf ツールをサーバーモードま

たはクライアントモードで実行することとし、下り方向について UDP モードによる試験データを送信し、端末に接続した PC 上の端末ログツールにてログを取得した。取得したログから HARQ の再送遅延時間の平均値を取得した。測定時間は 1 地点あたり 1 分間とした。

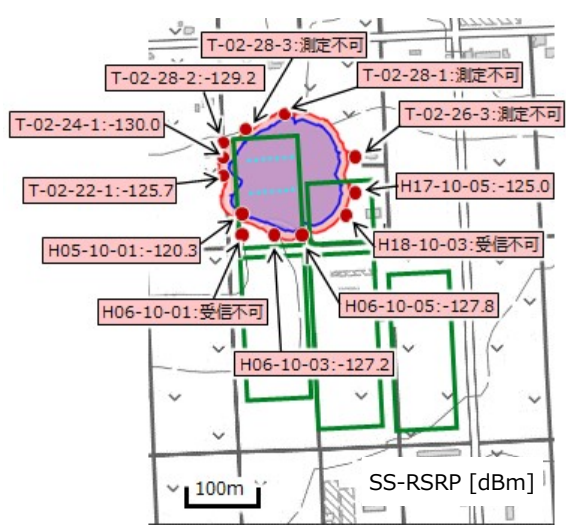
(2) 実証結果

1) 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

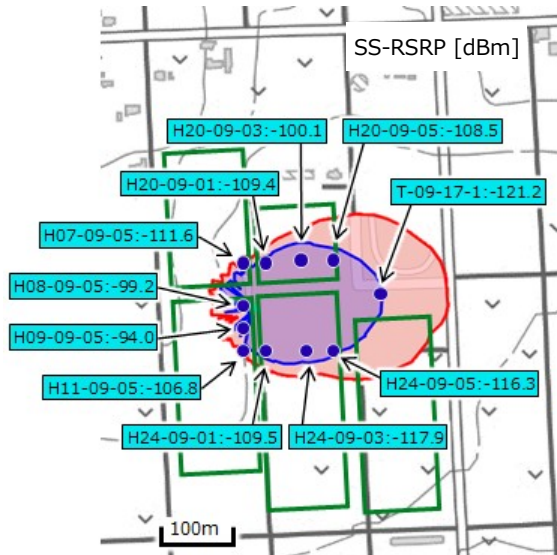
エリア算出法でカバーエリア及び調整対象区域端に相当する地点での実測値をプロットした平面図を図 3.3.4-4 に示す。また実測値を表 3.3.4-5～表 3.3.4-10 に示す。



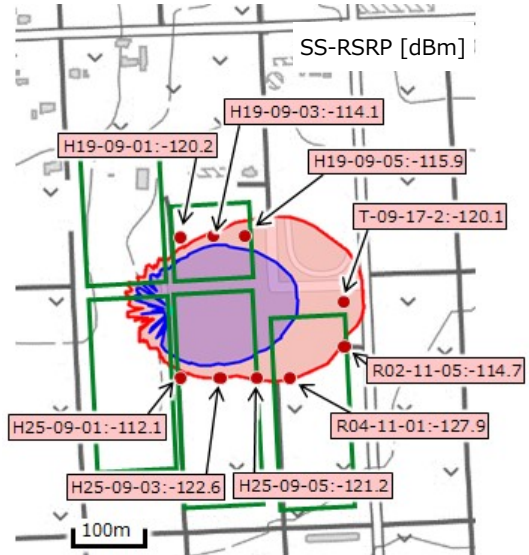
RU#1 カバーエリアの実測値



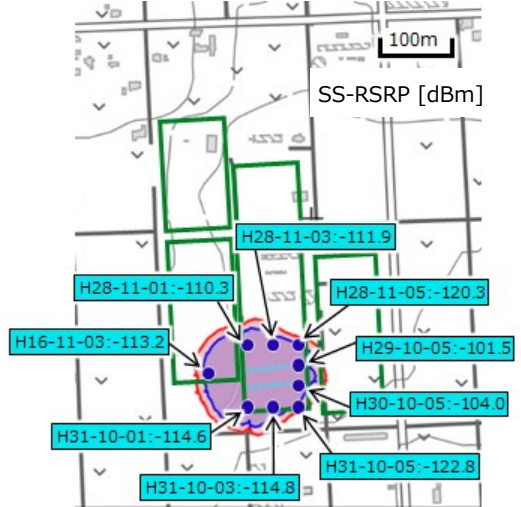
RU#1 調整対象区域の実測値



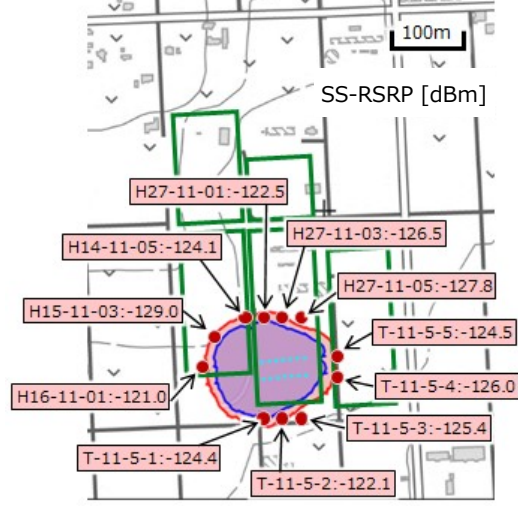
RU#2 カバーエリアの実測値



RU#2 調整対象区域の実測値



RU#3 カバーエリアの実測値



RU#3 調整対象区域の実測値

図 3.3.4-4 エリア算出法による閾値端の実測結果(引用:国土地理院地図)

表 3.3.4-5) カバーエリア端におけるエリア算出式と実測値の比較(RU#1)

測定地点	端末アンテナ地上高 [m]	測定点環境	LOS /NLOS	エリア算出式によるSS-RSRP [dBm]	実測値の中央値 [dBm]	差分 [dB]	測定点とアンテナ設置 (放射方向) 関係
H01-10-01	1.5	半屋内	NLOS	-105.5	-124.0	-18.5	隣接牛舎
H01-10-03	1.5	半屋内	NLOS	-104.6	-117.9	-13.3	隣接牛舎
H01-10-05	1.5	半屋内	NLOS	-105.1	-118.7	-13.6	隣接牛舎
H02-10-01	1.5	半屋内	LOS	-111.6	-108.2	3.4	自牛舎
H03-10-01	1.5	半屋内	NLOS	-114.8	-119.7	-4.9	隣接牛舎
H04-10-01	1.5	半屋内	LOS	-111.4	-107.4	4.0	自牛舎
H05-10-03	1.5	半屋内	NLOS	-96.4	-112.6	-16.2	隣接牛舎
H05-10-05	1.5	半屋内	NLOS	-98.4	-116.8	-18.4	隣接牛舎
H17-10-02	1.5	半屋内	NLOS	-97.4	-120.0	-22.6	隣接牛舎
H18-10-01	1.5	半屋内	NLOS	-96.5	-121.4	-24.9	隣接牛舎
T-02-26-2	1.5	屋外 (開放地)	NLOS	-98.7	測定不可 (*)	-	後方屋外

(*) 他者土地境界にて測定できない場所

表 3.3.4-6) 調整対象区域端におけるエリア算出式と実測値の比較(RU#1)

測定地点	端末アンテナ地上高 [m]	測定点環境	LOS /NLOS	エリア算出式によるSS-RSRP [dBm]	実測値の中央値 [dBm]	差分 [dB]	測定点とアンテナ設置 (放射方向) 関係
H05-10-01	1.5	半屋内	NLOS	-116.8	-120.3	-3.5	隣接牛舎
H06-10-01	1.5	半屋内	NLOS	-120.3	圏外	-	隣接牛舎
H06-10-03	1.5	半屋内	NLOS	-98.8	-127.2	-28.4	隣接牛舎
H06-10-05	1.5	半屋内	NLOS	-104.0	-127.8	-23.8	隣接牛舎
H17-10-05	1.5	半屋内	NLOS	-100.0	-125.0	-25.0	隣接牛舎
H18-10-03	1.5	半屋内	NLOS	-98.9	圏外	-	隣接牛舎
T-02-22-1	1.5	屋外 (開放地)	NLOS	-129.1	-125.7	3.4	前方屋外
T-02-24-1	1.5	屋外 (開放地)	NLOS	-124.1	-130.0	-5.9	前方屋外
T-02-26-3	1.5	屋外 (開放地)	NLOS	-100.8	測定不可 (*)	-	後方屋外

T-02-28-1	1.5	屋外（開放地）	NLOS	-109.7	測定不可 (*)	-	隣接屋外
T-02-28-2	1.5	屋外（開放地）	NLOS	-106.7	-129.2	-22.5	隣接屋外
T-02-28-3	1.5	屋外（開放地）	NLOS	-106.3	測定不可 (*)	-	隣接屋外

(*) 他者土地境界にて測定できない場所

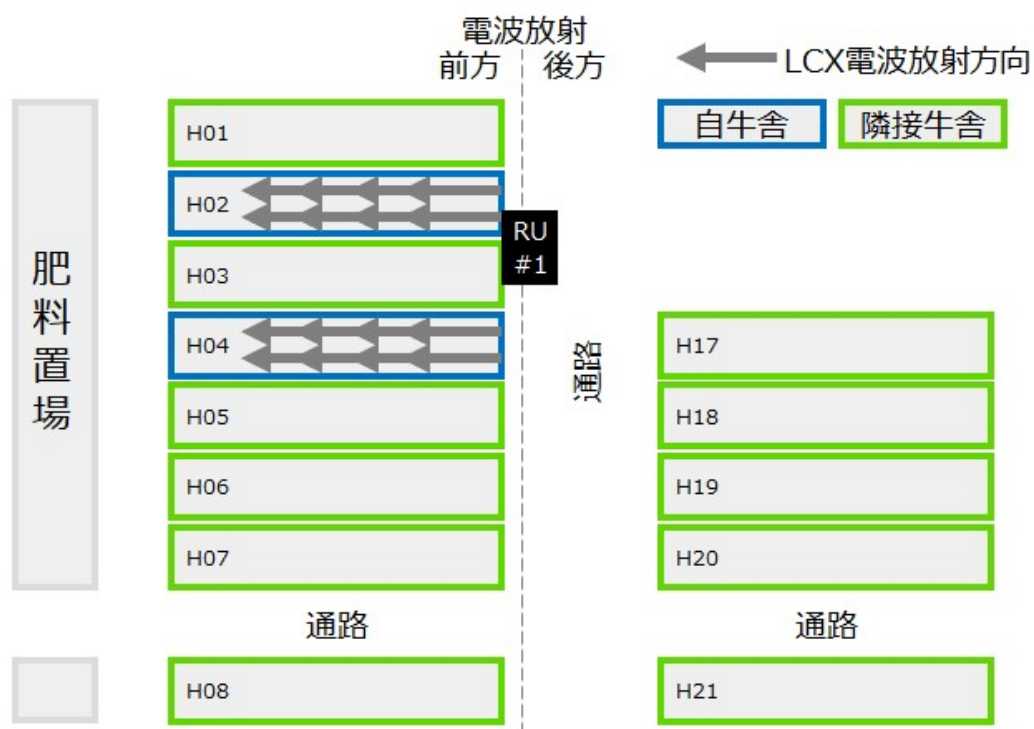


図 3.3.4-5) 測定地点とアンテナ設置(放射)方向の関係

表 3.3.4-7) カバーエリア端におけるエリア算出式と実測値の比較(RU#2)

測定地点	端末アンテナ地上高 [m]	測定点環境	LOS /NLOS	エリア算出式による SS-RSRP [dBm]	実測値の中央値 [dBm]	差分 [dB]
H07-09-05	1.5	半屋内	NLOS	-108.5	-111.6	-3.1
H08-09-05	1.5	半屋内	NLOS	-100.4	-99.2	1.2
H09-09-05	1.5	半屋内	NLOS	-98.9	-94.0	4.9
H11-09-05	1.5	半屋内	NLOS	-107.3	-106.8	0.5
H20-09-01	1.5	半屋内	NLOS	-102.6	-109.4	-6.8
H20-09-03	1.5	半屋内	NLOS	-88.8	-100.1	-11.3
H20-09-05	1.5	半屋内	NLOS	-89.7	-108.5	-18.8

H24-09-01	1.5	半屋内	NLOS	-113.3	-109.5	3.8
H24-09-03	1.5	半屋内	NLOS	-90.6	-117.9	-27.3
H24-09-05	1.5	半屋内	NLOS	-89.3	-116.3	-27.0
T-09-17-1	1.5	屋外（開放地）	NLOS	-121.3	-121.2	0.1

表 3.3.4-8) 調整対象区域端におけるエリア算出式と実測値の比較(RU#2)

測定地点	端末アンテナ地上高 [m]	測定点環境	LOS /NLOS	エリア算出式による SS-RSRP [dBm]	実測値の中央値 [dBm]	差分 [dB]
H19-09-01	1.5	半屋内	NLOS	-102.2	-120.2	-18.0
H19-09-03	1.5	半屋内	NLOS	-89.3	-114.1	-24.8
H19-09-05	1.5	半屋内	NLOS	-101.5	-115.9	-14.4
H25-09-01	1.5	半屋内	NLOS	-108.1	-112.1	-4.0
H25-09-03	1.5	半屋内	NLOS	-98.7	-122.6	-23.9
H25-09-05	1.5	半屋内	NLOS	-102.7	-121.2	-18.5
R02-11-05	1.5	半屋内	NLOS	-110.2	-114.7	-4.5
R04-11-01	1.5	半屋内	NLOS	-125.3	-127.9	-2.6
T-09-17-2	1.5	屋外（開放地）	NLOS	-111.0	-120.1	-9.1



図 3.3.4-6) 測定地点とアンテナ設置(放射)方向の関係

表 3.3.4-9) カバーエリア端におけるエリア算出式と実測値の比較(RU#3)

測定地点	端末アンテナ地上高 [m]	測定点環境	LOS /NLOS	エリア算出式による SS-RSRP [dBm]	実測値の中央値 [dBm]	差分 [dB]	測定点とアンテナ設置(放射方向)関係
H16-11-03	1.5	半屋内	NLOS	-99.8	-113.2	-13.4	隣接牛舎
H28-11-01	1.5	半屋内	NLOS	-105.9	-110.3	-4.4	隣接牛舎
H28-11-03	1.5	半屋内	NLOS	-95.2	-111.9	-16.7	隣接牛舎
H28-11-05	1.5	半屋内	NLOS	-102.7	-120.3	-17.6	隣接牛舎
H29-10-05	1.5	半屋内	LOS	-95.2	-101.5	-6.3	自牛舎
H30-10-05	1.5	半屋内	LOS	-95.5	-104.0	-8.5	自牛舎
H31-10-01	1.5	半屋内	NLOS	-103.7	-114.6	-10.9	隣接牛舎
H31-10-03	1.5	半屋内	NLOS	-101.8	-114.8	-13.0	隣接牛舎
H31-10-05	1.5	半屋内	NLOS	-102.7	-122.8	-20.2	隣接牛舎

表 3.3.4-10) 調整対象区域端におけるエリア算出式と実測値の比較(RU#3)

測定地点	端末アンテナ地上高 [m]	測定点環境	LOS /NLOS	エリア算出式による SS-RSRP [dBm]	実測値の中央値 [dBm]	差分 [dB]	測定点とアンテナ設置(放射方向)関係
H14-11-05	1.5	半屋内	NLOS	-103.7	-124.1	-20.4	後方牛舎
H15-11-03	1.5	半屋内	NLOS	-105.5	-129.0	-23.5	後方牛舎
H16-11-01	1.5	半屋内	NLOS	-115.9	-121.0	-5.1	後方牛舎
H27-11-01	1.5	半屋内	NLOS	-103.4	-122.5	-19.1	隣接牛舎
H27-11-03	1.5	半屋内	NLOS	-95.7	-126.5	-30.9	隣接牛舎
H27-11-05	1.5	半屋内	NLOS	-107.2	-127.8	-20.6	隣接牛舎
T-11-5-1	1.5	屋外(開放地)	NLOS	-113.3	-124.4	-11.1	隣接屋外
T-11-5-2	1.5	屋外(開放地)	NLOS	-109.3	-122.1	-12.8	隣接屋外
T-11-5-3	1.5	屋外(開放地)	NLOS	-111.6	-125.4	-13.8	隣接屋外
T-11-5-4	1.5	屋外(開放地)	NLOS	-124.7	-126.0	-1.3	前方屋外
T-11-5-5	1.5	屋外(開放地)	NLOS	-124.4	-124.5	-0.1	前方屋外

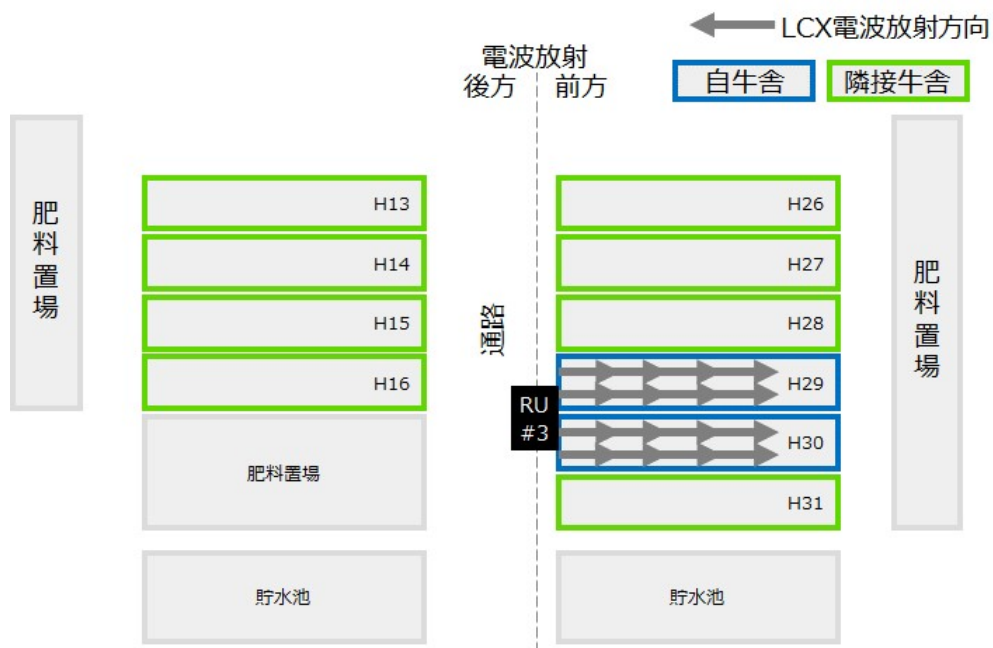


図 3.3.4-7) 測定地点とアンテナ設置(放射)方向の関係

RU#1、#3 (LCX アンテナ[牛舎内設置]) のカバーエリア端相当の測定地点について、LCX アンテナが設置されている自牛舎 (LOS 環境) 内においては、エリア算出法の値と実測値との差分は小さく、エリア算出法による妥当性が確認できた。一方で LCX アンテナが設置されていない隣接牛舎 (NLOS 環境) 内や屋外においては、エリア算出法の値と実測値で差分が大きいことが確認され、いずれの測定地点においても実測値が低い傾向 (最大-24.9dB) となった。各牛舎の相関については図 3.3.4-3、図 3.3.4-7 参照。

RU#2 (指向性平面アンテナ[牛舎外 牛舎より高い位置に設置]) のカバーエリア端相当の測定地点について、電波放射前後方向の地点についてはエリア算出法の値と実測値との差分は小さく、エリア算出法による妥当性が確認できた。一方で電波放射左右方向の地点 (図 3.3.4-6 牛舎 H18、19、24、25) ではエリア算出法の値と実測値で差分が大きいことが確認された。

なお、RU#2 の調整対象区域については、実測値との乖離が大きかったため、閾値相当を得られる地点を確認した。地点をプロットした結果を図 3.3.4-8 に示し、実測値を表 3.3.4-11 に示す。

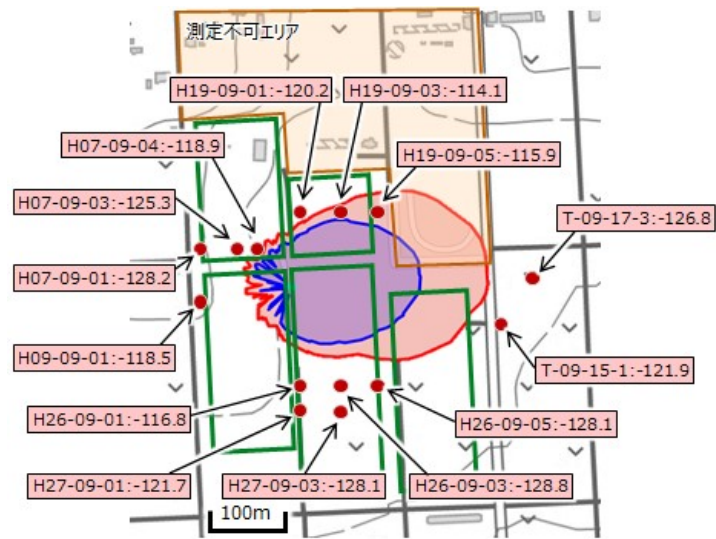
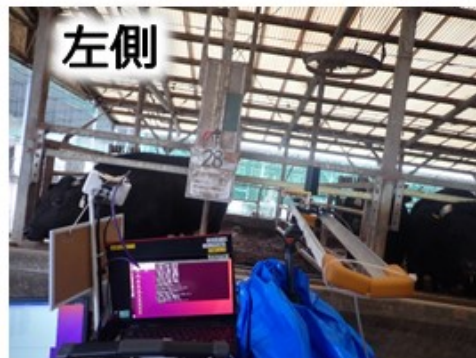
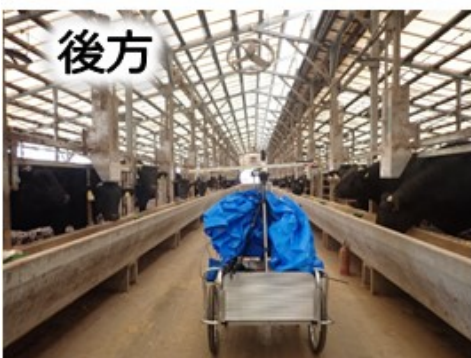


図 3.3.4-8) 調整対象区域の閾値が実測された地点(RU#2) (引用:国土地理院地図)

各測定地点周辺の様子について以下（H07-09-01～T09-17-3 周辺の様子）に示す。



H07-09-01の周辺の様子



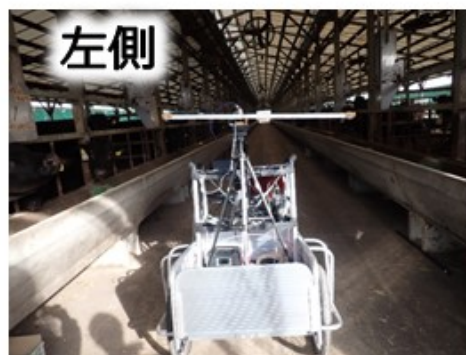
H07-09-03の周辺の様子



H07-09-04の周辺の様子



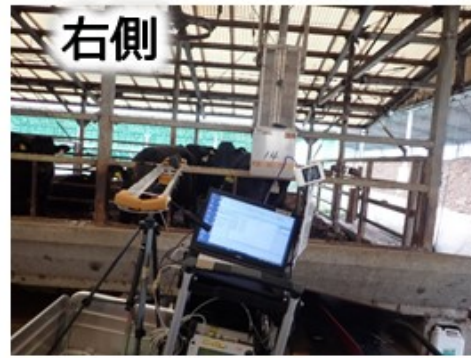
H09-09-01の周辺の様子



H19-09-01の周辺の様子



H19-09-03の周辺の様子



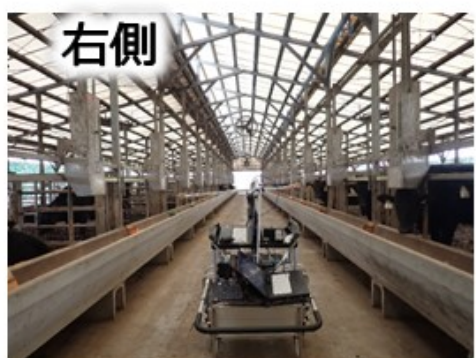
H19-09-05の周辺の様子



H26-09-01の周辺の様子



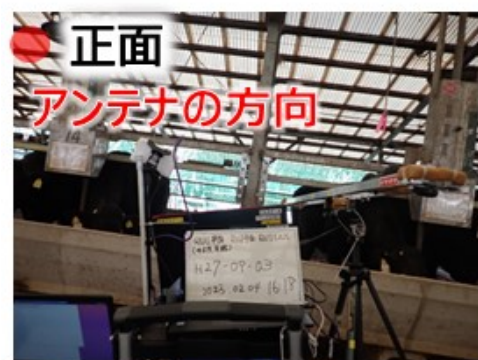
H26-09-03の周辺の様子



H26-09-05の周辺の様子



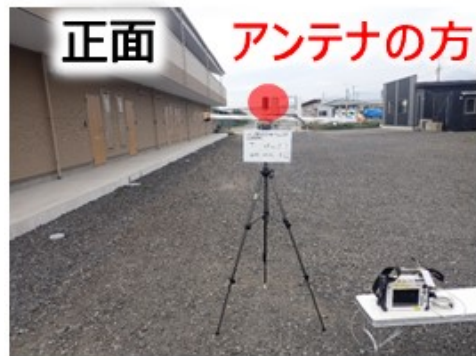
H27-09-01の周辺の様子



H27-09-03の周辺の様子



T-09-15-1の周辺の様子



T-09-17-3の周辺の様子

図 3.3.4-9) 各測定地点周辺の様子

表 3.3.4-11) エリア算出法による結果と閾値実測値の比較(RU#2)

測定地点	端末 アンテナ 地上高 [m]	測定点環境	LOS /NLOS	実測値の 中央値 [dBm]
H07-09-01	1.5	半屋内	NLOS	-128.2
H07-09-03	1.5	半屋内	NLOS	-125.3
H07-09-04	1.5	半屋内	NLOS	-118.9
H09-09-01	1.5	半屋内	NLOS	-118.5
H19-09-01	1.5	半屋内	NLOS	-120.2
H19-09-03	1.5	半屋内	NLOS	-114.1
H19-09-05	1.5	半屋内	NLOS	-115.9
H26-09-01	1.5	半屋内	NLOS	-116.8
H26-09-03	1.5	半屋内	NLOS	-128.8
H26-09-05	1.5	半屋内	NLOS	-128.1
H27-09-01	1.5	半屋内	NLOS	-121.7
H27-09-03	1.5	半屋内	NLOS	-128.1
T-09-15-1	1.5	屋外（開放地）	NLOS	-121.9
T-09-17-3	1.5	屋外（開放地）	NLOS	-126.8

2) カバーエリア内のローカル 5G の性能評価

カバーエリア内のローカル 5G の性能測定結果として、UL、DL スループット測定結果を平面図上にプロットした図 3.3.4-10、図 3.3.4-11、及び実測値を表 3.3.4-12 に示す。

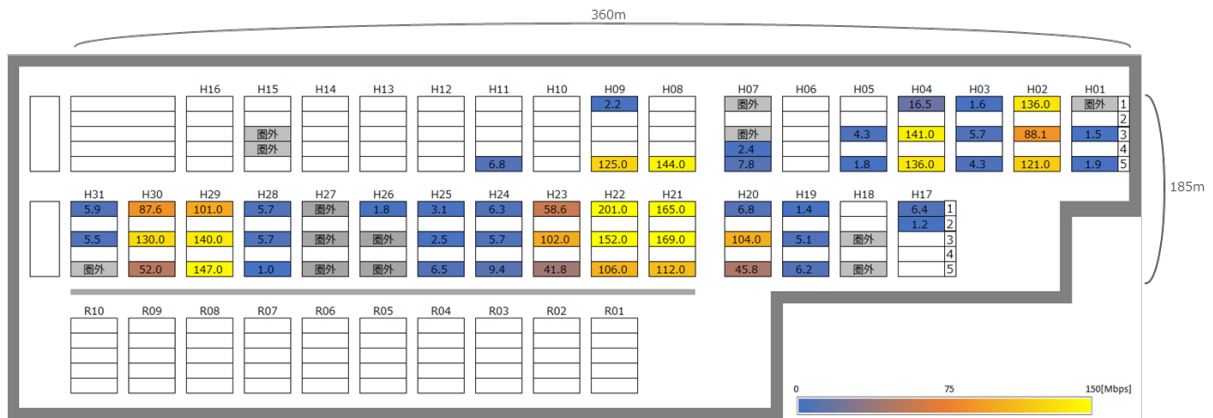


図 3.3.4-10) UL スループット(UDP)の測定結果

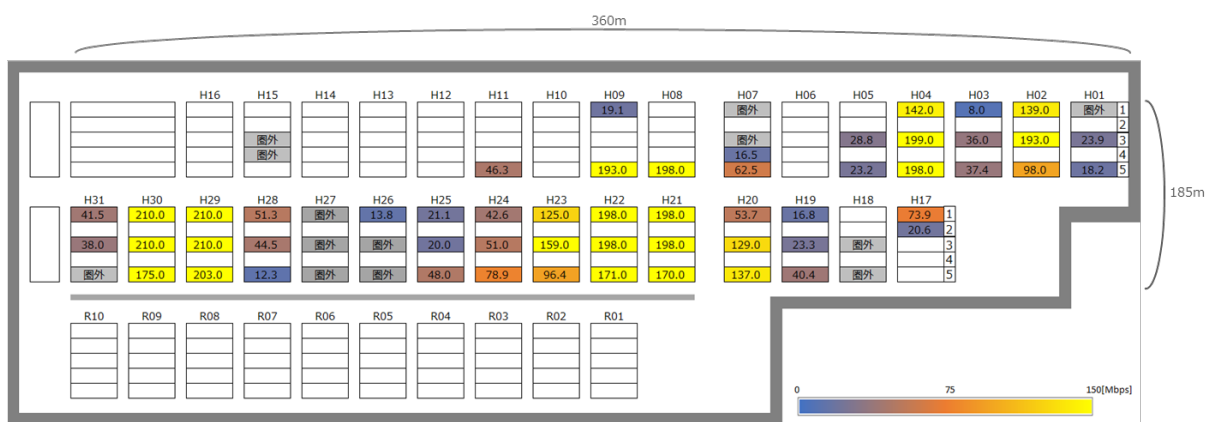


図 3.3.4-11) DL スループット(UDP)の測定結果

表 3.3.4-12) カバーエリアの性能実測値

測定地点	端末 アンテナ 地上高 [m]	LOS/ NLOS	実測値の 中央値 [dBm]	UL (UDP) [Mbps]	DL (UDP) [Mbps]	遅延量 [ms]
H01-10-01	1.5	NLOS	-124.0	圏外	圏外	—
H01-10-03	1.5	NLOS	-117.9	1.5	23.9	0.30
H01-10-05	1.5	NLOS	-118.7	1.9	18.2	0.30
H02-10-01	1.5	LOS	-108.2	136.0	139.0	0.35
H02-10-03	1.5	LOS	-100.4	88.1	193.0	0.98
H02-10-05	1.5	LOS	-96.8	121.0	98.0	0.62
H03-10-01	1.5	NLOS	-119.7	1.6	8.0	0.26
H03-10-03	1.5	NLOS	-113.5	5.7	36.0	0.25
H03-10-05	1.5	NLOS	-112.3	4.3	37.4	0.25
H04-10-01	1.5	LOS	-107.4	16.5	142.0	0.27
H04-10-03	1.5	LOS	-98.4	141.0	199.0	0.54

H04-10-05	1.5	LOS	-100.2	136.0	198.0	0.46
H05-10-03	1.5	NLOS	-112.6	4.3	28.8	0.25
H05-10-05	1.5	NLOS	-116.8	1.8	23.2	0.25
H07-09-01	1.5	NLOS	-125.3	圈外	圈外	-
H07-09-03	1.5	NLOS	-111.6	圈外	圈外	-
H07-09-04	1.5	NLOS	-118.5	2.4	16.5	0.25
H07-09-05	1.5	NLOS	-118.9	7.8	62.5	0.25
H08-09-05	1.5	NLOS	-99.2	144.0	198.0	0.24
H09-09-01	1.5	NLOS	-118.5	2.2	19.1	0.25
H09-09-05	1.5	NLOS	-94.0	125.0	193.0	0.25
H11-09-05	1.5	NLOS	-106.8	6.8	46.3	0.25
H15-11-03	1.5	NLOS	-125.4	圈外	圈外	-
H15-11-04	1.5	NLOS	-111.1	圈外	圈外	-
H17-10-01	1.5	NLOS	-107.0	6.4	73.9	0.27
H17-10-02	1.5	NLOS	-120.0	1.2	20.6	0.29
H18-10-03	1.5	NLOS	圈外	圈外	圈外	-
H18-10-05	1.5	NLOS	圈外	圈外	圈外	-
H19-09-01	1.5	NLOS	-120.2	1.4	16.8	0.27
H19-09-03	1.5	NLOS	-114.1	5.1	23.3	0.25
H19-09-05	1.5	NLOS	-115.9	6.2	40.4	0.25
H20-09-01	1.5	NLOS	-109.4	6.8	53.7	0.25
H20-09-03	1.5	NLOS	-100.1	104.0	129.0	0.24
H20-09-05	1.5	NLOS	-108.5	45.8	137.0	0.26
H21-09-01	1.5	NLOS	-92.9	165.0	198.0	0.25
H21-09-03	1.5	NLOS	-100.8	169.0	198.0	0.25
H21-09-05	1.5	NLOS	-104.0	112.0	170.0	0.25
H22-09-01	1.5	NLOS	-89.6	201.0	198.0	0.27
H22-09-03	1.5	NLOS	-94.0	152.0	198.0	0.26
H22-09-05	1.5	NLOS	-102.7	106.0	171.0	0.24
H23-09-01	1.5	NLOS	-105.0	58.6	125.0	0.25
H23-09-03	1.5	NLOS	-106.6	102.0	159.0	0.26
H23-09-05	1.5	NLOS	-105.3	41.8	96.4	0.25
H24-09-01	1.5	NLOS	-109.5	6.3	42.6	0.25
H24-09-03	1.5	NLOS	-117.9	5.7	51.0	0.25
H24-09-05	1.5	NLOS	-116.3	9.4	78.9	0.25

H25-09-01	1.5	NLOS	-112.1	3.1	21.1	0.25
H25-09-03	1.5	NLOS	-122.6	2.5	20.0	0.25
H25-09-05	1.5	NLOS	-121.1	9.4	48.0	0.25
H26-09-01	1.5	NLOS	-116.8	1.8	13.8	0.25
H26-09-03	1.5	NLOS	-128.8	圏外	圏外	－
H26-09-05	1.5	NLOS	-128.1	圏外	圏外	－
H27-09-01	1.5	NLOS	-121.7	圏外	圏外	－
H27-09-03	1.5	NLOS	-128.1	圏外	圏外	－
H27-09-05	1.5	NLOS	-128.5	圏外	圏外	－
H28-11-01	1.5	NLOS	-110.3	5.7	51.3	0.26
H28-11-03	1.5	NLOS	-111.9	5.7	44.5	0.26
H28-11-05	1.5	NLOS	-120.3	1.0	12.3	0.25
H29-10-01	1.5	LOS	-94.1	101.0	210.0	0.32
H29-10-03	1.5	LOS	-96.4	140.0	210.0	0.46
H29-10-05	1.5	LOS	-101.5	147.0	203.0	0.40
H30-10-01	1.5	LOS	-100.5	87.6	210.0	0.69
H30-10-03	1.5	LOS	-97.1	130.0	210.0	0.34
H30-10-05	1.5	LOS	-104.0	52.0	175.0	0.28
H31-10-01	1.5	NLOS	-114.6	5.9	41.5	0.25
H31-10-03	1.5	NLOS	-114.8	5.5	38.0	0.25
H31-10-05	1.5	NLOS	-122.8	圏外	圏外	－

RU#1,3 の LCX アンテナ設置牛舎配下 (LOS 環境) や、RU#2 の指向性平面アンテナ設置近傍 (NLOS 環境) は、いずれの場所も UL/DL とともに高いスループット (概ね UL80Mbps 以上) を得ている。しかしながら 3.3.4 (2) 1) のエリア検証について記載したように、LCX アンテナ設置牛舎の隣接牛舎や、指向性平面アンテナ放射方向に対する左右方向の牛舎については、NLOS 環境に依存して電界強度が得られないことと同様に、ローカル 5G の性能を満足できないエリアが確認できる。想定対策としては伝送路損失の改善や、電波出力を上げることなどが考えられる。一方で、本実測結果から LCX アンテナによるスポット照射は有効であることから、例えば指向性平面アンテナのエリア構築にて生じる不感地帯に対し LCX アンテナは有用性があると考えられる。

4. ローカル 5G 活用モデルに関する検討（課題実証）

4.1 実証概要

4.1.1 背景となる課題

食料・農業・農村基本計画において、政府は牛肉生産量を増加させる目標を掲げており、加えて、世界の食市場の規模が今後倍増すると予測されることから和牛を含めた高品質な畜産物の輸出増加が期待されている。他方、和牛を取り巻く情勢は平成 22 年からの 10 年間で繁殖農家戸数は約 40%減少、肥育農家戸数は約 35%減少し（農林水産省「畜産統計」）、飼料費や素畜費をはじめとした生産費の増大（農林水産省「農業経営統計調査」）など生産基盤の弱体が大きな課題となっている。加えて、去勢若齢肥育牛 1 頭あたりの全算入生産費は販売価格よりも高く（https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/seisanhi_tikusan/attach/pdf/index-9.pdf）、生産コストの低減は喫緊の課題である。そのため、肉質を維持しつつ規模拡大するためには、スマート農業技術等技術革新による徹底した省力化、生産効率の向上等を行い、生産基盤の強化を図ることが重要である。そこで、本事業課題では、再生可能エネルギーを利用したリアルタイムな画像解析により起立困難牛や異常行動牛の早期発見、採食行動の AI 解析、AI 体重推定等を実証し、事故率や飼料ロスの低減を達成し、高品質肉用牛の生産を省力化、効率化させる。

上述のように生産基盤が弱体化している中で、これを維持するためには、各農家の規模拡大が必須となる。牛の飼育は、病気や事故で一頭でも失うと損失が大きいため、生産者は牛の状態をこまめに見回り、体調不良や起立困難などの危険な兆候を事前に察知して、対処していく必要がある。しかしながら、大規模農家の多数の牛舎を丁寧に見守るためには多くの労働時間が必要であり、省力化の課題である。現在、異常牛の早期発見のために IoT 機器が開発されているが、いずれも最終的には人の目で真に異常かどうかを判定する必要がある。したがって、規模拡大を考慮すると、多数の牛房をカメラによる遠隔監視で体調不良牛や起立困難牛を早期発見するとともにリアルタイムで視認できれば省力化に大変有効であるが、そのような技術は現在確立されていない。これをローカル 5G に対応した画像解析システム「Dr.Cows ビュー」（プロトタイプ）で達成させることが第一の目的である。現在、鹿児島県産黒毛和牛の子牛事故率と肥育牛死亡率はそれぞれ 3.2%と 1.5%である（鹿児島県畜産協会 2022）。うしの中山でも年間 90 頭程度の緊急出荷牛と年間 30 頭から 45 頭程度の肥育牛の死亡が発生しており、収益の損失になっている。うしの中山が 1,000 頭規模で飼養していた頃は年間死亡牛が 0 頭という年もあり、こうした損失は牛 1 頭 1 頭の体調管理を精密にすることで半分以下にできると考えている。これらについてローカル 5G を利用した本システムで解決し、産地の利益率を向上させる。

高品質な黒毛和種の肥育には最適な飼料摂取量を確保することが重要で、そのための手法として「多頻度・少量給餌」がある。本手法は少量の餌を数時間おきに給餌し、選び食いをする可能性を減少させ、ルーメン（第一胃）の pH レベルを安定化し、牛の健康等にも良い影響を与えると考えられている。他方、本手法は一般的な自動給餌器を使った場合、飼料ロスが多くなる点が

問題であり、特に肉用牛飼育用配合飼料の価格が令和3年3月の69,920円/tから令和4年4月に84,420円/tと急激に高騰している中で大きな課題となっている (https://lin.alic.go.jp/alic/statis/dome/data2/i_pdf/7021a-7022a.pdf)。

加えて、飼料コストの低減には肥育期間の短縮が有効であるが、肥育期間の短縮には出荷時期の判定サポート（体型データ等のサポート）が必要である。

また、畜産は受け入れ、登録、出荷、死亡などの事務手続きが多く、さらに飼養管理のデータ化が必要であるが、多くはPCに手作業で入力作業（多重打鍵）をしており、課題となっている。ここを最新のDX技術で解決させる。具体的にはRPAやOCRを取り入れて、データ入力を半自動化し、さらにこうしたデータを高度に分析するデータ解析基盤と解析をサポートするデータアナリストの支援をセットに、高度なICTの恩恵をだれもが受けられるように基盤整備する。

最後に大規模農場でスマート農業技術を活用するには多くの電力が必要であり、この費用の低減も課題である。具体的には、本事業課題で利用するシステムでは50kWhほどの電力、約62万円/月の電気料金が必要と試算されている（1kWhの電気料金を17円で試算。ここは高圧を自社設備で変圧しているため電力は安く抑えているが、それでもエネルギーコスト低減は課題である）。そこで、このシステムは太陽光発電のECOモデルを標準装備していることから、牛舎の屋根に設置した太陽光パネルからの再生可能エネルギーで稼働させる。

以上から、少人数で大規模に肉用牛を生産するためには、ローカル5G技術を活用して多数の牛舎を同時にカメラでリモート監視することが有益であると考えた。本事業課題の生産者である大隅ファームは、約5,000頭の黒毛和種を慣行肥育する大規模肥育牛生産農家であり、志布志牧場は中型規模の一貫農家である。当該牧場は大規模でありながら、令和2年九州管内系統和牛枝肉共励会での金賞受賞など優れた肥育技術を持ち、胃温度測定等が可能な「胃診電信」を全牛に導入するなどスマート農業技術の導入にも積極的である。また、更なる規模拡大を目指して、隣接地に現牧場と同程度の土地の確保も行っているなど、本事業に最適であると考えた。人口減少の中、少人数で高品質な牛肉を持続的に生産できる仕組みを整え、先進技術を導入して農業のイメージを変え、若年層の興味を集めることを目指す。

このような課題に対して、ローカル5Gによる課題解決を図り、「うしの中山が日本のスタンダードになる」ことを目指す。

【解決したい課題の詳細】

- ① 緊急出荷牛（角の事故などにより通常30カ月齢まで飼養する牛を事故後直ぐに出荷してしまうこと）の削減30%。

緊急出荷した場合、素畜費（肥育するために仕入れた子牛の費用）に対する付加価値がほとんど付かず、肥育生産者としては肥育を完了した場合に比べて売り上げが大きく落ちる。

表 4.1.1-1) 緊急出荷と通常出荷の年度別比較

年度	頭数			平均販売金額（円）		
	緊急出荷	通常出荷	割合	緊急出荷	通常出荷	差
令和2年度（R1.10～R2.9）	97	2,417	4.0%	765,879	1,199,319	433,440

令和3年度 (R2.10~R3.9)	118	2,837	4.2%	838,711	1,309,098	470,386
令和4年度 (R3.10~※R4.5)	32	1,780	1.8%	639,448	1,240,120	600,672

✓ 全体の 3%で緊急出荷。完走 (20 カ月肥育) する場合に比べ売上金額が落ちる (20 カ月肥育に対して売り上げロスを 47 万円と想定 令和3年度実績) 118 頭×47 万円=5,548 万円

✓ 精密監視による緊急出荷牛の 30%削減を目指した

118 頭×47 万円×0.3=1,663 万円/年の売り上げ増加効果

② 死亡牛 (起立困難を対象) の削減 80%

うしの中山では年間 30 頭~45 頭程度が死亡牛としてロスしている。そのうちの約 10 頭が健康にも関わらず突然死する起立困難である。この起立困難による死亡は見回りさえ精密であれば防げることから、年間平均 10 頭のうち 8 頭削減を目標とした。8 頭×130.9 万円=1,047 万円/年の売り上げ増加効果。

合計 2,710 万円の売り上げ増加効果が期待されるが、特に素畜費を回収できない死亡牛の削減による売り上げ増は利益増につながる。

令和3年6月から令和4年5月にかけてのうしの中山における牛の死亡原因を表 4.1.1-2 に示す。

表 4.1.1-2) 牛の死亡原因と頭数

	起立不能	起立困難 (カエリ)	病死	不明	死亡頭数
R3.6	1				1
R3.7	2				2
R3.8		1		1	2
R3.9		2		3	5
R3.10			2		2
R3.11		1	2	1	4
R3.12	2				2
R4.1			2	1	3
R4.2			2		2
R4.3				2	2
R4.4			1	1	2
R4.5				1	1
合計	5	4	9	10	28

年間 28 頭の死亡牛のうち起立不能 (健康な状態からの突然死) が想定される 5 頭に関しては

監視が精密であれば 100%助かるものであり、生産者もこのロスについては厳しく管理を行うよう体制強化を進めている。死亡した牛の死亡原因の記録を表 4.1.1-3 に示す。

表 4.1.1-3) 牛の死亡詳細原因

死亡日	死因	死因	月齢	詳細
R3.6.24	起立不能	起立不能	21	残飼回収時（7：00）には生存、9時頃死亡確認
R3.7.2	突然死	起立不能	26	「胃診電信」未登録。座ったまま死亡
R3.7.7	不明	起立不能	25	10：35 死亡確認。当日朝まで残飼なしで生存。元気がなく起こそうとするが起きる気力なく、死亡。
R3.8.10	起立不能？	起立困難（カエリ）	23	見回り時、発見。22：15 頃。
R3.8.18	不明	不明	23	
R3.9.8	不明	不明	173	
R3.9.10	不明	不明	19	
R3.9.14	不明	不明	10	
R3.9.29	起立不能？	起立困難（カエリ）	19	
R3.9.30	起立不能？	起立困難（カエリ）	19	
R3.10.17	不明	病死	9	体調異常。16 日 21 時の時点では生存。死んでもおかしくない状態。
R3.10.28	不明	病死	12	両首腫れ。
R3.11.2	不明	不明	120	
R3.11.15		病死	23	白血病の疑い
R3.11.19		起立困難（カエリ）	26	起立不能の疑い
R3.11.26		病死	15	緊急出荷搬送中に死亡
R3.12.7		起立不能	21	鼓張症による死亡？起立不能ではない
R3.12.23	脱水	起立不能	25	「胃診電信」上で、給水異常。給水異常牛の見回り時体調不良を確認、獣医治療へ依頼するが、極度の脱水を確認、処置中に死亡。
R4.1.4	病死	病死	11	32 号
R4.1.14	病死	病死	11	32 号
R4.1.21	出荷先で死亡	不明	26	屠場で係留中に死亡
R4.2.8	病死	病死	12	腎臓と筋肉に異常
R4.2.21	ガス	病死	19	残飼回収中に転倒（8:30）、死亡確認（8:35）。ガスがパンパンに張っていた。
R4.3.9	不明	不明	25	死体発見（深夜 1:30）。さや抜け・角折れの可能性。起立困難ではないと思われる。

R4.3.22	不明	不明	17	深夜見回り時（深夜 1:30）、夜勤者が起立を促すが反応が鈍いため場長に連絡。起立したので夜勤継続。（深夜 3:00）頃、呼吸が速く、様態悪化を確認。朝までもたない可能性があるため場長が判断。（6:00）飯山が死亡を確認。
R4.4.12	肺炎	病死	11	肺炎。32 号。
R4.4.18	不明	不明	9	食いどまり。サイレージのビニールを食べた疑い。
R4.5.9		病死	10	



図 4.1.1-1) 起立困難による心不全と思われる死亡牛 3 頭の例(個体番号 3247)



図 4.1.1-2) 起立困難による心不全と思われる死亡牛 3 頭の例(個体番号 3664)



図 4.1.1-3) 起立困難による心不全と思われる死亡牛 3 頭の例(個体番号 3580)

大隅ファームでは全 4,850 頭 (~4,900 頭前後) の全頭に株式会社セントラル情報システムの「胃診電信」を装着して 10 分おきにルーメン (第一胃) の温度データを収集・監視している。

死亡した 3 頭の胃の温度変化、異常通知が届いたタイミング、胃温度の変化から、獣医が分析した起立困難を起こしたと思われるタイミングは以下のとおりである。

◎ 3247 25.1カ月齢 去勢 12/23死亡

- 12/21 16:30頃からルーメン温上昇 (①)
- 22:00 【通知】ルーメン温高温通知41.67°C
- 12/22 1:30頃 ルーメン温低下 (飲水?) (②)
- その後もルーメン温の高い状態 (40°C以上) が続く
- 12/23 治療中に死亡



12/21 16:00ごろから異常な状態 (起立不能など) あるいは何らかの疾病を発症し、12/22 1:00ごろに一時状態が改善するも (起立し飲水できた?)、完全な回復には至らず、徐々に衰弱し死亡した可能性がある。

図 4.1.1-4) 獣医による起立困難を起こしたタイミング分析(個体番号 3247)

◎ 3664 雌 25.3ヵ月 【異常通知なし】

- 3/8 19:00頃から徐々にルーメン温上昇 (①)
- 3/9 1:20 ルーメン温40°C (②)
- 1:30 死亡発見。さや抜け



3/8 19:00ごろから起立不能となり、衰弱死した可能性がある。さや抜け・角折が見られたことから、角が柵に引っ掛かり起立不能となった可能性がある。

図 4.1.1-5) 獣医による起立困難を起こしたタイミング分析(個体番号 3664)

◎ 3580 去勢 26.1ヵ月 【異常通知なし】

- 3/19 18:00頃からルーメン温上昇 (①)
- 3/20 9:00頃、一時ルーメン温低下するも (②)、再び上昇 (3/21 1:00頃まで)
- 3/21 22:00 転倒発見、反応鈍い (③)
- 3/22 3:00 呼吸促迫 (④)
- 6:00 死亡確認



3/19 18:00ごろから起立不能となり、3/20 9:00頃には起立し飲水するも、回復には至らず徐々に衰弱し死亡した可能性がある。

図 4.1.1-6) 獣医による起立困難を起こしたタイミング分析(個体番号 3580)

本事象を分析した鹿児島大学共同獣医学部大隅産業動物診療研修センター特任助教 山下紀幸氏 (コンソーシアム参加) の考察は以下のとおりである。

- ・ 「胃診電信」のルーメン (第一胃) 温データから読み取れるのは、あくまでも可能性であり

推測の域を出ない。

- ・これまでの死亡牛の「胃診電信」のルーメン（第一胃）温データから、起立不能、原因不明の死亡は夜間に多く、その多くは発症から死亡まで長時間経過していると考えられる。夜間は人の目が届かず発見が遅れる、あるいは発見できない可能性がある。
- ・「胃診電信」の異常通知があった牛となかった牛がいるが、異常通知があった牛は、既に発症から数時間経過しており、通知時点では手遅れの場合が多いと考えられる。
- ・起立不能牛のルーメン（第一胃）温の上昇には、個々の牛の性格や状況によるものも影響していると考えられる。急上昇する場合はパニックになりもがいており、急上昇でない場合は徐々に衰弱していると考えられる。
- ・以上のことから、「胃診電信」による起立不能牛の早期摘発は困難であり、視覚的な摘発や気圧（高さ）の変化の感知といった、他のツールが必要である。刻一刻を争うような状況では手遅れになってしまう。
- ・「胃診電信」による発熱牛の摘発については、直腸温との誤差があること、飲水等により大きく変化することなどから、発熱予備群の摘発は可能でも、実際の発症牛・治療対象牛については本牛の直腸温の測定や直接的な観察が必要である。また、ルーメン（第一胃）温の上昇がなくとも直腸温が上昇しているケースがあることにも注意が必要である。

このように牛の突然死を回避するために全頭のルーメン（第一胃）に温度計を装着して 10 分おきに監視しているにも関わらず、不具合の見落としが避けられないことが明らかとなってきた。

4.1.2 本事業におけるローカル 5G 活用モデル

(1) ローカル 5G を用いたソリューション



図 4.1.2-1) 全体イメージ図

今年度開発・提供するソリューションは以下のとおりである。

- ① Dr.Cows ビューの稼働 (AI 機能は基本機能のみ提供 (採食時間・飲水時間・起立困難の検出・LIVE 画像視聴・録画・再生機能)) 【本事業対象】
- ② 分娩監視「牛見時」の稼働・監視 (※1) (※2)
- ③ 見回りロボットの稼働 (AR マーカーを活用して全自動で目的の牛房に到着して、LIVE カメラを起動・LIVE 画像をローカル 5G 経由で送る) 【本事業対象】
- ④ 事務の合理化 (RPA) セリ名簿の RPA による自動取り込み・台帳管理システムの稼働・「胃診電信」など、他のシステムの RPA による連携 (二重打鍵の解消) (※1)

さらに、来年度実現するソリューションを以下に記載する。

- ① Dr.Cows ビュー (体重推定 AI の搭載)
 - ② 分娩監視のシェアリング (志布志牧場を大隅ファームの宿直が監視) (※)
 - ③ 見回りロボット：牛舎全体の自動巡回及び残飼料のデータ取得及び推定 AI の開発
 - ④ 台帳管理システムの DWH と Dr.Cows ビューの AI データから見回り牛リストを作成し、見回り履歴を管理することで生産性の向上が可能かデータを分析
- ※ 開発済みのソリューションを使用

なお、4K カメラのデータ伝送は常時行うのではなく、エッジ処理する AI が必要な通知を送った場合に、監視者が LIVE に切り替えて画像確認を行った。

監視対象が 1,008 牛房あることから、同時多発的な確認の必要性 (起立困難など) がある場合も考慮し、同時・複数の LIVE 画像伝送の必要性を想定した (現実的には最大 5 件程度と想定)。

牛房から光回線を直接引くことも可能であり、その方が速度も速いが、今回はローカル 5G による伝送インフラを構築する。畜産の現場には多様な通信環境があるが、見回りロボットはモバイル型のため、ローカル 5G である必要がある。ローカル 5G の必然性・必要性については 4.1.2 (3) にて詳細を記載する。

大隅ファーム全体にある 42 棟のうちの 18 棟 (約 2,350 頭) の 1,008 牛房を対象に、1,008 個の 4K カメラを取り付け、28 秒おきに画像を取得して AI 解析を行った。

解析内容は、40 枚単位での時系列の変化 (差分 20 分連続で移動量が極端に小さい場合は起立困難が疑われる) による移動量の大きさや、物体認識を活用した飼槽エリアの滞留時間 (採食量との相関があると考えられる)、飲水エリアの滞留時間 (飲水量と相関があると考えられる)、またこうしたデータを積み重ねることで標準活動量という指標ができると考えた (個別別に必要なのか、一般化できるのかは今後の検証が必要)。標準活動量全体が小さい牛 (1 日単位、3 日単位、1 週間単位など) には何らかの異常があると想定されるため、症状が悪化する前の対応が可能になると考えられる (特に子牛レベルは個体の体力がないなどの問題がある場合は早めに隔

離して、個別に肥育すれば健康に育つ場合が多い)。また、画像による大きさ推定により体重や出荷適正時期を推定できると考えた(肥育期間をできるだけ早めて、A5のBMS10以上が出るならば、肥育期間は短い方がよい)。しかし、牛のこうした状態を把握することは非常に手間がかかるうえに、牛にとってはストレスであり、危険である(ストレスで一気に50kg程度体重が減ることの方が多い)。また、無理に体重計に乗せるため、転んで死亡するなどの事故リスクがある)。

*画像による個体識別ができないため、例えば採食時間中(給餌直後)に飼槽にいつも行かない牛が1頭いるなどの群情報として抽出した。

*今回は生産者の協力を得て牛に固有のゼッケンを付けるなどの工夫を行い、画像解析による個体識別を検討した。



図 4.1.2-2) 大隅ファームの画像例

定点カメラのため、画像に映る物体(牛)の大きさから実サイズが推定可能である。

*出荷直前の牛は限界まで肥えているため歩くのも命がけである。

そのため生産者は自分たちで決めた肥育期間(うしの中山では10カ月齢の子牛を購入して20カ月肥育して出荷)どおり出荷している。この肥育期間を画像解析による出荷標準体重の判別や、エコー診断によるBMS推定のAI化などにより、少しでも短縮できる可能性があるのではないかと考えた(鹿児島県をはじめ各県は飼料高騰などもあり、短期肥育に取り組んでいる。超早期肥育では24カ月肥育への取り組みなどもある)。肥育牛の肥育費用は1日あたり1,000円程度のため、1カ月(30日)早まれば約30,000円の利益増となる。

年間3,000頭近く出荷するうしの中山においてそのインパクトは大きい(現在の収益は年間3,000万円程度の黒字決算である)。

*もちろんすべての牛が早く出荷できるわけではなく、全体の10%程度と予測している。

しかし、ローカル 5G でも 1,008 台もの 4K カメラの画像を同時に送ることはできない。また、画像解析などにクラウドを活用することは費用の問題から現実的ではない（AWS などはデータ量に応じて課金額が上がる仕組みのため、大量の画像データを保存・解析するような業務では逆に高コストである）。

そこで、今回は牛舎側にカメラの制御を行う管理サーバと画像解析を行う仕組みを持つ株式会社ドリームワンカゴシマの「Dr.Cows ビュー」を活用した。

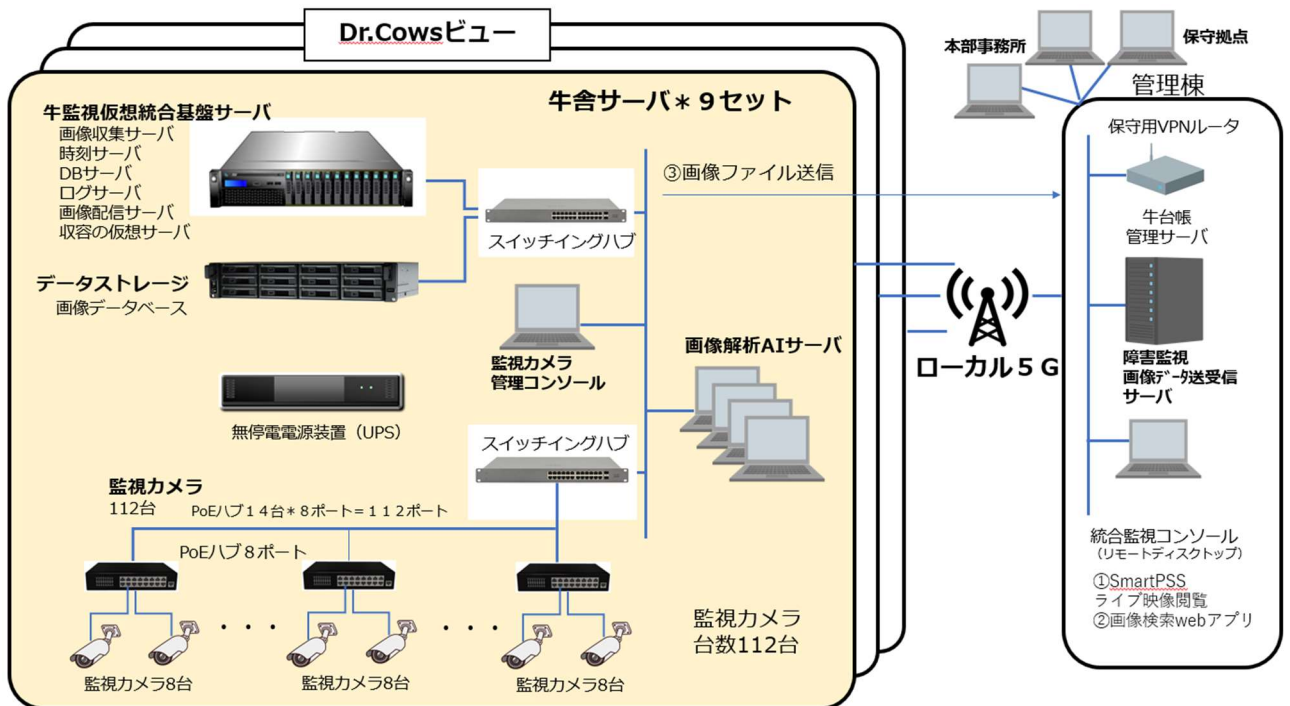


図 4.1.2-3) 「Dr.Cows ビュー」システム構成イメージ(再掲)



AI化

採食回数・量など
活動量の画像解析



AI化

体重は順調に増えているか
体重・日増重量・BCS
などを画像解析で入手



牛同士の相性
はどうか？
ストレスを感じて
いないか？
(相性が悪いと
病気になったり
怪我をします)

AI化

飼槽の餌のなくなるまでの
時間や残飼料の量
を画像解析します



AI化

体調不良の牛がいなか
解析します
(起立律困難牛の
早期発見、その他疾病)



下痢をしている
牛はいないか？



図 4.1.2-4) AI 化したい観察切り口

「Dr.Cows ビュー」は画像解析エンジンに富士通の TrackingEYE の技術を活用した汎用画像解析システムである。このシステムに AI アルゴリズムを目的に応じてアドオン開発できる仕組みとなっている。富士通株式会社及び鹿児島大学工学部が動態解析、体形推定、残飼料推定などの AI アプリケーションを実装した。

また、鹿児島大学工学部が開発する見回りロボット (AR マーカーで対象牛房まで自立移動し、目的地に着いたら、所定位置で停止、カメラ、ローカル 5G ルータを起動して、ローカル 5G 接続開始、PTZ できるカメラを搭載) で監視者が現場に行かなくとも、より詳細な観察を可能とするシステムである。

最終的に、起立困難で人間の助けが必要と判断されれば、監視者が牛舎へ行き、牛を起こして助けることとなる。

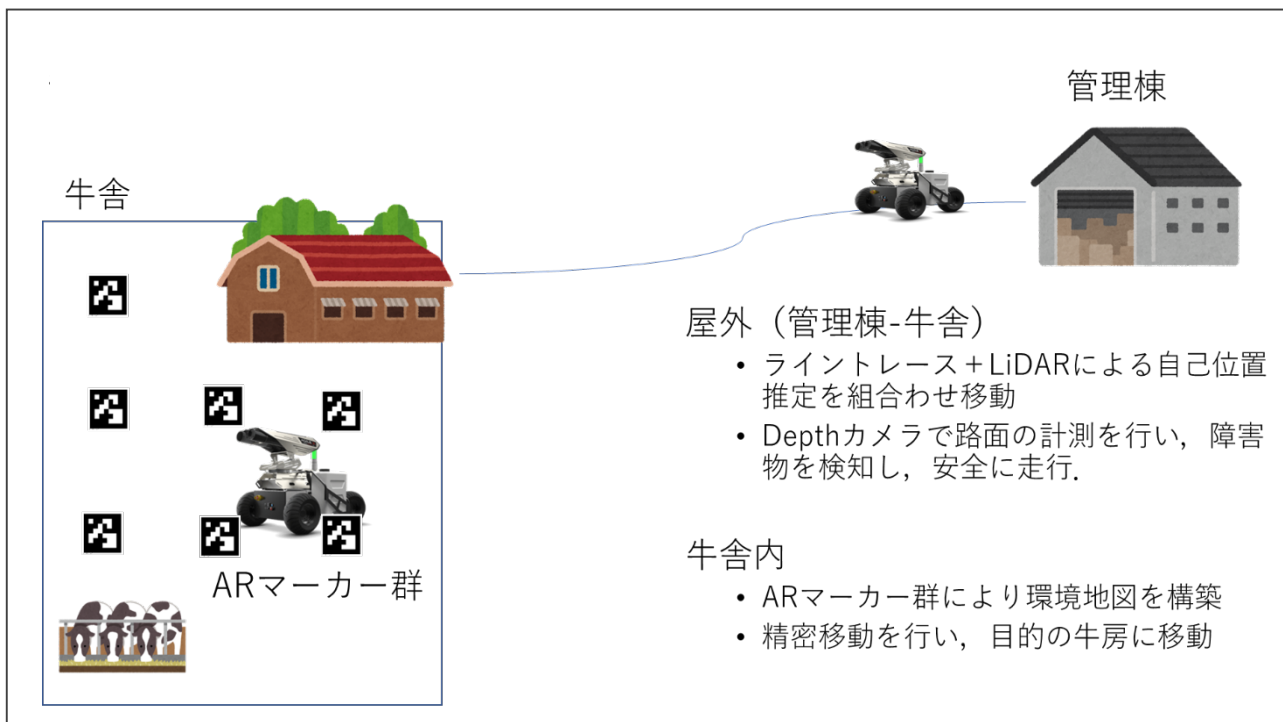


図 4.1.2-5) 牛舎見回りロボット

■屋外（管理棟-牛舎）

- ・ ライトレーズ、LiDAR を用いた SLAM の併用による自己位置推定
- ・ SLAM により、路面状況、障害物回避によるラインの見失いに対応
- ・ 牛舎内に設置された AR マーカーク群を見回りロボットに搭載されたカメラで識別し、高精度の自己位置推定を実施
- ・ 路面状況の認識
- ・ Depth カメラにより、路面の 3 次元計測を行い、走行可能か否かの判定を実施

基準マーカ

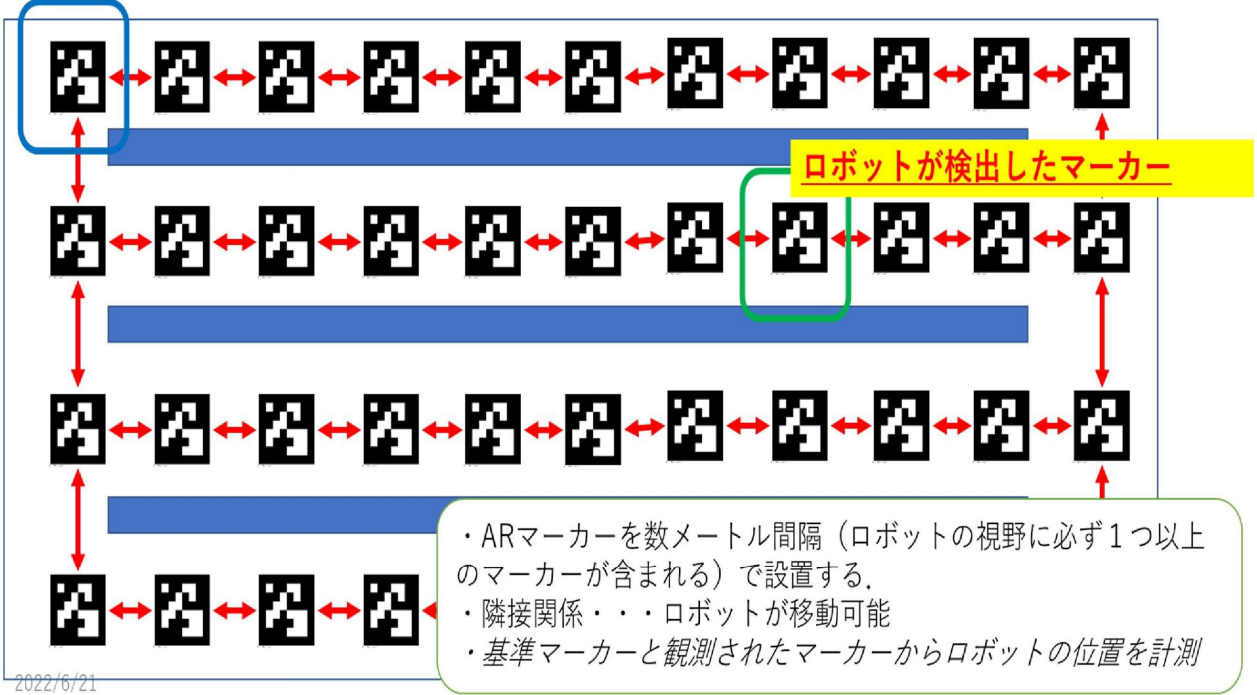
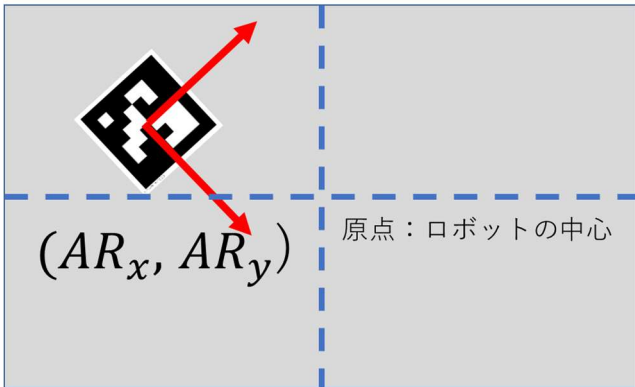


図 4.1.2-6) AR マーカ一群による環境地図



$$\bullet (RV_x, RV_y) + (AR_{ix}, AR_{iy})$$

(RV_x, RV_y)
ロボットとマーカのズレ

(AR_{ix}, AR_{iy})
ARマーカの座標

$(AR_0, AR_0) = (0, 0)$: 基準マーカ

図 4.1.2-7) AR マーカに基づく自己位置推定

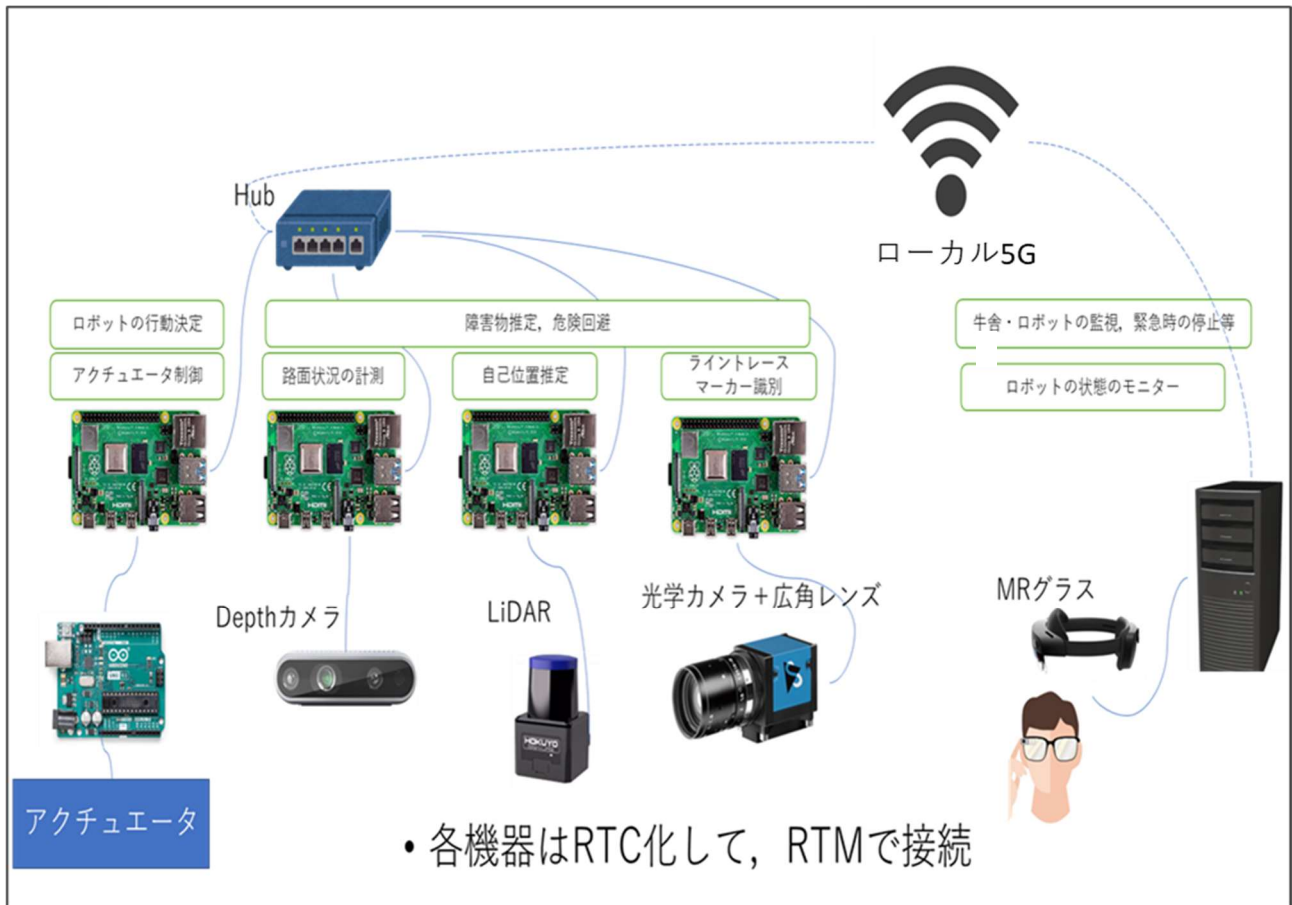


図 4.1.2-8) 牛舎見回りロボット構成図

■Depth カメラ

- ・ 床面の計測（障害物、穴などがないか）
- ・ 見回りロボットの進行方向の障害物確認

■LiDAR（測域センサー）

- ・ 自己位置推移
- ・ 見回りロボット周囲の障害物確認

■光学カメラ

- ・ AR マーカーの認識（牛舎内での牛房の確認、ゲート開閉）
- ・ ライトレーズ（屋外）
- ・ 前方障害物の確認

■Hub

- ・ 各機器は RT コンポーネント化して、RTM-ミドルウェアで管理するため、ネットワークで接続されている必要がある

- 作業員の視野にロボットの情報、周囲の状況等をオーバーラップして表示



図 4.1.2-9) MR グラスを用いた画像共有イメージ

見回りロボットの状態やカメラ画像を、MR グラスを用いて共有する。

- 見回りロボットからの情報（現在位置、周囲の状況、障害物など）、牛舎牛監視カメラからの情報を MR グラスにより作業員の状況に応じ、複合的にモニターする
- MR グラスを用いることにより、実世界に情報をリアルタイムに表示できる
- 状況変化が起こった（牛舎の異常、見回りロボットの異常など）場合に、作業員に確実に通知できる（見落としがない）
- 以下を 2 セット導入
 - MR 表示システム
 - Microsoft HoloLens 2

(2) ローカル 5G 活用モデル（当初仮説）

牛の死亡や緊急出荷牛を減らす対策として、こまめな見回り、具合の悪くなりそうな牛の早期発見・対処が重要であるが、大規模化、人手不足（単純に担い手が足りない）、熟練技術者不足（牛を見る目は職人技）などの理由から実現が難しいのが実情である。しかしながら、今後食料輸出 5 兆円を政府が掲げる中で、黒毛和牛は輸出品目の筆頭である（農林水産物・食品の輸出拡大実行戦略）。現在の厳しい環境条件下でも、これまでよりも少ない労力で 2 倍、3 倍の飼養管理が可能な仕組み・ソリューションが求められる。

そこで 28 秒に 1 回、牛の状態を画像解析して動く移動距離を監視するなど、牛の『動き（動態）』を監視・分析することが起立困難の早期発見やその他精密観察に有効であると考えた。IoT である株式会社セントラル情報サービスの「胃診電信」では 10 分おきに胃の温度を測ることで、牛の異常な動き（起立困難など）と何か相関関係があるのではないかという仮説で牛を監視しているが、うしの中山においては相関関係がほとんど見られていない（飲水は顕著な相関が

あった)。

そのため、『牛の起立困難は見たらわかる』という生産者の声に裏打ちされた仮説を立てた。

画像による動態監視は既存の IoT 化した製品より優位性があると言える。また、カメラによる監視システムもいくつか市販されているが、養牛カメラのように生産者が自発的に監視するタイミングを持たなければいけないものや、赤外線カメラで夜間のみの監視ができる仕組みがある程度である(類似製品として MOH-CAL が該当しそうだが、画像をクラウドに送信して解析するタイプであり、本質的な開発思想が異なる)。

そこで、前述したとおり牛舎向け画像解析システム「Dr.Cows ビュー」を使用することにした。

牛舎の過酷環境に設置できる仕組みを持ち、さらに自立発電機構(太陽光発電に対応)を備えており、生産者にとっては電気代の心配をする必要がない。ラインナップは 28 台のカメラ単位で 56 台、84 台、112 台とパッケージを用意しており、中規模~大規模牛舎まで柔軟に対応できる。牛監視カメラは市販の IP カメラをベースとすることで、コストを抑えながら 28 秒ごとに大量の画像を取得し、多様な解析 AI(動態解析モデル)を実装可能である。

今回はローカル 5G 環境に対応した、AI 解析+リアルタイム動画ストリーム対応の実証実験を行った。画像解析 AI は富士通が開発した TrackingEYE という製品をベースに一般物体認識と動態解析が可能である。

加えて、鹿児島大学農学部で牛の一般物体認識 AI と動態解析 AI を活用して、採食時間(飼槽に滞留した時間)、飲水量(飲水場所に滞留した時間)、起立困難(同じ場所から一定時間動かない)などを推定する AI を開発した。

また、アルゴリズムは任意に追加搭載可能なため、今回は鹿児島大学工学部が開発する AI(天井カメラからの画像を活用した体重・体格推定による出荷時期の推定 AI)や見回りカメラによる残飼料の推定重量 AIなどを追加で搭載した。

実績として、TrackingEYE をベースに一般物体認識と動態解析を活用して 2016 年の農林水産省『革新的技術緊急展開事業』において、ブロイラーの体重推定、活動量推定・斃死鶏発見の各種アルゴリズムを開発し、特許を取得済である。

見回りロボットは自動草刈り機として製品化されている MYZOX 社の MoRa をベースに 2016 年の『革新的技術緊急展開事業』のブロイラーの死骸除去ロボットで鹿児島大学工学部鹿嶋准教授(コンソーシアム参加)が開発した自立走行型 AR マーカーを応用した(特許取得済)。これにより安価で正確な自立走行が可能となっている。

AR マーカーによる自立走行手法はアナログとデジタルを組み合わせているため、運用の堅牢性・柔軟性が高く、畜産現場のような過酷な環境でかつコストを安く抑える手法として有効である。

また、今回志布志牧場では、宮崎県の畜産試験場と富士通株式会社が共同開発し、画像解析に

より分娩予兆を検知する仕組みとしては非常に優れた精度を有している分娩検知システム「牛見時」を導入し、異常分娩の早期発見の可不可や段取り時間の確保状況、介助判断への有効性を検証した。

主な実装機能を以下に記載する。

■画像解析システム

監視カメラで分娩前の牛を一定時間間隔で撮影し、画像解析を行い、行動量の変化を検知するシステム

■分娩予定解析システム

画像解析システムが解析した行動量の変化を基に、一定時間、一定以上の行動量の変化を検知した場合に分娩兆候発生と捉え、以下の機能を有するシステム

- ✓ 分娩兆候をメール通知する機能
- ✓ 対象牛の行動量を測定する画像の撮影間隔（例：10秒間隔等）を設定可能な機能
- ✓ 対象牛の行動量の推移をグラフ画面表示する機能
- ✓ 対象牛の標準行動量を算出する機能
- ✓ 行動量の変化について、増減ともに倍率を設定する機能

こうしたシステムの性能を最大限引き出すインフラとしてローカル 5G の有効性を実証した。

想定するターゲットは、大規模ファームはもちろんのこと、クラウド化やシェアリング、産地形成に取り組むことで、1頭からでも過剰投資の必要がない従量課金型の仕組みを検討した。

今後の普及体制のため、JA 鹿児島きもつきが参加するとともに、鹿屋市、鹿児島県大隅地域振興局が協力機関として参加した。

ソリューションの提供体制は商品開発元である株式会社ドリームワンカゴシマを中心に鹿屋地区のサポートとして株式会社ロボネット・コミュニケーションズが保守を担う。拡販活動としては、西日本電信電話株式会社（以下、NTT 西日本）、関西ブロードバンド株式会社、富士通株式会社、富士通 Japan 株式会社などが連携・協力していく体制である。

(3) ローカル 5G の必然性・必要性

ローカル 5G の必然性・必要性を以下に記載する。

本事業では、多数の 4K カメラにより常時牛舎内の牛監視カメラ映像を取得し、映像解析技術により牛の死活監視を行うほか、見守りロボットの制御を行った。このため、大容量、低遅延、かつ、ほかの通信の影響を受けない無線通信技術を利用することが不可欠である。

移動するロボットの制御やロボット搭載カメラからの映像伝送を有線で行うと、配線ケーブルが動作の障害となる。このため用いることができる通信技術は無線方式に限定される。無線であれば多数のカメラからの配線を一か所に集約する必要もなく、カメラ設置場所の自由度を高くすることもできる。

大容量の無線通信技術としては Wi-Fi 6E があり、アクセスポイントを多数設けることでエリアの狭さをカバーできる場合もある。しかし免許が不要な Wi-Fi は第三者による通信の影響を完全には排除できない。映像品質の低下といった内容のみであれば、その品質次第では本実証で

求める映像レベルをクリアし許容されるかもしれない。しかし、ロボットの制御に影響を及ぼせば設備の損壊ばかりでなく肥育牛に怪我を負わせる可能性や、最悪の場合、死亡させてしまう可能性もあり、そのような事態は厳に避けなければならない。よって本事業の用途には免許局以外は不適切である。

免許が必要な無線通信技術の中でも、通信事業者による全国的な整備が進んでいる 5G は、対応機器が比較的多く、新たな機器の登場によるコスト削減も見込むことができる。しかし、通信事業者によるキャリア 5G は生活圏から離れた場所に位置する畜舎で利用できるケースがほとんどない。畜産は臭いや疫病等の関係から、市街地から離れた僻地へ集まるため、キャリア 5G が引かれる可能性は今後も限りなく低い。また 5G は他者利用による帯域減少などの通信影響の排除が困難であるほか、セキュリティ侵害の懸念もある。

これに対してローカル 5G は、本事業での用途に完全に合致する、大容量、低遅延、かつ、ほかの通信の影響を受けない無線通信技術である。

常時牛舎内の牛監視カメラ映像を取得し、映像解析技術により牛の死活監視を行うため、キャリア 5G ではランニングコストが高額であることから、自営で運用できるローカル 5G を推奨した。

また、緊急時に牛舎内を見回りロボットが走行し、必要な牛舎内の映像を搭載カメラで取得する。見回りロボットは牛舎内を縦横無尽に走行するため、カバー範囲の広いローカル 5G 環境が必要である。

類似の無線通信技術にプライベート LTE があるが、本事業においては見回りロボットの LIVE 映像伝送:16Mbps (4K/15fps)、牛監視カメラ映像の LIVE 映像伝送:16Mbps/台 (4K/15fps) とし、最大 5 台の上りスループット (計 80Mbps) を性能目標として定義していることから、LTE ではこのスループットを確保することは難しいため、伝送容量が大きいローカル 5G 環境が必要と考える。

また、インシヤルコスト、通信の安定性、通信の安全性の観点でもローカル 5G とほかの通信方式 (キャリア 5G、Wi-Fi 等無線通信方式等) の比較を行い、各方式における最適な利用用途や主な対象となるユーザー、強み、弱みなどを整理し、本事業におけるローカル 5G の必然性、必要性を整理した。

表 4.1.2-1) ローカル 5G の必然性・必要性

	Wi-Fi6	長距離無線 (5GHz)	ローカル5G	(参考) キャリア5G
距離	短距離	長距離		
マス/企業	マス/ 企業向け	企業向け		マス向け中心 (一部企業向け)
概要	第6世代のwifi規格。 Wi-Fi 6の速度は最大9.6Gbpsとなり、 Wi-Fi 5と比較し、約1.4倍に高速化	電波干渉、降雨減衰ともに少なく、長距離伝送に適している。 民需、公共ともに導入実績が多く、広く活用されており、安定している。	地域の企業や自治体等が自らの土地・建物内で、NTTドコモ、ソフトバンク、KDDIといった通信事業者に頼らず、 自システムを構築し利用する、お客さま専用のプライベートな5Gネットワーク。	NTTドコモ、ソフトバンク、KDDIといった通信事業者によって全国的に提供・展開されている5Gネットワーク。 携帯などで使われており、一般的に5Gと呼ばれているネットワーク。
提供開始	2019.9~	2014年ごろから拡大	2019.12~	2020.3~
通信エリア	住居・オフィス・店舗など	広大な長距離エリア	自社土地・建物	全国
通信速度	○ 最大9.6Gbps	○ 最大300Mbps	◎ 最大20Gbps	◎ 最大20Gbps
通信距離	△ 数10m	◎ 数km~数10km	◎ 数100m~1km	◎ 数100m~1km
遅延	△ 数10ms	○ 数ms	◎ 1ms	◎ 1ms
コスト	◎ 安価 (数十万円)	○ 比較的安価 (数百万円)	△ 高価 (数千円~)	— (設備は通信事業者が敷設) ※通信費は通信量に比例
セキュリティ	△ パスワード認証	◎ 独自暗号化方式もあり高	◎ SIM認証	◎ SIM認証
専用端末	◎ 豊富	○ 産業用に普及	△ 限定的	◎ 豊富 (マス向け)
利用用途 (例)	住居・オフィス・店舗などで 短い距離の通信を想定	港湾、プラント、大規模工場などの 広大な土地かつ対象物が集積している 環境での通信を想定	高速・大容量・低遅延が必要な、 工場・医療等を想定	マス向け中心 スマートフォン等の利用を想定

表 4.1.2-1 に示すとおり、ローカル 5G は限られたエリアにおける高速・大容量、低遅延、高セキュリティの通信について、ユーザーの利用用途に応じて設計上の自由度を高く確保することができる。したがって今回の実証フィールドであるうしの中山様のような規模の牧場であれば広大な敷地内におけるエリア高速通信への活用が期待できる。加えて本実証においては同時に多数のカメラ映像を見る機能を有する必要がある。特にライブ映像の確認においては 200Mbps 以上の Uplink 機能を有する必要があるとの想定から、これらの条件を満たす通信方式を検討すると、他通信方式ではなくローカル 5G を活用する必要がある。

4.1.3 実証内容の新規性・妥当性

(1) 実証内容の新規性

今回の実証においては多数の 4K カメラを同時に接続し、28 秒に 1 回画像解析を行い、時系列に分析した差分から牛の移動量などを算出して、『うしの起立困難』という突然死に至る現象を AI にて監視・通知する仕組みを構築する。また、行動量監視・解析を行い飼槽エリアに滞留した時間から採食量を AI により推定し、生産者の行う多頻度・少量給餌を利用して採食行動の極端に少ない牛を軍監視により早期に発見するような仕組みを構築する。

一方でこれまでも画像による監視や、異常検知による通知の仕組みは畜産の牛（酪農・肉用牛）の分野でいくつか実用化されている。しかし、画像監視においては Web カメラベースのカメラで監視者が監視する対象牛の選別やタイミングを自らの勘と責任で行う必要があった。本実証のようにカメラ映像の AI 分析結果を起因としてアラームを通知することで生産者に気づきを促し、生産者のサポート（稼働軽減）を行う仕組みについては、新規性がある。

また、事務処理が多い肉用牛特有の仕組みに対して RPA による DX を実装する事で生産者によるシステム利用のメリットを高め実装性を高めている点も新規性がある。

1) テクノロジー的新規性

「Dr.Cows ビュー」はローカル 5G 専用設計ではなく、3G、4G、光回線、ADSL、場合によっては LPWA でも運用できる柔軟なシステムである（エッジ側で重たい画像処理を行うことにより、画像解析のシステムでありながら高速回線を必須としない仕組み）と同時に、ローカル 5G の準同期など Uplink の高速化などの新規機能を最大限生かせるシステムでもある。

本システムで活用している IP カメラシステムは以下のとおりである。

本システムはエッジ側にカメラ制御用の仮想環境を構築して、ローカル 5G 経由では各カメラはエッジサーバーの IP アドレスとして見える仕組みである。

これは RTT により実効スループットへ影響を受けやすい TCP 接続ではなく、UDP 接続したうえでエッジサーバーの仮想環境上の LIVE 映像をローカル 5G 上に流すことで、ストリーミング負荷を減らしながら、ローカル 5G の Uplink 性能を最大化させる仕組みを盛り込んでいる。

こうした環境を盛り込んだ仕組みは存在しない最新の機構である。

また、使用するカメラは SONY の最新の CMOS を搭載した 4K カメラであり、5 ルクス程度の暗い牛房の中でも赤外線機能により鮮明に黒毛和牛の動きを捉えられることを確認している。

画像の操作アプリケーションは SmartPSS を活用する。

本ソフトウェアは最新の機能を多数搭載しており、多言語対応など、うしの中山でも多くの外国人従業員がいることから有効な機能と考えられる。また、多画面にも対応しているため、ローカル 5G 環境下で多数画像表示を制御することが可能な新規性を備えている。



ブランド	HV-E800A
製品型番	B06W-SHP-HX
レンズマウント	ウォールマウント
付属機能、特徴	赤外線
付属品	カメラ本体 ネットライン ネジ袋(取り付け用) 警告ステッカー 防水カバー 説明書
モータータイプ	デジタルズーム
防水性	IP67
カラー	スタンダード防犯カメラ
製品サイズ	18 x 10 x 8 cm; 520 g
解像度	8MP解像度(4K3840*2160P)
センサー	SONY IMX415
ビデオ圧縮フォーマット	H264, H265
ビデオビットレート	256Kbps-16000Kbps
耐候性	IP67防水防塵
レンズ	2.8mm
画角	110°
動体検知	対応
ナイトビジョン	30m
オーディオ	内蔵マイク
赤外線LEDライト	24個
システムサポート	Windows, Mac OS, Linux, Android, IOS
ストレージサポート	PC, NVR, NAS

図 4.1.3-1) 導入カメラ HV-E800A 仕様(製品紹介 HP より)
(大隅ファームに1,008台導入、うしの中山志布志牧場に28台導入)

■Milestone XProtect™ Smart Client (スマートクライアント) の機能
【ライブ編】



図 4.1.3-2) SmartClient 画面①

①ライブ

接続されたネットワークカメラから配信されているライブ映像を閲覧する機能。あらかじめ設定したフォルダやレイアウトをビュー画面で選択することにより、画面を切り替えることができ、画面レイアウトは右の一覧の中から選択する。

②PTZ コントロール

PTZ カメラが接続されている場合、マウスでパン/チルト/ズーム操作ができる。また、あらかじめ設定したプリセットポジションへ移動させることも可能である。



図 4.1.3-3) PTZ コントロール画面

③デジタルズーム

デジタルズームは、配信された映像をデジタル処理により拡大表示する機能である。メガピクセルカメラで、より効果を発揮する。

④オーバーレイボタン

ビュー上に任意のボタンを配置し、様々なイベントや機能を実行することができるショートカットボタン。



図 4.1.3-4) オーバーレイボタン追加時の画面

⑤オーバーレイビュー

デフォルトでライブビュー上にて録画映像を表示することもでき、ライブと録画映像を比較して監視したい場合に有効である。

⑥デュアルモニター対応

デュアルモニターにも対応しているので、広範囲にわたる監視も可能である。

画面自動切り替え

画面を一定間隔で切り替え表示させる。表示時間や表示させるカメラは任意で設定が可能である。複数カメラが設置されている場合に活用できる。

これ以外にも以下のような機能がある。

- ✓ モーション通知機能

- …モーション検知時、音声通知とともに、カメラ画面右上の赤いボタンが点灯する。
- ✓ ログイン管理
 - …アカウントによって、閲覧するカメラや機能の制限を割り当てることができる。
- ✓ 多言語対応
 - …グローバルな職場にも対応が可能である。

【再生編】



図 4.1.3-5) SmartClient 画面②

①再生 (ブラウザ)

録画されたデータを閲覧するための機能。録画された映像データ参照のほか、データの検索やエクスポート機能を備えている。



図 4.1.3-6) 再生画面

②シーケンスエクスプローラ

過去の日付・時間を指定し、モーション検知やイベントがあった映像をキャプチャ表示し、さらに指定した映像を再生することができる。カメラ 1 台から複数台の映像を一括して検索・表示させることが可能である。

③時間ナビ

映像が録画された時間を表示するほか、日時を指定して、映像の再生、早送り、巻き戻しの操作ができる。また、コマ送り・コマ戻し、録画データの最初と最後を再生することも可能である。



図 4.1.3-7) 時間ナビ画面

④データのエキスポート

開始時間と終了時間を指定し、録画データをエキスポートする機能。保存される形式は、動画は AVI 形式、静止画は JPEG 形式である。また、「DB エクスポート*」を使えばアプリケーションごとに保存されるため、Milestone XProtect がインストールされていないパソコンでも映像データを閲覧することができる (*Enterprise/Professional のみ)。



図 4.1.3-8) スマート検索画面

⑤スマート検索

画面上のエリアを指定し、その範囲内のみを検索することができる。これにより、検索時間の大幅な節約が行える。

⑥タイムライン

録画データが存在する場合、ラインが緑と赤で表示される。さらに、「モーション」がある場合は「赤」、そうでない場合「緑」でそれぞれ表示される。これにより、「モーション」のある録画データが存在するか否か、即座に判断することができる。

※ビューアソフトウェアには、より基本機能に絞った外部接続ソフトウェア「Remort Client」、PDA を使い無線で外部接続する「PDA Client」がある。

2) ソリューション 画像解析の新規性

牛の動態を 28 秒おきに解析し、20 分、30 分、半日、1 日、3 日、1 週間と時系列での動態監視を行うことにより、1 週間のトータル採食回数や採食時間と標準値との比較などを行い、異常の兆候の精密なキャッチが可能になると考えた。

これはエッジ側に強力な画像解析コンピュータを 28 台のカメラごとに設置し (GPU 資源を 1 カメラ画像 1 枚につき 1 秒消費する割り当てである。この 1 秒間に新規取得した画像の解析処理 (前回の 28 秒前の画像との差分を計算))、さらに 20 分、30 分、半日、1 日、3 日、1 週間と累積を解析するものである。ある取得した画像の解析を行い、何らかの異常を検知するような解析システムは既にあるが、このような多くの切り口で画像解析を行い、解析結果を積算するシステムには新規性がある。さらに、新たな異常が発見された場合に対象牛の画像をローカル 5G 経由で 1 カ月遡って収集し、新たに解析し直すことが可能になっている点も新規性がある。これはカメラ管理サーバに 1 カ月分の画像をすべて保存する機能があることにより可能となっており、この点においても新規性がある。

また、定点カメラの画像と肉質診断用エコー画像を活用して、現在鹿児島県肉用牛改良研究所が取り組んでいる出荷判定 AI の強化版を鹿児島大学工学部が開発して、天井カメラから体重や BCS、BMS などを推定するシステムの開発を目指しており、その点についても新規性があると

言える。

牛の動態を画像（ビデオカメラで録画するなど）で解析する発想自体に新規性はない。家畜分野には「観察学」という分野があり、一般的に行われている。ただし、人ではなく AI が画像解析する点については、コンピュータや通信のコストに見合わないため、現在部分的にしか行われていない（富士通株式会社が今回提供する「牛見時」など【分娩】という特殊なイベントに特化している）。牛の特別なイベントに限定されない、24 時間/365 日の AI による画像解析での監視は初めてと言える。

また、移動型見回りロボットの開発を本実証と別に行った。

これは定点カメラで発見した牛や牛房に見回りロボットが移動するために作成する環境地図データと連携させるものだが、こうした見回りロボットとの連携は新規性がある（異常があったカメラの IP アドレス→設置牛房情報→設置牛房を表す見回りロボットの環境地図データ連携→移動指示→指示に基づき、見回りロボットが AR マーカーの移動ルートを計算し、自己位置を確認するための自立型カメラで確認しながら移動→対象牛房の指定位置に到着後停止し、カメラ・ローカル 5G ルータを起動→動画観察開始→PTZ して人間がより詳細に観察）。

本システムは定点カメラが発見した異常に対して、監視者が定点の天井カメラの LIVE で確認しても状態の把握ができない場合に、見回りロボットが PTZ 可能なカメラを搭載して、現地に自動で向かうものである。

（ローカル 5G 連携）

また、この見回りロボットが集める飼槽の残飼料を写真で撮って回り、AI 解析して、飼槽の餌の残量解析を行うことも新規性がある。

今回はこうした画像解析データに「特選牛」という台帳管理システムを融合させている。「特選牛」は 2000 年に JA 宮崎経済連と黒木畜産・株式会社クリエートが開発したものであり、肥育の専門システムとして宮崎県では浸透している。今回はこの肥育専門システムとして発展してきた「特選牛」のカスタマイズモデルである、繁殖・肥育一貫システムを活用した。新規性はないが、非常に珍しいモデルである（肉用牛は専門化が進んでおり、繁殖・肥育を同時に行うニーズが少ないが、今回は産地形成型であることや志布志牧場が繁殖・肥育を同時に行う一貫型生産者であることから、こうしたシステムが必要になった）。これは今後産地形成において、繁殖・肥育・一貫型・大規模・小規模いずれにおいても対応できるものであり、そのような意味では新規性がある。

台帳管理システムにおいては AI で監視した画像監視に加えて、生産者自らの見回り記録（鼻水が垂れている、下痢がひどいなど）や獣医の診察記録（熱やワクチン投与など）、血統や牛房位置（場所により温度が違う。特に寒い日には特別温度が下がる場所などがある。）、作業記録（床を変えたなど）を合わせて、アラームをフィルタリングする仕組みを構築する。

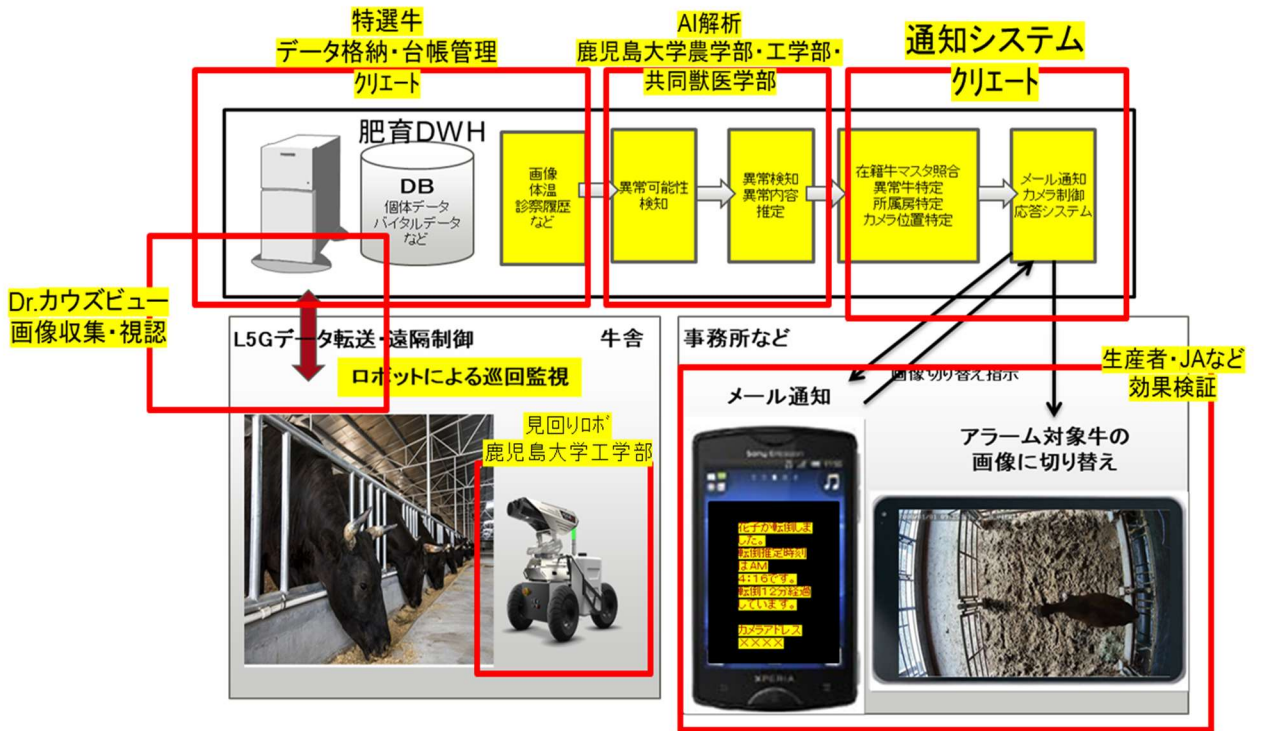


図 4.1.3-9) 全体イメージ図

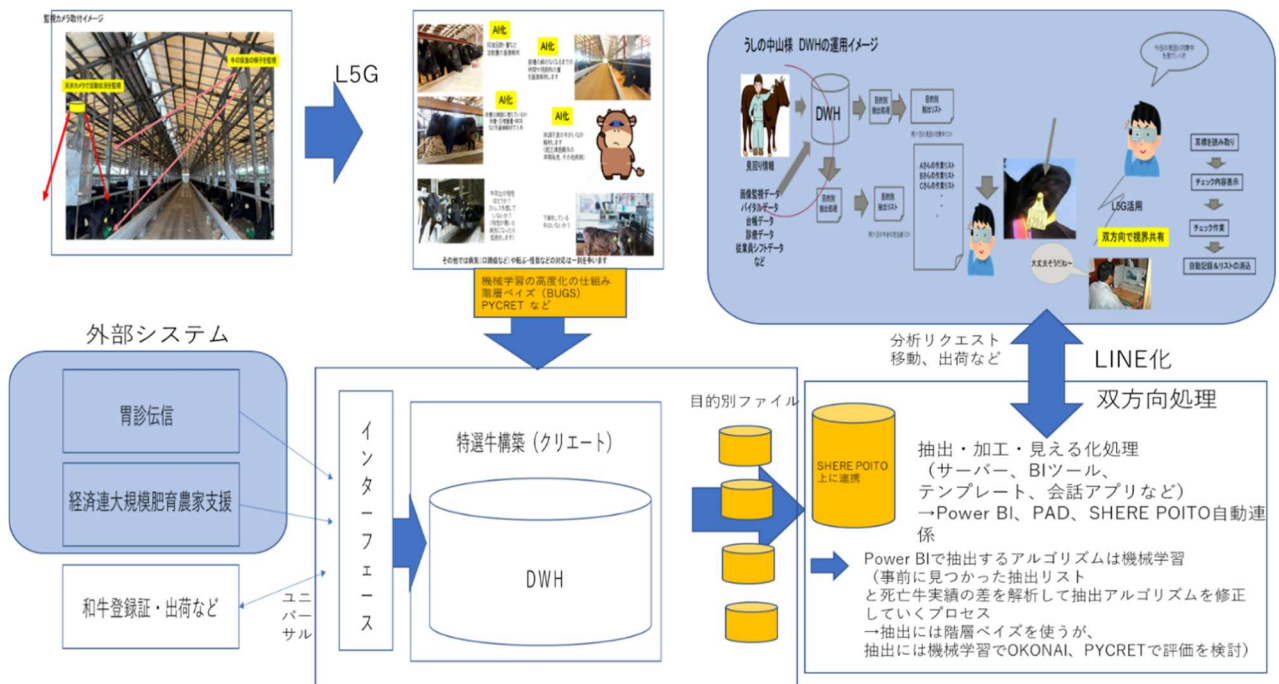


図 4.1.3-10) 見回りリストやアラーム通知に至るプロセス

うしの中山様 DWHの運用イメージ

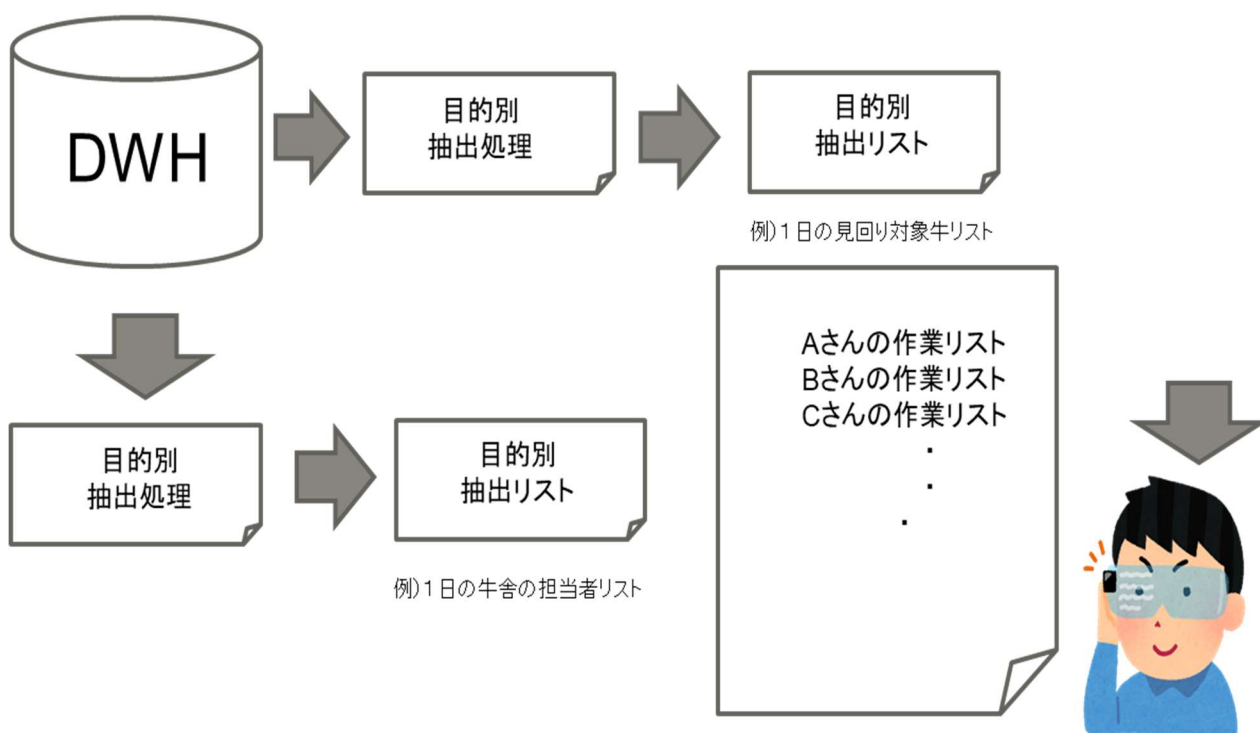


図 4.1.3-11) うしの中山 DWH の運用イメージ

4.1.3 (1) で前述したとおり、今回、牛ごとの活動量や採食回数、採食時間などを 1 分間に 2 回取得する画像データから抽出した。

これを 20 分、半日、1 日、2 日、3 日、1 週間などの単位で集計し続けて、可視化した。

さらに、独自の監視レベルを作り、各レベルの定義について以下のとおり考えた。

監視レベル 1 … 健康（通知なし）※動き・採食頻度・飲水頻度・増体率などで分類

監視レベル 2 … 注意が必要（通知なし）→何らかの標準値に対する乖離を検出。検出した異常可能性とともに生産者にリストを提示

監視レベル 3 … 通知→「監視レベルが 3 に達しました」→連続 20 分間動きが見られないなど

人間は画像を確認・見回りロボットを向かわせるなど対応する

監視レベル 4 … 見回りロボットによる現地 LIVE 画像確認

監視レベル 5 … 人間が現地に行く、獣医を呼ぶ

監視レベル 6 … 獣医が診断・必要に応じて隔離・重点治療

これは現在市販されている牛監視の IoT 製品を中心に間違いアラームが多く、結局アラーム通知をオフにしているという利用者が多いことから想定している機能であるが、こうした仕組みには新規性がある。

また、1日の見回りリストは「監視レベル 2 以上を抽出」というイメージであるが、「特選牛」HACCP 機能で管理・消込を行い、見回りした場合の日報は写真を撮るなどで耳標を映してシステムで消し込むなどの機能を検討しており、ここにも新規性がある（リスト化しても実際には見回らない従業員が多い）。



図 4.1.3-12) 見回り確認とリスト消込イメージ

通知のインターフェースには LINE を活用する。



図 4.1.3-13) LINE プロトタイプイメージ

こうした業務システムのインターフェースに LINE を活用してユーザーフレンドリーなインターフェースへの取り組みには新規性がある。また、多言語対応を考えており、こうした農業向けシステムでの多言語対応は新規性がある。

【抽出リスト (案)】

- ①見回り対象牛リスト (監視レベル 2 以上)
 - ②重点監視牛リスト (監視レベル 3 以上)
 - ③出荷予定牛リスト (月齢 29 カ月以上 or 出荷判定で A5&BMS11 以上)
 - ④獣医指示リスト
 - ⑤社長見回り指示牛リスト (チェックポイント指示 (鼻たれ、下痢など))
 - ⑥専務見回り指示牛リスト (残飼料・食い付きなど)
- 等

これを Google の Dialogflow か AppSheet を活用して LINE 連携した形でエンドユーザー (農場作業員) に提供する。

連携パターンとしては、

「DWH (特選牛ベース) →抽出アプリ→Microsoft Office365 のシェアポイントに格納 (ここにほかのルートから生成されるデータも含めて集約) →Dialogflow が可変データの参照先に指定連携 (マルチ言語対応も行う (英語、中国語、韓国語、フィリピン語など)) →LINE 連携」

を考えているが運用性や使用技術・破壊的低コストといった点に新規性がある。

【参考】以下はローカル 5G における効果とは異なるが、産地形成及び畜産業務の効率化として取り組むものである。

最後に、本システムはマスタ登録において Microsoft Office365 の Power Platform を活用する。

Microsoft Office365 に無償でバンドルされる Power Platform を利用して畜産 DX 基盤の構築を行った。DX の定義は、「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること」である。

ロボティックプロセスオートメーション (Robotic Process Automation。以下 RPA) は、これまで人間のみが対応可能と想定されていた作業や、より高度な作業をルールエンジンや AI、機械学習等を含む認知技術を活用して代行・代替する取り組みのことである。

RPA の提供する代表的な機能は、「人がパソコン上で日常的に行っている作業を、人が実行するのと同じ形で自動化する」というものである。RPA では、人が行う処理手順を登録しておけば、人が操作する場合と同じようにユーザーインターフェースを通じて、複数のシステムやアプリケーションを操作し、実行することができる。作業の自動化プロセスの設定についても、多くの RPA ソリューションが、画面操作記録やプロセス・ダイアグラム上でのドラッグ・アンド・ドロップ等の機能を備えているため、プログラミングの素地がない人でも直感的に設定することができ、自動化にかかる負担はそれほど大きくなる。このように、従来型のプロセス自動化で必要とされてきた、長期間にわたる既存システムの変更や業務フローの見直し等を経ることなく、既存の業務を効率化できる点が RPA の最大の特徴である。

本課題では RPA 製品の中でも Microsoft Office365 (月額 1,200 円程度) に含まれる無償の RPA ツールを用いた (Microsoft が提供する RPA ツール「Power Automate」は、昨今のノーコード開発、ローコード開発の流れに対応しており、そのデスクトップ版である Microsoft Power Automate Desktop は、Windows 10 以降、無償バンドルされている。Microsoft Power Automate はノーコード (プログラミングレス) やローコード (ほぼプログラミングレス) 開発が潮流となっている。従来のアプリケーション開発は、エンジニアやディベロッパーといった専門知識や経験を持つチームや会社に依頼し、要望に添って生み出す流れであった)。

一方で、DX (デジタルトランスフォーメーション) 時代と呼ばれる昨今、ノーコードツール、ローコードツールの提供が進み、そうしたツールを用いることでローコストでのシステム開発や提供が可能となっている。ルーティン処理 (登録作業のような) の自動化を行い、安価に人の事務処理負担を軽減することが可能になっている。

そこで、こうしたテクノロジーを活用した畜産事務の RPA 化を行った。

① 和牛登録票のフォーマットごとにフォルダを作成しておく (県ごと)

- ② 複合機に PDF 化して読み込ませ、フォルダを①の分だけ作成する（紙をセットして対象フォルダを指定するだけである。県別のフォルダを用意。県別に和牛登録書のフォーマットが違うため。）
- ③ フォルダの宛先は Office365 のうしの中山のアカウント上の OneDrive（無料 1T）に作成する
- ④ 大隅ファームの Office365 の OneDrive にアクセスする（以降が自動化）※志布志牧場とも共有
→アクセスは1日2回（12:00、18:00）
- ⑤ 動画のやり方で OneDrive の PDF を自動的に読み込み、EXCEL 化する
<https://www.youtube.com/watch?v=rX3jx9Od3Q>
- ⑥ 生成された EXCEL を「特選牛」、経済連のシステムなど多重打鍵が必要なシステムにも自動でアップロードする（バッチ連携 PG 開発）

以上の処理を構築して、「セリ名簿～マスタ生成～受け入れ処理～特選牛・経済連システム登録～日々のデータ管理～出荷」までを効率化する仕組みを構築した。

こうした分野の RPA 化は進んでおらず新規性がある。また、Microsoft Office の無償製品を活用した業務システムの RPA 化は新規性がある。

(2) 過年度実証事業との関連性

令和 2 年度のフリーストール牛舎（酪農）が業種的には類似案件と言えなくもないが、酪農と肉牛は必要作業が全く異なるため共通の課題はない。肉用牛は繁殖（子牛を産ませる）と肥育（牛を肉にする）にわかれるが、うしの中山は肥育業務のため、まずは大量仕入れ・大量肥育で脱落する牛（死亡・病気・事故・早期出荷など）を極小化することが課題である。また、肥育期間の短縮や飼料の無駄をなくすことが課題であるため、個体の精密な観察・タイムリーな対応が必要である（酪農は放牧などを行い比較的観察は大雑把であり、課題は乾乳期の極小化と乳房炎対策となる）。

4.1.4 実証目標

本事業におけるローカル 5G を用いた課題実証の実証目標を以下に記載する。

(1) 見回りロボット技術の実証

リモート指示により対象牛房に自動運転で急行し、牛個体や飼槽の詳細をローカル 5G 経由でリアル画像として遠隔で視認できる見回りロボットの有用性を実証した。また、見回りロボットの視界を MR グラスでも確認した。

達成の判断基準は利用者から見てストレスなく活用できるか否かである。ストレスのない活用の判断基準はフレームレートで行い、1 コマ程度と考えている。

（※具体的なフレームレート等の基準は 4.3.1 (1) へ記載）

具体的には、見回りロボットによる牛個体の LIVE 動画の取得実験も行い、Uplink 性能の検証を行った。また、ローカル 5G を活用して同時に LIVE 画像が遠隔視聴できる台数 2 台を目標とした。

映像の最大スループットは TCP UL 40Mbps として（監視カメラは 40Mbps (4K/3fps) が最大（事前確認済）であるため）、2 台同時接続に必要な通信量は最大 80Mbps とした。

また、移動中のロボットの位置情報は MR グラスを使った LIVE 動画でも視認した。そのため、状況視認カメラは 2K カメラを利用して、必要な通信量は最大 20Mbps とした。

(2) 多端末同時接続技術の検証

1,008 台の 4K カメラを同時接続して、リアルタイムな画像蓄積と同時に、エッジコンピュータでの画像解析（28 秒毎の解析）を行い、次に牛房内の起立困難牛の発見、牛の動態解析（飼槽滞留時間、飲水場滞留時間）を行いながら、解析結果をローカル 5G 経由でサーバ・クラウドへ送信し、必要に応じてタイムリーにメールで通知するシステムの有用性を実証課題とし、以下の 2 点を実証目標とした。

1) 多端末同時ライブ映像表示技術検証

牛舎の監視カメラシステムとして利用するためには、多数のカメラと接続しライブ映像がストレスなくモニター表示することができ、牛房内の牛の行動監視を短時間でできるシステムの提供が必要である。このため、IP カメラ（解像度 3840*2160:4K、フレームレート 5 設定）と有線 LAN で接続した 9 台の牛舎監視コンソールに、さらにローカル 5G 経由で接続した統合監視コンソールにおいて、最大 16 分割画面に、各牛房の天井に設置したカメラのライブ映像の同時表示と映像遅延 1 秒以内に表示できることを目標とした。また、有線 LAN とローカル 5G ネットワーク経由等、ネットワーク環境を変えて IP カメラの最大台数 64 台まで接続できるか、さらに、解像度、フレームレート、ビットレート、ビットレートタイプ等の変更による映像伝送性能の検証を実施した。

2) 静止画蓄積と検索

28 秒ごとに静止画像を蓄積し検索処理を行う Web 静止画撮影サービスについて、以下の機能が仕様どおりに処理ができるか、またローカル 5G ネットワーク経由で処理レスポンスが運用上支障ないことを検証した。

■システム性能としての目標

- ・監視カメラ接続管理（撮影実行・停止、カメラ接続状態確認、装置管理機能）
- ・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

■作業集約またはシェアリングを効果的・効率的に進めるための目標

① 夜間監視の集約

目標値：夜間分娩監視作業の集約が目標

志布志牧場で分娩監視システムを導入し独自で夜間監視した場合と、大隅ファームで夜間監視した場合（作業集約）とで比較し、作業集約した場合に約21%のコスト削減効果。

② 事務作業の効率化

繁殖牛、子牛の分娩、登記に係る事務、肥育牛に係る登記書の台帳登録事務、牛トレサ届出、肉用牛肥育経営安定交付金制度に係る事務などの入力作業を RPA 化・OCR 化して、大隅ファームで集中処理することにより、RPA 化できた業務について、時間の短縮効果を実証する。事務作業全体のうち定型の事務処理は 40%を占める。これを 1/10 に短縮することで、事務作業全体を 36%削減。

■生産者における生産コスト低減、収量・品質向上等についての目標

① 肥育牛の収量の向上

- ・ 画像による精密監視システム導入により当該農場の肥育牛の緊急出荷（角の事故などにより通常 30 カ月齢まで飼養するものを事故直後直ぐに出荷してしまうこと）及び起立困難などの死亡牛の 30%削減。

② 生産コストの低減

- ・ 見回りロボットの監視による給餌ロス量の 20%削減

③ 品質の向上

- ・ 出荷牛の 15%で肥育期間の 1 カ月短縮 20 カ月→ 19 カ月
- ・ 肥育期間短縮牛の A4 と A5 の割合 95.5%※

※大隅ファームの過去 1 年間の出荷牛から得た平均値

④ 作業コストの削減

牛舎監視システムを導入することで、作業員の肥育牛観察作業の時間削減を想定。飼料の調整給与（観察、給与、片づけ・回収）のうち、牛の観察に使う時間は 70%を占めるため、これを 1/3 にすることで飼料調整給与時間の 46%削減効果を期待。

※鹿児島県農業経営指標（肥育経営）における標準値

⑤ 志布志牧場の繁殖雌牛の生産性

志布志牧場の分娩死亡事故率（母牛）を 6.7%から 3.4%に削減。

※志布志牧場の令和 3 年 6 月 7 日から令和 4 年 6 月 6 日までの分娩牛 45 頭での実績

■産地における経営全体の改善についての目標

鹿児島県における肥育牛の飼養戸数は 861 戸（令和 3 年畜産統計：農林水産省）で、うち 100 頭以上を飼養するのは 153 戸である。

肥育経営における生産費用に占める割合は飼料費が 25%、素畜費が 62%で全体の 87%となっている。飼料費については大部分を輸入に頼っている穀物飼料であるため、世界情勢、気候などの影響を受け、生産者が購入価格を決定することは困難である。

また、素畜費については鹿児島県で主流の黒毛和種の生産基盤が回復基調にあるものの、子牛生産頭数の減少により価格が高止まりしている。

産地全体として経営を改善するためには、肥育期間の短縮や効率的給与による飼料費の低減、事故率の低減による出荷頭数の確保が重要な課題である。

実証終了後は肥育牛飼養頭数 100 頭以上規模の 153 戸を対象とし、システムの普及啓発を図り、鹿児島県全体の経営改善に寄与する。

① 生産費用の低減、売り上げの増加による利益率向上

利益率 0.5% (*) を 0.7% に改善する。

(*) 鹿児島県農業経営指標（肥育経営）における標準値

② 夜間監視作業の集約時のコスト削減

分娩室モニタリングシステムを 5 分娩室に導入し、5 頭同時に監視可能と設定し、これを 5 農場それぞれで 100 日夜間監視する場合と、1 か所で集約して監視する場合で各農場の 1 年間の導入・運用コストを 26%削減する。

4.2 実証環境

本事業で実施する見回りロボットによるカメラ映像の取得及び各牛房に取り付ける牛監視カメラの実証エリアを図 4.2-1 に示す。場所は、大隅ファームの 18 棟の牛舎を実証エリアとした。実証対象の 18 棟は育成牛舎 6 棟（8 棟のうち 6 棟）と肥育牛舎 12 棟（34 棟のうちの 12 棟）である。

まず、うしの中山のニーズである「緊急出荷を減らす取り組み」であるが、ここは育成段階での精密観察・精密飼養によるところが多い。特に育成牛（月齢 10 カ月～15 カ月の牛（人間で言えば中学生～高校生くらい））期間の肺炎罹患や、餌の食い込みの悪さが後々の肥育期間の肥育を大きく左右する。肺炎については「初期症状→発熱・鼻水（濃い）→重篤化（獣医の診察必要）→廃牛・死亡や病弱な牛になる」というプロセスがあり、肺炎の初期症状の段階で早期処置は非常に重要である。

（長谷川隆 1999 農山漁村文化協会「生産獣医療システム 肉牛編」より）

【子牛の肺炎】

肺炎の発生は、いくつかの原因が重なって生じる場合が多いため複合的な予防が必要となる。環境的な原因に対する予防については、既に前述しているので割愛するが、その重要性は非常に高い。感染性の原因に対する予防も、換気や舎内の衛生管理の徹底は感染症の種類を問わない予

防法の基本である。特定の時期や特定の症状の肺炎が多発する場合には、原因となる病原微生物を獣医師の協力のもとに特定し、それに合った対策をとることが必要となる。

また、肺炎が発生した際には、当該牛の治療とは別に、ほかの同居牛あるいはその後その施設で飼養される子牛への伝播阻止が重要な課題となる。抗菌剤に依存した肺炎への対抗措置はより強力な薬剤耐性菌の発生を促していき、自己判断による加療中止は肺炎の慢性化と当該牛による継続的な病原微生物の拡散を招く。

肺炎が発生した場合は、早期隔離、早期治療、徹底消毒が非常に重要なため、症状の軽重を自己判断せずに獣医師の診察・指示を受けることが望ましい。消毒薬の選定に際しても耐性菌への考慮を含んだ専門的な知識が必要となり、適切な予防接種の計画・実施のためにも伝染病等に対する専門知識が必要である。肺炎の予防には、獣医師と密に連携を取ることも大切である。

そのためには、育成牛の見回りを多頻度・精密に行うよりほかないが、体力がない牛は肺炎にかかるると直ぐに食欲不振→発熱→重篤化しやすい傾向がある。

そこで、今回は平成牛舎のすべての育成房を監視対象とすることとした。

残りの肥育牛舎 12 棟については大隅ファームでは牛房を肥育ステージごとに分ける肥育方法ではなく、ところてん方式であるため特定の肥育ステージの観察が困難である。

表 4.2-1) 大隅ファーム肥育ローテーション表(育成牛房は平成 17 号~21 号牛舎)

	R45日	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	13月	14月	15月	16月	17月	18月	19月	20月	7月
1号	出荷	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月		
2号	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月		
3号	経産	経産	経産	経産	経産	経産	経産	経産	経産	経産	経産	経産	経産	経産	経産	経産	経産
4号	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	
5号	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	
6号	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	
7号	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月		
8号	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	出荷	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	20ヶ月		
9号	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月		
10号	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月		
11号	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月		
12号	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月		
13号	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月		
14号	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月		
15号	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月		
23号	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月		
24号	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月		
25号	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月		
26号	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月		
27号	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月		
28号	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月		
29号	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月		
30号	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月		
31号	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月		
令4号	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月		
令5号	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月		
令6号	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月		
令7号	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月		
令8号	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月		
令9号	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月	8ヶ月		
令10号	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	7ヶ月		

今回の対象牛舎として平成 1 号牛舎~3 号牛舎のエリア（電波漏洩ケーブルの敷設エリア）及び平成 17 号牛舎~平成 31 号牛舎（平成 27 号牛舎~平成 31 号牛舎も電波漏洩ケーブル対象エリア）を選定した。経営効果を測定するために必要な対象牛を満遍なく確保し、また経営効果を

把握するためには肥育管理作業の動線を効率化する必要がある。

また、ローカル 5G 試験としてはエリア外への電波漏洩試験と、ある程度の広さのカバーエリアでの試験を行うためにも必要な対象面積を確保する目的で上記のエリアを試験対象とした。

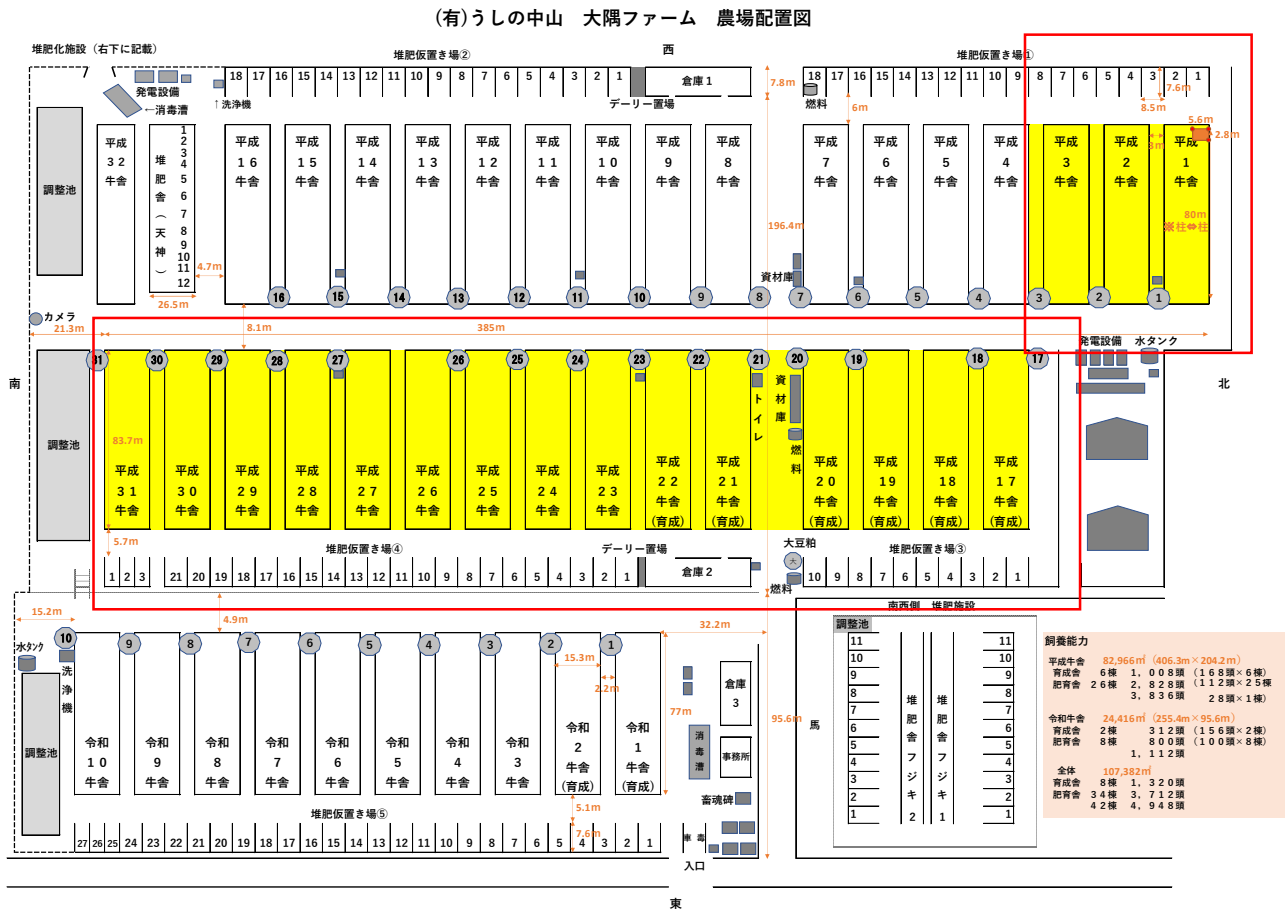


図 4.2-1) 大隅ファーム 農場配置図

4.3 実施事項

4.3.1 ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証

機能検証、効果検証、運用検証、経済性の検証については、1) 検証項目と 2) 検証方法、3) 検証結果及び考察がそれぞれ整合する記載内容を検討した。

(1) 機能検証

1) 検証項目

本事業では、常時各牛房に取り付けたカメラの映像伝送、緊急時見回りロボットに搭載したカメラの映像伝送の取得が必須となり、ローカル 5G を介した大容量映像伝送性能の効果が期待さ

れた。

評価・検証項目を表 4.3.1-1 に示す。

表 4.3.1-1) 課題実証の評価・検証項目

分類	評価・検証項目	内容
見回りロボット	見回りロボットに搭載したカメラの映像伝送	解像度、フレームレートビットレート、ビットレートタイプ等の変更による映像伝送性能の検証
牛監視カメラによるライブ映像	各牛房に取り付けたカメラのライブ映像伝送	同時接続台数、解像度、フレームレート、ビットレート、ビットレートタイプ等の変更による映像伝送性能の検証
静止画画像の蓄積と検索	各牛舎に設置された牛舎監視サーバ・ストレージに静止画像の蓄積と検索機能、処理レスポンス確認	IP カメラの 28 秒間隔の静止画撮影とデータベース蓄積とクライアントからの要求により画像レスポンス性能の検証
総合試験	見回りロボットに搭載したカメラ及び各牛房に取り付けた牛監視カメラの同時映像伝送	見回りロボットに搭載したカメラのデータ伝送を実施した状態での牛監視カメラの映像伝送性能の検証

表 4.3.1-2 に令和 3 年 6 月から令和 4 年 5 月にかけての、牛の死亡原因を再度示す。

4.1.1 でも前述したとおり、起立不能と想定される 5 頭については精密な監視が行えていれば助かるものであった。このことから表 4.3.1-1 に示した項目の検証が必要と考えた。

表 4.3.1-2) 死亡牛の死亡原因と頭数(再掲)

	起立不能	起立困難 (カエリ)	病死	不明	死亡頭数
R3.6	1				1
R3.7	2				2
R3.8		1		1	2
R3.9		2		3	5
R3.10			2		2
R3.11		1	2	1	4
R3.12	2				2
R4.1			2	1	3
R4.2			2		2
R4.3				2	2
R4.4			1	1	2
R4.5				1	1
合計	5	4	9	10	28

また、画像による監視と「胃診電信」とのデータ比較を継続する予定である。

2) 検証方法

a. 牛舎監視用 IP カメラのライブ映像表示の検証

統合監視コンソールはローカル 5G ネットワーク経由で 9 台の牛監視コンソールまたはサーバと接続して、実運用として最大 16 台の IP カメラのライブ映像を分割同時表示できるか検証した。また、比較検討のため有線 LAN とローカル 5G ネットワーク経由等の環境を変えて、IP カメラの最大接続 64 台数の接続確認も行った。統合監視コンソールと牛舎監視コンソールにトラフィック計測アプリ (TCP Monitor Plus) をインストールして、IP カメラの解像度を 4K (3080*2160)、フレームレート 5、IP カメラの接続台数を増やし、総受信データ量と平均受信速度、最大受信速度、CPU 使用率、メモリ使用率、GPU 使用率等の計測を行った。

また、IP カメラ側の解像度、フレームレート、ビットレート、ビットレートタイプ等の設定値変更による映像の鮮明度、映像遅延、同時接続最大カメラ数等の映像伝送性能の試験を実施した。

b. Web 静止画撮影サービス機能の検証

各機能について、牛舎に設置した IP カメラとローカル 5G ネットワーク経由で接続して、仕様どおりに処理が実行できるか確認した。

- ・ 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

全体のシステム構成イメージを図 4.3.1-1 に示す。

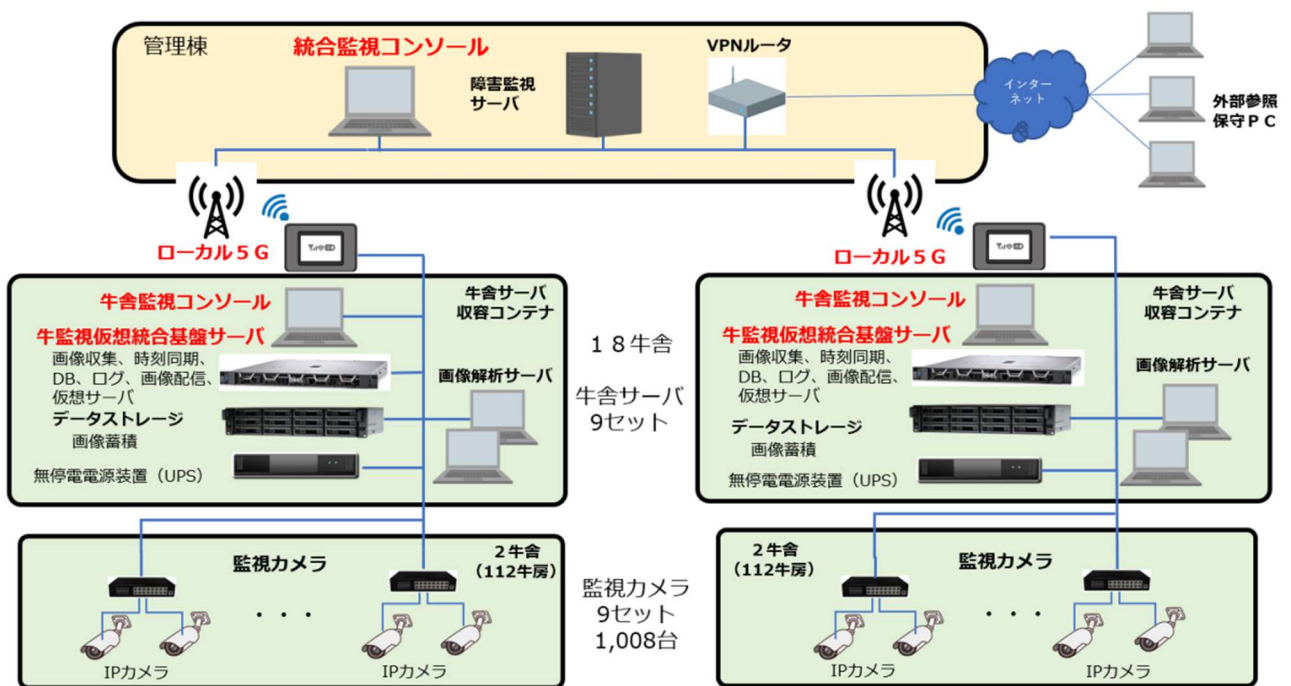


図 4.3.1-1) 課題実証のシステム構成イメージ

c. 見回りロボットカメラの映像伝送の検証

見回りロボットに搭載されたカメラの映像はローカル 5G ネットワーク経由で送られてくるため、搭載されたモバイルルータ型端末 (UE) がローカル 5G 圏外から走行を開始し、圏内に入ったタイミングでローカル 5G との通信を開始できること、また走行中もローカル 5G と正確に接続し続けることを計測した。

表 4.3.1-3) 見回りロボットカメラの映像伝送に関する検証方法

評価・検証対象処理	内容	評価・検証方法
見回りロボットに搭載された UE の通信試験	ロボットという囲われた空間の中に搭載された UE が正確にローカル 5G の電波を識別 (送受信) できるかを確認する。	ローカル 5G の電波圏外から見回りロボットを駆動 ※1 同時にローカル 5G UE にシェルタ内のコンソールから ping/icmp を連続実行し通信状況の変化を測定
見回りロボットに搭載されたカメラ (フル HD) の映像品質試験	ロボットからローカル 5G を介して送られてきた画像による牛の状態監視の可否を確認する。またフレームレートや解像度の変更による映像品質の変化と最適設定を確認する。	I. カメラの映像品質から牛の監視に支障がないかを確認 ex : 1920×1080、1280×720、960×480 II. カメラの映像の動きから牛の監視に支障がないかを確認 ex : 30fps、20fps、15fps

		うしの中山職員) による 5 段階評価※ 2
PC 端末及び MR グラスによるカメラ映像の操作性 (PTZ) 試験	ローカル 5G を介してロボットに搭載されたカメラを操作 (PTZ) して牛の状態監視の可否を確認する。	シェルタ内のコンソールからカメラの状態を操作 (PTZ) し、ストレスなく操作できるかを確認 うしの中山職員) による 5 段階評価※ 2

※ 1 見回りロボットは手動による操作で検証を実施

※ 2 大変良いー良いー普通ー悪いー大変悪い

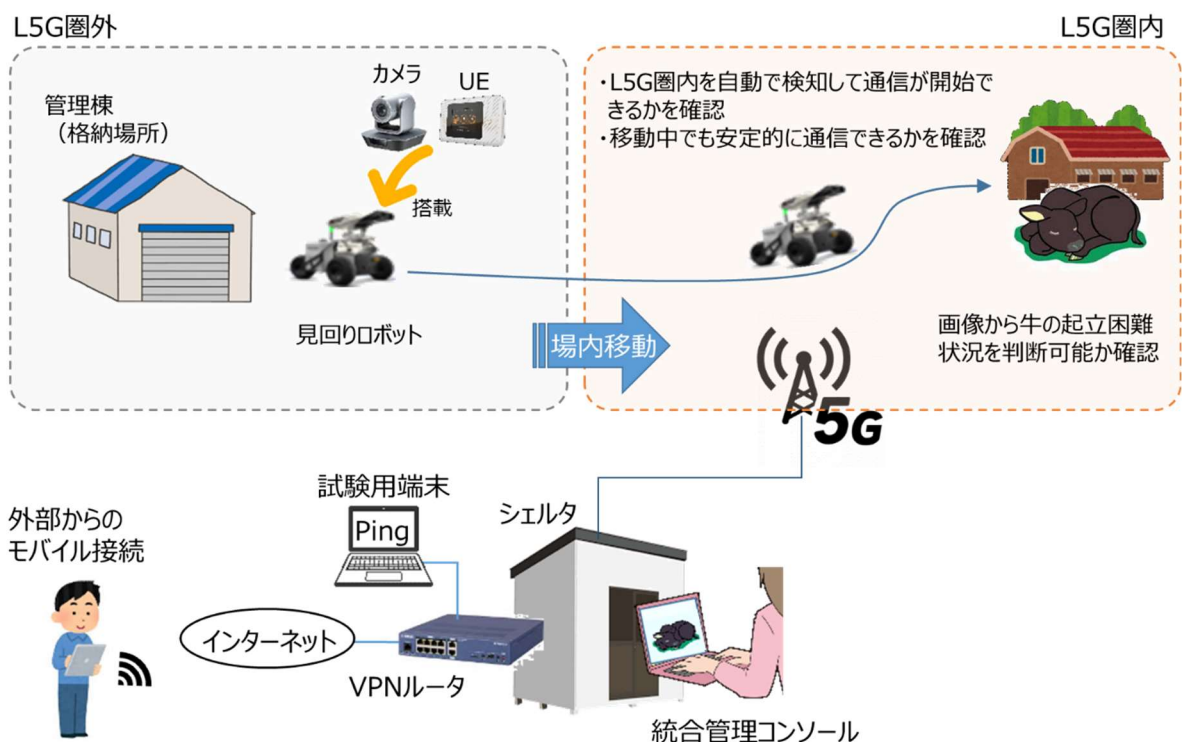


図 4.3.1-2) 見回りロボットカメラの映像伝送試験イメージ

3) 検証結果及び考察

a. 牛舎監視用 IP カメラのライブ映像表示の検証

牛舎見回り業務において、牛監視カメラシステムでは高繊細な映像と表示速度を確保し、モニター上に多くの牛房のライブ映像 (16 分割画面以上) を表示することが必要である。そのため、ローカル 5G ネットワークと多数の IP カメラ接続を想定した処理方式を検討するために、4 つの試験パターンを設定し、IP カメラの限界の接続台数の確認とともに、受信量、受信速度、最

大受信速度、CPU 使用率、メモリ使用率、GPU 使用率の計測を行い、最適な処理方式を決定した。

- 試験 No.1 IP カメラと有線 LAN で直接接続して牛舎監視コンソールにライブ映像を表示する (図 4.3.1-3)
- 試験 No.2 ローカル 5G ネットワーク経由で IP カメラと直接接続して統合監視コンソールにライブ映像を表示する (図 4.3.1-3)

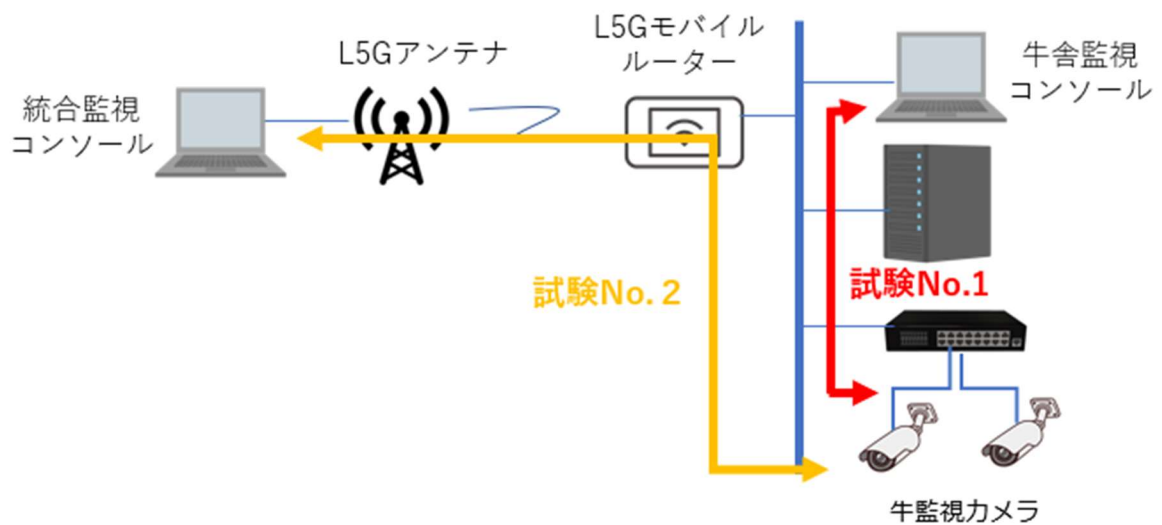


図 4.3.1-3) ネットワーク処理概要

【試験 No.1 処理結果】

有線 LAN で牛舎監視コンソールと IP カメラ接続して、牛舎監視コンソール上で VLC media player を使用し、IP カメラの IP アドレスを指定して、接続台数を 1 台ずつ増やして計測した。接続台数を増やした計測結果は表 4.3.1-4 のとおりである。20 台目までは、映像遅延もなく接続できたが、21 台目から CPU 使用率 100% となり、映像が映らなくなった。

表 4.3.1-4) 試験 No.1の計測結果

解像度 3840*2160 (4K) フレームレート : 5

IPカメラ台数	送受信量 MB	平均受信速度 Mbps	最大受信速度 Mbps	CPU使用率 %	メモリ使用率 %	GPU使用率 %	映像遅延状況
1	0.8	6.0	10.6	10	25	6	なし
3	2.2	17.2	23.0	15	29	11	なし
6	4.5	35.8	43.3	28	35	18	なし
9	6.9	54.2	63.2	29	42	28	なし
12	9.4	73.9	82.2	55	48	35	なし
15	11.7	91.9	124.9	54	55	42	なし
18	13.4	104.4	133.6	55	60	42	なし
21	16.2	126.8	138.1	100	70	52	一部映像が映らない

使用している統合監視コンソール、牛舎監視コンソールのスペックは以下のとおりである。

Dell Latitude 3520

CPU : 11th Gen Intel (R) Core (TM) i7-1165G7 2.8GHz

メモリ : 32GB

HDD : 512SSD

OS : Windows 11 Pro

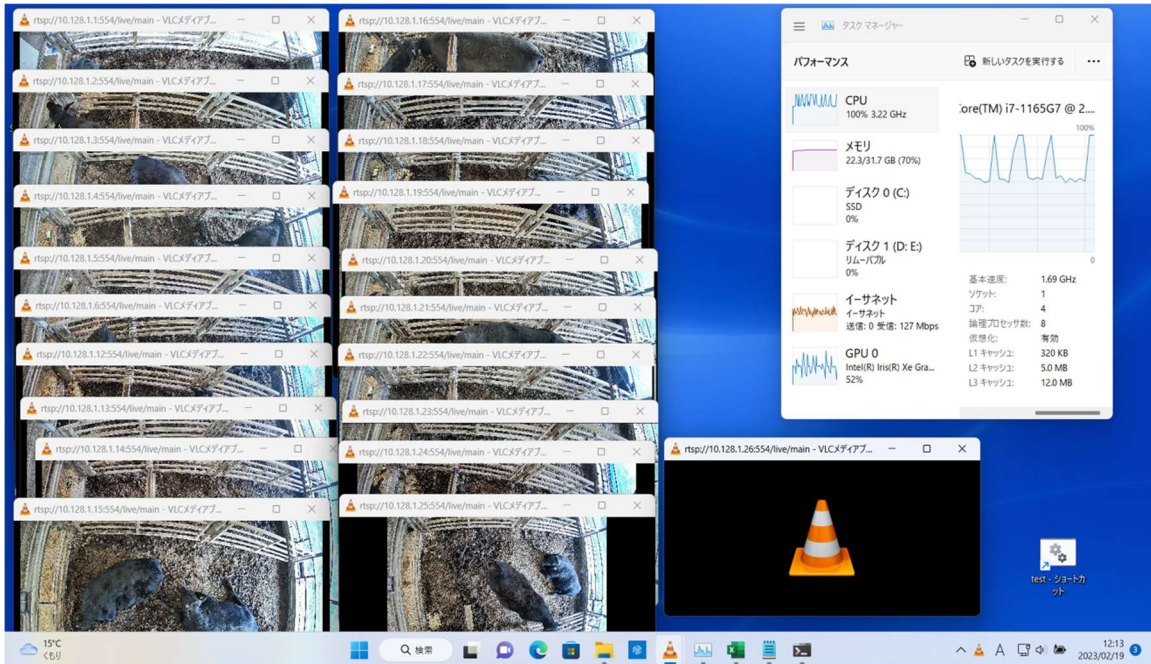


図 4.3.1-4) 試験 No.1 の例

【試験 No.2 処理結果】

ローカル 5G ネットワーク経由で IP カメラと直接接続による計測結果を以下に示す。統合監視コンソール PC 上で VLC media player を使用し、IP カメラの IP アドレスとグローバルポート番号を指定して、接続台数を 1 台ずつ増やして計測した。8 台目から遅延が発生し、IP カメラ 9 台目でライブ映像表示ができない事象が発生した (表 4.3.1-5、図 4.3.1-5)。

表 4.3.1-5) 試験 NO2 の計測結果

解像度 3840*2160 (4K) フレームレート : 5

IPカメラ台数	送受信量 MB	平均受信速度 Mbps	最大受信速度 Mbps	CPU使用率 %	メモリ使用率 %	GPU使用率 %	映像遅延状況
1	0.8	6.1	11.1	7	23	1	なし
2	1.5	11.8	19.3	9	25	7	なし
3	1.8	17.7	25.5	16	27	12	なし
4	3.1	24.1	29.4	18	30	16	なし
5	3.4	27.2	33.8	20	32	20	なし
6	3.9	31.1	35.6	27	35	25	なし
7	4.2	33.6	36.8	26	36	25	なし
8	3.7	29.1	39.2	30	40	26	12秒遅延
9	4.2	33.1	38.7	24	41	20	一部映像が映らない

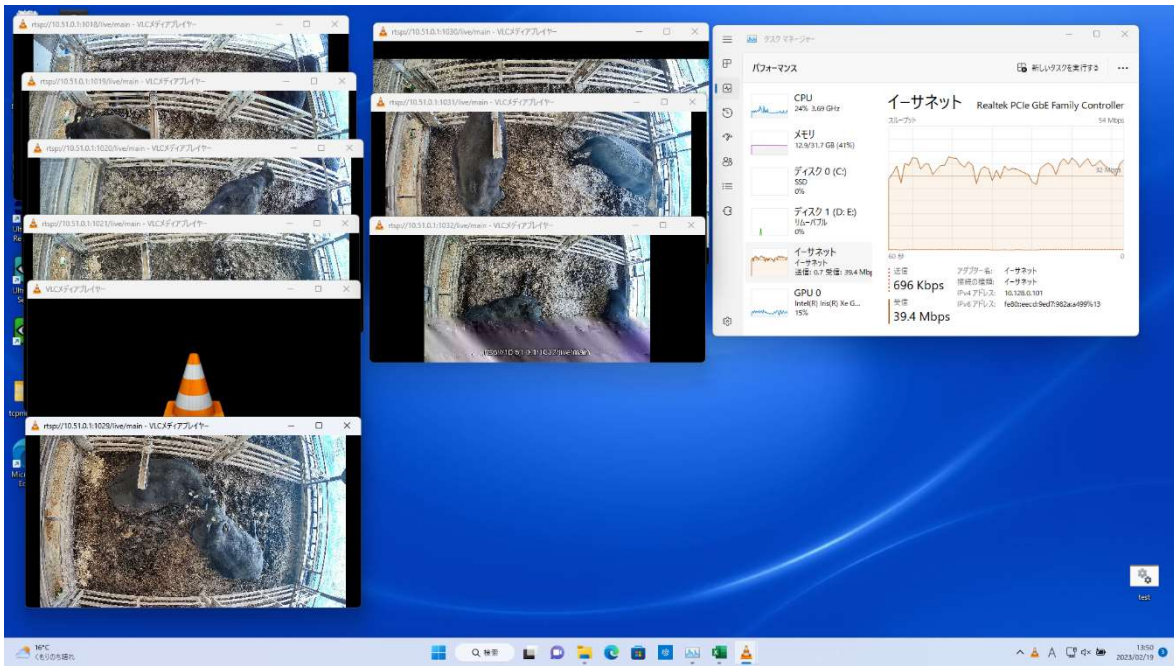


図 4.3.1-5) 試験 No.2 の例

試験 No.3 IP カメラを有線 LAN 接続して、牛舎監視コンソールにライブ映像表示ソフト SmartPSS で表示する (図 4.3.1-6)

試験 No.4 IP カメラを有線 LAN 接続し、牛舎監視コンソール上に、牛房のライブ映像を多数表示できるソフト SmartPSS を使用して表示する。さらにローカル 5G 経由、牛舎監視コンソールと統合監視コンソールを接続して、リモートデスクトップ (UltraVNC または Windows デスクトップ) で表示する (図 4.3.1-6)

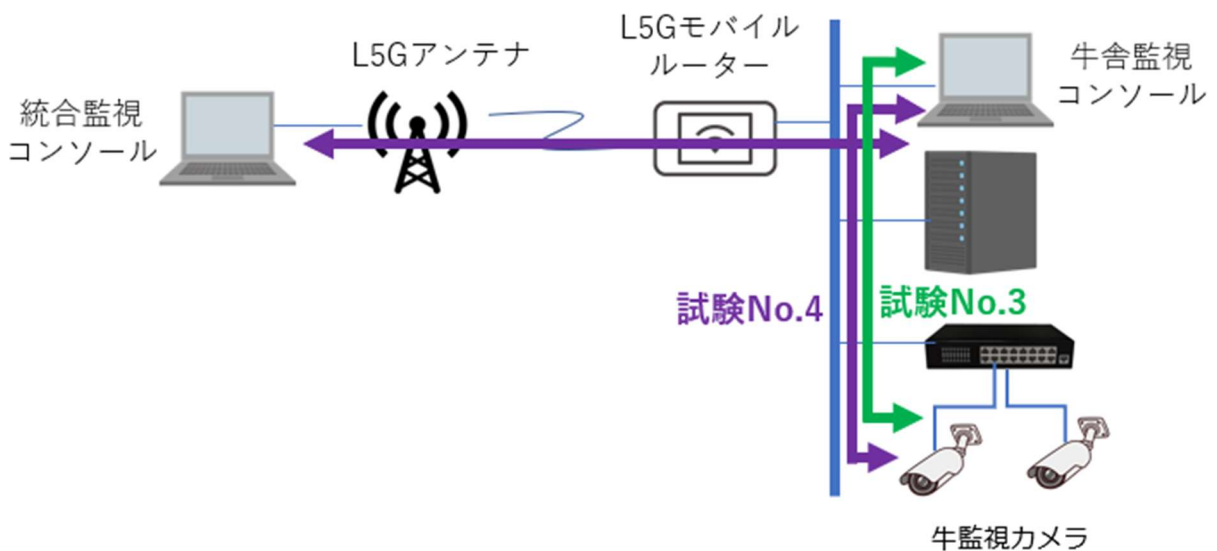


図 4.3.1-6) ネットワーク処理概要

【試験 No3 処理結果】

IP カメラと有線 LAN 接続を行い、牛舎監視コンソール上の SmartPSS に IP カメラのライブ映像の表示し計測した。計測結果を表 4.3.1-6 に示す。

表 4.3.1-6) 試験 No3 の計測結果

解像度:3840*2160 (4K) フレームレート : 5

IPカメラ台数	送受信量 MB	平均受信速度 Mbps	最大受信速度 Mbps	CPU使用率 %	メモリ使用率 %	GPU使用率 %	映像遅延状況
1	1.6	12.7	16.4	19	49	12	なし
4	1.5	12.1	17.4	44	49	15	なし
16	1.1	8.4	9.2	41	48	27	なし
36	2.4	19.2	21.2	70	49	47	なし
64	3.5	27.1	31.2	77	49	48	なし



図 4.3.1-7) 試験 No3 の例

【試験 No4 処理結果】

統合監視コンソールと牛舎監視コンソールをローカル 5G ネットワーク経由、リモート操作ソフト UltraVNC で接続し、統合監視コンソールに複数 (最大 64 分割) のカメラ映像を表示することができた (図 4.3.1-7)。図 4.3.1-8 は 16 分割表示の例である。IP カメラの設定を 4K (3840*2040)、フレームレート : 5 で、リモート操作ソフト UltraVNC で接続した計測結果を表 4.3.1-7 に、Windows リモートデスクトップで接続して統合監視コンソールで計測した結果を表 4.3.1-8 に示す。

表 4.3.1-7) 試験 No.4(UltraVNC Viewer 使用)の例
 解像度 3840*2160 (4K) フレームレート : 5

IPカメラ台数	送受信量 MB	平均受信速度 Mbps	最大受信速度 Mbps	CPU使用率 %	メモリ使用率 %	GPU使用率 %	映像遅延状況
1	1.0	8.1	8.6	81	24	0	2~3秒遅延
4	1.0	8.2	8.7	54	25	0	2~3秒遅延
16	1.0	8.1	8.4	67	25	0	3~5秒遅延
36	1.0	7.9	8.2	77	26	4	3~5秒遅延
64	1.0	8.0	8.3	55	44	4	3~5秒遅延

表 4.3.1-8)試験 No.4(Windows リモートデスクトップ使用)の例
 解像度 3840*2160 (4K) フレームレート : 5

IPカメラ台数	送受信量 MB/秒	平均受信速度 Mbps	最大受信速度 Mbps	CPU使用率 %	メモリ使用率 %	GPU使用率 %	映像遅延状況
1	0.3	2.4	3.8	16	49	13	1秒以内
4	0.3	2.3	4.3	18	49	12	1秒以内
16	1.1	9.0	13.7	35	48	25	1秒以内
36	1.6	12.3	15.0	59	49	38	1秒以内
64	2.5	19.4	21.1	73	50	56	1秒以内

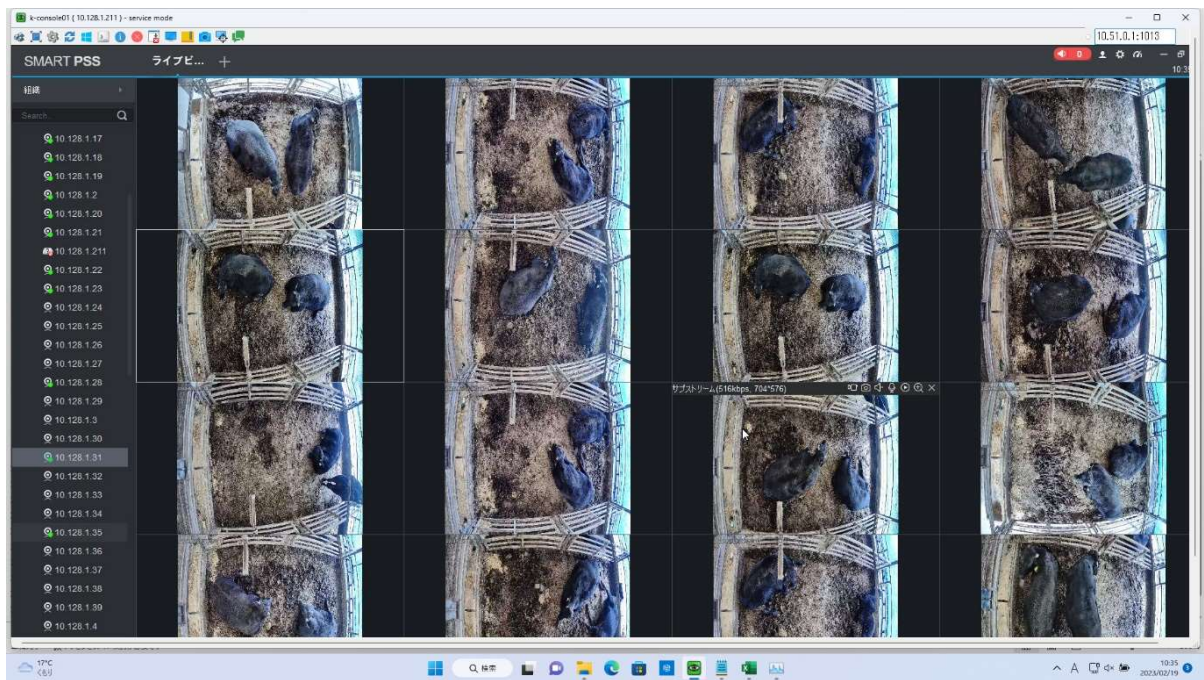


図 4.3.1-8) 試験 No.4 の例

■考察

検証結果を表 4.3.1-9 にまとめる。

表 4.3.1-9) 課題実証結果

試験 No	ローカル 5G ネットワーク接続有無	設定値	同時接続台数	最大受信速度	特記事項
1	有線 LAN 接続 牛舎監視コンソールで計測 VLC media player 使用	4K フレームレート 5 ビットレート 8000 VBR	20 台	138.1Mbps	カメラ接続ができない CPU 使用率 100% メモリ使用率 70%
			18 台	133.6Mbps	映像遅延なく表示
2	ローカル 5G ネットワーク経由 統合監視コンソールで計測 VLC media player 使用	4K フレームレート 5 ビットレート 8000 VBR	8 台	39.2Mbps	カメラ接続ができない
			7 台	36.8Mbps	映像遅延なく表示
3	有線 LAN 接続 牛舎監視コンソールで計測 SmartPSS 使用	4K フレームレート 5 ビットレート 8000 VBR	64 台	9.2Mbps	映像遅延なし
4	ローカル 5G ネットワーク経由 統合監視コンソールで計測 SmartPSS 使用	4K フレームレート 5 ビットレート 8000 VBR	64 台	8.7Mbps	UltraVNC viewer 使用 SmartPSS サブストリームで表示 映像遅延は 3~5 秒以内
				21.1Mbps	Windows リモートデスクトップ使用 SmartPSS サブストリームで表示 映像遅延 1 秒以内

4.1.4 に記載している多端末同時接続技術の検証目標の達成状況について、表 4.3.1-9 の試験 No.2 のように、ローカル 5G ネットワーク経由、4K、フレームレート 5 設定の条件の場合、統合監視コンソールから直接 IP カメラへのアクセスする方法では、最大 7 台が接続台数（その際の最大受信速度が 36.8Mbps）の限界であった。これに対して、試験 No.4 の処理方式では、ローカル 5G 経由、牛舎監視コンソールをエッジコンピュータとして位置付けて、統合監視コンソールとリモート接続により、1,008 台の IP カメラを任意で切り替えて、ストレスなく同時に最大 64 台のカメラのライブ映像と静止画像を閲覧することができた。課題として、ローカル 5G ネットワーク経由、牛舎監視コンソールと統合監視コンソールリモートの接続においてリモート操作ソフト UltraVNC viewer を使用すると、牛舎監視コンソールに対して複数の統合

監視コンソールからリモートアクセス可能であるが、SmartPSS でライブ映像を見ると数秒の遅延が発生し、表示速度がかなり遅かった。これに対して、Windows リモートデスクトップで接続すると、SmartPSS のライブ映像遅延は 1 秒以内とライブ映像の表示は早く牛舎監視コンソールとほぼ同様の表示速度であった。しかし、牛舎監視コンソールに接続すると、先に接続している端末があると切断され、後で接続した端末が優先されて、他端末が接続できなくなる問題が発生した。そのため、複数の監視コンソールから同じ牛舎監視コンソールにアクセス運用を検討中であり、リモートデスクトップの利用方法の検討が必要と考えている。

次に、ローカル 5G ネットワーク環境において、IP カメラの最適な映像出力を行うため設定値を色々変える必要がある。そのため、表 4.3.1-9 の設定（解像度、フレームレート、ビットレート、ビットレートタイプ）について試験を実施した。

- ① 統合監視コンソールにて映像鮮明度、描画速度等を目視で確認し評価した（表 4.3.1-10 の「映像鮮明度、描画速度」）。
- ② 統合監視コンソールとローカル 5G ネットワーク経由で IP カメラと直接接続、解像度（フル HD (1920*1080)、4K (3840*2160))、フレームレート、ビットレート、ビットレートタイプ（VBR、CBR）等設定変更し、最大の接続台数を確認した。（表 4.3.1-10 の「IP カメラ同時最大直接接続台数」）。

図 4.3.1-9) は、カメラ側にフル HD・20fps・ビットレート 8000・ビットレートタイプ VBR を設定して、統合監視コンソール上にて VLC media player でカメラの接続台数を確認した。

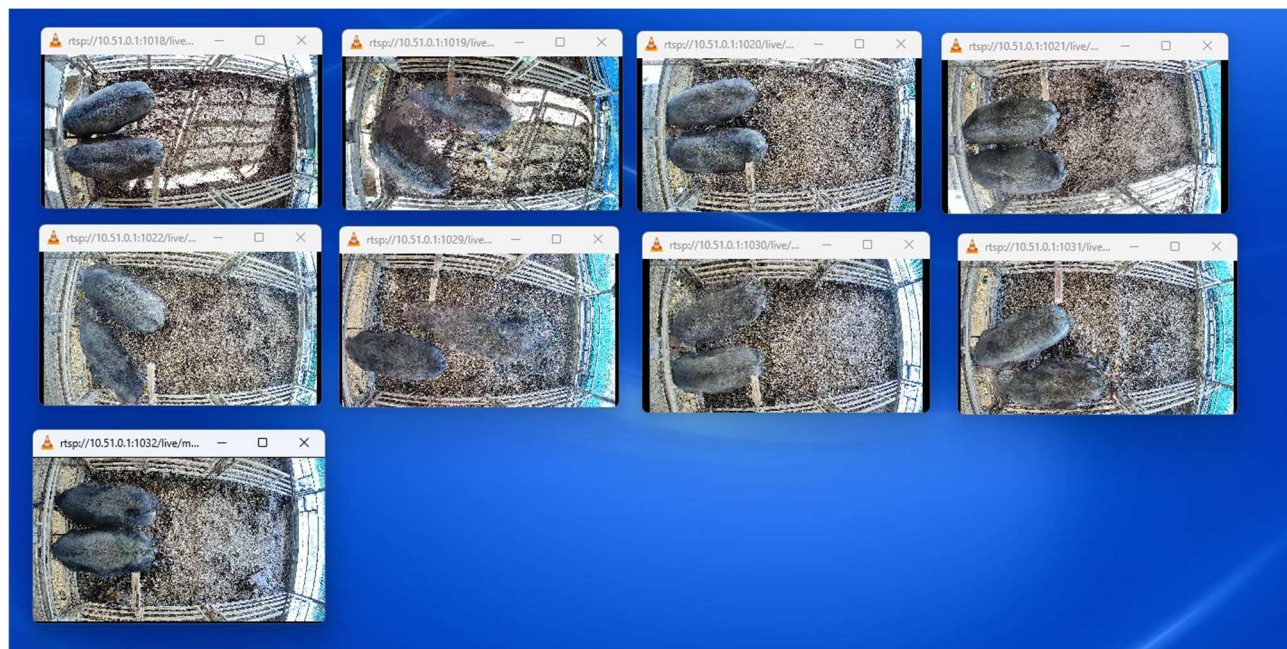


図 4.3.1-9) フル HD・20fps・ビットレート 8000・VBR 同時接続

- ③ カメラ側の解像度（4K、フル HD）、最大フレームレート、最大ビットレートを設定し、ローカル 5G と接続して、ライブ映像管理ソフト（SmartPSS）使用による同時 16 台分割表示が可能か確認した（表 4.3.1-10 の「ライブ映像同時分割表示」）。

画像確認で使用した統合監視コンソールのスペックは以下のとおりである。

Dell Latitude 3520

CPU : 11th Gen Intel (R) Core (TM) i7-1165G7 2.8GHz

メモリ : 32GB

HDD : 512SSD

OS : Windows 11 Pro

15 インチモニター

表 4.3.1-10) 課題実証結果

解像度	ビットレート タイプ	フレーム レート	ビット レート kbps	試験結果											
				映像鮮明度				描画速度				ノイズ・ 画面乱れ	ローカル5Gネットワーク接続		
				大変 良い	良い	普通	悪い	大変 良い	良い	普通	悪い 1秒以上 遅延		IPカメラ 同時最大 直接接続台数	ライブ映像 16分割 同時表示	
1920*1080 フルHD	VBR (可変)	5	8000		○					○		なし	9	確認済み・良好	
		13	8000		○					○		なし			
		20	8000	○						○		なし	9	確認済み・良好	
	CBR(固定)	5	8000		○						○		なし	4	
		13	8000		○						○		なし		
		20	8000	○						○		なし	4		
	VBR (可変)	5	3000		○						○		なし		
		13	3000		○						○		なし		
		20	3000	○						○		なし	4		
	CBR(固定)	5	3000		○						○		なし		
		13	3000		○						○		なし		
		20	3000	○						○		なし			
VBR (可変)	5	256			○					○		なし	24		
	13	256			○					○		なし			
	20	256			○					○		なし			
	5	256		○						○		なし	5		
	13	256		○						○		なし			
	20	256		○						○		なし			
3840*2160 4K	VBR (可変)	5	16000		○					○		なし	2		
		10	16000		○					○		なし			
		15	16000	○						○		なし	5	確認済み・良好	
	CBR(固定)	5	16000		○						○		なし		
		10	16000		○						○		なし		
		15	16000	○						○		なし			
	VBR (可変)	5	3000		○						○		なし		
		10	3000		○						○		なし		
		15	3000	○						○		なし			
	CBR(固定)	5	3000		○						○		なし		
		10	3000		○						○		なし		
		15	3000	○						○		なし			
VBR (可変)	5	256		○						○		なし	10		
	10	256		○						○		なし			
	15	256		○						○		なし	10		
CBR(固定)	5	256		○						○		なし			
	10	256		○						○		なし			
	15	256	○						○		なし	6			

■考察

検証結果を表 4.3.1-10) にまとめる。

フレームレート、ビットレートの数値が高くなると映像の鮮明度が良くなるが、動画容量が増え最大接続台数が減少した。しかし、いずれの設定の場合も牛の映像の鮮明度は良好でライブ映像の描画遅延もなかった。解像度 1920*1080、フレームレート 5、ビットレート 256、VBR の設定では映像がやや不鮮明になるが、ローカル 5G 経由の 24 台のカメラとの直接接続できた。ライブ映像表示ソフト (SmartPSS) でのライブ映像 16 分割表示は、カメラの最大設定値である 4K 解像度 3840*2160、フレームレート 15、ビットレート 16000 で同時表示ができ、映像遅延も少ないことを確認した。解像度やビットレートを高くした牛房の映像と平均的な設定値の映像と比較しても、牛は動きが少ないので動画鮮明度や描画速度等の違いは、モニター上で確認しても違いはわからなかった。逆に設定値を高くするとライブ映像の遅延や静止画保存用ストレージの使用容量が増えるなどの問題が発生する。したがって、解像度はフル HD、平均的な設定値でも牛房監視の実運用上、問題ないと考えている。

b. Web 静止画撮影サービス機能の検証

Web による静止画自動撮影機能について、牛舎に設置した IP カメラをローカル 5G ネットワーク経由で接続して、処理機能について、以下の内容を確認した。

- ・ 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
- また、処理レスポンスについて以下の内容を確認した。
- ・ 静止画を 28 秒間隔で撮影すること
 - ・ 装置番号、撮影日時および終了日時の指定により、起立困難牛の発見のための観察に必要な 30 分間のサムネイル画像 64 枚、その他、1 時間分のサムネイル画像 128 枚を 1 秒以内で検索してモニターに表示できること

アウトプットイメージを以下に示す。

① 監視カメラ接続管理 (撮影実行・停止、カメラ接続状態確認、装置管理機能)

「静止画ダッシュボード」では、1 サーバ最大収容 112 台のカメラの稼働状況 (カメラと未接続状態アラーム出力、撮影開始・停止、カメラの撮影予約、撮影結果の参照メニューへ移動等) ができる。

I Pカメラ (I Pアドレス、設置場所、カメラ装置番号) とサーバ(接続状態・稼働状況) 一覧表示、撮影停止操作を行う。



図 4.3.1-10) Web 静止画撮影サービスのアウトプットイメージ

② 静止画撮影予約登録、削除、予約編集処理

カメラの装置番号、撮影開始日時、終了日時、保存期間等の予約指定が行え、登録すると撮影処理が実行される。撮影は 28 秒間隔で実行される (図 4.3.1-11)。

静止画を撮影するためのカメラ装置番号、開始日時、終了日時を登録・編集する。

①「予約一覧」選択

②「カメラ選択」

③「検索」押す
予約データがあれば
下記の明細が表示

④新規登録の場合 押す

⑤予約内容の変更または削除の場合、押す。

(1) 新規入力

⑥撮影記録
年月日を登録する。

⑦撮影記録時間を登録する。

⑧「保存」押す
削除の場合「削除」を押す

(2) 編集または削除の場合

①保存日数を入力する。

②「保存」押す
削除の場合「削除」を押す

No.	開始日時	終了日時	保存日数	編集		
1	2022-12-01	000	2028-03-31	23:59	30	編集

図 4.3.1-11) 静止画撮影予約登録、削除、予約編集処理

③ 記録ファイル一覧（静止画検索、ダウンロード、削除処理）

検索条件（カメラ装置番号、撮影日時（開始と終了））を入力して検索すると、静止画のサムネール一覧が表示される。その中から拡大表示、ダウンロード、削除等が行える（図 4.3.1-12）。

(1) 静止画を撮影した画像データを検索し、一覧表示、画像表示、ダウンロードする。

①静止画カメラ番号を選択し「検索」を押す

撮影日時欄にサムネール一覧が表示される。

任意をクリックすると画像が表示される。画像をダブルクリックするとサムネール一覧に戻る

(2) 検索した結果から、削除、ダウンロードを行う。

「一括」を選択すると、画像のチェックボックスがすべて選択される。

撮影開始日時、終了日時の入力結果の条件で「検索」を押すとサムネール一覧表示される

チェックボックスの解除する

ダウンロード場合「ダウンロード」を押す。圧縮フォルダがダウンロードされる

(3) ダウンロードを選択した場合

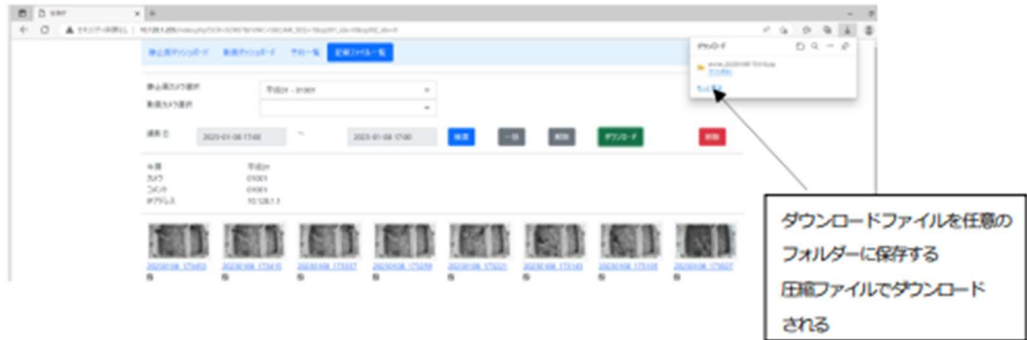


図 4.3.1-12) 記録ファイル一覧(静止画検索、ダウンロード、削除処理)



図 4.3.1-13) 見回りロボットを使った実証の様子

c.見回りロボットカメラの映像伝送の検証

試験端末からロボットに搭載された UE のアドレスに対して Ping/ISMP による接続試験を続けた結果、ローカル 5G 圏外にある待機場所から走行を開始し、圏内に入ったタイミングで通信が開始されたことを確認した。また、実証の対象とした平成 2 牛舎と平成 22 牛舎においては牛舎内に入っても途切れることなく通信できていることも確認できた。

しかしながら「3.3.4(2)2)カバーエリア内のローカル 5G の性能評価」にも記載したとおり、現時点で一部の牛舎においてローカル 5G の不感地帯が確認されており、見回りロボットの映像伝送品質が十分に確保できないことが想定される。来年度も引き続き、見回りロボットの実証を行うことから、実証に支障が出ないように、ローカル 5G ネットワークの再調整を実施する必要がある。

表 4.3.1-11) 見回りロボットカメラの映像伝送に関する測定結果

評価・検証対象処理	内容	評価
見回りロボットに搭載された UE の通信試験	ロボットという囲われた空間の中に搭載された UE が	・ローカル 5G 圏外から圏内に入ったタイミングで通信が自動的に開始されることを確認

	正確にローカル 5G の電波を識別（送受信）できるかを確認する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ロボットが走行する範囲で通信が途切れることなく確保されることを確認 ・ローカル 5G の不感地帯解消とスループット向上を図り映像品質の検証継続
--	----------------------------------	---

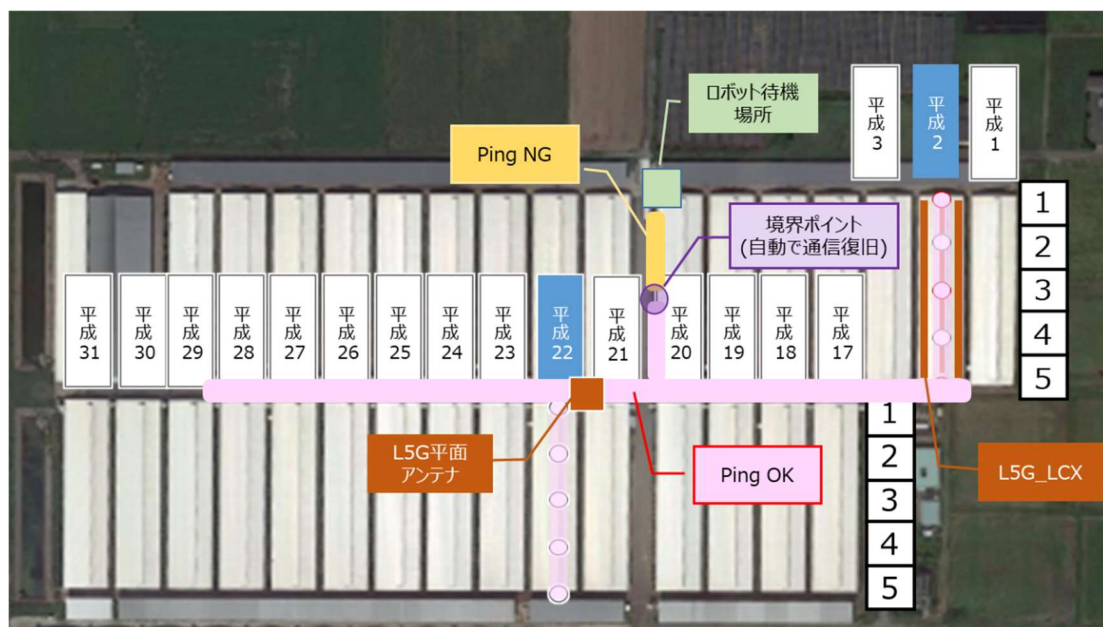


図 4.3.1-14) 見回りロボットに対する Ping 試験の状況

カメラ画像の映像品質試験では平成 2 牛舎、平成 22 牛舎の入り口から見て手前、中間、奥の 3 か所で撮影した画像伝送を確認したところ、いずれの測定ポイントでも Full_Hi-Vision 相当の画像伝送 (1920x1080 30fps) が実現できた。普段から牛を監視している職員の方に画面を確認いただいて 5 段階評価をつけていただいたところ、牛の様子を確認する画像としては十分であるとの評価を受けた。なお、牛自体はそれほど俊敏な動きをするわけでもないことから、より安定的に伝送するために画質は 1920x1080 15fps で十分と判断した。

牛の状況をより詳細に把握するためのカメラの PTZ の操作性についても、同ポイントで職員の方から遅延も少なくストレスなく操作できているとの評価をいただいている。

表 4.3.1-12) 見回りロボットカメラの映像伝送に関する測定結果2

評価・検証対象処理	内容	評価
見回りロボットに搭載されたカメラ (フル HD) の映像品質試験	ロボットからローカル 5G を介して送られてきた画像による牛の状態監視の可否を確認する。またフレームレートや解像度の変更による映像品質の変化と最適設定を確認する。	I.各測定ポイントで Full_Hi-Vision 相当の画像伝送が可能であり牛の監視において支障がないことを確認 II.牛の動きはそれほど俊敏でないため 15fps でも十分であることを確認
PC 端末及びMRグラスによるカメラ映像の操作性 (PTZ) 試験	ローカル 5G を介してロボットに搭載されたカメラを操作 (PTZ) して牛の状	各測定ポイントでカメラの PTZ をストレスなく測定できることを確認

態監視の可否を確認する。

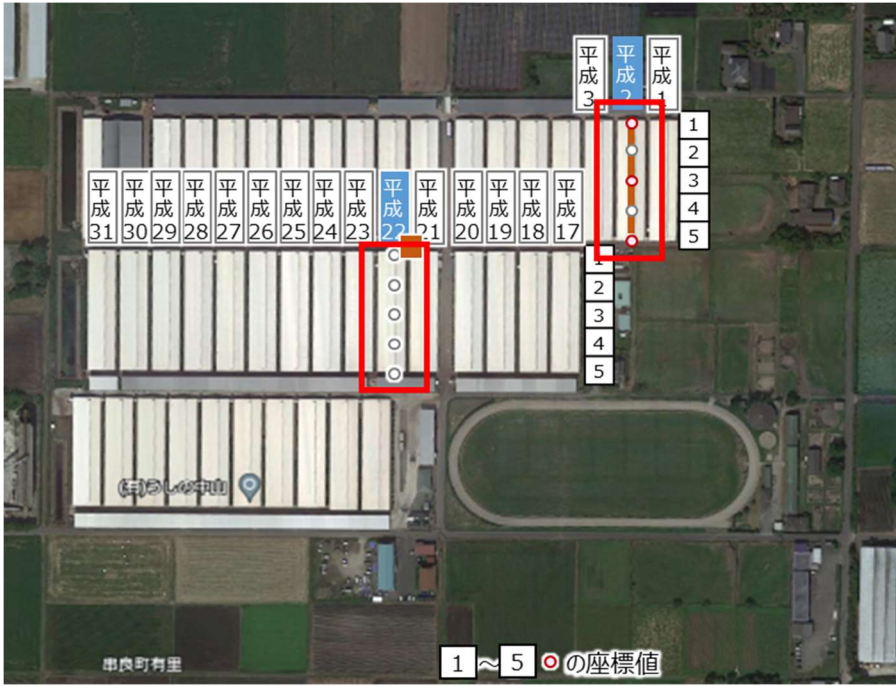


図 4.3.1-15) 見回りロボットによる映像伝送検証測定ポイント

表 4.3.1-13) 見回りロボットカメラの映像品質に関する測定結果1

牛舎	平成 2	RU	RU# 1	アンテナ	LCX		
測定ポイント	解像度	フレームレート	試験結果				
手前 : 5	1920×1080	30fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		20fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		15fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
	1280×720	30fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		20fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		15fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
	960×480	30fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		20fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		15fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
中間 : 3	1920×1080	30fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		20fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		15fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
	1280×720	30fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		20fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		15fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
	960×480	30fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		20fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		15fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
奥 : 1	1920×1080	30fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		20fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		15fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
	1280×720	30fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		20fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		15fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
	960×480	30fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		20fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い
		15fps	大変良い	良い	普通	悪い	大変悪い

表 4.3.1-14) 見回りロボットカメラの映像品質に関する測定結果2

牛舎	平成 2 2	RU	RU# 2	アンテナ	平面 (指向性)
測定ポイント	解像度	フレームレート	試験結果		
手前 : 1	1920×1080	30fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		20fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		15fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
	1280×720	30fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		20fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		15fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
	960×480	30fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		20fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		15fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
中間 : 3	1920×1080	30fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		20fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		15fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
	1280×720	30fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		20fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		15fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
	960×480	30fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		20fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		15fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
奥 : 5	1920×1080	30fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		20fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		15fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
	1280×720	30fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		20fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		15fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
	960×480	30fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		20fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
		15fps	大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		

表 4.3.1-15) 見回りロボットカメラの操作性(PTZ)に関する測定結果1

牛舎	平成 2	RU	RU# 1	アンテナ	LCX
測定ポイント	操作項目		試験結果		
手前 : 5	Panorama Tilt Zoom		大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
中間 : 3	Panorama Tilt Zoom		大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
奥 : 1	Panorama Tilt Zoom		大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		

表 4.3.1-16) 見回りロボットカメラの操作性(PTZ)に関する測定結果2

牛舎	平成 2 2	RU	RU# 2	アンテナ	平面 (指向性)
測定ポイント	操作項目		試験結果		
手前 : 1	Panorama Tilt Zoom		大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
中間 : 3	Panorama Tilt Zoom		大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		
奥 : 5	Panorama Tilt Zoom		大変良い-良い-普通-悪い-大変悪い		

(2) 運用検証

1) 検証項目

ローカル 5G を中心とするネットワーク・システム (Dr.Cows ビュー、見回りロボット) の運用により以下の検証を行った。

表 4.3.1-17) 運用検証における検証項目と内容

分類	評価・検証項目	内容
見回りロボット	見回りロボットに搭載したカメラの映像伝送	解像度、フレームレートビットレート、ビットレートタイプ等の変更による映像伝送性能の検証
牛監視カメラ	各牛房に取り付けたカメラの映像伝送	同時伝送台数、解像度、フレームレートビットレート、ビットレートタイプ等の変更による映像伝送性能の検証
静止画画像の蓄積と検索	各牛舎に設置されたエッジサーバーの蓄積画像の伝送	クライアントからの要求によりエッジサーバーに蓄積された画像の伝送性能の検証
総合試験	見回りロボットに搭載したカメラ及び各牛房に取り付けた牛監視カメラの同時映像伝送	見回りロボットに搭載したカメラのデータ伝送を実施した状態での牛監視カメラの映像伝送性能の検証
操作マニュアル	運用時を想定した操作マニュアルの記載内容	操作マニュアルの記載内容の過不足、わかりやすさ等の確認
トラブル対応フロー	トラブル発生時の対応フローの整理	トラブル発生の把握方法ならびに発生時の対応フローの整理

なお、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試験を想定。

アラートに対する気づきやすさなども検証。

監視レベルの分類定義について生産者側のご意見を確認。

機器の故障率や安定稼働についても検証。

2) 検証方法

表 4.3.1-18) 各項目の検証方法

分類	評価・検証項目	検証方法
見回りロボット	見回りロボットに搭載したカメラの映像伝送	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の試験を実施。
牛監視カメラ	各牛房に取り付けたカメラの映像伝送	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の試験を行った。
静止画画像の蓄積と検索	各牛舎に設置されたエッジサーバーの蓄積画像の伝送	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の試験を行った。

アラートの気づきやすさ	夜間における AI からのアラート情報の気づきやすさを検証	夜間における気づきやすさ、昼間における気づきやすさ、悪天候時における気づきやすさなどを実際に試験。
監視レベルの分類定義について生産者側のご意見を確認する	起立困難牛の早期発見におけるアラート分類を検証。その他体調不良の早期発見に役立つ生産者のご意見をヒアリング。	現場における見回り業務への影響を聞き取り調査。聞き取り対象は社長・専務・農場従業員とする。
機器の故障率や安定稼働	2023年2月～2024年2月までの1年間の稼働率などを検証	機器の故障率などを集計。
総合試験	見回りロボットに搭載したカメラ及び各牛房に取り付けた牛監視カメラの同時映像伝送	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の試験を実施。
操作マニュアル	運用時を想定した操作マニュアルの記載内容	操作マニュアルの記載内容の過不足、わかりやすさ等について、実際に運用にあたる職員へ操作手引書を提示し、聞き取りを実施。
トラブル対応フロー	トラブル発生時の対応フローの整理	トラブル発生が把握できる仕組みづくりと遠隔から保守対応できる仕組みづくり

3) 検証結果及び考察

各検証項目に関する評価を以下に示す。

表 4.3.1-19) 各項目の評価(検証結果)

分類	評価・検証項目	評価
見回りロボット	見回りロボットに搭載したカメラの映像伝送	ロボットの自走プログラムが開発中であり、防水・防塵加工も要件に合わせてこれから施すこととなるため運用検証は別途実施する。
牛監視カメラ	各牛房に取り付けたカメラの映像伝送	監視カメラは IP67 防水防塵対応、赤外線 LED、逆光補正機能搭載により、昼間、悪天候時、屋内であっても映像は鮮明に映る。端末にて、昼間、悪天候時の映像を確認したが、問題はなかった。また、夜間、真っ暗な中でのライブ映像を確認したところ、黒毛牛をはっきりと識別することができた。 (同時伝送台数、解像度、フレームレートビットレート、ビットレートタイプ等の変更による映像伝送性能

		の検証は、表 4.3.1-11) 課題実証結果参照)
静止画画像の蓄積と検索	各牛舎に設置されたエッジサーバーの蓄積画像の伝送	監視カメラは IP67 防水防塵対応、赤外線 LED、逆光補正機能搭載により、昼間、悪天候時、屋内であっても静止画撮影した画像は鮮明に写っており問題はない。Web 静止画撮影サービスの履歴画像を、昼間、悪天候時、画像を確認したが、問題はなかった。また、夜間、真っ暗な中で撮影された静止画を確認したところ、黒毛牛をはっきりと識別することができた。
アラートの気づきやすさ	夜間における AI からのアラート情報の気づきやすさを検証	異常を検知した際は LINE で登録者のスマートフォンでアラートが通知される仕組みのため、昼間、夜間、悪天候時の気づきやすさに大きな差がないと職員へのヒアリングにて確認できた。 通知音や画面構成についてもうちの中山職員に確認いただき問題ないことを確認できた。
監視レベルの分類定義について生産者側のご意見を確認する	起立困難牛の早期発見におけるアラート分類を検証。その他体調不良の早期発見に役立つ生産者のご意見をヒアリング。	現場における見回り業務への影響を聞き取り調査。聞き取り対象は社長・専務・農場従業員とする。
機器の故障率や安定稼働	2023年2月～2024年2月までの1年間の稼働率などを検証	機器の故障率などを集計。 2023年2月 ・監視カメラの障害 30 件程度 原因：LAN ケーブル接続エラー、IP カメラ設定ミス等 ・サーバ、ストレージ、スイッチ関連の障害は 0 件
総合試験	見回りロボットに搭載したカメラ及び各牛房に取り付けた牛監視カメラの同時映像伝送	今後、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の試験を実施。 平成 1、2 牛舎にて、同時撮影テスト、映像伝送テストを実施し、処理に影響がないことを確認。

■見回りロボットによる運用

定点カメラの画質、fps、同時接続数による違いや見回りロボットによる LIVE カメラの操作性や PTZ の有効性や画質について検証結果を報告する。また、そうした違いが牛の肥育観察においてどのような影響があるかを検証した（最終的に現地に行く必要があったなど）。

■考察

ライブ映像と Web 静止画撮影サービスの実際の画面を利用者に見ていただき、起立困難牛の監視で活用できるとの回答が得られた。しかし、いつ発生するかわからない起立困難牛の発見のために、多くのカメラのライブ映像を目視で常時監視することは非効率である。このため、画像解析 AI 処理で発見後、利用者にアラームで通報し、ライブ映像の確認と見回りロボットによる撮影画像の取得により、迅速に対応することが可能となる。また、過去の撮影画像から、起立困難が発生したタイミングや原因・兆候の発見等、予防対応策を検討するうえで利用するケースは多いと考えている。

なお、監視カメラの障害については、実証初期においての LAN ケーブルの接続エラーや IP カメラの設定ミスが原因であったため、運用において同原因で故障が起こることは考えづらいが、今後は長期運用においてカメラ機器本体の故障について注意が必要である。(カメラ機器本体の故障については、故障機器本体の取り換え作業を例えば“2 か月に 1 回まとめて実施する”など作業回数を集約することで維持管理費用の低減を図るといった対応を行う)

■アウトプット

【2023 年 1 月 20 日】

定点牛監視カメラの画像の妥当性、・定点牛監視カメラの同時に起動できる LIVE 画面数の妥当性、画像蓄積サーバに蓄積した映像の画質・操作性の妥当性について、アンケートを作成して、社長、専務、従業員 1 名に牛舎のライブ映像と Web 静止画撮影処理の実機デモを実施し、実施後に、社長、専務、従業員にヒアリングを行った。そして、ヒアリング結果をまとめて、従業員の方に記入していただいた。以下にアンケート内容と回答内容を示す。利用者より、牛監視カメラシステムでのライブ映像、静止画撮影 Web サービスを利用することで起立困難牛を見分けることは可能であるとの評価が得られた。しかし、起立困難牛を見分けるためには、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る。また、いつ起きるかわからない事象について 1,008 台のカメラ画像をすべて目視することはできない。起立困難牛は、一定時間、足を広げて横たわっている牛について観察することで発見できるため、これらのパターンを 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で目視判断する組み合わせで確認する運用が望ましい。また、夜間の場合、起立困難牛以外の牛の異常状態の監視は、「もし発見できても夜間のため、即座の対応は難しい」、とのご意見があった。

【牛監視カメラシステムアンケート項目】(網掛け部はユーザーからのアンケート回答)

1. 画像や映像について質問です。

①画質

非常に悪い 悪い 普通 きれい 非常にきれい

②複数表示時のサイズ

小さい 普通 十分

④ 拡大表示時のサイズ

小さい やや小さい 普通 十分 さらに大きく

④真上からの映像について

横からがよい 違和感あり 問題ない

⑤映像から個体識別ができましたか

できない 微妙 できた

映像から個体が何をしているか判断できましたか（いくつでも）

佇立反芻、横臥休息、横臥反芻、飲水、塩なめ、排尿、排糞、静止、採食、歩行、走る、
交尾、発情、マウントする、マウントされる、なめ行動

その他（ ）

⑥映像から個体の何を判断したいですか（いくつでも）

佇立反芻、横臥休息、横臥反芻、飲水、塩なめ、排尿、排糞、静止、採食、歩行、走る、
交尾、発情、マウントする、マウントされる、なめ行動、その他動いている

その他（けが、異常、はなたれ、耳たれ、その場にとどまり続ける等異常）

2. 画像や映像から期待できることは何ですか（複数回答可）

①見回り業務の代わりになる

ア) 画面監視で現場に行かなくてもよくなる

イ) 画面監視により、現場での見回り回数を減らすことができる

ウ) 様子のおかしい個体にフォーカスして監視ができる

エ) 牛の様子を職員同士で共有できる

オ) その他（教育、接客などにも使える）

②操作性および、どこを改善することで業務に使いやすくなると思いますか？（複数回答可）

ア) 映像や画像をもっときれいに

イ) 映像や画像の撮影角度（斜め、横）が良い

ウ) 大型モニターで大きくみたい

エ) 複数モニターで同時に見られるとよい

オ) 映像や画像の表示速度が速くなればよい

カ) 画面監視や AI などの技術に合わせた業務改善が必要

キ) 監視機能の使い勝手

ク) その他（沢山同時に牛房毎の監視カメラ沢山見られるとよい。

モニターにカメラ 16 分割画面同時表示でよいが、大型モニターに 64 画面分割の画面表示ができると牛の状態が一度に見られるとさらに良い）（専務様より）

【その他ヒアリングと運用について】

① 運用時を想定した操作マニュアルの妥当性生産者みずからの

ライブ像閲覧ソフト（SmartPSS）と Web 静止画撮影サービスの操作手引書をユーザーに提示し、実機でデモ説明を実施した。ユーザーから操作方法および手引書について

て改善要望や質問はなく、端末操作について問題はないと考えている。また、システム起動とシャットダウン等の操作は 24 時間 365 日、自動運転のため、ユーザーに日々、対応していただく必要はないので説明していない。サーバ管理マニュアル等は作成済みであり関係者には配布している。運用時を想定した操作マニュアルの妥当性に問題ないと考えている。

② トラブル対応におけるフローの妥当性について

監視カメラサーバは 24 時間 365 日自動運転と保守拠点からのリモート保守対応を考えている。障害発生時は、ユーザーから連絡を受けると、保守担当者から VPN リモート接続によりサーバと接続して、状況把握をおこなう。今回、仮想 OS 上に多数の仮想サーバを導入した。このため、ログサーバに他サーバからの障害情報、カメラ障害情報、サーバのハード、OS 等の障害情報等をすべて `syslog` に一元化し障害原因を直ちに特定できる仕組みを構築した。また、多くのカメラの障害情報は、障害監視サーバから、メール保守担当者に通知する仕組みを構築している。トラブル対応におけるフローの妥当性に問題はないと考えている。

■アラート通知について

異常を検知した際のアラートを LINE で登録者のスマートフォンに通知されるかを検証し、昼間帯に通知音や画面構成、表示内容に問題がないことをうしの中山の職員 3 名に実際の端末・画面を見て確認いただいた。また、LINE という使い慣れたアプリケーションを活用していることから夜間や悪天候時の気づきやすさにも大きな差がないであろうと職員の方からコメントいただいた。なお、今後実際の運用の中でアラートに気づくのが遅くなり監視業務に支障が生じた場合は改めて改善を図って行くこととしたい。

アラート通知画面を図 4.3.1-16 に示す。



図 4.3.1-16) LINE アラーム通知画面

(3) 効果検証

1) 検証項目

表 4.3.1-20) 肥育観察における有効性の確認(例)

試験 No	検証項目	現象の抽出可能性	誤認率・確認時間・その他	特記事項
1	起立困難牛の発見(人間による画像監視)	全頭抽出不可能	20 分間の 28 秒間隔で撮影された静止画を観察し時間計測する時間	起立困難牛は少し見ただけではわからない。いつ起こるかわからない現象を 1,008 台も監視できない。起立困難が疑わしい牛について、ライブ映像で確認後、Web 静止画撮影検索により、過去 20 分前からの画像抽出を行う。30 秒以内で操作完了し、起立困難牛かの特定可能である。
2	起立困難牛の AI 監視	可能・不可能	〇〇%・確認時間〇〇分/頭	安定。監視対象が明らかなため運用しやすい
3	起立困難牛の LIVE 映像による抽出	可能・不可能	〇〇%・確認時間〇〇分/頭	動きの少ない牛はわからない
4	見回りロボット接続 LIVE カメラ画像による起立困難牛の対応	可能・不可能	〇〇%・移動時間〇〇分/回	PTZ もスムーズ。操作性良い

2) 検証方法

検証実施者・対象者・人数、検証の対象期間、検証手段(アンケート・ヒアリング、ログデータの確認等)、検証手順(アンケート・ヒアリングの想定設問の内容、ログの比較手順)について表 4.3.1-22 に示す。なお、実証期間内で検証可能な範囲という前提での効果検証の内容について継続検討を行い、定量的な検証を含めて効果検証項目を表 4.3.1-21 に示す。

表 4.3.1-21) 各項目における検証実施者・手順

試験 No	検証項目	検証実施者	人数	検証の対象期間	検証手順
1	起立困難牛の発見(人間による画像監視)	農場作業員から任意で選抜	2~3名	2023年2月20日	人間による目視・体感及び死亡実績の比較

2	起立困難牛の AI 監視	農場作業員から任意で選抜	2~3名	2023年2月20日	人間による目視・体感及び死亡実績の比較
3	起立困難牛の LIVE 映像による抽出	農場作業員から任意で選抜	2~3名	2023年2月20日	人間による目視・体感及び死亡実績の比較
4	見回りロボット接続 LIVE カメラ画像による起立困難牛の対応	農場作業員から任意で選抜	2~3名	2023年2月20日	人間による目視・体感及び死亡実績の比較

表 4.3.1-22) 各項目における検証方法と評価方法

試験 No	検証項目	検証方法	評価方法
1	起立困難牛の発見 (人間による画像監視)	うしの中山宿直オペレータによる確認	1牛舎 56牛房の静止画 (28秒間隔で撮影) の目視での観察に要する時間と現行の見回り時間をヒアリングし効果測定を実施
2	起立困難牛の AI 監視	AI アルゴリズムの Dr.Cows ビュー搭載による抽出と、うしの中山宿直オペレータによる確認	
3	起立困難牛の LIVE 映像による抽出	うしの中山宿直オペレータによる確認	1牛舎 56牛房のライブ映像の観察に要する時間と現行の見回り時間をヒアリングして効果測定を実施
4	見回りロボット接続 LIVE カメラ画像による起立困難牛の対応	うしの中山宿直オペレータによる確認	5段階評価、自由記入回答

Dr.Cows ビュー・見回りロボットの導入効果に関わる設問について以下に示す。

【1回目：2022年11月30日】

従業員1名に、見回り業務の状況についてヒアリングを実施。

・昼間の見回りについて

社長、専務、農場長が見回りを実施する。または、従業員にて報告する。起立困難牛は1~4件程度発生/日、夜間が多い。月齢20カ月以上が多く3時間で死亡する。

・夜間の見回り

夜勤者1名担当。20時1名42牛舎、0時：肥育後期見回り、3時：全42牛舎の見回りをする。1巡回90分から120分。1牛舎あたり所要時間2分~3分。1牛房目視時間1~1.5秒程度。

ア) 管理者

- ▶ 本事業を通じてリモート監視の可能性をどのように感じたか。
- ▶ 多数の牛房を同時に監視できることで肥育事故の減少など課題解決に役立ったか。
- ▶ 多数の牛房を同時に監視することで早く肥育場の課題に気づけたか。
- ▶ 従来の見回り時間より短縮化、効率化できたか。
- ▶ このシステムが全国の生産者に広がることで期待できる効果とは。
- ▶ 今回のシステムで改善すべきポイントとは。
- ▶ このシステムが他の畜産で応用できる可能性は。
- ▶ さらに、どのような技術があるとリモート監視の質が向上するのか。
- ▶ 言葉で伝えるだけの内容よりも牛の状態の把握について理解は深められたか。

イ) 被験者 (=夜間宿直や日中の農場従業員)

- ▶ 今回、初めて牛監視カメラによる監視を行った感想。
- ▶ 従来の見回り時間より肥育牛全体や個々の体調把握を深めることができたか。
- ▶ ICT 技術を活用して牛を監視することは、監視レベルの向上に役立つと思うか。
- ▶ 夜間宿直時においてこのシステムは有用に機能するのか。
- ▶ その他、どのような機能があると肥育牛の事故を減らせると思うか。
- ▶ 今回の実証で、特に良かった点、悪かった点。

表 4.3.1-23) 効果検証のアウトプットイメージ

対象	項目	検証内容
経営者・管理者 農場従事者 夜間宿直者 (システムの操作性)	多地点・定点遠隔映像の有効性	映像の品質・安定性、操作性の検証
	PTZ 遠隔制御による能動的モニタリング	円滑な制御の可否、遅延性能の検証
	MR 空間共有操作 (見回りロボット)	見回りロボットにおける安定操作性の有効性検証
生産効率	見回り・宿直コストの効果検証	牛 1 回あたりの見回りコスト比較
	起立困難牛の削減効果	令和 2 年度・3 年度の実績と比較
	緊急出荷牛の削減効果	令和 2 年度・3 年度の実績と比較
	肺炎が重篤化する育成牛の削減効果	令和 2 年度・3 年度の実績と比較

3) 検証結果及び考察

■費用対効果に関する評価・検証

費用対効果表を作成し、比較考察した。具体的には通常の肥育牛の見回りにおける経費・飼養ロス（緊急出荷・死亡）と今回のリモート監視・見回りロボットに関わる経費を対比検討し、本事業の「費用対効果に関する評価・検証」を行った。幸いにも本実証期間中に牛の死亡事故は発生しておらず、ローカル 5G と牛監視システムの導入の有無による直接比較は行えていない。

本事業で経費が大幅に削減可能となるのは「見回り業務・宿直」に関わる費用項目とその精度から得られる死亡牛や緊急出荷牛の削減効果である。見回り業務では 1 人の人間が牛 1 頭に対してアテンドできる時間は限られており、例えば宿直であれば日当 12,000 円程度に対して、見回りは 22 時と 2 時の 2 回である（時間にしてトータル 4 時間程度である）。1 頭あたりの時間に換算すると 1 頭 850 頭いるので、2 回合計で 2.96 秒の時間しか見回りに充てることができない。これに対して、「Dr.Cows ビュー」（AI 搭載）では 28 秒に 1 回、1 秒ずつ静止画を取得して、20 分間などの継続・累積移動量を観察するため、観察量は 1 日あたり 3,085 回（秒）である（夜間宿直 19:00～7:00 の間の 12 時間でも 1,542 回観察・画像解析することとなり、1 回あたりの見回り粒度で $1,542 \text{ 秒} \div 2.96 \text{ 秒} = 520 \text{ 倍}$ である。人間のコストを 12,000 円×365 日として 4,380,000 円となるが、1 回あたりの見回りコストの削減は革命的である（4,380,000×520 倍の人員費は不可能な投資額である）。観察量に着目して比較すると、人間による観察と AI を活用した牛監視システムによる観察では差は歴然となる。また、牛監視システムでは常に一定の機能（能力）で 24 時間 365 日稼働できることが大きなメリットとなる。

見回り費用については、うしの中山へのヒアリングや実地調査、その他鹿児島県農業経営指標における平均的な作業時間などの情報を基にコストを算出した。また、死亡牛、緊急出荷牛の削減効果については令和 2 年度、3 年度、4 年度の実績と比較した。

表 4.3.1-24) 緊急出荷牛実績

年度	頭数			平均販売金額（円）		
	緊急出荷	通常出荷	割合	緊急出荷	通常出荷	差
令和 2 年度 (R1.10～R2.9)	97	2,417	4.0%	765,879	1,199,319	433,440
令和 3 年度 (R2.10～R3.9)	118	2,837	4.2%	838,711	1,309,098	470,386
令和 4 年度 (R3.10～R4.9)	62	2,890	2.1%	639,448	1,240,120	600,672

◎ 3664 雌 25.3ヵ月 【異常通知なし】

- 3/8 19:00頃から徐々にルーメン温上昇 (①)
- 3/9 1:20 ルーメン温40°C (②)
- 1:30 死亡発見。さや抜け



3/8 19:00ごろから起立不能となり、衰弱死した可能性がある。さや抜け・角折が見られたことから、角が柵に引っ掛かり起立不能となった可能性がある。

図 4.3.1-17) 獣医による死亡牛の考察レポート

表 4.3.1-25) 費用対効果評価(単位:千円)

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

*その他 見回り粒度や累積時間による経過観察、タイムリーな観察など品質面の定性的評価が必要

*死亡など獣医による考察・評価 (胃の温度変化による動態変化の予測とアラームなどとの比較評価)

(4) ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する総評

多端末同時接続技術の検証については、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 で接続し、映像伝送の品質を検証した。

結果、同時に最大 64 台のカメラの 4K 画質ライブ映像 (3860×2160/5fps) をモニターに表示・閲覧することが可能で、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できた。ただし、通常の運用では 64 分割画面ではなく 16 分割画面を表示することを想定している。

また、1,008 台の 4K カメラから 28 秒間隔での静止画撮影を伝送・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できた。

見回りロボット技術については、見回りロボットに搭載したカメラの制御信号伝送・映像伝送をローカル 5G により実施し、検証を行った。

結果、見回りロボットに搭載したカメラの遠隔操作は、遅延が少なく、ストレスを感じることなく実施可能だったことを現場職員にて確認できた。映像品質に関してもフル HD 相当の映像品質（1920×1080/15fps）の伝送を行い、牛の行動を詳細に把握するのに支障がないレベルであることを現場職員にて確認できた。

システム導入に関する費用削減効果については、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死亡牛、緊急出荷牛の回避による損失回避によるコスト効果を検証した。

結果、見回り稼働等の軽減にて年間約 2,400 万円、死亡牛・緊急出荷牛の回避にて年間約 1,200 万円、合計で年間約 3,600 万円のコスト効果が期待できる。

4.3.2 ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証

(1) 経済性・市場性の検証

本事業において大隅ファームエリアに構築したローカル 5G 基盤とスマート農業システムの構成を表 4.3.2-1 に、構築エリアを図 4.3.2-1 に示す。

表 4.3.2-1) 今回導入ローカル 5G 構成の確認

構 成		仕 様	
ローカル 5G 基盤	SA 装置	コア装置	大隅ファームに建設したシェルタ内に設置
		基地局	大隅ファームの対象牛舎をカバーできる場所に 15m の既存コン柱 SA 機器に基地局を 3 基設置
		LCX	18 棟のうちの 9 棟を LCX でカバー。電波漏洩対策を実施。
	インフラ	シェルタ	19 インチラック 1 台が設置できる空調設備付帯の設備を建設
線路		シェルタから基地局まで 8 芯テープの光ファイバを 3km 敷設（下図線路図）	
スマート 農業	牛監視カメラシステム	牛監視カメラシステム	ローカル 5G で監視センターから監視する AI 機能付牛監視カメラシステム。牛監視カメラ 1 台で 1 牛房 2 頭を監視する。
		見回りロボット	ローカル 5G で監視センターから指示することで目標牛舎・牛房まで自動で移動して、PTZ 可能なカメラで詳しい観察を可能とする。また、定期巡回を行い、残飼料の調査や牛に対する声掛け調査などを実施。まずは 1 台で運用する。

見回り計画・メンテナンスシステム	特選牛	クラウド型・オンプレミス型を持つ繁殖・肥育両方に対応した台帳管理システム。牛監視カメラで解析した内容の台帳取り込みにより、精度の高い見回りリストを生成するDWHを構成。
	DWH解析システム	生成されたDWHから監視レベル別に牛の分類を行い、リスト化して通知
	LINE連携システム	リスト化された見回りリストを多言語対応して関係者に通知
	事務向けRPA	和牛登録証のOCRとRPAによる半自動化や経済連システムや畜産協会向け届け出処理などをRPA化により自動化

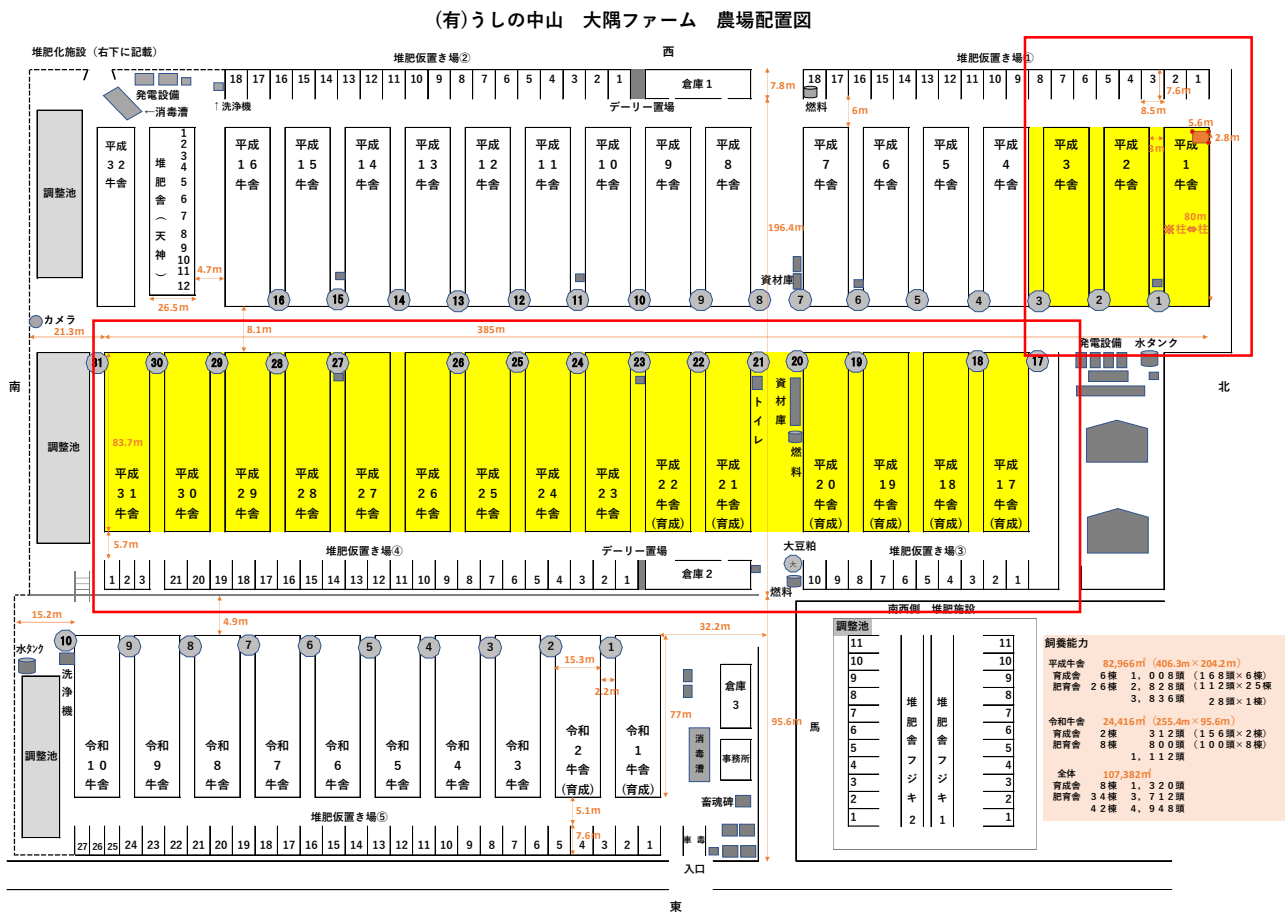


図 4.3.2-1) 大隅ファーム構築エリア

1) 検証項目

本事業モデルの対象農場は約 5.5ha であり、そこに表 4.3.2-1 の必要仕様で構成した通信設備、及びスマート農業に必要な機器やシステムの数量と費用構成を表 4.3.2-2 に示す。数量・費用を算出し、それらと従来の畜産事業における必要経費や課題解決による利得等と比較して効

果の検証を実施した。

表 4.3.2-2) 本事業で必要となる機器・システムの数量と費用構成

構 成		単 価	数 量	初期費用	年間費用※	
ローカル 5G 通信	機器	SA 機器	1 対			
		付属機器	1set			
		基地局設置	1 局			
		機器メンテナンス	/年			
	インフラ	線路構築		6km		
		シェルタ構築		1 式		
		インフラ維持・保守		/年		
スマート農業	牛監視カメラシステム	Dr.Cows ビュー	1 台			
		Dr.Cows ビュー維持費用	/台 /年		—	
		見回りロボット	1 台			
		見回りロボット維持費用	/台 /年		—	
	見回り計画・マスタメンテシステム	特選牛構築		1 式		
		特選牛維持費		/年	—	
		DWH 解析基盤構築		/年	—	
		DWH 解析基盤維持費		1 式		
		LINE 連携システム		1 式		
		LINE 連携システム維持費		1 式		
		事務向け RPA 構築		1 式		
		事務向け RPA 維持費		/年	—	
	合 計					〇〇〇〇

2) 検証方法

スマート農業に必要な機器やシステムを整備・維持するための費用に対して、システム導入による稼働軽減による効果や異常牛の早期発見による損失回避効果を算定する。

表 4.3.2-3) 費用に対する効果(仮説含む)

費用項目	人間による見回り費用	牛監視カメラ・見回りロボット導入後費用
見回り費用	〇〇円	〇〇円
出荷作業等事務処理費用	〇〇円	〇〇円
システム利用料	円	〇〇円

肥育牛の早期出荷	〇〇頭 (〇〇円)	〇〇頭 (〇〇円)
肥育牛の死亡	〇〇頭 (〇〇円)	〇〇頭 (〇〇円)
	計〇〇円	計〇〇円

「見回り費用」「出荷作業等事務処理費用」については、うしの中山へ勤務状況についてヒアリングや実地調査を実施するとともに鹿児島県農業経営指標（肥育経営）における標準値を参考に平均的な作業単金（時間）にてコストを算出した。また早期出荷した場合と通常出荷時の価格差についてはこれまでの実績に基づく数値をヒアリングした。肥育牛の死亡の金額については、機会損失として販売額の平均値を参考とした。それら数値と ICT 利用時におけるコストを比較した。

表 4.3.2-4) 死亡牛の頭数と内訳(R3比)(再掲)

	起立不能	起立困難 (カエリ)	病死	不明	死亡頭数
R3.6	1				1
R3.7	2				2
R3.8		1		1	2
R3.9		2		3	5
R3.10			2		2
R3.11		1	2	1	4
R3.12	2				2
R4.1			2	1	3
R4.2			2		2
R4.3				2	2
R4.4			1	1	2
R4.5				1	1
合計	5	4	9	10	28

表 4.3.2-5) 緊急出荷の比較

年度	頭数			平均販売金額 (円)		
	緊急出荷	通常出荷	割合	緊急出荷	通常出荷	差
令和 2 年度 (R1.10~R2.9)	97	2,417	4.0%	765,879	1,199,319	433,440
令和 3 年度 (R2.10~R3.9)	118	2,837	4.2%	838,711	1,309,098	470,386
令和 4 年度 (R3.10~R4.9)	62	2,890	2.1%	639,448	1,240,120	600,672

3) 検証結果及び考察

今回の実証実験対象については実証事業モデルとして、ローカル 5G を適用するために免許を維持し、当初の実証実験で構築した施設や設備の更新を迎えるまでの期間で保守メンテナンスの費用を予算化し、負担者を決めて実施して行く。償却期間後に機器や線路を更新しない前提でのローカル 5G 通信にかかる年間費用は表 4.3.2-6 のとおりとなる。実証においては、ローカル 5G を含む ICT 導入による初期費用+年間費用と、ICT 未導入時の人件費+機会損失などの費用との比較を実施し、初期投資が回収できるタイミング（損益分岐点）についての考察を行った。また、今回の実証エリアはうしの中山の全 42 棟の牛舎のうち 18 牛舎であるが、実証エリア以外の 24 牛舎への展開も検討するため、同様に初期投資と回収できるタイミング（損益分岐点）について考察を行った。

表 4.3.2-6) ローカル 5G の構築・維持費用(単位:千円)

構成			単価	数量	初期 費用	年間費用※
ローカル 5G 通信	機器	SA 機器 (9 年)	30,800	1 式	30,800	3,422
		基地局 3 所 (9 年)				
		機器メンテナンス	4,620	/年	—	4,620
	インフラ	線路構築 (15 年)	57,923	1 式	57,923	3,861
		ラック構築 (15 年)	13,875	1 式	13,875	925
		インフラ維持・保守	5,792	/年	—	5,792
		エッジサーバーホス ティング	1,800	/年	—	1,800
	合 計					

※初期費用がかかる構成要素は、表内に記載の償却年数で年間費用に換算。

※機器メンテナンスは機器代金の 15% で設定、インフラ維持・保守は構築費の 10% で設定。

※無線の対向側のゲートウェイのコストは小さいので無視する。

うしの中山における最適なシステム規模の設計によりローカル 5G 導入コストを極力抑えることができしており、それに伴い維持・保守に関わる費用の低減も実現できている。

表 4.3.2-7) 参考)堀口製茶における蓬原地区のローカル 5G 化試算(単位:千円)

構成			単価	数量	初期費用	年間費用※
ローカル 5G 通信	機器	SA 機器 (9 年)	24,000	3 対	72,000	8,000

農場全体 や見込ま れる近隣 の農場を 試算		付属機器 (9年)	4,000	3set	12,000	1,333
		30 基地局設置 (9年) *例	31,000	1 式	31,000	3,444
		機器メンテナンス	16,800	/年	—	16,800
	インフラ	線路構築 (15年)	2,500	40km	100,000	6,666
		ラック構築 (15年)	5,400	3 式	16,200	1,080
		インフラ維持・保守	14,400	/年	—	14,400
		エッジサーバーホス ティング	1,620	/年	—	1,620
合 計						53,343
通信費用 (2 割の適正利益を計上)						64,012

※初期費用がかかる構成要素は、表内に記載の償却年数で年間費用に換算

※無線の対向側のゲートウェイのコストは小さいので無視する。

また、参考として、NTT ビジネスソリューションズ株式会社にて完全なサブスクリプション型のローカル 5G サービスを展開している。ユーザーサイドとしては、本事業のような買い切り型のみならず、サブスクリプション型のサービスも新たに存在することで、システム導入時点での選択肢が広がり、ユーザーサイドにおける経営状況や設備環境といった諸条件と照らし合わせ、導入障壁（メリット・デメリット）を検討することで、ユーザーにとってよりよいソリューションを導入することが期待できる。

表 4.3.2-8) NTT 西日本サブスクリプション型サービスによるローカル 5G の費用(単位:千円)

構 成		単 価	数 量	初期費用	年間費用※
ローカル 5G 通信	機器	SA 機器月額	1 式		5,076 —
		基地局 (4 か所) 月額			
		機器メンテナンス			
イン フラ	線路構築 (15年)	57,923	1 式	57,923	3,861
	ラック構築 (15年)	13,875	1 式	13,875	925
	インフラ維持・保守	5,792	/年	—	5,792
合 計					15,657

一方で、スマート農業について事業者側にとって必要な費用は下表のとおりである（ローカル 5G 通信側が買い切り型であろうとサブスクリプション型のサービスであろうと、スマート農業ソリューション側は変わらない。一定である）。下表では必要となるすべての項目について計上しているが、一部の項目についてはスポット対応による維持管理も可能である。

表 4.3.2-9) 本実証におけるスマート農業について必要な費用(単位:千円)

構成		単 価	数 量	初期費用	年間費用※	
スマート 農業	牛監視カメラ システム	Dr.Cows ビュー構築 9セット (5年)	59,000	1式	59,000	11,800
		Dr.Cows ビュー維持 (スポット可)	11,800	/式/年	-	11,800
		見回りロボット (5 年) (オプション)	6,000	1台	6,000	1,200
		見回りロボット維持	1,200	/台/年	-	1,200
	見回り計画・ マスタメンテ システム	特選牛構築 (5年)	5,000	1式	5,000	1,000
		特選牛維持	600	/年	-	600
		DWH 解析基盤構築 (5年)	440	/年	440	88
		DWH 解析基盤維持	440	1式	-	440
		LINE 連携システム (5年)	2,500	1式	2,500	500
		LINE 連携システム維 持	120	1式	-	120
		事務向け RPA 構築 (5年)	2,150	1式	2,150	430
		事務向け RPA 維持費	1,800	/年	-	1,800
	合 計					30,978

本試算費用に対して、得られる経済効果は以下のとおりである。

表 4.3.2-10) 本試算費用に対する経済効果(実証エリアを対象)(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)
見回り費用	51,000	27,540,
出荷作業等事務処理	2,900	1,850
合計	53,900	29,390

見回り費用については、飼料の調整給与のうち牛の観察に使う時間が 70%を占めており、この観察時間は牛監視システムを導入することで軽減可能である。今回観察時間を 1/3 とすることを目標としている。また、素牛導入や出荷作業のうち、事務処理が 40%を占めており、これらの業務を RPA ツール導入により、36%削減させることを目標としている。

見回り作業の軽減と事務処理作業の軽減により、年間約 2,450 万の費用削減が期待できる。

また、牛監視システムの導入により当該農場の肥育牛の緊急出荷牛（角の事故などにより通常は 30 ヶ月齢まで飼養するところを事故直後直ぐに出荷してしまうこと）及び起立困難などの死亡牛の 30%削減を目標としている。過去 3 年間の通常出荷における販売額や、緊急出荷におけ

る販売額を調査し、緊急出荷における販売額の損失や死亡牛発生による機会損失額を下表のとおりまとめた。

表 4.3.2-11) スマート農業導入により期待される効果

項目	人間による見回り	牛監視カメラ・見回りロボット導入後	経済効果
肥育牛の早期出荷（平均）	農場全体：92頭 実証エリア：40頭	農場全体：64頭 実証エリア：28頭	・早期出荷による損失額 501,499 円/頭・・・①・実証エリアで通常出荷になるのは12頭・・・② →経済効果 5,953,514 円 (①×②)
肥育牛の死亡	農場全体で 32 頭 (40,787,488 円) 実証エリア換算 14 頭 17,480,352 円	農場全体で 22 頭 (28,041,398 円) 実証エリア換算 9 頭 12,017,742 円	・死亡による販売機会損失 1,274,609 円・・・① ・実証エリアで死亡を防ぐことが期待できるのは5頭・・・② →経済効果 6,373,045 円 (①×②)
合計			12,326,559 円

見回り稼働の軽減と死亡牛の回避による経済効果と、農場の規模（飼育頭数）については、ほぼ比例関係にあると言える。飼育頭数が少ない農場における見回り稼働や死亡牛の発生件数は、大規模農場よりも少なく、経済効果（利得）は飼育頭数が多ければ多いほど大きくなる。

これまでの検証結果を基に、まずは今回の実証エリアにおける実装性の検証を行った。今回のシステム構成において、投資が回収できるボリュームゾーン（損益分岐点）については図 4.3.2-2 に示す。

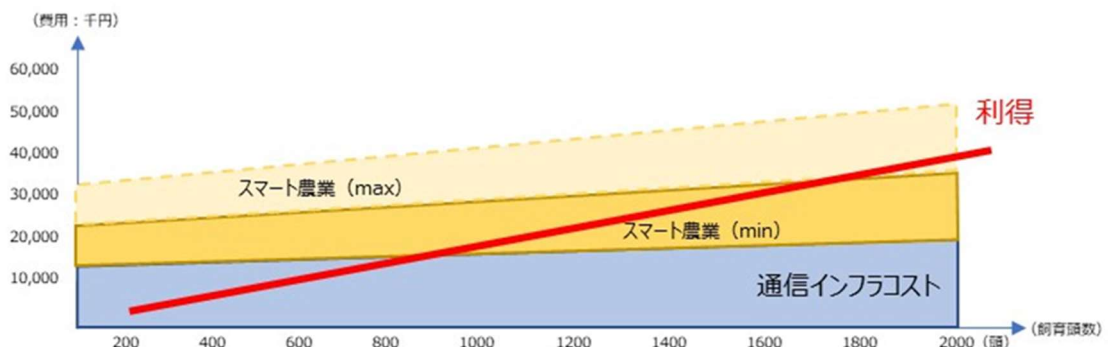


図 4.3.2-2) 本実証のシステム構成における初期投資回収可能損益分岐点

今回は実証エリアに適したローカル 5G の環境構築を行い、2,000 頭規模のボリュームゾーンで費用対効果が現れる結果になっている。ただし、スマート農業においては、後年度の維持管理コストを極力抑える必要があり、Dr.Cows ビューや RPA 維持管理等についてはスポット対応とすることで費用対効果が実現できる結果となっている。それらを定額費用で支払って維持メンテナンスを行うと、想定利得を上回る費用が必要となり費用対効果は実現できない結果となった。またローカル 5G 通信インフラについては農場の規模に関わらず、それなりの初期投資（最低でも一千万円超の費用）が必要となるため、小規模農家における費用対効果は非常ににくい費用構造となっている。そのためローカル 5G の初期費用や維持管理費用を低減させることが、小規模農家へのローカル 5G 普及展開には必須条件である。具体的には小規模農家に対しては、線路構築やコンテナ構築やラック構築費用も大きな割合を占めることが想定されるため、これらを低減する対策が必要である。

一方で、NTT 西日本が提供するサブスクリプション型のローカル 5G サービスにおいても、最低利用料は月額 35 万円からの設定となっているが、今回の実証エリアにおいて試算すると下表のとおり月額費用は約 42 万円となる。

表 4.3.2-12) 本実証エリアにおける NTT 提供サブスクリプション型ローカル 5G サービス利用料(単位:千円)

構 成			単 価	数 量	初期費用	年間費用
ローカル 5G 通信	機 器	SA 機器 (月額)	423	1 式	-	5,076
		基地局 4 か所 (月額)				
		機器メンテナンス				
	インフラ	線路構築 (15 年)	57,923	1 式	57,923	3,861
		ラック構築 (15 年)	13,875	1 式	13,875	925
		インフラ維持・保守	5,792	/年	-	5,792
		一時金	30		30	30
	合 計					

本実証エリアにサブスクリプション型のモデルを持ち込んだ場合の費用対効果は図 4.3.2-3 のとおりとなる (参考情報)。

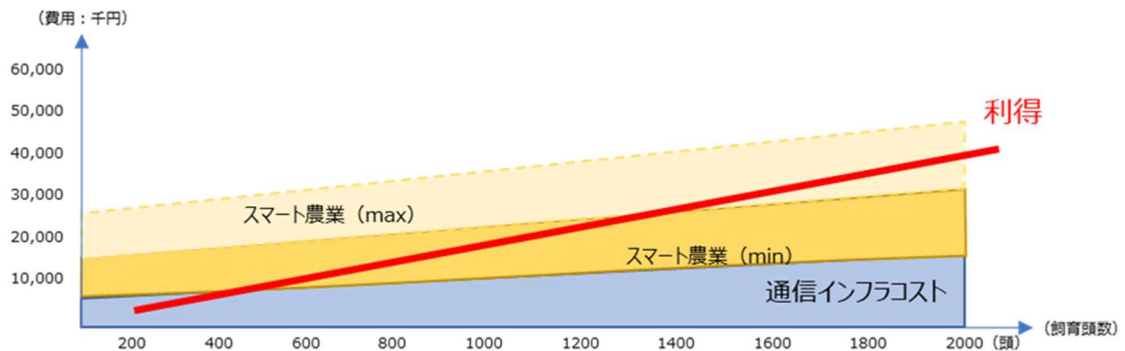


図 4.3.2-3) 本実証エリアに NTT 西日本提供のサブスクリプションモデルを持ち込んだ場合の費用対効果

さらに本実証における 18 牛舎以外の 24 牛舎に対しても同様のシステム整備を行った場合のコストシミュレーションを実施する (図 4.3.2-4 青点線部分が追加となる 24 牛舎)。エリア拡大における通信インフラ基盤ならびに監視ソリューションなどの総費用については表 4.3.2-13 に、費用対効果は表 4.3.2-14 に示す。

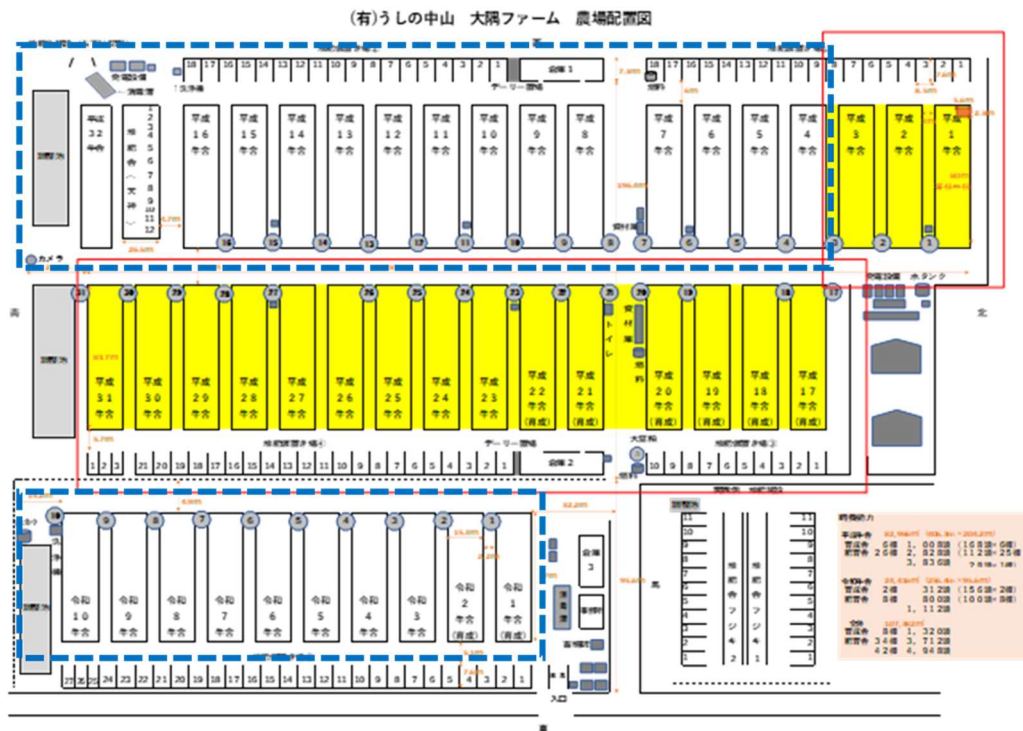


図 4.3.2-4) 本実証の対象外エリア 24 牛舎(青枠)

表 4.3.2-13) ローカル 5G を農場全体に拡張する費用(単位:千円)

構成		単価	数量	初期費用	年間費用※
ローカル 5G 通信	SA 機器 (9年)	57,720	1 式	57,720	6,413
	付属機器 (9年)				

		基地局設置 (9年)					
		機器メンテナンス	8,658	/年	—	8,658	
		線路構築 (15年)	143,600	1式	143,600	9,573	
		シェルタ構築 (15年)					
		インフラ維持・保守	11,580	/年	—	11,580	
スマート 農業	牛監視カメラ システム	Dr.Cows ビュー構築 22セット (5年)	130,000	1式	145,000	29,000	
		Dr.Cows ビュー維持 費用 (スポット可)	28,850	/式/年	—	28,850	
		見回りロボット (オプション)	6,000	2台	12,000	2,400	
		見回りロボット維持費 用	1,200	/台/年	—	2,400	
	見回り計画・ マスタメンテ システム	特選牛構築	12,500	1式	12,500	2,500	
		特選牛維持費	1,500	/年	—	1,500	
		DWH 解析基盤構築	1,100	/年	1,100	220	
		DWH 解析基盤維持費	1,100	1式	—	1,100	
		LINE 連携システム	6,100	1式	6,100	1,220	
		LINE 連携システム維 持費	300	1式	—	300	
		事務向け RPA 構築	2,150	1式	2,150	430	
		事務向け RPA 維持費 (スポット可)	1800	/年	—	1,800	
	合 計						107,944

表 4.3.2-14) ローカル 5Gを農場全体に拡張した場合の費用対効果(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)
見回り費用	119,000	64,260
出荷作業等事務処理	2,900	1,850
合計	121,900	66,110

表 4.3.2-15) ローカル 5G を農場全体に拡張した場合のスマート農業導入により期待される効果

項目	人間による見回り	牛監視カメラ・見回りロボット導入後	経済効果
肥育牛の早期出荷 (平均)	農場全体 : 92 頭	農場全体 : 64 頭	<ul style="list-style-type: none"> ・早期出荷による損失額 501,499 円/頭・・・① ・通常出荷になるの

			は 28 頭・・・② →経済効果 14,041,972 円 (①×②)
肥育牛の死亡	農場全体で 32 頭 (40,787,488 円)	農場全体で 22 頭 (28,041,398 円)	・死亡による販売機会損失 1,274,609 円・・・① ・死亡を防ぐことが期待できるのは 10 頭・・・② →経済効果 12,746,090 円 (①×②)
合計			26,788,062 円

ローカル 5G を農場全体に拡張した場合の損益分岐点は下図のとおりとなる。

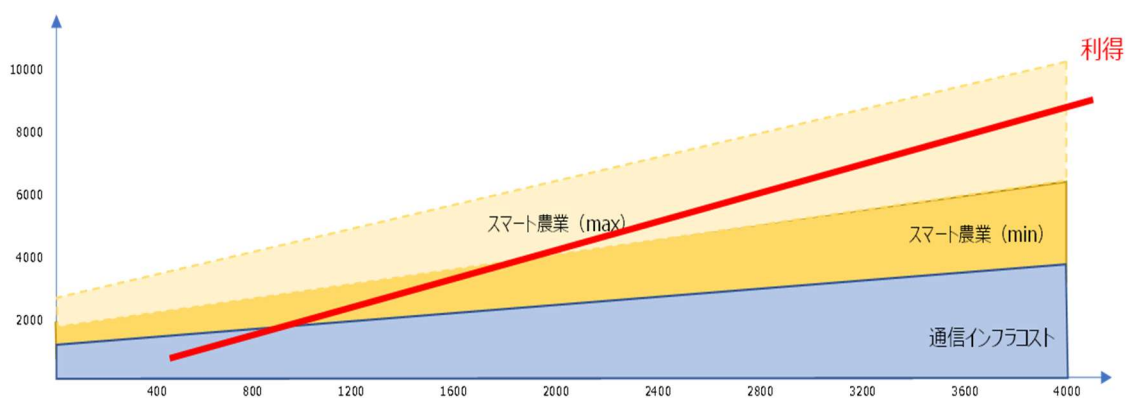


図 4.3.2-5) ローカル 5G を農場全体に拡張した場合の損益分岐点

実証エリアへの導入の際と同様、2,000 頭規模のボリュームゾーンで費用対効果が現れ、以降は利得と必要経費の差が徐々に広がって行く状態となる（ユーザーにとって大規模になるほど費用対効果が大きくなっていく状態）。ただし、それでも前述のとおり、すべての維持管理費用を支払ってシステム維持した場合には想定利得を上回る費用が必要となり費用対効果は実現できない結果となった。

またローカル 5G を農場全体に拡張した場合に、ローカル 5G をサブスクリプション型にて導入した場合の損益分岐点は以下のとおりとなる。

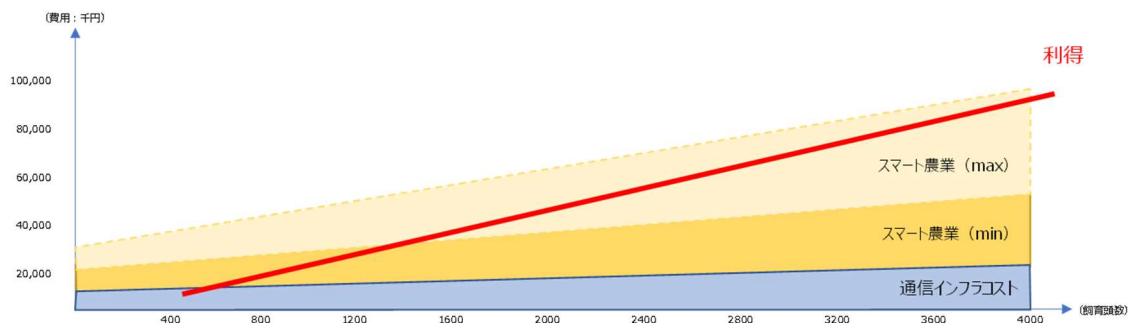


図 4.3.2-6) ローカル 5G(サブスクリプション型)を農場全体に拡張した場合の損益分岐点

ローカル 5G をサブスクリプション型とした場合は、通信インフラコストが比較的安く抑えられ、費用対効果が現れるタイミングもより早い段階となった。それでもやはりすべての維持管理費用を支払ってシステムを維持した場合には想定利得を上回る費用が必要となる。

ここまで、ローカル 5G 活用モデルの定量的な導入効果・評価について考察を重ねてきたが、定性的評価として軽労化、働き方改革につながるか、従業員の募集に効果があるか、従業員の定着率への効果など、関係者へのヒアリングやアンケートを利用した評価も行い総合的な見通しを考察した（4.3.2（2）3）ならびに添付資料参照）。

結果、これまで本実証に取り組む前からうしの中山にて導入されていた IoT ツール胃診通信や、セグウェイによる見守りなど、従来の畜産のイメージを変える取り組みと同様に、監視カメラによる AI 診断や見回りロボットの活用などは、最低でも業務の効率化や作業者の働き方改革に期待できるとのご意見があった。例えば、うしの中山においては、以前から ICT に強い人材（興味のある人材）を採用したいとの思いがあり、九州内の工業高等専門学校生の採用を検討している。今後、農業以外の人に農業に興味を持っていただくことも大切な中で、スマート農業の取り組みは就職へのきっかけのひとつになりうるとのご意見があった。また AI による体重推定については、測定結果・数値の確かさの実現が大前提ではあるが、これまでの牛の体重計測と比較すると、牛そのものに与えるストレスの軽減（AI による体重推定では軽減ではなくほぼゼロ）や、作業者の労働負担軽減に大きく役立つとのコメントが複数あった。関係者へのヒアリングやアンケート結果の詳細については、（4.3.2（4）3）にて後述する。

(2) 運用スキーム・ビジネスモデルの検討

1) 検証項目

前節では、対象地域のローカル 5G の実装コストを明らかにするとともにスマート農業の実装コストを明らかにし、その結果得られる効果を試算し、ビジネスモデルとして成り立つか（損益分岐計算）を検討した。本節では、そのうえで実装させるための体制やユーザーニーズを調査・考察した。

■実装に向けた体制検討

本事業においてはローカル 5G を中心とする通信インフラ基盤に関しては、NTT 西日本、関西ブロードバンド株式会社、富士通 Japan 株式会社が中心となって実施し、監視カメラソリューションを中心とするスマート農業ソリューションについては、株式会社ドリームワンカゴシマや富士通株式会社などが中心となって構築に取り組んできた。ローカル 5G をはじめとする各種 ICT においては、そのサービス提供形態や提供体制など様々な検討課題があるが、実装に向けた検討を行った。また、鹿屋市、JA 鹿児島きもつき、鹿児島県大隅地域振興局の普及推進施策などの動向について確認を行い、実装に向けた検討に反映する。

2) 検証方法

実装及び普及においては、生産者などのニーズ聞き取り調査や鹿児島県大隅地域振興局、鹿屋市、JA 鹿児島きもつき、公益社団法人鹿児島県畜産協会などからの統計データの提供支援、JA 鹿児島きもつきに監視サービスセンター設立の検討を依頼するなど、普及インフラの整備検討を進めた。

なお、関係者へのヒアリングについては以下に列挙する内容を基に必要情報を収集した。

- ・ 現在、各社が提供している畜産関連 ICT ソリューションについて
- ・ 畜産農家における現在の ICT ツールの導入状況について
- ・ 畜産農家における今後の ICT ツールの導入意向について
- ・ 牛の監視における重要視ポイント
 - ✓ 起立困難牛の発見
 - ✓ 餌を食べる時間、回数のカウント
 - ✓ 推定体重の把握
 - ✓ 体重増加状況（推定）の把握
- 等
- ・ 現在の機会損失状況（牛の死亡、緊急出荷等に関する損失の頻度と経営への影響）
- ・ 想定設備投資額及びサービス提供形態に関するヒアリング
 - ✓ サーバ設置型を想定した時にシステム整備に耐えうる環境か
 - ✓ 監視サービスセンターの設立など新たな事業への参入意欲の有無
 - ✓ 経済面での導入効果の考え方（機会損失をカバーできる費用だけを見るのか、期待される人件費抑制効果も考慮するのか等）
- ・ 導入後の運用をイメージした場合の課題
 - ✓ スマートフォンにアラームが届いて対応できるような体制か（運用フロー確認）
 - ✓ AI 画像解析ツールの活用が可能と思われるか

ヒアリング先とヒアリング時期については表 4.3.2-16、表 4.3.2-17 に示す。

表 4.3.2-16) ヒアリング先一覧

カテゴリ	実施対象	実施方法 日程	選定理由
------	------	------------	------

畜産関連団体 (畜産農家)	JA 鹿児島きもつき	ヒアリング 1/16	当該実証エリアの鹿屋市を含め大隅エリアを広くカバーする農協組織で肉牛の生産農家や養豚農家も多く加盟している。
	組合員	アンケート 1/16~2/26	
畜産事業者 (牛)	(有)うしの中山	ヒアリング 2/16	当該実証フィールドとなる事業者で、県内最大級の肉用牛を生産している。従来、スマート農業に対する造詣が深い。
自治体	鹿屋市	ヒアリング 12/16	当該実証フィールドの”うしの中山大隅ファーム”のある自治体で、市の農業産出額の約 73%※が畜産関連となる。 ※2016 年農水省統計情報
肉用牛以外を飼養する以下の事業者へヒアリングを実施 (参考)			
畜産事業者 (豚、鶏)	(株)ジャパンファーム	ヒアリング ※調整中	大隅エリア (大崎町、伊佐市) で事業を展開する日本最大級の養豚・養鶏事業者のひとつ。
畜産系 DX サービス ベンダ (豚)	(株)エコポーク	ヒアリング 1/13	養豚事業に特化した DX プラットフォームを大隅エリアを含む全国の JA や養豚事業者に展開。養豚事業者や生産農家とのつながりも深い。

鳥

表 4.3.2-17) ヒアリングスケジュール

	12月					1月					2月				
	1-2	5-9	12-16	19-23	26-28	4-6	10-13	16-20	23-27	30-31	1-3	6-10	13-17	20-24	27-28
ヒアリング・アンケート 項目作成					→										
ヒアリング・アンケート の実施	JA 鹿児島 きもつき							▲						→	
	うしの中山												▲		
	鹿屋市			▲											
	ジャパン ファーム														△
	エコポーク							▲							

※ジャパンファームは鳥インフルエンザ等の流行時期等も重なり別途日程を調整

3) 検証結果及び考察

実装及びビジネスモデルを確立させるためには、競合他社のサービスと比較して、価格の優位性や機能的優位性の確保が必要である。現在、農林水産省に登録されているスマート農業カタログにおいて、肉用牛に関連したスマート農業機器を下表に示す。

表 4.3.2-18) 肉用牛に関連したスマート農業機器(農林水産省スマート農業カタログより)

No	対象畜種	活用シーン	技術名・機成名	技術概要	分類					団体名または企業名
					センシング/監視	生体データ活用	飼養環境データ活用	自動運転/作業機械	経営データ管理	
1	乳用牛、肉用牛	見回り	電池レス式ビーコンを使った中小規模牧場向け牛の傷病管理ソリューション	上下振動で電波を発信するセンサーを牛のアゴに取付け牛毎の採食・反芻行動管理を行う	Y	Y				光和ネットサービス株式会社
2	乳用牛、肉用牛	見回り/給餌	胃診電信	牛のルーメン(第一胃)内温度の計測データから、AI学習機能で体温を予測、異常温度でアラートを出す	Y	Y				株式会社セントラル情報サービス
3	乳用牛、肉用牛	見回り/繁殖	牛の分娩予知・発情発見システム「モバイル牛温感」	体温センサーで、生体の体温(腔温)を5分毎0.1℃単位で計測、モバイルデータ通信網で保存管理・情報提供	Y	Y				株式会社リモート
4	乳用牛、肉用牛	見回り/搾乳/給餌/繁殖	クラウド牛群管理システム「Farmnote」	PC・スマートフォン・タブレットに最適化、いつでもどこでも牛群の情報を管理・記録・分析することが可能	Y	Y		Y		株式会社ファームノート
5	乳用牛、肉用牛	見回り/繁殖	牛向けウェアラブルデバイス「Farmnote Color」	リアルタイムに牛の活動情報(活動・反芻・休憩)を収集して解析	Y					株式会社ファームノート
6	乳用牛、肉用牛	見回り/牛舎建設	低ストレス牛舎システム	横断換気ユニットシステム、モーションセンサーによる牛の動作行動検知と家畜管理クラウドにより牛へのストレスを低減	Y	Y	Y			宇都宮大学
7	乳用牛、肉用牛	見回り/繁殖	牛の行動監視支援システム「MOH-CAL(もーかる)」	畜舎の赤外線モーションセンサーカメラの画像を解析、個々の牛の行動を分析	Y	Y				株式会社コンピュータ総合研究所
8	乳用牛、肉用牛	見回り/繁殖	U-motion	牛に取り付けたタグに内蔵の複数のセンサーデータをクラウドに収集・分析し、機械学習等により牛の行動を分析し、見える化	Y	Y				デザミス株式会社
9	乳用牛、肉用牛	見回り/繁殖	家畜の分娩監視装置	分娩予定牛の膈内に挿入したセンサーが分娩開始により体外に排出、センサーが温度と照度の変化を感知、動画を携帯電話に送信	Y	Y				富山県農林水産総合技術センター畜産研究所
10	乳用牛、肉用牛、豚	見回り/繁殖	無線ICタグを用いた凍結精液の個品識別	牛用凍結精液ストロー内に超小型の無線ICタグを取り付け、精液ストローを個品識別し、人工授精登録までを電子化	Y	Y				京都大学
11	乳用牛、肉用牛	繁殖	「ペーパーマイクロチップ」を用いた乳牛妊娠効率化	牛の乳、唾液、血液等を紙製チップに付着させ、発色濃度をスマートフォンのカメラ画像解析にて判定	Y	Y				日本ユニシス株式会社
12	乳用牛	清掃	フリーストール用敷料散布機	牛床上部に設置したレーザを敷料散布機が自走しながら、敷料を定量散布、本体への敷料の積込の全自動化				Y		オリオン機械株式会社
13	乳用牛	畜舎建設	次世代閉鎖型牛舎システム	気流シミュレーション技術で夏場も快適な畜舎を創造(畜舎内全体を均一に換気)	Y		Y			パナソニック環境エンジニアリング株式会社
14	肉用牛	見回り/給餌	肥育牛の血中ビタミンAセンサーと地域戦略に基づく精密管理	ビタミンA、体温等の計測可能なセンサー群により要望に応じた肉質の肥育牛生産、ストレス最小化の精密肥育	Y	Y				京都大学農学研究所、兵庫県立農林水産技術総合センター、株式会社ワイビーテック
15	肉用牛	見回り	肥育牛起立困難検知システム「うしらせ」	肥育牛の頸下にセンサー装着、牛の起立困難状態を検知、通信機能を備えた基地局よりクラウドシステムへ送信	Y	Y				ソニーエンジニアリング株式会社
16	乳用牛、肉用牛	経営管理	食・農クラウド「Aksai」牛歩SaaS	牛の行動特性を利用して、歩数計を活用した歩数データの推移で発情時期を検知し、高い授精率で繁殖させることを可能にするシステム	Y	Y				富士通Japan株式会社
17	乳用牛、肉用牛	飼育管理	LiveCare(ライブケア)	IoTと人工知能を活用した「発情+分娩+疾病」発見システム。温度センサーと加速度センサーを備えたバイオカプセルを牛に経口投与し、体温と動きを体内から直接測定・分析	Y	Y				
18	乳用牛、肉用牛	畜舎管理	INTEGRi	機器連携により、畜舎状況をリアルタイムでモニタリング	Y		Y			
19	乳用牛、肥育牛、繁殖牛	飼育管理	CAPSULE SENSE(カプセルセンス)	牛の胃内滞留型カプセルには、温度、加速度を検知するセンサーを備えており、発情、分娩、疾病兆候を検知して生産性の向上、作業の省力化及びリアルタイムの体調管理が可能	Y	Y				
20	乳用牛、肉用牛(繁殖雌牛)	飼育管理	最先端の非接触分娩検知システム「牛わか」	近赤外カメラとサーマルカメラを搭載したセンサーを分娩房に取り付けるだけで、AIが分娩前の特徴的な行動を検知し、生産者のスマホ等に通知を送信することが可能	Y	Y		Y		
21	肉用牛	飼育管理	牛舎向けカメラAI監視システム「Dr.Cowsビュー」	肥育牛の動態を4Kの天井カメラから、28秒ごとに画像を撮影し、解析、異常行動や起立困難・採食・飲水をAI判定	Y			Y		
22	乳用牛、肉用牛	飼育管理	@MOWMENT(アットモーメント)	仔牛の首にかけられたタグが、活動量を測定しクラウドへデータ送信。パソコン・タブレット・スマートフォンなどから、時間や場所を問わずデータを確認可能。 ・自己発電型のタグは電池不要	Y					

これらの畜産分野のセンシング機能を活用した飼育管理に関するサービス・ソリューションは、機器代金や通信費用を別として、クラウド利用料金が1頭あたり月額1,000円～2,000円の価格レンジにて提供されることが一般的である。本実証の監視ソリューションについても、前述したように、今後実装にあたっては、クラウド利用料に関して1頭あたり月額1,000円程度の価格にて検討中である。

また一方で、現実的に畜産分野においてどの程度のICTツールの導入が進んでいるのかを把握するために、鹿屋市畜産課へのヒアリングならびにJA鹿児島きもつき会員へのアンケートを実施した。当該エリアにおけるICTツール導入状況について調査した結果を以下に示す。

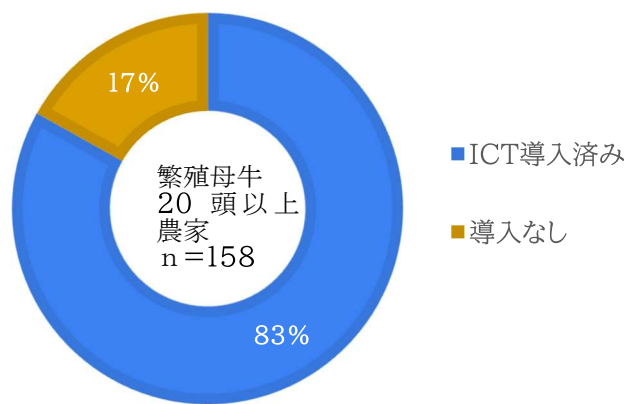


図 4.3.2-7) 繁殖牛農家における ICT の整備状況(R4.2 鹿屋市調べ)

表 4.3.2-19) 繁殖牛農家が導入しているツールの状況(R4.2時点 鹿屋市 畜産課調べ)

発情発見装置	監視カメラ	体温管理	牛群管理
12	70	40	16

導入ツール状況

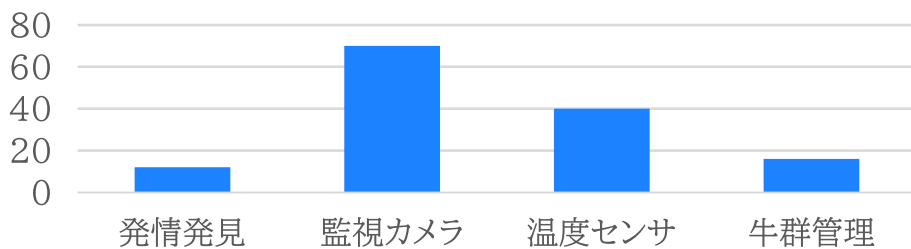


図 4.3.2-8) 繁殖牛農家における ICT 導入状況(R4.2時点 鹿屋市 畜産課調べ)

表 4.3.2-20) ICT ツール導入実績(JA 鹿児島きもつき組合員アンケート)

環境 センサ	飼料 センサ	環境 制御	映像 監視	自動 給餌	AI 行動 管理	AI 体側	位置 把握	その他	未導入 無回答
0	0	0	13	1	2	0	0	0	7

(n=23)

JA鹿児島きもつき組合員のICT導入実績

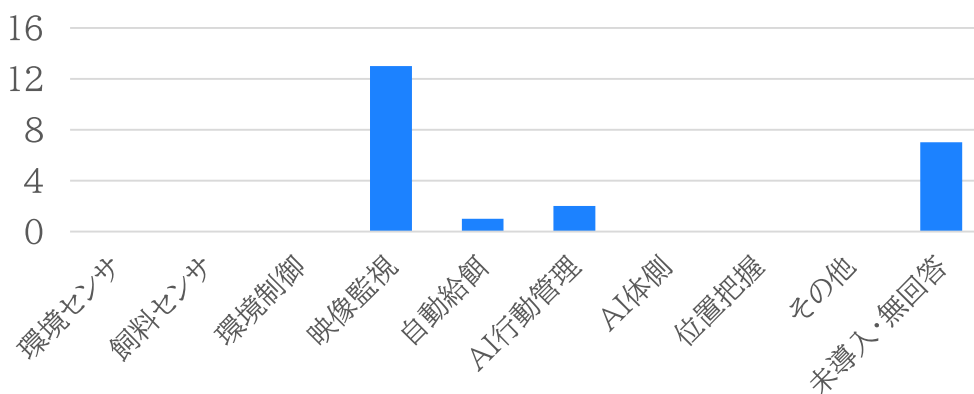


図 4.3.2-9) ICT ツール導入実績(JA 鹿児島きもつき組合員アンケート)

鹿屋市畜産課が市内の繁殖農家（繁殖母牛 20 頭以上を対象）に実施した調査や、JA 鹿児島きもつきの組合員へのアンケート結果から、監視カメラは現時点でも多くの農家において導入が進んでいることが判明した。また発情監視システムなどの導入も多く、分娩監視を目的としたものが多いことが把握できた。

ICT 導入については、畜産農家にとってこれまでの労働に対してプラス α の価値や気づきを与えるためのツールとして捉えられていること、また、見回り精度の向上・夜間における軽労化などにつながることから、昨今の労働力不足の課題解消に寄与できるものとして、進んできていることが把握できた。

実装時における体制を図 4.3.2-10 に示す。実施体制についてはシステム個別運用型とサービス利用型の 2 パターンが考えられる。

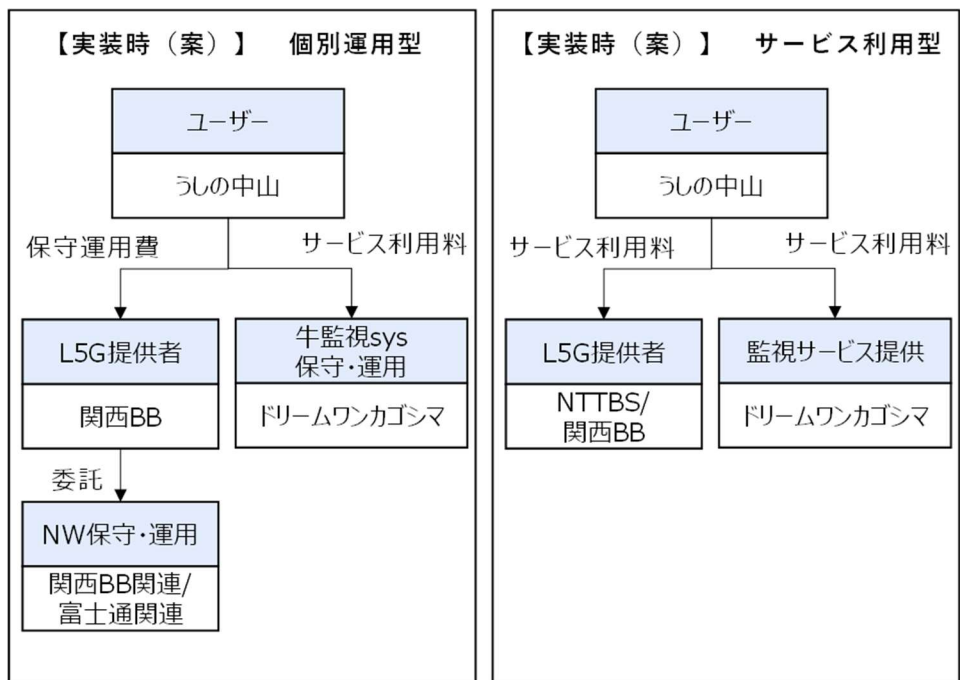


図 4.3.2-10) 実装時体制 2 パターン

個別運用型においては、ローカル 5G の運用を関西ブロードバンド株式会社が実施し、牛監視システムの運用を株式会社ドリームワンカゴシマなどが実施する体制となる。一方でサービス利用型においては、ローカル 5G サービスの提供を NTT ビジネスソリューションズ株式会社もしくは関西ブロードバンド株式会社が実施し、牛監視サービスを株式会社ドリームワンカゴシマが提供する体制となる。それぞれの特徴とユーザーの立場（今回はうしの中山）におけるメリット・デメリットを表 4.3.2-21 にまとめる。

表 4.3.2-21) 運用方式別特徴とメリット・デメリット

方式	特徴	メリット	デメリット
個別運用型	<ul style="list-style-type: none"> 構築したシステムについて利用者が維持運用を実施。 固定資産はサービス利用者が持つ。 	<p>【ユーザにとって】</p> <ul style="list-style-type: none"> 支出はシステム維持運用費用のみであるため、毎月の支払金額についてはサービス利用型よりも安価であることが見込める <p>【事業者にとって】</p> <ul style="list-style-type: none"> 事業者としては固定資産を持つことなく、ユーザ設備を構築、保守運用を実施 	<p>【ユーザにとって】</p> <ul style="list-style-type: none"> 故障発生した際に個別に費用が発生。 システム更改時には費用が必要。 固定資産税の支払い発生 <p>【事業者にとって】</p> <ul style="list-style-type: none"> お客様ごとに異なる仕様になった場合に管理が煩雑
サービス利用型	<ul style="list-style-type: none"> 構築されたシステムを利用者の立場で借り受けて利用。 固定資産はサービス提供者が持つ。 	<p>【ユーザにとって】</p> <ul style="list-style-type: none"> 支出はサービス提供者側が設定した毎月一定の金額 利用者としてはシステム更改などの概念がなく、提供されるサービスを利用するという立場 <p>【事業者にとって】</p> <ul style="list-style-type: none"> お客様ごとに異なる仕様ということではなく統一されたサービスであるため管理しやすい。 ユーザニーズや改善要望などの声を集め、サービス改善につなげることが可能 	<p>【ユーザにとって】</p> <ul style="list-style-type: none"> 故障率を加味した費用やシステム更改時の費用が月額利用料に転嫁されることが一般的であるため、個別運用型よりも月額の支払額は高価になりがち 統一仕様となるためカスタマイズに答えられない。 <p>【事業者にとって】</p> <ul style="list-style-type: none"> 事業者にて固定資産を持つことになる。 個別のお客様要望に細かに対応することが困難

今回の実証においては、ローカル 5G や牛監視システムが既に構築された状態であることから、利用者にとっては初期投資が不要な状態からスタートしている状況である。サービス利用型の価格設定は、維持管理費用に加えて初期費用や将来のシステム更改費用を加味した毎月の価格設定になっていることが一般的であるため、今回のように設備が既に構築された状況においては個別運用型の方が毎月の支払い料金を比較すると優位となる想定である。また、機能面においても本実証では広大な農場で全域をカバーしつつ他者土地への電波漏洩を防ぐという目的のもと、指向性アンテナと LCX の組み合わせでネットワーク環境を構築しているが、サービス利用型のローカル 5G では LCX の提供は行っておらず、現時点では本実証の実現には個別運用型を選択することになる。

ただし、次回のシステム更改時においては、改めて初期費用が必要となることや市場環境の変化も考えられることから、当面は個別運用型でシステム利用をすることとし、更改時にその時の情勢を考慮しながら「個別運用型」「サービス利用型」を選択することとする。

(参考) システム更改時に考慮すべき事項

- ・ システム更改費用 (以下の要素から今回に構築時よりも大きく金額が変動していることも想定される)
 - 減額要素：ローカル 5G が普及することで現在よりも価格低減が見込まれる
 - 増額要素：半導体不足による影響、物価高による価格へ影響
- ・ 国による助成制度 (スマート農業導入への補填などの制度活用)
- ・ 今回の実装及び運用における必要経費の振り返り (故障に伴う保守費・維持管理費の支払い状況等)
- ・ 今回の実装及び運用における機器の故障発生頻度と復旧時間
 - 保守体制や実施方法のあり方を検討する。例えば、カメラの故障が多発していれば代替機を大量に購入しておいた方が安価に対応可能。

一方で、提供者側の観点では、各事業者の役割とインセンティブは以下のとおりである。

【ローカル 5G 提供者】

NTT ビジネスソリューションズ株式会社、もしくは関西ブロードバンド株式会社

- ▶ ユーザーからの委託費によってローカル 5G の運用を実施。ローカル 5G 提供エリアまでの通信インフラについてはそれぞれの会社のインターネットアクセス回線の提供を行い、ローカル 5G エリア内は免許人を含んだサービス提供を想定している。また構内光ケーブルや LAN についてはそれぞれのネットワーク保守事業者にも再委託する。

【牛監視システム提供者】

株式会社ドリームワンカゴシマ

- ▶ ユーザーからのサービス利用料によって牛監視システムを提供。AI 分析機能や LINE 連携機能、RPA 機能などの各種機能を提供する。

実施内容		R5年		R6年		R7年		R8年		R9年	
		4月	10月	4月	10月	4月	10月	4月	10月	4月	10月
農林水産省 「スマート農業産地モデル実証（ローカル5G）」		■									
コンソ内実装 (うしの中山)	ユーザ(うしの中山)との交渉		■								
	対象エリア・対象サービスの検討		■								
	システム設計			■							
	免許申請				■						
	システム構築・改修				■						
	導入試験					■					
	サービス開始						■	■	■	■	■

図 4.3.2-11) サービス実装スケジュールの考察イメージ

(3) ローカル 5G 活用モデルの構築

1) ローカル 5G 活用モデルの全体像

a. ターゲット

本実証におけるローカル 5G 活用モデルの展開においては、まず優先的なターゲットとして 2,000 頭規模の肥育を行っている大規模農場が挙げられる。4.3.2 の実装性に関する検証においてもローカル 5G 通信のシステムや牛監視カメラシステムなどのスマート農業システムの導入費用、維持管理費用をいかに安価に提供できたとしても、一定のベースとなる初期費用や維持管理費用が必要となることが明らかであるため、コストメリットの享受可能性は大規模農家であるほど高いことが理由である。損益分岐点にて利得が勝るボリュームゾーンは 2,000 頭近辺からであり、その後は頭数の増加により利得が勝る規模も大きくなっていることがわかる。

本実証エリアである肝属地区では、鹿屋市及び JA 鹿児島きもつきへのヒアリングによると 2,000 頭を超える大規模事業者は 3 つ存在している (12,000 頭規模の平松畜産、3,000 頭規模の鹿児島県経済連田代肥育場)。その他は小規模農家が点在している状況である。

まずはこの 2,000 頭を超える大規模事業者へのアプローチを実施し、ローカル 5G 活用モデルの導入を図る。その後、本市場を大隅エリアから県内、九州内、県外へと展開することを想定している。

なお、本実証エリアである肝属地区は鹿児島県においても肉用牛生産が盛んな地域であり、繁殖雌牛で県内シェア 26.4%、肥育牛で県内シェア 20.5%である。畜産が盛んな鹿児島県の中でもっとも盛んな地域である肝属地区にてローカル 5G 活用モデルを実装することは、その後の展開においても大きな意味がある。

普及に関しては地元の JA 鹿児島きもつきがコンソーシアムに参加しており、普及促進を行うとともに、鹿屋市、鹿児島県大隅地域振興局が協力機関として参加している。ターゲットへのアプローチについては、ICT ベンダのみで実施することは困難であるが、コンソーシアムや協力機関のサポートを得ることでアプローチの可能性も高くなる。

表 4.3.4-22) 全国肉用牛飼養頭数

	(全国)	1位 鹿児島県	2位 宮崎県	3位 北海道	4位 熊本県	5位 沖縄県
飼養頭数(頭)	(1,829,000)	336,600	226,500	199,500	107,200	81,500
全国に占める割合	(100%)	18.4%	12.4%	10.9%	5.9%	4.5%

b.対象となるシステム

ローカル 5G 活用モデルの対象となるサービスは表 4.3.2-23 のとおりである。ただし、サービス内容によっては現時点で商用化が実現できておらず、継続実証での検証を通じて商用化への道を模索することとし、現時点ではオプション扱いとする。

表 4.3.2-23) ローカル 5G 活用モデルの対象となるサービス

構成		仕様	
ローカル 5G 通信	SA 装置	コア装置	利用か所に建設したシェルタ内に設置。もしくはユーザー建屋内にサーバラックを設置。
		基地局	ユーザーの対象牛舎をカバーできる場所に基地局を設置。設置にあたっては、実態に即したネットワーク設計が必須。
		LCX	必要に応じて他者土地への電波漏洩を防ぐために一部エリアを LCX でカバーする。基地局と同様、実態に即したネットワーク設計が必須
	インフラ	シェルタ	19 インチラック 1 台が設置できる空調設備付帯の設備を建設
		線路	シェルタもしくはユーザー建屋内に設置したサーバラックから基地局まで光ファイバを敷設
スマート 農業	牛監視カメラシステム	牛監視カメラシステム	ローカル 5G で監視センターから監視する AI 機能付牛監視カメラシステム。牛監視カメラ 1 台で 1 牛房を監視する。(1 牛房内の頭数は 2~3 頭を想定)
		見回りロボット (オプション)	ローカル 5G で監視センターから指示することで目標牛舎・牛房まで自動で移動して、PTZ 可能なカメラで詳しい観察を実施。また、定期巡回を行い残飼料の調査や牛に対する声掛けなどを実施。
	見回り計画・マスタメンテシステム	特選牛	クラウド型・オンプレミス型を持つ繁殖・肥育両方に対応した台帳管理システム。牛監視カメラで解析した内容の台帳取り込みにより、精度の高い見回りリストを生成する DWH を構成。

	DWH 解析システム	生成された DWH から監視レベル別に牛の分類を行い、リスト化して通知
	LINE 連携システム	リスト化された見回りリストを多言語対応して関係者に通知
	事務向け RPA	和牛登録証の OCR と RPA による半自動化や経済連システムや畜産協会向け届け出処理などを RPA 化により自動化

システム構成イメージを以下に示す。

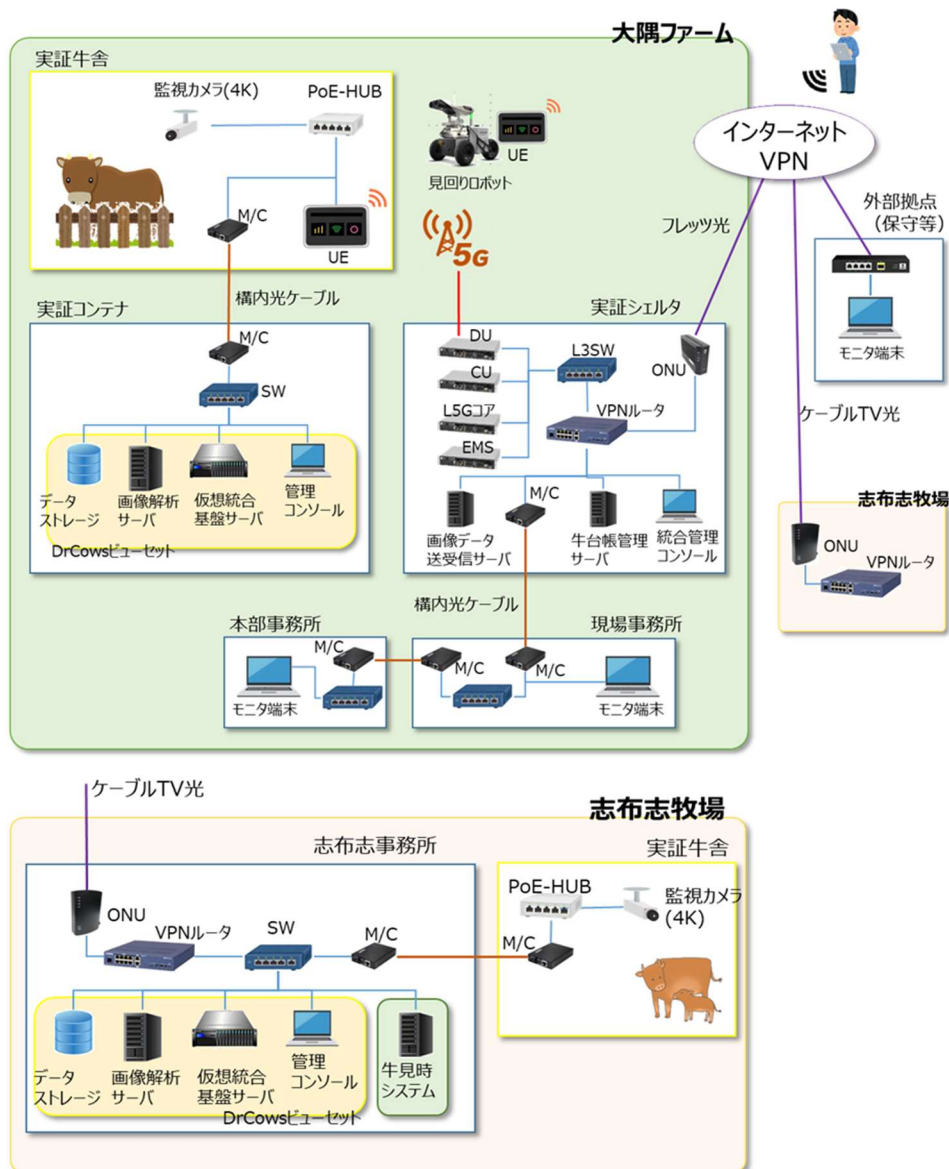


図 4.3.2-12) システム構成イメージ

■ システムの機能要件

- ① 各牛房カメラ（1,008 台）で撮影された牛の行動を AI 解析し、異常を検知した場合は牛房を特定し登録先に ALM（LINE 等）で通知できること。
- ② ①の仕組みを導入することで、起立困難牛の検知率 100%を目指す。
- ③ 大隅ファーム内の管理場所（事務所ほか）から各牛房カメラ（1,008 台）で撮影された牛の映像を Hi-Vision 相当の品質で確認できること。
- ④ 大隅ファームと志布志牧場の相互からインターネットを介して蓄積データや牛房カメラの映像を確認できること。また、外部からもネットを介して監視映像を確認できること。
- ⑤ オプションとしてカメラを搭載した見回りロボットが目的の牛房まで自動で走行し、撮影した牛舎内の映像を大隅ファーム内の管理場所（事務所ほか）から Hi-Vision 相当の品質で確認できること。またネットを介した遠隔からも当該映像を確認できること。

■非機能要件

- ① 外部接続（ネット経由）のセキュリティ : ID、パスワード、接続ログを管理する。
- ② 外部から（ネット経由）の同時接続数 : 複数の同時接続（最大 10 程度）を可能とする
- ③ 見回りロボット搭載カメラの操作性 : WEB-UI で PTZ の操作を可能とする

■業務フロー

当該システムを活用した運用フローを以下に示す。

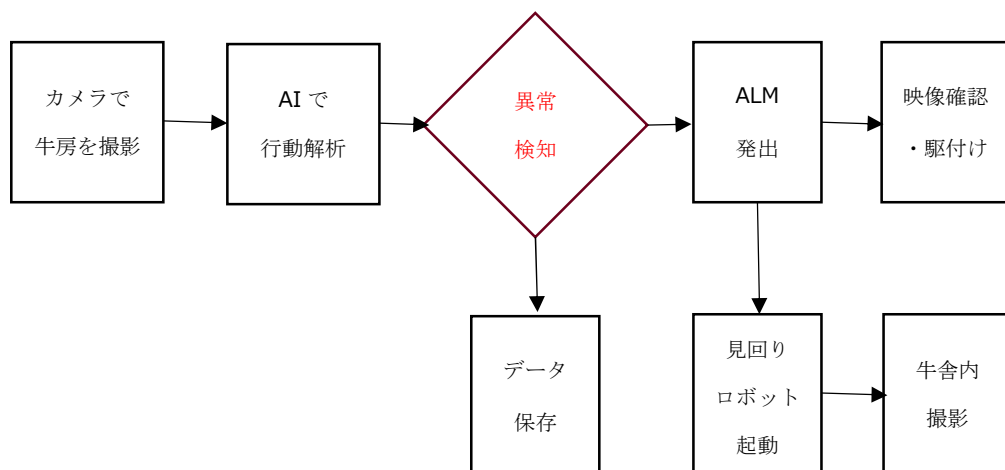


図 4.3.2-13) ローカル 5G活用モデルの運用フロー

(参考 1)

見回りロボットについては、R5 年度も引き続き実証を続けることとなる。本実証期間中では完全な自立走行実証までは到達しておらず、本実証期間においては、ロボットの待機場所から牛舎までの走行試験やロボットへの搭載カメラによる映像伝送試験、ローカル 5G 環境下での通信接続試験等の実証を実施した。

(参考 2)

見回りロボットについては、どんな牛舎にも適応できるわけではなく、牛舎側の環境整備も必要である。本事業における見回りロボット導入の条件について以下に記載する。

- ・ 牛房は規格化され、地面がコンクリート化されていること。
 - ✓ 本事業のフィールドとなったうしの中山では、堆肥の出し入れについてもフォークリフトを利用し、作業の効率化を図っている。地面がコンクリート化されている環境により、これら重機による効率的な作業を実現できている。ロボットの走行についても同様にフラットな地面であることが望ましい (図 4.3.2-14)。
 - ✓ 広大な牛舎の移動・見回りに一部セグウェイを活用可能としている (図 4.3.2-15)。セグウェイの活用により、見回り時間に約 3 時間要していたところ、約 1 時間に低減 (ヒアリングより)。セグウェイ利用についても地面がコンクリート化されている環境により実現できており、ロボットの走行についても同様にフラットな地面であることが望ましい。
- ・ 機械が自由に牛舎に入出入りできるよう自動カーテンなどの仕組みを持つこと。
 - ✓ 牛舎入り口のカーテンの開閉が必要なため、本事業においてはロボットが出入りする牛舎には自動カーテンを導入済み (通常は手動)。
- ・ 牛房の柵が太すぎないこと (図 4.3.2-16)。
 - ✓ カメラで監視する際に柵が太すぎると、柵が映り込む面積が増えることから判断に資するだけの十分な映像を撮ることができなくなるため。
- ・ 太陽光発電などの設備を持つこと。
 - ✓ 電気代節約のため太陽光パネルによる発電設備を持つとなおよい。



図 4.3.2-14) フォークリフトを利用した堆肥の出し入れ



図 4.3.2-15) セグウェイを利用した移動・見回り



図 4.3.2-16) 牛房の柵

c. ビジネスモデル

実装におけるビジネスモデルについては、ユーザーからシステム構築費用や維持管理費用、サービス利用料をいただくことを想定している。各社におけるインセンティブを含め下図のとおりまとめる。

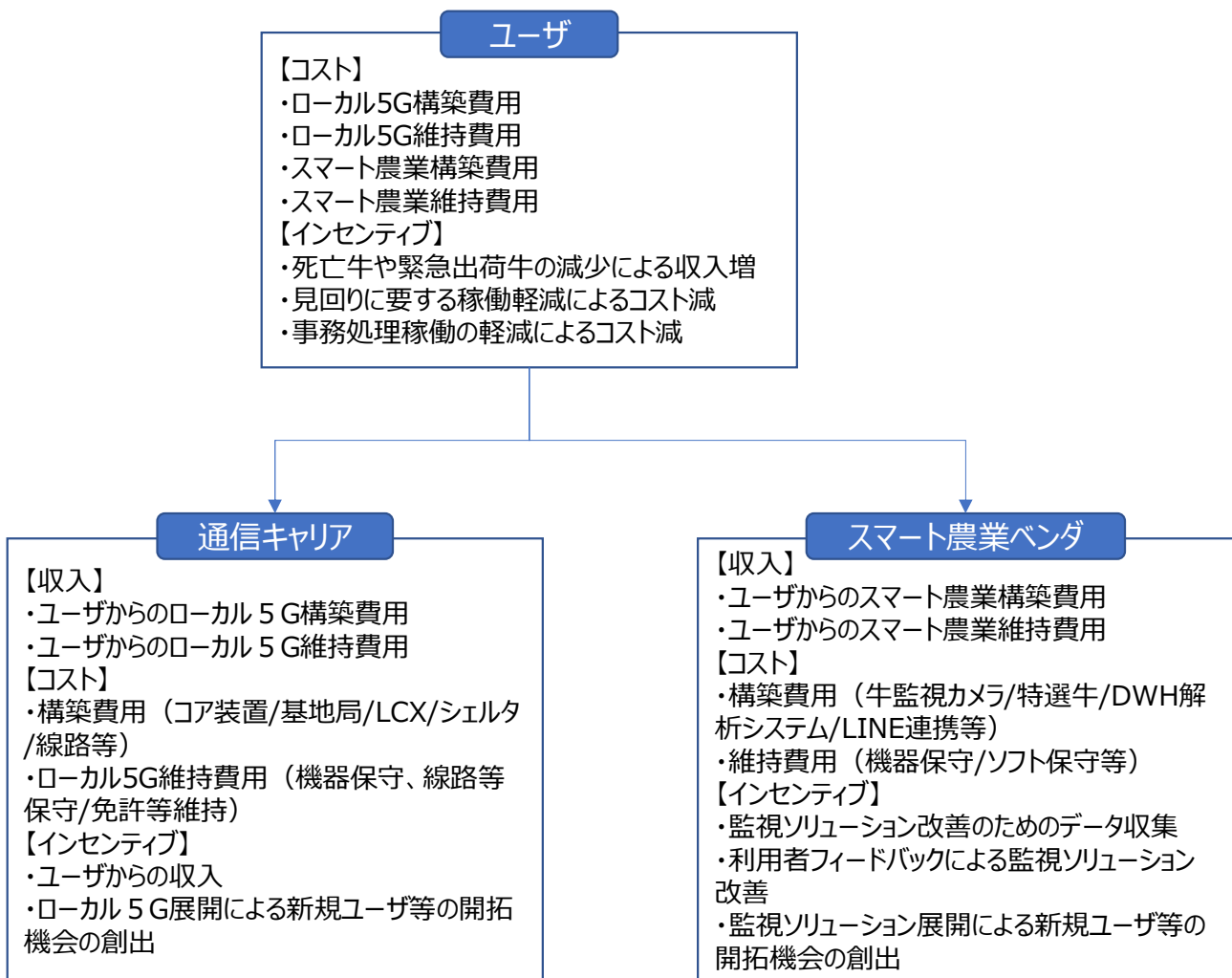


図 4.3.2-17) 実装におけるビジネスモデル

2) 体制・役割分担

体制と役割分担について整理する。前述のとおり、大きく 2 つのパターン「個別運用型」と「サービス利用型」に分類できる。個別運用型については、ローカル 5G の通信基盤と牛監視ソリューションのシステム自体をユーザーが保有し、保守運用などの維持管理を各事業者が行う。一方でサービス利用型は、ローカル 5G の通信基盤と牛監視ソリューションのシステム自体をそれぞれサービス提供事業者側が保有し、ユーザーはそのサービスを利用料という対価を支払って使用する形態である。

個別運用型ではローカル 5G の保守運用を関西ブロードバンド株式会社が実施し、牛監視ソリューションの保守運用を株式会社ドリームワンカゴシマが実施する。ユーザーはその保守運用に関する対価をそれぞれ事業者を支払うことでサービス利用が可能となる。なお、ローカル 5G の免許については、本実証に引き続き関西ブロードバンド株式会社が保有することを想定している。

一方でサービス利用型については、サービス提供者として NTT ビジネスソリューションズ株式会社、関西ブロードバンド株式会社が全体のサービサーとして考えられる。その際にもやはりローカル 5G の構築及び保守運用は NTT ビジネスソリューションズ株式会社もしくは関西ブロードバンド株式会社が中心となって実施し、牛監視ソリューションの構築及び保守運用は株式会社ドリームワンカゴシマが実施することを想定している。なお、ローカル 5G の免許人については、ユーザーが保有する場合、サービサーが提供する場合、双方考えられるため、ユーザーニーズにより決定することが望ましい。

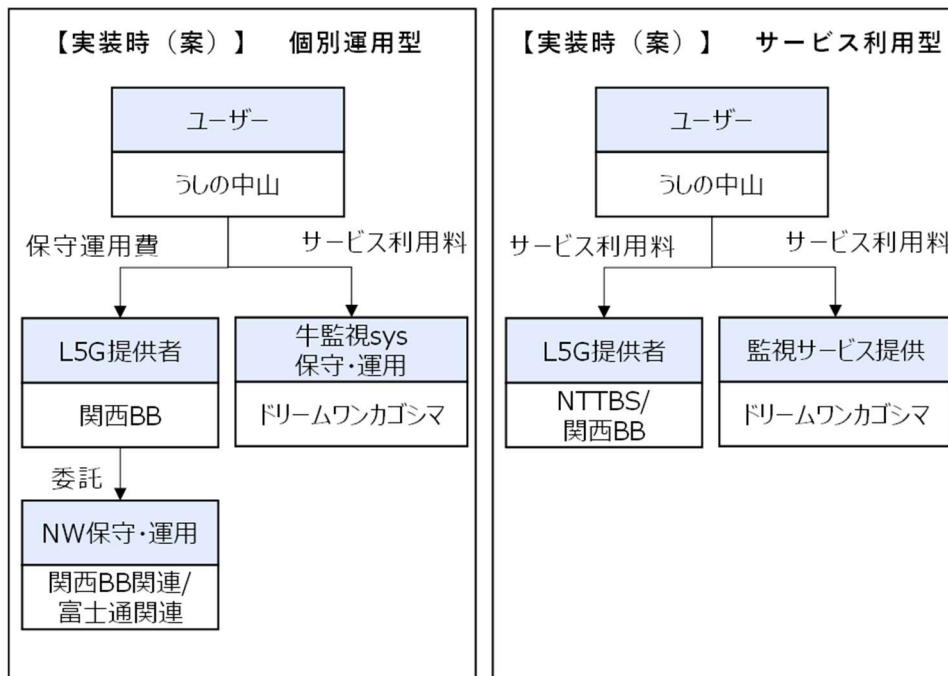


図 4.3.2-18) 個別運用型・サービス利用型における体制と役割

3) 導入効果

課題解決に資する導入効果や有用性については、(4.3.2 (2) 3) にて鹿屋市畜産課へのアン

ケートや JA 鹿児島きもつきへのヒアリング（※）を踏まえて考察したとおり、牛の見回りに関する稼働の低減や出荷作業に関する事務処理の低減が考えられ、さらには異常牛の早期発見による緊急出荷牛や死亡牛の回避が挙げられる。それらの経済効果について以下に示す。

（※）ヒアリング・アンケート内容については添付資料へ記載

表 4.3.2-24) 本試算費用に対する経済効果(実証エリアを対象)(千円)(再掲)

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）
見回り費用	51,000	27,540,
出荷作業等事務処理	2,900	1,850
合計	53,900	29,390

表 4.3.2-25) スマート農業導入により期待される効果(再掲)

項目	人間による見回り	牛監視カメラ・見回りロボット導入後	経済効果
肥育牛の早期出荷（平均）	農場全体：92 頭 実証エリア：40 頭	農場全体：64 頭 実証エリア：28 頭	・早期出荷による損失額 501,499 円/頭・・・① ・実証エリアで通常出荷になるのは 12 頭・・・② →経済効果 5,953,514 円 (①×②)
肥育牛の死亡	農場全体で 32 頭 (40,787,488 円) 実証エリア換算 14 頭 17,480,352 円	農場全体で 22 頭 (28,041,398 円) 実証エリア換算 9 頭 12,017,742 円	・死亡による販売機会損失 1,274,609 円・・・① ・実証エリアで死亡を防ぐことが期待できるのは 5 頭・・・② →経済効果 6,373,045 円 (①×②)
合計			12,326,559 円

見回り稼働の軽減と死亡牛の回避による経済効果と、農場の規模（飼育頭数）については、ほぼ比例関係にあると言える。飼育頭数が少ない農場における見回り稼働や死亡牛の発生件数は、大規模農場よりも少なく、経済効果（利得）は飼育頭数が多ければ多いほど大きくなる。

起立困難牛発見に対してのニーズは全農家にとってニーズがあるということがヒアリングから判明したが、推定体重についても牛のストレス解放から（これまでの計測方法は牛のストレスにつながっていることが明らかとのこと）、こちらもすべての農家に対してのニーズがあることがヒアリングから判明している。推定体重の測定精度次第では、本システムの導入による新たな付加価値として訴求できるようになることが期待される。

ローカル 5G 及びスマート農業システムの導入意向については、うしの中山へヒアリングを実施した。ヒアリング内容の詳細については、(4.3.2 (4) 2) にて述べることにするが、ヒアリング時点で事業者側が想定していた年間 2,000 万円超の本システムの利用料については、起立困難牛の検知により死亡牛や緊急出荷牛の回避、減少につながることを前提条件としつつ、うしの中山には必要経費として捉えられており、非常に前向きに検討されている。

(4) 実装性を高める手法の検討及び実行」

1) 検証項目

まず、本実証におけるフィールドであるうしの中山への実装性を高める手法を検討する必要がある。加えて、横展開である普及展開における取り組みを検討する必要がある。

うしの中山における実装については、既にローカル 5G の通信インフラ構築は終了しており、牛監視カメラの約 1,000 台における構築も完了し、牛監視システムが稼働している状況である。また、LINE 連携機能や事務稼働軽減のための RPA 導入についても完了している。以上の状況から、既に現時点でローカル 5G 活用モデルの整備については完了している（＝初期費用の投資については完了）状況である。

今後、実装に向けての障壁としては、「維持管理費用が高額であること」「システム導入効果が見込めないこと（ex.費用対効果が見込めない）」「システムが使いづらいこと（ex.直感的に操作できない。システム起動に時間がかかる。反応が遅い）」「システム維持に係る手間が多いこと（ex.故障が多い。保守作業が多い。カメラレンズの掃除が必要）」「維持管理に係る条件が煩雑であること（ex.免許に関すること。固定資産税の支払い）等がある。

また、普及展開においては、上述した実装とは異なり、ユーザーにとって維持管理に係る障壁のみならず、ローカル 5G のインフラ整備や牛監視システムの構築といった初期投資から必要であり、まさに導入障壁の払拭が必要となる。

他方、通信インフラ提供者やサービス提供者側の立場でローカル 5G 活用モデルの展開の意義について検討する。

スマート農業とともに超高速通信を実現するローカル 5G を導入する効果は、畜産農家にとっては労務費や死亡牛の減少・緊急出荷牛の削減・見回り精度の向上・夜間宿直などの軽労化・事務処理の軽労化・シェアリングによる昨今の農業の労働力不足の課題解消などに寄与することは前述してきたとおりである。

一方で、支援が存在する前提ではあるが、地域の既存の光ファイバ網を保有する事業者にとっては、インターネットサービスの高度化を合わせて実現することができ、これまでの専用回線の提供だけではない様々な分野でのローカル 5G サービスの提供によって投資やランニングコストを賄うことができれば、採算性の悪い地域において、新たな事業への拡大も期待できる。

農家やそれ以外の利用者にローカル 5G サービスを提供するための課題は、上述したとおり、インフラがないところに常識に捉われない方法で構築ができるか、構築したインフラの重畳利用がどれだけ進むか、ということである。

自治体、通信事業者、利用者がローカル 5G のインフラ構築からインフラ利用まで、相乗り、割り勘、重畳といった意識で取り組むことが肝要である。

2) 検証方法

実装に向けては、うしの中山へのニーズの聞き取り調査を複数の対象者に複数回実施した。また、ニーズ聞き取りにあたっては鹿屋市や JA 鹿児島きもつきなどの関係者からのヒアリングを基に、うしの中山以外の畜産農家が抱える一般的な課題についても把握し、偏りが少ないヒアリングに努めた。

うしの中山へのヒアリング項目内容については、以下のとおり。

-----以下 ヒアリング項目-----

(1) 畜産業の ICT 活用 (スマート農業) について

- ① 牛の肥育 (または繁殖) において ICT を活用したい項目についてお聞かせください。
- ② ICT 活用をご検討される際に特に重要とされるポイントをお聞かせください。
- ③ ICT の活用 (導入) される際の課題 (ポイント) についてお聞かせください。

(2) システムの実装 (本格導入・運用) について

- ① 今回の実証で導入したシステム (牛房カメラ、ローカル 5G 通信環境、AI 行動診断 ほか) の実装 (本格運用) を検討する際に重要視するポイントは何でしょうか。
- ② 今回の実証システムの効果を最大限発揮 (疾病牛の早期発見、事務処理作業・見回り稼働の軽減などで約 2,500 万円/年の増収・削減効果) した場合、通信基盤を含む運用費として約 2,100 万円/年の費用を想定していますが、実装に向けて検討できる範囲でしょうか。
- ③ 今回導入した AI 行動診断システム (Dr.Cows ビュー ほか) については将来的に牛一頭あたりのコストを 1,000 円~1,500 円/月のクラウド利用料 (初期費は別途) にて提供したいと考えていますが、うしの中山の全棟整備に向けて検討できる金額範囲でしょうか。
- ④ 今回の実証システムは従業員の新規採用など、定性的な面でも効果に期待が持てますか。

(3) システムの普及促進について

- ① 他畜産農家の夜間監視などを共同運用する監視センター事業の実現には、どんなことを重要視されますか。

(ex. 利益の確保/十分な仕組みづくり/多数のユーザー見込み/ユーザーに対する価値提供/社長のノウハウ展開/共同運営者の存在 等々)

(4) ローカル 5G について

- ① 今回の実証に参加されるまでローカル 5G という言葉を聞いたことはありますか。
- ② 上記の質問に『ある』とお答えいただいた場合、ローカル 5G に関する知識はお持ちですか。
- ③ ローカル 5G の特長を生かしたスマート農業に関する事例などについて勉強会(また説明動画)などがあれば受講(または視聴)したいと思いますか。

----- 以上 -----

また、横展開における課題については以下のとおり仮説を立て、関係者へのヒアリングやアンケート等の調査を実施した。

【横展開 畜産農家向け農業ローカル 5G サービスの推進（鹿児島県鹿屋市・志布志市）】

畜産農家向け農業 ローカル 5G を推進するために必要な課題は、ニーズがある農家または農家群が存在することである。

存在すれば、その農家や農家群を含む自治体、及びその自治体に存在する光ファイバ網の保有者を確認し、既存の光ファイバ網を活用してニーズに応える線路の構築、ローカル 5G の設備を構築すればよい。

例えば、鹿児島県鹿屋市のほかの畜産農場があるエリアでは NTT 西日本が光ファイバ網を運用しているため、NTT 西日本のネットワークにて展開を検討する。基本的には、有線サービスだけではカバーできない新たなターゲット層を作ることを見込み、事業性の観点においては、前提条件が担保される範囲にて、他地域での横展開を検討した。

【横展開 農業ローカル 5G サービスの推進（上記横展開以外）】

農業ローカル 5G サービスの展開については、従来の光ファイバによるインターネットサービスをローカル 5G によるサービスに転換して行くことも考えられる。

採算性が悪い地域においては、効果的な補助金施策などをタイミングよく投じていくことが、ローカル 5G のインフラ構築を推進し、農業ローカル 5G サービスを促進するうえでのポイントのひとつである。

NTT 西日本では、全国において高度無線環境整備推進事業で構築した光ファイバ網の運用実績があり、今後も対象エリアは増加する予定である。

それらの地域で農業ローカル 5G サービスのニーズがあれば、既存の光ファイバ網を活用したローカル 5G サービスの横展開は早々に実施可能である。

3) 検証結果及び考察

まず、今回検証したモデルは大隅ファーム 4,850 頭のうち約 2,000 頭が対象である（全 42 牛舎中 18 牛舎）。大隅ファームでは本システムの検証結果が良く期待どおりの効果が見込めるならば、全頭（全棟）への適用を希望されている。また、今後はさらに約 7,000 頭の規模拡大

を検討中である（一部用地買収などは既に完了している状況）。

新農場では自動給餌（ロボットトラクターの導入を検討中）も含めて、全面での本システム適用を期待している（将来的にはほぼ無人の自動化農場を目指している）。

併せて共同検証生産者である志布志牧場では 8 棟のうちの 1 棟のみが検証牛舎であるが、今後、同様に本システムの検証結果が良く期待どおりの効果が見込めるならば、残りすべての牛舎への適用を自費でも希望している。

普及展開においても、「集中監視センター運営による農家へのサポート」という取り組みと事業展開について、技術面や運用面などで強みを持つ事業者とともに検討をしたいと考えられている。

うしの中山における実装に向けた考え方と普及展開の取り組みについての総論は以上である。

また、ヒアリングの結果、実装にあたって重要視する項目は以下の 2 点であったため、それらを特に強調し払拭することで実装性はさらに高まる。

①維持管理費用の低減について

システム導入時のシェアリングによる費用低減のみならず、収集データの共有によるノウハウ蓄積も視野に入れたシェアリングの仕組みづくりについて国や自治体、JA などからの支援を期待するご意見があった。また、初期費用だけではなくランニングコストに関しても国や自治体からの支援について期待するご意見があった。外部からの支援に頼らない維持管理費用の低減としては、集中監視センター運営による他農家へのサービス提供により、新たな事業や収入源となることで維持管理費用の低減を目指す。

②導入効果の更なる強化について

起立困難牛を正確に検知できることが重要なポイントであり、継続実証にて検知精度を高めることが重要である。

うしの中山へのヒアリング詳細を以下に示す。

-----以下 ヒアリング結果-----

(1) 畜産業の ICT 活用（スマート農業）について

- ・ うしの中山的には場内を自動運搬（走行）できる仕組みがあるとありがたい。
人が運転するとどうしても個人の能力にばらつきが出てしまうため。
- ・ 給飼タンクの残量計測は現時点でそこまで必要性を感じていない。うしの中山では飼料を大量に消費するので毎日のように餌の補給に来てくれる。
- ・ うしの中山では毎日残飼の回収をしており、ここに結構な人手をかけている。
これが自動化できたり残飼量を測れたりできるとありがたい。
- ・ 牛房に設置したカメラの監視対象として牛の様子はもちろんだが飼槽の様子がわかるとありがたい。餌をどれだけ食べているかで健康状態や肥育度合いもわかってくる。

- ・ 監視カメラの手入れについては気になる。レンズが汚れて見えなくなったら困るが、簡単に掃除したり故障しても直ぐに取り替えたりができないのではないかと気がかりである。
- ・ ICT 導入においてランニングコストの捻出はかなり気になる。コストがかかると牛の出荷額にも反映せざるを得なくなる。ICT を活用するうえでランニングコストにおいてもサポートしていただける仕組みがあるとありがたい。
- ・ 誤検知が少ない（精度が高い）ことに越したことはないが、なんのあたりもなく疾病牛を探すことに比べると ICT を活用することで少しでもあたりをつけられるのであれば導入を検討したい。
- ・ システム導入に際してほかの農家さんとシェアすることで導入費を抑えたりデータを共有したりできないかと考える。農機やシステムを占有するのではなくシェアして共同利用できることが理想。色々なシステムを個々の事業者だけで賄っていくことは難しい。こうしたシェアする仕組みを国や市、JA などでサポートしてもらえるとありがたい。
- ・ うしの中山の肥育で取得したデータをほかで利活用することに抵抗はない。和牛オリンピック（和牛能力共進会）で日本一になった牛の肥育データを基にノウハウをコンサルすることなどはぜひ展開してみたい。牛の肥育に関する色々なデータやノウハウはほかでも活用できると自負している。
- ・ ICT に強い人材（興味のある人材）を採用したいとは常々思っていて九州内の高専生（工業高等専門学校）なども採用できないかと検討している。これからは農業以外の人に農業に興味を持っていただくことも大切だと思う。
- ・ 人材育成も大きな課題。うしの中山が JA さんなどと人材育成で相互に連携ができる仕組みなども検討していきたい。

(2) システムの実装（本格導入・運用）について

- ・ 実装に向けてまずは起立困難牛が正確に検知できることは大変重要なポイント。当該システムの導入が牛の死亡と緊急出荷の減少につながることに大きな期待を寄せている。
- ・ 最近は見回りを強化して死亡牛も減少傾向にあるものの、それでも月平均 2 頭程度は出ている。見回りにかける職員の負担も大きいので、負担をかけることなく死亡牛が減ることの効果は大きい。
- ・ 実装に対する費用負担はある程度承知している。意向としては全棟導入も視野に入れているがその際は改めて国の補助の活用なども含めて検討をしっかりと実施していきたい。
- ・ 当該システムを導入することで費用効果だけでなく、従業員の新規募集時のプレゼンス向上などの定性的効果も期待できると思う。実際に採用活動にも活用していきたいと考えている。

(3) システムの普及促進について

- ・ 当該事業（うしの集中監視）については前向きに検討したいと考えている。
- ・ 並行して牛の中山が持つ肥育ノウハウをほかの農家さんに展開する下地作りから始めては

どうかと考えている。SNS などでも社長の取り組みに興味を寄せる投稿がある。

- ・うしの中山としても地域の農家さんを下支えする取り組みには積極的に参画していきたいし、それが新たな収入源になればなお良い。
- ・うしの中山だけでこの事業が運用できるとは思っていない。それぞれで強みのある事業者と一緒に取り組んでいきたい。

(4) ローカル 5G について

- ・ローカル 5G という言葉はこれまで聞いたことがなく、ほとんど知識はなかった。
- ・今回携わったことでローカル 5G について興味湧き勉強できる機会があれば参加してみたいと思う。ただ単にローカル 5G について説明されても興味は湧かないと思う。畜産や農業にどう活かされるかを交えて教えてもらえたらと思う。

----- 以上 -----

うしの中山へのヒアリング結果も踏まえつつ、サービス提供者側の考察を以下に示す。

実装性を高める手法の検討及び実行においては、鹿屋エリアでは農業ローカル 5G サービスとしての範囲の拡大や既存の光ファイバ網を活用したローカル 5G サービスの横展開を想定したが、いずれも初期費用やメンテナンスコストについて一定の支出を伴うため、事業リスクに対する懸念を払拭するに至らない。

一方でその懸念を払拭する補助金制度や、初期費用やメンテナンスコストの低廉化が進むことを期待しながらも、構築するインフラをより効果的に利用することも肝要である。

① 他農業、他分野でのインフラの重畳利用

ローカル 5G インフラを、畜産農家以外の農業分野で活用できれば、一部の機器においてではあるが、インフラの効果的な活用につながり、割り勘効果で利用料金を安価にすることが期待できる。

同様に、農業以外の分野として、産業、建設をはじめとする民生分野、自然監視、教育、医療、福祉といった分野に活用すれば同様にインフラをより効果的に重畳利用することができる。

② 自治体の重畳利用の推奨

農業、産業、建設、医療、福祉、教育、防災・・・など様々な分野でローカル 5G の超高速通信は活用することができる。

自治体が主体となってこれらの分野の垣根を取り払い、一部の機器においてではあるが、ローカル 5G のインフラをシェアリングすることで利用コストも減少し、すべての利害関係者に有益な結果をもたらすことになる。

自治体がそのような効果を期待した支援制度を準備し、重畳利用を各分野で推奨していくこと

により、インフラの効果的な利用が推進される。

このような地域でローカル 5G のインフラを構築する場合、次の 2 つの条件が備われば、さらに実装性や普及展開が加速すると考えられる。

(ア)国や地方自治体からの構築に係る財政支援

総務省「高度無線環境整備推進事業」で適用される設備の初期投資費用への補助金や農林水産省「産地生産基盤パワーアップ事業」「スマート農業の全国展開に向けた導入支援事業」のように、畜産農場などに延伸する場合の農業ローカル 5G サービスに必要なインフラ構築に対する国や地方自治体の助成金などの支援

(イ)国や地方自治体からの維持管理費に係る財政支援

総務省「高度無線環境整備推進事業」で提供されている維持管理に要する経費に関して一部赤字分を補填するための補助金のように、畜産農場にて利用しているローカル 5G サービスやスマート農業システムの維持管理費用といったランニング費用に対する国や地方自治体の助成金などの支援

4.3.3 ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討

(1) ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題

ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題として以下の点が挙げられる。

課題 1：提供費用の低減

スマート農業の実現にあたっては、システム投資・維持管理に係る費用とそれに伴って享受できるメリットの比較による採算性の実現が必要不可欠である。一方で本事業を通してローカル 5G とスマート農業ソリューションの費用については固定費としての支出が伴うことから、採算性に厳しい状況であることは前述してきた。畜産分野における他サービスの価格設定は 1 頭あたり月額 1,000 円～2,000 円のボリュームゾーンであることを確認しており（初期費用や機器費用は別途）、本サービスにおいても運用費用全体を現行から約 2 割軽減し、1,000 円/月/頭の実現が、ビジネスプランの成立に不可欠である。

課題 2：ソリューションの性能改善

本実証におけるユーザーのサービス要求水準（死亡率 30%以上改善）達成のため、AI の更なる学習が不可欠である。本実証前からうしの中山にて利用している IoT サービスとして、胃の中に温度センサを仕込み、牛の健康状態や給水、給餌状況を把握する仕組みがあるが、このソリューションの機能では起立困難牛の早期発見は困難であるとのご意見があるため、牛監視カメラと AI 画像分析による起立困難牛の早期発見には期待が大きい。本実証において牛の転倒を誤

検知したり、検知ができなかったりする可能性も考えられるため、職員への有効な通知がなされることが重大なポイントである。本事業ならびに次年度の継続実証にて、AI 分析・検知機能の更なるブラッシュアップを行い、結果として有効なアラームの精度を高く保つことが必要不可欠である。

課題 3：顧客に対するプロモーション・営業活動（リーチする手段）

提供費用 1,000 円／月／頭のサブスクリプション型サービスによる安定した経営を実現するため、10,000 頭程度のユーザー数獲得を目指す。

課題 4：運用面の改善

ヒアリングにおいて、監視カメラの清掃や故障した際に早期に取り換えが可能かといった不安点があり、保守性について向上させる必要がある。具体的には定期的な清掃や故障機器の入れ替えを行う体制の構築などが必要である。

システムの操作性については、極力直感的な操作と視認ができることが条件となるが、こちらの改善については継続実証の中で検討することになり、最終的にはブラッシュアップをかけることとなる。

(2) ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題に対する解決策の検討

実証事業後は実証環境であるうしの中山において、本事業によるシステム利用を継続しながら継続実証を行う。本実証時に抽出された課題（ICT コスト特に運用費用の更なる低減、AI の更なる学習、見回りロボットの実運用化等）への対応（ユーザー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/品質強化を株式会社ドリームワンカゴシマが行い、令和 6 年度にはうしの中山の大隅農場全域で本格実装を開始する。

この本格実装の稼働状況や運用ポリシーを踏まえ、NTT 西日本、関西ブロードバンド株式会社、富士通株式会社、株式会社ドリームワンカゴシマが、他事業者への展開に向けた課題（AI の更なる学習⇒補足、コスト低減）への対応を行う。

令和 7 年度には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することで実運用の実績を蓄積する。

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・横展開を推進する。NTT 西日本、関西ブロードバンド株式会社、富士通株式会社、株式会社ドリームワンカゴシマが鹿児島県外、全国のユーザーへのアプローチを実施し、令和 9 年までに 4 ユーザーを獲得する。また、小規模農家への横展開に向けた個別仕様を具体化する中で、コンソーシアムメンバー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。

4.3.4 ローカル 5G 活用モデルの実装・普及展開

(1) 実装・普及展開シナリオ

ローカル 5G 活用モデルの実装・普及展開時の提供ソリューションの前提としては、これまでの検証結果や考察を踏まえて下表のとおりとなる。

表 4.3.4-1) ローカル 5G 活用モデルの実装・普及展開時の提供ソリューションの前提

構 成		仕 様	
ローカル 5G 通信	SA 装置	コア装置	利用か所に建設したシェルタ内に設置。もしくはユーザー建屋内にサーバラックを設置。
		基地局	ユーザーの対象牛舎をカバーできる場所に基地局を設置。設置にあたっては、実態に即したネットワーク設計が必須。
		LCX	必要に応じて他者土地への電波漏洩を防ぐため。に一部エリアを LCX でカバーする。基地局と同様、実態に即したネットワーク設計が必須
	インフラ	シェルタ	19 インチラック 1 台が設置できる空調設備付帯の設備を建設
		線路	シェルタもしくはユーザー建屋内に設置したサーバラックから基地局まで光ファイバを敷設
スマート農業	牛監視カメラシステム	牛監視カメラシステム	ローカル 5G で監視センターから監視する AI 機能付牛監視カメラシステム。牛監視カメラ 1 台で 1 牛房を監視する。(1 牛房内の頭数は 2~3 頭を想定)
		見回りロボット (オプションサービス)	ローカル 5G で監視センターから指示することで目標牛舎・牛房まで自動で移動して、PTZ 可能なカメラで詳しい観察を実施。また、定期巡回を行い残飼料の調査や牛に対する声掛けなどを実施。
	見回り計画・マスタメンテシステム	特選牛	クラウド型・オンプレミス型を持つ繁殖・肥育両方に対応した台帳管理システム。牛監視カメラで解析した内容の台帳取り込みにより、精度の高い見回りリストを生成する DWH を構成。
		DWH 解析システム	生成された DWH から監視レベル別に牛の分類を行い、リスト化して通知
		LINE 連携システム	リスト化された見回りリストを多言語対応して関係者に通知
		事務向け RPA	和牛登録証の OCR と RPA による半自動化や経済連システムや畜産協会向け届け出処理などを RPA 化により自動化

これらのソリューションを継続実証においてブラッシュアップする。R6 年度に実証フィールドであるうしの中山へ本格実装し、その後 R7 年度からの横展開を実現する。

実装におけるゴールは以下の 2 点である。

- ① うしの中山の農場にて、現在の実証エリア 2,000 頭の牛の見守りを本システムにおいて実施し、異常牛の早期発見や飼料ロスの低減、見回り稼働の軽減等の実現により、うしの中山の経営に貢献すること。
- ② うしの中山の農場にて、全域の 5,000 頭の牛の見守りを本システムにおいて実施し、異常牛の早期発見や飼料ロスの低減、見回り稼働の軽減等の実現により、うしの中山の経営に貢献すること。

これら実装におけるゴールに至るため、継続実証において、「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%」の目標を達成することで、異常牛の早期発見や飼料ロスの低減につなげることが可能となる。

また横展開におけるゴールは、本システムを多数の畜産農家に導入し、10,000 頭以上の牛の見守りを実施し、異常牛の早期発見や飼料ロスの低減、見回り稼働の軽減などにより畜産農家の安定経営に貢献することである。

横展開のゴールに至るためには、以下の課題が存在する。

- ③ 継続実証において、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」の目標を達成し、サービス機能を磨き上げること。
- ④ 経済的なシステム導入障壁を下げるため、ローカル 5G や牛監視ソリューションにおいてサブスクリプション型のサービスモデルを実現すること。
- ⑤ 更なるコスト低減とサービスレベルの向上を目指して、共同の牛監視センターによる牛の見守りを実施し、割り勘によるコスト低減効果と監視や肥育のノウハウの蓄積によるサービスレベルの向上を実現すること。

これらの課題を解決し、横展開による本モデルの普及拡大を目指す。

(2) 実装計画

本事業においては、システムを導入する生産者の目線による「システムの投資額+運用費用」と「累積利得」の比較を行った。それぞれの項目についての主な構成要素は以下のとおりである。

【システム投資額】

- ・ 監視カメラ導入費用（カメラ代金、設置工事費、配線工事費等）
- ・ ローカル 5G 導入費用（基地局費用、設置工事費、配線工事費等）
- ・ 通信機器導入費用（通信機器代金、設置設定工事費、配線工事費等）
- ・ 画像解析システム導入費用（サーバ等機器費用、AP 費用、設置設定工事費）
→オンプレミス型ではなくクラウドサービス型も考慮した。
- ・ 通信費用（インターネット回線、プロバイダ費用等）

【システム運用費用】

- ・ 上記に係るランニング費用。

(ローカル 5G 及び画像解析システムはオンプレミス型だけではなくクラウド型も考慮)

【利得】

- ・ 牛の死亡や緊急出荷の回避による利益
- ・ 監視システムにてカバーできる稼働軽減＝人件費
- ・ 牛の監視による精密飼養の実現による牛販売単価の増

表 4.3.4-2 に、本システムの実装計画案を示す。

表 4.3.4-2) 提案時における実装計画案

実施内容		R5.4	R5.10	R6.4	R6.10	R7.4	R7.10	R8.4	R8.10	R9.4	R9.10
コンソ内実装 (うしの中山)	ユーザ(うしの中山)との交渉			■	■						
	対象エリア決定				■	■					
	システム設計				■						
	免許申請					■	■				
	システム構築					■	■				
	導入試験						■	■			
	サービス開始							■	■	■	■
横展開	エリア展開方針決定			■	■						
	ベンダ調整			■	■						
	ユーザ需要調査			■	■						
	関係省庁・自治体補助金などの確認			■	■						
	ユーザ(農家,JAを想定)との交渉					■	■				
	免許申請							■	■		
	システム構築							■	■		
	導入試験								■	■	
	サービス開始								■	■	■

1) 実装計画の作成方法

実装計画の検討にあたっては、実装段階におけるユーザーニーズの把握と普及拡大におけるユーザーニーズの把握が重要なポイントであると考え、下表のとおり情報収集を実施した。うしの中山へのヒアリング結果については 4.3.2 にて記載したとおり、実装時における支出額や重要視する機能や将来の共同監視センターの運用など多方面にわたる具体的なヒアリングを実施できた。

システム提供者側との週一度の定例会を実施し、意見交換や議論を交わしてきた。また本実証において横展開 WG を組成し、こちらも週一回の定例会を実施し、実装や横展開について議論した(横展開 WG メンバー: NTT 西日本、関西ブロードバンド株式会社、富士通株式会社、株式会社コンサル 41、鹿児島大学、等)。

表 4.3.4-3) ヒアリング先一覧(再掲)

カテゴリ	実施対象	実施方法	選定理由
畜産関連団体 (畜産農家)	JA 鹿児島もつき	ヒアリング	当該実証エリアの鹿屋市を含め大隅エリアを広くカバーする農協組織で肉牛の生産農家や養豚農家も多く加盟している。
	組合員	アンケート	

畜産事業者 (牛)	(有)うしの中山	ヒアリング	当該実証フィールドとなる事業者で、県内最大級の肉用牛を生産している。従来、スマート農業に対する造詣が深い。
自治体	鹿屋市	ヒアリング	当該実証フィールドの”うしの中山大隅ファーム”のある自治体で、市の農業産出額の約73%※が畜産関連となる。 ※2016年農水省統計情報
肉用牛以外を飼養する以下の事業者へヒアリングを実施 (参考)			
畜産事業者 (豚、鶏)	(株)ジャパンファーム	ヒアリング	大隅エリア (大崎町、伊佐市) で事業を展開する日本最大級の養豚・養鶏事業者のひとつ。
畜産系 DX サービスベンダ (豚)	(株)エコパーク	ヒアリング	養豚事業に特化したDXプラットフォームを、大隅エリアを含む全国のJAや養豚事業者に展開。養豚事業者や生産農家とのつながりも深い。

約

■実装計画要約シート

開 04 代表機関名	西日本電信電話株式会社		分野	農業			
実証件名	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						
実施体制	R6年度からの実施体制は以下のとおり						
		<p>【実装時(案)】 個別運用型</p>		<p>【実装時(案)】 サービス利用型</p>			
		令和4年度 (2023)	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	自社内への拡大		
	見回り計画・メンテナンスsys	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)ユーザーから得る対価	-	-	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

- ・ 2024 年度 1 ユーザー、2025 年度以降 1 ユーザーずつ利用者が増えるシミュレーション(1 ユーザー2,000 頭規模)
- ・ うしの中山は既にネットワーク環境及びスマート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。
- ・ 2025 年度以降利用するユーザーは初期費用を極力抑えるため、ネットワーク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。システム導入年度はローカル 5G 及びスマート農業の構築費用についてユーザーから徴収する。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)をユーザーから徴収する。
- ・ 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。
- ・ 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。

	どのようにして(手段、取り組み方法、アウトカム)	いつまでに	
実装を確実にするための取り組み	提供コスト低減	<ul style="list-style-type: none"> ・ NTT ビジネスソリューションズ株式会社もしくは関西ブロードバンド株式会社にてローカル 5G のサブスクリプション型のサービス提供も可能とする ・ 株式会社ドリームワンカゴシマにて監視システムのクラウド提供型のサービス開発を検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ NTT ビジネスソリューションズにて実施済み ・ 令和 6 年度までに検討を実施し、令和 6 年度以降にサービス提供を目指す
	ソリューション追加開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 株式会社ドリームワンカゴシマにて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。農継続実証にて取り組み継続。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 令和 6 年 3 月
	顧客開拓	<ul style="list-style-type: none"> ・ NTT 西日本及びコンソーシアムメンバーの営業拠点にて実施。NTT 西日本では 30 府県に営業拠点有。大規模農場への提案を実施する。 ・ 大隅エリアにおいては 12,000 頭規模の平松畜産、3,000 頭規模の鹿児島県経済連田代肥育場への提案を実施。 	令和 6 年度から
	運用面の改善	<ul style="list-style-type: none"> ・ うしの中山ならびにコンソーシアム各社を中心として専門の監視センター構築を検討する(共同利用型) 	検討は令和 6 年 3 月までに実施し、開設については令和 6 年度以降を目指す
	ルールメイキングへの貢献	<ul style="list-style-type: none"> ・ 富士通株式会社等にて、農場 HACCP 及び飼養管理マニュアルへの貢献 	令和 6 年 3 月まで
	<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、富士通株式会社、関西ブロードバンド株式会社、株式会社ドリームワンカゴシマ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想定。</p>		

a. 実施体制

実施体制については以下図のとおり「個別運用型」と「サービス利用型」の2パターンを想定している。

個別運用型の場合の実施体制は、NW サービス提供事業者として NTT ビジネスソリューションズ株式会社や関西ブロードバンド株式会社、監視ソリューション提供事業者としてプロジェクトメンバーである株式会社ドリームワンカゴシマ等となる。サブスクリプション型の場合の実施体制は、NW とソリューションを個別契約とするパターンと一括契約とするパターンがある。

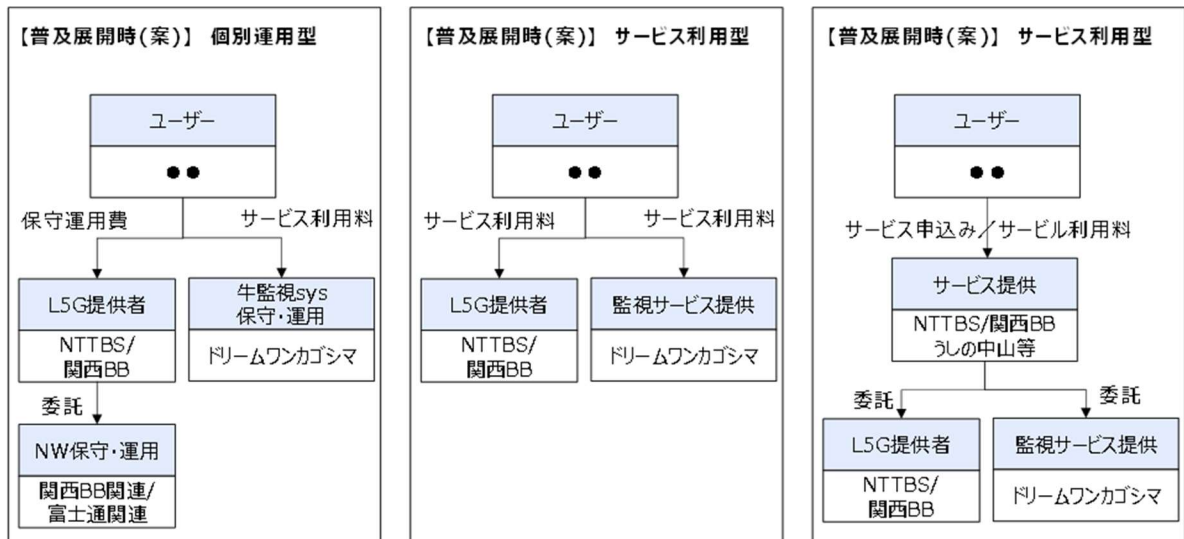


図 4.3.4-1) 個別運用型・サービス利用型の実施体制

通信サービスと牛監視サービスをそれぞれ別会社と契約することは、ユーザーにとってみると契約事務稼働がかかること、また、システムに障害が発生した場合に、ネットワークと監視サービスのどちらが原因の障害なのか判断しづらいことなどから、利便性が悪くなることも想定される。ユーザーサイドから見れば、ネットワークと監視サービスの一元窓口があることが望ましい。

実装時においては、うしの中山は既にネットワーク環境及びスマート農業ソリューションのシステム環境が整っているため、個別運用型にて実施する。

普及展開時においては、ローカル 5G も監視サービスも双方が、個別運用型とサービス利用型（サブスクリプション型）を選択することが可能であるため、ユーザーの環境や要望に応じて採用形態を選択することとなる。

b. 実装計画（実施事項）

～2023 年 3 月：NTT ビジネスソリューションズ株式会社においてローカル 5G 提供コストの低減を実現するサブスクリプション型のローカル 5G サービスの提供開始。（実施済み）

～2024 年 3 月：継続実証において、富士通株式会社と株式会社ドリームワンカゴシマがソリューション精度向上（AI を含めた総合判断で検知率 100%を目指す）と運用面のさらなる改善を求め実証を通じて実施。

～2024年3月：株式会社ドリームワンカゴシマにおいて更なる付加価値の向上を目指して追加のソリューション検討（より精密な牛の行動解析、個体識別等）

～2024年3月：ドリームワンカゴシマ株式会社において普及展開を見据え、監視ソリューションのクラウドサービス化検討。NTT 西日本において更なる顧客開拓を実現するため、導入障壁のひとつとなる費用低減を目指して個別運用型のネットワーク運用費用の低減検討を行う。

～2025年3月：ドリームワンカゴシマ株式会社において監視ソリューションの運用費用低減検討

2025年4月～：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て提案を実施。新たな顧客開拓を行う。

c. 収支計画

以下にローカル 5G 活用モデルのコストやビジネスモデルにおける損益分岐点の算出手順の考え方や他経営主体向けの事業モデルを記載する。

ア) 収支計画

① ローカル 5G のコストの算出手順

ローカル 5G の通信設備やエッジサーバーの初期投資やメンテナンス費用は表 4.3.4-4 のとおりである。

ローカル 5G のコストは 3 か所のスモールセル（基地局）を設置する仕様で固定費として確定する。横展開時にサービス利用者が初期費用として負担することを想定しており、維持管理費用については、機器メンテナンス費用とインフラ維持・保守費用についてサービス利用者が利用料として負担することを想定している。

表 4.3.4-4) ローカル 5G(個別運用型)の通信設備やエッジサーバーの初期投資やメンテナンス費用(単位:千円)

構成		単価	数量	初期費用	維持費用	
ローカル 5G 通信	機器	SA 機器	1 式	30,800		
		基地局 (3 か所)				
		機器メンテナンス	/年	—	4,620	
	イン フラ	線路構築	57,923	1 式	57,923	
		ラック構築	13,875	1 式	13,875	
		インフラ維持・保守	5,792	/年	—	5,792
		エッジサーバーホスティング	1,800	/年	—	1,800
合 計					12,212	

※無線の対向側のゲートウェイのコストは小さいので無視する。

※数量・コストは各農家がサービス利用開始時から必要となる数値

※実装計画においてはネットワークの維持・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15%削減できたと仮定して計算している。

また、ローカル 5G の費用としてはサブスクリプション型のサービス提供モデルがあるため、普及展開においてはサブスクリプション型の採用もある。コストについては以下に示す。

初期費用については、線路構築費とラック構築費が発生することになり、これらはサービス利用者が初期費用として負担することを想定している。また後年度の費用としては、月額 423 千円のローカル 5G 利用料とインフラ維持・保守費用が発生し、これらをサービス利用者が負担することを想定している。

表 4.3.4-5) ローカル 5G(サービス利用型)の通信設備やエッジサーバーの初期投資やメンテナンス費用(単位:千円)

構 成		単 価	数 量	初期費用	年間維持費用	
ローカル 5G 通信	機 器	SA 機器月額	423	一式		5,076
		基地局 (4 か所) 月額	—			
		機器メンテナンス	—	/年	—	—
	イン フラ	線路構築	57,923	1 式	57,923	
		ラック構築	13,875	1 式	13,875	
		インフラ維持・保守	5,792	/年	—	5,792
		一時金	30		30	
合 計					10,868	

② スマート農業のコスト算出手順

スマート農業のコストは変動費と固定費に分解できる。

スマート農業に必要な牛監視カメラシステムや見回りロボット等はスマート農業を適用する農場の規模によって農業ベンダが提供数を増加させるため、変動費としての性質を持つ。

一方で、台帳管理クラウドや見回りリスト生成システム等は適用農場の規模によって数量が変動しない。さらに、適用規模の上限をエリア内に限定しているため、維持費なども固定費として扱った（今回は 3 農場・60 牛舎・3,000 牛房に対する約 6,000 頭に適用したモデルにて表を作成した。また 3 農場については鹿児島県内における大規模ファームであるうしの中山大隅ファームと鹿児島経済連田代肥育場、平松畜産を想定している。うしの中山大隅ファーム以外の他農場については、本実証段階では営業活動といった具体的なアプローチは実施していない）初期費用についてはサービス利用者が負担することを想定している。またスマート農業の利用料については月 1,000 円/頭としてサービス利用者から徴収する。

見回りロボットについては、実証中のため試作品しか存在しないが、実証期間を経てサービス提供できる状態になったと仮定し、3 農場に 1 台ずつ配備する条件にて試算した。

表 4.3.4-6) スマート農業におけるコスト(単位:千円)

構成		単価	数量	初期費用	年額	固変	備考	
スマート農業	牛監視カメラシステム	スマート農業	59,000	3式	177,000	35,400	変	
		Dr.Cows ビュー維持費用 (スポット可)	11,800	台/年	-	35,400	変	
		見回りロボット (オプション)	6,000	3台	18,000	3,600	変	1農場/1台
		見回りロボット維持費用	1,200	3台/年	-	3,600	変	1農場/1台
	見回り計画・メンテナンスシステム	特選牛構築	5,000	3式	15,000	3,000	変	
		特選牛維持費	600	/年	-	1,800	固	-
		DWH解析基盤構築	440	3式	1,320	264	固	-
		DWH解析基盤維持費	440	3式	-	1,320	変	
		LINE連携システム	2,500	3式	7,500	1,500	変	
		LINE連携システム維持費	120	3式	-	360	変	
事務向けRPA構築		2,150	3式	6,450	1,290	固	-	
事務向けRPA維持費 (スポット可)	1,800	/年	-	5,400	固	-		
合 計					92,934			

※固：固定費、変：変動費

※数量・コストは各農家がサービス利用開始時から必要となる数値。それぞれの項目において1農場1式が必要となる。

※実装計画においては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15%削減できたと仮定して計算している。

イ) ユーザーにおける必要リソース（モデルケース）

モデルケースにおけるユーザー側の必要なリソースとしては、従来どおりの畜産経営と比して、①スマート農業システム導入による人員の減②スマート農業システム利用料の支払い③スマート農業システム導入に適した環境整備、の3点が異なるポイントとなる。

①については、監視カメラ設置台数や見回りロボットの導入台数によって、見回り稼働に必要な人員数に変動があることが想定される。基本的には現行の運営体制と比較すると人員減となることを想定している。また②については、ローカル5G等通信インフラに係る導入費用や利用料、監視カメラや見回りロボット等のスマート農業システムの導入費用や利用料の支払いが必要となる。これまで述べてきたとおり個別運用型とサブスクリプション型のサービスが考えられるが、どちらにおいても初期費用とランニング費用がそれぞれ発生し、受益者負担となる。③については、監視カメラの設置やケーブルや回線の敷設といった物理的な制約が考えられる。また見回りロボットを導入する場合には、ロボットが通行する通路がフラットであるか、牛舎への出入りについてロボットが自由にできるか、などロボットに適した環境が必要となる。

(参考1) ユーザー側の損益分岐点算出手順

畜産農家向け（肉用牛）農業ローカル 5G サービス事業モデルにおける農家の損益分岐点は、実証事業モデルで記述した労務費削減の利得、死亡牛の削減効果、緊急出荷牛の削減効果が固定費と変動費の和を上回る時に実現する。

スマート農業に必要な固定費及び変動費に対して利得が上回る損益分岐点の計算方法を示す。農場数・牛舎数・牛の頭数等で規模を表現し、利得を計算する。また、その時の固定費を通信固定費、スマート農業の固定費から計算する。スマート農業の変動費は、「Dr.Cows ビュー」、見回りロボット、監視カメラの台数から計算する。固定費と変動費の総和と利得を比較する。なお、(4.3.2. (1) 3) で検証したとおり、スマート農業の維持費用について一部スポット対応が可能であり、それらを考慮に入れることで、利得が費用を上回る幅が大きくなることから、損益分岐点の算出にあたってはスマート農業の維持費用を抑えた場合と、最大限積み上げた場合を考慮する必要がある。

また、この3農場は、鹿屋市の畜産農家の肉用牛飼養頭数約4万頭に対して25%（約1万頭）を占めている。鹿屋市における肉用牛の経営体数は582であり、579経営体にて残り約3万頭を飼育している。それら約579経営体3万頭を対象として利用者を増やしていくことで損益分岐点の改善を図る必要がある。さらに、この事業モデルはうしの中山以外の小規模農家はうしの中山のシェアリングサービスを受けることを前提としているが、うしの中山がシェアリングサービスを提供するにあたり、上記のスマート農業のコストにさらに固定費（監視センターや監視のための人件費の費用）を上乗せするとすると、損益分岐点はさらに上昇することになる。

(参考2) 他農家向け農業ローカル 5G サービス事業モデルの検討

割り勘効果によって通信費用を押し下げるもっとも簡単な方法は、通信インフラの仕様はそのまま、ほかの利用者にローカル 5G の通信サービス及び牛監視カメラなどのスマート農業システムのサービスを利用していただくことである。

大隅地方は畜産が盛んなエリアであり、牛以外にも養豚、養鶏農場が多数存在する。

これらの他畜産農家に対するローカル 5G サービス（監視センサーや自動農機等）が生まれ、それら多数の利用者を母数とすることができれば、通信サービスの料金は割り勘効果により低減することができる。

単一農家向けだけではシステム維持管理に係る固定費が一定規模必要となることから、まだ事業性や普及展開性には乏しいが、他分野でも通信サービスを適用できれば割り勘効果が高まり、通信コストを下げるができる。また、ローカル 5G サービス事業において例えばセンサー機器などに関して可搬型機器を用いることが可能になれば、シェアリングといった使用方法も検討することができ、利用用途の幅がさらに広がり、割り勘効果がさらに高まることも期待される。

他分野における利活用、シェアリングによる利活用を検討することで導入コスト低減を図り導入障壁を下げるための検討を行った。

単一農家向けの展開を想定した時に、費用面からもっとも実現性が高いと考えられる共同利用監視センターについては以下のとおりである。

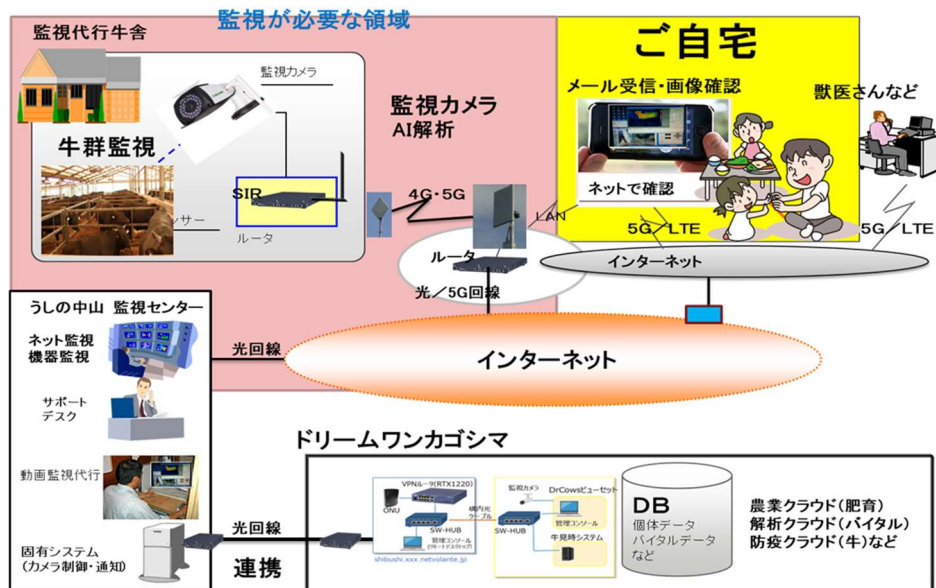


図 4.3.4-2) 共同利用監視センターイメージ図

参考として、JA 鹿児島きもつきの組合員に対し「年間 100 万円の改善効果（出荷増、費用軽減、稼働軽減 等）が見込める ICT ツールに年間どの程度の費用が払えるか」についてアンケート調査を実施したところ、以下のような回答が得られた。

表 4.3.4-7) 100 万円の効果に支出できる費用 (JA 鹿児島きもつき組合員アンケート)

70 万円以上	50~70 万円	30 万~50 万円	30 万円以上
1	1	6	11

(n=23)

100万円の効果に支出できる費用

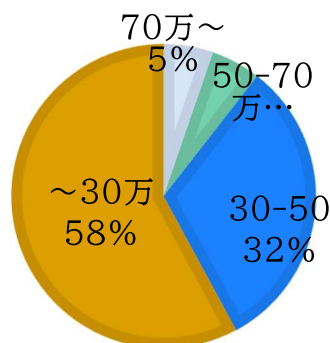


図 4.3.4-3) 100 万円の効果に支出できる費用

100 万円の効果が出るという前提条件であったとしても、支出金額は 30 万程度との回答が 6 割を占めた。しかしながら 50 万円以内ならば支払い可能との回答が 3 割、50 万以上の費用をか

けてでも導入したいという回答が1割あった。6割を占める多数の畜産農家にICTを導入していただくには、本システムの価値をより高めることと、更なる費用の低減が必要であるが、逆に残りの4割の畜産農家にとっては「効果が見込めればより費用を支払ってでも導入したい」という意向を持っていることがわかり、こういった層へのアプローチができることが望ましい。

ウ) ユーザーにおける必要リソース (モデルケース)

表 4.3.4-8) ユーザーにおける必要リソース

項目		イニシャルコスト (初年度)	ランニングコスト (次年度以降、年間)
ローカル 5G システム		71,798 千円	5,076 千円
a.	ローカル 5G システム運用業務 <i>(※自社で実施する場合)</i>	—	—
b.	ローカル 5G システムに係る運用業務委託 <i>(※他社に委託する場合)</i>	—	5,076 千円
c.	ローカル 5G システムに係る免許関連費用	—	10 千円
ローカル 5G 活用モデルに係るソリューション		75,090 千円	14,978 千円
a.	牛監視ソリューション	65,000 千円	11,800 千円
1.	運用に係る環境整備等に係る経費 <i>(※自社で負担する費用)</i>	—	—
2.	牛監視ソリューション委託費 <i>(※他社に委託する費用)</i>	—	11,800 千円
b.	見回り計画・マスタメンテソリューション	10,090 千円	3,178 千円
	見回り計画・マスタメンテソリューション		3,178 千円

ローカル 5G システムのイニシャルコストについては、線路構築費用ならびにラック構築費用が必須であり、それぞれ 57,923 千円、13,875 千円を計上した。またランニングコストについては、サブスクリプション型での展開による費用を計上した。本事業における実装と同規模をカバーするローカル 5G サービスとして月額 423 千円を計上している (年額 5,076 千円)

また、ローカル 5G 活用モデルに係るソリューションとして、同様に「牛監視ソリューション」と「見回り計画・マスタメンテソリューション」をそれぞれ計上した。牛監視ソリューションは Dr.Cows ビューの構築費用 59,000 千円と見回りロボット 6,000 千円を初期費用として計上。見回り計画・マスタメンテソリューションの構築費用としては、特選牛構築費用 5,000 千円や LINE 連携システム構築 2,500 千円、RPA 構築 2,150 千円など、合計 10,090 千円を計上した。

d.実装を確実にするための取り組み

ア) 提供コスト低減

コストについては、大きく「通信インフラの構築・維持管理に係る費用」と「牛監視カメラなどのスマート農業サービスの構築・維持管理に係る費用」に分けられる。それぞれの提供コスト低減について述べる。

通信インフラの構築・維持管理費用については、初期構築費用や更改費用が大きな設備投資として負担となることが想定されるため、サブスクリプション型のサービス提供モデルがあることが実装を確実にするための解決策のひとつとして考えられる。通信インフラであるローカル 5G ソリューションについては、NTT ビジネスソリューションズ株式会社において、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であり、利用者の選択肢を増やし、実現性を高めることができたと考えられる。

イ) ソリューション追加開発

また、同様に牛監視カメラなどのスマート農業サービスについても、初期構築費用や更改費用が大きな設備投資として負担となることが想定されるため、サブスクリプション型のサービス提供モデルがあることが実装を確実にするための解決策のひとつとして考えられる。畜産ソリューションとしてのアプリケーション「Dr.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サービス型のサービス提供モデルを検討する。月 1,000 円/頭の価格設定を目指す。

本事業においては、短期間の実証であったため牛監視カメラなどのスマート農業サービスの知見を得るためのユースケースが十分であるとまでは言い切れないが、継続実証として令和 5 年度も実証を継続することになっている。そこでは十分な期間をとり、実証における事例も多く発生することが予想され、スマート農業サービスを磨き上げることが可能となる。

具体的には、令和 5 年度の実証が終わる 2024 年 3 月までに、「異常牛の発見に関する AI 識別及びアラート発出」や「牛の採食回数・量など活動量の把握」「体重増加状況の把握」「残飼料の把握」などを目的としたチューニングの実施を行うとともに、解析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計画している。

本事業により集めたデータは BIGDATA として台帳管理システムに集積される。そこで、牛の行動（採食、飲水、起立困難など）を 24 時間、365 日詳細に行動観察した結果と、疾病や事故や出荷成績などと照合することにより新たな知見が発見できると考えている。例えば、現状疾病に関しては外部から見て明らかに具合が悪そうな牛を抽出して獣医が診察するという流れだが、若い牛の場合（10 カ月齢から 15 カ月齢）、肺炎などを患い重篤化すると、治癒したとしても肺に損傷が残る大きく成長しないという問題がある。そうした疾病の初期症状を、精密な行動観察により早期に発見し、重篤化予防ポイントの発見やマニュアル化といった取り組みを行う。

ウ) 顧客開拓

本コンソーシアムメンバー各社において、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 西日本においては、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、提案活動が可能である。コンソーシアムメンバーにおいては全国展開が可能なため役割分担（エリア分担）のうえ、営業活動を実施する。

また、牛以外の畜産分野におけるローカル 5G の活用について検討を行った。牛に限らず養豚や養鶏の分野でもローカル 5G ソリューションを展開することでユーザー数を増やし、機器の供給量も増加することで導入費用や維持管理費用の低減化が期待できる。しかしながら、今回のヒアリングにおいては、牛とそれ以外の豚や鶏の飼育方法・方式の違いから同様のソリューションを他分野に展開しても、導入効果が見込みづらいことが判明した。具体的には牛は一頭一頭の付加価値が高く、個体を管理していくことが通常であるが、豚や鶏においては群管理を行っており、一頭一頭の精密な行動様態について観察を行う、というやり方はそぐわない状況である。ただし、環境監視のためのセンシングなどにおいては ICT ツールの導入による期待もあることから、ローカル 5G が適する環境も想定される。大規模な農場でかつ環境センシング以外にも映像監視等を行う必要があるような分野においては販売機会も考えられるため、営業活動先の選定が必要である。

エ) 運用面の改善

運用面においては専業の監視センターを構築して、生産者個人の夜間監視業務からの解放を目指す。令和 6 年度以降にセンター運用開始を目指す。

システムの操作性については、極力直感的な操作と視認ができることが条件となるが、こちらの改善については継続実証の中で検討することになり、最終的にはブラッシュアップをかけることとする。

オ) ルールメイキングへの貢献

農林水産省飼養管理において、本事業結及び得られたインプリケーション、制度変更の提案等を実施し、2024 年 3 月までのガイドライン制定に積極的に貢献する。

2023 年 10 月 農場 HACCP 及び飼養管理マニュアル (*1) のレベルアップ案検討

2024 年 03 月 農場 HACCP 及び飼養管理マニュアルのレベルアップの貢献

また、今後の輸出を鑑みた際、欧米では農場 HACCP (*2) やアニマルウェルフェア、GAP (Good Agricultural Practices : 農業生産工程管理) などを求められる。生育プロセス画像で残せる本システムは証跡を提供することができる優れた仕組みであり、農林水産省に積極的に活用を提案し貢献していく。

(*1) 畜産現場において毎日の衛生対策を徹底して実践することを目的に、作業内容（消毒方法や整理整頓、敷地外からの野生生物の侵入を防ぐ対策など）をマニュアル化した

もの。

(*2) 畜産農場における衛生管理を向上させるため、農場に HACCP (*2-①) の考え方を取り入れ、危害要因（微生物、化学物質、異物など）を防止するための管理ポイントを設定し継続的に管理・記録を行うことにより農場段階で危害要因をコントロールする手法。

(*2-①) Hazard Analysis and Critical Control Point : 食品等事業者自らが食中毒菌汚染や異物混入等の危害要因（ハザード）を把握したうえで、原材料の入荷から製品の出荷に至る全工程の中で、それらの危害要因を除去または低減させるために特に重要な工程を管理し、製品の安全性を確保しようとする衛生管理の手法。

e. 計画した収入を下回った場合の対応方法（資金調達など）

監視ソリューションにおいて、新たな開発資金を投入し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想定している。

計画を下回った場合には、収入源の確保として新たな顧客開拓が必要となる。大規模農家のユーザー獲得ならびに小規模農家へも普及展開を促進するため、自治体による補助対象ソリューションとして認めていただけるよう働きかけを行う。

5. 普及啓発活動の実施

5.1 映像制作

ローカル 5G の普及展開に向けて、映像制作会社と連携のうえ、実証の取り組み成果に係る高品質な映像を制作した。

また、実証映像の素材提供や関係者へのインタビューの撮影等に協力した。

5.2 実証視察会の実施

ローカル 5G の普及展開に向けて、ローカル 5G の導入に関心のある企業や、地方公共団体、関係省庁等に対する実証視察会を計画した。視察会は原則現地での開催を計画したが、昨今の情勢を鑑み、オンライン開催も視野に入れた対応を実施した。畜産事業者だけでなく、業界を取り巻く様々な主体に幅広く参加してもらえるよう、本コンソーシアムが加入する団体等にも積極的に告知した。

視察会の参加者やプログラム、当日の様子は以下のとおりである。

【日時】 2023 年 3 月 3 日（金） 13 時～15 時

【場所】 鹿児島県鹿屋市串良町有里 5137-3 有限会社うしの中山 大隅ファーム

【参加者】 総務省、信越総合通信局、九州総合通信局、三菱総合研究所

【実施内容】

- ・ うしの中山の事業、会社概要などご紹介
- ・ ローカル 5G 活用モデル全体像（配線ルート 他）の説明
- ・ 全体概要ビデオ視聴
- ・ 牛監視、AI 解析、肥育牛管理など各種ツールの説明・デモ
- ・ うしの中山大隅ファーム内の実装システム（牛房カメラ、ローカル 5G アンテナ、見回りロボット 他）の視察
- ・ 質疑応答

表 5.2-1) 視察会参加者一覧

【視察者】
総務省
信越総合通信局
九州総合通信局
三菱総研 (MRI)
【対応者】
うしの中山
鹿児島大学
富士通ジャパン
富士通
クリエート
DFC
アグリセンシング
エアリアルワークス
ICTプロデュース
ケイエーエス
SUMADO
コンサル41
ロボネットコミュニケーションズ
NTT西日本

表 5.2-2) 視察会プログラム

タイムスケジュール	視察内容	場所	説明者
13:00-13:40	・うしの中山様の事業、会社概要などご紹介	現場事務所	〇〇
	・L5G活用モデル全体像（配線ルート他）の説明 ※志布志牧場含む		NTT西日本：〇〇
	・L5Gのシステムの概要説明		富士通：〇〇
	・牛監視システム（AI診断解析）概要の説明 ※牛房カメラ映像やAI解析画面を見ていただく		AGS：〇〇
	・異常検知とA L M通知のデモ		クリエート：〇〇
13:40-13:45	移動 現場事務所 → H22牛舎（平面アンテナ）		ARWS：〇〇
13:45-13:50	・L5Gアンテナの説明(設置状況)	H22牛舎横	富士通：〇〇
13:50-14:00	・牛舎の4 Kカメラ設置状況の説明	H22牛舎	DFC：〇〇
14:00-14:10	・ローカル5GのLCX説明	H2牛舎	富士通：〇〇
14:10-14:20	・見回りロボットの紹介（h2牛舎前に待機し牛舎内走行状況を確認）	H2牛舎	ARWS：〇〇
14:20-14:30	・ローカル5Gのシステム説明	L5Gシェルタ	富士通：〇〇
14:30-14:40	・牛監視システムの説明	コンテナ	AGS：〇〇
14:40-14:45	移動 コンテナ → 現場事務所		
14:45-14:55	質疑応答	現場事務所	全員



図 5.2-1) 2023 年 3 月 3 日視察会の様子①



図 5.2-2) 2023 年 3 月 3 日視察会の様子②(カメラ)



図 5.2-3) 2023 年 3 月 3 日視察会の様子③(ロボット)



図 5.2-4) 2023 年 3 月 3 日視察会の様子④(ローカル5G)



図 5.2-5) 2023 年 3 月 3 日視察会の様子⑤(カメラ)



図 5.2-6) 2023 年 3 月 3 日視察会の様子⑥(ローカル5G)



図 5.2-7) 2023 年 3 月 3 日視察会の様子⑦(見回りロボット)

5.3 その他普及啓発活動

これまで、本実証に関する普及啓発活動については、講演会での情報発信やテレビ局の取材対応、Web での情報発信、新聞記事の掲載など各種形態やメディアにて行ってきた（表 5.3-1）。

今後は、各種講演会、報道機関及び業界紙等からの取材を受けるなど、実証成果及び関連事業の普及啓発活動に積極的に取り組む。取り組み内容は、NTT 西日本グループ主催で、NTT 西日本のお客様や関連企業が多数参加する NTT コレクションでの情報発信を実施する。

また、本事業を通じて得られたローカル 5G を用いたソリューションに関する情報提供（ソフトウェアやドキュメント類等）を、三菱総合研究所・総務省との協議のうえ、5G ソリューション提供センター（以下、「5GSC」とする）へ行う。また、5GSC の実現に向けた検討について、本事業を踏まえた“養鶏”や“養豚”も含めた畜産分野など横展開が可能な分野におけるソリューションの活用案や実装に向けた課題をまとめるなど、実現に向けた協力を行う。

また、本事業で得られた知見を基に NTT 西日本グループとしてサービス化の検討を行い、地域実装の更なる推進に協力する。

表 5.3-1) 本実証に関する普及啓発活動

日付	媒体	概要
10/14	NHK 鹿児島放送局	「かごスピ」で放送 ドローン・AI などのデジタル技術を農業に活用しようという研究の現場に潜入。鹿児島出身「農水省官僚ユーチューバー」白石優生さんとともに、農業の未来を考える。
10/15	NHK 鹿児島放送局	「かごスピ」で放送（10/14 の再放送）
10/19	NHK 鹿児島放送局	「情報WAVEかごしま」で放送 「DX＝デジタル変革で和牛日本一の先へ」

10/19	NHK 鹿児島 NEWS WEB	「DX＝デジタル変革で和牛日本一の先へ」こちらの記事で、本実証事業の取り組み内容が紹介された。(10/19の内容をWebに掲載。) https://www3.nhk.or.jp/lnews/kagoshima/20221019/5050020857.html
10/22	NHK 鹿児島放送局	「いちおし!九州沖縄」で放送(10/14の再放送)
10/30	かごしま WEB 特集	「“和牛日本一”の鹿児島 デジタル技術で変わる畜産の現場」こちらの記事で、本実証事業の取り組み内容が紹介された。(10/19の内容をWebに掲載。) https://www.nhk.or.jp/kagoshima/lreport/article/001/26/
10/31	NHK 鹿児島放送局	「おはよう九州沖縄」で放送(10/14の再放送)
11/1	NHK 鹿児島放送局	「おはよう日本」で全国放送(10/19の再放送)
11/9	NHK 熊本放送局	「ニュース845くまもと」で放送(10/14の再放送)
11/9	NHK WORLD-JAPAN	「Digital High-Tech for Raising Wagyu Beef」で放送(10/19の再放送。英語版。)
11/18	NHK BS1	「〇〇推し!」で放送(10/19の再放送)
11/18	NHK 鹿児島放送局	「情報WAVEかごしま」で放送(10/19の再放送)
12/1	鹿屋市広報誌「広報かのや」	「まちのおしごと」こちらの記事で、本実証事業の取り組み内容が紹介
12/2	NHK WORLD-JAPAN	「NEWSLINE INDEPTH」で放送(10/19の再放送。英語版。)
2/10	講演	九州デジタル推進ワーキンググループにて講演 「ローカル5Gを活用したスマート農業への取り組み」
3/29	南日本新聞	全面広告「うしの中山と NTT 西日本によるスマート農業へのチャレンジ」

6. 実施体制

6.1 実施体制の全体像

本事業の実施体制の全体像を図 6.1-1 に示す。

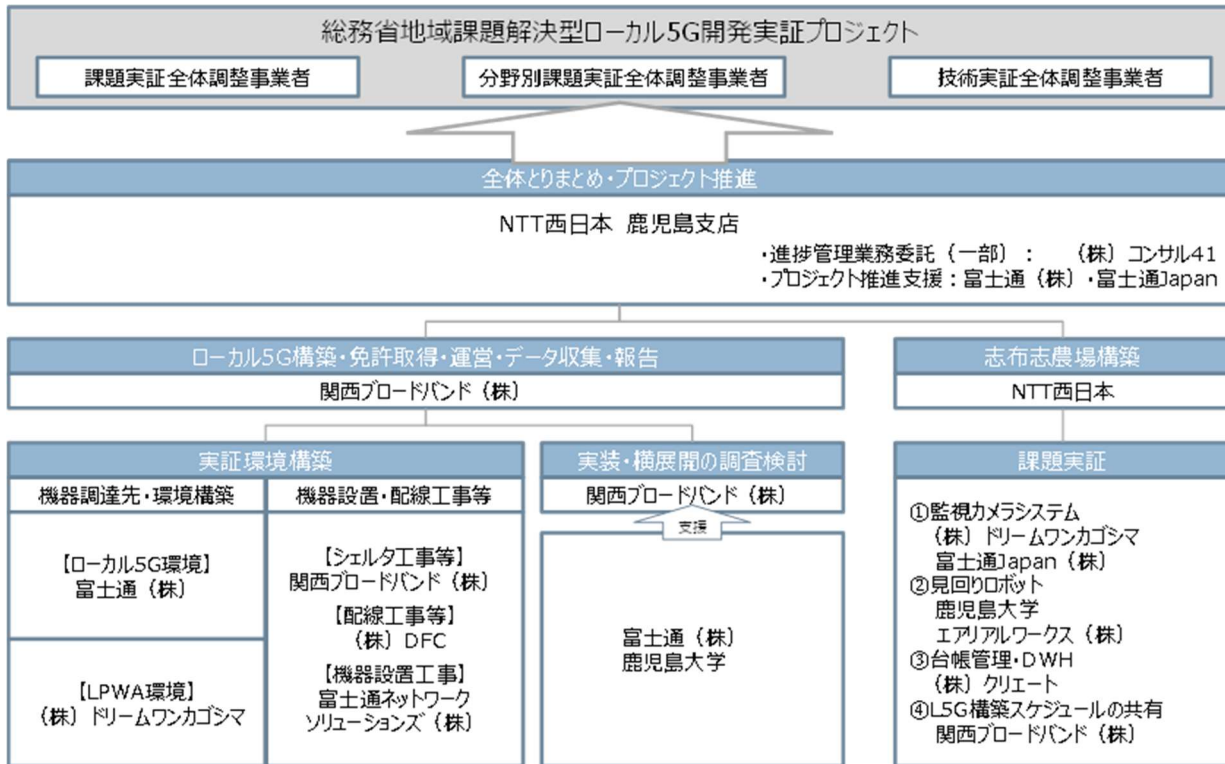


図 6.1-1) 実証体制全体像

6.2 実施体制内の役割

本事業の実施体制内の役割を表 6.2-1 に示す。

表 6.2-1) 各事業者の役割

団体・事業者の名称	実証コンソーシアムに含まれる	役割
西日本電信電話株式会社	○	全体とりまとめ・横展開・志布志農場
かごしま通信システム株式会社		志布志地区通信工事および鹿屋の VPN 引き込み工事
關西ブロードバンド株式会社	○	大隅ファーム ローカル 5G 機器の所有・敷設・免許取得・光回線敷設工事・電波伝搬試験

		対応全般
富士通株式会社	○	ローカル 5G 製品・サービスの提供・ローカル 5G 電波伝搬試験の実施調査報告
富士通 Japan 株式会社	○	本事業全体の企画・推進・とりまとめ・富士通製品の提供
富士通ネットワークソリューションズ株式会社	○	大隅ファーム ローカル 5G 機器の設置工事・現調・チューニング全般
富士通エフネットサービス株式会社		大隅ファーム ローカル 5G 機器の設置工事・現調・チューニング全般
株式会社大協通信		大隅ファームの敷設工事全般
国立大学法人 鹿児島大学工学部		見回りロボット
国立大学法人 鹿児島大学情報基盤統括センター	○	有識者としてのアドバイス全般
有限会社うしの中山大隅ファーム		実証生産者
株式会社うしの中山志布志牧場		実証生産者
株式会社 DFC	○	大隅ファーム・志布志牧場における牛舎工事全般
株式会社ドリームワンカゴシマ		監視装置「Dr.Cows ビュー」企画・開発・提供・プロジェクト報告など
合同会社アグリセンシング		監視装置「Dr.Cows ビュー」設定作業全般
株式会社クリエート		繁殖・肥育一貫管理型台帳システム『特選牛』の提供・カスタマイズ、DWH 化、通知システム、RPA 開発
株式会社エアリアルワークス		見回りロボットプラットフォームの開発・提供・支援全般
株式会社ロボネット・コミュニケーションズ	○	課題解決システムの実証
公益社団法人鹿児島県畜産協会		効果検証支援（データ解析支援・経営評価など）
ICT プロデュース	○	関西ブロードバンドの指示で富士通の電波伝搬試験の現地支援
ユニバーサルソフト株式会社		RPA 化支援
アグリデータインサイト		DWH の抽出データ解析支援
ケイエーエス		関西ブロードバンドの指示で富士通の電波伝搬試験の記録全般
株式会社コンサル 41	○	関西ブロードバンドの配下で進行管理支援全般

株式会社エス・テー・ラボ		DWH の構築支援及び通知システムの LINE 連携
株式会社モバイルテクノ		ローカル 5G システム構築における構築作業
株式会社九州テン		ローカル 5G システムにおける電波伝搬試験
コムシス株式会社		志布志地区通信工事及び鹿屋の VPN 引き込み工事
SUMADO		動画制作
株式会社 MCF		大隅ファームにおける牛舎工事全般
有限会社光翼電設		大隅ファーム・志布志牧場における牛舎工事全般

7. スケジュール

大区分	小区分	備考	9月				10月					11月				12月			
			5日	12日	19日	26日	3日	10日	17日	24日	31日	7日	14日	21日	28日	5日	12日	19日	26日
実証環境の構築	事業者間調整					▲事業者間調整完了													
	実験試験局免許申請					▲免許申請(実験計画書等書類提出)完了													
	構築工事						▲工事開始												
	接続試験																	▲現地環境構築・事前接続確認完了	
技術実証	性能評価試験設計・事前シミュレーション・実証準備																▲実証準備完了	▲予備日	
	電波伝搬特性測定																		
	測定データ取り纏め																		
課題実証	機器調達・準備等																▲機器調達・準備完了		
	事前検証・動作検証																		
	効果・機能・運用検証																		
	検証データ取り纏め																		
実装及び普及展開に関する検討	調査検討準備					▲検討完了													
	各種調査(ニーズ、コスト等)																▲調査完了		
実証成果の取りまとめ及び成果の周知	実装シナリオの見直し普及展開検討																		
	プロジェクトキックオフ、進捗報告					▲キックオフ												▲進捗報告	
	全体報告書作成																		
	実装シナリオの見直し普及展開検討																		

大区分	小区分	備考	1月				2月				3月							
			7日	14日	21日	28日	4日	11日	18日	25日	3日	10日	17日	24日	31日			
実証環境の構築	事業者間調整																	
	実験試験局免許申請																	
	構築工事																	
	接続試験																	
技術実証	性能評価試験設計・事前シミュレーション・実証準備																	
	電波伝搬特性測定																	▲電波伝搬特性測定完了
	測定データ取り纏め																	▲データ取り纏め完了
課題実証	機器調達・準備等																	
	事前検証・動作検証																	▲現地環境構築、事前動作検証完了
	効果・機能・運用検証																	▲検証完了
	検証データ取り纏め																	▲データ取り纏め完了
実装及び普及展開に関する検討	調査検討準備																	
	各種調査(ニーズ、コスト等)																	
実証成果の取りまとめ及び成果の周知	実装シナリオの見直し普及展開検討																	▲検討結果まとめ
	プロジェクトキックオフ、進捗報告																	▲進捗報告
	全体報告書作成																	▲一次提出 ▲最終提出
	実装シナリオの見直し普及展開検討																	▲啓蒙活動

図 7-1) スケジュール

添付資料

1. 関係者に対するヒアリング状況

添付資料-1) 関係者に対するヒアリング状況

※カテゴリ	実施対象	実施方法	選定理由	実施日
畜産関連団体 (畜産農家)	JA 鹿児島 きもつき	ヒアリング	当該実証エリアの鹿屋市を含め大隅エリアを広くカバーする農協組織で肉牛の生産農家や養豚農家も多く加盟している。	2023/1/16
	組合員	アンケート		2023/1/16 ~2/16
畜産事業者 (牛)	(有)うしの中山	ヒアリング	当該実証フィールドとなる事業者で、県内最大級の肉用牛を生産している。従来、スマート農業に対する造詣が深い。	2023/2/16
自治体	鹿屋市	ヒアリング	当該実証フィールドの”うしの中山大隅ファーム”のある自治体で、市の農業産出額の約73%※が畜産関連となる。 ※2016年農水省統計情報	2022/12/16
肉用牛以外を飼養する以下の事業者へヒアリングを実施(参考)				
畜産事業者 (豚、鶏)	(株)ジャパン ファーム	ヒアリング	大隅エリア(大崎町、伊佐市)で事業を展開する日本最大級の養豚・養鶏事業者のひとつ。	調整中※
畜産系 DX サービスベンダ (豚)	(株)エコポーク	ヒアリング	養豚事業に特化したDXプラットフォームを、大隅エリアを含む全国のJAや養豚事業者に展開。養豚事業者や生産農家とのつながりも深い。	2023/1/13

時期を別途調整

添付資料-2) 関係者に対するヒアリングスケジュール

	12月					1月					2月				
	1-2	5-9	12-16	19-23	26-28	4-6	10-13	16-20	23-27	30-31	1-3	6-10	13-17	20-24	27-28
ヒアリング・アンケート 項目作成	→														
ヒアリング・アンケート の実施	JA 鹿児島 きもつき							▲	→						
	うしの中山												▲		
	鹿屋市			▲											
	ジャパン ファーム														△
	エコポーク							▲							

※ジャパンファームは鳥インフルエンザ等の流行時期等とも重なり別途日程を調整

1-2. ヒアリング結果

1-2-1. JA 鹿児島きもつき

=====

【日時】 2023年1月16日(月) 15:30-16:45

【場所】 JA 鹿児島きもつき 2F 打ち合わせ卓

【参加者】 鹿児島きもつき農業協同組合

=====

○JA 鹿児島きもつきにおける畜産分野課題について

- ・組合員の高齢化と担い手育成は課題である。当該 JA エリアでは平均年齢 60 代後半～70 代の小規模農家が多く、若手経営者に引き継ぐとしても、生産規模(頭数)を維持するのも大変な状況。
- ・新規就労者は少ない。繁殖の場合、母牛が育つまでに 2 年、子牛が売れるのがさらに 1 年なので、3 年間は収入の目途が立たないという厳しい環境なのも要因のひとつ。
- ・JA 鹿児島きもつきでは昨年 12 月に畜産指導部を立ち上げて、指導員の立場から牛の品質向上に向けた取り組みを開始した。
- ・世間では秘匿傾向があると思われる育成技術に関する情報については指導員から良い例も悪い例も農家へ共有している、また最近は若い経営者同士で情報共有を進めている。
- ・これまで勘と経験に頼ってきたノウハウを観える化できることは重要。

○ICT ツールの導入について

- ・監視カメラ、発情・分娩検知システムについては導入している農家も多い。また自動給餌は大規模農家でパラパラと導入されている印象。
- ・牛に首輪をつけて動きや地面からの高さを計測して転倒などを検知するシステムを入れているところもある。
- ・糞尿に関しては ICT ツール導入というよりも菌を使って臭いを低減する仕組みが多い。
- ・結局のところ導入費用と効果とのバランスを見て判断することになるが、大規模農家でなければ ICT への投資は難しい傾向にあるのは間違いない。

○うしの中山実証事業について

- ・牛はストレスに弱く体重計に乗せるのもストレスになるので、AI での行動把握や推定体重を導き出せるのは良い仕組み。
- ・実際の導入に関しては費用がどこまで軽減できるか気になるところ。

○共同事業体について

- ・単一 JA として組合員に対し ICT 利活用を独自サービスとして提供しているような事例はなく、今回の仕組みであれば、農家と ICT 企業(ベンダ)が直接やり取り(契約)をするのが自然な流れ。

- ・ JA と ICT ベンダとが共同事業体を形成してサービスを展開する提案であると思うが、やはりターゲットは大規模事業者限定になり、やはり大規模事業者と ICT ベンダとで直接やり取り（契約）する方が良い。
- ・ 畜産農家は基本的に離れて点在しており、畜産団地といった集積されたエリアが存在しないため通信基盤を共同利用することは難しいのではないかと。

○ターゲットとなる農家について

- ・ JA 鹿児島きもつき管内で肥育農家は 40 軒程度。
- ・ 肥育牛が 1,000 頭以上の規模となると、エリア内ではうしの中山、平松畜産、きもつき大地ファームの 3 事業者くらい。
- ・ 数十頭規模の農家が 7、8 割である。
- ・ 防疫の観点からも各畜産農家は基本的に点在している。ターゲットはどうしても大規模事業者に絞られてくる。

○組合員向けアンケートについて

- ・ 指導員に依頼し、農家訪問の際にアンケート実施するように JA 内で調整を図る。

JA 鹿児島きもつき組合員アンケート集計状況

=====

【属性】 肉用牛農家

【実施期間】 2023/1/16-2/16

【実施方法】 アンケート用紙の配布・回収

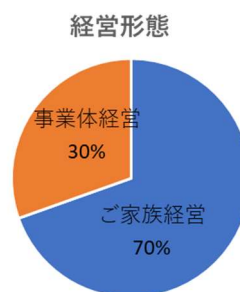
【有効回答数】 23 件

=====

添付資料-3) JA 鹿児島きもつき組合員アンケート集計状況

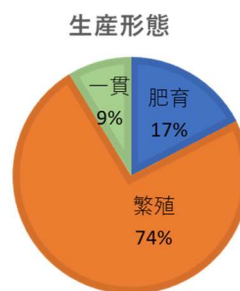
- ・経営形態について教えてください。

経営形態	ご家族経営	16
	事業体経営	7



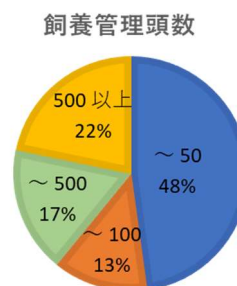
- ・畜産牛の生産形態について教えてください。

生産形態	肥育	4
	繁殖	17
	一貫	2



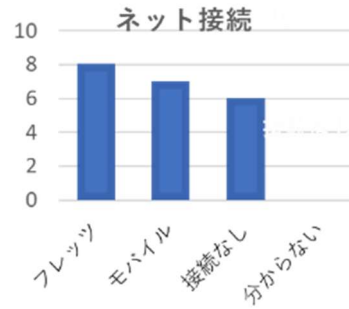
- ・飼料管理頭数を教えてください

飼料管理頭数	～ 50	11
	～ 100	3
	～ 500	4
	500 以上	5



- ・農場（畜場）でネットへの接続はどんなサービスをお使いでしょうか（複数回答）

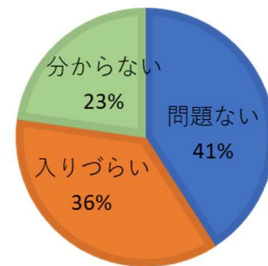
ネット接続	フレッツ	8
	モバイル	7
	接続なし	6
	分からない	0



- ・農場（畜場）はモバイル通信サービスが入りづらいエリアでしょうか

モバイル通信状況	問題ない	9
	入りづらい	8
	分からない	5

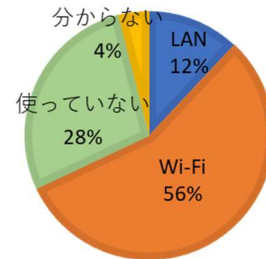
モバイル通信状況



- ・農場でネット接続やクラウドサービス利用のための構内NWには何を使われていますか。

構内NW	LAN	3
	Wi-Fi	14
	使っていない	7
	分からない	1

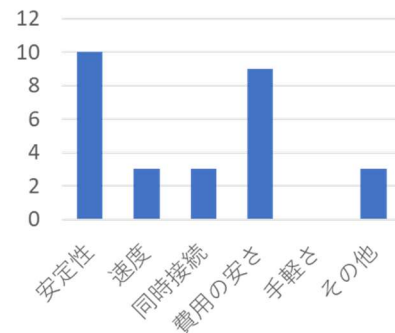
場内NW



- ・通信環境に求めることはありますか。

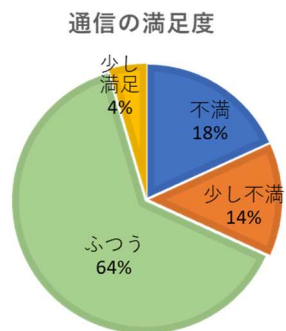
通信環境に求めること	安定性	10
	速度	3
	同時接続	3
	費用の安さ	9
	手軽さ	0
	その他	3

通信環境に求めること



・現在の通信環境に満足していますか。

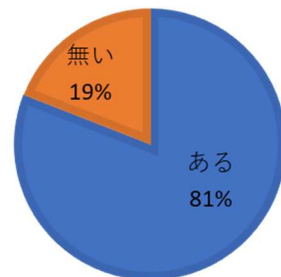
通信の満足度	不満	4
	少し不満	3
	ふつう	14
	少し満足	1
	満足	0



・スマート畜産という言葉を知っていますか。

スマート畜産の認知度	ある	17
	ない	4

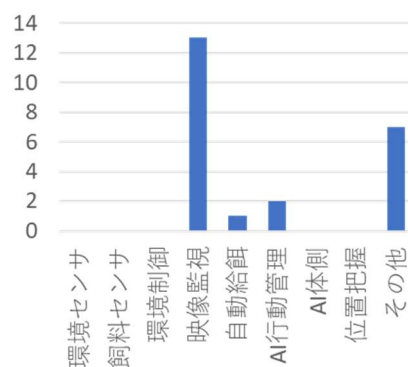
スマート畜産の認知度



・現在の畜産運営で ICT を導入している項目はありますか

ICT 導入実績	環境センサ	0
	飼料センサ	0
	環境制御	0
	映像監視	13
	自動給餌	1
	AI 行動管理	2
	AI 体側	0
	位置把握	0
	その他	7

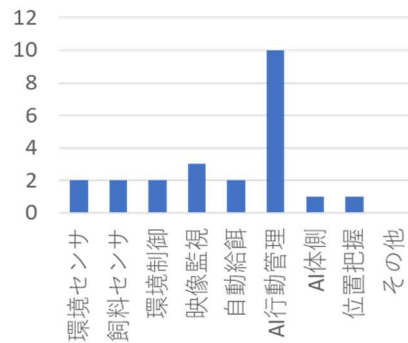
ICT 導入実績



・今後導入したい ICT の項目はありますか。

ICT 導入実績	環境センサ	2
	飼料センサ	2
	環境制御	2
	映像監視	3
	自動給餌	2
	AI 行動管理	10
	AI 体側	1
	位置把握	1
	その他	0

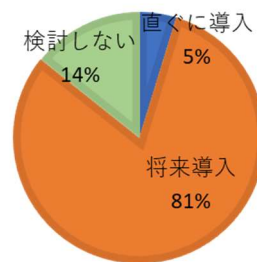
ICT 導入希望



・国や自治体などからの保持があれば ICT 機器の導入を検討されますか。

補助の活用	直ぐに導入	1
	将来導入	17
	検討しない	3

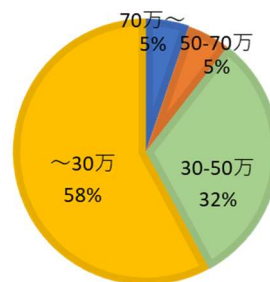
補助の活用



・100 万円/月の効果（収入増、コスト削減 他）が期待できる ICT システムにどの程度の支出ができますか。

100 万円の効果に支出できる費用	70 万～	1
	50-70 万	1
	30-50 万	6
	～30 万	11

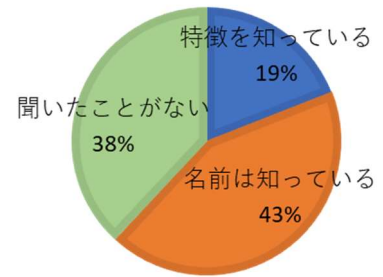
100万円の効果に支出できる費用



・ローカル 5G に関する知識はお持ちですか。

ローカル 5G の認知度	特徴を知っている	4
	名前は知っている	9
	聞いたことがない	8

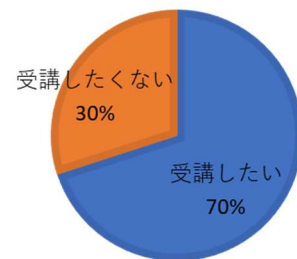
L5Gの認知度



・ローカル 5G の特徴を生かしたスマート畜産に関する事例などについて勉強会(又説明動画)などがあれば受講(又は視聴)したいと思いますか。

ローカル 5G 勉強会の受講	受講したい	14
	受講したくない	6

L5G勉強会の受講



1-2-2. (有)うしの中山ヒアリング

=====

【日時】 2023年2月16日(木) 13:00-14:00

【場所】 うしの中山本部事務所会議室

【参加者】 うしの中山

=====

○畜産業のICT活用(スマート畜産)について

- ・うしの中山的には場内を自動運搬(走行)できる仕組みがあるとありがたい。人が運転するとどうしても能力にばらつきが出てしまう。
- ・給飼タンクの残量計測は現時点でそこまで必要性を感じていない。うしの中山では飼料を大量に消費するので毎日のように餌の補給に来てくれる。
- ・うしの中山では毎日残飼の回収をしており、ここに結構な人手をかけている。これが自動化できたり量を量れたり現在第鹿屋市の第3次基本計画も検討しているが、できるとありがたい。
- ・牛房に設置したカメラの監視対象として牛の様子はもちろんだが、飼槽の様子がわかるとありがたい。餌をどれだけ食べているかで健康状態や肥育度合いもわかってくる。あとはカメラの手入れが気になる。レンズが汚れて見えなくなったら困るが簡単に掃除したり故障しても直ぐに取り替えたりができないことが気になり。
- ・ICT導入においてランニングコストの捻出はかなり気になる。胃診電信もかなりのランニング費用をかけているがコストがかかると牛の出荷額にも反映せざるを得なくなる。ランニングコストにもサポートしていただける仕組みがあるとありがたい。
- ・誤検知が少ないことに越したことはないが、何にもないところに一から疾病牛を探すことに比べると、少しでも辺りをつけられるのであればICTの導入は検討していきたい。
- ・システム導入に際してほかの農家さんとシェアすることで導入費を抑えたりデータを共有して有効活用できたりしないかと考えている。農機やシステムを占有するのではなくシェアして共同利用できることが理想。色々なシステムを個で賄っていくことは難しい。こうしたシェアする仕組みを国や市、JAなどでサポートしてもらえるとありがたい。
- ・うしの中山の肥育で取得したデータをほかで利活用することに抵抗はない。和牛オリンピック(和牛能力共進会)で日本一になった牛のデータなどをもとにノウハウをコンサルすることはぜひ展開してみたい。牛の肥育に関する蓄積データやノウハウはすごいものがあると自負している。
- ・ICTに強い人材(興味のある人材)を採用したいとは常々思っていて九州内の高専生(工業高等専門学校)を採用できないかと画策している。これからは農業以外の人に農業に興味を持っていただくことも大切だと思う。
- ・採用した後の人材育成は大きな課題。うしの中山がJAさんなどと人材育成の連携ができると良い。

○システムの実装（本格導入）について

- ・実装に向けてまずは起立困難牛が正確に検知できることは大変重要なポイント。当該システムが牛の死亡と緊急出荷の減少につながることに大きな期待を寄せている。
- ・最近は見回りを強化して死亡牛が減少傾向にあるもののそれでも月平均 2 頭程度は出ている。また見回りにかかる職員の負担も大きい。
- ・実装に対する費用負担はある程度承知している。意向として全棟導入も視野に入れているが、その際は改めて補助の活用なども含めた検討をしっかりと実施していきたい。
- ・当該システムを導入することで費用効果だけでなく、従業員の新規募集時のプレゼンス向上などの定性的効果も期待できると思う。実際に採用活動にも活用していきたいと考えている。

○普及展開について

- ・ICT の事業展開として、うしの中山主体の共同監視センターによる地域の牛の集中監視案については前向きに検討したいと考えている。
- ・並行して中山社長や飯山専務の肥育ノウハウをほかの農家さんに展開する下地作りから始めてはどうかと考えている。SNS などでも社長の取り組みに興味を寄せる投稿もある。
- ・うしの中山としても地域の農家さんを下支えする取り組みには積極的に参画していきたいし、それが新たな収入源になればなお良い。
- ・うしの中山だけでこの事業が運用できるとは思っていない。それぞれで強みのある事業者と一緒に取り組んでいきたい。

○ローカル 5G について

- ・ローカル 5G という言葉はこれまで聞いたことがなかった。ほとんど知識はなかった。
- ・今回携わったことでローカル 5G について勉強できる機会があれば参加してみたい気持ちはある。ただ、単にローカル 5G の仕組みを説明されても興味は湧かないと思う。畜産や農業にどう活かされるかを教えてもらえたらと思う。

1-2-3. 鹿屋市ヒアリング

=====

【日時】 2022年12月16日(金) 13:30-14:40

【場所】 鹿屋市役所 2F 会議室

【参加者】 鹿屋市

=====

○畜産経営の課題（担い手不足 他）について

- ・新規就農希望者に対する仕組みとして市が研修会の実施や助成金の交付を展開中。毎年 2-3 名程度が参加している。
- ・新規就農者研修の応募件数がそれほど増えない要因のひとつとして土地・施設の確保が挙げられる。新規就農や肥育頭数の拡大を考えている生産者に離農された方の土地、施設を仲介する取り組みを続けているが、それらの土地は離農された方の住居と隣接していることが多く新規就農者も避ける傾向にある。
- ・畜産経営については指導農業士や畜産経営指導員が各農家に入り込んで経営ノウハウの指導を実施している。また各エリアの生産者グループ内で経営や技術に関する情報共有も頻繁に行われている。
- ・鹿屋市も農水省が推奨する ICT 機器の紹介を実施している。
- ・生産力強化事業は市が単独で行っている支援事業で、ICT 機器購入の支援を 50 万/1 件程度を支援している。活用事例としてはカメラの導入が多い。
- ・鹿屋市の肉用牛生産戸数は 754 戸あるが 1 個あたりの平均生産頭数は 27 頭となっている。これは 5~10 年前の肥育頭数と比べると倍近くになっている。ただ内訳でいうと大規模生産者が押し上げていることもあり、実態は 20 頭を満たない小規模生産者が全体の 7 割程度を占める。
- ・経営を継承される場合や新規就農を考えると最初に課題となるのが初期投資と農地（牧畜地）の確保となる。

○現在（鹿屋市）で進めているローカル 5G 実証事業について

- ・肥育の場合は事故牛や疾病牛の早期発見というのが大変重要になってくる。
- ・牛は体重計に乗せるだけでもストレスになってくるので、ICT を使って自動的に体重がわかればそれだけでも大きく違う。
- ・繁殖については発情・分娩時期の効率的で効果的な把握を ICT で判断できればと思う。ただし ICT に頼りすぎてツールが何も示さないから適正な時期を見逃すことにつながるのも怖いところ。そのような意味でも ICT を農家さんの研修に活用して農家さん自身の精度を上げることも重要。
- ・鹿屋市の畜産農家にカメラが普及している理由のひとつとして発情や分娩を遠隔でリアルタイムに捉えたいというニーズが高いことにある。

○ローカル 5G の環境整備について

- ・大規模な ICT 基盤の整備にあたっては国の支援に頼らざるを得ない。運用などは JA 鹿児島経済

連などが県内に直営牧場をいくつも抱えているためそういうところが先頭に立って検討していただけるとよい。

- ・ 鹿屋市として試験検証や新技術の評価の取り組みに賛同して時限的に協賛することは考えられるが、実運用に伴って個人の農家や生産法人の運用に市が補助をかけることは厳しい。
- ・ うしの中山が試験的にツールを導入して得られたノウハウを地域に還元するという位置に立つのであれば、運用費を多少支援するという事は可能性としてはありうる。
- ・ 現時点で鹿屋市が補助を提供しているのは初期投資に対してのみである。
- ・ 現在、鹿屋市の第3次基本計画も検討しているが、鹿屋市独自の自治体DX基盤整備を検討できるかは未定。

○次世代農業へのICT活用について

- ・ ICTを広く浸透させていくためには鹿屋市の畜産農家の7割を占める肥育牛が20頭前後の中・小規模農家が使いやすいツール、経営規模に合った商材を検討してほしい。
- ・ 高額なツールや機械類をシェアして使うことも考えられるが、防疫の関係でほかの牧場で使った機材を自分の牧場で使うことに抵抗がある。
- ・ ICTの導入自体に手間暇がかかると、それだけで普段から忙しくそのようなツールに慣れていない個人経営者などは導入を避ける傾向にある。
- ・ 小規模農家が、今の自分の規模ではICTは必要ないと判断するのではなく、将来の成長（規模拡大）に向けてICTを活用したいと考えられる仕組みに支援をしていきたい。

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【開発実証事業】

[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]

2023年3月

代表機関名：西日本電信電話株式会社
