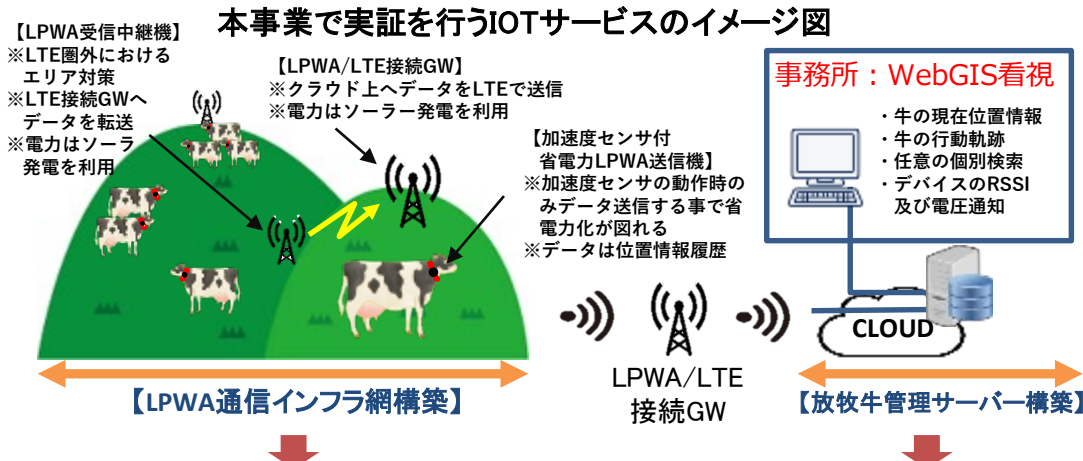


十勝農業協同組合連合会 多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

実施団体	十勝農業協同組合連合会、株式会社NTTドコモ北海道支社、株式会社構研エンジニアリング、北海道（アドバイザー）
実施地域	北海道広尾郡大樹町字生花
事業概要	公共育成牧場（十勝農協連湧洞牧場）では酪農、畜産農家の経営安定を図るため、全国から預託牛を募集して放牧を中心に事業を展開しているが、敷地が広大（422ha：東京ドーム90個分）であるため個体の管理が大変であり、 過重労働と慢性的な人員不足 により存続の危機にある。昨年、労働環境の改善を図るため市販のLPWAを用いて放牧牛の個体管理を実施したものの、 起伏の多い丘陵地帯における電波伝搬環境が不安定となる問題 や位置情報を頻繁に測位するために短い周期で電池交換が必要となる課題があった。本事業では、 多頭数放牧牛の位置情報を中心にシステム化 し、加速度センサ付省電力LPWA送信機（以下、LPWA送信機と呼ぶ機器）の省電力化を図り、それに加え 放牧牛の健康・繁殖管理に結び付ける行動履歴をデータ化 し、実用化に向けたIoTシステムの地域実証を行う。

実証内容



実証成果

電波伝搬に係る知見等

本実証地のような複雑な地形の丘陵地帯において、複数の通信機器を用いたプライベート通信網を構築するには、**起伏や樹木による電波遮断、キャリアLTE圏外、多数の送信機の同時接続による電波輻輳**などの課題が非常に多い。本実証では、広域での利用が見込まれるLPWA方式の採用（Wi-SUNとLoRaの比較検証の結果、本IoTサービスではLoRaを採用。）に加え、アンテナの高さや設置場所等について現地検証を踏まえた考察を行い、**本ロケーションにおいて最適なLPWA方式によるプライベート通信網を構築した。**

IoTサービスの効果（KPI）

地域課題：放牧地における牛の看視作業は主に頭数を確認する作業が中心だが、従業員は広大な敷地内をモーターバイクに乗り、悪天候の中でも毎日実施する必要があるため重労働となっている。本事業におけるKPIについては、頭数確認にかかる時間の短縮効果を測定した。放牧牛管理システム（IoTサービス）の導入による削減効果：

項目	Before	After
頭数確認看視時間	232.5時間/年	12.5時間/年
看視作業人件費	418,500円/年	22,500円/年
削減効果	94.6%削減（約40万円/年削減）	

看視作業時間の短縮により、人員不足を補い、育成牧場の存続が可能となり、地域酪農・畜産の持続的発展に大きく貢献できる。

- 放牧牛に取付け位置情報を放牧牛管理サーバへ送信
- LPWA機器はLoRaおよびWi-SUNで検証
- 加速度センサが動作するまでは**ホットスタンバイ**

- 位置情報をクラウド上の放牧牛管理サーバーに集約し、**牛の個体番号を時間と場所で仕分ける**事で親機からの重複データを整理する
- データはWebGIS上に表示する
- 過去、現在の移動軌跡を表示させる（将来的に個体ごとの疾病や発情等の特徴を発見できるようにする）
- 端末の受信レベル、電池残量表示

LPWA送信機

- GPSモジュール
- 加速度センサ
- CPU
- LPWAモジュール

LPWA/LTE接続GW

- LPWA受信
- GW
- LTE送受信

独立電源SYS

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■実証地域の基本情報

- 本実証のIoT利用環境となる十勝農協連湧洞牧場は、十勝地域南部・幕別町忠類市街地から東へ24kmの大樹町生花地区に立地しており、その面積は422haと東京ドーム90個分にもなる。
- 牧場は沿岸部に位置するため、夏期は冷涼、冬はやや暖かい気象条件に恵まれ、放牧地は太平洋と湧洞沼を眺望できる丘陵地にあり、足腰の強い乳牛を育成できる最適の条件を備えている。本牧場では月齢6ヶ月齢以上の育成牛を預かり、初妊牛にして酪農家に返す長期・通年預託事業を行っており、十勝管内会員農協の他、全国各地の農協関係団体より乳牛を預かっている。

公共育成牧場(令和元年)

(単位: 団体、頭)

区分	牧場数	飼養頭数
北海道	167	117,989
うち十勝	25	38,129

※北海道農政部畜産振興課調べ

実証施設: 湧洞牧場放牧地



実証施設: 湧洞牧場放牧地



十勝エリア

十勝農業協同組合連合会 多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■地域課題 公共育成牧場(地方公共団体や農協等が運営)

① 広大な敷地※での個体管理

※ 実証対象放牧地：88ha (東京ドーム19個分)



全監視作業は毎日1~2名で3時間程度要する

特に天候の悪い日は大変



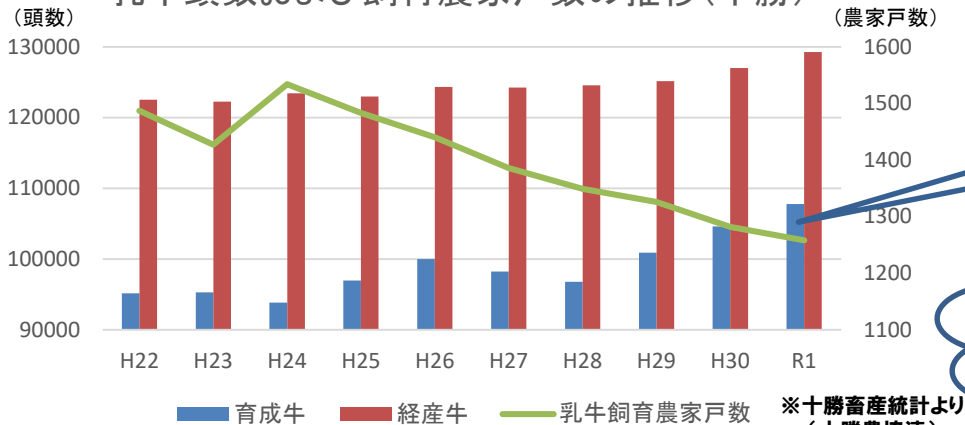
② 従業員の労働環境

過重労働

人員不足



乳牛頭数および飼育農家戸数の推移(十勝)



★ 飼育農家戸数の減少
★ 育成牛の増加

酪農家の規模拡大・分業化による預託牛(育成牛)の増加

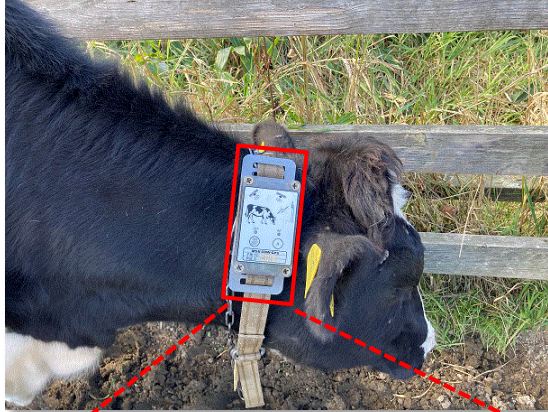
公共牧場の
必要性は
今後さらに
高まる!

※十勝畜産統計より(十勝農協連)

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

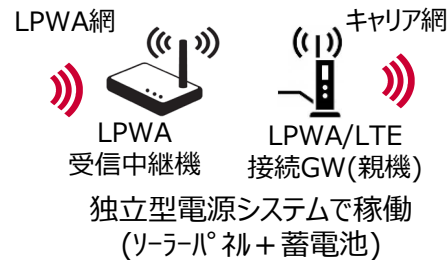
IoTサービスの概要



放牧牛の首輪 (LPWA送信機)

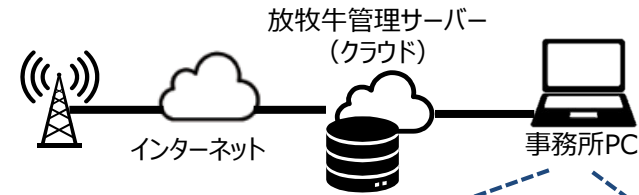
多頭数放牧牛の位置情報

LPWA送信機、LPWA受信中継機、
LPWA/LTE接続GW、キャリアLTE



WebGISを用いた牛の個体管理

放牧牛現在位置・行動軌跡・任意個別検索・
端末受信レベル・電池残量情報



牧場従業員

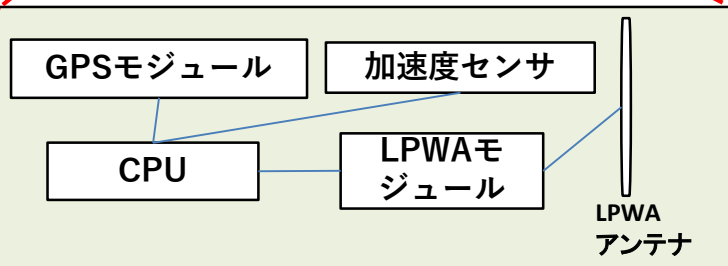


- 牧区毎の牛の位置を確認後見回り
- 事務所従業員より無線で指示を受けながら見回り

■ 放牧牛に装着のLPWA送信機から送信される位置情報データは、LPWA受信中継機、LPWA/LTE網接続GWからインターネットを介してクラウド上の放牧牛管理サーバーで受信、蓄積される



■ 放牧牛管理サーバーでは放牧牛の位置情報とそれに紐付く時間を基に、放牧牛の行動軌跡を可視化する機能を構築。将来的には、このような放牧牛の活動に関するデータを分析し、放牧牛の健康状態を推測・可視化することで、より効率的かつ効果的な放牧牛管理の実現を目指す。



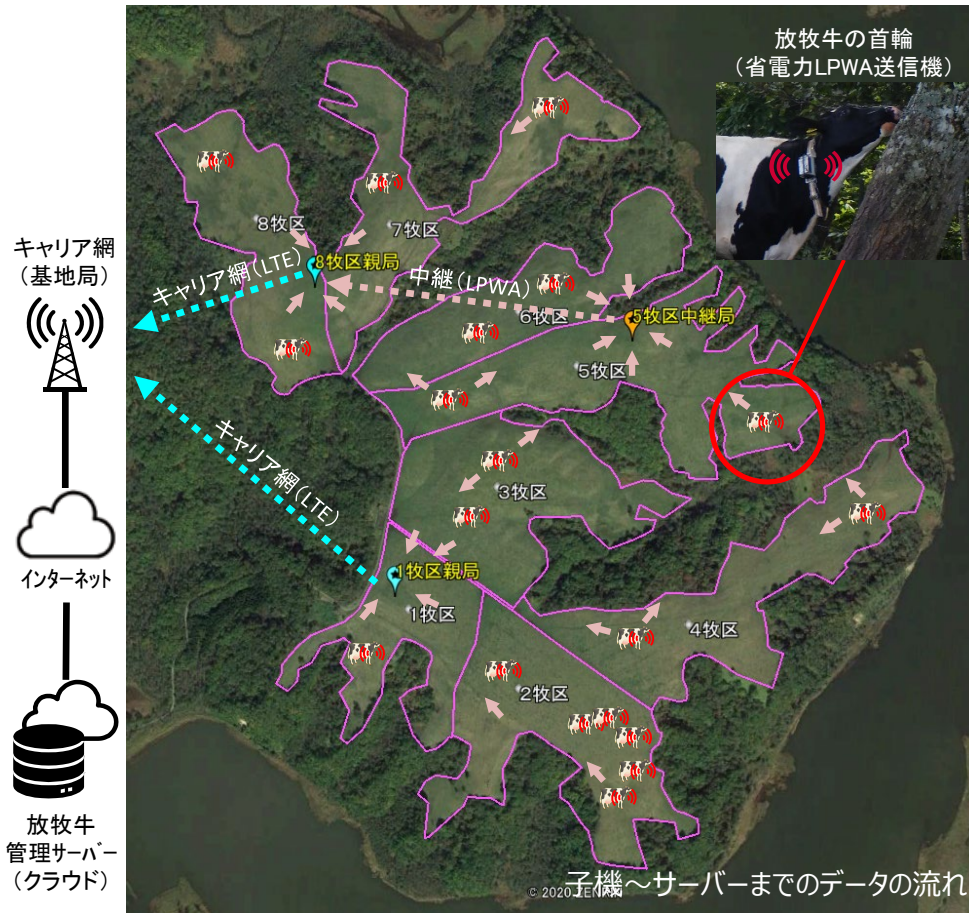
- GPSモジュールにて定期的に現在位置情報を取得
- 内蔵される電池の消費を抑えるために加速度センサを有し、センサが動作するまではスリープ状態
- CPUは蓄積された位置情報をLPWAモジュールを通じ放牧牛管理サーバーへ送信

※本システムでは、送信機に蓄積される情報はすべて放牧牛管理サーバーに送られ、サーバー側で重複データ等を選別処理することにより、放牧牛の首輪に装着したLPWA送信機内のシステム処理を最小限にし、電池寿命をより延ばす

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

- LPWA送信機（GPSモジュール）から定期的に送信される放牧牛の現在位置情報は、中継局・親局を經由して放牧牛管理サーバーで受信・蓄積（※LTE圏外に設置した中継局で受信した現在位置情報は、親局を經由）
- 放牧牛管理サーバーでは、子機からの情報を順次取得・整理し、データベースに登録中

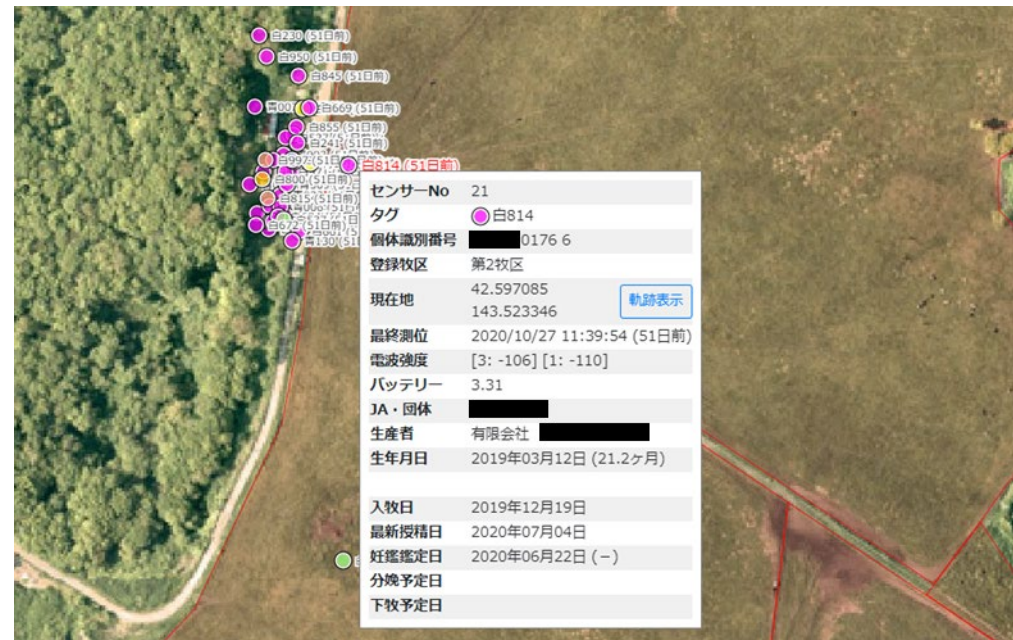


観測データ取得状況

行	子機番号	無線ID	年月日	時分秒	緯度	経度	電池電圧	加速度	親機:電波強度	牛	牧区	登録日時
1	1	70	2020-10-23	09:39:28	N42.591080	E143.528506	3.35	14	[2: -118]	白846	2区	2020-10-23 09:44:41
2	2	71	2020-10-23	09:39:16	N42.591517	E143.528322	3.34	12	[2: -118]	白846	2区	2020-10-23 09:44:41
36	36	105	2020-10-23	09:00:00	N42.591080	E143.528506	3.35	0	[2: -118]	白537	4区	2020-10-23 09:00:00
37	37	106	2020-10-23	09:00:48	N42.597097	E143.523324	3.35	0	[2: -96] [3: -111]	青143	3区	2020-10-23 09:04:42
38	38	107	2020-10-15	17:45:28	N42.597297	E143.523116	3.34	0	[3: -117] [2: -93] [1: -112]	白818	3区	2020-10-15 17:49:41
39	39	108	2020-10-23	09:00:28	N42.597142	E143.523136	3.31	0	[3: -112] [2: -106]	青008	5区	2020-10-23 09:04:42
40	40	109	2020-10-23	09:00:42	N42.597460	E143.522577	3.35	0	[2: -97] [1: -118] [3: -115]	白663	5区	2020-10-23 09:04:42
41	41	110	2020-10-16	08:35:32	N42.600375	E143.523938	3.32	11	[3: -112] [1: -88] [2: -125]	青032	6区	2020-10-16 08:39:41
42	42	111	2020-10-23	09:00:36	N42.601957	E143.529774	3.31	0	[2: -118] [3: -110]	白810	6区	2020-10-23 09:04:42
43	43	112	2020-10-23	09:01:20	N0.000000	E0.000000	3.34	0	[2: -118] [3: -109]	白800	7区	2020-10-23 09:04:42
44	44	113	2020-10-23	09:00:42	N42.604397	E143.527146	3.31	0	[2: -118] [3: -109]	白409	7区	2020-10-23 09:04:42

管理サーバー
への登録時間位置情報
(緯度経度)

電池電圧

子機情報の受信局と
電波強度(RSSI)加速度
検出回数位置情報
発信日時

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■IoTサービスの概要：アプリケーション

【牧区マスタについて】

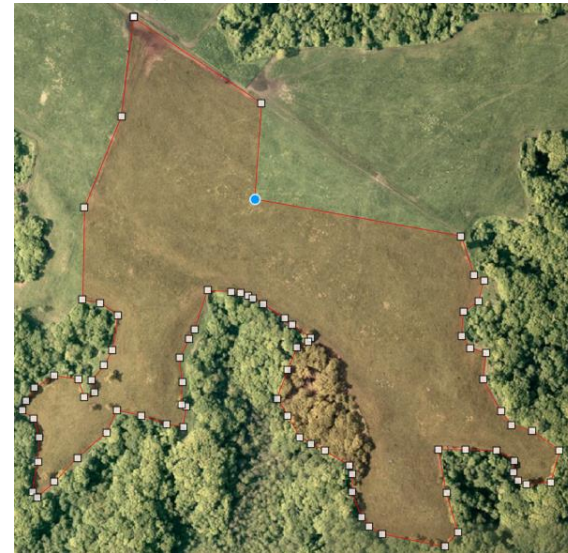
- 牧場関係者からヒアリングした管理上重要な属性情報（生産者、放牧牛の生年月日・妊娠分娩関連情報等）を牛マスタに追加

→属性情報からの検索機能も追加

- 牧区マスタを追加

→牧区範囲をユーザーが任意に設定

牧区マスタ（編集イメージ）



新規登録

コード	名称	略称	色	編集	削除
1	第1牧区	1区	赤	編集	削除
2	第2牧区	2区	青	編集	削除
3	第3牧区	3区	黄	編集	削除
4	第4牧区	4区	緑	編集	削除
5	第5牧区	5区	紫	編集	削除
6	第6牧区	6区	青	編集	削除
7	第7牧区	7区	黄	編集	削除
8	第8牧区	8区	紫	編集	削除
9	第9牧区	9区		編集	削除
10	第10牧区	10区		編集	削除
11	第11牧区	11区		編集	削除

コード: 1

名称: 第1牧区

略称: 1区

色: 選択 255, 160, 128

範囲: 編集 登録済み

登録 取消

牛マスタ更新（属性情報追加）

コード	名称	アイコン	牧区	センサー	編集	削除	個体識別番号	生年月日	入牧日	JA・団体	生産者	最新授精日	妊娠鑑定日	鑑定結果	分娩予定日	下牧予定日	備考1
1	白846		第2牧区	1	編集	削除	0214 5	2019-03-30	2019-12-19		有限会社	2020-07-19	2020-07-17	-			
2	青017		第2牧区	2	編集	削除	5530 3	2019-05-08	2020-02-11		有限会社	2020-07-03					
3	青022		第2牧区	3	編集	削除	5531 0	2019-05-08	2020-02-11		有限会社	2020-07-11					
4	白527		第2牧区	4	編集	削除	0111 7	2019-02-02	2019-10-27		有限会社	2020-07-15					
5	白795		第2牧区	5	編集	削除	5473 3	2019-03-21	2019-12-19		有限会社	2020-07-01	2020-08-10	+	2021-04-07	2021-02-06	
6	白857		第2牧区	6	編集	削除	1883 9	2019-04-23	2019-12-20		(株)	2020-06-27	2020-08-06	+	2021-04-03	2021-02-02	
7	白845		第2牧区	7	編集	削除	0213 8	2019-03-28	2019-12-19		有限会社	2020-06-29	2020-08-08	+	2021-04-05	2021-02-04	
8	白950		第2牧区	8	編集	削除	5527 3	2019-04-30	2020-01-12		有限会社	2020-07-09					
9	白661		第2牧区	9	編集	削除	9301 5	2019-04-23	2019-11-16			2020-06-17	2020-08-07	+	2021-03-24	2020-12-24	
10	白786		第2牧区	10	編集	削除	2168 0	2019-05-17	2019-12-18			2020-07-04					
11	青003		第2牧区	11	編集	削除	0305 1	2019-05-27	2020-02-11		有限会社	2020-06-29	2020-08-08	+	2021-04-05	2021-02-04	
12	青141		第2牧区	12	編集	削除	0928 9	2019-04-07	2020-04-11			2020-07-03					
13	青035		第2牧区	13	編集	削除	0920 3	2019-03-18	2020-02-12			2020-06-28	2020-08-07	+	2021-04-04	2021-02-03	
14	白433		第2牧区	14	編集	削除	1652 0	2019-02-24	2019-10-09			2020-07-11					
15	白947		第2牧区	15	編集	削除	5500 6	2019-04-10	2020-01-12		有限会社	2020-07-05					
16	青074		第2牧区	16	編集	削除	2286 8	2019-04-27	2020-02-20			2020-07-01	2020-08-10	+	2021-04-07	2021-01-07	
17	白060		第2牧区	17	編集	削除	1885 2	2019-05-18	2020-01-15		(株)	2020-06-20	2020-08-08	+	2021-04-05	2021-02-04	

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

IoTサービスの概要: アプリケーション

【検索機能、移動軌跡表示機能について】

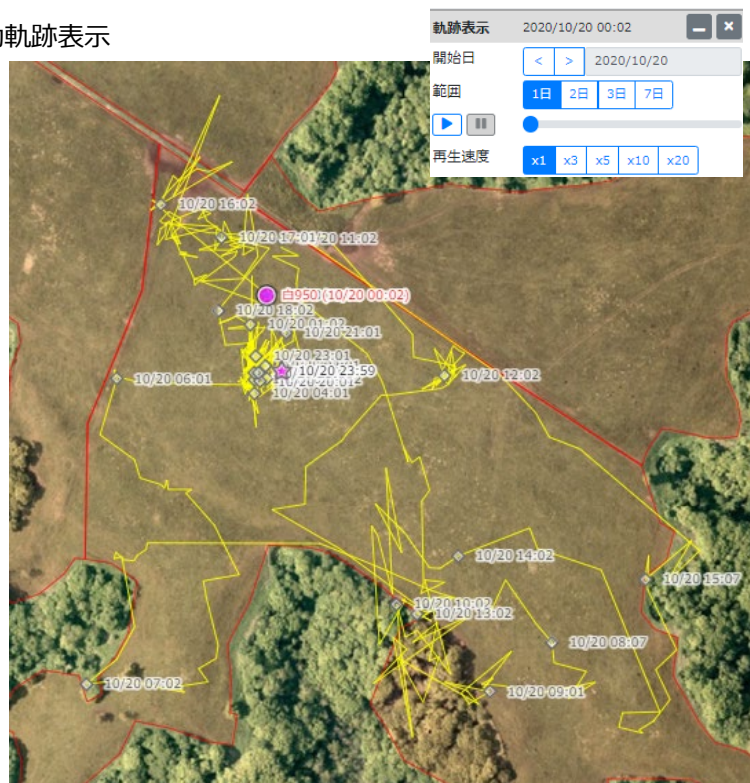
■ 検索機能

- 範囲検索 (円形/矩形/多角)
- タグ (色・番号)
- JA・団体
- 月齢

■ 移動軌跡表示機能

牛の移動履歴を過去に遡って把握

移動軌跡表示



検索結果表示 (例: 円形範囲検索)

写真 地図 ツール

牧区

1区 2/2	2区 0/36	3区 3/2
4区 0/2	5区 0/2	6区 2/2
7区 0/2	8区 2/2	9区 0/0
10区 0/0	11区 0/0	

全て選択 全て解除

属性検索

任意の範囲 円形 矩形 多角 クリア

タグ(色・番号)

JA・団体

生産者

月齢 ~ 月

検索 クリア

検索結果 (18件)

白815	第1牧区	No.48
白661	第2牧区	No.9
白694	第2牧区	No.32
白786	第2牧区	No.10
白856	第2牧区	No.29
白947	第2牧区	No.15
白960	第2牧区	No.27
白969	第2牧区	No.17
白971	第2牧区	No.24
白974	第2牧区	No.26
白975	第2牧区	No.22

Map labels: 白030 (51日前), 白978 (51日前), 白009 (51日前), 白815 (51日前), 白022 (51日前), 白008 (51日前), 白947 (51日前), 白974 (51日前), 白661 (51日前), 白377 (51日前), 白856 (51日前), 白661 (51日前)

検索結果窓→

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■ 活用するデータと状況

センシング対象	データの種類	データの収集手法	データの量	データの活用方法と効果
放牧牛の位置情報	GPSデータ	GPS単独測位 9月～10月まで 子機で2分30秒 毎に取得 親機へ5分毎に 送信	50頭・2ヵ月分 の2分30秒毎 の位置情報 データ	<p>活用方法:放牧牛の位置情報の検知 活用効果:個体別の検知、行動範囲の把握、異常個体の検知 ※放牧牛の頭数や居場所が事務所から確認でき、労働時間(看視作業時間)の短縮になった。 ※時間毎の位置情報から放牧牛の行動軌跡を可視化できるようになり、目視で確認するまで分からなかった放牧牛の状態を遠隔から推測できるようになった。</p>
放牧牛の活動情報	加速度センサの動作回数	加速度センサ 9月～10月まで 子機で2分30秒 毎に取得 親機へ5分毎に 送信	50頭・2ヵ月分 の2分30秒毎 の動作回数 データ	<p>活用方法1:加速度の動作回数によるCPU動作制御 活用効果1:電池消費の低減 ※電池消費を低減させるために工夫した開発項目であり、これにより稼働削減の効果を図る。</p> <p>活用方法2:加速度の動作回数による疾病検知 活用効果2:加速度の動作回数が少ない放牧牛の健康状態チェック ※加速度センサの稼働が少ない個体については、健康状態の悪化(怪我や病気等)によって活動量が減少していると推測できる。また、行動軌跡と併せて確認することで、より精度の高い推測が可能となる。</p>

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■成果実測値(KPI)及び実証事業終了後の計画等

IoTサービスの成果実測値(KPI)

1. 頭数確認看視作業時間の削減（実測値）

項目	Before	After
頭数確認看視作業時間	232.5時間/年間 1名～2名 約1時間33分/日	12.5時間/年間 1名5分/日

94.6%
削減

（試算条件：センサ装着放牧牛253頭（放牧面積：88ha）、放牧期間5ヶ月）

2. 従業員へのアンケート(ヒアリング)を実施し、本実証に関する有効性、課題等を調査（10-2参照）

実証事業終了後の計画等

実施主体	役割	IoTサービス	具体的役割
十勝農協連	湧洞牧場運営 管理作業の効率化	放牧牛管理システム	十勝管内の公共育成牧場へのニーズ調査と導入推進 道内、全国公共育成牧場への情報提供等（北海道庁によるアドバイス参考）
NTTドコモ	通信機器販売 インフラ構築 システム保守 システム機能向上	放牧牛管理システム LPWA、LTE	全国の公共育成牧場への展開 （来年度～） ※全国事例等で周知し、各支社の法人営業担当から営業
構研エンジニアリング	クラウドサービス 運用・保守 システム機能向上	放牧牛管理システム Web-GIS	Web-GISの機能を用いて全国の公共育成牧場へ展開

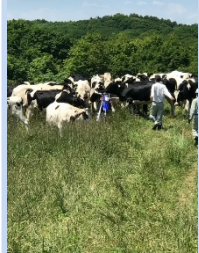

十勝農業協同組合連合会 多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■IoTサービス実証における成果

本実証におけるKPIについて

【放牧牛の看視作業については1～6項を毎日実施している】

日常看視業務の中で稼働比率が高く、環境によって差がでる作業が「**牧区毎の頭数確認**」である

項目	稼働比率	項目	作業内容	稼働時間/日 (システム導入前)	牧草	天候
1	70%	牧区毎の頭数確認	脱柵の有無についても確認	湧洞牧場 7牧区 約1時間33分 バイク、車で移動 (平均) 8-2項実績値より	牧草が生い茂る 6月～7月は寝ている牛を確認できない場合がある 	霧や雨による稼働増 特に霧の場合は牛の頭数確認が困難になる 
2	10%	個体の健康状態の確認および異常牛の発見	動きがおかしい（主に流産牛、風邪などの疾病牛、肢蹄の異常による跛行など）など、目視による確認		寝ていると牧草に隠れるほどになる	湧洞沼に立ち込める霧
3	5%	牧柵の毀損等の確認	修繕が必要な場合、早急に対応		標準の 1.2倍時間 (111.6分/日)	標準の 1.5倍時間 (139.5分/日)
4	5%	草地の植生確認	十分な採食量が確保できるか否かの把握をし、不足の場合牧区を移動させる			
5	5%	発情牛の発見と授精	追込み柵内へ移動させ保定し、獣医師・授精師による授精を実施			
6	5%	放牧牛の事故発見	けがの具合などを調査、獣医師による往診			

条件によって稼働時間が増加

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■IoTサービス実証における成果

湧洞牧場におけるKPIについて

	項目	頭数確認に関する 実稼働時間 (通常看視) 7牧区10日平均 (253頭)	システム利用した 場合の稼働時間 7牧区 (253頭相当)	KPI実測値
1	牧区毎の頭数確認	93分/日 1~2名で看視	5分/日で確認可能 1名で看視	5分/93分 94.6%の削減

【実看視作業(牧区毎の頭数確認)の測定結果】

検証期間: 10月5日~10月25日(通常看視)

牧区No.	牧区の頭数 合計: 253頭	通常看視									
		10月5日	10月6日	10月7日	10月8日	10月10日	10月11日	10月17日	10月18日	10月24日	10月25日
経験値	-	ﾊﾞｲｸA	両方C	両方A	車A	ﾊﾞｲｸC	ﾊﾞｲｸA	ﾊﾞｲｸC	ﾊﾞｲｸB	ﾊﾞｲｸA	ﾊﾞｲｸC
1牧区 2頭	20	0:06	0:13	0:07	0:08	0:05	0:08	0:14	0:07	0:10	0:06
2牧区 36頭	36	0:19	0:11	0:23	0:07	0:08	0:18	0:08	0:07	0:18	
3牧区 2頭	28	0:05	0:08	0:05	0:07	0:07	0:10	0:10	0:12	0:27	
4牧区 2頭	0	検証時放牧なし									
5牧区 2頭	51	0:08	0:14	0:15	0:19	0:45	0:08	0:18	0:49		
6牧区 2頭	39	0:06	0:08	0:18	0:20	0:17	0:10	0:08	0:18	0:15	0:22
7牧区 2頭	49	0:12	0:12	0:09	0:14	0:12	0:49	0:07	0:08	0:21	
8牧区 2頭	30	0:07	0:06	0:08	0:07	0:05	0:07	0:05	0:07	0:04	0:19
②事務所⇔山牧区		0:42	0:31	0:26	0:42	0:32	0:22	1:00	0:57	1:14	2:30
見回り合計時間		1:45	1:43	1:51	2:04	2:11	2:12	2:10	2:45	2:49	3:17
①■作業除く合計時間		1:26	1:32	1:06	1:37	0:57	1:05	2:00	1:19	2:01	2:30

【備考】

- は作業時間含む(平均20分)
- 経験値について
A:ベテラン経験者
B:中堅クラス経験者
C:1年未満の新人
※Cの従業員について看視時間が長い傾向があり、システム導入における影響は大きい
- 牧区への移動についてはバイク、車、バイクと車両方を使うパターンがあった
- 今回の測定期間では霧が発生したケースはありませんでした

通常看視平均 1時間33分(93分/日)

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■振り返り アンケートの結果

■新サービス利用に関するアンケート

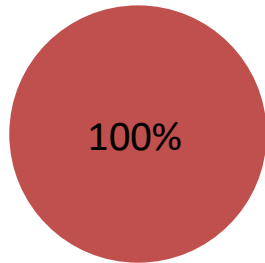
質問		選択肢	ベテラン			中堅	新人		事務員
			A	B	C	D	E	F	G
【従業員共通】			※該当なしは空白						
Q1	子機装着のしやすさ	①適切②しづらい	①	②		①		①	
Q2-1	システム利用で業務が楽になったか	①楽になった②変わらない③手間になった	①	①	①	①	①	①	①
Q2-2	未導入牧区にも有効？	①有効②そうでもない	①	①	①	①	①	①	①
Q2-3	新サービス利用で満足？	①満足②まあ満足③普通④やや不満⑤不満	①	①	①	①	①	①	①
【システムについて】									
Q3-1	牧区毎色分けの有効性	①有効②そうでもない		①					①
Q3-2	画面構成の利便性	①使いやすい②普通③使いにくい							②

【その他意見・要望】 ★:子機について ☆:WebGISについて ◎:感想、その他

- ★ 子機についているベルトがネックタグと同じ色にしてほしい
- ★ 対象牛の首輪(子機)が光るまたは音が鳴ってほしい
- ★ GPSの精度が向上されると良い
- ★ 子機動作不良解消に伴うリセット(子機の電源を1度切り、その後入れ直す)の頻度を削減してほしい
- ★ 首輪は少し重く感じたため、軽量化してほしい
(一方、既に市販化されている搾乳ロボット管理牛に装着する首輪も同程度の重さであるため、気にならないという意見もあった)
- ☆ 牛の個体検索機能がほしい
- ☆ 異常牛に色や印をつけ、他の個体と識別できるような(マーキング)機能がほしい
- ☆ 水飲み場や目印になるものが画面上にプロットできるようになってほしい→機能はあるが今回は未使用であった
- ☆ 牧区の表示を見やすくしてほしい(例:1.2牧区を選択したらズームアウトしても見切れないようにしたい)
- ☆ 脱柵が分かると良い(牧区外に出て、他牧区の牛と見分けがつかどうか→GPS精度も関係する)
- ☆★ 流産や発情がわかると良い
- ◎ 霧や雨など天候不良の際や、草丈の長い時期に実証したい
- ◎ 山のふもとや牧区は割と見通しが良いが、10牧区は特に入り組んでおり、視界が悪く見回りが大変なので導入したい
- ◎ 山牧区もLTE圏内になってほしい...(無線でやり取りせずにスマホ等でシステム利用可能になるため)
- ◎ 今まではこの辺にいるだろうという感覚で見回りをしていたが、今回の実証ではどこにおよそ何頭いるかが事前に分かるのでありがたかった

Q2-3:新サービス利用
で満足？

■ 満足



十勝農業協同組合連合会 多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

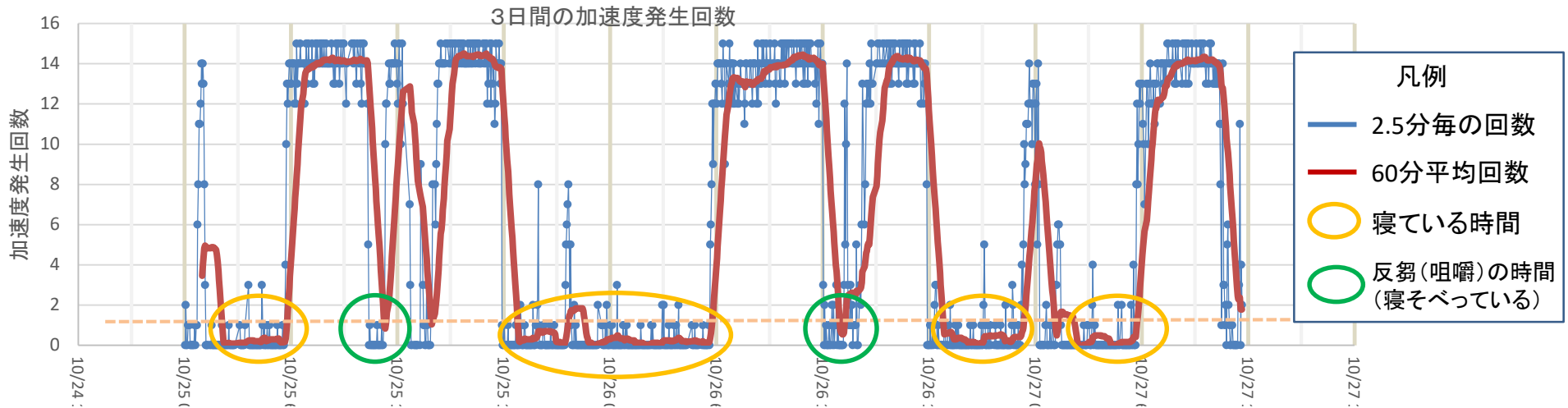
IoTサービス実証における成果

加速度の発生回数（1回以下を検知）にてGPS測位ON-OFFを設定することで41.7%の電池消耗削減効果が期待できることがわかった（電池4本で8か月、電池6本で1年利用可能）

【測定結果について】

条件：MEMS加速度計ADXL362（Analog Devices社）を用い加速度動作値を450GALで設定して動作回数を測定。この場合、下記グラフのような結果が得られた。

実際の牛の行動と照らし合わせた場合、動作回数が1カウント以下では寝ている、もしくは、反芻等で寝そべっている時間と結論付けできたため、その時間を位置情報取得休止することで消費電力を抑える仕組みとした。



【参考：加速度センサ動作による削減算出方法について】

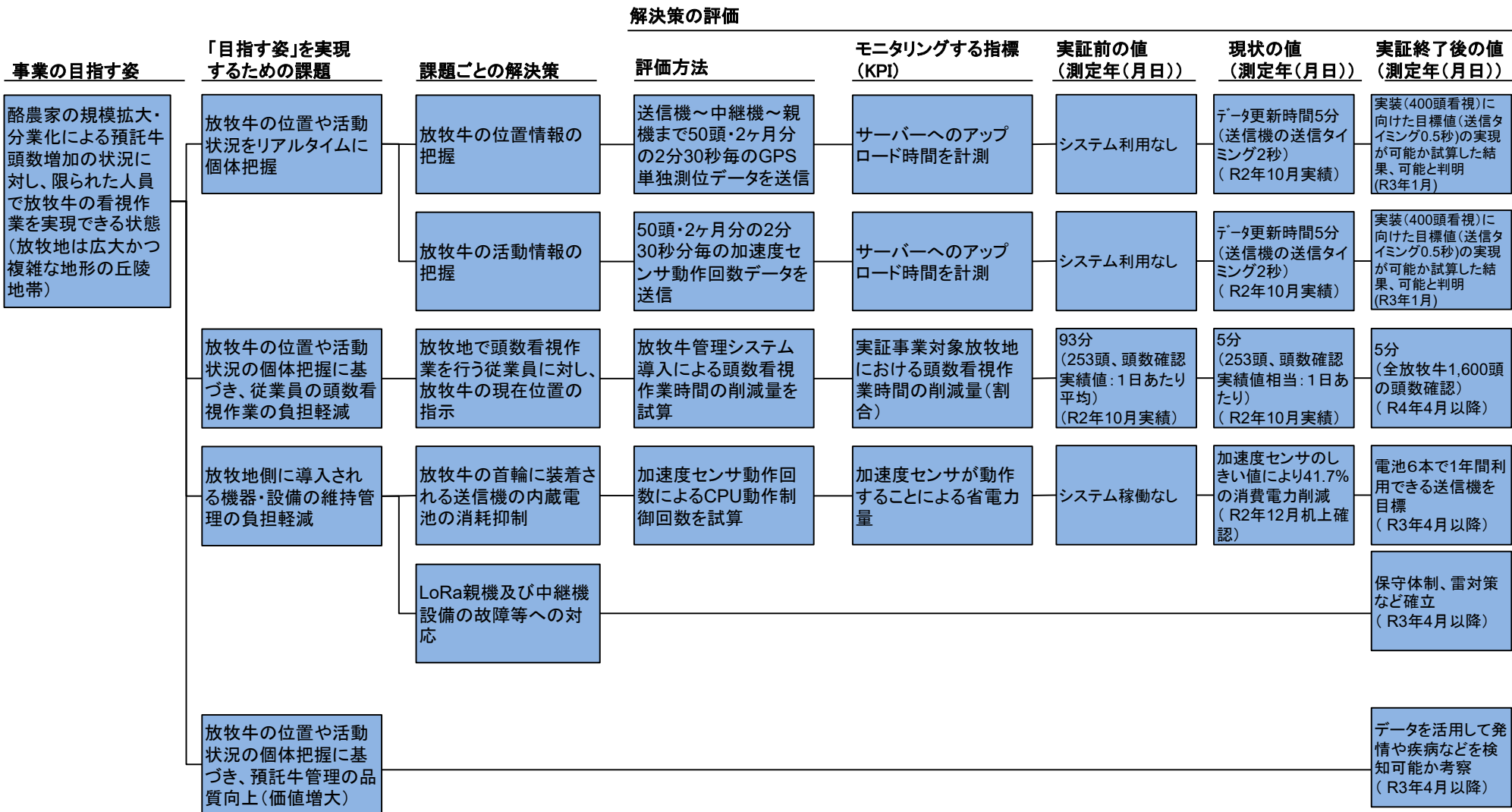
- ・測定回数576回/日(2分30秒毎の1日の総データ数)
- ・GPS測位停止回数 262回/日(サンプル子機5台にてカウントが1回以下のデータ数の1日平均)
- ・45.5%止めることができる(262/576)

ただし、30分以上スタンバイしておくことと立ち上がりにかかる他、不具合の原因にもなりかねないので30分に1度は位置測位をとることにして再計算すると
 $(262 - 262 / 12) / 576 * 100 = 41.7$ **41.7%削減可能と結果が出た**

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■ 実証事業の全体構造 (ロジックツリー)



十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■今後の取組

■収益モデル

■イニシャル費用参考価格

No	品名	単価 (円)	備考
1	LPWA送信機	35,000	1頭分の費用（湧洞牧場の放牧規模（400台lot）を想定した単価
2	首輪一式（ホルダー、ベルト、ウェイト）	10,200	1頭分の費用（取付に係る費用は含まず個別対応）
3-1	LPWA/LTE接続GW（親機） 一式	380,000	本体、LTEアンテナ、LoRaアンテナ、Y字型LoRaアンテナポール ※LPWA中継機が必要な場合はLPWA/LTE接続GWとセットとなる
3-2	LPWA中継機 一式	375,000	
4	ソーラーパネル等電源	305,000	電源が確保できない場合
5	設置費用	375,000	建柱1本分の工事等含（エリア調査、事前測量等は含まず個別対応）

■ランニング費用+メンテナンス（子機1端末あたり）参考価格

No	品名	単価 (円)	備考
1	WebGIS利用料金	450	15円/日（～400頭の場合 ※登録頭数で変わる場合がある）
2	電池交換費用	1,500	250円/本×6本
3	点検費用	400	清掃および動作確認（1日の点検数50台、労務単価2万円と仮定）

【資金の流れについて】

・「展開シナリオ(スライド10-2)」における展開方法に合わせ、育成牧場(お客様)は事業運営会社と契約し、事業運営会社はクラウドサービス、LPWA送信機等を仕入れお客様へ提供する。

【サービス利用料に対する利用者の声】

・システム導入に係るイニシャル費用(LPWA送信機、LPWA親機・中継機一式)およびランニング費用は、安価であることに越したことはないが、許容範囲であり、必要経費として理解する。しかし、酪農家から預託料金を徴収し運営する公共牧場では、子機台数が各々の牧場で異なることを考慮し、耐用年数やシステム内容の充実度を精査した上で改めて利用料を設定すべきと考える。また、1頭当たりの費用を試算した場合、導入費用が嵩むことから、リース方式やレンタル方式などの利用展開を望む。

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■今後の取組

【体制について】

- ・LPWA送信機提供
- ・LPWA置局・建柱作業
- ・LPWA/LTE接続GW、LPWA受信中継機設置
- ・LTEエリア問合せ窓口

- ・WebGIS提供

【NTTドコモ】

- ・お客様からの要望に基づきLPWA、LTEのエリアを検討
- ・イニシャル、ランニング費用の確定

【構研エンジニアリング】

- ・牛の頭数に合わせたサーバー容量の検討

要望

注文

納品

要望

注文

納品

【事業運営会社（未定）】

- ・お客様からの要望をヒアリングし、ドコモ、構研エンジニアリング社へ要望に対する設計をお願いする
- ・お客様へは検討結果を伝え、予算等を踏まえた営業を実施する
- ・保守に関する内容も同時に提案

- ・放牧牛管理システム提供 ・農業ICT研修
- ・LPWA機器販売 ・お客様との保守契約

要望

注文

営業

納品

情報

提供

育成牧場
(お客様)

- ・農業ICTに関する情報収集

【展開方法、展開先について】

- 育成牧場が本システムの利用を希望する際は、事業運営会社がLPWAに関するシステムをNTTドコモから導入し、WebGISのサービスを講研エンジニアリングから調達の上、放牧牛管理システム一式として納入する
- 事業運営会社決定後、展開先は当面道内の育成牧場とする

【スケジュールについて】

	2021年4月～12月	2022年1月～12月	2023年1月～12月
内容	【4月】本実証に基づく商流確立 【5月以降】展開先への営業 ※育成牧場への個別巡回や参集による意見交換を行い、放牧牛管理システム導入による看視作業時間の削減効果等を説明し、本IoTサービスの導入が放牧牛看視作業の利便性向上に役立つことを理解いただく 【6月】本年度事業追加項目検証（湧洞牧場） ※頭数確認だけでなく、年間でシステムを利活用できる仕様にするため、発情等に関するデータを収集する ※仕様を確定してから2023年のサブスクリプションにて400頭の本格導入に向けて開発する		【1月】サブスクリプション販売に関する検討 【4月】サブスクリプション販売開始

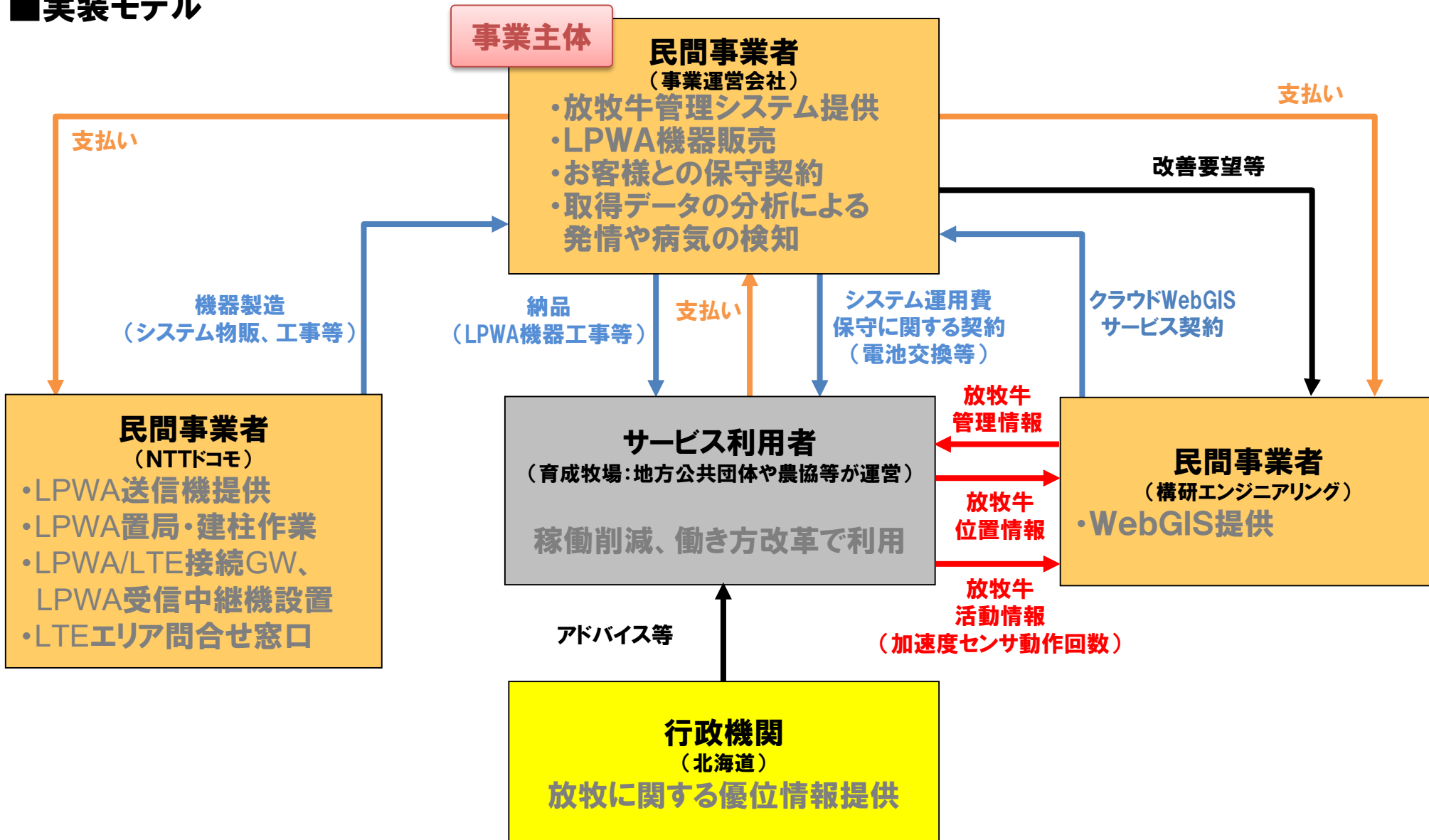
【展開における留意点について】

- 育成牧場の意見収集を行いつつ、農業ICT利用に関する利便性や構築のノウハウなどの情報を積極的に配信する
- 初期投資について利用者負担の軽減を目的にサブスクリプト形式で販売できるかを検討する

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■実装モデル

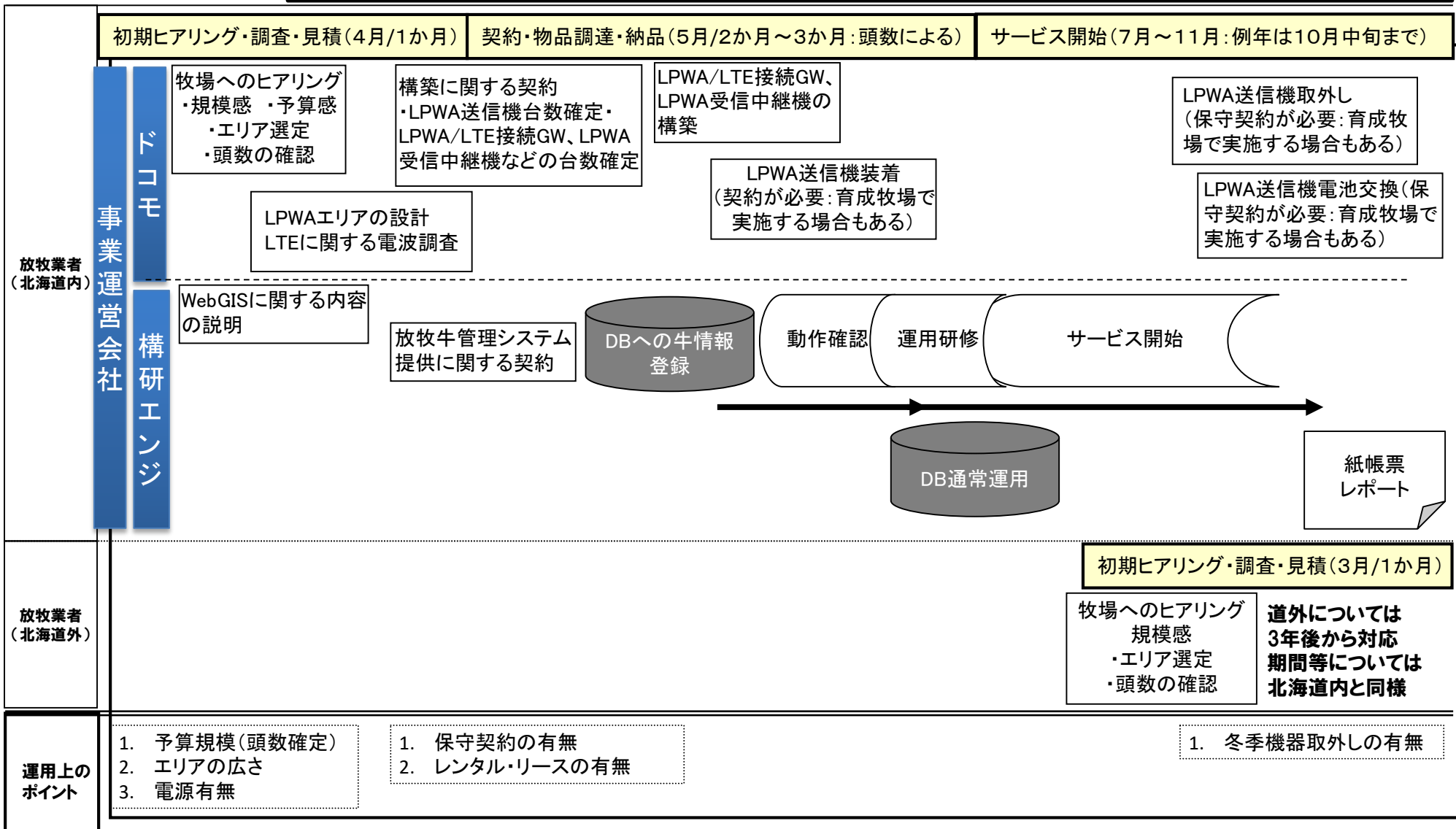


十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

業務フローモデル

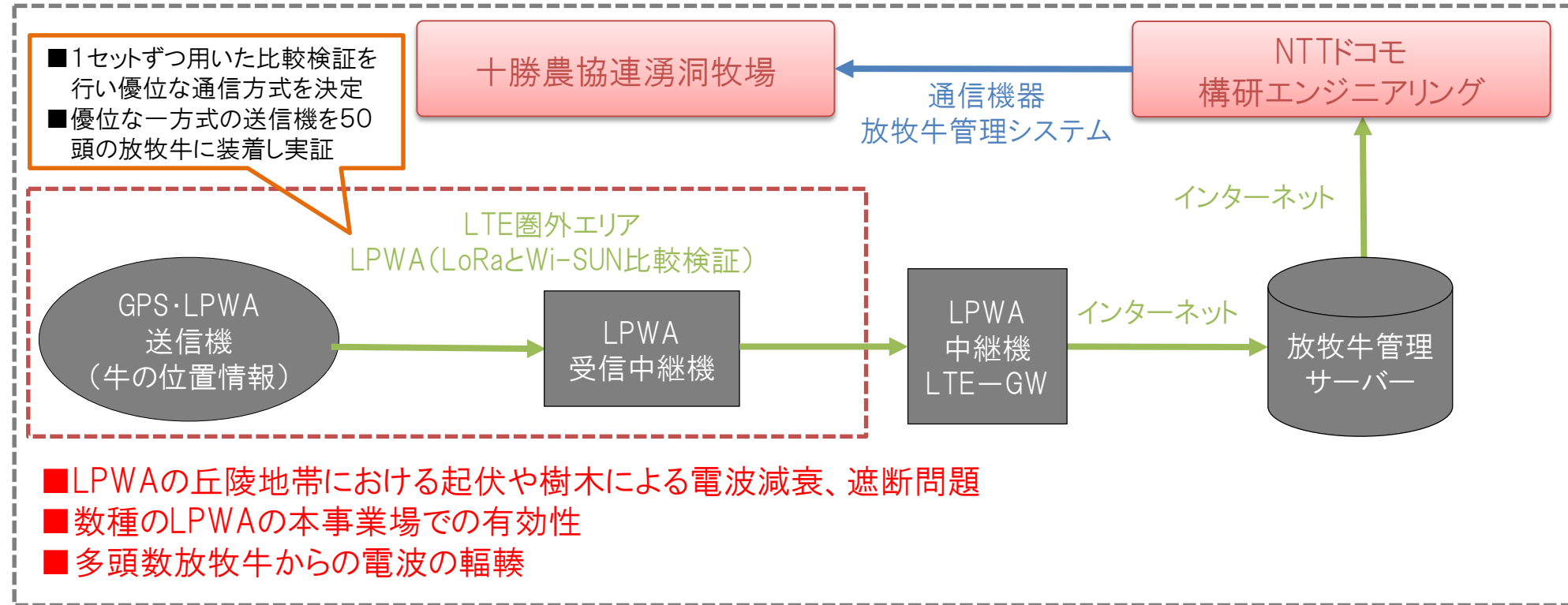
- 主体は事業運営会社が販売する
- ドコモ: 牧場におけるエリア構築およびシステム機器調達
- 構研エンジニアリング: クラウドの個体登録および運用



十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■ 本実証における電波伝搬上の課題 (イメージ図)



■ 本実証から得られる知見等

- ① LPWA (LoRa、Wi-SUN)の本環境での電波特性
- ② 電波特性を考慮した最適な中継機の運用方法
- ③ 多頭数放牧牛データの収集処理方法
- ④ 省電力化端末の運用方法

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■電波伝搬に係る検証結果について(本章に関するサマリー)

本IoTサービスを実装させるために、牧場の立地条件に適応した各種通信方式の設計を施す必要がある。例えば広大な牧場であるが故にLTEが圏外の場所であったり、広域に有力であるLPWA方式にも種類があり、データを多く飛ばすことに有利な方式(Wi-SUN)や、比較的データ伝送距離が長いとされている方式(プライベートLoRa)など、それぞれ検証する必要があった。

本章では、LPWA通信方式に関する検証やアンテナ設置場所の選定方法、各機器やアンテナの設置について写真を用いて説明する。
※以下、図中や文中には機器の名称を略しており、LPWA/LTE接続GWを「LoRa親機」、LPWA受信中継機を「LoRa中継機」と呼んでいる。

(1)「プライベートLoRa」と「Wi-SUN」の比較検証(スライド15-2～15-3)

本検証では両方式が湧洞牧場においてどちらが有効であるかを検証するために実施した。固定局と呼ぶ場所に2方式の送信機を設置し、車に各々の受信機を設置して送信機から送られてくる電界強度を計測して検証した。

結果、送信機と受信機の高低差や草や樹木による電波吸収帯における影響により、湧洞牧場ではプライベートLoRaが有効であることがわかった。

(2)LoRa親機と中継機の設置場所の検討(スライド15-4～15-10)

本検討では牛の位置情報を収集するためのLoRa親機とLoRa中継機の設置場所を決めた手順を示す。ただし、LoRa親機はデータをクラウドサーバーへアップロードする必要があるため、LTE圏内であることが前提であることからLTEの電波調査も実施した。

まず、机上においてアンテナ設置場所の目星をつけ、実際にその場所におけるLPWA電界強度の測定を実施した。現地ではバケット車を用意し、8mの高さに受信機アンテナを設置し、各牧区における任意の点で電界強度を測定しPCに記録した。このとき、作業効率を上げるために2台のトラックを用意しA班B班と2グループで測定し、更に車では行けない場所を測定するため、バイクによる測定も実施した。

結果、LTE圏外の必要な場所に中継機を1か所設置することで全牧区のエリア化が可能となり、2機のLoRa親機と1機のLoRa中継機でLoRaのエリア化を計ることができることがわかった。

また、スライド15-10では実際の牛に取り付けたLPWA(LoRa)送信機からのデータをプロットしており、一部高低差がある水飲み場でデータが欠落しているところがあったものの、概ね情報が取れている結果となった。

(3)LoRa親機と中継機の設置設営および牛へのLPWA送信機の取付け(スライド15-11～15-13)

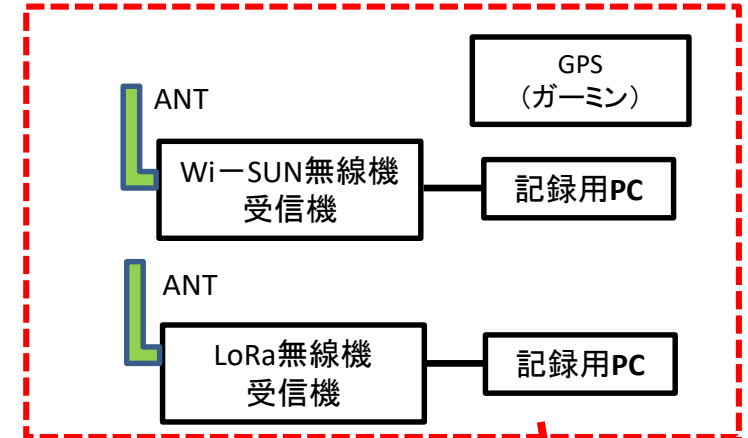
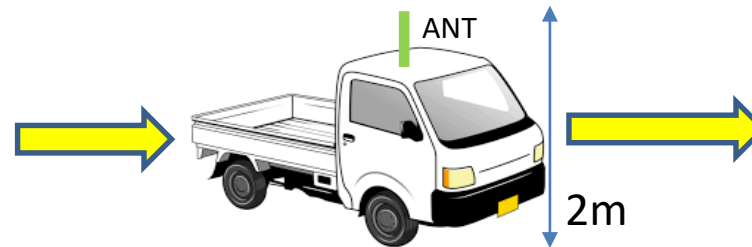
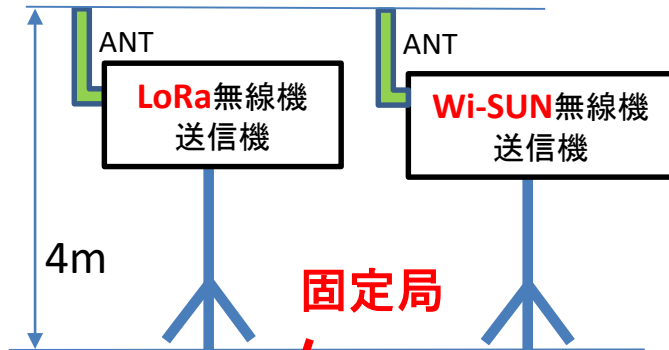
実際の電波調査でLoRa親機と中継機の場所が特定できたため、ここでは設営模様と牛に取り付けた際のLPWA送信機について記載している。アンテナの高さは事前にバケット車で測定した際の8mで十分であることがわかったため、費用面など考慮しその高さとした。

また、LPWA送信機については牛が3～50頭ずつ8牧区に別れているため、任意の牧区(今回は2牧区)を定め全頭(36頭)に取り付け、残る牧区には2頭ずつ計50頭の牛に取り付けてデータ収集を実施した。

十勝農業協同組合連合会 多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

電波伝搬に係る検証結果：LoRaとWi-SUNの比較

■ 検証環境

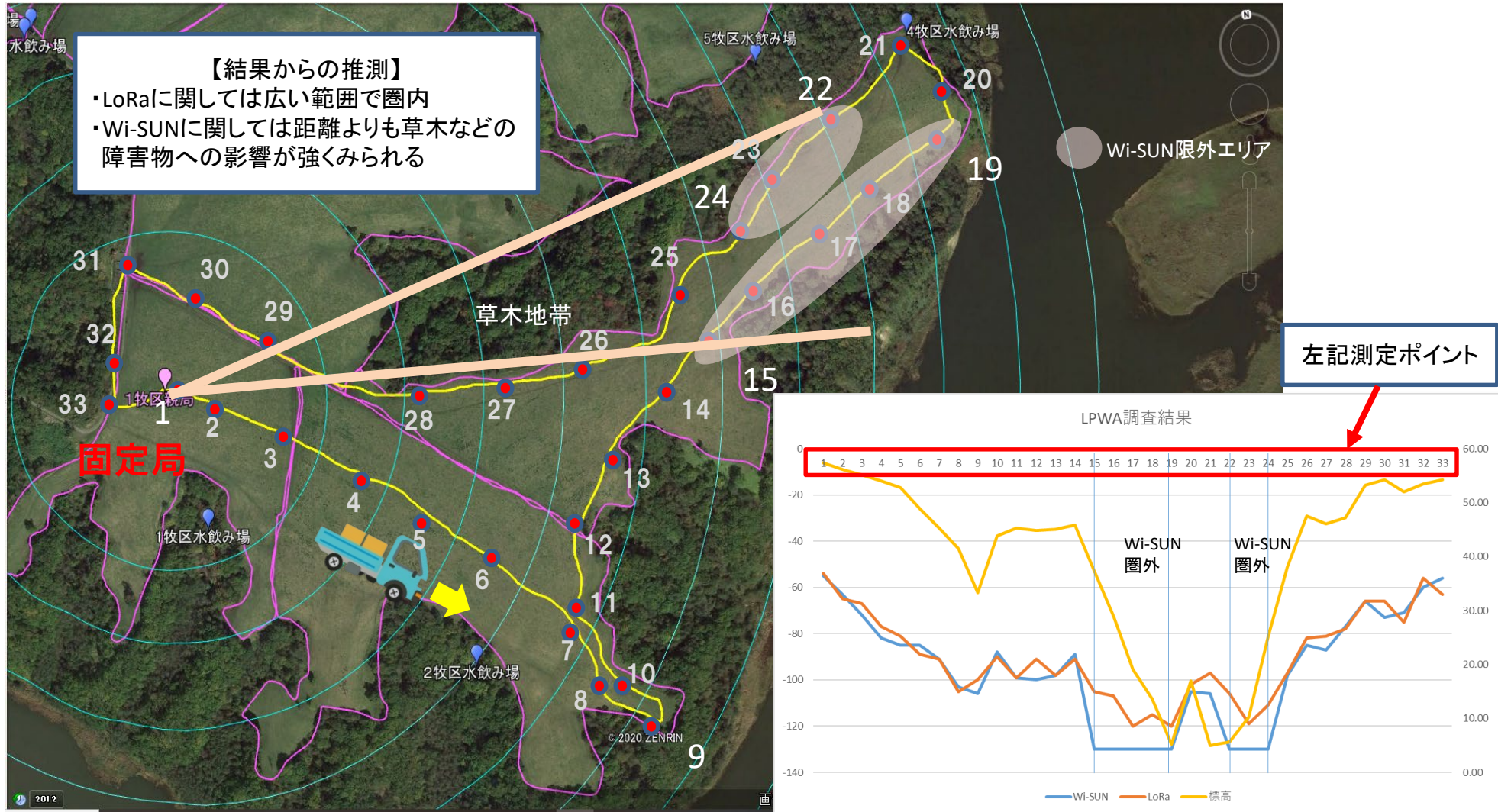


移動局測定車搭載機器

移動局測定車を約100mずつ移動して停止測定し、測定値記録後再度移動の繰り返し測定
(測定距離約3.5km)

十勝農業協同組合連合会 多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

電波伝搬に係る検証結果：LoRaとWi-SUNの比較

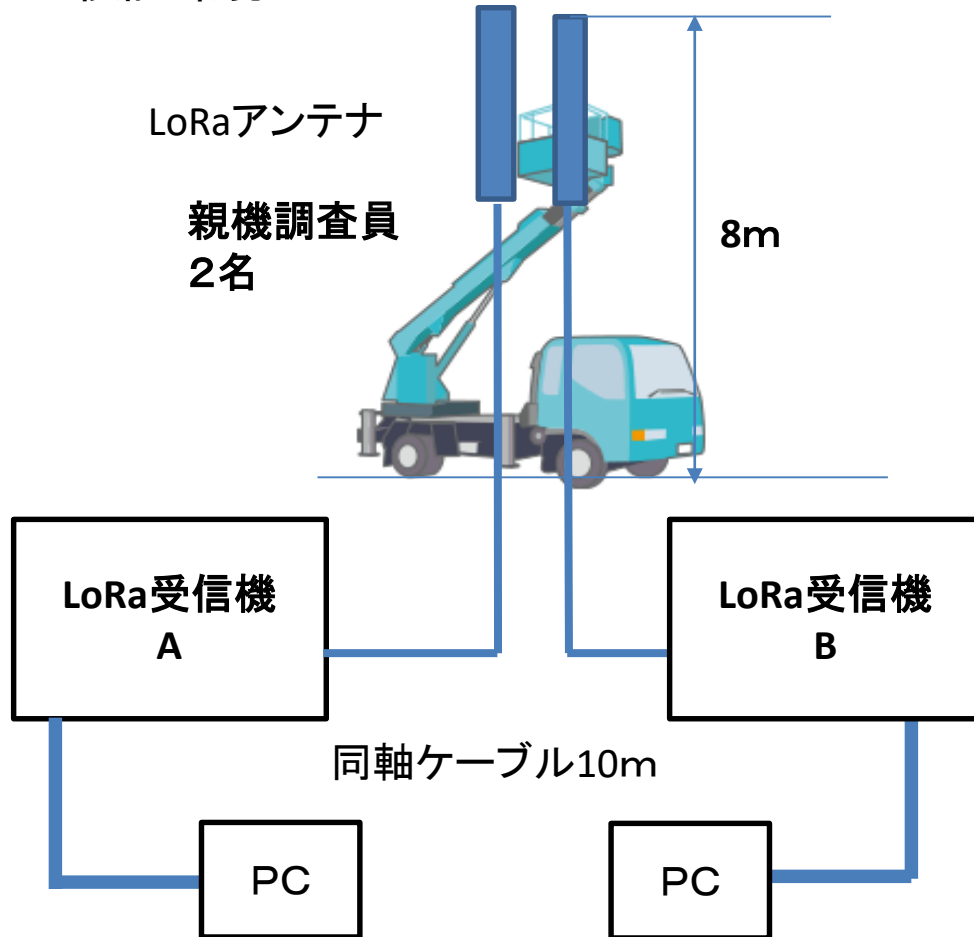


十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

電波伝搬に係る検証結果: エリア構築検証

■ 検証環境



調査車両①
Aグループ送信機調査員2名
ボンネット上に仮設



LoRa送信機Aグループ機器

LoRa 送信機1 ガーミン GPS

常時計測

LoRa 送信機2

遮蔽調査 +
水飲み場調査

調査車両②
Bグループ送信機調査員2名
荷台上に仮設



LoRa送信機Bグループ機器

LoRa 送信機1 ガーミン GPS

常時計測

LoRa 送信機2

遮蔽調査 +
水飲み場調査

スポット調査車両③
スポット調査員1名

運転手手持ち



十勝農業協同組合連合会 多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

電波伝搬に係る検証結果：エリア構築検証

■ 検証環境

調査牧区



本実証の対象牧区(1~8)

LoRa親機



高所作業者に親機2機を設置し
LoRa送信機からの電波強度を
ワゴン車内に設置したPCで記録

LoRa送信機

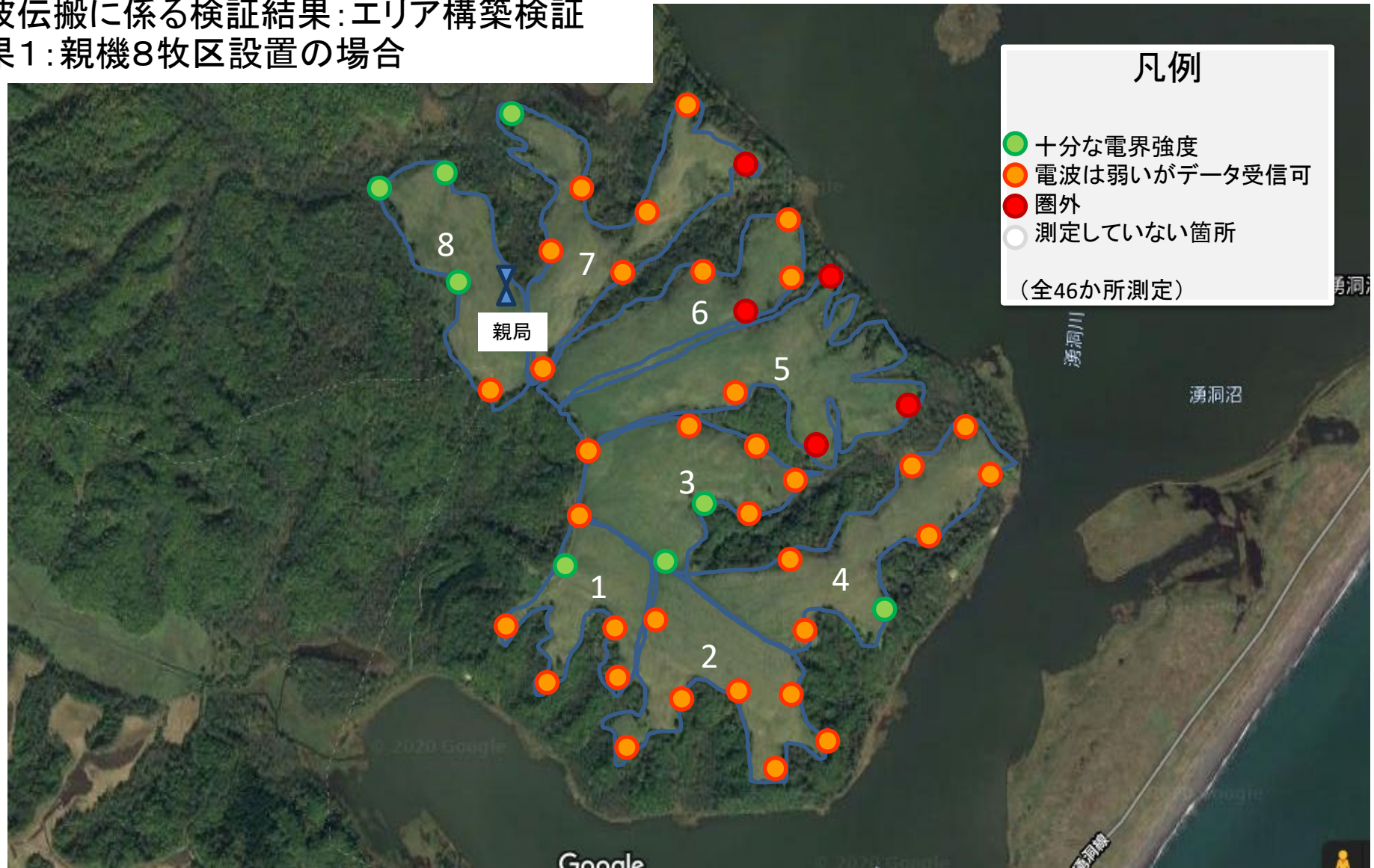


放牧牛の首輪の高さと同じくらい
になるようにボンネット上にLoRa送
信機を設置した様子。天井には位
置情報収集のためのGPSアンテナ
を設置

十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

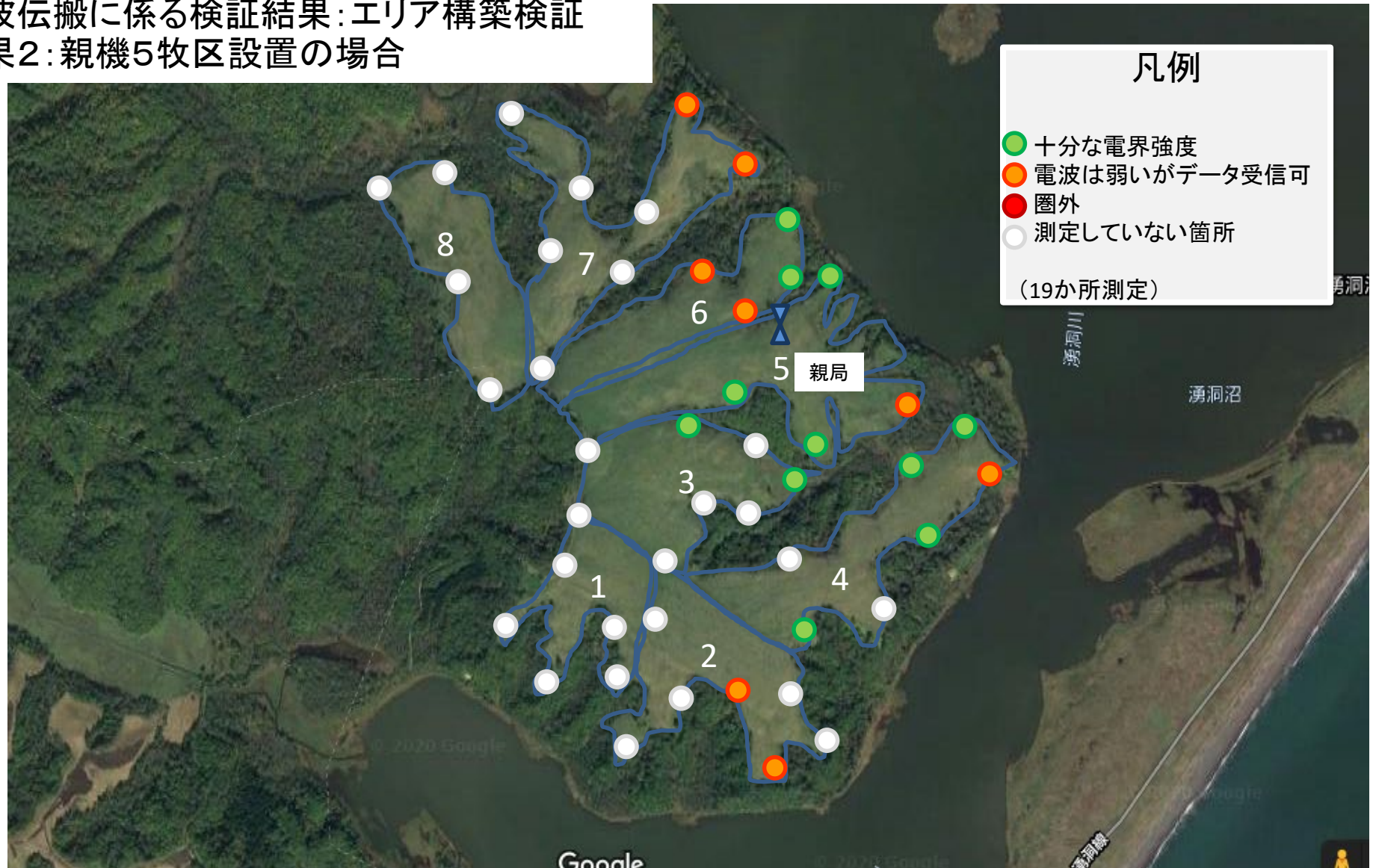
電波伝搬に係る検証結果：エリア構築検証
結果1：親機8牧区設置の場合



十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

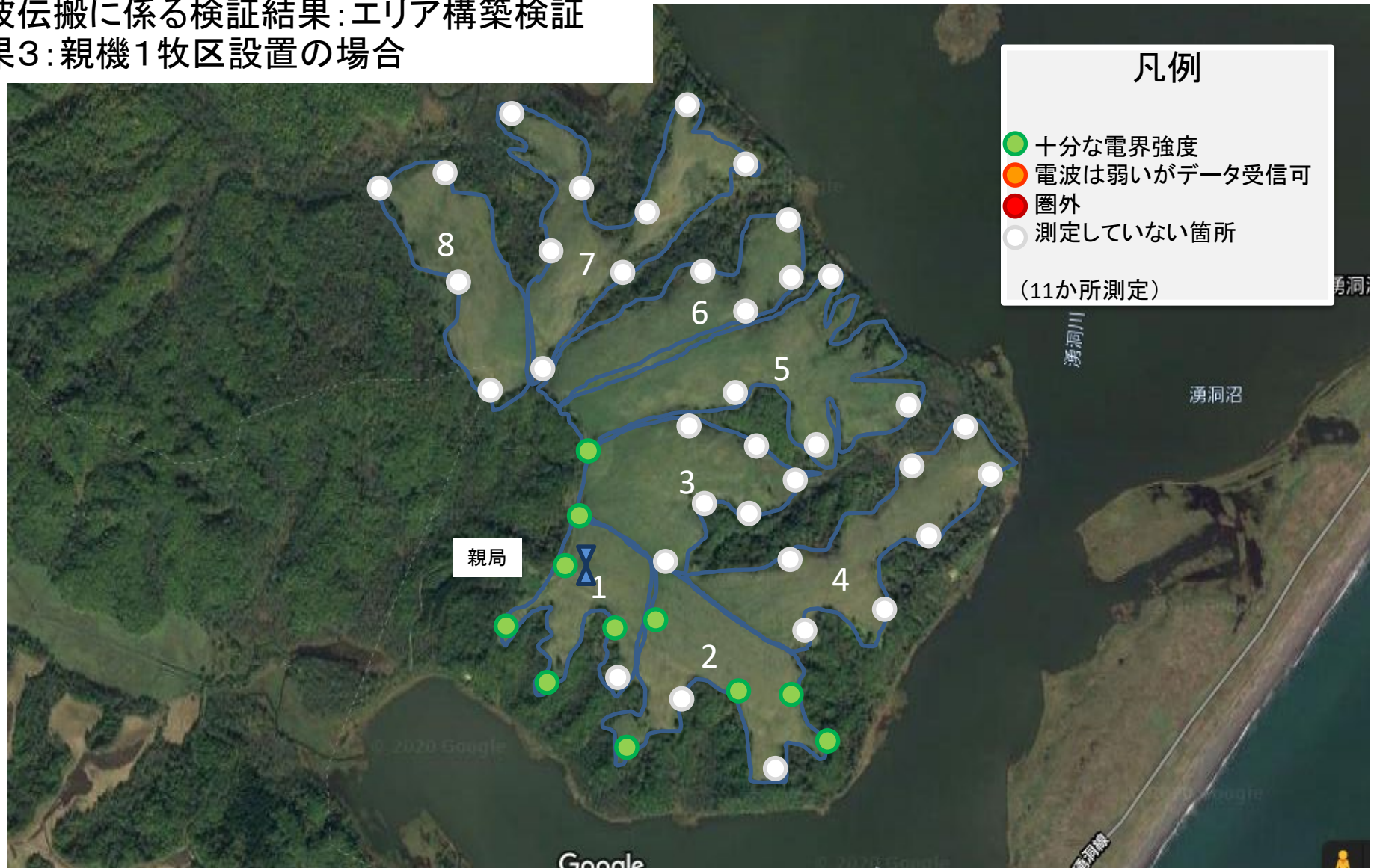
電波伝搬に係る検証結果：エリア構築検証
結果2：親機5牧区設置の場合



十勝農業協同組合連合会

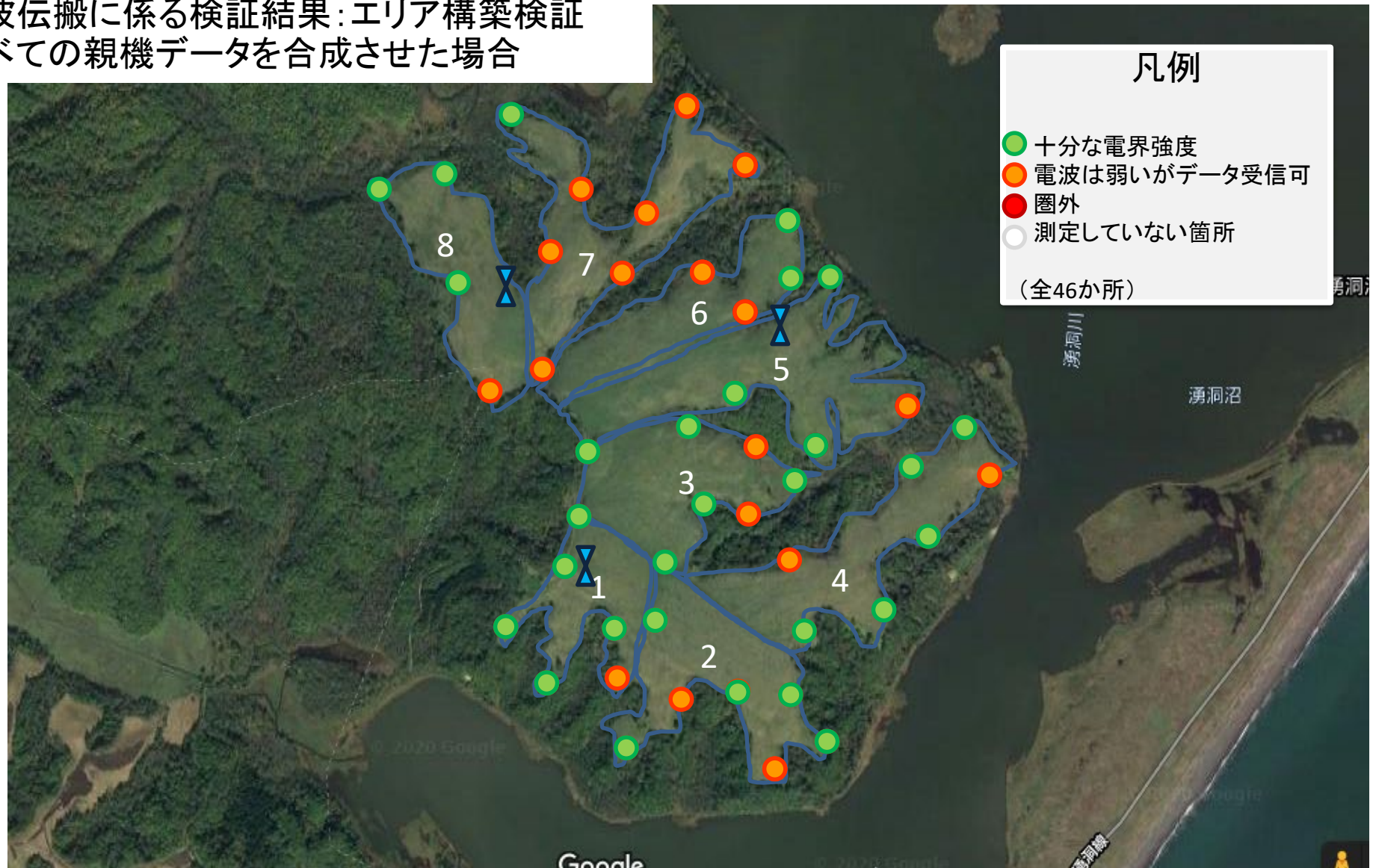
多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

電波伝搬に係る検証結果：エリア構築検証
結果3：親機1牧区設置の場合



十勝農業協同組合連合会 多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

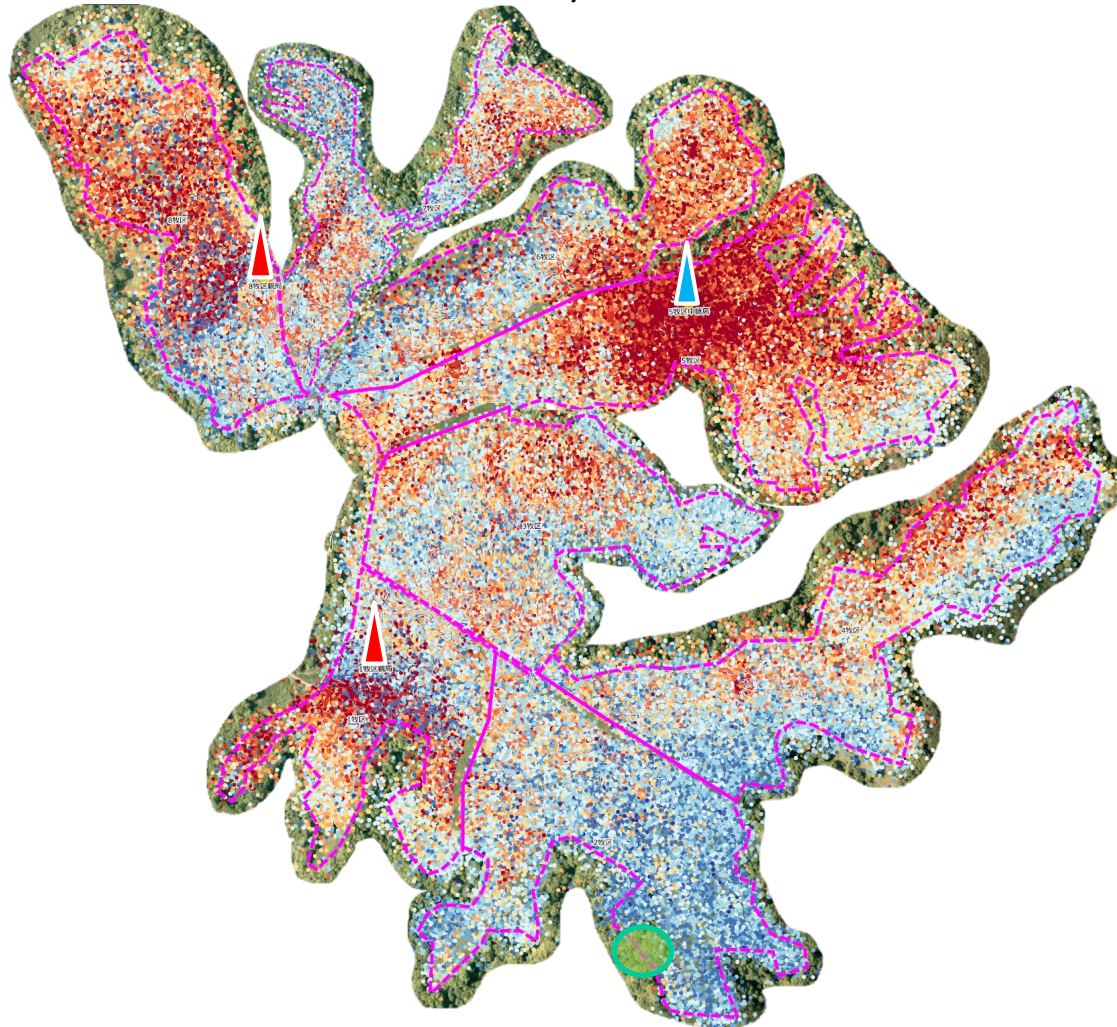
電波伝搬に係る検証結果：エリア構築検証
すべての親機データを合成させた場合



十勝農業協同組合連合会

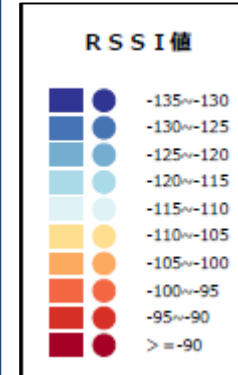
多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

電波伝搬に係る検証結果：エリア構築実測値
 実際の牛に取り付けられたLPWA (LoRa)送信機の電界強度エリア図

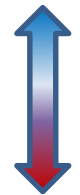


【凡例】

▲ 親機 ▲ 中継機



電界強度 弱



電界強度 強

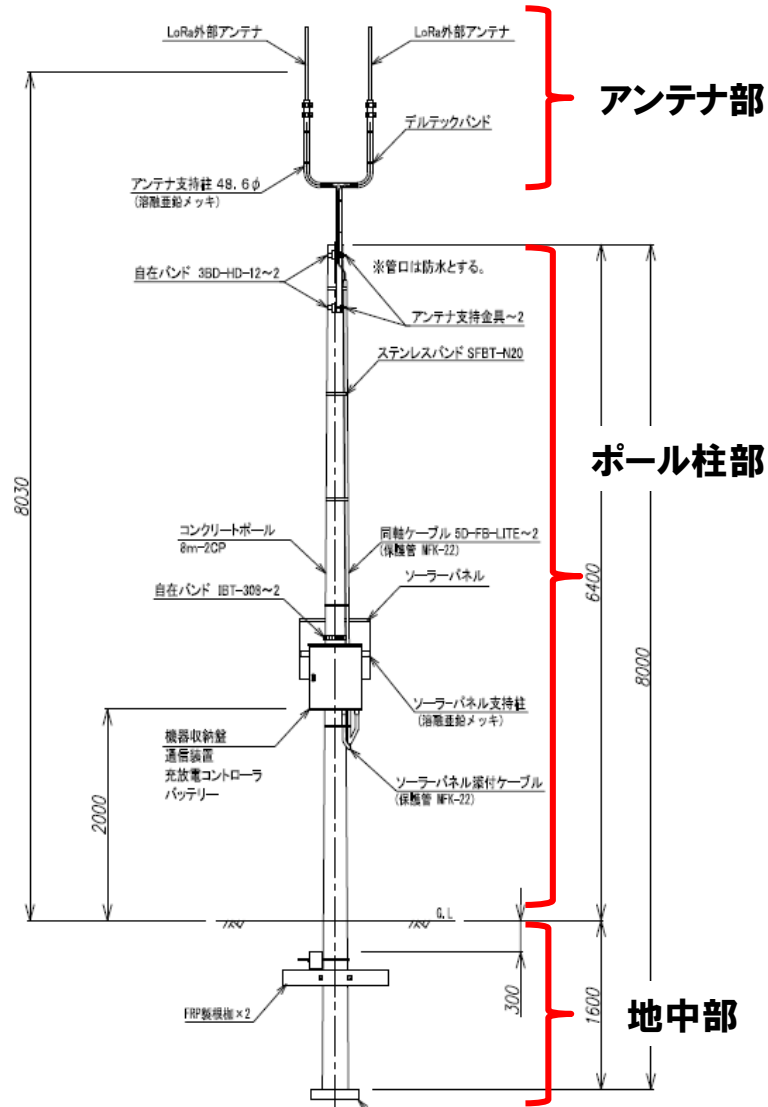


弱電界エリア

弱電界エリア
 水飲み場(茂みの奥)

十勝農業協同組合連合会 多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

電波伝搬に係る検証結果：中継局の設置①（建柱について）



地中部（1.6m）



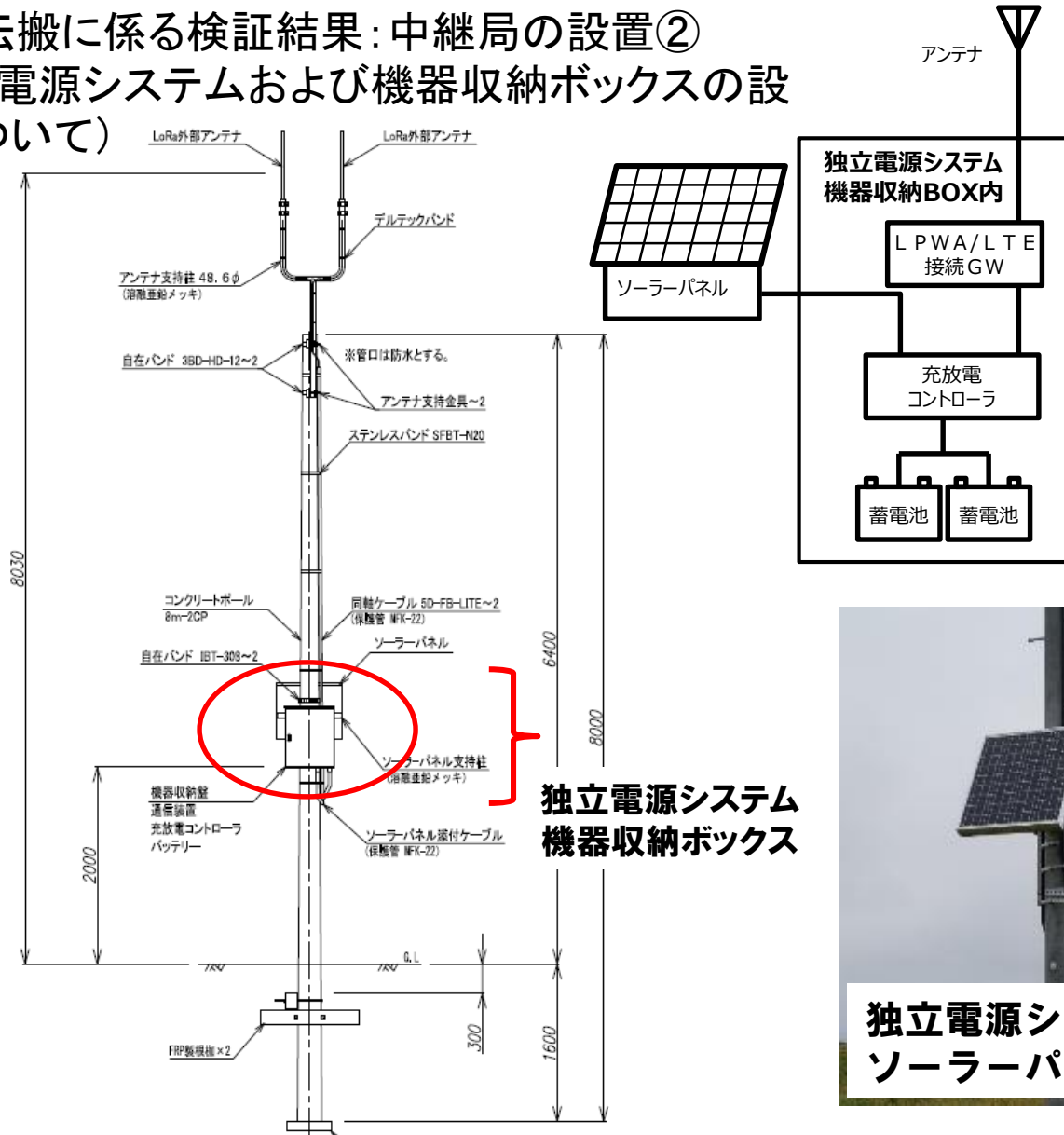
アンテナ部



BOX取り付けの様子

十勝農業協同組合連合会 多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

電波伝搬に係る検証結果：中継局の設置②
(独立電源システムおよび機器収納ボックスの設置について)



機器収納ボックス内



十勝農業協同組合連合会 多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

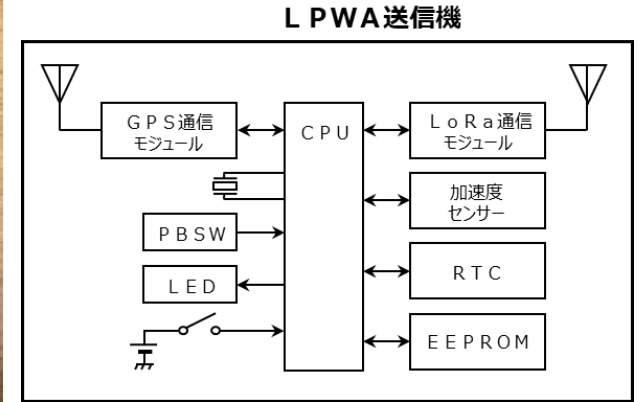
電波伝搬に係る検証結果：
LPWA送信機の装着について



牛に装着したLPWA送信機

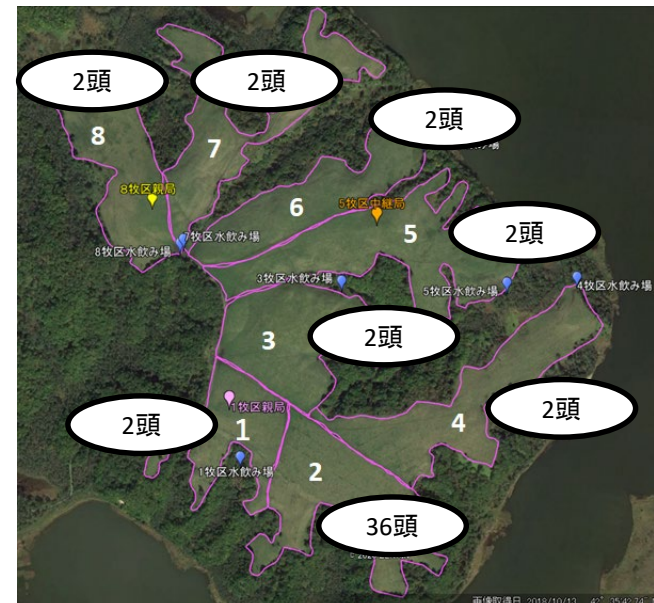


LPWA
送信機



RTC：リアルタイムクロック
EEPROM：不揮発性メモリ
(電源断に左右されずデータ保持)
PWSW：電源ボタン(磁石により操作)

LPWA送信機50式を各牧区で振り分け



十勝農業協同組合連合会

多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■IoT利用環境構築事業の策定に向けた整理

①電波伝搬上の課題がIoTサービスに与えた影響

- ・LoRaとWi-SUNの比較を行った際、同じ周波数帯(920MHz)であるため、電波伝搬の状態はあまり変わらないと想定していたが、今回の実証においては草や木による減衰が影響し、両方式の受信電界強度の差が生じ、Wi-SUNに関して圏外になる場所が散見された。
- ・今回のような起伏が激しい場所では地形によって電波が届かない所が想定されるため、机上におけるLPWAのエリア設計は想定以上に困難であり、草や木の生え具合を踏まえて事前(できれば草木が生い茂っている時期)に現地で測定することを推奨する。

②本実証で得られたIoT利用環境の適正な運用及び整備に資する知見

- ・牧草地など丘陵地において運用するLPWAについては、LoRaが有効である。
- ・アンテナの位置は高い方が見通しがきくため、エリア化を広域にするためにはできるだけ高い方が有効である(今回の実証では8mとしてLPWAのエリア化を実施し、有効性を確認できた)。

③今後も検証・検討の必要があると思われる課題

- ・本実証で牛の位置確認に利用しているGPS単独測位では位置情報に誤差が生じている課題があるため、その影響について検証が必要である。
※GPS単独測位は、1つの受信機で同時に4個以上のGPS衛星からの電波を受信し、各衛星からの距離を算出して測位するため、位置情報誤差が大きく出ることがある。
- ・本システムを年間利用できる施策として舎飼いにおける発情発見等が考えられるが、今回は位置情報の確認だけの機能に限られている課題があるため、活用用途拡大と舎飼いで邪魔にならないLPWA送信機の形状縮小等の検討が必要である。
- ・今回、50頭であれば対応可能であったが、例えば1,000頭など頭数(LPWA送信機)が多い場合のLPWA送信機からLPWA親機への時間タイミングなどデータ伝送方法の検討が必要である。

※①～③を踏まえた気づき

- ・IoTサービスを実装させるために、牧場の立地条件に適応した各種通信方式の設計を施す必要がある。例えば広大な牧場であるが故にLTEが圏外の場所において、広域に有力であるLPWA方式(数種類ある)のうち、障害物には弱いデータを多く飛ばすことに有利な方式(Wi-SUN)や、比較的データ伝送距離が長く今回のような樹木も混在する放牧地では有効とされる方式(プライベートLoRa)など、それぞれの用途に合わせて検証する必要がある。また、LPWA位置情報収集では誤差が大きい装置もあることから、運用上注意する課題があり、多頭数における牛の頭数確認だけであれば十分機能を発揮するが、脱柵などの検知は位置情報の誤差を踏まえ運用ルールを決める必要がある。

④IoT利用環境の適正な運用及び整備のあり方、必要な政策面での支援

- ・理想的なIoT利用環境の構築に向けて、LPWAのエリア設計、電源確保、LTE等のキャリア電界強度など実際に現地で調査する必要がある。
- ・牛にLPWA送信機を付ける際、ゆるくしてしまうと首から抜けてしまったり、木の枝に絡まる場合があるので、取り付けの面での注意が必要である。
- ・クラウド運用における個体情報を正確に入力しなければ、牛がケガした、脱柵したなどの情報に差異が生じ混乱を招くことになる。

十勝農業協同組合連合会 多頭数放牧牛管理に資する省電力IoTシステム実用化事業

■基本情報

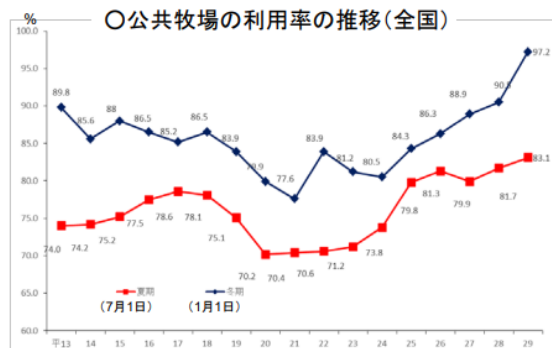
公共牧場・放牧をめぐる情勢（農林水産省、平成30年12月）

- ✓ 公共牧場（畜産農家の労働負担の軽減や不足する飼料基盤の補完等を図るため、地方公共団体や農協等が出資し、畜産農家が飼養する乳用牛や肉用牛を一定期間預かり、放牧等を通じてそれらの飼養管理を行う牧場）は、平成30年度、全国698箇所が利用されており、北海道に187箇所（約27%）。

○公共牧場の利用状況（平成30年度）

	牧場数	利用頭数（千頭）（7月1日時点）			牧草地 利用面積 （千ha）	野草地 面積 （千ha）	1牧場当たり		
		計	乳用牛	肉用牛			利用頭数 （頭）①	草地（ha） ②	1ha当たり 頭数 （頭/ha） ①/②
全国	698	132 (100%)	90 (68%)	42 (32%)	72	33	189	102	1.84
北海道	187	78 (100%)	72 (91%)	7 (9%)	44	8	418	236	1.78
都府県	511	54 (100%)	19 (35%)	35 (65%)	27	24	105	54	1.95

- ✓ 畜産農家の減少等により公共牧場数は徐々に減少しているが、生産基盤の強化を図るため、公共牧場の活用を希望する畜産農家は増加。公共牧場の利用率（受入頭数／受入可能頭数）は上昇傾向で推移。



公共牧場の経営に関わる現状・課題

- ✓ 農家の経営支援を目的とするため、低料金を設定しており、経営にゆとりがないものが多い（所有主体別の割合を見ると、地方自治体所有が約65%、農協（連）所有が約9%）。
 - ✓ また、広大な土地を有しているため、その維持管理を適切に行うことが必要となっている。
- ※出所は「公共牧場・放牧をめぐる情勢（農林水産省、平成30年12月）」

ICT利活用への期待

- ✓ 飼養頭数規模拡大により、畜産農家における家畜管理の労力・時間の増大、飼料確保の負担増に対し、公共牧場は育成牛の預託を受け、畜産農家との分業体制を敷くことにより、我が国の畜産経営の発展に寄与することが期待されている。
- ✓ 一方、多くの公共牧場では、赤字経営を余儀なくされており、業務従事者の確保も課題となっている。
- ✓ このような背景のもと、公共牧場が持つ牧草地という自給飼料基盤を有効に活用し、限られた人員でありながら、多頭数飼養のスケールメリットによる低コスト化、預託牛管理の品質向上（価値増大）が実現されるICT利活用に期待が高まっている。