

令和3年度

課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

フリーストール牛舎での個体管理作業の効率化に向けた実証事業

成果報告書概要版

令和4年3月25日

株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

実証概要

背景・目的

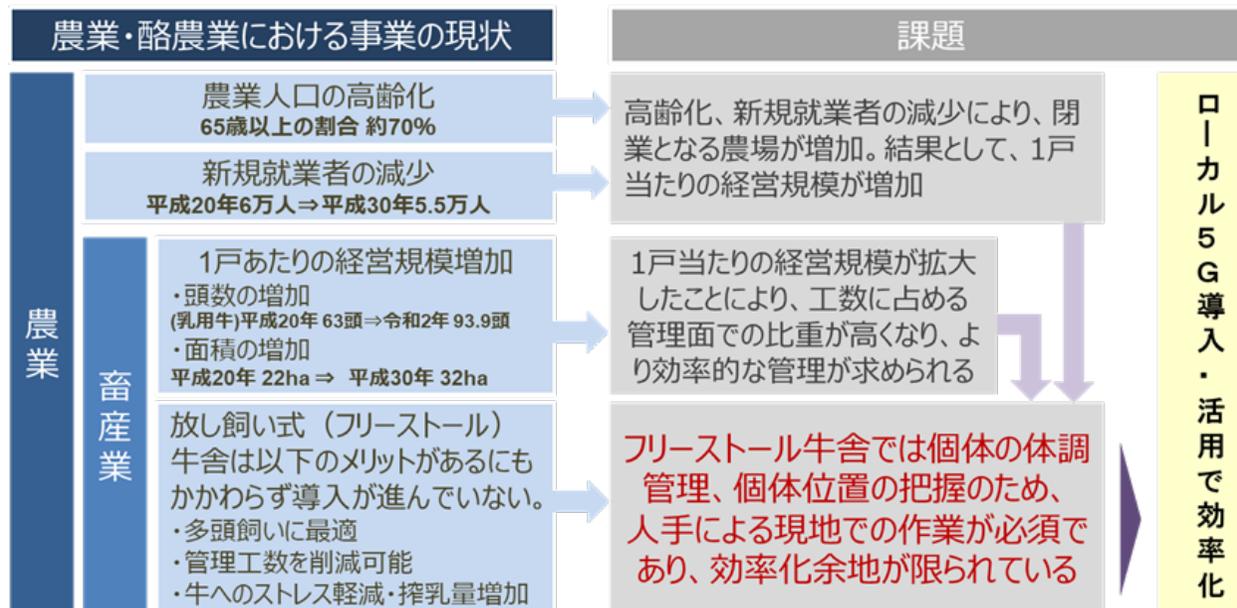
■ 背景

- 農業業界では就業人口が減少しており、農家数は平成12年から令和2年にかけて約44%も減少している
- 畜産業では飼育頭数・牧場面積の増加に伴い、1戸当たりの経営規模が増加し効率的な管理が求められている
- 牛舎内で乳牛を放し飼いにするフリーストール方式は多頭飼いに適した方式である一方で、個体管理が複雑化するため導入が進んでいない

■ 目的

- ローカル5G技術とICTを活用し、個体管理における課題を解決し、フリーストール牛舎の普及と畜産業の経営改善に資する活動を実施する

農業・酪農業における現状と課題



実証の概要

■ 環境構築

- ローカル5Gのネットワーク構築を実施

■ 技術実証

- 電波伝搬モデルの精緻化と準同期TDDの追加パターン開発を実施

■ 課題実証

- フリーストール牛舎が抱える個体管理の課題に対し

① 跛行検知

② 個体識別・位置検索

③ 遠隔指導

の3つの技術の実証を実施

■ 普及啓発活動

- 本実証の広報活動として

① 映像制作

② 実証視察会の開催

③ HP制作・新聞への記事掲載

等の活動を実施

本実証事業の概要図

実証環境 の構築

- 免許申請
- 機器調達
- ネットワーク構築
- ソリューション開発
- 接続試験

技術実証 課題実証 の実施

技術実証（基本提案）

- 電波伝搬特性等に関する技術的検討
- 準同期TDDの追加パターンの開発

技術実証（追加提案）

- 追加準同期パターンを具備した実機を用いた検証

課題実証（基本提案）

- 跛行検知システムの実証
- 個体識別・位置検索システムの実証
- 遠隔指導システムの実証

普及啓発 活動 の実施

映像制作への協力

- 本実証のイメージや目指す姿を動画として表現

実証視察会の実施

- オンライン実証視察会の実施

その他普及啓発活動

- イベント開催、web媒体での実証に関する情報発信

成果 報告書 の作成

- 実証の内容及び成果について、分かりやすい表現で整理する。
- 5Gに関する検討状況の調査結果を踏まえて整理する。

実証環境の構築

実証環境

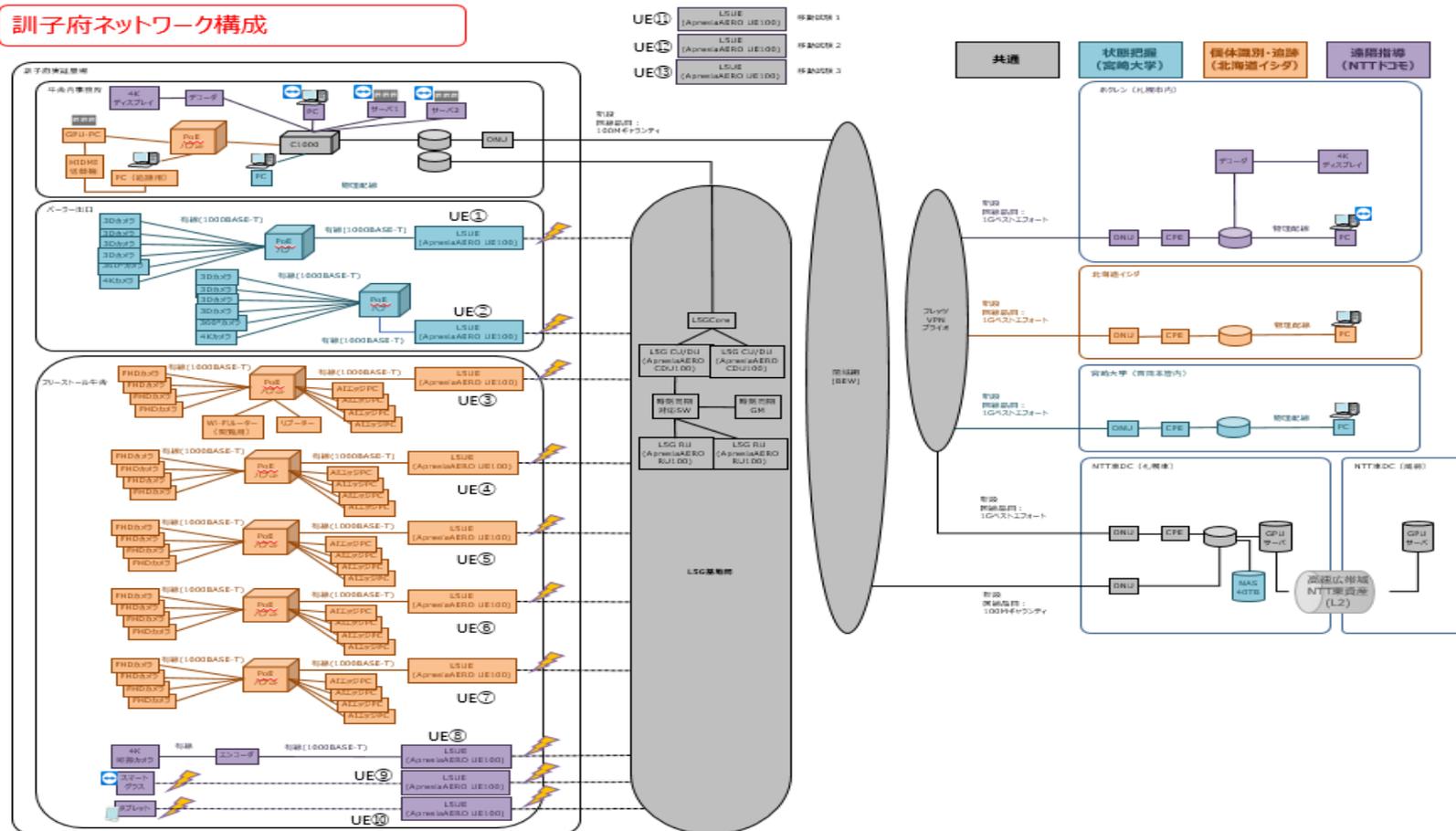
- 本実証の実施場所は北海道常呂郡訓子府町にあるホクレン訓子府実証農場内のフリーストール牛舎で140頭前後の牛を飼育している
- 建物に屋根は設置しているが壁は簡易的なもので夏場は常時開放し半屋外となっている
- 地形は平地である



ネットワーク・システム構成

- 実証実施場所にローカル5G 基地局をオンプレミス構成で設置した
- さらに、ローカル5G 端末から接続するネットワークシステムも構築した

訓子府ネットワーク構成



システム機能・性能・要件

- 牛舎内とパーラーに基地局を1台ずつ、UEは全部で13台設置して検証を行った
- 本実証で使用したローカル5Gシステム（APRESIA Systems株式会社製）の主な技術的諸元は下表の通り

ローカル5Gシステムの主な技術的諸元

項目	諸元
台数	2
同期／準同期	準同期
DL:UL:S比率	4:4:2
周波数帯	4.7GHz帯(Sub6)
SA／NSA	SA
UL／DL周波数帯	4.8～4.9GHz
UL／DL帯域幅	100MHz
UL／DL中心周波数	48.5MHz
UL変調方式	QPSK/16QAM/64QAM
DL変調方式	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
セルスループット(規格値)	DL1.1Gbps/UL:65Mbps

免許及び各種許認可

- 北海道訓子府町(基本提案)及び神奈川県横須賀市(追加提案)で実証を行った
- 実証コンソーシアムの構成員である株式会社NTTドコモからの委託を受けたエクシオグループ株式会社を免許人として、関東総合通信局(基地局相当装置常置場所)に対してローカル5G免許(実験試験局免許)の交付を受けた

各関係者の主な役割

項目	社名	備考
土地または建物の運用者	ホクレン農業協同組合連合会	コンソーシアムメンバ
免許人	エクシオグループ株式会社	コンソーシアムメンバより委託
免許申請及び干渉調整	エクシオグループ株式会社	コンソーシアムメンバより委託
免許申請支援	株式会社NTTドコモ	コンソーシアムメンバ
無線従事者	エクシオグループ株式会社	免許人から選任

その他要件、及び実証環境の運用

- 装置構成および各装置の製造ベンダは下表の通り
- なお、本実証に使用した機器は、実証時に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はなかった※1

主要構成のサプライヤーリスト

種別	型番・型式	主要構成要素	サプライヤー(社)	備考
RU	ApresiaAERO-RU100	FPGA	Xilinx	米国
		RF IC	Analog Devices	米国
		10G PHY	Aquantia	米国
CU/DU	ApresiaAERO-CDU100	CPU	Intel	米国
		FPGA	Xilinx	米国
		サーバ筐体	AEWIN	台湾
交換設備	ApresiaAERO-5GC	CPU	Intel	米国
		FPGA	なし	

※1 2022年2月22日付けで開発供給計画に認定を受けた
(開発供給計画認定番号:2022 開 1 総経第 0001 号-1)

ローカル5Gの電波伝搬特性等に関する技術的検討 (技術実証)

技術実証の概要

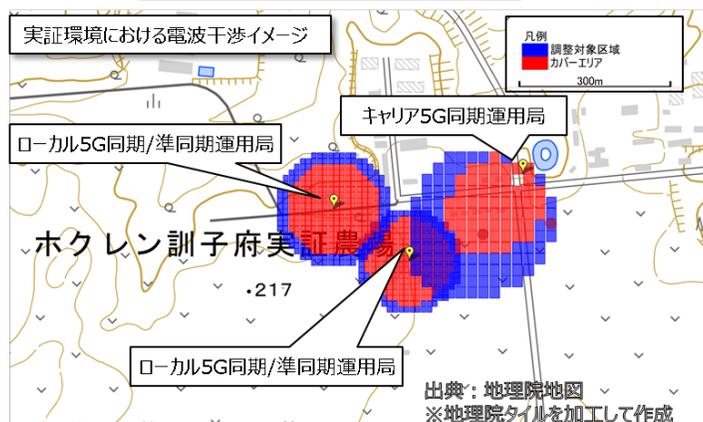
■ 課題解決システム活用環境における技術的課題

- 農業分野におけるユースケースを前提とした場合、自己土地外への電波漏洩等の電波伝搬特性を把握したエリア構築が課題となる
- 加えて、DLよりULの要求性能が高く、より多くのUL編重パターンが必要となる
- そのため、準同期パターンを用いた際に他事業者との干渉影響が課題となる

■ 実証目標

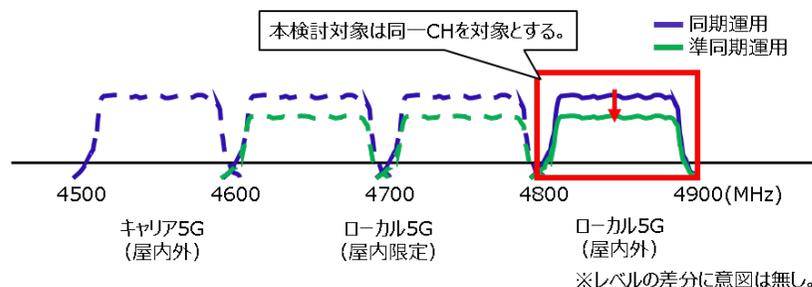
- a: 適切な電波伝搬モデルの選定とともに、ローカル5G性能向上のための課題抽出と解決策を検討
- b. I : エリア算出法の適切性を評価するとともに、エリア算出式パラメータR、Sの精緻化を検討
- b. III : 追加準同期パターン”TDD2”を対象とし干渉下における離隔距離の算出および当該共用条件下において、準同期システムがどの程度性能を確保できるか検討
- b. V : 同期”TDD”、準同期”TDD2”運用システムの実機を用いて、同時運用時の干渉影響を検討

干渉発生パターンのイメージ



検討対象となる追加準同期パターン

スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
同期 (TDD)	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D
追加準同期 (TDD2)	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U
干渉発生期間 (黄色部分)																				



実証内容 a. ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定

■ 計測指標

ローカル5Gの性能評価として、エリア形成の観点とユーザへのサービス提供品質の観点から評価を行うため、エリア算出法に基づくカバーエリア内の20地点以上において下記データを計測する。

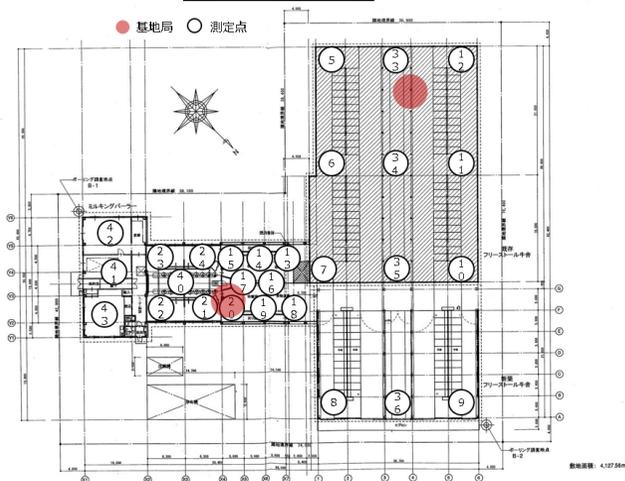
- ・エリア形成: 下り受信電力(SS-RSRP)、受信品質(SS-RSRQ/SS-SINR)
- ・サービス提供品質: DL伝送スループット、UL伝送スループット、伝送遅延

■ 評価・検証方法

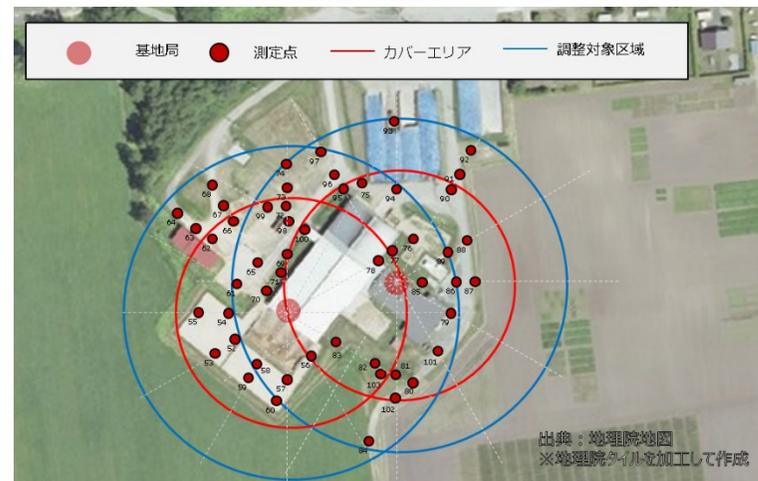
- ・エリア形成は、エリア算出法に基づくカバーエリア、調整対象区域と受信電力の測定結果で評価
- ・サービス提供品質は、課題実証と同じ目標値(UL伝送スループット65Mbps)の達成率を評価
- ・測定地点は、屋内で28点、屋外で87点の計115点で実施した。

※なお、伝送スループット及びRTTについては屋外で圏外となる為、屋内のみで実施している。

屋内測定地点



屋外測定地点



実証内容 b. I 電波伝搬モデルの精緻化

■ 実証仮説

実証環境におけるパラメータR値、S値を環境要因から推定しエリア算出法に基づくエリア図を検討

・牛舎壁面は開口部が多く、一般的な壁面と比べると伝搬損失は少ないため、R値は4.2dBと推定※

※ITU-R P.2109 Traditional モデルの5%値

・牛舎周辺は樹木、家屋等の散在する田園地帯であるため、S値は郊外地=12.3と推定

■ 計測指標

a.ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定にて測定した、下り受信電力値(SS-RSRP)を活用する。

■ 評価・検証方法

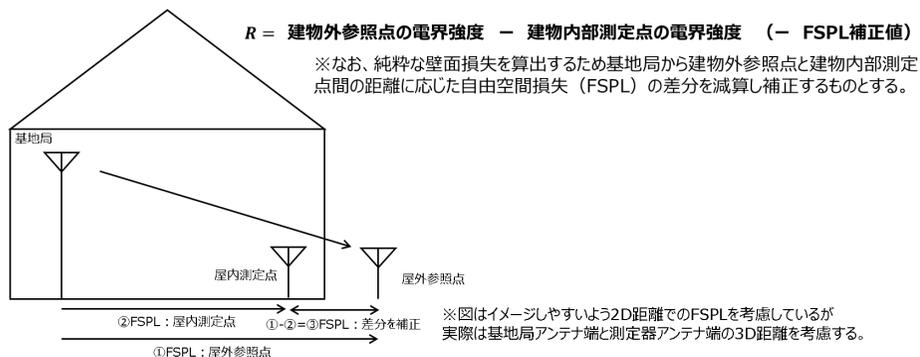
・仮説R値、S値に基づくエリア図と、実測値から推定されるエリア図との比較結果を評価

・対象壁面内外で実測した受信電力から、電界強度差分を建物侵入損として検証

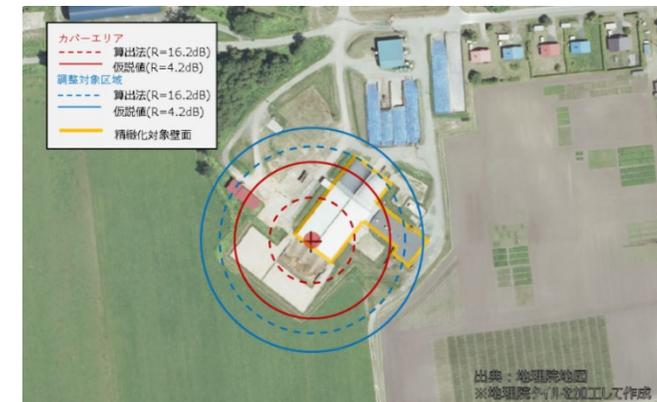
・基地局周辺における建物占有面積率から、実証環境における適用モデルを検証

・精緻化したR値、S値を用いてエリア図を作成し実測値エリア図との比較を行いその妥当性を評価

実測値からの建物侵入損R値算出手法



仮説値を用いたカバーエリア及び調整対象区域



実証内容 b.Ⅲ 準同期TDDの追加パターンの開発

■ 実証仮説

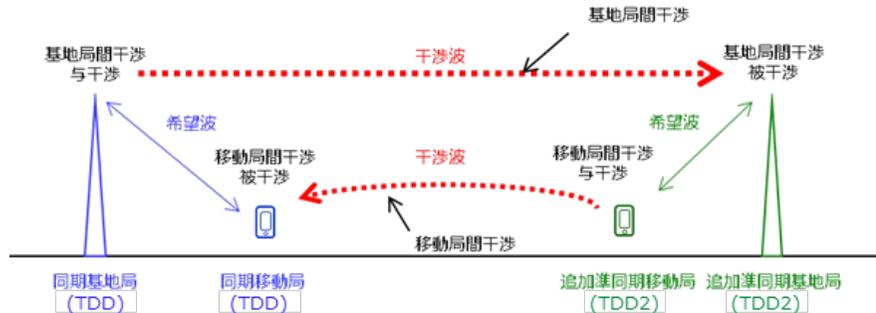
本実証で使用する、ローカル5G諸元を基に同一CHで同期”TDD”と準同期”TDD2”が運用された場合における伝送スループットへの干渉影響を評価する。

- ・実機諸元を用いた共用検討結果(机上)では見通し環境における基地局間の所要離隔距離は141m
- ・基地局間距離を20mに縮めても、TDD2のUL伝送スループットは100Mbps程度となる想定

■ 評価・検証方法

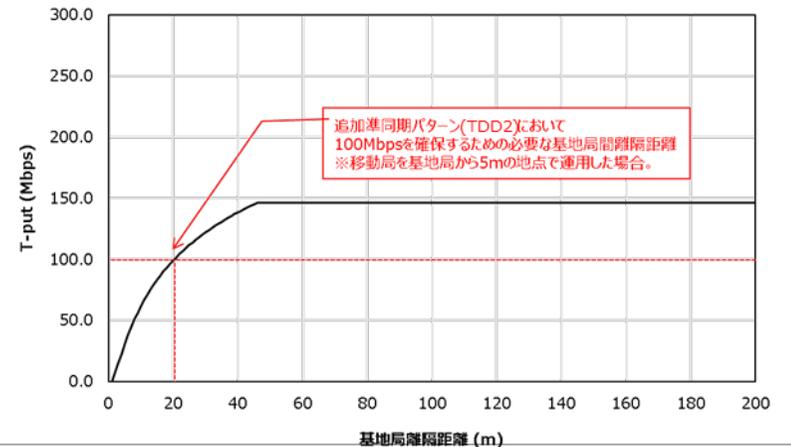
- ・同一CHにおいて、同期TDD基地局から準同期TDD2基地局への基地局間干渉を評価
- ・同一CHにおいて、準同期TDD2移動局から同期TDD移動局への移動局間干渉を評価
- ・上記検討結果から得たSINR値を用いて、シャノンの定理に基づき伝送スループットを算出し、干渉条件下で所要性能を満たすことのできる運用条件について検証する

机上検討を行う干渉シナリオ



スロット番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
同期 (TDD)	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D
追加準同期 (TDD2)	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D	D	S	U	U	U	D	S	U	U
干渉発生期間 (黄色部分)																				

机上検討から算出した所要性能を満たすための共用条件



実証内容 b.V 準同期TDDの追加パターンの開発(実測)

■ 計測指標

ローカル5G同期TDDと準同期TDD2における同一CHでの共用検討の妥当性を評価するため、同期TDD及び準同期TDD2の単独及び同時運用状況下において下記データを計測する。

- ・下り受信電力(SS-RSRP)、受信品質(SS-RSRQ/SS-SINR)
- ・移動局の送信電力分布
- ・DL伝送スループット、UL伝送スループット、伝送遅延

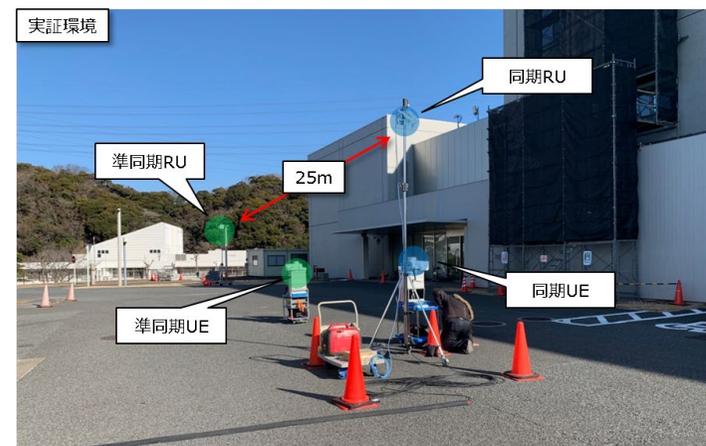
■ 評価・検証方法

- ・同期TDD及び準同期TDD2の単独運用時における伝送スループットから干渉なしでの性能を評価
- ・同期TDD及び準同期TDD2の同時運用時における伝送スループットから干渉ありでの性能を評価
- ・机上検討から導き出される共用条件について、実測した伝送性能を基に妥当性を評価する
- ・測定環境は所要離隔距離141mが確保できるドコモR&Dセンタ屋外駐車場を選定した

ドコモR&Dセンタ実証フィールド



実証の様子



実証結果 a. ローカル5Gの電波伝搬特性等の測定

■ 分析結果

- ・実証環境における伝搬ロスから近似できる電波伝搬モデルは奥村・秦式(中小都市、郊外地もしくは開放地)である
- ・カバーエリア端及び調整対象区域端の実測結果は、エリア算出法と南側で大きく乖離している
- ・制度化済準同期TDD1の伝送性能はDL平均17Mbps / UL平均30Mbps / RTT平均38ms

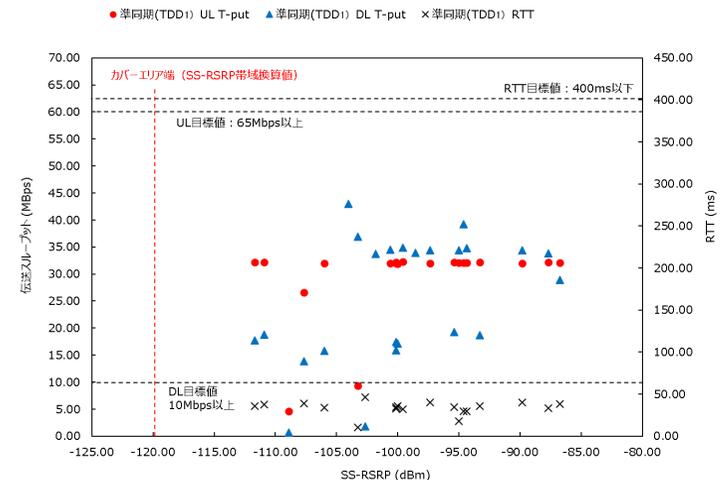
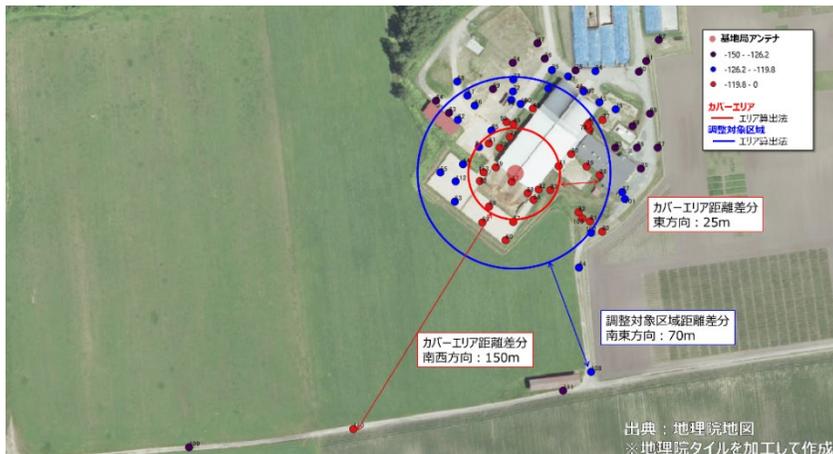
考察結果

今回サービスエリア内において十分な受信電力値を得ることが出来たが、通信性能としてはUL伝送スループットで目標値である65Mbpsを達成することが出来なかった。

この結果から、受信電力のみならず、変調方式等の無線局パラメータの最適化についても留意が必要であることがわかる。

カバーエリア内における伝送品質

エリア算出法と実測値の比較結果



実証結果 b. I 電波伝搬モデルの精緻化

■ 分析結果

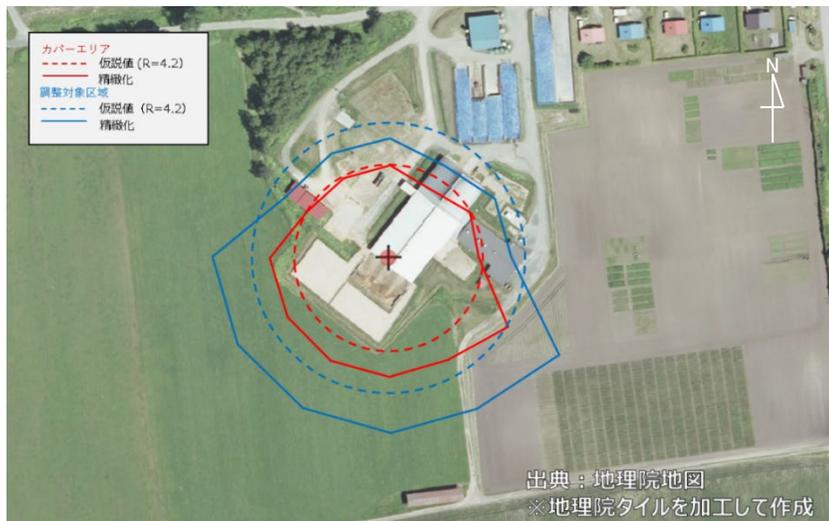
- ・実測値から算出される精緻化値Rは壁面1で3.5dB、壁面2で5.6dBとなる
- ・基地局周辺環境における精緻化値Sは北側で郊外地(=12.3)、南側で開放地(=32.5)となる

■ 考察結果

自己土地外への電波漏洩の観点では、牛舎内は開放的な環境であるため、サービスエリア内のカバレッジを十分とりつつ、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。

オムニ指向性のアンテナを用いる場合、できるだけ壁面から離れた屋内中心での置局が望ましいと考えられる。また、セクタ指向性アンテナを用いて、壁面方向や他のローカル5Gシステムが運用される方向にバックローブがあたるような置局設計も有効であると考えられる。

精緻化値を用いたカバーエリア及び調整対象区域



実測値から算出した精緻化値R

周波数	建物	材質	厚さ	面積率	精緻化値 R[dB]	
4.7GHz	代表値					16.2
	壁面1 プラスチック材、 ビニール材、コ ンクリートで構 成された簡易的 な壁面	コンクリート	200mm	15%	3.5	
		トリカルネット 透明糸入り ビニール シート	50m	85%		
	壁面2 扉の常時開放 状態で開口部 が多い壁面	コンクリート	200mm	10%	5.6	
鉄板		50mm	50%			
ポリカーボ ネート波板		0.7mm	40%			

実証結果 b.Ⅲ 準同期TDDの追加パターンの開発

■ 机上検討結果

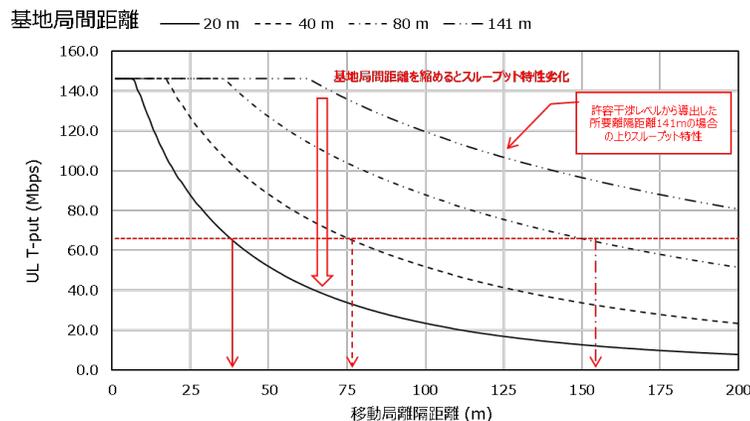
本実証で使用する、実機諸元を基に同一CHで同期”TDD”と準同期”TDD2”が運用された場合における伝送スループットへの干渉影響を評価する。

- ・課題実証の所要性能であるUL伝送スループット65Mbpsを満たす運用条件として、基地局間距離20mであれば、TDD2システムは、半径40m程度のサービスエリアを確保出来る。
(TDDへの干渉影響を考慮しない場合)

■ 考察結果

同期TDD事業者が被干渉となる移動局干渉では、移動局間距離を100m以内で運用した場合、TDD2移動局が1台であってもTDD移動局への干渉影響の可能性はある。
同期運用事業者保護の観点からTDD2移動局送信出力を抑えるか、見通し外運用が必要。

基地局間干渉下における
準同期UL伝送スループットの劣化度合い(机上計算)



机上計算から導き出される
基地局間距離における準同期移動局運用範囲

同期基地局との基地局間距離	準同期システムで所要のパフォーマンス(65Mbps)を確保可能な最大サービスエリア
20m	半径約40mの範囲
40m	半径約75mの範囲
80m	半径約150mの範囲
141m	—

実証内容 b.V 準同期TDDの追加パターンの開発(実測)

■ 分析結果

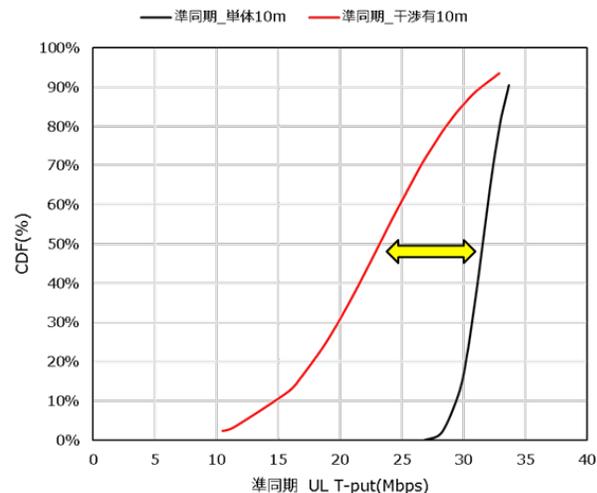
同期”TDD”と準同期”TDD2”を同時運用した際の干渉影響としては下記の通りである

- ・基地局間干渉下では準同期”TDD2”UL伝送スループットは10Mbps程度の劣化(累積確率50%値)
- ・移動局間干渉下では準同期”TDD2”DL伝送スループットは20Mbps程度の劣化(累積確率50%値)

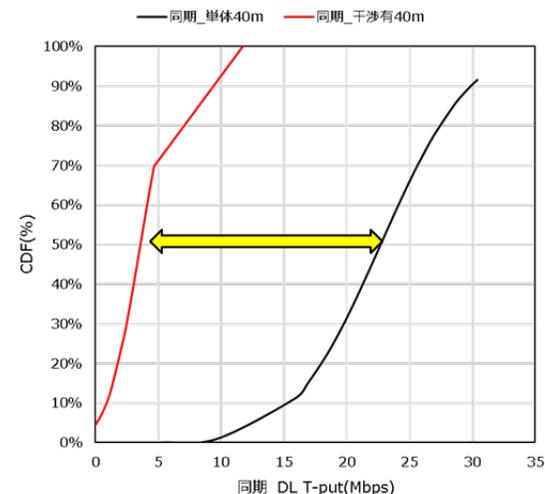
■ 考察

移動局間距離が110m以内で移動局間干渉が発生し、同期のDL伝送スループットが劣化している。本実測結果からは、移動局間距離を120m以上としたサイトエンジニアリングが必要と考えられる。

基地局間干渉下における準同期UL伝送スループット
(基地局間距離=25m)



移動局間干渉下における同期DL伝送スループット
(移動局間距離=100m)



ローカル5G活用モデルの創出・実装に関する調査検討 (課題実証)

課題実証：実証概要

■ 実証目標

本課題実証では、フリーストール牛舎における個体管理の簡易化という課題の解決に向けて、①跛行検知、②個体識別・位置検索、③遠隔指導、の3技術について実証を行った。

実証内容	現状	課題解決方法	実証目標	主な測定項目
跛行検知	初期段階では判別ができず重症化に至るケースが多い	フリーストール牛舎内に設置した3次元カメラ・4Kカメラにより撮影された画像を解析し、乳牛の跛行（歩行異常の一種）の検知を実現	跛行検知の実現可能性の確認	跛行検知率（80%）
個体識別・位置検索	耳標から個体を識別目視で位置を確認	牛舎内に設置したFHDカメラによる撮影画像を解析し、個体識別・位置検索を実現	管理工数低減効果の確認	位置検索率（60%）
遠隔指導	往来による対面指導	スマートグラスによる映像伝送により、早期に指導が必要な乳牛の遠隔指導を実現	遠隔指導の有効性確認	対面指導再現率（アンケート結果の評点4以上が100%）

ローカル5Gの活用

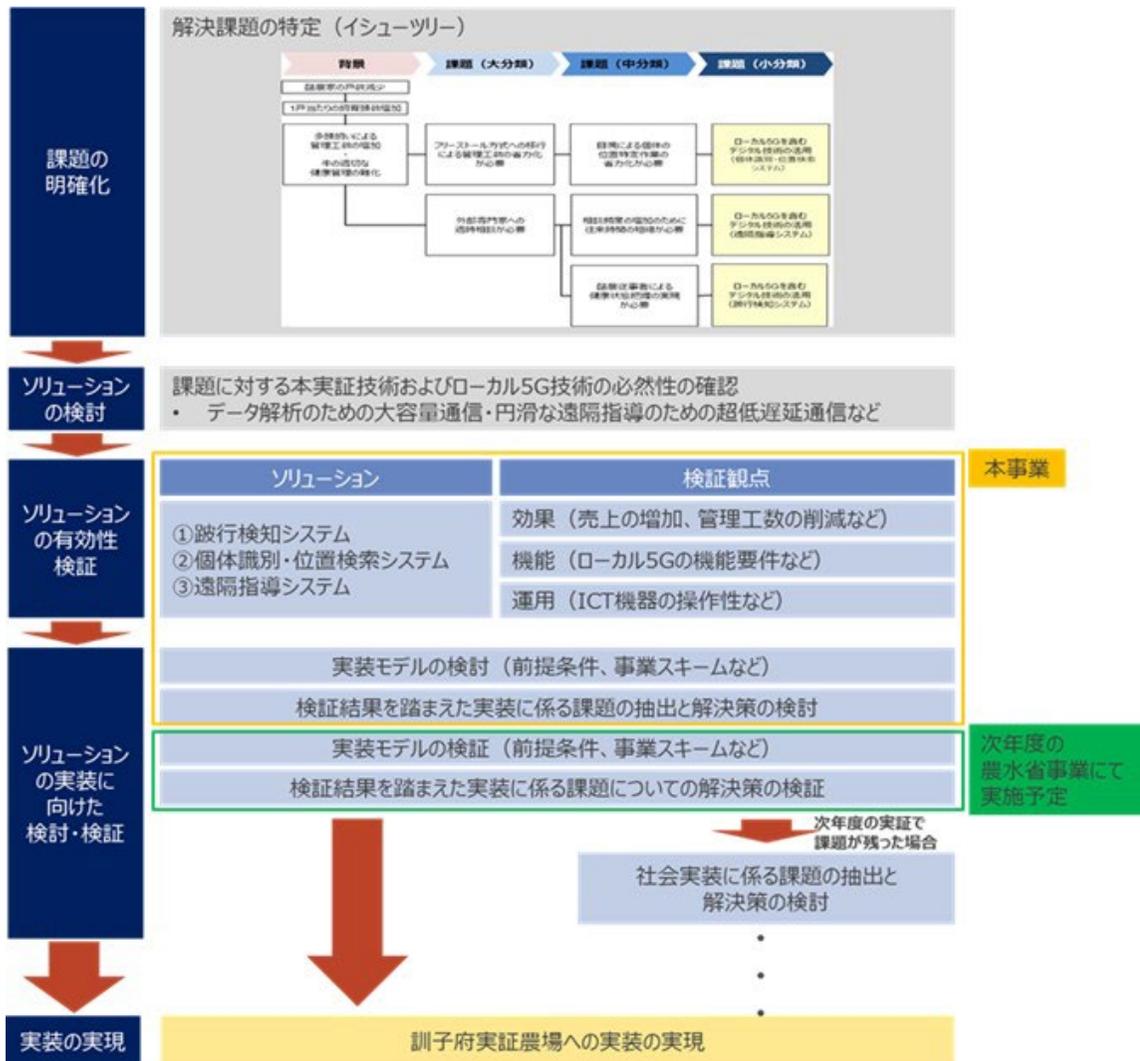
課題実証：背景となる課題を踏まえた実装シナリオ①

■ 実装に向けたシナリオ

実装の実現のためには、本実証での検証結果を踏まえてソリューションの技術的な要件を確立し、実装に係る具体的な課題を抽出する必要がある。

本実証後には、実装シナリオの見直しやサービスモデルの普及促進活動を実施することで本実証技術のフィールドとなった訓子府実証農場や北海道内のフリーストール牛舎を営む酪農家への実装を推進していく。

実装に向けたシナリオ

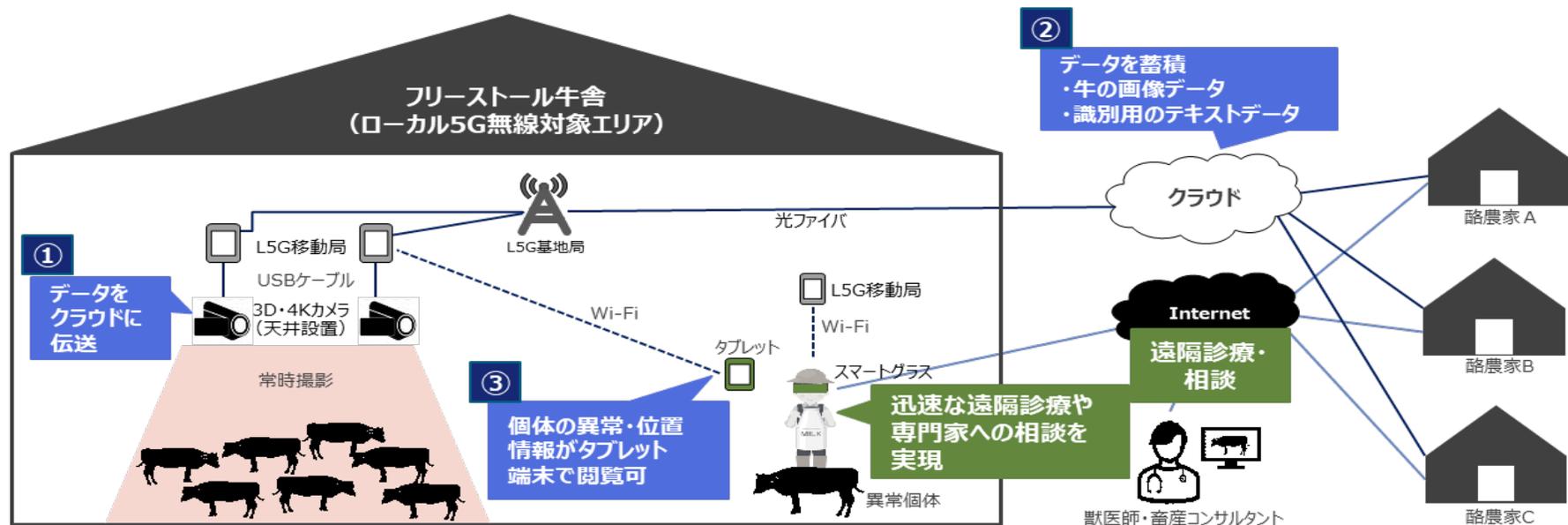


課題実証：背景となる課題を踏まえた実装シナリオ②

■ 実装時のサービスモデル

本実証では、跛行検知、個体識別・位置検索、遠隔指導の3つの技術について個別での検証を行ったが、将来的には各技術をパッケージ化し、クラウドを通じてユーザーが個体情報をタブレット端末で閲覧できるサービスとして提供を行う。

実装時のサービスモデル



課題実証：実証内容①

- ローカル5Gを用いたソリューションの有効性に関する検証（※効果検証について示す）
 - 跛行検知システムの4Kカメラを用いた実証では目標を達成できたが、跛行検知システムの3次元カメラでの実証や個体識別・位置検索システム、遠隔指導システムにおいては目標を達成できなかった
 - 達成できなかった項目については考察結果を基に次年度の農水省事業にて改善を行う

実証内容	評価・検証項目	主な測定項目	検証方法	検証結果と考察
跛行検知システム	跛行の早期検知性	跛行検知率 (80%)	<ul style="list-style-type: none"> • 搾乳パーラーと牛舎間の通路に3次元カメラと4Kカメラを設置し画像データを取得する • 画像から牛領域を抽出し特徴量(背中 of 曲率・頭の位置等)を算出し、跛行の判断を行い、跛行検知率を算出する 	<ul style="list-style-type: none"> • 4Kカメラでの跛行検出率は94%で目標達成 • 3次元カメラでの跛行検知率は75%で目標未達 ⇒牛舎の構造によっては4Kカメラが使用できない場合もあるので、機械学習量を増やして3次元カメラでも検出率80%以上を目指す
個体識別・位置検索システム	個体識別に係る管理工数の削減性	位置検索率 (60%)	<ul style="list-style-type: none"> • パーラーから出てくる牛の耳標を読み取り個体識別を行う • 識別した牛をカメラとAIによる画像認識技術を用いて牛舎内の牛の動線を追跡し、タブレット端末上で牛の位置探索を行い位置探索率の算出をする 	<ul style="list-style-type: none"> • 位置検索率は8.6%で目標未達 ⇒採食時に牛が密集するため動線追跡が途切れてしまい位置探索率が低くなるのが分かったため、採食時にも識別・追跡できるようにカメラの再選定と追跡のアルゴリズムの改良を行う予定
遠隔指導システム	遠隔指導の実現性	対面指導再現率 (アンケート結果で評点4以上が100%)	<ul style="list-style-type: none"> • 牛舎と遠隔地にいる畜産コンサルタントを遠隔指導システムで接続させる • スマートグラスおよび4Kカメラの映像・音声についてアンケート調査を行い、目視と同等レベルかどうかの評価を行う 	<ul style="list-style-type: none"> • 「見たい情報は得られたか」については評点4以上が10%で目標未達 • 「色、きめ細かさ、立体感」については評点4以上が30%で目標未達 ⇒カメラの画角(ズーム等)、照度の不十分さが評点へ影響を与えていることが分かったため、カメラの再選定や照度の確保対策を行う予定

課題実証：実証内容②

■ ローカル5Gを用いたソリューションの実装性に関する検証

□ 実装時のターゲット

社会実装におけるターゲット(想定市場・事前の検討事項)は下表の通り。

項目	現時点での検討結果	検討のポイント
想定市場・ユーザー	全国のフリーストール牛舎を営む酪農家	<ul style="list-style-type: none">本実証技術を導入することで、フリーストール牛舎が抱える個体管理作業の負荷を低減させることができるメインターゲットは牛乳を生産している酪農家であるが、将来的にはそれ以外(食肉生産者等)の酪農家にも普及を検討している
事前の検討事項 (前提条件)	牛舎の高さ	<ul style="list-style-type: none">高さが高い場合はカメラ設置位置が高くなるため設置費用がかさむ可能性がある高さが低い場合はカメラ1台が捉えられる牛の頭数が少なくなるため、カメラ台数が多くなる可能性がある
	パーラーの構造	<ul style="list-style-type: none">パーラーから牛が同時に複数出てくる場合は、個体識別用カメラの位置の工夫が必要となる
	牛の頭数	<ul style="list-style-type: none">頭数が多いと牛舎も広くなるため、カメラの台数が多くなる可能性がある
	農場の経営規模	<ul style="list-style-type: none">本実証技術により労務費の低減を図ることができるため、経営規模が大きい農場ほど導入効果が大きくなる傾向にある

課題実証：実証内容③

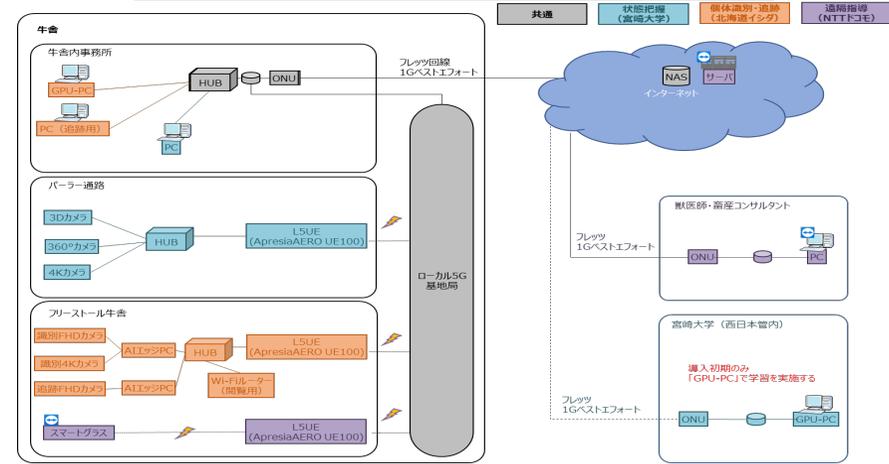
ローカル5Gを用いたソリューションの実装性に関する検証

□ ネットワーク・システム構成

社会実装時のネットワーク・システム構成を右図に示す。

- ビジネスイーサワイド(閉域網)を安価な通常のインターネット回線へ変更
(生産者の導入コスト低減)
- 跛行検知、個体識別・位置検索のデータ蓄積用のNASをクラウドへ移行
(データ・ノウハウの共有)

社会実装時のネットワーク・システム構成

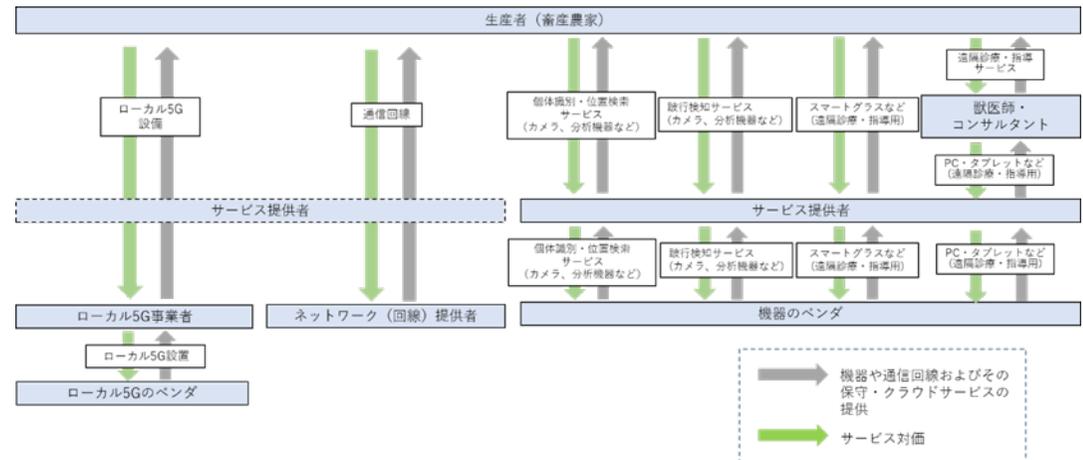


□ 事業スキーム

事業スキームは下図の通り。

- 機器の提供、保守・クラウドサービスの提供、ローカル5G・ネットワークの仕様検討・契約はサービス提供者を通して行われるため、生産者はサービス提供者とのやり取りで本サービスを導入することができる

社会実装時の事業スキームイメージ



課題実証：実証内容④

■ ローカル5Gを用いたソリューションの実装性に関する検証

□ 導入効果の具体化

各ソリューション(①跛行検知サービス、②個体識別・位置検索サービス、③遠隔指導サービス)について、導入による経営改善効果とその目標の検討を行い、ソリューションの導入効果の算出式の具体化を行った。導入効果の具体化については、次年度の農水省事業にて行う。

提供ソリューション	導入による経営改善効果	経営改善に向けた目標	導入効果の算出式
跛行検知サービス	売上の増加 コストの低減	跛行の重症化に伴う牛乳の減産低減 と獣医師費用の削減	(牛乳の減産量低減による売上の増加分 + 獣医師費用の低減によるコストの低下分) ×投資回収期間 - 導入コスト
個体識別・位置検索サービス	コストの低減	個体の位置把握にかかる工数削減	導入効果 = 工数削減によるコストの低下分 ×投資回収期間 - 導入コスト
遠隔指導サービス	売上の増加 コストの低減	・獣医師の往診時間、費用の削減 ⇒ 獣医師の診療回数の増加 ⇒ 牛の健康管理環境の改善 ⇒ 牛乳の増産	(牛乳の増産による売上の増加分 + 獣医師費用の低減によるコストの低下分) ×投資回収期間 - 導入コスト

課題実証：実証内容⑤

■ ローカル5Gの実装に向けた課題の抽出及び解決策の検討

抽出した課題と解決策について下表に示す。

課題	課題として抽出した理由	解決策
通信ネットワーク仕様の見直し	<ul style="list-style-type: none"> 閉域網での接続はインターネットと比較して導入コストが高いため 	<ul style="list-style-type: none"> コスト低減の一環としてインターネット接続の検討を行う
個体識別・位置検索システムにおける識別精度の改善	<ul style="list-style-type: none"> UE個々の速度差分が発生することで牛の追跡が途切れ、運用に問題が生じるため UEからの信号が途切れることで牛の追跡が途切れ、運用に問題が生じるため 	<ul style="list-style-type: none"> 速度差分についてはカメラのフレーム数の調整を行う 信号の途切れについてはメーカーにて試験環境下で調整を行い、牛舎環境での検証を行う
遠隔指導システムにおける耳標読取方法の改善	<ul style="list-style-type: none"> 牛が動いたり、耳の毛が邪魔となり耳標の読み取りに時間がかかり、運用に問題が生じるため 	<ul style="list-style-type: none"> 耳標番号を読み上げて音声認識させる音声方式の認証方法を追加する
実装した機器・システムの維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> ICT機器や分析機器・システムを多く使用することから、管理の煩雑性を整理し、それを緩和させるため 	<ul style="list-style-type: none"> 保守契約オプションを設け保守サービスも含めたサービスを提供できるようにする 機器操作のレクチャーやマニュアルの整備を行う
費用対効果	<ul style="list-style-type: none"> ICT機器や分析機器・システムを多く使用することから、導入コストが高くなるため 	<ul style="list-style-type: none"> 安価な機器の使用可能性の検討する ニーズに応じて安価な機器を使用できるオプションの提供を行う
法制度	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔診療を実現するための環境整備がどのように行われるか動向を注視する必要があるため 	<ul style="list-style-type: none"> 獣医師・畜産コンサルタントのメリットも意識したソリューションの検討を行う

まとめ

まとめ

■ 実証環境の構築

- 北海道常呂郡訓子府町にあるホクレン訓子府実証農場内のフリーストール牛舎内に4.7GHz帯(4800MHz~4900MHz)のローカル5G基地局を設置した

■ 技術実証

- 自己土地外への電波漏洩等の電波伝搬特性を把握したエリア構築の課題を解決するために、下記4点について実証を行った
 - a : 適切な電波伝搬モデルの選定とともに、ローカル5G性能向上のための課題抽出と解決策を検討
 - ⇒受信電力だけでなく、変調方式等の無線局パラメータの最適化についても留意が必要である
 - b. I : エリア算出法の適切性を評価するとともに、エリア算出式パラメータR、Sの精緻化を実施
 - ⇒精緻化値Rは壁面1で3.5dB、壁面2で5.6dB、精緻化値Sは北側で郊外地(=12.3)、南側で開放地(=32.5)となる
 - b. III : 同一CHで同期”TDD”と準同期”TDD2”が運用された場合における伝送スループットへの干渉影響を評価
 - ⇒65Mbpsを満たす運用条件として、基地局間距離20mであればTDD2システムは半径40m程度のサービスエリアが確保できる
 - また、移動局間距離を100m以内で運用した場合、TDD移動局への干渉影響が発生する可能性があるため、TDD2移動局送信出力を抑えるか、見通し外運用が必要である
 - b. V : 同期”TDD”、準同期”TDD2”運用システムの実機を用いて、同時運用時の干渉影響を評価
 - ⇒基地局間干渉における準同期”TDD2”のUL伝送スループットは10Mbps程度の劣化(累積確率50%値)
 - 移動局間干渉における準同期”TDD2”のDL伝送スループットは20Mbps程度の劣化(累積確率50%値)

■ 課題実証

- フリーストール牛舎が抱える個体管理の課題を解決するために①跛行検知、②個体識別・位置検索、③遠隔指導、の3つの技術について実証を行い、技術的な課題を明らかにすることが出来た
 - ローカル5Gを用いたソリューションの実装性に関して、ネットワーク・システム構成、事業スキーム、ソリューションの導入効果の具体化の観点から検討を行い、社会実装に向けた課題を抽出することが出来た
 - 社会実装に向けた課題としては、ネットワーク仕様の見直し、個体識別・位置検索システムの精度改善、耳標読取方法の改善、機器・システムの維持管理性、費用対効果の解決、及び遠隔診療を実現するための環境整備の動向を踏まえ、生産者および獣医師・畜産コンサルタントの意見を取り入れたソリューションの展開が必要であることが分かった
- 本実証で明らかになった課題については、次年度の農水省事業にて改善を行う予定