

令和4年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

ローカル5Gを活用した  
自動収穫ロボットやAI画像認識等による  
農産物の生産・収穫工程の省人化の実現  
＜秋田県大仙市＞

---

成果報告書概要版

令和5年3月

東日本電信電話株式会社

---

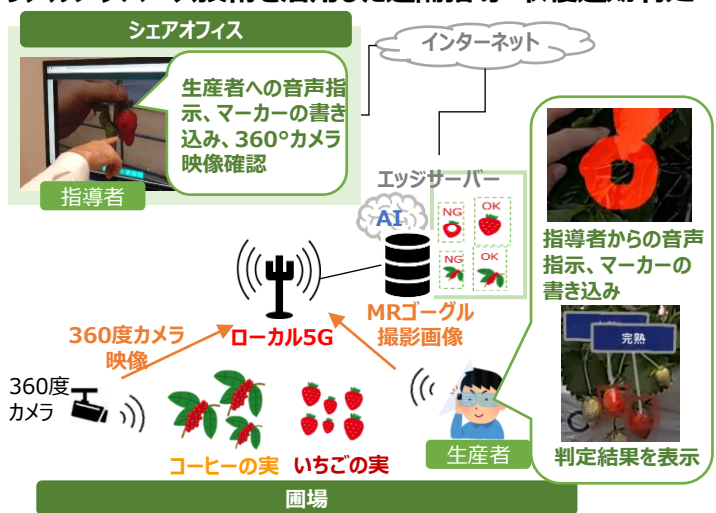
## 実証概要

---

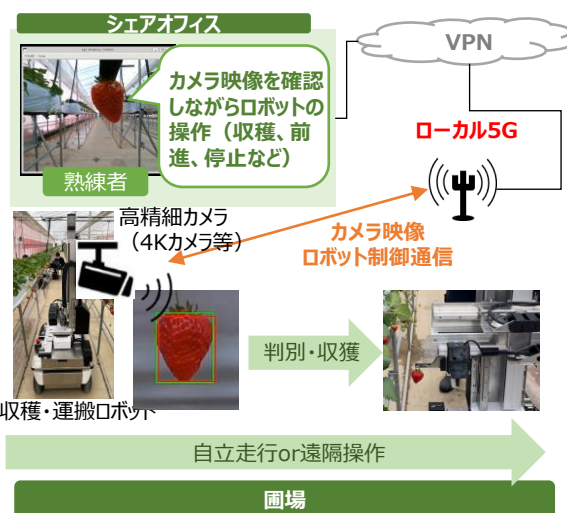
# ローカル5Gを活用した自動収穫ロボットやAI画像認識等による農産物の生産・収穫工程の省人化の実現

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>実施体制</b><br><small>(下線：代表機関)</small> | 東日本電信電話(株)、(株)ポケットクエリーズ、(株)秋田食産、秋田県、大仙市、美郷町、潟上市、鹿角市、(株)NTTアグリテクノロジー、(株)フィデア情報総研、秋田県立大学、福島大学、宇都宮大学、山梨大学、(株)恋する鹿角カンパニー、(国研)農業・食品産業技術総合研究機構  | <b>実施地域</b><br>秋田県大仙市、潟上市、美郷町、鹿角市<br><small>(イチゴ農園フルーツパークDETO、秋田食産コーヒーハウス、道の駅おおゆ)</small> |
| <b>実証概要</b>                             | 我が国の農業においては、少子高齢化を背景とした農業従事者の減少に直面。また、スマート農業技術の導入が期待される一方、その導入に係るコストの増加により、必ずしも経営状況が改善出来ていないという課題が存在。<br>▶ イチゴやコーヒーの栽培ハウス及び道の駅にローカル5G環境を構築し、リアルメタバース技術を活用した遠隔指導・収穫適期判定等の実証を実施。<br>▶ データ駆動型農業による持続可能な農業経営、所得向上を通じた国内食料生産基盤の強靱化を実現。   |   |
| <b>主な成果</b>                             | ▶ 遠隔指導システム：360°カメラ及びMRゴーグルを使った遠隔指導を実現。大仙シェアオフィスとイチゴ・コーヒー圃場を接続し、 <b>遠隔指導を行えることを確認</b> 。<br>▶ 収穫適期判定システム：MRゴーグル越しにAIによるイチゴの収穫適期判定を実現。収穫適期について、 <b>熟練者とAI判定一致率は65%</b> となった。<br>▶ 収穫・運搬ロボットシステム：ロボットによるイチゴの自動収穫・運搬を実現。収穫適期について、 <b>ロボットの色彩判定と熟練者との一致率は57%</b> となった。<br>▶ 遠隔ショッピングシステム：遠隔地からリアルメタバース空間にて商品の閲覧・購入を実現。 <b>3ヶ月換算で約40万円の利益向上</b> を確認。 |   |
| <b>技術実証</b>                             | ▶ ビニールハウスを有する農園と道の駅における構築物等の影響を考慮した電波伝搬モデルの精緻化と、ビニールハウス内の中継器によるエリア構築を実施。<br>▶ 周波数：4.8-4.9GHz帯（100MHz） 構成：SA方式 利用環境：半屋外、屋内   |   |
| <b>主な成果</b>                             | ▶ 4.8GHz帯における補正值S値はフルーツパークDETO <b>S=13.0dB</b> 、コーヒーハウス <b>S=31.4dB(LOS)</b> 、 <b>S=23.4dB(NLOS)</b> の結果が得られた。遮蔽物面積率はフルーツパークDETOが43%、コーヒーハウスが3%であり、同じ圃場環境であっても遮蔽物面積率を考慮したSの適用が望ましい。<br>▶ ビニールハウス内に発生した63%の不感地帯が0%に解消し、 <b>リピーターの有効性を確認</b> 。リピーターを活用する際の留意事項を確認。  |   |
| <b>今後の展開</b>                            | 本実証成果の実装に向けては、システム性能及び導入コスト面の課題解決策の検討が必要。令和5年度は引き続きソリューションの改善及びローカル5Gシステムのコンソ内実装を行い、 <b>令和8年度以降、他システムとの連携やシステム性能向上等による本格的な普及展開</b> を検討。   |   |

## リアルメタバース技術を活用した遠隔指導・収穫適期判定



## イチゴ収穫・運搬ロボットの遠隔制御

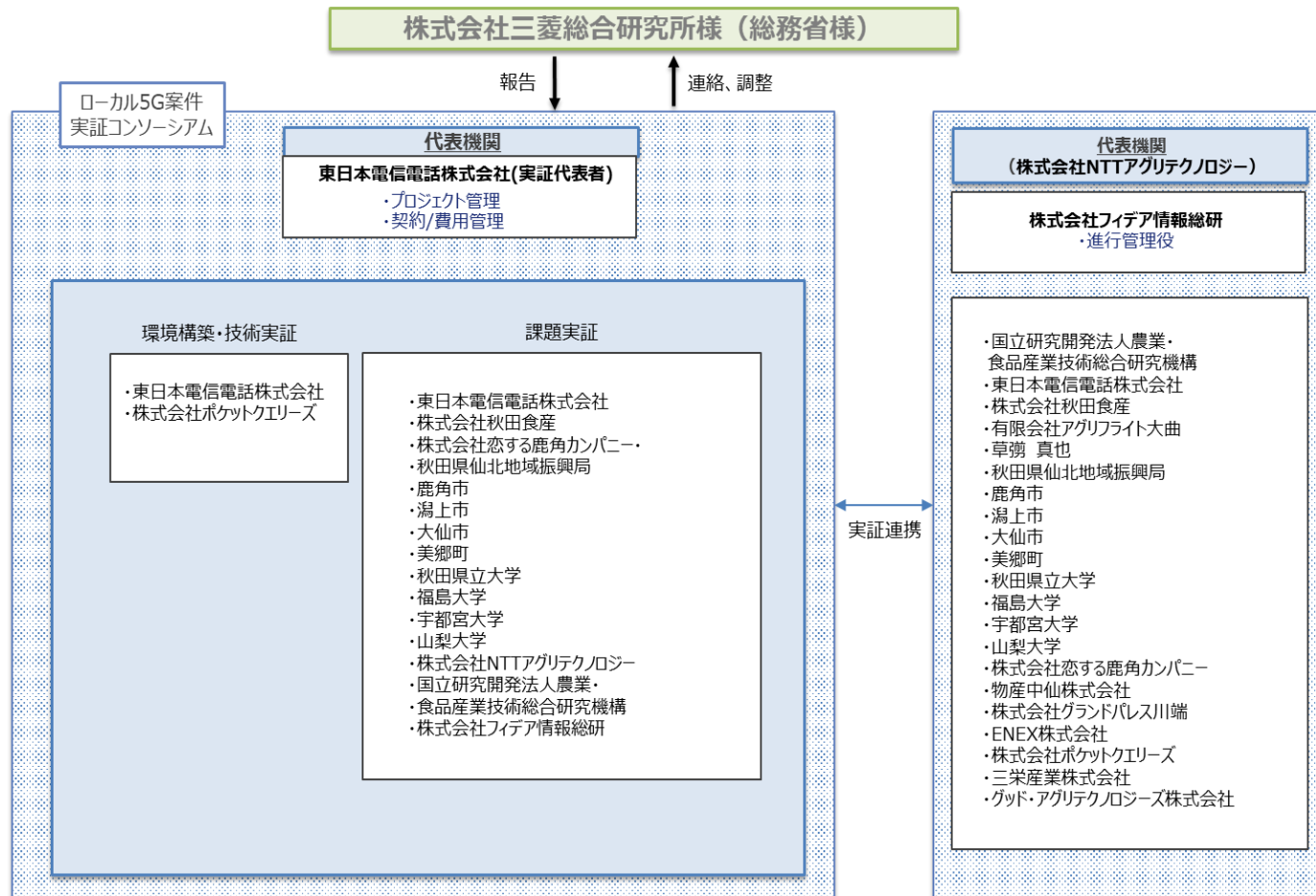


## リアルメタバース技術を活用した遠隔ショッピング



# 実施体制

- プロジェクト管理、契約/費用管理担当として東日本電信電話株式会社が代表機関を務めた
- 環境構築・技術実証に2社、課題実証に16機関がコンソーシアムとして参加した
- 本実証は令和4年度農水省実証（代表機関:株式会社NTTアグリテクノロジー）と実証連携している



---

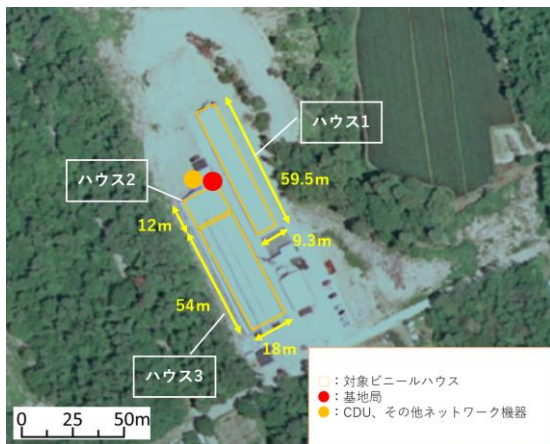
## 実証環境

---

# 実施環境

■本実証は、潟上市のイチゴ農園であるフルーツパークDETO、美郷町の秋田食産コーヒーハウス、鹿角市の道の駅おおゆを実証エリアとして設定

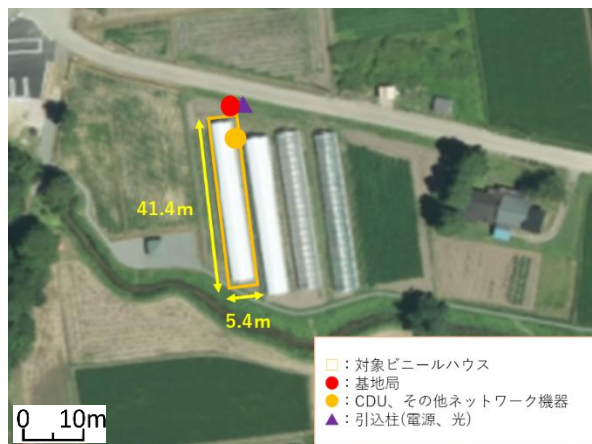
## ■フルーツパークDETO(秋田県潟上市)



## ■フルーツパークDETO ハウス内部



## ■コーヒーハウス(秋田県美郷町)



## ■コーヒーハウス ハウス内部



## ■道の駅おおゆ (秋田県鹿角市)



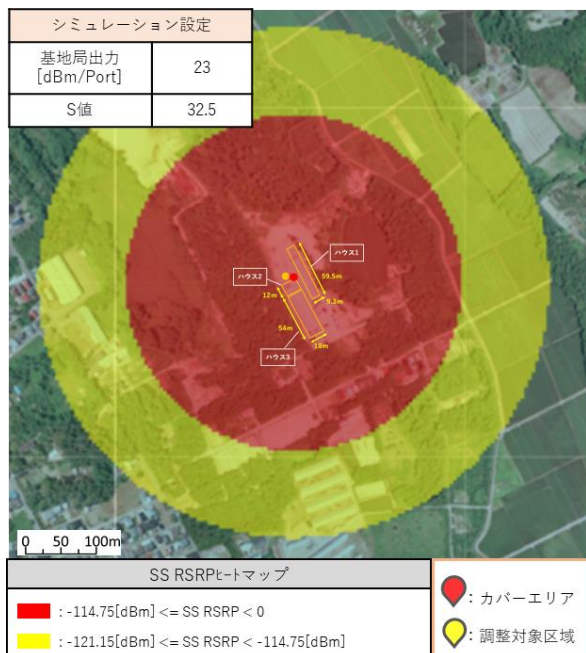
## ■道の駅おおゆ 道の駅内部



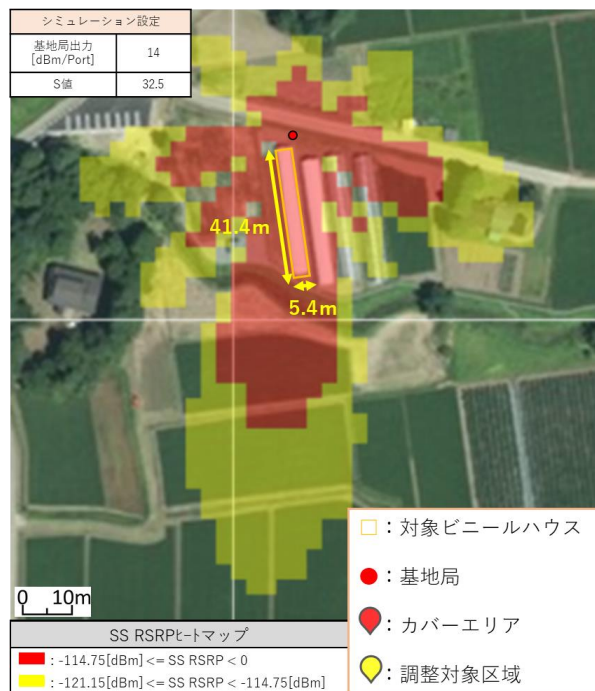
# 対象周波数

■ ビニールハウス内及び道の駅館内を実証エリアとし、屋内環境および半屋外環境にて**Sub6(4.8-4.9GHz)** を活用した環境を構築

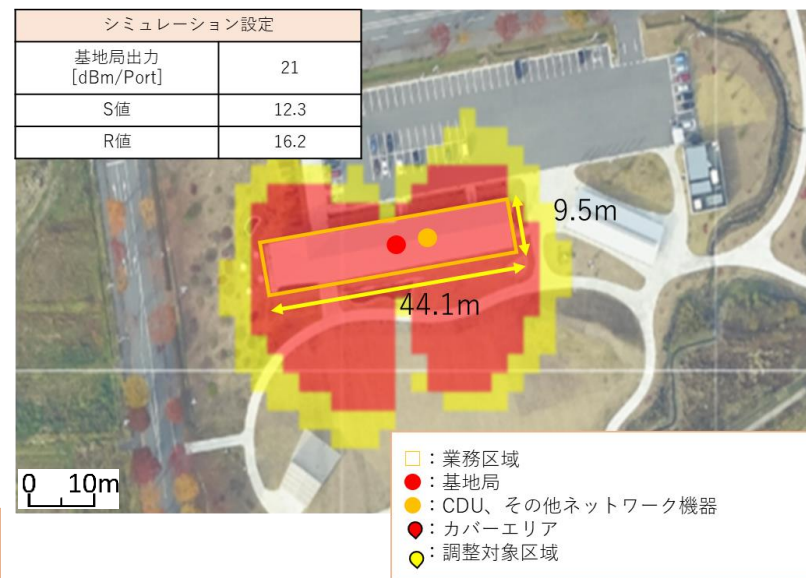
## ■ フルーツパークDETO



## ■ 秋田食産コーヒーハウス

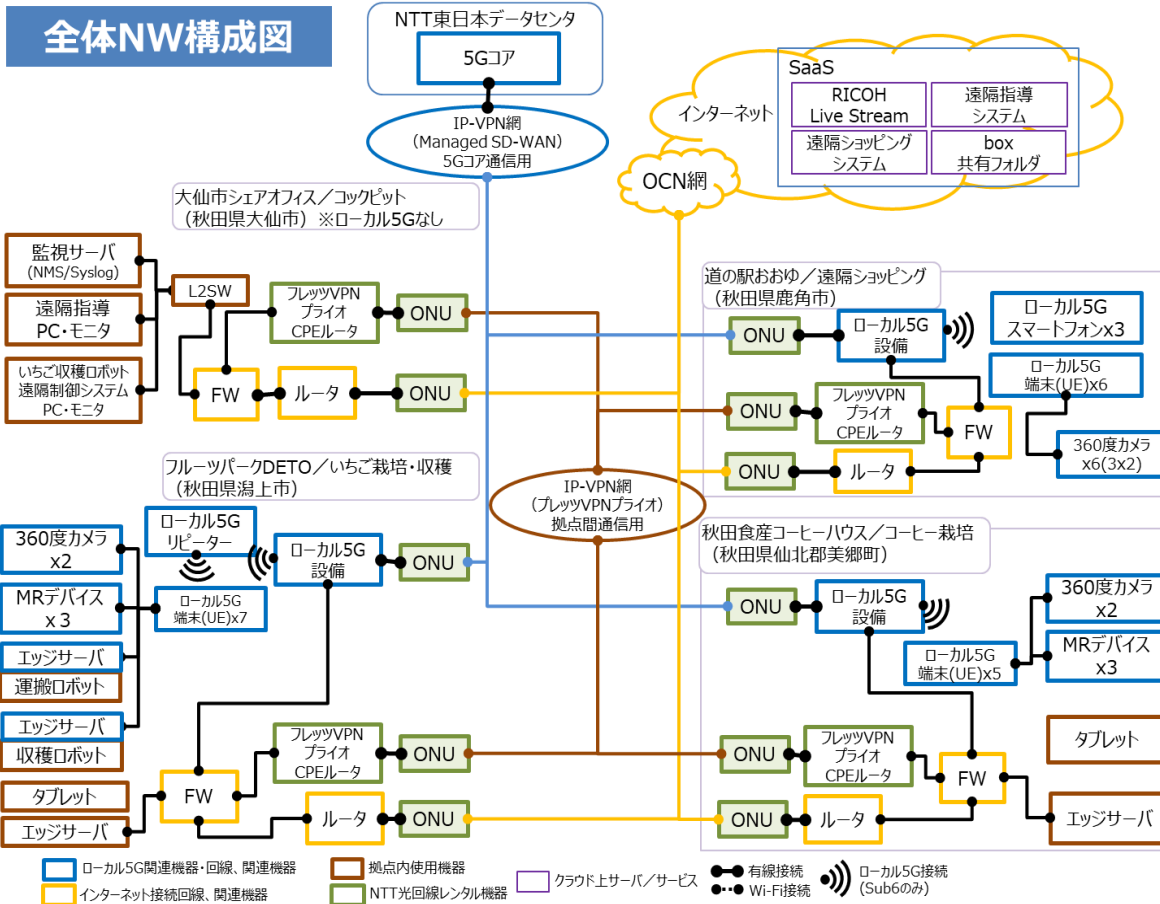


## ■ 道の駅おおゆ



# ネットワーク・システム構成

- 本実証システムは大仙シェアオフィス、フルーツパークDETO、秋田食産コーヒーハウス、道の駅おおゆに設置
- マネージドサービス「ギガらく5G」を使用し、基地局は各圃場および店舗の実証エリアをカバーできる箇所に設置、コアネットワークを構成する装置群はNTT東日本データセンタへ設置
- コアネットワークを経由し、各圃場および店舗に設置するローカル5G基地局と、パブリッククラウド上に構築された各種アプリケーションサーバを接続する構成とした





# システム機能・性能・要件について

- 課題解決システムとしてローカル5Gに求める性能は以下のとおり。
  - ・ULスループット：フルツパークDETO75Mbps、コーヒーハウス55Mbps、道の駅おおゆ69Mbps
  - ・伝送遅延(参考値)：60msec（ローカル5G区間）

## ■ 基地局無線部特性

| 項目        | 基地局相当装置(OutdoorRU)      | 基地局相当装置(IndoorRU)       |
|-----------|-------------------------|-------------------------|
| 製造ベンダ     | サムスン電子                  | サムスン電子                  |
| 無線局数      | 2                       | 1                       |
| 設置場所      | 屋外                      | 屋内                      |
| 同期/準同期    | 同期/準同期TDD1              | 同期/準同期TDD1              |
| UL:DL比率   | 同期 1:4<br>準同期TDD1 1:1   | 同期 1:4<br>準同期TDD1 1:1   |
| 周波数帯      | 4.8GHz帯                 | 4.8GHz帯                 |
| 通信方式      | SA                      | SA                      |
| UL/DL帯域幅  | 100MHz                  | 100MHz                  |
| 中心周波数     | 4849.86MHz              | 4849.98MHz              |
| UL/DL変調方式 | QPSK/16QAM/64QAM/256QAM | QPSK/16QAM/64QAM/256QAM |

## ■ ローカル5Gシステム機器一覧

| No. | 物品           | メーカー   | 型番             | 数量 |
|-----|--------------|--------|----------------|----|
| 1   | 5GC サーバ※     | -      | -              | -  |
| 2   | CU+UPF装置     | DELL   | PER640         | 3  |
| 3   | RU(屋外用)      | サムスン電子 | OutdoorRU      | 2  |
| 4   | RU(屋内用)      | サムスン電子 | IndoorRU       | 1  |
| 5   | 外部アンテナ(指向性)  | 電気興業   | X25-3545FTD    | 2  |
| 6   | 外部アンテナ(無指向性) | 電気興業   | VH360-3450FTD  | 1  |
| 7   | L3スイッチ       | サムスン電子 | ubiQuoss E7124 | 3  |
| 8   | DU           | サムスン電子 | CDU50          | 3  |
| 9   | GPSアンテナ      | 日本電業工作 | TS-213         | 2  |
| 10  | ローカル5G端末     | 京セラ    | K5G-C-100A     | 18 |
| 11  | ローカル5G端末     | FCNT   | SD01           | 3  |

※当該マネージドサービスの5Gコアは、データセンタに構築された共用のクラウドコアであり、コアサーバの諸元は非公開となります

## ■ その他要件

- ローカル5G機器は3GPP準拠のものを選定し、将来への拡張性を考慮した設計とする
- 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る

---

## ローカル5Gの電波伝搬特性等に関する技術的検討(技術実証)

---

# 技術実証テーマ I \_電波伝搬モデルの精緻化 (1/2)

## 精緻化の対象：補正值S（4.6-4.9GHz帯）

### 技術的課題

- 農業環境ではフィールド周辺の遮蔽物や樹木等の影響により、エリア算出法で机上計算したカバーエリア端・調整対象区域端と閾値が実測されるエリア端に乖離が生じることが懸念されるため、**実環境を考慮した補正值Sの精緻化**が課題となる
- 電波法関係審査基準で定められているエリア算出法では、複数送信点（基地局・リピーター・DAS等）を設置する場合のカバーエリア・調整対象区域について受信電力算出手法が整備されていない

### 実証目的

- 補正值Sの精緻化や複数送信点隣接時の受信電力の算出法を示すことで、**類似の農業環境における電波伝搬モデルの精緻化**を図る

### 実証目標

- ルーラルエリアのビニールハウスを有する圃場環境において**4.8GHz帯における補正值Sの精緻化**を行う
- 複数送信点隣接時における受信電力の算出手法を提言する（本実証ではリピーターを採用）

### 実証環境

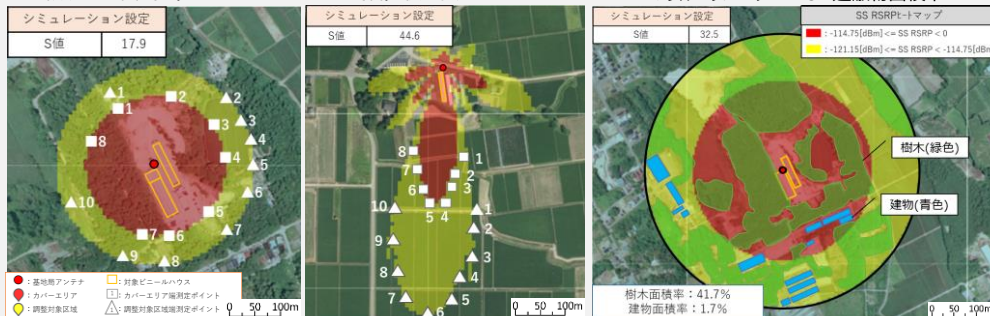


### 実証方法（評価指標、評価・検証方法）

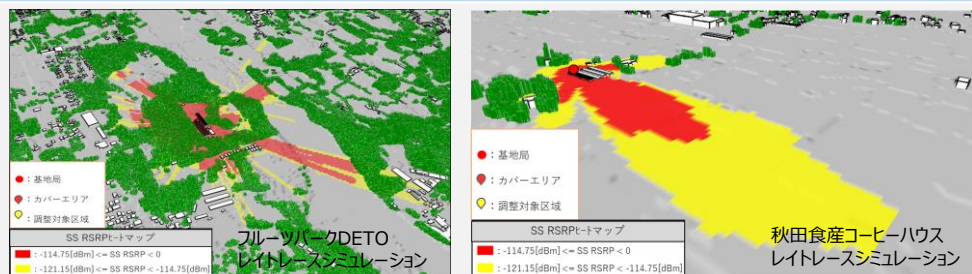
#### ■ Sの精緻化

- 算出法エリア図、仮説エリア図上のカバーエリア端・調整対象区域端で測定を実施
- サンプル数を多く取得するため歩行測定を実施しヒートマップを作成
- カバーエリア・調整対象区域の閾値が実測されるポイントで測定を実施
- 基地局からの距離に対する伝搬損失の特性カーブから精緻化S値を算出
- 精緻化後Sを用いたエリア図と実測結果を比較し、その差異について遮蔽物面積率も含め検証・考察

#### ▼ 仮説エリア図（左）フルーツパークDETO（右）秋田食産コーヒーハウス



### 実証仮説



- RANPLAN社のRanplan Professional を利用しレイトレースシミュレーションを実施
- シミュレーション結果から仮説S値を導出  
フルーツパークDETO：S=17.9 秋田食産コーヒーハウス：S=44.6
- 複数送信点隣接時の受信電力は、両送信点から受信する電力の総和になると仮説

#### ■ 複数送信点隣接時の受信電力の算出法提言

基地局とリピーター双方運用時の仮説受信電力（机上計算した基地局・リピーターの受信電力の総和）と実測受信電力を比較し考察

|           |         |
|-----------|---------|
| 基地局のみ     | -100dBm |
| 基地局+リピーター | -100dBm |
| 仮説受信電力    | -97dBm  |
| 実測受信電力    | -98dBm  |

比較

# 技術実証テーマ I \_電波伝搬モデルの精緻化 (2/2)

## ■測定結果

算出法エリア図(S=32.5)とカバーエリア・調整対象区域の閾値が実測された地点の差異をプロットし乖離を確認(右図)

## ■精緻化結果

サンプル数の多い歩行測定結果からLOS/NLOSごと精緻化

| 環境              | 規定値S | 仮説S  | 精緻化後のS                     | 遮蔽物面積率 |
|-----------------|------|------|----------------------------|--------|
| フルーツパーク<br>DETO | 32.5 | 17.9 | 13.0(NLOS)<br>※遮蔽が多くNLOSのみ | 43%    |
| 秋田食産<br>コーヒーハウス | 32.5 | 44.6 | 31.4 (LOS)<br>23.4 (NLOS)  | 16%    |

精緻化後のSを用いたエリア算出値と実測値の平均差分

- ・フルーツパークDETO : **4.8dB**
- ・秋田食産コーヒーハウス : **11.1dB**

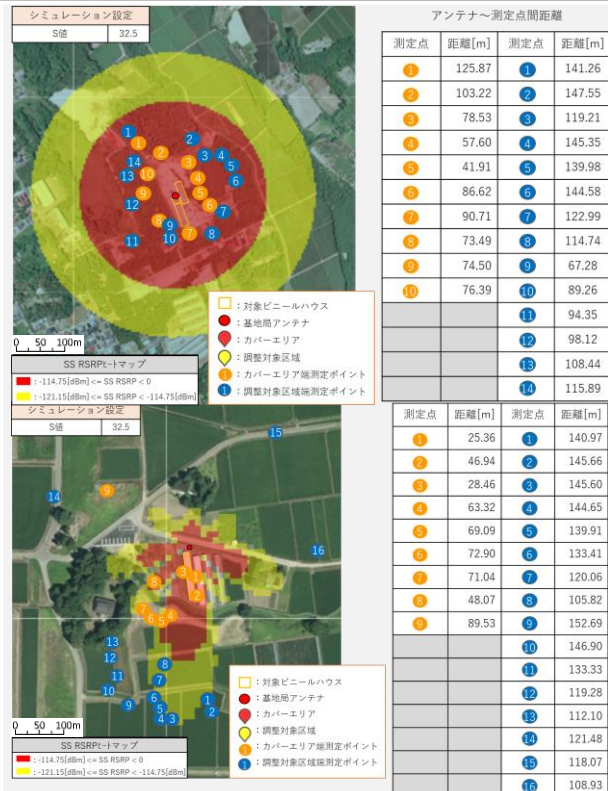
⇒フルーツパークは近似、コーヒーハウスは乖離が残る結果に

## ■仮説Sとの比較

精緻化後のSと仮説Sの差分を確認

- ・フルーツパークDETO : **4.9dB**
- ・秋田食産コーヒーハウス(LOS) : **13.2dB**
- ・秋田食産コーヒーハウス(NLOS) : **21.2dB**

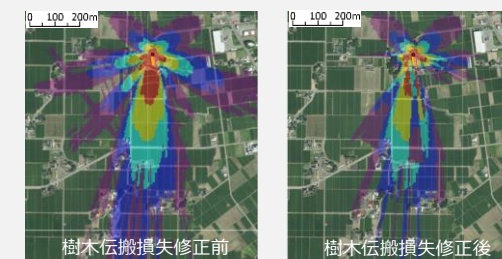
⇒フルーツパークDETOでは仮説Sと精緻化後のSが近似  
秋田食産コーヒーハウスでは仮説Sと精緻化後のSも  
LOS/NLOSともに乖離が大きい結果となったため右上の  
通り再レイトレースシミュレーションを実施した



## ■レイトレースシミュレーションの有用性評価

実測値とレイトレースシミュレーションの平均差分

- ・フルーツパークDETO : 11.6dB
  - ・秋田食産コーヒーハウス : 10.2dB
- 樹木の伝搬損失を修正し再シミュレーション
- ・フルーツパークDETO : **5.8dB**
  - ・秋田食産コーヒーハウス : **5.8dB**



## ■複数送信点隣接時における受信電力の実測結果

テーマIIで実施するリピーター設置時の各送信点の受信レベルは基地局・リピーターから受信する電力の総和となると仮説し実測結果と比較

⇒ 仮説値と実測値の差分の中央値は **-0.6dB**となり仮説が立証された

## ■得られた知見

- ・フルーツパーク : **S=13.0(郊外地相当)**、コーヒーハウス **LOS環境 : S=31.4(開放地相当)**、**NLOS環境 : S=23.4(開放地と郊外地の中間)**を導出
- ・農場環境でも、電波伝搬の遮蔽影響となる面積が比較的多い場合、郊外地相当のS値となることが分かった  
農場環境では開放地相当や郊外地相当のS値が適当であり電波伝搬への**遮蔽影響の面積率を考慮しS値を選択**することが望ましい
- ・コーヒーハウスでは仮説Sと精緻後Sの乖離が見られたが、両拠点ともに樹木損失を変更することで**レイトレースシミュレーションと実測値との乖離は5.8dBへ改善**  
類似環境でレイトレースシミュレーション実施時は樹木の密度等再現しモデリングすることが重要である
- ・複数送信点隣接時のエリア設計は**両送信点の受信電力の総和で計算が可能**であることが分かった

## ■さらなる課題の提案

- ・レイトレースシミュレーションの有用性を評価出来た一方で普及にはコスト・取り扱う技術面の課題がある。専門組織によるシミュレーション代行やツール提供、それに準じた干渉影響の判断手法の明示化等、普及に向けた支援体制の充足が望まれる
- ・遮蔽物面積率とS値の相関性を示すため、様々な実証環境で遮蔽物の種類、面積率を割り出し実測結果と比較することで補正値の精度向上を図る必要がある

実証結果

実証成果

# 技術実証テーマⅡ エリア構築の柔軟化 (1/2)

柔軟化の対象：  不感地対策  他者土地への電波漏洩軽減

解決方策  反射板  中継器  DAS  LCX  その他

## エリア構築の課題 技術的課題

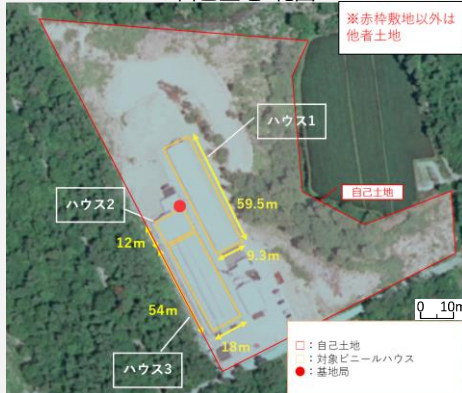
- 隣接する3つのビニールハウスをエリア化する場合、**倉庫やハウス内の鉄骨・什器の遮蔽**によりハウス内の一部に**不感地帯が発生する**恐れがある
- 不感地帯解消のため**基地局を増設するとコストの問題**が発生する

## 上記課題の 解決方策

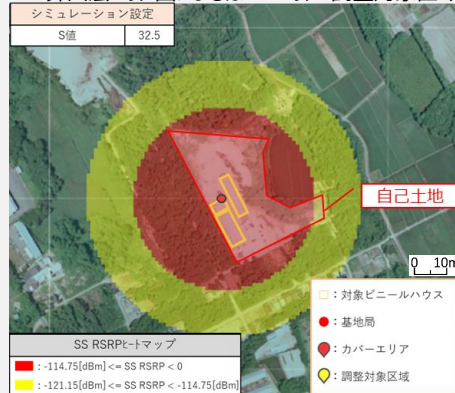
- リピーターを活用し不感地帯の受信電力をカバーエリアの閾値以上とし課題解決システムの所要性能（ULスループット100Mbps以上）を達成する
  - リピーター設置時のリンクバジェット算出方法・有効性・注意点・エリア設計手法について取り纏める
- 課題解決前： リピーター設置前は遮蔽物によりハウス全体をカバーできず、業務区域に対して**不感地帯が40%発生すると仮説**
- 課題解決後： リピーター設置後はハウス全体を満遍なくカバーし、**全ての不感地帯を改善出来ると仮説**

### 業務区域、カバーエリア、調整対象区域、自己土地、他者土地

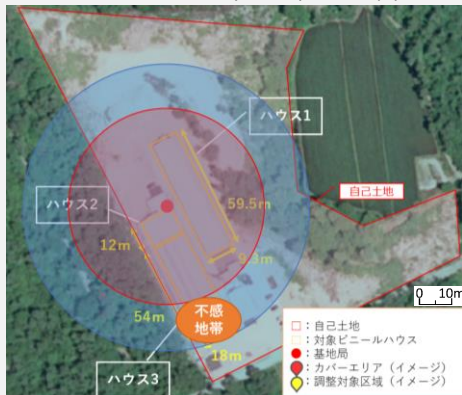
▼自己土地・範囲



▼算出法エリア図によるカバーエリア・調整対象区域



▼予測される不感地帯イメージ図



▼ハウス内部の遮蔽環境

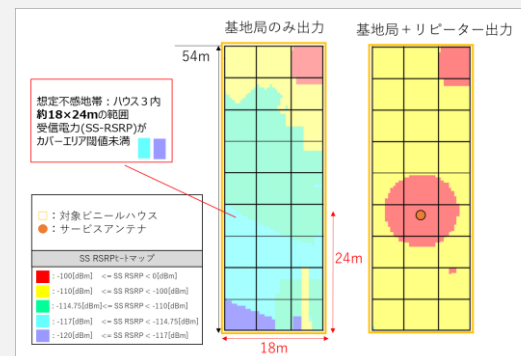


### エリア構築のシミュレーション

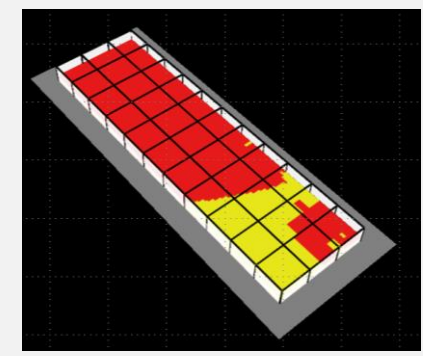
#### ■シミュレーション手法

RANPLAN社のRanplan Professionalを用いてレイトレースシミュレーションを実施  
ビニールハウスの構造や栽培レーンなどの環境特性は環境パラメータとして設定

▼ハウス3 レイトレースシミュレーション結果



▼ハウス3 3Dモデリング



#### ■シミュレーション適合率

実測値とレイトレースシミュレーションの平均差分

- ハウス内部：リピーター設置前2.4dB・リピーター設置後5.9dB
- ハウス屋外：リピーター設置前12.7dB・リピーター設置後9.5dB

#### ■シミュレーションの有用性評価

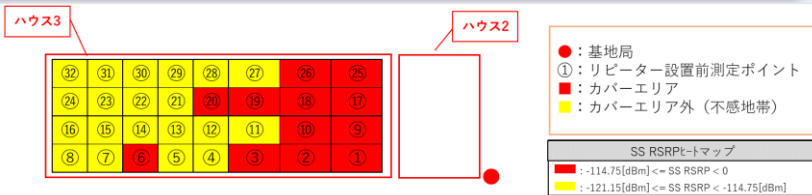
- エリア算出法では確認できなかった不感地帯がレイトレースシミュレーションでは確認できた
- レイトレースシミュレーションでは、詳細なレイアウトや構造物等を考慮し不感地帯予測を立てることが可能なため、その有用性を確認できた

# 技術実証テーマⅡ エリア構築の柔軟化 (2/2)

柔軟化の対象：  不感地対策  他者土地への電波漏洩軽減

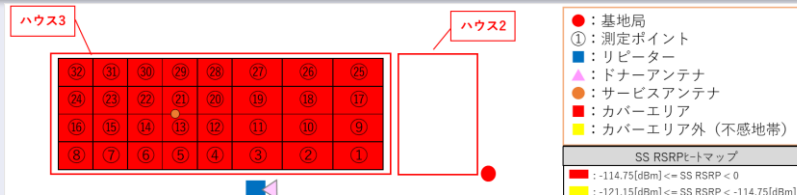
解決方策  反射板  中継器  DAS  LCX  その他

課題解決前



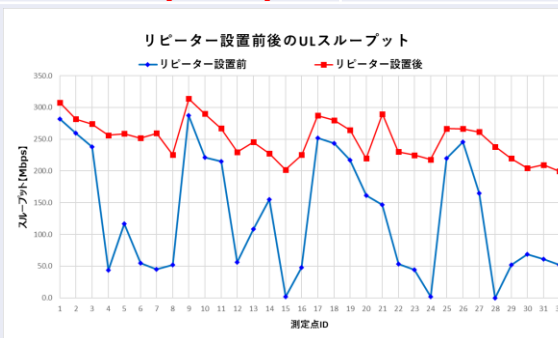
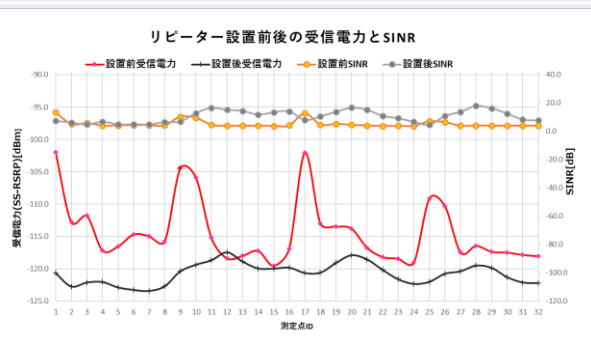
サービスエリアに対する不感地帯（不感セル）面積：**62.5%(608㎡)**

課題解決後



サービスエリアに対する不感地帯（不感セル）面積：**0%(0㎡)**

実証結果



- ・全測定点で受信電力、伝送性能の改善効果を確認
- ・**不感地帯面積がリピーター設置前後で62.5%から0%に改善**しハウス内部全体をエリア化できた
- ・**受信電力平均+13.9dB改善、SINR平均+5.2dB、ULスループット平均+120Mbps改善**
- ・サービスアンテナ近傍では受信電力最大+32.8dB改善、SINR最大+13.9dB改善、ULスループット最大+238Mbpsの改善を確認できた

## ■得られた知見

- ・ビニールハウス環境における不感地帯解消に対して、**リピーターの有用性**を明らかにした
- ・リピーターを利用する際の回線設計手法や留意点について分析・考察し取り纏めた

## ■課題解決への貢献

- ・**受信電力平均+13.9dB改善、ULスループット平均+120Mbps改善**し所要性能を十分に達成
- ・不感地帯が発生するエリアに対して**リピーターによる不感地帯の解消が可能**であり、本環境にリピーターは有効であることを示した

## ■シミュレーション精度向上への貢献

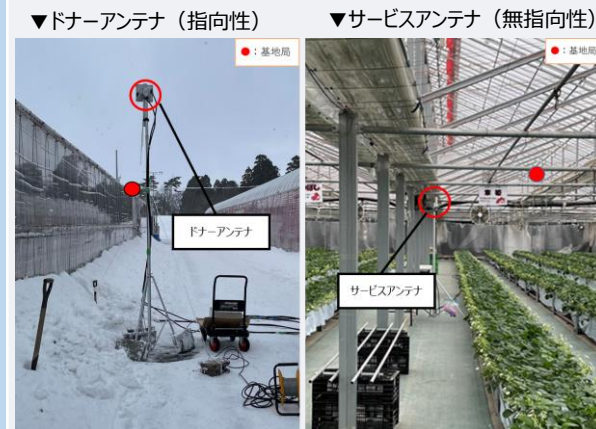
- ・**レイトレースシミュレーションにより不感地帯を確認**でき、不感地帯予測に対する有用性を示した
- ・リピーター的设计について、不感地帯把握、アンテナ設置場所、エリア設計等のモデル化手法を示した

## ■さらなる課題の提案

- ・指向性のサービスアンテナ等、その他のアンテナ種別による改善効果を検証し、不感地帯の位置や大きさ、基地局との位置関係に応じたエリア設計手法のノウハウを蓄積することが課題
- ・圃場環境では、カバーしたいエリアが作物の生育時期によって通年で変動する可能性があるため、指定範囲内におけるリピーター可搬型利用を認める免許制度の整備が望まれる

実証成果

写真



---

## ローカル5G活用モデルに関する検討(課題実証)

---

# 実証概要

■ 本実証では、「遠隔指導」、「イチゴ収穫・運搬ロボット」「遠隔ショッピング」の3点について、目標を設定し実証を実施。

※実証目標は本年度実証期間3ヶ月（R4年度1～3月）分を金額ベースで算出

## ■ 実証概要・目標

### 遠隔指導システム

新規就農者に対して指導者が技術指導を行う際、各地域に分散されている圃場にて直接指導するとなると移動時間がかかり、冬場は降雪のため指導者が生産現場に行けない場合があります。これらの課題を解決するため、リアルメタバース空間を利用した遠隔指導システムを導入します。合わせてAI教師データを活用したイチゴ・コーヒー豆の収穫適期判定機能を活用することにより、新規就農者でも熟練者と同等の営農を行うことを可能にします。このシステムによって現地作業者の作業時間の削減、指導者の移動時間および交通費等の削減を実現します。 <実証目標> 作業稼働費8万円削減、交通費等14万円削減

### イチゴ収穫・運搬ロボットシステム

イチゴは冬場に収穫が可能な数少ない作目ではあるものの、収穫に多くの時間を費やしており、収穫作業時間の短縮が課題になっています。これらの課題を解決するため、高精細カメラを搭載した自動収穫や自律走行、遠隔制御が可能な収穫ロボット・運搬ロボットシステムを導入します。このシステムによって、収穫作業の省力化し実現し、収穫作業時間の削減と収穫遅れによるイチゴのパックロス削減を実現します。 <実証目標> 作業稼働費11.6万円削減、イチゴのパックロス12万円削減

### 遠隔ショッピングシステム

人口の減少に伴い、地消される農作物の需要は減少しており、旅行者などの購買についても、対面販売を実施している道の駅などではコロナ禍により来客数が半減し、売上げも減少しています。この課題を解決するため、遠隔にいるお客様が店舗の360°映像(リアルメタバース空間)にアクセスし、販売員と通話しながら商品を開覧・購入できるシステムを導入にします。このシステムによって、遠隔地にいる全国のユーザからリアルメタバース空間を通じてアクセスを可能にすることで、利益ベースでの収益拡大を実現します。 <実証目標> 道の駅における利益49万円増

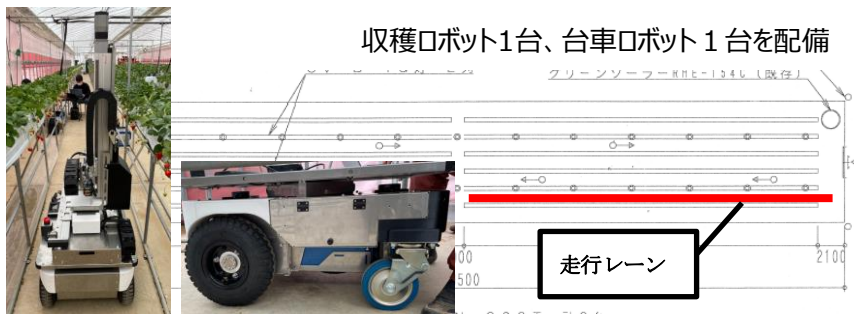


# 実施環境

■本実証は、潟上市のイチゴ農園であるフルーツパークDETO、美郷町の秋田食産コーヒーハウス、鹿角市の道の駅おおゆを実証エリア、大仙市のシェアオフィスを遠隔拠点とした実施環境となっている

## ■イチゴ収穫・運搬ロボットシステム

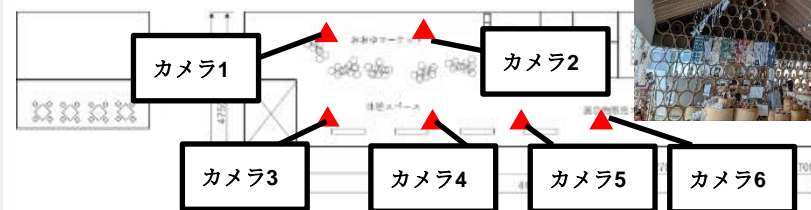
実証場所：フルーツパークDETO(秋田県潟上市)



## ■遠隔ショッピングシステム

実証場所：道の駅おおゆ(秋田県鹿角市)

360°カメラを6台設置

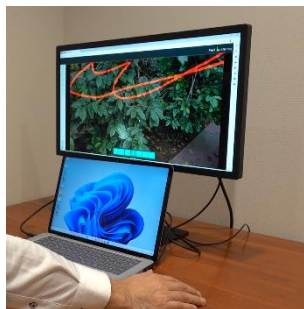


## ■遠隔指導システム

実証場所(指導者側)：

大仙シェアオフィス(秋田県大仙市)

遠隔操作端末、ディスプレイなど配備

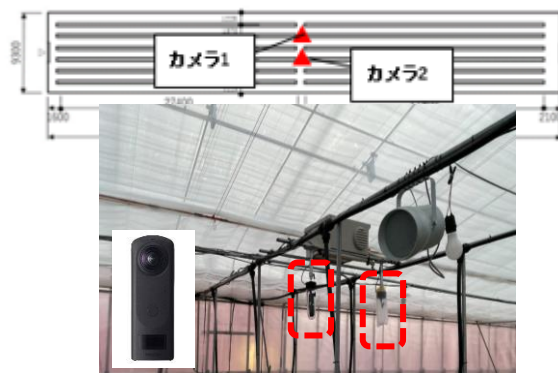


実証場所(作業側)：

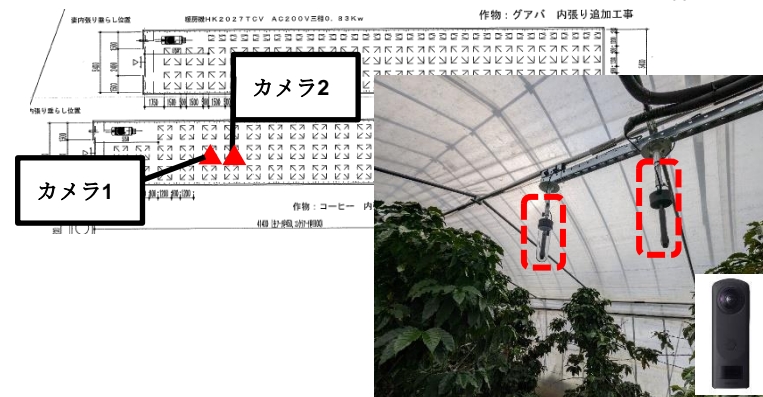
フルーツパークDETO(秋田県潟上市)

コーヒーハウス(秋田県美郷町)

360°カメラ2台設置、MRゴーグル3台配備



360°カメラ2台、MRゴーグル3台配備



# 有効性に関する検証 検証項目

■ 本実証では、「遠隔指導」、「イチゴ収穫・運搬ロボット」「遠隔ショッピング」の3点について、実証を実施。

## ■ 遠隔指導システム 検証項目

| 機能検証   | 運用検証  | 効果検証   |
|--|---|--|
| ①リアルメタバースを活用した遠隔指導<br>ア.撮影機能：360°カメラで4K映像撮影<br>イ.伝送機能：所要性能環境下でPingパケットロスの確認<br>ウ.メタバース空間生成機能：メタバース生成の確認<br>エ.遠隔指導機能：遠隔地から指導できるかの確認<br>②AI収穫適期判定<br>ア.撮影機能：MRゴーグルでフルHD映像撮影<br>イ.伝送機能：所要性能環境下でPingパケットロスの確認<br>ウ.収穫適期自動判定機能：AI判定率の確認<br>エ.閲覧機能：複数人でAI判定機能が使えるか確認 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・マニュアルの策定</li> <li>・研修の実施</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・作業時間削減効果測定</li> <li>・移動時間、交通費燃料費削減効果測定</li> </ul> <p>★今年度目標★<br/>金額換算で22万円分の削減</p> |

## ■ イチゴ収穫・運搬ロボットシステム 検証項目

| 機能検証   | 運用検証  | 効果検証   |
|--|---|--|
| ア.撮影機能：2K,4Kカメラでの映像撮影<br>イ.自動判定・収穫機能：色彩判定率の確認<br>ウ.伝送機能：所要性能環境下でPingパケットロスの確認<br>エ.遠隔制御機能：遠隔地から制御精度の確認 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・マニュアルの策定</li> <li>・研修の実施</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・収穫時間削減効果測定</li> <li>・イチゴのバックロス削減効果測定</li> </ul> <p>★今年度目標★<br/>金額換算で16万円分の削減</p> |

## ■ 遠隔ショッピングシステム 検証項目

| 機能検証   | 運用検証  | 効果検証  |
|--|---|---|
| ア.撮影機能：360°カメラで4K映像撮影<br>イ.伝送機能：所要性能環境下でPingパケットロスの確認<br>ウ.メタバース空間生成機能：メタバース生成の確認<br>エ.閲覧・通話機能：アプリを通じて商品閲覧・通話ができるか確認 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・マニュアルの策定</li> <li>・研修の実施</li> <li>・利用者アンケートの実施</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・売上増加効果</li> </ul> <p>★今年度目標★<br/>金額換算で49万円の利益</p> |

## 有効性に関する検証 検証結果

## 検証結果サマリ

| ソリューション名         | 評価・検証項目 | 目標   | 検証結果  | 目標達成状況  | 考察及び対応策                      |   |
|------------------|---------|--|---|---|------------------------------|---|
| 遠隔指導             | 機能      | <b>【遠隔指導】</b><br>1. 撮影機能<br>2. 伝送機能<br>3. メタバース空間生成<br>4. 遠隔指導機能 | <b>【遠隔指導】</b><br>1. 4K映像撮影<br>2. パケットロス0%<br>3. メタバース空間視認<br>4. 疎通確認      | <b>【遠隔指導】</b><br>1. 4K映像確認<br>2. パケットロス0%<br>3. メタバース空間視認<br>4. 疎通確認    | 1. ○<br>2. ○<br>3. ○<br>4. ○ | システムを利用して、360°カメラ映像やMR<br>ゴーグル映像を確認できた。<br>システムの操作の慣れ(特にMRゴーグル)が<br>必要であるため、事前のトレーニングも含めた<br>サポートが必要。               |
|                  | 機能      | <b>【収穫適期判定】</b><br>1. 撮影機能<br>2. 伝送機能<br>3. 収穫時期判定機能<br>4. 閲覧機能  | <b>【収穫適期判定】</b><br>1. フルHD画像撮影<br>2. パケットロス0%<br>3. 正答率70%以上<br>4. 判定結果閲覧 | <b>【収穫適期判定】</b><br>1. フルHD画像確認<br>2. パケットロス0%<br>3. 正答率65%<br>4. 判定結果視認 | 1. ○<br>2. ○<br>3. △<br>4. ○ | 正答率65%と、目標正答率70%を下回った。<br>原因としてAI学習データの不足、収穫適期の<br>定義が曖昧であり品種や出荷先の違いによる<br>適期の違いに対応できなかったと考察。品種<br>や収穫の目的に合った調整が必要。 |
|                  | 運用      | 1. 業務フロー<br>2. 運用<br>3. 故障時対応                                    | 1. 利用者ヒアリング<br>2. 課題整理  | 1. マニュアル策定<br>2. アンケート結果<br>3. 業務フロー作成                                  | 1. ○<br>2. ○<br>3. ○         | 利用者の4割が「作業量を効率化できる」と回<br>答した一方、「導入したい」と回答したのは2割<br>であった。導入促進に向けた訴求が必要。  |
|                  | 効果      | 1. 作業時間削減<br>2. 交通費等削減   | 1. 8万円分削減<br>2. 14万円削減  | 1. 約12万円分削減※<br>2. 約37万円削減※   | 1. ○<br>2. ○                 | 作業時間、交通費等削減は目標を大きく達成。   |
| イチゴ収穫・運搬<br>ロボット | 機能      | 1. 撮影機能<br>2. 自動判定・収穫機能<br>3. 伝送機能<br>4. 遠隔制御機能                  | 1. 2K映像撮影<br>2. 正答率90%<br>3. パケットロス0%<br>4. 制御精度100%                      | 1. 2K映像確認<br>2. 正答率57%<br>3. パケットロス0%<br>4. 制御精度100%                    | 1. ○<br>2. △<br>3. ○<br>4. ○ | 正答率57%と、目標正答率90%を下回った。<br>十分に色彩判定の調整をする時間が取れな<br>かったことが原因と考察。色彩判定の調整と<br>条件整理が必要。                                   |
|                  | 運用      | 1. 業務フロー<br>2. 運用<br>3. 故障時対応                                    | 1. 利用者ヒアリング<br>2. 課題整理  | 1. マニュアル策定<br>2. アンケート結果<br>3. 業務フロー作成                                  | 1. ○<br>2. ○<br>3. ○         | 作業負担を「あまり軽減できなかった」と回答し<br>たのが4割であった。機能面の改善の他、ユー<br>ザに合った調整が必要。  |
|                  | 効果      | 1. 収穫時間削減<br>2. ロス率の削減効果   | 1. 12万円分削減<br>2. 4万円分削減   | 1. 18万円分削減※<br>2. 約19万円分利益増※  | 1. ○<br>2. ○                 | 目標値の1.5倍の作業時間削減ができた。<br>バックロスの削減だけでなく利益まで出せた。   |
| 遠隔ショッピング         | 機能      | 1. 撮影機能<br>2. 伝送機能<br>3. メタバース空間生成<br>4. 閲覧・通話機能                 | 1. 4K映像撮影<br>2. パケットロス0%<br>3. メタバース空間視認<br>4. 疎通確認                       | 1. 4K映像撮影<br>2. パケットロス0%<br>3. メタバース空間視認<br>4. 疎通確認                     | 1. ○<br>2. ○<br>3. ○<br>4. ○ | 通話の際に一部通話ができなかったり呼出通<br>知が表示されない事象あり。ローカル5G電波<br>の不感エリアがあることが原因と考察。ユース<br>ケースに合った電波調整が必要。                           |
|                  | 運用      | 1. 業務フロー<br>2. 運用<br>3. 故障時対応                                    | 1. 利用者ヒアリング<br>2. 課題整理  | 1. マニュアル策定<br>2. アンケート結果<br>3. 業務フロー作成                                  | 1. ○<br>2. ○<br>3. ○         | 利用者の7割が「マニュアルが分かりやすかつ<br>た」と回答しており、有効性が確認できた。   |
|                  | 効果      | 1. 売上増加  | 1. 利益49万円   | 1. 利益40万円※  | 1. △                         | 目標利益額には及ばなかったが、UI不具合に<br>よる機会損失があったため、来年度修正予定。  |

# 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

- ローカル5Gを用いたソリューションの実装性に関して、「経済性・市場性の検証」、「運用スキーム・ビジネスモデルの検討」について検討を行い、ローカル5G活用モデルについて本実証システムの実装シナリオに基づいて構築いたしました。

## ■ 実装性に向けた検討

### 【経済性・市場性の検証】

#### ■ 遠隔指導システム

①作業時間削減 目標：8万円分 ⇒ 結果：約12万円分※

②交通費等削減 目標：14万円分 ⇒ 結果：約37万円分※

#### ■ 収穫ロボットシステム

①稼働削減 目標：12万円分 ⇒ 結果：18万円分※

②パックス削減 目標：4万円削減 ⇒ 結果：約19万円利益増※

#### ■ 遠隔ショッピングシステム

①売上増加効果 目標：利益49万円 ⇒ 結果：利益約40万円※

### 【運用スキーム・ビジネスモデルの検討】

各自治体に対してアンケートを実施

- ・秋田県 生産現場の高齢化、労働力人口不足が喫緊の課題
- ・鹿角市 生産現場への実装率を高めることが必要。
- ・農業従事者A,B 後継者不足及び新技術への理解不足も課題
- ・鹿角市 後継者不足及び新技術への理解不足も課題
- ・由利本荘市(道の駅象潟) 作業効率化における効果は期待している

## ■ 普及展開のターゲット

### ①生産者導入モデル

ターゲット：県内農家、県内農業従事者

前提条件：圃場の広さ30a以上、通路幅80cm～90以上であること、平坦な通路であること、高さ方向の範囲が40cm以下の範囲であること

### ②道の駅導入モデル

ターゲット：自治体、委託事業者

前提条件：カメラの高さが2～2.5mであること、カメラの電源供給ができること、道の駅に産地直送の販売コーナーがあること、商品がカメラから見える位置にあること

## ■ 普及展開に向けたソリューションパッケージ

ローカル5G  
システム

マネージド・ローカル5Gサービスを利用

遠隔指導システム

リアルメタバース空間上での遠隔指導およびAI収穫適期判定

イチゴ収穫・  
運搬システム

ロボットによるイチゴの自動収穫および自動運搬

遠隔ショッピング  
システム

高精細360°カメラからのリアルメタバース映像を用いた遠隔ショッピング

※検証目標の設定期間が3ヶ月のため、換算結果として表示

# 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

- ローカル5Gの実装に向けて、「技術的課題」「導入効果、機能、運用に関する課題」「普及方策に係る課題」の3つの観点から課題を整理し、解決策について検討を実施。

## ■ 技術的課題

本実証で構築したローカル5G活用モデルを実装に向けた技術的課題について「本実証で判明した課題」と「生産者・利用者からの改善要望」の2つに分けて検討。「本実証で判明した課題」は、引き続き検証を継続し、実装に向けて検討を行っていく予定。「生産者・利用者からの改善要望」は、本実証の取り組み内容には含まれていないものの、今後のシステム開発に向けた貴重な示唆として、コンソーシアム各社とも共有し、実現可否などの検討を進める。

### 本実証で判明した技術的課題の抜粋

#### 【遠隔指導システム】

・よる光源の有無によって色味が変わった際にも利用時間や天候・ライト等に同様の質を担保できるか。

#### 【イチゴ収穫・運搬ロボット】

赤色の面積に基づいて判定をしているため、イチゴの果実の個体差や実の成り方の違いへ要対応

#### 【遠隔ショッピングシステム】

場所によって通話や呼出通知が不安定になるので、改善が必要

## ■ 導入効果、機能、運用に関する課題

| 検討項目             | 課題   |
|------------------|--|
| AI学習期間の必要性について   | イチゴ一個あたりが10秒程度撮影された動画が最低でも100ファイル必要であり、これらを撮影するには数日～数週間の学習期間が必要            |
| 収穫・運搬ロボットの収益について | 収穫・運搬ロボットの経済効果は、現在廃棄しているイチゴの削減効果に比例するため、削減できる量に限度があることから、一定以上の経済効果を得るのが難しい |

## ■ 普及方策にかかわる課題

### ① 導入・運用費用面

総務省令和2年度及び令和3年度開発実証では、ローカル5G機器のコストが大きな導入障壁となっていたところ、本実証ではコア装置をデータセンタに設置し、保守・運用も含めたマネージド型ローカル5Gを採用することでトータルコストを抑えられました。しかし、圃場の大きさや立地などによって、必要なアンテナの数が異なるため一概にコストメリットが出るわけではないことが課題となります

### ② システムの汎用化について

普及展開を推進するにあたり、汎用的なシステムの検討を行っているものの、収穫・運搬ロボットや、遠隔ショッピングのカメラは、機器が適切に動作するための条件があり、一部の圃場や施設では利用が制限される部分が存在してしまいます。普及展開するにあたり障害になってしまう課題であると考えられます。

# ローカル5G活用モデルの実装・普及展開

## ■ 実装・普及展開シナリオ

■ 近年の施設栽培は、収益性を優先した作物を選定し、生育状況のコントロールや収集したデータを活用するIT化が進んでいます。本実証モデルは、施設園芸の大規模化、農業従事者の減少などの課題解決に向けて、作業の効率化・省人化を促進するモデルが今後より求められていることを想定し、横展開に資する普及モデルを以下の通りに想定しました。

| 想定事業モデル   | 主なターゲット  |  |
|---|--|--|
|   | 環境・ニーズ   | ステークホルダ  |
| <p>【自治体推進モデル】</p> <p>自治体により地域農家にスマート農業システムを提供するモデル</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・人手不足や高齢化を抱えている地域</li> <li>・耕作放棄地が多くあり、新規就農者による事業化を推進する地域</li> <li>・兼業農家の支援強化を推進する地域</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・スマート農業を推進する自治体</li> <li>・上記自治体内に所在する農家／農業法人</li> </ul> |
| <p>【サービス提供者推進モデル】</p> <p>実証にて実施した遠隔指導技術、収穫・運搬ロボット技術、リアルメタバース遠隔ショッピング技術、ローカル 5G 等の通信インフラ等を提供した事業者がサービスとして展開推進するモデル</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・サービスの普及展開を推進する本事業モデルで解決できる課題をもつ地域</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・サービス提供者</li> <li>・サービスを利用したい農家／農業法人</li> </ul>         |

# ローカル5G活用モデルの実装・普及展開

## ■ 実装計画の実施にあたっての実施体制

- 事業推進者としてNTT東日本及びNTTアグリテクノロジーが担います。
- 設備構築・保守者はNTT東日本、サービス提供者は現在のところポケット・クエリーズとREACTを想定しております。
- 事業協力・支援者として、コンソメンバである秋田食産及び恋する鹿角カンパニー、各自治体を想定しております。

| ステークホルダ     | 業種業態   | 役割   |
|-------------|--|--|
| 【事業推進者】     | 東日本電信電話(株)<br>(株)NTTアグリテクノロジー                            | NTT東日本<br>・事業モデルの継続化検討<br>・各ステークホルダとの検討、調整<br>・各ステークホルダの対応支援<br>NTTアグリテクノロジー<br>・農業従事者への普及展開活動                               |
| 【事業実施者】     | 東日本電信電話(株)   | ・事業モデルの継続<br>・圃場視察対応   |
| 【サービス提供事業者】 | (株)ポケット・クエリーズ<br>REACT(株) ※想定                            | ・遠隔指導システム、遠隔ショッピングシステムの構築・保守<br>・自立走行型ロボットの構築、保守<br>・システム構築・保守<br><br>※REACTは現時点で想定ベンダとなります<br>※収穫適期判定システムについてサービス提供事業者が未定です |
| 【設備構築・保守者】  | 東日本電信電話(株)   | ・システム構築・保守<br>・通信回線提供、保守等  |
| 【事業協力・支援者】  | (株)秋田食産・(株)恋する鹿角カンパニー・<br>秋田県仙北地域振興局・大仙市・美郷町・<br>潟上市・鹿角市 | ・事業実施者との協力・支援・生産技術等の提供・支援<br>・本実証ビジネスモデルのPR,推進 支援・圃場視察対応   |

# ローカル5G活用モデルの実装・普及展開

## ■ 実装計画・支出計画

|                            | 令和4年度<br>(2022) | 令和5年度<br>(2023) | 令和6年度<br>(2024) | 令和7年度<br>(2025) | 令和8年度<br>(2026) | 令和9年度<br>(2027) | 令和10年度<br>(2028) |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 遠隔指導システム                   | 開発実証            | 課題対応<br>コンソ内実装  |                 |                 | 横展開             |                 |                  |
| イチゴ収穫・運搬ロボットシステム           | 開発実証            | 課題対応<br>コンソ内実装  |                 |                 | 横展開             |                 |                  |
| 遠隔ショッピングシステム               | 開発実証            | 課題対応<br>コンソ内実装  |                 |                 | 横展開             |                 |                  |
| ローカル5Gシステム                 | 開発実証            | 実装              |                 |                 |                 |                 |                  |
| (1)ユーザから得る対価               | 0               | 0               | 2,700           | 2,700           | 9,100           | 9,100           | 9,100            |
| (2)補助金・交付金                 | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0                |
| (3)収入 ((1)+(2))            | 0               | 0               | 2,700           | 2,700           | 9,100           | 9,100           | 9,100            |
| (4)ネットワーク設置費               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0                |
| (5)ネットワーク運用費               | 0               | 0               | 4,000           | 4,000           | 4,000           | 4,000           | 4,000            |
| (6)ソリューション購入費              | 0               | 0               | 0               | 0               | 1,500           | 1,500           | 1,500            |
| (7)ソリューション開発費              | 0               | 0               | 5,000           | 3,000           | 0               | 0               | 0                |
| (8)支出<br>((4)+(5)+(6)+(7)) | 0               | 0               | 9,000           | 7,000           | 5,500           | 5,500           | 5,500            |
| (9)収支 ((3)-(8))            | 0               | 0               | -6,300          | -4,300          | 3,600           | 3,600           | 3,600            |

### <収入内訳>

ヒアリング結果からR6,7年度は以下の内訳で収入予定

- ・遠隔指導システム：50万円
- ・イチゴ収穫・運搬ロボットシステム：100万円
- ・遠隔ショッピングシステム：120万円

※いずれもローカル5G等ネットワーク運用費及び電気料金等の支払も含む

※ユーザ負担額は現時点での想定金額であり、

具体的なユーザ負担額は各年度の予算化によって変動する可能性があります。

### <支出内訳>

各システム以下の機能改修のために令和5年度以降の開発費用が発生、R8年度からは購入費用が発生

- ・遠隔指導システム：  
R6年度（開発）：200万円、R7年度（開発）：150万円、R8年度以降（購入）：50万円
  - ・イチゴ収穫・運搬ロボット  
R6年度（開発）：200万円、R7年度（開発）：100万円、R8年度以降（購入）：50万円
  - ・遠隔ショッピングシステム  
R6年度（開発）：100万円、R7年度（開発）：50万円、R8年度以降（購入）：50万円
- ※ソリューション購入費（及びソリューション運用費）は現時点では明確に定まっていないため、商用化した場合の想定利用料として仮の金額を記載しています。



---

## まとめ

---

# まとめ

## 技術実証

- テーマⅠ 4.8GHz帯の補正值Sの精緻化や隣接送信点における受信電力の算出法を検討することで、圃場環境における電波伝搬モデルの精緻化を図る
- 【成果】・フルツパーク：**S=13.0（郊外地相当）**、コーヒハウス**LOS環境：S=31.4（開放地相当）、NLOS環境：S=23.4（開放地と郊外地の中間）**を導出
- ・レイトレースシミュレーションでは樹木の伝搬損失に関するパラメータを調整することで**実測値との平均差分は5.8dB**まで改善
  - ・基地局とリピーターのように複数の送信点が隣接する場合の受信電力は、**各送信点からの受信電力の総和と近似**することを確認
- 【課題】・レイトレースシミュレーションの有用性を評価出来た一方で普及にはコスト・取り扱う技術面の課題があり普及に向けた支援体制の充足が望まれる
- ・遮蔽物面積率とS値の相関性を示すため、様々な実証環境で遮蔽物の種類、面積率を割り出し比較することで補正值の精度向上が必要
- テーマⅡ リピーターにより不感地帯の受信電力を改善し、リピーター設置時の有効性・注意点・エリア設計手法について取り纏める
- 【成果】・ハウス3内部に発生した**不感地帯面積が62.5%（608㎡）から50%（0㎡）に改善**、**リピーターを用いたカバーエリア設計が有効**であることを確認
- ・**レイトレースシミュレーションにより不感地帯を確認**でき、不感地帯予測に対する有用性を示した
- 【課題】・指向性のサービスアンテナ等、その他のアンテナ種別による改善効果を検証し、不感地帯の位置や大きさ、基地局との位置関係に応じたエリア設計手法のノウハウを蓄積していくことが課題
- ・圃場環境ではカバーしたいエリアが作物の生育時期によって変動するため、指定範囲内におけるリピーター可搬型利用を認める免許制度の整備が望まれる

## 課題実証

- 遠隔指導
 

【成果】遠隔指導システムが問題なく使用できることが確認できた。**イチゴ収穫適期判定システムの判定精度が65%**であることが確認された。

【課題】**イチゴの収穫の目的に合った収穫判定の調整が必要**。（導入面での課題1つ）
- イチゴ収穫・運搬ロボット
 

【成果】**正答率57%の精度で収穫適期判定ができることが確認**された。**100%の精度でロボットの動作を制御**することができた。

【課題】**赤色の面積以外の要因も用いて収穫適期判定を調整**する検討が必要。ロボット走行エリアの拡大。導入における心理的障壁の除去。
- 遠隔ショッピング
 

【成果】利用者向けアンケート結果から、**回答者の6割がシステムについて「とても使いやすかった」「使いやすかった」と回答**。

【課題】店舗内でも場所によって通話や呼出通知の受信がしづらい場所があるので改善が必要。  
利益が3ヶ月換算で約40万円と目標には届かなかったが、**技術的課題（呼出通知が届かないなど）が要因の機会損失によるもので、改善が必要**。

## 実装・普及展開

- 実施体制：NTT東日本とNTTアグリテクノロジーが事業推進者となって事業モデルの継続化検討や農業従事者への普及展開活動を中心的に行う。  
ソリューションの改善や提供主体は引き続きREACT（※）、ポケット・クエリーズが担う。 ※現時点での想定
- 実装計画
 

R5年度：利用者（秋田食産、恋する鹿角カンパニー）が運用を継続し、1年間を通じたシステム利用による**収益最大化の検証（収穫時期以外の遠隔指導システムの利用、繁忙期における遠隔ショッピングの利用）を実施**。あわせて**遠隔ショッピングのUI改善の取り組み**や、**遠隔指導システムと収穫・運搬ロボットシステムのAI判定一致率の改善のため更なるAI学習や色設定の条件整理**を行う。  
また、秋田県羽後町イチゴ生産者圃場での**追加エリア実証**を行う。

R6年度：利用者（秋田食産、恋する鹿角カンパニー）が運用費用を負担し、継続利用。  
引き続きUIやAI判定一致率改善のためシステムを改善し、販売ルートを検討。

R7年度：サービス提供モデルの検討

R8年度～：サービス提供開始、他事業者への横展開
- 実装を確実にするためのみ取り組み：システムの共同利用モデルの実現に向けて、**利用条件を整理するとともに、自治体や大学と協力し本実証システムのPR**を行い、共同利用希望者を増やす。ロボットモジュールの交換による**他作物転用によるターゲット拡大**。