

農業分野の課題解決(スマートグラスを活用した熟練
農業者技術の「見える化」の実現)に向けたローカル5G等
の技術的条件及び利活用に関する調査検討の請負

報告書

概要版

令和3年3月25日

日本電気株式会社
(山梨県農業分野の課題解決に向けた
ローカル5G実証コンソーシアム)

実証概要

実証体制

本実証におけるコンソーシアム体制と参加組織を以下に示す。

● コンソーシアム体制

山梨県農業分野の課題解決に向けた
ローカル5G実証コンソーシアム

代表企業

日本電気株式会社(NEC)

山梨県 情報政策課・農業技術課

山梨市

株式会社 YSK e-com

旭陽電気株式会社

国立大学法人 山梨大学

株式会社 デジタルアライアンス

全国農業協同組合連合会山梨県本部(全農やまなし)

フルーツ山梨農業協同組合

● コンソーシアム参加組織と役割

企業・団体名	役割
日本電気株式会社(NEC)	技術試験事務実施者、5Gシステム提供、構築、ソリューション開発等の中心を担う。代表者としてコンソーシアム全体の取りまとめを行う。<実証試験局免許申請>
山梨県	山梨県果樹試験場での開発場所の提供、県関係部局、機関の取りまとめを行う。(情報政策課、農業技術課、果樹試験場、圃場)
山梨市	山梨県果樹試験場の実証を、継続的に横展開していくために、山梨県やJAと連携を図り、農村活性化につなげていくための地域コミュニティ形成を担う。
株式会社 YSK e-com	山梨県内でソリューション開発、システム構築、インテグレーション、サービス提供を行っており、今回の高品質シャインマスカット生産のための匠の技「見える化」実証の中心を担う。
株式会社デジタルアライアンス	山梨県情報ハイウェイによるローカル5Gのバックボーン回線の提供を行う。
国立大学法人山梨大学	地元の大学として、ブドウ栽培における研究が多く、知見が豊富なため、YSK e-comの基礎技術支援を担う。
全国農業協同組合連合会 山梨県本部(全農やまなし)	県内のJAの取りまとめであり、農業機械のサポート、ZGIS(営農管理システム)提供ができ、組合員へのスマート技術の普及見込みを検討する。
フルーツ山梨農業協同組合	山梨県内の果樹生産において、先進的な取り組みを行っており、組合員へのスマート技術現地実証・普及見込みを検討する。
旭陽電気株式会社	山梨県及び市町村の無線事業に関する施行・保守業務を実施する。
※フルーツ山梨管内生産者	実証事業の圃場場所を提供する。

対象とした地域等課題及び本実証の課題解決システムとの関係性

対象とした地域等課題及び本実証の課題解決システムとの関係性を以下に示す。

■ 背景

- 山梨県はブドウの生産量が日本一、かつ高品質に生産されており、生産者が、房づくり(開花期に花の長さを調整する作業)や摘粒(多すぎる粒を間引く作業)などの管理を長年の経験から実施。
- こうした「匠の技」が、高品質ブドウや高級品種(シャインマスカット等)の生産を支えており、新規就農者や雇用労働者(援農なども含む)などに、「匠の技」の伝承が必要。

■ 課題

<農業領域(匠ソリューション)>

- 高品質ブドウや高級品種の栽培には、熟練農業者の匠の技が必要。
- 匠の技の伝承が新規就農者の参入の障壁となっている。

<生活領域(防犯ソリューション)>

- 出荷目の果樹が盗難される事例が頻発、防犯対策が必要。
- 定住への阻害要因になっている。

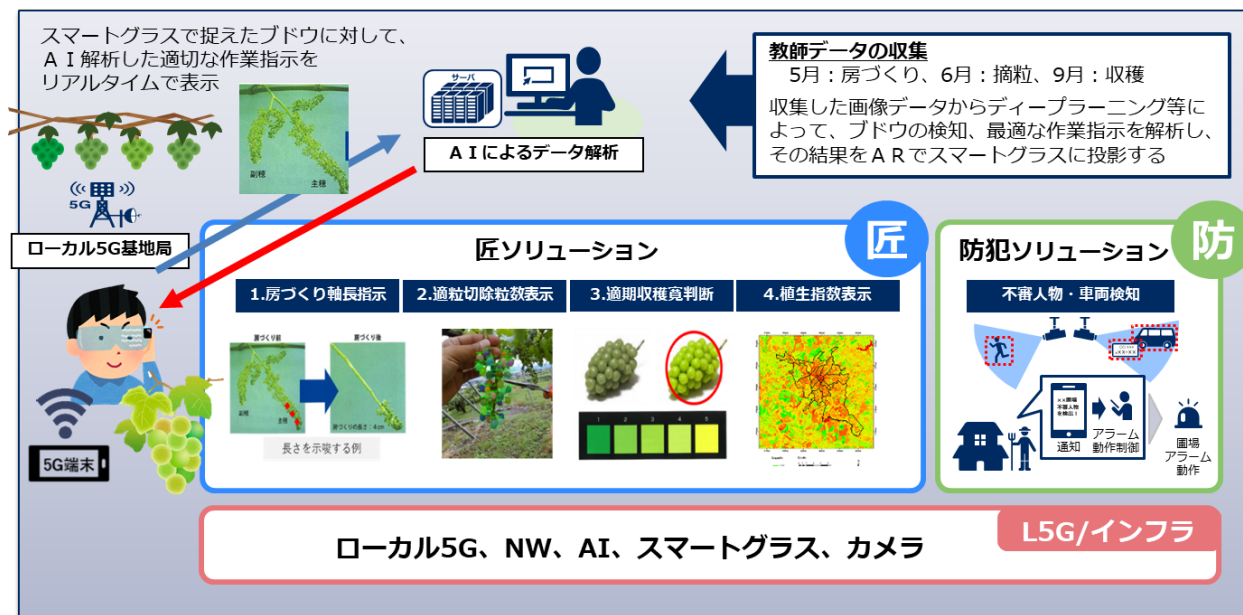
■ 課題解決システムとの関係性

農業領域における匠の技の伝承、生活領域における防犯対策のため、課題解決システムでは 5Gの超低遅延の特長から、リアルタイムに処理を実施できる以下の技術開発・実証を行う。

- 重要な生育期の作業について、スマートグラスを使用し、作業中の生産者を支援する。スマートグラスに、深層学習の分析結果等を表示する。また、ドローンで撮影した農場上空データを活用し、植生異常を検知する。
- 圃場内及び周辺について、4Kカメラを使用し、生産者不在時の不審な人物や車両を検知する。また、当該情報は、生産者に通知し、必要に応じてアラームを制御し動作させる。

課題解決システムの全体像

課題解決システムの全体イメージを以下に示す。

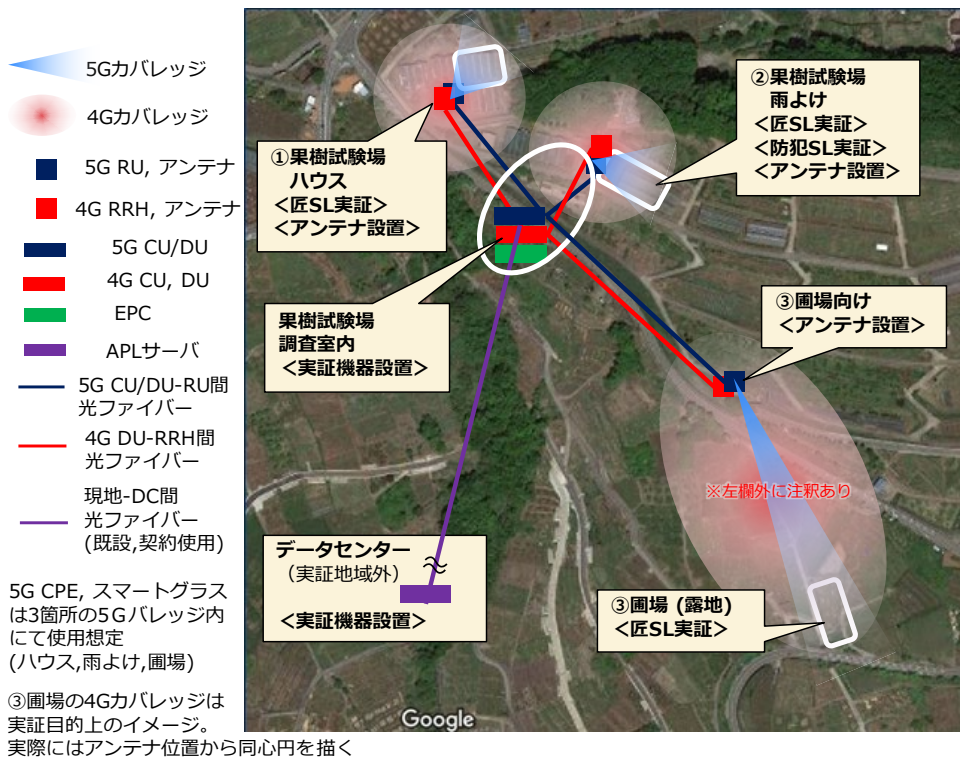


課題	ユースケース	機能の詳細と効果
農業領域 (匠ソリューション)	房づくり軸長指示	AIでブドウの房を切り詰める長さを判別し、スマートグラス上にガイド表示することで、「摘房」の作業を効率化する。
	適粒切除粒数表示	ブドウの粒数をAIでカウントしスマートグラス上にガイド表示することで、「摘粒」の作業を効率化する。
	適期収穫色判断	ブドウの収穫において、色の補正技術をAIで実装し、カラーチャートの5段階の色判定を判別することで、ブドウの品質を向上する。
	植生指数表示	ブドウの生育期における葉の生育状況を上空から撮影した植生指数 (NDVI) 画像で確認し、生育の悪い箇所を検知することで、ブドウの品質を向上する。
生活領域 (防犯ソリューション)	不審人物検知	防犯カメラの機能を拡張し、生産者の不在時に不審な人物を検知して、生産者に通報する機能と必要に応じて圃場内に設置したアラームを発報することで、ブドウの盗難を防止する。
	不審車両検知	防犯カメラの機能を拡張し、生産者の不在時に不審な車両及びナンバープレートを検知して、生産者に通報する機能と必要に応じて圃場内に設置したアラームを発報することで、ブドウの盗難を防止する。

実証環境

実証地域は、山梨県山梨市内にある山梨県果樹試験場内、及び近隣の圃場とした。

● 実証地域(実証フィールド)の全景



[機器毎 設置場所]

① 果樹試験場 ハウス
 ・ 5G RU, アンテナ
 ・ 4G 一体型eNB, アンテナ

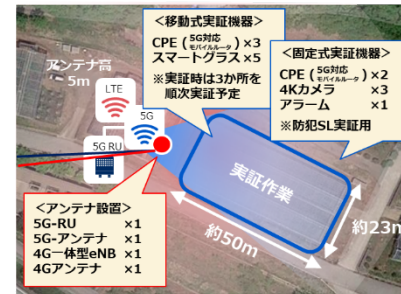
② 果樹試験場 雨よけ
 ・ 5G RU, アンテナ
 ・ 4G 一体型eNB, アンテナ

③ 圃場
 ・ 5G RU, アンテナ
 ・ 4G 一体型eNB, アンテナ
 ・ IoTセンサー
 ・ ドローン※
 ・ 無人農機(SS)※

果樹試験場 調査室
 ・ 5G RU, アンテナ
 ・ 5G CU/DU
 ・ 4G CU, DU
 ・ EPC
 ・ SW, Router

データセンター
 ・ APL, AI
 ※本調査検討の調達対象外 農林水産省様事業での準備を想定

② 果樹試験場(雨よけ)のエリアカバレッジ



カバレッジ	約50m
接続デバイス数	スマートグラス 5台 4Kカメラ 3台, アラーム 1台
接続5G端末数	1~3台
DLスループット	10Mbps(スマートグラス) 11Mbps(アラーム)
ULスループット	25Mbps(スマートグラス) 60Mbps(4Kカメラ)

③ 圃場のエリアカバレッジ



① 果樹試験場(ハウス)のエリアカバレッジ

カバレッジ	約25m
接続デバイス数	スマートグラス 5台
接続5G端末数	1~3台
DLスループット	10Mbps
ULスループット	25Mbps

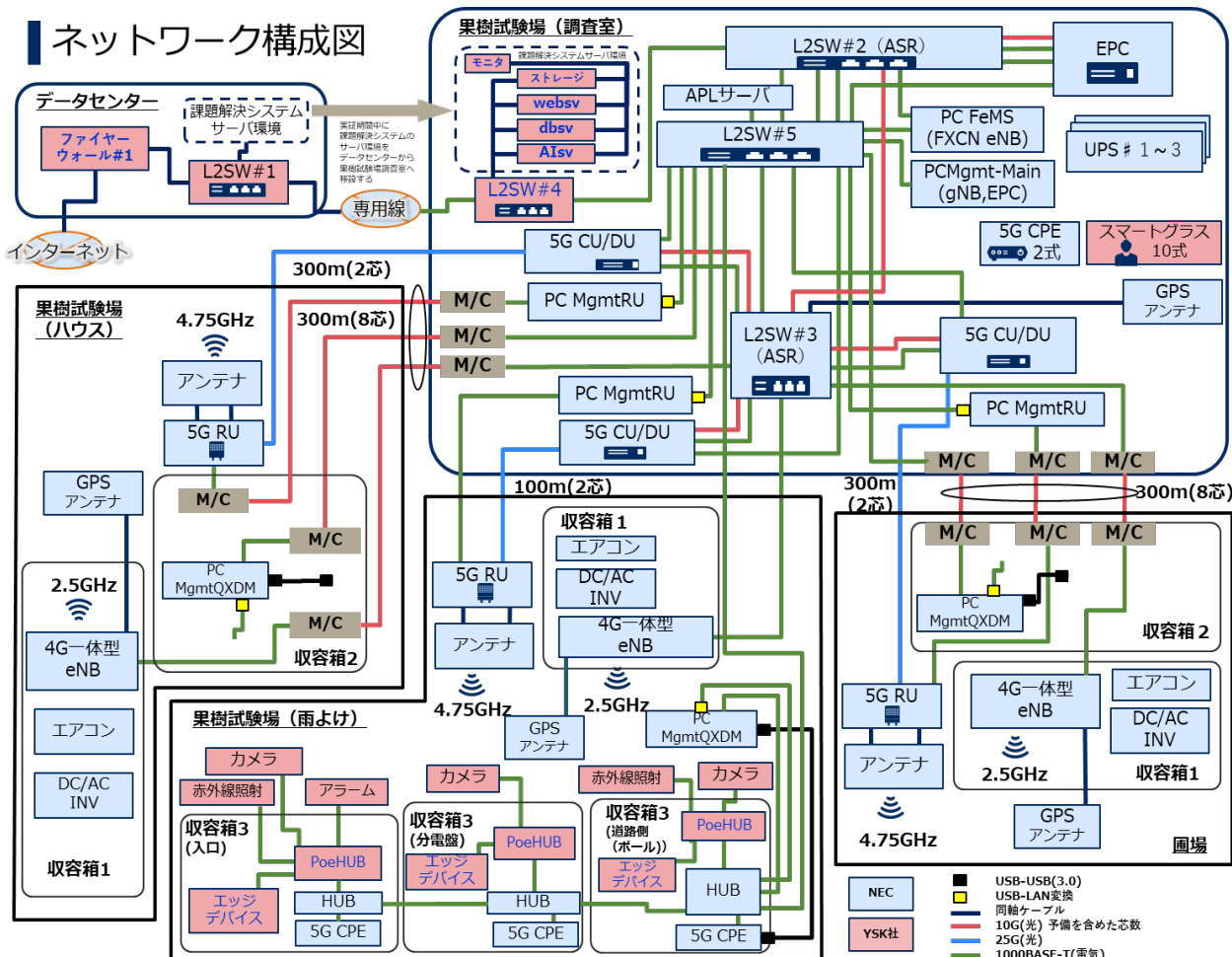


実証環境

本実証におけるネットワーク構成を以下に示す。

今回の実証環境における全体構成は下図の通り。実施場所である果樹試験場(雨よけ)、同(ハウス)、圃場の3か所それぞれのユースケース環境へ電波発射するために、ローカル5Gシステムの開発装置仕様にに基づき、構成を組む。また、実証事業者において評価実績があるネットワーク構成をベースとして構成成品を選定しており、本実証の要件を満たす構成である。

ネットワーク構成図



<ローカル5Gネットワークの主な諸元>

- 帯域幅 : 100MHz
- スループット : UL 60Mbps、DL 800Mbps
- MIMO対応 : UL 64QAMまで、DL 256QAMまで対応

● ネットワーク機器の機能及び性能要件

項目	品名	機能及び性能
5Gシステム	EPC	NSA方式5Gコアネットワーク 端末のモビリティ管理やデータパケットの転送など
	5G CU/DU	5G基地局(集約部/デジタル部)、基地局制御とベースバンド処理
	4.75GHz 5G RU	5G基地局(無線部)
	5G RUアンテナ	5G基地局の無線機能
	4G 一体型eNB	4G基地局(集約部/デジタル部/無線部)
	4G アンテナ	5GシステムNSA方式の制御部機能
ネットワーク機器	L2SW	ネットワーク中継機器、5Gシステムとサーバの中継
	GPSアンテナ	GPS1受信アンテナ、同期
5G対応端末	CPE	5G対応モバイルルータ、デバイス接続用

課題解決システムの実証

実証目標

課題解決システムの実証目標を以下に示す。

- 山梨県の特産であるシャインマスカットを対象にスマート農業を推進するため、ローカル5Gを活用して、スマートグラスを活用した匠の技の伝承技術を開発。
- 高品質ブドウを生産するために重要な栽培管理である「房づくり」「摘粒」「収穫」の各工程において、スマートグラスで作業者が視野にとらえた果(花)房の画像をサーバに転送し、AIで解析した適切な作業指示をスマートグラスの視野内にリアルタイムに投影することで、新規就農者や雇用労働者に匠の技を伝承し、ブドウの生産をサポートするソリューションの開発と実証を行うことで、「農作業の効率化」「ブドウ生産の品質向上」を図る。
- また、ブドウ農家の生活面での課題としてブドウの盗難被害を低減するためローカル5G基板上に防犯カメラの機能を拡張した不審人物及び不審車両の検知システムを構築することで、盗難防止による収益性の拡大、定住の促進を図る。

各実証項目については、以下の内容を目標とした。

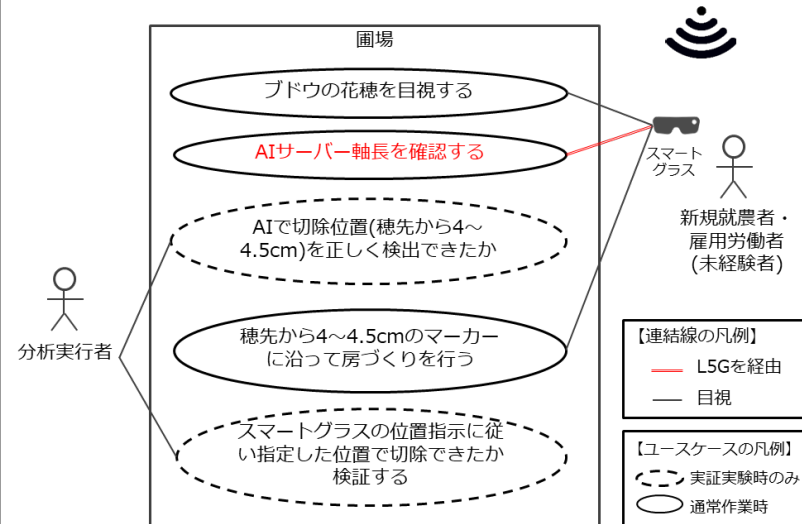
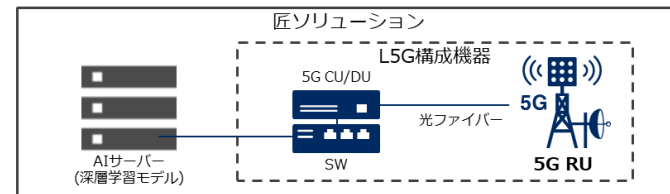
- 各ユースケースについて、AIの精度等の効果検証及び操作性や経済性等の機能検証を実施した。
- また、各ソリューションについて、システムの運用検証を実施した。

課題 (ソリューション)	実証項目 (ユースケース)	実証目標
農業領域 (匠ソリューション)	房づくり軸長指示	<ul style="list-style-type: none"> ・自然な作業環境下における花穂検出の実現。 ・スマートグラスを利用した花穂検出による農作業の効率化及びブドウ生産の品質向上。 ・花穂の検出精度の向上。
	適粒切除粒数表示	<ul style="list-style-type: none"> ・スマートグラスを利用した摘粒作業支援による農作業の効率化及びブドウ生産の品質向上。 ・粒数の検出精度の向上。
	適期収穫色判断	<ul style="list-style-type: none"> ・スマートグラスを利用した収穫作業支援による農作業の効率化及びブドウ生産の品質向上。 ・適期収穫色の判断精度の向上。
	植生指数表示	<ul style="list-style-type: none"> ・ブドウの繁茂状態監視による植生異常検出の実現。 ・スマートグラスを利用した異常検知通知による農作業の効率化及びブドウ生産の品質向上。 ・植生の検知精度の向上。
生活領域 (防犯ソリューション)	不審人物検知	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラ監視による不審人物検知及び通報の仕組みの実現。 ・検知システムを利用した盗難被害の低減。 ・不審人物の検知精度及び通報速度の向上。
	不審車両検知	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラ監視による不審車両検知及び通報の仕組みの実現。 ・検知システムを利用した盗難被害の低減。 ・不審車両の検知精度及び通報速度の向上。

課題解決システムに関する検証(房づくり軸長指示)

農業領域(匠ソリューション)の「房づくり軸長指示」の検証方法を以下に示す。

検証項目	検証指標・方法
効果検証	<ol style="list-style-type: none"> ブドウの房の検知 <ol style="list-style-type: none"> ブドウの房を検知してから切除位置が表示される間隔「2秒」。 切除位置が正しいか(4cm)を確認する。検出精度「95%以上」。 同時に5台のスマートグラスを起動してシステムが動作するか確認する。 作業時間(以下の作業について作業時間を比較する) <ol style="list-style-type: none"> 新規就農者がスマートグラス未使用時の作業時間(10a当たり)。 新規就農者がスマートグラスを装着した場合の作業時間(10a当たり)。 熟練農業従事者の作業時間(10a当たり)。 UI・表示情報の違いによる作業効率・品質への影響 効率化・高度化の観点によるヒアリングを実施。 関係者へのヒアリング ユースケースのメリット・デメリットについてシステム利用者及び熟練農業従事者等有識者へのヒアリングを実施。
機能検証	<p>以下の観点について評価・分析を行い、実装に必要な機能について検証を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全性 ・作業品質性 ・効率性 ・操作性 ・経済性



課題解決システムに関する検証(房づくり軸長指示)

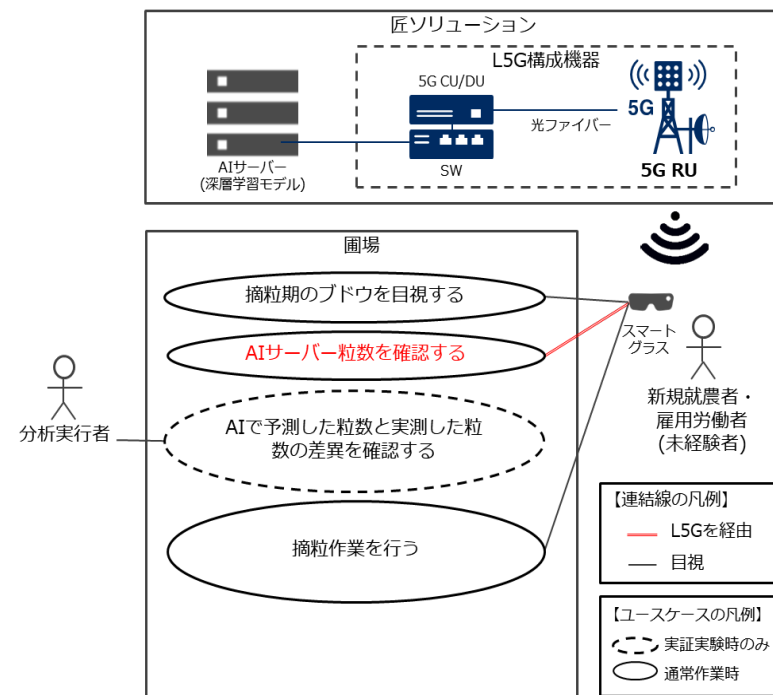
農業領域(匠ソリューション)の「房づくり軸長指示」の検証結果を以下に示す。

検証項目	検証指標・方法	検証結果
効果検証	<p>1. ブドウの房の検知 ①ブドウの房を検知してから切除位置が表示される間隔「2秒」。 ②切除位置が正しいか(4cm)を確認する。検出精度「95%以上」。</p> <p>2. 同時に5台のスマートグラスを起動してシステムが動作するか確認する。</p> <p>3. 作業時間(以下の作業について作業時間を比較する) ①新規就農者がスマートグラス未使用時の作業時間(10a当たり)。 ②新規就農者がスマートグラスを装着した場合の作業時間(10a当たり)。 ③熟練農業従事者の作業時間(10a当たり)。</p> <p>4. UI・表示情報の違いによる作業効率・品質への影響 効率化・高度化の観点によるヒアリングを実施。</p> <p>5. 関係者へのヒアリング ユースケースのメリット・デメリットについてシステム利用者及び熟練農業従事者等有識者へのヒアリングを実施。</p>	<p>1. 精度は目標に達しなかったが、検知速度は達成。 ① 1.81秒 ② 89.61%(房づくり前), 93.51%(房づくり後)</p> <p>2. 5台同時の動作を確認。</p> <p>3. 熟練農業従事者と同等の作業時間に短縮可能。 ① 156h, ② 78h, ③ 78h</p> <p>4. 品質は問題無し、と熟練農業従事者からコメントを頂いた。</p> <p>5. 実用に向けた以下のようなコメントが得られた。 ・試験場に研修に来ている研修生等に匠の技を伝承するためには有効である。(果樹試験場職員) ・雇用労働者にスマートグラスで作業させることにより、労働時間が短縮されるとともに、匠と同等の高品質化が図られる。(熟練農業従事者) ・生産量の増加とブランド化による所得の増加が見込める。(熟練農業従事者) ・機器は1年間の内の数ヶ月の使用になるため、過剰投資にならないようリース方式の検討が必要である。(熟練農業従事者)</p>
機能検証	<p>以下の観点について評価・分析を行い、実装に必要となる機能について検証を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全性 ・作業品質性 ・効率性 ・操作性 ・経済性 	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性 スマートグラス装着時に狭い視野角となることによる転倒の危険 スマートグラスの重量によるぐら付き(転倒・落下) ・作業品質性 スマートグラスに投影される指示線により正確な軸長を検出 ・効率性 作業用ハサミについているメジャーを使用したほうが効率的 長時間利用にも耐えうる装着性が必要 ・操作性 対象物をスマートグラスで捉え、焦点を合わせるのに慣れが必要 スマートグラス上での操作は行いにくい ・経済性 スマートグラス購入、ローカル5G利用は高額である

課題解決システムに関する検証(適粒切除粒数表示)

農業領域(匠ソリューション)の「適粒切除粒数表示」の検証方法を以下に示す。

検証項目	検証指標・方法
効果検証	<ol style="list-style-type: none"> ブドウの粒数の検知 表示粒数と実測した粒数の差異を確認する。検出精度「95%以上」。 作業時間 以下の作業について作業時間を比較する。 ①新規就農者がスマートグラス未使用時の作業時間(10a当たり)。 ②新規就農者がスマートグラスを装着した場合の作業時間(10a当たり)。 ③熟練農業従事者の作業時間(10a当たり)。 UI・表示情報の違いによる作業効率・品質への影響 効率化・高度化の観点によるヒアリングを実施。 業務面・生活面における変化 メリット・デメリットについてシステム利用者及び熟練農業従事者等有識者へのヒアリングを実施。
機能検証	<p>以下の観点について評価・分析を行い、実装に必要な機能について検証を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全性 ・作業品質性 ・効率性 ・操作性 ・経済性



課題解決システムに関する検証(適粒切除粒数表示)

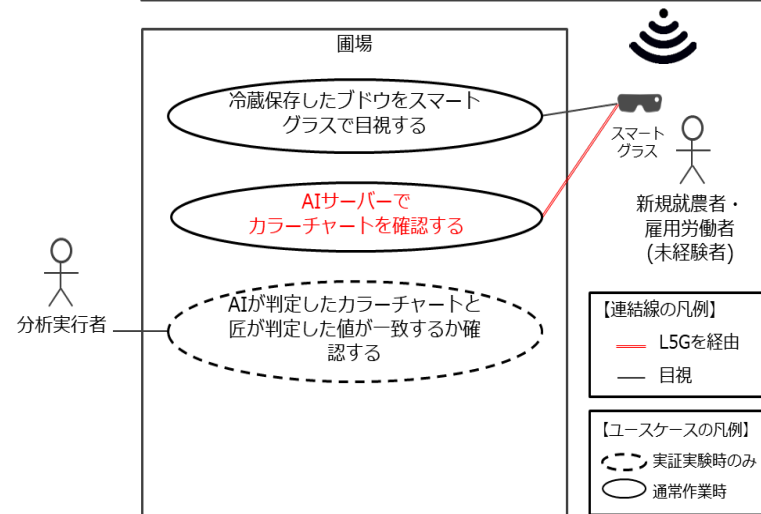
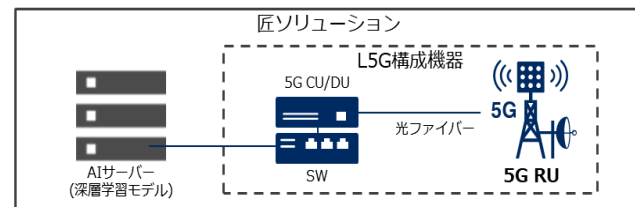
農業領域(匠ソリューション)の「適粒切除粒数表示」の検証結果を以下に示す。

検証項目	検証指標・方法	検証結果
効果検証	<p>1. ブドウの粒数の検知 表示粒数と実測した粒数の差異を確認する。検出精度「95%以上」。</p> <p>2 作業時間 以下の作業について作業時間を比較する。 ①新規就農者がスマートグラス未使用時の作業時間(10a当たり)。 ②新規就農者がスマートグラスを装着した場合の作業時間(10a当たり)。 ③熟練農業従事者の作業時間(10a当たり)。</p> <p>3. UI・表示情報の違いによる作業効率・品質への影響 効率化・高度化の観点によるヒアリングを実施。</p> <p>4. 業務面・生活面における変化 メリット・デメリットについてシステム利用者及び熟練農業従事者等有識者へのヒアリングを実施。</p>	<p>1. 精度:88.51%, 検知速度:2.11秒 目標に達せず、来年度の農水省事業に改善計画として繋げる。</p> <p>2. 熟練農業従事者と同等の作業時間に短縮可能。 ① 24h, ② 12h, ③ 12h</p> <p>3. 以下のような、粒数のずれる条件に関する意見を得た。 ・対象の房の後ろに別の房がある場合、後ろの房の粒数もカウントしてしまい推定した粒数が多くなる傾向がある。 ・粒数が25粒ほどの少ない房が実際よりも多く推定されていた。</p> <p>4. 以下のような、ポジティブな意見を多く得た。 ・スマートグラスを使用して粒数が表示されるのはかなりの効率化に繋がる。 ・摘粒すべき粒が表示されることで品質の均一化に繋がり期待している。</p>
機能検証	<p>以下の観点について評価・分析を行い、実装に必要となる機能について検証を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全性 ・作業品質性 ・効率性 ・操作性 ・経済性 	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性 スマートグラス装着時に狭い視野角となることによる転倒の危険 スマートグラスの重量によるぐら付き(転倒・落下) ・作業品質性 スマートグラスに投影される粒数カウンタにより適切な粒を切除できる スマートグラスで房を捉える角度により粒数カウンタが変わる ・効率性 切除対象粒の表示により効率化が図られる 切除対象粒を切除後、すぐに次の切除対象が表示される 長時間利用にも耐えうる装着性 ・操作性 対象物をスマートグラスで捉え、焦点を合わせるのに慣れが必要 スマートグラス上での操作は行いにくい ・経済性 スマートグラス購入費やローカル5G利用は高額である

課題解決システムに関する検証(適期収穫色判断)

農業領域(匠ソリューション)の「適期収穫色判断」の検証方法を以下に示す。

検証項目	検証指標・方法
効果検証	<ol style="list-style-type: none"> ブドウの粒数の検知 表示粒数と実測した粒数の差異を確認する。検出精度「95%以上」。 作業時間 以下の作業について作業時間を比較する。 ①新規就農者がスマートグラス未使用時の作業時間(10a当たり)。 ②新規就農者がスマートグラスを装着した場合の作業時間(10a当たり)。 ③熟練農業従事者の作業時間(10a当たり)。 UI・表示情報の違いによる作業効率・品質への影響 効率化・高度化の観点によるヒアリングを実施。 業務面・生活面における変化 メリット・デメリットについてシステム利用者及び熟練農業従事者等有識者へのヒアリングを実施。
機能検証	<p>以下の観点について評価・分析を行い、実装に必要な機能について検証を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全性 ・作業品質性 ・効率性 ・操作性 ・経済性



課題解決システムに関する検証(適期収穫色判断)

農業領域(匠ソリューション)の「適期収穫色判断」の検証結果を以下に示す。

検証項目	検証指標・方法	検証結果
効果検証	<p>1. ブドウの粒数の検知 表示粒数と実測した粒数の差異を確認する。検出精度「95%以上」。</p> <p>2. 作業時間 以下の作業について作業時間を比較する。 ①新規就農者がスマートグラス未使用時の作業時間(10a当たり)。 ②新規就農者がスマートグラスを装着した場合の作業時間(10a当たり)。 ③熟練農業従事者の作業時間(10a当たり)。</p> <p>3. UI・表示情報の違いによる作業効率・品質への影響 効率化・高度化の観点によるヒアリングを実施。</p> <p>4. 業務面・生活面における変化 メリット・デメリットについてシステム利用者及び熟練農業従事者等有識者へのヒアリングを実施。</p>	<p>1. 目標の精度には達しなかった。 ①2.77 秒 ②54.25 %</p> <p>2 熟練農業従事者と同等の作業時間に短縮可能。 ① 40h, ② 20h, ③ 20h</p> <p>3. スマートグラスで適期のブドウが自動判断でき、収穫すればよいのは効率化に繋がると熟練農業従事者からコメントを頂いた。</p> <p>4. 房づくり軸長指示と同様のコメントが、システム利用者及び熟練農業従事者等有識者から得られた。</p>
機能検証	<p>以下の観点について評価・分析を行い、実装に必要となる機能について検証を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全性 ・作業品質性 ・効率性 ・操作性 ・経済性 	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性 スマートグラス装着時に狭い視野角となることによる転倒の危険 スマートグラスの重量によるぐら付き(転倒・落下) ・作業品質性 収穫環境(光の影響)により色判定結果が大きく変わってくる 判定結果の均一性 色による判定は良くても糖度が足りない房がある ・効率性 デジタルで判定結果が認識できるため効率的 判定結果のブレがあると結果的に効率が落ちてしまう ・操作性 対象物をスマートグラスで捉え、焦点を合わせるのに慣れが必要 スマートグラス上での操作は行いにくい ・経済性 スマートグラス購入費が高額である ローカル5G利用は高額である

課題解決システムに関する検証(植生指数表示)

農業領域(匠ソリューション)の「植生指数表示」の検証方法を以下に示す。

検証項目	検証指標・方法
効果検証	<ol style="list-style-type: none"> 植生画像に示される現在位置表示の精度 ・現在地情報の取得における誤差「誤差2m程度」。 作業時間 以下の作業について作業時間を比較する。 ①スマートグラス未使用時の目標地点(10~15m)への移動時間。 ②スマートグラス装着時の目標地点(10~15m)への移動時間。 UI・表示情報の違いによる作業効率・品質への影響 効率化・高度化の観点によるヒアリングを実施。 業務面・生活面における変化 メリット・デメリットについてシステム利用者及び熟練農業従事者等有識者へのヒアリングを実施。
機能検証	<p>以下の観点について評価・分析を行い、実装に必要な機能について検証を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全性 ・作業品質性 ・効率性 ・操作性 ・経済性



課題解決システムに関する検証(植生指数表示)

農業領域(匠ソリューション)の「植生指数表示」の検証結果を以下に示す。

検証項目	検証指標・方法	検証結果
効果検証	<p>1. 植生画像に示される現在位置表示の精度 ・現在地情報の取得における誤差「誤差2m程度」。</p> <p>2. 作業時間 以下の作業について作業時間を比較する。 ①スマートグラス未使用時の目標地点(10~15m)への移動時間。 ②スマートグラス装着時の目標地点(10~15m)への移動時間。</p> <p>3. UI・表示情報の違いによる作業効率・品質への影響 効率化・高度化の観点によるヒアリングを実施。</p> <p>4. 業務面・生活面における変化 メリット・デメリットについてシステム利用者及び熟練農業従事者等有識者へのヒアリングを実施。</p>	<p>1. すべての評価において誤差2m以内を達成。</p> <p>2. スマートグラスを使わない方が移動にかかる時間が短い。 ① 22~31秒 ② 25~75秒</p> <p>3. 以下のような、利用に難しさを感じられる意見を得た。 ・使い方に慣れる必要がある。 ・NDVI画像では自分の位置が分かりにくかった。</p> <p>4. 現時点ではシャインマスカット栽培への適正は低いとされる意見を得た。 ・精度の高い誘導が必要な作業には向いているかもしれないがシャインマスカット栽培においてはそこまで高い精度は必要としないため誘導時間の向上の方が先決である。(熟練農業従事者、果樹試験場職員) ・NDVI画像での現在地の見にくさと移動時間の短縮のために「NDVI画像+RGB画像」の組み合わせが一番効果的と思われる。(コンソーシアムメンバー)</p>
機能検証	<p>以下の観点について評価・分析を行い、実装に必要となる機能について検証を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全性 ・作業品質性 ・効率性 ・操作性 ・経済性 	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性 スマートグラス装着時に狭い視野角となることによる転倒の危険 スマートグラスの重量によるぐら付き(転倒・落下) ・作業品質性 スマートグラスの位置表示だけでは、目的地に到達しにくい 他スマートグラスによる表示 ・効率性 NDVI画像の誘導では時間が掛かった。 ・操作性 目的地をスマートグラスで把握し、スマートグラスに頼り目的地に到達するのは慣れが必要 スマートグラス上での操作は行いにくい ・経済性 スマートグラス購入費が高額である ローカル5G利用は高額である

課題解決システムに関する検証（匠ソリューションの運用）

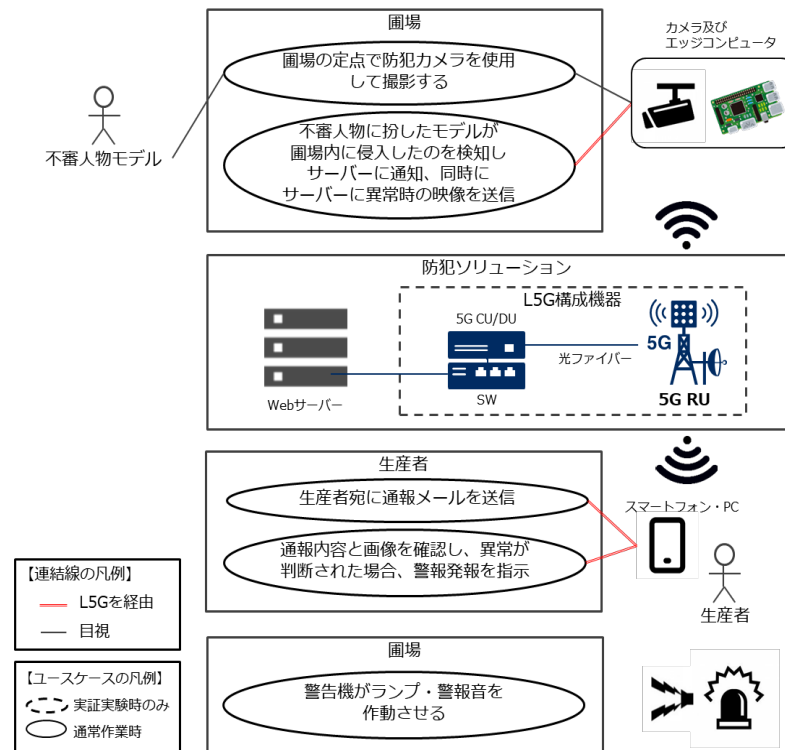
農業領域（匠ソリューション）全体を通し、システムの運用について検証した。

検証項目	検証結果
気象条件、時間帯による運用課題	<ul style="list-style-type: none">• 昼間及び晴れの天候においては直射日光による影響により検出精度に違いが出た。実際の運用では葉が茂った状態での使用のため、昼間及び晴れの状態であっても直射日光による影響は少ないと考えられる。• 夕方且つ曇りの状況下では対象物の捕捉がしづらいつとの意見があった。• 天候／時間帯の違いによる対象物の検出時間については違いがみられなかった。
圃場の広さ、地形による運用課題	<ul style="list-style-type: none">• スマートグラス（MOBILIO）のバッテリーの持続時間は約6時間のため、一日連続して使用した場合はバッテリー切れとなる。予備のバッテリーを用意する必要がある。
生産者の経験年数、年齢、性別などの利用者特性による運用課題	<ul style="list-style-type: none">• 年齢による違いとしては、高齢者の場合スマートグラスに焦点を合わせるのが難しいという事象が見られた。• また、長時間スマートグラスを掛け続けることの疲労については女性や高齢者等の体力の違いによる影響がみられた。• 身長の違いにより、ブドウの房を見る角度によって検出結果に違いが出たケースがあった。ブドウの房に対して水平位置での作業が望ましく、作業環境、作業姿勢を検討する必要がある。

課題解決システムに関する検証(不審人物検知)

生活領域(防犯ソリューション)の「不審人物検知」の検証方法を以下に示す。

検証項目	検証指標・方法
効果検証	<p>①検知可能な範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実証の参加者が不審人物に扮して圃場に接近した際に検知できる距離を測定する。 ・測定条件は、昼夜/天候/カメラからの距離/対象の速度を変数とする。 <p>②ユーザビリティ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生産者にアラートが送信されること、及びアラーム動作できることを確認する。 ・生産者にヒアリングを行う。(アラートの内容、使いやすさ等) <p>③アラートの通知時間:・アラートの送信に要する時間を計測する。</p>
機能検証	<p>1. 不審人物を検出可能な範囲の確認。</p> <p>2. 本システムの有効性に対する意見、離農防止への考課等移住定住意識への影響のヒアリング。</p>



課題解決システムに関する検証(不審人物検知)

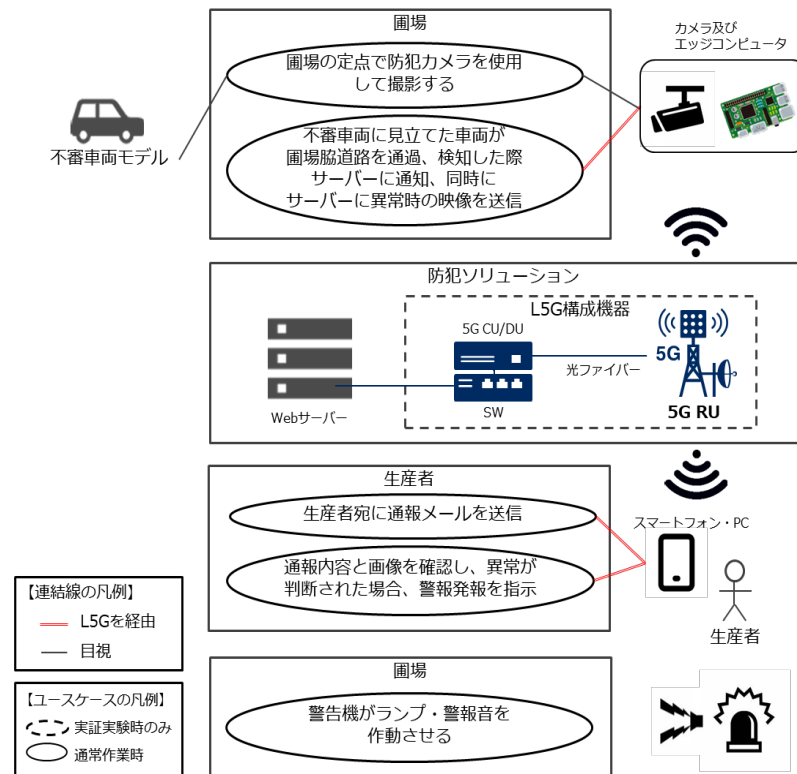
生活領域(防犯ソリューション)の「不審人物検知」の検証結果を以下に示す。

検証項目	検証指標・方法	検証結果
効果検証	<p>①検知可能な範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実証の参加者が不審人物に扮して圃場に接近した際に検知できる距離を測定する。 ・測定条件は、昼夜/天候/カメラからの距離/対象の速度を変数とする。 <p>②ユーザビリティ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生産者にアラートが送信されること、及びアラーム動作できることを確認する。 ・生産者にヒアリングを行う。(アラートの内容、使いやすさ等) <p>③アラートの通知時間:・アラートの送信に要する時間を計測する。</p>	<p>① 高い検出率が得られた。 全体検出率:93.80% 最大検知距離:31m</p> <p>② アラート・アラームの動作を確認。以下のような意見が得られた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・防犯カメラは、盗難リスクを低下させるための有効な手段である。(熟練農業従事者) ・果樹は一年一作であり、手塩にかけたものが盗難にあうことは、収入減よりも心理的ショックが大きく生産意欲を低下させる。安心して農業生産に取り組める環境が、農家の収入を安定させ、新規就農者の増加に繋がる。(熟練農業従事者) ・一括購入よりも比較的安価で月額利用のほうが良い。収穫期のみ必要となるので、一年中コストが掛かるのは困る。カメラの設置はある程度自分で試したいと思うが、簡単な方が良い。機器(カメラ、端末、電源等)の設置管理が複数箇所にあると煩わしい。(熟練農業従事者) <p>③ 不審人物検知からアラート通知メール到達までの時間:1秒以内</p>
機能検証	<p>1. 不審人物を検出可能な範囲の確認。</p> <p>2. 本システムの有効性に対する意見、離農防止への考課等移住定住意識への影響のヒアリング。</p>	<p>1. 夜間の距離が13m以上で検出の精度低下が始まる。</p> <p>2. 以下のような意見が得られた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生産者の圃場の広さによっては、100%検出できるようなカメラを設置すると、多くの経費を要することになる。安価なカメラで検出距離が長い仕組みが必要となる。

課題解決システムに関する検証(不審車両検知)

生活領域(防犯ソリューション)の「不審車両検知」の検証方法を以下に示す。

検証項目	検証指標・方法
効果検証	<p>①検知率 ・カメラからの距離8m、対象の時速が20km/h以下の環境で車両検知90%以上 ・ナンバープレート検知においても上記に準ずる。(夜間及び雨天時のライトのハレーションの影響も評価)</p> <p>②ユーザビリティ: 誤検知や誤通報を抑えたシステムとする。</p> <p>③アラートの通知時間: 10秒以内にアラートの送信が終わることを目標とする。</p>
機能検証	<p>1. 不審車両及びナンバープレートの検出率の確認。</p> <p>2. 本システムの有効性に対する意見、離農防止への考課等移住定住意識への影響のヒアリング。</p>



課題解決システムに関する検証(不審車両検知)

生活領域(防犯ソリューション)の「不審人物検知」の検証結果を以下に示す。

検証項目	検証指標・方法	検証結果
効果検証	<p>①検知率 ・カメラからの距離8m、対象の時速が20km/h以下の環境で車両検知90%以上 ・ナンバープレート検知においても上記に準ずる。(夜間及び雨天時のライトのハレーションの影響も評価)</p> <p>②ユーザビリティ: 誤検知や誤通報を抑えたシステムとする。</p> <p>③アラートの通知時間: 10秒以内にアラートの送信が終わることを目標とする。</p>	<p>①それぞれ、以下の結果となった。 不審車両検知: 全体検出率: 86.7% 検知率の目標条件(距離8m、速度20km以内)による検出率97% ナンバープレート検知: 全体検出率: 43.2% 検知率の目標条件(距離8m、速度20km以内)による検出率59.1%</p> <p>② アラート・アラームの動作を確認。 不審人物検知と同様のコメントに加え、以下のような意見が得られた。 ・不審車両を特定するには、車のナンバーがクリアに写る必要がある。 昼間については問題ないと思うが、夜間は見づらい場合があった。その問題が解決できれば、有効な手段になると思う。</p> <p>③ 検知からアラート通知メール到達までの時間: 1秒以内 (不審車両、ナンバープレートいずれも同様)</p>
機能検証	<p>1. 不審車両の検出率の確認。</p> <p>2. 本システムの有効性に対する意見、離農防止への考課等移住定住意識への影響のヒアリング。</p>	<p>1. それぞれ、以下の結果となった。 不審車両検知: 夜間の距離が10m以上で検出率の低下が始まる。 ナンバープレート検知: 昼間の距離が13m以上、また夜間の距離が10m以上で検出率の低下が始まる。</p> <p>2. 不審人物検知と同様の意見が得られた。 ・生産者の圃場の形状や道路設置状況より検出率100%となるようなカメラを設置すると、多くの経費を要することになる。安価なカメラで検出距離が長い仕組みが必要となる。</p>

課題解決システムに関する検証（匠ソリューションの運用）

農業領域（匠ソリューション）全体を通し、システムの運用について検証した。

検証項目	検証結果
気象条件、時間帯による運用課題	<ul style="list-style-type: none">• 夜間より昼間の方が検知率が高い結果となったが、盗難の最も多い夜間の時間帯での実証においても赤外線照射装置により不審人物・不審車両を検知することが出来た。
圃場の広さ、地形による運用課題	<ul style="list-style-type: none">• 不審人物の検知の限界距離が25m程度である点を考慮した上で設置場所、台数を選定する必要がある。• ただし、圃場の全てのエリアをカバーする必要はなく、車両や人物の出入箇所を重点的に設置場所を検討する方が効率的と考える。

検証結果まとめ(課題解決システム)

課題解決システム全体を通じた検証結果について記載する。

検証項目	検証結果
農業領域 (匠ソリューション)	<ul style="list-style-type: none">• 作業者の作業中思考、行動の妨げにならない仕組みを提供することが必要であり、この課題を解決するために技術的な側面では、通信品質の向上、分析技術の向上、デバイス技術の向上が必要となる。• 現時点で各ソリューションの有用性を向上するためには、通信品質(無線通信)の向上が第一に挙げられる。無線通信によりフィールドでの提供エリアの自由度が大幅に改善され、作業者の作業妨げとならない情報を提供することが可能となる。• 高詳細な画像情報(大容量データ)をデバイスに瞬時(低遅延)に伝送することを実現するローカル5Gを活用することにより、大幅な通信品質を向上することが期待できる。高詳細な画像情報として、現時点の期待されるデータは、画像分析用データとしてデバイス側からHD画質(720p)相当のデータを伝送することが好ましい。将来は、フルHD(1080p)4K(2160p)、相当の画像データを使用することでより高精度の分析が可能であり、使用用途の広がりが期待される。• ローカル5Gは、本実証実験の分野における作業エリア分布を考慮し、安定的にサービス品質を提供するための基幹となる技術となりえる。また、同一エリアの複数作業者の思考、行動の妨げにならない情報伝送に必要な技術であり、継続的な品質、作業効率向上に必要な通信インフラ基盤としての活用が十分に期待できる。
生活領域 (防犯ソリューション)	<ul style="list-style-type: none">• 生産エリアとその周辺をより効率的に検出することが必要であり、主に技術面の課題は、通信品質の向上、分析技術(AIによる分析、蓄積した画像情報の効率的なデータ整理)の向上、デバイス技術の向上が挙げられる。• 現時点で大きく有用性を向上するためには、通信品質(無線通信)の向上が挙げられる。カメラを設置個所から広域で捉え、広い検出エリアを確保できる高解像度の映像(画像)情報、自由な設置を可能とする高品質な無線通信技術が必要と考えられる。• 不審車両、不審人物を検出する仕組みとして、現時点の技術から期待されるデータは、映像分析用データとしてカメラから4K(2160p 20fps)相当のデータを伝送することが好ましい。将来は、8K(4320p 120fps)相当のデータを使用することでより細かな検出、高効率なエリアカバーが期待される。• ローカル5Gは、本実証実験の分野における作業エリア分布を考慮し、安定的にサービス品質を提供するための最適な通信手段となりえる。同一エリアの環境に柔軟に設置可能な仕組みを提供し、効率的なカメラ位置による監視を容易に構築が可能である。少ないカメラで不審車両・不審人物検出が可能となる技術であり、継続的な品質、作業効率向上に必要な通信インフラ基盤としての活用が十分に期待できる。

ローカル5Gの性能評価等の技術実証

実証目標

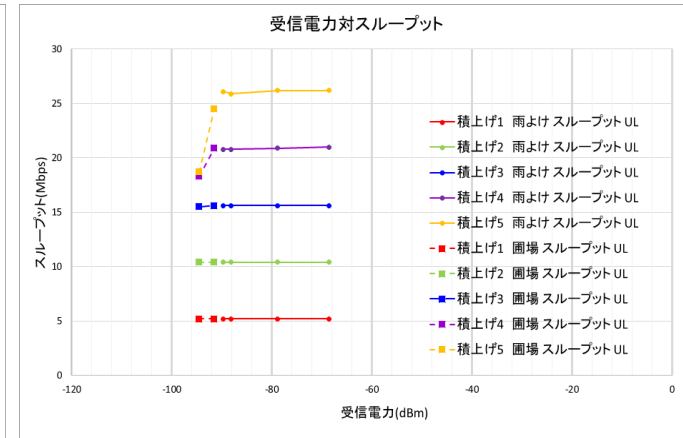
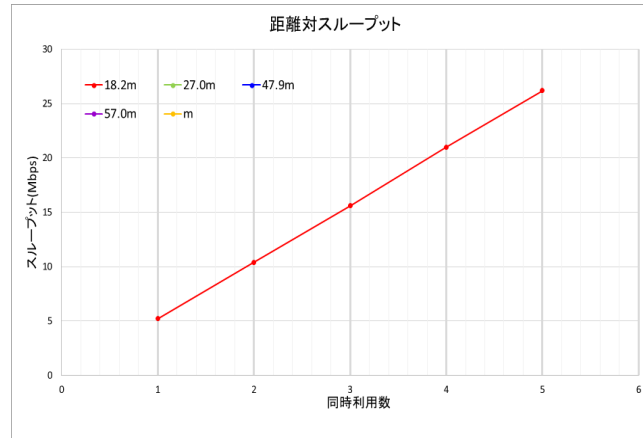
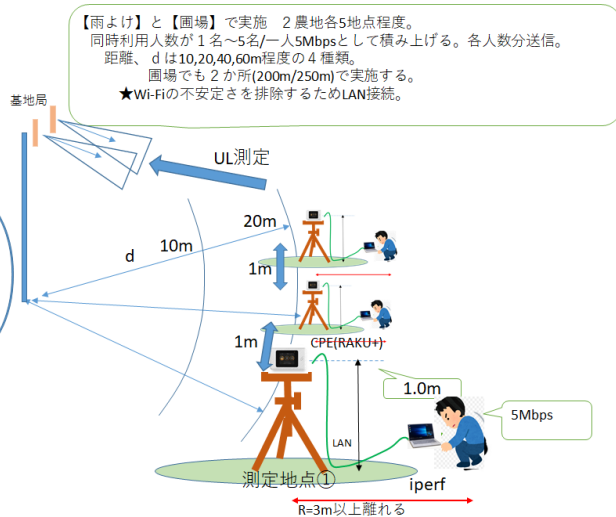
ローカル5Gの性能評価等の技術実証の実証目標と、目標に対する課題及びアプローチを以下に示す。

調査検討事項	課題(実証の観点)	実証目標	アプローチ(実証内容)
ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等 (調査検討事項 ア)	<ul style="list-style-type: none"> 農業分野においてローカル5Gを広く普及させるためには、圃場における所望エリアで所望の通信品質が確保できる必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 圃場や試験場に構築するローカル5G実証環境で、エリア内の受信電力や映像伝送を想定した伝送スループットを測定する。 課題解決システムの要求値を実現しない場合、解決するための帯域幅、送信電力の導出する。 技術的課題を検証する。 	<ul style="list-style-type: none"> 圃場環境(ハウス、雨よけ及び圃場)に構築したローカル5Gの実証環境において、電波伝搬特性を測定した。 通信品質と受信電力の関係(受信電力対伝送スループット特性)を導出した。 要求値を満たさない測定地点の条件を整理し、要求値を満たすための帯域幅、送信電力を導出した。
ローカル5Gのエリア構築やシステム構成の検証等 (調査検討事項 イ)	<ul style="list-style-type: none"> ローカル5Gの無線局免許審査において、申請者が算出するカバーエリアが実際よりも広がる場合、希望する基地局設置条件での免許取得が難しくなる可能性がある。 最適なローカル5Gのエリア構築やシステム構成が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 圃場環境におけるローカル5Gのエリア構築に活用可能な電波伝搬モデルを導出する。 圃場の植生等の遮蔽損失を測定した結果を踏まえ電波伝搬モデルの補正の導出。 フェージングの標準偏差の算出結果を踏まえた電波伝搬モデルを算出する。 	<ul style="list-style-type: none"> 取得した電波伝搬特性データを用いて、圃場環境に適した電波伝搬モデルを導出した。 導出した電波伝搬モデルによる計算値と測定値の比較より、フェージングの標準偏差を算出した。 所定の無線品質を満たすカバーエリア率を算出する手法を整理した。
その他ローカル5Gに関する技術実証 (調査検討事項 ウ)	<ul style="list-style-type: none"> ローカル5Gの普及を促進するためには、できるだけアンテナ高を低く抑え、設置及び保守のコストを抑制することが重要である(本課題の提案理由)。 	<ul style="list-style-type: none"> 圃場環境において通信品質の確保とローカル5G基地局アンテナの設置・保守コスト抑制を両立する方法について検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> 一部の環境(雨よけ)に設置する基地局アンテナの高さを変更して、受信電力を測定した。 基地局のアンテナ高が低い場合に適用できる電波伝搬モデルを導出(基地局アンテナ高に応じた新たな係数・補正項の検討)した。 導出した電波伝搬モデルや受信電力対伝送スループット特性より、所望エリアで通信品質が確保できる基地局のアンテナ高を求める手法を整理した。

ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等(調査検討事項 ア)

ユースケースに基づくローカル5Gの性能評価等(調査検討事項 ア)の検証内容を以下に示す。

計測指標	評価・検証方法	検証結果
<匠ソリューション> ・伝送遅延(目標: 80msec以下) ・スループット(目標: ULで最大25Mbpsの映像伝送(5Mbps × 最大5台))	<ul style="list-style-type: none"> ローカル5G基地局を設置した圃場及び果樹試験場のエリアにおいて、基地局周辺に20カ所程度の測定地点を選定。 エリアテスタなどの測定機材を使用して、受信電力(RSRP)の測定を実施。 端末に接続したPCでPINGによるサーバとの伝送遅延、Iperfによるスループットを測定(左図)。 	<ul style="list-style-type: none"> 伝送遅延は、全ての測定地点で要求値(80msec以下)を達成した。 スループットは、雨よけ及び圃場の全ての測定地点で要求値(ULで最大25Mbpsの映像伝送)を達成(中央図)した。
<防犯ソリューション> ・スループット(目標: ULで合計60Mbpsの4Kカメラ映像伝送(1台: 20Mbps))	<ul style="list-style-type: none"> 端末に接続したPCと監視室に設定したPCとの間での通信を確立し、Iperfによる上り(UL)方向での送信受信を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> 要求値(ULで合計60Mbpsの4Kカメラ映像伝送(1台: 20Mbps))を達成した。
課題解決システムの要求値を実現しない場合の、要求値を満たすための帯域幅、送信電力の導出	<ul style="list-style-type: none"> スループットの要求値を実現しない測定地点の受信電力対スループット特性を確認し、要求値を満たす送信電力値を導出。 	<ul style="list-style-type: none"> 要求値を実現する方策として、受信電力が-90dBm以上となるようなエリア設計(基地局アンテナをより近い場所に設置するなど)が必要(右図)である。



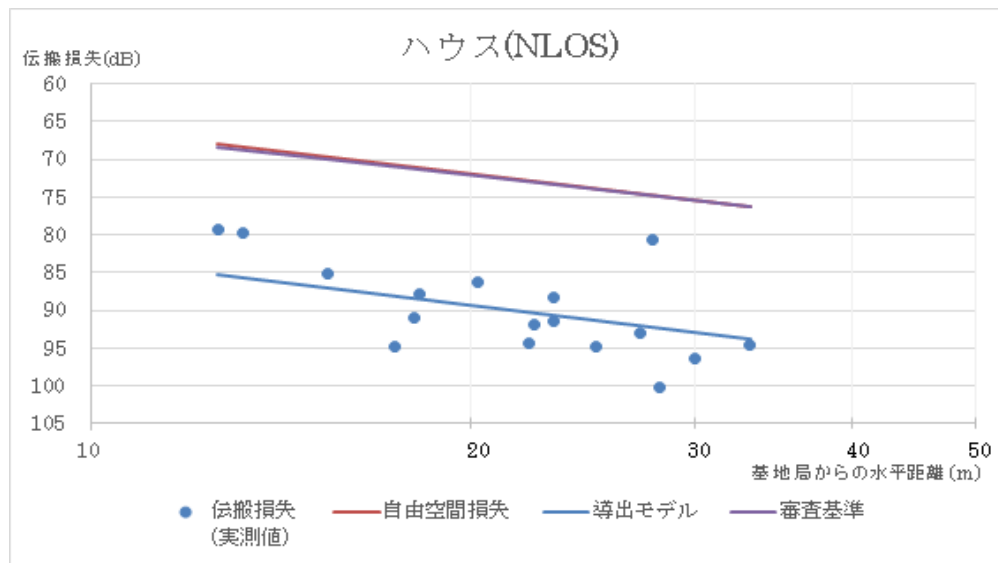
ローカル5Gに関する各検証項目（調査検討事項 イ）

ローカル5Gに関する各検証項目（調査検討事項 イ）の検証内容を以下に示す。

計測指標	評価・検証方法	検証結果
圃場の植生等の遮蔽損失を測定した結果を踏まえ電波伝搬モデルの補正	<ul style="list-style-type: none"> 基本モデルとして、自由空間損失モデルを選定。 調査検討事項 ア でとりまとめたローカル5Gの受信電力等の各種データを用いて基本モデルを補正し、圃場環境に適した電波伝搬モデルを導出。 果樹試験場（ハウス及び雨よけ）及び圃場の各環境にて計算した受信電力と測定データとの比較を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> 電波伝搬モデルの補正項の値とフェージングの標準偏差となるRMSEの値を導出した（下表）。
フェージングの標準偏差の算出結果を踏まえた電波伝搬モデル	<ul style="list-style-type: none"> 導出した電波伝搬モデルによる計算値と測定値の比較により、フェージングの標準偏差等を算出。 所定の無線品質を満たすカバーエリア率を算出する手法を検討。 	<ul style="list-style-type: none"> 導出した電波伝搬モデルのRMSEは、自由空間損失モデルや審査基準モデルのRMSEに比べて大幅に小さくなり、直線近似モデルとほぼ同等となった（右図）。 上記結果に基づき、所定の無線品質を満たすカバーエリア率を算出する手順（要件整理→カバーエリア判定基準値算出→劣化率算出→カバーエリア率算出）を整理することが出来た。

場所	補正項 [dB]	
ハウス	Dgh	17.4
雨よけ	Drs	14.2
圃場	Dfd	13.3

場所	導出した電波伝搬モデルのRMSE [dB]	自由空間損失モデルのRMSE [dB]	審査基準モデルのRMSE [dB]	直線近似モデルのRMSE [dB]
ハウス	4.8	18.1	18.0	4.6
雨よけ	5.0	15.1	15.0	4.0
圃場	3.9	13.9	11.5	3.6



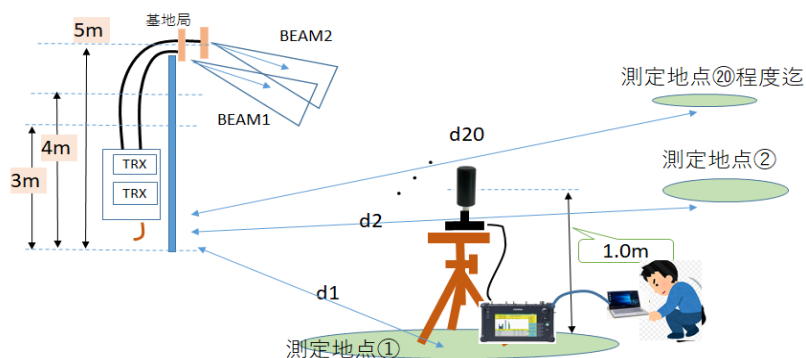
その他ローカル5Gに関する技術実証(調査検討事項 ウ)

その他ローカル5Gに関する技術実証(調査検討事項 ウ)の検証内容を以下に示す。

計測指標	評価・検証方法	検証結果
圃場環境の所望のエリアにおける通信品質確保と、ローカル5G基地局アンテナの設置・保守コスト抑制を両立する方法の検討	<ul style="list-style-type: none"> 調査検討事項アと同様の測定機材を使用し、果樹試験場(雨よけ)に設置するローカル5G基地局のアンテナの高さ(5m程度を想定)を低くした場合について、受信電力(RSRP)を測定し伝搬距離対受信電力特性を整理(下図)。 調査検討事項イで導出した電波伝搬モデルによる計算値と測定値の比較分析を行い、「アンテナ高の影響をより正確に反映できる補正項」を追加した電波伝搬モデルを導出。 	<ul style="list-style-type: none"> 導出した電波伝搬モデルのRMSEは、自由空間損失モデルや審査基準モデルのRMSEに比べて大幅に小さくなり、直線近似モデルとほぼ同等となった(下表)。 品質面として5m、4mと比較して、3mにおいて伝搬損失が大きくなる傾向はみられなかった。 所望エリアで所望の通信品質を確保するためには、基地局のアンテナ高が低い場合に適用できる電波伝搬モデルとして、基地局アンテナ高が3m~5mの範囲で補正項の値を変更することなく、5mの場合と同じ電波伝搬損失の計算式を利用することが適切である。 上記結果に基づき、所望エリアで所望通信品質が確保できる基地局のアンテナ高を求める手順を整理することが出来た。

測定機	モデル	
アンリツ	ML8780A + MU878070A	アンテZ1911B

アンテナ高を5mから4mと3mの合計3種類のRSRPの測定を実施する。



基地局アンテナ高 [m]	補正項 [dB]	
5	Drs	14.2
4	D4m	13.9
3	D3m	12.7

基地局アンテナ高 [m]	導出した電波伝搬モデルのRMSE [dB]	自由空間損失モデルのRMSE [dB]	審査基準モデルのRMSE [dB]	直線近似モデルのRMSE [dB]
5	5.0	15.1	15.0	4.0
4	4.4	14.5	14.4	4.0
3	3.2	13.1	12.7	3.2

実証目標の達成方法(ローカル5Gの検証まとめ)

ローカル5Gの検証全体を通じた結果について記載する。

項目	結果
課題解決システムの要求値を実現する方策 (調査検討事項 ア)	<ul style="list-style-type: none">受信電力が-90dBm以上となるようなエリア設計(基地局アンテナをより近い場所に設置するなど)を行う。
遮蔽損失を踏まえた電波伝搬モデルの補正 (調査検討事項 イ)	<ul style="list-style-type: none">調査検討事項 ア でとりまとめたローカル5Gの受信電力等の各種データを用いて基本モデルを補正。
フェージングの標準偏差の算出結果を踏まえた電波伝搬モデル (調査検討事項 イ)	<ul style="list-style-type: none">電波伝搬モデルの補正項の値とフェージングの標準偏差となるRMSEの値を導出する。導出した電波伝搬モデルを用いて、所定の無線品質を満たすカバーエリア率を算出する(要件整理→カバーエリア判定基準値算出→劣化率算出→カバーエリア率算出)。
設置及び保守のコストを抑制したエリア構築を行えるようにするための基地局のアンテナ高を 求める手法 (調査検討事項 ウ)	<ul style="list-style-type: none">基地局アンテナ高が3m~5mの範囲において補正項の値は同一で良く、最適な基地局アンテナ高は3m。
残課題	<ul style="list-style-type: none">自由空間損失に対する補正項やフェージングの標準偏差に関して、より多くの圃場環境でデータ収集を行い、統計的信頼度を高めること(様々な遮蔽損失の影響を、追加の補正項のオプションとして反映させる等)。実際のブドウの栽培時期の影響をローカル5Gの評価に反映すること(今回の検証条件と、雨よけと圃場の実際の栽培時期の条件は異なる可能性がある)。

実装・横展開に関する検討

前提条件

関係者の意向を以下に示す。

■ 山梨県

- 本実証の目的であるAIやスマートグラスを利用して「匠の技」を継承することで、就農者の技術向上を図るとともに、新規就農者の拡大を目指す。
- 実装・横展開の検討においては、その核となる課題解決システム(匠ソリューション)の実効性を検証するとともに、その成果を主に県内の農業振興に活かす意向。
- 特に、シャインマスカットに関する山梨県の知財(カラーチャートなど)を活用した育成技術に関連する部分は、県内限定での実装・横展開を想定。
- また、ブドウ農家は多品種栽培をする場合が多いことから、他のブドウ品種への拡大も期待。
- 一方で、山梨県の知財に抵触しない匠ソリューションの構成要素や防犯ソリューションについては、県外への横展開を否定するものではなく、地域産業や地場業者の育成を見据え、前向きに取り組む方向性。

■ NEC

- 代表企業であるNECにおいては、本実証の意図するところを踏まえ、実装・横展開ともに前向きに取り組む。
- 特に、Society5.0の実現に向け、そのプラットフォームとしてローカル5G及びその周辺ソリューションに期待しており、本実証を契機に、次世代農業ソリューションの確立、並びに新規就農者の拡大とその定住を見据えたシェア型のローカル5G提供モデル化を目指す。

■ YSK e-com

- 主に匠ソリューションと防犯ソリューションの開発及び実証を担当するYSK e-comにおいては、今回構築した各ソリューションの実装・横展開を積極的に推進する意向。

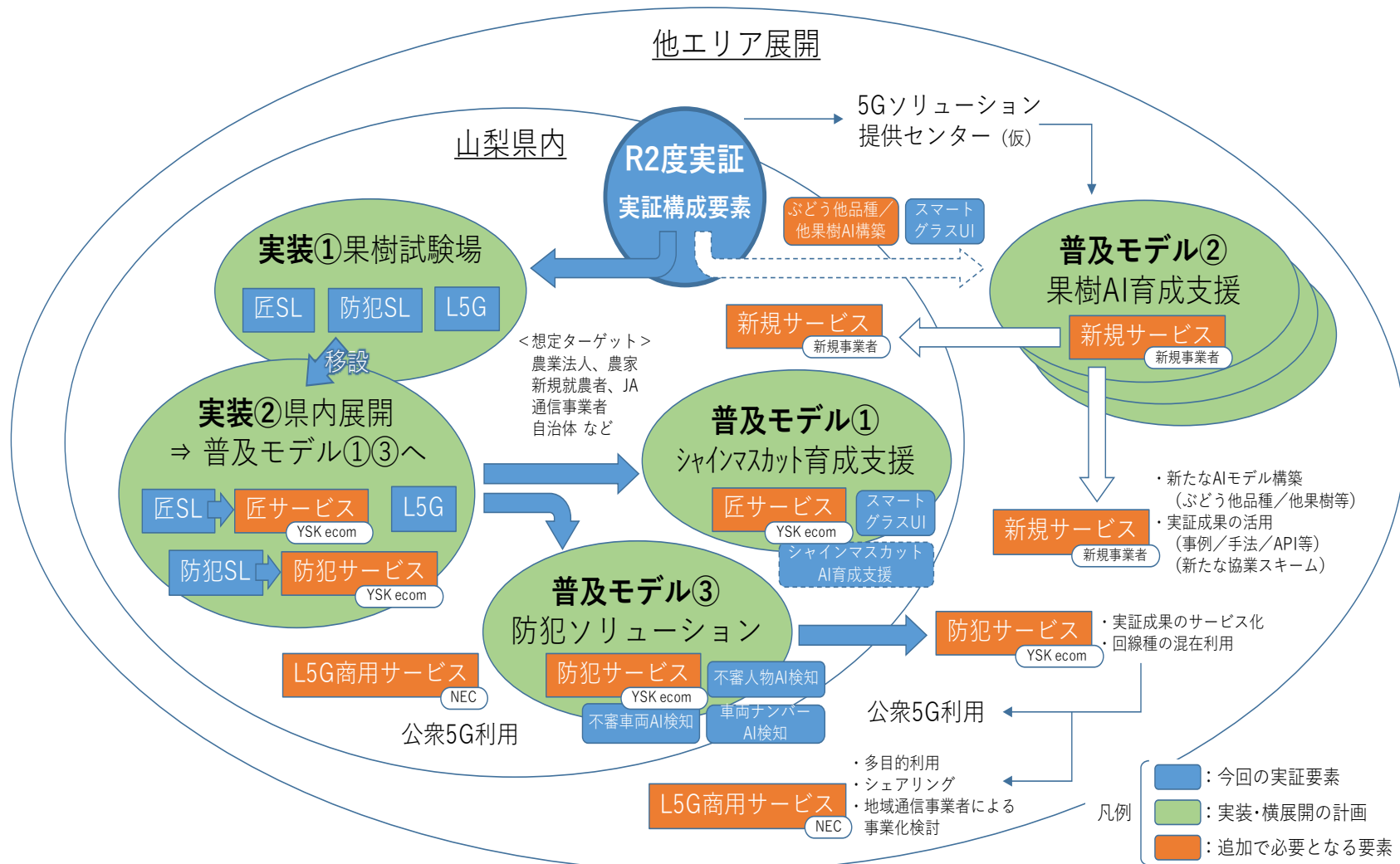
制約条件等を以下に示す。

- 課題解決システム(匠ソリューション)は、山梨県の知財である県独自のシャインマスカット栽培技術に基づきAIモデルを構築しているため、その知財を活用する分野においては山梨県内に限定した実装・横展開が前提。
- 他都道府県への展開にあたっては、同じシャインマスカットであってもそれぞれ採用する栽培技術があると想定されるため、本実証にて構築したシステムをベースに、別のAIモデルを構築したうえで、横展開が必要。

前提条件

実装・横展開に関する全体イメージを以下に示す。今回の実証を構成する各要素に対して、実装を2段階、横展開を3つの普及モデルとして計画する。

- 実装・横展開の全体像



持続可能な事業モデル等の構築・計画

実証終了後の継続利用について以下に示す。

■ 対象とする地域課題

- 山梨県内におけるシャインマスカット「匠の技」の継承、栽培管理技術の効率化、品質向上、売上増加、ブランド強化。
- 山梨県内におけるシャインマスカット新規就農者の拡大。
- ブドウ農家におけるシャインマスカット盗難（防犯対策）。

■ 実証終了後の継続的利用の見通し

- 令和3年度の農林水産省実証の結果、経験の浅い農業従事者がスマートグラスを使うことで40～55%効率化、品質向上、売上増加、ブランド強化などの成果が得られた場合、本事業で開発した課題解決システムを果樹試験場で継続使用し、新規就農者向けのトレーニング環境を整備するとともに、山梨県内農業法人への展開を目指して見本展示することを検討。
- 継続利用のため、周波数の4.75GHz帯から4.8～4.9GHz帯への移行及び対応する設備の更新を実施する。
- また、令和5年度には実証設備の有効利用と実証成果の実用性検証を目的として特定の農業法人へ展開することを前提に、ローカル5G環境を移設し、課題解決システムのサービス化を検討。
- なお、令和3年度の実証結果において期待する成果が得られなかった場合、果樹試験場内での継続利用（新品種への適用検討含む）あるいは、農業系教育機関での利活用といった継続利用の在り方を検討する方針。

■ 運営体制・内容

- 令和4年度は実証体制を継続し、継続利用する。
- 令和5年度は山梨県内農業法人への展開を前提とし、実証体制を継続しつつ、ビジネスプランに応じて体制を見直す。ローカル5G環境及び課題解決システムは農業法人に移設する。

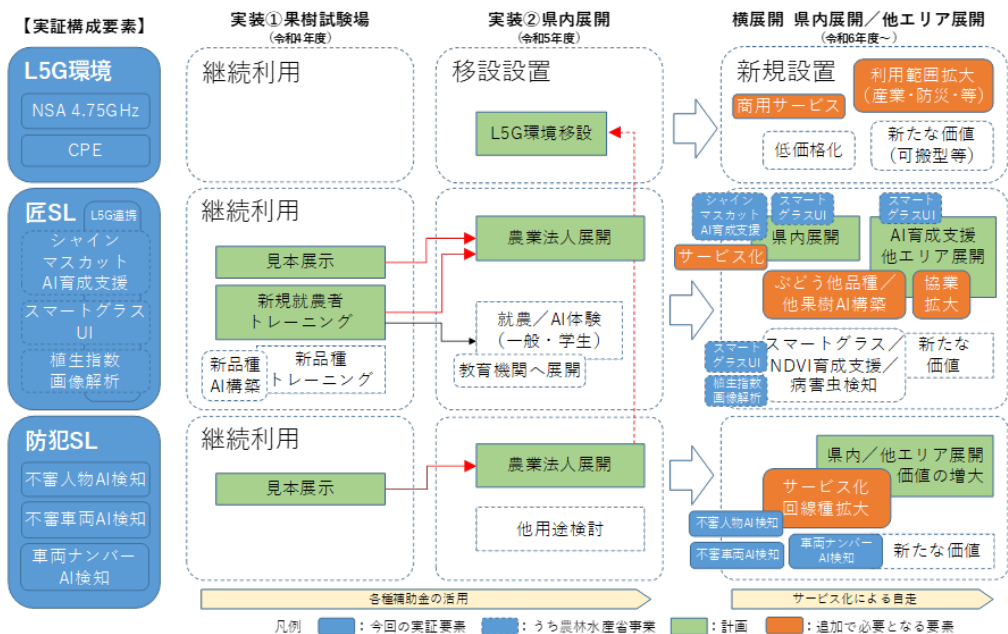
■ 課題

- 令和4年度から令和5年度の環境維持費やサービス利用料、並びに令和5年度の移設費用については、受益者負担によるビジネスモデル確立が難しいため、令和6年度以降の普及モデルが実現するまでの間、現在のSociety5.0交付金に相当するような各種補助の活用も視野に検討が必要。
- 令和5年度の山梨県内農業法人の確保に向け、令和4年度中にリクルート、プロモーションを展開が必要。

持続可能な事業モデル等の構築・計画

持続可能な事業モデルを以下に示す。

● 事業モデル概要図



実装計画を以下に示す。

● 令和3年度以降の事業スケジュール(実証終了後5年間～)

	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	令和7年度
実証事業	農林水産省実証事業				
実装計画		効果検証結果 事業化検討	実証場所での継続運用 見本展示 トレーニング環境	農業法人への移設、検証 横展開準備	農業法人における運用 横展開 (県内提供エリア拡大)
費用計画		各種補助金の活用		サービス化による自走	

- 実証で構築した課題解決システム(匠ソリューション、防犯ソリューション)を提供。
- 令和4年度については、令和3年度までの農研機構事業(農林水産省)の運営体制及びコンソーシアム内の役割分担を継続。

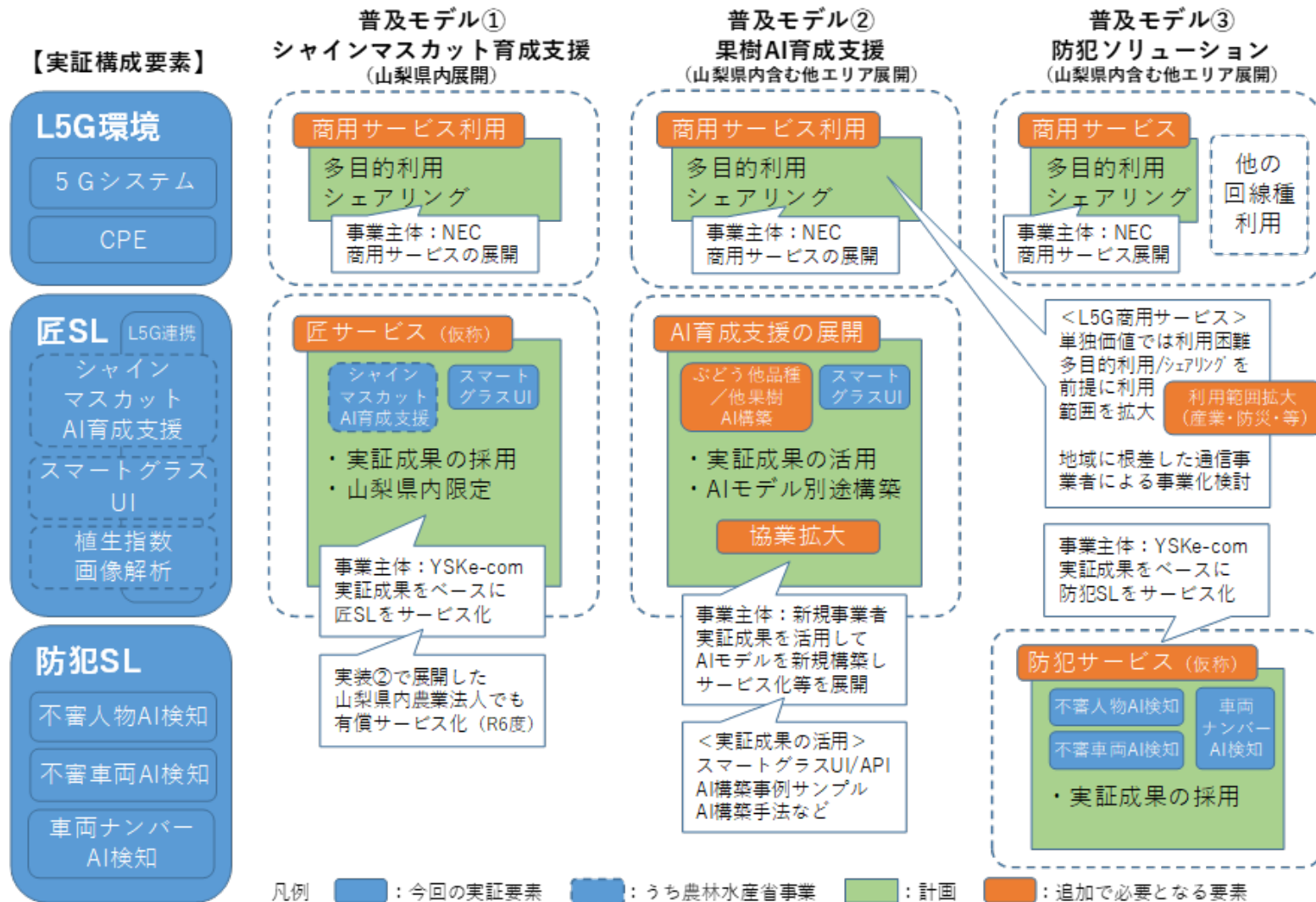
事業化における課題と検討の方向性を以下に示す。

- 課題解決システム導入、維持に要するコストの負担。
 - ・ 課題解決システムの利用には、ローカル5G基地局の設置及び、スマートグラスやカメラ等の設備が必要となり、コスト負担が非常に大きくなるのが課題。
- ネットワーク回線敷設に要する地権者等との調整負担
 - ・ 利用エリア拡大にあたっては、利用場所へのローカル5G基地局設置が必要であり、基地局までの回線敷設の調整が必要。

横展開に資する普及モデルに関する検討

横展開において、他地域の実装や検討に資する標準的な3つの普及モデルを以下に示す。

- 横展開: 普及モデルの全体像



横展開に資する普及モデルに関する検討

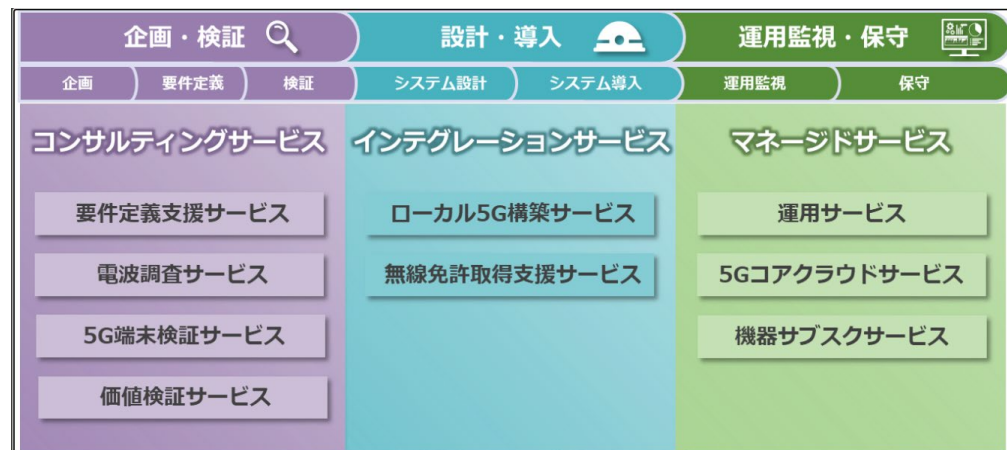
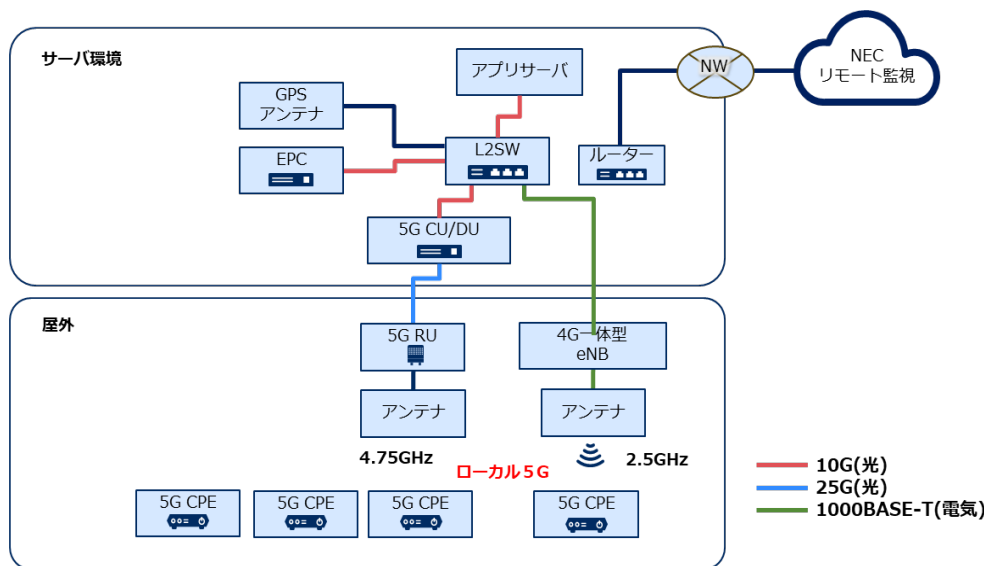
普及モデルに関する検討結果を以下に示す。

項目	普及モデル① シャインマスカット育成支援 (山梨県内展開)	普及モデル② 果樹AI育成支援 (山梨県内を含む他エリア展開)	普及モデル③ 防犯ソリューション (山梨県内を含む他エリア展開)
対象となるシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・匠ソリューション「シャインマスカットAI育成支援」「スマートグラスUI」をYSKe-comを事業主体として匠サービス(仮称)を展開する。 ・ローカル5G環境について、NECを事業主体とした匠サービス(仮称)を展開する。 ※令和6年度より開始。 	<ul style="list-style-type: none"> ・山梨県産シャインマスカット以外のぶどう他品種や他果樹を対象に新たなAIモデルを別途新規構築し、新たな事業主体においてサービス化等を実施する。 ※令和6年度以降に開始。 	<ul style="list-style-type: none"> ・匠ソリューション「不審人物AI検知」「不審車両AI検知」「車両ナンバーAI検知」をYSKe-comを事業主体として防犯サービス(仮称)を展開する。 ・ローカル5G環境について、NECを事業主体とした商用サービスを利用し、新サービスを展開。ローカル5G以外の回線種利用を組み合わせて利用する。 ・令和6年度より開始。
想定ターゲット	<ul style="list-style-type: none"> ・匠サービス(仮称):山梨県内のシャインマスカットを生産する農業法人、熟練農家(匠)、一般農家、新規就農者、JAなど。 ・ローカル5G商用サービス:同上の農業法人、農家、新規就農者、地域の受益者、通信事業者、自治体など。 	<ul style="list-style-type: none"> ・果樹AI育成支援サービス:対象となる果樹を生産する農業法人、熟練農家(匠)、一般農家、新規就農者、JAなど。 ・ローカル5G商用サービス:同上の農業法人、農家、新規就農者、地域の受益者、通信事業者、自治体など。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防犯サービス(仮称):匠サービス(仮称)ユーザ、各種農業法人、農家、その他一般法人/個人など。 ・ローカル5G商用サービス:同上の農業法人、農家、地域の受益者、通信事業者、自治体など。 ・他の回線種利用:一般法人/個人など。
想定される導入効果	<ul style="list-style-type: none"> ・房づくり/摘粒等作業時間の削減。 ・秀品率の向上。 ・雇用労働者活用による規模拡大(農業法人、熟練農家(匠)、一般農家)、新規就農者の増加。 ・ローカル5G環境を導入する農村地域における通信環境の向上。 	<ul style="list-style-type: none"> ・匠ソリューションで実証される導入効果から推計される効果(作業時間の削減、秀品率の向上、新規就農者の増加等)。 ・ローカル5G環境を導入する農村地域における通信環境の向上。 	<ul style="list-style-type: none"> ・果樹等盗難被害の減少、抑止効果。 ・一般的な防犯対策、被害の回復支援。 ・ローカル5G環境を導入する農村地域における通信環境の向上。
横展開に向けた課題と対応策	<ul style="list-style-type: none"> ・山梨県が有する知財(独自カラーチャート等)を利用してAIモデルを構築しており、山梨県外への展開については山梨県の実証が必要。当面は山梨県内限定の事業展開とし、事業計画の見直しの中で山梨県と調整。 ・ローカル5Gの商用サービス自体は令和6年までに低価格化が期待できないため、導入地域内で多目的利用し、全体の価値を高めた他事業展開を目指す。 	<ul style="list-style-type: none"> ・AIモデルの新規構築及び実効性のあるサービスモデル構築が課題。AI育成支援で培った手法と構築事例に係る概要をまとめ、UI及びAPI活用を新規事業者との実証体系普及に向けた取り組みを推進。 ・新規事業者の獲得に向けた見学会、機関誌やマスコミ等に、スマート農業事例として掲載を依頼等、プロモーション活動を行う。 ・ローカル5Gの商用サービスについて、導入地域内で多目的利用し、全体の価値を高めた他事業展開を目指し、地域の通信事業者(地場ケーブルTV事業者など)が他事業展開の事業主体となる案も検討。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防犯による安心感の獲得と投資コストのバランスが課題。今回の実証においてはシャインマスカットの盗難防止として夜間の圃場等の非常に暗い場所での検知に重きを置き、4Kカメラと赤外線投射装置の組み合わせで実証を行い基本モデルとしたが、用途においては廉価なIPカメラで代用も検討。 ・ローカル5Gの商用サービスについて、導入地域内で多目的利用し、全体の価値を高めた他事業展開を目指し、地域の通信事業者(地場ケーブルTV事業者など)が他事業展開の事業主体となる案も検討。

共同利用型プラットフォームに関する検討

本事業にて検討した、共同利用型プラットフォームを構築するために求められる内容を以下に示す。

- 本実証について、共通プラットフォームとして有効と思われる要素を抽出した。
 - 本実証にて構築した、ローカル5Gシステム、シャインマスカットAI育成支援システム、スマートグラスAI投影システム、不審人物／不審車両AI検知システムについて、共通プラットフォームとして有効と思われる要素を抽出。
 - 各システム構成要素の機能モジュール、機能仕様、インターフェース(API等)、データ連携仕様(フォーマット等)、あるいは成果物や事例等が横展開の促進に資すると想定する(左図はローカル5Gシステムの構成例を示す)。
- 共通プラットフォームへの提供イメージと合致した製品のパターン・スキームを検討した。
 - ローカル5G商用サービスにおいては、調査・企画段階のコンサルティングから、導入工程の構築や無線免許申請支援、お客様に代わりシステム運用など、ローカル5Gの企画、導入から運用まで広範囲に渡りサービス型で提供する例を作成(右図)。
 - アプリ領域、機器制御領域の提供例として、クラウド、MEC(Mobile Edge Computing)、現地(オンプレミス)のそれぞれの環境についてアプリを提供することを検討。ローカル5Gの性質である「大容量」「低遅延」「多接続」、及び設置コストを考慮すると、MEC型として近隣地域で同じ機能を使う際に共有できる仕組みを提供することが望ましい。



共同利用型プラットフォームに関する検討

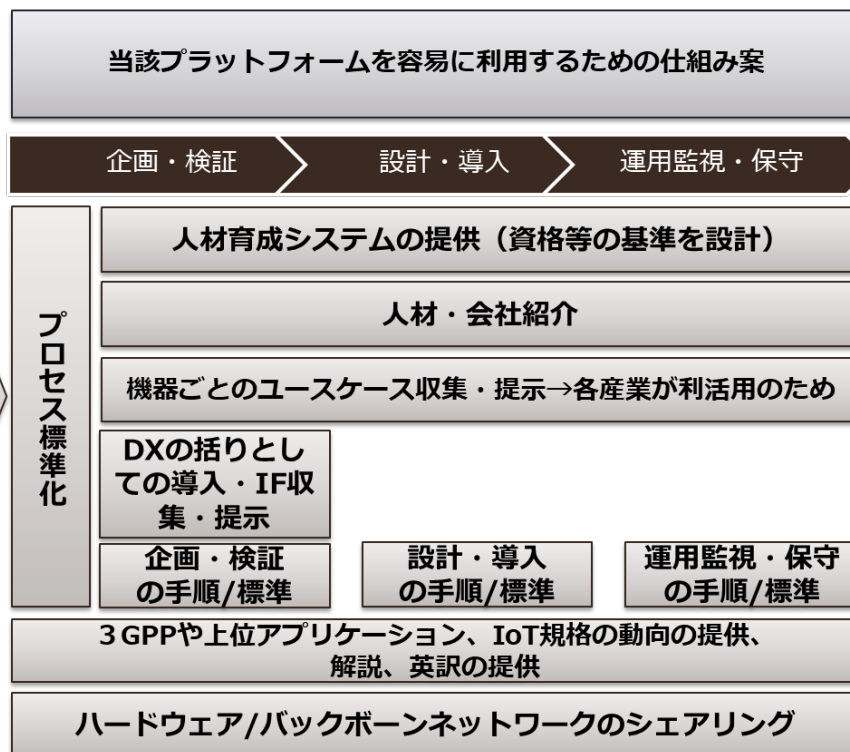
本事業にて検討した、共同利用型プラットフォームを構築するために求められる内容を以下に示す。

- 5Gソリューション提供センター(仮称)の企画・設立展開に資すると思われる要素について検討を実施した。
 - ソリューションを容易に利用できるように必要な要素は、プロセス標準化、人材育成の提供、人材・会社紹介、技術支援・コンサルタント、各産業が利活用できるような機器毎のユースケース収集・提示、DCの括りとしての導入・IF収集・提示、規格・検証、設計・導入、運用監視・保守の各プロセスの手順や標準、3GPPや上位アプリケーション、IoT規格の動向の提供、解説、英訳の提供、ハードウェア/バックボーンネットワークのシェアリングが考えられる。
 - また、ローカル5Gシステムは、規格である3GPPの版数により、提供できるネットワーク性能や機能が変わってくるため、各要素において、3GPP規格版数の明確化をすることも必要であると考ええる。

当該プラットフォームが具備すべきモジュールや機能群、必要とされるインターフェース(API等)、データ連携仕様(フォーマット等)などに係る仕様案

アプリケーション		AI 共通 辞書
上位アプリケーション、クラウドサービス等と連携するためのインタフェース、取り扱うデータモデル、データフロー		
全体としてローカルネットワークが機能するための運用機能、全体連携の動的制御、管理コンソール		評価実績の活用 (ネットワーク性能、3GPP規格版数等)
適用業務特性に合わせたチューニングデータ	適用業務特性に合わせたチューニングデータ	
機器毎のローカライズエリア導入における独自Configパラメータセット	連動を踏まえた独自Configパラメータセット	
5G対応通信機器	PS/LTE,LPWA等共存通信機器	
IoTデバイスとの連動モジュール、スクリプトファイル		
IoT機器(センサリングデバイス、メディアデバイス:音声、画像、動画管理)		

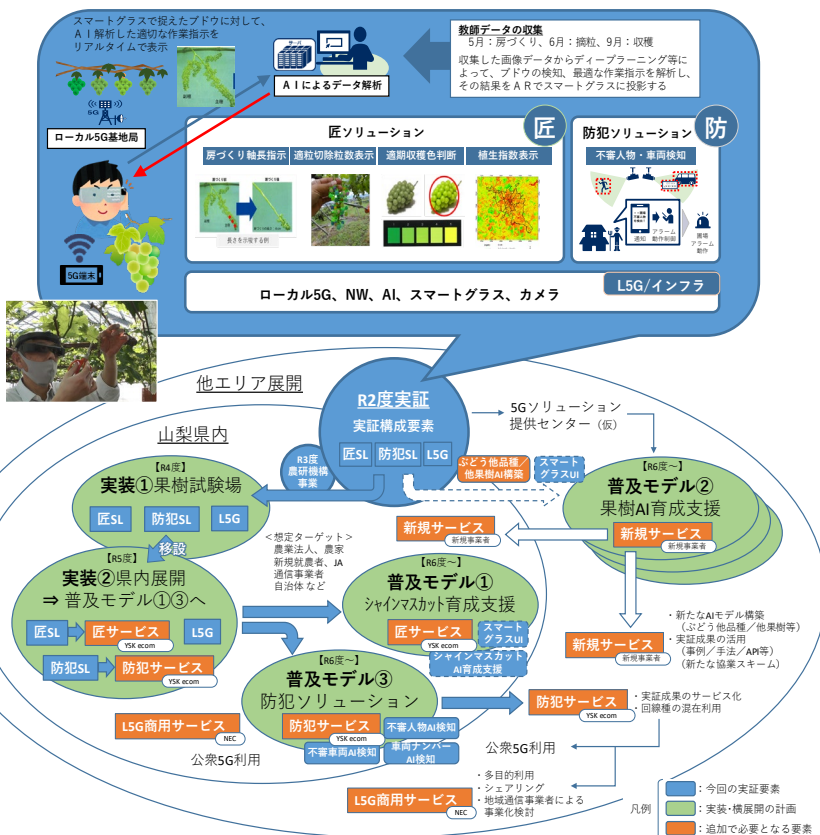
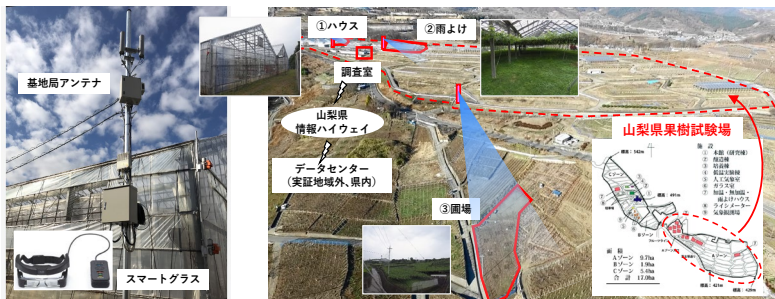
容易に利用できるために



まとめ

まとめ

ローカル5Gの無線ネットワークを最大限に活かし、ブドウ農家の生産性向上・高付加価値化を図る仕組みとしては一定の成果を上げることができた。



実証内容	目標	成果
匠ソリューション ①房づくり 軸長指示	表示：軸長表示まで2秒 検出精度：95%	表示：1.81秒 ※4G参考：6.76秒 検出精度：89.61% (房づくり前) 93.51% (房づくり後)
匠ソリューション ②摘粒切除 粒数表示	表示：粒数表示まで2秒 検出精度：95%	表示：2.11秒 検出精度：88.51%
匠ソリューション ③適期収穫色判断	表示：カーチャート表示まで3秒 検出精度：85%	表示：2.77秒 ※4G参考：8.88秒 検出精度：54.25%
匠ソリューション ④植生指数	誤差：2m程度	誤差：2m以内
防犯ソリューション ⑤不審人物検知	昼夜／検出率：90% 最大検知距離の測定 アラートメール送信：10秒以内	全体検出率：93.80% 最大検知距離：31m アラート通知メール：1秒以内
防犯ソリューション ⑥不審車両検知	昼夜／検出率：距離8m, 時速 20Km以下で90% アラートメール送信：10秒以内	全体検出率：86.7% (左記の目標条件：97%) アラート通知メール：1秒以内
防犯ソリューション ⑦車両ナンバー検知	上記⑥に準じる	全体検出率：43.2% (左記の目標条件：59.1%) アラート通知メール：1秒以内
ローカル5G	遅延：80msec以下	遅延80msec以下を達成 (計52測定地点)
	UL：60Mbps DL：800Mbps 匠ソリューションのUL： スマートグラス 5Mbps×5 防犯ソリューションのUL： カメラ 20Mbps×3	匠ソリューションのUL： 25Mbpsを達成 (2か所) (圃場のみ19Mbps地点あり) 防犯ソリューションのUL： 60Mbpsを達成
	アンテナ高検討 (5m/4m/3m)	通信性能・設置コストを勘案し、 3mを最適な高さとした