

平成 31 年 2 月 28 日

平成 30 年度当初予算 IoT サービス創出支援事業 成果報告書

代表団体	(公財) いしかわ農業総合支援機構
共同実施団体	石川県かほく市、石川県農林総合研究センター、(株) N T T ドコモ、 キーウェアソリューションズ (株)
実証事業名	匠の技」を活用した IoT 技術指導モデルの展開事業
実証地域	石川県かほく市
対象分野	農林水産業
事業概要	静岡県浜松市（三ケ日・ミカン）で実施されている「匠の技」を活用した産地内共有・技能継承の仕組みをリファレンスモデルとし、これに石川県かほく市における地域課題の解決を加えた発展モデルの創出を行う。 【展開①】静岡県浜松市の取組をリファレンスとした学習支援システムの高度化と、新規就農者の学習環境の展開 【創出①】色再現性の高い高精細画像を活用した的確な遠隔技術指導の実証と収穫判断の最適化 【創出②】IoT を活用した圃場内のビッグデータ収集と、機械学習等による「匠の技」（作業判断等）の自動化の開発
実施期間	平成 30 年 7 月～平成 31 年 2 月

1. 事業概要

石川県産ブランドブドウ「ルビーロマン」は、厳しい出荷基準等から高度な栽培技術が必要であるが、熟練者の技術の承継が進んでおらず、生産者の約6割は商品化率が50%未満（平成29年度）と低い状況である。

①石川県産「ルビーロマン」は石川県育成の品種で、平成18年から県内産地へ苗木を導入し、産地化を推進するとともに、「鮮やかな赤色」「国内最大級の大粒」を武器に、生産者、農業団体、市場、県などの関係者が一体となってブランド化を進めてきた。

②ブランド化を図るため、生産者自ら厳しい出荷基準（着色（専用カラーチャートの2/5段階のみ）、1粒重20g以上、糖度18度以上）を設け、平成20年から出荷を開始し、出荷10年目にあたる平成30年の初競りでは一房110万円の値を付けるなど高値で市場取引され、市場からはもっと出荷量を増やしてほしいとの要望が強い。

③ルビーロマン栽培においては、熟練の技術を要するジベレリン処理や摘粒などの管理作業での少しのミスや、夏季の高温による着色不足などにより、出荷基準をクリアできない房が発生しており、商品化率は5割程度と他のぶどう品種（主力品種の商品化率は8～9割）に比べて低く、出荷量も大きく伸びていないことから、出荷量の増加に向けた商品化率の向上が課題となっている。

このため課題解決に向けて、本事業では学習支援システムと遠隔指導システムの実証を実施した。学習支援システムは、静岡県浜松市（三ヶ日・ミカン）での取組を参照して、熟練農業者の技術を動画等により習得を促す仕組みづくりと、環境データの分析から得られる技術を学習させるもの」がある。本実証では、各々について実施し、熟練農業者の「配置換え作業」に加え、環境データと商品化率との相関性のある3作業を形式知化した。遠隔指導システムは、ほ場での実証を行い、対象となる作業により、現行解像度で有効なものと、高解像度映像で有効になるものがあることが判明し、その適用可能性を整理した。



2. IoT サービスを活用して克服すべき地域課題（問題点）

石川県産のブドウ「ルビーロマン」は、「鮮やかな赤色」「国内最大級の大粒」を特徴とし、生産者、農業団体、市場、県などの関係者が一体となってブランド化を進めてきた。ブランド化を図るため、生産者自ら厳しい出荷基準【着色（専用カラーチャートの2/5段階のみ）、1粒

重 20 g 以上、糖度 18 度以上】）を設け、平成 20 年から市場へ出荷を開始し、現在でも高値で市場取引（H29 共販実績 6,603 円/房）され、市場からは更なる出荷量の拡大の要望が強い。

栽培面積および出荷量（H29：19.5ha、21,123 房）は年々増加しているが、ルビーロマン栽培では、厳しい出荷基準をクリアするため、熟練の技術を要する管理作業（摘粒、ジベレリン処理、水管理など）が多いことから、生産者間の技術差が大きく、出荷者の約 6 割は商品化率が 50%未満（H29）にとどまっており、更なる出荷量の拡大のためには果粒の位置をずらす配置換え作業などの栽培管理技術の習得や的確な収穫判断等による商品化率の向上が大きな課題である。

商品化率の高い生産者の技術、ノウハウはこれまでの長いブドウ栽培の経験から習得されたものであり、そのほとんどは形式知化されていない暗黙知である。課題解決に向け、栽培技術の習得を目的とした学習支援システムを構築に取り組んでいるところであるが、その仕組みを改良、発展させることで、熟練技術を速やかに形式知化し、産地全体に普及させることが重要である。

また、ルビーロマン生産者数 123 名（H29）に対し、栽培技術を指導する石川県の普及指導員は 6 名であることに加え、ルビーロマンの生産地は福井県と接する加賀市から能登半島の七尾市にわたる広範囲（約 120km）に及んでおり、圃場における現地指導には限界があり、遠隔で指導を行える環境が必要である。

さらには、近年は熟練生産者の高齢化が進んでおり、遠隔指導の仕組みは熟練生産者が離農した後も、在宅で画面での農業指導も可能とすることから、指導者不足への寄与も重要だと考えている。

こうした地域課題の解決に向けて、本事業ではルビーロマンに関する試験研究を担う石川県砂丘地農業研究センターが立地し、ルビーロマンの栽培が盛んに行われていることに加え、地域 IoT 官民ネットに参加している石川県かほく市を実証フィールドとし、同市を含む各者でコンソーシアムを組んで事業を実施した。石川県かほく市の概要は下記のとおりである。

【石川県かほく市の概要】

- ・面積：64.44 km²
- ・人口：35,400 人（H30.11 末日現在）
- ・地勢：石川県のほぼ中央、能登半島の付け根に位置し、県庁所在地である金沢市の約 20km 圏内にあり、西には日本海を望み、東西約 10km の間に、山地、丘陵地、沖積低地、海岸砂丘地といった様々な地形が形成。

3. 地域課題の解決に資する IoT サービス

本取り組みにおける IoT サービスとして、①暗黙知の形式知化に資する IoT サービスと②遠隔指導に資する IoT サービスを構築している。①暗黙技術の形式知化に資する IoT サービスは、熟練技術者の作業記録情報（動画情報含む）より熟練技術を分析・加工する事で、技術継承を行う為の学習教材を作成する IoT サービスと、センサー等により取得した圃場環境情報を栽培に生かすために、それらを分析し、圃場の環境情報を可視化する IoT サービスで構築されている。②遠隔指導に資する IoT サービスはスマートグラスを活用する事で、指導者が遠隔から生産者を指導する IoT サービスである。全体構成図を図 1 に詳細を以下に示す。

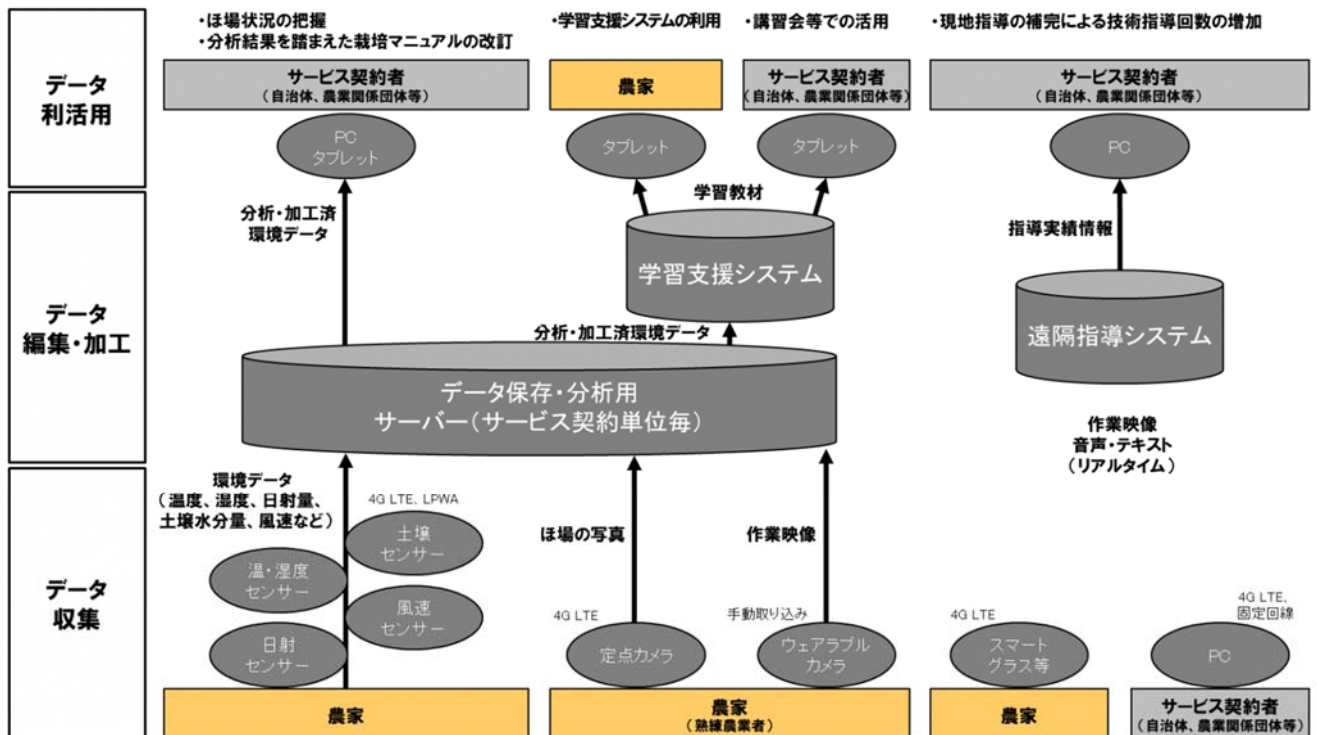


図1 IoT サービス概要

① 熟練者の暗黙技術の形式知化に資する IoT サービスについて

熟練者の暗黙技術の形式知化の手法として、熟練者が作業や判断をするときに、圃場や生産物のどこを見ているかの視線を可視化するアイカメラ等の IoT 機器を活用した視線解析や、何に気づいて行動判断を行うかといった気づき解析の手法がある。形式知化された熟練技術を、継承させる方法としては、熟練技術者が作業中や生産物の状態判断で見るポイントを写真で保存し、その写真からどのような判断をする必要があるかを問題とした学習教材を作成し、講習や研修を通じて技能継承を実施するモデルがある。上記一連の流れを以下(a)～(d)に示す。本取り組みは、静岡県浜松市三ケ日のミカンなどですでに取り組みが始まっている。(以下三ケ日モデルとする)。

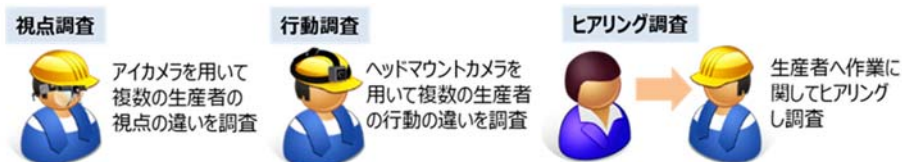
(a) 分析対象作業の整理

対象作業に関して、有識者知見や文献調査により、作業特性を整理する。本事業では、商品化率を下げている「房型不良」を救出する技術として、果粒の位置をずらす「配置換え作業」を対象として整理を行った。配置換え作業として、顆粒の密着程度の判断方法や障害果の摘粒によって房にできた空間を埋める方法等の作業項目に細分化し整理している。



(b) 熟練技術者の行動分析

分析対象作業に関して、熟練技術者に実際の作業を実施してもらい、作業時の視点や行動を記録すると共に、行動を起こした際の気づきを記録し、判断ポイントを明確にする。



「配置換え作業」において、例えば、房型形成を行う為の顆粒の密着程度の判断方法として、熟練者は粒の配置を外見だけでなく、粒の付け根の茎の状況で判断したりする点等、熟練者の気づきポイントが明確になった。

(c) 判断ポイントの学習教材化

明確になった判断ポイントを写真で保存し、写真から判断ポイントを発見できるかどうかの問題を構築する。以下例のようにブドウの房の写真でどちらの房を残すべきかといった問題を準備する為に、残す判断のポイント（茎の太さ、粒の配置、日照の当たり方等）が判断できる房の写真を撮影し、どちらを残すべきか判断させる問題を作成する。

例) 2つの房の写真撮影、どちらを残すべきかを考える学習問題を作成する。



(d) 学習テスト (技能継承)

学習問題を用いて試験を行う事で、学習前後の正解率の差で、熟練技術の理解度を確認する事や、繰り返し問題を解く事で、判断作業を疑似体験させ技能の継承を支援する。



石川県では、上記(a)～(d)の一連の流れである三ヶ日モデルに加えて、写真だけでは表現が難しい動きを伴う熟練技術の表現を、熟練農家の頭部に装着したヘッドマウントカメラで撮影

した動画を活用することで表現し、栽培指導ポイントとの関係性（技術と指導内容の関連付け）を継承させる仕組みを構築した。ルビーロマンは果粒が極端に大きいことから、粒抜けなどにより房に大きな穴が空いた状態は「房型不良」と呼ばれ、商品価値が無く商品化率を落とす要因となっていることから、熟練農家は房にできた穴を埋めるために果粒の位置をずらす「配置換え作業」を行っている。「配置換え作業」について、動画による技能継承教材により、写真では表現しにくい両手の使い方や房の触り方などに関する熟練技術の可視化と継承のためのデジタル学習教材を作成している。



図2 静止画問題



動画問題

動画撮影に際しては、作業を見やすくするために背景に黒板を配置するなどの工夫を行っている（図3）、ルビーロマンの撮影に際しては、背景は様々な色を検討したが黒が一番見やすいことが判明し、撮影時の背景として採用した。



図3 熟練技術の作業動画撮影の様子（ヘッドマウントカメラを活用）

今後、産地内で問題数を増やす事ができるよう、問題作成方法はガイドライン化して共有できるように工夫をしている（図4）



図4 問題作成ガイドライン

本事業では、商品化率に影響を与える熟練技術である「配置換え作業」に関して合計60問作成している。問題の概略は表1に示す。

表 1 問題構成

メニュー	問題概要	補足	問題数
1.穴埋めレスキューの判断			
見直し摘粒後の穴埋め可否とその対処法の学習	・摘粒後の穴あき状態の写真を使用（動画から切り出し） ・穴埋めレスキューの可否を考えさせる問題 ・解答後に対処法を動画で学習	解答者自身に、解答前に穴埋めの可否と対処イメージを考えてもらうことが重要	全18問 可12/ 否6
2.摘粒対象粒判別とそのレスキュー方法の判断			
①.写真からの判別	・Beforeの前後写真を使用（判断可能な状態の部分を動画から切り出し、5個程度に採番） ・対象粒と理由を考えさせる問題 ・解答後に対処法を動画で学習	事象を拡大した写真から判断可能な、「過密着」、「ミシン目・さび」、「締果症」、「日焼け」、「裂果症」、「うどんこ」が対象	全11問 過2/ミ3 繕1/日2 裂1/う2
②.動画からの判別	・Beforeの動画と房の前後写真を使用（5個程度に採番） ・対象粒と理由を考えさせる問題 ・解答後に対処法を動画で学習	全体を観察することで（動画）判断可能な、「粒崩れ」、「着色ずれ」、「（部分的な）過密着」、「房面が良くない」が対象	全7問 粒3/着2 過1/房1
3.レスキュー可否の判断			
レスキュー可否の判断とその方法の学習	・Beforeの動画と房の前後写真を使用 ・レスキュー可否を考えさせる問題（レスキュー不可能であれば、摘房） ・解答後に対処法を動画で学習	事例として用意可能な、「粒崩れ」、「着色ずれ」、「過度な穴あき」、「スリップス」について、同様に作成	全12問 可2/否3
4.配置換え効果の判断			
配置換え効果によるより良い房型の学習	・BeforeとAfterの2動画を使用 ・どちらがより良い房型を考えさせる問題 ・解答後に作業動画を参照して学習	見直し摘粒や特に配置換えにより、より良い房型へ改良されるイメージを学習してもらうことが重要	全12問

また、本事業では熟練作業の可視化に加え、圃場の環境管理の可視化にも取り組んでいる。8圃場に定点観測カメラ、温湿度センサー、CO2センサー、日射センサー、風速センサー、土壌センサーを設置し、環境データ（土壌水分、日射強度、温度、湿度、風速、CO2）を5分ごとに収集した。取得データ種類やデータ量を表2に、設置したセンサーを図5に示す。

表 2 活用データ一覧

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留意点
・栽培ほ場環境（合計8ほ場）	温湿度（棚上）、温湿度（棚棚下）、風速・風向、日射、土壌水分、土壌温度	センサー機器による自動収集（1ほ場あたり各センサー1台ずつ設置）	5分毎に記録（7月～現在も記録）	・ほ場環境の把握 ・ほ場の環境と作業の相関を把握 ・熟練技術分析に活用
・熟練農業者	粒配置換えの作業動画（4K）	Go Proカメラを頭につけた手動撮影	40房分の作業記録	・熟練農業者技術の記録 ・デジタル学習教材の素材活用
・ブドウ房	写真	定点カメラによる自動撮影（1ほ場あたり定点カメラ1台ずつ設置、ブドウ房と地面が映るよう配置）	1時間毎（8月～9月末（収穫終了）まで）	・房変化の記録 ・熟練技術分析に活用
・栽培ほ場 地面	写真	定点カメラ1台ずつ設置、ブドウ房と地面が映るよう配置）	1時間毎（8月～現在も記録）	・灌水機周りの土壌濡れ度合の把握 ・地面への光の入り割合の把握 ・熟練技術分析に活用
・ブドウ房	8K動画	8Kカメラによる手動撮影	25房分の房の8K映像	・8K収穫適期判用映像 カラーチャートに基づく4段階を記録（薄い、良い、濃い、まだら） ・遠隔指導実証に活用
・砂丘地試験場周辺	センサー設置地点の緯度・経度情報	LoRa機器による都度収集	GPS情報 10秒毎に記録	・現状方式では、センサーの設置地点ごとにデータ通信コストが発生。今後、LoRa機器利用によるコスト削減が期待される。 ・本実証事業では、砂丘地農業研究センター周辺のLoRa電波調査を実施（次ページ参照）。



図5 ほ場に設置したセンサー類

センサーデータ（棚下気温(℃)、棚下湿度(%)、棚下放射照度、土壌温度(℃)、土壌含水率(%)、棚上気温(℃)、棚上湿度(%)、棚下風速(m/s)）と作業状態（作業進捗、灌水、摘粒、摘房、換気、防除、施肥、成育状況判断）、環境（循環扇、好適樹相、腹八分目（房数を慣行の8割に抑える）、環状はく皮、雨どい設置、摘葉・光窓、圃場面積、海拔）、機器（センサー型番、センサー設置数）に対して統計分析（クロス集計分析、相関分析等）を行う事で「匠の技」の解析を実施できる環境を構築し、栽培環境に関する指標を作成できるようにしている。

分析手順としては、ルビーロマンの商品化率が異なる生産者にセンサーを設置し、環境情報の違いを可視化し、その違いが何に起因するかを分析している。土壌水分含有量の例を示すと図6のグラフでは、商品化率が「非常に高い」・「高い」生産者と、「低い」・「並み」の生産者では土壌水分含有量に違いがある事が分かる。商品化率が「非常に高い」・「高い」生産者はおおむね土壌水分含有量を10%程度に保っているが、「低い」生産者は15%を超えており、「並み」の生産者は5%に近い水準である。商品化率と土壌水分含有量のクロス集計により、土壌水分含有量は10%程度に継続する事が商品化率のポイントである事が分かった。次のステップとしては土壌水分含有量の維持に必要な要素を明確にする必要がある。本事業では、センサーデータと圃場環境や作業状況等の情報とで相関分析によって要素の明確化を行っている。相関分析とは、2つ以上の変数がある場合に、それぞれの間にどのような関係性があるかを分析する手法である。相関分析の結果（一部）である図7の表の中の土壌含水率(%)の列を見ると、土壌水分含有量は摘房と、防除に関係が深く（1が最大）、また、摘房と防除は逆相関の関係がある事が分かる。これは、房数が少なくなっていると、土壌水分含有量への影響が少なくなり、草刈が進んでいると土壌水分含有量への影響が大きくなることを意味する。この結果から、房が多いと木が水分を吸う為、土壌の水分量が下がりやすいという事と、草が生えていると保湿効果で水分の蒸発が抑えられていることが想定できる。土壌水分含有量の維持のためには、木の房数や草刈の状況の2つの要素を考えて散水量を計算する必要がある事が明確になる。具体的な散水量は、房数や草刈の状況毎に環境情報を再度取得し決定していく。他の要素に関しても上記と同様の手順で分析を実施している。

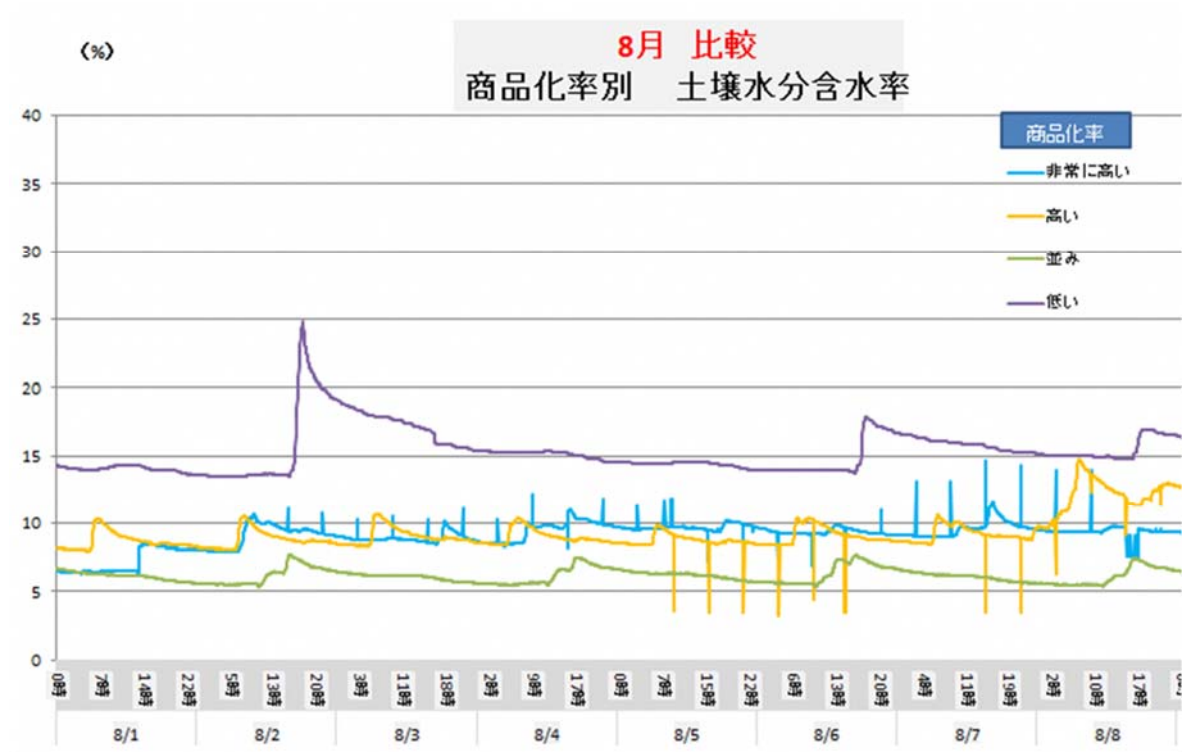


図6 商品化率毎の圃場環境の違い（土壌水分含有量）

	摘房 (作業状況)	換気 (作業状況)	防除 (作業状況)	施肥 (作業状況)
棚下気温(°C)	0.009	0.043	0.071	-0.017
棚下湿度(%)	0.084	0.050	-0.045	-0.078
棚下放射照度	0.196	0.156	-0.028	-0.191
土壌温度(°C)	0.051	0.112	0.135	-0.066
土壌含水率(%)	-0.415	-0.057	0.604	0.343
棚上気温(°C)	-0.007	-0.004	0.005	0.006
棚上湿度(%)	0.061	0.038	-0.030	-0.057
棚下風速(m/s)	0.034	-0.023	-0.104	-0.021
棚下風向(°)	0.213	0.059	-0.251	-0.183

図7 環境要素と作業要素の相関例（相関係数）
 (※ 数値が1または-1に近いほど相関が高いことを示す)

②遠隔指導に資する IoT サービス

(a)遠隔指導システムを使用した実証

指導員の移動距離の減少や指導時間や指導対象者の増加を可能にするため、遠隔指導の仕組みを構築した。ルビーロマンは、厳しい出荷基準に対応する為、モニターを通じて正確な着色判断や繊細な障害果の発見が必要であり、高精度な色彩状態の把握が求められることから、既存製品による遠隔指導の仕組みに加え、高解像度（4K、8K 等）映像を用いた遠隔での判断を行う機能の検証を実施した。遠隔指導の指導パターンは石川県内の指導状況の現状を踏まえ、図8のパターンで評価している。

遠隔農業指導パターン

- ①試験場と生産者間のモデル
- ②試験場と普及センターのモデル
- ③普及センターと生産者間のモデル
- ④試験場と生産者の間を普及センターが中介するモデル
- ⑤普及センターと生産者の間をJAが中介するモデル
- ⑥関係者内のコミュニティモデル

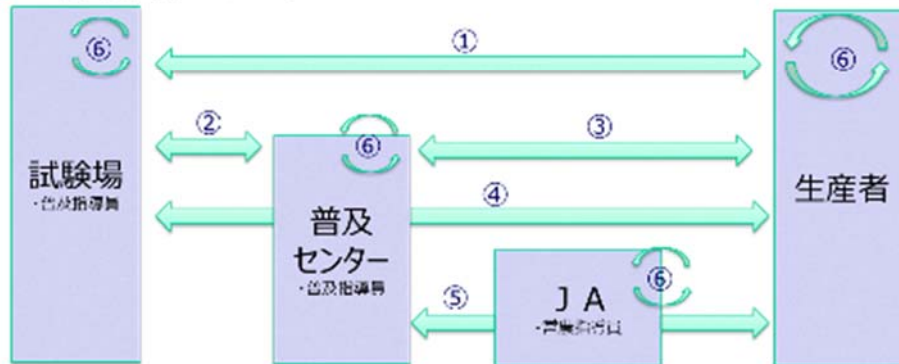


図 8 遠隔農業指導のパターン

また、遠隔指導は表 3 に示す 7 拠点で実現できる環境を構築、実施している。

表 3 遠隔指導拠点の状況

No.	地 区	指導拠点
1	加賀	加賀農林事務所（加賀市幸町2丁目77）
2	小松	南加賀農林総合事務所（小松市その町ハ108-2）
3	金沢	県央農林総合事務所（金沢市戸水2-30）
4	かほく	津幡農林事務所（津幡町字加賀爪又111-1）
5		砂丘地農業研究センター（かほく市内日角井5-2）
6	はくい	羽咋農林事務所（羽咋市石野町ハ31）
7	能登わかば	七尾農林総合事務所（七尾市小島町二部33）

遠隔指導は、指導対象者（生産者）が装着するスマートグラス、指導員が使用する PC、映像処理と配信を行うサーバー、各ノードをつなぐ 4GLTE 通信により実証を行い、スマートグラスより作物の映像を取得し、これを指導員が確認して指導を行った。



生産者側（圃場）



指導員側（事務所）

遠隔指導システムは NEC ソリューションイノベータ社の遠隔業務支援システムを利用しており、構成は図9となる。

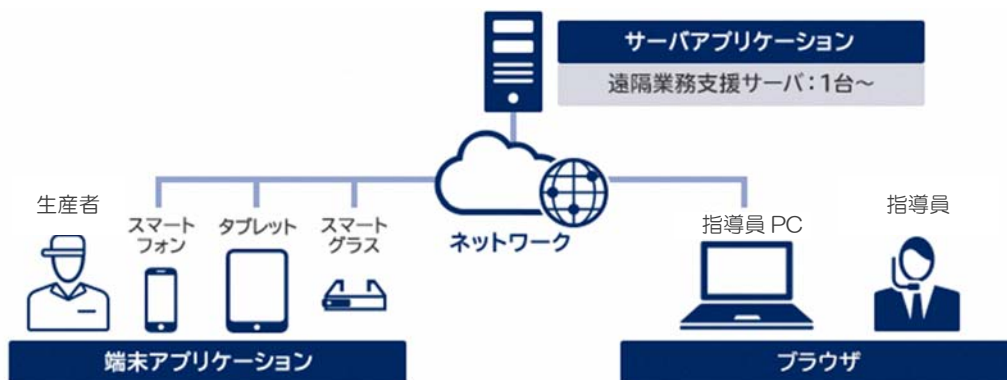
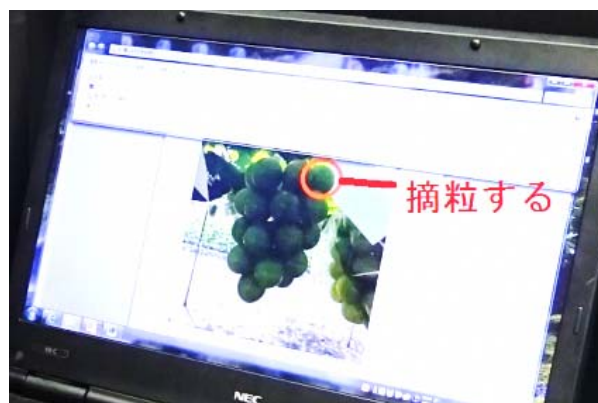


図9 遠隔指導システム構成

遠隔指導システムでは、ネットワーク上のサーバーを通じて生産者と指導員が、映像・音声をリアルタイムで情報を共有すると共に、映像上に文字や図式で指示や指導を行う事が可能となっている。



画面への図式を使った指示の例

(b) 5G モバイルネットワークを活用した遠隔指導の可能性の検証

将来的な遠隔指導システムの高度化（高解像度（4K、8K）対応）、2020 年度に予定されるモバイルネットワークの進化（4G→5G）を見据え、現行の 4GLTE 通信では実現できない高解像度（8K）の映像伝送を、以下の構成で 5G テストベッドを活用し検証を行った。

■ 5G×8K 映像伝送 実証実験構成図

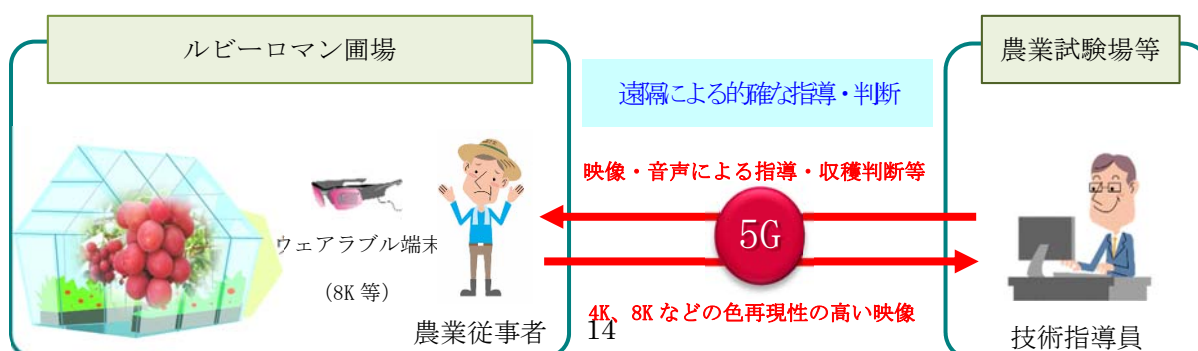
(撮影済 8K 映像)



結果として、5G モバイルネットワークによる映像伝送前後で目視確認できる映像の劣化はなく、将来的に遠隔指導システムが高度化され、5G モバイルネットワークを活用することで、遠隔指導の更なる発展の可能性を確認した。

	主な作業項目	3月				4月				5月				6月				7月				8月				9月				10月				11月				指導回数
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
凡例 指導有効性 ◎：最も有効 ○：有効 △：やや有効		被覆・施肥	被覆・施肥	被覆・施肥	被覆・施肥	芽かき・誘引	芽かき・誘引	誘引	灌水・除草	誘引・防除	花穂整形・ストマイ	花穂整形・防除	花カス落とし・シベ処理	シベ処理・防除	予備摘粒	予備摘粒	仕上げ摘粒	仕上げ摘粒	見直し摘粒・配置換え	見直し摘粒・配置換え	カサ袋かけ	着色管理・灌水	着色管理・灌水	収穫・灌水	収穫・灌水	施肥・灌水	施肥	施肥	施肥	剪定	剪定	施設補修	施設補修					
現場指導		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	36				
遠隔指導(4G × HD)		○	○	○	○	△	△	△	○	△	○	○	○	○	△	△	△	△			○	○	△	△	△	△	○	○	○					29				
次世代遠隔指導 (5G × 4K8K)		○	○	○	○	△	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					31				
現状の現場指導の例						◎				◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎			◎	◎		◎	◎		◎			◎					10				
現場指導＋4G遠隔指導案			○			◎		△		◎	◎	◎	◎	△		◎	△	◎		○	◎	◎	◎	◎	△	◎		○		◎				20				
現場指導＋5G遠隔指導案			○			◎		△		◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎	△	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎		○		◎					21				

■ 将来の現場実装イメージ



4. 地域課題解決による実証成果

【商品化率の伸び悩み】

- ・ かほく市内の学習支援システムの習熟度把握者数

事業実施前： 0 名（H29 年度） → 事業実施後： 30 名

（＝かほく市内の生産者の 6 割以上で習熟度を把握）

補足：かほく市内の生産者を対象とした講習会で学習支援システムを使って学習を実施

- ・ 普及展開に向けた情報共有先数

事業実施前： 0 産地（H29 年度） → 事業実施後： 5 産地

（＝かほく市以外の全ルビーロマン産地数）

補足：加賀、小松、金沢、羽咋、七尾地区へ情報を共有

- ・ 学習支援システムの適用及び遠隔指導の実施による栽培初級者の商品化率

事業実施前： 48%（H29 年度） → 事業実施 5 年後の 10%向上を目指す

補足：商品化率は環境と技術の 2 要素の与える影響が大きく、本事業ではこのうち技術の向上に関する部分に取り組んだところである。

【栽培技術の形式知化】

- ・ 環境データの取得項目数

事業実施前： 0 項目（H29 年度） → 事業実施後： 3 項目

補足：今回の調査実証では、圃場環境情報と、生産者情報（商品化率、不良発生率等）のクロス集計によって棚上温湿度、土壌水分含有率、棚下照度、棚下風速の 4 つの環境変数に差異があることが明確になった。4 つの環境変数に対し、センサーデータ（棚下気温（℃）、棚下湿度（%）、棚下放射照度、土壌温度（℃）、土壌含水率（%）等）、作業状態（作業進捗、灌水、摘粒、摘房、換気等）、環境（循環扇、好適樹相、圃場面積、海拔等）、灌水機器（型番、設置数）との相関性の分析を実施した結果、商品化率向上に関して以下の作業項目を形式知化し指標化した。

〔①棚上温度〕

指標：棚上の日中最高気温が 35 度を超える場合、ハウス上部のビニール開閉によって棚上温度を 35 度以下まで下げる。

〔②棚下照度〕

指標：日中晴天時の棚下照度が 0.3KW/m2 以下の場合は、新梢誘引、摘葉により0.3KW/m2 以上に上げる。

〔③土壌水分含有率〕

指標：圃場の面積によって散水機の設置台数を決定する。

指標：房数によって散水量やタイミングを変更する。

→ 土壌水分含有率に係る具体的な数値指標については今後検討

これらの指標は、現在の作業指針や技術指導に無い項目であり、IoT のセンシングデータなどを分析することで、これまで分からなかった新たな指標に気付くことができた。また、上記

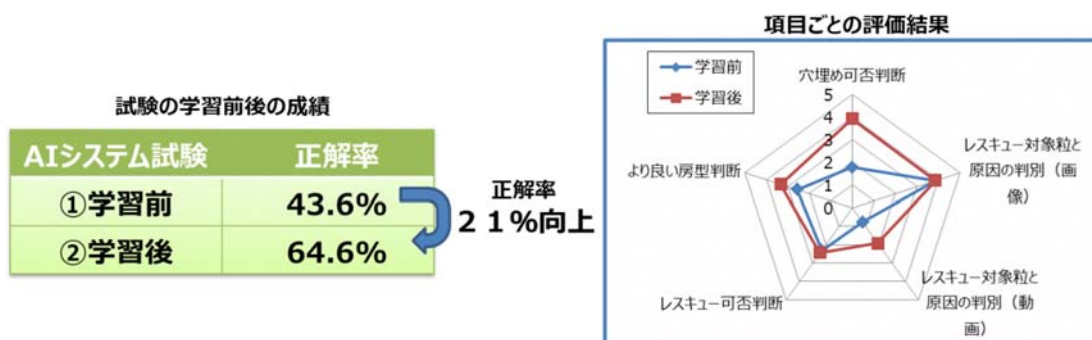
項目以外に関して摘房と施肥や着色、防除と摘粒や換気等、商品化率向上に有効である指標候補や、圃場海拔と散水量やタイミングといった想定外の指標候補が見つかっており、今回得たデータを元に今後も分析を継続し新たな指標作りに取り組んでいきたいと考えている。また、今期形式知化した指標に関しては、来期以降の生産活動を通じて商品化率向上との関連性の評価を実施していく。

・形式知化した作業数

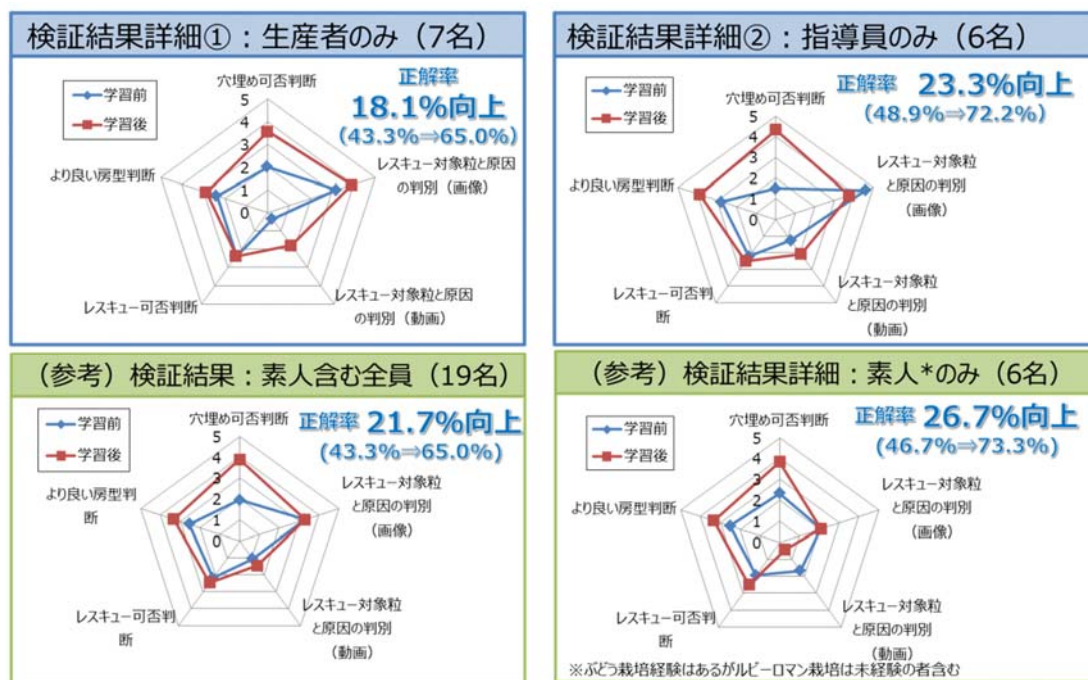
事業実施前：2 作業（ジベレリン処理、摘粒）（H29 年度）

→ 事業実施後：3 作業（配置換え作業を追加）

補足：商品化率に影響が大きい「配置換え作業」に関して、熟練技術の形式知化と共に学習教材の作成を実施した。学習効果計測では、被験者 19 名に対して学習前に比べて全体で 21%正解率が向上した結果を得ている。



被験者全体の正答率



被験者ステータス毎の正答率

正解率の向上は、非熟練生産者、素人（ブドウ栽培未経験者）のみでなく、指導員においても向上が確認できており、産地全体の技術向上に効果があると考えている。特に房型不良の原因である穴空き（粒が欠損して空間ができている状況）の修復判断に関して伸び率が高いため、昨年度6千房程度発生していた房型不良に関して3割程度を配置換え作業で救う事ができれば、単純計算であるが産地全体の商品化率が4%向上することとなる。

・学習支援システムへの取込作業数

事業実施前：2作業（H29年度） → 事業実施後：3作業

補足：商品化率に影響を与える熟練技術である「配置換え作業」に関して合計60問作成しシステムへ取り込みが完了している。タブレット・PCによりいつでも確認試験や、学習ができるようになっており、石川県内のルビーロマン生産者にむけた講習会で活用が始まっている。



学習の様子



講習会での説明の様子

【技術指導の限界】

- ・ 1 生産者あたりの技術指導回数
事業実施前：10 回（H29 年度） → 事業実施後：20 回（＝100%向上）」
補足：着色管理など遠隔指導ができる項目により指導回数を増加
- ・ 技術指導に伴う平均移動時間数（事務所⇔現場/回）
事業開始前：45 分（H29 年度） → 事業実施後：23 分（50%削減）
補足：遠隔指導が可能になり移動時間が減少

5. 実施スケジュール

実証項目	平成 30 年度							
	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月
ア) 暗黙技術の形式知化に資する IoT サービス								
1. カメラ、各種センサーの調達	→							
2. 機材設置・設定（LPWA/LTE）	→							
3. センシングデータ取得、分析		→	→	→	→	→		
4. 熟練技術の整理	→	→	→					
5. 熟練技術学習教材の作成		→	→	→	→	→		
6. 効果測定・検証				→	→	→	→	
イ) 遠隔指導に資する IoT サービス								
1. 機材調達・機器設置（カメラ等）	→	→						
2. 圃場における遠隔農業指導の実証（LTE）			→	→				
3. テストベッドによる高画質映像伝送実証（5G）	→	→			→	→		
4. 効果測定・実証結果の検証				→	→	→	→	
ウ) 成果報告書のとりまとめ								→

6. 明確化されたルール等（法令、条例、ガイドライン、規格等）

農業の熟練技術の取り扱いに際し、農林水産省「農業 ICT 知的財産活用ガイドライン」を参考に、栽培技術やノウハウ、収集したセンサーデータ等の農業知財の管理について、サービス導入地域で策定するルールに基づき、戦略的な公開・非公開の判断が可能となるよう、契約および情報管理を行う。

【著作に関するもの】

圃場やハウスに設置された環境センサーから収集される環境情報や、学習支援システムのための作業や農作物を撮影した画像や動画について、著作権や使用权等を明確にする必要がある。本事業では、林水産省の補助事業「平成 27 年度農業 IT 知的財産活用実証事業」成果である「農業 ICT 知的財産活用ガイドライン」を参考として、不正競争防止法改定に伴う、データ不正取得に関する罰則規定を手本として、熟練技術を保護対象とする取り組みを検討した。データ不正取得を適用する為には、データがパスワードや閲覧制限等によって保護されていることが必要となるため、閲覧者の限定規定、データ閲覧時のパスワード設定等を実施している。

【「匠の技」の継承に関するもの】

石川県、（公財）いしかわ農業総合支援機構等で、静岡県三ヶ日町をはじめとし、福岡県八女市、宮崎県日南市、青森県弘前市など、他産地で広がっている熟練農業者の「暗黙知」を可視化し技能継承させる学習支援システムの取組手順に、本事業で取り組む遠隔指導の手順を加えたガイドラインを作成する。ガイドライン化により石川県内の他地域や梨「加賀しずく」等の他品目への横展開を加速させるだけでなく、県外他産地への普及のためのリファレンスモデルとして貢献する。

7. 実証事業の所感等

①動画教材を用いた学習支援システム

（気付き）

- ・動画教材を活用し熟練技術者目線の作業動画を繰り返し閲覧する事で、熟練農業者の手の使い方や粒の動かし方など、テキストや写真では伝えきれないコツが静止画像やテキストに比べ確実に頭にイメージが残ることが確認でき、普及指導員からも高評価であった。

（今後の予定）

- ・静止画像・テキストによる教材と動画教材による理解度の違いを、学習効果の試験を行い、定量データとして計測する。動画教材による熟練技術伝承の実証結果はリファレンス元の静岡県へフィードバックし、他産地で活用頂く。石川県内では来年度、他品目で同様の取組を実施する。

②高精細画像を活用した遠隔技術指導の実証

（気付き）

- ・現状技術（HD、LTE）の遠隔指導システムで、農業現場においてもほ場全体の明るさや着果の状況、房の形などを認識し、作業者へ指示を出すことが可能である事は確認できた。
- ・ただし、現状の粗い画像では、房や枝の細部の色や、粒についた傷の判断は困難であり、遠隔指導で効果がある範囲と、直接行く必要がある領域を定義したガイドラインが必要である。
- ・5Gを活用した8K映像は細部まで確認する事ができるが、現状は商品が無い為、今後技術で解決できる問題に関しても明確にする必要がある。
- ・体の大きな動きが伴う作業中での指導である為、指導者側はモニター越しの他人の視点に酔い、生産者側もウェアラブルカメラ画面を見続けることによって気分が悪くなる者が発生。指導方法に関してもガイドラインが必要。

（今後の予定）

- ・農業現場における遠隔指導ガイドラインについて、2020年1月をめどに作成する。

③ LPWA 通信エリアの範囲

（気付き）

- ・農業圃場における LoRa 活用に関しては、見通しのある環境（砂丘地農業研究センター屋上設置（標高 40m、アンテナ高 8m）の場合、3km 程度のエリア形成が可能であることを確認した。ただし、樹木、建物などの障害物によるレベル減衰が大きいことから、LoRa アンテナの設置場所が極めて重要となるため、設置場所の十分な検討、並びにエリア調査が必須となる。

④ 環境データ分析に基づく栽培技術の形式知化

（気づき）

- ・本事業では、熟練技術者が現場で持っている、温度が違うといった感覚（暗黙知）はデータで可視化すると、非熟練技術者との違いが明確になる割合が高く、分析箇所の目安付けに大きな助けとなる。また、データ分析は詳細な指導指針作成につながる。例えば、本事業の前までは、温度を下げる為には、散水による棚下温度を低下させる指導を行ってきっていたが、データ分析により、棚上温度の低下が必要である事も明確になり、棚上喚起を新たな指導内容として追加することができた。

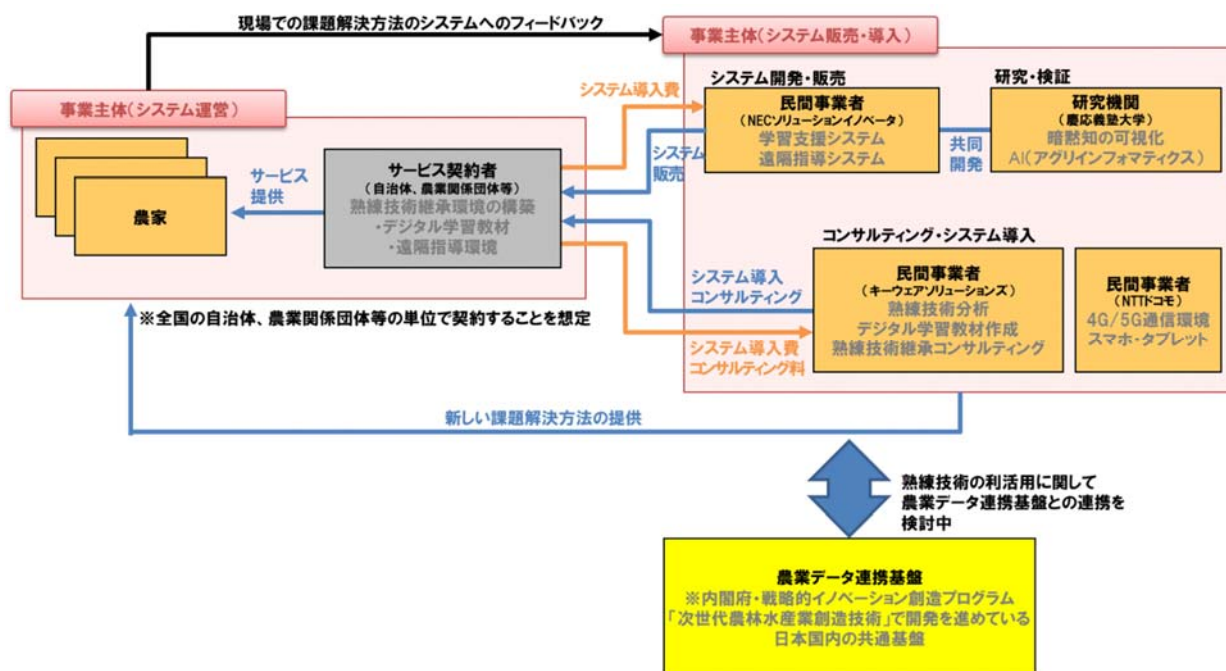
8. 実証事業終了後の計画等

（1）実証終了後の IoT サービス

技能継承サービスとして、コンサルティングサービス提供とデジタル学習教材による技能継承システム（学習支援システム）、遠隔指導システムの販売は既に NEC ソリューションイノベータおよびキーウェアソリューションズで事業を進めており、本実証で得た動画を用いた技能継承、4G/5G 環境を用いた遠隔指導をサービスの中に取り入れることで、価値向上を行う。

ルビーロマンに関する IoT 技術指導モデルは、石川県が主体となり県内へ普及展開する予定であり、ルビーロマン以外の果樹や野菜など様々な農産物へも横展開が可能と考えている。また、石川県は新規就農者などの担い手育成にも力を入れており、新規就農者支援等の施策に対しても活用する。

- ・運営体制（事業主体）：石川県、（公財）いしかわ農業総合支援機構 ほか
- ・事業内容：本事業での実証成果の石川県内及び他の農産物への横展開
- ・スケジュール：本事業終了後（平成 31 年度以降）



(2) 普及展開等

学習支援システム及び遠隔指導システムについては、暗黙知の可視化及び AI（アグリインフォマティクス）に関して専門的知見を有する慶應義塾大学との共同開発により、NEC ソリューションイノベータ㈱が自治体・農業関係団体向けに販売し、農家が利用するというビジネスモデルを検討している。熟練技術の分析や学習コンテンツの作成は、全国各地で取組実績を有するキーウェアソリューションズ㈱がコンサルティングサービスとして提供し、農業現場における通信環境は㈱NTT ドコモが提供する予定である。サービス導入後は、事業主体（システム運営）が農業現場から課題解決方法のフィードバックを受けることで、各システムの改良を進めていく予定である。

加えて、これらのサービスの導入に伴い蓄積する課題解決の手法を活用し、未導入の地域に対して新たな課題解決の手法として、本サービスの提供を進めることで、横展開に取り組んでいく予定である。

システム利用料については、1 団体（30 ユーザー以内）約 20 万円／年であるため、利用する生産者ごとに出費するのではなく、生産者団体が後継者対策や既存生産者の技術レベルの底上げを目的に団体の活動費から捻出するべきだと考えている。仮に、利用者のみで利用料を折

半した場合には、後継者や技術レベルの低い人が少なくなった際に特定の個人の出費が増える恐れがあるため、導入当初からのルール作りが重要である。

ルビーロマンの場合には、システム利用料として団体などが年間 20 万円の費用増となるが、システム利用で技術向上により 5 年後に商品化率が 10% 向上する目標を立てており、出荷額として数百万円程度の増加が見込めるため費用対効果が高いと考えられる。また、システムの導入により技術力が向上することで商品価値も高まるため、生産者団体が利益を享受できることから、受益者負担の観点からも生産者団体が支払うことになると考えられる。

(3) 今後のスケジュール

実証項目	平成 31 年度		平成 32 年度		平成 33 年度	
	4-9 月	10-3 月	4-9 月	10-3 月	4-9 月	10-3 月
ア) 県内産地への展開						
1. 粒の配置換えなど熟練技術の普及展開						
2. 学習支援システムの拡充						
イ) 県外産地への展開						
1. 各種フォーラムでの事業成果の発表・PR						
2. 農業 ICT に取り組む他産地との情報共有						