

下関市の中山間地域における スマート農業の役割

北海道大学大学院農学研究院
ビークルロボティクス研究室
野 口 伸

農林水産省広報誌aff(あふ)での紹介

特集 今、農学部が熱い!

ICTで省力化を実現!
北海道大学大学院 農学研究院
ビークルロボティクス研究室



2016年4月号



生まれ 北海道
育ち（2歳から高校まで） 山口県下関市
（勝山小学校 — 勝山中学校 — 豊浦高校）
大学 北海道大学農学部
専門 農業のIT・ロボット化

30年近くにわたり農業のスマート化（IT・ロボット化）の研究に従事。



【おまけ】 TBSテレビ日曜劇場「下町ロケット」の登場人物「野木博文教授」のモデルで技術監修をした。

トピック

- **農業におけるSociety5.0 : スマート農業**
- **下関農業のスマート化に有望な技術展開**

スマート農業の必要性

日本農業の現状 (2020年農林業センサス)

- 基幹的農業従事者（仕事として自営農業に主として従事した者）は5年前に比べ22.4%減。
- 基幹的農業従事者の平均年齢は0.8歳上昇して67.8歳となり、特に若手の新規就農を増やすことが喫緊の課題とされている。



日本農業の目指す姿

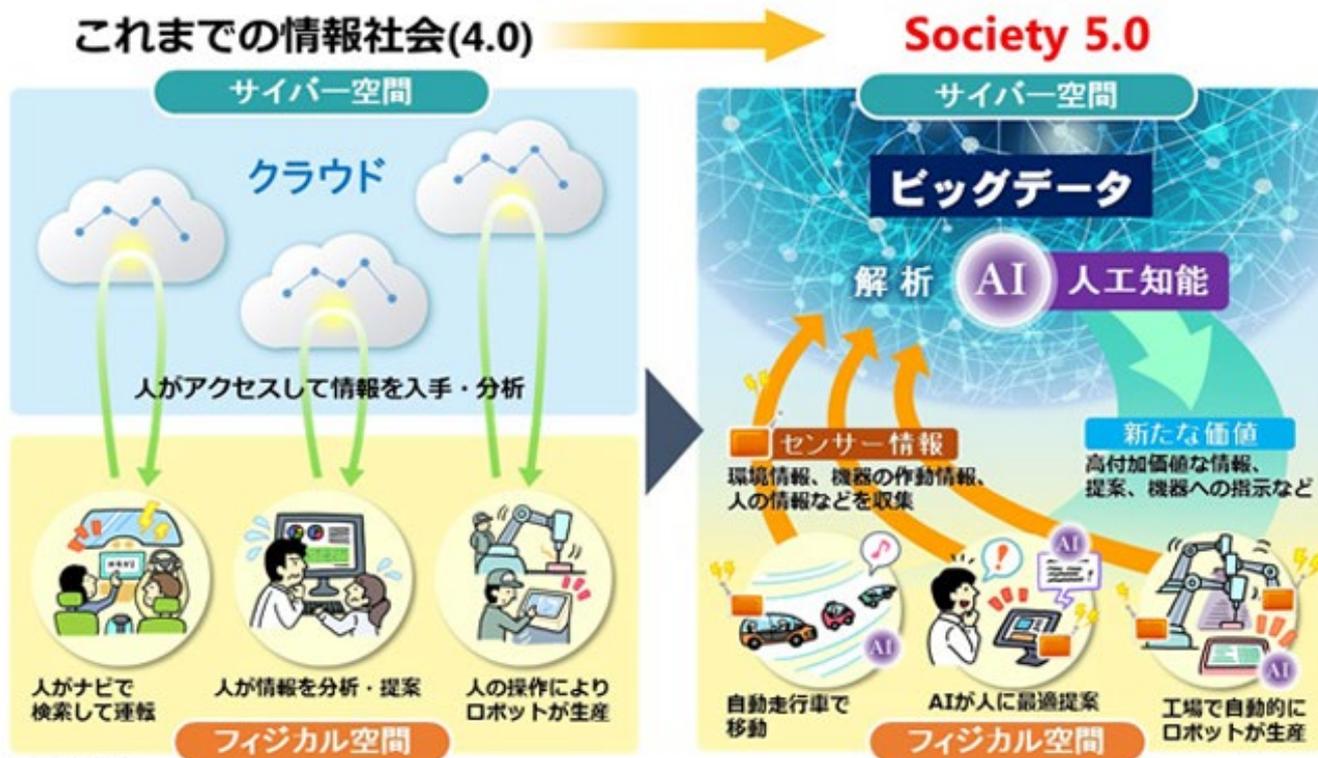
- 担い手への農地集積を2023年度までに8割にする
- 農業の担い手のほぼすべてが2025年度までにデータを活用した農業を実践
- 担い手の米生産コストを2025年度までに全国平均1万6000円/60kgから4割削減（9,600円/60kg）
- 農林水産物・食品の輸出を2030年度までに5兆円とする

労働力不足が深刻な日本農業を“儲かる”産業へ

スマート農業実装によって期待される効果

- 労働力不足の解消
- プロ農家の技術の継承 ⇒ 新規就農者の早期育成
- 生産の低コスト化
- 農産物の品質向上・収量増
- 「プロダクトアウト」型から「マーケットイン」型農業への転換
- 農業の魅力アップ ⇒ 青年層の新規就農促進

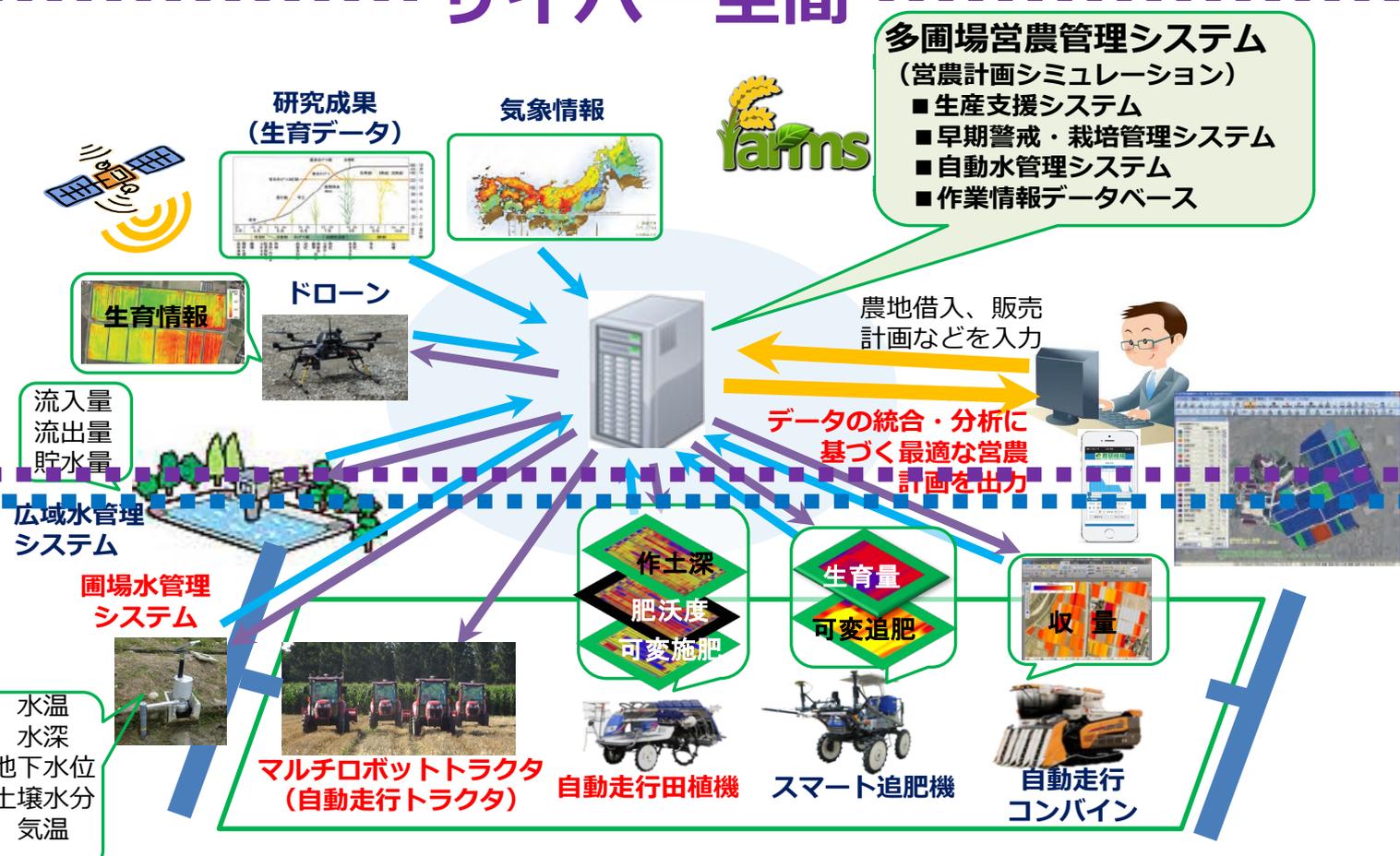
Society 5.0とは？



スマート水田農業（全体像）

ロボット技術、ICT、ゲノム等の先端技術を活用し、**超省力・高生産のスマート農業モデルを実現** <農業におけるSociety5.0を実現>

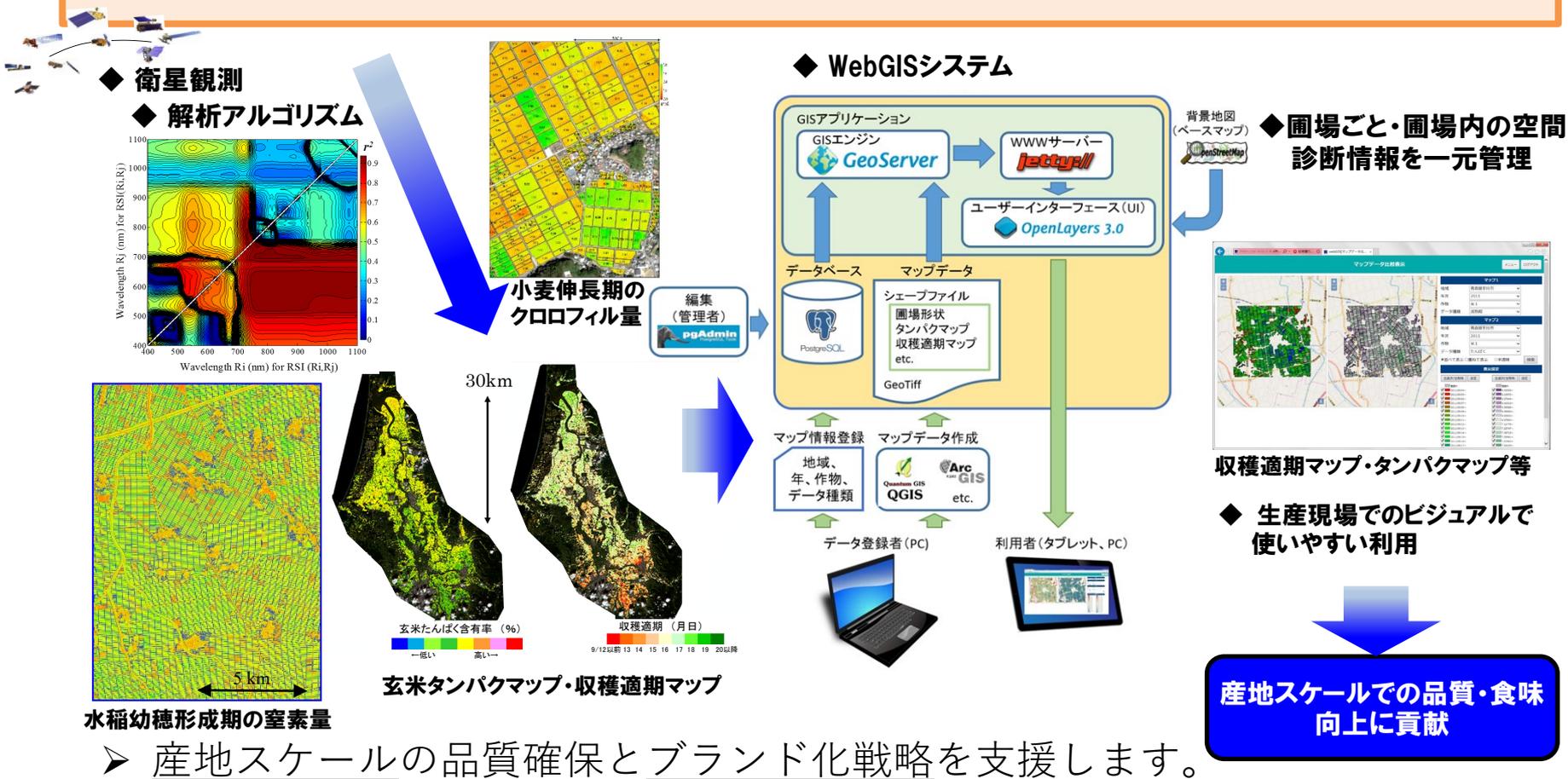
サイバー空間



フィジカル空間

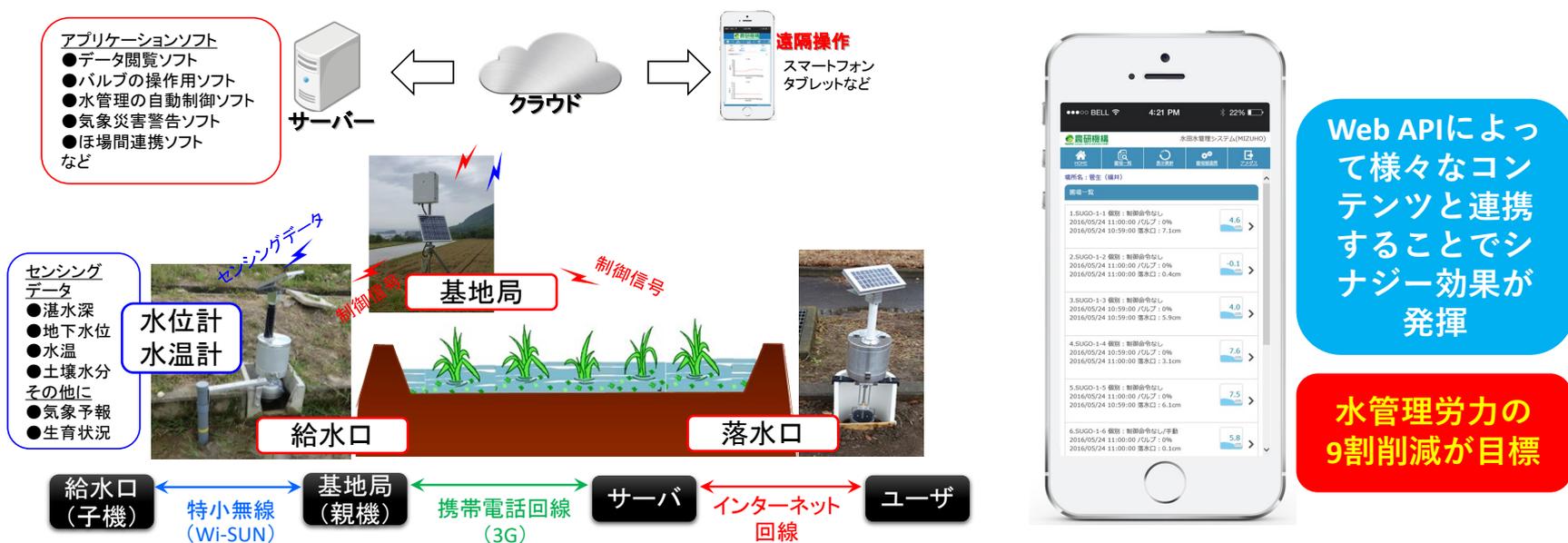
衛星画像による広域診断情報生成とWebGIS情報利用システム

衛星観測によって圃場ごとの**玄米たんぱく質含有率**や**収穫適期**など作物・農地診断情報を産地規模で作成する一連の技術と、診断情報を作業者のタブレット端末等に活用しやすい形態で適時提供する**WebGISシステム**を開発しました。



水田の水管理を自動化する給水・排水システムの開発

- ✓ ICTを活用して水田の水管理を遠隔・自動制御可能な給排水システムを開発
- ✓ 水管理労力を大幅に削減し、水資源の有効活用を可能とした
- ✓ 生育モデルや気象データと連携することで水管理を最適化
- ✓ 制御装置は小型化を図ると共に汎用性を向上させ、低コスト化も実現した



- 水稲作で最も多くの労働時間 (約30%) を占める水管理を大幅に削減する
- 一人当たりの可能作付け面積倍増 (10→20ha/人) に大きく寄与
- 水管理の最適化により気象を起因とする減収を5%削減

圃場水管理システム



ほ場水管理システム
(農研機構、クボタケミックス)

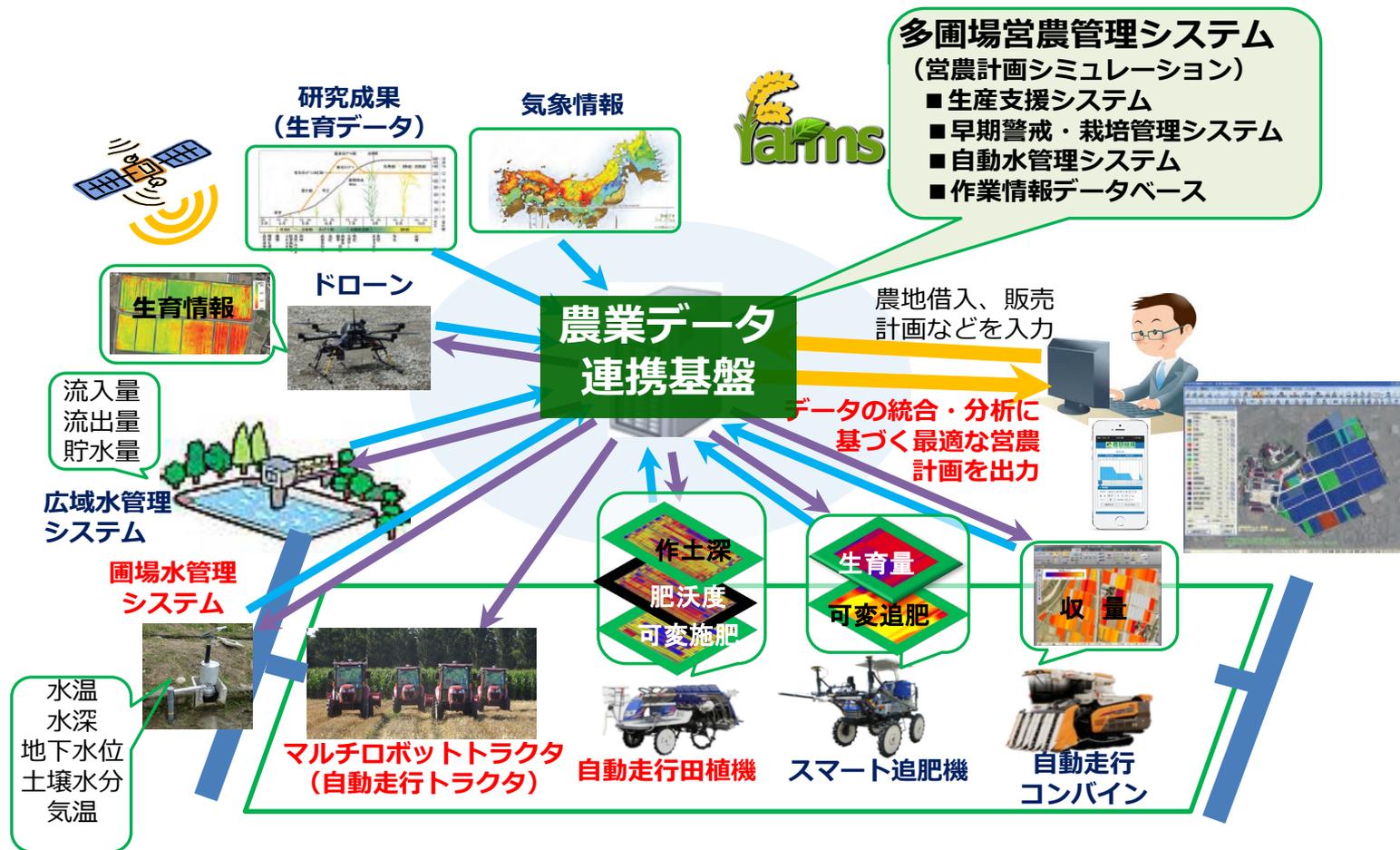
ドローンによる防除



防除と生育情報の収集ができる農業ドローン (株)ナイルワークス

スマート水田農業（全体像）

ロボット技術、ICT、ゲノム等の先端技術を活用し、超省力・高生産のスマート農業モデルを実現 <農業におけるSociety5.0を実現>

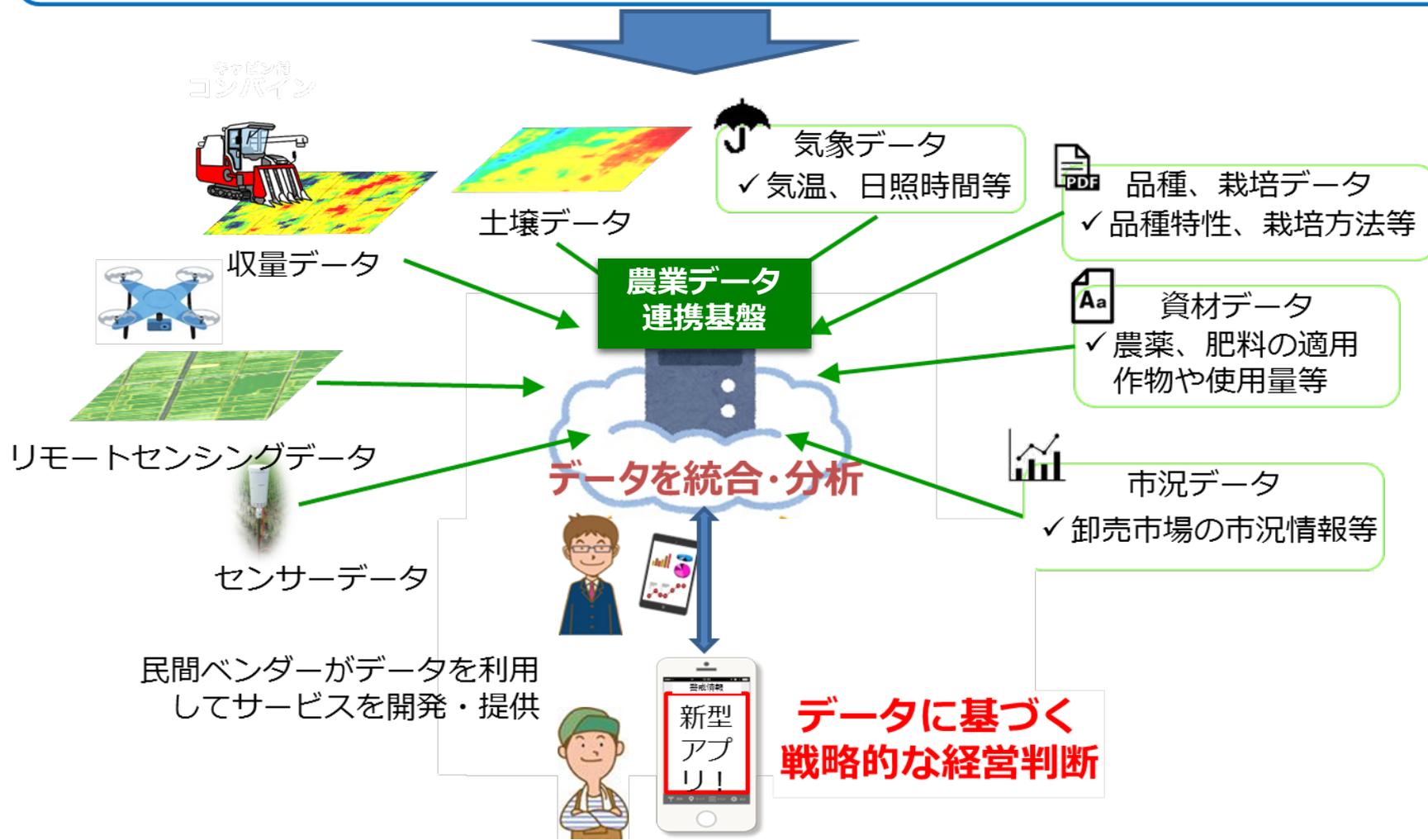


➡ センサー等からのデータ入力
➡ スマート農機への作業指示

農業データ連携基盤

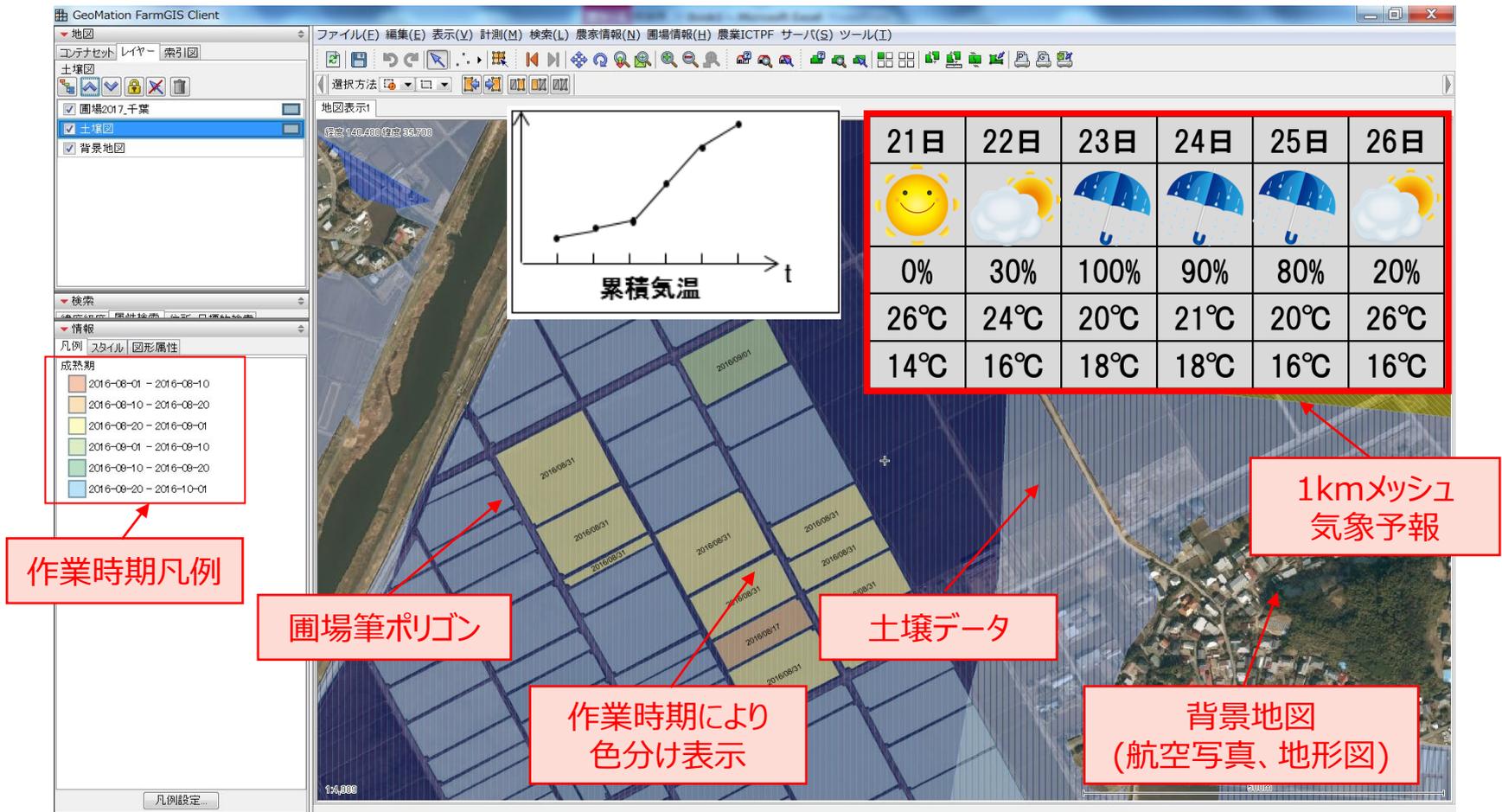
農業データ連携基盤によるSociety 5.0農業の概要

- ✓ 様々な農業ICTサービスが生まれているが、各社システム間の相互連携がない
- ✓ 行政や研究機関のデータがバラバラに存在し、容易に活用できない



データ連携機能のサービス事例

農業データ連携基盤を通じて、民間企業が提供する営農管理システムに背景地図（航空写真、地形図）、圃場筆ポリゴン、土壌データ、生育予測システム、メッシュ気象データを取り込み、重ね合わせて表示することにより、作業適期等を管理することが可能になる。



農作業のロボット化

2018年

2020年

GNSSオート
ステアリング

自動走行農機
(ロボット農機)

遠隔監視・圃場間移動可能なロボット農機

レベル1

レベル2

レベル3

期待される効果

- ◆ 労働力不足の大幅改善
- ◆ 作業精度・作業能率の向上
- ◆ 農業従事者の業務内容の転換

《ポイント》 労働負荷低減

- 作業中に手放し運転
- 農業機械メーカーやGNSSメーカーが製造販売

- RTK-GNSS使用。
- 補強信号の受信が必要。
- 低価格化が進み、普及が進みつつある。



後付けキット

オートステアリングシステム



後付け
オートステアリング

耕うん作業

田植え作業



1人乗車でも直進中に苗補給が可能

ロボット農機社会実装に向けたロードマップ



ロボット農機の使い方

- 畦畔草刈や苗箱整理などの作業をしながら監視
- 無人トラクタ(前)と有人トラクタ(後)の協調作業



水田農業スマート化の意義

日本農業のイノベーション = 水田農業の変革

日本の耕地面積(450万ha)のうち**54%**が水田

国家プロジェクトSIP開発技術

土地生産性の飛躍的向上

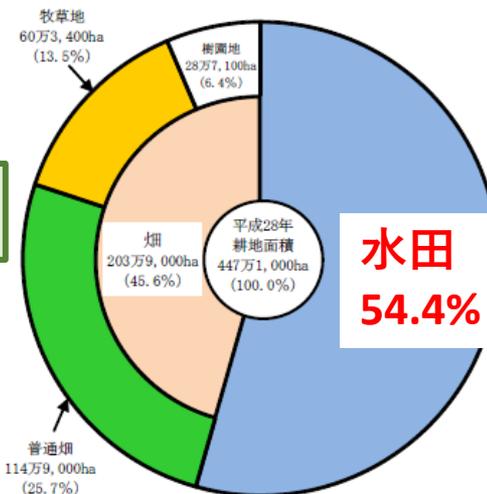
- ゲノム編集技術による超多収品種作出
- 精密施肥システムによる安定生産を確保
- ドローンなどの空間診断技術による生産支援、ほか

労働生産性の飛躍的向上

- ロボット農機・スマート農機
- 水管理の自動化
- 多圃場管理システムによる作業計画の最適化、ほか

農業ビジネスモデルの多様化

- 戦略1** : コメ生産をさらに増やす。
- 戦略2** : 花卉・野菜などを導入して大規模複合経営を目指す。
- 戦略3** : 農産物輸出、加工流通など事業の拡大を図る。



農林水産省(平成28年10月25日)

- コメの生産コストの大幅削減 (50%減)
- 営農規模の拡大 (家族:40ha, 法人:100ha)
- 栽培作物と栽培面積の選択自由度の増加

農業構造改革の促進

- 兼業農家の離農が進み、担い手への農地集積がさらに加速する。
- SIP技術の導入効果が向上する圃場の大区画化・情報化が進む。

下関農業のスマート化に有望な 今後の技術展開

- ① 自動化レベル3ーロボット農機
- ② 小型ロボット
- ③ スマートフードチェーン
- ④ スマート露地野菜生産
- ⑤ スマート施設園芸
- ⑥ スマートアグリシティ

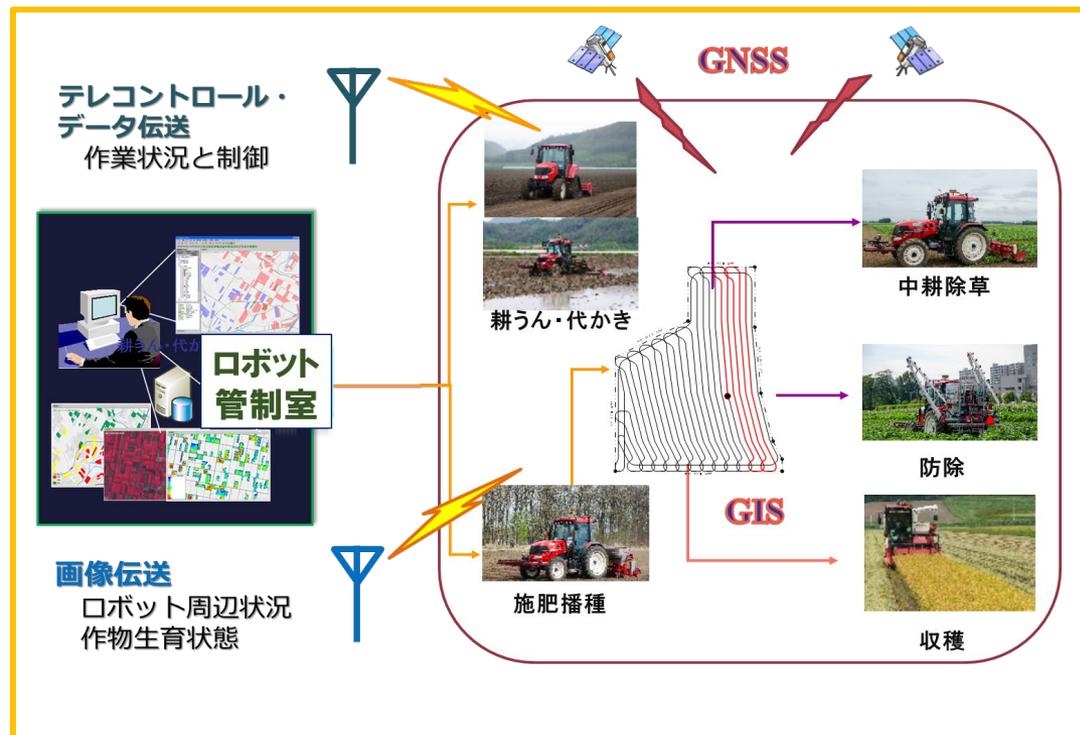
① 自動化レベル3 — ロボット農機



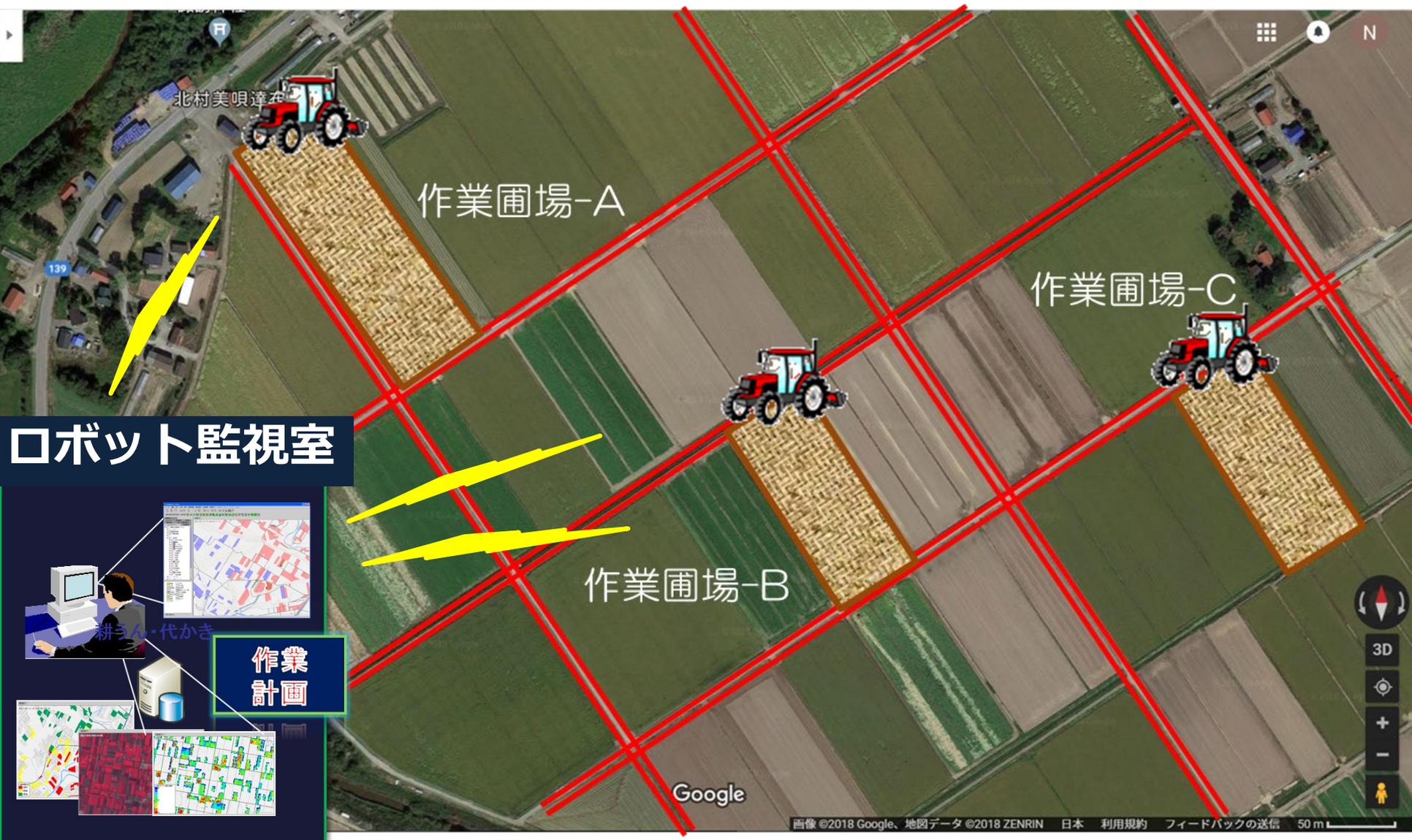
KPI

2020年までに遠隔監視による無人作業システムの実現 (官民対話における安倍 前総理の指示)

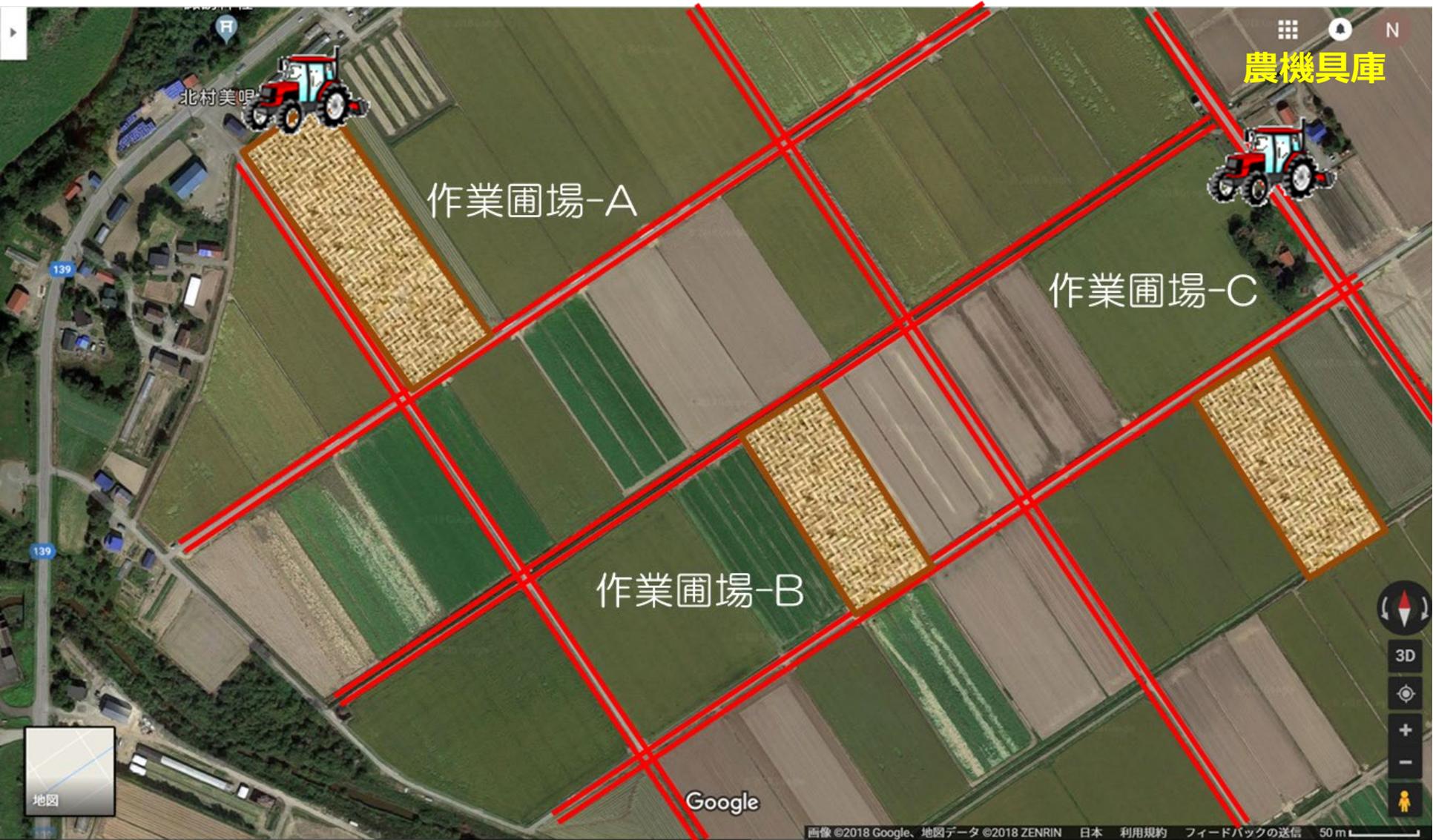
《ポイント》
無線通信による遠隔監視ロボットによる作業能率が格段に向上



分散した圃場での効率的利用



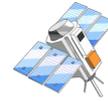
ロボット農機の圃場間移動



レベル3 遠隔監視ロボット農機

《ポイント》無線通信による遠隔監視 ロボットによる作業能率が格段に向上

テレコントロール・
データ伝送
作業状況と制御



GNSS



耕う



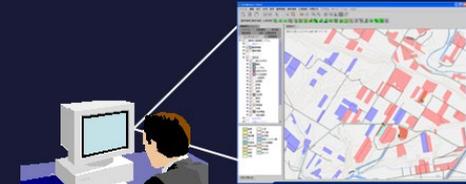
草

解決すべき課題

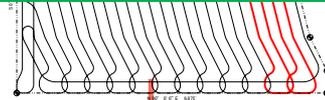
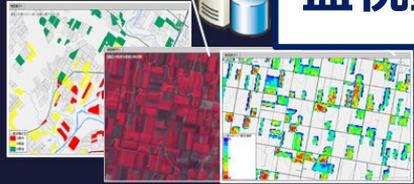
- ✓ 低遅延な無線伝送
- ✓ 高速大容量通信

無線
通信

ロボット
監視室



耕うん・代



GIS



施肥播種

防除



収穫

画像伝送

ロボット周辺状況
作物生育状態



最先端の農業ロボット技術と情報通信技術の活用による 世界トップレベルのスマート農業およびサステイナブル なスマートアグリシティの実現に向けた産官学連携協定

～就農人口の減少や高齢化が進む日本の農業の課題解決および世界の食料不足改善に貢献～

国立大学法人北海道大学

岩見沢市

日本電信電話株式会社（NTT）

東日本電信電話株式会社（NTT東日本）

株式会社NTTドコモ（NTTドコモ）



契約期間

2019年6月28日～2024年6月30日（5年間）

A. 高精度測位・位置情報配信基盤 B. 次世代地域ネットワーク C. 高度情報処理技術およびAI基盤

A 完全自動走行に求められる最適な測位・位置情報配信方式の検討、検証



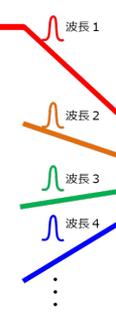
B 完全自動走行に求められる最適なネットワークの検討、検証

短期

中期

アクセスネットワーク

BWA・5Gなど

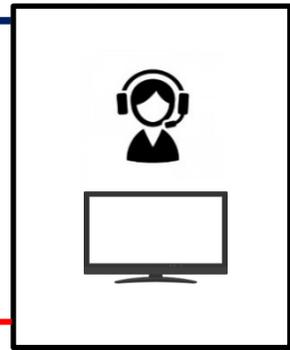


IOWN (アイオン)

C 効率的データ伝送・圧縮技術、AI分析基盤の検討、検証



無人走行監視センター



緊急時停止指示

岩見沢市

北海道の中西部、札幌市や新千歳空港から約40kmに位置し、行政面積（48,102ha）の約42%を占める農地は、肥沃な土地と石狩川水系の豊富な水資源を活かし、水稻や小麦、大豆、玉葱等を中心とした国内有数の食料供給基地。ICT利活用、特にスマート農業先進地として有名な自治体。



主な特徴



北海道有数の豪雪地域



大自然を背景とした観光



スマート農業先進地

人口減少や少子高齢化も急速に進むなど、「人口減少対策」や農業をはじめとする「経済活性化対策」が喫緊の課題となっている。

農業就業人口（販売農家）と平均年齢の推移

項目	単位	H12	H17	H22	H27
農業就業人口（販売農家）	人	4,595	3,823	3,175	2,686
うち64歳以下	人	3,257	2,513	2,118	1,755
	%	70.9	65.7	66.7	65.3
うち65歳以上	人	1,338	1,310	1,057	931
	%	29.1	34.3	33.3	34.7
平均年齢	歳	54.5	56.3	56.8	57.1

出典：農林業センサス（農林水産省）

農業就業者人口は15年間で
40%減

課題

- ・ 農業経営の安定・経営体質の強化
- ・ 農畜産物の消費拡大・付加価値向上
- ・ 農業基盤の整備
- ・ 担い手の育成・確保
- ・ 活力ある農業・農村づくり

岩見沢市のスマート農業の取組み

- 研究会設立 2013年(平成25年)1月
名称:いわみざわ地域ICT(GNSS等)農業利活用研究会
目的:ICT利活用など次世代農業の実現を目指し、営農者自ら実証や普及展開に関する取組みを展開
構成:市内営農者109名で設立 **現在は187名**

- 位置情報配信サービス開始 2013年(平成25年)4月
区分:市単独事業(営農者からの声を反映)
内容:RTK-GPS基地局(市内3か所)を用いて農作業機等に対する高精度位置情報を配信



単独

- 農業気象配信サービス開始 2013年(平成25年)5月
区分:市単独事業(営農者からの声を反映)
内容:気象観測装置(市内13か所)にて取得するビッグデータを基に、50mメッシュ単位で営農関連情報を配信



単独

- 産学官連携体制構築 2013年(平成25年)10月
名称:IT活用による地域課題解決検討会
内容:農業をはじめとする地域産業分野や除排雪分野への利活用具体化に向け、産学官による連携体制を構築
北海道大学大学院農学研究院 野口教授、酪農学園大学、北海道総合研究調査会、岩見沢市 他

単独

- G空間シティモデル構築事業 2014(平成26)年度
区分:総務省委託事業(平成25年度補正予算 災害に強いG空間シティの構築・街づくり実証事業)
内容:G空間情報活用による次世代型農業モデル実証(営農作業体系の効率化)



総務省

- ロボット技術導入実証事業(2015年度)
区分:農林水産省実証事業
内容:ロボット技術の導入促進

農水省

- 革新的技術開発・緊急展開事業(2016年度～)
区分:農林水産省実証事業
内容:地域の競争力強化のため、生産現場における革新的技術体系の実証研究・普及支援
・品質の高位平準化など生産物の付加価値向上(地域ブランド化)、流通促進
・域内連携推進による営農コストの低廉化促進

農水省

- ICT農業普及促進事業(2016年度～)
区分:地方創生(加速化交付金、推進交付金)
内容:営農者の設備整備に対する支援(対象経費の1/2)
対象:自動操舵(オートパイロット、オートステア)、RTK-GPS関連機器

地方創生

- 次世代農林水産業創造技術で取り組む多収と高品質を実現するための気象変動に対応した最適栽培管理システム(2017年度～)
区分:内閣府SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)パイロットファーム指定地
内容:マルチロボットシステム稼働検証、自動水管理システム検証

内閣府

- 近未来技術等社会実装事業(2018年度～)
区分:内閣府認定
内容:3者共同(北海道・岩見沢市・更別村)による実証
対象:スマート農業実装(ロボットトラクター、ドローン活用 等々)

内閣府

- スマート農業加速化実証事業(2019年度～)
区分:農林水産省実証事業
内容:スマート農業の本格実装に向けた先行実証(市内4生産者)
対象:営農作業全てのスマート化、フードチェーン化

農水省

内閣府・近未来技術等社会実装事業（2018年度～）

世界トップレベルの「スマート一次産業」の実現に向けた実証フィールド形成による地域創生

◆ メイン事業

遠隔監視による農機の無人走行システム（SIPの成果）の社会実装を実現

北大を中心に世界最先端の研究が進む無人トラクターの遠隔走行の実現に向けて、稲作については岩見沢市、畑作については更別村を中心に、産学官による社会実装を進める研究・実証フィールドを目指すとともに、一次産業の生産性向上や周辺産業への波及を促す。

- ・ 岩見沢市：水稲作付面積・収穫量が全道一位であり、実証フィールドとして遊水地を活用し、地域BWA（広帯域移動無線アクセスシステム）網の整備を併せて進める。
- ・ 更別村：農家一戸当たりの農地面積49.7haと日本を代表する大規模畑作地帯であり、実証フィールドとして村有地等を活用し、Wi-Fi環境の整備を併せて進める。

《STEP1》
遊水地・村有地
における実証

《STEP2》
社会実装に不可欠な
圃場間移動を含む実証

《STEP3》
産学官による開発・検証
拠点の形成



◆ サブ事業

一次産業分野におけるドローンの活用

- ・ ドローンによる農薬散布自動航行の実証
- ・ スマホ等を活用したリモートセンシングアプリとAIによる生育状況等の把握
- ・ 森林におけるドローンを活用した殺鼠剤散布



◆ 実現に必要な国の支援メニュー等

【活用事業】

- 地方創生推進交付金（内閣府）
- 地域IoT実装推進事業（総務省） など

【税制優遇】

- 地域未来投資促進法を活用した税制優遇

【規制緩和等】

- 無人トラクターの実証時における圃場間移動に関する各種規制や運用の緩和
 - ・ 農業機械の自動走行ガイドライン（農林水産省）
 - ・ 道路使用許可等の手続きなどに関する連携・協力など（警察庁）
- 一自治体に限定されている周波数帯の基準（総務省）
- ドローンに係る各種規制や運用の緩和（国土交通省等）
 - ・ 補助者配置義務
 - ・ 目視外飛行時（夜間を含む）の基準
 - ・ 最大離陸重量(25kg) など

航法センサ



RTK-GNSS

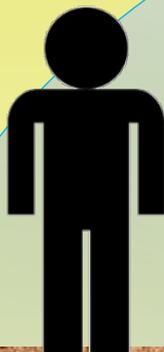


IMU

周辺環境認識センサ

- ・フルHDカメラ（前方・後方）
- ・2Dレーザー

**最重要課題
安全性の確保**



2Dレーザー

前方
フルHD
カメラ
後方



圃場の精細な5G画像



前方画像

後方画像

圃場—管制室までの距離
10 km

5G伝送画像

画質：Full-HD
(1920×1080ピクセル)

遅延：300ms

地上分解能：2 mm程度



ロボットトラクタ



フルHDカメラ



2Dレーザー



ロボットPC



5G

- ・ 周辺映像
- ・ ロボット状態
(位置、姿勢、速度、作業機状態、GNSSステータスなど)

ロボット監視室



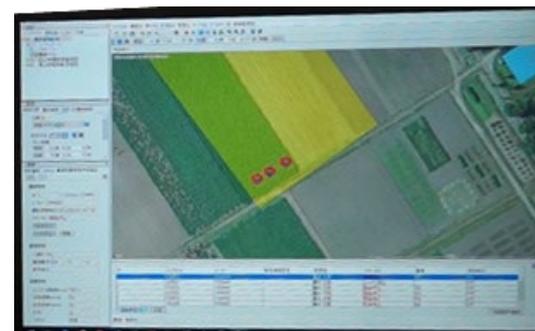
監視PC

- 遠隔モニター
- 遠隔操作
- 障害物検出

- アラート
- 自動緊急停止



ロボット周辺モニター

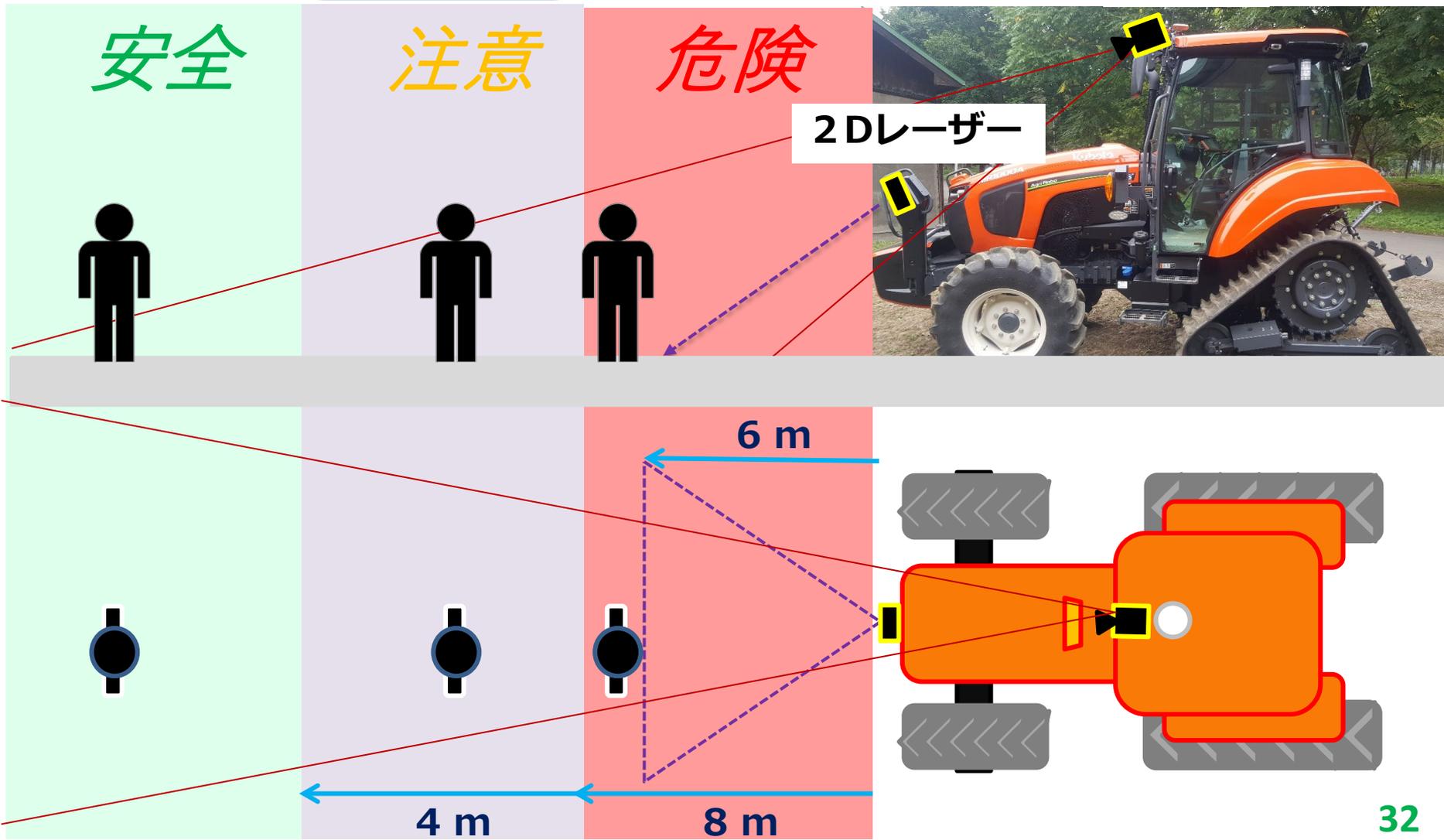


GISベースモニター

監視センター
アラート

緊急停止

フルHD
カメラ







- 岩見沢ロボット監視室 — 北大研究農場：37 km
- 岩見沢ロボット監視室 — 岩見沢西谷内農場：7 km

- クボタ、ヤンマーのトラクタを遠隔監視用ロボットトラクタに改造
- 無線通信にはNTTとの共同研究である5G利用
- 北大農場・西谷内農場2圃場、それぞれ2台のロボット農機を遠隔監視

北海道大学研究農場

岩見沢西谷内圃場

GISモニター

ヤンマー・ホイール

ヤンマー・クローラ

クボタ・ホイール

クボタ・クローラ



トラクタ遠隔操縦システム

自律モードから遠隔操縦モード
に切替える機能

- ・ 圃場最外周の作業
- ・ 圃場間移動（安全性の確保）
- ・ 不整形な小区画圃場の作業

ロボット監視室



$(V(t), r(t), td(t))$

航法センサ



RTK-GNSS



IMU

ロボットトラクタ



y

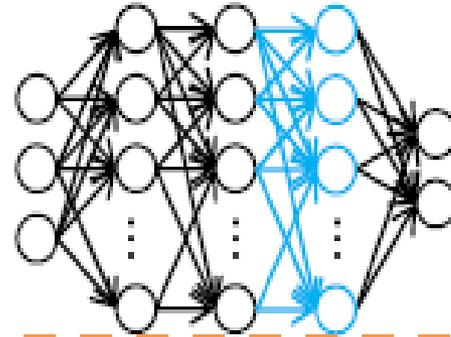
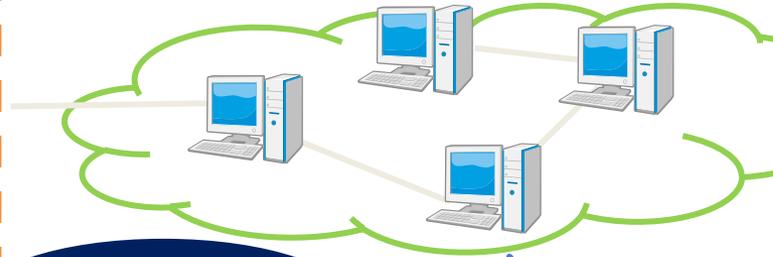
ϕ

x

COG

栄養状態・病虫害の超早期検出

AI分析基盤



5G

リアルタイム
フィードバック

スポット防除
可変施肥

メリット

- 多様なデータが大量に集められる。
- 精細な画像データが伝送される
- エッジコンピューティングでリアルタイム処理



一人のオペレータが数多くのロボット農機の作業を監視する

レベル3ロボット農機の有効な使い方 シェアリング・作業受託サービス



② 小型ロボット

日本オリジナルなロボット農業体系 (中山間向け)

- 低価格
- 小型で小回り
- 小区画・不整形地対応
- 24時間使用可
- 複数で協調作業 (大区画まで対応)

使い方：共有、リース・レンタル、作業委託

草刈ロボット(1)



現在、作業者の負担を減らそうと
開発を進めているのが半自走式草刈ロボットです

自律移動ロボットを用いた半自走草刈機 (産総研・筑水キャニコムなど)

草刈ロボット(2)

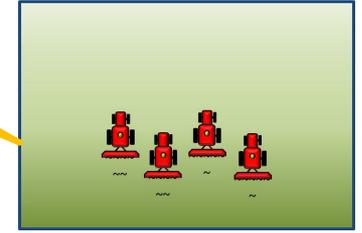
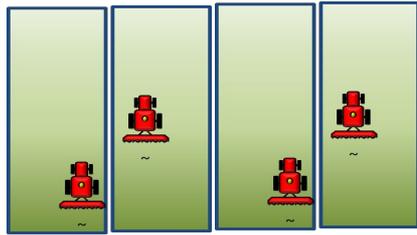
農研機構西日本農業研究センター
誘導式小型草刈ロボット 試作1号機



法面傾斜 平均40度 最小34度～最大44度

特開 2019-201560

小型ロボットの特長



複数の小区画ほ場で使用（中山間）



複数台が1つの大区画ほ場で使用（平場）

小区画ほ場から大区画ほ場まで使える
小型ロボットプラットフォーム

ロボットトラクタによる4台協調作業@北大農場

©内閣広報室

Science and Technology in Society *forum*
The 14th Annual Meeting 2017
October 1-3, 2017, Kyoto, Japan



STSフォーラム 第14回年次総会における 安倍総理スピーチ

安倍 前総理が「科学技術と人類の未来に関する国際フォーラム」
(2017年10月1日, 京都) においてご紹介

質問タイム



スマート農業の特長

- データに基づいた農業
- 自動化・ロボット化
- 空間と時間で情報をつなぐことで
新しい地域農業の創生

農業データ連携基盤（WAGRI）の3つの機能

農業ICTの抱える課題を解決し、農業の担い手がデータを使って生産性向上や経営改善に挑戦できる環境を生み出すため、**データ連携・共有・提供機能**を有する**データプラットフォーム（農業データ連携基盤：WAGRI）**。

データ連携機能

ベンダーやメーカーの壁を超えて、様々な農業ICT、農機やセンサー等のデータ連携が可能になる。



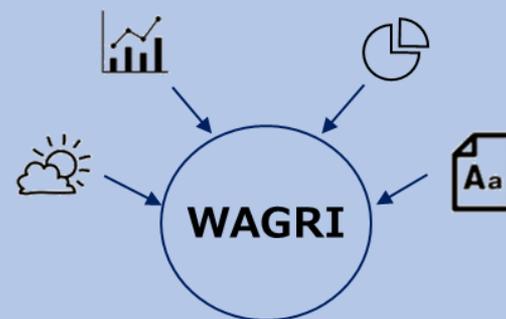
データ共有機能

一定のルールの下でのデータ共有が可能になり、データの比較や、生産性の向上に繋がるサービスの提供が可能になる。



データ提供機能

土壌、気象、市況などの様々なデータ等を整備し、農家に役立つ情報の提供が可能になる。



様々なデータを駆使して生産性向上・経営改善に取り組むことが可能になる。

③ スマートフードチェーン

鮮度と品質管理を基軸とする生産技術とスマートフードチェーン

農業・食品産業の成長産業化

農業・食料関連産業生産額: 約100兆円

輸出1000億円拡大

食品ロス10%削減

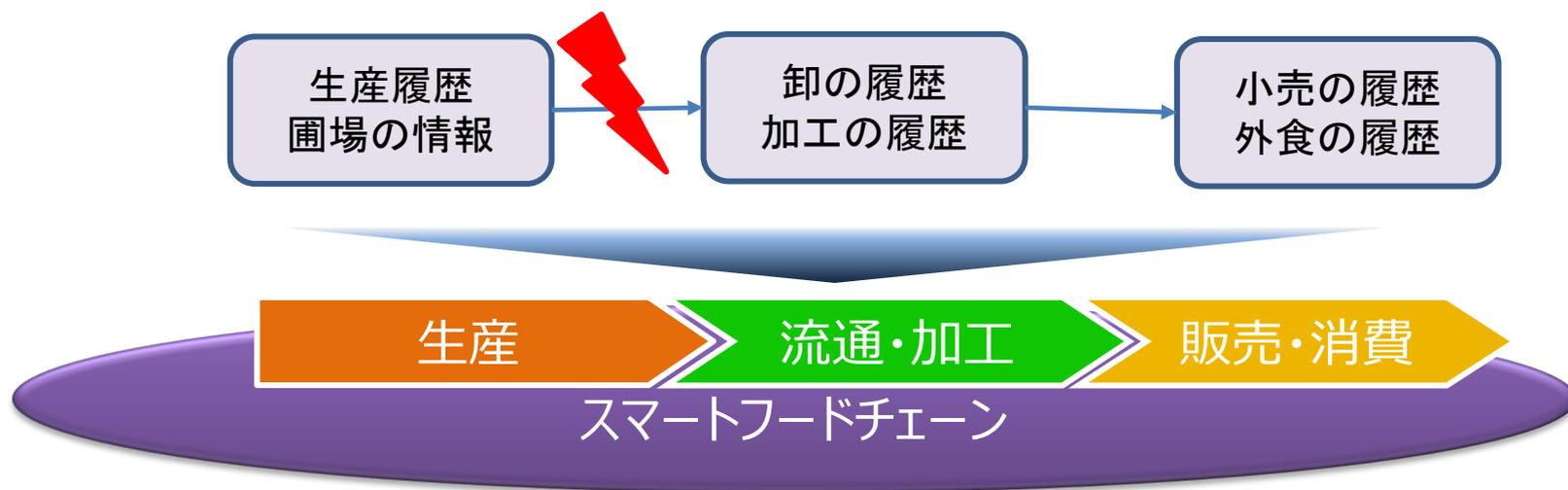
農業データ
連携基盤
(WAGRI)



流通基盤プラットフォーム



スマートフードチェーンの主要な要素技術



生産、流通・消費をつなげるスマートフードチェーンの構築

効率化 + 食品ロス削減	需要予測	小売店の協力を得て小売データ(POSデータ)を取得し、 需要予測モデル (AI、階層ベイズモデル) の構築
	出荷予測	気象情報を入力とする生育予測モデルを開発し、 収穫適期と出荷量 (収穫量) を予測
	共同物流	採算性を踏まえた共同物流モデルを具体化し、 積載率向上、コスト低減 効果を検証
	鮮度保持	流通過程に鮮度モニターと 鮮度保持技術

④

スマート露地野菜生産

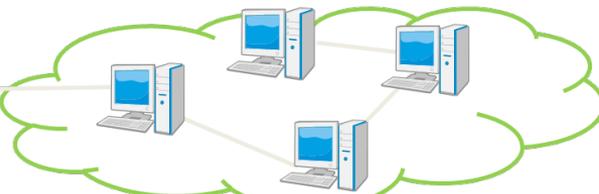
ドローンによる リモートセンシング

IoT

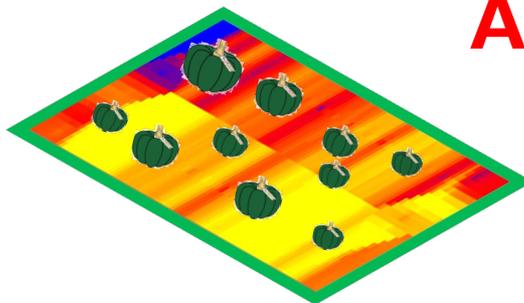
- 生育モデリング
- 病虫害発生予察検知
- 果実の位置推定

撮影頻度: 1回/週

ビッグデータ



AI



生育状態の可視化 と最適管理

- 管理作業の最適化
- 収穫適期予測
- 予測収量マップ

ロボット

収穫作業の自動化

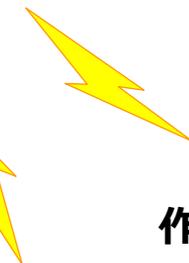
- 収穫・搬出・運搬
作業の自動化
- 選択収穫
- 夜間収穫

ドローン

気象ステーション

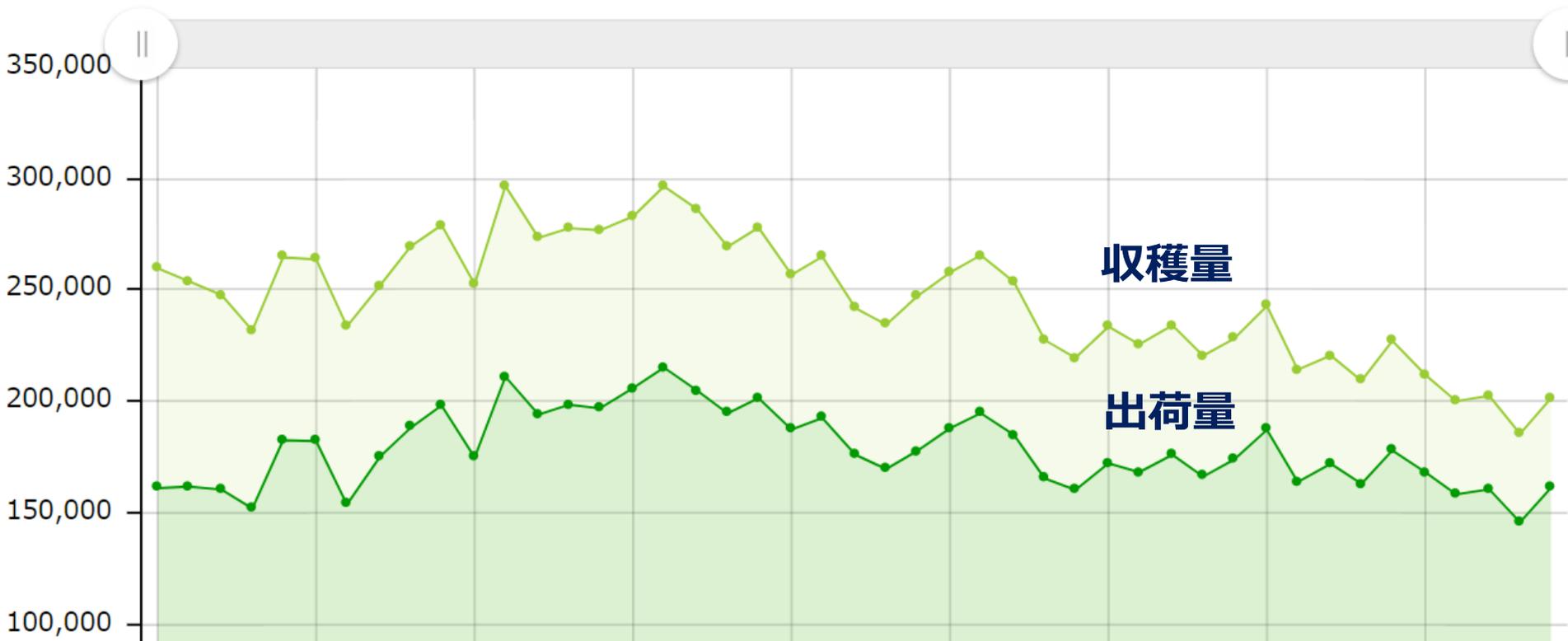
GISマッピング

作業データ



マルチロボット

日本のカボチャの栽培面積・収穫量・出荷量



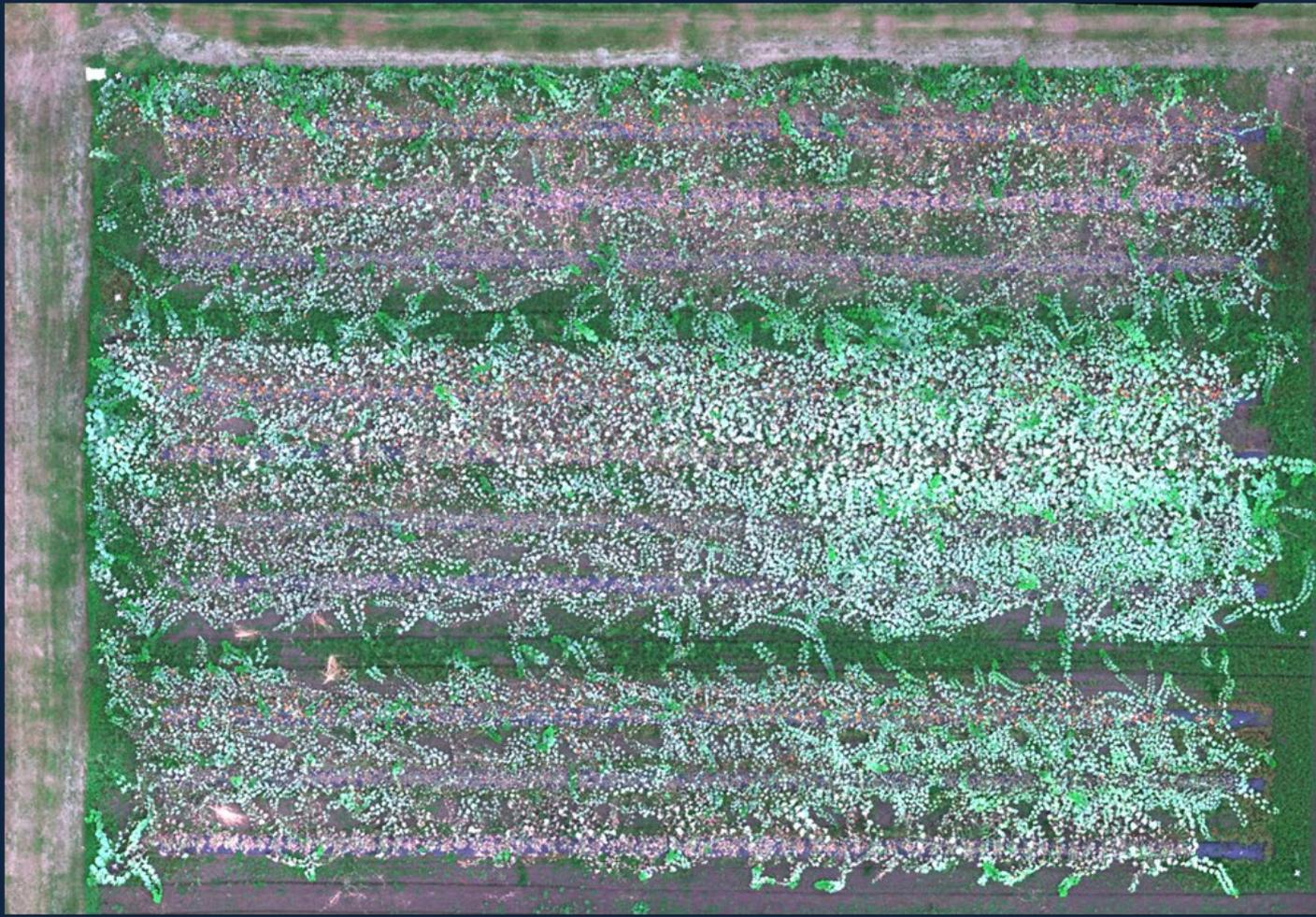
AIを用いたカボチャの収量予測

50m

35
m

6060
pixels

6780 pixels

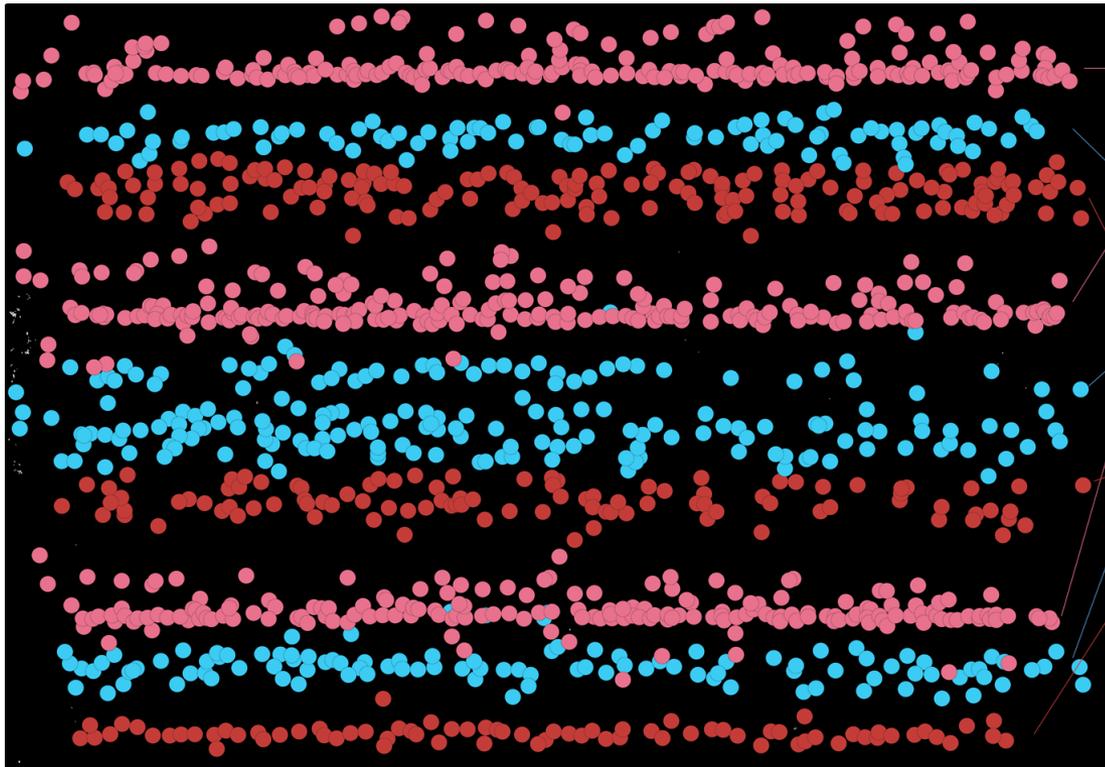


ドローンによるカボチャの認識

期待される効果

- 収穫前に収量推定
- 品質・収量の高位安定化
- 適切な出荷計画の立案

品種	飛行高度	適合率
コリンキー	5m	94.8%
	20m	98.8%
おいたけ 栗たん	5m	92.1%
	20m	93.5%
えびす	5m	94.3%
	20m	97.0%



コリンキー

おいとけ
栗たん

えびす

ロボットによるカボチャ収穫作業



カボチャ認識は機械学習
推論モデル (YoloV4)

カボチャ収穫作業 (3倍速)

農業用アシストスーツ（和歌山大学発ベンチャー）

山口・和歌山・神奈川・香川・徳島・大分の各県にて現地実証試験



ジャガイモの収穫



ガボチャの収穫



ニンジンの洗浄



肥料袋の持ち上げ投入



ミカンの貯蔵



レンコンの運搬



サツマイモの運搬

アシストスーツ



(和歌山大学)

追従型運搬ロボット

3次元カメラ& パン方向制御ユニット



人に追従する運搬車両、野菜など収穫物の運搬に最適（北海道大学農学研究院）

下関市における野菜の生産

野菜栽培で大変な作業は
収穫作業！

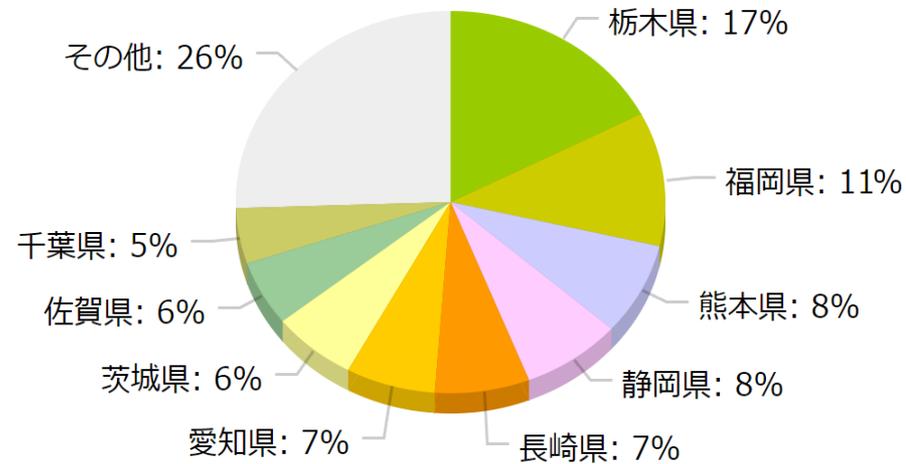


野菜販売量(全農山口県本部取扱量)(平成27年) (単位:t)

作物名	下関市	山口県	県内シェア	JA別県内順位
イチゴ	143	433	33.0%	1位
アスパラガス	44	81	54.3%	1位
はなっこりー	12	102	11.8%	3位
キャベツ	149	2,856	5.2%	3位
トマト	212	1,390	15.3%	3位
タマネギ	49	1,781	2.8%	6位

生産量

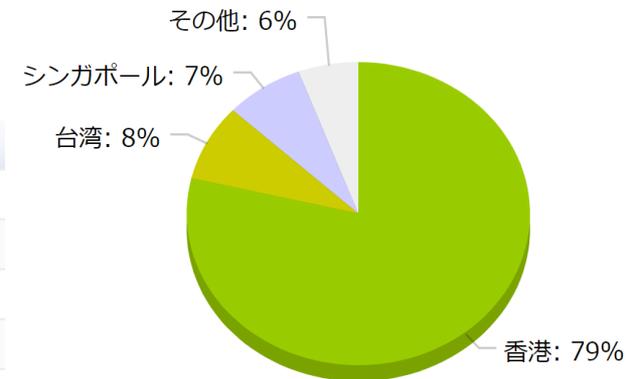
順位	都道府県	収穫量
1位	栃木県	2万4,900トン
2位	福岡県	1万6,300トン
3位	熊本県	1万1,200トン
4位	静岡県	1万800トン
5位	長崎県	1万200トン
6位	愛知県	9,670トン
7位	茨城県	9,150トン
8位	佐賀県	7,910トン



山口県：19位（2,370トン）

輸出量

順位	輸出先	輸出量	輸出額
1位	香港	929トン	20億603万円
2位	台湾	96.8トン	2億992万円
3位	シンガポール	87.1トン	1億8,665万円
4位	タイ	44.8トン	1億5,706万円
5位	アメリカ	16.8トン	5,468万円
6位	マレーシア	1.8トン	569万円



イチゴ収穫ロボット



定置型収穫ロボットの動作

アスパラガス収穫ロボット



(inaho株式会社, 神奈川県)

キャベツ収穫ロボット



上部カメラによるキャベツ認識⇒操舵制御

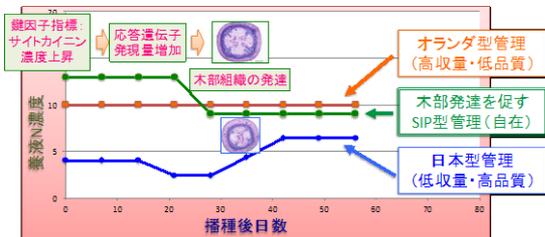
AIを用いた収穫ロボット（ピーマン）



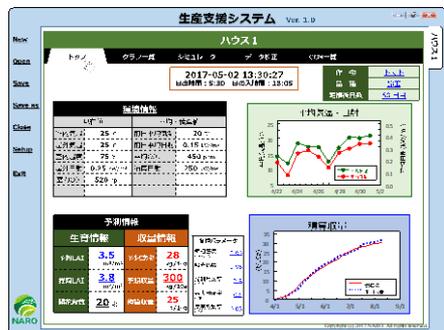
(AGRIST株式会社, 宮崎県)

⑤ スマート施設園芸

- ✓ オミクス解析に基づく**育苗条件選定ツール**、**生育・収量予測ツール**、**裂果抑制剤等**を開発した。
- ✓ 農研機構(つくば)や**大規模生産法人のトマト植物工場**等で**実証**。農研機構における実証では、**目標(55t/10a)**を上回る**年間収量**を達成した。



育苗条件選定ツール



生育・収量予測ツール

オミクス解析により開発した世界初の品種の能力を最大化可能な「生育・収量予測ツール」と「育苗条件選定ツール」

最大収量が得られるように**栽植密度、室温、CO₂濃度等のパラメータを制御して実証**



目標を上回る**年間収量 (糖度5以上で55t/10a以上)**を達成

実証先の生産者の声

- 生育予測・栽培支援ツールについて
- ・「有効性が期待できる」
 - ・「他品種へも展開出来るよう研究を拡大して欲しい」等

実証を行った生産法人

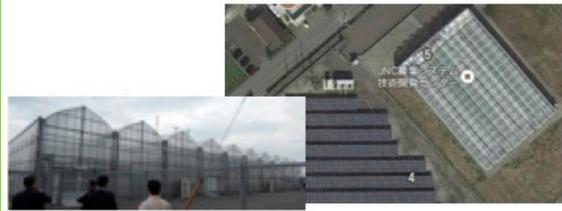
【静岡県菊川市】



【栃木県下野市】



【熊本県水俣市】



各法人等がターゲットとする**収量・品質の実現を支援**

スマート施設園芸（経営評価）

- ✓ **スマート植物工場(トマト)**について、民間コンサルの参画により、SIPの成果を導入した植物工場の事業計画の精緻なモデルを作成し、収益性を評価した。
→ 補助金無しでキャッシュフローを確保しつつ、**事業開始8年後から単年度黒字化**し、SIP方式で安定的な経営が可能であることを示した。

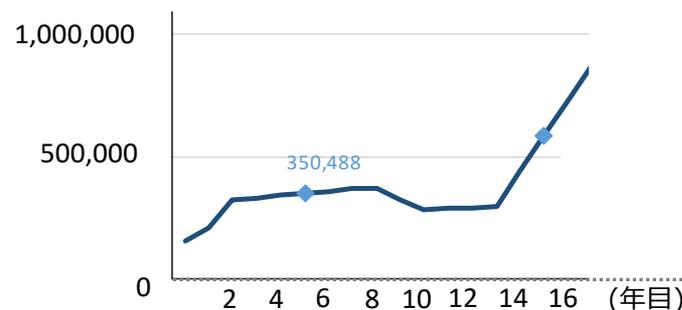
SIP型植物工場の事業計画シミュレーション

項目		SIP型植物工場	備考
条件	面積	4 ha	
	反収	57 t/10a	安定生産達成時
	平均単価	349 円	市場データ・事業者聞取
	初期投資	19.6 億円 (補助無し)	メーカー等聞取
収支	売上 ①	796,560 千円	
	経常費用 ②	585,934 千円	15年目数値 (減価償却完了時)
	経常利益 ③ (①-②)	210,626 千円	
指標	経常利益率 ④ (③/①)	26.4 %	15年目数値
	IRR	4.27 %	15年目数値
		7.85 %	30年目数値

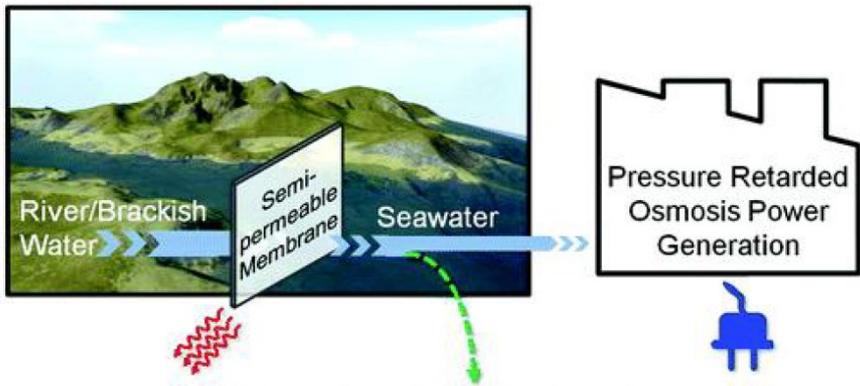
モデルの前提条件:

- ・立地は三重県(日照2,111時間/年)
- ・苗は購入(560 千円/10a)
- ・15.3億円をスーパーL資金、5.9億円を地銀調達(金利3%、10年で返済)
- ・正社員15名・パート84名
- ・自ら営業、販売に取り組む、等

(千円) 累積資金収支



海上植物工場システム (垂直農場)

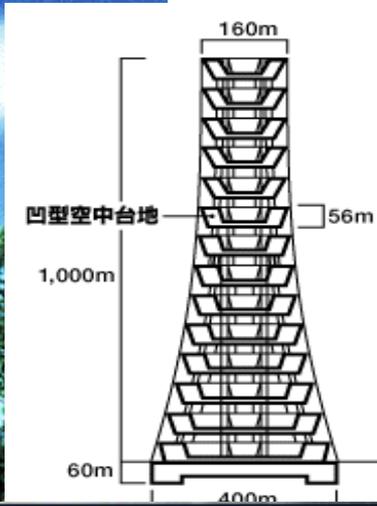


$$\Delta G_{\text{mix}} = \text{Frictional Losses} + \text{Unutilized Energy} + \text{Extractable Work}$$

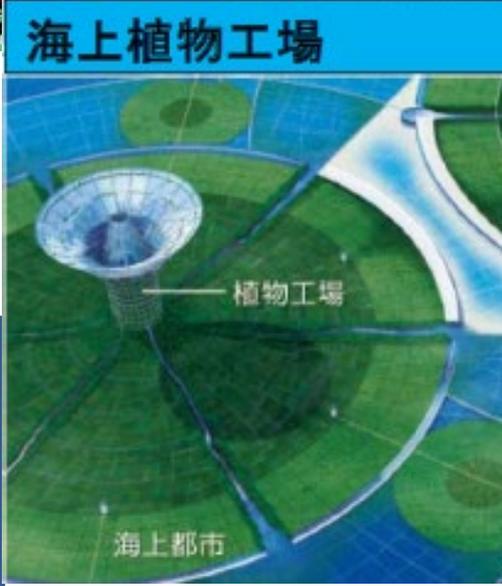
浸透圧発電



逆浸透膜利用による海水淡水化



農業用水
淡水化
ブライン(苦汁)
マグネシウム
リチウム
(産業化)



Saltwater Disposal

シンガポールにおける垂直農場



- THYME
- TOMATOES
- PEAS
- MINT
- SPINACH
- PEACHES
- BRUSSEL SPROUTS

人工光型植物工場 の魅力



生産物の高い安全性

- 農薬が不要である。
- 一般生菌を極めて少なくできる。

計画生産・計画出荷と
安定供給

- 年間を通して生産可能
- 計画生産ができる。
- 気象変動の影響がない。

付加価値の高い植物生産

- 環境制御することで栄養成分(ビタミン、カロチン)の向上が期待できる。
- 医薬品、機能性物質、薬用成分など

地域経済の活性化

- 地方自治体の誘致対象
- 生産物の地域ブランド化
- 高齢者や障害者も従事できる。

高い空間利用効率

- 多段式栽培ができ、鉛直方向に栽培面積を拡大
- 自動化・ロボット化が比較的容易
- 都市近郊に建設することで流通コストを抑える。

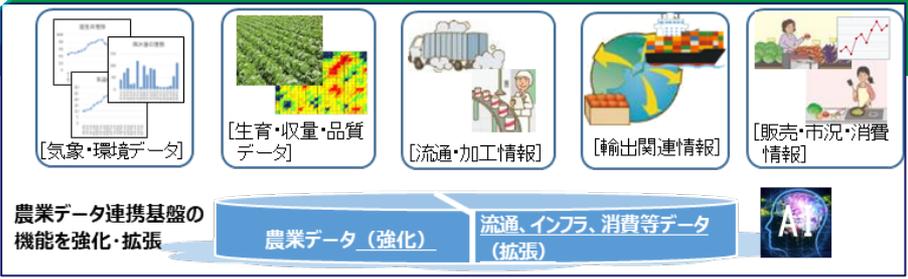
人工光型植物工場の課題

- 設備費などのイニシャルコスト
- ランニングコスト(電気代、人件費、輸送費)
- 販路の確保が必要
- 栽培技術がヒトに帰属
- エネルギーと環境に対するネガティブな印象
- 経営を含めコンサルティングができる専門家が不足

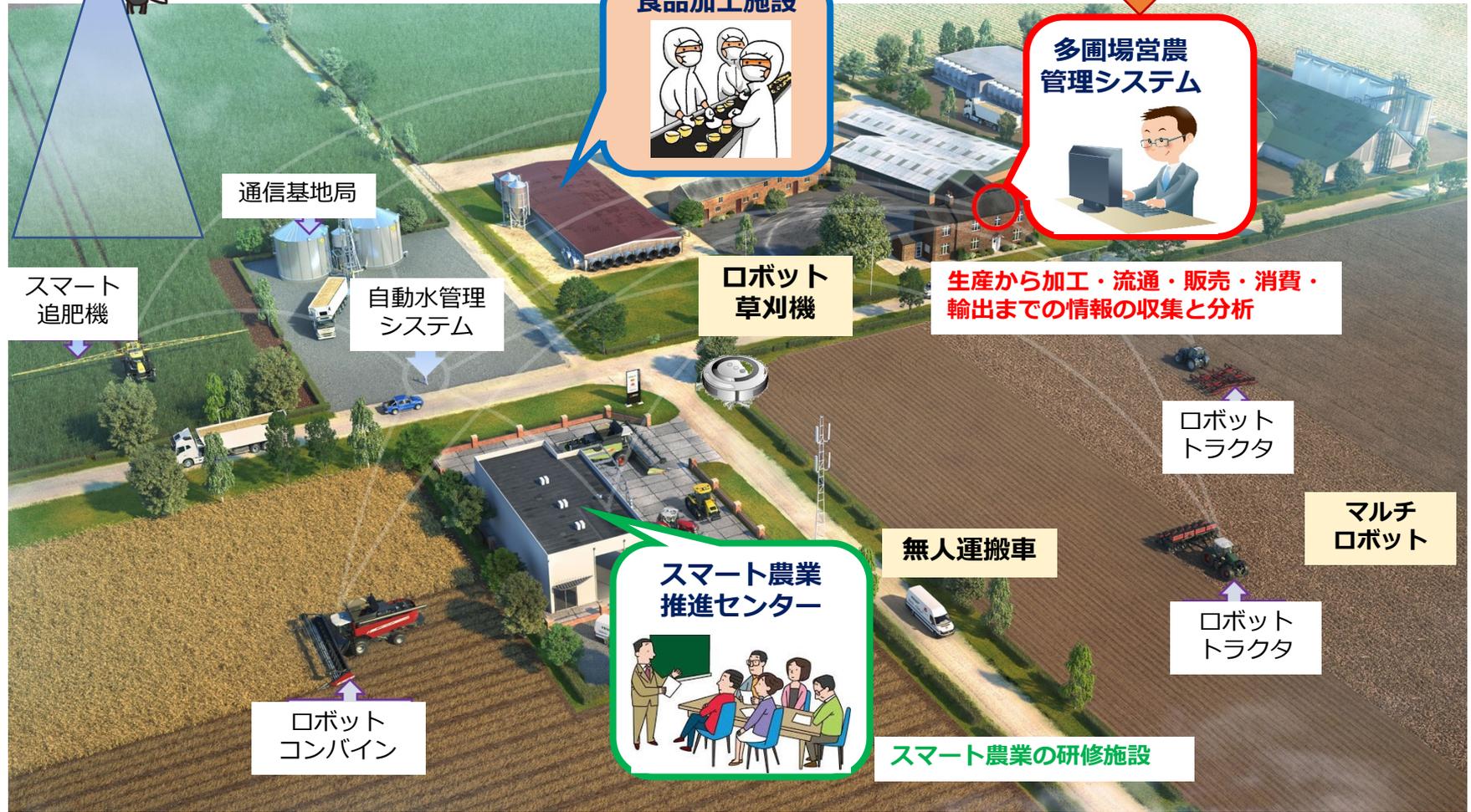
⑥ スマートアグリシティ

スマートフードチェーン

地方から世界へ



ドローン (農薬散布&リモセン)



スマート農業向け基盤整備

ロボット・ICTを活用するスマート農業の効果を最大化するには、スマート農業に適した農地環境やネットワーク環境などインフラの整備を必要とする

スマート農業実装に適した圃場

【農地整備】

- 大区画化
- 農道が地図化されている。
- 田畑輪換が容易で作物栽培に最適な地下水位を維持できる地下水位制御システム「フォアス」

【情報基盤】

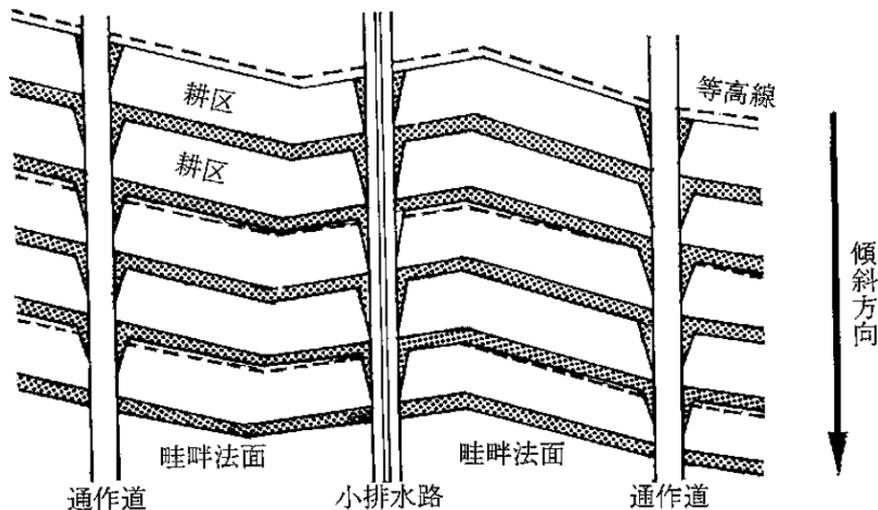
- 圃場傍に電源設備がある。
- 地域BWAやLPWAなどブロードバンド環境が整備されている。
- GNSS補強信号が常時使用できる。

情報ネットワーク環境の整備（イメージ）

- 情報ネットワーク環境を活用したスマート農業を展開。
- 農村におけるICTを活用した定住条件の強化に向けた取組においても活用。



中山間地域におけるスマート農業向け基盤整備 (1)



出典:土地改良事業計画
設計基準及び運用・解説
計画「ほ場整備(水田)」

等高線区画 (長方形区画と比べると土工量は軽減する)



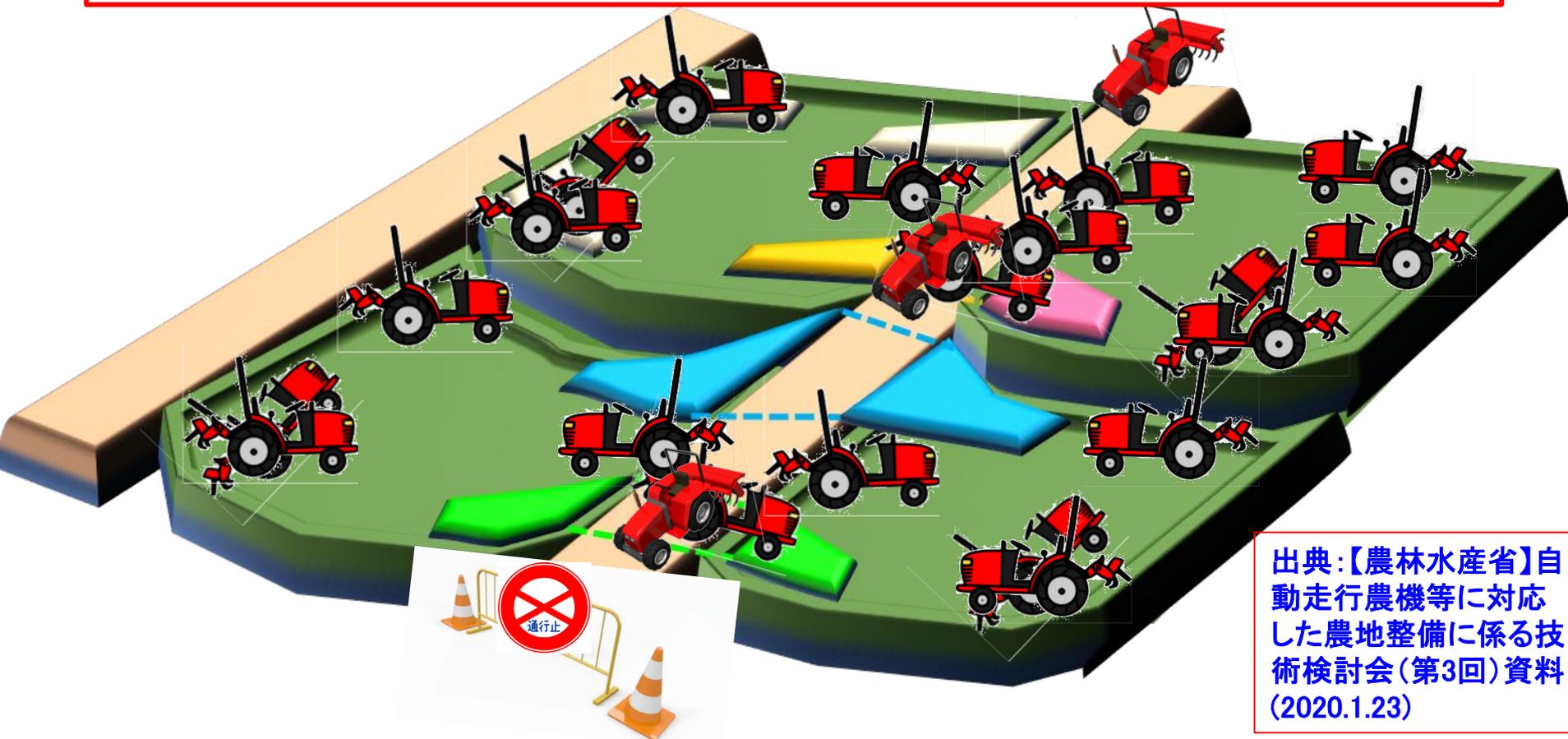
出典:国営南周防
農地整備事業
中西団地 区画
整理工事の進捗

整備前 (赤点線に大きな傾斜がある) 整備後 (赤点線沿いは等高線区画で整備)

長方形区画と等高線区画を組み合わせた国営周防地区の事例

中山間地域におけるスマート農業向け基盤整備 (2)

道路管理者が一般交通の用に供さない農道と判断した場合、交通を規制して、無人農機を農道走行させることができる。



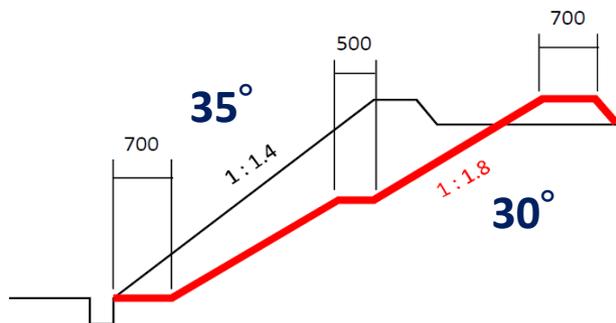
出典:【農林水産省】自動走行農機等に対応した農地整備に係る技術検討会(第3回)資料(2020.1.23)

ロボット農機に適した中山間地域の基盤整備の一例

- 作業の連続性から最適な圃場進入路を設置する。
- 道路と圃場の高低差を小さくして、圃場進入路の勾配とつぶれ地を小さくする。

中山間地域におけるスマート農業向け基盤整備 (3)

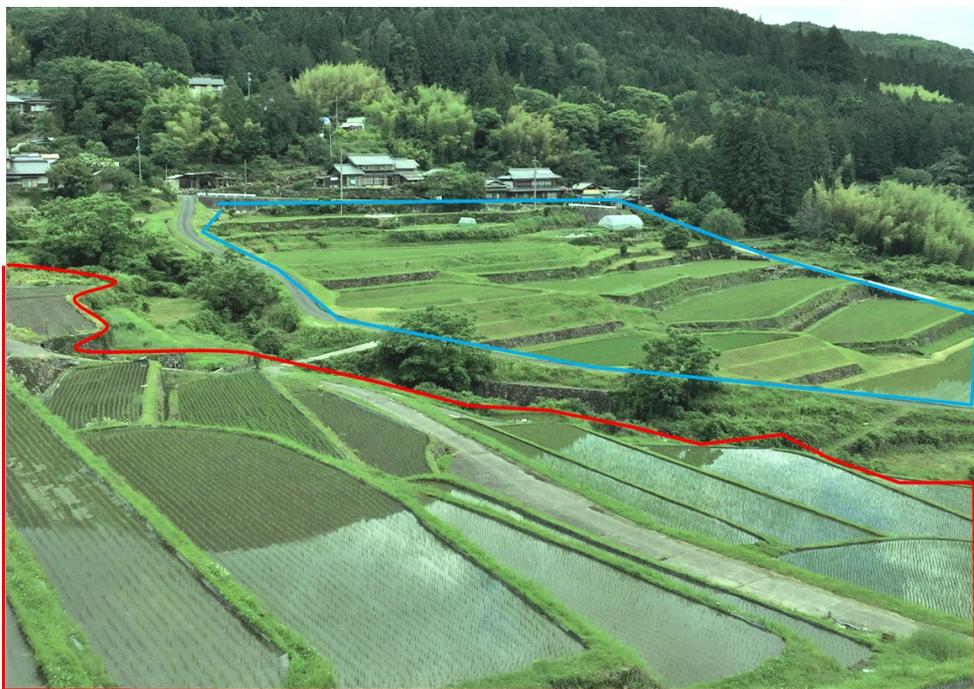
草刈りなど管理の省力化に有効な農地整備例



【整備内容】

- ✓ 畦畔法面の**勾配修正**、**小段の設置**
- ✓ 草刈り時の**安全性の確保**
- ✓ **無線遠隔操作草刈り機**の導入を見据えた**法勾配**

整備範囲を検討した農地整備例



地域で比較的**傾斜の緩い農地**（青色枠内）は大区画化。

急傾斜の棚田（赤枠内）は区画の形状は変えていない。

出典：【農林水産省】自動走行農機等に対応した農地整備に係る技術検討会（第3回）資料(2020.1.23)

スマート農業普及に向けた人材育成

フル活用できる
次世代人材育成

地域の普及
リーダー育成

ユーザー育成

ワカモノ

農業高等学校
スマート農業
カリキュラム

農業大学校
スマート農業
カリキュラム

普及を担う 人材

普及センター・
JA職員向け
研修プログラム
(e-ラーニング)

他地域の成功事例
の視察研修

担い手

意欲的な農家によるスマート農業
研究会の設置

研究会・自治体・
JAが連携した
研修プログラム
(e-ラーニング)

地域の成功事例を共有
(スマート農業実証
プロジェクト)

カリキュラムは通年開講、作目別で構築。(農機メーカー、ITベンダー協力のもと座学と実習)

北海道大学 スマート農業教育研究センター (2023年3月竣工予定)

- ✓ 学生教育
- ✓ オープンラボ (研究開発)
- ✓ 実証フィールド (技術実証)
- ✓ 実演展示 (社会啓発)



スマート農業教育研究センター
2階建て (3000m²)

2023年3月開業予定



北海道ボールパークFビレッジ
農園エリア連携協定 (2021年10月9日)



北海道の基幹産業である『農業』の持続可能な発展を目指した共同事業

広大な北海道の大地から世界へ。世界がまだ見ぬ『農業の未来ビジョン』を発信。

Kubota

施設の設置 技術紹介 次世代育成 農業体験



運営協力
地域連携
交流イベント
発信



1. 農業への興味喚起
2. 農業を通じたひとづくり・まちづくり



北海道大学

技術展示
実演プログラム
次世代育成
サテライト農園



The Ambitious City
—大志をいだくまち— HOKKAIDO 北広島市

連携協議

北広島市・周辺自治体

北海道ボールパークFビレッジ・サテライト農園



北海道ボールパークFビレッジ
農業学習施設



北海道大学
スマート農業教育研究センター



トラクタ遠隔運転システム



ロボット監視室



北海道大学 研究農場

要約

- 就業者人口減少と高齢化が進む日本農業において**スマート農業技術の導入は不可欠**。
- 日本の「水田農業」のスマート農業は世界のトップ。その核になる**農業データ連携基盤（WAGRI）**が構築されている。
- **ロボット農機の小型化と低コスト化**は課題であるが、近い将来に実現する。
- 生産のスマート化から**流通・消費のスマート化**へと拡充・発展する。
- **中山間、野菜などのスマート化**はこれからである。また、下関はスマート施設園芸も可能性がある。地域に適合した**スマート農業は、その地域で創る必要がある**。