

データ駆動型土壌メンテナンス
データ駆動型土壌メンテナンスによる
スマート農業の高度化

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）

「AI技術領域」

【継続事業】

施策説明資料

令和4年3月
農林水産省

資料 1 「データ駆動型土壌メンテナンスによるスマート農業の高度化」の全体像

課題と目標

(課題)

- (1) 農業従事者の減少・高齢化や異常気象の頻発など食料生産を巡る情勢は年々厳しさを増しており、従来の農業者の経験や勘に依存した農業では、農業生産の持続性を確保し、将来にわたり食料を安定的に供給することが難しくなりつつある。
- (2) こうした情勢を踏まえ、農林水産省および農研機構では、スマート農機やIoTなどを活用したスマート農業実証事業をR1年度から全国182カ所(R3年10月現在)で実施しているが、収量の向上と収益性の改善が不十分な状況にあり、その原因の多くは土壌管理に起因する。
- (3) また、海外に目を転じれば土壌劣化や地下水の汚染が深刻化しており、土壌の精密管理に向けたイノベーションが求められている。
- (4) これら土壌に起因する問題に関し、我が国が得意とするセンサー技術とそこから得られたビッグデータのAI解析手法を基に土壌メンテナンス・システムを確立し、より高度なスマート農業に転換できれば、収益性が大幅に向上し、データ駆動型農業の実践が加速化される。

(目標) R7年度までにほぼ全ての担い手農家におけるスマート農業の実現するとともに、データ駆動型土壌管理技術の確立により、持続性と生産性向上を両立させるスマート農業を実現する。

「データ駆動型土壌メンテナンスによるスマート農業の高度化」の概要



出口戦略

スマート農業の生産性を2倍以上に高め、農業・農村地域におけるDXを加速する。

民間研究開発投資誘発効果等

- (1) 民間研究開発投資誘発効果：スマート農業の高度化に向けて、農機具メーカー等の研究開発投資が誘発(年間100億円規模)。
- (2) 民間企業からの貢献：農機具メーカー等9社が本施策に関心を示し、資金拠出に向けた交渉を進めている(R3予定75百万円)。

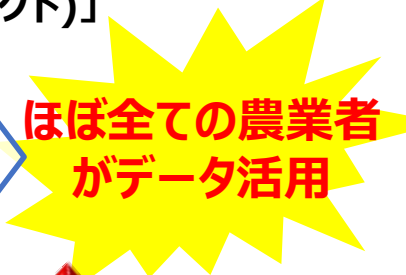


元施策1. 農林水産省「スマート農業総合推進対策事業(スマート農業加速化実証プロジェクト)」

実施内容

- ① スマート農機やドローンによるセンシングなど最先端スマート農業技術の生産現場への導入・実証(全国182箇所)
- ② R7年度までに、ほぼ全ての担い手農家がデータを活用した農業を実践することを目標に設定

事業費 H30補正：6,153百万円、R1：505百万円、R1補正：7,150百万円、R2：750百万円、R2補正：6,200百万円、R3：750百万円、R3補正：4,850百万円、R4：729百万円



土壌状態センシングや、追肥要否診断アルゴリズムを実証地に導入、有効性を検証

各土壌センサーを実証地に展開し、ビッグデータを収集

3つのAIシステムを実証地に導入し、増収効果を実証

持続性と生産性の向上の両立

土壌メンテナンスによるスマート農業の高度化

元施策2. 農研機構 運営費交付金「ドローン空撮画像利用技術の最適化と情報共有基盤の整備」等

実施内容

- ① デジタル画像データを活用した病害虫の超早期発見技術の開発
- ② デジタル画像データと過去の生育モデルとを組み合わせた農作物の生育量や収穫量の予測システムの開発

事業費 R1：381百万円、R2：311百万円、R3：311百万円、R4：300百万円(調整中)

開発する技術

PRISM-AI

R3(FS)実施内容

R4実施内容

R5実施内容

① 土壌センシングAIシステム

センシング候補技術の原理確認・プロトタイプ試作

土壌センサー開発、ビッグデータ収集開始、解析AIの開発

土壌センサーの精度検証、ビッグデータ収集・蓄積、AI解析

② 土壌メンテナンスAIシステム

メンテナンスAI・行動計画AIのアルゴリズム開発

メンテナンス・行動計画AIの開発

農機の自律動作システムの開発・試験実証

③ 営農支援AIシステム

農作業のデジタル化

営農支援AIシステムの開発

営農支援AIシステムの試験ほ場実証

事業費：100百万円

事業費：200百万円

資料3-1 「データ駆動型土壌メンテナンスによるスマート農業の高度化」の概要①

(農林水産省 アドオン (R4) : 200百万円/元施策 (R4) : 1,029百万円)

背景・現状

- ◆農業従事者の減少・高齢化や異常気象の頻発など食料生産を巡る情勢は年々厳しさを増しており、従来の**農業者の経験や勘に依存した農業**では、農業生産の**持続性を確保し、将来にわたり食料を安定的に供給することが難しく**なりつつある。
- ◆こうした情勢を踏まえ、農林水産省および農研機構では、スマート農機やIoTなどを活用したスマート農業実証事業(スマ農事業)をR1年度から全国182カ所で実施しているが、**収量の向上と収益性の改善が不十分**な状況にあり、その原因の多くは土壌管理に起因する。
- ◆また、海外に目を転じれば**土壌劣化や地下水の汚染が深刻化**しており、**土壌の精密管理に向けたイノベーション**が求められている。
- ◆これら土壌に起因する問題に関し、我が国が得意とするセンサー技術とそこから得られたビッグデータのAI解析手法を基に**土壌メンテナンス・システムを確立**し、より高度なスマート農業に転換できれば、**収益性が大幅に向上**し、データ駆動型農業の実践が加速化される。

実施内容

- (1) 本PRISMでは、農作物の収量に即応する**土壌中の水分量及び窒素含有量に特化**し、スマート農機等の作業時に**リアルタイムセンシングが可能な最先端のセンサー類**を開発する。また、それらセンシングデータと農作物の生育シミュレーションモデルとを組み合わせ、収量を最大化する**最適な土壌管理方法を導き出す土壌メンテナンス・システム**を開発する。最終的には、これらセンサー及びシステムをスマート農機等と一体的に運用し、**元施策の実証地区等にて増収効果を検証**する。
- (2) 具体的には、
 - ① 土壌水分量・窒素含有量等をセンシングする**最先端のセンサー類開発**や、それらセンシング情報等を**ビッグデータ解析するAI**を開発する。これにより出力されるメートル単位メッシュでのほ場診断データや生育予測データを土壌メンテナンスAIシステムに活用する。
 - ② 土壌センシングAIシステムから出力されたほ場診断データと生育予測データから、メートル単位メッシュ毎の精密な土壌メンテナンス計画(肥培管理作業等)を提示する**ほ場管理AI**や、スマート農機に指示を出し自律的に農作業させる**行動計画AI**を開発する。
- (3) また、機械化が困難な施設園芸等の土壌管理に関しては、熟練農業者の土壌管理作業等をデジタルデータ化し、それらデータに基づいて最適な作業(品質・収量に強く影響する作業のタイミングなど)を提示する**営農支援AIシステム**を開発する。
- (4) さらに、これらのシステムを統合し、土壌メンテナンス・システムに基づいたスマート農機による自律可変施肥等の**現地実証を実施**する。

研究開発目標・出口戦略

- 【研究開発目標】** R7年度までにほぼ全ての担い手農家におけるスマート農業の実践を実現するとともに、**データ駆動型土壌管理技術の確立**により、スマ農業事業(R1年度)と比べて **20%収量を増加させ、持続性と生産性向上を両立させるスマート農業を実現**する。
- 【出口戦略】** これまで省力化が中心であったスマート農業技術に対し、**土壌メンテナンスによる収益向上の効果を付加することにより農業の生産性が大幅に向上し、農業・農村地域におけるDXの加速化に貢献**する。

資料 3-2 「データ駆動型土壌メンテナンスによるスマート農業の高度化」の概要②

(農林水産省 アドオン (R4) : 200百万円/元施策 (R4) : 1,029百万円)

PRISMで推進する理由

- 土壌は、生物・物理・化学的な相互作用により成り立っている非常に複雑な系であり、これをデータに基づいて省力的かつ高精度にメンテナンスする手法は世界的にも未だ実現できていない。我が国がスマート農業分野で世界をリードするには、この土壌をメンテナンスするという新たな課題の解決を産学が連携して実施する必要がある。
- 民間企業としても、革新的な計測原理に基づくセンサーやAIの開発にいち早く参加することで、自社の製品やサービスを強化できることから、多くの民間企業が興味を示すと考えられる。このため、本課題を推進することで、センサー類やスマート農機の改良開発などPRISMの狙いである民間による研究開発投資の誘発が非常に期待できる。

元施策がどのように加速されるか

- 作物の収量増加と農業経営の収益性向上を加速することで、農業者の技術導入へのインセンティブが高まり、元施策のスマート農業の導入・普及がより一層加速する。
- R3年度のFSにより、画像センサーによる土塊状態センシングの実用性及びほ場管理アルゴリズムによる追肥要否の早期診断の可能性が示唆されたことから、R4年度に元施策であるスマ農事業の現地等にこれらを導入し、増収など有効性を検証。

戦略の位置付け

- 本施策は、AI戦略2021のうち、「Ⅲ 産業・社会の基盤づくり Ⅲ-1 社会実装 (2) 農業」で謳われている「世界最高水準のスマート農業の実現による農業の成長産業化」に貢献すると共に、「Ⅲ-2 データ関連基盤整備 (1) データ基盤」の重点5分野（健康・医療・介護、農業、国土強靱化、交通インフラ・物流、地方創生）における、AIの活用のためのデータ連携基盤の本格稼働に資する。
- また、統合イノベーション戦略2021では、「4. 官民連携による分野別戦略の推進」において戦略的に取り組むべき応用分野「(1) AI技術」に記載の分野ごとのデータ交換基盤及びデータ利活用環境の構築や整備されたデータを活用したAIサービスの社会実装を推進に貢献すると共に、「(8) 食料・農林水産業」に記載の、スマート農林水産業の推進及びイノベーション等による持続的生産体制を構築に資する。

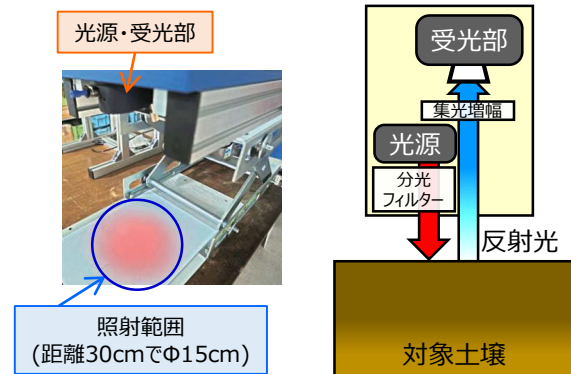
資料4 令和3年度の成果

① 土壌センシングAIシステムの開発

- センシング候補技術として、**土壌水分・土塊状態・土壌成分センサー**について動作原理を確認
- 農機への装着性など実用性の高い技術に絞り込んだうえで**センサーのプロトタイプを試作**

土壌水分：近赤外線式センサー レーザー式センサー

- ・ 土壌表面に**近赤外光**を照射し、水の吸収ピークがある1.94μmの吸光度から水分を推定

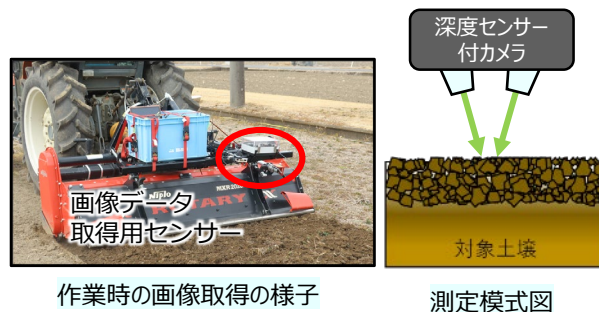


- ・ **予測精度±5%程度で測定可能**であり、必要な精度が得られることを確認

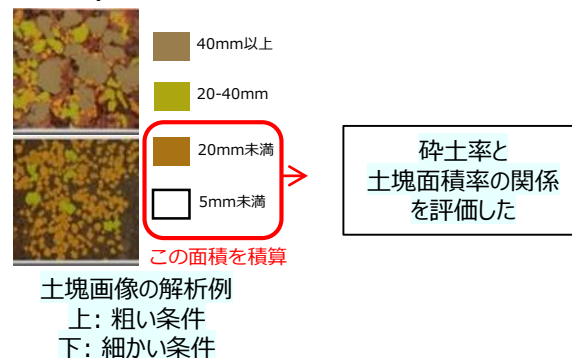
土塊径別に調査し、40mm程度であっても必要な精度を確保

土塊状態：高精細画像センサー

- ・ 画像処理で個々の土塊を区別し、長径20mm未満の土塊が占める面積率から**砕土率を推定**

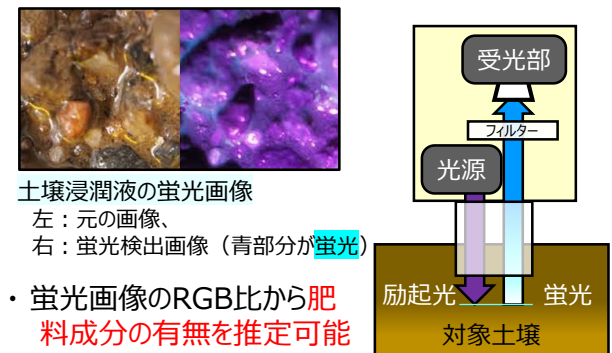


- ・ 高精細画像では**誤差14%**(全国5地域24圃場で調査)であり、R3年度目標の20%以下を達成



土壌成分：蛍光画像センサー

- ・ **有機肥料、化成肥料**など種類の違いにより、得られる**蛍光の波長が異なる**ことを利用



- ・ 蛍光画像のRGB比から**肥料成分の有無を推定可能**なことを確認
- ・ 上記の安価な表面蛍光画像取得方法も検討中

トラクタへの装着実用性を考慮し、**他の計測センシング技術**についても**追加検証中**
例: レーザー式成分センサー、硝酸イオンセンサー

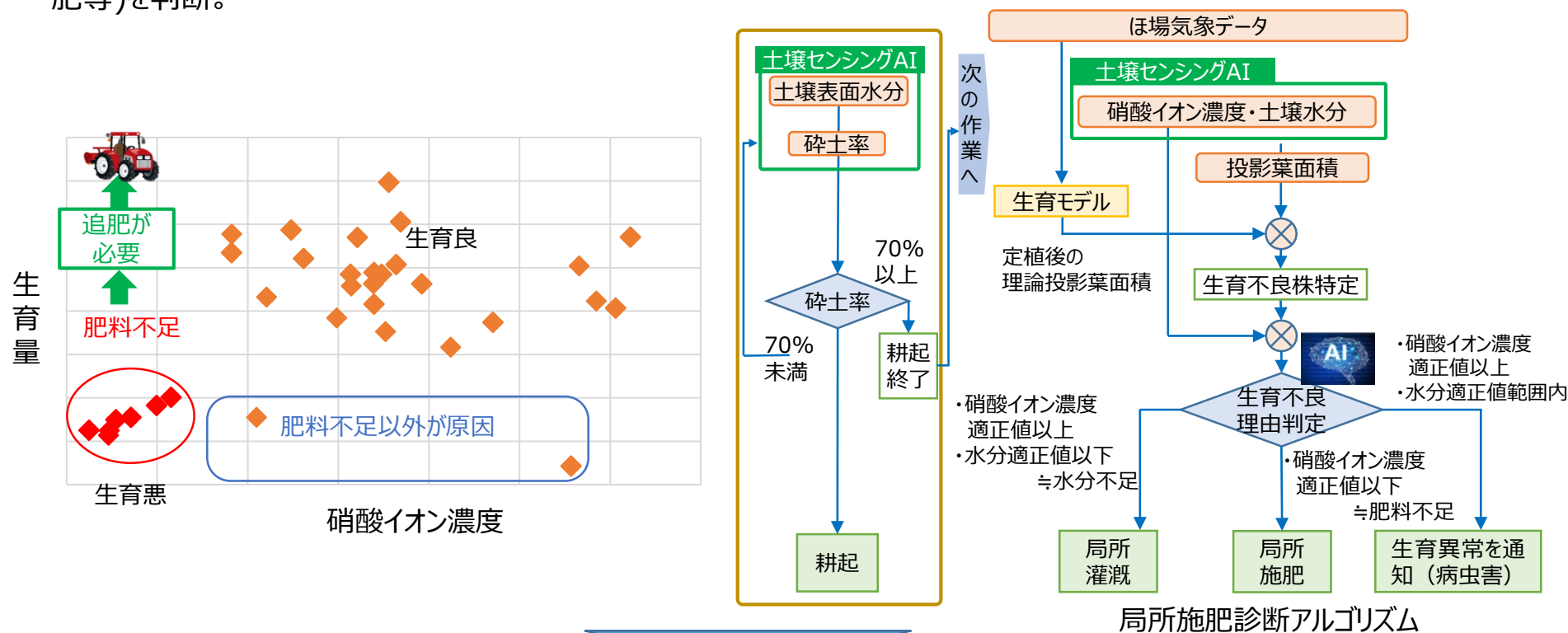
次年度、検出感度等をも高める改良及び測定データのビッグデータ解析（異なる波長の組み合わせ等）による測定精度向上を行うとともに、農機装着時の課題として判明したセンサーの**ロバスト化を確保**する必要

資料4 令和3年度の成果

② 土壌メンテナンスAIシステムの開発

- 土壌の乾湿、窒素含有量及び生育データと収量との関係を解析
- ほ場データマップに従いスマート農機等に対して作業内容を指示するための「ほ場管理AI」のアルゴリズムを開発

- ✓ 一般的に農作物の生育量と土壌中の硝酸イオン濃度との間に相関が見られるところ。
- ✓ 硝酸イオン濃度に係る一定の閾値を下回ると生育が劣るため、追肥が必要となる(左図)。
- ✓ このため、硝酸イオン濃度、土壌水分量をパラメータとした下記アルゴリズムにより、収量を最大化するための作業内容(灌漑・施肥等)を判断。



次年度、スマ農事業への展開を加速するため、実圃場データで得られたビッグデータに基づきパラメータの補正等を行い、圃場毎の状態（土質の違い）に応じた作業指示内容の精度向上を図る必要

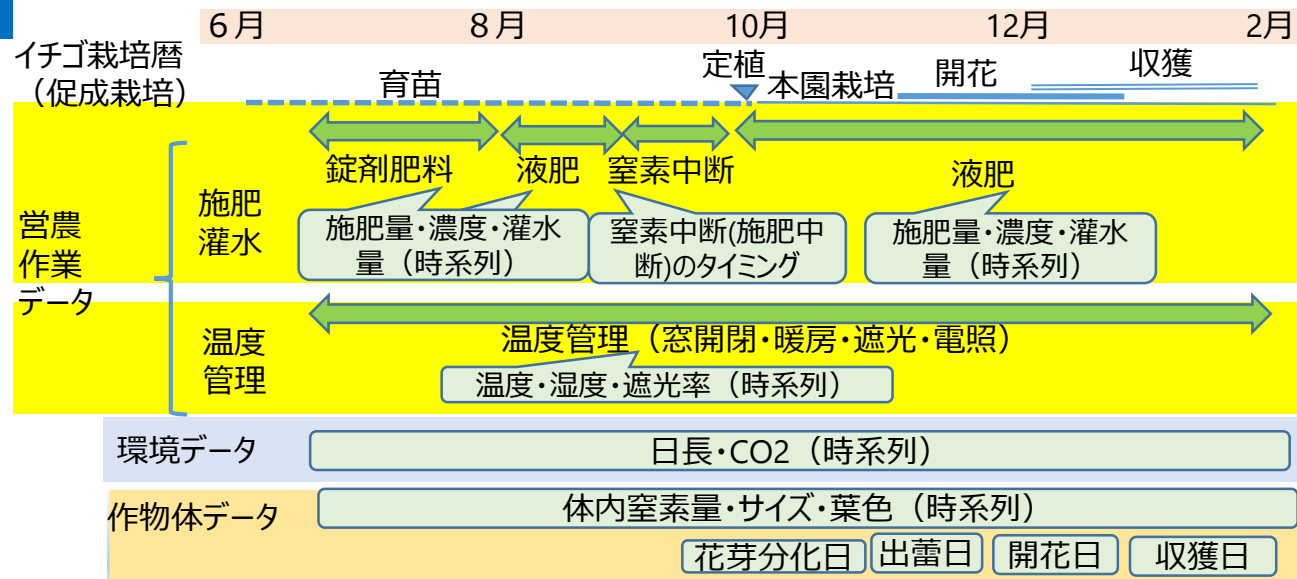
資料 4 令和 3 年度の成果

③ 営農支援AIシステムの開発

- 施肥管理など代表的な作業項目を対象とし、**営農作業をデジタルデータベース化**
- 取得したデジタルデータの分析により、**収量に大きな影響を与える施肥管理判断が可能か検証**

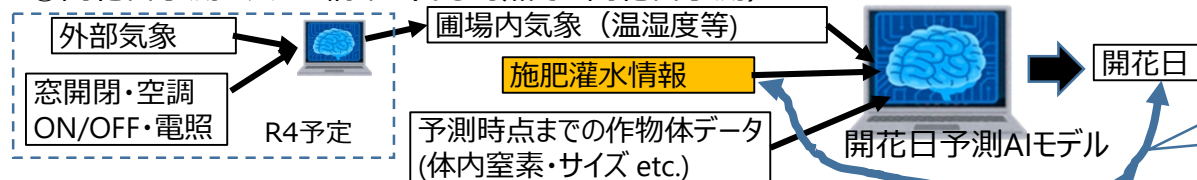
1. 営農作業のデータベース化

- ・開花日に関係すると思われる営農作業・環境・作物体のデータを収集(4圃場420個体)
- ・R4以降の大規模なデータによる検証に向けて、データ収集マニュアル、および、データ収集支援ツール(スマホアプリ)を整備



2. 開花日に大きな影響を与える施肥管理判断の可能性を検証(見込み)

① 開花日予測モデルの構築(ある時点での開花日予測)



- ② 予測モデルを用いて、施肥のタイミング・量の開花日に対する感度分析
→ 予測時点以降で開花日に影響を与える施肥管理判断が可能か検証

次年度、栽培地の気象条件の違いに予測モデルを対応させるため、データ収集を全国で実施し、データベースを拡充する必要

- ① 土壌センシングAIシステムの開発
- ✓ R3年度に開発を行った土壌水分・土塊状態・土壌成分センサーについて、土詰まりの防止等、**農機装着に向けてのロバスト化**及び高機能化を行い、スマート農機に装着可能な**センサー群のプロトタイプを開発**。
 - ✓ 農作業毎に異なる間隔で収集したセンサー情報を**AIにより面情報に変換、マップ化する技術を開発**。
 - ✓ スマート農機へ装着したセンサー群を用いて、**スマ農事業の実証地を含めた全国の多様な土質でビッグデータを収集**。

R3成果

各種土壌センサーの開発

- ・土塊水分
- ・土塊状態
- ・土壌成分



課題

ほ場状況のビッグデータ化に向け、耐久性向上等**センサーのロバスト化**及び**センサ情報のマップ化**が必要

(1) 農機装着に向けたロバスト化・高機能化

農機装着に向けてのロバスト化



センサー部への土詰り、土付着等による精度低下を防止、耐久性向上

センサーの高機能化

レーザー式水分センサー → レーザー式水分・成分センサー

センサーの追加

作業時に土層の硬さを測定するセンサーを開発
土塊状態センシングを拡充



(2) AI補完によるセンシングデータのマップ化

間隔が異なるセンシングデータ → AI補完 → 同じサイズのメッシュデータ

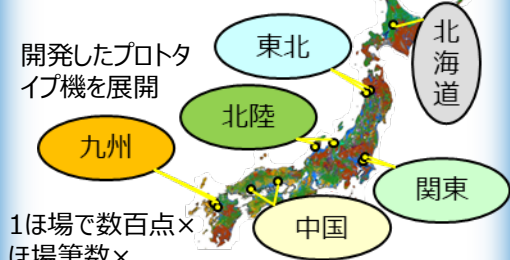


農作業毎に異なる間隔で収集した**点情報**をガウシアンプロセス等AIで補完し**面情報**に変換。ほ場毎に土壌状態をマップ化

(3) ほ場状況のビッグデータ収集

全国6地域12種類以上の土質で試行開始

開発したプロトタイプ機を展開



1ほ場で数百点×ほ場筆数×12種以上の土壌（黒ボク土～グライ土）で、1万以上のメッシュ点数のデータ収集を開始

+

農研機構 日本土壌全バネトリ（全国土壌バネトリ）

全国のほ場の土壌種類を取得し、センシングデータを拡充

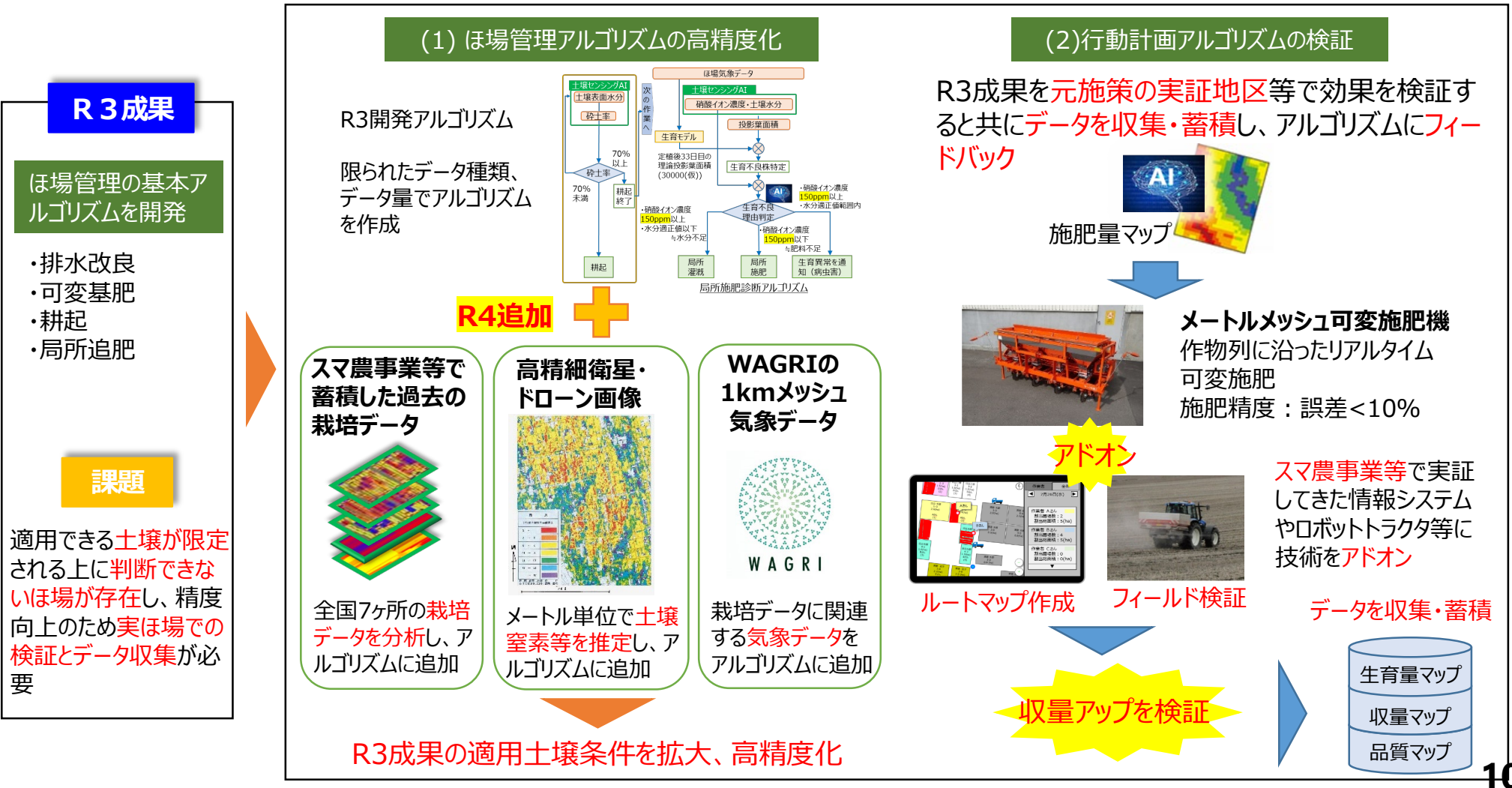
データベース化

水分 成分 土塊 etc. → センシングマップデータ集積 + 生育・収量情報

土壌メンテナンスAIへ

② 土壌メンテナンスAIシステムの開発

- ✓ R3年度に開発を行った排水改良・可変基肥等の**ほ場管理アルゴリズム**について、過去の栽培データ追加による**適用土壌条件を拡大**及び高精細衛星画像データ、気象データ利用によるアルゴリズムの**高精度化**を行い、**スマ農事業の実証地で収量アップを検証**。
- ✓ 行動計画アルゴリズムについて、**実ほ場で検証**するため**メートルメッシュで管理作業**（排水改良、可変基肥等）を行う作業機を開発。**スマ農事業で実証してきた既存のスマート農機にアドオンし、収量アップを検証**すると共に精度向上のための**データを収集・蓄積**。



③ 営農支援AIシステムの開発

- ✓ R3年度に収集したデータベースに加え、地点・栽培方法のバリエーションとともにサンプル数を増やして**営農作業データベースを拡充**。
- ✓ データベースを元に開花日予測モデルの検証と改良を実施。
- ✓ 生育状況や気象環境に応じて各時点で適切な施肥灌水（土壌メンテナンス）・温度管理を提案する**営農作業支援AIシステムのプロトタイプを作成**し、現地ほ場で検証。

R3成果

営農作業・圃場状態
データベース構築



data	Group 1		Group 2	
	col1	col2	col3	col4
row1	1	5	9	13
row2	2	6	10	14
row3	3	7	11	15
row4	4	8	12	16

2地点4地点のデータ
9万点

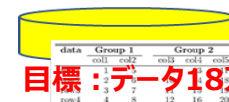


課題

多様な気象条件に予測モデルを対応させるため、データ収集を全国で実施し、**データベースを拡充**する必要

(1) データベースの拡充

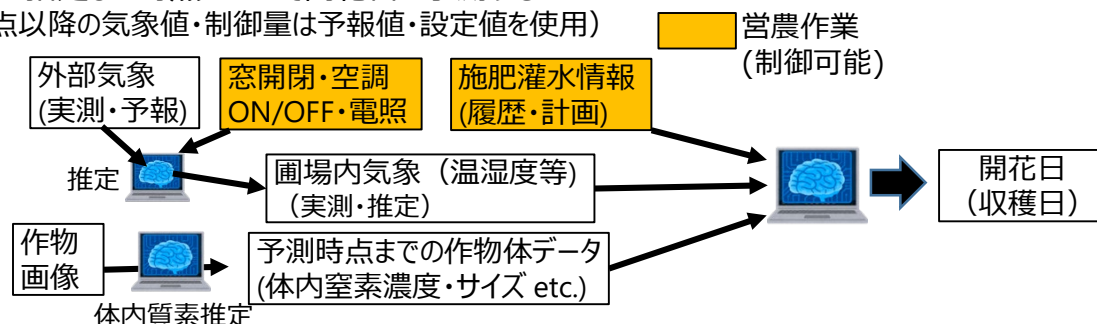
R3作成のツール、マニュアルを活用し、全国レベルでの営農・圃場データを収集する



R3データの分析を踏まえて調査項目を絞りサンプル数を増やす

(2) 開花日予測モデルの改良（一般化）

栽培期間の指定した時点において開花日を予測する
(予測時点以降の気象値・制御量は予報値・設定値を使用)



(3) 予測モデルを用いた最適な営農作業内容の計算（手法開発）

- ・気象等の外部条件を固定して、**最適な開花日となるような営農作業内容**（例：施肥量・タイミング）を計算する（逆計算、シミュレーション、必要に応じて確率的グラフィカルモデルなどを利用）
- ・栽培期間全体における典型的な気象条件について、**最適な作業内容を出力し、マニュアル化**
- ・栽培途中において、**生育状況・気象予報値に応じて以降の作業内容を出力**

【民間研究開発投資誘発効果、財政支出の効率化】

- (1) 事業期間中に農業分野のICTベンダに対し技術移転を働きかけて、民間研究開発投資を誘発する。
- (2) 国内のスマート農業関連の市場規模は700億円程度であるが、今後10年間で50%増加すると見込まれている。開発した技術を搭載したスマート農機類を東南アジアを中心とした地域に展開することで、国内の農機売上が拡大し、関連する研究開発投資が2030年には、現状よりも年間100億円ほど拡大することが見込まれる。

【マッチングファンドの目標】

- (1) R4年度は、参画企業を8社、協力企業等5社に増加し、マッチングファンドとして年間100百万円の民間投資を予定している。内訳として、参画企業8社からは年間50百万円の自己投資が見込まれることに加え、参画企業と協力企業から従業員の人件費等として、年間計50百万円程度の自己投資が見込まれる。加えて、民間企業3社、生産法人2者と参画に関し協議中。

【出口企業】

- (1) 国内農機メーカーの他、建機メーカー、情報通信ベンダ、サービス分野などの大手企業も関心を示しており、これら大手企業への展開を目指す。また参画企業3社が事業化の意志を示している。
- (2) その他2社等が参画の手続きを進めている。
- (3) 農林水産省プロジェクトの「『知』の集積と活用の中」における研究開発プラットフォーム等を活用して参画企業の拡大を図る。

【政策転換】

- (1) 収益性の向上により、農業者によるスマート農業の導入インセンティブが高まり、農業・農村地域におけるDXの取組が加速化する。また、大幅な省力化により、農業経営のさらなる規模拡大や経営の多角化を促すことが可能となる。
- (2) 土壌診断など都道府県が行う農業改良普及事業の簡素化・効率化が可能となり、行政コストの縮減にも貢献する。

【国研・大学における研究への寄与度】

- (1) 本施策により、これまで遅れていた土壌に関する情報の収集技術とそのビッグデータ化が進み、国研や大学で実施されている土壌に関する基礎研究に向け新たなツールを提供できる。

【国研・大学等と民間企業との共同研究件数・受入金額】

- (1) 農機メーカー等と共同研究の実施を協議中。