

## リモートセンシングとAI技術を組み合わせた栽培管理支援システム（ドイツ・BASFデジタルファーマーミング社）

- 人工衛星から取得可能な画像データや気象情報、生産管理情報を基に、圃場単位での地力状況や生育状況を可視化
- 圃場単位での作物の生育段階予測に基づき、水管理や病害虫防除等に関する情報提供も可能
- 統一のデータフォーマットで複数の農機間でデータ連携が可能

### 生育状況の可視化

- PlanetScopeの衛星画像等の情報群を基に、AIによる解析を実施し、圃場単位での生育状況を地図上に表示

#### 地力マップ

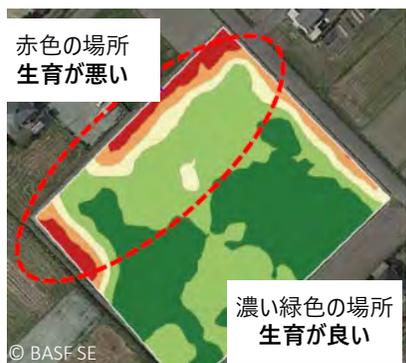
過去の衛星画像の蓄積を基に、地力（肥料の蓄積度）を可視化



1) 地表面積に対する葉の面積の割合を示す指数。

#### 生育マップ

現状の葉面積指数（LAI）<sup>1)</sup>に基づいて、圃場内の生育状況を可視化



このデータを基にドローンがピンポイント施肥や農薬散布を実施

別紙にて補足①

### 普及状況等

- 日本国内では、JAを含め現在1万人以上のユーザが利用しており、圃場管理面積の実績は10万ha以上
- 可変施肥マップのデータはUSBメモリーを介して農業機械に取り込むことで、自動可変施肥が可能

出典：BASF社提供資料より作成

### 生育段階の予測／圃場管理情報の提供

#### 生育段階予測

作付日・作物の品種・10日ごとに取得する地域の天気等を解析し、圃場単位で生育ステージを予測することで、適切な作業タイミングを表示

別紙にて補足②



▲画面上で表示される生育ステージ情報 \*BBCH:生育段階を0～99の数字で表す国際的コード



◀生育ステージと生育マップの移り変わり例（水稻）

### 開発企業・研究機関の情報等

#### BASFデジタルファーマーミング社

- 2014年にBASFグループ傘下の企業としてドイツで設立
- 2017年に人工知能（AI）を活用した栽培管理支援システム「xarvio® FIELD MANAGER」、2020年に「xarvio® Healthy Fields」のサービスを開始
- 2021年にはJA全農と協業し、日本国内向けのサービスを開始

# リモートセンシングとAI技術を組み合わせた栽培管理支援システム（ドイツ・BASFデジタルファーマーミング社）【補足】

- 現在、水稲や大豆等の18種類の作物を対象とした、栽培管理の支援サービスを提供
- 生育マップを基にした生育ムラをドローンによる可変施肥によって収量の均一化が可能

## 1 生育ステージ

ユーザーが各圃場の作物情報（品種、播種日、葉齢等）や管理情報を入力

適切な作業タイミングを表すため、BBCHを用いて生育状況を数値化

- ✓ 日本固有の品種<sup>1)</sup>\*や資材に対応
- ✓ 国内外の生育データや画像データ、学术论文の文献データを学習（25年以上分）

水稲の生育ステージの表しかた

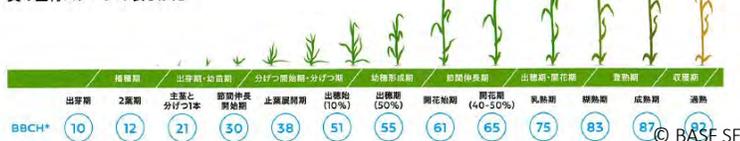
\*BBCH: 作物の生育段階を00~99の数字で示す国際的なコード



大豆の生育ステージの表しかた



麦の生育ステージの表しかた



▲水稲・大豆・麦の生育ステージの表し方

\*：水稲や大豆、麦類の他、レンガ、そば、菜種、きゃべつ、たまねぎ、馬鈴薯、甜菜、ブロッコリー、とうもろこし、小豆、にんじん、インゲンマメ、クリムゾンクローバー、ヘアーリーベッチに対応

## 2 ドローンと生育マップを活用した可変施肥

生育マップから、生育状況や生育ムラを確認

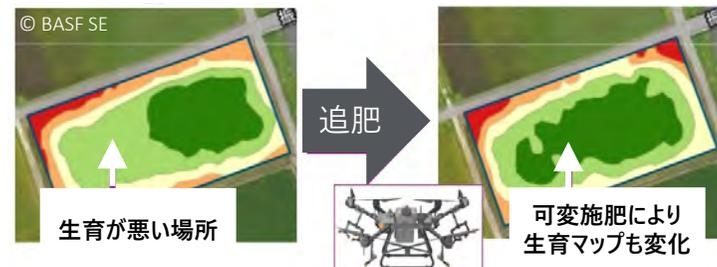
ドローンを用い、可変施肥を実施

### ドローンを活用した可変施肥により収量が増加した例

#### 生育マップ

2023年7月25日

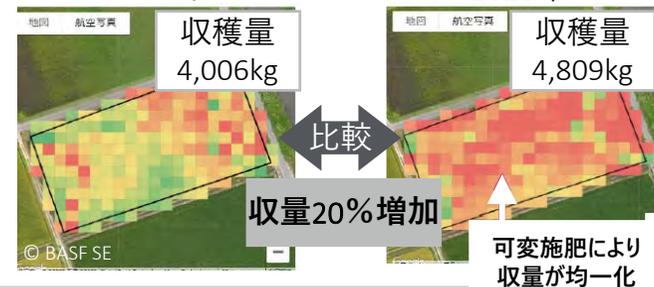
2023年8月3日（追肥後）



#### 収量マップ

2022年

2023年



# リモートセンシングとAI技術を組み合わせた栽培管理支援システム（ドイツ・BASFデジタルファーマーミング社）【補足】

- 地図データ・栽培管理データとスマート農機を連携させることで、可変施肥を実施可能
- 圃場データの登録時には、各種GISファイル形式が利用可能

## 3 地図データ・栽培管理データとスマート農機の連携

- スマート農機にxarvio®が生成する可変散布データを読み込ませることで、可変施肥を可能
  - 2023年11月時点にて対応する国内メーカー数は、農業機械で4社（計10型式）、ドローンで2社（計4型式）



- 各農機メーカーが展開している営農支援システムとの連携も拡大しており、xarvio®のデータを利用することも可能
  - クボタ社「KSAS」
  - 井関農機社「ISEKIアグリサポート」



▲xarvio®で生成した可変施肥マップ（左）を「KSAS」に取り込んだ際の画面（右）

## 4 対応可能なGISファイル形式

- 圃場登録時には、各種GISファイル形式を利用可能
  - 具体的には、Shapefile形式、GML形式、KML形式等のGISファイル形式を利用可能
  - 画面上で圃場画像を選択し、登録することも可能

	概要	拡張子
Shapefile	Esri社によって策定されたデータ仕様	shp, shx, dbf 等
GML	国内外の公的機関により、標準規格と認定されたデータ仕様であり、汎用性かつ拡張性高いプログラミング言語であるXMLベースかつテキストファイルで構成	gml
KML	Keyhole社（Google社地図部門の前身）がGMLをベースとして策定したデータ仕様	kml, kmz

- 可変施肥マップをダウンロードする際は、国際標準であるISOXML<sup>1)</sup>形式を優先しつつ、Shapefile形式、GeoTIFF<sup>2)</sup>形式でも対応可能



▲圃場登録時の表示画面

© BASF SE

▲可変施肥マップダウンロード時の画面表示

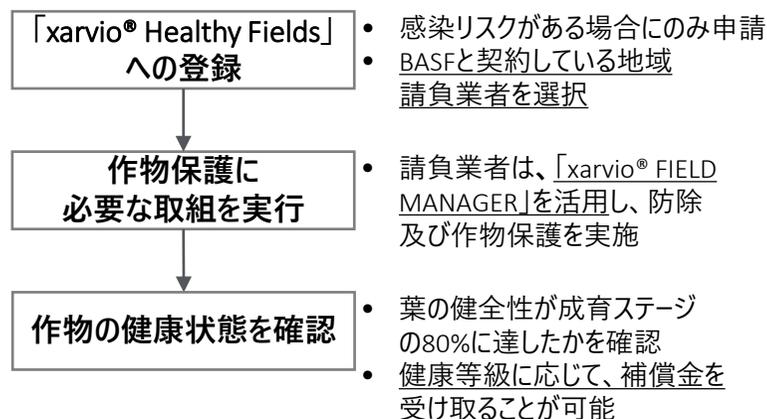
1) ISOXML (International Standard Open XML) は、地理空間データの国際標準ファイル形式  
 2) TIFF (Tagged Image File Format) をベースとした地理参照情報が埋め込まれた画像ファイル形式

## リモートセンシングとAI技術を組み合わせた栽培管理支援システム（ドイツ・BASFデジタルファーマリング社）【補足】

- BASF社と契約している請負業者がxarvioを利用して、作物保護に必要な取組を実行
- 葉の病害による損害等が事前の契約内容より大きい場合、生産者は補償を受けることが可能

### 5 「xarvio® Healthy Fields」の概要

- xarvio®で推奨される作物保護に必要な取組を提携する請負業者が代行することで、農家側における作業時間の節約が可能



#### ドイツで利用する場合の価格

対応作物：冬小麦と冬大麦  
作物保護内容：病害防除のみ  
料金帯：80～140€/ha

- Region 1 140€/ha
- Region 2 120€/ha
- Region 3 105€/ha
- Region 4 90€/ha



© BASF SE

▲地域別の冬小麦の防除価格

- Region 1 125€/ha
- Region 2 105€/ha
- Region 3 95€/ha
- Region 4 80€/ha



© BASF SE

▲地域別の冬大麦の防除価格

### 「xarvio® FIELD MANAGER」を活用した農薬噴霧器「SMART SPRAYING」

- 噴霧器が通過する際、ミリ秒単位で作物と雑草を区別し、個々の噴霧ノズルをピンポイントで制御することで、除草剤が必要な場所のみ噴射
- 雑草分布や除草剤の噴霧地点「xarvio® FIELD MANAGER」にてユーザーに共有
- ドイツとハンガリーにて最初に発売予定



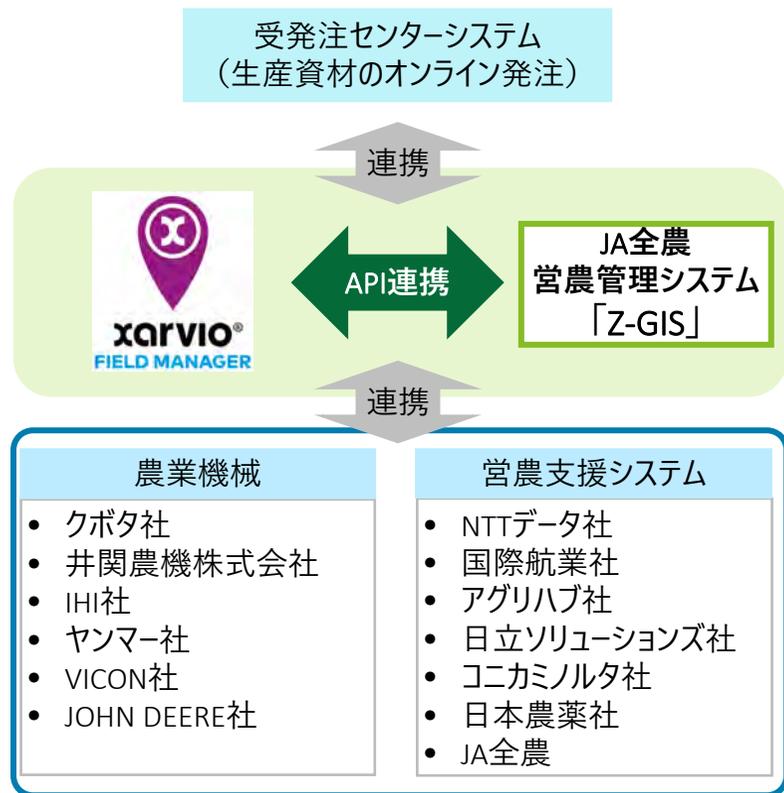
▲Bosch社と共同で開発している農薬噴霧器「SMART SPRAYING」

# リモートセンシングとAI技術を組み合わせた栽培管理支援システム（ドイツ・BASFデジタルファーマーミング社）【補足】

- xarvio®とJA全農が提供している営農管理システム「Z-GIS」をプラットフォームとした、他システムとの連携を構想
- 上記プラットフォームの実現・活用に向けて、現地における営農指導の効率化や可変施肥試験を実施

## 6 JA全農とxarvio®による営農指導DXの推進

xarvio®とJA全農の「Z-GIS」のプラットフォームのイメージ



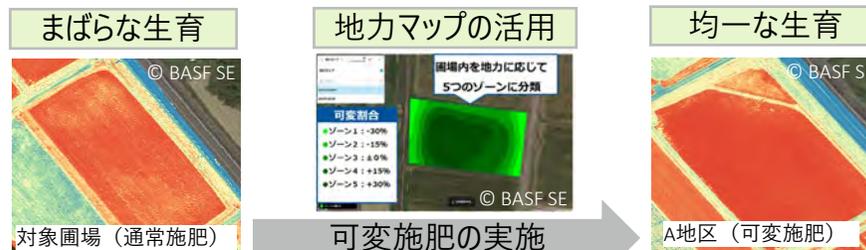
xarvio®とZ-GISがプラットフォームとなることで、  
様々なメーカーの農機や営農支援システムと連携可能

出典：BASF社提供資料より作成

xarvio®を活用したJA全農等の連携による可変施肥田植え機の実証例

試験条件	可変割合	±30 % (基準 40 kg /10a、窒素成分4kg/10a)
	使用肥料	基肥 (一発肥料、N10%-P7%-K7%)
	供試農機	乗用田植機「YR8DA」 (ヤンマー)

### 地力マップ（人工衛星マップ）に基づく可変施肥を実施



➢ ドローンセンシングと地力マップを活用した可変施肥を実施することで、圃場内の生育状況を均一化

### 可変施肥農機への投資分の回収が可能

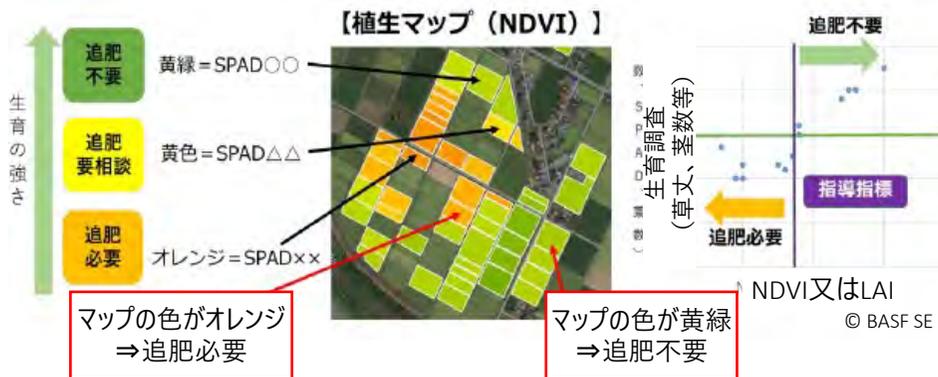


# リモートセンシングとAI技術を組み合わせた栽培管理支援システム（ドイツ・BASFデジタルファーマーミング社）【補足】

## ■ JA全農では、xarvio®を活用することで穂肥や中干し、病害虫対策、収穫適期等の営農指導を効率的に実施

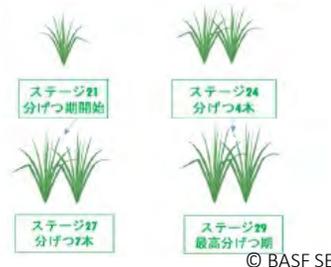
### 6 JA全農とxarvio®による営農指導DXの推進

- **穂肥指導の高度化・効率化**：xarvio®の植生マップを活用することで、効率的かつ定量的な指標に基づいた追肥の指導が可能



- **中干し指導の高度化・効率化**：生育段階予測を活用することで、中干し適期の指導が可能

中干し適期とxarvio®予測結果の一致を確認



**STEP1**  
✓ 生育調査圃場で中干しの診断調査 (SPAD、草丈、茎数、葉数)

**STEP2**  
✓ xarvio®の生育段階予測の確認

**STEP3**  
✓ 指導会にて、地区・品種ごとに中干し適期を指導  
✓ 生産者からの電話相談の際、xarvio®の予測結果を利用し指導

- **病害発生時の営農指導の高度化・効率化**：生育段階予測を活用することで、病害の防除指導が可能



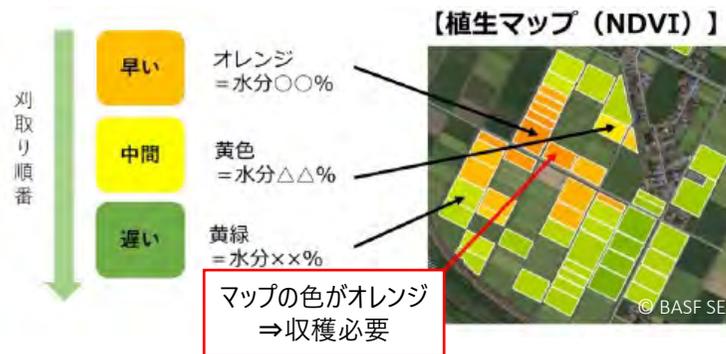
高リスク (赤)：病害の初発予測  
殺菌剤散布アラート (紫)：防除推奨

**STEP1**  
✓ 育苗箱処理剤や本田防除タスクを登録

**STEP2**  
✓ 病害リスク予測を適宜確認

**STEP3**  
✓ 地区ごとと品種ごとの病害リスクにて防除指導  
✓ 生産者からの電話相談でxarvio®の病害予測結果を参考に防除指導

- **収穫適期指導の高度化・効率化**：xarvio®の植生マップを活用することで、効率的かつ定量的な指標に基づいた収穫適期の把握が可能



## リモートセンシングとAI技術を組み合わせた栽培管理支援システム（ドイツ・BASFデジタルファーマーミング社）【補足】

- 作物の種類や圃場面積の規模、利用機能の組合せにより、最適な料金プランを選択可能
- 利用機能は、農業従事者におけるスマート農業への取組具合に応じて整備

### 7 利用料金体系

登録圃場面積	対応作物／水稻、大豆、麦(小麦・大麦)			対応作物／その他の14作物	
	初級者向けプラン	中級者向けプラン	上級者向けプラン	初級者向けプラン	上級者向けプラン
	年額料金(基本料金+追加料金) <small>※水稻、大豆、麦(小麦・大麦)は1作物分の料金例となり、その他の14作物は14作物すべての料金例です</small>				
2haまで	13,200円	13,200円	15,400円	6,600円	8,800円
3ha	13,750円	14,300円	17,600円	7,150円	10,450円
4ha	14,300円	15,400円	19,800円	7,700円	12,100円
5ha	14,850円	16,500円	22,000円	8,250円	13,750円
10ha	17,600円	22,000円	33,000円	11,000円	22,000円
20ha	23,100円	33,000円	55,000円	16,500円	38,500円
30ha	28,600円	44,000円	77,000円	22,000円	55,000円
40ha	34,100円	55,000円	99,000円	27,500円	71,500円
50ha	39,600円	66,000円	121,000円	33,000円	88,000円
100ha	67,100円	121,000円	231,000円	60,500円	170,500円

機能	各プランに含まれる機能				
	初級者向けプラン	中級者向けプラン	上級者向けプラン	初級者向けプラン	上級者向けプラン
便利な機能	●	●	●	●	●
初級者向け衛星マップ機能	●	●	●	●	●
中級者向けAI予測機能		● <small>(作物ごとに対象機能は異なる)</small>	● <small>(作物ごとに対象機能は異なる)</small>		(作物対応外)
上級者向け可変施肥・散布機能			●		● <small>(可変施肥のみ)</small>

© BASF SE

### 利用機能の詳細

便利な機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>Z-GIS連携</li> <li>アカウント連携</li> <li>作期レポート出力</li> <li>タスクの計画記録</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>圃場の天気予報</li> <li>アラート等をまとめて表示するダッシュボード</li> <li>作業メモ</li> </ul>
衛星マップ機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>地力マップ</li> <li>生育マップ</li> <li>平均植生マップ</li> <li>雑草マップ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>標高・斜面マップ</li> <li>土壌マップ</li> <li>肥料・農薬散布用の天気予報</li> </ul>
AI予測機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>生育ステージ予測</li> <li>病害防除推奨アラート</li> <li>施肥アラート</li> <li>水管理推奨アラート</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>雑草管理プログラム (雑草の最適防除時期と作業内容のアラート)</li> </ul>
可変施肥・散布機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>可変施肥マップ</li> <li>可変散布マップ (農薬用)</li> <li>スマート農機連携</li> </ul>	

### 今後の開発上の課題

- （圃場面積が小さい場合）平均植生マップの画面表示の改良  
⇒NDVI（正規化植生指数）の濃淡表示が画面上では視認しにくいという指摘が存在（ただし、現地計測のNDVIと衛星画像データのNDVIは相関関係にあり、実用には十分な水準）

### 関連する技術事例

### クラウド型営農支援サービス「天晴れ」（国際航業社）

- 人工衛星（空間分解能0.3～30m）やドローン（空間分解能1～5cm程度）で圃場を撮影した画像から農作物の生育診断レポートを提供するサービス

出典：BASF社「ザルビオパンフレット第5版」<https://www.xarvio-japan.jp/img/pdf/xarviopamphlet5th.pdf> 等より作成

## クラウド型営農支援サービス「天晴れ」(日本・国際航業社)

- 人工衛星やドローンから得られる画像を活用することで、空間分解能最小0.3mで圃場を観測し、農作物の生育状況を診断することが可能
- 10種類以上の診断メニューを開発しており、累計10,000軒以上の生産者における活用実績が存在



- 普及状況等**
- 累計10,000軒以上の生産者が利用した実績あり
  - 利用料金(人工衛星から取得した画像を用いる場合)  
⇒撮影画像枚数と解像度により変動し、圃場データの準備も必須
    - 穀物類: 1,000haあたり50,000円～
    - 牧草: 1,000haあたり70,000円～

- 国際航業社**
- 開発企業・研究機関の情報等
- 1947年設立
  - 公共向けコンサルティングサービスやインフラマネジメント、センシングサービスの提供等の事業を展開
  - 営農支援サービス「天晴れ」は、第4回宇宙開発利用大賞にて、農林水産大臣賞を受賞

出典: 国際航業社「空から診る精密農業 営農支援サービス天晴れの紹介～牧草採草地管理への活用～」(令和4年3月)

<https://www.maff.go.jp/kanto/seisan/tikusan/tikusan/attach/pdf/220328-4.pdf> 等より作成

## クラウド型営農支援サービス「天晴れ」（日本・国際航業社）【補足】

- 対応可能な作物は水稲や麦類、大豆、牧草であり、作物ごとに異なる診断を実施
- 農判断や防除散布等の目的に応じて、人工衛星画像とドローンからの撮影画像を使い分けることが可能

### 1 営農支援システム「天晴れ」における対応作物と診断結果の例

#### 対応作物とその診断レポートの内容

- 現在、診断レポート作成可能な対応作物は、水稲、小麦、大麦、大豆、牧草
- 対応作物ごとに適した診断結果を提示

対応作物	診断レポート内容
水稲	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ SPAD値</li> <li>➢ タンパク質含有率</li> <li>➢ 籾水分率</li> </ul>
小麦	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 初期成育診断</li> <li>➢ タンパク質含有率</li> <li>➢ 穂水分率</li> </ul>
大麦	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 穂水分率</li> </ul>
大豆	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 生育診断</li> <li>➢ 収穫適期診断</li> </ul>
牧草	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 雑草検出</li> <li>➢ 不良植生算出</li> </ul>
全作物	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 圃場測量（ドローンを活用）</li> </ul>

#### 「天晴れ」を活用した牧草に関する衛星・ドローン観測診断例

##### 衛星画像を用いた診断の場合

圃場毎の雑草繁茂状況を広範囲で確認できるため、防除や追播、耕起等の営農判断に活用可能



黄緑：牧草  
青色：雑草優位  
茶色：裸地化

▲衛星画像を活用した雑草検出

##### ドローンを用いた診断の場合

詳細な防除用散布マップを作成可能



▲ピンポイント防除用散布箇所マップ

オレンジ色：雑草繁茂地点  
斜線：裸地化

ドローンによる  
圃場空撮を実施

画像解析から、  
雑草繁茂地点を検出

防除散布マップ  
を制作

出典：国際航業社「空から診る精密農業 営農支援サービス天晴れの紹介～牧草採草地管理への活用～」(令和4年3月)

<https://www.maff.go.jp/kanto/seisan/tikusan/tikusan/attach/pdf/220328-4.pdf> 等より作成

## クラウド型営農支援サービス「天晴れ」（日本・国際航業社）【補足】

- 圃場観測にあたっては10種類以上の人工衛星から取得される画像データを使用可能であり、ドローンも併せて活用することで、ユーザーの目的に沿った画像を活用

### 2 活用しているドローン及び人工衛星の一覧

Planet Scope  
(Planet Labs社)

WorldView-3  
(Maxar社)

Pleiades  
(CNES)

	ドローン	人工衛星
撮影範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>一度の撮影で2~3ha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>広域（15~17km）を一度に撮影可能</li> </ul>
撮影頻度	<ul style="list-style-type: none"> <li>一日当たりの撮影可能時間に限度が存在</li> <li>機動性は抜群</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>毎日の撮影体制</li> </ul>
天候の制約	<ul style="list-style-type: none"> <li>曇天時も撮影可能</li> <li>風、日射の影響あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>快晴が望ましい</li> <li>曇天時は不可</li> </ul>
撮影環境の制約	<ul style="list-style-type: none"> <li>撮影禁止エリアや周辺の構造物等の制約あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>500~700km上空から撮影するため、制約はなし</li> </ul>
空間分解能	<ul style="list-style-type: none"> <li>約1~5cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本では、0.3~10m（最小分解能はWorldView-3の解像度に依存）</li> </ul>
観測波長帯	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本的に可視光</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本的に、可視光域~近赤外域</li> <li>中間・短波長赤外、熱赤外も利用可能</li> </ul>
利用料金	<ul style="list-style-type: none"> <li>撮影枚数や空間分解能により異なる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>穀物類は50,000円~/1,000ha</li> <li>牧草は70,000円~/1,000ha</li> </ul>
圃場データの準備	<ul style="list-style-type: none"> <li>ユーザにて準備（任意）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ユーザにて準備（必須）</li> <li>* 見積り依頼、診断依頼時に必須</li> </ul>

**利用可能な光学衛星**

- Planet Scope（Planet Labs社）
- SkySat（Planet Labs社）
- WorldView-1,2,3（Maxar社）
- Pleiades（CNES）
- GeoEye-1（Maxar社）
- QuickBird（Maxar社）

等

**利用可能なレーダ衛星**

- ALOS-2（JAXA）
- COSMO-SkyMed（e-GEOS社）
- Sentinel-1A/1B（ESA/EC）

等

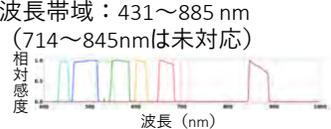
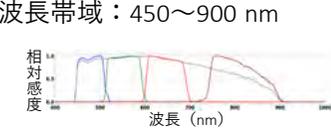
**目的や予算等に合わせて使用する衛星を選択**

出典：国際航業社「空から診る精密農業 営農支援サービス天晴れの紹介~牧草採草地管理への活用~」（令和4年3月）  
<https://www.maff.go.jp/kanto/seisan/tikusan/tikusan/attach/pdf/220328-4.pdf> 等より作成

## 光学衛星群にて取得する高解像度画像を活用した、より精緻な圃場情報の提供（米国・Planet Labs社）

- 自社開発の光学衛星約180機によるコンステレーションを構築し、高分解能な画像データを日次単位で取得・蓄積

光学衛星群による高頻度・高解像度の圃場画像の取得

	PlanetScope	SkySat
外観		
機体数	約180機	約20機
空間分解能	3.7 m	0.5 m
撮影条件	毎日・陸域 (15 km以内の沖合含む)	受注後撮影 (最大1日に12回)
スペクトルバンド	8 (RGB、近赤外線含む)	5 (RGB、近赤外線 + バンクロマチック)
高度	475～525 km	475～575 km
波長	波長帯域：431～885 nm (714～845nmは未対応) 	波長帯域：450～900 nm 

### 普及状況等

- 65ヶ国以上の農業や政府、保険、エネルギー、インフラといった様々な業界の900以上の顧客に衛星画像を提供
- PlanetScopeの衛星画像の最低購入金額は、5,000USドル（なお、最小購入面積は1ha以上）
- SkySatの衛星画像の最低購入金額は、15,000USドル（なお、最小購入面積は25km<sup>2</sup>以上）

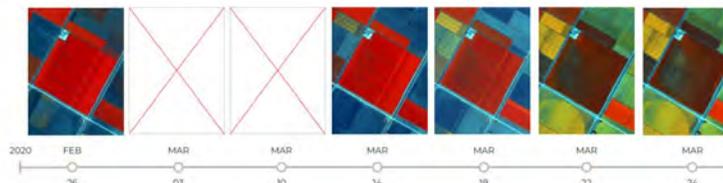
出典：Planet Labs社提供資料等より作成

- 「PlanetScope」では原則毎日圃場を撮影可能であり、天候の変化による影響をあまり受けることなく、圃場画像データを取得可能



▲1か月のうちに取得された圃場画像一覧

- 現場で取得されるデータを組み合わせ、日次で圃場内の変動を把握可



▲作物の植生の圃場レベルの変動状況

### 開発企業・研究機関の情報等

#### Planet Labs社

- 2010年設立
- 本社を米国サンフランシスコに置き、世界中に複数の拠点を整備
- 3～6ヶ月のサイクルで設計・生産し、毎年衛星を打上げ
- 農業分野では、BASF社やCorteva社、NASA Harvest社等の多数の企業がPlanet Labs社の画像を利用し、サービスを展開

## 光学衛星群にて取得する高解像度画像を活用した、より精緻な圃場情報の提供（米国・Planet Labs社）【補足】

- 欧州宇宙機関により無償で公開されているデータに、独自の衛星データ解析技術を適用することで、天候に依存することなく、より正確に作物の生産性を評価することが可能

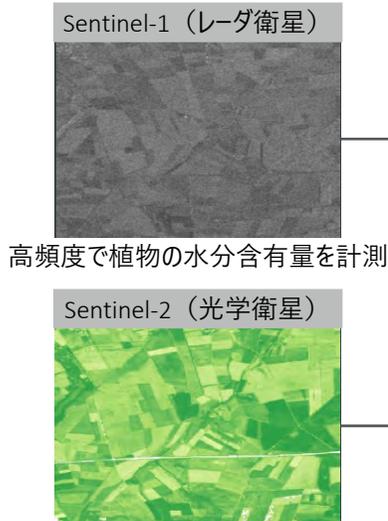
### 「植生プロキシ」による天候に依存しない生産性予測

- VanderSat社（2021年にPlanet Labs社が買収）の衛星データ解析技術を組み合わせ、独自に定義したパラメタ「植生プロキシ」を基に、地上の作物の植生状態について、天候に依存せず、より正確に推定可能

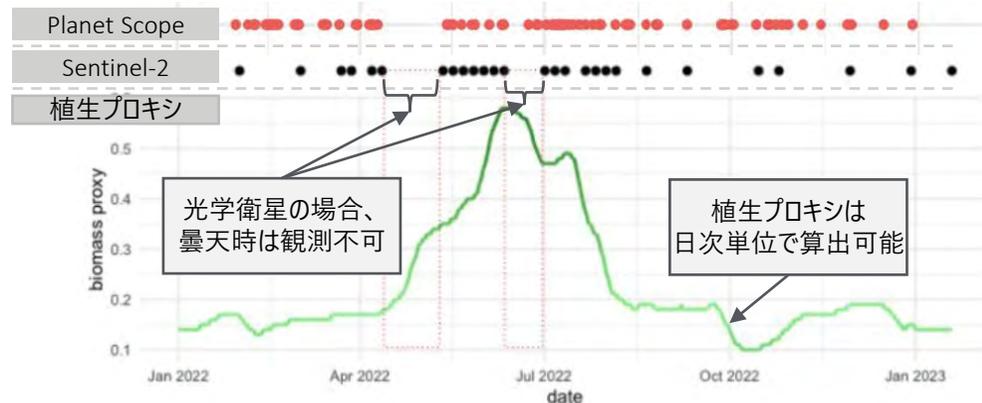
植生プロキシ（Biomass Proxy）とは

- Sentinel 2（光学衛星）から取得するNDVI<sup>1)</sup>と、Sentinel 1（レーダ衛星）から取得する作物の水分含有量を基に、VanderSat社の解析技術を用いて、日次単位での予測値を算出
- 10m×10mの解像度にて、植生状態を0～1の値で相対的に表示

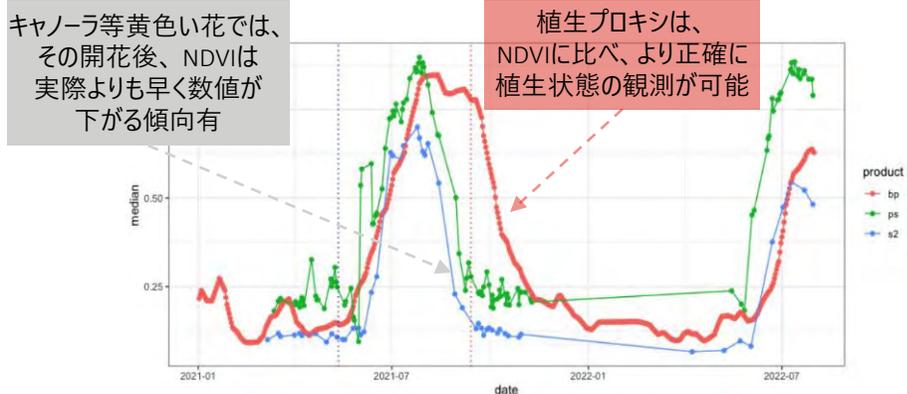
1) 植物の葉が可視光を吸収、かつ近赤外領域の波長の光を強く反射する性質を活用して取得される指標



両データを組み合わせて解析することで、日次単位で、作物の植生状態を予測



▲光学衛星からの画像取得頻度と植生プロキシの予測値の取得頻度の比較



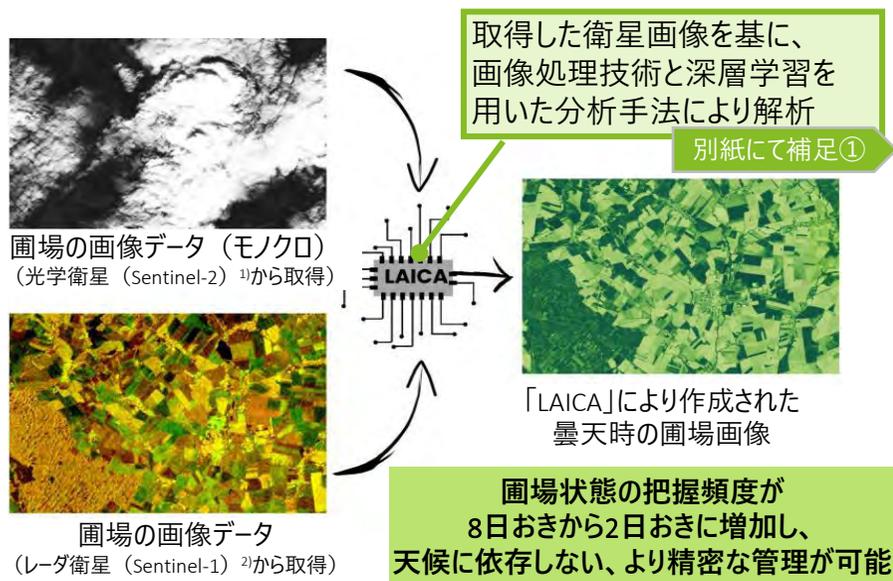
▲NDVI（グラフ内青・緑色）と植生プロキシ（グラフ内赤色）との精度比較

出典：出典：Planet Labs社提供資料等より作成

## 無償公開の衛星データを用いた天候に依存しない圃場モニタリング（チェコ・World from Space社）

- 欧州宇宙機関により無償公開されている光学衛星とレーダ衛星から取得されるデータを基に、過去に取得した衛星データに基づく深層学習結果を補完することで、天候に依存せず、安価に圃場状態を把握可能

### 圃場管理システム「DynaCrop」の主要な機能「LAICA」の概要



1) Sentinel 2は、最小空間分解能10m、波長443 nm ~ 2190 nm、バンド13、高度786 km  
 2) Sentinel 1は、最小空間分解能5m、中心周波数5.405 GHz、高度 693km

### 普及状況等

- ・ サービスの提供地域としては、ヨーロッパやアジア、アフリカ、南米等が挙げられ、これまでに約25社への導入実績

出典：World from space社提供資料等より作成

### 他社との料金体系の比較

- ・ 無償公開されているデータを用いており、圃場画像の取得頻度や解像度が低く、相対的に安価なサービスが提供

	World from space社 「DynaCrop」	BASF社「xarvio」
圃場画像の取得頻度	2日ごと	毎日
利用機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生育や土壌の管理</li> <li>・ 水管理のアラート</li> <li>・ 可変播種・可変施肥マップ作成 他</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 各種マップ（地力、生育、雑草、播種収量）の作成</li> <li>・ 天気予報・散布天気予報</li> <li>・ 生育ステージ予測</li> <li>・ 病害防除や施肥、水管理の推奨アラート</li> <li>・ 可変施肥 &amp; 可変施肥マップの作成</li> <li>・ スマート農機連携 他</li> </ul>
年間使用料 <sup>3)</sup>	316円 <sup>4)</sup>	6,600円 <sup>5)</sup> ~

低価格だが、最低限の機能のみの利用に留まる

手頃な価格で豊富な機能を活用可能

3) 料金比較のため、圃場2ha分を利用する際の基本料金にて試算  
 4) 標準機能全て利用可能なプラン「FULL」の年額利用料金1haあたり0.99€（158円※）にて試算  
 5) 「その他の14作物」の年間基本料金の最小価格。追加料金の場合、年額1haあたり550円～利用可能

### 開発企業・研究機関の情報等

#### World from space社

- ・ 2017年設立
- ・ 2018年に地球観測の主要イノベーションコンペ「Copernicus Masters」にて優勝
- ・ チェコ国産業貿易省の後援の下、EUより外部資金を獲得

## 無償公開の衛星データを用いた天候に依存しない圃場モニタリング（チェコ・World from Space社）【補足】

- 光学衛星単体では、太陽光の角度や雲の覆い等の影響を受け、各種指標の測定精度が低下するが、レーダ衛星や過去の取得データと組み合わせることで、天候に依存せず指標の測定精度・頻度を向上可能

### 1 「LAICA」における解析手法

#### 過去データに基づく深層学習による、最新データの補正

- 光学衛星（Sentinel-2）にて取得済の数百万枚の画像データを基に、深層学習を行うことで、現在の葉面積指数（LAI）<sup>1)</sup>の値を予測
- レーダ衛星（Sentinel-1）データからLAIに関する補足データを算出
- 上記により、天候に依存せず、2日おきに圃場状態の把握が可能
- 通常、光学衛星が提供可能な最新の衛星画像は年間約45枚だが、LAICAでは年間182枚まで提供可能



光学衛星から取得した曇天時の画像データ

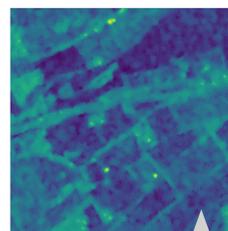


予測されたLAIの値とレーダ衛星データを用いて解析を行った曇天時の画像データ

#### <補足> 曇天時の圃場状態を把握する際の課題

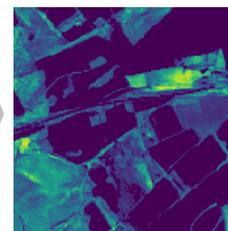
- 多くの圃場管理システムでは、衛星で取得したデータから植生指数を算出し、作物や土壌状態に関する定量的な情報を提供
- ただし、曇天等の悪天候時は、圃場管理における実用的な情報の提供が困難
- その理由は、悪天候時、レーダ衛星で取得したデータにより植生指数等の算出は可能であるものの、光学衛星で取得される画像から色の識別ができず、圃場内の状況を正確に把握できないため

レーダ衛星から取得した曇天時の画像データ



晴天時に比べて精緻な情報が得られない

曇を除去した予想データ



植生指数を表示した画像データ



レーダ衛星データでは、色の識別が不可のため精度が低下

1) Leaf Area Indexの略。単位土地あたりの葉の面積の測定値。植生の健全性、生態系の機能、土地と大気の相互作用を理解する上で重要な指標。野菜の生産量と相関関係がある

#### 今後の開発上の課題

- 果樹園の圃場管理は比較的困難とされており、高解像度の衛星画像との統合が必要

#### 関連する技術事例

#### BASF社開発の圃場管理システム「xarvio（ザルビオ）」

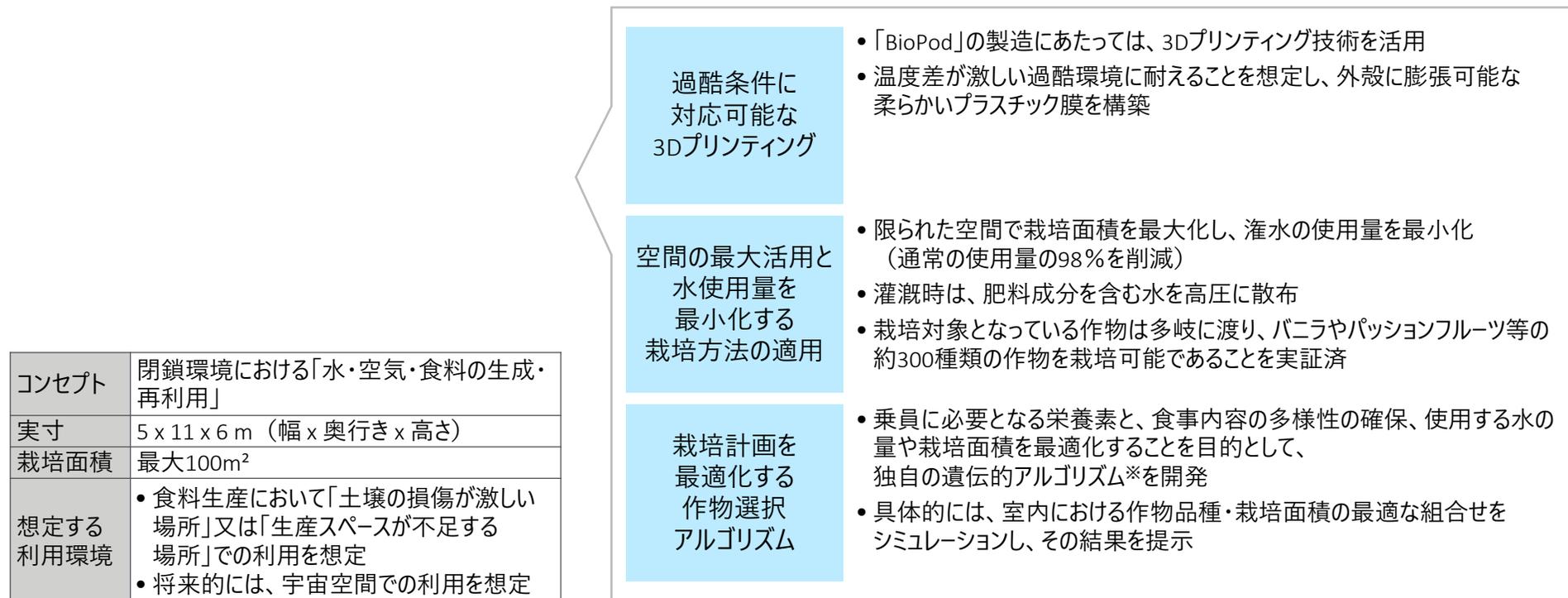
- Planet Labs社の光学衛星「PlanetScope」や公共の光学衛星「Sentinel」から得られる衛星画像データを解析し、作物の生育状態や病害虫の有無等の診断情報を提供

出典：World from space社提供資料等より作成

## 過酷環境下での農作物の栽培を想定した植物工場システムの開発 (フランス・Interstellar Lab社)

- 宇宙空間等への設置を想定した植物工場システムとして、3Dプリンティング技術や空中栽培技術、栽培作物の最適配置を行うアルゴリズム等を採用した「BioPod」を開発
- 既に販売開始しており、宇宙空間だけでなく地上での運用にも期待

### 環境制御型栽培システムと要素技術



- 普及状況等**
- NASAや欧州宇宙機関 (ESA) との間で、低重力下の植物栽培の実現に向けた戦略的パートナーシップを締結
  - 過酷環境を想定した砂漠での概念実証後、通常環境で栽培困難なバナナやベチバー (イネ科の多年生草本) 等の栽培試験を実施中
  - 2023年9月にRobertet社 (仏のフレグランスメーカー) が初めて購入

- Interstellar Lab社**
- 開発企業・研究機関の情報等
- 2018年に設立
  - 現在の拠点はパリ (フランス) とケープカナベラル (アメリカ)
  - 3Dプリンティング会社 Soliquid社と合併
  - BPI、France 2030、各種VCから700万ドルの資金を調達

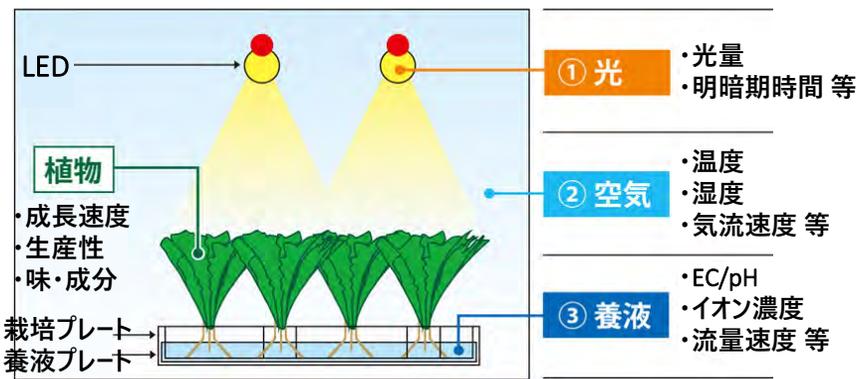
出典：Graham Gordon et al "Optimizing Crop Selection Using Genetic Algorithms" (2021年7月) <https://ttu-ir.tdl.org/server/api/core/bitstreams/e85b829a-086b-4c52-be3c-8a653405213f/content> 等より作成

## 密閉型栽培装置を活用した人工光型植物工場（日本・PLANTX社）

- 植物生産装置と植物成長制御システムを組合せ、植物の成長に影響を与える光・空気・養液等の20種類の環境パラメータを個別に制御
- 上記の技術により、植物や野菜の①収量増加、②収穫量の安定化、③高付加価値化といった効果を得ることが可能

### 技術概要

### 商用化状況



植物の成長に影響を与える、光・空気・養液の20種類の環境パラメータを個別で制御可能  
(例：気温を20℃、養液温度を26℃と独立に設定可能)

- ✓ 面積当たりの植物及び野菜の収量増加
- ✓ 年間通して収穫量を安定化
- ✓ 高付加価値な植物や野菜を生産



### 普及状況等

- 植物工場にて生産したレタスについては商用化済みであり、今後は、生産量や品目の増加を志向
- 植物や野菜のファイトケミカル※含有量を増やすために、植物工場内の最適なパラメータを調整し、本パラメータを適用した量産工場を拡大していくことを目指す

### 開発企業・研究機関の情報等

- PLANTX社**
- 2014年設立
  - ①人工光型植物工場の企画・設立・運営サポート、②植物の栽培条件に関する研究、③植物の生産・販売、の3つの事業に取り組む
  - 直近では令和5年11月にリアルテックファンド等より資金調達を実施
  - SBIR事業により、12億円を支援

※ 紫外線や昆虫等の植物にとって有害なものから体を守るために作りだされた色素や香り、辛味、ネバネバ等の成分  
出典： PLANTX社提供資料等より作成

## 密閉型栽培装置を活用した人工光型植物工場（日本・PLANTX社）【補足】

- 棚ごとに気密・断熱された完全閉鎖系の植物生産装置であり、同部屋に設置された装置間での干渉防止や、装置内部に設置された各種機器による緻密な環境条件の制御が可能
- 上記の装置にインストールされている植物成長制御システム「SAIBAIX」は、各種センサーによる測定値と植物の成長指標値の関係を数式として整理したシステムであり、リアルタイムでこれらのパラメータを制御可能

### 1 植物生産装置「Culture Machine」の概要

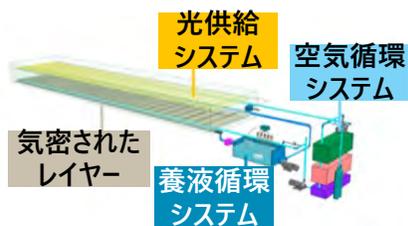
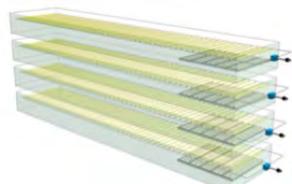


棚ごとに気密・断熱することで、各パラメータを個別に制御可能な、世界初の「**クローズド・タイプ**」の植物工場

← Culture Machine

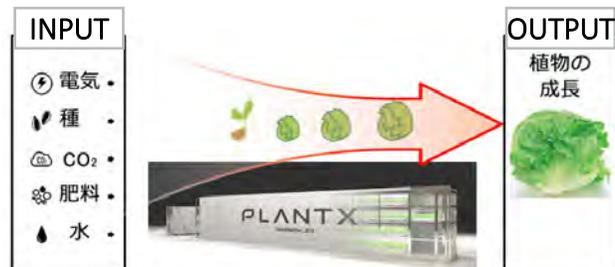
各レイヤーを独立して気密・断熱

環境パラメータを個別に制御



- 同じ部屋に設置された植物工場同士で光等が干渉し合うことがない
- 虫の侵入リスクを大幅に低減可
- LED照明、養液循環装置、エアコン、加湿器等の制御機器を内蔵
- 緻密な環境条件の制御が可能

### 2 植物成長制御システム「SAIBAIX」の概要



SAIBAIXは、電気・種・CO<sub>2</sub>・肥料・水（インプットデータ）と、植物の成長（アウトプットデータ）を紐付けたシステム



▲ SAIBAIXのイメージ

水温、気温等の「状態変数」及び光合成速度等の「速度変数」を含む

- センサー測定値と植物の成長指標値の関係を数式チェーンとして整理
- これらのパラメータはリアルタイムで制御することが可能
- 数式チェーンをクラウドで管理することで、各「Culture Machine」にインストールして活用することが可能

今後の開発上の課題

- 光合成速度や蒸散速度等の「速度変数」の最適制御

出典： PLANTX社提供資料等より作成