



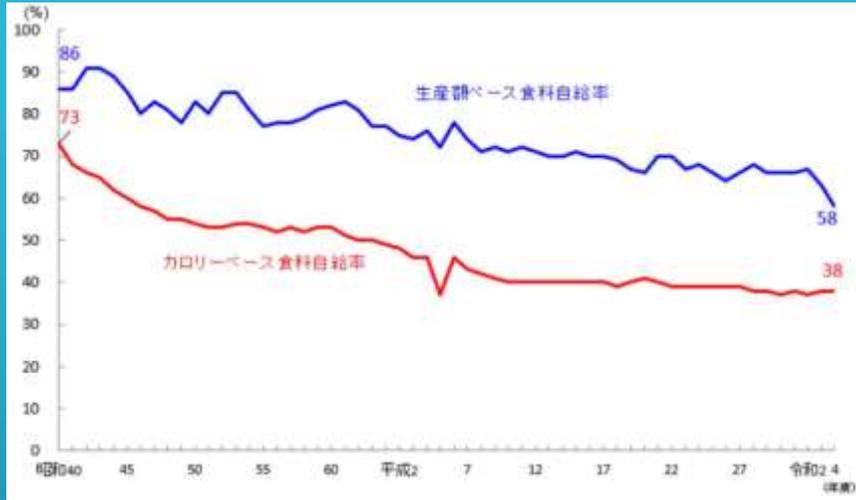
# 生成AI農業の提案とその実現に向けて

## Generative Artificial Intelligence Agriculture

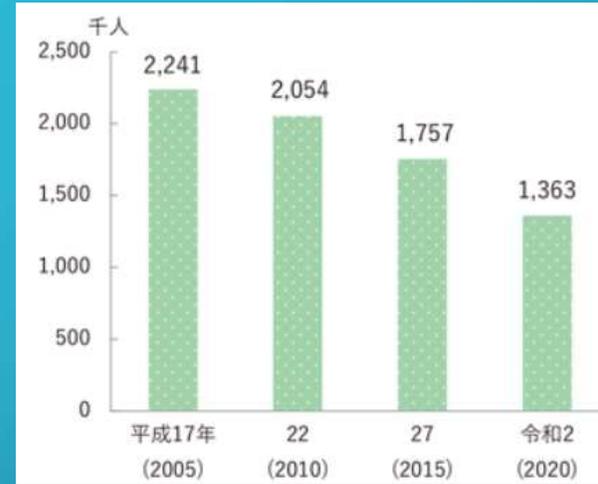
平藤 雅之 (Masayuki HIRAFUJI)

東京大学農学生命科学研究科 (特任教授)

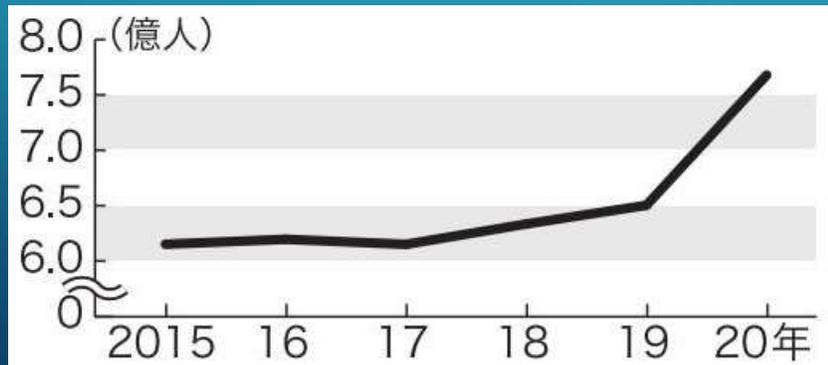
# 農業と飢餓の問題を人工知能で解決するには？



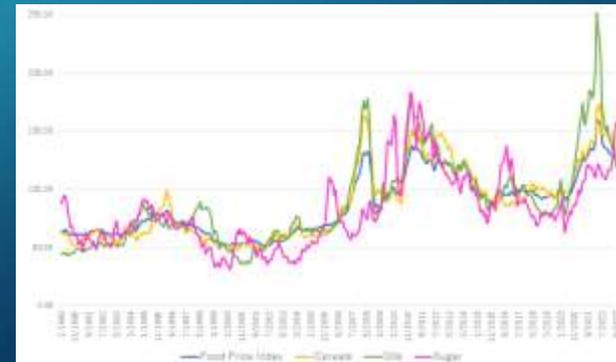
食料自給率



基幹的農業従事者数



世界の飢餓人口



世界の食料価格

# 人工知能は農業の複雑さを理解する必要がある

日本の栽培作物は約500種、世界では約2300種



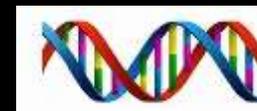
作物の生育は気象環境や栽培方法に依存する



作物は微生物、昆虫、鳥獣など他の生物の影響を受ける



作物には「生物の複雑さ」がある



# データ駆動型農業など農業DXにおけるボトルネックは データ収集に膨大な手間とコストがかかること

- リモートセンシングにおけるTruth Data（グラウンドトゥルスデータ）
- 機械学習のためのTruth Data（教師データ、評価用データ）
- 計測器やセンサの校正に用いるTruth Data（キャリブレーションデータ）
- データの取得場所・日時、精度、センサの種類、フォーマットなどのメタデータ



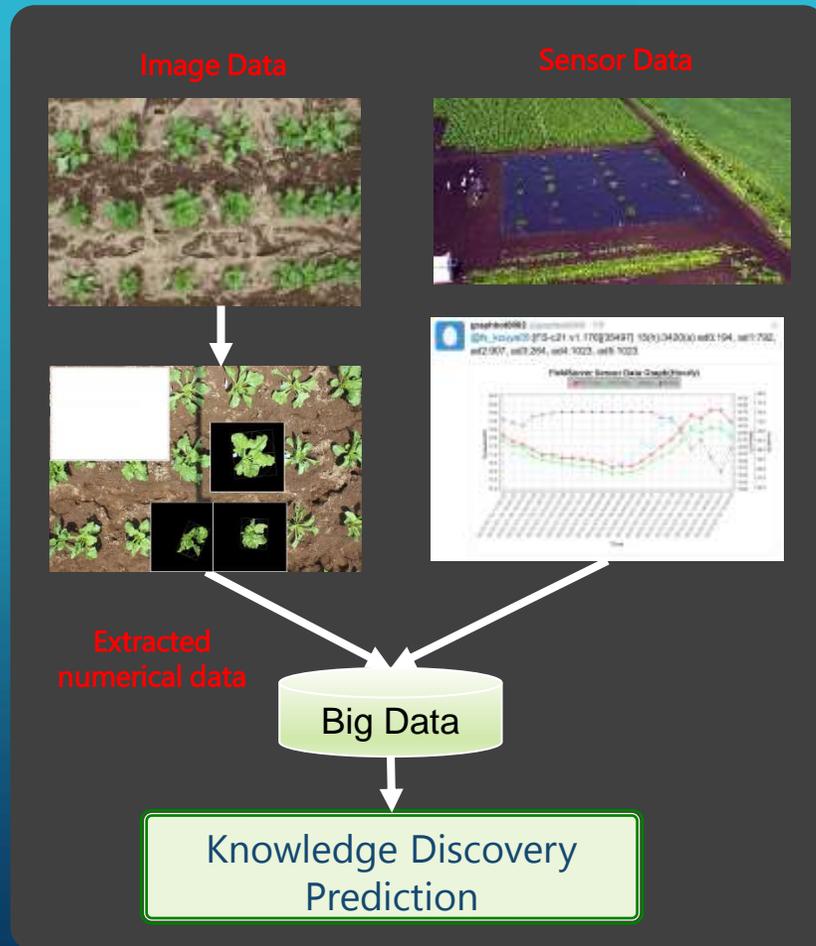
特定の対象について収集した詳細なTruth Dataを  
“Deep Truth Data” と呼ぶことにした

※ 特定の対象について収集した詳細なDataは “Deep Data” と呼ばれる。

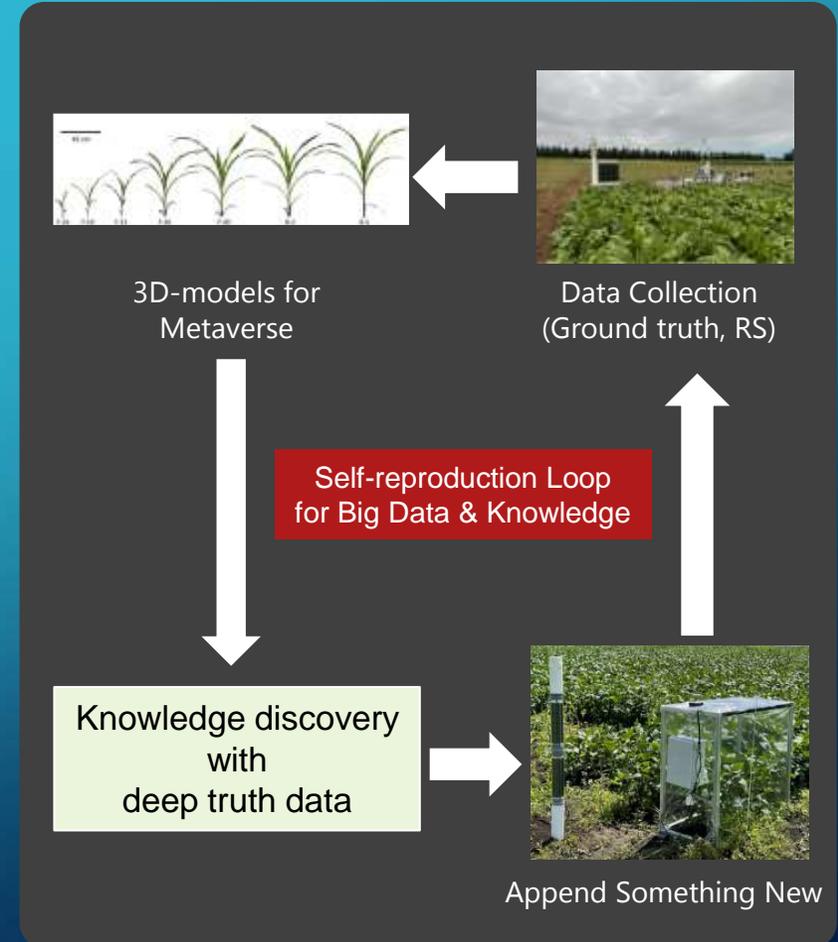
# IoTやドローンで農業ビッグデータを構築し新知見を発見する



## 農業ビッグデータ (2015-2021)



## ビッグデータ駆動型AI農業 (2021-2023)



# UAV空撮画像の解析を簡単に行うツールPREPsを開発

GIS等多数のソフトを組み合わせるため高難度かつ面倒だった



Take UAV images in the field



(Phantom 4, P4M, Mavic, eBee,..)

(GCP -Coded or non- coded)



Stitch the images together



(Pix 4D, Agisoft, Open drone map..)

(TIFF Files to generate: DEM (has height information) and Orthomosaic (RGB))



Generate plots from the field: Ortho

Generate height of each plot: DEM



Easy PCC  
(Python)

QGIS  
(manually)

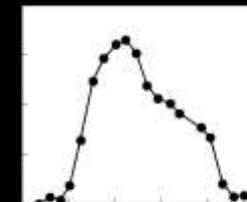
Field Image-R  
(R-studio)

プログラミング・スキルの習得と面倒な環境構築が必須

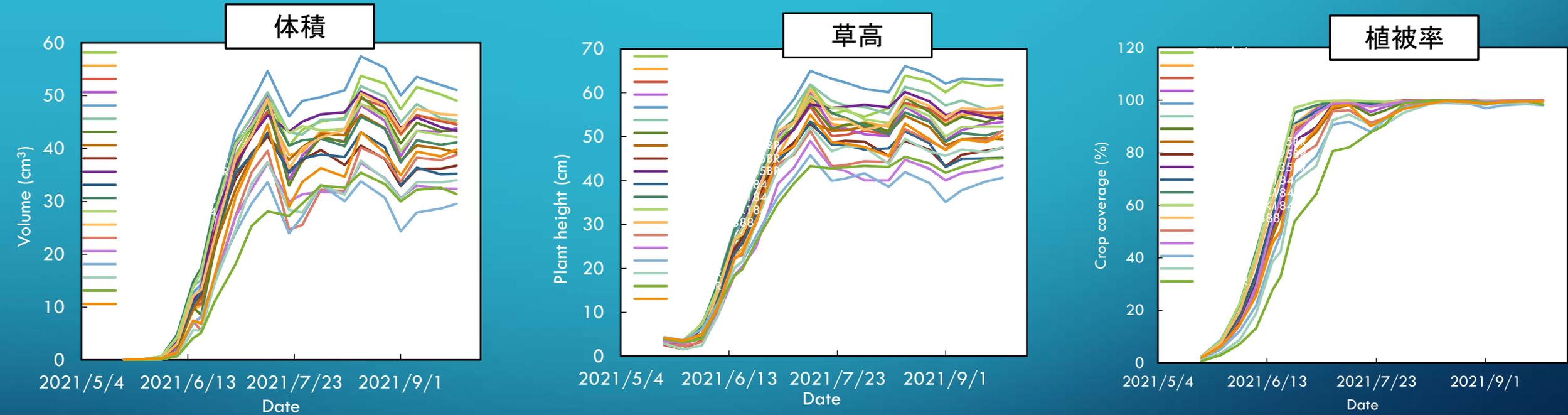
誰でも簡単に使えるようにしたい



Time-series data



# 利用例 1 : テンサイの体積、草高、植被率の時系列データ収集

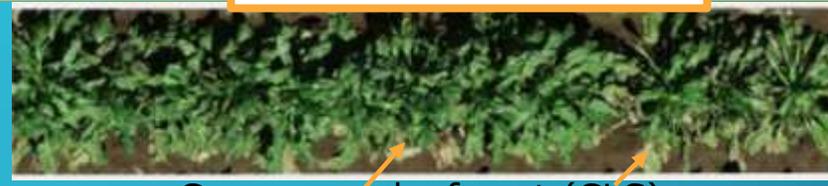


# 利用例 2 : テンサイ褐斑病検出指標の探索

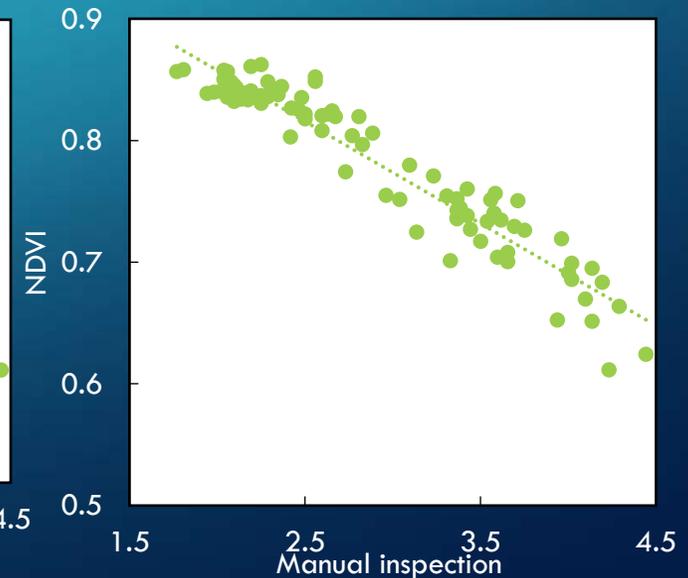
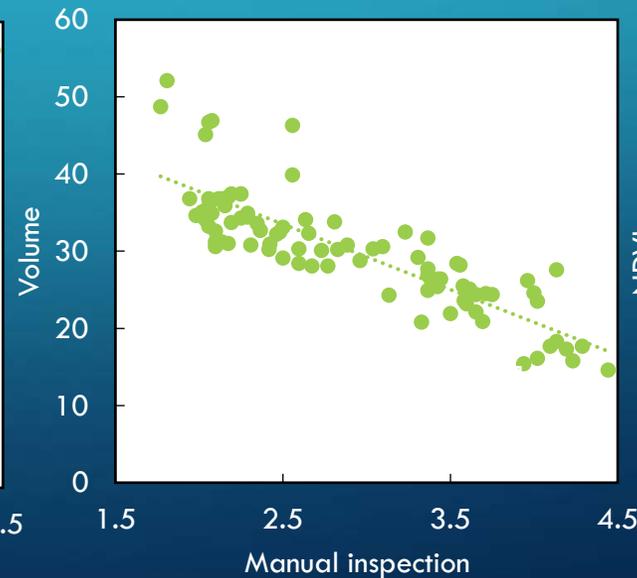
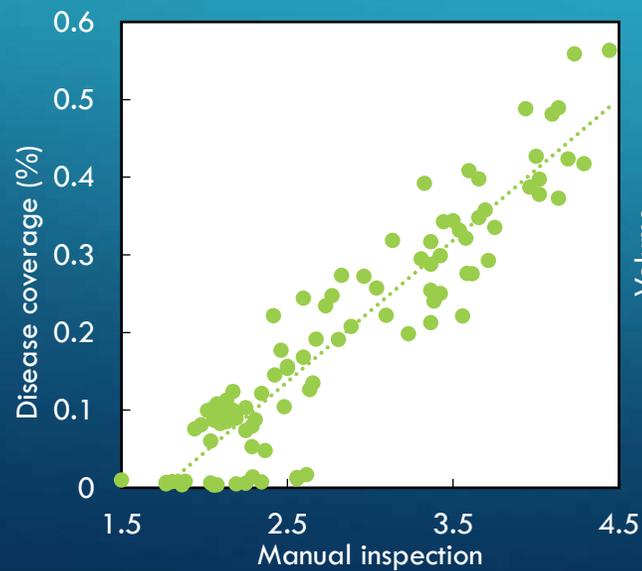
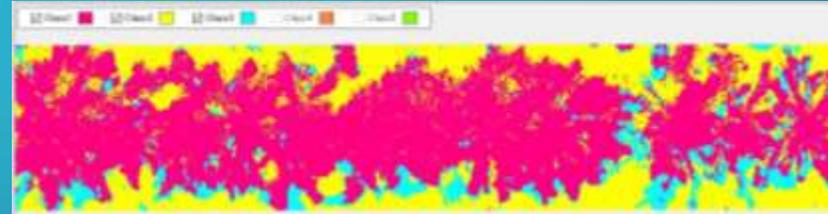
感染前



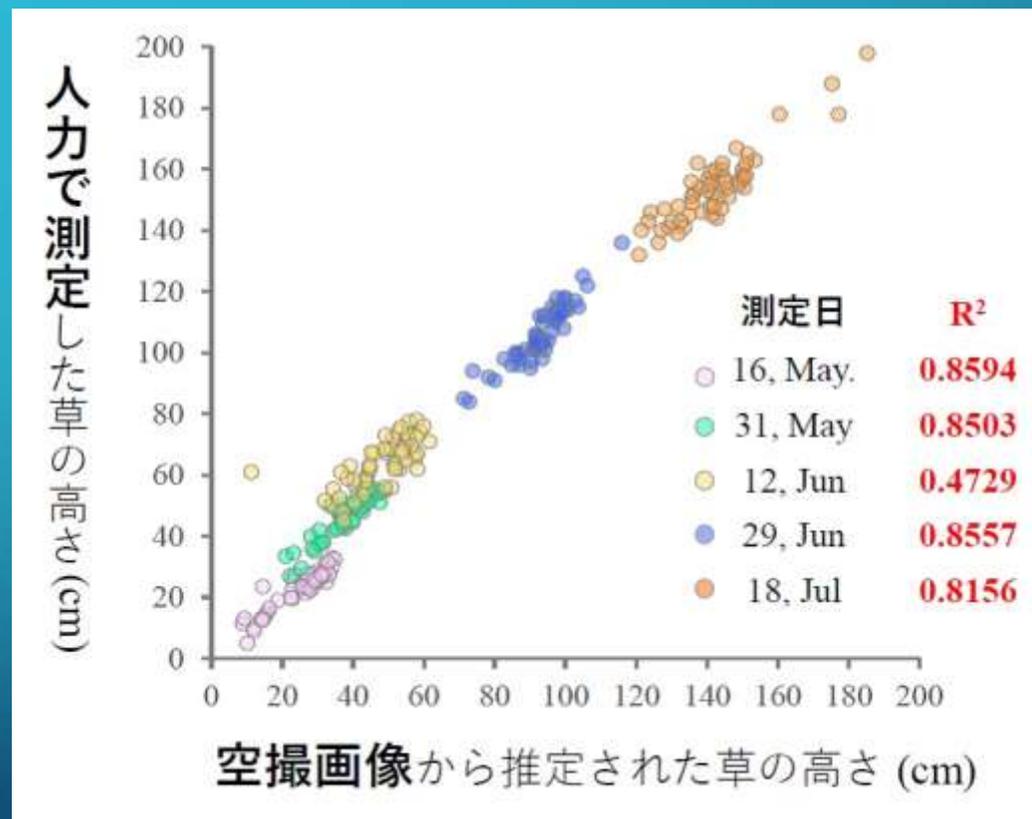
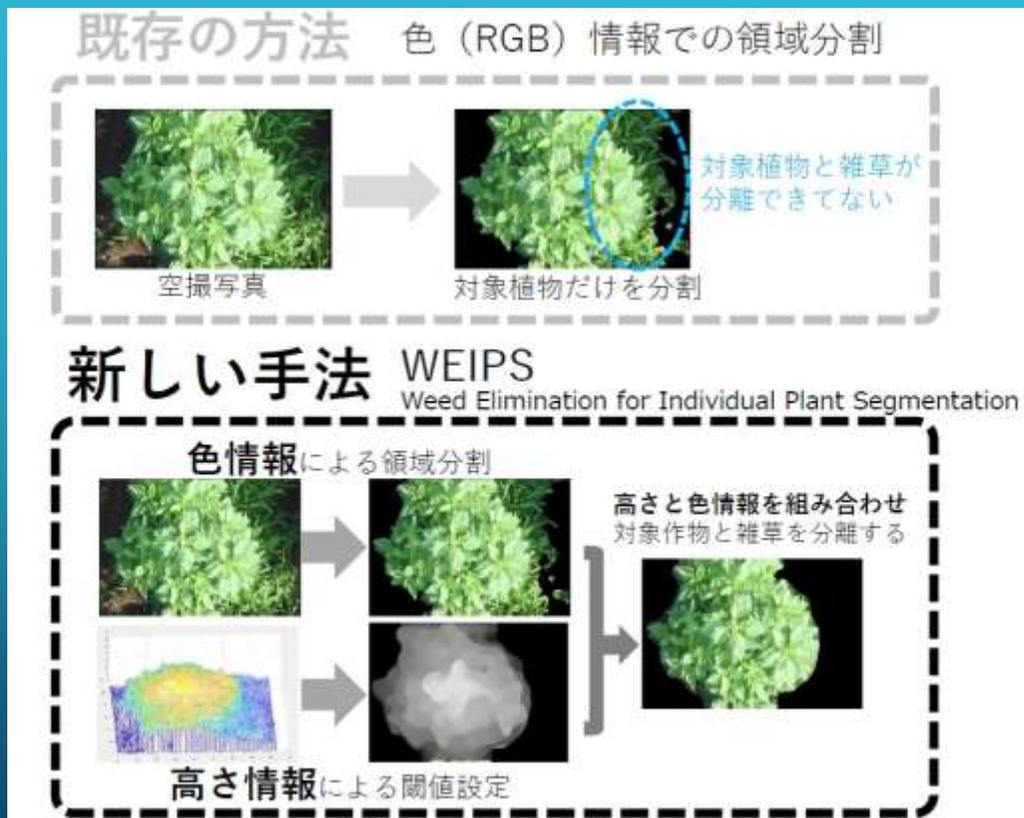
感染後



Cercospora leaf spot (CLS)

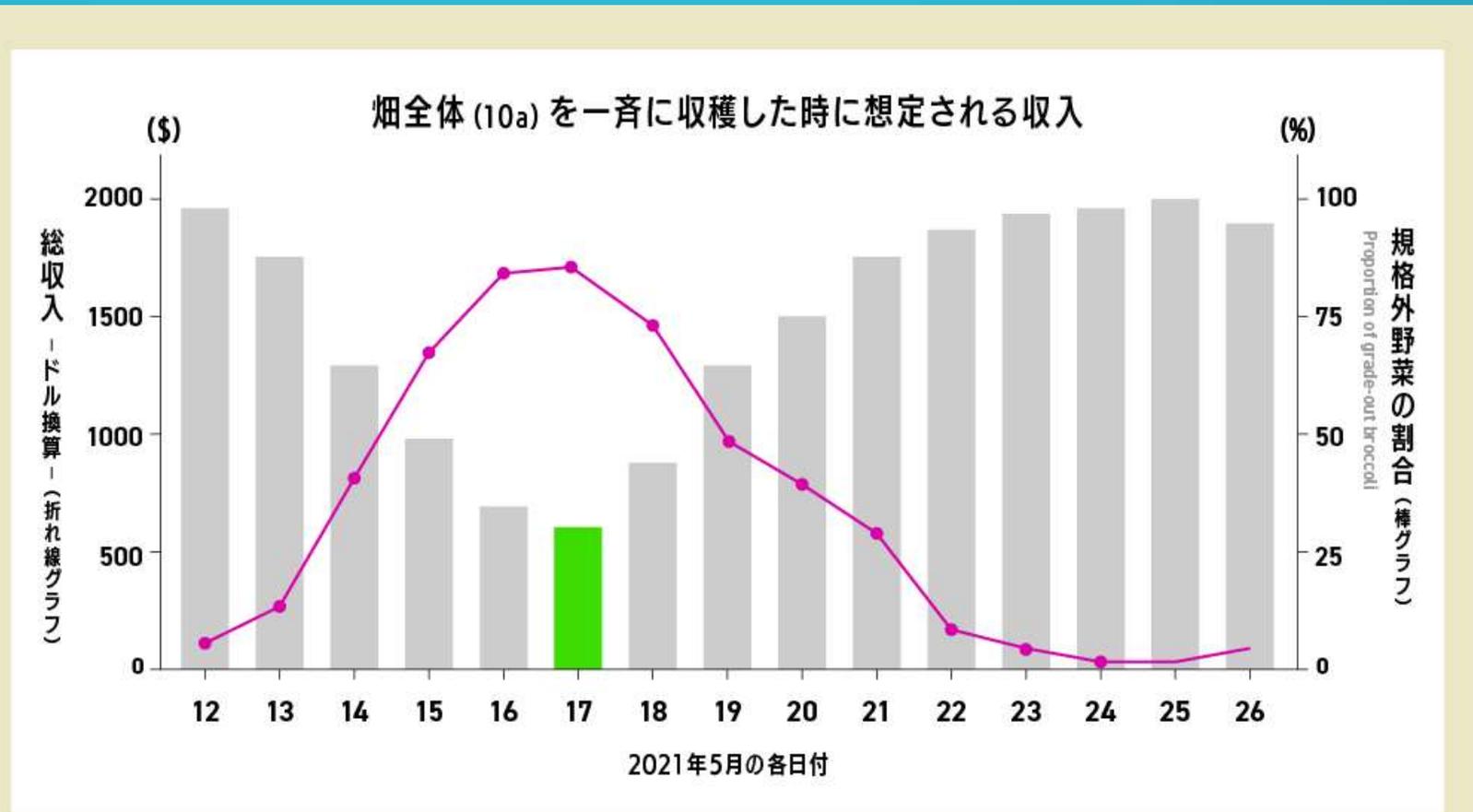


# ドローン空撮画像から植物1個体ごとの3次元形質を自動推定する手法を開発



# ドローンとAIで規格外野菜を減らす

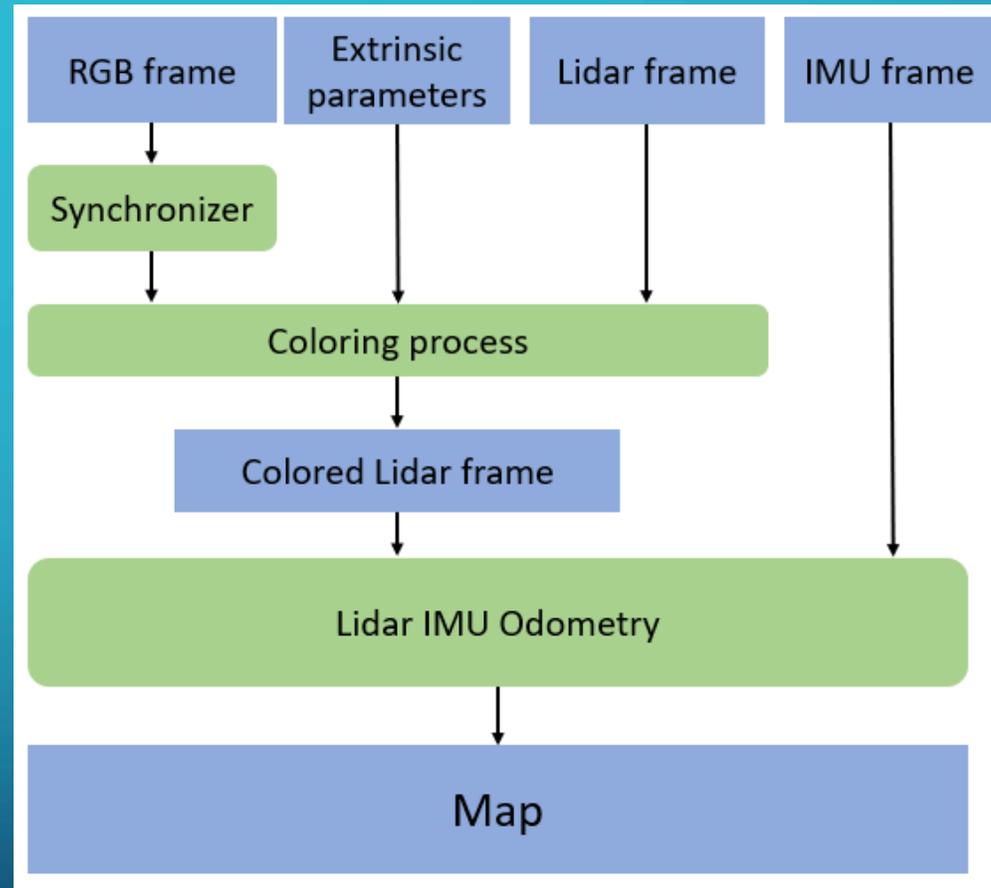
## ブロッコリー全個体のサイズを自動計測し最適な収穫日を推定



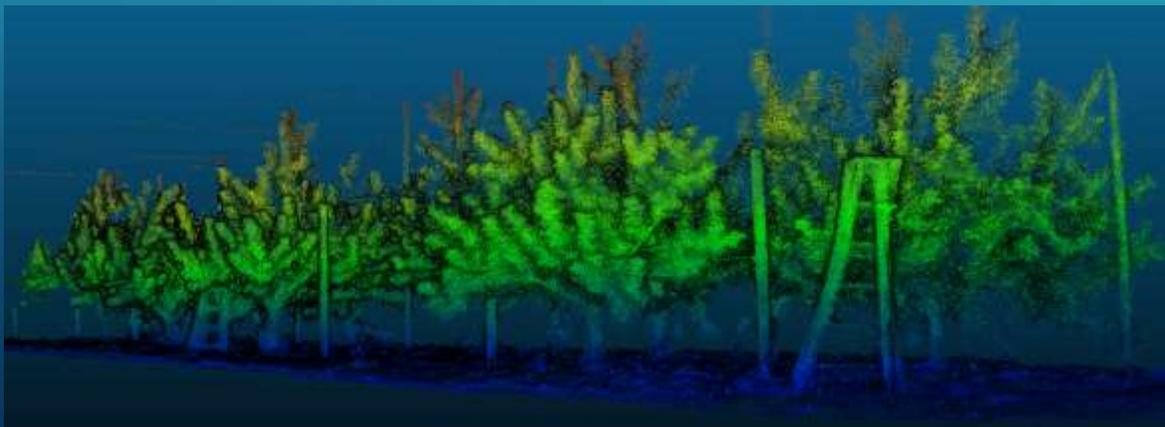
5月17日に収穫すると、収入が最大になり、規格外野菜の割合が最小になった

# 低コストパーツを用いて高精度な3D計測ができるLiderを開発

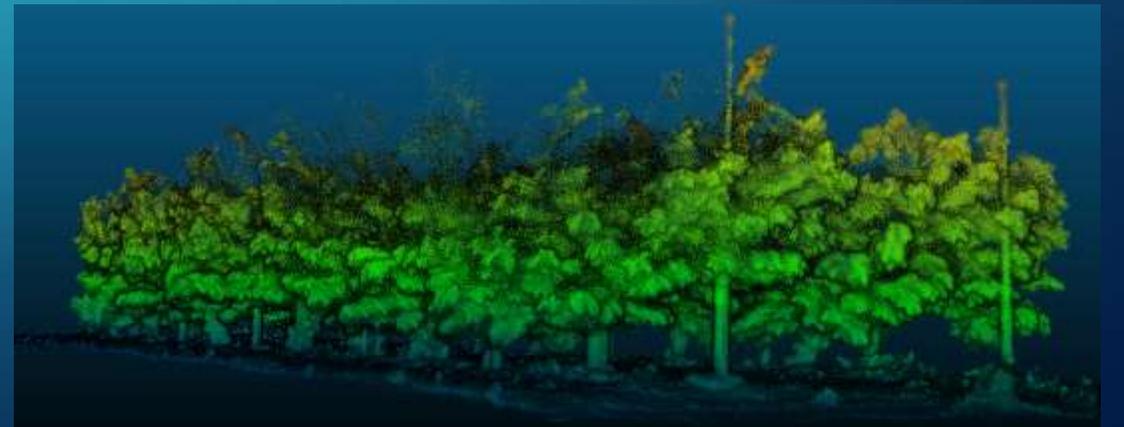
5,000\$以下



# 果樹の3Dデータ収集例



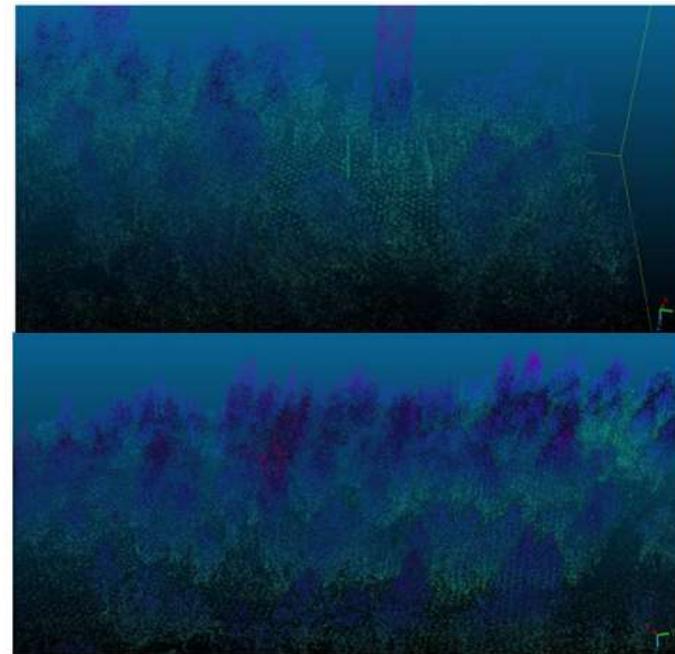
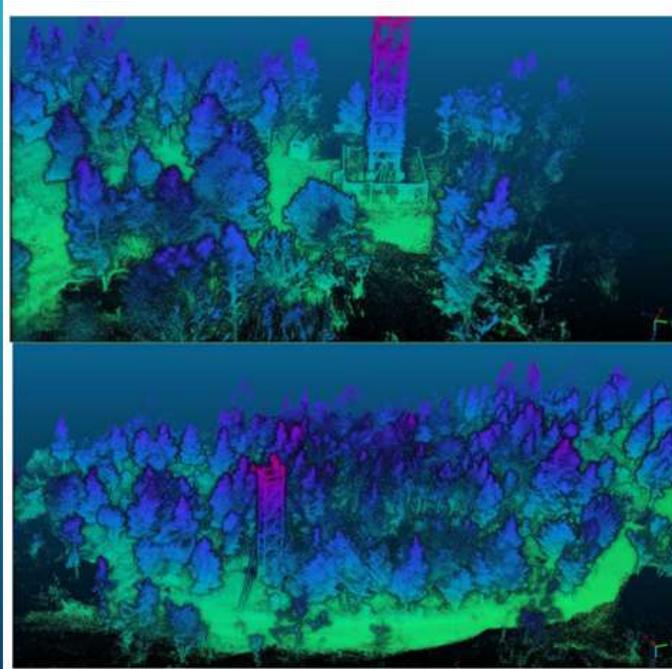
リンゴ



クリ

# 既存機器との比較

	Ours	LiGrip
Range	400m	120m
FOV	70.4° × 77.2°	280° × 360°
Size	L138mm x W70mm x H250mm	L204mm x W130mm x H385mm
Weight	1.2 kg	1.8kg



# 光合成に関する Deep Truth Data の収集

社会実装では大学発ベンチャーの機器や技術を「現地作業をするプラグイン」とみなして組み合わせる

東大発ベンチャー  
Quantomics and DSH



愛媛大発ベンチャー  
Plant Data



150W X 5

400W X 3 + 150W X 2

400W X 6

40W X 5



0.5m x 0.5m x 0.5m



1m x 1m x 1m



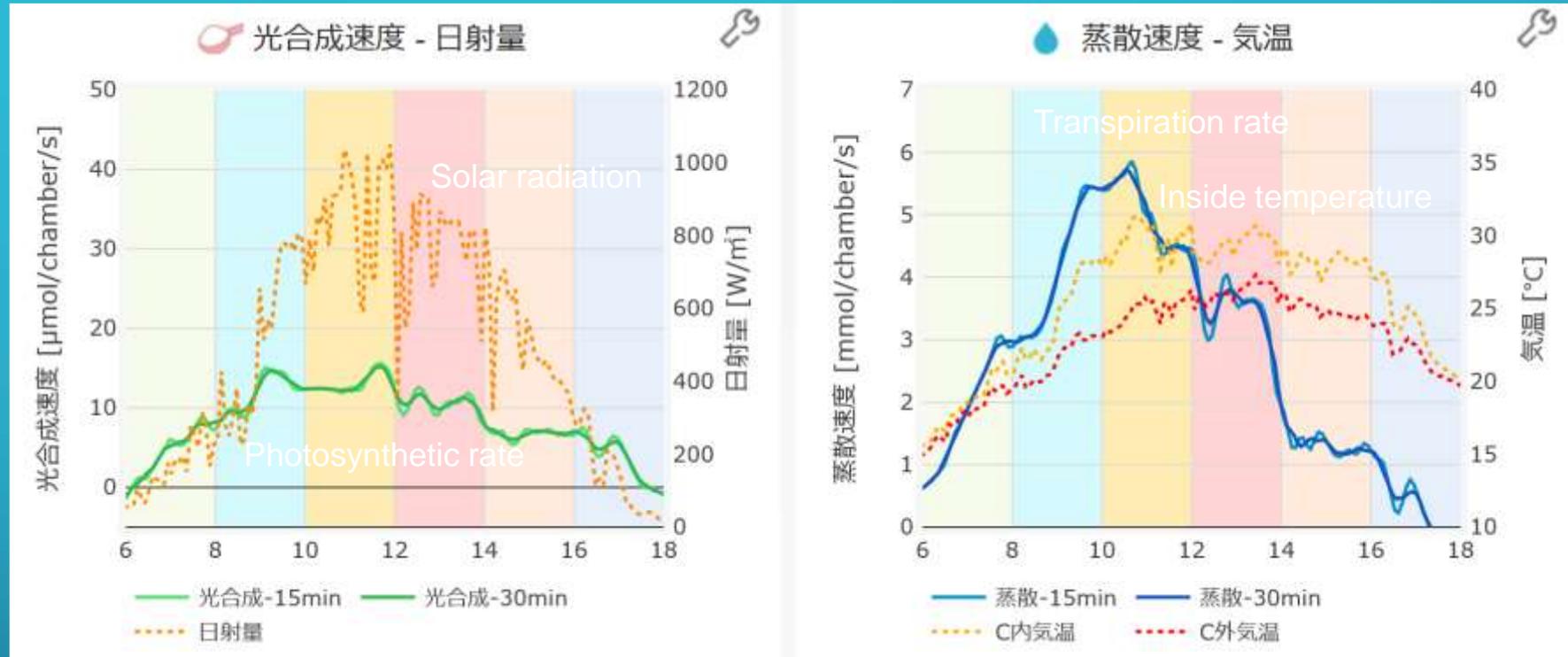
2m x 1m x 1m



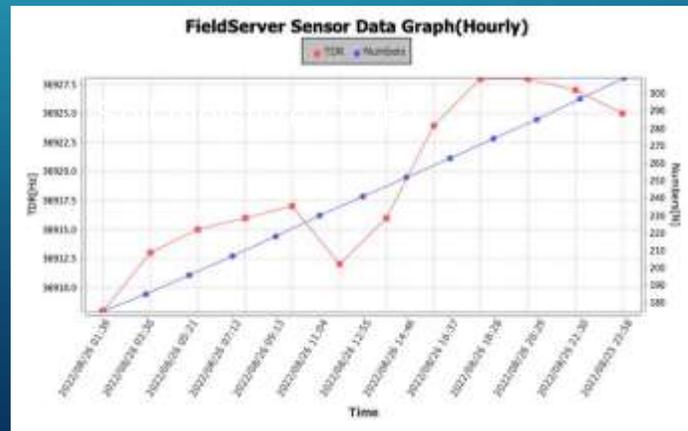
2m x 2m x 1m

測定機器の消費電力にマッチするエネルギーハーベスト機器の選定・制作・設置・メンテ・撤去

# 光合成速度、蒸散速度、土壌水分のデータの例



群落光合成速度、蒸散速度、日射量、気温の時系列データ (2022.8.25 北海道更別村、大豆)



# 現場のデータに基づく推論の例（ChatGPT）



Twitterで閲覧・保存している土壌水分（TDR土壌水分計）の測定値

MASAYUKI

更別村の24時間降水量は13mmである。現在のTDR土壌水分センサの出力値は33221Hzである。6時間前のTDR土壌水分センサの出力値は32986Hzであった。TDR土壌水分センサの出力値は土壌水分が多いほど下がる。雨量が多いほど土壌水分は上昇する。6時間前から雨は降っているか？

CHATGPT

与えられた情報に基づいて、6時間前からの降雨状況について推測することができます。

TDR土壌水分センサの出力値が増加しており、24時間降水量が13mmであることから、土壌水分が減少している可能性が高いです。また、TDR土壌水分センサの出力値が土壌水分が多いほど下がるという情報も提供されています。

したがって、推測としては、6時間前から現在にかけては雨が降っていない可能性が高いと考えられます。なぜなら、降雨量が多いほど土壌水分が上昇するとされており、しかしTDRセンサの出力値は減少しているためです。

ただし、この推測は情報に基づいて行われたものであり、確定的な結論ではありません。より正確な結論を導くためには、降雨データや土壌の特性に関する追加の情報が必要です。

# センサを順次追加



PC、PoE Hub、モバイルルータ  
環境センサを格納



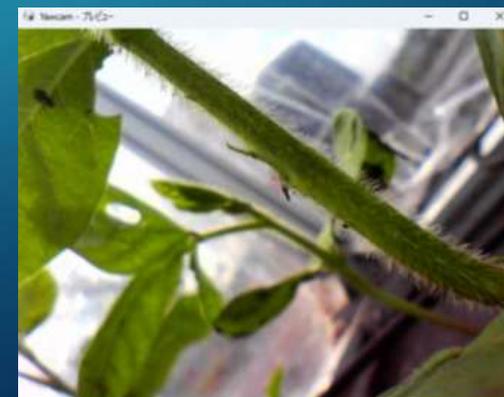
光合成チャンバー上部からの撮影画像



断熱筐体内部の機器

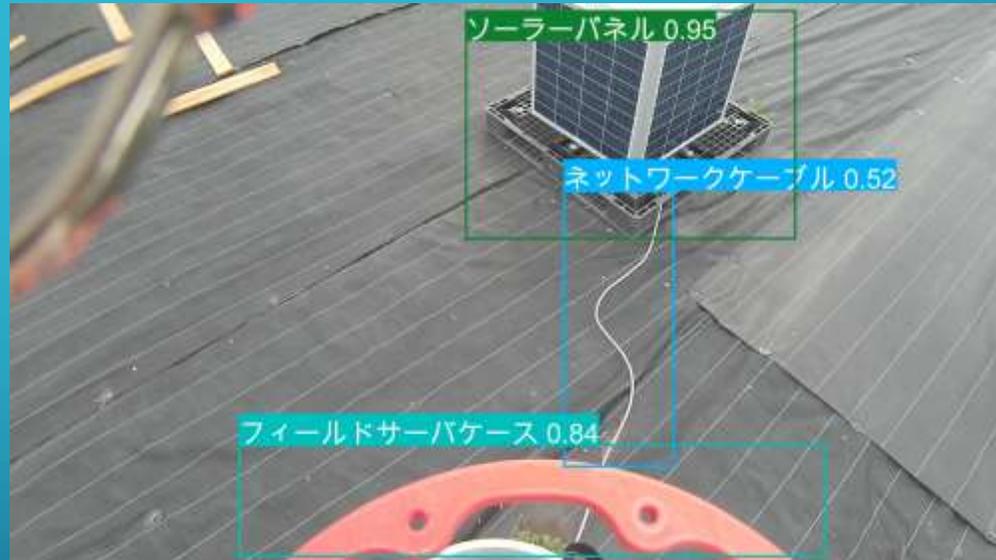


超音波センサと内視鏡型カメラ



内視鏡型カメラの画像

# ウェアラブルカメラとAIでメタデータの収集を自動化



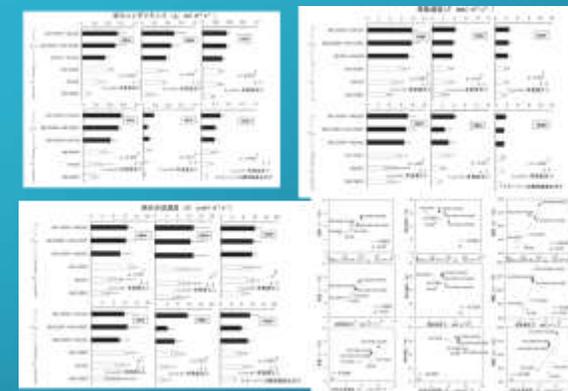
動画から静止画を抽出

Yolo v8  
物体名 (Json)

NICT版日本語BERT  
物体名のembedding

全シーンのベクトルの平均値  
を収集データのメタデータとする

# 既存の膨大な文献的知識と新知見をどうやって活用するか？



臼井ら (生物と気象, 2022)



- 個葉における気孔コンダクタンス や蒸散速度には雑種強勢による系統間差があった。
- 個葉における純光合成速度の系統間差は判然としなかった。  
→ 収量は群落の光合成量に依存するため、群落の光合成量を測定する必要がある。
- F1の気孔コンダクタンスが大きく、雑種強勢の影響が見られる。  
→ 光合成速度の系統間差を推定するには気孔コンダクタンスに着眼することが有効。
- 気孔コンダクタンスと群落表面温度との間に有意な相関関係がみられた。  
→ 群落表面温度はリモートセンシングが容易であるため品種開発の選抜指標となり得る。

既存の文献的知識

テンサイの雑種強勢に関して得られた新知見の例

# 第2次AIブーム時（1980年代）の農水省AIプロでの試み トラクタ故障診断システムなどのエキスパートシステムを多数開発



在庫僅少・カバーなし

 カートに入れる

 この本についてつぶやく

関連の書籍

## バイオエキスパートシステムズ

- 生物生産におけるAI/ニューロコンピューティング -

[▼ 目次を読む](#)

星岳彦 東海大開発技術研究所助手 編著

平藤雅之 農林水産省農業研究センター 編著

本條毅 東大助手 編著

発行年月日:1990/04/10, 判型:A5, ページ数:220頁

ISBN:978-4-339-02277-3, 定価:2,625円(本体2,500円+税5%)

ジャンル:[情報工学](#) / [人工知能・知識工学](#) / [人工知能一般](#)

生物生産のためのコンピュータによるエキスパートシステムの設計・開発について、技術的な基礎手法の解説から具体的なシステム開発の手順、事例、将来の展望などを平易に詳述した。

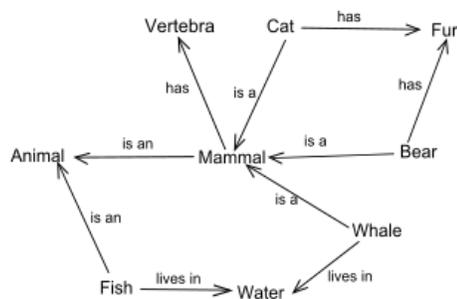
→ 現場の Deep Truth Dataがほとんどなく専門家の知識で補うしかない。  
→ 自然言語で記述した知識をBUPで構文解析後、Prologコードに変換、大規模知識ベースの構築を試みた。

# 大規模言語モデル (LLM) の実用化のインパクト

## If-thenルール (プロダクションルール)

If body temperature > 37 degree  
Then the person may be disease

## 意味ネットワーク



## フレーム

[Disease]

[Cause]: [Body temperature is  
above 37 degree]

伝統的な知識表現形式

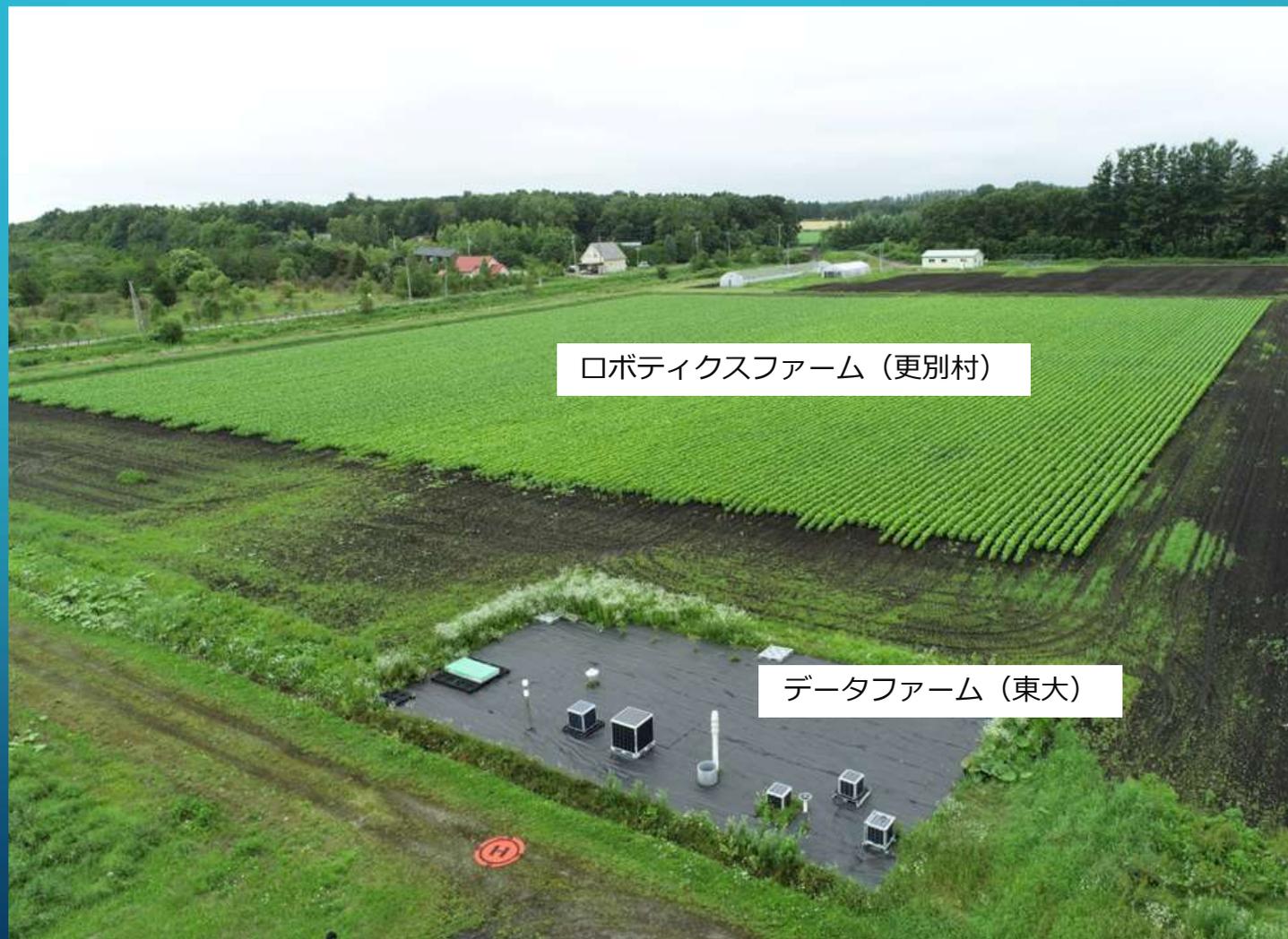


- 体温が37°C以上の場合、病気の可能性がある。
- If the body temperature is above 37°C, the patient may be ill.
- Si la température corporelle est supérieure à 37 °C, le patient peut être malade.
- Если температура тела выше 37 ° C, пациент может быть болен.
- 如果体温高于37 °C，病人可能患病。
- 체온이 0.5°C 이상이면 질병일 가능성이 있다.

自然言語

自然言語を汎用性の高い知識表現形式として使えるようになった

# 実証実験：更別村ロボティクスファーム × 東大データファーム



ロボティクスファーム (更別村)

データファーム (東大)

# 北海道・更別村のロボティクスファーム (スマート農業実証、デジタル田園都市構想、Society5.0)

リタイア農家に作業委託



地元ベンチャー



CREST発地元ベンチャー



ロボットトラクタ (耕耘、播種、施肥)



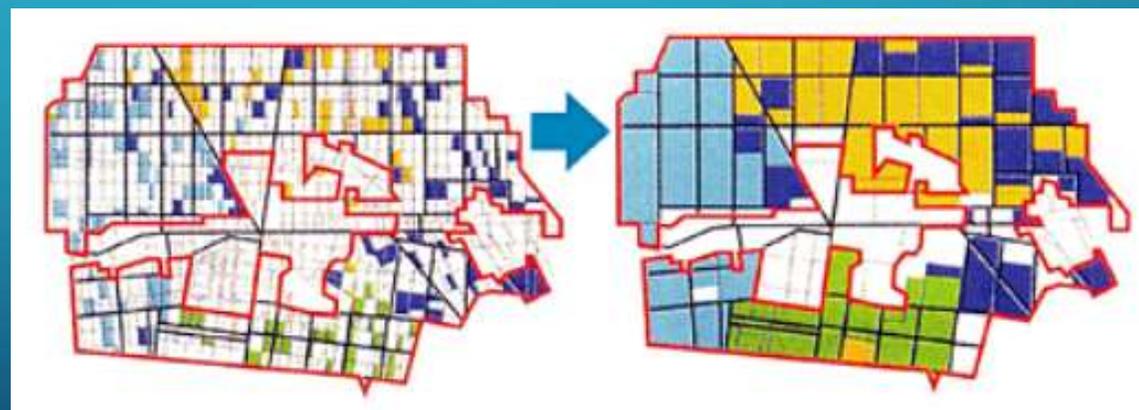
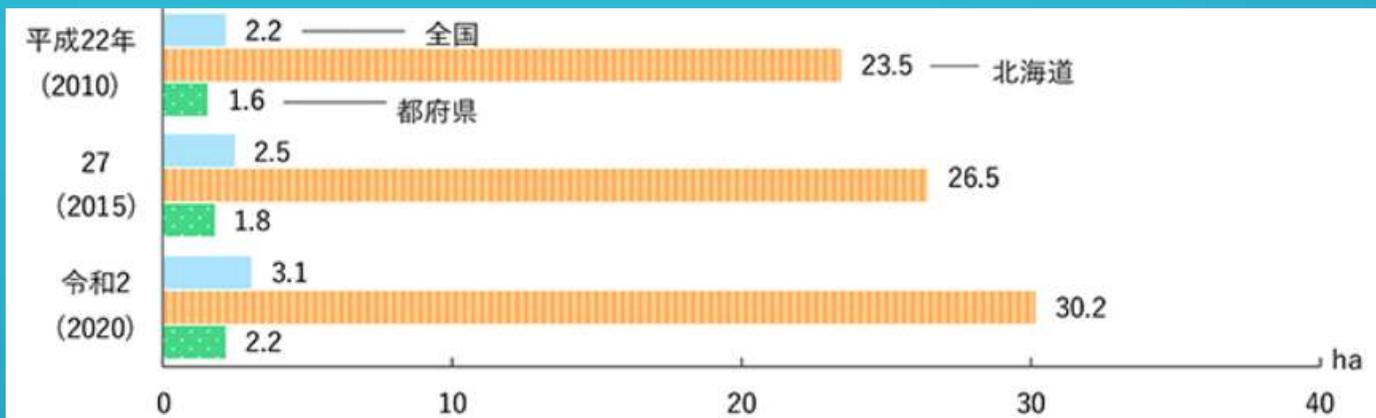
ドローン (農薬散布)



ロボットコンバイン (収穫)

農家の減少 → 農業の大規模化・自動化 → 農業所得の増大 → 新しい農業への挑戦

# 公道の無人走行ができないと自動化のメリットは限定的

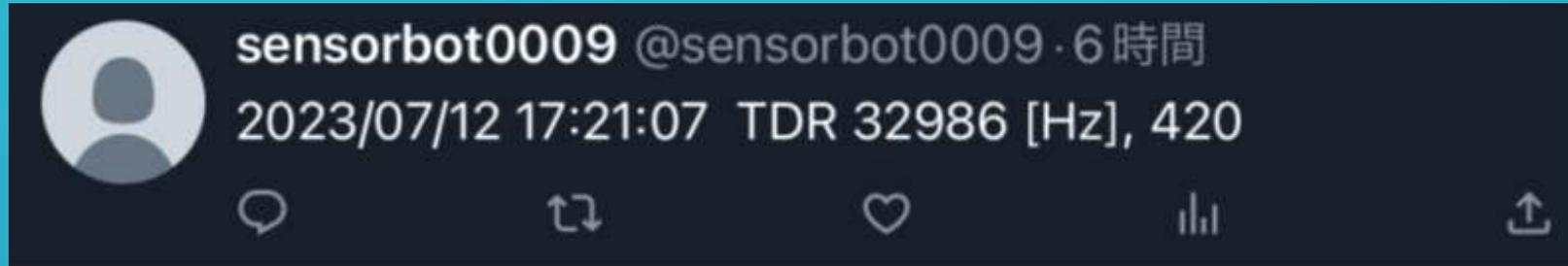


各地で農地の大規模化・集積化が進行中

人手が必要な作業がまだたくさん残っている



Open Field Server (オープンソースハードウェアのIoT) が突然tweetできなくなった  
→ ChatGPTを用いてWebサーバにデータを保存するプログラムとWebサーバを作成



# 全作業が数時間で完了 → 生成AIは技術の普及に使える

これでうまく表示しましたが、できれば綺麗なテーブルで項目別に表示するように修正してください。

了解しました。テーブルをより見やすく、項目別に表示するための修正を行います。

まず、CSSを少し強化してテーブルの見た目を改善します。次に、JavaScriptの部分を修正して、JSONデータの各項目をテーブルの異なるセルに表示するようにします。

**HTML ( `index.html` ):**

```
html
Copy code
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Data Viewer</title>
  <style>
    /* 強化されたスタイル */
    body {
      font-family: Arial, sans-serif;
      padding: 20px;
    }
    table {
      width: 100%;
      border-collapse: collapse;
      margin-top: 20px;
    }
    th, td {
      border: 1px solid #ddd;
      padding: 8px;
      text-align: left;
    }
    th {
      background-color: #f2f2f2;
    }
  </style>
</head>
<body>
  <table border="1">
    <thead>
      <tr>
        <th>Timestamp</th>
        <th>Lat</th>
        <th>Lng</th>
        <th>TDR [Hz]</th>
        <th>Solar Radiation [V]</th>
        <th>Soil Temperature [C]</th>
        <th>Count Number</th>
      </tr>
    </thead>
    <tbody>
      <tr>
        <td>2023/09/24 18:09:18</td>
        <td>42.642777</td>
        <td>143.200583</td>
        <td>32462</td>
        <td>0.01</td>
        <td>21.6</td>
        <td>9</td>
      </tr>
      <tr>
        <td>2023/09/24 18:11:13</td>
        <td>42.642743</td>
        <td>143.200554</td>
        <td>32462</td>
        <td>0.01</td>
        <td>21.5</td>
        <td>10</td>
      </tr>
      <tr>
        <td>2023/09/24 18:14:22</td>
        <td>42.642748</td>
        <td>143.200549</td>
        <td>32463</td>
        <td>0.01</td>
        <td>21.4</td>
        <td>11</td>
      </tr>
      <tr>
        <td>2023/09/24 18:17:39</td>
        <td>42.642722</td>
        <td>143.200561</td>
        <td>32462</td>
        <td>0.01</td>
        <td>21.4</td>
        <td>12</td>
      </tr>
      <tr>
        <td>2023/09/24 18:20:46</td>
        <td>42.642737</td>
        <td>143.200556</td>
        <td>32463</td>
        <td>0.01</td>
        <td>21.3</td>
        <td>13</td>
      </tr>
      <tr>
        <td>2023/09/24 18:24:17</td>
        <td>42.642737</td>
        <td>143.200556</td>
        <td>32464</td>
        <td>0.01</td>
        <td>21.3</td>
        <td>14</td>
      </tr>
      <tr>
        <td>2023/09/24 18:27:21</td>
        <td>42.642767</td>
        <td>143.200555</td>
        <td>32464</td>
        <td>0.01</td>
        <td>21.2</td>
        <td>15</td>
      </tr>
    </tbody>
  </table>
</body>
</html>
```

Continue this conversation

## M5Stack Sensor Data Viewer

Records per page:

1 2 3 4 5 6

Timestamp	Lat	Lng	TDR [Hz]	Solar Radiation [V]	Soil Temperature [C]	Count Number
2023/09/24 18:09:18	42.642777	143.200583	32462	0.01	21.6	9
2023/09/24 18:11:13	42.642743	143.200554	32462	0.01	21.5	10
2023/09/24 18:14:22	42.642748	143.200549	32463	0.01	21.4	11
2023/09/24 18:17:39	42.642722	143.200561	32462	0.01	21.4	12
2023/09/24 18:20:46	42.642737	143.200556	32463	0.01	21.3	13
2023/09/24 18:24:17	42.642737	143.200556	32464	0.01	21.3	14
2023/09/24 18:27:21	42.642767	143.200555	32464	0.01	21.2	15

# 社会実装：正確な気温と湿度を測定する技術の普及（九州気温・湿度観測ネットワーク）



# 生成AI農業：A I の用途を拡大

## これまでのAIアプリ

### 認識・識別・分類

- ・植物体の識別によるフェノタイピング
- ・病虫害の発見、診断
- ・生育診断

### 予測・推定

- ・収量、地下部収量、子実のタンパク質・水分
- ・病虫害の発生
- ・農産物の市場価格



## 生成AIを用いたアプリ

### 画像生成

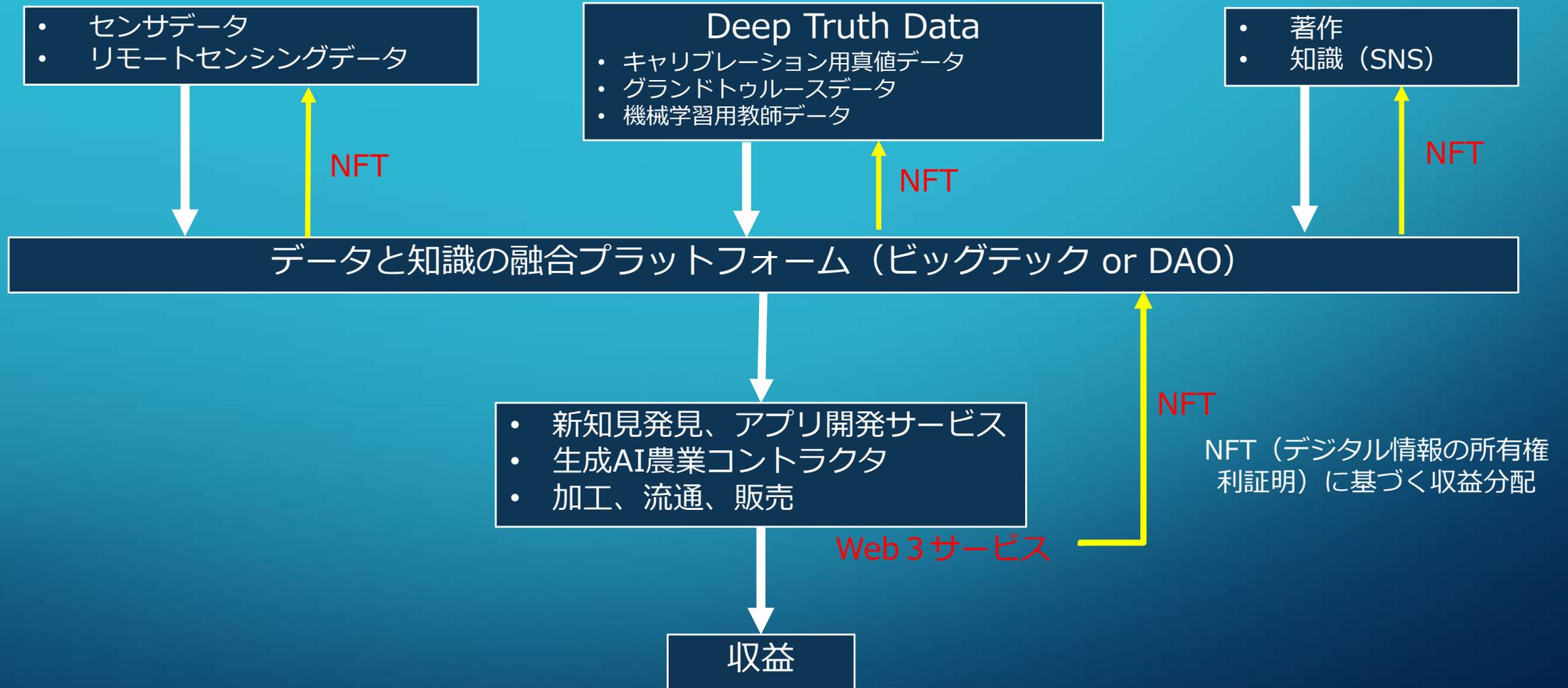
- ・既知情報に基づく植物体・農場の3Dイメージ

### プログラム生成（プランニング）

- ・自動作業（可変施肥、可変農薬散布、可変播種等）
- ・温室・植物工場環境制御
- ・作業計画、栽培計画
- ・データベース（オミクス、気象等）の操作



# 課題はデータ所有者へのリターン



Web 3 による収益分配サービスのイメージ (例)

Thank You