

## 中山間地の分散型園地におけるカキの生産性向上のための 新規格による双方向制御かんがいシステムの開発

近畿大学農学部 松野 裕



## 五條吉野地域

日本有数のカキ産地

対象地である五條吉野地域は約20km<sup>2</sup>に広がり、総面積約1500haのカキ園を有する。1997年に完成した一の木ダムを水源とする国営灌漑施設により用水が供給されている。

奈良県は全国第二位のカキの生産量を誇り、露地栽培に加えハウス栽培も盛んである。ハウスでの生産量は全国市場の約80%を占めている。



五條吉野の  
ハウスカキ全国市場シェア



# 五條吉野におけるスマート農業に関する取り組み



## 実証技術の展開

令和元年～令和3年

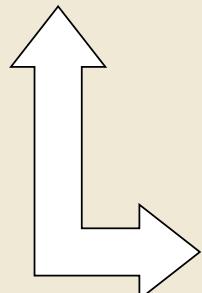
- ・アシストスーツの導入
- ・遠隔操作式草刈機の活用
- ・自動運搬機の実証
- ・AIを活用したハウスカキ栽培支援システム

奈良県、五條吉野土地改良区、地域IT企業が連携し、農研機構の支援によってプロジェクトを実施



# 遠隔除草機

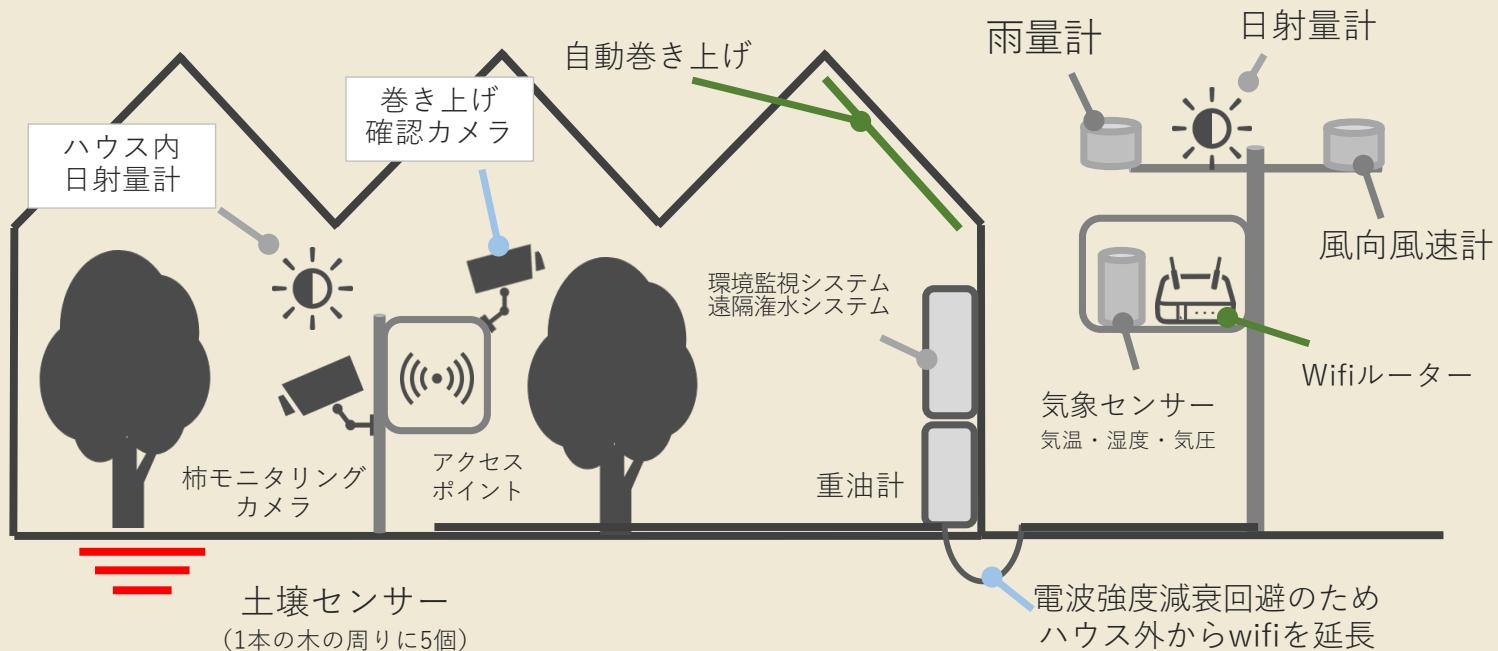
実証圃場100 m<sup>2</sup> の除草作業



作業速度 (m <sup>2</sup> / 分)	10 a (1反) の作業時間 (分)
スマート農法 (遠隔除草機)	14.3
慣行法 (刈払機)	4.9

- 作業速度は約3倍
- 初心者でも熟練者並みの作業速度を実現できる

# ハウスカキ栽培環境モニタリング



画像データから、果実成熟度判定プログラムを構築



- ・収穫盛期判定 (<https://www.kaki-detect.net/bs4-demo/>)
- ・画像判定(<https://www.kaki-detect.net/>)

## 露路力キ灌漑スマート化における課題



### 高額な導入コスト

最新技術の導入には多額の初期投資が必要であり、中小規模農家にとって大きな障壁となっている。



### 電源確保の困難性

中山間地域では安定した電源の確保が難しく、システム運用に制約が生じる。



### 通信インフラの制約

山間部では携帯電話回線が不安定であり、リアルタイム制御に支障をきたす。

## 灌漑作業の現状と課題

例年、六月から九月にかけて輪番制のスプリンクラーによる灌漑が実施されている。灌水では、3日ごとに1時間バルブを手動で操作する必要があり、圃場の一部は居住地から車で30分以上を要する距離にある。事前に決められたスケジュールによっては早朝や深夜に作業が及ぶことが多く、生産者の負担となっている。

### 作業頻度

3日ごとに1時間のバルブ操作が必要  
(圃場で1時間待機)

### 移動距離

圃場まで車で30分以上かかる場合も

### 作業時間帯

早朝や深夜の作業が頻繁に発生

## アンケート調査から

五條吉野土地改良区の組合員を対象に実施したアンケート調査では、有効回答者約120名(全組合員の約3分の1)から知見が得られた。



複数圃場の管理

分散した圃場を管理する農家の割合

遠距離圃場保有

自宅から5km以上離れた圃場を所有

負担感の認識

灌漑作業を「負担の大きい作業」と認識

約10%の農家は10区画(1区画は平均で約50アール)以上を有していた。このような分散立地条件や距離的制約が労働の負担を増大させている。

## 令和5年度からのプロジェクトの目的と特徴

令和五年度から生研支援センターの支援を受けた現在進行中のプロジェクトでは、地域全体をカバー可能なLPWAN通信規格を活用し、低ランニングコストで運用可能なネットワーク型自動灌水制御システムの開発・構築を目的としている。

01

LPWAN通信網の構築

広域をカバーする低成本通信インフラ

02

自動灌水制御システム

遠隔操作可能なバルブ制御技術

03

気象センサーデータ活用

圃場状況のリアルタイム監視

04

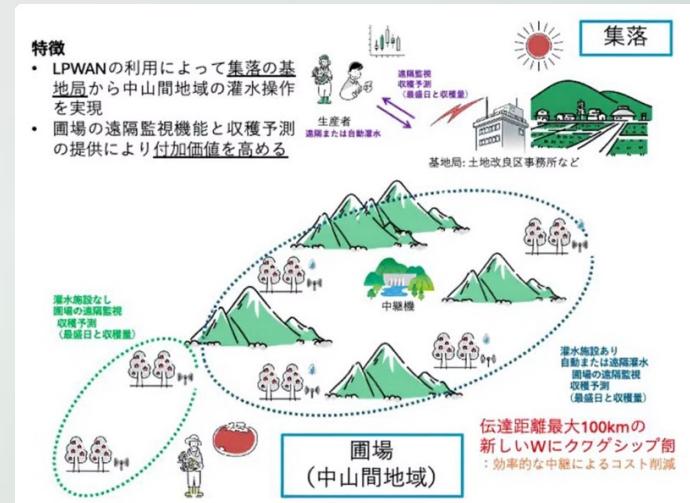
機械学習予測ツールの実装

収穫量および収穫時期の予測

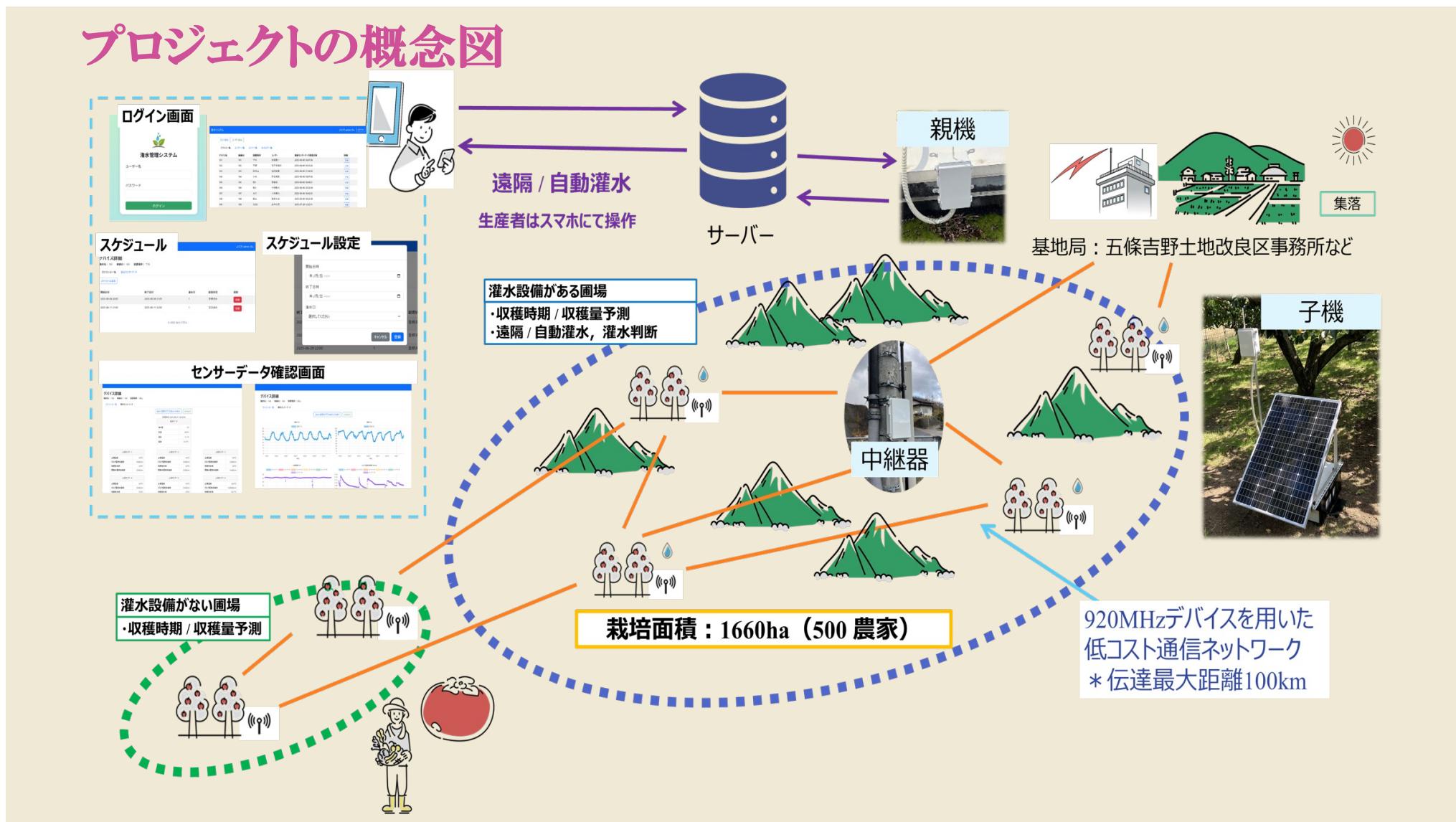
## システムの全体構成

本プロジェクトはLPWAN通信技術を活用した自動灌漑制御システムを開発し、圃場環境のモニタリングとAI技術を組み合わせることを目的とした。このシステムには、灌水日時決定や収量予測するモデルを実装する。

LPWAN通信、自動制御、機械学習による予測を統合した灌漑システム



# プロジェクトの概念図



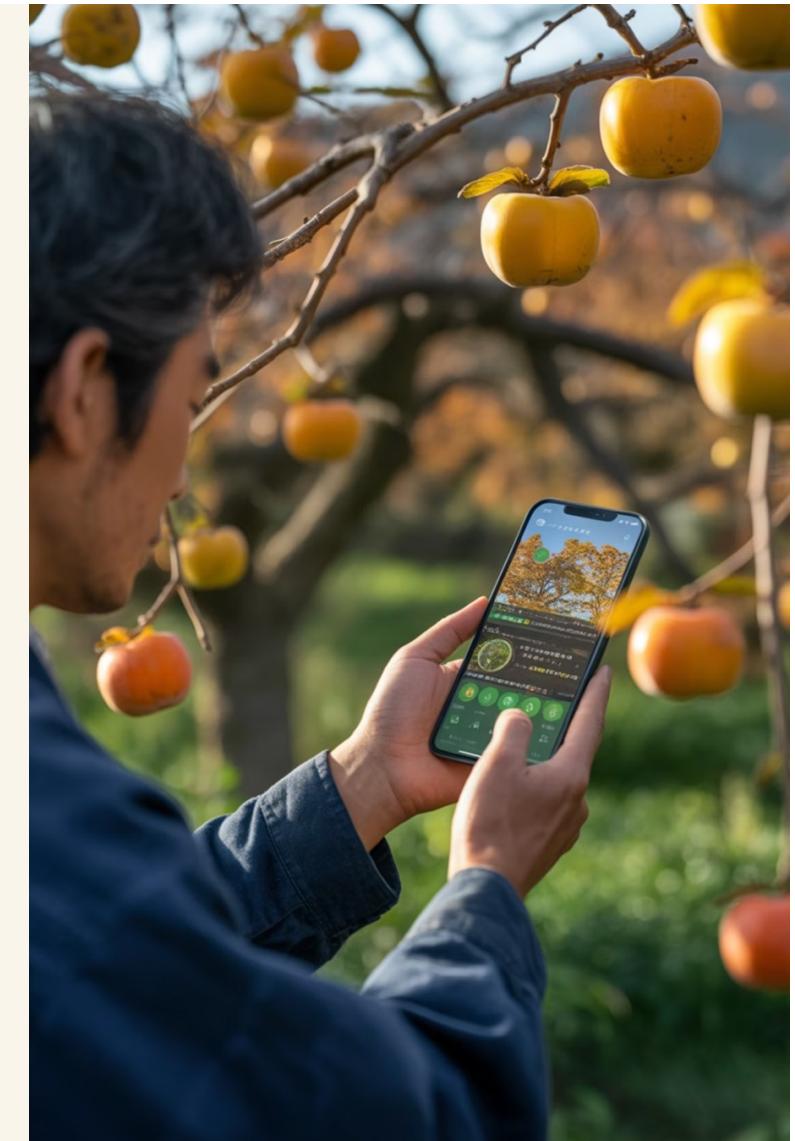
## 農業者の関心と懸念事項 (アンケート結果から)

### AIモデルへの期待

- ・三つのAIモデルのうち特に灌漑判断モデルへの関心が高く、回答者の約50%が「活用したい」と答えた。
- ・収穫時期予測モデルや収量予測モデルへの関心は相対的に低かったものの、「試してみたい」との意見も多かった。

### 導入への懸念

- ・導入コストと維持管理費用
- ・通信の安定性への不安
- ・スマートフォン操作の習熟
- ・技術サポート体制



# LPWAN通信技術の特徴

## 技術的特徴

本システムは920MHz帯LPWANを採用し、従来の携帯電話回線に比べて低コストかつ安定的な長距離通信を可能とした。従来のLoRa通信距離(約10km)を超え、平地では最大100kmを達成でき、中継機能により山間部でも安定性を確保できる。

## 運用上の利点

- ・低ランニングコストでの運用
  - ・広域エリアのカバー
  - ・山間部での通信安定性
  - ・中継機能による柔軟な拡張
- ## 課題
- ・通信データ量の制限



親機  
(インターネットへのGW)

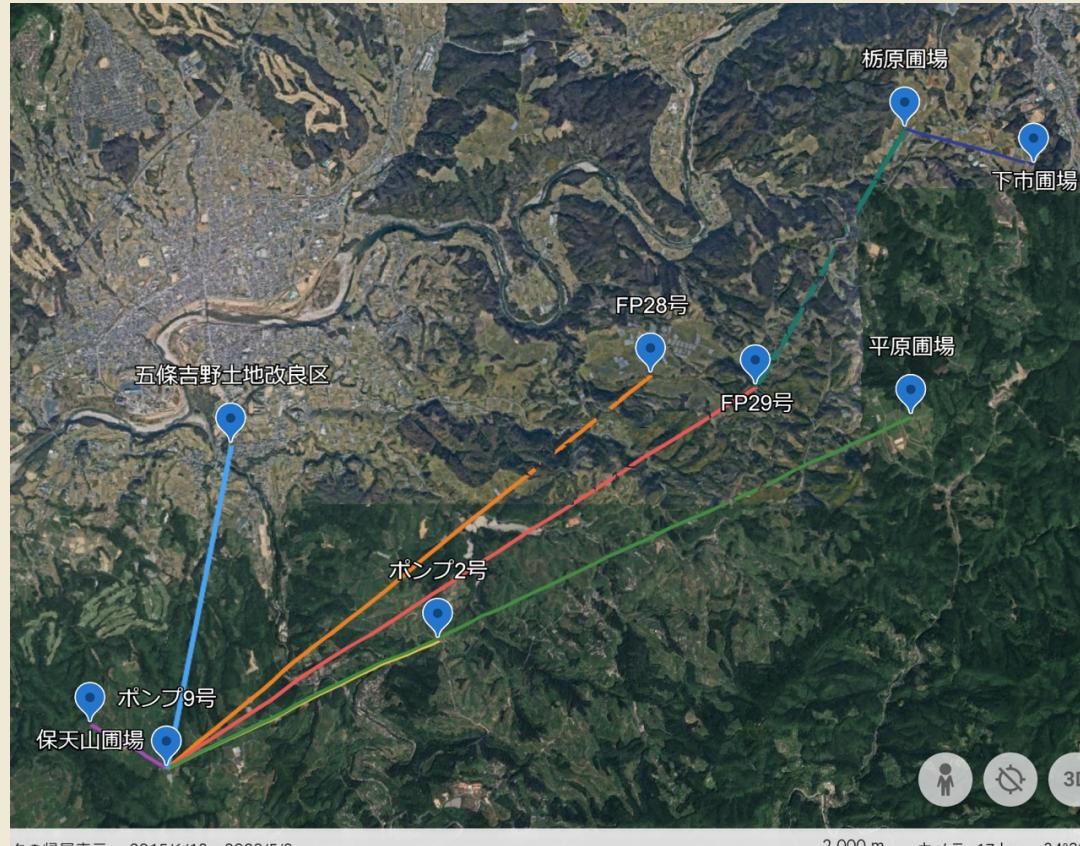


中継機



子機

# 920MHz通信の電波強度計測

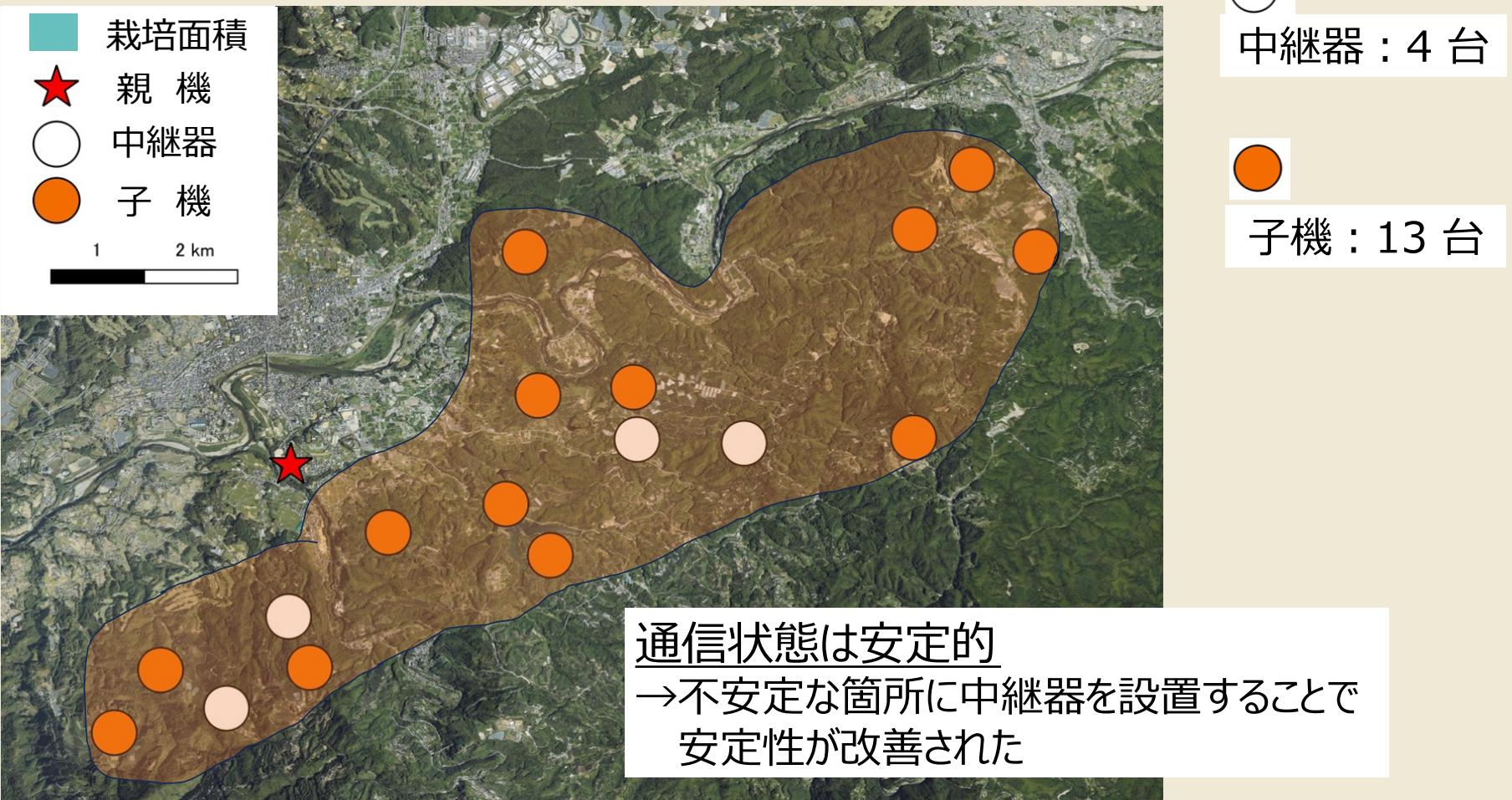


計測地点	距離	電波状況
五條吉野土地改良区一ポンプ9号	3.27km	-92~-108dbm
ポンプ9号一保天山圃場	0.88km	-99~-106dbm
ポンプ9号一ポンプ2号	3.02km	-99~-102dbm
ポンプ9号一FP28号	6.27km	-88~-97dbm
ポンプ9号一FP29号	7.05km	-95~-96dbm
ポンプ9号一平原圃場	8.26km	-88~-93dbm
FP29号一栃原圃場	3.02km	-104~-113dbm
栃原圃場一平原圃場	1.35km	-93~-102dbm

※通信できる電波の下限値は-137dbm

電波中継BOXを配置することで、五條地域では十分な電波強度が確保できる事が確認できた。

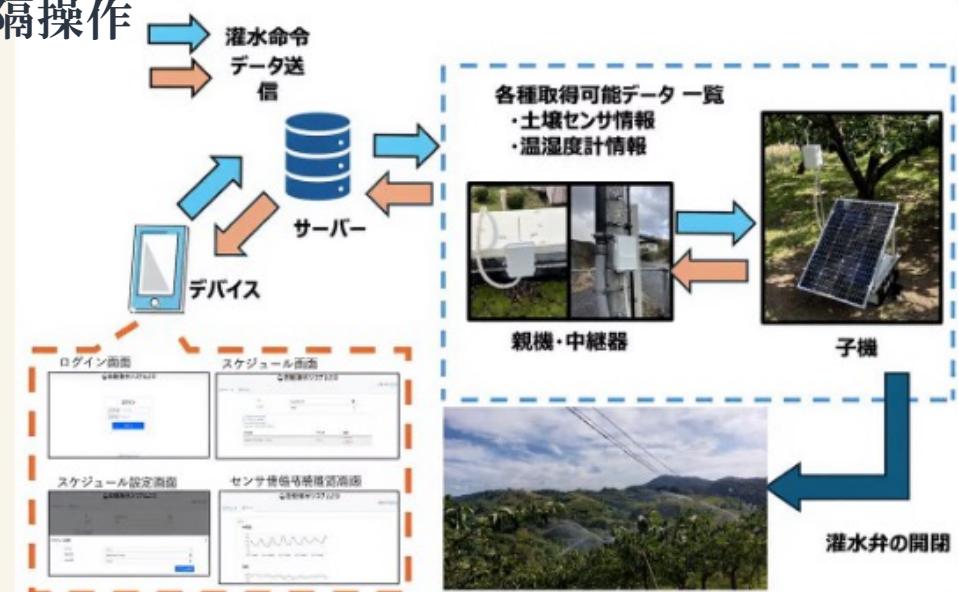
## ネットワークシステムの構築



# 遠隔灌漑システムの機能

圃場管理者はスマートフォンやPCから遠隔で灌漑スケジュールを設定し、圃場環境を監視することが可能である。灌水命令はLPWANを介してバルブに伝送され、自動的に開閉制御される。センサーは土壤水分や気象データを計測し、中央サーバーに送信することで、利用者はリアルタイムに圃場の状態を把握できる。

1. スケジュール設定 スマートフォン・PCから遠隔操作
2. 命令伝送 LPWAN経由でバルブへ送信
3. 自動制御 バルブの開閉を自動実行
4. 状態監視 リアルタイムデータの確認



## ユーザーインターフェース一覧

ログイン画面

ホーム画面

灌水システムの設置圃場一覧

灌水のログの確認

灌水の設定  
(開始・終了時刻)

環境データ・予測モ  
デル結果の閲覧



# スマホ操作～灌水スケジュール設定画面～

灌水システム

## デバイス詳細

機材名：101 無線ID：101 設置場所：下市

[スケジュール一覧](#) [最新センサーデータ](#)

[スケジュール追加](#)

開始日付	終了日付
2025-08-08 20:00	2025-08-08 21:00
2025-08-11 21:00	2025-08-11 22:00

スケジュール追加

開始日時  
年 /月/日 --:--

終了日時  
年 /月/日 --:--

灌水口  
選択してください

[キャンセル](#) [登録](#)

© 2025 潤

# スマホ操作～センサーデータ確認画面～

## 詳細

無線ID：101 設置場所：下市

観 最新センサーデータ

過去1週間のグラフを表示/非表示 CSV出力

受信時刻 2025-08-27 15:18:11

基本データ	
灌水量	0.0
気温	-40.0°C
湿度	0.0%
電源	バッテリー

土壤センサー 1	
温度	26.25°C
電気伝導率	0.137dS/m
含水率	33.9%
水電気伝導率	1.258dS/m

土壤センサー 2	
土壤温度	25.188°C
バルク電気伝導率	0.121dS/m
体積含水率	51.6%
間隙水電気伝導率	0.475dS/m

土壤センサー 4	
温度	24.25°C

土壤センサー 5	
土壤温度	23.938°C

土壤センサー 6	
土壤温度	23.938°C

# スマホ操作～センサーデータ確認画面～

## 詳細

無線ID：101 設置場所：下市

観 最新センサーデータ

過去1週間のグラフを表示/非表示 CSV出力

受信時刻 2025-08-27 15:18:11

基本データ	
灌水量	0.0
気温	-40.0°C
湿度	0.0%
電源	バッテリー

土壤センサー 1	
温度	26.25°C
電気伝導率	0.137dS/m
含水率	33.9%
水電気伝導率	1.258dS/m

土壤センサー 2	
土壤温度	25.188°C
バルク電気伝導率	0.121dS/m
体積含水率	51.6%
間隙水電気伝導率	0.475dS/m

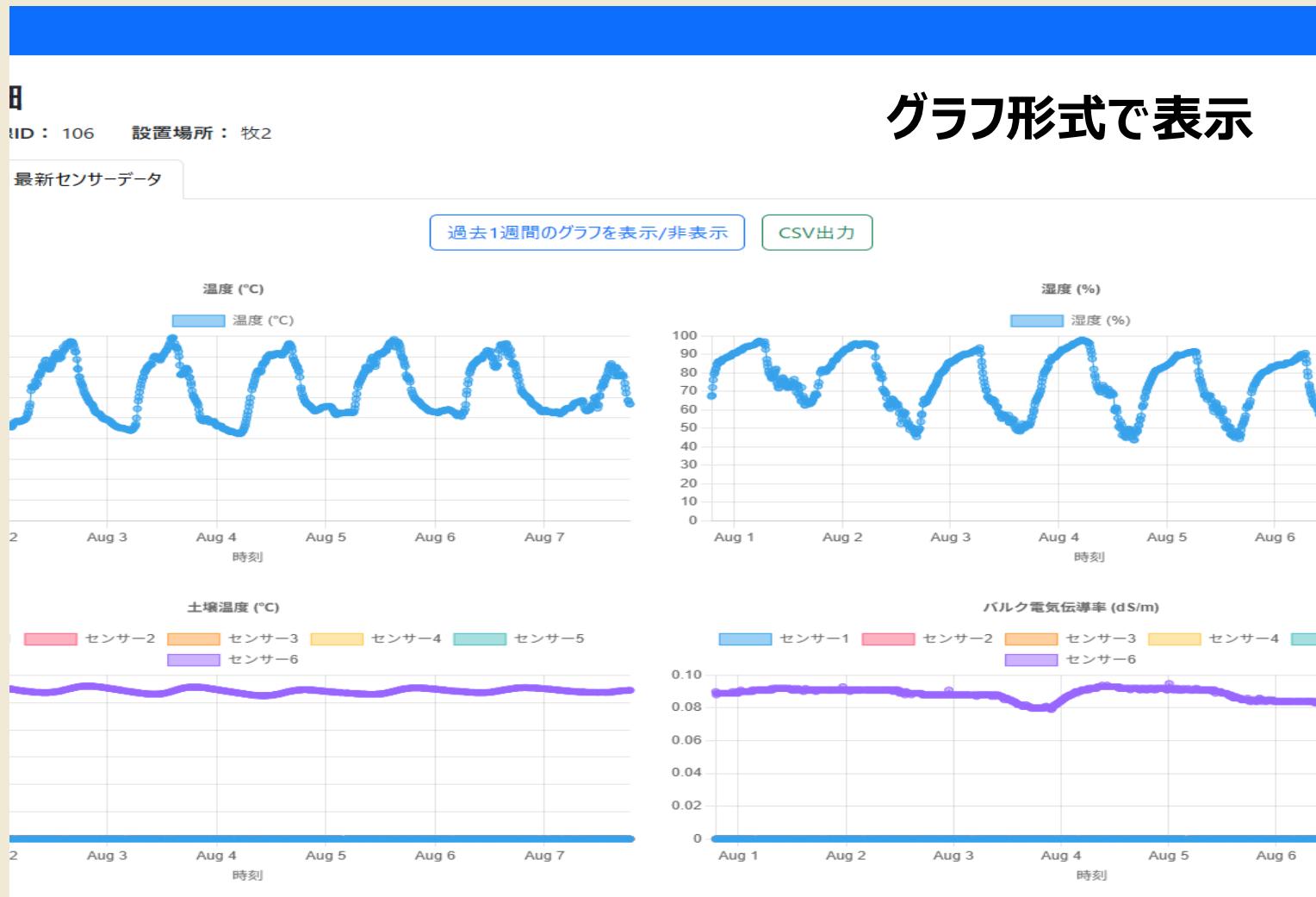
土壤センサー 4	
温度	24.25°C

土壤センサー 5	
土壤温度	23.938°C

土壤センサー 6	
土壤温度	23.938°C

# スマホ操作～センサーデータ確認画面～

グラフ形式で表示



## 三つの実装モデル



### 灌漑判断モデル

気象データから算出した蒸発散量の推定値を提供。最終的には葉画像から解析した水分ストレスをCNNによって推定し、最適な灌漑タイミングを提示する。学習データを用いた圃場では80%以上の精度で判定可能である。



### 収穫時期予測モデル

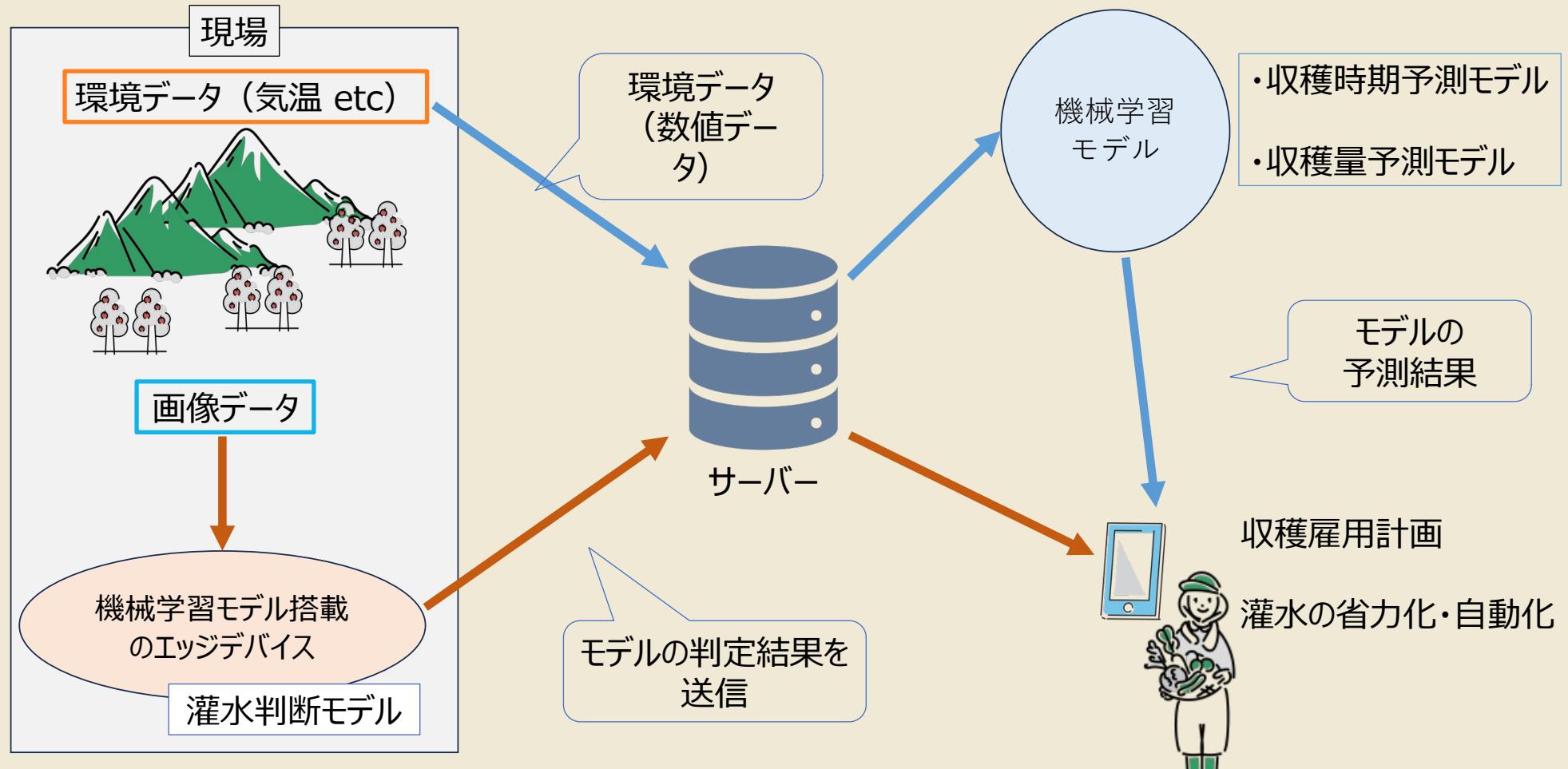
人工ニューラルネットワーク(ANN)モデルを構築し、主要な気象変数を解析することで収穫ピーク日を予測。約5か月前から予測可能であり、誤差±3日程度の精度を達成している。



### 収量予測モデル

気象データに基づき勾配ブースティングモデル(XGBoost)により収量を推定。現時点では予測精度の向上を目指して最適な特徴量の抽出を行なっている。

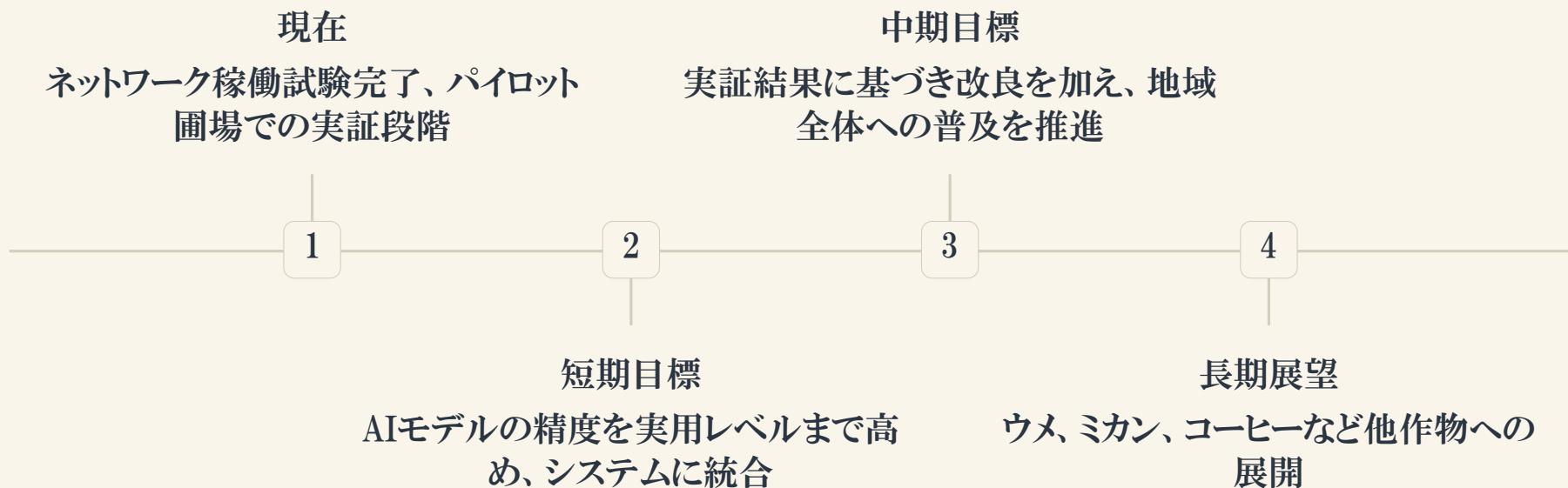
# 機械学習モデルの実装



## 機械学習モデルの現状

入力データ	モデル	出力データ	現状の成果	今後
<b>気象データ</b>  → 気温、降水量、日照時間 など	<b>収穫時期予測</b> ANN	<b>収穫最盛日までの日数</b>	2-3日の誤差 * 6月ごろの予測 (収穫時期は10月以降)	<ul style="list-style-type: none"> <li>精度向上</li> <li>モデルの汎用性の検証</li> </ul>
<b>地理的データ</b>  → 圃場の標高、斜面の向き など		<b>収穫量予測</b> XGBoost	10a当たりの収穫量	
 柿の葉のRGB画像を 土壤pF値により分類する	<b>灌水判断</b> CNN	断簡的な 水ストレス区分	20%の誤差が確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>精度向上</li> <li>モデルの汎用性の検証</li> </ul>

## 今後の展望と実装計画



本プロジェクトにおいて得た知見をベースとして、今後は紀伊半島におけるカキと並んだ主要果樹であるウメやミカン、さらには海外においてコーヒーなどを対象とした双方向制御灌漑システムの開発を視野に入れている。

# 定点カメラと果実判別AIモデルによる着果量調査方法の検討

## 前年度までの課題

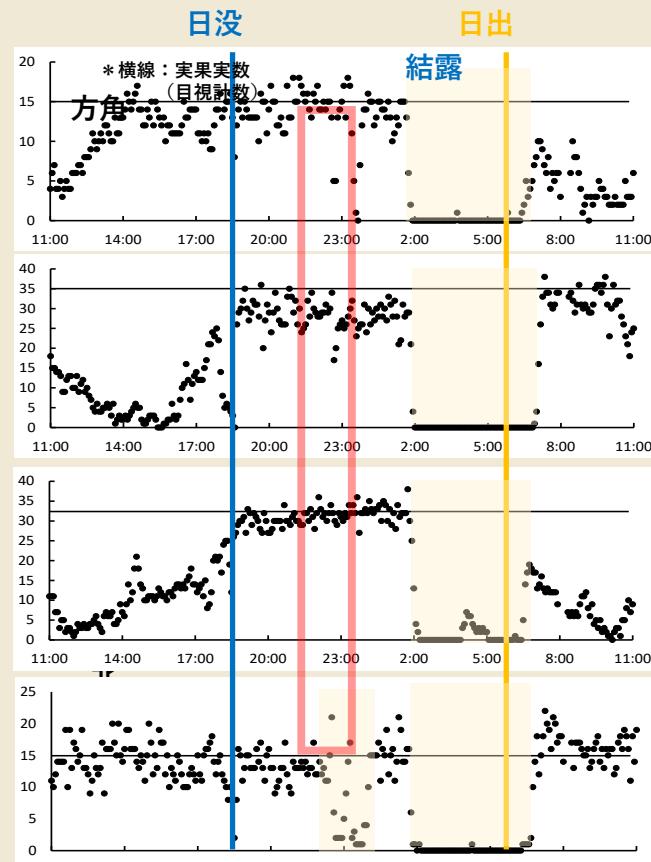
- ・安定的な撮影条件が不明
- ・成熟前の果実を判別しにくい

光条件のばらつきが少ない夜間撮影による  
果実判別を試行



供試カメラTL3000

- \*背面液晶
- \*LEDフラッシュ搭載



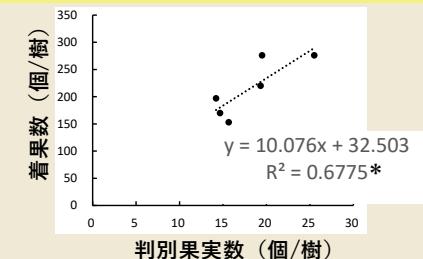
2024/09/11 11:05:02 8.42°C 107°F



2024/09/11 19:30:02 8.27°C 89°F

南: 11:05 南: 19:30

着色始期の“刀根早生”果実において、  
日没直後のフラッシュ撮影により 方角を問わず  
安定した判別が可能であることを確認



判別果実数と着果数には有意な相関があり、  
画像から着果数を推測可能なことが示唆された

今後の予定 “富有”を供試して事例を蓄積する

# ドローンと果実判別AIモデルによる着果量調査方法の検討

前年度までの課題  
・果実を明瞭に撮影できず、判別が困難

様々な波長域で撮影できる  
マルチスペクトルカメラを  
搭載したドローンによる  
撮影を試行



俯角方向



Gカメラ

仰角方向



NIRカメラ



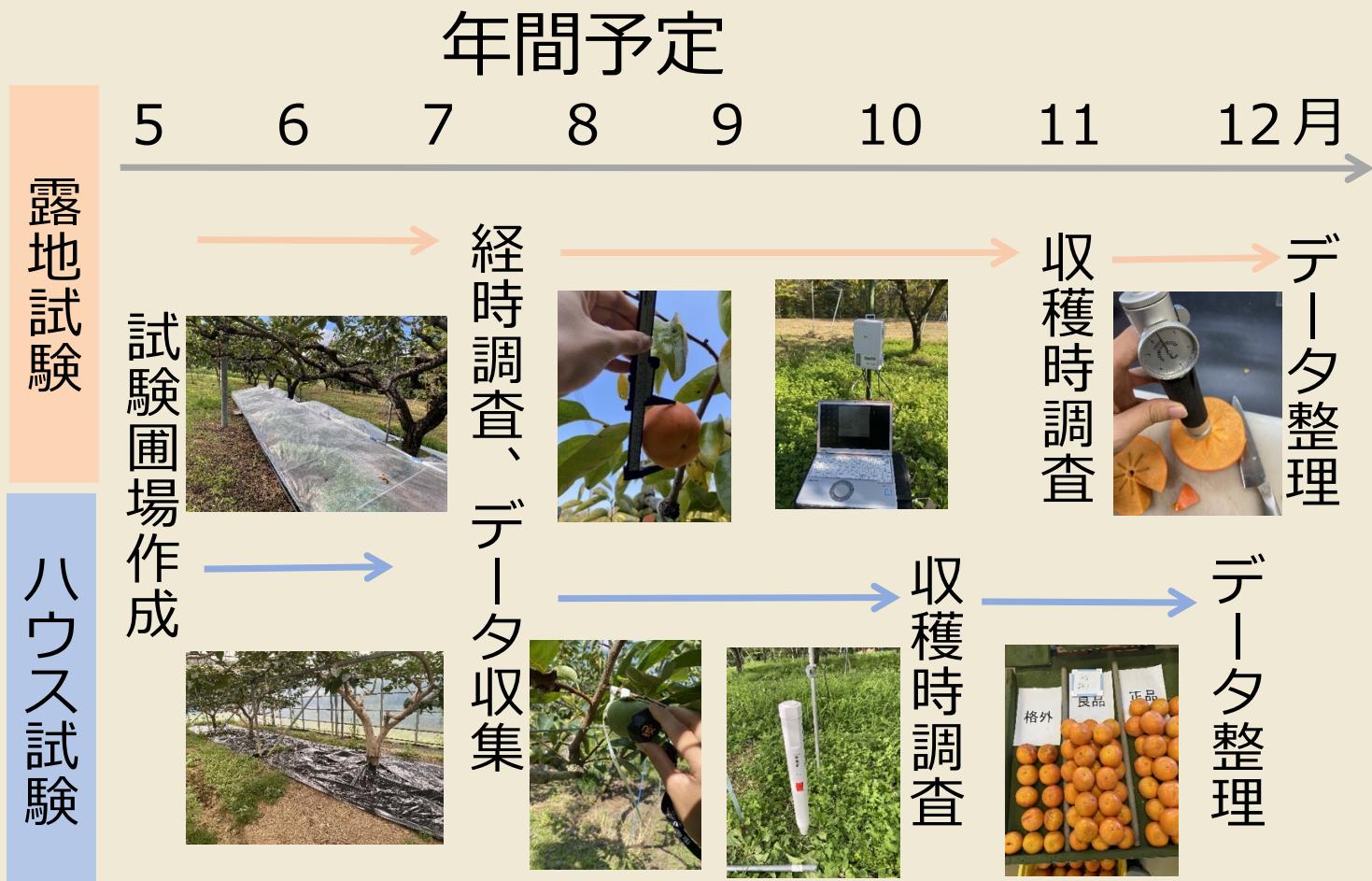
・俯角方向の撮影において、  
Gカメラを用いることで  
果実を明瞭に捉えられることを  
確認した。

・仰角方向の撮影において  
NIR（近赤）カメラを用いる  
ことで、逆光条件でも果実を  
撮影できることを確認した

今後の予定

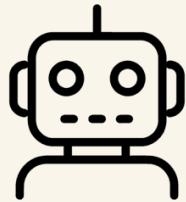
・撮影データを蓄積する  
・転移学習によりモデルの最適化を図る

# 最適な灌水量の調査



## スマート農業による持続可能な農業への貢献可能性

既往の研究を基盤として、中山間地域の分散農地条件に適合した遠隔灌漑システムの開発と展開を整理した。アンケート結果からは、農業者が灌漑作業を強い負担として認識し、技術導入に大きな期待を寄せている。



### 省力化の実現

遠隔操作による作業負担の大幅な軽減



### 気候変動への適応

AIによる最適な灌漑管理の実現



### 労働力不足への対応

高齢化社会における持続可能な生産体制



**謝辞:** 本研究は、農研機構(生研支援センター)の「戦略的スマート農業技術の開発・改良」における研究課題「中山間地の分散型園地におけるカキの省力・高品質生産のための通信新規格による双方向制御システムの開発」によって実施された。



連載 地域再生への助走

奈良県 五條吉野柿生産スマート化コンソーシアム代表  
近畿大学 農学部 環境管理学科 教授  
**松野 裕**



産官学連携で農業サービス提供  
中山間地域から広がる技術革新

ご興味のある方は、サイトから文献をダウンロードしてください

## 日本政策金融公庫 AFCフォーラム 2025.4 春1号



Environ Monit Assess (2025) 197:168  
<https://doi.org/10.1007/s10661-024-13602-1>

RESEARCH



### Utilizing convolutional neural network (CNN) for orchard irrigation decision-making

Atsushi Okayama · Atsushi Yamamoto ·  
Masaomi Kimura · Yutaka Matsuno