

# 令和3年度スマート農業技術実証報告会

## ドローン空撮画像を用いた ブロッコリー収穫予測技術の実証

### 2年間の活動報告

鳥取県園芸試験場 浅尾悠介

#### 【協力分担】

琴浦ブロッコリー生産部、JA鳥取中央琴浦営農センター、  
株式会社スカイマティクス、東伯農業改良普及所、  
西部農業改良普及所大山支所、農業振興監経営支援課、中部農林局

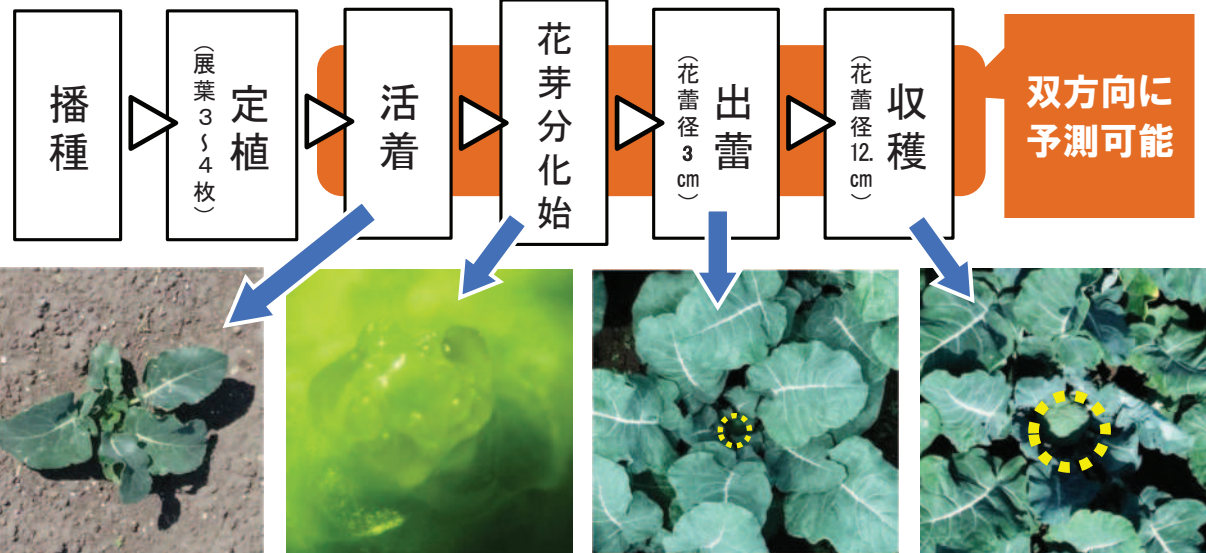
## 技術紹介

鳥取県園芸試験場ではブロッコリー収穫予測のため試験研究を実施。  
秋冬作における収穫予測技術を確立(2021年園芸学会報告)。

**葉数が分かれば、収穫日を予測できる。**

＝生育の中庸なサンプルの予測結果から畑全体の生育を推定する。

### 予測できるブロッコリーの生育ステージ



# 報告内容

- 1、 栽培現場の特徴と、見えた事業目標
- 2、 収穫予測の準備と使い方
- 3、 ドローンを使用して予測した結果
- 4、 活動を通してわかったこと



## ブロッコリー栽培のフローチャート



定植

大きさが規格化された苗(セル成型苗)を機械で定植する。

成長が始まったら畝を立てる(培土)。  
不定根の発根促進による倒伏耐性の付与、  
畑の排水性向上による豪雨対策のため。



培土

可食部の「花蕾」が「出蕾」するまでは、  
薬剤散布で病虫害防除。

花蕾が一定の大きさに育ったら、人の手で  
収穫する。

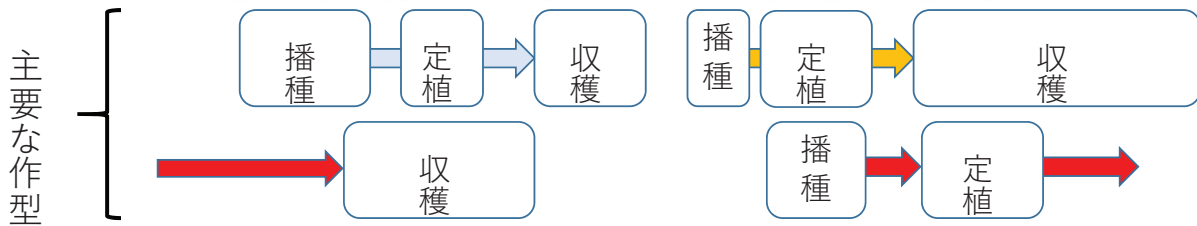
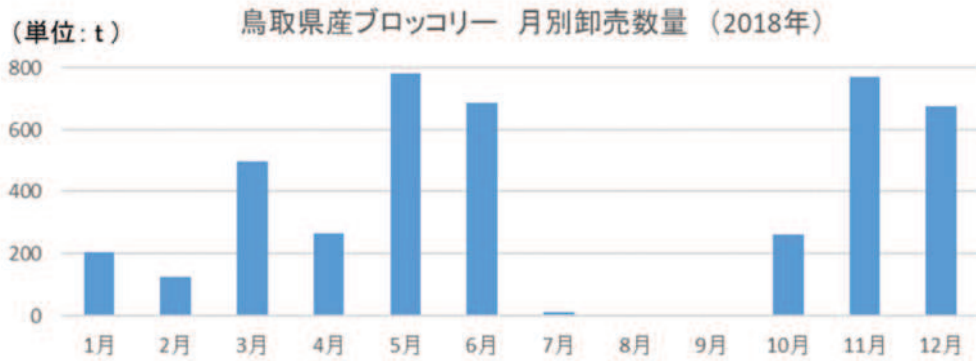


薬剤散布

収穫・調整



## ブロッコリー栽培の作型



収穫時期は10月～6月の間で、時期ごとに適した品種が栽培される。

出典：農林水産省 青果物卸売市場調査 平成30年確報値

## ブロッコリーの耕種的な特徴

### 1、一斉に育ち、収穫期を迎える

- ・米や梨と同じく、早晩性の異なる品種を組み合わせ、作業や収穫期の分散が可能

### 2、栽培管理が単純

栽培面積を増やしやすく、  
消費者の需要も高い  
⇒全国的に産地拡大

### 3、気象条件の影響を受けやすい生育

- ・春の夏日や暖冬で生育が早まる
- ・低温期には生育がほとんど進まない

### 4、花を収穫するため、収穫適期が短い

- ・花蕾は軟らかく傷付きやすいため病害が出やすい

気象条件の影響を受けやすい生育  
ゆえに収穫の見通しが立ちにくい



写真  
収穫前の積雪で生育が止まり  
収穫開始が遅れた畑

## 収穫日の予測で何が変わる？

生産者：**見通し向上、労力削減**

具体的な予定を立てやすくなる

例えば、見回りや農薬散布の時期決定、収穫・出荷の準備

出荷団体：**出荷戦略に活用、売上げ向上**

収穫量が多い時期を見通して販路を調整、販売収益を最大化

収穫量が減りそうな時期を見通して、育苗計画に反映できる

全国的な栽培面積の拡大を背景に、  
出荷過多による価格下落がしばしば生じている

予測が可能になれば、  
使い方次第で、産地の持続的な成長の役に立つ

## 事業目標

1、農家が栽培管理に必要な生育情報を畑ごとに分かるようにする

- ・ 出蕾期が分かれば、農薬散布可能な期間を想定できる。
- ・ 収穫期が分かれば、様々な準備が可能になる。

2、どの畑でいつ頃、どれくらい収穫できるか分かるようにする

- ・ 出荷団体が市場へ出荷するには、  
トレーラーの手配や市場とのやりとりが不可欠。  
事前の準備や契約のための判断材料として予測情報が役に立つ。

産地の多くの畑で収穫予測をして、  
予測結果をつなぎ合わせれば実証できる

## 課題

・ブロッコリーの収穫予測には葉の枚数データが必要

人の手で数えられる程度のサンプルの予測結果から、  
畑の広範囲における予測は可能なのか？

実際の現場を調べてみないと、分からないことばかり。



## 活動内容

ドローンを飛ばして写真撮影

- コンピュータ解析で葉の枚数を自動抽出
- 畑全面の葉数情報を収穫予測に使えるか検証



上空写真だと生育ムラがよく分かる。  
生育ムラ⇒収穫日のムラ（収穫期間）

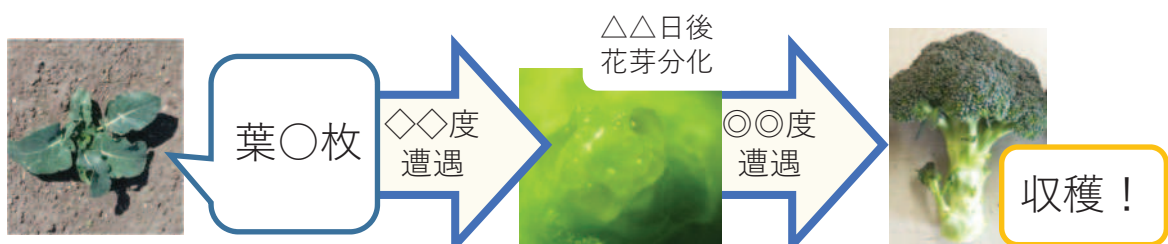
## そもそも予測とは

予測とは将来のある一時点における状態を、  
既知の法則と手元にある情報から導くこと。ここでは次のとおり。

既知の法則： ブロッコリーがどのように生育するか調べた「生育モデル」

手元にある情報：（１）将来の気象予報値  
（２）ブロッコリーの葉数データ

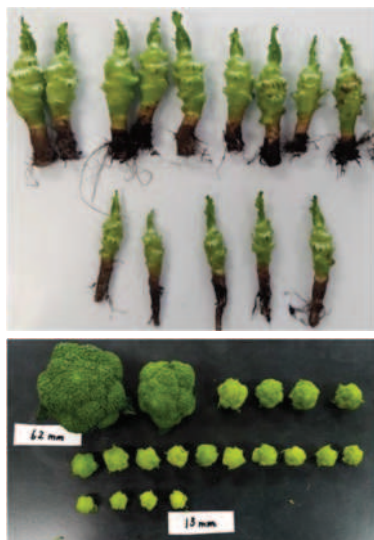
これら全てを集めて**組み合わせる**ことで予測できる



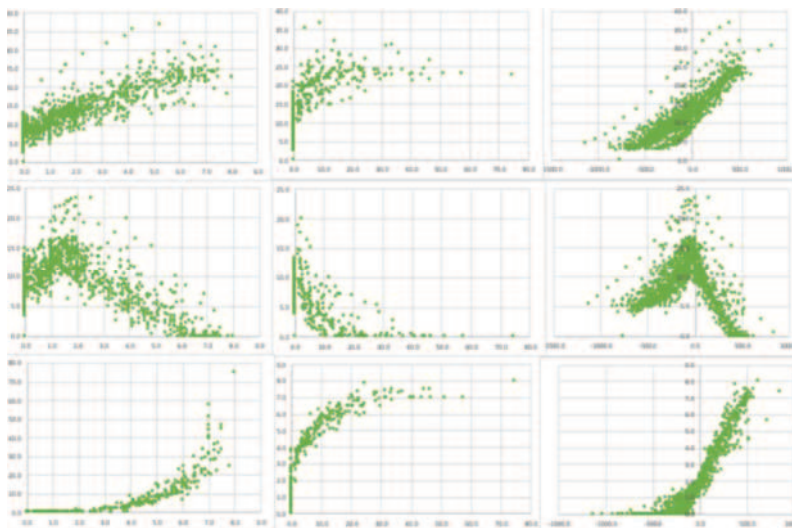
# ブロッコリーの生育モデルの作成行程の紹介

実際の生育データを集積して、生育の法則(数式)に置き換える。  
具体的には、栽培し、数日おきに生育を調査し記録していく。  
集まったデータを適切に説明できる方法を探す。

生育量を調査・記録

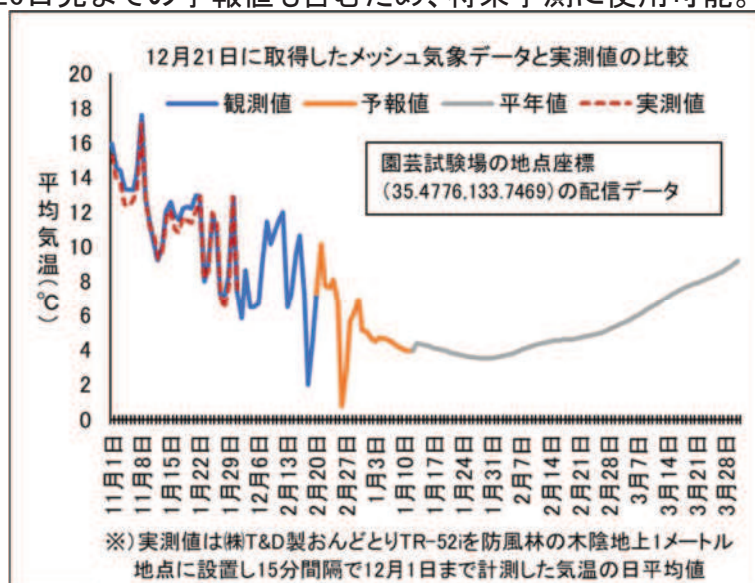


記録したデータを並べて傾向分析→数式作成



## 気象予報値はインターネットで収集

農研機構開発・公開の「メッシュ農業気象データ」は  
インターネット経由で、GPS座標ごとに精度の高い気象データ取得を可能。  
取得日から26日先までの予報値も含むため、将来予測に使用可能。



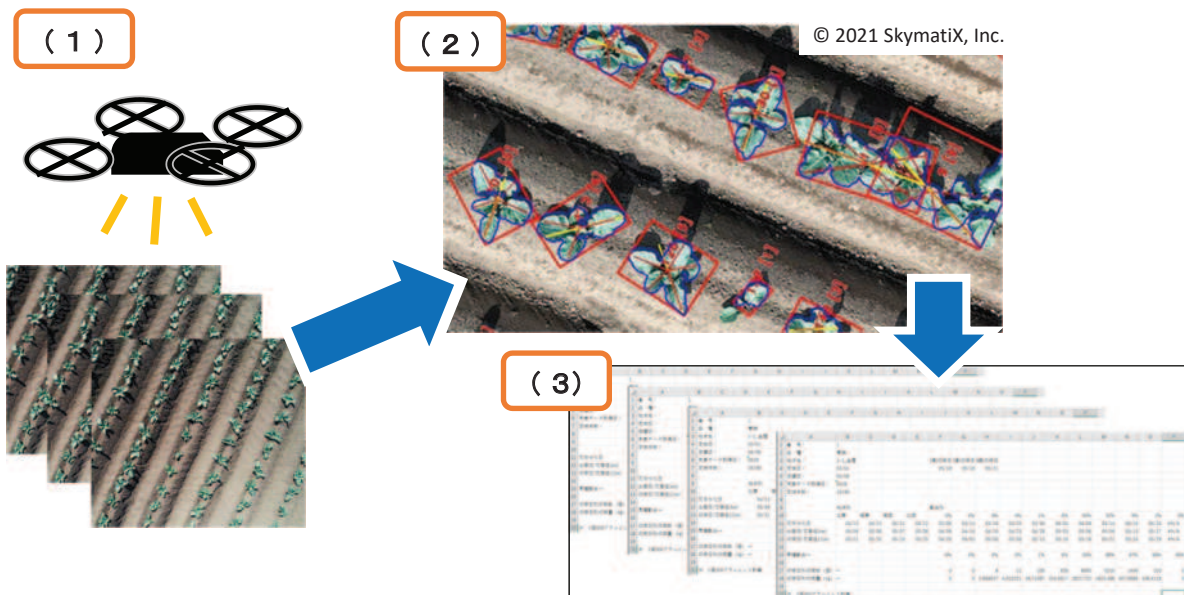
本稿予測計算には農研機構メッシュ農業気象データ(The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO) (大野ら、2016) (<https://amu.rd.naro.go.jp/>)を利用した。

- 大野宏之、佐々木華織、大原源二、中園 江、2016: 実況値と数値予報、平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象、16、71-79.
- 小南靖弘、佐々木華織、大野宏之、2019: メッシュ農業気象データ利用マニュアルVer.4. 農研機構、67pp.



# 葉数データをドローンで収集

- (1) 協力農家のほ場でドローン空撮
- (2) (株)スカイマティクスが画像解析システムを試作、葉数データを抽出
- (3) 抽出された生育データに基づく予測計算



## 葉数データ抽出行程① 画像からブロッコリーを検出

(株)スカイマティクスの画像解析技術  
ブロッコリーの検出精度は非常に高い



余分な写り込みは誤検出の元





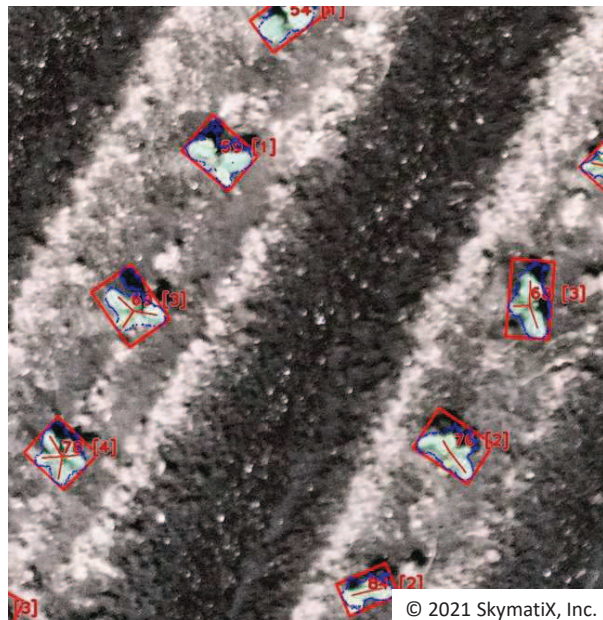
## 葉数データ抽出行程②

検出したブロッコリーの外縁を目安に葉数を推定

撮影適期は 6 ~ 9 枚

4 月撮影 実測値 6.5枚

撮影画像がやや粗いが概ね検出可能。  
株自体が小さいと枚数を推定しにくい。



9 月撮影 実測値 11.8枚

隣接株と接触して外縁が重なると枚数の推定ができなくなる。



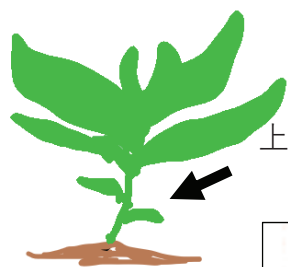
## 葉数データ抽出行程③

解析値と実測値との差を補正する

外縁に影響しない葉の枚数は画像から推定できない。

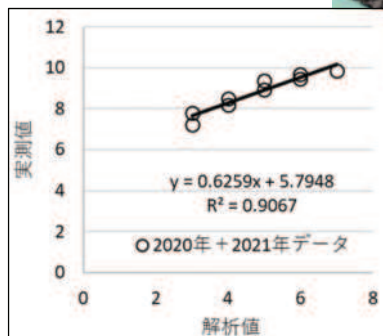
調査・比較データを積み上げ、

解析値と実測値の間の差を推定する数式を作成、使用して枚数を推定する



まだ小さい葉

上から見えない葉



ここまでで、予測に必要なものがそろった



## 予測した畑の概要(2021年度)

### (1)初夏作型

作型 5月～6月収穫 定植 3月上旬～4月  
品種 ‘おはよう’、‘SK9-099’ (サカタのタネ)、‘恵麟’ (トキタ種苗)  
場所 琴浦町内ブロッコリー畑 30地点 予測面積 7.3ヘクタール

### (2)秋冬作型

作型 10月～1月収穫 定植 8月上旬～9月  
品種 ‘おはよう’、‘SK9-099’ (サカタのタネ)、‘ともえ’ (ブロリード)  
場所 琴浦町内ブロッコリー畑 60地点 予測面積 11.1ヘクタール

### (3)使用したドローン機種 「 Marvic2 pro 」

(4)撮影方法 アプリ「DJI pro」による自動操行またはマニュアル操行、  
等間隔に畑を撮影、撮影高度は地上5～7メートル

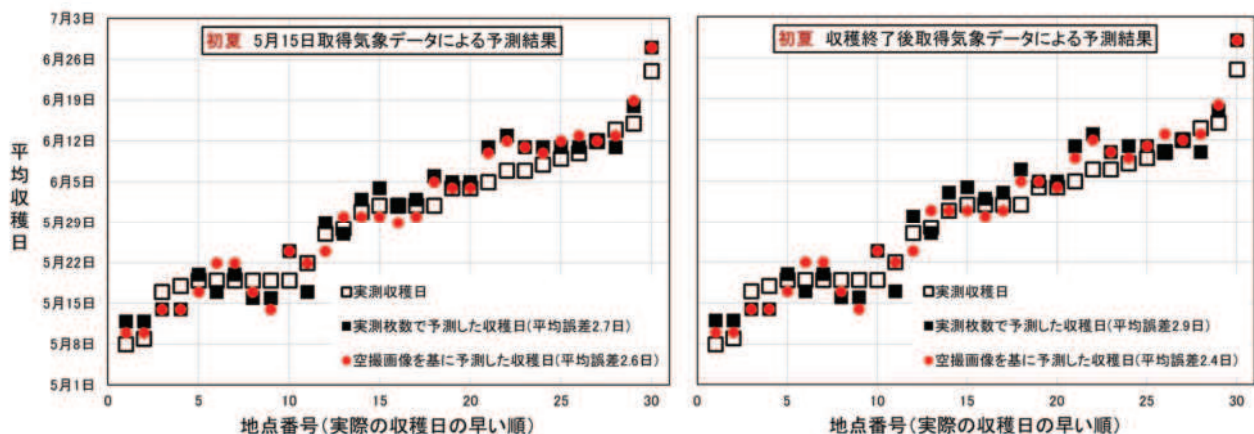
(5)ほ場当たり10株から30株程度、ブロッコリーの葉数を実測し、  
実測枚数を用いた予測も行った。この予測結果も比較対象とする。

## 予測結果 初夏作

(1)30地点の内、収穫日の早い畑から10地点ずつ、‘恵麟’、‘おはよう’、‘SK9-099’の収穫となった。‘恵麟’の生育モデルは未作成のため、同程度の早晚性を持つ‘おはよう’の生育モデルを使用した。

(2)実測の葉数を基に予測した結果、誤差は±5日程度におさまり、誤差絶対値の平均値は約2.9日となった。取得日が5月15日の気象データ(左図)と、栽培終了後の気象データ(右図)による予測結果にも大きな差異はなく、最大で約1か月早い時点での予測が適合した。本県の初夏の平均気温の平年値は比較的安定しているため、もっと早い時期から予測することも可能と考えられた。

(3)空撮画像を基に予測した結果は実測の枚数を基に予測した結果とほぼ同等となり、実測収穫日に対する誤差は±5日程度におさまり、誤差絶対値の平均値は約2.6日となった。

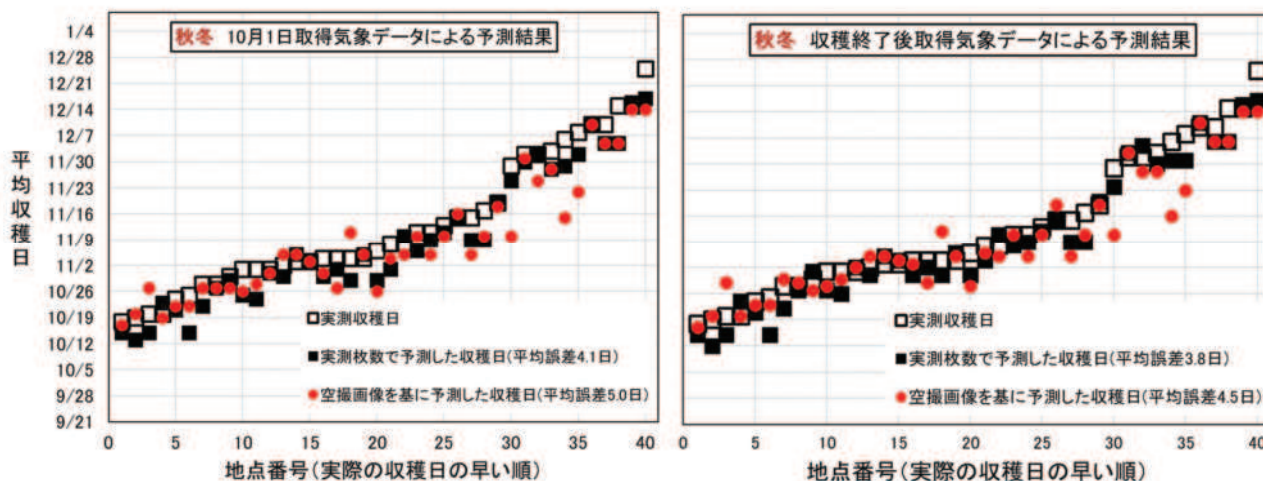


## 予測結果 秋冬作

(1) 本年は9月の曇雨天下で病害が多発し、収穫に至らなかった畑が複数か所存在した。この地点のデータを除き、2022年1月7日現在で収穫終了となった畑40か所の予測結果を図示した。

(2) 実測の収穫日に対して、実測枚数で予測した結果は誤差±1週間に収まり、誤差の絶対値は平均4.1日間となった(右図)。取得日が10月1日の気象データ(左図)と、栽培終了後の気象データ(右図)による予測結果にも大きな差異はなく、最大で約2か月以上早い時点での予測が適合した。

(3) 空撮画像を基に予測した結果、隣接株同士が接触して空撮適期を外れたほ場を中心に誤差が開く傾向があったが、概ね実測枚数による予測結果と同じ傾向となった。



## 予測結果の総括 -1

### (1) 生育モデル

生育データが蓄積できておらず、生育モデルが存在しない品種でも、早晚性の合致する他の品種の生育モデルで代用して予測できると考えられた。

### (2) 予測誤差

平均収穫日の予測誤差は概ね±1週間に収まった。このことから、実用段階では、大まかな収穫日の予測を早期に行い、気象データを一定期間ごとに更新しながら予測結果も更新するような使い方が想定された。

### (3) 葉数データの取得方法

平均的な収穫日の予測において、各ほ場で10~30株ずつ計測し取得した葉数データによる予測結果と、ドローン空撮でほ場の広範囲から取得した枚数データの予測結果の傾向に大きな違いはなく、少ない葉数データでも実用上問題無いと考えられた。

## 活動を通して見えた課題

### (1) 予測方法

ブロッコリーは様々な品種・作型の組み合わせで栽培される。  
品種や作型ごとに生育モデルを作成するには多くのデータと時間を要するが、  
予測精度を保ったまま、生育モデル作成方法を簡易化する必要がある。

### (2) ドローン操縦

電線が張ってある、住宅に隣接している等、一部又は全面でドローンを飛ばせない畑がある。

また、ドローン操縦に関する規制が今後強化される等、  
使用面でのハードルが存在する。

少ない株数の葉数データでも十分予測できることも分かったことから、  
無理にドローンを使う必要はないと考えられた。

## 活動を通して見えた課題

技術の手軽さと活用できる場面を増やすことが  
スマート農業技術構築のキーポイントだと思いました。

3メートル長の自撮り棒に装着したスマートフォンで撮影した画像でも、問題なく画像解析できる。

