

スマート農業技術検討に関する実証試験 ～ブロッコリーの生育診断・食害診断から～

2022年3月18日

エア・ウォーター株式会社

セブントーフアイブ株式会社



Seven to Five

本プロジェクトのスコープ

① 効果検証のための実証試験の実施



兵庫県立播磨農業高校にて、ドローンを活用した生育確認及び食害確認の実証試験の実施をした。
7月に北海道の農場で画像解析に必要なデータの取得、事前検証を行った上で、11月・12月で兵庫県立播磨農業高校のブロッコリー畑にて撮影・検証を行った。

② AI解析システムの開発



生育確認および食害確認を行うためのAI解析システムの開発をした。
8K画像を使用した場合の効果と比較する為、4K、8Kでの解析比較を行い、より実用的な解析方法の検証を行った。

③ スマート農業の導入資料作成



11月15・16日に兵庫県立播磨農業高校にてスマート農業教育カリキュラムの立案し、スマート農業に関する講座を実施した。
ドローンの実機を使用しての実技講習も行い、次世代の農業経営者に新しい農業の可能性を感じてもらうことが出来た。

④ ドローン及びAI活用の効果試算



生育確認及び食害確認をドローンに置き換えることによる効果算定。
(収益向上の側面、費用削減・労力削減の側面)

実証実験の概要（動画）

今回の実証試験の概要を、動画にまとめましたので、ご覧ください。

スマート農業技術検討に関する実証試験

6月に北海道でブロッコリー畑を撮影し始め、それを元に画像解析システムの開発をスタートさせました。

ドローン撮影画像の解析を圃場で使用することはメリットが多くある一方で、導入を広めていく上で多くの課題があることが分かりました。

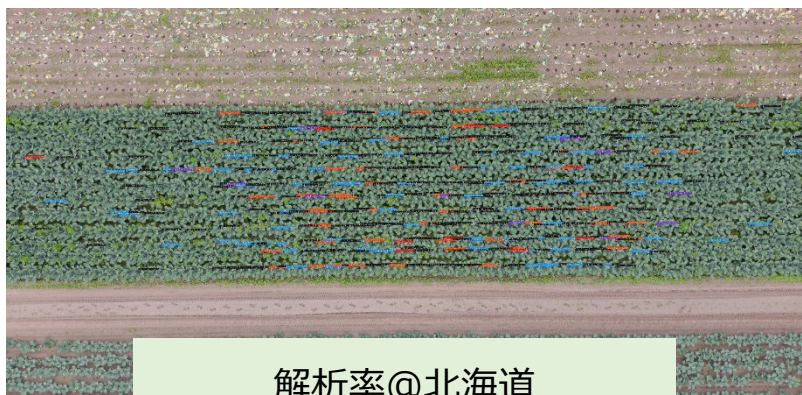
令和3年度のドローン利活用事業における実証試験結果を結果と課題、そして今後の展望に分けて発表いたします。



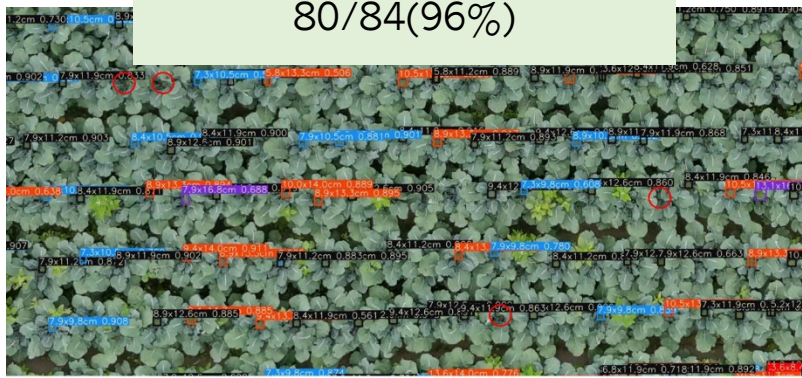
画像解析システム作成時の問題点

6月に始まった画像解析システムの構築は、すべてうまくいく順風満帆なものではなかった。北海道のブロッコリーを元に作成した画像解析システムは、兵庫県の圃場では以下の理由でほとんど花蕾を検出できなかった。

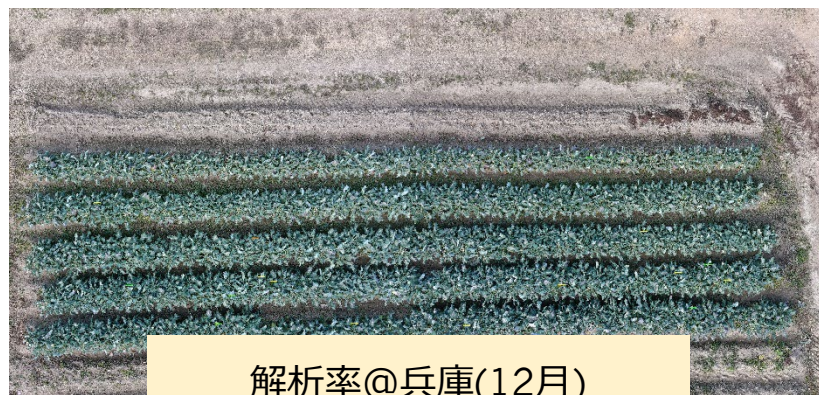
ブロッコリーの品種の違いによる花蕾の隠れ具合や葉の形状の違い



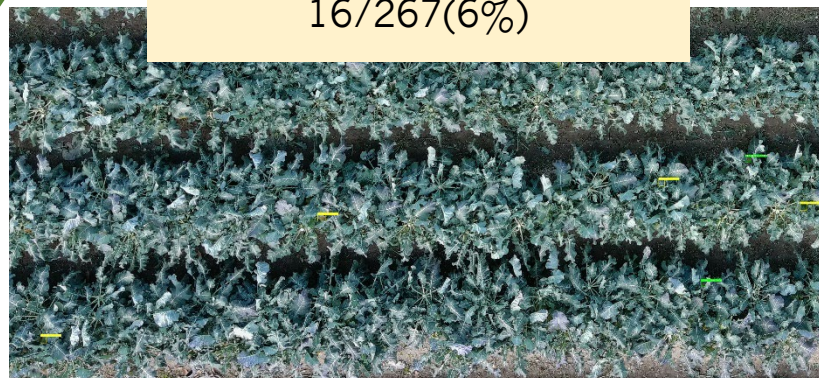
解析率@北海道
80/84(96%)



○ …未検出だが目視では花蕾だと思われるもの



解析率@兵庫(12月)
16/267(6%)



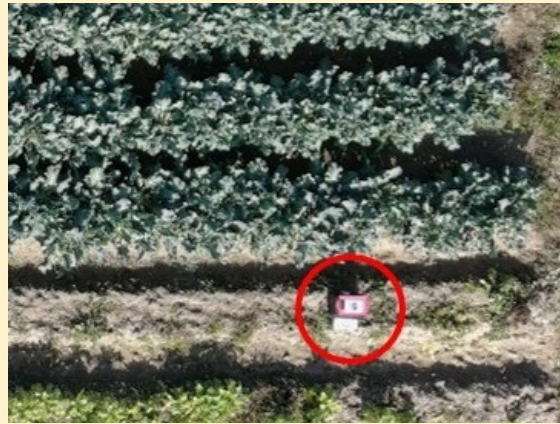
画像解析システムの改修

画像解析システムの改修のために以下のことを行った。そして改修を行った後に前回上手く検出結果が出なかった兵庫県の圃場の画像を使用し、再度画像解析システムでどれだけ正確に花蕾を検出できるかの検証を行った。



現地圃場の画像取得

品種の違いによる検出率の変化はある程度予想はしていたが、想定より生育の遅れで花蕾が小さかったこともあり、画像解析システムの教師データとして現地のブロッコリー画像を改めて取得し、再度作成し直した。



サイズ検出精度の修正

画像解析システムで花蕾のサイズを検出する為、兵庫県の圃場に、花蕾と同じ高さにA5サイズの紙を実際に置き、サイズ検出の精度を高めた。



現地での花蕾測定

画像解析システムで検出された花蕾のサイズが実物と合うが検証する為、現地にて花蕾の実寸をノギスを使用して1つずつ測定した。

ブロッコリーの画像解析結果

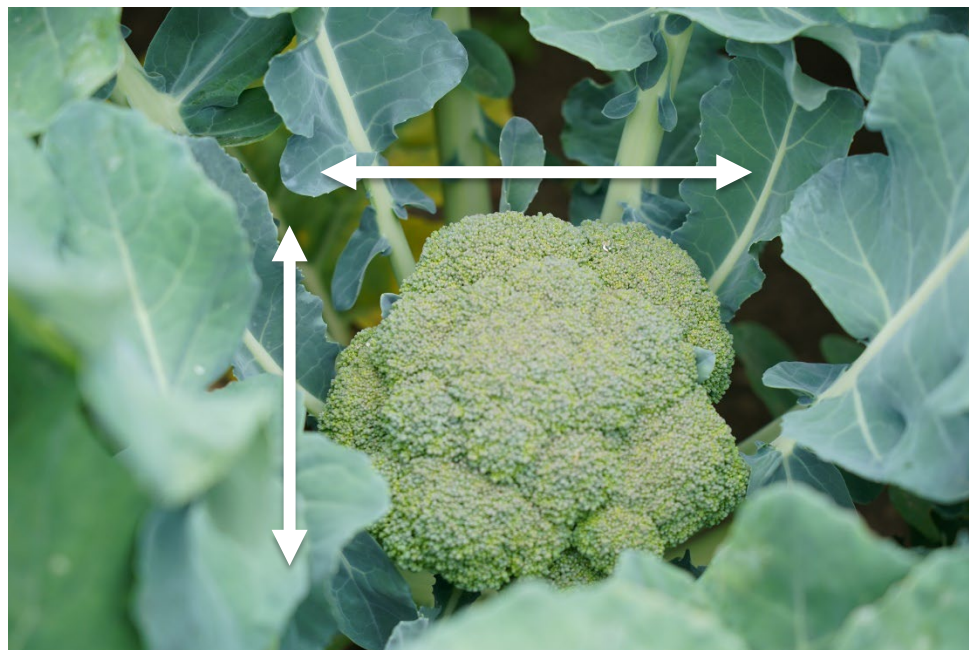


畝ごとの花蕾 (目視)	解析した花蕾	解析率 (%)
71	70	98.6
68	67	98.5
57	57	100.0
44	42	95.5
27	26	96.3
合計	267	98.1

上は12月に撮影したブロッコリー畑の画像。
これを画像解析にかけると、目視で見つけられる花蕾と解析によって検出された花蕾の個数は左の表のようになった。

別の日に撮影した同じ圃場の画像解析結果も、同様に**9割以上**の結果を出すことが出来た。

ブロッコリーの画像解析結果



解析結果 (横×高さ)	実寸 (横×高さ)	差異(横×高さ) (解析結果 - 実寸)
6.6 × 6.8	6.3×6.1	0.3 × 0.7
6.8 × 6.6	6.0×5.5	0.8 × 1.1
9.9 × 9.2	7.8×8.2	2.1 × 1.0
6.1 × 6.8	5.5×5.3	0.6 × 1.5
9.6 × 9.6	8.4×8.2	1.2 × 1.4
10.3 × 9.9	9.0×8.3	1.3 × 1.6
9.2 × 9.4	7.2×7.2	2.0 × 2.2
9.6 × 9.9	8.4×8.2	1.2 × 1.7
11.1 × 10.8	8.6×8.6	2.5 × 2.2
9.6 × 10.3	8.8×8.4	0.8 × 1.9



解析結果 平均	実寸 平均	差異 平均
8.9 × 8.9	7.6 × 7.4	1.3 × 1.5

上記では、画像解析により検出されたブロッコリーを実際に測定した結果との差を検証した。

画像解析でのブロッコリーの花蕾検出は精度の高いものが出来ており、ドローン撮影での画像解析はスマート農業での活用効果が見込めるという結果になった。

土壌分析の実施概要

今回採取した圃場のマップ



【測定方法】

播磨農業工場の圃場より土壌スコップを用いて前15カ所の土を採取し測定した
大農場から9点(左図①～⑨)
小農場から6点(左図A～E)



◀ 土壌を採取する様子

- ①採取した土をふるいがけ
- ②ふるいがけした土を抽出液に浸漬
- ③浸漬した液体をろ過し、土壌分析装置(右図)にて分析



分析前の装置外観



分析後の装置

土壤分析結果

硝酸態窒素

単位: mg/100g乾土



アンモニウム態硝酸態窒素

単位: mg/100g乾土



リン酸

単位: mg/100g乾土



カリウム

単位: mg/100g乾土



カルシウム

単位: mg/100g乾土



マグネシウム

単位: mg/100g乾土



土壌分析結果より考察

土壌分析を行った圃場では、画像解析結果より、収穫予定日を過ぎても花蕾肥大ステージ(出蕾と収穫の間)の花蕾が多く、**成長スピードが遅れている印象**があった。

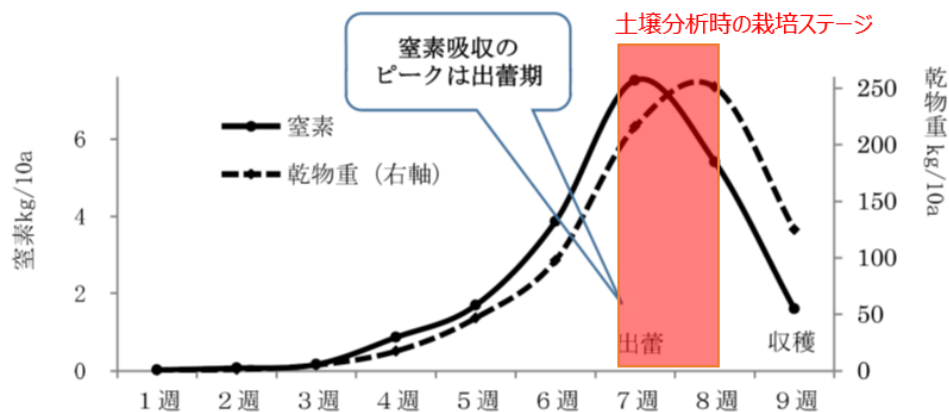
土壌分析すると全体的に窒素(硝酸態窒素、アンモニウム態窒素)が欠乏していることが判明し、**窒素の欠乏によって花蕾の肥大が遅れている**可能性が高いことが分かった。

また、分析結果より、追肥(この場合は尿素)が合理的だと判明した。

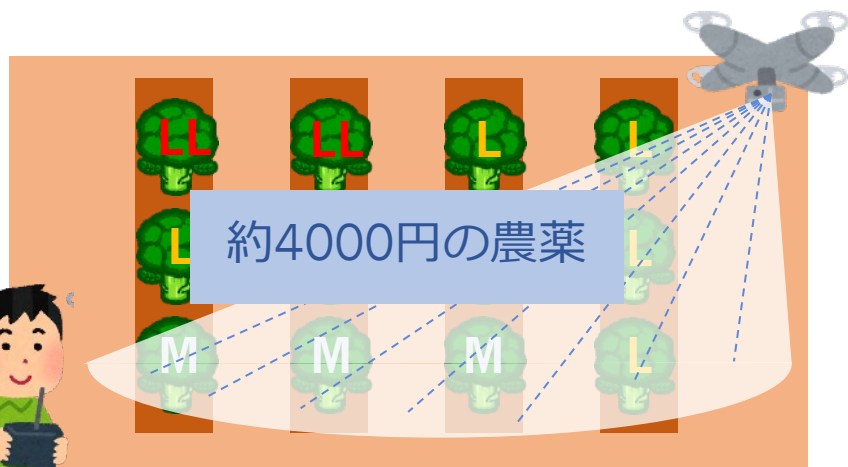
⇒この場合、通常圃場に必要な追肥をするには、全体に散布する必要がある為500平米で11.1kgの農薬を散布することになる。



1週間あたりの窒素吸収量と乾物重の増加量



ドローン活用の費用対効果の仮説（費用削減効果）



【通常】圃場全体に農薬を散布（ヘリ、ドローン）



【画像解析活用】必要な場所に限定使用イメージ図

通常、農薬や追肥は圃場全体に散布する。
例えば、500平米だと20kgで8000円の農薬を約11.1kg（約4000円）散布する必要がある。

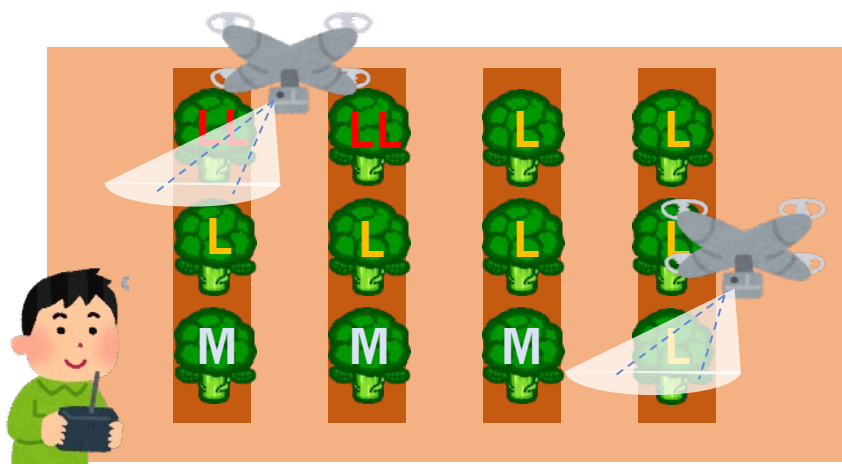
画像解析活用した場合、必要な個所に限定的に散布することが可能になり、より効果的に追肥が効くだけでなく、圃場全体の生育速度が整い、一斉収穫等効率的な運営が可能になる。

もし圃場内の20%に生育の違いがあり、そこにのみ農薬を散布したなら、通常4000円円分の農薬を散布していたところを800円分の農薬を散布すればいいことになる。

また、過剰農薬は環境問題の中でも深刻な課題であり、持続可能な社会を実現するうえで解決すべき問題であるが、上記の理由より画像解析で環境に配慮した圃場の運営が可能になり、環境にも経営にも効果があると考えられる。

土壌分析とドローンの相性

土壌分析のみ	土壌分析+ドローン	ドローンのみ
<ul style="list-style-type: none"> • 数点の分析で傾向をつかむ ⇒追肥は圃場全体に実施 	<ul style="list-style-type: none"> • 数点の分析で傾向をつかむ • ドローンで花蕾を検出 	<ul style="list-style-type: none"> • ドローンによる花蕾の把握(傾向性の取得)は可能 ⇒原因が不明確であり、対応が的外れになる危険性がある
<ul style="list-style-type: none"> • 複数点の分析で詳細な傾向をつかむ ⇒分析コストが膨らみ非現実的 	<p>⇒必要な成分を必要な個所にだけ追肥 (肥料散布ドローンを活用すると更に有効)</p>	

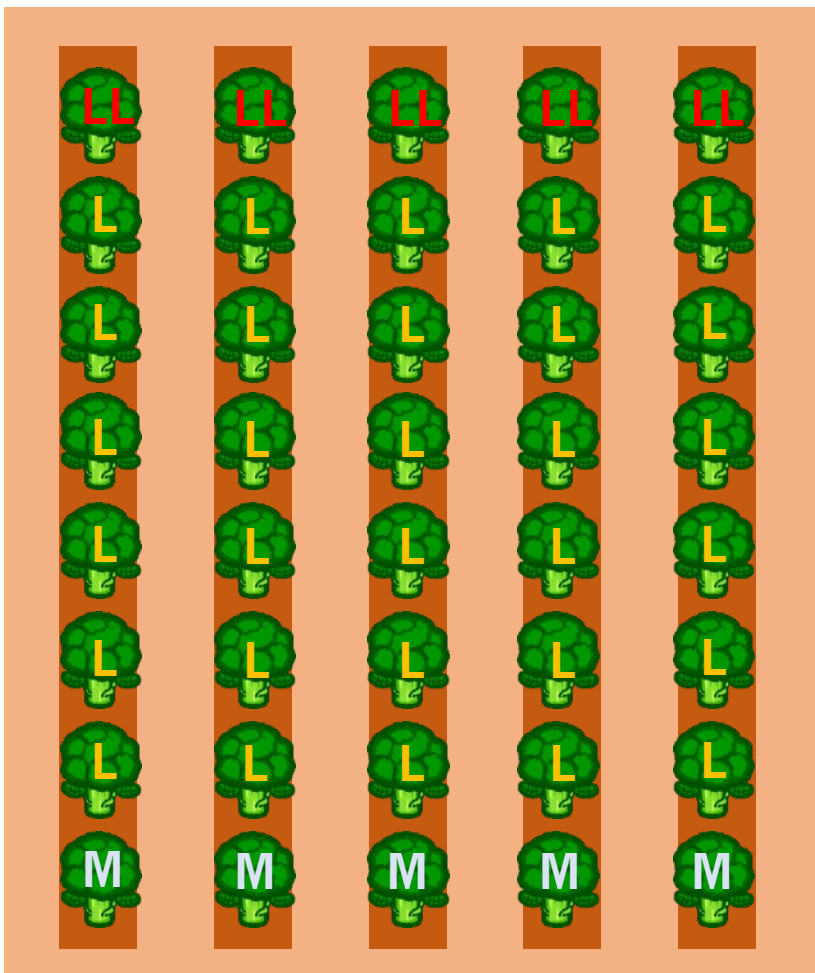


【画像解析活用】必要な場所に限定使用

土壌分析だけでは、**農薬の過剰散布防止**や環境へ考慮した圃場運営にはつながらない。また、ドローンだけでも、**適切な追肥選び**などは間違える可能性がある。

ドローンと土壌分析を組み合わせることで、必要な場所へ、必要な肥料を散布しることが出来、**圃場の最大収量を実現**できると考える。

ドローン活用の費用対効果の仮説（収益向上効果）



◆ ブロッコリーの栽培のイメージ。場所によって生育状況が異なる。

ブロッコリーの卸値を500円/kgとした場合、

- ◆ Mサイズ：187.5g/株（3kgの段ボール箱に16個入る） → **93.8円/株**
- ◆ Lサイズ：250.0g/株（3kgの段ボール箱に12個入る） → **125円/株**
- ◆ LLサイズ：333.3g/株（3kgの段ボール箱に9個入る） → **166.7円/株**
- ◆ 3Lサイズは規格外となり商品価値なし

収穫のタイミングによる収益向上の例

(1) LLサイズの株が散見され、収穫を開始した場合

Mサイズ×5個⇒469円

Lサイズ×40個⇒5,000円

LLサイズ×5個⇒833円

合計50個⇒6,302円

(2) 2～3日置いた場合（3Lサイズは規格外で商品価値ゼロ）

Mサイズ×0個⇒0円

Lサイズ×5個⇒625円

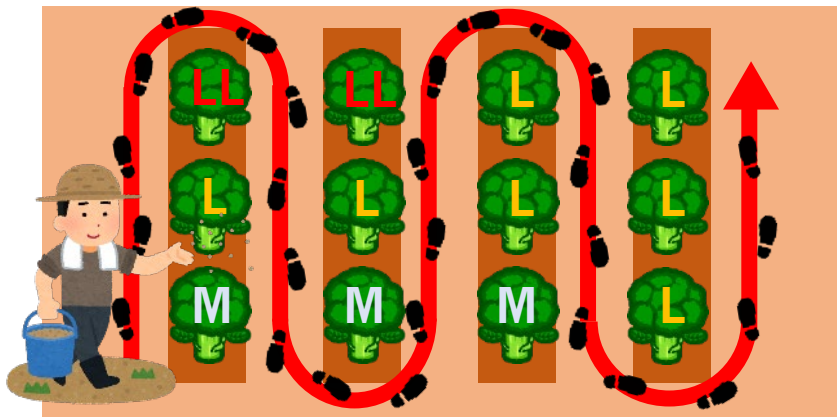
LLサイズ×40個⇒6,667円

3Lサイズ×5個⇒0円

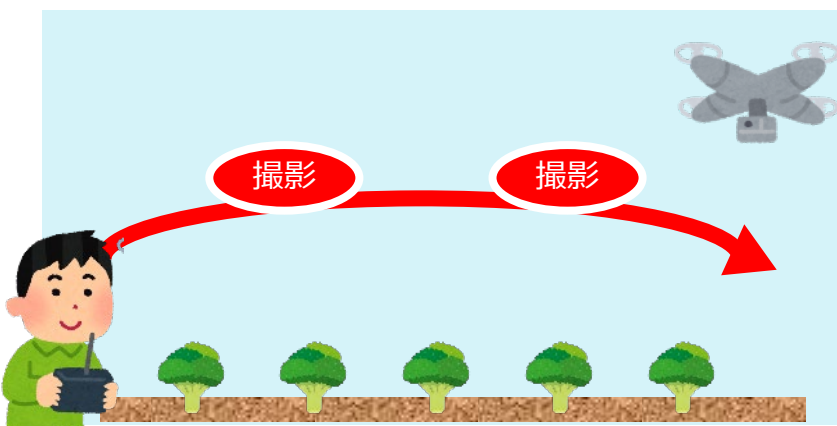
合計45個⇒7,292円

(1) から (2) への変化で収穫個数は減るが、収入は**約15%アップ**

ドローン活用の費用対効果の仮説（費用削減効果）



【通常】歩いて確認。



【ドローン活用】撮影後、画像解析結果を確認

通常は、歩いて圃場を確認する為、面積と歩く距離から確認時間を算出し、そこから労務費を算出。

1 haの圃場の場合、一つ一つの花蕾を測定するには2.8時間（1㎡/1秒とする）かかるが、ドローン画像解析では 準備時間 / 撮影時間 / 画像解析 を含めても0.8時間しかかからないため、**1日当たり2.0時間の削減**につながり、労務費分を画像解析費用や他の作業時間へ回すことが出来る。

ブロッコリー生産データ

項目	数量	単位	備考
ブロッコリー平均収入	317,400	円	JAあわじ島試算、12月穫と1・2月穫の平均
ブロッコリー平均経営費	157,530	円	JAあわじ島試算、12月穫と1・2月穫の平均
ブロッコリー平均所得	159,870	円	JAあわじ島試算、12月穫と1・2月穫の平均
所要労働時間	106	時間	JAあわじ島試算
1時間あたり労賃	1,508	円	

ドローン・画像解析システム利用

項目	数量	単位	備考
準備時間	0.5	時間	小型ドローンを想定
1回あたり撮影面積	400	m ²	8K画像を想定
撮影枚数	25	枚	1haの場合
1枚あたり撮影時間	20	秒	
撮影時間	0.1	時間	
1枚あたり画像解析時間	30	秒	
画像解析時間	0.2	時間	
総作業時間	0.8	時間	準備時間 + 撮影時間 + 画像解析時間
確認時間削減	1.9	時間	徒歩・目視の確認作業の時間を要検証
削減労賃	2,912	円	

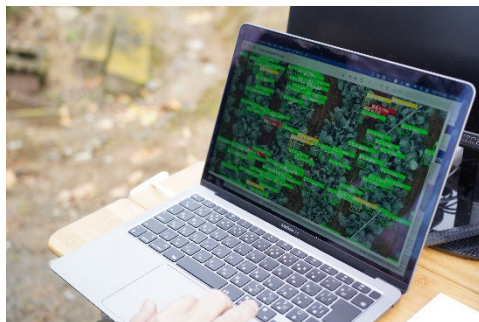
ドローン活用の費用対効果の仮説（導入費用）



購入するドローンのイメージ



トレーニングのイメージ



画像解析システムのイメージ

【ドローン・画像解析の費用】

ドローン及び画像解析の利用料

項目	数量	単位
ドローン購入費用	300,000	円
償却年数	5	年
減価償却率	60,000	円

年間ランニング	5,000	円
年間電気代	1,000	円
ドローン利用年間費用	66,000	円

システム利用料（月額）	5,000	円
システム利用料（栽培期間3ヶ月）	15,000	円

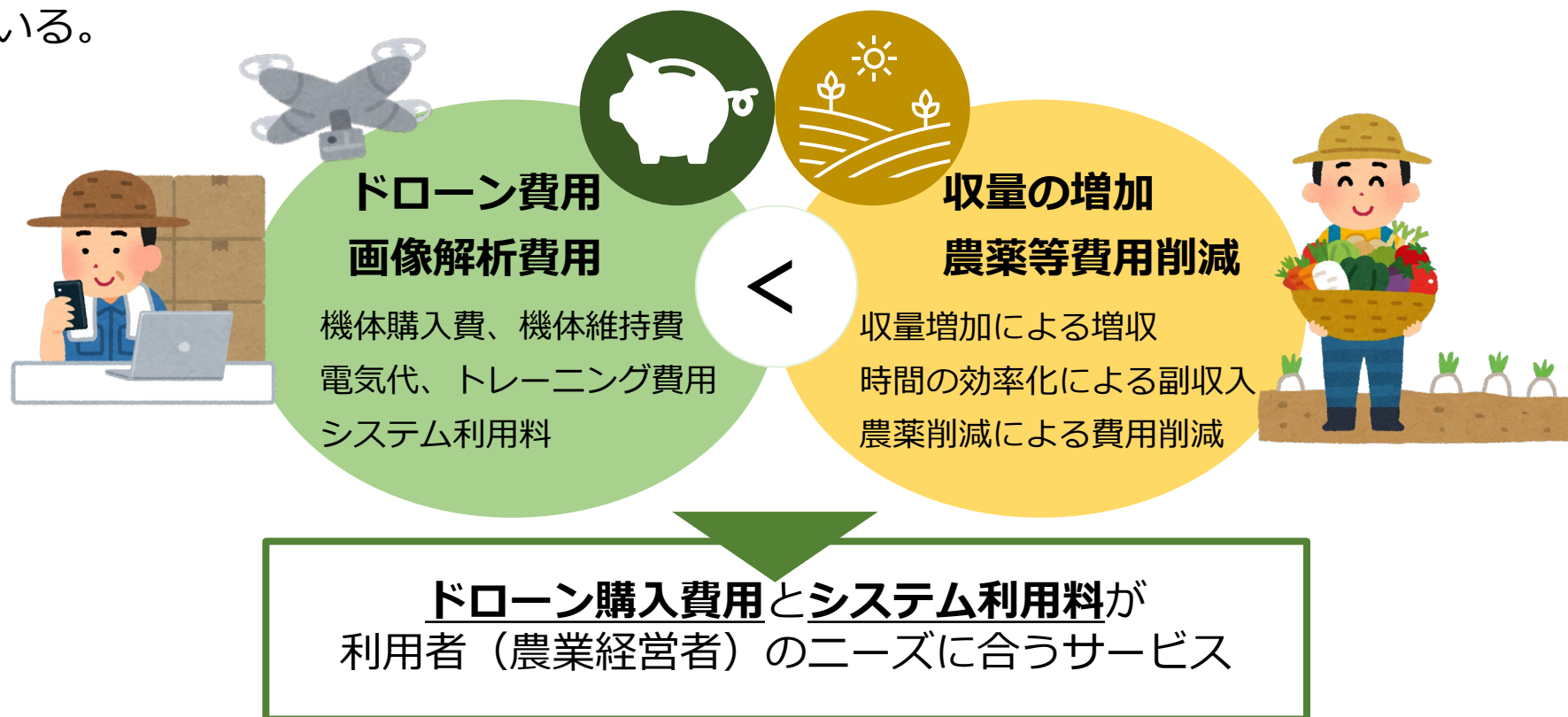
スマート農業年間費用	81,000	円
------------	--------	---

現状では年間で約8万円の費用が掛かり、
これを上回るメリットが必要となる。

ドローンを活用したスマート農業の導入に向けて

ここまで、画像解析システム等スマート農業を活用することのメリットを実証試験結果を元にいくつか挙げたが、これらメリットを享受するにはもちろん導入費用やシステム料金など今まで必要なかった金額が発生してしまう。

私たちは、この問題を解決できるのはドローンやシステムを提供する側の企業であり、今回の実証試験結果を生かし以下の要件を満たしたサービスが必要だと考えている。



ドローン利活用のための画像解析システム

【ドローン撮影画像管理システム】

6月リリース予定

The screenshot displays a web-based interface for drone image management. On the left is a dark blue sidebar menu with icons and text for navigation: Home, Image Management, Photo Review, Point Album, Campus, Flight Management, Flight History, Flight Memo, Aircraft Overview, Image Analysis, and Real-time Video. The main content area is divided into several sections: 1. Weather Forecast: Shows today's weather (sunny with clouds, 35°C/28°C) and a 5-day forecast from 8/12 to 8/16. 2. Project Progress: A circular progress indicator shows 25% completion for '使用ドローン' (Used Drone) with a flight time of 3 hours and 12 minutes. 3. Map: A satellite map of a rural area with a green overlay indicating the flight path. 4. Favorites: A list of video files named '飛行映像_20210921.mov'. 5. Recently Viewed: Another list of video files.

特徴
マップの上に自動航行
で得た撮影データを並
べる為、一目で圃場の
様子/変化が分かる。

特徴
写真毎にコメ
ントや書き込
みも可能。

- 《開発意義》 取得した膨大な量の画像を有効に使用することで、より活用しやすくする。
- 《機能》 取得画像の管理と蓄積・取得画像のマッピング
- 《価格》 月額5000円を想定 / 容量や画像解析数により変動