

令和2年度
佐賀県AI・IoT等技術活用可能性実証事業
実証報告

~JAさが白石地区におけるOPTiM
「AgriFieldManager」の活用モデル実証~

~2021年2月26日~

令和2年度佐賀県AI・IoT等技術活用可能性実証事業

報告書目次

現状と課題

解決アプローチ

実証項目

RGB画像からの実証

NDVIからの実証

本実証総括

佐賀県下全体課題と実証目的

□課題

佐賀県下生産者も生産資材の高騰や取引価格の低迷による農家所得が伸び悩む一方で、人材不足と生産者の高齢化により労働力の効率化が求められている。また昨年からの新型コロナウイルスの感染拡大に伴い農畜産物の消費低迷もあり、組合員の営農と生活のために各種取組が求められている。

□スマート農業への取組

JAさが及びJAグループさがとしてもスマート農業への積極的な取組をおこなっており、これまでも複数企業とハードウェアを中心とした実証を行ってきたが、ソフトウェアとしての営農支援を検討・導入していくために県内企業である(株)オプティム社の持つサービスでの実証を行う事とした。

白石地区での営農活動及び営農指導の現状と課題

□組合員の現状

白石地区は「米」だけでも「七夕コシヒカリ」から始まり、「ヒノヒカリ」「ゆめしずく」「サガビヨリ」「モチ米」と他地区と比べても栽培品種が多く、分散栽培と圃場点在となっている。

そこに人手不足や高齢化から各圃場にかかる時間も少なく、組合員の負担が年々増大している。

また米だけでなく、園芸作物として佐賀県を代表する「玉ねぎ」と組み合わせた複合経営をJAさがとしても推奨しているため本事業で玉ねぎも実証ターゲットの一つとした。

□JA指導員の現状

JA営農指導員も人手不足から圃場巡回や各組合員への営農指導、情報発信が行き届いているとは言い難い状態である。

また営農指導には専門的な知識と経験から得られる技術要素が強く、若手職員の育成としても課題となっている。

スマート農業の課題



□スマート農業の課題

佐賀県内及び白石地区管内でも「スマート農業」として自動収穫ロボットや自動走行農業用トラクター、水田給水管理システム等の導入が始まっている。

自動収穫ロボットや自動走行トラクターは確かに組合員の「労働力」を保管する技術としては有効であるが、高価商材でもある事から導入が可能な組合員はまだまだ限定的であり、その導入効果を大きくするためには栽培面積を東日本のような面積規模にする必要がある。

□営農活動の可視化の必要性

GAPやトレーサビリティ対策として栽培記録が求められるが、依然として紙や口頭、記憶をベースとした管理が依然として主流となっている。

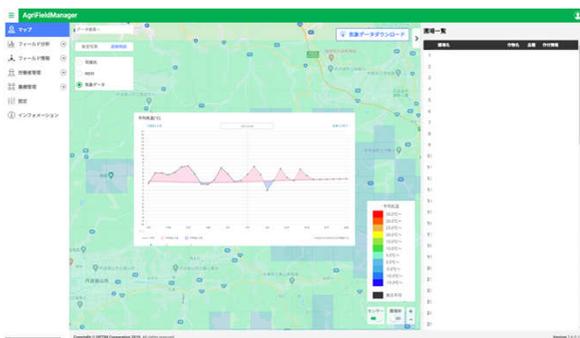
指導員側としても俗人化した個別の栽培記録では栽培情報のヒアリングから始まり、そこから個別の指導が必要となる。

しかし、現状としてスマート農業はハードウェア製品が先行しており、ソフトウェアサービスが不足している。

(株)オプティムサービス特徴



圃場データの解析・見える化を主体としたサービス
リアルタイムな生育モニタリングや、
過去のデータから圃場の特徴を掴むことが可能とされる
「AgriFieldManager (AFM)」



画像、気象、センサーデータなど様々なデータを取得し可視化



取得した画像データを解析することで、生育状況を把握



果実の個数カウントや色味判定により、将来の収穫量を把握

他社システム、サービスとの連携により、様々な環境データを取得し、利用しやすい形で可視化することができます。

取得したデータを解析することで、生育分析やAIを活用した病虫害検知、更にドローンと連携することで、散布ルートを生成することが可能です。

画像解析により、トマトやイチゴの果数カウントや色味判定により、将来の収穫量を把握することができます。

プロセスと解決アプローチ



従前の栽培方法

栽培

- 田植え

見回り

- 雑草の繁茂状況
- 水位管理
- 生育状況（施肥、病虫害）

対策

- 施肥
- 防除

見回り

- 対策後の効果判断

AFMの活用方法

空撮

- ドローンによる広域空撮作業の運用検証
- RGB、NDVI空撮画像の取得

見える化

- AgriFieldManagerでの見える化

検証

- 空撮画像からの活用方法の検討
- 圃場実測データとの突合
- OPTiM既存AIとの突合

検討

- JA技術員及び生産者との検討
- 導入にむけた検討

実証項目内容

□ 水稲における実証内容

- RGB画像による圃場巡回の代替検討
- NDVI画像による生育評価の代替検討
- 今後の営農指導等への活用案
- 広域ドローン撮影オペレーションによるコスト分析

RGB画像の活用検討

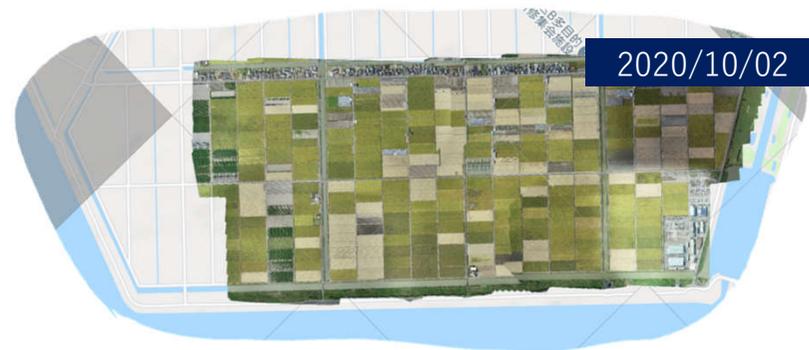
水稻における実証

実証エリア

- 区画整理がされ、複数生産者、複数品種が栽培されている干拓エリアにて実証
- また民家や電線等の障害物が少なく、安全面も考慮。
- 赤枠 = 水稻実証エリア、黄枠 = 玉ねぎ実証エリア



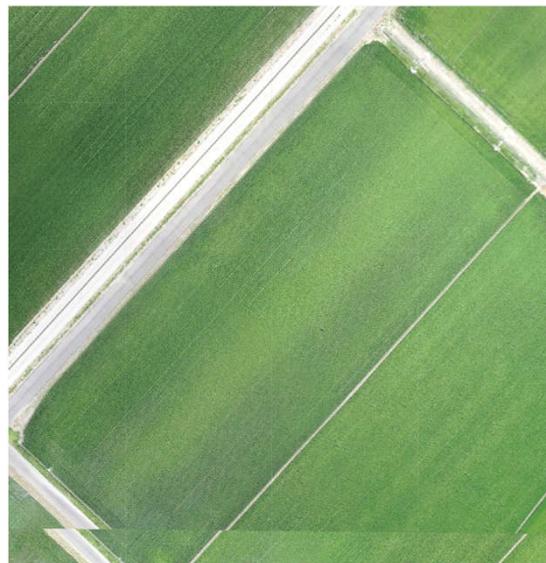
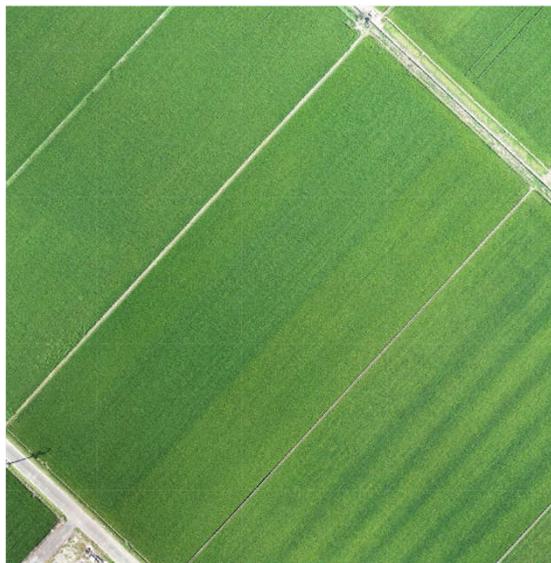
ドローン画像時系列記録の活用



画像活用ケース：葉色ムラ

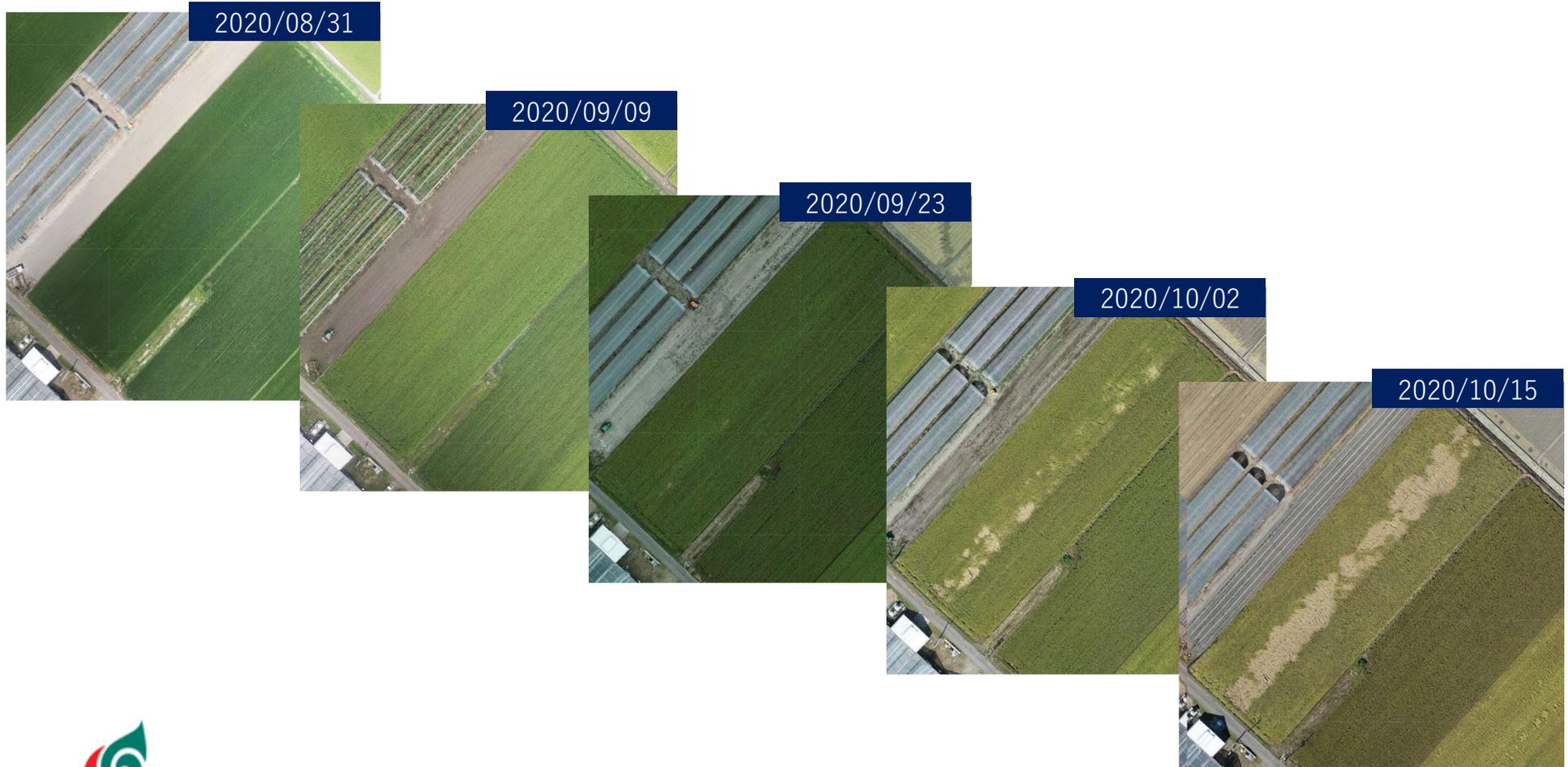
- ・平面からの圃場巡回は行うが、空撮による俯瞰画像を参考にする事で、葉色のムラからの生育診断や営農活動（施肥）の支援につながる可能性は高い

2020/08/17



画像利用ケース：トビイロウンカ対策活用

- ・ 最重点防除時期に確認できると即時対応の可能性はある。
- ・ 活用には「空撮⇒可視化⇒通達⇒対応」と密な連携が必要
- ・ ただし、実害発生後の対応は限りがあるため、「事前検知」が望ましい



ウンカの事前検知にむけた考察 (佐賀県農業試験場の先行研究より)

要約：

トビイロウンカの成幼虫数は栽植密度より基肥窒素施用量の影響を受けやすく、基肥の減肥や穂肥重点施肥による耕種的対策は生育前半の稲体窒素濃度の低下を介して、トビイロウンカを制御し、安定した収量が得られる。

・ 水稻の葉色または茎葉部窒素濃度はトビイロウンカ成幼虫数と相関があり、特に7月下旬の生育前半で相関係数が高い。このことから、生育前半の稲体窒素濃度の低下がトビイロウンカの制御に寄与している。

表1 施肥法の違いが水稻の収量とトビイロウンカの発生程度に及ぼす影響

1) 窒素施用量 基肥-穂肥 (kg/a)	2) 幼成虫数 (頭/株)		坪枯れ 面積率 (%)		精玄米重 (kg/a)	
	2009年	2010年	2009年	2010年	2009年	2010年
0.0-0.2	113	9	0	0	43.8	50.1
0.3-0.2	233	12	25	0	41.0	49.2
0.5-0.2	397	16	75	0	39.3	49.5
0.0-0.5	53	10	0	0	44.1	47.8
0.5-0.0	293	10	50	0	40.1	49.5
分散分 析結果	施肥 年次	**	—	—	ns	**
	施肥×年次	**	—	—	ns	ns

注) 6月17～18日に地力がやや高い圃場の1区80㎡の試験区(2反復)で早生品種「夢しずく」を18株/㎡の栽植密度で移植した。出穂期は8月16～18日であった。**は1%水準で有意である。1)施肥は菜種油粕を用いて化学肥料代替率70%と仮定し、無農薬栽培とした。2)トビイロウンカ成幼虫数は25株/区の払い落とし法により2009年9月15日、2010年9月21日に調査した。

表2 水稻の生育関連形質とトビイロウンカ成幼虫数との関係(相関係数)

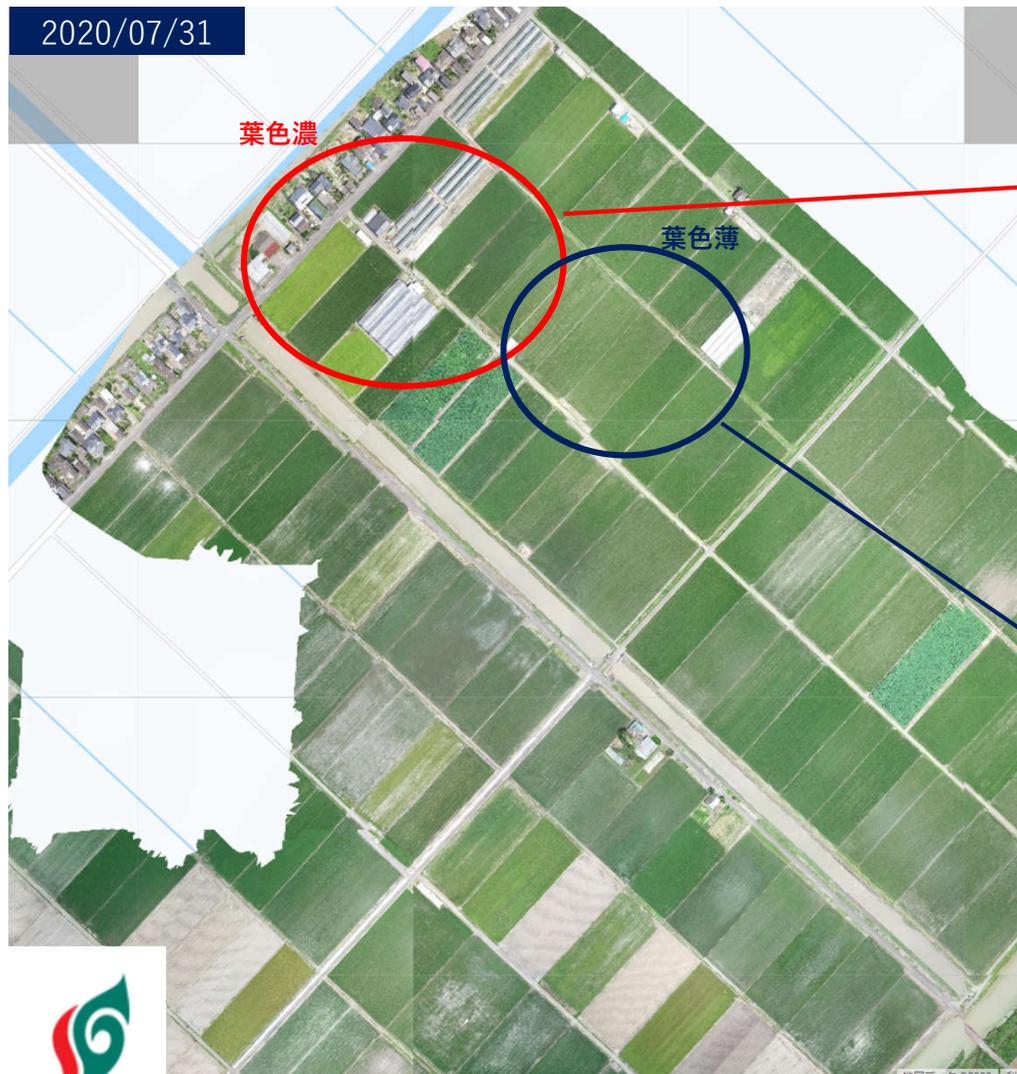
水稻関連形質	調査日	2009年		2010年	
葉色 (葉緑素計値)	7/10	0.75	***	0.25	ns
	7/22	0.80	***	0.49	†
	8/3	0.62	*	0.27	ns
茎葉部窒素濃度(%)	8/13	0.62	*	0.11	ns
	7/22	0.75	***	0.55	*
㎡当たり	8/13	—	—	0.35	ns
茎葉部乾物重	7/22	0.64	*	0.27	ns
	8/13	—	—	0.41	ns

注) 表1と同じ圃場に3試験区を加えて(n=16)行った。葉緑素計値(SPAD-502コニカミノルタ社製)は上位3葉を測定し、値は38～42の間であった。トビイロウンカ成幼虫数は表1と同じ日に調査した。†は10%水準で有意な傾向があり、*、**、***はそれぞれ5%、1%、0.1%水準で有意である。

出典：有機農業導入のための生産技術体系の確立と環境保全型農業経営の成立条件の解明
https://www.pref.saga.lg.jp/kiji00310825/3_10825_12_h26seika_12.pdf

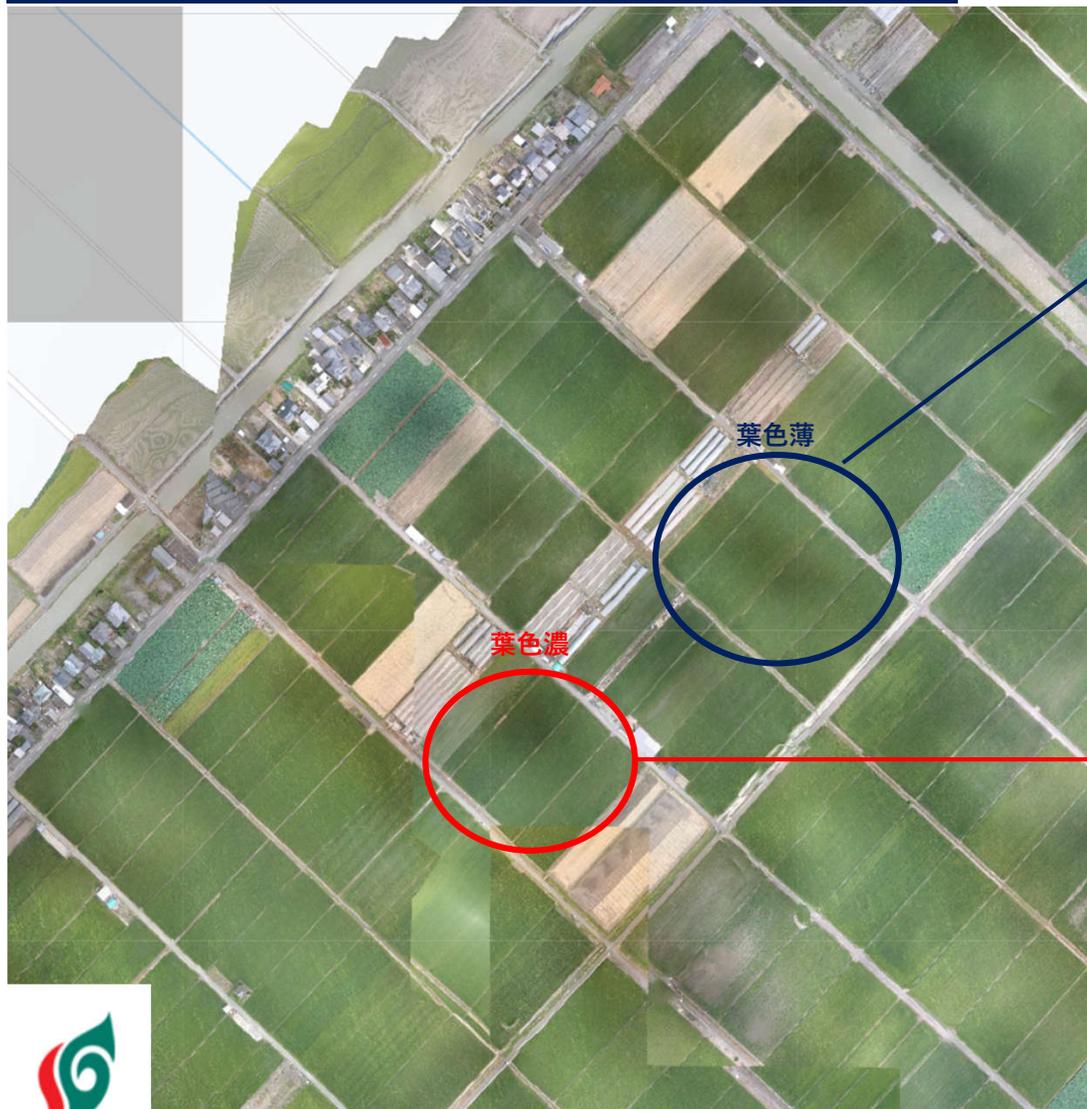
ウンカ被害傾向と空撮画像の相関性

- 試験場考察より「葉色が濃い圃場での被害が多い傾向」は「重点防除対象」する必要性あり。

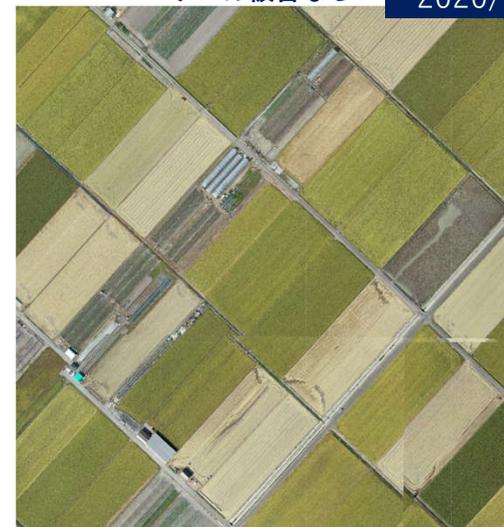


ウンカ被害傾向と空撮画像の相関性

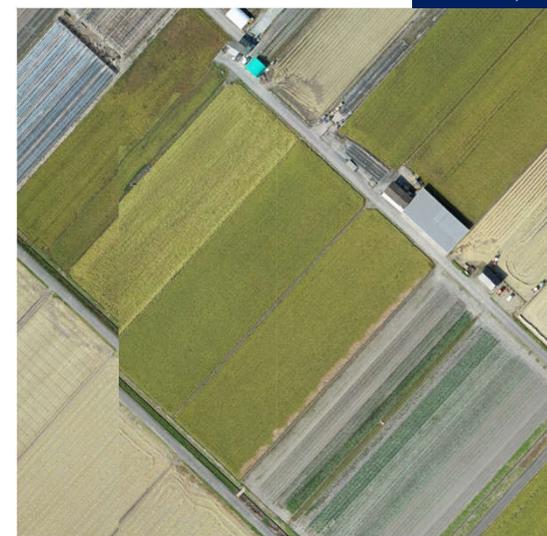
2020/07/31のデータがないため、08/09のデータ使用



ウンカ被害なし 2020/10/02



ウンカ被害あり 2020/10/02



ウンカ被害傾向まとめ

本事業にて撮影した画像内での7月下旬の葉色と10月2日のウンカ被害の関係を表に示す。

	葉色濃	葉色薄
ウンカ被害枚数	4枚	2枚
合計	6枚	

※葉色は他圃場との相対的な差を目視で評価した。

まとめ

葉色が濃い圃場のウンカ被害確率が高くなる傾向が確認された。よって、7月末時点で葉色が濃い圃場については、薄い圃場と比べて早期防除を徹底するなどの対応で被害を防ぐことができる可能性がある。

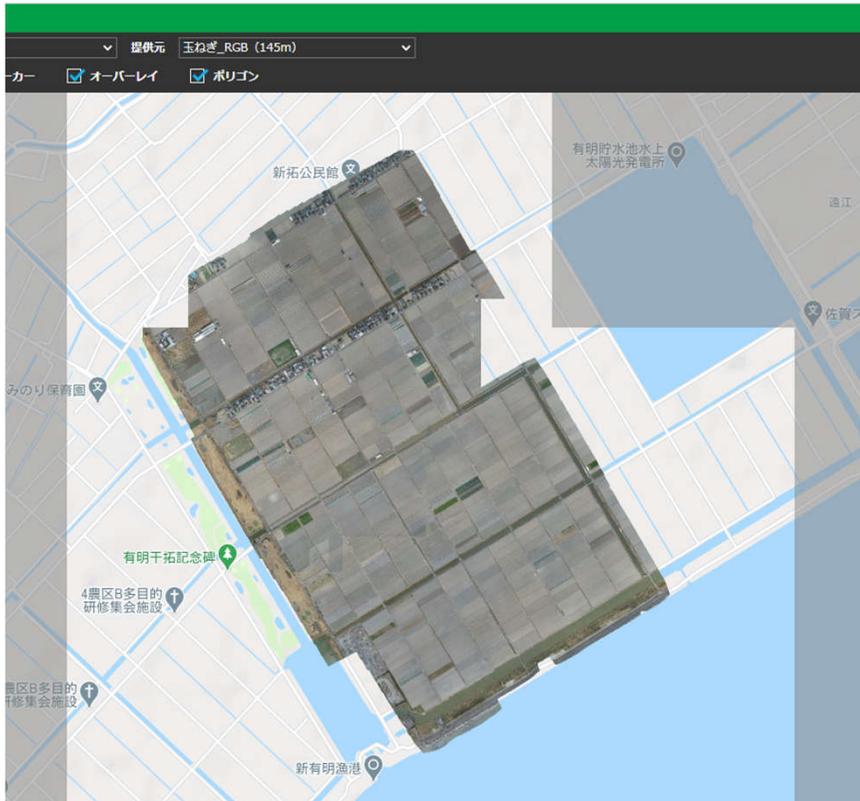
※ただし、評価をするうえで以下3点は考慮する必要あり

- ①本田防除の実施有無
- ②各圃場の品種、移植日情報
- ③今回相対的な目視評価にて葉色を判断

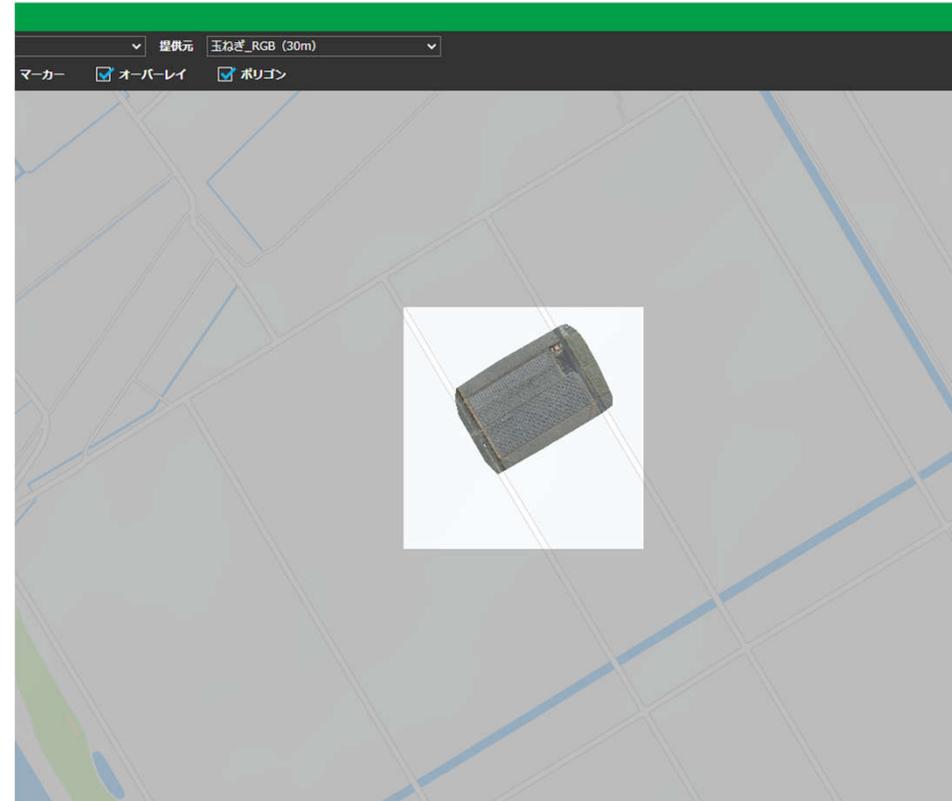
タマネギにおける実証

□ タマネギにおける実証内容

- 高高度と低高度によるRGB撮影を実施し、栽培管理の活用検討

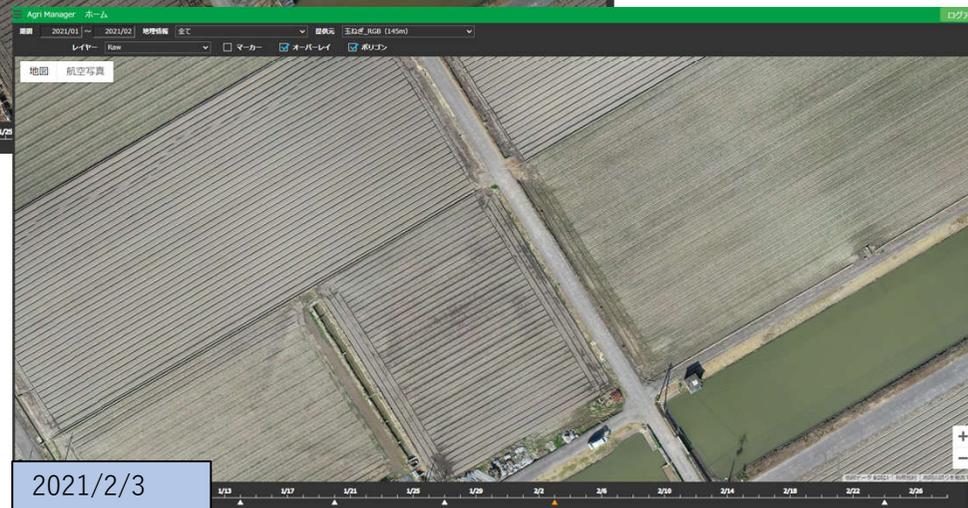
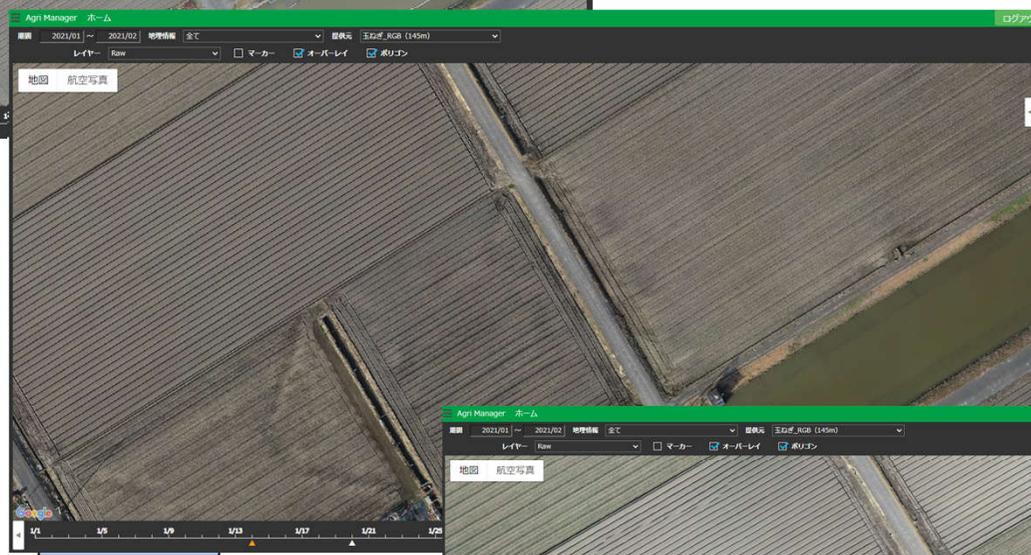
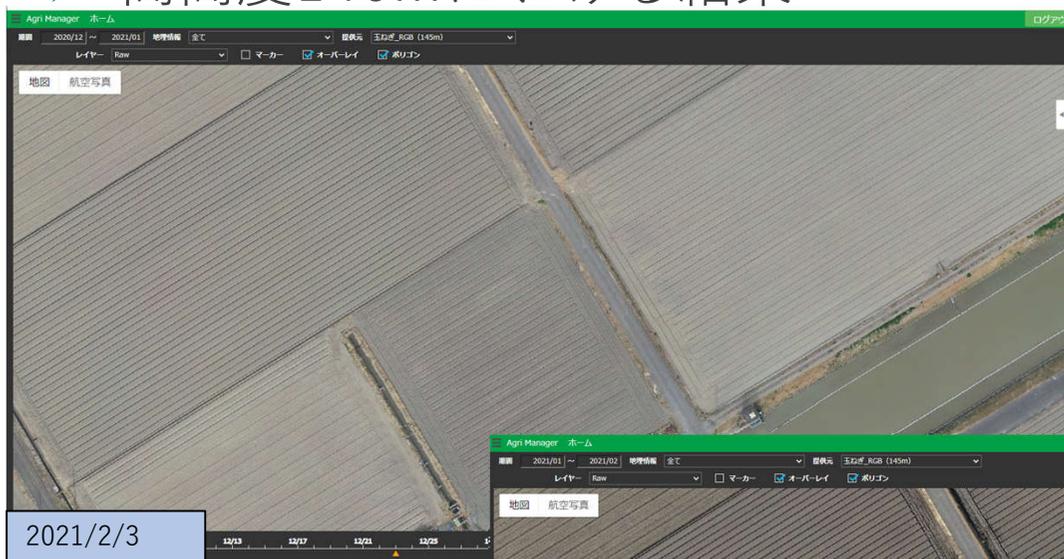


高高度 (140m)

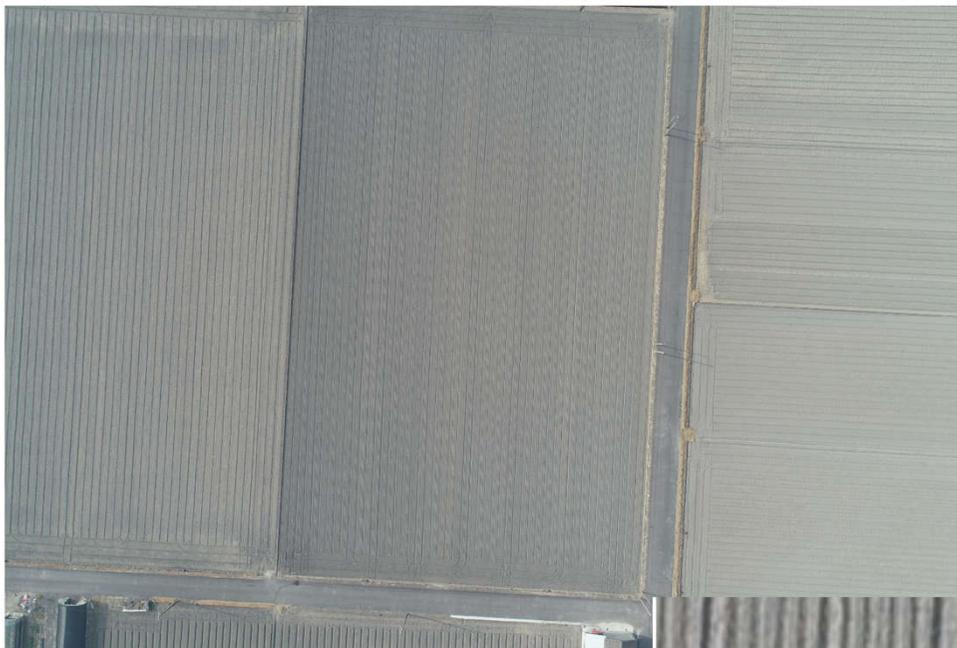


低高度 (30m)

▶ 高高度140mにおける結果



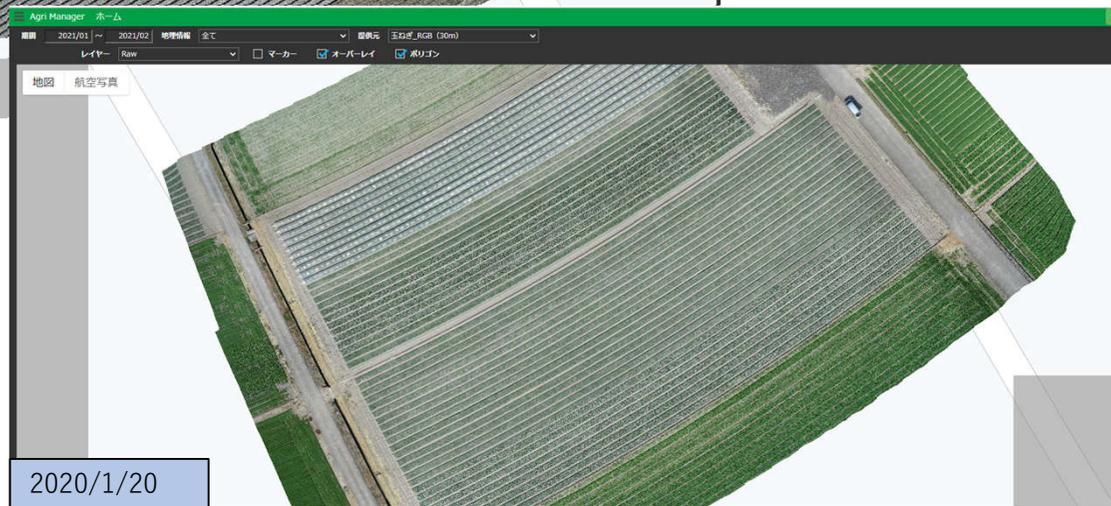
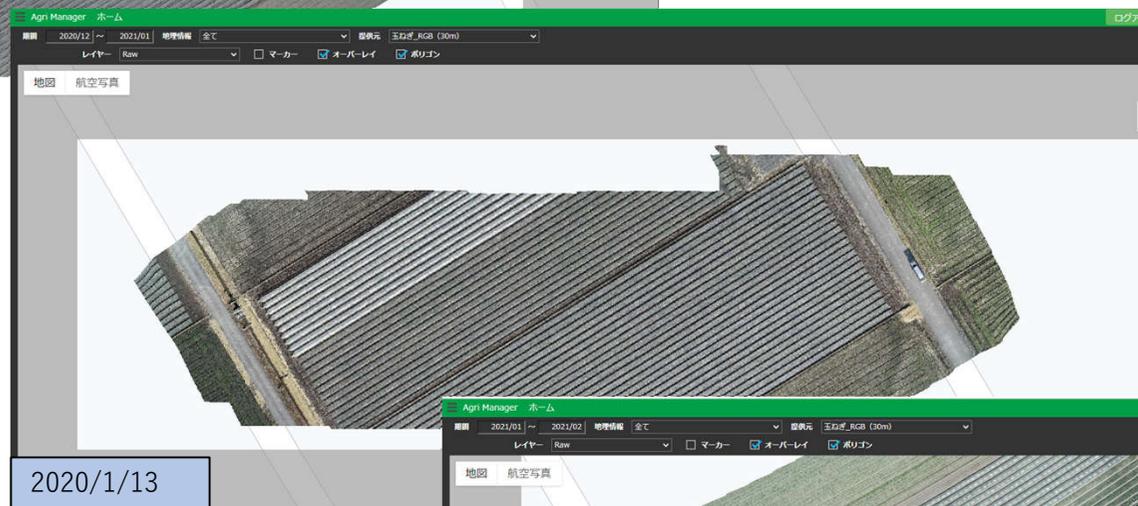
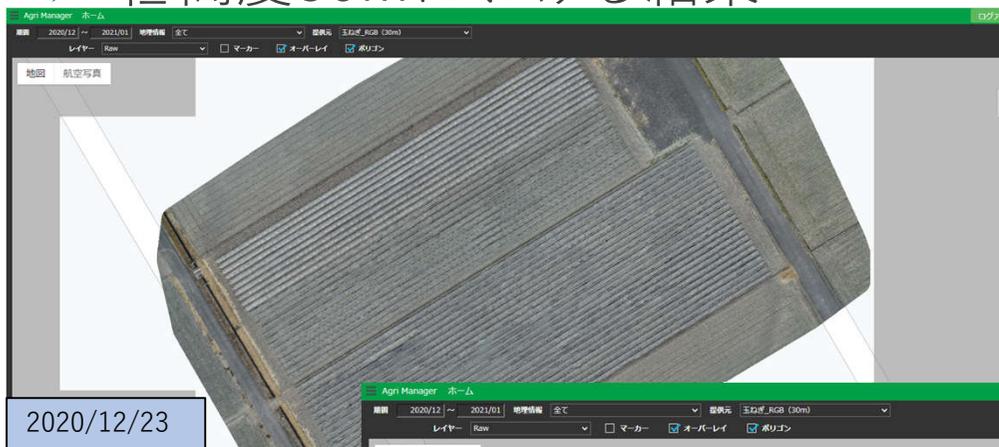
➤ 高高度140mにおける結果



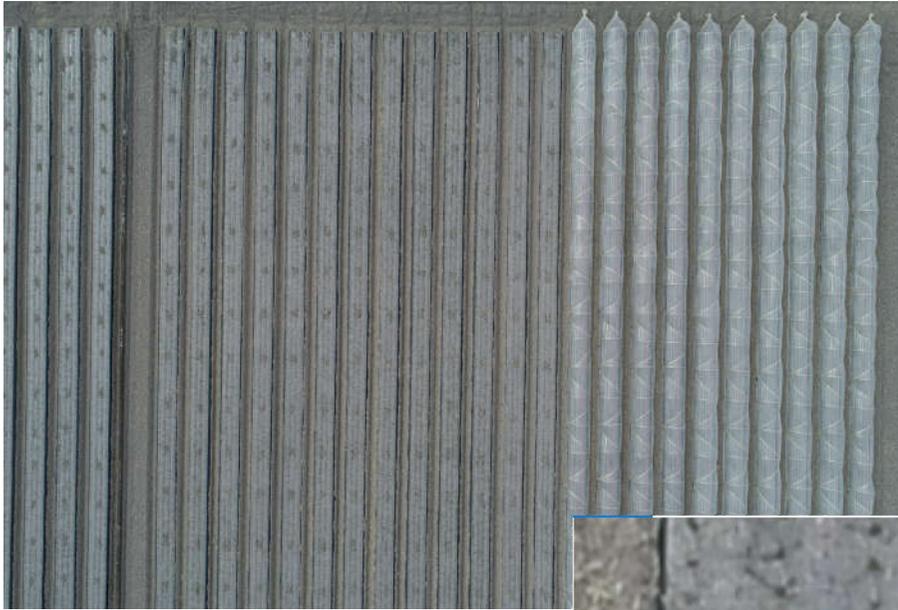
- 標準解像度（左写真）と最大解像度（下）
- 標準解像度では「玉ねぎ」なのか「麦」なのかの判断が不明確
- 最大解像度のレベルで「玉ねぎであるだろう」と推論ができる状態。



▶ 低高度30mにおける結果



▶ 高高度30mにおける結果



- 標準解像度（左写真）と最大解像度（下）
- 標準解像度では「玉ねぎ」との判別は容易
- 最大解像度のレベルで「玉ねぎ」の葉をとらえる事はできるが、葉形までとらえる事は困難。



➤ 撮影高度の検証

✓ 高高度140m

撮影効率は高いが、生育初期（12月~2月）の生育判断するための解像度としては有効的とは言えない。

⇒2月以降の肥大期や収穫期での継続検討は必要

作付確認等の他業務としての活用は可能と思われる。

✓ 低高度30m

玉ねぎの葉まで認識できるが、生育初期の一番の課題となる「ベト病」を捉える精度はない。

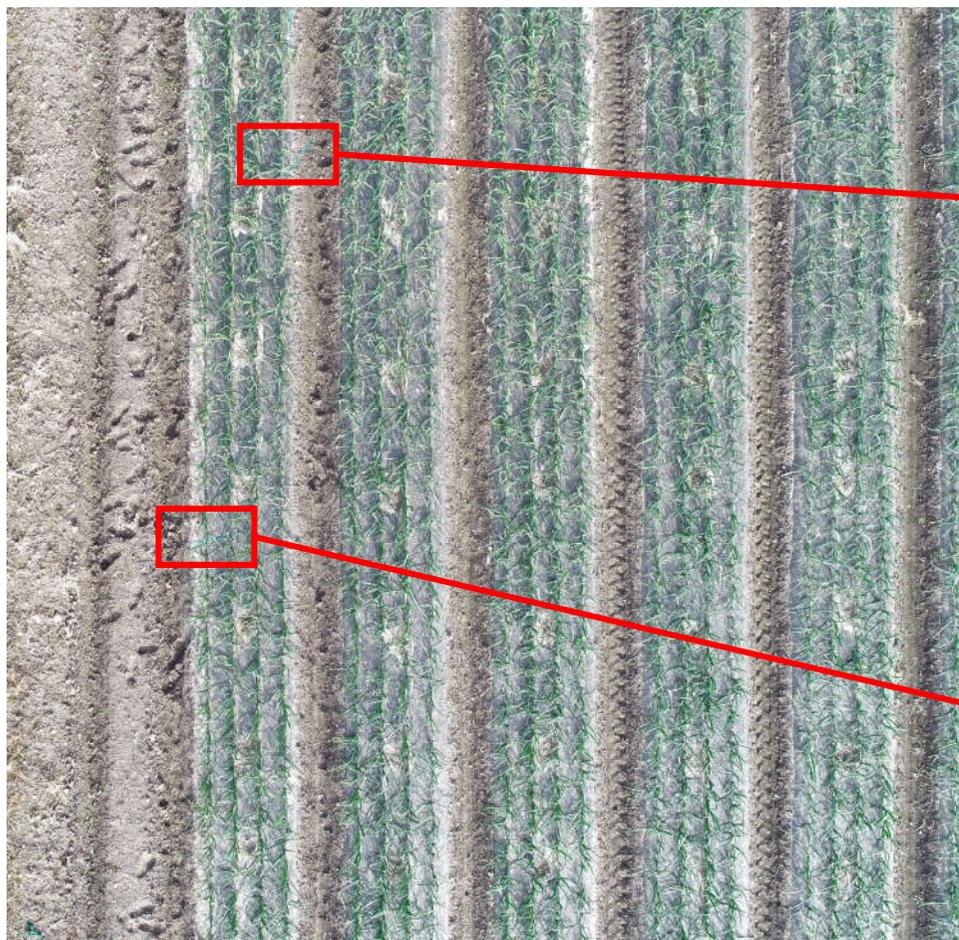
⇒ベト病は別手段（超低高度、NDVI、気象データ等）検討

➤ 超低高度5mにおける検証



- 赤枠内にて「ペト病」が集中発生したエリア
- 超低高度として5mより空撮

➤ 超低高度5mにおける検証



- 赤枠内にて「べト病」が集中発生したエリア
- ベト病発生部にポールを立てて、超低高度5mより空撮



←ドローン画像による最大解像度

↓スマートフォンでの近接撮影

べト病検知は現状の撮影精度から限界があり、スマートフォンでの近接撮影レベルでなければ検知及び検知用学習モデルを作成する事も難しい。



広域NDVI画像の活用検討

NDVI解析による施肥診断への活用

【現状】

- ・ JAさが白石地区では生産者より品種別に穂のサンプリング持ち込み検査を実施
- ・ 草丈、莖数、葉色をサンプリング分析し、各生産者の施肥診断を実施

【課題】

- ・ すべての圃場からのサンプリングではない
- ・ サンプリングした結果をもとに各生産者がその結果をもとに他圃場を判断する「指標」としており、俗人的になりやすい
- ・ 生産者及びJA指導員としても全圃場をサンプリングするには難しい。

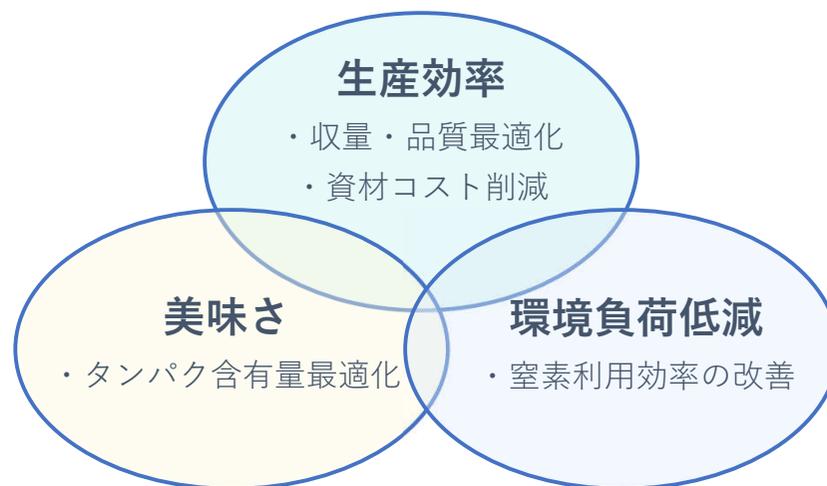
【解決策】

- ・ オプティムが持つ「ピンポイント施肥技術」を応用し、ドローン空撮画像から各圃場の施肥診断を行い、現物サンプリングの代用が可能か検証

オプティムのピンポイント施肥について

【背景】

- 追肥時期は外気温が高く、重労働であったが、近年は田植え機械で同時に側条施肥する「**元肥一発施用**」が主流。
- また、窒素系肥料の追肥は品質低下・倒伏リスクなどを理由に実施しないケースあり
- しかし、以下の理由で追肥が必要であるという見方が存在する。
 1. **温暖化の影響により夏の高温が続く場合、生育途中で肥切れ**が起き、穂がうまくつかず、収量・品質ともに低下する（新潟県農業総合研究所）
 2. **品質を落とさず**（玄米タンパク含量を上げず）、**収量を最大化**させたい
- 以上より、生育状況を把握したうえで追肥の必要有無を判断し、生産者ごとの目的（収量/品質のバランス）に合わせた追肥体系を構築することで、**環境変化に適応した稲作栽培**への活用を検討したい

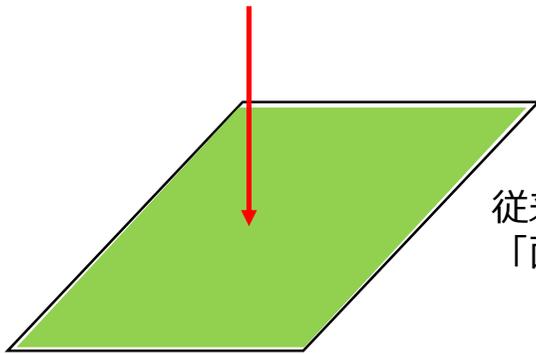


生育診断に基づく局所施肥技術

「一斉追肥」

生育調査結果×過去知見

→ 一筆ごとに施肥要否・量を決定

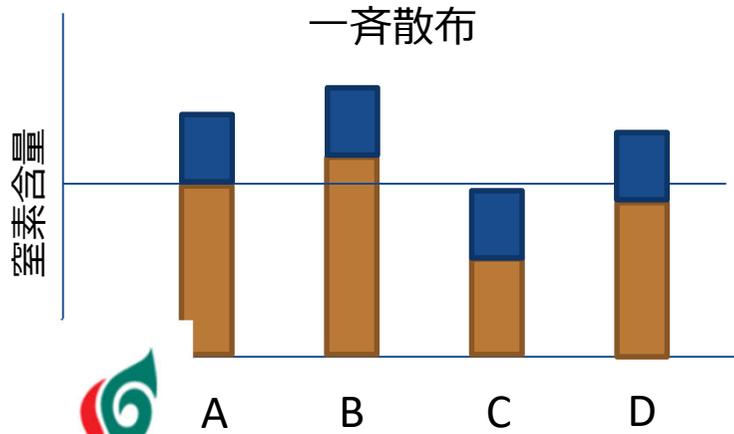
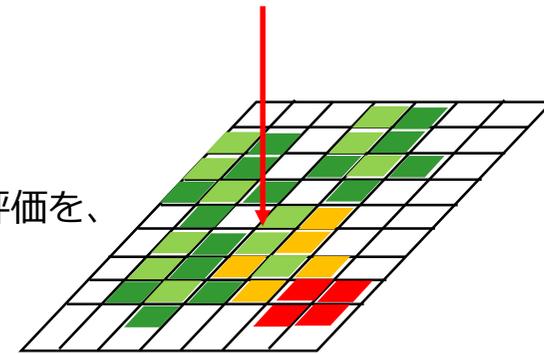


従来の「点」での生育調査による評価を、「面」でのNDVI評価へ

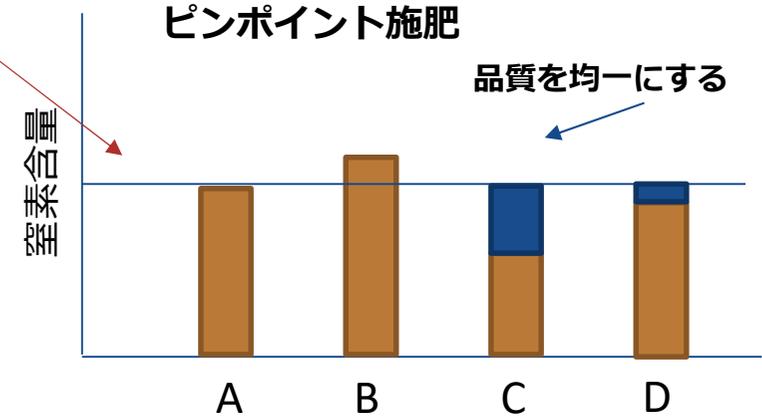
「ピンポイント施肥」

グリッドNDVI結果×過去知見

→ より詳細なグリッドごとの施肥要否・量を決定可能



適正窒素量ライン



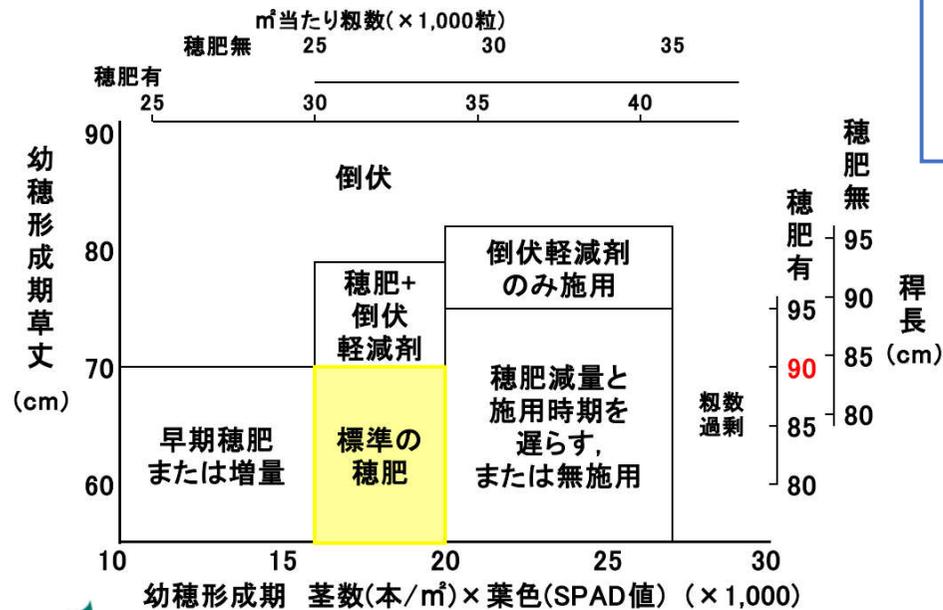
品質を均一にする

タンパク含量を最適化させる = 品質向上

生育診断に基づく局所施肥技術

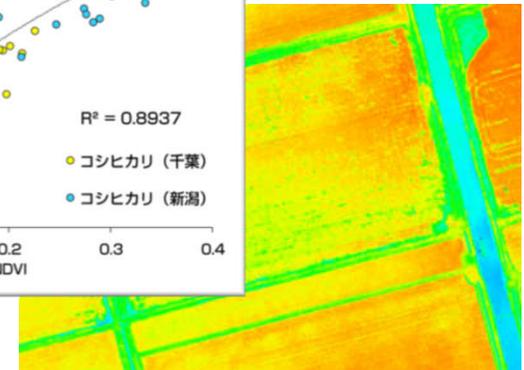
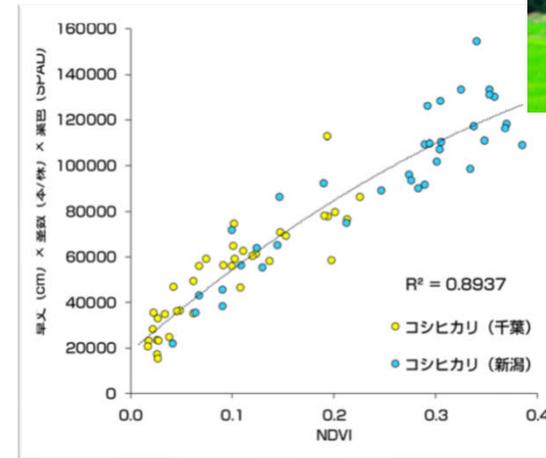
従来の生育診断（追肥判断）をドローンセンシング手法に置き換え

従来の生育診断



センシングに基づく生育診断

NDVIに変換



NDVI (Yubaflex)	0.124以下	~ 0.167	~ 0.218	~ 0.254以上
追肥方法	早期穂肥 または増量	標準の穂肥	穂肥減量と施用時期を遅らす	無施用
	穂肥量 (gN/㎡) = -59.3 × NDVI + 13.0			倒伏軽減剤を施用

横浜国立大学, 濱ら,

ICT農業でのドローンを用いたセンシングの可能性

実証結果：ドローンでのリモートセンシング

- ドローンでの観測項目
 - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index: 正規化植生指数)
 - 植物による光の反射の特徴を生かし、下記の計算式で植生の状況を把握することを目的として考案された指標で、植物の量や活力を表す。(国土地理院Webサイトより)
- 圃場での現地調査項目
 - 草丈・SPAD値 (葉色)
 - 生育量 = 草丈(cm) × SPAD値 と定義

実証結果：ドローンでのリモートセンシング

- 実証エリア

- 佐賀県白石地区干拓地域 2Bエリア

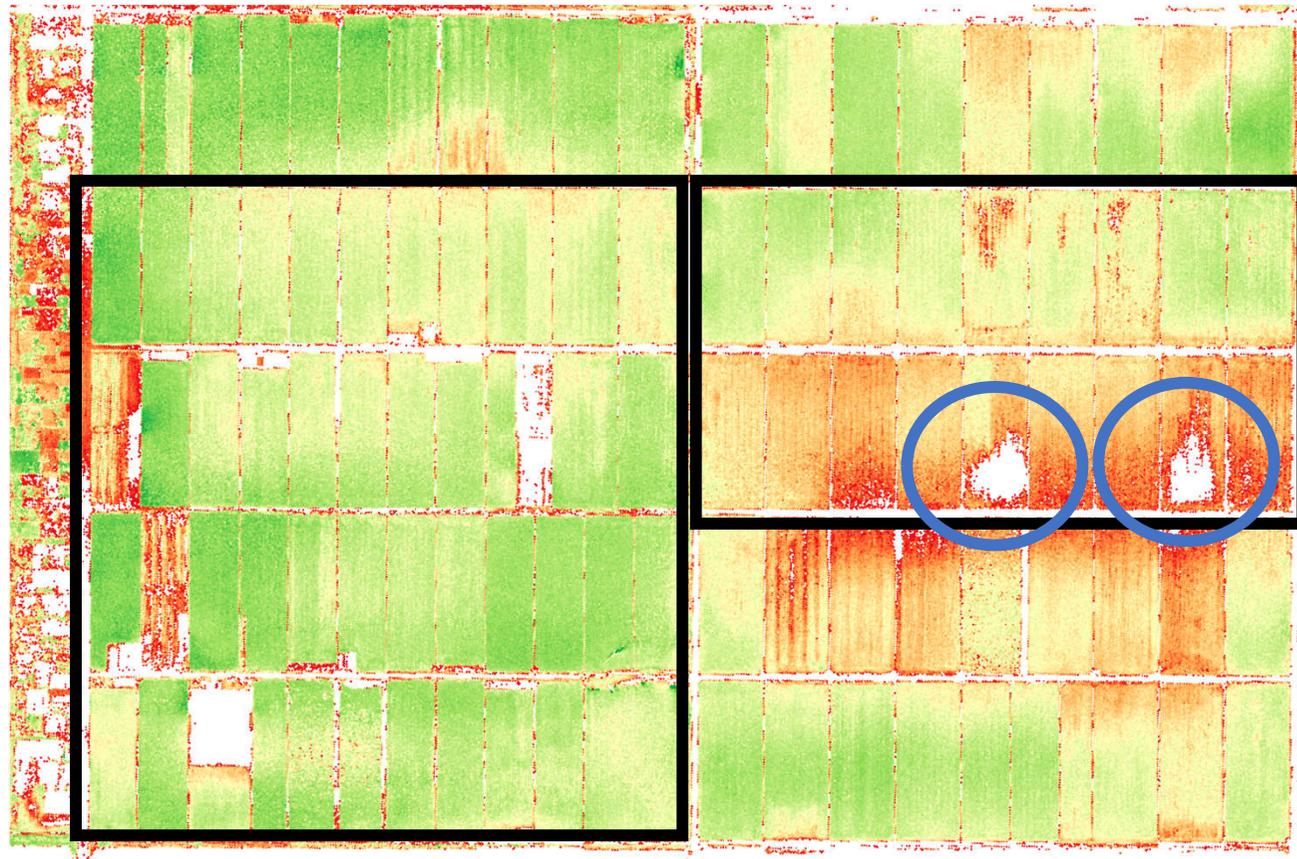


実証結果：NDVIの観測結果

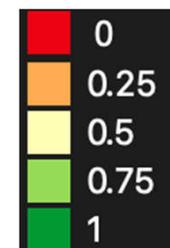
- NDVI観測の特徴

- 植生のみを抽出：ハウス、土壌、道路等はNDVIに反映されない

→ 生育量に加えて、ジャンボタニシ等の被害も反映できる



NDVI値

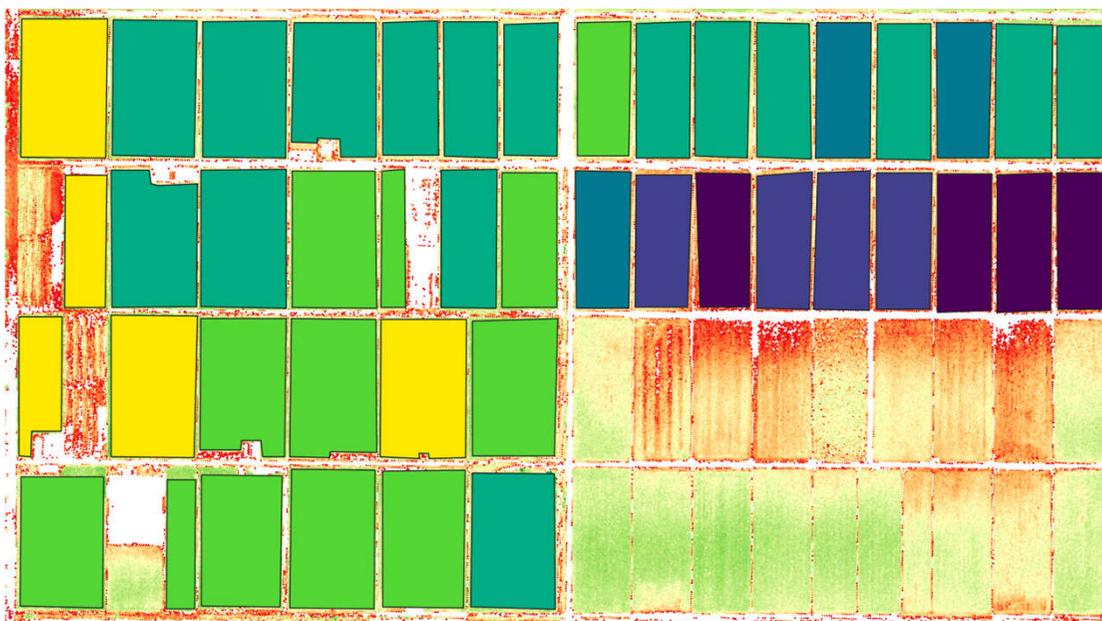


：実証エリ

実証結果：解析手法

- 解析手法

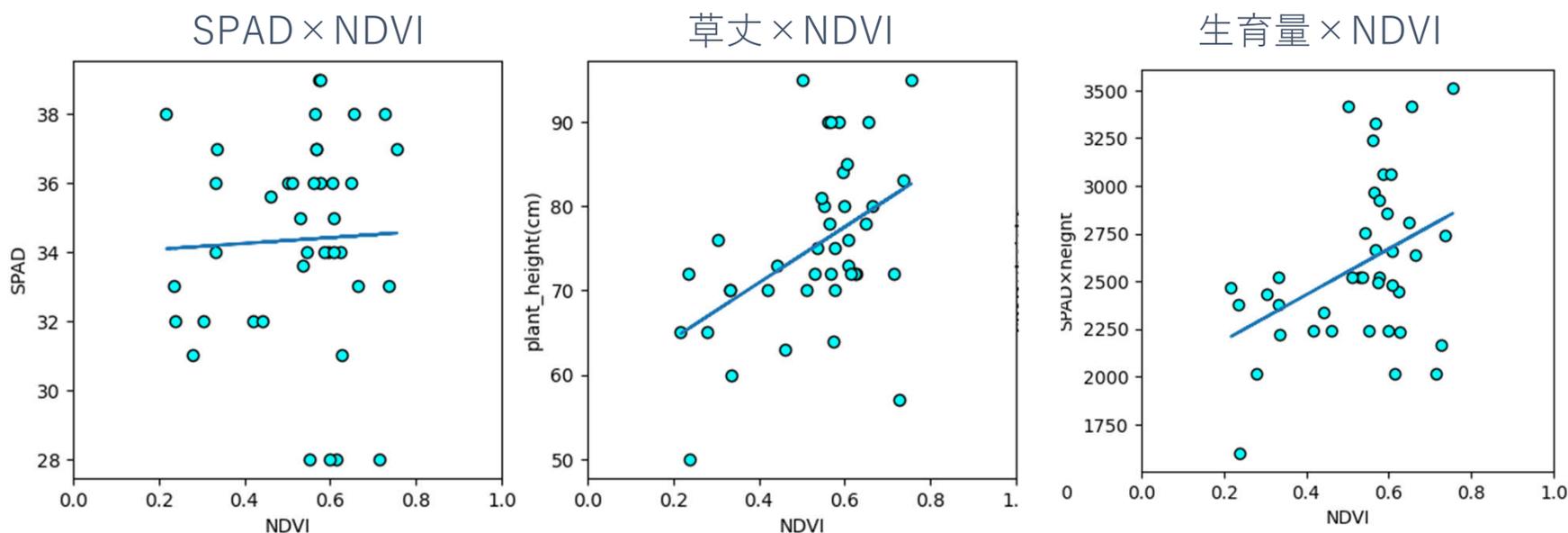
- NDVI圃場代表値：NDVIを圃場区画で平均し、それぞれの代表値として定義
- 生育調査との比較手法
 - NDVI圃場代表値と生育調査結果の線形回帰分析を実施することで比較



実証結果：NDVIと生育調査結果の関係性



- リモートセンシングNDVIと生育調査結果の関係性
 - SPAD値とNDVI：明確な関係性はなし
 - 草丈とNDVI：NDVIが高い → 草丈が高い
 - 生育量とNDVI：NDVIが高い → 生育量が高い



NDVIは草丈と高い関係性が見られた一方、葉色とは関係性は見られなかった

実証結果：NDVIと生育調査結果の関係性

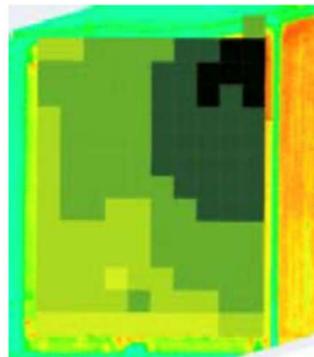
- 実証の結果
 - 可能性
 - NDVIと現地実測の関連性は考えられる。
 - 広域に測量し、それが可視化できると生産者及びJAでの労力軽減だけでなく、施肥をする際の作業指針となる。
- 実証における課題
 - 観測手法の違い
 - ドローンでのリモートセンシング：面観測（広域観測）
 - 圃場での生育調査：点観測（ポイント観測）
 - 観測データの集積
 - 上記の通り観測手法が異なるため、より多くのデータと観測ポイント別のデータ精査と突合が必要となる。

広域NDVI画像の活用参考事例 (株)オプティム提供)

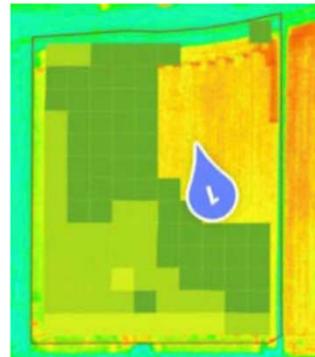
2020年度結果 石川県での局所施肥結果

地カムラまたは生育前半の生育ムラが大きな圃場においては、ピンポイント施肥によりそのばらつきを抑えることができた。

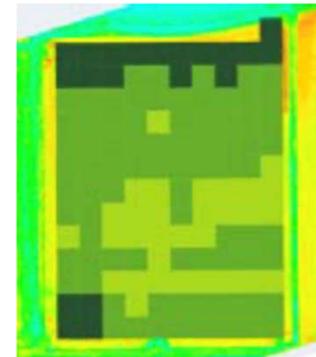
(使用機器) 空撮ドローン DJI PHANTOM4 RTK、Parrot Sequoia+
施肥ドローン XAG P30



施肥4日前(7/16)
のNDVIマップ



作成した
局所施肥マップ



施肥2週間後(8/3)
のNDVIマップ

出穂20日前（7/20）に、実際の圃場の葉色を見ながらNDVI値が0～0.5までのグリッドに施肥をする判断を行い、フライトプランを作成した上、ドローンによる施肥（窒素成分1.5kg/10a）を実施

本実証事業での取組成果

事業の成果と課題（水稻）

□ 成果

- ・ 経時的に撮影した画像からJA、生産者にて営農活動に活用できる要素もある。
- ・ RGB画像で葉色のムラ等が見れると施肥作業の時の参考になる。
- ・ NDVIによる現地実測との関連性があり、生産者及びJAの作業の補助になる可能性がある。

□ 課題

- ・ 継続的なデータ収集は必要。品種間、作型間、観測ポイント別等
県内他地域に展開するためにも検証データは必要
- ・ RGB画像からの判断は属人的な判断や撮影環境（天気、日照）等の影響あり。
- ・ NDVIも継続検討項目の一つだが、詳細データを検証していく必要がある。
- ・ データ取得コストと実サービス展開にむけた費用対効果

事業の成果と課題（玉ねぎ）

□ 成果、課題

- ・12月から2月時点での生育状況では経時的な変化を広域的にRGB画像から判断するには難しい。
- ・また超低空5mの近接画像からべと病のAI検知にむけトライアルするも、症状をRGB画像から認識する事は出来なかった。

□ 継続検討

- ・べと病はRGB画像以外の手法も検討
- ・2月以降の継続撮影による肥大期から収穫期での活用検証
- ・病害虫検知にむけたセンシング手法の検討
- ・病害虫以外でのセンシング項目のヒアリング
- ・気象データ（気温・降水量）からのリスク判定

本事業における生産者からの意見

□ ドローンからの空撮画像について

- ・葉色のバラつきは生産者としても活用していきたい
- ・品種間の生育ステージの違いがあるため、同一品種での集中作付けと合わせて行うことで、より可視化しやすくなるのではないか。それが結果的に防除や収穫作業などの効率化にもつながる。

□ ウンカについて

- ・ウンカは可視化したタイミング次第。初期防除や発生初期の防除の徹底が最優先。「ウンカ発生を検知して、生産者自らのスマートフォンに通知が迅速に届くようにできないか」

□ 生産者としての利用

- ・高齢化と兼業農家の増加により細部まで圃場巡回をする人数、回数が減ってきているのは現実。こういった技術は必要だと感じる。その反面、「だれがこのデータを管理するのか」「パソコン操作含め使い方のレクチャーが必要」になるだろう。

本事業における生産者からの意見

□ ドローンについて

・ドローンは今後必要になってくる。実際に農薬散布用ドローンは除草剤や防除を1人で行えるようになっている。それに合わせて予察情報、空撮画像を合わせる事で労力不足を補うこともできるのではないか。

□ 玉ねぎについて

・玉ねぎは空撮画像よりも「ドローン散布」に期待したい。
・ベト病発生時期（防除時期）に低空で飛ばすならその時に薬剤を散布したい。特に令和3年2月は高温と長雨でベト病の発生が多いが、圃場がぬかるんでいた事で圃場に入ることすらままならなかった。これを解決するために散布可能薬剤の追加も含めて検討してもらいたい。

もちろんベト病をピンポイント散布は魅力はあるが、ドローンでの全面散布による効果検証からのピンポイント散布の導入を考えたい。

・収穫時期、個数検知、玉サイズ検知ができないか。

今後の生産者、JAでの活用案

今後の活用案

□ オプティムの技術活用について

- 令和2年度本事業での取組以外に同社は技術開発を行っているため同社の持つ技術、ノウハウを活用し、JA側として開発、改良に協力していきたい。
 - ドローン技術（空撮、散布）による実証事業。
 - 水稻や玉ねぎ以外での活用。レンコンやキャベツ等
 - AgriFieldManagerを活用した試験場や圃場実証での活用（肥料等の薬剤検証）
 - 令和3年4月にプロト版リリース予定の同社製レコメンドアプリによる営農指導や営農支援の実施。レコメンドアプリは次ページ参照。
同アプリ記載内容が佐賀県の栽培状況に準拠しているか、JA及び関係機関と検証していく必要あり。

オプティム製レコメンドアプリ

【概要】

各都道府県普及員やJA職員が営農指導を実施しているが、人員不足やコロナウィルス感染拡大の影響で、1人1人の生産者を回ることが非常に難しくなっており、営農支援アプリを通して、各生産者に最適な営農管理方法の指導を行う。



農業普及アプリケーションイメージ

【主な機能】

①農作物の生育予測

⇒各農作物の生育予測を行い、現在の生育ステージがスマホで確認できる。

②病害虫の発生情報及び予察情報

⇒病害虫発生情報と対策等を本アプリを通して、生産者へ通知し、情報伝達をリアルタイムで行う。

③気象情報・早期警戒情報

④水位センサー情報と水管理レコメンド

⇒水位情報と生育情報を組み合わせて、最適な水管理方法が確認できる。

⑤各種農作業レコメンド

⇒生育情報、気象情報、病害虫情報と農作業データベースを組み合わせて最適な作業がわかる。

⑥各種リマインド

⑦カレンダー機能

