

現地実証展示圃成績（令和3年度）

担当機関名、 部・室名	岡山県備前県民局農林水産事業部備前広域農業普及指導センター
実施期間	令和3年度、新規
大課題名	V 情報処理等先端技術の活用による高生産システムの確立
課題名	米麦栽培体系におけるリモートセンシングデータによる収穫適期判断技術と小麦における可変施肥によるタンパク含量向上のための施肥管理の実証
目的	A 大型米麦農家の効率的な収穫計画の作成に寄与できるよう、リモートセンシングデータに基づく米麦の収穫適期予想の有効性について検証した。 B あわせて小麦についても、リモートセンシングデータによる実肥の可変施肥を行い、タンパク含量向上のための適正な施肥管理実証を行った。
担当者名	岡山県 備前広域農業普及指導センター副参事 大久保 美和
ほ場の所在地 組織名 組織の経営概要	所在地：岡山市南区 組織名：岡山スマート農業協議会（事務局 備前広域普及センター） 概要：岡山市の大型米麦農家5戸（経営面積192ha）と関係機関、機械メーカーなどで組織する、スマート農業技術の確立を目的とする任意団体

A【米麦の収穫適期判断】

1. 実証場所 岡山市南区藤田
2. 実証方法

米麦において出穂30日後から1週間ごとに、ドローンによるリモートセンシングを行い、NDVI値を測定するとともに穀粒水分を実測し、相関を分析することにより収穫適期予想の可否を検証した。また水稻についてはNDVI値と青味率との相関についても検証した。

麦は一般的にはほ場内の生育のバラツキが大きいため、NDVI値の算定にあたり1㎡メッシュによるCSV特別解析も行い、通常解析との相関を確認し、通常解析により行うこととした。

(1) 供試機械名 リモートセンシングドローン

(2) 実証条件

ア. 圃場条件(モデル圃場)

実証内容	作物	品種	区	面積 (a)	実証場所	地形	土性
収穫期判断	二条大麦	スカイゴールド	二条大麦1	60	藤田2457-3	平坦	埴壤土
			二条大麦2	50	藤田2389		
			二条大麦3	80	藤田441		
	水稻	ヒノヒカリ	ヒノヒカリ1	80	藤田441		
			ヒノヒカリ2	140	藤田408-1		
			ヒノヒカリ3	50	藤田385-12		
		アケボノ	アケボノ1	90	藤田384-3		
			アケボノ2	50	藤田1142-1		
			アケボノ3	135	藤田2488-1		

イ. 栽培等の概要

<二条大麦>

品種名 二条大麦 (スカイゴールド)
 播種 11月19、20日 (播種量 8kg/10a)
 除草 11、2月 ブームスプレーヤー
 病虫害防除 4月11日 (トップジンMゾル) ラジヘリ
 施肥

品種	区	基肥 (kg/10a)	追肥 (kg/10a) (分けつ肥)		追肥 (kg/10a) (穂肥)		肥料成分 (kg/10a)		
			時期	内容	時期	内容	N	P	K
スカイゴールド	二条大麦1	化成14-14-14 47kg	12月28日	尿素 13kg	4月15日	硫酸 4kg	13.4	6.58	6.58
	二条大麦2	化成14-14-14 40kg	1月20日	尿素 10kg	3月15日	尿素 8kg	13.88	5.6	5.6
	二条大麦3								

収穫 5月20日 (二条大麦3)、21日 (二条大麦1)、22日 (二条大麦2)

<水稲>

品種名 水稲 (アケボノ、ヒノヒカリ)
 播種 6月上旬 播種 (稚苗育苗)
 除草 7月上旬 ドローンによる豆粒剤または1キロ粒剤散布
 病虫害防除 8~9月 ドローンまたはブームスプレーヤーによる液剤散布
 施肥

品種	区	基肥 (kg/10a)	肥料成分 (kg/10a)		
			N	P	K
ヒノヒカリ	ヒノヒカリ1	JA岡山ヒノヒカリ専用基肥一発型 50kg	10	5	5
	ヒノヒカリ2				
	ヒノヒカリ3				
アケボノ	アケボノ1	JA岡山アケボノ専用基肥一発型 45kg	9	4.5	4.5
	アケボノ2				
	アケボノ3				

収穫 10~11月 コンバイン

ウ. 実証スケジュール

作物	品種	区	使用機械	面積 (a)	NDVI 値測定日	
大麦	スカイゴールド	二条大麦1	リモートセンシング用ドローン (出穂30日以降)	60	4/28、5/6、5/13、5/19	
		二条大麦2		50		
		二条大麦3		80		
水稲	ヒノヒカリ	ヒノヒカリ1		リモートセンシング用ドローン (出穂30日以降)	80	9/29、10/6、10/13、10/20
		ヒノヒカリ2			140	
		ヒノヒカリ3			50	
	アケボノ	アケボノ1	リモートセンシング用ドローン (出穂30日以降)		80	10/6、10/13、10/20、10/27
		アケボノ2			50	
		アケボノ3			135	

3. 実証結果

<二条大麦>

- ・目視による3ほ場の出穂期は二条大麦1区が3/30、二条大麦2区が3/31、二条大麦3区が4/5で、成熟期はそれぞれ5/14、5/16、5/17であった。
- ・本年は成熟期前後の5/16に10mm、5/17に20mmの降水量(図3)があり、NDVI値と穀粒水分との相関がなくなったため、こうした場合、NDVI値から穀粒水分を推定し、収穫適期を予想することは困難と考えられた。
- ・しかし、NDVI値は5/13と5/19の測定で各区とも0.1~0.2でほぼ横ばい(図2)となり、目視による成熟期は、二条大麦1区が5/14、同2区が5/16、同3区が5/17であったことから、NDVI値が0.1~0.2の範囲で横ばいとなれば成熟期を迎えたと考えられる。
- ・降雨による品質への影響をみると、各区とも降雨後の粒張りは向上(表3)したものの、二条

大麦 1、2 区では降雨により外観品質の低下が見られたが、二条大麦 3 区では品質低下はなかった。このときの各ほ場の NDVI 値から、NDVI 値が 0.2 を下回れば降雨前に収穫する方が良いと推察される。

<水稲>

- NDVI 値と穀粒水分について検証したところ、ヒノヒカリで 0.79（決定係数 0.62）、アケボノで 0.84（決定係数 0.70）と高い相関があった（図 4）。
- 一般的に水稲の収穫は 26%以下になってから開始するが、本年は倒伏により収穫間近でも穀粒水分が下らず、ヒノヒカリ、アケボノともに 29%程度の水分で収穫期を迎えた（図 5）。このことから NDVI 値により穀粒水分を推定し、収穫適期を判断することは難しい。
- 次に NDVI 値と青味率について検証したところ、ヒノヒカリは相関係数 0.84(決定係数 0.71)、アケボノは 0.85（決定係数 0.71）と高い相関が見られた（図 6）。青味率 10%で収穫開始と仮定すると、ヒノヒカリは NDVI 値 0.35、アケボノは NDVI 値 0.15 となった。
- NDVI 値は相対的な値であるため、基準ほを設定し、基準ほの NDVI 値と青味率の調査を行うことでその年の収穫適期予想に活用できると推察されるが、今年は部分的にはあるがほ場が倒伏したため（図 7）、倒伏が NDVI 値へ及ぼす影響が不明であり、予想精度を高めるためには、引き続きデータの蓄積が必要であると考えられる。

4. 各種データ

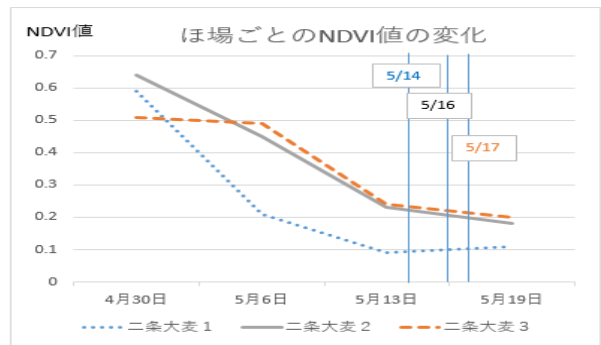
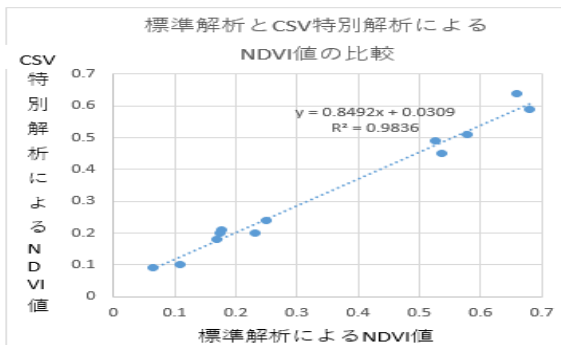


図 1 標準解析と CSV 特別解析による NDVI 値の比較

図 2 ほ場ごとの NDVI 値の変化

表 3 千粒重の変化(g)

	5月13日	5月19日
二条大麦 1	45.77	48.1
二条大麦 2	43.79	45.7
二条大麦 3	42.19	44.5

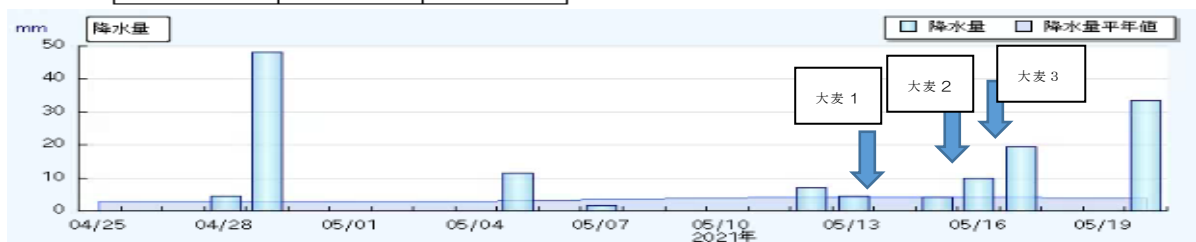


図 3 収穫時期の降雨グラフ



5/13 ビール 2 等 5/19 大粒 1 等 5/13 大粒 2 等 5/19 規外 5/13 大粒 1 等 5/19 ビール 2 等

図4 二条大麦の外観品質の変化

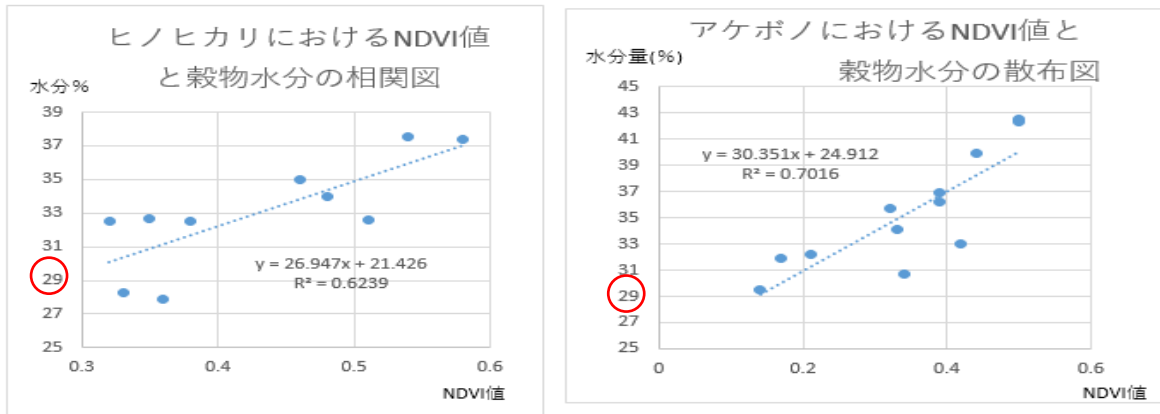


図5 各品種における NDVI 値と穀物水分との相関図

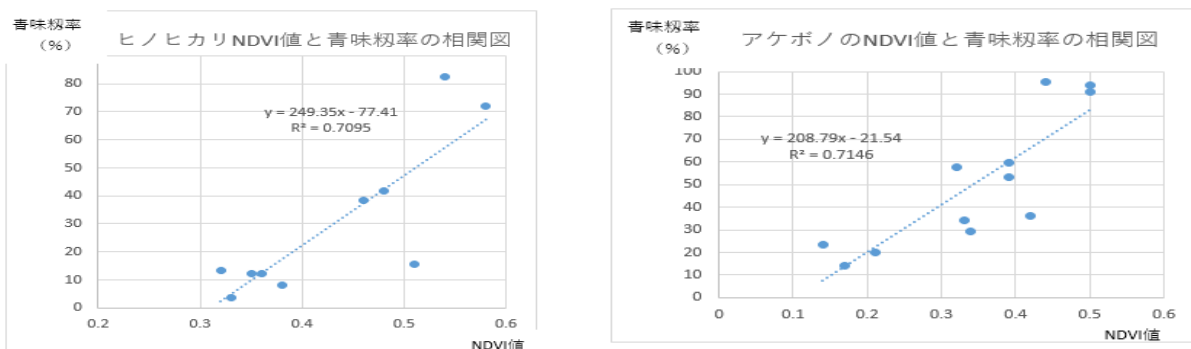


図6 各品種における NDVI 値と青味率の相関図



ヒノヒカリ (10/13)



アケボノ (10/20)

図7 実証ほの収穫期の様子

B 【小麦における実肥の可変施肥実証】

1. 実証場所：岡山市南区北七区
2. 実証方法

小麦（ふくほのか）において出穂前に測定したセンシングデータに基づき、生育に応じた実肥の施用により粗タンパク含量の向上と品質の均一化を図った。

(1) 供試機械名

- ① リモートセンシングドローン ②可変施肥対応無人ヘリコプター

(2) 実証条件

ア. 圃場条件（モデルほ場）

実証内容	作物	品種	区	面積 (a)	実証場所	地形	土性
実肥の可変施肥実証	小麦	ふくほのか	小麦1 (可変)	30	北七区257	平坦	埴壤土
			小麦1 (慣行)	15			
			小麦1 (無施用)	15			
			小麦2 (可変)	50	北七区97, 98		
			小麦2 (慣行)	30			
			小麦2 (無施用)	16			

イ. 栽培等の概要

播種日：2020年11月10日（播種量：10kg/10a（ドリル播））
 麦踏み：2/20
 除草剤：11/15（リベレーター80ml）
 赤カビ病防除：4/21（トップジンMゾル8倍液）ドローン防除
 収穫：6/5

ウ. 実証スケジュール

表1 作業計画

作物	品種	区	使用機械	面積 (a)	時期
小麦	ふくほのか	小麦1、2 各区共通	リモートセンシング用ドローン (出穂前)	30	4月9日
				15	
				15	
				50	
				30	
				16	
		小麦1 (可変) 小麦1 (慣行) 小麦1 (実肥なし)	無人ヘリコプター (可変追肥) 無人ヘリコプター (慣行) -	30	4月23日
				15	
				15	
				50	
				30	
				16	
小麦1、2 各区共通	リモートセンシング用ドローン (追肥後)	30	4月28日		
		15			
		15			
		50			
		30			
		16			

表2 施肥概要

区	基肥 (kg/10a) (11月15日)	追肥 (1月15日)	追肥 (kg/10a) (2月5日)	実肥 (kg/10a) (4月23日)	肥料成分 (kg/10a)		
					N	P	K
小麦1 (可変)	化成14-14-14 30kg	化成14-14-14 20kg	尿素 7kg	硫安 5.8kg	11.4	7	7
小麦1 (慣行)				硫安 4.7kg	11.2	7	7
小麦1 (実肥なし)				-	10.2	7	7
小麦2 (可変)	化成14-14-14 30kg	化成14-14-14 20kg	尿素 7kg	硫安 12.5kg	12.8	7	7
小麦2 (慣行)				硫安 9.5kg	12.2	7	7
小麦2 (実肥なし)				-	10.2	7	7

3. 実証結果

- 出穂期は平年より早まり、4月11日となった。さらに小麦1区は葉色が濃く、実肥の標準施用量を小麦1区で5kg/10a、小麦2区で10kg/10aに設定し、可変施肥を行った結果、設定通りの施用量となった（表2）。
- 収量について、小麦1区は可変区が最も低く、小麦2区は可変区が最も高い結果となり、追肥より地力窒素等の影響が反映されたものと思われる。また粗タンパク含量は、両区とも可変区が最も高くなり、その効果が認められた（表3）。

4. 主要成果の具体的データ

表3 粗タンパク含有量と標準偏差

区	精麦重 (kg/10a)	標準偏差	粗タンパク 含量 (%)	標準偏差
小麦1 (可変)	748.3	60.3	9.38	0.33
小麦1 (慣行)	760.0	65.6	9.30	0.47
小麦1 (実肥なし)	796.8	34.6	8.84	0.23
小麦2 (可変)	829.2	46.7	11.04	0.36
小麦2 (慣行)	819.8	51.6	10.10	0.31
小麦2 (実肥なし)	769.5	79.8	9.42	0.41

A【米麦の収穫適期判断】及びB【小麦における実肥の可変施肥実証】

5. 経営評価

- 実証に参加した農家Kで試算すると、水稲と二条大麦の二毛作で、全ほ場の収穫適期予想を行う場合、

条件：120ha、135筆、半径20kmに分散（45筆×3地区）、1回3地区を車輛移動で3hr
水稻1筆の青味靱率調査が5分、二条大麦1筆の穀粒水分調査が3分
ドローンNDVI値調査は5筆同時に調査でき、1地区9回飛行し0.7hr
水稻は3品種（中生、中晩生、晩生）で2回ずつ調査
二条大麦は2品種（成熟期がほぼ同じ）を同日調査で2回調査

上記条件で、各ほ場に立ち寄る調査は148時間、ドローン空撮では40時間27%に削減され、収穫期に時間的余裕が創出されることは大型米麦農家にとって大きなメリットである。

- ・小麦のデータに基づくラジヘリ可変施肥については、技術的に有効であるが、今回の様な業者委託作業の場合には、出張費が1,500円/10a、ラジヘリへのデータ入力と肥料代を含む追肥作業で2,500円/10aが必要であり、小麦価格が低迷するなかでは負担が大きく、より低コストな可変施肥の手法を検討する必要がある。

6. 利用機械評価

- ・ドローンによる収穫適期予想は、作業に慣れれば短時間で撮影でき、分析結果の返信も速やかに行われるため、収穫作業計画の作成には有効である。今後、蓄積された撮影データで、自動操舵（自動定期調査）が可能になったり、1回の飛行でより多くのデータが得られるサービスに発展できれば、農家の負担は大幅に軽減されると同時に、低コスト化も図られると考える。ただし、上記の農家Kが導入するとした場合には、ドローンセンシング委託費が年間108時間削減相当額の104,000円前後（時給@1,000円）の経費内で押さえられることが条件となる。
- ・センシングデータとラジヘリとの連携による適正追肥技術は有効であったので、さらに、他の施肥機や防除機器、栽培管理ソフト等との連携を確認したい。あわせて、現地で業者委託した部分を農家自らが作業でき、かつ低コストな機器の開発をお願いしたい。

7. 成果の普及

- ・岡山市ではJA岡山がリモートセンシング用ドローンの運用を令和3年度から試験的に開始しており、令和4年度も引き続きデータを蓄積して、技術の確度を向上させる。また、主要な大規模農家が加入する岡山地方大型米麦研究会や、関係機関で構成する岡山地域農業技術者連絡協議会での成果報告等を通じて、地域への当該技術の普及を加速する。

8. 考察

センシングデータによって収穫適期予想や適正施肥が低コストで確実にできれば、大型米麦農家や集落営農組織の経営改善だけでなく、高品質米麦産地への転換が可能となる。さらに園芸品目でのセンシング技術が確立されれば、農家所得の向上と地域活性化に寄与できるため、今後の開発に期待する。

9. 問題点と次年度の計画

- ・収穫適期予測については米麦ともに基準ほを設け、水稻は青味靱率の調査、麦はNDVI値の推移に注目して広範囲でのセンシングを行い、本年の結果とあわせて検証する。
- ・小麦のラジヘリ可変施肥技術は、新たな施肥手法が提案されるまでは、ほ場ごとのセンシングデータに基づく適正追肥の個別指導に活用する。

10. 参考写真



小麦の可変施肥実証（4/23）



水稻収穫適期のドローン撮影（10/20）