

委託試験成績（令和6年度）

担当機関名 部・室名	福島県農業総合センター 作物園芸部・稲作科
実施期間	令和6年度～7年度、新規
大課題名	IV 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	衛星データを用いた栽培管理支援システム「ザルビオフィールドマネージャー」による福島県が育成した水稻品種の生育ステージ予測及び生育診断技術確立
目的	<p>近年、稲作経営体の大規模化が急速に進展している中で、ほ場毎の生育に応じた栽培管理を行うことにより収量・品質の向上や施肥量の削減を実現するため、衛星データを用いた栽培管理支援システム「ザルビオフィールドマネージャー」が開発・運用されている。</p> <p>本県ではこれまで、県育成水稻品種についてドローンリモートセンシングによる生育指標値を明らかにしているが、広域で利活用可能な当該システムによる生育ステージ予測や生育指標値についての研究が求められている。</p> <p>そこで本研究では、当該システムによる県育成水稻品種の生育ステージ予測及び生育診断結果とほ場での実測調査結果を比較し、精度を検証した上で、当該システムの生育診断結果から、高品質・安定生産のための生育指標値を作成する。</p>
担当者名	齋藤正頼、鈴木寛人
<p>1. 試験場所 福島県農業総合センター内ほ場（福島県郡山市）</p> <p>2. 試験方法 (1) 供試機械名（システム名） ザルビオフィールドマネージャー</p> <p>(2) 試験条件 ア. 【試験1】ザルビオフィールドマネージャーによる生育ステージ予測 (ア) ほ場条件 水田ほ場（灰色低地土） (イ) 栽培等の概要 品種名（栽培面積）：天のつぶ（8.4a）、福笑い（35a） 耕起：トラクタによるロータリ耕、（天のつぶ）4/8、（福笑い）4/16、4/18 施肥：基肥：（共通）4/25、追肥：（天のつぶ）7/18、（福笑い）7/22 施肥量：（天のつぶ）基肥窒素 0.6kg/a、追肥窒素 0.2kg/a （福笑い）基肥窒素 0.4kg/a、追肥窒素 0.2kg/a （共通）P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は 0.8kg/a、K<sub>2</sub>O は 0.8kg/a 代掻き：（天のつぶ）荒代 4/26、植代 5/9 （福笑い）荒代 4/26、4/28、植代 5/9、5/10 播種日：4/23（乾粒 150g/箱） 移植日：5/20（機械移植、栽植密度 60 株/坪設定） 除草：エリジヤン乳剤（5/10 处理）、トップガン R フロアブル（5/29 处理） 病害虫防除：種子消毒：テクリード C フロアブル 播種時：ダコニール 1000、タチガレエース M 液剤、カスミン粒剤、ルーチンパンチ箱粒剤（4/23 处理） いもち病防除：コラトップ粒剤 5（天のつぶ 7/17 处理、福笑い 7/25 处理） カメムシ防除：キラップフロアブル（8/15 处理）</p>	

## イ. 【試験2】ザルビオフィールドマネージャーによる生育診断

(ア) ほ場条件 水田ほ場 (灰色低地土)

(イ) 栽培等の概要

品種名 (栽培面積) : 福笑い (35a)

施肥: 基肥: 4/25、追肥: 7/22

施肥量: 窒素施肥量は表1のとおり

$P_{205}$  は 0.8kg/a、 $K_{20}$  は 0.8kg/a

※その他の栽培概要は試験アと同じ。

表1 試験区と窒素施肥条件

試験区名	窒素施肥量 (kg/a)	
	基肥	追肥
0-0	0	0
4-0	0.4	0
8-0	0.8	0
0-2	0	0.2
4-2	0.4	0.2
8-2	0.8	0.2

※反復なし

### (3) 試験区の構成

## ア. 【試験1】ザルビオフィールドマネージャーによる生育ステージ予測

(ア) 「天のつぶ」栽培ほ場 (面積 8.4a)

生育ステージは、対応する水稻の BBCH の形で記録した (表2 参照)。

7日ごとに代表株 10 株 (5 株×2 箇所) についてほ場調査を行い、BBCH を記録した。また、ザルビオ出力データから BBCH を取得した。

(イ) 「福笑い」栽培ほ場 (面積 6a)

(ア) の「天のつぶ」と同様。

## イ. 【試験2】ザルビオフィールドマネージャーによる生育診断

試験区ごとの窒素施肥条件は表1のとおり。

生育期 (草丈、茎数、葉色)、成熟期 (稈長、穂長、穂数) のほ場調査、収穫後の収量、収量構成要素、玄米品質の調査を実施した。また、ザルビオ出力データから NDVI を取得した。

表2 水稻の生育ステージと対応する BBCH

Rice BBCH	生育ステージ	Rice BBCH	生育ステージ
0	乾燥種子	41	穂ばらみ前期
1	浸種	43	穂ばらみ中期
3	催芽はと胸状態	45	穂ばらみ後期
5	穎果から幼根の出現	47	止め葉の葉しおの開裂
6	幼根の伸長／根毛、側根の出現	49	出穂直前: 芒の出始め
7	しう葉の出現	51	出穂始: 圃場内の10%出穂
9	出芽始～出芽揃	52	出穂始: 圃場内の20%出穂
10	1葉の出葉	53	圃場内の30%出穂
11	1葉期	54	圃場内の40%出穂
12	2葉期	55	出穂期: 圃場内の50%出穂
13	3葉期	56	圃場内の60%出穂
14	4葉期	57	圃場内の70%出穂
21	分けづ開始期	58	圃場内の80%出穂
22	分けづ期(主茎と分けづ2本)	59	穂揃期: 圃場内の90%出穂
23	分けづ期(主茎と分けづ3本)	71	穎果に水が満ちる
24	分けづ期(主茎と分けづ4本)	73	乳熟期の前半
25	分けづ期(主茎と分けづ5本)	75	乳熟期
26	分けづ期(主茎と分けづ6本)	77	乳熟期の後半
27	分けづ期(主茎と分けづ7本)	83	糊熟期の前半
28	分けづ期(主茎と分けづ8本)	85	糊熟期
29	最高分けづ期	87	糊熟期の後半
30	幼穂形成始期: 幼穂長 1mm	89	成熟期(完熟期)
32	幼穂形成期: 幼穂長 1-2mm	92	過熟
34	幼穂形成期: 幼穂長 2mm 以上	97	完全落葉
37	止葉の出始め	99	収穫物
39	止葉展開期(減数分裂期)		

## 3. 試験結果

### (1) 【試験1】ザルビオフィールドマネージャーによる生育ステージ予測

- 2品種 (福笑い、天のつぶ) について、生育ステージ (BBCH で表現) のザルビオによる予測値とほ場調査による実測値を比較した結果、生育ステージの評価に差が生じる期間が明らかとなった。差が生じる期間は、品種によらずほぼ共通しており、具体的には BBCH14～21 (分けづ開始期へのステップ)、BBCH43～51 (穂ばらみ期から出穂始期)、BBCH51～89 (出穂期から成熟期) である (図1、図3)。

- 前述のように、ザルビオによる福島県オリジナル品種の生育ステージ評価に、現状では誤

差が含まれるが、ザルビオから出力される BBCH から実測 BBCH を割り出すための曲線を基に（図 2、図 4）、生育ステージを把握することが可能である。ただし、ザルビオの BBCH50 ～60 では、急激に実測 BBCH が大きくなるため、生育ステージを細かく捉えることが難しい。また、天候等の影響で衛星画像が取得できない場合に、ザルビオは暫定的な BBCH を表示するため、このことはザルビオの生育ステージ予測を遅らせる一つの原因である。

- ・栽培管理上重要な生育ステージ（表 3 参照、幼穂形成期等）は、予測値と実測値で最大 1 週間程度差が生じた。

## （2）【試験 2】ザルビオフィールドマネージャーによる生育診断

- ・7/22（幼穂形成期頃）の生育量（草丈×茎数×葉色の値）とザルビオ出力 NDVI の間に、強い相関があることを確認した（表 4、図 5）。
- ・「幼穂形成期頃のザルビオ出力 NDVI と粒数」、「粒数と収量」の間に相関があることを確認した（図 6、図 7）。このことから、目標収量を得るために必要な NDVI を推定することが可能であり、NDVI はザルビオから取得可能であることが明らかになった。
- ・ザルビオ出力 NDVI と玄米タンパク質含有率の間に相関があることがわかり、「福笑い」の品質基準である「玄米タンパク質含有率 6.4%以下」を満たす条件での施肥設計に NDVI を活用できることが確認できた。ただし、この件では本来、出穂期の NDVI を使う方が良いが、今年度はザルビオから取得できなかつたため、幼穂形成期頃の NDVI を使用した（図 8）。

## 4. 主要成果の具体的データ

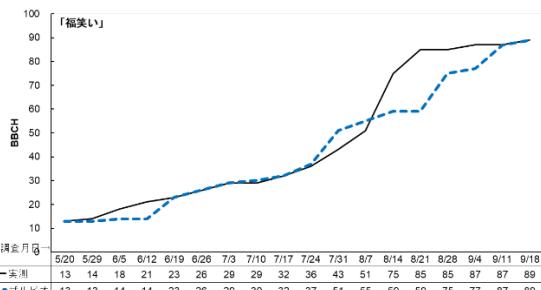


図 1 「福笑い」の生育ステージ予測（実測値との比較）

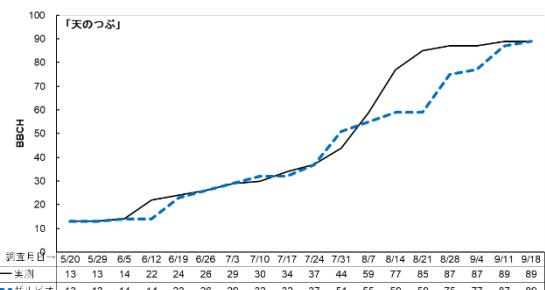


図 3 「天のつぶ」の生育ステージ予測（実測値との比較）

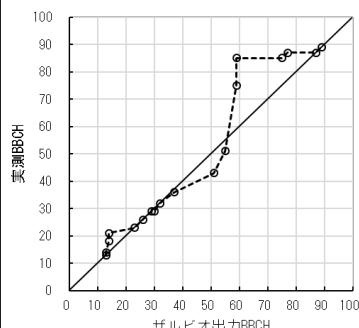


図 2 ザルビオ出力 BBCH から  
実測値への変換（福笑い）

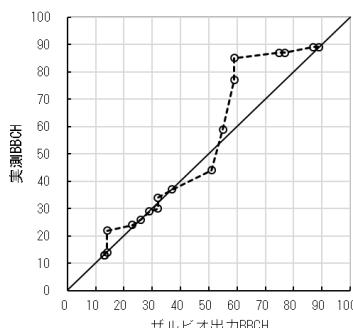


図 4 ザルビオ出力 BBCH から  
実測値への変換（天のつぶ）

表 3 主要な生育ステージの予測値と  
実測値の差異【試験 1】

品種	データ基	主要な生育ステージ		
		幼穂形成始期	出穂期	成熟期
福笑い	実測	7/18	8/9	9/14
	ザルビオ	7/5～10	8/7～10	9/13
天のつぶ	実測	7/13	8/4	9/9
	ザルビオ	7/5～9	8/7～10	9/13

表 4 7/22（幼穂形成期頃）の生育量【試験 2】

区名	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	葉色 (SPAD502)	生育量 (×10 <sup>6</sup> )	ザルビオ NDVI
0-0	74.6	446	30.1	1.00	0.75
4-0	84.2	512	33.6	1.45	0.82
8-0	88.8	430	35.5	1.36	0.83
0-2	66.1	241	31.9	0.51	0.69
4-2	75.6	448	31.8	1.07	0.78
8-2	83.4	393	34.9	1.14	0.81

注) 生育量は、草丈 (cm) × 茎数 (本/m<sup>2</sup>) × 葉色 (SPAD502) の値

表 5 収量構成要素【試験 2】

区名	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂粒数 (粒/穂)	m <sup>2</sup> 穂数 (×1000 穂)	登熟歩	千粒重 (g)	収量 (kg/a)	玄米タンパク 含有率 (%)	整粒粒比 (%)
0-0	330	66.3	219	90.2	24.0	47.4	6.1	63.6
4-0	394	68.6	269	89.7	23.6	56.9	6.2	65.3
8-0	407	75.5	308	91.6	23.5	66.3	6.4	66.0
0-2	224	89.3	197	91.6	24.8	44.8	6.3	76.5
4-2	329	83.8	276	93.5	25.5	65.8	6.6	77.6
8-2	372	83.1	309	91.6	24.8	70.2	6.7	74.1

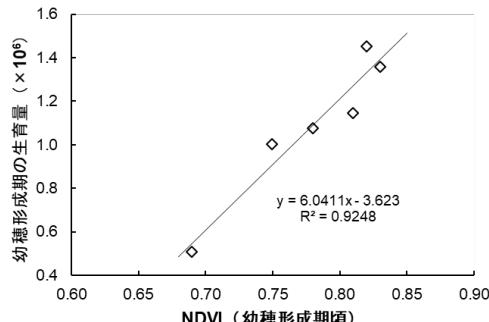


図 5 7/22(幼穂形成期頃)のNDVI(ザルビオから取得)と生育量の関係【試験2】

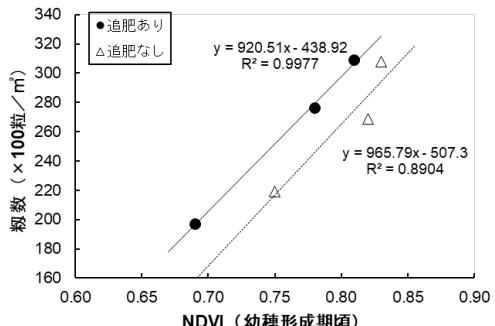


図 6 7/22(幼穂形成期頃)のNDVI(ザルビオから取得)と粒数の関係【試験2】

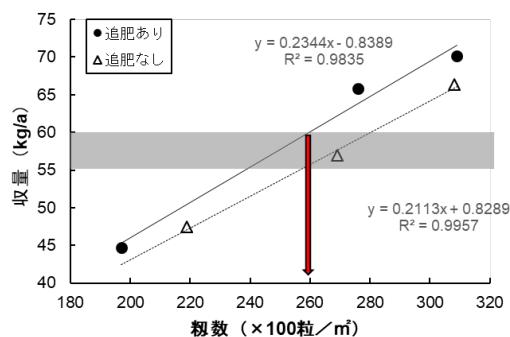


図 7 粒数と収量の関係【試験2】

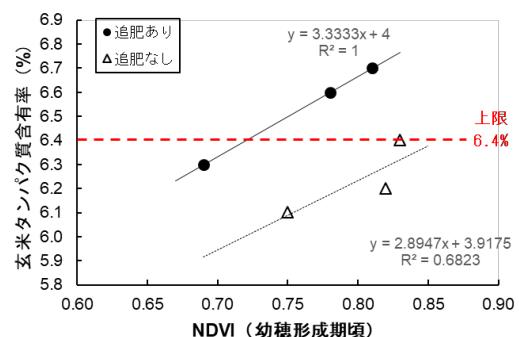


図 8 7/22(幼穂形成期頃)のNDVI(ザルビオから取得)と玄米タンパク質含有率の関係【試験2】

## 5. 経営評価

未実施

## 6. 利用機械評価

ザルビオフィールドマネージャーから取得できる生育ステージ(BBCH)進捗状況やNDVIを活用することで、生育ステージの推定や生育診断が可能であった。今後さらに、生育ステージの判断や生育診断の精度を向上させるために、福島県オリジナル品種のデータを蓄積する。

## 7. 成果の普及

1月10日に県の農業関連機関が出席する成績検討会を開催し、試験結果及び成果等について普及指導員への情報共有を図った。

## 8. 考察

- (1)生育ステージ予測については、ザルビオによる予測値と場調査による実測値との間に差が生じる時期があるため、今後、福島県オリジナル品種の栽培データがさらに蓄積されていくと、AIによる解析の精度が向上し、予測値と実測値の差が小さくなると考えられる。
- (2)生育診断については、ザルビオから取得したNDVIと生育・収量パラメータとの相関を調べた結果、NDVIを基に、その時点での生育状況や追肥の判断が可能と考えられた。次年度もデータ取得を継続し、回帰直線の精度を向上させる必要がある。

## 9. 問題点と次年度の計画

- (1)ザルビオのシステムが、天候等の影響で衛星画像データを取得できない場合に、ザルビオから必要なデータを得られないケースが考えるがその場合の対応策を考える必要がある。
- (2)次年度も同様の栽培条件でデータの蓄積を進める。

## 10. 参考写真