

委託試験成績（平成30年度）

担当機関名 部・室名	愛知県農業総合試験場 作物研究部・作物研究室																											
実施期間	平成29年度～平成30年度、継続																											
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開発																											
課題名	リモートセンシングと可変施肥機を活用した良食味米生産技術の開発およびリモートセンシングによる大豆安定栽培技術の開発																											
目的	本県育成の水稲品種「なつきらり（愛知123号）」において穀物検定協会の特A評価を得る栽培技術の開発を進めている。大豆では倒伏による減収が問題となっており、安定栽培技術の開発が求められている。平成29年度は、ドローンのセンシングを活用した良食味米生産のための施肥体系の検討、可変施肥による作業性や施肥精度の検討、NDVI値と収穫適期の関係の調査を行った。平成30年度は、NDVI値に基づいて可変施肥機による追肥を実施し収量や品質の検証を行うと共に、NDVI値と生育の関係について継続して調査する。大豆では、開花前から開花始期のNDVI値による倒伏リスク評価を検討する。																											
担当者名	作物研究部作物研究室 主任 浅野智也																											
<p>1. 試験場所 愛知県農業総合試験場作物研究部ほ場 B4、B9、B14(各10a)</p> <p>2. 試験方法 (1) 供試機械名 ドローン、NDVIセンサー、無人ヘリ、可変施肥機 (2) 試験条件 ア 供試品種 水稲「なつきらり」、大豆「フクユタカ」 イ 栽培等の概要 ① 水稲試験 (B4、B14) 移植日 4月26日 栽植密度 19.1株/m<sup>2</sup> (坪63株) 穂肥施用日 (可変施肥) 7月9日 (出穂11日前) 出穂期 7月20日 成熟期 8月22日 (黄化率約80%となった日) NDVI測定日 6月30日 (幼穂形成期) ② 大豆試験 (B9) 播種日 6月14日 播種量 3.7kg/10a 条間 75cm 開花期 8月8日 成熟期 11月10日 NDVI測定日 7月30日 (開花前)、8月6日 (開花始期)</p> <p>(3) 試験区の構成 ①水稲のNDVI値に基づく可変施肥機による可変施肥体系の収量・品質の検証 基肥6、4、2kgN/10a区を設置し、各区内に可変施肥機の進行方向左右の区を設置。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">                 可変施肥 進行方向                  ← →             </td> <td style="text-align: center;">左</td> <td style="text-align: center;">①</td> <td style="text-align: center;">③</td> <td style="text-align: center;">⑤</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">5m</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">右</td> <td style="text-align: center;">②</td> <td style="text-align: center;">④</td> <td style="text-align: center;">⑥</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">                 ← →             </td> <td style="text-align: center;">左</td> <td style="text-align: center;">⑪</td> <td style="text-align: center;">⑨</td> <td style="text-align: center;">⑦</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">5m</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">右</td> <td style="text-align: center;">⑫</td> <td style="text-align: center;">⑩</td> <td style="text-align: center;">⑧</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">基肥6kgN/10a</td> <td style="text-align: center;">基肥4kgN/10a</td> <td style="text-align: center;">基肥2kgN/10a</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>		可変施肥 進行方向 ← →	左	①	③	⑤	5m	右	②	④	⑥	← →	左	⑪	⑨	⑦	5m	右	⑫	⑩	⑧			基肥6kgN/10a	基肥4kgN/10a	基肥2kgN/10a		
可変施肥 進行方向 ← →	左		①	③	⑤	5m																						
	右	②	④	⑥																								
← →	左	⑪	⑨	⑦	5m																							
	右	⑫	⑩	⑧																								
		基肥6kgN/10a	基肥4kgN/10a	基肥2kgN/10a																								

② 水稻の幼穂形成期の NDVI 値と生育の関係

基肥窒素量	穂肥窒素量
kgN/10a	kgN/10a
2	0
4	2
6	4

③ 大豆の開花前から開花始期の NDVI 値と倒伏の関係

地力	可給態窒素	堆肥施用回数
	mg/100g	回
高	7.8	7
中	6.2	3
低	4.0	0

3. 試験結果と考察

(1) 水稻の NDVI 値に基づく可変施肥機による可変施肥体系の収量・品質の検証

- ・センシングの結果、ほ場全体が穂肥量基準の穂肥 N2 の範囲 (NDVI0.35~0.59) になったため、昨年見られた NDVI0.064 の測定最大誤差を考慮し、N1 ずつ段階的に穂肥を施用するよう基準を変更した (表 1、2)。
- ・平均的可変施肥量は N6 区が 1.3kg、N4 区が 1.5kg、N2 区が 3.0kg であり、N2 区で特に増肥された (表 3)。
- ・N2 区は、N6 及び N4 区に比べて穂揃い期葉色が濃く、穂長が長く、千粒重が大きくなっており、設定どおり N2 区が増肥されていると考えられた (表 4、5)。
- ・可変施肥により、N2 区の精玄米重は N4 区と同等の水準まで向上した。一方、基肥量に大きな差がある N6 区まで向上させることはできなかった (表 5)。
- ・蛋白質含量は、全ての区で基準値内 (7.5%以下) であり、ばらつきが抑えられていた (表 5)。
- ・可変施肥により、すべての区の蛋白質含量を基準値内に収めつつ、N2 区の精玄米重を N4 区水準まで上げることができ、平均収量も目標値以上 (500kg/10a 以上) となった。以上の結果から、NDVI に基づく穂肥量の基準は妥当であると考えられた。
- ・可変施肥機の進行方向左側の方が葉色が濃く、精玄米重及び蛋白質含量も高くなっていた (図 1、表 6)。蛋白質含量の差は 0.2%と小さいものの、散布ムラの改善について将来的に検討が必要と考えられた。

(2) 水稻の幼穂形成期の NDVI 値と生育の関係

- ・NDVI と草丈×莖数×葉色は、B4 では相関が高く、B14 は相関がやや低かった (図 2、3)。なお、反復 (5m×10m の 2 反復) の平均値だと、B4 及び B14 共に相関が高くなった (図 4、5)。
- ・NDVI と草丈は、B4 及び B14 共に相関が高かった (図 6、7)。
- ・NDVI と莖数は、B4 では相関が高く、B14 は相関が低かった (図 8、9)。B14 ほ場は生育が不揃いであり、ドローン撮影範囲の 30 株 (10 株×3 条) と生育調査した 10 株 (10 株×1 条) の莖数が異なっていた可能性があり、相関を低くした一因と考えられた (図 8、9)。
- ・B4 及び B14 ほ場共に、NDVI と葉色 (SPAD) に相関が見られなかった (図 10、11)。なお、NDVI と葉色は前年度試験においても相関が低かった。
- ・植被率はいずれの項目とも相関が見られなかった (データ省略)。

(3) 大豆の開花前から開花始期の NDVI 値と倒伏の関係

- ・地力が高いほど、主莖長及び草高が高く、倒伏程度も大きくなった (表 7)。
- ・開花前の NDVI と主莖長及び草高に高い相関が見られた (図 12、13)。一方、NDVI と SPAD は相関が低かった (図 14)。NDVI が高いほど倒伏程度が高くなる傾向が見られ、NDVI0.6 程度から倒伏被害が大きくなる可能性があり、摘心等の倒伏軽減技術の実施が必要と考えられた。
- ・開花始期も同様に、NDVI と主莖長及び草高に高い相関が見られ、NDVI と SPAD は相関が低かった (図 15、16、17)。

#### 4. 主要成果の具体的データ

(1) 水稻のNDVI値に基づく可変施肥機による可変施肥体系の収量・品質の検証

表1 当初の穂肥量基準

NDVI	穂肥
0.6~	N0
0.35~0.59	N2
~0.34	N4

表2 変更後の穂肥量基準

NDVI	穂肥
0.6~	N0
0.53~0.59	N1
0.47~0.52	N2
0.35~0.46	N3
~0.34	N4

表3 試験区番号ごとのNDVI及び可変施肥量

区名	試験区番号	NDVI	可変施肥量
N6	①	0.60	1.0
	②	0.55	1.0
	⑪	0.55	1.0
	⑫	0.47	2.0
	平均	0.54	1.3
N4	③	0.55	1.0
	④	0.52	1.0
	⑨	0.49	2.0
	⑩	0.51	2.0
	平均	0.52	1.5
N2	⑤	0.40	3.0
	⑥	0.43	3.0
	⑦	0.38	3.0
	⑧	0.46	3.0
	平均	0.42	3.0

表4 生育調査結果

ほ場	区名	幼穂形成期			穂揃期	成熟期		
		草丈	茎数	葉色	葉色	稈長	穂長	穂数
		cm	本/m <sup>2</sup>	SPAD	SPAD	cm	cm	本/m <sup>2</sup>
B4	N6	65	561	32.7	33.5	85.1	20.6	441
	N4	63	527	33.0	33.9	83.5	21.5	414
	N2	58	451	32.8	36.1	80.7	22.5	380
	平均	62	513	32.8	34.5	83	21.5	412

表5 収量・品質調査結果

ほ場	区名	収量・品質			
		精玄米重	千粒重	蛋白質含量	全窒素吸収量
		kg/10a	g	dry%	kg/10a
B4	N6	624	22.1	6.6	9.6
	N4	575	22.2	6.6	8.9
	N2	569	22.9	7.0	9.0
	平均	589	22.4	6.7	9.2

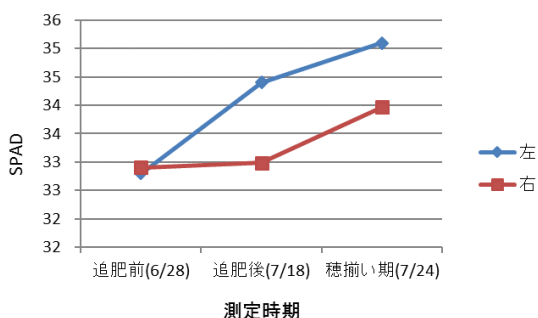


図1 進行方向左右の散布量の違いによる葉色 (SPAD) の推移

表6 進行方向左右の散布量の違いによる収量及び品質の差

区名	精玄米重	蛋白質含量	全窒素吸収量
	kg/10a	dry%	kg/10a
左	599	6.8	9.4
右	580	6.6	8.9

(2) 水稻の幼穂形成期の NDVI 値と生育の関係

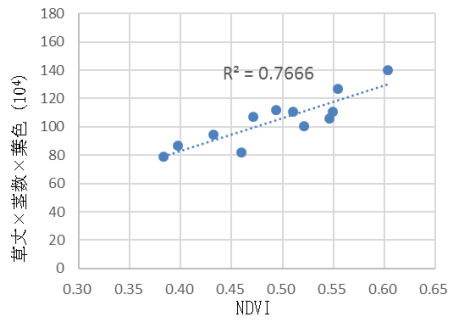


図2 NDVI と草丈×茎数×葉色 (B4)

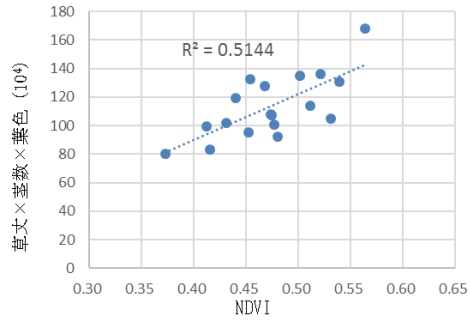


図3 NDVI と草丈×茎数×葉色 (B14)

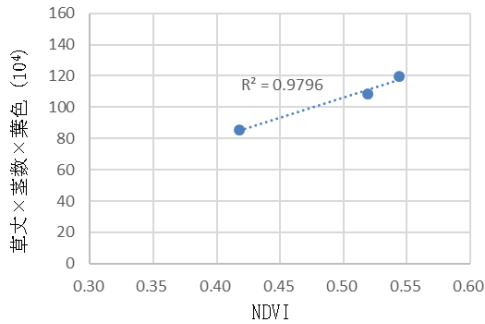


図4 NDVI と草丈×茎数×葉色 (B4 反復平均)

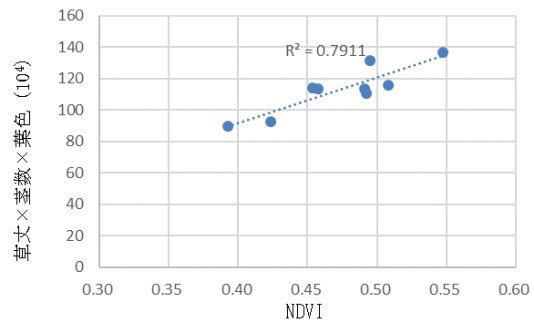


図5 NDVI と草丈×茎数×葉色 (B14 反復平均)

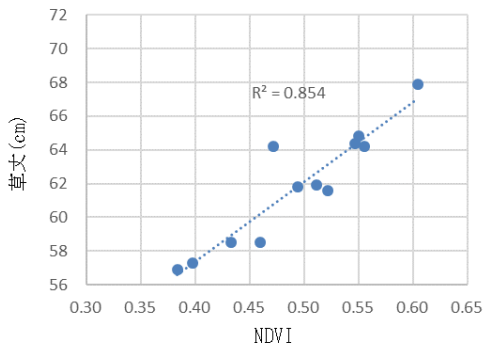


図6 NDVI と草丈 (B4)

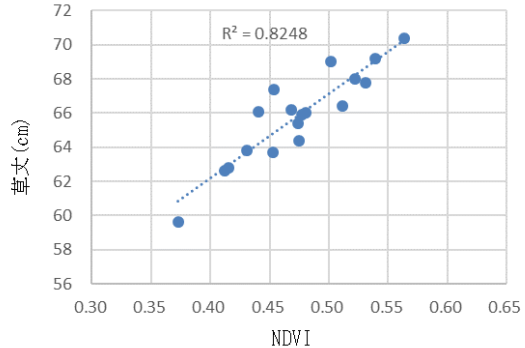


図7 NDVI と草丈 (B14)

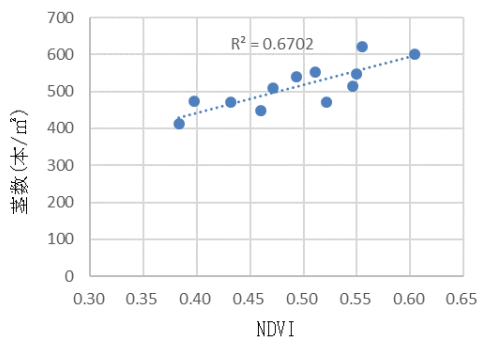


図8 NDVI と茎数 (B4)

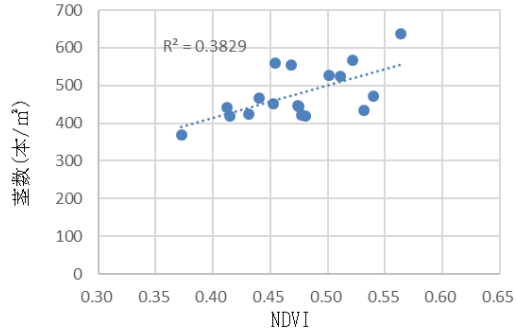


図9 NDVI と茎数 (B14)

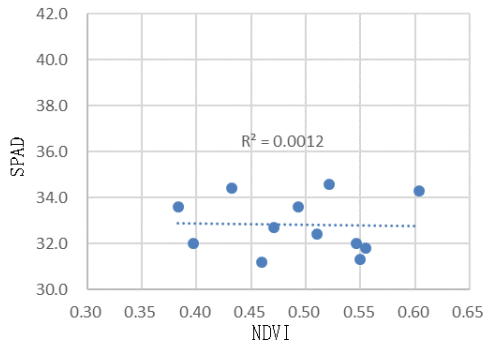


図 10 NDVI と葉色 (SPAD) (B4)

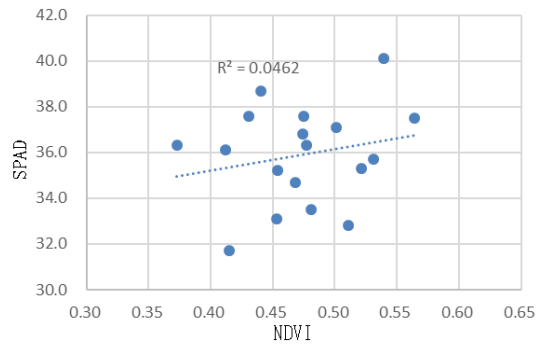


図 11 NDVI と葉色 (SPAD) (B14)

(3) 大豆の開花前から開花始期の NDVI 値と倒伏の関係

表 7 地力ごとの生育

地力	開花前		開花始期		成熟期 倒伏程度
	主茎長	草高	主茎長	草高	
高	38	61	45	68	4.2
中	35	57	42	66	3.4
低	29	46	34	55	2.5

※ 2 反復の平均値。

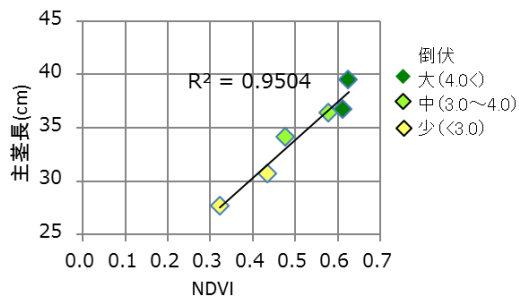


図 12 NDVI と主茎長 (開花前)

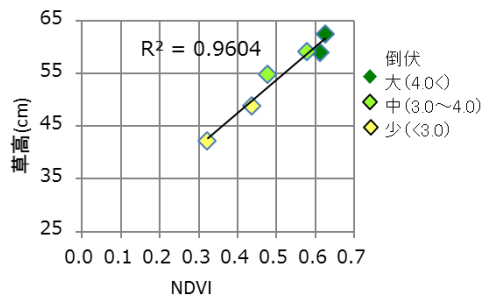


図 13 NDVI と草高 (開花前)

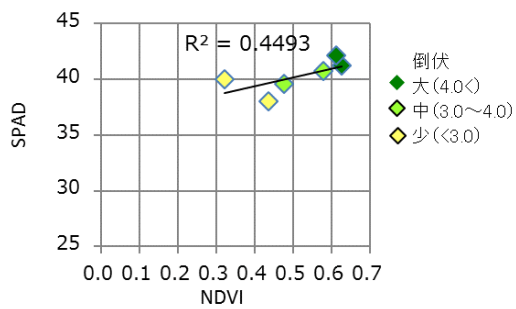


図 14 NDVI と葉色 (SPAD) (開花前)

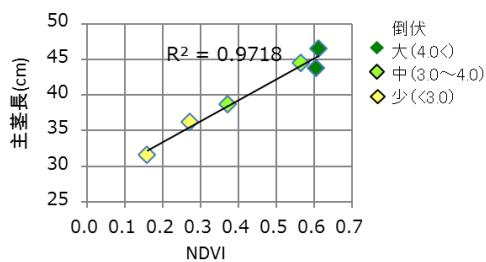


図 15 NDVI と主茎長 (開花始期)

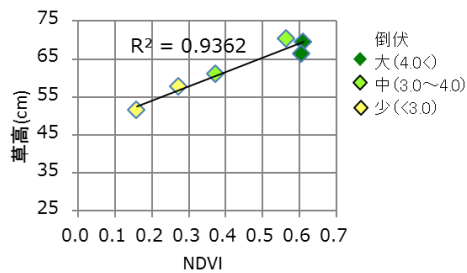


図 16 NDVI と草高 (開花始期)

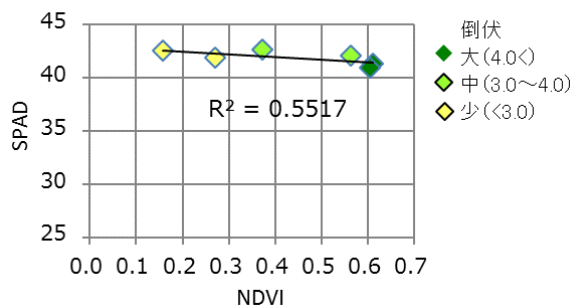


図 17 NDVI と葉色 (SPAD) (開花始期)

## 5. 経営評価

現在の作業受託料金は 4000 円/10a (センシング 1500 円/10a、可変施肥 2500 円/10a) であるため、水稻では 16kg/10a 以上 (250 円/kg を想定) の収量向上が必要である。今年度の試験では、可変施肥により N2 区を N4 区水準まで収量を向上させることができたため、全体の収量を 16kg/10a 程度向上できる可能性は十分考えられる。

大豆のセンシングは、倒伏抑制技術である摘心の判断基準としての活用が考えられる。摘心処理等による倒伏軽減技術で 10kg/10a (150 円/kg を想定) の収量向上が必要である。

## 6. 利用機械評価

無人ヘリによる可変施肥機は、約 3 分/10a の短時間で追肥可能で、ほ場内を踏み荒らすことも無いため、効率的な管理作業としての有望だと考えられた。可変施肥機の進行方向左右の散布ムラの影響は小さいが、将来的に改善に向けた検討が必要である。

## 7. 試験結果の要約

- (1) 水稻の可変施肥機による穂肥散布により、生育量不足区画の収量水準を向上させることができ、ほ場全体の蛋白質含量を安定させることができた。
- (2) 水稻幼穂形成期の NDVI と生育の相関について、一方のほ場では相関が高く、もう一方では低くなった。相関が低い要因は、ほ場内の生育不揃いが要因だと考えられた。
- (3) 大豆の NDVI と主茎長及び草高に高い相関が見られ、開花始期の NDVI が 0.6 以上で倒伏が大きくなる可能性が考えられた。

## 8. 問題点と次年度の計画

水稻幼穂形成期の NDVI と生育の関係について、年次変動やほ場条件による違いについて更なる検討が必要。