

委託試験成績（令和元年度）

担当機関名等	宮城県古川農業試験場作物栽培部
実施期間	令和元年度～令和2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	稲作バリューチェーンにおける ICT を活用した農業による省力化・収量改善の実証
目的	宮城県では、東日本大震災以降、100ha規模の大型農業法人や50ha以上の農業経営体が増加しており、農作業の省力・軽労化、後継者の育成、簡易な圃場管理等が課題である。特に、担い手の高齢化に伴い、農業技術の伝承が困難であるため、ICT技術を用いることで、農作業が容易となる可能性が高いことから省力化と収量改善について検証する。
担当者名	宮城県古川農業試験場作物栽培部 菅野博英・真壁由衣
<p>1. 試験場所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>宮城県古川農業試験場（宮城県大崎市古川大崎字富国 88）</li> <li>試験圃場 G 3 ab（50 a × 2 圃場）、水稻連作田、灰色低地土</li> </ul> <p>2. 試験方法</p> <p>(1) トラクターのオート機能作業と慣行作業</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>オート機能作業と慣行作業について、それぞれ 50 a ずつ作業を実施し、作業時間、疲労度等を調査した。</li> <li>ア. 耕耘作業：4月18日（晴） <ul style="list-style-type: none"> <li>オートトラクター：ヤンマー製 Y T 5 1 1 3 A、ロータリー：ニプロ製 TBM2400</li> <li>作業オペレーター：古川農業試験場農場業務員 A</li> </ul> </li> <li>イ. 代掻き作業：5月16日（曇りのち晴） <ul style="list-style-type: none"> <li>オートトラクター：ヤンマー製 Y T 4 9 0、ハロー：ニプロ製 WINGHARROW-WMZ4500N</li> <li>作業オペレーター：古川農業試験場農場業務員 B</li> </ul> </li> </ul> <p>(2) 田植機の直進機能作業と慣行作業</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>直進機能作業と慣行作業について、作業時間、疲労度、植付状況等を調査した。</li> <li>ア. 直進機能作業については、田植作業を落水状態と湛水状態の異なる条件下で実施した。 <ul style="list-style-type: none"> <li>50 a ほ場を 2 分割し、25 a を落水状態で田植え作業終了後に入水し、ほ場全体を約 3 cm 湛水状態とし、残り 25 a の田植え作業を農道ターンで実施。</li> </ul> </li> <li>イ. 慣行作業：50 a を落水状態にて農道ターンで実施。</li> <li>ウ. 耕種概要 <ul style="list-style-type: none"> <li>田植え作業：5月22日（晴）、60 株/坪、植付本数 3～4 本設定</li> <li>ヤンマー製：オート田植機 Y R 8 D + 粒状施肥機 F T 8 D + 箱施用剤散布機 T S 8 D + 側条施肥機 C P 8、密苗使用の植え付け爪と密苗の設定で実施</li> <li>作業オペレーター：古川農業試験場農場業務員 C</li> <li>品種：「ひとめぼれ」</li> <li>基肥：塩化リン安 284 号 (N12-P18-K14)、N5kg/10a、側条施肥</li> <li>苗：4月16日播種、慣行苗（乾燥籾 160 g/箱）、密苗（乾燥籾 250 g/箱、300 g/箱）</li> <li>除草剤：5月27日（移植 5 日後）ウイナー ジャンボ 500 g/10a</li> <li>病虫害防除：種子消毒剤「テクリード C フロアブル、播種時「ダコレート水和剤」、田植時「Dr. オリゼフェルテラ粒剤」、害虫：「Mr. ジョーカー EW」（7月1日）、「ダントツフロアブル」（8月19日）、「キラップフロアブル」（9月4日）</li> </ul> </li> </ul> <p>(3) 収量改善</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ア. NDVI と被植率を実測の生育調査値（草丈、茎数、葉色等）と比較検討 <ul style="list-style-type: none"> <li>生育診断ドローン空撮：幼穂形成期 7月9日（曇り）、穂揃期 8月17日（曇り）</li> <li>ドローン：DJI 製 M600pro、カメラ：コニカミノルタ製 マルチスペクトルカメラ</li> <li>作業オペレーター：ファームアイ株式会社</li> </ul> </li> </ul>	

- イ. 可変施肥：減数分裂期 7 月 17 日（曇り）
  - ・無人ヘリ：ヤンマー製 Y F 3 9 0 A X
  - ・基肥を窒素成分 0 kg/10a と 5 kg/10a 設置し、追肥を尿素磷加安 35 号（N15-P5-K15）にて、7 月 9 日撮影データを基に可変施肥で 0～3 kg/10a で行った。
  - ・作業オペレーター：ヤンマーヘリ & アグリ株式会社
- ウ. 全刈収量と坪刈収量と比較検討
  - ・試験区ごとに全刈収穫（10 月 16 日；晴）と、坪刈収穫（9 月 24 日；晴）を実施
  - ・収量コンバイン：ヤンマー製 Y H 6 1 1 5
  - ・作業オペレーター：ヤンマーアグリジャパン株式会社東日本カンパニー

### 3. 試験結果

#### (1) トラクターのオート機能作業と慣行作業

##### ア. 耕耘作業

- ・オート機能作業中（以下「オート」）、オペレーターは慣行作業（以下「慣行」）と比較し、楽に作業を実施することができ、耕耘深もほぼ一定に保たれた。しかし、オートトラクターの機能設定上、慣行の外周部分の工程が多くなるため、作業時間は慣行よりもやや長くなり、作業能率は慣行がやや上回った。オペレーターは、オート中、ほとんど作業等をするのがなく、疲労が少ないとの意見であったが、疲労度調査の結果はオート解除後の慣行操作に切り替え、全工程を終了後に計測を行ったため差は認められなかった（表 1）。

##### イ. 代掻き作業

- ・作業行程は、耕耘作業と同様であったが、耕耘作業とは異なり湛水状態での作業であったことから、オートはナビによる操舵が安定しており、オペレーターは精神的にも作業が容易であった。代掻きハローの作業幅等から、作業行程数がオートの方が多くなったが、作業能率は慣行と同等となり、疲労度についてはオートが慣行より軽減された（表 2）。

#### (2) 田植機の直進機能作業と慣行作業

##### ア. 落水状態における検討

- ・稚苗を用いた検討では、作業能率は直進機能作業（以下「直進」）が慣行作業（以下「慣行」）をやや下回ったが、疲労度は同等であった。使用苗箱数は直進 12.1（箱/10a）が、慣行 11.0（箱/10a）よりやや多くなり、移植翌日に行った欠株調査では直進 6.7%が、慣行 5.5%よりやや多くなった（表 3）。収量は、欠株等の影響から直進の一穂粒数、穂数が少なく慣行を下回ったが、品質は良好で、玄米タンパク質含有率は低かった（表 4）。
- ・300g/箱播種の密苗を用いた検討では、作業能率は直進が慣行より上回ったが、疲労度はほぼ同程度であった。使用苗箱数は直進 8.1（箱/10a）が、慣行 6.0（箱/10a）より多くなり、移植翌日に行った欠株調査では直進 10.3%が、慣行 6.3%より多くなった（表 3）。収量は、欠株の影響から直進の穂数が少なく慣行をやや下回ったが、品質、玄米タンパク質含有率は同等であった（表 4）。

##### イ. 湛水状態における検討

- ・直進による湛水状態（以下「湛水」）での稚苗を用いた検討では、作業能率は湛水と落水状態（以下「落水」）は同等で、疲労度は精神的な負荷がかかり湛水がやや上回った。使用苗箱数は湛水 13.0（箱/10a）が、落水 11.0（箱/10a）より多くなったが、植付本数、植付深、欠株は同等であった（表 3）。収量は、湛水の登熟歩合が低く慣行をやや下回ったが、品質はやや上回り、玄米タンパク質含有率は同等であった（表 4）。
- ・300g/箱播種の密苗を用いた検討では、作業能率は湛水が落水を上回ったが、疲労度はほぼ同程度であった。使用苗箱数は湛水 6.0（箱/10a）が落水 6.0（箱/10a）と同等、植付本数は湛水が落水よりやや多く、植付深は同等であったが欠株は湛水が少なかった（表 3）。収量は、湛水、落水ともほぼ同等となったが、品質と玄米タンパク質含有率は落水が良好であった（表 4）。

### (3) 収量改善

#### ア. 生育診断

- 7月9日、幼穂形成期におけるNDVIは、基肥0kg/10aで低く、葉色（GM値）と高い相関が認められた（図1、図3）。植被率は、茎数および生育量（草丈・茎数・葉色）と高い相関が認められ、茎数よりも生育量の方が相関は高かった（図2、図4、図5）。

#### イ. 可変施肥

- 7月9日のNDVIと植被率等から7月17日に窒素成分0～3kg/10aの範囲で可変施肥を行った（図6）。地域慣行肥料を施用予定であったが、ヤンマーヘリ&アグリ（株）が事前に調査した肥料試験（破断荷重）が基準を下回ったため、本肥料に変更した結果、散布後の肥料タンク、散布装置、周辺等に肥料の破損等は全く認められず、散布作業が円滑に行われた。
- 8月17日、穂揃期におけるNDVI、被植度、葉色はほぼ均一となった（図7、図8）（データ略）。
- NDVIを基にした可変追肥により、収量が概ね改善された（図9）。

#### ウ. 全刈収穫

- 収量コンバインによる全刈収量は、坪刈収量と比較し、やや少なめに推移したが相関は認められた（図10）。

## 4. 主要成果の具体的データ

表1 耕起作業における作業能率と疲労度

作業	面積	作業行程		作業能率		疲労度	
		オート	慣行	min/10a	ha/h	輝度	Hz
		内周のみ	内周+外周				
オート機能	50a	10	5	14.40	0.42	99	98
慣行	50a	-	15	12.40	0.48	100	100

注1) 作業行程：ほ場の長辺、短辺問わずトラクターのターン数

注2) 疲労度：フリッカー疲労検査法より、慣行作業を100

表2 代掻き作業における作業能率と疲労度

作業	面積	作業行程		作業能率		疲労度	
		オート	慣行	min/10a	ha/h	輝度	Hz
		内周のみ	内周+外周				
オート機能	50a	12	4	18.60	0.32	89	85
慣行	50a	-	13	19.60	0.31	100	100

注1) 作業行程：ほ場の長辺、短辺問わずトラクターのターン数

注2) 疲労度：フリッカー疲労検査法より、慣行作業を100

表3 田植え作業における作業能率と植付状況

苗	ほ場の状態	作業	面積	作業能率		疲労度		使用苗個数 (箱/10a)	植付本数 (本/株)	植付深 (cm)	欠株率 (%)
				min/10a	ha/h	輝度	Hz				
稚苗	湛水	直進機能	6a	8.33	0.72	102	105	13.0	3.5	2.9	4.0
			6a	9.03	0.66	101	100	12.1	3.7	3.2	6.7
	落水	慣行	12a	8.28	0.73	100	100	11.0	3.4	3.4	5.5
密苗 (300g)	湛水	直進機能	12a	7.00	0.86	99	99	6.0	5.3	3.4	2.7
			6a	7.65	0.78	99	97	8.1	3.7	3.6	10.3
	落水	慣行	18a	8.72	0.69	100	100	6.0	4.5	3.5	6.3

注1) 作業能率：移植作業のみ

注2) 疲労度：フリッカー疲労検査法より、稚苗の慣行作業を100

注3) 植付深と欠株率：移植翌日の5月23日に実施

表 4 田植え作業における収量等

苗	ほ場の状態	作業	面積	一穂粒数 (粒)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	総粒数 (百粒/m <sup>2</sup> )	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	精玄米重 (kg/a)	整粒歩合 (%)	玄米タンパク 含有率(%)
稚苗	湛水	直進機能	6a	64	521	332	72.9	23.2	56.8	78.4	6.3
			6a	62	461	287	78.7	22.8	51.5	77.3	5.8
	落水	慣行	12a	70	480	334	76.5	22.9	58.7	76.6	6.3
密苗 (300g)	湛水	直進機能	12a	64	482	311	79.3	23.3	58.5	77.4	6.5
	落水	慣行	6a	74	398	293	86	22.5	57.0	77.9	5.8
			18a	71	499	352	71.7	23.1	58.9	79.3	6.1

注 1) ふるい目は宮城県慣行の1.9mm

注 2) 整粒歩合はS社穀粒判別機 (RGQI-10A)、玄米タンパク含有率は水分15%換算、N社赤外線食味品質分析計 (N6500) 測定

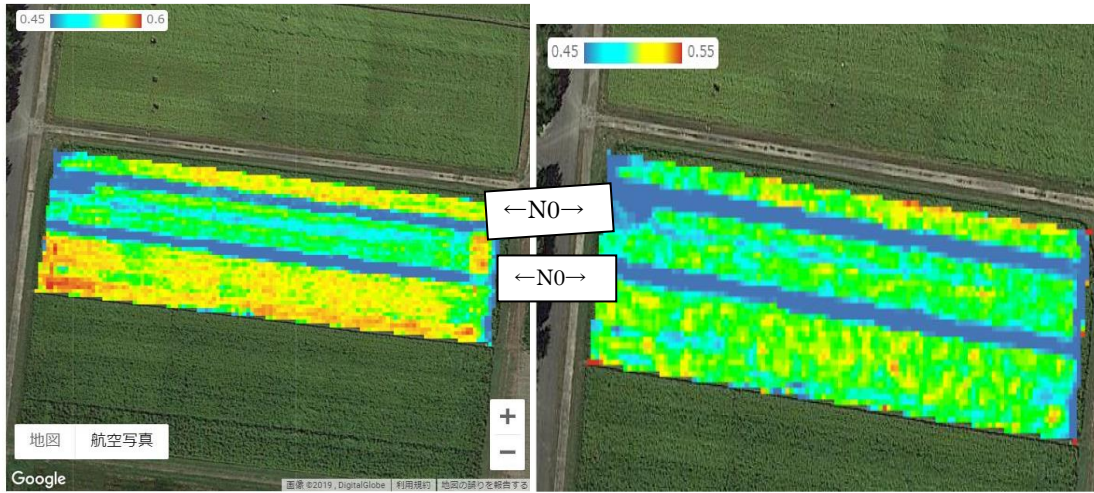


図 1 幼穂形成期の NDVI マップ (7/9)

図 2 幼穂形成期の植被率マップ (7/9)

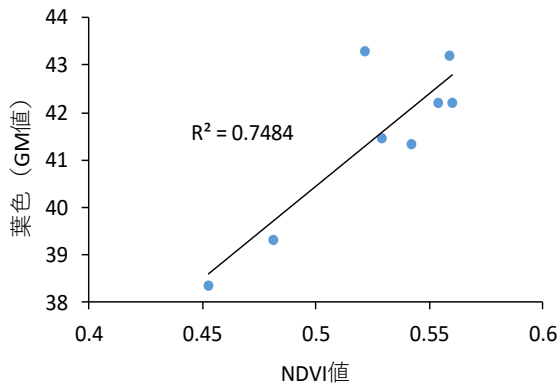


図 3 幼穂形成期の NDVI 値と葉色の関係

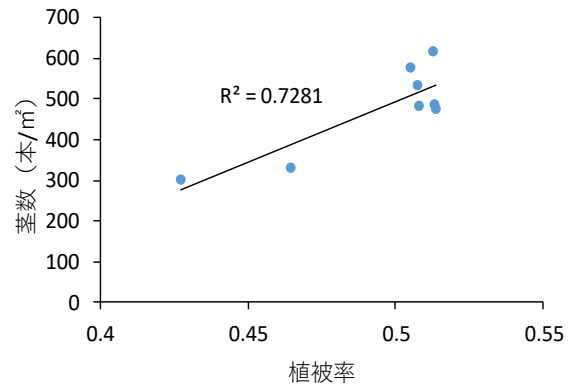


図 4 幼穂形成期の植被率と茎数の関係

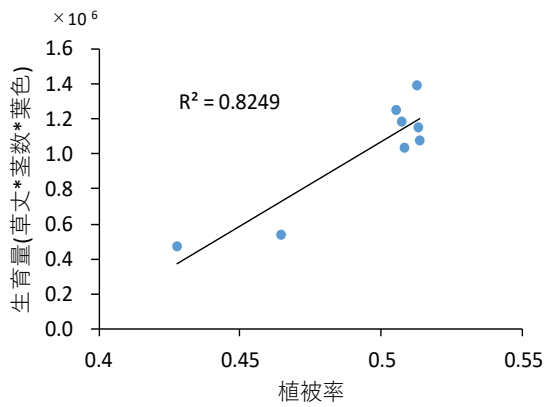


図5 幼穂形成期の植被率と生育量の関係

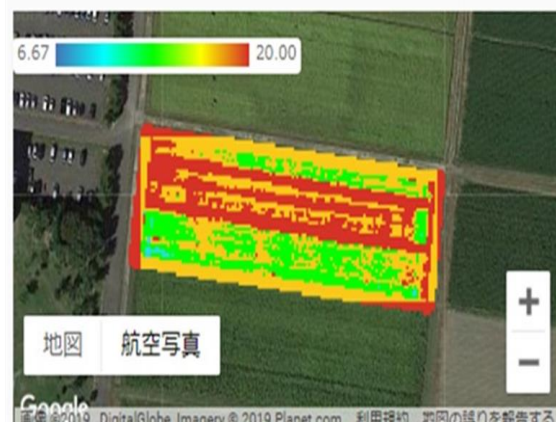


図6 可変施肥マップ (7/9 データから)



図7 穂揃期のNDVIマップ (8/17)

図8 穂揃期の植被率マップ (8/17)

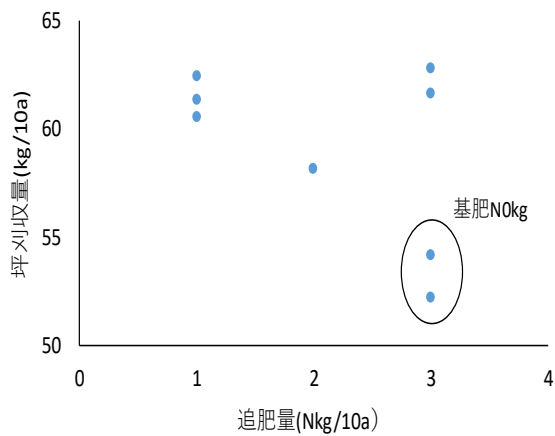


図9 追肥量と平均収量

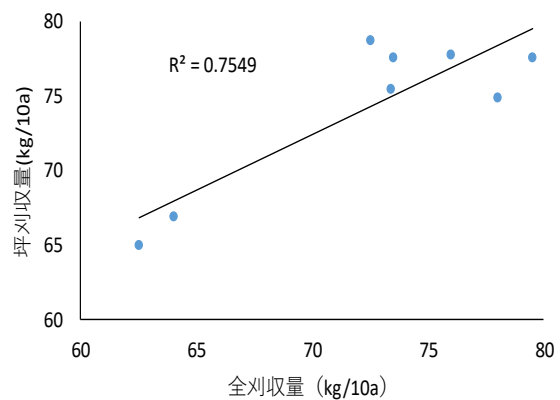


図10 全刈収量と平均収量の関係

表5 ICT作業と慣行作業との作業能率

作業	作業能率 (min/10a)				
	耕耘	代掻き	田植え	追肥	合計
ICT	14.4	18.6	7.7	1.4	42.1
慣行	12.4	19.6	8.7	40.0	80.7

注) 追肥：ICT(NDVIに基づく無人ヘリ散布)、  
慣行(動力散布機：宮城県農作業基準値より引用)

#### 5. 経営評価

- 作業能率を見るとICT作業は、耕耘、代掻き、田植作業で慣行とほぼ同程度であったが、追肥作業が大幅に軽減され、作業全体ではICT作業により約48%削減された(表5)。

#### 6. 利用機械評価

- オートトラクターによる耕耘と代掻き作業、直進モードの田植作業は、直進性、ナビによる誘導等により安心感と作業能率が高く、有用性は高い。試験終了後に実施したトラクター運転の初心者や不慣れな人によるデモ作業でも、ストレスを感じる事がなく体験することができ、作業熟練度を問わない機能を有し、実用性は高い。
- NDVI測定カメラ撮影ドローンにより短時間でNDVIと被植率の面的な測定が可能である。
- 無人ヘリによる追肥作業は、従来の手散布作業等と比較し、大幅に省力化が図られる。
- 収量コンバインによる全刈データは坪刈データに近い値を示した。

#### 7. 成果の普及

- 初年度の試験であることから、次年度も継続してデータを蓄積し、省力化技術、水稻生育診断技術として次年度以降にとりまとめ、農業指導機関や農業者等へ栽培研修会等を活用し情報提供する。

#### 8. 考察

##### (1) 省力化の検証

- オートトラクターによる耕耘・代掻き作業、直進モードの田植機を活用することで、作業操作が容易に行え、無人ヘリを用いた可変追肥作業により、作業能率は向上し、軽労・省力化の実用性は高いと思われた。
- 直進モード田植機は、操作のみに集中すること、作業全般に気を配ることが可能となり、ゆとりを持った作業を可能とした。さらに、湛水でも田植え作業が可能となり、田植え前後の水管理作業が軽減できるだけでなく、減水深が大きいこと等による活着、初期生育不良、や除草剤の効果不足等が解消され、今後期待できると思われた。
- 無人ヘリによる可変追肥作業では、従来の方法よりも大幅に労働時間を削減できる結果となったが、積載可能重量が限られること等から使用する肥料の形状、窒素成分濃度、肥料価格等が課題である。

##### (2) 収量改善

- 幼穂形成期のリモートセンシングで得られたNDVI・植被率は、イネの葉色、茎数、生育量と相関が認められ、追肥時の施用量を判断する指標として有効と思われた。年次変動を確認しその実用性をさらに検証する必要があると思われた。

#### 9. 問題点と次年度の計画

- 水稻の生育とNDVI・植被率等の関係、可変施肥技術について継続検討。

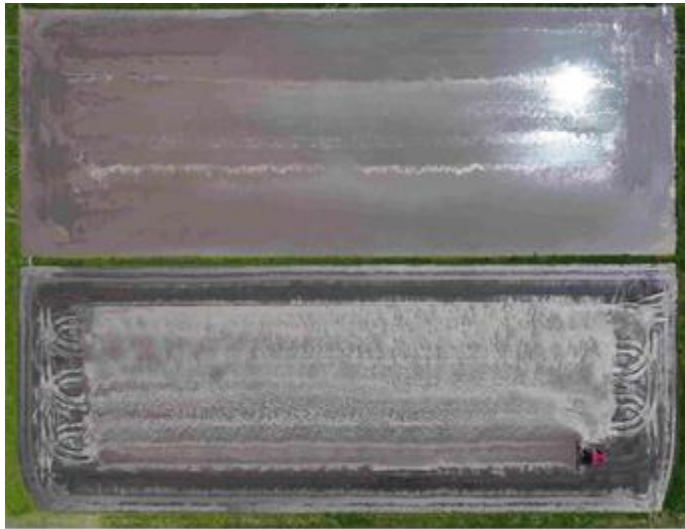


図 11 代掻き作業(下ホト)



図 12 落水状態の田植作業



図 13 湛水状態の田植作業