

委託試験成績（令和5年度）

担当機関名 部・室名	愛媛県農林水産研究所 作物育種栽培室																						
実施期間	令和4年度～令和5年度、終了																						
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	小規模圃場における ICT を活用した水稲作業による省力・軽労化効果の検証																						
目的	中国四国地域では、圃場 1 枚当たり栽培面積が小さく作業能率の低い中山間地が多い。小型農機に取り付けられる直進アシスト機能の導入により、経験の浅いオペレーターでも農作業が容易で高精度に行えることが期待できることから、その有効性について検証する。																						
担当者名	主任研究員 黒瀬 咲弥																						
1. 試験場所	愛媛県農林水産研究所内圃場（愛媛県松山市）																						
2. 試験方法	<p>(1) 供試機械名 播種機(スズテックTHK2009B)、トラクタ（ヤンマーYT333R直進アシスト仕様）及び田植機(ヤンマーYR6DA直進アシスト仕様)、補正情報にはトラクタ・田植機共にD-GNSSを利用</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 圃場条件 中粗粒質普通低地水田土 排水良好 試験圃場の前作は麦類</p> <p>イ. 栽培の概要</p> <p>品種名 ひめの凜</p> <p>耕起 5月下旬 ロータリ耕起</p> <p>種子予措 種子消毒後4日間室温でハト胸状態になるまで浸種</p> <p>播種 5月23日播種 乾粃293g/箱（密苗）</p> <p>育苗 播種後露地で平置きして播種後7日間はシルバーポリ被覆し、その後プール育苗管理</p> <p>代かき 6月6～7日（※代かき試験）</p> <p>移植 6月8～9日 50株/坪（※移植試験）</p> <p>施肥 全量基肥 窒素7.7-リン酸5.5-カリ5.5 kg/10a えひめ中央中生一発 側条施肥</p> <p>水管理 移植直後は浅水管理し、活着後は間断灌水 7月10日から10日間中干しを行い、その後は出穂まで間断灌水</p> <p>除草剤 6月14日 カチボシジャンボ 500g/10a</p> <p>病虫害防除 種子消毒 スポルタックスターナ SE 200倍 浸漬24時間 土壌灌注 ダコレート水和剤 400倍 0.5L/箱 播種時 箱施用剤 サンスパイク箱粒剤 100g/箱 出穂期防除 ダブルカットスタークルフロアブル 8倍、バリダシンエアー 8倍、ロムダンエアー 16倍</p> <p>ウ. 試験区の構成と試験項目</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>試験区</th> <th>試験区</th> <th>作業者</th> <th>直進走行設定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>初心者自動</td> <td>初心者</td> <td>自動</td> </tr> <tr> <td></td> <td>初心者手動</td> <td>初心者</td> <td>手動</td> </tr> <tr> <td></td> <td>熟練者自動</td> <td>熟練者</td> <td>自動</td> </tr> <tr> <td></td> <td>熟練者手動</td> <td>熟練者</td> <td>手動</td> </tr> </tbody> </table> <p>初心者…(代かき)50代男性、作業歴12時間、(移植)30代男性、作業歴4時間 熟練者…50代男性、作業歴11年</p>			試験区	試験区	作業者	直進走行設定		初心者自動	初心者	自動		初心者手動	初心者	手動		熟練者自動	熟練者	自動		熟練者手動	熟練者	手動
試験区	試験区	作業者	直進走行設定																				
	初心者自動	初心者	自動																				
	初心者手動	初心者	手動																				
	熟練者自動	熟練者	自動																				
	熟練者手動	熟練者	手動																				

自動区は1工程目の直進走行始めをA点、走行終わりをB点に設定し、A～Bを直線でつないだ基準線から既定の作業幅を開けた、基準線の平行線を走行した。走行開始位置は代かきではモニター、移植ではラインマーカーに従った。

1区 19a (1圃場長辺100m×短辺19m) × 2区制 (未習熟自動区のみ1区制)

調査項目

- 1) 作業時調査 各作業の作業時間 (直進: 88m間の走行時間の平均、旋回: 代かき1圃場9～13回、移植1圃場7回の旋回時間の平均)、作業能率、各作業の燃費 (満タン法)、直進列の横ずれ距離 (移植のみ)
 作業者の作業前後の血圧、心拍数 (血圧計; 作業直前・直後に座位で測定)、疲労度 (唾液アミラーゼモニター)
- 2) 経済性評価 代かきや移植にかかる作業時間、燃料費や人件費を試算

3. 試験結果

- (1) 代かき作業において、自動区の作業時間は手動区に比べ、初心者では短く、熟練者では長い傾向であった。このため、作業能率は初心者では自動区が高く、逆に熟練者では低い傾向にあった。また、初心者の自動区と熟練者の手動区の作業能率は概ね同等となった。燃費は両作業者とも自動区で良好であった (表1)。
- (2) 代かき作業において、作業前後の血圧は、初心者、熟練者ともに手動区より自動区で低下が大きかった。疲労度も、初心者、熟練者ともに自動区で低くなった (表2)。
- (3) 移植作業において、作業時間は、旋回では初心者より熟練者の方が有意に短かった。しかし作業効率は初心者、熟練者に関わらず同等となり、初心者の自動区と熟練者の手動区の作業能率は概ね同等であった。燃費は初心者では自動区の方が良好であったが、熟練者では同等であった。直進の横ずれは、初心者自動区で大きかったが標準偏差は初心者手動区とほぼ変わらず、熟練者自動区は熟練者手動区より標準偏差がやや大きかった (表3)。
- (4) 移植作業において、作業前後の血圧は、初心者の手動区以外でわずかに低下した。疲労度は、初心者、熟練者ともに自動区で低くなった (表4)。
- (5) 使用苗箱数は、未習熟者の方がやや少なかった。精玄米重は初心者では手動区の方がわずかに多かったが、熟練者で同等であった (表5)。

4. 主要成果の具体的データ

表1 代かき作業における作業性、燃費

作業者	直進走行	作業時間 (min/10a)		作業能率 (a/h)	燃費 (L/h)
		直進	旋回		
初心者	自動	28.1	5.8	16.4 (116)	3.2 (89)
	手動	33.0	9.1	14.1 (100)	3.6 (100)
熟練者	自動	37.5	7.4	12.8 (77)	3.0 (79)
	手動	28.3	3.6	16.6 (100)	3.8 (100)
分散分析	作業者	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	直進走行	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	交互作用	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

※初心者自動区のみ1反復、他区は2反復。作業能率は枕部分も含めて算出。分散分析のn. s. は有意差なしを示す。

表2 代かき作業における血圧、心拍数、疲労度の変化

作業者	直進走行	収縮期血圧(mmHg)		拡張期血圧(mmHg)		心拍数(bpm)		疲労度 (kIU/L)
		作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	
初心者	自動	162	105	106	74	85	80	-5
	手動	160	149	110	104	73	73	62
熟練者	自動	127	83	106	58	74	70	-13
	手動	127	127	88	106	80	74	4

※初心者自動区のみ1反復、他区は2反復。作業前後にニプロ唾液アミラーゼモニターを用いてアミラーゼ活性値を測定し、作業直後－作業前の値を疲労度とした。血圧、心拍数において、各試験区の作業前・作業後間でt検定を行ったが、いずれも有意差はみられなかった。

表3 移植作業における作業性、燃費、精度

作業者	直進走行	作業時間 (min/10a)		作業能率 (a/h)	燃費 (L/h)	直進の横ずれ(cm)	
		直進	旋回			平均値	標準偏差
初心者	自動	10.5	2.2	33.3 (110)	1.2 (86)	-7.5	3.2
	手動	13.1	2.9	30.2 (100)	1.4 (100)	0.3	3.0
熟練者	自動	10.4	1.6	33.2 (97)	1.5 (100)	-0.3	6.9
	手動	9.3	1.6	34.4 (100)	1.5 (100)	-0.1	2.7
分散 分析	作業者	n. s.	*	n. s.	n. s.	*	
	直進走行	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	
	交互作用	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	

※初心者自動区のみ1反復、他区は2反復。作業能率は枕部分も含めて算出。分散分析のn. s. は有意差なしを示す。

表4 移植作業における血圧、心拍数、疲労度の変化

作業者	直進走行	収縮期血圧(mmHg)		拡張期血圧(mmHg)		心拍数(bpm)		疲労度 (kIU/L)
		作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	
初心者	自動	146	130	96	85	89	82	-25
	手動	142	141	95	97	89	89	0
熟練者	自動	203	193	150	148	80	83	-1
	手動	193	181	148	138	83	85	4

※初心者自動区のみ1反復、他区は2反復。作業前後にニプロ唾液アミラーゼモニターを用いてアミラーゼ活性値を測定し、作業直後－作業前の値を疲労度とした。血圧、心拍数において、各試験区の作業前・作業後間でt検定を行ったが、いずれも有意差はみられなかった。

表5 移植試験における生育状況及び収量

作業者	直進走行	使用	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	穂数 (本/m ²)	1穂 粒数	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)	精玄米重 (kg/a)
		苗箱数 (箱/10a)							
初心者	自動	6.9	8/29	10/4	333	86	88	24.1	65.3
	手動	7.1	8/29	10/4	362	82	86	24.0	67.1
熟練者	自動	7.6	8/29	10/4	296	96	84	23.4	66.8
	手動	7.3	8/29	10/4	385	88	86	23.7	66.1

※初心者自動区のみ1反復、他区は2反復で、1反復あたり3か所調査を行った。千粒重、精玄米重は1.8mm以上で水分14.5%補正。

5. 経営評価

使用苗箱数は、密苗で慣行苗比約54%減となった。これに伴い、育苗費は密苗で慣行苗比約44%減となり、合計額は熟練者の手動区(慣行苗)に比べ他4区が9~12%低減された。自動区と手動区を比較すると、光熱動力費は、初心者、熟練者ともに手動区に比べ自動区で低かったものの、初心者では自動区が手動区比で2%減、熟練者では自動区が手動区比で2%増となった(表6)。

表6 育苗・代かき・移植作業にかかる作業別生産費（1ha当たり）

作業者	直進走行	使用苗	使用 苗箱数 (箱/ha)	物財費			労働費 (円)	合計 (円)
				育苗費 (円)	農薬費 (円)	光熱動力費 (円)		
初心者	自動	密苗	69	22,575	186,032	6,752	24,305	239,664 (88)
	手動		71	23,098	186,791	7,644	27,132	244,665 (90)
熟練者	自動	密苗	76	24,930	189,445	6,930	27,413	248,718 (91)
	手動		73	23,720	187,691	8,089	24,181	243,681 (89)
熟練者	手動	慣行苗	160	42,208	191,246	8,089	31,467	273,010 (100)

※密苗及び慣行苗の育苗費データは、R2～3年新稲作研究会試験データより試算。農薬費は移植後及び出穂期防除にかかる薬剤を計上。労働費は、農水省「令和3年産米生産費（個別経営）」の賃金単価に準じた時給に各作業の作業時間と作業人数を乗じた。

6. 利用機械評価

供試した自動操舵補助システムは、代かきにおいて工程ごとにずれが生じ、補正のため工程数が増加したケースがみられた。移植においては、安定して直進作業が可能であった。トラクタ・田植機ともに、作業幅の重なりやハンドル操作に気を遣わず搭乗しているだけでよいので、精神的に非常に楽とのこと（熟練者の作業後聞き取り）。

7. 成果の普及

当研究所の研究成果発表会や一般公開成果パネル展において、本試験結果の報告を予定している。発表会では県庁部内幹部職員等に、パネルはHPでも公開し一般の方々に広く公開している。

8. 考察

(1) 自動操舵補助システムを使用した代かき作業

作業能率は、初心者では自動区で作業時間が短く作業能率が高かったことから、初心者では直進アシスト機能によって熟練者の手動操作並の作業能率が期待できると考えられた。また、熟練者では自動区で作業能率が低下したが、これは作業精度が30cmであり、工程ごとにずれが生じ、補正のため、工程数が増加したためと考えられる。

血圧及び疲労度は、有意差はみられなかったものの、自動走行で作業後に低下する傾向にあったため、自動走行では心理的ストレスを受ける程度が手動走行よりも低くなることが確認できた。

(2) 自動操舵補助システムを使用した移植作業

作業能率は、初心者では自動区の方が作業時間が短く作業能率が高かったことから、初心者においては直進アシスト機能によって熟練者の手動操作並の作業能率が期待できると考えられた。また、熟練者では自動区の方が直進にかかる時間が長く、かつ直進の横ずれの標準偏差が大きかったが、これは1圃場で前作の暗きよ跡に車輪がとられ、走行スピードを緩めたことが原因と考えられる。初心者においても、直進の横ずれは自動区の方が大きかったが、作業精度が30cmで標準偏差は3cm程度であったことから、この直進のずれは正常な動作の範囲内であり、手動での直進走行と精度は同等と考えられた。

血圧の作業前後の変化は、初心者、熟練者ともにその傾向は判然としなかったが、疲労度は、有意差はみられなかったものの、自動走行で作業後に低下する傾向にあった。したがって、自動走行では心理的ストレスを受ける程度が手動走行よりも低くなる可能性が考えられた。

(3) 自動操舵補助システム及び密苗の経営評価

密苗と慣行苗の生産費を比較すると、育苗費が大きく低減したことにより、合計額は密苗のほうが41～46%低くなり、密苗のコスト低減効果が確認できた。走行方法間で比較すると、光熱動力費は両作業とも自動区で低かったものの、合計額は初心者では自動区の方が2%低く、熟練者では自動区の方が2%高かった。これは、初心者では自動区の方が両作業ともに作業能率と燃費が良好で、熟練者では自動区の方が両作業ともに作業能率がやや低かったことが原因と考えられる。

9. 問題点と次年度の計画

本年度は熟練者の自動走行において前作の暗きょ跡による作業トラブルが発生したため、弾丸暗きょを施工していない圃場での移植作業の作業性を確認する必要がある。

10. 参考写真



写真1 初心者における代かき作業の手動走行



写真2 初心者における移植作業の自動走行