

委託試験成績（令和4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、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	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YT225A）及び密苗仕様田植機(ヤンマーYR6D)にGNSSガイダンス・自動操舵補助システム（ニコン・トリンブルNAV-900、GFX-750(トラクタのみ)）を装着 補正情報はトラクタ：GNSS-RTK、田植機：DGNS</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、ただし1枚のみ冬春レタス。</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20日播種 乾籾294g/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>整地 6月2～3日（※耕起試験）</p> <p>代掻き 6月6日 ドライブハロー</p> <p>移植 6月8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11日から10日間で干しを行い、その後は出穂まで間断灌水</p> <p>除草剤 6月13日 マサカリジャンボ 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 播種直前 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" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">試験区</th> <th style="width: 40%;">試験区</th> <th style="width: 20%;">作業者</th> <th style="width: 20%;">直進走行設定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>未習熟-自動</td> <td>未習熟者</td> <td>自動</td> </tr> <tr> <td></td> <td>未習熟-手動</td> <td>未習熟者</td> <td>手動</td> </tr> <tr> <td></td> <td>熟練-自動</td> <td>熟練者</td> <td>自動</td> </tr> <tr> <td></td> <td>熟練-手動</td> <td>熟練者</td> <td>手動</td> </tr> </tbody> </table> <p>未習熟者…20代女性、作業歴0年 熟練者…50代男性、作業歴25年</p>		試験区	試験区	作業者	直進走行設定		未習熟-自動	未習熟者	自動		未習熟-手動	未習熟者	手動		熟練-自動	熟練者	自動		熟練-手動	熟練者	手動
試験区	試験区	作業者	直進走行設定																			
	未習熟-自動	未習熟者	自動																			
	未習熟-手動	未習熟者	手動																			
	熟練-自動	熟練者	自動																			
	熟練-手動	熟練者	手動																			

事前に供試機械を用いて、未習熟者は耕起3時間、移植2時間、熟練者は耕起1時間、移植1時間の操作練習を行った。

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を直線を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。走行位置は耕起ではモニター、移植ではラインマーカーに従った。

1区10a×2区制

調査項目

- 1) 作業時調査 各作業の作業時間、作業能率、燃費、直進列の横ずれ距離、作業者の疲労度
- 2) 生育調査 出穂期、成熟期、稈長穂長、倒伏程度
- 3) 収量調査 穂数、1穂粒数、登熟歩合、千粒重、精玄米重、等級
- 4) 経済性評価 耕起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) 耕起時の直進にかかる作業時間及び作業能率は、有意差はみられなかったものの、未習熟者では自動操舵によってわずかに短縮され、作業能率は対手動区比で104%となった。燃費は作業者及び走行設定によって差はみられなかった。直進の横ずれは、作業者にかかわらず、自動操舵の方が工程ごとの横ずれは7～8cmと大きかったが標準偏差は小さく、安定して直進できたと考えられた。疲労度は、オペレーターにかかわらず自動区の方が高かったが、測定値のばらつきが大きく有意差はみられなかった(表1)。
- (2) 移植時の直進にかかる作業時間及び作業能率は、熟練者の方が未習熟者より効率が高かった。未習熟者では自動操舵によって作業時間が短縮され、作業能率は対手動区比で117%であったが、熟練者では対手動区比で103%となった。燃費は作業者間、走行間での有意差はみられなかったが、両作業者ともに自動区の方が良好で、未習熟者で35%、熟練者で30%の削減となった。直進の横ずれは、両作業者とも自動操舵の方が大きい傾向にあり、標準偏差も大きかった。疲労度は両作業者ともに自動操舵で低くなったが、耕起時同様測定値のばらつきが大きかった(表2)。
- (3) 前作が冬春レタスであった熟練自動区の一か所で、明きよ跡に田植機の車輪が取られ、栽植列が大きくずれることがあった(写真1)。手動であればハンドルが取られないよう逆方向に車体を微調整できるが、自動操舵では修正力が弱く、そのまま車体が逸れてしまった(作業者聞き取り)。
- (4) 使用苗箱数は、作業者や走行設定によって差はみられなかった。穂数及び精玄米重は熟練自動区で多かった(表3)。

4. 主要成果の具体的データ

表1 耕起作業における作業性、燃費、疲労度

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)				疲労度 (kIU/L)
		直進	ターン			全体		作業始め		
						平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
未習熟	自動	28.9	2.4	13.0 (104)	2.5 (100)	-7.3	6.1	-7.4	7.2	138
	手動	30.1	2.9	12.5 (100)	2.5 (100)	-4.3	10.2	-2.5	11.4	15
熟練	自動	29.7	2.0	12.9 (100)	2.4 (104)	-8.0	2.4	-8.1	2.8	83
	手動	29.7	2.1	12.9 (100)	2.3 (100)	1.8	5.8	1.1	5.5	7
分散 分析	作業者	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.		n. s.		n. s.
	直進走行	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*		n. s.		n. s.
	交互作用	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.		n. s.		n. s.

※作業能率、燃費は枕部分も含めて算出。直進の横ずれは1工程当たり8地点で調査し、作業始めは直進開始から0m及び5m地点の横ずれ値とした。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、作業直後一作業前の値を疲労度とした。分散分析の*は5%水準で有意差あり、n. s. は有意差なしを示す。

表2 移植作業における作業性、燃費、疲労度

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)				疲労度 (kIU/L)
		直進	ターン			全体		作業始め		
						平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
未習熟	自動	11.4	4.3	21.3 (117)	1.1 (65)	-3.1	13.0	-3.1	12.4	-15
	手動	14.6	5.9	18.2 (100)	1.7 (100)	-1.8	5.0	-2.8	5.3	2
熟練	自動	7.0	2.3	27.7 (103)	1.9 (70)	-4.6	7.7	-5.2	6.9	-36
	手動	8.2	1.6	27.0 (100)	2.7 (100)	-2.8	5.1	-3.3	5.7	9
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.	n. s.		n. s.		n. s.
	交互作用	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.		n. s.		n. s.

※作業能率、燃費は枕部分も含めて算出。直進の横ずれは1工程当たり8地点で調査し、作業始めは直進開始から0m及び5m地点の横ずれ値とした。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。

分散分析の*は5%水準で有意差あり、n. s. は有意差なしを示す。

表3 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)							
未習熟	自動	4.6	8/28	10/3	353	86	85	22.7	60.0
	手動	4.7	8/28	10/3	334	85	86	22.9	56.0
熟練	自動	4.5	8/28	10/3	380	82	84	22.8	65.7
	手動	4.4	8/28	10/3	338	86	84	22.6	54.2

※千粒重、精玄米重は1.8mm以上で水分14.5%補正。

5. 経営評価

育苗費は密苗が慣行苗に比べ64~64%減、農薬費は密苗が慣行苗に比べ8~9%減となった。光熱動力費は、未習熟自動区が未習熟手動区に比べ13%減、熟練自動区が熟練手動区に比べ11%減であった。労働費は熟練自動区が最も低く、対熟練手動区(密苗)比で1%減、対熟練手動区(慣行苗)で25%減となった。未習熟者では、自動区が手動区比9%減となった。合計額は、熟練手動区(慣行苗)に比べ他4区が16~20%低減され、未習熟者は自動区が手動区比2減%、熟練者は走行方法による差はみられなかった(表4)。

表4 育苗・耕起・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)		
未習熟	自動	密苗	46	15,050	175,130	3,960	224,775 (82)
	手動	密苗	47	15,377	175,604	4,569	229,090 (84)
熟練	自動	密苗	45	14,723	174,656	3,655	220,405 (80)
	手動	密苗	44	14,396	174,182	4,112	220,338 (80)
熟練	手動	慣行苗	160	42,208	191,246	4,112	274,026 (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GNSSガイダンス・自動操舵補助システムは、耕起において手動よりも安定して直進作業を行うことが可能であった。移植においては、直進のずれが手動よりも大きかったが、収量には問題なかった。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。発表会では普及指導員や営農指導員等に、パネルはHPでも公開し一般の方々にも広く公開する予定である。

8. 考察

(1) 自動操舵補助システムを使用した耕起作業

直進の横ずれは、両作業者とも自動区で手動区よりも大きかったが、標準偏差は小さかった。しかし設定上の横ずれ（重なり）幅は5cmで、実際の横ずれ幅は7～8cmであったため、自動区は高精度で直進作業できたと考えられた。

また、作業能率は、作業者が未習熟者の場合向上する傾向がみられ、熟練者では変わらなかったため、耕起作業においては未習熟者で自動操舵補助システムによって作業効率が向上することが期待される。両作業者とも同じ速度、PTOで耕起したため作業時間や燃費は作業者や自動/手動によらずほぼ同じ結果が得られたものと思われる。疲労度については、両作業者とも初めての自動操舵のため心理的ストレスから自動区で高くなった可能性が考えられる。

(2) 自動操舵補助システムを使用した移植作業

直進の横ずれは、作業者にかかわらず、自動区で手動区よりも大きく、標準偏差も大きかった。移植作業に用いた補正情報は30cm精度であり、標準偏差は15cm以内であったことから、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。

また、作業能率は未習熟者で熟練者より有意に低く、未習熟者では自動区で手動区よりも向上したが、熟練者では自動区と手動区で同じであった。この原因としては、熟練者は手動でも極めて高い作業能率を示したため、自動操舵のメリットが発揮できず、未習熟者では手動での作業速度が遅く自動化によって直進の作業速度が速くなったことが考えられた。燃費は熟練者で低かったが、これはアクセル開度が大きく作業速度が速かったためと思われる。また両作業者とも自動区では作業速度の変化が小さくなり、燃費が向上したと推察される。疲労度は両作業者とも自動区で負の値になり自動操舵では心理的ストレスを受ける程度が手動よりも低いことが確認できた。

以上のことから、移植作業においては自動操舵補助システムの作業性や燃費向上に対する効果が認められ、特に未習熟者への効果は高いと考えられる。

(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16～20%低くなった。作業者間で比較すると、育苗費と労働費において未習熟者の方が生産費が高く、同走行方法間で比較すると、合計額は2～4%高くなった。これは、未習熟者の方が直進と枕の重なり部分が大きく使用苗箱数が増加したこと、作業能率が低かったためである。走行方法間で比較すると、熟練者では差はみられなかったが、未習熟者では自動走行の方が光熱動力費や労働費がわずかに低減され、自動走行の方が2%合計額が低くなった。

作業後の疲労度は特に移植では自動区で低かったが、作業者の感想は耕起、移植とも「自動走行の方がかなり楽」とのことであった。本試験では圃場面積が小さく走行中に苗継ぎをする機会がなかったが、「自動走行は走行中に苗継ぎができるため、時間短縮につながる」との熟練者の意見があり、次年度は苗継ぎも含めた作業時間を調査したい。

9. 問題点と次年度の計画

本年度の圃場面積では移植中の苗継ぎ回数等を測定できなかったため、次年度は圃場面積を20aとする。また、唾液アミラーゼ活性値は測定値が時折安定せず異常値が出るため、次年度は疲労度計測に作業前後の血圧も併せて用いる。

10. 参考写真

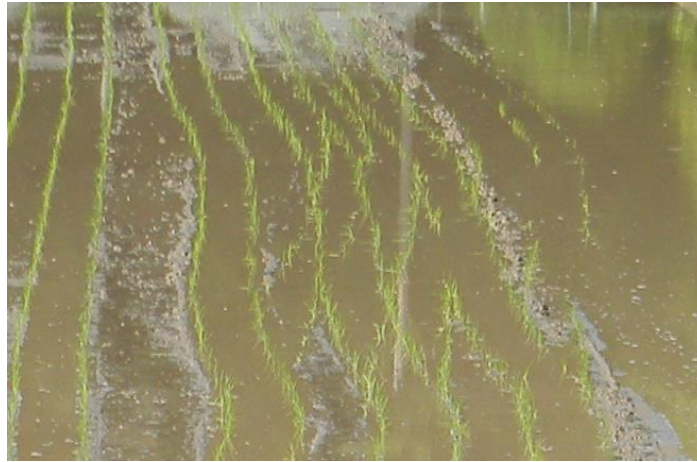


写真1 明きよ跡の移植列の歪み
※補植作業を実施済