

令和元年度 成績概要書

課題コード（研究区分）： 6101-627581（公募型（その他）研究）

1. 研究課題名と成果の要点

- 1) 研究成果名：ロボットトラクタの適用作業及び作業時間の短縮効果
（研究課題名：栽培・作業・情報技術の融合と高収益作物の導入による寒地大規模水田営農基盤の強化
寒地畑作を担う多様な経営体を支援する省力技術および ICT を活用した精密農業の実証）
- 2) キーワード：ロボットトラクタ、自動走行、無人作業、協調作業、作業時間
- 3) 成果の要約：ロボットトラクタは耕耘整地と残渣細断の他、直進性と追従性の検証結果から播種に適用できる。有人トラクタとの協調作業により、1 作業協調で慣行から約 40%の、2 作業協調では約 25%の作業時間を削減可能である。実証農家では、協調作業の導入により農繁期の 5 月中旬と 9 月上中旬に約 20%の労働時間を削減可能であった。

2. 研究機関名

- 1) 担当機関・部・グループ・担当者名：中央農試・生産研究部・生産システムG・主査（機械） 吉田邦彦
十勝農試・研究部・生産システムG
- 2) 共同研究機関（協力機関）：（帯広畜産大学、ヤンマーアグリ株式会社）

3. 研究期間：平成 29～令和元年度（2017～2019 年度）

4. 研究概要

1) 研究の背景

2018 年から販売が開始されたロボットトラクタは、適用作業及び営農場面で利用した場合の省力性に関する情報が不足しており、円滑な普及に向けてこれらの提示が求められている。

2) 研究の目的

ロボットトラクタの作業精度検証から適用作業を明らかにするとともに、有人－無人協調作業の実証における作業時間の短縮程度を明らかにする。また、実証農家への協調作業の導入によるオペレータ労働時間の変化を明らかにする。

5. 研究内容

1) ロボットトラクタの走行精度に基づく適用作業の評価

- ・ねらい：自動走行の精度（直進性、および作物列への追従性）から、適用可能な作業を検討する。
- ・検討対象：トラクタ直装式で、作業機自体の制御および圃場の最外縁部からの作業が不要な作業（播種、中耕除草、馬鈴しょ中耕培土、および耕耘整地と残渣細断）
- ・測定項目：GNSS 受信機で取得した走行軌跡（緯度、経度）
- ・供試ロボットトラクタ：YT5113A（1）～3）とも）

2) 実証作業における有人－無人協調作業での作業時間の短縮程度

- ・ねらい：実証農家での有人トラクタとロボットトラクタの協調作業（有人－無人協調作業）による作業時間の短縮程度を解明する。

- ・試験項目等：1 作業協調（①整地 2 台）、2 作業協調（②整地と播種、③残渣細断と耕起）における作業時間

3) 実証農家における有人－無人協調作業の導入によるオペレータ労働時間の変化

- ・ねらい：実証農家における有人－無人協調作業の導入による労働時間の変化を解明する。
- ・検討方法：実証農家の全作目の作付面積における全ての機械作業について、慣行体系と協調導入体系（①、②、③の協調作業を適用した体系）のオペレータ労働時間を比較した。
- ・実証農家：空知振興局管内農家 A（春小麦、デントコーン、大豆、なたね、秋小麦（普通作・間作）、計 47ha）

6. 成果概要

- 1) 自動走行による播種作業の回帰直線からのずれは平均 1.7cm と、手動走行の 2.0～3.6cm と比較して遜色のない精度であるため、慣行同様に播種状態を確認した上で作業することで、ロボットトラクタを播種へ適用可能と判断された（表 1）。一方、自動走行による中耕除草では目標軌跡に対して播種軌跡と除草軌跡が逆側にずれることがあるため（図 1）、中耕除草では作物の損傷リスクが、馬鈴しょ中耕培土では畦ずれのリスクがあり、現時点での適用は推奨されない。また、耕耘整地と残渣処理は行程の間に重ね合わせを伴うため、走行精度による仕上がりへの影響はなく、ロボットトラクタを適用可能である。
- 2) 協調作業は圃場が大区画であるほど効率的であった（データ省略）。ロボットトラクタは圃場の外周部を無人作業できないため、協調作業では各トラクタに待機時間が生じる。圃場の作業領域を 2 台で分担できる 1 作業協調では、各トラクタによる圃場全面の作業に必要な 2 作業協調と比べて 2 台が同時に作業している時間の割合が高いため、作業時間の慣行比は 58 と約 4 割が短縮された。また 2 作業協調においても、作業時間の短縮程度は 1 作業協調に及ばないものの、慣行のおよそ 3/4 に短縮することが可能であった（表 2）。
- 3) 実証農家において、通年での労働時間削減は約 37 時間（9%）に留まったが、各協調作業は 4～5 月および 8～9 月に利用場面が多く、特に農繁期の 5 月中旬および 9 月上中旬では約 20%のオペレータ労働時間を削減可能であった（図 2）。また検討結果から、協調作業においてはオペレータの移動手段確保、および圃場のブロック化といった、効率的に圃場間移動できることが運用のポイントと考えられた。

ロボットトラクタ：作業および旋回の経路に沿った自動走行（オペレータが乗車しない走行）と作業機の上げ下げ、PTO（動力取出し）の on/off ができ、人間の監視のもと、圃場外縁部から最低 2 周分（トラクタおよび作業機のサイズによって増加）を空け、その内側の領域内で無人作業ができる。2020 年 1 月現在、直装式の作業機を装着して平坦地で使用することとされている。

< 具体的なデータ >

表 1 播種の作業精度¹⁾

	作業精度(cm)		ずれ発生割合(%)	
	平均	最大	5cm 以内	10cm 以内
自動	1.7	13.5	89	99
手動(熟練)	2.0	7.4	94	100
手動(未熟練)	3.6	18.9	71	96

1) 大豆、てんさい、馬鈴しょ、小麦の播種において、播種軌跡と回帰直線のずれで評価
2) オペレータ作業歴：熟練者 15 年、未熟練者 1~2 年

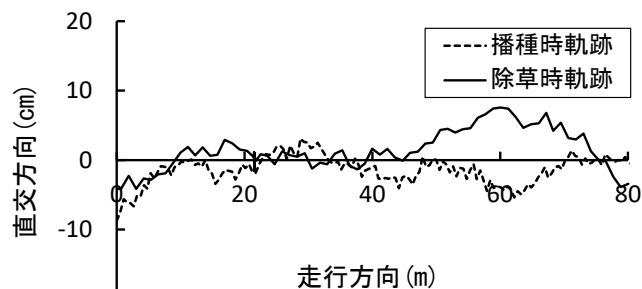


図 1 自動走行での播種および除草軌跡¹⁾

1) 横軸は播種軌跡に対する回帰直線を示す

表 2 実作業における有人-無人協調作業による作業時間の短縮程度

			作業内容 ¹⁾					
			① 1 作業協調 (整地-整地)		② 2 作業協調 (整地-播種)		③ 2 作業協調 (残渣細断-耕起)	
トラクタ 作業機			ロボット パワーハロー	有人 パワーハロー	ロボット パワーハロー	有人 グレンドリル	ロボット ストローチョンバ	有人 リバーシブルプラウ
作業速度 (km/h)			3.8	4.1	4.6	5.5	10.0	9.0
作 業 段 階	作業 1	状態	準備 ²⁾	(待機)	準備 ²⁾	(待機)	準備 ²⁾	(待機)
		時間 (h)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.10	0.10
	作業 2	状態	無人作業	有人作業	無人作業	有人作業	有人外周作業 ³⁾	(待機)
		時間 (h)	2.64	2.64	1.12	1.12	0.78	0.78
	作業 3	状態	(待機)	枕地作業	有人外周作業 ³⁾	(待機)	無人作業	有人作業
		時間 (h)	0.54	0.54	0.63	0.63	1.67	1.67
	作業 4	状態	—	—	(待機)	有人外周 作業 ³⁾	(待機)	内部残り と 枕地
		時間 (h)	—	—	0.47	0.47	2.02	2.02
作業時間合計 ⁴⁾ (h)			2.81	3.18	1.92	1.59	2.55	3.69
待機時間 ⁵⁾ (h)			0.54	0.17	0.47	0.80	2.02	0.88
各トラクタ作業面積 (ha)			2.06	3.40	1.68	1.68	4.23	4.23
総作業時間 ⁶⁾ (h)			3.35		2.39		4.57	
2 台同時作業時間(総作業時間比) ⁷⁾ (h)			2.64 (79)		1.12 (47)		1.67 (36)	
慣行作業時間 ⁸⁾ (h)			5.82		3.34		6.14	
慣行比(協調／慣行) ⁹⁾			58		72		74	

1) ①: 2 台のパワーハロー (1 作業) による圃場を分担する整地作業 (供試面積 5.46ha)、②: 第 2 段階で協調可能となる 2 作業の協調 (供試面積 1.68ha)、③: 第 1 段階で協調可能な 2 作業協調 (供試面積 4.23ha)、2) 準備: 自動走行のための圃場登録と作業経路設定
3) 有人外周作業: 外周の領域 (無人作業できない領域) を有人で実施する作業、4) 作業時間合計: 待機時間を除いた時間、5) 待機時間: 作業の進行とオペレータの乗車状況により、各トラクタが稼働できない時間、6) 総作業時間: 4) + 5)、7) 2 台同時作業時間: 2 台のトラクタが同時に稼働している時間 (表中の下線部)、8) 慣行作業時間: 1 台で圃場全面を作業する場合の所要時間 (斜体文字の合計)、9) 慣行比: 6) / 8) による百分比

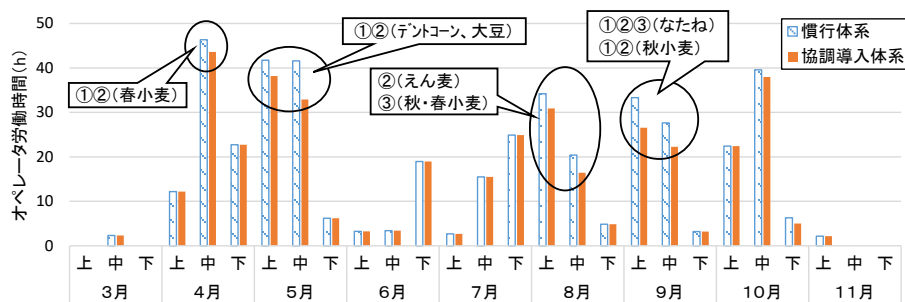


図 2 実証農家における有人-無人協調作業の導入によるオペレータ旬別労働時間の変化

(吹き出しは表 2 の協調作業①②③の導入時期と作物を示す)

7. 成果の活用策

1) 成果の活用面と留意点

- (1) ロボットトラクタの導入検討時に、適用作業及び作業時間検討の参考として活用する。
- (2) ロボットトラクタの使用は、「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン」を遵守する。
- (3) 今後ソフトウェアやセンサ類は随時改良、更新され、作業精度の向上および機能の拡大が見込まれる。
- (4) 本研究は生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業 (うち経営体強化プロジェクト)」の支援を受けて実施した。

2) 残された問題とその対応 なし

8. 研究成果の発表等

- ・吉田邦彦、石井耕太 (2019) 2019 農食施設 CIGRIV 国際大会 講演要旨集 p 15

1) 実証農家の作目と作付面積: 春小麦 4.1ha、てんさい 5.4ha、大豆 13.4ha、なたね 7.6ha、秋小麦 16.6ha (うち普通作 8.1ha の後にえん麦を作付け)
2) 慣行の播種前整地はパワーハロー 2 回がけ (なたねは 1 回がけ)。協調においては整地 1 回目を 1 作業協調、2 回目を整地-播種の 2 作業協調とした。
3) 繁忙期における協調以外の作業内容
・4 月中旬: 心土破砕 (てんさい、大豆)、追肥 (秋小麦)
・5 月上旬: 基肥施用・除草剤 (てんさい)、心土破砕 (大豆)、追肥 (秋小麦)、殺虫剤 (なたね)
・8 月上旬: 収穫 (春小麦、なたね)、殺虫剤 (大豆)
・9 月上旬: 砕土 (秋小麦、ケンブリッジ)、土改材散布 (秋小麦)、基肥施用 (秋小麦)、播種 (秋麦間作)、除草剤 (なたね)、土改材散布 (えん麦)
4) 圃場間の移動による効率の低下を加味している。
5) 通年の労働時間: 慣行 436h、協調 399h