

委託試験成績（令和7年度）

担当機関名 部・室名	秋田県農業試験場 企画経営室
実施期間	令和7年度～令和8年度、新規
大課題名	Ⅱ 高品質・高付加価値農産物の生産・供給技術の確立
課題名	直進アシストハイクリアランストラクタを核としたサツマイモ機械化体系の検討
目的	<p>秋田県におけるサツマイモ栽培は、登熟温度が足りず経済栽培は難しいとされてきた。しかし、近年の温暖化により栽培の可能性が広がり、新規に取り組む現地事例が出てきているが、生産農家の高齢化が進展しており、安定生産のためには機械化・省力化・スマート化が課題となっている。こうした中、直進アシストハイクリアランストラクタは、畝を跨いだ作業とRTKGNSS方式の自動操舵が可能で、ダイズやエダマメの播種作業や作業中の作物との接触に注意が必要な中耕作業を作物を傷めずに行うことが可能で、サツマイモ栽培においてもこのトラクタを核として各種作業機を装着して、畝を跨いで作業を行うことで、省力化、軽労化が期待される。</p> <p>そこで、RTKGNSS方式の自動操舵機能を有するハイクリアランストラクタと高速で中耕培土が可能なディスク式中耕機を組合せ、中耕作業に加え畝立作業にも使用して、作業精度と実用性について検討する。</p>
担当者名	企画経営室スマート農業チーム 主任研究員・齋藤 雅憲
<p>1. 試験場所 秋田県農試内ほ場（黒ボク土壌）</p> <p>2. 試験方法</p> <p>(1) 供試機械（2025年は、畝立て～中耕を試験対象とした） トラクタ：RTKGNSS自動操舵システム付ハイクリアランストラクタ（YT225A、25PS、ヤンマーアグリ） 畝立：高速畝立ディスク（HDR200、2条同時、小橋工業）、施肥機（UX110MT、タイショー）、施肥機（KX15、タイショー）、畝立同時マルチロータリ（STR4CFM、2条同時、ササオカ） 移植：歩行型移植機（PH10A、斜め差し、ヤンマーアグリ） 中耕：高速畝立ディスク（HDR200、2条同時、小橋工業） （つる切り：フレールモア（KM146、ササキコーポレーション）） （収穫：掘取機（TBD-2BA、2条同時、鋤柄農機））</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>試験Ⅰ 畝立作業</p> <p>①ディスク畝立区：自動操舵の有無とディスク畝立機を組合せた畝立作業（無マルチ） ②ロータリ畝立区：自動操舵の有無とロータリ畝立機を組合せた畝立作業（無マルチ） ③参考区：自動操舵とロータリ式畝立機を組合せた畝立作業（マルチ）</p> <p>試験Ⅱ 中耕作業（無マルチのみ）</p> <p>①ディスク畝立後中耕区：ディスク畝立区を自動操舵の有無とディスク式中耕機を用いて中耕作業（無マルチ） ②ロータリ畝立後中耕区：ロータリ畝立区を自動操舵の有無とディスク式中耕機を用いて中耕作業（無マルチ）</p> <p>ア. 圃場条件；黒ボク土壌、前作：無し イ. 栽培等の概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・品種：「べにはるか」 ・移植日（月/日）：5/27、6/11、6/20、収穫日（月/日）：10/10 ・肥料：豆専用2号（5-15-15）、基肥窒素（kg N/10a）：4.0 	

- ・栽植様式：畝間 80 cm、株間 30cm、1 畝 1 条

ウ. 試験日程

- ・耕起(ロータリ、バーチカルハロー)：5/15
- ・畝立て：5/19(ロータリ畝立)、5/23(ディスク畝立同時施肥施薬)
- ・施肥(施肥機)：5/23(豆専用 2 号)
- ・防除(施薬機)：(施薬機)：5/23(アドマイヤー 1 粒剤)
- ・移植(移植機)：5/27、6/11、6/20
- ・除草剤(動力噴霧機)：6/9(デュアルゴールド、レンザー)、6/20(デュアルゴールド、レンザー)
- ・中耕(ディスク中耕機)：
- ・防除(ブームスプレーヤ)：8/4(プレバソンフロアブル 5)
- ・つる切り(フレールモア)：10/10
- ・収穫(けん引式掘取機)：10/10

(3) 試験項目

ア. 作業精度：a) 直進性、b) 畝形状、c) 碎土率

直進性を評価するため、RTKGNSS 自動操舵システムから専用ハーネスを用いて、NMEA0183 形式データを 1s 毎に取得し、それぞれの行程で RMSE (Root Mean Squared Error：二乗平均平方根誤差) と行程間の距離を算出し、比較した。畝形状は、定植後に測定した。碎土率は、畝の土壌をサンプリングして、20m 未満の土塊の重量割合を算出した。

イ. 作業能率：a) 作業時間、b) 作業速度、

トラクタに標準装備されている RTKGNSS 自動操舵システムまたは後付けの RTKGNSS 計測装置(RWS、BizStation)を用いて、NMEA0183 形式データの数値情報を取得し、作業速度を算出した。また、作業時間計測と作業軌跡から作業時間を算出した。

ウ. 収量、品質

収穫後、7 日間ガラス温室で付着している土を乾燥させ、その後、圧縮空気を用いて土を落とし、形状、重量を調査した。

3. 試験結果

試験 I

- (1) ディスク中耕機を用いたディスク畝立では、サツマイモ用の畝の形成が可能で、さらに肥料散布機と薬剤散布機を装着することで、効率的に畝立同時作業を実施できた(図 1)。肥料と薬剤の散布精度(実測値/設定値)はそれぞれ 107%、93%であった。また、形成された畝に対して、作物との接触等の支障なくディスク中耕作業が実施可能であった。
- (2) ディスク畝立区の碎土率は、54.6~61.4%でロータリ畝立に比べ低かったが、両区の畝形状は同等で移植機による定植に支障はなかった(表 1)。また、土壌含水比は 0.31~0.37 で、土壌含水比が高い地点では、畝立時にトラクタがスリップする場合があった。
- (3) ディスク畝立の作業速度は、0.69~0.73m/s でロータリ畝立に比べ早く、作業能率は 19.2~21.3a/h であった。また、畝立時の自動操舵の有無による RMSE はそれぞれ 0.06m、0.05m と同等で、行程間隔も設定値 1.6m に非常に近い値であった(表 2)。
- (4) 5 月 27 日移植の機械作業と手作業による植付深さは、それぞれ 15.4cm、14.2cm で、地下部の節数は同等であった。また、移植機による機械作業での欠株率は 3.8% であった。また、2 人作業時の作業時間は移植機と手作業で 4.2h/10a、5.1h/10a であった(表 3)。

試験 II

- (5) 中耕時の自動操舵有りの作業速度は 0.74m/s で自動操舵無しに比べ速く、作業能率は 30.0a/h であった。また、自動操舵の有無による RMSE はそれぞれ 0.03m、0.04m

と同等で、行程間隔も 1.58m、1.62m と同等でいずれも高精度であった。
 (6) 収穫時の良品割合は、64.7～69.6%であった。また、不良品では小芋の割合が 12～32%で高かった。5 月 23 日定植のマルチ無とマルチ有の良品収量は、それぞれ 131kg/a、266kg/a であった (表 5)。

4. 主要成果の具体的データ

資材	投下量 /設定値(%)
肥料	107
薬剤	93



図1 畝立作業の比較(左:ディスク畝立、右:ロータリ畝立)



図2 中耕作業

表 1 碎土率と畝形状の比較

試験区	碎土率(%)			畝形状(cm)			
	畝立前 (5/19)	定植時 (5/27)	定植時 (6/20)	天幅	裾幅	高さ	畝間
ディスク畝立	74.1	61.4	54.6	25.0	47.6	19.6	79.6
ロータリ畝立		87.5	79.4	26.0	50.6	19.6	78.5

注1 碎土率は 20m 未満の土塊の重量割合である。

注2 含水比は、0.31～0.37 であった。

表 2 畝立作業の作業能率と作業精度の比較

試験区	マルチ	自動操舵	作業	作業	作業	RMSE	行程
			速度 (m/s)	時間 (h/10a)	能率 (a/h)		
ディスク畝立	無	有	0.73	0.47	21.3	0.06	1.59
		無	0.69	0.52	19.2	0.05	1.56
ロータリ畝立	無	有	0.15	1.39	7.2	-	-
		無	0.12	1.73	5.8	-	-
参考	有	有	0.15	1.44	7.0	-	-

注1 作業速度はRTKGNSSを用いて計測した。

注2 RMSEと行程間隔は平均値。

表 3 移植作業の植付精度と作業能率

作業方法	定植日 (月/日)	植付深 (cm)	草丈	節数		欠株率 (%)	作業 人数 (人)	作業 時間 (h/10a)	作業 能率 a/h
				地下	地上				
移植機	5/27	15.4	21.6	4.4	2.8	3.8	2	4.2	2.4
手作業		14.2	22.5	4.6	2.4	-	-	-	-
手作業	6/20	10.7	27.2	5.5	4.0	-	2	5.1	2.0

表 4 中耕作業の作業能率と作業精度の比較

試験区	自動操舵	作業	作業	作業	RMSE	行程
		速度 (m/s)	時間 (h/10a)	能率 (a/h)		
ディスク畝立後	有	0.74	0.33	30.0	0.03	1.58
	無	0.49	0.46	21.8	0.04	1.62
ロータリ畝立後	無	0.69	0.35	28.2	-	-

注1 作業速度はRTKGNSSを用いて計測した。

注2 RMSEと行程間隔は平均値。

表 5 収穫時の良品割合と良品収量

移植	定植日	マルチ	地上部重 (kg/株)	芋数 (個株)	芋重 (kg/株)	平均芋重 (kg/個)	良品割合 (%)	不良品割合				総収量 (kg/a)	良品収量 (kg/a)
								丸芋 (%)	小芋 (%)	曲 (%)	列開 (%)		
移植機	5月27日	無	1.05	5.0	0.60	0.12	69.5	1	22	3	4	188	131
		有	1.43	5.4	1.22	0.23	69.6	6	12	11	1	382	266
手作業	6月11日	無	1.46	6.8	1.33	0.20	65.3	2	32	1	0	244	160
手作業	6月20日	無	1.15	4.8	0.59	0.12	64.7	1	27	6	2	184	119

5. 経営評価

本年度は、RTKGNSS ハイクリアランストラクタを用いた機械体系のうち、ディスク作業機を用いた畝立・中耕作業の評価を行った。畝立作業と中耕作業で同一の機械を利用できることは、機械利用率の向上および設備投資の効率化（固定費の抑制）という観点からも大きな利点である。これは、大規模な作付けを行う経営体において重要な視点となると考えている。次年度は、ハイクリアランストラクタにつる切り作業機、掘り取り作業機を取り付けて作業を行い、導入規模等の評価を実施し、体系としての現地導入の資とする。

6. 利用機械評価

- (1) ハイクリアランストラクタで畝を跨いで高い視点から作業ができるため、作業状況の視認性に優れ、畝立作業、中耕作業のいずれにおいても、一般的なトラクタに比べ操作性にも優れていた。
- (2) RTK 自動操舵を活用することで、作業の習熟度に関わらず、高精度な直進作業が実現できる。また、中耕作業時に受信不良等で RTKGNS 自動操舵が使えない条件下でも、畝立時に直進性の高い畝を形成できていれば、その後の作業ではその畝や作物列が目印になるため、作業の効率化に有効であると考えられた。

7. 成果の普及

サツマイモ栽培を検討している生産者等への情報提供に努める。

8. 考察

- (1) ハイクリアランストラクタによるディスク畝立とディスク中耕の作業能率は、それぞれ 21.3a/h、30.0a/h で、実用性は高いと判断された。畝立作業前のは場の碎土率を高く整地しておく必要はあるが、従来のロータリ畝立に比べると高速で作業できるため、大幅な能率向上が期待できる。
- (2) 畝立作業と中耕作業のいずれにおいても、RTKGNSS 自動操舵の有無による RMSE と行程間隔の差異は小さく、高精度な作業によって直線的な畝が形成できた。差異が小さかった要因は、オペレータがトラクタによる畝立作業に習熟していたことと、自動操舵が熟練のオペレータに近い操舵を実現したことが推察された。
- (3) 中耕作業において自動操舵を用いると作業精度は高いが、自動操舵が無くとも畝立時に直線的な畝を形成できれば、効率的に中耕作業を実施可能であると示唆された。また、自動操舵有りでは走行時に操舵が不要になるため、作業機の高さ調節等の機体操作に集中できるため、高速作業が可能になったと考えられた。したがって、除草精度を維持しながら中耕時の作業性を高めるためには、前工程である畝立時において、直線的な畝を形成することが重要であると考えられた。
- (4) ディスク畝立、中耕作業はマルチ無しでの栽培となる。マルチ無とマルチ有の良品収量は、それぞれ 131kg/a、266kg/a であり、ディスク畝立、中耕作業を行ったマルチ無が低くなった。この収量性については、機械体系の構築に重要であるため、収穫時期や年次変動、生分解性マルチの利用を含めて検討を継続する必要があると考えられた。

9. 問題点と次年度の計画

本年度は、ハイクリアランストラクタおよびディスク作業機を用いた畝立・中耕作業を対象に、その有効性を検証した。次年度は、一貫した機械化体系の確立を目指し、つる切り作業、収穫作業を対象に試験を継続する予定である。また、サツマイモ栽培では、機械化の向上だけでなく、健全な苗の準備や収穫後の貯蔵性など栽培以外の要素も重要であるため、これらの技術についても、引き続き情報収集に努める。

10. 参考写真



写真 畝立て作業(5月23日)



写真 移植作業(5月27日)



写真 移植後の苗



中耕作業(7月8日)



写真 中耕作業前(7月8日)



写真 中耕作業後(7月9日)



つる切り作業(10月9日)



写真掘り取り作業(10月10日)