

委託試験成績（令和7年度）

担当機関名 部・室名	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 中日本農業研究センター 温暖地野菜研究領域 栽培管理グループ
実施期間	令和7年度～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	キャベツ等の移植作業への直進機能導入による除草作業の効率化
目的	大規模土地利用型野菜生産では除草剤が効かない雑草に対する機械除草のニーズが高いが、損傷株の発生や株付近の残草が課題である。現状ではレーキ、ティンやカルチなどを用いて株際の雑草を抜き取っているが、株際に機械を近づけ過ぎると畝や移植苗の蛇行により機械が苗に接触し、キャベツ苗等の損傷が発生している。 この解決に向け、直進性を維持する直進機能を畝立て作業・移植作業に導入することで、除草作業の精度・効率向上を目指す。
担当者名	関正裕、新村麻実
<p>1. 試験場所 農研機構中日本農業研究センター 観音台圃場（畑） 約延 20a</p> <p>2. 試験方法 全自動野菜移植機直進アシスト機能付(PW200R)を利用することで、畝立て、移植、中耕除草などの管理作業までをワンストップで直進アシストが可能になった。これにより畝立て作業と同一の基準線を使用することで高精度な作業が期待できる。また、畝と植付位置の精度が向上することにより、除草作業による物理的ダメージのリスクが低下するだけでなく、従来より株際近くまで除草でき残草が減少すると考えられることから、移植時の直進アシスト機能の利用有無による植付精度や除草効果の影響を調査する。</p> <p>(1) 供試機械名 ・畝立 ヤンマーYT122 直進アシスト機能付+畝立機（2条）+車速連動施肥機 ・移植 ヤンマーPW200R 直進アシスト機能付 ・除草 春まき 自動操舵システム付きトラクタ(トプコン XD/AGS-2-SET)+中耕除草機(キュウホー S4 カルチ) 夏まき ヤンマーYT223A 直進アシスト機能付(ハイクリアランス仕様)+中耕除草機(キュウホー S4 カルチ) 土壌処理剤や茎葉処理剤、手取り除草などは行わない。 ※畝立、移植、除草作業は1工程2畝 直進アシストおよび自動操舵システムはRTK-GNSS方式を利用</p> <p>(2) 試験条件（栽培の概要） ・品種名 春まき「がいな」 4/22 移植、夏まき「YR 銀治郎」 9/11 移植 購入苗 ・栽植密度 株間 40 cm×畦間 60 cm（1.5 株/m<sup>2</sup>）、1 畝条数 1 条 16 畝（春まき）・14 畝（夏まき）×50m×2区×2回（春まき、夏まき） ・施肥 施肥全量 20kg/10a（基肥 15kg/10a、追肥 5kg/10a）基肥は畝内施肥 ・除草剤散布 土壌処理剤を含め散布なし ・病虫害防除 慣行方法に準じる ・収穫 一斉機械収穫</p> <p>(3) 試験項目 ①直進アシスト機能利用による精度試験（畝立て、移植）および作業時間 GNSSによる軌跡および測量による畝や株位置の計測 ②除草試験 直進アシスト機能利用の有無 ・除草前 雑草量 ・作業時 作業時間 ・除草直後 除草効果およびキャベツ株への物理的ダメージ ・収穫前 雑草量</p>	

### ③収穫 収量調査

#### 3. 試験結果

##### 【春まきキャベツ】

#### 1) 作業設定

作業幅 120 cm、畝立て作業ではラップ幅 5 cm としたが途中から 0 cm とし、移植作業 0 cm とした、経路オフセット量 1cm、経路作成モード 当初は作業幅基準モードとしたが途中から自車位置基準モードへ、基準線作成 A 点+B 点（移植作業は A 点+方位角）、感度 超敏感、スリップ補正 OFF、経路作成基準位置 前方、作業精度 RTK 作業精度優先、作業終了お知らせ ON、下げオート連動 OFF とした。

#### 2) 畝立てマルチ作業

畝立てマルチ作業は直進アシスト区、対照区とも直線アシスト機能を使い、作業速度は 0.89km/h で行った。直進アシストの調整に手間取り直線アシスト区の作業時間は手動区の 50a 当たり 36 分より長くかかり、感度やラップ幅などの調整により 1 時間強となった。また、調整を繰り返したため工程間の畝間幅が一定にならなかった。そのため、基線をそのまま使い移植、除草作業をすることは難しいと考え畝への位置合わせは手動で行い方位のみ利用することとした。各畝 4 地点（15m おき）で行程の中心（2 畝の中央部分）を測量したところ、畝毎の平均誤差は 1 cm 程度であったことから、畝毎は真っ直ぐに作ることができていた。

#### 3) 移植作業

移植機の作業速度は直進アシスト機能の使用の有無にかかわらず 1.3km/h となった。これはオペレータが運転に慣れていなかったこともあるが、最初作業速度 2km/h 程度で行った場合に欠株や植付姿勢の乱れが多く見られたことから速度を抑えたためである。畝ごとで移植作業中に畝位置とずれた場合、手動でオフセット量（オフセットスイッチ）で調整した。

8 畝の中央の 10 株（4m）の測量を行った。畝立てと同様に各畝列の平均誤差を評価したところ直進アシスト区、対照区でそれぞれ 1cm 程度で、畝立てマルチ作業と同じ程度であった。

#### 4) 除草作業

機械除草は移植から 22 日目の 5 月 14 日に行い、キャベツの生育状況は平均葉数 10 枚、平均最大葉長 15 cm 程度で実施した。60 cm（条間）×70 cm（2 株分）×6 畝について除草作業前と作業後について雑草の本数と重さを計測した。

除草機は直進アシスト機能付トラクタが用意できなかったため、後付け自動操舵システム付きトラクタで作業した。作業速度は 4km/h とした。畝合わせを行ったあとはキャベツ株の損傷があっても設定のまま作業を続けた。ずれ等についてはキャベツへの損傷で評価した。中耕除草機のレーキの設定は植付したキャベツの培土部分に引っかからない程度にレーキを調整し、作業を行った。

##### ①雑草量

除草前の雑草量は両区でほぼ同じであったが、若干慣行区の方が小さかった（表 1）。シロザがほとんどで、イヌビユ、ヒメシバが続いた。緑肥のこぼれ種と思われるコマツナが本数は少ないが大きくなっていた。

除草後は、直進アシスト区、対照区とも雑草本数は除草前の 1/10 程度に減り、同じ程度であった。残った雑草の多くは株際であった。

##### ②苗への影響

今回の試験では直進アシスト機能を使うことでキャベツが株ごと引き抜かれたものが 1% に対して、対照区では 4% であった、倒伏、芯や葉の折れや葉の破れも 6% 少ない結果となった（表 2）。

##### ③作業時間

8 工程（16 畝）作業を行ったが、自動操舵システムや中耕除草機の調整に手間取ったため、調整後の 6 工程（12 畝）で比較した。直線アシスト区で 73 秒多くかかっているが作業速度はほぼ同じなので機体を基線に合わせるためにかかった時間の違いであった（表 3）。

RTK による作業軌跡を収集したが、除草作業では畝中央から 3 cm もずれると外葉をちぎる、最悪の場合株ごと引き抜ける場合もあったことから GNSS 軌跡の測定点ごとによる評価は困難であった（図 1）。

#### 5) 収穫時の雑草本数・量など

調査区(1 m<sup>2</sup>)当たり、対照区は本数で1.6倍、生重で2.2倍となった(表4)。シロザとヒメシバがほとんどを占め、生重は大きくなったシロザがほとんどを占めていた。これら多かったシロザやヒメシバは5月14日の除草作業に残ったものと思われた(表5)。

#### 6) 収量

キャベツの1個重、結球重には差が見られなかったが、粗収量は対照区が少ない結果となった(表6)。1個重、結球重には差がないものの対照区の方が若干少ないこと、除草時の株引抜や損傷が多かったこと、雑草量も多かったことが原因と思われた。

### 【夏まきキャベツ】

#### 1) 作業設定

春まきキャベツでは直進アシストによる同一経路を利用した畝立て、移植作業が難しかったこともあり、夏まきキャベツで別圃場で試行したが位置を合わない場合もあったため、畝の位置合わせは手動により行うこととし、経路作成モードは自車位置基準モード、移植・除草作業では基準線作成をA点+方位角、畝立て作業の設定方位角を入力した。また、ステアリング感度を春まきキャベツでは超敏感としていたが鈍感とした。その他の設定は春まきキャベツと同じとした。

#### 2) 畝立てマルチ作業

畝立てマルチ作業は直進アシスト区、対照区とも直線アシスト機能を使い、作業速度は1.22km/hで行った。直進アシスト区の3行程目で位置精度低下により強制停止があったがすぐに復帰できた。作業時間は肥料補給などを含め直進アシスト区で20分10秒、対照区で19分0秒であった。50秒の違いは強制停止のため同等であった。各畝4地点(15mおき)で行程の中心(2畝の中央部分)を測量したところ、平均誤差は1cm程度であり、畝立ては真っ直ぐにできた。

#### 3) 移植作業

移植機の作業速度はオペレータの操作に任せた。直進アシスト区1.47±0.00km/h、慣行区1.64±0.19km/hと慣行区に比較して作業速度が11%低かった。この一因として、直進アシスト区ではオペレータが直進アシストモニタのオフセットスイッチでオフセット量の調整を手動操作するため、操作し易い程度の速度としたためであった。オフセット量は最大4cm調整することがあった。また、圃場が乾燥によりスリップしていると観察されたため、直進アシスト区の1畝目以外はスリップ補正を弱とした。

それぞれの区の中央の15株(6m)×6箇所について測量を行った。畝立てと同様に各畝列に近似直線を求め近似直線との観測点の平均誤差を評価したところ直進アシスト区、対照区でそれぞれ0.5cm、1.0cmで、直進アシスト区の方が小さく、精度が良い結果となった。

#### 4) 除草作業

機械除草は移植から21日目の10月2日に行い、60cm(条間)×80cm(3株分)×6畝について除草作業前と作業後について雑草の本数と重さを計測した。

中耕除草機は直進アシスト機能付トラクタで作業した。作業速度は春まきと同じく4km/h程度とした。春まきとは異なり直進アシスト区において畝合わせを行ったあとオフセットスイッチで位置合わせを行い、キャベツ株の損傷が少なくなるよう作業した。ずれ等についてはキャベツへの損傷で評価した。中耕除草機のレーキの設定は植付したキャベツの培土部分に引っかからない程度に春まきよりもレーキを若干広めに調整し、作業を行った。

##### ①雑草量

雑草量は春播きに比較して多かった。除草前の雑草量は両区ではほぼ同じであったが、若干慣行区の方が小さかった(表1)。スベリヒユがほとんどで、残りはシロザと緑肥のこぼれ種と思われるコマツナであった。

除草後は、直進アシスト区、対照区とも雑草本数は除草前より減っているが、直進アシスト区の雑草の生重、乾物重が作業前より大きくなっているのは大きい雑草の株が入ったためであり、ほぼ同程度であった。残った雑草の多くは株際であった。

##### ②苗への影響

今回の試験では直進アシスト機能を使い、オフセット量の調整を合わせて行うことでキャベツが株ごと引き抜かれたものがなかった。対照区は株が引き抜かれたものが0.5%で、倒伏、芯や葉の折れや葉の破れと合わせても1%少ない結果となった(表2)。株位置を測量した地点ではない

が移植精度が影響した可能性が高い。

### ③作業時間

7 工程作業を行ったが、直線アシスト区で 28 秒多くかかっているが、作業速度は 3.8km/h と 3.9km/h とほぼ同じであった。直進アシスト区を先に行ったためか、旋回時間が全体で 18 秒多くかかっていたことと、若干速度が低かったことが影響していたと思われる（表 3）。

### 5) 収穫について

天候のためキャベツの生育が遅く、予定していた 12 月上旬の収穫が 1 月中旬以降になったため、本報告書には間に合わなかった。

## 4. 主要成果の具体的データ

表 1 機械除草作業の前後による雑草量

		除草 作業	広葉雑草 本数(本/m <sup>2</sup> )	イネ科雑草 本数(本/m <sup>2</sup> )	生重 g/m <sup>2</sup>	乾物重 g/m <sup>2</sup>
春まき	直進アシスト区	前	27.4	11.5	1.9	0.2
		後	1.1	2.1	0.1	0.0
	対照区	前	26.4	8.5	0.9	0.1
		後	3.1	0.7	0.1	0.0
夏まき	直進アシスト区	前	61.1	0.7	1.0	0.5
		後	11.7	0.4	2.7	0.8
	対照区	前	106.9	2.1	11.8	2.0
		後	12.2	0.0	3.8	0.6

表 2 機械除草作業によるキャベツへの影響

		直進アシスト区	対照区
		株数	株数
春まき	全株数	1985	1984
	株損失	17	80
		1%	4%
	倒伏・芯折	188	217
	葉折・葉破	448	543
		32%	38%
夏まき	全株数	1750	1750
	株損失	0	8
		0%	0.5%
	倒伏・芯折	0	13
	葉折・葉破	0	4
		0%	1%

春まきの直進アシスト区は後付け自動操舵システムで実施

表 3 機械除草の作業時間

		直線アシスト区	対照区
春まき	12畝	9分19秒	8分5秒
夏まき	14畝	11分04秒	10分36秒

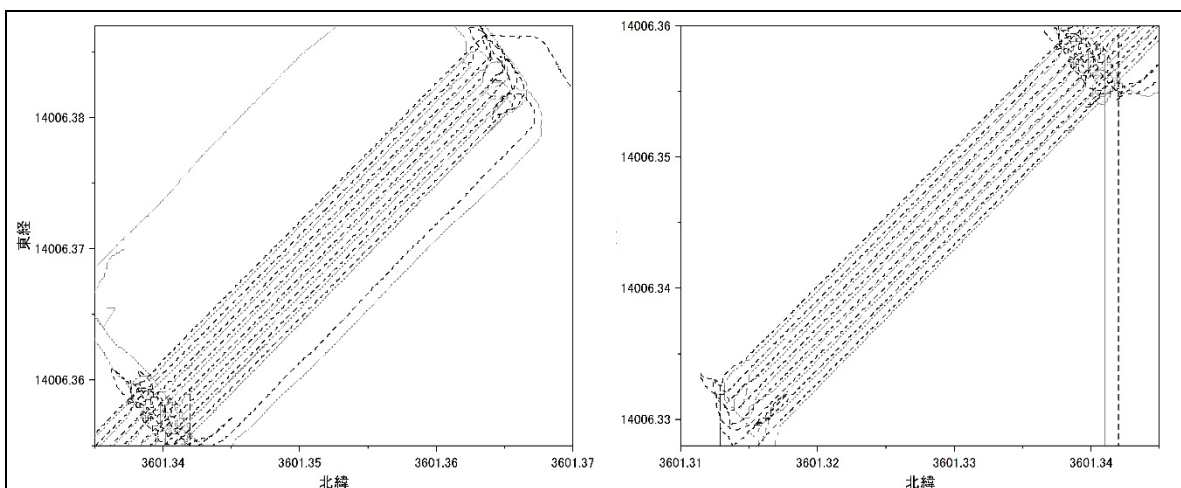


図1 畝立て作業と移植作業の軌跡(左：直進アシスト区、右：対照区)  
実線：畝立て作業、点線：移植作業

表4 収穫時の雑草量

	直進区	対照区
本数(本/m <sup>2</sup> )	73.7	121
生重(g/m <sup>2</sup> )	2687	5919

表6 収量

	直進区	対照区
1個重(kg)	1.97	1.87
結球径(cm)	24.7	23.8
粗収量(kg)	3,288	1,874

\* 1個重、結球径とも有意差なし

表5 収穫時の残草種

	直進区		対照区		
	本数	生重	本数	生重	
ヒメシバ	56%	4%	シロザ	50%	90%
シロザ	38%	84%	ヒメシバ	39%	3%
その他	6%	12%	スベリヒユ	5%	1%
			その他	6%	6%

## 6. 利用機械評価

直進アシスト機能により直進性は十分であったが、行程間が一定になる作業幅の設定方法について検討が必要であり、直進アシスト機能を利用した効率化は判然としなかった。しかし、熟練オペレータと同程度の精度は確保出来た。

## 7. 成果の普及

なし

## 8. 考察

本年度は全自動野菜移植機直進アシスト機能付が市販化されたことより、畝立て作業、移植作業、機械除草のすべてで直進アシスト機能を使うことが可能になった。直進アシスト機能を利用した移植作業の作業能率向上および機械除草への効果を検討した。行程間（作業幅）が一定にならず、畝への位置合わせ（自車位置基準モード）を目視で行うことになったことから、直進アシスト区でも手動オフセットが必要となったためか能率は上がらなかったが、直進アシスト機能を畝立て作業、移植作業、機械除草で利用することで機械除草によるキャベツへのダメージを減らせる可能性を実証できた。

## 9. 問題点と次年度の計画

直進アシストトラクタと移植機、除草作業の同一経路の利用をできる方法が必要である。全自動野菜移植機直進アシスト機能付きでは、オフセット位置の調整が必要になる場合がありオフセットスイッチの操作により作業速度が制限される問題がある。

次年度は、引き続き反復による確認をするとともに、直進アシスト機能を使うため畝位置合わせが目視で旋回と畝合わせを行ったことから、手動よりも時間がかかったこと、この位置合わせが移植作業中のオフセット量の調整や中耕除草機の設定に影響するので、解消する作業方法を検討する。また、除草効果を上げるため生育状況により可能であれば機械除草を2回実施する。

#### 10. 参考写真



写真1 畝立て（夏まき）



写真2 移植（夏まき直進アシスト区）



写真3 機械除草前（夏まき）



写真4 機械除草後（夏まき）



写真5 機械除草（夏まき）



写真6 機械除草（夏まき）