

# 中山間地域の土地利用型野菜輪作体系における省力性・生産性向上に向けたスマート農業技術一貫体系の実証

(株) アンドファーム (岩手県岩手町)

## 背景及び取組概要

＜実証面積(実績):40ha＞ <実証品目:キャベツ(20ha)・だいこん(16ha)・ながいも(4ha)＞

- 土地利用型野菜生産において、熟練オペレーターや収穫作業等の労働力確保が規模拡大等の阻害要因であり、
  - ① 基幹品目(キャベツ・だいこん・ながいも)の各生産工程においてスマート農業技術を導入し、単収の向上及び労働時間を削減する
  - ② 栽培管理において、自動操舵補助システムによる耕起・播種・防除作業の効率化やマルチローター防除により、各作業の省力化や労働強度などの労働条件を改善する
  - ③ 営農支援システムの活用により、栽培工程の見える化を図り、労務・経営管理の効率化を図る

## 実証目標

- 基幹品目の収量を11～15%向上(キャベツ15%、だいこん13%、ながいも11%)
- 基幹品目における面積当たりの作業労働時間を11～40%削減(キャベツ40%、だいこん39%、ながいも11%)

### 営農支援システム

・各品目の栽培工程が見える化し、労務、経営管理を効率化



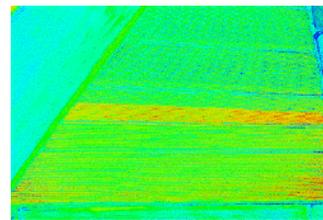
### 自動操舵補助システム

・未熟練オペレーターでも高精度な耕起・防除作業を実現



### 生育モニタリング

・診断結果を追肥等の作業に反映し生育斉一性向上



### マルチローター防除

・適期防除の実現及び移動旋回時間の減少による作業時間削減



### アシストスーツ

・自動収穫機  
・収穫作業時間の大幅削減及び作業の軽労化



経営管理

耕起・施肥  
播種

生育  
モニタリング

防除

収穫

# 実証を踏まえ提案するスマート農業技術体系（品目別）

初年目の実証において、各技術メニューを網羅的に実証したが、技術的・経営的に導入効果の高いものに絞り込み、作物別のスマート農業技術体系を構築した。

	目論み	組み入れたスマート技術体系						
キャベツ	土壤改良資材・肥料散布の均一化による <b>斉一性向上・収量増加</b> と <b>減肥による経費削減</b>	<b>耕起</b> 土壤改良資材散布		<b>畝立施肥</b>	<b>定植</b>	<b>中耕除草</b>	<b>防除</b>	<b>収穫</b>
だいこん	土壤改良資材・肥料散布の均一化による <b>斉一性向上・収量増加</b> と <b>収穫機による作業時間の短縮</b>	<b>耕起</b> 土壤改良資材散布		<b>播種</b>	<b>中耕除草</b>	<b>防除</b>	<b>機械収穫</b>	
ながいも	土壤改良資材・肥料散布の均一化による <b>斉一性向上・収量増加</b> と <b>作業精度向上による良品・製品率の向上</b>	<b>耕起</b> 土壤改良資材散布		<b>定植前溝堀</b>		<b>防除</b>	<b>収穫時溝堀</b>	
		 自動操舵トラクタ ロータリ	 自動操舵トラクタ ワイドスプレッダ (斉一性) (省力)	 自動操舵トラクタ 畦立局所2段施肥 (斉一性・増収) (コスト減) (省力)	 定植機	 自動操舵トラクタ 4連除草機 (斉一性・増収) (省力)	 自動操舵トラクタ ブームスプレーヤ	 手収穫 (労働生産性向上)
		 自動操舵トラクタ ロータリ	 自動操舵トラクタ ワイドスプレッダ (斉一性) (省力)	 自動操舵トラクタ 播種機 (斉一性)	 自動操舵トラクタ 4連除草機 (斉一性・増収) (省力)	 自動操舵トラクタ ブームスプレーヤ	 自動収穫機 (省力)	
		 自動操舵トラクタ ロータリ	 自動操舵トラクタ ワイドスプレッダ (斉一性) (省力)	 自動操舵トラクタ トレンチャー (品質向上)		 自動操舵トラクタ ブームスプレーヤ	 自動操舵トラクタ トレンチャー (品質向上)	

# 目標の達成状況と要因解析

表1 単収目標と実績(10aあたり)

品目	目標	実績	増減
キャベツ	5.0t	6.3t	1.3t
だいこん	4.0t	5.1t	1.1t
ながいも	3.0t	3.2t	0.2t

## 達成状況

### ○10aあたり単収

- 1 キャベツの単収6.3tは、**慣行に対して10%増収**となり、当初の目標単収を大幅に上回り**目標達成**した
- 2 だいこんの単収5.1tは、**慣行に対して24%増収**となり、当初の目標単収を大幅に上回り**目標達成**した
- 3 ながいもの単収3.2tは、**慣行と同等**であったが、当初の目標単収を上回り**目標達成**した

表2 作業時間の目標と実績(10aあたり)

品目	目標	実績	増減
キャベツ	48.1h	48.5h	0.4h
だいこん	41.7h	36.5h	△5.2h
ながいも	92.3h	182.6h	90.3h

## 達成状況

### ○10aあたり作業時間

- 1 キャベツの作業時間48.5時間は、**慣行に対して2%の削減**となった。
- 2 だいこんの作業時間36.5時間は、**慣行に対して42%の削減**となり、当初の目標作業時間が大幅に削減され**目標達成**した
- 3 ながいもの作業時間182.6時間は、**慣行と同等**であった

## 要因解析

- 1 キャベツの単収は、スマート農業技術体系の導入により適正な管理作業が行われ、**生育の斉一性が高まり**、目標を達成した。作業時間は、目標時間とほぼ同程度であった。
- 2 だいこんの単収は、スマート農業技術の導入により**生育の斉一性が高まり**、自動収穫機による**一斉収穫**の結果、目標を達成した。作業時間は、自動収穫機の導入による**収穫作業時間の大幅削減**により、目標を達成した。
- 3 ながいもの単収は、**溝堀作業の高精度化**により目標を達成した。

# 自動操舵システムの特徴、導入効果(作業精度)①

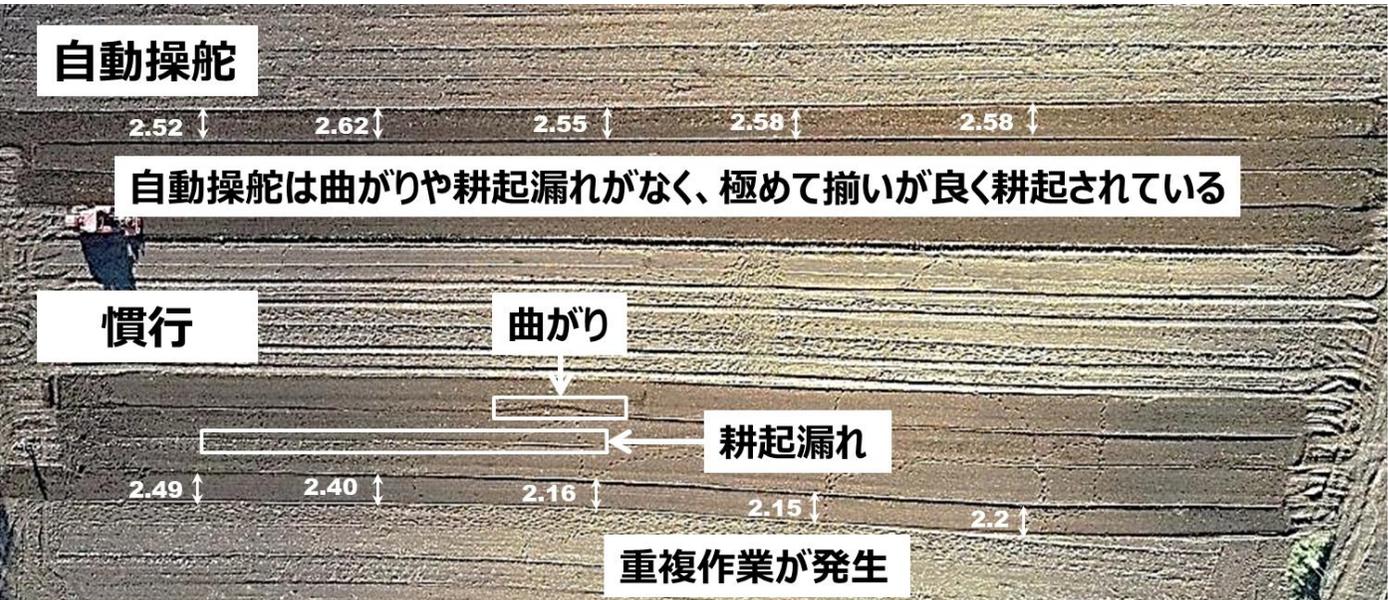


図1 自動操舵補助システムを活用した耕起作業



図2 防除作業時のオペレーター—視線(コンソール操作)

# 自動操舵システムの特徴、導入効果(作業精度)②

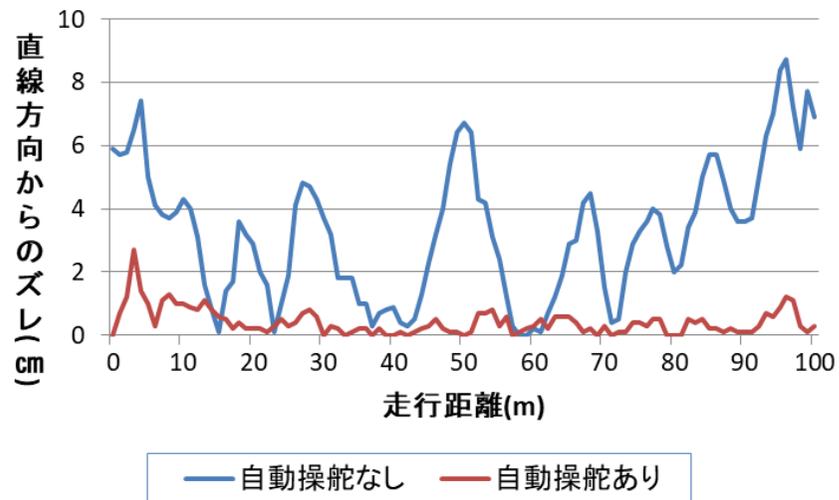


図1 ながいも定植前溝堀時の作業精度(R1)

表1 収穫溝堀作業の10aあたり作業能率(R1)

		実証区※	慣行区※※	削減率
作業時間計		263.2分(100.0%)	289.4分(100.0%)	9.1%
内訳	溝堀作業	158.3分( 60.1%)	158.3分( 54.7%)	
	作業準備	23.3分( 8.9%)	23.3分( 8.1%)	
	旋回・移動	41.1分( 15.6%)	41.1分( 14.2%)	
	機械調整	26.1分( 9.9%)	35.6分( 12.3%)	
	荷役	<b>14.4分( 5.5%)</b>	<b>31.1分( 10.7%)</b>	

注)作業人員：7名(オペレーター1名、選別集荷6名)  
 ※ 実証区：定植時・収穫時ともに自動操舵あり  
 ※※慣行区：定植時・収穫時ともに自動操舵なし

表2 自動操舵の有無による収穫物損傷割合

年	収穫物損傷割合		慣行区における 自動操舵補助システムの有無	
	実証区	慣行区	自動操舵補助システムの有無	
			定植前の溝堀作業	収穫作業
令和元年	<b>2.1%</b>	5.7%	なし	なし
令和2年	<b>0.2%</b>	2.0%	あり	なし

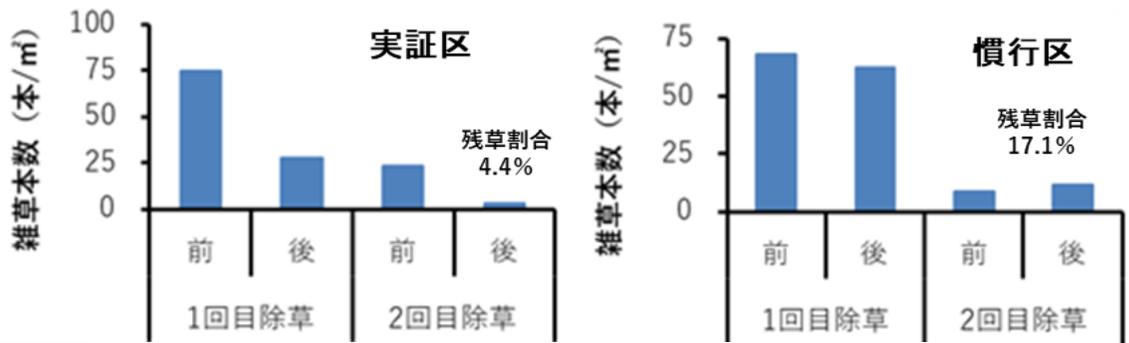
表3 10aあたり単収(R1)

区	単収(t/10a)		
	生食用	加工用	合計
実証区※	<b>2.0t</b>	0.8t	2.8t
慣行区※※	<b>1.8t</b>	1.0t	2.8t

※：定植時・収穫時ともに自動操舵あり  
 ※※：定植時・収穫時ともに自動操舵なし

- ながいも栽培の溝堀作業は、定植前及び掘取時ともに自動操舵を活用した区で直線方向からのズレが小さくなった
- 収穫物の損傷割合は自動操舵補助システムの活用で大幅に減少。定植前の溝堀作業にのみ当該システムを活用するだけでも効果が認められた
- 10aあたり単収は、自動操舵補助システムの品質向上効果が認められた

# 自動操舵システムの特徴、導入効果(作業精度)③



※キャベツ株の両脇10cm×3mの調査結果  
 ※残草割合は2回目除草後の雑草本数/1回目除草前の雑草本数×100により算出

図1 キャベツ株付近の雑草本数の比較(R2)

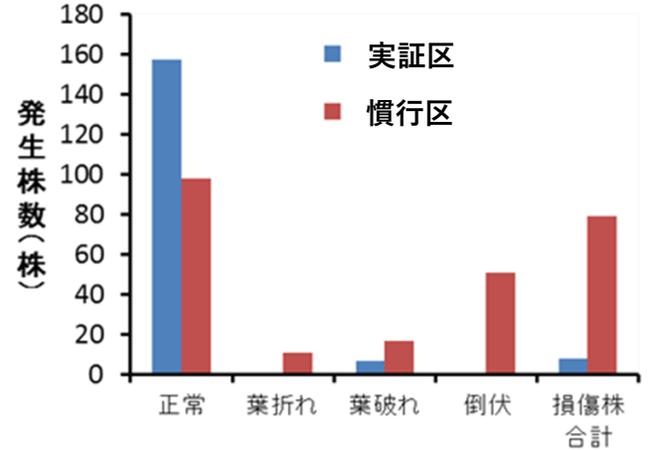


図2 中耕除草によるキャベツの損傷(R1)

- 1 自動操舵補助システムを活用した中耕除草作業の実施により、キャベツ株付近の**残草割合が12.7ポイント減少**した。また、キャベツの損傷株数は大幅に減少した。
- 2 自動操舵による中耕除草作業を行う場合、定植精度の向上により除草精度の向上が見込まれる
- 3 複合傾斜のある圃場では、自動操舵によるトラクタの直進走行精度が低下する場合があります。除草精度の向上に向けては**圃場条件に注意**する
- 4 自動操舵補助システムは、**中耕除草**作業だけでなく、**耕起**や**施肥**、**畝立て**作業と**併せて導入**されることとなるため、自動操舵を体系化することが大前提となる。

# 自動操舵システムにより高度な導入効果（スキルアップ）

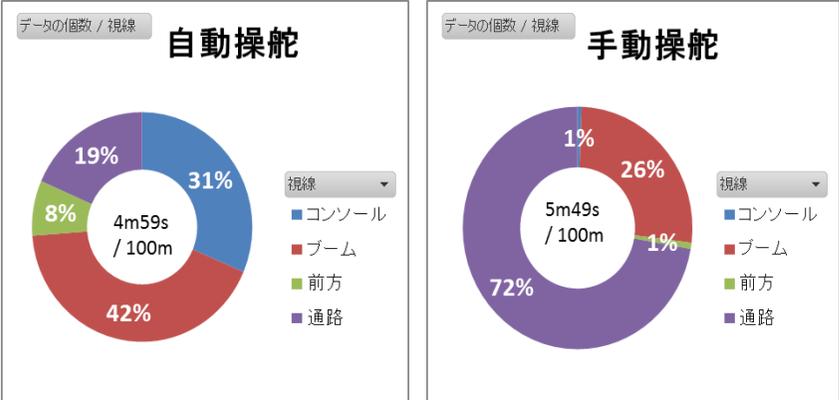


図1 ブームプレイヤー後進散布時の視線



図2 防除作業時のオペレーターの状況

表1 ながいも防除における各防除作業の定性評価(R1)

操舵の種類	作業精度	作業簡便性	身体的疲労	精神的疲労	規模拡大有効性	適期作業への貢献
自動操舵	3	4	3	5	3	3
手動操舵(慣行)	3	3	3	3	3	3

慣行作業と比較して「かなり悪くなった」1点、「変わらない」3点、「かなり改善した」5点とした。作業簡便性は、オペレーターが未熟練者でも作業が可能かどうかの評価

表2 自動操舵補助システムの導入による作業員のスキルアップ

作業員	熟練度	ロータリー耕		トレンチャー耕		マルチ張り		中耕除草		防除	
		自動操舵		自動操舵		自動操舵		自動操舵		自動操舵	
		無	有	無	有	無	有	無	有	無	有
A	高	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B	中	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○
C	中	○	○	×	○	×	○	×	○	×	○
D	低	○	○	×	○	×	○	×	○	×	×
E	低	○	○	×	○	×	○	×	○	×	×

○：従事できる ×：従事できない

難易度の低い作業 ⇒ 熟練度が低い作業員でも作業可能  
 難易度の高い作業 ⇒ 熟練者の精神疲労軽減

自動操舵補助システムの導入は、各種作業の簡便化が進むことから、作業員の熟練度に関わらず従事できる作業が**拡大**する可能性が示された。

- ①限られた労働力の効率的・効果的な活用が可能となる。
- ②従来の連続作業時間の限度拡大

# 齊一化・コスト低減に貢献した技術(ワイドスプレッダー)

表1 土壌改良資材散布における10aあたり作業時間(R1) (10a)

区名	機械作業	巡回	計
ワイドスプレッダー区	9分55秒	1分42秒	11分37秒(41)
慣行区(ブロードキャスター)	15分00秒	13分12秒	28分16秒(100)

ワイドスプレッダー区: 作業幅1,650cm(ビコンROM2000G)、使用トラクタ クボタM110G、散布資材 てんろ炭カル

慣行区: 作業幅600cm(ビコンPS507)、使用トラクタ クボタM110G、散布資材 てんろ炭カル

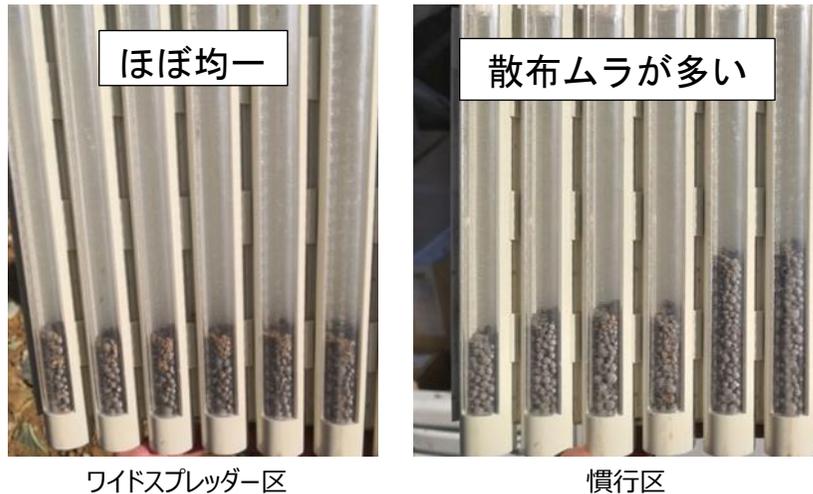


表2 作業機の違いによる散布ムラ

ワイドスプレッダー区			慣行区(ブロードキャスター)		
反復	回収した肥料(g/m <sup>2</sup> )	備考	反復	回収した肥料(g/m <sup>2</sup> )	備考
1	44		1	76	2回散布
2	40		2	76	2回散布
3	40		3	44	
4	40		4	48	
5	36		5	44	
6	44	左端	6	36	左端

図1 土壌改良資材の散布ムラの違い

注) 図1、表2ともに、いずれの区も、圃場に肥料受けのバットを複数設置し、40g/m<sup>2</sup>の散布量設定で、てんろタンカルを散布。散布後に、各バットで受けたてんろタンカルを管に集め、バット毎の散布ムラを調査したものを。

- 1 ワイドスプレッダーによる面的効果については、今後検討を進めていく必要がある。
- 2 有機質資材への適用についても同様である。

# 齊一化・コスト低減に大きく貢献した技術(畝内二段局所施肥技術)

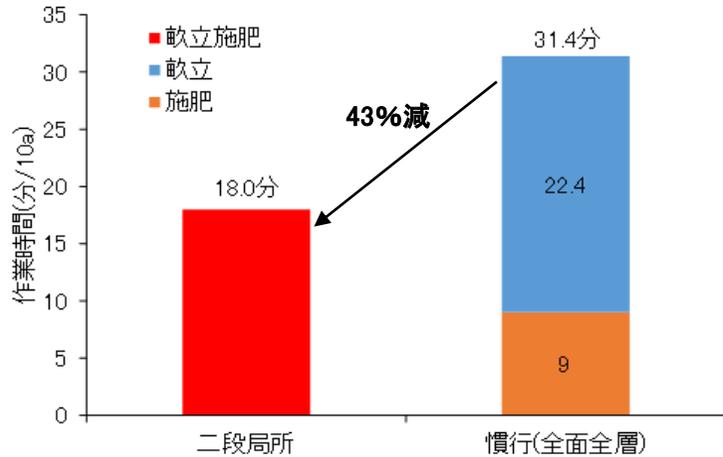


図1 施肥法の違いによる作業時間 (キャベツ・R1)

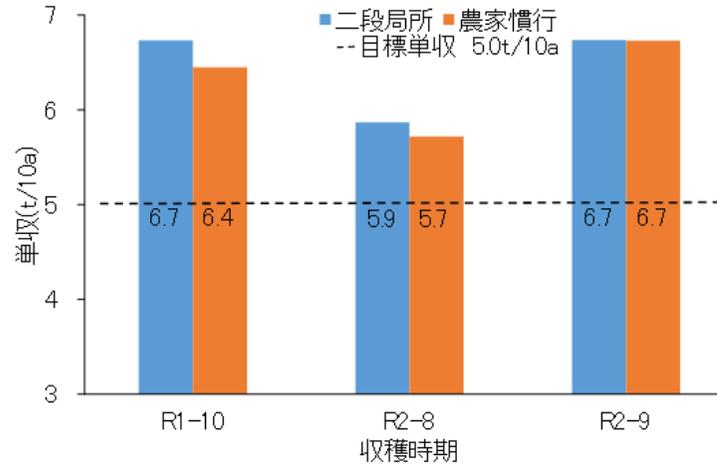


図2 施肥法の違いによる単収(キャベツ)

令和2年8月収穫作型と令和2年9月収穫作型では、窒素施肥量を**20%減肥**

10aあたり窒素施肥量

	慣行	二段局所
8月	16.0kg	⇒ 12.8kg
9月	21.0kg	⇒ 17.8kg

表1 キャベツ時期別の収穫株率

区	R1.10月	R2.8月	R2.9月
実証区	<b>93.0%</b>	87.6%	<b>99.5%</b>
慣行区	<b>83.6%</b>	84.5%	<b>99.8%</b>

※ 収穫株率は、収穫株数/定植株数×100 で算出  
 ※※ **太字**は一斉収穫を実施。令和2年8月収穫は、病害の発生により齊一性の低下により、収穫株率が低下したと考えられる。そのため、当該作型では同じ圃場で複数回収穫を行った。



図3 畝内二段局所施肥の状況と畝の外観

○ 畝内二段局所施肥機と自動操舵補助システムを組合せて使用することにより、高精度の作業が可能となり、真っすぐな畝立が可能となる

# 栽培プロセスのスマート化を技術革新につなげた好例(だいこん全自動収穫機)

表1 畝立時の隣接畝間の状況(R2)

区	隣接畦間平均	標準畝間との差
実証区(自動操舵有)	58.1cm	△1.9cm
慣行区(自動操舵無)	64.4cm	4.4cm

※隣接畝間：畝立機(4畝)の畝間

表2 中耕除草による株の損傷(R2)

区	株広 (cm)	損傷株率(%)		
		葉柄折れ切れ	葉先切れ	計
実証区(自動操舵有)	53.3	0.1	0.2	<b>0.3</b>
慣行区(自動操舵無)	47.8	3.0	0.4	<b>3.4</b>

※4連除草カルチ使用 中耕除草作業日：令和2年8月18日

表3 自動収穫機の作業精度(R2)

区	収穫株率 (%)	収穫ロス(%)				合計 (%)
		倒れ	抜取ミス	はじき	その他	
実証区(自動操舵有)	95.3	0.0	0.0	4.7	0.0	100.0
慣行区(自動操舵無)	93.5	1.1	0.3	4.7	0.4	100.0

表4 10aあたりの作業時間及び投下労働時間

年	区	作業時間	作業人員	投下労働時間	削減率
令和元年	実証区(自動収穫機)	1.68時間	4名	6.72時間	<b>78.0%</b>
	慣行区(手収穫)	5.09時間	6名	30.54時間	
令和2年	実証区(自動収穫機)	2.48時間	5名	12.40時間	<b>50.4%</b>
	慣行区(手収穫)	6.24時間	4名	24.96時間	

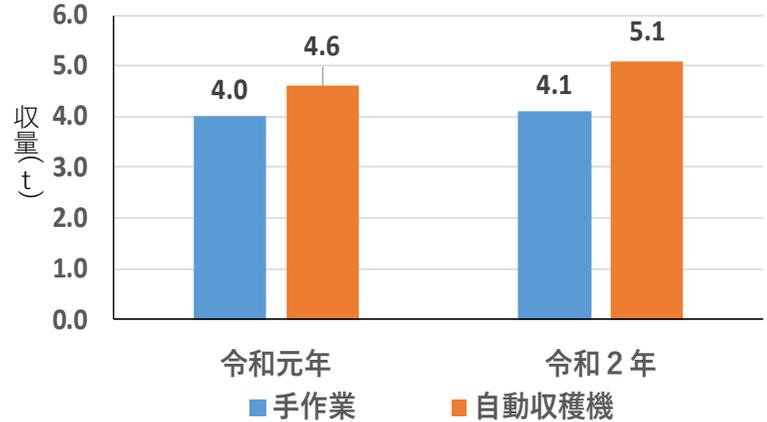


図1 自動収穫機による増収効果

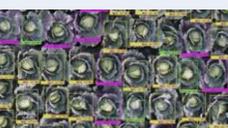


図2 実証における収穫作業の状況

# 当実証地区では適用が難しかったスマート農業技術①

要素技術	期待した効果	実証を踏まえた評価
<p>キャベツ収穫機</p> 	<p>機械導入による大幅な作業時間削減</p>	<p>傾斜圃場では傷果が多く発生し、<b>生食向け</b>を中心とする実証経営体の生産体系には<b>不向き</b>と判断。</p> <p>⇒ 将来的には、収穫時の人員確保(外国人研修生の獲得)が問題になることから、機械体系に応じた出荷規格・流通方式の検討、出荷先との協議、新たな販路開拓等を含め、<b>中長期的な取組</b>が必要。</p>
<p>防除用マルチローター</p> 	<p>防除作業の省力化</p>	<p>平滑な圃場等では有効であるが、散布条件を選ぶことや、登録農薬の問題、ナビゲーターの設置が必要なことなどもあり、<b>十分な省力化効果が発揮できていない</b>。</p> <p>⇒ 将来的に、登録農薬の拡大、目視外の自動飛行等を含めた機能向上等の<b>課題解決に期待</b>。</p>
<p>アシストスーツ</p> 	<p>作業負担軽減</p>	<p><b>適用可能な作業に限られる</b>こと、使用感の改善が必要だが、現時点での<b>十分な改良は困難</b>。</p> <p>⇒ 中腰が続く作業の負担軽減に価値を感じ、その作業にのみ使うことでよい経営体等では<b>導入可能性</b>はありうるが<b>限定的</b>(費用対効果を出すために利用・運用方法を検討する必要がある)。</p>

# 当実証地区では適用が難しかったスマート農業技術②

要素技術	期待した効果	実証を踏まえた評価
マルチローターによる生育モニタリング・追肥 	斉一化のための補正技術・収量向上	生育状況が判断できることが分かったが、現時点で、 <b>追肥を行う手段がない</b> ことなど、 <b>具体的な活用法が限定的</b> 。撮影・データ解析を行う専門家が <b>必要</b> である。 ⇒ 将来的には、マルチローターまたは散布機の登場による <b>可変施肥手段の登場</b> 、データの <b>具体的活用法の解明</b> に期待。
キャベツ個体認識・規格別収量予測 	2週間前に規格別箱数が判明できれば、出荷・販売計画に活用	現時点で、条件の異なる圃場で <b>十分な精度をもって規格別個数・予測が提案できる</b> とは <b>言い難い</b> 。分析結果の出力のわかりやすさ、ドローン撮影・分析を行う専門家の確保等の問題もある。 ⇒ <b>継続</b> して、いろいろな条件への適合性、予測精度の向上、農業者が活用しやすい分析結果の提示等の <b>改善が必要</b> 。
衛星による生育モニタリング 	同上	広域的に生育状況の傾向が把握できることが明らかになったが、衛星の画像解像度等からみると、個体認識までは難しい <b>補完的な位置づけ</b> 。 ⇒ 経営体単位での導入ではなく、 <b>産地、自治体単位</b> での導入になると考えられるが、キャベツ等において、JAや自治体等で、 <b>得られたデータをどのように活用</b> するかの検討が必要。

# スマート農業技術の普及に向けて

## 【今後の課題】

- 1 生育斉一性を有している技術レベルの高い大規模経営体においては、スマート農業技術の導入による単収向上等の効果は低くなると考えられるため、技術の導入に向けては**費用対効果を経営面から検討する必要**がある。
- 2 本実証で実証経営体の評価の高かった「自動操舵補助システム」は、作業員のスキルアップの効果が高いが、自動操舵単体での収量増等の直接的な効果は大きくない可能性が高いことから、当該システムの**導入効果が高い作業が多い品目を一定規模以上で栽培している経営体**への導入が望ましい。

## 【事業終了後の普及に向けた取組】

- 1 本実証プロジェクトをきっかけとして、「**岩手町スマート農業研究会**」が設立されたことから、本研究会を中心に、**実証により得られた成果の周知**により実証技術の普及を図る。
- 2 岩手県で令和2年度に発足した「**北いわてスマート農業サロン**」においても**実証成果を周知**する特に作業員の軽労化や作業精度の向上効果が高い「**自動操舵補助システム**」の活用を促進していく。

## 【問い合わせ先】

岩手県八幡平農業改良普及センター岩手町駐在（電話：0195-62-3321）

岩手県農林水産部農業普及技術課技術環境担当（電話：019-629-5656）

本実証課題は、農林水産省「スマート農業実証プロジェクト」（事業主体：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）の支援により実施されました。

農研機構スマート農業実証プロジェクトホームページ  
<https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/>