

持続可能な都市農業を実現するための農作業支援ロボットによる スマート農業一貫体系の確立

◎リモート、○地域農業

井出農園ほか（神奈川県藤沢市ほか）

背景及び取組概要

＜経営概要：2.8ha（施設トマト0.8ha、露地野菜2ha）うち実証面積 施設トマト12a＞

＜経営概要：1.3ha（ナシ1.3ha）うち実証面積 ナシ15a＞

都市農業では、

- 小規模圃場・多品目生産が多い。多用途に対応可能な作業支援・運搬ロボットが必要。
- 女性や高齢者の就農希望者が多い。重労働作業の軽労化が必要。
- 近隣住民に対する環境等への配慮が必要。再生可能エネルギー等を活用した電動型農機のニーズあり。

本事業では、以下の技術実証を行う。

- 重労働作業の軽労化：都市部の施設野菜栽培・果樹園での多機能ロボットの活用（運搬作業の追従支援/リモート防除）
- 環境等の配慮：太陽光パネル駆動電動草刈りロボットの活用（騒音減少、除草剤の利用削減）

導入技術

草刈りロボットでの
果樹園下管理



下草管理

小型ロボットでの防除作業



防除

小型ロボットでのトマトの
運搬支援



収穫

小型ロボットでのナシの
運搬支援



※小型多機能ロボット（DONKEY試験販売機）のスペック

- ・積載量：斜度5度以内なら200kg、斜度20度以内なら100kg
- ・最大傾斜対応確度：10度

目標に対する達成状況等

実証課題の達成目標

1) 実証テーマに沿った目標

①「新しい生活様式」に対応したリモート化・超省力化

【トマト】

- 小型多機能ロボットを活用したリモート散布により全作業時間の75%を遠隔化、作業者の農薬曝露を90%低減。
- 小型多機能ロボットを活用した収穫など運搬作業により、慣行の手押し式台車による運搬作業に対して、作業時間を20%削減。
- 運搬作業時に係わる労働負荷について身体負荷評価シートで3つの設問全てで「やや楽になった」「楽になった」「非常に楽になった」の回答者合計が80%以上。

【ナシ】

- 小型多機能ロボットを活用した収穫など運搬作業により、手作業による慣行樹形＋慣行運搬車に対して、慣行樹形＋ロボットで20%、ナシジョイント樹形＋ロボットで60%作業時間を削減。
(※既往実証より慣行樹形からジョイント樹形に変えることで作業時間が20%低減することから、ロボット活用によりそれ以上の60削減を目標値として設定)
 - 運搬作業時に係わる労働負荷を身体負荷評価シートで3つの設問全てで「やや楽になった」「楽になった」「非常に楽になった」の回答者合計が80%以上。
 - 草刈りロボットを活用した作業の自動化により、慣行の乗用草刈機による草刈り作業に対して、作業時間を75%削減。
- #### ② 強靱で持続可能な地域農業の構築
- 再生可能エネルギーによる草刈りロボット(オートモア)の年間稼働率(日数)90%以上。

2) 生産者のコスト低減、収量・品質向上等についての目標

- 作業効率化による労働コスト低減(収穫等運搬が伴う作業でトマト20%削減、ナシ60%削減)。
- トマト、ナシの収量・品質は慣行と同等。
- 小型多機能ロボットにつけた静電ノズルからの散布により、動噴による慣行防除作業に対して、トマトの農薬散布量30%削減(リモート散布(静電ノズル利用))による生産コストの削減。

3) 生産者の経営全体の改善についての目標

- トマト生産における総労働時間の10%削減、ナシ生産における総労働時間の35%削減。
(トマト、ナシの生産におけるコストは機械導入と労働力削減により相殺)

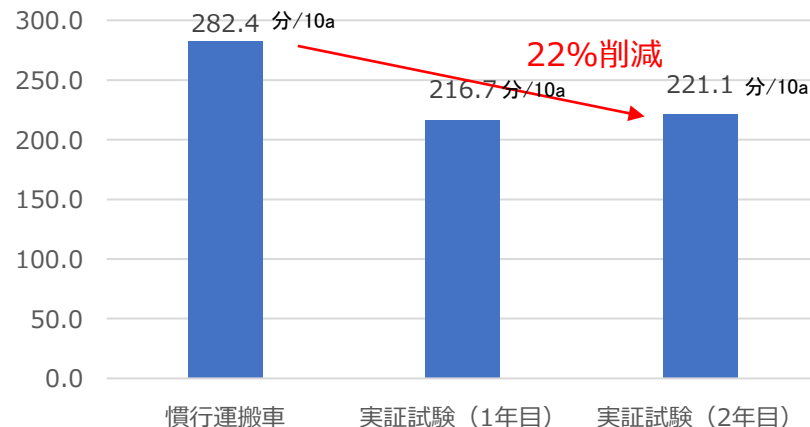
目標に対する達成状況等

目標に対する達成状況

1) 実証テーマに沿った目標に対する達成状況

○トマトにおいて、小型多機能ロボットの利用における面積10a当たりの作業時間は、手押台車による慣行作業では282分/10a(2年目の慣行実証データ)のところ、多機能ロボットを活用した実証試験(2年目)では221分/10aとなり、慣行作業に比べ実証試験(2年目)では、作業時間が22%減少した(図1)。

運搬作業の作業時間(分/10a)



※1年目の実証試験は1レーン片側のみ実証、2年目は2レーン往復で実証

図1.トマトにおける収穫運搬作業時間の減少効果

2) 生産者のコスト低減、収量・品質向上等についての目標に対する達成状況

○ナシにおいて、収穫運搬作業の面積10a当たりの労働コストは、ジョイント樹形の慣行運搬車区で3,017円/10a、実証試験区で2,529円/10aであり、小型多機能ロボットを利用することにより労働コストは16%削減された(図2)。

面積10aあたりの労働コスト(円/10a)

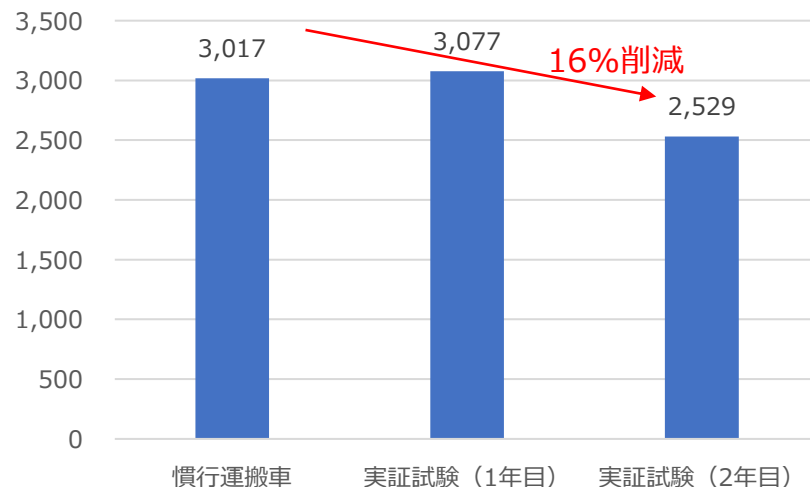


図2.ナシにおける労働コストの減少効果

目標に対する達成状況等（つづき）

3)生産者の経営全体の改善についての目標に対する達成状況

○トマトにおいて、小型多機能ロボットの利用における面積10aあたりの総労働時間は、手押台車による慣行作業では2,405分/10a(2年目の慣行実証データ)のところ、多機能ロボットを活用した実証試験(2年目)では2,183分/10aとなり、慣行作業に比べ実証試験(2年目)では9.2%減少した。

表1. トマトにおける総労働時間の減少効果

単位：時間/10a

作業名	実証試験（2年目）	慣行
定植	241	241
施肥	72	72
薬剤散布	72	72
管理	697	697
収穫・調整	788	1010
出荷	192	192
その他	120	120
10a当たり延べ作業時間	2,183	2,405
面積（a）	12	12

●施設トマト(井出農園)

取組概要

<取組概要>

施設トマトの栽培において、小型の作業支援運搬ロボットを活用し重労働となる収穫物の運搬作業を人に追従して支援することで効率化や軽労化を行う。

(使用機器)

小型多機能ロボット(株DONKEY: DONKEY試験機)
(実証面積) 12a

<調査項目>

○施設トマトでの省力・軽労栽培体系の実証(井出農園)

- 作業支援運搬ロボットの導入により、収穫作業の間、作業記録をつけ時間数の変化を計測。
- 身体負担評価シートにより、収穫開始時、中盤、終盤の3回程度、疲労度、労働強度等の変化を比較し、軽労化の度合いについて検証。



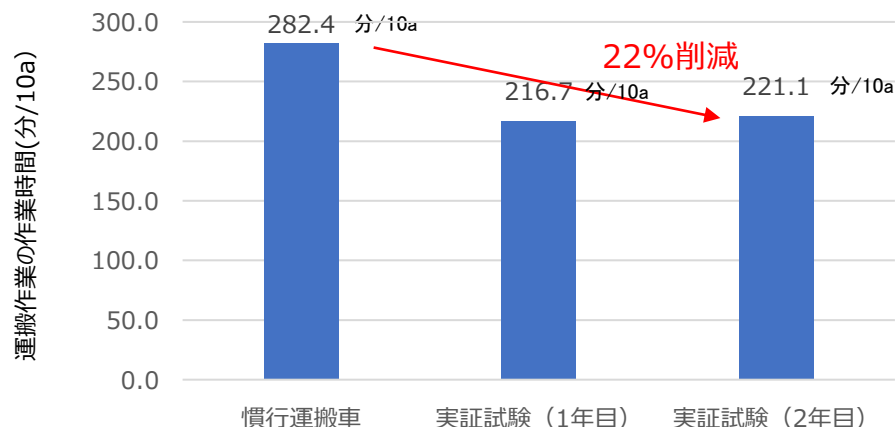
図3. 小型多機能ロボットによる実証の様相



図4. 慣行台車による実証の様相

実証結果

- トマトにおいて、小型多機能ロボットの利用における面積10a当たりの作業時間は、手押台車による慣行作業では282分/10a(2年目の慣行実証データ)のところ、多機能ロボットを活用した実証試験(2年目)では221分/10aとなり、慣行作業に比べ実証試験(2年目)では、作業時間が22%減少した。
- 多機能ロボットを操作した2名に、実施後身体負担評価シートアンケート調査を実施。総合的な作業負担についてはやや楽になったと回答しており、実証効果があるという結果となった。



※1年目の実証試験は1レーン片側のみ実証、2年目は2レーン往復で実証

図5. トマトにおける収穫運搬作業時間の減少効果

取組概要

<取組概要>

ナシの栽培において、小型の作業支援運搬ロボットを活用し重労働となる収穫物やせん定枝などの運搬作業を人に追従して支援することで効率化や軽労化をする。

(使用機器)

小型多機能ロボット(株DONKEY: DONKEY試験機)
(実証面積) 15a

<調査項目>

○ニホンナシジョイント栽培での省力・軽労栽培体系の実証

- 作業支援運搬ロボットの導入により、除草剤散布と収穫作業について、作業記録をつけ、時間数の変化を計測。
- 身体負担評価シートにより、収穫開始時、中盤、終盤の3回程度、疲労度、労働強度等の変化を比較し、軽労化の度合いについて検証。



図6. 小型多機能ロボットによる実証の様相

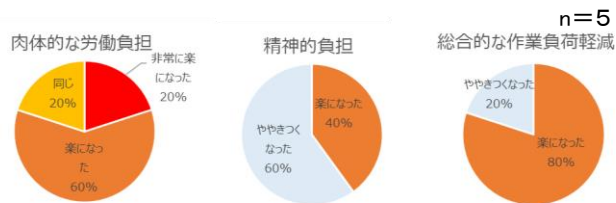


図7. 身体負担評価シートアンケート結果

実証結果

<収穫運搬支援実証>

- 多機能ロボットを活用した実証試験(2年目)では、収穫運搬作業時間はジョイント樹形区で16%削減された。
- 5名(のべ人数)に、身体負担評価シートアンケート調査を実施。総合的な作業負担については、5人中4名の80%が「楽になった」と回答している。なお、1名が「きつくなった」と回答しているが、操作慣れにより、作業負担は削減するだろうとのコメントをいただいている。

(ジョイント樹形区)

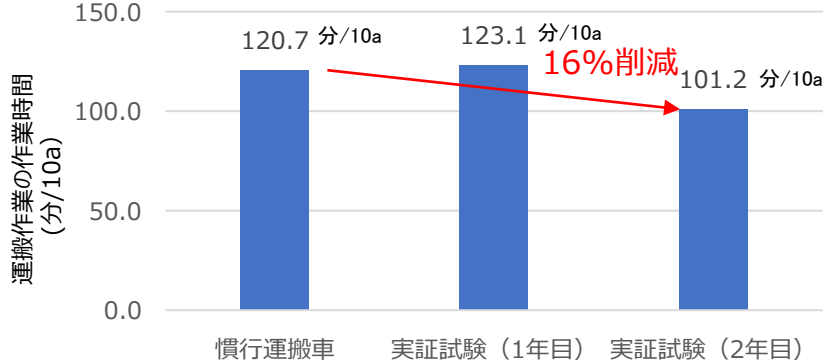


図8. ナシにおける収穫運搬作業時間の削減効果

今後の課題(と対応)

- 追従していた人を見失った際に他の新しい対象を見つけるとすぐに新しい対象へ向かっていってしまったため、更なる安全性確保のための性能の向上が必要となる。
- 具体的には、カメラで認知できる画角をさらに広げることや、走行制御システムなどの見直しが必要となる。

取組概要

<取組概要>

ナシ栽培において、太陽光発電パネルを活用した電動草刈りロボットの活用により、除草剤の利用削減とともに、再生可能エネルギーの活用に向けた持続可能な環境配慮型スマート農業の技術実証を行う。

(使用機器) 草刈りロボット

(ハスクバーナゼノア株): Automower 450X)

(実証面積) 15a

<調査項目>

- 作業時の天候と草刈りロボットの稼働可能時間について確認の上、作業時間の削減効果を、作業記録(慣行の乗用モアによる草刈り作業時間のデータ)により比較評価。
- 草刈りロボットの年間稼働率(日数)を、スマートフォンアプリから確認し、作業精度については、設定した刈高40mm以下に草丈が維持されているか、月2回程度の草丈調査(実証圃場内の9カ所程度)から把握。



図9. 川名梨園での実証模様

実証結果

- 太陽光パネルにおける充電は十分に行われ、実証期間中は毎日自動操縦にて草刈りが実施できた。
- 生育の最盛期に草刈りロボットが落ちたナシに乗り上がる対策としてロボットの前面にバンパーを付けたことにより、ナシに乗り上がる回数は、実証1年目では46回だったところ、実証2年目では19回のみ(3日に1回程度)であった。以上より、1ヶ月あたりの作業時間は、慣行作業の280分/10aに比べ草刈りロボットを活用した実証では63分/10aとなり77%削減された。

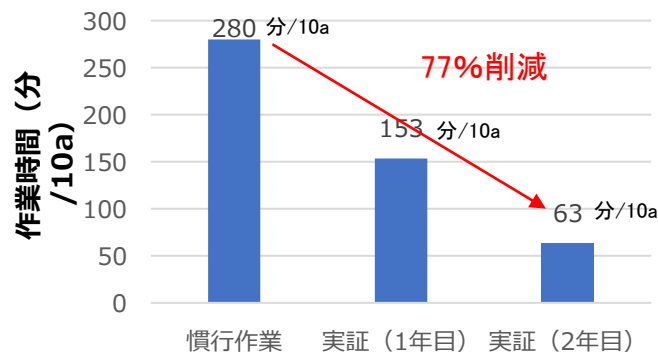


図10. ナシにおける草刈り作業時間の減少効果



図11. ナシの乗り上げ対策

今後の課題(と対応)

- 草刈りロボットが毎日動いていることにより、地面は凸凹がなくなり整地化されてきており、副次的な効果がある。
- 次年度以降も継続使用するため、太陽光パネルや草刈りロボットの定期的なメンテナンスをしながら利用していく必要がある。

取組概要

<取組概要>

施設トマト栽培において、小型多機能ロボットを活用してリモート散布を実現し、農薬の曝露低減や散布量削減を図ることで、都市部における施設野菜や果樹園の農機として、多様な活用ができるよう実証を行う。

(使用機器)

小型多機能ロボット(株)DONKEY :DONKEY試験機)
防除タンクアタッチメント・静電ノズル
(株)DONKEY :DONKEY試験機)

(実証面積) 12a

<調査項目>

- 実際の作業を動画で記録し、全防除作業時間に占める小型多機能ロボットでリモート散布を行った時間の割合(リモート化率)を慣行散布と比較。
- 農薬散布量を減らした上で、農薬の付着状況を慣行作業と比較。
- 農薬曝露量は、作業者の身体各部位に感水紙を貼り付け、慣行散布、リモート散布の薬液の付着面積率から評価、比較。

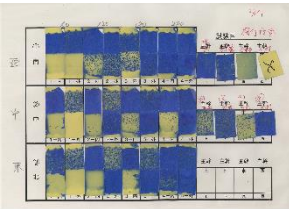


図12. 慣行防除の付着状況

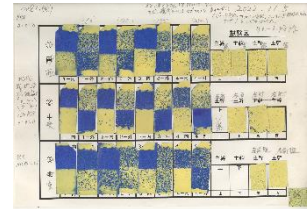


図13. リモート防除の付着状況

実証結果

- リモート散布では、薬液注入といった事前準備や片付けに手作業が必要な一方、散布の際は全てリモコン操作によるリモート作業にて実施できているため、全作業工程の60%程度はリモート化ができています。
- リモート散布前にはうどんこ病の病徴がみられたが、散布後においては、うどんこ病の病徴がなくなっており、リモート散布による防除効果が確認された。
- 作業員への付着率は参考作業での平均付着面積率71.6%に対し、小型多機能ロボットによるリモート防除では0.2%となり、99%が低減した。

表2. トマトにおける防除作業のリモート化効果

散布方法	散布量	慣行との散布量比	散布時間			リモート作業	手作業	リモート化率
			薬液調整	散布①	薬液調整・確認			
慣行散布	250L	-	22.83	37.92	4.08		64.83	
リモート散布	160L	64.0%	15.00	40.00	11.00	32.00	72.00	73.5%
	100L		15.00	39.25	8.92	20.25	59.50	23.92
リモート散布	150L	60.0%	100L	50L				

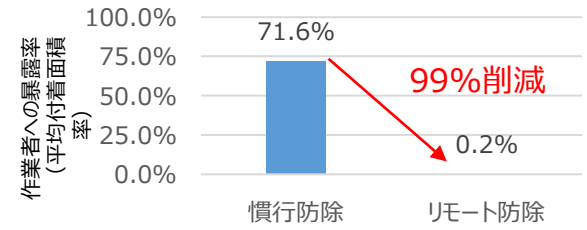


図14. トマトにおける防除作業の農薬曝露の減少効果

図15. リモート防除の様相

今後の課題(と対応)

- 現状では速度は3段階でしか設定できないが、圃場ごとに使いたい速度変更への対策の向上が必要となる。
- 旋回時に小回りをするための微調整が難しい仕様となっていたため、対策の向上が必要となる。

(終了時成果(全体)) 実証を通じて生じた課題

実証を通じて生じた課題

技術的な課題

(1) 今回の実証で導入したスマート農業機械・技術

項目	作業内容	機械・技術名	技術的な課題
1、3	収穫時などの運搬	小型多機能ロボット	自動追従の安全性や追従性の向上への対策が必要となる
2	草刈り	ロボット芝刈機 Automower 450X	収穫前に落下したナシにロボットが乗り上げ停止する現象への対策が必要となる
3	防除	小型多機能ロボット 防除用アタッチメント(タンク搭載型)	リモコンでの操作性をより良くするための改善が必要となる

(2) その他

- 自動追従モードで小型多機能ロボットを利用する場合、圃場内の支柱や木の幹などを人と検出してしまい誤認識による誤動作が発生した際でも、制御条件の見直しや緊急停止ボタン操作で問題なく使えることが分かった。しかしながら、より安全かつ正確な自動追従に向けて、誤認識を減らすために、センサの変更や複数のセンサを組み合わせることが期待される。
- 太陽光パネルによる給電は、草刈りロボットにしか利用していないが、小型多機能ロボットや他のスマート農業にも利用できるようになると、多目的に有益に使えることとなる。

○問い合わせ先

実証全体について

株式会社NTTデータ経営研究所 河野 (e-mail: konom@nttdata-strategy.com) Tel. 070-1001-6907

実証技術について

神奈川県農業技術センター 柴田 (e-mail: shibata.z0m6@pref.kanagawa.lg.jp) Tel. 0463-58-0333

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/>