

b 小麦 (a) 土壌分析による土壌診断の実証

i 実証概要

小麦の収量向上を目的に代表的なほ場の土壌診断結果に基づき施肥設計を見直し収量向上効果を検証した。

ii 実証成果

- (i) 令和2年10月に代表的な3ほ場で土壌分析を行った。そのうち1ほ場の分析項目、分析結果及び改良する施肥設計等を表1に示す。
- (ii) 土壌分析を行った3ほ場に施肥設計に基づき苦土石灰を散布し、pH改善を行った(表2)。
- (iii) pH改善を行った3ほ場の令和3年産小麦の増収量は、平均18kg/10aであった(表2)。
- (iv) また、代表ほ場の土壌分析結果を参考に全ての小麦ほ場で、これまで実施していなかったpH改善を行うためアルカリ分を含む肥料を基肥に使用した。その結果、令和3年産小麦の収量は、基準年に比べて194kg/10a増加した(図)。

表1 ほ場名【e1】の土壌診断結果に基づく施肥設計例

R2.10.22 研究・普及推進室

圃場名 【e1】

| 項目(抜粋) | 分析値等 | 単位 | 目標値 | 評価 | 基肥施肥 |
|---------|------|----------|-------|--|--|
| pH(H2O) | 5.4 | — | 6~6.5 | ・pH、飽和度は連動するので、まとめて評価する。 ・石灰飽和度、苦土飽和度とも低いためpHが低くなっており、小麦の好適となるように改良が必要。 ・また、石灰/苦土、苦土/カリは適正範囲にあるので、pH改良は苦土石灰を用いる。 ・カリ飽和度は適正範囲。 | ・苦土石灰 290kg/10a (作土10cm、総塩基飽和度85%となるように算出) ・カリは標準量 |
| 石灰飽和度 | 38.6 | % | 60~70 | | |
| 苦土飽和度 | 8.6 | % | 10~15 | | |
| カリ飽和度 | 4.0 | % | 2~5 | | |
| 総飽和度 | 51.1 | % | 70~90 | | |
| 石灰/苦土比 | 4.5 | — | 3~7 | | |
| 苦土/カリ比 | 2.2 | — | 2~6 | | |
| CEC | 16.6 | meq/100g | 12以上 | — | — |
| 有効態リン酸 | 36.1 | mg/100g | 20~40 | 適正範囲 | リン酸は標準量 |
| 硝酸態窒素 | 1.4 | mg/100g | — | 基肥窒素施用量の1/10程度で低い | 窒素は標準量~1割減 |
| 可給態窒素 | 5.7 | mg/100g | — | 麦栽培は低温期であるため影響は小さい | — |

表2 土壌診断結果に基づくpH改善による増収効果

| プロック | 播種期 | 土壌診断に基づくpH改善 | 苦土石灰散布量(kg/10a) | ほ場数 | 収量(kg/10a) | 同左比率 | 収量差(kg/10a) |
|------|-------|--------------|-----------------|-----|------------|-------|-------------|
| b | 11/5 | 有り | 130 | 1 | 360 | (96) | △14 |
| | | 無し | — | 3 | 374 | (100) | — |
| c | 11/12 | 有り | 170 | 1 | 480 | (104) | 20 |
| | | 無し | — | 4 | 460 | (100) | — |
| e | 11/19 | 有り | 290 | 1 | 428 | (113) | 48 |
| | | 無し | — | 2 | 380 | (100) | — |
| 平均 | | 有り | | | 423 | (104) | 18 |
| | | 無し | | | 405 | (100) | — |

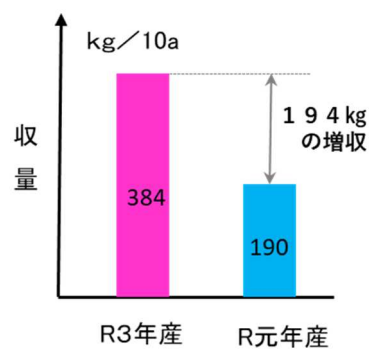


図 小麦「ミナミノカオリ」の収量(10a当たり)

b 小麦 (b) 衛星画像診断に基づく穂肥診断及びドローンによる可変

施肥技術の実証

i 実証概要

小麦の収量・品質向上を目的に人工衛星画像診断技術を導入し、診断結果に基づいてドローンで肥料を散布して収量・品質向上効果を検証した。

(使用サービス) クラウド型営農支援サービス「天晴れ」

ii 実証成果

(i) 令和3年3月1日に代表的なほ場の生育調査(草丈、茎数、葉色)を行い、生育指標値を算出した(表1)。人工衛星画像による診断結果はほ場図上に細かくメッシュ状に色分けして表示されるため、代表的なほ場の生育指標値とほ場図上の色からほ場毎の生育指標値を推定し、茎立期追肥基準(表1)に基づき3月8日に追肥を行った。

(ii) 診断結果に基づき追肥を行った実証ほ場の収量はEブロック 392kg/10a、Fブロック 332kg/10a、平均 362 kg/10a で、対照区として診断結果に基づかず一律に窒素成分量で 3.2kg/10a の追肥を行ったAブロック 275 kg/10a に対して平均 87 kg/10a 増加した(表2)。

(iii) 天気が悪く衛星画像診断が実施できなかったB、Cブロックは一律に窒素成分量で 3.2kg/10a の追肥を行った結果、生育量に対し追肥量が多く一部で倒伏した。

(iv) 鳥取県では冬期は曇の日が多く、診断に必要な雲が写り込んでいない人工衛星画像の入手が困難な日が多かった。

表1 茎立期追肥基準

| 茎立期の生育指標 (茎数/㎡ × 草丈cm × 葉色SPAD) | | 追肥窒素量 (kg/10a) | | | 茎立期 追肥ほ場数 |
|------------------------------------|------|----------------|-------|-----|--------------|
| | | 茎立期 | 止葉抽出期 | 合計 | |
| 200万～ | (過剰) | 0.8 | 3.2 | 4.0 | 0 |
| 140万～200万 | (過剰) | 2.0 | 3.2 | 5.2 | 0 |
| 100万～140万 | (適正) | 3.2 | 3.2 | 6.4 | 7 |
| 60万～100万 | (不足) | 4.4 | 3.2 | 7.6 | 7 |
| ～60万 | (不良) | 5.6 | 3.2 | 8.8 | 5 |

注) 追肥窒素量は速効性肥料の場合。開花期追肥は必ず実施する。

表2 播種期及び茎立期衛星画像診断に基づく可変追肥有無別小麦収量

| 区分 | ブロック | 排水性 | 播種期 | 衛星画像診断に基づく 追肥窒素量 (kg/10a) | 衛星画像診断に基づかない一律 追肥窒素量 (kg/10a) | ほ場数 | 収量 (kg/10a) | 倒伏 程度 |
|-----|------|-----|----------|---------------------------------|-------------------------------------|-----|----------------|----------|
| 早播き | B | 良 | 11/5 | | 3.2 | 4 | 388 | 微～多 |
| | C | 良 | 11/12 | | 3.2 | 5 | 467 | 無～少 |
| 遅播き | E | 良 | 11/19～24 | 4 | | 9 | 392 | 無 |
| | F | 不良 | 11/18～25 | 5.1 | | 10 | 332 | 無 |
| | A | 良 | 11/25 | | 3.2 | 2 | 275 | 無 |

注1) 収量は、食味・収量コンバイン計測データによる推定値。

注2) B・Cブロックは天候が悪く衛星画像診断ができなかったため、一律施肥を行った。Aブロックは、E・Fブロックの対照区とするため、一律施肥を行った。

b 小麦 (c) 人工衛星画像の水分含有量測定に基づく適期刈取技術の実証

i 実証概要

小麦の収穫時期の適正化を目的に人工衛星画像診断技術を導入し、診断結果に基づいて収穫の順序を最適化し適正な時期に収穫できたか検証した。

(使用サービス) 国際航業(株)クラウド型営農支援サービス「天晴れ」

ii 実証成果

(i) 令和3年6月1日に代表的な5ほ場の小麦子実水分を水分計で実測した。人工衛星画像による診断結果はほ場図上に細かくメッシュ状に色分けして表示されるため、代表的な5ほ場の小麦子実水分とほ場図上の色からほ場毎の小麦子実水分を推定し、収穫開始時期や収穫順序を検討した。

(ii) 6月1日から9日まで収穫を行った。食味・収量コンバインで計測した子実水分は22.4~28.7%で適正な時期に収穫できた(表)。

(iii) また、収穫の遅れが原因で発生する穂発芽の指標であるフォーリングナンバーは384で、基準値の300を上回っており、このことから適期に収穫できたことが示唆された。

※フォーリングナンバー:小麦粉中のデンプン粘度。小麦粉中の α -アミラーゼの活性が高いと、デンプンが分解され、粘度が低下する。 α -アミラーゼ活性は、穂発芽することによって高くなるので、フォーリングナンバーは穂発芽の指標になる。日本めん用・パン及び中華めん用小麦の基準値300以上。

(iv) 衛星撮影日に合わせて子実水分調査を実施した結果、画像診断による子実水分と水分計による実測値の傾向は概ね一致した。

表 小麦収穫時子実水分(R3年産)

| 収穫日 | 水分記録 有ほ場数 | 子実水分(%) | | |
|------|--------------|---------|------|------|
| | | 最大 | 最小 | 平均 |
| 6月1日 | 4 | 28.7 | 27.0 | 28.2 |
| 6月2日 | 10 | 28.6 | 27.7 | 28.1 |
| 6月8日 | 12 | 28.5 | 22.4 | 26.0 |
| 6月9日 | 8 | 28.6 | 26.4 | 27.7 |

注)子実水分は、食味・収量コンバインによる計測値。

b 小麦 (d) GPSガイダンス技術を利用した耕起、防除作業の実証

i 実証概要

オペレーターの作業効率の平準化と作業時間の短縮を目的にGPSガイダンスシステムを導入し、小麦の耕起・防除作業の作業精度、作業時間に及ぼす効果を検証した。

(使用機器) 耕起 クボタ SL60、ガイダンス KAG+KSRS、アタッチメント ニプロ SKS2200

防除 共立 RVH650、ガイダンス KAG+KSRS

ii 実証成果

(i) 耕起作業は1年目2年目ともベテランオペレーターが行った。作業時間は、ガイダンスONで1年目は23%増加した。20aとほ場が小さかったため移動旋回やタブレット操作にかえて時間を要した。2年目はONほ場は100aの大きなほ場で実証したが、プラウ耕後の耕耘作業で直進作業速度が低下したため、30aのOFFほ場に比べ2%増加となった(表、図1)。

(ii) 防除作業はベテランオペレーターが行った。作業時間は、ガイダンスONで23%増加した。ONほ場は23aと狭く、また麦の倒伏程度が大きく、作業速度に影響したと考えられる(表、図2)。

(iii) ガイダンスONの作業では、耕起幅の重なりを10cmの設定で行ったが、耕起残しが出る場面もあった。

(iv) 防除作業では、モニター表示により重複散布は少なくなった。

表 GPSガイダンス機能OFF/ONによる小麦耕起・防除作業時間の比較

| 作業名 | ガイダンス区分 | 1年目 | | | | | 2年目 | | | | |
|-----|---------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | ほ場面積(a) | 作業時間(秒/10a) | 直進作業速度(m/秒) | 旋回所要時間(秒/回) | 1旋回当り切り返し回数 | ほ場面積(a) | 作業時間(秒/10a) | 直進作業速度(m/秒) | 旋回所要時間(秒/回) | 1旋回当り切り返し回数 |
| 耕起 | OFF | 20.5 | 608 (100) | 0.87 | 9 | 0.0 | 28.4 | 647 (100) | 1.21 | 11 | 0.4 |
| | ON | 17.9 | 747 (123) | 0.87 | 13 | 0.0 | 99.7 | 662 (102) | 1.02 | 14 | 0.5 |
| 防除 | OFF | — | — | — | — | — | 30.0 | 207 (100) | — | — | — |
| | ON | — | — | — | — | — | 22.9 | 255 (123) | — | — | — |

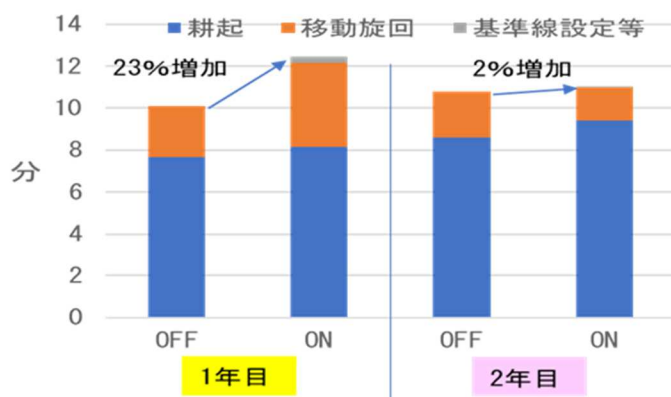


図1 麦耕起作業時間(10a当たり)スマート機能OFF/ON比較

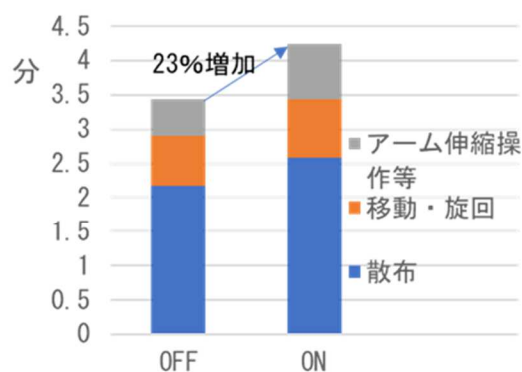


図2 麦防除作業時間(10a当たり)スマート機能OFF/ON比較(2年目)

b 小麦 (e) 自動操舵システムを利用した播種作業技術の実証

i 実証概要

オペレーターの作業効率の平準化と作業時間の短縮を目的に自動操舵システムを導入し、小麦の播種作業の作業精度、作業時間に及ぼす効果を検証した。

(使用機器) トラクタ イセキ NTA543 自動操舵システム トプロコン X25+AGI-4+AES-35
アタッチメント ニプロ TBS2200、ヤザキクリーンシーダ 9 連

ii 実証成果

- (i) 自動操舵システムを生産者が所有する既存のトラクター (43PS+2.2m ロータリー+9 連播種機) に取り付け、ベテランオペレーターが小麦播種作業において直進制御を行った結果、1 年目は、直進制御を行うための基準直線設定、旋回や条合わせにかえて時間を経費を要し、作業時間は 6% 増加した。
- (ii) 2 年目は、大区画ほ場で旋回制御も行った場合の作業時間は 11% 増加した。自動旋回は 3 工程飛ばしで行い、旋回作業はスムーズで繰り返し回数も減少したが、旋回半径が大きく非効率となった。
- (iii) 直進作業の速度は、自動操舵 ON・OFF に差は認められなかったが、ON にした時には旋回に時間を要したため作業時間としてはむしろ増加した。しかし、オペレーターはハンドル操作から解放され後方の播種機の状態を確認でき、確実な播種が行えた。経験の少ないオペレーターは旋回に不慣れであるが、自動操舵を使うことによってベテランオペレーターと同様な作業を行うことができると考えられる。
- (iv) 本システムを利用することにより、畝の重なりもなく、精度の高い播種作業が行われた。

表 自動操舵機能OFF/ONによる小麦播種作業時間の比較

| 自動操舵区分 | 1 年目 | | | | | 2 年目 | | | | |
|--------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | ほ場面積 (a) | 作業時間 (秒/10a) | 直進作業速度 (m/秒) | 旋回所要時間 (秒/回) | 1 旋回当り繰り返し回数 | ほ場面積 (a) | 作業時間 (秒/10a) | 直進作業速度 (m/秒) | 旋回所要時間 (秒/回) | 1 旋回当り繰り返し回数 |
| OFF | 30.0 | 1,140 (100) | 0.64 | 23 | 1.6 | 28.4 | 1,052 (100) | 0.51 | 21 | 0.8 |
| 直進ON | 22.9 | 1,204 (106) | 0.65 | 33 | 2.8 | — | — | — | — | — |
| 直進旋回ON | — | — | — | — | — | 99.7 | 1,172 (111) | 0.52 | 28 | 0.1 |

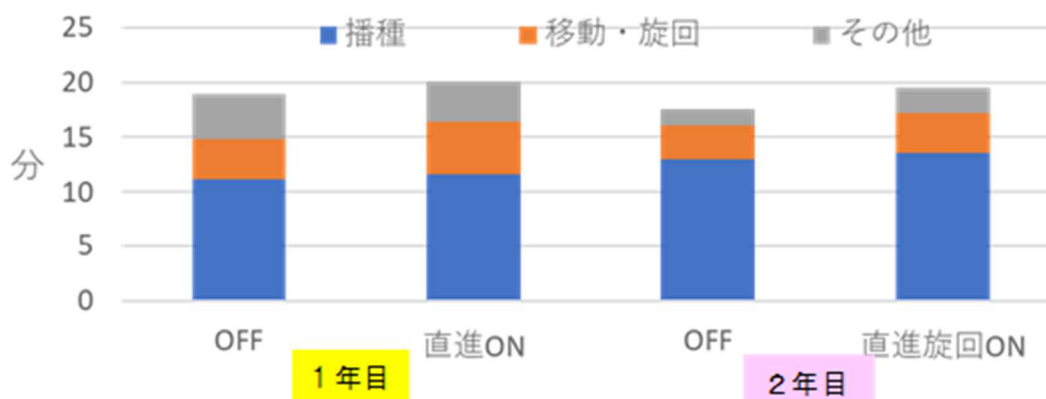


図 スマート機能OFF/ONによる10aあたり小麦播種作業時間比較

c 大豆 (a) 土壌複合センサーによる土壌水分モニタリングの実証

i 実証概要

大豆の収量向上を目的に土壌複合センサーを導入し、生育期間中の土壌水分モニタリング結果に基づく適切な栽培管理による収量向上効果を検証した。

(使用機器) MIHARAS 畑用センサー

ii 実証成果

(i) 1年目は、7月17日に代表ほ場2筆に土壌複合センサー(MIHARAS 畑センサー)を設置し、土壌水分をモニタリングした。長梅雨の影響で、播種日は一部を除いて適期より1ヶ月以上遅い8月3日~6日となった。土壌水分値を参考に、深度設定を3~4cmとして播種を行った結果、出芽揃いは良かった。

(ii) 「かん水有区」は9月1日(開花始期)に土壌水分値と大豆生育状況に基づき明渠かん水を実施した(図)。播種期が遅く、生育量が小さくなったため、収量は低くなったが、かん水実施有ほ場の平均は120kg/10a、かん水無ほ場の収量は21kg/10aと大きな差がみられた(表)。かん水有ほ場の収量はかん水無ほ場に比べ99kg/10a増加した。

(iii) 2年目の播種日は6月22日~28日で、出芽揃いは良かったが、7月7日~12日の400mmを超える豪雨で一部のほ場は冠水した。梅雨明け後は干ばつ傾向であった。「かん水有区」は大豆開花期の8月2日に土壌水分値と大豆生育状況に基づき明渠かん水を実施した。8月7日以降は降雨があり、かん水は実施しなかった。

(iv) 2年目のかん水有ほ場の平均収量は224kg/10a、かん水無ほ場の平均収量は153kg/10aと大きな差がみられた(表)。かん水有ほ場の収量はかん水無ほ場に比べ71kg/10a増加した。かん水を行わなかったほ場では、青立ち症状が多い傾向であった。

表 明渠かん水有無による大豆収量の比較

| 区名 | 区名 | 面積 (ha) | 収量 (kg/10a) | 同左 比率 |
|-----|------|------------|----------------|----------|
| 1年目 | かん水有 | 1.9 | 120 | (571) |
| | かん水無 | 1.9 | 21 | (100) |
| 2年目 | かん水有 | 3.1 | 224 | (146) |
| | かん水無 | 3.7 | 153 | (100) |

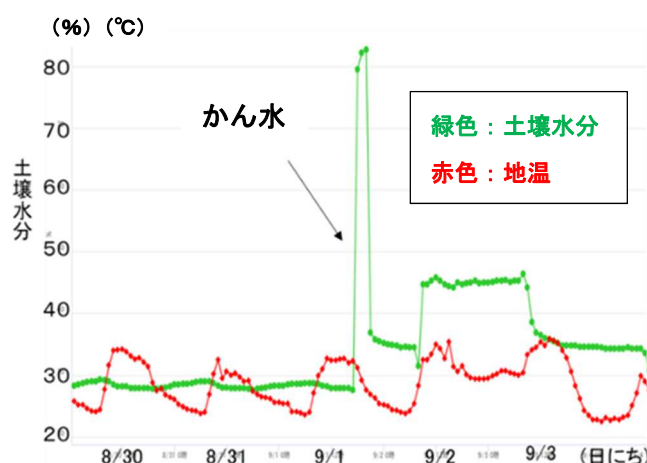


図 大豆ほ場大豆ほ場のかん水に伴う土壌水分の推移(1年目)

c大豆 (b) GPSガイダンス技術を利用した耕起、防除作業の実証

i 実証概要

オペレーターの作業効率の平準化と作業時間の短縮を目的にGPSガイダンスシステムを導入し、大豆の耕起・防除作業の作業精度、作業時間に及ぼす効果を検証した。

(使用機器) 耕起 トラクタ クボタ SL60、KAG+KSRS、アタッチメント ニプロ SKS2200

防除 共立 RVH650、KAG+KSRS

ii 実証成果

(i) 耕起作業時間は、ガイダンス ON・OFF ほぼ同等であった(表、図1)。

(ii) ブームスプレーヤーによる防除作業時間は、1年目はガイダンス ON で移動・旋回等時間が大幅に減少し20%短縮した。2年目は、9%短縮した(表、図2)。

(iii) ブームスプレーヤーによる防除では、旋回時に目測で進入場所を決定していたが、GPSガイダンスシステムでは走行位置が表示されるため、農薬の二重散布や散布残しを回避できる。

表 GPSガイダンス機能OFF/ONによる大豆耕起・防除作業時間の比較

| 作業名 | ガイダンス区分 | 1年目 | | | | | 2年目 | | | | |
|-----|---------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | ほ場面積(a) | 作業時間(秒/10a) | 直進作業速度(m/秒) | 旋回所要時間(秒/回) | 1旋回当り切り返し回数 | ほ場面積(a) | 作業時間(秒/10a) | 直進作業速度(m/秒) | 旋回所要時間(秒/回) | 1旋回当り切り返し回数 |
| 耕起 | OFF | — | — | — | — | — | 17.9 | 869 (100) | 0.76 | 9 | 0.0 |
| | ON | — | — | — | — | — | 20.5 | 873 (100) | 0.74 | 8 | 0.0 |
| 防除 | OFF | 20.5 | 305 (100) | — | — | — | 17.9 | 220 (100) | — | — | — |
| | ON | 16.4 | 244 (80) | — | — | — | 20.5 | 200 (91) | — | — | — |

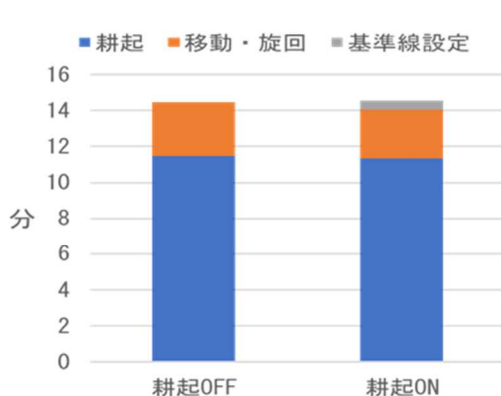


図1 大豆耕起作業時間(10a当たり)スマート機能OFF/ON比較(2年目)

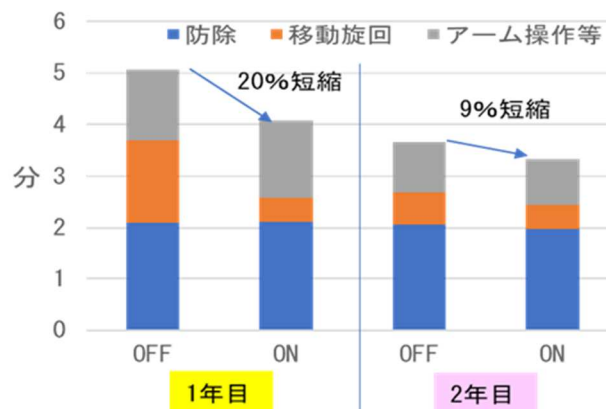


図2 大豆防除作業時間(10a当たり)スマート機能OFF/ON比較

c 大豆 (c) 自動操舵システムを利用した播種作業技術の実証

i 実証概要

オペレーターの作業効率の平準化と作業時間の短縮を目的に自動操舵システムを導入し、大豆の播種作業の作業精度、作業時間に及ぼす効果を検証した。

(使用機器) トラクタ イセキ NTA543、トプコン X25+AGI-4+AES-35

アタッチメント ニプロ TBS2200、ヤザキクリーンシーダ7連

ii 実証成果

(i) 自動操舵装置を生産者所有の既存のトラクター(43PS+2.2mロータリー+7連播種機)に取り付け、ベテランオペレーターが大豆播種作業において直進制御を行った結果、2年目の実証で、作業時間は5%短縮した(表、図)。

(ii) 1年目は、直進制御を行うことで直進作業時間は短縮したが、基準直線設定、旋回や条合わせにかえて時間を要した。2年目に旋回制御も行った場合は4%増加した。自動旋回は2工程飛ばしで行い、旋回9回のうち自動旋回できたのは3回のみで、小区画ほ場(約20a)では直進制御のみの場合より非効率となった(表、図)。

(iii) 自動操舵をONにした時には旋回に時間を要したが、オペレーターはハンドル操作から解放され後方の播種機の状況が確認でき、確実な播種が行えた。経験の少ないオペレーターは旋回に不慣れであるが、自動操舵を使うことによってベテランオペレーターと同様な作業を行うことができると考えられる。

(iv) 本システムを利用することにより、畝の重なりもなく、精度の高い播種作業が行われた。

表 自動操舵機能OFF/ONによる大豆播種作業時間の比較

| 自動操舵区分 | 1年目 | | | | | 2年目 | | | | |
|--------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | ほ場面積(a) | 作業時間(秒/10a) | 直進作業速度(m/秒) | 旋回所要時間(秒/回) | 1旋回当り切り返し回数 | ほ場面積(a) | 作業時間(秒/10a) | 直進作業速度(m/秒) | 旋回所要時間(秒/回) | 1旋回当り切り返し回数 |
| OFF | 20.5 | 1,362 (100) | 0.48 | 28 | 1.3 | 17.9 | 1,248 (100) | 0.55 | 36 | 1.0 |
| 直進ON | 17.9 | 1,498 (110) | 0.59 | 51 | 2.6 | 18.5 | 1,187 (95) | 0.52 | 59 | 0.8 |
| 直進旋回ON | — | — | — | — | — | 20.5 | 1,298 (104) | 0.54 | 58 | 1.0 |

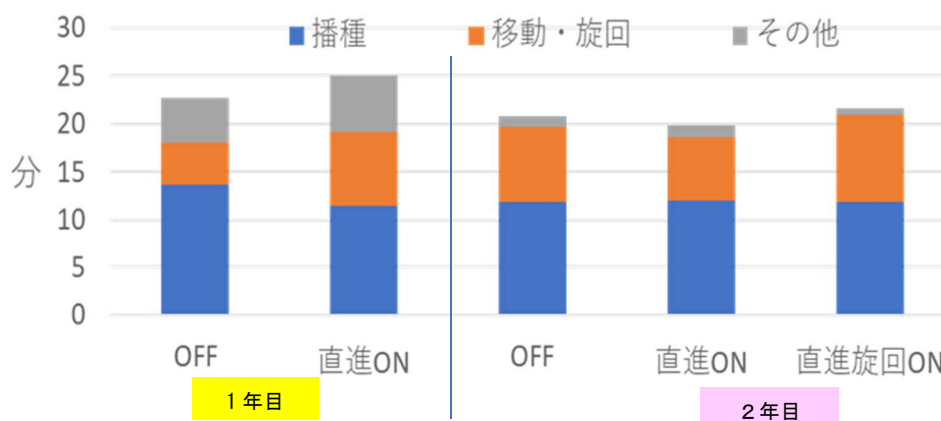


図 スマート機能OFF/ONによる10a当たり大豆播種作業時間比較

d 白ネギ (a) 土壤複合センサーによる土壤モニタリングの実証

i 実証概要

令和2～3年に南部町福成の白ネギ圃場（水田転換畑）において、土壤複合センサー（MIHARAS）により土壤環境（水分、EC）をモニタリングし、見える化することで夏季のかん水や、肥培管理の適正化を実証した。

ii 実証成果

- (i) 土壤複合センサーによる土壤ECの測定は、栽培期間を通じて測定値が0.2ms/cmからほとんど変動しなかったため、肥培管理には利用できなかった。メーカーによるとセンサーの特性として①土壤水分値によってEC測定値が変わる②正確な値は把握できていないが比較的高い土壤水分でないとECを測定できないとのことであった。そのため、土壤水分が19%～46%の範囲で変動した実証ほ場ではECを適切に測定できなかったものと考えられる。
- (ii) 土壤水分を土壤複合センサーで把握すると同時にテンシオメータによるpF値測定も行い、土壤水分とpF値の相関を確認した（図）。
- (iii) 慣行のpF値に基づいたかん水やほ場の乾燥状態を考慮し、センサーによる測定土壤水分30～35%をかん水実施の目安とした（pF値では概ね2.5相当）。
- (iv) 令和3年にモニタリングに基づいたかん水（畝間かん水）を実施した。7～8月に大雨による冠水被害が生じたため以降は行わず、モニタリングに基づいたかん水は1回のみ(7/26)実施した。
- (v) 生存株率、収量は、かん水区が慣行区を上回っているが、令和3年は大雨による冠水被害が生じており、慣行区での被害（欠株、腐れ）が大きかった等被害程度のばらつきがあるため、かん水の有無のみが収量差の要因ではないと考えられる（表）。
- (vi) 収量などへのかん水効果については今後事例を積み重ねていく必要があるが、モニタリングデータをかん水実施の判断基準として利用することができた。

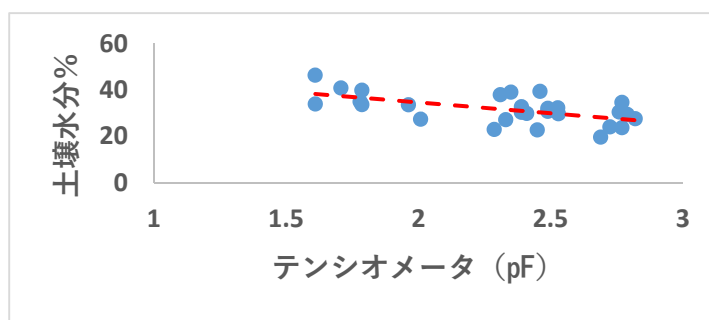


図 センサーによる土壤水分データとpF値の相関

表 生存株率及び収量調査

| | 生存株率 (%) | | | 収穫調査 | |
|--------------|----------|------|-------|-------------|------------|
| | 8/3 | 9/13 | 10/27 | 収量 (kg/10a) | 2L+L比率 (%) |
| 慣行区 (かん水なし) | 98 | 56 | 46 | 1,287 | 61.5 |
| かん水区 (かん水あり) | 100 | 70 | 61 | 1,797 | 63.1 |

注) 生存株率は定植時本数に対する生存株の割合
2L+L率は収量全体に対する2L、L規格（中心となる等級）の重量比率

d 白ネギ (b) 土壌分析による土壌診断の実証

i 実証概要

令和2～3年に南部町福成の白ネギ圃場（水田転換畑）において、土壌分析結果から基肥、追肥量を調整し、夏越し性の向上と肥大促進による収量増を検証した。窒素の効き過ぎによる腐れを防ぎ、肥料を適切な量施用するためには土壌分析により窒素量を把握するのが有効であるが、分析には時間と費用がかかる。

そこでまず手間のかかる土壌分析の代わりに、野菜栽培において土壌中の窒素濃度を簡易に推定する指標として用いられるEC値を土壌複合センサーで測定し、利用を試みた。

ii 実証成果

- (i) 令和2年度に実施した土壌複合センサーによる土壌ECの測定は、栽培期間を通じて測定値が0.2ms/cmからほとんど変動せず、実測EC値とも一致しなかったため、肥培管理には利用できなかった。令和2年の結果からEC値の利用は中止した。メーカーによるとセンサーの特性として①土壌水分値によってEC測定値が変わる②正確な値は把握できていないが比較的高い土壌水分でないECを測定できないとのことであった。そのため、土壌水分が19%～46%の範囲で変動した実証ほ場ではECを適切に測定できなかったものと考えられる。
- (ii) 令和3年は土壌分析を実施した結果をもとに窒素発現量を計算し、基肥及び夏越し後の追肥の施用量を各3割削減した（表1）。
- (iii) 令和3年にモニタリングの代替として土壌溶液を採取し、硝酸態窒素濃度を計測したところ、特に夏越し後の追肥以降で濃度の差が大きく見られた（表1）。
- (iv) 令和3年は大雨被害による欠株が多発、減収となった中での調査であったが、生存株率や生育、収量に明確な差は認められなかった。減肥をしても慣行と同等の生育、収量は確保できた（表2）。
- (v) 今後土壌モニタリングに基づいた肥培管理を実施していくためには、肥培管理の参考にできる測定幅、精度でデータを取得する必要がある。

表1 土壌分析、土壌溶液分析結果

| | 窒素発現量 (kg/10a) | | 土壌溶液中硝酸態窒素濃度 (mg/L) | | | 削減した窒素量 (kg/10a) | |
|-----|----------------|--------|---------------------|------|-------|------------------|----|
| | 基肥施用前採土 | 夏越し時採土 | 8/4 | 9/13 | 10/27 | 基肥 | 追肥 |
| 慣行区 | 1.9 | 1.4 | 30.5 | 23.5 | 189 | - | - |
| 減肥区 | 1.9 | 1.4 | 63.5 | 31.3 | 118.5 | 1.08 | 3 |

注) 窒素発現量は、土壌分析結果から可給態窒素施肥算出シートで計算
土壌溶液中硝酸態窒素濃度は小型反射式光度計を用いて計測

表2 生存株率及び収量調査

| | 生存株率 (%) | | 収量調査 | |
|-----|----------|-------|-------------|-----------|
| | 8/3 | 10/27 | 収量 (kg/10a) | 2L+L率 (%) |
| 慣行区 | 98 | 46 | 1224 | 61.5 |
| 減肥区 | 99 | 49 | 1479 | 63.1 |

注) 生存株率は定植時本数に対する生存株の割合
2L+L率は収量全体に対する2L、L規格(中心となる等級)の重量比率

d 白ネギ (c) 気象データとモニタリングによるネギベと病発生予測 の実証

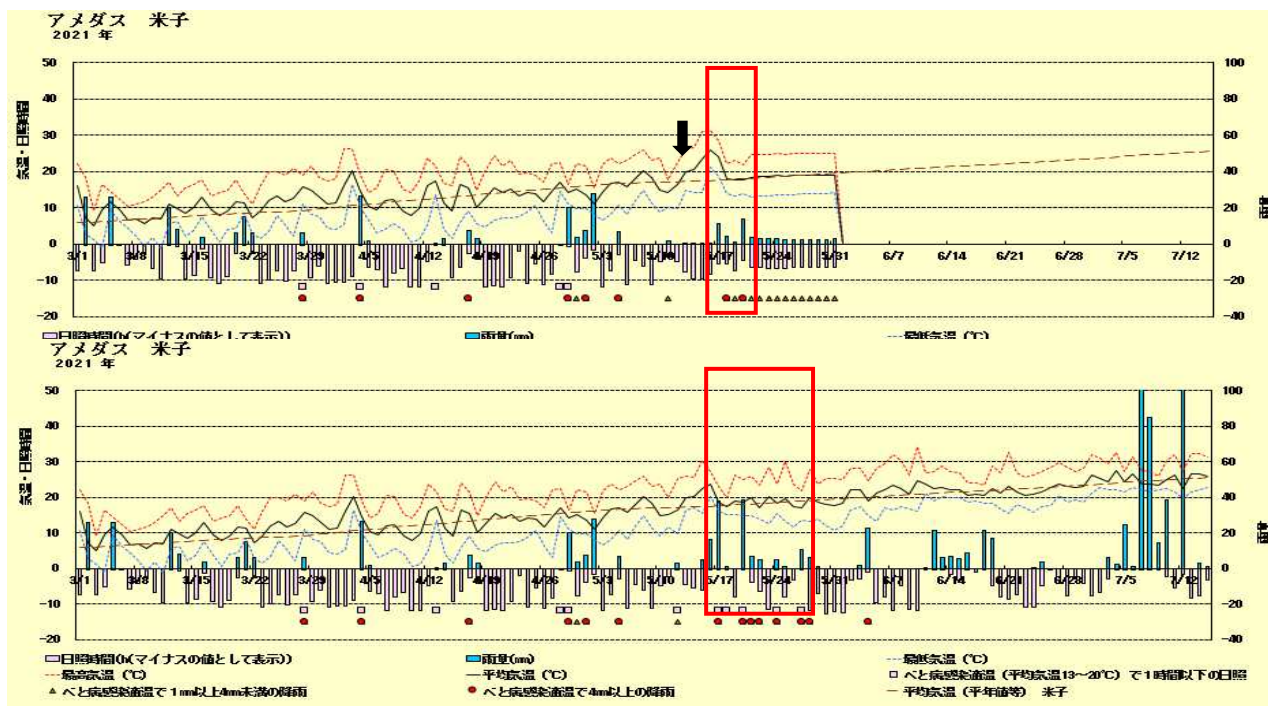
i 実証概要

MIHARAS 気象観測データを用いた千葉県ネギベと病防除支援情報システム「ねぎべと病なび」(以下、本システム) による本病発病予測について検証した。

ii 実証成果

- (i) 本システムに導入が必要なデータ(日合計降水量、気温(平均、最高、最低)、日照時間、平均風速)のうち、日照時間以外はMIHARAS 気象観測データから導入可能であったが、気象観測データの処理作業が煩雑であった。
- (ii) MIHARAS 気象観測データで提供される照度データは、日照時間に変換できなかった。
- (iii) MIHARAS 気象観測データを用いたネギベと病発病予測はできなかった。
- (iv) その他の方法として、農研機構メッシュ農業気象データ(南部町福成)を本システムに導入したところ、発病予測が可能であった。
- (v) 農研機構メッシュ農業気象データは、約20日先までの降水量、気温、日照時間、および10日先まで風速の予測データが取得可能であり、予測データは日単位で更新されている。3月に3~5日間隔で予測データを取得してみたところ、概ね予測可能であったが、予測時期によっては結果が異なる可能性があるため、予測データ取得のタイミングについては注意が必要である。

【参考】5月13日予測(上図)および実測値(下図)



注) ↓ は予測日、□ は感染危険日を示す ● および □ が揃うと本病発病の可能性が高い

d 白ネギ (d) 直進ガイダンスを利用した耕起・防除作業技術の実証

i 実証概要

南部町福成の白ネギ圃場（水田転換畑）において、乗用管理機による耕起・防除作業時に作業能率のばらつきを解消して均一化を図ることを目的として、令和2～3年に直進ガイダンス（KAG+KSRS）を使用して効果を実証した。

ii 実証成果

(i) 耕起作業

直進ガイダンスを使用しない場合、耕起残しが生じないようにロータリー位置を合わせる作業に走行時・旋回時共に時間を要するのに対し、直進ガイダンスを使用するとモニターを確認することで位置合わせが容易にできるため、作業時間が短縮できた。作業時間は、直進ガイダンスを使用することで32%削減された（表1）。

(ii) 防除作業

ブームプレイヤーを使用した防除作業では、防除作業時間に差は見られなかった。旋回については、直進ガイダンスがあれば目視で白ネギ条数を数えて走行通路を決める作業が不要となるため時間短縮となり、作業時間全体としては18%削減された。白ネギ定植後は条間の通路に沿って走行・防除するため、直進ガイダンスの有無による作業時間の差は認められないものの、走行通路の確認ミス（間違えると農薬のかけムラの原因となる）防止や旋回時間の短縮効果はあると考えられた。

表1 耕起作業時間

| | 作業時間（対比） |
|----------------|------------|
| 慣行区（直進ガイダンス無し） | 20分3秒（100） |
| 直進ガイダンス区 | 13分38秒（68） |

注) 10aあたり。作業時間には旋回(22回)を含む。

オペレーターは白ネギ栽培2年目。

対比は慣行区の作業時間を100とした場合の割合を示す。

表2 防除作業時間

| | 防除（走行）時間 | 旋回時間 | 合計作業時間（対比） |
|----------------|----------|------|------------|
| 慣行区（直進ガイダンス無し） | 4分13秒 | 2分1秒 | 6分14秒（100） |
| 直進ガイダンス区 | 4分2秒 | 1分6秒 | 5分8秒（82） |

注) 走行距離180m、旋回1回に要した時間。

オペレーターは白ネギ栽培1年目。

対比は慣行区の作業時間を100とした場合の割合を示す。

d 白ネギ (e) 自動操舵システムを利用した畝立て、土寄せ作業技術 の実証

i 実証概要

南部町福成の白ネギ圃場（水田転換畑）において、白ネギ条間の均一性、土寄せ作業の直進性を向上させ、作業効率や畝成形のばらつきを解消することを目的として RTK 方式自動操舵システム（トプコン X25+AGI-4+AES-35）を使用して令和2～3年に効果を実証した。

ii 実証成果

- (i) 溝切り作業では自動操舵システムにより直進性を保つことができ概ね誤差 2 cm 以内で高精度な作業を実証できた。断面形状は慣行と同等以上の精度を確保できた（図1、2）。
- (ii) 経験の浅い白ネギ栽培2年目のオペレーターによる実証で、溝切りの（10aあたり）作業時間が慣行に比べて45%削減できた（表）。
- (iii) 土寄せ作業では1～2回目は自動操舵により直進性を保って畝を形成できた。自動操舵なしでも通路（白ネギ条間）に沿って走行できるため、作業時間には慣行との差は認められなかったが、作業中後方を確認できるなどのメリットがあった。
- (iv) 3回目以降の土寄せでは、乗用管理機のタイヤが畝にかかって車体が傾き、自動操舵機能による修正で作業機が振れるなどしたため、自動操舵を使わずに作業を行う方が良いと思われた。

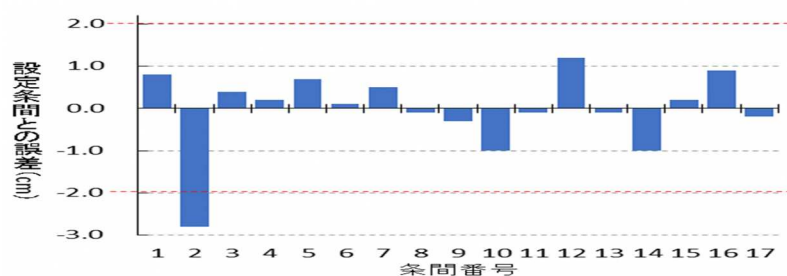


図1 自動操舵で溝切りした畝の設定した条間との誤差

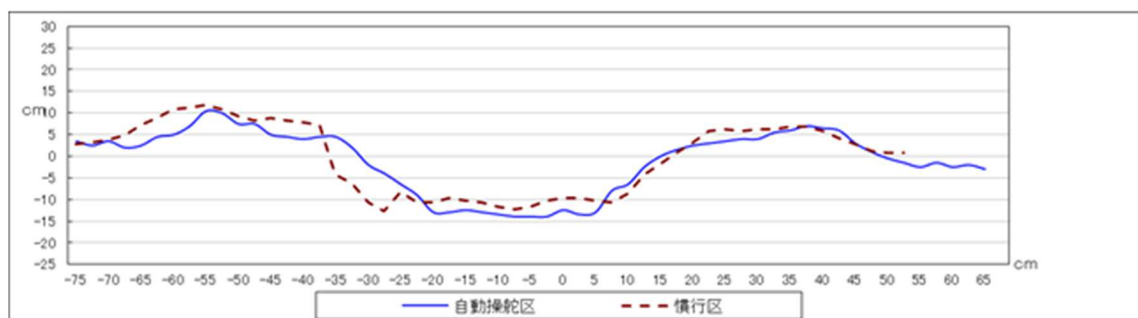


図2 定植溝の断面調査（作業前のほ場高さを0cmとし、断面2.5cmごとに高さを測定）

表 溝切り作業時間(10aあたり)

| | 作業時間 (対比) |
|-------|--------------|
| 慣行区 | 19分38秒 (100) |
| 自動操舵区 | 10分53秒 (55) |

(4) 琴浦ブロッコリー生産部での実証結果

【実証期間】 令和2年4月～令和4年1月

【実証農場】 JA鳥取中央琴浦ブロッコリー生産部（東伯郡琴浦町）

【組織概要】 生産者数72名、栽培面積140ha（令和元年度）

【連携機関】 株式会社スカイマティクス、鳥取中央農業協同組合
全国農業協同組合連合会鳥取県本部、琴浦町
鳥取県（中部総合事務所農林局、東伯農業改良普及所、園芸試験場、
とっとり農業戦略課（現 経営支援課））

【実証技術】 ドローンを活用したブロッコリーの収穫予測技術

①実証の背景・ねらい

ア 背景

琴浦ブロッコリー生産部は、平成20年2月に生産者80名、栽培面積58haで設立されました。以後、生産者数は若干減少しましたが、個々の生産者が面積を増加させたことで生産部全体の栽培面積は増加しています。若い生産者を中心にさらなる規模拡大を図りたい意向を持っており、規模拡大に必要な技術への関心が高まっています。

イ ねらい

ブロッコリーの収穫日を生育初期の葉数から予測する手法が開発されていますが、現状では、葉数計測は人力で行う必要があります。そこで、ドローンの空撮で葉数を短時間に広範囲に予測することにより収穫日を正確に予測する技術を開発することがねらいです。

ドローンを活用したブロッコリーの収穫予測技術の実証結果

a 実証概要

園芸試験場が開発したブロッコリー収穫予測技術は、ほ場におけるブロッコリーの展開葉を計測する必要がある。ドローン空撮画像をコンピュータ解析することで、ほ場における広範囲のブロッコリーの展開葉データを省力に収集し、畑の実態を反映した予測ができるか検証する。

b 実証成果

(a) 活動内容

2021年から2022年にかけて、株式会社スカイマティクスと共同でブロッコリーの画像解析技術の開発に取り組んだ。園芸試験場では複数の作型や品種を対象とした予測技術を開発し、エクセルVBAによる予測計算ソフトを作成した。琴浦町100地点以上で空撮を行い、画像解析により得られた展開葉データを本ソフトで集計し、収穫日を予測できることを実証した。

(b) 成果

- i 空撮画像の解析値を用いた収穫予測の結果は初夏3日、秋冬5日の誤差に納まり、精度高く予測できることが分かった(図)。
- ii 地点ごとの栽培数と予測結果を集計して収穫量の推移を求めることができた。
- iii 航空法の規定上、ドローンの操縦に制約が生じるブロッコリーの栽培ほ場が多いことから、スマートフォンによる撮影画像の解析を基に収穫日を予測できることも実証し、技術の簡易化の可能性を示した。

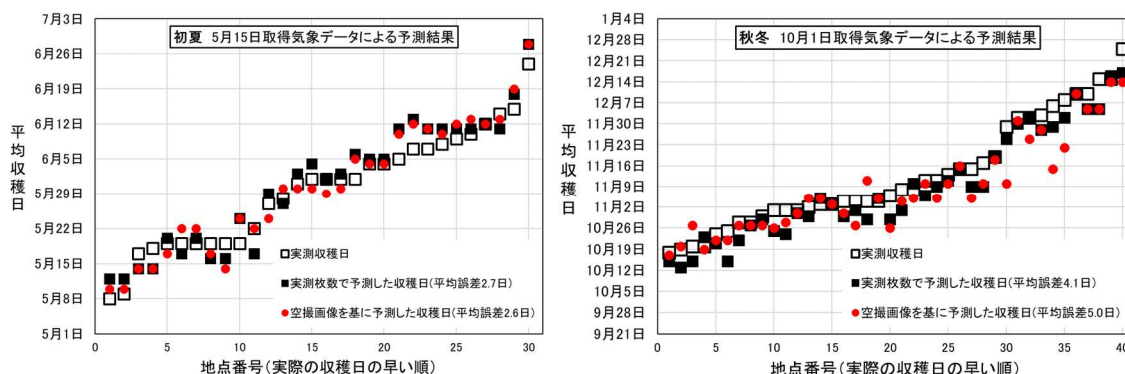


図 2021年初夏どり作型と秋冬どり作型における地点別の収穫予測の結果

(5) 琴浦ミニトマト生産部での実証結果

【実証期間】 令和2年5月～令和4年3月

【実証農場】 J A 鳥取中央琴浦ミニトマト生産部（東伯郡琴浦町）

【組織概要】 生産者数64名、栽培面積10ha（令和2年度）

【連携機関】 琴浦町スマート農業推進協議会、株式会社 farmo

【琴浦町スマート農業推進協議会 構成員】

J A 鳥取中央琴浦ミニトマト生産部、鳥取中央農業協同組合
琴浦町

鳥取県（中部総合事務所農林局、東伯農業改良普及所
園芸試験場、とっとり農業戦略課（現 経営支援課）

【実証技術】 ハウス内の環境モニタリング

①実証の背景・ねらい

ア 背景

琴浦町は中国地方有数のミニトマト産地ですが、生産者の高齢化と減少が進行しており、次世代を担う若手生産者の確保と育成が産地の課題となっています。そのため、令和2年5月に「琴浦町スマート農業推進協議会」を設立し、環境モニタリング機器を活用したスマート農業技術の実証を開始しました。

イ ねらい

ベテラン農家の経験に基づく栽培管理技術をモニタリングし、データを生産者間で共有することで、経験の浅い生産者に技術を継承し、早期技術習得を図ること、また、後継者不足の解消につなげることがねらいです。

ミニトマトの環境モニタリング

a 実証概要

ミニトマトハウス内の環境モニタリングによる栽培技術の向上、および若手農業者への技術継承を目的に実施した。令和2～3年に琴浦町内のベテラン農業者及び若手農業者、農業研修生のハウスにモニタリング機器（トマトファーム）を設置して気温、湿度、地温、飽差、土壌水分、炭酸ガス濃度、日射量をモニタリングし、見える化することで栽培管理の参考とし、若手農業者等への栽培技術の伝承を図った。

b 実証成果

- (a) ミニトマト農業者、農業研修生のハウス 10 か所に環境モニタリング機器を設置（琴浦町所有の機器を含む）し、データの測定を行った。測定データはクラウド上に保存され、確認することができた（図1）。
- (b) 他のハウスのデータについても農業者相互にスマホ等による閲覧が可能で、それぞれ作業開始の判断の目安にする等、参考にすることができた。若手農業者や農業研修生は自分とベテランのデータを比較し、換気やかん水といった作業のポイントを数値の変化を確認しながら学ぶことができた。
- (c) 土壌水分については、モニタリング機器で測定される数値と一般的に土壌水分の指標として用いられている pF 値の相関を園芸試験場野菜研究室で調査した。圃場ごとに相関を確認することで栽培管理の指標として活用できることがわかった（図2）。
- (d) モニタリング機器の太陽光パネルが生育したミニトマトの茎葉で遮光されると、日射量のデータが正確に測定できなくなるため、設置位置を高く（1年目高さ120cm→2年目高さ200cm）することで改善し受光を維持することができた。
- (e) 本体付属のソーラー電源のみだと夜間に電力不足で欠測する場合があります、AC電源を併用することで夜間の測定を維持することができた。



図1 データ表示例

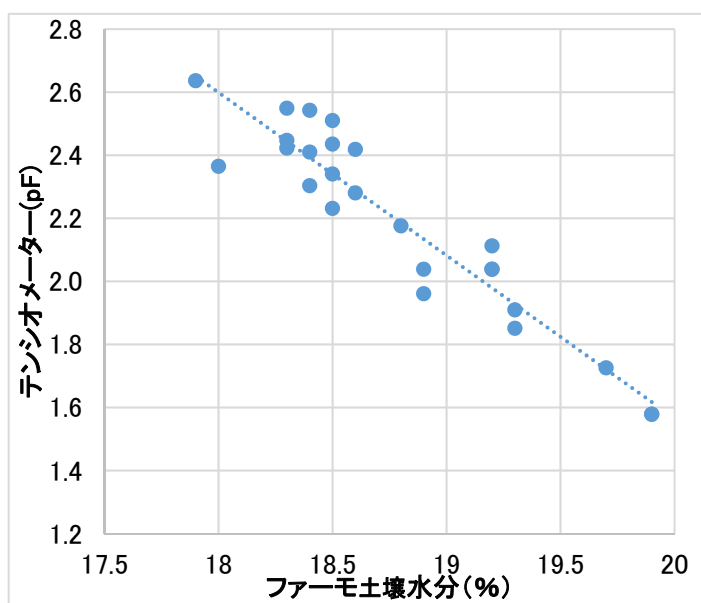


図2 ファーム土壌水分と pF 値の相関（試験場ほ場）

(6) アシストスーツの実証結果

【実証期間】令和2年4月～令和3年9月

【調査対象1】JA鳥取中央倉吉西瓜生産部

【調査対象2】JA鳥取中央倉吉梨生産部

【調査対象3】JA鳥取中央琴浦西瓜生産部

【調査対象4】JA鳥取中央琴浦ブロッコリー生産部

【調査対象5】JA鳥取中央東郷果実部

【調査対象6】JA鳥取西部人参生産部

【調査対象7】JA鳥取西部別所梨生産部

【調査対象8】倉吉市果実農業協同組合

【連携機関】鳥取大学（工学部、医学部）、

鳥取県産業技術センター機械素材研究所

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構農業技術農業機械研究部門

鳥取県（鳥取農業改良普及所、八頭農業改良普及所、

倉吉農業改良普及所、東伯農業改良普及所、

西部農業改良普及所、西部農業改良普及所大山普及支所、

日野農業改良普及所、経営支援課）

【実証技術】アシストスーツ

①実証の背景・ねらい

ア 背景

農業では、重量物の持ち上げや運搬作業、無理な姿勢等により、ぎっくり腰や慢性的な腰痛、腕のだるさ、痛み等に悩まされる農業者が多く、身体への負担を減らす農作業の工夫が求められています。

イ ねらい

複数のアシストスーツを様々な農作業で使用し、アシストスーツの負担軽減効果を検証し、農作業の省力化を図ることがねらいです。

※アシストスーツは装着して動き方に慣れた状態で使用した際にアシスト効果が期待できます。本実証試験は、数十分～数日の調査期間のため、装着した動き方に慣れない状態での試験も含まれます。

a エクソスケルトンによる作業効率向上及び負担軽減の実証

(a) 実証概要

すいかのシート(皿)敷き及び収穫、すいか選果場での箱運搬、梨選果場でのコンテナ運搬及び選果、人参収穫作業でのコンテナ運搬、イチゴ管理、ブロッコリーの収穫作業において、エクソスケルトンを使用し、作業員の腰及び足の負担軽減につながるか実証した。

調査方法は、筋電計(TS-MY0)を腰(脊柱起立筋)及び足(大腿直筋下方)部分に貼付け、筋線維から発生した微弱な活動電位を計測することで負担軽減効果を評価した。さらに使用後に装着感や効果についての感想の聞き取りも行った。

(b) 実証成果

実証結果の作業内容ごとの調査結果の評価を「表」にまとめた。また、作業内容ごとの結果の考察を下記に記した。

i すいかシート(皿)敷き作業(調査対象:2名)

筋電計データ(以下「筋電計」という。)は全員、腰は効果なし、使用した感想(以下「感想」という。)も全員、効果なしとの結果であった。

ii すいか選果場での箱運搬作業(調査対象:1名)

筋電計の結果は、腰は効果ありであった。感想は「持ち上げ作業は楽になるが、歩きにくい。胸と足の圧迫感が気になる等の理由で、装着していない方がよい。」とのことだった。重量物を運搬する作業では腰が楽になる可能性が考えられた。

iii 梨選果場でのコンテナ荷下ろし作業(調査対象:1名)

筋電計の結果は、足は効果なしであった。感想は「腰と太ももの痛みが軽減する感じ。効果はなくはないが、継続して装着する程でもない。うっとうしい。」とのことで、感想からは腰、足ともに効果を感じられた。

iv 梨選果場での選果作業(調査対象:1名)

筋電計の結果は、腰は効果なしであった。感想は「腰は楽になるが、装着がうっとうしい。効果はなくはないが、継続して装着する程でもない。」とのことであった。

v 人参収穫作業でのコンテナ運搬(調査対象:2名)

筋電計の結果は全員、腰は効果なし、足は2名のうち1名は効果なしであった。感想は「太ももが押されるためコンテナを持ち上げやすい。装着により身体全体が楽。コンテナを軽トラックの一段目に置く時は腰が楽だが、2段目に持ち上げる時には効果を感じなかった。感想は「重量物運搬時には腰がかなり楽になり良いが、他の作業との組み合わせを考えると作業性が悪い。」「腰が楽になり、コンテナ2段目に上げる時も、勢いで上げることができるようになるため楽。」とのことだった。人参収穫時のコンテナ運搬作業では、装着することで腰が楽になる可能性が考えられた。

vi イチゴ管理作業(調査対象:1名)

筋電計の結果は、腰は効果なし、足は負担ありとの結果であった。感想は「腰は楽になるが、前屈みのまま歩く時に後方に引っ張られ、それを戻すためにお尻上側の筋肉を使う必要がある。1時間使用したが歩くのに負担がかかり、それ以上使用しな

った。少しずつ進む作業（葉かき等）はいいが、収穫は速く歩くため、足パッドがずれ、足が前に出にくい。」とのことであった。少しずつ進む作業（葉かき等）は効果が期待できると考えられた。

vii ブロッコリー収穫作業（調査対象：2名）

筋電計の結果は、腰、足とも、効果ありが1名(⊙)、1名は効果なしだった。感想は「屈んだ姿勢から起き上がるのが楽に感じる。その一方太ももに負担がかかる。」「胸と足に力が分散されているように感じる。コンテナ一杯にブロッコリーが入っていても、重みをあまり感じず屈みやすい。長時間作業によさそう。」とのことだった。ブロッコリー収穫作業で腰が楽になる可能性が考えられた。

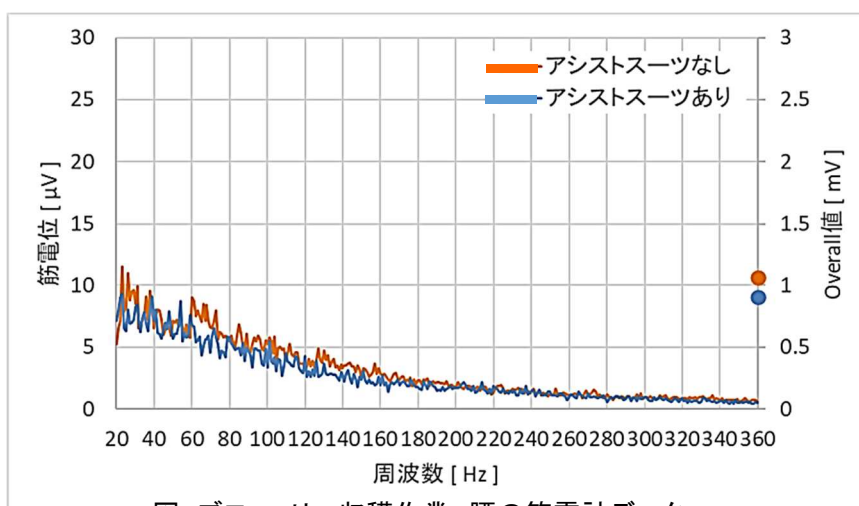


図 ブロッコリー収穫作業、腰の筋電計データ

注) Overall 値(右側の縦軸)は:各周波数成分の筋電位値の総和が低いほど負荷が小さい

viii エクソスケルトン実証結果まとめ

すいか選果場箱運搬作業やブロッコリー収穫作業の結果では、腰は楽になるものの、アシストスーツ装着による圧迫感や走行時に足の負担を感じるようになった。また、筋電計と感想が相反する結果となったもの（ブロッコリー収穫作業や、梨荷下ろし結果の一部）は短い時間での検証のため正しく評価できなかった可能性がある。長時間使用した場合の疲労程度の比較検証が必要である。

表 エクソスケルトン実証 評価まとめ

| 作業内容・調査人数 | 腰 | | 足 | |
|--------------|-----|-------|-----|-------|
| | 筋電計 | 使用后感想 | 筋電計 | 使用后感想 |
| すいかシート敷き・2人 | □ □ | □ □ | — — | — — |
| すいか選果場箱運搬・1人 | ⊙ | ⊙ | — | ⊗ |
| 梨荷下ろし・1人 | — | ⊙ | □ | ⊙ |
| 梨選果・1人 | □ | ⊙ | — | □ |
| 人参収穫・2人 | □ □ | ⊙ ⊙ | / □ | □ □ |
| イチゴ管理・1人 | □ | ⊙ | ⊗ | ⊗ |
| ブロッコリー収穫・2人 | ⊙ □ | ⊙ ⊙ | ⊙ □ | ⊗ ⊗ |

注)⊙:効果あり □:効果なし ⊗:負担あり —:分析不可 /:データなし

注)分析不可:データにノイズが多い等の理由で分析不可能だったものを示す。

注)データなし:計測したが、汗の影響等によりデータがとれなかったものを示す。

b E v e r yによる作業効率向上及び負担軽減の実証

(a) 実証概要

すいかのシート(皿)敷き及び収穫、梨選果場でのコンテナ運搬及び選果、ブロッコリーの収穫、人参収穫作業でのコンテナ運搬、イチゴ管理作業において、Every を使用して作業員の腰及び足の負担軽減につながるか実証した。

調査方法は、筋電計(TS-MY0)を腰(脊柱起立筋)及び足(大腿直筋下方)部分に貼付け、筋線維から発生した微弱な活動電位を計測することで負担軽減効果を評価した。さらに使用後に装着感や効果についての感想の聞き取りも行った。

(b) 実証成果

実証結果の作業内容ごとの調査結果の評価を「表」にまとめた。また、作業内容ごとの結果の考察を下記に記した。

i すいかシート(皿)敷き作業(調査対象:2名)

筋電計データ(以下「筋電計」という。)は全員、腰は効果あり、足は負担ありであった。使用した感想(以下「感想」という。)は、「背中にあたり違和感あるが、装着時は腰が楽。装着時は身体を動かしにくい。足への負担は感じなかった。」「装着がうっとうしく、装着しない方が楽。足を前後左右に広げ難く、歩き難い。」とのことで腰に効果はあるが、歩く際、足に負担がかかっていた。

ii すいか収穫作業(調査対象:1名)

筋電計の結果は腰、足とも負担ありだった。感想は「装着により速い動きができなくなる。歩きながらの作業には不向き。」筋電計の結果、使用した感想からも、すいか収穫作業には合わない可能性がある。

iii 梨選果場での梨荷下ろし作業(調査対象:1名)

筋電計の結果は腰、足とも効果なしだった。感想は「腰と太ももの痛みが軽減する感じ。効果はなくはないが、継続して装着する程でもない。うっとうしい。」との結果だった。

iv 梨選果場での選果作業(調査対象:1名)

筋電計の結果は、腰は効果あり(図1)であった。感想は「腰は楽になるが、装着がうっとうしい。効果はなくはないが、継続して装着する程でもない。太ももに負担がかかる。」とのことだった。

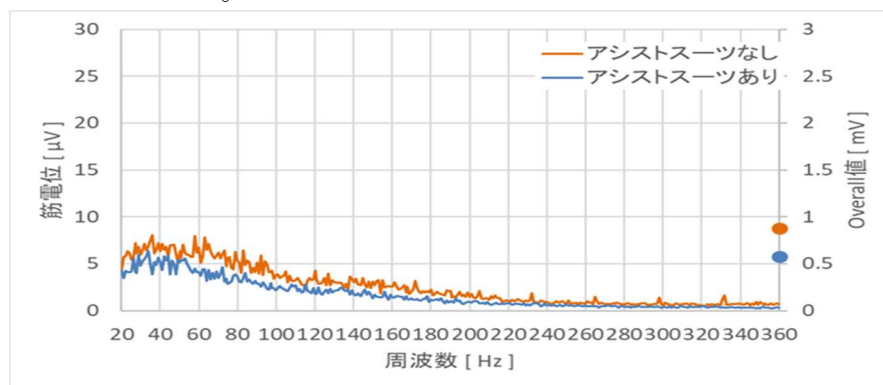


図1 梨選果作業 腰の筋電計データ

v ブロッコリー収穫作業(調査対象:2名)

筋電計の結果は、腰は全員効果なし、足は、1名は効果なし、1名は負担ありだった。感想は「屈んだ姿勢から起き上がるのが楽に感じる。その一方太ももに負担がかかる。」、「装着により姿勢がよくなり腰が丸くならないため、腰への負担が減って楽になる。座って採っているような感覚。」とのことだった。ブロッコリー収穫作業で、装着することで腰は楽になるが、太ももに負担がかかる可能性がある。

vi 人参収穫時コンテナ運搬作業(調査対象:2名)

筋電計の結果、腰は全員が効果あり(図2)、足は、1名は効果なしだった。感想は「中腰保持が楽。車運転時に取り外す必要があるため作業性が悪い。」「腰は楽になるが、身体にはまっていない感じがして心許ない。」とのことだった。人参収穫時のコンテナ運搬作業では、装着することで腰が楽になる可能性がある。

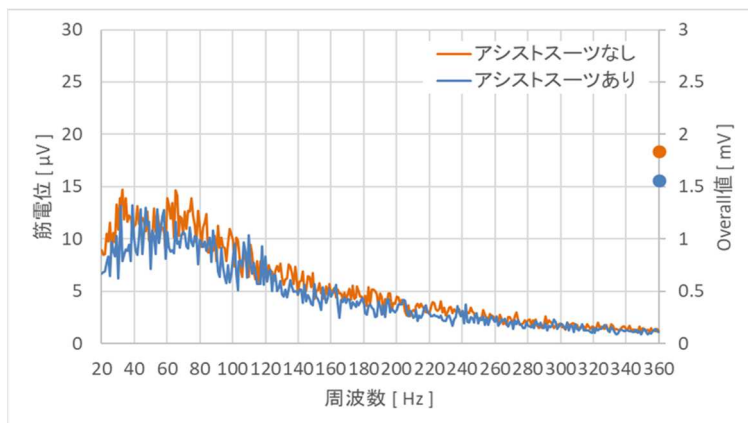


図2 人参収穫時コンテナ運搬作業 腰の筋電計データ

vii イチゴ管理作業(調査対象:1名)

筋電計の結果は、腰は効果なし、足は負担あるとの結果だった。感想は「腰は楽になるが、前屈みのまま歩く時に後方に引っ張られるため、それを戻すためにお尻上側(腰より下)の筋肉を使う必要がある。」とのことだった。イチゴ管理作業には向かない可能性がある。

viii Every 実証結果まとめ

すいかシート敷きのうち1名は、筋電計の結果で効果あり、感想は効果なしの結果だったが、これは、腰への負担が軽くなった一方、足への負担を強く感じたこと、作業中「装着がうっとうしい。」と感じる回数、時間の割合が多くを占めることにより、効果よりもうっとうしさが勝っている可能性がある。筋電計の結果で効果なし、感想は効果ありとなったものは短い時間での検証のため正しく評価できなかった可能性がある。長時間使用した場合の、疲労程度の比較検証が必要である。

表 Every 実証結果まとめ

| 作業内容・調査人数 | 腰 | | 足 | |
|-------------|-----|-------|-----|-------|
| | 筋電計 | 使用后感想 | 筋電計 | 使用后感想 |
| すいかシート敷き・2人 | ◎ ◎ | ◎ ☒ | ☒ ☒ | □ ☒ |
| すいか収穫・1人 | ☒ | ☒ | ☒ | ☒ |
| 梨荷下ろし・1人 | □ | ◎ | □ | ◎ |
| 梨選果・1人 | ◎ | ◎ | / | ☒ |
| ブロッコリー収穫・2人 | □ □ | ◎ ◎ | ☒ □ | ☒ ◎ |
| 人参収穫・2人 | ◎ ◎ | ◎ ◎ | / □ | □ □ |
| イチゴ管理・1人 | □ | ◎ | ☒ | ☒ |

注)◎:効果あり □:効果なし ☒:負担あり -:分析不可 /:データなし

注)分析不可:データにノイズが多い等の理由で分析不可能だったものを示す。

注)データなし:計測したが、汗の影響等によりデータがとれなかったものを示す。

cWIN-1による作業効率向上及び負担軽減の実証

(a) 実証概要

株式会社福成農園の白ネギ(白ネギを束ねたもの)収穫時のコモ運搬作業及び米袋積み作業において、WIN-1を使用して作業員の腰及び腕の負担軽減と作業能率の向上につながるか実証した。

(b) 実証成果

i 白ネギ収穫時のコモ運搬作業 (調査対象: 1名)

(i) 作業時間は、WIN-1 装着ありが装着なしに比べ長くなった (表1)。

(ii) 作業前後の疲労度の増加率は、装着あり 1.36 倍、が装着なしは 1.11 倍であり、装着により身体負担が増加する可能性が考えられた (表2)。

(iii) 感想は「装着時は歩行動作で太ももに負荷がかかる」との結果であった。

以上の結果から福成農園の白ネギコモ運搬の作業体系には合わないと考えられた。

表1 アシストスーツ装着が白ネギコモ運搬作業時間に及ぼす影響

| | 1コモ当たりの運搬作業時間 (単位:秒) | | | | | 対比 |
|------|----------------------|-----|-----|------|------|------|
| | 持ち上げ | 運搬 | 降ろし | 移動 | 合計 | |
| 装着あり | 4.6 | 5.8 | 3.0 | 10.8 | 24.1 | 1.79 |
| 装着なし | 1.4 | 3.4 | 2.1 | 6.5 | 13.5 | 1.00 |

注) コモ運搬、トラクタ運転の 2 人体制での作業時間。降ろしの作業時間は降ろした後のコモの荷直し時間も含む。移動時間は運搬車両にコモを降ろした後、次のコモまでの移動時間を示す

表2 VAS 法(疲労度)結果

| | 作業前 | 作業後 | 作業後/前 |
|------|-----|-----|-------|
| 装着あり | 38 | 52 | 136% |
| 装着なし | 35 | 39 | 111% |

注) 100mm スケールで 0 は疲労が全くない、100 はもう動けないほどの疲労と評価

表3 各調査項目及び総合評価

| 心拍数 | 疲労部位 | VAS法(疲労度) | 作業効率 | 感想 |
|-----|------|-----------|------|----|
| ☒ | ☒ | ☒ | ☒ | ☒ |

注) ☒: 負担あり

ii 米袋積み作業 (調査対象者: 1名)

(i) 作業効率は、装着ありが装着なしに比べ、フォークリフトの乗り降りのため、袋物運搬用アタッチメントの「袋物用ハンド」を外すこと等が影響し、作業時間が長くなった。(表4)。

(ii) 作業前後の疲労度の増加率は、装着ありが 2.56 倍になったが、装着なしでは作業前後で疲労度に変化がなかった (表5)。

以上の結果から、福成農園の米袋運搬の作業体系には合わないと考えられた。

表4 アシストスーツ着用の有無と米袋詰め・運搬等作業時間 (単位:秒)

| | 運搬 リフトへ | 米袋 セッティング | 米袋 閉じ作業 | 米袋 運搬準備 | WIN-1 アタッチ装着 | 袋アタッチ 調整 | 運搬 パレットへ | WIN-1 アタッチ着脱 | 置き直し | 移動 | 休憩 | 移動 | 作業時間 計 | 合計 |
|------|------------|--------------|------------|------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|------|-----|------|-----|-----------|-------|
| 装着あり | 13.1 | 12.3 | 20.8 | 6.4 | 23.3 | 7.0 | 9.2 | 4.5 | 2.9 | 6.0 | 1.3 | — | 105.3 | 212.1 |
| 装着なし | 5.1 | 9.3 | 18.0 | 2.3 | — | — | 4.4 | — | 2.3 | 5.3 | 25.9 | 5.6 | 52.3 | 78.1 |

表5 VAS 法(疲労度)結果

| | 作業前 | 作業後 | 作業後/前 |
|------|-----|-----|-------|
| 装着あり | 39 | 100 | 256% |
| 装着なし | 63 | 63 | 100% |

注) 作業時間は休憩時間を除いた作業時間の小計

表6 各調査項目及び総合評価

| 心拍数 | 疲労部位 | VAS法(疲労度) | 作業効率 | 感想 |
|-----|------|-----------|------|----|
| ☐ | ☒ | ☒ | ☒ | ☒ |

注) ☐: 効果なし ☒: 負担あり

d ハコベルデによる作業効率向上及び負担軽減の実証

(a) 実証概要

すいかと梨及びブロッコリーの収穫作業において、ハコベルデを使用して作業員の腰の負担軽減と作業能率の向上につながるか実証した。

(b) 実証成果

実証結果の作業内容ごとの調査結果の評価を「表1」、「表2」、「表3」にまとめた。また、作業内容ごとの結果の考察を下記に記した。

- i すいか収穫（トラックの積み込みも含む）作業（調査対象：4名）（表1）
 - (i) 心拍数の増加率は、ハコベルデの装着により4名中2名が減少し、心拍数の増加（＝身体負担の増加）を抑える可能性が考えられた。
 - (ii) 作業効率は、ハコベルデの装着により4名中3名の収穫時間が短くなり、1万玉（比較的規模の大きい農家で、1シーズンで収穫する量）で換算すると2時間程度早く収穫できた。
 - (iii) 身体疲労は4名中2名が効果あり、使用した感想は4名中3名が効果ありと、効果がある農家が多かった。
 - (iv) 筋活動は、装着有無で差がなかった。
 - (v) 装着なしと比較して、装着ありで心拍数増加の抑制、身体疲労の減少や作業効率の向上が見られた農家が多かった。また、使用した感想で負担がなく、効果があると回答した農家が多かった。さらに、装着有無で心拍増加率にあまり差がないにもかかわらず作業効率が良かった農家もあった。
- 以上の結果から、スイカ収穫作業では効果が期待できると考えられた。

表1 すいか収穫作業での実証結果

| 被験者 | 調査区 | 心拍数 ¹⁾ 増加率 | 作業効率 (時間/100玉) | 1万玉収穫に係る ²⁾ 作業時間の差 | 身体 ³⁾ 疲労 | 筋電計 ³⁾ | 感想 ³⁾ |
|-----|------|--------------------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------|------------------|
| A | 装着なし | 44.8 | 8'13 | 2時間30分51秒減少 | □ | □ | ◎ |
| | 装着あり | 47.3 | 6'43 | | | | |
| B | 装着なし | 48.9 | 8'18 | 2時間3分31秒減少 | ◎ | □ | ◎ |
| | 装着あり | 33.7 | 7'04 | | | | |
| C | 装着なし | 52.6 | 6'05 | 1時間48分9秒減少 | □ | □ | □ |
| | 装着あり | 41.9 | 5'00 | | | | |
| D | 装着なし | 66.6 | 10'16 | 51分7秒増加 | ◎ | □ | ◎ |
| | 装着あり | 66.5 | 10'46 | | | | |

被験者ごとに各区3反復調査

1) 心拍数増加率 = (収穫時の最大心拍数 - 安静時心拍数) / 安静時心拍数 × 100

2) 1万玉収穫に係る作業時間の差：装着なしの場合と比較した装着ありの作業時間の比較

3) ◎：効果あり、□：効果なし、☒：負担あり

ii 梨収穫作業（調査対象：3名）（表2）

- (i) 収穫時の心拍数増加率は、装着により3名中1名が減少（心拍数減少＝身体負担の減少）しており、装着により心拍数増加率が減少する可能性が考えられた。
- (ii) 積込時の心拍数増加率は、装着により3名中1名が減少する傾向が見られた。筋電計の結果は、装着有無で差がなかった。
- (iii) 梨収穫作業では、ハコベルデのアシスト機能が発揮されたのはカゴやコンテナを持ち上げる際に中腰になった時だけであったと考えられる。積込作業は、軽トラックへの積み込み時に、アシスト機能を超える高さまで持ち上げる場面が多かった。作業の多くが立位姿勢で腰の筋肉をあまり使用せず、太ももと腕の筋肉の使用が多く、アシスト機能を活かすことができなかつた可能性がある。
- 以上の結果から、梨収穫（積込）作業にはあわない可能性があると考えられた。

表2 梨収穫作業での実証結果

| 被験者 | 調査区 | 収穫時心拍数 ¹⁾ 増加率 | 積込時心拍数 ²⁾ 増加率 | 身体 ³⁾ 疲労 | VAS法 ³⁾⁴⁾ 疲労度 | 筋電計 ³⁾ | 感想 ³⁾ |
|-----|------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|
| E | 装着なし | 42.5 | 26.3 | ◎ | □ | □ | □ |
| | 装着あり | 20.7 | 27.8 | | | | |
| F | 装着なし | 75.0 | 54.2 | □ | □ | □ | □ |
| | 装着あり | 72.9 | 59.4 | | | | |
| G | 装着なし | 46.8 | 40.9 | □ | □ | □ | □ |
| | 装着あり | 40.7 | 26.6 | | | | |

1) 収穫時心拍数増加率＝（収穫時の最大心拍数－安静時心拍数）/安静時心拍数×100

2) 積込時心拍数増加率＝（梨満載コンテナを車に積込時の最大心拍数－安静時心拍数）/安静時心拍数×100

3) ◎：効果あり、□：効果なし、☒：負担あり

4) VAS法疲労度：100mmスケールで0＝疲労なし、100＝もう動けないほどの疲労とし、指し示された位置を評価

iii ブロッコリー収穫作業（調査対象：1名）（表3）

- (i) 使用した感想は「装着効果を感じた。腰が楽で、背筋が伸び、荷物を軽く感じた。」とあり、心拍数以外の身体疲労、疲労度（VAS法）、感想で効果ありとなった（表3）。
- (ii) ブロッコリー収穫作業では、コンテナ（背負子）を後ろに背負うことで、作業中、常に前屈みになるため、ハコベルデのアシスト機能が発揮され、その結果、装着することで軽く感じ、効果を実感されたと考えられる。
- 以上の結果から、ブロッコリー収穫作業では効果が期待できると考えられた。

表3 ブロッコリー収穫作業での実証結果

| 被験者 | 調査区 | 心拍数 ¹⁾ 増加率 | 身体 ²⁾ 疲労 | VAS法 ²⁾³⁾ 疲労度 | 感想 ²⁾ |
|-----|------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------|
| H | 装着なし | 90.0 | ◎ | ◎ | ◎ |
| | 装着あり | 91.3 | | | |

1) 心拍数増加率＝（収穫時の最大心拍数－安静時心拍数）/安静時心拍数×100

2) ◎：効果あり

3) VAS法疲労度：100mmスケールで0＝疲労なし、100＝もう動けないほどの疲労とし、指し示された位置を評価

e TASKによる作業効率向上及び負担軽減の実証

(a) 実証概要

梨の摘果および袋掛け作業において、TASK (TASK AR Type Sの前のモデルで実証) を使用して作業員の腕の負担軽減につながるか実証した。

調査方法は、筋電計(TS-MY0)を腕と肩(上腕二頭筋および三角筋前側の2カ所)に貼付け、筋線維から発生した微弱な活動電位を計測することで負担軽減効果を評価した。さらに使用後に装着感や効果についての感想の聞き取りも行った。

(b) 実証成果

実証結果の作業内容ごとの結果の考察を下記に記した。また、作業内容ごとの調査結果の評価を下記「表」にまとめた。

i 梨摘果作業(調査対象:1名)

筋電計データ(以下、「筋電計」という)は腕と肩とも「効果あり」、使用した感想(以下「感想」という)は、「装着時、腕を上げる時はアシストされて楽だが、腕を下げる時(枝の高さに合わせて微妙に腕を上下する必要あり)に力が必要なため使用後肩がだるかった。」とのことであった。

使用後肩がだるくなったとのことであるが、筋電計データ結果は腕、肩とも「効果あり」であり、腕については感想からも「効果あり」であったことから、梨の摘果作業時の腕には効果がある可能性がある。肩については、腕を下げる時に力を要せず、かつ、肩の違和感がないものであれば効果が期待できると考えられた。

ii 梨袋掛け作業(調査対象:1名)

筋電計の結果、腕は「効果あり」で肩は「負担あり」であった。感想は、「装着時、腕を上げる時はアシストされて楽だが、腕を下げる時(枝の高さに合わせて微妙に腕を上下する必要あり)に力が必要なため、使用後肩がだるかった。使用中も肩に違和感あり。」とのことだった。

袋掛けでは腕は、筋電計及び感想からも「効果あり」だったが、肩は筋電計及び感想からも「負担あり」であった。梨の袋掛け作業時の腕にも効果がある可能性がある。

iii 実証結果まとめ(表1)

梨摘果作業及び袋掛け作業とも、腕については効果がある可能性があった。肩については、腕を下げる時に力を要せず、かつ、肩の違和感がないものであれば効果が期待できると考えられた。

表 TASK 実証結果まとめ

| 作業内容・人数 | 腕 | | 肩 | |
|---------|-----|-------|-----|-------|
| | 筋電計 | 使用后感想 | 筋電計 | 使用后感想 |
| 梨摘果・1人 | ◎ | ◎ | ◎ | ☒ |
| 梨袋かけ・1人 | ◎ | ◎ | ☒ | ☒ |

注)◎:効果あり □:効果なし ☒:負担あり