

加工キャベツを導入した大型畑作経営でのスマート農業技術（鳥獣害対策含め）の 低コスト化を目指したマシーネンリング体系の実証

鹿追町ICT研究会ほか（北海道鹿追町）

背景及び取組概要

＜143ha(キャベツ2.4ha、てん菜23.5ha、ジャガイモ27.9ha、その他89.3ha)うち実証面積:キャベツ2.0ha、てん菜20.9ha＞

- 規模拡大が進み、労働力不足している為トラクター自動操舵装置等のICTの導入利用が進んでいるが、更なる省力化が求められている。
 - ① キャベツ、てん菜における可変施肥技術による低コスト、高収量化の実証
 - ② キャベツ自動収穫機を中心とした省人化収穫体系の実証
 - ③ てん菜大型収穫機テラドスの高能率化(伴走収穫)の実証
 - ④ トランスボーダーファーマーリング・マシーネンリングによる大型圃場での高性能機械の最大効率化の実証
 - * トランスボーダーファーマーリングは、圃場区画内に生産者が複数いる場合、同じ作物を作付けし、大型機械を入れ作業を共同化すること
 - * マシーネンリングは、大型機械を共同利用し効率化を図るが、従来と違い第3者のマネージメントが入って効率的な運行を計画実施

実証目標

- キャベツ自動収穫機を中心に機械化一貫体系を実証し、省力化により労働力を50%削減する。
- トランスボーダーファーマーリングによる圃場集約を行い、マシーネンリングによる機械運行と高能率機械の効率化を図り、経営全体のコストを10%削減し、所得を20%向上させる。

営農支援システム
(T A F, 自動作業記録・経営分析)

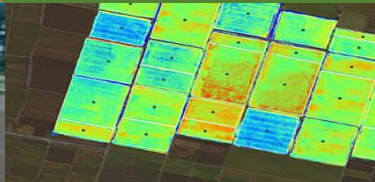
衛星を活用した低コスト
可変施肥

マシーネンリング大
型圃場による機械の
効率稼働

鳥獣害対策

収穫適期・収量予測

キャベツ無人収穫機体系
とてん菜大型収穫機



経営管理

可変施肥

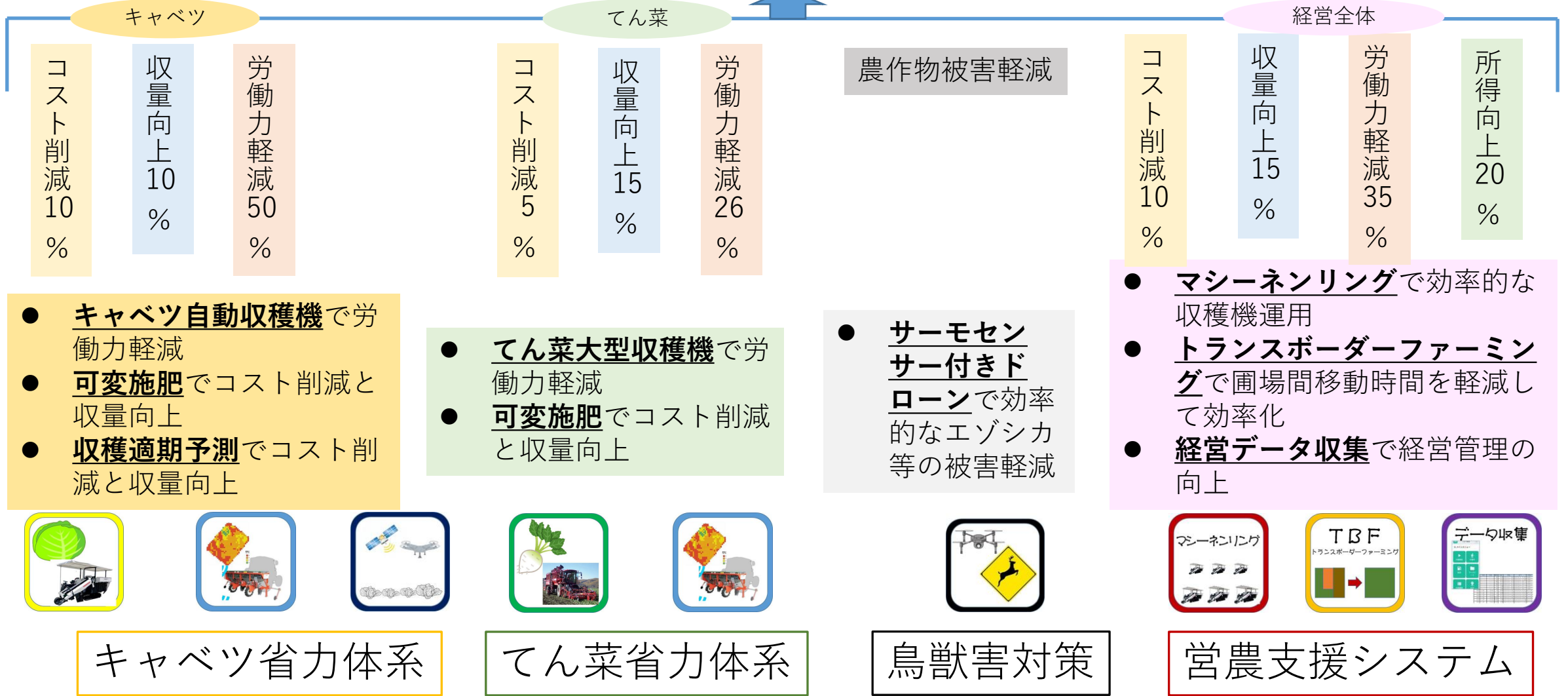
機械の低コスト
効率化

鳥獣害駆除

生育センシング

収穫

大型畑作経営の安定



4つの実証項目と8つの実証内容

各研究項目の現在の達成状況

- キャベツ自動収穫機により、従来6名の従事者が3名になり、収穫スピードも慣行並みだったことから、労働時間は50%削減できた。
- 収穫適期予測により適期収穫が可能となり、収量が向上するとともに、収穫機の効率的な運用が可能となりマシーネンリングの効果を発揮。
- 可変施肥により、キャベツでは収量5%増、施肥コストが4%削減、てん菜では収量8%増、施肥コスト25%削減が達成。令和3年度は前年度の可変施肥マップを活用し、収量は同等で施肥量を30%削減。
- てん菜大型収穫機（テラドス）は、機械の改造により収穫ロスを減らし慣行1畦収穫機より高い収穫能力を発揮できるまでになった。
- ドローンを活用した鳥獣害対策では、森の中のエゾシカを上空から発見し、駆除できることを実証した。
- マシーネンリングにより個人利用と比較し30%ほど利用効率が向上。トランスボーダーファーミングにより集約されたほ場従来のほ場と比較して10a当たり5,400円のコスト減



(令和3年度成果①) キャベツ自動収穫体系について

取組概要

令和2年度

既存のキャベツ収穫機を用いて慣行の作業データを収集する。また、ドローンによる生育・土壌センシングによる土壌肥沃度マップに従った可変施肥による効果を検証する。生育モデルを用いて作型を計画し、は種、定植を行うとともに、収穫適期を衛星により確認して収穫スケジュール、出荷スケジュールを立案して実施する。十勝農協連が収穫適期予測についての配信方法を行う。

令和3年度

キャベツ自動収穫機を用いて作業データを収集する。

実証結果

自動収穫機の実証効果

現在

オペレータ 1名
作業員
外葉処理 1名
選別～整列者へ渡 2名
圃場運搬 1名
集荷場へ運搬 1名
合計 6名

3名削減
50%削減

自動収穫機体系

オペレータ **0名**
作業員
外葉処理 **0名**
選別～整列者へ渡 1名
整列者 1名
圃場運搬 **0名**
集荷場へ運搬 1名
合計 3名

キャベツの自動収穫機開発

- ①自動運転についてはほぼ完成に近い。
- ②収穫の制御は収穫高さの制御法について課題が残った
- ③外葉処理装置が詰まるため、改良してほぼ完成。
- ④運搬車の積替え、圃場外への運搬が出来ている。残された課題を整理して、製品化へ。

(令和3年度成果②) てん菜大型収穫機機械化体系の実証

取組概要

令和2年度

既存のてん菜収穫機を用いて慣行の作業データを収集する。
 実証するてん菜大型収穫機テラドス4畦の改良後の効果検証を農家3戸（直播2戸9.5ha、移植1戸5.4ha）で行った。

令和3年度

改造したテラドスを用いて作業能率の向上と収穫ロス（収穫根のこぼれ）の軽減についてデータを収集し、目標達成度合いを検証する。

実証結果

令和2年度

直播圃場では改良の効果はあり、ほぼ満足できたものの、収穫根がこぼれる箇所が他にも見つかったことや、能力の最大までスピードが上がらず、改良する必要があると判断した。

移植圃場では、鍬の部分で詰まってしまう、スピードが全然出せなかったことから、改めて改良を加えて来年の実証が十分できるようにする。

* 直播・移植どちらも、今回の試験では予定の能力が出ていないため、経営的に導入できるレベルではないことから、能力をアップさせるための改造が必要になる。

令和3年度

テラドスは収穫ロスを防止するため改造を行い、10月下旬から実証を行った。
 本年の実証面積は**鹿追町ICT研究会9戸で40haの圃場で検証した。**

- ① 降雨後慣行の収穫機では入れない圃場でもテラドスでは作業ができていた。
- ② 収穫物のロスが減少
 慣行対比 **移植70%** **直播45%**（下表）
- ③ 収穫に係る労働時間削減率
慣行対比57%（右表）
- ④ 機械費+自家労賃削減 **24%**（右表）

ほ場名	区分	機械	収穫ロス重量 (kg/10a)	収穫ロス重量 減少 (%)	収穫ロス金額 (円/10a)
A	直播	テラドス	36.6	-	624
B	移植	テラドス	4.9	70	84
C	直播	テラドス	8.9	45	152
D	直播	ピタROW	16.1	対比	274

試算条件 品代 17,046円/t 数量払 6,468円/t (糖分16.0%)
 Aほ場は作業前日と前々日で合計44.5mmの降雨あり(鹿追アメダス)
 ヘッド進入位置を変えた後は21.1kg/10a(360円/10a)まで減少した。

項目	テラドス	ピタROW	備考
減価償却費	17,286	839	7年
修理費	4,400	240	4%
車庫費	2,200	187	2.0%
租税公課	847	41	導入金額×110%÷2×0.014
保険料	275	13	導入金額×0.25%
燃料	770	218	使用面積換算66.25ℓ×90.8円
合計	25,778	1,538	
収穫面積 ()内は時間当り	170ha (0.54ha)	11ha (0.23ha)	鹿追町のR3年度平均 (収穫時間削減比 約 57%)
10a 収穫料金	15,164円	13,988円	経営分析では、機械費慣行が17,422円/10a、導入後12,442円/10a、自家労働費は慣行7,500円/10a、導入後は6,450円で、機械費・労賃合計で慣行が24,922円/10aに対し導入後は18,892円で約 24% 削減している。

(令和3年度成果③) 簡易化した可変施肥技術の実証

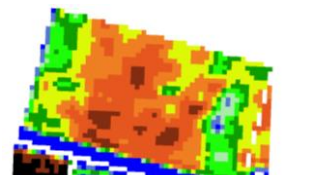
取組概要

令和2年度は可変施肥効果が出ない圃場を特定して無駄を省き効果を実証した。

令和3年度は腐植含量から熱水抽出窒素を推定して可変施肥する方法で、過去のセンシング結果を用いて可変施肥を実証した。

このことにより、毎回ドローンのセンシングデータや土壌分析のデータを活用して簡易で施肥マップを作成して低コストでの可変施肥を可能にする(キャベツの収量調査により効果を分析)。

直ちに実践ができるので飛躍的な普及が期待できる。



土壌窒素肥沃度マップ



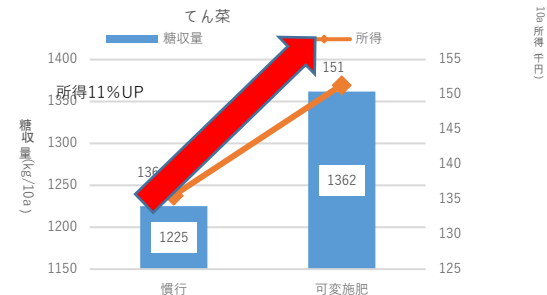
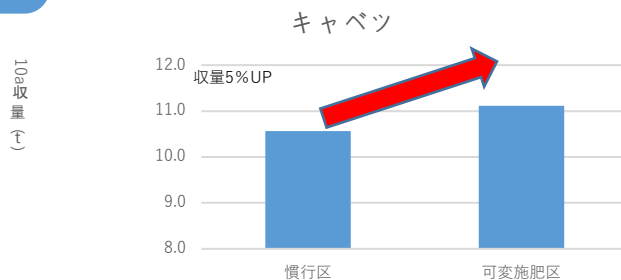
可変施肥の実施状況



土壌腐植含量センシング

実証結果

令和2年度実績



令和3年度実績

低コスト、省力型の可変施肥試験を行い、普及拡大を図る。

令和元年度に検討した方法で作成した可変施肥マップに基づく可変施肥試験をてん菜あとのキャベツと種馬鈴しょで行った。

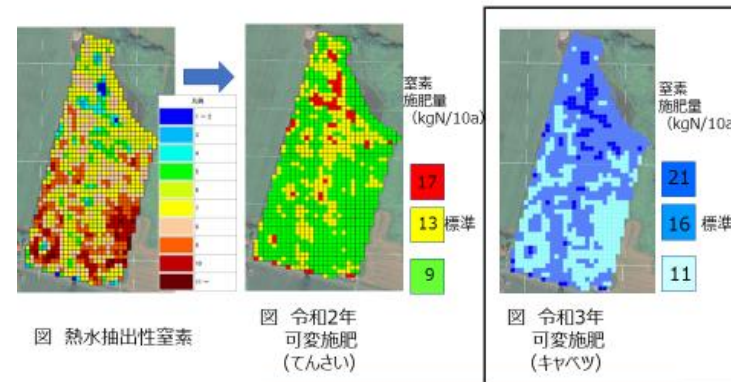
結果：キャベツの可変施肥により収量はほぼ同等で施肥量69%削減され、約30%肥料費を削減できた。

種馬鈴しょでも、収量はほぼ同等で施肥量は75%となった。

	項目	慣行施肥区	可変施肥区	慣行比
収入 10a	収量	9,866	9,497	▲369
	精算単価	29	29	
	金額	286,114	275,413	▲10,701
肥料	銘柄	NK106	NK106	
	施肥量	145	100	▲45
	単価	114	114	
	金額	16,530	11,400	▲5,130
差額収入		269,584	264,013	▲5,571

試験2 他作物(キャベツ)への適合性

施肥設計の考え方



窒素施肥量の多いキャベツでは標準施肥量に対しててんさいよりもそれぞれ1kgN/10aを加味して増減

(令和3年度成果④) キャベツ収穫適期予測を活用した機械の効率利用の実証

取組概要

生育モデルを参考に作型を作成し、その計画に沿って播種・定植を進め、収穫適期をモデルからと一部衛星センシングにより確認し、収穫・出荷スケジュールを立案し、その案に沿って収穫する（マシーネンリングによる収穫機の運行を立案して、機械の運行効率を向上させる）。

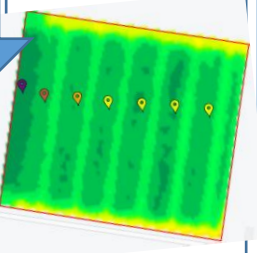
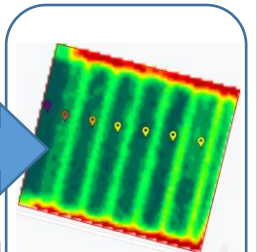
収穫適期予測

衛星でのキャベツ生育センシング画像

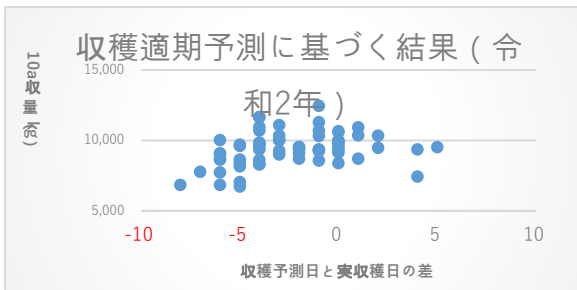
共有確認

結果

生育シミュレーションモデル			精密出荷予測システムの出力	
自動	自動	オプション	自動	自動
生育予測			出荷予測情報	
葉齢	収穫期	収穫物重量	出荷週番	収穫量
[葉]	予測日	[g/個]	[週目]	[kg]
30.862174	2020/07/22	1500	28	47656
28.222228	2020/07/25	1500	28	235142
30.676925	2020/07/22	1500	28	499370
30.798828	2020/07/23	1500	28	143656
32.957887	2020/07/20	1500	28	571
25.811854	2020/07/26	1500	29	238456
25.811854	2020/07/26	1500	29	71313
33.965707	2020/07/19	1500	28	348170
24.343474	2020/07/27	1500	29	303942
22.948283	2020/07/28	1500	29	20742
22.995796	2020/07/29	1500	29	153999
28.559979	2020/07/24	1500	28	251770



令和2年度実績

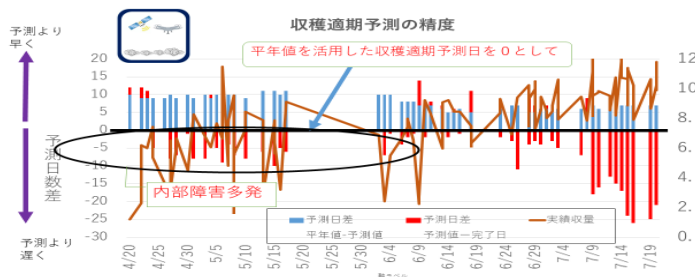


生育モデルからの収穫予測

キャベツの生育予測については、北農研で進めている生育モデルを使った収穫予測を検証した結果、昨年は±2日程度の精度になり、本年もまた、衛星でのNDVI値を活用した適期と生育ムラをセンシングし、収穫計画・収穫運行を行った。

令和3年度実績

干ばつの影響で収穫遅れによる内部障害が多発した中で、収穫適期予測に沿って収穫することで内部障害を抑制できたので、その面でも予測による成果は大きかった。8月下旬から10月の一部で予測でズレ（7日位早い予測）が生じていたため、人の巡回での適期確認に一部変更したがシーズン中大半を予測システムを活用して実証できた。



2021年度の作況について
2021年度は7月中旬からの記録的な乾燥により球の肥大が悪く、低収傾向であった（単収：R2年度85t/ha → R3年度60t/ha）。

収穫コンテナ毎にサンプル抽出検査を実施。褐変症が確認された場合は廃棄
褐変症：加工業務用のグレアムを対象で、1球でも発見されると当該圃場ロット全量が廃棄となる

項目	システム導入区	慣行区	導入効果率(増減率)
収量 (t/ha)	59.6	59.3	101%
廃棄量 (t/ha)	7.0	20.1	-65%
出荷量 (t/ha)	52.6	39.2	135%
粗収益 (万円/ha)	342	255	134%
経費 (万円/ha)	269	247	109%
収益 (万円/ha)	73	8	901%

適期収穫による圃場廃棄（原因は褐変症）の低減で収益確保

収穫適期予測はほぼ活用できて、収量の最大化と収穫機の効率的な運行が図られることが実証できた。（一部修正が必要）

実証結果

圃場番号	予想値(日数)		実績日数	反収	収穫量/面積	収穫判定
	温度ベース	NDVIベース				
SSH_17-2.2	80	80	76	10,314	適期	
SSH_17-2.3	80	90	81	9,978	適期	やや割れ気味
SSH_17-2.4	78	85	80	10,932	やや遅い	
SSH_17-2.5	78	78	81	9,490	やや遅れ気味	割れあり
FHK_7-1.6	80	78	79	9,087	適期	小玉傾向 やや割れ気味
FHK_7-1.7	79	82	78	9,360	適期	
FHK_7-1.8	79	87	80	10,614	やや早い	
FHK_7-1.9	80	85	81	9,164	やや早い	
FHK_7-1.10	81	84	81	8,952	適期	
FHK_7-1.11	81	82	83	9,033	やや早い	
HGT_4-1.2	78	82	73	8,625	苗5葉で定植	一部腐敗あり
HGT_4-1.3	81	81	83	9,459	適期収穫	
KTM_13-3	78	84	78	9,492	やや早い(小玉傾向)	
KTM_13-4	78	84	78	9,492	やや早い(小玉傾向)	

衛星センシングからの収穫予測

(令和3年度成果⑤) ドローンを活用した鳥獣害対策



取組概要

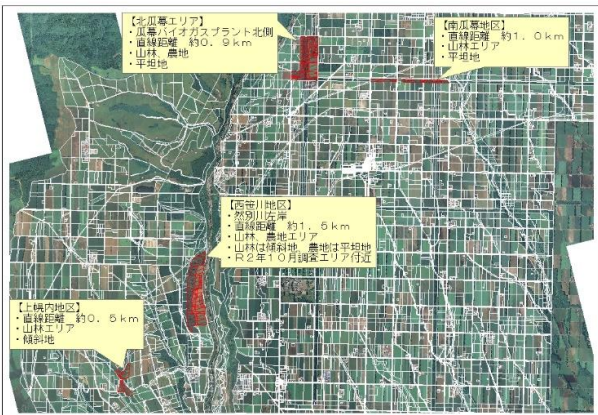
令和2年度

サーモセンサー付きドローンを用いて鹿、熊、アライグマ等の生息地や移動経路のデータの解析をする。また、ワナ等の捕獲手段を検討する。

令和3年度

昨年度に引き続きサーモセンサー付きドローンを用いて鹿の生息地や移動経路のデータの解析をする。また、発見した場所から追込んで待ち構えて捕殺する方法の効果を検証する。

令和3年度 実証したエリア



実証結果

令和2年度実績

10月25～30日に実施した生態調査でエゾシカを発見できることを実証した。



令和3年度実績

ハンティングクラブと実際にこの機能を活用して、駆除を行い**2日間で12頭確認し、うち1頭を捕殺した。**



慣行との違いと効果

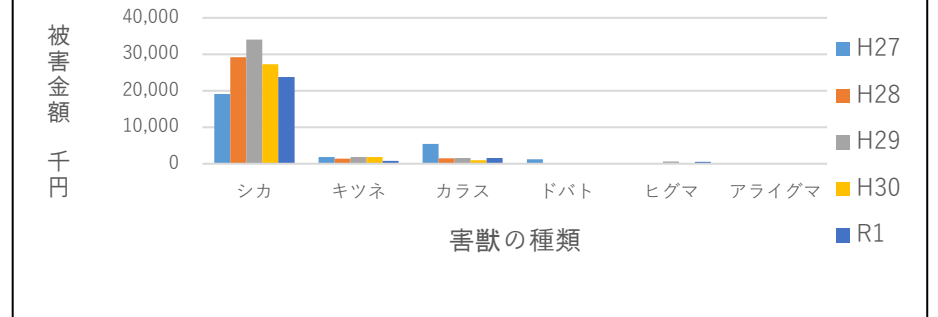
1. 従来は勢子と呼ばれる人が鹿が居るか居ないかわからないがとりあえず入り、ハンターの待ち場所へ追う
2. 林から出たところを撃つ。

*無駄が多くなる。

1. ドローンで鹿が居るかを確認、居た場合カメラリグして位置を固定
2. 位置を確認してから、勢子が追う方向等を相談してハンターの待ち場所へ追う

*居る事を確認してから入林し、追うため、従来より合理的で確実

年次別鳥獣害被害金額の推移



改善が必要な点

1. ドローンが確認した個体の場所を、本部・勢子・ハンターが情報を共有して、本部の指示で分散している勢子を誘導して、鹿を追い込む様にするために、リアルな情報を共有できる様なシステムを整える。(安価に出来る、携帯電話によるシステムの構築が必要)
2. 勢子の間を抜けるので、すり抜けられないような道具や手法を検討
3. 画像から判別するのにある程度慣れが必要のため、判別するためのAI等の開発が必要



取組概要

★マシーネンリング

- ①キャベツの収穫機械による取組み (JA 所有の機械でコントラと貸出)
- ②てん菜大型収穫機 (テラドス)
(生産者グループが所有して、JAがコーディネート)
- ③(参考) 小麦・大豆用大型コンバイン
(生産者所有でJAがコーディネート) これらの組織化と効率的な運営方法を実証

★トランスボーダーファーマーミング

大型機械を効率的に稼働させるため、区画内の所有者が協力して大型区画化するため、該当圃場での生産者と協議して理解を求めている。JAとしては、第11次農業振興計画に盛り込み進めるよう計画。

また、収益を公平に分配するため、収量センサー等の活用実証も行っている。

実証結果



- 2～3台を委託収穫
- 3～4台を農家へ貸出し



キャベツ自動収穫機



- 3台をコントラ収穫
- 4台を農家貸出
- 6台程度が個人所有

マシーネンリングでの実証

適期収穫予測から収穫機稼働計画策定を行い、実証した。



キャベツマシーネンリング実績

年次	体系 (委託・機械利用)	面積 (ha)	1日収穫面積 (a)	1日1台当収穫面積	収量 (kg/10a)
R元年	コントラクター	21.87	34.0	11.3	9,115
	マシーネンリング	30.20	23.6	23.6	9,087
R2年	コントラクター	17.30	30.9	10.3	8,808
	マシーネンリング	20.58	23.6	23.6	9,979
	個人所有	10.30	19.8	19.8	7,354
R3年	コントラクター	21.28	33.6	11.2	8,242
	マシーネンリング	20.58	25.4	25.4	7,805
	個人所有	16.60	18.7	18.7	5,862

大型区画圃場で集約された圃場の効果

項目	慣行	集約	差
圃場数	3	1	2
作型	27	25	2
移動回数	29×2=58	2×2=4	54
平均時間	29時間	2時間	27時間
移動費用	58万円	4万円	54万円

(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

今回の実証で導入したスマート農業機械・技術


作業内容	機械・技術名 (型式等)	技術的な課題
1. 施肥	可変施肥	関係機関の役割分担 (可変施肥効果が無い圃場の対策・利用マニュアル作成・施肥設計機関の役割分担など)
2. 収穫適期予測	収穫適期予測システム	生育モデル方式と衛星リモセンを組み合わせるシステムの開発
3. キャベツ収穫	自動収穫機	①外葉処理装置の部分で詰まる。 ②刈取り部の高さ調整がうまく行かない。機械のバランスが悪く、旋回が不自由で改良が必要。 ③RTK-GNSSとの連動
4. 位置情報把握	RTK-GNSS (イチミル)	移動状況は確認できたが、苗の位置が確認できないため、収穫機や収穫予測に活用できていない。(移植機との連動が必要)
5. 鳥獣害対策	駆除技術	①本部と勢子(追う人)と待子(ハンター)との連携が不十分で、エゾシカが逃げることが多かった。 ②勢子の代わりになる方式を検討する必要がある。
6. 経営データ	経営データ自動収集装置	①音声入力装置の開発 ②画像収集のカメラを検討
7. データ連携	T A Fシステム	①作業情報・収穫適期予測の表示機能の拡充 ②WAGRIとの連携

(実証成果 (全体))

実証課題で取り組んだスマート農業技術を普及するための今後の取組・考え方

- **実証課題で取り組んだスマート農業技術を普及するための今後の取組・考え方**
- ① 実証農場をモデルとして同様の中心的な農場を J A 鹿追町が地域ごとに設置して普及させる。
具体的には鹿追町に数か所（希望で）設定して実証した機器を揃え、機械をシェアしながら、技術を普及させ、個々の導入する意思決定要因にして進める。
- ② これらを普及するため、平成30年度から活動を始めた鹿追町 I C T 研究会（事務局 J A 鹿追町）を軸に町内への浸透を図る。
- ③ シンポジウムや研修会の発表を通し、広く技術や手法を伝える。
- ④ 視察受入れを積極的に行い、普及を図る。
- ⑤ 十勝農業改良普及センター十勝西部支所は、引き続き共同機関との協力のもと、実証課題を通じて体系化された技術の普及を推進する。

連絡先



鹿追町農業協同組合

営農部 今田伸二

TEL 0156-66-2131 (代表)

FAX 0156-66-3194

E-mail imada@ja-shika.nokyoren.or.jp

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/>