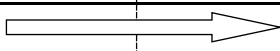
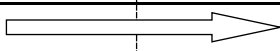


## 委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

<b>研究課題名</b>	現場ニーズ対応型研究のうち 大規模飼料生産体系における収 穫作業の人手不足に対応する技 術開発			<b>担当開発官等名</b>	畜産局飼料課 農林水産技術会議事務局研究企画課
				<b>連携する行政部局</b>	畜産局飼料課（飼料生産振興班）
<b>研究期間</b>	R 2～R 6（5年間）			<b>総事業費（億円）</b>	2.4億円（見込）
<b>研究開発の 段階</b>	<b>基礎</b>	<b>応用</b>	<b>開発</b>		
					

### 研究課題の概要

＜委託プロジェクト研究課題全体＞

牧草・飼料作物の生産現場では、熟練オペレーターの人手不足が著しく、収穫作業時にハーベスターと運搬用トラックが併走するような高度な運転操作技術を要する、組み作業（※1）の実施が困難になりつつある。また、北海道のような広大な農地においては、目的のほ場位置や自車位置を把握することが難しく、土地勘のない運搬用トラックのオペレーターの参入を難しくしている。そこで本研究では、

- ・高度な運転操作技術が要求される組み作業の運搬用トラックにおいて、自車位置のズレを運搬用トラックのオペレーターに知らせ、適切な位置に誘導し、ハーベスターとの併走を容易にするための併走サポートシステム
- ・土地勘のない運搬用トラックのオペレーターに対し、広域な農地に点在するほ場の位置や、一般的な地図システムには捕捉されない農道等も含めた作業ほ場及び収穫物の集積地までの最適ルートを表示するナビゲーションシステム

を開発し、練度が低いオペレーターや土地勘のないオペレーターの収穫作業への参入障壁を下げ、柔軟な人手確保を可能にし、粗飼料生産性の向上と人手不足の解消を図る。これらの開発システムについては、ユーザビリティ（※2）の高いアプリケーションとして商品化し、生産現場への導入を目指す。

### 1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

#### 1) 運搬用トラック併走サポートシステムの開発

・運搬用トラックオペレーターに対し、ハーベスターへの併走を容易にするために、ハーベスターからトラックまでの距離を3D-LiDAR（※3）で常時計測し、モバイル端末に高速通信する基礎技術を開発する。さらにトラックに搭載したスマートフォン、タブレット等を通じてトラックのオペレーターに位置情報を伝えるとともに、音声通知も加えた誘導・接触回避システムを構築する。また、ハーベスターに設置したLEDパネルで併走位置を分かり易く表示する。開発したシステムは令和7年度までに市販化する。

なお、当初計画では併走サポートシステムの開発において、ハーベスターのシュート（※4）からトラックの荷台に対して収穫物を自動照準で吹き込むシステムの開発を計画していたが、このシステムだけでは運搬用トラックの併走位置の大きなずれには対応できず、依然として熟練の運搬用トラックオペレーターが必要になることから、練度の低いオペレーターでも対応できるように、上述の誘導・接触回避システムの開発に特化することとした。

#### 2) 運搬用トラックナビゲーションシステムの開発

土地勘のない運搬用トラックのオペレーターでも効率的な作業を可能にするため、一般的な地図システムには捕捉されていない農道を含めた「収穫作業ほ場と収穫物の集積地までのルート検索機能」、「トラックの位置情報表示機能」、「ナビゲーション機能」、「危険箇所等の情報共有機能」を有するシステムを開発する。開発したシステムは令和7年度までに市販化する。

## 2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題としてのアウトカム目標（R13年）

運搬用トラックの伴走サポートシステム及びナビゲーションシステムの導入により、練度が低いオペレーターや土地勘がないオペレーターでも容易に収穫作業へ参入することが可能となり、雇用創出効果が発生することで、年間約5億円の経済波及効果が期待される。また、規模拡大が可能になることにより、飼料作物の作付面積が増加し、約90億円の経済的効果が期待できる。これらの開発技術は、粗飼料生産現場における円滑な人手確保に資するとともに、良質な粗飼料生産を通じた収益性の向上にもつながり、地域の基幹産業の活性化が期待される。

### 【項目別評価】

#### 1. 研究成果の意義

ランク：A

①研究成果の科学的・技術的な意義、社会・経済等に及ぼす効果の面での重要性

酪農経営における飼料生産現場では、他の産業同様に高齢化や労働者不足により、作業の効率化や自動化が必要となっている。特に飼料生産において、稲作や畑作に比べ、耕地の傾斜や不定形であること、作業機械が多数あることなどから作業の効率化等による人手不足対策の検討が遅れている。特にハーベスターと組み作業を行うトラックオペレーターの確保は、熟練の技術も必要なことから人員確保が難しい状況となっている。このため、酪農経営の基盤となる良質な国産粗飼料の調製が困難になりつつある。さらに、北海道のような広大な農地においては、トラックオペレーターが目的のほ場位置や自車位置を把握することが難しく、土地勘のないオペレーターの参入を難しくしている。

本プロジェクトでは、既存のハーベスター及びトラック等に設置でき、経験の少ないトラックオペレーターでも収穫時の組み作業を可能にする伴走サポートシステム及び土地勘のないトラックオペレーターに対して収穫ほ場から収穫物の集積所まで効率的な輸送ルートを示すナビゲーションシステムの開発・商品化を目指しており、生産現場のニーズを的確に反映している。

#### 2. 研究目標（アウトプット目標）の達成度及び今後の達成可能性

ランク：A

①最終の到達目標に対する達成度

##### 1) 運搬用トラック伴走サポートシステムの開発

ハーベスターに取り付ける3D-LiDARとカメラ、位置情報表示のためのLEDパネル、タブレット端末、システム統制用PC、アプリケーションからなるシステムを構築し、ハーベスターとトラックの相対位置の検知、トラックの荷台画像の表示、音声、LEDパネル及びタブレット端末による運搬用トラックの誘導システムを構築している。令和4年度にはプロトタイプを完成させ、飼料生産現場での実証試験を開始するとともに、令和5年度にはシステム統制用PCの小型化（体積を従来の16.7%にサイズダウン）、旋回時のハーベスターとトラックの接触回避機能の付与、カメラへの耐水、防振性能の付与及び年間の収穫時期を通じた稼働試験を実施するなど製品化に向けた技術開発を進めている。

##### 2) 運搬用トラックナビゲーションシステムの開発

令和4年度に従来のナビゲーションアプリには無い農道を含めたルート検索・ナビゲーション機能などを備えたプロトタイプを開発し、令和5年度からは複数地域において実証試験を開始し、ユーザーニーズに応じた改良を行い、農道を含めたルート探索機能、作業機のグループ表示機能、危険箇所などの情報登録・共有機能などの実装に至っている。

両課題とも、令和6年度も引き続き実証試験を行い、製品化に向けた改良及び不具合の解消を行う予定であり、最終目標の達成に向けて順調に進捗している。なお、ナビゲーションシステムは、生産現場での実証試験に基にした機能の改善が計画を上回って進捗しており、早ければ令和6年度末に市販化される見込みである。

②最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

運搬用トラック伴走サポートシステム及びナビゲーションシステム双方ともにプロトタイプが完成しており、飼料生産現場における実証試験を繰り返し、ユーザーの意見の取り込みや、不具合の解消を行っており、令和7年度までの市販化に向け、計画通り進捗している。また、開発したシステムの社会実装を促進するため、飼料生産組織に向けた研修会での情報提供や、普及のための現地検討会等を開催しており、最終目標の達成は可能と考えられる。

**3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム）の目標の今後の達成可能性とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の妥当性**

**ランク：A**

**①アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠**

本プロジェクトは生産者との意見交換や情報収集の中で出されたニーズに基づいて行われており、開発した技術は粗飼料生産現場での実証試験を通じて、必要な機能の選定や改良を行っている。本技術は労働力不足に直面しているコントラクター（※5）や、TMRセンター（※6）等の飼料生産組織や酪農経営において幅広く導入可能なものであり、アウトカム目標は達成可能である。具体的には、開発した運搬用トラックの伴走サポートシステムを導入することで、非熟練オペレーターが収穫作業へ従事した場合でも、熟練者と同程度の作業を行うことが可能となり、雇用創出効果が発生する。牧草及び飼料用とうもろこしの収穫時期を6か月、給与額を30万円/月と想定し、北海道の各コントラクター及びTMRセンター（約300組織）が1人ずつ増員すると仮定した場合、約5億円/年の経済波及効果がある。

また、柔軟な人手確保が可能になることで規模拡大が可能となり、牧草及び飼料用とうもろこしの作付面積の増加が見込まれる。北海道を対象に牧草、飼料用とうもろこしの作付面積がそれぞれ4%増加すると見込んだ場合、作付面積は牧草で2.1万ha、飼料用とうもろこしは2千ha増加し、その結果、約90億円/年の経済的効果が期待できる（牧草の収量 33.5t/ha、乾物率25.0%、価格43円/乾物kg、飼料用とうもろこしの収量 53.0t/ha、乾物率27.1%、価格50円/乾物kgで試算）。また、収穫作業の遅延による牧草等の飼料価値の低下が抑制されることで、良質な粗飼料の安定供給が可能となり、酪農経営の収益性の向上も期待される。なお、開発するシステムは、北海道以外の地域においても利用可能であり、中間評価時の指摘を踏まえ、開発したシステムを他地域へも周知する。

**②アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性**

開発した技術の普及・実用化を推進するため、研究コンソーシアムには研究機関の他、JA及びTMRセンター（生産者）が参画しており、連携して実証・モニタリングを行っている。また、伴走サポートシステム及びナビゲーションシステムともに民間企業がコンソーシアムに加わっており、開発したシステムは令和7年度までに市販される予定である。本システムの普及活動については、令和4年度までに産学連携イベントや、北海道内での普及セミナー等を3回行っている。令和5年度においては「全国コントラクター等情報連絡会議研修会」で技術紹介を実施した。市販化モデルが完成する令和6年度においては、実証試験に合わせた普及セミナーの開催、産学官連携イベント、アグリビジネス創出フェアへの出展、販売促進資料の作成・配布などを通して、北海道内外の関係者への開発されたシステムの有用性について周知を図ることにしており、適切な取り組みがなされると判断している。

**③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度**

伴走サポートシステムは、運搬トラックの自動運転への応用が期待される。また、ナビゲーションシステムは、収穫作業ほ場と収穫物の集積地までの輸送が必要な様々な農作物（例：テンサイ）の収穫作業への応用が期待される。

**4. 研究推進方法の妥当性**

**ランク：A**

**①研究計画（的確な見直しが行われてきたか等）の妥当性**

本課題の研究目標は、非熟練オペレーターをサポートするシステムを開発し、低コストでの導入を可能とすることにより、粗飼料生産現場における労働力不足を解消することであり、その達成に向けて着実に研究を推進している。外部専門家や関係行政部局等で構成される運営委員会や研究推進会議により進捗状況を確認することに加え、シュートの自動照準システムの開発計画を中止したが、その一方で、プロトタイプの性能評価・改良を行う上で、新たに必要とされた音声通知機能やハーベスターに取り付けるLEDパネルを利用した誘導システムの開発に予算を配分して取り組むなど、計画の見直しを適切に行っている。また、各システムが持つべき仕様について、実証試験で得られたユーザーの意見を取り入れて見直しを行っており、研究計画は妥当である。

**②研究推進体制の妥当性**

外部有識者及び関連行政部局で構成する運営委員会にて、進捗状況及び毎年度の研究計画の確認を行うとともに、システムの市販化に向け民間企業をコンソーシアムに加えるなど、研究プロジェクトの進捗状況に応じて研究実施計画や課題構成を逐次見直しており、研究推進体制は妥当である。

③研究の進捗状況を踏まえた重点配分等、予算配分の妥当性

各課題とも計画通りに研究が進捗しており、今後は製品化を前提とした生産現場における実証試験を通じて、耐久性のテストや不具合の解消を行うための課題に予算を重点配分することとしており、目標達成が見込まれることから予算措置は妥当である。

**【総括評価】**

**ランク：A**

**1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見**

- ・高齢化や労働者不足が深刻な飼料生産現場での課題解決に資する研究課題であり、その成果は研究開始時と同程度の意義を持つ。
- ・研究は概ね計画通りに進捗し、一部は前倒しで市販化されるシステムもある等アウトプット目標の達成可能性は高い。また、開発したシステムの実装に向けた各種取組も着実に実施されていることから、アウトカム目標の達成可能性は高い。

**2. 今後検討を要する事項に関する所見**

- ・類似の技術は既に自動車業界など他業界では低コスト実用化されている。様々な条件の違いはあるが、デザインレビュー等を通じてこれらの技術と比較することによって、本研究課題の強みは何か、真に開発すべき技術は何かをより明確化することを強く期待する。
- ・研究の意義は理解できるが、コストの掛かる技術であり、将来の技術の普及先、コストに見合う技術なのか等現場のニーズを把握し、普及の見通しを明確にして研究を進められたい。
- ・開発されたシステムの製品化に当たっては、知財化することは必要である一方、高コストによる普及の阻害も懸念されることから、知財化と普及の促進をバランスが取れるような展開を期待したい。また、研究終了後の民間企業のフォローアップも継続して対応していただきたい。

[研究課題名] 現場ニーズ対応型プロジェクトのうち大規模飼料生産体系における収穫作業の人手不足に対応する技術開発

用語	用語の意味	※番号
組み作業	牧草や飼料用とうもろこしの収穫において、収穫を行う作業機（ハーベスター）と収穫物を積み込むトラックが併走して作業を行うこと。ハーベスターにより集められた収穫物が、シュート（本欄の4を参照）からトラックの荷台に向けて吹き出される。それぞれにオペレーターが必要であり、適度な距離を常に保ちながら作業を行う必要があることから、高度な技術が要求される。	1
ユーザビリティ	開発するアプリケーションの使い勝手のこと。画面表示の方法や音声入出力等をよりユーザーにとって使い勝手のよい形に改良すること。	2
3D-LiDAR	3次元状に光を照射し、センサー周辺の距離からその場所の形状や位置の把握に活用されるセンサー。	3
シュート	ハーベスターで収穫した牧草、飼料用とうもろこし等を運搬用トラックに吹き込むための吹き出し口。	4
コントラクター	飼料の収穫等を請け負う外部受託組織。1農家あたりの飼養頭数の増加に伴い、飼料生産部門を外部に委託する畜産農家が増えている。	5
TMRセンター	TMR（Total Mixed Rationの略、完全混合飼料：サイレージ、乾草、濃厚飼料、ミネラル等をバランス良く混合した飼料）を製造し、畜産農家に供給する施設。	6

## ⑭ 大規模飼料生産体系における収穫作業の人手不足に対応する技術開発【継続】

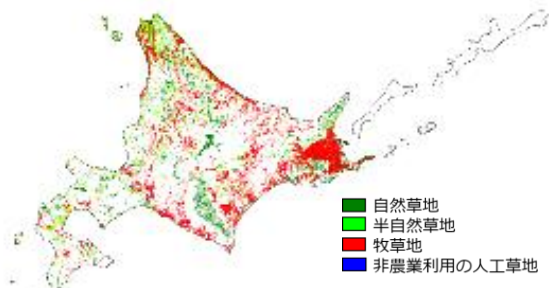
- 近年、牧草・飼料作物の収穫現場では熟練オペレーターの人手不足が著しく、収穫機と運搬用トラックを併走させる運転技術が必要な組み作業の実施が困難になりつつある。
- そこで、新人オペレーターでも収穫組み作業への参加を可能とするため、**牧草及び飼料作物の収穫作業において、収穫機と併走する運搬用トラックの運転支援システムを開発**する。
- 開発した支援システムにより、酪農およびコントラクターの人手不足を解消し、適期収穫による牧草品質・収量の向上で経営の安定化を実現する。

## 生産現場の課題

- ・酪農分野は高齢化が進み、熟練したオペレーターが不足。
- ・収穫作業が集中するため、運転ドライバーが不足し、適期収穫が困難。



&lt;イメージ&gt;



大規模かつ分散している草地・飼料畑。  
熟練オペレーターの不足から、適期収穫が困難。

## 生産現場の課題解決に資する研究内容

作業機間の相対位置を表示するデバイスを高度化し、起伏のある草地においても、収穫機と正確に併走を可能とする運搬用トラックの運転支援システムを開発。

&lt;イメージ&gt;

牧草収穫の組み作業の様子



運転支援システムを搭載した運搬用トラック

※組み作業で熟練オペレーターを要する理由

1. 飼料収穫におけるトラック併走は併走～斜め後方の位置で正確な相対距離を保つ必要。
2. 草地は凹凸が多いが、そのような場合でも適切な位置関係を保つための技術が必要。

## 社会実装の進め方と期待される効果

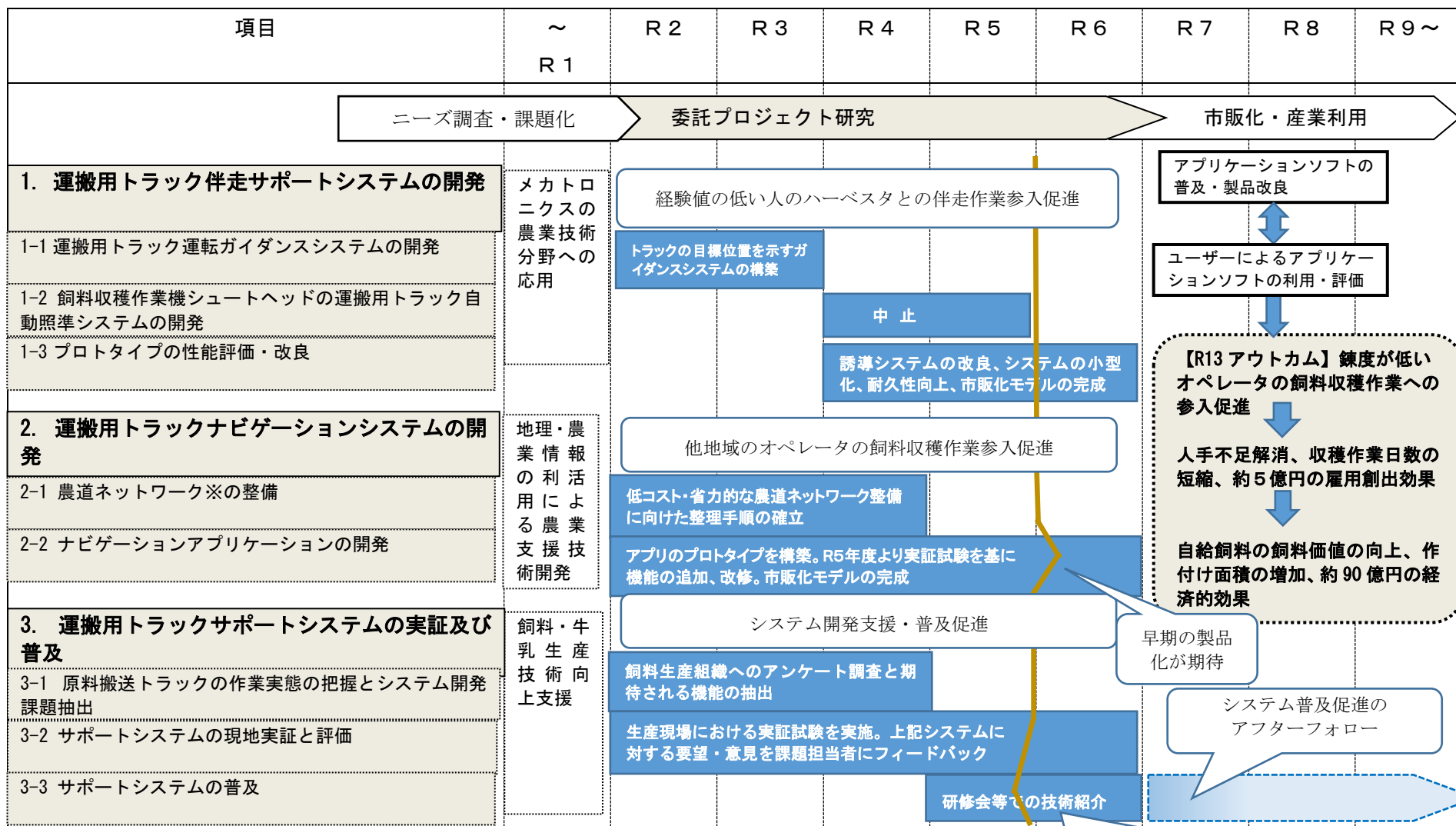
開発した技術について、自動車・農機メーカー等と連携して、全国の畜産農家に普及。

- ・新人オペレーターでも収穫作業に参加可能となり、人手不足が解消される。
- ・適期収穫が可能となることで、牧草収量が10%増加し、畜産農家の経営強化に貢献。



【ロードマップ（終了時評価段階）】

＜大規模飼料生産体系における収穫作業の人手不足に対応する技術開発＞



※一般のナビゲーションシステムでは網羅できていないような細い農道等も含めた道路情報のこと。

実証試験・システム普及：令和6年2月7日に研修会で紹介



## 現場ニーズ対応型プロジェクトのうち大規模飼料生産体系における収穫作業の人手不足に対応する技術開発

### 研究概要



写真1 ハーベスタから運搬用トラックへの牧草の積み込み。熟練の技術が必要となり、近年、トラックオペレーターの確保が困難になっている

飼料生産現場での人手不足に対応した原料運搬用トラックのサポートシステムを開発

- ①ハーベスター伴走サポートシステム  
⇒ 経験の少ないトラックオペレーターでもハーベスターとの伴走を容易にする
- ②トラックのナビゲーションシステム  
⇒ 土地勘のない他地域のオペレーターでも地元のオペレーターと同様に運搬できるようになり、収穫・調製作業の効率やサイレージの品質向上が期待できる
- ⇒ 上記のシステムを市販化し、飼料生産現場での人手の確保を容易にし、国産粗飼料の生産基盤を強化する

### 研究背景

- ★人手不足、天候不順等により、収穫適期内での収穫・調製作業が困難に
  - ⇒ 作業効率悪化による収穫可能面積の減少、飼料価値の低下
  - ⇒ 酪農経営での乳生産低下、購入飼料費の増加による経営悪化
- ★本取組み：人手不足解消対策 ⇒ 未経験者の収穫・調製作業への従事促進



写真2 トラックから吹きこぼれるサイレージ原料  
経験値の浅いオペレーターには協調作業が困難



写真3 一般のナビゲーションに載っていない農道を走行するサイレージ原料運搬トラック。土地勘の低いオペレーターは迷子になりやすい

研究代表機関

帯広畜産大学

プロジェクト名

大規模飼料生産体系における大規模飼料生産体系における収穫作業の人手不足に対応する技術開発

研究期間

令和2年度～令和6年度



## 主要な成果

### 1 ハーベスター伴走サポートシステムの開発

➡ ★3D-LiDARによりハーベスターと運搬用トラックの位置を計測(写真4)



★トラックを適正な位置に誘導

- ①モバイル端末の音声
- ②ハーベスター上のLEDパネル(写真5)



★作業初心者の原料吹きこぼし減少、ハーベスターとの位置調整作業の負担軽減、衝突防止  
⇒オペレーターの作業効率向上、精神的負担軽減

【開発機関名】北見工業大学・株式会社システムサプライ



写真4 左：ハーベスターとの協調作業  
右：3D-LiDARによるトラック位置の計測



写真5 ハーベスターに取り付けるLEDパネル。丸印がトラックの位置を示し、オペレーターを適切な位置に誘導する

### 2 運搬用トラックナビゲーションシステムの開発

➡ ★農道ネットワーク構築法の確立(写真6)



★ナビゲーションシステムの開発

【主要機能】一般のナビでは補足されていない農道を含めたルート検索機能、トラックの位置情報表示機能、ナビゲーション機能、情報共有機能

【特徴】①一般的な地図システムには表示されない農道を含めた最適ルート表示、②複数車両の位置表示による作業進捗状況の把握、③全国各地で導入可能、④Android、iPhoneに対応



★土地勘の低いオペレーターの収穫作業参入促進

【開発機関名】国際航業株式会社



写真6 農道ネットワークシステム  
赤色で示した道がルート検索の対象に

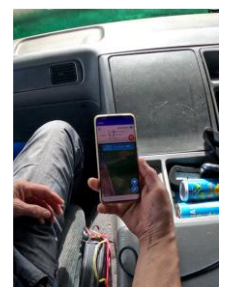


写真7 左：ナビゲーションシステム表示画面  
右：ナビゲーションシステム実証試験の様子