

背景及び取組概要

＜経営概要 116ha(うち、牧草81ha、飼料用とうもろこし35ha)、乳牛330頭 うち実証頭数 乳牛 144頭＞

- 畜産業は1戸当たりの経営規模が増加し、効率的な管理工程が求められている。フリーストール方式が多頭飼いに適しているが、個体管理面で酪農従事者に負担が掛かることが普及への足枷となっている。
- 本実証では、**フリーストール方式が抱える個体管理面の課題を解消**するためローカル5G技術を活用して以下を実現することを目指した。
 - ①歩行異常(跛行)を早期に検知し、乳牛の廃用の原因となる蹄病の重症化を防止
 - ②目視では時間を要する個体の探索作業の工数をシステムを利用して低減
 - ③獣医師による診療や指導を遠隔で実施できるようにし、持続的かつ安定的な獣医療環境を構築

導入技術

①跛行検知

乳牛をカメラで撮影し、取得データを解析することで歩行異常(跛行)を検知



跛行の傾向がある牛を特定

②個体識別・位置把握

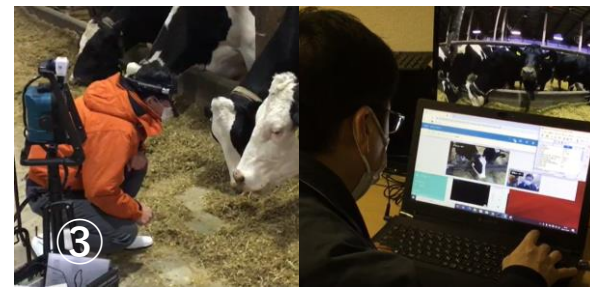
複数のカメラを用いて牛舎内の乳牛の導線を追跡し、タブレット上での位置検索を実現



牛群の中でどこにいるかを探索

③遠隔診療・指導

スマートグラスを用いて高精細映像を牛舎から遠隔地の獣医師に送信し、診療・指導を実現



遠隔診療・指導により初期対応を実施

目標に対する達成状況等 (1/6)

実証課題の達成目標

1) ローカル5Gを用いることで達成できる技術についての目標

UE-RU間※の接続率(100%)

※基地局のアンテナと端末との間

2) 生産者のコスト低減、収量・品質向上等についての目標

① 跛行検知

跛行検知率(80%)

早期跛行検知率(80%)

蹄病によって発生する乳廃棄にかかる損失額(80%低減)

獣医師費用(5.7%低減)

② 個体識別・位置検索

個体検索率(60%)

位置探索に係る労務費(52%低減)

③ 遠隔指導・診療

特定の業務における対面再現率(100%)

蹄病によって発生する乳廃棄にかかる損失額(80%低減)

3) 生産者の経営全体の改善についての目標

経常利益(3.08%増加)

目標に対する達成状況等 (2/6)

目標に対する達成状況

1) ローカル5Gを用いることで達成できる技術についての目標

- UE-RU間の接続率は、**目標100%に対して96.7%**となった。

ローカル5G評価の結果、最終的には速度・応答時間・接続率など、一定の品質まで向上できたと考える。ただし、通信が不安定となるタイミングが一部残っており、その際には以下の影響が発生した。

【各システムへの影響】

- ・跛行検知: 検知漏れや対象牛の撮影順が不整合
- ・個体識別・追跡: 識別漏れや追跡システムへの紐づけ漏れ
- ・遠隔診療: 映像や音声の途切れや切断

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

① 跛行検知

- 跛行検知率は、**目標80%に対して78.6%**であった。

跛行検知率(専門家が判定を行った乳牛の総数に対して跛行検知システムによって判定された結果が一致した数の割合)に関して3日間(7月4日、9月6日、11月16日)のデータを用いて検証を行った。

- 早期跛行検知率は**目標80%に対して87.5%**であった。

早期跛行検知率(専門家が判定を行ったスコア2またはスコア3※の乳牛の総数に対して跛行検知システムによって判定された結果が一致した数の割合)に関して上記の3日間の正解データを用いて行った。

検証日	牛総数	正解頭数	未検出頭数	誤検知頭数	跛行検知率[%]
1回目(7月4日)	57	32	10	15	56.1
2回目(9月6日)	64	32	16	14	50.0
3回目(11月16日)	56	44	2	10	78.6

検証日	牛総数	正解頭数	未検出頭数	早期跛行検知率[%]
1回目(7月4日)	18	8	10	44.4
2回目(9月6日)	26	8	18	30.8
3回目(11月16日)	16	14	2	87.5

※跛行の程度は、1~5の跛行スコアによって評価される。異常がない牛はスコア1とされ、5に近づくにつれて、より背部姿勢や歩行状態に問題がある牛と判定される。

目標に対する達成状況等 (3/6)

目標に対する達成状況

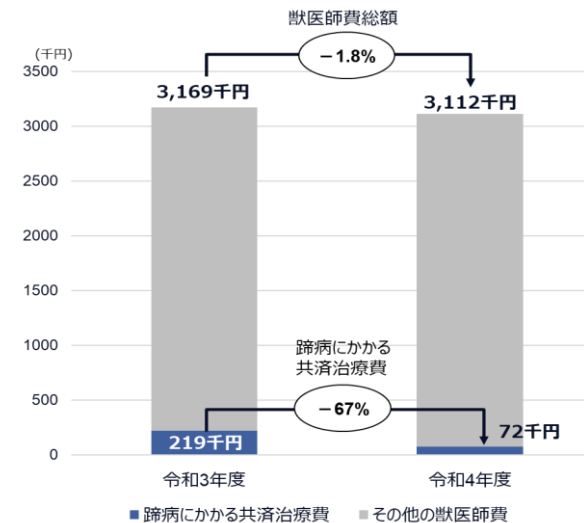
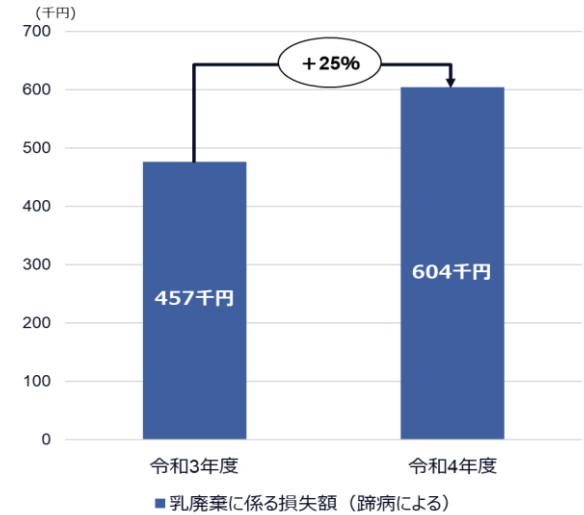
2) 生産者のコスト低減、収量・品質向上等についての目標に対する達成状況

- 蹄病によって発生する乳廃棄にかかる損失額は、**目標の80%低減に対して25%の増加**という結果であった。

実際の乳廃棄に係る損失額については、システム運用開始前の令和3年度が457千円、令和4年度が604千円であった。令和4年度に、システム利用開始前にフリーストール牛舎から離脱していた牛で、治療が長期に及んだ個体があったこと等が原因として考えられる。なお、長期の治療を要した個体を除くと令和4年度の乳廃棄による損失額は427千円となる。

- 獣医師費用については、**目標の5.7%低減に対して、1.8%の低減効果**にとどまった。

実際にかかった獣医師費用については、システム運用開始前の令和3年度が3,169千円、令和4年度が3,112千円である。なお、跛行にかかる共済治療費に限定すると、令和3年度が219千円、令和4年度が72千円と、67%の低減がみられた。目標未達の主な要因としては、蹄病以外にかかる治療費の影響が大きいとみられる。



目標に対する達成状況等 (4/6)

目標に対する達成状況

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

② 個体検索・位置把握

- 個体検索率は、**目標の60%に対して87.8%**となった

システムを用いて約40頭の牛に、個体番号を手動にてラベル付けし、30分おきの正解率・追跡率を算出した。正解率は92.5%、追跡率は95%、目標の個体検索率(正解率×追跡率)は87.8%の結果となり、目標の60%を達成した。

正解率: 個体番号の正解頭数/検出頭数で算出する。

追跡率: システムで追跡していた時間の割合

個体検索率: 追跡率×正解率

- 位置探索に係る労務費については、**目標の52%低減に対して、10%の低減**効果にとどまった。

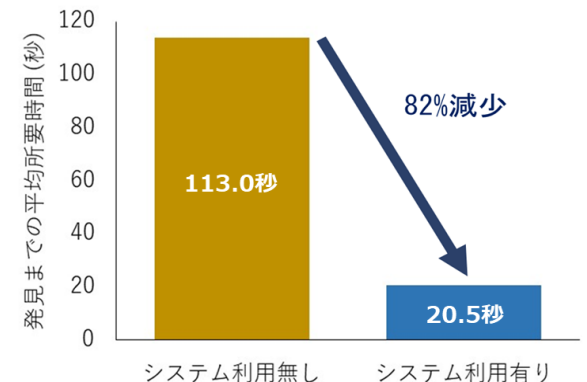
12月から1月にかけての1か月間で実際にシステムを運用して個体探索を実施したところ探索頭数は71頭、そのうちシステムを利用した位置把握に成功した頭数は8頭に留まった。上述の通り、個体検索率は目標を達成したものの、顔認証技術を用いての個体識別時に牛の重なり・正面からの画像を得にくい等の不確定要素が多く、正確な識別が困難であったことなどが主な要因である。

全頭を目視で探した場合、合計で134分かかるところ、うち8頭をシステムを利用して探索することで、121分となり、約10%が短縮された。

システム利用時の個体番号の正解率

日付	時間	全頭	結果	正解率
2022/10/25	9:00	40	40	100%
2022/10/25	9:30	40	40	100%
2022/10/25	11:45	40	40	100%
2022/10/25	12:15	40	35	88%
2022/10/25	12:45	40	34	85%
2022/10/25	13:15	40	33	83%
2022/10/26	9:45	40	38	95%
2022/10/26	10:15	40	38	95%
2022/10/26	10:45	40	38	95%
2022/10/26	11:15	40	36	90%
2022/10/26	11:45	40	33	83%

システム利用に成功した場合の 一頭あたりの探索時間低減効果



目標に対する達成状況等 (5/6)

目標に対する達成状況

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

③遠隔診療・指導

○ 特定の業務について、**目標であった対面再現率100%を達成**した。

獣医師が往診時に行う業務について、映像・音声通信での再現性を3段階で評価した。

評価基準 評価1:遠隔業務は難しい。

評価2:一工夫あれば再現可能。

評価3:対面と同等の視覚情報が得られ遠隔対応が実現できる。(対面再現率100%)

	業務内容	補足情報
評価1	ア)薬の受け渡し イ)触診、採血、検査といった専門的な行為 ウ)手術や治療行為	ア)薬治は2~3日分が標準とされており、獣医師が都度訪問して渡している。
評価2	エ)内科的な病気(周産期疾病等)の診断 オ)特定部位の状態確認	エ)体温、心拍数、呼吸数、臭いは確認不可。診断に必要な場合は生産者の協力が求められる。 オ)牛が動くと映像が揺れて見づらい箇所(爪の裏など)があるため、固定する等の工夫が必要になる。
評価3	カ)蹄病の原因特定 キ)蹄病の治療に関する指示 ク)内科的な病気(周産期疾病等)の推定 ケ)経過観察 コ)指導行為	カ)痛みがある様子(体重の掛かり方や歩き方)、足や関節の腫れの有無が確認可能。跛行スコア2以上の判別が可能。 キ)削蹄等の必要な対処方法を伝達できる。 ク)便の固さや色、尿の仕方、背中の丸まり具合、餌の切断長の確認は映像を通じて確認可能。加えて生産者からの稟告で症状が推定できる。 ケ)映像と音声通話により判断可能。 コ)牛群の様子、餌の見た目、便の状態を確認できるため飼養管理の指導が可能。

目標に対する達成状況

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

- 蹄病によって発生する乳廃棄にかかる損失額は、**目標の80%低減に対して25%の増加**という結果であった。遠隔診療にて蹄病の原因特定と指示が出来るため、遠隔診療により跛行の早期対処が可能であることが判明した。本実証では、跛行検知システムで検知した跛行スコア3以上の牛を含む9頭に対して、獣医師による診断・指導(跛行の原因特定・農場での適切な処置に関する指導)を行った。対応した牛9頭については重症化せず乳廃棄に至らなかった。
実運用下での検証結果について、詳細はp4にて記載

3)生産者の経営全体の改善についての目標

- 経常利益は、**目標の3.08%増に対して68.2%減**となった
飼料の高騰や、出荷量制限に伴う1頭あたりの出荷乳量の低減や早期の淘汰、個体販売の単価減少等が経常利益低下の要因である。

(実証項目別成果①) 跛行検知

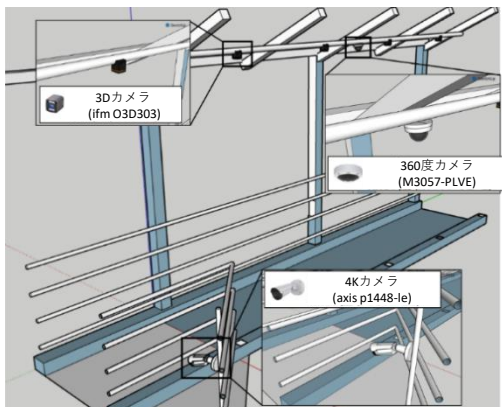
取組概要

○ カメラとAIによる画像解析技術を用いて、乳牛の個体の姿勢や歩行状態から歩行異常(跛行)を検知することで、異常の早期発見及び重症化の抑止を実現する。異常の早期発見及び重症化の抑止により、生産量の向上を目指す。

- 使用機器 ・跛行検知システム
- ・3Dカメラ (ifm O3D303)
 - ・4Kカメラ(axis p1448-le)
 - ・360度カメラ(M3057-PLVE)

実証区 144頭

各カメラの設置イメージ



跛行検知システムのユーザーインターフェイス



ローカル5Gを活用したフリーストール牛舎での個体管理作業の効率化に係る実証実験

実証結果

- 跛行検知率: **78.6%**(目標80%)
 - 早期跛行検知率: **87.5%**(目標80%)
 - 蹄病によって発生する乳廃棄にかかる損失額: **25%増加**(目標80%低減)
 - 獣医師費用: **1.8%低減**(目標5.7%低減)
- ※引き続き訓子府実証農場で実証を継続し、アルゴリズム改良やカメラ設置のパターン検討などを行いつつ、年間通して運用することで、上記の経営改善効果の精緻な評価を行う。

システム利用時の早期跛行検知率

検証日	牛総数	正解頭数	未検出頭数	早期跛行検知率[%]
1回目(7月4日)	18	8	10	44.4
2回目(9月6日)	26	8	18	30.8
3回目(11月16日)	16	14	2	87.5

今後の課題 (と対応)

- カメラのみを使用した牛の個体識別をベースに牛の健康を管理するためのシステムとして確立させるため、
 - ①要素技術の精度を高めるためのアルゴリズムの改良
 - ②個体識別プログラムと跛行検知の同期精度の向上が求められる。各カメラの設置位置の再検討を含めて検証を継続する。
- 実用化方針としては、宮崎大学が特定企業と実用化に向けて共同で開発を加速する。

(実証項目別成果②) 個体識別・位置把握

取組概要

○ カメラとAIによる画像認識技術を用いて、フリーストール牛舎内の乳牛の動線を追跡し、スマートフォンやタブレット端末上でマップの閲覧・乳牛の位置検索を行うことのできるシステムの構築により、個体識別・個体位置検索の省力化を実現する。

使用機器

- ・個体識別システム
- ・個体追跡システム
- ・牛追跡用ネットワークカメラ
- ・牛識別用ネットワークカメラ

実証区 144頭

正解率 = 識別正解頭数 / 検出頭数

個体識別精度 = 識別正解頭数 / 識別を試みた頭数

領域検出による個体識別のイメージ



タブレットでの個体位置表示のイメージ



実証結果

○ 個体検索率: **87.8%**(目標60%)

○ 位置探索に係る労務費: **10%増加**(目標52%低減)

個体識別精度の評価

識別精度評価	識別頭数	正解頭数	正解率	個体識別精度
2022/9/15 AM	15	10	66.67%	25.00%
2022/9/16 AM	21	13	61.90%	32.50%
2022/9/16 PM	25	19	76.00%	47.50%
2022/9/17 AM	27	24	88.89%	60.00%
2022/9/17 PM	22	9	40.91%	22.50%
2022/9/18 AM	14	6	42.86%	15.00%
2022/9/18 PM	18	10	55.56%	25.00%
2022/9/19 AM	7	7	100.00%	17.50%
2022/9/19 PM	29	23	79.31%	57.50%
2022/9/21 AM	8	8	100.00%	20.00%
2022/9/21 PM	10	10	100.00%	25.00%
2022/9/22 AM	17	16	94.12%	40.00%
2022/9/22 PM	22	21	95.45%	52.50%
2022/9/23 AM	20	17	85.00%	42.50%
2022/9/23 PM	23	17	73.91%	42.50%

→ 個体識別精度は平均35%の結果となった。

追跡精度の評価

日付	時間	全頭	結果	正解率
2022/10/25	9:00	40	40	100%
2022/10/25	9:30	40	40	100%
2022/10/25	11:45	40	40	100%
2022/10/25	12:15	40	35	88%
2022/10/25	12:45	40	34	85%
2022/10/25	13:15	40	33	83%
2022/10/26	9:45	40	38	95%
2022/10/26	10:15	40	38	95%
2022/10/26	10:45	40	38	95%
2022/10/26	11:15	40	36	90%
2022/10/26	11:45	40	33	83%

→ 個体探索率は平均87.8%となった。
※1年目は平均42.5%

今後の課題 (と対応)

○ 個体の追跡は高い精度を実現できたものの、個体識別精度が低く労務費の低減はできなかった。

○ 個体識別精度低下の要因としては、パーラー出口において「前の牛と重なった状態で通過」「横を向いた状態で通過」するケースが多数見受けられたこと等が挙げられる

○ 位置追跡の仕組みは個体番号の紐づけをクリアできれば実運用可能であることを確認できたため、今回の実証にて入手した画像データをもとに個体識別精度向上に向け、システム並びにカメラ取付位置の最適化に向けた検討を行っていく。

(実証項目別成果③) 遠隔診療・指導

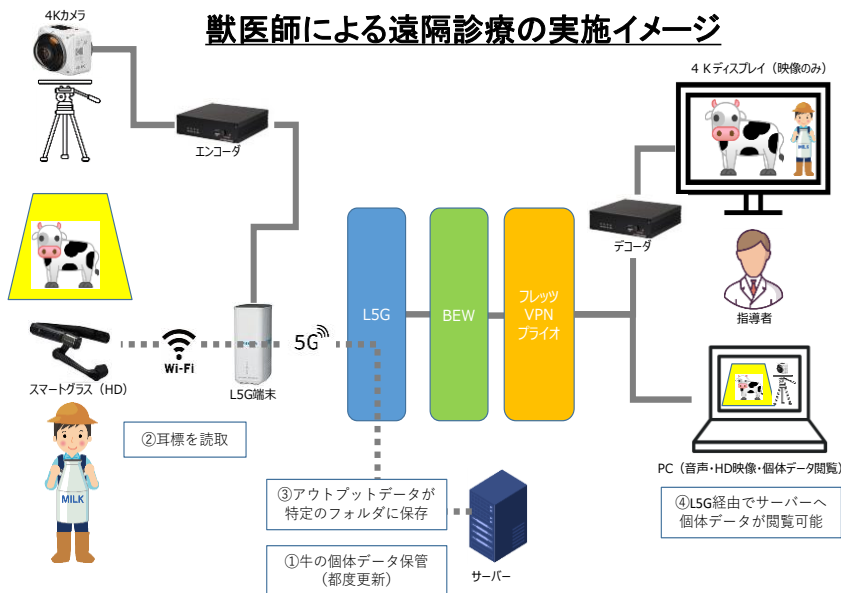
取組概要

- 4K可搬カメラとスマートグラスを用いて獣医師と高精細な映像や音声の通信、乳牛個体データの提供を行い、遠隔診療や技術指導を実現する。

使用機器 ・スマートグラス (RealWear HMT-1)
 ・4Kカメラ (KODAK 4KVR360)

実証区 144頭

獣医師による遠隔診療の実施イメージ



遠隔診療実施の様子



実証結果

- 特定の業務における対面再現率: **100%** (目標100%)
- 蹄病によって発生する乳廃棄にかかる損失額: **25% 増加** (目標80%低減)

対面再現率100%を達成した業務

評価	業務内容
対面と同等の視覚情報が得られ、遠隔対応が実現できる	<ul style="list-style-type: none"> ・蹄病の原因特定 ・蹄病の治療に関する指示 ・内科的な病気 (周産期疾病等) の推定 ・経過観察 ・指導行為

今後の課題 (と対応)

○ 獣医師の移動時間の削減による獣医師費用低減を目指し、遠隔診療・指導に加えてドローンによる薬剤の配達を組み合わせることを目指すほか、獣医師業界を巻き込み、遠隔診療・指導ソリューションの有効性の発信による社会実装の推進に努めていく。

○ 将来的な実装手法のイメージとしては、遠隔診療・指導のための拠点を設け、地域の診療所と連携しながら、遠隔診療・指導サービスを提供していくモデルを検討している。同拠点にて遠隔診療で実現可能な範囲の診療を実施し、現場対応が必要であれば、各地域の診療所に連絡し対応を依頼するようなスキームを想定している。

(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

1. 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	技術的な課題
1 跛行検知	・3Dカメラ (ifm O3D303) ・4Kカメラ(axis p1448-le) ・360度カメラ(M3057-PLVE)	3Dカメラにおいて太陽光によるノイズが発生する場合があった。また、複数台の3Dカメラ間での同じ個体を紐づけることが難しく、また、牛が夏と比べてまっすぐに進まないなどの行動から連続した跛行スコアを取ることが困難な状況にあった。そのため、今後はアルゴリズムの改善に加え、よりデータ取得のしやすいカメラ設置位置のパターンの検討が求められる。
2 個体識別・位置把握	・牛追跡用ネットワークカメラ ・牛識別用ネットワークカメラ	顔認証技術を用いての個体識別は牛の重なり・正面からの画像を得にくい等、想定できていなかった不確定要素が多く、個体識別が困難であった。カメラの設置位置および設置パターンの最適化によって、個体識別の精度改善が必要である。
3 遠隔診療・指導	・スマートグラス (RealWear HMT-1) ・4Kカメラ(KODAK 4KVR360)	スマートグラスは基本クラウド利用のため、オンプレミスでの利用環境の構築が必要になった際には、利用者側に専門的な知識が求められる。

2. その他

・個体の健康情報の網羅的な管理

跛行検知システムおよび遠隔診療・指導システムと、別途導入している発情検知システムとの連携を図ることで、牛の個体情報をより網羅的にできるようになることへの期待がある。

○ 問い合わせ先

機関名：(株)NTTデータ経営研究所 社会システムデザインユニット

E-mail: main_itn_kunneppu-l5g@nttdata-strategy.com

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/>