

## 1. 研究開発課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名: データ連携・利活用による地域課題解決のための実証型研究開発(第2回)
- ◆副題: 放牧を活用した乳製品高品質化による酪農産業の競争力強化
- ◆実施機関: 国立大学法人宇都宮大学、栃木県酪農業協同組合、学校法人中央大学
- ◆研究開発期間: 令和元年度～令和2年度(2年間)
- ◆研究開発予算: 総額20百万円(令和2年度10百万円)

## 2. 研究開発の目標

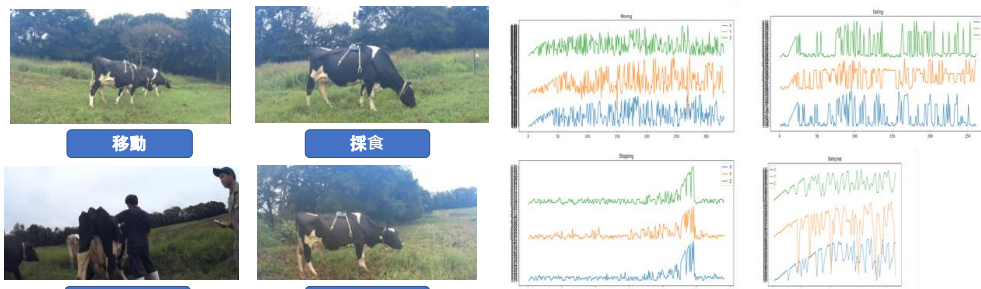
放牧中の牛の健康状態を把握することで牛の健康的な飼育に寄与し、高品質なミルクを生産することを目指す。さらに、高品質ミルクから、高品質バター、チーズを生産するとともに、それを利用した洋菓子の生産、レストランの食材への利用など、6次産業化への寄与、栃木県の観光振興への寄与を目指す。

## 3. 研究開発の成果

### 研究開発項目1: ウシの摂食行動のリアルタイムトラッキング

- ウシの行動を、摂食行動も含めリアルタイムで測定するため、以下の機能を有するデバイスを開発する  
(機能1) 数km四方の範囲をカバーする通信機能  
(機能2) 位置を正確に知る機能  
(機能3) 摂食量=顎の動きを測定する機能

- LoRaを利用して4km四方の牧場全域をカバーするセンサーネットワークを構築した(右図)。また、LoRaを利用した、牛の行動のリアルタイムトラッキング装置を開発した。太陽光発電で稼働するLoRa受信機(右図)を作成し、宇都宮大学附属牧場、大笹牧場に設置した。本件に関して、7件の発表を行った。
- 摂食行動のデータ化の検討の一環として、牛の首輪に付けた加速度センサーにより、摂食行動が検出できることを確認した。本件に関して、2件の発表を行った。
- 摂食行動を検出AIを構築できることを確認した(下図)。本件に関して、特許1件を申請している。



ウシの行動と加速度センサの対応



## 研究開発項目2: ウシの第1胃のpH値のリアルタイム測定

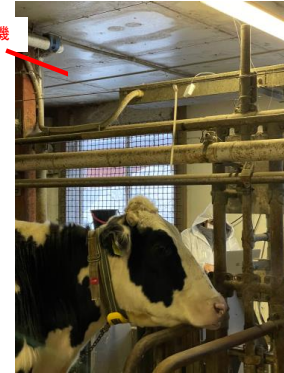
●ウシの第1胃のpH値を適切に管理することは、ウシの健康状態とミルクの品質を管理するために極めて重要であり、そのためのセンサーを開発する。

●牛の第一胃のpH測定装置を開発し、実際にウシの体内に入れて測定実験を行い、計測したpH値の無線データ伝送に成功した。(右図)。

●ウシの体が大きく、胃の内容物の量、センサーと受信機の位置関係によってはデータが受信できないことがわかった。

●920MHzと315MHzの無線で調査を行い、315MHzの方が良いことがわかったが、もう少し出力を大きくしないと胃の中の位置によってはデータが体外で受信できないことがわかった。今後は、429MHzを使って、さらに改良を進める予定である

受信機



スマホでクラウドにあるpH情報を表示

## 研究開発項目3: ミルクの品質推定AIの構築

●センサー情報とミルク品質のデータを用いて、ミルク品質を出力とする機械学習モデルを構築する。

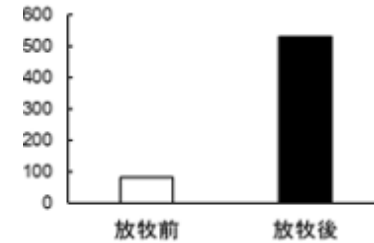
●ウシの摂食行動データとpHデータを蓄積するサーバ、ミルク品質情報データベースを構築した。

●放牧乳の成分分析を行った結果、右のグラフのように、βカロテンおよびビタミンEを豊富に含み、健康に良いことが示された。

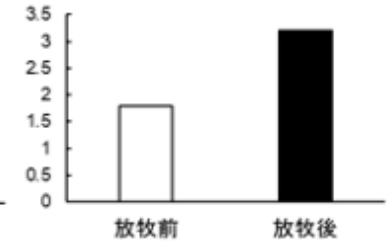
●レストラン関係者、栄養学関係者による官能試験の結果、バターおよびケーキのいずれについても、どちらの集団においても、香り・風味・コク・口溶けなどで、大きくプラス(好ましい)と認識した。

●ミルク品質に関して、2件の発表を行った。

バター中βカロテン濃度 (μg/100g)



バター中ビタミンE濃度 (mg/100g)



## 研究開発項目4: ビジネスモデルの構築

●ミルク=>バター・チーズ=>洋菓子=>洋食、というビジネスモデルに関する調査を行う。

●ミルク品質とウシの健康管理システムの関連を調査し、有効性や課題を明確化する。

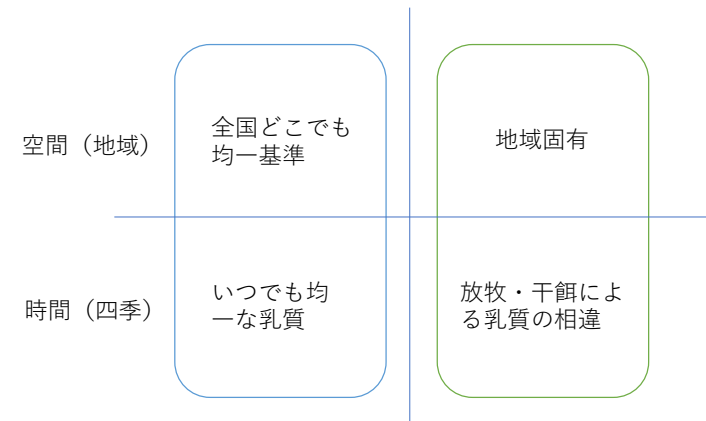
●乳製品高品質化委員会議を開催し(合計4回)、チーズなどのミルクの加工食品の生産者、フレンチレストランのシェフ、料理マスターズ倶楽部の参加を得て、ミルクの6次産業化について意見交換を行った。また、牛乳・チーズ・バターの生産、レストラン連携などを実践している牧場2件を訪問し、その取り組みに関する調査を行った。

●和食文化に通じる、同じものをいつも食べるのではなく変化を楽しむ、四季を楽しむ文化を取り戻し、季節変動する放牧乳にも食の変化を感じ楽しむ文化を広めることの重要性を明らかにした。

●自然と牛のwelfareに合わせることが、人のwelfareにつながり、また、SDGsにもつながることを示した。

●本研究の全体像とミルクの6次産業化に関する発表を行った。

均一 → 個別



4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
1 ( 1 )	0 ( 0 )	1 ( 1 )	15 ( 6 )	0 ( 0 )	3 ( 2 )	0 ( 0 )	1 ( 0 )

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

(1) LoRaを利用した無線伝送技術の確立

LoRaデバイスを開発し、日本では最大級の広さをもつ大笹牧場のほとんどのエリアで、データ通信が可能であることを確認した。図1aは、送信機のGPS情報、図1bは受信したデータを示しており、受信率は80%以上である。また、LoRaの通信範囲を奥村-秦モデル(図2)を使って推定することが可能であることを示した。



(a) 送信機履歴

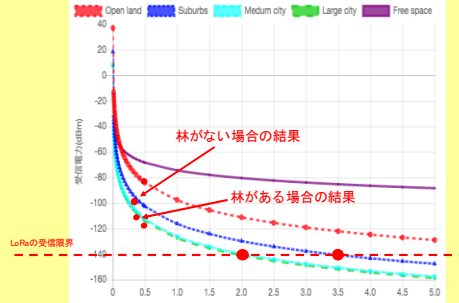
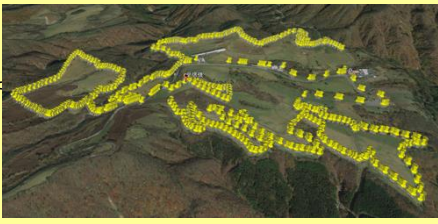


図2 奥村-秦モデル

(2) ウシの行動をリアルタイムで測定するデバイスを開発し、GPS、加速度センサ、pHセンサ通信装置を有し、LoRaを利用してデータを牛舎等に送信することができることを確認した。また、ソーラーパネルを持ち、継続的な利用を可能としている。



(b) 受信データ

図1 LoRa伝送実験

(3) 放牧乳の評価

放牧乳の成分分析を行った結果、右のグラフのように、βカロテンおよびビタミンEを豊富に含み、健康に良いことが示された。レストラン関係者、栄養学関係者による官能試験の結果、バターおよびケーキのいずれについても、どちらの集団においても、香り・風味・コク・口溶けなどで、大きくプラス(好ましい)と認識した。

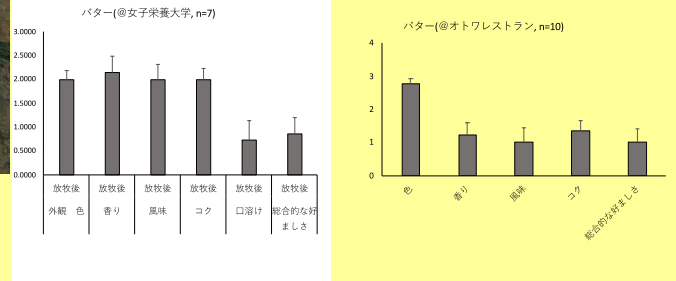


図3 バターの官能評価

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

- 今後、LoRaを利用した放牧用センサーネットワークの実用化を進める。ウシの行動以外に、牧場の各地点の温度・湿度・降雨量・風向・風速などの計測データの収集にも有用であり、牧場の総合的な管理システムとしての利用可能性を検証する。
- ウシの行動をタグ付けするAIモデルの構築と実装を、2021年3月に出願する特許に基づき推進する。
- 放牧乳に由来する乳製品には、放牧乳中のβカロテンやビタミンEが高い濃度で移行しており、これらの有する抗酸化機能等の高い機能性に加えて、風味を向上させることも明らかとなった。今後は、放牧バターを活かしたフランス料理メニューの開発、洋菓子の製品化、ならびに、栃木テロワールとしてのブランディングを検討する。
- ここで開発したノウハウを利用し、肉牛への発展も計画する。