

畜産近代化リース協会 令和3年度 調査研究委託事業

＜調査研究課題＞

# 『胃内投入センサーによる牛体調モニターシステム開発』

太平洋工業株式会社

- 1．開発背景と目的
- 2．開発概要
- 3．基礎検討
- 4．実証実験
- 5．検知シミュレーション
- 6．まとめ（課題と今後の予定）

本開発は、今後大規模化が予想される和牛・乳牛の畜産経営において

**ICT技術を用いた畜産農家の生産性向上への貢献** を目的としている

具体的には以下を自動化することで、**省力化への貢献及び経済的損失の低減**を目指す

## 1. 『発情兆候』の検知

⇒ 発情管理の省力化、最適期の種付けによる受胎率向上

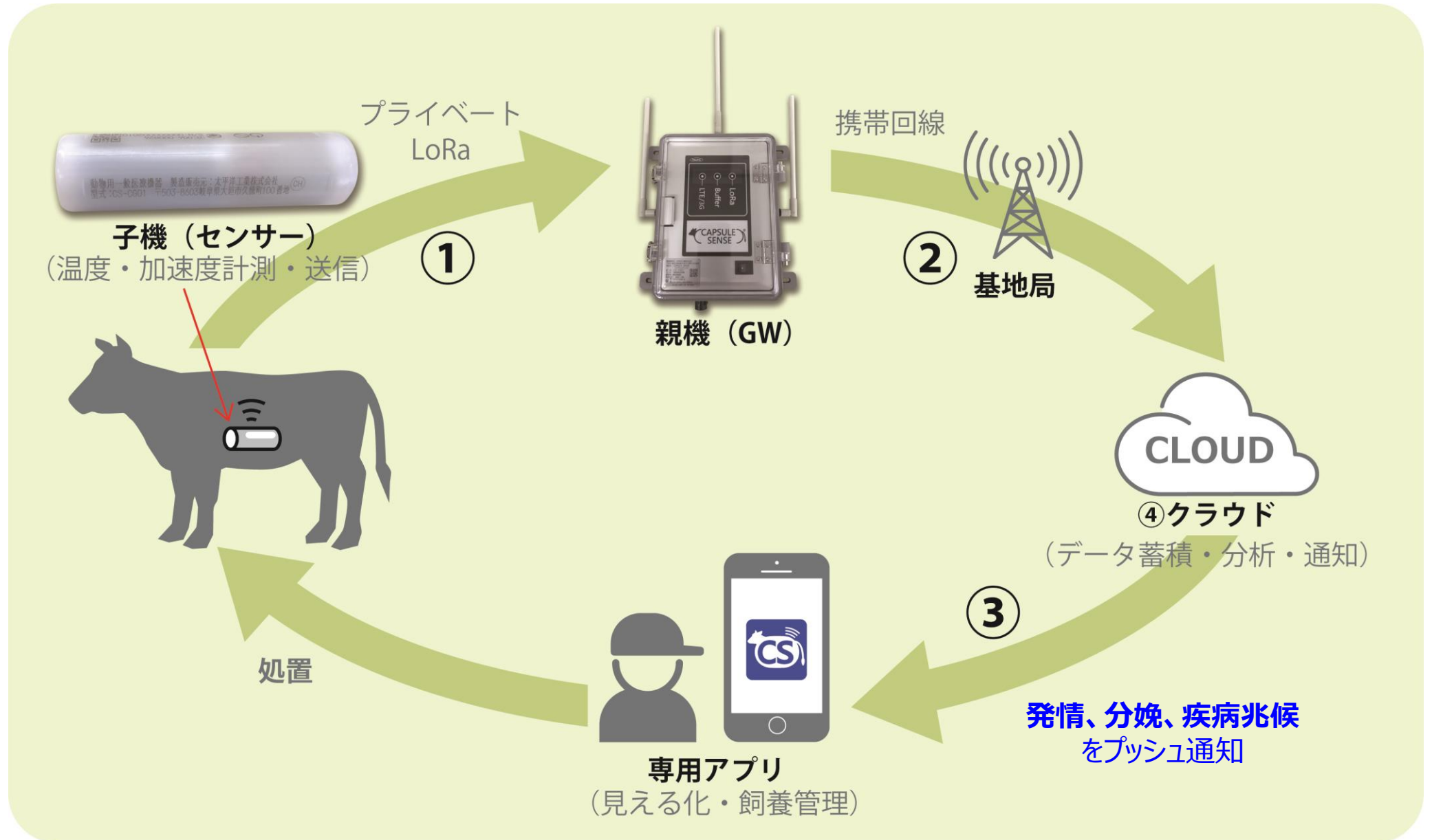
## 2. 『分娩兆候』の検知

⇒ 分娩管理の省力化、分娩事故防止による経済損失の低減

## 3. 『疾病兆候』の検知

⇒ 体調管理の省力化、死廃事故防止による経済損失の低減

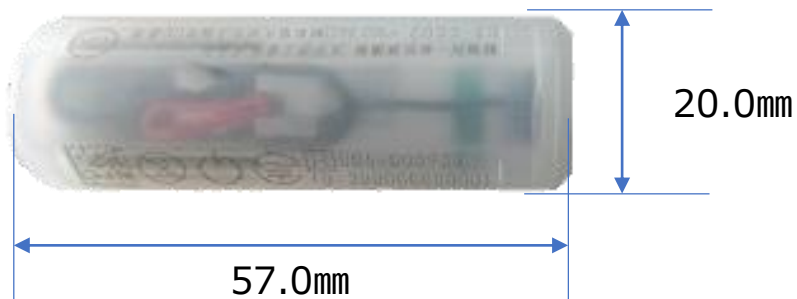
## 2. 開発概要 / システム構成



### ● 成牛用（φ26.4mm×L94.0mm） 搭載センサー：温度、加速度 / 電池寿命：約5年



### ● 育成牛用（φ20.0mm×L57.0mm） 搭載センサー：温度 / 電池寿命：1年

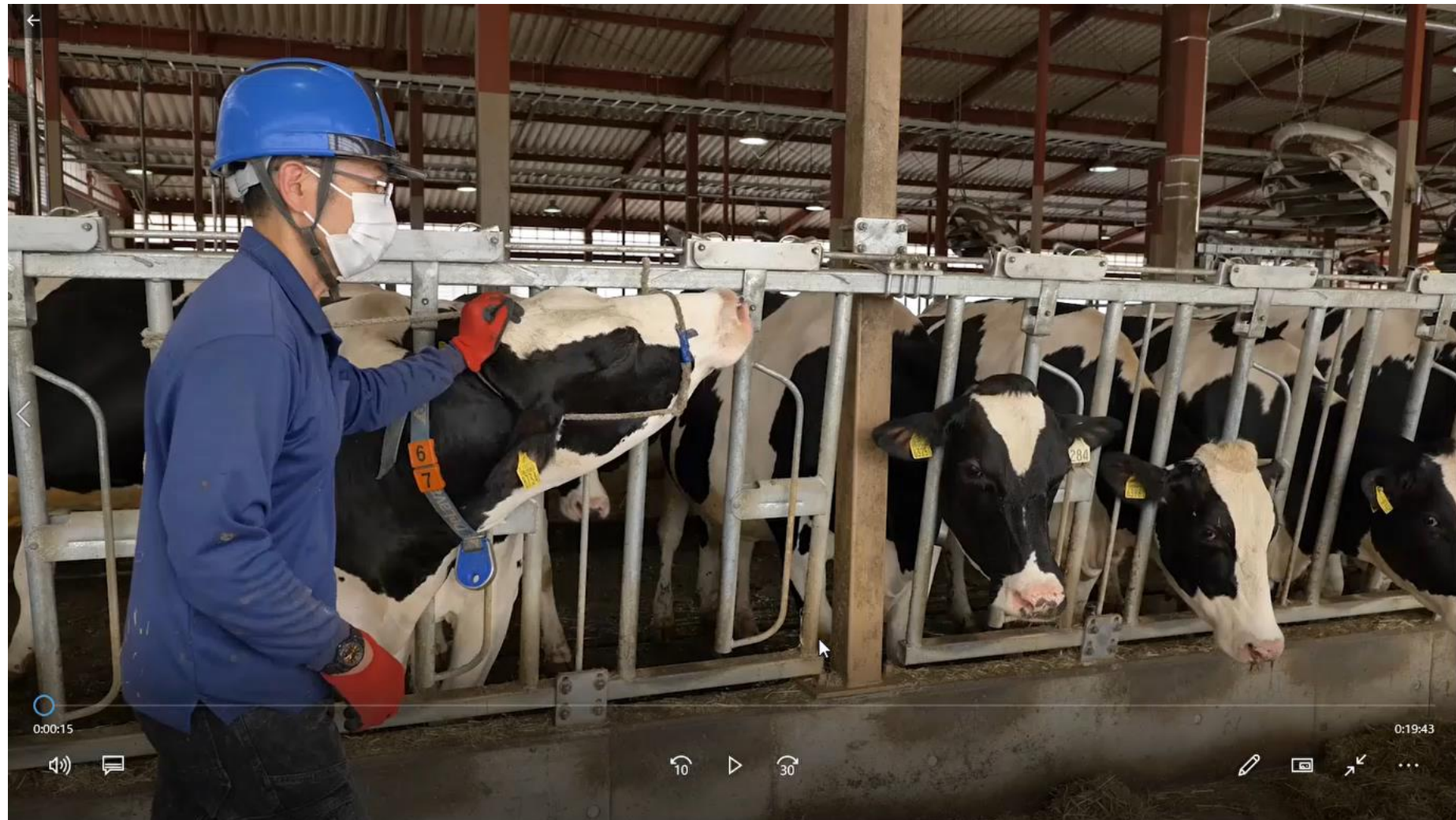


いずれも動物用一般医療機器として届出済み

### 3. 基礎検討 ／子機（センサー）の投入

(子機投入事例紹介)

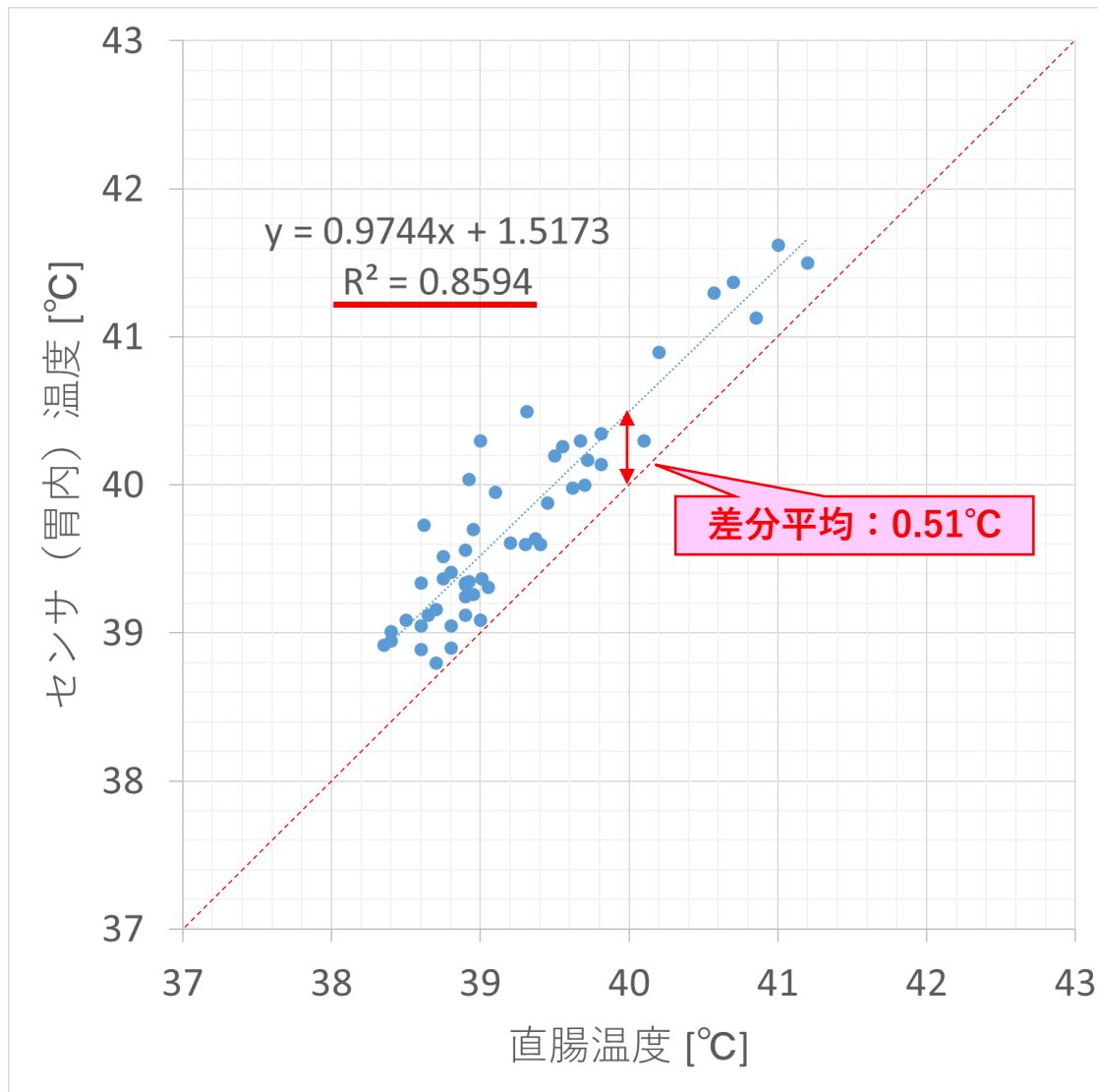
専用のセンサー投入機を使用、作業時間約15秒程度





### 3. 基礎検討 / 温度検証\_胃内温度と直腸温度の比較

胃内温度と直腸温度に相関あり 胃内(第二胃)温度 = 直腸温度 + 約0.5℃



#### 【対象牛】

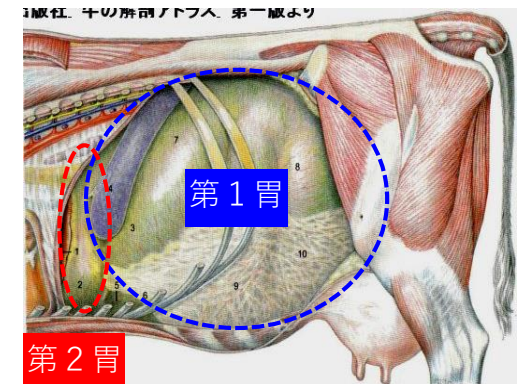
和牛	17頭
乳牛	21頭
経産/未経産	混在
繁殖ステータス	発情、妊鑑、分娩待ち

#### 【データ素性】

検温時期 6/17~8/3  
データ数 51点  
\* 同一牛での繰り返し測定あり  
\* 飲水直後の胃内温度データは除く



ガウスメータ



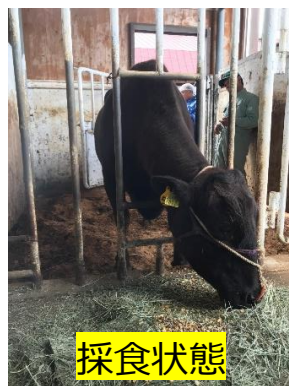
子機は第二胃に滞留を確認

### 3. 基礎検討 / 加速度検証\_胃内での活動捕捉確認

#### 胃内でも牛の行動変化は捕捉可能



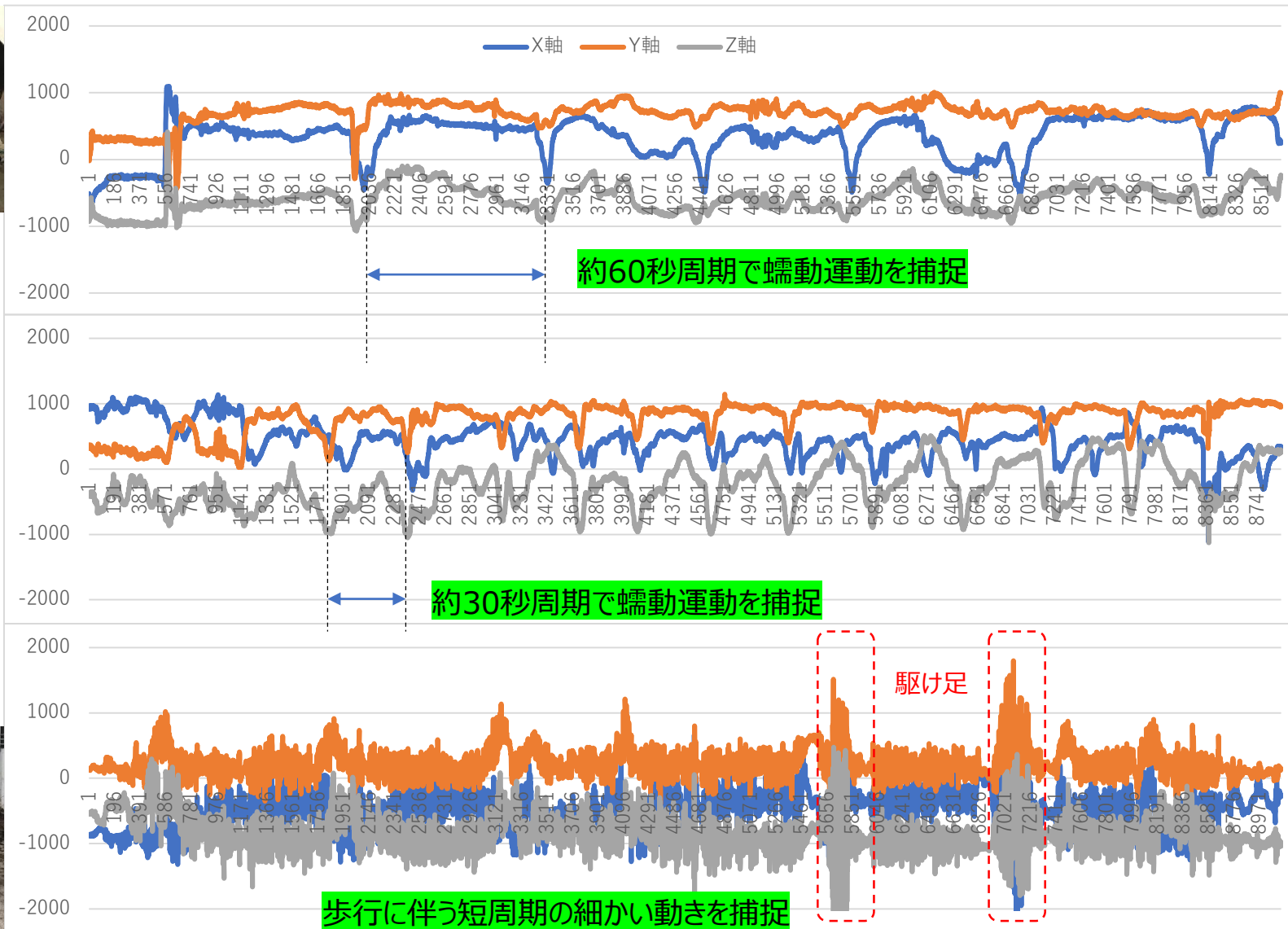
起立静止状態



採食状態



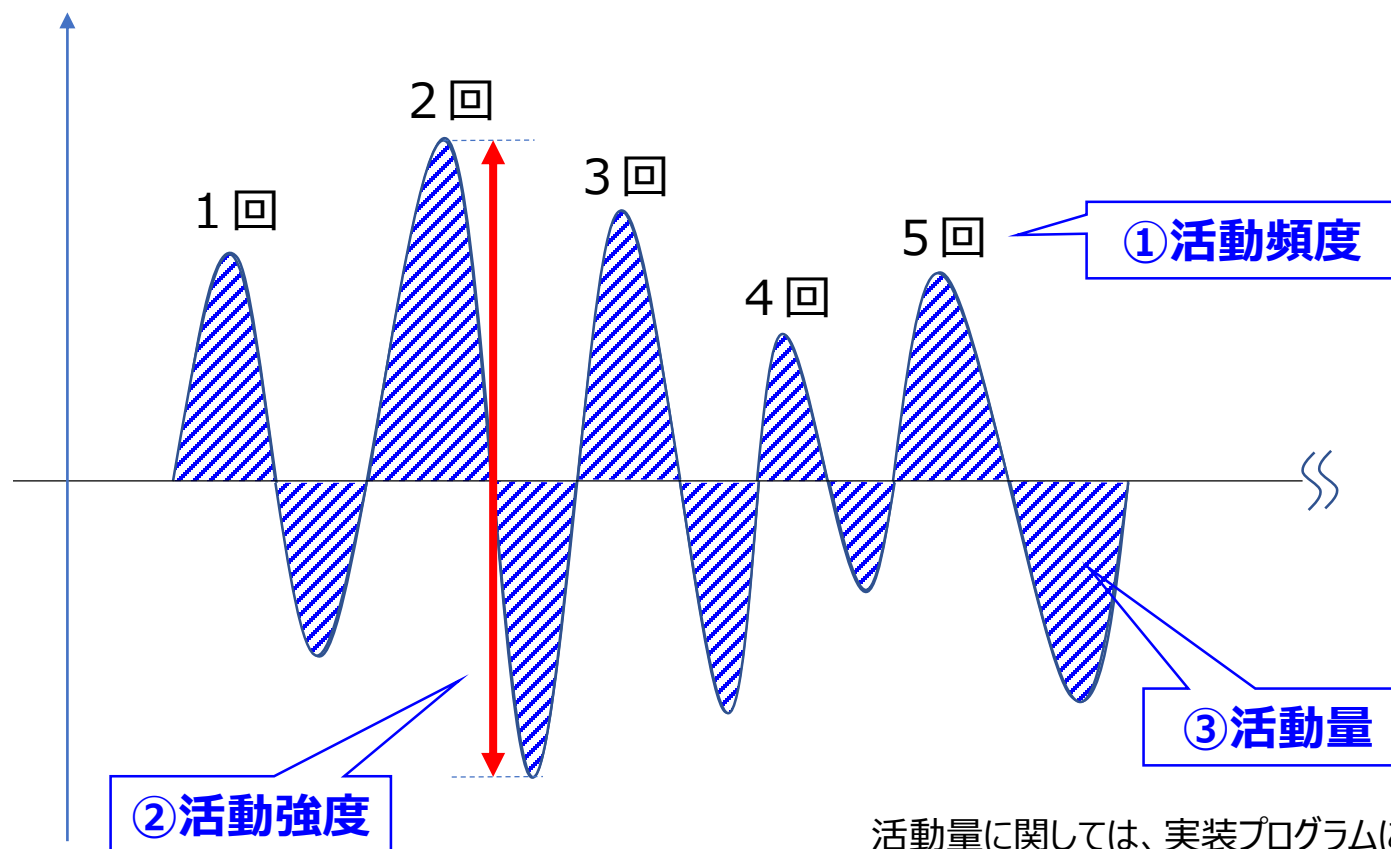
歩行状態





**エッジ処理**：加速度データは無線飛ばすにはデータ量が多く不向きなため、子機内部で特徴を演算抽出

(イメージ)



活動量に関しては、実装プログラムに不備が見つかり特徴量としては見送り

4. 実証実験 / 概要説明



- ・協力機関、農家

・実証実験期間

・投入数

・症例数
- : 8か所

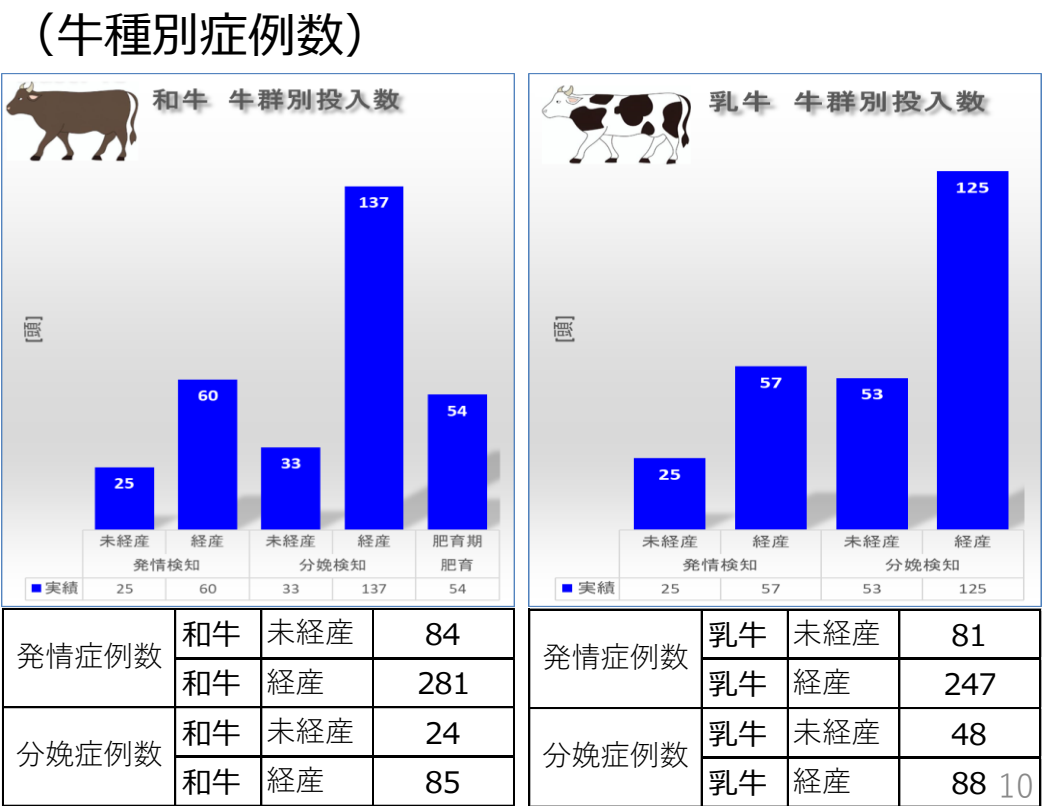
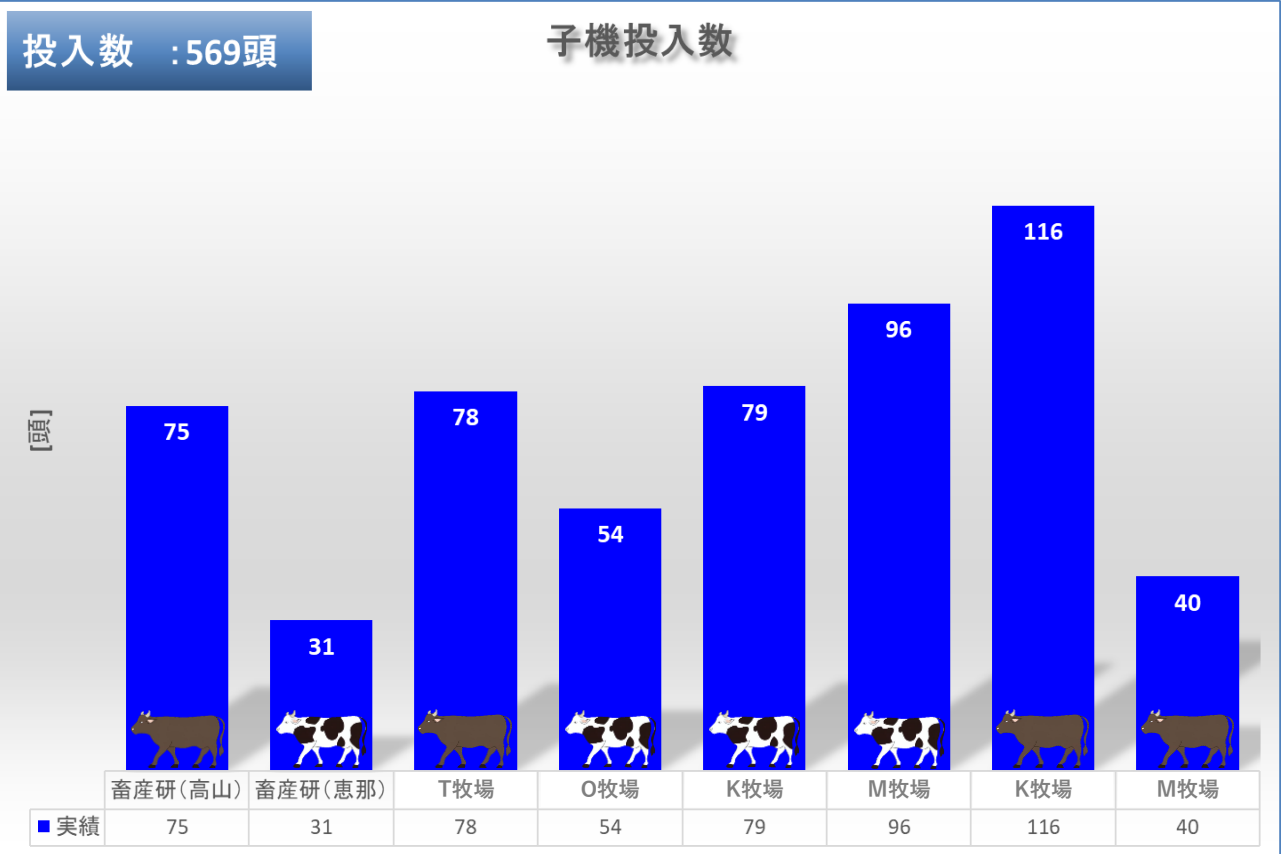
: 令和2年 5月~10月

: 569頭

: 発情693件 (和牛365件、乳牛328件)

: 分娩245件 (和牛109件、乳牛136件)
- \* 岐阜県畜産研究所様(高山、恵那) + 県内農家様

\* 岐阜県畜産研究所様は継続中



昼(目視) 👁️👁️



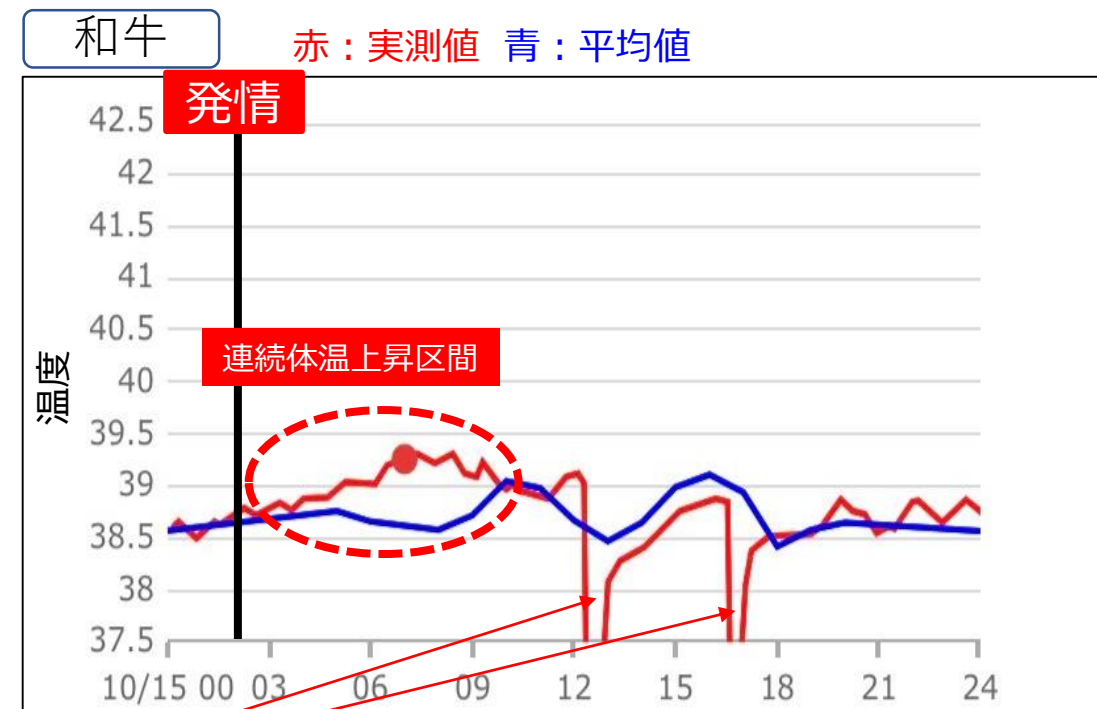
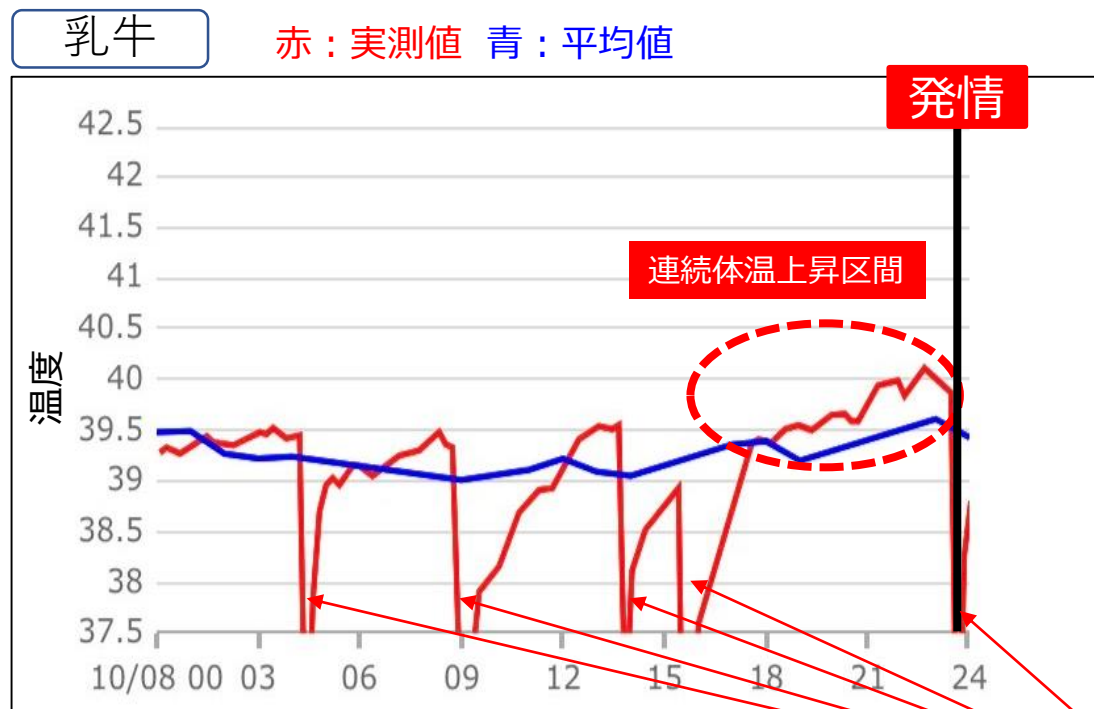
夜(動画) 📹



現地駐在員（8名）が24時間発情行動を監視し記録（昼間：目視、夜間：動画）

センシングデータとの紐づけにより各種兆候の見える化を実施

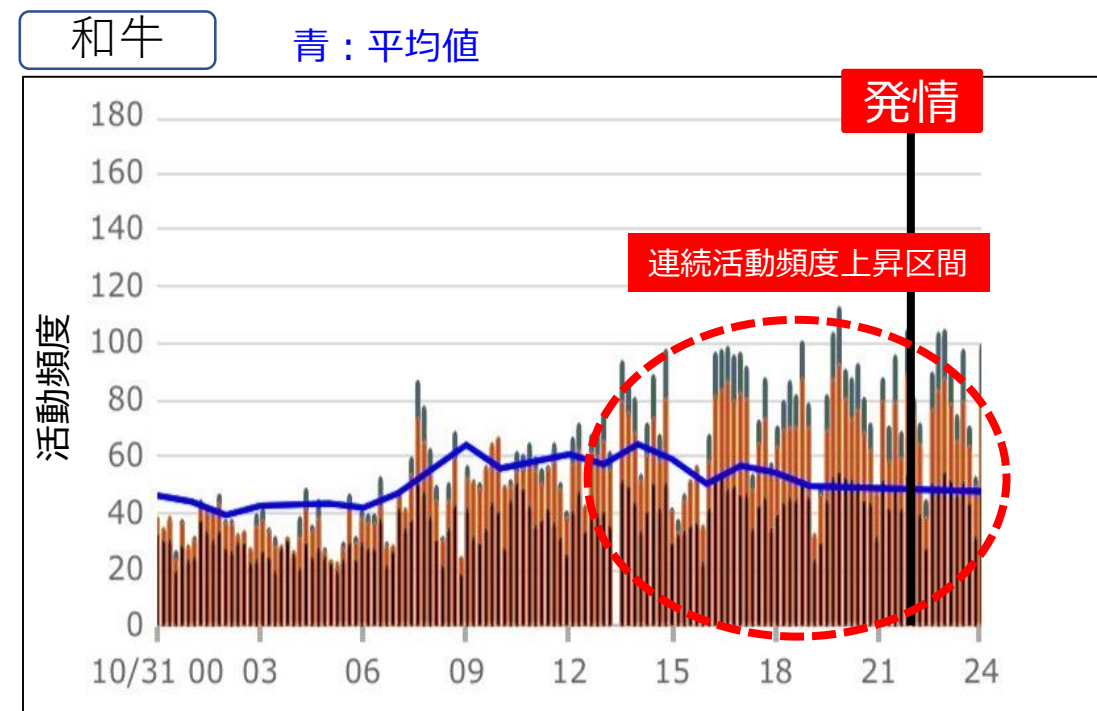
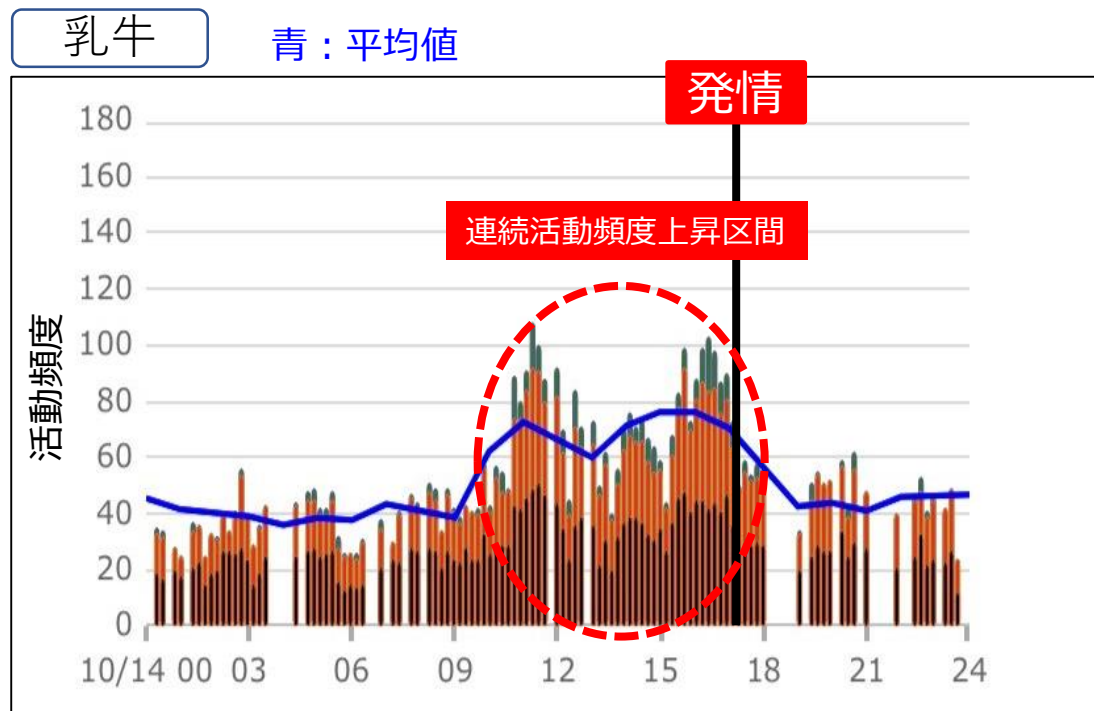
### 発情時に継続した体温上昇を確認



#### 【考察】

- 発情検知するためには日内変動、季節変動や個体差を考慮する必要がある
- 発情の特徴である連続的な体温上昇を阻害する飲水影響をキャンセルする必要がある \* 泌乳牛が顕著

### 発情時に継続した活動頻度の上昇を確認



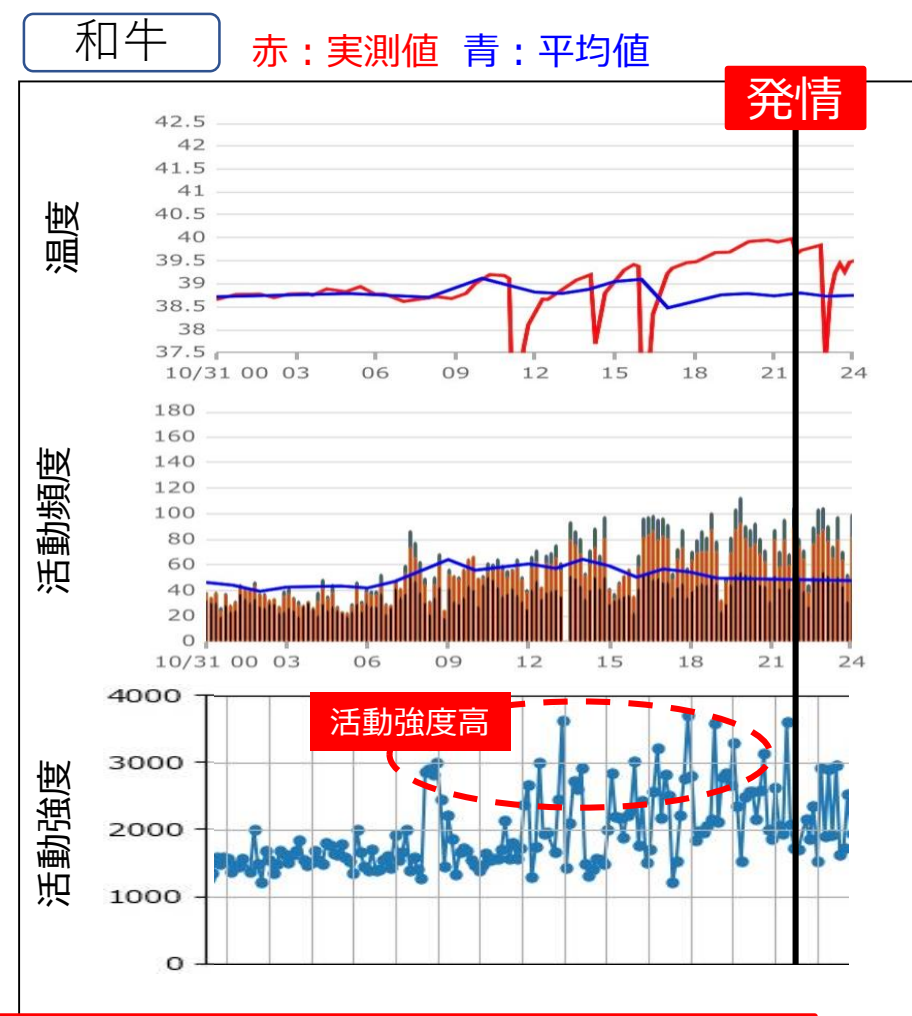
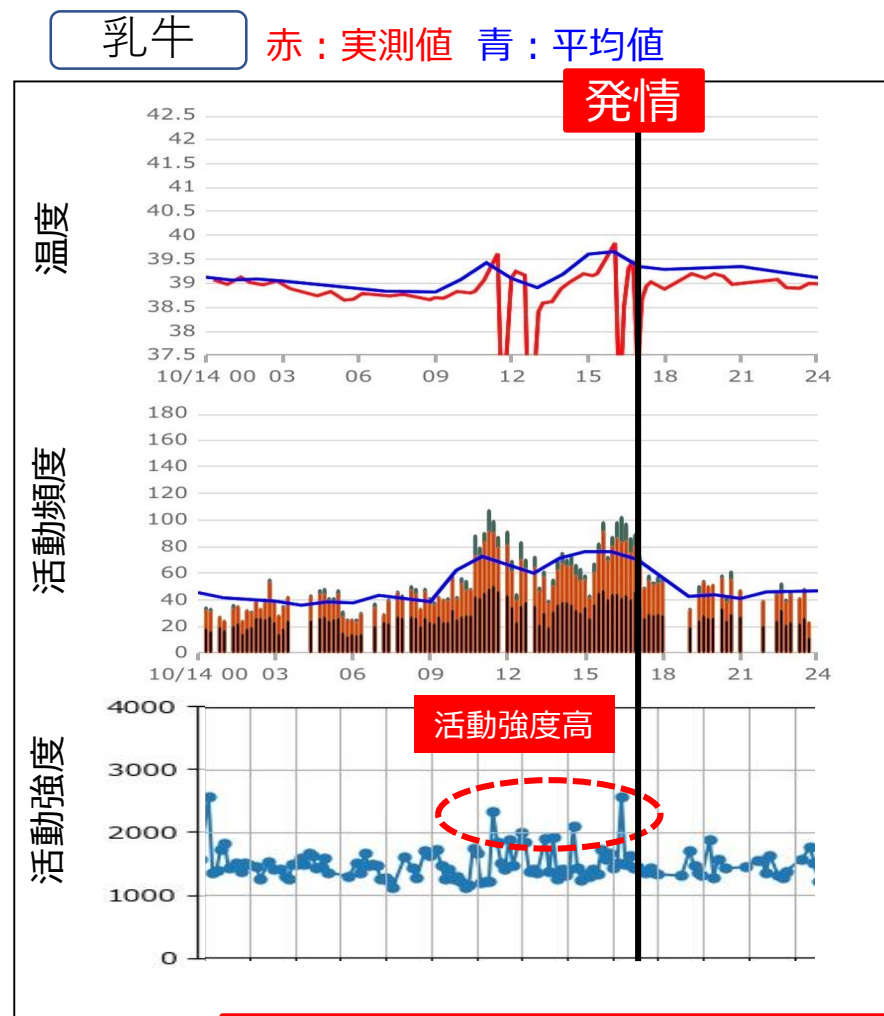
#### 【考察】

- 飼養環境(繋ぎorフリー、給餌時間等)や個体差の影響を考慮する必要がある



## 4. 実証実験 / 発情兆候の見える化③ (活動強度)

### 発情時に活動強度の上昇を確認



【考察】

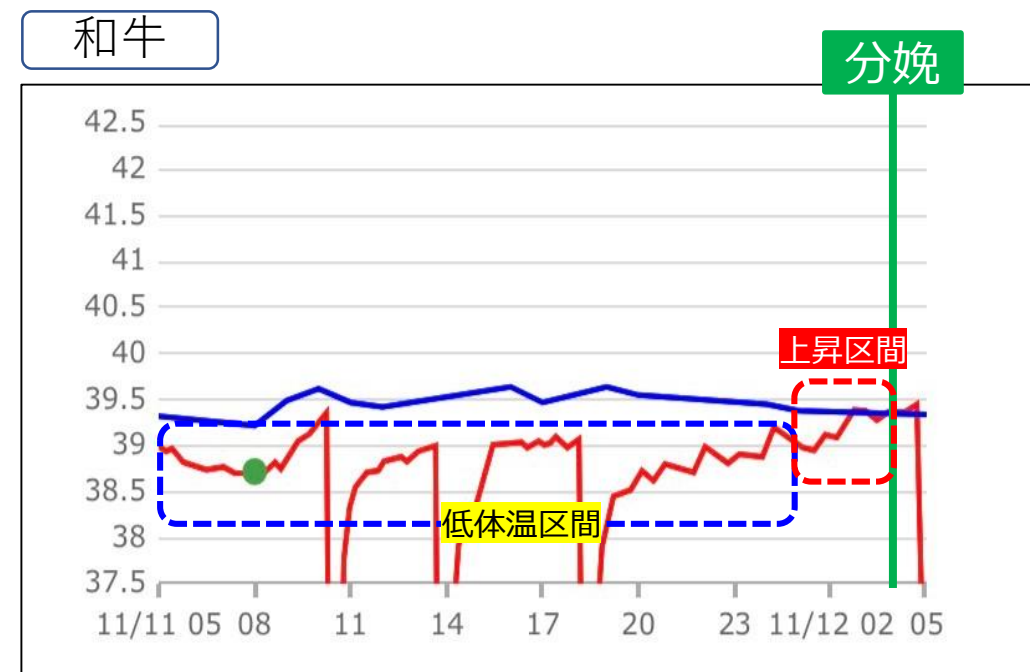
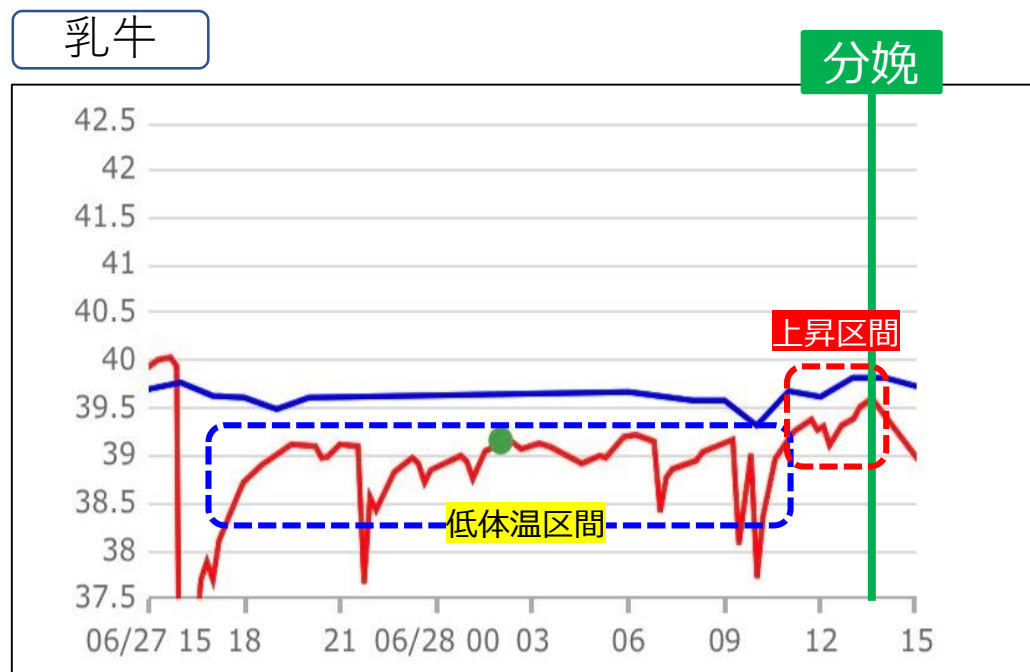
- 必ずしも発情時は顕著な体温上昇をしているとは限らない

## 4. 実証実験 / 分娩兆候の見える化① (温度)

分娩前(分娩-36~-24h)に継続した体温低下を確認  
分娩前(分娩 $\leq$ -3h)に体温上昇を確認

分娩注意報

分娩警報



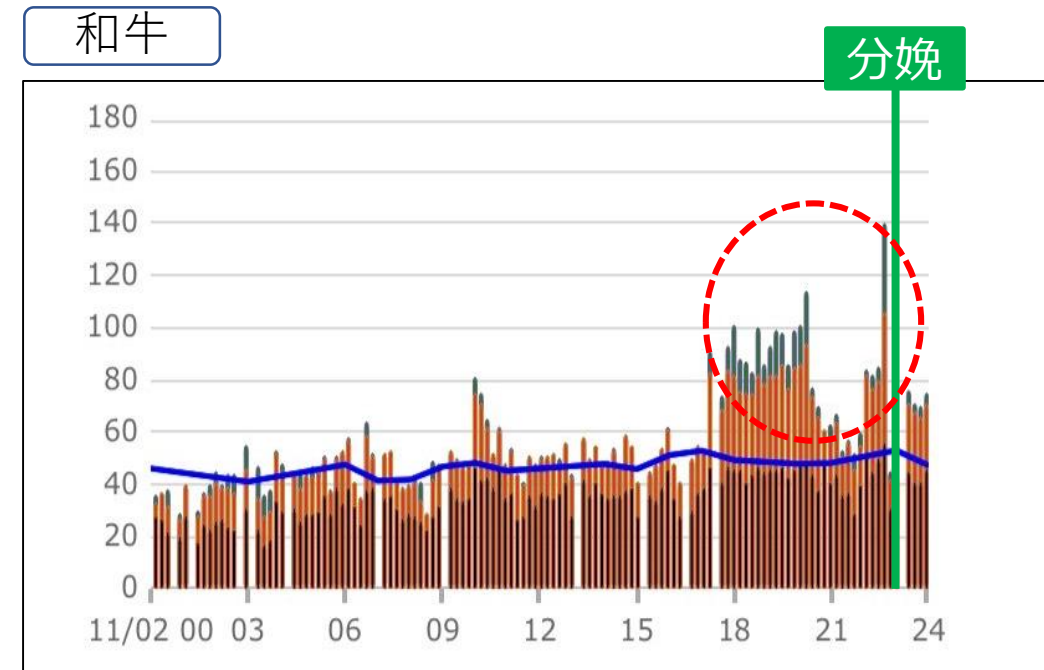
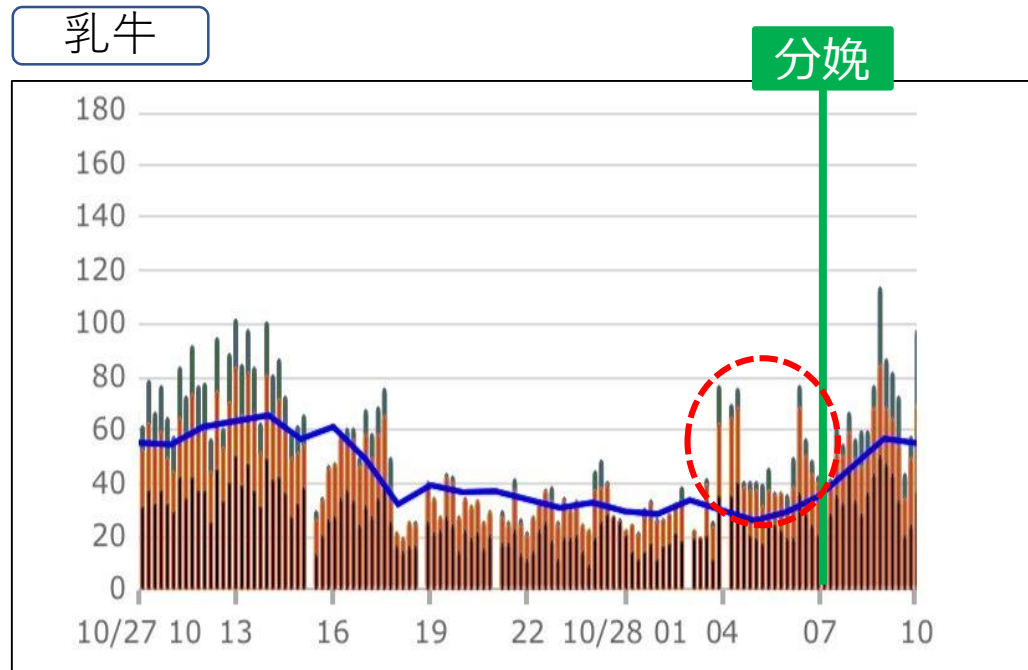
### 【考察】

- 分娩検知するためには日内変動、季節変動や個体差を考慮する必要がある
- 分娩時の体温上昇を阻害する飲水影響をキャンセルする必要がある

## 4. 実証実験 / 分娩兆候の見える化② (活動頻度)

分娩直前に活動頻度の上昇を確認

分娩警報



【考察】

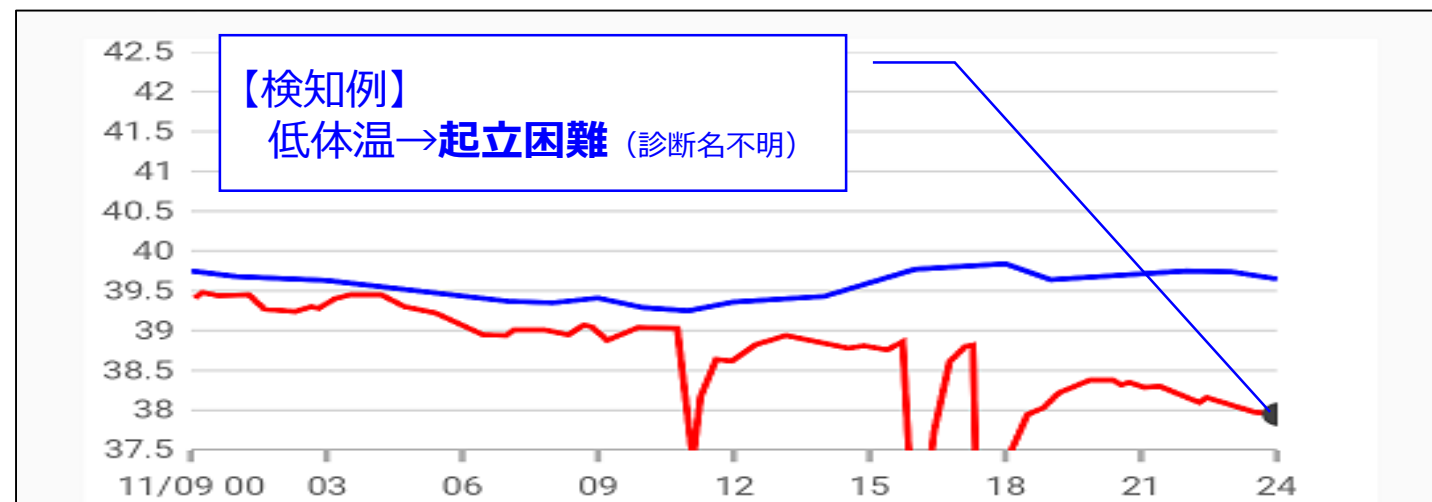
- 分娩直前は活動頻度の増加と減少を繰り返す傾向がある？（陣痛影響？）

## 4. 実証実験 / 疾病兆候の見える化① (温度)

### ・疾病検知：全4項目（発熱、低体温、飲水、動態）

**発熱** : 胃内温度が一定温度以上  
**低体温** : 胃内温度が一定温度以下  
**飲水** : 一定時間以上飲水がない  
**動態** : 一定時間以上動きがない

**発熱** : 胃内温度が一定温度以上  
**低体温** : 胃内温度が一定温度以下  
**飲水** : 一定時間以上飲水がない  
**動態** : 一定時間以上動きがない

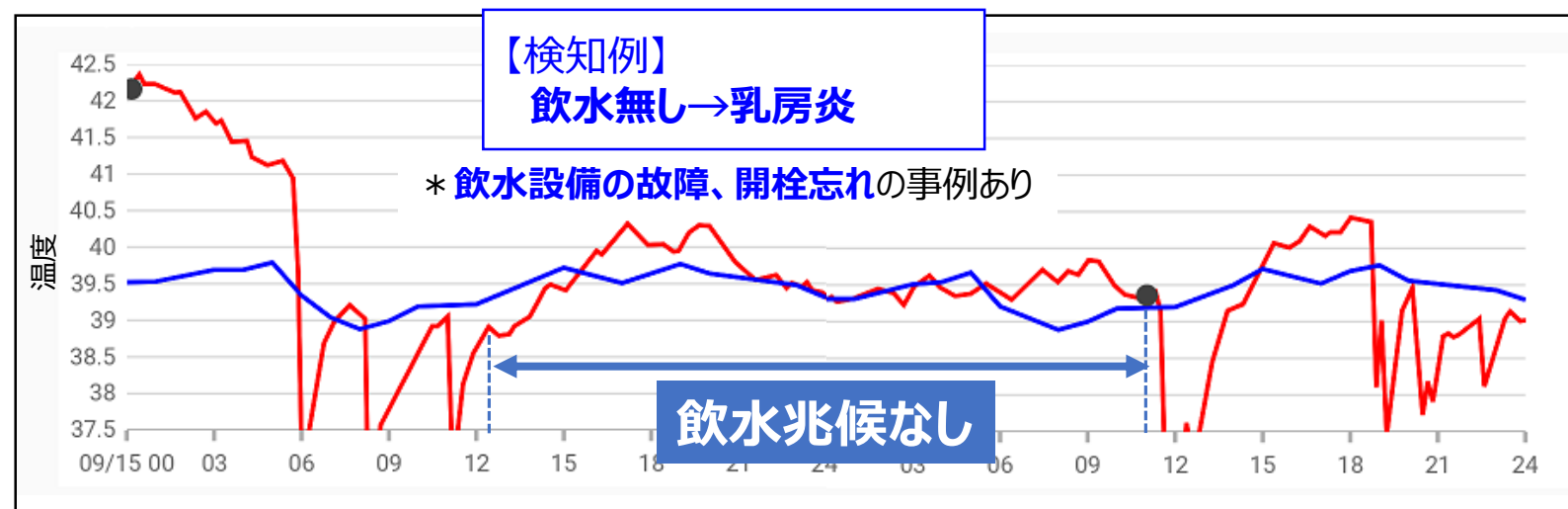


## 4. 実証実験 / 疾病兆候の見える化② (温度、活動頻度)

### ・疾病検知：全4項目（発熱、低体温、飲水、動態）

赤字：実測値 青字：平均値

発熱：胃内温度が一定温度以上  
低体温：胃内温度が一定温度以下  
飲水：一定時間以上飲水がない  
動態：一定時間以上動きがない



発熱：胃内温度が一定温度以上  
低体温：胃内温度が一定温度以下  
飲水：一定時間以上飲水がない  
動態：一定時間以上動きがない



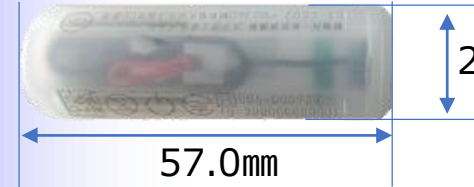


## 4. 実証実験 / 育成牛評価

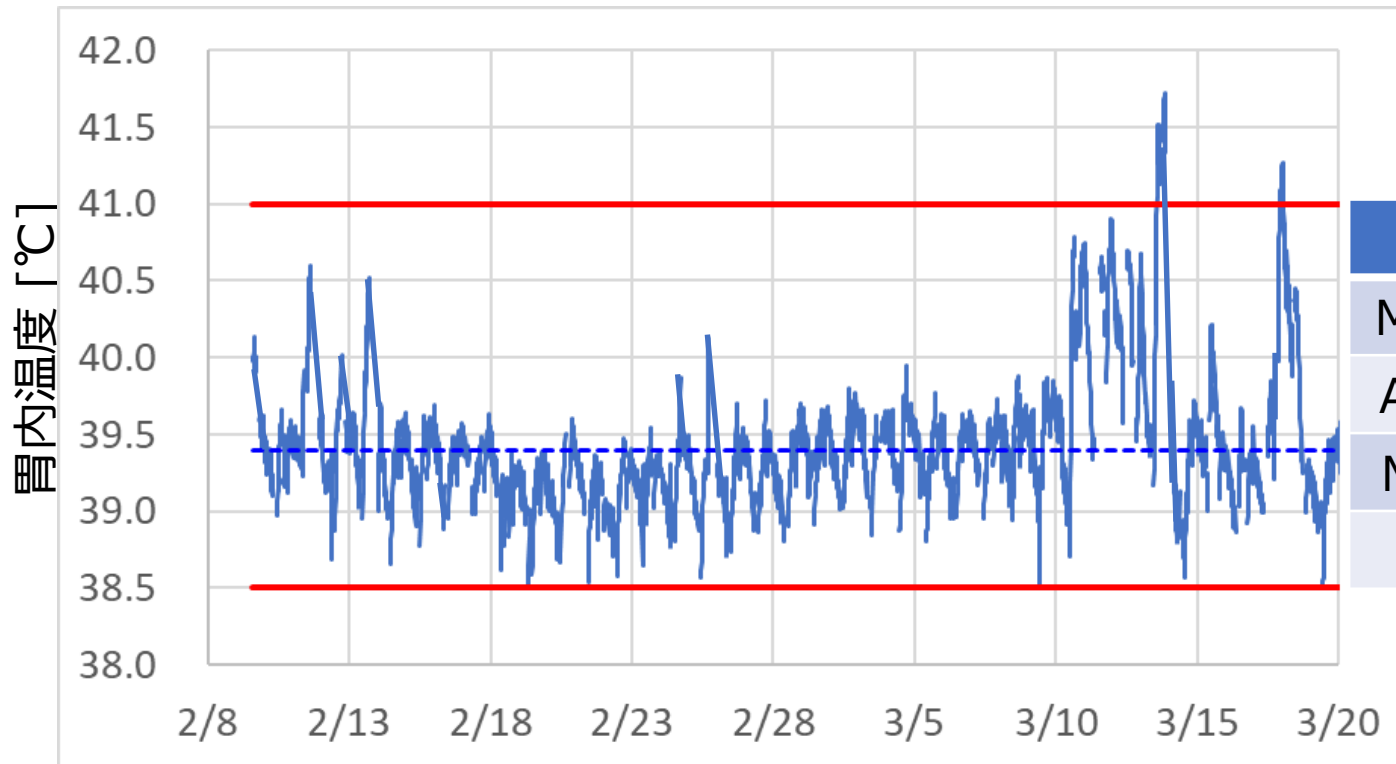


♀ (投入時月齢 5.5ヵ月)  
投入日: '22/2/9  
牛群飼育

育成牛用  
センサ



搭載センサー: 温度  
電池寿命: 1年



	T [°C]
Max	41.7
Ave	39.4
Min	38.5
$\sigma$	0.42

### 協力農家様の声

- ・常に体温管理できるため非常に助かる
- ・発熱時、早期抗生剤投与で解熱を確認

(繁殖農家様)

### STEP1 採食開始と胃内温度上昇の応答性

#### <方法>

- ・カメラにて**採食開始時刻**を確認
- ・採食時の**発酵熱による胃内温度変化**を確認

### STEP2 採食量と胃内温度の関係

#### <方法>

- ・肥育牛2頭の**飼料プログラム（給与時刻/餌種類/餌量）を管理**
- ・**7日毎に餌量を変更**し胃内温度との関係性を確認

## 4. 実証実験 / 採食量評価

### STEP1 採食開始と胃内温度上昇の応答性



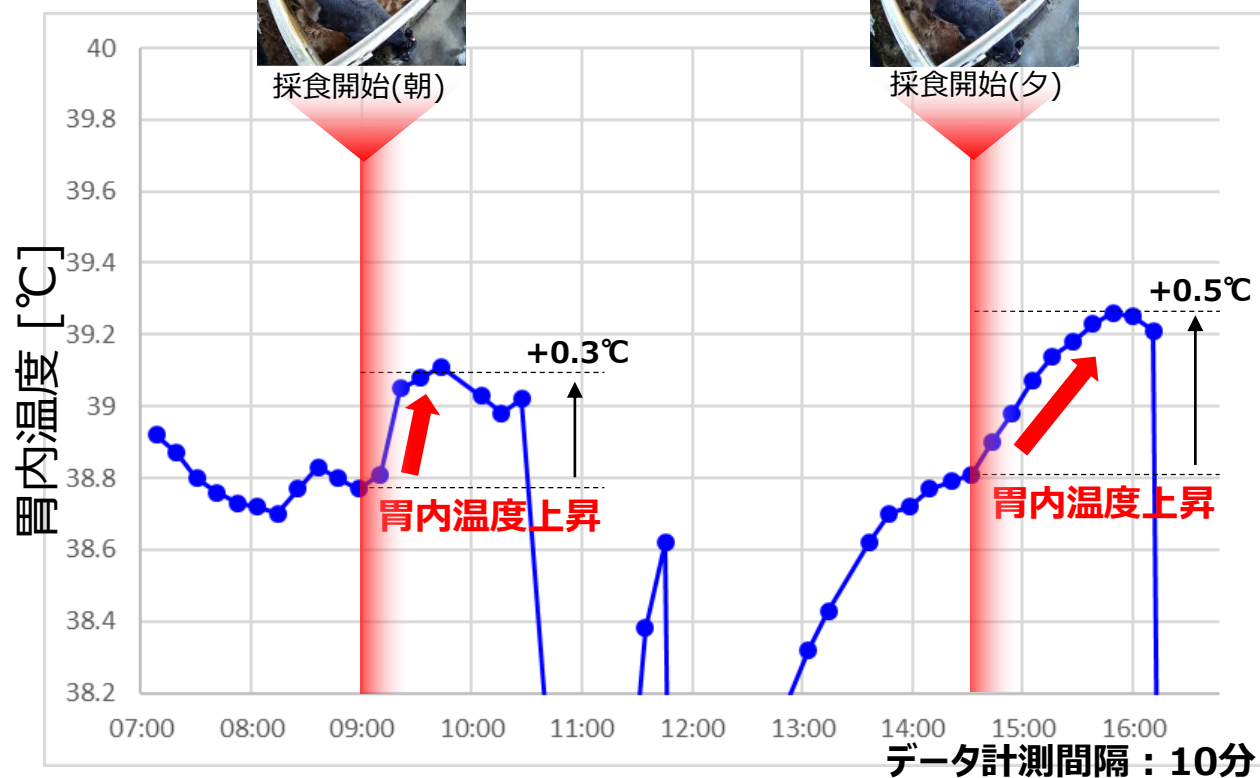
**和牛1** ♀ (69ヵ月齢)  
個別飼育 カメラ設置



採食開始(朝)



採食開始(夕)



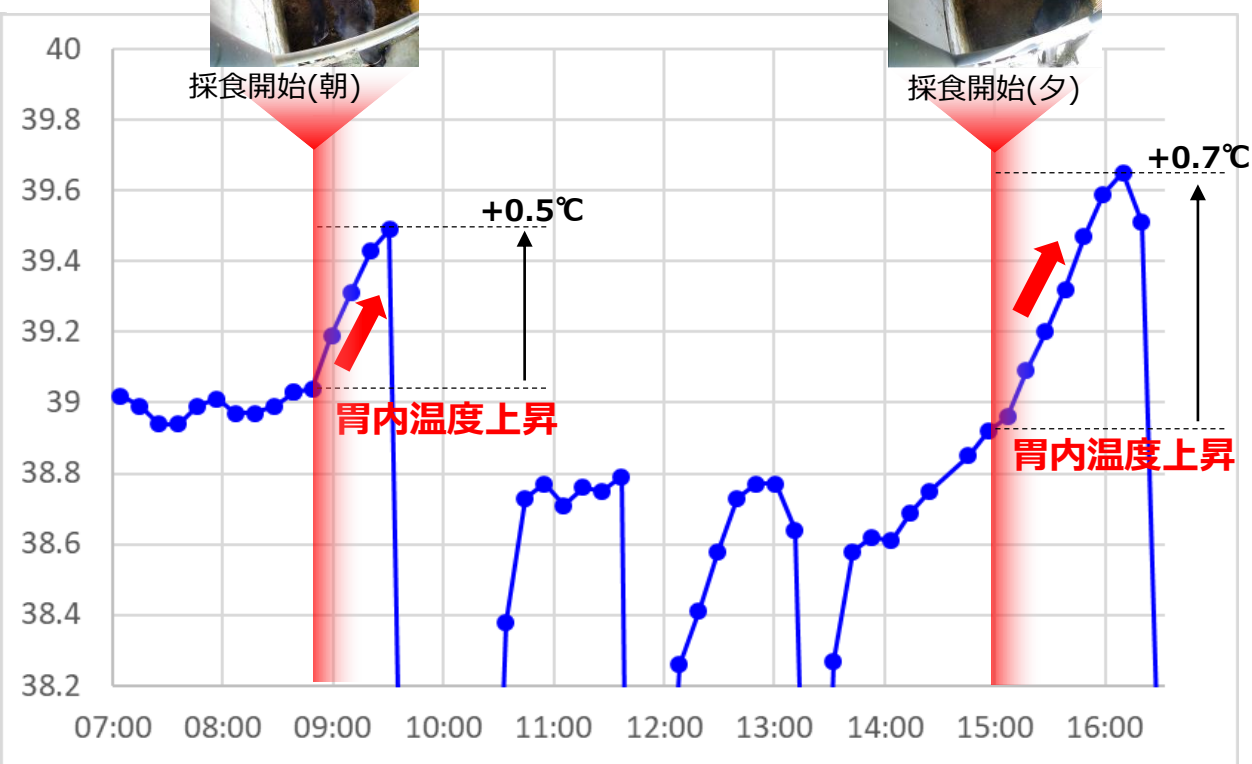
**和牛2** ♀ (64ヵ月齢)  
個別飼育 カメラ設置



採食開始(朝)



採食開始(夕)



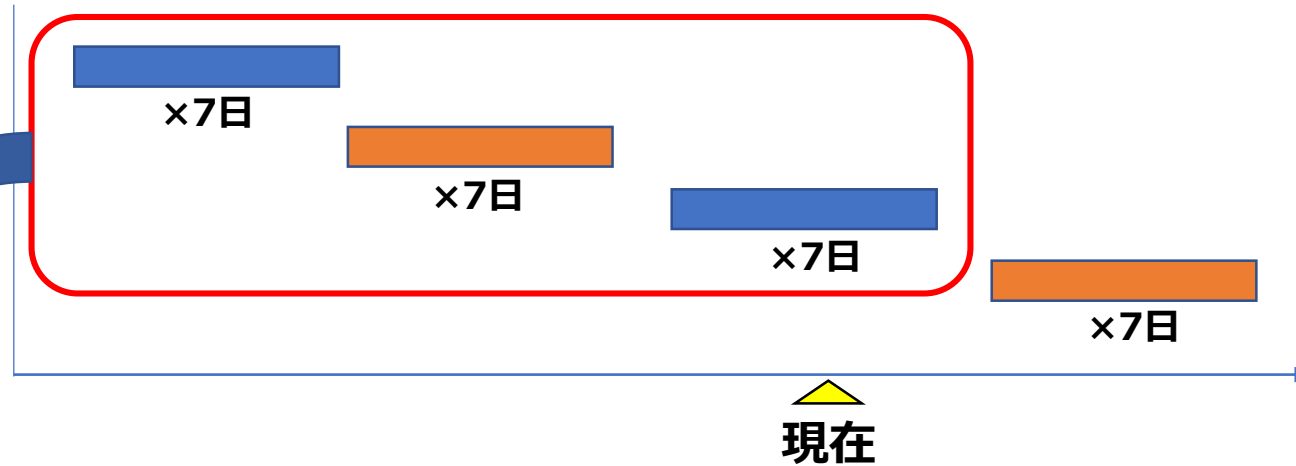
餌給与(朝)	9:00
(夕)	14:40
餌種類/量	粗飼料(7kg/日)
	濃厚飼料(2kg/日)

- 採食開始から10分後には発酵熱による胃内温度上昇を確認 (CSで捕捉可能)
- 参考) 採食開始～飲水までの温度上昇は0.3～0.7°C

## &lt;評価方法&gt;

飼料プログラム(給与時刻/種類/量)を管理

和牛(♂肥育) 2頭  
月齢 14/13ヵ月齢  
個別飼育 スタンションあり



	朝(8:30/9:30)	夕(15:00/16:00)
粗飼料	2.2kg	2.2kg
濃厚飼料	2.0kg	2.0kg
残食回収	回収量記録	回収量記録

×7日

	朝(8:30/9:30)	夕(15:00/16:00)
粗飼料	半減	半減
濃厚飼料	半減	半減
残食回収	回収量記録	回収量記録

×7日

### 着眼点1

餌量: 通常

餌量: 半減

5日目

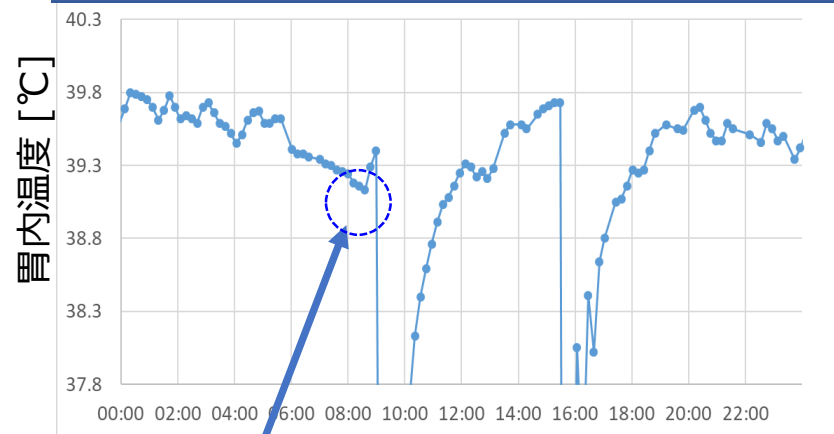
<代表特性>

和牛(♂肥育)

月齢 13ヵ月齢

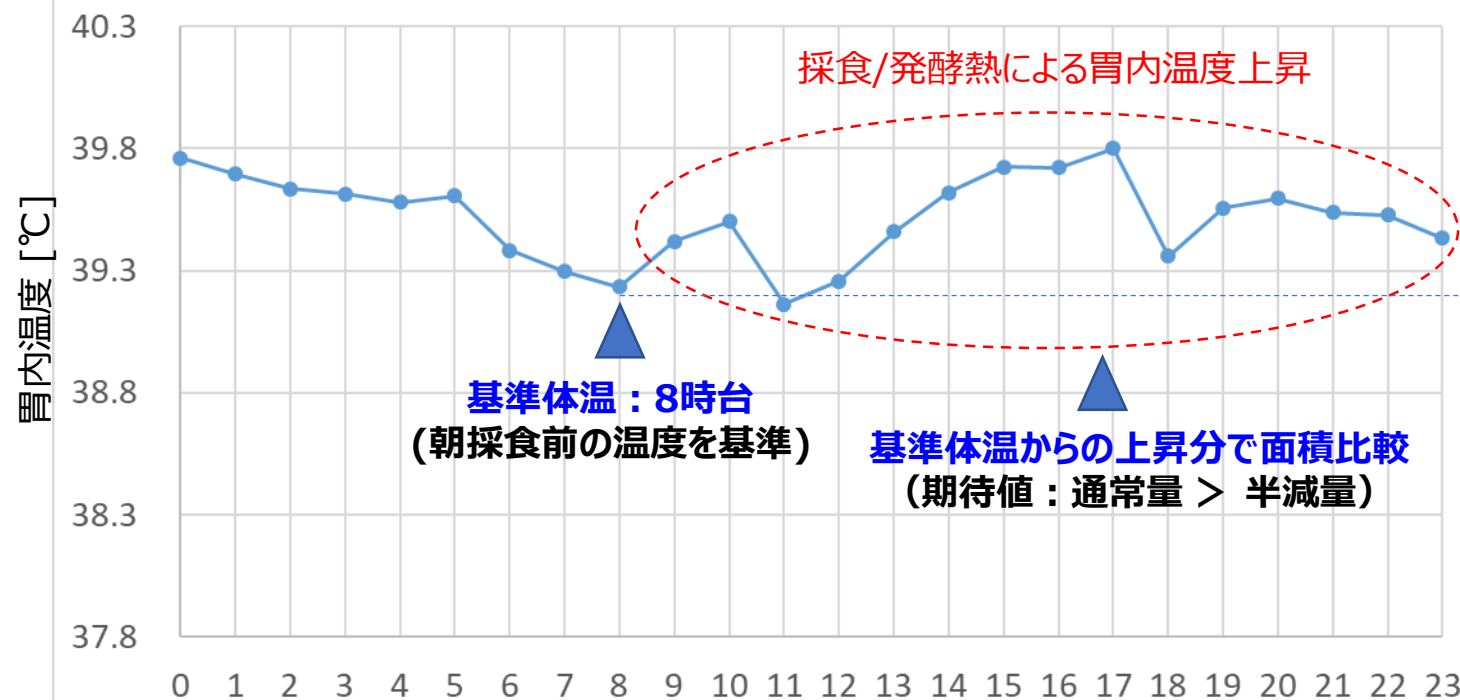
個別飼育 スタンションあり

### 生データ



採食後最も時間が経過し安静な時間帯

### 1h平均値(飲水補完)



- 8時台 (基準体温) と採食/発酵熱による温度上昇分の面積で比較 → 評価期間14日間×2頭で傾向確認



## ■ 基準温度以上の面積



肥育牛1

♂ (14ヵ月齢)

健康状態：良好 / 個別飼育



肥育牛2

♂ (13ヵ月齢)

健康状態：良好 / 個別飼育



餌給与(朝) 粗8:30/濃9:30  
(夕) 粗15:00/濃16:00  
餌種類/量 粗飼料(7kg/日)  
濃厚飼料(2kg/日)

- 採食量半減時：期待値に反し面積増加

(体調不良 ⇔ 胃内活動悪化の場合、傾向が異なる可能性有)

### 着眼点2

生データ

1h平均値(飲水補完)

餌量:通常

餌量:半減

餌量:通常

<代表特性>

和牛(♂肥育)

月齢

13ヵ月齢

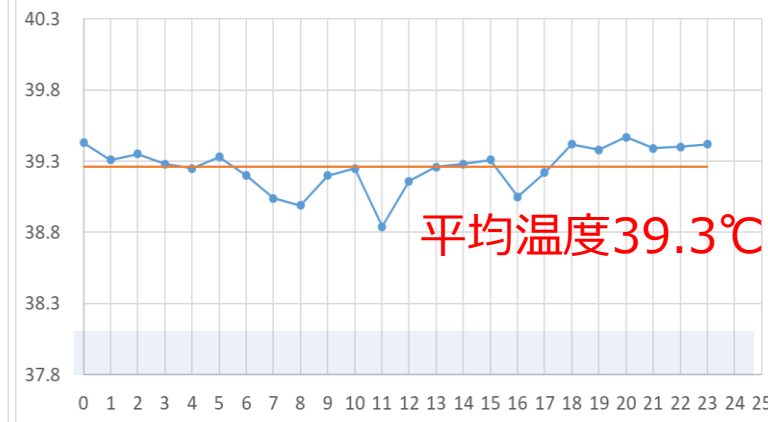
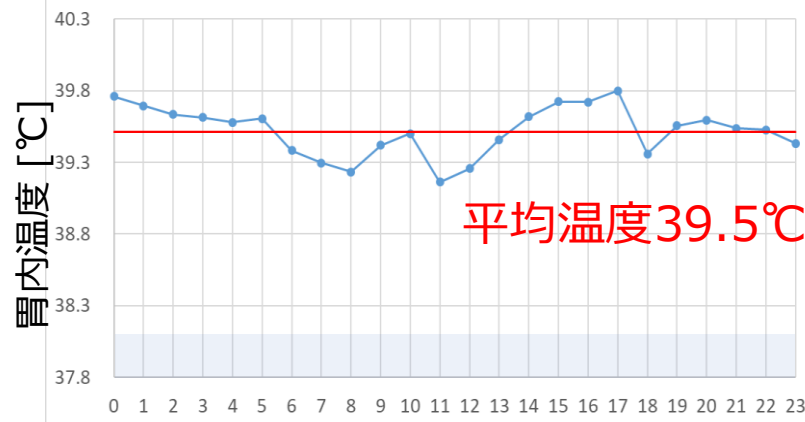
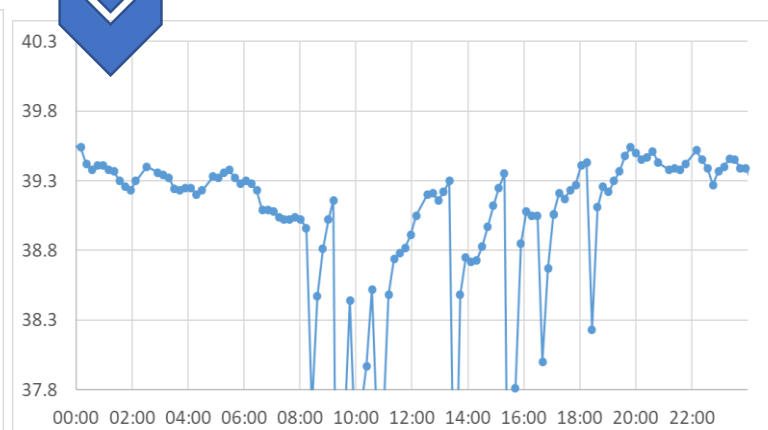
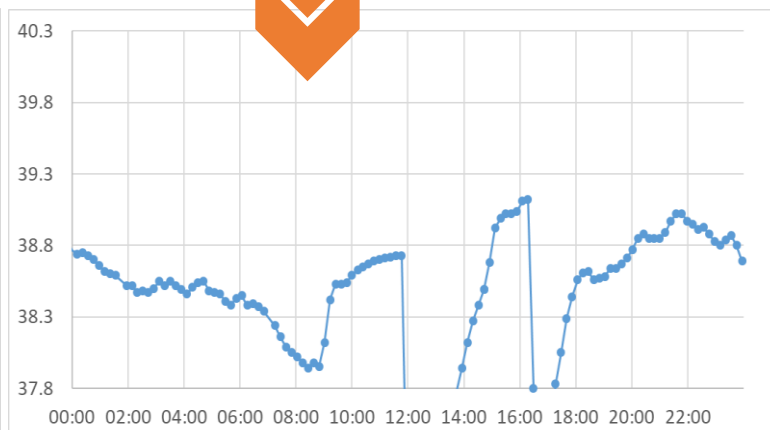
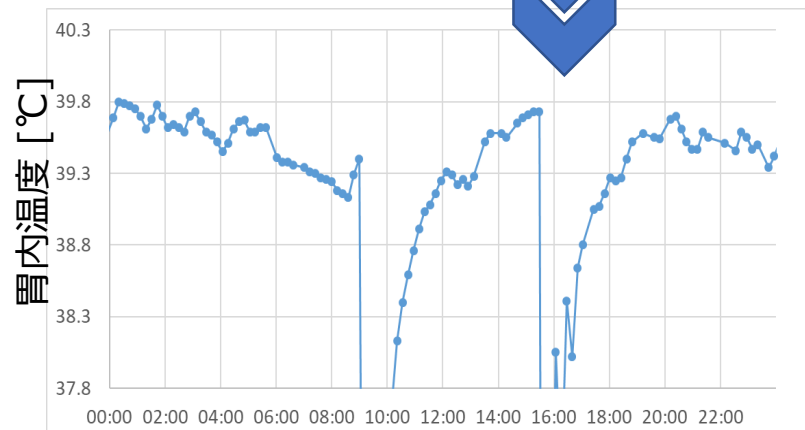
個別飼育

スタンションあり

5日目

13日目

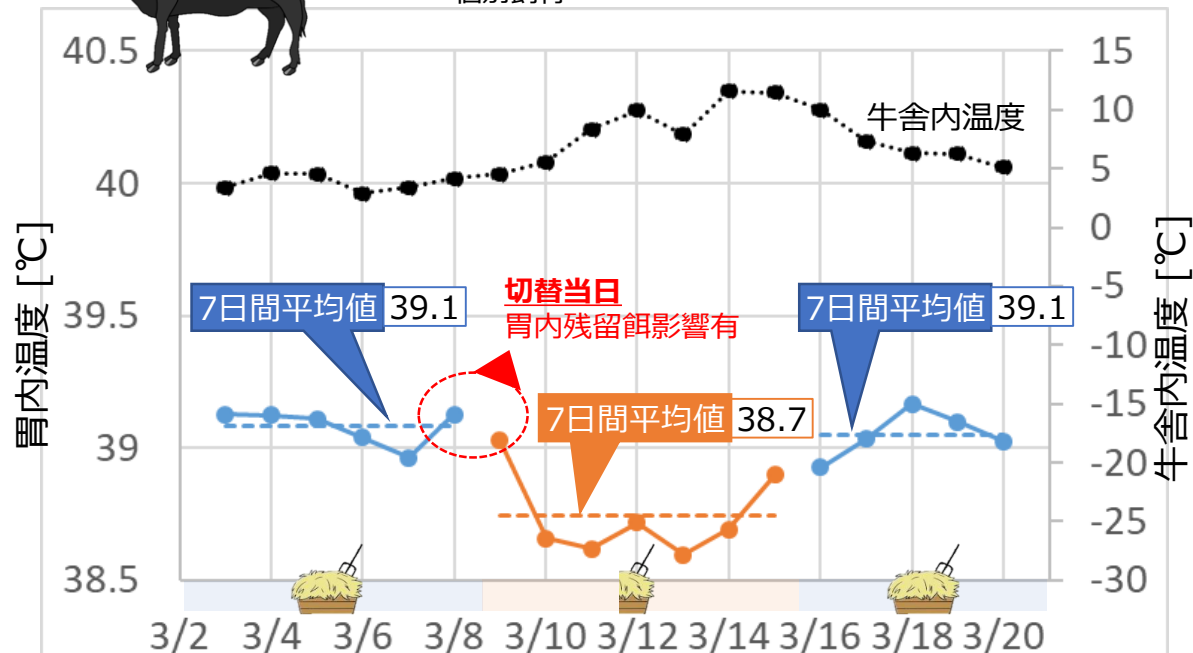
19日目



- 採食量半減時：平均温度低下（通常量比：-0.8~-0.6°C）→ 評価期間21日間×2頭で傾向確認

## ■ 1日平均温度 (Tave)

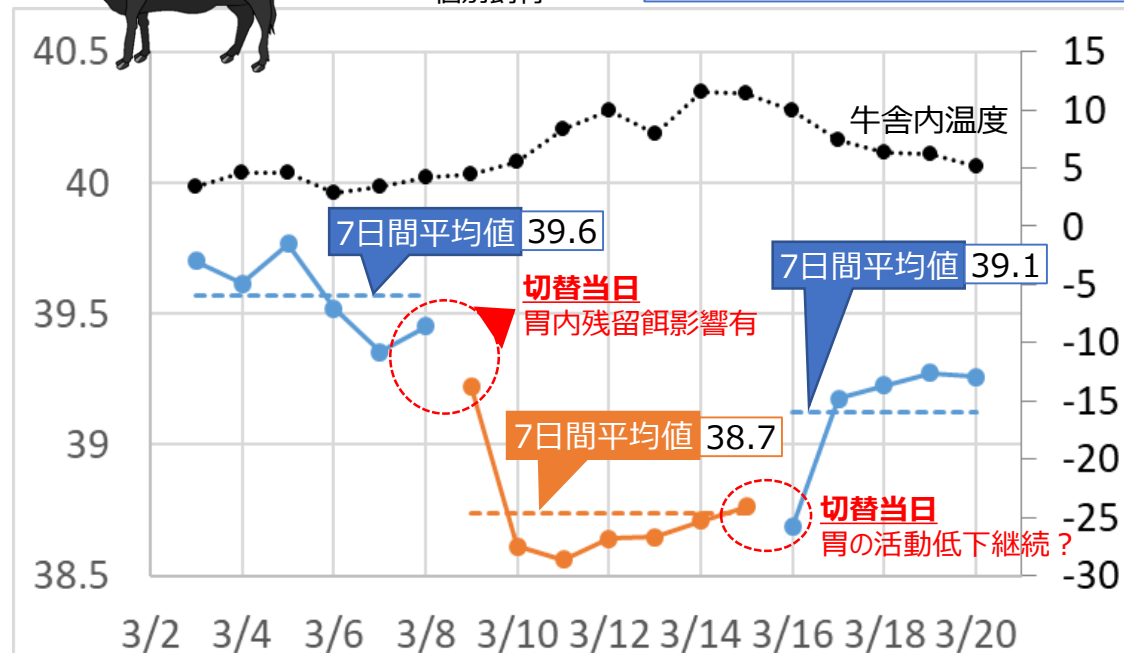
肥育牛1 ♂ (14ヵ月齢)  
個別飼育



給餌量	Tave [°C]
8.4kg → 4.2kg	-0.3
4.2kg → 8.4kg	+0.3

肥育牛2 ♂ (13ヵ月齢)  
個別飼育

餌給与(朝) 粗8:30/濃9:30  
(夕) 粗15:00/濃16:00  
餌種類/量 粗飼料(7kg/日)  
濃厚飼料(2kg/日)



給餌量	Tave [°C]
8.4kg → 4.2kg	-0.8
4.2kg → 8.4kg	+0.4

- 採食量半減時：餌量切替2日後から平均体温低下を確認 (餌量減→発酵熱量減→胃内温度上昇抑制)
- 採食量復帰時：餌量切替2日後から平均体温上昇傾向あり

## まとめ

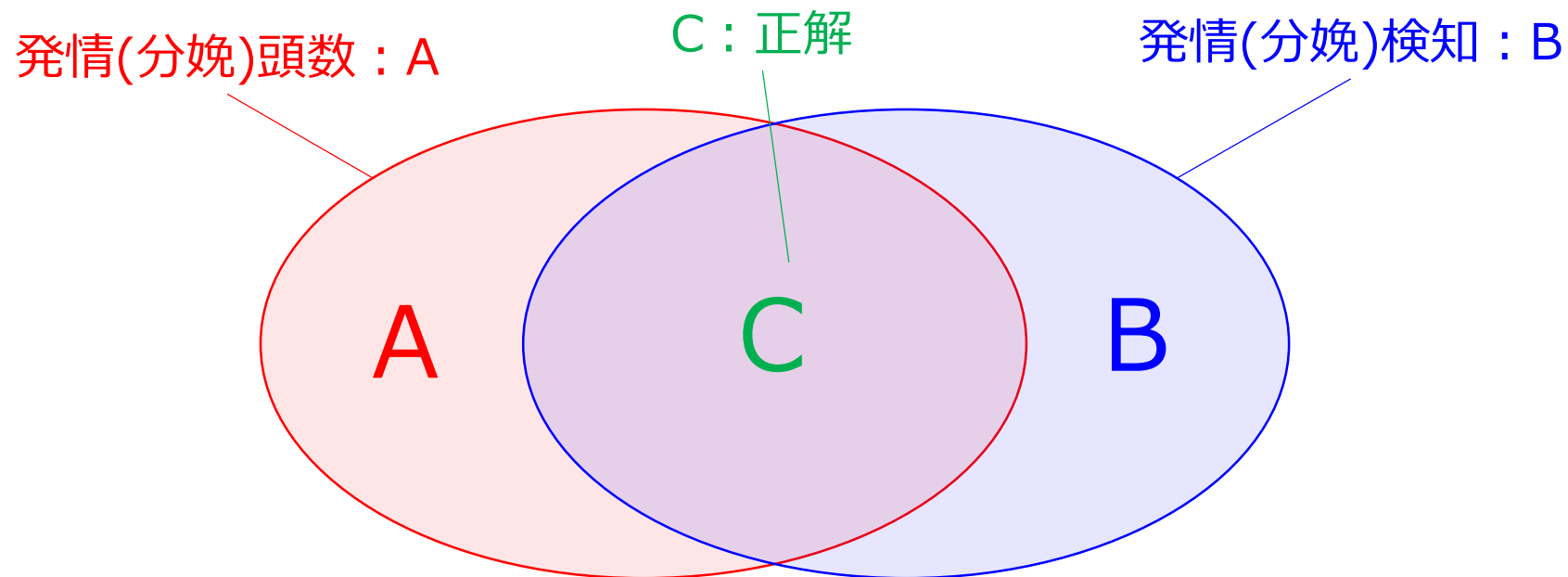
STEP1		
採食開始と 胃内温度上昇の応答性	採食開始からの胃内温度上昇	採食開始10分後には胃内温度上昇を確認 (採食開始10分後 : $+0.3 \sim 0.7^{\circ}\text{C}$ )
STEP2		
採食量と胃内温度の関係	餌給与量 : 通常 → 半減	2日目以降の平均体温低下 (8.4kg → 4.2kg : $-0.8 \sim -0.3^{\circ}\text{C}$ )
	餌給与量 : 半減 → 通常	2日目以降の平均体温上昇傾向あり (4.2kg → 8.4kg : $+0.3 \sim +0.4^{\circ}\text{C}$ )

### <今後>

- 餌種類による胃内温度上昇傾向
- 自由採食の傾向

## 5. 検知シミュレーション / 検知性能定義と目標設定

定義		感度	精度	正解
		$C/A$	$C/B$	
目標 検知性能	発情	90%以上	80%以上	発情検知 $\leq$ 発情発見 $\pm 12h$
	分娩	100%	90%以上	分娩-36H $\leq$ 分娩検知(注意報) $\leq$ 分娩-3h 分娩-3h $\leq$ 分娩検知(警報) $\leq$ 分娩



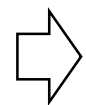


## 5. 検知シミュレーション / 飲水補間 (前準備)

**飲水補間**：温度データから飲水判定→飲水していない場合の温度を予測→予測値を温度データとして使用

予測方法：ニューラルネットの1種であるLSTMを用いて未来の温度を予測

入力：直近の時系列特徴量（温度値等）



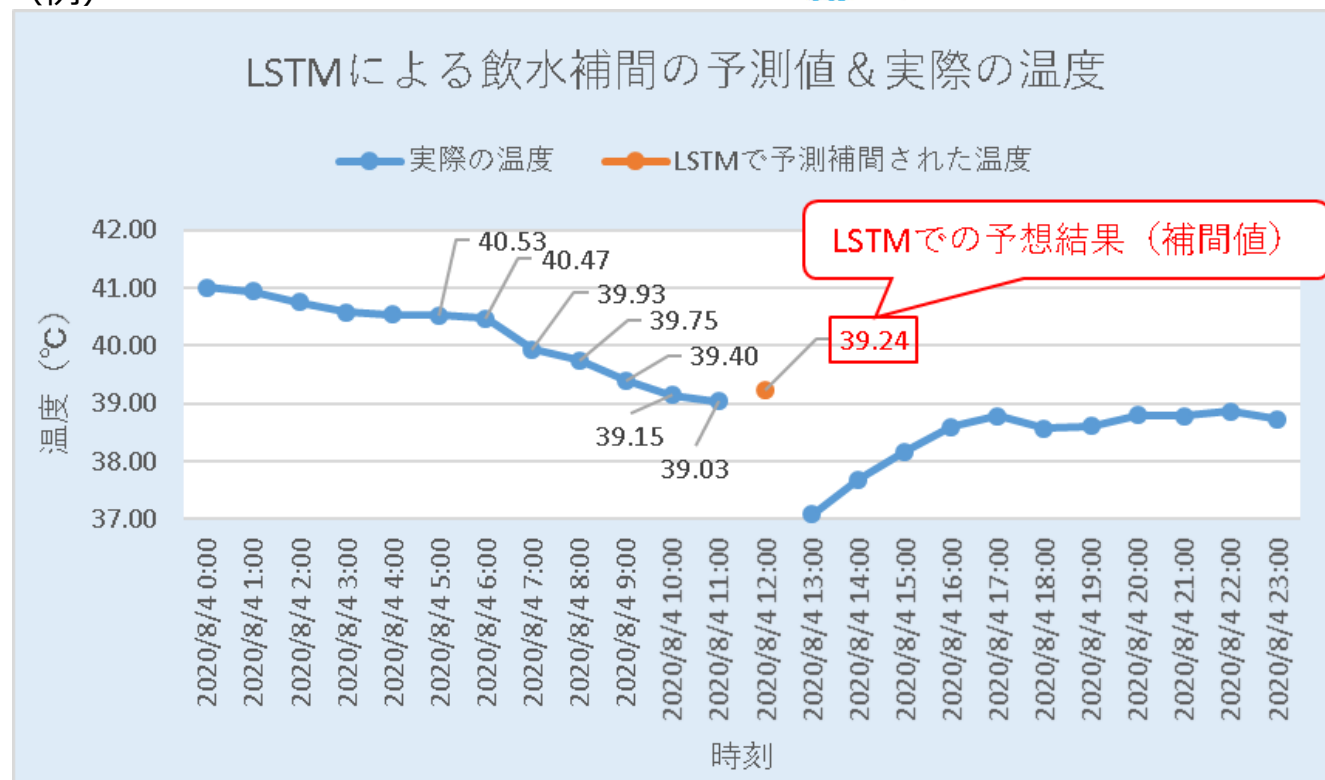
AI (LSTM) モデルによる予測

出力：次の時刻の平均温度 (°C)

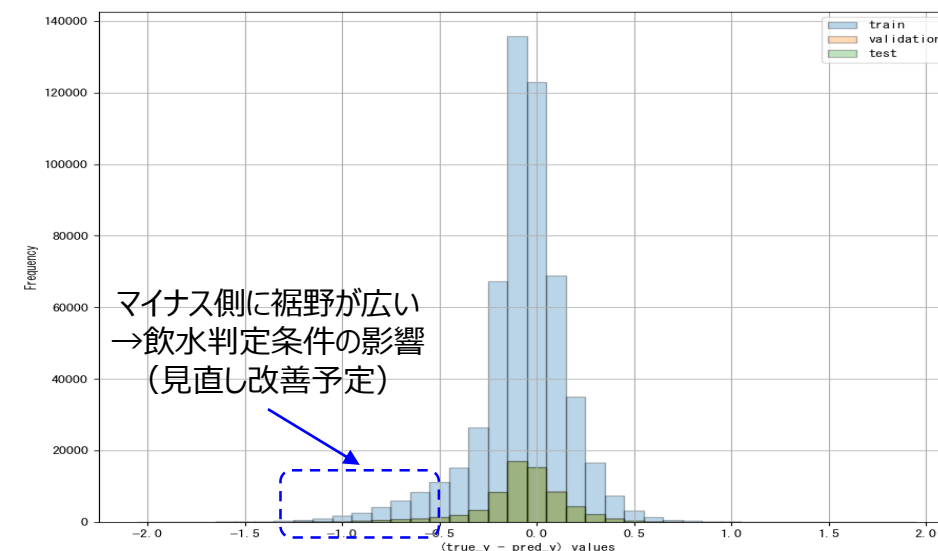


使用データ期間：2021/5/4 - 8/16 (104日分)  
学習データ件数：537,806件

(例)



予測値と実測値との差 (実測値-予測値)



	train_mae	val_mae	test_mae
予測誤差 (°C) (MeanAbsoluteError)	0.160	0.161	0.161

平均で0.16°Cの誤差で予測可能

## 5. 検知シミュレーション / 特徴量（検知で使用するパラメータ）

前述の見える化で確認された課題や各種文献情報より発情、分娩兆候として表れる特徴量を以下に定義

素材

特徴量名	内容
T1	<u>当日の平均温度</u> を直近数日分のデータを用いて時間帯毎に標準化した特徴量
T2	<u>温度の前日差分</u> を直近数日分のデータを用いて時間帯毎に標準化した特徴量
C1	<u>当日の活動頻度</u> を直近数日分のデータを用いて時間帯毎に標準化した特徴量
C2	<u>活動頻度の前日差分</u> を直近数日分のデータを用いて時間帯毎に標準化した特徴量
DX	<u>当日の活動強度（X軸）</u> を直近数日分のデータを用いて時間帯毎に標準化した特徴量
DY	<u>当日の活動強度（Y軸）</u> を直近数日分のデータを用いて時間帯毎に標準化した特徴量
DZ	<u>当日の活動強度（Z軸）</u> を直近数日分のデータを用いて時間帯毎に標準化した特徴量

上記特徴量を使用し、各種検知の感度、精度を最大化するために以下シミュレーションを実行

調理

- 各検知項目（発情、分娩等）に応じて、使用する最適な特徴量を選定  
(例) 発情はT1とT2使用、分娩注意報はT1のみ等
- 選定した特徴量に対し最適な閾値の導出
- 複数の特徴量を使用する場合は、最適な検知成立条件（AND/OR等）を導出  
(例) 発情は $T1 \cap T2$ 、分娩注意報は $T1 \cup C2$  等
- 上記特徴量とは別に、条件判定期間（F）と成立回数（N）を導出  
(例)  $F=3$ 、 $N=2$ ：3時間中2時間条件成立したら発情等

\* 感度、精度は牛種や飼養環境によって変動するので一律この性能とは限らない

### ●発情兆候の検知

- ・目標検知性能未達 >> 感度、精度共に70%前後

→ 子機エッジ処理（加速度データ処理）の見直し、兆候検知特徴量の継続検討

### ●分娩兆候の検知

- ・目標検知性能未達 >> 感度、精度共に90%弱（注意報）、50%前後（警報）

→ 特に分娩警報（分娩直前）の検知アルゴリズムの継続検討

### ●疾病兆候の検知

- ・その他疾病兆候検知 >> 精度：90% \* 感度不明

→ 採食量と飲水量及び増体との関連性 他（床はまり兆候検知検討）

END