

県内産業を支えるスマートセンシング技術に関する試験・研究開発

—家畜（肥育牛）の行動計測技術の開発—

Research and development of smart sensing technology to support industry
in Aomori

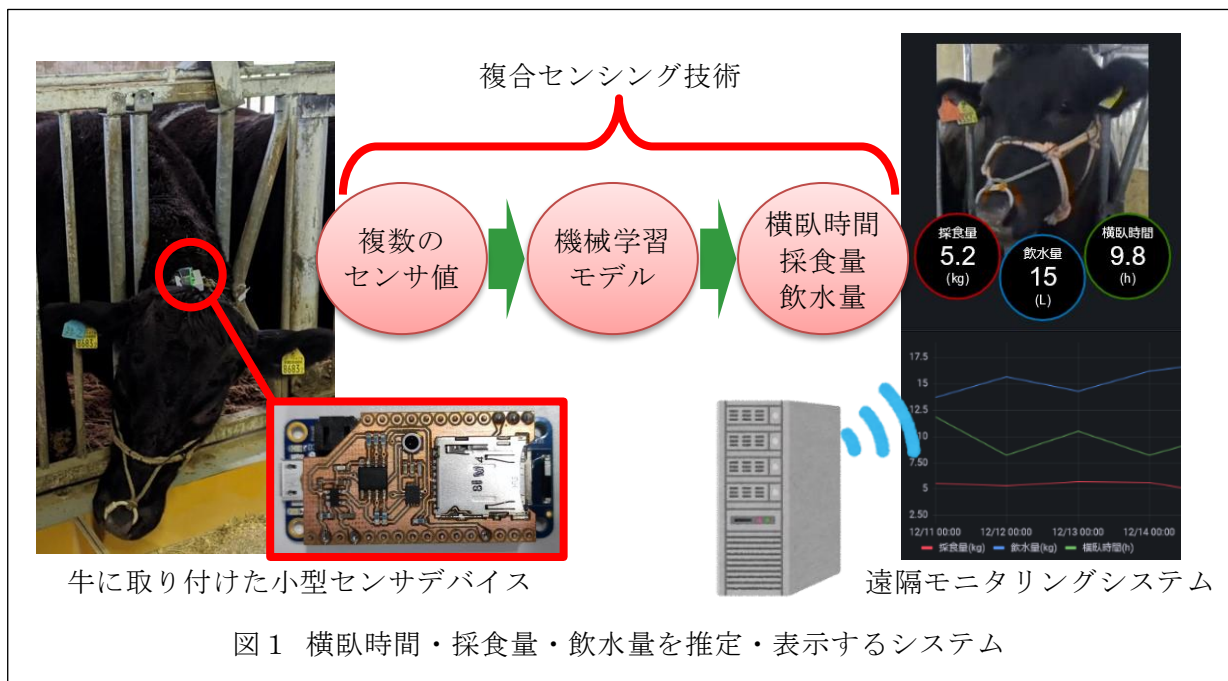
-Development of behavioral measurement technology for livestock (feedlot cattle)-

宮田 和弥、奥田 雄人

青森県内の産業は就業者数の減少及び高齢化により、就業者一人当たりの負担が大きく増大している。青森県産業技術センター内においても、家畜や養殖魚の行動計測や農作物の生育判断等を自動で行う技術についての相談が多い。

本研究では、令和元年度から令和3年度まで、これまで容易に計測できなかった事象を、可視化することができるスマートセンシング技術の開発を行った。具体的には、複数のセンサを組み合わせ、肥育牛の横臥・採食・飲水を推定する複合センシング技術を開発した。

最初に実際の採食量及び飲水量を算出可能な重量センサ付き餌箱及び水流量センサを作製し、肥育牛の採食量・飲水量のデータを収集した。また、肥育牛の頭部の角度・加速度・気圧データを計測可能な小型センサデバイスを開発し、データを収集した。次に、横臥時間・採食量・飲水量のデータと、小型センサデバイスにより得られた角度・加速度・気圧データとを併せて機械学習を行い、角度・加速度・気圧データのみから横臥時間・採食量・飲水量を推定する学習モデルを構築した。この学習モデルを用い、行動を区分し、横臥時間・採食量・飲水量を推定可能なシステム（図1）を開発した。



1. はじめに

青森の県内産業は就業者数の減少、及び高齢化により、就業者一人当たりの負担が大きく増大している。そうした中、青森県産業技術センター畜産研究所から、「青森県産和牛」の飼養管理に活用できるように、横臥時間・採食量・飲水量を推定できないかと相談があった。

本研究開発では、肥育農家の省力化も視野に入れ、複数のセンサを組み合わせ、肥育牛の横臥・採食・飲水を推定する「複合センシング技術」及び「遠隔モニタリングシステム」を開発することとした。複合センシング技術では、肥育農家が導入しやすいように、牛舎の工事が不要で、牛に小型センサデバイスを取り付けることで、横臥時間・採食量・飲水量を推定できるシステム（図2）を目指した。

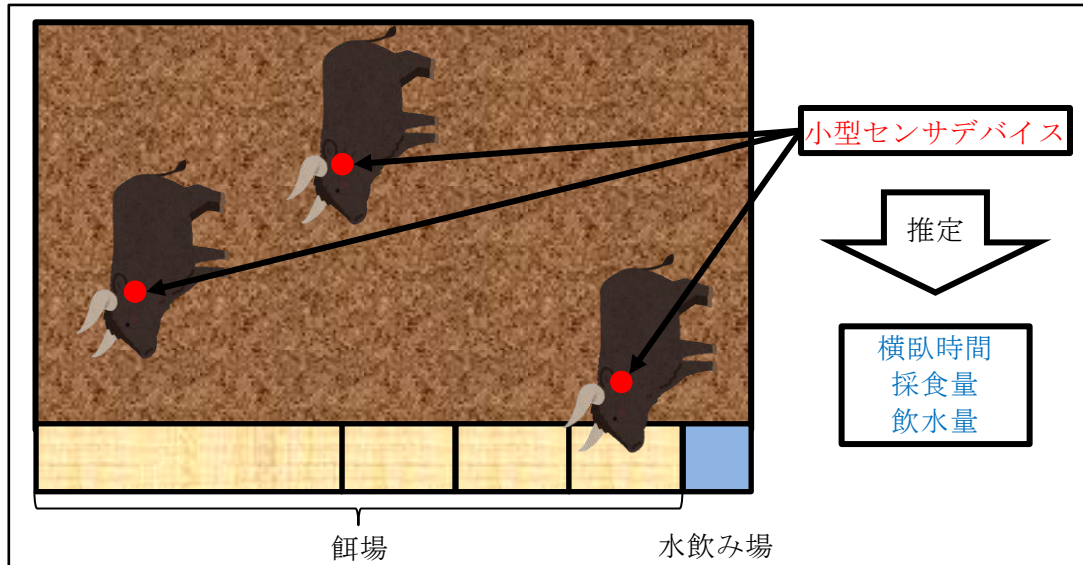


図2 牛舎での行動量推定のイメージ

2. 実験方法

2. 1. 複合センシング技術の開発

牛の横臥時間・採食量・飲水量を推定する方法として、実際の横臥時間・採食量・飲水量と、牛の状態に関わる複数種類のセンサ値とを機械学習する（図3）ことで、複数種類のセンサ値から横臥時間・採食量・飲水量を推定することとした。

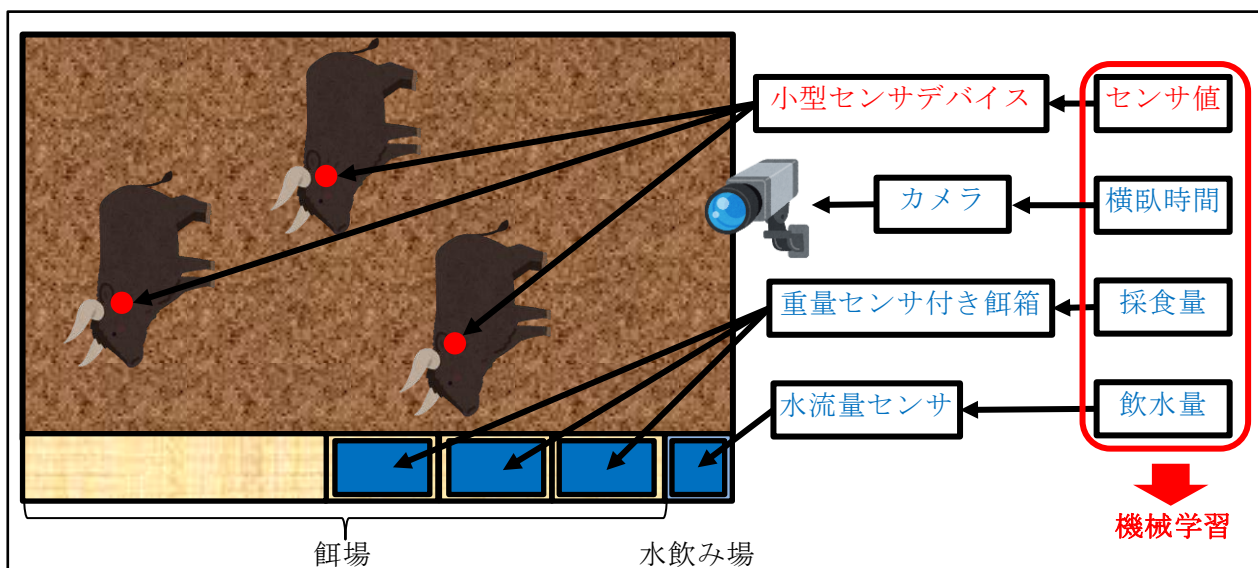


図3 牛舎での基礎データ収集実験のイメージ

2. 1. 1. 横臥時間・採食量・飲水量の実測

横臥時間については、牛を撮影した録画データから横臥時間を算出することとし、青森県産業技術センター畜産研究所の牛舎に録画用のカメラを設置した。採食量については、録画データから採食個体を確認し、餌重量の変化から算出することとし、餌重量を計測するシステムを開発した。また、餌重量を計測するために、餌箱（大きさ：縦 630mm×横 870mm×高さ 300mm）の下面四隅にロードセル SC902-200kg を取り付けた重量センサ付き餌箱を 3 台作製した（写真 1）。飲水量については、牛舎の水飲み場は、牛が弁を押すと水が出る仕組みであるため、録画データから飲水個体を確認し、水道管を通る水量から算出することとし、水道管を通る水流量を計測するシステムを開発した。なお、水流量の計測には、株式会社キーエンス製クランプオン式流量センサ FD-Q32C を使用した。取得した録画データを写真 2 に、餌重量の変化を図 4 に、水流量の変化を図 5 に示す。



写真 1 重量センサ付き餌箱



写真 2 録画したデータ

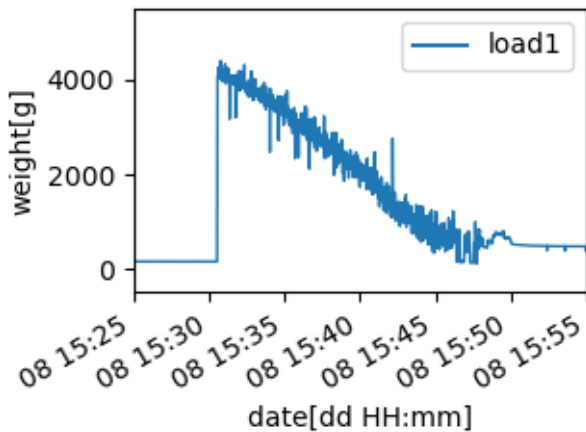


図 4 餌重量の変化

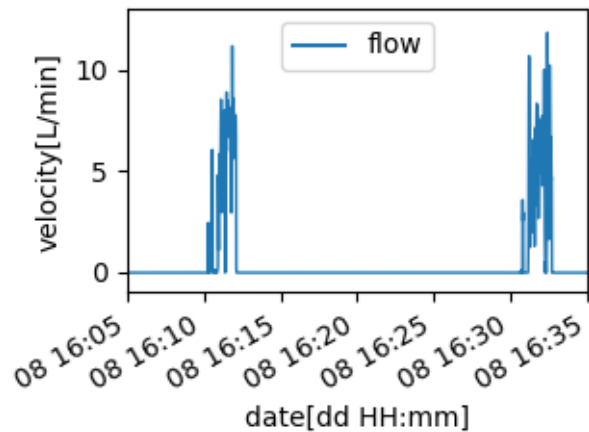


図 5 水流量の変化

2. 1. 2. 牛に取り付ける小型センサデバイスの開発

牛の横臥・採食・飲水等の行動により、牛の頭部の傾き、動き及び高さに変化する（表1）ため、牛の状態に関わる複数種類のセンサ値は、角度、加速度及び気圧とし、それらを計測可能な小型センサデバイスを開発した（写真3）。また、小型センサデバイスを牛の首上部に固定するために、小型センサデバイス及び1kgの重りを搭載した固定用首輪（写真4、写真5）を作製した。なお、マイコンボードは Adafruit Industries 社製の Adafruit nRF52840 Feather、プログラム言語は Arduino を使い、回転角速度・加速度センサ（TDK 株式会社、IIM-42652）及び気圧センサ（TDK 株式会社、ICP-10125）から、角度、加速度及び気圧を取得し、電源を投入してからの経過時間と共に microSD カードに記録した（表2）。

表1 牛の行動とセンサで得られる情報

行動	頭部の傾き (角度)	頭部の動き (加速度)	頭部の高さ (気圧)
横臥	水平	小さい	低い
採食	下に傾く	大きい	低い
飲水	やや下に傾く	小さい	やや低い
その他	—	—	高い

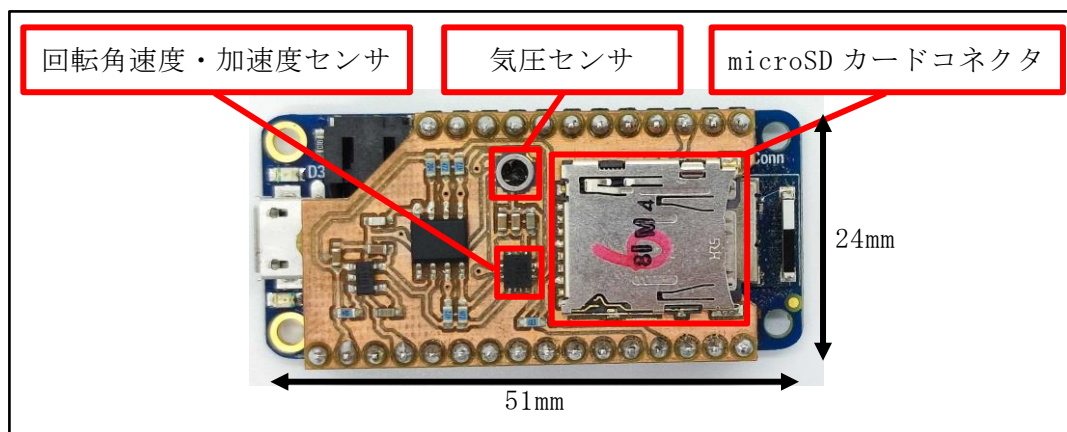


写真3 小型センサデバイス



写真4 固定用首輪



写真5 固定用首輪を付けた牛

表2 小型センサデバイスで収集したデータ

経過時間 [ms]	気圧 [Pa]	ロール角度 [°]	ピッチ角度 [°]	加速度 x [g]	加速度 y [g]	加速度 z [g]
500	123974.23	-28.28	-23.12	0.17	-0.6	0.89
550	123974.23	-26.8	-23.87	0.35	-0.41	0.87
600	101496.34	-25.24	-28.08	0.53	-0.48	1.09
650	101496.34	-22.49	-31.49	0.42	-0.25	0.79
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

2. 1. 3. 行動量推定装置の開発

小型センサデバイスの値と横臥時間、採食量及び飲水量の実測値を収集し、学習モデルを構築した。その学習モデルを用いて、小型センサデバイスの値から、横臥時間・採食量・飲水量を推定可能な行動量推定装置を開発した（写真6）。行動量推定装置には、シングルボードコンピュータ Raspberry Pi 4 Model B を搭載しており、無線通信により小型センサデバイスの値を受信可能である。また、小型センサデバイスで得られた気圧値は、大気圧変化による影響も含まれているため、気圧センサ（インフィニオン・テクノロジーズ、DPS368）を搭載した行動量推定装置を牛舎に固定し、牛に取り付けた小型センサデバイスとの気圧差を求めることで、大気圧変化による影響を減じている。

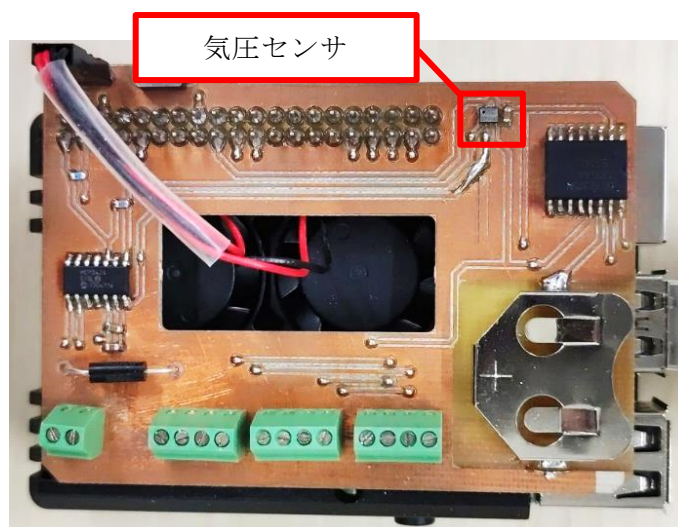


写真6 行動量推定装置

2. 2. 遠隔モニタリングシステムの開発

推定結果をデータベース InfluxDB に蓄積し、Web アプリケーション Grafana で表示する遠隔モニタリングシステムを開発した。このシステムを搭載した行動量推定装置をインターネットに接続することで、遠隔地からパソコンやスマートフォン等でモニタリング可能である。なお推定結果の表示は、過去数日間における 1 日毎の推定結果のグラフ表示と併せて、直近 24 時間のデジタル表示とした。

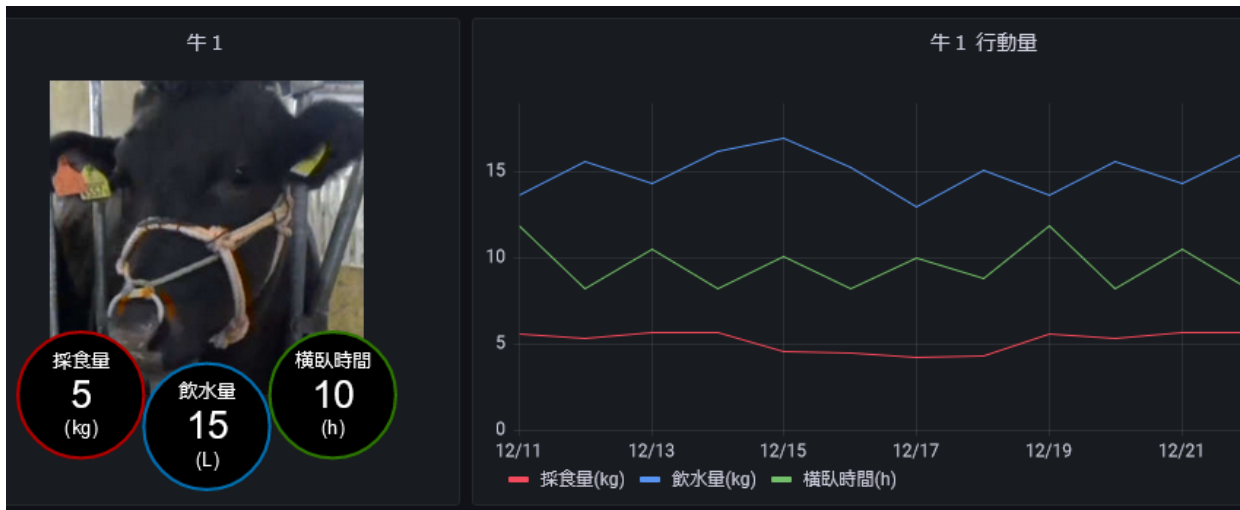


図 6 遠隔モニタリングシステムの表示内容

2. 3. 実証試験

学習モデルによる推定値と、録画データによる算出値を比較するために、青森県産業技術センター畜産研究所において 3 頭 1 群で肥育している 13 か月齢の黒毛和種に小型センサデバイスを取り付け、横臥時間・採食量・飲水量を推定する実証試験を行った。なお推定値の評価を行うために、同時に横臥時間・採食量・飲水量の実測も行った。

3. 実験結果

実証試験を行った結果、行動判別の正解率が96%(N=42611の内、行動を正しく推定できたのが40801)であった(表3)。学習データを多く取得できた横臥時間に関しては、算出値と推定値の差が0.1時間であった(表4)。飲水量は、学習データが少なかったため、算出値と推定値に差が見られたが、横臥と同様にデータを増やすことや、計算処理の改良により、推定精度の向上が見込める。

表3 行動判別の推定結果

実際の行動	正しく推定	誤って推定
横臥	38210	289
採食	1070	584
飲水	91	76
その他	1430	861
計	40801 (96%)	1810 (4%)

表4 横臥時間・採食量・飲水量の推定結果

実際の行動	算出値	推定値
1日の横臥時間	10.7時間	10.6時間
1日の採食量	4.9kg	3.9kg
1日の飲水量	14L	61L

4. まとめ

牛の横臥時間・採食量・飲水量を推定する複合センシング技術、及びこれらを用いた遠隔モニタリングシステムを開発した。実証試験の結果、牛に小型センサデバイスのみを取り付けることで、学習モデルを用いて行動を判別し、横臥時間・採食量・飲水量を推定することができた。飲水量の推定精度が低かった要因としては、牛の行動の大半が横臥であり、特に飲水は全体の行動のごく一部であるため、機械学習に必要なデータが十分でなかったことが考えられる。今後も、畜産研究所でのデータ収集継続及び計算処理の改良により、推定精度の向上を図る。