

無線センサネットワークによる牛の行動監視システムの開発（第2報）

首藤高德*・森本剣介**・倉原貴美**

*電子・情報担当・**大分県農林水産研究指導センター

Development of activity monitoring system of cattle by wireless sensor network(2nd Report)

Takanori SHUTO*・Kensuke Morimoto**・Takami KURAHARA**

*Electronics and Information Technology Section・**Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center

要 旨

昨年度まで牛の乗駕行動に着目した発情検知システムの開発をおこなった。その結果、市販の装置と同様に加速度センサにより、行動量の変化から発情兆候を検知できることがわかった。本年度はマウンティング牛の検知精度の向上とスタンディング牛の検知及び、牛の心拍データを得るセンサ開発を目指して研究をおこなった。

1. はじめに

近年、飼料の高騰、安価な輸入牛肉の台頭、TPP 問題など、畜産農家を取り巻く環境は厳しい状況であり、経営の効率化が大きな課題となっている。特に畜産農家では、牛の分娩間隔の短縮は生産性を高めるために重要な課題である。発情発見、人工授精、分娩というステップを確実に進めていくことが求められるが、これらは農家にとって負担の大きな作業である。発情発見のための乗駕行動を含め、牛の行動を監視することや、健康状態をセンシングすることができれば、農家の労力の軽減が期待できる。

これまでの研究により、市販の装置と同様に加速度センサにより、行動量の変化から発情兆候を検知できることがわかった。一方で、加速度センサでもマウンティング検知精度が悪く、また、スタンディングについて検知できなかった。そこで、複数種類のセンサを用いてマウンティング牛の検知精度の向上とスタンディング牛の検知を目指す。発情検知装置及びシステムを試作し、大分県農林水産研究指導センターで検証をおこなった結果について報告する。また、牛の健康状態をセンシングするための心拍センサを試作し、データ取得を試みた結果についても報告する。

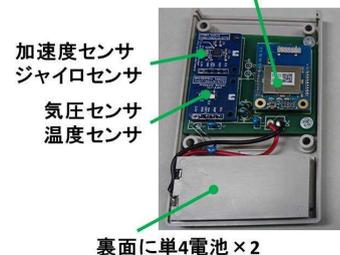
2. 発情検知装置と心拍センサの作製

2.1 発情検知装置の作製

Fig.1 に試作した検知装置の写真を示す。ラピスセミコンダクタ製の 920MHz 帯無線モジュール、6 軸センサ

(3 軸加速度センサと 3 軸ジャイロセンサ)、気圧センサ（温度センサ内蔵）を接続し、それらをプラスチックケースの中に収めた構造である。検知装置からは 2 秒間隔で各種センサデータと検知装置に割り当てた ID 番号などが無線送信されるように設定した。検知装置は牛の首輪に取り付けた。

(a) 無線モジュール(Lazurite)



(b)



Fig. 1 検知装置

(a)装置内部の写真 (b)牛へ取り付けたときの写真

2.2 電波強度と指向性の測定

昨年度までは 2.4GHz 帯の無線モジュールを使用していたが、より広いエリアでのデータ取得が求められるため、今回は 920MHz 帯の無線モジュールを使用している。使用するにあたり電波強度および指向性の測定を实

施した。測定には産業科学技術センターのDsラボ内にあるアンテナ計測システムを用いた。Fig.2にアンテナ計測システムの模式図と写真を示す。電波暗箱内部に電波吸収体があり、電波の反射がない空間の中で、無線モジュールを回転させながら電波を放出して計測した。測定用のアンテナと無線モジュールとの距離は1.25mである。

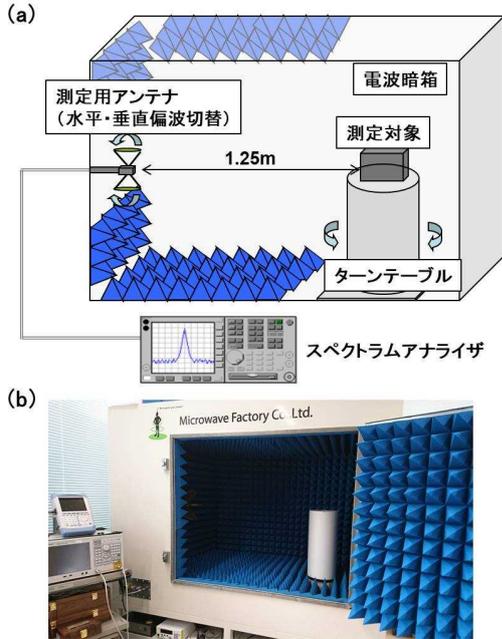


Fig. 2 アンテナ計測システム
(a)システム模式図 (b)写真

Table 1 電波強度の測定値

	TWELITE	Lazurite
周波数	2.4GHz 帯	920MHz 帯
出力	2.5dBm	13dBm
電波強度測定値 (1.25m 地点)	-46.5dBm	-26.2dBm
自由空間損失 (距離 1.25m での理論値)	42dB	34dB

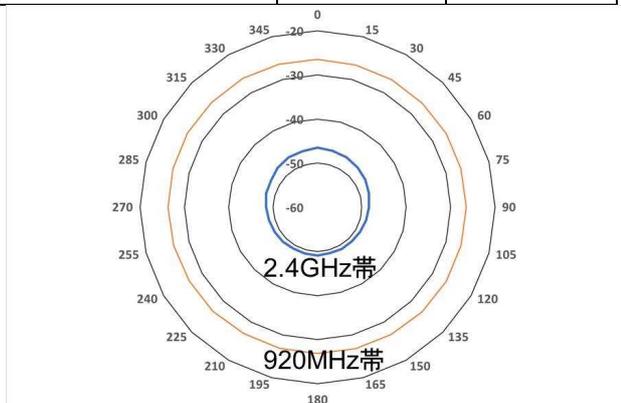


Fig. 3 電波強度指向性の測定結果

Table 1 に使用した無線モジュールの出力と電波強度の測定値を示す。1.25m 地点での電波強度がおおよそ20dBmの差があり、920MHz 帯の無線モジュールを使用することで、長距離での通信が可能となると期待できる。Fig.3 に指向性の測定結果を示す。どちらのモジュールも無指向性となっていることが確認できた。

2.3 心拍センサの作製

Fig.4 に試作した心拍センサの写真を示す。発情検知装置と同様に 920MHz 帯無線モジュールを使用し、ローム製の光学式脈波センサ接続した。心拍センサからは50 ミリ秒間隔で脈波センサデータが無線送信されるように設定した。心拍センサは牛のどの部分からデータ取得出来るかが分からないため、ケーブルを長く作製し、足首や耳でのデータ取得を試みた。



Fig. 4 心拍センサ

3. 受信装置プログラムの開発

検知装置からのセンサデータを収集・記録するための受信装置のプログラムを作成した。Fig.5に受信装置の写真を示す。受信装置はラズベリーパイ3にUSBケーブル経由で無線モジュールを接続して作製した。



Fig. 5 受信装置

プログラムは Node-RED を用いて開発した。受信装置のプログラムを Fig.6 に示す。センサデータは受信装置の内部メモリ及び、モバイルネットワークを介して遠隔

地のサーバ（ラズベリーパイ）に CSV ファイルで保存出来るようにした。データの転送は MQTT プロトコルを利用しておこなった。また、Node-RED のダッシュボードツールを利用してセンサのリアルタイムデータを可視化出来るようにした (Fig. 7)。

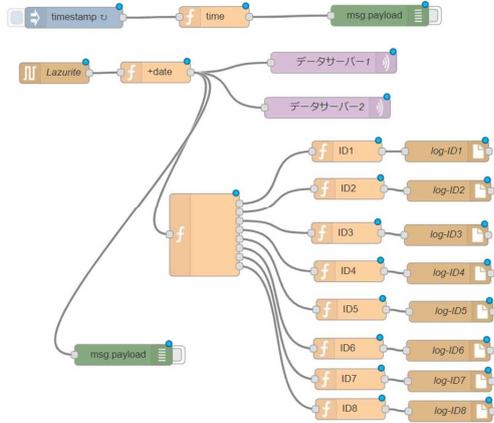


Fig. 6 受信装置のプログラム (Node-RED)

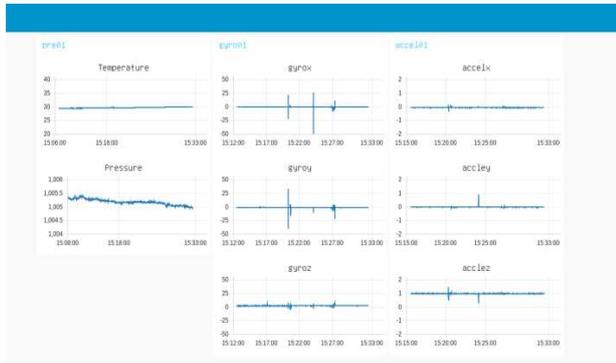


Fig. 7 センサデータの可視化

4. システムの検証

大分県農林水産研究指導センター畜産研究部（大分県竹田市久住町）にて、開発したシステムの検証試験をおこなった。Fig. 8 に試験環境の写真を示す。検知装置を取り付けた牛をパドックに収容し、監視カメラの映像とセンサデータの相関を検証した。今回、3頭の牛に検知装置を取り付けた。各牛と検知装置 ID の割り当てについて Table 2 に示す。監視カメラでどの検知装置 ID の牛か判別するため、カラービニールテープを使って検知装置を色分けした。検知装置は約 1 ヶ月間取り付けてデータを収集した。

Table 2 検知装置 ID と牛の割り当て

ID 番号	色	牛番	生年月日
1	青	育 58	H29.10.11
6	黄	育 86	H29.11.25
7	赤	198	H29.12.20

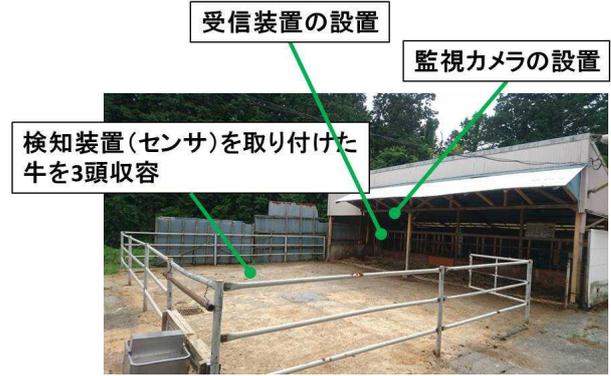
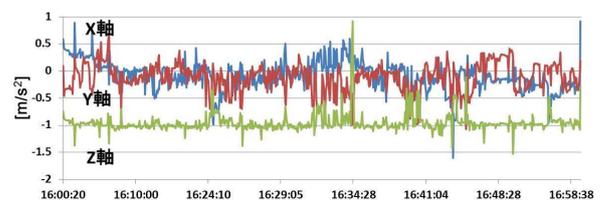


Fig. 8 システムの検証試験実施場所

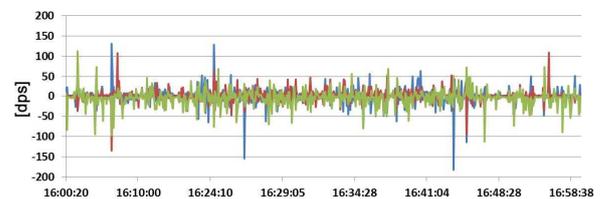
4.1 発情検知装置の検証

Fig. 9 に ID1 の発情検知装置を取り付けた牛から得られた各種センサの波形を示す。1 時間分の波形を示しており、この時間において複数回マウンティングがあったことが監視カメラの映像から分かっている。加速度センサおよびジャイロセンサには複数ピークが見られるが、マウンティング以外の行動でも大きな変化があった。一方で、気圧センサは気候変動で気圧が変化するため、大きな波が見られた。瞬間的な牛の上下の動きをみるため、直前のデータからの差分を取ったグラフを Fig. 10 に示す。大きなピークがあり、この時刻とマウンティングの時刻は一致した。

(a) 加速度センサ



(b) ジャイロセンサ



(c) 気圧センサ

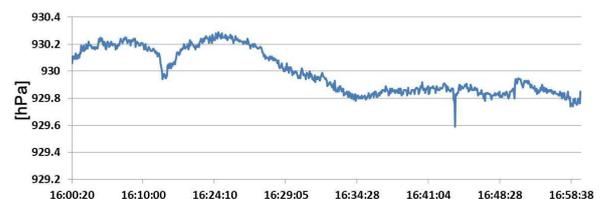


Fig. 9 各種センサの波形データ

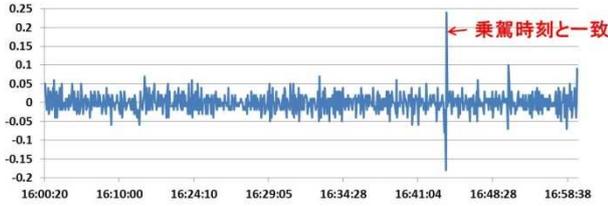


Fig. 10 気圧の変化量
(直前のデータからの差分を取ったもの)

上記のマウンティングの時刻に他の牛のセンサがどのような変化をしているのか調査した。Fig. 11 は ID6 および ID7 の検知装置の波形データである。マウンティングがあった時刻において、ID6 の加速度センサとジャイロセンサの波形にピークがみられた。ID7 の方はピークと一致はしなかった。どちらの検知装置においてもマウンティングのない時刻でもピークが現れているが、先に気圧センサなどによりマウンティングを検知し、その時刻におけるスタンディング牛を検知することは可能である。

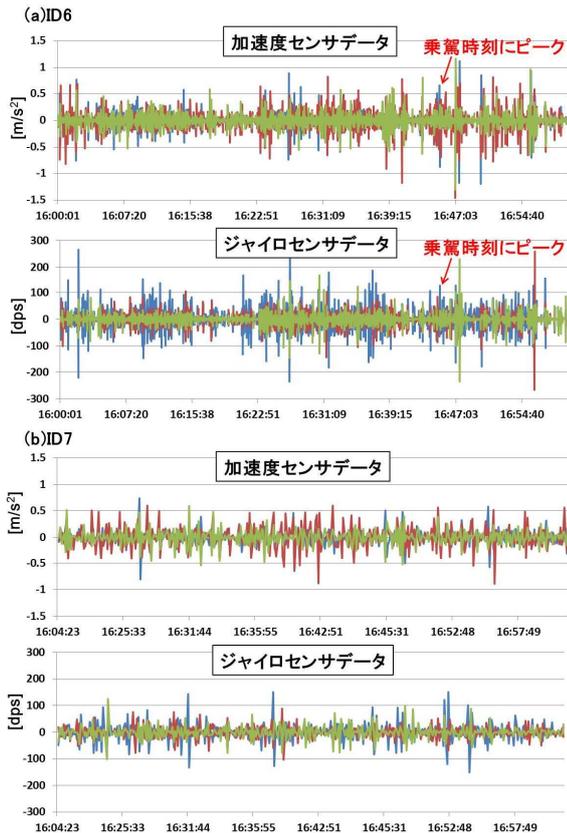


Fig. 11 (a) ID6 と (b) ID7 のセンサデータ

4.2 牛の脈波データの取得の試み

Fig. 12 に作製した心拍センサを用いて人の脈波を取得した例を示す。一定間隔の波が得られており、この波の間隔から心拍を求めることができる。

牛の脈波データの取得を試みた。まず、肉用牛の足首での取得を試みた結果を Fig. 13 に示す。肌や毛が黒く光の反射がほとんどないため、脈波を得ることは出来なかった。そこで、肌が白い乳用牛にて実験をおこなった。乳用牛でも脈波は得ることが出来なかったが、肉用牛に比べて反射した光の強度は5倍程度大きかった。牛の肌とセンサをしっかりと密着させた状態で計測出来るように工夫すれば脈波を得ることが出来るのではないかと考えている。

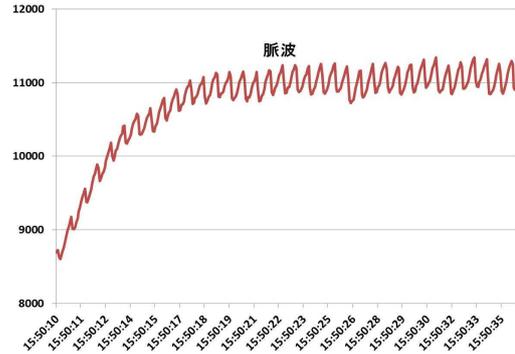


Fig. 12 人の脈波の取得例

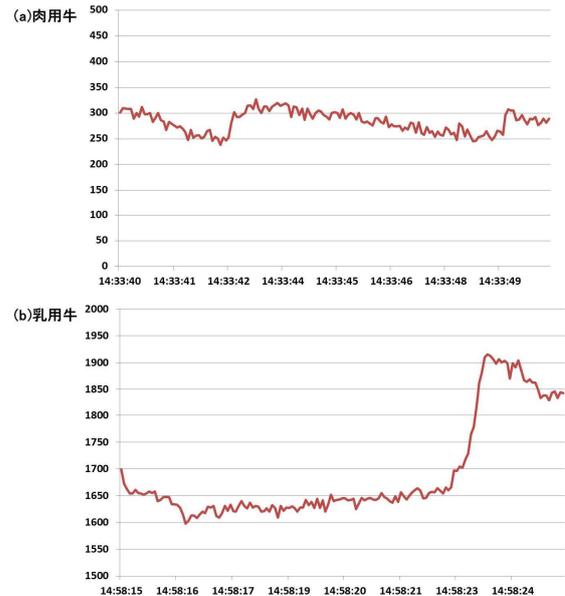


Fig. 13 (a) 肉用牛と (b) 乳用牛の脈波の取得

5. まとめ

マウンティング牛の検知精度の向上とスタンディング牛の検知及び、牛の心拍データの取得を目指して研究をおこなった。マウンティング牛の検知精度向上に気圧センサが有効であること、マウンティング時刻において、スタンディング牛の加速度とジャイロセンサ波形データに変化が見られることがわかった。光学式センサを用いて牛の脈波データの取得を試みたが、脈波を得ることは出来なかった。牛の脈波を得るためには、取り付け位置を工夫し、十分な強度の反射光を得る必要がある。