

牛の発情検知システムの開発

首藤高德*・秋本恭喜*・藤田達男**

*電子・情報担当・**大分県農林水産研究指導センター

Development of estrus detection system of cattle

Takanori SHUTO*・Yasuki AKIMOTO*・Tatsuo FUJITA**

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

要 旨

牛の受胎率向上のため、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。乗駕時の圧力および加速度を検知して、無線送信するセンサ端末を試作した。実地試験をおこない、牛の尻尾にセンサが取り付け可能であること、信号を無線受信できることを確認した。

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。特に牛の繁殖農家では、生産性を高めるために、授精のための的確な牛の発情の発見が不可欠である。しかし、飼養頭数が多い場合や、深夜の発情兆候を見極めるのは、農家にとって大きな負担になっている。Fig.1 に牛の繁殖サイクルを示す。分娩後、子宮が回復し、2 度目の発情の時に人工授精をおこなうのが最も効率が良い。牛の発情周期は平均 21 日であるため⁽¹⁾、一度発情を見逃すと次の発情まで泌乳期間が遅れて、大きな損失となる。



Fig. 1 牛の繁殖サイクル

発情している牛は、他の牛に乗駕されたときに動かないでいるスタンディング状態になる。また、動きが活発になり、落ち着きがなくなるといった行動を示す⁽²⁾。しかし、発情は夕暮れから翌早朝にかけて頻繁になるため、人間の眼だけで発情を発見することは困難である。したがって、発情発見を補助する装置が必要である。

牛の行動量の変化から発情を知らせるシステムなどが既にあるが、正確性に欠けることや、中小の畜産農家では導入するのにコストの面で採算が合わないといった問題がある。そこで、本研究では安価で正確な発情検知システムの開発

を目指す。本研究は大分県産業科学技術センターと大分県農林水産研究指導センター畜産研究部により共同で実施した。

2. センサの試作

2.1 システム及びセンサの概要

Fig.2 にシステムの概要を示す。牛の尻尾付け根の辺りにセンサを取り付け、そのセンサの情報を無線送信し、飼育者のパソコンなどで情報を受信する。圧力センサと加速度センサの情報から、乗駕の有無を判断するものである。



Fig. 2 システム概要

Fig.3 に試作したセンサの写真を示す。また、Table 1 と Table 2 に圧力センサと無線モジュールの仕様をそれぞれ示す。圧力センサとして、FSR (Interlink Electronics)を用いた。FSR は細長い面状の感圧部があり、短く切断しても使え

る特徴がある。無線モジュールには ZigBee 無線規格の TWE-Lite 2525A(東京コスモス電機)を用いた。TWE-Lite 2525A は無線モジュール(TWE-Lite)に加速度センサ(ADXL345, 測定範囲±16g)が付属しているものである。汎用のボタン電池 CR2032 一つで駆動可能である。

無線モジュールとボタン電池, センサ回路, 圧力センサを接続し, それらをケース(塩ビ管)の中に収めた。センサを牛の尻尾に巻き付けて取り付けるために, マジックテープをケースに取り付けた。

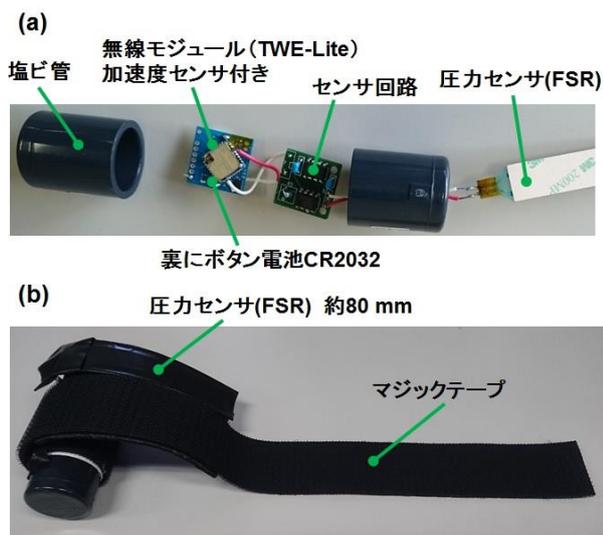


Fig. 3 試作したセンサの写真

(a)ケースの内部の写真 (b)センサの全体写真

Table 1 圧力センサ FSR 仕様

| | |
|-----------|------------------------------------|
| メーカー | Interlink Electronics |
| サイズ | 幅: 15 mm 長さ: 622 mm 厚み: 0.41 mm |
| 圧力感知範囲 | 0.1~100 N (周辺構造に依存) |
| スタンドオフ抵抗値 | > 1 MΩ |

Table 2 無線モジュール TWE-Lite 2525A 仕様

| | |
|------|--------------------------|
| メーカー | 東京コスモス電機 |
| サイズ | 25 × 25 × 11 mm |
| 周波数帯 | 2.4 GHz |
| 通信速度 | 250 kbps |
| 送信出力 | +2.5 dBm |
| 通信距離 | 最長 1 km (見通し, 外部アンテナ使用時) |
| 動作電圧 | 2.3~3.6 V |

2.2 圧力センサの測定範囲の調査

Fig.4(a)に試作した圧力センサの回路図を示す。圧力センサ FSR とオペアンプを用いて反転増幅回路を作製した。

FSR は高分子厚膜フィルムデバイスの一つで, 圧力に増加に伴って, 電気抵抗が減少する特性を持っているため, 圧力が増加するとセンサ回路の出力電圧は増加する。

Fig.4(b)にデジタルフォースゲージ(イマダ ZPS-DPU-500N)を用いて, 荷重-電圧特性を調査した結果を示す。荷重が大きくなると電圧変化が小さくなっており, 100 N 程度で飽和することがわかった。乗駕したときの圧力は 1 kN 以上であることが想定されるが, そのときの正確な圧力を測定する必要はなく, 乗駕の有無を判断することが出来れば良いため, 作製したセンサでも問題ないと考えられる。

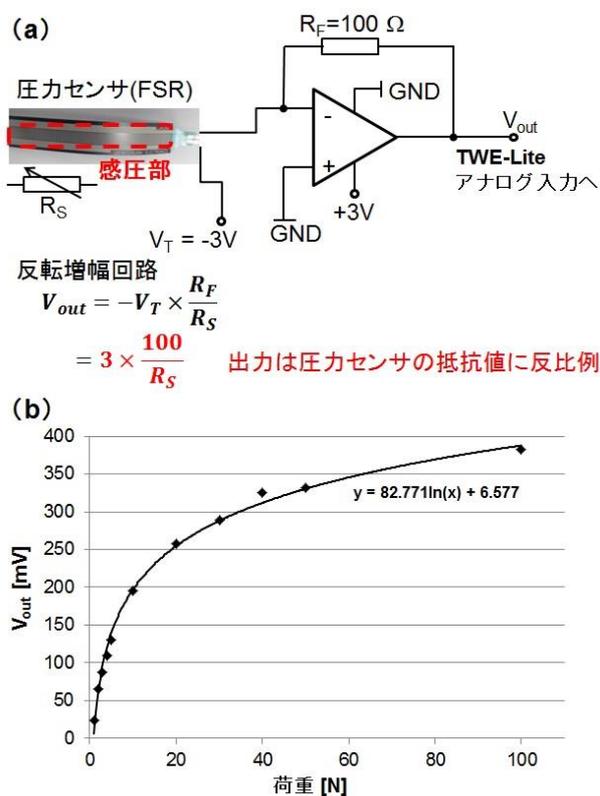


Fig. 4 圧力センサの(a)回路図と(b)荷重-電圧特性

2.3 無線モジュールの消費電流の調査

オシロスコープ(テラダイン・レクロイ HDO6034-MS)と電流プローブ(CP031)を用いて, 無線モジュール TWE-Lite の消費電流を調査した。Fig.5 に電流波形の観測結果を示す。Fig.5(a)は送信出力を 2.5 dBm, 送信間隔を 2 秒としたときの観測結果である。2 秒ごとに大きな電流が流れているが, その他はほとんど電流の消費はなかった。Fig.5(b)は時間軸を拡大して, 1 回の送信時の波形を観測したものである。信号送信のための起動時間は 10 ms で, 信号送信時に最大 20 mA 程度の電流を消費することがわかった。無線送信時のみに電流消費があるとして, ボタン電池(220 mAh)の寿命を見積もったところ, 約 3000 時間となった。しかし, 実際に 2 秒間隔で信号を送信し続けた場合, 約 2 週間(336 時

間)で電池切れとなり信号が途絶えた。無線送信時以外にもセンサ回路などで電流の消費があるためだと考えられる。

牛に取り付けて使用することを考えた場合、出産後、子宮が回復し、発情するまでの期間(約 2 ヶ月)は最低でも電池交換なく使用できることが望ましい。そのため、センサ回路などのハードウェアの改良や、乗駕を検知した時だけ信号を送信するなどのソフトウェアの改良が必要である。

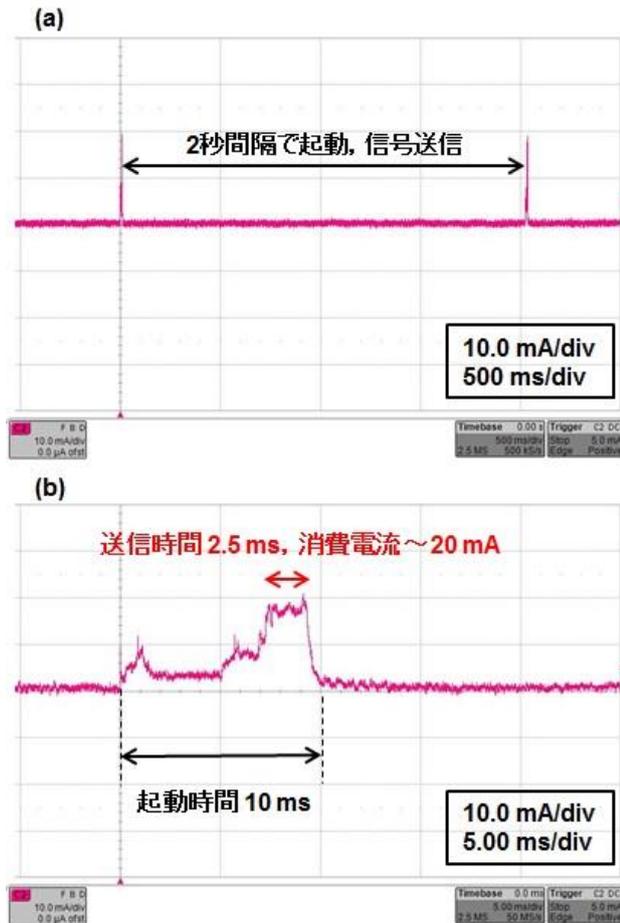


Fig. 5 オシロスコープでの観測結果

(a)電流波形(2回送信分) (b)電流波形(1回送信分)

3. 実地試験

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、試作したセンサの実地試験をおこなった。

Fig.6 に牛にセンサを取り付けた様子を示す。センサが滑り落ちるのを防止するために、一部に伸縮性のゴム素材のあるバンドを用意して、センサの直下に取り付けた。このバンドもマジックテープ方式となっている。

牛から数メートルのところの屋内に受信機とパソコンを設置して、信号の受信テストをおこなった。センサからの信号は 2 秒間隔で送信されている。Fig.7 に受信データの一部をグラフ化したものを示す。圧力センサおよび加速度センサの

データを受信できていることがわかる。また、手で圧力センサの感圧部を押したときに、圧力センサの出力が大きくなっており、圧力を検知できることを確認した。一方で、手で押した程度では、加速度センサの数値には顕著な変化はみられなかった。



Fig. 6 実地試験の様子

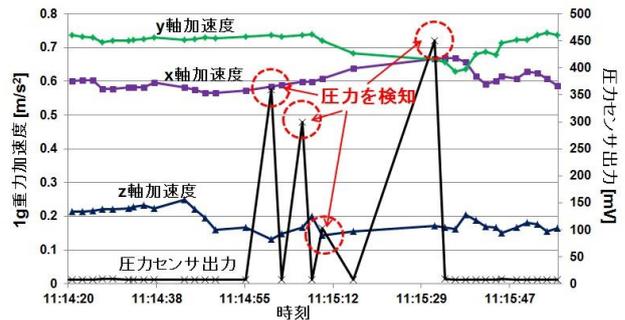


Fig. 7 受信データ

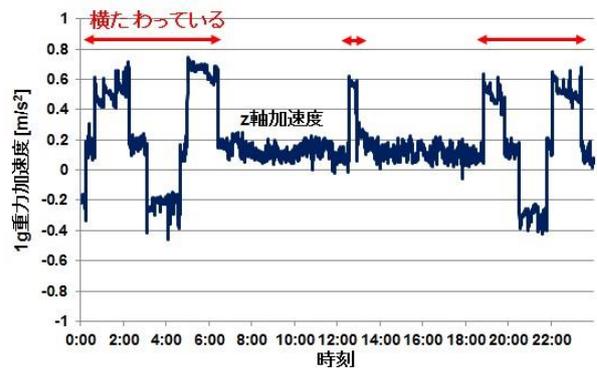


Fig. 8 1日のz軸加速度の変化

Fig.8 に1日(2016年1月21日)のz軸加速度の変化を示す。直近10個のデータから単純移動平均を求めて、平滑化したものである。Fig.6の様にセンサを取り付けた状態(牛が立っている状態)でのz軸加速度が $0.1 \sim 0.2 \text{ m/s}^2$ であっ

たので、6:00 頃から 19:00 頃まではほとんど立っている状態であることがわかる。一方、その数値から大きく変化している時間は横たわっている姿勢であることが推測できる。この様に加速度センサの情報から牛の行動や姿勢を監視することも可能である。

4. まとめ

牛の受胎率向上のため、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。乗駕時の圧力および加速度を検知して、無線送信するセンサ端末を試作した。実地試験をおこない、牛の尻尾にセンサが取り付け可能であること、信号を無線受信できることを確認した。ウェアラブルセンサとして、乗駕だけでなく牛の行動や姿勢などを監視することができる可能性もある。

今回の実地試験では、3 日程度でセンサが牛から落下したため、今後は長期間保持できるような取り付け治具の開発を目指す。また、実際に牛が乗駕した時に取りこぼしなく信号が送信されるかどうか、センサが壊れないかどうかなどの検証をおこなう。センサデータを蓄積して、発情を判断するプログラムの開発を目指す。

参考文献

- (1) 酪農総合研究所 技術シリーズ「発情発見は経営の要」(1998)
- (2) 日産合成工業「酪農・豆知識」第 70 号(2012)