

酪農現場での ICT 器械による省力管理技術の開発

山本祐実* 村上知之 久保聡**

Development of labor-saving technology using ICT device at dairy management

Yumi Yamamoto, Tomoyuki Murakami, Satoshi Kubo

要 約

繋ぎ飼い牛舎で使える安価な 3 軸加速度を用いた牛体の姿勢判別により、発情兆候や分娩行動を遠隔で検知し、通報するシステムを構築することで、受胎率の向上や分娩事故の低減により生涯生産性を向上させ、後継牛を確保することで経営の安定的発展を図る。

- 1 加速度センサをき甲部に装着することで「発情前から発情中」の検知が可能であり、9 頭のデータのうち 7 頭で発情 1 日前から発情中にかけて検知することができた。検知した場合、遠隔地に通知するシステムも構築完成した。
- 2 加速度センサを尾根部に装着することで分娩前を検知できる可能性があることがわかったが、閾値設定までには至らなかった。
- 3 発情と分娩の例数を増やし、精度を向上させる必要がある。

キーワード：乳用牛、発情、分娩、繋ぎ飼い

結 言

酪農経営の安定のためには、繁殖成績の向上と分娩事故防止が重要であり、分娩間隔の短縮による生涯生産性の向上と、後継牛の確保が必要である。しかし、酪農家の高齢化や担い手不足により農家戸数が減少する中、乳生産量確保のため 1 戸当たりの飼養頭数は増加傾向にあり、搾乳・給餌作業が増える一方で、発情観察時間が減少し、また、発情の微弱化や持続時間の短縮などにより発情発見率が低下し、適期授精を逃すことで空胎期間が長期化する傾向にあり、繁殖成績は低下傾向にある。さらに、牛舎と住居が離れている酪農家では夜間分娩時等の緊急時の管理が行き届きにくく、分娩事故のリスクを高めている。

近年、ICT 技術を用いた省力管理技術の商品化が進んでおり、発情発見用の装置では、スタンディング行動やマウンティング行動等による歩数増加によって発情を検出する装置が商品化され

ているが、スタンディング行動やマウンティング行動等がない繋ぎ飼い牛舎では、発情発見率が劣ると言われている。京都府内の酪農家の約 8 割が繋ぎ飼い牛舎であり、その 9 割が家族経営である。また、牛舎と住居が離れている場合が多く、現在、商品化されている ICT 技術を府内の酪農家に普及することは困難である。

内村らは、発情兆候の前後で一日の総起立時間、1 回当たり起立継続時間、及び 1 回当たりの起立平均時間で延長がみられ、繋ぎ飼い牛舎での発情発見に活用できる可能性が示唆されたと報告している²⁾。また、木村らは 1 日当たりの起立回数や起立時間の行動量は分娩日が近づくにつれて増加し、分娩 0～1 日前に最高値を示したと報告している³⁾。

そこで、起立・伏臥の回数や時間を指標とした発情発見や分娩監視方法を検討し、発情兆候や分娩行動を遠隔で検知し、通報するシステムを構築することで、受胎率の向上や分娩事故の低減により生涯生産性を向上させ、後継牛を確保し経営の

* 現 京都府農林水産部経営支援・担い手育成課

** 現 グンゼ株式会社

安定的発展を図った。

材料及び方法

1. センサ機器の牛への簡易な装着方法の開発
 - (1) 実施時期
2016 年 4 月～2017 年 12 月
 - (2) 供試動物
ホルスタイン種雌牛
 - (3) 方法
伸縮性のあるベルト等を用いて、乳牛の背面に 1 週間以上装着が可能かつ、普及の際に受け入れられやすい着脱が容易な装着方法を確立する。
 - (4) 調査項目
加速度センサ位置、データの精度、耐久性、不具合の検証
2. 牛舎の通信環境や ICT 器械の記録間隔の調整
 - (1) 採材時期
2017 年 4 月～2019 年 3 月
 - (2) 方法
無線通信で蓄積した 3 軸加速度データをインターネット上で確認できるシステムを構築し、牛舎で検証する。
3. 3 軸加速度データの蓄積及び解析
 - (1) 3 軸加速度データの蓄積
 - ア 実施時期
2017 年 4 月～2019 年 3 月
 - イ 供試動物
ホルスタイン種雌牛
 - ウ 方法
家畜用衣料につけたセンサからタブレット端末にデータを蓄積する。
発情：分娩後から受胎するまでの期間
分娩：分娩予定 1 週間前から分娩後 1 日
 - (2) 発情兆候の解析
 - ア 実施時期
2016 年～2018 年
 - イ 供試動物
ホルスタイン種雌牛
 - ウ 方法
観察と発情後の出血、及び繁殖検診での確認と、3 軸加速度データを用いて牛体姿勢の変化をとらえることで、発情検知の閾値を検討する。
 - (3) 分娩兆候の解析
 - ア 実施時期
2018 年 11 月～2019 年 3 月

イ 方法

ホルスタイン種雌牛

ウ 方法

監視カメラにより撮影した行動と、3 軸加速度データを用いて牛体姿勢の変化をとらえることで分娩閾値を検討した。

4. プログラミング及び実用化に向けた検証

- (1) 試験期間
2018 年 11 月～2019 年 3 月
- (2) 試験方法
解析したデータを元に、発情と分娩を検知できる閾値を組み込んだプログラムを企業に依頼する。検知プログラムが発情と分娩と一致するかを確認する。

結果及び考察

1. センサ機器の牛への簡易な装着方法の開発
当センター乳用牛成牛 5 頭を用いて装着部位及び装着方法の検討を行った。装着部位には十時部、尾部を選定した。装着方法は、十時部は、スーツケース用ベルトを用いて背部と腹部でセンサを締め付ける方法と、3cm 手芸用織りゴムを両側の肘頭及び尾に通して固定する方法とし、尾部はリストバンドで固定し、装着性を検討したところ、十時部に手芸用織りゴムで装着した方法が、若干傾くもののセンサ機器の落下が起きず装着できた (図 1)。



図 1 手芸用織りゴムで作成した取付具

作成した取付具で肩後にセンサ機器を装着したところ、十時部と変わらないデータが得られ、装着性も良かったことから、装着部位は肩後とした。素材については装着試験を繰り返し、伸縮性のあるゴム素材を全体に使い、両側の肘頭及び尾に通して固定する形状とし、尾にはクッション性の生地に糞で汚れにくい撥水性の素材を使用し、また、背部で牛体に合わせた調節が可能であり、一定以上のテンションが掛らないような構造をしたセンサ取付具を開発し (図 2、3)、2019 年に特許を取得した (特許 7048938)。



図 2 センサ取付具



図 3 センサ取付具による牛への加速度センサの取付

2. 牛舎における通信環境及び記録間隔の検討

機器の構成は、センサからの情報を収集し解析するパソコンと遠隔地に通知するためのスマートフォンである。その他、パソコンとスマートフォンとを無線通信する Wi-Fi 環境が必要となる（図 4）。

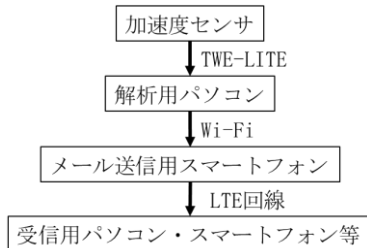


図 4.機器の構成

(1) 3 軸加速度センサからパソコン

センサの情報は、低消費電力で中距離ナローバンドのモノワイヤレス社の TWE-LITE モジュール（図 5）を用いて Windows パソコンへ送ることとした。電源はボタン電池とし、加速度センサの記録間隔を 2.0 秒とすることで、約 2 か月半連続測定が可能となった。

しかし、近年、発売されている同様の機能を持った製品は、2～5 年程度連続測定が可能であることから、測定時間の延長が必要と考えられた。



図 5 モノワイヤレス社 TWE-LITE モジュール

(2) 遠隔地への通知

発情の閾値に達した場合のパソコンから遠隔地のパソコンやスマートフォンへの通知は、Wi-Fi で接続されたウシブル通知アプリ（2013～2015 年の乳牛の快適性向上のための暑熱対策試験にて作成：秘密保持契約のため報告書非公開）が入っている通信用のスマートフォンに一旦、発信する情報が転送され、このスマートフォンから LTE 網に接続されたパソコンやスマートフォンにメールで通知する仕組みとした。通知画面には、検知した時間と個体が表示され（図 5、6）、遠隔地への通信方法を確認した。



図 5.通信機器



図 6. 遠隔地スマートフォンの通知画面

3. 3 軸加速度データの蓄積及び解析

(1) 姿勢判別

3 軸加速度センサをき甲部に装着し、2016

から 2017 年度に収集した X 軸、Y 軸、Z 軸の加速度データとビデオカメラによる行動記録を照らし合わせたところ、起立及び伏臥の重力加速度の差が 0.4 となった。重力加速度の差を利用し、起立、伏臥（左下）、伏臥（右下）の姿勢を自動で検知するアルゴリズム（マハラノビス距離による線形判別関数により導出）を作成した。姿勢の正判別率が 95%であることを確認した（図 7）。

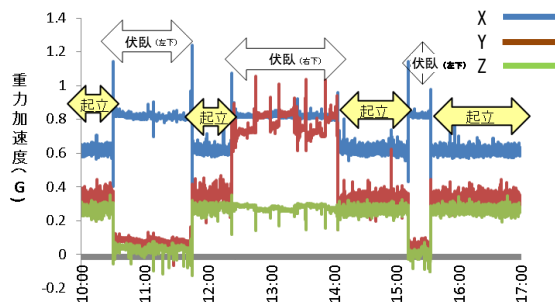


図 7. 加速度データと姿勢との関係（一例）

(2) 発情兆候の解析

発情時は起立時間が長くなることが広く知られている。加速度センサで取得したデータから、発情前から発情時にかけて起立時間が増加することが分かったため、起立時間が通常より増加した場合に発情と検知する式を考案した（図 8）。この式は、慣行の飼料給与や一時的な起立時間の増加による発情誤検知を防ぐようになっている。また、発情 8 日前からの装着で検知可能であった。

加速度データと式でシミュレーションを行ったところ、発情約 8 日前からの装着で 2018 年度に集積した 9 頭のデータのうち 7 頭で発情 1 日前から発情中にかけて検知することができた（図 9）。

$$\begin{aligned} \text{(起立)} \quad d_{\text{stand}}^2(n) &= (LD_1(n) - \overline{LD}_{1,\text{stand}})^2 + (LD_2(n) - \overline{LD}_{2,\text{stand}})^2 \\ \text{(左下横臥)} \quad d_{\text{left}}^2(n) &= (LD_1(n) - \overline{LD}_{1,\text{left}})^2 + (LD_2(n) - \overline{LD}_{2,\text{left}})^2 \\ \text{(右下横臥)} \quad d_{\text{right}}^2(n) &= (LD_1(n) - \overline{LD}_{1,\text{right}})^2 + (LD_2(n) - \overline{LD}_{2,\text{right}})^2 \end{aligned}$$

図 8. マハラノビス距離による線形判別関数

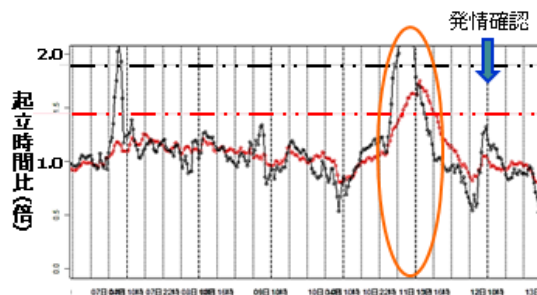


図 9. 発情前になると起立時間比が上昇（一例）

(3) 分娩兆候の解析

分娩を検知するための行動の変化を発見した。

分娩前は頻繁に寝起きすることが知られており、2017 年度までは発情同様にセンサ取付具のき甲部に加速度センサを装着し、起立と伏臥の割合を調査した。しかし、個体による差が大きく、共通する特徴を見つけることができなかった。そこで、2018 年度には、分娩前に尾の挙上行動が見られることが知られていることから、センサ取付具の尾部に加速度センサを入れる新たな装着治具を開発し、尾根部に巻き付けた。尾根部に巻き付けるため、従来の膣内挿入型の分娩検知装置と比較し衛生的で簡易的であると考えられる。測定した全頭（4 頭）で分娩前に 3 軸加速度値の変化が見られたが閾値の作成までは至らなかった。（図 10、11）



図 10. 尾根部への装着



図 11. 分娩前になると動きが活発化し、3 軸加速度値が上昇

4. プログラミング及び実用化へ向けた検証

現段階では、完成した検知・通知システムを用いての検証には至っていない。普及に向けて、システムが正確に動作するかの検証や検知率の検討、協力農家での実証試験を行う必要がある。

引用及び参考文献

- 1) 今井敬：乳牛の繁殖性低下の現状と繁殖技術による受胎性向上,日本胚移植学会誌第 38 巻 3 号,2001
- 2) 内村ら：起立行動を指標とした発情モニタリングシステムの開発と授精適期の検討,大分県農林水産研究指導センター畜産研究部試験成績報告,2010
- 3) 木村ら：牛の分娩前徴-起立回数及び起立時間の変化, Anim. Sci. Technol. (Jpn.) 62 (11):1074-1079,1991
- 4) 岩崎方子:乳牛への ICT 機器応用試験 京都府 FS 研究報告会,2015
- 5) 押真弓 堂地修 小山久一:乳牛のフリーストール牛舎における夜間発情行動,酪農学園大学誌 30(2)p.229～234,2006
- 6) 家畜人工授精師講習会テキスト,第 8 章 種付けの理論 授精(交配)適期 p.269-278, 平成 22 年
- 7) 公益社団法人畜産技術協会:肉用牛繁殖性向上緊急対策「肉用雌牛の繁殖性向上に資するための ICT 活用技術実証報告書」p.51-73,平成 28 年
- 8) オホーツク農業共済組合技術情報,分娩～生命が生まれる、その瞬間～,2009
- 9) 岡田啓司:3 軸加速度センサによる跛行診断,家畜診療 61 巻 12 号 p.726－730,
- 10) Miwa, Oishi et al.:PLOS ONE 10.1371 /journal.pone.0128042,京都大学,2015