

肉牛の発情検知システムに関する基礎的調査

渋谷良太

鹿児島県霧島市国分中央1-10-2 第一工業大学 工学部 情報電子システム工学科

E-Mail: r-shibusawa@daiichi-koudai.ac.jp

Preliminary Research on Estrus Detection System in Beef Cattle

Ryota SHIBUSAWA

Department of Informatics and Electronics, 1-10-2, KokubuChuo, Kirishima, Kagoshima, 899-4395, Japan

E-Mail: r-shibusawa@daiichi-koudai.ac.jp

Abstract: With the advancement of information technology, various information systems have been put to practical use to support more accurate and efficient animal husbandry operations, but these systems have not yet been fully adopted by small-scale farmers. In this study, we implemented the simplest method for detecting estrus in beef cattle, which can be introduced even by small-scale farmers, and clarified its advantages and disadvantages. The results of this study were compared with those of previous studies and with the specifications of commercialized products, and an estrus detection system that should be researched and developed in the future was summarized.

Key words: Data-driven agriculture, Smart agriculture, Beef cattle breeding, Internet of Things

1. はじめに

鹿児島県は、日本国内でも有数の畜産業が多く行われている地域である。中でも黒毛和牛、黒豚のブランドは、長年日本のトップクラスにランク付けされている。

情報技術の進展とともに、畜産業務をより正確に、効率よく行うことを支援する様々な情報システムの実用化が進み、普及しつつある。しかし、大規模で経営資金も豊富な農家はそれらのシステムの導入が進んでいるが、小規模農家には未だ十分に普及していないのが現状である。

本研究では、肉牛(黒毛和牛)の繁殖業務において、小規模農家でも導入可能な最も単純な手法による肉牛の発情検知を施行し、その利点、欠点を明らかにした。また、その結果と先行研究、実用化された製品の仕様と比較することで、今後研究開発されるべき発情検知システムについてまとめた。

2. 肉牛の畜産業務の内容

肉牛の生産は主に、(1)母牛を飼育し、人工授精して子牛を生ませて育てる繁殖と、(2)繁殖された子牛を購入し、さらに大きく育てる肥育の二つの工程からなる。通常(1)と(2)は別々の農家

が行っている。本論文では、(1)の支援を対象としている。

(1)の繁殖の工程では、畜産農家が自ら雌牛の発情を検知し、直後に人工授精師あるいは獣医師に連絡して定まった種牛の精子をその母牛に人工授精する。約60日後、獣医に妊娠鑑定を依頼する。妊娠鑑定を早く実施してしまうと、子牛の流産に繋がる恐れがあるため、通常は60日後に行う必要がある。そのため、畜産農家が雌牛の発情を誤認してしまうと、子牛が生まれるまでの母牛の飼料にかかる費用、人工授精や妊娠鑑定にかかる費用等のコストが余計にかかってしまうことになる。

肉牛の排卵周期は約21日である。排卵の前には、外陰部が膨張する、普段より動きが多くなる、乗駕する、乗駕されるといった発情兆候、発情行動が見られる。これらの兆候、行動は約15~20時間継続し、それらが終了した後、7~12時間後に排卵される。生殖器での精子の受精能力保持時間は20~40時間、卵子の受精能保有時間は約4~5時間であり、排卵前の限られた時間内に人工授精することが必要になる[1]。

牛舎での牛の管理方法としては、牛が牛舎内を自由に動き回れるようにした放し飼いと、牛をロープで繋いで動き回れないようにした繋ぎ飼いの2種類があり、それぞれ利点、欠点があ

る。通常は繋ぎ飼いの牛の方が、牛が自由に動き回れないため、繋発情の認識が難しくなる。しかし、繋ぎ飼いの方が、餌の量の管理や病気対応等がしやすい利点もある。

3. 試作したシステムの概要

本研究では、雌牛の発情行動を自動的に検知し、畜産農家にそれを通知して、発情の鑑定を支援することを目的としたシステムを試作した。試作したシステムを図1に、センサを牛に装着した様子を図2に示す。

今回試作したシステムの実験を行った畜主の自宅には、既にWi-Fiルータが設置されており、インターネットへ接続されていた。牛舎は自宅の横に併設されていたが、牛舎内における自宅のWi-Fiルータの電波強度は低かったため、途中にWi-Fi中継機を設置した。

牛に装着するセンサは、3軸の加速度センサ、3軸の角速度センサを内蔵したRISC-VマイコンであるM5Stick C[2]を用いた。1秒間に1回、1秒間における各軸の加速度、角速度の最大値を求め、それをクラウドサーバへhttp POSTでアップロードするプログラムを開発し、それをマイコン上で継続して動作させた。また、さくらインターネット社のVPS[3]上で、マイコンから送られてきたデータを受信し、データベースへ格納するプログラムを開発し、常時稼働させた。マイコンには、10000mAhの防水仕様のソーラーモバイルバッテリーを接続し、マイコンとバッテリーを防水カバーで覆った。マイコンの連続稼働時間は約7～10日間であった。次章で示す実験の最中、約7～10日間に一度、畜主に予備バッテリーへの交換と充電を依頼した。今回の試作システムではhttp POSTでセンサデータの通信を行ったが、http POSTで送信するマイコンを給電可能な自宅等に配置し、牛に装着したセンサはESP Nowを使用して通信するように変更することでも、連続稼働時間はさらに伸ばすことができると予測できる。

4. 実験

4.1. 実験の内容

鹿児島県志布志市で実施に肉牛の繁殖を行っている畜産農家の協力を得て、試作したシステムの実験を行った。本実験では、放し飼いの牛ではなく、より発情検知が難しく畜主も発情に気づきにくい繋ぎ飼いされた雌牛1頭にセンサを装着し続けた。

2020年12月21日の10:30に実験を開始し、2021年2月9日までの間の約51日間実験を行った。約1秒間に1件のデータを生成し、合計2,847,968件の

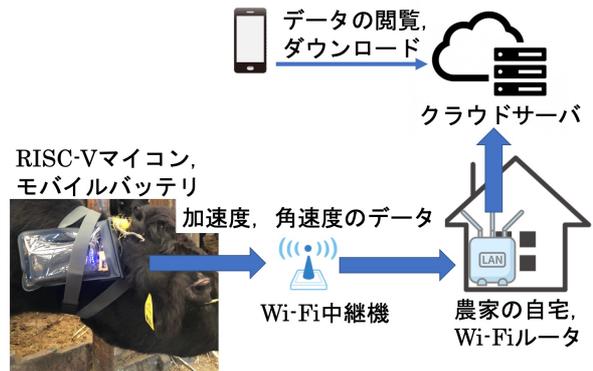


図1 試作したシステムの概要



図2 牛へのセンサの装着

データを収集した。実験開始の翌日、2020年12月22日に発情の傾向が見られ、同日人工授精を行った。そして、2021年2月9日に獣医による鑑定により、妊娠していることが分かり、2020年12月22日に発情していたことが明らかになった。

4.2. 実験の結果

牛の発情していた2020年12月22日における動きについて、他の日と比べ差があったか否かについての調査を行った。

8時間のうちの、加速度のノルムが4g以上であるノルムの合計を動きの量の指標とした。この閾値は、大きく動いている時とそうでない時のデータを比較して決定した。そして、動きの量の指標を1時間ずつずらして計算した。この結果を図3に示す。データの量が不十分であるため、統計的な有意差を示すことに意味はないが、発情が起きていた2020年12月22日は、確かに他の日に比べ動きの量の指標が大きくなっていたことがわかる。

また、2021年の1月10日から13日も動きの量の指標が大きくなっているが、これについては畜主へのインタビューにより、センサを付けた牛の隣の牛が発情し、その牛にぶつけられた可能

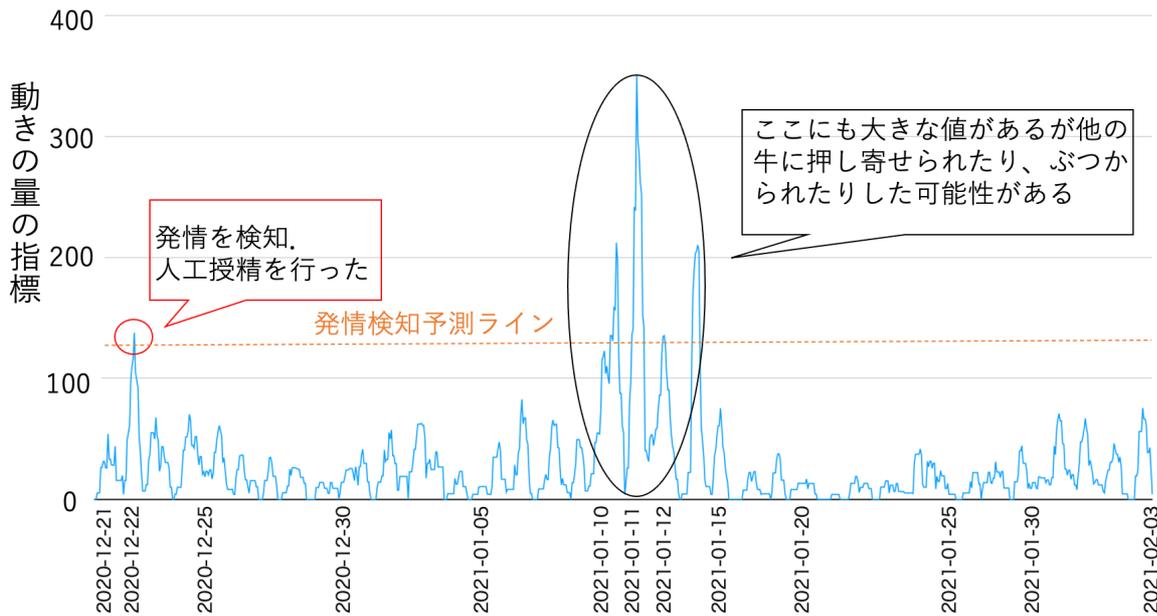


図3 動きの量の指標の時系列

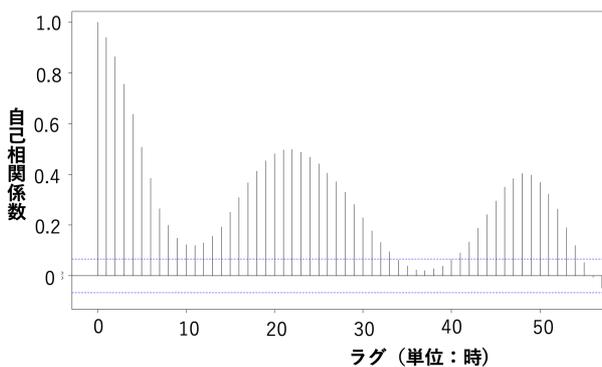


図4 動きの量の指標の自己相関係数

性が高いことが分かった。肉牛は、通常多頭が同じ牛舎内で飼育されるため、このような事例が起こりうる。実用性のあるシステムを構築するためには、このことを考慮にいれなければならない。

発情検知とは直接には別のこととしてまとめたものであるが、動きの量の指標の自己相関係数を図4に示す。この図から、概日リズムが動きの量の指標にも反映されていることが分かった。

5. システムの改良事項についての考察

5.1. 先行研究

鍋西らの研究では、牛の歩行回数を計測する牛歩計によって、放し飼い、繋ぎ飼いの飼育方法によらず、発情期に歩行回数が増えることが示されている[4]。また、歩行回数が少ない繋ぎ飼いの牛の発情をより正確に検知するため、気圧センサ、加速度センサによって牛の起居動

作を識別し、起立している時間、横になっている時間を推定するシステムを開発し、その性能を実証している[5]。

株式会社FarmnoteのFarmnote Color[6]は、牛の首に加速度センサ等が内蔵されたデバイスを装着し、牛の活動、反芻、休息を定量的に計測、提示することが可能である。また、同社のFarmnote Cloud[7]と連携させて、Farmnote Colorを装着した全ての牛のデータをクラウドサーバに保存し、牛群の情報を一括管理、把握することも可能である。デミサス株式会社のU-motion[8]、株式会社富士通九州システムズの牛歩SaaS[9]も、牛に装着する加速度等を計測するセンサとクラウドサーバを連動させて、同様のサービスを実現している。株式会社リモートのモバイル牛温恵[12]では、温度センサを用いて発情検知と分娩時における破水の検知、畜主への通知とクラウドサーバでのデータ管理が行える。

光和ネットサービス株式会社のルミログ[10]は、屋外で放し飼いしている牛を対象として、電池レスのビーコンを牛に装着し、ソーラー蓄電器から給電される受信機で各牛のビーコンの振動によって発信される電波を受信し、各牛の活動量を計測できる。上記に述べたシステムは全て、牛に装着するデバイスの電池交換が必要であった。屋外で放牧されている状況での使用に限定はされるが、ルミログはこれが不要である。

株式会社コンピュータ総合研究所のMOH-CAL[11]は、牛にセンサを装着することなく、カメラによって牛の動きを監視し、画像データの

解析によって採食、水飲み、横臥状態、異常状態などの判定と歩行量の計測が可能である。1台のカメラで監視可能な範囲は狭いが、バッテリー交換が不要である点、システムが提示する情報の根拠を画像として人に提示でき、説明可能性が高い点において優れている。また、川野らの研究[13]においても、カメラ画像を用いた機械学習によって、肉牛の乗駕行動を認識し、発情を検知する手法が示されている。

5.2. 今後の研究開発課題

試作したシステムの実験、先行研究の内容を踏まえ、今後の研究開発課題を表1に示す。

表1のNo.1は、試作したシステムの実験結果の分析過程その必要性が明らかになった。牛単独の動きを個別に計測しているだけでは、その牛自身が激しく動いたのか、別の牛に接触されて動かされたのかの識別がしづらい。また、動きの量だけでなく、乗駕する、乗駕されるといった行動も、発情時に顕著に見られる行動である。また、実験期間中、実験の対象とした牛とは別の牛だが、転んで起き上がれずに亡くなった牛も存在していた。黒毛和牛は品種改良によって、転んでしまうと自分では起き上がれずに亡くなってしまうため、牛の転倒を即座に畜主に通知することが重要となる。

試作したシステムの実験を行っている際、7日から10日間に一度、センサのバッテリー交換を畜主にしてもらう必要があった。交換の手間は少なくなく、複数等をシステムで管理しようとする際には表1のNo.2が必須であると考えられる。

また、システムによって発情や異常の検知ができるのは良いが、システムにその判断を完全に委ねるのではなく、畜主の判断とシステムの判断を組み合わせることによって、より正確さが増すと考えられる。そのため、表1のNo.3に示すように、システムが判断した情報の根拠を、説明可能性が高い別の次元のデータで畜主が確認できると良い。またシステムによる判断が提示されるのとは別に、畜主が気になる牛の映像を夜間でも自宅等から閲覧できるのが望ましい。

表1のNo.1から3の全てを十分な質で実現した研究、製品は存在せず、研究開発の価値があるといえる。

謝辞

本研究の遂行にあたって、花北畜産の方々に多大なご協力を賜った。ここに深く感謝の意を表す。

表1 今後の研究開発課題

No.	課題の内容
1	牛同士の接触、乗駕した牛、乗駕された牛、転んでしまっている牛を検出でき、牛群管理ができる。
2	牛へのセンサの装着を不要にする。または、牛に装着したセンサのバッテリー等の交換作業を不要にする。
3	システムが提示する発情検知等の情報に対して、その根拠を録画した画像や音声によってユーザに提示できる。また、ユーザが必要な時に、リアルタイムの牛の映像を遠隔地から閲覧できる。

参考文献

- [1] 農研機構畜産草地研究所, “人工授精技術者のための牛人工授精マニュアル-人的要因の見直しに向けた確認メモ集-”, 畜産草地研究所技術リポート15号, 2014年1月.
- [2] M5StickC, <https://m5stack.com/collections/m5-core/products/stick-c>, (参照 2021-6-14).
- [3] さくらインターネットVPS, <https://vps.sakura.ad.jp/>, (参照 2021-6-14).
- [4] 鍋西久, 中原高士ら, “低コストで普及性が高い発情発見装置(牛歩Lite)の開発”, 宮崎県畜産試験場試験研究報告25号, pp.23-26, 2013年7月.
- [5] 鍋西久, “つなぎ飼い式牛舎におけるICTを活用した高精度発情検知技術の検討”, 畜産の情報, pp.52-61, 2019年1月.
- [6] 株式会社ファームノート, Farmnote Color, <https://farmnote.jp/color/>, (参照 2021-6-15).
- [7] 株式会社ファームノート, Farmnote Cloud, <https://farmnote.jp/features/>, (参照 2021-6-15).
- [8] デミサス株式会社, U-motion, <https://www.desamis.co.jp/product/>, (参照 2021-6-15).
- [9] 株式会社富士通九州システムズ, 牛歩SaaS, <https://www.fujitsu.com/jp/group/kyushu/solutions/industry/agriculture/gyuho/index.html>, (参照 2021-6-15).
- [10] 光和ネットサービス株式会社, ルミログ, <https://www.rumilog.com/>, (参照 2021-6-15).
- [11] 株式会社コンピュータ総合研究所, MOH-CAL, <https://www.tokyo-cal.co.jp/product/product.html>, (参照 2021-6-15).
- [12] 株式会社リモート, モバイル牛温恵, <http://www.gyuponkei.jp/>, (参照 2021-6-15).
- [13] 川野百合子, 斎藤奨, 小川哲司ら, “肉牛の発情検知のための乗駕行動画像データセット構築におけるクラウドソーシングの活用”, 人工知能学会全国大会論文集 第34回全国大会, 2020年.