

# MIL を用いた加速度センサからの放牧牛発情時インタラクションの検出

## Detection of Interactions at Cattle Estrus from Accelerator Data Using Multiple Instance Learning

中川 蓮† 大山 憲二† 大川 剛直†  
Ren Nakagawa Kenji Oyama Takenao Ohkawa

### 1. 緒言

畜産業における人手不足は深刻な問題となっている。一般に牛の発情持続時間は 16 時間から 21 時間とされているが、九州沖縄研究センター・畜産草地研究領域によると、黒毛和種繁殖牛の牛群では乗駕許容行動の持続時間が 1/3~1/2 に短縮している可能性があると指摘されており<sup>[1]</sup>、黒毛和種繁殖牛の発情の検知は特に重要な課題である。本研究の目的は、黒毛和種繁殖牛の発情時に見られるインタラクションを情報技術を用いて自動的に検知することである。発情は牛の繁殖において重要な情報であり、その正確な検知は繁殖効率の向上に寄与する。本研究では、黒毛和種繁殖放牧牛の発情時に見られるインタラクションを深層学習手法である

Transformer based Multiple Instance Learning<sup>[2]</sup> (TransMIL) を用いて検知し、この課題の軽減を目指す。具体的には、2023 年 1 月から 2024 年 4 月にかけて収集された黒毛和種繁殖牛群の目視観察データを基に、発情時に見られるインタラクションの検出を試みた。また、本研究の成果から発情管理システムの構築について検討し本研究の意義を確認する。

### 2. 手法

#### 2.1 TransMIL

TransMIL は高解像度のデジタル病理画像における異常検知を目的として提案された深層学習モデルである。本研究では、入力データは加速度センサデータとし、入力からの発情の検知にはモデルである TransMIL を用いた。具体的には、各牛の約 2 時間分の加速度情報を約 3 分ごとに切り分けたものを一つのインスタンスとして扱い、計 35 個のインスタンスの中から発情の検知を行った。図 1 に TransMIL の処理の手順を示す。Multiple Instance Learning (MIL) は、インスタンスの集合から特定の条件を満たすインスタンスを検出する手法である。TransMIL は、従来の MIL に Transformer を組み込んだモデルである。TransMIL の特徴は、Transformer の強力な表現能力を活用して、データ中の複雑な相互関係を効率的に捉えることが可能な点にある。これにより、発情検知の精度が向上し、牛の行動データから発情をより正確に特定することが可能となる。本研究では TransMIL を用いることで、加速度センサ情報インスタンス中の複雑な相互関係を効果的に解析し、発情を検知することを目指す。

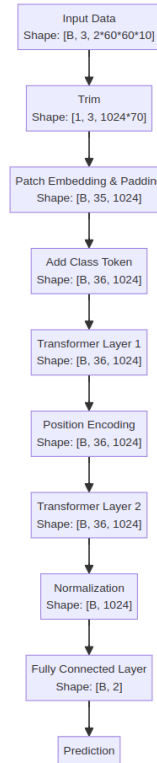


図 1 : TransMIL の処理の手順

#### 2.2 データ拡張

深層学習モデルの汎化性能を向上させるためにデータ数を増やす目的で、時間シフトと呼ばれるデータ拡張手法を用いた。具体的には、発情が最低 1 時間は継続するという仮定の下で、訓練データセットにおいて 2 時間分の加速度データを 30 分ランダムにシフトさせた。これにより、データの数が増加し、モデルの堅牢性が向上し、より広範な状況に対応できるようになることを期待する。

### 3. 実験

#### 3.1 実験環境

実験には、2023 年 1 月から 2024 年 4 月にかけて神戸大学大学院農学研究科附属食資源教育研究センターで収集された計 9 頭の黒毛和種繁殖放牧牛群の目視観察データを用いた。一般に発情とされる行動には、乗駕行動・許容や雄牛同士の間突や粘液漏出などがある<sup>[3]</sup>。本研究においては乗駕

行動・許容の41例,異常接近の15例,膣粘液漏出の28例を発情とみなした.なお膣粘液漏出については,膣粘液漏出が起こっている期間においてその他発情行動を起こしていることを期待して発情と定義した.

データは,時系列性を考慮した線形補間を行い,TransMILに入力し発情を検知した.また,2023年1月から2024年4月14日までに取得されたデータの内,前半80%を訓練データとしモデルのパラメータの更新に,残りの20%を検証データとしモデルの評価に用いた.テストデータについては2024年4月15日の乗駕行動・許容データを使用した.

### 3.2 評価指標

TransMILによって検出された発情候補点に対して,検証データにおけるAccuracy,Specificity,Recall,Precision,F1-Scoreの5つの一般的な評価指標による定量評価と動画の目視確認による定性評価を実施した.Accuracy(正解率)は,モデルが正しく予測した割合を示す指標であり,全ての予測の中で正しく予測されたサンプルの割合を表す.Specifcity(特異度)は,実際には陰性であるデータを正しく陰性と識別する能力を示す指標であり,高いSpecificityは誤って陽性と判定する率が低いことを示す.Recall(再現率)は,実際に陽性であるデータを正しく陽性と識別する能力を示す指標であり,高いRecallは,実際の陽性の多くを正しく検出できていることを示す.これは畜産従事者の損失をどれだけ減らせたかの尺度と解釈可能である.Precision(適合率)は,モデルが陽性と予測したデータのうち,実際に陽性であった割合を示す指標であり,高いPrecisionは予測が正確であることを示す.これは候補点としてモデル出力を人間の手で評価する際の労力をどれだけ減らせたかの尺度と解釈可能である.また,PrecisionとRecallはトレードオフな関係にあるため,一般にF1-Scoreを導入して評価する.F1-Scoreは,PrecisionとRecallの調和平均を取った指標であり,両者のバランスを考慮するために使用される.

## 4. 結言

### 4.1 結果

各種評価指標による評価結果を表1に示す.表1より,TransMILは発情を高い精度で検出することができた.また,定性評価についても,実際に乗駕行動が行われた時点において乗駕許容をしている牛の発情検知に成功した.

表1: 各種評価指標によるモデルの評価結果

評価指標	精度 (%)
Accuracy	64.5
Specificity	65.6
Recall	61.5
Precision	39.4
F1-Score	48.0

### 4.2 考察

表1の結果から,本研究の実用性について議論する.表1のRecallの値から実際に発情している牛のうち61.5%を検出できている.また,表1のPrecisionの値から発情と予測されたうちの39.4%が実際に発情していることが示されている.この結果から,検知された発情点が実際の発情であるとは断言できず,システム化して発情検知を行うには十分な精度ではない.しかし,Recallの精度が高いため,発情候補点としては有効であり,得られた発情候補に対して目視確認を行うことで,従来の全データに対して目視確認を行う方法と比較して畜産労働者の苦労を38.5%軽減することに貢献できる.

次に,従来の発情検知手法との比較を行う.放牧牛の発情管理システムは少なく,加速度センサを用いたシステムは実運用されていない.現在実運用されている方法として,乗駕検出器具を雌牛の尻に貼り付ける方法がある.この方法では,乗駕の際に雌牛の後駆に付けたマーカーから赤いインクが出て発情が分かる.しかし,この器具はハーネス状で牛に大きなストレスを与える.一方,加速度センサは首輪状になっており,ハーネス状の発情検出器具と比較して牛への負担が小さいという利点がある.

### 4.3 まとめ

本研究は,情報技術を用いた放牧牛の発情検知において有望な結果を示した.本研究の成果であるTransMILを用いた,発情候補点提案システムは畜産労働者の負担軽減に貢献する.また,今後の研究の方向性として,現在のTransMILでは単一の牛情報を入力としているため,複数の牛情報を入力とした深層学習モデルの開発が考えられる.これには本研究で用いた発情検知モデルを特徴抽出器として再利用が可能で,インタラクションを明示的に与えることを目的としている.

### 謝辞

本研究の一部はJSPS科研費21H04914の助成による.

### 参考文献

- [1] 農研機構. 黒毛和種における乗駕許容行動の特徴. 九州沖縄農業研究センター. (2013).
- [2] Shao, Z., Bian, H., Chen, Y., Wang, Y., Zhang, J., Ji, X., & Zhang, Y. TransMIL: Transformer based Correlated Multiple Instance Learning for Whole Slide Image Classification. arXiv. (2021).
- [3] Parish, J. A., Larson, J. E., & Vann, R. C. Publication 2610 (POD-10-21). Mississippi State University Extension Service. (2022).