

画像から得られる牛の身体情報に基づく分娩予兆検知

Calving sign detection with cattle physical feature extraction from video frames

兵頭 亮介^{*1}
Ryosuke Hyodo

斎藤 奨^{*1*2}
Susumu Saito

中野 鐵兵^{*1*2}
Teppei Nakano

赤羽 誠^{*1*2}
Makoto Akabane

小林 哲則^{*1}
Tetsunori Kobayashi

小川 哲司^{*1}
Tetsuji Ogawa

^{*1}早稲田大学
Waseda University

^{*2}知能フレームワーク研究所
Intelligent Framework Lab

Automatic calving sign detection from cameras can help livestock farmers with preventing fatal accidents of calves during calving. Upon deployment of such camera-based detection, the system needs to be 1) working with small data (because calving does not happen frequently), 2) robust to changing environments, and 3) explainable for reasons of the prediction results. However, these requirements are not realistic for end-to-end approaches (i.e., prediction with a single DNN). This study presents a two-stage calving prediction system, in which calving-relevant information obtained by DNN-based feature extractor is taken as inputs to another DNN-based calving sign detector. Experimental comparisons demonstrated that the developed system achieved a calving precision ratio of 81% and a calving recall ratio of 91%.

1. はじめに

牛と農家の双方に負担が少ない分娩予兆検知の手段として、カメラから牛の分娩予兆を検知するシステムの実現が望まれている。このとき、カメラ画像を用いた分娩予兆検知システムは、(1) 少量データで構築可能、(2) 周辺環境の変化に頑健、(3) 予測結果の根拠を説明可能、であることが求められる。1点目は、センサ情報に依らず求められる要件であるが、平常状態とは異なる状態の検知 (異常検知) においては特に重要である。すなわち、検知対象である分娩が頻繁に起こらないことを前提としたシステム設計が望ましい。2点目は画像・映像を用いる際に特に注意すべき要件と言える。牛の画像に映り込む背景情報は農場により異なるため、周辺環境の変化に頑健なシステムを設計する必要がある。この2点は、大規模なオープンデータが存在しない畜産業支援において、パターン認識技術の導入を容易にするという観点でも重要である。また、3点目の要件である、分娩の兆候の通知と併せてその判断根拠を農家に通知可能とすることは、確認が容易な画像・映像情報を利用することの利点と言える。このとき、単一のニューラルネットワークを用いて画像情報から牛が分娩前か否かを直接検知する end-to-end なアプローチでは、上記の要件を同時に満たすことは難しい。

それに対し本研究では、上記の要件を全て満たすような分娩予兆検知システムの設計を試みる。提案システムでは、牛の分娩兆候に関連する情報を畳み込みニューラルネットワーク (convolutional neural network; CNN) により画像から抽出し、それら分娩予兆特徴を入力とする全結合型のニューラルネットワーク (fully-connected neural network; FCNN) により分娩の予兆か否かを判定する (図1)。

このとき、前段の特徴抽出器の設計が、上述の要件を満たす鍵となる。特徴抽出器では、牛の分娩兆候として知られている尾の挙上 [Buenoa 81, Jensen 12] など、画像から観測可能な牛の状態を識別する CNN の中間層出力を特徴量として抽出する。このように、分娩の予兆に関連する特徴量を陽に抽出することで、少量の分娩データに対しても信頼性の高い検知器の構

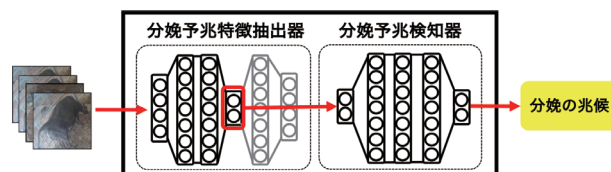


図1: 階層的な分娩予兆検知システムの概略図

築が可能になることが期待できる (要件 (1))。また、この牛の状態は専門家でなくとも画像から判定可能であるため、クラウドソーシングによるアノテーションが可能であり、カメラの設置環境が変化した場合でもシステムの早期運用と効率的な改善が容易になる (要件 (2))。さらに、特徴抽出器は入力画像に対して牛の状態の事後確率を出力するので、分娩の兆候を検知した際の根拠を牛の状態や頻度に基づいて説明することができる (要件 (3))。

牛の監視映像を用いた実験により、提案システムは 0.81 の適合率、0.91 の再現率で分娩の検知が可能であることを明らかにした。本実験で得られた結果は、カメラによる分娩予兆検知システムを持続可能にするために、有効な知見を与える。

2. 分娩予兆検知システム

提案するシステムは、前段の CNN から抽出された分娩予兆に関連する情報を用いて、後段の全結合型のニューラルネットワークにより分娩前か平常時かの判定を行う。このとき、特徴抽出器として用いる CNN は、分娩予兆と強い関連のある牛の状態を識別するように構築する。

2.1 分娩予兆特徴抽出器

分娩予兆特徴抽出器には、牛の領域画像を切り出した上で 224×224 にリサイズして入力し、(1) 起立して、尾が下がっている、(2) 起立して、尾が上がっている、(3) 臥床している、(4) その他 (garbage) に分類する。

畳み込み層は ResNet50 と同様の構造であり、それに続いて 256 ユニットの全結合層 1 層を有し、出力層で上述の 4 クラスの事後確率を出力する。

連絡先: 兵頭 亮介, 早稲田大学, 東京都新宿区早稲田町 27,
hyodo@pcl.cs.waseda.ac.jp

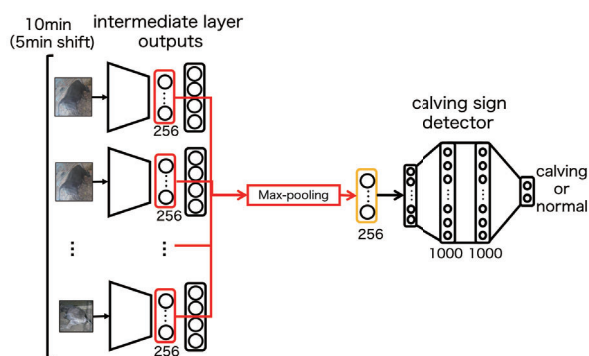


図 2: 分娩予兆特徴の抽出と分娩予兆検知器の構造

予備実験として、上記の牛の状態 4 クラスの識別実験を行った。評価データは筆者らがアノテーションを行った。訓練データのラベルは、Amazon Mechanical Turk を用いたクラウドソーシングにより得たものを筆者らで検証・修正した。識別精度は 69.6% であり、用いた CNN の中間層出力には、分娩の兆候に係る牛の状態を識別するのに有効な情報が含まれていることが期待できる。このとき、この中間層出力のある時間長における統計は、牛の状態を決める要素の頻度情報を表すと考えられる。識別対象である牛の状態が牛の分娩の兆候を表すものである以上、このように抽出した頻度情報は、分娩予兆特徴として適したものであると期待できる。本研究では、状態識別器の中間層出力として、全結合層の出力 256 次元を用いる。

2.2 分娩予兆検知器

分娩予兆検知器には、前段の分娩予兆特徴抽出器の中間層出力の最大プーリングを入力とし、分娩か否かを識別する FCNN を用いる。ここでいう最大プーリングとは、複数の中間層出力 (256 次元) に対して、各次元ごとに最大をとる値を選択したもの (256 次元) である。中間層は 1000 ユニットの全結合層 2 層から成り、活性化関数として ReLU を用いる。構築したシステムでは、ある時間長の画像系列データから分娩前か否かを検知する。ここでは、5 分ごとに 10 分間の入力画像 (最大 600 枚) に対して中間層出力の最大プーリングが抽出される。この概念図を図 2 に示す。

3. 分娩予兆検知実験

牛の監視映像を用いて、提案システムの分娩予兆検知性能を調査した。

3.1 画像データ

独自に収集した牛の監視画像データのうち、2017 年 5～12 月収録分を用いた。分娩予兆検知システムの学習、評価データとしてそれぞれ 5 頭分の分娩前シーンをを用い、平常状態 (normal state) を分娩 27～24 時間前、分娩状態 (pre-calving state) を分娩 3～0 時間前とした。

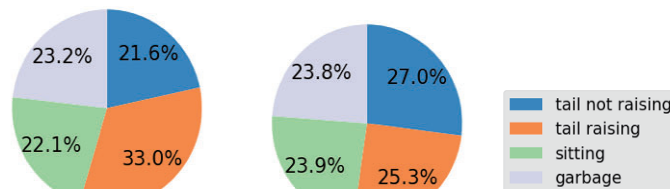
3.2 実験条件

分娩状態の検知適合率 (precision)、再現率 (recall)、area under the curve (AUC) を算出した。

分娩予兆特徴抽出器の入力は、YOLOv3 によって検出された牛領域画像を 224×224 にリサイズしたものを用いた。分娩予兆検知器として用いるニューラルネットワークの学習には、学習率を 0.01 に設定した確率的勾配降下法を用い、ミニバツ

表 1: 全分娩データに対する評価結果。分娩を正例として適合率、再現率を計算した。

precision	recall	AUC
0.81	0.91	0.91



(a) 最大プーリングで選択された平均

(b) 全体平均

図 3: 全評価データにおいて、正しく分娩前を予測したときに特徴抽出器が出力した 10 分間の平均事後確率

チサイズは 20 とした。また、正則化手法として中間層のネットワークにドロップアウトを適用した。

3.3 実験結果

評価データ全体に対する性能を表 1 に示す。また、正しく分娩前と予測したときの、抽出器が出力する事後確率の 10 分間平均と最大プーリングにより選択された平均を図 3 に示す。最大プーリングにより選択された平均の方が全体平均より尾の挙上の確率が大きく、最大プーリングによって、尾の挙上状態の情報がより正確に抽出されていると考えられる。動画を確認すると、牛の動きが頻繁に変わり一瞬しか尾の挙上を確認できない場合でも、最大プーリングは尾の挙上を捉えた情報を残すため、分娩前が検知可能な傾向にあることがわかった。

4. 結論

本研究では、カメラからの分娩予兆検知システムが必要な要件を定め、それらを満たす分娩予兆検知システムを提案した。前段の分娩予兆特徴抽出器で、分娩の兆候に関連する牛の状態の情報を抽出し、後段の分娩予兆検知器の入力とする構造をもつシステムにおいて、0.81 の適合率、0.91 の再現率で分娩予兆検知が可能であることを示した。今後は、分娩の兆候である牛の動作に関する情報を扱えるようシステムを拡張することで、さらなる分娩予兆検知精度の向上を図る予定である。

5. 謝辞

本研究を行うにあたり、牛のモニタリング動画を提供してくださった東村牧場様、有益な議論を頂いたファーマーズサポート株式会社様、鹿児島頭脳センター様に感謝申し上げます。

参考文献

- [Buenoa 81] L. Buenoa, et al., “Detection of parturition in cow and mare by a useful warning system” *Theriogenology*, Vol.16, no.6, pp.599–605, Dec. 1981.
- [Jensen 12] M. Jensen, “Behaviour around the time of calving in dairy cow” *Applied Animal Behaviour Science*, Vol.139, pp.195–202, July. 2012.