

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：83807

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05866

研究課題名（和文）深層学習を用いた画像解析による牛群中での子牛の疾病検知システムの開発

研究課題名（英文）Development of a Disease Detection System for Calves in a Herd Using Deep Learning-based Image Analysis

研究代表者

井出 達樹 (Ide, Tatsuki)

静岡県工業技術研究所・富士工業技術支援センター機械電子科・主任研究員

研究者番号：70788801

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、画像解析を用いて乳牛の子牛を対象に疾病を検知する手法について検討を行った。消化器疾患に罹患した子牛は健康な個体と比べて行動量が低下することに着目し、行動量の低下を動画から抽出することで消化器疾患の検知が可能になると考えた。画像中の物体の動きを解析する手法であるオプティカルフローを使用して子牛の行動量を算出した。算出した行動量の時系列データセットを作成し、確率モデルである隠れマルコフモデルにより行動量の変化を解析することで、8割以上の精度で消化器疾患の主な症状である下痢を推定することが可能になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

乳牛の消化器疾患は生乳の生産性を減少させる主な要因である。乳牛の健康を維持し、安定した生産性を確保するために、疾患の早期発見および処置が重要である。本研究で開発した手法は、画像解析により消化器疾患の症状である下痢を検出するため、ウェアラブルセンサーと比較して、乳牛に与えるストレスが少なく、酪農場への導入コストも低い。また、隠れマルコフモデルの精度を向上させることで、症状が悪化する前に不調を検知し、早期に対処できる可能性もある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we examined a method for detecting diseases of dairy calves using image processing. We focused on the decrease in activity levels in calves with digestive diseases compared to their healthy state and considered that extracting this decrease in activity from video data could enable digestive diseases detection. We calculated activity levels of calves using Optical Flow, a technique for analyzing the movement of objects in image data. By creating time-series dataset of calculated activity levels, and analyzing changes in these levels using a Hidden Markov Model, we were able to estimate diarrhea, the main symptom of digestive diseases, with an accuracy over 80%.

研究分野：情報工学

キーワード：機械学習 乳牛 疾病検知 オプティカルフロー 隠れマルコフモデル

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年の酪農経営では、作業の省力化、経営規模の拡大を図るため、個体ごとに管理を行う「つなぎ飼育」方式から、舎内で放し飼育を行う「群飼育」方式への移行が増加している。

(2) 群飼育は個体管理が難しく、病気や怪我の発見が遅れると生産効率が低下するリスクがある。特に、子牛は疾病による損失リスクが高く、獣医師等の診察が必要だが、目視による確認は労力がかかる作業であり、異常の早期発見を保証するものではない。

(3) ICT 技術の発展により、乳牛の継続的な監視が可能になった。ウェアラブルセンサから得られるデータは、乳牛の健康異常の早期検出に有用であることが示されている。特に、行動量の低下は疾病時の特徴であり、これを抽出することで疾病検知が期待できる。

(4) 行動量のような行動学的なデータを分析する手法として、画像解析はより有効である。ウェアラブルセンサと比較して、乳牛に与えるストレスが少なく、酪農現場への導入コストも低い。群飼育環境において、画像解析による疾病検知を実現するためには、乳牛の個体識別も必要になる。個体識別が可能になれば、特定の乳牛の行動パターンや健康状態を正確に追跡でき、異常が発生した際に迅速に対応することが可能になる。

2. 研究の目的

(1) 乳牛の中でも罹患率の高い子牛を対象に、行動量の変化を疾病時の特徴量と定義し、画像解析から行動量を抽出し、その変化から疾病を検知するための手法を開発する。

(2) 特定の牛が疾患に罹患した際に迅速に対応できるよう、画像解析による乳牛の個体識別方法を開発する。

3. 研究の方法

(1) 静岡県畜産技術研究所の牛舎にビデオカメラを設置し、子牛の行動を記録した。撮影した子牛の飼育スペースは柵で 3 つの区画に分けられている。各飼育スペースで牛が自由に行動できるようになっている。この飼育スペースの 2 メートル上にビデオカメラを設置し、解像度 640 × 480 ピクセル、秒間 5 フレーム (5fps) で昼夜問わず撮影を行った (図 1)。



図 1 牛舎に設置したビデオカメラの映像データ

(2) 得られた映像データに対して、Optical Flow を用いた画像解析により、牛の行動量算出を試みた。まず、映像の 1 フレーム目について、特徴点の抽出を行い、フレーム毎の特徴点を追跡した。k-means 法により子牛ごとに特徴点をクラスタリングし、各フレームの特徴点の差分 (ピクセル数) から子牛の行動量を算出した。10 分ごとに行動量の集計を行い、行動量の時系列データを作成した。子牛の健康状態について、獣医師が 1 日 2 回 (午前と午後) 行った診察データを基に、この時系列データにラベル付けを行った。ラベリングデータは数値 (健康:1、軟便:2、下痢:3) で記入した。

(3) 不確かな時系列データをモデル化するために有効な統計的手法である隠れマルコフモデル(HMM)を使用して、子牛の健康状態を(s=1:健康、s=2:軟便、s=3:下痢)を推定するプログラムを作成した。図 2 は、子牛の健康状態を判定するための HMM の状態遷移図を示している。HMM の状態予測には初期確率ベクトル:、状態遷移確率行列:A、出力確率:B の 3 つのパラメータが必要になる。通常、HMM は時系列データのみを学習させることで、A および B を推測し、データの状態を予測するモデルである。しかし、(2) で作成したデータセットには、時系列データに対応した健康状態のラベルが付与されている。このラベリングデータから、A および B を算出することで、より正確な状態予測が可能になると考え、ラベリングデータから各パラメータの算出を行った。パラメータを最適

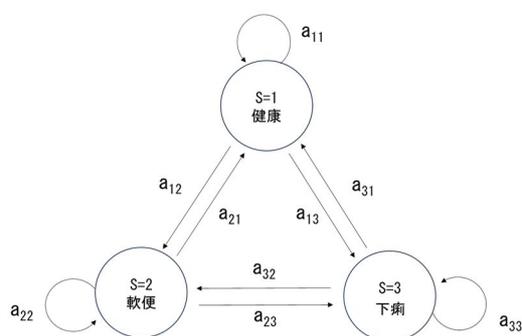


図 2 子牛の健康状態を判定する HMM の状態遷移図

化した健康状態の推定プログラムについて、7日分の評価用データを適用して精度検証を行った。

(4) 物体検知用の深層学習モデル **SSD(Single Shot MultiBox Detector)**を使用した個体識別モデルを作成した。牛の個体ごとに前面、側面(右向き、左向き)、背面でクラス分類を行うようにモデルを設定した(図3)。クラスごとに写真を撮影し、牛1頭につき約400点の画像データを使用し、モデルの学習を行った。学習したモデルについて、評価用に用意した画像データを使用して精度検証を行った。

No.	class			
7882	7882	7882_right	7882_left	7882_back
	7883			
	7883	7883_right	7883_left	7883_back
7883				

図3 SSDを使用した個体識別モデルのクラス分類

4. 研究成果

(1) 映像データから子牛の個体ごとに行動量を算出し、グラフにした例を図4に示す。**Optical Flow**により検出した画像の特徴点を **k-means** 法によりクラスタリングし、個体ごとに特徴点を色分けしている。**Optical Flow** から算出した行動量の精度を確認するため、手動で画像ラベリングを行い算出した行動量と併せて主成分分析を行った。結果として、双方のデータについて高い相関が確認され、概ね **Optical Flow** により行動量は正しく算出できることが分かった。

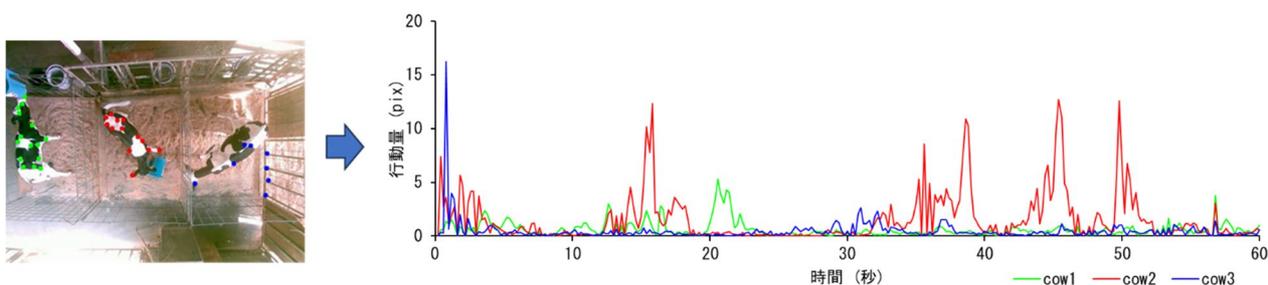


図4 Optical Flowを使用した子牛の行動量解析

10分ごとに集計した行動量データと健康状態のラベリングデータを紐づけた時系列データセットを作成した(図5)。作成したデータセットは **HMM** を使用した疾病検知プログラムの学習用、評価用に分類し、**HMM** のパラメータの算出およびプログラムの精度検証に使用した。

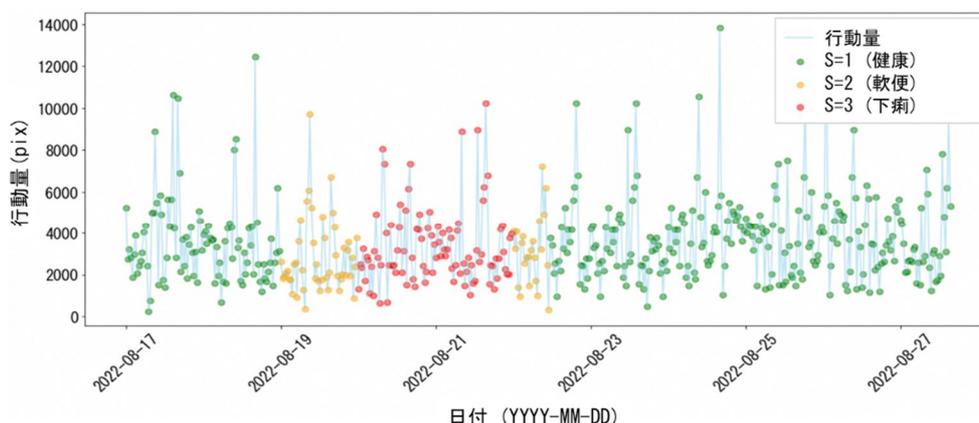


図5 子牛の行動量および健康状態のデータセット例

(2) **HMM** の予測に必要なパラメータである初期状態確率ベクトル、遷移行列 **A** および出力行列 **B** をパラメータ調整用データから算出した。得られたパラメータを **HMM** に適用し、精度評価用のデータについて状態予測を行った。ラベリングデータと予測結果を比較した混同行列を図 6 に示す。**0.806** の正解率(= 正解数 / データ数)で疾病の検知が可能であることが分かった。予測結果とラベリングデータの誤差が 6~7 時間程度見られたが、ラベリングに使用した獣医師の診察回数が 1 日 2 回であったため、ラベリングをより正確に行うことでモデルの精度向上が期待できる。

		混同行列		
		健康(0)	軟便(1)	下痢(2)
実際のクラス	健康(0)	246	42	0
	軟便(1)	0	144	67
	下痢(2)	0	44	244
		健康(0)	軟便(1)	下痢(2)
		モデルの予測		

図 6 **HMM** の精度検証結果

(3) **SSD** を用いた個体識別モデルについて、学習用データで最適化した後、評価用の画像データ 24 枚でモデルを検証した結果、**100%**の精度でクラスの識別が可能であった。ただし、このモデルは外部環境による影響を受けやすく、冬毛が生えた牛や、雨天で体が汚れた牛に対しては、判定の確信度が低下する傾向があった。モデルの学習に使用するデータを増やし、データにノイズを加える等の前処理を行うことで汎化性能が向上し、モデルの実用性がさらに高まることが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 井出達樹, 小熊亜津子, 荒川俊也	4. 巻 144
2. 論文標題 深層学習を用いた乳牛の分娩時「いきみ」検知技術の開発	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 井出達樹, 荒川俊也	4. 巻 8
2. 論文標題 画像解析に基づく乳牛の疾病検出のための機械学習手法の開発	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 井出達樹, 中山洋, 真野毅, 小熊亜津子, 小林信明, 荒川俊也
2. 発表標題 深層学習を用いた牛の分娩検知技術の開発
3. 学会等名 2023年 電気学会 電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井出達樹, 中山洋, 真野毅, 小熊亜津子, 小林信明, 荒川俊也
2. 発表標題 深層学習を用いた非拘束での牛分娩検知システムの開発
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 一宮光悦, 寺澤武, 荒川俊也
2. 発表標題 敵対的生成ネットワーク (GAN) を用いた人工病理画像生成とその評価
3. 学会等名 電気学会U-21学生研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺澤武, 一宮光悦, 諏訪陵弥, 荒川俊也, 佐藤康史, 井上雄介, 武輪能明
2. 発表標題 敵対的生成ネットワーク (GAN) によるディープラーニング用人工病理画像生成の可能性
3. 学会等名 第60回日本人工臓器学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 諏訪陵弥, 一宮光悦, 寺澤武, 荒川俊也
2. 発表標題 GAN生成病理画像が深層学習を用いた組織検出精度に与える影響
3. 学会等名 生物工学若手研究者の集い 夏のオンラインセミナー2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 一宮光悦, 諏訪陵弥, 寺澤武, 荒川俊也
2. 発表標題 病理画像生成における敵対的生成ネットワーク (GAN) の適用
3. 学会等名 生物工学若手研究者の集い 夏のオンラインセミナー2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 諏訪陵弥, 一宮光悦, 寺澤武, 荒川俊也
2. 発表標題 GAN生成病理画像の深層学習への適用が組織検出精度に与える影響の検証
3. 学会等名 「動的システムの状態推定とデータからの学習およびその応用」研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 一宮光悦, 諏訪陵弥, 寺澤武, 荒川俊也
2. 発表標題 敵対的生成ネットワーク(GAN)による病理画像生成
3. 学会等名 「動的システムの状態推定とデータからの学習およびその応用」研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺澤武, 谷川諒, 佐藤康史, 井上雄介, 荒川俊也, 武輪能明
2. 発表標題 組織形成・再生過程を定量評価するための病理画像解析用人工知能の開発
3. 学会等名 第59回日本人工臓器学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小熊壱津子, 大村学海, 間間英之, 小林信明, 井出達樹
2. 発表標題 介護用見守りシステムを活用した牛分娩検知システムの検討
3. 学会等名 令和3年度獣医学術中部地区学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	間間 英之 (Uruma Hideyuki) (00812025)	静岡県畜産技術研究所・酪農科・上席研究員 (83810)	
研究分担者	荒川 俊也 (Arakawa Toshiya) (50631248)	日本工業大学・先進工学部・教授 (32407)	
研究分担者	小熊 亜津子 (Oguma Atsuko) (00897465)	静岡県畜産技術研究所・酪農科・上席研究員 (83810)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------