

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05935

研究課題名(和文)ウシを見守る新たな目～牛体の精密形態分析による分娩進捗管理～

研究課題名(英文)Precise morphological analysis of the cow body during parturition by 3D depth sensor camera

研究代表者

小針 大助 (Kohari, Daisuke)

茨城大学・農学部・准教授

研究者番号：50396595

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、赤外線深度センサを用いて、分娩前に生じる仙骨靭帯の変化を捉えることを目的とした。牛の分娩房内に赤外線深度センサを設置し、1分毎に三次元点群を取得した。得られた点群から牛の後躯部領域の計測が可能な立位データを抽出した。牛の形状の特徴量として曲率を計算し、それにより表現された後躯部の領域をテンプレートとしたパターンマッチング手法により解析した。後躯部の形状を比較するのに適したデータは立位で、深度センサを設置した直下の領域において取得可能であった。曲率を確認したところ、仙骨靭帯の張態による凹みが分娩前に大きくなることが確認でき、この張態は分娩約5時間前に大きくなることが確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究から、赤外線深度センサにより連続的な形態変化を長時間かつ高精度に捉えることが確認できた。近赤外光による記録は動物に対しては極めて非侵襲的かつストレスフリーな手法であり、あらためて直接センサーなどを体に装着できない動物(動物園動物・野生動物)のスキャンなどにも応用可能性が確認されるとともに、センサーから得られた値は、リアルタイムにデータ化されることから、特定の動物行動の自動評価システムへの応用可能性も期待できることが確認された。一方で、センサーカメラの精度上、撮影範囲が限定されることや耐久性などの問題も明らかとなり、汎用化にはデータ取得条件の調整の必要性も示唆された。

研究成果の概要(英文)：We attempted to capture the cow's body shape change before parturition using an infrared depth sensor (three-dimensional camera). Japanese Black cattle kept in our university was used as subject. We set an infrared depth sensor (Kinectv2, MS) in the parturition pen, and a three-dimensional point cloud was acquired every minute. From the obtained point cloud, the standing data of the cow that can measure the posterior region was extracted. Curvature was calculated as a feature of the posterior shape of the cow and analyzed by a pattern matching method using them as a template. The data suitable for comparing the posterior body shape was standing and could be obtained in the area directly below the depth sensor. It was confirmed that the dent due to the tension of the sacral ligament became larger before parturition and their average depth became large about 5 hours before parturition.

研究分野：応用動物行動学

キーワード：分娩 牛 仙骨靭帯 形態 深度センサーカメラ

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 肉牛生産を取り巻く状況が年々厳しくなる中、我が国では、それぞれ特徴のある肉牛系統の性質を熟知した個々の農家のきめ細やかな管理により、工業的リーンプーフ生産とは一線を画す、高品質牛肉(プライムビーフ)の作出を試みてきた。その結果、日本の和牛は「WAGYU(わぎゅう)」としてブランド化され、世界に広く認知されることとなっている。一方で、TPP・EPA などによる農産物の市場開放の世界的な動向は、近い将来、オーストラリアやカナダなどから大量に入ってくると予想される超格安輸入牛肉とのテーブルミート競争に対抗していくために、農家に対してこれまで以上に効率的な生産を求めることとなり、我が国の肉牛農家は、現在の品質を維持しつつ、新たな管理対策にせまられている。従来、家畜の効率的な管理のためには、必要な動物の情報をなるべく単純化し、平均化した特性に合わせて管理システムを構築することが一般的な対策とされてきた。一方で、近年は異なる飼育環境においても複雑な現象をそのまま複雑なものとして捉え、個々の動物の特性を生かし、遺伝的能力を最大限発揮させるオーダーメイド型管理法が注目されている。特に、肉牛生産の基盤となる繁殖牛管理の様々な場面では、個々の農家の努力による、まさに後者によるところが大きく、この負担を軽減していくには、これら人の監視能力に匹敵するきめ細やかな技術開発がポイントとなる。

(2) 1頭あたりの生産単価の高い肉牛生産においては、その基盤となる子牛の確実かつ効率的な生産が不可欠であるが、特に、分娩時の子牛の事故は、子取り生産において最も注意しなければならない問題であり、多くの肉牛農家では様々な形での分娩監視ならびに介助を行っている。しかし、分娩は必ずしも予定通りに行われるケースばかりでなく、分娩監視業務は農家にとっては非常に労力が大きい管理業務となっている。近年は飼養者の高齢化に加えて、一戸あたりの飼養頭数の増加が監視業務のさらなる負担となっており、省力的かつ高精度の分娩予測法の確立が不可欠と考えられる。

(3) 我々の研究室では、これらの問題を解決すべく、これまで赤外線深度センサーカメラ(IR depth sensor camera)という3次元情報の計測が可能なセンサーカメラを用いて、繁殖牛を対象とした簡易かつ高精度の分娩予測技術の確立のための研究を試みてきた。本センサーカメラの特徴は、対象の3次元的な形態変化を数値データ化し、直接扱うことができることである。つまり、これまで人間の視覚システムにおいて当然のように行われてきた、立体視や空間内の物体の識別、追跡が、機械にも可能となってきたということであり、これは、カメラを従来繁殖農家の大きな負担となっていた分娩予定日前後の監視業務を補助する「目」として行うことができることを意味している。昨年までの我々の研究から、このセンサーカメラを用いることで、繁殖牛の分娩前に見られるいくつかの特徴的な行動(姿勢変化・尾挙上行動)を自動かつ高精度(人の肉眼による観察と同等)で検知できること、さらには、それらの生起率の変化を指標とすることから、6~2時間前までに分娩を予測できることを明らかにした。一方で、娩出までの時間(分娩速度)は個体毎に異なることから、より正確な予測には、従来法のような単純な行動指標の生起率による評価だけでなく、形態や生理変化など、より直接的な分娩の進捗に応じた各パラメータの緻密な状態評価ならびに交絡関係の解明が不可欠であることも明らかとなった。特に、分娩に先立つ寛骨・座骨の形態学的な変化は、娩出の物理性に関わる要素であり、分娩の進捗に伴い明確な指標となりうるものが予測され、行動や生理指標との関連性を明らかにできれば、表出反応としてより早期に、より正確な予測ができるものと考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、分娩時の微細な形態学的変化を緻密な3次元情報が計測可能な赤外線深度センサーカメラを用いて捉え、行動や生理学的変化との関係を明らかにすることから、従来法より高精度な分娩予測技術の開発を試みることである。

## 3. 研究の方法

(1) 調査は、茨城大学附属国際フィールド農学センターの牛舎で行った。供試牛は、黒毛和種繁殖牛10頭で、分娩予定日の1~2週間前に通常飼育している妊娠牛群から奥行4.0m、幅3.0mの分娩房に移動し、調査に供した。給餌は1日1回16時に乾草・デントコーンサイレージ・濃厚飼料を給餌した。

(2) 初年度は、まず牛の後躯形態データ取得法の確立を目指し、すでに廃版となっているMicrosoft Kinect V2とrealsenseのD435の2つの3次元深度センサーカメラを用いて、データの取得率や撮像能力、撮影精度の確認を行った。深度センサーカメラを分娩房上部に設置するとともに深度センサーカメラ操作用のパソコン(ノート型)とバックアップ行動記録用のデジタルビデオレコーダーを設置した。供試牛の分娩房への導入は、分娩予定日約1週間前とし、導入と同時にデータの記録を開始した。測定間隔は1フレーム/5秒を基本とし、データの取得状況を見てその他の測定間隔についても検討した。

(3) 初年度の調査からrealsenseのD435では検知精度に限界が見られたため、使用機器としては、MicrosoftのKinect V2を使用した。また、前年までの設定だと記録画角に難点があったた

め、撮影範囲は限られるものの、記録精度向上のため、深度センサーカメラの設置位置を前年までの地上部から 4m 地点の位置から、3m 地点に変更して記録した。記録間隔は 1 分毎とし、3 次元点群情報を取得した。取得した 3 次元点群から、ウシ個体を抽出し、ノイズ除去を行った後、形態変化について評価した。

(4) 3 年目はカメラ設置高を分娩房内の床面から高さ 2.5 m に再設定し、1 分毎に、三次元点群 (三次元情報) を取得した。得られた点群から、高さ情報を利用して、牛の点群を抽出した。抽出された牛のデータのうち後躯部領域の計測が可能な立位のデータを牛点群の高さ情報から抽出した。抽出した牛の形状の特徴量として、曲率 (curvature) を計算し、その曲率により表現された後躯部の領域をテンプレートとしたパターンマッチング手法により、抽出および位置合わせをおこない解析に用いた。以上の処理は、主に Point Cloud Library および OpenCV Library (<https://opencv.org>) を用いて行った。

#### 4. 研究成果

(1) 仙骨靭帯の張態は、分娩 8 日前から娩出まで 1 日当たり平均 1~0.5cm ずつ変化し、特に 24 時間前からは平均 3cm も変動することが報告されている。これと分娩至近時に増加する行動指標を同時に捉え、個体毎の出産時間との関連性を明らかにするため、主に牛の後躯形態データ取得法を確立することを 2018 年度の目的とした。まず、使用する 3 次元深度センサーカメラについて、すでに廃版となっている Microsoft Kinect V2 と realsense の D435 の検討を行った。太陽光に弱いという Kinect V2 に対して、影響が小さいという D435 は間接光に対しても、非常に強く、欠損が少ないことが確認された。しかしながら、撮影距離が長くなるにつれ、検知精度の低さがみられ、また画角が思った以上に狭いことから、本研究でデータ取得を狙う、4~5m 程度離れた位置から牛体の形態変化に伴う数センチから数ミリ精度のデータ取得には不向きであることが確認された。一方で、電力消費量が高いものの、従来の Kinect V2 では良好なデータ取得が確認された。

(2) 分娩至近時の仙骨靭帯の張態変化と寛骨および坐骨幅の変化を捉える目的で、牛の後躯形態データ取得法の確立を目指し、機器と撮影条件の調整を行い、さらに、それらの試行から実際のデータ取得精度とサンプリングを行った。用いた深度センサの画角では、分娩房全体をカバーできなかったため、評価に用いることが可能なデータの取得に制限があった。また、姿勢の違い、特に座位と立位では体が大きく変形するために、比較が困難であった。しかし、比較が容易な立位のデータを抽出し、時間的形態変化を評価すると、分娩が近づくにつれての靭帯の形状変化が確認できた (図 1)。このことから、撮影方法に工夫が必要であるものの、深度センサー画像を用いた形態変化から、分娩予測が可能であることが示唆された。

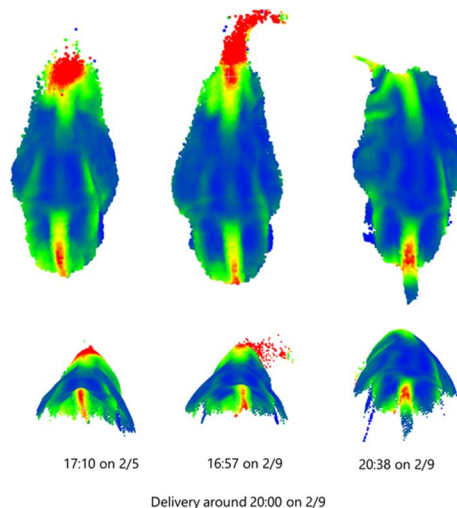


図 1. 牛体後躯を中心とした 3 次元的形態データ

(3) 後躯部の形状を比較するのに適した立位データの取得条件の確認を行った結果、深度センサを設置した直下の領域において最も取得精度が高くなることが確認された。靭帯の形状変化について、後躯全体の曲率を算出し確認したところ、仙骨靭帯の張態による凹みが分娩前に大きくなることが確認できた (図 2)。また、この差を定量的に評価するために、尾部上部と尾部つけねの領域の平均高さを分娩 24 時間前から分娩時まで比較したところ、分娩約 5 時間前に差が大きくなることが確認できた (図 3)。

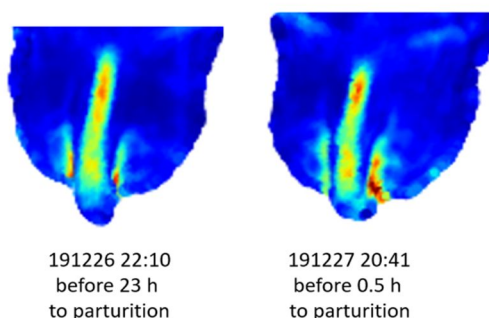


図 2. 曲率をもとにした仙骨靭帯の形態変化の可視化

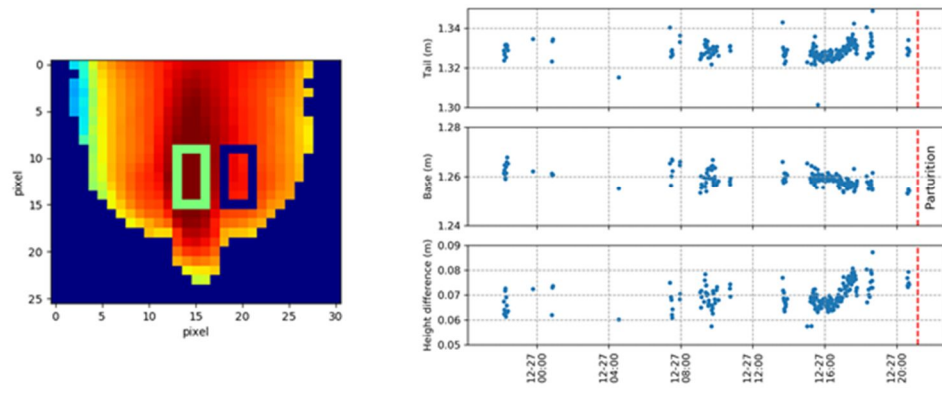


図 3. 分娩 24 時間前から分娩時までの尾部上部の平均高さ(右上)、  
 尾部つけねの平均高さ(右中)とその差(右下)。  
 分娩 5 時間前ほどから、差が急激に大きくなっている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岡山毅・熊倉琴美・小針大助
2. 発表標題 深度センサを用いた分娩予測のためのウシ形態分析システムの開発
3. 学会等名 日本畜産学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡山毅・小針大助・豊田淳
2. 発表標題 深度センサによる牛分娩前体形変化の検出
3. 学会等名 日本畜産学会
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	岡山 毅  (Okayama Tsuyoshi)  (90575226)	茨城大学・農学部・教授    (12101)	

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
---------	---------