

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：12101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18774

研究課題名(和文) 赤外線深度センサーを用いた家畜牛の非侵襲的行動検知法の確立と分娩予測技術への応用

研究課題名(英文) Non invasive behavior detecting method during cattle parturition using IR depth-sensor camera.

研究代表者

小針 大助(Daisuke, Kohari)

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) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、3次元情報を取り扱うことが可能な赤外線深度センサーカメラという機器を使用し、繁殖和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た。調査では、分娩時間の予測指標となる姿勢変化、尾挙げ、屈曲、回転の4行動について、肉眼観察データと比較することで赤外線深度センサーカメラの行動検知精度を評価するとともに、それらの検知偏差に影響する環境条件について調査した。その結果、姿勢変化や屈曲、回転については非常に高い精度で検知できることが明らかとなったが、尾挙げに関しては、カメラの画角や撮影条件の影響を受け検知精度が下がることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：In this research, we attempted to establish a simple and highly accurate delivery prediction technique for breeding cattle using infrared depth sensor camera which could treat 3D information.

The behavior detection accuracy of the infrared depth sensor camera was investigated by comparing with the macroscopic observation data on posture change, tail lifting, bending, rotation, which are indicators of delivery time. In addition, effect of the environmental condition for behavior recording was investigated.

As a result, it was clarified that posture change, bending, rotation behavior before parturition could be detected with very high precision by this sensor camera, but it is clear that the detection precision decreases with the influence of the field angle of the camera and the photographing condition with respect to the tail lifting.

研究分野：動物行動学

キーワード：行動 繁殖牛 赤外線深度センサーカメラ 分娩 子牛 姿勢変化 自動計測

1. 研究開始当初の背景

(1) 1991年の牛肉の輸入自由化以降、我が国の肉牛生産においては、高脂肪交雑系統の育種改良の増進とそれぞれの系統の生産特性に合わせたきめ細やかな管理により、輸入牛肉と和牛肉との質的別化路線がとられてきた。しかし TPP 交渉の結果によっては、関税が著しく低い値まで下げられるとの報道もあるように、近年、日本の肉牛生産をめぐる状況は、一層厳しくなりつつある。加えて、担い手である農業就業人口は、昭和 35 年以降減少の一途をたどっており、その高齢化も進んでいる。一方で、一戸あたりの飼養頭数は年々増加していることから、これからの我が国の肉牛農家には、飼養頭数の増加に対して現在の品質を維持しつつ、これまで以上に効率的かつ精密な管理が求められているといえる。

(2) 1 頭あたりの生産単価の高い肉牛の生産においては、そのもととなる子牛の確実かつ効率的な生産が不可欠であるが、その中でも分娩時の事故は、子取り生産における大きな問題の一つとなっている。特に逆子や難産時には分娩介助が不可欠となることから、分娩予定日の前後は立ち会いに備えて繁殖牛の観察に気を配る必要がある。しかし、分娩は必ずしも予定どおりに行われるケースばかりでなく、数日間にわたって注意しなければならぬことや実際に分娩が始まったとしても、人が寝静まった夜間に始まることも多く、農家にとっては非常に労力が大きい作業となっている。まして前述のような飼養者の高齢化に加えて、一戸あたりの飼養頭数の増加は、分娩監視業務にとってさらなる負担となっており、これらの軽減には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) 牛の分娩予測の指標としては、これまでも分娩直前における仙骨靭帯の張態変化や尾挙上運動の出現、体温の低下や活動量の増加、乳房の張り具合の変化などが知られており、従来は一日何回かの肉眼観察やそれらを計測するためのセンサー類を牛体に設置してモニタリングする手法が考えられてきた。しかし、我々が応用を検討している赤外線深度センサーカメラでは、動物の立体的な体型の経時的変化や分娩前における特徴的な行動の変化をリアルタイムで数値情報として直接捉えることが可能である。

2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、近年急速に低価格化が進んでいる赤外線深度センサーカメラ (IR depth sensor camera) という 3 次元情報を取り扱うことが可能なセンサーカメラを使用し、繁殖和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ることである。

(2) まず対象となる分娩前行動の挙動をモニタリングし、次いでそれらの赤外線深度センサーによる記録を試みた。

3. 研究の方法

(1) 調査は、茨城大学附属フィールドサイエンス教育研究センターの牛舎で行った。供試牛は、黒毛和種繁殖牛 8 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) 本研究で使用した赤外線深度センサーカメラ (以下深度センサー) は ASUS 社製の Xtion PRO LIVE であった。本深度センサーは、主に赤外線照射部と深度センサーの 2 つの部分からなり、照射部から無数の赤外線レーザーを一様に照射し、深度センサーカメラで照射範囲内の各反射光の分布の歪みを読み取ることから、対象の 3 次元情報を得るものである。したがって、深度センサーは、対象となる分娩房が撮影範囲内に収まるように、床から高さ 3.5m の位置に設置した。またデータ記録のために防塵ケースに入れたノートパソコンも (U24A-PX3210R、ASUS 社製) を設置した。さらに各行動の肉眼観察用に、分娩房の床から 2.8m の位置にある牛舎の梁に赤外線暗視カメラ (S643TDN、株式会社ワイケー無線製 以下暗視カメラ) も 2 台設置した。

(3) 暗視カメラと深度センサーによる録画は、分娩予定日の約 1 週間前から開始した。暗視カメラは 30 フレーム/秒で、深度センサーは 1 フレーム/5 秒で録画した。録画したデータのうち、分娩前 24 時間分を解析に用いた。カメラデータはパソコンの動画再生ソフトで、深度センサーデータは Processing を使用して、深度情報をカラースケール画像として生成し、観察を行った。調査項目は分娩房内での姿勢変化 (立位・伏臥)、回転 (分娩房を巡回する行動)、尾挙げ、屈曲 (頭部を腹部側に向ける行動) の 4 項目とし、暗視カメラではそれぞれの開始・終了時刻を、深度センサーでは録画時に対象行動の実施の有無を記録した。

(4) 深度センサーおよび暗視カメラによる分娩前 24 時間の各行動反応のデータは 1 時間ごとに集計した。なお、姿勢変化と回転、屈曲は 1 時間あたりの出現頻度、尾挙げについては 1 時間あたりの出現割合として算出した。また深度センサーの検知精度確認のため、深度センサーと暗視カメラ両方で撮影ができた個体について、5 秒ごとの行動の実施・不実施を記録し、1 時間ごとに結果の一致率を算出した。データ解析には R (version 3.1.2) を使用した。

4. 研究成果

(1) 分娩前における母牛の行動変化

姿勢変化の頻度は、分娩 24~7 時間前にかけては、中央値が 5.5~14.5 回/h の範囲を推移したが、Miedema ら (2011) や Jensen (2012) と同様に、分娩 6 時間前付近から徐々に中央値の上昇がみられはじめた (Median: 18.5 回/h, Mean: 23.9 回/h)。また、3 時間前には一度低下したが (Median: 20.5 回/h, Mean: 36.3 回/h)、2 時間前に再び上昇し、8 頭中 6 頭で 1 時間に 5 回以上姿勢が変化するようになった (Median: 6.2 回/h, Mean: 7.7 回/h)。1 時間前にはすべての個体で 9 回以上の姿勢変化がみられた (Median: 4.6 回/h, Mean: 4.5 回/h)。このように、行動型が大きく変化し、特に分娩至近時前から急増するといった量的変化は、深度センサーで検知しやすいものと考えられた。回転頻度は、分娩 3 時間前まではほとんど見られなかったが、3 時間前に中央値で 1 回/h (Mean: 0 回/h)、2 時間前に 2.5 回/h (Mean: 0.8 回/h) と増加した。鳥根県畜産技術センターの報告では、2 時間半くらい前から 10 数回以上見られるとのことであったが、本結果では、頻度上昇は見られたものの、その値はわずかであり、指標としては慎重に見極める必要があるものと考えられた。尾挙げ割合は、分娩前 24~6 時間前は中央値 0.7~4.8% の間でほぼ一定に推移したが、その後、5 時間前から増加し始め (Median: 6.9%, Mean: 25.2%)、3 時間前には 8 頭中 6 頭で、1 時間の尾挙げ割合は 50% を超え (Median: 72.5%, Mean: 67.5%)、2 時間前には 8 頭中 7 頭 (Median: 100%, Mean: 94.8%) で 100%、1 時間前にはすべての個体で 100% となった (Median: 100%, Mean: 100%)。また、尾挙げ割合は 20~40% 以上になると分娩まで持続的に実施されており、これを検知することにより、早くて 2 時間以内に分娩がおこることが予測できる可能性が考えられた。屈曲頻度は、分娩前 24~4 時間前の中央値は 5.5~18.5 回/h と個体によって大きく異なった。3 時間前の中央値は 20.5 回/h、2 時間前は 26.5 回/h、1 時間前は 34 回/h に増加した。しかし第 1 四分位範囲と第 3 四分位範囲の差は 3 時間前で 36 回、2 時間前で 13.5 回、1 時間前は 30.5 回と大きく、明確な増加傾向が認められるのは分娩 1 時間前くらいからであった。Jensen (2012) は、分娩 2 時間前から頻発すると報告しているが、個体差も大きく、この行動単体ではなく他の行動との関係から判断する必要性も考えられた。

(2) 赤外線深度センサーによる分娩前行動の検知

牛舎の電圧の低下や停電などにより、一部の深度センサーデータの取得に失敗したため、データが取れたのは 3 頭のみであった。それぞれの行動について、暗視カメラと深度センサーによる取得データの 1 時間あたりの

一致率を算出した結果、姿勢変化で 99.7%、回転で 97.7%、屈曲については 93.4% とやや落ちるが、それぞれ比較的高い精度で行動が検知できていることが明らかとなった。一方、尾挙げについては、分娩 4~2 時間前に一致率が著しく低下した。特に 2 頭で分娩 4 時間前に 15.0% と 47.1%、もう 1 頭は分娩 3 時間前に 24.3%、2 時間前に 15.0% まで低下した。この理由として、一つはそれぞれ対象となる尾が深度センサーの撮影範囲外に出てしまっていたこと、もう一つは日光が深度センサーに干渉したことが影響していたと考えられた。これは深度センサーの画角や強い日射による深度センサーの赤外光受光への干渉によるものであり、撮影環境の整備で今後改善可能と考えられた。そこで測定分娩房に日射を制御する隔壁を設置したところ、設置しなかった場合と比較して、特にデータ取得率が低かった分娩 3 時間前の尾上げのデータ取得率が、隔壁なしでは 50% 程度だったものが、隔壁があることにより 80% まで向上させることができることが明らかとなった。さらに、ASUS 社製の Xtion PROLIVE から、赤外線照射力の強い Microsoft 社製の Kinect v2 への機種変更により、このデータ取得率はさらに 15% 向上し、尾が牛体の影に隠れてカメラに映らないなど非撮影条件以外、すべての指標行動をほぼ 100% 記録できることが明らかとなった。なお、測定間隔は、記録データサイズを考慮し、1 秒ならびに 5 秒間隔での行動判別の可否について確認した。その結果、指標行動とした姿勢変化、尾上げ、屈曲の 3 項目については 5 秒間隔で問題なく記録できることが判明した。一方で、分娩房内を巡回する回転行動は、5 秒間隔では判別が難しく検知精度が落ちることが明らかとなった。

(3) 尾挙げ開始時間に影響を及ぼす要因

子牛の体重、子牛の性別、母牛の産次数の三つを予測変数とし、ステップワイズ法を用いて変数選択を行った結果、産次と子牛の性別が予測用尾挙げ時間と関連性が高い項目として選択された。産次と尾挙げ時間には、正の相関関係が見られ、($R=0.44$, $P=0.1$) 2 産、6 産、9 産と産次が増えるにつれて尾挙げ時間が長くなる、すなわち早くから尾上げが出現することが明らかとなった。一方、性別は子牛がオスの場合の方がメスの場合より尾上げ時間が長くなる傾向が認められた ($P=0.1$)。また、同一個体の尾上げ時間には相関が認められ ($R=0.57$, $P<0.05$)、過去の分娩時の尾挙げ時間と産次によって次回の分娩時の尾挙げ時間が予測できる可能性が考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 4件)

小針大助 . 動物の行動を捉える新たな目 ~ Let 's try 3D depth sensing for animal behaviour recording !! ~ . koudou2017 日本動物行動学会(第 36 回)・日本動物心理学会(第 77 回)・応用動物行動学会・日本家畜管理学会(2017 年度秋季)・日本行動神経内分泌研究会(第 27 回)合同大会. シンポジウム「行動計測」. 平成 29 年 9 月 1 日 . 東京大学駒場キャンパス .

佐藤晴香, 小針大助, 岡山毅, 豊田淳, 小迫孝実. 2016. 和牛の分娩前の尾上げ時間に関わる要因. 日本家畜管理学会・応用動物行動学会 2016 年度春季合同研究発表会.

Haruka Sato, Daisuke Kohari, Tsuyoshi Okayama, Kasumi Matsuo, Takami Kosako, Tatsuhiko Gotoh, Atsushi Toyoda. 2015. Accurate sensing of pre-parturient cattle behaviour using IR depth-sensor camera. 49th Congress of the International Society for Applied Ethology.

Daisuke Kohari, Tsuyoshi Okayama, Kasumi Matsuo, Haruka Sato, Takami Kosako, Tatsuhiko Gotoh, Atsushi Toyoda. 2015. Auto-detecting cattle behaviour using IR depth-sensor camera. 49th Congress of the International Society for Applied Ethology.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 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：5 0 3 9 6 5 9 5

(2) 研究分担者

()
研究者番号：

(3) 連携研究者

()
研究者番号：

(4) 研究協力者

岡山 毅 (OKAYAMA Tuyoshi)