

牛の行動変化に着目した分娩時期の予測技術

試験研究計画名：動線解析技術を活用した分娩監視および健康管理システムの開発

地域戦略名：酪農・肉用牛生産における子牛の安定的生産と飼養者の労働負荷軽減のためのストレスフリーな分娩監視システムの開発・普及

研究代表機関名：(学) 北里研究所 北里大学獣医学部

地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

酪農及び肉用牛生産においては、慢性的な素牛不足、高齢化や担い手不足が大きな問題となっています。そのため、新技術開発により生産基盤の強化を進め、飼養管理の効率化を実現することが持続的な酪農・肉用牛生産のために必要です。牛のライフサイクルにおいて、各種新技術（搾乳ロボット・哺乳ロボット等）により飼養管理等、改善がみられる部分もある一方で、子牛の死産率の高止まり、特に分娩時の事故率の高さにより、優良な後継牛の確保、安定的な子牛生産に大きな課題を残しています。さらに、昼夜を問わない分娩監視時間の増大は飼養者にとって大きな労働負担となっています。

分娩事故を低減するための対策技術として、分娩前の体温変化に着目して腔内挿入型温度センサーを活用するシステムが普及していますが、衛生上の問題や手技の煩雑さ、牛に対する負担を考慮して導入に抵抗感を示す農家も少なくありません。また、遠隔監視カメラによる分娩監視の効率化も図られていますが、常時監視からは解放されません。

分娩前の牛では、外貌（乳房、外陰部、骨盤靭帯）や体温の低下に加えて、歩行・起立時間や姿勢変更回数数の増加など、特徴的な行動変化がみられることが知られています。そこで本研究では、分娩兆候の新たな指標として行動変化に着目し、個体識別ビーコンセンサーによる行動解析と人工知能による機械学習を用いて、非侵襲的な分娩時期の予測技術を開発しました。

技術体系の紹介：

1. 分娩前に特徴的な行動変化について

分娩前 24 時間における行動変化として、①佇立と伏臥の転換回数（牛の垂直移動）、②移動行動（移動動線、距離、速度）、③腰部挙動回数（体幹のねじれ）、④尾挙動（振る、挙げる）回数が分娩直前に著しく増加することを確認しました（図 1）。

したがって、これらの行動をセンサーによって取得、分類して解析することにより、分娩時期を予測することが可能になると考えられました。

そこで、個体識別ビーコンセンサーを用いた動線分析による非侵襲的分娩監視システムを開発しました（図 2）。

牛の行動をリアルタイムで可視化し、人工知能によって分娩時期を予測、管理者へ通知するシステムです。ネックベルトに搭載されたビーコンセンサーによって三辺計測により牛の位置情報と動線を取得します。得られる動線から牛の行動を詳細に解析、分娩前に特徴的な行動を検出し、分娩時期を予測して飼養者にメール通知するものです。

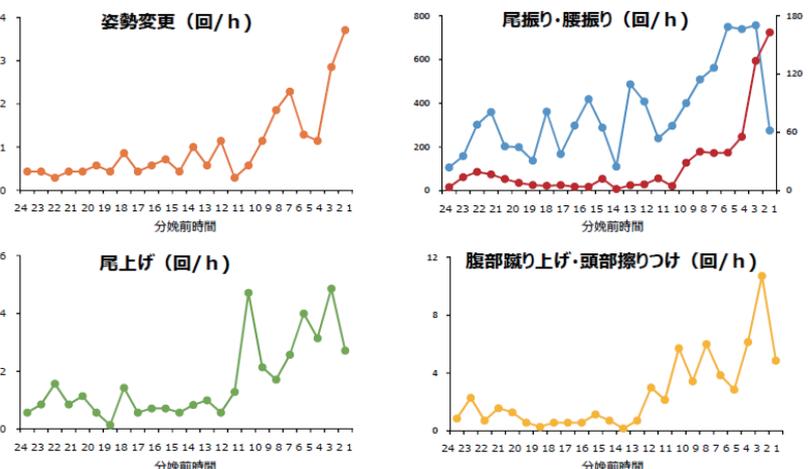


図 1 分娩前に特徴的な行動変化（行動観察による分娩兆候）



図2 個体識別ビーコンを用いた動線分析による非侵襲的分娩監視システム

2. 個体識別ビーコンを用いた動線分析による非侵襲的分娩監視システムについて

個体識別ビーコンによって取得した分娩前7日から分娩当日までの1日毎の移動距離の推移、加速度、歩数において、分娩当日に有意な変化を捉えることができました。また、分娩当日における1時間毎の移動距離においては、分娩前1時間までは大きな変化は認められませんでした。その後分娩時まで急激に増加しました（図3）。さらに、開発したシステムによる分娩予定牛の分娩前12時間の動線に関して、分娩に近づくとつれ移動距離が増加している様子を確認できた（図4）。

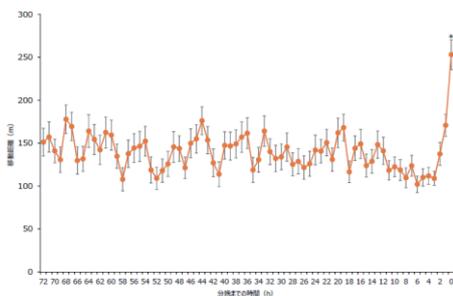


図3 分娩当日における1時間毎の移動距離の推移

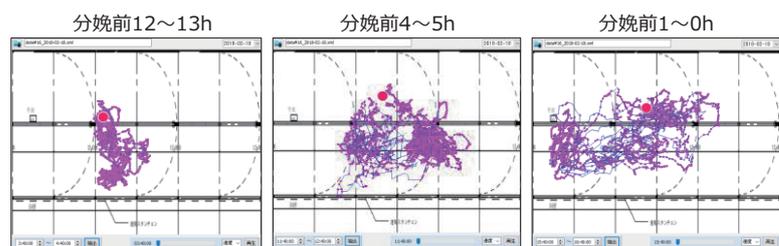


図4 分娩当日における1時間毎の移動距離の推移

表1 開発した人工知能分娩予測モデルの予測精度

予測モデル	分娩予測精度				
	24 h 前	12 h 前	4 h 前	2 h 前	1 h 前
12 時間単位での予測シミュレーションモデル（分娩日の予測）	91%	94%	—	—	—
1 時間単位での予測シミュレーションモデル（分娩時刻の予測）	—	—	—	81%	97%

個体識別ビーコンセンサーの特徴量から生存時間解析と呼ばれる方法で機械学習を行い、分娩時刻を予測する方法（アルゴリズム）を確立しました。12時間以内の分娩を12時間前に94%の確率で予測・通知できること、さらに、1時間以内の分娩を1時間前に97%の確率で予測・通知できることに成功しました（表1）。分娩時刻の予測精度については、未だ改善の余地がありますが、機械学習の対象データを増やすことで、予測精度はさらに高まるものと考えられます。

既存技術（腔内留置温度センサー）との比較として、本システムのネックベルト装着時と腔内温度センサー留置時のストレスホルモン（コルチゾール）推移を比較したところ、腔内温度センサーの留置では、ストレスホルモンが高く推移したのに対し、ネックベルト装着では大きな変化は認められませんでした。また、体温低下から破水までの時間は個体差が大きいいため、個体差も加味した予測が可能な本システムの有用性は高いものと考えられます。

技術体系の経済性は：

経営改善効果

本研究で開発した分娩予測・通知システムによって事前に分娩を予測・通知できたことにより、適切な分娩介助（立ち合い分娩）が実現可能となりました。コンソーシアム参画農場における分娩成績によると、夜間分娩における死産率は77.8%であり、分娩に立ち会えず適切に介助できなかったことが原因であると考えられます。そのため、本実証農場においては、開発した分娩予測・通知システムで分娩時期を予測し事前に飼養者へ通知することで夜間帯における適切な分娩介助が実現できることとなります。また、子牛と母牛の分娩死亡事故発生原因のうち、82.4%は分娩時の処置の遅れに伴う事故であるとの既報もあることから、本システムの運用により80%の分娩事故削減が実現可能となります。

さらに、12時間以内の分娩の発生を、失報なく94%の確立で予測できることを確認していることから、本システムの運用により、特に夜間における分娩予定牛の監視に要する時間を削減することが可能となり、労働時間の15%短縮が実現可能となります（1頭当たり夜間監視時間14hの短縮）。

これらの結果より、分娩事故による損失額の削減と分娩監視にかかる労働費の削減が見込まれ、本システムの導入費用・維持費を考慮しても年間で3,476千円の導入効果が期待できます（表2）。

表2 分娩予測システム導入の効果試算（120頭規模家族酪農経営）

	分娩頭数 (頭)	分娩事故頭数 (頭)	事故損失額 (千円)	分娩監視時間 (h)	労働費 (千円)
技術導入前	103	9 (8.7%)	4,800	1442	1,730
技術導入後	103	2 (1.9%)	1,200	1226	1,470
導入効果	-	事故率低下	3,600 (損失額削減)	216 (監視時間削減)	260 (労働費削減)

	事故損失額削減額 (千円)	労働費削減額 (千円)	システム導入・維持費 (千円)	導入効果 (千円)
導入効果	3,600	260	384	3,476

経済的な波及効果

乳・肉用牛における分娩事故発生率は5～7%に達するとの報告もあります。一経営体における本システムの導入効果は上述のとおりですが、これを地域への経済的波及効果として試算すると、分娩事故の低減によってより大きな効果となり、地域における優良な後継牛の確保、安定的な子牛生産に寄与するものと考えています。

こんな経営、こんな地域におすすめ：

酪農および肉用牛経営における分娩予定の乳・肉用繁殖雌牛を対象としています。ベースライン設定のために2日程度の基礎データ取得期間をおいて分娩予測が可能となるため、飼養形態や品種を問わず活用することが可能であり、放牧飼育を除く全国の酪農および肉用牛経営で導入が期待できます。

個体識別ビーコンセンサーでは、複数頭数のデータ取得・解析が可能のため、単房分娩室だけでなく、複数頭飼養の分娩室も対応可能です。

遠隔監視カメラを導入している経営体においては、本システムを導入することによって行動変化（分娩兆候）が通知されるため、カメラの常時監視から解放されることにつながります。

技術導入にあたっての留意点：

個体識別ビーコンで分娩予定牛の動線を取得するためには、予め約10m間隔で牛舎の柱等にゲートウェイを設置する必要があります(図5)。また、リアルタイムで分娩予測通知を遠隔受信するためには、携帯電話網の通信環境が必要となります。

本システムによる分娩時期の予測・通知システムは、分娩を100%的中するための技術ではなく、分娩予定牛の行動を指標として、日常値（平常値）からの逸脱（異常値）を検出して解析し、飼養者に通知する支援器具としての活用が前提となります。



図5 個体識別ビーコンセンサーと牛舎に設置するゲートウェイ

研究担当機関名：(学) 北里研究所北里大学、(国) 鹿児島大学、(学) 東京理科大学、ライフラボ
トリ(株)、(地独) 青森県産業技術センター畜産研究所、(有) 小比類巻家畜診療サー
ビス、(株) NAMIKI デーリィファーム、(有) 有村ファーマーズ

お問い合わせは：(学) 北里研究所 北里大学獣医学部 動物飼育管理学研究室

電話 0176-23-4371 E-mail nabe9@vmas.kitasato-u.ac.jp

執筆分担 ((学) 北里研究所 北里大学獣医学部 動物飼育管理学研究室 鍋西 久)