

18. 牛の分娩間隔短縮に向けた腔内留置型発情検知システムの開発

農林水産研究指導センター畜産研究部

○村上敦哉 児玉千尋 渡邊直人 (病鑑) 佐藤亘 (病鑑) 堀浩司

【はじめに】

近年、牛の受胎率低下と分娩間隔の延長が畜産現場で問題となっている(図 1)。これらの問題の要因として、1戸当たり飼養頭数の増加(図 2)や発情徴候の微弱化による発情発見の遅れや発情の見逃しが考えられる。受胎率の低下や分娩間隔の延長は肉用牛では素牛生産の減少や改良の遅れ、乳用牛では個体乳量や副産物の減少等につながり、畜産経営にとって大きな経済損失をもたらす。当研究部では分娩アラートシステム「牛温恵」を提供する(株)リモートおよび国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構動物衛生研究部門(動衛研)と共同で人工知能を用いた腔内留置型発情検知システムの開発を進めている。今回、発情のパターンを表した数式(発情検知モデル)の作成にあたり、人工知能の一手法である機械学習に必要なデータの収集とその有用性検証を行った。

図 1. 受胎率の推移

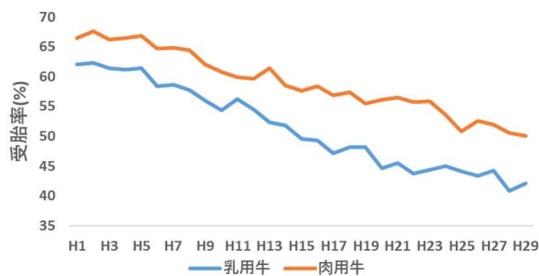
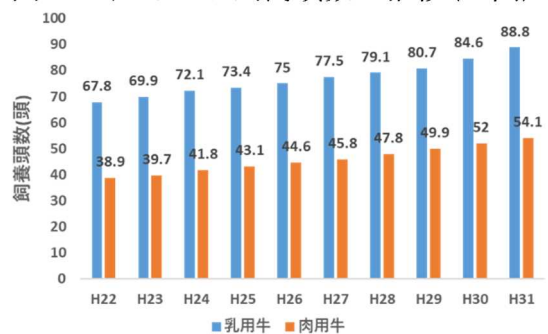


図 2. 一戸あたり飼養頭数の推移(全国)



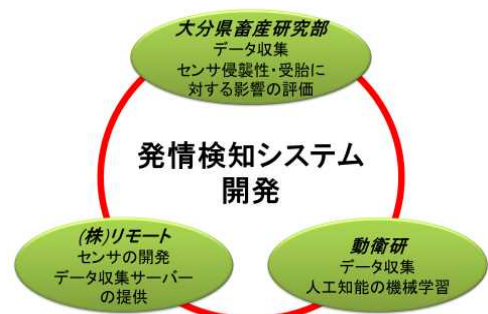
【材料および方法】

発情検知システムの開発にあたり、当研究部ではセンサを用いた腔温・電気抵抗値・発情徴候のデータ収集とセンサ挿入による侵襲性・受胎に対する影響の評価を行った(図 3)。また、(株)リモートはセンサの開発とデータ収集サーバーの提供を、動衛研は当研究部と同様のデータ収集と収集したデータを活用した機械学習による解析を行った。

○腔温・電気抵抗値の調査と発情徴候との関連性の検討

ホルスタイン種および黒毛和種の雌牛計 13 頭に、発情前後 10 日間の計 21 日間、腔内留置センサを挿入し、腔温および腔内電気抵抗値を測定した。測定値は午前・午後で集計して平均値を求めた。発情徴候についてはパドック内にビデオカメラを設置して記録し、初めて発情の行動が見られた時点をも 0 日目とした。

図 3. システム開発における関連機関との連携



○センサ挿入による侵襲性と受胎に対する影響の評価

電気抵抗値測定のために流れる微弱電流による侵襲性を評価するため、センサ抜去時に粘液の白濁や膿様物の滲出などの異常がないか調査した。更に、センサ挿入牛4頭に対して人工授精を行い、受胎に対する影響を調査した。人工授精はセンサデータを用いず、目視により発情徴候が確認された牛に対しAM・PM法で行った。センサは人工授精時に一時的に抜去し、その後再挿入した。

○動衛研による発情検知モデルの作成

当研究部と動衛研で収集されたデータを用い、動衛研にて人工知能を活用した発情検知モデルを作成した。動衛研で収集された15データの腔温と腔内電気抵抗値から特徴量(統計解析の説明変数)を抽出し、機械学習を用いて発情検知モデルを作成、そのデータと当研究部で収集・採用した10データの計25データの発情判定を行い感度・精度を評価した。

【結果】

当研究部にてセンサを挿入した13頭のうち、明瞭な発情徴候を示し採用した10頭のデータは以下のとおりである。

○腔温・電気抵抗値の調査と発情徴候との関係性の検討

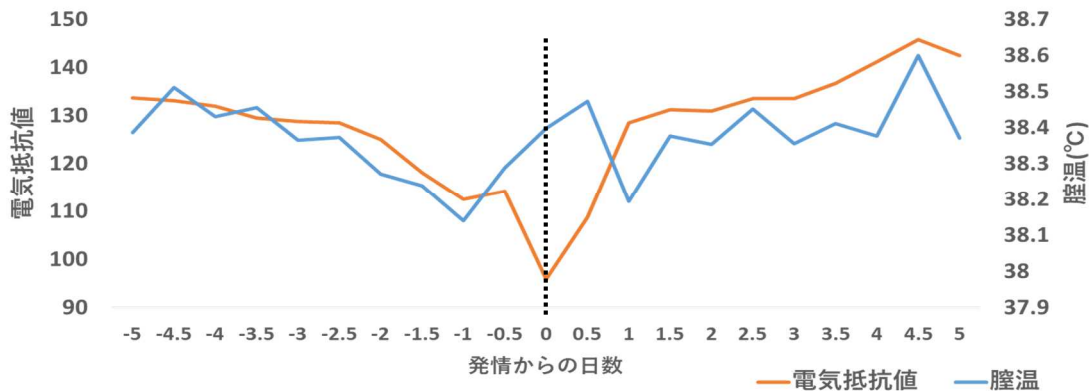
腔温は-5.0日目で 38.39 ± 0.16 (平均 \pm SD) $^{\circ}\text{C}$ となり、-1.0日目の $38.14 \pm 0.21^{\circ}\text{C}$ と0.5日目の $38.47 \pm 0.27^{\circ}\text{C}$ に対し有意に低い値を示し($p < 0.01$)、0.5日目は-1.0日目に対して有意に高い値を示した($p < 0.01$)。更に腔内電気抵抗値は-5.0日目で 133.65 ± 23.29 に対し、0日目では 95.91 ± 28.53 と有意に低い値を示した($p < 0.01$) (表1、図4)。

表1. 腔温および電気抵抗値の平均データ

	-5.0日目	-1.0日目	0日目	0.5日目
腔温	$38.39 \pm 0.16(x)$	$38.14 \pm 0.21(y)$		$38.47 \pm 0.27(z)$
電気抵抗値	$133.7 \pm 23.3(a)$		$95.9 \pm 28.5(b)$	

異符号で有意差あり ($p < 0.01$)

図4. 腔温および電気抵抗値の平均
10頭平均値(16.2 \pm 3.3ヶ月齢)



○センサ挿入による侵襲性と受胎に対する影響の評価

21日間センサ挿入後、センサ抜去時に採取された粘液に白濁などの異常は認められなかった(図5)。また、人工授精を行った4頭中2頭が授精後40日目とその後の妊娠鑑定で受胎が確認された(表2)。

図5. センサ挿入による侵襲性の評価
(黒色カップ内に粘液を採取して異常の有無を判定)



表2. センサ挿入による受胎に対する影

	人工授精月齢 (実施月)	妊鑑 結果	受胎状況 (10/27時点)
ホルスタイン種育成①	17ヶ月齢(4月)	+	+(203日齢)
ホルスタイン種育成②	16ヶ月齢(6月)	+	+(143日齢)
黒毛和種育成①	13ヶ月齢(7月)	-	
黒毛和種育成②	13ヶ月齢(7月)	-	

○動衛研による発情検知モデルの作成

合計25回の発情周期に対して発情検知モデルは29回の発情があると判定した(表3)。内訳は、真に発情を検知したアラートが24回、発情でないにも関わらず発情と判定したアラートが5回であった。また発情であるにも関わらず発情と判定されなかった周期が1回あった。これにより発情が真に発情であると判定される感度が96%、発情でないものが真に発情でないとして判定される精度が82.8%となった。

表3. 発情検知モデルの評価

発情周期	真陽性	偽陽性	偽陰性	感度	精度
25	24	5	1	96.0	82.8

真陽性：発情期間内に発情であると判定した場合

偽陽性：発情期間以外に発情であると判定した場合

偽陰性：発情期間内に発情であると判定されなかった場合

感度 = 真陽性 / (真陽性 + 偽陰性) × 100

精度 = 真陽性 / (真陽性 + 偽陽性) × 100

【まとめ】

本研究により、膣温は発情数日前から低下し始め発情に伴い上昇し、膣内電気抵抗値は発情時に低下するという発情前後のみにみられる特異的な推移が観察された。

すでに実用化されている牛の発情検知システムとしては、行動量の増加を検知することで発情を判定するもの等があるが、今回の結果から、膣内留置型センサで測定した膣温と膣内電気抵抗値を用いて発情判定が出来るシステム実用化の可能性が示唆された。これにより発情という生理現象に対する生理的応答を捉えることで、外的要因に左右されにくく、より高い感度・精度の発情検知が可能であると考えられた。また、センサ挿入牛でも受胎が確認されており粘液の異常も確認されなかったことから、センサ挿入による侵襲性は低く受胎に影響はないと考えられた。

乳用経産牛に本発情検知システムを用いた場合、感度が 90%、精度 80%と仮定し、受胎率 40%、分娩後初回授精 72 日目以降、発情周期 21 日周期、妊娠期間 280 日であると設定すると、分娩間隔は 404 日となる。そのため 2019 年度の乳用経産牛の平均分娩間隔である 432 日より 28 日短くなることが期待される。

本システムを実用化することで膣内留置型センサと人工知能によるリアルタイムの発情検知が可能となり、生産者が常に牛を観察しなくても発情の見逃しを低減出来ることが見込まれる。また本センサは挿入するだけと取り扱いが簡便であることから、広く一般の農家への普及が期待される。

今後は現地実証により測定データと受胎実績を蓄積することで、発情検知感度・精度の向上を行い、本発情検知システムの実用化を目指していく。

【参考文献】

- 1) 森 純一, 富塚 常夫, 広木 政昭, 仮屋 堯由. 牛の性周期中における子宮頸管粘液の pH 及び電気伝導度の変化-生体測定による検討. 家畜繁殖誌 25:6-11. 1979
- 2) 武石秀一, 松岡恭二, 池田哲, 小田原幸夫, 宇都宮茂夫, 佐藤徳泰. 次世代型のセンシング技術を用いた家畜精密使用管理技術の確立 ア 膣内粘液電気抵抗値を利用した繁殖管理システムの開発. 大分県畜産試験場平成 19 年度試験成績報告書 36. 2007
- 3) Shogo Higaki, Ryotaro Miura, Tomoko Suda, L Mattias Andersson, Hironao Okada, Yi Zhang, Toshihiro Itoh, Fumikazu Miwakeichi, Koji Yoshioka. Estrous detection by continuous measurements of vaginal temperature and conductivity with supervised machine learning in cattle. Theriogenology 123:90-99, 2019