

膣粘液電気抵抗値と膣温による発情発見精度の向上

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
共同研究者 株式会社リモート 宇都宮茂夫 株式会社 RECOTEK 梶原誠二
独立行政法人農研機構動物衛生研究部門 吉岡耕治 檜垣彰吾

【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戸あたり飼養頭数の増加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(図2)。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(以下:動衛研)と共同で人工知能を用いた膣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(以下:発情検知モデル)の作成にあたり、人工知能の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

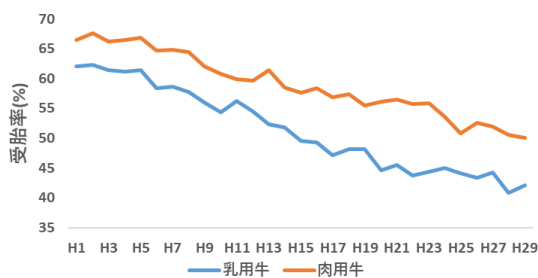
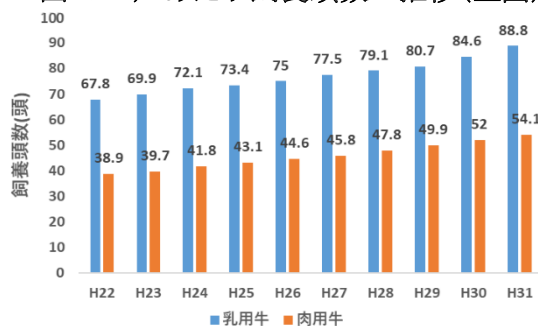


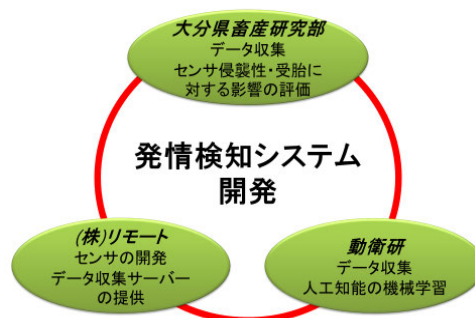
図2. 一戸あたり飼養頭数の推移(全国)



【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膣温・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)リモートにセンサの開発とデータ収集サーバーの提供をしていただき、動衛研で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人工知能の機械学習を行った。

図3. システム開発における関連機関との連携



○腔温・電気抵抗値の取得と発情徴候との関係性の検討

ホルスタイン種および黒毛和種雌牛計 13 頭に対し発情前後 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 0 日目とした。

○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瘍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

当研究部と動衛研において収集されたデータを用い、人工知能を活用した発情検知モデルを動衛研にて作成した。動衛研で収集された 15 データを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、機械学習に用いて発情検知モデルを作成、その 15 データと研究部で収集・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・電気抵抗値の取得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) $^{\circ}\text{C}$ に対して -1.0 日目で $38.14 \pm 0.21^{\circ}\text{C}$ と有意に低い値を示し ($p < 0.01$)、0.5 日目では $38.47 \pm 0.27^{\circ}\text{C}$ となり -1.0 日目に対して有意に高い値を示した ($p < 0.01$)。更に電気抵抗値は -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)。

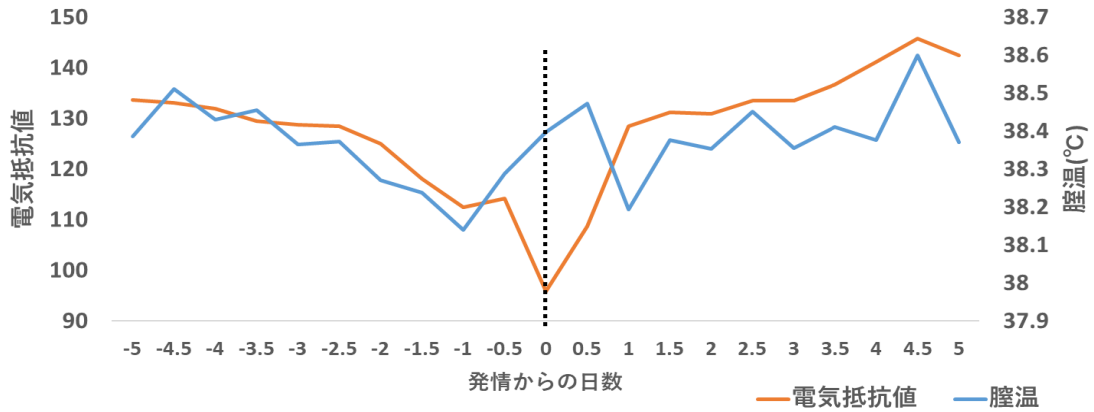
表 1. 腔温および電気抵抗値の平均データ

	-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. 膈温および電気抵抗値の平均グラフ

10頭平均値(16.2±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 日目の妊娠検定でプラスであり、10/27 時点でも受胎が確認された(表 2)。

図 5. センサ形状とセンサー挿入時における侵襲性の評価



表 2. センサ挿入による受胎に対する影響

	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

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、行動量の増加を検知することで発情を判定するもの等ある。新たに、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捕らえることで、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る。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、侵襲性

は低く受胎に影響はないと考えられる。

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。これにより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. 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