

## 乳用牛における分娩間隔の短縮に向けた発情検知システムの開発

村上 敦哉・堀 浩司

大分県農林水産研究指導センター畜産研究部

**要 約** ウシの分娩間隔短縮を目的とした発情検知システム開発のため、膣内留置型センサを用いて膣温および膣内電気抵抗値を測定し、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の検証を実施した。発情徴候明瞭なウシにおいて膣内電気抵抗値は発情日に有意な低下を認め、膣温は発情数日前から低下し発情日に上昇するという特異的な推移を示した。発情徴候が不明瞭なウシでも発情徴候明瞭なウシと相似したセンサデータを示し、発情を検知出来る可能性が示唆された。センサ挿入牛に対する人工授精は正常な受胎・分娩を認め、膣粘液の著変も認められないことからセンサ挿入による侵襲性は低いと考えられた。人工知能を用いて収集されたデータから作成した発情検知モデルは、感度 96.0%、精度 82.8%と高い水準で発情を判定することができ、今後の実用化が期待される。

(キーワード：発情検知，膣内留置型センサ，膣温，膣内電気抵抗値)

### 緒 言

近年、ウシ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。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。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、現場で有効に活用できる発情検知システムの開発が望まれる。

当研究部の過去の研究で、膣内粘液電気抵抗値と体温により発情と授精適期を把握できることが示唆されている。これにより、膣内留置型センサを用いて膣内電気抵抗値と体温を連続測定することで発情を検知出来る新たなシステムの開発が期待されてきた。

今回、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膣内留置型発情検知システムの開発を進めており、当研究部では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の検証を行った。

### 材料および方法

#### 1. 膣温・電気抵抗値データの取得と発情徴候との関係性の検討

畜産研究部内飼養ホルスタイン種および黒毛和種雌牛延べ 16 頭に対し発情とその前後 10 日間の計 21 日間、膣内留置型センサを挿入し、電気抵抗値および膣温を測定した。測定値は午前・午後で集計してそれぞれ平均値を求めた。また、発情徴候について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みられた午前または午後を 0 日目とした。

#### 2. センサ挿入による侵襲性と受胎に対する影響の評価

畜産研究部内飼養試験供与牛延べ 16 頭のうち 4 頭を用いて、センサ挿入期間中に人工授精を実施し、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明瞭な発情徴候が確認されたウシに対して AM/PM 法も用いて実施した。また、センサ抜去時に粘液の白濁や膿様物の滲

出などの異常がみられないか調査した。

## 結 果

### 1. 腔温・電気抵抗値データの取得と発情徴候との関係性の検討

試験供与牛延べ16頭中12頭が明瞭な発情徴候を示した。12頭の腔内電気抵抗値および腔温の平均値を求めたところ、電気抵抗値において発情-5.0日目が $127.84 \pm 20.35$ であったのに対して発情0日目では $90.35 \pm 29.70$ と有意な低下を認めた( $p < 0.01$ )。腔温においては発情-5.0日目が $38.44 \pm 0.22^\circ\text{C}$ であったのに対し、発情-1.5日目では $38.21 \pm 0.21^\circ\text{C}$ および-1.0日目では $38.21 \pm 0.25^\circ\text{C}$ と有意な低下を認め( $p < 0.01$ )、発情-1.5日目および

-1.0日目に対し発情0日目では $38.42 \pm 0.22^\circ\text{C}$ および0.5日目では $38.42 \pm 0.29^\circ\text{C}$ と有意な上昇を認めた( $p < 0.01$ ) (表1, 図1)。また、発情徴候が不明瞭なウシ4頭のセンサデータについて、腔内電気抵抗値が最低値になった時点を0日目としたところ、3頭が発情明瞭なウシと相似したデータの推移を示した(図2)。

### 2. センサ挿入による侵襲性と受胎に対する影響

センサ挿入牛4頭に対する人工授精を実施したところ2頭に受胎を認めた。2頭ともに正常に分娩し、母子ともに健常であった(表2)。また、センサ除去時の腔粘液に白濁や膿様物の滲出などの異常は認められなかった。

表1 発情明瞭牛における腔温と電気抵抗値の平均データ

発情からの日数 (日)	-5.0	-4.5	-4.0	-3.5	-3.0	-2.5	-2.0
腔内電気抵抗値 (n=12)	$127.84 \pm 20.35$	$128.65 \pm 19.07$	$126.17 \pm 20.64$	$125.12 \pm 20.85$	$124.27 \pm 22.16$	$123.14 \pm 22.33$	$119.62 \pm 22.83$
腔温( $^\circ\text{C}$ ) (n=12)	$38.44 \pm 0.22$	$38.48 \pm 0.20$	$38.48 \pm 0.27$	$38.42 \pm 0.18$	$38.42 \pm 0.26$	$38.33 \pm 0.19$	$38.32 \pm 0.30$
発情からの日数 (日)	-1.5	-1.0	-0.5	0.0	0.5	1.0	1.5
腔内電気抵抗値 (n=12)	$113.73 \pm 21.61$	$109.15 \pm 23.67$	$110.05 \pm 29.24$	$90.35 \pm 29.70$	$104.11 \pm 34.02$	$123.59 \pm 26.55$	$128.86 \pm 25.46$
腔温( $^\circ\text{C}$ ) (n=12)	$38.21 \pm 0.21$	$38.21 \pm 0.25$	$38.26 \pm 0.23$	$38.42 \pm 0.22$	$38.42 \pm 0.29$	$38.23 \pm 0.36$	$38.37 \pm 0.19$
発情からの日数 (日)	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
腔内電気抵抗値 (n=12)	$125.68 \pm 30.69$	$129.87 \pm 34.17$	$128.61 \pm 30.02$	$133.51 \pm 27.59$	$135.78 \pm 26.60$	$139.78 \pm 29.47$	$135.19 \pm 29.05$
腔温( $^\circ\text{C}$ ) (n=12)	$38.40 \pm 0.24$	$38.44 \pm 0.31$	$38.40 \pm 0.21$	$38.38 \pm 0.23$	$38.42 \pm 0.28$	$38.56 \pm 0.47$	$38.42 \pm 0.27$

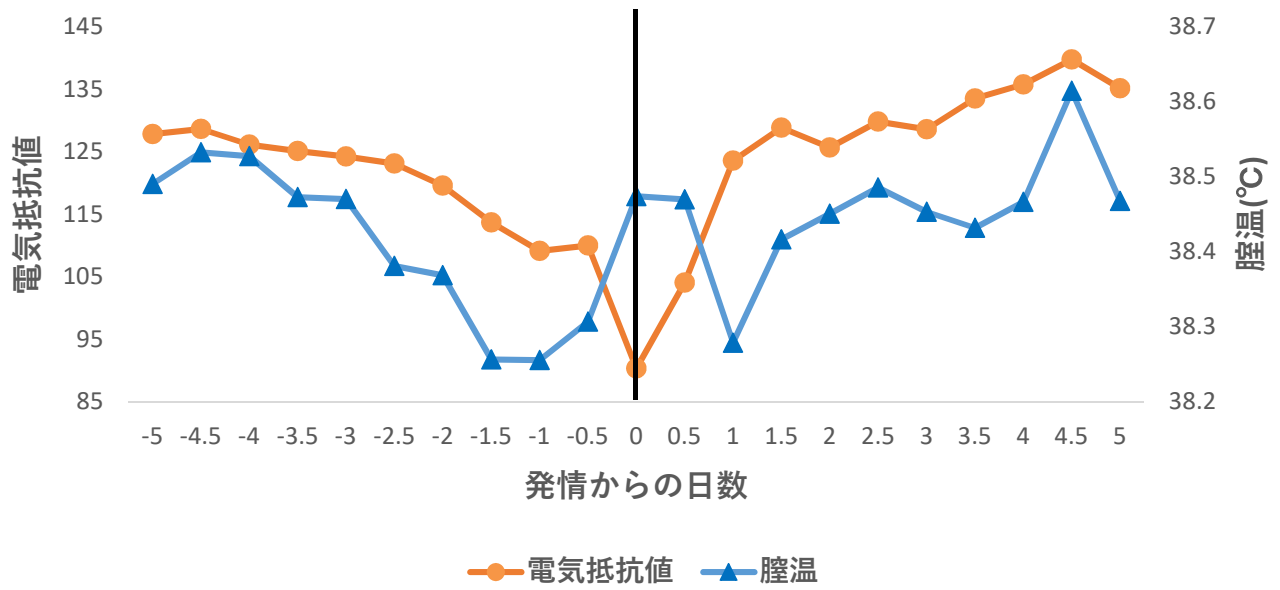


図1 発情明瞭牛における膣温と電気抵抗値の平均グラフ

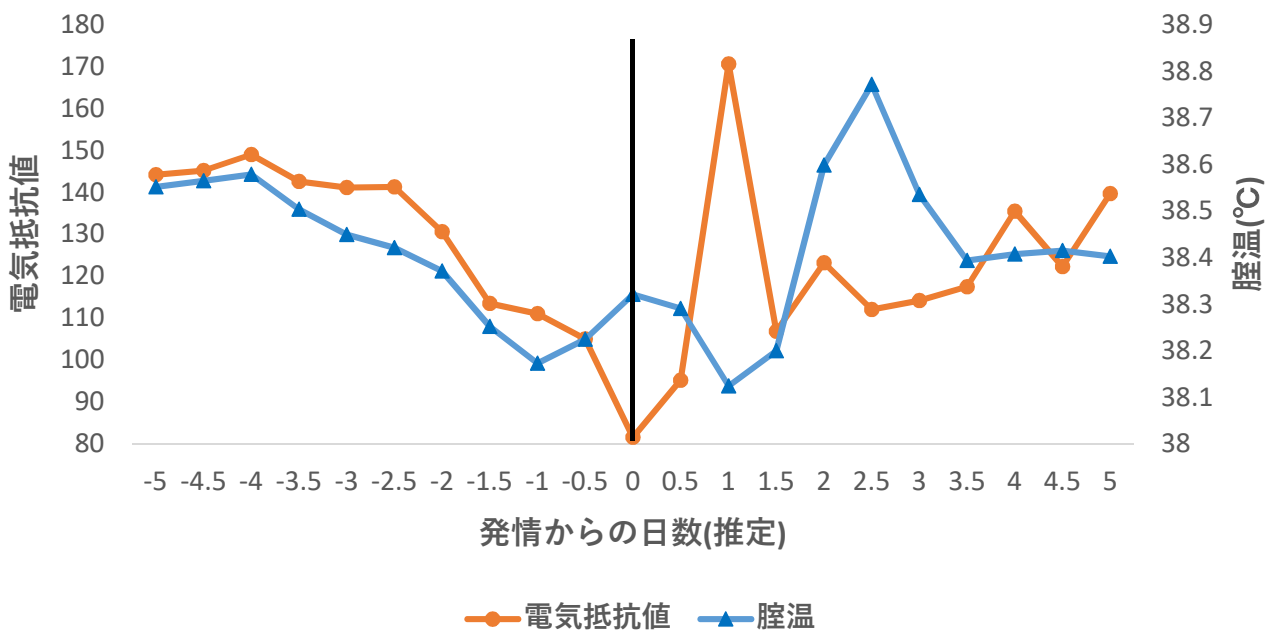


図2 発情不瞭牛における膣温と電気抵抗値のグラフ

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 (2020/10/27 時点)	分娩状況 (2021/3/18 時点)
ホルスタイン種育成 ①	17ヶ月齢(4月)	+	+(203日齢)	2021/1/17分娩 母子ともに健常
ホルスタイン種育成 ②	16ヶ月齢(6月)	+	+(143日齢)	2021/3/17分娩 母子ともに健常
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)	-		

### 考 察

ウシの分娩間隔は、乳用牛では432日(2019年度

：牛群検定速報)、肉用牛では407日(2019年度：全国和牛登録協会)であり、繁殖成績の向上が課題となっている。その要因として、情徴候の微弱化や一戸あたり飼養頭数の増加による発情の見逃しや発情発見の遅れが考えられる。既に実用化されている発情検知システムとして、歩数計や加速度センサを用いて発情に伴う行動量の増加を測定するものがある。しかしながら、行動量は外的要因に左右されやすく、マウンティング行動は発情でないウシも行うため、正確な発情を検知するのは困難であった。Sakataniらの研究では、夏期の発情検出において、歩数計では検出率が低下することが示されている。

<sup>3)</sup>そこで、ウシ腔内に電気抵抗値および腔温を測定できるセンサを留置し、バイタルを用いて高精度に発情を検知することで、牛の分娩間隔短縮することを目的として試験を実施した。

明瞭な発情徴候を示したウシのデータは、電気抵抗値において発情日に顕著な低下を示し、腔温は発情数日前より低下し、発情日に上昇するという特異的な推移を示した。頸管粘液は発情期にNaCl含量が増加し、粘液中のpHを下げることで電気伝導度を上昇させることが報告されており<sup>2)</sup>、電気伝導度の逆数である電気抵抗値の低下は発情期の粘液によるものと考えられる。また、発情前の腔温の低下は、体温を保持する機能をもつ黄体の退行を反映し

ていると考えられる。また、発情2日目から体温の上昇がみられ、これは黄体の形成時期と合致する。従って、本システムを用いることで発情という生理現象に対する生理的応答を捉えることが可能となり、外的要因に左右されることなく高い感度・精度で発情検知ができると推察される。更に、発情徴候が不明瞭なウシについても発情徴候明瞭なウシと相似したデータ推移を示し、発情を検知出来る可能性が示唆された。

センサ挿入しに対する人工授精は、4頭中2頭が受胎しその後も正常な妊娠が確認された。2頭ともに2021年3月18日時点で既に分娩しており母子ともに健常である。受胎しなかった2頭について、人工授精後にパドック内ビデオカメラを確認したところ、目視による発情徴候確認の数時間前より発情徴候を示しており、不適期の授精であった可能性が考えられる。従って、受胎率への影響は低いと考えられる。センサ抜去時に腔内粘液を採取したところ白濁や膿様物の滲出などの異常は認められず、電気抵抗値測定のためにセンサ電極から流される微弱電流による侵襲性は低いと考えられる。

動衛研において、過去の文献(Theriogenology 123:90-99, 2019)<sup>4)</sup>をもとに本試験研究データと動衛研のデータを用いて発情検知モデルを作成したところ、25回の発情周期に対して感度96.0%、精度82.8%という高い感度・精度で発情を検知出来たという報告を受けている。この報告からも、腔内留置センサによる腔内電気抵抗値と腔温を用いた発情

検知は有用であることが示唆される。

以上、本試験により腔内留置型センサによる侵襲性は低く腔内電気抵抗値と腔温を用いることで発情を検知可能であることを実証し、今後の実用化に向けた人工知能のデータの収集を行うことが出来た。本システムが実用化されることでリアルタイムの発情検知が可能となり、生産者が常にウシを観察しなくても発情の見逃しを低減できることが見込まれる。また、本センサはウシ腔内に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生産者への普及が期待される。

今後、フィールド試験を行うことで更なるデータ収集を行い、感度・精度を向上することで実用化されることが期待される。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、センサの試作を提供してくださった株式会社リモート様、並びに、有益なご討論ご助言をくださった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吉岡耕治様、檜垣彰吾様に深謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 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. 2007. 次世代型のセンシング技術を用いた家畜精密飼養管理技術の確立 ア 腔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
- 2) 森 純一, 富塚常夫, 広木政昭, 仮屋堯由. 1979. 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.
- 3) Miki Sakatani, Masashi Takahashi, Naoki Takenouchi. 2016. The efficiency of vaginal temperature measurement for detection of estrus in Japanese Black cows. Journal of Reproduction and Development 62:201-207
- 4) Shogo Higaki, Ryotaro Miura, Tomoko Suda, L Mattias Andersson, Hironao Okada, Yi Zhang, Toshihiro Itoh, Fumikazu Miwakeichi, Koji Yoshioka. 2019.

Estrous detection by continuous measurements of vaginal temperature and conductivity with supervised machine learning in cattle. Theriogenology 123:90-99