

受賞論文

乳牛の繁殖改善モニタリングに関する一連の研究

北海道立根釧農業試験場 乳牛繁殖研究グループ

草刈 直仁, 大滝 忠利¹, 糟谷 広高, 二階堂 聡², 小山 毅, 遠谷 良樹², 高橋 圭二

北海道立根釧農業試験場、中標津町 086-1135

¹ 現所属、日本大学、藤沢市 252-8510² 現所属、北海道立畜産試験場、新得町 081-0038

Studies on monitoring to improve fertility in dairy cows

Naohito KUSAKARI, Tadatoshi OHTAKI, Hiroataka KASUYA, Satoshi NIKAIIDO,
Takeshi KOYAMA, Yoshiki TOOYA, Keiji TAKAHASHIReproductive Research Group, Hokkaido Prefectural Kosen Agricultural Experiment
Station, Nakashibetsu, Hokkaido 086-1135

キーワード：乳牛、繁殖、空胎日数、発情発見、栄養、健康

Key words : dairy cow, reproduction, days open, estrus detection, nutrition, health

乳牛の泌乳能力の向上ならびに牛群規模の大型化に伴い、発情の微弱化および受胎率の低下などが問題となっている。とくに1995年以降、分娩間隔の延長が著しく、酪農生産現場において大きな経済的損失を招いている。しかし、このような繁殖成績の低下を引き起こしている原因は必ずしも明確になっておらず、的確な予防対策を打ち出しにくい現状にある。一方で、繁殖成績の悪化は、乳牛の高泌乳化に飼養管理技術が追いつかないことが大きな要因になっているとの指摘がある。すなわち、分娩前後の不適切な飼養管理から周産期疾病が多発し、発情徴候の微弱化を招くことで発情発見が困難となり、加えて多頭化に伴う観察不足から発情を見逃すなどの問題を生じているとされている。

そこで、本研究では、1) 乳牛の繁殖に影響する要因について解析し、これをもとに2) 周産期における健康状態のモニタリング、ならびに3) 牛群の繁殖改善に向けたモニタリング手法について検討するとともに、4) 授精適期を知らせることができる発情発見システムの開発をめざした。

1. 乳牛の繁殖に影響を及ぼす要因

乳牛の繁殖に影響を及ぼす要因を解析するために、

根釧農試で飼養されている妊娠末期の乳牛40頭（10頭の初妊牛を含む）についてボディコンディションスコア（BCS）、糖代謝能、飼料摂取量、ならびに血液生化学性状と繁殖成績との関係を調べた。

1) 空胎日数に影響を及ぼす要因

分娩間隔から妊娠期間を差し引いた空胎日数は、分娩から受胎までの日数を表し、最も代表的な繁殖成績の指標とされている。そこで、データをもとに空胎日数と主な調査項目との関係について解析した（表1）。空胎日数と周産期の健康、分娩後の栄養、乳量ならびに繁殖機能の各項目との相関を見ると、健康面では乾乳期のインスリン感受性（糖代謝能を表す指標の一つ）との間に負の、また、胎盤排出時間との間に正の有意

表1 乳牛における空胎日数と各調査項目との相関

対象	項目	相関係数(ρ) ¹⁾
空胎日数	妊娠末期インスリン感受性	-0.415 *
	胎盤排出時間	0.475 **
	産褥期CP充足率 ²⁾	-0.326 NS
	TDN充足率	-0.479 **
	泌乳初期CP充足率	-0.378 *
	TDN充足率	-0.414 *
	泌乳初期乳量	0.099 NS
	305日乳量	0.304 NS
	初回排卵日数	0.318 NS
	初回発情日数	0.428 *
初回授精日数	0.595 ***	

1) Spearmanの順位相関係数。* $p < 0.05$ 、** $p < 0.01$ 、*** $p < 0.001$

2) 日本飼養標準(1999)をもとに算出 (根釧農試, 2004)

な相関が認められた。栄養面では、産褥期（分娩後3週間）および泌乳初期（分娩後4～8週）のTDN充足率と空胎日数との間に負の相関が見られた。さらに、繁殖機能の面では初回授精日数などとの間に有意な正の相関が認められた。しかしながら、空胎日数と乳量との間には有意な相関は認められなかった。したがって、空胎日数との関係では、1) 周産期の健康状態、2) 分娩後のエネルギー充足、3) 発情発現、の3点が重要と考えられた。

2) BCSと周産期の栄養充足との関係

分娩前のBCSと乾乳後期（分娩前3週間）のTDN充足率との関係を図1に示した。BCSが3.75以上の過肥牛ほど乾乳後期のTDN充足率が低かった。また、難産牛は正常分娩牛に比べ乾乳後期のTDN充足率が有意に低かった(89% vs. 104%, $p < 0.05$)。一方、乾乳後期のTDN充足率と産褥期のTDN充足率との間には正の相関が認められた(図2)。これらの結果は、妊娠末期の過肥が、乾乳後期の飼料摂取量を低下させ、難産ならびに分娩後のエネルギー不足の一因となっている可能性を示唆している。

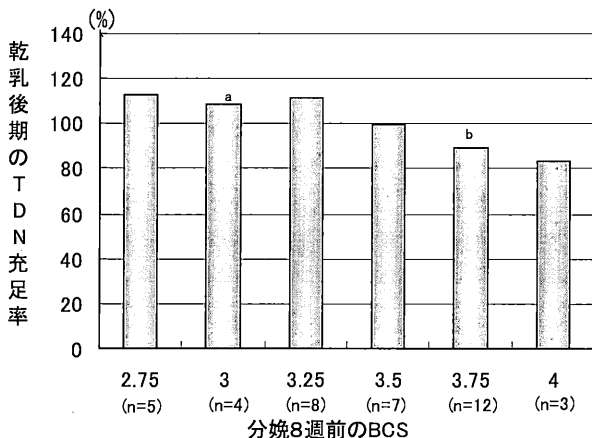


図1 分娩前のボディコンディションスコア (BCS) とエネルギー充足との関係
日本飼養標準 (1999) に基づきTDN充足率を計算。a vs b; $p < 0.05$ (根釧農試, 2004)

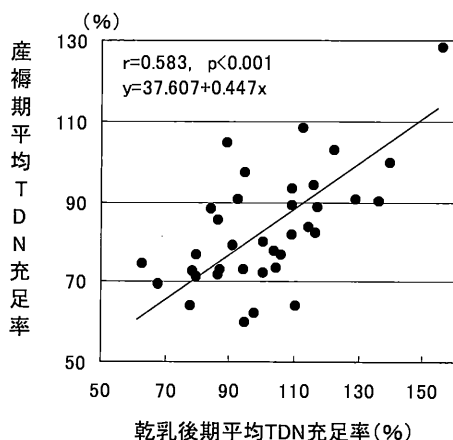


図2 乾乳後期と産褥期のTDN充足率の関係 (根釧農試, 2004)

3) 周産期の健康・栄養と分娩後の卵巣機能回復

発情を発見して人工授精するためには、まず、分娩後に卵巣機能が回復している必要がある。飼料摂取量を計量していた乳牛37頭について、卵巣機能が正常に回復した牛と異常を示した牛に分けて比較した。表2には、これら両群の健康状態、分娩後の栄養充足状況について示した。健康状態について見ると、乾乳期の糖代謝異常 (インスリン感受性低下) と胎盤停滞の発生、初乳性状の不良 (比重低値・ケトン体検出) などの健康状態の悪化は、卵巣機能回復異常牛でのみ認められ、正常牛には見られなかった。また、卵巣機能回復異常牛における分娩後のTDN充足率は正常牛に比べて有意に低く、エネルギー不足の状態にあると考えられた。したがって、周産期の健康状態悪化が分娩後の飼料摂取量の低下を招くとともに卵巣機能の回復も遅延させていると考えられた。

表2 分娩後の乳牛における卵巣機能回復の異常とその要因

項目	卵巣機能回復	
	正常牛 n=14	異常牛 ¹⁾ n=23
糖代謝異常牛割合 %	0 ^a	42.9 ^b
難産発生率	14.3	26.1
健康状態 胎盤停滞発生率 %	0 ^a	26.1 ^b
初乳比重低値割合 ²⁾ %	0	21.7
初乳ケトン体検出率 ³⁾ %	0	17.4
産褥期CP充足率 %	100	90
栄養充足 TDN充足率 %	92 ^A	79 ^B
泌乳初期CP充足率 %	108 ^A	99 ^B
TDN充足率 %	104 ^A	93 ^B

1) 家畜共済の診療指針II (農林水産省経営局, 2003) に基づき診断
2) 室温で1.050未満 (搾乳直後で1.042未満) であった牛の割合
3) 3-ヒドロキシ酪酸擬陽性 (100 μ mol/L) 以上を示した牛の割合
A vs B; $p < 0.01$, a vs b; $p < 0.05$ (根釧農試, 2004)

4) 分娩後のエネルギー充足と発情発現および乳成分

2産以上の経産牛27頭について、産褥期のエネルギー充足と発情発現との関係を図3に示した。産褥期のTDN充足率がおおむね良好であったH群17頭と著しく不足していたL群10頭を比較したものである。発情

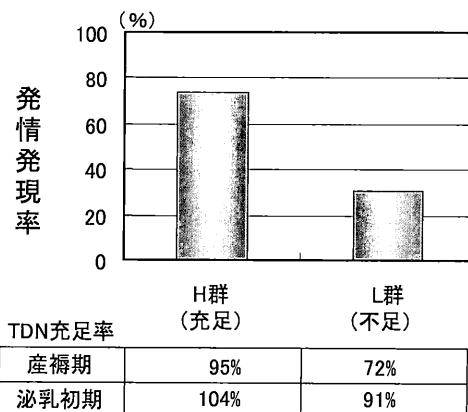


図3 分娩後のエネルギー不足と発情発現率との関係 (根釧農試, 2004)

の発現率は週2回の血中プロジェステロン濃度から排卵日を推定し、その時期に発情が発見できた割合とした。その結果、泌乳前期（分娩後100日間）におけるL群の発情発現率は30%であり、H群の74%に比べ、有意に低かった。これは分娩後のエネルギー不足は発情徴候を伴わない排卵を増加させ、発情発現率を低下させる一因になっていることを示している。

分娩後にエネルギーが著しく不足すると産褥期の乳脂率は異常に高くなり、さらに泌乳初期にもエネルギー不足が続くと乳蛋白質率が低下することが知られている (OHGI *et al.*, 2005)。前述のH群およびL群における乳脂肪率高値(5.0%以上)出現割合および乳蛋白質率低値(2.8%未満)出現割合を比較したところ、乳脂肪率では分娩後1週目に、また、乳蛋白質率では4週目において両群の間に違いが見られた(図4)。

2. 乳牛の健康状態を判定する周産期モニタリング

周産期の健康状態と分娩後の繁殖機能の回復との関係を示した前述の成績から、分娩時点で健康状態をモニターして異常牛を把握できれば、繁殖障害を予測し、未然に防ぐことが可能と考えられる。そこで、分娩前のBCS、分娩状況、胎盤停滞、初乳比重ならびに初乳ケトン体(3-HB)の5項目を選定し、分娩時点で各個体の健康状態を評価する周産期モニタリング・チェックシートを作成した(図5)。このモニタリングでは各項目にスコアを付け、合計した周産期スコアが

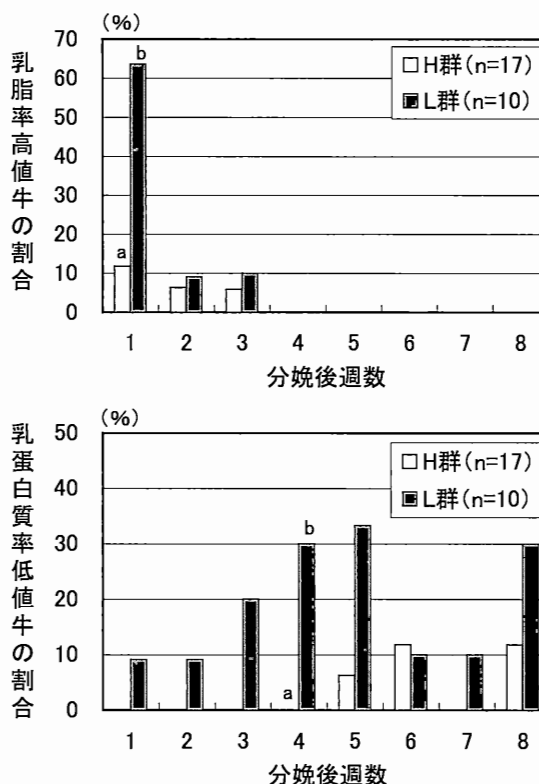


図4 産褥期のTDN充足率が異なる牛群における乳成分値異常牛の出現割合

H群：産褥期のTDN充足率が80%以上、L群：同80%未満。
乳脂肪率高値：5%以上、乳蛋白質率低値：2.8%未満。

a vs. b ; p<0.05

(根釧農試、2004)

周産期モニタリング・個体チェックシート							
(淘汰・繁殖障害のリスクを評価)							
個体番号				分娩月日			
判定基準				スコア			
乾乳前期のBCS	3.25~3.50	0	3.0以下	2	3.75以上	2	
難産	介助なし	0	介助あり	2	難産	4	
胎盤停滞	なし	0			あり	4	
初乳性状 比重	1.060以上	0	1.060~1.050	1	1.050未満	4	
初回搾乳時(室温20℃での値)		初産は(1.050以上)	(1.050~1.040)		(1.040未満)		
初乳ケトン体	<100 μmol	0	100~<200	2	200 ≤	4	
(サンケトフィルムによる)							
周産期スコア(各スコアの合計)							
※3ポイント以下はOK、6ポイント以上は淘汰または繁殖障害のリスク大							

利用上の注意事項

- 乾乳期のBCS:分娩の1~2ヶ月前のBCSを測定する
- 難産については、分娩難易度1:介助無し、2:介助あり、3以上:難産、とする
- 胎盤停滞:分娩後12時間以上停滞した場合に「あり」と判断する。
- 初乳性状:分娩後最初に搾乳または手絞りした初乳を用いる。1~2日の冷蔵保存可
 - 比重:20℃で測定した値(搾乳直後に測定した値には0.008をプラスして判定)
 - ケトン体:試験紙(サンケトペーパー)を初乳に浸して色調から判定する。

図5 「周産期モニタリング・個体チェックシート」の様式 (根釧農試、2004)

6ポイント以上の牛（ハイリスク牛）は、繁殖成績が悪化する可能性が高いと判定する。

6農場353頭の乳牛で実施したところ、スコアの上昇に伴って繁殖成績が悪化する傾向を認めた（表3）。221頭はスコア3以下の正常牛であったが、65頭がスコア6以上の異常牛と判定された。スコア6以上の異常牛は正常牛に比べ分娩後150日までに受胎した牛の割合が少なく、空胎日数も有意に長かった。このモニタリングにより、ハイリスクな個体を特定し、早期に対

応することで繁殖成績の改善が期待できる。

表3 周産期スコアと繁殖成績との関係

周産期スコア	頭数	空胎日数(日)	分娩後150日までに受胎した牛の割合
3以下	221	101.5 ^A	63.7 ⁺⁺
4~5	67	119.1	51.7 ⁺⁺
6以上	65	137.2 ^B	38.3 ⁺⁺

A vs.B: p<0.01, ++: 群間に有意差あり(p<0.01)

注)未授精牛および妊娠未確定牛を除く。(根釧農試、2004)

繁殖改善モニタリング・チェックシート

1. 牛群繁殖成績評価

牛群成績表(13ヶ月平均値)を利用

	目標値
初回授精日数	75日以内 (91日以上は要改善)
初回授精受胎率	50%以上
空胎日数	115日以内 (145日以上は要改善)
除籍率	15%以内(乳用売却を除く)

繁殖効率 ← 牛群検定個体成績(月毎)から1年分を算出

	目標値
授精率 91~120日	85%以上 (60%未満は要改善)
妊娠率 121~150日	60%以上 (45%未満は要改善)
長期未授精211~300日	9%以下
長期空胎 211~300日	15%以下

2. 周産期管理評価

農場記録(周産期モニタリング・チェックシート)から算出

	目標値
スコア3以下の頭数	60%以上
スコア4-5の頭数	
スコア6以上の頭数	10%以下

周産期スコア(チェックシートから算出)

平均スコア

※4ポイント以上は周産期管理要改善

3. 乳成分評価 (牛群の栄養評価)

個体乳成分異常値(分娩後7~30日、31~61日) ← 牛群検定個体成績から算出

異常値基準			目標値
乳脂肪率	分娩後7~30日	高値(5.0%以上)出現割合	12%以下
乳蛋白質率	分娩後31~60日	低値(2.8%未満)出現割合	25%以下
	分娩後61~90日	低値(2.8%未満)出現割合	

バルク乳成分(毎旬値をグラフ化し、管内平均と比較して牛群栄養評価)← バルク乳成分から集計

乳蛋白質率%				MUN濃度 mg/dl		
	最低	最高	平均値	最低	最高	平均値
4月~9月				放牧期		
	平均(夏:3.1~3.3%)			(放牧時:10~17mg/dl)		
10月~3月				舎飼期		
	平均(冬:3.2~3.4%)			(舎飼時:8~14mg/dl)		

4. 発情発見評価 (泌乳前期:分娩後100日間)

農場授精記録から算出

平均授精回数	(分娩後100日間の授精回数/分娩後100日以上在籍した分娩牛頭数)	回
(分娩後100日以上在籍した全分娩牛について集計)		※1.20以上は良好、0.80未満は要改善

発情行動検出率	(発情行動で発情発見した回数/発情発見回数)	%
(分娩後100日以上在籍した全分娩牛について集計)		※行動検出率50%以上を目標とする

図6 乳牛の「繁殖改善モニタリング・チェックシート」の様式 (根釧農試、2004)

3. 牛群管理上の問題点を把握する繁殖改善モニタリング

牛群の繁殖成績が著しく不良な場合には、周産期管理も含めた分娩後の栄養充足や発情発見といった牛群管理上の問題点の把握が重要である。そこで、繁殖成績の評価に加え、周産期管理、栄養充足ならびに発情発見を評価して繁殖改善に活用するためのモニタリング・チェックシートを作成した(図6)。

判定基準の作成には根室管内710戸の乳用牛群検定(乳検)成績を使用した。

繁殖効率(授精実施率・累積妊娠率)は乳検加入農家の上位25%を目標値とし、周産期管理については周産期スコアの平均値で基準を設けた。

産褥期から泌乳初期における栄養不足の判定には、1. の4) で述べたように乳脂肪率高値(5.0%以上)出現割合および乳蛋白質率低値(2.8%未満)出現割合を用いた。個体乳成分の異常値割合の目標値は、根室管内で3年連続して初回授精日数および空胎日数が管内の上位25%であった37農場と下位25%であった56農場のデータを用い、両区の判別点をマハラノビスの距離から求めることによって得た。この時期の栄養充足は、卵巣機能の回復に大きく影響を及ぼすと考えられる。

バルク乳の蛋白質率は牛群全体のエネルギー充足状況を反映する。8農場546頭について調べたところ、バルク乳蛋白質率が3.1%未満の月に初回授精された牛は3.1%以上の月に授精された牛よりも受胎率が低かった(図7)。

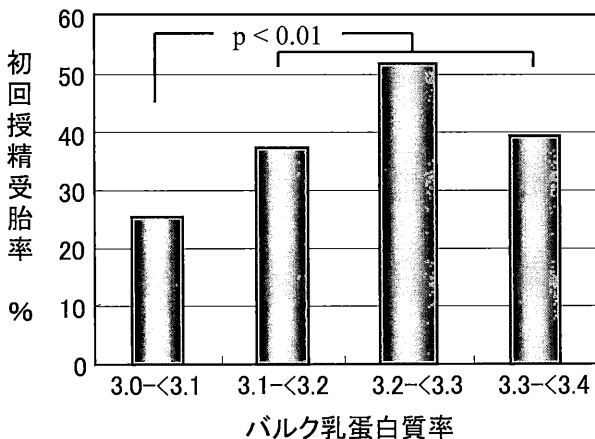


図7 授精した月のバルク乳蛋白質率と受胎率との関係
8農場546頭の初回授精成績から集計。(大滝ら、2004)

発情発見の評価については、分娩後100日間の授精回数、授精牛のうち発情行動(スタンディング・マウンティング)を発見できた割合をもとに判定した。発情行動をもとに発見する割合が50%以上と高い農場では、それ未満の農場よりも初回授精受胎率が高かった(表4)。

表4 発情発見方法の違いと初回授精受胎率との関係

	授精頭数	受胎頭数	初回授精受胎率 %
高検出農場 ¹⁾	134	70	52.2
低検出農場 ²⁾	122	37	30.3

1)スタンディングおよびマウンティングの検出率が50%以上(3農場)
2)同検出率が50%未満(5農場) (大滝ら、2004)

このモニタリングにより、繁殖を改善するための牛群管理上の問題点が把握できる。

4. 乳牛の授精適期を知らせる発情発見システム

高い受胎率を得るためには適期授精が求められ、そのためには発情行動を発見する必要がある。血中プロジェステロン濃度から性周期を把握した57頭の経産牛について、1日2回の目視による行動観察を行ったところ、本来発見すべき発情行動(スタンディング・マウンティング)を確認できた牛の割合はわずか47%であった。このように発情行動の発現頻度が低くなる原因として、発情持続時間が近年短くなっていること、ならびに発情行動を発見しにくい牛舎環境などが指摘されている。そこで、発情期に見られる動き回り行動による歩数の増加を指標とした発情発見システムの開発をめざした。このシステムでは、フリーストール牛舎内の横断通路にアンテナを複数設置し、その通路を通る度にアンテナを介して牛の前肢に装着した歩数計から活動量データをコンピューターに取り込み、自動保存する方式とした(図8)。そして、この活動量データから発情の開始時期を把握し、授精適期を判定するプログラムを開発した。本システムの発情検出率は80~91%と高く、誤報率は低かった。また、活動量の増加開始から4~24時間の範囲に授精を実施した場合に65%と高い受胎率が得られることがわかった。この発情発見システムは、授精適期を通報するので、受胎率の向上に役立つものと期待される。

これら一連の研究は、酪農の生産現場において乳牛の繁殖成績を改善しようとする場面で、一つの解決に向けた道筋を示すものである。適正な繁殖サイクルを維持することは、乳牛の健康維持・増進にも寄与し、結果として家畜福祉の向上にもつながる。しかしながら、高泌乳化が進む現代の乳牛において泌乳と繁殖の生理的な関係はいまだ十分に理解されておらず、今後、これらを明らかにしていくことが効率的な乳生産を達成する飼養管理技術の開発につながるものと考えられる。

最後に、本研究を遂行するにあたり、根釧農業試験場の職員一同、とりわけ乳牛飼養科の農業技能員各位

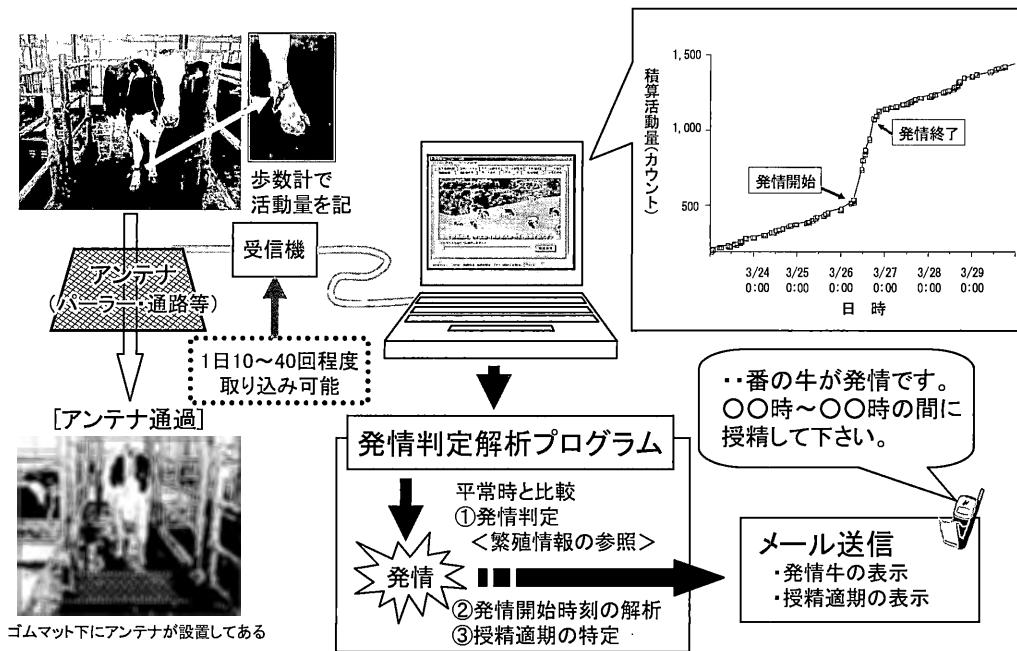


図8 活動量の頻回収集による乳牛の発情発見システムの構成 (根釧農試、2005)

には、乳牛の管理およびデータ収集に関する多大なる支援を、また、根室管内の農業関係機関の皆様には、現地調査等に関して絶大なるご協力をいただきました。皆様に心より感謝いたします。また、本学会賞の推薦、決定をいただきました諸先輩、会員の皆様に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 北海道立根釧農業試験場 (2004) 乳牛の繁殖改善モニタリングシステム。平成15年度北海道農業試験会議 (成績会議) 資料。1-68.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1999) 日本飼養標準乳牛 (1999年版)。中央畜産会。東京。

- 農林水産省経営局編 (2003) 家畜共済の診療指針Ⅱ，全国農業共済協会。東京。
- OHGI, T. KAMIMURA, S. MINEZAKI, Y. and M. TAKAHASHI (2005) Relationship between fat accumulation in the liver and energy intake, milk fat yield and blood metabolites in dairy cows. Anim. Sci. J., 76:549-557.
- 大滝忠利, 草刈直仁, 穴戸則雄, 中尾 茂, 糟谷広高, 山川政明, 小関忠雄 (2004) 分娩状況ならびに栄養と繁殖管理方法が乳牛の分娩後初回授精受胎率に与える影響。北海道畜産学会報, 46: 31-36.
- 北海道立根釧農業試験場 (2005) 乳牛における活動量の変化検出による発情発見システム。平成16年度北海道農業試験会議 (成績会議) 資料。1-36.