

分娩監視システムを活用した乳用牛における分娩管理の省力化の検証

倉地充・大塚洋功

Verification of Labor-saving in Delivery Management of dairy cows by Using a Delivery Monitoring System.

KURACHI Mitsuru, OTSUKA Hiroyoshi

要 約

現在、分娩する牛の膣内体温変化を測定し、分娩時期の特定を可能とするICT（情報通信技術）機器である分娩監視システム（以下システム）が開発され、市販化されている。本システムを利用することで、牛の分娩兆候見逃しによる分娩事故の防止や、分娩監視に係る労力の削減が期待できる。本システムは、体温センサーを膣内に装着し、膣内体温の変化を検知して以下の3つの通報をメールで知らせる監視システムである。

1. 段取り通報：分娩約24時間前の体温変化を検知し、メールで通知。
2. 駆付け通報：一次破水時に体温センサーの放出による温度変化を検知し、メールで通知。
3. SOS通報：段取り通報後、体温の急上昇を検知し、メールで通知。段取り通報があった場合のみ作動。

しかしながら、本システムを活用した分娩予測と監視労力の削減効果の検証については知見が少ないことから、本システムによる分娩監視を実施し、分娩予測と監視労力の削減効果を検証した。

その結果、分娩牛の77.8%で段取り通報が作動し、駆付け通報は100%作動した。また、未経産牛と経産牛では通報作動精度に差は無かった。段取り通報から24時間以内に駆付け通報が作動した分娩牛は88.1%であり、段取り通報作動から駆付け通報作動までに要した時間が、未経産牛と比較して経産牛で短い傾向があった。

また、システム導入前後の分娩監視人員は延べ4.13人/頭から1.22人/頭へ省力化され、分娩事故数は4件/年から0.73件/年へと減少した。

緒 言

牛の体温は、妊娠末期に上昇し、分娩の1～2日前に急激な低下を示すことが古くから知られている（GRAF,G.C.1953、池滝ら1982）。その特性を活用した牛の分娩開始時間の予測については、様々な研究がなされ（池滝ら1982、藤本ら1988、栗原ら1998、片岡敏2012）、ある程度の分娩開始時刻の予測は可能なものの、直腸温度の測定や分娩兆候の目視確認などの手間が必要であった。

その後、前述の牛の特性を利用したICT機器の一種であるシステムが開発され（池田ら2005、池田ら2006、池田ら2007）、省力的な分娩管理の一助となっている。本システムは、母牛の膣内に挿入・定置した体温センサーにより、膣内の体温変化から「分娩約24時間前」および「1次破水時」などの分娩兆候を検知し、スマートフォンなどの携帯電話端末に通知することが可能である。酪農家にとって牛の分娩監視は、分娩事故の防止や出生子

牛の処置などのために重要な作業であるが、昼夜を問わない拘束力が強い作業の一つであり大きな負担となっていることから、このようなICT機器を活用した省力的家畜管理技術の確立が求められている。

そこで、本システムの実用性を高めるため、その精度および分娩監視作業の省力化について検証するとともに、分娩前体温の日内変動と分娩後の疾病状況との関連性について検証したので報告する。

材料および方法

1. 検証期間

令和2年4月1日から令和3年12月31日までの1年9ヶ月の間に千葉県畜産総合研究センター（以下、当センター）で分娩したホルスタイン種（産子の品種は問わない）を対象とし、検証を行った。なお、分娩監視に係る労力の省力化については、システム導入前後と比較する必要があったため、平成28年4月1日から平成29年3月31日までの1年間と、平成31年4月1日から令和3年12月31日までの2年9ヶ月間で比較検証を行った。

2. 供試牛および検証内容

供試牛は、システムの体温センサーを挿入し、分娩監視を実施したホルスタイン種58頭を対象とした。なお、検証内容によりデータ蓄積が可能であった供試牛の頭数が以下のとおり変動した(表1)。

(1) 分娩状況を確認できた54頭で、システムの作動精度について検証した。

(2) システムへの体温データの記録が確認できた47頭で、体温変動と分娩状況の関連性について検証した。

(3) システム導入前に分娩監視を実施した45頭と、体温センサーを挿入し分娩監視を実施した94頭(供試牛58頭を含む)で、分娩監視に係る労力の省力化について比較検証した。

表1 供試牛の詳細 (頭)

種別	センサー挿入頭数	分娩状況確認頭数	体温データ有
未経産牛	20	19	16
経産牛	38	35	31
合計	58	54 ^{*1}	47 ^{*2}

※1 分娩時に人員不足により分娩状況を確認できなかった4頭を除外した。

※2 分娩後に人的ミスにより体温データを抽出できなかった11頭を除外した。

3. 検証方法

分娩予定日の10日前にシステムの体温センサーを膣内に挿入し、分娩までの継時的な体温変化の調査を行った。システムが作動するには最低3日間の体温測定が必要であることから、体温はシステムに記録されるデータを分娩前3日間の範囲で抽出して分析した。

体温センサーによる体温測定は、下限値37.0℃、上限値40.5℃の範囲で測定し、前日同時刻における体温比が、連続4時間で0.4℃以上の低下を検知した際に段取り通報が作動、下限値37.0℃を検知した際に駆付け通報が作動するよう設定した。また、段取り通報後の体温が39.5℃以上となった際にSOS通報が作動するよう併せて設定した。なお、原則として、分娩予定日までに分娩兆候がない牛についてはホルモン剤による分娩誘起を実施し、同様に分析した。

また、分娩時には、システムからの通報の有無、通報時刻、分娩状況、分娩前後の疾病の有無を記録し、分析した。このうち分娩状況については、胎位、産子品種、産子性別、産子数、および産子体重、分娩介助に携わった人員数、介助方法について記録した。分娩前後の疾病については、低Ca血症、胎盤停滞、子宮内膜炎、乳房炎、血乳、第四胃変位の有無について記録した。

結果および考察

1. システムの作動精度

システムの作動精度について、表2に示した。段取り通報は54件中42件(77.8%)で作動し、駆付け通報

は100%作動した。なお、未経産牛と経産牛の間で段取り通報の作動精度に差はなかった。このうち、段取り通報後に牛の体温が上昇し、体温変動が直近3日間の推移と同等になったことで48時間以上経過しても分娩しなかった例が未経産牛1件および経産牛1件の計2件(3.7%)あり、これを段取り通報の誤報と判断した。これは、体温の乱高下が激しく、一時的に体温が低下した時間をシステムが読み取ってしまい、段取り通報が作動したことが原因と考えられた。胎盤停滞牛、難産牛は妊娠末期の体温変動が大きいとされ(平沢ら1965)、経産牛の例では胎盤停滞はなかったものの、胎位が尾位であったことから難産であり、分娩後の母牛が起立困難となるなど、低Ca血症に起因する症状を示したことが要因だと推測された。しかしながら、未経産牛の例では難産ではなく、胎盤停滞の発生や分娩後の母牛に低Ca血症の症状を示さなかった。また、その他の胎盤停滞が発生した例や、難産となった例、分娩後の母牛に低Ca血症に起因する症状を示した例では、体温変動の乱れは確認できなかったため、全てのケースに当てはまるものではないと考えられる。なお、体温の低下が発生せずに分娩した例が6件(11.1%)あり、これを段取り通報非検知と判断した。

さらに、牛の膣が緩かったことで体温センサーが脱落した例(2件)、体温センサー挿入時の刺激で当日に分娩してしまった例(1件)、停電で通信が途絶えてしまった例(1件)などの、3日間の体温測定ができなかったことに起因する段取り通報の未作動が4件(7.4%)あり、少なからずシステムの使用ミスにより分娩監視ができない事例も確認された。

表2 通報の精度

(頭)

種別	分娩頭数	段取り通報有り		段取り通報無し		駆付け 通報あり
		正常	誤報	非検知	その他の要因 ^{*1}	
未経産牛	19	15 (78.9%)	1 (5.3%)	3 (15.8%)	0 (0.0%)	19 (100%)
経産牛	35	27 (77.1%)	1 (2.9%)	3 (8.6%)	4 (11.4%)	35 (100%)
合計	54 ^{*2}	42 (77.8%)	2 (3.7%)	6 (11.1%)	4 (7.4%)	54 (100%)

() 内数字は、分娩頭数に対する割合

※1「その他の要因」には、センサーが脱落したケースや、センサー挿入の刺激により分娩に至ったケースを含む

※2 総頭数は表1の分娩状況確認頭数である54頭

段取り通報から駆付け通報までの経過時間について表3に示した。段取り通報から24時間以内に駆付け通報があった分娩頭数は42頭中37頭(88.1%)であり、未経産牛より経産牛が早くなる傾向にあった。未経産牛では、骨盤腔や産道が経産牛より狭く、外陰部の弛緩不全も起こりやすい(石井2014)。そのため、体温センサーが膈内から排出されるまでに時間がかかるた

め、駆付け通報が経産牛より遅くなる傾向にあると推測された。なお、段取り通報から最短3時間30分、最長40時間34分で駆付け通報が作動した例も確認されたが、稀なケースであると考えられ、供試牛のほとんどが段取り通報後8～32時間以内に駆付け通報が作動し、分娩した。

表3 段取り通報から駆付け通報までの経過時間

(頭)

段取り通報から駆付け通報 までの経過時間	未経産牛	経産牛	計	割合
0～4時間	0	1	1	2.4%
4～8時間以内	0	0	0	0.0%
8～12時間以内	1	3	4	9.5%
12～16時間以内	4	6	10	23.8%
16～20時間以内	2	13	15	35.7%
20～24時間以内	4	3	7	16.7%
24～28時間以内	1	1	2	4.8%
28～32時間以内	2	0	2	4.8%
33時間～48時間	1	0	1	2.4%
計	15	27	42 [*]	100.0%
平均	21時間10分	16時間24分	18時間6分	
中央値	20時間48分	16時間50分	17時間14分	
最短	8時間25分	3時間30分	3時間30分	
最長	40時間34分	26時間29分	40時間34分	

※分娩誘起牛を含む

※総頭数は表2の段取り通報が正常に作動した42頭

分娩前の体温変動をグラフ化すると、未経産牛・経産牛の違いに関わらず、分娩に向けて体温が低下する

場合(図1)と低下しない場合(図2)が視覚的に確認できた。

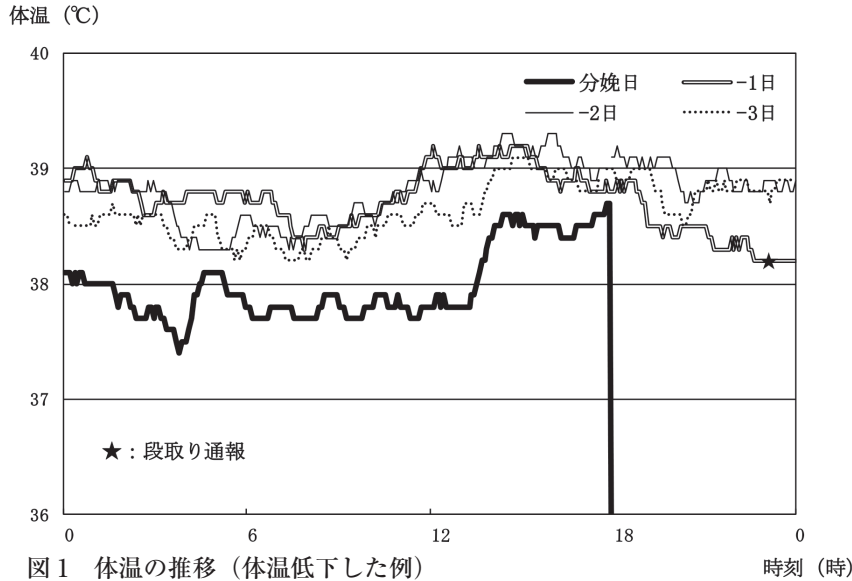


図1 体温の推移 (体温低下した例)

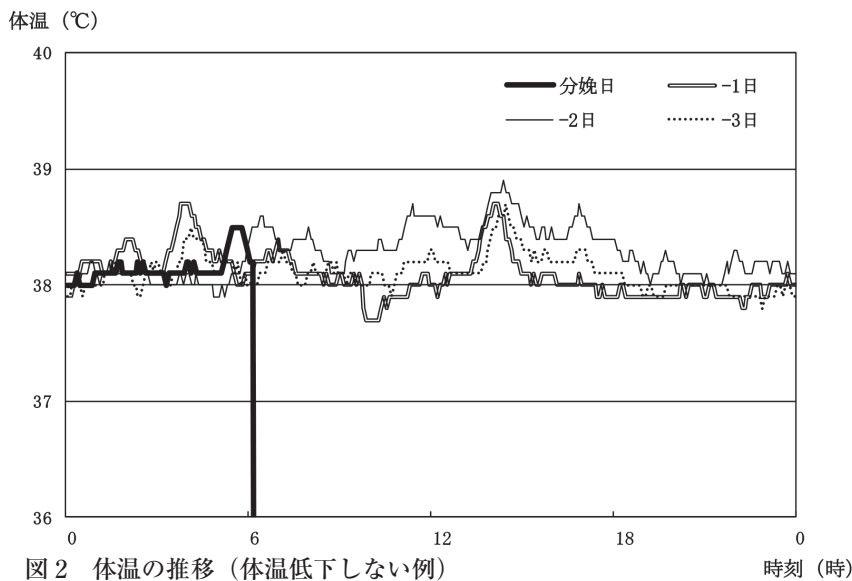


図2 体温の推移 (体温低下しない例)

2. 体温変動と分娩状況の関連性

分娩状況について、表4に示した。当センターでは、基本的に分娩時に立ち会って介助しているため、分娩難易度ではなく独自の分娩介助指数(表5)により分娩を

分類した。分娩介助指数は、分娩介助に携わった人員数と介助方法から算出し、5以上の場合に難産であったと判断した。

表4 分娩状況

種別	分娩頭数(頭)	胎位(頭)		産子品種(頭)		産子性別(頭)		産子数(頭)		産子平均体重(kg)	分娩介助平均人員数(人)	介助方法(頭)			
		正常	異常	ホルスタイン	それ以外	雄	雌	1	2以上			器具不使用	産科チェーン	テクナール	外科処置
未経産牛	19	17	2	18	1	5	14	19	0	37.6	4.2	0	8	11	0
経産牛	35	30	5	32	3	21	15	34	1	43.8	4.0	3	24	7	1
合計	54*	47	7	50	4	26	29	53	1	—	—	3	32	18	1

*総頭数は表1の分娩状況確認頭数である54頭

表5 分娩介助指数

指数	分娩介助分類
1	自然分娩もしくは分娩時立ち会いなし
2	産科チェーンを使用し、2人以下で介助
3	産科チェーンを使用し、3～4人で介助
4	産科チェーンを使用し、5人以上で介助
5	テクナールで介助（人数関係なし）
6	外科処置による分娩

システムの通報の有無による分娩状況および分娩前後の疾病発生状況について表6に示した。胎子の失位による分娩は7例あり、いずれも分娩介助人数が4人

以上必要であり、分娩介助指数の平均は4.0であったことから難産であった。なお、段取り通報の有無による産子の平均体重に有意差はなかった。段取り通報の有った分娩における難産率（分娩介助指数5以上）は35.7%、無かった場合は50.0%であったが、有意差はなかった。

また、分娩後の疾病発生状況では低Ca血症と胎盤停滞の発生が多く、低Ca血症の発生率は18.8%、胎盤停滞の発生率は25.0%であった。なお、分娩前の体温変化から疾病の有無を予測することはできなかった。また、乳房炎と血乳の発生がそれぞれ1例あり、どちらも分娩直前に体温が急上昇し、39.5℃以上の体温検知によりSOS通報が作動した。

表6 システムからの通報の有無と分娩状況および分娩前後の疾病発生状況との関係

(頭)

頭数	胎位		産子数		産子平均体重(kg)	分娩介助指数						分娩前後の疾病の有無						
	正常	異常	1	2以上		1	2	3	4	5	6	低Ca	胎盤停滞	子宮内膜炎	乳房炎	血乳	四変	
段取り有	42	35	7	41	1	41.5	2	4	9	12	14	1	9	11	1	1	1	0
段取り無	6	6	0	6	0	42.7	0	0	1	2	3	0	0	1	1	0	0	0
合計	48 [*]	41	7	47	1	—	2	4	10	14	17	1	9	12	2	1	1	0

※総頭数は表2の段取り通報有り42頭と段取り通報無し6頭の合計48頭

3. 分娩監視に係る労力

システム導入前の平成28年4月～平成29年3月の1年間と、システム導入後の平成31年4月～令和3年12月の2年9ヵ月間における分娩監視労力および事故率について表7に示した。

当センターにおけるシステム導入前の分娩監視は、分娩予定日1週間前から毎日夕方1回、牛の直腸温度を測定し、分娩兆候を目視確認する形で実施しており、体温の低下を確認した日、または分娩予定日の3日前からは、分娩に立ち会えるよう、1日につき1名の人員を充て、夜間の定時的な牛舎巡回を含めた監視体制としていた。そのため、分娩監視作業の労力の負担が

大きかった。

一方、システム導入後の分娩監視を、システムからの段取り通報が作動した日から同様の監視体制に変更した結果、分娩牛1頭にかかっていた分娩監視人員が4.13人から1.22人となり、約7割（70.5%減）の省力化につながった。これは、システム導入前は分娩までに2日～5日程度の監視期間が必要であったことに対し、システム導入後は分娩までの監視期間が2日以内であったことに起因している。また、システム導入後は分娩の立ち合いが確実に実施できたため、年間の分娩事故数は4件から0.73件に減少し、8割減（81.8%減）となった。

表7 分娩監視労力および事故率の変化

	分娩頭数 ^{*3}	分娩頭数(頭/年)	延べ監視人員数(人/頭)	平均監視人員数(人/頭)	事故数(頭/年)	事故率
導入前 ^{*1}	45	45	186	4.13	4	8.9%
導入後 ^{*2}	94	34.18	41.82	1.22	0.73	2.1%
増減率	—	-24.0%	-77.5%	-70.5%	-81.8%	—

※1平成29年4月1日から平成30年3月31日。

※2平成31年4月1日から令和3年12月31日。表1の令和2年4月1日から令和3年12月31日までの58頭を含む。

※3分娩頭数は、分娩監視システムの下、分娩した頭数であり、自然分娩牛は含まない。

4. システムの適切な活用

システムは、停電などの通信不可となった場合以外の環境では問題なく作動し、継時的に体温の監視が可能であった。システムを導入すると、7割程度の分娩において、分娩まで24時間前後の合図である段取り通報が作動し、さらにそのうち9割程度は段取り通報から24時間以内の分娩であったこと、また、一次破水や物理的な脱落により体温センサーが体外に排出された際の駆付け通報は100%作動することから、通報の作動精度は高い。段取り通報が作動しても分娩に至らない段取り通報の誤報は3.7%発生するが、これは牛の個体差が影響しているものと考えられる。また、牛の膣内から体温センサーが脱落してしまった場合における駆付け通報の誤報もあったが、その発生率は7.4%と低く、停電などで通信が途絶えてしまう場合を除き、一次破水による通報なのか誤報なのかを目視で確認して対処することが可能であった。このことから、夜間を含めた分娩への対処は段取り通報が作動してからでも遅くはなく、監視に係る労力は大幅に削減され、通報があることで余裕を持った分娩作業準備が実施できる。

さらに、システムでは、インターネットへの接続が可能な環境であれば、手元のスマートフォンでも分娩牛の体温変動をいつでも確認することができるほか、システムからの通報を通知するよう設定することができる。これにより、別の作業中に分娩が始まった場合でも、分娩に立ち会うことが可能となり、低Ca血症や胎盤停滞などの産後疾病への速やかな対応も可能となる。また、体温の急上昇が認められた場合のSOS通報を設定することで、乳房炎などの産後疾病への対応の必要性について早期の判断が可能となる。

以上のように、本システムは有用なICT機器ではあるが、使用する際には以下のような注意が必要である。

- (1) 停電した場合は通信が途絶えてしまうため、使用できない。
- (2) 牛には個体差があり、膣が緩い経産牛では、分娩監視の途中で体温センサーが脱落してしまいシステムが使用できない場合がある。
- (3) 体温センサーは牛にとって異物であるため、膣への挿入時に牛が過剰な反応を示してしまい、使用できない場合がある。
- (4) 牛の膣内に滞留させる体温センサーは小さいため、機器の紛失や脱落した体温センサーを牛が踏んで破損する場合もあり得るため、機器の取り扱いには注意が必要である。

本システムの活用は、労力の大幅な省力化に寄与することが実証された。しかしながら、システムにすべてを頼るのではなく、システムで得られる情報を上手に活用しながら、牛の状態を自分の目で観察して得た情報と併せて分娩監視することが、分娩事故ゼロを実現することにつながる。今後は乳牛のみならず、黒毛和種などの肉牛での本システムの活用について検証したい。

引用文献

- 藤本泰裕・木村英司・澤田勉・石川全・松永寛・森純一、1988、牛の分娩前特徴-直腸温、心拍数および呼吸数の変化、日畜会報、59 (4) : 301-305
- GRAF,G.C. and W.E.PETERSEN、1953、Changes in respiration and heart rates,body temperatures,plasma lactic acid levels and plasma creatinine levels caused by stress in dairy cattle、J.Dairy Sci.36: 1036-1048
- 平沢一志・佐野信一・工藤卓二・八田忠雄、1965、牛の分娩時刻予知に関する研究、北海道立新得畜試事業成績報告書、昭和39年度 : 249-257
- 池田哲・佐藤哲哉・武石秀一・井上一之・松井英徳・宇津宮恭子・野々下雅彦・石田陸夫・宇都宮茂夫・利光政彦、2005、牛体温の常時監視システムの開発、平成16年度大分県産業科学技術センター研究報告 : 1-3
- 池田哲・小田原幸生・佐藤哲哉・武石秀一・宇都宮茂夫、2006、牛体温の常時監視システムの開発 (第2報)、平成17年度大分県産業科学技術センター研究報告 : 1-4
- 池田哲・小田原幸生・武石秀一・宇都宮茂夫、2007、牛体温の常時監視システムの開発 (第3報)、平成18年度大分県産業科学技術センター研究報告 : 1-2
- 池滝孝・山口光治・石黒敏夫・鈴木省三、1982、体温計測による乳牛の分娩時期予測について、帯大研報、13: 13-18
- 石井三都夫、2014、乳牛の難産 : 原因,予防,助産および失位整復法、家畜診療、61: 139-147
- 片岡敏、2012、乳用牛の分娩予知技術、畜産技術ひょうご、107号 : 16-19
- 栗原昭広・森本一隆・岩尾健・岡田綾子、1998、黒毛和種の分娩前体温低下による分娩時期予測、鳥取畜試研報、27: 12-15