

平成20年度 成果報告書

牛の発情検知システムによる繁殖農家と
畜産技術者との情報通信ネットワーク形成を
目的とする研究開発

委託先： (株)ワコムアイティ

平成21年4月

情報通信研究機構

平成20年度 成果報告書
(地域中小企業・ベンチャー重点支援型)

「牛の発情検知システムによる繁殖農家と畜産技術者との
情報通信ネットワーク形成を目的とする研究開発」

目 次

1	研究開発課題の背景	2
1-1	研究開発課題の背景	2
1-2	研究開発の現状	2
2	研究開発の全体計画	4
2-1	研究開発課題の概要	4
2-2	研究開発の最終目標（平成21年12月）	6
2-3	研究開発の年度別計画	7
3	研究開発体制	8
3-1	研究開発実施体制	8
4	研究開発実施状況	11
4-1	装着器具ならびに牛体への装着方法の研究開発	11
4-1-1	研究開発内容	11
4-1-2	発情検知精度の向上	11
4-1-3	センサー技術の開発	11
4-1-4	量産化に向けた研究開発	16
4-1-5	装着ベルトの研究開発	19
4-1-6	まとめ	24
4-2	発情解析プログラムの研究開発	25
4-2-1	発情検知のノイズ除去プログラムの開発	25
4-2-2	牛の発情誤認の排除プログラムの開発	25
4-2-3	乗駕行動検知精度向上プログラムの開発	26
4-2-4	まとめ	26
4-3	繁殖農家と畜産技術者とのネットワーク形成の研究開発	27
4-3-1	研究開発内容	27
4-3-2	サポートセンター環境整備	27
4-3-4	まとめ	31
4-4	情報通信ネットワークの実証試験	32
4-4-1	研究開発内容	32
4-4-2	新見市 FTTH のネットワーク実証実験	32
4-4-3	まとめ	33
4-5-1	研究開発内容	34
4-5-2	牛発情・分娩に関する補足試験	34
4-5-3	まとめ	36
4-6	牛発情検知・分娩検知補足試験	37
4-6-1	研究開発内容	37
4-6-2	牛発情・分娩に関する補足試験	37
4-6-3	まとめ	39
4-7	総括	39
5	参考資料・参考文献	40
5-1	研究発表・講演等一覧	40

1 研究開発課題の背景

1-1 研究開発課題の背景

中国地方には多くの黒毛和種牛の優良系統が存在し、古くから種畜の主要な生産基地としての役割を担ってきた。また近年、消費者の安心安全な国産肉牛の需要が大きく増加して来ている。しかし国内の飼養農家の担い手不足と高齢化が一段と進んでおり、小規模飼養農家戸数は著しく減少し、素牛の生産基盤が弱体化してきているのが現状である。このような情勢の中、地域振興施策としての和牛生産対策は喫緊の課題となっている。その対策の一つとして、遊休農林地を活用した放牧や素牛生産の中核となる繁殖育成センターの設置などの例もみられるが、現状としては、農家の点在化と多頭数飼育化が起きている。このような繁殖牛を取り巻く飼養状況の変化に伴って、飼養従事者による牛の個体観察が疎かになるなどの個体管理上の問題点が指摘されている。一方で、繁殖農家からは様々な飼養形態に対応でき、かつ省力化を加味した和牛生産効率の向上策が求められている。

また公共事業の削減などの影響から、土木建築業者など異業種から畜産業への新規参入の検討が進められている。それは100頭以上の大規模のものとなっている。島根県隠岐の島の海士町でも土木関連企業の畜産業新規参入による隠岐肉牛が高い評価を受けるという事例も出てきている。従来のような小規模飼養農家の勘と経験による畜産から、新規参入業者による大規模な畜産へ転換を可能にする技術の必要性も指摘されている。このような背景から、ITによる畜産業支援技術の早期開発及び現場普及は緊急性、重要性が極めて高いと言える。

ワコムアイティでは平成15年より岡山県新見市千屋地区においてITを活用した牛の発情検知システムの開発に取り組んできた。牛の発情を的確に検知して飼養農家に携帯メールで通報する本システムは、岡山県総合畜産センターならびに島根県立畜産技術センターなど公的機関による試験評価を重ねており、商品化の直前段階まで来ている(図1-1、図1-2)。平成19年度から民間基盤技術研究促進制度の委託研究による研究開発を開始し、平成20年度以降商品化および販売開始を目指しながら研究開発を実施するものである。



図 1-1 (発情検知センサーをセットした牛の背中)

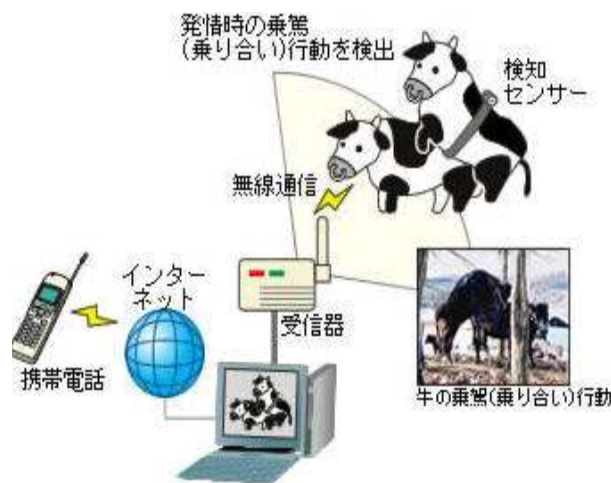


図 1-2 既開発の発情検知システム

1-2 研究開発の現状

和牛生産効率を向上させるためには、第一に発情の発見が基本かつ重要な作業である。繁殖農家の牛群管理において、発情発見は飼養従事者が管理しなければならず、また技術と労力を要し、その成否は妊娠率や空胎期間の長さなど繁殖成績に直接的に影響する。日常の飼養管理の中で発情を発見できる割合は50%程度と報告されている。(表1-1)

表 1-1

牛発情検知システム導入による効果

期待される効果	ケース1 発情検知機をつけない場合	ケース2 既存の発情検知機を付けた場合	ケース3 Witで研究開発中の発情検知機を付けた場合
分娩間隔の短縮について	個体観察が疎かになり、発情を見逃すケースが多い。その結果、分娩間隔は長期化し経済損失が拡大する。 全国平均 : 421日 岡山県 : 430日	分娩間隔は短縮されているという報告を農家から聞いているが、wit製品との比較試験はなされていない。	分娩間隔は短縮されることが新見市畜産農家で確認された。しかし、統計的な数字としては母数が少ないため、今後の公的研究機関との研究開発のなかで効果を数値化していく予定。
発情発見率について	24時間観察の場合 97~100% 日常飼育時観察の場合 56% (Laudedaleら1974年)	歩数・乗駕圧力などによる発情発見率は100%とうたっているメーカーもあるが、公的研究機関による評価では50%未満(近畿中国四国農業研究センター)	岡山県総合畜産センターによる調査レポートでは75%の発情発見率 今後の研究開発によりこれを80%以上を目標とする。
受胎率について	人工授精タイミングは発情行動開始後12時間であるが、これを見逃すケースが多い。受胎率は農家の経験や飼育形態によってばらつきがある。	発情行動開始時間が分かれば受胎率は向上する。しかしセンサーが発情行動と誤認識する場合、無駄な人工授精をする場合もある。	発情開始時間が分かることで、受胎率は向上する。また同時に遠隔監視モニターで牛の行動をチェックでき、目視によって発情行動を確認できる。誤認識の原因となるノイズ除去技術を研究開発するのも今回のテーマ。

これまで進めてきた発情検知システムは、発情兆候である乗駕行動（マウンティング：他牛に乗る行為、スタンディング：他牛に乗られる行為）を傾斜センサーと加速度センサーで確実に捉えること、様々な飼養形態に対応できること、個々に装着したツールからの情報をリアルタイムで収集・伝達することができること、の3点を備えた情報技術（IT）活用型の発情検知システムである。（図 1-3）

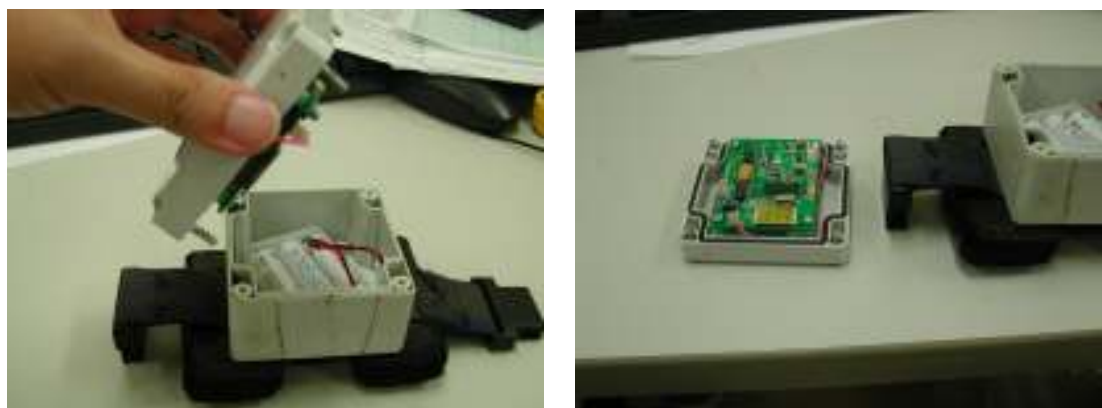
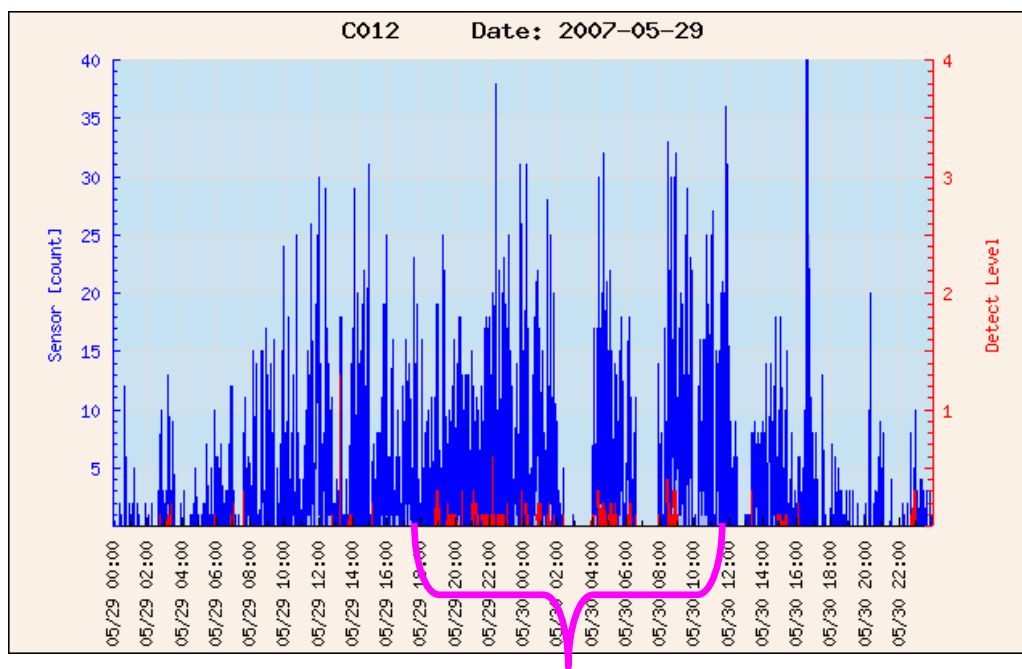


図 1-3 NICT 事業採択以前の試作モデル



発情検知

青色グラフ：運動量
赤色グラフ：乗駕

図 1-4 岡山県総合畜産センターによる評価試験

ワコムアイティでは平成 15 年度開始の「地域特産和牛の振興事業（千屋牛パワーアッププロジェクト事業）」のなかで、加速度及び振動センサーを組み入れた装置の試作を開始し、新見市千屋地区において検証を行ってきた（図 1-4）。これにより、マウンティングの検知に不可欠なセンサーを活用した発情センサーの開発が可能になる。なお、マウンティングにより発情を検知する装置ならびにセンサー保持ベルトについては特許出願中である。

(特許出願)	(発明の名称)	(出願日)
特願 2004-019162	発情検知装置	2004/1/28
特願 2005-269218	発情検知装置	2005/9/15
特願 2007-043620	センサ保持用ベルト	2007/2/23

2 研究開発の全体計画

2-1 研究開発課題の概要

繁殖農家・農場において発情発見は基本的かつ重要な作業である。繁殖農家・農場の牛群管理プログラムにおいて、“発情”の発見は人間が管理すべき事項で、その成否は妊娠率や空胎期間の長さにダイレクトに影響することから、様々な商品が考案されてきた。たとえば牛の臀部にペンキを塗っておき、発情した牛が乗駕することでペンキがはげたり、相手側の牛の胸部にペンキが付着したりすることで発情を見るといった原始的な手法もとられている。

しかし、①乗駕行動を確実に捉えること、②様々な飼養形態に対応できること、③個々に装着したツールからの情報をリアルタイムで収集・伝達することができること、この3点を兼備した“IT活用型”の発情検知システムは現在、見あたらない。実用に耐えうるレベルの発情感知精度を有するツールとITを組み合わせたシステムを開発・商品化することによって、地域の畜産業の振興に資すること、ひいては全国的な波及効果を目指すことがこの研究の目的である。

近年、消費者からは安心安全な国産肉牛の需要が増加しているのに対して、繁殖・飼養農家の担い手不足と高齢化が一段と進んでおり、小規模農家戸数は著しく減少している。逆に公共事業の削減から土木建築業者など異業種から畜産業への新規参入の検討が進められている。それは100頭以上の大規模の

ものとなっている。このように小規模農家の勘と経験による畜産業から、IT など様々な先進技術を活用した大規模な畜産業へと変化しようとしているのが現状である。

ワコムアイティでは平成 15 年より岡山県新見市千屋地区において IT を活用した牛の発情検知システムの開発に取り組んできた。これは牛が発情時に見せる雌牛同士による特異な乗駕行動（マウンティング：他牛に乗る行為、スタンディング：他牛に乗られる行為）を傾斜センサーと加速度センサーで捉える技術である。今回の研究開発は発情検知の精度を向上させ、商品化に向けた課題解決をする。

今回、開発を進めている発情検知システムは発情を 75% と高い確率で検知(*注)することが可能（岡山県畜産技術センターによる評価）であることが報告されており、将来性が期待されている。また本システムは、発情牛の情報を共有化することで繁殖農家や人工授精師、公立畜産センター研究者などの畜産技術者をインターネットや携帯電話を利用して広域の情報通信ネットワークを形成することを最終目標としている。

本事業で開発を進めているシステムは、①分娩検知②CPU 内蔵式発情検知センサー③健康管理システム④GPS 放牧牛管理システムへの発展も目指している（表 2-1）。

表 2-1 本システムの発展（段階）

①分娩検知	開発中のシステムを活用した分娩検知の予備試験を行っており、20 分娩中 16 例で分娩の事前検知に成功している。
②パソコンを使わない CPU 内蔵式発情検知センサー	牛に装着するシステム単独で発情を検出し、授精適期を通知するシステムが出来れば、安価で小頭数飼育農家でも導入が可能となる。さらに、通信機能を付加し、ステーションでの一体管理が出来れば、地域型のシステムが構築できる。
③脈拍、体温、筋電センサーの賦課による健康管理システムへの発展	胴体ベルトで背中にセンサー格納部を取り付けるので、発情検知や分娩検知の他に健康管理のための機能を組み込むことで総合的な牛健康管理システムに発展が期待できる。
④GPS を組み込んだ放牧牛管理システムへの発展	同様にセンサー格納部分に GPS 機能を組み込めば、放牧牛の位置情報が把握可能であり、大規模牧野における放牧牛の繁殖管理や健康管理に活用が期待できる。GPS 放牧牛管理システムへの発展の可能性がある。

発情検知システムの導入事例は、全国の肉牛農家戸数 85,600 戸、酪農農家戸数 26,600 戸の中でもまだ 700 戸程度（他社類似商品販売実績）であり 1%にも満たない。より良い商品の市場投入により今後飛躍的に導入が進むものと考えられることから、本研究開発成果を利用した製品ならびにサービスの市場性は非常に大きいものと予想される。

*注

システムの精度を高めるためには 2 つの方法がある。1 つは誤報を減らす、もう一つは発情見逃しを減らすことである。発情検知システムでは、発情発見率が高く、正答率が高い（誤報率が低い）ならば、実用性が高いといえる。誤報率が高いと、システムの発情の検出の都度、人工授精師さんに来てもらい発情かどうかを確認し、真の発情であれば人工授精し、偽りの発情であれば、無駄足になり、出張料金のみ発生することになる。正答率が高ければ無駄足にならない。また、真の発情と偽りの発情が一度に多頭数いると、どの牛が発情しているのか、偽りの発情の牛も全て直腸検査し、発情牛を確認する作業が必要となる。北海道農業研究センター坂口主任研究官によれば、発情発見率 80%、誤報率 20% 程度が実用化のレベルとされている。

$$\text{発見率(\%)} = (\text{真の発情検出 : } b) / (\text{真の発情総数 : } a + b) \times 100$$

$$\text{正答率(\%)} = (\text{真の発情検出 : } b) / (\text{システムによる検出回数 : } b + c) \times 100$$

$$\text{誤報率(\%)} = (\text{偽の発情検出 : } c) / (\text{システムによる検出回数 : } b + c) \times 100$$

2-2 研究開発の最終目標（平成21年12月）

平成19年12月～平成21年12月

・発情検知・通報のシステム化

発情検知情報を電子メール等で自動通報できるシステムの構築を進める。また、1システム（5頭分、内訳：発情センサー5個、装着器具5個、受信機、データ解析ソフト、メール通信ソフト）の価格は、8ヶ月齢前後の黒毛和種仔牛1頭分の販売価格程度（50万円前後）を目指す。また、より安価でかつ高齢者でも容易に取り扱いが可能なものとして、装着器具あるいは発情センサー本体に取り付けたLED等の発光体によって発情経過時間を通知するシステムの開発を行い、1システム（1頭分、内訳：発情センサー1個、装着器具1個）5万円程度の価格を目指す。合わせて、通信費等を含めたランニングコストの試算も行う。

・高度ネットワークの実証試験

開発した発情検知システムの有効性を現地で検証する。具体的には、農場と人工授精師等、地域の畜産技術者とのネットワークを構築し、実用化に向けた有効性を調べる。この試験は、光ファイバーによる高度ネットワーク体系の構築を目指している岡山県新見市において行う。

・商品化のスケジュールと販売計画

平成20年10月 「出産監視システム」試験発売開始（監視カメラなど）

平成21年4月 「発情検知システム」試験発売開始

平成22年1月 「出産監視システム」「発情検知システム」発売開始

平成22年4月 スタンドアロン型発情検知システム発売開始

2-3 研究開発の年度別計画

(金額は非公表)

研究開発項目	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	計	備考
1. 装着器具ならびに牛体への装着方法の検討	-	-	-	-	岡山県総合畜産センター 島根県畜産技術センター
2. 発情解析プログラムの研究開発	-	-	-	-	
3. 繁殖農家と畜産技術者とのネットワーク形成	-	-	-	-	
4. 情報通信ネットワークの実証実験	-	-	-	-	
5. 発情検知・出産検知補足試験	-	-	-	-	
6. 発情検知・出産検知補足試験	-	-	-	-	
間接経費額 (税込み)	-	-	-	-	
合 計	-	-	-	-	

注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。また、間接経費は直接経費の30%を上限として計上(消費税を含む)。

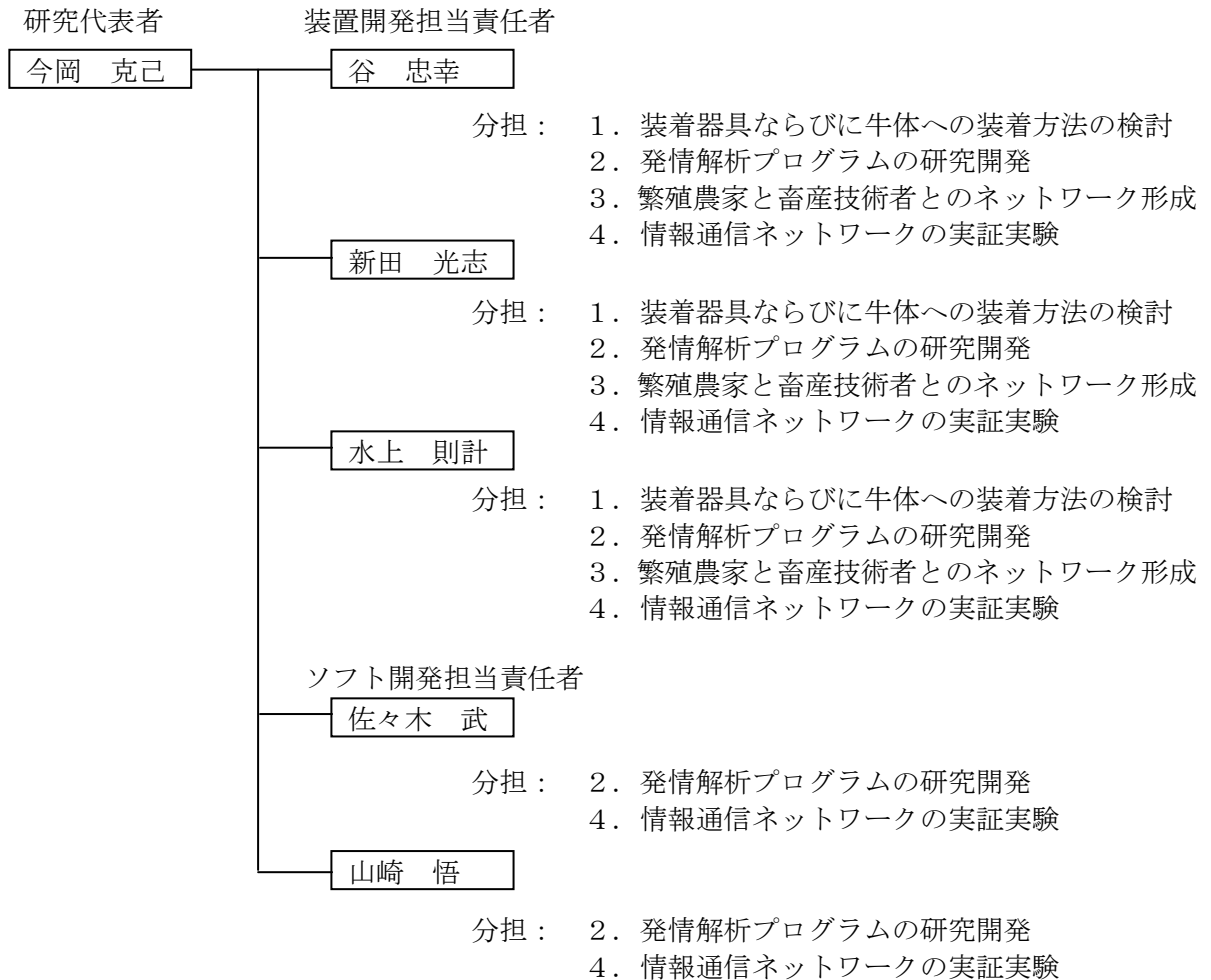
2 備考欄に再委託先機関名を記載

3 年度の欄は研究開発期間の当初年度から記載。

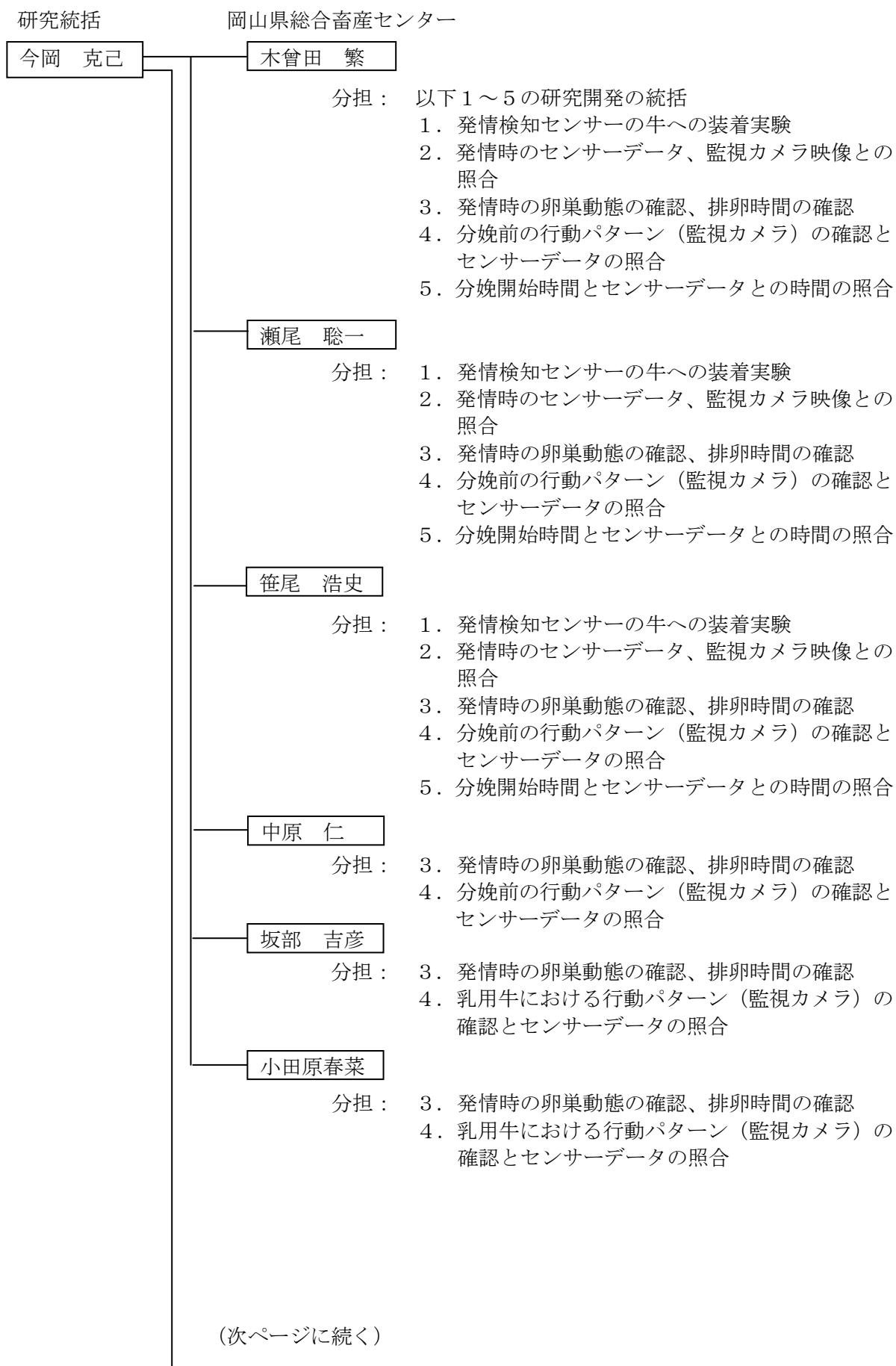
3 研究開発体制

3-1 研究開発実施体制

【ワコムアイティ社内体制】



【再委託先体制】



(前ページより)

島根県畜産技術センター

岡崎 尚之

- 分担： 以下1～6の研究開発の統括
1. 飼養形態別の発情発見の観察および排卵時期の推定
 2. 発情期における血中ホルモン濃度の経時的な測定
 3. 分娩の監視
 4. 分娩前からの経時的な体温の測定
 5. 分娩時における兆候の観察
 6. 分娩前から分娩後における血中ホルモン濃度の経時的な測定

長谷川 清寿

- 分担： 1. 飼養形態別の発情発見の観察および排卵時期の推定
2. 発情期における血中ホルモン濃度の経時的な測定

澤 香代子

- 分担： 3. 分娩の監視
4. 分娩前からの経時的な体温の測定
 5. 分娩時における兆候の観察
 6. 分娩前から分娩後における血中ホルモン濃度の経時的な測定

土江 博

- 分担： 1. 飼養形態別の発情発見の観察および排卵時期の推定
2. 発情期における血中ホルモン濃度の経時的な測定
 3. 分娩の監視
 4. 分娩前からの経時的な体温の測定
 5. 分娩時における兆候の観察
 6. 分娩前から分娩後における血中ホルモン濃度の経時的な測定

錦織 美智子

- 分担： 1. 飼養形態別の発情発見の観察および排卵時期の推定
2. 発情期における血中ホルモン濃度の経時的な測定
 3. 分娩の監視
 4. 分娩前からの経時的な体温の測定
 5. 分娩時における兆候の観察
 6. 分娩前から分娩後における血中ホルモン濃度の経時的な測定

4 研究開発実施状況

4-1 装着器具ならびに牛体への装着方法の研究開発

(第二フェーズ試作モデルによる評価試験)

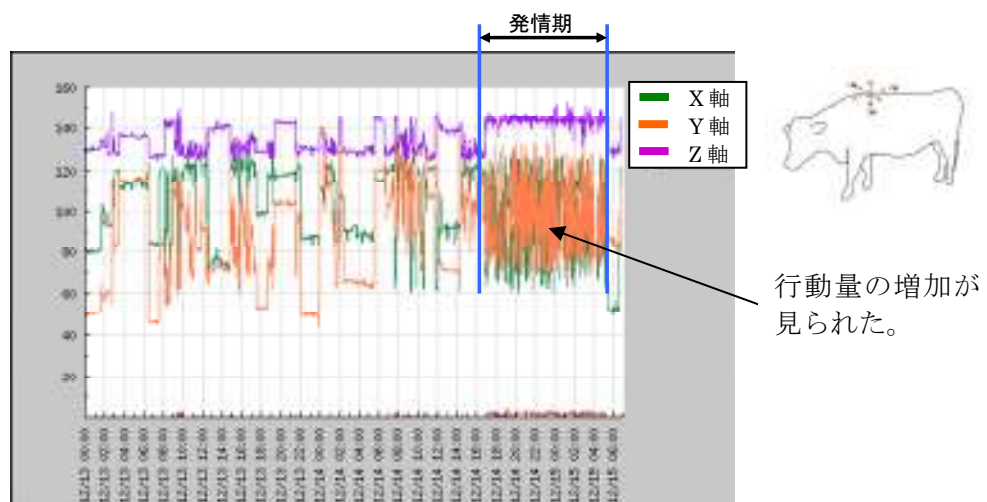
4-1-1 研究開発内容

本研究における課題は、発情検知精度を高めることと出産検知への応用である。この課題を解決するために検知ユニットの試作と牛体への装着実験を行った。

4-1-2 発情検知精度の向上

発情の検知精度は昨年度までの実績で 75%程度であった。今年度は発情のみではなく分娩も検知できるセンサーの開発を行った結果、振動や加速度を検知するセンサーから方位センサーを利用した行動量の変化を検知する方法に変更したことで、検知精度を再測定する必要が生じた。図 4-1-2-1 は牛の発情時の動きを実時間で示したものである。(縦軸はセンサー出力相対値) 牛が立ち止まった時や、寝ている時は値が変化しないのでグラフはフラットになり、歩行などの動きがある時は値が変化する(線が縦に動く)。図 4-1-2-1 を見ると前半が通常の牛の動きをとらえており、後半が発情期を示す。発情期になると牛の行動量がふえるので動きの量が激しくなることがわかる。

現在のところ岡山、島根の量畜産試験場で合計 7 例の発情検知実験を行い、7 例とも今年度開発したセンサーにより発情した際に行動量が増加することが検知できており、検知率は 100%といえる。ただまだ実施数が少ないため、引き続き実験を続けていながら検知率、正答率の向上を図る。



図の線は XYZ 軸の地磁気の変化量

図 4-1-2-1 方位センサーによる計測

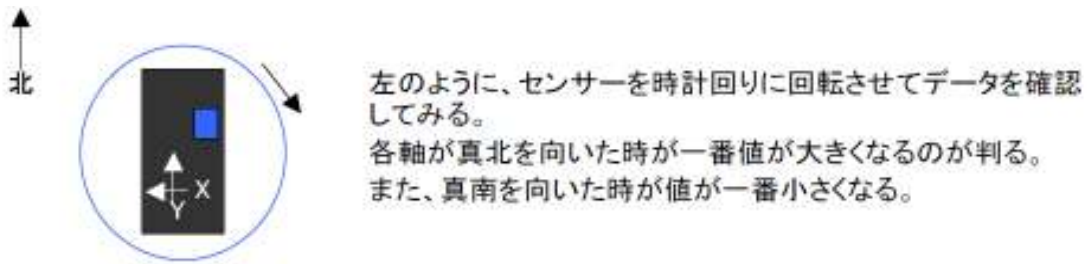
4-1-3 センサー技術の開発

(1) 検知の原理(地磁気に至る変遷)

牛の発情検知において、発情時に現われる行動量の変化を如何にして捉えるかが課題であった。当初は万歩計に使用されているような、メカニカルなスイッチを利用して行動量の変化を検出していたが、接点の摩耗による劣化が問題となっていた。そのため、非接触(電氣的な接点を持たない)で行動量を検出できるデバイスを検討した結果、方位センサーである電子コンパス(地磁気の方向成分を計測するデバイス)を行動量センサーとして採用する事となった。またこれは、発情検知に加えて分娩検知にも有用性が認められた事にもよる。牛が分娩する数時間前から見られる、特有の回転行動(巣作り行動という説もある)は地磁気を測定する事により容易に検出する事ができ、分娩検知の精度向上が期待されるからである。

牛が行動すると、方位センサーが検出する地磁気の変化が生じる。

牛の発情時に行動量が増え、地磁気の変化が認められれば、行動量センサーとして使用できる事になる。



センサーが回転すると下記のようなデータが出てくる

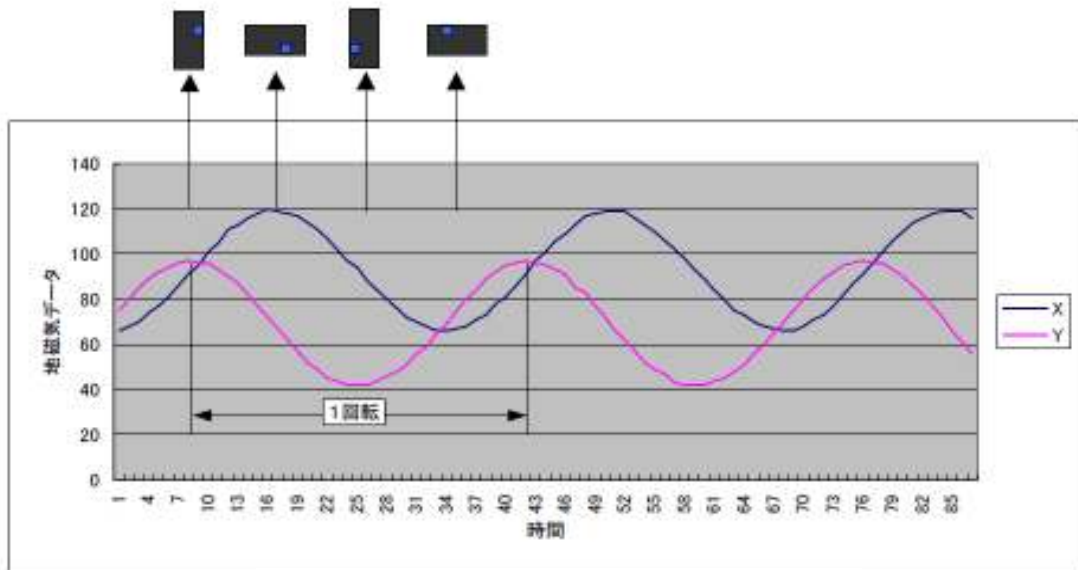


図 4-1-3-1 方位センサーによる回転の計測法

(2) 構成

牛の向いている方角を方位センサーによって計測/処理し送信する子機と、子機からのデータを受信/処理してサーバに転送する親機で構成される。

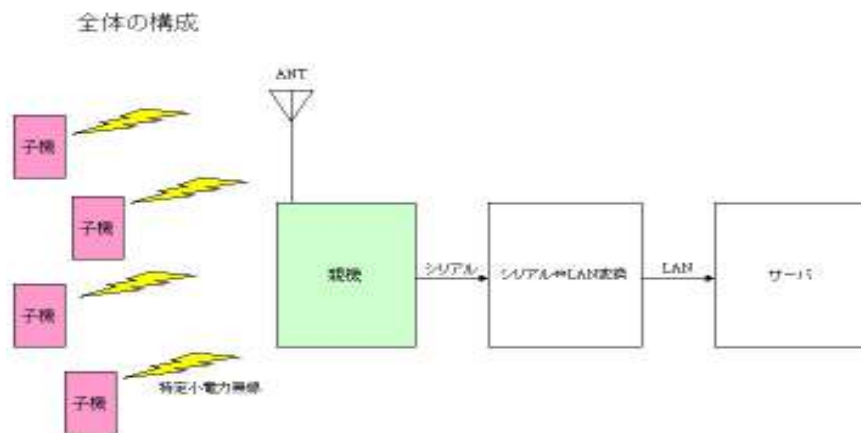


図 4-1-3-2 システム全体の構成

親機は牛舎やパドック等にとりつけられ、牛に取り付けた子機からのデータを受信し、処理する。親機からはシリアル (RS-232C) で出力されるため、LAN に変換してサーバに送信する。サーバは、農場の事務所等に設置されるが、牛舎・パドックからの距離がある場合は無線 LAN を使用して通信を行った。

以下に子機（センサー）の構成を示す。

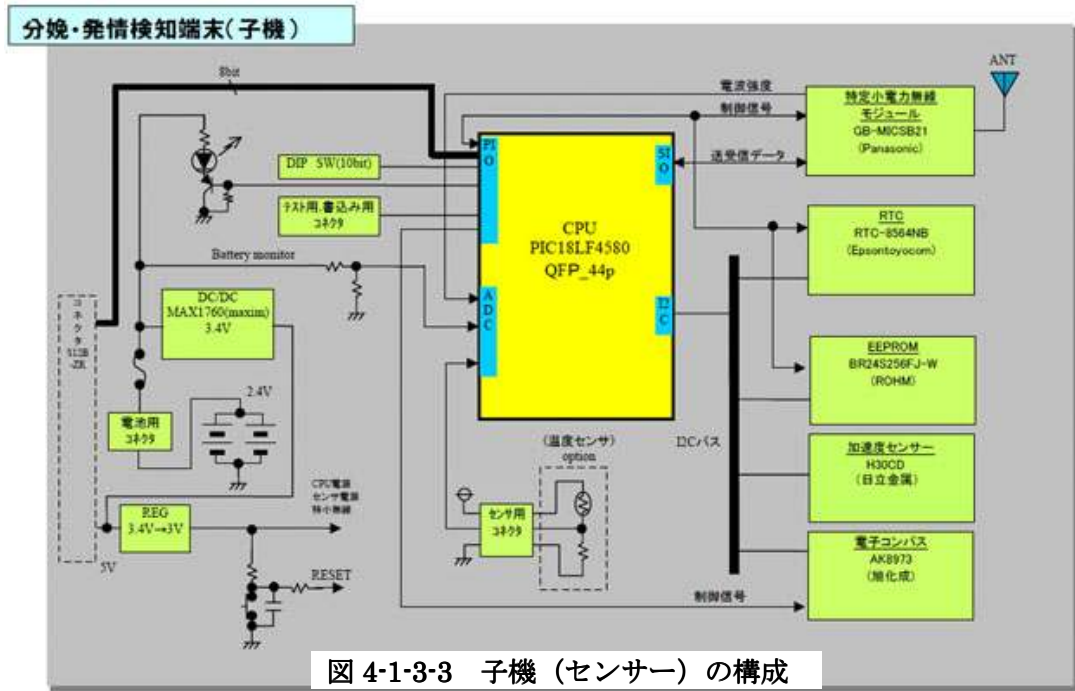


図 4-1-3-3 子機（センサー）の構成

子機は電子コンパス（方位センサー）により牛の行動のサンプリングを行い、親機へデータを送信する。実験の初期段階ではデバイスの評価及び基礎データ取得の為に2秒毎にサンプリングしたXYZの地磁気データをそのまま親機へ送信していたが、研究の過程で子機側で地磁気データのX/Y軸と振幅それぞれに閾値を設定して超えるかどうか監視し、10分毎に閾値を超えた回数をカウントして親機へ送信する仕様とした。

以下に親機の構成を示す。

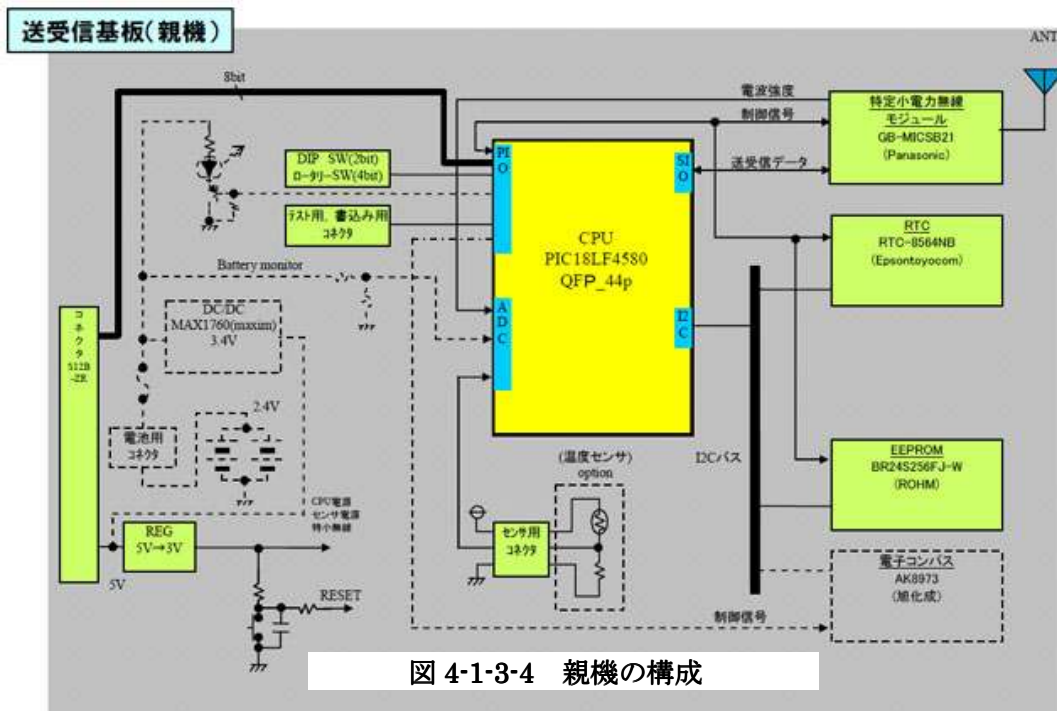


図 4-1-3-4 親機の構成

親機は子機へのコマンド送信、データ受信、子機からの電界強度測定、EEPROMへのデータ蓄積、外部へのシリアルデータ(RS232C)出力を行う。また、分娩検知等のアルゴリズムを搭載する。

(3) 通信のアルゴリズム

子機と親機の通信については、特定小電力無線を使用する。
仕様は以下の通り。

表 4-1-3-1 通信仕様

システム	特定小電力無線
変調方式	F1D(2値FSK方式)
使用周波数	429.1750MHz~429.7375MHz 16チャンネル
運用形態	基本型 1:N
最大通信速度	4800bps
送信出力	10mW

親機と子機間については、子機の台数が多数ある状況を考慮し、親機から子機にデータリクエストを出す方式にした。技術基準適合に則り各装置の送信タイミング、及び送信時間を決定した。また、各装置にキャリアセンス機能を設け、他の無線局が同じチャンネルを使用している時は送信しない仕様としている。子機の最大数は60台まで対応するものとした。

・親機の動作

親機は一定間隔(7秒)で子機のID及びデータリクエストコマンドを送信する。1回で子機からデータ受信できなかった場合、3秒後にリトライする。尚、子機へのデータリクエスト送信のタイミングはリアルタイムクロックにより正確に行っている。送信時間は全てにおいて5秒以下である。

・子機の動作

子機は親機からのデータリクエストコマンドを受信すると直ちにデータを送信するが、消費電流を抑えるためデータ送信後無線モジュールはスリープモードに入る。次回の親機からのデータリクエスト受信タイミングより1秒前に無線モジュールを起動し、コマンド受信に備える。スリープモードからの起動はリアルタイムクロックからの信号によって行う。送信時間は全てにおいて2秒以下である。

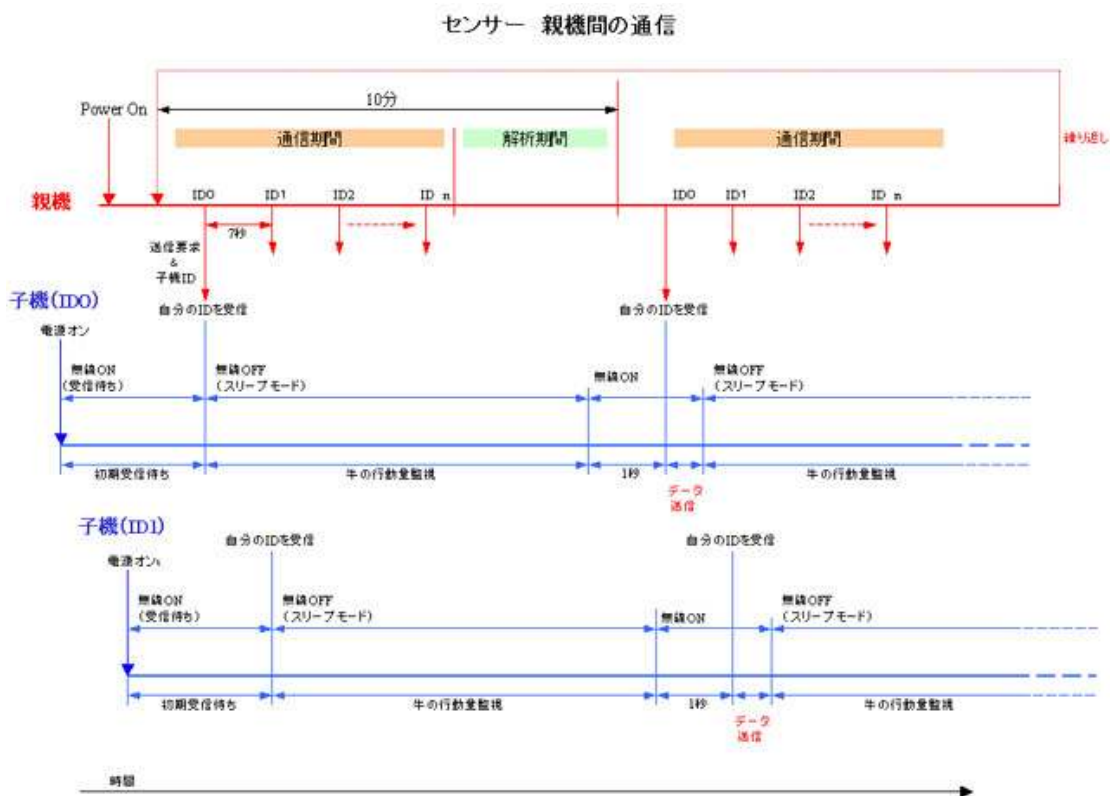


図 4-1-3-5 子機 (センサー) 親機間の通信

表 4-1-3-2 子機からの主な送信データの内容

子機 ID	子機のユニークな ID (識別符号)	2byte
子機 No	実運用での表示用 ID	1byte
バッテリー電圧値	バッテリー低下時のアラーム用	1bite
データ	10 分毎の行動量カウントデータ	3byte

子機 ID は、LAN の MAC アドレスのような子機毎のユニークな ID で、16bit 幅 (2byte) である。

子機 No は運用時に実際に使用するいわばラベルのようなものである。

バッテリー電圧値は、子機がバッテリー電圧を監視して親機に伝え、バッテリー交換を警告するためのものである。

10 分毎のカウントデータ 3byte 分の内訳は、送信する毎に現時点と前回、前々回 (2 データ分) のデータをシフトして送信し、親機側のメモリに 3byte 分格納して過去 30 分のカウントデータを保持する。このため、何らかの理由で親機がデータを受信できなかった場合でも、次回か更にその次の回でデータ受信できればその時点で過去 2 回分のデータを取得できる事になる。

以上のデータにヘッダ、送信バイト数、チェックサム等のデータを付加した上、更に全体での連送を行う。更に、親機がデータ受信に失敗した時リトライする事によって通信の安定化を図っている。

広域牧場に対応するためには電波法の範囲内でできる限り通信距離を伸ばす必要がある。

このため、親機のアンテナは外部アンテナ ($\lambda/4$) として利得を稼ぎ、更に無線モジュールと厳密なマッチングをとる事によって通信距離の拡大を図った。子機のアンテナは大きさの制限からチップアンテナを使用しているが、無線モジュールとのマッチングをとり問題の無いレベルになった。

アンテナ利得の測定結果を基に利得が最小又は最大となる向きを決め、以下の条件での電波到達距離を測定する。

- 条件①：利得最小方向で送信側、受信側を相対させる。出力は 1mW。
- 条件②：利得最小方向で送信側、受信側を相対させる。出力は 10mW。
- 条件③：利得最大方向で送信側、受信側を相対させる。出力は 1mW。
- 条件④：利得最大方向で送信側、受信側を相対させる。出力は 10mW。

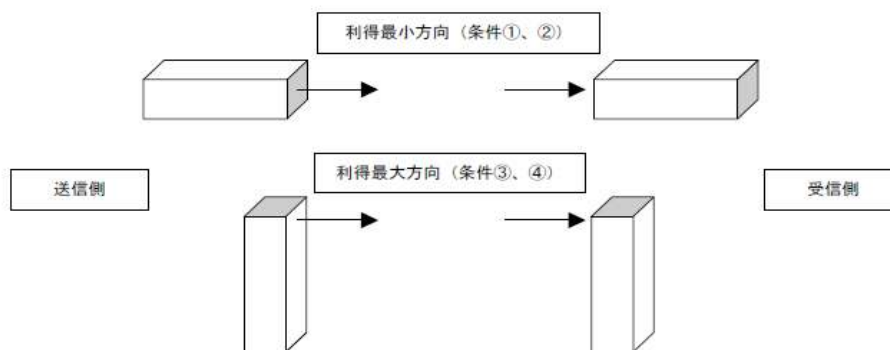


表 1. 測定結果

測定条件	電波到達距離	備考
条件① (利得最小、出力: 1mW)	75 m	
条件② (利得最小、出力: 10mW)	150 m	
条件③ (利得最大、出力: 1mW)	200 m	
条件④ (利得最大、出力: 10mW)	480 m	

※到達距離については、4800bps で 12byte の任意文字列を送信し正常受信できた時の最大距離を示す。

図 4-1-3-6 電波到達距離確認

(4) 検知例 (発情、出産)

・発情

実際に方位センサーを牛に取り付け、地磁気データを測定してみると、発情開始前に比べて開始後には変化する頻度に顕著な上昇が認められ、発情検知での有用性が認められる。

・分娩

分娩牛のデータについても、分娩前には変化する頻度が上がっており、分娩検知として使用できる事が示されている。

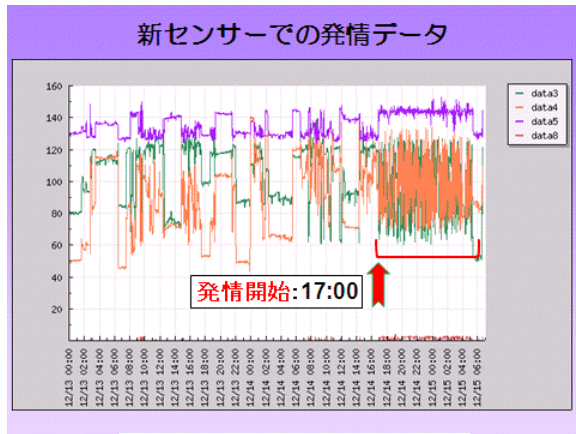


図 4-1-3-5 発情検知例

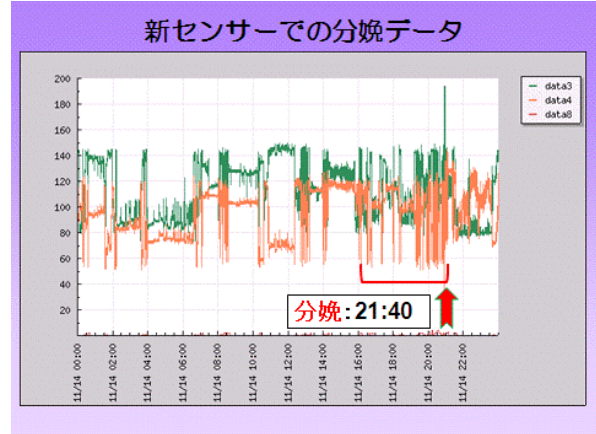


図 4-1-3-6 分娩検知例

(5) 電池の消耗度と今後の対策

子機の電池は単三型のニッケル水素電池を使用している。2本ずつ直並列で使用し、電源電圧は 2.4V である。これを昇圧回路により 3V に昇圧して使用し、少しでもバッテリーを有効に使用する事を目的としている。当初、バッテリー寿命は2週間程度であったが、無線モジュールのスリープ動作等使用する事により、3週間程度連続動作が可能となった。今後、バッテリーの選択や、更なる回路・ソフトウェアの検討を行ってバッテリーの長寿命化を図る予定である。

4-1-4 量産化に向けた研究開発

製品化に向けた量産に対応できるようセンサー等の装置の設計開発を行った。量産化にあたってはまず試作機を製作し、それに対し評価を行い改良を進めるという形で開発を進めた。開発当初はセンサー部分と電池ケースを別々に構成することを考えていたが、農家の取り扱い性等を考慮し、最終的には電池とセンサーの基板を一体として構造とすることとした。

(1) 量産化にむけた設計

(図 4-1-4-1) に試作機の外観を示す。センサーの収まる子機ケース部 (右側) と電池ケース (左側) は電線により接続されており別体となっている。

(図 4-1-4-2) は量産検討段階のモックアップ試作であるがこの段階でも、センサー部と電池ケースは別体構造であった。ただこの様態ではセンサー部と電池部を接続する電線の強度の問題、3体がばらばらなので取り扱い性の問題等が指摘され、一体型の検討をおこなうこととなった。

(図 4-1-4-3) が量産前のエンジニアリングモデルに採用したケースのモックアップである。ケース全体を拡大し、内部に乾電池4本を収容できる一体型の構造とした。



図 4-1-4-1 センサー試作機外観



図 4-1-4-2 量産試作モックアップ 1



図 4-1-4-3 量産試作モックアップ最終版

(2) 基板設計

量産に向けたケースが一体型になったことにより、内蔵する基板も電池を収容できるよう拡大された (図 4-1-4-5)。

また、子機 (センサー) と親機の機能を一枚の基板上で実現できるよう回路を設計し、全体のコストダウンを図っている (図 4-1-4-4)。



図 4-1-4-4 基板外観



図 4-1-4-5 ケース外観

(3) ケース設計

センサーを収容するケースは防塵防水仕様とし、牛が牛舎の外を移動しても問題ない機械的特性を備えた設計とした。表 4-1-4-1 に主な機械的、環境的特性を示す。

表 4-1-4-1 機械的特性 (暫定)

項目	内容
外形寸法	127mm×33mm×132mm
質量	320 g (電池除く)
ケース材質	樹脂ケース
使用温度範囲	-10~60℃
放置温度範囲	-20~70℃
湿度	45~85%RH
保護構造	防塵防水保護等級 IP65
耐振動	周波数: 5~500kHz 加速度: 1.25~3.5G XYZ 方向 5 サイクル

(4) エンジニアリングモデル

量産前のエンジニアリングモデルを製作し、

(図 4-1-4-6 写真は未塗装)、このモデルを使用し、評価実験をおこなった。図で左は子機 (センサー)、右は親機を示す。

子機の構造は裏に電池を入れる蓋がついており上部前方に表示用の LED、側面にベルト通しを備える (図 4-1-4-7)。

親機は側面にアンテナと外部出力用のコネクタを装備する。親機自体はさらに屋外用のケースに入れることを前提に設計を行っており、子機 (センサー) からの受信データを元に大型 LED の表示やブザーなどのお知らせができる機能を拡張できる設計となっている。(図 4-1-4-8) 親機に内蔵する基板は前述の通り、子機 (センサー) と共通の基板を用いる。実装状態を図 4-1-4-4 に示す。



図 4-1-4-6 エンジニアリングモデル

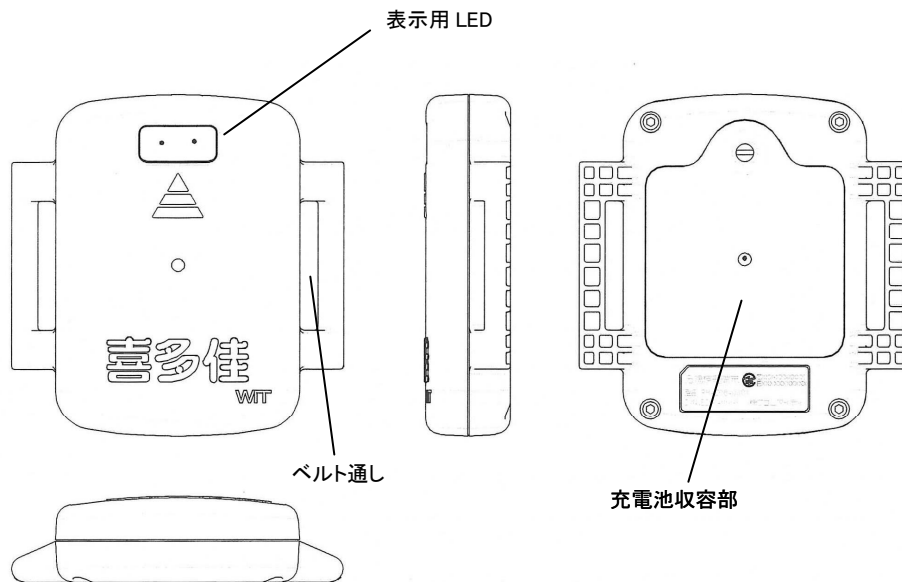


図 4-1-4-7 子機 (センサー)

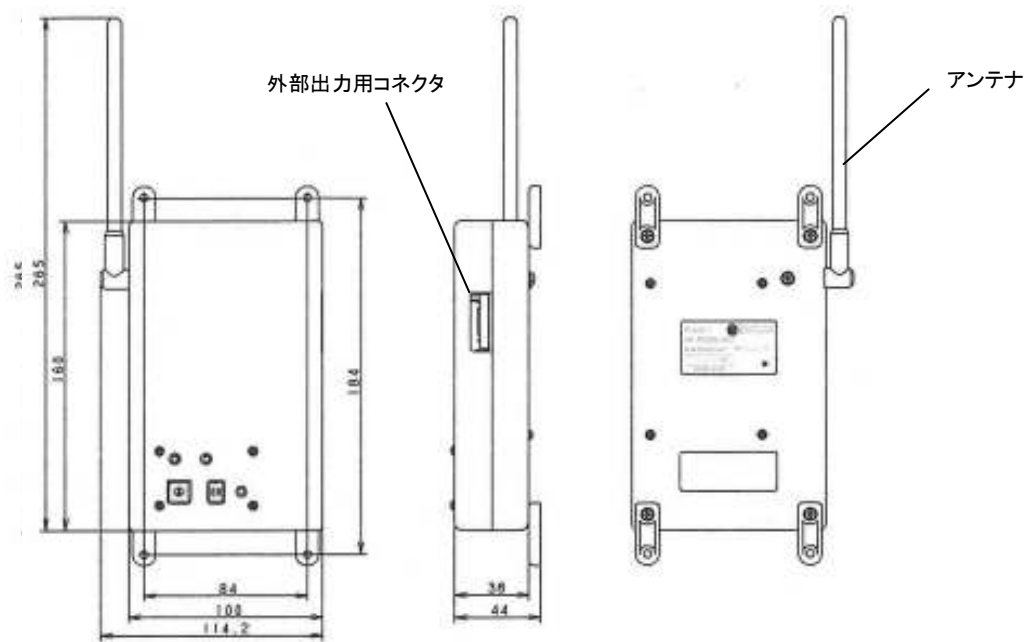


図 4-1-4-8 親機

4-1-5 装着ベルトの研究開発

センサーを牛に固定するための装着ベルトの研究開発を行った。開発目標は1. ずれを生じず確実にセンサーを固定する。2. ベルト装着の牛への負担軽減・褥瘡が発生しないもの。3. 一人で簡単に装着できる方法と構造。である。

この課題解決のために、首と背の2タイプの試作と装着試験を行った。

(1) 首装着タイプの試作と装着試験

首装着タイプは2タイプを試作し装着テストを行った。試作1は伸びのないベルトにセンサーを装着する袋を取り付けた(図4-1-5-1)。牛の頸部にきつく装着したが首の向きや、屈伸によって周囲径がかなり大きく変化し、ずれが生じ試作1の構造では適当でないことが分かった。

このため、首周囲径が変化しても一定の張力を保つように伸びの大きな素材を使い試作し装着した(図4-1-5-2)。このベルトではずれが生じなかった。頸椎の可動域は非常に大きく頻繁に動かすために、発情検知、分娩検知のノイズとして現われることが予想されていた。しかし3軸方位センサーを追加することでこのノイズの除去の可能性もあると考えたために首タイプの試作を行ったが実際に計測を行った結果、予想より首の運動が激しくこの部位は分娩・発情の検知が困難であった。



図 4-1-5-1 首タイプ試作1



図 4-1-5-2 首タイプ試作2

(2) 背中装着タイプの試作と装着試験

これまでの研究でセンサーは背中に取り付けた場合が最も発情による乗駕行動を捉え易い事がわかっている。しかし、背中への取り付けは、1. 一人での装着はむずかしい、2. 前後へのずれや廻りが生じやすい。3. 装着状態によっては褥瘡が発生する危険がある、などの課題があった。

これら課題解決のため15タイプの試作と装着テストを行った。

<p>・ 試作1 装着直後に脱落した。</p>	
<p>試作2 センサー取り付け部からベルトを下ろし前肢後部を通り前肢前部を周り上に上がり首部へ回る。素材はネオプレンゴムで前肢の部分は幅広にし皮膚への食い込みを避ける。 装着状態は安定していたが前肢にかかるネオプレンが広い面で接触できずに食い込みが生じた。 2時間装着後脱落した。</p>	
<p>試作3 試作2と構造は同様。ベルトが主体の構造でネオプレンゴムを用い伸びる部分を作った。 試作3を装着して歩かせても試作2のように直ちにずれることはなかったが、頭を下げたときに前方に脱落した。</p>	

試作 4

試作 3 で頭を下げた時に前方に脱落したために、背部のベルトから前肢を一周した輪をつくりさらに頸部へベルトを接続した。これにより首が下がった時にゆるみを防ぐ。しかし、前肢の動きにより内側（腋下）部と背部の距離が変わりゆるみが生じ脱落した。



試作 5

従来の形状で素材を置き換えた。しばらくは問題なかったが装着約 4 時間後（録画で確認）前方にずれ脱落した。構造が同じであるため、素材の摩擦力や弾性部分の違いによって問題が生じたのか？その後、テンションをあげて再装着し、脱落は無かった。



試作 6

首部が無いタイプ。首のないタイプは試作 1 で製作したが、試作 6 では、下部で連結しており胴部を一周させた。頸部がないのでずれた時の復元力はないが構造がシンプルになった。試着時にはずれは生じなかったが夜中に前方にずれた。



試作7

試作3のような構造で下部の連結を行い胴部を一周するようにした。試作3で首を下げた時に胴の部分もゆるんで脱落したので、胴のベルトを下部で連結してゆるみがでないようにした。

装着時には問題がなかったが牛が寝たときに胴体のベルトが緩む。肢に回しているベルトがきつくなって胴体ベルトを前に引張る。

現段階では、ずれの改善が出来たが装着のしやすさに工夫が必要である。



試作8

試作6は装着の翌日にずれが発生した、前肢にかけるベルトをはずして、装着するとずれが無いため、胴体を一周するだけのタイプを試作した。

装着4日経過後の時点で完全にずれた。

(センサー取り付け部分が腹側に来た)

録画から午後2時ごろにセンサー部分が背中
の頂点からずれその後徐々にずれていった。



試作9

試作7は安定しているのでこれをさらに装着しやすくするため胴部から下部に向けてのベルトのバックルの位置を下方にした。ベルトの先端を反対側からとりやすくするための補助具を取り付けられるようにした。首部のネオプレンゴムの幅を広くし長さを短くした。

装着5日経過時点で胴体ベルトが少し前にずれ
7日後には完全に首までずれていた。



試作10

ネオプレーン一体型。5日間装着でずれは生じない。舐められた場所の生地が起毛した。装着2週間後にベルトの縁があたり牛に傷が出来た。前肢つけねの後部に傷が発生しこの部分の圧迫を除くためにベルトを切り抜いたが、今度はずれが生じた。牛の個体差による体型の差でずれが発生している可能性もある。素材の検討が必要。



試作11

試作10の傷の発生を防ぐためベルトの縁を柔らかい素材に変更した。装着しやすいように金属環を取り付けてマジックテープのついたベルトを通し折り返えすようにした。金具の使用により装着が格段に楽になり一人での装着も可能になった。10日装着後縁がぼろぼろになった。他の牛がなめたと思われる。



試作12・13

縁素材の接触で牛の傷が出来たためにやわらかい素材を使ったが、短期の装着でぼろぼろになった。そのためやわらかくても強い素材を検討するために試作12オペロン地と試作13合皮を製作した。写真はオペロン生地。2週間程度の装着で傷の発生はなく、ぼろぼろにもなっていない。



試作14
センサーケースのモックアップモデルを装着できるものを試作。
試作14と15は同時に作成した。試作14はセンサーケースのベルト取り付け部にベルトを通し折り返すタイプ。
試作15はベルトがセンサーの上部を通るタイプ。試作15がセンサーがよく固定され安定がよかった。



試作15



(3) まとめ

首装着型2タイプ、背中装着型15タイプの試作を行い試作15がもっとも安定し、現在のところ傷も発生していない。真夏、炎天下の装着でベルトの劣化やセンサーの温度上昇などの発生が考えられ、さらに装着し評価を行う必要がある。

4-1-6 まとめ

- (1) 発情検知精度の向上
20年度7例の発情検知実験を行いすべて検知することが出来た。
- (2) センサー技術の開発
 - ・電子コンパスで行動量を計測することで発情と分娩の検知が出来た。
 - ・当初、バッテリー寿命は2週間程度であったが、無線モジュールのスリープ動作等使用する事により、3週間程度連続動作が可能となった。
 - ・親機のアンテナは外部アンテナ($\lambda/4$)として利得を稼ぎ、更に無線モジュールと厳密なマッチングをとる事によって通信距離の拡大を図った。
- (3) 量産化に向けた研究開発
 - ・ケースは防塵防水仕様(IP65)とし牛が牛舎の外を移動しても問題ない機械的特性を備えた設計を行い、エンジニアリングモデルを製作し評価実験を行った。
- (4) 装着ベルトの研究開発

- ・首タイプと背中タイプのベルトを試作し評価試験を行った。このうち背中タイプでずれが無く牛への負担が少なく一人で装着することが出来るベルトを開発した。

4-2 発情解析プログラムの研究開発

4-2-1 発情検知のノイズ除去プログラムの開発

夏場になると、アブや蠅などの吸血昆虫が牛によってくる。これらの昆虫を追い払おうと牛は皮膚の表面をふるふるふるわせる仕草をする。この動きが加速度センサーで牛の行動をとらえる場合に問題になっていた。

これを解決する方法として加速度センサーの速い動き（1秒間に数回）を検知しないようにプログラムに改良を加えた。

ところで、地磁気センサーを使った場合、牛の直接的な動きを捉えるのではなく方位の動きを捉えるので牛の細かな動きがフィルタリングされる事が確認できた。

その上で適当なサンプリング間隔の設定、平均化、アルゴリズムの最適化を施す事により、更にノイズの影響を受けにくくできる可能性がある。

現在、地磁気センサーでは各軸の最大値と最小値と振幅に閾値を設けて回転検出のアルゴリズムに利用しているが、発情時の行動は必ずしも回転する訳ではない。

そこで各閾値を調整して1回転しなくても発情時の行動量をカウントするように設定しているが、今後更なるデータ採集を行って最適な閾値を検討する予定である。

4-2-2 牛の発情誤認の排除プログラムの開発

発情誤認への対策として、カウントした行動量のデータを前日の同じ時間帯のデータとT検定により有意差の有無により判定する方式とした。これにより誤検知を少なくする事ができた。

4-2-3 乗駕行動検知精度向上プログラムの開発

牛の背中に取り付けられたセンサーで乗駕行動時および歩行時の加速度を測定した(図 4-2-3-1)。乗駕時の加速度は歩行などとは異なり大きく変動することがみてとれた。この変化の度合いを見ることによって乗駕と通常歩行の違いを区別することができる。

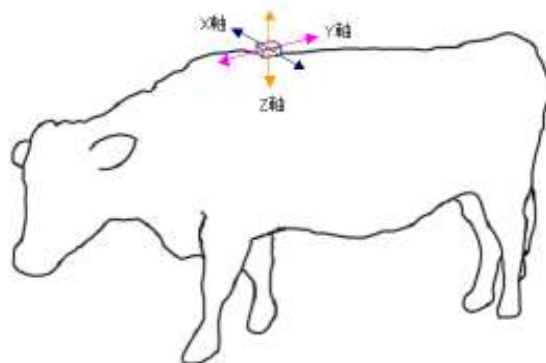
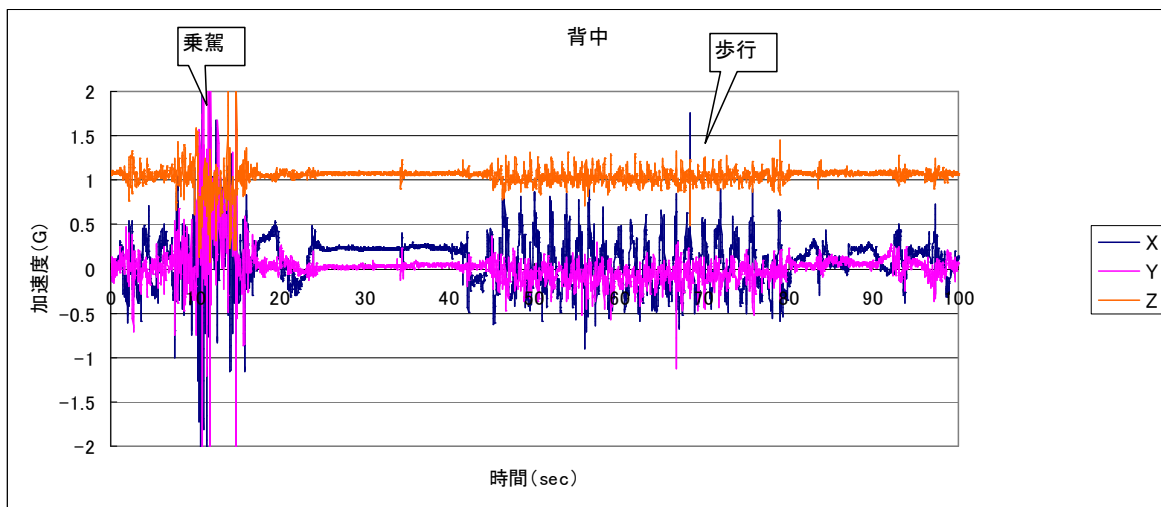


図 4-2-3-1 乗駕行動および歩行時の加速度変化

4-2-4 まとめ

牛の発情時における行動量の増加を加速度のセンサーのみで計測すると、牛の行動のみでなく皮膚の動き等も検知してしまう。行動の誤検知とは発情時のみでなく、他の発情の牛とのつきあいや、天候、周りの人の有無などによって行動量の増加が見られてしまうことであった。

これらの発情検知を誤検知する問題はプログラム中で行動の量をフィルタリングすることで対応した。

しかし、利用するセンサーが従来の加速度を利用する方法から地磁気センサーを利用し、牛の向きを検知する方法に変更したため、この方位を検知する方法で同様の手法が利用できるか評価確認する必要がある。

4-3 繁殖農家と畜産技術者とのネットワーク形成の研究開発

4-3-1 研究開発内容

本研究はテレビ会議システムによるサポートを可能とするサポートセンター環境整備、繁殖農家と地元 JA、人工授精師あるいは畜産技術センターなどの畜産技術者とをネットワークするシステムの開発とパッケージ化である。

牛舎を自宅から離れた郊外にうつすような指導が行われている現状の中で新設される牛舎はすべて自宅から離れた位置に置かれ常時監視、特に夜間の監視が困難になっている。

このため、分娩事故、発情事故の危険性が高まっていることが昨年度のネットワークシステムに関してのヒアリングで明らかとなった。本年度は多点の牛舎を一括監視するためのネットワーク監視システムを構築し検討をする。

4-3-2 サポートセンター環境整備

当社の新見ネットワークセンター内に WEB カメラによる多地点モニタリングシステムおよびテレビ会議システムを構築し、その有効性の検討を行った。



図 4-3-2-1 構築した多地点モニタリングシステム



4-3-2-2 牛舎モニタ用ディスプレイ



4-3-2-3 テレビ会議システム

- ・カメラ一覧表示

1分毎にネットワークカメラからの分娩検知通知をチェックし、その結果によってカメラ名の表示方法がつぎのように変化する。1. 新着の発情、分娩検知情報なし「通常フォント」、2. 未確認の発情、分娩情報あり「カメラ名の後に括弧付き数字を表示。数字は未確認数」、3. 新着の発情、分娩情報あり」、太字。

- ・分娩検知ログ一覧

それぞれのカメラに接続されている分娩検知センサーが過去に検知したログの一覧を表示する機能である。新着のログは太字+水色背景で表示される。

確認済み	検知日時	経過時間	内容	動画
<input type="checkbox"/>	2009/01/26 1:17	12時間31分06秒	センサーが分娩の兆候を検知しました。	ダウンロード
<input type="checkbox"/>	2009/01/26 9:47	4時間01分06秒	センサーが分娩の兆候を検知しました。	ダウンロード
<input type="checkbox"/>	2009/01/25 12:31	25時間17分06秒	センサーが分娩の兆候を検知しました。	ダウンロード
<input type="checkbox"/>	2009/01/26 6:12	7時間36分06秒	センサーが分娩の兆候を検知しました。	ダウンロード
<input checked="" type="checkbox"/>	2009/01/25 20:57		センサーが分娩の兆候を検知しました。	ダウンロード
<input checked="" type="checkbox"/>	2009/01/26 12:15		センサーが分娩の兆候を検知しました。	ダウンロード

図 4-3-3-3 分娩検知ログ一覧画面

- ・農場情報表示

カメラが設置されている農場の情報を表示する機能である。

分娩検知ログ	農場情報	手動録画動画	カメラ
<p>農場</p> <p>住所: 鹿児島県奄美市名瀬朝仁新町23</p> <p>名前: あおぞら牧場</p> <p>電話番号: 099-318-9836</p> <p>メールアドレス: xxx@aozora.net</p> <p>携帯: 090-1234-5678 090-1234-5678 090-1234-5678 090-1234-5678 090-1234-5678</p> <p>携帯メール: xxx@docomo.ne.jp xxx@docomo.ne.jp xxx@docomo.ne.jp yyyy@docomo.ne.jp xxx@docomo.ne.jp</p> <p>監視通知メールを送る</p>			
<p>獣医師</p> <p>名前: 山田 陽一</p> <p>電話: 099-347-1367</p> <p>携帯: 090-8346-3618</p> <p>メールアドレス: xxx@docomo.ne.jp</p>			
<p>受精師</p> <p>名前: 鈴木 太郎</p> <p>電話: 099-861-3390</p> <p>携帯: 090-8346-3618</p> <p>メールアドレス: ttttt@docomo.ne.jp</p>			
<p>ヘルパー</p> <p>名前: 佐藤 司</p> <p>電話: 099-347-1067</p> <p>携帯: 090-8346-3618</p> <p>メールアドレス: ccccc@docomo.ne.jp</p>			

図 4-3-3-4 農場情報表示

画面上のリンクをクリックすると、そのメールアドレスを宛先として既定のメーラーが起動する。「監視通知メールを送る」ボタンをクリックすると、送信先は農場のメールアドレス、メールの内容は設定画面で設定した内容で既定のメーラーが起動する。

- ・手動録画動画

カメラ一覧からカメラを選択し、画面右側に表示されるタブで「手動録画動画」を選択すると、そのカメラで手動録画し、サーバ上に保存されているデータが一覧表示される。

- ・カメラ表示

カメラ一覧からカメラを選択し、画面右側に表示されるタブで「カメラ」を選択すると、そのカメラの Web ページが表示される。



図 4-3-3-5 カメラ表示

- ・情報ウィンドウ表示
メニューの「表示」-「潮汐」または「天気」を選択すると、潮汐情報、天気情報の Web ページが別ウィンドウで表示される。表示される Web ページは設定機能によって変更することが出来る。。

(3) システム管理機能

管理者がシステムの設定や、データ管理をする機能。

- ・管理者認証機能
ユーザー名、パスワード入力により、管理者の認証チェックを行う機能。
- ・カメラ管理機能
監視するカメラの情報を管理する機能。
- ・農場管理機能
監視する農場の情報を管理する機能。
- ・連絡先管理機能
連絡先の情報を管理する機能。
- ・分娩検知履歴管理機能
分娩検知センサーから受け取ったメッセージを管理する機能。
- ・ユーザー管理機能
システムにアクセスするユーザーの情報を管理する機能。
- ・手動録画動画管理機能
手動録画した動画を管理する機能。

4-3-4 まとめ

(1) サポートセンター環境整備

- ・新見ネットワークセンター内に WEB カメラによる多地点モニタリングシステムおよびテレビ会議システムを構築した。

(2) 畜産従事者ネットワークシステムを開発した。

4-4 情報通信ネットワークの実証試験

(第二フェーズ試作モデルによる評価試験)

4-4-1 研究開発内容

開発した検知システムの有効性を岡山県新見市で検証する。
実験場所である、岡山県畜産総合センター、島根県立畜産試験場、哲多農場および畜産農家と新見ネットワークセンター(新設)を新見市内に設置されている情報通信光ファイバーケーブルで接続し、実用化に向けた有効性を調べる。

4-4-2 新見市 FTTH のネットワーク実証実験

新見市 FTTH は平成 20 年度より実用化された高速の光回線である。
平成 20 年度 5 月に新見ネットワークセンター(住所:岡山県新見市西方 4160)を新設し、当研究の拠点として運用を開始した。

当研究では、実験の場所である岡山県畜産総合センター、島根県立畜産試験場、哲多和牛牧場および畜産農家と新見ネットワークセンターを新見市 FTTH を経由したインターネット回線で接続し、発情、分娩の実験に利用してきた。

ネットワークの構築の目的は 2 つあり、一つは WEB カメラを利用した発情、分娩の状況の観察、そしてもう一つの目的は発情、分娩のセンサーの実験データを新見ネットワークセンターで取得を可能とすることであった。新見市 FTTH を利用したネットワークの構成を(図 4-4-2-1)に示す。

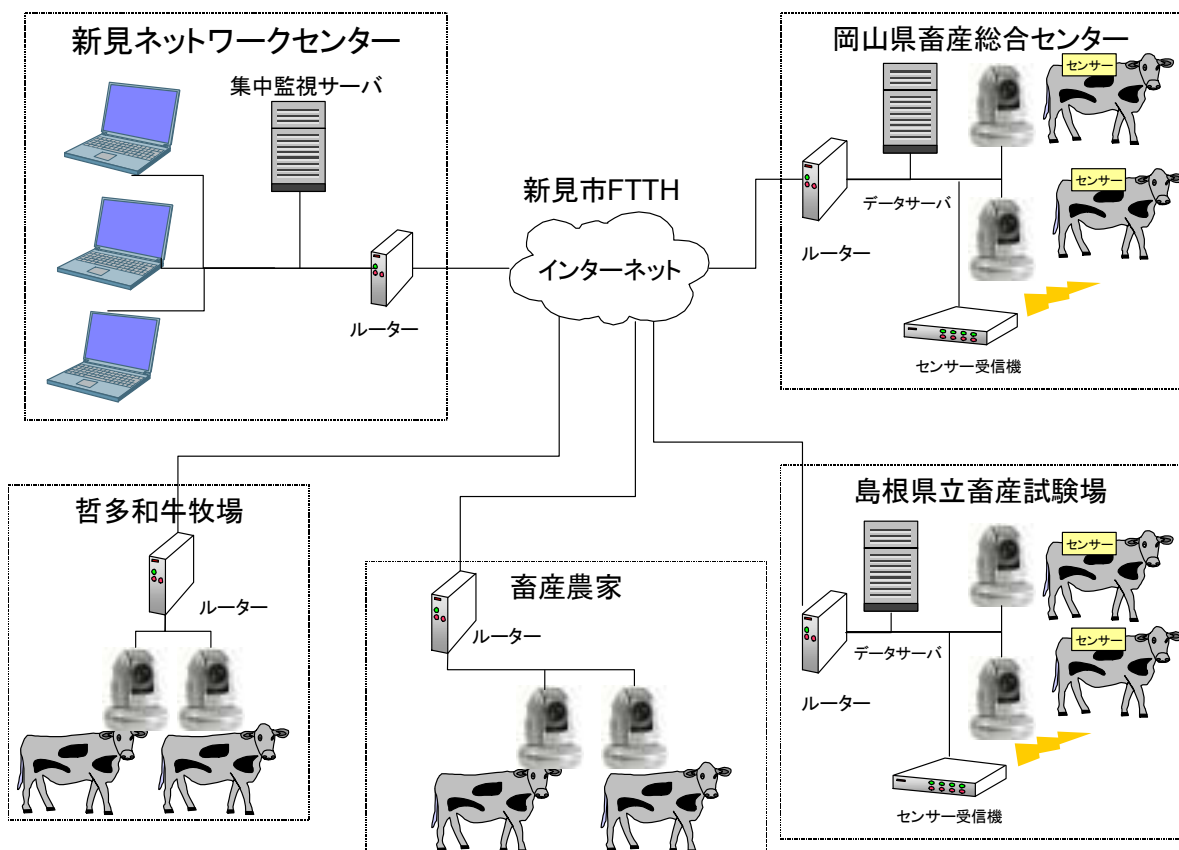


図 4-4-2-1 ネットワークの構成

このようなネットワークを構築することで新見市内に居ながらにして遠く離れた実験場所の発情・分娩の状況確認(図 4-4-2-2)、発情・分娩データの確認(図 4-4-2-3)することが可能であり、特に高速の通信環境であればよりスムーズにモニタができることが確認できた。



図 4-4-2-2

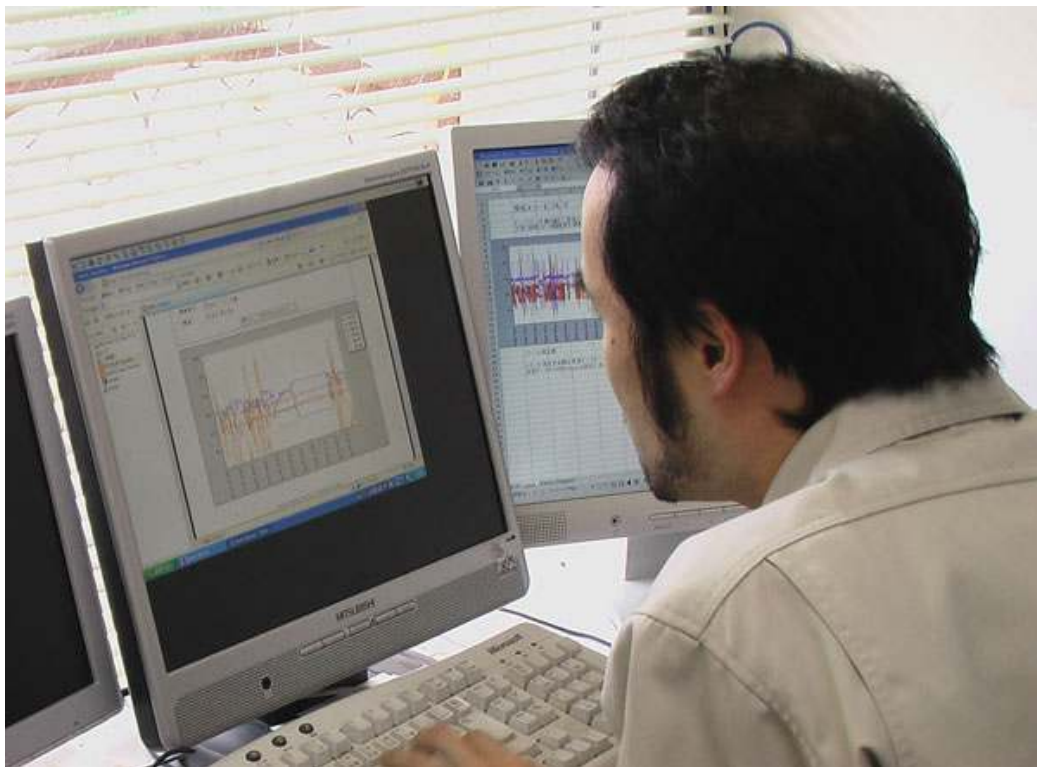


図 4-4-2-3

4-4-3 まとめ

実験場所とモニタする場所をインターネットなどを介したネットワークでつなぐことで実験場所に居なくても、発情データなどの確認や分娩状態をカメラでモニタすることが可能であることが実証できた。これはネットワークの構築が監視センターなど集中して監視や管理を行うビジネスモデルが構築できることを示唆しており、今後さらに有効性の検証を続けていく。

4-5 牛発情検知・分娩検知補足試験

(再委託先：岡山県総合畜産センター)

4-5-1 研究開発内容

- (1) 牛体への簡易で確実なセンサー装着の方法 (専用ベルト) の開発
- (2) 発情検知センサーによるより高精度の発情検知・通報
(牛の発情行動と卵巣動態との照合)
- (3) 同センサーによる分娩検知試験
- (4) 高度ネットワーク現地実証試験を行うための農家選定、打合せ実施

4-5-2 牛発情・分娩に関する補足試験

- (1) 牛体への簡易で確実なセンサー装着の方法 (専用ベルト) の開発

すでに昨年度から先行開発中であった専用ベルトであるが、形状の複雑さから、装着に相当の慣れを要するものであったため、形状、素材から改めて見直しに着手した。数種の形状、素材を試した結果、伸縮性がありかつ強度の高いネオプレンゴムを全体に使用したシンプルな形状のバンドを開発。発情、分娩試験時に使用し、旧ベルトで問題であった脱落や褥創の形成もなく、安定的にセンサー装着が可能となり、また装着も簡易に改善された。

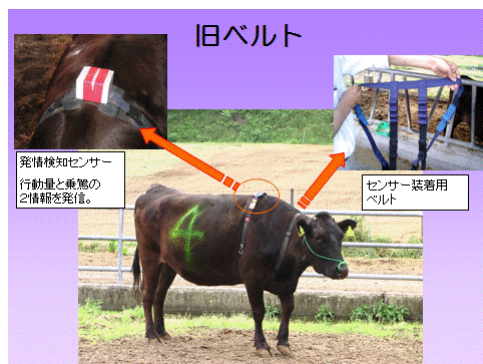


図 4-5-2-1 旧ベルト



図 4-5-2-2 新ベルト (試作)

なおベルトについては、現在まで微細な仕様変更を繰り返し、現在量産前試作機 (ES) に対応したものと改良発展させている。

- (2) 発情検知センサーによる高精度の発情検知・通報

(牛の発情行動と卵巣動態との照合)

昨年度までについては、平成18年度に実施した予備試験においては、発情検知率75%であったが、メールによる通報を想定した場合、より正確な検知通報とするためにさらにデータ解析が必要となることが想定されたため、検知の設定を明確にする目的で、本年度も既存のセンサーデータを取りつつ、その課程で生じた問題に対応した新センサーの開発を平行して行っていくという手法を取った。

従来のセンサーデータを詳細に解析した結果、まず行動量については、システムの検知回数が全体で52回あり、そのうち真の発情が31回あったなかで、システムによる発情発見は31回全てであり、発見率は100%、正答率は59%であった。

また乗駕データでは、システムの検知回数が34回あり、真の発情が31回あったなかで、発情発見は27回であり、発見率87%、正答率78%であった。

なお乗駕で発見とならなかったものは、発情しているにもかかわらず、他の牛に乗駕できない牛がいたためである。

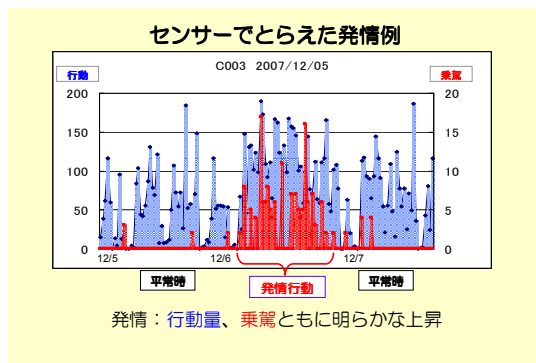


図 4-5-2-3 旧センサーデータ

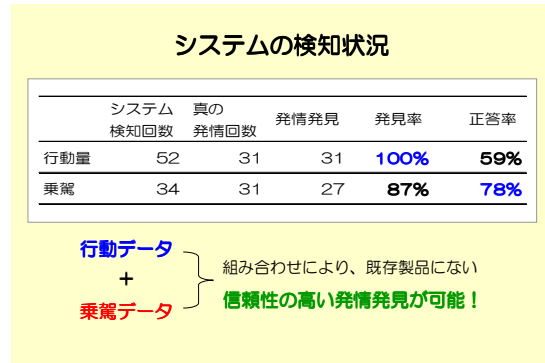


図 4-5-2-4 システム検知状況

これらのデータから、行動量センサーの発見率の高さと、乗駕センサーの正答率の高さ、この両センサーが補い合うことで、システムは信頼性の高い発情発見が可能であることが示された。

メール通報を想定する場合、行動量を第1報、かつ誤報の少ない乗駕を第2報として利用することで、最も見落としなく、かつ正確な発情情報となる。この方法では、例え乗駕できなくても、行動量のみの情報で、発情発見が可能となる。具体的には、行動量センサーの上昇がありながら、乗駕が見られない牛の場合、一定時間後に再度牛を確認するメール通報をするなどして、見落としを防ぐことが可能となるわけである。

また、本当の発情であったかの確認と、今後通報時間設定の一助として活用すべく、発情開始後の排卵時間についてモニターしており、18回の発情で平均で37.2hとなり、他の文献等でいわれる35時間前後とほぼ同様の結果であった。

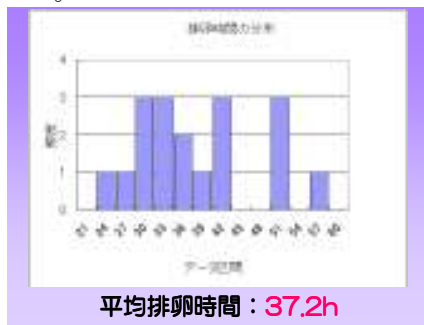


図 4-5-2-5 平均排卵時間

では現在開発を進める新センサーであるが、旧センサーで最も問題となったのは、行動量をモニターするカウンターの耐久性の低さであり、このことが誤報を増加させていた一因であることが判明している。このため、行動量をモニターする新手法のセンサー開発が必要であると判断され、現在の新センサーにおいては、行動量のモニターに方位センサーを採用し開発を行っているところである。発情検知センサーとしては、今後これに乗駕（加速度）センサーをさらに組み合わせ開発する方向であり、これは旧センサーの考え方と同様である。



図 4-5-2-6 新センサー試作器



図 4-5-2-7 装着時

(3) 同センサーによる分娩検知試験

方位センサーを行動量センサーとして使用した新センサーであるが、データについては、現在実験的であるが、発情時とともに、分娩前についても顕著な上昇を示しており、行動量センサーとして利用可能であることが確認された。

現在新センサーで、発情検知について6例、分娩検知について28例のデータを採取しており、発情については、発情開始後のデータが前日のデータと比較し6例中全てで有意に上昇していた。また分娩においては、実験的に想定した設定値（回転数）を使用したメール通報実験では、平均して分娩数時間前に行動量の増加を知らせる通報が行われており、分娩を予報的に通報するシステムへと開発可能であることが示唆されている。（現在検知率、通報記録等解析中。）

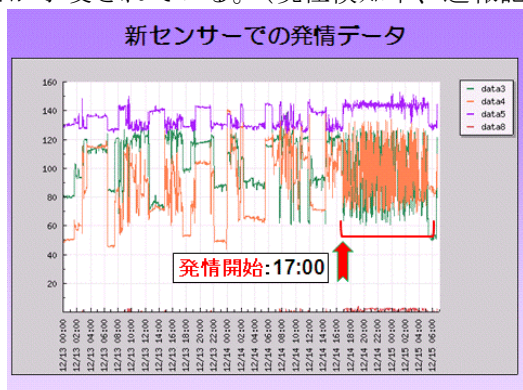


図 4-5-2-8 新センサーでの発情データ

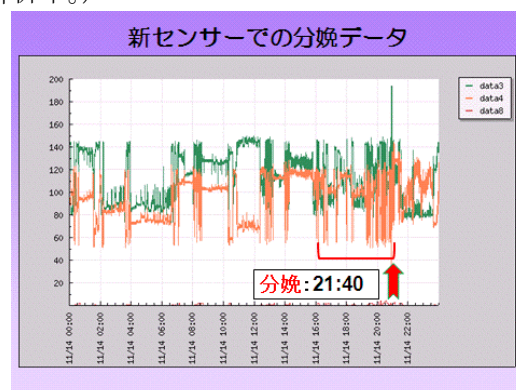


図 4-5-2-9 新センサーでの分娩データ

(4) 高度ネットワーク現地実証試験を行うための農家選定、打合せ実施

メール通報を想定したネットワーク現地実証農家として、ワコムアイティ等と検討した結果、新見市法曾の小川軍紀氏農場（繁殖性雌牛25頭飼育）と、哲多町田淵の（有）哲多和牛牧場（繁殖雌牛200頭飼育）が選定された。本年度は発情・分娩検知の当センターでの状況説明、試験内容の説明を行うとともに、録画用のカメラを試験的に設置し、通信状態の確認等を行っており、来年度は当センターでのデータを生かしつつ発情・分娩のデータ採取・分析を行う予定である。

4-5-3 まとめ

(1) 牛体への簡易で確実なセンサー装着の方法（専用ベルト）の開発

シンプルな形状のバンドを開発し発情、分娩試験時に使用し脱落や褥創の形成もなく、安定的にセンサー装着が可能となった。

(2) 発情検知センサーによる高精度の発情検知・通報

正確な検知通報を行うため既存のセンサーと新センサーでのデータ解析を行った。従来のセンサーデータを詳細に解析した結果、行動量については、発見率は100%、正答率は59%であった。乗駕データでは、発見率87%、正答率78%であった。行動量を第1報、かつ誤報の少ない乗駕を第2報として利用することで、見落としなく正確な発情情報を通知することが出来る。発情開始後の排卵時間についてモニターし平均で37.2hとなった。

(3) 同センサーによる分娩検知試験

新センサーが行動量センサーとして利用可能であることを確認した。発情検知について6例、分娩検知について28例のデータを採取した。発情については、6例中全てで行動量が有意に上昇した。分娩においては、メール通報実験で、平均して分娩数時間前に行動量の増加を知らせる通報が行われた。

(4) 高度ネットワーク現地実証試験を行うための農家選定、打合せ実施

メール通報を想定したネットワーク現地実証農家を選定した。

4-6 牛発情検知・分娩検知補足試験

(再委託先：島根県畜産技術センター)

4-6-1 研究開発内容

島根県畜産技術センターでは、(株)ワコムアイティからの「牛の発情検知システムによる繁殖農家と畜産技術者との情報通信ネットワーク形成を目的とする研究開発」に関する研究委託を受け、3軸方位センサーを採用した分娩検知および発情検知システム(試作品)の評価について黒毛和種雌牛を用いて行った。

評価項目として、発情に関する事項では、フリーストール形態の牛舎における発情した雌牛の行動とセンサーデータとを比較し、センサーの有効性を検討した。さらに発情時の血中ホルモン濃度の動態を測定し、センサーデータとの関係について調査した。

分娩に関する事項では、雌牛の分娩前後の体温(直腸温度)の動き、行動およびセンサーデータとの関係を比較調査し、発情に関する調査と同様に血中ホルモン濃度の動態を測定し、センサーデータとの関係を調査した。

4-6-2 牛発情・分娩に関する補足試験

(1) 発情に関する事項(図4-6-2-1参照)

フリーストール形態における雌牛の発情行動を観察したところ、発情誘起後約50時間後から「歩き回る動き(歩数)」が増加し、60時間後からマウンティングおよびスタンディングを呈した。センサーから送られてきたデータ(センサー行動量)は、図4-6-2-1に示すように、「歩数」の増加とともに「センサー行動量」も増加した。発情終了とともに「歩数」は減少し、センサー行動量も減少した。

よって、肉眼的に観察する「歩き回る動き」つまり「歩数」の動きはこの3軸方位センサーで数値化できることが推察された。

内分泌的な動きとして、血液中の黄体ホルモン(Progesterone)及び卵胞ホルモン(Estradiol17β)を測定した結果、発情徴候を誘起するといわれているEstradiol17βは、センサー行動量の増加よりも、やや早く増加する傾向であったが、「歩数」の増加とほぼ同様であった。今後、「センサー行動量」に関するデータの例数を増やし、また内分泌的な動きを観察することにより、センサーの信頼度を向上させることが出来ると思われた。

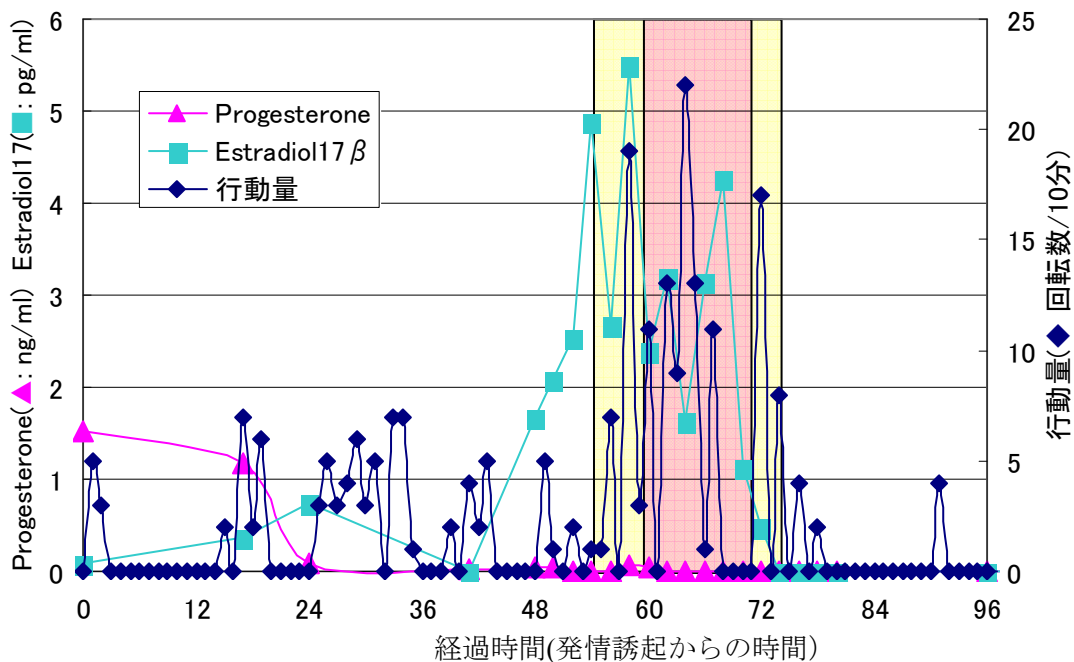


図4-6-2-1 発情時における肉眼的およびセンサーによる行動量の変化と血中ホルモン濃度の推移

■ : 発情徴候を示した期間、 ■ : スタンディング及びマウンティングを呈した期間

(2) 分娩に関する事項 (図 4-6-2-2、3 参照)

雌牛の分娩前からの経時的な体温(直腸温度)を測定した結果、分娩 1 日前に下降し、分娩時は上昇する傾向であった。血液中のホルモン濃度の推移は図 4-6-2-2 に示すように、Progesterone は、体温の下降と連動するように分娩 1 日前に低下したが、Estradiol17β は、逆に増加した。分娩前の体温の低下は広く知られており、それは血液中の Progesterone の低下によるものといわれている。今回の体温及び内分泌の動きは、文献等で報告されていたとおりの動きであった。

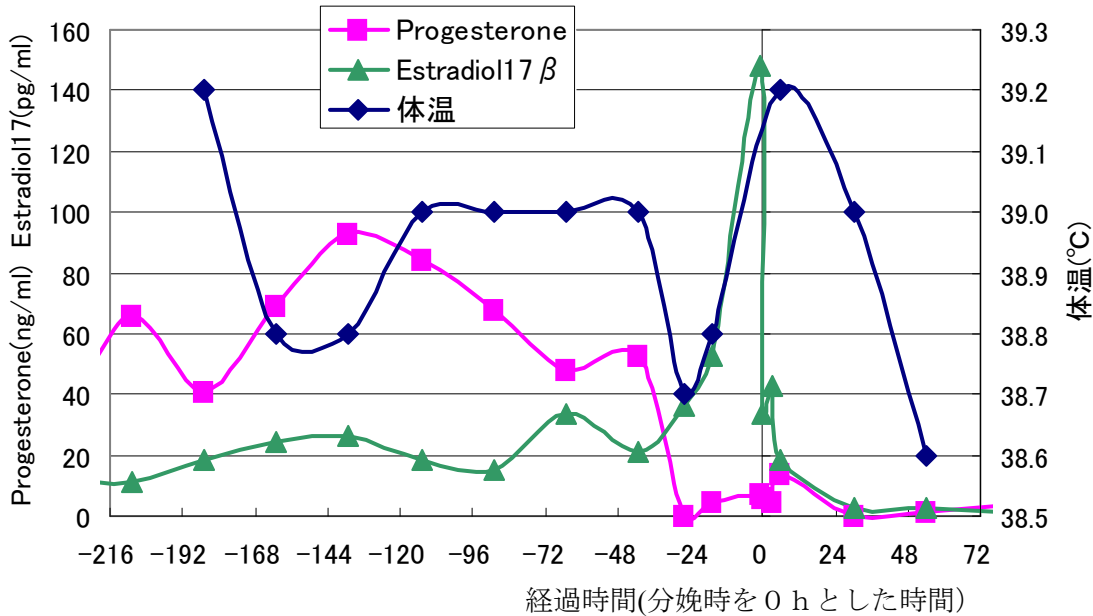


図 4-6-2-2 分娩時における体温および血中ホルモン濃度の推移

分娩前後の「センサー行動量」と血液中ホルモン濃度の推移は、図 4-6-2-3 に示すとおりで、分娩 1 日前から Estradiol17β 濃度の上昇がみられ、それに伴い、「センサー行動量」も増加した。この「センサー行動量」の増加は分娩予知の指標となると思われた。そして、この行動量の増加は Estradiol17β の増加によるものと推察された。今後は発情検知と同様に例数を増やして、センサーの信頼度を高めていく必要がある。

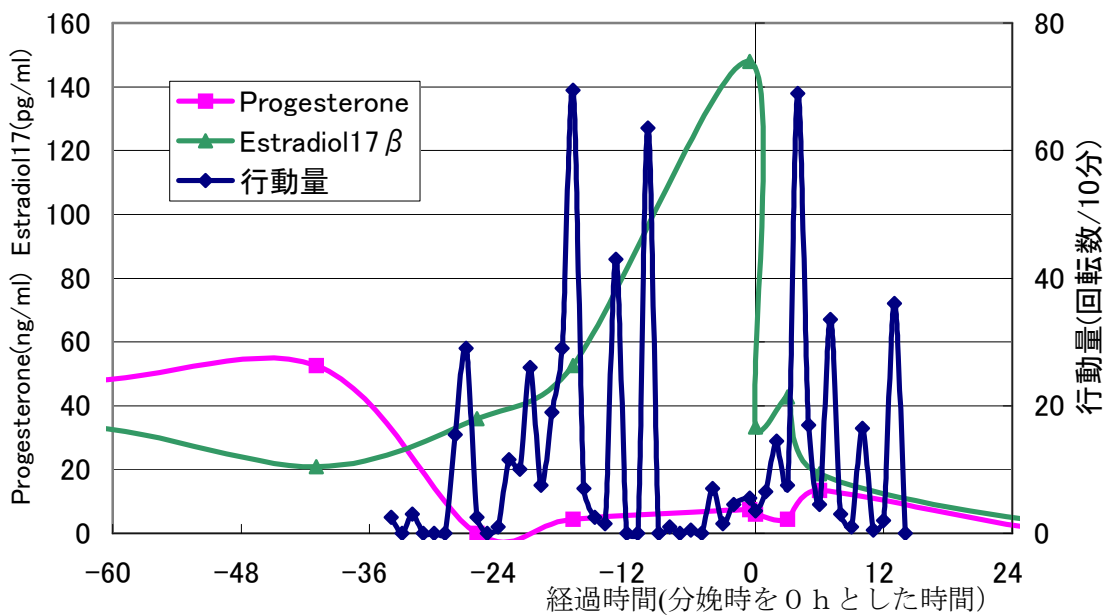


図 4-6-2-3 分娩時におけるセンサー行動量および血中ホルモン濃度の推移

4-6-3 まとめ

3 軸方位センサーを採用した分娩検知および発情検知システム(試作品)の評価について黒毛和種雌牛を用いて行った。

発情時の「歩き回る動き」つまり「歩数」の動きは3軸方位センサーで数値化できることが推察される。データの例数を増やし、また内分泌的な動きを観察することにより、センサーの信頼度を向上させることが出来ると考える。

分娩前後の「センサー行動量」は増加し血液中ホルモン濃度は1日前から上昇する。

「センサー行動量」の増加は分娩予知の指標となると思われる。

4-7 総括

平成20年度の研究開発の中では、当初予想していた以上の成果を上げることができた。それは分娩検知システムの実用化にめどが立ったことである。本研究開発事業の大きなテーマは牛の発情検知システムの確立であった。これは牛の発情時にはマウンティングという発情時特有の行動があることが古くから知られており、多くの畜産関係の書物にもそれは記されている。このマウンティングを的確にとらえる技術が研究開発の目的であった。しかし平成20年度の研究開発の過程で、牛の分娩検知にも本研究開発の成果が応用できるのではないかという研究者からの発案があり、牛の生態を調査すると分娩直前に牛舎の分娩房内をクルクル動き回るようになるという現象を把握した。これは畜産農家の方々には経験的には理解していたものであるが、我々の文献調査の結果からは記載されている事例が見当たらなかったため、特許申請の価値があると判断し出願することとなった。(特願2009-075457)

またこの分娩時間の予測は、畜産農家にとって切実な要望であることもモニター農家からのヒアリングで確認できた。類似の商品としては、母牛の膣の中に棒状の温度センサーを挿入しておき破水の時点で体外に落下した時点の温度変化を送信して分娩が近い事を知らせるというものがある。しかし母体への負担も大きく、細菌に感染する事故も少なくないため市場での評価は低い。これに対して本研究開発の結果、市場に投入される予定の分娩検知センサーは、安全にかつ高い精度で分娩予測を可能とするものであり、需要は大きい事が予想される。

またもうひとつの成果としてあげられるのは分娩・発情検知センサーを牛体に装着するベルトの開発である。装着ベルトの開発は難易度の高いものであり、本報告書に添付した写真で試行錯誤の経緯を報告した。素材にネオブレングムを採用することで、従来の課題であったずれや牛体へのストレスの無いベルトを完成させることができた。これについては特許での権利保護ではなく、意匠登録によるデザインとしての権利保護を行った。(意願2009-006753)

さて本研究開発の当初の計画では次のようになっている。

商品化のスケジュールと販売計画

平成20年10月 「出産監視システム」試験発売開始(監視カメラなど)

平成21年4月 「発情検知システム」試験発売開始

平成22年1月 「出産監視システム」「発情検知システム」発売開始

平成22年4月 スタンドアロン型発情検知システム発売開始

研究開発の終了後の製品の販売計画についての記載であるが、発情検知センサーと分娩検知センサーならびに、スタンドアロン型発情検知センサーの3つの製品の予定であった。

しかし平成20年度の研究開発の結果、これら3つの製品を同じ基板と同じプラスチックケースで実現させることが可能となった。それぞれの機能についてはディップスイッチによるセンサー回路の切り替えとプログラムの書き換えで実現させる方針である。

その結果、商品化のスケジュールと販売計画は次のように変更となる。商品名も「喜多佳」(商願2008-093512)と決定した。

平成20年10月 「養牛カメラ」発売(出産監視システム改め)

平成21年9月 「喜多佳・分娩検知センサー」試験発売開始

平成22年1月 「喜多佳・発情検知センサー」発売開始

新見市のFTTH環境を利用したネットワークの実証実験においては、高速ネットワーク環境でのスムーズな牛舎内の動画を送受信できることが確認された。また新見市以外の地域であってもADSL程度の通信速度が確保できれば、牛舎の監視においては十分な映像を受信可能であることも分かった。これらはパソコンを利用した映像伝送の仕組みであるが、畜産農家においてはパソコンを十分に使いこなせないところも多いと予想されるため、Wii(ニンテンドー)やPS3(Sony)などの最新ゲーム機や、イン

ターネット対応テレビの通信機能を使っての実証実験も行い、十分に牛舎の様子を監視できることを確認した。

いよいよ平成 21 年度では最終の研究開発の段階に入り、平成 19 年度、20 年度の成果を生かし最終製品の直前であるエンジニアリングサンプルの完成を実現させる計画である。これも実現がほぼ見えてきている。本研究開発事業の終了後、製品の販売に入り目標とする販売実績を着実に上げていくために、市場調査も充実させていくことを予定している。

5 参考資料・参考文献

5-1 研究発表・講演等一覧

なし