養豚業におけるスマート農業

Smart Agriculture in Pig Farming

椿　　健太郎，外　山　雄　三

要　約　豚の食肉需要は安定的である一方，IT 化は遅れており，また近年では伝染病による事業リスクも高まっている．人材面では，中小農家は高齢化による事業継承に課題を抱え，大規模農家は働き方改革による限られた労働時間での高い生産性が求められている．このような状況下で，繁殖成績に影響する受胎率，産子数の向上を目的に，母豚の分娩サイクルにかかわる作業の自動判定化に向けた実証を行った．具体的には「人工授精に使用する精液の品質評価」と「母豚分娩の予兆検知と分娩検知」である．今回，中小農家への導入を視野に汎用的な機材を活用し，安価なマイクロスコープや光学カメラで得られた画像を用いた行動分析を通じて，自動判定化の可能性について評価を行った．本実証を通じ，実験数が十分ではなかったものの，一定の成果を得ることができた．今後は，データをさらに蓄積していくことで判定精度の向上に繋げる．

Abstract　While the demand for pork meat is stable, the shift to IT has been slow, and in recent years the business risk of infectious diseases has also increased. As for human resources, small and medium-sized farmers have problems in business succession due to aging, and large-scale farmers are required to have high productivity in limited working hours due to work style reform. In this situation, we demonstrated the automatic determination of the work related to the delivery cycle of sows with the aim of improving the conception rate and the number of offspring that affect the reproductive performance. Specifically, there are two points: “quality evaluation of semen used for artificial insemination” and “detection of signs of delivery of sows and detection of delivery”. This time, using general-purpose equipment with a view to introduce it to small and medium-sized farmers, automatic judgment is made through behavior analysis on images obtained from inexpensive microscopes and optical cameras. The possibility of conversion was evaluated.

Through this demonstration, although the number of experiments was not enough, certain results were obtained. In the future, accumulating data will lead to an improvement in determination accuracy.

1. は　じ　め　に

豚の食肉需要は，牛，鶏に比べ高く安定的である一方，畜産業界の IT 化は遅れており，近年では豚熱（Classical swine fever：CSF，豚コレラ）などの伝染病による事業リスクも高まっている．また，人材面では，中小農家は高齢化により事業継承に課題を抱え，大規模農家は働き方改革による限られた労働時間での高い生産性が求められている．

ユニアデックス株式会社（以下，ユニアデックス）では，デジタルトランスフォーメーション（DX）による持続可能な社会の実現に向けたビジネス開発を推進している．本稿では，畜産分野の養豚業に着目し，繁殖成績に影響する受胎率，産子数の向上を目的にした，繁殖作業のデジタル化についての事例を紹介する．

まず２章で養豚農家の繁殖作業の全体像を示した後，３章で人工授精に使用される精液の品質判定について解説し，４章で分娩の予兆と検知について，具体的な実証実験結果を示しながら解説する．

2.　養豚業の繁殖作業

養豚農家の作業は，主に繁殖作業と肉豚の飼育・出荷作業である．その中でも，繁殖作業は安定した豚肉の供給と売上に影響する重要な作業であり，高い技術力が求められる．

図１は養豚にかかわる全体作業で，破線四角形は繁殖（母豚の分娩サイクル）を表す．

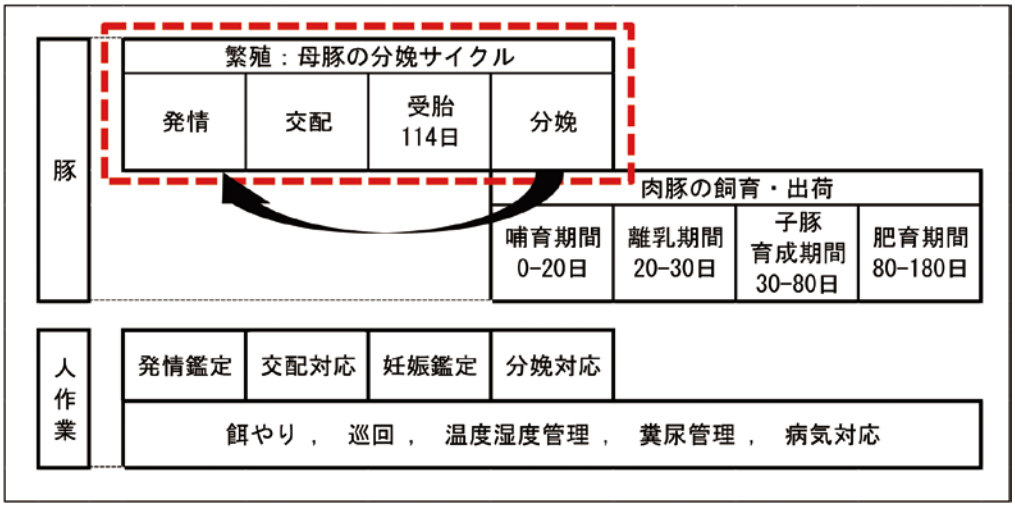

図１　養豚業における繁殖作業

3.　人工授精に使用する精液の品質評価

豚の繁殖には人工授精が行われ，中小養豚農家では人工授精に使用する精液を業者より購入することが一般的である．人工授精において受胎率は重要であり，そのために雌豚の発情のタイミングは重視されている反面，現場の農家では使用する精液の品質についてはあまり注意を払われていないのが現状である．

精液の品質とは，精子の数，運動量，前進運動・泳ぎ方，形状などについて，専門家による顕微鏡の検査またはCASA（Computer Assisted Sperm Analysis）による数値データをもとに評価したものである．しかし，研究施設などで精液の品質評価，解析に使用される高性能な顕微鏡とCASAは，１システム数百万円と高額のため，現場の養豚農家では利用できない状況である．また，精子の活動は，温度やその他環境の影響を受けやすいため，搬送状況・保存状況を良好に保つとともに，使用直前に精液の品質を評価することが望ましいと言える．

精液品質評価システムは，人手による評価のデジタル化と，現場の養豚農家で誰でも品質を判別できることを目的とする．このシステムの特徴は，精子の活動量，活動しない精子の量，温度，採取時刻のデータを基に総合的に品質を判定することである．本章では，画像解析により精子の活動量，活動しない精子の量のデータ化と実験結果について解説する．

3.1　精液品質評価システム

精液の品質を評価するシステム（以下，本システム）は，顕微鏡（マイクロスコープ），非接触温度計，PC で構成する．図 2 は実験で使用した構成である．

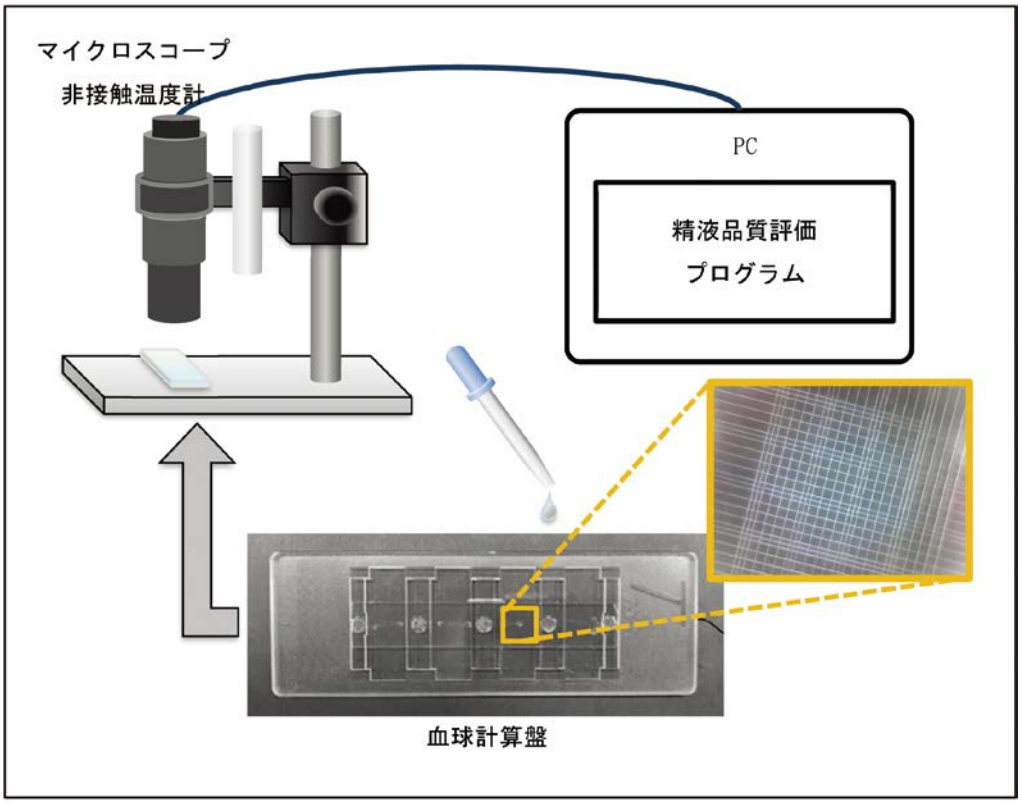

図 2　精液品質評価システムの構成図

プレパラートとして血球計算盤を使用する．血球計算盤には格子状にマイクロメートル（0.001 ミリメートル）単位の目盛りが刻まれている．本システムでは，測定を開始する前に，この格子から検知範囲を示す検知エリアを設定する．この血球計算盤を使用した範囲設定を行うのは，マイクロスコープの個体差による拡大率のバラツキをなくすためである．

3.2　活動する精子の検知

次に PC の画像解析プログラムで活動する精子を検知する．簡易的なマイクロスコープでは光学の拡大倍率が 200 倍程度と低く，精子の形状までは判定できない．そのため本システムでは，精子の動きの量に加え，動かない精子の量も測定することで品質を判定した．この動かない精子には死んだ精子も含まれ，精液の品質を評価するためにとても重要なデータとなる．精子の動きの量は，マイクロスコープの映像に対し，画像解析の動態検知により検出する．

図 3 は，マイクロスコープの映像から，活動している精子を検知している画像である．図の実線の四角形は，血球計算盤に設定した検知エリアを表している．検知エリア内の実線で囲まれた部分は，動態として検知した箇所であり，この面積を活動量とする．

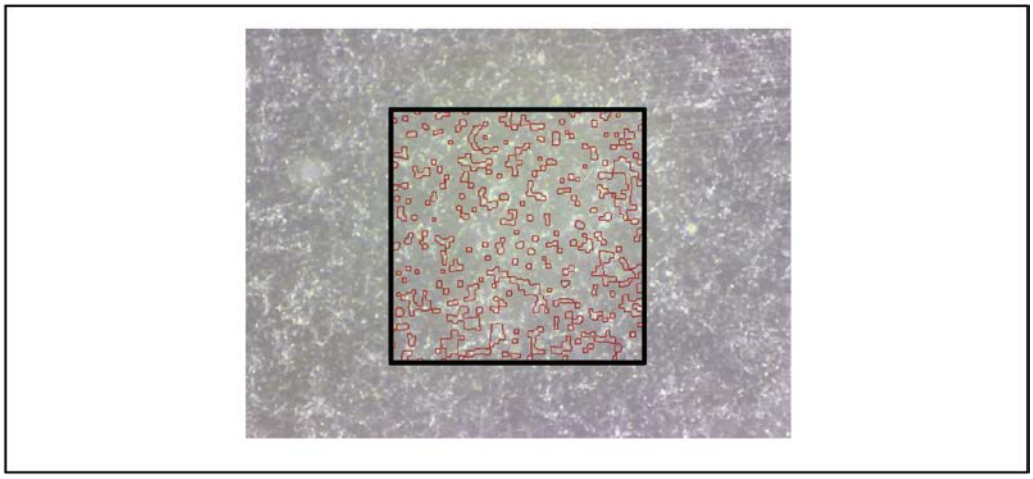

図 3　活動する精子の検知

3. 3　活動しない精子の検知

死んだ精子や活動がほとんど無い精子は動かず，時間の経過とともにかたまりになっていく．本システムでは，動かない精子の量を，画像解析のエッジ検出で境界をかたまりとして検出し，その面積を算出して求める．

図 4 は，マイクロスコープの映像から，動かない精子を検知している画像である．検知エリア内の実線で囲まれた部分は，動かないかたまりを検出した箇所であり，この面積を動かない精子の量とする．

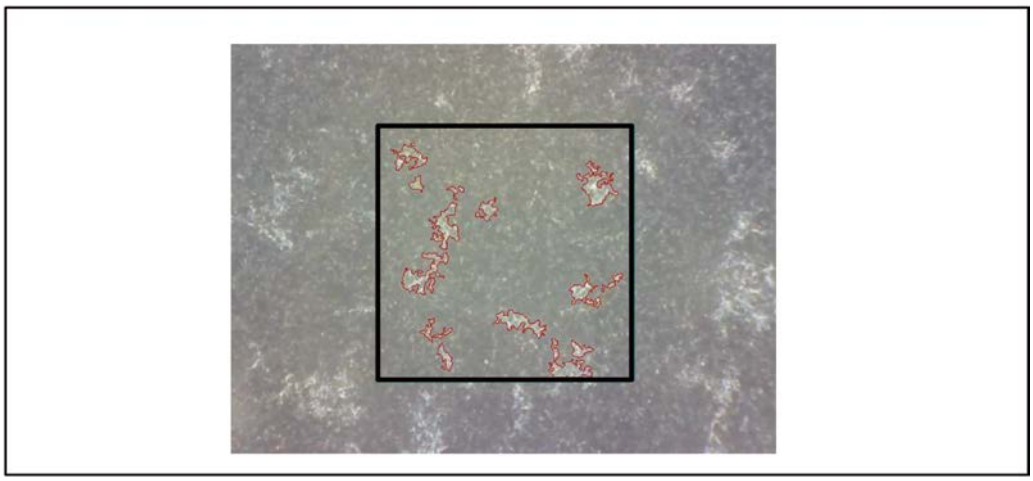

図 4　動かない精子の検知

3. 4　活動・活動なし精子の実験結果

種豚から採取後 1 日経過した精液と採取後 8 日経過した精液を，精液品質評価プログラムで測定した．実際の人工授精では，8 日経過した精液を使用することは無いが，傾向を判りやすく示すためこの例で解説する．

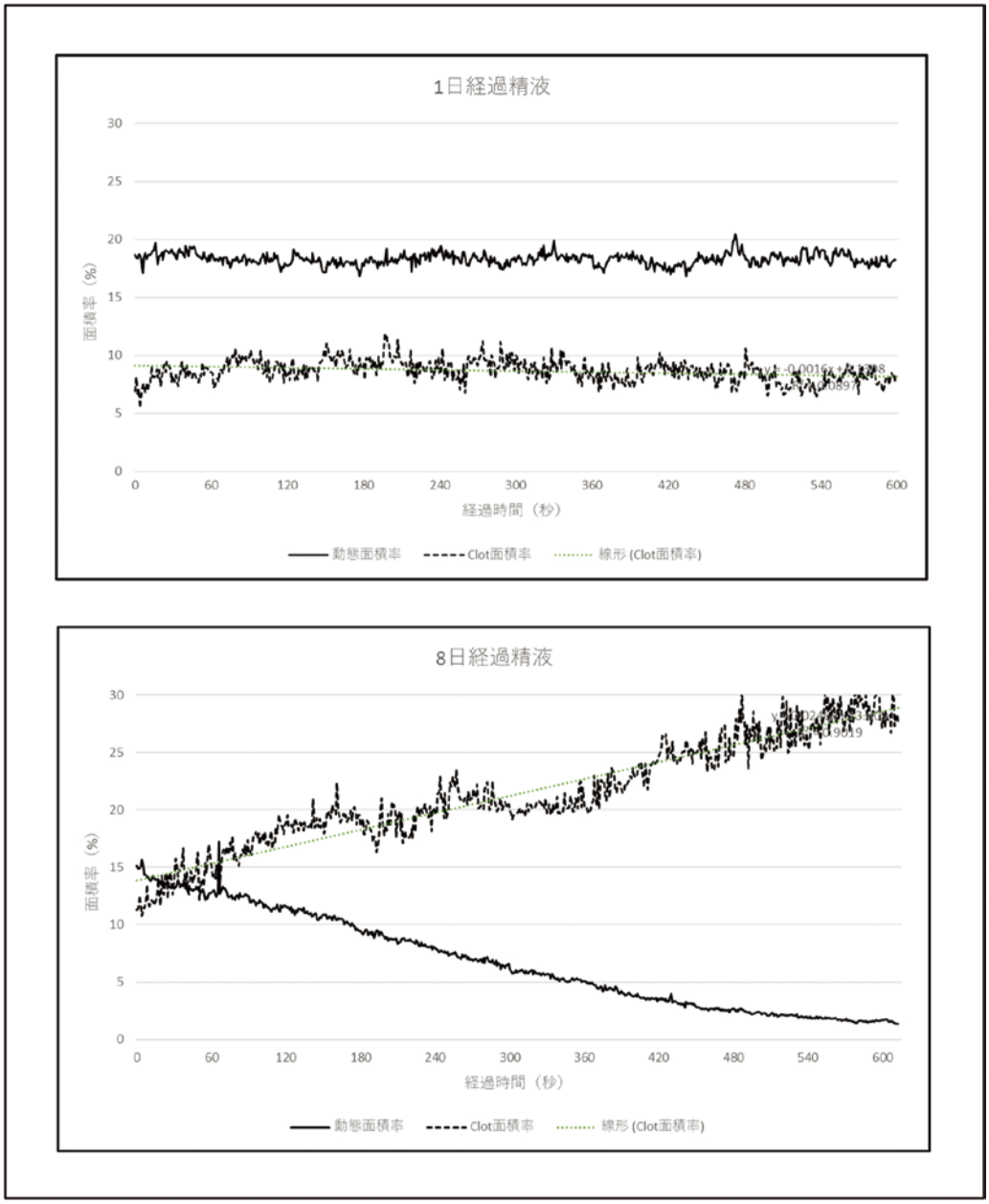

図５　精子活動の変化

図５は，上部の採取後１日経過した精液と，下部の採取後８日経過した精液について，動いている精子に画像処理を施したものの面積率（以下，動態面積率）と，動かない精子のかたまりの面積率（以下，Clot 面積率）を 10 分間測定した結果を示すグラフである．グラフ縦軸の面積率は，検知エリア（血球計算盤を使用して設定した四角形範囲）の面積を 100％とした時のそれぞれの面積が占める割合である．採取から１日経過した精液は，動態面積率ではほとんど変化がないため，精子の活動が低下することなく，Clot 面積率から動かない精子が多少存在するが，その量は 10 分間ではほとんど変化しないことが分かる．一方，８日経過した精液

では，動態面積率の顕著な低下から精子の活動が急速に低下していること，Clot 面積率の急速な増加から動かなくなった精子が急速に増加していることが分かる．

3.5　精液品質の評価

精液品質の評価の方法として，統計分析，機械学習，深層学習を利用することができる．評価基準は，活動量の面積率，動かない精子の面積率，温度データ，採取時からの経過時間などを使用して，品質の判定を行う．

4.　母豚分娩の予兆検知と分娩検知

養豚業では，母豚の分娩（出産）に人手を介さない無看護分娩が一般的である．そのため，分娩時の事故に対して即座に対応できない人手不足や労働環境などの課題を抱える中で，分娩時の事故に備えた看護体制を敷くには，分娩の時期を知ることが重要である．そこで，分娩を迎える母豚をカメラで監視し，分娩予測と分娩検知の実験を行った．カメラによる遠隔からの監視と検知は，豚舎に入る作業を軽減する．また，出入りの回数を少なくすることは豚熱など伝染病の予防対策につながる．

4.1　カメラによる母豚の監視

本システムでは，分娩を前にストールに入った母豚を，カメラ（光学カメラ）で監視する．図 6 は全体構成の概要である．分娩予測と分娩検知は，ストール内の母豚・子豚の動きをカメラで撮影し，カメラの映像を動画として画像解析を行うプログラムにより行動検知する．

4.2　画像解析による母豚の動き検知

母豚の行動や活動量を得るために，カメラで撮影した映像の画像解析を行う．活動量を動きの量として測定するため，動画に対し動態検知を行い，検知した画像上の位置から，行動をプログラムで判別する．

以下は母豚の動きから動態検知を行う手順である．

① 動画のある時点のフレーム映像とその次のフレームの映像とを比較し，フレーム間の差分を検出する．フレームの比較間隔は事前に設定できる．動きの多い・少ないによって適切に設定して，PC，カメラ（台数など）の処理性能と合わせて調整できる．

② 違いが出た差分個所に対し，画像の拡大・縮小処理を行って，画像に加工する．さらに，画像処理により輪郭を抽出し，検出部とする．

③ 検出部の面積（ピクセル数）と，最上部（検出位置）を検知データとして保存する．

検出面積により活動量，検出位置により母豚の「立つ」・「座る」・「食べる」の行動を判別できる．図 7 は，実際の動態を検知している画像である．

外側の四角形は検知エリアとして設定した領域を表し，内側の四角形は動態検知により検出された領域を表す．

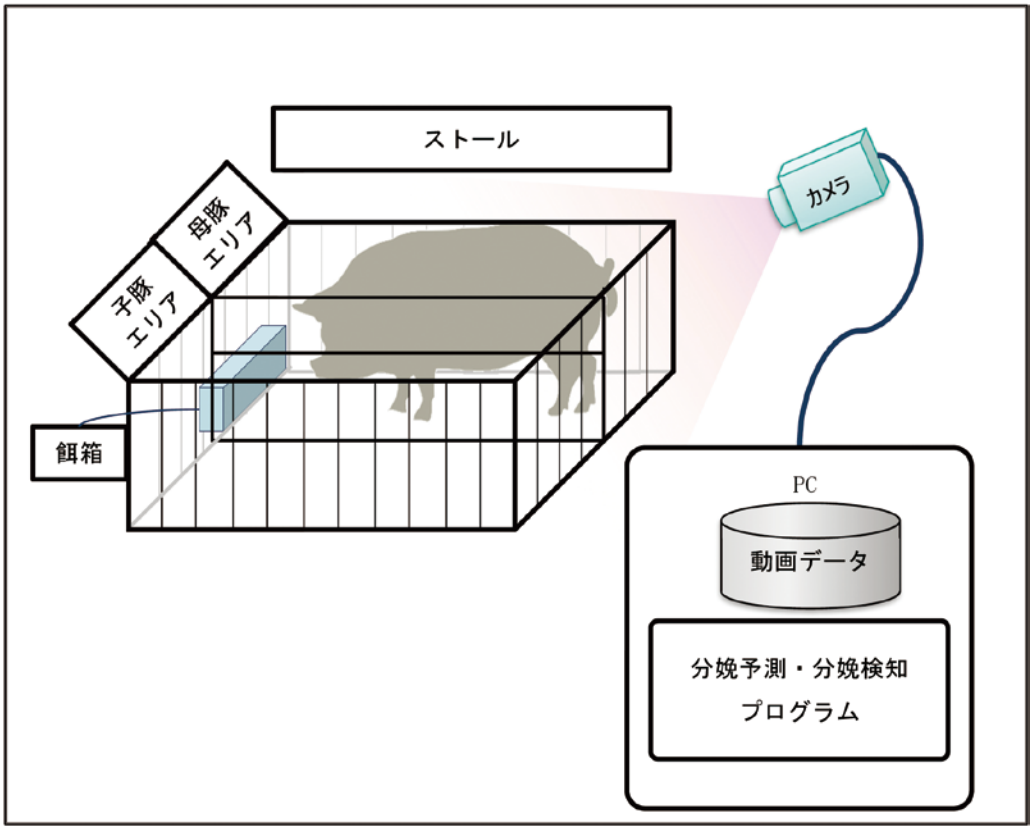

図 6　分娩予測・分娩検知の全体図

図 7　動態を検知画像

次節以降では，2018 年 2 月に養豚場で行った，動態検知のプログラムの実証実験で得られたデータを用いて，分娩予測について解説する．

4.3　分娩予兆検知と分娩検知：日単位

図8は，2月4日から2月13日の動態検知のデータを，「立位時間」(破線)，「食餌時間」(点線)，「動作検知時間」(一点鎖線）について日別に集計したグラフである．グラフ中の実線は平均曲線，10日の縦直線は分娩開始時間を表している．

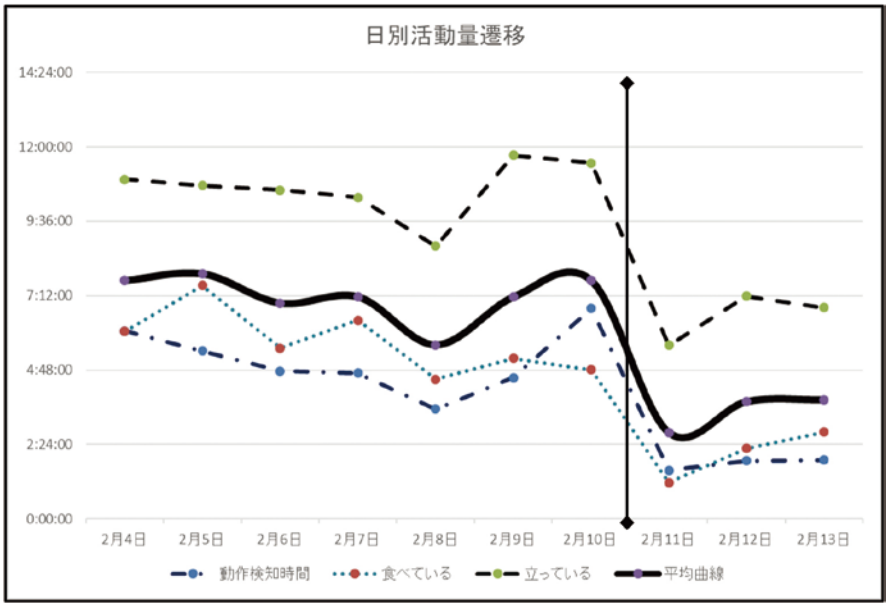

図8　分娩母豚の日別活動量

このグラフから，2月10日の分娩日より前の2月4日から2月7日の間においては，全体としてはすべての時間が減少する傾向にはあるものの大きな変化は見られない．これに対し，分娩の2日前の2月8日から分娩当日の2月10日にかけては，2月8日に入った時点で一旦すべての行動の時間が減少し，2月9日には逆にすべての行動の時間が増加し，そして2月10日の23時直前には，すべての行動の時間がピークとなっている．そして，分娩が終わった2月11日は，すべての行動の時間が最低になっている．この結果から，分娩を日単位に予測できることが分かった．

次に，時間単位での分娩予測について解説する．

4.4　分娩予兆検知と分娩検知：時間単位

図9は，2月7日から2月10日の同じ動態検知のデータを，時間単位の日別で表したグラフである．動態検知した豚の高さを画像の縦軸のピクセルで表している．この高さから「立位」･「座位」の豚の姿勢を判別するため，高さの変化を表している．左側は分娩前の3日間（2月7日，2月8日，2月9日）を，右側は分娩当日（2月10日）を表している．10日のグラフ中の縦直線は分娩開始時刻を表している．

図9のグラフから，分娩前（図では3日間で実際は2週間程度測定）は通常の状態を表し，短い時間だけ瞬間的に立ったり座ったりすることはあるが，グラフ中に破線で示すように全体的な傾向として見ると，立位および座位が数時間のあいだ継続している．しかし，分娩当日（2

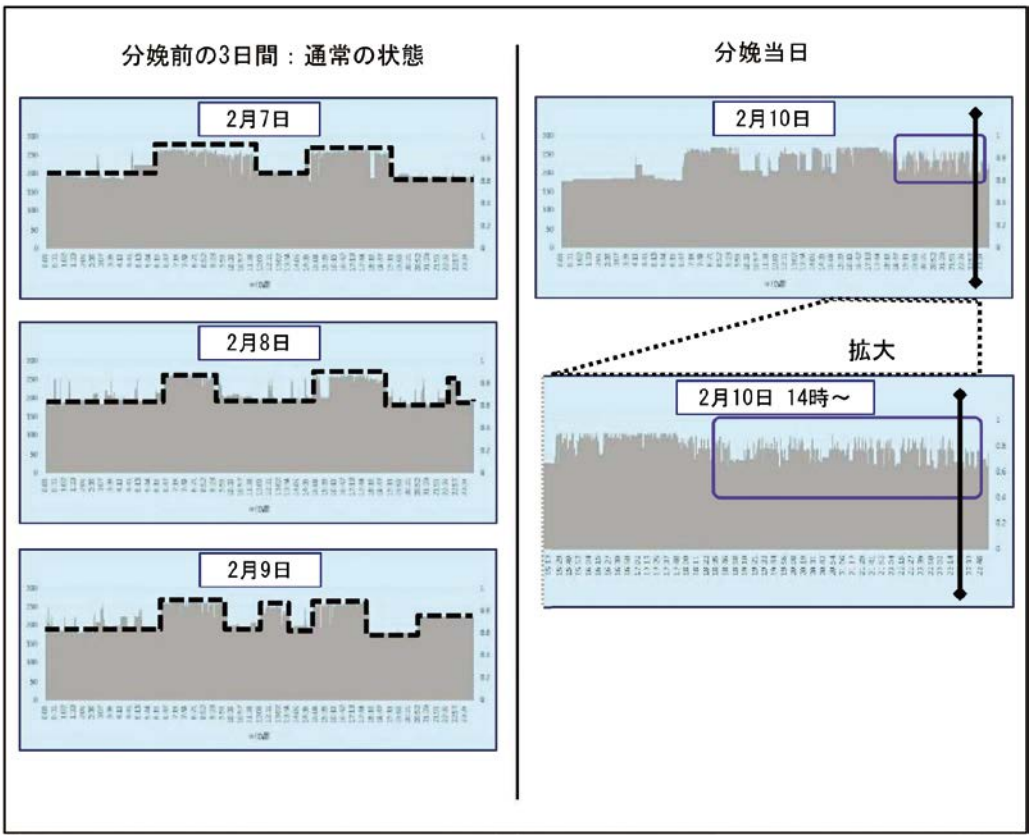

図 9　分娩前と当日の日毎の活動量

月 10 日）のグラフの実線四角形枠に示すように，分娩の 4 時間前あたりから，通常の状態では見られなかった立位・座位を短い周期で繰り返す行動が現れている．

従って，この立位・座位を短時間で繰り返す行動の始まりを検出することによって，数時間以内に近づいている分娩を予測できることが分かった．また，個体，品種などによる行動の違いは，分娩の数日前から通常状態を測定し，学習することで検出精度を向上できる．

これらの日単位，時間単位の分娩予兆検知に加え，子豚の動きを検知することにより分娩検知を行い，担当者に対して電子メールなどで自動的にその旨を報知して，無看護分娩の事故防止，待機・監視に伴う作業負荷の軽減を図っていく．

5. お わ り に

これまで解説した精液の品質判定システム，母豚分娩の予兆検知・分娩検知は，それぞれ特許[1],[2]を出願済みである．また，今後も実験を繰り返しデータの収集を行い，システムの判定の精度向上を行う．

また，本稿では，母豚の分娩サイクルのうち，分娩予兆検知・分娩検知，人工授精における精液の品質のシステム化の解説を行ったが，母豚分娩サイクル全般にわたる母豚健康管理，発情予測のシステム化を進めている．最終的には，子豚の管理や豚舎の管理・自動化など養豚業を総合的に支援するサービスが望まれている．ユニアデックスはその実現に向け，引き続き取

り組んでいく所存である．

最後に，本活動を行うにあたり学術的・技術的支援，実験場・検体の提供，ご指導・ご協力を頂いております，日本大学，家畜改良センター，埼玉県農業技術研究センター，納田牧場の皆様に心より感謝いたします．

参考文献　［1］　特願 2019-228170，発明の名称：人工授精用精液の品質評価システム
［2］　特願 2018-140173，発明の名称：家畜出産予測システム

執筆者紹介　椿　　健太郎（Kentaro Tsubaki）
1997 年日本ユニシス(株)入社．2001 年にユニアデックス(株)に転籍．大規模 UNIX システムなどの導入・保守に従事．2011 年から 3 年間，商材発掘・動向調査のため米国シリコンバレーに駐在．現在，ユニアデックス(株)DX ビジネス開発統括部に所属．

外　山　雄　三（Yuzo Toyama）
1987 年日本ユニシス(株)入社．2004 年にユニアデックス(株)に転籍．MCP 系メインフレーム（A シリーズ）基本ソフトウェア開発・受入・保守に従事．現在，ユニアデックス(株)テクノロジーセンターに所属．