

令和 3 年 6 月 29 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K08066

研究課題名(和文) 画像処理技術と非接触センサを用いた牛の発情検知及び分娩監視システムの開発

研究課題名(英文) Development of estrus detection and calving monitoring system for cattle using image processing technology and noncontact sensor

研究代表者

Thi Thi Zin (Thi Thi, Zin)

宮崎大学・工学部・教授

研究者番号：30536959

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：ここでは、牛のモニタリングシステム構築に不可欠な非接触・非侵襲での個体識別・追跡、発情検知、分娩開始時刻予測に関する研究開発を行った。特に、発情検知に関しては、複数の発情前兆行動を検知し、相補的に利用することで精度及び信頼性を高めた。さらに、分娩監視に関しては、分娩前に特徴的な行動を検知し、分娩開始時刻の予測モデルを構築できたことは、分娩時の重大事故の未然防止や軽減などに繋がるものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ビデオ映像を長時間見続ける必要がなくなり、高齢化した畜産農家の負担軽減のみならず、畜産業がICTを活用したスマート農業へ転換する契機となり、生産性の向上、若者の新規就農など、その持続的発展への寄与が期待される。また、学術的には、動物の行動認識や健康管理の自動化への応用が可能である。

研究成果の概要(英文)： Here, we conducted research and development about non-contact / non-invasive individual identification / tracking, estrus detection, and calving starting time prediction, which are indispensable for constructing a cattle monitoring system. In particular, regarding estrus detection, accuracy and reliability were improved by detecting multiple estrus precursor behaviors and using them in a complementary manner. Furthermore, about calving monitoring, the fact that it became possible to detect characteristic behaviors before delivery and build a prediction model for the starting time of delivery leads to prevention and mitigation of serious accidents during delivery.

研究分野：画像処理

キーワード：牛の発情検知 牛のモニタリングシステム 繁殖 動物生産科学 画像処理 農学 情報通信技術 牛の分娩監視システム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 畜産は日本にとって重要な産業であり、これを支える農家の高齢化が進む現在、ICTを活用した畜産業の持続的発展は、喫緊の課題である。高齢化・大規模化により、農家の負担が増加傾向にある中で家畜の繁殖は、24時間体制で農家に対応しなければならず、大きな負担となっている。

(2) 牛のモニタリングにおける基本情報として個体IDを得るために、耳標が広く用いられてきたが、牛に与えるストレス、経年劣化に起因する誤認識や見逃しがあり、安定性・信頼性の点で不安が残る。

(3) 国内の畜産農家が抱えている課題の一つには、生産コスト低減がある。その解決策の一つとして、牛の出産と出産の間隔を短縮する分娩間隔短縮技術が有効である。その実現には、種付け時期（発情期）を早期に発見し、効率的に授精することが肝要である。近年、温度センサや加速度センサ等の接触型センサを用いる分娩モニタリングシステムに関する研究が盛んに行われている。しかし、接触型センサは牛に強いストレスを与え、感染症の原因にもなるため、非接触・非侵襲型のシステム開発が期待されている。また、分娩時の事故は経済的に大きな損失を招き易く、早期に分娩開始時刻を予測できれば、その準備を整える余裕ができ、損失を軽減できる可能性が高まる。

(4) 現状では、牛の発情検知は目視で行っている場合が多く、昼間は70%見つけることができても、夜間では10%程度である。しかし、牛の発情は夜間に多く70%、昼間は30%程度しかない。発情検知のために、歩数計等による市販の発情発見装置を用いる方法は見逃しが多いことが分かってきた。また、ビデオ映像を自宅などでモニタリングする方法では、一頭ずつを常時細かく観察できないし、見逃しや識別誤りもある。テイルペイントでは、塗料を使い分けることで、個体識別できる可能性があるが、確実性に不安が残る。

(5) 分娩の開始前や発情期には普段とは異なる特徴的な行動の変化があり、ビデオ映像から画像処理技術を中心に用いて、それらを非接触・非侵襲で簡便・安価に、かつ自動的に検知するシステムの開発が待たれる。

## 2. 研究の目的

(1) 牛のモニタリングシステムの構築に不可欠な個体識別、発情検知、分娩開始時刻予測技術の開発を目指す。非接触センサ（ビデオカメラ、3Dカメラ、測域センサ）を中心に用いることで、従来の装着型センサに比べて牛へのストレスが少なくなり、人が長時間監視し続ける必要がなくなることから、見逃しを減らせることができ、畜産農家の負担軽減にも寄与することを目指す。次に、開発項目毎に目的を簡潔にまとめる。

(2) 個体識別には、耳標が広く用いられているが、より信頼性・安定性・保守性が高いビデオ画像ベースでの手法の開発を目指す。国内で最も飼養頭数の多い黒毛和種とホルスタイン種を対象とする。また、現フレーム内に牛のマーカ一部分が写っていない場合でも追跡により正しく識別できる追跡・個体識別手法を開発する。

(3) 出産時の事故を軽減するために、分娩開始時刻の早期予測を目的とする。分娩開始前兆特徴の中から、事前調査の結果を参考に、3つの特徴（移動量、尻尾を上げる動作、立位/座位の姿勢変化の頻度）に焦点を当てて、ビデオカメラ及び3Dカメラから得られたデータを用いて特徴抽出を行い、モデル化することで実現する。

(4) 母牛の発情期の検知は、タイミングよい人工授精と効率的な家畜生産に非常に重要である。しかし、そのサインを見逃さないためには24時間体制のモニタリングが必要であり、高齢畜産

農家の大きな負担となっている。発情検知に関しては、従来は乗駕行動に注目したものが多かったが、ここでは乗駕行動に加えて発情期に特徴的な複数の発情前兆行動を検知し、総合的・相補的に利用することで検知精度及び信頼性を高める手法の開発を目的とする。また、乗駕行動において、スタンディングとマウンティングの識別も可能とする。

### 3. 研究の方法

(1) 図1は、開発システム全体のイメージ図を示す。開発システムは大きく分けると、図2に示す個体識別、分娩開始時刻予測、発情検知の3つの要素技術から構成される。ビデオカメラ、3Dカメラ、測域センサ、照明は牛舎あるいはパドック全域の広さと牛の頭数を考慮し、発情行動を検知するのに必要な台数を用意し、その1次データと処理結果はネットワークを經由して画像処理PCに送られる。夜間には撮影ができる程度の照明が必要である。分娩時刻が近づいてきたときや発情牛を検知した時は、農家のPCや携帯電話でお知らせメールを送る。

(2) 個体識別に関して、ホルスタイン種に対しては体表面の白黒の模様が利用できることで、ディープラーニングを用いる手法(3D-DCNN: 3D Deep Convolutional Neural Network)、黒毛和種に対しては体表面のペイントマーカを用いる手法、を採用した。マーカが写っていないフレーム内の牛の個体識別のために運動量の数値化を可能とする追跡アルゴリズムの開発を行った。提案手法によって、マーカの形が変形していても、複数の牛が居ても、部分的にマーカが写ってなくても追跡によって正しく識別する柔軟性を持たせた。

(3) 分娩開始時刻の予測に関して、分娩前兆特徴の中でも、上述の3つの特徴に焦点を当ててビデオ画像から特徴抽出を行った。移動量と尻尾を上げる特徴に関してはビデオカメラを、姿勢変化の特徴に関しては3Dカメラを、それぞれ用いた。また、姿勢判断に関しては、SVM(Support Vector Machine)を用いることで時間毎に認識を行い、時系列データから姿勢変化の特徴を抽出した。このようにして得られた分娩前兆特徴に関して、対数回帰モデル及び自己回帰モデルを用いてモデル化することで分娩開始時刻を予測した。

(4) 多くの発情検知システムにおいては、主に乗駕行動が用いられてきたが、ここでは乗駕行動以外の発情前兆行動も検知し、相補的に用いることで頑健性を高める。特に、重要なポイントとなったのは、新しい概念「仮想接地点」の導入と2次元画像上の座標から牧場の地面を想定した3次元平面への変換であり、このことで問題が単純化され、多くの情報を読み取れることが判明した。入力にはビデオカメラと測域センサからのデータを用いた。

### 4. 研究成果

(1) 図1に示すように黒毛和種とホルスタイン種の非接触・非侵襲での個体識別・追跡、分娩開始時刻予測、発情検知に関する研究開発を行った。提案手法の有効性は、宮崎大学農学部附属住吉牧場と大規模牧場で行った検証実験を通じて確認した。

(2) ペイントマーカを用いた個体識別については、90%を上回る識別率を達成したが、実用化にはさらなる精度向上が必要である。実験結果から、個体識別の誤りには、「誤識別」はなく、すべて「識別不可」であったので、追跡を取り入れることで、ある時刻で「識別不可」と判断された場合でも、異なる時刻で識別可能となり、大幅な精度向上が望まれる。追跡の効果についての有効性は確認済みである。ディープラーニングを用いた個体識別については、大規模A牧場で撮影されたビデオデータセットから60頭の牛の20672枚の画像を対象に行った。その結果、リアルタイムで平均識別精度96.3%が得られた。また、ロータリーパーラー上のホルスタイン種に関しては、ローリング・スキュー・ヒストグラムとニューラル・ネットワーク技術を融合させたハイブリッド法を開発したが、学習後のネットワークは、高い識別率を示した。

(3) 分娩前の特徴的な姿勢変化頻度の急上昇を検知し、分娩開始時刻を予測する実験を行った。カメラの設置位置と牛領域の抽出例を図3に示す。提案システムの性能評価のために、分娩前2日前と3日前のデータをテストデータとして、残りの1日に対してモデリング及び予測を行った。本実験では、25頭のホルスタイン種のデータに対して、1時間毎のデータを4時間単位でまとめ直し、次の4時間の予測結果となるようにした。自己回帰モデルと線形対数回帰モデルを用いた実験結果をそれぞれ図4(a)、(b)に示す。各モデルの分娩12時間前の確率は、それぞれ平均で98.0%、87.3%となり、対数回帰モデルより自己回帰モデルの方が姿勢変化回数を用いた牛の分娩開始時刻予測に関して、より高精度であることが明らかになった。

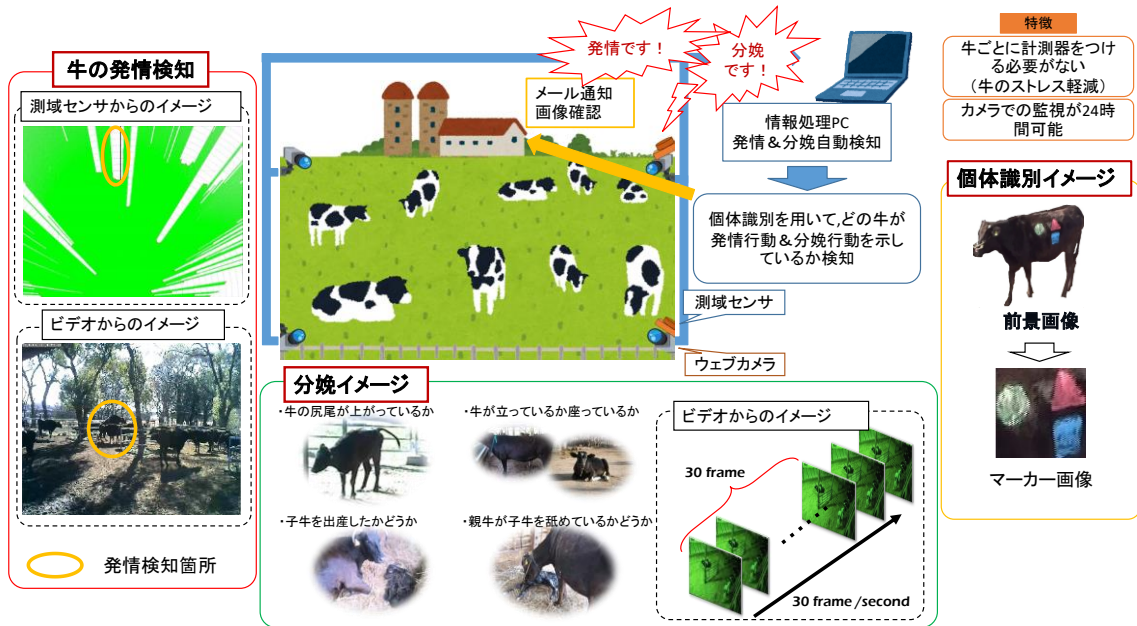
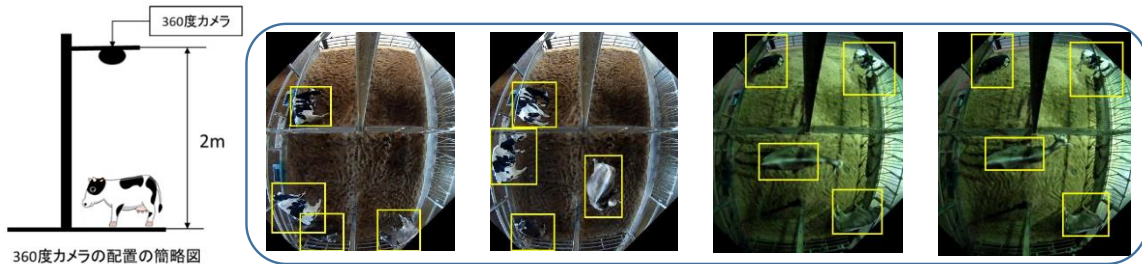


図1 開発システム全体のイメージ図



図2 開発システムの要素技術

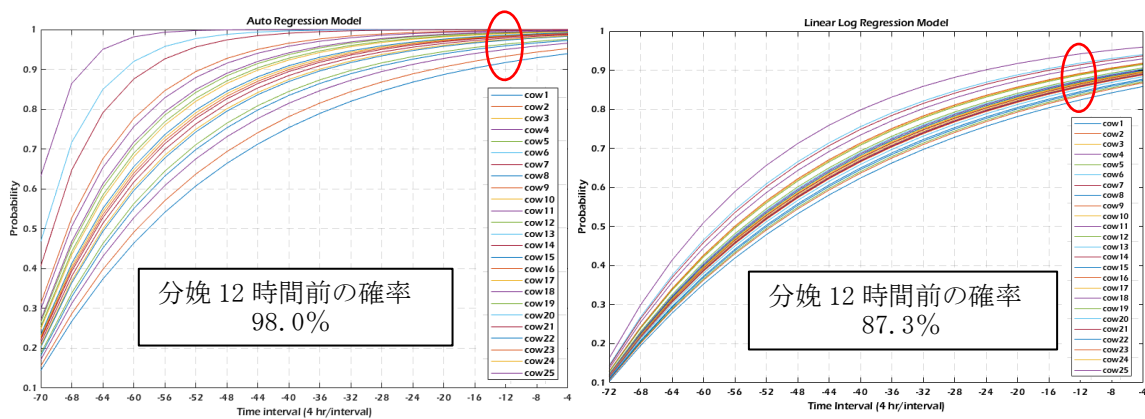
(4) 発情前兆行動の例を図5に示す。表1に発情検知結果をまとめる。測域センサを用いてマウンティングとスタンディングを、高い精度で検知・識別できた。スタンディング12シーンの中で、昼間1シーンのみが未検知であった。また、夜間のスタンディング1シーンは正しく検知できた。表1の単位(組)及び(頭)は、それぞれ2頭の相対的位置関係及び1頭単独の行動特徴を用いた結果を示す。ビデオカメラを用いた場合は、乗駕行動を含む複数の発情前兆行動を検知でき、17シーンに対する発情検知率は100%(誤検知率0%)であった。この中には、乗駕行動を含まない発情前兆行動1シーンも含まれる。今後、もっと多くの事例について提案手法の検証を進めていく。



(a) カメラ位置

(b) 様々な照明条件の下で分娩室にいる牛領域の抽出例

図3 カメラの設置位置と牛領域の抽出例



(a) 自己回帰モデルの予測結果

(b) 対数回帰モデルの予測結果

図4 2つのモデルによる予測結果



図5 発情前兆行動の例(乗駕、ぐるぐる回る行動、突進)

表1 測域センサ及びビデオカメラを用いた発情検知例

(a) 測域センサによる乗駕行動検知例 (b) ビデオカメラによる複数の発情前兆行動検知例

入力画像	検知数/合計	検知率	入力画像	検知数/合計	検知率
スタンディング(組)	11/12	91.7%	非発情(組)	非発情 17/17	100%
マウンティング(組)	2/2	100%	発情(組)	発情 10/10	100%
			発情(頭)	発情 2/2	100%

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 8件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Thi Thi Zin, Pyke Tin, H. Hama	4. 巻 14
2. 論文標題 A Correlated Random Walk Modeling Method for Dairy Cow Inter-calving Body Condition Score Pattern Analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Y. Hashimoto, H. Hama, Thi Thi Zin	4. 巻 16 (4)
2. 論文標題 Robust Tracking of Cattle Using Super Pixels and Local Graph Cut for Monitoring Systems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)	6. 最初と最後の頁 1469-1475
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Thi Thi Zin, Pyke Tin, I. Kobayashi, H. Hama	4. 巻 -
2. 論文標題 A Hybrid Visual Stochastic Approach to Dairy Cow Monitoring System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transactions on Engineering Technologies, Springer - ITET	6. 最初と最後の頁 119 ~ 129
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-32-9808-8_10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Thi Thi Zin, Pyke Tin, Y. Horii, and I. Kobayashi	4. 巻 24
2. 論文標題 Image Technology and Matrix-Geometric Method for Automatic Dairy Cow Body Condition Scoring	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Biomedical Soft Computing and Human Sciences (IJBSCHS)	6. 最初と最後の頁 29 ~ 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Cho Nilar Phyo, Thi Thi Zin, Pyke Tin	4. 巻 65
2. 論文標題 Deep Learning for Recognizing Human Activities Using Motions of Skeletal Joints	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Consumer Electronics	6. 最初と最後の頁 243 ~ 252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TCE.2019.2908986	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Cho Nilar Phyo, Thi Thi Zin, Pyke Tin	4. 巻 9(9)-1869
2. 論文標題 Complex Human-Object Interactions Analyzer Using DCNN and SVM Hybrid Approach	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Science: Special Issue of Advanced Intelligent Imaging Technology	6. 最初と最後の頁 14 pages
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app9091869	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Thi Thi Zin, Cho Nilar Phyo, Pyke Tin, H. Hama, and I. Kobayashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Image Technology based Cow Identification System Using Deep Learning	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Engineering and Computer Science: Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2018	6. 最初と最後の頁 320-323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Thi Thi Zin, Pyke Tin, I. Kobayashi, and H. Hama	4. 巻 -
2. 論文標題 Markov Chain Techniques for Cow Behavior Analysis in Video-based Monitoring System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Engineering and Computer Science: Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2018	6. 最初と最後の頁 339-342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Swe Zar Maw, Thi Thi Zin, M. Yokota, Ei Phyo Min	4. 巻 12 (8)
2. 論文標題 Classification of Shape Images Using K-mean Clustering and Deep Learning	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ICIC Express Letters (ICIC-EL)	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計22件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 19件)

1. 発表者名 Thi Thi Zin, Pann Thinzar Seint, Pyke Tin, Y. Horii
2. 発表標題 Body Condition Score Assessment of Depth Image Using Artificial Neural Network
3. 学会等名 In 9th International Conference on Intelligent Computing and Applications (ICICA) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Thi Thi Zin, K. Sumi and Pyke Tin
2. 発表標題 Time to Dairy Cow Calving Event Prediction by Using Time Series Analysis
3. 学会等名 In 9th International Conference on Intelligent Computing and Applications (ICICA) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Thi Thi Zin, Pann Thinzar Seint, Pyke Tin, Y. Horii
2. 発表標題 The Body Condition Score Indicators for Dairy Cows Using 3D Camera
3. 学会等名 International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV) (国際学会)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Thi Thi Zin, Cho Cho Mar and K. Sumi
2. 発表標題 Background Modelling Using Temporal Average Filter and Running Gaussian Average
3. 学会等名 International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Thi Thi Zin, Pyke Tin and H. Hama
2. 発表標題 Some Aspects of Mathematical Modeling Techniques in Dairy Science
3. 学会等名 International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Thi Thi Zin
2. 発表標題 ICT Based Cow Monitoring System
3. 学会等名 Invited Talk, Computer University (Meikhtila), Myanmar (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Thi Thi Zin
2. 発表標題 従来型農業からスマート農業への転換「画像処理技術を用いた牛のモニタリングシステム」
3. 学会等名 宮崎県立宮崎北高等学校のさくらサイエンスプランによる台湾高校生対象の講演(英語、日本語)(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Shiiya, F. Otsuka, Thi Thi Zin, I. Kobayashi
2. 発表標題 Image-Based Feeding Behavior Detection for Dairy Cow
3. 学会等名 Proc. of 2019 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Thi Thi Zin, Pyke Tin, H. Hama
2. 発表標題 Consumer Technology Perspective of a Trinomial Random Walk Model
3. 学会等名 Proc. of the 2019 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Thi Thi Zin, K. Sumi, Pyke Tin
2. 発表標題 Multivariate Stochastic Analyzer for Dairy Cow Body Condition Scoring
3. 学会等名 International Conference on Digital Image and Signal Processing (DISP 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Thi Thi Zin, Cho Nilar Phyto, Pyke Tin
2. 発表標題 Incorporating Digital Imaging in Dairy Cow Anatomical Feature Detection
3. 学会等名 International Conference on Digital Image and Signal Processing (DISP 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Thi Thi Zin, Pyke Tin, I. Kobayashi, and Y. Horii
2. 発表標題 An Algebraic Geometric Imaging Approach for Automatic Dairy Cow Body Condition Scoring System
3. 学会等名 2019 International Conference on Precision Dairy Farming Technologies and Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 H. Hama, T. Hirata, T. Mizobuchi and Thi Thi Zin
2. 発表標題 A Study on Detection of Precursor Behaviors of Estrus in Cattle Using Video Camera
3. 学会等名 Proc. of the 2019 IEEE 1st Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech 2019) (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 T. Mizobuchi, Thi Thi Zin, I. Kobayashi, and H. Hama
2. 発表標題 A Study on Detection and Tracking of Estrous Behaviors for Cattle Using Laser Range Sensor and Video Camera
3. 学会等名 Proc. of the 2018 IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Thi Thi Zin
2. 発表標題 Innovations of Digital Imaging in Smart Dairy Farming
3. 学会等名 The 17th International Conference on Computer Applications (ICCA 2019) and The 11th International Conference on Future Computer and Communication (ICFCC 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Thi Thi Zin
2. 発表標題 An Image Technology Approach to Dairy Cow Monitoring System
3. 学会等名 National Symposium on Livestock Research and Development 2018, The Faculty of Animal Science, Universitas Gadjah Mada (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Thi Thi Zin
2. 発表標題 最新の画像処理技術と畜産およびセキュリティシステムへの応用
3. 学会等名 IEEE SMC2018 と日本学術会議共催，市民公開講座、シーガイアコンベンションセンター、宮崎 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Radia EL BACHA, Thi Thi Zin
2. 発表標題 Ranking of Influential users based on User-Tweet bipartite graph
3. 学会等名 The 2018 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Hirata, Thi Thi Zin, I. Kobayashi and H. Hama
2. 発表標題 A Study on Estrus Detection of Cattle Combining Video Image and Sensor Information
3. 学会等名 Proc. of the International Conference on Big Data Analysis and Deep Learning Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Thi Thi Zin, Pyke Tin, and H. Hama
2. 発表標題 Markov Queuing Theory Approach to Internet of Things Reliability
3. 学会等名 Proc. of the International Conference on Genetic and Evolutionary Computing (ICGEC2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Thi Thi Zin
2. 発表標題 畜産業における画像処理・認識技術の応用研究に関する話題
3. 学会等名 SOFT 九州支部夏季ワークショップ 2017、日本知能情報ファジィ学会九州支部 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Thi Thi Zin
2. 発表標題 Interdisciplinary Perspectives for Life-Nature and Society Development
3. 学会等名 International Symposium on the Development of Life- Unfolding with interdisciplinary views @ University of Miyazaki (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	小林 郁雄  (Kobayashi Ikuo)  (20576293)	宮崎大学・農学部・准教授    (17601)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	椎屋 和久  (Shiyya Kazuhisa)  (00347048)	宮崎大学・工学部・助教    (17601)	
研究分担者	Pyke Tin  (Pyke Tin)  (70536961)	宮崎大学・国際連携センター・客員教授    (17601)	
研究分担者	濱 裕光  (Hama Hiromitsu)  (20047377)	大阪市立大学・大学院工学研究科・名誉教授    (24402)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関