

日本畜産学会第 125 回大会 公開シンポジウム

スマート畜産：IoT・人工知能および
ロボット技術の利活用

要旨集

日時： 2019年3月28日（木）：13：00～16：30

会場： 麻布大学 百周年記念ホール（8号館 7F）

主催： 公益社団法人 日本畜産学会

共催： 日本学術会議 食料科学委員会畜産学分科会・日本畜産学アカデミー

（本シンポジウムは伊藤記念財団の補助を受けたものです）

プログラム

司会進行

柏崎 直巳（日本学術会議連携会員・麻布大学 教授）

開会の挨拶 13:00 - 13:05

寺田 文典（日本畜産学会 理事長・東北大学 教授）

基調講演 座長

小澤 壯行（日本学術会議連携会員・日本獣医生命科学大学 教授）

講演 I 13:05 - 13:40

「畜産ビックデータの処理・活用による新しい畜産生産管理システムの展望」

大和田 勇人（東京理科大学 教授）

講演 II 13:40 - 14:15

「放牧型畜産への利活用：IT 技術を活用した高度放牧管理システム」

後藤 貴文（鹿児島大学 教授）

講演 III 14:15 - 14:50

「ロボット搾乳・ハードナビゲータシステム導入による生産性の向上」

松下 寛（株式会社 松下牧場 代表取締役）

休憩 14:50 - 15:00

講演 VI 15:00 - 15:35

「日本型豚舎洗浄ロボットの開発」

松野 更和（農研機構 農業技術革新工学研究センター）

講演 V 15:35 - 16:10

「MIJ-カメラを活用した牛肉質自動解析システムの開発」

口田 圭吾（帯広畜産大学 教授）

総合討論 16:10 - 16:25

座長 眞鍋 昇（日本学術会議 第二部会員・大阪国際大学 学長補佐 教授）

閉会の挨拶 16:25 - 16:30

渡邊 誠喜（日本畜産学アカデミー 会長）

畜産ビックデータの処理・活用による 新しい畜産生産管理システムの展望

大和田 勇人（東京理科大学）

1. はじめに

軽労化と生産性向上を目指して、ロボットやAIを導入することが至る所で注目されている。そうした中、様々なセンサーを導入して畜種の活動や環境を把握することはスマート畜産におけるデジタル化の第一歩であるが、これにロボットを組み合わせるとアクティブなセンシングが可能となり、データ収集が加速され、ビッグデータが構築される。さらに、それをAIで解析して、効率的な繁殖管理や早期疾病予測が実現できれば、畜産経営に役立つことが期待される。ここで重要なポイントは、人間の代行としてAIが畜種を常時監視し、ビッグデータを活用することで指導者と同等以上のアドバイスを提示し、本格的なスマート畜産が実現できるかにある。ここでは、工学的な視点からAIの現状とスマート畜産への貢献を展望する。

2. カメラによる個体識別と行動監視

加速度センサー等を用いた行動推定、繁殖管理、早期疾病予測は最近のITの進歩により、畜産でも広く運用されている。しかしながら、そこから得られる情報は基本的には時系列データであり、ある種のアルゴリズムによって、理解可能な形式で情報提供される。たとえば、乳牛の反芻行動は加速度センサーや音センサーから得られる時系列データで識別可能であり、酪農家が乳牛を直接監視しなくてもITシステムがそうした行動を特定してくれる。しかしながら、現状のITが通知してくれる情報をそのまま信用するのは難しく、カメラからの画像を通じて納得してもらう必要がある。センサーデータの変換による情報とカメラ情報との一致が現場に携わる人には重要なことになる。

現在、ディープラーニングが機械学習の大本命として注目されており、カメラ画像による畜種の個体識別や行動監視は昨今の自動運転技術を鑑みれば十分実現可能なものと言える。たとえば、乳牛の紋様は個体識別に有効であることは想像に難しくなく、また個体ごとのトラッキングもオープンソースの画像処理ライブラリで十分実現可能である。ただし、機械学習では画像に中のどの部分が当該の個体であるかを教える必要があるため、センサーによる個体識別と連動させることが必要である。我々はARマーカー（ARは拡張現実のこと）と呼ばれる2次元バーコード風の画像をネックバンドに取り付け、カメラによる個体識別を行いながら、乳牛の行動を追跡するシステムを開発している。通常のセンサーと違い、カメラ画像は複数の乳牛の行動を同時に捉えることができる点に特徴があり、それらの社会的行動を監視することが可能となる。さらに、乳牛の特異的な行動だけに着目すれば、動画のダイジェスト版を自動で作成することも可能で、遡行的な監視を効率化することも可能である。こうした機能は畜産経営主にとっても有用なものと言える。

3. AIによるアドバイス提示

スマート畜産ではデータに基づく合理的な判断が要求されるが、何が合理的かはどのような結果を良しとするかによる。それは繁殖成績や畜産経営的な側面で判断されるものであろう。AIはそうした判断基準の良し悪しを教師データとして、良い結果となる根拠を過去の事例から提示できるものでなければならない。そういう点で見ると、ディープラーニングは適切とは言えず、説明可能な判断基準、すなわち明示的なルールで示される学習モデルが必須である。我々は、帰納論理プログラミングと呼ばれる機械学習アルゴリズムで乳牛において人工授精が成功（受胎）する条件をルール化することを試み、そのルールを提示することで酪農家への意思決定を支援するシステムを開発している。酪農家や獣医師の見立てをデジタル化することは難しいが、搾乳ロボットや生乳分析器から得られる情報、さらには画像や加速度センサーから得られる情報に基づいて、どのような状況下であれば受胎の可能性が高まるか否かを明示的なルールで通知することが可能である。AIによる支援が酪農家にどの程度受け入れられるかは今後の研究課題であるが、センサーデータと過去の事例から適切なアドバイスを提供することは畜産経営主の坎を上回る妥当な判断材料になるものと期待している。

略歴：1983年東京理科大学工学部経営工学科卒業、1988年東京理科大学大学院理工学研究科経営工学専攻博士後期課程修了。工学博士（1988年取得）。1988年東京理科大学工学部経営工学科助手、その後同大学専任講師、助教授を経て、2005年同大学教授。現在に至る。

放牧型畜産への利活用： IT 技術を活用した高度放牧管理システム 後藤 貴文（鹿児島大学）

現在の畜産は、牛舎内での加工型畜産における過度な輸入飼料への依存、高騰する輸入飼料相場や子牛の価格高騰に翻弄される経営困難、循環不可の過剰糞尿処理、BSE 等の食の安全、脂肪過多牛肉志向で硬直したマーケット、さらに集約的飼養による動物福祉等、多くの問題を抱える。今後の気候変動や資源枯渇を考慮すると海外からの輸入飼料に過度に依存するのは極めて危険である。一方、日本の約 7 割は山や森林が占め、地方は過疎化が進む。耕作放棄地は増加の一途をたどり、さらに日本における所有者不明土地は 2016 年度には九州本土と同等の面積となった。これらの国土を、持続的なシステムで広く活用していく仕組みが求められる。これらの土地には植物資源がある。ウシ本来の力は、ルーメンという特殊な胃を基盤とした消化吸收機構で植物から牛肉やミルクといったタンパク質を生産することである。放牧 IoT 技術を開発、導入することで、未利用な山地、中山間地域等の植物資源を省力的・効率的に活用した、低コストで持続的、そして環境保全型の肉用牛生産が構築される。

IoT 技術による放牧牛管理システム：山や広大な中山間地域を用いて、ウシを放牧するとなるとそれなりの管理が必要となる。繁殖牛を想定すると、発情確認や人工授精、健康看視、分娩管理等、それなりの管理がある。筆者らは、まず省力的にウシを放牧地で捕獲できるように動物の行動特性を活用して、スマートフォンでの管理システムを構築した。これは、いわゆる“餌付け”の行動特性を利用している。現地にウェブカメラ、遠隔操作のスタンション、サウンドシステム、自動給餌機のユニットを構築した。すなわち現地にいなくても、スマートフォンからウシを特定の音声でウェブカメラの前に呼び出し、捕獲して、スマートフォンから観察し飼料を給餌することができる。解放後はしばらくスタンションの周りに滞在するので、発情行動もウェブカメラで観察できる。これにより、発情確認、人工授精やウシの治療、給餌等が可能となる。

放牧牛の測位と未来の技術としてのインプラントバイタルセンサー：広大な放牧地では、牛群の動きを把握するのが難しくなる。中山間地域で山間部も含めた放牧となると、あるいは離島等における地ぼうの複雑な土地での放牧となれば、牛群の把握や事故等により帰らない個体がある場合の対処が難しくなる。通常、測位と言えば GPS が採用される。将来的な衛星の活用は視野に入れているが、GPS を放牧牛の測位に使用するには現在のところコストとバッテリーの耐久性の問題がある。そこで電波発信機をウシに装着してその受信機アンカー局を設置することで、電界強度 3 辺測位法による測位システムを構築している。

また、未来の技術としてインプラント型のバイタルセンサーも開発されている。演者は特に体温センサーシステムを構築してきた。現在ワイヤレス型で、放牧牛の体内のセンサーから体温を PC 上にモニターできるようになった。今後、健康状態、発情や分娩行動との関係を検討して行く予定である。将来は、スマートフォンで放牧牛の測位や健康管理が可能となるだろう。IoT の技術は日々進歩し、仕組みは刻一刻と変化する。今後、技術ではなく目的ベースで IoT メーカーとの協力が不可欠である。

略歴：九州大学大学院農学研究院（家畜生産生態学）、准教授を経て、2017 年 5 月より鹿児島大学学術研究院教授。2017 年 5 月より九州大学客員教授。博士（農学、九州大学）。専門は、家畜生体構学を基盤に、牧場勤務の経緯から食肉科学、家畜栄養生理学、家畜管理学、家畜行動学および ICT 畜産等、幅広く牛肉生産について研究している。

ロボット搾乳・ハードナビゲーターシステム導入による 生産性の向上

松下 寛（株式会社 松下牧場）

昨今、非常に注目を集めている搾乳ロボットですが、搾乳ロボット自体が何でも出来る訳では無く、どんな牛でも完璧に搾乳出来る訳でもありません。ですが、搾乳ロボットの事を酪農家が理解し、搾乳ロボットが高いパフォーマンスを発揮出来る環境を作ることにより、乳量の増加や乳房炎の減少をさせることができます。また労働力削減や色々なデータを集めることもできます。

例えば搾乳ロボット自体にはフィードステーションが付いています。このフィードステーションは非常に細かく設定することができ、また搾乳ロボットの乳量等のデータとリンクすることができます。これによりフリーストールやフリーバンの牛群の中でも個別管理ができます。乳量がピークをむかえている牛には多くの配合飼料を給与することにより、エネルギー不足をなくし、乳量の維持や長期発情休止を回避することができます。また泌乳後期など乳量の落ちてきた牛には、少ない配合の給与にできるのでボディーコンディションスコアの上昇を抑えることができます。搾乳ロボットのデータは常に更新されていくので、フィードステーションで給与する配合飼料の量も自動で更新していくこともできます。

このように搾乳ロボットではデータを蓄積させることが非常に大切です。搾乳ロボットからも搾乳量や採食量など多くのデータを取ることができますが、今一番注目されているのはハードナビゲーターです。

ハードナビゲーターは搾乳ロボットで搾られた乳汁のプロゲステロン、BHB、LDH を測定できます。プロゲステロンの分泌量により卵巣、子宮の状態がよくわかります。プロゲステロンは卵巣で黄体期に分泌量が多くなります。そして排卵の直前になると急激に減少します。プロゲステロンの減少は排卵の24～36時間前におこります。万歩計などより早く発見でき、正確です。また妊娠鑑定、卵胞嚢腫・黄体嚢腫の発見、流産の発見など多くの事が解ります。BHBからはケトーシスの初期での発見ができます。牛の体内でケトン体が増加している時に発見できるので、治療することにより治りも早いです。牛は採食量の減少や乳量の低下などはまだ起こっていない状態なので、経済的損失を抑第四胃変位になるリスクを減らせます。LDHでは乳房炎のリスクがある牛を発見できます。リスクのある牛を発見してから、従来酪農家が発見していたブツが出る状態になるまで3日ほどあります。多くの牛はその間に自己治癒します。松下牧場では搾乳間隔を狭め、搾乳回数を増やすことで自己治癒率を高めています。

このように搾乳ロボットやハードナビゲーターからは多くのデータを採取、蓄積することができます。しかしデータを精査し、牛の状態と結び付け、今後の飼養管理に役立てるまでを酪農家が一人で行うことは非常に大変です。酪農家、獣医師、飼料メーカー、コンサルタントなどチームを組み、情報やデータを共有し、一体になってやっていくことが大切です。

略歴：学生時代から酪農をやろうとは全く考えておらず、酪農とは離れた分野を学び就職していましたが、サラリーマンをやっているうちに酪農に可能性を感じるようになり就農する。平成27年に搾乳ロボットの導入を機に法人化をする。翌28年にはハードナビゲーターを導入し、現在多くのメーカーと共同で試験等をし、より良い飼養管理を目指している。

日本型豚舎洗浄ロボットの開発

松野 更和（農研機構 農業技術革新工学研究センター）

日本型豚舎洗浄ロボットと聞いて、皆さんはどのようなものを想像するだろうか。「ルンバのような掃除機」だろうか。それとも「商業施設で人が押したり乗ったりして使用している洗浄機」だろうか。答えは、「ルンバ」のように人のいない時に自動で動いて豚舎を洗ってくれて、「商業施設で人が手押しで使っている洗浄機」のようなサイズのロボットである。今後、このロボットが国内の豚舎で無人作業を行うことが、養豚農家の労働負担の軽減や、消費者のもとに安心・安全な豚肉を届けることにつながっていくものと考えている。

豚舎内の洗浄・消毒は、養豚農家において防疫上不可欠な作業である。そしてその作業時間は農場の管理作業の約1/3にもなる。しかしながら洗浄作業そのものは豚の生産工程には含まれず、衛生管理として行うものであり、その重要性は認識しつつも極力手をかけたくない、というところが養豚農家の本音ではないかと思われる。

数年前より海外製の豚舎洗浄ロボットの導入も始まり、現在、全国に約40台普及している。しかしながら海外製の豚舎洗浄ロボットはその車体寸法が大きく、また価格も高価なため、日本の、特に中小規模の養豚農家への導入はなかなか進まなかった。

そこで現場からの切実な要望により、日本の豚舎内でも洗浄作業が可能なロボットの開発が行われることとなった。日本型の豚舎洗浄ロボットは、コストを抑えるために海外製の豚舎洗浄ロボットの洗浄方法の良いところを取り入れつつ、小型化や操作性の向上など、現行機に寄せられた要望への対策を盛り込むこととした。具体的には次のような項目を掲げた。

- ・ 目標本体価格：600万円以下
- ・ 小型（機体幅650mm以下）
- ・ 通路を走行し、豚房上部へアームを伸展して洗浄
- ・ 洗浄範囲は4m
- ・ 狭いスペースでの方向転換が容易に可能
- ・ ティーチング操作が煩雑でない
- ・ 汚れのセンシングは行わず、ティーチングプログラムの指定通りに洗浄
- ・ 動作状況を自動記録し、端末から作業履歴の確認が可能
- ・ 緊急停止時は洗浄ロボットから農場担当者の端末へ、通報メールを送信する
- ・ 2020年以降に商品化

これらの項目をコンソーシアムの各構成員が担当して開発を行い⁽¹⁾、2018年12月には千葉県畜産総合研究センターの肥育豚舎と分娩豚舎にて洗浄試験を行うことができた。

今後は、現在までに開発した機能を、市販化に向けてより確実なものにすると同時に、ニーズに対応する価格と機能の検討を行う。また引き続き豚舎内での洗浄試験を行い、取扱い性や耐久性などの検証、改良を行う予定である。

なお、本研究は生研支援センターの革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）の支援を受けて実施した。

参考文献（1）松野更和ら（2018）豚舎洗浄ロボットの開発（第1報）、農業環境工学関連学会2018年合同大会講演要旨集

略歴：2006年、生物系特定産業技術研究支援センター（現、農研機構農業技術革新工学研究センター）入所。生産システム研究部、畜産工学研究部を経て、現在は次世代コア技術研究領域、研究員。これまで稲作の直播栽培機械、乳牛の精密飼養管理技術、畜産環境対策技術の開発などに従事している。

MIJ-カメラを活用した牛肉質自動解析システムの開発 口田 圭吾（帯広畜産大学）

【目的】

肉牛の育種改良を効率的に行うためには、牛枝肉の高精度な品質評価が非常に重要である。現在の枝肉格付は、日本食肉格付協会の格付員が枝肉横断面の目視検査に基づいて行っているが、肉牛の育種改良の従事者からは、より客観的な肉質評価手法が求められている。われわれは、複数の種類の枝肉横断面撮影装置を開発し、市販してきたが、装置が大型であり、また、リアルタイムの解析に対応していないという問題があった。平成 27～29 年度の JRA 畜産振興事業等により、狭い切開面に対応した新しい牛枝肉撮影装置を開発し、撮影と同時の自動解析を実現したので、その概要ならびに利用の可能性を紹介する。

【材料および方法】

新型撮影装置（MIJ-15）は、先端に取り付けたアルミニウム製の治具が枝肉横断面に安定的に密着することで、枝肉横断面に対して 15 度の角度から撮影を行えるように設計された。また、撮影面の手前と奥の双方にピントが合うように撮像素子の角度を調整した。MIJ-15 を用いた枝肉撮影の流れは、まず、バーコードリーダーを用いて枝肉ラベルのバーコードをスキャンし、カメラ内蔵のシングルボードコンピュータ（SBC）が個体識別番号を画像のファイル名として結びつける。撮影すると同時に台形補正と輝度ムラ補正が行われ、枝肉冷蔵庫内に通信環境が存在すれば、撮影された画像は Wi-Fi 経由でクラウドサーバーに転送される。通信環境が存在しない場合は、USB メモリに保存された画像を、通信環境の整った場所でクラウドサーバーに転送することで、自動解析が実行される。

自動解析では、ロース芯の自動抽出が実施される。ロース芯の自動抽出は人工知能（AI）の一種である深層学習（Deep Learning）を利用し、実現している。深層学習のためには、大量の学習データが必要となるが、これらにはわれわれが蓄積してきたロース芯画像を利用した。

【結果および考察】

MIJ-15 での撮影は枝肉の切開幅が 5 cm あれば可能であり、従来のミラー型の切開幅 20 cm 以上と比較すると、大幅に改善された。撮影される画像の質も良好であり、十分に肉質を評価できるものであった。クラウドサーバーに画像が転送された後、10 秒程度でロース芯抽出ならびに画像解析値が算出された。ロース芯抽出精度は、当初、ロース芯面積の誤差が ±5% 以上となるものもあったが、MIJ-15 で撮影された画像も追加し、学習を続けた結果、現在では、実用上問題の無いレベルへと精度が向上した。

ミラー型撮影装置を用いた撮影には、撮影者 1 名のほかに補助者が必要であったが、MIJ-15 は 1 名で操作でき、その重量は約 3 kg である。また 1 時間に 200 ～ 300 頭の撮影および画像解析が可能である。近い将来において、産業レベルでの実用化が十分期待できるのではないかと思われる。

略歴：1992 年 東北大学大学院農学研究科、博士後期課程修了、学位取得 博士（農学）
1992 年 仙台市衛生研究所理化学課 技師
1995 年 帯広畜産大学 助手
2007 年 帯広畜産大学 教授
2014 年 一般社団法人ミート・イメージ ジャパン設立（副理事長）
2018 年 株式会社 MIJ labo 取締役（最高開発責任者）、現在に至る