

2 近年の畜産DX技術について

宇都宮大学 教授 池口 厚男

1 背景

社会全般でデジタルトランスフォーメーション(DX: Digital Transformation)が進められており、農業分野においても農林水産省は「消費者ニーズに的確に対応した価値を創造・提供する農業(FaaS: Farming as a Service)」への変革を進めるため、「農業DX構想」を取りまとめた。農業DXの目的は、「デジタル技術を活用したデータ駆動型の農業経営により、消費者の需要に的確に対応した価値を創造・提供できる農業を実現。」とされており、農業・食関連産業分野におけるデジタル技術を活用する場面としては、(1)生産現場、(2)農村地域、(3)流通・消費、(4)食品製造業、(5)外食・中食産業、(6)行政事務を挙げている。経済産業省ではDXを「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立」としている。スマート農業はデータ駆動型農業と定義されているところから概念的には農業DXがスマート農業を包含する。

畜産は1年を通じて家畜を飼養しなければならず、作業の省力化、自動化が求められていることから、スマート畜産が提唱される以前より搾乳ロボットを始

め環境制御(換気制御)、給餌給水、ふん尿処理などの自動化がなされ、ICTの導入が盛んである。畜産分野は日本農業の中では最もICT化、スマート化が進んでいる分野である。欧州では、日本で言うところの「スマート畜産技術」をPrecision Livestock Farming (PLF)、あるいはデジタル畜産と呼称している。様々な呼称があるが、本稿では前述した農業DXとスマート農業の関係から、従来のスマート畜産技術も畜産DXに資する技術として、畜産DX技術と呼称することとする。

近年の情勢としては、環境省の「地域循環共生圏」、世界的な流れとなっているCircular Economy、Bio Economyに見られるように資源循環型の社会システムが求められる。農林水産省の「みどりの食料システム戦略」においても同様であり、生産性向上と環境負荷低減の両立を達成するためのイノベーションとしてスマート農業を位置づけている。

また、ISOが2016年にOIEの動物福祉のコードをもとに動物福祉管理システム認証基準(SO/TS34700)を出した。これによってISOでのアニマルウェルフェア(AW)が国際流通のスタンダードになった。農林水産省は2023年7月に「アニマルウェルフェアに関する新たな飼養管理指針のポイント」を出し、家畜福祉に対応した技術的な指針を畜種毎に示した。このような状況において畜産DX技術を生産性のみならずAWや環境負荷低減の視点からも考えていく必要がある。

ここでは、従来からの畜産DX技術の整理と動向について概説する。

2 畜産DX技術の種類

農林水産省では開発中の技術も含めスマート農業技術カタログを公表している。登録されている技術は2023年9月現在、52件である。ここに登録されていない技術は海外のものも含め多数ある。技術の分類は①センシング/モニタリング、②生体データ活用、③飼養環境データ活用、④自動運転/作業軽減、⑤経営データ管理とされている。ここでは、これらと異なり、筆者が独自に行っている分類で整理をする。これを表1に示す。これらは4項目あり、(1)スマート畜舎、(2)作業の自動化、省力化、(3)個体のイベント検知、生体情報の取得、(4)クラウドによる統合制御と経営管理、である。

(1) 畜舎

日本の畜産は飼養形態として舎飼いが圧倒的に多く、一生を畜舎の中で過ごす家畜も少なくないため、畜舎内環境を家畜にとって快適なものにしなければならぬ。また、人間側からは畜舎の中で作業を行うので、作業の効率性を考えなければならぬ。家畜飼養という栄養管理、繁殖管理に目が行きがちであるが、筆者は畜舎が最も重要で、基盤となる項目であると考えている。前述したAWの飼養管理の技術的な指針において

表1 畜産DX技術の分類

項目	内容
(1) 畜舎	家畜に適切な環境を提供する畜舎：換気システム等
(2) 作業の自動化、省力化	畜産に関わる作業の自動化、センシング
(3) 個体のイベント検知、生体情報の取得	家畜個体の電磁氣的識別、イベント（分娩等）の検知、生体情報（体形、体重等）のセンシング
(4) クラウドによる統合制御と経営管理	(2), (3) で得られた情報の見える化、意思決定支援、経営管理、API によるデータベース連携等

も畜舎に関する項目、舎内環境、特に熱環境が言及されている。

(2) 作業の自動化、省力化

顕著な例としては酪農における搾乳ロボットが挙げられる。担い手、労働力不足が課題の日本農業においては、省力化のための自動機器の導入が重要である。最近では人が行う作業を単に自動化するだけでなく、センシング機能を装備してさまざまな情報を収集している。これらは専用管理ソフトと連携して、自動機器の制御にフィードバックされる。あるいはクラウドと連携される場合もある。

(3) 個体のイベント検知、生体情報の取得

主に個体から生体情報を取得する。個体の電磁氣的識別、体重、体形のセンシング、発情、分娩、疾病の早期発見というものである。中小家畜に対して個別にこれらを行うことのコストと効果については議論のあるところである。養牛に関しては、この方向で進んでいる。

(4) クラウドによる統合制御と経営管理

現状では項目(2)、(3)の技術からクラウドにデータが収集されて、アラート通知やデータの見える化などが行われている。

上述の分類で畜種別に具体的に畜産DX技術を外観したもののが図1となる。すべてを網羅しきれていないが、おおむ

	鶏	豚	牛
1. 畜舎	開放型畜舎：自然換気 閉鎖型畜舎：温度によるファン制御		THIによるミスト制御 次世代閉鎖型畜舎 ・THI、エアロゾル濃度、画像による牛の位置で環境制御
2. 作業の自動化、省力化	自動給餌、給水、ふん尿処理 ふん尿搬出、処理 補鶏システム	自動給餌機 マックスフィーダー 洗浄ロボット：ふん尿搬出ロボット 母豚群飼システム	自動敷料散布機 餌寄せロボット Lely Juno 搾乳ロボット 哺乳ロボット 堆肥切り返しクレーン 自給飼料ロボットトラクタ
3. 個体のイベント検知、生体情報の取得	監視、死鶏発見ロボット ・Robococco 活動量 ・fancom eYeNamic	画像から体重測定 ・デジタル目動 ・画像から体重 ・音声による疾病発見 fancom eYeGrow	搾乳ロボット ・発情発見 ・疾病発見 VMS V300 ハードナビゲーター 行動検出による発情、分娩、疾病発見 ・画像：牛わか ・モーションセンサ アクティビティメーター 乳質検出装置 ・搾乳毎、個体別、9成分 温度センサ モバイル牛患患 画像による体型センシング
4. クラウドによる統合制御と経営管理	見える化、アラームの通知、データ連携	経営管理：Porker	酪農クラウド ・環境制御 ・蹄病の早期発見 デルプロ チャレンジマン20P アクションプランの提示

ねの現状は概観できる。本事業で対象となっている技術の製品は赤色で示した。図中にプロットしている技術それぞれに複数の製品が市場に出ている。これらを見ると養牛における技術、製

品が他の畜種より多いことがわかる。特に(3)の項目では個体の生体情報から個体別の管理を行うことを目的としているため、費用対効果の観点から牛に関する技術が多くなっていると考えられる。

図1 畜産DX技術の整理

3 類型ごとの技術

個々のDX技術導入にあたっては、農場毎が持っている課題解決のツールとして適切であるか、コスト的に見合っているかを検討する必要がある。また、農場が目指す畜産のビジョンの実現のために必要なシステムを明確にしておく必要がある。生産だけではなく、作業者の福祉満足度、消費者へのニーズの対応といったところも考えることが重要である。

本事業で対象となっている畜産DX技術を中心に類型ごとに主な製品を概説する。

(1) 畜舎

中小家畜では機械換気の様々な閉鎖型畜舎が販売されている。換気方式としては暑熱対策の観点から近年トンネル換気方式が多く、酪農でも採用しているところがある。閉鎖型畜舎では畜舎内温度により換気扇がインバーター制御、ON-OFF制御されるものが従来からある。最近では開放型牛舎における送風・細霧噴霧をT-HIで制御する製品が出てきている。

次世代閉鎖型牛舎システム(図2)は、横断換気システム(Low Profile Cross Ventilation: LPCV)を採用し、畜舎内全体に均一に高速の気流を提供することで抜群の防暑効果を達成している実績がある。画像により舎内での牛の位置、頭数をAIで検知し、それに基づいて同舍環境

制御を実施している。換気量が少ない冬期においては光触媒空気清浄システムで舎内の空気中微生物、エアロゾル濃度を低減させ、空気衛生環境を改善する。

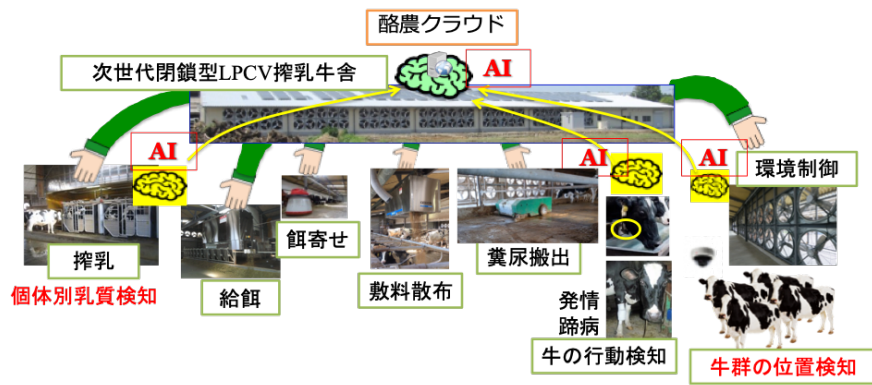


図2 次世代閉鎖型畜産

(2) 作業の自動化、省力化

自動給餌器は従来から導入が進んでいる。多数の製品が市場に出ている。後述する(4)クラウドによる統合制御と経営管理でも触れるが、酪農においては単に運搬、配送を自動で行うだけではな

く、搾乳情報等の他の情報と連動して給餌を行うシステムが製品化されている。本事業の対象となったオリオン機械(株)の精密飼養管理システムの構成要素にマックスフィーダーがある(図3)。オリオン機械(株)ではリースツール、乳用牛繋飼い、肉用牛に対応した自動給餌器を提供している。他に、Lely社の給餌ロボットVector(図4)を要素とした統合的なLely Horizonというシステムもある。

餌寄せロボットは本事業においてLely社の製品が対象となっている(図5)。他にもオリオン機械(株)・DeLaval(株)(図7)・Hetwin Automation System社等から多数の製品が出ている。餌を寄せるだけではなく、配合飼料やミネラル類をトッピングできる装置を装着できるものもある。

畜産DX技術の筆頭的な位置づけである搾乳ロボットは、放し飼い方式でDeLaval社(図8)・Lely社(図9)・GEA社(図10)から製品が出ている。こなき飼方式ではMilkomax社からROBOMAX(図11)という製品が出ている。カナダでは100台以上が稼働中である。オリオン社からは搾乳ユニット自走搬送装置、キャリロボ(図12)が出されている。作業の一部は手動であるが、省力化やつなぎ飼方式における個別乳情報を得る事が可能となる。本事業ではDeLaval社のVMS V300が対象となっている。単に作業を自動化するのみではなく、乳から得られる発情、疾病の発見に向けた生体情報センシング等を行っている。



図4 自動給餌器 Lely社:Vector
出典:コーン・エージー ホームページより



図3 自動給餌器 オリオン機械(株):マックスフィーダー



図6 餌寄せロボット オリオン機械(株):Moov 2.0
出典:オリオン機械(株) ホームページより



図5 餌寄せロボット Lely社:Juno



図8 搾乳ロボット Delaval社:VMS V300
出典:デラバル社 ホームページより



図7 餌寄せロボット Delaval社:バトラーゴールドPRO
出典:デラバル社 ホームページより



図10 搾乳ロボット GEA社:R9500
出典:オリオン酪農搾乳機器カタログより



図9 搾乳ロボット Lely社:アストロノート A5
出典:コーン・エージー ホームページより



図12 繁飼い用キャリボ オリオン機械(株):UCA30A
出典:オリオン機械(株) ホームページより



図11 繁飼い用搾乳ロボット Milkomax社:ROBOMAX
出典:Milkomax社 ホームページより

哺乳作業の省力化では哺乳ロボットを導入が進展している。集団哺乳方式と個別哺乳方式の2つのタイプに大別される。集団哺乳方式は群飼養の畜舎に哺乳ロボットを設置し、ドリンクステーションに哺乳牛が進入して、ロボットより個体識別から個別に設定量が哺乳される(図13)。個別哺乳方式はレールで移動する吊り下げ型の哺乳装置が、個体毎の哺育牛房に移動して哺乳する方式である(図14)。

酪農における自動敷料散布機がオリオン社(図15)、バルメタル社等から製品が出されている。ふん尿搬出の自動化ではスクレイパーがある。酪農のフリーストール方式においてスクレイパーロボット(ふん尿搬出口ロボット)がオリオン社やLely社(図16)から製品が出されている。

牛の放牧ではHalter社がバーチャルフェンスという製品を出している(図17)。これは頸部に装着した音と振動を与える装置とセンサーを用いて、アプリ上で設定したバーチャルなフェンスから牛が出ないようにするシステムである。



図14 哺乳ロボット オリオン機械(株):カーフレール
出典:オリオン機械(株) ホームページより



図13 哺乳ロボット Lely社:CALM
出典:Lely社 ホームページより



図16 スクレーパーロボット Lely社
出典:Lely社 ホームページより



図15 自動敷料散布器 オリオン機械(株)



図17 バーチャルフェンス



出典:Halter社 ホームページより筆者作成



図18 豚舎洗浄ロボット
出典:中嶋製作所 ホームページより

肥育豚舎のオールアウト後に自動で豚房内を洗浄する洗浄ロボットが中嶋製作所から製品(図18)がでてきている。ふん尿処理関連の機器では各種自動化が進んでいる。

養鶏においては、死鶏発見のニーズが高く、大豊産業からケージ飼い採卵鶏の死鶏発見ロボット(Robococco)が製品化されている(図19)。平飼いのブロイラーにおいては出荷時の補鶏作業の自動化が求められている。Peer System社からは自動で補鶏、屠殺場までの運搬、輸送を行うシステムが出されている。



AIによる画像からの1次判定

サーモカメラによる2次判定

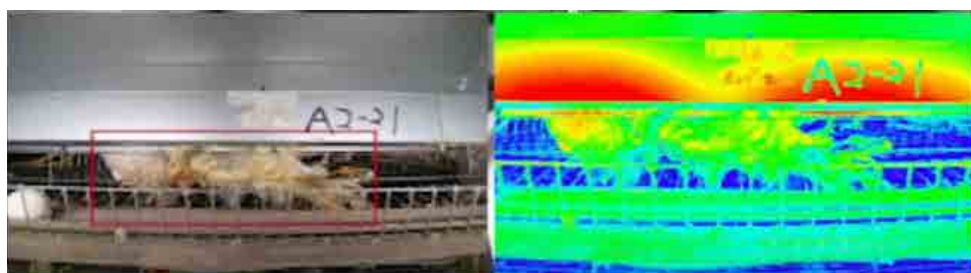


図19 死鶏発見ロボット:Robococco

出典:大豊産業株式会社の製品紹介You Tubeから筆者作成

以上のように作業の自動化、省力化を目的とした様々な機器が上市されているが、単純に自動化するだけではなく、作業中にそこで得られる情報をセンシングし、それらをクラウドで他の作業で得られた情報等と一緒に分析して、当該機器をブラッシュアップすることが望まれる。

(3) 個体のイベント、生体情報の取得

個体の生体情報では何をセンシングして何の情報を得るかという観点から畜産DX技術を概説する。この分類を表2に示す。製品化されている畜種としては牛が最も多い。行動からイベントを検知するものには、モーションセンサーと言われる加速度計、気圧計を用いて、これらの出力からA1等により行動を識別する。行動の種類とそれらの時系列変化から発情、分娩、疾病等を検知するものである。この方式の製品が最も多く販売されている。本事業ではDela社のアクティビティメーターを対象としている。日本ではデザミスのU-motion、ファームノート社のFarmnote colorなどが多く導入されている(図20)。歩数計による歩数からイベント検知をする製品もある。

また、行動検知する非接触センサーとして3Dカメラやサーマルカメラを用いた製品もある。分娩兆候をサーマルカメラとAIで検知する製品として本事業ではノーリツプレシジョン(株)社の牛わかを対象としている。繁殖豚の放し飼い方式における発情検知等の技術も製品化さ

モーションセンサー



ファームノートカラー

U-モーション

図20 個体の異常発見

出典:デザミス(株) ホームページより

れ始めている。平飼いのブロイラーでは海外のメーカーが天井に設置した3Dカメラで活動量を計測して、アマルウェルフェアや飼養管理にデータをフィードバックさせている。

温度センサーを腔内やルーメン内に入れてイベントを検知する製品がある。本事業では(株)リモート社のモバイル牛温患を対象としている。ルーメン内ではPHセンサーもあわせて投入されている。

表 2 個体の生体情報を取得する技術

センシング項目	センサー	装着部位、非接触	検知イベント
行動	加速度計	頸部、耳介、尾部、足首	発情、分娩、疾病
	歩数計		
	3Dカメラ	非接触	
	サーモマルカメラ		
体型	3Dカメラ	非接触	BCS、体重
温度	温度計	腔内、ルーメン内、尾部	分娩、疾病
	サーモマルカメラ	非接触	疾病
圧力	圧力センサー	腰背部	発情
咳	音声	非接触	疾病
乳量	流量計	搾乳機、搾乳ロボット	発情、疾病
乳質	分光光度計		
	電気伝導度		
	カラーセンサー		

腰背部に圧力センサーを装着して発情検知を行う製品もある。
前述した死鶏発見ロボット

(Robocco)では3Dカメラ、サーモマルカメラで体温と行動で検知を行っている。

体型を3Dカメラでセンシングして体重や家畜の状態を把握する製品として、本事業では豚の体型から体重推定をする伊藤忠飼料(株)のデジタル目動を対象としている。他にも母豚の増体を推定するシステム(NTTテクノクロスなど)がある。ハンディ型の牛のBCSスコア等を計測するトータル牛計測システム(株ノア)という製品もある。海外では肥育豚を対象に豚房内の豚の体型から対象豚房内の平均体重を推定するシステムもある。

酪農では搾乳ロボットや搾乳機に乳質をセンシングする装置を付随させ、発情、疾病等を検知することを行っている。本事業ではDelaVa社のハードナビゲーターが選定されている。乳汁中のホルモンや酵素を解析している。

養豚における疾病検知では豚の咳を識別して、咳の回数から疾病を予測するシステムも製品化されている。

以上のように様々な製品が市場に出ているが、それらの検出精度に関しては、それぞれのメーカーがうたっている場合が多い。また、センシングしたデータを解析しなければならぬので、アプリケーションソフトが付随している。このようなシステムはその範疇を経営支援まで拡大して、統合的なシステムの構築へと開発が進んでいる。

(4)クラウドによる統合制御と

経営管理

上記の(1)から(3)までの技術で多様な

データが収集され、これらを経営全般に反映するシステムが製品化されている。本事業では酪農においてDelaVa社のデルプロTMMファームマネージャー、オリオン機械(株)の精密飼養管理システム「チャレンジマン20P」、養豚においては(株)KOPONE社の養豚経営管理システム「PONSOL」が選定されている。農場内でセンシングされるデータだけではなく、ステークホルダーの持つ外部のデータベースとAPIで連携しているシステムも海外では展開されている。また、アニマルウェルフェアのスコアリングもシステムに付加されたものが海外ではでている。家畜個体のデータも含め、農場内の多くのデータを取得しており、それらのうちどれを、あるいはどの組み合わせで、どう可視化できるかは、それぞれのシステムで異なる。また、経営の意思決定を支援するアクションプランを提示するシステムもある。

非常に多くのデータを取得していく方向にあり、それらをどのように活用していくかが今後の大きな課題となっている。

4

今後の展開

様々な畜産DX技術をみてきたが、それぞれの技術においてその能力が発揮できる経営規模や飼養管理方法というものがあると考えられる。生産者側では、ある畜産DX技術を導入することで、従

来行っていた飼養管理方法を変えなければならぬ場合もあり、畜産DX技術側に合わせていくのか、従来実施している方法に合う技術を選んでいくのか判断しなければならぬ。また、導入理由がその農場の課題解決に適するのかが、農場主の経営ビジョンに合致するか、生産体系全体にどう影響するか、経営や生産を数値化して予測することが必要である。

一方、個別要素的な畜産DX技術の提供側も提供する技術の能力が発揮できる条件を明確にし、その精度についても同様に示すことが必要と思われる。

今後の展望のイメージを図21に示す。

行動センシングにおいては画像で行うシステムの開発が世界的に研究されており、大家畜だけではなく、中小家畜でも進められている。コストの課題もあるが、個体識別を画像で行い、Digital Twinsの技術を用いて飼養管理を実施していく研究も行われている。

畜産経営の統合的なシステムにおいては農場内の各センシングデータだけではなく、外部のデータベースとの連携も合わせて、非常に多くのデータが収集されるようになっていくと思われる。それらをいかに活用していくかが世界的にも焦点となっている。今後、環境負荷低減やアニマルウェルフェアの視点からの畜産DX技術の開発や使用を進めていくことが重要である。

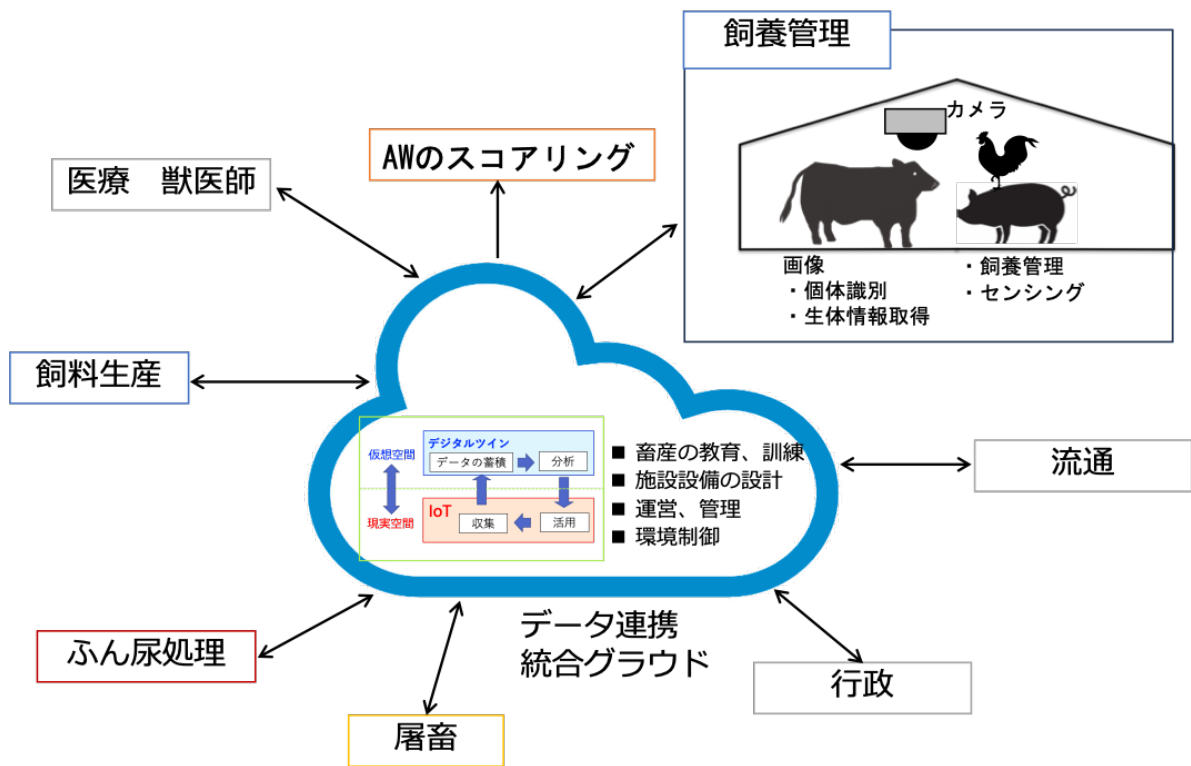


図21 今後の展望のイメージ