

# 酪農現場におけるスマート技術の現状

青木 康 浩

(国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター  
〒062-8555 札幌市豊平区羊ヶ丘1)

## Present situation of smart agriculture technology in dairy farming

AOKI Yasuhiro

(Hokkaido Agricultural Research Center, National Agriculture and Food Research Organization (NARO), 1 Hitsujigaoka,  
Sapporo, Hokkaido 062-8555, Japan)

### 要旨

日本の酪農業は、戸数の減少と飼養頭数規模の拡大が続き、高齢化が進行している。また、搾乳作業などに伴い労働時間が長く、飼料自給率を向上させる上で重要な飼料生産がさらに労働負担となっている。これらの課題の解決に向けて、生産現場ではロボット技術や情報通信技術（ICT）などを活用する「スマート技術」の導入に大きな期待が持たれている。これまで、搾乳ロボット、搾乳ユニット自動搬送装置、発情発見装置、分娩監視装置、哺乳ロボット、エサ寄せロボット、経営データ管理システムなどが実用的に使われている。また、次世代閉鎖型搾乳牛舎やトータルスマートファーミングなどの視点から「スマート農業実証プロジェクト」による現地実証が行われている。筆者らが取り組む、TMR（混合飼料）センターと構成酪農家における圃場管理から生乳生産にわたる各生産場面にスマート技術を導入する実証プロジェクトを含めて、本稿ではスマート酪農技術の現状について説明する。

### 1. はじめに

農業の生産現場では、ロボット技術や情報通信技術（ICT）などを活用する「スマート農業技術」の導入に対する期待が大きくなっている。背景として、農業従事者数の減少と高齢化に伴う労働力不足や、経営体数の減少に伴う1戸当たり経営規模の拡大によって、一層の省力化が求められていることが挙げられる。農業生産では、いわゆる「匠の技」を要する場面が少なくなく、将来的に技術が円滑に継承されないことも懸念される。これらの解決に向けてスマート技術が注目されている。

これまでスマート農業技術として、トラクタや田

植機などの自動走行、水田の水管理の自動化、草刈りロボットによる畦畔管理、リモートセンシングに基づく水田における可変施肥、水田・普通畑でのドローンによるピンポイント農業散布、施設園芸における自動灌水施肥、農業用アシストスーツ、果樹栽培などにおける熟練農業者の技術・判断の「見える化」システムなどが実用に至っている<sup>1)</sup>。酪農業においても、搾乳ロボットなどの技術がすでに導入され定着しており、さらに新たな技術も普及場面を迎えている。

本稿では、酪農業の抱える課題について整理した上で、スマート酪農技術の実用化の現状と取り組み例について、筆者らが担当するプロジェクト研究の

概要紹介を含めて説明する。

## 2. 酪農業の現状と将来

スマート農業技術が求められる農業全体の背景は前段で述べた通りであるが、酪農業を取り巻く現状と課題について少し詳しく述べたい。

全国の酪農家戸数は、2000年から2019年までの間に33,600戸から15,000戸へと18,600戸、率として約55%減少した(図1)<sup>2)</sup>。近年は、1年当たり700戸程度の廃業が続いており、この傾向は今後しばらく続くと推察される。一方、この間における飼養頭数は、都府県で一貫して減少し、全国で見ると2000年比べて約25%減ったが、2018年以降は北海道で増加したことを反映して前年頭数を上回っている。戸数減少率が頭数減少率を上回ったことにより、1戸当たり飼養頭数は増加し続けており(図2)、都府県でこの間37.9頭から58.5頭へ、北海道に

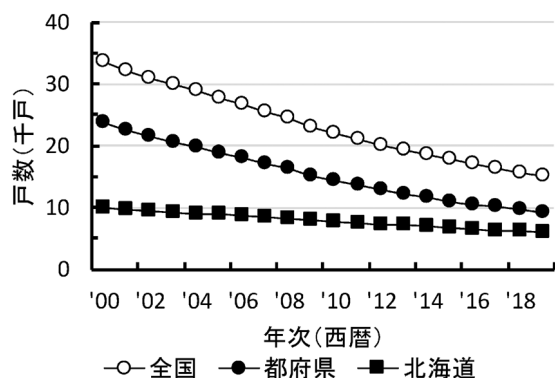


図1 酪農家戸数の経年推移

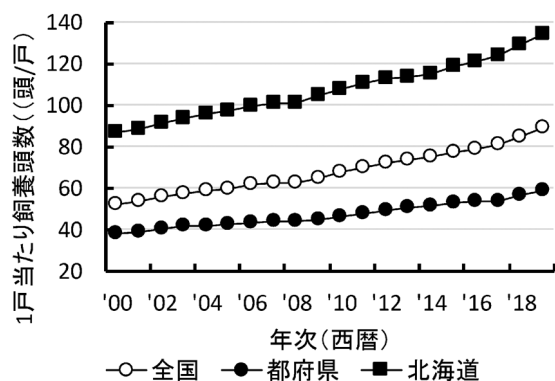


図2 酪農家1戸当たり飼養頭数(経産牛および未經産牛)の経年推移

おいては87.1頭から134.2頭へ、いずれも1.5倍に増えている<sup>2)</sup>。戸数減少は小規模層で著しく、しばらくは飼養頭数規模の拡大が続くとみられる。

酪農従事者の年齢構成をみると、65歳以上の割合が1995年の19%から2015年には28%へ増えている(図3)<sup>3)</sup>。農業全体では、稲作の高齢化率が特に高いことから、2015年における65歳以上の占める割合は65%に達している。一方、酪農の高齢化率は農業諸部門の中では低い。しかしながら、1995年には40~49歳の年齢層が最も多かったのに対して、2015年には65歳以上の年齢層が最も多くなっている。一方で、その年代が約20年前に属した49歳以下層の占める割合は大きく減少している。他部門に比べて高齢化率が低いものの、酪農業においても高齢化は着実に進行している。

酪農には、日々の搾乳作業が不可欠なこともあり、労働時間が長く休みがとりにくいという特性もある。自営農業労働時間は、農業全体で1経営当たり年間1,945時間(2018年)であるのに対して、酪農では同6,684時間である<sup>4)</sup>。また、経営主の平均年間休業日数は17.7日と、1か月当たり平均で1.5日程度に過ぎない<sup>5)</sup>。さらに、飼料生産に伴う労働負荷も大きい。中央酪農会議の調査では、経営主の平均労働時間は1日当たり6.26時間(全国)で、これに自給飼料生産にかかる労働時間を加えると同8.87時間になる<sup>5)</sup>。飼料生産によって労働時間が2.61時間、率にすると42%増加することになる。飼

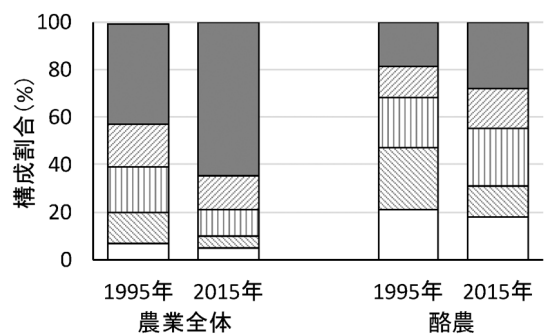


図3 農業全体および酪農における基幹的農業従事者の年齢構成2015年農林業センサスより引用して作成。

料生産にかかる労力の軽減方策として、飼料生産を請け負う組織であるコントラクターや、複数の酪農家が構成員となって飼料生産や TMR（混合飼料）製造を共同で行う TMR センターなどの外部支援組織の利用が展開している。しかし、それらの組織でも高齢化や他産業との競合などの理由によって人材確保が困難になりつつある。TMR センターに対するアンケート調査では、今後の経営・運営に問題を感じていると回答した組織が6割以上を占めている<sup>6)</sup>。

### 3. スマート農業について

#### 3-1 スマート農業に関連する用語

以上のような飼養頭数規模の拡大、高齢化、労働負担といった課題を解決するために、スマート酪農技術の導入が図られてきている。その概要を説明する前に、スマート農業に関連する各種用語について述べることにする。

冒頭で触れた情報通信技術、ICTは、Information and Communication Technology の略語で、情報を処理し伝達するために用いるコンピュータネットワークに関連する技術とされる<sup>7)</sup>。ICT と類似する用語に IT がある。これは情報技術 Information Technology のことで、コンピュータなどによって情報を処理する技術であり、ICT の一部に位置づけられる。IoT という用語も使われる。これは Internet of Things の略語で、モノのインターネットを意味する。センサーと通信機能が備わったさまざまなモノが相互に自由に交信する情報処理ネットワークシステムとされる<sup>8)</sup>。

スマート農業技術関係では、AI という用語も頻繁に使われる。人工知能 Artificial Intelligence のことで、定義は曖昧ながら、コンピュータを使って人間のような知能の実現を目指した技術とされる<sup>9)</sup>。AI や IoT を活用することでビッグデータの解析が可能となり、これまで数値化できなかったものを情報化することで新しい価値の創造につながることも期待される。なお、AI という用語は農業情報科学、Agri-Infomatics あるいは Agri-Infoscience の意味

で用いられることもある<sup>10)</sup>。

スマート農業技術として UAV の利用も進められている。これは無人航空機 Unmanned Aerial Vehicle のことで、構造上人が乗ることができず遠隔操作または自動操縦により飛行させることができる機器を指す<sup>11)</sup>。農業用途では、無人ヘリコプターや、複数の回転翼を備えたマルチローターあるいはマルチコプター、通称ドローンが含まれる。

#### 3-2 スマート農業とは

スマート農業とは、ロボット技術や ICT などを活用して超省力・高品質生産を実現する新たな農業とされる。日本の農業には、「気候や土壌などの地域特性に対応した匠の技」「地域性を反映した多種多様でおいしい品目や品種」「消費者ニーズに即した安全安心な農産物」といった点で強みがあるといえる<sup>1)</sup>。これらの強みと先端技術を掛け合わせたものがスマート農業技術と位置づけられる<sup>1)</sup>。農林水産省は、2013年にスマート農業の実現に向けた研究会を設置し、スマート農業によってもたらされる新たな農業の姿を「超省力・大規模生産を実現」「作物の能力を最大限に発揮」「きつい作業、危険な作業から解放」「誰もが取り組みやすい農業を実現」「消費者・実需者に安心と信頼を提供」といった方向性として提示している<sup>12)</sup>。「匠の技」を必ずしも必要としないことから、新規就農の促進にも寄与することが期待される。

## 4. 酪農におけるスマート技術

#### 4-1 実用レベルの技術

第2章で述べたような課題を解決するために、酪農の生産現場においても次に示す技術がすでに導入されている。農林水産省は、酪農の生産基盤強化を図る上で ICT やロボット技術を活用した各種技術の導入を支援し、生産性向上と省力化の推進を目指すとしており、そのような技術として、搾乳ロボット、搾乳ユニット自動搬送装置、発情発見装置、分娩監視装置、哺乳ロボットを例として挙げている<sup>13)</sup>。また、現時点で開発または販売されている

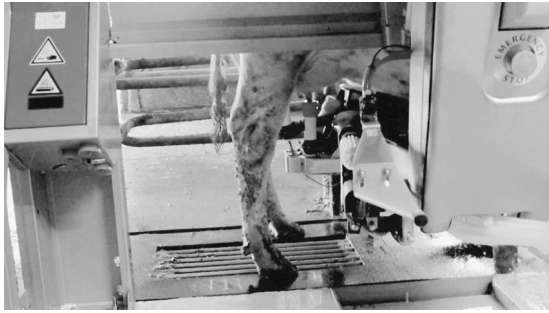


図4 搾乳ロボットの例（ティートカップ装着時）

スマート技術を農業現場に広く周知する目的で「スマート農業技術カタログ（畜産）」が公表されている（[https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/gijutsu\\_portal/smartagri\\_catalog\\_chikusan.html](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/gijutsu_portal/smartagri_catalog_chikusan.html)）<sup>14)</sup>。

#### 1) 搾乳ロボット（図4）

搾乳作業は、一般に1頭ごとに1日2回行うための労力と時間を要する。2017年度における搾乳牛1頭当たり労働時間（全国平均）は104.02時間で、そのうち牛乳処理・運搬を含む搾乳に関わる労働時間は48.82時間<sup>15)</sup>と47%を占めている。搾乳に関わる労働時間を365で除して1日当たりとすると0.13時間になり、平均搾乳牛頭数（2017年度調査：55.5頭）を乗じると1日の搾乳作業時間は7.22時間と計算される。搾乳を2人で行うと仮定すると毎日3時間40分ほどに相当する。

搾乳ロボットの導入によって、搾乳に要する労力や時間が基本的に不要となる。関連する作業としては、搾乳ロボットから取り込まれるデータを管理室において確認することが必要になる程度で、労力・時間は大幅に節減できる。北海道における搾乳牛110頭規模の導入農家を対象とした調査によると、搾乳に関わる労働時間が北海道の100頭以上飼養農家平均の21.6%に減少した事例が報告されている<sup>16)</sup>。ただし、ロボット搾乳に適合しない個体を別途搾乳する場合には、労働時間削減効果は限定される。また、搾乳ロボットのメリットとして、自動的にロボット室内へ進入し搾乳回数が平均3回程度かそれ以上に増えることにより、乳量が増加することも広く認識されている。一方で、搾乳回数を過

度に増やすことは、生乳の風味異常の原因となる遊離脂肪酸が増加する原因となることがあるため望ましくないと指摘されている<sup>17)</sup>。

日本の酪農生産現場には1997年に初めて導入され、現在は約350戸で約600台が稼働している<sup>18)</sup>。なお、搾乳ロボットにはロータリーパーラーに対応したタイプやつなぎ飼い式牛舎向けのタイプもあり、最近、日本にも導入事例が現れた。

#### 2) 搾乳ユニット自動搬送装置

多頭化に伴いフリーストールやフリーバーンといった放し飼い式牛舎の割合が高まっているが、タイストールなどのつなぎ飼い牛舎で乳牛を飼養する酪農家は依然多く、全国で約7割を占めている<sup>19)</sup>。つなぎ飼い式では、搾乳のために約9kgの搾乳ユニットを移動させる必要があり、その労働負荷が大きい。本システムは、つなぎ飼い式タイプの搾乳ロボットと比べてはるかに安価で導入できる。搾乳ユニットがレール上を自動搬送されるため、労力軽減とともに、作業能率が向上する。販売会社のホームページに掲載されているデータに基づくと、搾乳作業員数を3人から2人または1人に減らすことができ、その上で1頭当たり搾乳時間が導入前の63～76%に減少すると計算される。2002年に実用化された後、国内で350台程度普及している<sup>20)</sup>。

#### 3) 発情発見装置

発情の発見には、毎日一定時間の監視が必要で、夜間を中心に見落としが懸念される。本装置は、発情時に特異的に変化する歩行数・行動量や体温といった項目をセンシングすることで、発情を検知するものである。行動観察での見落としが回避できて、より確実に発情が発見できる。また、発情検知時にスマートフォンなどへ自動的に通知されるタイプもある。「スマート農業技術カタログ（畜産）」<sup>14)</sup>では、乳牛の発情発見技術として5種類が紹介されている。分娩間隔の短縮に効果があるとされ、全国平均432日に対し、導入後には419日にまで短くなった事例がある<sup>13)</sup>。

#### 4) 分娩監視装置、監視カメラ

分娩時の事故を防ぐためには、24時間体制での

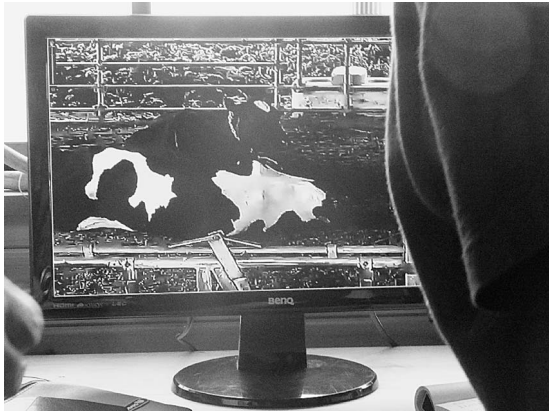


図5 監視カメラによる分娩房の監視状況の例



図6 エサ寄せロボットの例

監視が必要となるケースが少なくない。分娩監視装置は、陰内に挿入したセンサーにより温度変化をとらえるもので、分娩前における体温の特異的な変化に基づき分娩開始時刻を予知するとともに、一次破水に伴う温度変化に応じて分娩開始を検知する。分娩が始まるとスマートフォンなどへ自動的に連絡が届くので、分娩牛の近くに待機して長時間監視する作業から解放される。導入後の分娩事故率が2.2%から0.3%に減ったという例がある<sup>13)</sup>。

また、いわゆるネットワークカメラの利用によって、自宅や事務所など牛舎から離れた場所で分娩の開始や異常を確認できる(図5)。著者の調査では(未公表)、80頭規模の乳牛舎について、分娩房だけでなく牛舎内全体が監視できる台数のカメラを設置する条件で、初期費用が約120万円という事例がある。

#### 5) 哺乳ロボット

哺乳作業は子牛1頭ごとに1日2回以上行うため、その分の労力と時間が必要となる。哺乳ロボットの導入により、省力化とともに、少量・多回給与によって子牛の発育向上に対する効果が期待できる。哺乳作業に関する労働時間が80%低減した例がある<sup>13)</sup>。定置型のいわゆるボックスタイプの他に、単飼される子牛の間をレールに搭載された哺乳機が移動するタイプも市販されている。

#### 6) エサ寄せロボット(図6)

給与されたTMRなどの飼料は、採食のたびに少

しずつ押されて、給与後の時間経過に伴いやがて牛の口が届かない位置にまで移動する。そのまま放置すると、品質の低下や最終的に牛が採食できない量が増えることが懸念される。そのため、牛が再度採食できるように飼槽へ寄せる作業が不可欠とされる。このエサ寄せを無人・自動で行うエサ寄せロボットが市販されている。エサ寄せ作業は人手による場合、一般に1日当たり3回程度となるが、本ロボットではエサ寄せ回数を1日6~8回に設定する経営が多いようである。著者が複数の利用農家から聞き取った範囲では、当該作業からの解放に伴う省力化だけでなく、採食性が確実に高まることで、牛群全体の採食量が増えて結果的に乳量も増加したとの感想が聞かれた。

なお、酪農業に導入されているロボットには、搾乳、哺乳、エサ寄せの他に、除糞ロボットや自動敷料散布機もあるが、現在のところ日本における導入例は少ない。

#### 7) 経営データ管理システム

個体ごとの飼養データや、乳量、乳質、搾乳時間といった搾乳関連情報、発情や分娩、疾病の履歴、投薬記録や健康状態などのデータを一元的に管理するシステムが利用されている。個別に記録されていた情報や、提供元の異なるデータでも連携して取り込むことが可能で、相互に紐づけることができる。また、牛舎周辺の管理室内だけでなく、遠隔地においても利用できるタイプもある。企業が市販、ある

いは農協が組合員向けに提供するケースがある。

#### 4-2 スマート農業関連実証事業における取り組み

以上のようにスマート技術が導入されつつあるが、生産現場での現状を考慮すると、スピード感を持ってスマート農業の社会実装を進めることが不可欠といえる。このような視点から、現時点で最先端の技術を導入・実証することでスマート農業技術の更なる高みを目指すとともに、社会実装の推進に資する情報提供などを行う取り組みとして、2019年度から「スマート農業実証プロジェクト」が実施されている<sup>21)</sup>。現在、全国で69課題が採択されており、課題ごとに国公立研究機関、大学、農業者、生産者団体、企業、地方公共団体などが共同で参画して、2年間の実証期間で所定の目標を達成するよう各地で取り組まれている。畜産分野では酪農関係の3課題が採択、遂行されている。そのうち2課題の概要について以下に説明する。

##### 1) 次世代閉鎖型搾乳牛舎とロボット、ICTによる省力化スマート酪農生産の実証

実証代表機関：国立大学法人宇都宮大学

実証経営体：(有)グリーンハートティーアンドケイ  
(栃木県大田原市)

参画機関：宇都宮大学、パナソニック環境エンジニアリング㈱、オリオン機械㈱、㈱ファームノート、NECソリューションイノベータ㈱、㈱チーム那須、北海道大学、大田原市、(有)グリーンハートティーアンドケイ

酪農業を取り巻く高齢化、担い手不足、後継者不足といった問題により、さらなる省力化が求められていることに加えて、近年は、温暖化の影響で夏季が一層高温になっていることが生産現場における問題となっている。牛体に対する暑熱負荷が大きくなり、乳量や繁殖成績の低下、乳房炎などの疾病の増加によって生産性が低下している。これを回避するためには、個体別に適切な繁殖管理、健康管理が求められる。このような視点から、課題の解決に向けた実証研究が行われている。

本課題では、80頭規模のフリーストール搾乳牛舎を実証地として、世界最先端の牛舎換気システムを始め、搾乳ロボット、自動給餌機、自動敷料散布機、エサ寄せロボット、発情発見システム、個体別行動検知技術などを導入し、クラウドで飼養管理制御する新たなシステムの効果を検証している。乳量の20%増加、総労働時間の30%削減、繁殖成績の改善、適期発情発見法の確立と適期発見による損失の低減、蹄病の早期発見法の確立、およびこれらによる損失の低減を目標としている。

##### 2) 次世代酪農トータルスマートファームの実証～乳肉複合酪農における給餌から個体管理までの自動化体系の実証～

実証代表機関：国立大学法人鹿児島大学

実証経営体：農事組合法人霧島第一牧場（鹿児島県霧島市）

参画機関：鹿児島大学、デラバル㈱、東京理科大学、(農)霧島第一牧場

鹿児島県は温暖な気候や広大な畑地に恵まれた全国有数の畜産地域であるが、畜産業を取り巻く経営環境は急速に変化し、厳しさも増している状況である。さらに、環境保全や働き方の見直しなどの新たな社会的要請への対応も求められている。

本課題では、経産牛300頭、育成牛200頭、飼料畑102 haの経営体を実証地として、酪農業の全体にわたりロボット、ICT技術を導入する実証研究に取り組んでいる。すなわち、哺乳ロボット、初乳・生乳給与システム、濃厚飼料自動給餌機などを組み合わせた「スマート哺育」、乳中成分分析を組み入れた搾乳ロボットと自動調製・給餌機などを組み合わせた「スマート搾乳」、および給餌管理・繁殖管理・個体情報管理・環境管理システムにAI解析を採り入れてアドバイスを導く「トータルスマートファーム」を導入し効果を検証している。霧島という広大な自然の恵みを活かした、これからの時代にふさわしい新しい酪農業の創出を目指している。生乳・子牛の生産性向上、売り上げ増加とコスト削減による経営の改善、給飼・哺育・搾乳の自動

化と省力化、子牛・育成牛・搾乳牛の健全性向上を目標としている。

## 5. 飼料生産から生乳生産にわたる一貫的なスマート技術導入実証

第2章で述べた酪農を取り巻く状況を考慮すると、飼料生産の場面におけるスマート技術導入は現時点ではあまり進んでいないといえる。例えば、飼料生産における無人トラクタの利用は期待されているが、一般に草地・飼料畑は、水田や普通畑に比べて起伏が激しかったり形状がいびつだったりすることが多く、また障害物も多いという特徴がある。それらへの技術的な対応が実用化に向けての課題となっているようである。

日本の酪農業が持続的に発展する上で、資源循環に配慮し自給飼料に立脚した経営を継続することは必須である。そのような背景から、特に北海道ではTMRセンターの重要性が増しており、TMRセンターにおける自給飼料生産・TMR製造から構成酪農家における給与・生乳生産にわたる一連の場面でのスマート技術導入に期待が持たれている。筆者らは現在、上記「スマート農業実証プロジェクト」において下記のような実証研究に取り組んでいる。

実証課題名：TMRセンター利用型良質自給飼料生産利用による高泌乳牛のスマート牛群管理体系の実証

実証代表機関：農研機構北海道農業研究センター

実証経営体：TMRセンターアクシス、漆原牧場（北海道中標津町）

参画機関：農研機構北海道農業研究センター、計根別農協、アジア航測(株)、(株)イソジェック、(株)サングリーン太陽園、北海道インダ(株)、北海道立総合研究機構酪農試験場、ホクレン

### 1) 背景・課題

TMRセンターは、各酪農家における飼料生産・調製に要する労働力、初期投資の負担を軽減する役割を果たす。北海道内の組織数は2011年の45組織から2018年には80組織以上と急激に増加し、利用酪農家戸数および頭数も、直近のデータとして

2015年から2017年までの2年間にそれぞれ9%および31%増えている<sup>22)</sup>。このように重要性が増している道内TMRセンターであるが、上述のように人手不足が顕在化し、技術の継承、さらに将来的な運営の持続が困難になることが懸念されている。また、構成酪農家においては、飼養管理に特化することで経営の継続は比較的容易になる一方で、廃業酪農家の受け皿となることもあり、多頭化が急速に進んでいる。また、TMRセンターの利用に伴い、乳量・乳成分の向上が認められており、高泌乳牛を省力的に、かつ健康に飼養するためのより高度な技術が求められている。例えば、搾乳ロボットは省力化を図る上で有効であるものの、乳牛を健康に飼養するという視点からは、搾乳ロボットから自動的に収集されるデータの活用法について検討の余地が残されている。

以上のような背景・課題を受けて、牧草地・飼料用トウモロコシ畑約1,000 haを一括管理するTMRセンターと、その構成員で経産牛130頭を飼養する酪農家を実証地として、次のような検討を進めている。

### 2) 実証内容

#### (1) UAV利用に基づく高精度・高効率圃場管理技術

##### ① 飼料用トウモロコシ圃場における雑草繁茂状況、栽植密度の定量化技術

飼料用トウモロコシ圃場の雑草侵入・定着状況を的確に把握することで、除草作業を集中的に行うべき圃場内位置が判明して、除草作業の効率化、費用の節減、減収の防止、サイレージの高品質化に貢献できる。さらに、発芽後に株数を計測して栽植密度を確認することで、経験の浅いオペレータを中心に作業手順の改善が図られて、播種精度の向上と増収につながる。しかしながら、散在する合計250 haにも及ぶ全圃場について、雑草の状況や栽植密度を調査者の目視によって把握・計測することは事実上不可能である。そこで、ドローン(図7)による空中撮影と画像解析技術によって雑草繁茂状況の定量化およびトウモロコシ株数計測を実施している。現



図7 空撮画像解析に用いたドローン

在、比較的高精度で定量化できることを確認し、次年度の播種・栽培管理作業に反映させる計画である。

## ② UAVによる殺菌剤・除草剤空中散布

飼料用トウモロコシ圃場では、病害による栄養収量の低下が問題となることがある。例えば、すす紋病に伴う栄養収量の減少程度は著しい場合で2割ほどに達し、その防除のため殺菌剤散布が必要な場合がある。しかしながら、殺菌剤散布に適する8月頃にはトウモロコシの草丈が高く、圃場内に大型散布用機械が入ることはできない。その点で、無人ヘリコプターによる殺菌剤散布に期待が持たれる。無人ヘリによる殺菌剤散布作業をコントラクターが請け負う事例があり、道内TMRセンター圃場を対象にして100ha規模での散布実績がある。そこで、その経済性を含めて無人ヘリによる殺菌剤散布効果の検証に取り組んでいる。

なお、除草剤の空中散布は水田などで広く行われているが、草地・飼料作物圃場を適用場所とする空中散布が可能な製品は従来なかった。しかし、2019年2月にドローンなどを用いた農薬散布に関する農林水産省の考え方が示されたことに伴い、除草剤散布にドローンを用いることが可能となっている。上記①のドローンによる雑草状況の定量的把握と連携して、スポット除草技術についても実証する計画である。

## (2) リモートセンシングと作業自動記録による高品質サイレージ収穫調製技術

### ① 飼料用トウモロコシ収量予測技術

収量の的確な予測は、分散する大規模圃場の収穫時期・収穫順序を決定して作業を円滑、省力的に進

める上で、またサイレージの品質を向上させる上で重要である。従来、収量調査を行う場合は、調査者が組作業として実際に圃場に入ってサンプリングし持ち帰って計量している。そのため労力を要し、調査自体が困難な場合が多く、収量予測を熟練者の判断に依存する場合が多い。調査が可能な場合も大規模圃場では全体を代表するサンプル収集が困難なことや、ヒグマなど野生動物の圃場侵入が懸念されるといった問題を伴う。そこで、ドローン空撮画像解析によって定量される草高に基づく収量の予測、および衛生画像の解析によって定量される登熟度合いに基づく収穫適期の予測を行い、その有効性を検証している。

### ② 収穫調製作業の自動記録システム

収穫調製時には、分散する大規模圃場での収穫機(ハーベスタ)による収穫作業、収穫物のダンプトラックによる運搬作業、TMRセンターの大型バンカーサイロにおける詰め込み作業などが同時に進行する。作業が順調に進むためには、天候変化や各圃場の作業進捗状況、圃場からTMRセンターまでの距離など多くの条件にあわせた最適な作業手順を指示する必要がある。多くの場合、熟練者の判断で作業内容が指示されており、経験によらず意思決定できる支援システムが不可欠である。その目的で、スマートフォン、GPS(Global Positioning System, 全地球測位システム)機能、クラウド管理を組み合わせる収穫調製作業の進捗状況をリアルタイムで監視するシステムが開発されており、その有効性を検証している。当システムにより、最適作業手順の指示だけでなく、作業日誌に手入力していた作業日時、圃場・サイロ名称、作業内容、時刻、天候などの情報が自動または簡易記録できる。また、牧草が適期に収穫でき、サイレージ調製時に使用する添加剤が節減できる。仮にサイレージ品質に問題が生じた場合には、関連データをいつでも振り返って確認でき、品質悪化要因の特定とその改善に基づく高品質化が可能となる。

### (3) IoT活用によるTMR製造・製品管理の超高度化技術



#### ① IoT 活用型 TMR 製造システム

TMR の材料混合作業は、固定式ミキサーを使う場合と可動式ミキサーを使う場合があり、後者はトラクタで牽引するか、専用のトラックに常時搭載して使用する。一般的に大量調製には移動速度の速いミキサー搭載トラック（ミキシングトラック）が向く。この場合、各種濃厚飼料タンクまで移動し必要量を投入する際に、通常は作業者が所定位置で降車して、計量器をみながら投入操作を行い、終了操作、乗車、移動を数回繰り返す。この場合、計量誤差が無視できないことや、猛暑・厳寒時などにおける作業への負担が問題となる。そこで、あらかじめ管理室からデータを送信し、ミキシングトラックのキャビン内からタブレット上で操作することで、濃厚飼料が自動的に定量排出されるシステムを導入している。さらに、ミキシングトラックが所定位置に着くだけで定量排出される、タブレット操作も不要なシステムへ改良を施している。調査したところ、作業時間が約15%短縮されたケースがあった。また、1種類の濃厚飼料が1回に数百kgずつ排出されるところを従来5kg単位で計量したが、500g単位で計量できるようにして、より高品質なTMR調製が可能となるよう改良している。

#### ② QRコード型 TMR 製品管理システム

TMR センターから構成酪農家へ配送する際には、TMR の種類、配送先、個数などのデータを運転手が手書きで記録し、それをコンピュータに手入力して管理している。しかし、配送 TMR の種類の確認に時間を要することや記録の誤記といった問題がある。そこで、配送される TMR 梱包に QR コードを貼付して製品管理を容易にするシステムを導入することとした。従来のデータに加えて、使用材料の種類・組成、使用自給飼料の栽培収穫履歴などと紐づけることができる。構成酪農家に配送された後で TMR に問題がみられる場合は、各農家の庭先で、製造工程上の問題点が迅速に探索できるようになる。現在、プロトタイプを現地において適用し改良を加えている。

#### (4) IoT によるデータ活用型省力牛群管理技術

#### ① 搾乳ロボットデータの遠隔地アクセス・共有システム

ロボット搾乳時には、各個体のロボット訪問時刻・回数、前回訪問からの経過時間、乳量、活動量、反芻時間などの生体情報データが自動的に収集され、それに基づく牛群管理が各酪農家で行われている。これをさらに進めて、TMR センター構成酪農家の全搾乳ロボットデータを TMR センターにおいて把握できるようにし、これに加えてタブレットやスマートフォンでも表示できるようにして、外出先など遠隔地でも閲覧できるシステムを導入している。これによって、問題が発生した場合でも専門知識を有する従業員・関係者による対応や、他の農家での状況確認が迅速になった。また、生産現場では TMR の栄養濃度が高くなると、搾乳ロボット訪問回数が減少する傾向が経験的に知られており、訪問回数のチェックに基づいて、ロボットの利用率を最大にするように TMR メニューを効果的に調整できる点でも有効である。

#### ② 牛舎内乳牛位置情報解析システム

繁殖管理を要する牛や、搾乳ロボットデータなど各種情報に基づき問題があると判断された牛は、その捕獲・移動作業が必要となる。しかし、100頭規模のように多頭数を放し飼いにする牛舎において特定牛を発見するには熟練を要し、特に畜主以外の獣医師やヘルパーなどが対応する場合には、時間・労力を要するケースが多い。現在、各牛に取りつけた無線標識（ビーコン）によって、牛舎内を4分割して当該牛がどの位置にいるかといった情報が得られるようになっている。受信機の適切な設置個所や標識の耐久性など実用性について検証中である。

#### (5) 出荷生乳データ管理システムおよび生産プロセス一元管理システム

#### ① バルク乳データの遠隔地アクセス・共有システム

各酪農家は、生乳の出荷ごとに出荷合乳（バルク乳）の乳量、乳成分に関するデータを、農協を介して集乳サイドから入手している。これらのデータは通常ファクシミリで酪農家に届けられるが、これを

オンライン化して TMR センター、構成酪農家、関係者で共有するシステムを導入している。飼料メニューの調整など、迅速で広範な対応が可能となる。

### ② 圃場から生乳までの生産プロセス一元管理システム

TMR センターと構成酪農家における全生産プロセス、すなわち圃場管理から収穫・調製、TMR 製造・配送、飼養管理および生乳生産にわたるデータを一元的にチェックできるシステムを導入している。これによって、何か問題があった時には圃場管理にまで遡及して原因を確認し、必要な対策を講じることが可能となる。また、出荷生乳の生産履歴が明瞭に管理されて、生乳の差別化につながる可能性がある。

### 3) 実証目標

①栽培管理の高度化によるサイレージ収量・品質の改善と、収穫調製作業効率の10%向上、② TMR 製造労働時間の1割以上削減、製品管理作業時間を従来比10分の1に短縮、③乳牛の異常発生時の対応時間を従来比10分の1に短縮、④ TMR 高品質化による乳量・乳成分の改善と乳牛の健康の維持増進、を目標としている。

## 6. おわりに

スマート酪農技術が今後日本の生産現場に円滑に普及していくためには、いくつか課題があると考えられる。

各技術の開発は、主に民間企業を始めとする機械工学、情報工学などの専門家が担当している。その技術を生産現場に適用し、問題点を抽出、改良を加えて実用化に結びつけてきている。導入の加速化には、工学系の技術者と、家畜飼養、家畜管理、飼料生産など酪農に関わる各分野の専門家が協力してブラッシュアップを図る体制が不可欠である。また、営農指導の経験が豊富で生産現場の実情に詳しい農協、農業改良普及センターなど諸機関の関係者による各種調整の役割は大きい。今後も、関係者ネットワークの充実を図りながら、現場における課題を的確にくみ取って必要な技術開発につなげるよう取り

組む必要がある。また、スマート技術を農業者が「使いこなせる」ように適切に指導できる人材の育成も必要である。

生産現場への導入を想定した費用対効果の検証はきわめて重要である。各技術の正確性の検証とともに、省力化、低コスト化への寄与を定量化して導入効果を明確にすることが、スマート技術が無理なく現場に受け入れられるための必須の情報である。

スマート技術が浸透して、短期的には軽労化と労力不足解消が、中長期的には酪農業が魅力ある産業となり人材が確保され、新規就農促進、酪農地域の持続的発展が実現することを目標として、一連の研究に取り組んでいくこととしたい。

## 引用文献

- 1) 農林水産省、スマート農業の展開について、農林水産省 1-29 (2019)
- 2) 農林水産省、畜産統計調査、農林水産省、15-17 (2018)
- 3) 農林水産省、2015年農林業センサス、農林水産省 (2016)
- 4) 農林水産省、農業経営統計調査平成30年個別経営の経営収支、農林水産省 (2019)
- 5) 中央酪農会議、「酪農全国基礎調査」からみる日本酪農の現状、中央酪農会議、1-12、(2018)
- 6) 農林水産省、TMR センターをめぐる情勢 (TMR センター調査結果より)、農林水産省、1-4 (2017)
- 7) 徐誠敏、名古屋経済大学教職支援室報、1、277-292 (2018)
- 8) 境野哲、情報の科学と技術 67、560-565 (2017)
- 9) 渡辺克司、鹿児島国際大学情報処理センター研究年報、23、21-38 (2018)
- 10) 神成淳司、IT と熟練農家の技で稼ぐ AI 農業、1-183 (2017)
- 11) 井上吉雄、横山正樹、日本リモートセンシング学会誌、37、224-235 (2017)

- 12) スマート農業の実現に向けた研究会, 「スマート農業の実現に向けた研究会」検討結果の中間とりまとめ, 1-2 (2014)
- 13) 農林水産省生産局畜産部, 畜産・酪農をめぐる情勢, 農林水産省生産局畜産部, 12 (2018)
- 14) 農林水産省, スマート農業技術カタログ(畜産)平成31年2月公表(令和元年9月更新), 農林水産省, 1-5 (2019)
- 15) 農林水産省, 農業経営統計調査平成30年度牛乳生産費, 農林水産省 (2019)
- 16) 松本匡祐, 仙北谷康, 金山紀久, フロンティア農業経済研究, 20, 132-138 (2019)
- 17) 青木康浩, 片岡美幸, 上田靖子, 佐藤聡浩, 川目剛, 北海道畜産草地学会報, 6, 23-27 (2019)
- 18) 森田茂, 畜産技術, 771, 18-21 (2019)
- 19) 農林水産省, 本格的議論のための酪農・乳業の課題, 農林水産省, 3 (2014)
- 20) 宮原佳彦, 通信ソサイエティマガジン, 39, 161-166 (2016)
- 21) 農林水産省, スマート農業実証プロジェクト, 農林水産省, 1-73 (2019)
- 22) 北海道農政部生産振興局畜産振興課, 北海道の酪農・畜産をめぐる情勢, 北海道農政部生産振興局畜産振興課, 1-31 (2018)