

AI, IoT 等活用畜産先進モデル調査事業
令和元年度報告書（要約）

令和2年3月24日

公益社団法人 畜産技術協会

目 次

1、はじめに	3
2、令和元年度調査の概要	4
(1) 概要	4
(2) 各調査報告書要約	6
①、イスラエル・セルビア共和国における AI, IoT 等活用畜産先進モデル	6
②、スウェーデンにおける AI, IoT 等活用畜産先進モデル	20
③、オランダにおける AI, IoT 等活用畜産先進モデル	29

1、はじめに

近年の畜産農家の高齢化、飼養中止等の実態を踏まえ、畜産物自給率を維持していくためには中堅的畜産経営が大きな負担となっている飼養管理労力等を減量化していくことが重要である。そのためには最近耕種部門を中心に急速に導入が図られているスマート農業同様に畜産においても AI, IoT 等を活用した効率化が重要で、これらスマート畜産の海外の先進事例を調査し我が国におけるスマート畜産普及に資することが緊急な課題である。

このため本事業は、スマート農業に造詣の深い学識経験者による検討委員会を開催し、スマート畜産先進国事例から我が国畜産にマッチした AI, IoT 技術活用例を選定し、現地に出向きその国の畜産事情、畜産物需給、経営事情、技術体系といった立地基盤と AI, IoT 等の活用状況を調査して報告書として取りまとめ、広く畜産経営者、施設・機械製造業者等に提示して、我が国に適した AI, IoT 等の導入等を推進し、我が国畜産のスマート化に資することを目的としている。

平成 30 年度から 2 年間にわたり公益財団法人全国競馬・畜産振興会の畜産振興事業の一環として実施しており、30 年度は 3 カ国、4 モデルについて調査・報告し、本年度は 4 カ国、4 モデルについて調査したのでここに報告したい。

2、令和元年度調査の概要

(1) 概要

令和元年度の本事業は、下記検討委員会委員を中心に①令和元年度調査実施に向けての第1回事業推進検討委員会開催、②案件ごとの海外現地調査、③調査結果の報告・確認のための第2回事業推進検討委員会開催等を行い調査した案件ごとの特徴等を整理し、モデル普及の一環として本報告書を作成している。

①、検討委員会委員

本事業推進の中核となつていただく事業推進検討委員会委員は、次の6名の方々である。

大和田 勇人	東京理科大学工学部	教授
河村 正	家畜改良センター熊本牧場	場長
土肥 宏志	農研機構生研支援センター	総括研究リーダー
中久保 亮	農研機構畜産研究部門	主任研究員
仲西 孝敏	家畜改良センター岩手牧場	場長
舟橋 弘晃	岡山大学大学院環境生命科学研究科	研究科長・教授

②、第1回事業推進検討委員会

第1回委員会を6月12日に開催し、今年度の調査対象国、畜種等について説明・検討し、これを受けて農林水産省と各調査対象の重要性・緊急性等について協議し、次の4カ国、4モデルを調査することとなった。

- i : イスラエル・セルビア共和国、 乳牛・肉牛
- ii : スウェーデン、 乳牛
- iii : オランダ、 乳牛

③、現地調査

以上の経過を踏まえて具体的調査員を下記のように決定した。

- i : 舟橋検討会委員、井上調査委員
- ii : 大和田検討会委員、窪田調査委員
- iii : 中久保検討会委員、黄 調査委員

なお井上調査委員は家畜改良センター改良部改良技術専門役、窪田調査委員は鹿児島大学共同獣医学部教授、黄 調査委員は農研機構畜産研究部門研究員である。

調査日程は、

i : 11月 3～10日

ii : 12月 14～20日

iii : 10月 5～13日 である。

④、第2回事業推進検討委員会

第2回委員会は、各現地調査委員の調査データの分析・報告概要作成等を待って1月24日に開催し、報告内容の審議・確認・調整を行い、i及びiiについては3月3日にセミナー講演を予定し、i～iiiについては本報告書を作成することとなった。

なおセミナーについては3月3日開催を予定して準備を進めていたが、折からの新型コロナウイルスの感染拡大状況を踏まえ感染防止の観点から急遽開催を中止した。

(2) 各調査報告書要約

①、イスラエル・セルビア共和国における AI, IoT 等活用畜産先進モデル

- ・調査畜種：乳牛・肉牛

- ・調査日程：11月3～10日

舟橋 検討会委員

井上 調査委員

AI, IoT 等活用畜産先進モデル調査報告書（要約版）

◎報告者

舟橋 弘晃（国立大学法人 岡山大学大学院 環境生命科学研究科 教授）
井上 慶一（独立行政法人 家畜改良センター 改良部情報分析課 改良技術専門役）

◎調査国及び調査期間

イスラエル及びセルビア共和国 2019年11月3日～10日（8日間）

◎調査目的

令和元年6月12日（水曜日）開催の第1回検討委員会が開催され、委員から推薦された12事例からイスラエルを含む5候補に絞られた際に、「欧州企業のIoT活用事例調査」（2017年12月、日本貿易振興機構ブリュッセル事務所海外調査部欧州ロシアCIS課作成）にイスラエルのCattle Watch社による放牧肉牛のRFIDタグ利用に関する記載があることが話題に挙がった。

また、同じイスラエルのNOAというデータベースを運用するICBAが飼養管理、改良等ソフト面のIoT技術を広汎に活用についても、調査対象にしてはどうか、とする意見が出た。その後、イスラエルのこれら2つが調査対象として選定され、岡山大学の舟橋とNLBCの井上が調査に当たることとなった。それに伴い、第1回検討委員会以降に、農林水産省の羽島氏（前畜産振興課）がCattle Watch社CEOのIlan Arbel氏と取っておられた連絡内容や資料、連絡先の情報を受け取り、当事者と連絡を取り始めた。

連絡を取った相手は、以下の通り：

Cattle Watch社 (<http://www.cattle-watch.com/>) CEO の Mr. Ilan Arbel 氏と ICBA (Israeli Cattle Breeder's Association、<http://www.icba-israel.com/>) の専門マネージャー (Professional manager) の Dr. Yaniv Lavon 氏

◎調査方法

I. NOA プログラム（イスラエル）

乳用牛群管理プログラムである「NOAプログラム」の調査のため、Israeli Cattle Breeder's Association (ICBA) を訪問し、主にヘッドマネジメントプロジェクトマネージャーの Boaz Hanochi 氏と専門マネージャーの Yaniv Lavon 博士からイスラエルにおける酪農業の現状と NOA プログラムについて話を伺った。また、NOA プログラムを導入している大規模農場2農場（Hof HaSharon 農場、Givat HaShlosha 農場）を ICBA の協力の下訪問し、活用実態について調査を実施した。

II. Cattle Watch (イスラエル、セルビア)

牛・羊・山羊の遠隔行動監視システムである「Cattle Watch」の調査のため、Cattle Watch 社の顧問弁護士で、特許や税金の専門家である Ayal Shenhav 博士(GKH 法律事務所)の事務所を訪問し、Cattle Watch 社の創始者であり CEO である Ilan Arbel 氏から Cattle Watch システムについての詳細を伺った。

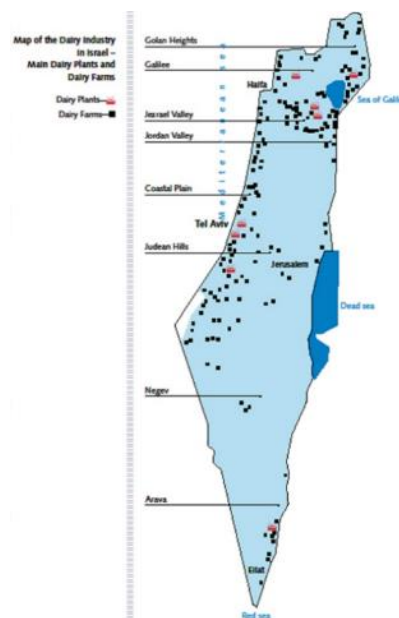
また、Cattle Watch の現場での利用について状況を調査するため、プロジェクトが実施されているセルビア共和国の TERI Engineering を訪問し、CCO の Jelena Stojanovic 氏とプロジェクトマネージャーの Srdan Sanojevic 氏からプロジェクトの概要を伺った。

◎調査結果

I. NOA プログラム (イスラエル)

1. イスラエルの酪農の現状

イスラエルで酪農を営む場合には、基本的にキブツ (Kibbutz) かモシャブ (Moshav) のどちらかの団体に属する必要があるようである。キブツは1から数家族単位で集団営農を行い、その利益を構成員間で公平に分配する理念をもつ集団であり、モシャブは農協のような農業共同体である。2018 年次点での酪農家数は 750 戸であり (下表)、イスラエルの夏はかなり暑いため、中西部から北部にかけての沿岸及び南東部ヨルダン国境沿いの谷部に集中している (右図)。乳用牛は全てホルスタイン種であり、飼養頭数は約 135,000 頭、乳用牛の改良は生産性重視であり、体型は重視していない (いわゆる「ショーカウ (共進会用の牛)」ではない)。全て人工授精で生産している。



平均乳量は 12,100kg、乳タンパク率 3.42%、乳脂率 3.83%。年間 15 億リットルの生乳を生産 (売上額: 約 30 億ドル) している (下表)。生乳及び乳製品の 80%が国内生産で賄われており、残り 20%が輸入で、輸入はほとんどがハードチーズ用である。

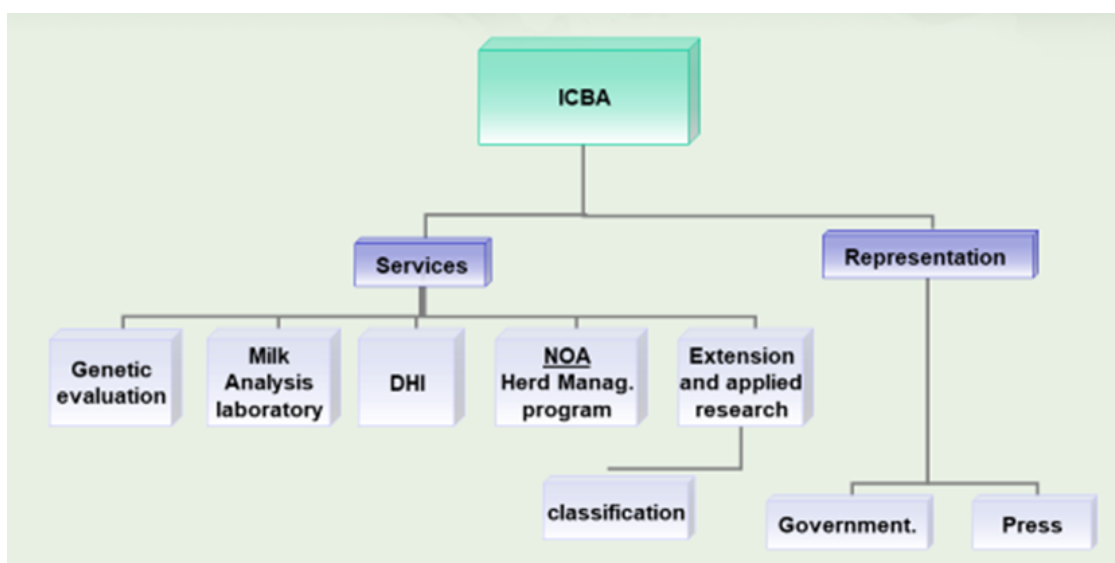
イスラエルでは、生乳生産量に対してクォータ (quota: 生産量割り当て) 制度を導入しており、年間の生乳生産量だけでなく、それを月別に割り振っている。イスラエルの夏は暑くまた長く、暑熱ストレスで乳量が低下するため、乳価は夏に高く、冬に安くなる。このため、暑熱ストレス軽減対策だけでなく、日乳量が高くなる泌乳初期 (分娩後) が夏になるように交配計画を実施している。酪農家数は年々減少しているが、農場当たりの平均乳量は年々増加している。

	酪農家数	農場当平均割当乳量 (kL)	総生産乳量 (kL)
キブツ	164	5,505	902,852
モシャブ	573	1,103	631,827
農業学校	13	1,079	14,033
合計	750	2,065	1,548,712

2018年の農場形態別酪農家数、農場当たり平均割り当て乳量、総生産乳量

2. ICBA (Israeli Cattle Breeder's Association)

ICBA は全ての酪農家の代表として約 95 年前に設立された組織であり、政府へのロビー活動を行っている。また、独自で牛群検定 (DHI) を実施しており、関連情報についても、国内の情報を包括的に統合した Herdbook (国内登録番号をキーにしたデータベース) により統括し、牛群管理プログラムである NOA プログラムの開発・運営、酪農家へ各種情報を提供している (下図)。職員は 52 名、NOA プログラムの運用は 7~8 名で担当している。



ICBA と関連組織図

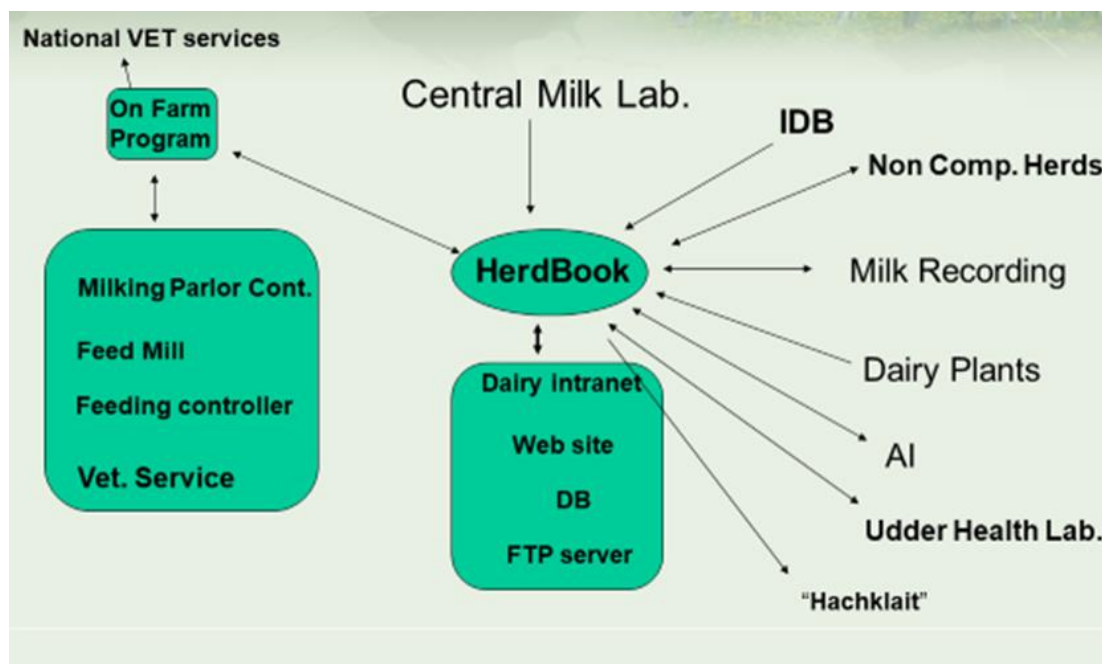
3. Herdbook

Herdbook は、牛個体の登録番号をキーにした、データ収集・検証・加工、遺伝的能力評価 (Interbull、Geneseek)、報告書作成などが可能な広範囲な記録システムである。Herdbook の開発には IDB (金融機関) からのサポートがあった。現在、90% 以上の農場のデータをカバーしている。収集されるデータは以下のとおりである (下

図)。

- ・ 毎月の DHI による泌乳データ
- ・ DHI でサンプリングされた乳汁の成分を **Central Milk Laboratory** で解析した結果（ここで解析された乳成分の結果が酪農家の乳価に反映される）
- ・ 農場からの分娩・乾乳牛、新規搾乳牛、淘汰牛、妊娠鑑定結果、治療結果などのデータ
- ・ **Sion A.I.**（人工授精サービス会社、95%の牛の人工授精をカバー）に所属する授精師による人工授精データ
- ・ **Udder Health Laboratory**（乳房炎対策の研究室）による体細胞数などの結果
- ・ 集乳加工場からの乳脂肪、乳蛋白、乳糖、体細胞数などのデータ
- ・ **Interbull**（国際遺伝的能力評価機関）からの国際遺伝的能力評価結果（年3回）
- ・ 国内の研究機関（**Institute of Animal Sciences of the Agricultural Research Organization**）で算出された国内の伝的能力評価結果（年2回）

Herdbook をキーにして収集・集計された情報は、データ提供元でもある各農場、**Sion A.I.**、**Udder Health Laboratory** に提供される他、毎月集計情報を農業省（**Ministry of Agriculture**）の外郭団体や大学、飼料センター、地域農協などに提供しており、泌乳記録を含む診療・治療情報を、15名の獣医師が所属し、獣医療サービスを行う組織である **Hachklait** に提供している。



Herdbook をキーにした牛群データの流れ

4. NOA プログラム

NOA プログラムは、各団体が所有するデータを包括的に統合し、定期的にアップデートした情報を生産者にわかりやすい形で提供することで、効率的な乳牛群管理を可能にするためのシステムである。また、これらの情報を、Herdbook や NOA を管理運営する ICBA、人工授精を行う Sion A.I.、獣医療サービスを行う Hachklait の3者で共有することにより、生産者に対する的確なフォローアップを実現している。Milking Parlor Controller や Feed Wagon Controller、Vet Mobile Application、Hooftrim Mobile Application などと連動することが可能。生産者は、NOA プログラムの他、リアルタイムで情報を収集・活用できる Afimilk または SCR を導入して情報を管理している。90%以上の生産者が NOA プログラムに参加しており、Afimilk を導入しているのは約 60%、SCR の導入は約 40%とのことである。NOA 牛群管理プログラムの主な機能は以下のとおりである。

①牛群管理

- ・繁殖・泌乳（乾乳・淘汰など）に関する全ての記録の管理と集計
- ・やることリスト（獣医に見てもらふ、廃用など）の情報管理
- ・Hachklait と提携した診療計画管理
- ・遺伝的能力情報の管理

②乳生産及び泌乳記録

- ・生乳市場価格の動向表示（インターネット連動）
- ・泌乳記録の管理と集計
- ・Afimilk や SCR などのリアルタイム情報収集機器との連動

③生産量割り当て計画

④飼料給与管理

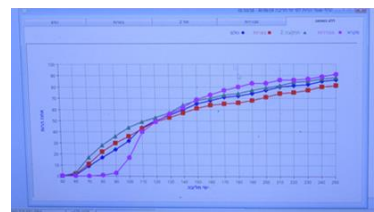
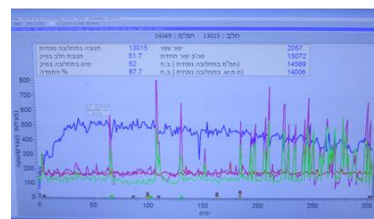
- ・飼料比率及び給与量の計算
- ・農場単位での飼料摂取量及び飼料効率の計算
- ・フィーダーワゴンとの連動による給与飼料の自動積み込み

⑤遺伝的能力管理及び交配プログラム

- ・人工授精計画作成
- ・種雄牛の能力表示（最新の育種価は Interbull 評価の翌日に一斉配信）
- ・育種計画ツール（近交上昇回避機能）

⑥経営管理

⑦統合報告書作成



5. NOA プログラム導入牧場訪問

(1) Hof HaSharon 農場 (11月4日午前訪問)

3つのキブツ (Shfaim、Yakum、Gaase) による経営。飼養頭数約1,000頭で従業員は15名、60頭規模の平行ミルクングパーラー (右写真1段目) と地下にサンプリング施設 (右写真2段目) があり、1日3回搾乳し、4名で対応している。暑熱対策として、搾乳前に待機場で1分間の霧噴霧後、4分間送風している。月1回DHIテストを受験している (サンプルは全て、上述のICBAのCentral Milk Laboratoryに送付される)。

キブツによる酪農場は164あるが、ここは最大級上位20くらいに入る大規模農場である。通常のキブツ農場では、300頭規模で、4~6人で経営しているとのこと。

オンラインシステムのAfimilkとオフラインのNOAプログラムを併用。NOAプログラムは20年前に開始した。費用は1頭、1か月当たり2シュケル (1シュケル=約31円) である。NOAプログラムで計算した飼料構成をデータでフィーダーワゴン (右写真3段目) に送付している。飼料ごとの積載量を自動で計算してくれる。フィーダーワゴンで給与した飼料データもNOAプログラムに還元される。飼料費が高いので、マネージャーは常にチェックしているとのこと。粗飼料は国内で生産しているが、濃厚飼料は輸入している。

約14ヵ月または体高が125cmでAIを実施、受胎率は未経産牛で約60~65%、経産で40~45%。全ての乳牛は、足に個体認証用のICタグを装着しており、ゲートやミルクングパーラーなどに設置されている読み取り器で各乳牛の動き等を管理している (右写真4段目)。



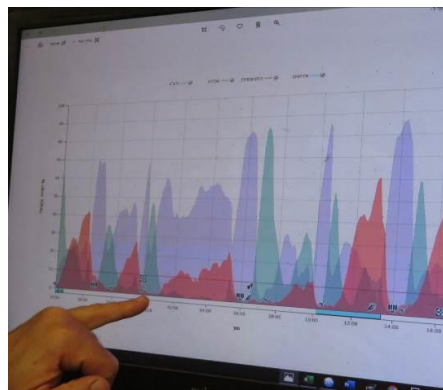
(2) Givat HaShlosha 農場 (11月5日午前訪問)

単独のキブツによる経営。1952年が起源で、未経産牛 250 頭、搾乳牛 240 頭、乾乳牛 33 頭を飼養している。将来的には更に 150 頭増頭したいと考えている。全農場従業員は 9~10 名、通常は 8 名で作業している。パーラー (右写真 1 段目) は片側 12 個の計 24 頭分で搾乳作業員は 2 名。

NOA プログラムと SCR システムを併用しており、関連付けは耳標番号で行っている。AI 開始時に SCR システム (カラー、右写真 2 段目) 装着。500m² くらいは電波届く (Wi-Fi 使用) ので、受信機は一つ。

NOA プログラムと SCR の使い分けとして、NOA プログラムでは、個体毎にやることリスト (獣医に見てもらふ、廃用など) の情報が表示されるので、忘れなくてよい。農場ごとの飼料効率が計算可能であるが、残滓量を測定していないので、精度は不明である。最新の育種価が全農場に一斉配信 (インターブル評価の翌日) される。各個体のデータが自動的に送信され、担当者ともパソコンで連絡できる。アラートのパラメータを生産者が変更できるのが便利。一方、SCR では、リアルタイムな情報が得られる。携帯電話 (スマートフォン) でも受信操作可能であり、監視も可能。発情発見は、群の平均からの偏差で示される (右写真 3 段目)。毎回 12 分毎にデータが送信される。システム上は、採食時間、横臥時間、反芻数時間、運動時間、暑熱ストレスなどが測定可能で、グラフ表示もされる (右写真 4 段目)。

給与飼料は外部から購入。糞尿による地下水汚染が問題であり、対策が必要とされている。



II. Cattle Watch (イスラエル、セルビア)

1. Cattle Watch 製品概要

(1) 機器本体

Cattle Watch は、ネックベルト (カラー) で牛や羊の首に装着する遠隔行動監視システムである。カラーにしたのは、アニマルウェルフェアに考慮し、可能な限り家畜を傷つけない方法を採用したためである。自社で製品は作っておらず、知識と特許を販売している。このため、センサーとカラーは牛用と羊用の 2 種類あるが (写真上段左: 羊用、上段右: 牛用)、事業を実施している国で製造しており、牛用はアフリカで、羊用はニュージーランドで製造・利用している (日本で安価で品質の良いものを作ってくれると有難い)。

センサーは通常サイズのもの (写真上段) で重量は 250g、単 3 型電池 2 本で 1 年作動する。これは、アフリカなどの資源に限りのある状況下での利用を仮定しているためであり、限られたエネルギーで多くの情報得ることを優先している。データ送信に電力がかかるため、少量のデータをクラウドに送り、多くの情報を作成する手法を採用している。電池が切れたら、製品ごと取り換えるのではなく電池を取り換えるだけでよい。アフリカでの利用を想定しているため、自然交配用として開発しており、得られる発情情報量が少なく、発情発見精度も低い。大きい方 (写真下段右) は、より発情発見の精度が高いが、重量は 2kg となり、ソーラーパネルも付帯している。

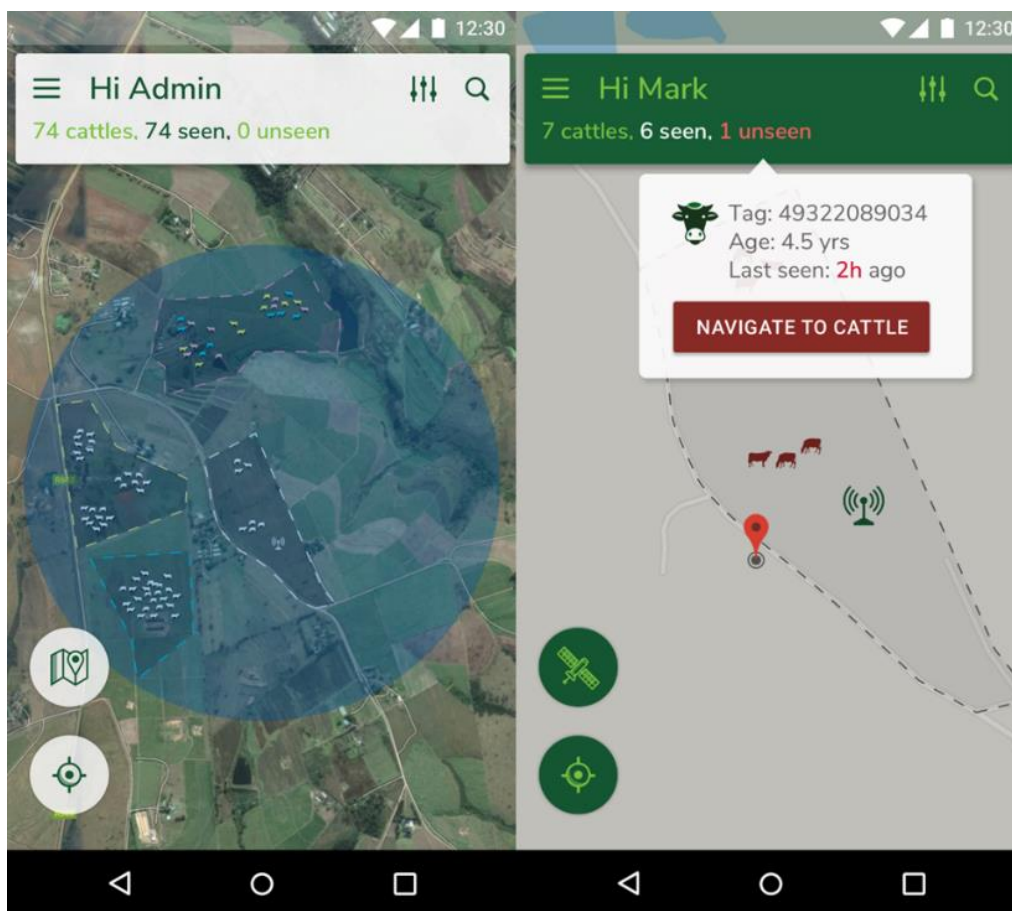


(2) 機能

センサーは加速度センサーを利用し、その行動量の違いから、AI を活用して発情を検知している。しかしながら、上述したとおり、通常サイズのセンサーでの発情発見精度は低い。また、飼料摂取量は計測できない。行動判別は、走行・歩行・静止・横臥・採食・発情などを判別可能。行動量調査の結果から、どの牛個体の生産性が高いか判断が可能である。

また、GPS を利用した位置情報から、個体の位置を追跡（トラッキング）し、放牧地（敷地）外に逃走・盗難された個体があった場合の検知が可能。特定の範囲外に出たら携帯電話に警告が来るシステムも装備（GPS と衛星写真を利用した個体の位置情報（下図左）と農場敷地外に出た個体を通知する警告（下図右））。盗難者が個体からカラーを外したり、切ろうとした場合や、野生動物のような外敵に襲われたり病気になった場合も警報が来るようになっている。

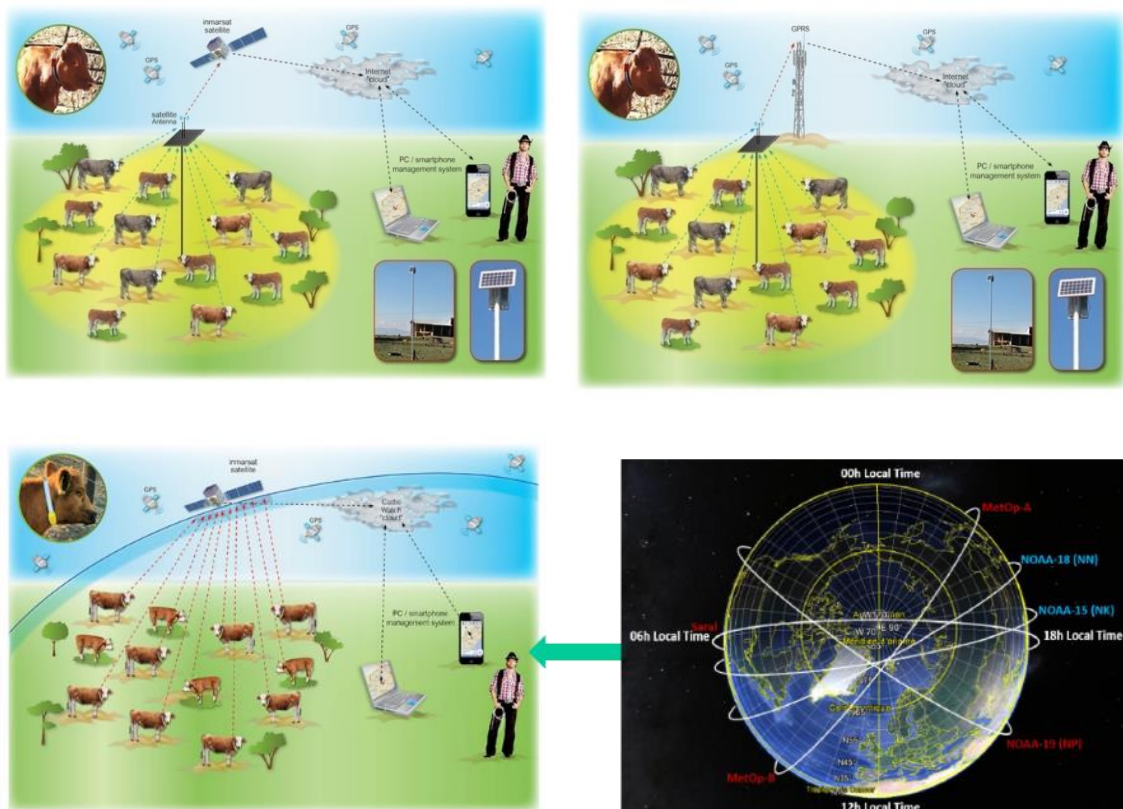
更に、ドローンを利用した家畜監視システムも Cattle Watch 社では開発・実用化しており、ドローンによる監視については、赤外線機能で夜でも可能である。また、家畜を盗むためカラーを切ろうとしている人物を自動でドローンによる撮影が可能である。



(3) 通信機能

通信は、Cisco Systems, Inc の LoRa や衛星通信を利用している。LoRa は LPWA (Low-Power Wide-Area) の規格の一つであり、LPWA は Bluetooth などの数 10m 程度の近距離無線では満たせない遠距離の範囲を低消費電力でカバーする無線通信方式のことである (彼らは 915MHz 帯、日本では 920MHz 帯を利用)。なお、使用電波域は、セルラーなどの地元通信業者と提携しているため、どの国においても電波関係の法律に関する問題は生じない。

通信方法は、衛星と LoRa の組み合わせ (下図左上)、LoRa と携帯電話システムとの組み合わせ (下図右上)、直接衛星を用いた通信 (下図下) の 3 パターンがある。衛星を利用すると、通信料金が上がる。また、直接衛星を用いた通信 (下図下) の場合、90 分毎のデータ通信となるので、家畜の盗難の危険性が高くなる問題点がある。受信アンテナは 10km 四方 (1,000 頭規模) をカバー可能で、電源はソーラーシステムであり、50cm~80cm 四方のソーラーパネルを利用している。ソーラーパネルのサイズは設置場所に応じて計算して設置している。



2. 現在進行中のプロジェクトについて

現在、ニュージーランド、南アフリカ、セルビアでプロジェクトを実施している。南アフリカでは政府プロジェクトとして実施しており、プロジェクト期間は 4 年間。

南アフリカでは、利用できる草地が非常に少ないので、他人の土地に家畜が入り込むと紛争問題になってしまうのが大きな課題である。また、家畜の盗難や野生動物による被害が多い。しかしながら、土地が広大なので、家畜の動向を把握するのは困難である。そこで、広大な土地で家畜時の状況を目視で確認できなくても、位置情報を利用して確認できるようにした。前述のとおり、アフリカでは資源が乏しいため、収取可能な情報量は少ないが、長距離のデータ送信が可能となる設定で開発している。

3. セルビアでの Cattle Watch 利用状況

(1) 導入背景

セルビアの農家では、野生動物に襲われるなどの家畜の損失が問題になっている。また、発情見逃しによる生産損失も大きい。これらの状況の改善を期待して、Cattle Watch と提携した。セルビアは四季があり山がちであるため冬は雪も多く、夏に放牧して冬は舎飼となる。このため、夏の放牧での個体の迷子に Cattle Watch は役立つ（個体数 5~10%up）と考えられる。

(2) 事業の現状と予定

1990 年に産業自動化のために発足したコンピューター会社である TERI Engineering（以下、TERI）がこの事業を先導しているが、国営企業のテレコムセルビアとの共同開発となっている。ビジネスモデルとしては複雑であり、TERI は直接農家とやりとりはしておらず、また、データベースもテレコムが開発している。

牛と羊で実施予定であり、現在は準備段階で来春からテストを開始する予定である。予定としては、パイロット 1 農家 20 頭から開始し、最終的には数農家で 2,500 から 3,000 頭を対象とする予定である。対象地域は標高 1,000m 程度の山間地域としているが、アンテナ建設を依頼しているテレコムセルビアがまだ山間地域に設置していないため、Cattle Watch の実際の利用は進んでいない状況にある。

セルビアの西側では牛の協会やオーナーと提携しており、また、ベオグラードの大学などとも提携している。セルビアは大きな国ではないので、農家個人が興味を持たば提携するといった進め方をしている。

羊はクロアチアやセドニアで盛んであるため、現在、連絡を取り、事業実施の協議を進めている。今後は、ユーゴスラビアやクロアチアとも連携したい。

現在、EU 各地での展開について EU と予算面で協議中である。

(3) Cattle Watch の試用状況

デバイスはセルビアで製造せず、Cattle Watch 社が送ってきたものを使用する（注：Cattle Watch 社ではデバイスを自社で製造していないので、南アフリカの事業で用いているアフリカ製のデバイスと思われる：写真）。



牛の位置をトラッキングし、特定の範囲外に出たら携帯電話に警告が来るシステムを利用予定。牛の位置をトラッキングする精度は、牛がいる場所（牛舎内外）やネットワークの状況、シグナルの頻度によって異なり、おおよそ 10~15m の範囲である。一方で、シグナルの頻度が高いとバッテリーがすぐ切れてしまう問題もある（フル GPS であるとすぐだが、2 分毎であれば 1~2 年はもつ）。

電波（865MHz、912MHz）状況が悪く、本格的な施設の設置も難しい山間部では、モバイル電波ステーションを利用すれば、15km 範囲をカバー可能である。電源もモバイルバッテリーが利用可能である。また、Wi-Fi のないところでは、4G を利用することも考えられる。

（４）懸案事項

セルビアは牛より豚が多く、牛は牛舎飼いが多いため、Cattle Watch の利用拡大について懸念もある。また、牛肉や豚肉の価格が安いので、機器導入のコストが大きな問題である。

◎調査所感及び我が国への機器・システム導入における問題点

イスラエルという暑熱環境下で暑熱ストレスに弱いホルスタイン種を飼養するというハンデを抱えながらも、泌乳量世界一を保っているのは、徹底した生産性と追及した育種改良と、データを統合・一括管理して分析し、その情報を基に業界全体で牛群改良をしてきた結果である。Herdbook や NOA プログラムでの牛群管理のように、組織・企業をまたいでデータを共有しているのは驚きである。日本では組織により所有・管理しているデータが異なり、一部のデータの共有はあるものの、統合一括利用には至っていない。日本よりも小さい牛群規模での改良にもかかわらず、これだけの成果をあげているのは、データの共有・統合があつてのことである。これは大いに見習い、日本の乳用牛改良体制を見直す必要がある。NOA プログラムについては、ヘブライ語で作成されたバージョンしかなく、統合システムであるので導入我が国への導入には至らないが、上述したようなデータ管理・活用方法については見習うべきである。

Cattle Watch については、ハードを販売するのではなく、ソフトやそのシステムを商品にするという発想に目からうろこが落ちた。ハードを作成するには、工場や生産シ

システムが必要であり、在庫も抱えることになる。また、海外への輸出費用もかかる。さらには、各国の事情により電波法や利用する地形も異なるが、ソフトであればその国の事情に合わせてカスタマイズしたり、その国の通信会社と提携してハードを開発・生産したりすることが可能である。ただし、我が国への導入については、上述したとおり、日本の通信会社（例えばNTTなど）と共同開発する必要があることから、即時に導入・活用できるものではない。

◎調査日程の概要

11月4日（月曜日）午前

訪問先：Hof HaSharon 農場

対応者：Dr. Yaniv Lavon（ICBA 専門マネージャー）

調査対象機器：NOA プログラム（+Afimilk）

11月4日（月曜日）午後

訪問先：Israel Cattle Breeder's Association（ICBA）、

対応者：Boaz Hanochi（ICBA ヘッドマネージメントプロジェクトマネージャー）

Dr. Yaniv Lavon（ICBA 専門マネージャー）

調査対象機器：NOA プログラム

11月5日（火曜日）午前

訪問先：Givat HaShlosa 農場

対応者：Idan（農場マネージャー）、Dr. Yaniv Lavon（ICBA 専門マネージャー）

調査対象機器：NOA プログラム（+SCR）

11月6日（水曜日）午前

訪問先：Cattle Watch（顧問弁護士の事務所で対応）

対応者：Ilan Arbel（Cattle Watch Founder & CEO）、Dr. Ayal Shenhav（GKH 法律事務所：顧問弁護士：特許や税金の専門家）

調査対象機器：Cattle Watch

11月8日（金曜日）午前

訪問先：TERI Engineering

対応者：Jelena Stojanovic（CCO）、Srdan Sanojevic（Senior Project Manager）

調査対象機器：Cattle Watch

(2) 各調査報告書要約

②、スウェーデンにおける AI, IoT 等活用畜産先進モデル

・調査畜種：乳牛

・調査日程：12月14～20日

大和田 検討会委員
窪田 調査委員

スウェーデンにおける AI,IoT 等活用畜産先進モデル

大和田 勇人 ●東京理科大学理工学部

窪田 力 ●鹿児島大学共同獣医学部

米国、豪州、EUにおける搾乳ロボット等を核とした情報処理、通信技術等を活用した先端畜産経営技術体系（AI、IoT）を取り入れた先進的な畜産経営技術を調査し、我が国における AI、IoT 等の最新技術の活用による生産性の高い畜産（スマート畜産）の普及を図るため、令和元年度 AI,IoT 等活用畜産先進モデル調査事業において、スウェーデンを訪問し、酪農に関する自動化機器の開発現場と現地農場の調査を実施した。

1. スウェーデンにおける酪農とスマート化

スウェーデンは 450,000 km²の国土であるが、そのうち 10%は湖や川で 60%は森林や未開発地である。国土は北～南まで 1,574km（東西は 500km）で細長く、海岸線は 11,000km である。スウェーデンの酪農飼養形態について、繋ぎ牛舎は消えつつあるが小規模農場でまだ残っている。飼養管理の流れとして小規模農場は繋ぎ牛舎とパイプライン、中規模～大規模農場はフリーストールと搾乳ロボットとなっていて、新規に建設する農場の 80%は搾乳ロボットを導入している。これは、導入に際して補助金があること、動物福祉の観点と雇用賃金（人件費）が高いこと、機器導入により生産性が向上することから、自動化機器を導入した方が経営的に安定すると考えられている。また、国の施策により有機の農産物（食料）を増やしているが、牛乳に関しては有機牛乳（Organic milk）のトレンドが薄れているようである。これは有機牛乳の販売価格が高く、有機牛乳より一般的な牛乳を購入する購買者が多いためである。スウェーデン国内の年間生乳生産は 2,760,000 トンで、そのうち 370,259 トン（約 13%）が有機乳である。国内には乳業会社が 26 あり、酪農場は 3,350 戸、そこで 313,000 頭の乳牛が飼養されており、酪農場の 13%がオーガニック（有機）の認定農場である（KRAV 認定）。1 農場あたりの平均飼養頭数は 92 頭、1 頭当り平均 8,900kg の牛乳生産で、乳製品の一人当たり年間の消費量は 376kg（日本＝51.5kg（J-Milk 調べ））で、乳製品の自給率は 72%である。また、スウェーデンでは動物福祉の観点から、夏期 3 ヶ月間は日中に放牧場で飼養することが義務づけられているため、すべての農場は放牧場を有している。肉用種は国内に 200,000 頭が飼養されている。

2. デラバル株式会社訪問と酪農自動化機器の開発

デラバル社では持続可能酪農の実現に、Environment（環境：電力や水の消費）、Social

responsibility (社会的責任)、Farm profitability (農場の収益性)、Animal welfare (動物福祉)の4つの柱を掲げている(Four pillars of Sustainability)。Happy cows are productive cow. = 幸せな牛は生産的な牛である、をモットーに、全ての農場と全ての農家様へそのためのハードウェアとソフトウェアを供給する。全てとは大規模農場だけでなく、その国の平均的な農場に対してもということである。スウェーデンの酪農の平均飼養頭数は80頭程度で北海道と同じくらいで、近隣のオーストリアは50数頭飼養が平均である。このような各国の平均規模農場から、VMSを32台導入(ロシア:2900頭搾乳)、76台導入(チリ:約5,000頭搾乳)などの大規模自動化農場や1,000頭を搾乳するロータリーミルクキングシステム(ドイツ)(日本にも同規模農場有り)など、様々な規模や飼養形態に対応する設備とシステムを開発・供給している。

デラバルの酪農自動化機器を統合・情報解析等行うシステムのプラットフォームがデルプロである。機器とともに使用することにより、経営指針と同様にアニマルウェルフェア、作業効率、農場の収益性、食の安全に資する(=農場を管理出来る(ファームマネジメント))ことが出来る。ファームマネジメントとして、乳量向上のフォロー、給餌効率向上のフォロー、繁殖向上のフォロー、牛の健康増進のフォロー、農場マネージメントのフォローを行っている。デラバル社のスマート化(自動化)機器ではハードナビゲーター(HN:乳中成分自動分析器)が有名であるが、乳房炎の検出精度については、SCC(体細胞測定)が95%、HNが80%、MDi(泌乳状況等解析)が67%と考えており、VMSにはHNの他、SCCの自動計測装置も付加出来ることから、農場の希望に応じて選択することが必要と考えられた。

搾乳の自動化=搾乳ロボット(VMS)の導入について、Barn PlanningとしてCow Traffic(搾乳牛の動線)、搾乳牛のグループ化、の検討を勧めている。搾乳ロボットによる搾乳体系では、牛が自身で搾乳ロボット(搾乳場)まで動かないといけないことから、搾乳場へ動くための動機付けが大事である。この動機付けには餌と飲水が非常に大きく、他には搾乳場をファンで冷却することやカウブラシなどの設置がある。また、搾乳牛舎の設計として、搾乳場や餌場までの距離と移動のし易さが重要である。デラバル社は牛の行動について20年以上の経験があり、上記のような行動を牛に教えるために、他の牛から学ぶことも容易である。搾乳ロボットまでの動線には、Free cow traffic(自由に搾乳ロボットへ移動出来る)、Milk First(搾乳をすると餌場へ移動出来る)、Feed First(餌場から搾乳ロボットへ移動できる)の3パターンがある。国内でも設計時にどのパターンにするかの検討が行われるが、デラバル社では一般的なルールとしてPMRの条件、飼養頭数、建設費、労働力によりいずれのパターンが適する可能性があるかを検討している。搾乳ロボット導入によるバーンのグループ化は搾乳ロボットの配置にもよるが、グループ化出来る場合は、大きく移動無しでグループ化する場合と泌乳量毎(分娩後日数毎)にグループ化する場合とに分けられる。グループ化した場合、1台の搾乳ロボットで賄う推奨の搾乳牛頭数と、それぞれのメリットとデメリットを示している。

3. Hamra Farm (ハムラファーム) 訪問

デラバル社は本社敷地内に Hamra Farm (ハムラファーム) を有しており、デラバル社とは別経営で 25 人の従業員を雇用している。1894 年にデラバル農場として AB Separator 社が農場を買収し、その後ストックホルム(市街地)から牛乳生産(酪農業)を郊外に移す施策により現在の地に移っている。デラバル社は敷地内に展示場を設置して来訪者向けにデラバル社の製品を展示しているが、同時に研究と製品の開発や実証および製品の稼働風景を農家様に見てもらうためにハムラファームを運営している。また、ハムラファームではデラバル社員の技術研修等教育を行う役割を持っており、宿舎・レストランを完備している。商業的には生乳と牧草の生産と販売、林業と砂(土)の販売、不動産を生業としている。総面積は 3,600ha で大半は自前の土地であるが、近隣の農場から草地管理を委託されている部分もある。

飼料作物部門は 6 人の従業員で稼働し、ハムラファームで使用する飼料全部を作り、残りは販売をしている。近隣には馬を飼養している小規模農場も多く、年間 1,500 ロールベール分の馬の飼料を販売している。また、乾草は 400 トン生産して、200 トン分を販売している。生産作物はキャノーラー小麦-大麦-牧草のように輪作をしている。トラクターは西ヨーロッパの高馬力トラクターで著名なドイツ・フェント社製を使用しており、圃場では運転に人が乗車しているが、作業時は自動運転化されている。

生乳生産では、260 頭の搾乳牛と 250 頭の育成牛を飼養し、スウェーデン赤牛種(Swedish Red Breed : SRB) とホルスタイン種が半数ずつである(訪問した他牧場でも SRB とホルスタイン種を半々くらいに飼養している場合が多い)。搾乳は 3 つの施設に分かれており、一つは 1901 年に建設された当時のままの搾乳牛舎(タイトとパイプライン搾乳=約 100 頭)と研究開発牛舎としてフリーストールでパーラー搾乳(約 100 頭)と VMS(ロボット搾乳=約 60 頭)が行われている

ハムラファームでは育種改良の目標が設定されている。用いているのは Nordic Total Merit (NTM)で、NTM は雄牛と雌牛を交配することで遺伝可能なさまざまな遺伝的特性の複合インデックスで、牛の「遺伝的資本」を開発して、牛乳の生産や病気に対する抵抗力などの能力の高い新世代の牛を繁殖させることにより、群れの収益性と機能性を高めることを目的(生産性の高い丈夫な牛を作る)としている。このため、繁殖には搾乳ロボット等の自動化設備に適応する雄牛(凍結精液)を使用している。インデックスとして乳頭配置とサイズ、泌乳量、泌乳流量を注視している。また、前述のようにファームでは SRB とホルスタイン種を飼養しており、SRB には乳房の強度(Udder strength)をホルスタイン種には肢と蹄の健全性(Legs and hoof health)の維持・改善が重要と考えている。また、繁殖性に優れた雄牛の生産もしている。Nordic Cattle Genetic Evaluation (NAV)という組織があり、デンマーク、スウェーデンとフィンランドの雌牛と雄牛の育種価を算出しており、先の NTM のインデックスを元に交配を行っている。繁殖は人工授精が主で、50%は一般的な凍結精液、10%は性別別精液、25%は肉用種精液、15%が雄牛生産用精液である。さらに受精

卵移植も実施している。スウェーデン国内の大半の農場では、NTM インデックスを用いた交配が行われているとのこと。

4. The Swedish University of Agricultural Sciences (SLU : スウェーデン農業科学大学)

SLU は 1977 年に国内の農学、獣医学、林業学の教育機関が合併し設立された国立大学で、国内に4つのキャンパスがあり、今回は Ultuna キャンパスの畜産学科 (Animal Science) の農場を訪問した。

農場では常に 10 前後の調査研究が実施され、別途 5 つぐらいの予備研究が行われるとともに、獣医学生の臨床実習も行われている。飼養されている動物種は家禽、鶏(ブロイラー)、豚、牛(搾乳牛)がメインで、家禽、鶏は研究に応じて飼養羽数が変わる。動物種それぞれに動物福祉に沿ってケージや頭数が設定されている。家禽、鶏の飼養では、自動飼料給餌器の使用や飼槽中の餌の有無やいつ餌を食しているか等センサーで検知するなど、給餌関係の自動化が用いられている。養豚では、120 頭程度の母豚(ヨークシャー)を飼育し、年間 2,500 頭の肉豚を出荷している(農場内にと畜場を併設している。ヨーロッパの獣医学認証ではと畜場での実習も必須とされる)。研究は菜種や大豆など、地域で生産される蛋白源の給餌調査が主に実施され、育成豚舎は敷料を使った乾燥形式を取り入れている。

搾乳牛はこれまでロータリーパーラー(800 頭規模:ロボット)と搾乳ロボット1台で搾乳されていたが、新たに搾乳ロボット4台が導入され、訪問翌日に竣工式が開催されるとのことであった。(800 頭規模のロータリーパーラーであるが)実際の搾乳牛頭数が170頭であることと、ロータリーパーラー使用の契約が切れることで、新たに搾乳ロボット使用の契約を締結して、搾乳ロボットを使った研究調査を開始するとのこと。つまり、地元のデラバル社とこれまでのロータリーパーラーの契約が終わり、新たに搾乳ロボットの使用契約をする、ということである。これら搾乳システムはすべてデラバル社から無償提供されており、大学は将来の酪農スマート化に関する研究調査が可能となり、企業は自社製品を使った研究調査を実施して貰えるとともに成果を共有できる、という win win の関係が伺える。

いくつかの研究調査が実施されていることから搾乳ロボットはフリーカウトラフィック形式で設置されており、待機場床はすのこ形式であった(待機場床を清潔に保つため、スウェーデンではすのこ形式が一般的。すのこ下にはオートスクレーパーが設置されており、糞尿は自動で舎外へ運搬される)。搾乳ロボットからの泌乳情報はモニターとともに、最近スマホのアプリも開発され、現場で作業員が共有している。また、スウェーデンでも蹄病は問題となっているとのこと薬浴の調査も行われている。その他の自動化機器として、飼料と敷料の自動運搬機を運用している(写真1)。いずれもスウェーデンでは普通に使用されており、それぞれ1人分の労働力として考えられるとのことであった。



写真1：搾乳牛舎内自動化機器（自動給餌機（左）・自動敷料輸送機（右））

5. Växa Sverige 訪問

Växa Sverige (VAXA) は日本の家畜改良事業団と農協を併せたような組合団体と考えられる。スウェーデン最大の動物協会で、動物の中でも肉牛と乳牛がメインであり、持続可能で、利益があり、競争力のある農業生産を目的として、農場へアドバイスとサービスを提供している。約 6,400 人の組合員と 242 人の選出された代表者がいて、乳牛では 207,379 頭が加入し、頭数 80%分のデータ（日本の乳検）を収集している。スウェーデン各地に 26 の事業所があり、常勤 330 人と 150 人の従業員がいて、売上高は 400 百万クローネ（約 46 億円）である。アドバイスとサービスは、セミナーや交流サービス、育種カウンセリング、予防的な動物の健康管理、ビジネスおよびビジネス開発におけるコンサルティングまで様々な分野である。ちなみに、スウェーデン国内では 379,000 本の凍結精液が販売（流通）されており、75%は農場で自家授精されているとのこと。

農場のスマート化について、特に酪農のスマート化（搾乳ロボット）の依頼が多く、その場合、搾乳ロボットアドバイザーが対応している。搾乳ロボットを導入している農場のコンサルティングは農場に出向いて行うか、インターネットを介してオンラインで行うかであるが、出来るだけ農場に訪問するようにしている。解析する項目は泌乳情報と KPI（業績評価指標（key performance indicator）と搾乳牛の動線の解析が重要である。これら解析項目が入力できるソフトが用意されており、農場の情報を入力することで解析が行われている。依頼した農場は、これらチェックリストに毎月 1 回入力し、搾乳ロボットのデータは 2 週間毎に情報が収集される。スウェーデンでは GEA 社は少なく、ほとんどがデラバル社と Lely 社であるが、搾乳ロボットを導入している農場の 80%の情報が収集出来ている。少なくとも 1 時間当たり 7 頭の搾乳が出来ることを目標としており、データ解析に応じて指導が行われている。搾乳ロボットに関するコンサルテーションを受けるには組合員であること（組合費=1,500 クローネ/年/頭（約 17,000 円/年/頭））、解析に要した時間給（925 クローネ/時間（約 10,000 円/時間））が必要である。

VAXA では建物のコンサルテーションも行われている。つまり、牛舎等を新規に建設する際の申請書類作成、図面設計（官公庁と設計会社と協同）、入札等の全てを代行・実施する。スウェーデン国自体が岩盤の上になっっており（地震がほとんどない）、建築物の建設は容易であるが、動物福祉に関する法律（動物保護・空調・騒音・夏期には 10 週間の放牧等）と

環境保全に関する法律が厳しいこと、多くの官庁に提出する書類が多いこと、VAXA が代行することで認可が早くなること、EU からの補助金を使いやすいこと、などから、スウェーデンで建設されるほとんどの牛舎等建物は VAXA のコンサルテーションを受けているとのこと。このコンサルテーション費用にも EU からの補助金が 70% 手当てされることから、農場が支払う費用は 30% で収まるとのこと。

繁殖におけるコンサルテーションは、現地での調査の他、スマート機器と ICT を使って行われている。スマート機器は「Sense Hub (Allflex)」を採用している。Sense Hub は耳標タイプの活動量計で、IT を使って VAXA も農場（個体）の情報を管理して、解析した情報を農場へ返している。コンサルテーションは 3 段階のサービスを用意しており、Starter では個体の活動量と発情の解析が行われる。次の段階は Advance で個体の健康管理が付加される。最も高い段階は Premium で、Starter、Advance（個体管理）に加えて群の管理について解析を行っている。この Sense Hub を用いて肉牛の管理も行っており、使用することで、出産間隔を短くして投資収益率を改善出来る、正確な授精タイミングを可能にする、ホルモン使用量と人件費を削減する、流産した牛を検出する、発情期の牛の早期発見、農場での雄牛の必要性を減らす、牛全体の健康を最適化する、健康上の問題を早期に発見して先制行動を可能にする、獣医治療の必要性の洞察、緊急の遭難事例のオンラインアラート、分娩後の回復モニタリング、子牛分離後の母親のモニタリング、群の栄養管理を改善する、群の熱ストレスの監視、などを管理出来るとしている。

6. Knutby Farm（クヌートビー・ファーム）訪問

Knutby Farm は個人所有の酪農場で、夫婦と 2 人の子供（男子）と 2 人の雇用（女性）の 6 名で牧場を運用している。240 頭前後の搾乳牛と乾乳牛で 270 頭を飼養し、子牛と育成牛は 280 頭で計 550 頭の管理と、圃場は採草用が 160ha と夏期の放牧場が 130ha である。搾乳牛の品種は SRB が 60%、ホルスタイン種が 40% である。現在、4 台の搾乳ロボット（VMS）で搾乳をしており、動線はフリーカウトラフィック形式で、1 日あたり 3 回の搾乳で 1 頭当たり平均 12,000kg（乳総生産量=270 万 L/年）を搾っている。

2014 年 9 月まで 80 頭の搾乳を 3~4 人で搾っていた（繋ぎ牛舎・パイプライン）が、10 月から搾乳ロボット 3 台による搾乳に変更した。以降、増頭しながら 2016 年からは 4 台で 240 頭の搾乳を行っている。搾乳ロボットの導入と増頭をしたのは、乳の取引価格が安かったことと（当時は 2.3 クローネ/kg）、牛舎建設の土地があったこと、息子（現在 31 才と 29 才）が搾乳ロボット導入に熱心であったから（夜間担当を 1 週間交代で行っている）、搾乳労働を減らしたいことも一因）、とのこと。建設時（初期投資）に EU から 120 万クローネ（約 1,400 万円）の補助があり、現在の牧場経営には毎年 200 万クローネ（約 2,300 万円）の補助があるとのこと。

当該農場では搾乳ロボットでかなりの乳量を搾っているが（分娩直後の牛のみパイプラインで搾乳）、ほとんどの牛が自身で動いていることと、搾乳状況から朝夕に 5 頭くらいず

つ人が追い込んでいる、とのこと。牛が自身で動くためには新鮮な餌を少量ずつ給餌することでモチベーションを上げることが出来る＝2時間毎に自動給餌機で給餌している。自動給餌機はボックスタイプではなく、ベルトコンベアタイプを使っている。ボックスタイプは初期費用が高く、給餌ボックスが移動するスペースとレールが必要であるが、ベルトコンベアタイプは設置費用が安価でコンベアルートの変更もある程度容易であるとのこと（写真2）。



写真2：フリーカウトラフィック（左）とベルトコンベアによる自動給餌(右)
（飼槽の上をベルトコンベアが廻る）

飼料調製にはPMR自動調製システムを導入している。この飼料自動調製システムもすでに3年以上稼働しており、新鮮なPMRを給餌するために非常に有効である、とのこと（写真3）。飼料計算は前述のVAXAからアドバイスを貰って、自前で設計をしている。搾乳ロボットの搾乳に適合させるために乳房および周囲の毛刈りを2ヶ月毎にしている。乳房周辺の毛刈りは乳房炎の予防にも効果的であると考えられるが、搾乳ロボットの稼働率向上にも有効と考えている。

当該搾乳ロボットには体細胞の自動計測システムが装着されており、搾乳牛個体毎に毎日体細胞の計測が行われていた。人工授精も自前でやっているが、活動量計等の検出機器は使用していなかった。雇用している女性2名の発情検出が非常に優れているとのこと（この点はスマート化でなくマニュアル）。1頭当りの人工授精回数は1.7回とのこと、実際に発情とAIのタイミングの設定が良好であることが推測される（必ず直腸検査してAIのタイミングを決めているとのこと）。人工授精の他受精卵移植（胚移植）も使っているが、人工授精の雄は乳量により、高泌乳牛には雄牛造成用の精液、中泌乳牛には性判別精液を、低泌乳牛には肉牛用の精液を、使用している。育成牛は14ヶ月令から繁殖を始めて、6才



写真3：PMR自動調製システム：左＝濃厚飼料タンク、中＝粗飼料ワゴン、右＝ミキサー
※設定した量の濃厚飼料、粗飼料が自動計測でミキサーに運ばれ、ミキシングの後にベルトコンベアで搾乳牛舎飼槽へ運ばれる

くらいで更新をしている。

子牛のうち、雄子牛と肉用子牛は 1 ヶ月内で肥育農場へ出荷され、雌子牛は群飼育で哺乳ロボットを使って哺乳が行われている。哺乳ロボットには代用乳でなく、分娩直後にパイプラインで搾った初乳や搾乳ロボットからの分離乳を使用しており、そのために小型のバルクタンクが整備されている。

7. スウェーデンでの訪問を終えて

今回、スウェーデンの畜産機器製造企業（開発・供給）、大学（研究機関）、畜産団体（コンサルタント）、民間農場（現場）を訪問し、視察と同時に意見交換を行った。企業は、特に酪農関係の機器、設備とともに自動化機器の開発を長期間、精力的にグローバル視点で行っていることが理解できた。また、自前の広大な実験牧場を持ち、開発はもちろんのこと、自社製品の実証調査をルーチンで実施していた。さらには、周辺地域へ飼料の譲渡販売も行っており、地域と密接に関与していた。粗飼料生産については、トラクターの自走と草地管理作業が既に行われており、先進性を感じた。

大学（畜産学部）は独自に研究調査を行うとともに、企業との共同研究を積極的に実施していた。これにより、大学は先端の高額機器を使った調査が可能となり、企業は大学との連携により、自社製品の精密な実証・検証が可能となっている。また、動物協会の団体では農場に対してのコンサルテーションを専門分野に分かれて実施していた。特に先進的な搾乳ロボットの導入農場については、自動化データを共有することで、農場を客観的に監視するとともに、個体管理から飼料計算、経営までを有償で実施していた。スマート化に取り組む農場はデータ活用に熱心である場合が多いことから、このような有益なコンサルテーションを受ける農場の割合はかなり多いようである。

搾乳ロボットについては、新規に建設される農場の 80%が搾乳ロボット牛舎であり、個体管理も活動量計を主体に管理されている。PMR 等も自動調製施設が既に運用されており、給餌や敷料輸送もベルトコンベアタイプが多く運用されている。スマート化については、前述のように、労力が不足していること、雇用賃金が高いこと、スマート化することで生産性が向上することから、農場主に導入の抵抗感は少ないと伺った。スマート化は酪農分野が先に走っているが、肉牛分野では特に子牛生産牧場において、酪農分野と同様に活動量計による管理が行われている。今後、酪農分野で培った技術開発は、肉牛、養豚、養鶏分野へも進展すると考える。いずれにしろ、今回の訪問で面会して意見交換した方々は、畜産のスマート化に疑いを持っていなかった。

今回は酪農先進地であるスウェーデンの一地域の訪問であったが、畜産のスマート化に、企業、大学、団体、農場が一体となって取り組んでいると感じられた。逆にその一体化が、スマート化の促進が出来ている要因なのかもしれない。今後、日本国内でもそのような動きが起こることを期待させる視察訪問であった。

(2) 各調査報告書要約

③、オランダにおける AI,IoT 等活用畜産先進モデル

・調査畜種：乳牛

・調査期間：10月5～13日

中久保 検討会委員
黄 調査委員

オランダ酪農における AI, IoT 活用の動勢

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 主任研究員 中久保亮

研究員 黄 宸佑

公益社団法人 畜産技術協会の「AI, IoT 等活用畜産先進モデル調査事業」により、令和元年 10 月にオランダ、ワーヘニンゲン大学他を訪問し、オランダ酪農における AI, IoT 活用についての現地調査を実施した。

◎調査結果

I. オランダの AI, IoT 等活用畜産先進モデル（乳用牛モデル）

1. IOF2020 スマートデイリーファーミングプロジェクト

ワーヘニンゲン大学および CONNECTERRA 社とによる、AI, IoT 活用による牛群管理について、情収集を行った。

CONNECTERRA 社は 2014 年に創業した酪農 AI, IoT サービスの提供に特化したベンチャー企業である。IDA（アイダ）と呼ばれるネックタイプの活動量計およびクラウド AI 解析システムを提供しており、牛群管理についてのハード・ソフトの双方を手がけていることが会社の特色といえる。ネックタイプの活動量計は、NEDAP 社やデラバル社等、数社が販売しているが、CONNECTERRA 社の IDA の特徴は、機械学習による疾病や発情についてのアラートだけでなく、それに対するアクションプランをクラウドデータに基づいて AI が提示することにある。それぞれの農場の運営方針に基づいて、淘汰すべき牛等、牛群管理の重要なデシジョンメイキングにおいて AI がアクションプランを提供することにより、他社製品との差別化を図っており、同業他者と比較して、クラウドデータ・AI 解析に最も注力しているように感じられた。

IOF2020 スマートデイリーファーミングプロジェクトにおいて、IDA は 2 カ所の実証農場において、導入効果を検証中である。各農場において、IDA を導入した牛群および未導入の牛群（各牛群ともに搾乳牛 50 頭）を設定し、その導入効果が検証された。乳量および分娩間隔については実証農場により結果が異なったが（試験計画の不備が主要因だと考えられた）、疾病治療数については IDA の導入により低減が認められ、早期発見・早期治療に有効であると考えられた。

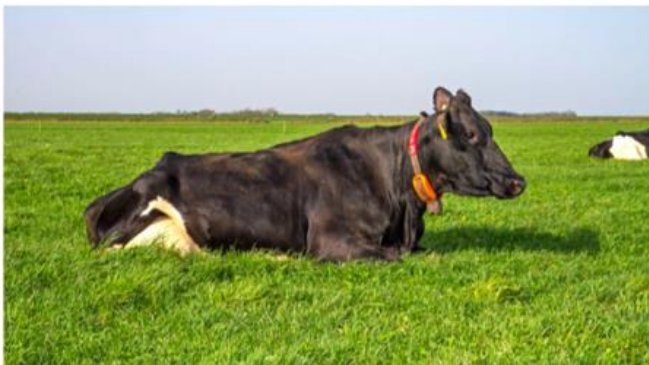
ワーヘニンゲン大学および CONNECTERRA 社へのヒアリングによると、オランダや EU 酪農先進国では、データオーナーシップおよびデータ品質が AI 活用の大きなボトルネックになっている様子が伺えた。IDA による AI 解析では、牛群管理情報をクラウドにあげる必要があり、その情報量や情報数が多いほど、IDA から得られ

るフィードバックも大きい。しかし、酪農家によっては、自農場のデータを IDA にアップロードすることに対して消極的であり、IDA を十分活用できない場合があるとのことであった。

また、IDA による学習においては、データ品質が極めて重要になる。AI 学習には、統計処理と比較して品質精度の高いデータが求められる。例えば乳房炎等の疾病記録は、その記録タイミングと乳房炎の進行ステージ（炎症の度合い）にバラツキが生じることが通常だが、AI 解析の性能向上には学習データの品質向上が必要である。つまり疾病等の各種情報を緻密に記録するといったユーザーの積極的な協力が必要不可欠とのことであった。積極的な AI 活用には、より大きな人間のコミットメントが求められるという事実は、AI 導入＝省力化には必ずしも合致せず、マネージメント能力の高い酪農家ほど、高い AI 導入効果を得られるものと考えられた。また、データ品質という点では、広範な情報がデータベース化されただけでは、AI 活用には積極的に使えないものと考えられる。酪農データベース化は酪農先進国の多くが取り組んでいるが、例えば搾乳ロボットのメーカーが違えば、そのデータ情報にはバイアスがかかるため、データベース化＝AI 活用 が必ずしも上手くいくとは限らないとの指摘が、印象的であった。

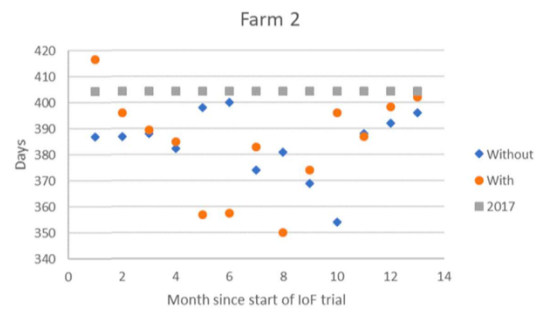
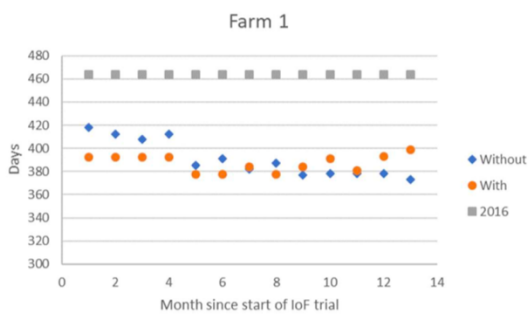
Its about insights, not the data.

Use artificial intelligence to translate data into insights

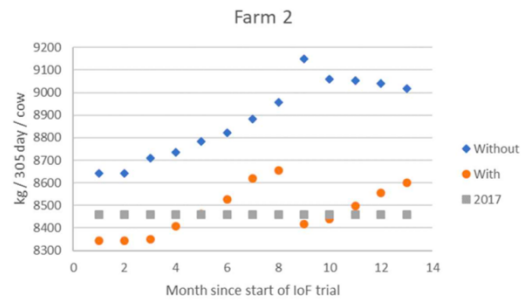
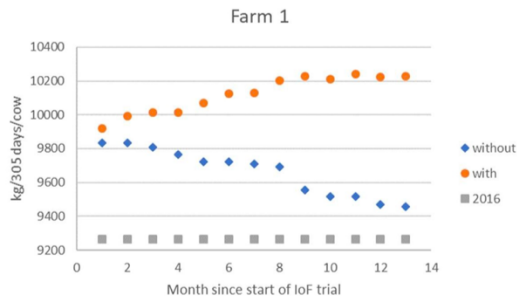


CONNECTERRA 社の IDA は、アクションプランの提示を開発目標に掲げている

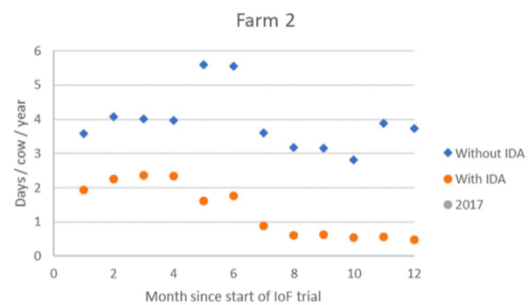
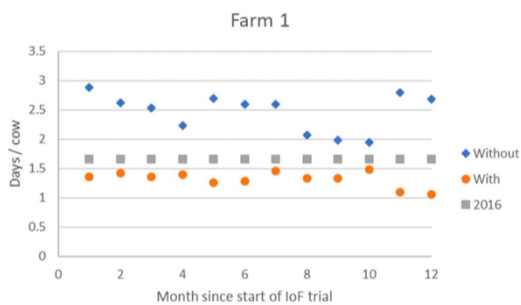
Expected calving interval



Milk yield



Treatments



分娩間隔（上）、乳量（中）、治療（下）への IDA 導入の効果

2. NEDAP 社

NEDAP 社は、RFID（近距離無線通信）技術に関するソリューションをセキュリティや自動車産業等、様々な産業分野に提供する企業である。1977年に立ち上げられた畜産部門では、レリー社や GEA 社をはじめ、様々な搾乳機械メーカーに RFID タグおよび活動量計を OEM 供給し、また、自社製品として販売する、大手酪農周辺機器メーカーでもある。

同社のネックタイプの活動量計は、バッテリー交換なしで 10 年間使用可能であり、他社製品と比較してバッテリー交換サイクルが長いとのことであった。基本的な性能、すなわち、発情、反芻、採食、活動量が測定できる点は、他社（SCR 社、CONNECTERRA 社）と同様であるが、GPS システムにより、牛の位置をモニタリングできることが特徴である。牛舎内の複数箇所に GPS アンテナを設置し、活動量計と通信を行うことにより、治療や人工授精等の処置が必要な牛等、探索したい牛の位置がスマートフォン上に表示されるため、効率的に牛を見つけることができ、特に飼養頭数の多い農場において有効なソリューションである。スマートグラスのようなウェアラブル端末も一年以内に販売を予定しており、将来的には、作業者が完全にハンズフリーで、チェックが必要な牛の選別、診断、処置等をシームレスに行えるようになるとのことであった。GPS システムを導入する酪農家の 90%は搾乳ロボットを採用しているとのこと、搾乳ロボットへ訪問しない牛の探索作業の効率化が GPS システムの活用ニーズとして大きいことが伺えた。

また、GPS システムは、効率的な牛群編成やアニマルウェルフェアへの活用を目指して、研究開発が推進されている。個々の牛の動きがリアルタイムで把握できるため、強い牛・弱い牛を特定することが可能である。高泌乳牛が必ずしも強い牛とは限らない。能力が高いにも関わらず、イジメのために乳量が伸びない、「潜在的高泌乳牛」を GPS システムでみつけだし、効率的な牛群構成に変更することが可能とのことであった。アニマルウェルフェアへの活用としては、例えば、何らかの要因により利用率の低い牛床を GPS システムにより明確に把握できる、通路の牛が滑りやすい通路を特定できる、といったアニマルウェルフェアの問題抽出に活用可能とのことであった。

なお、同社はレッグタイプの活動量計も販売している。レッグタイプの活動量計は歴史が古く、良好な販売実績をあげてきたが、近年は、ネックタイプの活動量計の精度が格段に向上したため、オランダでの普及率はレッグタイプ 20%、ネックタイプ


80%とのことであった。なお、このような活動量計を活用しない酪農家は、オランダでは30%程度とのことであり、非常に普及率が高いことが伺えた。

近い将来、レッグタイプの活動量計は販売されなくなる予定である。レッグタイプの活動量計では反芻活動のモニタリングができないことがその大きな要因であるが、ネックタイプの活動量計およびGPSシステムは日本市場向けの製品が未だ販売されていない。NEDAP社の無線通信システムは300~400MHz帯が標準仕様となっているが、当該周波数帯が公的利用に割り当てられている日本では、専用に開発が必要となるため、開発コストが障壁となっているとのことであった。なお、ネックタイプの活動量計については2020年内に日本向け製品が開発・販売予定とのことであるが、GPSシステムについては日本向け製品の開発は絶望的とのことである。ヨーロッパと異なる周波数帯の利用が求められるのは、日本の他は韓国のみであり、シェア1%に満たない市場への対応は、利益の観点から今後は非常に厳しくなるとのことであり、周波数帯利用の規制緩和が日本酪農のAI・IoT化には重要だと考えられる。




様々なメーカーに OEM 供給される NEDAP 社のネックタイプの活動量計

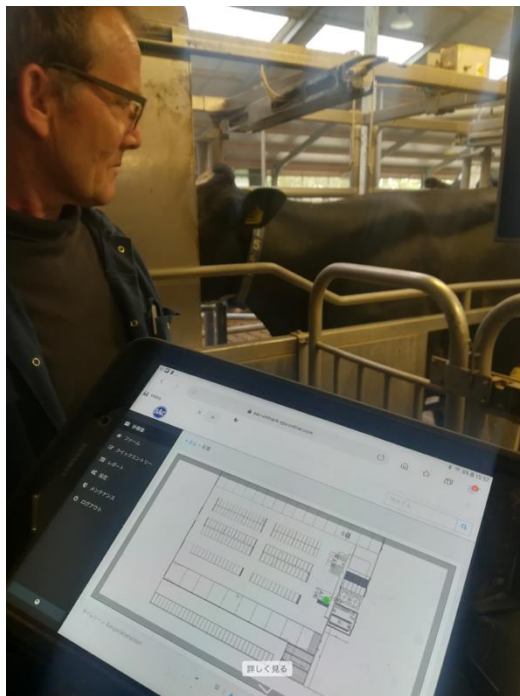
Types of SmartTags



- Heat
- Location
- Eating
- Rumination
- Inactivity
- Heat
- Standing
- Lying
- Walking



ネックタイプ・レッグタイプの活動量計による測定項目の違い
訪問農場では、搾乳ロボットによる乳房炎検知（電気伝導度測定）よりも早い段階
で検知可能との評価だった



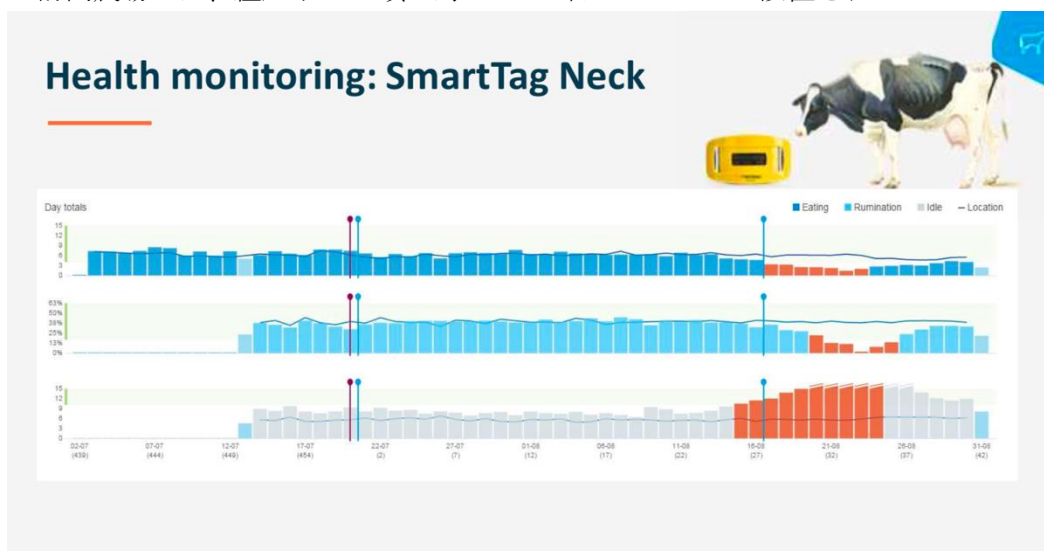
GPS システムによる牛の探索
探索中の牛が緑の点で示される。探索に要する時間が一頭あたり 7 分短縮される場
合もある。



牛舎内に設置された黄色い円盤状の GPS アンテナ

ネックタイプの活動量計:125 ユーロ/頭、アンテナ:800 ユーロ、ソフトウェア :2,500 ユーロ

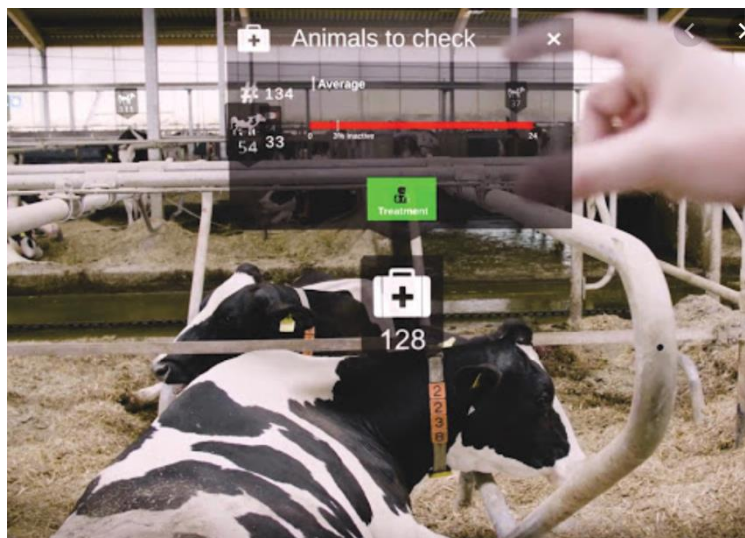
訪問農場では、経産牛 120 頭に対して 16 台のアンテナが設置されていた



nedap

ネックタイプの活動量による異常検知

過去2週間分の個体牛の行動量をリファレンスとして、偏差を監視。アラートを出すタイミングや感度はユーザが任意に設定する。シンプルなシステム構成、ロバストな運用が可能であり、CONNECTERRA 社 (IDA) との設計思想の違いを感じた。



2020年度に欧州で販売予定のGPSシステムを活用したウェアラブル端末
チェックが必要な牛が画面上に表示されるため、作業者はスマートフォンを操作すること
なく、シームレスに牛群管理作業を実施できる大規模農場では、牛の探索に要する時間が1
頭あたり7分短縮されることもある。

システムが使用する無線周波数帯が日本では公的利用等に割り当てられているため、
日本での販売予定はない。

3. LELY 社

LELY 社は、レーキ等の農業機械メーカーとして発展し、現在は搾乳ロボットや給餌ロボット等、ロボット酪農に関するソリューションを提供する企業として知られている。

近年では、中国市場の成長が凄まじく、年間 5%の速度で搾乳ロボットのマーケットが拡大しているとのことであった。優れた人材の確保が非常に難しい中国農村部の事情が影響しているとのことである。また、アメリカでは、以前はメキシコ等からの移民による安価な労力が得られたため、ロボット搾乳があまり普及していなかった、近年は搾乳ロボットの導入が増えているとのこと、アメリカ酪農の人材確保も状況が以前とは変化している様子が伺えた。レリーでは搾乳ロボットの導入による損益分岐点が時給 15 ユーロであると試算しており、実際に搾乳ロボットの導入が進んでいるのは時給の高い北ヨーロッパが中心である。現在、オランダでは 30%の酪農家が搾乳ロボットを導入しているが、将来的には 90~95%の酪農家が搾乳ロボットを導入することになると見込んでいる。

人工授精事業をメインとする CRV 社の調査では、レリー社の搾乳ロボットの導入により、牛の生涯生産性が 4~9%向上することが公表されている。なお、搾乳ロボットの更新は 15 年周期が基本とのことであった。

訪問農場では、LELY 社の搾乳ロボット、給餌ロボット、除ふんロボットが全て導入されていた。搾乳牛 130 頭を A4 搾乳ロボット 2 台で搾乳しており、作業者は農場を経営する兄弟夫婦 4 名である。それぞれ、日中は仕事をもっており、副業として酪農経営を行う、極めて珍しいケースである。4 人が交代で朝夕の作業を行なっているが、フルタイム換算で 1.5 人分の労働時間により、200 頭（内、搾乳牛 130 頭）を飼養する省力的な経営スタイルといえる。

搾乳ロボットのトラブルにより、仕事を中断して農場に戻らなければいけないケースは月に 1 回程度とのことであった。給餌ロボットはトラブルがほとんどなく、電気代も 2 ユーロ/日と負担も少ない。

当初予定では、6 頭ダブルヘリボンパーラーからの施設更新により、20~25 年での返済を計画していたが、現在では 16~18 年、乳価次第では 11 年での返済予定であり、経営は非常にうまくいっている様子であった。



フルタイム換算 1.5 人で 200 頭を飼養する牛舎
写真左側に搾乳ロボット 2 台が、写真右奥に給餌ロボットがそれぞれ設置されて
いる。



餌のストックヤード あらかじめ指定した場所に餌を設置する。



給餌ロボットによる給餌量チェックの様子 30cm 未満で自動給餌が行われる



レーザー光により、飼料の高さが測位される

4. Floating Dairy Farm (洋上酪農)

Floating Dairy Farm はロッテルダム港の海上に建設された海上酪農施設である。アムステルダムに次ぐ大都市（人口 62 万人）であるロッテルダムにおいて、都市の農業循環をコンセプトとした実験的な要素の強い洋上酪農施設として、2019 年に稼働が開始した。大都市では酪農を営む農地を確保することは難しい、という根本的な課題に対して、洋上に酪農施設を建設することにより、大都市と酪農との共存をはかることをソリューションとして、洋上建築に特化した建設会社である Beladon 社が設計し、運営を手がけている。

約 30 頭の搾乳牛が、ロッテルダム市内からの有機性廃棄物（ビール粕等の食品工場からの廃棄物）や道路管理で廃棄される雑草等の粗飼料により飼養されていた。

風の強い洋上では飼料給餌が難しい等、課題も散見されたが、洋上酪農というコンセプトは非常に興味深く、未来の酪農を想像させるものであった。



Floating Dairy Farm の外観（写真左側）
大都市ロッテルダムの洋上に建設されている。



ロッテルダム港に文字通り浮いており、波でユラユラと揺れていた。



風の強い洋上では粗飼料が飛ばされやすい



自動給餌機の稼働後に風で飛ばされた粗飼料を飼槽に戻す作業の様子



牛舎内の様子

5. モデルのオランダ及び世界的な普及動向等

(1) オランダにおける普及の動向

ネックタイプおよびレッグタイプの活動量計はすでにオランダの酪農家の 70%が採用しており、極めて普及率が高いといえる。搾乳ロボットについても普及率は 30%あり、また、搾乳機械更新の 70%が搾乳ロボットを採用しており、普及率は年々上昇している。その反面、牛群情報の統合的なデータベースの構築による、飼養管理の高度化については、そのプラットフォームは用意されているものの、データオーナーシップの問題から活用は進んでおらず、今後の課題といえよう。

(2) 世界的な普及の見込み

搾乳ロボットについては、損益分岐点が時給 15 ユーロになっており、今後も人件費の高い国・労働力不足が深刻な国を対象に普及が進むものと考えられる。同様に、活動量計は発情検知のニーズに有効なソリューションであり、世界的に導入が進むものと考えられるが、データの有効活用にはデータオーナーシップが障壁となる事例がオランダでは報告されており、国としてのデータベース整備の戦略が、AI によるデータベース活用を左右するものと考えられる。

6. モデルの我が国への導入・普及上の留意点

搾乳機械およびその周辺機器の開発は欧米を中心に進められており、また主要マーケットも欧米である。活動量計や GPS システムなど、無線通信を活用した IoT デバイスの多くは、欧米の周波数帯での利用を想定して設計されており、今後、マーケットシェアの低い日本仕様への対応は益々厳しくなるものと予想される。そのため、調査技術の日本導入にあたっては、使用周波数帯の規制緩和等、対応策を検討する必要があると考えられる。