



日本中央競馬会
特別振興資金助成事業

スマート畜産海外先進モデル調査事業 令和3年度報告書

令和4年3月18日

公益社団法人 畜産技術協会

目 次

1.	はじめに	1
2.	令和3年度調査概要	2
3.	調査報告	
3-1.	序論	5
3-2.	オランダの目指すデジタル酪農構築の現状と アニマルウェルフェア	11
3-3.	リアルタイム統合酪農経営意思決定支援システム “Dairy Brain”の開発状況	25
3-4.	Förster Technik社（ドイツ）における 哺乳関係のスマート機器の運用実績調査	59
3-5.	Halter社（ニュージーランド）が開発販売する バーチャルフェンスの概要調査	99
3-6.	スマート機器利用による畜舎内アンモニア揮発量削減効果の 技術者インタビュー	113
4.	おわりに	125
参考	令和3年度調査セミナーにおける質疑応答とアンケート結果	129

1. はじめに

国内において耕種部門を中心にスマート農業の普及が急速に推進されている一方、畜産部門においては、放牧を含む飼料生産に関する草地管理技術、繁殖や体重管理だけでなく疾病予測やストレス検知までカバーできる個体管理技術、環境モニタリングと畜舎環境制御技術、糞尿処理や堆肥生産に係る技術、蓄積されるデータを人工知能を利用して経営支援に生かすシステムなど、畜産先進国に比較して開発・普及ともに遅れている現状にある。

本事業は、令和2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、スマート化の進展に資するため海外畜産先進国の情報を収集し分析を行い、優良事例を現地調査して報告書を作成するとともに、セミナーの開催等により世界的な情勢を共有し、今後のわが国に適したスマート畜産の普及を図ることを目的としている。

しかし、昨年引き続き COVID-19 の全世界的な感染拡大により邦人による海外調査は実施不可であったためインターネットを介した技術調査を行った。

本年において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、特に将来のスマート畜産の方向性に大きく影響すると考えられる開発事例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、技術開発等を推進するための技術動向を周知し、我が国畜産のスマート化に資することを目的とした。

なお、海外先進国におけるスマート畜産技術の位置づけは単なる省力化や効率化ではなく、家畜生産における課題である地球温暖化（家畜によるメタンの排出）、持続性（畜産物生産に関わるエネルギー利用のコストやアンモニア処理の問題）、アニマルウェルフェアなどの解決手段という視点ならびにスマート化により得られた多種多様なデータの積極的な活用による経営支援システムまでが加わっていたこともここに記しておきたい。さらに、これらの開発過程では研究者や技術者だけでなく農家が協力して試行錯誤しながら共同して作り上げていることが伺われた。今後は国内での産学連携による技術開発の取り組みが一層期待される。

令和4年3月

公益社団法人 畜産技術協会

2. 令和3年度調査の概要

(1) 概要

令和3年度の事業では、下記委員を中心に調査実施に向けての第1回ならびに第2回調査推進委員会の開催、インターネットを介した海外先進事例調査の実施、調査結果に関する報告セミナー開催と調査結果の報告・確認のための第3回調査推進委員会開催等を行った。また、調査した案件を整理し、情報普及の一環として本報告書を作成した。

1) 検討委員会委員

本事業推進の中核となっていたいただいた事業推進検討委員会委員は以下の方々であった（あいうえお順）。

池口 厚男	国立大学法人宇都宮大学農学部	教授
大和田勇人	学校法人東京理科大学理工学部	教授
木下 良智	公益財団法人日本食肉生産技術開発センター	専務理事
土肥 宏志	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構	畜産草地研究所 元所長
中久保 亮	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構	畜産研究部門 主任研究員
中田 健	酪農学園大学獣医学群・獣医学類	教授
藤岡 豊陽	藤岡農業技術士事務所	代表
舟橋 弘晃	国立大学法人岡山大学	理事（教学担当）・副学長・教授

2) 第1回調査推進検討委員会

第1回委員会を6月4日に開催し、今年度の調査対象国、畜種等について検討し、暫定候補としてデンマーク、ニュージーランド、ドイツ、アメリカの4か国の事例について調査することとした。また、COVID-19の感染拡大による現地調査実行の見通しについても議論し、基本的には邦人による現地調査を実施するものとする一方で、万が一渡航が困難となった場合の代替案についても討議を行い、オランダ、アメリカ、インドなどの先進的なスマート技術開発状況について海外研究者ならびに企業による代替調査を案として準備することとした。渡航の現実性に関しては10月を目途に判断し不可の場合は代替調査の検討を開始することとした。

3) 第2回調査推進委員会

10月下旬にCOVID-19の世界的な感染拡大が収束する見通しが立たないこと、特に新しいウィルス株の蔓延が急速に拡大したことなどから現地調査が困難と判断がなされた後、第1回委員会で候補として挙げられていた候補ならびにほかの追加調査について海外とコンタクトを開始し、調査の可否が出そろったのち書面による第2回委員会を12月22日付で開催した。委員会内での情報共有を図るとともに調査実行について最終承認をいただいた。

同時に、調査結果の報告セミナーに関する打ち合わせを行った。

4) オンライン技術調査

調査員を下記のように決定した。

池口委員、舟橋委員、大和田委員、中田委員、中久保委員
調査内容はレポートとして本報告書に記載されている。

5) 調査結果報告セミナー

調査結果に関しては2月18日にオンラインセミナーによる講演会を開催した。参加申込者総数は269名であった。

6) 第3回事業推進検討委員会

第3回委員会は、各調査委員の調査データの分析・報告作成等を待つて3月18日に開催し、報告内容の審議・確認を行ない、本報告書を作成した。

3. 調査報告

3-1. 序論

農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所 元所長

土肥 宏志

1) 我が国におけるスマート畜産技術の普及および開発状況

最初に、我が国において耕種部門と比較して畜産分野のスマート化が本当に遅れているのか、特に今年度の調査事業の主な対象である酪農スマート技術の現場への普及状況および開発状況について考察した。鷺津と中野（2021年）は、日本農業法人協会の協力を得て法人経営を対象としたスマート農業の実情調査を行い、スマート農業技術が採用されている割合が高い営農類型は、稲作、酪農、肉用牛であると報告している¹⁾。森田（2020年）は2019年10月現在、国内の500戸を超える農場に1,000台を超える搾乳ロボットが導入されていると報告している²⁾。一方、農林水産省（2021年）では、2008年以降の自動操舵システム機能を持つ自動走行農機の累計出荷台数は9,110台と報告している³⁾。搾乳ロボットと自動走行農機の保有台数を比較するのは乱暴かと思うが、酪農家へのスマート技術の普及は、他の耕種部門に比べ遜色ないと考える。

一方、国内におけるスマート技術の開発という観点から、耕種部門と比較して畜産分野はどうであろうか。特許調査範囲について、畜産業、水産業、及びアシストスーツは対象としていない特許庁の「令和2年度 特許出願技術動向調査 結果概要 スマート農業」（2022年）*によると、出願人国籍・地域別出願件数の合計（2010年～2018年）は14,476件であった。このうち出願人国籍・地域別で最も多いのは中国籍の7,626件で全体の52.7%、次いで日本国籍が2,195件（15.2%）、米国籍が1,824件（12.6%）、欧州国籍が1,280件（8.8%）と続いている⁴⁾。

*出願先国（地域）：日本、米国、欧州、中国、韓国、ドイツ、フランス、スペイン、オランダ、カナダ、イスラエル、オーストラリア、インド、ASEANの14か国・地域

我が国のスマート農業の論文発表件数（2010年～2019年）は世界第6位であるが、耕種部門のスマート農業の特許件数は健闘している⁴⁾。科学技術振興機構のJ-GLOBALで、国内のスマート農業の研究者を検索すると229人がヒットし、スマート畜産の研究者を検索すると9人がヒットする⁵⁾（2022年3月11日時点）。農林水産省がスマート農業技術を実際に生産現場に導入し、技術実証を行うとともに、技術の導入による経営への効果を明らかにすることを目的として実施している「スマート農業実証プロジェクト」において、全プロジェクト数と畜産関係のプロジェクト数を年度ごとに比較したのが表1である⁶⁾。

表1 「スマート農業実証プロジェクト」における全プロジェクト数と畜産関係のプロジェクト数の比較

	令和元年度	令和2年度	令和2年度(緊急 経済対策)	令和3年度
全プロジェクト数	69課題	55課題	24課題	34課題
畜産関係のプロジェクト数	3課題	5課題	5課題	1課題

J-GLOBALで検索した研究者数と「スマート農業実証プロジェクト」のプロジェクト数という限定的な情報からの結論であるが、我が国においてスマート畜産技術の研究の取り組みは耕種部門に比べ少ないと推測できる。海外で開発・商品化されたスマート畜産技術を輸入して普及させるだけでなく、我が国においてスマート畜産技術の研究や開発を推進する必要性を感じさせる結果である。近年、国内の大企業やベンチャービジネスがスマート畜産技術の開発に参入していることは非常に心強い。しかし、スマート畜産技術の開発には多額の投資が必要なものが多く、開発した製品を国内で販売するだけでは、投資額を回収できない可能性も考えられる。また、農家がスマート畜産技術を導入する際のイニシャルコストを抑えるためにも、我が国で開発した先進的なスマート畜産技術の市場拡大に向けた海外展開を考える必要がある。実際ある企業では、自社で開発したスマート畜産関係の機器の輸出を目指していると聞いており、この点からも海外におけるスマート畜産技術の情報を収集する本事業は重要である。

2) 令和3年度の「スマート畜産海外先進モデル調査事業」について

日本中央競馬会畜産振興事業の中で「スマート畜産海外先進モデル調査事業」を、令和2年度と令和3年度にかけて実施した。両年度とも新型コロナの世界的な蔓延により、現地における調査ができず、本年度は、オランダ・アメリカ・ドイツ・ニュージーランドにおける先進技術調査をオンラインで実施した。

これまでのスマート畜産技術は、搾乳ロボットに代表される畜舎内の作業の省力化や効率化に資する技術が大半であった。本年度は、今後のスマート畜産の重要な展開方向として、データ駆動型畜産の実現に向け多様なデータをリアルタイムで収集・統合・解析し、家畜管理や経営判断の支援等を可能とするスマート畜産技術についての報告があった。また、農林水産省が策定した「みどりの食料システム戦略」でも謳われているような、環境やアニマルウェルフェアに配慮し生産力向上と持続性を両立した畜産を実現するためのスマート畜産技術や放牧酪農に活用できるスマート畜産技術についての報告があった。

牛に関する様々な情報を集積しデータベースを構築し解析するデータ駆動型の畜産によ

り、牛の生産性の向上等に成功している国として、デンマークが有名である⁷⁾。さらに進化したデータ駆動型畜産として、舟橋委員からウィスコンシン大学で開発されているデータ駆動型のリアルタイム統合酪農経営意思決定支援ツールや、池口委員からオランダのワーヘニンゲン大学デーリィーキャンパスで開発されているデジタル酪農技術が報告された。デンマークのデータベース（Danish Cattle Database(DCD)）に登録されている酪農関連情報に加え、酪農家で飼育されている個々の牛の行動、乳量・乳成分や飼料給与量等の生の情報を、センサー等を用いリアルタイムで収集し、データを提供した酪農家の家畜の生産管理や経営支援に活用するシステムの構築を目指している。どちらの技術とも、開発途上であり、今後の実用化に向けては様々な問題の解決が必要であるとのことだが、農場において日々の精密な管理を可能とするシステムと考える。これらのシステムの実用化に当たって、将来的にシステムを運営する主体について、ウィスコンシン大学のデータ駆動型のリアルタイム統合酪農経営意思決定支援ツールは、利益を得る産業界が主体となり、ワーヘニンゲン大学のデジタル酪農技術は、開発に携わったワーヘニンゲン大学デーリィーキャンパスが主体となることを想定している。しかし、デンマークで一元的に運用されているDCDに比べ、農場から生の情報もリアルタイムで収集するこれらのシステムでは、データの所有権の整理やデータ互換性等が複雑である。これらのシステムの活用場面は、国全体として一元的に管理するというより、地域限定的あるいは経営体の方向性や利害が一致する農業者同士で導入するのが効率的と思われる。

ワーヘニンゲン大学デーリィーキャンパスのアニマルウェルフェアについての取り組みは、デジタル技術を用いて個体のイベントや異常検知にとどまらず、健康状態のセンシングを目指しているとの報告があった。今後は、家畜の様々な行動等のデータを取り込み、アニマルウェルフェアが確実に実施されているかどうか判定するため、AIを活用したスマート技術が使われる方向性も考えられる。ワーヘニンゲン大学のNext Level Animal Scienceにおいて、将来的には行動のモニタリングや異常感知は個々のセンサーにより情報を収集するのではなく、動画だけでセンシングすることを目指すとの報告があったが、5G情報通信システムの導入が進めば、日本においても家畜へのセンサーの装着から動画を用い多くの行動等や異常の情報を収集・解析する方向に進むものと考えられる。

これまでの畜産環境技術の開発の対象としては、家畜のふん尿の堆肥化、汚水処理や悪臭の防止が主なものであったが、今後は、畜産環境技術として環境負荷の低減も大きな目標となる。環境負荷の低減については中久保委員の調査で、ふん尿処理過程におけるアンモニア発生を抑制するスマート畜産技術である「CowToilet」の報告があった。家畜排せつ物からのアンモニア抑制は、悪臭発生の抑制ばかりでなく、窒素排出の抑制という観点からも重要な技術である。Will Steffen et al. (2015年)は、地球の安定性を維持する最重要なポイントとして気候変動、海洋の酸性化、成層圏のオゾンの破壊、窒素とリンの循環、世界的な淡水利用、土地利用の変化、生物多様性の損失、大気エアロゾルの負荷、化学物質による汚染を上げており、すでに回復不可能な段階まで達しているのが、生物多様性の損失

と窒素の過剰であると指摘している⁸⁾。地球規模の窒素過剰は、地球温暖化、成層圏オゾン破壊、大気汚染、水質汚染、富栄養化、酸性化などの多様な環境影響を引き起こしていることから、気候変動枠組条約や生物多様性条約などの既存条約間の窒素管理関連の調整を担う「条約間窒素調整メカニズム」の提案が予定されるなど⁹⁾、今後はさらに窒素の排出について厳しい目が向けられることになる。今後、家畜排せつ物の堆肥化等における窒素の発生を抑制するスマート技術が重要な解決策となると考える。

中田委員はニュージーランドの放牧におけるスマート畜産技術について調査を行なった。放牧という低コストな家畜管理技術に、高コストとなるスマート畜産技術を導入することについて、著者は悲観的な考えを持っていた。しかし、今回報告のあったバーチャルフェンスおよび草地管理等のスマート技術がニュージーランドで既に普及が始まっているとの報告は、大変興味深いものがあった。これらの技術は、ニュージーランドで実施している乳牛を頻繁に移牧する短草型の集約的な放牧において有効な技術であることから、日本への導入にあたってはニュージーランドの放牧技術とセットで導入する必要がある。

今回、舟橋調査員が調査したウィスコンシン大学のリアルタイム統合酪農経営意思決定支援ツールと、大和田委員が調査したフェースターテック社（ドイツ）の哺乳ロボットについては、平成30年度に「AI,IoT等活用畜産先進モデル調査事業（平成30～31年度）日本中央競馬会畜産振興事業」において調査を実施した場所を再調査したことになり、3年間でどのくらいの進展があったのか大変興味深い調査であった。2つの調査対象とも3年間で急速に技術開発が進んでいることがわかり、有意義な調査となった。

最後になるが、本事業で調査しきれなかったスマート畜産技術として、堆肥生産（生産工程、成分分析）、飼料生産（土壌・飼料成分分析、牧草収穫適期判定）、自動給餌システム等があり、また海外のスマート畜産技術の開発速度が大変早く、再度同じ場所への調査も有効なことがわかり、再び海外渡航が可能となった場合は海外スマート畜産技術の現地調査の再開が期待される。

- 1) 鷺津明由・中野諭. スマート農業の実情調査の分析：SAKL(Smart Agricultural Kaizen Level)技術マップに基づく分析. 早稲田大学 先端社会科学研究所ワーキングペーパー. 2021. IASS WP 2021-J003. p1-33.
https://www.waseda.jp/fsss/iass/assets/uploads/2021/08/washizu-nakano_2021-J003.pdf
- 2) 森田 茂. 日本における搾乳ロボットの普及と地域による利用特性. 酪農ジャーナル電子版. 2020. <https://rp.rakuno.ac.jp/archives/feature/3377.html>
- 3) 農林水産省. スマート農業の情勢について. 2021.11
https://www.jeinou.com/211116_toyamaforum_doc1.pdf
- 4) 特許庁. 令和2年度特許出願技術動向調査結果概要 スマート農業. 2022.2.
https://www.jpo.go.jp/resources/report/gidou-houkoku/tokkyo/document/index/2020_01.pdf
- 5) 国立研究開発法人科学技術振興機構. J-GLOBAL. <https://jglobal.jst.go.jp/>

- 6) 農林水産省 農林水産技術会議. スマート農業実証プロジェクト パンフレットについて. https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart_agri_
- 7) 畜産技術協会. 平成 30 年度 AI,IoT 等活用畜産先進モデル調査事業について. http://jlta.lin.gr.jp/report/oversea/PDF/AI,IoT_H30.pdf pro/pamphlet/index.htm
- 8) Will Steffen et al. Planetary boundaries :Guiding human development on a changing planet. Science. 2015. Vol 347. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>
- 9) 林 健太郎. 産総研シンポジウム「窒素循環における課題とその解決に向けて」窒素利用の問題に関する世界の動向 2022.11
<https://www.n-cycle.jp/wp-content/uploads/2021/11/a9c0b60cd9ba126e6bacfdd536f7ef0e.pdf>

3. 調査報告

3-2. オランダの目指すデジタル酪農構築の現状と アニマルウェルフェア

- ・調査畜種：乳牛

- ・調査日程：12月28日～1月28日

国立大学法人宇都宮大学 池口厚男

1. 調査の背景と目的

海外の多くのスマート畜産技術が日本で紹介され、特に酪農分野では搾乳ロボットを筆頭にヨーロッパの製品が輸入されている。周知の通り、スマート農業は多くのデータに基づいて営農を行うデータ駆動型農業と定義されている。最近では、デジタル畜産、畜産 DX という言葉も耳にするようになった。DX(Digital Transformation)は工業やサービス業の分野で、農業に先行してその波がすでに押し寄せている。経済産業省は DX について、「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すること」(2018 年)と定義している。個別要素技術だけではなく、生産体系、流通、消費まで含んだ全般を対象にデジタル化を進めることで生産性の向上、消費行動の変化への対応、事業継続計画の充実を目指している。現在のコロナ禍における労働、消費形態、サプライチェーンの変化への対応にも期待される。

近年では、Circular Economy、Bio Economy が提唱されており、生産の持続性に向けて資源・エネルギーの有効利用、環境負荷低減や DX 化に向けたプラットフォーム等の技術開発が進んでいる。日本農業の基本政策のうちの環境政策の一つである「みどりの食料システム戦略」のなかにもスマート農業は位置づけられており、スマート畜産は生産性だけではなく、環境保全に対しても貢献するものと位置づけられる。一方、畜産の分野ではアニマルウェルフェアも一つの重要な生産における因子である。家畜を健康に飼養することで安全、安心な生産物を作り、家畜の寿命を長くして Bio Economy に資する。

現状では、農業分野とは関係のなかったメーカー、ICT ベンダー等の多くの企業が畜産に参入し、世界的に様々な多数の ICT を導入した個別要素技術の製品(類似なものが多い)、試作品が世に出ているが、前述したような背景において技術開発の一番の基礎となる考え方や哲学が、その技術の寿命(良い技術であるか、普及するか)を決めていると考えられる。また、多くのセンシング技術によって生産現場だけではなく屠場や流通も含めたステークホルダー全体から多種で大容量のデータが収集され、これらのビッグデータを統合、利活用することが望まれている。

以上の背景から本報告では酪農先進国であるオランダにおけるデジタル酪農(オランダの研究者による呼称)の技術開発の展開について調査することを目的とした。技術開発の考え方を知ることは、オランダの酪農に対する考え方、どのような視点で技術を見ているのかを知ることとなり、日本における技術開発や酪農に対する視点の参考になると考えられる。

2. 調査対象

オランダの Wageningen University & Research (以下 WUR) の中のうちの一つの研究所(日本でいうところの大学附属農場に近い)である Dairy Campus の所長の Kees de Koning 氏

と WUR の Wijbrand Ouweltjes 博士と 2021 年 12 月から 2022 年 1 月にかけて Web で 4 回の聞き取り調査を行った（図 1）。

聞き取りの項目

- 1) オランダ酪農の現状：特に統計に現れにくい部分 農家の意向
- 2) デジタル酪農（彼らはスマートと言う言い方ではなく、デジタルという用語を使用）における技術開発の方向：課題と開発の考え方
- 3) アニマルウェルフェアとデジタル酪農



Kees de Koning 所長



Wijbrand Ouweltjes 博士

図 1 Web による聞き取り

（1）Wageningen University & Research と Dairy Campus

WUR はオランダのほぼ真ん中に位置し、ロッテルダムから東へ 80 km、アムステルダムから南東に 60 km の Leeuwen にある（図 2）。2021 年の Agriculture & Forestry の部門での世界大学ランキングの 1 位であり、農業分野における教育、研究は世界トップクラスである。WUR の組織は、大きく研究と教育に分かれている。教育は 5 学部と大学院で、農業に関連する部門は、Plant Science、Animal Science、Agrotechnology and Food Science、Environmental Science がある。世界中から学生が集まっている。研究では 9 つの部門がある。畜産に関するところでは、獣医研究、畜産研究、環境研究がある。WUR は大きく 6 つの研究テーマ(①生物多様性、②気候変動、③循環型経済とバイオエコノミー、④飢餓から食糧安全保障、⑤栄養と健康、⑥人工知能)を掲げて、前述の研究部門が横断的に参画して研究を推進している。畜産研究においては世界中の大学、研究機関と連携して多くのプロジェクトを推進している。

Dairy Campus はオランダの北東部（アムステルダムから北東へ 100 km）の Leeuwarden に位置している。WUR の一部ではあるが、さらに他の大学（Van Hall Larenstein university、Nordwin College）、生産者組合、民間会社、地方行政と連携して、国の酪農生産に関するクラスターの一部となっている。酪農研究に関して国の中心的な存在である。

研究施設の概要を図3に示す。ここでは前述した6つの研究テーマに関連する試験の場と給餌、行動や家畜福祉、ふん尿処理、スマート畜産、放牧に関する研究テーマを実施している。

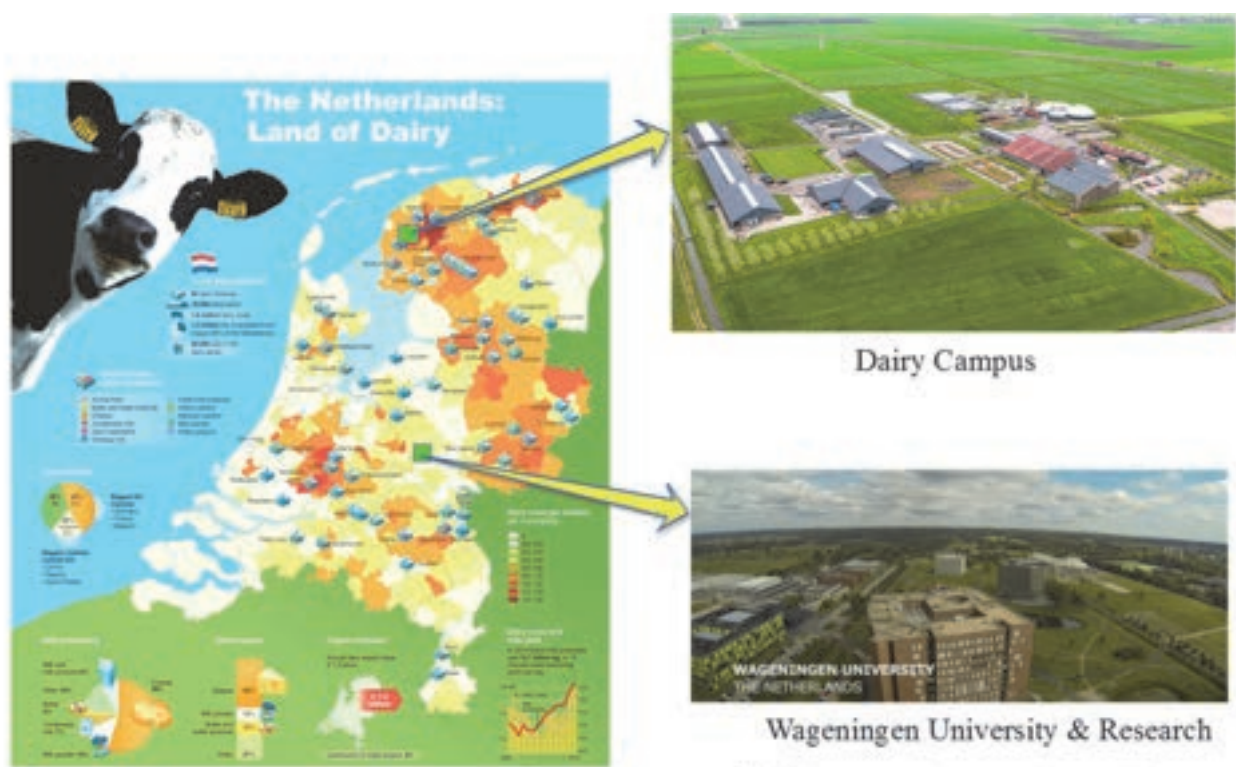


図2 Wageningen University & Research と Dairy Campus の位置 <https://www.youtube.com/watch?v=q5o-eZ9j0Ys>



Dairy Campus HP より
 (https://www.dairycampus.nl/en/Home.htm)

図 3 Dairy Campus の概要

3. 聞き取り調査結果

(1) オランダの酪農

オランダの生産乳量は2021年で1360万tonであり、ここ4年間は横ばい状態である(図4)。平均脂質は4.45%、タンパク質は3.59%である。産乳量の96%が出荷され、残りの4%は自家消費される(<https://www.cbs.nl/en-gb/figures/detail/7425eng>)。1頭当たりの乳量は、2020年で8907kgであり、近年は増加傾向にある(図5)。農家数は2020年で約16000戸、飼養頭数は1600000頭で、近年の推移を図6に示す。農家規模の傾向は日本と同様に1戸当たりの飼養頭数が増加しており、大規模化の傾向にある。

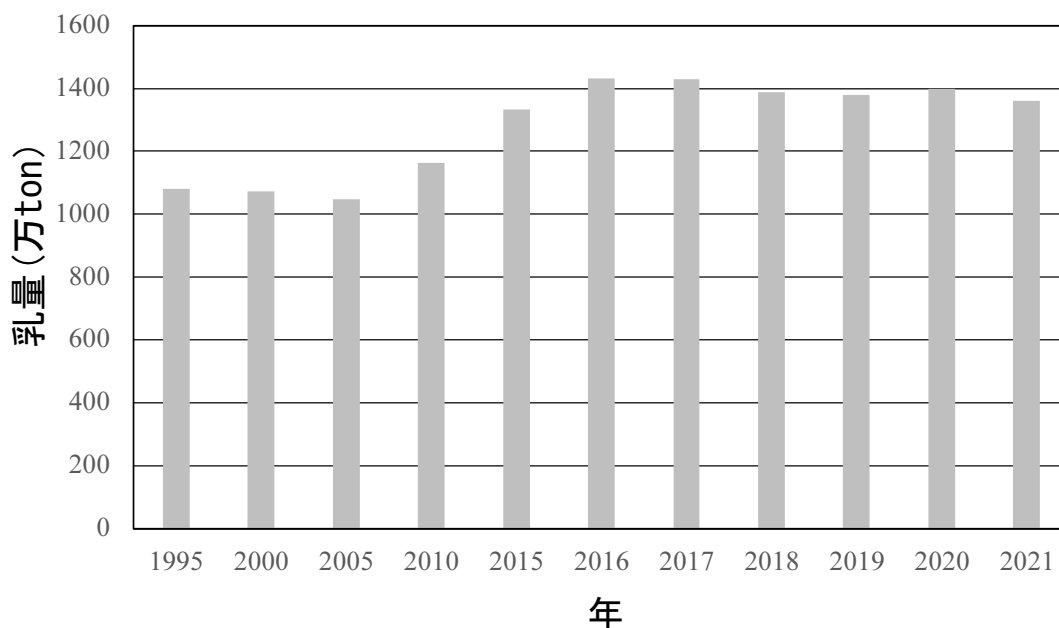
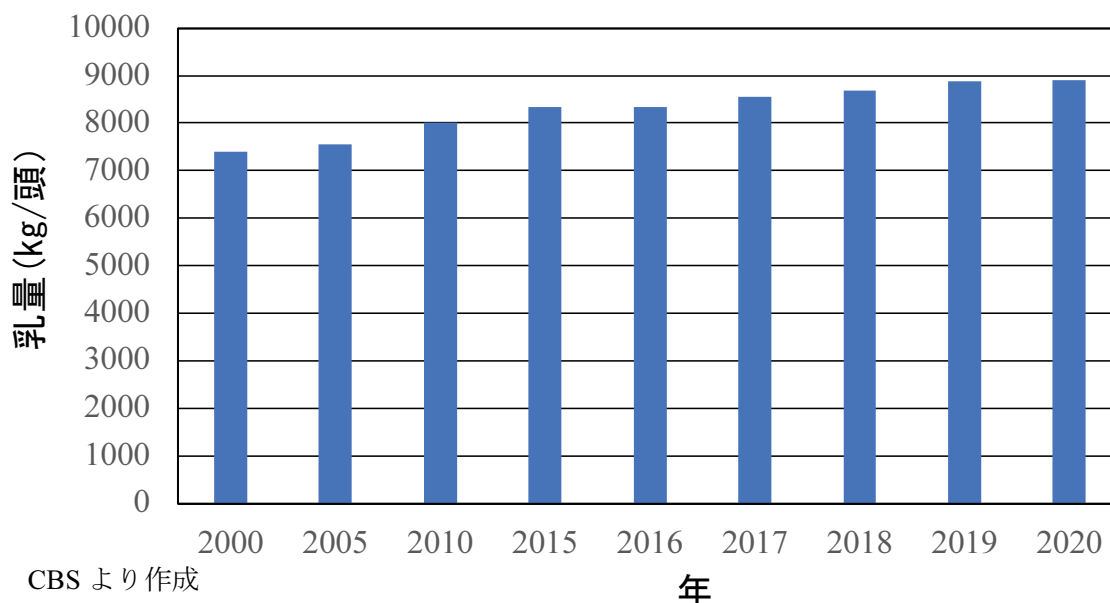
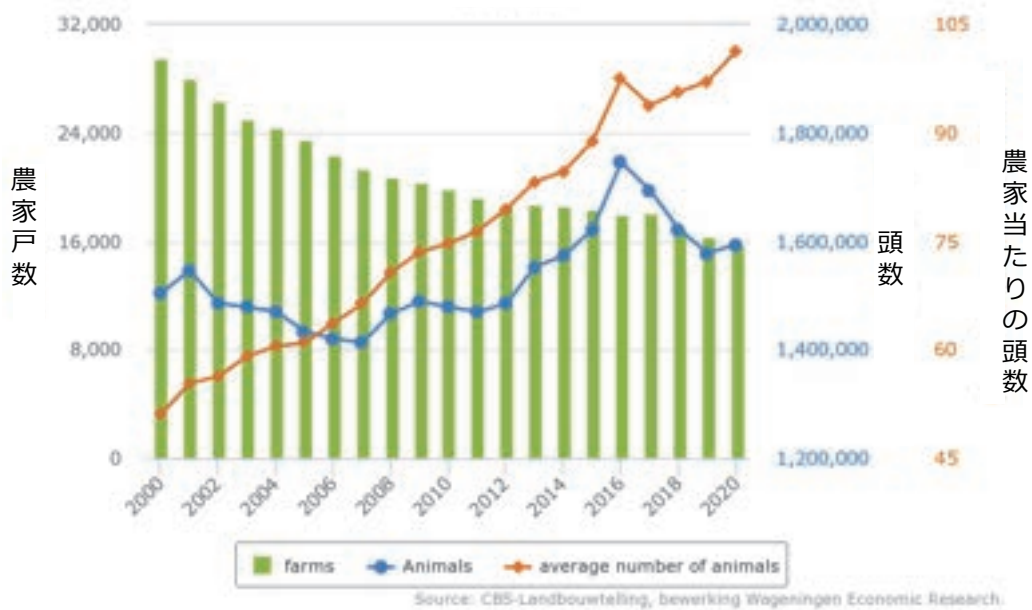


図4 オランダの乳生産量の推移 出典：<https://www.cbs.nl/en-gb/figures/detail/7425eng>



CBSより作成

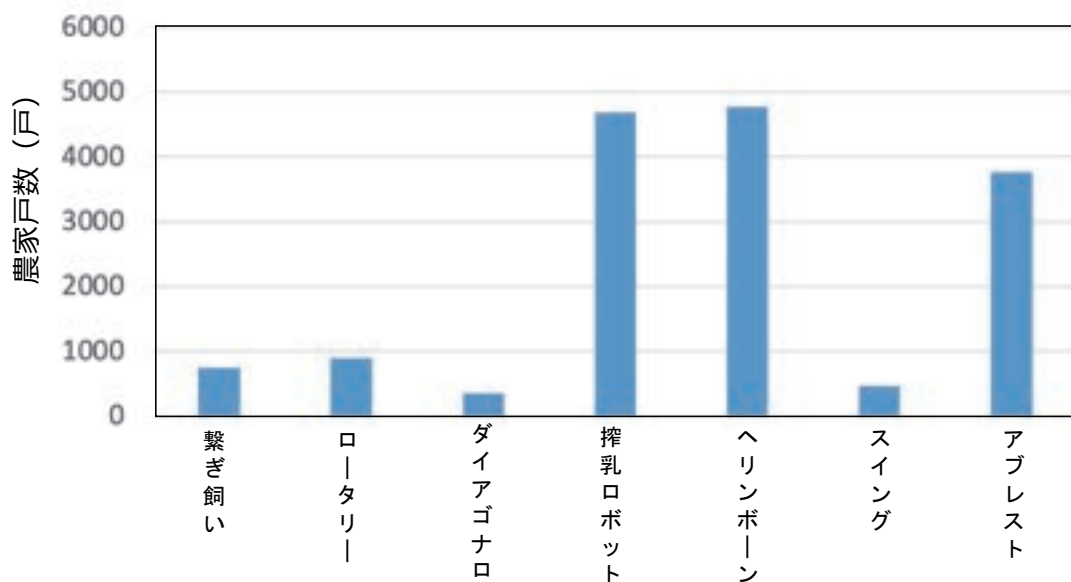
図5 オランダの1頭当たりの乳量の推移



Koning 氏提供

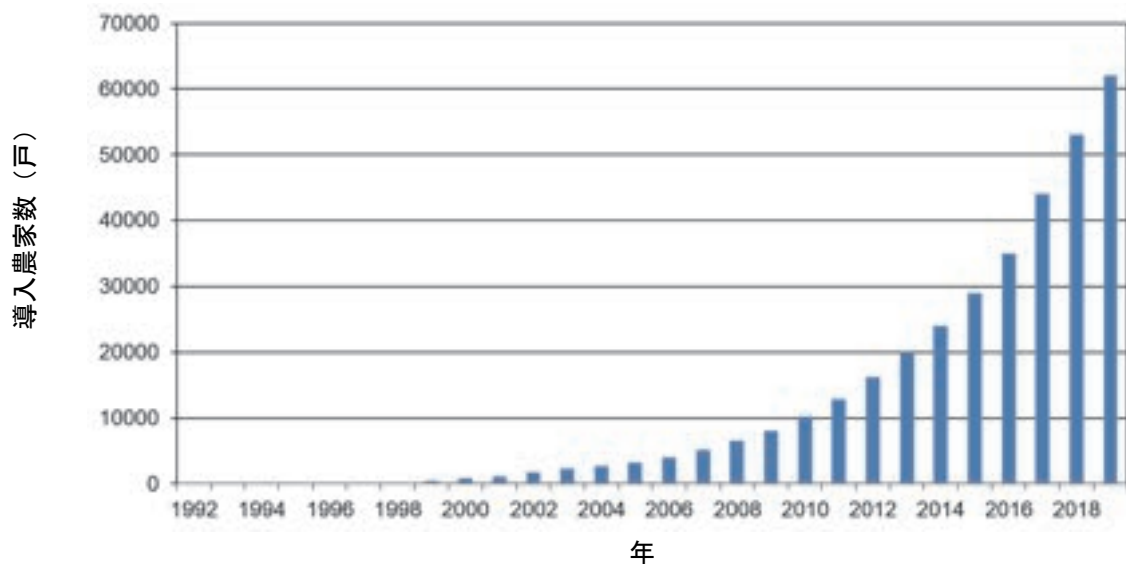
図6 オランダの農家戸数、頭数の推移

2021年のミルクパラーの種類では、ロボット搾乳がヘンリボン型と並んで5000件弱あり、全体農家数の約30%近くになる(図7)。搾乳ロボットは1992年ころから導入が始まり、指数的に導入が増加している(図8)。



Koning 氏提供

図7 オランダの搾乳タイプ別農家戸数



Koning 氏提供

図8 オランダの搾乳ロボットの導入推移

搾乳ロボットはまさにデジタル畜産技術導入に対する駆動力となっていることがわかる。このことによって酪農家は様々なデジタル畜産技術の導入に関心が高いということを Koning 氏は指摘した。オランダの酪農は以下の2点の方向に向かっている。

- ①ハイテクファーム
- ②大規模化

また、日本とは異なりヨーロッパでは法律で年に1~2回アニマルウェルフェアの監査が義務付けられている。自らの畜舎に Web カメラを設置して、牛舎内の映像を公開し、アニマルウェルフェアを達成していることをアピールする農家もいるとのことである。

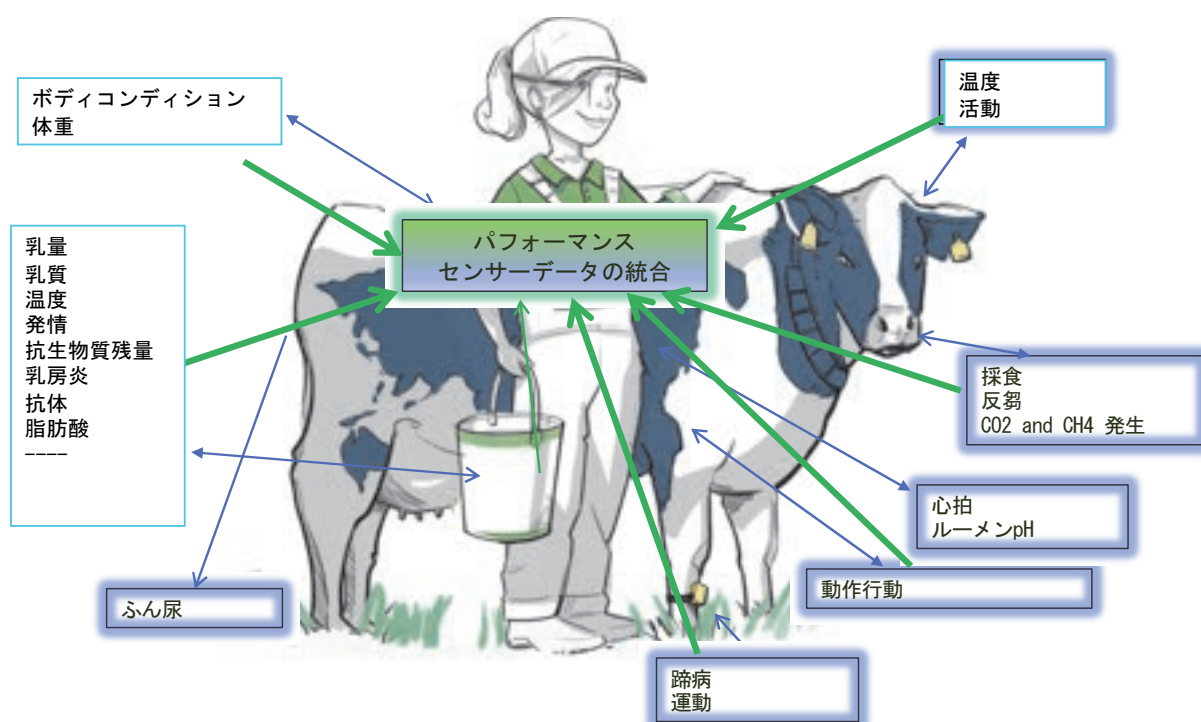
(2) デジタル酪農の考え方

技術を開発する側から今後のオランダの開発方向や考え方について述べる。まず、なぜデジタル酪農技術を導入するのかという理由は、以下とのことであった。

- ◆ 省力化
- ◆ アニマルヘルスのモニタリング：牛の寿命を長くする。

日本でも畜産における課題解決のための一つのツールとしてスマート酪農技術が挙げられており、その中でも労働力不足に対する位置付けが大きいことと同様であった。2番目のアニマルヘルスのモニタリングは個体のイベント、異常検知にとどまらず、健康状態のセンシングを目指している。上記2点の視点から個別要素技術や生産システムの開発が行われている。

一方、すでに多くのセンシング技術が農場に導入されており、図9に示すような多種で大容量のデータが牛体、牛乳から得られている。



Koning 氏提供

図9 牛体、牛乳から得られる多様なデータ

Koning 氏によると研究開発の観点からは牛は多くの情報を生産し、牛乳は副産物のような位置づけで考えられるということである。得られたデータから知見を得て行くアプローチは図10に示すようなプロトコルで進めている。



Koning 氏提供

図 10 技術開発の流れ

目的を設定し、データを収集、データを統合・解析して実証を行い、その結果を持って達成度合いを評価する。PDAC サイクルのような流れで技術開発を行っている。

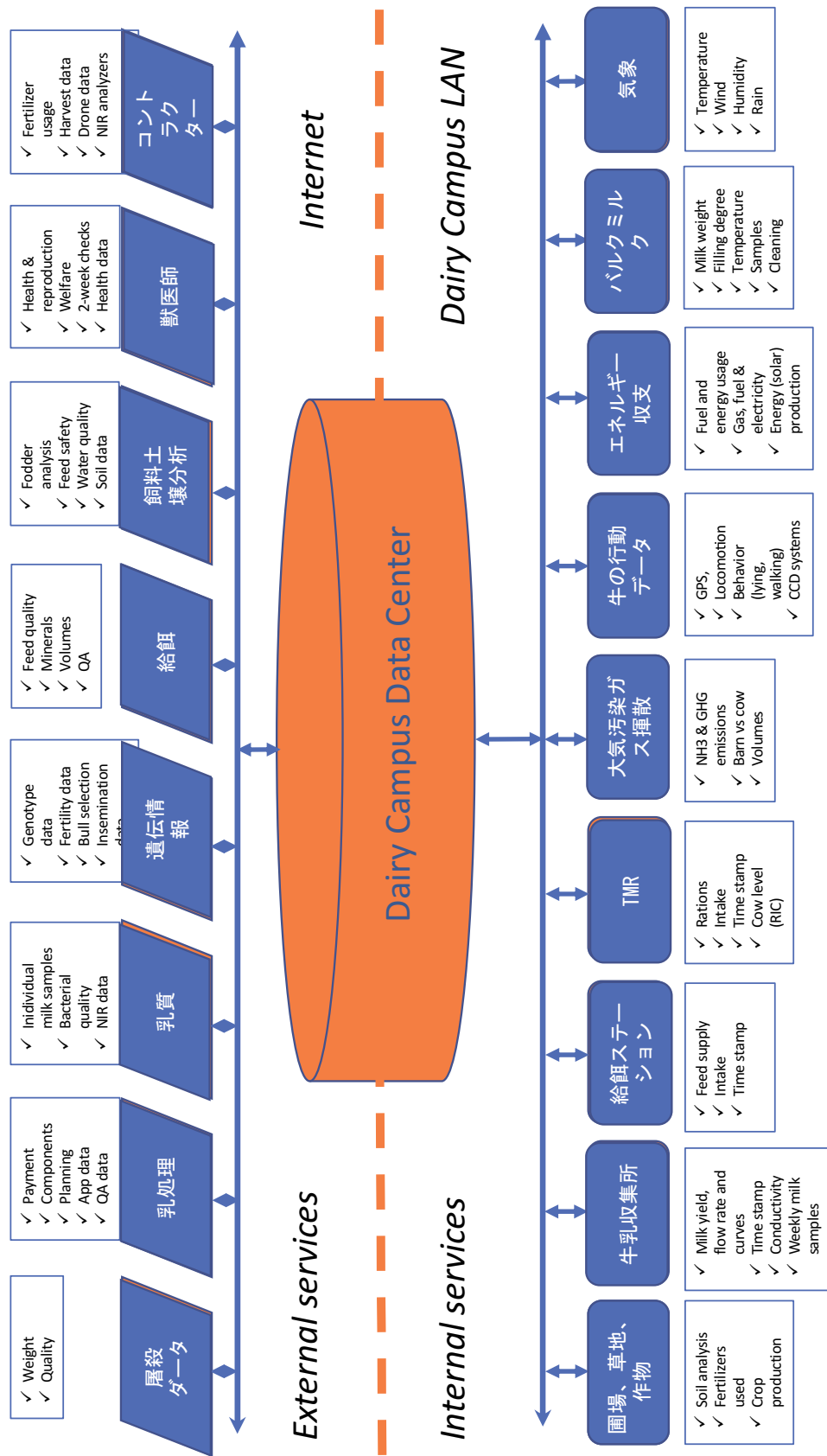
Koning 氏はデジタル酪農技術を用いた場合の特徴（利点として）を以下の通り挙げた。

- ・ 個体の生体情報を取得
採食、反芻等の行動、乳質、乳量、疾病、体重等
- ・ 実験室で分析したデータの活用
系統、遺伝情報、環境評価、飼料、土壌分析（草地）
- ・ 放牧データの取得が可能
採食、行動、草地の状態、土壌
- ・ データの統合と解析
データからの結論、ステークホルダーからの疑問への回答、アニマルウェルフェアへのキーテックの開発、持続可能性への貢献

最後の項目の「データの統合と解析」において、Dairy Campus としてはここに重点を置いているようである。前述したように農場だけではなく集荷場、屠殺場、飼料生産現場である飼料圃場、気象等において多様で大容量のデータが生成され、これらを統合・解析し、アクションするシステムを構築することで酪農の持続可能性と生産性の向上を達成させようと考えている。Dairy Campus はオランダにおける酪農研究の中心であるので、ここに酪農のデータセンターを構築し、図 11 に示す各種データを集荷場、屠殺場、飼料生産現場、気象等から収集、解析する準備を進めている。ビッグデータの活用と有用化を目指している。

デジタル酪農技術の課題として以下を Koning 氏は挙げた。

- センシング機器のデータ互換性
- 個別要素技術に特化しすぎる
- 測定器の標準化
- センサーの精度
- 取得したビッグデータの活用（まだされていない。）
- 農家サイドにおいてセンサーで得られたデータをもとに正しい判断ができるか？



Koning 氏提供

図 11 Dairy Campus を酪農データセンターにする計画

(3) アニマルウェルフェアとデジタル酪農

オランダではクラウド上でアニマルウェルフェアをスコアリングするようなシステムはなく、農場にもそのような製品は導入されていないとのことであった。前述したように Web カメラで牛舎内を公開している農家がある。既存のスマート技術では行動から異常検知をし、作業者に通知する製品はアニマルウェルフェアに資するものと考えられる。

WUR では多くのプロジェクトが推進されているが、そのうちの一つに”Next Level Animal Science”がある。この研究プロジェクトは①Sensor Technology、②Complex cell system、③Data and model の3系から構成され、この中で酪農に関係する研究を進めている Wijbrand Ouweltjes 博士のその内容を聞き取りした。

1) 研究タイトル

行動モニタリング

2) 目的

5年後にビッグデータに備えたインフラや技術を持つことを目標に、具体的には牛の運動データの取得とデジタル皮膚炎（蹄病）の発見を目的としている。

3) 方法

牛にタグを装着し、ビーコンによる位置の取得、3次元加速度計による行動を識別する（図12）。カメラの画像によって運動をトラッキングする。

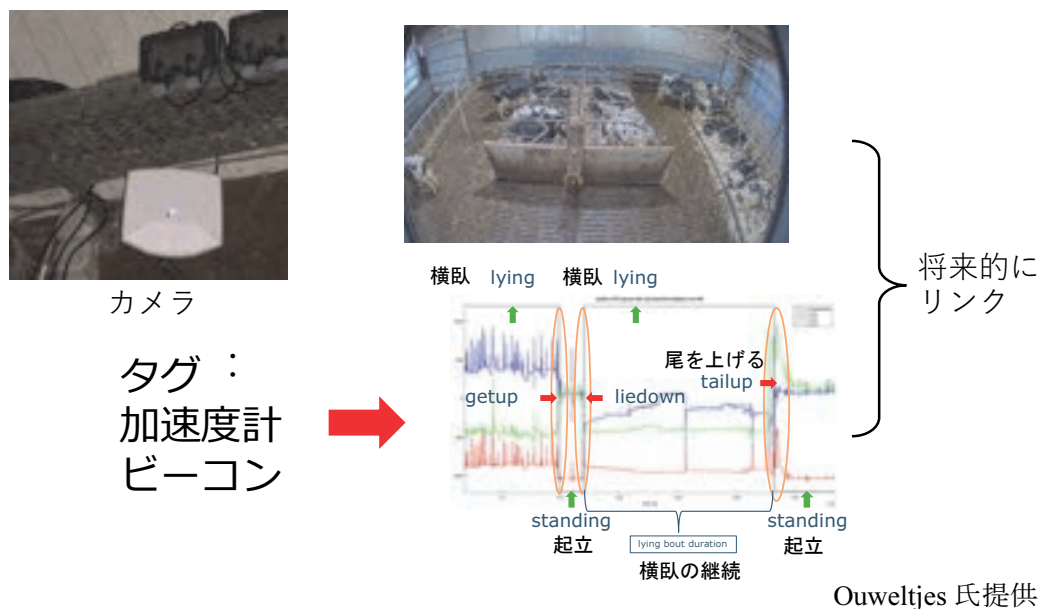
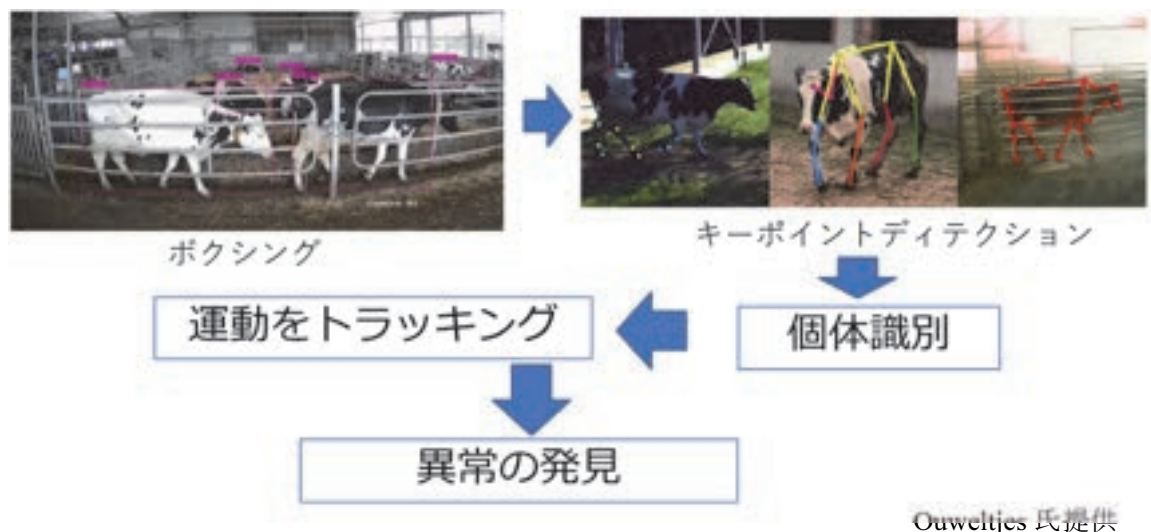


図12 行動モニタリング

画像による運動トラッキングでは、①対象の牛をボクシング、②キーポイント検知、③個体識別、④トラッキングする流れである（図 13）。



Ouweltjes 氏提供

図 13 運動のトラッキングの流れ

4) 今後

現在は牛房内の運動のモニタリングと画像センシングにおけるカメラ位置等の改善を実施している。将来的にはセンシングは画像だけでモニタリングや異常検知までを目指すとのことであった。

4. まとめ

- 1) オランダのデジタル酪農の目的は持続可能性（牛のヘルスマニタリングによる寿命の向上、環境負荷低減）、省力化、生産性の向上。
- 2) アニマルウェルフェアに資する技術としてヘルスマニタリングがある。
- 3) オランダでは搾乳ロボットの導入が日本より進んでいることを背景に酪農家のスマート酪農技術への関心が日本よりも高い。
- 4) オランダ酪農はハイテク化、大規模化に向かっている。
- 5) 行動モニタリング（モーションセンサ）によるイベント検知では日本と大きな差はないように思われた。
- 6) オランダの酪農研究の中心である WUR の Dairy Campus におけるデジタル酪農技術開発は個別要素技術よりは全ての（ステークホルダー）データを収集、統合・解析するビッグデータの利活用の方向に向かっている。Dairy Campus をデータセンターにする。
- 7) データの統合における課題として、①データの所有権、②データベースの運営主体、③運営費等の体制に関する事柄が挙げられる。その前に根本的な課題として何を評価

するためにどのような評価指標を使用し、そのためにはどのデータの組み合わせが必要であるかを明確にしなければならない。次に技術的な課題としてのデータ連携とセンシングである。

5. 質疑応答 (2022.3.18 開催 スマート畜産海外先進モデル調査セミナーにおいて)

オンラインセミナーでの質疑応答を下記に紹介する。

Q. Dariry campus の運営は、国ですか？ 民間ですか？

A. ワーゲニンゲン大学の一部なので国です。

Q. オランダではデータを使う側の農場への普及、教育システムはどのようになっていますか。

A. 日本の状況と類似しています。

Q. 「Complex Cell system」について教えてくださいか

A. 畜産関係ではブーノースの研究です。:現在は幹細胞で実験系を構築しています。

Q. オランダのデータ収集に関してモーションセンサーなどの普及率はどのくらいですか。また、生産者がどのくらい Iot に関心を持たれているのか教えてくださいかでしょうか。

A. 酪農家の関心は非常に高い。普及に関しては詳細な数字は不明だが、搾乳ロボットは30%程度普及しているので、それよりも少ないと思われる。

Q. 各牧場のデータは個人情報だと思うのですが、データベースへの提供にあたり、どのように各牧場から理解を得ているのでしょうか。(各牧場のデータは、その牧場内の経営改善にしか使われないのでしょうか？

A. オランダでは制度的に確立していない。これからの課題としている。

Q. Big Data の収集から牧場へのフィードバックまで行うシステムについて、日本国内での先進事例はありますか。また、我が国におけるシステム構築の上で、どのような課題を解決しなければいけないのでしょうか。

A. 日本ではない。多くの課題がある。①一次、二次情報の所有権。②データ連携の仕組み API③日本の場合は競争単位:個別の農場、組合、地域等でデータを外に出したくない。企業秘密。④共有できるデータの項目の選定⑤運営機関、運営費をどうするか。

3. 調査報告

3-3. リアルタイム統合酪農経営意思決定支援システム “Dairy Brain”の開発状況

- ・ 調査畜種：乳牛
- ・ 調査日程：12月28日～1月28日

国立大学法人岡山大学 舟橋 弘晃

1. 今回の調査に至った経緯

平成 30 年度 AI・IoT 等活用畜産先進モデル調査事業として、平成 30 年 11 月 26 日～27 日（調査期間 11 月 25 日～29 日）にアメリカ合衆国のウィスコンシン大学マディソン校酪農学科 Victor E, Cabrera 教授研究室およびその関係酪農ファームを訪れ、AI,IoT 等活用畜産先進モデル（乳牛）の調査として、リアルタイム統合酪農経営意思決定支援ツール Virtual Dairy Farm Brain（略称 Dairy Brain）の調査を行った。研究チームは、Victor E, Cabrera 教授を研究代表者として、ウィスコンシン大学コンピュータ科学科、酪農学科、畜産学科の合計 14 名の研究者から組織されていた。この Dairy Brain は、農家、乳業会社、改良協会、州・合衆国などの各階層それぞれに独立して存在するデータベースやセンサーからの情報を有機的に連携させて、個体、群、農場、地域のそれぞれのレベルで牛・ミルク生産の状況や経営指標をリアルタイムに示す人工頭脳活用型経営システムの構築を目指すことをコンセプトにした事業であり、概要と開発状況について伺った。その結果、未だ構想・準備段階であり、3つの酪農ファームからのデータを手動で採取して、それらのデータから乳房炎の早期発見や牛群の改良が可能か否かの検討をしている段階であった。

今日、我が国のいたるところで、多数のデータベースやネットワークが別個の企業により構築され、それらが互いに連携できず、情報の統合が出来ないことによって、Society5.0 への移行が阻害されている。上記調査対象事業の開発コンセプトが、個々に独立したデータベースやデバイス情報を有機的に連携させ、経営判断をサポートするために有益な情報をリアルタイムに示す人工頭脳活用型経営システムの構築にあることから、このシステム構築の開発状況の再調査は、我が国が直面している IoT 推進上の課題解決に良いヒントをもたらす可能性があった。また前回の調査から 3 年が経過していることから、Dairy Brain 開発事業が、どれくらいの進展をしているかについて確認する上でも、調査する意義が十分あると考えられ、今回の調査を実施することになった（調査期間：令和 3 年 1 月 2 8 日～令和 4 年 1 月 2 8 日）。

2. アメリカ合衆国およびウィスコンシン州の酪農

Wikipedia によると、米国には 40,200 の酪農ファームがあり、1995 年の 111,800 から大幅に減少している。また、USDA の Milk Production レポート（2022 年 2 月号）によると、2021 年には、全米で 9,448 千頭の乳牛が飼養されており、過去 10 年間で 2%増えている（図 1）。それらの乳牛のうち、搾乳牛が生産する年間生乳生産量は 226,258 百万ポンドに上り、総生産乳量は過去 10 年間で 13%増大している（図 2）。また、一頭当たりの年間生乳生産量（23,948 ポンド）は、過去 10 年間で 10%増えている（図 3）。2021 年での州別生乳生産量のトップ 5 は、総乳量の多い順に、カリフォルニア州、ウィスコンシン州、アイダホ州、テキサス州、ニューヨーク州、（乳量で、それぞれ 3, 490 百万ポンド、2,646 百万ポンド、1,346 百万ポンド、1,344 百万ポンド、1,287 百万ポンド）である。それらの州で飼養されて

いる乳牛頭数はそれぞれ 1,719 千頭、1,275 千頭、652 千頭、625 千頭、620 千頭である。この 2 年間で、ニューヨーク州の順位がテキサス州に抜かれて 5 位に転落した。

Milk Cows – United States: 2012-2021

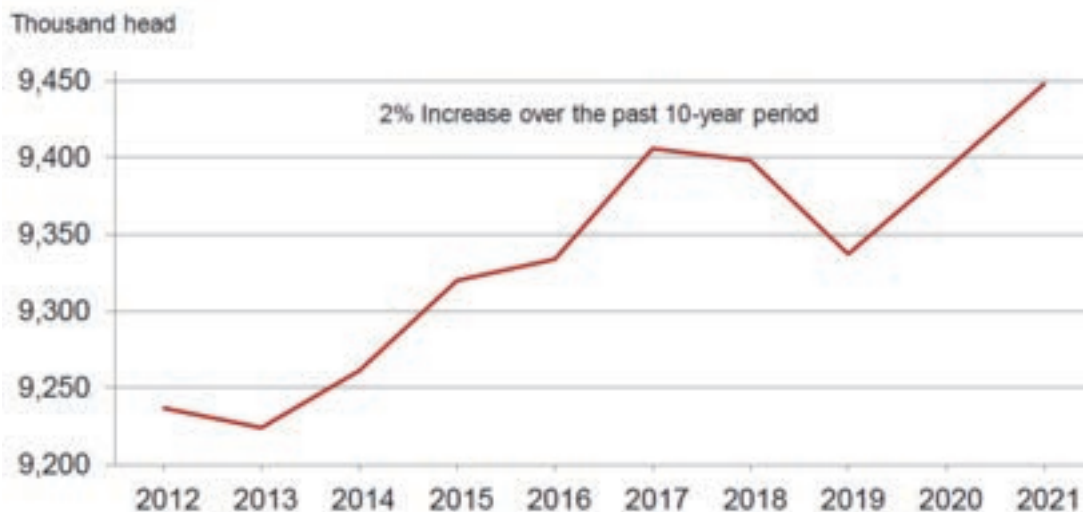


図 1. 2012 年～2021 年における全米の乳牛総頭数の推移

USDA Milk Production Report (Feb. 2022)

Milk Production – United States: 2012-2021

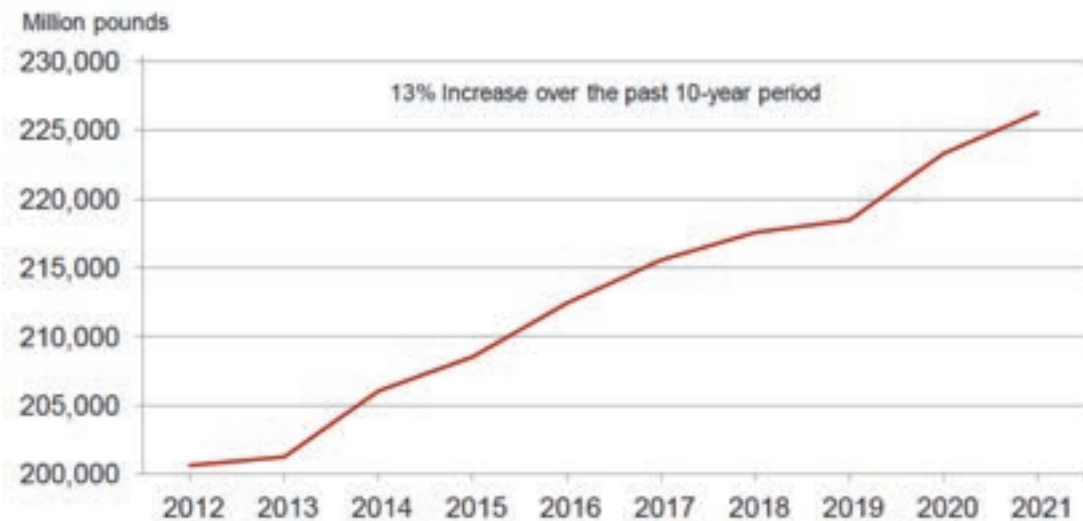


図 2. 2012 年～2021 年における全米の年間生乳生産量の推移

USDA Milk Production Report (Feb. 2022)

Production per Cow – United States: 2012-2021

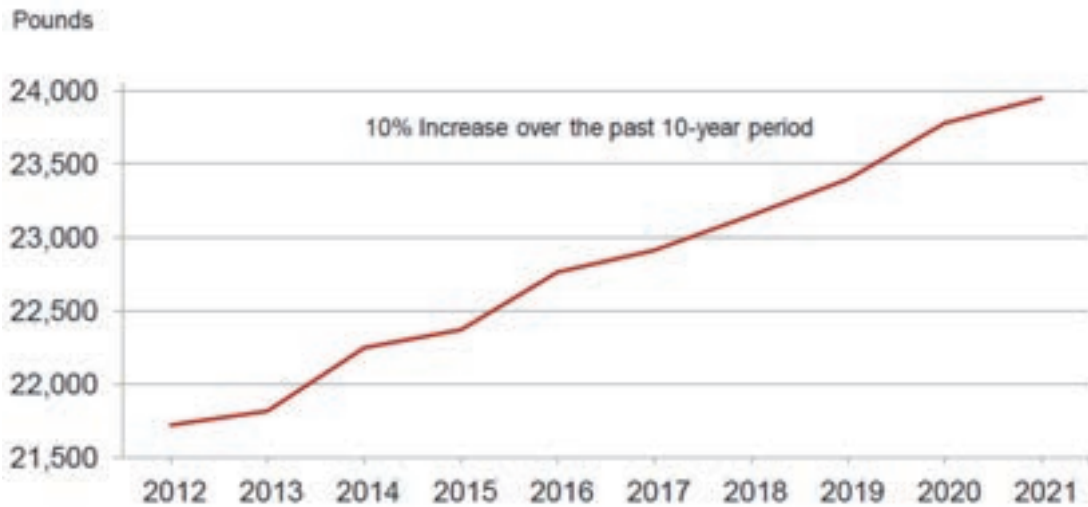


図3. 2012年～2021年における全米の一頭当たり年間生乳生産量の推移

USDA Milk Production Report (Feb. 2022)

米国における牛群規模は、西海岸や南西部の大規模農場が多い地域での1,200頭程度から、地理的な条件が牛群規模を大きく制限する中西部や北東部での50頭程度まで幅広い。米国の平均牛群規模は、酪農ファームあたり約100頭であるが、その中央値は90頭であり、全乳牛の49%が1,000頭以上規模の酪農ファームで飼養されている。

ウィスコンシン州は、もともとは小麦生産の盛んな地域であったが、1890年にウィスコンシン大学マディソン校のDr. Stephen Moulton Babcockが乳脂肪含量を測定するバブコックテストを開発したことで、牛乳と乳製品の品質が向上し、19世紀後半には酪農業への転換が図られ、20世紀初頭には90%以上のファームが酪農業を営み、チーズやバター他の乳製品加工を含む酪農業が主要産業の州となり、1915年からカリフォルニア州に抜かれる1993年まで、全米トップの生乳生産量を誇った。2020年の統計データでは、ウィスコンシン州は全米のチーズの26%を生産しており、2019年のチーズ総生産量は33.9億ポンド（15.4億kg）であった。ウィスコンシン州で生産される全チーズの31%はモッツアレラチーズ、21%がチェダーチーズであるが、チェダーチーズ、ミュンスターチーズ、フェタチーズなどの生産量は全米でトップである。バターについては、2008年のデータでウィスコンシン州は全米のバターの22%を生産しており、総生産量は3.61億ポンド（1.64億kg）である。歴史的に、もともとウィスコンシン州には家族経営の酪農ファームが多かったが、大規模工場型ファーム化が実験的に取り入れられ急成長したカリフォルニア州に生乳生産量のトップを取って代わられて以降、ウィスコンシン州の家族経営ファームの多くは大規模工場型ファームとの競争に敗れ廃業した。2005年以降、酪農ファーム数は半減し、2020年には約7000の酪農ファームが残っている。また、2018年、中国とメキシコが米国に多額の関税を課し

たことが Wisconsin 州の酪農生産に打撃を与え、Wisconsin 州全体の酪農家は、この関税のために推定 4 万ドルの年間収入を失った。牛群規模の拡大に伴って、移民酪農労働者数が 2000 年の 5% から 2010 年には 40% に増加している。

3. “Dairy Brain” の開発状況について

Wisconsin 大学マディソン校酪農畜産学科 Victor E, Cabrera 教授（図 4、右上写真）への調査および提供資料から得た情報をまとめると、以下の通りとなる。

1) Dairy Brain 事業のフェーズ

調査対象の Dairy Brain は、時代の変革とともに大規模化されている酪農ファームで個別最適化な管理を実現し、収入増につなげるための経営判断ツールの開発を目指している。開発は、下図（図 4）に示す 5 つのフェーズ（1. 酪農ファームからの経営有益情報の収集、複数の情報源である酪農ファームデータを Wisconsin 大学構内にある Wisconsin Institute for Discovery（図 5 に示す写真）の地下に設置された巨大データサーバーに移行、3. 移行されたデータの正規化、4. 集積されたデータを活用した分析サービスの適用、5. 付加価値の高い情報を Web 経由で各酪農ファームに還元）に従って進められている。



図 4. Dairy Brain の開発フェーズと研究代表者の Victor E, Cabrera 教授

2) Dairy Brain 事業全体のコンセプト

また、図5に示すように、各階層や得たい情報毎にデータベースが別個のシステム上で異なった形式のファイルとして管理され、独立して稼働している。また、センサーなどの各種デバイスについても同様のことが指摘できる。Dairy Brain 開発事業では、これらのデータベースなどの情報を有機的に連携させて、Dairy Data Ecosystem を先ず構築する。それらから供給される様々な形式のファイルを統一ファイル形式にまとめ、Agriculture Data Hub を形成する。それらのデータを厳重なセキュリティの下で管理運用することで、個体、群、農場、地域のそれぞれのレベルで牛・ミルク生産の状況や経営指標をリアルタイムに示す人工頭脳活用型経営サポートツールの構築を目指している。



図5. Wisconsin Institute for Discovery 内部と Dairy Brain の概念図

3) Dairy Brain 開発のための戦略

そのことをより具体化し、確実に推進していくための戦略として、図6に示すように、Victor E, Cabrera 教授たちの研究グループは、連携イノベーションネットワーク **Coordinated Innovation Network (CIN)** (<https://dairybrain.wisc.edu/coordinated-innovation-network/>) を創設して、ステークホルダーとのネットワーク作りに着手した。その中で、上述の Agriculture Data Hub や Dairy Brain の構造と実装の形成を目指し、より広範な業界協議の礎作りとサービスや標準実装に取り組んでいる。また、Dairy Brain の設計図作りにも取り組んでおり、デー

データの所有権の諸課題や、データの安全性、データの収集と伝達のためのベストプラクティス、アプリケーションプログラミングインターフェース（API：あるコンピュータプログラム（ソフトウェア）の機能や管理するデータなどを、外部の他のプログラムから呼び出して利用するための手順やデータ形式などを定めた規約のこと）の制定、および API アクセスの収益化戦略などに取り組んでいる。同時に、各酪農ファームから集めたデータを共通化してストックしておく Agriculture Data Hub の創設に取り組んでおり、Dairy Brain の構築を経て、データ統合のメリットと Data Storage Technology（DST：酪農家がデータをうまく活用し、すでに持っているデータをどうすればもっとお金にできるかを考え、それをサポートする技術）を活用した、様々な活動（プロモーション、ファシリテーション、デモンストレーション、セミナーウェビナー、シンポジウム、データマネープログラム）を含む Innovative Extension プログラムを通して酪農家への Dairy Brain の浸透を目論んでいる。



図6. Dairy Brain 構築のための戦略

CIN を組織し、世界中（主に米国）から研究者や技術者など様々な人たちが参加することでネットワークが形成され、既に Hoard's Dairyman から 5 つの著作物と 2 編の研究論文が共同研究成果として公表されている（図7）。

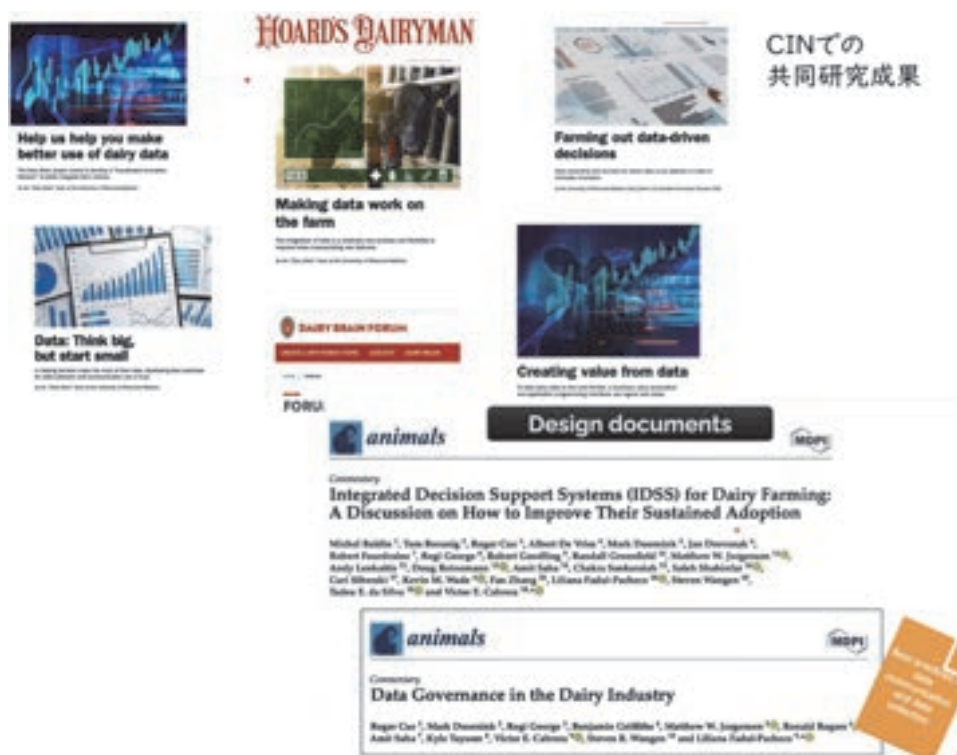


図7. Dairy Brain についての CIN での共同研究で生まれた5つの著作物と2編の研究論文

4) Dairy Brain 事業全体のエコシステム

上述の通り、彼らのCINを巻き込んだ連携イノベーションネットワーク活動を通して、Dairy Brain に関連する研究活動が進んでいる。さらに、彼らは、酪農ファームから得たデータを Agricultural Data Hub で統合して、その巨大データベースに Dairy Brain がアクセスしてデータを分析および現状の状況をリアルタイムで表示するデータダッシュボードに表示するようにし、それらのサービスを酪農ファームに還元するように設計しているが、それだけにとどまらず、他のイノベーターが Agricultural Data Hub にアクセスすることも可能にしており、追加的なデータサービスを Dairy Brain に提供したり、あるいは酪農ファームに直接提供したりすることができるようにしている（図8）。

データとインサイト(洞察)を交換するエコシステム (Ecosystem of exchange of data and insights)

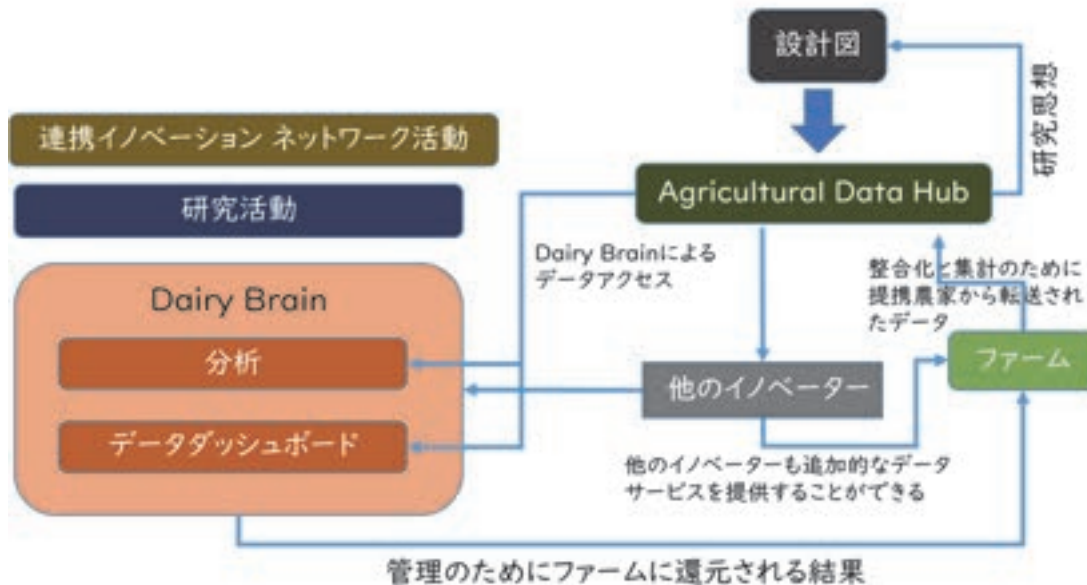


図8. Dairy Brain と酪農ファーム、他のイノベーターとの関係 (エコシステム)

5) Agricultural Data Hub 構築のためのプロセス

このデータとインサイトを交換できるエコシステムの中で、まず、Agricultural Data Hub の構築が重要になるが、単純な話ではない。上述の通り、各種デバイスから得られる情報や外部の様々なところから収集されるデータは、異なった形式のファイルが別個のシステム上で管理されており、それらをただ集めただけでは、使い物にならない。そのためにも、まず、広く業界協議を行い、データの所有権の課題やデータの安全性、API の制定に加えて、得られたデータについても 5 つのプロセスを経て統合する必要がある。このことについては、本事業メンバーの Steven Wangen が中心となって論文にまとめている (Wangen ら、Livestock Science 250, 104602 (2021)、図9)。それによると、第1のプロセス (Accessing) として、酪農ファームのデータを一元化するシステムに取り込むことが必要である。彼らの現在の状況は、それぞれの酪農ファームの了解を得てデータを別個に収集している状況であるが、関係団体との協議によって同意が得られれば、その条件下で自動的にデータを収集することが出来るようになる。第2のプロセス (Decoding) は、得られたデータファイルの構造がソフトウェア毎にばらばらであることから、それぞれのデータをデコード (翻訳・解読) することである。彼らは、既にデータを抽出するためのモジュラーフレームワークを開発している。その次の、第3のプロセス (Cleaning) として、データのクリーニングと品質保証のためのチェック (重複項目の削除や、誤った記録や不完全な記録の識別とフラグ立てなど) を行う必要がある。クリーンスクリプトの開発は時間の掛かるプロセス

であるが、品質管理上、必須のプロセスである。第4のプロセス（Homogenizing）は、それぞれの酪農ファームから得られるセットとしてのデータから、目的別にデータを抽出し整理するものである。これには、単位、用語、尺度の種類、間隔などの標準化が含まれる。そして最後のプロセス（Integrating）はデータソースからの全てのプロセスを接続することである。一見、簡単そうに見えるが、目標達成までにはいくつものハードルがある。彼らは、既に、アプリケーション・プログラミング・インターフェースの独自のリポジトリを作成（ベータ版）しており、すでに、異なるシステムから得られたデータを、より一貫性のある体系的な方法で分析プロセスに取り込む方法を確認している。

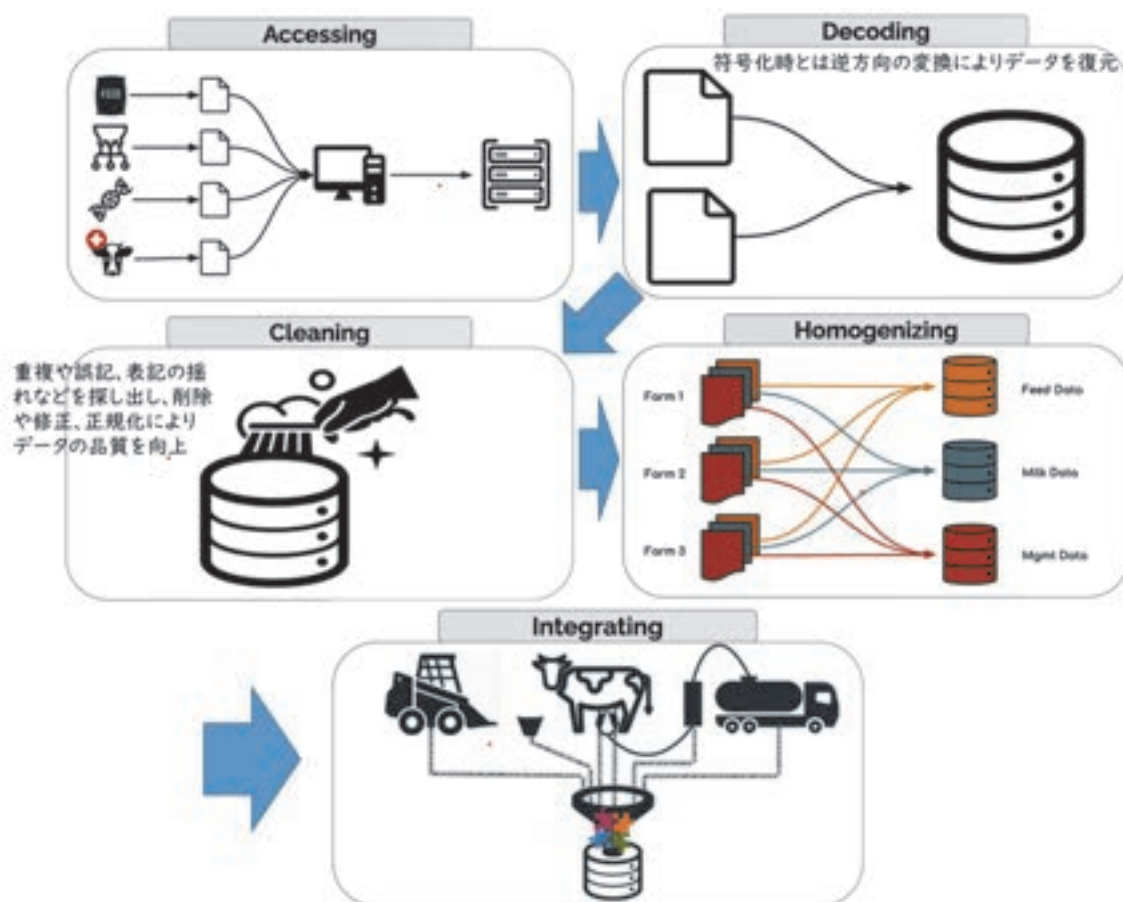


図9. データの統合に必要な5つのステップ（Wangenら、2021）

6) 経営判断サポートツールとしての Dairy Brain に求められる機能

次に、経営判断サポートツールとしての Dairy Brain は、①現状をリアルタイムに表示する計器盤のように記述的であること、②見タイの業績予想を示せるように予測的であること、そして③適切な管理措置を生み出すように規範的であること、が求められる（図10）。そのような高度な分析が可能になった経営判断サポートツールが、Agricultural Data

Hub を通して様々なデータソースを統合出来た時に、大きな付加価値を酪農ファームにフィードバックできる。

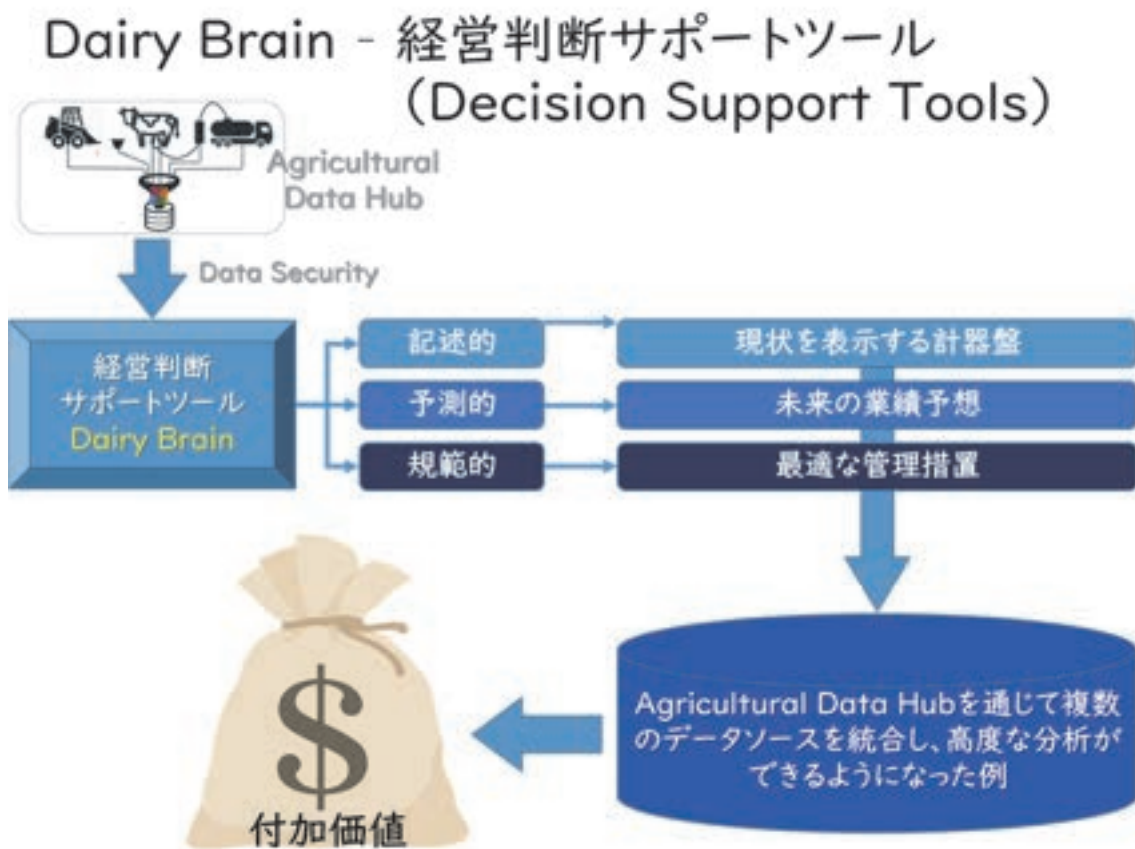


図 1 0. 経営判断サポートツール Dairy Brain に求められる機能

7) 経営判断サポートツール Dairy Brain から得ることが期待されるメリット

経営判断サポートツール Dairy Brain から短期的、中期的、長期的なそれぞれのタームで得ることが期待されるメリットについて表 1 に示す。短期的には、ミルクパーラー関連のデータソースや DHI データから得られる搾乳データや生乳販売データ、給餌モニタリング関連のデータソースなどから得られる給餌データを活用して、日々の飼養効率や飼料コストを上回る生乳販売収入の表示が可能で、経営的早期警戒や計画的収益が可能になるメリットが考えられる。中期的には、日々のマネジメントデータや遺伝的特性に関するデータのロジスティック回帰分析や機械学習などによって、乳房炎を減少させるための遺伝的選抜ができ、より健康な乳牛群を構築できるメリットや、様々なデータをマルコフ連鎖解析や非線形計画法などを活用して一頭当たりの動的純益を示すことが出来るので、牛群の入替えの判断をサポートできるメリットがある。長期的には、日々のマネジメントおよび搾乳・給餌データおよび DHI データをクラスター解析および非線形計画法などを活用して

継続的栄養摂取精度を上げるための分析によって、より正確な給餌方法についての経営判断サポートが得られるとともに、健康や繁殖に関するプロトコルをモンテカルロ法や最適化の手法、機械学習によって繁殖や遺伝、淘汰の決定についての解析を行うことで、最適な繁殖・遺伝、選抜方針に関する経営判断サポートを得られるメリットが期待できる。

表 1. Dairy Brain から短期的、中期的、長期的に得ることが期待されるメリット

判断レベル	モデル/経営判断サポートツール	アルゴリズム	ライブ統合データ	メリット
運用短期	日次飼養効率	牛乳/給餌	ミルクパーラー、DHI、給餌モニタリング	早期警戒
	日次の飼料コストを上回る乳収入	乳価/飼料コスト	パーラー、DHI、給餌モニタリング、プロセッシング	コントロールされた利益
戦術的中期	臨床的乳房炎を減少させるための遺伝形質選抜	ロジスティック回帰、機械学習	マネジメント、遺伝的性質	より健康な乳牛群
	牛一頭当たりの動的純益	マルコフ連鎖、時系列	満遍なく	最高の入替え判断
戦略的長期	継続的栄養摂取精度	クラスター、非線形計画法	マネジメント、給餌モニタリング、DHI、パーラー	より正確な給餌
	繁殖・遺伝・淘汰の決定	モンテカルロ、最適化、機械学習	以上、健康・繁殖に関するプロトコル	最高の繁殖、遺伝的性質、選抜方針

8) 給餌データなどを用いた栄養摂取精度の向上のための分析

マネジメントや給餌に関するライブデータを活用して、栄養摂取精度の向上により、経営が改善される可能性についての研究成果が既にウィスコンシンのグループによって公表されている (Barrientos-Bianco ら, J Dairy Sci 103:3774-85 (2020); Cabrera ら, J Dairy Sci 103:3856-66 (2020))。栄養摂取精度の向上のためには、①グループ化管理の意思決定プロセスのシステム化・自動化、②乳牛のグループ分けの際のエラーの回避・減少、③継続的な栄養グループ管理戦略の実施促進、④牛群により正確な飼料投与の促進について、実現可能と考えられる。

その事例を以下に示す。彼らがシミュレーションに用いた酪農ファームは、ホルスタイン種の健康な搾乳牛を約 2,400 頭飼養するウィスコンシン州内の大規模ファームで、14 のペンで 9 種類の飼料を用いてそれらの乳牛を飼養しており、毎週それらの牛のグループを見直し、ペンを移動させている。飼料は、標準的に利用されている MDS (Milkflo Dairy System) 給餌関連ソフトウェアを用いて年に数回見直されている。彼らは、DairyComp305 にある酪農管理データと FeedComp の飼料データを統合的に活用して継続的・動的に飼料を設計するとどのようなメリットをもたらすのかを分析した。

図11は、14のペンのうち、3つのペンで各160頭が同じ飼料で飼育されている480頭のピーク期の経産牛を抽出して、それぞれの牛をドットで示したものである。しかし、図を見ると、各牛の栄養要求量に大きな違いが存在していることが明らかである。そこで、480頭全体を、要求量の多い牛160頭、中程度の牛160頭、少ない牛160頭に分けて、すでに牛が飼育されている3つのペンに割り当てることは、システム上、可能である。現在、全体の83%程度の牛の栄養要求量をカバーする飼料(黒丸)を設計するのが一般的であるが、それぞれのペンに分けられた牛の栄養要求量に見合った飼料に見直す(白丸)と、現在の飼料より、全体的に見て、はるかに少ない栄養の提供で済んでしまう(栄養素の無駄を省くことが可能になる)。

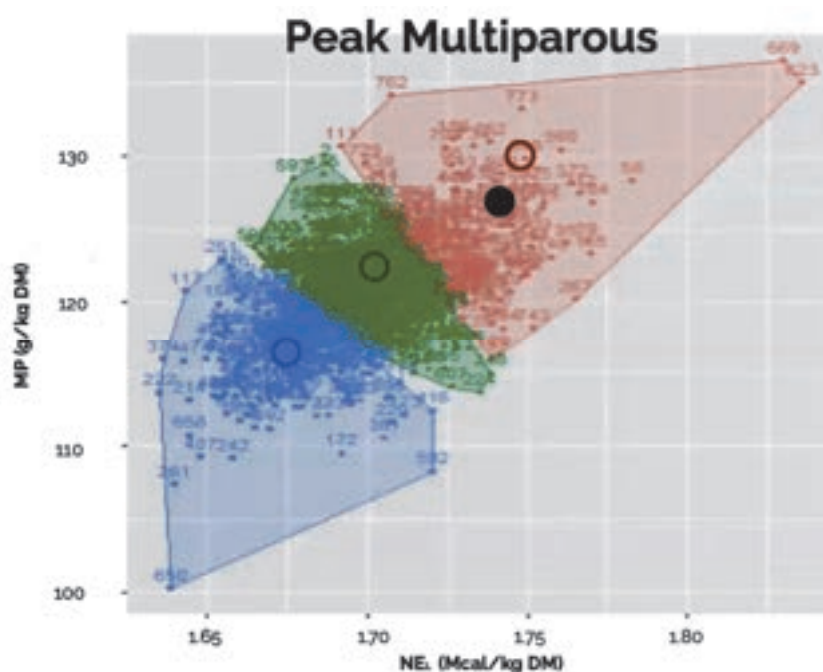


図11. ある牛群(480頭)の栄養要求量(窒素およびタンパク質)

この考え方をこの酪農ファーム全体に適応すると、牛1頭あたりの年間利益に換算して200ドルの改善、一頭当たり年間約75kgの窒素の節約を実現することが可能になる。飼料が年に何度も見直されるようになると、さらに改善される。より正確な飼料を提供することができれば、生産性が向上し、さらに利益が得られ、環境に対する負荷を軽減する可能性がある。すなわち、既に得られているデータを統合してリアルタイムに解析することで、より個別最適化に近い飼養管理が可能になり、多くの利益を生むことになる。

9) 臨床的乳房炎の予測

さらに、搾乳データや遺伝情報などから乳房炎を早期に予測できれば、抗生物質の使用を減らせ、経済的損失を少なくできるなど、動物福祉と経営的メリットが大きい。彼ら

のグループでは、乳房炎の予測についての研究も進んでいる (Fadul-Pacheco ら、Int. Dairy J., 119:105051 (2021))。このテーマについては、短期的な観点からは、時、乳牛が臨床的乳房炎を発症する可能性があるのかということになり、長期的な観点からは、初産泌乳時に臨床的乳房炎にかかるリスクは何か、ということになる。この研究についても、データソースが接続されると、自動的に解析が実行され、完全な分析が準備されるようにする、データ収集・総合分析・意思決定という継続的なフィードバックループを構築する方向で研究が進んでいる。

図 12 に示すように、管理、DHI、遺伝データを融合することで、システムが自動的にデータを使用して動作し、初産泌乳時に臨床的乳房炎が陽性となる牛の特定することを目指しており、誕生した子牛や未経産牛が最初の泌乳期に乳房炎を罹患する確率を予測しようとしている。また、乳房炎の発症を継続的に監視・予測するために、管理データと搾乳パーラーのデータを融合し、泌乳期間中いつでも臨床乳房炎が発症する可能性を数日前に予測することが可能である。乳牛が最初の泌乳期に乳房炎に罹患する確率を予測するために、Naive Bayes と Random Forest による機械学習技術を適用している。泌乳期の継続的・連続的予測には、Random Forest と Extreme Gradient Boosting の適用を試みている。得られる統合データから最良の予測を得ることを目標としている。乳房炎に罹患した牛のデータは、健康な牛と比べて、数が非常に少なく、アンバランスであり、機械学習や人工知能を使ってデータセットのバランスをとることを試みている。また、機械学習では 75%のデータをトレーニングに、残りの 25%をテストに使用し、10 倍の相互確認 (cross-validation) 分析システムを構築している。

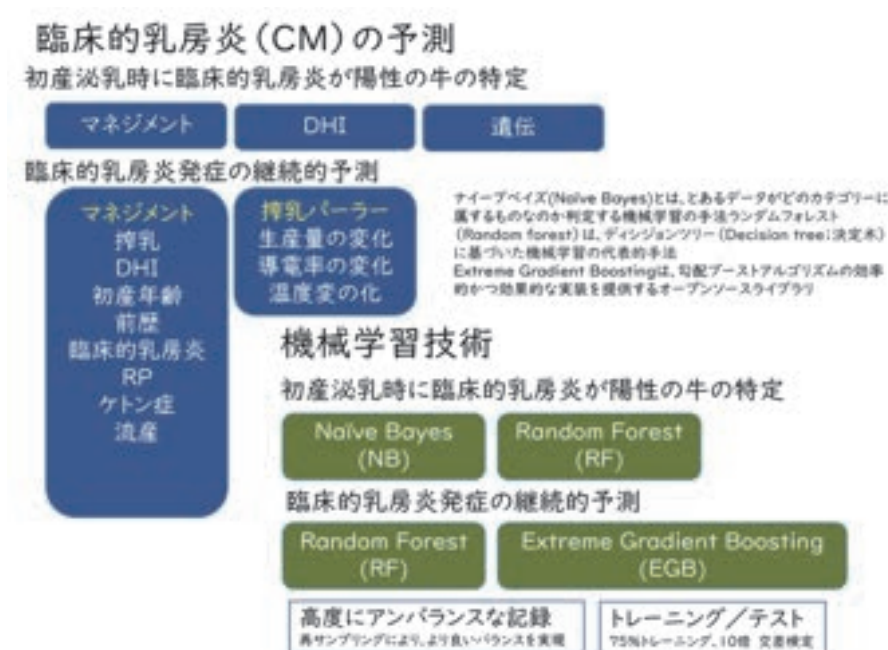


図 1 2. 乳房炎発祥の予測とそのための機械学習の手法

一般的に、Random Forest は Naive Bayes より優れているといわれるが、初産泌乳時に臨床的乳房炎が陽性となる牛の特定のために、Random Forest と Naive Bayes を利用している。Naive Bayes と Random Forest で遺伝的トレースのみで予測すると、期待したほど良い結果ではなかったが、健康と生産の統合データを含めると、有望になり、特に Wrapper を伴う Random Forest では、年間を通して約 60% が正しく判定できた (表 2)。

表 2. 機械学習による初産泌乳時に臨床的乳房炎が陽性となる牛の特定

アルゴリズム	正しく分類された割合、% (感度)	特異性	F値	加重 AUC-ROC (精度)
Genes NB Wrapper	61	67	65	62
Genes RF Wrapper	56	54	57	55
Genes NB Gain Ratio	61	59	60	66
Genes RF Gain Ratio	56	56	56	60
NB Wrapper	62	54	61	68
RF Wrapper	67	67	69	72
RF Bagging	66	67	68	74
NB Gain Ratio	54	56	60	64
RF Gain Ratio	60	57	61	67

Fadul-Pacheco, L. et al. Exploring machine learning algorithms for early prediction of clinical mastitis. *International Dairy Journal*, 119, 105051 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105051>
 Wrapper: ソフトウェアやプログラム部品などが提供するクラスや関数、データ型などを、本来とは異なる環境や方法で利用できるようにしたもの

また、泌乳期のどの時点でも起こりうる乳房炎発症の連続的な予測についても、Random Forest が他の Extreme Gradient Boosting などの機械学習技術よりも優れており、72%の精度で、85%の乳牛を正しく判定できる。また、検出率を上げようとするとも誤判定が増加し、誤判定を下げようとするとも検出率も低下してしまい、判定率が低下する。図 1 3 に、乳房炎の罹患率が異なる 2 つの酪農ファームのデータを用いた乳房炎予測での誤検出と見逃し頻度を示す。6%の乳房炎罹患率のファームで、出来るだけ多くの症例を捕捉したい場合、酪農家は最小値としてのトレース (閾値) を 0.4 に設定すると、2 例を見逃すが、6 例の誤判定を得ることになる。逆に誤報を減らしたい場合は、閾値を 0.6 に設定すると、4 件の誤報が発生するが、10 例のうち 1 例を見逃しことになる。乳房炎の罹患率が 15% と高い場合、閾値を 0.4 にすると、見逃す割合は 0.7 となり、誤判定は約 3 件になる。逆に閾値を 0.6 にすると、2 例を見逃す可能性があり、約 3 件の誤判定をすることになる。ファームでの乳房炎の発生状況や酪農ファームがとるリスクによって、どれだけの症例を見逃すか、またどれだけの誤判定を得るは、変わる。

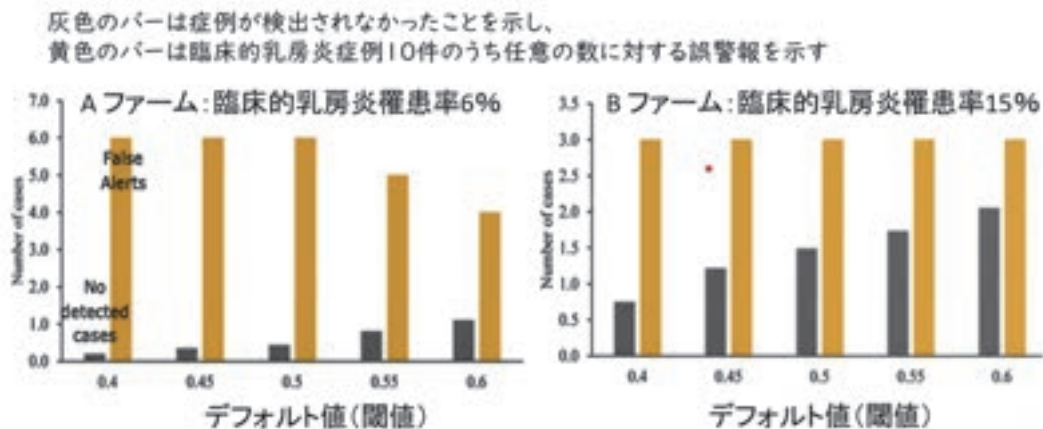


図 1 3. 乳房炎の罹患率が異なる 2 つの酪農ファームで乳房炎予測時の誤検出と見逃し頻度

Fadul-Pacheco, L. et al., International Dairy Journal, 119, 105051 (2021)

1 0) 結論と Dairy Brain 開発事業の今後

リアルタイムのデータ統合と分析は強力であり、今日の酪農ファームの運営方法を変える可能性がある。重要な課題は、異なるプラットフォーム間で一貫して永続的に機能するシステムを構築することである。Dairy Brain のような、研究や学術界からのさらに多くのイニシアティブが必要である。

Dairy Brain 開発事業は、ウィスコンシン大学マディソン校の内部助成金で始まり、人工知能を応用した酪農経営に関する次世代の大きな飛躍を目指した。米国農務省国立食品農業研究所から大きな助成金支援を得て研究が継続されている (2019 年~2022 年)。今後、1 年間の追加支援の見込みがあり、2023 年半ばまで継続される可能性が高い。

1 1) Dairy Brain 開発事業に関する追加情報

Dairy Brain 開発事業での雇用については、データマネジメントを担当するエンジニアは、USDA 助成金で雇用されているが、その他の学生・ポスドク・データサイエンティスト・大学のスタッフは、原則として、パートタイムとして「Dairy Brain」プロジェクトに参加している。研究者の人数は、学生・ポスドク・データサイエンティスト・教員スタッフを含めて 15~20 人で、因みに、これまでの予算総額は約 150 万ドルである。

Dairy Brain の完成時期については、長期に渡る継続的なプロジェクトになると思われ、いつ完成するかは未定であるが、USDA の支援事業が終了する 2023 年半ばまでにはある程度の成果を出したいと考えている。人工知能による経営判断ツールが完成後のクラウドサーバーのメンテナンスや費用については、システムはセルフメンテナンスになる可能性が高く、ユーザーやベンダー (受益者や酪農家にサービスを提供する産業界) が負担する必要があると考えている。もしデータ処理や分析に「付加価値」があれば、メンテナンス費用

を負担する人が現れるはずとの考えで、投資対効果で、良いものであれば生き残る可能性があると考えている。

リアルタイムの酪農経営意思決定支援ツールの開発のためには、酪農のシステムを理解している専門家、データを理解している専門家、コンピュータ工学を理解している専門家など、多分野の専門家が必要なのは当然であるが、自立した製品になるまで作業をサポートする資金も必要である。企業は互いに競争しており、どのような製品であっても独占権を追求するので、特定の企業に頼ることは、Dairy Brain 開発事業の基本的な考え方に反している。

4. ウィスコンシン大学マディソン校酪農畜産学科 **Victor E, Cabrera 教授提供資料**
(ビデオメッセージ)

IoT/AI システムが拓く酪農の未来：“Dairy Brain” について (The Future of Dairy Farming with IoT / AI Systems: The “Dairy Brain” Experience)

ウィスコンシン大学マディソン校酪農畜産学科教授 **Victor E, Cabrera 博士**

メッセージの要旨：IoTに関係する新しい技術の使用によって、酪農家はビッグデータと人工知能（AI）を行使して新しい課題と機会を得ることが出来ます。個別に分析しても、一連のデータは有益で、意思決定と管理の改善を支援します。さらに、様々なデータが統合されると、さらに重要な洞察を提供できる可能性があります。研究レベルでは多くのデータが統合・分析されることの価値は実証されていますが、ファーム内の様々なシステムで得られるデータを使用した継続的かつ同期的な分析を実行するシステムの例は多くありません。酪農の現場で得られたデータの即時的な統合と継続的な分析を意思決定と管理に実用化することは難しいことです。全ての多様な酪農関連データを収集し、それらを統合・分析し、意思決定支援ツールを通じて管理の改善をサポートすることを学習する”Dairy Brain”は、酪農産業界に切実に必要とされています。このビデオセミナーの目的は、ウィスコンシン大学マディソン校の”Dairy Brain”プロジェクトの全体像を紹介することです。この講演では、開発の動機や正当性、方法論的フレームワーク、チャレンジだけでなく、乳房炎の発症を予測する分析や栄養精度を改善する評価など、IoTとAIを利用する開発中のいくつかの実用的なアプリケーションについて話します。

メッセージの内容（テープ起こしの和訳）：

1) タイトルスライド

日本の皆さん、こんにちは。私の名前はビクター・カブレラです。ウィスコンシン大学酪農畜産学部の教授および社会教育のデータ・スペシャリストです。私はここに在籍して約14年間になります。私は、基本的に、意思決定の分野、酪農業界がより良い意思決定を行うのに役立つ意思決定支援ツールとモデルの開発にフォーカスを当て仕事をしています。過去4～5年の間、私たちは、酪農での意思決定支援ツールと管理領域に関する非常に興味深いプロジェクトである、“Daily Brain”と呼ばれるシステムの開発にずっと取り組んでいます。今、そのプロセス全体をひとまとめに自動化しようとしています。そのために、酪農ファームで絶えず収集されている全てのデータを採取し、ひとつの場所にまとめたいと考えています。それには多くの機会やチャレンジが同時に必要です。そこで今日は、モノのインターネット（IoT）と人工知能の中にあるデータベースの洞察（インサイト）を提供することを目的とした幾つかの実用的アプリケーションの予備分析とそのビジョンの説

明とともに、このプロジェクトの基本概念を共有したいと思います。ですので、このプレゼンテーションのタイトルは、IoT/AI システムが拓く酪農の未来、“Dairy Brain”（の経験談）について、とし、それについてお話しします。それでは、始めましょう。

2) Dairy Brain のサークルを示すスライド

プロジェクト全体を 1 つのスライドにまとめると、ここに示すスライドになります。この図にあるように、私たちは継続的な流れを見たいと思っています。酪農ファームで収集されたデータは、中央の一つの場所に安全に転送され、変換と調和が試みられ、その後、効果的に分析サービスに転送され、データに付加価値を追加し、意思決定支援ツールの形で洞察と知識を提供するために応用される、といった持続可能で確かなシステムを私たちは目指しています。システム全体は、データを示す計器盤機能や予測だけでなく、最新のテクノロジーと科学的知識を適用した処方箋的分析を提供し、過去から展開して未来に適応できるように準備するものでなければなりません。簡単にお話すると、これが Dairy Brain の概念です。

3) 農場の写真スライド

私たちは、ウィスコンシン州の多様な酪農ファームが協力してくれることを、そしてさらに重要なことに、彼らの意欲とコミットメントをたいへん嬉しく思っています。私たちのビジョンを共有する彼らの存在は、この分野の現在の課題を克服するために、たいへん役立ちます。私たちのシステムは、現在 5 つのファームに導入されていますが、プロジェクトの守備範囲をさらに一步を拡張する可能性のある様々な技術やシステムの導入を試すことを意図して、これらのファームを選んでいきます。

4) Discovery の建物のスライド

また、私たちは、一流の研究者だけでなく、ここで見る事ができる最先端の施設やコンピューターサービスシステムを備える“Wisconsin Institute for Discovery”への出入り（アクセス）やその資源を有していることをとても光栄に思います。（同じデータがあちこちにあるのではなく）たった一つのデータがハイスループットコンピューティングを行うウィスコンシン大学のこのセンターの建物の中で物理的に保存および管理されています。それが、私たちの大きなモチベーションとなっています。

5) Dairy Data Ecosystem のスライド

これは酪農ファームでの典型的な日々のデータエコシステムです。データの生成・収集システムの多寡に関わらず、多くの皆さんに身近なものであると思います。このような課題や機会は、あまりにも身近なものです。現在、これらのデータベースやシステムは互いに会話をしていません。それぞれのシステムが市場を支配しようとしており、販売者や業界

関係者による統合の試みはあるものの、様々なシステムのデータを効果的かつ継続的に接続し、同時に効率的に使用できるシステムは残念ながら今のところ存在しません。例えば、アメリカでは、ファームが異なるシステムのために異なるコンピュータを持っていることはよくあることで、1台は若齢牛や乳牛の管理用に、1台は加工データ用に、そしてもう一台は経済用に、また別の一台は DHI の情報を扱うために、といった具合です。そこで、私たちがやりたいことは、これらのデータを集約して「Agricultural Data Hub」と呼ぶこととし、全ての酪農ファームのデータを均質化し、酪農家が自分たちのデータに基づいた意思決定支援ツールにアクセスできるようにすることです。

6) 戦略 (Strategy) のスライド

このように、私たちの目的は、このプロジェクトの指針となっている 4 つの重要な目的にまとめることが出来ます。まず、最下層にある一つ目の目的は、私たちのプロジェクト全体を導く基礎として、高レベルな諮問委員会のような協調的イノベーションネットワークを育成することです。2つ目は、酪農ファームから Agricultural Data と呼ばれるきれいなデータストリームを収集するシステムを開発し、維持することです。3つ目の目的は、それ自体で Dairy Brain を維持するための開発です。この場合、個人に配信された分析モジュールを参照することにします。そして、4番目の目的は、研究開発に沿った高度にイノベティブなエクステンション（拡張）プログラムの開発のためです。これらが、私たちのプロジェクトの主な目的・指針です。

7) Coordinated Innovation Network (CIN) のスライド

そこで、プレゼンテーションの中心に行く前に、Agricultural Data にはデータ管理、そして分析があります。CIN (Coordinated Innovation Network) とその拡張（エクステンション）活動の構成要素について簡単に説明したいと思います。まず、CIN についてですが、CIN には現在 100 以上のメンバーがおり、世界中から集まっています。もちろん、そのほとんどは米国にいます。しかし、非常に学際的なグループであり、産業界、酪農家、学識経験者など、さまざまなバックグラウンドを持っています。目標は、酪農ファームにおけるデータ管理やデータエコシステムの問題について、大規模な産業界の議論を始め、社会を先導するグループを持つことです。

8) “Hoard’s Dairyman” のスライド

数年前にこの CIN を正式に設立した後、私たちは、グループ内で協力し、2020年2月から5月の間に“Hoard’s Dairyman”に5つの記事を掲載しました。これらの記事をご覧になった方も多と思います。これらの記事掲載の意図は、より大きな議論を始めるための示唆に富む記事を提供することであり、私たちは今でもそのような意見を歓迎しています。私

私たちは、新しいメンバーや興味のある方を歓迎し、私たちのウェブサイトからリンクされているフォーラムやソーシャルメディアプラットフォームでコメントをお待ちしています。

9) Design documents のスライド

CIN の次の計画は、このようなデザインのコンテンツを開発し、議論を継続することで、より具体的な議論に導くことです。データの所有権、セキュリティ、酪農ファームで使用するアプリケーション・プログラミング・インターフェースなどについてのトピックは非常に重要だと考えています。私たちは常に提案を受け付け、関係者の声に耳を傾けています。

10) 学術誌 “Animals” の文献を示すスライド

昨年、私たちは2本の査読付き論文を発表しました。最初のもは、ご覧の通り23人の共著者がいますが、これはCINの仲間との学際的共同研究の素晴らしい成果です。さらに最近、昨年末には、「酪農業におけるデータガバナンス」という論文を発表しました。これも、議論を続ける上で非常に重要な論文だと思います。現在、私たちは「データ通信とデータ収集のための実践」と題したペーパーを作成中です。もうひとつは、農場でのデータの生態系に関する調査データです。

11) Extension のスライド

また、エクステンション（拡張）活動については、新型コロナウイルス感染症と並行して作業を行っています。私たちのプロジェクトやアイデアの認知度を、酪農家や地域の教育関係者などの多くの人々に知ってもらうために、実演や体験を含む一連のイベント、いわゆるマルチタッチプログラムを行っています。ロードショーのようなイベントも計画していますが、中心はここにあるように、私たちの野心である“DataMoney”プログラムです。この“DataMoney”は、特に酪農家と協力して、酪農家がデータをうまく活用し、すでに持っているデータをどうすればもっとお金にできるかを考え、そのお手伝いをするものです。これは非常に興味深いプロジェクトです。現在も酪農家を募集していますが、酪農家やそのチームと一緒に、酪農ファームそれぞれのニーズに合ったツールを開発しています。

12) Ecosystem of Exchange of Data and Insights のスライド

このプロジェクトでは、データと洞察（インサイト）を交換するエコシステムを構築することを目指しています。つまり、基本的にはデータと洞察を交換するための進化したエコシステムです。このシステムの中心にあるのが Agricultural Data Hub です。しかし、CINのアドバイスやインプットがなければ、何もうまくいきません。Agricultural Data Hub は、分析モジュールとグラフィカルユーザーインターフェースを含む”Dairy Brain”コンポーネントへのアクセスを可能にするすべてのファームシステムからデータを受信しています。”Dairy Brain”は、酪農ファームを制御するためのファーム固有の記述的・処方箋的・予測的

分析にユーザーのアクセスを可能にします。我々は、” Dairy Brain” へのアクセスが企業や研究機関からのものであるがなかろうが、外部協力にオープンであることに注意を払うことが重要です。彼らはまた、付加的な洞察や声を提供する統合されたデータを適用することにより、システム全体の革新者になる可能性があるからです。

1 3) Data Integration on Dairy Farms のスライド

このように、私たちが取り組んでいる、ファームのデータ統合の部分について、次のスライドでもっと詳しく説明します。しかし、今のところは、主にファームでデータにアクセスしている状況で、私たちの施設に戻ってデータをデコード、クリーニング、均質化、そして最後に統合している状況です。

1 4) Livestock Science のスライド

この研究について全て、最近、Livestock Science という雑誌で発表されていますので、もっと詳しく知りたいという方はこちらをご覧ください。

1 5) Accessing のスライド

では、まずアクセスについて説明します。これが最初のステップです。これは基本的にデータにアクセスすることで、酪農ファームのデータを一元化したシステムに取り込みます。ほとんどの先進的なソフトウェアコンポーネントはクラウドベースで、アプリケーションプログラミングインターフェース (API) と呼ばれるものを介してデータへのアクセスを提供するようになっています。しかし、これは、異なる会社によって作り出された異なるシステムで頻繁にデータが収集されている酪農生産システムでは未だ稀なことです。また、酪農ファームにあるローカルコンピューターに保存されたファイルにアクセスすることでしか利用できないこともあります。私たちは、このデータをサーバーで利用できるようにしたいと考え、育成した訪問情報収集員にファームを担当させ、新しい関連データファイルを監視し、処理可能な状態になったら (集積されたら) サーバーに転送しています。

1 6) Decoding のスライド

ファームで収集されたファイルがサーバーで利用可能になると、次のステップは、私たちがより処理しやすい形式にするために、これらのファイルに含まれるデータをデコードする (翻訳する・読み解く) ことです。異なるソフトウェアから送られてくるファイルは、その構造が非常にソフトウェア毎に異なった質であるため、この課題は現在、私たちの大きな課題の一つとなっています。データベースファイルや CSV のデータもありますが、それらは全てテキストファイルであり、多種多様なフォーマットを含んでいます。このようなソフトウェアの組み合わせはファームごとに異なり、複雑な構成になっているため、データを抽出するためのモジュラーフレームワークを開発しました。しかし、それぞれのソ

ソフトウェアの種類によって、データ抽出のためのカスタムスクリプト（それぞれに合うようあつらえた立案）が必要です。しかし、私たちが開発しているシステムは、これらの販売者固有の抽出スクリプトを簡単に再利用でき、新しい抽出スクリプトを比較的簡単に実装することができるものです。

17) Cleaning のスライド

そして、データベースでデータが利用可能になった時点で、データのクリーニングと品質保証のチェックを行うプロセスを実施します。このステップには、例えば、重複する項目を削除したり、偽りの記録や不完全な記録を識別してフラグを立てたりすることも含まれます。デコードのステップと同様に、クリーンスクリプトの開発は手作業で時間の掛かる仕事で、それぞれのソフトウェアが持つ品質を適切に処理するために行う必要があります。

18) Homogenizing のスライド

また、同じ種類のデータを記録する異なるソフトウェアパッケージのデータから、分析可能なものを特定し、抽出する「ホモジナイズ」を行うこととなります。これには、単位、用語、尺度の種類、間隔などを標準化することが含まれます。そうすることで、異なるデータを同じように処理することができます。例えば、ソフトウェア X から報告された給餌情報とソフトウェア Y からの給餌情報が同じように見えることを確認できます。

19) Integrating のスライド

そして最後に、クリーニングと均質化（ホモジナイズ）を行う注入プロセスの完了後のステップは、それらのデータソースを接続することです。これは、飼料生産の健康状態や遺伝情報など、異なるシステムから 1 つの動物個体へのリンクを含む、とても難しいステップです。一見、簡単そうに見えますが、この目標を達成するためには、いくつものハードルがあります。あるシステムはタグ番号で、あるシステムは登録番号で、そしてあるシステムは他のソースで個体を参照し、これらすべてのシステム間のリンクを解決する必要があります。家畜の ID は厄介なプロセスです。そして、おそらく皆さんの中には、それを正しく理解し、時を越えて一貫性を持たせるために、熟慮された作業が必要であることを既にご存知の方もいらっしゃるかと思います。

20) Dairy Brain API のスライド

例えば、そうしたつながりをもとに、アプリケーション・プログラミング・インターフェースの独自のリポジトリを作成しています。現時点ではベータ版ですが、すでに、異なるシステムから我々のシステムにやって来たデータを、より一貫性のある体系的な方法で分析プロセスに取り込む方法を確認しています。

2 1) Dairy Brain - Decision Support tools のスライド

そこで、プロジェクトを実際に提供する部分に話を移しますが、私たちのコンセプトは、酪農ファームの持続可能性を促進するための分析データ駆動型の意味決定エンジンです。ですから、私たちのモデルは、現在の状況を示す要約的な計器盤機能や、簡単な計算を含む記述的な機能に分類されます。現在利用できるほとんどのツールは、統合されていないため、基本的に記述的なものです。しかし、私たちのビジョンは、統合されたデータを活用することをはるかに超えるものです。私たちのツールの多くは、予測や予報の機能を持ち、継続的に更新されるでしょう。最も先進的なモデルは、最適な活動方針を提案する処方箋的なツールであると考えられます。これらは継続的なデータで調整される必要があり、人工知能アルゴリズムのような最も高度な分析が必要になります。

2 2) Dairy Brain-Decision Support tools (Research-grade models, DST)のスライド

そこで、現在のプロジェクトのタイムライン内で計画中の有望なツールをリストアップしてみました。これらは統合するために異なるデータストリームを必要とします。データの粒度が高ければ高いほど、より細かい計算が可能になります。しかし、このブロックの一番上にあるのは、単純な毎日の飼料効率や飼料コストに対する乳量の関係など、説明的な運用のための短期ツールで、計算は些細なものです。継続的なデータの統合と集計が必要ですが、早期警告や、収入や飼料コストの場合のマージンの調整など、重要な洞察を得ることができます。次に、より高度な分析を必要とする予測ツール、戦術的な中期的なツールがあり、例えば健康な牛の選択、または牛の入替えのために最良の候補の決定を通知することができます。そして最後に、より多くのデータストリームとより高度な分析を利用した最も高度なツールを紹介します。ツールは、それらが作業を継続するように、機械学習することを想定しています。例えば、ファームでのより正確な給餌や繁殖のプロトコルなどに重要な示唆を与えることができます。次に、Dairy Brain プロジェクトの中で、体系的かつ自動的に機能することが想定されている意思決定支援ツールの例をいくつか紹介します。

2 3) Improving Nutritional Accuracy のスライド

では、まず、栄養の精度を上げるということで、こちらから始めましょう。もう一度、Dairy Science という雑誌でこのことについて触れた論文がいくつかありますので、興味のある方はそちらもご覧ください。どちらも 2020 年に発表された論文です。その中で、より正確な飼料を乳牛に提供することは、コスト調整、増収、飼料効率向上に有効な戦略となることを示しています。そのため、少種類の飼料を使用し、牛の要求に応じて 2 つ以上のグループに割り当てないことは、飼料を再調整せず、給餌コストを増加させ、代謝の課題を悪化させることとなります。酪農業では一般的なことですが、牛群をグループ分けして飼料を変えることはしません。ファームのデータストリームでは、コンピュータと給餌システム

とデータの統合は、今日、"Dairy Brain"プロジェクトの中で、自動的かつ体系的に酪農ファームで栄養要求性の異なる牛のグループ化とそれに対応した正確な飼料処方の効果的適用を容易にする機会を提供・解析することができます。

24) 農場の写真のスライド

では、実際の農場で例を挙げてみましょう。現在、ウィスコンシン州の農場で起きていることです。約 2,400 頭の搾乳牛が 14 のペンに収容され、定期的に配置替えされています。この農場は高度に技術化されていますが、移動させる牛を選択するプロセスはほとんど手作業で行われています。紙とスクリーンショットのプリントアウトを使い、酪農家や酪農経営者の経験をふんだんに盛り込んでいます。毎週月曜日の午後、酪農家は別のペンに移動させる牛のリストを作成します。夜の間、電動ゲートとコンピュータシステムは、無線周波数識別技術 (RFID) の助けを借りて牛を次のペンに移動させます。そして火曜日の早朝に、牛が当初の計画通りに再配置されているかを様々なレベルでリストアップして検証しています。手間もかかるし、ミスも多いし、すべてにおいて矛盾しています。これらを通して、牛が飼料要求や給餌内容に応じて、ペンに再配置されるわけではありません。つまり、牛はあるペンに入りますが、牛がある飼料を給餌されていたペンに合っていたのか否かを判断されたわけでもなく、これからペンで受け取る飼料に従って牛がペンを割り当てられる訳でもありません。

25) Data Integration のスライド

現在、酪農家は、MDS (Milkflo Dairy System) 給餌関連ソフトウェア、これは標準的に使用されているもので、多くの配合割合の飼料を提案できるものですが、これを使っています。そこで、この研究に取り組んだ学生の Jorge は、これらのデータを統合的に使って、農場で一貫してこのプロセスを可能にすることを考えたのです。彼は、酪農管理データの DairyComp305 と飼料データの FeedComp を必要としています。システム全体をより体系化するために、異なるシステムから来る 2 つの主要なデータソースを接続する必要があります。データを手に入れたら、そのデータを使って動的に飼料を作り上げる必要があります。このように、全体が自動化するように準備され、それが停止するたびにファームで自動的に作動する必要があります。これはあるファームの例ですが、同じように別のファームでも行うことができます。

26) Peak Multiparous のスライド

では、その例を見ていくことにしましょう。このグラフには、480 頭のピーク期の経産牛がそれぞれドットで示されており、大きな 3 つのペンで飼養されています。3 つのペンに分けられていますが、それぞれペンには同じ飼料が与えられています。各ペンには約 160 頭の牛がいますので、480 頭の牛は全く同じ飼料を給餌されていることになります。つま

り、ここに分類され示されているピーク期の経産牛は、その中のどれかのペンの牛ということ。このグラフを見ると明らかですが、牛の間で重要な栄養の違いがあります。例えば、1 キロ当たり 1.65 メタカロリー以下の牛と、1 キロ当たり 1.9 メタカロリー近くをエネルギーとして必要とする牛がいます。また同様に、代謝性タンパク質も 100 g 程度と 140 g 近くの牛がいます。このように、牛の栄養要求量には明確で違いがあります。これらはエネルギーとタンパク質だけを示していますが、すべての栄養素に目を向けると、もっとひどいこととなります。ですから、この 480 頭のグループの中で、要求量の多い牛、少ない牛、中程度の牛を選んで、すでに牛が飼養されている 3 つのペンに割り当てることは、システム上、それほど手間はかからないと思います。しかし、そのためには、それぞれの栄養要求量に見合った、異なる配合飼料を設計し、提供する必要があります。一つの飼料は、今のところ、このあたりでしょうか。例えば、ここにいる全ての牛に一種類の飼料を与えることを決定する際に、83%のような、大規模なグループに対する飼料を設計するのが標準的です。もし、3 つのグループに分けて考えると、黒丸でします一種類の飼料よりも、1 つの飼料（白丸）が 1 日当たりより栄養密度が高くなり、他の 2 つの飼料（白丸）は、かなり低くなります。つまり、全体的な栄養の加重平均は、全体の 480 の牛に黒丸の一種類の飼料を提供するよりも、はるかに少ない栄養の提供で済んでしまいます。そのため、（提唱する飼養方法では）栄養素の無駄を省くことができ、なおかつ搾乳パフォーマンスのピークを迎えるのに十分な栄養素を摂取することができます。

27) ひげグラフのスライド

そこで、もう少し詳しく搾乳期間の解析例を見て行きましょう。実は、ここには、現在と提案されたファームのペンの構成を示しています。左側の二つの図が現在のファームで実践されているやり方、右側が私たちの提案するやり方です。上の図は多経産牛で、下の図は初産牛です。また、X 軸には、農場で使用可能な 1 から 14 までのペン示してあります。右側には、下は泌乳の純エネルギーが kg 当たりのメガカロリーで、上は飼料中の代謝性タンパク質 (g) を示しています。それでペンが 14 あり、水平に表示されています。そして、グループタイプと飼料は提供されたものだけを示し、泌乳の純エネルギー密度を赤で、代謝タンパク質を青で表しています。これらの家畜の搾乳期間 (Days In Milk) の分布を示す箱ひげ図は、それぞれ別のチャートに分けて表示されています。より慎重に実際の給餌を見ていきますと、左側は、先ほど申し上げたように現在の実践方法で、14 のペンがありますが、全部で 9 種類の飼料を提供しています。例えば、この 3 つのグループの動物への飼料は、この 3 つの動物も、またこれら 2 つのグループにも、それぞれ同じ飼料を与えています。この場合は、代謝タンパク質レベルが、ここでは泌乳の純エネルギーが同じレベルです。つまり、これらの飼料は、ここでは示していない栄養要求量のばらつきを計算に入れないまでも、家畜のばらつきが大きいと、各ペンで多くの動物を見逃してしまうことが明らかです。ここで示すべき重要なことが、もうひとつあります。この農場では、牛を

異なるペンに割り当てるための基準があるにもかかわらず、多くの牛が誤って分類されていることが明白です。例えば、この動物が泌乳のかなり後期であるので、このグループには当てはまらない、といった具合です。このようなグループ分けは、システム上、一貫して正しくは行われていないのです。そのため、飼料は必要条件ではなく、原材料の価格によって調整され、年に2、3回しか見直されないことも重要なポイントになります。つまり、飼料は家畜の要求に基づいているわけではありません。逆に、右側の図では、各グループに独自の飼料を供給することになります。つまり、私たちが提案しているのは、ここにある14のペンのそれぞれに合った独自の飼料を提供されることです。主な違いは、ここにあるような大きな泌乳量に関するパラメーターです。このように、私たちが提案するのは、異なるクラスの牛に異なるペンを割り当て、多経産牛の泌乳のピークと同じように、少し異なる飼料を与えるというものです。それは、この場合、搾乳期の代謝ゾーンと正味エネルギーだけをシステムチェックに示された別の飼料を使用するということです。例えば、家畜の大きなグループを新たなペンに入れる必要がありますが、そのペンに移動させるのに何か月もかかるのです。例えば、多経産牛のペンにいないはずの牛が何らかの理由でそこにいるようなことがあります。ですから、私たちがより体系的に行うことで、正しい牛を正しいペンに入れることができるようになります。

28) Gain を示す表のスライド

そして、それは経済的にも反映されるでしょう。大きな泌乳期の牛（ここは初期の搾乳牛、ここは後期の搾乳牛）を見て、現在のやり方と提案されたやり方を見比べてみると、予想通り、どちらかの飼料が現在のものより高コストになりそうです。そして、ここではっきりと分かることは、現行のやり方の価格は、各パネルで同じということになりますが、私たちが提案するやり方ではそれが変わります。一つの飼料がそれぞれのケースでより高価であったとしても、全てを一緒にすれば、お金を節約することが出来、これらの全体的な節約は利益となり、この場合、牛1頭あたりの年間利益に換算することができます。この場合、牛1頭当たり年間200ドル以上となり、これは些細なことではありません。これは、違いを生み出す楽しみを左右する重要な判断材料なのです。ですから、この利益は、飼料が年に何度も見直されるようになれば、さらに大きなものになるでしょう。もうひとつは、牛乳（搾乳量）が一定であることが前提です。私たちは飼料を少し変えています、それでもすべての牛が潜在能力を十分に発揮できるよう十分な栄養を摂取できるようにしていますし。生産量も一定に保たれると仮定しています。より正確な飼料を提供することができれば、生産性が向上し、さらに利益が得られる可能性があります。また、ここでは説明していませんが、予想されることとして、より正確な飼料を与えることで別の条件の牛への給餌が不足したり過剰になったりする問題が減少し、ファーム全体の長期的な健全性が改善されるという事実があります。

29) Gainに関するスライド (窒素)

さて、益々毎度考慮すべき重要なもうひとつの要素は、栄養素の浪費であることは明らかな事実です。窒素だけを見れば、それぞれのドットは供給されている窒素量を示しますが、私たちが提案する実践は、全体的に明らかに少ない窒素を飼料に提供することになります。なぜなら、より正確な飼料を作ることで、飼料に含まれる窒素の量が全体的に少なくなるからです。そして、同じレベルの生産量（もしかしたらさらに高いものになるかもしれませんが）を想定した場合、一頭当たり約 75kg の窒素を得ることができます。この増加は、実は環境に対する損失を少なくすることを意味します。2、3 年後の累積は少ないと予想されますが、これも些細なことではありません。

30) Predicting Clinical Mastitisに関するスライド

さて、話を変えます。その栄養の精度についての話題は、非常に良い例で、酪農場からのデータがあれば、すぐにでも導入できます。同じように、別の適用例である臨床的乳房炎の予測に話を移しましょう。乳房炎は、早期に介入できれば、不快感を和らげ、抗生物質の使用を減らすことが出来ることが分かっています。我々は、この動物の福祉と経済サービスの改善に貢献するこの任務に役立つと思われるます。Liliana と Hector の研究は、乳房炎に罹る牛のリスクを予測し、いつ、どの程度正確に予測できるかというものです。前の研究と同様に、この研究の興味深くユニークな特徴は、データソースが接続されると、自動的に解析が実行され、完全な分析が準備されるといった、Dairy Brain プロジェクトの精神で行われていることです。つまり、データ収集・総合分析・意思決定という継続的なフィードバックループを踏襲しているのです。上述の研究と同様に、研究の詳細を知りたい方のために出版物も用意されています。

31) Clinical Mastitis (CM) predictionに関するスライド

そこで、Dairy Brain の本来の目的である、ファームでのさまざまなデータソースの統合に話を戻しましょう。将来的には、システムが自動的にデータを使用して動作し、認証情報を更新して、管理、DHI、遺伝データを融合し、初産牛の乳房炎リスクを予測する分析の最初の部分に使用されることを想定しています。ですから、最初の搾乳の際の分析がありません。新たに生まれた子牛や未経産牛について、DHI と遺伝データを使用して、その牛が最初の泌乳期に病気になる確率を予測することが出来るのです。次に、連続的な予測として、管理データと搾乳パーラーのデータを融合し、泌乳期間中いつでも臨床乳房炎が発症する可能性を予測することができます。これらのアルゴリズムはより高速で、ある牛が臨床的乳房炎にかかる可能性を数日前に予測することができます。

3 2) Machine Learning Techniques に関するスライド

これらの機械学習技術をテストし、Naive Bayes と Random Forest を使用して、牛が最初の泌乳期に乳房炎にかかる確率を予測し、Random Forest と Extreme Gradient Boosting が泌乳期のいつでもの予測または連続予測に使用する方法について説明します。目標は、統合されたデータから最良の予測能力を得ることでした。そのため、マージン記録は両方を使用していますが、最初の泌乳期は遺伝記録と DHI 記録の両方です。一方、継続的なデータを見ても、臨床的乳房炎牛のデータは健康な牛と比べて非常にバランスが悪く、これは、健康な牛に比べて乳房炎に罹患する牛の数が非常に少ないことを意味します。そこで、より良い予測をするために、機械学習や人工知能を使ってデータセットのバランスをとることが推奨されますし、実際、私たちもそれを実行しています。そこで、スムースリサンプリングという手法を使って、より良い予測ができるようデータを用意しています。もう一つは、機械学習でよくあることですが、あるデータの一部をトレーニングに使い、別のデータをテストに使うというものです。この場合は、75%のデータをトレーニングに、残りの25%をテストに使用し、10 倍の相互確認 (cross-validation) 分析システムを構築しました。

3 3) Prediction for 1st lactation に関するスライド

一般に、Random Forest は初産牛の予測に使われます。そして、Random Forest と Naive Bayes は予測するためのメインエンジンのようなもので、それぞれ異なる手法で予測を行います。一般的に、Random Forest は Naive Bayes より優れています。一般に、Naive Bayes と Random Forest が遺伝的トレースのみで最初の泌乳を予測する場合、私たちが期待したほど良い結果ではありませんでした。しかし、これらが健康と生産の統合データを含む場合にとっても有望であり、特に Wrapper を伴う Random Forest は、年間を通して約 60% が正しく分類されたことを思うと、非常に有望なものでした。これは、私たちが 1 年ほど前、あるいはもっと前に行っている予測です。このように、牛群の 3 分の 2 程度を分類できることは、実に悪くないことです。

3 4) Continuous prediction of CM onset に関するスライド

泌乳期のどの時点でも起こる臨床的な乳房炎発症の計測的予測について、やはりここでも、Random Forest が他の Extreme Gradient Boosting などの機械学習技術よりも優れており、この場合、72%の精度で、85%の動物を正しく分類しており、素晴らしいことです。これは臨床的な乳房炎が発症する 3 回ほど前の搾乳時に行われるのです。つまり、乳房炎になる前に、意思決定者が行動を起こすための時間的余裕を持たせているのです。これらの正しい分類の割合は、デフォルト値は 0.5 のモデルを使用した閾値に関連しています。しかし、このモデルはファームでの乳房炎の有病率やリスク選択を反映するようにカスタマイズすることが可能です。トレードオフの関係で、警報が多くても検出率が高ければ、誤警報が少なく

でも検出率が低くなり、真のイベントの見逃しが多くなります。ですから、この結果を利用した次の分野は興味深いものです。

3 5) Continuous prediction of CM onset の棒グラフを示すスライド

この場合、臨床的乳房炎の発症を連続的に予測するために、灰色の棒グラフは症例を、黄色の棒グラフは誤報を表しています。これは臨床的乳房炎の症例数を任意に設定した場合のもので、もしあるファームに 6%の乳房炎有病率を持っていて、出来るだけ多くの症例を捕捉したい場合、酪農家は最小値としてのトレース（閾値）を設定し、この場合には仮に 0.4 とします。その場合、酪農家は 2 例を見逃すだけですが、6 例の誤警報を受け取ることになります。逆に酪農家が誤報を減らしたい場合は、例えばこのように閾値を 0.6 に設定すると、このあたりにあるように 4 件の誤報が発生しますが、この場合、10 件のうち 1 件は見逃しが発生することになります。臨床的乳房炎の有病率が 15%と高い場合、閾値を 0.4 とすると、見逃す割合は 0.7 となり、誤報は約 3 件になります。逆に閾値を 0.6 とすると、酪農家は 2 例を見逃す可能性があり、それでも約 3 件の誤警報を受けることとなります。このように、これは動く目標であり、ファームでの乳房炎の発生状況や農家のリスクによって、どれだけの症例を見逃すか、またどれだけの誤警告を出すかは、変わってくるということです。

3 6) Conclusions のスライド

結論として、リアルタイムのデータ統合と分析は強力であり、今日の酪農場の運営方法を変えることができる、また変えることができるだろうと私たちは考えています。主要な課題は、今日より一般的になり、またより早く成長しているファームにおける、異なるプラットフォーム、異なる販売者（ベンダー）、異なるデータジェネレータを横断した、一貫して永続的に機能するシステムを構築することです。Dairy Brain のような、研究や学術界からの多くのイニシアティブが必要です。なぜなら、現在成長しているのは、当然ながら産業界のコミュニティであり、これは素晴らしく助けになることだと思いますが、研究や学術界もこれに続くべきだと思います。そのような取組が必要です。

3 7) 謝辞のスライドと HP の案内スライド

そして、最後に資金提供者に感謝の意を表したいと思います。私たちは、ウィスコンシン大学マディソン校の内部助成金で、Virtual Dairy Farm Brain と呼ばれるプロジェクトを開始し、人工知能を応用した酪農経営に関する次世代の大きな飛躍を目指し、2019 年に終了しました。そして 2019 年からは、USDA、米国農務省の国立食品農業研究所から「Food and Agriculture Cyberinformatics and Tools Initiative」について、より大きな助成金をいただいています。このプロジェクトは 2019 年に資金提供を受け、2022 年まで継続することになりました。

たが、2023 年半ばまでは継続される可能性が高く、最後に 1 年追加される見込みを持っています。ありがとうございました。

最後に私たちのウェブサイトを訪ねて、是非私たちに連絡してください。ありがとうございました。

5. Victor E. Cabrera 教授提供資料に関する国内畜産関係者との意見交換 (2/9 開催) の意見と Cabrera 教授による回答

「Dairy Brain」プロジェクトについて、非常に興味深いビデオプレゼンテーションをありがとうございました。今、日本でもシステム統合のプロジェクトが始まっていますが、今日のカブレラ先生の講演を聞いて、日本はかなり遅れているという印象を持ちました。第一に各データベースがオープンでないこと、第二にデコード、クリーニング、ホモジナイズ、インテグレーションのできる技術者をどう確保するかが問題です。「Dairy Brain」プロジェクトでは、プログラミング開発のエンジニアは USDA の助成金で雇われているのでしょうか。

Thanks for your nice comments. We do have the same problems here in the US- trying to the best we can. Yes, the engineers working on data management are hired by us with funds of the USDA grant, but in principle they are students, postdocs, data scientists, and staff of the university who work part time in the Dairy Brain project.

嬉しいコメントありがとうございます。アメリカでも同じような問題を抱えており、できる限りの努力をしています。データマネジメントを担当するエンジニアは、USDA の助成金で雇用していますが、原則として、学生、ポスドク、データサイエンティスト、大学のスタッフで、「Dairy Brain」プロジェクトにパートタイムで参加している人たちです。

人工知能による経営判断ツールはまだ開発中とのことですが、最終的にすべてのデータ管理と人工知能との連携が終わった時のクラウドサーバーのメンテナンスは誰が行うのでしょうか。その費用は受益者が負担するのでしょうか？

Good question. In order to be self-sustained, it would need to be paid by the beneficiaries and/or the industry who provide services to the dairy farmers. The important fact is that if there is “value added” from the processing and analyzing the data, it is almost sure that there

would be someone who would pick the cost of the maintenance. Like in any other industry is the Return on Investment- if it is good, it would likely remain alive- that's what we are trying to deliver.

いい質問ですね。自立するためには、受益者や酪農家にサービスを提供する産業界が負担する必要があるのでしょうか。重要なことは、もしデータの処理や分析に「付加価値」があれば、メンテナンスの費用を負担してくれる人がいるはずだということです。他の産業でもそうですが、投資対効果というのは、良いものであれば生き残る可能性があります。

「Dairy Brain」プロジェクトの各パーツには、何人の研究者とスタッフが関わっているのでしょうか、また、プロジェクトの総予算はいくらなのでしょうか。

The number of researchers is between 15 and 20 including students, postdocs, data scientists, and faculty. The budget total so far has been about \$1.5 million.

研究者の人数は、学生、ポスドク、データサイエンティスト、教員を含めて15~20人です。これまでの予算総額は約150万ドルです。

「Dairy Brain」ができれば、酪農生産の効率が変わり、牛一頭一頭に適した管理ができるようになるはずですが、いつ頃完成するのでしょうか？

Unfortunately, we do not know when we will finish. It is likely it would be an ongoing project for long term, but we how to have clear deliverables by midyear 2023.

残念ながら、いつ完成するかはわかりません。長期に渡る継続的なプロジェクトになると思いますが、2023年半ばまでには明確な成果物を出したいと考えています。

今後、酪農ブレインをどのように発展・普及させていかれるのでしょうか。また研究終了後の酪農ブレインの運営は誰が行うのでしょうか。

Likely the systems would be self-maintained. Users or vendors would need to pay a fee for the maintenance. If there is a value in the final product, that should not be a problem.

システムはセルフメンテナンスになる可能性が高いです。ユーザーやベンダーは、メンテナンスのために料金を支払う必要があります。最終製品に価値があれば問題ないでしょう。

日本では、あるグループがデータ連携支援システムを構築しようとしています。リアルタイムの酪農経営意思決定支援ツールの開発は難しいようです。Dairy Brain のようなリアルタイム支援システムを日本で開発・導入するにはどうしたらいいのでしょうか？

It is difficult, I understand. I think it needs a multidisciplinary group- some professionals understanding the dairy system, others the data, and others the computer engineering. Also, very important, it needs funding to support the work till there is a self-sustained product. That's the model we followed. An alternative is to have funding from the industry (vendors and technical companies in the industry)- we preferred not to go this direction because companies are in competition among themselves and will likely look for exclusivity on whatever is the product, and that is something against our core principals.

難しいのは、よくわかります。酪農のシステムを理解している専門家、データを理解している専門家、コンピュータ工学を理解している専門家など、多分野の専門家が必要なのだと思います。また、非常に重要なことですが、自立した製品になるまで作業をサポートする資金が必要です。これが、私たちが実践しているモデルです。なぜなら、企業は互いに競争しており、どのような製品であっても独占権を求めるとし、それは私たちの基本的な考え方に反しているからです。

6. 質疑応答（2022.3.18 開催 スマート畜産海外先進モデル調査セミナーにおいて）
オンラインセミナーでの質疑応答を下記に紹介する。

Q. 各牧場のデータは個人情報だと思うのですが、データベースへの提供にあたり、どのように各牧場から理解を得ているのでしょうか。（各牧場のデータは、その牧場内の経営改善にしか使われないのでしょうか？

A. 各ファーム経営者と研究開発している大学の間で契約を結んで、データの範囲や活用範囲、ファーム以外の経営以外に活用する場合の各ファーム情報をどの程度隠匿するのかと含めて細かく取り決められているとのことで、情報のセキュリティの重要性をよく理解されています。

Q. オランダの Dairy Campus もそうですが、Dairy Brain のように Big Data の収集から牧場へのフィードバックまで行うシステムについて、日本国内での先進事例はありますか。また、我が国におけるシステム構築の上で、どのような課題を解決しなければいけないのでしょうか。

- A. 幾らかの試みはあると思いますが、中で申し上げました通り、異なるフォーマット間や異なるデータベース間でのデータの統合が企業を巻き込んだ契約の関係もあり、国内ではなかなか進んでいない状況ではないかと思います。
- Q. 国内では dairybrain (経営判断サポートツール) のようなものを作っていく動きはありますか？ ウィスコンシンでは対象農場の規模感はどのぐらいでしょうか？
- A. 前半のご質問については、上述しました。3年前に訪問したファームは千頭規模でした。今回、事例として取り上げているファームは2400頭規模と、大規模です。米国では、大規模化が進み、個別最適化によるメリットが大きい環境が既に存在していると思われます。小規模のファームへのこのようなシステムの導入はペイするかよく分析する必要があるのではないのでしょうか。
- Q. DairyCampas, Dairy Brain 共通の質問です。データベースは立ち上げ後のランニングコストをどう手当てするのが常に問題になるとと思いますが、酪農経営に対するサービス料からの収入で持続的なDB運営が可能なシステム設計ができていますでしょうか。
- A. それを期待されておられます。ただ、全体像が構築済ではありませんので、どれくらいの料金が発生するのかについては、未だ検討できていないのではないかと推察します。

7. まとめ

リアルタイム統合酪農経営意思決定支援システム“Dairy Brain”の開発事業について、今回の調査から3年が経ち、今回の調査に至ったが、Dairy Brainの開発事業に関わっている研究者の人数が、4～5名増えているが、コアとなっている研究者の数やメンバーに大きな変更は無いようであった。

前回の調査では、大まかな5つのフェーズに従って、3つの酪農ファームから搾乳・生乳データやDHIデータ、マネジメントデータなどを手動でウィスコンシン大学の巨大サーバーに移行している段階で、データを解析する研究についても、通常の搾乳データ(生乳中の体細胞データ)から出来るだけ早く乳房炎の発症を検知できないかということを検討していた段階であった。そのことを思うと、更に詳しい戦略の下に、CINという米国が中心とはいえ国際的なネットワークを構築し、より多くの研究者と意見交換できる環境の中で、極めて具体的なプロセスでAgricultural Data Hubを構築しつつあり、またそれらのデータを活用した経営支援の具体的事例に関する研究が進んでいる、現在の状況は極めて開発が進んだ感がある。今後、USDAの支援が続く2023年度半ばまでにどの程度の進展があるのか楽しみであり、大きな期待を持って注目し続けたい。

一方、その後の資金調達だけでなく、研究開発から実際に自走していく段階に至った際に、別個の企業が開発している様々なデータベースやデバイスから得られる情報をどのような

条件で契約してデータをリアルタイムに収集できるのかなど、乗り越えなければならない多くのハードルが待ち受けていると思われる。

米国だけでなく、欧州でも同様のリアルタイム統合酪農経営意思決定支援システム開発の動きがあるが、それらを上手く乗り越えた先に、データ・ドリブンの個別最適化に近くより高い収益が期待できる酪農が待っていると信じたい。Society5.0 社会の酪農は、経済性を伴った形で実現されることが「持続可能な開発 Sustainable Development」のために重要であると思われる。

3. 調査報告

3-4. Förster Technik 社（ドイツ）における哺乳関係 のスマート機器の運用実績調査

- ・ 調査畜種：乳牛・肉牛
- ・ 調査日程：12月28日～2月4日

東京理科大学 大和田 勇人

1. Förster-Technik 社の概略

1971年に創業者（現在の社長の両親）により起業され、1977年には子牛と子羊用の自動哺乳機の開発が行われて以来、哺乳期の子牛、山羊、羊用の哺乳ロボット、飼料フィーダーの開発と供給を行っている。2004年には現在の経営体制（Mr. Markus & Mr. Thomas）となっている。現在、国内外で多く使用されている DeLaval 社、Lilly 社、GEA 社等の哺乳ロボットは Förster-Technik 社がそれぞれに供給している機器とシステムで、世界 50 カ国以上に展開している。また、これらフィードシステムについて 50 以上の特許を有している。従業員数は約 120 名である。（住所：Gerwigstraße 25,78234 Engen, ドイツ）

2. Förster-Technik 社のスマート機器開発

Förster-Technik 社は、前述のように子牛・山羊・羊の哺乳機器開発を専門としており、1977年に自動哺乳ロボットを開発し、1981年にはコンピューターによる制御が可能となり、2002年には屋外での哺乳システム、2010年には国内でも現在使用されている哺乳ロボットの旧型 Vario⁺、Compact+が開発されている。近年、国内に導入された Calf Rail は 2013 年に開発され、同時に Förster-Technik 社が推奨する哺乳システム「40FIT Technology」を公表している。さらには 2014 年には ColostrFIT (colostrum Management System:初乳処理)、2015年には新型哺乳ロボットの Vario smart、Compact smart)が開発されている。哺乳機器には Automatic calf feeder (Vario smart : 群飼育対応の哺乳ロボット)、Calf Rail (ケージ飼育対応の哺乳ロボット)、Milk trolley(Milch Mobile 4×4)、Automatic lamb feeder (ECO : 子羊用の哺乳ロボット)で対応している。また、生直後から離乳までの機器システムとして、生後の初乳処理には ColostrFIT (初乳を専用バックに入れて加熱処理する機器)を活用し、その後 2 週齢までは Calf Rail または Milch Mobile 4×4 で個別に哺乳を行い、その後 Calf Feeder で群対応の哺乳を行うとともに、Grain Feeder (濃厚飼料を個別給餌する機器)で濃厚飼料を給餌するという、哺育期の子牛管理に特化して機器およびシステムの開発を行っている。哺乳子牛の健康管理については、Calf Rail にある哺乳量、哺乳スピード、吸引圧の解析とともに、これらデータをクラウド上で管理が出来るシステムとなっている。また、哺乳時の感染を防止するため Hygiene Box (Smart teat) を開発し、哺乳毎に teat (吸い口)の消毒が出来る。また、teat 自体も抗菌性のあるゴムで作成したものを製品化 (Yello Teat : 細菌の繁殖を 99%抑制する) されている。

Smart Neckband は、ネックベルトに取り付けてある活動量計により活動量等が低下した個体についてネックベルト上部に取り付けてある LED ライトが点灯することで、個体認識が可能である。また、Smart Water Station として、水飲み場の後方 30 cm程度が体重計になっていて、飲水前後の重さから飲水量を計測出来る機器が開発されている。これは、濃厚飼料の摂取量が増えると飲水量も増えることから、飲水量の推移を解析することで、濃厚飼料への餌付けがうまくいっているか、または疾病等の異常を評価する (例えば肺炎等の場合飲水量は減少し、下痢の場合には飲水量が増える) システムである。Smart Thermometer (直腸温の測定器) にて測定した直腸温をスマホアプリの Calf App VITAL に転送が可能で、同

時に、鼻水の有無、目やに、耳垂れ、糞の状態等をマニュアル入力することで、それらの情報から子牛の状態（疾病の発生）を予測するシステムが開発されている。また、これらの情報はすべて一つのクラウド上に集められ解析され、その情報は **Calf App GO!** というアプリをスマホにダウンロードすることで、情報や異常を管理者どこにいてもスマホで得ることができ、情報活用できるシステムまで開発されている。もう一つ、大きな哺乳システムが開発されており、それは **Automatic Milk Management** と命名されていたが、哺乳に代用乳でなく、生乳を使うシステムである。搾乳ロボットなどにより搾乳牛舎で自動搾乳された生乳を **Milk Collector** で横取りをする。横取りされた生乳は屋外ラインで哺育牛舎に運ばれ、**Smart Tank** で 4-7 で冷蔵：攪拌保管され、通常の **Calf Feeder** で加温、自動哺乳されるシステムで、それぞれの自動化機器が開発されている。なお、**Milk Collector**、**Smart Tank** はそれぞれ、空になるタイミングで内部を自動洗浄する。

以上の哺乳関係スマート機器に関して、以下でその機能や特徴をまとめる。まず、第3節では子牛やの給餌プログラムである **40Fit** 技術を中心に、その関連機器を紹介しながら、技術の内容と活用による効果を示す。第4節はスマート機器の運用マニュアルを、第5節は実証農場へのスマート機器導入に当たったインタビューを掲載する。第6節はこれまでの導入してきた農家の概要を示す。第7節では、以上の調査を踏まえて今後のスマート機器のあるべき方向について述べる。

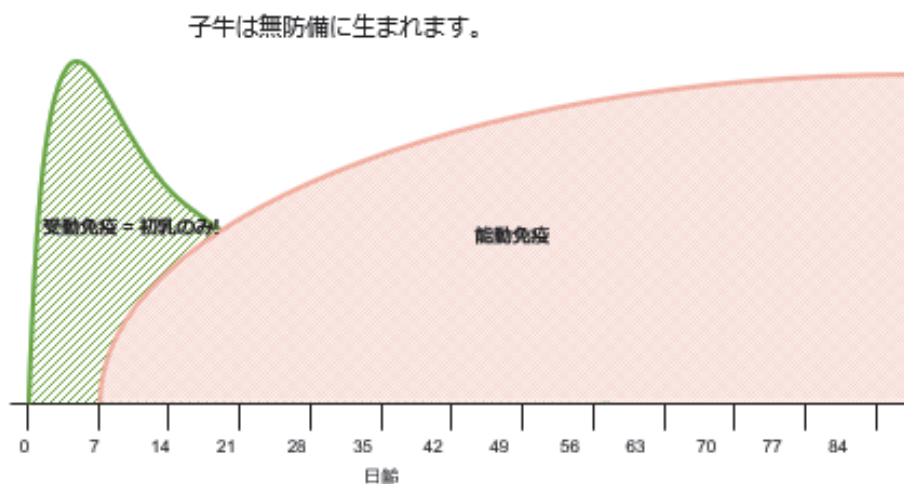
3. 40Fit 技術

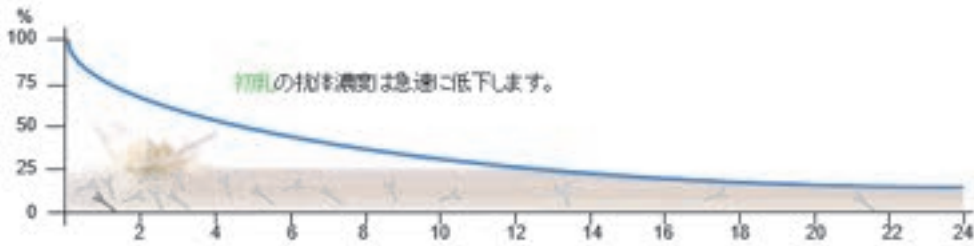
- 40 フィット技術とは、若い子牛に対してミルクの給餌を強化するためのフェルスター・テクニク社のブランド名です。
- 多くの研究と実践からの経験によれば、子牛が生後約 40 日になるまで大量のミルクを与えることが非常に重要であることを意味しています。その後もミルクを与えますが、ミルクの量を毎日減らし、離乳を開始します。
- 生後約 40 日間、子牛に大量のミルクを与えると、高性能の動物にするための臓器と代謝を備えた全身が「作られます」。よって、子牛はより早く成長し、乳牛としてより多くのミルクを出すこととなります。
- 日本ではこの原理を「スマート・フィット」とも呼んでいます。

3. 1 子牛への給餌



3. 2 初乳





分娩後の時間
(時間)



3. 3 コロストロフィット

■ 子牛を初めて治療するための初乳管理システム

- 生涯の完璧なスタートを確実なものにするために
- 健康で高収量の乳牛の基礎を築くために

■ コロストロマット

- 低温殺菌と加熱
- 水槽内での穏やかな加熱
- 設置が容易
- 直感的な操作
- 明確に構成した安全な作業フロー



3. 4 低温殺菌の効果



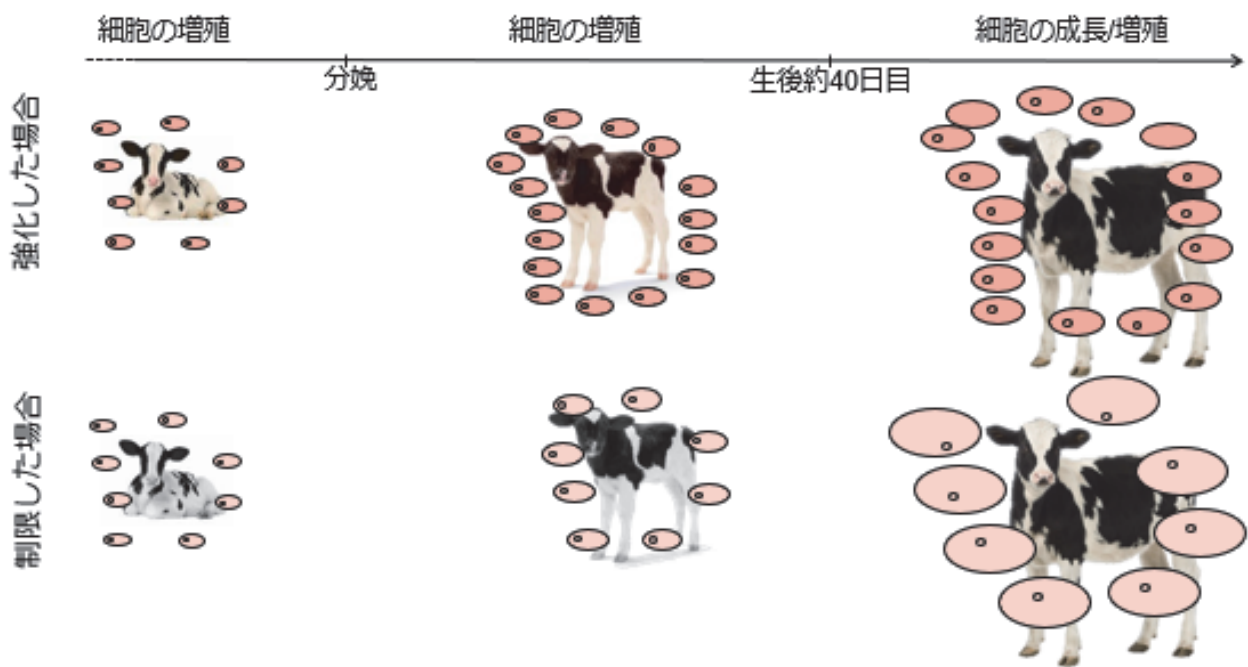
➡ 低温殺菌は初乳の抗体に悪影響を及ぼしません。

3. 5 40Fit—給餌強化による乳量の増加

■ 乳量増加に関するより高い給餌強度の効果

研究論文	結果
FoldagerおよびKrohn、1994年(デンマーク)	+ 1.402 kg
Foldager他、1997年(デンマーク)	+ 519 kg
Bar-Peled他、1998年(イスラエル)	+ 454 kg
Ballard他、2005年(米国、ニューヨーク州)	+ 700 kg
Davis Rincker他、2006年(米国、ミシガン州)	+ 499 kg
Drackley他、2007年(米国、イリノイ州)	+ 835 kg
Chester-Jones他、2009年(米国、ミネソタ州)	+ 998 kg
Soberon他、2011年(米国)	+849 kg
Broghammer、2015年(ドイツ)	+1.266 kg
平均	+ 836 kg

3. 6 40Fit は最初の 40 日で決まります！

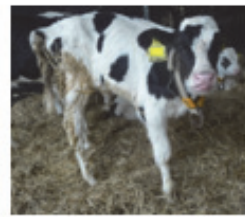




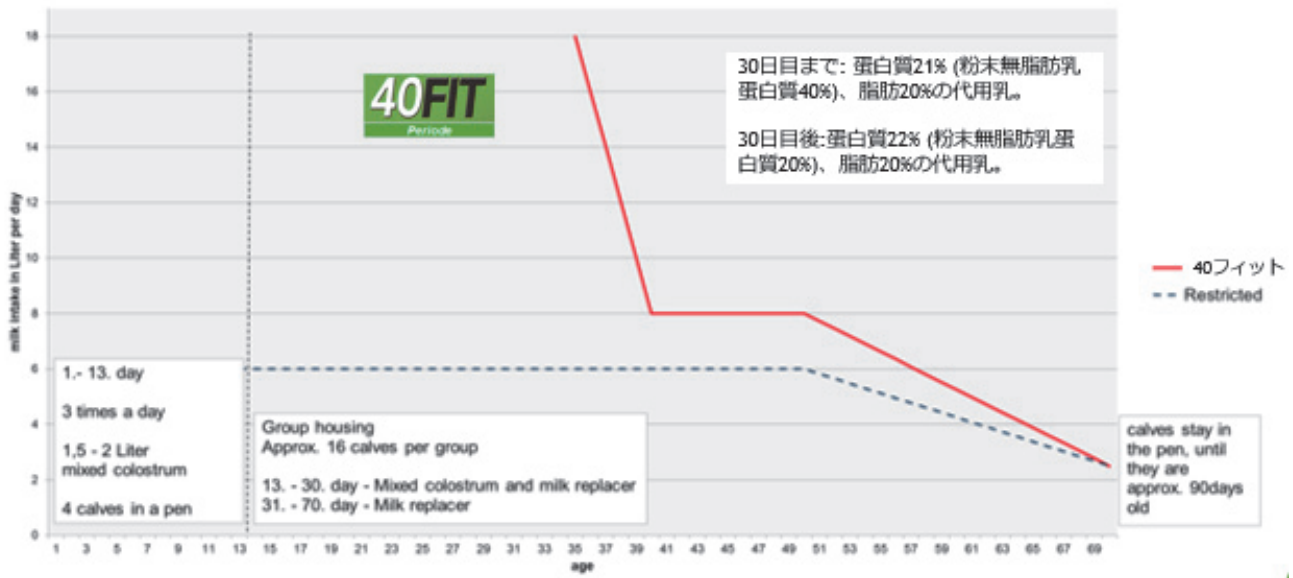
強化した場合



制限した場合

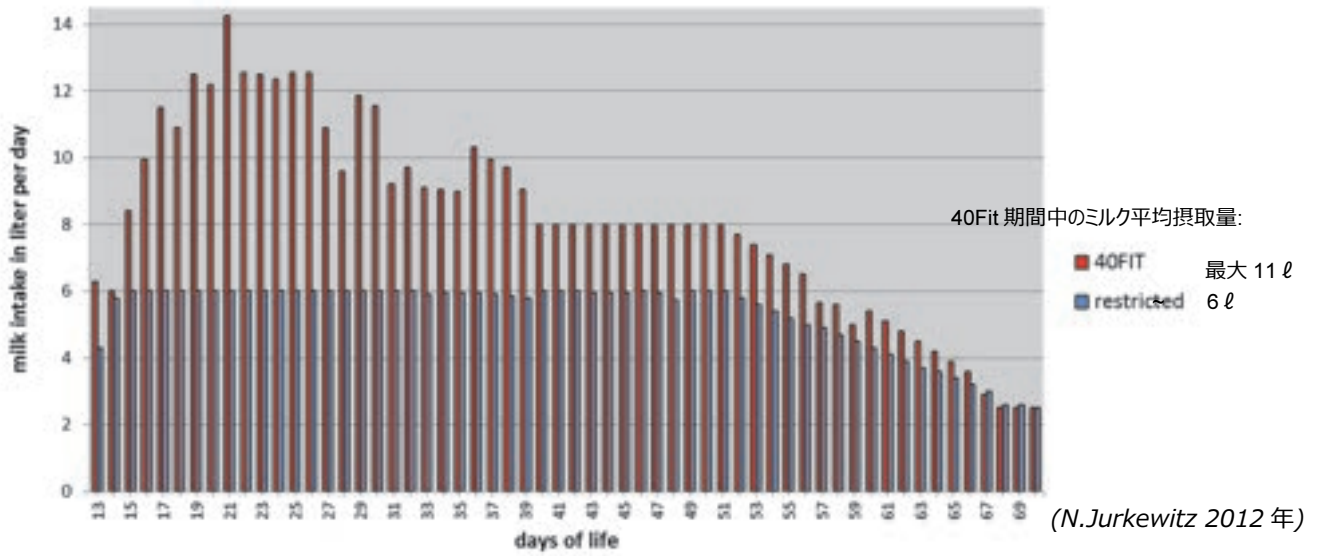


3. 7 40Fit の給餌計画

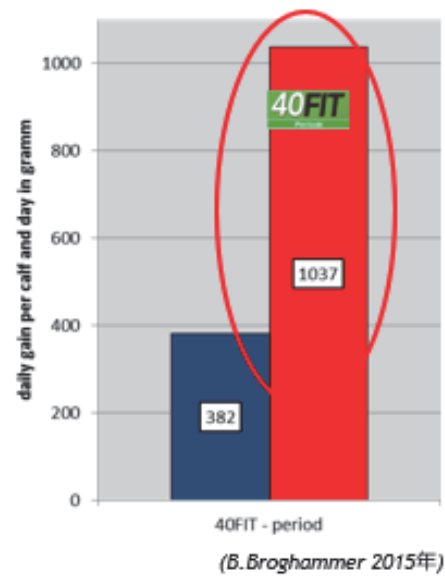
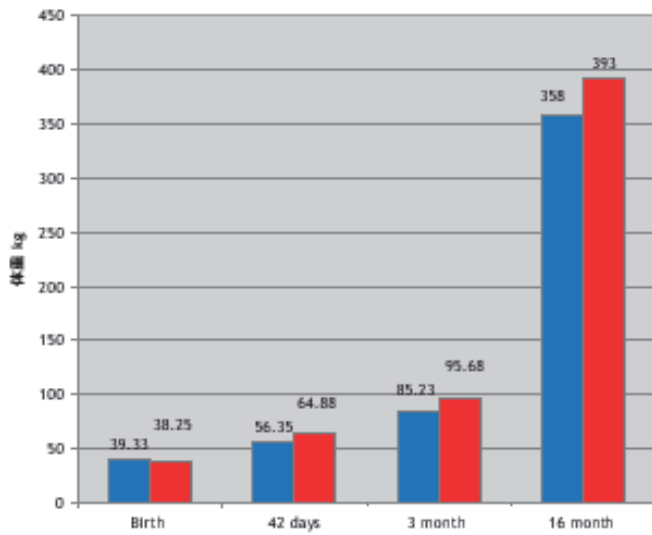


(N.Jurkewitz 2012)

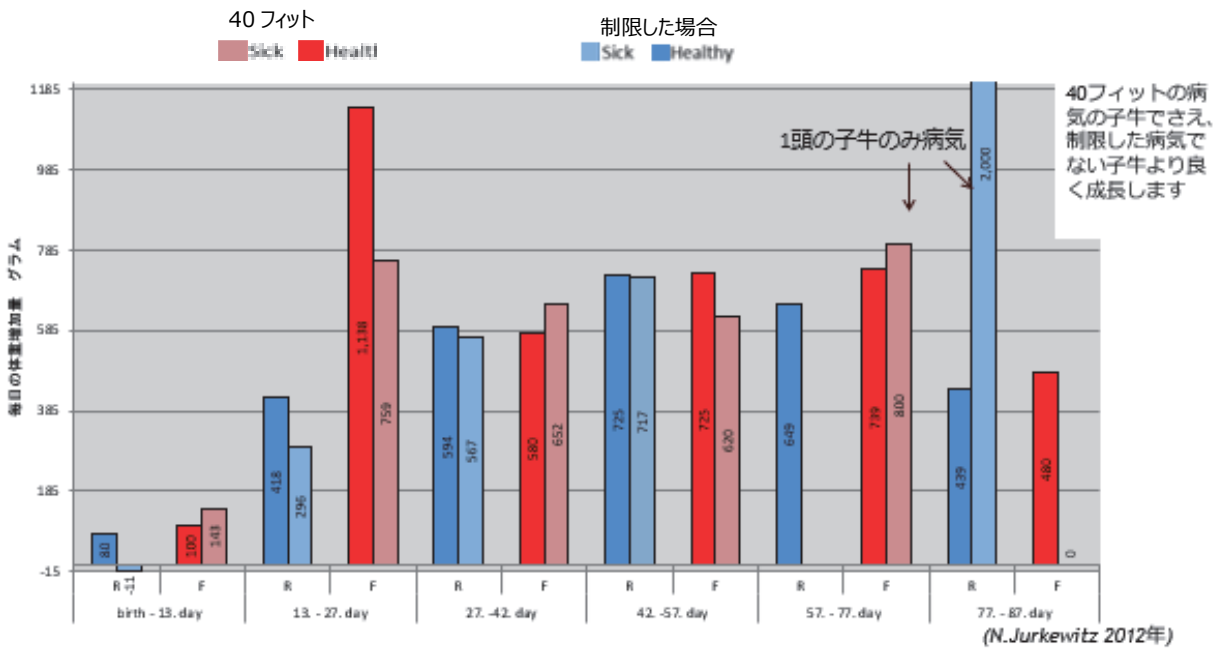
3. 8 1日当たりのミルク摂取量の中央値



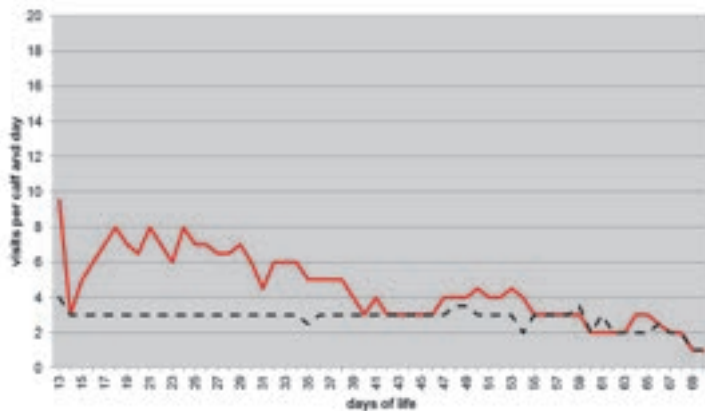
3. 9 40Fit による体重増加



3. 10 病気の子牛と健康な子牛の1日当たりの平均体重増加量



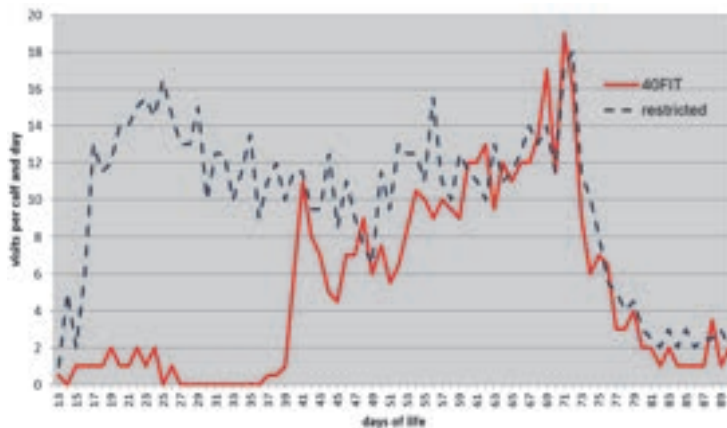
3. 11 ミルク摂取回数の中央値



- 40 フィットの子牛は 40 フィット期間中、ミルクを飲むために 自動給餌器により頻繁に行きます(自然な行動)
- 35 日目まで:
 - 40 フィット: 最大 7 回
 - 制限した場合: 最大 3 回

(N.Jurkewitz 2012 年)

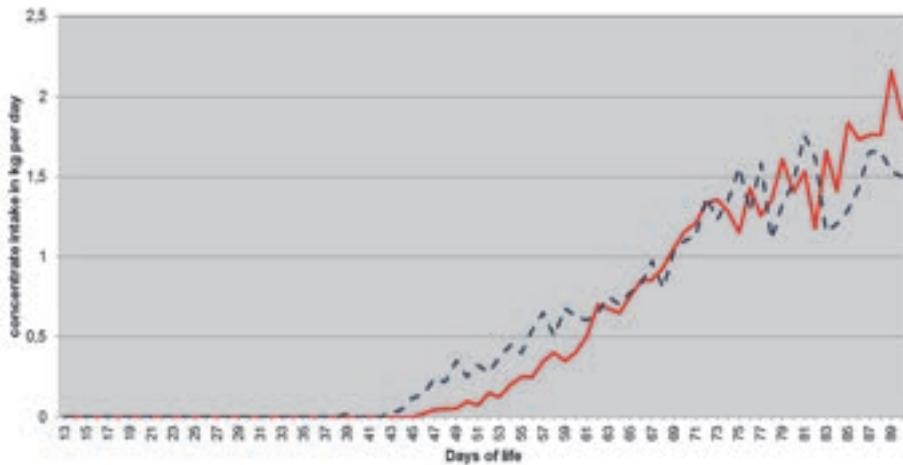
3. 12 給餌しない場合の給餌器訪問回数の中央値



- 40 フィットの子牛の給餌器アクセス回数が、給餌強化期間中は少なくなる
- 最初の 35 日間中の平均給餌器アクセス回数:
 - 制限した場合: 最大 13 回
 - 40 フィット: 最大 1.5 回

(N.Jurkewitz 2012 年)

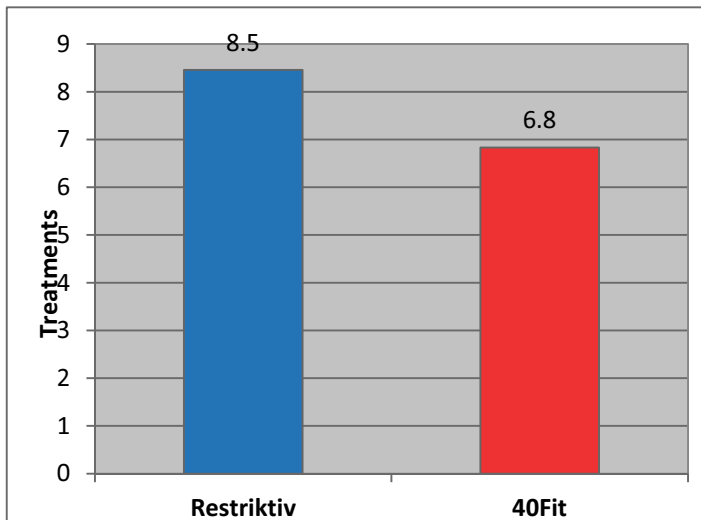
3. 1 3 濃縮飼料の1日当たりの摂取量の中央値



- 制限した子牛の50%は、生後43日目までに濃厚飼料を食べ始めます
- 40フィットの子牛は、約46日目までに食べ始めます
- 60日目になると、両方のグループ間の違いは無くなります

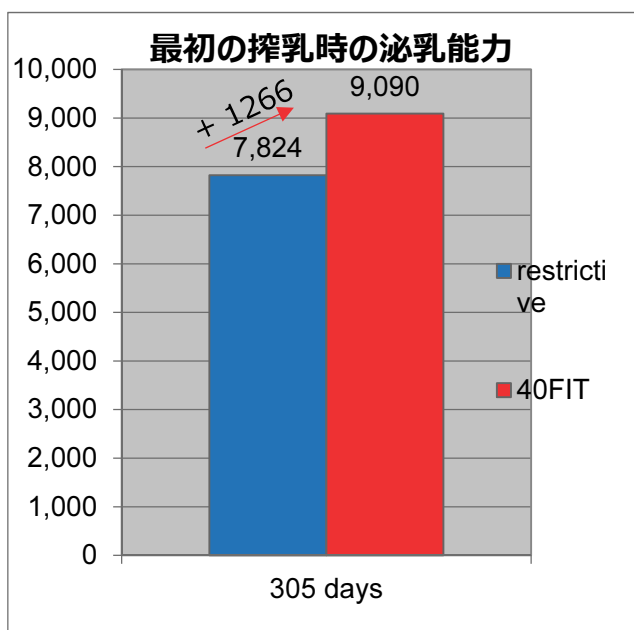
(N.Jurkewitz 2012年)

3. 1 4 1頭当たりの平均治療回数



(B.Broghammer 2015年)

3. 1 5 もっとミルクを-より多くの量を！



「5倍の投資利益率を簡単に得られます！」

(B.Broghammer 2015年)

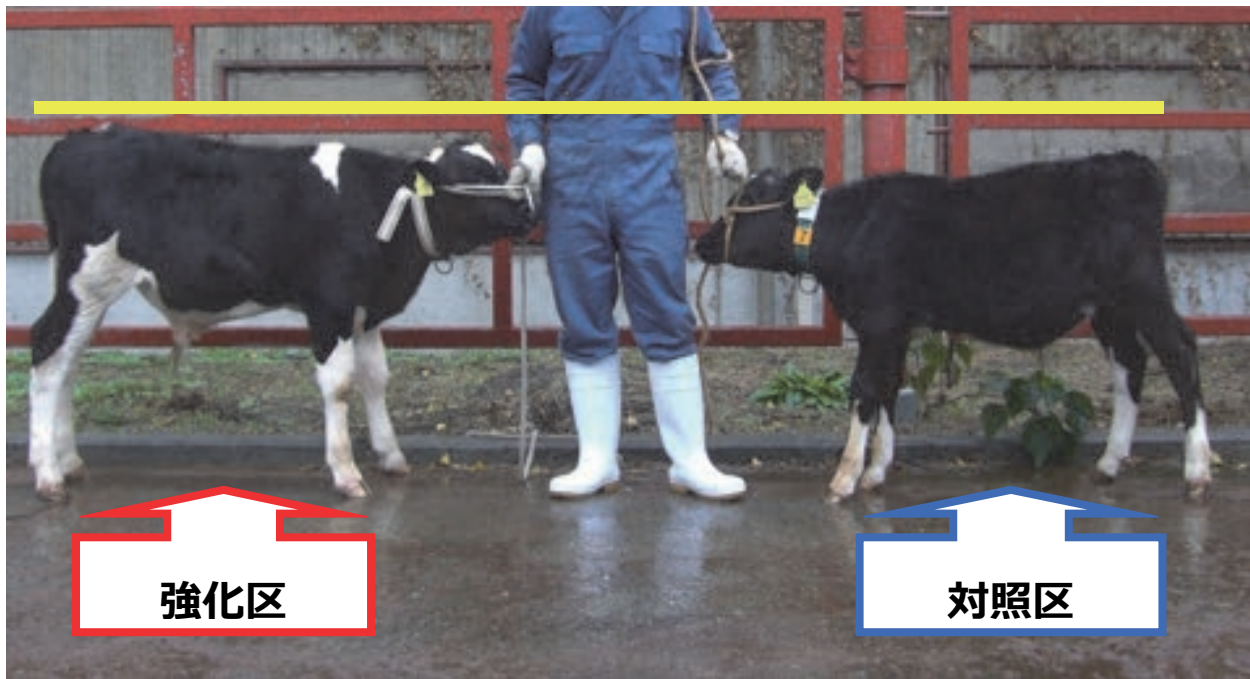
3. 1 6 子牛の潜在力の活用法

- 十分な量の高品質の初乳を、時間通りに飲ませてください
- 頻繁に (1日3回以上)飲ませてください
- 年齢に適した少量を飲ませてください
- 常に新鮮な初乳を飲ませてください
- 正確な温度管理体制で暖かい初乳を飲ませてください
- 授乳毎に管理した量の初乳を飲ませてください

➡ 自然に従って給餌することが重要です!

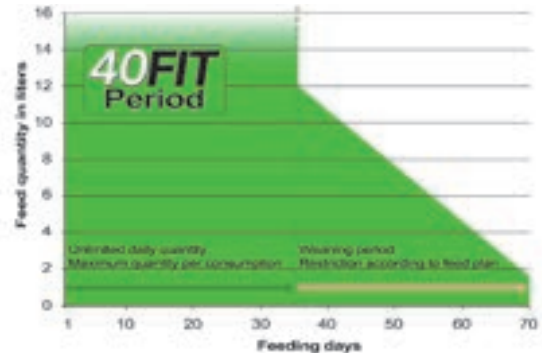


3. 1 7 強化給餌は、最初に日本で開発されました



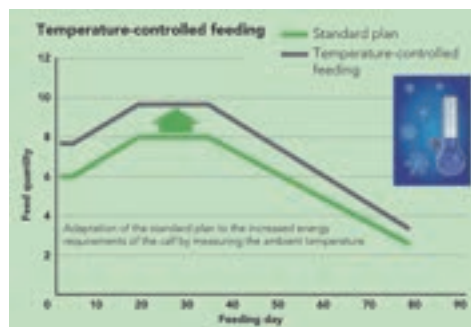
3. 1 8 子牛の給餌-40Fit の給餌計画

- 最初の 35 日間はすきなだけ対応
 - 各子牛を、無線自動識別タグを介して、自動子牛給餌器で「監視」します
 - 1 回の給餌器アクセスで飲む量を制限しています
 - 計画した最低摂取量と比較しています
 - 各子牛の現在の摂取量を、最後の 5 日間の平均摂取量と比較しています
- 次に: 離乳を管理します
 - 12ℓ/日から 2ℓ /日まで
 - 十分な濃厚飼料と干し草を与えます
- 離乳までの合計期間: 70 日間



3. 1 9 冬季も十分な量を給餌してください!

- 子牛は、温度が低くなるとより多くのエネルギーを必要とします
- 温度に応じた子牛への栄養供給量の自動調整
 - 濃厚飼料の給餌または飼料の量



➡ 温度が低くなるほどエネルギー需要が高まります!

3. 20 給餌技術-個別飼い

- ・多くの飼育場では、子牛を生後 2 週間は個別に飼育しています。

ミルクモービル 4x4

■ 手動、機械式の給餌



カーフレール

■ 自動給餌



3. 21 給餌技術-個別飼い (続き)

ミルクモービル 4x4

- 1 日 2~3 回飲ませます
- 在庫する飼料を準備しなければなりません
- バケツによる給餌
 - 冬季の温度管理が困難です



カーフレール

- 1 日数回給餌します、1 日最大 8 回まで
- 年齢に適した少量を飲ませます
- 最適な飼料温度で常に新鮮な飼料を準備します
- 給餌を管理します
- 自然な行動を支援します



3. 2 2 給餌技術-グループ囲い

- ほとんどの場合、生後 2~3 週目から始め、9 週目以降は必須です
- 子牛の生理学的および動物行動学的な要件に対応します
 - 社会的接触、遊びの本能とまねをする行動を、行動で示します
 - 濃厚飼料と干し草を、より早くかつより多く摂取するようになります
- 飼育に必要なスペースがより少なくなります
 - 子牛を家畜小屋の技法に慣れさせます
- 子牛は、最適な供給のおかげで、より元気になります!
 - グループ囲いを使用した場合、子牛の活力が約 75%向上します



3. 2 3 スマート・カーフ・システム



3. 2 4 離乳

- 子牛が若い間は、個々の動物の発達に大きな違いがあります
- 離乳は、各動物毎に固有のやり方で行わなければなりません
- 濃厚飼料の摂取量に基づいて離乳した子牛は、飼育のすべての段階で体重が増加します



3. 2 5 子牛の健康のための4+1の要点

1. QQQ（素早い、品質、量）が整っている初乳管理
 2. 非常に優れたバーン：最初の2週間は単一囲い。次に、群飼。1頭の子牛当たり十分な面積（1頭の子牛当たり3 m²以上）、乾燥している寝床、干ばつ期でなくても十分な換気を提供します。
 3. 適切な栄養供給：高品質（良質の代用乳または生乳、適切な濃度と温度、作りたて）、大量（最大10ℓ/日、最初の40日間は成り行き対応、そしてスムーズな離乳）
 4. 衛生と清浄度：給餌器の所で洗浄してください（混合器の洗浄、熱交換器の洗浄、現在は2つの洗剤が使用可能です。ホースのパイプを洗浄してください。最後は、乳首を洗浄してください）。
- + 5 番目：飼育者が、自動給餌器の助けを借りて、毎朝および毎晩、アラームや飲む速度などを良く観察してください。



3. 2 6 初乳管理

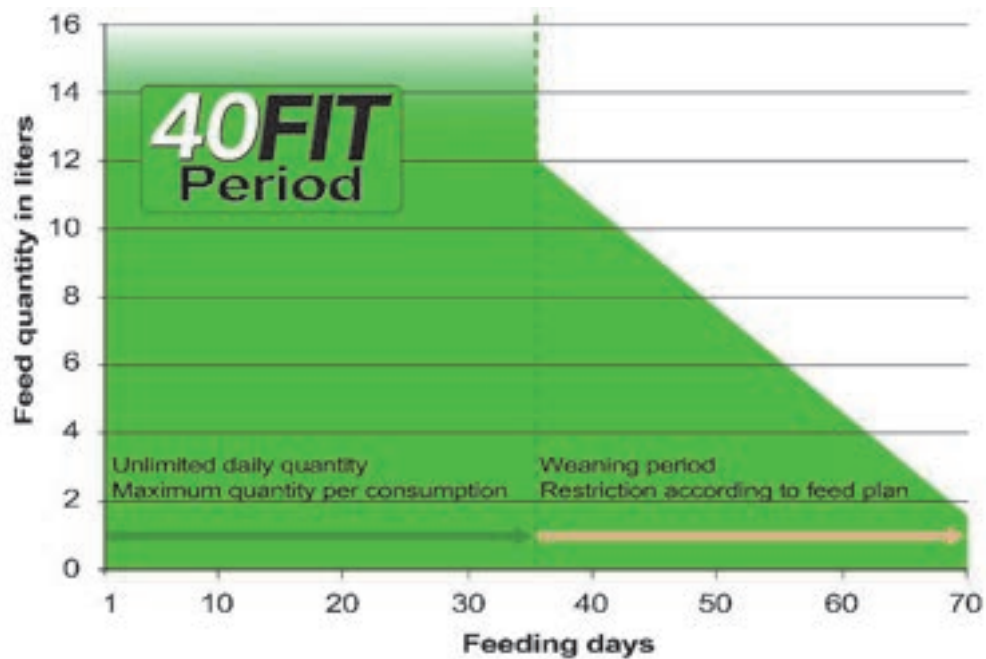
- 素早く
- 品質に注意してください
- 量に注意してください



3. 2 7 非常に優れたバーン

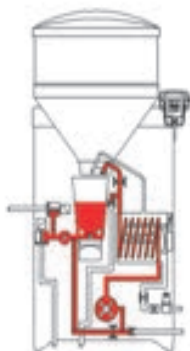


3. 28 十分な給餌量



3. 29 衛生および洗浄度

- 2 番目の洗剤
- 循環洗浄
- スポンジを用いた洗浄
- 乳首の洗浄



3. 30 飼育者が、1日2回良く観察します



4. 推奨マニュアル

- コロストロマット / コロストロマックス
- カーフレール
- 衛生ボックス
- スマート・ネック・バンド
- 自動搾乳管理
- カーフ・アプリ・ゴー / カーフクラウド
- カーフ・アプリ・バイタル

4. 1 コロストロマット/コロストロマックス

初乳の低温殺菌 / 冷却 / 加熱:

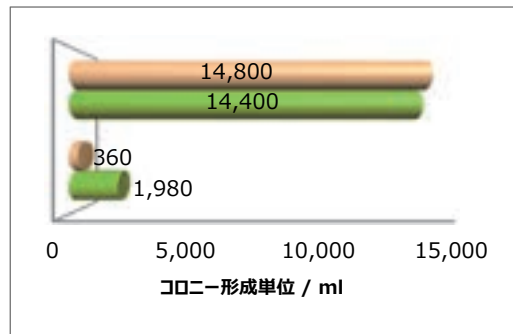
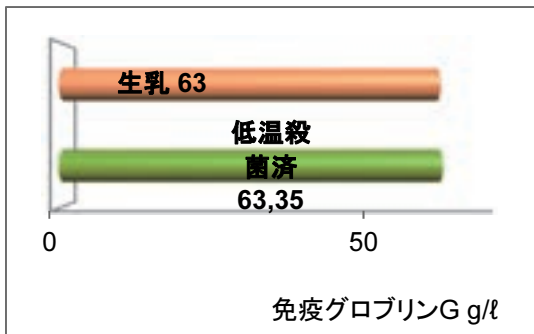
- 初乳の最高の衛生基準での搾乳 – 細菌による汚染を回避します
- 初乳の品質をブリックス屈折計で確認します。レベルは21%以上である必要があります。免疫グロブリンのレベルが低い場合は、高品質な初乳と混合すると有益です。
- 低温殺菌した初乳は、冷蔵庫で最大7日間保存することができます（その後は、冷凍する必要はありません）
- コロストロバッグを使用して上手に治療し、細菌による汚染を回避してください
- コロストロバッグを使用して、初乳を乳首を介して与えてください。子牛が十分に飲まない場合は、水を飲ませてください、体重の10%が必要です

- 初乳を飲ませてから 24/48 時間後に、血中の免疫グロブリンまたは総タンパク質をチェックしてください。10 g/l 以上の免疫グロブリン G、または 55 g/l 以上の総タンパク質が最低でも必要です。

4. 2 低温殺菌の利点：

初乳内の抗体含有量（免疫グロブリン G g/l）（損失なし）

細菌が 90%以上減少（大幅な削減）



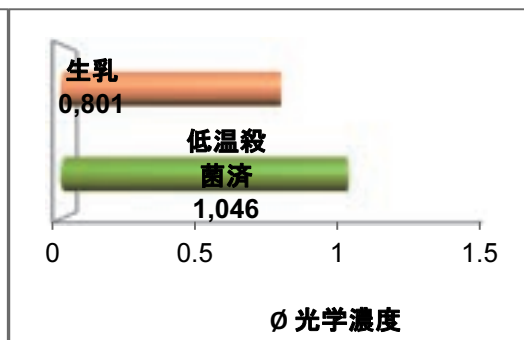
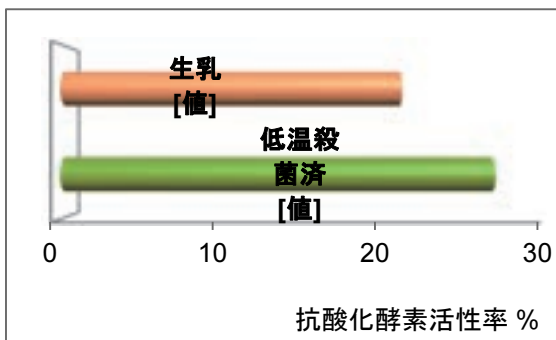
 総細菌数
  グラム陰性細菌

(Göbel, 2016 年)

低温殺菌の利点：（続き）

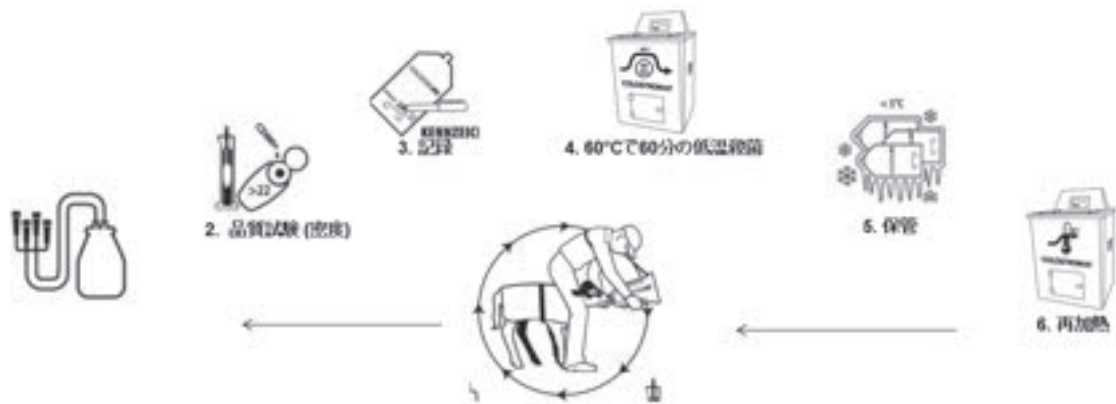
免疫グロブリンの血漿への軽送率（抗酸化酵素活性率 %）
（最初の初乳給餌から 24~40 時間後）

抗体の活性度（光学濃度）（悪影響を受けていない）

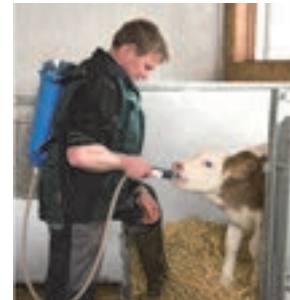


(Göbel, 2016 年)

4. 3 日常作業における利点



- 標準作業手順書を使用して作業できます
- 工程を明確に構成しています
- 取扱が容易です
- より優れた管理が可能になります
- より高い柔軟性を提供します



子牛の場合の利点:

- 免疫系を初期化することができます
 - 細菌負荷を減少することができます
 - 病気を最善かつ最も安い方法で予防することができます
 - 病気にかかる回数がより少なくなります
 - ストレスが少なくなります
 - 飼料の摂取量が多くなり、かつ消化が良くなります
 - 成長率が高くなります
 - エピジェネティックインプリンティングに関し、プラスの影響を与えます
- ➔ 健康、活力、能力、寿命に対して、効果を長期間与えます

4. 4 カーフレール

個別ハッチ内での子牛への自動給餌:

- 1日最大8回行ってください
- 常に定時に行ってください
- 各動物毎に個別の量を与えてください
- 常に新鮮な飼料を与えてください
- 最適飲用温度 (39°C)で与えてください
- 年齢に適した量を与えてください
- 途切らさず与えてください
- 管理して与えてください



自然の例に倣って給餌すること!

生後二日目から成長します

目標: **生後最初の2週間は700デシグラム以上を与えてください!**

4. 5 実施推奨事項

- 作業員1名当たりの子牛の数を32頭以下に抑えてください (最大100頭まで可能)
- 40フィット・モードでは、1日当たり5~6回給餌してください (これが最も一般的な使用法で、非常に成功しています)
- ミルクと粉末ミルクを70:30の比率で組み合わせて飲ませてください
- 少量だけ飲ませてください (1週目は1.5~2.0ℓ、2週目は2.0~2.5ℓ、その後は2.5~3.0ℓ)
- 各給餌後の洗浄手順 (自動)
 - 循環洗浄します、熱交換器は交互に行ってください
 - ミルクを与えている場合は、3回のアルカリ洗浄後に酸性洗浄に変更してください
- ボックス間の距離は1.4~2.0 m にしてください
- ボックスの前面と乳首ホルダーとの間の距離は30 cm にしてください
- 機能点検を少なくとも1日1回行ってください

4. 6 子牛の取扱

生後1時間内に初乳4ℓを飲ませてください

- 子牛をボックスに入れ、何もしないでください (トレーニングを行わないでください)
- 子牛を給餌器に登録してください
- 次の給餌をバケツまたはボトルを使用して行う場合は、正しく調整するために、厳密にボックスの前で実行してください
- 最適なトレーニングは、ポジティブかつ持続可能な調整ができる朝でなければなりません
 - 必要な場合は、そのトレーニングを翌朝も繰り返してください
- 飲む行動をするかを、1日2回チェックしてください
- 7~10日目または21日後に、グループ囲いに変更してください

- 出生時体重、子牛をグループに入れる時の体重、そして離乳後の体重をチェックしてください

4. 7 カーフレール-手順計画

以下によって異なります:

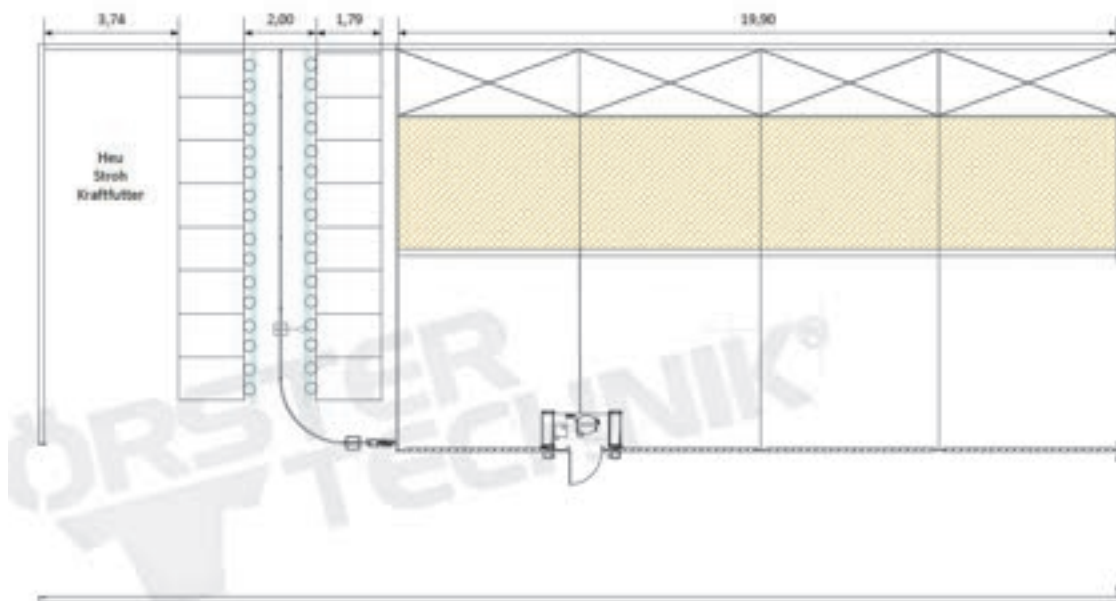
- 1日当たりの給餌回数
- 子牛の数 (給餌サイクル期間の)
- 洗浄手順
 - ホースの長さ
 - 必要な洗浄
 - ミルク / 粉末ミルク / 両方の使用
 - 混合器、熱交換器、スマート・タンク

例:

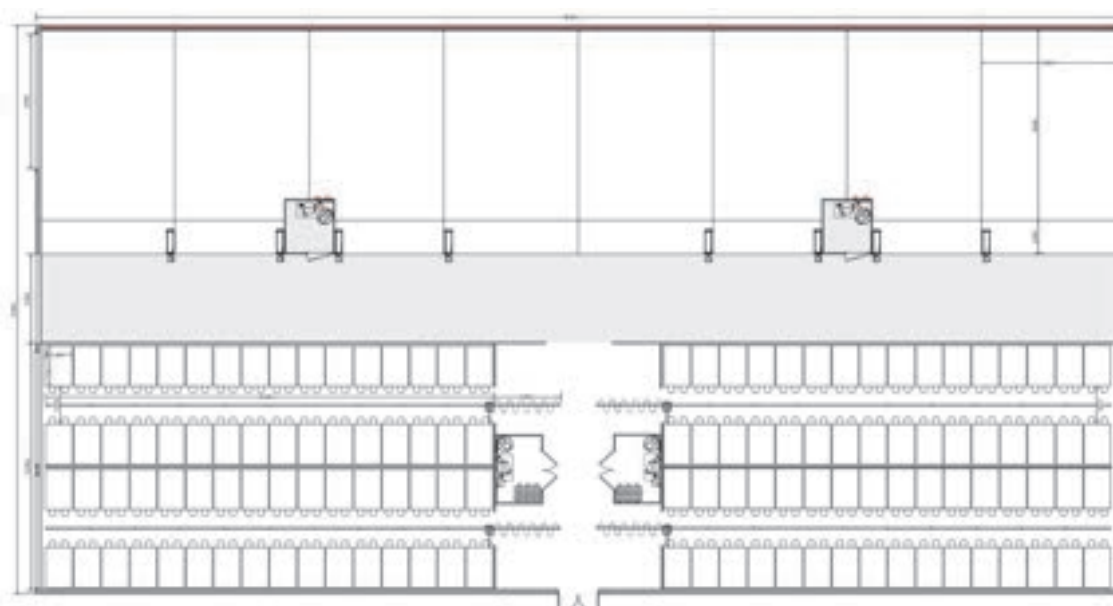
- 毎日5回の給餌
- 1台の給餌器に2本のレール
- 1本のレールに25頭の子牛
- ミルクと粉末ミルクの混合飼料での給餌 (混合比率 70:30)
- スマート・タンクの使用

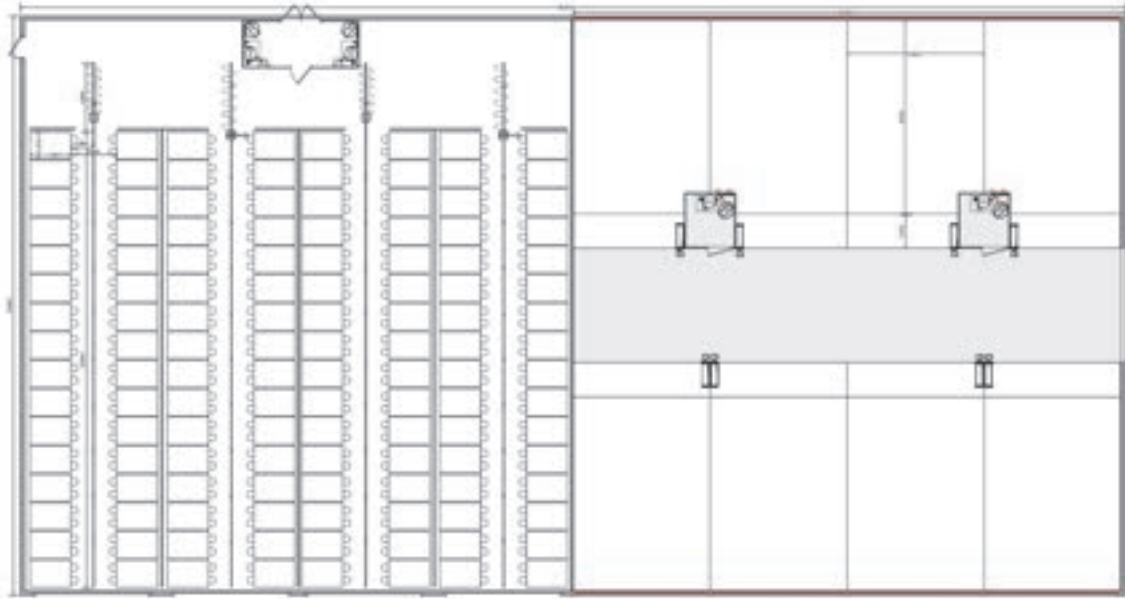
時間	行動
23:00~2:00	5回目の給餌
タンク空	
2:30	スマート・タンクを洗浄する
3:30	蠕動ポンプの自動校正
タンク満タン	
7:00~10:00	1回目の給餌
10:15	自動循環洗浄
11:00~14:00	2回目の給餌
14:15	熱交換器を洗浄する
タンク補充	
15:00~18:00	3回目の給餌
18:15	自動循環洗浄
19:00~22:00	4回目の給餌
22:15	熱交換器を洗浄する

4. 8 カーブレード-小型飼育場の納屋の配置図

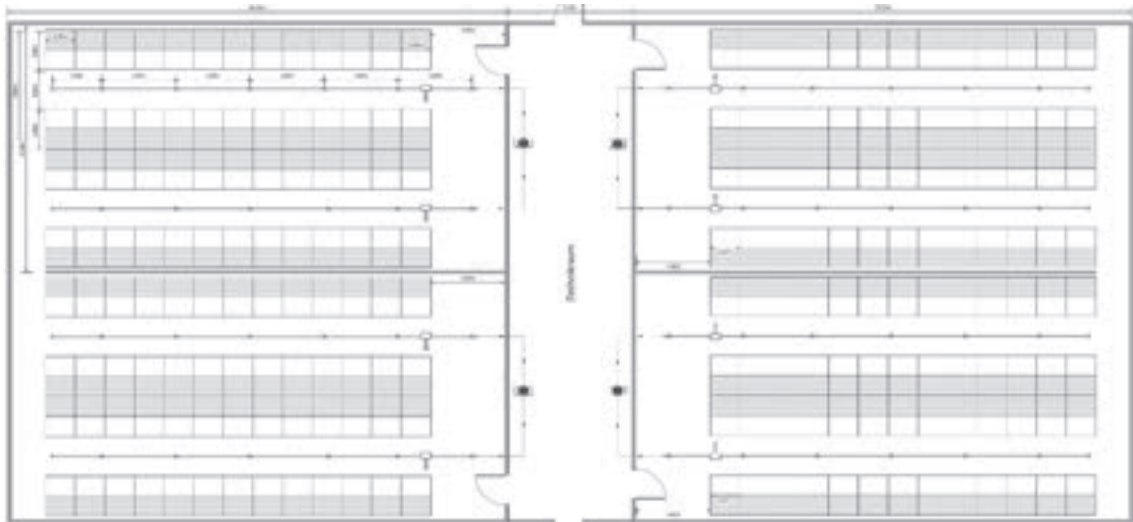


4. 9 カーブレード-中規模飼育場の納屋の配置図





4. 10 カーブレール-大規模飼育場の納屋の配置図



4. 1 1 実践の結果

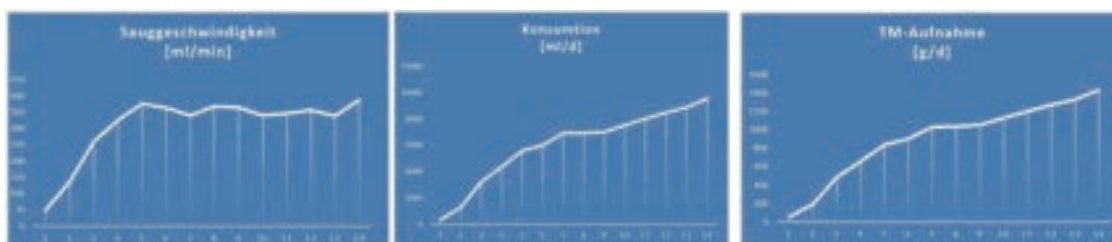
- 飼料の摂取量が高まります
- 成長率が高まります
- 飼料の転換率 / 給餌効率が高まります
- 病気にかかるリスクが大幅に減少します
- 子牛の損失率が少なくなります
- 泌乳能力が高まります
- 人件費を節約できます

4. 1 2 カーフレールを使用してから

Quarter	Number of diagnoses			
	0	1	2	>=3
4/2017	48,3	41,1	10,1	0,5
1/2018	69,3	16,6	11,3	2,8
2/2018	68,4	27,3	3,8	0,4
3/2018	85,1	12,5	1,9	0,4
4/2018	90,8	7,2	1,7	0,3



飲む速度、摂取量、乾物摂取量を最適にします



カーフレールで 2 日目から、全乳 70%、代用乳 30% (160 g / ℓ)

生後 14 日間中の毎日の体重増加 - 826 g/日

- 給餌効率は、アドリブフェーズで最高になります
- ミルクのゆっくりとした摂取(0.5ℓ/分以下) - より良い唾液分泌
→ より良いミルクの消化、pH 値調節
- 高い給餌効率は、高い代謝活動と調節機構の低い損失を示します
- 泌乳/飲む期間の持続可能なプラスの経済効果

	出生時体重 [kg]	グループ別に 入れる年齢 [日]	体重増加 [g/日]	毎日の乾物摂取量 [kg/日]	総乾物摂取量 [kg]	給餌効率 [kg 出生時体重/kg 乾物]
\bar{x}	36,4	24	766	0,87	20,87	0,86
σ	5,93	2,80	168	0,15	4,52	0,17
最小	30,5	21,8	598	0,72	16,2	0,74
最大	42,5	27,5	934	1,02	25,2	0,98

4. 1 3 衛生ボックス

利点:

- 乳首の二軸可動性
→ 自然な飲む行動を支援します
- 自動トレーニング機能
- 統合した自動吸引ホースの洗浄/乳首の洗浄
→ より少ない作業負荷で、衛生をより良く保てます



4. 1 4 スマート・ネック・バンド

時間と労力を節約します:

- フィルター内の子牛を見つけるために、LED ライトが役立ちます（アラームなど）
- 子牛の位置を確認します
- 動物の観察を支援します
- 動物の管理と治療に関する日常業務を支援します
-

カーフ・クラウドで、飲む行動、健康、活力に関連するデータ・リストを活用できます。



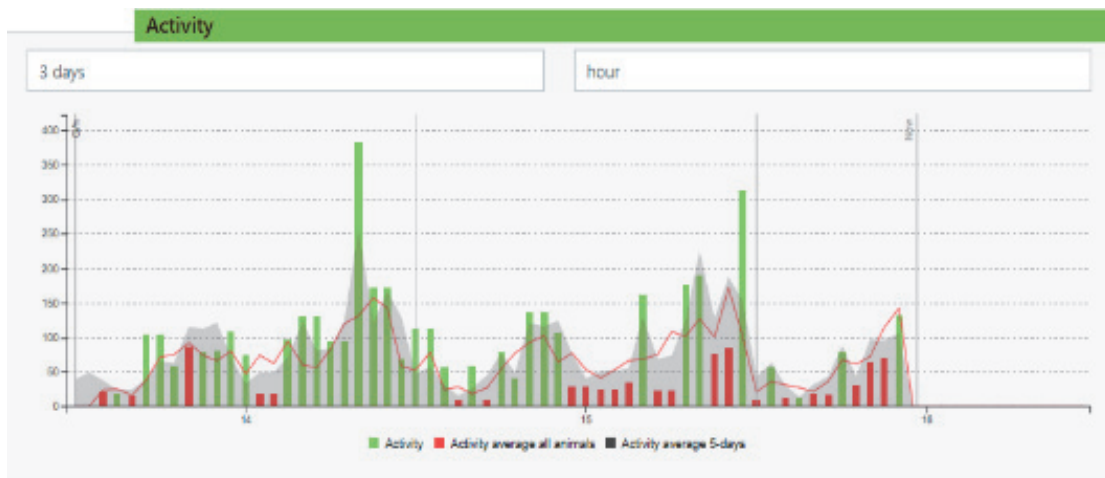
・ スマート・ネック・バンド



・ スマート・ネック・バンド

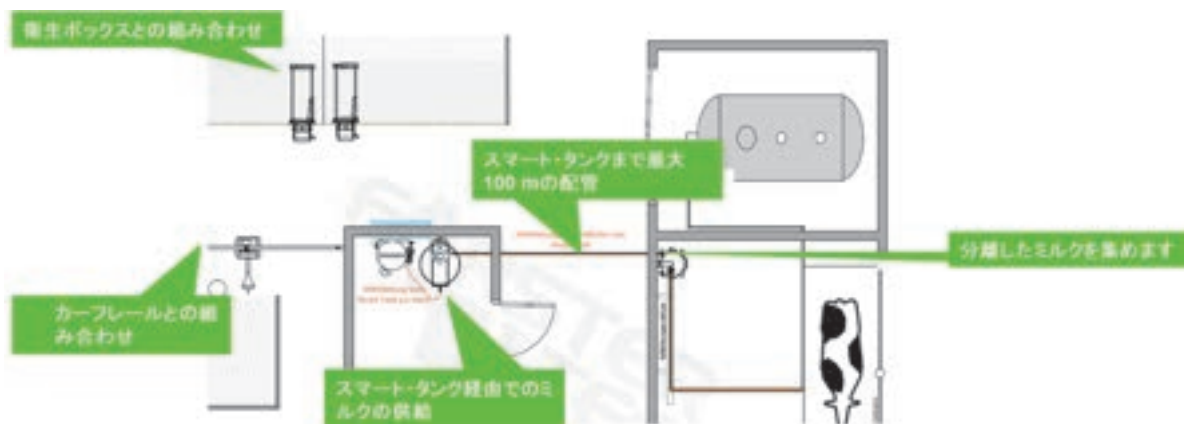
行動測定:

- グループ内で比較評価します
- 毎日の数値を移動平均値と比較します
- 個々の病気または発達障害の兆候を表示します



4. 1 5 自動搾乳管理

- 様々なメーカーの搾乳ロボットとの協調
- 乳牛から子牛へミルクを直接与えることができます
- 全自動 (冷却と洗浄を含む)



4. 16 自動搾乳管理

メリット:



ワークフローの柔軟性
搾乳システムの独立かつ連続の運転



信頼性
最大100 mの自動かつ連続のミルク輸送



作業が容易
ミルクを100 m離れた場所まで容易に輸送できます



労力を節約できます
約 1/3時間/日



メリット:



工程の安全性
新鮮なミルクの保管と冷却



子牛がより良く発達します
ミルクの品質がより良くなることにより、飼料の摂取量が高まります



動物の健康
細菌負荷の低減 - 冷凍保管することにより、病気にかかるリスクが減少します



コスト削減
分離ミルクを、より少ない労力で使用できるようになります



4. 17 カーフ・クラウド/カーフ・アプリ・ゴー

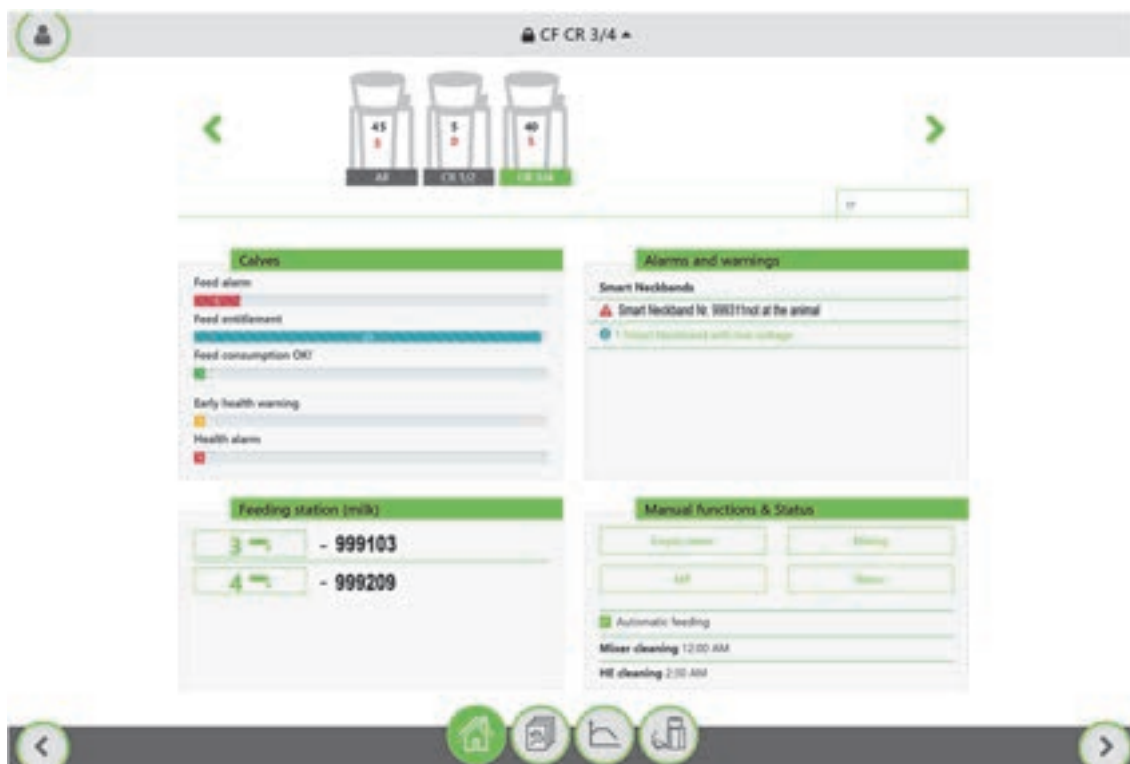


- 最新のユーザー・インターフェースを備えています
- 最高の柔軟性があります
 - モバイル・デバイス（アンドロイド / iOS）、PC / MAC、タッチ・スクリーンで使用可能です
- いつでもどこからでもデータにアクセスすることができます
 - 接続しているモバイル・デバイス上に警告を通知します
- 最高の操作信頼性を提供します
 - カーフ・クラウドにデータを自動的にバックアップします



4. 18 カーフ・クラウド/カーフ・アプリ・ゴー（続き）

- ダッシュボード上で一目ですべてが分かります



- 明確に整理した子牛リスト
- 個々のフィルタリングと並べ替えのオプション
- 飲む行動、飼料摂取量、活動、警報について、素早く概観することができます
- 閲覧するたびに、個々のデータにワン・クリックでアクセスすることができます
- クリアなグラフィックで視覚化した個々の発育データ
- 子牛飼育成功指数による動物の発育報告
- ローカル・ネットワークまたはインターネット経由で、子牛給餌器へ素早くアクセスすることができます
- いつでもどこでも動物の管理を支援します
- カーフ・アプリ・バイタルとスマート・ネック・バンドとが協調します
- 他の人々、責任範囲、様々な場所との間でチームワークを可能にします

4. 19 カーフ・アプリ・バイタル

- 健康データを測定、記録、保存します
- すべてのデータをカーフ・クラウドに保存します
- 容易な取扱:
 - 市販の温度計を使用できます (キーボード/音声または温度値による手動入力値は、Bluetooth温度計を介して便利に送信することができます)

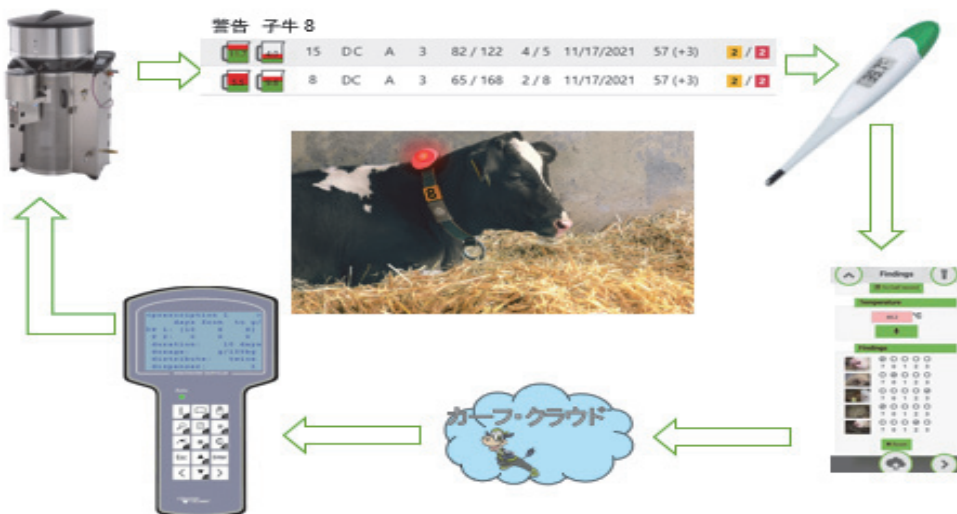


病気の所見を簡単に収集してカーフ・クラウドに送信することができます

- 写真付きの 4 段階評価尺度
 - 大きな写真は病気の所見の例を示しています
- 治療法をテキストと音声で入力します
- モバイル・デバイスのカメラで病気の動物の写真を撮り、カーフ・クラウドへ直接送ることができます
- 動物チェックのリマインダーを繰り返し表示します
 - カーフ・クラウド上にトゥー・ドゥー・リストがあります



4. 20 カーフ・クラウド/カーフ・アプリ・ゴーのワークフローの例



5. 導入農家へのインタビュー

イグルーと家畜小屋の代わりになるものが可動式牛舎です。機能的にかつ環境に合わせて、可動性および固定の家畜小屋の利点を結びつける解決策を、この可動式牛舎は持ち合わせています。通常、設置には許可が必要なく、比較的費用がかかりません。設置の条件として、より少ない空気移動（すきま風）で十分な換気（ $> 5 \text{ x/h}$ ）のできる、良好な通気性があります。土台であるスラット床によって、排水がすぐに行われるため、子牛が有害ガスや病原体にあまり汚染されなくなります。

これまで、牛舎に子牛をつなぐと、哺乳バケツを介した二回の餌やりをしなければなりませんでした。これは、高い労働コストと生理学的に不利な哺乳を引き起こしていました。これにより、哺乳の分量が過多になっていました。酸性化した好きなだけの餌やりには代わる方法は、事情によっては消化の低下につながります。温かい乳/代替乳を好きなだけ飲むことが最適であることは証明されています。（Aikman 等、2015 年）。

自動餌やりに適応した牛舎の開発によって、高い可動性と効率を備えた新たなシステムが成立します。この種の最初の設備を、アグラピロドクチオン・リントシュテット登録協同組合のフェースター・テヒニック社とシュリジファー社が実現したのです。

20 のクワトロ牛舎では、5 クワトロユニット入りの 4 区域に 80 頭の子牛が入り、その都度 CalfRail によって一日に 5 回、代替乳交換餌やり器で餌やりされます。経営は搾乳量によって調整されるので、非公開の単位がグループ飼育に運ばれます。子牛を放した後は、箱の清掃が行われ、通常、その次の日に再度使用できるようになります。



図 5-1 自動餌やり付可動式牛舎



図 5-2 哺乳バケツまたは牛舎の子牛、前面

中央に置かれたメカニックユニットによってフェースター・テヒニック社の二つの自動餌やり器が牛に4つ以上の CalfRail を全自動で与えます。このようにして餌やり器は一日 5 回、三時間ごとに、年齢によって 2.5-3.5 リットルの乳に調節された量を維持します。固形分の摂取は最初の生後 10 日のうちに一日 700 から 1400 g になります。



図 5-3 カーフレール

労働経済学的利益と並んで、この種の餌やりは餌効率が高いのです。これは、飼育需要以外に、ほとんど完全にエネルギーと栄養が体格の形成に転換され、ストレスの管理、免疫予防または調節プロセスに使用されない時のみ、達成されます。リントシュテットで最初に放たれた子牛は、ここでとても良好な光景を示しています。体重 80 kg の時、40 日後に、牛舎の変更は行われました。80 kg というのは出生時体重の約 2 倍です。

まさに夏季の 6 月/7 月の暑さの中で、牛舎につなぎ、餌やりを行いました。家畜小屋の最低限の環境は、最小限の通気による良好な通気性から成っていました。病気はなく、子牛たちは提供されたほとんどすべての食事を消費しました。冷水噴射による餌やり口の日々の清掃および新鮮な糞撒きは、子牛たちがとてもリラックスし有害ガスや塵または病原体にさらされない衛生的な環境を作ります。

(以下は使用農家へのインタビュー)

質問 1

ブラシュケさん、子牛たちをそのように牛舎に入れるアイディアはどのように思いつき、どうして幾つものシステムと比べてこの解決策に決定したのですか。

まず、私たちの既存の牛飼いは乳生産の効率的かつ高品質な要求に適合しているだけではないと思ったのです。より良い動物の安寧、病気や損失の少なさが、人間と動物の生産をより高め、経営をより経済的にすべきです。敏感な生後 4 週間に動物をあまり包囲せず、衛生措置としてより広い空間と時間を与え、経営にあまりコストをもたらさないことは、子牛の飼育における私たちのプロセスの立て直しの主たる目的でありましたし、今もそうです。私たちはより健康な動物、少ない薬物の使用、高い成長、そして少ない経営コストを期待しています。

Topcalf の牛舎の概念については、私たちの条件の下で実用性を通じて迅速に納得しました。迅速で設置許可が要らず、比較的成本がかからずに、可動式の解決策を得たことで、結局、シュリジファー社のクワトロ牛舎に決定したのです。

私たちが自分たちの子牛をこの牛舎でどのように飼育したいかを把握した時、私たちはフェースター・テヒニック社の CalfRail に出会ったのです。小分量の餌を何度もやることは、動物の安寧からも重要な議論となっていました。労働時間の短縮と煩わしいバケツ経済の廃止は、これに決定するさらなる要因になりました。

システムを実際に見た後、私たちはこれが正しいと完全に確信しました。

Topcalf とフェースター・テヒニック社がその解決策を扱いやすくし、かつ狭い共同作業によく適用していることが、最終的にこれに決めた最後の点でした。

質問 2

この新しい解決策は、経営進行と人件費にどのように影響を与えていますか。

以前、私たちは生後一週間の子牛たちを何度も移動させなければなりませんでした。今、子牛たちは 30-40 日、4つの箱に入れたままです。子牛たちは快適で、目で見て触って交流が持て、3つの Topcalf クワトロ牛舎にいる同年齢の子牛を 12 グループに編成しています。それによって私たちは標準日課を作り、どの作業員でも交代できるようにしています。一貫した出し入れの原則は、生産の制御を容易にし、衛生管理にとってより良い前提条件を作り出しています。

明らかに、清掃と衛生措置に時間がかかりませんし、清掃後何日も別の場所で牛舎を光、空気そして太陽の下で乾かすことができます。まったく状況が楽になりました。

同時に、あまり藁を必要としなくなったことがわかりました。スラット床によって子牛たちはいつも乾燥しており、とてもきれいな子牛の住処となっています。

乳飲み場に触れ、分割し、バケツを清掃する代わりに、自由になった時間を設備の手入れと並んで動物の観察に利用しています。CalfRail が餌やりを担ってくれる間、動物たちを見ろという大きな喜びが得られるのです。

質問 3

牛舎の環境、動物の健康および福祉に関して、最初はどんな経験をしましたか。

子牛たちは、牛舎をとってもよく受け入れてくれます。まさに夏の暑さの中、箱の独立した屋根と換気はとても効果的でした。

子牛たちはとてもたやすくなじんでくれます。多くは、様子を一、二回見るだけで十分です。哺乳器を自分で口にすると、それからは自分で吸います。

10 日目頃、私たちは繰り返し代謝の反応を見ます。1-2 日後、あまり吸いたくなくなると、代謝が早くなり、子牛たちはとても陽気な態度を示します。それは彼らがきちんと成長している証です。

20日目からごく少量の子牛用ミューズリを与えます。第一に、子牛が個々の家畜小屋で飲み物を摂取することを私たちは望んでいます。CalfRailによる毎日5回の乳飲みによってそれは良く達成されます。とても良好な牛乳パウダーを高濃度で与えるので、子牛たちは二週間目からすでに毎日1.1-1.8kgの固形分を摂取します。生後40日でグループの中に置くと彼らは60-80kgになります。グループの子牛たちがずっと安定し、とても早く餌摂取力を上げ、素晴らしく成長することを、私たちはとても楽しみにしています。

特に最近、これまで経験してきた獣医費用の半分しかかからなくなっています。

目下、私は春と夏についてしか述べることができません。システムが秋にもそして次の春まで維持されることを期待しています。

質問4

40日間の個別飼育の利益は何だと思えますか。

重要な時期に私たちは子牛たちをより良く管理することができます。牛舎に入れ、餌をやるための時間は、これまでにない、安定した日々の労働日課となりました。

私たちは子牛をできるだけ集めて、最大生後40日のあまり年齢差のない子牛12頭を一つのグループにすることができています。それ以上長く箱に入れておくつもりはありません。そうすると大きくなりすぎ、柵を飛び超えようとするからです。

質問5

最初の部分が終わって、子牛の成長と社会性獲得とグループ飼育への準備をどう評価しますか。

子牛たちは、彼らの直接の隣人関係の構築によって見て触ってコンタクトを取るようになります。彼らがグループに入れば、好奇心であふれ、私たちから見ても社会性を身に付けています。彼らは遊び、私たちに彼らのやり方で、気持ちがいいことを示します。

自動授乳器に慣れるのは個々のイグルーからやってきたとしてもとても簡単です。50日目から40FIT計画に従って、乳の量を規制します。濃厚飼料の摂取は、はやく増え、子牛たちは中断することなく成長します。これは以前と違います。

質問6

今の経験から、このシステムのさらなる改善点はあるとお考えですか。

シュリジファー社は、箱の扉を調整し、バケツを真ん中に置いています。今日的な視点からすると、それは必要ないと思うし、独自の形がより効率的だと思います。

CalfRail にはこれまですっかり満足しています。まだ何か望むとすれば、実際に吸っている子牛の飲んだ量の表示器でしょうか。携帯電話上のフェースター・カルフ・クラウドで表示されているように、です。そうした表示器には特に、慣れたばかりの子牛の場合、CalfRail の働き手がまさに欠如しています。大きな、遠くからよく見える光表示器がここで私たちの仕事を支援してくれると思います。

質問 7

多くの読者にとって興味深い質問だと思いますが、今日の知識をもって再びまたはまさに今これにしようと思いますか。

はい。経営者としての私たちも、私たちの獣医も、この開発を喜んでおり、この決断を確信しており、またそうするでしょう。

6. 導入事例

酪農家	副責任者： Yvonne Günther
市町村/州	NeiBeaue/ ザクセン州
事業内容	酪農製品（乳牛+養殖）、農作物
品種	ホルスタイン
乳牛数	360
1年あたりの子牛の数	約 350
子牛用給餌設備	1つの CalfRail ユニット用のカーフオートフィーダー1基 カーフオートフィーダー、4つの子牛グループのための4台 のポンプユニットを装備
使用中の 40FIT	2013年以來



酪農家	運営責任者： Pascal Heim
市町村/州	Solothurn 県、スイス
事業内容	畜産（乳牛+繁殖）
品種	レッドホルスタインとホルスタイン
乳牛数	90
1年あたりの子牛の数	約 100
子牛用給餌設備	ColostroMAT
使用期間	2015 年以来



酪農家	副責任者： Monika Härle
市町村/州	Ostrach/バーデン・ヴュルテンベルク州
事業内容	酪農製品（乳牛+繁殖）、農作物
品種	ホルスタイン
乳牛数	250
1年あたりの子牛の数	240
子牛用給餌設備	MilchMobil 4×4
使用中の ColostroMAT	2014 年以来



酪農家	運営責任者： Klug 一家
市町村/州	Stendal/ザクセン・アンハルト州
事業内容	乳牛、雌牛の繁殖、農業
品種	ホルスタイン
乳牛数	250
1年あたりの子牛の数	240
子牛用給餌設備	1つの CalfRail ユニット用のカーフオートフィーダー1基
使用中の CALFRAIL	2015年以來



酪農家	運営責任者： Graf 氏および Riede 氏
市町村/州	Hilzingen/バーデン・ヴュルテンベルク州
事業内容	酪農製品（乳牛+繁殖）、農作物
品種	ホルスタイン
乳牛数	120
1年あたりの子牛の数	120
子牛用給餌設備	自動給餌装置1基、グループステーション2基
使用中の自動給餌装置	2007年以來



酪農家	責任者： Bakker 一家
市町村/州	Listowell、オンタリオ州（カナダ）
事業内容	酪農品と農作物の生産
品種	ホルスタイン
乳牛数	350
1年あたりの子牛の数	350
子牛用給餌設備	カーフオートフィーダー2基
使用中の自動給餌装置	2007年以來



酪農家	運営責任者： Jan Mayer
市町村/州	Engen/バーデン・ヴュルテンベルク州
事業内容	酪農製品（乳牛+繁殖）、農作物
品種	シンメンタール種
乳牛数	200
1年あたりの子牛の数	200
子牛用給餌設備	カーフオートフィーダー1基、2フィーダーステーション2基、濃厚飼料フィーダー
使用中の濃厚飼料フィーダー	2000年以來



7. 質疑応答（2022.3.18 開催 スマート畜産海外先進モデル調査セミナーにおいて）

オンラインセミナーでの質疑応答について以下に記載する

Q. 海外の代用乳の一般的な成分(特に CP、Fat、TDN)は代替どのくらいに設定されているのでしょうか。

A. セミナー資料 10 ページ目に代用乳の構成(30 日目まで：蛋白質 21%(粉末無脂肪乳蛋白質 40%)、脂肪 20% の代用乳。30 日目後 蛋白質 22%(粉末無脂肪乳蛋白質 20%)、脂肪 20% の代用乳。)が記載されています。より詳細は問い合わせる必要があります。

Q. 哺乳ロボットにおける子牛の飲み口周囲の洗浄・消毒機能があると省力化の 1 つになると感じておりますが、追加されるような話はありますでしょうか？

A. Teat は個体ごとに自動で洗浄されます。また、最近では Yellow Teat と呼ばれる抗菌のものが開発されています。

8. 今後のスマート畜産について

海外では省力化のような技術開発だけでなく、畜産における動物福祉が社会的に受け入れられているかが課題であることが指摘されており、まさに畜産業の長期的な発展と持続可能性のために環境問題と動物福祉問題を同時に解決することが極めて重要である。動物福祉と持続可能性に対する高い要求は、畜産物製造業者や農家にとって大きな課題だが早期に対策できればチャンスでもある。EuroTier2021 でイノベーションアワード金賞を受賞した CowToilet はこのような目標に沿ったもので、乳牛の自発的な排尿により、尿を糞から分離して回収するシステムである。化学肥料の代替として尿を活用することにより、農業の持続可能性に対する新たな一歩となると考えられる。

搾乳・哺乳ロボットはほとんどが海外製であり、日本におけるこの分野の遅れは否めない。一方、AI・IoT の開発競争はこれからの感があり、今後国際競争力のある製品が登場するものと期待される。一方で、農業従事者による先進技術の活用や大学研究機関・畜産団体との連携も重要である。ヨーロッパでは関係各所から上がってくるデータを連携する体制が確立されており、農家へのアドバイスやサービスを展開している。こうした支援体制が畜産新技術の発展・普及を促進させていくものと考えられる。

3. 調査報告

3-5. Halter 社（ニュージーランド）が開発販売する バーチャルフェンスの概要調査

- ・ 調査畜種：乳牛・肉牛
- ・ 調査日程：12月29日～1月8日

酪農学園大学 中田 健

はじめに

ニュージーランド畜産の先端技術の一つを紹介する。海外の先端技術を知るためには、はじめにその技術がどのような目的で研究および開発されたのか理解しておくことが大切である。その上で、その先端技術が日本の畜産の課題を解決するために、有用な技術であるのか判断をすることで mismatching を少しでも減らすことができる。今回紹介する技術がニュージーランドでどのようなことを期待されて開発されたものか、はじめに考えてみたい。

現在、世界中で牛は 15.3 億頭（2020、FAOSTAT）飼養されているが、牛を生産動物とする畜産業は、それぞれの国々の土壌、利用農地（平野、中山間地、湿地など）面積、牧草地面積、気候などの環境、その国の産業における畜産物の位置づけ（飼料自給率、国内消費量、国外輸出力/高など）、食文化などの違いにより、主たる飼養形態、将来的な畜産業の存続の考え方が異なっている。

ニュージーランドは南半球に位置する島国であり、国土面積は 27 万 km²（日本の 3 分の 2）、人口は 510 万人（日本の 25 分の 1）、農地利用面積は国土の 50%（日本の 3 倍）、農業事業体 1 戸あたり農地面積は 270ha（日本の 200 倍）、食料生産は国民の 20 倍分の 4000 万人分となっている。この事から分かるように、農畜産物が主な輸出品であり、特に畜産業が国を支える産業の一つとなっている。畜産業では、乳用牛は 610 万頭（日本の 4.5 倍）、肉用牛は 400 万頭（日本の 1.5 倍）、羊は 2,500 万頭飼養されており、放牧/草地利用面積は国土の 45% を占める 12 万 km² となっている。酪農場は 11,179 農場、1 農場当たりの搾乳牛頭数 440 頭、1 農場当たりの面積 155ha、年間の乳生産量 2,110 万トンとなっている。牛や羊の畜産は、周年放牧が主であり、永年牧草地が主な飼料供給地となっており、牧草地はマメ科牧草を基本とし牧草地が放牧地として利用されている。そのため、生産システムは牧草の成長曲線と一致した初春に分娩を集約させる生産システム（季節繁殖）が用いられている。したがって、ニュージーランド畜産での生産性の向上には草地管理、草地の収量、効率的な草地の利用が欠かせない。酪農では、広大な放牧地に放牧されている搾乳牛を決められた時間に搾乳を行うため、および搾乳後の牛の移動に費やす労力の軽減による効率化が課題となっている。

草地の効率的な利用、搾乳における動物の移動にかかる労力削減を実現させるための先端技術として、乳牛をリモートで計画的に移動させることができるウェアラブルデバイスが開発され、近年利用されるようになってきた。今回は、この酪農現場における先端機器について紹介する。

1. 製品名 : Halter System ~The complete system for a future-facing farm~
ホルターシステム~未来を見据えた農場に向けた完全なシステム~
乳牛群のリモート管理システム (太陽光発電 GPS 対応スマートカラー:仮想柵、管理アプリ) 2021 年 11 月発売 (2021/9 報道)

2. 企業名 : Halter Limited (2016 年設立のベンチャー企業)
住所 : Level 2/18 Stanley Street · Auckland, Auckland 1010 · New Zealand
2021 年 : 100 人以上のスタッフ (エンジニアリング、データアナリスト、牛行動学専門家など、最高責任者兼創立者は工学専攻軌道衛星構築経験者であり、酪農場育ち)
NZTech (<https://nztech.org.nz/>) の傘下にある農業関係の研究・開発を行う AgritechNZ (<https://agritechnz.org.nz/>) によってサポートされ技術開発を行っている企業の一つ。
人工知能と機械学習はすべて、自社のエンジニアによって社内で行われている。
自社で、開発技術の検証を行う牧場を所有 (図 1)。
現在は、月に数十万のホルターカラーを生産する能力を備えている。
ニュージーランドの酪農場をできるだけ早くカバーすることを目標とし、その後、ヨーロッパ、米国、南米、オーストラリアへの市場への進出を計画。
2021 年ニュージーランドハイテクアワード受賞 (ハードウェア部門、および農業技術部門の 2 冠)。



図 1 ワイカト州 (北島) にある研究開発のための Halter 社の牧場 (HP 動画より)

3. HP アドレス : www.halterhq.com (多くの技術紹介の動画を掲載)
メールアドレス : info@urbanonline.de

4. 製品の特長・機能

1) ホルターシステムは、ホルターカラーと操作を行うホルターアプリ（図2）



図2. ホルターカラーとアプリケーションのイラスト（HPより）

①ホルターカラー（図3、4）

- ・ソーラーパネル発電：カスタムソーラーパネルを搭載、優れたパワーバンク装備
- ・無線アップデート：現場で更新、新しい機能がホルターカラーに提供
- ・GPS（位置情報）テクノロジー：牛の健康状態、行動のライブ追跡と行動分析
- ・通信技術：通信ポール（送受信機）を介して8km離れた首輪に信号を送信（図5）
- ・音でどこに行ってはいけないか理解させる、振動でどこに行けるか理解させる

②ホルターアプリ（ソフトウェア）

- ・農場管理ツール：農場の鳥観図として、牧草地を最適化し、発情発見と健康監視、群/グループの移動をスケジュール管理（図6）



図3 ホルターカラー



図4 ホルターカラーを装着した牛（HP 動画より）



図5 通信ポール（送受信機）（HP 動画より）



図6 ホルターアプリ：発情発見画面（HP より）
a:発情注意牛一覧、b:個体発情アラート

2) Cowgorithm®：ホルターシステムの頭脳（図7）

牛に対する人の意図を牛が理解できる信号に変換し、牛の行動を人が理解できるように変換。ホスター社が開発、テスト、特許を取得したアルゴリズムのセットを Cowgorithm® という。

①簡単な信号

音と振動を使って牛を優しく誘導。ストレスの多い群移動や放牧地区分け技術が不要で、牛は自分のペースで移動。

②優しいトレーニング

Halter 社の専任のカスタマーサクセスチームは、導入から定着までのオンボーディングのガイダンスとサポート。導入から 4～5 日以内に、牛はホルターカラーを使って農場内を移動可能。牛がこの技術に慣れるまでには最大 2 週間かかる場合がある。

③セーフガード

音声信号は、牛が仮想柵に向かって移動していることを常に提示。牛が誘導から外れた場合、短いパルスで牛の間違いを修正。

*ホルターのスマートカラーの開発は、AgResearch 動物倫理委員会による独自のレビューを受け承認されている。いかなる場合も、第三者または農家が誘導信号の頻度または強度の変更はできない。これは Halter 社によって標準化されている。

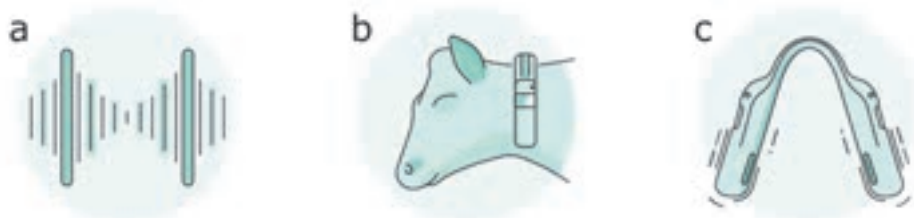


図7 Cowgorithm®のイメージ図（HPより）

a:簡単な信号、b:優しいトレーニング、c:セーフガード

5. セットプラン

簡単なセットアップであり、合理的な管理を行うプランが準備されている

1) 基本プラン（CORE）

中小規模の農場向けの Halter 技術により、農場内の作業負担の軽減と効率を向上。

①牛群の移動を自動化（図8）

自動化された牛群の移動と堅牢な仮想柵機能により、すべての動物移動と柵の造作の作業がなくなり、週に 20～40 時間の時間の節約となる（ニュージーランド平均的な農場）。



図8 移動の設定から目的地への移動（HP 動画より）

左：移動地の設定、中央・右：目的地への移動

②牛の健康を管理

24 時間年中無休の動物の監視、健康上の警告、および見直しを通じて、先を見越して牛群の健康を管理。

2) アドバンスドプラン（PRO）

市場を先導する発情、大規模牛群、および牧草地の管理で常に収益性の向上を求める農家に最も人気のあるプラン。これには、CORE パッケージに加えて次のものが含まれる。

①高度な健康管理

高度な発情発見で生産性と収益性を増加。

②高度な放牧場設計

放牧場の区画設計により、繋留の一切ない牛の個体管理。

③高度な牧草地

牧草の利用率を最大 10%まで増加。包括的な放牧計画で一貫して生産目標達成を目指す。

3) マルチファームプラン（MULTI-FARM）

完全な可視性、比較レポート、および主要管理指標（KPIs）を使用して、複数のファームにわたる収益性とパフォーマンスの向上を目指すプラン。近日中に提供するプランであり、PRO パッケージに加えて次のものが含まれる。

①インサイトとコマーシャルレポート

ホルター社の動的なレポートとダッシュボードにより、利益の推進。

②農場全体の可視性

運用全体の完全な可視性。スタッフ全体の Halter アカウントへのアクセスを管理。

6. セットプランの機能

1) 基本プラン (CORE) 機能

これらの機能は、アドバンスド (PRO) およびマルチファーム (MULTI-FARM) プランにも含まれる。

①リアルタイムの農場概要 (図 9)

農場の究極の鳥瞰図。ホルターアプリを開き、各牛や牛群/グループの位置を監視し、牛が正しく休憩を取っていること、または牛が置き去りにされていないことを確認。

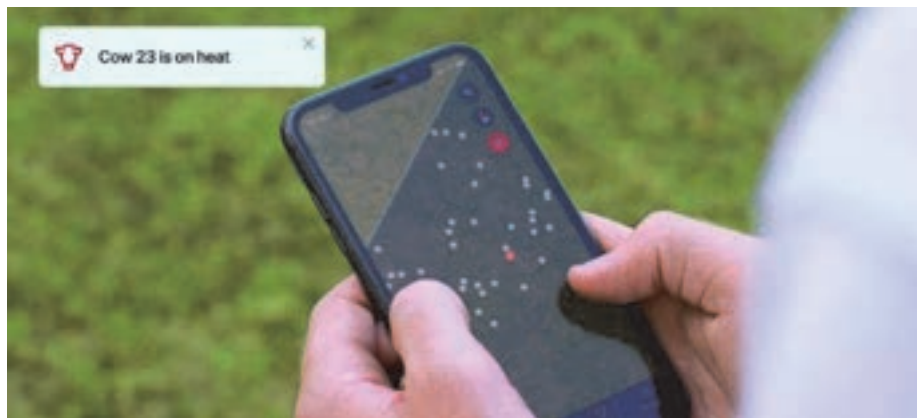


図 9 GPS 機能によるモニタ上での動物の監視 (HP 動画より)

②遠隔で牛群移動 (図 10)

牛の後ろを歩く必要はない。スマートフォン/タブレット画面上のボタンを押すだけで、牛群/グループを畜舎、飼槽エリアに移動、新しい放牧地に誘導できる。変化する気象条件に適応し、牧草の栄養分布に合わせて、繋留なしで 1 日に複数回牛を移動することもできる。

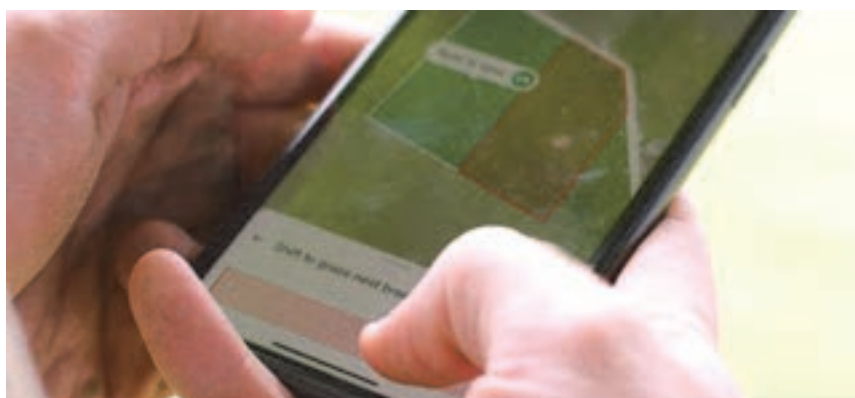


図 10 牧場の区画の作成と動物の移動 (HP 動画より)

③スケジュールされた牛の移動（図 11）

農場全体で牛の動きをスケジュールすることで、より多くの睡眠をとることができる。ホルターアプリで事前設定した時間に、牛が休憩、飼槽、または畜舎の間を移動している間に、他の仕事に専念できる。



図 11 計画的に動物の移動をリモートでスケジュール管理（HP 動画より）

④仮想柵（バーチャルフェンス）（図 12）

これ以上の一時的なフェンスはない。仮想柵を使用して牛 1 頭あたりの乾物量 (kg) または面積 (m²) を正確に割り当てることにより、時間を節約し、牧草地を最適化する。



図 12 アプリケーション上で仮想柵の作成（HP 動画より）

⑤牛群の管理

余分な作業負担なしで、好きな時にだけ牛群のもとに行くことができる。

⑥ホルターカラーを一時的に停止

分娩管理のストレスはもうありません。特定の牛をグループから分けて、仮想柵に移動させて、新鮮な草の上で子牛を分娩させる。子牛と母牛の確認は、グループから離れているため、1人で行うことができる。

⑦健康警告と見通し

24時間年中無休の牛群の健康監視と警告で先を見越した管理により、農場の牛と収益に最適な決定を下せるようにする。

⑧移動していない牛の検出

置き去りにされた牛を、その場所を知らせるプッシュ通知で識別。

2) アドバンスドプラン (PRO) 機能

これには、CORE パッケージに加えて、次のものが含まれる。

①発情の発見と見通し

市場を先導する発情発見システム利用して、作業負担を軽減しながら、優れた交配率とより高い分娩率を実現。

②放牧場内の区画設計

ホルター社の世界初の技術で、牛を管理するまったく新しい方法。1日のいつでも特定の牛を選択してグループから遠ざけることで、個体のレベルで牛を管理。農場が望むように運営ができる。

③カラー上の点滅 LED

ホルターカラーの色のついた LED ライトを使用して、病気の牛や発情中の牛を色分け。自動で放牧場牧区に区分できない農場に最適。



図 13 個体確認の際にカラーには LED ライトがついて入る (HP より)

④牧草草地計画立案

牧草の利用と生産性を最大化。継続的な食べ残しを確認し、草丈を管理し、包括的な放牧場の草地計画で戦略的目標を達成する。

⑤栄養素投入量地図

牛が放牧場で時間を過ごす場所と地域を特定することにより、肥料コストを削減し、窒素割り当て（Nitrogen cap:190kg/ha/year）を順守。

7. ホルターシステムの設定

1) 地図の作成

ホルター社は、農場敷地の高解像度マッピングを使用して、正確な仮想柵と牧草地の最適化を可能とする。非常に正確なドローンベースのマッピングは、通常6時間以内に完了。

2) 導入

ホルターカラーは、農場敷地内に設置した通信ポールを介してアプリに接続。高解像度マッピングにより、この基盤設定に最適な場所が選択。

3) 教育

ホルター社では、牛群のカラー、訓練、運営するための継続的なサポートと教育を提供。専門家のカスタマーサクセスチームと学習リソースが成功を導く。

8. 価格（正確な価格は不明）

ホルターカラーの料金は、使用权の貸し出し（定額制サービス）として支払う。各プランにおいて、ホルターカラーは無料で、農家は、利用（有効に）したい機能に基づいて、牛1頭あたりの月額料金を支払う。ホルター社はホルターカラーの所有権を保持し、それらのメンテナンスに責任を負う。

9. 国内で技術開発、または技術導入した場合の課題と効果

ホルター社は、ニュージーランドにおける乳用牛の1年を通じた昼夜放牧を主体とする酪農場の牛群遠隔移動および健康管理システムを提供している。ホルター社の大きなコンセプトは、農家が集中的に働く時間を削減し、乳生産量を増やし、アニマルウェルフェアを強化し、環境保全に努め、現代の農場を支援することにあります。日本国内においても、牛の産業に目を向けた考え方は同じである。しかし、ニュージーランドと日本では主となる動物の管理形態、飼養されている牛の遺伝的背景、これまでの農場で抱える課題などは

異なると考えられるため、このような技術の導入に際しては、どのような管理形態に有用であるか精査が必要である。

導入が可能であり、労力の削減、効率化を図ることができると考えられる農場

①乳用牛：1年間通して昼夜放牧を行っている酪農場

・利用に際しては、搾乳舎周辺に放牧地の集約化、周辺環境の整備など運用上に問題がないか確認が必要である。

②乳用牛：育成牧場（預託公共牧場など）

・育成牧場で牧区の移動、発情発見、および発情個体の授精場所への移動などの労働力削減、放牧地の草地管理に有用性が有ると考えられる。

③乳用牛：大規模フリーストール、フリーバーンパーラー搾乳酪農場

・各ペンの搾乳牛を計画的にリモートによる搾乳待機場への移動のスケジュール管理への応用が考えられる。動物の移動経路の牛舎内の各ゲートの自動開閉またはリモート設定ができれば、搾乳時の牛舎内の完全な無人化も夢ではないかもしれない。

10. 概要を知るための紹介動画サイト

1) Halter: A Revolutionary Farm Management System

<https://vimeo.com/562934187>

ホルターシステムの紹介動画 02:34

2) Halter: Welcome to the Future of Farming

<https://vimeo.com/451980307>

ホルターシステムの紹介動画 01:07

3) その他、Halter 社 HP 内に、多くの技術情報の紹介動画を掲載

www.halterhq.com

11. 質疑応答（2022.3.18 開催 スマート畜産海外先進モデル調査セミナーにおいて）

オンラインセミナーでの質疑応答を下記に紹介する。

Q. ホルターカラーでは牛の動きをコントロールできるまでの馴致期間はありますか？

牛が嫌がる音が出るということでしょうか？人にも聞こえるような音でしょうか？

A. 馴致期間はあります。一般的に5日、長くとも2週間と紹介されています。

牛が嫌がる音が出るかという点は、すごく嫌がる音ではないと考えます。カラーから発せられる音や振動は、アニマルウェルフェアに配慮するため開発の段階で AgResearch（研究機関）の動物倫理委員会によって独自にレビューおよび承認されています。そのため、動物の常道行動を大きく障害するようなことはないと考えています。

その音が人にも聞こえるような音かどうかですが、人も聞こえる音と考えています。牛は人よりも高周波の音もよく聞き取れますが、人と共通の音域も多いことからそのように考えています。しかし、音は首にかけられたカラーから基本的にはその牛にだけ聞こえるように作られていますので、近くで人がその音を聞くことができるかは分かりません。

Q. GPS の位置情報の精度、誤差はどれくらい、何 m くらいずれますでしょうか。

A. 正確な数値は示されておりません。利用されている衛星の数、種類によりますが農業で使用される自動運転播種の精度は誤差 10 数 cm となっています。またこのシステムの説明動画の草地での牧区の移動、牛舎への移動を見る限りでは、精度は 1m 以内に制御されると判断できます。また、仮想柵（バーチャルフェンス）の柵のラインまでの牛へのアラート音は、何段階かで柵のライン手前から徐々に大きくなるようにセットされているようです。そのため、どのタイミングで牛が動くようにトレーニングを積むことで、安全な範囲内で動物の移動が行えるものと考えます。

Q. 音と振動だけでは、逆らう牛もいるのではないですか？

A. 当然いるものと考えます。それを集団として馴致するまでに最大で 2 週間を要すると紹介されています。しかし、ニュージーランドで通年放牧に慣れている、その土地に馴致するように改良された牛が多いと考えられるため、日本国内の牛と比べると逆らう牛は少ないのかもしれないかもしれません。

Q. ホルターカラーの充電ですが、日照時間、晴天時間がどれくらい必要として設計されているのでしょうか。

A. 機器の詳細については確認が取れませんので、正確なことはお答えできません。一番大きな課題として 24 時間年中無休でのソーラーシステムによる電力供給であったようです。販売に至っていますので、その点は十分解決でき、屋外仕様で日照時間、晴天の有無などの心配はいらないものと考えます。

Q. 逃げたりしないのでしょうか？

A. これまでの機器の開発の中で、機器の使用による群からの逃亡などは起こらないようにされていると考えます。一般的に、現地では農場の一番外側には固定の柵が設置されています。その内側で放牧区を設定したり、農場内の私道を移動させるシステムとご理解ください。

Q. ホルターカラーへの馴致（学習期間）はどのように行い、どれくらい時間がかかるのでしょうか。牛によって学習しない個体が一定割合出てこないのでしょうか。

A. 放牧地に仮想柵のエリアを設定して、ホルターカラーを設置して、いくつかの仮想柵を移動させて動物の馴致を行うようです。一般的に5日、長くとも2週間で馴致できると紹介されています。当然、始めは学習しない個体はいると考えますが、それを馴致していくこととなります。

Q. 遠隔での牛群移動を行うには牛の訓練が必要か？

A. 遠隔であるか、そうでないかでの馴致の方法は変わらないようです。

Q. 音や振動を危険回避の信号と理解させる学習方法はどのようなのでしょうか？

A. 放牧地に仮想柵のエリアを設定して、ホルターカラーを設置して、いくつかの仮想柵を移動させて動物の馴致を行うようです。仮想柵の場合、柵の位置を設定するとその仮想柵のラインに近づくとその手前から小さな音が鳴りだし、そのラインに近づくとまたは超えるとともに音が出る頻度（パルス）が高くなり、ラインを超えている間はずっと音がなり続けます。その音により動物に危険域を理解させます。振動により正しい方向を教えるその方法には、十分な情報を得ていません。

3. 調査報告

3-6. スマート機器利用による畜舎内アンモニア揮発量 削減効果の技術者インタビュー

・調査畜種：乳牛・肉牛

・調査日程：3月1日

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

畜産研究部門 中久保 亮

(1) 製品名称：CowToilet

企業名称：Hanskamp／Broekstraat 17, 7009 ZB Doetinchem, Netherlands

HP アドレス：<https://hanskamp.nl/>

(2) 特長と機能

Hanskamp 社の「CowToilet」は、文字通り「牛のトイレ」、すなわち尿回収装置である。牛の外陰部と乳房との間を通る神経路を軽く撫でる等の物理的刺激を与えると排尿が誘引されることは、古くから知られており、獣医師や研究者はこの神経反射を尿サンプル採取に活用してきた。筆者も実際にこの方法で採尿を行った経験があるが、このプロセスを自動で実施する機械が開発されたことは驚きであった。CowToilet は神経反射～尿回収までのプロセスを完全自動化し、牛舎からのアンモニア揮散量を 50%削減することに成功し、EuroTier 2021 イノベーションアワード金賞を受賞している。

尿がふんと混じると、尿中の尿素がふん中の微生物由来のウレアーゼ（酵素）により分解され、アンモニアが発生する。CowToilet により 50%以上の尿がふんと混ざることなく回収されるため、アンモニア揮散量が半減するのである。オランダをはじめヨーロッパ各国では、産業を問わず窒素化合物による環境汚染低減の取り組みが進んでおり、例えば、オランダの高速道路は、NOx 排出量削減のために昼間最高速度が時速 130km から 100km に引き下げるなど、窒素循環に配慮した環境規制が導入されている。畜産分野もその例外ではなく、アンモニア揮散量低減対策が求められており、CowToilet はこうした環境規制を背景に開発された。

CowToilet は Hanskamp 社製フィードステーションとの組み合わせにより動作する。フィードステーションを訪れた牛は、100 g 程の濃厚飼料を給与された後に、クロージングゲートに取り付けられた CowToilet の尿回収容器により外陰部下方を穏やかに撫でられる。神経反射により排尿が始まると、尿は尿回収容器内に落下し、サクシオンパイプにより吸引され、コンテナ容器に収納される。なお、牛の排尿を促すための刺激方法についてはバージョンアップを重ねており、開発当初と比較してかなりノウハウが蓄積されているとのことであった。

CowToilet はオランダのワーヘニンゲン大学デーリィキャンパスにおいて実証試験を実施中である。当該実証試験により得られたアンモニア揮散量削減データを根拠として、アンモニア排出規制対策としての認証を取得予定である。

また、回収した尿のセンシングによる牛代謝病や発情の早期発見を目指した研究開発も実施中とのことであった。NIR（近赤外分光法）やセンサ等との連携により、新たな IoT デ

バイスとしての活用可能性にも大いに期待したい。現在は、個体毎に尿量を測定するためのシステムを開発中とのことであった。

(3) 予想される導入効果（利点・欠点等）

CowToilet は EU のアンモニア排出規制を前提にして開発された装置である。飼養頭数に対して十分な農地が確保できない酪農家は、受け入れ可能な農地までふん尿を搬出する等の適切なふん尿処理が求められる。CowToilet により、スラリー発生量は 17% 程度削減されるため、ふん尿処理コストを大幅に圧縮可能である。

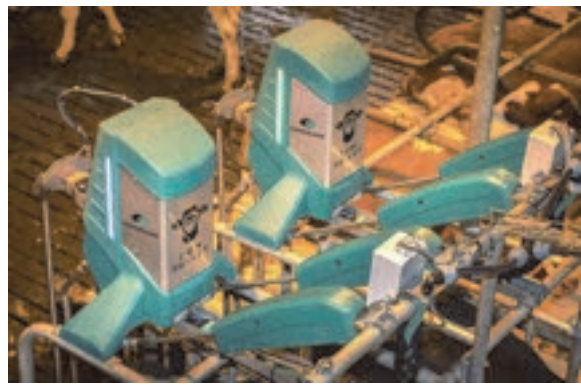
また、農地に対して家畜飼養頭数の多い、畜産密集地域では、牛舎新設や大幅な回収が認可されない中で、アンモニア排出規制への対応が求められる場合がある。このような地域では、アンモニア排出量削減技術の導入が必須条件となっており、CowToilet はこのような環境対策ソリューションとして活用される見込みである。

CowToilet の副次的メリットとしては、アニマルウェルフェアレベルの向上があげられる。50% の尿が回収されることにより、フリーストール牛舎の通路は乾燥しやすくなり、牛蹄の健康状態の向上が期待できる。また、悪臭低減にも効果的であろう。

一方で、アンモニア揮散が厳格に規制されていない国・地域では、CowToilet の導入メリットはほとんどないと考えられる。そのため、現時点での日本への導入可能性は少ないだろう。しかし、尿の自動回収は前例のない技術であり、回収した尿を疾病の早期発見や発情検知等に活用できれば、新たなニーズを掘り起こすことになるかもしれない。また、ヨーロッパ酪農はフリーストールによるスラリー処理が長らくデフォルトであったが、環境規制を背景とした、より高度なふん尿分離処理技術が導入されつつあり、それに伴って牛舎構造にも変革がみられることは注視すべき動向といえる。今後、ロボットトラクタ等の自動化技術が畜産に導入されることにより、畜産施設構造が大きく変化する可能性もあるように感じられた。

(4) 価格

25 頭に対応するフィードステーションと CowToilet のセットで 20,000 ユーロとのことである。

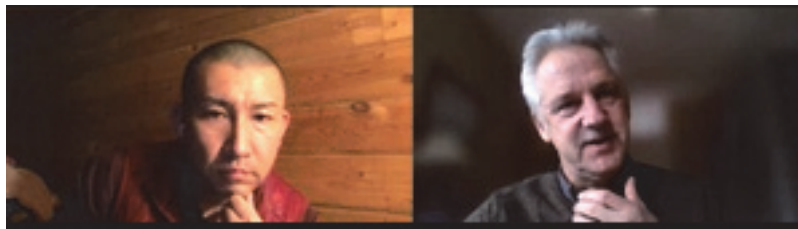






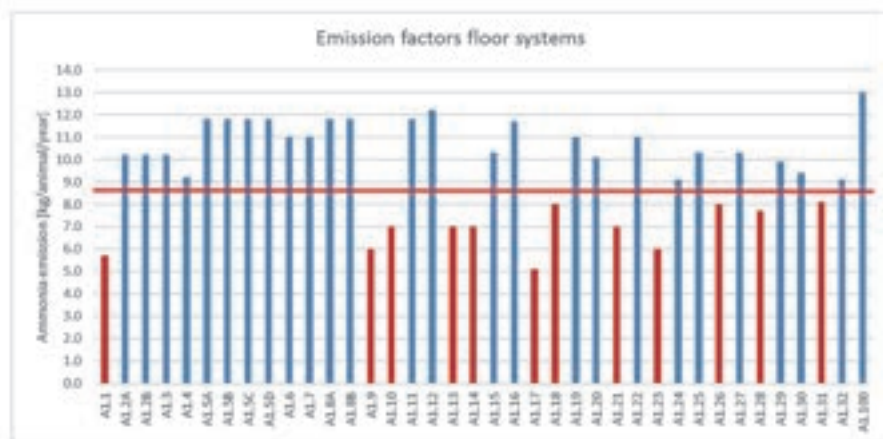
(5) ワーゲニンゲン大学へのヒアリング

ワーゲニンゲン大学デーリィキャンパスにおける CowToilet のアンモニア削減効果実証試験を担当する、ワーゲニンゲン大学畜産研究所主任研究員の Paul Galama 氏に、ウェブ会議にてヒアリングを行った。



オランダ政府は全ての畜産農家に対して、2030年までにアンモニア揮散量の低い牛舎構造の導入を義務付けており、牛一頭あたりアンモニア揮散量が年平均8.6kg以下となる牛舎構造あるいは施設を導入することが求められている。下図は、様々な牛舎床構造についてアンモニア揮散量を実測した結果を示しているが、年平均8.6kg以下を達成可能な床構造は既往技術の半数に満たず、この環境規制が非常に厳しいものであることが理解できる。

Emission of 32 recognized reduction options



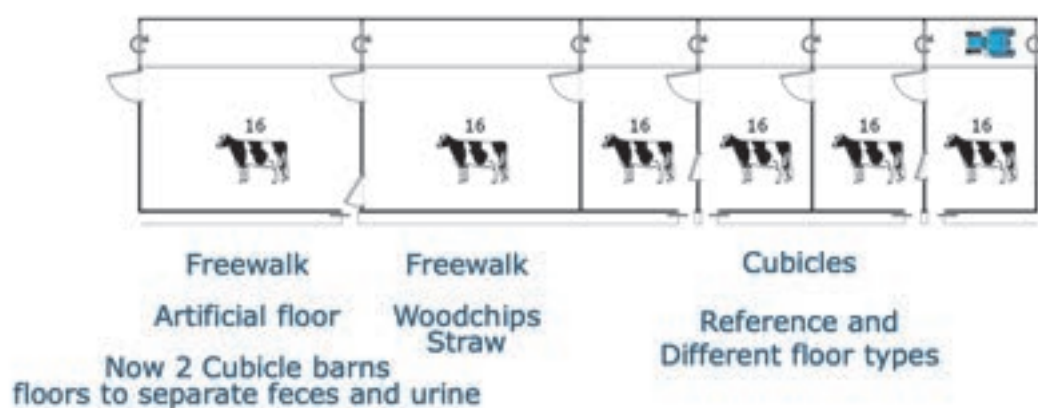
Not half of them meet the required level
(8.6 kg/cow/year)

ワグeningen大学デーリィキャンパスでは、牛舎からのアンモニア揮散量を定量的に測定可能な実験牛舎を2016年に新設した。6試験区（各16頭の搾乳牛を飼養）にて、アンモニアおよび温室効果ガス揮散量を測定可能であり、EUにおいても類をみない大規模実験施設である。



ワーゲニンゲン大学デーリィキャンパス（酪農研究用キャンパス）の全景
 矢印で示された建屋がアンモニアおよび温室効果ガス測定牛舎である。

General layout units at Dairy Campus



当該施設において、CowToilet は実証試験を実施中であるが、排出される尿の 1/3 以上が CowToilet において回収可能であり、アンモニア揮散量の年平均 8.6kg 以下を達成できる見込みとのことであった。なお、この新環境基準への準拠を証明するためには、4 農場において年 6 回のアンモニア揮散量実測データを取得する必要があるとのことであるが、デーリィキャンパスにおいて実証試験を実施する場合には信頼度の高いデータが得られるため、2 農場分の実測データに相当するものとして扱われる。このような大規模実証施設は畜産環境の研究分野では世界的にも類を見ないものであり、オランダ政府が畜産の環境負荷低減に注力している様子が窺える。

現在主流のアンモニア揮散量削減技術は、牛床構造に関するものがほとんどであり、その多くは、ふんと尿とを分離回収することにより、ふん中の微生物由来酵素であるウレアーゼによる尿中尿素の分解を抑制している（下図：ふん尿分離床構造の一例）。

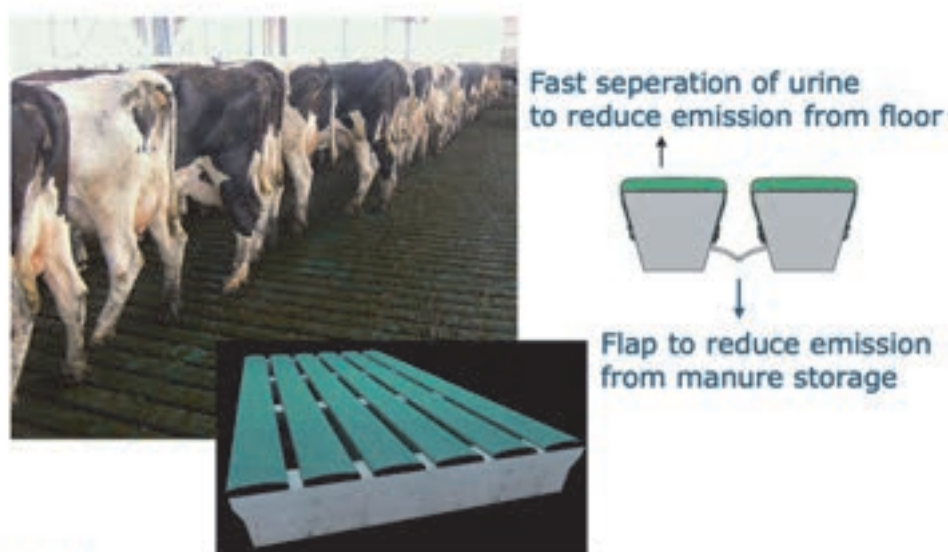


CowToilet はこれらと同等の価格帯（牛 1 頭あたり 800 ユーロの投資）となるが、大掛かりな牛舎改造が不要であるため、一定のニーズがあるものと思われる。また、これらアンモニア揮散量低減技術は、糞尿スラリーの水分低減という副次的効果を有するが、日本で主流の糞尿処理技術である堆肥化処理では、水分調整材であるオガコの価格高騰・不足により、水分調整が堆肥化処理のボトルネックとなっている畜産農家が増加しており、フリーストール牛舎における堆肥化処理の観点でも、ふん尿分離回収技術は有用といえる。

アンモニア揮散量低減技術の義務化は、当然のことではあるがコスト増につながる規制である。生乳 100kg あたり 1.07 ユーロのコスト増になると試算されており、農家のコスト負担は非常に大きい環境規制である。一方で日本においても畜産環境を取り巻く情勢は年々厳しくなっており、オランダ酪農の動向は環境対応の試金石として、今後も注目すべきであろう。

Paul Galama 氏へのヒアリングでは、CowToilet の他にも、アンモニア揮散量低減技術として認可済み、あるいは認可のために実証試験を実施中の様々な牛舎床構造について紹介いただいた。以下に、各種アンモニア揮散量低減技術を写真と共に簡単に紹介する。なお、当然ではあるが、床構造を更新するにあたり、アンモニア揮散量低減効果だけでなく、アニマルウェルフェア、蹄病等疾病低減効果、飼養可能密度、導入コスト等の総合的な検討が求められ、また、技術選定にあたっては将来的な除ふんシステム・スラリー貯留システムの検討にも留意が必要である。

Green flag plus covers for slatted floors



アンモニア揮散量低減床 (Groene vlag roosters)

オランダで普及している牛舎床下部にスラリーピットを有する牛舎を対象とするシステムである。床断面にわずかなアールが床面へ停滞する尿を低減する。また、スリット部に設けられたフラップ構造により、スラリーピットからのアンモニア揮散が低減する。アンモニア低減効果は 46%、導入コストは 135 ユーロ/m²。



Permeable floor (ZeraFlex)



ふん尿分離床 (ZeraFlex)

オランダで普及している牛舎床下部にスラリーピットを有する牛舎を対象とするシステムである。液分が透過する材料を床材として使用することにより、ふんと尿を床面で分離される。床状に残ったふんはスクレーパーおよび除ふんロボットにより取り除くことを前提としている。現在ワーヘニンゲン大学デーリィキャンパスにおいて実証試験中。

(資料対訳) CowToilet の FAQ から抜粋

CowToilet はどのような装置ですか？

乳用牛の自発的な排尿により、尿をふんから分離して回収するシステムです。化学肥料の代替肥料として尿を活用することにより、農業の持続可能性の新たな一歩となるでしょう。

肥料成分である窒素はアンモニアとして揮散することなく、排せつ物中に保持されます。これは、尿とふんが混ざらないことにより、アンモニア発生量が低減するため、地域の自然環境や生物多様性に良い効果をもたらします。

どのような仕組みですか？

CowToilet は牛が自発的に出入り可能な自立型の小区画です。フィードステーションによる給餌と連携させることで、牛は自発的に訪問するようになります。濃厚飼料を給餌後、CowToilet による物理刺激により排尿が促されます。これは神経反射による自然反応です。CowToilet の尿回収容器が外陰部と乳房との間をはしる神経路を穏やかに刺激することにより、反射的に排尿が始まります。回収された尿はポンプにより排出され、ふんと分離して保管されます。これにより、尿素からのアンモニア発生が回避できるのです。

CowToilet は公共の利益をもたらしますか？

CowToilet はふんと尿を発生源で分離することにより、アンモニアの発生を抑制し、またアニマルウェルフェアや持続可能性の面でもメリットがあります。アンモニア揮散は次の理由から酪農の最大の環境問題の一つだと見なされています。

アンモニアは牛舎から揮散し、周辺環境に沈着します。いわゆる窒素沈着です。これにより土壌の窒素含有量が増え、肥沃になりますが、余剰分は脆弱な自然に悪影響を与え、生物多様性を損ない、土壌や地表水の酸性化を引き起こします。

アンモニアは悪臭問題の要因です。

窒素は重要な肥料成分です。アンモニア揮散は酪農家が肥料として活用できる窒素成分の喪失を意味し、つまり、より多くの化学肥料を使わざるを得ないこととなります。

アニマルウェルフェアについて、CowToilet メリットをもたらします。

床の水分がより乾燥し、また衛生的になるため、牛蹄の健康状態が良好になります。

空気環境の改善により、健康状態と密接に関連する肺や粘膜の状態が良好になります（呼吸器系疾患が減少します）。

酪農家にとって CowToilet 導入メリットはありますか？

CowToilet はあらゆる牛舎に導入可能です。CowToilet は Hanskamp 社のウォークスルータイプのフィードステーションとの連携により機能します。飼養頭数に対して十分な農地が確保できない酪農家では、肥料処理コストを削減できます。尿は化学肥料の代替として使用できます。ただし、尿にはまだ別個の処理制度が整備されておらず、法制化待ちの状況です。また、農地に対して家畜飼養頭数の多い、畜産密集地域では、牛舎新設や大幅な回収が認可されない中で、アンモニア排出規制への対応が求められる場合もあります。このような地域では、アフォーダブルなアンモニア排出量削減技術として、CowToilet が活用できるでしょう。

CowToilet のアイデアはどのように生まれたのですか？

20 年前、Hanskamp 社は搾乳量を増やすための技術開発の取り組みをスタートしました。10 年前、アニマルウェルフェアを改善するための技術開発に取り組んでいたかもしれません。5 年前、我々のビジネス分野における環境負荷低減のための取り組みについて検討をはじめました。問題の一つは排出量を削減することであり、特に発生源でアンモニアの発生を防ぐことでした。「下水道は我々人間の長寿命化に大きな貢献を果たした発明であるにもかかわらず、どうして、牛は下水道と同じような環境下で飼養されているのか？」という疑問が出発点でした。自然環境下での牛の行動を観察してみると、牛がふんと尿を同時にすることが決して無いことがわかりました。これが起点となり、ふんと尿との分離技術の探索が始まったのです。

ブレイクスルーは何でしたか？

研究者や獣医師は、外陰部と乳房との間をはしる神経路に穏やかな刺激を与えることにより、尿サンプルを採取します。ウォークスルータイプのフィードステーションにより、このプロセスの自動化に成功しました。これにより、牛が自発的に訪問する自立型キュービクルである CowToilet が世に生まれたのです。

スラリーは固形分濃度が高くなりますか？

スラリー中の尿の割合が減るため、有機物濃度の高い、若干固形分の多いスラリーになります。ふん尿処理の観点では、今までよりスラリーを攪拌する頻度を増やした方が良いでしょう。スラリー散布については違いはありません。

いつから販売予定ですか？

2021 年の下半期から販売開始予定です（オランダの認証である RAV 認証の取得状況次第です）。EuroTier2021 において、オーダー開始日をアナウンス予定です。

オランダ以外でも使用できますか？

CowToilet は輸出できるように計画中ですが、2022 年以降の予定です。展示・実証を目的として、ドイツで一台が稼働中です。

4. おわりに

スマート畜産海外先進モデル調査を振り返って

藤岡農業技術士事務所

藤岡 豊陽

1、はじめに

スマート農業の取り組みが始まったのは、平成 25 年 1 月に開催された「スマート農業の実現に向けた研究会」からと言われている（「畜産の情報」2019 年 12 月号）。翌年に公表された中間とりまとめで畜産分野については、①重作業からの開放、②超省力・大規模生産の実現、③実需者・消費者とのつながりの実現、④データの方での経営の効率化の四つのキーワードが示された。①および②は搾乳ロボットや発情発見装置などの省力化機械等の開発・普及を図ることを意図し、③および④は各種データを活用し積極的に情報提供していくことを意図したものとされている。

その後、スマート農業は IoT(モノのインターネット)技術の進展等に伴い変化してきた。現在のスマート農業技術の現状について、農林水産省の「スマート農業技術カタログ(令和 4 年 2 月更新)」でみると耕種農業が 288 事例、畜産が 44 事例掲載されている。このカタログの最初に「このスマート農業技術カタログは、現在開発または販売されているスマート農業技術について、農業現場に広く知っていただくことを目的としたものであり、技術の効果等を農林水産省が確認・認定するものではありません。」と断わりが書かれている。このため、そのような観点からの取り扱いが必要であるが、我が国のスマート農業技術(事例)の現状を知るには非常に有用である。

そもそもスマート農業(畜産)の定義は何かということが重要だが、農林水産省の「スマート農業の展開について(2022 年 2 月)」によれば、「スマート農業とはロボット、AI、IoT など先端技術を活用する農業」のこととされ、効果として①作業の自動化、②情報共有の簡易化、③データの活用が掲げられている。

スマート農業技術カタログはそのような観点から収集されたものであるが、掲載された事例数でもわかるように耕種農業の 288 事例に比べ畜産は 44 事例と少なく畜産分野でのスマート化が遅れている。このため、スマート畜産の先進国の事例を調査し報告書を作成・配布するとともにセミナー開催等により先進モデル情報を紹介することによって、我が国に適したスマート畜産の普及を図るべく AI,IoT 活用畜産先進モデル調査事業(平成 30~令和元年度)及びスマート畜産海外先進モデル調査事業(令和 2~3 年度)が実施されたところである。ここではこれまでの 4 年間の海外先進モデル調査結果を整理し、今後の対応ポイントについてまとめた。

2、スマート畜産等海外先進モデル調査結果の概要

平成 30 年度よりの「AI,IoT 活用畜産先進モデル調査事業」及び令和 2 年度からの「スマート畜産海外先進モデル調査事業」の調査結果概要は、表 1 の通りである。なお、令和 2 年度からのスマート畜産海外先進モデル調査事業では、2 年間とも COVID-19 のため現地調査はできずオンライン調査等による調査である。

表1、スマート畜産等海外先進モデル調査結果の概要

年度	調査国等	対象家畜	調査結果等概要
平成30年度	ドイツ	乳用牛・肉用牛	Euro Tier2018の視察概要と農家等での利用状況等 ・哺乳ロボット ・搾乳ロボット ・自動給餌機 等
	デンマーク	乳用牛・肉用牛	牛に関する全ての登録データを管理するDanish Cattle Database(DCD)を基盤としたデータの入出力が出来る双方向酪農管理システム(Dairy Management System(DMS))の概要及び農家段階での利用状況
	USA	乳用牛	ウイスコンシン大学マディソン校で開発中のVirtual Dairy Farm Brain を調査。マディソン地域ではこれまでに酪農管理ソフトウェアプログラムのDairyCOMP305が普及しているが、開発中のDairy Brain はより簡単で視覚的に理解可能なリアルタイム統合酪農経営意思決定支援ツール。
令和元年度	イスラエル・セルビア共和国	乳用牛・肉用牛	Israeli Cattle Breeder's Association を訪問し乳用牛群管理プログラムである「NOAプログラム」を調査。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。Cattle Watchは、ネックベルトで牛や羊の首に装着する遠隔行動監視システム。自社では製品は作っておらず、知識と特許を販売。
	スウェーデン	乳用牛	デラバル社等で酪農自動化機器を調査。 ・搾乳ロボット ・自動給餌機 ・自動敷料輸送機 等
	オランダ	乳用牛	ワーヘニンゲン大学、CONNECTRRA社等で、酪農牛群管理システム等を調査。 ・活動量計(ネックタイプ、レッグタイプ) ・搾乳ロボット ・牛群データベースはデータ所有権が障壁
令和2年度	オンライン調査 (Euro Tier2021)	乳用牛・肉用牛	・給餌管理(6製品) ・個体モニタリング(5製品) ・環境・設備関連(3製品) ・搾乳ロボットと付帯機能(1製品) ・総合管理システム(2製品、1プロジェクト)
令和3年度	オンライン調査	乳用牛・肉用牛	・オランダ酪農のデジタル化Big Dataの準備状況 ・Dairy Brain(USA)の 開発状況 ・Foester Technik社(ドイツ)の哺乳関連スマート機器運用実績 ・Halter社(NZ)のバーチャルフェンスの開発状況 ・Hanskamp社(オランダ)の尿回収装置(CowToilet)の実証試験状況

資料：AI,IoT活用畜産先進モデル調査事業報告書(平成30年度、令和元年度)、スマート畜産海外先進モデル調査事業令和2年度報告書、令和3年度スマート畜産海外先進モデル調査セミナー資料

注：令和2年度及び3年度はCOVID-19のため現地調査はできず、オンライン調査等による調査結果の報告である。

具体的な調査結果は各年度報告書に詳しく記述されているのでそれをみていただきたいが、概略的に言えば平成 30 年度のドイツ調査は個々のスマート畜産関係機器の調査、デンマーク及び USA 調査は組織的な Big Data の収集・分析・利用実態若しくはデータベース構築に向けた実情調査といえる。USA はまだ開発中であったが、デンマークは既に国全体として一括的に活用され 1 頭当たり乳量向上等で実績が出ている。令和元年度のイスラエル・セルビア共和国調査では、イスラエルの酪農関連情報のデータベースである「NOA プログラム」の運用状況を調査するとともにネックベルトによる牛等の遠隔行動監視システムの開発状況を調査した。スウェーデンではデラバル社等の酪農自動化機器を調査し、オランダでは酪農牛群管理システム・機器を調査した。

令和 2 年度は新型コロナウイルスのため現地調査はできず、2 年毎に開催されている Euro Tier2021 に出品されているスマート畜産機器ならびにシステムをオンライン調査したもので最新の機器等が紹介されている。令和 3 年度も COVID-19 のため現地調査はできずオンライン調査を基本として、調査セミナー（R4.2.18）ではオランダの酪農 Big Data の収集・分析に向けた状況、アメリカのウィスコンシン大学マディソン校酪農学科の Dairy Brain の大規模酪農家での先行実施状況、ドイツ Foester Technik 社の哺乳関係スマート機器の運用実績、ニュージーランド Halter 社の開発販売するバーチャルフェンスの開発状況が紹介された。

3、スマート畜産海外先進モデル調査結果から見てきたもの

スマート畜産技術には種々あるが、スマート畜産海外先進モデル調査結果から大別して個々の牛・牛群に関係する機器（搾乳ロボット、哺乳ロボット、自動給餌システム等）の改良・利用と各種データを統合・分析して最適な個別改善情報を提供する Big Data の構築・活用がある。

前者については、先進的な経営体では既にスマート畜産機器をある程度導入しているし、今後の新たな導入希望も多くこれら要望に応じていく必要がある。我が国でも導入事例はあるが、海外先進モデル調査からはドイツ、デンマーク、イスラエル・セルビア共和国、スウェーデン、オランダの調査結果も非常に参考となる。

Big Data の構築・活用については、全国版畜産クラウドで全国的なデータベースの構築が図られているが、一元化には入力データの所有権、処理システム規格の適合性、分析データ提供時の費用負担等が課題と聞いている。類似する問題はオランダ、USA でもあり克服に努めている状況報告があったが、デンマークではほぼ理想型に近い形で国全体で一体的に Big Data を構築し活用している。これらの国の動きの中に、我が国の問題克服の鍵が潜んでいるように思われる。

デンマークの状況について少し詳しく説明すると、デンマーク酪農及び牛肉生産を支えるデータベースとして Danish Cattle Database(DCD) がある。これは 2002 年にデンマーク農業機構、デンマーク乳生産機構、デンマーク畜産機構、デンマーク人工授精協会の 4 つの

機関によってデンマーク牛連合会を発足させ、それぞれの機関が個別に維持管理していた牛に関する全てのデータを共有できる形で融合し均一で高品質を誇る畜産物を生産するために DCD の構築に取り組んだ。現在 DCD は、酪農家、デンマーク政府、乳業メーカー、牛群検定機関、食肉加工処理場、獣医師、人工授精師、削蹄師等からの酪農関連情報を網羅的に管理するデータベースとなり、IC タグによる個体識別情報や投薬履歴等の法律により記録が義務つけられているデータ群と、牛群検定情報や乳業メーカーによる個体および牛群の乳量・乳質情報等の任意データ群とが一元的に管理されているところが特長である。特に、病歴・投薬履歴がデータベースに統合されているのはデンマークのみであり、薬剤を使用しない疾病予防、育種の高度化に貢献してきたと考えられる。DCD の構築も一因となって乳牛 1 頭当たり乳量は' 12 年度 9,010kg → '16 年度 10,008kg と向上しており、同時期の我が国は 8,154kg → 8,522kg とのことである。

4、おわりに

スマート畜産は定義的には「ロボット、AI,IoT など先端技術を活用する畜産」ということになるが、大規模経営ばかりが取り組む事項ではない。平成 30 年度調査のドイツ調査結果では、シンメンタール種 100 頭、夫婦 2 名の労力で搾乳ロボット、哺乳ロボット、ネットワークバンドでの個体識別等によるスマート畜産経営やホルスタイン種搾乳牛 100 頭を両親・夫婦 4 名の労力でパーラー搾乳、子牛哺育を生後～3 週目まで Calf Rail を用い個別哺乳しその後は Automatic calf feeder を用いて群飼育し子牛の下痢等疾病予防と免疫機能付与に努めている経営等が紹介されている。

我が国で当該スマート機器等の製造・普及が十分行われていないため情報が不足する部分（搾乳ロボット、哺乳ロボット、Big Data 活用成功例等）は、これら海外の先進モデル調査結果を参考とすることが大いに役立つと考えられる。畜舎等規模、労力、収益分岐点等を勘案した上で、内外の最適なロボット機器やシステム等先端技術を必要に応じて導入し経営改善に寄与させることが出来たものがスマート（賢い）畜産といえよう。

【 参考資料 】

- 1, 農畜産業振興機構「畜産の情報:畜産分野におけるスマート農業技術活用推進(2019.12)」
- 2, 農林水産省「スマート農業の展開について(2022.2)」
- 3, 農林水産省「スマート農業技術カタログ(耕種農業、畜産)(2022.2更新)」
- 4, (公社)畜産技術協会「AI,IoT活用畜産先進モデル調査事業平成30年度、令和元年度報告書」
- 5, (公社)畜産技術協会「スマート畜産海外先進モデル調査事業令和2年度報告書」
- 6, (公社)畜産技術協会「令和3年度スマート畜産海外先進モデル調査セミナー資料」
- 7, 農林水産省「全国版畜産クラウドの現状(2021.9)」

参 考

令和3年度調査セミナーにおける質疑応答とアンケート結果

参考 令和3年度調査セミナーにおける質疑応答とアンケート結果

本報告書にまとめられた調査結果に関する公開セミナーを令和4年2月18日にオンラインで開催した。

令和3年度日本中央競馬会畜産振興事業
スマート畜産海外先進モデル調査事業

令和3年度 スマート畜産海外先進モデル調査セミナー
(オンラインセミナー)
開催要領

1 目的

(1)事業目的
近年耕種部門を中心にスマート農業の普及が推進されているが、畜産においては飼料生産(放牧を含む)、繁殖、肥育等、増肥処理、畜産物加工等生産工程が多岐にわたることもあり、先進技術を利用したスマート化が遅れている現状にある。
そこで本事業では、AIoT等を活用したスマート畜産の先進国の事例を調査してその情報を伝えることでわが国に適したスマート畜産の普及を図ることとする。

(2)開催目的
スマート畜産は欧米で省力効率化だけでなく持続的な生産や動物福祉の観点からも導入が進んでおり、関連する技術や機器・設備等の性能の向上が著しい。本研修会では、昨年に引き続き最新の畜産技術ならびに設備等に関する開発の動向をオンライン調査し、全国の畜産技術関係者ならびに指導者等を対象に内容を紹介することによって、世界的な現状の知識に関する向上を図り、我が国スマート畜産の普及拡大に資することを目的としている。

2 主催 公益社団法人 畜産技術協会

3 開催日時及び場所

(1)日時 令和4年2月18日(金) 13:30～16:30 (13:00～接続開始)

(2)場所 オンライン開催

4 セミナー内容及び講師 (敬称略・姓不同)

(1)オープニング 土肥 宏志 (農研機構畜産草地研究所 元所長)

(2)調査報告 オランダの目指すデジタル畜産構築の現状調査 池口厚男 (宇都宮大学 教授)
哺乳関係スマート機器の運用実績調査 大和田真人 (東京理科大学 教授)
酪農経営意思決定支援システムの開発状況調査 舟橋弘晃 (岡山大学 副学長)
バーチャルフェンスの概要調査 中田 健 (酪農学園大学 教授)

(3)総合討論 池口厚男 (宇都宮大学 教授)
大和田真人 (東京理科大学 教授)
土肥 宏志 (農研機構畜産草地研究所 元所長)
舟橋弘晃 (岡山大学 副学長)
中田 健 (酪農学園大学 教授)
中久保 亮 (農研機構畜産研究部門 主任研究員)

5 参加条件 講演に引き続き行われるオンラインアンケートにご回答いただける方

6 参加費用 無料

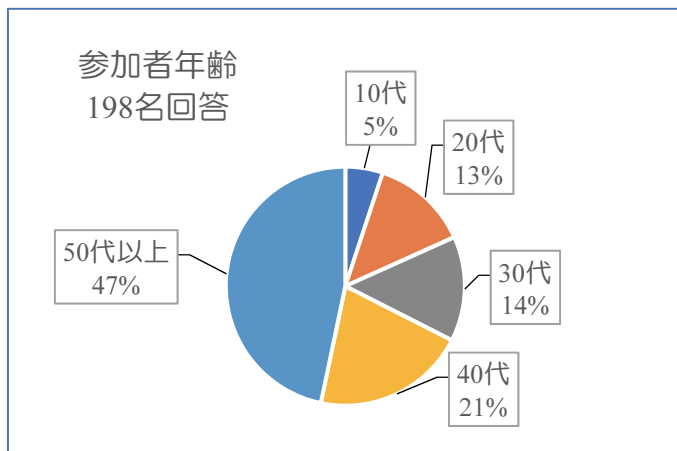
7 参加申込 2月11日(金)必着、別紙「参加申込書」にご記入の上、申込書をメール添付しお申し込みください (FAX 不可)。参加締め切り後、メールにてセミナー参加方法をお知らせいたしますのでメールアドレスを必ずご記入ください。

9 申込先 公益社団法人 畜産技術協会 担当:米内
TEL:03-3836-2301 E-mail:m-yonai@jta.jp

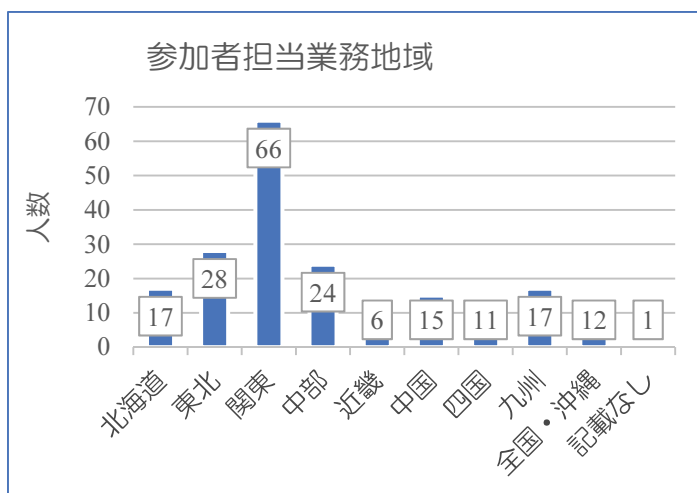
セミナーでの参加者からの質問とそれに対する回答要約を下記に記載する。

質問	回答者 (敬称略)	回答
写真は牛舎の中に種木を作っているのでしょうか？	池口	庇蔭樹です。
Dairy campus の運営は、国ですか？ 民間ですか？	池口	ワージンゲン大学の一部なので国です。
オランダではデータを使う側の農場への普及、教育システムはどのようになっていますか。	池口	日本の状況と類似しています。
テキストp11上のスライド「Complex Cell system」について教えて頂けますか	池口	畜産関係ではズーノシスの研究：現在は幹細胞で実験系を構築
Complex cell system とはどのようなプロジェクトか、よろしければご説明をお願いします。	池口	酪農家の関心は非常に高い。普及に関しては詳細な数字は不明だが、搾乳ロボットが30%が普及しているため、それより少ないと思われ。
オランダのデータ収集に関してモーションセンサーなどの普及率はどのくらいですか。また、生産者がどのくらいIoTに関心を持っているのか教えてくださいませんか。	池口	酪農家の関心は非常に高い。普及に関しては詳細な数字は不明だが、搾乳ロボットが30%が普及しているため、それより少ないと思われ。
各牧場のデータは個人情報だと思うのですが、データベースへの提供にあたり、どのように各牧場から理解を得ているのでしょうか。（各牧場のデータは、その牧場内の経営改善にしか使われないのでしょうか）	池口・舟橋	(池口氏) オランダでは制度的に確立していない。これからの課題としている。(舟橋氏)各ファーム経営者と研究開発している大学の間で契約を結んで、データの範囲や活用範囲、ファーム以外の経営以外に活用する場合の各ファーム情報をどの程度隠匿するのかを含めて細かく取り決められているとのこと、情報のセキュリティの重要性をよく理解されています。
先ほどのオランダのDairy Campusもそうですが、Dairy BrainのようにBig Dataの収集から牧場へのフィードバックまで行うシステムについて、日本国内での先進事例はありますか。また、我が国におけるシステム構築の上で、どのような課題を解決しなければいけませんか。	池口・舟橋	(池口氏) 日本ではない。多くの課題がある。①一次、二次情報の所有権。②データ連携の仕組みAPI③日本の場合は競争単位：個別の農場、組合、地域等でデータを外に出したくない。企業秘密。④共有できるデータの項目の選定⑤運営機関、運営費をどうするか。(舟橋氏) 幾らかの試みはあると思いますが、中で申し上げました通り、異なるフォーマット間や異なるデータベース間でのデータの統合が企業を巻き込んだ契約の関係もあり、国内ではなかなか進んでいない状況ではないかと思えます。
国内ではdairybrain（経営判断サポートツール）のようなものを作っていく動きはありますか？ ウィズコンシンでは対象農場の規模感はどのくらいでしょうか？	舟橋	前半のご質問については、上述。3年前に訪問したファームは千頭規模でした。今回、事例として取り上げているファームは2400頭規模と、大規模です。米国では、大規模化が進み、個別最適化によるメリットが大きい環境が既に存在していると思われる。小規模のファームへのこのようなシステムの導入はベイズするかよく分析する必要があるのではないのでしょうか。
DairyCampas,Dairy Brain共通の質問です。データベースは立ち上げ後のランニングコストをどう手当てするのかが常に問題になると思いますが、酪農経営に対するサービス料からの収入で持続的なDB運営が可能なシステム設計ができていますでしょうか。	舟橋	それを期待されておられます。ただ、全体像が構築済ではありませんので、どれだけの料金が発生するのかについては、未だ検討できていないのではないかと推察します。
海外の代用乳の一般的な成分(特にCP、Fat、TDN)は代替どのくらいに設定されているのでしょうか。	大和田	10ページ目に代用乳の構成が記載されています。より詳細は問い合わせる必要があります。30日目まで：蛋白質 21% (粉末無脂肪乳蛋白質 40%)、脂肪 20% の代用乳。30日目後 蛋白質 22% (粉末無脂肪乳蛋白質 20%)、脂肪 20% の代用乳。
哺乳ロボットにおける子牛の飲み口周囲の洗浄・消毒機能があると省力化の1つになると感じておりますが、追加されるような話はありますか？	大和田	Teatは個体ごとに自動で洗浄されます。また、最近Yellow Teatと呼ばれる抗菌のものが開発されています。
p.39上のスライド、カーブレルの洗浄のことがありますが、個体ごとに(1頭が飲み終わるごとに)自動洗浄されるということでしょうか。	大和田	はい、自動洗浄されます。また、最近Yellow Teatと呼ばれる抗菌のものが開発されています。
ホルターカラーでは牛の動きをコントロールできるまでの馴致期間はありますか？牛が嫌がる音が出るということでしょうか？人も聞こえるような音でしょうか？	中田	馴致期間はありますか？ あります。一般的に5日、長くと2週間と紹介されています。 牛が嫌がる音が出るということでしょうか？ すぐ牛が嫌がる音ではないと考えます。カラーから発せられる音や振動は、アニマルウェルフェアに配慮するため開発の段階でAgResearch（研究機関）の動物倫理委員会によって独自にレビューおよび承認されています。 人も聞こえるような音でしょうか？ 人も聞こえる音とありますが、直接聞いたことはありません。牛は高周波の音もよく聞かれますが、人と共通の音域も多いため、人も聞こえる音がカラーからその牛にだけ聞こえるように作られています。
GPSの位置情報の精度、誤差はどれくらい、何mくらいずれますでしょうか。	中田	正確な数値は示されておりません。利用されている衛星の数、種類によりますが農業で使用される自動運転播種機の精度は誤差10数cmとなっています。またこのシステムの説明動画を見る限りでは、精度は1m以内に制御されると判断できます。
音と振動だけでは、逆らう牛もいるのではないですか？	中田	当然のものと考えます。それを集団として馴致するまでに最大で2週間を要すると紹介されています。
ホルターカラーの充電ですが、日照時間、晴天時間がどれくらい必要として設計されているのでしょうか。	中田	機器の詳細については確認が取れませんので、正確なことはお答えできません。牛の生涯365日24時間利用できるシステムとなっているため、屋外仕様で日照時間、晴天の有無などの心配はいらないものと考えます。
逃げたりのないのでしょうか？	中田	これまでの機器の開発の中で、機器の使用による群からの逃亡などは起こらないようになっていると考えます。一般的に、現地では農場の一番外側には固定の柵が設置されています。その内側に放牧区を設定したり、農場内の私道を移動させるシステムとご理解ください。
ホルターカラーへの馴致(学習期間)はどのように行い、どれくらい時間がかかるのでしょうか。牛によって学習しない個体が一定割合出てこないのでしょうか。	中田	馴致はどのように行うか？ 放牧地に仮想柵のエリアを設定して、ホルターカラーを設置して、いくつかの仮想柵を移動させて動物の馴致を行うようです。どれくらい時間がかかるか？一般的に5日、長くと2週間と紹介されています。 学習しない個体はいないか？ はじめはいると考えますが、それを馴致していくこととなります。
遠隔での牛群移動を行うには牛の訓練が必要か？	中田	遠隔であるか、そうでないかの馴致の方法は変わらないようです。
中田先生へ質問です。音や振動を危険回避の信号と理解させる学習方法はどのようのでしょうか	中田	放牧地に仮想柵のエリアを設定して、ホルターカラーを設置して、いくつかの仮想柵を移動させて動物の馴致を行うようです。仮想柵の場合、柵の位置を設定するとその仮想柵のラインに近づくとその手前から小さな音が鳴りだし、そのラインを超えるときに音が大きくなり、超えている間はずっと音がなり続けます。その音により動物に危険域を理解させます。

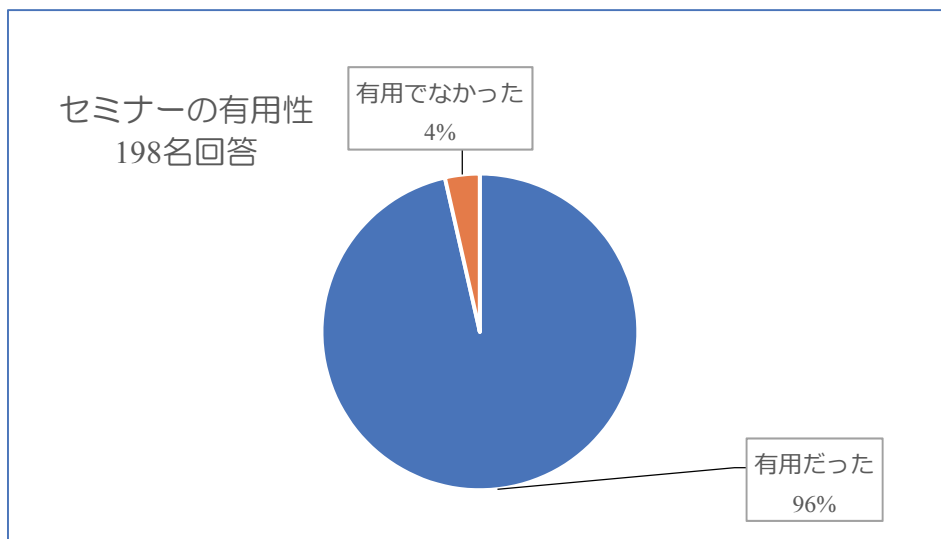
セミナー後アンケート結果は下記の通りであった。



参加者のほぼ半数が 50 代以上で指導的立場にある方たちの最新情報を求める傾向が伺える

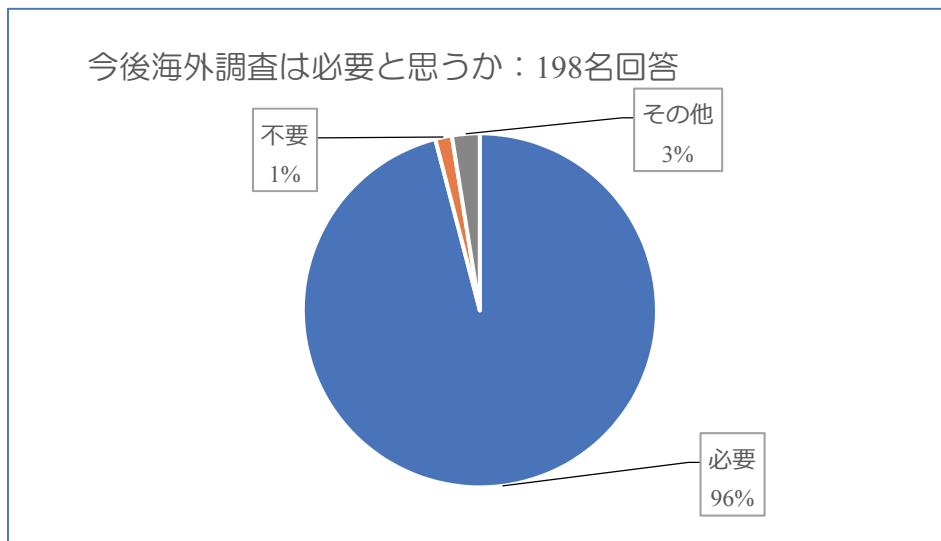


参加者の担当地域は全国に広がるが、地域的に関東が非常に多かった。

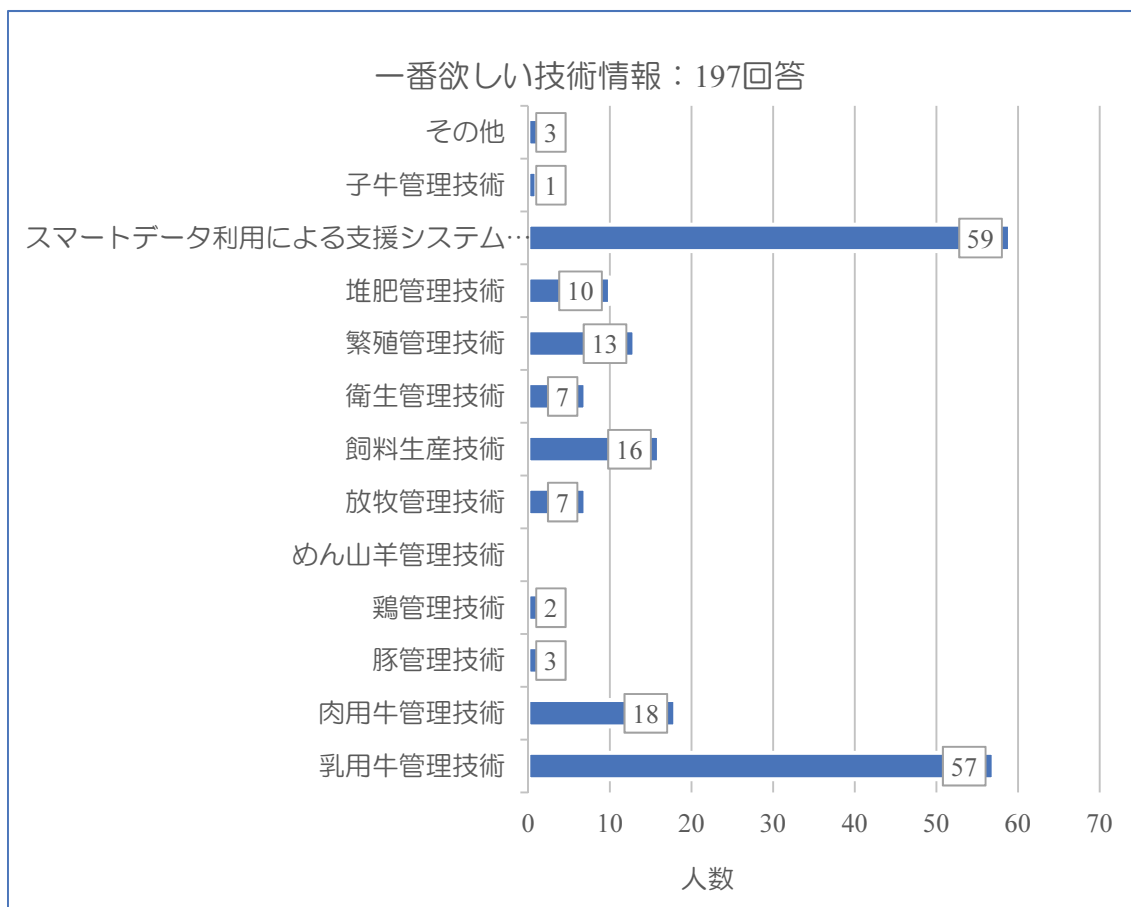


有用でなかったと回答した方 7 名（ほしい情報が無 4 名、わかりにくい 2 名、その他 1 名）

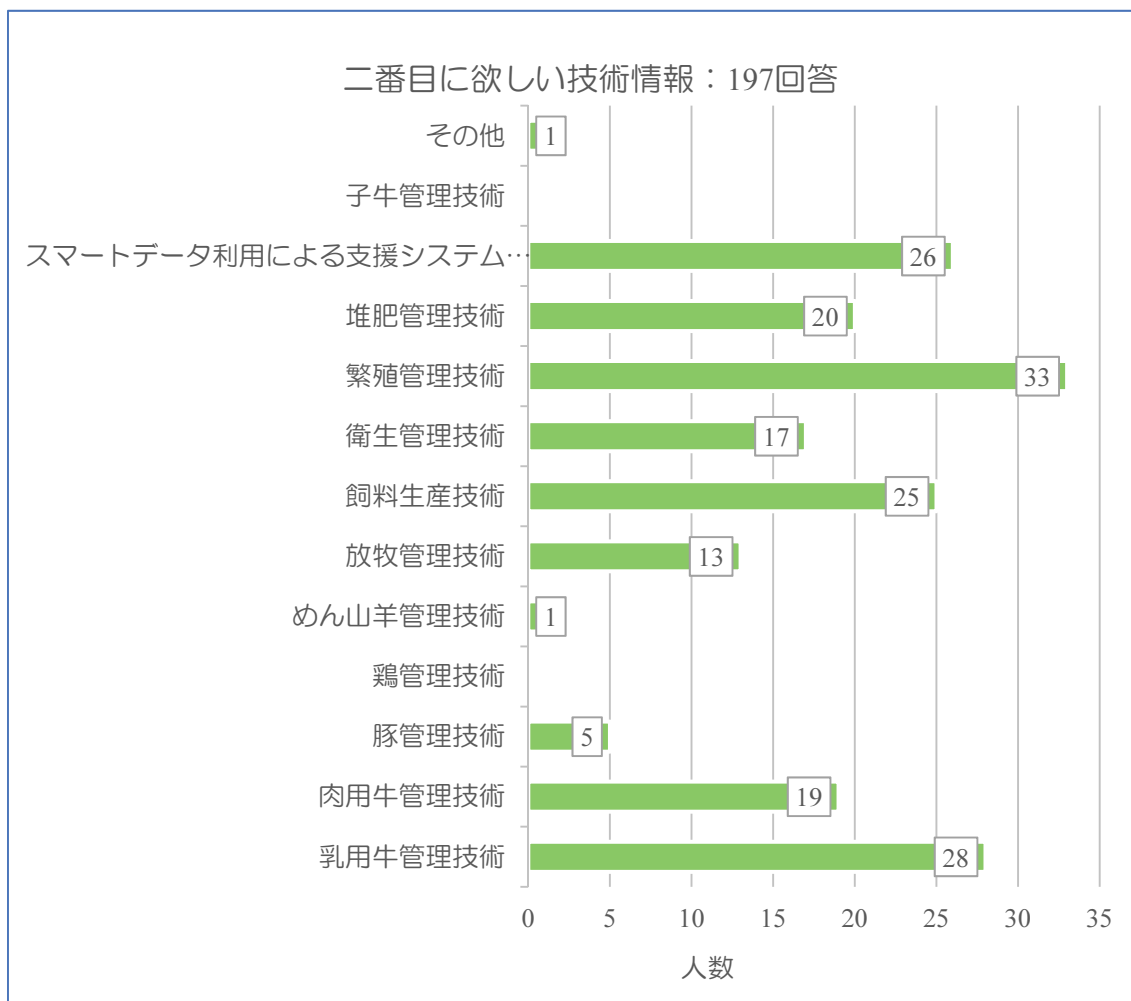
以下、セミナー参加者による今後の畜産技術情報発信に関する要望についてとりまとめた。



スマート畜産技術として一番欲しいと感じる技術を1つ選択していただいた結果



スマート畜産技術として次に欲しいと感じる技術を1つ選択していただいた結果



スマート畜産技術以外で情報発信が必要な畜産技術を記述していただいた結果

- ・今後、中長期的に見た動物性たんぱく質の賦存量の見通し。需給、新しい供給元の開発、ヒトと家畜の競合等々。

- ・「みどりの食料システム戦略」に関連して、飼料生産における化成肥料の減肥や減農薬に有用な技術

- ・ GHG 削減の進展 (2 名)
- ・ SDGs に関連する技術紹介等 (3 名)
- ・ アニマルウェルフェアに関する技術等 (8 名)
- ・ エコフィードの新技术情報
- ・ 自給飼料生産技術 (2 名)
- ・ スタートアップの資金調達による開発競争の程度
- ・ スマート畜産の機器の情報が農水省 HP にあるが、どの程度導入されているのか調査データがあれば知りたい。

- ・ぜひ Web 研修でお願いします
 - ・鶏の管理技術
 - ・ふん尿処理自動化情報・処理・活用（3名）
 - ・衛生管理（2名）
 - ・家畜の遺伝子情報活用に関する情報
 - ・家畜の能力
 - ・家畜の糞尿処理や環境負荷低減に対する取り組み
 - ・感染予防
 - ・環境（污水处理、臭気低減技術など）に関する技術の情報発信がもっとあればと思います
- ます
- ・環境負荷の少ない飼養管理や糞尿処理技術。
 - ・基本技術及び農場への普及
 - ・技術としては、人造肉に関する技術開発状況を知りたいです。
 - ・牛の飼養管理技術、家畜の腸管細菌の研究動向
 - ・牛群管理システム
 - ・耕作放棄地の畜産（放牧・採草）利用のための広域プラットフォーム形成
 - ・高齢化社会でも有用な畜産技術に関するもの（2名）
 - ・穀物以外の新原料による飼料と飼養管理
 - ・今後日本の畜産品輸出量を拡大する際の課題、特にアジア市場の状況。各国内の生産や消費市場、輸出量など。日本国内生産現場に求められる課題など。
 - ・搾乳作業の実態調査
 - ・山羊の診療
 - ・受胎率の向上にむけた技術
 - ・女性でも簡単に作業できる支援ロボット、システムで高齢者、障がい者でも作業可能となる畜産技術
 - ・食肉センターにおける自動化装置について、海外及び国内の普及・開発状況の最新情報
 - ・畜産の廃業が進んでいますが、将来に向けた畜産経営及び技術継承の課題と優良事例
 - ・畜産物の6次化、輸出振興、畜産経営における耕種経営との連携による土地資源の活用
 - ・低炭素牛や培養肉など、今後我が国内の畜産生産活動や海外への畜産物輸出に影響（脅威）になりそうな最新の海外の動向（2名）
 - ・東南アジアの畜産技術の状況
 - ・媒介昆虫忌避技術、野生動物等の侵入阻止技術の先進事例
 - ・圃場管理技術。牛にとって良い飼料生産とは何か？日本は飼料生産と牛の飼養管理が未だに別に研究がおこなわれていると思います。

- ・ 本日の哺乳期の飼養管理のような最新の酪農技術
- ・ 野生動物対策