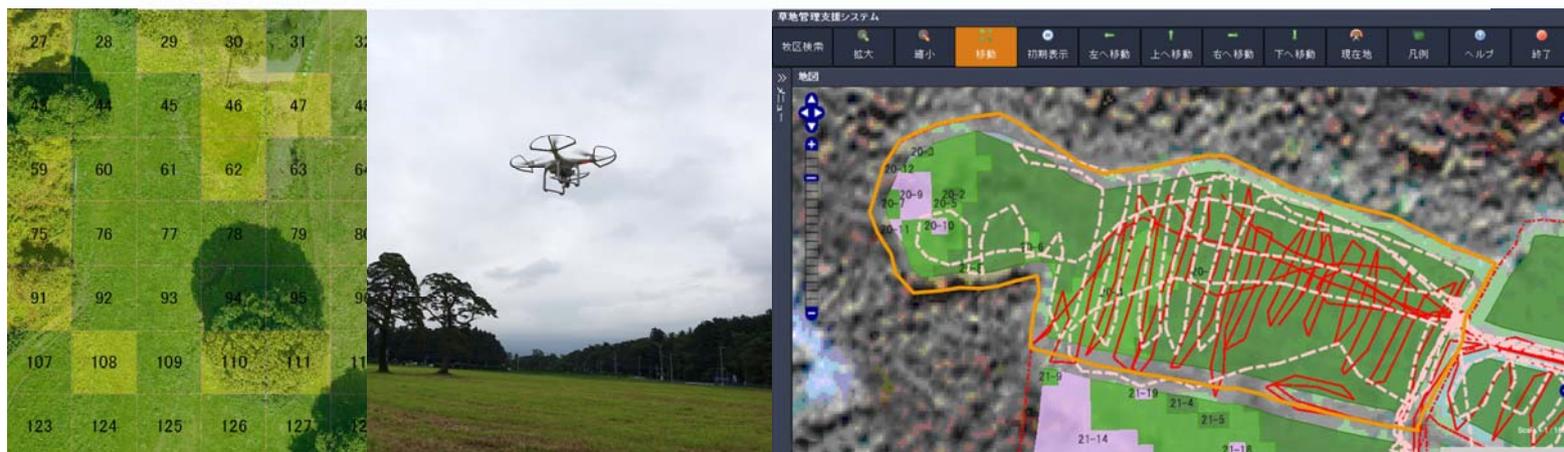


平成29年度

# 放牧活用型畜産に関する 情報交換会

—AIやICTを活用した放牧畜産に向けて—



平成29年

11/6(月) 12:30-16:30

日比谷図書文化会館 コンベンションホール

## ■ 基調講演

放牧活用型畜産現場の未来予想図

鹿児島大学学術研究院 教授 後藤貴文

## ■ AIやICTを活用した放牧畜産に向けて

### 1) 情勢報告

(1) 放牧をめぐる情勢

(2) AIやICTを活用した農業技術開発 - 畜産分野を中心に -

農林水産省 生産局 大門憲明

農林水産省 農林水産技術会議事務局 田村健一

イーソル株式会社 事業推進室 佐藤幸晴

2) イーソルのAIへの取り組み

3) ICTを活用した放牧牛の情報収集システム

農研機構 畜産研究部門 喜田環樹

4) 草地におけるドローンの利用と課題

国際農林水産業研究センター 社会科学領域 川村健介

5) 情報の見える化と管理の効率化を可能とする「草地管理支援システム」

農研機構 畜産研究部門 井出保行



● 主催 国立研究開発法人 農研機構 畜産研究部門

● 後援 一般社団法人 日本草地畜産種子協会  
水田・里山放牧推進協議会

## 目次

はじめに .....	1
<b>基調講演</b>	
放牧活用型畜産現場の未来予想図 .....	2
鹿兒島大学学術研究院 教授 後藤 貴文	
<b>AI や ICT を活用した放牧畜産に向けて</b>	
1) 情勢報告	
(1) 放牧をめぐる情勢 .....	13
農林水産省 生産局 大門 憲明	
(2) AI や ICT を活用した農業技術開発 – 畜産分野を中心に – .....	24
農林水産省 農林水産技術会議事務局 田村 健一	
2) イーソルの AI への取り組み .....	31
イーソル株式会社 事業推進室 佐藤 幸晴	
3) ICT を活用した放牧牛の情報収集システム .....	49
農研機構 畜産研究部門 喜田 環樹	
4) 草地におけるドローンの利用と課題 .....	56
国際農林水産業研究センター 社会科学領域 川村 健介	
5) 情報の見える化と管理の効率化を可能とする「草地管理支援システム」 .....	67
農研機構 畜産研究部門 井出 保行・北川 美弥	

## はじめに

政府は、2015年に約110億円だった牛肉輸出額を2020年には250億円まで増やすという目標を立てている。一方、国内の畜産農家に目を向けると、繁殖農家の減少傾向に歯止めはかからず、子牛の供給不足から素牛価格は急激に上昇を続け、最近では枝肉価格の推移に伴いやや低下する局面もあるものの、依然として80万円前後の高水準で推移している。加えて、近年の飼料価格の高止まりは、それに追い打ちを掛けるように畜産農家の経営を圧迫している。背景には、新興国による食肉消費の増加が関係しているともいわれ、好転する目途は立っていない。そのため、素牛の生産性と飼料自給率の向上は喫緊の課題となっている。

一方で農村地域を活性化するためには、増加する耕作放棄地を活用する新たな担い手を創出する必要がある。肉用子牛の生産基盤を強化しつつ担い手の創出の両方を同時に解決できる一方策としては、家畜管理の軽労化と耕作放棄地活用を実現する放牧活用型畜産が最も有力と考えられるが、新たな担い手が参入するには、熟練を要する家畜管理作業は極めてハードルが高い。しかしながら、最近ではICT（情報通信技術）やAI（人工知能）を活用することにより、このような熟練作業や効率的な作業へシフトすることが容易になりつつある。畜産におけるICT等の活用は舍飼いを中心に研究開発され一部実用化も進んできているが、放牧条件下での活用は緒についたばかりである。例えば放牧下において、AI技術を活用した精確な受精適期予測、放牧牛の安否確認や健康状態等をICTの活用により遠隔で監視・制御する技術、個体識別に基づく遠隔自動給餌技術、家畜・施設保全のための牧柵遠隔監視や飲水管理に係る技術等の早期構築が望まれている。そこで本年度の情報交換会では、AIやICTを活用した放牧畜産に向けた研究の現状と課題について情報交換を行う。

本会が、ICT放牧を活用した畜産の普及促進につながり、農村地域への新規就農者呼び込みや肥育素牛の安定供給へ貢献できれば幸いである。

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 畜産飼料作研究監

大同 久明

(水田・里山放牧推進協議会 会長)

## 基調講演

### 放牧活用型畜産の未来予想図

鹿児島大学 学術研究院 農水産獣医学域農学系

(兼任、九州大学客員教授)

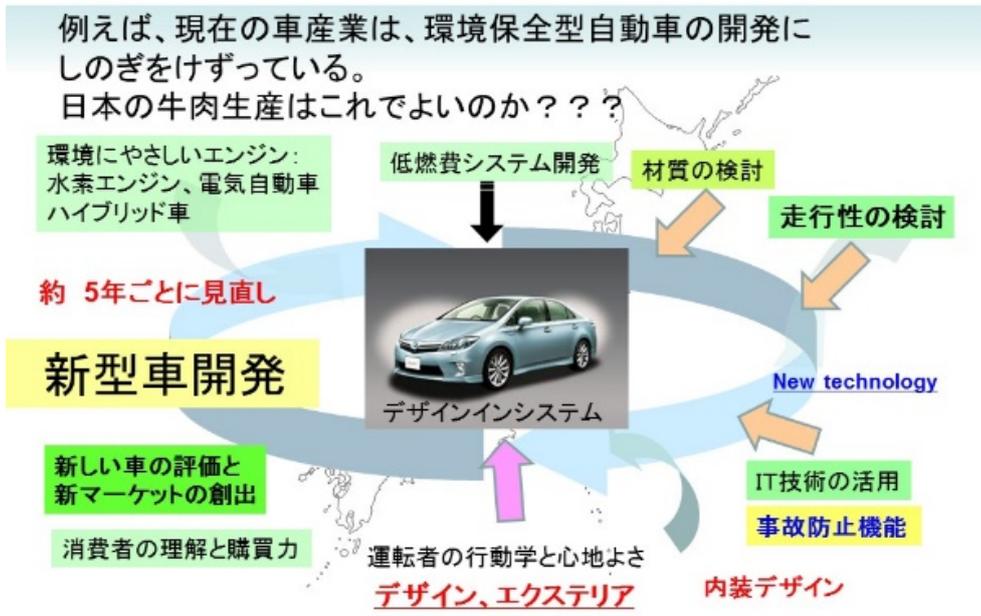
後藤 貴文

#### 1. はじめに

日本は未来に向けて、どのように IoT 農業、特に ICT 技術や AI を農業に活かしていくのか？ 現在、国も、多くの ICT 企業も、既存の農業への参入を目指し、種々活動が行われている。しかしながら、経営管理やデータ管理は、IT 技術によりある程度可能となってきている。しかし、本格的な成功例は少ないように思う。多くの農業は、ICT 導入以前に、一度、現状の生産のしくみを見直す時期に来ているように思われる。食のグローバルイゼーション、アメリカの政権交代でとん挫した TPP 等、国内への食料輸入と一方で日本農産物の輸出への取り組み、日本の農業は未来に向けて、これからどのような哲学を持ち、どの方向へ進むのか、まず凜とした考えた方や政策が必要だろう。

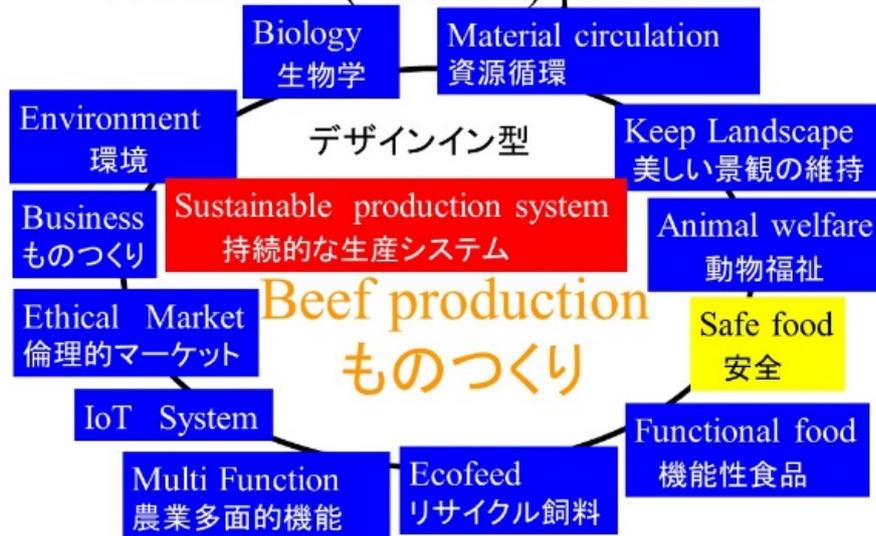
海外では、いち早く戦略的に農業政策を転換し、工業的で大規模な農業を、また一方では、オーガニック農業に向けた様々な事業を展開している。海外と同じステージで、コストパフォーマンスと環境への配慮等をこれまで以上に考慮する必要がある。農業活性化のためには、新たな生物生産科学における概念の取り込みとマーケットの中に農家に利益のでるしくみがあってこそ、農産業は大きなビジネスチャンスを生む。また、これからの農産業は、単なる食料生産ではなく、食のおいしさ・安全性はもとより、生産における周囲の環境との共生、環境負荷の低減、食のグローバル化による世界的な物質循環のバランス調整、フードマイレージ等低炭素社会の実現といった、多くの公益的な意味が考慮されるべき時代となった（図 1）。一方、このような状況の中、農業研究者は、農業そのものだけでなく、ICT 研究分野や AI 研究分野へ深く入り込み、新しい形の農業システムを創造しなければならない。そうしなければしくみの変革はむずかしく、同様に ICT 研究者や AI 研究者も深く農業分野に入り込まなければ、真の農業 ICT、IoT および AI イノベーションと、新しい哲学に基づく、真の農産業のイノベーションは構築できないだろう。さらに GAP や HACCP は当然のしくみとして含んでいかなければ、世界には通用しない。

## 牛肉生産はものづくり??



### A. 工業界のデザインイン型ものづくり

## Future strategy for Livestock (Animal) products



### B. 未来の牛肉生産をデザインイン型で考慮した場合のアイテム

図 1. 世界に通じる未来の農業におけるデザインイン型のしくみづくり

日本は主に工業製品を海外に輸出し、外貨を得て、日本を豊かにしてきた。一方で、食料輸入を規制し、自国の農産物を保護するとともに、国内に足りない食料品を海外より購入してきた。しかしながら、1991年のウルグアイラウンドの締結により、それまで輸入制限により守ってきた国内の基幹農業生産物コメ、牛肉およびオレンジ等を諸外国より輸入自由化するように迫られた。安価な食料の輸入により、日本農業は痛手を負うこととなった。多くの農家が経営困難となり、高齢化にも拍車がかかり、多くの耕作放棄地が認められるようになった。

日本の国土の73%は山であり、平野部は主食のコメ生産が主要である。輸入穀物飼料に依存した集約的な畜産を選んだ日本では、畜産も比較的平野部で営まれた。輸入穀物を多給して生産する和牛肉は、筋内脂肪が多い特徴的な霜降り牛肉となった。和牛は、そのユニークな肉質から（海外に持ち出された和牛や和牛精液をもとに）アメリカ、カナダ、オーストラリア、メキシコ、中国、タイ、およびドイツ等ヨーロッパ各地等、現在では世界中で飼養されはじめている（外国の品種と交雑したもののWAGYUとして販売されている）。しかも、心苦しいのは、ヨーロッパ等では、WAGYUのオリジナルを日本の牛と認識している消費者が少ないことだ。アンガスのオリジナルは、スコットランドと多くの消費者は知っている。和牛の精子や受精卵の世界戦略を考える時期に来ているかもしれない。

現状、日本では、草食動物であるこの和牛に輸入したトウモロコシを中心とした穀物飼料を1頭当たり4トンから5トン与えなければならない。さらに、輸入穀物価格の高騰や生産システムの特異性により、現在、1頭の売値に対してコスト率は90%以上であり、ビジネスとしては非常に厳しい状況である。平成26年度の農林水産省によると全国平均として、和牛1頭の生産費は約101万円（子牛を購入して20カ月間の肥育の場合）であり、農家所得は1頭あたり約4.5万円となっている。これは現在のように、まだ子牛価格が高騰していない状況であり、現在の子牛1頭の価格が80万円以上の状況では、利益をあげるのは、かなり厳しくなるだろう。このように経営が厳しい状況に、単純に高コストのICT機器を導入することは現実的ではない。牛肉生産は、激しい価格競争の中、牛舎内で、大量の輸入穀物飼料を給与している状況である。また、過度な輸入飼料への依存は、輸入飼料にBSEやFMD（口蹄疫）等に係るタンパク質やウイルス等が混入するリスクも高まる。ウシは従来、地域の植物を食し、糞尿はその地域の植物を繁茂させるための堆肥となり、植物—ウシ—糞尿—堆肥—植物という循環が成立していた。しかし現実には、海外で生産された穀物を日本で与えているために、その糞尿は堆肥化しても、うまく処理する方法がない。統計では、年間約8000万トンの糞尿が日本国土に蓄積されている。この過剰な堆肥は、現実的に日本で使用できる量をはるかに超えている（机上の計算では使用できるというシミュレーションもあるが）。糞尿から生産された堆肥を飼料生産する畑に戻すことを、循環というならば、過度に輸入飼料に依存している状況では、日本では循環できないということになる。これらの大量の堆肥の処理をどのようにするのか、早急に対応する必要があるだろう。しかしながら、行政機関としては、このシステムを基盤に営む現在の農家を守らなければならない現実がある。さらにそれに関わる生産のしくみを維持しなければ、流通業界がダメージを伴ってしまう。このように牛肉生産のしくみは、変革することが難しい大きな歯車の中にある。



## 2. 地球の物質循環における牛肉生産の意味と放牧活用型畜産

ウシは本来、穀物ではなく植物、特に草資源を飼料とし、本来植物繊維を微生物の力を借りて、肉やミルクと言ったタンパク質に変換してくれる経済動物である。消費者は概して、ウシは草原でのんびり生産されていると思われている。実際は、先に述べたように牛舎の中で、輸入穀物飼料を中心に、集約的に飼養されている。

本来、植物資源は日本に豊富にある。この豊富な日本の植物資源を活用して、ウシは牛肉やミルクといったタンパク質を日本人に供給してほしい。先に述べた土地利用の少ない集約的な霜降り牛肉生産の一方で、日本は国土の14%ほどの土地に約50%の人口が密集している。すなわち国土の80%以上をうまく活用できていない。日本の人口分布は、東京を始めたとした都市部に集中し、山間部や中山間地域は、過疎化、限界集落化が増加して荒廃している。山地や中山間地域の環境をまもることは、希少植物、動物と環境の保全、概して日本国土の保全において重要である。鳥獣害について防御柵をつくっても根本的な問題解決にはならない。山は放置して木があればよいというものではない。山を管理し、定期的の間伐を行い、しっかりと山中の森を守ることで、木は実をつけ、また下草が生える。そのような環境をつくってやれば、シカやイノシシは、里に降りて農作物に被害をもたらさずに山に住むことができる。これからの社会が目指す自然共生、資源循環、食料自給率の維持において、山地の活用やその植物資源をどのように活用していくかは重要な問題である。農業と国土保全の面から地域創生の鍵となる。近年、日本でも行政機関が、耕作放棄地等の未利用地のウシによる放牧活用を推奨しているところである。筆者らは、生物科学的な研究、すなわちエピジェネティクスを用いた代謝プログラミング機構を用いて、子牛の時期に、粗飼料でも太りやすい体質の制御に関する研究を行っているが、本稿では詳細な内容は割愛する。この代謝プログラミングのシステムにより、国内の粗飼料（草資源）でも肥育できる体質を制御して、その後はICT技術を活用した放牧による肥育技術を模索している（図2、3）。



図3. 耕作放棄地放牧の放牧直後（A）と放牧3ヵ月後の状況

### 3. ICT というツールをどのように放牧型畜産に活用するのか

山や広大な中山間地域を用いて、ウシを放牧するとなるとそれなりの管理が必要となる。しかし、それは、飼養というより、個体の行動管理や位置モニター等、ICT 技術でカバーできる技術である。そこで我々は、未来に向けて、現在の牛肉生産システムとは異なる、山地、中山間地域を活用した新しい環境保全型の生産システムの仕組みを、ICT 技術を導入して確立したいと挑戦している。これは単なる農産物の生産ではなく、倫理的（エシカルな）な意味も含めた未来に向けた新しい産業の創出である。日本国土の 66%は森林であるが、林産業の経営状態も海外からの安い木材の輸入や後継者不足で悪化している。ウシは、植物資源を効率的にタンパク質にコンバートしてくれる比較的大型で、自立して移動できるプラントともいえる。ICT 技術とともにウシの放牧を基盤とした日本オリジナルな放牧型、あるいは山地元入れた Silvopasture（林畜複合経営）牛肉生産システムの構築を目指したい。限界集落の未利用地、森林や中山間地域の耕作放棄地の草資源シーズを活用して構築したい。しかしながら、現在のウシの放牧管理は、依然、旧型でアナログ的なものである。我々は、このウシの放牧管理を中心に、どのように ICT 技術で管理するかについて、特に放牧時における遠隔地からの位置・生体情報を収集し、家畜管理へ利活用可能な無線生体管理システムの研究開発に挑戦している 1、2。

### 4. ウシの行動特性を活用した遠隔給餌システム

畜産業の現場では、いわゆる“餌付け”というシステムをよく使用する。それは放牧している牛群管理に非常に有効である。ウシは群で動く。ウシの群れをコントロールするためには、ウシの行動特性を基盤とした餌付けシステムは、極めて有効である。また、スタンションという個体の首をロックし確保して、均等に餌を与える機器もある。実際には、現地にヒトがおり、そこでウシを呼び、また餌を少し与えることで、ウシが集まり、スタンションで確保できる。筆者らはそれを、ICT により遠隔から給餌するシステムを構築した。ウシの行動特性を用いて、ウェブカメラ、サウンドシステム、自動給餌機、ロック機構付スタンションを用いて、リモートによる遠隔でのウシ呼び寄せ実験を行い、餌付けシステムを構築した（図 4）。放牧実験エリアに機器制御用の無線ノード、制御盤を設置し、関連機器と接続した。スマートフォン／タブレットから操作可能な GUI を準備し、遠隔地からのモニター・機器操作を行った。放牧牛の管理では、通常、条件反射あるいは条件づけを活用して、種々の音により、牛群を集め、給餌を行う。条件反射は、いわゆるパブロフの犬の実験に代表されるように、餌を与えるという無条件刺激と、そのときに与える音が条件刺激としてウシの中で条件づけされ、牛群に対して音をならすことで、広大な放牧地でも音を鳴らす場所に集めることができる。本研究では、スマートフォンを用いて遠隔でウシの呼び寄せる、いわゆる遠隔餌付けシステムを実証した。スマートフォンのアプリケーションを作成し操作画面を構築した。まず画像の目視により、放牧地の状況を観察できる。その後、スピーカーのボタンにタッチすることで、放牧地現地のスピーカーより録音された、ウシを呼び集める声を放牧地に響かせることができる。ウシは放牧地よりゆっくりとウェブカメラの前に集まってくる。さらに自動給餌機のボタンに触れると、ウシはその音を聞いて、ゆっくりとスタンション（首をロックして、強い個体も弱い個体も平等に給餌できる設備）に首を入れる。その後、スタンションのロック用のボタンを押すと、ウシの首がロックされ捕獲することができる（図 4）。このようにして遠隔から

スマートフォンにて、放牧しているウシに補助給餌および捕獲が可能な装置を構築した。放牧牛は放置しておけばよいというわけではない。繁殖牛であれば、健康管理や生理の把握、人工授精により、妊娠させて子牛を生産しなければならない。また、日本では夏場は、ダニを予防するための薬剤も定期的にウシに散布する必要もある。また、産業としての補助飼料給与も必要である。このような手間を現地に行けない時、スマートフォンでできるのであれば、非常に効率的に管理ができることになる。現在の農林水産省の先導プロジェクトにおいて、親子周年放牧における、各個体の体格や月齢に合わせた遠隔給餌システムを開発中である。



A. 自動スタンションシステム



B. 放牧牛の自動給餌の様子

図4. スマートフォンによる遠隔からの捕獲と給餌システム

## 5. 放牧牛の位置情報を把握するための技術：放牧地におけるネットワーク構築

次に、ウシの放牧地のネットワークを構築することを考えた。放牧活用型畜産には広大な土地が必要となるが、一方で牛群の動きを見極めるのが難しくなる。中山間地域で山間部も活用した放牧となると、あるいは離島における地ぼうの複雑な土地での放牧となれば、牛群の把握や、帰ってこない個体がある場合の対処が難しくなる。また、1頭の繁殖牛（母牛）を、放牧地における種々の事故等で死なせることがあれば、約480万円（現状で、年間に80万円以上の価値の子牛を6年間生産する場合）以上の価値を農家は失うことになる。また、ウシの放牧軌跡を見ることで、健康状態やエネルギー消費量の推定や、放牧地の草地管理にもその情報は活用することができる。このように放牧地でのウシの測位は重要な情報となる。

通常、測位と言えば、GPSを思いつくが、GPSを放牧牛の測位情報収集に使用するには、コストの問題とバッテリーの耐久性の問題がある。GPSを使用した場合、ウシを頻りに捕まえてバッテリー交換をしなくてはならない。現場で想定した場合、この労力を、労力的に現実的ではない。数年単位でウシに装着できるデバイスが必要である。そこで、伝搬環境を測定した後に、放牧地に測位アンカー局を設置し、放牧地をカバーする無線ネットワークを構築した。その後、測位システムを放牧地で稼働させ、放牧経営で求められる測位の精度をあきらめず、実際の現場における実現化、普及にむけた問題点をも明らかにした。GPSを用いない、電界強度3辺測位法による測位によってアンカー局設置密度0.6ha/1台において、測位誤差を約30mまで縮めることが出来た。また必要な測位精度を、アンカー局設置数を増減させることでフレキシブルに対応できることが想定された。これにより、放牧地の牛の測位について、受信電波強度を用いた電界強度3辺測量方式による測位が適用可能であると示唆された。更にGPSを用いた測位に対して、約60%以上の省電力化の効果を見込めることが判明した。これらの検討から、バッテリーの寿命を長くするためにはスリープ制御が効果的であることが明らかとなった。省電力化の効果は実際の放牧地の運用方法に大きく依存することが考えられるため、今後普及に向けてさらなるシステムの最適化を、実証を通じて実施する必要がある。

実験を進めているうちに、放牧地のネットワーク構築を考慮する上で、放牧地の植生や地形の影響を考慮することが、良好な無線伝播環境や電界強度3辺測位法による測位の精度向上に重要であることが明らかとなった。放牧地の植生についてはITU-Rで規定されている森伝播モデルの適用が有効であることが判った。また地形の影響については、電波のフレネルゾーンに及ぼす影響や地形の凹凸の回折時の損失モデルを考慮することが有効であることが明らかとなった。また、放牧時の多数のウシのセンシング情報を効果的に収集する上で、時分割多重によるスケジューリング方法が有効であることが示唆された。牛に取り付ける端末のモビリティ機能を実現する上で、マルチホッピング機能が効果的であることも示唆された。これらの機能を実現する上で、端末の消費電力と、限られた周波数リソースの有効活用が重要であることが示唆されている。現在、我々の考えた測位システムとGPSを併用して測位誤差を比較しながら、試作アプリケーションソフトを開発し、タブレットにウシの測位情報や放牧軌跡をとらえることに成功している（図5）。

## 6. ウシ個体のバイタルセンシング

インプラントセンサシステムの構築に挑戦している。放牧牛の管理上、重要なことは、測位の他にウシ個体のバイタル情報の把握である。ウシの飼養において農家が最も重要な情報と考えるのは、健康のためのバイタルデータ（体温等）、繁殖牛（母牛）の発情（排卵）や分娩探知のためのバイタルデータである。当初、MEMS センサなどを体表面に張り付けて、センシングする方法を模索したが、ウシには体表面に被毛があり、長期にセンサを取り付けることが困難であった。また、被毛の少ない陰部等も検討したが、センサを張り付ける方法が困難であった。

そこで、数年前より思い切ってインプラント方式に挑戦している。これはまさに未来の技術である。インプラントとは体内にセンサーデバイスを埋め込むことである。ここでは430MHz帯特定小電力方式の小型無線機を開発し、牛の最後肋骨後方に埋め込んで牛体表の無線伝播環境を測定した研究及びその後新しい温度センサシステムにより行った研究の結果を紹介したい。インプラントセンサから直接、インターネットのネットワークへ情報を送ることは難しいことが予想されたので、インプラントセンサから各部位への電波の伝搬経路を確認した。牛体内よりも体表が支配的と考えられ、皮下インプラントした無線器から体表面上の無線器との無線回線設計のためには、アンテナ埋め込みによって生じる挿入損失と、体表上の距離損及び回折損を考慮しなければならぬことが分かった。本研究による基礎データはBAN（Body Area Network）技術を用いたインプラントデータセンシングを実現しなければならないことを示してくれた。更に、一昼夜にわたって、埋め込んだインプラント無線機に搭載した温度センサのデータを、無線ネットワークを介して受信し、取得したデータの有効性が示された。しくみとしては、インプラントセンサの有効性が示された。今後、インプラントセンサによる各種兆候等のセンシングのしくみづくりの仕組みの構築が必要である。

これまで述べた測位や体温モニタリングシステムは、スマートフォンやタブレット等、端末における一つのアプリケーションで、容易に確認できるようなモックも作成した(図5)。未来に向けて、これらの技術をさらに眼鏡タイプなどのウェアラブルにして、農家がより機能的に、効率的に、および省力的に活用できるようにしたい。



図5. 放牧牛のモニタリングシステムのプロトタイプ

## 7. おわりに.

まず日本として、どのような多面的機能を持つ農業に対しての未来に向けての明確なビジョンを描く必要がある。スウェーデンの環境保護庁が発表した未来研究「2021年のスウェーデン」で、プロジェクトリーダーのアニタ・リンネルは、実現可能な未来のシナリオとして「持続可能な社会構築の戦略」を提言した<sup>3</sup>。食料を自給し、60万ヘクタールの農地を“エネルギー源として作物”のために確保することである。肥沃な土と牧草地を保全しながら、窒素やアンモニアの流出を減らし、リンは効率的に循環させる<sup>3</sup>。畜産について簡潔にまとめると、従来型の集約的な畜産を基盤としたタスクマインダーという概念、もうひとつは、草食動物や、国土特に森林等を活用したエコロジカルな畜産を基盤としたパスファインダーという概念である。パスファインダーでは、ウシやヒツジは草地で放牧され、景観と牧草地、生物多様性が維持される。現実に持続社会を形成するには白か黒かという政策ではなく、基盤的食料生産のための集約的な畜産と、多面的機能と国土保全を基盤とした循環型畜産の両方の政策が必要であるということである。スウェーデンにおいても、これらの政策を実施するために多くの課題にさらされているだろう。日本にも、このような政策により、多様な牛肉がいつでも食することができる社会、放牧を主体とした日本の植物資源から生産された良質タンパクとしての様々なタイプの牛肉がいつでも食せるような日が来ることを願う。

真の農産業は、特に畜産業は、自然と共生しながら、家畜が地球上で果たす役割を果たしながら、循環系や国土を守り、そして、国土に根差した安全な食料、特にタンパク質を供給し、しかもビジネスとして自立する必要がある。そのためには、消費者が、農産業の多面的機能の重要性を意識し、国民全体で支えていくことが必要となる。そのためには、そのような政策が必要である。食の不足がすべての紛争の起源である。しっかりと地に足をつけた農産業の構築は、日本の安定した繁栄の基盤となることは言うまでもない。牛肉生産システムを放牧基盤に変革し、IoT、特にICT技術を放牧牛管理に用いることができれば、ヒトもウシも極めて畜産業が楽しくなる（図6）。

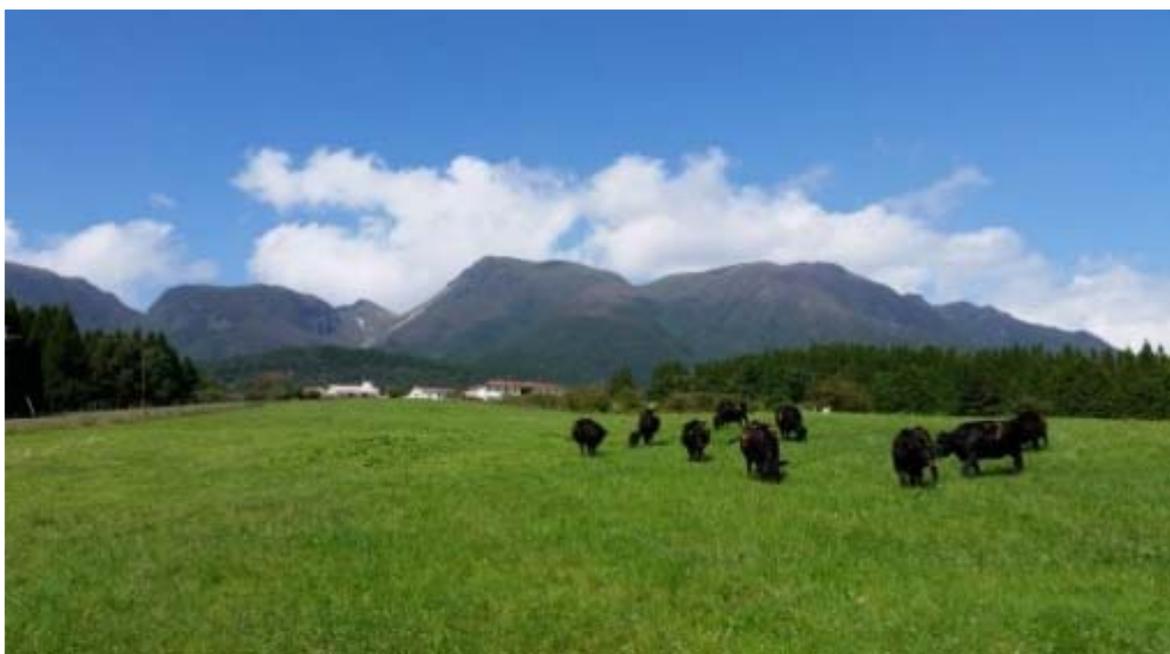


図 6. 九州大学農学部附属農場（高原農業実習場）の放牧牛

## 8. 謝 辞

本研究は、NTT 西日本株式会社、富士通株式会社との共同研究、ならびに総務省競争的資金 (Strategic information and communications R&D Promotion Program (SCOPE) of Ministry of internal affairs and Communications (112310005))、科学研究補助金 (挑戦的萌芽研究 / 25660219)、科学研究補助金 (基盤研究 B / 26310312)、およびキャノン財団助成 (R15-0089) 等にて実施されました。ここに深謝いたします。

## 文 献

1. 後藤貴文、(財)社会開発研究センター “図解 よくわかる農業技術イノベーションー農業はここまで工業化・IT化できるー” (日刊工業新聞社)、第V章、大転換する畜産技術：pp.120-135, 2011.
2. Gotoh, T. et al. Challenges of Application of ICT in Cattle Management: Remote Management System for Cattle Grazing in Mountainous Areas of Japan using a Smartphone, Smart Sensors and Systems. Innovations for Medical, Environmental, and IoT Application (Eds. C.-M. Kyung, H. Yasuura, Y. Liu, Y.-L. Lin), Springer, Springer International Publishing Switzerland, 467-484 (2016)
3. アニタ・リンネル、「環境教育の「場と物語」 スウェーデン2021年物語」、BIO-City (古田尚也構成・訳)、118、pp.2~19.

1) 情勢報告

## 放牧をめぐる情勢

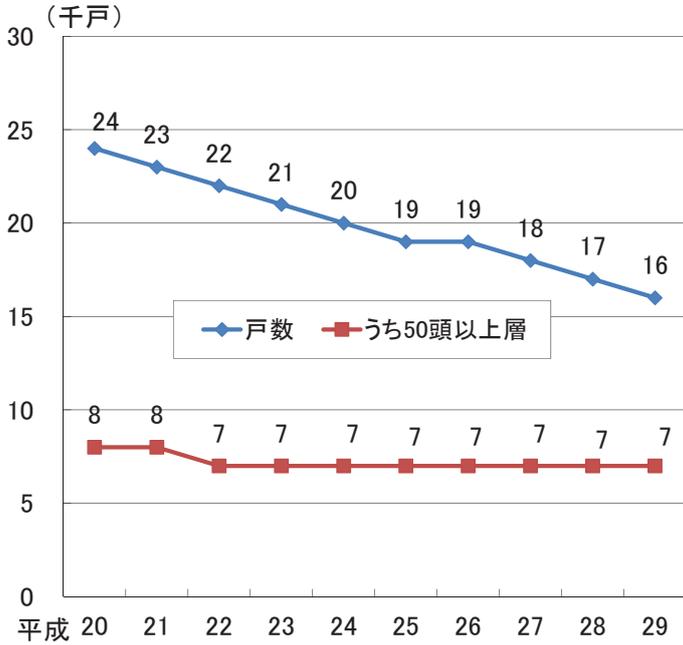
農林水産省 生産局  
大門 憲明

# 1 我が国の畜産(牛)の動向

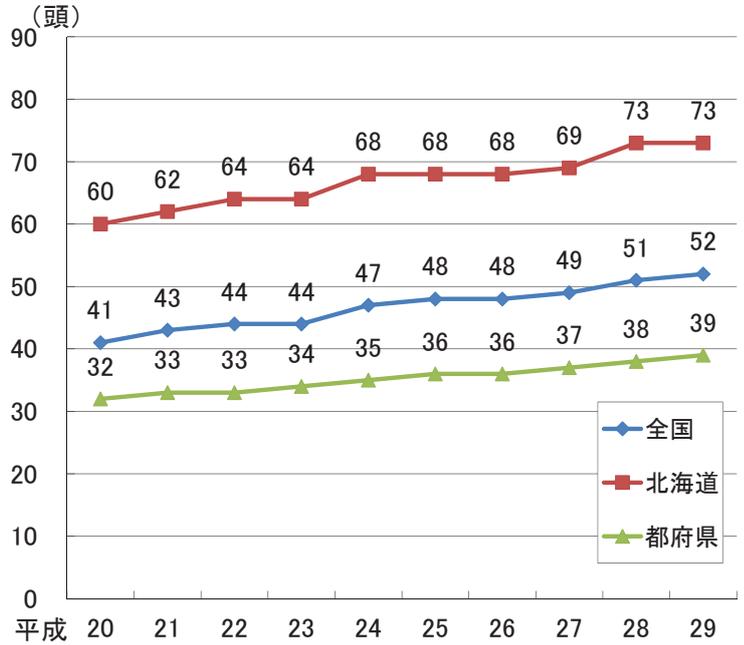
# 乳用牛の飼養動向

- 飼養戸数は、毎年、年率4%程度の減少傾向で推移し、平成29年は、前年比3.5%の減少。
- 一戸当たり経産牛飼養頭数は増加傾向で推移。

■ 乳用牛飼養戸数の推移



■ 一戸あたりの経産牛飼養頭数の推移



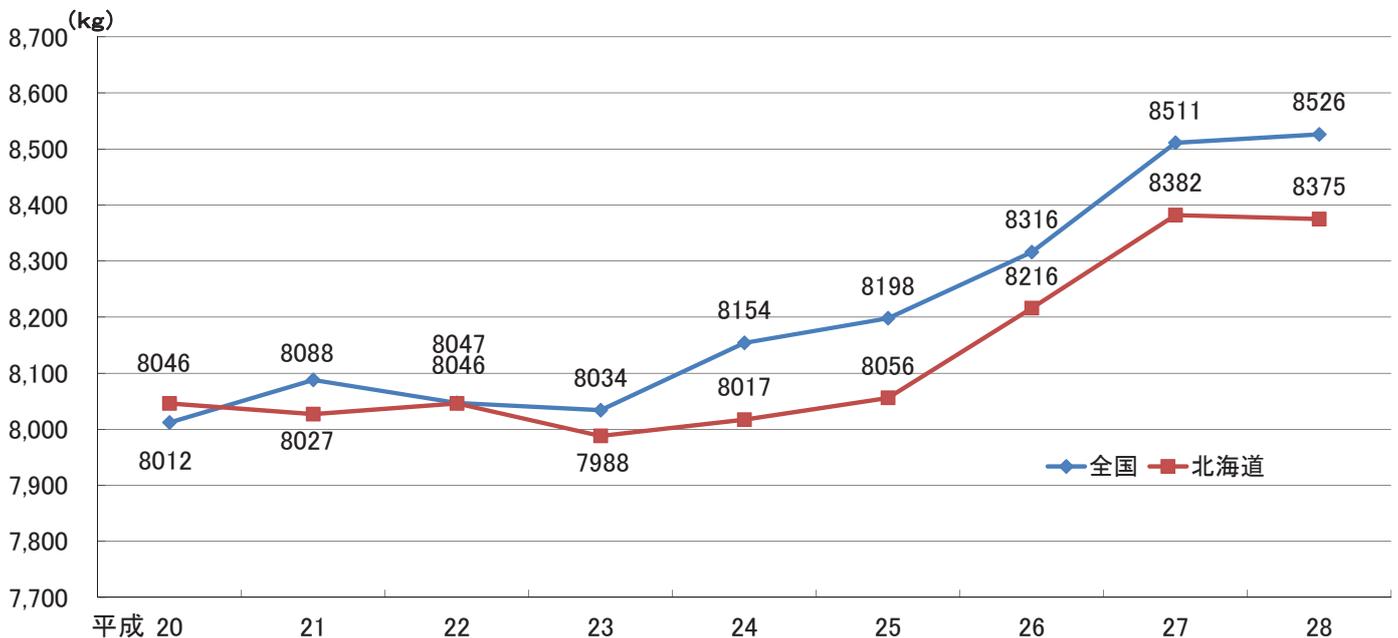
資料：農林水産省「畜産統計」

1

# 経産牛1頭当たりの乳量

- 経産牛1頭当たり乳量は増加傾向で推移。
- 全国では、22・23年度は22年の猛暑の影響等により減少したが、24年度以降は増加傾向で推移。

■ 経産牛1頭当たり乳量



資料：農林水産省「畜産統計」「牛乳乳製品統計」

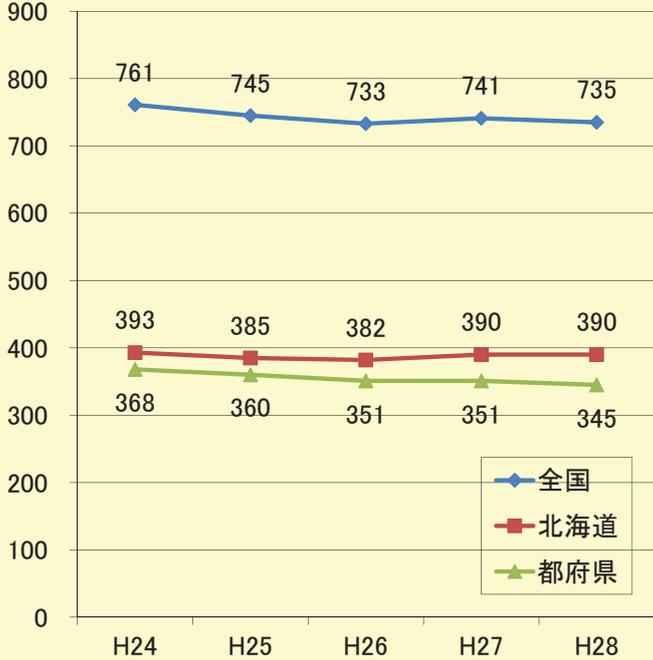
2

# 生乳生産量

- 生乳の生産量は、近年、減少傾向で推移。
- 27年度は、北海道の生産量が回復したことにより、前年比1.0%の増加。28年度は、頭数の減少等により前年比0.8%の減少。

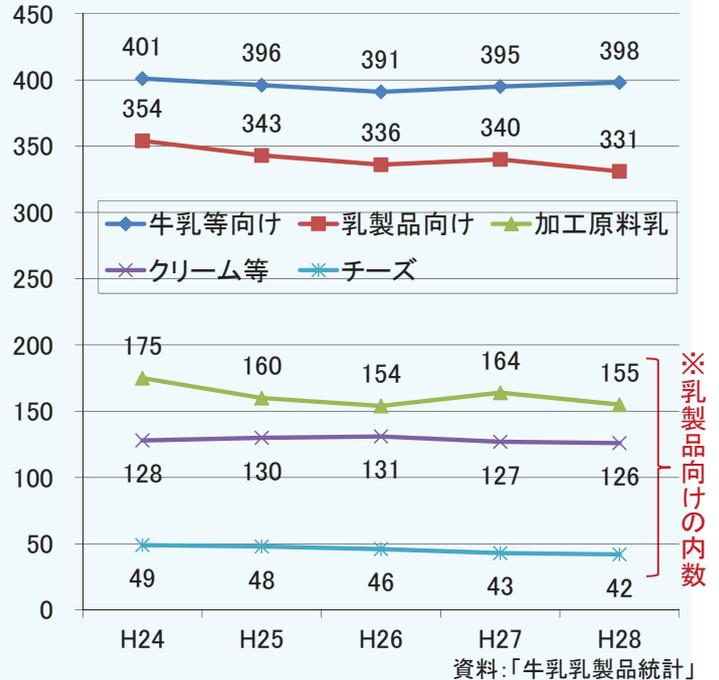
■ 生乳の生産量の推移

単位: 万トン



■ 生乳の用途別処理量の推移

単位: 万トン

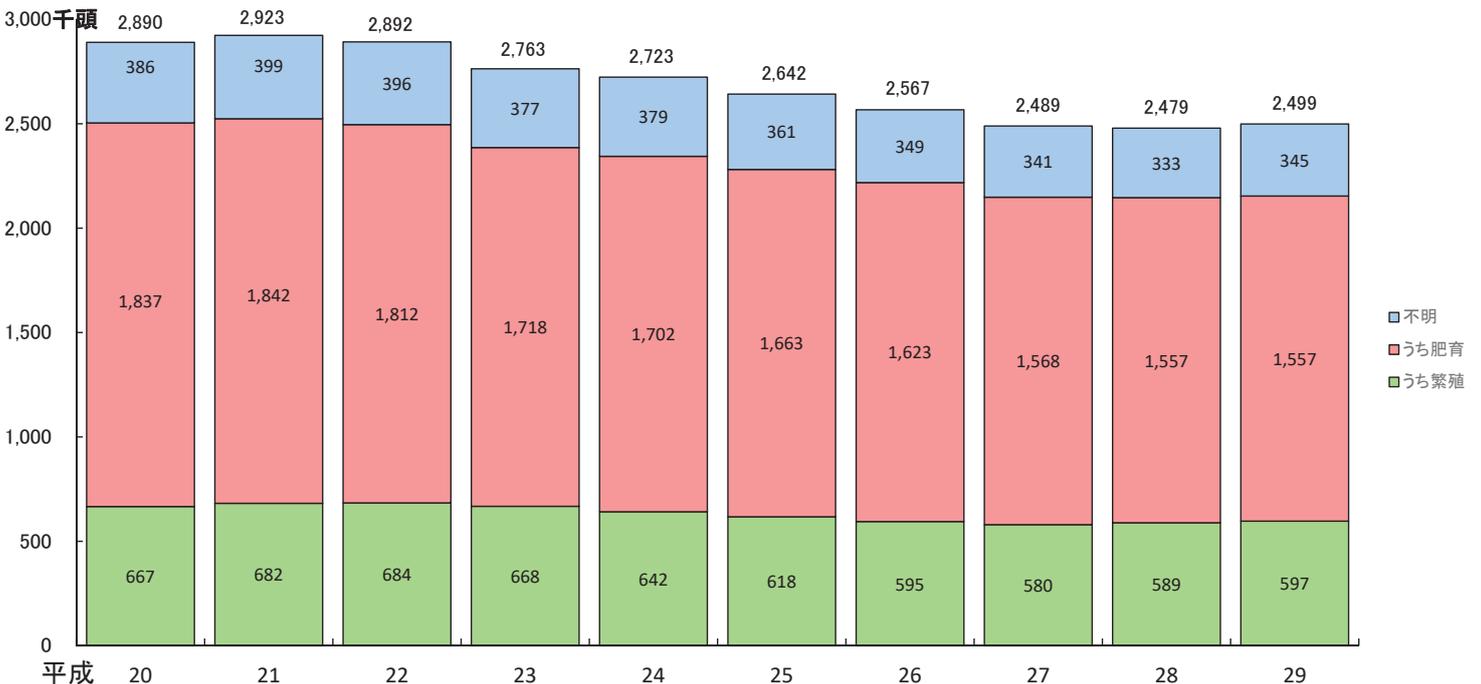


3

# 肉用牛の飼養動向

- 飼養頭数は、22年以降減少傾向で推移していたが、29年は対前年比20千頭の増加。
- 繁殖雌牛の飼養頭数は、22年をピークに減少していたが、28年以降増加に転じた。

■ 肉用牛飼養頭数の推移



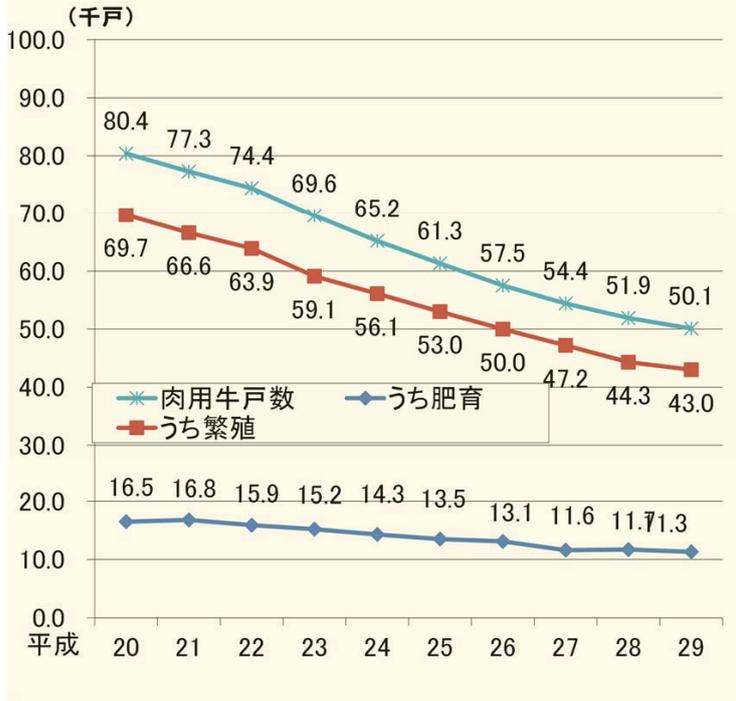
資料: 農林水産省「畜産統計」

4

# 肉用牛の飼養動向(戸数・飼養頭数)

- 飼養戸数は、小規模層を中心に減少傾向で推移し、29年度は3.5%の減少。
- 飼養戸数は減少しているものの、肥育牛を中心に一戸当たりの飼養頭数は増加傾向。

■ 肉用牛の飼養戸数



■ 一戸当たりの飼養頭数の推移



資料:農林水産省「畜産統計」5

## 2 国産飼料基盤に立脚した生産への転換

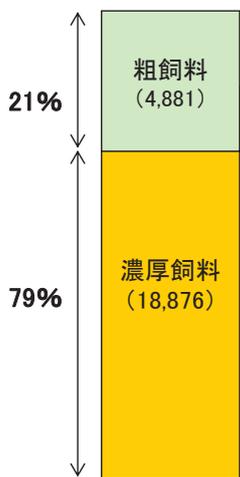
## 畜種別の経営と飼料

- 我が国の平成28年度(概算)の畜産における飼料供給は、主に国産でまかなわれている粗飼料が21%、輸入に依存している濃厚飼料が79%の割合(TDNベース)となっている。
- 飼料費が畜産経営コストに占める割合は高く、粗飼料の給与が多い牛では4~5割、濃厚飼料中心の豚・鶏では6~7割。

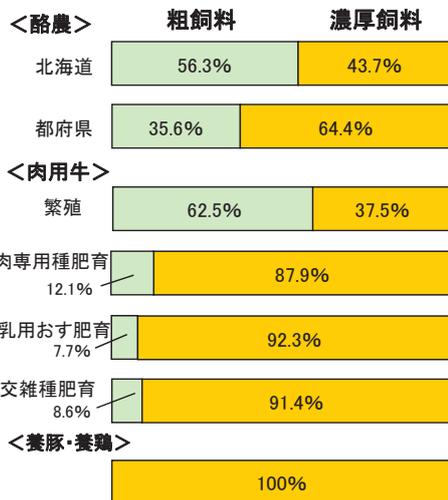
### 粗飼料と濃厚飼料の割合(TDNベース)

注:TDN(Total Digestible Nutrients):家畜が消化できる養分の総量。  
カロリーに近い概念。1TDNkg≒4.41Mcal

28年度供給量(概算)  
23,756千TDNTン



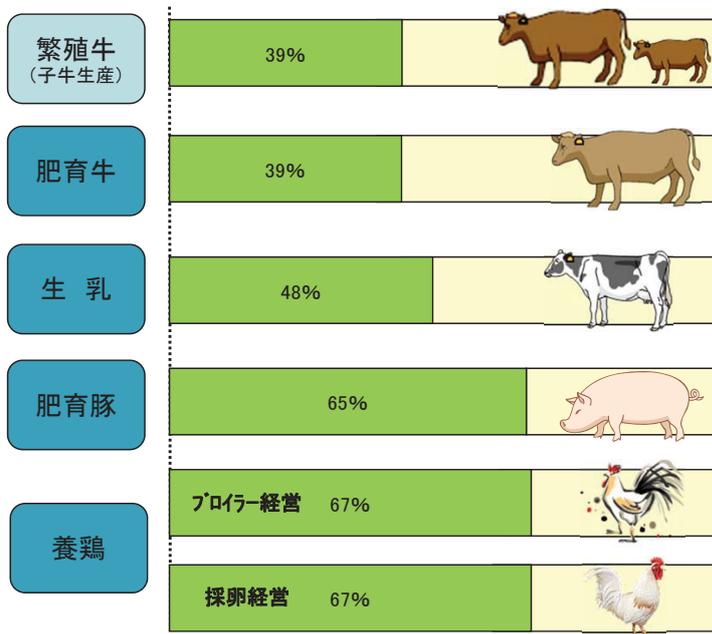
### 畜種別の構成(27年度) (TDNベース)



粗飼料:乾草、サイレージ、稲わら等  
濃厚飼料:とうもろこし、大豆油かす、ごうりゃん、大麦等

(平成27年度畜産物生産費調査より試算)

### 経営コストに占める飼料費の割合



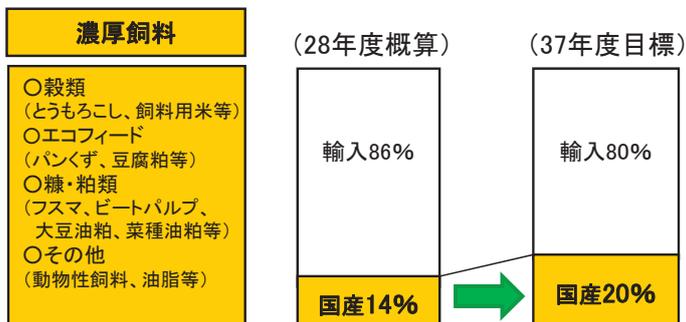
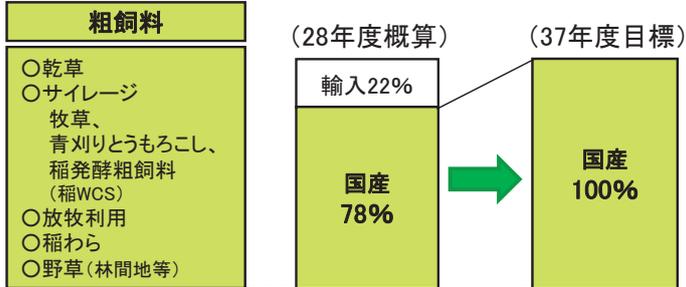
資料:平成27年度畜産物生産費調査および平成27年営農類型別経営統計  
注:繁殖牛(子牛生産)は子牛1頭当たり、肥育牛および肥育豚は1頭当たり  
生乳は生乳100kg(乳脂肪分3.5%換算乳量)当たり  
養鶏は1経営体当たり

6

## 飼料自給率の現状と目標

- 28年度(概算)の飼料自給率(全体)は27%。このうち、粗飼料自給率は78%、濃厚飼料自給率は14%。
- 農林水産省では、飼料自給率について、粗飼料においては水田での稲WCSや畑地での飼料作物の作付拡大等を中心に、濃厚飼料においてはエコフィードの利用や飼料用米作付の拡大等により向上を図り、飼料全体で40%(37年度)を目標としている。

### 飼料自給率の現状と目標



### 近年の飼料自給率の推移

年度	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28(概算)
全体	25%	26%	25%	25%	26%	26%	26%	27%	28%	27%
粗飼料	78%	79%	78%	78%	77%	76%	77%	78%	79%	78%
濃厚飼料	11%	11%	11%	11%	12%	12%	12%	14%	14%	14%

- ・ 飼料自給率(全体)は、近年微増傾向で推移してきたものの、28年度は、国産粗飼料の供給量が減少したこと等により、前年度比1ポイント減の27%となった。
- ・ 粗飼料自給率は、76~79%の間で推移する中、28年度は北海道における台風被害等の影響による飼料作物の単収減少により、前年度比1ポイント減の78%となった。
- ・ 濃厚飼料自給率は、近年、飼料用米やエコフィードの利用により、堅調に推移。

7

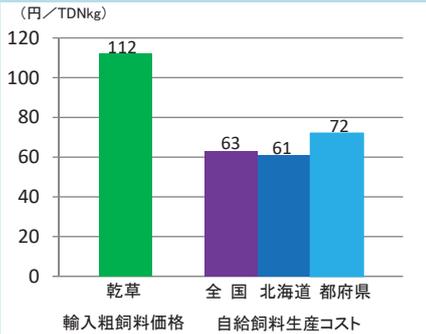
## 飼料自給率向上の意義（①畜産農家の経営強化）

- 自給飼料は、生産コストが輸入飼料の購入価格に比べ安価であり、また、穀物の国際相場や輸入乾草価格の変動に左右されないことから、畜産経営コストの低減及び安定化に貢献。
- また、自給飼料の利用については、飼料による畜産物のブランド化による経営発展や、耕種農家との飼料・堆肥を通じた連携による畜産経営強化の効果が期待される。

### コスト低減

・自給飼料の生産コストは、輸入乾草価格と比べ4割程度安く(全国)、畜産経営のコスト低減に貢献

#### ○ 自給飼料生産コストと輸入飼料価格 (平成27年)

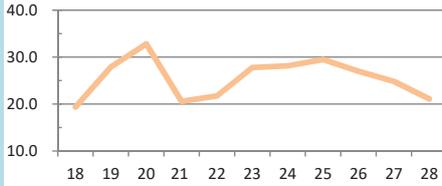


資料：「自給飼料生産コスト」は、農林水産省「畜産物生産費統計」、「日本標準飼料成分表」から算出  
 注1：「自給飼料生産コスト」は飼料生産に係る物材費、労働費及び地代を合計した値であり、物材費とは材料費、固定材費及び草場地費を合計した値。  
 2：輸入飼料価格と自給飼料生産費は1TDNkgあたりに換算

### 経営の安定化

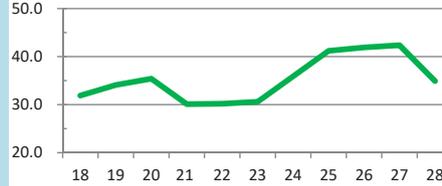
・近年の穀物の国際相場及び輸入乾草価格の変動は経営の大きな不安定要因。  
 ・自給飼料の利用拡大により配合飼料や輸入乾草の使用量を削減することは経営の安定化に貢献。

#### ○ とうもろこしの国際価格



資料 (公社) 配合飼料供給安定機構「飼料月報」

#### ○ 輸入乾草価格の推移



資料：財務省「貿易統計」および農林水産省「植物統計」

### 経営の発展・地域との融和

・地域の飼料用米の活用により畜産物の差別化・ブランド化を図る取組が多数見られる。  
 ・水田活用による飼料生産においては、飼料の売買、水田の賃貸及び堆肥の利用を通じた耕種農家とのつながりが強化され、畜産が地域農業の核となるような事例が見られる。



#### ◆ 飼料用米の利用による畜産物のブランド化



## 飼料自給率向上の意義（②農業としての役割強化）

- 飼料自給率の向上を図ることは、水田等と同様に多面的機能を発揮したり、食料自給率・自給力の向上にも貢献するなど農業としての役割を強化することにつながる。
- また、輸入飼料への依存は、国内への窒素持ち込みとその蓄積による環境問題等の原因となるのに対し、飼料作物の生産の際に堆肥を有効活用することにより資源循環に貢献。

### 国内土地資源の有効活用と多面的機能の発揮

景観形成

水資源の涵養  
大気浄化  
気候緩和

二毛作等による農地のフル活用

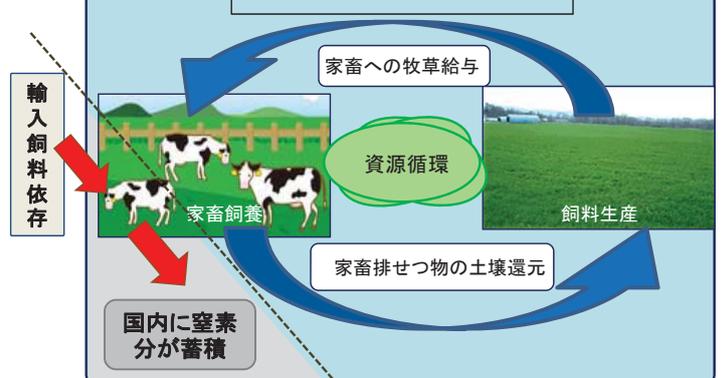
夏作のとうもろこし

冬作のイタリアンライグラス

急峻な中山間地域の傾斜地を活用可能

土壌流出防止

### 家畜排せつ物の有効活用



### 飼料自給率の向上・食料自給力の強化

- ・飼料自給率の向上により、食料自給率の向上に寄与。
- ・優良農地の維持と飼料生産のための担い手の確保、技術の開発・普及により潜在的な食料の供給能力が維持向上。

#### ○ 畜産物からの供給熱量(400kcal/人日)の内訳

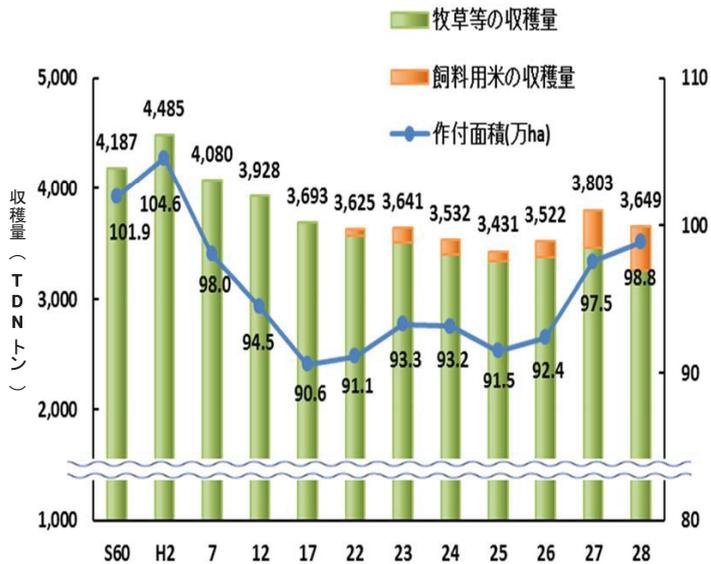


(平成28年度食料自給率から)

# 自給飼料増産の生産動向

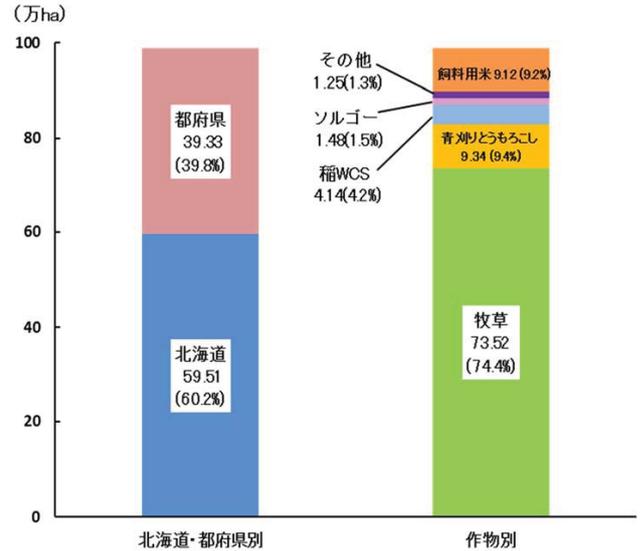
○ 飼料作物の作付面積は、農家の高齢化による労働力不足等により、平成19年まで減少傾向で推移してきたが、その後、飼料用米や稲発酵粗飼料の作付拡大などから拡大している。

## ■ 全国の飼料作物作付面積及び収穫量の推移



資料：農林水産省「作物統計」、「耕地及び作付面積統計」。  
注：平成28年度飼料用米の収穫量は平成28年度新規需要米生産集出荷数量。

## ■ 作付面積の内訳(平成26年)



資料：「耕地及び作付面積統計」  
注：飼料用米と稲WCSは新規需要米認定面積

10

# 国産飼料基盤に立脚した生産への転換

○ 酪農・肉用牛の生産基盤の強化のためには経営コストの4~5割程度を占める飼料費の低減が不可欠。  
○ このため、水田や耕作放棄地の有効活用等による飼料生産の増加、食品残さ等未利用資源の利用拡大の推進等の総合的な自給飼料増産対策により、輸入原料に過度に依存した畜産から国産飼料に立脚した畜産への転換を推進しているところ。

### ○ 飼料増産の推進

① 水田の有効活用、耕畜連携の推進



② 草地等の生産性向上の推進



③ 放牧の推進



### ○ エコフィード※4等の利用拡大

・食品加工残さ、農場残さ等未利用資源の更なる利用拡大



利用拡大

### 国産飼料基盤に立脚した畜産の確立

飼料自給率

	28年度 (概算)	⇒	37年度 (目標)
飼料全体	27%	⇒	40%
粗飼料	78%	⇒	100%
濃厚飼料	14%	⇒	20%

生産増加

### ○ 飼料生産技術の向上

・高品質飼料の生産推進



### ○ コントラクター※2、TMRセンター※3による飼料生産の効率化

・作業集積や他地域への粗飼料供給等、生産機能の高度化を推進



※1 稲発酵粗飼料：稲の実と茎葉を一体的に収穫し発酵させた牛の飼料 ※2 コントラクター：飼料作物の収穫作業等の農作業を請け負う組織  
※3 TMRセンター：粗飼料と濃厚飼料を組み合わせた牛の飼料(Total Mixed Ration)を製造し農家に供給する施設 ※4 エコフィード：食品残さ等を原料として製造された飼料

11

### 3 放牧の推進

#### 放牧頭数及び放牧戸数

- 放牧頭数については、乳用牛(酪農)では、全国で約30万頭と、飼養頭数の約22%、肉用牛(繁殖)では、全国で約11万頭と、飼養頭数の約18%となっている。北海道、都府県別では北海道の放牧頭数割合が高く、畜種別では北海道、都府県とも肉用牛の割合が高い。
- 放牧戸数については、乳用牛(酪農)では、約9千4百戸と飼養農家戸数の約53%、肉用牛(繁殖)では約8千3百戸と飼養農家戸数の約18%となっている。北海道、都府県別では、北海道の放牧戸数割合が高く、畜種別では、北海道、都府県とも乳用牛の割合が高い。

放牧頭数(平成27年)

(単位:万頭、%)

区 分		乳用牛 (酪農)	肉用牛 (繁殖)
		飼養頭数	137.1
全国	放牧頭数	30.0 (21.9)	10.8 (18.6)
	飼養頭数	79.2	6.6
北海道	放牧頭数	27.5 (34.7)	3.9 (59.1)
	飼養頭数	57.9	51.4
都府県	放牧頭数	2.5 (4.3)	6.9 (12.8)

資料: 放牧頭数は飼料課調べ、飼養頭数は畜産統計(平成27年2月1日現在)  
 注1: 放牧頭数は、公共牧場に預託して放牧されている頭数を含む。  
 注2: 乳用牛の飼料頭数は、めす牛の頭数  
 肉用牛の飼養頭数は、子取り用の繁殖めす牛(1歳未満を含む)頭数

放牧戸数(平成27年)

(単位:戸、%)

区 分		乳用牛 (酪農)	肉用牛 (繁殖)
		飼養農家戸数	17,700
全国	放牧戸数	9,402 (53.1)	8,303 (17.6)
	飼養農家戸数	6,680	2,180
北海道	放牧戸数	6,052 (90.6)	1,208 (55.4)
	飼養農家戸数	10,982	45,073
都府県	放牧戸数	3,350 (30.5)	7,095 (15.7)

資料: 放牧戸数は飼料課調べ、飼養農家戸数は畜産統計(平成27年2月1日現在)  
 注1: 放牧戸数は、公共牧場に預託して放牧されている頭数を含む。  
 注2: 肉用牛の放牧戸数は、子取り用の繁殖めす牛飼養戸数

# 公共牧場の概要

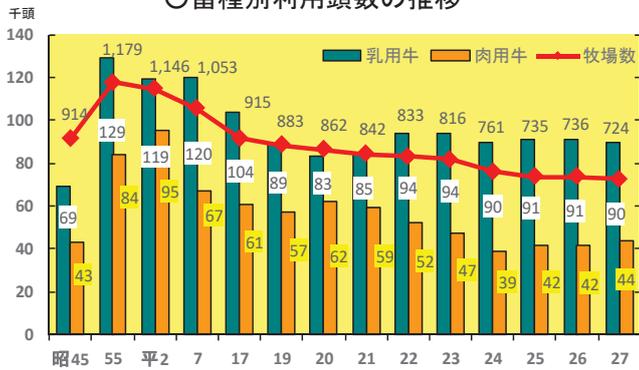
- ① 公共牧場数は、預託頭数の減少による休止や統廃合による廃止から、近年減少傾向で推移し、平成27年度は724牧場となっている。
- ② 公共牧場の利用頭数は、平成17年度以降減少傾向で推移しており、27年度の利用頭数(夏期:7月1日時点)は、134千頭となっている。畜種別では、乳用牛が90千頭、肉用牛が44千頭となっている。

## ○公共牧場数、利用頭数及び牧草地面積等の推移

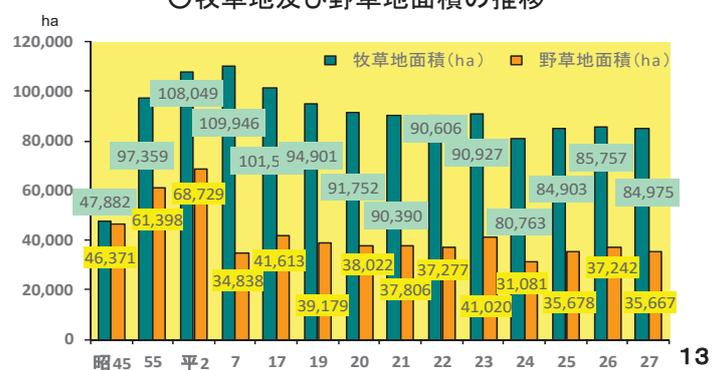
	昭45	55	平2	7	17	19	20	21	22	23	24	25	26	27
牧場数	914	1,179	1,146	1,053	915	883	862	842	833	816	761	735	736	724
利用頭数(千頭)(7月1日時点)	113	213	214	187	165	147	145	143	146	141	129	133	133	134
乳用牛	69	129	119	120	104	89	83	85	94	94	90	91	91	90
肉用牛	43	84	95	67	61	57	62	59	52	47	39	42	42	44
牧草地面積(千ha)	48	97	108	110	102	95	92	90	91	91	81	85	86	85
野草地面積(千ha)	46	61	69	35	42	39	38	38	37	41	31	36	37	36
<sup>1</sup> 牧場当たり 利用頭数(頭)(7月1日時点)	123	181	187	178	180	166	168	170	176	173	169	181	181	185
牧草地面積(ha)	52	83	94	104	111	107	106	107	109	111	106	116	117	117
1ha当たり頭数(頭)	2.35	2.19	1.98	1.70	1.62	1.54	1.58	1.59	1.62	1.56	1.60	1.57	1.55	1.58

注1: 牧場数は、稼働している公共牧場の数であり、休止または廃止している牧場は含まない。  
 注2: 牧草地面積は、採草地や放牧地等の実面積であり、飼料畑面積は含まない。野草地面積は、放牧等に供した野草地及び林地の合計面積。  
 注3: 平成12年度までは都道府県の認定した公共牧場のデータのみを集計。14年度より調査手法を変更。

## ○畜種別利用頭数の推移



## ○牧草地及び野草地面積の推移



# 最近の放牧の取組

### 乳牛の放牧(北海道H牧場)



平成22年に放牧畜産実践牧場の認証(※)を取得。放牧牛の牛乳を利用しアイスクリームの生産・販売も手がける。乳量の追求だけでなく、飼料費や衛生費の低減を見据えた経営を展開。

<概況> 放牧面積21.7ha、草地面積56.8ha、乳用牛97頭

### 耕作放棄地放牧(山口県)

小規模な耕作放棄地等を利用して移動しながら行う放牧を「山口型放牧」と称している。省力化、低コスト化、耕作放棄地の解消、景観の保全等への貢献が高く、県域全域に幅広く普及。



<概況> 山口型放牧面積356ha、放牧箇所数242箇所

### 肉用牛の放牧(熊本県K牧野組合)

子牛生産だけでなく肥育全期間に粗飼料を多給する肥育方法を取り入れた褐毛和種の繁殖肥育一貫生産を実施。消費者を牧場に招く等、生産者と消費者との交流を推進。



<概況> 放牧面積284ha、肥育牛50頭、繁殖牛314頭

### 公共牧場(北海道U牧場)



地域内の乳用育成牛を預かって、集約的な放牧管理を実施。地域の高齢化による労働力不足の解消や増頭に貢献。

<概況> 放牧面積178ha、草地面積199.7ha  
夏期放牧750頭、冬期舎飼530頭、哺育育成130頭

### 水田放牧(青森県N牧場)

転作田の採草地に電気牧柵等を整備し放牧地として利用(5~11月)。家畜の管理者の近隣で飼養することにより、分娩後のきめ細やかな個体管理が可能となり繁殖成績が向上。



<概況> 放牧面積2.3ha、繁殖牛6頭

### 放牧による獣害対策(富山県)



イノシシ等による食害対策として農園周辺等にカウベルト(放牧帯)を設置。放牧地の景観の保持と農作物被害の減少等に有効。

<概況> 放牧面積23ha、放牧箇所数10箇所、繁殖牛29頭

### ※放牧畜産基準認証制度とは

放牧畜産の促進と消費者の理解醸成を図るため、放牧を実践する牧場や放牧によって生産される畜産物等について認証を行う制度。

このうち、放牧管理等の基準を満たした牧場を放牧畜産実践牧場として(一社)日本草地畜産種子協会が認証している。

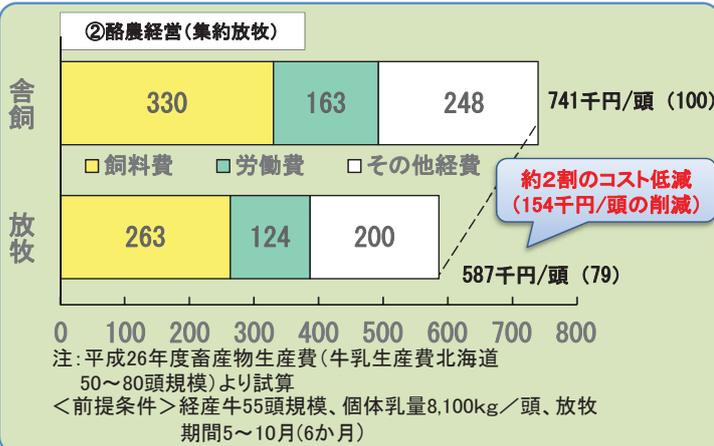


## 集約放牧の取組事例

- 酪農における集約放牧は、草地を区画に分けて順番に放牧することにより草地の利用と回復を繰り返し、牛に効果的に栄養価の高い牧草を採食させる放牧方式で、北海道を中心に行われている。
- この方式による放牧は、牛の飼養管理時間の低減や飼料生産の省力化を図ることにより飼料生産・家畜管理に係るコストを大幅に低減することに加えて、牛が健康になり繁殖能力の向上も期待できる。
- 一方、放牧を中心した飼養管理の場合、毎日の効率的な搾乳を可能にする草地や牛舎の立地及び設計が必要となる他、乳量の低下、乳脂肪分が季節によって変動するといった技術的課題がある。

### 放牧によるコスト削減効果の試算

- ・ 飼料費については、330千円から67千円(20%)の低減。
- ・ 労働費については、163千円から39千円(24%)の削減。
- ・ その他経費については、188千円から33千円(19%)の低減。
- ・ 全体では、741千円から154千円(21%)の低減。



### 放牧酪農推進のまち(北海道足寄町)の取組

- ・ 自然の生態系を活かした放牧を導入することで、生産コストの低減、健康な牛づくり、ゆとりある酪農を実現。
- ・ 初期投資が少ない放牧酪農の導入による新規就農や放牧酪農視察等による地域の活性化を実現。
- ・ 足寄町は平成16年に「放牧酪農推進のまち」と宣言し、約4割の酪農家が放牧を実施。

### S 牧場



- ・ 有志により足寄町放牧酪農研究会を立ち上げ、先進的な放牧の実現を研究・実践。(現在10戸)
- ・ 草地面積約80haのうち46haで、乳用牛75頭を放牧。
- ・ 乳量の低下を抑えながら濃厚飼料給与量を36%削減。

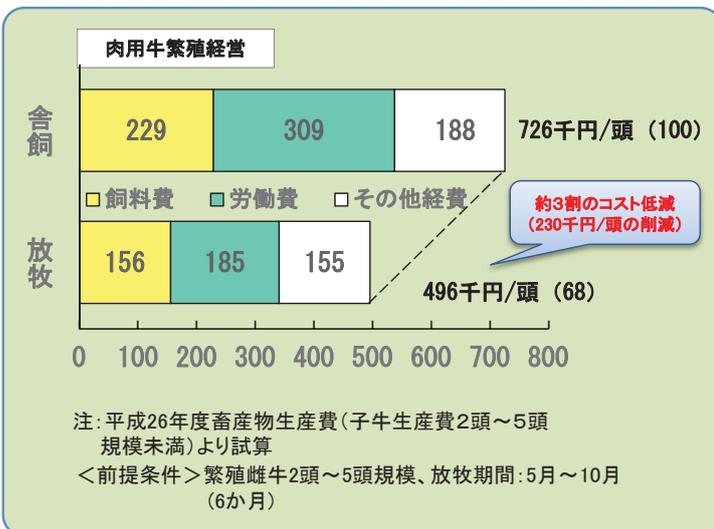
15

## 肉用牛繁殖雌牛の放牧

- 肉用繁殖雌牛の放牧は、公共牧場を活用した取組のほか、中山間地域における耕作放棄地等を利用した取組が行われており、地域の活性化に寄与。
- 一方、肉用繁殖雌牛の放牧には、①放牧のための指導者の育成、②放牧のためのまとまった土地の確保、③周辺住民の理解醸成等の課題がある。

### 放牧によるコスト削減効果の試算

- ・ 飼料費については、229千円から73千円(32%)の低減。
- ・ 労働費については、309千円から124千円(40%)の削減。
- ・ その他経費については、188千円から33千円(18%)の低減。
- ・ 全体では、726千円から230千円(32%)の低減。



### 長崎県 石原放牧部会の取組

- 所在地:長崎県平戸市生月町
- 放牧面積:3.72ha(暖地型永年牧草:ハビアグラス)
- 飼養頭数:72頭(部会員3戸合計)放牧頭数8頭(年間)
- 特徴

- ・ 飼養管理の省力化・低コスト化を図り、規模拡大を行うとともに、耕作放棄地解消により地域景観を保全することを目的に放牧を開始。
- ・ 放牧場整備後、毎年、牧草種子の追播及び追肥を行い、牧草の早期定着と安定した草量確保に努めている。
- ・ 放牧場活用により牛舎スペースや労力に余裕が生じたことで、部会員の増頭意欲が高まり、繁殖雌牛頭数が61頭(H23)から72頭(H27)に増加している。
- ・ 放牧実施により景観が改善したことで、地元住民から喜ばれており、更なる牧の拡大を予定している。
- ・ 海岸の人気のドライブルートにあるため、新たな観光スポットとなっている。



16

# 肉用牛・酪農基盤強化対策のうち放牧活用型

## 現状・課題

- 肉用繁殖雌牛は、放牧による省力・低コストな飼養管理が可能。また、中山間地等においては、耕作放棄地等を活用した放牧が可能。
- 一方、肉用牛・酪農の生産基盤は担い手の減少、生産者の高齢化等により脆弱化。
- 放牧の開始に当たっては、周辺住民の理解、土地や放牧経験牛の確保、牧柵等の条件整備が必要等の課題の解決が必要。
- 肉用牛・酪農の生産基盤強化に向けて、中山間地等において放牧を活用し、地域内一貫生産体制を構築する必要。



## 対応方向

### ■地域放牧利用推進

専門家による放牧技術指導、放牧理解醸成の取組、横展開を推進するパンフレットの作成等に対し助成【補助率：定額】



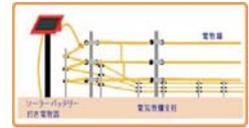
### ■繁殖雌牛導入推進

放牧に必要な繁殖雌牛の導入に対し助成【補助率：1/2以内】



### ■放牧条件整備推進

放牧実施に必要な簡易牧柵、簡易牛舎等の整備に対し助成【補助率：1/2以内】



## 効果

- ・肉用牛繁殖基盤の強化
- ・耕作放棄地等の有効利用

- ・豊かな里山の実現
- ・飼料自給率の向上

17

# 放牧畜産実践牧場等の認証制度

- （一社）日本草地畜産種子協会では、平成21年から、放牧に取り組む牧場のうち、放牧面積や放牧期間について一定の要件を満たす牧場を「放牧畜産実践牧場」として認証。また、これに併せて、放牧畜産実践牧場で生産される牛乳、アイスクリーム等についての認証も実施。
- 現在（平成29年8月）、牧場では59件、畜産物では10件（牛乳3件、アイスクリーム3件、チーズ1件、ヨーグルト1件、牛肉2件）、放牧子牛では4件、放牧肥育牛では2件が認証されているところ。
- 今後とも、放牧畜産基準認証制度についてより一層の理解促進や積極的な広報活動を推進。

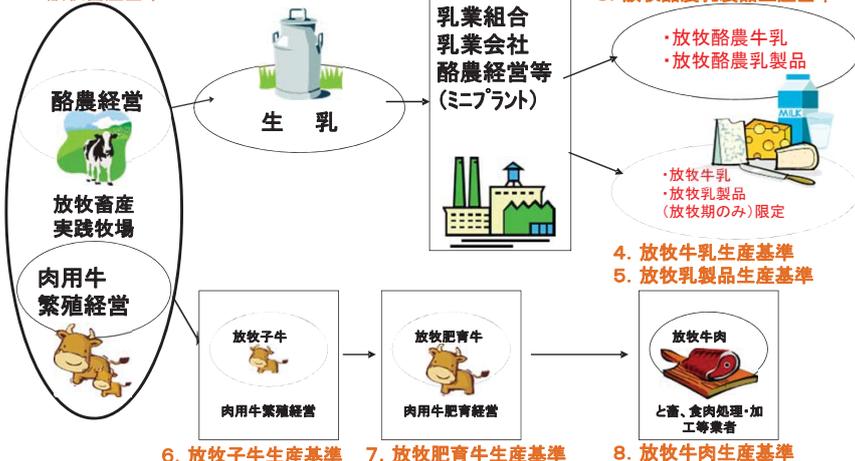
## ■ 放牧畜産の生産フローと8つの基準認証

放牧畜産物を生産する牧場における飼養管理事項の基準を定めた「放牧畜産基準」の他、酪農では4つの生産基準、肉用牛では3つの生産基準を策定。



※ 放牧畜産基準認証マーク  
放牧畜産認証が得られた畜産物等に使用が認められる。

### 1. 放牧畜産基準



認証の種類		件数
A	放牧畜産基準(放牧畜産実践牧場)	59
B	放牧酪農牛乳生産基準	3
C	放牧酪農乳製品生産基準	3
D	放牧牛乳生産基準	—
E	放牧乳製品生産基準	2
F	放牧子牛生産基準	4
G	放牧肥育牛生産基準	2
H	放牧牛肉生産基準	2

注：放牧畜産実践牧場内訳 酪農49戸 肉用牛(繁殖)10戸

18

1) 情勢報告

# AIやICTを活用した農業技術開発

## — 畜産分野を中心に —

農林水産省 技術会議事務局 研究統括官(生産技術) 室  
田村 健一

### 未来投資戦略2017

(平成29年6月9日 閣議決定)

#### Ⅲ-2 地域経済好循環システムの構築 (農林水産業)

#### (1) 目指すべき社会・今後の取組 ①

##### 変革後の生活・現場

◆ **農林漁業者** 経験や勘のみに頼らず、**生育状況・気象・市況などデータを駆使して最適作業や実需者（小売店、加工業者等）との直接取引を実施。高い生産性を実現している。**

##### <これまでの農業現場>

【紙地図やノートにより営農を管理】

きめ細かな営農履歴の把握や、従業員間の情報共有に限界。

【人が足を運び、目で見えた情報を基に作業を決定】

規模拡大とともに巡回範囲が広域化。日常的な負担が重く、生育状況の確認や栽培管理が粗放化。

【FAXと手仕事での出荷調整】

手仕事による調整では取引拡大に限界。実需者ニーズに応えた、きめ細かな対応までは手が回らず。

##### <変革後>

【ICTを活用した営農計画<sup>※</sup>の立案・管理】

※どのような品種を、いつ植え、どのタイミングで農薬をまき、いつ収穫するかといった栽培・作業の計画

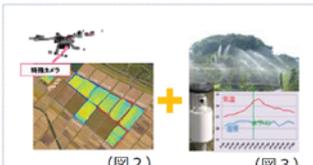


(図1)

- 営農履歴、オープンデータ、ビッグデータ等を基に、最適な営農計画を立案
- 農地ごとの作業履歴を従業員で共有。販売時のトレーサビリティにも活用

【精密農業による高品質な農産物の低コスト生産】

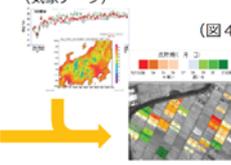
<人の目は捉えられない情報も含め、効率的にきめ細かく生育状況を把握>



(図2) (図3)

- ドローン等を利用して、農産物の生育状況を一気に把握
- センサーにより、生育環境を継続的に把握

<最適期に最適作業を実施> (気象データ)



(図4)

- 生育状況のデータや気象等のオープンデータの分析を基に、ほ場単位で、最適期に、最適な作業（施肥・防除・収穫等）を実施

【バリューチェーン全体での付加価値向上】

(図5) あらかじめ決まった価格での安定供給



(図5)

- 出荷量、時刻に合わせた効率的な物流や迅速な供給
- 加工用・業務用の施設等
- 卸売市場や小売店等
- 様々な地域の農業者が生産・出荷の予測・実績データを共有・連携し、実需者への安定供給、流通の効率化を実現

(出所) 図1：日立ソリューションズ「GeoMation」農業支援アプリケーション、図2：未来投資会議構造改革徹底推進委員会（農業）（第5回）ISSA山形提出資料、図3～5：未来投資会議構造改革徹底推進委員会（農業）（第6回）農林水産省提出資料

#### 今後の取組 1 ～スマート農業を実現～

- ① 公的機関等が保有する**農業、地図、気象等の情報のオープン化**や**提供**を進める。
- ② 様々なデータを共有・活用できる「**農業データ連携基盤**」を**本年中**に立ち上げる。
- ③ データに基づく農業の**現場への実装**を進めるとともに、取組を**流通や消費のバリューチェーン全体**に広げる。

# 農業競争力強化プログラム

(平成28年11月29日 農林水産業・地域の活力創造本部決定)

## 農業競争力強化プログラムの内容

- 生産現場のニーズに即した効率的・効果的な研究体制を構築
  - 農林漁業者等のニーズを踏まえた明確な研究目標の下で、農林漁業者、企業、大学、研究機関がチームを組んで、現場への実装までを視野に入れて行う、新市場を開拓する新規作物の導入や、ICTやロボット技術等を活用した現場実証型の技術開発推進【右図(1)2】
  - 大学、国・都道府県の試験研究機関が持つ研究成果や研究者情報を体系的に整理し、農業者等のスマホ・タブレット対応等により手軽に情報を入手できる形での公開【右図(2)】
  - 地域や分野ごとにコアとなる研究機関を定め、関係する企業・大学・研究機関のネットワーク化を推進
- 熟練農業者のノウハウをAI等の最新技術を活用し未経験者が短期間で身に付けられるシステムの構築を推進【右図(3)】

## 関係資料

**(1) 目標を明確にした戦略的技術開発**

明確な開発目標の下、農林漁業者・民間企業・大学・研究機関がチームを組んで、農林漁業者への実装までを視野に入れて行う技術開発を着実に推進します

1 研究推進体制の構築

2 現場への実装を視野に入れた研究開発  
＜技術開発の具体例(イメージ)＞

(明確な研究目標) 設置・ランニングコストを1/2にする園芸用ハウス

(明確な研究目標) 導入しやすい価格の自動除草ロボット

生産者の参画を得て、現場ニーズを踏まえた、所得向上等に役立つ研究を実施します

**(2) 研究成果の「見える化」  
「アグリサーチャー」**

システムを構築し、研究成果、研究者の情報を整理・公表

生産者が最新の技術を利用できるようになります

例えば  
・作目・作業を選択し、探したい技術(研究成果)や研究者を検索(フリーワード検索も可能)  
・スマホ・タブレット対応

**(3) 熟練農業者のノウハウの「見える化」**

熟練農業者

熟練農業者が構築した果実

熟練農業者の技術・判断をアイカメラ等で記録し、解析

AI等による形式知化

対価

新規就農者

学習支援モデルを作成し、新規就農者等の学習、指導に活用

習得に数十年かかった技術が短期間で身に付けられます

参考資料「3. 農政新時代に必要な人材力を強化するシステムの整備」より抜粋

## 農業が抱える課題と人工知能やIoTの活用の可能性

### これまでの農業が抱える課題

#### 【農業就業者の減少・人手不足】

- 深刻な人手不足の進行  
きつい作業を含む多くの作業が未だに人手に依存。人手不足で生産維持が難しい地域も
- 勤や経験に頼る農業  
経験や勤に基づく作業が多く、新規就農者による習得には多大な時間が必要

#### 【収益性の確保】

- 伸び悩む生産性  
ほ場の差異に関わらず画一的な管理をしており、収量等の生産性の伸びは頭打ちに

#### 【未知のリスクの顕在化】

- 気象変動等による様々な新たなリスク発生  
異常気象や新たな病害虫の発生などこれまで経験のないリスクに直面

#### 【生産・流通・消費の連携・効率化】

- 変化し多様化する需要  
生産するだけのプロダクトアウト型の農業では、変化し多様化する需要への対応に限界
- 非効率さが残る生産・流通  
生産・流通等の各主体間の連携が不足

### AIやIoTを活用した農業

#### ロボット化・自動化された超省力農業

人手に頼っていた作業のロボット化や、農業機械の遠隔での操作や自動走行なども可能になり、大幅な省力化が実現

#### 誰もが取り組みやすい農業

熟練農家のノウハウを短期間で学べるシステム、病害虫の画像解析等で誰でも取り組みやすい農業を実現

#### データや科学を駆使した生産性の向上

ビッグデータの解析により、土壌、気象、作物等の因果関係が解明され、ほ場等に応じた最適な栽培管理を割り出し、収量向上が可能に

#### 気象変動等による新たなリスクに予測して対応できる農業

ビッグデータを基に、気象や生育の高精度な予測を可能にすることで先回りしてリスクに対応する農業を実現

#### マーケットイン型の農業の実現

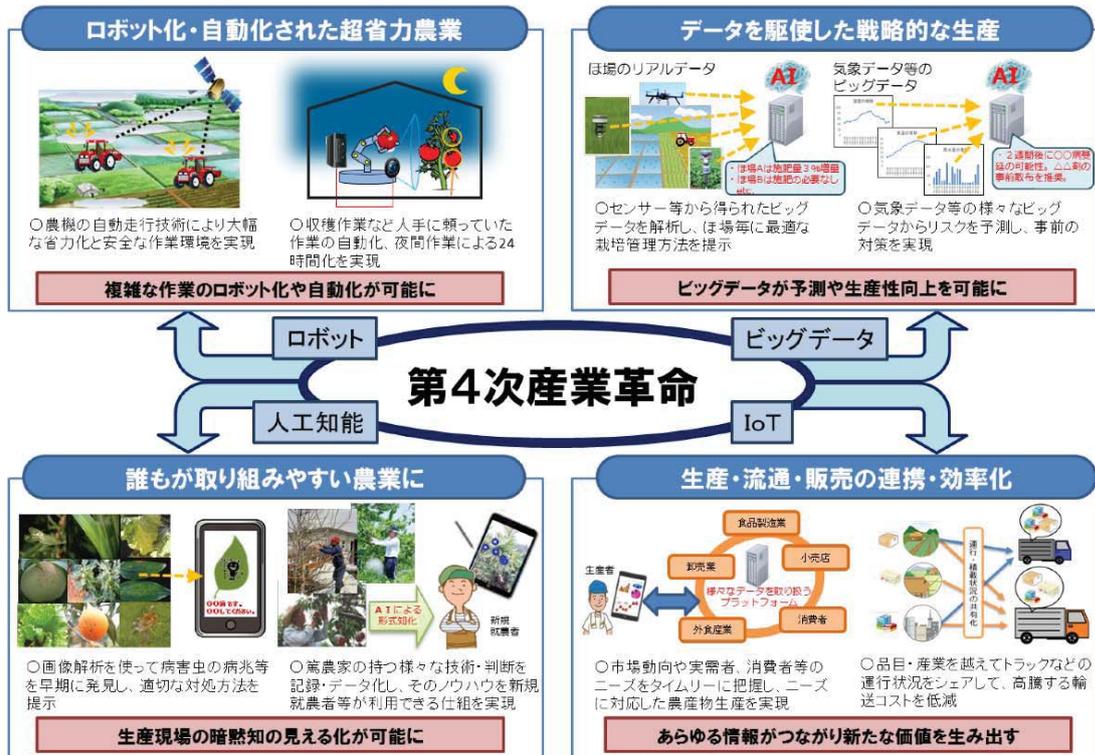
市場や流通業者、経営のビッグデータを活用して、様々なニーズに対応した戦略的な生産や販売を農家が行うほか、経営の効率化を実現

#### シェアリングや情報共有などによる効率化

生産・流通等の連携、資材・人材・流通等のシェアリング等による効率化

# AI、IoTを活用したスマート農業の加速化

- 人手不足への対応や生産性の向上を進めるためには、ICTを活用したスマート農業の推進が重要
- 今後人工知能やIoT等の先進技術により、生産現場のみならずサプライチェーン全体にイノベーションを起こし、生産性向上や新たな価値創出を推進



## 目標を明確にした戦略的技術開発

- ロボットやICTなどの異分野の企業とともに、農林漁業者にも参画してもらい、コスト等の開発目標を明確にして、現場への実装までを視野に入れた技術開発を実施

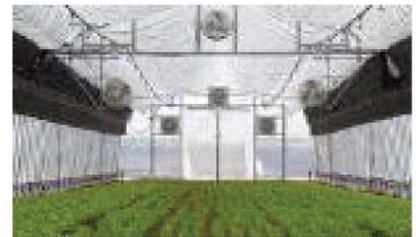
### 【取組の方針】

- ・ **ロボットやICTなどの異分野の企業**とともに、実際に開発技術のユーザーとなる**農林漁業者にも参画**してもらう。
- ・ 導入コスト等の**明確な開発目標**の下、**効率的な技術開発及び現場実装**を実施。

### 【研究開発課題例】



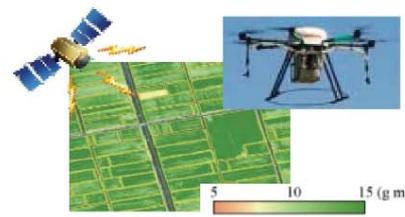
導入しやすい価格(50万円程度)の自動除草ロボット



新たな構造による低コストな園芸ハウス、労働生産性および品質向上のためのICTによる精密な自動環境制御システムの開発



低コストで省力的な水管理を可能とする水田センサー(目標価格:1万円)



衛星、ドローン等のリモートセンシングを活用した水稻等の**適期・適切な管理**による**高品質化**

# ロボット農機による自動走行システムの実現に向けた取組

- ◇ 平成28年3月4日に開催された「官民対話」において、安倍総理から①2018年までにほ場内での農機の自動走行システムを市販化すること、②2020年までには遠隔監視で無人システムを実現することについてご指示を頂いたところ。
- ◇ これを踏まえ、今後は安全性確保のガイドラインの策定、安全確保装置などの研究開発による技術の確立、安全に実施するための条件設定等の検討等に取り組む。

## 今後の取組

### 2018年 農機の自動走行システムの市販化

#### 【実現を目指す技術の内容(イメージ)】



- ロボット農機は、無人で自律走行(ハンドル操作、発進・停止、作業機制御を自動化)
- 使用者は、ロボット農機を常時監視し、危険の判断、非常時の操作を実施

写真は、使用者が別の農機に搭乗して無人機を監視する方法の例(有人-無人協調システム。協調作業で、1人で2つの作業が可能(例:耕耘+播種))

#### 【実現に向けた取組】

##### ○ 安全性確保ガイドラインの策定

- ① 平成28年3月18日にガイドライン(最終案)を公表

ガイドライン案には、安全性を確保するために製造者等が行うリスクアセスメントや保護方策の内容、使用者への訓練など関係者が果たすべき役割を明示



- ② ガイドライン案の有効性・妥当性を確認し、平成28年度末(2017年3月末)までにガイドライン策定

### 2020年 遠隔監視による無人システム

(現時点では研究段階)

#### 【実現を目指す技術の内容(イメージ)】



- ロボット農機は、無人状態で常時全ての操作を実施
- 基本的にロボット農機が周囲を監視して、非常時の停止操作を実施(使用者はモニター等で遠隔監視)
- 無人自動走行で、作業中のほ場から、隣接するほ場へ移動することも想定

#### 【実現に向けた取組】

- 研究開発等による技術の確立(安定性・確実性が極めて高い位置情報把握技術、人感知センサー等の危険回避装置など)
- 安全確保措置の検討、実施条件の設定

# データの標準化

- データの標準化は、農業情報の相互運用性・互換性を確保し、異なるシステム間で比較・活用を可能にするための基盤となる重要な取組
- このため、内閣官房IT総合戦略室等関係府省と連携し、農業情報の標準化の取組・普及を推進

## 個別ガイドラインの作成

<b>農作業の名称</b> 平成28年春 本格運用版策定 ・採種・稲取り等の農作業の標準的な名称を規定。 農林水産省	<b>肥料等に係る情報</b> 検討中 ・登録肥料に係る情報の機械判読が可能なデータ形式による提供のあり方について検討。 農林水産省
<b>農作物の名称</b> 平成28年春 試行版策定 ・農作物の名称について、稲・麦類等の大分類、小麦・大麦等の中分類を規定。 農林水産省	<b>環境情報のデータ項目</b> 平成28年春 本格運用版策定 ・温度、積算温度等を始めとする環境項目のデータ項目を規定。 ・規定外の項目もユーザーごとに拡張可能。 総務省
<b>農業に係る情報</b> 検討中 ・登録農業に係る情報のより利便性が高い提供のあり方について検討。 農林水産省	<b>データ交換インターフェース</b> 平成28年春 試行版策定 ・農業情報を異なるシステム・ユーザー間で交換するためのインターフェースを規定。 総務省

## 農作業の名称、農作物の名称に関する個別ガイドラインの活用例

【システムA】	【システムB】
月日 : ●月×日 農作業名 : 基肥 農作物名 : じゃがいも 作業時間 : ▲時▲分	月日 : ●月×日 農作業名 : 基肥施肥 農作物名 : 男爵 作業時間 : ▲時▲分
<b>農作業名ガイドライン</b> 大分類 : 基肥施肥 中分類 : 客土 資材配合 施肥 ...	<b>農作物名ガイドライン</b> 大分類 : 野菜 中分類 : なす ばれいしょ ピーマン ...

異なるシステム・生産者間でデータの共有・比較が可能となるとともに、ビッグデータ化を促進

# データを駆使した農業の展開

## ～ 農業データ連携基盤の構築 ～

- 担い手誰もがデータを駆使して生産性の向上や経営の改善に挑戦できる環境を生み出すため、データ連携機能やオープンデータの提供機能を有する「農業データ連携基盤」を本年中に構築。
- 併せて、ほ場の地図情報、市況データ、土壌データなど公的機関等の保有する情報のオープン化を進める。

### 農業データ連携基盤の機能

#### ✓ データ連携機能

ベンダーやメーカーの壁を超えて、様々な農業ICT間のデータ連携、農機やセンサー等のデータ連携が実現し、様々なデータを農家・各社が利用可能に

#### ✓ データ共有機能

一定のルールの下でのデータの共有が可能になり、データの比較や、生産性の向上に繋がるサービスの提供が可能に

#### ✓ オープンデータ提供機能

土壌、気象、市況など様々な公的データ等のオープンデータの整備により、農家に役立つ情報の提供が可能に

### 農業データ連携基盤の効果

#### 【データ連携の効果】



- ・システムやデータが連携することによって総合的な解析が可能になり、**低収水田の位置・要因を特定**
- ・要因にあった対策を講ずることで**収量を向上させることが可能**

#### 【オープンデータの活用の効果】



- ・データ連携基盤上に様々な**オープンデータを整備**し、使いやすい形で提供
- ・農家は連携基盤にアクセスするだけで欲しいデータを入手可能になり、より**戦略的な経営判断が可能**に
- ・各ベンダーはデータを利用して様々なサービスを展開

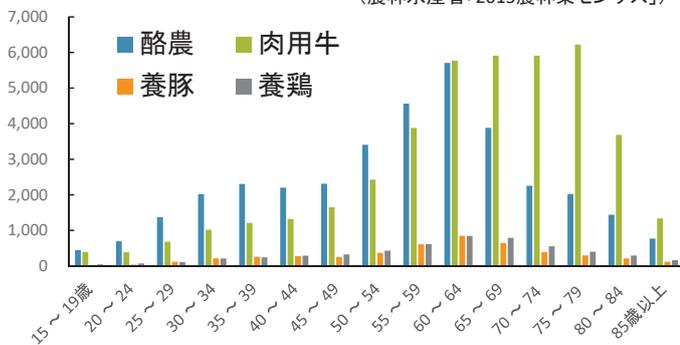
## 農林水産業（畜産分野）における課題

- 担い手の減少・高齢化の進行等により労働力不足が深刻な問題。
- 経営の規模拡大が進展するなか、作業の省力化・軽労化を図ると共に、生産性を向上させ収益を確保する必要。
- 乳用牛及び肉用牛の飼養頭数が減少しており、酪農及び肉用牛生産の基盤強化が必要。

### 高齢化の進行・深刻な労働力不足

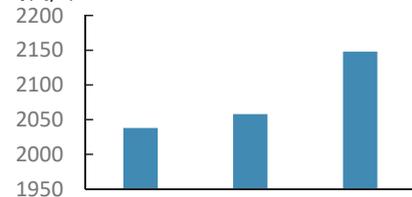
#### ○ 就業人口の年齢別構成

(農林水産省「2015農林業センサス」)



#### ○ 一人当たり家族労働時間(酪農)

時間/年



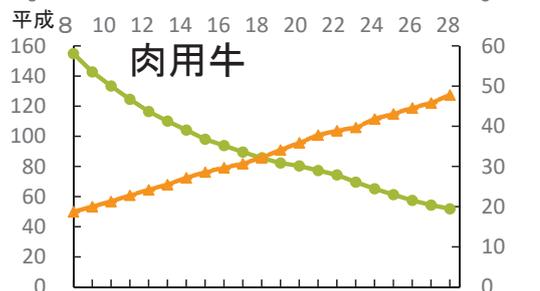
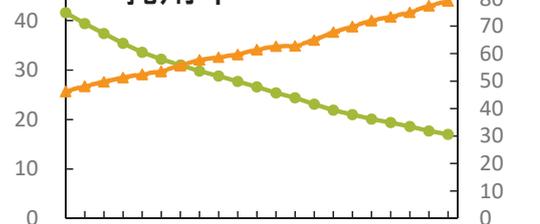
(農林水産省「畜産物生産費統計」)

### 飼養戸数の減少と規模拡大

#### ○ 乳用牛・肉用牛飼養戸数と1戸当たり頭数

戸数(千戸)

1戸当たり頭数



飼養戸数 (Green line)

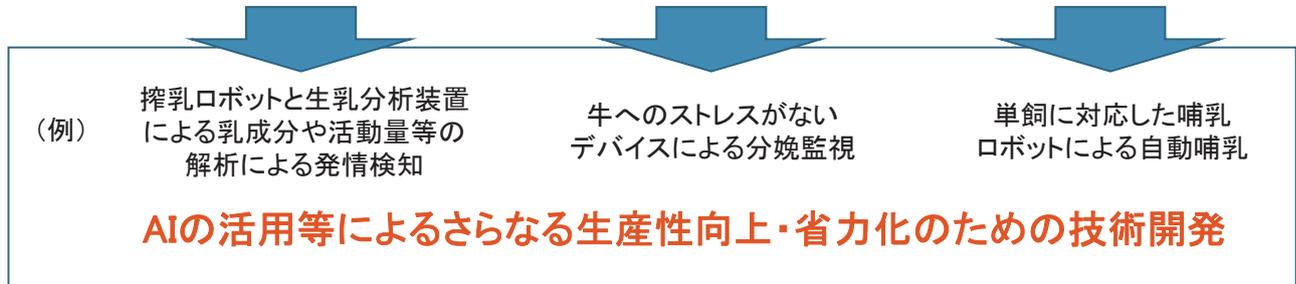
1戸当たり頭数 (Orange line)

(農林水産省「畜産統計」)

# ICTを活用した生産性向上・省力化技術：繁殖経営の例

- 肉用牛生産基盤の強化を図る上で、繁殖雌牛の分娩間隔の短縮や子牛の事故率低減、労働負担の軽減を図ることが重要。
- このため、ICT等の新技術を活用した発情発見装置や分娩監視装置、哺乳ロボット等の機械装置の導入を支援し、繁殖経営における生産性の向上と省力化を推進。

	発情発見	分娩監視	哺乳
機械装置	発情発見装置 (歩数計等)	分娩監視装置	哺乳ロボット
導入前	発情監視に毎日一定時間は人手が必要 (夜間の見落とし等で受胎率に影響)	分娩に近い牛について、事故がないように 24時間体制で監視	子牛1頭毎に1日2回以上哺乳するための 労力と時間が必要
導入後	発情が自動的にパソコンやスマホに通知 されるため、監視業務が軽減し、受胎 率向上が期待 Ex: 導入後、分娩間隔349日まで短縮 (全国平均405日)	分娩が始まると自動的に連絡が来るため、 長時間の監視業務が軽減 Ex: 導入後、分娩事故率が大幅に減少 (2.2%→0.3%)	子牛が欲しい時に自動的に哺乳される ため、省力化とともに、子牛の発育向上 に効果 Ex: 導入後、子牛の哺乳に係る労働時 間が80%低減。



# 人工知能に関する畜産分野の研究開発

…人工知能未来農業創造プロ (H29～)    …経営体強化プロ (H29～)    …先導プロ (H28～)    …地域戦略プロ (H28～)

乳用牛

ICT・ロボット・AIを活用した放牧技術による生涯生産性向上を可能とする乳用牛の育成技術の開発

次世代型ロボットによる視覚・体内から捉える飼養管理高度化システムの開発  
～ 搾乳ロボット及びセンシング技術の活用による個体情報高度活用システムの開発に向けて

乳用牛の泌乳平準化とAIの活用による健全性向上技術の開発

肉用牛

AI (人工知能) を活用した牧草生産の省力化・自動化技術の開発

動線解析技術を活用した分娩監視および健康管理システムの開発

中山間地域の和牛放牧等を利用した耕畜複合による収益向上と、それを支える乳肉共用経営による総合的なシステムの構築

AIやICTを活用した周年親子放牧による収益性の高い子牛生産技術の開発

AIを活用した家畜疾病の早期発見技術の開発

養豚

養鶏

人工知能ロボットを活用したブロイラー養鶏飼養衛生管理システムの開発

# 農業用ロボットに関する畜産分野の研究開発

…人工知能未来農業  
創造プロ (H29～)

…経営体強化プロ  
(H29～)

…先導プロ  
(H28～)

…地域戦略プロ  
(H28～)

## 乳用牛

酪農生産基盤強化に向けた個別別哺乳ロボットと飼養管理データの高度活用による乳用子牛等の精密哺乳・哺育システムの開発・普及

次世代型ロボットによる視覚・体内から捉える飼養管理高度化システムの開発  
～ 搾乳ロボット及びセンシング技術の活用による個体情報高度活用システムの開発に向けて

有人車両とロボット車両の協調作業によるサイレージ踏圧作業体系の省力化

AI (人工知能) を活用した牧草生産の省力化・自動化技術の開発

## 肉用牛

新規な哺乳ロボットとセンサー・IoTを活用した和牛子牛の革新的生産技術開発

## 養豚

豚舎用日本型洗浄ロボットを中核とした省力的な衛生管理システムの開発

## 養鶏

人工知能ロボットを活用したブロイラー養鶏飼養衛生管理システムの開発

## イーソルのAIへの取り組み

イーソル株式会社 事業推進室  
佐藤 幸晴



eSOL CONFIDENTIAL

1

### 内容

- イーソルについて
  - 組込みソフトウェア
  - 特機事業製品
- AIとは
- AIの歴史
- AIの種類
- AIと機械学習、ディープラーニング
- ディープラーニングとは
- ディープラーニング（概念）
- イーソルのAIへの取り組み
- AI適用の可能性



eSOL CONFIDENTIAL

2

# イーソルについて

## 基本情報

設立	1975年5月 (エルグ株式会社として設立)
資本金	2億65百万円
売上高	64億2百万円 (2016年12月期)
従業員数	365人 (2016年12月期)



## 主要取引先・顧客

ARM Ltd., ソニーグループ各社, コニカミノルタグループ各社, 株式会社ニコン, エプソングループ各社, 日立グループ各社, パナソニックグループ各社, 三菱電機グループ各社, キヤノン株式会社, リコーグループ各社, ヘックマン・コルター株式会社, オリンパスグループ各社, オムロングループ各社, トヨタ自動車株式会社, 日産自動車株式会社, 株式会社本田技術研究所, マツダ株式会社, ダイハツ工業株式会社, 株式会社デンソー, 株式会社オーバス, アイシン・エイ・ダブリュ株式会社, 日本電産グループ各社, 株式会社ネクスティ エレクトロニクス, Continental グループ各社, Robert Bosch Car Multimedia GmbH, Delphi Automotive, プラザー工業株式会社, ダイキン工業株式会社, 任天堂株式会社, 京セラ株式会社, 村田製作所グループ各社, サトーグループ各社, 国立大学法人名古屋大学, 富士通グループ各社, NECグループ各社, 東芝テック株式会社, 伊藤ハムグループ各社, 日本ハムグループ各社, 森永乳業グループ各社, 江崎グリコグループ各社, 明治グループ各社, ヤクルトグループ各社, ソフトバンク株式会社 (敬称略、順不同)

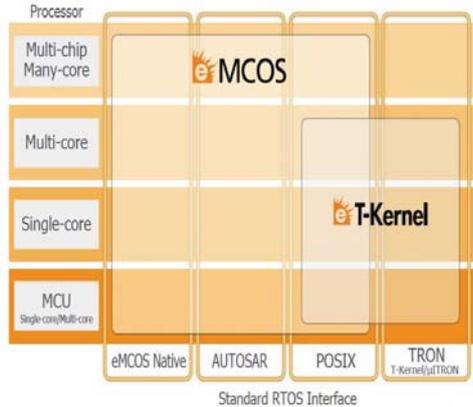


## 沿革

1975	5月29日会社設立 (エルグ株式会社)
1986	リアルタイムOS <b>MKP86</b> 発売
1997	<b>PrKERNEL</b> (μITRON仕様準拠リアルタイムOS) 発売
2001	イーソル株式会社へ社名変更 <b>eBinder</b> 発売
2005	<b>eT-Kernel</b> (次世代のμITRON、T-Kernel拡張リアルタイムOS) 発売
2006	<b>eT-Kernel Multi-Core Edition</b> 発売 <b>eSOL Emusen</b> 発売
2011	<b>eSOL ECUSAR</b> 発売
2012	<b>eMCOS</b> (メニーコアプロセッサ向けリアルタイムOS) 開発 <b>eSOL Dr.CAN</b> <b>eSOL Dr.Repro</b> 発売
2014	<b>eSOL AGRInk</b> シリーズ 開発
2015	子会社 イーソルトリニティ株式会社を設立 <b>eT-Kernel</b> が機能安全規格 ISO 26262 ASIL D (自動車) / IEC 61508 SIL 4 (産業機器) のプロダクト認証を取得
2016	デンソー、日本電気通信システムとの3社合併により株式会社オーバスを設立 <b>eWeaver</b> 発売 <b>eMCOS AUTOSAR</b> 開発 当社のリアルタイムOS製品開発プロセスが医療機器向け安全規格「IEC 62304」の認証を取得

## 組込みソフトウェア

# リアルタイムOS製品

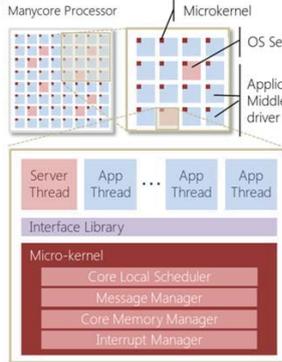


## eMCOS スケーラブルリアルタイムOS

eMCOS (エムコス) の特長

- スケーラビリティ
  - ホモジニアス/ヘテロジニアス・マルチコア/メニーコアに対応
- 分散型マイクロカーネルアーキテクチャ
- サーバ・クライアントモデル
- リアルタイム性とパフォーマンスの両立
- 既存資産の高い再利用性

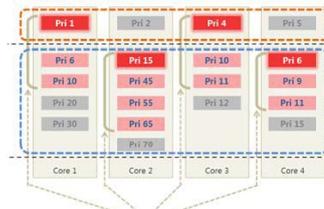
### eMCOS 特長：堅牢な自律分散協調システムを実現



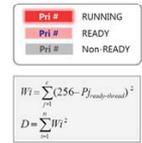
#### 分散型マイクロカーネルアーキテクチャ

- 従来OSのスケラビリティ問題を解決
    - ✓ シングルコアOSベースなのでOS自体の並列化が簡単
    - ✓ キャッシュコヒーレンスへの強い依存
  - 各コアごとに小さなマイクロカーネルを配置してコア内の制御を行う
  - コア同士はメッセージパッシングで連携
- #### サーバ・クライアントモデル
- 透過性を実現 (システム上の各機能がどのコアに配置されているか意識せず利用できる)
  - クライアントからのサーバ呼び出しは、メッセージ送信により行う
    - ✓ サーバ：他のプログラムに対し特定のサービスを提供するプログラム
    - ✓ クライアント：サービスを依頼するプログラム

### eMCOS 特長：リアルタイム性とパフォーマンスの両立



- **Hard real-time threads:** These threads are guaranteed to run whenever its ready
- **Soft real-time threads:** These threads are load-balanced



特許取得済

Threads used for load calculation: Any ready thread, including running, regardless of thread group

センプライオリティベーススケジューリング  
JP PAT 5734941 and 5945617

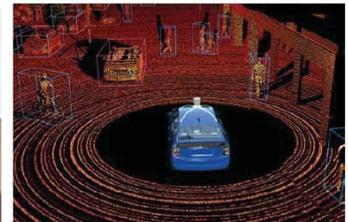
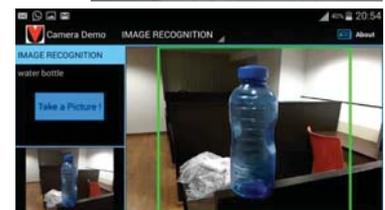
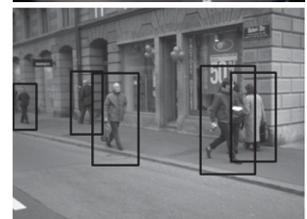
©eSOL Co., Ltd. All rights reserved.



©eSOL Co., Ltd. All rights reserved.

# 画像処理ソフトウェア

- 超高速コンピュータビジョンライブラリ
  - 印Uncanny Vision社製UncannyCV
  - ARM NEON搭載プロセッサ向け
  - OpenCVに比べ2~20倍高速
- 組み込み向けディープラーニング認識ライブラリ
  - 印Uncanny Vision社製UncannyDL
  - ARM NEON搭載プロセッサおよびIntel ATOM向け
- 人認識
  - 顔検出・パーツ検出 (瞬き/笑顔/顔向き/視線/性別/年齢)
  - 顔認証
  - 人物検出・トラッキング



# パートナー製品ソリューション

国内外の優れたパートナー製品で、高付加価値を提供

- マイコン向け
  - RTOS・開発環境：UCT μT-Kernel 2.0 GCC開発キット
  - 組込み用小型SSL/TLS：wolfSSL社製 CyaSSL
- 画像処理・画像認識
  - ディープラーニング（深層学習）ライブラリ：Uncanny Vision社製UncannyDL
  - 超高速コンピュータビジョンライブラリ：Uncanny Vision社製UncannyCV
  - ジェスチャー認識・顔認識他：PUX社製 ソフトセンサーシリーズ
- ユーザインタフェース
  - ジェスチャーUI：PUX社
  - 2D/3DグラフィックUI：G-tree BNT社製 FXUIシリーズ
- ソフトウェアコーデック
  - PUX社製：MediaArtistシリーズ



7

## 特機事業製品

# スマートアグリソリューション

Geminusシリーズで培ってきた高い耐環境性能を活かして、農業のIT化を推進。徹底した製品の低コスト化へ。

一般ユーザーにも手軽に使用してもらえらる製品展開

## 次世代農業経営の実現に貢献

様々なセンサーで環境データを収集蓄積します

1. 天候まかせの農業から、計画的な安定出荷へ
2. データ活用により、効率的な農業経営を実現します

## 農場に限定せずに様々な場所での利用が可能に

農場監視システムは、利用場所を「農業」だけに限定せず、様々な場所で利用が可能

- ・ 遠隔地の気象モニタリング
- ・ 放射線モニタリング
- ・ 施設等の夜間監視
- ・ 河川、湖沼の水位監視
- ・ ごみの不法投棄監視



## アグリ関連製品

### 農場監視システム

#### eSOL AGRInk Server

- ・ 内蔵センサのデータをWi-Fiや3G回線を利用してパソコンやクラウドに蓄積することが可能。
- ・ データ確認ソフト（ライト版）を標準添付。
- ・ 設定されたセンサ値でメールの自動送信や外部機器のON/OFFが可能。
- ・ ソーラーパネルを採用し、電源の無い場所でも利用が可能。



### CO2コントローラ

#### eSOL AGRInk CO2CON

- ・ 出力が2系統あるため、2台同時の制御が可能です。
- ・ CO<sub>2</sub>発生機の自動制御を行い、CO<sub>2</sub>の濃度や温度などのデータをSDカードに保存可能。
- ・ 本体にファンを採用しハウス内のCO<sub>2</sub>濃度変化にすばやく対応。



※製品は現在開発中であり、予告なく機能・仕様の変更が発生する場合がございます。

9

# 流通システムソリューション

高度な耐環境技術で、食肉・冷菓業界シェアNo.1。

ハンディ端末、車載プリンタと、システムを組み合わせ、包括ソリューションの開発・販売

## ハードウェア耐環境技術

- ・ -30℃～50℃の使用環境に耐えうるハンディターミナルの自社開発
- ・ 高温度、振動、チリ・ホコリの車両内環境に設置する車載プリンタの自社開発
- ・ 培った耐環境技術をもとに、ハードウェアの企画・提案・受託開発サービスも提供

## ハード、ソフト開発とサポートを組み合わせたトータル力

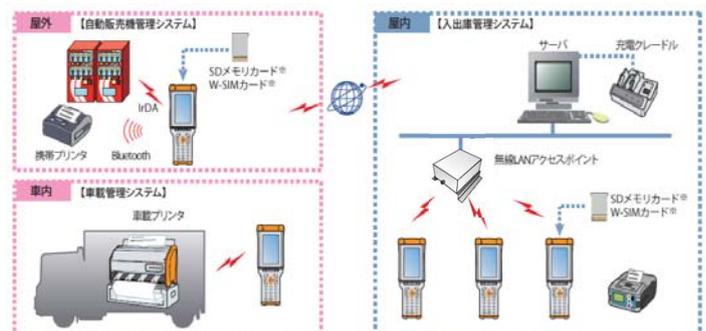
- ・ 指定伝票発行、自動販売機管理、入出庫管理などの各種システムと組み合わせ、納品現場・倉庫とオフィス内基幹システムとの連携を支援

## 国際線空港 貨物地区をはじめ、卸売、小売、倉庫、製造、運送業で幅広い導入実績

### eSOL Geminus



納品現場とオフィス内基幹システムの連携



10

# 事例

## 豊富な採用実績

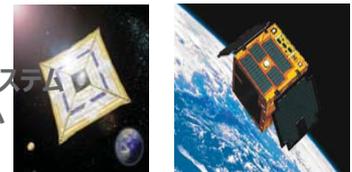
5500ライセンスを超える  
eBinder販売実績と  
840製品を超える  
採用実績

### 車載機器

カーナビ/カーオーディオ  
マルチインフォメーションディスプレイ  
ヘッドアップディスプレイ  
ドライバースペース監視システム  
車内監視システム



### 航空宇宙



自動運転プラットフォーム  
ステレオカメラ  
ADASシステム

周辺監視システム  
自動駐車システム  
車両位置測位システム

### 工業用機器



### コンシューマ機器



Nintendo Switch  
Wii, Wii U...

### その他多数



# AIとは？

## AIとは

- 【定義】
  - 私の理解は「人間が持っている知恵や知能をコンピュータ等を使って実現（再現）させるもの」
- 【実情】
  - 実際はAIについて明確な定義はできてない！
  - 知恵や知能について明確に定義できてないのが理由

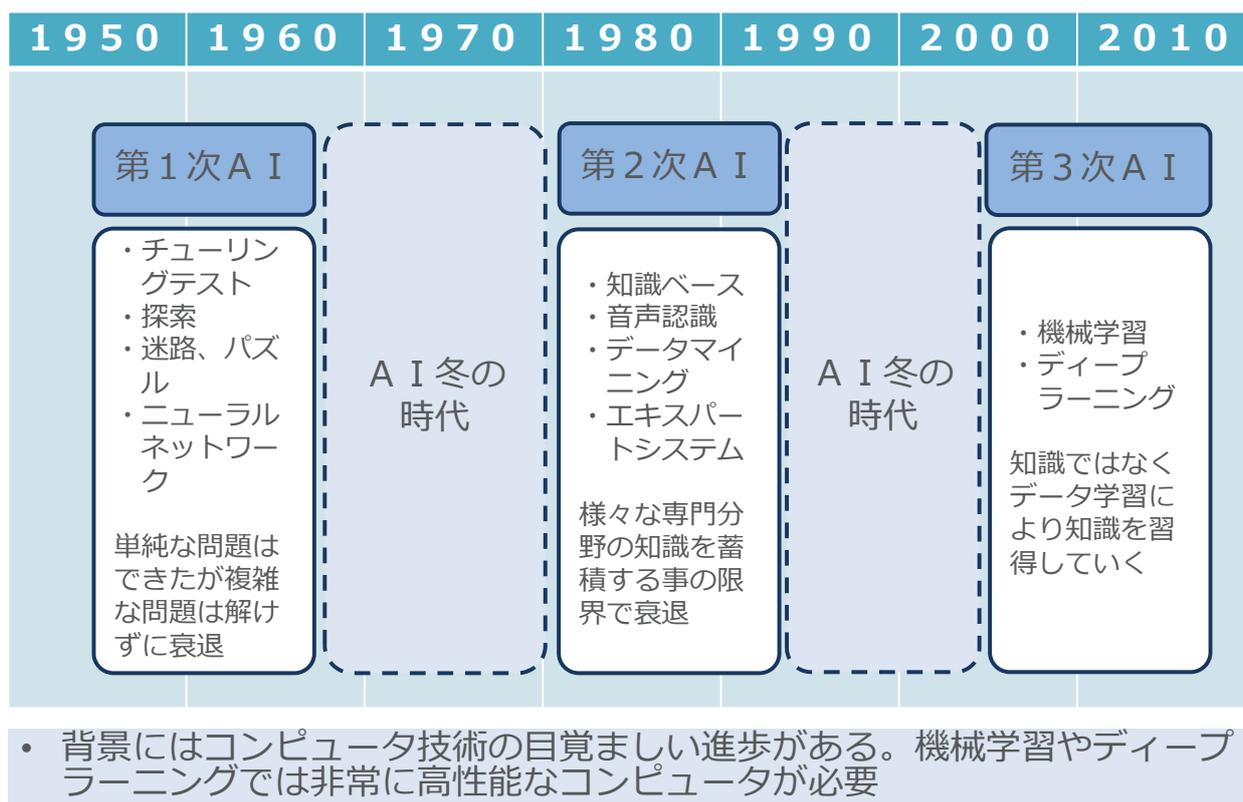
# A I とは

- 一般的に「A I」といったら。。。。
- 米国Google社の子会社「DeepMind社」が開発した「AlphaGo」
- クイズ番組などでおなじみの米国IBM社の「Watson」
- iPhoneに搭載されてる米国Apple社の「Siri」
- かわいいコミュニケーションロボット型のソフトバンク社「Pepper」



15

## A I の歴史



16

# A I の種類

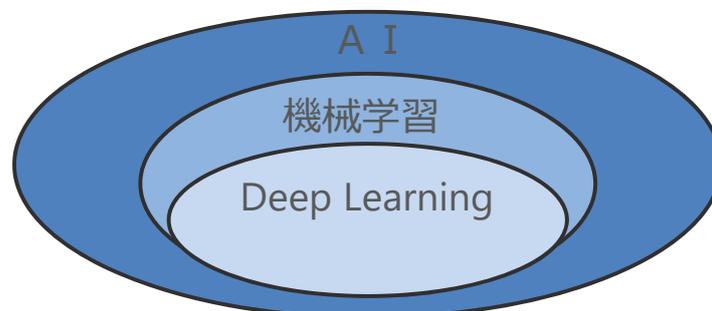
- A I は大きく 2 種類
  - 汎用型の A I
    - 様々な状況（領域）において対応できる A I
  - 特化型の A I
    - 特定の状況（領域）において対応できる A I
      - チェス、将棋、囲碁を行う A I
      - 画像をみて認識（判断）を行う A I
      - 自動運転を行う A I
- 現時点で実現されているのは「特化型 A I」のみ。
  - 目標は「汎用型 A I」つまり人間もしくは人間を超えるもの



17

# A I と機械学習、ディープラーニング

- それぞれの関係
  - A I と機械学習、ディープラーニングは以下のような関係性



- つまり機械学習やディープラーニングは A I における技術（アプローチ）の一つ



18

# ディープラーニングとは

- ディープラーニング

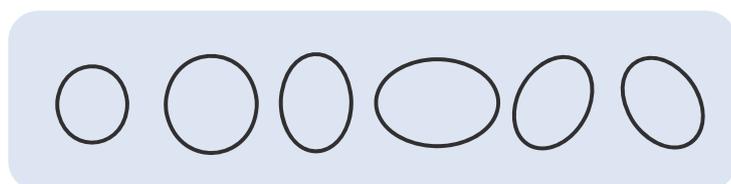
- 「深層学習」と呼ばれ機械学習の1種のニューラルネットワーク（人間の脳の神経細胞を模擬したアルゴリズム）を多層化したもの
- 幾つかの種類がある
  - C N N (Convolution Neural Network)
    - ・ 画像認識処理などで使う
  - R N N (Recurrent Neural Network)
    - ・ 音声の波形や動画、文章などの時系列データを扱うようなもの。欠点は長時間のデータは不得手
  - L S T M (Long Short-Term Memory)
    - ・ R N Nの欠点を解消したもので自然言語処理などで実績



19

## ディープラーニング（概念）

円を学習させる場合、様々な円がある



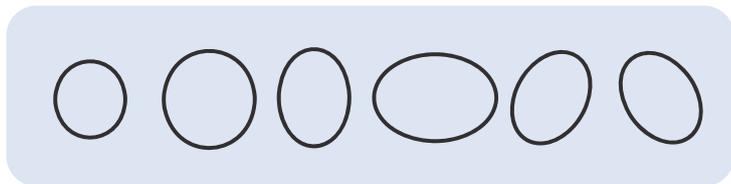
少ない数の学習結果には  
色々な円の特徴が混ざり  
残ってしまう（ノイズ）



20

# ディープラーニング（概念）

更に学習を進めていくと。。。。

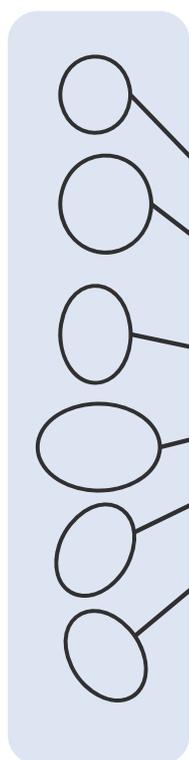


全ての円で特徴的な部分（共通な部分）だけが残る。円の**本質的な特徴情報**が学習結果として得られる



21

# ディープラーニング（概念）



どんな円が入力されても、円の特徴情報（本質）を知っているので答えを導き出せる



答え：円



22

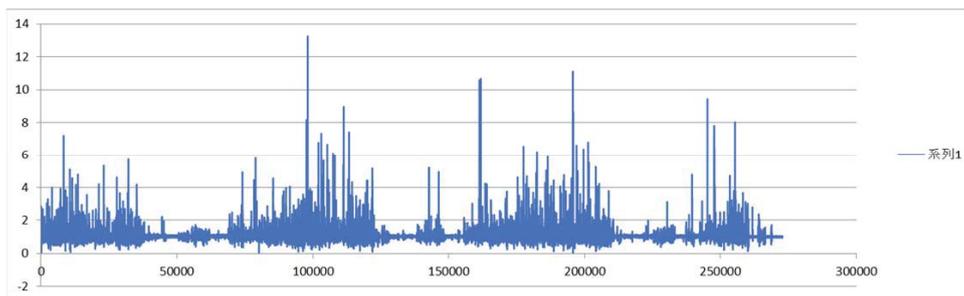
# イーソルのA I への取り組み

## イーソルのA I への取り組み

- A I との出会い
  - コンピュータを使った画像認識で限界
    - 画像内の特徴をプログラムで検出
    - プログラムされていないものは検出出来ない！
  - 解決策は「ディープラーニング」
  - 本プロジェクトでは、この「ディープラーニング」使ってシステム構築

# イーソルのA I への取り組み

- ディープラーニングの牧農への適用
  - 牛の発情時の運動量の変化（動きの特徴）を学習
  - 乗駕行動など大きな動きだけに着目しない
  - その学習結果から発情予測（推定）を行う
  - 運動量の計測は首輪装着の加速度センサー



25

# イーソルのA I への取り組み

- 牧農ディープラーニングシステムの構成



26

# イーソルのA Iへの取り組み

## ・ 牧農ディープラーニングシステムの流れ

・ 学習データ計測（収集）



・ データの加工



・ データの学習



・ 計測データの推定



・ 判定結果の出力

運用前に実施

運用時に実施



27

# イーソルのA Iへの取り組み

## ・ 学習データ計測（収集）

・ 牛の首輪に計測装置を装着

・ 非発情時の計測データと発情時のデータを収集

・ データは加速度センサーから取得したもの

・ 微細は振動データではなく運動量データとして扱う



計測データ



ハイスペック  
学習用P C

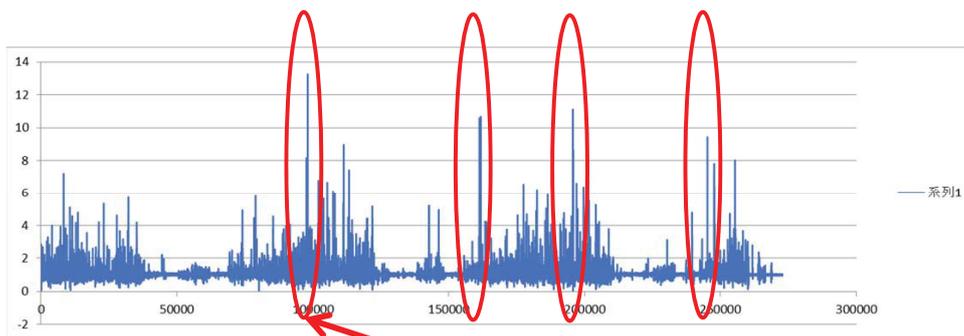


28

# イーソルのA I への取り組み

## • データの加工

- 計測データには牛の衝撃によるデータがノイズとして含まれている為、これらをプログラムで自動的に排除する



このようなデータは排除



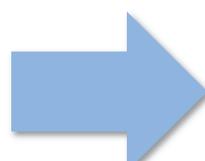
29

# イーソルのA I への取り組み

## • 計測データの学習

- ノイズが除去されたデータにより非発情時のデータ及び発情時のデータを牧農ディープラーニングにより学習
- 学習にはものすごい計算が必要な為、ハイスペックなP Cにて実施。
- 学習結果はクラウドに取り入れられる

※ここまでが運用前に実施する内容



学習結果



ディープラーニング処理

クラウド



30

# イーソルのA I への取り組み

- 計測データの推定

- 対象となる牛から一定間隔で測定データはクラウド上に集められる
- クラウド上で学習済みデータを使って集められた測定データの推定を実施

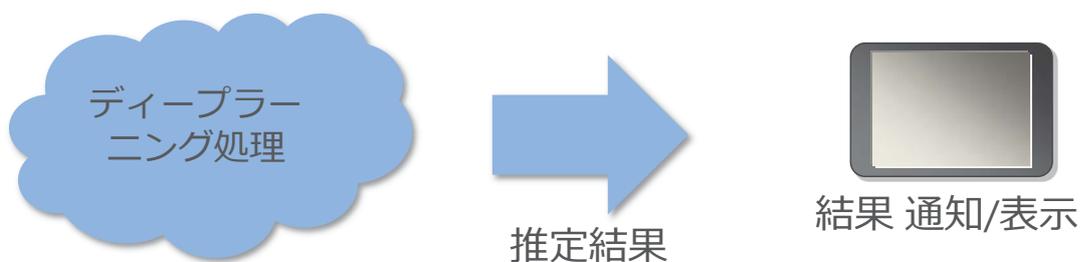


31

# イーソルのA I への取り組み

- 判定結果の出力

- 発情が予測される牛を判定した場合、クラウド上に記録すると共に利用者へ通知される



32

# イーソルのA I への取り組み

- 牧農ディープラーニング関連のサービス
  - 牧農におけるディープラーニングを使ったシステムの受託開発
  - 牧農におけるディープラーニングの学習環境の構築
  - 牧農におけるディープラーニングに関するコンサルティング



33



## A I 適用の可能性

# A I 適用の可能性

- 牧農ディープラーニング適用の可能性
  - 今回は発情予測にディープラーニングを適用したが、法則性のある大量のデータや画像データなどがあれば、牧農ディープラーニング適用の可能性あり
  - 但しディープラーニングも万能ではないので、データを入れれば勝手に答えが出るわけではない。然るべき入力と調整が必要。
  - また、答えを出した理由（詳細）については教えてくれない。人間の「感」のようなもの。。。



35



Thank you.

[www.esol.co.jp](http://www.esol.co.jp)

## ICT を活用した放牧牛の情報収集システム

農研機構 畜産研究部門

喜田 環樹

### はじめに

近年、様々な産業分野で、センサデバイスの情報を収集し情報を統合する ICT（Information and Communication Technology）の活用や、インターネット等を経由してセンサデバイスのデータを通信する IoT（Internet of Things）、IoE（Internet of Everything）の技術開発が進み、従来はコスト的・技術的に導入が困難だった農業分野においても、多くの取り組みが報告されている（産業開発機構 2016）。

畜産分野でも ICT 技術について様々な取り組みがなされ、特に酪農分野は取り組みが進んでいる。乳牛では、首や足に装着された個体識別装置と、搾乳機や給飼機等の牛舎施設機器とが連動し、飼養管理データベースにより乳量や個体管理情報等が「見える化」され、農家はその情報をもとに乳牛の管理を行うことが一般化している。また肉用牛では、牛に取り付けた活動量や体温センサから得られた情報を無線通信し、牛の行動パターン変化やセンサによる体温情報等から、発情や分娩兆候を発見する手法が普及してきている。

一方、放牧での ICT 技術の取り組みはまだ普及していない。しかしながら、安定した乳肉牛生産には、低コストでの子牛生産・育成を支援する技術開発が不可欠であり、放牧においても従来は経験と勘に頼っていた草地管理や使用管理を、ICT や IoT の導入により「見える化」し、放牧牛の発育や発情等の生体情報管理をすすめ、畜産農家が放牧飼養のメリットを享受できる技術体系を開発することは重要と考えられる。

本発表では、ICT 技術を用いた放牧牛用の情報収集システムについて述べる。

### 1. 家畜飼養管理における ICT 技術

家畜飼養管理における ICT 技術は、①個体識別技術、②個体識別手法を核とした飼養管理技術へと進み、③個体識別装置にセンサ情報を付記して ICT 化する技術へと発展してきている。

#### 1) 個体識別技術

動物の飼養管理において、個体識別は重要である。家畜では首輪、足輪、耳標識等による個体識別が行われている。2001 年に発生した BSE 対策として、現在牛では耳標による全頭管理が実施されており、耳標に記載されている番号（10 桁の数字）とバーコードによる管理およびトレーサビリティが実施されている。耳標に用いられるバーコードは安価なで広く普及している手法であるが、読み取りは専用リーダーをバーコードに近づけて読み取る必要があり、自動化は困難である。

自動的に個体識別可能な手法として、1980年代から無線 IC タグが普及している。当初無線 IC タグは、電池を持たずに、アンテナからの電波をうけて、その電波を電流に変え駆動し電波を返信するパッシブ型であった。パッシブ型タグはアンテナとの通信距離は数cm程度と短い。しかしながら、アンテナから電波を発信し続けることで、アンテナ通信圏内の複数の無線 IC タグの情報を自動で読み出し可能である。その後、無線 IC タグに電池を内蔵し、返信電波を強化してアンテナとの通信距離が長いセミパッシブ型が開発された。さらに、無線 IC タグから定期的に電波をアンテナにむけて送信するアクティブ型の無線 IC タグが開発され普及している（表 1）。アクティブ型では、万歩計等のセンサを内蔵し、センサ情報を付記して送信する ICT 化が図られ、近年は加速度センサ等を内蔵する製品も各社より販売されている。

表 1. ID タグ、無線 IC タグとの比較

	読み書き	電池有無	通信距離	通信タイミング	畜産での利用
IDタグ					
バーコード	読み出しのみ	-	50cm程度	リーダーから	共通耳標
QRコード（2次元バーコード）	読み出しのみ	-	50cm程度	リーダーから	
無線ICタグ（RFID方式）					
パッシブ型	読み出しのみ	無	2 m程度	アンテナから	乳牛用IDタグ
セミパッシブ型	読み書き	有	10m程度	アンテナから	乳牛用IDタグ
アクティブ型	読み書き	有	10～100m程度	タグから	乳牛用IDタグ 発情検出装置

## 2) 酪農における ICT 技術

搾乳牛では首や足に個体識別タグが装着され、個体識別タグの読み取りアンテナは、搾乳室や配合飼料飼槽等に設置され、搾乳・採食時に個体情報を収集する。専用管理ソフトは、牛個体の乳量、発情検出、繁殖カレンダー機能等多くの機能を有し、膨大な牛の生体情報を自動収集する飼養管理データベースとなっている。また個体識別タグによる飼養管理手法は、搾乳施設での利用のみならず、配合飼料給飼機等の牛舎施設機器の運用や、搾乳ロボットの自動制御にも応用されている。

搾乳牛用の個体識別タグは3万円/個程度である。個体識別タグは樹脂ケース等に密閉され耐水性・耐衝撃性をもつ。電池内蔵のものでは数年駆動できるものが多い。しかしながら、メーカーにより仕様が異なり、互換性がないため、個体識別タグや通信プロトコルの共通化・オープン化は進んでいないのが実情である。



a) 搾乳牛用パッシブ型無線ICタグ



b) 搾乳牛の首輪に装着している様子



c) 無線ICタグの読み取りアンテナ  
(搾乳ロボット搾乳室)



d) 無線ICタグの読み取りソフトウェア  
(搾乳ロボットの制御プログラム)

図 1. 酪農用牛個体管理システムの事例

### 3) 肉用牛における ICT 技術

肉用牛では搾乳牛と異なり、牛舎施設機械が少ないことから、酪農のような個体識別用の無線ICタグは普及していない。しかし繁殖農家にとって、発情管理と分娩管理は重要であり、発情検出機（歩数記録方式、乗駕行動検出式（福重ら 2015））や分娩検出機（腔温計測方式、ライブカメラ方式）といった機器が普及してきている。

これらの牛にとりつけるデバイス（歩行数や乗駕検出スイッチ）は種付け期間や、分娩間近の牛に取り付け、その情報は牛舎内に設置された受信機に無線通信される。その発情や分娩検出デバイスは、各種センサと通信機能を一体化され、電池を内蔵するアクティブ型で、通信距離は 50m～100m 程度である。牛デバイスから収集したデータは、パソコン等で解析され、必要に応じて携帯端末等に通知される仕組みとなっている。農家は牛舎にいらなくても、牛の発情や分娩の情報・状況を知ることができる。

酪農施設用 ICT デバイスと同様、現時点では各社デバイスおよびデータの通信手法はメーカーにより異なり、共通規格化は進んでいない。

#### 4) 他の動物用 ICT 技術

ペット用途では、個体識別用の無線 IC タグとして、皮下埋設式のマイクロチップが普及している。マイクロチップは生体適合ガラス内に無線 IC タグが密閉されており、専用リーダーにより情報を読み取り可能である。この皮下埋設式マイクロチップと専用リーダーとの読み取り距離は 5 cm 程度と短い。加えて日本では食肉への混入防止を避けるため、家畜でのマイクロチップ利用は行われていないことから、放牧へ利用は困難である。

他に野生動物の行動観察用のビーコンタイプの位置計測首輪が市販化されている。ビーコンの通信距離は最大 2 km 程で、専用受信アンテナを用いることで位置推定が可能である。一部では、ビーコンタグと、GPS を組み合わせて、対象動物の位置検出が可能なものもある。

また鳥や昆虫等の小動物に体表面に取り付け可能な非常に小型のセンサデバイスも開発されている。これらデバイスは基本的にはデータロガーで、データの回収はデバイスの回収時に行われる。一部では無線通信機能も実装されつつあり、家畜行動分野への適用も期待される。

#### 5) 新たな牛用 IoT 機器

近年、上記の酪農機器メーカー等による専用デバイス以外に、新たな牛用 IoT 機器が開発されつつある。免許なしで屋外利用可能な無線通信規格（技術基準適合証明）を取得し、長距離通信可能で、データ通信費なしに利用できる無線 IC タグが開発されている。特に周波数帯 2.4GHz 帯で ZigBee (Xbee) 規格や BLE (Bluetooth Low Energy) 規格の畜産分野での利用が期待されている（図 2）。

ZigBee は、比較的長距離でデータ通信が可能で、中継局機能を有することから屋外での通信ネットワーク構築が容易である。BLE はスマートフォンに実装され広く普及しており、小型で低消費電力である。BLE を通信距離 10~30m 程度であるが、BLE を用いれば、専用のデータ受信システムを用いることなく、汎用のデバイスで安価に IoT 機器が構成できる。

また動物の行動を記録する手法として、3 軸加速度センサ値を用いた解析手法が報告されており、牛の場合では 3 軸加速度センサのログデータから採食・反芻・休息等の行動識別が可能と報告されている（渡辺ら 2013）。

その中 2016 年から、BLE の技術を核とし、汎用部品（マイコン、3 軸加速度センサ、バッテリー等）を組み合わせ、オープンプラットフォームで構築する安価な牛モニタリングデバイスと、そのデータを元にクラウドサーバー（AWS、Azure 等）を用いて牛の行動（採食、反芻、休憩）行動や活動量を解析して、飼養牛の健康状態や発情検出を行い、農家へパソコンやタブレット情報提供するシステムが市販化され、酪農家・繁殖農家で急速に普及しつつある（FarmNote 社、デザネス社）。これらの新デバイスは、将来的には牛舎施設機器と連動し、様々な場面でのデータ利用が容易になると考えられる。

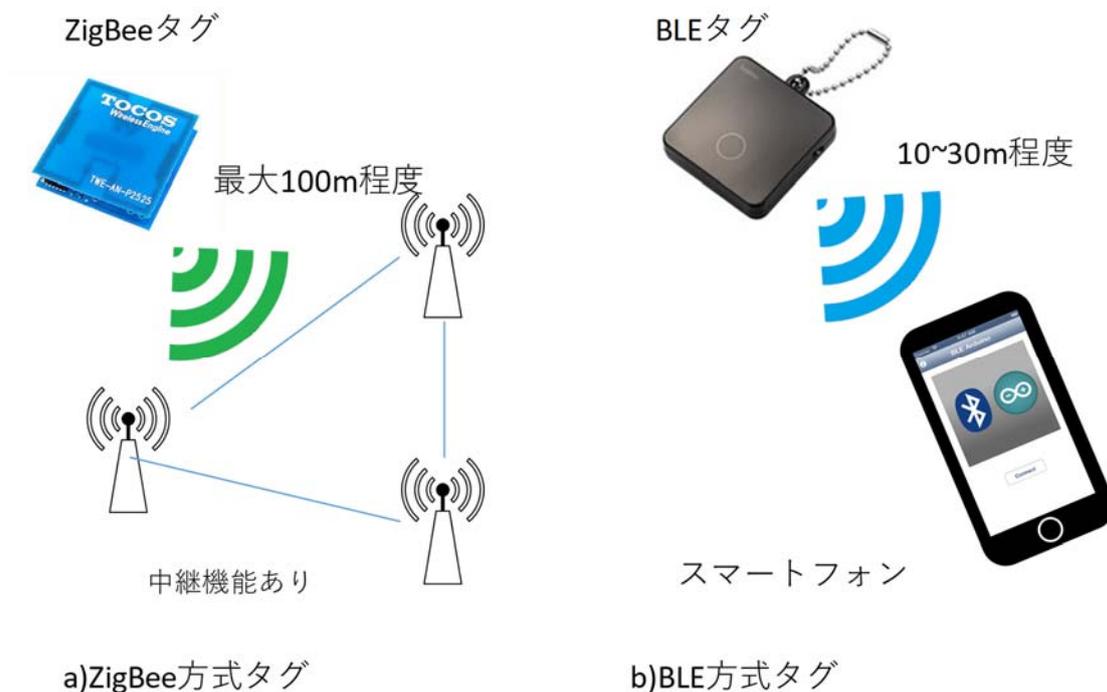


図 2. 無線 IC タグの事例

## 6) 放牧への ICT 技術の適用

放牧での ICT 技術の適用場面としては、従来管理者が行っていた家畜管理や草地管理の作業をその場になくても可能となるモニタリング手法や、見える化が想定される。そのための技術要素として、牛位置を検出し、脱柵等の安否確認や、牛の発情や分娩兆候の検出、飲水施設や電気牧柵の状況のモニタリング等があげられる。

既に牛舎用に開発されたセンサデバイスによるモニタリング手法や ICT 技術は放牧牛に対しても有用と考えられる。しかしながら、現状の機器を放牧地で利用した場合、センサデバイスと受信機間の距離が長く、結果データ欠落が生じることが報告されている（後藤ら 2010）。たとえば牛にとりつける無線 IC タグの通信距離は最大 100m 程度で、BLE の場合は 30m 程度である。現状の機器をそのまま放牧で利用する場合、多数のアンテナ局を放牧地に設置する必要があり実用的ではないと考えられる。また放牧地の場合電源設備がないことや携帯電話網が利用出来ない場合も多いことから、受信機側の電源確保、受信機からデータをサーバー等へ通信する手法が課題と考えられる。

そのような通信距離面での課題解決には、サブ GHz 帯（920MHz 帯）を使用する LoRa、Wi-Sun 等の導入が期待される。これらの通信規格は、データ転送量と通信速度に制約があるものの、省電力で長距離（数 km）通信可能なため、ガス・電気メータ等の管理手法として普及しつつある。放牧地のように広大で電源確保が困難な場所での無線通信環境の構築への適用が期待される（図 3）。

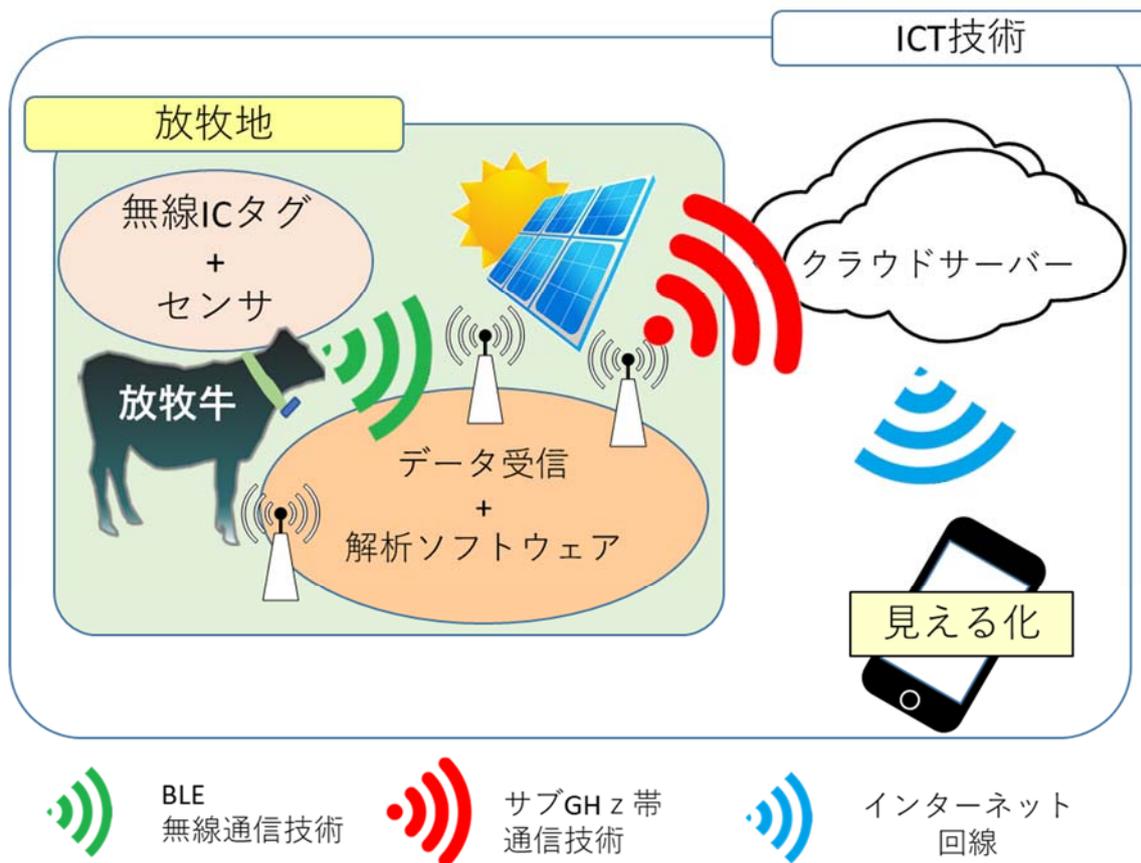


図 3. 放牧での ICT 技術利用イメージ

## 2.放牧における ICT 技術の展望と課題

以上、現状では放牧用 ICT 技術はまだ普及段階にいたっていない。しかしながら、IoT 機器や ICT 技術の進歩により、機器の製造コストや開発コストは安価となってきており、導入へのハードルは下がってきている。

また IoT 機器は省電力化が進んでいるが、無線通信するためには電力が必要で、バッテリーの大容量化が望まれる。また IoT 機器は多様なデータを取り扱えるが、例えば行動量の指標となる加速度データの場合、その容量は非常に大きくなる（1 秒間隔では 86,400 点/日・頭）ため、長期にわたる運用・評価では、ビッグデータの解析手法の開発が必要と考えられる。将来的な課題としては、IoT 機器はインターネットとリンクして利用されることから、今後様々な面においてセキュリティ確保が課題となると考えられる。

ひとつの方向性として、共通耳標の無線 IC タグ化がブレイクスルーになるのではと考えている。近い将来、現在のバーコードによる共通耳標の電子化が進めば、耳標はインフラとしての IoT 機器となりえる。その際には、牛舎飼養にとどまらず、市場での取引、放牧を含めて飼養管理の ICT 化が共通規格で進み、より一般的なものとなることが期待される。

本発表の一部は、生研センター革新的技術緊急展開事業（AI プロ）「 AI や ICT を活用した周年親子放牧による収益性の高い子牛生産技術の開発」（2017-2020）において取り組んでいるものである。

## 用語

ICT (*Information and Communication Technology*) : 情報通信技術

IoT (*Internet of Things*) : モノのインターネット通信技術

IoE (*Internet of Everything*) : IoT とほぼ同義

IoT 機器 : インターネットにつながるセンサ付き無線 IC タグ (造語)

RFID (*Radio Frequency Identification*) : 無線 IC タグ

技術基準適合証明 : 電波法令の適合証明をうけた小規模な無線局 略称 : 技適

## 参考文献

福重直輝・伊賀浩輔・志水学 (2015) ICT・複数のセンサを使用し牛の発情を示す乗駕許  
容行動を判別するシステム, 農研機構成果情報

<http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H27/chikusan/H27chikusan006.html>

後藤裕司・玉井光成・鈴木徳彦・池田哲也 (2010) 放牧地における膻内温度計測システム  
を利用した肉用牛の発情発見, 日草誌 56 (別) : 30.

産業開発機構編集 (2016) スマート農業バイブル

渡辺也恭・坂上清一・川村健介・吉利怜奈 (2013) 加速度計測に基づく活動量計を用いた  
放牧牛の採食行動の識別, 日草誌 53(3):226-230

## 草地におけるドローンの利用と課題

国際農林水産業研究センター 社会科学領域  
川村 健介

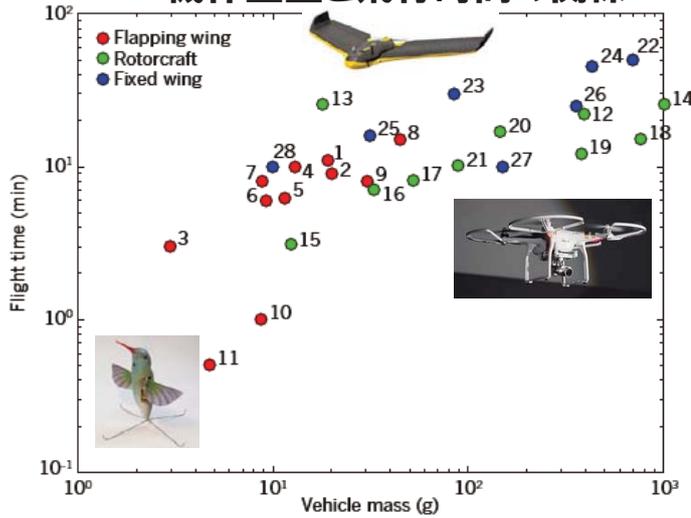
### もくじ

1. 急激なドローンの発展と社会情勢
2. 草地研究への利用
3. 事例紹介
4. 今後の課題

# 1. 急激なドローン技術の発展

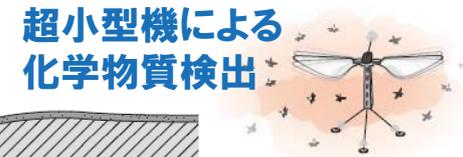
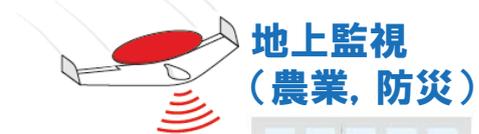
小型ドローン飛行時間の延長によって、様々な分野への活用が期待

機体重量と飛行時間の関係



- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| 1. Nano Hummingbird         | 15. Seiko-Epson uFR-II |
| 2. DelFly Explorer          | 16. Ladybird V2        |
| 3. DelFly Micro             | 17. Mini X6            |
| 4. H2Bird                   | 18. 350.QX2            |
| 5. MicroBat                 | 19. AR.Drone 2.0       |
| 6. Bionic Bird              | 20. QR Y100            |
| 7. Avitron V2.0             | 21. QR W100S           |
| 8. 36 cm Ornithopter        | 22. eBee               |
| 9. 28 cm Ornithopter        | 23. Black Widow        |
| 10. 15 cm Ornithopter       | 24. Wasp III           |
| 11. 10 cm Ornithopter       | 25. Univ. Florida MAV  |
| 12. Parrot Bebop drone      | 26. H301S              |
| 13. PD-100 Black Hornet PRS | 27. Diamond 600 EP     |
| 14. DJI Phantom 2           | 28. EPFL MC2           |

期待される  
用途



Nature 521: 460-466 (2015)  
doi:10.1038/nature14542

# 1. ドローンをとりまく社会情勢

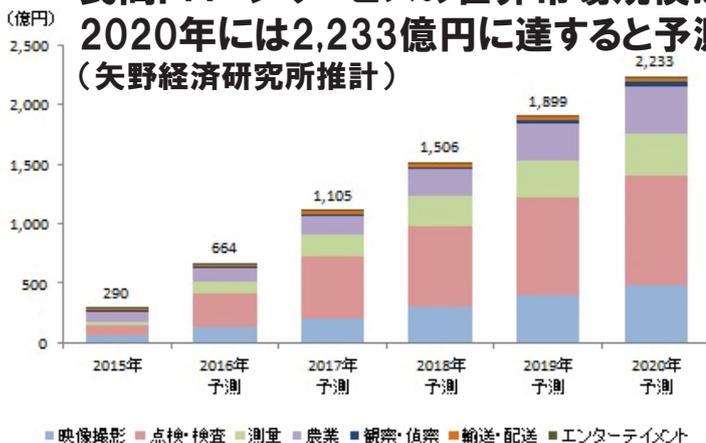
## 発展 と 規制

### 技術の発展と経済効果

安定性向上, 自律飛行など



民間ドローンサービスの世界市場規模は、  
2020年には2,233億円に達すると予測  
(矢野経済研究所推計)



### 事故多発による規制の強化

首相官邸にドローン落下  
(2015年4月22日)



日本経済新聞  
[http://www.nikkei.com/article/DGXLASDG22H5G\\_S5A420C1CC0000/](http://www.nikkei.com/article/DGXLASDG22H5G_S5A420C1CC0000/)

### 規制の強化

2015年12月10日:  
改正航空法(ドローン規正法)を施行  
2016年7月29日:  
「航空局標準飛行マニュアル」を公表

## 2. 草地研究への利用

### 放牧地の空間分布

多様な植生＋放牧家畜（採食，糞，尿）

空間的に不均一

放牧地の面的なばらつきと上手につきあうことが重要

ドローン空撮画像で，面的なばらつきの評価が可能に！

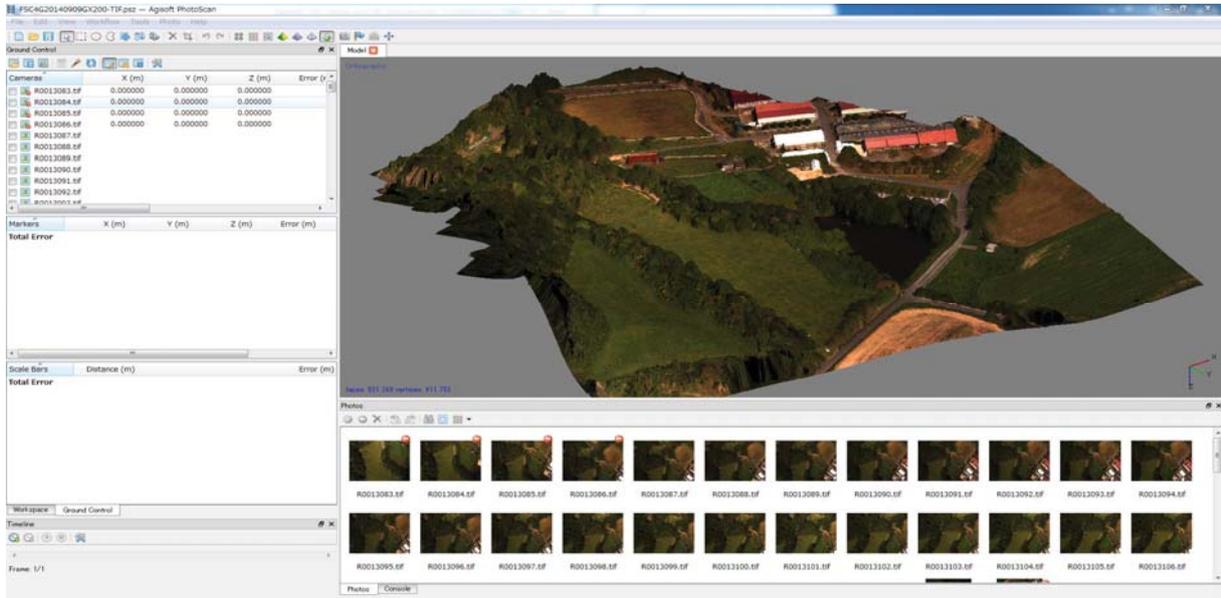
# ドローンの利点と欠点

## 利点

- 高解像度(数cm)
- 必要な時期のデータ取得
- 簡便・低価格

## 欠点

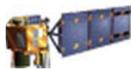
- 積載重量(～数kg)
- バッテリー(～10分)
- 事故の危険性



# リモートセンシング(RS)の応用場面

## 草原生態系におけるRSの応用場面

人工衛星



(マルチスペクトルセンサ,  
ハイパースペクトルセンサ,  
SAR, 熱センサ, etc.)

航空機



(デジタルカメラ, LiDAR, SAR,  
ハイパースペクトルセンサ,  
熱センサ, etc.)

気球・ラジコンヘリ



(デジタルカメラ, ハイパー  
スペクトルカメラ, 熱センサ, etc.)

地上

(GPS, スペクトルメータ,  
植生調査, etc.)

[計測可能]

草地間の収量評価  
草地間のタイプ判別・抽出  
草地間の湿潤性評価  
管理区画情報の更新  
牧草生育ステージ判別  
草原火災

[計測不能]

昆虫発生  
放牧家畜の行動マッピング

放牧草地内の草種判別  
圃場内の牧草収量マッピング  
圃場内の牧草栄養価マッピング  
混播草地内のマメ科率推定  
牧草越冬状態  
土壌水分  
雑草の抽出  
病気発生

GPS首輪+各種センサによる  
家畜栄養摂取量・排出物の監視



(川村・秋山 2012)

# 応用場面と必要条件

## ドローンの特性を活かした時間・空間分解能を考える

応用場面	必要条件			
	モニター範囲[1]	精細度[2]	モニター周期[3]	伝達時間[4]
草地間の収量評価	生態系～景観	1～3	週～季節	1日～1週
草地間のタイプ判別・抽出	生態系～地域	1～2	月～季節	3日～1週
草地間の湿潤性評価	生態系～景観	1～3	月	1日
管理区画情報の更新	群落～生態系	1～2	月	1日
放牧草地内の草種判別	群落	0～2	月～年	3日
牧草生育ステージ判別	群落～生態系	0～3	日～週	1日
圃場内の牧草収量マッピング	群落	0～2	日～週	1日～1週
圃場内の牧草栄養価マッピング	群落	0～2	日～週	1日～1週
混播草地内のマメ科率推定	群落	0～2	日～週	1日～1週
牧草越冬状態	群落	0～1	春	1日
土壌水分	群落～生態系	1～3	日	1日
雑草の抽出	群落	0～1	週	0.5～1日
草原火災	生態系～景観	1～3	時～日	即時～0.5日
昆虫発生	生態系～景観	0～1	日	即時～1日
病気発生	群落～生態系	0～1	日	即時～1日
放牧家畜の行動マッピング	群落～生態系	1～3	日～週	1日

[1] 観測の空間的広がり：群落, 生態系(5～50 km<sup>2</sup>), 景観(50～500 km<sup>2</sup>), 地域(500～5000 km<sup>2</sup>)

[2] 空間解像度：10のn乗(m)から選択

[3] データ取得周期、回帰日数に相当

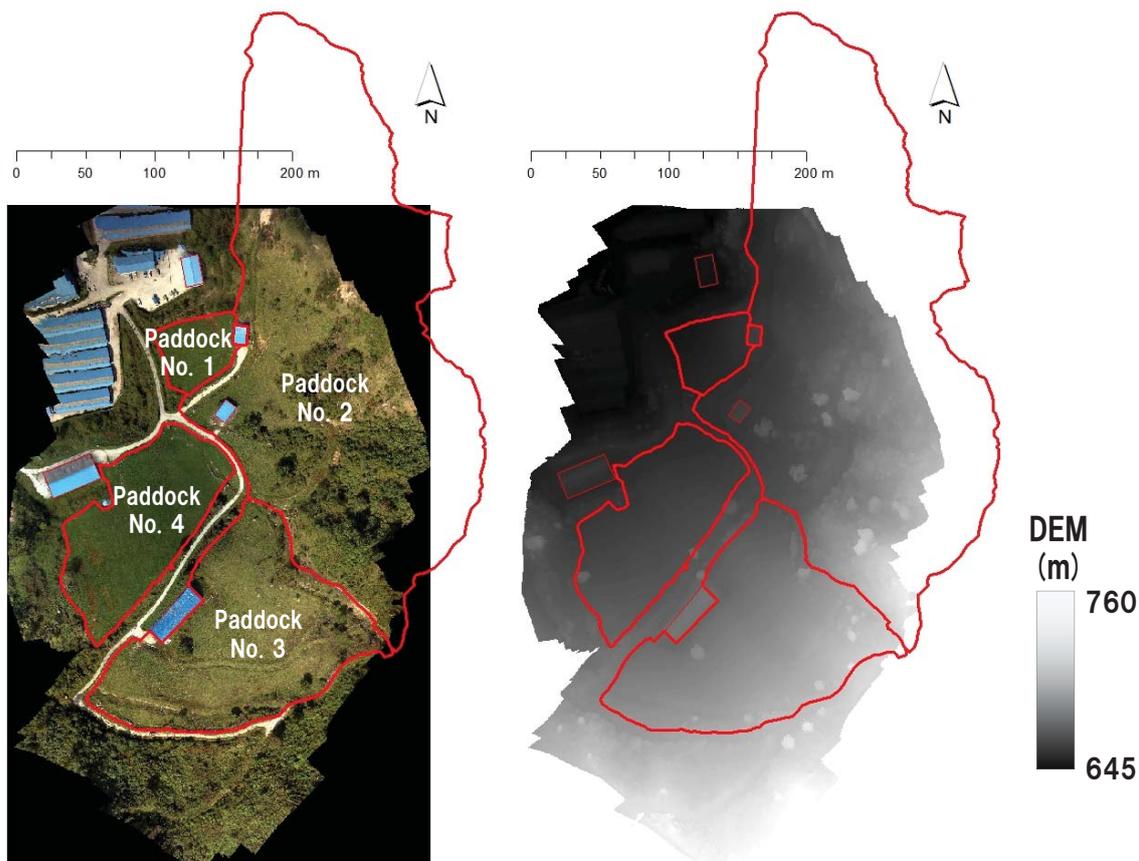
[4] データ取得から処理・加工・情報化を経て提供にかかる時間に相当

(川村・秋山 2012)

## 3. 研究事例紹介

※未公表データを一部含むため、取り扱いには注意願います。

# 事例1: 圃場の面積と地形計測

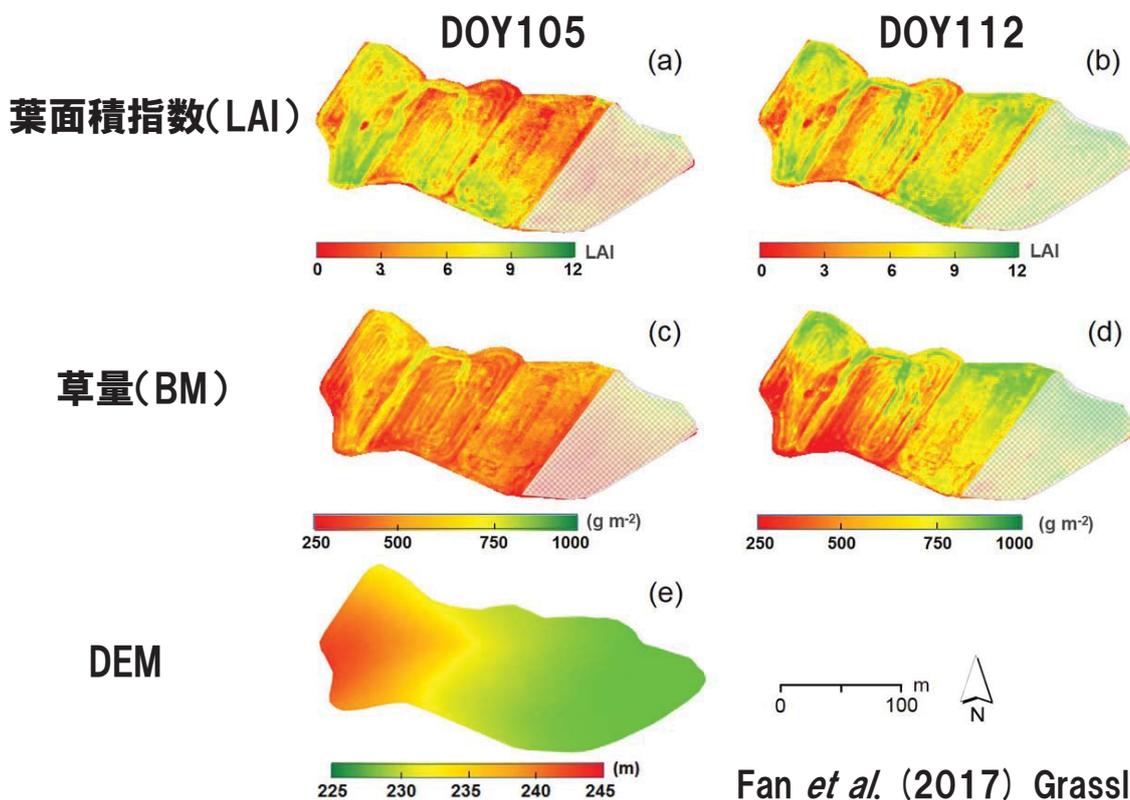


(川村ら 2016)

# 事例2: 採草地の草量診断

イタリアンライグラス採草地の例

地形の影響で、施肥の効果が不均一

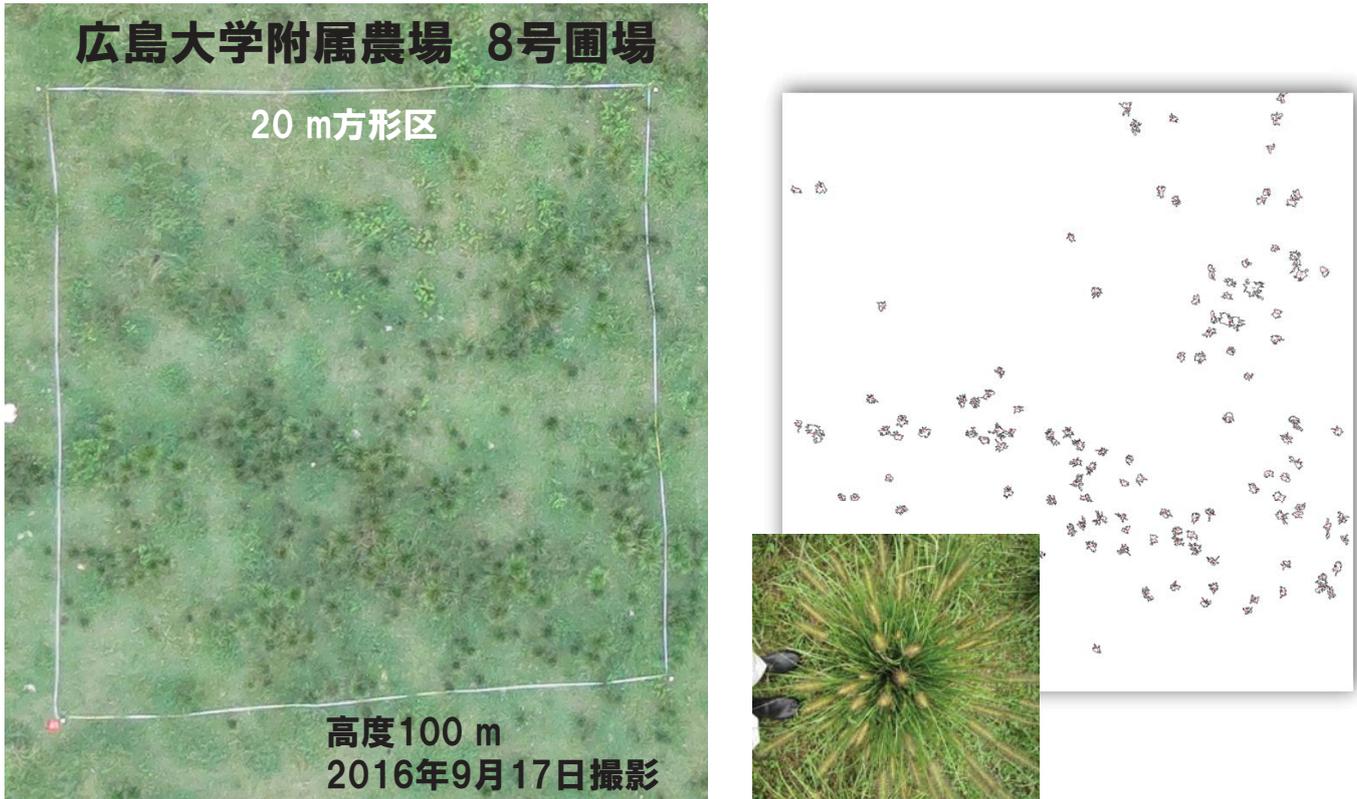


Fan *et al.* (2017) Grassland Science

# 事例3: 雑草の検出

## チカラシバの例

広島県立総合技術研究所 弓場 憲生 氏(未公表データ)

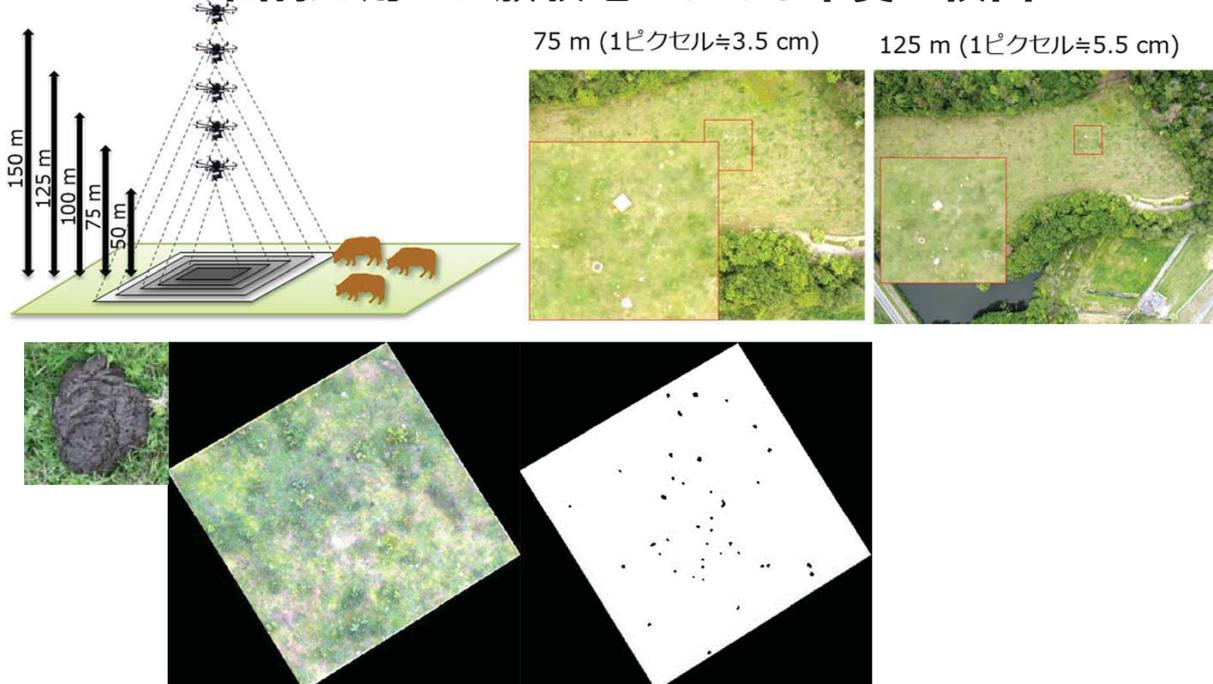


# 事例4: 糞の空間分布

ウシの糞分布を目視で数えるのは重労働!



UAV画像を用いた放牧地における牛糞の検出

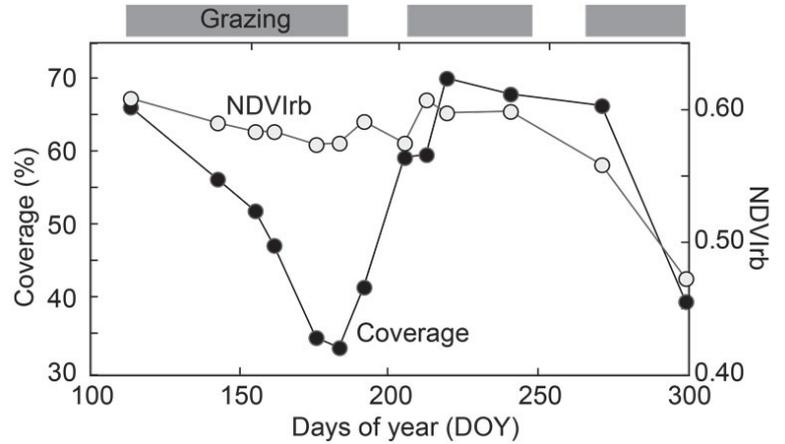
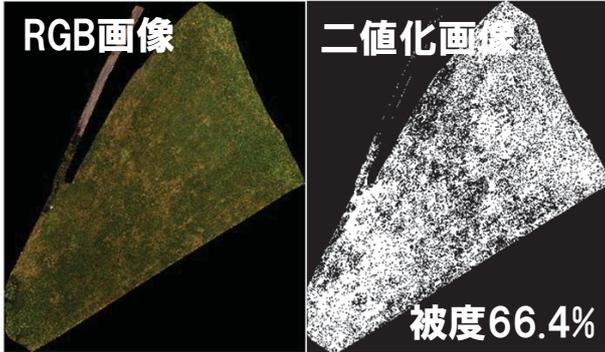


吉利ら(2015)日草誌61(別): 21

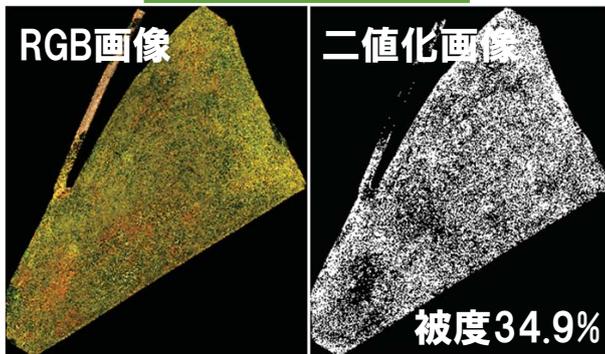
# 事例5: 植被と植生指数の季節変化

被度は下がるが, NDVIrbはそれほど低下しない

2015年4月23日



2015年6月24日



被度 = 量的  
NDVI ~ 量的 + 質的

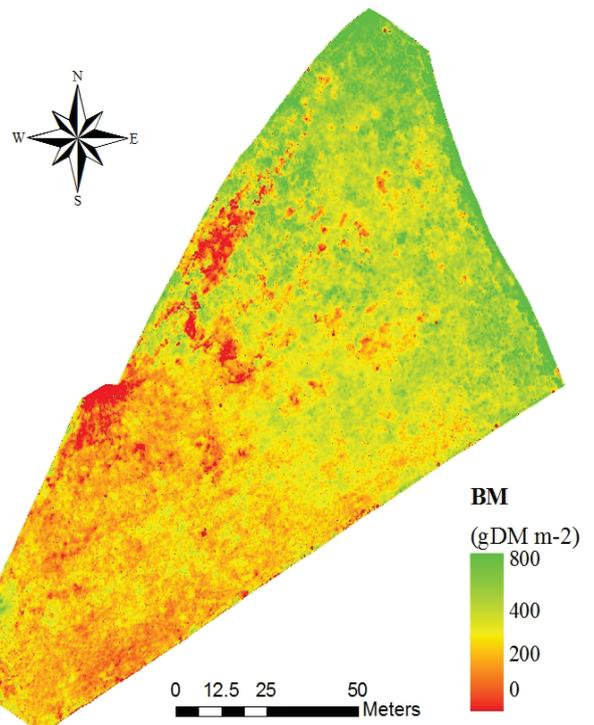
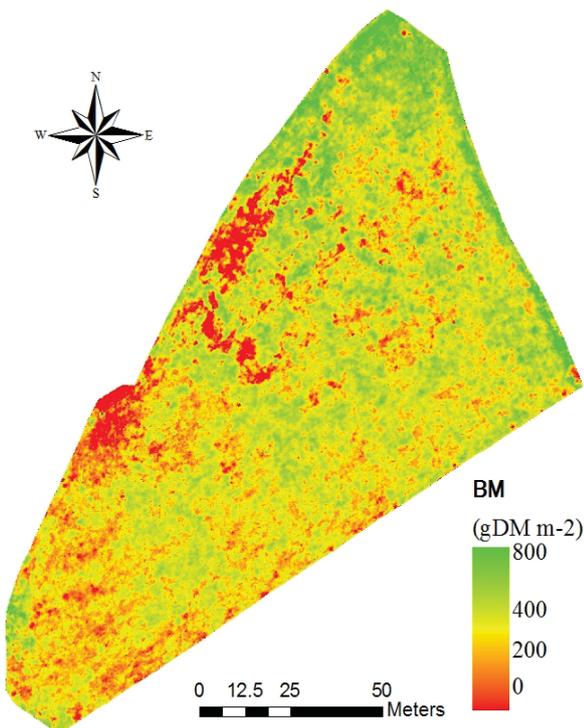
Kawamura *et al.* (2017) JIFS

# 事例6: 草量 (BM) と放牧の影響

放牧前と放牧後のBM比較

BM spatial distribution map of Pregrazing

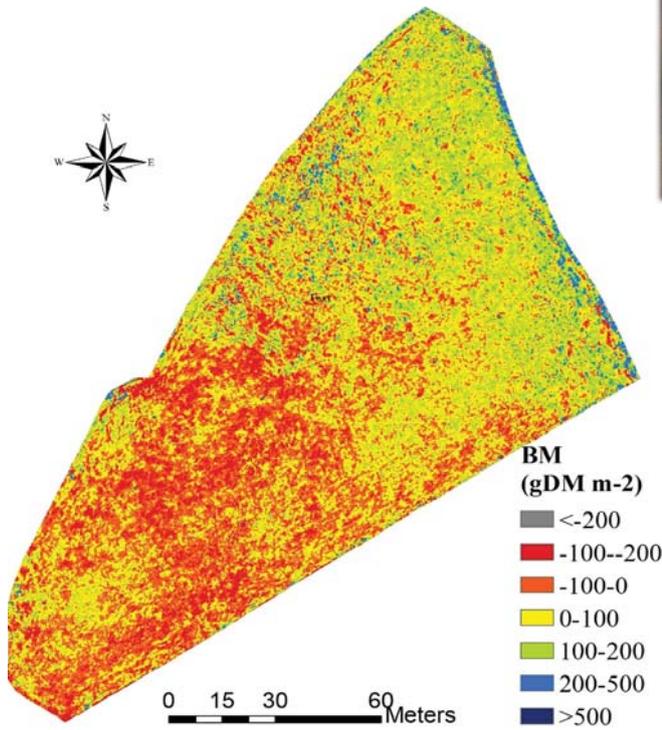
BM spatial distribution map of Postgrazing



# 草量の差分(採食量)と牛の分布

BM差分と放牧牛の空間分布の関係 ⇒ 採食評価へ応用

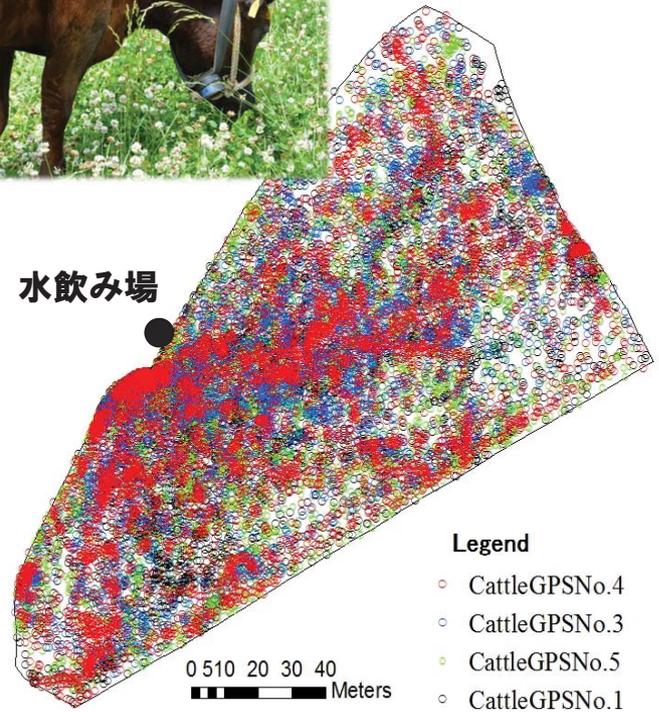
草量の差分  
(放牧前後)



牛のGPS首輪位置情報

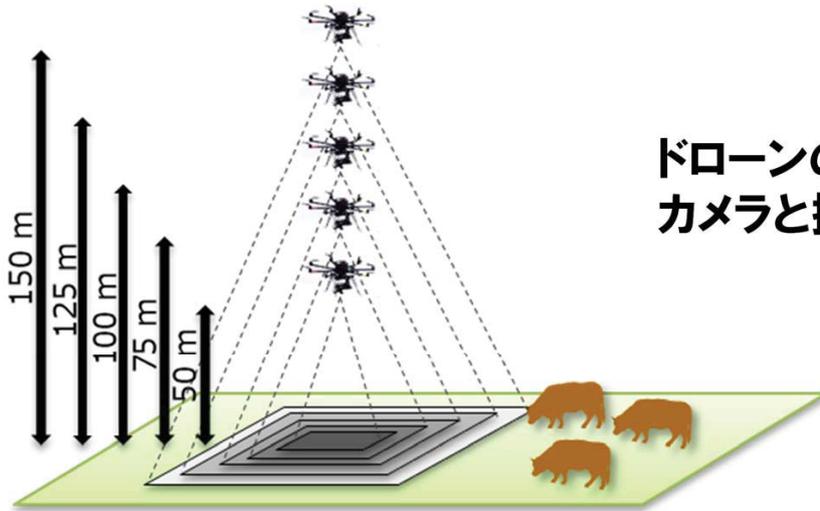


水飲み場



# (再び)ドローンのメリット

これまでの衛星RSでは難しかった超高分解度+高頻度観測



ドローンの空間解像度画像は、  
カメラと撮影高度に依存

75 m (1 pixel  $\doteq$  3.5 cm)

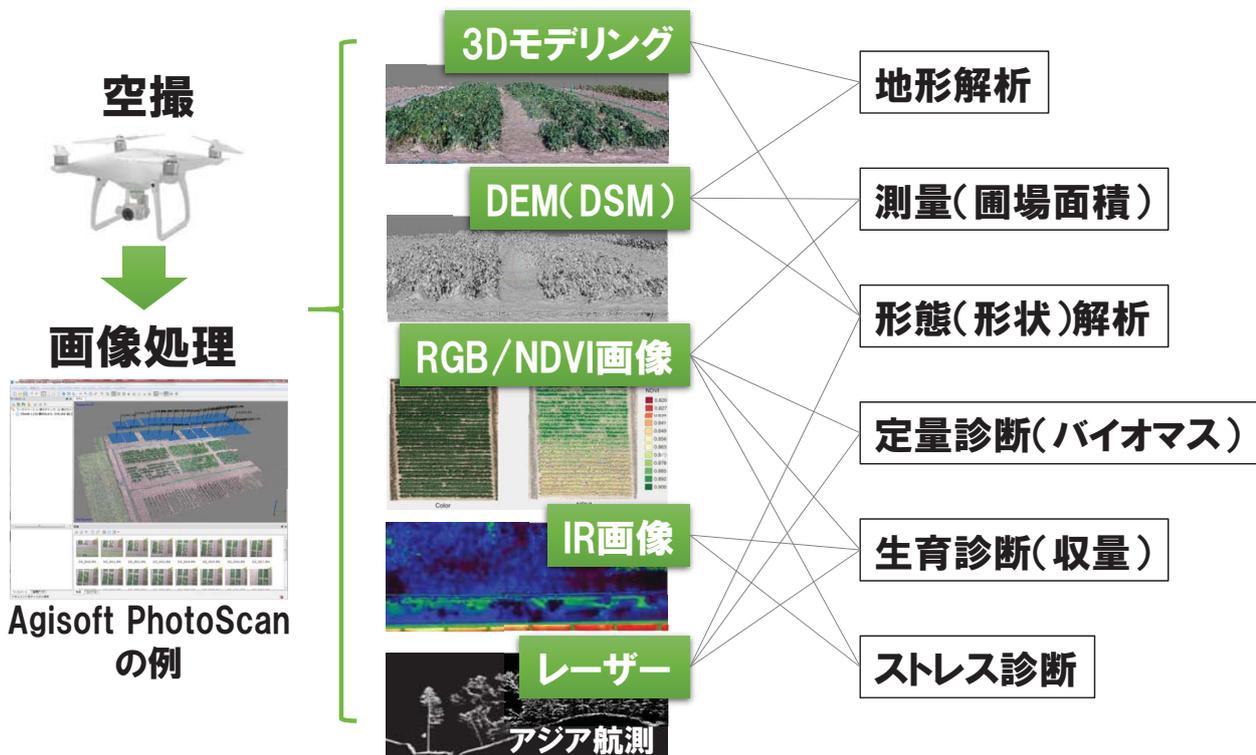


125 m (1 pixel  $\doteq$  5.5 cm)



## ドローンの草地利用への可能性

機体+センサ(カメラ)の組み合わせで様々な応用が可能に!



# まとめ

## ドローンの草地研究への利用

- 高解像度・高頻度
  - センサとの組合せ
- ➡ 草地研究の応用場面が拡大

## 実利用に向けて検討すべき課題

項目	検討内容
費用	・空撮コスト(機体・カメラ)は、かなり実現に近い ・解析環境(PC, ソフト)が、まだ高額
安全	・操縦者の知識・技能の向上
技術	・自律飛行: 簡単だが、安全性に注意 ・画像処理: 合成処理後の解析(要アイデア) ・IT連携: データ, ネットワーク

## ご清聴ありがとうございました



フィールド調査でサポートいただいた皆様に心よりお礼申し上げます。

建国大学校のJeon Byong-Tae教授, Moon Sang-Ho教授, Sang Se-Yong氏,  
広島大学: 黒川勇三准教授, 小櫃剛人教授, 技術職員の皆さん, 草地学研究室メンバー  
東北大学: 小倉振一郎教授  
岐阜大学: 八代田真人教授



家畜に対する生産性に影響はないものと考えられる。

同様に、雑草についても牧区内の土壌肥沃度に応じて定着し繁茂するため、排泄ふんが集積しやすい緩傾斜地では肥沃地を好むエゾノギギシやイヌタデ等が、排泄ふんが乏しい急傾斜地では貧栄養地を好むヒメスイバやアザミ類等が繁茂しやすくなる。このことから、傾斜度に応じた施肥量のコントロールは雑草制御において重要な意味を持つ。

そこで、システム開発に際しては、家畜の行動が変化する図 2 の傾斜区分を基軸に、実際の排泄ふんの分布や植生状態などを加味することで、管理効果が期待できる場所を「重点管理エリア」として抽出し、地図上に視覚化することとした。さらに、日常業務に必要な情報を記録し、視覚化・データベース化することですること、職員間の情報共有や人材育成のための支援機能についても検討を行った。

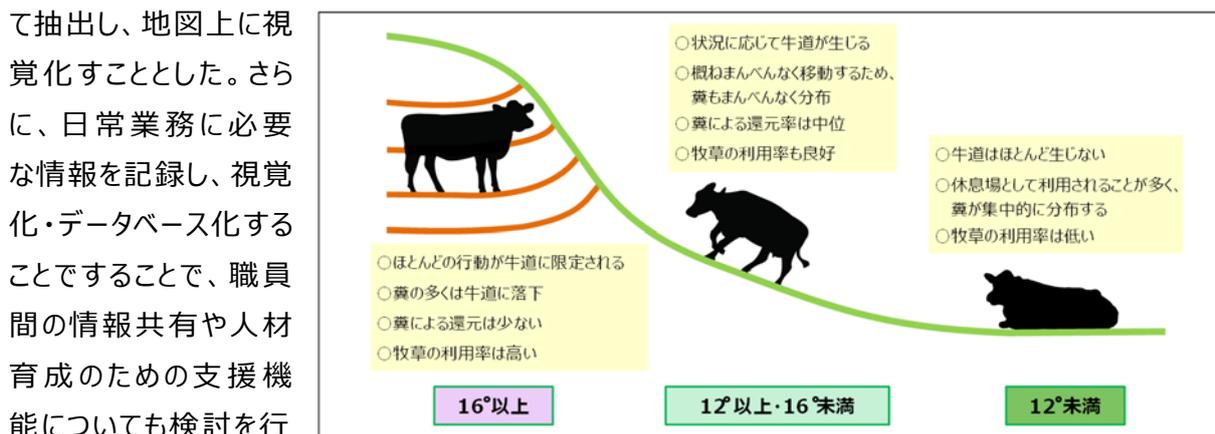


図 2 傾斜と家畜行動の関係

### 3. 草地管理支援システムの概要と主な機能

本システムでは、クラウド型の GIS（地理情報システム、geographic information system）をベースに、牧場の地図情報と、それに付属する属性情報を一元的に管理するものである。システムの管理は図 3 に示すデータセンターのシステム管理者が行い、基本地図の作成や GIS による空間解析処理など、一般には馴染みのない専門的な作業もデータセンターにて自動的に処理される。そのため、利用者は現地でのデータ入力が必要な作業となり、初心者でも扱いが容易である。さらに、放牧地（タブレット PC 等）や牧場事務所（デスクトップ PC 等）など、インターネットに接続された Web 環境があれば場所を選ばずに利用することも可能で、現地情報を管理者間や支援機関等とも共有することができる。

なお、利用に際しては導入牧場のそれぞれにおいて、サービス提供会社（データセンター）における個別のデータ整備（地図画面の生成など）が必要となる。

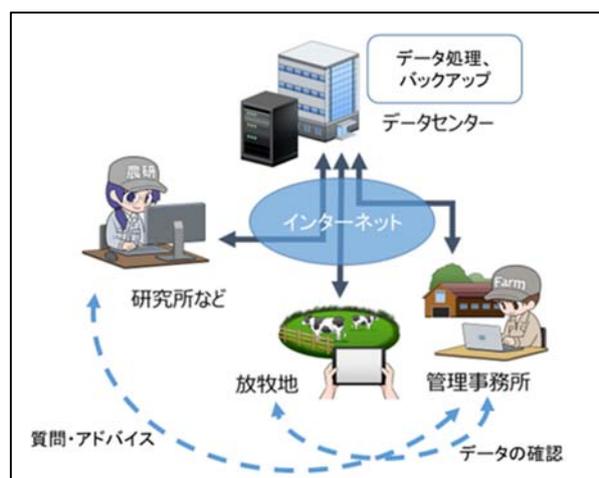


図 3 クラウド型システムによるデータの流れ（イメージ）

## 4. 草地管理支援システムの主な機能

### 1) 電子地図機能と簡易測量機能

本システムは、導入牧場ごとに作成される電子地図が基盤となっており、システムへの施設等の登録・変更・削除が随時可能で、さまざまな施設等を1つの地図上で確認することができる。地点だけでなく、軌跡を記録できるGPS端末を利用することで、水道管のような線状の地物や湿地などの面状の記録も可能である(図4)。施設等の登録にあたり、GPS(全地球的測位システム、Global Positioning System)端末を利用することで、正確な位置へ登録できる。さらに、登録施設の確認時には、GPS接続PCを利用することで自分の位置を確認しながらの施設探索が可能となり、位置確認にかかる時間を短縮できる。

これまでの牧場に係る地図情報は、記録する対象によって異なる紙面に記載されている場合が多い。放牧施設の中には地中に埋設された給水パイプのように目に見えないものや、給水口などが牧区外に位置している場合等があり、埋設、設置時に紙面へ記録されている場合でもその位置が正確でない、記録後に生じた変更が反映されていない等、当事者の記憶に頼らざるを得ない面が多々ある。そのため、当事者の退職はこれらの情報が消失することに繋がる。



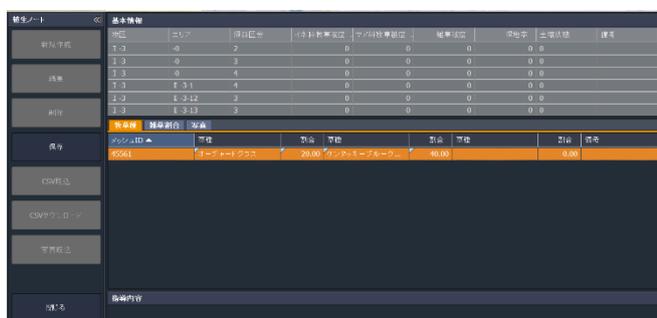
図4 点・線・面での施設登録  
(線施設の属性表示例)

この他、画面上で斜面長に対応した距離・面積の計測もできるため、肥料量の算出や牧柵資材の見積もり等を牧場事務所で容易に行える。

### 2) 植生情報や写真等を記録する台帳機能

施肥や更新、植生管理(牧草や雑草の状況)といった、草地情報の管理は牧区単位で行われることが多いが、1つの牧区内でも植生は均一ではない。そこで、本システムでは、傾斜区分を基準に、牧区内を細分画して、各区分に植生や写真を記録するための台帳を作成している。台帳

(図5)は地図画面と連携していて、情報を入力したい場所を地図画面上で指定することで表示される。これにより、植生情報や写真を場所ごとに整理・記録することを可能にした。さらに、植生調査地点の基本情報(傾斜区分など)に基づき、入力された雑草の対策情報や草地更新の必要性が自動的に表示される。なお植生データの



傾斜区分	植生	雑草	対策
1.1	0	2	0
1.2	0	3	0
1.3	0	4	0
1.4	1.31	4	0
1.5	1.212	2	0
1.6	1.313	2	0

雑草種	雑草割合	対策
アザミ	20.00	アザミ駆除
クサビ	40.00	クサビ駆除
その他	0.00	

図5 植生管理簿

データの入力には、インターネットに接続されたGPS搭載のモバイルPCを用いることで、場所を確認しながら現場で行うことも可能であるが、管理事務所等においてCSVファイル形式で一括して更新することや、反対に出力して各種資料等の集

計等も行える。また写真については、位置情報（ジオタグ）が付いているものであれば、システムへアップロードすると地図画面上の対応する地点の台帳に自動的に保存される。

### 3) 「重点管理エリア」の抽出機能と作業軌跡表示機能（図 4）

本システムを中心となる機能で、各種データを参照・解析し、結果を「重点管理エリア」として基本の電子地図に表示する機能である。

GIS の特徴の 1 つに、「地図画面を構成するデータが、レイヤ（階層的な）構造であること」があげられる。レイヤとは、もともと「層」を意味する単語で、「各種データが描かれた透明な板が何層も重なった状態」を指す。基本の地図に各種データを重ねて、1 つの地図画面を構成する状態を、レイヤ構造（階層的構造）と呼ぶ。本システムでは、放牧草地の地形図や牧区、施設・障害物情報のみならずトラクタでの作業が困難な場所や排泄ふんが集積している場所など、草地管理に関する情報をそれぞれのレイヤで管理する。



図 6 「重点管理エリア」抽出結果表示画面

データセンターにおいて、各牧場で入力された現地データと基盤データを参照し、「重点管理エリア」の抽出が行われ、結果は自動的に支援システムの画像に表示される（図 6）。



図 7 トラクタの走行軌跡と作業範囲の表示例

また、GPS 端末で取得したトラクタ軌跡データをシステムにアップデートすると、作業軌跡に一定の作業幅を持たせた作業範囲を、トラクタナビゲーションのように精度は高くはないものの、記録・表示する（図 7）。この機能により、作業場所の確認のみならず、熟達した管理者の作業ルートを確認することができるので、引継ぎにも利用できる。

## 5. 今後の方向性

「重点管理エリア」の抽出精度は、レイヤに記録されているデータの精度の高さと、利用するレイヤの数が多いほど高くなると考えられる。本システムでは、位置情報を持つ様々なデータをシステム上で利用できる。例えば、発展の著しい UAV（ドローン）による撮影画像も取り込めるため、画像解析、AI 技術等の取り込みにより更なる精度向上が期待される。今後もより省力的な草地情報の収集手段と利用方法を開発し、システムへの適応を検討していくこととしている。

本システムは現在、プロトタイプが 3 牧場で稼働中であり（平成 29 年 8 月現在）、今後は各牧場での利用実態を反映した改修や機能の追加を行うことで、製品化する予定である。

本誌より転載・複製する場合は農研機構畜産研究部門の許可を得てください。

畜産研究部門 平 29 - 4 資料

## 放牧活用型畜産に関する情報交換会 2017

編集・発行 農研機構（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 草地利用研究領域 山本嘉人・井出保行・中尾誠司

電話：0287-36-0111(代) FAX：0287-36-6629

〒329-2793 栃木県那須塩原市千本松 768

発行日 平成 29 年 11 月 6 日

印刷 近代工房

〒324-0036 栃木県大田原市下石上 1603



連絡先

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 草地利用研究領域  
〒329-2793 栃木県那須塩原市千本松768  
TEL 0287-36-0111(代) FAX 0287-36-6629