

日本動物超音波技術研究会報

第6号

2021年10月

Japanese Journal of Ultrasonic Technology for Animal Science

No. 6 October, 2021

日本動物超音波技術研究会

Japanese Society of Ultrasonic Technology
for Animal Science

日本動物超音波技術研究会 賛助会員

一般社団法人 日本あか牛登録協会

一般社団法人 宮崎県家畜改良事業団

キリシマドリームファーム株式会社

公益社団法人 全国和牛登録協会

全国農業協同組合連合会

独立行政法人 家畜改良センター

富士平工業株式会社

本多電子株式会社

松田商事株式会社

宮崎県経済農業協同組合連合会

(以上 10 社、50 音順)

目次

2020, 2021 年度役員一覧	2
総説	
子牛診療における超音波画像診断の応用の可能性 水谷 尚	3
原著	
子画像認識技術を活用した非接触による肉用牛の分娩前兆候検出 鍋西 久ら	12
2021 年度オンラインセミナーについて	19
講演要旨	
AI (人工知能) 活用による超音波肉質推定技術の開発 原 恵ら	20
超音波およびセンサー関係論文要旨集 (翻訳)	23
2018 年度事業報告および収支決算	44
2019 年度事業報告および収支決算	47
日本動物超音波技術研究会会則	50
日本動物超音波技術研究会報投稿規程	53

2020, 2021 年度役員一覧

(任期 2020 年 10 月 1 日～2022 年 9 月 30 日)

会 長	大澤 健司	宮崎大学農学部	
副 会 長	撫 年浩 佐藤 礼一郎	帯広畜産大学生命・食料科学研究部門 宮崎大学農学部	
常任評議員	(独)家畜改良センター技術統括役 (公社)畜産技術協会研究部長 (一社)宮崎県家畜改良事業団	奥地 弘明 篠田 満 田中 正成	
地区評議員	北海道・東北 関東・北陸・東海 近畿・中国・四国 九州・沖縄	平田 統一 川田 智弘 水谷 尚 河野 幸雄 川崎 広通 徳丸 元幸	岩手大学農学部御明神牧場 栃木県農政部経営技術課 日本獣医生命科学大学 広島県立総合技術研究所畜産 技術センター (公社)熊本県畜産協会 鹿児島県肉用牛改良研究所
名誉会長	原田 宏	宮崎大学名誉教授	
顧問	矢野 秀雄	京都大学名誉教授	
編集委員長	佐藤 礼一郎	宮崎大学農学部	
副編集委員長	北原 豪	宮崎大学農学部	
編集委員	撫 年浩 川田 智弘	帯広畜産大学生命・食料科学研究部門 栃木県農政部経営技術課	
庶務会計幹事	徳永 忠昭 北原 豪	宮崎大学農学部 宮崎大学農学部	
監 事	河野 明彦 小林 郁雄	宮崎県農政水産部畜産振興課長 宮崎大学農学部	

[総説]

子牛診療における超音波画像診断の応用の可能性 Application of ultrasound imaging in calf care

水谷 尚

Hisashi Mizutani

日本獣医生命科学大学獣医学部 〒180-8602 東京都武蔵野市

Laboratory of Large Animal Clinical Medicine

Nippon Veterinary and Life Science University

連絡責任者

水谷尚 Hisashi Mizutani

TEL: 0422-31-4151 FAX: FAX 番号 0422-33-2094

e-mail: hisashi-m@nvl.u.ac.jp

はじめに

昨今、牛臨床分野において、繁殖分野に特化して開発された携帯型超音波画像診断装置（図 1）が普及していることに伴い、それを子牛の診療に応用しようとする動きが盛んになってきている。これまで、超音波画像診断装置（超音波診断装置）は、可搬性や耐久性などの問題から牛の臨床への実用的な応用は困難であったが、繁殖検査用に小型化されたことで、臨床現場において急速に普及してきた。このため、診療現場に超音波診断装置を持ち出す機会が増え、多くの臨床獣医師にとって、超音波による画像診断は比較的身近な存在になってきている。こういった背景から、繁殖検査用機器を他の診療分野に応用する動きが高まってきたものと思われる。

しかしながら、繁殖検査に特化した機種では、装着可能なプローブが限定されており、さらに装置の設定条件も制限されているため、成牛の他の部位で使用すると、診断に必要なクオリティーを持つ画像が得られないことが多々ある。それでも子牛の

診療においては、このような問題が比較的緩和される。例えば、子牛の皮膚は成牛に比べ薄く柔らかいことから、皮膚が画像に及ぼす劣化は成牛より小さい。また、成牛に比べると深部を描出する必要性が少なく、さらに臓器のサイズも成牛に比べても小さいこともあり、描出範囲が狭い繁殖検査用プローブでも、臓器全体を把握し易い。別の側面から見ると、繁殖検査用機器は中堅以上の機器に比べ、圧倒的に取り回しが良い。繁殖検査用機器は通常、バッテリーを内蔵しているため、電源の確保が不要であり、セッティングにも時間を要しないため、検査開始までの時間が短いため、日常の診療に超音波画像診断を取り入れやすい。このようなメリットがあることから子牛の診療においては、身近にある繁殖検査用機器を繁殖以外にも広く応用することで、臨床獣医師の診断能力がさらに高まっていくことが期待される。今回は、こういった小型機器でも適用可能と思われる 3 つの診療項目について、筆者が取得した画像を含めながら紹介する。



図1 代表的な繁殖用超音波画像診断装置

超音波診断装置と動物の準備

一般に子牛の消化器の超音波画像診断を行っている報告では、5MHz以上の周波数を持つリニアまたはコンベックスタイプのプローブを用いた中堅機器が用いた文献が多い^{3-4, 6-7, 12)}。筆者も、中堅機器(図2A)を用いて5-8MHz程度のコンベックスタイプのプローブを用いることが多く、特に和牛の新生子期などではマイクロコンベックスタイプのプローブを用いることがある。

さらに消化管壁の層構造などを詳細に観察したい時には、繁殖検査用のリニアプローブ(7-10Hz)を用いている。また、Depth(深度)は8-12cm程度を基本に、適宜、調整している。繁殖検査用の小型機器を用いる場合(図2B, C)、基本設定のまま使用するが、適宜、Gain(ゲイン)、Dynamic range(ダイナミックレンジ)、Depth、Focus(フォーカス)を調整しながら検査を進めている。



図2 筆者の利用するエコー装置

超音波診断装置と動物の準備

検査を行うに当たっては、被毛の処理について配慮する必要がある。より鮮明でノイズの少ない画像をえるには剃毛を行うことが望ましいが、子牛の場合では被検個体の体温を奪い、健康状態や生命の維持に大きなリスクを生じさせる可能性がある。子牛の場合、被毛があることによる影響は成牛より小さく、エコージェルやアルコール等をうまく利用することによって診断に必要なクオリティーを確保出来ることが多いため、必ずしも剃毛を必要としないことが多い。筆者の場合、アルコールスプレーとエコージェルを用いて剃毛無しで観察を行う事が多い。もしそれでも、必要な解像度が得られないときのみ、限局的に剃毛を行うようにしている。子牛の場合、検査部位への圧迫なども大きなストレスになるだろう。また、長時間の検査は成牛以上に体力を消耗させることになり、その後の健康状態に影響を与え兼ねない。検査は可能な限り手早く、過剰な負荷を与えないように注意を払っておこなう必要がある。

1) 反芻胃発育の観察

反芻胃の発育を、超音波画像で追跡した研究はこれまでもいくつか報告されている^{5, 7, 10}。第一胃は出生まもない時期から観察することが出来る⁷。小さいながらも、最後肋骨付近まで広がっていることから、新生期でも、左側肋間からアプローチすればほぼ描出することができる。発酵機能が十分に成熟していない時期の反芻胃は、成牛でみられる特徴的な粘膜面での高エコー帯がないため、胃内容を確認することが出来る

(図3)。通常、内容物は無エコーから低エコーであるが、所々に点状の高エコーな物体が漂っているように映し出されることがある。この様子はイレウスや変位によって内腔に液体が貯留した腸管と良く似ているため、見慣れないと、他の消化管との識別をやや困難にする(図4)。Braunらの報告^{5, 7}では、40日齢程で、第一胃は臍部の後方まで拡大するとしているが、筆者らのこれまでの観察では、第一胃背囊尾側端が臍部の後方まで到達するのには、もう少し時間がかかるようで、ホルスタインおよび交雑種で60-70日齢、黒毛和種で80-90日齢程度であった。

出生直後の第二胃は非常に小さく体壁や横隔膜には密着してないため、成牛と同じ手法でアプローチしてもほとんど描出できない⁶⁻⁷。その後、第二胃が順調に成長していくと体壁に密着するようになるので、徐々に成牛と同様の方法で描出できるようになり始め、20日齢くらいになるとほとんどの子牛で描出可能になる。

アプローチ法は成牛と同じように、1) 肋間描出(左右第6-7肋間の肘頭位) 2) 胸郭縁、3) 腹底正中(胸骨縁直後)からとなる(図5)。筆者の場合、1) または 2) からアプローチすることが多い。発酵が十分に起きていない時期の第二胃では、粘膜面での音波の反射がほとんどないため、第二胃壁の層構造第二胃襞と思われる構造物が確認できることもある。さらに成牛ではほとんど観察することが出来ない第二胃の内容物を確認できることもある。成牛と同じような発酵による高エコー帯がはっきりとしてくるのは、60日齢を過ぎたころからのようである⁷。第二胃の

特徴的な二相性の運動は3週齢くらいで始まっていると報告されており⁷⁾、その頻度は、哺乳期では成牛より若干少なく（1分に1回程度）が、成長とともに増加し、離乳時にはほぼ成牛と同等になるとされる。筆者の観察では、第二胃の運動そのものは比較的早期に認められるものの、完全な二相性の運動を認められるようになるのには海外での報告よりずっと遅く40日齢を過ぎた頃で、ほぼ全頭で認められるようになるのは70日齢前後であった。こういった、海外文献と筆者の観察に相違が認められるのに関し、子牛の飼養管理法や品種等の相違を含め、より、詳細な検討が必要であると思われる。

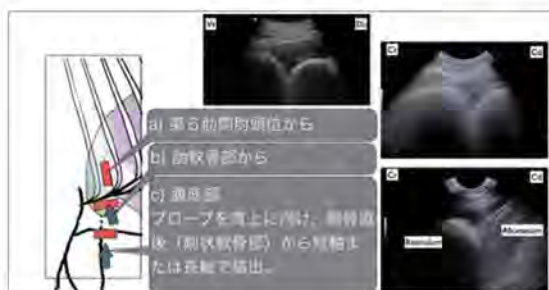


図5 成牛における第二胃の観察点

2) 臍帯遺残物の観察

子牛の腹底部観察において、最も注意すべき点の一つとして臍帯遺残物の確認が挙げられる。筆者の場合、子牛の腹部超音波画像検査を行う際、可能な限り、臍帯遺残物の確認を行う様になっている。出生時に臍帯は断裂し、それと同時にその退縮が始まる。その過程で、何らかの感染が起き、炎症を



図3 胸郭縁からの第二胃内および第一胃の観察。本症例は(64日齢 HF male) 反芻胃の発育が悪く、反芻胃特有の高エコー帯が認められない。A: 胸壁 B: 肋軟骨 C: 第二胃 D: 第一・二胃溝 E: 第一胃 Cr: 頭側 Cd: 尾側 Depth:61mm



図4 第8肋間にて第一胃内に流動性を有する内容を認めた超音波画像(21日齢) A: 胸壁 B: 脾臓 C: 第一胃壁 D: 縦溝 E: 第四胃 Vt: 腹側 Ds: 背側 Depth:67mm

起こすことが多い。こういった、臍帯遺残物の炎症は、学術的には「臍炎」に含まれる疾病ではあるが、子牛の臨床現場では、しばしば「臍帯炎」という名称で呼ばれることが多い。臍帯構造物の出生に伴う変化をTable 1にまとめた。臍動静脈、尿膜管のいずれもが、出生が比較的短時間に閉鎖し、その後退縮し、肝炎索、膀胱円作、尿膜管索

といった、索条構造物に変化していく。この過程に何らかの異常があり、出生後、管腔構造物が閉塞しないまま、残存し、そこに二次的に感染が起きることによって臍静脈膿瘍、臍動脈膿瘍および尿膜管膿瘍が発生する(図6)

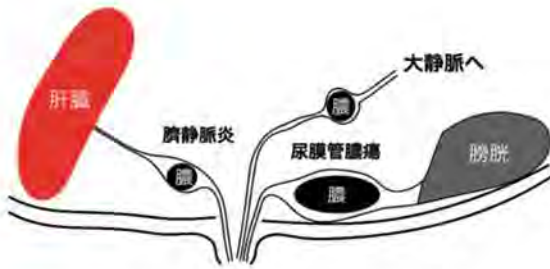


図6 臍動静脈膿瘍および尿膜管膿瘍の発生部位

こういった臍帯遺残物に起因する膿瘍形成の診断には超音波画像診断は極めて有効な手段である¹⁶⁻¹⁷⁾。図7および図8は尿脈管膿瘍の例である。これらの膿瘍の検出の基本的な描出手法として臍部から探査を開始し、臍静脈炎の検出には若干右側に移動しながら頭側方向に肝臓まで横断面で描出し、拡張した臍静脈を検出するようにする、一方、臍動脈膿瘍と尿膜肝膿瘍の検出は尾側方向にまっすぐ向かって短軸

または長軸方向で探査する方法が基本的な手法となる¹⁾(図9)。尿膜管が遺残している場合、腹壁に近い部分を走行していることが多いので比較的発見は容易であるが、腹壁や多臓器との癒着や、尿膜管が膀胱と交通しているかなどの確認が必要になる。さらに、膀胱と交通した尿膜管は、膀胱炎、尿管炎、上行性の腎炎、尿道炎などを誘因している可能性もあるので、こういった臓器の確認出来たら実施すべきであろう。臍動脈炎は比較的稀な疾病ではあるが、その位置から、発見が難しい病態であり、膀胱の背側を注意深く観察する必要がある。臍静脈炎では臍部から肝門に向かう方向を探査すれば良いのだが、この部位には小腸や大血管などが多く、これらと誤認しないように検査する必要がある。小腸は比較的頻繁に運動し、内容物も絶えず動いていることが特徴であるため、判断できると思われる。血管に関してはドプラ搭載機種なら、カラーを載せて鑑別すると良いだろう。臍静脈炎から肝膿瘍に発展しやすいため、臍静脈炎(膿瘍)の疑いがある場合は同時に肝臓の検査も実施すべきである。



図7 1ヶ月齢子牛における尿膜管膿瘍。臍部後方の横断像。管腔内は背側に無エコー部分をもつものの、周囲組織とほぼ同エコーレベルの基質様構造物で満たされている。



図8 Fig.7と同一症例、Fig.7より尾側の矢状断。尿膜管遺残部の癒着により、膀胱の頭側端は癒着によって角上に変形している(矢印)。

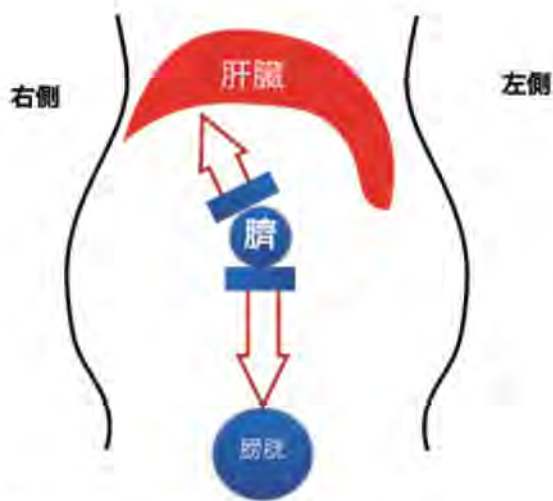


図9 臍帯遺残物の探索法（腹側観）。

3) 呼吸器疾病への応用

呼吸器病は、家畜疾病の中で消化器病と並ぶ家畜疾病の2大疾病といっても良いだろう。特に子牛においては、呼吸器病の中でも肺炎は常に病傷事故発生原因の上位に現れてくる重要疾病である。

人における肺炎の診断プロセスは、問診や基本的な身体検査等から肺炎を想起する徴候を見つけ、肺病変の確認を持って確定していく。この過程は牛でもほぼ同様であるが、決定的に違うことは人では肺病変の確認に画像検査を多用することに対して、牛では画像診断をほとんど利用していないことである。これは、人では単純X線撮影やCTといった画像検査が比較的容易に利用できるのに対して、往診主体の牛の臨床では大がかりな装置や施設を必要とする画像診断を行う事が出来ず、聴診・打診と言った古典的な診療技術に頼らざるを得ないからであろう。こんな中、現在着目されているのが超音波画像を用いた呼吸器検査である。

人では、呼吸器疾患の診断に超音波画像

を取り入れるという試みが、1990年代半ばごろから始まっていたようであるが、当時の装置はまだまだ十分な解像度が得られていなかったため、胸水や気胸の有無の診断といったような限られた目的で利用されていた^{10, 18)}。その後、技術の進歩もあってか、救急医療や集中治療室でその利用範囲が急速に拡大されていき、特に医師自身が治療現場で検査を実施して適切な情報の下、治療を行っていくという point-of-care ultrasound (POC ultrasound) という概念が生まれ、この過程で様々な呼吸器疾患に対する系統的な診断プロトコールが構築されている¹⁸⁾。

肺炎診断における超音波画像検査の信頼性については、人においては、多くの研究報告が存在しており^{2, 8, 11)}、特にヨーロッパの14施設において362人の市中肺炎患者に関する報告¹³⁾では、超音波画像による診断の感度が93.4%、特異度が97.7%と出ており、X線に比べても決して劣らないどころか、それ以上の診断力を持っていることが示されている。その一方、人では肺炎の8%程度が胸膜まで到達していない軽度の肺炎であり、この場合、超音波画像検査では検出できないとされていること¹³⁾や、呼吸器における超音波画像診断は検査者によって診断精度に大きな差が出るということ⁹⁾が指摘されている。

通常、超音波画像検査は検査される臓器を画像として描出し、その形態的異常から判定して診断につなげるものであるが、呼吸器における超音波画像検査では、肺をはじめとする呼吸器の多くの呼吸器は多くの空気を含んでいるため、臓器そのものを

描出することが出来ないため、臓器自体を描出するというよりも、臓器が存在することによって発生する独特のアーチファクトを積極的に利用し、肺野の状況を判定していくということになる。逆に胸腔内に何らかの臓器様構造物が描出された場合、それ自体が異常所見ということになる。

通常、呼吸器の超音波画像検査ではしばしば、Lung Sliding (図10)、A-line (図11)、B-line (図12)、Seashore Sign (図13) といった呼吸器特有の所見を用いて検査を進めていく。肺野では描出する際は、まずは胸膜ラインに着目し、これが正常であるということが確認出来たら、Lung Slidingの有無を確認し、さらにA-line、B-lineを確認するといった手順で行う。ここまで正常であるならその部位の肺野は正常であるということがほぼ確認出来るが、さらにMモードに変更し、Seashore Signの確認を行うとさらに確実に健康な肺野であることが確認できる。もし、Lung Slidingが認められず、A-lineが増強しているのであればM-modeに切り替え、多重反射に伴う固定された横線が並んでいる像 (barcode sign) が認められたら気胸が濃厚となる。また、Lung Slidingが認められ、A-lineも正常に認められたとしてもB-lineが近接して3本以上確認されたのなら、肺水腫や炎症等によって胸膜面がウェットの状態になっている可能性を示唆することになる。重度の肺炎になると、肺野に実質臓器のような部位 (コンソリデーション) がみとめるようになる (図14)。

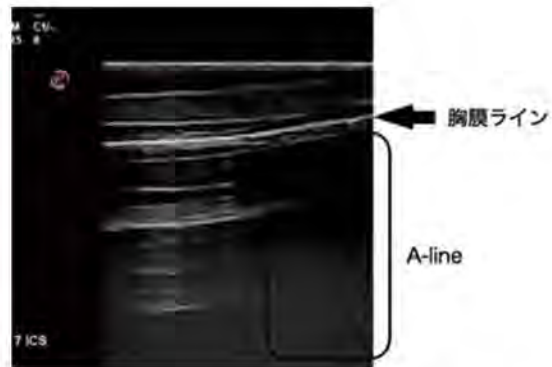


図10 胸膜は胸壁下にエコーレベルの高い1本のラインとして観察されるが、壁側胸膜はほぼ固定されているのに対して臓側胸膜は呼吸に合わせて移動するため、正常な胸膜ラインの輝度は呼吸に合わせて変化し、あたかも瞬いているように見える (Lung Sliding)。胸膜ラインがかがやきながら移動しているように見えたら、Lung Sliding 有り と判定する。

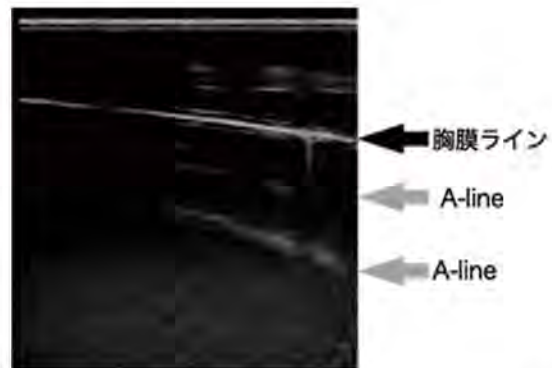


図11 正常な肺野では、肺自体を観察することは出来ず、胸膜ラインより下層には、胸膜ラインと平行に胸壁に由来する多重反射が認められ、これらをA-line という

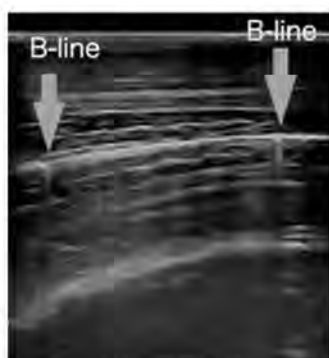


図12 B line は水と空気が共存しているときに見られる縦方向の線で、間質に水分が貯留していることを意味する。A line を上書きするように進み、Lung Sliding とともに移動する。胸膜から起こる彗星の尾のように見えるため comet sign とも呼ばれる。B-line は、正常でも認められるため、異常とするには視野の中に3本以上あり、かつB-line間の幅が7mm以内であった場合とする。

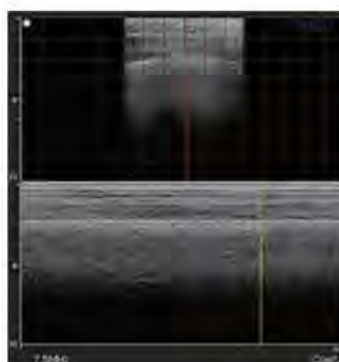


図13 A-lineが見えている状態でMモードに切り替えると、海岸の波打ち際 (Seashore) を見ているような画像になる

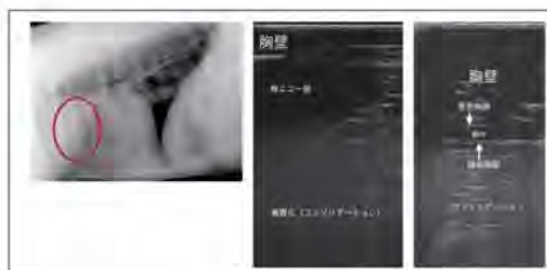


図14 X線画像の○の部分にプローブを当てた際の描出画像。肺野に無エコー部分と高エコー部分(基質化、コンソリデーション)が認められ、胸腔内の一部に胸水が認められた

引用文献

- 1) Baird AN. Umbilical surgery in calves. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 24: 467-477, vi. 2008.
- 2) Bourcier JE, Paquet J, Seinger M, Gallard E, Redonnet JP, Cheddadi F, Garnier, D, Bourgeois JM. and Geeraerts T. Performance comparison of lung ultrasound and chest x-ray for the diagnosis of pneumonia in the ED. Am. J. Emerg. Med. 32: 115-118. 2014.
- 3) Braun U. Ultrasonographic Examination of the Reticulum, Rumen, Omasum, Abomasum, and Liver in Calves. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 32:85-107. 2016.
- 4) Braun U and Gautschi A. Ultrasonography of the reticulum, rumen, omasum, and abomasum in 10 calves before, during, and after ingestion of milk. Schweiz. Arch. Tierheilkd. 154: 287-297. 2012.

- 5) Braun U and Kruger S. Ultrasonography of the spleen, liver, gallbladder, caudal vena cava and portal vein in healthy calves from birth to 104 days of age. *Acta Vet. Scand.* 55: 68. 2013.
- 6) Braun U and Brammertz C. Ultrasonographic examination of the oesophageal groove reflex in young calves under various feeding conditions. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 157: 457-463. 2015.
- 7) Braun U, Kruger S and Hassig M. Ultrasonographic examination of the reticulum, rumen, omasum and abomasum during the first 100 days of life in calves. *Res. Vet. Sci.* 95: 326-333. 2013.
- 8) Cortellaro F, Colombo S, Coen D and Duca PG. Lung ultrasound is an accurate diagnostic tool for the diagnosis of pneumonia in the emergency department. *Emerg Med J* 29: 19-23. 2012.
- 9) Ding W, Shen Y, Yang J, He X and Zhang M. Diagnosis of pneumothorax by radiography and ultrasonography: a meta-analysis. *Chest* 140: 859-866. 2011.
- 10) Lichtenstein DA and Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. Lung sliding. *Chest* 108: 1345-1348. 1995.
- 11) Nazerian P, Volpicelli G, Vanni S, Gigli C, Betti L, Bartolucci M, Zanobetti M, Ermini FR, Iannello C and Grifoni S. Accuracy of lung ultrasound for the diagnosis of consolidations when compared to chest computed tomography. *Am. J. Emerg. Med.* 33: 620-625. 2015.
- 12) Oman RE, Streeter RN, Reppert EJ and Chako CZ. Left Displacement of the Abomasum in 4 Beef Calves. *J. Vet. Intern. Med.* 30: 1376-1380. 2016.
- 13) Reissig A, Copetti R, Mathis G, Mempel C, Schuler A, Zechner P, Aliberti S, Neumann R, Kroegel C and Hoyer H. Lung ultrasound in the diagnosis and follow-up of community-acquired pneumonia: a prospective, multicenter, diagnostic accuracy study. *Chest* 142: 965-972. 2012.
- 14) Wittek T, Constable PD, Marshall TS and Crochik SS. Ultrasonographic measurement of abomasal volume, location, and emptying rate in calves. *Am.J. Vet. Res.* 66: 537-544. 2005.
- 15) Xirouchaki N, Magkanas E, Vaporidi K, Kondili E, Plataki M, Patrianakos A, Akoumianaki E and Georgopoulos D. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med.* 37: 1488-1493. 2011.
- 16) 笹倉春美, 橋本宰昌, 畠中みどり, 山本直史. 超音波画像診断装置を用いた子牛の臓器異常の診断と治療法の選択. *Journal of the Japan Veterinary Medical Association* 68: 434-437. 2015.
- 17) 田口清, 石田修, 鈴木隆, 北島哲, 高田秀, 高橋功, 松尾直, 工藤克, 岩田一, 園中篤, 安里章. 子牛における膈の感染症. *日本獣医師会雑誌* 43: 793-797. 1990.
- 18) 野村岳志. Point-of-care lung ultrasound. *日本集中治療医学会雑誌* 23: 123-132. 2016.

[原著論文]

画像認識技術を活用した非接触による
肉用牛の分娩前兆候検出

Predicting of calving in Japanese Black cow using
camera image analysis

鍋西 久 山崎 淳

Hisashi Nabenishi Atusi Yamazaki

北里大学獣医学部動物資源科学科 動物飼育管理学研究室

〒034-8628 青森県十和田市

Laboratory of Animal Feeding and Management, Division of Animal Science,
School of Veterinary Medicine, Kitasato University, Towada, Aomori 034-8628,
Japan

連絡者：鍋西久
TEL：0176-23-4371 (内線 412)
FAX：0176-23-8703
E-mail：nabe9@vmas.kitasato-u.ac.jp

要約

遠赤外線カメラと画像認識技術を活用した非接触による肉用牛の分娩前兆候検出について検討した。民間の肉用牛生産農場で飼養されている黒毛和種妊娠牛 50 頭を試験に供した。供試牛は分娩予定日の約 1 ヶ月前に単房の分娩室に移動させ、遠赤外線カメラ、可視カメラおよびエッジコンピュータから成る新規開発のカメラシステムで常時撮影し、破水前 72 時間における移動距離、姿勢変更回数および動線の変化を評価した。供試牛の移動距離は破水前 10 時間から延長し始め、破水前 1 時間から 4 時間の移動距離は破水前 8 時間以前と比較して延長した ($P < 0.05$)。また、破水前 24 時間における移動距離を前日、前々日の同時刻と比較したところ、破水前 1 時間の移動距離は前日、前々日同時刻と比較して約 2.5 倍の増加となった。姿勢変更回数は、破水前 8 時間から増加し、破水前 1 時間の姿勢変更回数は、破水前 9、11-14、16-19、21-33、36-53、55-70 時間前と比較して増加した ($P < 0.05$)。また、破水前 1 時間の姿勢変更回数は前日、前々日同時刻と比較して約 2.9 倍の増加となった。さらに、供試牛の動線においても、破水に近づくにつれて分娩室内を旋回するような行動の増加が確認された。以上より、非接触手法である画像認識技術によって、肉用牛の分娩前兆候を検出できることを明らかにした。

キーワード：分娩、予測、黒毛和種、画像認識

Key words : calving, prediction, Japanese black cow, image analysis

緒言

我が国における肉用牛の飼養農家戸数と飼養頭数は減少傾向で推移しており、慢性的な子牛の供給不足とその価格高騰の要因として大きな問題となっている。そのため、繁殖基盤の強化が喫緊の課題であり、増頭事業などの対策が講じられているところである。農林水産省の令和3年度畜産統計¹⁾によると、肉用牛の飼養戸数は前年比4.1%減であったが、子取り用雌牛の飼養頭数は減少傾向に歯止めがかかり、前年比1.9%の増加となった。そのため、今後は子牛の生産性を高めることが重要な課題となる。難産は肉用牛の生産性に大きな影響を及ぼし、新生子牛の生存率だけでなく母牛のその後の繁殖成績にも負の影響をもたらす^{2, 3)}。難産の発生率は、肉用牛で4.4～8.6%にもおよび³⁻⁶⁾、分娩介助なしの場合、死産が発生する割合は24%に達するとの報告もある⁷⁾。したがって、分娩時における適切な介助は、分娩事故や子牛と母牛に対する難産の影響を軽減するために有効な対策と言える。

近年、黒毛和種牛の妊娠期間の平均値は290日前後との報告があり^{5, 6)}、過去の報告⁸⁾にある285日よりも延長しているとともに、大きなばらつきがあることも認められている⁵⁾。このことは、分娩監視にかかる時間が増えることを意味しており、農家にとって大きな労働負担になっている。したがって、分娩事故を低減するための対策技術として、遠隔監視カメラによる分娩監視の効率化や分娩前の体温変化に着目した分娩予測の取り組みが進められている^{9, 10)}。

遠隔監視カメラについては分娩監視の効率化には寄与しているものの、分娩の予測には活用できないため、常時監視からは解放されない。分娩前のウシでは体温が低下することが古くから報告されており¹¹⁾、体温を連続的にモニタリングすることで分娩時期を予測することが可能となる^{5, 9)}。しかしながら、センサーを体内に留置する必要があるため、衛生上の問題や装着にかかる労力、牛に対する負担などの課題が残る¹²⁾。

分娩前の母牛における特徴的な行動変化として、移動距離や姿勢変更回数、尾上げ行動などが増加することが知られているが^{13, 14)}、これらの行動変化をもとにした分娩兆候検出に関する報告はみられない。さらに近年では、動物の行動解析にカメラ画像とトラッキング技術を導入する取り組みが一般的になりつつある。この技術は非侵襲的であり、種々のセンサーを生体内外に装着する必要がない。そこで本研究では、遠赤外線カメラと画像認識技術を活用した非接触による肉用牛の分娩前兆候検出について検討した。

材料および方法

本研究は北里大学動物実験委員会の審査を経た後、学長の承認を得て実施された(承認番号19-076)。

本研究では、民間の肉用牛生産農場で飼養されている黒毛和種妊娠牛50頭(産次数:2～11)を試験に供した。供試牛は分娩予定日の約1ヶ月前に単房の分娩室(4×5m)に移動させ、日本飼養標準・肉用牛(2008年度版)に基づく粗飼料と

濃厚飼料を朝夕の1日2回に分けて給与した。なお、飲水と岩塩は自由摂取とした。供試牛は、遠赤外線カメラと可視カメラおよびエッジコンピュータから成る新規開発のカメラシステム(図1)(ノーリツプレジジョン株式会社、和歌山市)で常時撮影した。カメラシステムは、分娩室全体が写るように高さ2.5mに設置した(図2)。本研究で用いたカメラシステムでは、遠赤外線カメラで得られる熱画像をもとに供試牛を抽出し、重心をトラッキングすることによってその移動距離をリアルタイムで自動計測できるとともに、人工知能の学習モデルを用いて供試牛の姿勢(立位、臥位)も分類推定できるようにプログラムされている。本研究では、破水前72時間について、開発したカメラシステムによって自動計測される移動距離、姿勢変更回数および動線の変化を記録した。

統計処理について、破水前72時間における移動距離と姿勢変更回数は、1時間毎のデータとして解析に供した。これらのパラメータは、分散分析と post-hoc test として Tukey-Karmer's test を使用した多重比較を行った。すべての統計分析は、JMP 13.2.0 ソフトウェア (JMP バージョン 13.20; SAS Institute, 米国) を用いて有意差検定を行い、 $P < 0.05$ となった場合有意であると判定した。

結果と考察

画像認識技術は、実験室レベルではブタ¹⁵⁾、ラット¹⁶⁾、マウス¹⁷⁾、魚¹⁸⁾などのさまざまな動物の行動解析で活用されて

いる。しかしながら、畜産の生産現場では飼養環境が実験室とは異なるため、行動評価のための画像解析はより複雑になる¹⁹⁾。Nabenishi ら²⁰⁾は、遠赤外線カメラで得られる熱画像をもとに黒毛和種妊娠牛の行動を解析することにより、分娩前の兆候を検出できる可能性を示した。遠赤外線カメラは、照明条件や背景に関係なく動物のシルエットを背景から容易に抽出できるため、物体検出の工程が簡素化される。さらに、二値化された熱画像は可視画像よりも小さい画素サイズで動物を自動検出できるため、行動解析に必要な常時モニタリングに適している。遠赤外線カメラで得られる熱画像をもとに対象牛の移動距離と姿勢を自動で分類できるカメラシステムを用いて非接触的手法により妊娠牛の分娩前兆候の検出を試みたのは、我々の知る限りでは、本研究がはじめてである。

破水前72時間における1時間毎の移動距離を図3に示した。移動距離は破水前10時間から延長し始め、破水前1時間から4時間の移動距離は破水前8時間以前と比較して延長した($P < 0.05$)。また、破水前24時間における移動距離を前日、前々日の同時刻と比較したところ、破水前1時間の移動距離は前日、前々日と比較して延長し($P < 0.05$)、約2.5倍の増加となった。

図4は、破水前72時間における1時間毎の姿勢変更回数を示したものである。破水前8時間から増加し、破水前1時間の姿勢変更回数は、破水前9、11-14、16-19、21-33、36-53、55-70時間と比較して増加した($P < 0.05$)。また、破水前24時間における姿勢変更回数を前日、前々日の同時刻と

比較したところ、破水前1時間の姿勢変更回数は前日、前々日と比較して増加し ($P < 0.05$)、約2.9倍の増加となった。本研究で供試した黒毛和種妊娠牛においては、個体差はあるものの、破水が近づくとつれて活動量の増加が観察され、そのタイミングは破水までの12時間の間で認められた。図5は、破水前12時間における典型的な動線の変化を示したものである。破水が近づくとつれ移動距離が増加するとともに、旋回を伴う特徴的な動線の変化が観察された。

ウシにおける分娩のプロセスは、内分泌、行動および身体的変化¹³⁾を特徴とする3つの段階に分けられる²¹⁾。牛の行動と活動パターンは、分娩までの時間が近づくとつれて変化し、陣痛の初期段階では、臥位から立位への姿勢変更頻度²²⁾と落ち着きのない行動が増加する²³⁾。巣作り行動、啼鳴、排便、尾上げ、歩行といった落ち着きのない行動は、分娩に至る過程での不快感に起因するものである^{14, 23, 24)}。別の理由として、分娩開始初期の定期的な子宮収縮である可能性も考えられている²⁵⁾。分娩前におけるこれらの行動は、多くの場合分娩の12~6時間前にみられる²⁶⁾。画像認識技術を活用した非接触による肉用牛の分娩前兆候検出を試みた本研究においても、移動距離と姿勢変更回数は破水が近づくとつれて増加する傾向が認められ、移動距離は破水10時間前、姿勢変更回数は破水8時間前にそれぞれ増加し始めた。また、供試牛の動線においても、破水に近づくとつれて分娩室内を旋回するような旋回運動の増加が確認された。したがって、破水前における

これらのパラメータの増加は、分娩前に特徴的な行動変化に起因しているものと考えられ、非接触手法である画像認識技術を活用した自動検知システムによって肉用牛の分娩前兆候を検出できることを明らかにした。

本研究では、遠赤外線カメラで得られる熱画像をもとに供試牛の移動距離を計測でき、人工知能の学習モデルを用いてその姿勢を分類できるようにプログラムされている新規開発のカメラシステムを用いることによって、破水前の行動変化すなわち分娩前兆候を非接触で自動検出することに成功した。本研究で得られた知見は、妊娠牛の分娩前兆候を飼養者へ通知する分娩監視システムの開発に活用された。



図1 遠赤外線カメラ(a)と可視カメラ(b)およびエッジコンピュータから成る新規開発のカメラシステム



図2 カメラシステムは分娩室全体が写るように分娩室上部に設置した (a)。カメラシステムで撮影した可視画像 (b) と熱画像 (c)。

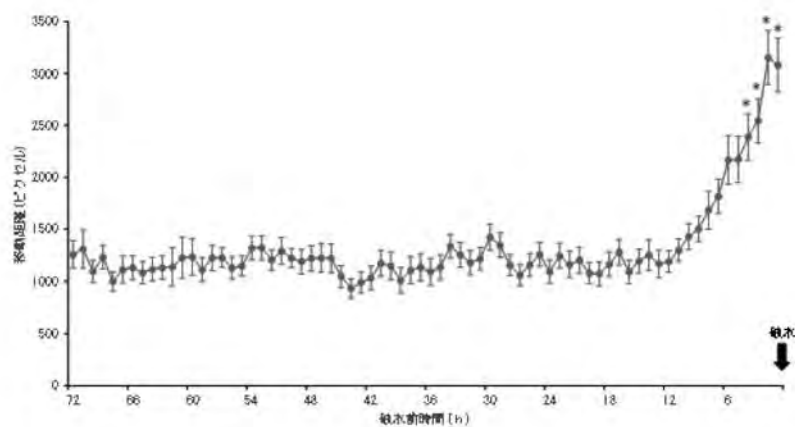


図3 破水前72時間における1時間毎の移動距離の推移 (n=50)
* : 破水前8-72時間と有意差あり (P < 0.05)

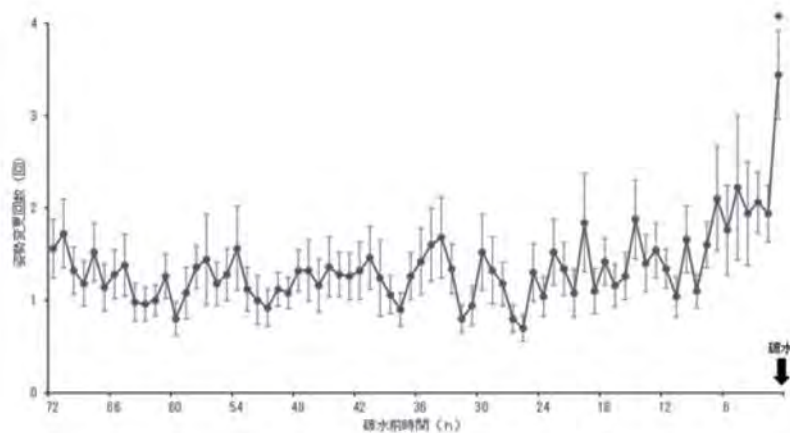


図4 破水前72時間における1時間毎の姿勢変更回数の推移 (n=50)
* : 破水前9、11-14、16-19、21-33、36-53、55-70時間と有意差あり (P < 0.05)

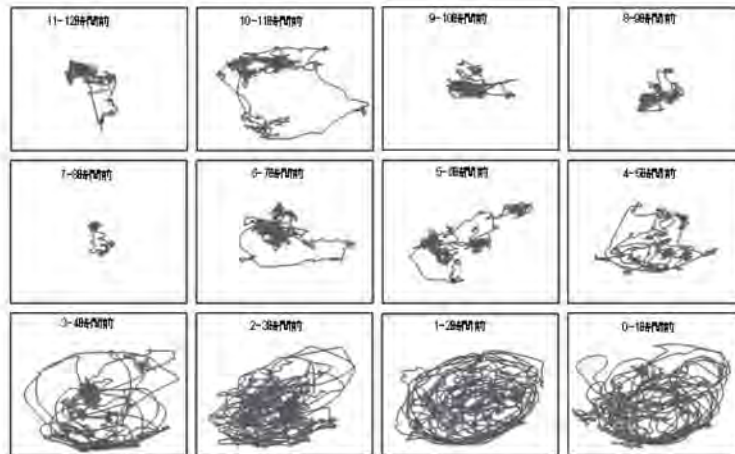


図5 黒毛和種妊娠牛の破水前12時間における典型的な動線の変化

謝辞

本研究に際し、供試牛のご提供とデータ取得にご協力を頂きました生産者に心から感謝いたします。

引用文献

- 1) 農林水産省 大臣官房統計部, 農林水産統計畜産統計. 2021.
- 2) Tenhagen BA, Helmbold A, Heuwieser W. *Journal of Veterinary Medicine*, 54: 98-102, 2017.
- 3) Sasaki Y, Uematsu M, Kitahara G, Osawa T, Sueyoshi M. *The Veterinary Journal*, 200; 462-463, 2014.
- 4) De Amicis I, Veronesi MC, Robbe D, Gloria A, Carluccio A. *Theriogenology*, 107: 104-108, 2018.
- 5) Sakatani M, Sugano T, Higo A, Naotsuka K, Hojo T, Gessei S, Uehara H, Takenouchi N. *Theriogenology*, 111: 19-24, 2018.
- 6) Uematsu M, Sasaki Y, Kitahara G, Sameshima H, Osawa T. *The Veterinary Journal*, 198: 212-216, 2013.
- 7) Lombard JE, Garry FB, Tomlinson SM, Garber LP. *Journal of dairy science*, 90:1751-1760, 2007.
- 8) 熊崎一雄, 森純一. 中国農業試験場報告, 7: 67-74, 1959.
- 9) Sakatani M, Sawado R, Miwa M, Hojo T, Tanaka M, Takenouchi N. *Theriogenology*, 172: 230-238, 2021.
- 10) 谷原礼論. 新近畿中国四国農業研究, 1: 60-70, 2018.
- 11) Lammoglia M A, Bellows RA, Short RE, Bellows SE, Bighorn EG, Stevenson JS, Randel, RD. *Journal of Animal Science*, 75: 2526-2534, 1997.
- 12) Hoffmann G, Schmidt M, Ammon C, Rose-Meierhöfer S, Burfeind O, Heuwieser W, Berg W. *Veterinary research communications*, 37: 91-99, 2013.

- 13)Titler M, Maquivar MG, Bas S, Rajala-Schultz PJ, Gordon E, McCullough K, Federico P, Schuenemann GM. *Journal of dairy science*, 98: 5304-5312, 2015.
- 14)Miedema HM, Cockram MS, Dwyer CM, Macrae AI. *Applied Animal Behaviour Science*, 131: 8-14, 2011.
- 15)Shao J, Xin H, Harmon JD. *Computers and electronics in agriculture*, 19: 223-232, 1998.
- 16)Tomita H, Sugano E, Isago H, Hiroi T, Wang Z, Ohta E, Tamai M. *Experimental eye research*, 90: 429-436, 2010.
- 17)Kubo KY, Yamada Y, Iinuma M, Iwaku F, Tamura Y, Watanabe K, Nakamura H, Onozuka M. *Neuroscience Letters*, 414: 188-191, 2007.
- 18)Agetsuma M, Aoki T, Aoki R, Okamoto H. In: *Zebrafish protocols for neurobehavioral research*. Totowa: Humana Press, 257-264, 2012
- 19)Cangar Ö, Leroy T, Guarino M, Vranken E, Fallon R, Lenehan J, Mee J, Berckmans D. *Computers and electronics in agriculture*, 64: 53-60, 2008.
- 20)Nabenishi H, Negishi N, Yamazaki A. *Journal of Reproduction and Development*, 67: 53-58, 2021.
- 21)Mainau E, Manteca X. *Applied Animal Behaviour Science*, 135: 241-251, 2011
- 22)Schuenemann GM, Nieto I, Bas S, Galvão KN, Workman J. *Journal of dairy science*, 94: 5494-5501, 2011.
- 23)Wehrend A, Hofmann E, Failing K, Bostedt H. *Applied Animal Behaviour Science*, 100: 164-170, 2006.
- 24)Huzzey JM, Von Keyserlingk MAG, Weary DM. *Journal of dairy science*, 88: 2454-2461, 2005.
- 25)Proudfoot KL, Jensen MB, Heegaard PM, Von Keyserlingk MAG. *Journal of dairy science*, 96: 1638-1646, 2013.
- 26)Lange K, Fischer-Tenhagen C, Heuwieser W. *Journal of dairy science*, 100: 4847-4856, 2017.

2021 年度オンラインセミナー

例年総会と同日に開催しておりました研究会大会につきましては、新型コロナウイルスの感染が今なお収束していない状況を鑑み、さらに一年延期し、その代わりにオンラインセミナーを開催することとなりました。大会での発表や参加を予定されていた会員の皆様には大変申し訳ございませんが、次回大会を令和4年12月頃に開催できるよう第13回大会事務局（鳥取大学）に準備を進めていただいておりますので、ご理解いただけますと幸甚に存じます。

記

1 開催日程および開催方法

開催日程：2021年10月30日（土）13:30～17:00

開催方法：ZOOM

当日使用する ZOOM リンクは、参加申込いただいた皆様へメールにてご連絡しております。

2 プログラム内容：

○受付および協賛企業告知 13:30～13:45

○演題①「子牛への超音波画像診断装置の応用の試み」

講師 日本獣医生命科学大学獣医学部 水谷 尚 氏

座長 宮崎大学農学部 佐藤 礼一郎 氏

要旨 研究会報第6号総説の3～11ページ参照

○演題②「画像認識技術を活用した非接触による肉用牛の分娩前兆候検出」

講師 北里大学獣医学部 鍋西 久 氏

座長 宮崎大学農学部 北原 豪 氏

要旨 研究会報第6号原著の12～18ページ参照

○演題③「AI（人工知能）活用による超音波肉質推定技術の開発」

講師 福島県農業総合センター畜産研究所 原 恵 氏

座長 帯広畜産大学生命・食料科学研究部門 撫 年浩 氏

要旨 研究会報第6号講演要旨20～22ページ参照。

○総合討論

座長 日本動物超音波技術研究会 会長 大澤 健司 氏

○研究会事務局から

【講演要旨】

AI（人工知能）活用による超音波肉質推定技術の開発

○原恵¹・齋藤大士¹・真船優美¹・石川雄治²・口田圭吾³・宮田あゆ³・
鹿野淳⁴・小峰央志⁴・工藤祐一⁴・伊藤千尋⁴・川路鯛喜⁴・小林健一⁵
¹ 福島県農総七畜研・² 福島県畜産課・³ 帯広畜産大・⁴ (株) MIJ labo
・⁵ 一関工業高等専門学校

【背景および目的】

福島県の肉用牛生産基盤は、東京電力福島第一原子力発電所事故の影響によりその多くが失われ、県内の肉用牛の頭数は全国と比較して著しく減少したままである。特に被害の大きかった浜通り地域は、かつて「飯館牛」、「双葉牛」、「相馬牛」等の銘柄を有し、畜産業が地域の基幹産業であったことから、肉用牛生産を核とした畜産業の早期復興が望まれている。また、福島県産和牛の枝肉価格は、風評により全国との差が常に1割程度（200～400円/kg）安く取引されており、未だ「福島牛」のブランド力回復には至っていない。

そこで、原発事故で失われた肉用牛生産基盤の回復と、肥育経営の安定化を望む声があり、「福島牛」の枝肉価格向上と肥育コスト削減に繋げるため、先進的かつ革新的な技術開発が課題解決に必要と考え、農林水産省が実施した「福島イノベーション・コースト構想に基づく先端農林業ロボット研究開発事業」の公募により採択された。

今回、帯広畜産大学、株式会社MIJ labo及び、一関工業高等専門学校との共同研究により、成育途中の肥育牛の超音波画像から人工知能を活用し、牛枝肉横断面画像を

推定する肉質評価システムの開発に取り組んだので、その概要を報告する。

【経過】

- ・平成31年3月
「福島イノベーション・コースト構想に基づく先端農林業ロボット研究開発事業（ICT活用による和牛肥育管理技術）」の公募により、農林水産省農林水産技術会議の審査会にて採択。
- ・平成31年4月
共同研究機関で構成した研究グループ「和牛肥育知能ロボティクスグループ」による研究計画が承認され、研究開発に着手した（研究期間：2か年）。
共同研究機関：福島県、帯広畜産大学、一関工業高等専門学校、帯広畜産大学ベンチャー企業株式会社MIJ labo
- ・令和2年12月 技術開発品が完成。
- ・令和3年1月 開発した技術及び技術開発品を特許庁へ出願。（出願人：帯広畜産大学、株式会社MIJ labo、福島県）

- ・令和3年2月 技術開発の内容を報告し、本成果の普及を図ることを目的に福島県内の畜産関係者を参集したシンポジウムを開催。

【取組の方法】

1. 超音波画像撮影方法の検討
AIに学習させるため、調査対象となる肥育中期～末期の幅広い月齢の肥育牛に対応した超音波画像の撮影方法を検討した。
2. 超音波肉質診断調査（超音波画像及び動画の取得）
超音波画像の撮影部位は牛左側第6-7胸椎間の脊柱、ロース、筋間、バラ部位の計4ヵ所であり、上述の検討した方法により撮影した（写真1）。
3. 枝肉調査（枝肉画像及び枝肉格付成績の取得）
超音波画像の取得部位に対応した枝肉画像を撮影した（写真2）。
4. AI肉質評価システムの開発
取得した超音波画像と枝肉画像をクラウド上にアップロードすることで、これらの画像を教師データとし、AIに繰り返し学習させた。



写真1 超音波画像の撮影



写真2 枝肉画像の撮影

【取組の成果】

1. 超音波画像撮影方法の検討
共同研究機関の保有する枝肉横断面画像から幅広い月齢に対応可能かつ超音波画像解析に必要な解像度を保ったレンジの値を決定した。また、設定したレンジで超音波画像に影響を及ぼさないゲインの範囲を決定した。
2. 超音波肉質診断調査（超音波画像及び動画の取得）
令和元年5月8日～令和3年3月31日の期間に調査した頭数は延べ2,514頭であった（図1）。
3. 枝肉調査（枝肉画像及び枝肉格付成績の取得）
令和元年5月8日～令和3年3月31日の期間に調査した頭数は2,198頭であり、そのうち超音波画像を取得している牛は1,030頭であった（図2）。

年度	頭数	調査回数
令和元年度	915	35
令和2年度	1,599	66
合計	2,514	101

図1 超音波画像及び動画取得実績

年度	頭数 (うち超音波調査を実施した頭数)	調査回数
令和元年度	1,110(483)	61
令和2年度	1,088(547)	49
合計	2,198(1,030)	110

図2 枝肉画像取得実績

4. AI 肉質評価システムの開発

専用クラウドに超音波画像をアップロードすると、AIが自動的に肉質を推定し、これまで共同研究機関で蓄積してきた膨大な枝肉横断面画像から、超音波を当てた牛にもっとも特徴の一致した画像を表示するシステムを開発した(図3)。



図3 AI 肉質評価システムの模式図

【今後の方向性】

本システムは、福島イノベーション・コースト構想に基づく先端農林業ロボット研究開発事業により開発されたものであり、安定した高品質な「福島牛」の出荷を促進するため、県内の肥育農家における肥育期間の短縮による牛舎回転率の向上や斉一性の高い高品質な肉牛の選畜など、効率的

かつ安定的に肥育管理するための支援ツールとして活用することとしている。

また、AI 肉質評価技術の県内での普及定着を図るため、各地域において超音波肉質測定を行う農林及び家保職員を対象に、当該装置の取扱いや測定方法についての技術や知識を習得するための研修会を毎月開催し、研鑽に努めているところである(写真3、4)。



写真3 技術研修会による講義



写真4 現地での技術研修会

超音波およびセンサー関係論文要旨集 (翻訳)

1.

肉用牛における屠畜後の胸最長筋筋肉内脂肪含有量推定のための超音波画像テクスチャ分析の適用：方法論的研究

Application of Ultrasound Images Texture Analysis for the Estimation of Intramuscular Fat Content in the Longissimus Thoracis Muscle of Beef Cattle after Slaughter: A Methodological Study

Fabbri G. et al., *Animals*. 11, 1117. 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11041117>

筋肉内脂肪 (IMF) は牛肉の評価における主要な形質であるが、その決定は主観的で一貫性がなく、依然として目視の評価に依存している。この研究目的は、超音波 (US) イメージングテクスチャ分析を使用して牛肉から IMF%を予測する方法の開発である。US 画像は、27 頭のシャロレー種未経産牛における最長筋である。12-13 肋骨間の切断面を測定した。筋肉サンプルの脂質含有量は、石油エーテル (ランドール) 抽出法で測定された。ステップワイズ線形判別分析を使用して、超音波のテクスチャパラメータをスクリーニングした。化学的抽出法 (IMFqa) によって測定された IMF%を従属変数、テクスチャ分析の結果を説明変数とした。モデルは、予測および重回帰方程式が作成され、7つのパラメーターを強調表示した。次に、IMFqa をグラウンドトゥルースとして使用して、IMF コンテンツの予測 (IMFpred) を検証した。IMFqa と IMFpred 間の決定係数は $R^2 = 0.76$ で、ROC 分析では 88%の感度と 90%の特異度が示された。ブランドアルトマンプロットの上限と下限は、それぞれ +1.34 と -1.42 ($\pm 1.96SD$) で、平均は -0.04 であった。したがって、本研究の結果は、US のテクスチャ分析による筋肉量の IMF 含有量の予測が可能であることが示唆された。

2.

経時的な超音波測定データを用いた黒毛和種の脂肪交雑発育パターン推定

Estimation of the marbling development pattern in Japanese Black cattle by using serial ultrasound measurement data

Tokunaga T. et al., *Anim. Sci. J.* 92: e13533. 2021. <https://doi.org/10.1111/asj.13533>

本研究は、経時的な測定値を用いて、黒毛和種去勢牛脂肪交雑の変化を表す数式の開発を目的とした。経時的な超音波測定は、生後 14、16、20 および 26 ヶ月齢で行い、画像解析ソフトウェアを用いて計測した。超音波画像と枝肉からの長期的な脂肪交雑測定値は、非線形ロジスティック曲線に当てはめた。分析には、非線形曲線への当てはめで収束し、ロジスティック曲線の妥当な推定パラメーターを示した 749 頭の去勢

牛データを用いた。予測された平均成熟 BMS と成熟率はそれぞれ 6.26 と 0.353 であり、24 ヶ月齢での平均成熟レベルは 83.9% であった。予測された成熟形質の遺伝率の推定値は中程度であり、遺伝的改善の可能性が示唆された。枝肉 BMS と成熟形質間の予想される後代の間には負の関係があり、枝肉 BMS による遺伝的改良が、脂肪交雑の成熟が遅い雄牛の選抜につながる可能性が示された。本研究結果より、脂肪交雑のために超音波利用とモデルの構築が、肥育初期に脂肪交雑の多い候補雄牛を正しく選択するための有用なツールになり得ることが示唆された。

3.

カメラを使用した体サイズに基づく自動豚選畜システム：豚選畜のための回転機構

Automatic pig selection system based on body size using a camera: rotating mechanics for pig selection

Win KD, et al., *Artificial Life and Robotics*. 26: 155-161, 2021.

異なるサイズの豚を同時に出荷すると損失が発生するため、養豚農場では均一に成長する豚の管理は重要な課題である。そこで、豚のサイズによる自動選畜システムを導入した。提案するシステムでは、カメラを使用して豚のサイズを測定した。カメラが豚の画像を検出し、コンピュータービジョン技術を使用して豚のサイズを推定した。推定サイズは、豚に適した餌を選択するために使用された。豚を適切な給餌方向に導く新しいメカニズムが導入されている。提案されたメカニズムは、養豚場の劣悪な環境でしっかりと機能した。農場での豚の給餌サイクルを妨げることなく、十分に機能した。このシステムは人件費を削減し、豚のサイズを考慮した効率的な給餌サイクルを可能にし得る。体重もサイズから推定される。実験結果は、体重推定の性能を示した。

4.

複数出力の回帰畳み込みニューラルネットワークを使用した豚の体重と体サイズの推定：高速で完全自動化された方法

Pig Weight and Body Size Estimation Using a Multiple Output Regression Convolutional Neural Network: A Fast and Fully Automatic Method

Zhang J. et al., *Sensors*. 21, 3218. 2021. <https://doi.org/10.3390/s21093218>

豚の体重と体サイズは生産者にとって重要な指標である。養豚場の規模が拡大しているため、養豚業者が豚の体重と体サイズを迅速かつ自動的に取得することはますます困難になっている。この問題において、豚の体重と体サイズを推定するために、複数出力の回帰畳み込みニューラルネットワーク (CNN) に着目した。DenseNet201、ResNet152 V2、Xception、および MobileNet V2 は、複数出力の回帰 CNN に変更され、モデリングデータ

でトレーニングされた。テストデータで各モデルの推定パフォーマンスを比較することにより、修正された Xception が最適な推定モデルとして選択された。豚の高さ、体型、輪郭に基づいて、体重 (BW)、肩幅 (SW)、体高 (SH)、腰角幅 (HW)、十字部高 (HH)、および体長 (BL) は、それぞれ 1.16 kg、0.33 cm、1.23 cm、0.38 cm、0.66 cm、および 0.75 cm であった。推定結果と測定結果間の決定係数 (R^2) 値は、0.9879~0.9973 の範囲であった。この方法を LabVIEW ソフトウェア開発プラットフォームと組み合わせると、豚の体重と体のサイズを正確、迅速、かつ自動的に推定できる。この研究は養豚場の自動管理に貢献し得る。

5.

画像から抽出した体計測によるジロランド牛の体重予測

Prediction of Girolando cattle weight by means of body measurements extracted from images

Weber VAM, et al., *R. Bras. Zootec.* 49: e20190110. 2021.

<https://doi.org/10.37496/rbz4920190110>

この研究の目的は、ジロランド牛の体測定値と画像から抽出された測定値を分析して、どの測定値が牛の体重を説明し得るか理解するためのモデルを作出することである。したがって、実験では、次の形質について、34 頭のジロランド牛 (雄 2 頭と雌 32 頭) を測定した: 胸囲 (HGP)、腹囲、体長、後側頭部から坐骨までの長さ、体高、および十字部高。さらに、これらの牛の背側と体の外側領域の画像により、腰角幅 (HWI)、体長、首から尾のまでの長さ、背側面積 (DAI)、背側の周囲、体高、十字部高、体側面積、側面周囲長、および肋骨の高さ。画像から抽出された測定値は、ステップワイズ回帰法と回帰ベースの機械学習アルゴリズムにかけられた。HGP は、体重に関してより強い正の相関を持つ物理的尺度であった。ステップワイズ法では、最終モデルは 0.70 の R^2 と 42.52 kg の RMSE が得られ、その式は次のとおりであった: $WEIGHT (kg) = 6.15421 * HWI (cm) + 0.01929 * DAI (cm^2) + 70.8388$ 。線形回帰と SVM アルゴリズムで最良の結果が得られ、それに続いてランダムフォレストを使用した離散化回帰であった。この研究で提示された一連のルールは、両方とも牛の画像から抽出された腰角幅と背側面積の測定によって、相関係数 0.71 でジロランド牛の体重を推定するために推奨し得る。

6.

無人航空機 (UAV) に対する肉用牛の生理学的小および行動的反應の予備的研究

A preliminary study of the physiological and behavioral response of beef cattle to unmanned aerial vehicles (UAVs)

Abdulai G. et al., *Applied Animal Behaviour Science.* 241: 1-7. 2021.

毎年、米国では15億ドルの価値になる250万頭以上の牛が病気で死亡しています。牛の健康と行動を監視する現在の方法は、病気による牛の死亡を軽減するには不十分ですが、既存の方法と最新の革新的な方法の組み合わせにより、病気による牛の死亡をさらに減らせる可能性があります。牧草地での牛の生理機能と行動をキャプチャできるセンサーを備えた無人航空機(UAV)は、放牧牛の健康監視状況を変える可能性があります。ただし、UAVが牛の身体的および生理学的健康に与える影響に関連する懸念があるため、UAVの使用に関連する詳細な反応を理解することが重要です。この研究では、地上9mで行われたUAV飛行に対する2歳のアンガス種雌牛18頭の生理学的および行動的反応を調査しました。未経産牛の心拍数は、非侵襲的に1分あたりの心拍数(bpm)が、飛行前5分間とUAV飛行中の5分間において1秒間隔で測定されました。移動速度は、低コストの全地球測位システム(GPS)受信機を使用して、1秒間隔でメートル/秒(m/s)で測定されました。UAVの飛行は、円形およびグリッドパターンのUAVで合計120回の飛行が、毎週3日間4週間繰り返されました。私たちの研究の結果は、繰り返しの円形およびグリッドパターンのUAV飛行が、未経産牛の心拍数と運動速度に有意な変化を引き起こす可能性が低いことを示しました。私たちの予備的調査は、さまざまなUAVの飛行パターンによる外部刺激に対する肉牛の反応を理解するための準備となります。

7.

非侵襲的画像ツールによる育種用ブロイラーの発達動態の評価

Assessment of the body development kinetic of broiler breeders by non-invasive imaging tools

Grandhaye. et al., *Poultry Science*. 98: 4140-4152. 2019.

孵化から成体期(32週齢)まで成長中の親ブロイラーにおける体組成を決定するため、医療用画像装置(超音波およびCTスキャン)等の非侵襲的ツールおよび血液サンプル分析を使用して、肥育成長速度、繁殖パラメーター、および体組成の動態を評価した。CTスキャナーを使用することで、体組成(脂肪、骨、筋肉、卵巣、精巣の成長)の発達を監視することができた。これらの分析は、ステロイド、代謝、およびいくつかのアドイポカイン濃度などの生化学的血液分析とともに実施した。雄と雌の体組成の違いは、16週齢で現れた。産卵開始直前の20週齢から、雌は雄より1.6倍多くの脂肪組織($P < 0.001$)を持ち、血漿トリグリセリドレベルは8倍高かった。さらに、16週齢の雌は、雄と比較して骨の質が低下していました($P < 0.001$)。脛骨の体積/脛骨の長さの比率は、32週齢の雄鶏と比較して雌鶏の方が33.2%低かった($P < 0.001$)。しかし、胸筋は雌雄ともに同様の体積だった。性腺によるステロイドの産生は、雌雄ともに16週齢で始まり、精巣と卵巣の発達は24週で画像化ツールによって測定できた。卵胞の発達は、卵巣脂肪組織($r = 0.80$)および脂肪と相関していた。結論として、CTスキャナーと超音波システムの使用により、遺伝的選択を目的とする種鶏の体組成を調査することが可能となった。

8.

牛の温度をリアルタイムで測定する赤外線サーモグラフィのデータ処理および分析法

Methodology for data processing and analysis techniques of infrared video thermography used to measure cattle temperature in real time

Cuthbertson H. et al., *Computers and Electronics in Agriculture*. 167: 1-10. 2019.

体温は、牛の健康状態を評価および診断するために使用される測定値であり、留置プローブによる直腸温度測定が望ましいが、この手法は動物にストレスを与えるうえ、不正確な結果を得る可能性があり、実用的ではない。牛の眼球領域の赤外線サーモグラフィ (IRT) は、ストレスが少なく、より安全な代替手段となる可能性がある。本研究の目的は、商業環境下で IRT を使用しながら牛の温度を測定する方法を開発することであった。実験 1 では、120 頭の交雑種の牛が使用され、食肉処理場のラインに配置された 3 台の異なる IRT カメラにより記録された。実験 2 では、同じサンプルを用いて、農場の牛群 (52 頭の交雑種) を用いて同距離で 4 つの異なる IRT カメラにより記録されたデータを使用した。実験 2 では、追い込み柵に追い込んだ牛の IRT データと直腸温が記録された。食肉処理場の IRT データでは 23.1 ~ 47.5 °C の範囲で大きな変動を示しており、取得データの広範なデータ処理が必要となる。眼が関心領域 (ROI) 内にある場合、皮膚または施設と比較して最高温度を反映していた。ROI 内の最高温度は、眼球領域を含むフレーム (生データ) から抽出され、これらのデータが処理され、移動中央値と分位数が計算された。未処理の生データ ($r = 0.19$; $P > 0.05$) を使用した場合、外れ値が存在するため、分位数または移動中央値 ($r = 0.43$; $P < 0.05$) を使用した場合と比較して、眼の IRT と直腸温の相関は低くなった。カメラのフレームレート (動画のコマ数)、画像解像度、精度も、目の IRT と直腸温の相関関係に影響を与えた。その結果、一部のカメラはうまく機能するが、他のカメラでは機能しないデータ処理方法がいくつかあった。動物が ROI 内にいる時間の長さを減らすと、IRT により測定された眼の温度と直腸温の相関が低下した。ただし、FLIRA310 など一部のカメラでは、時間の長さによる影響が少なかった。最大値と 99 分位数の 1 秒移動中央値が、ビデオカメラを使用して高周波で収集された IRT データを分析するための適切な方法であることが示された。ビデオ IRT カメラからのデータで商業的条件下の牛体温を測定するには、広範な処理を必要とすることが明らかになった。

9.

埋め込み型ワイヤレス温度計を使用した牛の体温モニタリング

Monitoring of the core body temperature of cows using implantable wireless thermometers

Iwasaki W. et al., *Computers and Electronics in Agriculture*. 163: 1-6. 2019.

牛の体温モニタリングは、発情検出、出産予測および健康維持に役立つ。最近、ルーメン、膣、皮膚表面、皮下などの体温を監視する方法が研究されている。ただし、これらの方法には、デバイスの紛失やストレスの誘発などの制限がある。さらに、これらの研究では、測定部位の違いは考慮されていない。本研究では、埋め込み型ワイヤレス温度計を開発し、10か所の異なる解剖学的位置で牛に埋め込んだ。次に、これら部位で記録された温度と直腸温度 (RT) との関係性を調査した。冬期、腹腔内の3か所および皮下の7か所における温度を6週間にわたりモニターし、比較した。腹腔と脇腹内壁の温度はRTと強く相関した (それぞれ $r = 0.74$ と 0.76)。皮下のうち、尾根部 (TB) は、無線送信の高い受信率 (97.6%) と関連しており、温度もRTとよく相関していた ($r = 0.62$)。今回の結果により、埋め込み型ワイヤレス温度計が長期間にわたり体温を継続的にモニターできることが示された。腹腔内部位と皮下尾根部は、ウシの体温モニタリングにおける候補部位となる。さらに、機械学習および皮下および環境温度のデータを使用すると、腹腔内部位の温度と強く相関する体温を予測することができた。7部位の皮下温度を使用した場合の相関係数は0.93、2部位の皮下温度を使用した場合は0.77であった。これらの結果は、皮下に埋め込まれたワイヤレス温度計を使用して、体温の長期モニタリングが可能であることを示唆している。

10.

ブタの呼吸器疾患を早期に発見する遠隔監視方法としての画像コンピュータービジョン

Using imagery and computer vision as remote monitoring methods for early detection of respiratory disease in pigs

Jorquera-Chavez M. et al., *Computers and Electronics in Agriculture*. 187: 1-9. 2021.

呼吸器疾患はブタの健康に影響を与え、生産コストを増加させる。これら悪影響を最小限に抑えるための最も適切なアプローチの1つとして、疾病の早期発見がある。コンピューターベースの技術と組み合わせたカメラの使用は、豚が病気になり臨床兆候を示す前に、豚の生理学的変化を早期に検出するのに役立つ可能性がある。この研究は、(a) RGB (赤、緑、青) 画像と熱赤外線画像に関するコンピューターベースの手法を用いて豚の心拍数と呼吸数を測定すること、および (b) リモートで評価された眼温、心拍数、呼吸数を使用して、民間の養豚場で自由に動きまわるグループ飼育豚における呼吸器疾患の初期兆候を特定できるか調査すること、を目的とした2つの実験で構成された。最初の実験では、リモートで取得した心拍数と呼吸数を標準的な方法で得られた測定値と比較し、正の相関が示された ($r = 0.61 - 0.66$; $p < 0.05$)。2番目の実験では、豚をオーバーヘッドカメラで記録し、遠隔で取得した生理学的測定値を分析して、臨床症状が観察される前の豚で生理学的変化を検出できることを特定できた。遠隔で得られた眼温と心拍数の変化は、臨床徴候が確認される2日前に病気の豚と

健康な豚の間で明らかな違いを示した。呼吸数の有意な変化は、病気の臨床的兆候が確認される前日に発生した。本研究の結果により、民間養豚場で豚の疾病に関する生理学的変化を継続的に監視し、迅速に検出するコンピューター技術を現実的に使用できる可能性が示された。この新しい技術の開発、自動化、および商業的実用化を継続するためには、さらなる研究が推奨される。

11.

仕上げ期のブタの成長速度を遅くするための食餌的アプローチとしての繊維の増加、アミノ酸の減少、または電解質バランスの減少の評価

Evaluation of increased fiber, decreased amino acids, or decreased electrolyte balance as dietary approaches to slow finishing pig growth rates

Helm ET. et al., *J. Anim. Sci.* 99: 1-9. 2021

豚の生産では、豚の移動制限またはパック工場の閉鎖が解除され、工場への移動が回復されるときに、肥育豚の成長速度を遅くし、出荷体重を維持する必要がある場合がある。飼料の調整により豚の成長を遅らせることは可能であるが、成長率の低下を満たすために飼料を最適に配合する方法について検討が必要である。本調査の目的は、仕上げ期のブタの成長速度を遅くすることを目的とした3つの飼料給与試験を評価することである。今回の調査は、中性デタージェント繊維 (NDF) の増加、必須アミノ酸の減少、または酸生成塩の添加による飼料電解質バランスの減少のいずれかで構成されている。2つの反復調査合計94頭の豚 (72.4 ± 11.2 kg BW) が個別に飼育され、8つの調査のうちの1つに割り当てられた ($n = 11 \sim 12$ 豚 / 処理) : 1) 典型的なトウモロコシ大豆ミールを主とする仕上げ期飼料 (CON) ; 2) 大豆皮からの15%NDF (15%NDF) を含む飼料。3) 大豆皮からの20%NDFを含む飼料 (20%NDF) ; 4) 大豆皮からの25%NDFを含む飼料 (25%NDF) ; 5) CONに従って配合された飼料のうち、大豆ミールの50%がトウモロコシ (89%トウモロコシ) に置き換えられている飼料。6) 97%のトウモロコシを含み、大豆ミールまたは合成アミノ酸を含まない飼料 (97%のトウモロコシ)。7) 2%無水塩化カルシウム (2%CaCl₂) を含む飼料。8) 4%無水塩化カルシウム (4%CaCl₂) を含む飼料、を用いた。28日間にわたって、豚の体重等の形質を毎週記録した。28日目に、すべてのブタの超音波測定をし、CON飼料に切り替え、28日目から35日目までの代償性増加を評価した。全体として、NDFの増加は産肉形質パラメータに影響しなかった ($P > 0.05$)。アミノ酸制限は、平均日増体 (ADG)、平均日飼料摂取量 (ADFI)、および増体:飼料 (G:F) を直線的に減少させた (線形 $P < 0.001$)。同様に、ADG、ADFI、およびG:Fは直線的に減少した。CaCl₂含有量の増加 (線形 $P < 0.001$)。ADGは、代償性獲得期間中と異なり ($P < 0.001$)、4%のCaCl₂を与えられた豚は、CONを与えられた豚と比較してADGが47%増加した。逆に、15%および25%のNDF給与豚は、代償性増加期間中にCON給与豚と比較してADGが減少した。

増体効率は28日目から35日目まで差が見られ ($P < 0.001$)、4%CaCl₂ 給与豚では、CON 給与豚と比較してG:Fが36%増加した。全体として、これらのデータは、アミノ酸制限とCaCl₂含有の両方が、より高い含有率ではあるが、ブタの成長を遅らせるのに効果的であることを示している。

12.

産肉形質と枝肉品質を改良するための肉用牛生産システムに適用される交雑育種

Crossbreeding applied to systems of beef cattle production to improve performance traits and carcass quality

Favero R. et al., *Animal*. 13: 2679-2686. 2019.

交雑育種は、熱帯諸国の牛肉生産システムにおける成長、牛肉の品質、適応性を改善するための重要な技術である。この研究の目的は、熱帯環境で生産された交雑牛の成績と枝肉特性に対する種雄牛と母牛の品種の影響を評価することである。未経産牛と去勢牛は、離乳前、離乳後 ($n = 173$)、および仕上げ段階 ($n = 123$) で評価された。供試牛は、ネロール (N_N)、アンガス × ネロール (A_N)、およびカラク × ネロール (C_N) の母牛と、ブラフォード、チャルブレイ、およびカラクの種雄牛と交配することによって生産された。離乳後、供試牛はマランドゥグラスで12ヶ月間放牧された。その後、それらはそれぞれのペンに収容され、フィードロットでTMRにより肥育された。超音波枝肉評価を実施し、胸最長筋面積 (R_A)、背脂肪厚 (B_T)、および尻脂肪厚 (R_T) を決定した。A_Nの息牛はN_Nよりも出生時に重く ($P < 0.05$)、ブラフォードの子はカラクよりも出生時のBWが大きかった ($P < 0.05$)。N_Nと比較してA_NおよびC_Nの子では、より大きな離乳時BWが示された ($P < 0.01$)。離乳後の平均日増体は、C_Nと比較してN_N子で大きくなることが確認された ($P < 0.05$)。離乳後の終わりに、BWについて母牛または種雄牛の品種の影響は観察されなかった ($P > 0.05$)。N_N牛の子は、C_Nと比較して、離乳後の終わりでB_T ($P < 0.05$) とR_T ($P < 0.01$) が厚かった。ブラフォードよりもカラクの子でR_Aが大きくなることが観察され ($P < 0.05$)、離乳後の終わりにチャーブレイの子よりも大きなR_Tを示した ($P < 0.05$)。フィードロットでの最終BWまたは飼料効率特性 ($P > 0.05$) について、母牛または種雄牛の品種効果は確認されなかった。A_Nの子はC_Nと比較して最終的なB_Tで優れており ($P < 0.01$)、ブラフォードの子は肥育の終わりにチャーブレイよりも大きいR_Tを示した ($P = 0.05$)。交雑種の母牛を使用すると、離乳するまで生産性を向上させることができるが、これは離乳後および終了期間では維持されなかった。ブラフォード種雄牛を使用すると、生産システムのさまざまな段階で、チャルブレイ種雄牛やカラク種雄牛で見られるものと同様の産肉形質が得られるが、仕上げの終わりに脂肪の厚みが増す牛が生産されるため、枝肉の品質と商品価値が向上する可能性がある。

13.

若齢肉用牛の生体および枝肉の形質からの骨化の予測：モデルの開発と評価

Prediction of ossification from live and carcass traits in young beef cattle: model development and evaluation

Gudex BW. et al., *J. Anim. Sci.* 1; 97: 144-155. 2019.

枝肉の骨化 [10 単位の増分 (100、110、120、…)] として測定される生理学的成熟度は、牛肉の柔らかさの加齢による違いを反映し、生産者の支払いを決定するため米国農務省およびオーストラリアの枝肉等級付けシステムによって使用されている。ほとんどの牛群では、牛の正確な年齢は不明である。このため、表現型予測システムに関連する骨化の予測は、枝肉と飼料の質を改善することから生産者を支援する可能性がある。この研究では、肉の品質を予測する表現型予測システムで使用する骨化を予測するために、牛生体または枝肉の特性のいずれかを用いる予測方程式を開発および評価した。モデル開発データセットの平均骨化は 138 で、SD は 21、範囲は 100~200 であった。モデルの開発には、牛生体特性として測定時年齢、性別、生体重、平均 DG、超音波による胸最長筋面積、12/13 肋骨と P8 ランプの皮下脂肪厚、枝肉形質としてと畜年齢、性別、温と体重、枝肉における胸最長筋面積、脂肪交雑等級、リブと P8 ランプの皮下脂肪厚、抗骨化などのさまざまな組み合わせを回帰することが含まれていた。モデルは、3 つの独立したデータセット 1) 視覚的筋肉スコアから分岐選択によって作られたされたアンガス去勢牛、2) 温帯性の牛 (アンガス、ヘレフォード、ショートホーン、マレーグレイ) の去勢牛と未経産牛、3) 熱帯性の牛 (ブラーマンとサンタガートルーディス) 去勢牛と未経産牛であった。調整された R^2_{adj} が 0.55 を超える 5 つのモデルが評価されました。データセット 1 で検討した場合、予測の絶対平均バイアス (MB) と二乗平均平方誤差 (RMSEP) は、0.1 から 4.2、および 9.8 から 10.7 の範囲であり、骨化スケールの 10 ポイントの増分の範囲内であった。データセット 2 で検討した場合、MB と RMSEP はそれぞれ 2.8 から 13.4、および 19.6 から 23.7 の範囲であった。データセット 3 では、MB と RMSEP はそれぞれ 14.4 から 17.5、23.3 から 31.9 の範囲であった。一般に、骨化スケールと比較した場合、評価されたすべてのモデルは同様の精度を持っていた。肉質を予測するために、最も有用と考えられる生体特性を含むモデルは $[85.35 + 0.16 \times BW + 10.94 \times \text{性別} - 0.09 \times \text{性別} \times BW \text{ (調整済み } R^2 = 0.59; SE = 13.51)]$ であり、枝肉特性を含む最も有用なモデルは $[107.15 + 11.53 \times \text{性別} + 1.10 \times CP8 + 0.16 \times HSCW - 0.15 \times \text{性別} \times HSCW \text{ (調整済み } R^2 = 0.60; SE = 13.39)]$ であった。

14.

機械学習法と合成マイノリティオーバーサンプリング技術を用いた韓国韓牛肉牛の霜降りスコアと枝肉特性の予測

Prediction of marbling score and carcass traits in Korean Hanwoo beef cattle using machine learning methods and synthetic minority oversampling technique

Saleh Shahinfar S. et al., *Meat Sci.* 161:107997. 2020.

韓国市場での韓牛の価格は、主に肉の品質、特に脂肪交雑等級に基づいている。牛の早期に脂肪交雑等級を正確に予測する技術は、生産者が市場の要件を満たし、遺伝的選択にとって非常に価値がある。この研究では、合計 3989 頭の韓牛（2108 頭で 50 k の SNP 遺伝子型）と 45 の表現型の特徴が用いられた。4 つの機械学習（ML）アルゴリズムを適用して、6 つの枝肉特性を予測し、線形回帰予測モデルと比較した。ほとんどのシナリオで、SMO が最もパフォーマンスの高いアルゴリズムであった。最も正確に予測された形質と最も正確に予測されなかった形質は、それぞれ相関係数が枝肉重量の 0.95 と脂肪交雑等級の 0.64 であった。さらに、合成マイノリティオーバーサンプリング手法（SMOTE）を使用することの価値が評価され、結果は脂肪交雑等級の予測誤差のわずかな改善を示した。機械学習アプローチは、肉用牛の重要な枝肉特性を予測するための便利なツールになる。

15.

枝肉重量、体高および超音波枝肉測定を使用したイヤリング乳用牛の後肢の筋肉重量の予測

Prediction of the Hind-Leg Muscles Weight of Yearling Dairy-Beef Steers Using Carcass Weight, Wither Height and Ultrasound Carcass

Addisu Hailu Addis AH. et al., *Animals* (Basel). 9; 10: 651. 2020.

doi: 10.3390/ani10040651.

予測式は、年齢の経過した肉用牛の枝肉分類および等級付けシステムに広く利用されている。しかし、方程式は主に一般的な肉用牛と生後 18~24 ヶ月齢の牛に関連しているが、イヤリング乳用牛に適した方程式はない。したがって、この研究では、60 頭の乳用種由来の 8~12 ヶ月齢の去勢牛を使用して予測モデルを開発し、枝肉の分類と等級付けに用いられる後肢からの肉の収量を検討したランプの上の脂肪の深さ、肋骨の脂肪の深さ、および 12-13 番目の肋骨の間の胸最長筋の領域を超音波を使用して測定し、と畜 1 週間前に体高を測定した。と畜 24 時間後に後肢の筋肉を回収した。予測式は、枝肉の重量、体高、胸最長筋面積、ランプ、および肋骨の脂肪の厚さを予測因子として使用して、後肢の筋肉の重量についてモデル化した。枝肉重量は後肢筋肉重量の変動の 61.5% を説明し、胸最長筋面積は 39.9% を説明しました ($p < 0.05$)。多変量解析におけるそれらの組み合わせは、後肢の筋肉重量の変動の 63.5% を説明しました。単変量および多変量解析での予測の寄与率は、年齢グループごとにデータを分析することで

改善された。イヤリング去勢牛の追加形質としてのビデオ画像分析スキャン (VIAscan) を使用して測定された体長、胸囲、筋肉の深さおよび周囲長など、は、と畜年齢グループ全体のイヤリング乳用種去勢牛の筋肉歩留まりの予測能力を向上させる可能性がある。

16.

子牛の感染性気管支肺炎の診断における胸部超音波検査と胸部 X 線検査の比較

Comparison of thoracic ultrasonography and thoracic radiography to detect active infectious bronchopneumonia in hospitalized dairy calves

Berman J et al., *J Vet Intern Med*. 35: 2058-2068. 2021.

乳用子牛の感染性気管支肺炎の診断における、胸部超音波検査 (TUS) と胸部 X 線検査 (TR) を用いた最適な検査の組み合わせ (直列または並列) については不明である。今回、子牛の感染性気管支肺炎の診断のため、TUS と TR の診断能力からパネル診断法 (PDM) に基づいて最適な診断戦略を決定する。

生後 7 日齢以上、体重 100kg 以下、立位、 pCO_2 53mmHg 以上の子牛 50 頭を供試した。各子牛は、身体検査、胸部聴診、血液検査、TUS および TR を実施した。盲検下で 3 人の専門家が、PDM に基づいて感染性気管支肺炎の有無について診断した。TUS と TR の単独、併用直列または並列での感度 (Se) と特異度 (Sp) を比較した (McNemar の検定、 $P < 0.05$)。結果は、専門家間の一致度は 0.58 (95%CI: 0.42; 0.73) と中程度であった。TUS の Se と Sp は、それぞれ 0.84 (95%CI: 0.60; 0.97) と 0.74 (95%CI: 0.57; 0.86) であった。TR の Se と Sp は、それぞれ 0.89 (95%CI: 0.67; 0.99) と 0.58 (95%CI: 0.39; 0.75) であった。TUS と TR の Se と Sp は、単独、直列、並列で解析しても、有意な差は認められなかった。本研究から、子牛の感染性気管支肺炎は TUS と TR のみでの診断能力は同等であった。直列または並列での解析では、さらなるメリットは得られなかった。TUS は使いやすく、広く普及しているため、子牛の感染性気管支肺炎の第一次検査として有用である。

17.

赤外線サーモグラフィと補助センサーを用いた非侵襲的な牛の体温測定

Non-Invasive Cattle Body Temperature Measurement Using Infrared Thermography and Auxiliary Sensors

Wang FK. et al., *Sensors* (Basel). 1; 21: 2425. 2021. doi: 10.3390/s21072425.

本研究では、牛の体温を高感度かつ正確に測定するために、赤外線サーモグラフィ (IRT)、風速計、ヒューミチュール・メーターを用いたマルチセンサー・アーキテクチャを検討した。風速、周囲の温度、湿度などの環境要因が IRT に与える影響を考慮した。

また、周囲の温度や湿度が IRT の結果に与える影響を低減し、IRT の温度の精度を向上させるように校正した。記録された直腸温度と IRT 温度の平均値と標準偏差値の差はそれぞれ 0.04 °C と 0.10 °C で、供試したシステムは IRT 温度と牛の体温の相関性を大幅に改善した。さらに、比較的小型の IRT イメージセンサーを用いて、複数のセンサーアーキテクチャと適切なデータ処理を組み合わせることで、良好な温度精度を得ることができた。

18.

超音波検査およびその他の診断ツールを用いた牛の腸管疾患およびその後遺症の鑑別診断

Differential diagnosis of bovine intestinal diseases and their sequelae regarding ultrasonography and other diagnostic tools

Khalphallah A. et al., *Vet World* . 14: 1537-1547. 2021.

牛の診療において、腸管障害は腹部救急の大きな割合を占めており、その確定診断は大きな課題である。本研究では、牛の小腸または大腸の異なる消化管疾患とその後遺症および小腸ループにおける腹膜炎について検討した。健康な牛 (n=20) と腸に疾患のある牛 (n=40) を対象とし、全頭で身体検査、臨床検査、超音波検査を実施した。腸疾患牛では、白血球の増加に加え、低タンパク血症と低アルブミン血症が認められた。超音波検査では、小腸近位部 (n=12) または遠位部 (n=15) のイレウス、腸重積 (n=3)、盲腸および／または結腸拡張 (n=10) が認められた。十二指腸の腸重積は、断面では bull's eyes lesion として画像化された。小腸閉塞している個体では、小腸の蠕動運動の完全な停止、一部停止、十二指腸拡張 (直径 6.5~9.9cm)、空腸や回腸の拡張 (直径 4.4~6.8cm) などが認められた。超音波検査では、小腸イレウスは腸閉塞または腹膜炎によるものと診断され、イレウス部位は小腸近位または遠位のいずれかであった。盲腸／結腸拡張では、小腸が描出されず、蠕動運動の完全停止が超音波検査で描出された。結論として、腸疾患において超音波検査は鑑別診断のための重要なツールであり、小腸ループ間の腹膜炎や盲腸および／または結腸拡張の診断にも有用であった。

19.

乳牛のデジタル皮膚炎を検出するための診断ツールとしてのサーマルイメージングの使用に関する研究

A study on the use of thermal imaging as a diagnostic tool for the detection of digital dermatitis in dairy cattle

Anagnostopoulos A. et al., *J. Dairy Sci* .

104. 2021. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20178>

本研究の目的は、(1) 赤外線サーモグラフィーを用いて測定した趾間皮膚温度 (IST) が趾皮膚炎 (DD) 病変のさまざまなステージとどのように関連するかを明らかにし、(2) IST 測定値を用いて DD 病変が活動性の牛を識別可能なモデルを開発・検証することである。2019年3月から2020年3月にかけて、4つの農場のホルスタイン種の牛2,334頭から後肢蹄の赤外線サーモグラフィー画像を撮影した。趾間皮膚の赤外線サーモグラフィー画像から最大温度を記録した。妊娠牛は、分娩前約1~2ヶ月で検査され、分娩後1週間後、約50~100日後に再度検査した。これらの時点で、ISTとDDの臨床ステージ (M-ステージスコアリングシステム:M1-M4.1)に加えて、周囲の環境温度、体高、ボディコンディションスコア、妊娠の有無、他の運動器病変の有無などのデータを記録した。ISTを従属変数とする混合効果線形回帰モデルを当てはめて解析した。趾間皮膚温度はDD病変と関連しており、健康蹄と比較して、M2病変の足でISTが最も高く、次いでM1病変、M4.1病変であった。続いて、活動性のDD病変 (M1、M2、M4.1)の有無を検出するためのIST測定値の能力を、ロジスティック回帰モデルを当てはめて検討した。今回の研究では、DDと足の皮膚温度の関係について、1頭の動物につき複数回の測定を行った大規模なデータセットを用いて、さらなるエビデンスを示した。さらに、赤外線サーモグラフィが農場での活発なDD病変のルーチン診断に使用される可能性が示唆された。

20.

機械搾乳に応じて乳頭壁の厚さが増加します。

Increased teat wall thickness in response to machine milking

Claudia Stauffer C. et al., *J. Dairy Sci.* 104: 9082–9092. 2021.

<https://doi.org/10.3168/jds.2021-20294>

機械搾乳によって乳頭壁の厚が一時的に増加することは、超音波をはじめとする様々な方法で報告されている。しかし、この現象の起源を検出するための超音波検査と組織に関する報告はそう多くない。本研究の第一の目的は、2品種の乳牛 (シンメンタール11頭、ホルスタイン3頭)の乳頭組織の搾乳期間中の変化をBモード超音波検査で評価し比較することである。さらに、観察された変化を、分娩前後に乳房浮腫を発症したホルスタイン牛の超音波検査所見と比較した。最後に、シンメンタール牛の乳頭の組織学的切片の分析から、授乳中のアンガス牛 (肉用牛)の組織学的切片と比較した。我々は、ティートカップライナーが開いている時期の真空による伸張と、機械搾乳時の閉じたライナーによる圧縮の両方の機械的負荷が、乳頭壁の血管の一過性のうっ血を引き起こすという仮説を立てた。搾乳後すぐにシンメンタールを安楽殺し、スキャンした乳頭を光学顕微鏡で調べた。搾乳後の超音波検査では、主に乳頭壁の内側半分に無エコーの管状構造が認められた。組織学的検査の結果、これらの構造は肉厚の静脈で

あることが明らかとなった。肉用牛の授乳牛の左前後の乳頭を採取し、シンメンタール牛のものと同様に処理した結果、同様の組織学的特徴が認められた。超音波検査の結果、これらの静脈の直径は、搾乳前の画像と比較して、搾乳後に有意に増加していた。この効果はホルスタイン種の牛で最も顕著であった。同様に、これらの静脈は分娩前後の牛で非常に顕著であった。しかし、分娩前後の牛を含む搾乳牛、授乳中の非搾乳牛のいずれも、超音波検査や組織検査で浮腫状の血管外漏出の状況は確認できなかった。これらの結果は、機械搾乳により乳頭壁が厚くなるのは、乳頭組織内の厚壁静脈のサイズが大きくなるのが主な原因であるという我々の仮説を裏付けるものであった。

21.

ヒートストレス下の乳牛における黄体および妊娠子宮の超音波検査所見

Ultrasonographic findings of the corpus luteum and the gravid uterus during heat stress in dairy cattle

Nanas I. et al., *Reprod Domest Anim*. Jul 29, 2021, doi: 10.1111/rda.13996.

本研究の目的は、体を冷却した乳牛の妊娠中に、ヒートストレスによって引き起こされる黄体、胎盤のエコー的外観、大きさ、血流、臍動脈および子宮動脈の血流の変化を評価することである。妊娠牛を2群に分け、冬期（Wグループ、n=9）または夏期（Sグループ、n=10）に妊角と同側の黄体とともに妊娠子宮を検査した。黄体と胎盤のグレースケール超音波検査とカラーフローイメージングを行った。さらに、臍帯動脈と子宮動脈の直径および血管内の血行動態パラメータを算出した。超音波検査時、S群はW群と比較してコルチゾール濃度が高く、プロジェステロン濃度が低い傾向にあった。また、S群はW群に比べて黄体部と胎盤のグレースケール超音波評価が低かった。臍帯動脈の直径と血管内の血液量は、W群よりもS群の方が小さく、少なかった。以上より、ヒートストレスは、胎子の血液供給や胎盤節や黄体の構造に影響を与え得るが、臍動脈や子宮動脈の血流特性には異なる影響を与えていると推測される。

22.

腔内プロジェステロン製剤を投与されたホルスタイン種経産牛におけるプロジェステロン放出動態と卵胞発育

Progesterone release profile and follicular development in Holstein cows receiving intravaginal progesterone devices

Silva LOE. et al., *Theriogenology*. 172: 207-215. 2021.

doi: 10.1016/j.theriogenology.2021.07.001.

本研究の目的は、8種類の市販の腔内プロジェステロン（P4）デバイスから放出され

る P4 の動態を評価するとともに、これらのデバイスからのみ放出される P4 の末梢血中濃度が、非泌乳のホルスタイン種経産牛の主席卵胞 (DF) の発育に及ぼす影響を評価することであった。すべての供試牛は、同じ実験計画に基づいて、再使用の P4 デバイス (2g-元の P4 含量) を 7 日間挿入し、その後、デバイス挿入の 6 日後と 7 日後に、24 時間間隔でクロプロステノールナトリウム (PGF ; 0.482 mg) を 2 回投与した。デバイス抜去直前にノルゲストメットのイヤープラントを挿入し、2 日後 (Day 0) にノルゲストメット抜去と同時に、腔内 P4 デバイスの 1 つと安息香酸エストラジオール (EB) 2 mg を投与した。試験 1 (n=22、3 回の反復) では、供試牛を以下の投与群、すなわち、CIDR (1.38 g)、PRID-Delta (1.55 g)、Prociclar (0.75 g)、または Repro sync (2 g) に無作為に割り付けた。試験 2 (n=29、4 回の反復) では、供試牛は Cue-Mate (1.56 g)、DIB 0.5 (0.5 g)、DIB (1 g)、PRID-Delta (1.55 g)、または Sincrogest (1 g) に無作為に割り付けた。血液サンプルは、P4 デバイスの挿入前 (0 日目)、12 時間後、および 15 日間 (P4 デバイスの抜去から 1 日後まで) にわたって毎日採取された。DF の発育を評価するため、0 日目、7 日目、8 日目、9 日目、および 10 日目に超音波検査を行った。結果は平均 ± SEM で示し、 $P \leq 0.05$ の場合に差があるとした。全体として、末梢血中 P4 動態と 10 日間の平均末梢 P4 濃度は処置の違いにより異なっていた。しかし、P4 デバイス挿入後 7 日目から 10 日目までの DF 径および卵胞成長率には影響が見られなかった。実験 2 では、末梢血中 P4 濃度が高いデバイスを使用すると、処置期間中の DF の成長が遅くなった。本研究により、非泌乳のホルスタイン種経産牛において、腔内 P4 デバイスによる P4 放出動態、および末梢血中 P4 濃度と DF の発育に対する効果に関する理解をより深めることができた。

23.

排卵後 4 日目および 10 日目のホルスタイン種未経産牛における黄体血流および体積測定に対するクロプロステノール投与の影響

Effect of cloprostenol sodium dose on luteal blood flow and volume measurements in Holstein heifers with both day-4 and day-10 corpora lutea

Minela T. et al., *J Dairy Sci.* 104: 9327-9339. 2021. doi: 10.3168/jds.2020-19933.

体内の血管系の確立は、プロジェステロン (P4) の分泌に不可欠である。黄体血流 (LBF) の測定は、クロプロステノールナトリウム (CLO) で誘発される黄体退行を判定するための実行可能な方法であると考えられる。本研究の目的は、ドップラー超音波検査で黄体退行を評価するためのタイムラインを確立することであった。11-12 月齢のホルスタイン未経産牛 (n = 37) の発情周期を同期化した。供試牛に対して、発情周期のランダムなステージで CLO を注射した。最初の CLO から 2 日後 (d-10) と 8 日後 (d-4) に性腺刺激ホルモン放出ホルモン (GnRH) を投与した。これにより、異なる

CL0 投与量で投与した日（以下、d0 とする）に、発育 4 日目の CL (D4 CL) と発育 10 日目の CL (D10 CL) を同時に存在させるという試験目的を達成した。未経産牛を 5 つの処理法のうち 1 つに無作為に割り当てた。すなわち、CL0 無処理（陰性対照, NC; n = 8）、CL0 1/4 用量 (0.125 mg) (n = 8)、CL0 1/2 用量 (0.25 mg) (n = 8)、CL0 全用量 (0.5 mg) (n = 8)、または CL0 0.5 mg を d 0 から 24 時間間隔で 4 回投与する陽性対照 (PC) (n = 5) であった。データ収集は、d0 (投与前および投与後 1 時間)、投与後 2、4、6、8 日目に行い、黄体体積 (LV)、LBF、および P4 の末梢血中濃度を測定した。NC、PC 共に正常な黄体形成や黄体退行の際に生じる生理的なシナリオを効率的に模倣することができた。PC を投与された未経産牛は、24 時間間隔で 4 回行われた CL0 処理の最初の処理後、2 日目から 4 日目にかけて D4 および D10 の CL の両方の LBF が完全に消失した（それぞれ平均 4.0 ± 0.0 および 3.2 ± 0.7 日）。LBF が完全に消失したことを黄体退行マーカーとした。CL0 を異なる用量で投与しても、D4 CL の黄体形成は損なわれなかった。しかし、半量 (5/8 未経産牛) および全量 (8/8 未経産牛) の CL0 を投与した未経産牛では、NC と比較して、投与後 8 日目の D4 CL において、半量では LBF が減少し、全量では LV および LBF が減少していた。CL0 を様々な用量で処理すると、D10 では用量に関わらず処理後 1 時間で LBF の急性増加が誘導されたが、D4 CL では誘導されなかった。D4 および D10 CL の LV 減少には用量依存的反応が見られなかった。興味深いことに、NC では処置後 0 日目から 8 日目（黄体形成期の 10-18 日目）にかけて、D10 CL の LV が低下した。以上より、カラードップラー超音波による評価は、ホルスタイン種未経産牛において、様々な用量の CL0 を投与した場合の用量反応パターン（黄体形成不全、部分的、または完全な黄体形成不全）を識別するのに十分な感度を有していた。しかしながら、CL0 を全量投与した後の成熟した D10 CL の LBF が完全に消失するまでの時間にはバラツキがあるため、処置後の単一の時点で黄体退行を検出するためにドップラー超音波検査を使用することには限界がある。

24.

夏季のヒートストレス下の乳牛における早期胚死滅、プロジェステロン濃度および妊娠関連糖タンパク質濃度

Early embryo losses, progesterone and pregnancy associated glycoproteins levels during summer heat stress in dairy cows

Nanas I. et al., *J Therm Biol.* 98: 102951. 2021. doi: 10.1016/j.jtherbio.2021.102951

本研究の目的は、妊娠関連糖タンパク質 (PAG) およびプロジェステロンに対するヒートストレスの影響と、胚の生存への関与を明らかにすることであった。試験 1 では、人工授精後 29 日目から 36 日目に採取した血液サンプルを用いて、冬期 (n=3721) と夏期 (n=2388) の PAG 濃度を比較した。試験 2 では、冬期 (n=144) と夏期 (n=133) の

妊娠 31 日目または 32 日目に胚の死滅を評価した。妊娠診断は、24 日目または 25 日目に超音波検査で行い、1 週間後に再度行った。試験 3 では、冬と夏の 33 日目から 36 日目に、PAG とプロジェステロン濃度を評価した。試験 1 では、PAG 濃度は冬と夏で差が認められなかったが、受胎率は冬の方が夏よりも高かった。妊娠する可能性は、冬の方が 10～15% 高かった。試験 2 では、胚死滅率は夏季の方が高かったが、夏季に胚死滅した牛の PAG 値は冬季のものより高かった。いずれの季節においても、PAG 濃度が低いほど妊娠喪失のリスクが高くなるが、胚死滅は夏において冬よりも 5 倍多く発生し、PAG 濃度が低いほど胚死滅のリスクが高くなるという正の相関関係が見られた。試験 3 では、冬よりも夏の方が PAG 濃度の平均値が高く、プロジェステロン濃度の平均値が低かった。以上より、ヒートストレスが牛の受胎性に非常に大きな影響を与えるものの、継続的なヒートストレス下で生き残った初期胚は、十分な機能を有する胎盤を形成することができると推測された。従って、夏季に観察された高い胚死滅率は、主に黄体機能不全に起因すると考えられる。

25.

供胚牛における奇胎妊娠の一例

A molar pregnancy in an embryo donor cow

Boakari YL. et al., *Reprod Domest Anim.* 55: 1646-1649. 2020. doi: 10.1111/rda.13809

6 歳のヘレフォード種の供胚牛が、左子宮角の先端に腫瘤があるとの稟告で、Auburn 大学獣医学部に紹介された。当該牛はその少し前に胚回収を行ったものの、得られたものは未受精で変性した卵子だった。経直腸による触診と超音波検査により、子宮内の羊膜腔と尿膜腔に似た 2 つの独立した区画に包まれた多包性の腫瘤が観察された。子宮洗浄により組織を採取、病理組織学検査を実施したところ、この組織は胎盤であることが判明し、奇胎妊娠と確定診断した。治療後、本症例牛は多数の生存胚を回収することができた。奇胎妊娠は稀に発生し、栄養膜細胞の異常増殖により子宮内に嚢胞状の腫瘤が形成されることを特徴とする。供胚牛における妊娠や嚢胞性疾患などの望ましくない状態を発見し治療するためには、体内胚回収から約 30 日後の超音波検査を定期的に行うことが重要である。

26.

分娩前後の肉牛および未經産牛の運動行動の変化

Locomotion behavior changes in peripartum beef cows and heifers

Natalie BD. et al., *J Anim Sci.* 97: 509-520. 2019.

牛の分娩前 72 時間における運動量の変化を 3 つの実験で測定した。(i) 春に分娩する経産牛を対象とした 2 年間の研究 (Exp. 1 ; 1 年目と 2 年目でそれぞれ n=34 と 27)、

(ii) 春に分娩する初産牛 (n=13) と経産牛 (n=21) を対象とした研究 (Exp. 2)、
(iii) 秋に分娩する経産牛を対象とした研究 (Exp. 3 ; n=33)。

すべての実験において、IceQube 活動モニター (iceRobotics, Edinburgh, UK) を分娩予定牛の左後肢に、分娩前 3 日以上装着した。分娩牛は 18×61m のドライロットで飼育し、乾草またはヘイレージを自由に摂取させた。分娩を注意深く観察し、分娩時刻を記録した。分娩前 72 時間に、各牛の運動指数、起立・横臥時間、歩数、横臥回数を測定した (1 時間ごとに合計)。実験では、時間を反復効果とした混合モデルを用いて、日別 (分娩前 3 日目から 1 日目)、分娩前 24 時間を 6 時間ごと、分娩前 6 時間を 1 時間ごとにデータを分析した。Exp. 1 では、固定効果として年も含めた。

3 つの実験すべてにおいて、運動指標、立位時間、歩数、横臥回数は、分娩前 2 日目および分娩前 3 日目に比べて、分娩前 1 日目の方が大きかった ($P < 0.001$)。分娩前 24 時間では、すべての実験において、分娩前 6 時間の運動指数、立位時間、歩数、伏臥回数が分娩前 11~6 時間に比べて大きかった ($P < 0.01$)。すべての実験において、分娩前 6 時間で運動指数、歩数、横臥回数が変化した ($P \leq 0.02$)。初産牛は経産牛に比べて産褥期と分娩前 11~6 時間に伏臥回数が多かった ($P \leq 0.01$)。すべての実験において、分娩前 2 から 1 日にかけて、横臥回数が 2 倍以上に増加した ($P < 0.001$) が、実験 1 では 1 年目と 2 年目 ($P = 0.57$)、実験 2 では分娩回数 ($P \geq 0.29$) の影響はなかった。

さらに、秋に分娩する牛の行動パターンは、春に分娩する雌牛で観察された変化と類似していたことから、分娩季節が分娩前の行動に与える影響は最小限であると考えられる。結論として、運動量計は肉牛の未經産牛および経産牛の分娩前後の行動変化を検出することができる。肉牛の分娩の初期兆候を遠隔で感知するためにこれらを使用できるかどうかを決定するには、さらなる研究が必要である。

27.

ホルスタイン種乳牛群の繁殖性および経済性に対する管理方法と繁殖能力の影響をシミュレーションにより定量化

Quantification by simulation of the effect of herd management practices and cow fertility on the reproductive and economic performance of Holstein dairy herds

Bekara MEA. et al., *J Dairy Sci.* 102: 9435-9457. 2019.

乳牛の能力は、主に個々の牛の特性や牛群管理の方法に関連する要因に影響される。しかし、これらの要因は相互に関連しており、乳牛の能力に対する個々の要因の影響を推定することは困難である。本研究の目的は、これらの要因とその相互作用が酪農場の繁殖性および経済性に与える影響を推定することである。

確率的な動的モデルを用いて、酪農場で発生するほとんどの生理的・管理的プロセスをシミュレーションした。フランスのホルスタイン種乳牛群を代表する、乳量 8,000L/年

のホルスタイン牛 60 頭の牛群をシミュレートした。分娩後の交配の再開を 2 段階（平均：45 日、高：75 日）、牛群の 21 日受胎率を 3 段階（人工授精後 21 日目に妊娠した牛の割合、低：25%、平均：45%、高：70%）で組み合わせ、合計 216 のシナリオを実行した。3 段階の牛群の 21 日間受胎率（人工授精後 21 日目に妊娠した牛の割合、低：25%、平均：45%、高：70%）、3 段階の人工授精後 120 日間までの妊娠喪失率（低：3%、平均：15%、高：43%）、3 段階の農家の発情検出感度（低：20%、平均：50%、高：90%）、2 種類の経営目標（牛の頭数を一定にするか、乳生産量を一定にするか）、2 種類の牛の管理（閉鎖牛群か開放牛群か）。各要因の影響は、感度分析によって推定された。繁殖成績に最も大きな影響を与えたパラメータは、発情検出の感度で、低レベルと平均レベルの間、および平均レベルと高レベルの間で 10%ポイント上昇すると、分娩間隔がそれぞれ 16 日と 5.7 日短縮した。しかし、経済的パフォーマンスに最も大きな影響を与えた要因は、21 日間の受胎率だった。低値と平均値の間、および平均値と高値の間で 10%ポイント上昇すると、粗利益はそれぞれ 62.2 ユーロ、22.3 ユーロ/年増加した。人工授精後 120 日目までの妊娠損失は経済的パフォーマンスに影響を与え、このパラメータが 1 ポイント増加すると、粗利益が 2 ユーロ/牛年減少した。調査したその他の要因や相互作用は、大きな影響を与えなかった。閉鎖された牛群や牛の頭数が一定の農場は、開放された牛群や販売乳量が一定の農場に比べて、58 ユーロ/頭/年の経済的損失を被った。

よって、フランスの典型的な酪農場では、発情検出に力を入れることで牛の受胎率が向上すれば、より収益性が高まることが示唆された。

28.

牧草地で飼養される乳牛における生産および繁殖成績と運動スコアリングの関係

Associating mobility scores with production and reproductive performance in pasture-based dairy cows

Conno AHO'r, et al., *J Dairy Sci.* 103: 9238-9249. 2020.

乳牛の跛行は、牛の福祉、農場の収益性、そして環境に大きな影響を与える可能性がある。跛行の経済的・環境的影響を判断するためには、まず、跛行が生産性に与える影響を定量化する必要がある。そこで本研究では、春に分娩した放牧乳牛の様々な生産・繁殖成績（乳量、脂肪量、タンパク質量、体細胞数、分娩間隔、斃死、廃用など）と運動性スコアの関連性を調べることを目的とした。

68 の放牧酪農群の 11, 116 頭の牛について、運動スコア（0=良好、1=不完全、2=障害あり、3=重度障害あり）、ボディコンディションスコア、生産データを収集した。線形混合モデリングを用いて、特定の運動スコアと乳量、脂肪量、タンパク質量、体細胞数と分娩間隔との関連性を調べた。また、二項ロジスティック回帰を用いて、運動スコアと牛の斃死や廃用との関連を調べた。スコアリングの初期段階では、平均乳量が、運動

スコア 2 では 1.4% まで、運動スコア 3 では 4.7% までの低下がみられた。体細胞数の増加は、スコアリング期間の後半において、最適でないすべての運動スコアリングと関連していた。スコアリング期間初期の運動スコアが 2 の牛は、分娩間隔が長くなったが、スコアリング期間後期の運動スコアが 3 の牛だけは分娩間隔が長くなった。運動スコアが 1 以上の牛は、スコアリング期間に関わらず、淘汰される可能性が高かった。以上のことから、本研究では、夏季放牧期間中にスコアリングされた春季分娩の放牧型乳牛において、特定の運動スコアと生産量および繁殖成績との間に関連性があることを示した。

29.

英国の乳牛における繁殖性及び妊娠の診断に関する酪農家と獣医師の見解

Farmer and Veterinary Practices and Opinions Related to Fertility Testing and Pregnancy Diagnosis of UK Dairy Cows

Thomas T. et al., *Front Vet Sci.* 25;7:564209. 2020.

乳牛の飼養は、英国および世界の経済で重要な役割を果たしている。現在、酪農業の持続可能性は大きな課題に直面しています。乳牛の不妊は牛群の生産性を制限する重要な問題であり、英国だけでも年間数億ポンドの損失が発生している。この問題に対処するためには、個々の牛の繁殖状態を正確にモニタリングし、繁殖障害を早期に発見することが不可欠である。この研究の目的は、英国の酪農場における繁殖障害の診断と妊娠診断に関し、認識と実践のギャップについて、酪農家と獣医師の意見を収集し解析する。オンラインアンケートを用いて、合計 40 人の酪農家と 59 人の獣医師からデータを収集し、分析した。その結果、繁殖障害を発見するための最も頻繁な手段は発情発見と超音波検査であり、ほとんどの酪農家は分娩後に検査を行い、さらに交配前または交配中に再度検査を行っていることが分かった。ほとんどの農家は、現在の検査が自分たちの期待を満たしていないと考えており、半数の農家は繁殖障害の検査のために現在よりも多くの費用を支払うことを望んでいる。妊娠診断に関しては、超音波検査が最も一般的に使用されており、個別または複数の牛群に対して、授精後 30 ~ 50 日目に行われていた。また、大多数の酪農家は、授精後 2 週間以内に妊娠を検出できる検査があれば、牛群の繁殖成績を向上させることができると考え、その使用を検討している。

酪農家と獣医師の意見は、妊娠と非妊娠を早期に診断でき、農場経営への影響が少なく、既存の診断法よりも費用対効果の高い検査を開発することで、英国における乳牛群の繁殖性のモニタリングを改善する余地が大きいことを示している。また、本結果は、乳牛の繁殖性を向上させるための、より優れた診断法の将来的な開発と実施の指針となる有用な情報を提供している。

30.

学習機能を有した尾部基部腹側皮膚温度の連続測定に基づく乳牛の分娩予測

Calving prediction in dairy cattle based on continuous measurements of ventral tail base skin temperature using supervised machine learning

Higaki S. et al., *J Dairy Sci.* 103: 8535-8540, 2020

本研究では、学習機能を有した、尾部基部腹側皮膚温度 (ST) の連続測定に基づく分娩予測モデルを開発し、牛の管理方法が異なる2つの酪農場で評価した。STデータは、農場A (フリーストール牛舎、温帯気候) と農場B (タイストール牛舎、亜寒帯気候) で繋養されている105頭の妊娠牛と33頭の妊娠牛 (2.2 ± 1.8 産: 平均 \pm 標準偏差) から、それぞれ2分または10分間隔で収集した。毎時、最大STを抽出した後、その値の変化を、残差ST ($rST = \text{実際の毎時ST} - \text{前3日間の同時間帯の平均ST}$) として表し、解析した。両農場とも、分娩前にrSTは二相性で低下した。すなわち、分娩36時間前から16時間前までは、環境温度に依存しない緩やかな減少が見られ、分娩6時間前から分娩までは、環境温度に依存した急激な減少が見られた。普遍的な分娩予測モデルを作成するために、異なる環境温度下の妊娠牛から学習データを作成し、この学習データをもとに、センシングデータから抽出した15の特徴量 (分娩前のrST変化) と、センサー以外のデータから抽出した1つの特徴量 (分娩予定日までの日数) をもとに、サポートベクターマシンを用いて1時間ごとの分娩予測モデルを構築した。この予測モデルで、A農場 ($n=75$) では感度85.3%、確度71.9%、B農場 ($n=33$) では感度81.8%、確度67.5%で、24時間以内の分娩を予測することができた。分娩予告から実際の分娩までの間隔の平均値と分散値は、農場間で違いはみられなかった (A農場: 12.7 ± 5.8 時間、B農場: 13.0 ± 5.6 時間)。以上のことから、STの連続測定と分娩予測モデルは、乳牛の飼育環境に関わらず、効果的な分娩予測を実現できる可能性があると考えられる。

2018 年度事業報告

(2018 年 10 月 1 日～2019 年 9 月 30 日)

(1) 大会の開催

第 11 回日本動物超音波技術研究会大会

大会長： 齋藤 実 (栃木県農政部畜産振興課)

実行委員長： 矢野雅之 (栃木県畜産酪農研究センター)

期 日： 2018 年 11 月 18 日 (日) ～11 月 20 日 (火)

会 場： ホテルニュー塩原 (栃木県那須塩原市)

(2) 総会等の開催

①役員会 (2018 年 11 月 18 日)

②総 会 (2018 年 11 月 19 日)

2018 年度収支決算

(2018 年 10 月 1 日～2019 年 9 月 30 日)

収入の部		(単位：円)	
項 目	本年度予算額	本年度決算額	
会 費 (正会員 57 名、賛助会員 10 団体)	250,000	271,000	
寄 付	40,000	0	
繰 越 金	882,090	882,090	
預 金 利 息	100	6	
合 計①	1,172,190	1,153,096	

支出の部		(単位：円)	
項 目	本年度予算額	本年度決算額	
大会開催費	200,000	200,000	
通 信 費	50,000	7,912	
事 務 費	100,000	2,537	
会報発行費	100,000	0	
旅 費	120,000	45,884	
謝 金	60,000	24,000	
予 備 費	542,190	144	
合 計②	1,172,190	280,477	

① - ② = 872,619 円

剰余金使途 (案)


次年度繰越金 (2019 年度へ) 872,619 円


2018 年度会計監査結果

2018 年度（2018 年 10 月 1 日～2019 年 9 月 30 日）の研究会会計について、2019 年 10 月 8 日に監査を行いました。研究会の預金口座および領収書を調べた結果、全て、適正に運営されておりましたことをご報告いたします。

2019 年 10 月 8 日

日本動物超音波技術研究会 監事

谷之木 精博 

小林 耐雄 

2019 年度事業報告

(2019 年 10 月 1 日～2020 年 9 月 30 日)

(1) 大会の開催

第 1 2 回日本動物超音波技術研究会大会

大 会 長： 永末誠二（福岡県農林水産部畜産課長）

実行委員長： 家守紹光（福岡県農林業総合試験場畜産部長）

期 日： 2019 年 11 月 17 日（日）～11 月 19 日（火）

会 場： 博多サンヒルズホテル（福岡県福岡市）

(2) 総会等の開催

①役員会（2019 年 11 月 17 日）

②総 会（2019 年 11 月 18 日）

2019 年度収支決算

(2019 年 10 月 1 日～2020 年 9 月 30 日)

収入の部		(単位：円)	
項 目	本年度予算額	本年度決算額	
会 費 (正会員 58 名、賛助会員 10 団体)	250,000	258,000	
寄 付	40,000	0	
繰 越 金	872,619	872,619	
預 金 利 息	100	6	
合 計①	1,162,719	1,130,625	

支出の部		(単位：円)	
項 目	本年度予算額	本年度決算額	
大会開催費	200,000	0	
通 信 費	50,000	7,174	
事 務 費	100,000	61,993	
会報発行費	100,000	50,150	
旅 費	120,000	0	
謝 金	60,000	24,000	
予 備 費	532,719	0	
合 計②	1,162,719	143,317	

① - ② = 987,308 円

剰余金使途 (案)


次年度繰越金 (2020 年度へ) 987,308 円


2019 年度会計監査結果

2019 年度（2019 年 10 月 1 日～2020 年 9 月 30 日）の研究会会計について、2020 年 10 月 29 日に監査を行いました。研究会の預金口座および領収書を調べた結果、全て、適正に運営されておりましたことをご報告いたします。

2020 年 10 月 29 日

日本動物超音波技術研究会 監事

小林 郁雄 

河野 明彦 

日本動物超音波技術研究会会則

制定 2008年12月6日

改正 2018年11月19日

改正 2020年12月16日

(総則)

- 第1条 本会は日本動物超音波技術研究会と称する。
- 第2条 本会は、家畜及び家禽等への超音波利用に関する技術の普及、研究の促進及び会員相互の理解と発展を図ることを目的とする。
- 第3条 本会の事務局は、会長の所属する機関に置く。

(事業)

- 第4条 本会はその目的を達成するため、つぎの事業を行う。
1. 研究会、技術研修会などの開催
 2. 会報の発行
 3. 超音波技術に関する情報・文献などの蒐集及び交換
 4. 肉用家畜の産肉能力改良及び肥育に関する研究とその事業の推進
 5. 家畜の生殖器診断に関する研究とその事業の推進
 6. センサ技術を利用した家畜生体評価及び枝肉評価に係わる機器の改良・開発に関する事業
 7. その他本会の目的達成に必要な事業

(会員)

- 第5条 会員を分けて正会員及び賛助会員とする。
1. 正会員は本会の趣旨に賛同する個人
 2. 賛助会員は本会の趣旨に賛同する団体及び会社
- 第6条 正会員及び賛助会員になろうとするものは、本会に申込み、年会費を納めるものとする。
- 第7条 正会員及び賛助会員には会報を送付する。また、賛助会員には本会主催の研究会、技術研修会などに2名を上限として招待する。
- 第8条 会費を納めないもの及び本会の名誉を毀損したものは、評議員会の議を経て除名することができる。

(役員)

- 第9条 本会につぎの役員をおく。
- 会 長 1名
副会長 2名
評議員 10名程度（うち若干名を地域代表とする）
幹 事 若干名
監 事 2名

- 第10条 会長は会を代表し、会務を処理する。
2. 副会長は会長を補佐し、会長に事故あるときは、その職務を代行する。
 3. 評議員は本会の重要事項を審議決定する。
 4. 幹事は庶務、会計、編集の会務を分担する。
 5. 監事は会計の監査を行う。
 6. 幹事及び監事は評議員会に出席し、意見を述べることができる。
- 第11条 役員は総会において正会員から推薦または選出する。
- 第12条 各役員の任期は2年とする。ただし、再任は妨げない。
2. 役員に欠員を生じ補充の必要があるときは第11条により補充することができる。後任者の任期は前任者の残任期間とする。
- 第13条 本会に顧問をおくことができる。
2. 顧問は評議員会で推薦し、総会において決定する。
 3. 顧問は本研究会への助言を行う。また、評議員会に出席し、意見を述べるができる。

(会議)

- 第14条 会議は総会及び評議員会とする。
- 第15条 総会を分けて定期総会及び臨時総会とする。
2. 定期総会は毎年1回開催し、会務の報告、役員、顧問の推薦または選出、予算の決定、決算の承認、その他、会の重要事項を審議決定する。
 3. 臨時総会は会長がとくに必要と認めたときに開催する。
- 第16条 評議員会は会長、副会長及び評議員をもって構成し、会務の重要事項を審議決定する。

(経理)

- 第17条 本会の会計年度は毎年10月1日から翌年9月30日までとする。
- 第18条 本会の経費は会費、寄付金等をもってこれに充てる。会費は
- 正会員 年額 3,000 円
- 賛助会員 年額1口 (10,000 円) 以上とする。
- なお、会費の納入は、原則として前納するものとし、年度の途中で入会した会員は、その年度の会費を全額納入するものとする。また、3年間会費を滞納した会員は、その会員資格を喪失する。

(名誉会長)

- 第19条 本会の創設に対し特に顕著な貢献のあった初代会長を名誉会長とすることができる。
2. 名誉会長は評議員会で推薦し、総会において決定する。
 3. 名誉会長は本研究会への助言を行う。また、評議員会に出席し、意見を述べることができる。

附則

本会則は2008年12月6日より施行する。

2018年11月19日 一部改正、施行。

2020年12月16日 一部改正、施行。

日本動物超音波技術研究会報投稿規程

制定 2008年12月6日

改正 2011年11月7日

改正 2014年10月18日

改正 2019年11月18日

(総則)

1. 日本動物超音波技術研究会報に掲載する論文は、原著論文、総説、新技術、テクニカルノート、事例報告、症例報告及び資料とする。総説、新技術、資料は編集委員会が依頼したものを主とする。
2. 原著論文、テクニカルノート及び事例報告の投稿者は原則として日本動物超音波技術研究会会員に限る。ただし、共同執筆者に会員以外の者を含むことはできる。
3. 受付ける原稿は家畜の改良・飼養・繁殖・経営などの実際に関係の深いものが望ましい。また、他誌に未発表のものに限る。

(投稿原稿)

4. 原稿は和文とする。ただし、編集委員会が認めるものについては、和文要約をつけることを条件に英文も可とする。
5. 論文の形式は表題、著者名（所属機関名、所在地、郵便番号）、要約、キーワード、本文（謝辞）、引用文献、英文 Summary の順とする。テクニカルノート及び事例報告については要約及び引用文献は省略することができる。ただし、表題、著者名及び所属機関名とその所在地の英訳をつける。図表の表題、脚注等も原則として和文表記とする。なお、英文 Summary の英文校閲については研究会で一括し、その費用を負担する。
6. キーワードとして、論文の内容や研究分野を示す言葉を吟味して和文5個以内の語句を選択する。あわせて、それらの語句に対応した英文語句も用意する。
7. 原稿はワープロソフトを使用し、当研究会指定の様式を利用する。新かなづかい、当用漢字使用を原則とする。専門用語は原則として文部省学術用語審議会編「学術用語集」、日本畜産学会編「畜産学用語集」による。動物の和名、飼料名、外国の地名はカタカナとする。略語は、要約と本文中で最初に使う箇所で正式名称を記し、（ ）内に略語を示す。数字は算用数字とする。
8. 度量衡の単位は m, cm, mm, cm², μ , μ l, ml, kg, g, mg などを用いる。
9. 図版はそのまま製版できるように作成する。原図が製版に不適當な場合は、編集委員会がトレースを業者に依頼することがあり、その費用は著者負担とする。表の表題はその最上段に記入し、図の表題は最下段に記入し、そのまま製版できるようにする。その他、図表等の作成要領については本会報1号掲載の原著論文を参考とする。
10. 引用文献は本文に出る順序に従い、著者名（あるいは引用事項）の右肩に¹⁾のように片括弧にて該当番号を付ける。それらの本文の最後に引用順に次の事例に準じて示すものとする。

単行本の場合：著者名．書名，引用頁．発行社．発行地．発行年．

- 1) 上坂章次．和牛大成，pp32－34．養賢堂．東京．1979．

雑誌の場合：著者名．雑誌名，巻：最初－最終頁，発行年．

- 2) Oberbauer AM, Currie WB, Krook L, Thonney ML. Journal of Animal Science, 67 : 3124-3135, 1989.

雑誌名は略称ではなく，正式名称を記載する。

11. 論文の長さは A4 版用紙 7 枚，図表は合わせて 7 枚以内が望ましい。
12. 冊子体は発行せず，電子媒体のみ（不定期刊）とする。ただし，研究会大会開催時に参加者へ配布するために必要な部数の冊子を印刷することがある。

（論文審査）

13. 原稿はコンピュータソフトによって作成する。メールでの添付ファイル，USB メモリまたは CD-ROM 等の手段を用いて日本動物超音波技術研究会事務局宛に送付する。
14. 編集委員会にて，表題及び要約の内容が日本動物超音波技術研究会報の原著論文としてふさわしいと判断したものについて，査読者 2 名を選出し査読者による論文審査を行う。なお，投稿規程に従っていない論文等については，論文審査の前に著者に返送することがある。
15. 投稿論文の採否は論文審査の結果にもとづいて編集委員会が決定する。編集委員会は原稿の訂正を求めたり，返却したりする場合がある。
16. 審査が終了し，原稿が受理された時点で，編集委員長が本会報 1 号掲載の原著論文を参考にしたレイアウト（最終原稿）を行う。最終原稿は構成原稿として著者に送付され，著者が校正する。なお，著者校正は 1 回とする。
17. 審査中の原稿は，編集委員会に帰属する。また，審査中に発生した事故に対し責任は負わない。

（著作権）

18. 掲載された論文の著作権は日本動物超音波技術研究会に属する。
19. 日本動物超音波技術研究会が所有する著作権を利用する場合には，日本動物超音波技術研究会の許諾を必要とする。ただし，著作者自身が非営利的な目的のために自分の著作物を複製，翻訳などの形で利用する権利は著作者に帰属する。なお，その利用に際してはその著作物が日本動物超音波技術研究会報に掲載されたものであることを明記しなければならない。
20. 第三者から記事，論文などの複製あるいは転載に関する許諾の要請があり，日本動物超音波技術研究会において必要と認めた場合は，著者に代わって承諾することができるものとする。なお，この措置によって，第三者から日本動物超音波技術研究会に対価の支払いがあった場合には日本動物超音波技術研究会の会計に繰り入れる。

原稿に添付用の表紙：

(必ず本紙またはそのコピーに必要事項を記入して投稿してください。)

表題

和文 _____

英文 _____

著者名 (所属)

キーワード (和文5句以内)

カテゴリ(※いずれかの項目を○印で囲ってください)

原著論文・論説・新技術・テクニカルノート・事例報告

原稿内容

本文 () 枚, 表 () 枚, 図・写真 () 枚, 図説 () 枚

所用別刷部数 50 + () = 部

連絡先

(〒) _____

TEL : _____, FAX : _____

e-mail : _____

連絡者名

【原稿様式】

[原著論文] ←内容により、論説、総説、事例報告に修正

日本語表題 (MS 明朝 16 ポイント、太字)

Study on relation ←Times New Roman 体 16 ポイント

川田智弘←MS 明朝 14 ポイント

Tomohiro Kawada ←Times New Roman 体 14 ポイント

栃木県畜産試験場、〒321-3303 栃木県芳賀町←MS 明朝 11 ポイント

Tochigi Prefecture Livestock Experiment Station, Haga, Tochigi 321-3303

↑Times New Roman 体 11 ポイント

要 約

超音波診断画像のコンピュータ解析技術利用により、黒毛和種去勢肥育牛を経時的に超音波診断し、産肉形質の変化を分析した。この結果、それぞれの産肉形質の経時的発達パターンと枝肉成績との間に関係が見られ、胸最長筋面積は20~22ヶ月齢で枝肉成績の判定が可能であることが判明した。また、脂肪交雑は20ヶ月齢時点において枝肉格付の判別は可能であるが、肥育末期において脂肪交雑の発達が示唆されたことから、BMS No.の推定には24~28ヶ月齢における複数回の測定が有効であることが判明した。また、肥育牛の血統による胸最長筋面積、脂肪交雑の発達ピークの違いにより、各産肉形質の発達パターンと遺伝的背景との関連性が示唆された。←MS 明朝 11 ポイント

論説、総説、事例報告の場合、要旨がなくてもよい。

キーワード：超音波診断、肥育、産肉形質、発達パターン←MS 明朝 11 ポイント

Keyword: ultrasonography, fattening, carcass ←5 語以内、Times New Roman 体 11 ポイント

1		20	1. 供試牛←MS ゴシック 11 ポイント
2	緒 言	21	供試牛は栃木県畜産試験場において種雄
3	肉用牛の育種改良を効率化するためには	22	牛 M を交配して生産された 5 頭および種雄
4	産肉能力評価の早期化が必要である。これに	23	…
5	対し、超音波が生体内を伝播する際に物理的	24	見出しは 1. 1) (1) として記載
6	特性の異なる組織の境界面で反射される特	25	…
7	性を利用し、肥育途中の肉牛の生体内を非破	26	多重比較を行った。
8	壊的に測定して産肉成績を推定する試みが	27	
9	行われている。我が国では、土屋ら ¹⁾ 、原田	28	2. 測尺および超音波による生体診断
10	ら ²⁾ 、渡辺ら ³⁾ に…	29	…
11		30	
12	↑MS 明朝 11 ポイント	31	
13	文献は引用順に上付入力。	32	結 果
14		33	1. 肉形質の経時的変化と枝肉出荷成績の関
15	枝肉成績や遺伝的背景との関係について	34	係
16	解明することを目的とした。	35	供試牛 10 頭の枝肉成績は表 1 のとおりであ
17		36	った。
18	材料および方法	37	…
19			

- ・ 図表：ページの上部または下部に配置する。
- ・ 横幅が長い図表を掲載する場合：2段ぶち抜きとする。
- ・ 図表の説明部：MS 明朝 11 ポイント
- ・ 表のキャプションは表の上部とする。
- ・ 図のキャプションは図の下部とする。

1 点においては、種雄牛 M の方が種雄牛 K
2 に比較して高い値を示した。

3
4
5
6

考 察

7 本研究では、超音波診断により肥育牛の生体
8 での産肉形質の詳細な発達を調査し、と畜
9 …

10
11

12 …ことが可能になると考えられる。 35

13 36

14 謝 辞

15 本研究の実施に先立ち、超音波診断技術の
16 …に厚く御礼を申し上げます。 39

17 40

18 引用文献

19 42

20 1) 土屋平四郎,山崎敏雄,西野武蔵,福原利一. 43
中国農業試験場報告,B15:43-54, 1967. 44

21 2) 原田宏,熊崎一雄.日本畜産学会報, 50: 45
305-311, 1979. 46

22 3) 渡辺彰,滝本勇治,常石英作,西村宏一.日本 47
畜産学会報,57:813-817,1986. 48

23 4) Lellah R,Harada H,Fukuhara R. Animal 49
science and technology (jap),68: 622- 630, 50
1997. 51

24 5) Crews JR,DH, Shannon NH, Crews RE, 52
25 Kemp RA. Journal of Animal Science, 80: 53
26 2817-2824, 2002. 54

27 55

28 56

29 57

30 58

31
32
33
34

図・表

日本動物超音波技術研究会報（日動超研報）

第6号 2021年10月22日 発行

編 集 人 日本動物超音波技術研究会

発 行 人 代表者 大澤 健司

〒889-2192 宮崎県宮崎市学園木花台西 1-1

宮崎大学農学部動物遺伝育種学研究室内

Tel/Fax 0985-58-7199

編集委員長 佐藤 礼一郎

編集委員 北原 豪・撫 俊浩・川田 智弘