

令和 2 年 7 月 8 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C) (特設分野研究)

研究期間：2017～2019

課題番号：17KT0145

研究課題名(和文)IoTを利用した林内放牧による野生動物との緩衝帯としての里山機能の創出

研究課題名(英文)Creation of satoyama function as a buffer zone with wild animals by grazing in the forest using IoT

研究代表者

出口 善隆 (DEGUCHI, Yoshitaka)

岩手大学・農学部・准教授

研究者番号：40344626

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：野生動物と人の生活圏との緩衝帯としての里山機能を次世代の農業資源利用ととらえた。そこで里山機能の創出方法の一つとしての林内放牧について検討した。林内放牧したウシの膣温をリアルタイムで取得し、発情兆候の発見を検討した。取得されたデータは欠落が多く、発情兆候を膣温データから掴むことはできなかった。このシステムをさらに改良することにより、実用化することは必要と思われる。自動撮影カメラ調査より、林内放牧は野生動物の出現に影響を与えることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は粗飼料自給率の向上、野生動物被害の抑制、国産木材生産コストの低減の意義がある。IoTを用いた放牧管理が求められる時代において、林内放牧を現代的に再構築するための基礎的知見を得る研究である。この研究成果は林内放牧の新たな知見となり、我が国の畜産業、林産業の発展の基礎となる研究であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The satoyama function as a buffer zone between wild animals and human living areas was regarded as the next generation of agricultural resource utilization. Therefore, we studied grazing in the forest as one of the methods to create the satoyama function. The vaginal temperature of cattle grazing in the forest was acquired in real time and the discovery of signs of estrus was examined. There were many missing data, and it was not possible to grasp the signs of estrus from the vaginal temperature data. It seems necessary to put this system into practical use by further improving it. An automatic camera survey showed that grazing in the forest affected the appearance of wild animals.

研究分野：応用動物行動学

キーワード：野生動物 林内放牧 センサーネットワーク

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

平成26年度の全国における野生鳥獣による被害額は19,134百万円にのぼり、そのうち獣類による被害額は15,349百万円であった。被害防除法として電気柵、防除網などが利用されているが、決め手にはなっていない。これら被害の増加の原因の一つとして里山の消失により、野生動物生息域と農地が直接接したことが指摘されている。

一方、日本の畜産は、欧州を中心として発展してきた畜産方式の事例を多く取り入れて形成されてきた。欧州では気象条件等により自然草地が存在し、その利用を前提として反すう動物の生産方式が組み立てられてきた。しかし日本における植生遷移は極相として林地となり、自然草地は一般的に成立しない。林内放牧では放牧牛によって林床植物が摂食され、下草が低草高となる。これにより、林内の見通しが良くなり、野生動物の警戒心を引き起こすと考えられる。また、野生動物に比べ体高の高い放牧牛がいることにより、大型および中型の野生動物の侵入を阻害する効果があるとも考えられる。

2. 研究の目的

林内放牧においては、繁殖のための牛の発情発見および林内での放牧牛の監視の労力軽減が必要となっている。そこで本研究では、センサーネットワークシステムを用いて放牧牛の膣内温度を測定し発情予測を行い、繁殖管理の軽労化を行う。また、GPSにより放牧牛の位置を把握し、監視の軽労化を行う。また、自動撮影カメラによる野生動物相の変化データから、野生動物の緩衝帯としての里山機能の林内放牧による創出の可能性を検討する。

3. 研究の方法

膣内挿入用温度センサー付きインプラントモジュールは送信と受信の920MHz無線モジュール（アーズ株式会社：Markhor）および基盤、アンテナ、温度センサー、バッテリーで構成されている。総重量は約20g弱と小型である。基板全てをシリコン補修材（ボンド：バスボンDQ）で包埋し、その上をパラフィルムで覆った。包埋したモジュールを丸2日間水に投入し、その後電波状態と内部の液漏れを確認した。膣センサーが一番最初に通信する基地局は100Vの電源が必要であったため、里山放牧地内にソーラーバッテリーを設置して給電した。ID24あるいは26から直線距離で約500から600m地点に設置し、その間に2つの基地局を設置した。その結果、膣センサーと一番最初に通信する基地局は牧場内に2台（ID90, 91）とした。里山内の放牧中はID91と通信し、牛舎と牧草地を含む牧場内ではID90と通信することを試験の前に確認した。パドック付き牛舎の舎内メスウシ1頭にモジュールを装着し、データを取得した。さらにメスウシ1頭にCIDR（膣内留置型黄体ホルモン製剤）を装着しCIDRを抜去してPGF_{2α}を投与するとともに、ID205を再度膣に装着してデータを取得した。パドックと牛舎から自由に放牧草地に出られる環境を構築し、草地内からデータが取れるように基地局を設置した。メスウシ1頭にID222を装着し、データを取得した。ウシ2頭にID223と224を装着し里山に放牧し、データを取得した。また、林内放牧牛に首輪型GPSを装着し、放牧牛の位置データを取得した。

放牧前年および放牧中の林内放牧地および林内放牧地の周辺林地に自動撮影カメラを設置し、撮影された画像から放牧前および放牧中の林内に生息する野生動物の出現種、出現頻度、出現日時等を調査した。

4. 研究成果

（1）ウシのリアルタイム膣温測定

①牛舎内係留時における雌牛の膣温取得

メスウシ1頭にモジュールを装着してパドックと牛舎内を自由に移動できる状態にして係留した。なお、このウシにはホルモン処理は行っていない。その結果、膣温が35.5°C前後になる現象が4回観察された（Fig. 1）。そのうち3回はその後37.5°Cで推移したが、11月7日の7時40分から10時26分にかけて膣温の上昇が認められた。その温度は約38.5°Cであり、目視で13時13分までの間に膣粘液などの発情兆候が観察された。その後、16時頃から膣温は低下した（Fig. 2）。11月14日まで装着しセンサーを抜去した。回収した膣センサーは外見上は損傷もなく抜去時の温度も取得されており正常に機能していたことが確認された。

②発情同期化処置による膣温と発情

係留条件は①と同様であった。このウシは11月27日の午後から発情兆候が見られたため、翌28日の午前中にID205を抜去して人工授精（AI）を行った。11月26日の18時から29.5°Cに低下した（Fig. 3）。しかし、前述した自然発情時の膣温とは異なり、その後の膣温は急激に上昇せず、最高37.5°Cになるまでダラダラと徐々に上昇し11月27日の13時から19時まで発情兆候が見られた。膣温の急激な上昇は認められず、膣温の上昇と発情兆候は相関しなかった。実験終了後にID205の包埋シリコンを注意深く除去して、内部の液漏れを確認したが防水は完璧であった。

③牧草地放牧+パドック飼育

7月17日の10時頃に実験を開始した。19時までは順調に腔温が得られ、その時の腔温は38.25℃であった。しかし、21時までデータが欠落し、21時に38℃のデータが再度取得された。翌18日の9時までは順調にデータが得られていたが、12時までデータが欠落して38℃のデータが得られた。その後データは一度も取得されず、19日までデータの取得を期待したがウシの腔には装着されていなかった。信号が届かない場所で脱落したと思われ、回収はできなかった。

④里山放牧

2頭のデータは時々しか採取できなかった。ID223は9月17日の午前0時(37.68℃)、ID224が9月16日の14時(37.12℃)に取得された腔温データが最後であった。その後、データが送信されるのを期待したがデータは受信できなかった。最終的に、ID223は林内で喪失し、ID224は10月14日に牛舎に戻すまで33日間装着されていた。回収したID224を解体したところ、防水は破綻していた。放牧終了中の9月24日に里山に設置したソーラーバッテリーを確認したところ、バッテリー格納ボックスがクマの悪戯によって転倒しており、その中は雨水で満たされショートしていた。

本研究の最終的な目的は、里山に放牧したウシの腔温をリアルタイムで取得し、発情兆候を自動的に取得することであった。しかし、里山放牧で取得されたデータは欠落が多く、発情兆候を腔温データから掴むことはできなかった。

ID223と224からの信号が得られなかった原因が腔センサーの防水破綻なのか、クマによる妨害なのかは不明であった。しかし、ID224は入牧から下牧までの33日間ウシの腔にはしっかり装着されており、このセンサーの形状は問題ないことが確認された。放牧開始の数時間はデータは取得されたが、これは100V電源のID90と通信可能な範囲にウシがいたためと思われる。一方、山の中にウシが移動した場合、林内の通信は平地よりもかなり減衰し、里山に設置した100V電源のID91との通信も途切れ途切れになったと考えられる。100V電源基地局を増設することによりリアルタイムのデータ取得は可能と思われるが、林内に多くの100V電源を設置することは実用上ナンセンスである。この920MHzセンサーシステムの基盤を改良し、腔センサーの最初の信号の取得方法を見直せば実用化に近づくとと思われる。

里山放牧に使用した基盤の形状は防水加工が難しく、結局防水破綻を来した。しかし、ID205の形状であれば防水と装着には問題はなかったことから、このデータに基づいた機器の改良によりさらに精度の良い腔温データの取得は可能である。100V電源基地局以外の基地局は小型のバッテリーで稼働するため使い勝手は非常に良いが、現在では長距離通信が可能なセンサーが普及し出しているため、本研究に使用した実験レベルのシステムは時代遅れになっている。なお、各基地局に使用したバッテリーは試験が終了した現在でもほぼ1年に1回稼働しているため、バッテリーの交換は1年に1回で良いことが確認された。

牧草地の放牧による腔温の取得は、ID222が脱落し喪失したため結果的には失敗した。しかし、装着前には広い牧草地内をID222を人が装着して予備実験をしたが、データの欠落はなかった。このことから、見通しの良い牧草地では本システムはウシの繁殖管理には実用上有効なツールになるとと思われる。

牛舎とその付属するパドック内でのウシの腔温測定は、自然発情において発情前の腔温の急激な低下とその後の急激な高温領域を測定することに成功した。この現象は、辻井ら(2009)のIEEE系の短距離無線機(電波到達距離7~10m)を利用した腔温の結果と一致していた。一方、発情同期化では、前述したような自然発情時の急激な低下と上昇は認められず、腔温データの変化から発情兆候を予測することはできなかった。現在、ウシのAIは発情同期化が日常に行われており、もし、腔温データで発情兆候が掴めなければ、このシステムの実用価値はないことになる。ウシの受胎率低下が問題となっており、発情同期化などに用いられるホルモン剤の使用は正常な腔温の変動を攪乱し、これが引き金となって受精卵の子宮への着床を困難にしている可能性もある。1頭だけのデータであるため、今後、多数個体のデータを集めて再実験する必要がある。

ウシの繁殖管理に当てるための人的労力は今後ますます削減される。このシステムをさらに改良することにより、実用化することは必要と思われる。最後に、本システムの開発と技術協力をいただいたアーズ株式会社に感謝いたします。

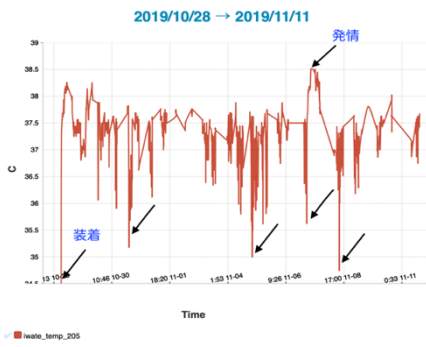


Fig.1.平常時の腔温



Fig.2.自然発情時の腔温の変動

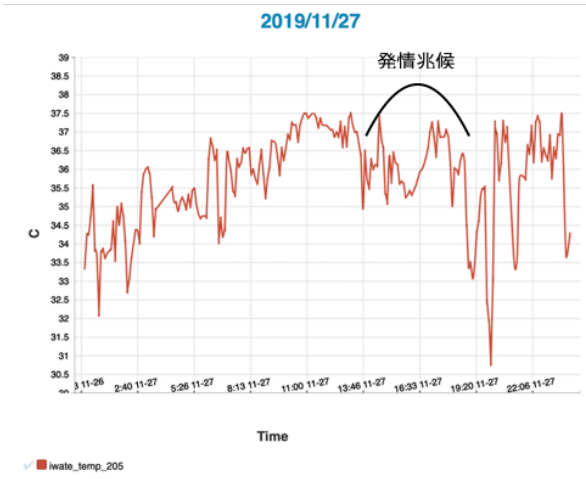
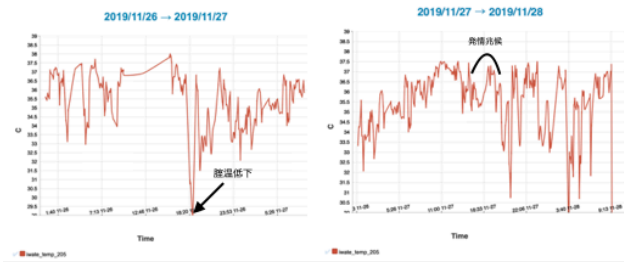


Fig.3. ホルモン処理による腔温の変動と発情

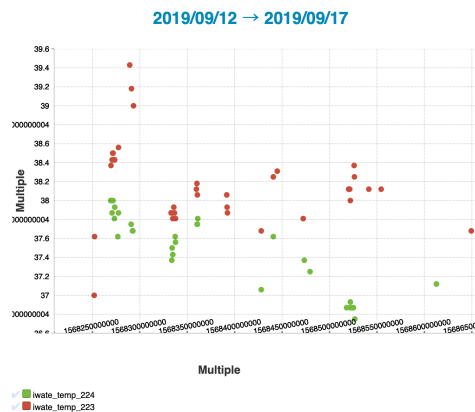
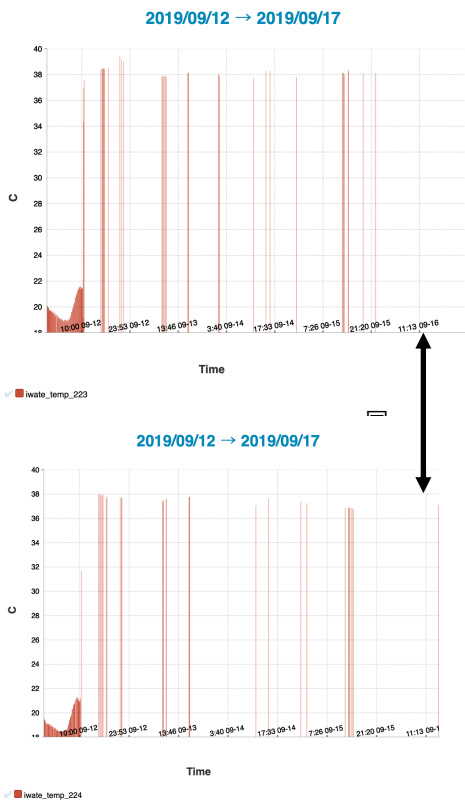


Fig.4 里山放牧において取得された腔温データ

(2) 首輪型GPSによる測位

センサーネットワークのシステムが更新されたため、GPSデータをセンサーネットワークで送信することができなくなったため、監視には無線発信機を用い、ウシの利用場所確認には首輪型GPSを用いた。放牧牛には、無線発信機および小型GPS (i-gotU, Mobile Action Technology社製, GT-600) を防水の袋に入れてビニールテープで首輪に巻き付けて装着した。

首輪の重りの反対側に取り付けることでGPSがウシの背側に来るようにした。GPSは6分おきに位置情報を記録した。採集した位置データから各放牧期間に行動圏の最外郭とその面積を算出した。放牧は調査期間中3回、いずれも21日間以上になるように行った。放牧牛には御明神牧場で飼育されていた黒毛和種繁殖雌牛5頭を用いた。また各放牧期間を3日間毎に1タームとして区切って最大11タームまでに分け、ArcGISver10.2 (ESRI社製) を用いて、それぞれのタームの行動範囲の最外郭とその面積、放牧林地全面積に対する利用率を算出した。無線受信機により放牧牛の場所をリアルタイムで確認することができた。またGPSデータにより、入牧後の経過期間毎の利用場所を明らかにすることができた。放牧後日数が経つにつれて行動範囲は広くなり、放牧2および3回目には放牧1回目よりも早く放牧地全体を利用するようになった。放牧1回目はターム3から、2回目はターム2から、3回目はターム1から放牧地を広く利用するようになり、放牧回数を重ねるごとに牛群の行動範囲の拡大が速やかになった (Fig. 5)。

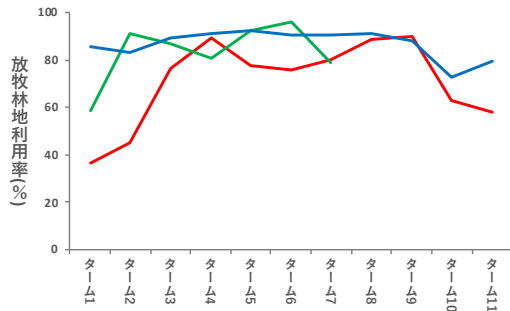


Fig.5. 林地利用率のタームごと推移

— 放牧1回目 — 放牧2回目 — 放牧3回目

(3) 野生動物の緩衝帯機能評価

放牧林地内に3カ所、放牧林地と周辺林地の境界に3カ所、周辺林地内に6カ所の合計12カ所に自動撮影カメラ (Glsupply 社製, TREL10J) を2018年12月から2019年11月まで設置し、撮影された画像から動物種、撮影頭数、撮影日時を記録した。撮影頭数とカメラ稼働日数からカメラ稼働日数10日あたりの野生動物撮影頭数を算出した。

放牧前と放牧中を比較し、林内放牧の野生動物に対する緩衝地帯としての機能の評価を行った。放牧1回目のみ放牧前と放牧中で有意な偏りがあり ($P < 0.005$)、放牧中の撮影頭数は期待値よりも少なかった。放牧2回目および3回目では、有意な偏りがなかった

(Fig. 6)。1回目の放牧前と放牧中では野生動物撮影頭数に有意な偏りがあったことから、林内放牧は野生動物の出現に影響を与えることが示された。2回目の放牧前と放牧中では、放牧中の方が撮影頭数は少なかったが、有意な偏りはなかった。しかしこれには、2回目の放牧前期間および放牧期間が1, 3回目比べて短く、特に放牧前期間が14日間しか取れなかったことが影響している可能性がある。3回目の林内放牧では放牧期間中の方が撮影頭数が増加しているが、これはツキノワグマが柵内に複数回出現したこと、柵外60mの位置でツキノワグマおよびニホンジカの撮影頭数が増加したことが要因と考えられる。野生動物の活動が活発になる5月から林内放牧を開始し、年3回繰り返すことで、林内放牧の野生動物出現への抑制効果をより長期間得られる可能性が示唆された。

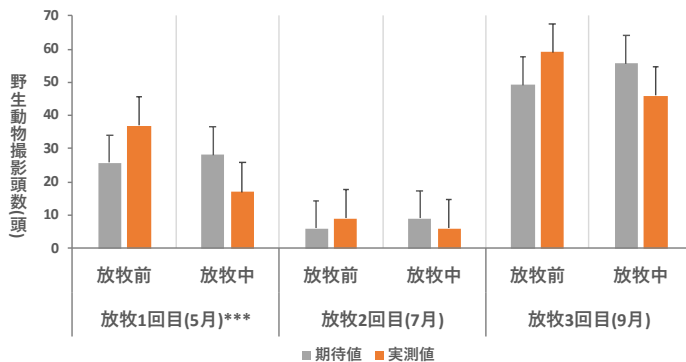


Fig.6. 放牧前期間と放牧期間の野生動物撮影頭数

***: $P < 0.005$

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	平田 統一 (HIRATA Toh-ichi) (20241490)	岩手大学・農学部・准教授 (11201)	
研究分担者	松原 和衛 (伊藤和衛) (MATSUBARA Kazuei) (70258804)	岩手大学・農学部・准教授 (11201)	