

# 令和3年度地球観測技術等調査研究委託事業

「過疎地活性化のための地球観測と高精度測位による

放牧地と放牧牛をモニタ可能な自動飼養システムの構築」

## 委託業務成果報告書

令和 4年 5月

国立大学法人 鹿児島大学

本報告書は、文部科学省の地球観測技術等調査研究委託事業による委託業務として、国立大学法人 鹿児島大学が実施した令和3年度「過疎地活性化のための地球観測と高精度測位による放牧地と放牧牛をモニタ可能な自動飼養システムの構築」の成果を取りまとめたものです。

**令和3年度地球観測技術等調査研究委託事業**  
**「過疎地活性化のための地球観測と高精度測位による**  
**放牧地と放牧牛をモニタ可能な自動飼養システムの構築」**  
**委託業務成果報告書**

目次

1. 委託業務の目的.....	1
2. 実施内容	
地球観測衛星データによる放牧地の草量、土壌動態と放牧牛の関係性の評価と検証	
2.1. 地球観測衛星データによる放牧地の草量調査と解析.....	1
2.1.1. はじめに.....	1
2.1.2. 衛星データ.....	2
2.1.3. 現地調査データ.....	4
(1) 8月現地調査.....	4
(2) 10月現地調査.....	6
(3) 11月現地調査.....	8
(4) 12月現地調査.....	8
(5) 1月現地調査.....	9
2.1.4. 土壌調査.....	11
2.1.5. 牧草の粗成分分析.....	13
3. 高精度測位による各放牧牛個体の行動歴や運動量の把握と評価と検証.....	15
3.1. 放牧牛の行動履歴データの遠隔取得および分析環境構築.....	15
3.2. 放牧牛の時空間行動のパターン化.....	16
(1) 放牧牛の行動履歴の生データの1次分析.....	16
(2) 放牧牛の行動履歴の詳細な2次分析.....	18
3.3. センサを放牧牛に装着する装置の設計と検証.....	21
4. 自動飼養システム構築のためのデータ蓄積と活用性検証.....	23
4.1. 自動飼養システムのプロトタイプの設置.....	23
4.2. 放牧牛の行動調査および解析.....	26
5. アウトリーチ活動.....	28
5.1. メディア等での紹介.....	29
5.2. アグリビジネス創出フェア.....	30
5.3. ワークショップおよび公開シンポジウム.....	30

6. まとめ .....	32
7. 添付資料.....	34

## 1. 委託業務の目的

本提案は、中山間地域や離島などの過疎地の活性を念頭に人工衛星による地球観測や高精度測位から得られるデータによって放牧地や放牧牛の行動履歴や運動量をモニタ可能な自動飼養システムを構築することが目的である。放牧地の適切な活用や各放牧牛の状態に応じた補助飼料供給や遠隔飼養が可能になり、牛肉生産の飛躍的な省力化に寄与できる。本提案では、主管実施機関が開発した草肥育でも牛の産肉性を飛躍的に向上させる代謝プログラミング技術を活用する。また、農業法人と連携し、実際の耕作放棄地を放牧地とし、実際の放牧牛を対象に提案システムの有効性検証を実施する。なお、システムの構築は以下の手順で実施する。①地球観測衛星データを利用した放牧地の放牧牛採食による草量変化、土壤微生物や土壤栄養バランス等の動態及び放牧地と放牧牛採食の関係性評価 ②高精度測位機能や体調モニタ機能を具備したセンサを牛に装着し、測位衛星データを利用した放牧牛の行動履歴や運動量、体調の変化の把握と評価 ③2つの成果を踏まえ、それらを統合し、今後の5Gを見据えて放牧地の各ポイントに高解像度カメラなどの高機能センサ等を設置すること及び通信機能やデータ分析機能を含めた全自動飼養システムの設計と実際の放牧地・放牧牛による有効性検証。さらに将来的にニーズ探索により国内及び海外に普及する技術とする。

## 2. 実施内容

地球観測衛星データによる放牧地の草量、土壤動態と放牧牛の関係性の評価と検証

### 2.1. 地球観測衛星データによる放牧地の草量調査と解析

前年度の調査で得られた知見（地球観測衛星の時系列データと地上で計測する放牧牛採食による草量変化との相関や放牧地のローテーション時期と草量との相関等）や前年度に引き続き取得するデータ等をもとに、最適なローテーション時期を示す指標を主要な草種や季節等の影響も考慮して推定するモデルの一部を構築した。また、退牧地が再放牧可能となる時期を示す指標を推定するモデルの一部を構築した。そのために、放牧地のローテーションによる土壤動態（土壤に含まれる微生物や栄養素やそれらのバランス等の時間変化）等への影響を調べ、牛の頭数やローテーション間隔と環境負荷との関係性等を評価し、最適な再放牧時期を示す指標の一部を見出した。さらに、推定精度の向上や頑健性の確保などのために、アメダスや地球観測衛星データから推定される日射量、地表面温度、雨量などの情報をモデルの変数に追加することを検討する代わりに、地球観測衛星からのデータと現地の牧草の水分含量や栄養等との関係性調査を実施した。

#### 2.1.1. はじめに

本業務の目的は、「過疎地活性化のための地球観測と高精度測位による放牧地と放牧牛をモニタ可能な自動飼養システムの構築」において、過疎地にある耕作放棄地を有効活用するために、放牧地として整備された耕作放棄地に放牧された肉牛が草地に与える影響を、客観的

かつ時系列的に把握するために、衛星データから放牧地のバイオマスをモニタリングする手法を開発することである。令和3年度では、鹿児島大学が熊本県南阿蘇村にある下碓牧野組合の放牧地において計測した時期ごとの牧草地のバイオマス（主に草高）と、同期観測した衛星データから、バイオマスを推定するモデルを構築した。

## 2.1.2. 衛星データ

本業務で用いた衛星データは、超小型衛星群 PlanetScope である(図 2.1.1)。PlanetScope は 150 機以上が軌道上で運用されており、編隊飛行によりほぼ毎日全球を観測している。空間解像度は約 3.7m であり、本業務の放牧地内の不均一性を観測できる。分光特性は、青、緑、赤、近赤外の 4 バンドからなり、牧草地の植生を観測するには十分である。衛星データのプロダクトは空間解像度 3m に調整された地表面反射率プロダクトとした。



波長分解能  
 バンド1：455～515 nm 青  
 バンド2：500～590 nm 緑  
 バンド3：590～670 nm 赤  
 バンド4：780～860 nm 近赤外

空間解像度：約3.7 m

時間分解能：ほぼ毎日

図 2.1.1. PlanetScope の概要

現地調査日と衛星画像撮影日を表 2.1 に示す。いずれの観測も、衛星画像の撮影日は現地調査と同日か数日以内である。各調査時期の衛星画像を図 2.1.2 に示す。

表 2.1 現地調査日と衛星画像撮影日

現地調査時期	現地調査日	衛星画像撮影日
8 月調査	2021 年 8 月 3～4 日	2021 年 7 月 30 日
10 月調査	2021 年 10 月 18～19 日	2021 年 10 月 18 日
11 月調査	2021 年 11 月 17～18 日	2021 年 11 月 17 日
12 月調査	2021 年 12 月 26～27 日	2021 年 12 月 28 日
1 月調査	2022 年 1 月 17～18 日	2022 年 1 月 19 日

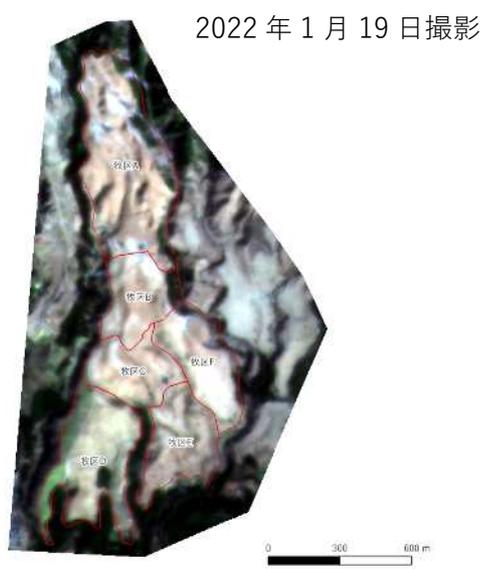
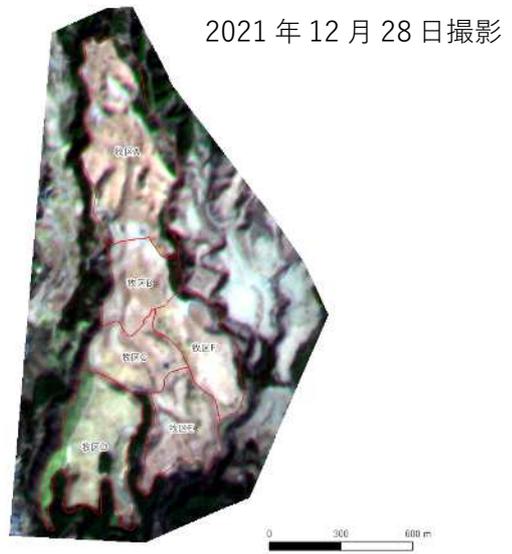


図 2.1.2 衛星画像一覧

### 2.1.3. 現地調査データ

鹿児島大学の現地調査ではライジングプレートメーターとスケールによる草高の計測と坪刈による重量の計測を行っている。そのうち、牧草のバイオマスを表していると考えられる草高を主に整理した。放牧地は、主に株状になっているカヤと草種や草丈がある程度揃っている牧草の二種類からなるため、それぞれを整理し、推定モデルを構築した。カヤと牧草の例を図 2.1.3 に示す。



図 2.1.3 株状のカヤと牧草の例(2021年7月8日撮影)

#### (1) 8月現地調査

8月現地調査では、D牧区北側において現地にて草高を計測するとともに、カヤと牧草を坪刈し、室内試験において牧草の生草量およびカヤの生草量と乾燥重量を計測した。D牧区北側の坪刈地点を図 2.1.4 に示す。草高と衛星データを比較した結果、バンド2とバンド4の重回帰分析により牧草の草高と生草量の推定モデルを構築できた。相関グラフを図 2.1.5 に示す。草高の相関係数は0.94、相関係数は0.85であり、高い精度の推定モデルを構築することができた。

カヤで計測した乾燥重量も、同様にバンド2とバンド4の重回帰分析で推定モデルを構築できた。相関グラフを図 2.1.6 に示す。相関係数は0.85であり、高い精度の推定モデルと考えられる。なお、カヤでは草高と生草量の推定モデルを構築することができなかった。



図 2.1.4. 8月現地調査における坪刈地点 (D 牧区北側)

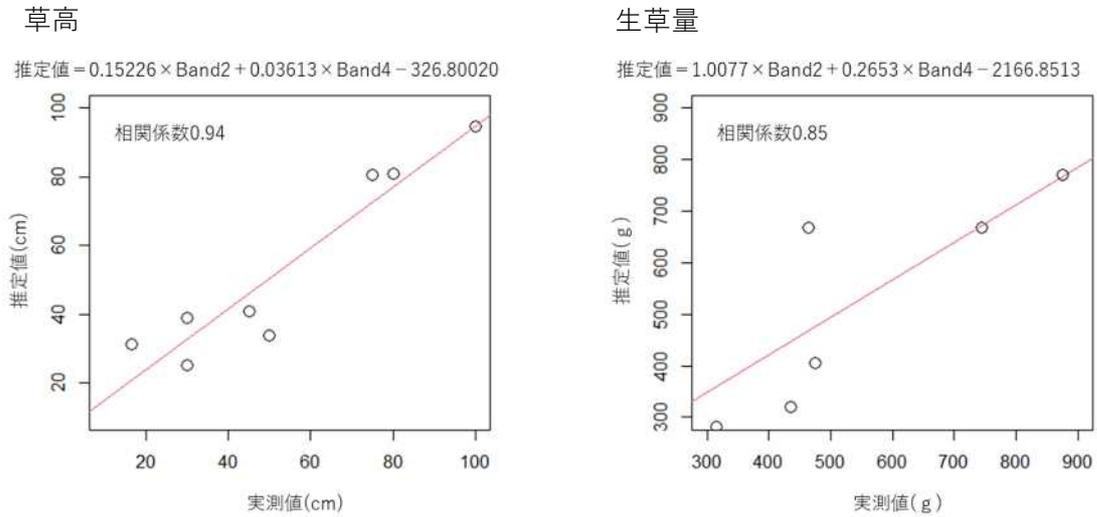


図 2.1.5. 坪刈地点における牧草の草高と生草量の推定モデル

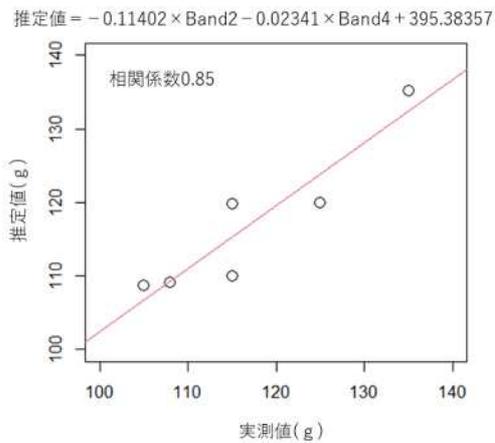


図 2.1.6. 坪刈地点におけるカヤの乾燥重量の推定モデル

D 牧区南側のカヤが多い地区にて草高を計測した。計測地点を図 2.1.7 に示す。草高と衛星データを比較した結果、NDVI によって、カヤの草高を推定するモデルを構築できた。相関グラフを図 2.1.8 に示す。相関係数は 0.94 であるが、相関の傾きは緩いため、絶対精度までは無く、相対的な精度に留まっていると考えられる。なお、D 牧区南側ではカヤの物理的特徴と考えられた周囲長や半径も計測したが、これらと衛星データとの間に相関は認められなかった。



図 2.1.7. 8 月現地調査における草高の計測地点 (D 牧区南側)

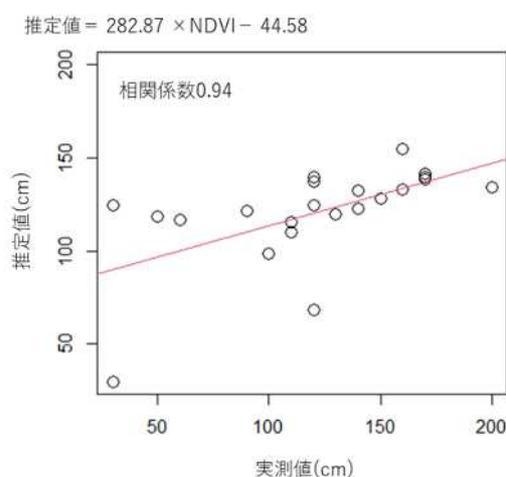


図 2.1.8 D 牧区南側のカヤの草高の推定モデル

## (2) 10 月現地調査

10 月の現地調査では、A 牧区の 1 地区および D 牧区の 2 地区においてカヤと牧草の草高を計測した。各計測地点を図 2.1.9 に示す。牧草とカヤにおける草高の推定モデルを図 2.1.10 に示す。その結果、バンド 2 とバンド 4 の重回帰分析によって、カヤと牧草の草高を推定する

モデルを構築できた。牧草では、相関係数 0.90（対数表示）となったが、高い推定値（草高）において飽和が認められ、50cm 以上の草高では推定値が飽和している。カヤでは相関係数 0.65 となり、推定値の飽和は認められないものの、中程度の精度を持つ推定モデルであり、相対的な評価に利用できると思われる。

なお、A 牧区において別途坪刈を実施し、草高を計測しているが、衛星データとの相関は認められなかった。



図 2.1.9. 10 月現地調査における草高の計測地点

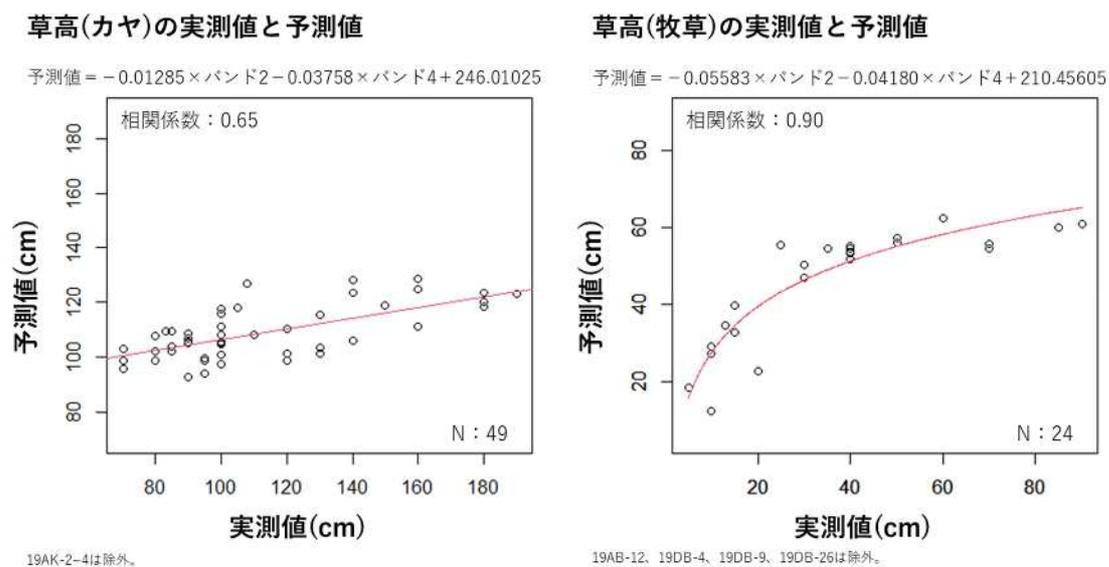
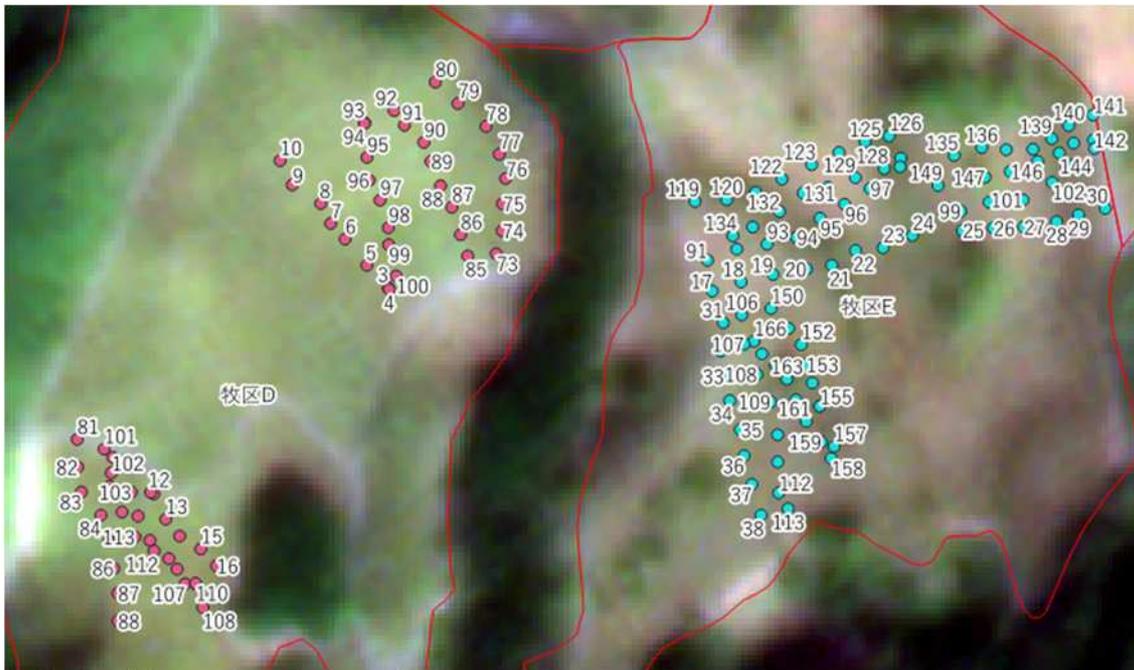


図 2.1.10 カヤと牧草の草高の推定モデル

### (3) 11月現地調査

11月現地調査では、D牧区とE牧区において牧草とカヤの草高を計測した。計測地点を図2.1.11に示す。ただし、衛星データと草高の相関を調べたところ、相関関係はいかなるバンドの組み合わせや植生指数による重回帰分析でも得ることはできず、推定モデルの構築には至らなかった。



Includes material © 2021 Planet Labs Germany GmbH.  
All rights reserved.

図 2.1.11. 11月現地調査における草高の計測地点

### (4) 12月現地調査

12月現地調査ではC牧区とE牧区において、草高が計測された（ただし、現場の記載ではカヤと牧草の区別はされていなかったため、過去の経験から草高 60cm 以上の計測地点をカヤ、それ以下を牧草とした）。草高の計測地点を図2.1.12に示す。ただし、衛星データと草高を比較した結果、相関関係は植生指数やいかなるバンドの組み合わせによる重回帰分析でも得ることはできず、推定モデルの構築には至らなかった。

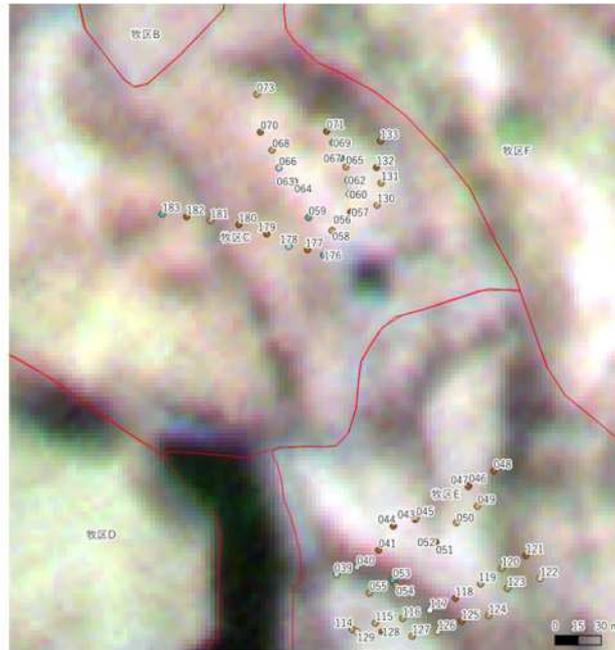


図 2.1.12. 12 月現地調査における草高の計測地点

#### (5) 1 月現地調査

2022 年 1 月の現地調査では C 牧区の 2 地区（西側と東側）において草高が計測された（ただし、現場の記載ではカヤと牧草の区別はされていなかったため、過去の経験から草高 60cm 以上の計測地点をカヤ、それ以下を牧草と仮定した）。草高の計測地点を図 2.1.13 に示す。衛星データと草高を比較した結果、西側と東側のそれぞれにおいて、バンド 2 とバンド 4 の重回帰分析によって、カヤと牧草の推定モデルを構築できた。両地区で比較すると、牧草の相関係数が高く、西側で 0.69、東側で 0.75 であった。一方、カヤの相関係数は牧草と比較して低く、西側で 0.42、東側で 0.54 であった。相関グラフを図 2.1.14 と図 2.1.15 にそれぞれ示す。12 月において C 牧区は放牧中の牧草地であり、秋季から冬季への季節の大きな変わり目であったこと、放牧牛のまばらな採食により草高のデータがかく乱されていたが、1 月の C 牧区では、放牧牛は移動して他の牧区におり、C 牧区の牧草は安定した再生が見られた。そのため相関関係が明確になったものと推察した。秋季から冬季への季節変化時の牧草動態については今後の詳細な検討が必要である。1 月の結果から、植物の特徴が衛星データに現れにくい冬期においても、牧草主体の地区では高精度の推定モデルを、カヤ主体の地区では中程度の精度の推定モデルを構築できる可能性がある。なお、地区別に分けなかった場合、カヤと牧草の推定モデルの精度は低下した。このことは、地区別に植生の特徴が異なることを示唆している。

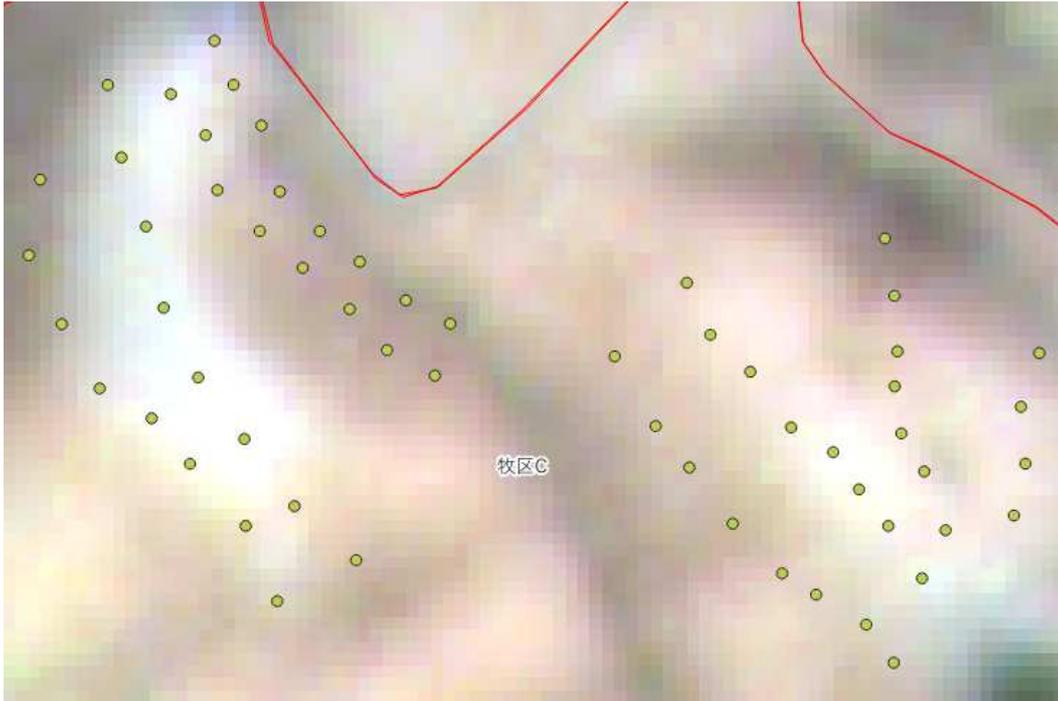
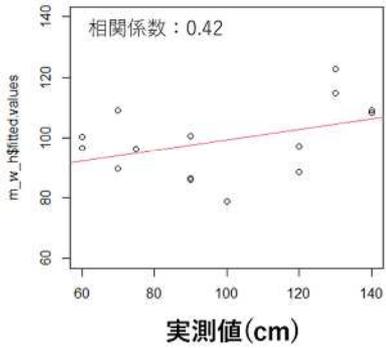


図 2.1.13. 2022 年 1 月現地調査における草高の計測地点

$$\text{予測値} = 0.0877 \times \text{バンド2} - 0.0390 \times \text{バンド4} + 139.1290$$



$$\text{予測値} = -0.05012 \times \text{バンド2} + 0.03027 \times \text{バンド4} - 19.13720$$

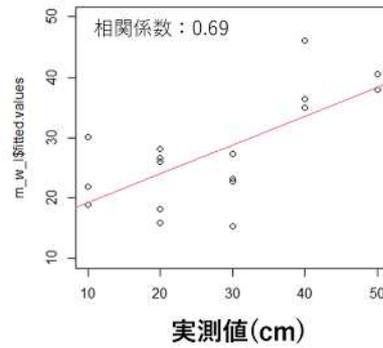
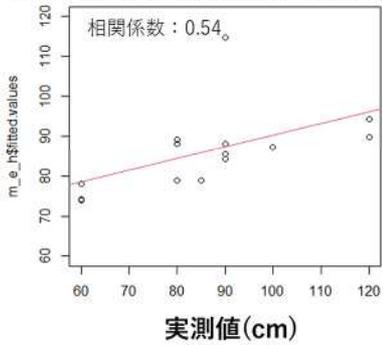


図 2.1.14. C 地区西側の推定モデル

$$\text{予測値} = 0.12193 \times \text{バンド2} - 0.04472 \times \text{バンド4} + 108.13301$$



$$\text{予測値} = -0.15725 \times \text{バンド2} + 0.06183 \times \text{バンド4} - 19.56269$$

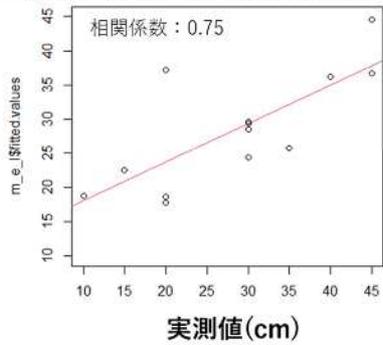


図 2.1.15. C 地区東側の推定モデル

#### 2.1.4. 土壌調査

放牧地のローテーションによる土壌動態（土壌に含まれる微生物や栄養素やそれらのバランス等の時間変化）等への影響を調べるために、牛の頭数やローテーション間隔と環境負荷との関連性等を評価し、最適な再放牧時期を示す指標の一部を見出した。まず、図 2.2.1a に示すように、阿蘇の放牧地において、放牧されている場所とそうではない森林から土壌を網羅的に採取し、土壌パラメタの評価を行った。

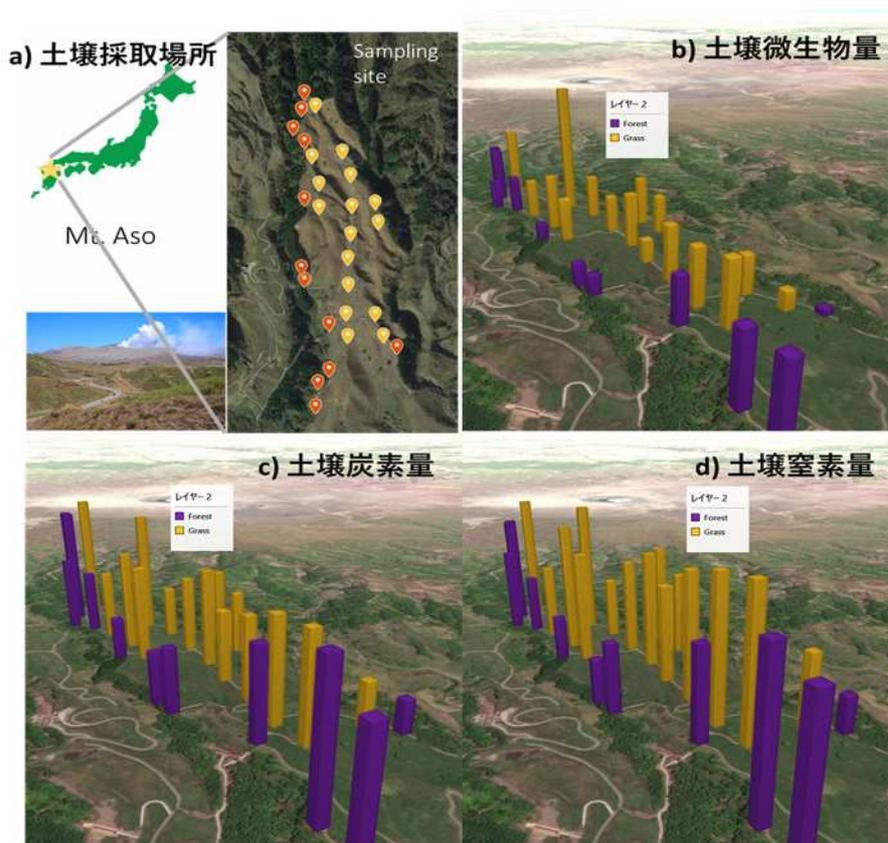


図 2.2.1. 阿蘇の放牧地における土壌採取場所(a)、土壌微生物量(b)、土壌炭素量(c)、土壌窒素量(d)に関する比較

本報告書においては、傾向が見られた幾つかの土壌パラメタについて示す。まず土壌微生物量、土壌炭素、土壌窒素に関して、放牧地においては周囲の森林土壌よりも高い傾向があった。土壌微生物量に関しては、放牧地内でもばらつきが大きく、放牧地の中での牛の採食行動や踏み固めなどの影響が出ていると考えられる。これら土壌採取の際に、草丈や草密度などの解析を同時に行っており、それらと土壌パラメタの関係について今後解析を行う予定である。また、これら土壌中の栄養素や微生物量の時間変化に関して、農家からの聞き取りなどによってこの地域は 40 年近く放牧していることを明らかにした。土壌炭素が増加する要因として家畜糞や野焼きが知られているが、土壌炭素貯留量は数十年、数百年のスケールで変化する。そのため、今後のモニタリングが重要であるが、少なくとも数十年の放牧により、土壌炭素は増加する傾向があることがわかった。

環境負荷に関しては、栄養素流亡など土壌に関わるものはこの地域に関しては家畜密度が極めて低く、それほど問題にならないことがわかった。図 2.2.1.で示した土壌窒素量は、牧草地で多い傾向があったが、水域汚染を引き起こす硝酸態窒素量は森林と比べても牧草地で有意な増加は見られず、地下水などに流出するレベルには達していない（図 2.2.2a）。

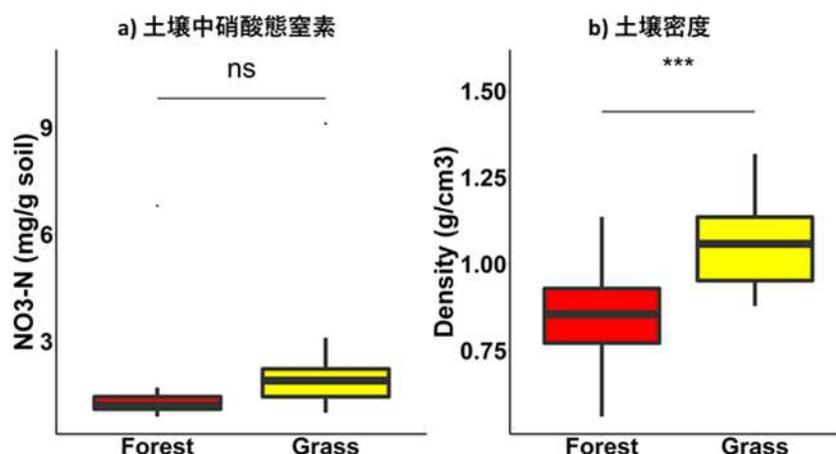


図 2.2.2. 阿蘇の放牧地における 土壌中硝酸態窒素量(a)と土壌密度(b)の 2 土地利用間での比較. 中央値と誤差範囲はボックスプロット形式で示した. \*\*\*Tukey の検定により 2 群間で有意差あり (P<0.001) .

さらに、草丈が高くなると草の栄養化が下がり牛の採食量が減少するなどの理由からこの地域では放牧地の野焼きが行われているが、そのような放牧地ならではの土壌管理が結果的に土砂災害を防いでいることが聞き取り調査からわかった。野焼きは環境負荷面、安全面などの理由から中断された年もあったが、その際に土砂災害が起きたため野焼きは現在も行われている。農家の経験則ではあるが、野焼き後に牧草が再生し、植物根が再生することで牧草根による土壌保持力が向上していると考えられる。また、野焼きにより炭素の一部が分解しにくい形へと変化し、結果として土壌炭素貯留が起きていることはよく知られている。家畜による締固めなども土砂災害と関連する可能性があり、調査地でもこの傾向（家畜存在による土壌密度の増加）は顕著である（図 2.2.2b）。このような面からも現在のローテーション間隔や牧草経営を持続させることで、他地域で課題となっているような過放牧による窒素の流亡や土壌炭素の欠乏はこの地域では起きていないと結論付けられる。

一方で、面積当たりの生産性はかなり低いため、経済面でこのような経営法が持続的かどうかという点では疑問が残る。土壌管理面での本研究のようなモニタリングを継続しつつ、この地域で生産される赤牛の価値を高め、高齢化する農家などの対策を有効化することで牛 1 頭当たりで充てられる労働力を向上させるなどの対策が求められる。

さらに、反復が少なく傾向を述べるに留めるが、一部の場所で見られた笹が繁茂するエリアでは相対的に非常に高い窒素の蓄積が見られた。この理由についてはまだよくわかっていないが、家畜により笹の繁茂を制御できれば、窒素由来環境負荷を未然に防ぐことができる可能性

もある。

### 2.1.5 牧草の粗成分分析

推定精度の向上や頑健性の確保などのために、アメダスや地球観測衛星データから推定される日射量、地表面温度、雨量などの情報をモデルの変数に追加することを検討する代わりに、地球観測衛星からのデータと現地の牧草の水分含量や栄養等との関係性調査を実施した。今回分析した牧草のサンプルは、熊本県南阿蘇村下碓牧野の8月および10月の現地調査で採取したそれぞれ6サンプルずつで、乾物重量100g中の粗成分分析を行った。それぞれのサンプリングを行った地点を地図上に示す(図2.3.1)。

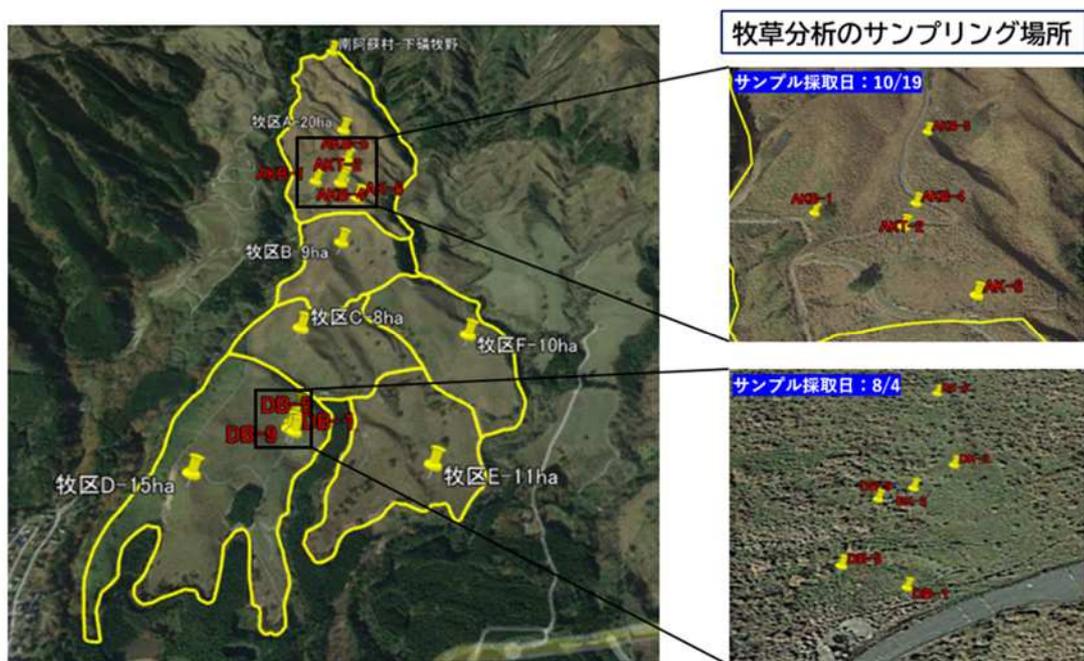


図 2.3.1.牧草分析のサンプリング場所

牧草地の草の粗成分分析について、放牧地に優勢を占めるイネ科牧草群 (B) とカヤなどの株 (K) を形成する草種群について解析した。季節間及び場所間における草の粗成分の有意差は認められなかった (図 2.3.2)。しかしながら、粗タンパク質割合 (CP) や灰分割合 (ASH) は B で K よりも有意に多く、逆に ADF (酸性デタージェント成分) と NFC (非繊維性炭水化物) では、K で B よりも有意に高くなった ( $p < 0.05$ ) (図 2.3.3)。草地におけるこれらの分布を考慮して、放牧地における草地と放牧継続期間などの推定を行う必要があると推察された。

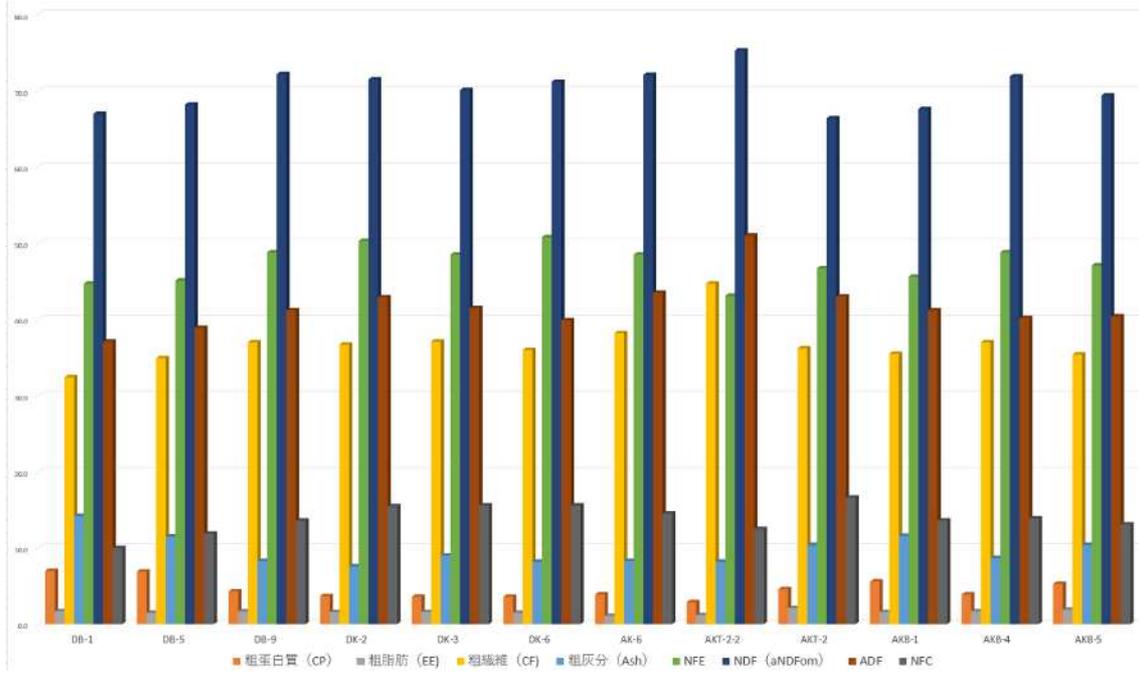


図 2.3.2. 放牧地の草の粗成分の変化

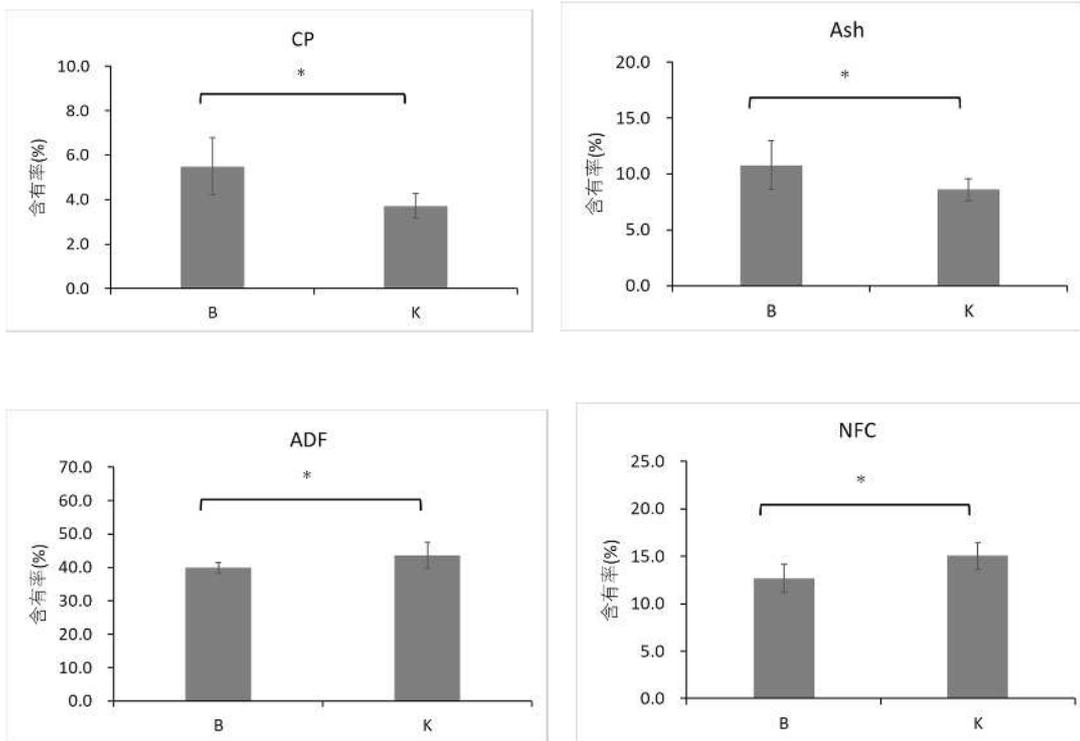


図 2.3.3. 放牧地内の牧草 (B) とカヤ等の株 (K) の粗成分の違い  
 (\*  $p < 0.05$ )

### 3. 高精度測位による各放牧牛個体の行動歴や運動量の把握と評価と検証

前年度に設計したセンサによる放牧牛の消費エネルギーや必要エネルギーの算出精度やデータ生産性を検証することを目的に、本年度は以下の3つの成果を得た：(1) 放牧牛の行動履歴データの遠隔取得および分析環境構築、(2) 放牧牛の時空間行動のパターン化、(3) センサを放牧牛に装着する装置の設計と検証。以下に、各項目の詳細を示す。

#### 3.1. 放牧牛の行動履歴データの遠隔取得および分析環境構築

本研究で対象とする牧野は数ヘクタールの小規模で中山間地域に散在する。そのため、放牧牛の位置情報を受信機端末に保存し、その蓄積データを物理的に収集して回るとは作業負荷が極めて高くなり、本研究の実装を想定した運用においても作業効率が低下する。そのため、本研究では、首輪を介して放牧牛に装着した受信機で測定した行動データを遠隔で取得、分析する環境を構築した。具体的な構成を図1に示す。まず、首輪に装着したGPSマルチユニットで放牧牛の行動データを取得する。取得データは、GPSマルチユニットを運用するSORACOM社のクラウドプラットフォームに送信され、同社が提供するデータ取得経路のハブ機能を果たすUnified Endpointを介して、それぞれHarvestとFunnelに送信される。Harvestは取得データを蓄積し、簡易的に結果を可視化表示する機能である。ここでは、放牧牛から取得した生データ（緯度、経度、時刻、3軸加速度、バッテリー残量）を表示できる。この生データをさらに分析するため、GPSマルチユニットの取得データを特定のクラウドサービスに直接転送するアダプターとして機能するFunnelを利用し、同様の機能を有するAmazon Web Service (AWS) IoT Coreを介してAWSのクラウドプラットフォームに接続する。SORACOMからAWSに送信されたデータは、ストレージの機能を有するAWSのSimple Storage Service (S3)に保存される。その後、機械学習モデルを開発、学習、使える状態にする機能を有するAmazon SageMaker上で生データを分析する。具体的には、プログラムの実行・結果の保存・共有をするツールであるJupyter Notebookにより、プログラミング言語の一つであるPythonでプログラムを構築し、計算結果を分析側のパソコンで表示する。AWS Identity and Access Management (IAM) は、AWS上のデータやプログラムを保護する目的で使用する(図3.1.1)。当該環境によって分析した結果は次項の(2)で詳述する。

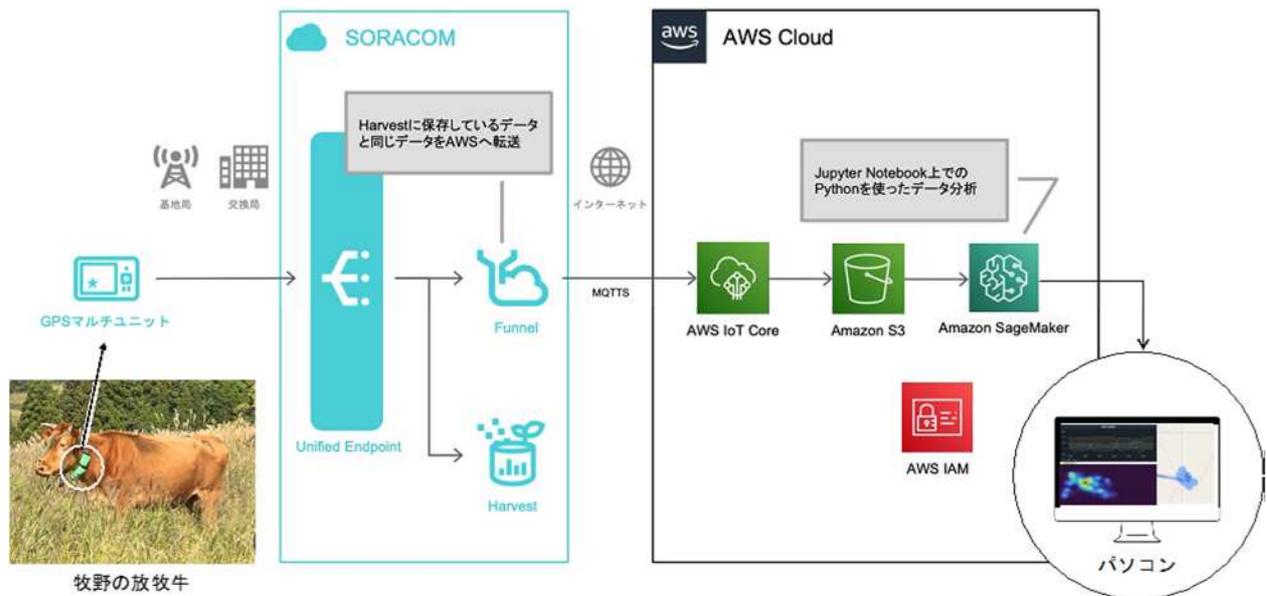


図 3.1.1. 牧野の放牧牛の行動データの遠隔取得と分析環境

### 3.2. 放牧牛の時空間行動のパターン化

前述の放牧牛の行動データを遠隔取得および分析する環境を活用し、衛星測位データから放牧牛の移動範囲や軌跡といった時空間的な行動パターンに関する解析を実施した。具体的に、図 1 に示す (a) Harvest から直接出力した放牧牛の行動履歴の生データの 1 次分析、(b) Jupyter Notebook 上の Python による詳細な 2 次分析とに分けて、各段階の行動をそれぞれ整理する。

#### (1) 放牧牛の行動履歴の生データの 1 次分析

1 次分析では生データを分析する。具体的に使用したデータは、放牧牛位置の緯度と経度、それに対応する時刻情報である。当該データは GPS マルチユニットで設定した 5 分の測定間隔で取得した。この取得データ群と研究対象地を撮影した衛星画像データとを重ね、ヒートマップとして表示した結果を図 3.1.2. に示す。表示場所は、鹿児島県志布志市の牧野で、表示期間は 2021 年 6 月 27 日 20:00 から翌 28 日の 11:30 まで、対象は放牧牛 1 頭である。ヒートマップでは、放牧牛が複数回滞在あるいは長時間滞留した任意の地点が色濃く表示され、反対に、滞在回数が少ない、または滞留時間が短くなるほどその場所の色は薄くなる。そのため、ヒートマップでの可視化により、放牧牛が滞在・滞留する場所の傾向が読み取れる。図 1 では、次の 3 地点でその滞在・滞留傾向が顕著に確認された：① 給餌エリア：給餌中に放牧牛を固定するスタンションが設置されている地点、②および③：給餌エリア後方の地点。①に関しては、毎日定時に作業員が放牧牛に給餌することから妥当な結果であると言える。②および③については、現地観察の結果からは放牧牛の休息地点であることが推測されるが、この地点に滞在・滞留する行動背景についての理由は明らかではない。牧野の草を食べ歩くのではなく、毎

日確実に提供される栄養価の高い飼料用のトウモロコシ（デントコーン）を給餌エリア付近で待つことを選択するという、放牧牛の行動心理なども影響要素として考えられる。ヒートマップの可視化によって、どの地点への滞在回数が多いのか、あるいは長時間滞留するのかの抽出は可能であることがわかる一方、その結果に影響する説明変数の仮説検証は、(2)でも一部詳細に触れるが、来年度以降も継続して解明する必要がある。

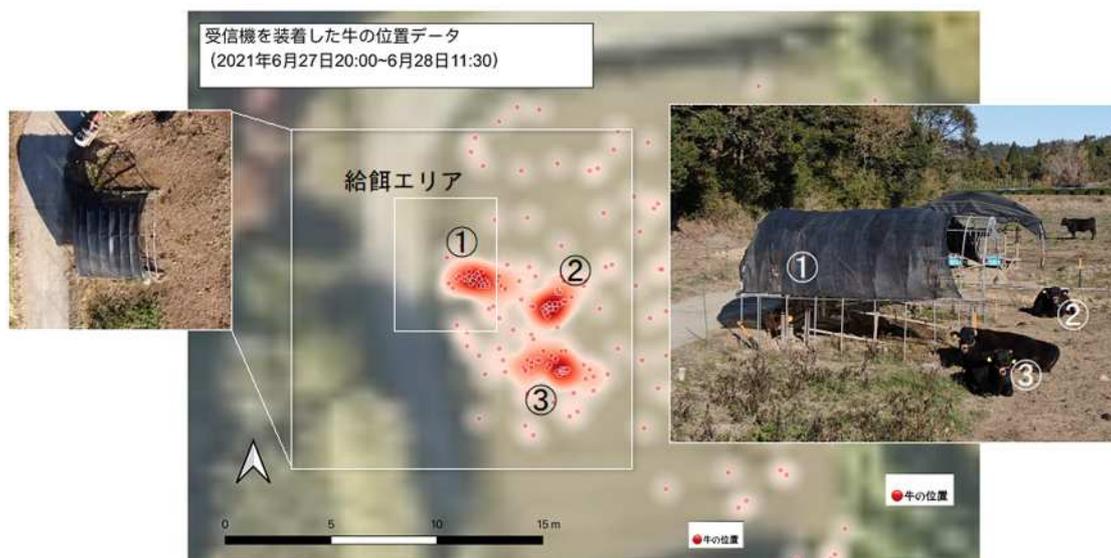


図 3.1.2. 鹿児島県志布志市における放牧牛の滞在・滞留傾向のヒートマップ可視化結果

次に、同様の計測と可視化分析を熊本県阿蘇郡南阿蘇村の研究対象地で実施した結果を図 3.1.3.に示す。こちらは2頭の放牧牛に装着した測位信号受信機による2021年10月19日から11月2日にまで取得したデータのうちから1日の行動データを、6:30-18:25、18:30-6:25の時間帯に分けて可視化したものである。図から明らかのように、2頭の行動履歴の時空間分布は整合せず、牧野の南北に分かれるように個々で異なる行動をしていることが分かる。また、放牧牛1は面的行動範囲が狭く局所的である一方、放牧牛2は相対的に行動範囲が広範囲に及んでいる。当該牧野を管理する下積牧野組合員への聞き取り調査では、放牧牛2は放牧年数が長く群れの中での立場も高い一方、放牧牛1は新米であることの影響が示唆された。つまり、放牧牛1は、牧野環境や他の放牧牛に慣れないことによって生じる周囲への警戒心から、行動範囲を狭く慎重に行動していること、放牧牛2は縄張りの誇示も含め自身の影響範囲の主張のために、牧野を広範囲に移動する。このことは、放牧牛の行動特性に放牧牛の群れとしての社会的要素などが影響する可能性を示している。

以上のように、ヒートマップという可視化手法を用いるだけでも放牧牛の滞在・滞留地点の抽出はある程度可能であることが測定結果より明らかになった。しかしながら、その結果の背景にある放牧牛の行動原理を説明する変数は、地形や牧草の生育状態などの地理空間的な環境要素だけでなく、給餌などの外部介入要素や、放牧牛同士の社会的影響要素など多様である

可能性がある。1次分析のみではこれらの説明要素を解明することが困難なため、更なる分析が必要である。

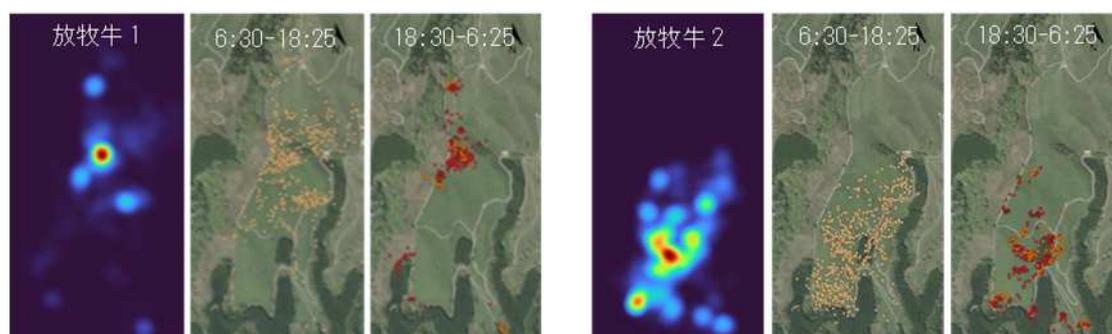


図 3.1.3. 熊本県阿蘇郡における放牧牛の滞在・滞留傾向のヒートマップの可視化結果  
(放牧牛 2 頭)

## (2) 放牧牛の行動履歴の詳細な 2 次分析

1次分析による放牧牛の行動特性把握を更に深めるため、Jupyter Notebook 上の Python によるプログラミングによる分析を行った。はじめに、放牧牛の行動履歴を行動圏特定の観点から整理することで、ヒートマップで濃く現れた地点を時空間レベルで分類する。ここでは、時間軸変化を考慮した密度ベースのクラスター分析 (ST-DBSCAN: Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) を用いた。この手法も用いることで、時空間的に近い放牧牛の位置が一つのクラスターとして生成されるため、ある時間帯の行動範囲の広狭のみでなく、放牧牛が同じ場所を頻繁に訪れるのか、長期間同じ場所に留まるのかといった傾向を分類することができる。図 3.1.4. にクラスター分類結果 (図中央) とその元となる行動履歴のポイントデータ (図左)、クラスター分類結果に移動経路情報を追加した結果 (図右) を示す。ポイントやクラスターの色は、00:00 を基点とした時間経過によるグラデーションを示しており、白色はクラスターとして分類されなかった点である。移動履歴のポイントデータからクラスターを生成することで、一定時間に留まる移動範囲とそれ以外を分類することができるため、放牧牛が一定範囲内にとどまっているのか、あるいは別の場所に移動しているのかを判別することが可能となる。

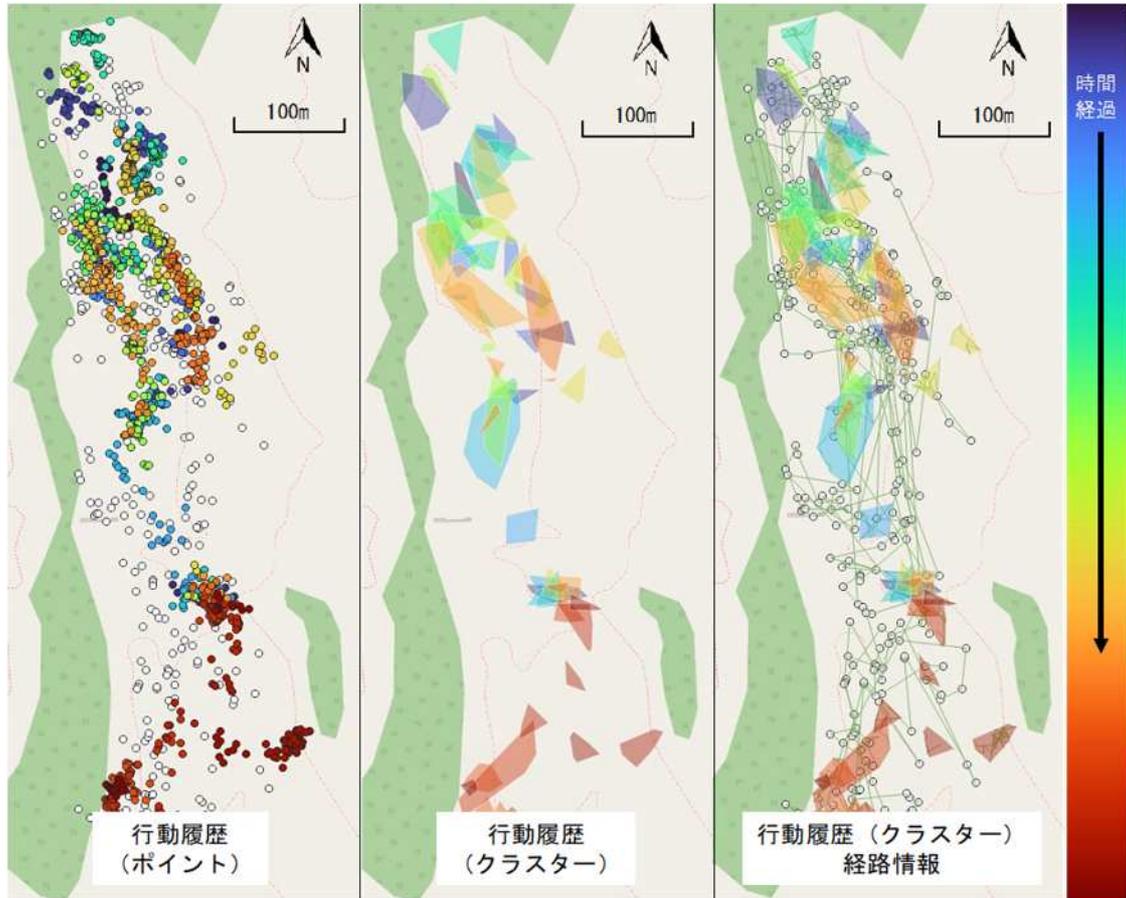


図 3.1.4. 放牧牛の行動履歴のクラスター分析結果

次に、2021年10月19日から11月2日までの放牧牛の総移動距離の変化を図3.1.5.に示す。また、00:00を起点に各日の移動速度分布を24時間軸で可視化した結果を図3.1.6.に示す。総移動距離は28kmから42kmと日ごとにばらつきが出る事が確認されたが、移動速度には6:30-11:00、12:30-18:30範囲で増加する傾向が見られた。放牧牛が生き物である以上、体調や空腹度などの生体状況、気温や天気などの気象水文状況、他の放牧牛との関係など様々な要因によってその行動に変化が生じることは必然であるが、今年度のクラスタリング手法による分析を更に深めることで、放牧牛の行動に影響を与える要因推定を進める予定である。その上では、放牧牛の移動速度が増加する時間帯の把握は重要である。今年度の分析では日中の午前と午後その傾向が確認された。両時間帯を含む日中に行動が活発化することが推察されるため、この間の行動として採食しながら牧野を移動しているのか、群れや個体で地点間を移動しているのかといった、現地調査や放牧地管理関係者、放牧牛の所有者への聞き取り調査を含めた放牧牛の行動観察を深める必要がある。それと並行し、継続的に遠隔取得する放牧牛の位置情報からは、ある任意の地点に滞在した場合、次にどの地点に行く傾向があるのか、移動経路のハブとして機能する地点があるのかなど、クラスター間の移動パターンを抽出するためのFrom-To分析、衛星信号受信機の加速度計データ放牧牛の姿勢推定なども有効な可能性があるため、次年度も引き続き検討する。

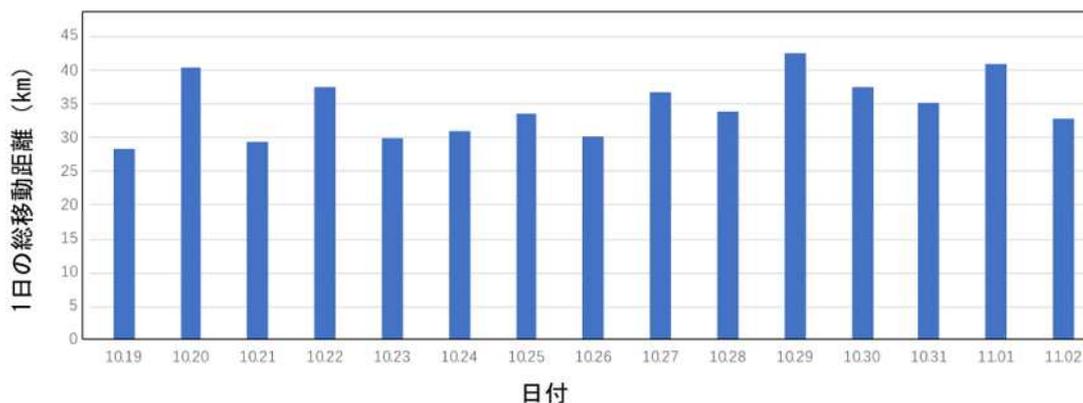


図 3.1.5. 放牧牛の総移動距離の経日的変化

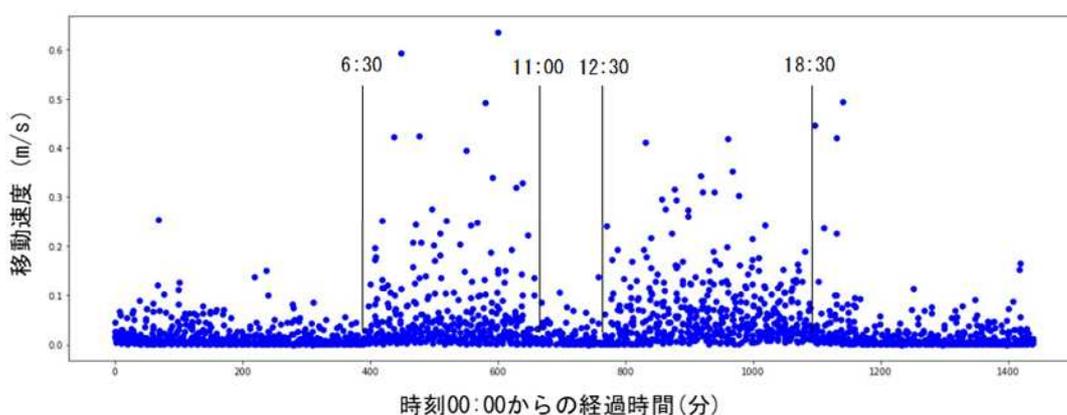


図 3.1.6. 放牧における日内の移動速度分布

次年度に向けた放牧牛の行動パターン分析の詳細化に先立って実行可能性検討を考慮し、今年度は放牧牛の行動履歴のクラスタリング結果と、植生や地形など地理空間要素との関係性を検討した。その結果を図 3.1.7. に示す。図の中央は、植生指標である。この指標は、植物の光の反射特性を利用することで得た衛星データによる植物の状況から算出した植物の量や活力を表すもので、本研究では、その代表的な指標である正規化植生指標 (NDVI: Normalized Difference Vegetation Index) を使用した。緑色が濃くなるほど NDVI が高くなることを示している。図右は、各種測量法で計測された 2 次元の平面位置と標高値をデジタル表現した数値標高モデル (DEM: Digital Elevation Model) である。これにより凹凸や傾斜などの地表の地理的特徴を描写することができる。前述のクラスタリング手法によって、黒丸で囲ったエリアは様々な時間帯で放牧牛が滞在していることがわかった。

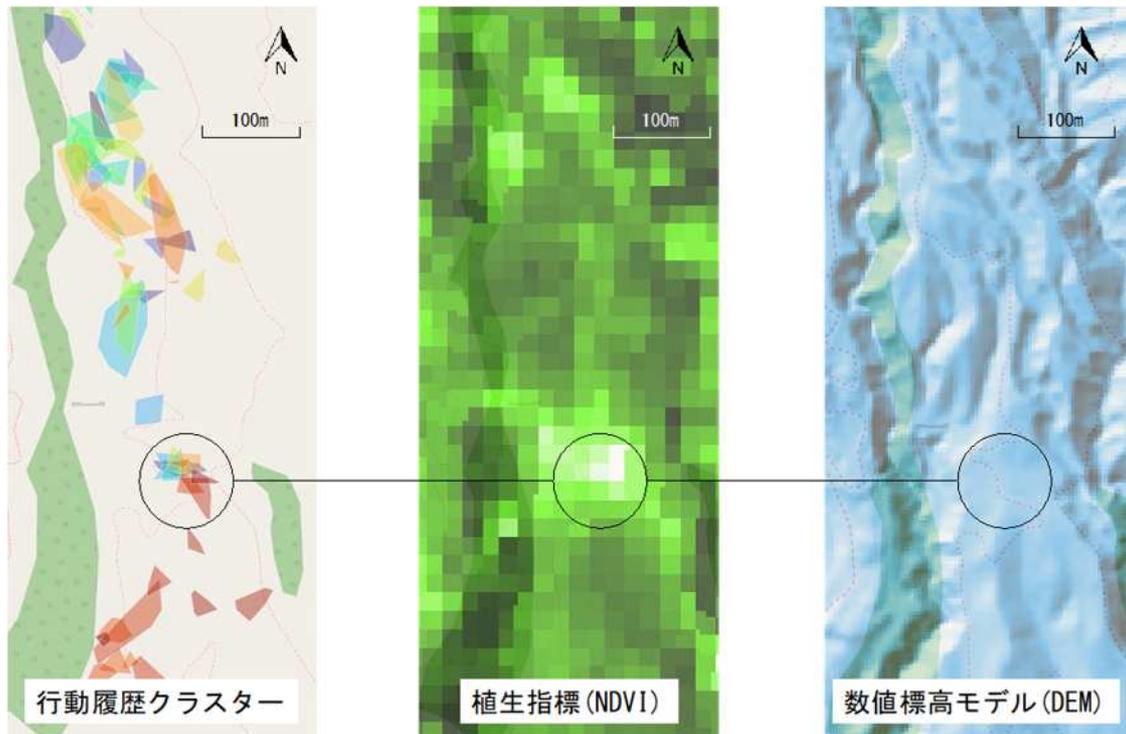


図 3.1.7. 放牧牛のクラスターと認知空間要素との関係

この地点の NDVI を見てみると、薄緑や白みがかっているため植生が乏しいことが分かる。これについては大きく二つの仮説が立てられる。一つ目は餌場としてこの地点で頻繁に採食していたこと、もう一つは頻繁な休憩場所としての利用で放牧牛が長時間踏み込む、あるいは伏せる体勢をとることの負荷により、植生の活力が失われたことである。DEM の結果を見るとこの地点では比較的広い範囲が平坦であることが分かるので、後者の休憩地点として群れで滞在していた可能性も高いと考えられる。このように、遠隔取得情報からもある程度科学的に放牧牛の行動特性を推察できるため、翌年度の実地調査による観察と併せて更に分析を深める予定である。

### 3.3. センサを放牧牛に装着する装置の設計と検証

データ収集や精度検証を安定的かつ継続的に実施可能とするため、センサを牛に装着する装置の耐久性や耐候性、装着作業の容易性等が向上するよう、昨年度に引き続き設計と検証を複数回繰り返した。昨年度までは衛星信号受信機の保護のため、耐候性や耐久性を考慮した強化プラスチックのボックスにモバイルバッテリーとともに格納する方法をとった。しかしながら、放牧牛を給餌中に繋ぎ止めるスタンションと呼ばれる鉄柵との衝突や、放牧中に生じた何かしらの影響による治具の損傷が発生した。外力や浸水などに脆弱な受信機を保護するために外装を強固にする分、装置の躯体サイズが大きくなるため、外部接触や引っ掛かりの機会が増えてしまい結果的に装置の物理的な構造寿命が短くなる可能性が生じた。そのため、接触

に対する耐久力向上ではなく、接触そのものの機会を減らす方向で装置の形状を変更した。その結果を図 3.1.8.に示す。防水性を確保するため、受信機およびモバイルバッテリーを防水性のケーブルバンドで首輪に装着している。この結果、装置の物理的な損傷が発生することなく測位データが取得出来たが、1 週間ほどで接合部分からの浸水によって受信機が損傷する事態となった。そのため、現状では図 3.1.9.に示すように、防水テープで首輪と受信機を隙間なく装着することで防水性能を向上させた。結果として事前検証で確認できている 2 週間程度の最長稼働時間を放牧牛に装着状態でも確保できることを確認した。来年度は、作業毎の装置の作成及び装着負荷低減のための装置形状の改善、作業回数を減らすことによる負荷低減のためのデータ取得の稼働時間延長を検討する。



図 3.1.8. センサを放牧牛に装着する装置の様子とスタンション



図 3.1.9. センサを放牧牛に装着する装置の現状版

#### 4. 自動飼養システム構築のためのデータ蓄積と活用性検証

前年度に設計した自動飼養システムの実効性を評価するためにプロトタイプを放牧地に設置した。地球観測衛星から得られる放牧地の草量データと測位衛星から得られる放牧牛の行動履歴や身体状態に関するデータをインプットし、それらの関係性の解析に基づく補助飼料の自動給餌を行った。また、今後の5G通信を見据えて、ウェブカメラなどにより取得する放牧地や放牧牛の画像データ等から、個々の放牧牛の行動パターンを観察した。

##### 4.1. 自動飼養システムのプロトタイプの設定

(株)さかうえの耕作放棄地放牧実証地（鹿児島県志布志市志布志町帖付近）に、クレーンを使用して、昨年度に作成した遠隔自動給餌機の設置を行った(図 4.1.1.)。熊本県阿蘇郡南阿蘇村の下積牧野とウェブカメラの設置場所を図 4.1.2 に示した。図 4.1.3.はその搬入時の様子と、設置された遠隔自動給餌機の様子である。



図 4.1.1. 実証値のエリアと設置した遠隔自動給餌機および移設されたウェブカメラ (A、B) の位置

その後、育成牛の雄ウシを4頭導入し、遠隔自動給餌機に対する馴致を行った(図 4.1.4.)。また、放牧地の状況を遠隔で広範囲に確認できるように、AおよびB地点の2カ所 (AおよびB地点) にウェブカメラの設置を行った (図 4.1.5 a, b, c, d)。下記に(株)さかうえの耕作放棄地放牧地と設置された遠隔自動給餌機、移設されたウェブカメラの位置を示す。ウェブカ

メラの設置場所は、高低差のある耕作放棄地放牧地において、ウシの移動場所を広範囲で観察しやすい場所を選定した。

また、ウェブカメラについては、熊本県阿蘇郡南阿蘇村の下碓牧野におけるウシの様子も確認できる様に、C牧野内にカメラCの設置を行った(図4.1.5 e, f)。カメラは、日数の経過とともに移動する牧区のウシがよく観察できる場所に設置した。さらに2月、3月は野焼きを行ったため、それぞれ野焼きの影響を受けない場所に移動した。



図 4.1.2. 熊本県南阿蘇村下碓牧野の牧区とカメラCの設置場所(緑ピン)



a. 遠隔自動給餌機搬入時の様子



b. 設置された遠隔自動給餌機

図 4.1.3. 遠隔自動給餌機の放牧地内への設置



a. 遠隔自動給餌機へのウシの馴致の様子



b. 自動給餌機の餌を食べるウシの様子



c. 自動給餌の操作画面とその様子

図 4.1.4. 放牧牛の遠隔自動給餌機への馴致の様子



a. ウェブカメラ A の組み立て作業の様子



b. ウェブカメラ A で見る現地の様子



c. 移設されたウェブカメラ B



d. ウェブカメラ B で見る現地の様子





図 4.2.2. GPS マルチユニットで観測されたデータの位置

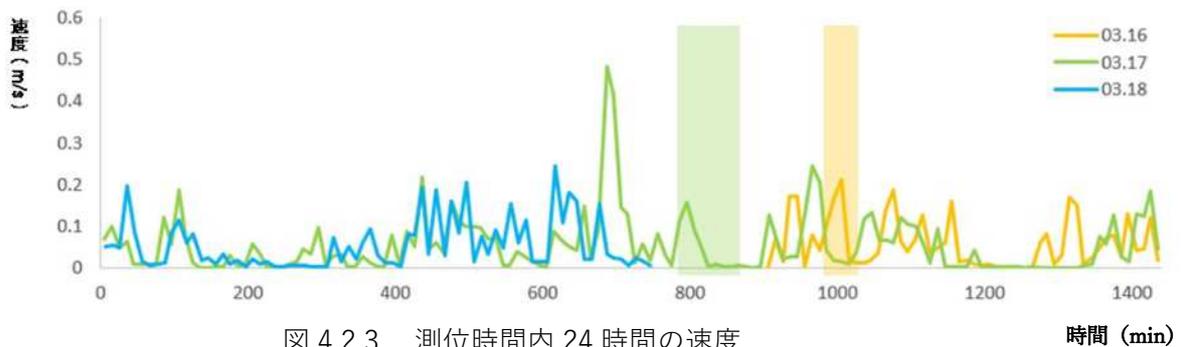


図 4.2.3. 測位時間内 24 時間の速度

放牧地の面積は比較的狭いが、今後データが蓄積されていくと放牧牛のバイオリズム（主に活動の活発さの程度）がよりはっきり見えてくると考えられる。そこで、採取したデータより角度と角速度の変化（図 4.2.4.）と三軸加速度の変化（図 4.2.5.）をグラフ化した。ここでは三軸加速度のみを用いて、行動パターンを 3 種類に分けてみた。図 4.2.4.と図 4.2.5.から速度、x 軸（前後）と y 軸（上下）の加速度に相関がある可能性が高い。赤枠内の行動はデータが収集される時刻と最も近いものである。加速度データはある程度静止状態の判断をサポートできるが、首の動きを観測しているため、動的状態の判断にはまだ不十分である。さらに、採食時間帯内の行動は頻りに変化するため、精度の高い健康観測などを把握するために、今後はデータ収集頻度を高めていく予定である。

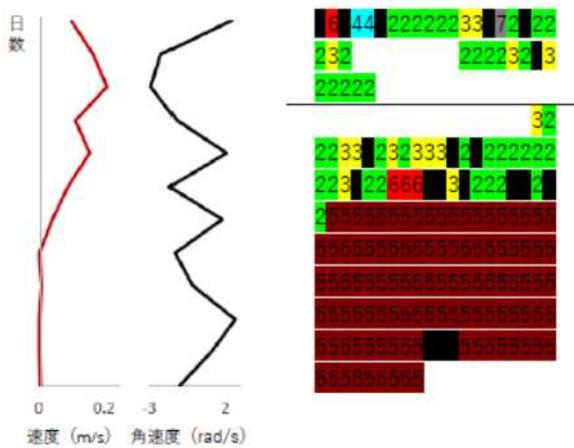


図 4.2.4. 角度と角速度の変化

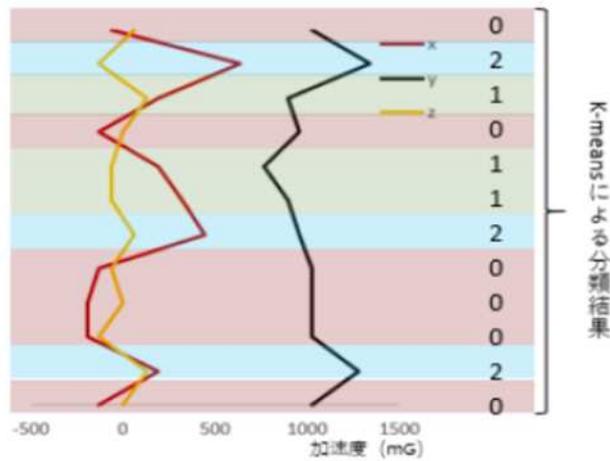
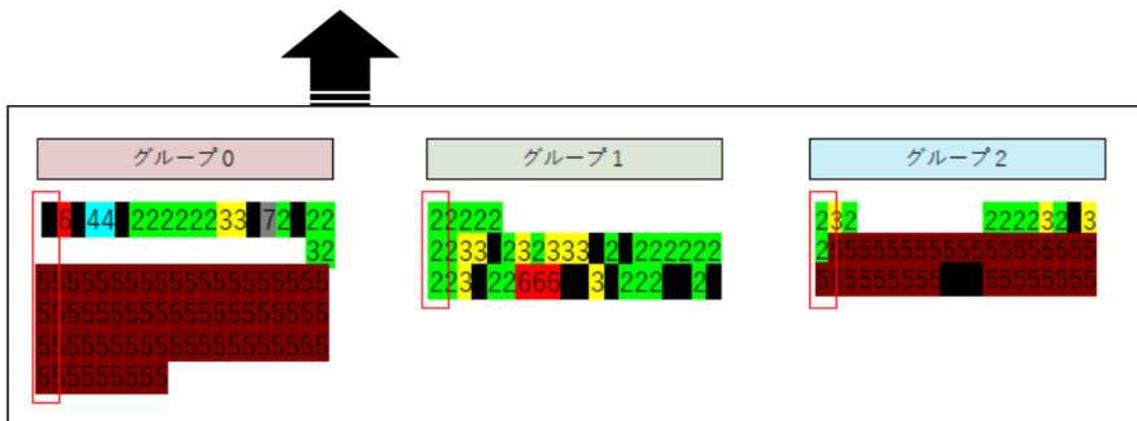


図 4.2.5. 三軸加速度の変化



## 5. アウトリーチ活動

前年度に引き続き、実証地での取り組みをメディア（テレビ等）で紹介した。また、研究者や実業者等を集めたイベント（シンポジウム）を開催し、本委託業務で構築する自動飼養

システムや関連技術等を広く周知した。さらに、業務成果を国内外の畜産業へ応用する可能性を探るため、畜産を研究対象とする研究者とのネットワークにより、オーストラリア等との畜産文化や生産方法、開発技術について調査した。

## 5.1. メディア等での紹介

### \* BS テレ東開局 20 周年特別企画「2021 年宇宙ビジネスの覚醒」

2021 年 9 月 12 日 (21:00-22:55) 宇宙の日の BS テレ東の特別企画の番組の中で、慶応義塾大学の神武直彦氏に「高精度測位による各放牧牛個体の行動歴や運動量の把握」について紹介して頂いた (図 5.1.1.)。

<https://www.bs-tvtokyo.co.jp/spaceday2021/>



a. 活動内容を説明する神武氏

b. データ画像

図 5.1.1. 高精度測位についての紹介を行う神武氏 (a) および実際に放映されたデータ画像 (b)

### \* New Space 日本版 GPS「みちびき」宇宙ビジネス最前線

9 月 19 日 20:00 より日テレにて放送。10 月のイプシロン 5 号機と H-2A による準天頂衛星システム「みちびき」の打ち上げを控え、宇宙の民間利用を支える 2 つのロケットと、年々広がりを見せる宇宙ビジネスの現在とこれからの話の中で、慶応義塾大学の神武直彦氏に衛星データの放牧への活用について紹介して頂いた。

<https://www.youtube.com/watch?v=xfmWQIvBY1k>

### \* 「世界一の九州が始まる」放牧牛で農地を救え

2021 年 11 月 14 日 (月) 午前 10:15~10:30 RKB テレビ系列にて放送。人工衛星から取得したデータを元に、牛の動きや放牧地の草の量を計測し耕作放棄地の再生のモデルの構築や(株)さかうえなどの取り組みを紹介した。また、(株)さかうえとウシの管理について衛星を活用した技術の開発を目指し、一緒に行なっている大学のチームのウェブ会議の様子なども紹介された (図 5.1.2.)。

<https://rkb.jp/article/49233/>



a. 放送されたウェブ会議の様子



b. 放送されたプロジェクトの紹介画像

図 5.1.2. RKB におけるウェブ会議のテレビ放映の様子 (a) と放映された説明画像 (b)

## 5.2. アグリビジネス創出フェア

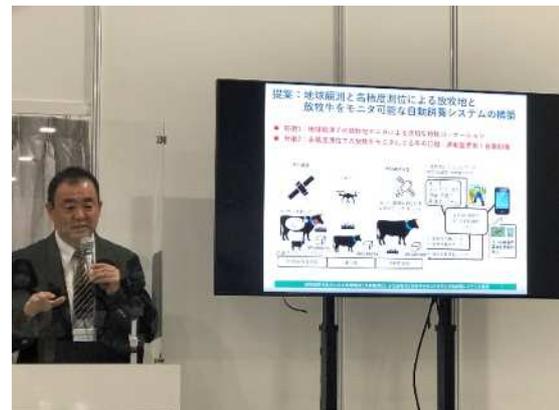
### \*アグリビジネス創出フェア出展

2021年11月23日～25日 東京ビッグサイトで行われたアグリビジネス創出フェアに参加(図 5.2.1.)。農林水産省が主催する農林水産業・食品産業分野における最新の研究成果や技術の実用化・産業化をめざし、多数の研究機関と民間企業等が一堂に会する技術交流展示会で、11月24日の出展者プレゼンテーション「宇宙技術を活用した地方未利用地を再生させる牛肉生産システムの構築」の中で、衛星を使った放牧地の管理や高精度測位による牛の行動や運動量把握と自動飼養などの取り組みを紹介した。

また、ブースにはポスターの展示を行い、作成資料等を来場者へ配布し、プロジェクトの内容を広く周知した。



a. 出展したフェアのブースの様子



b.出展者プレゼンテーションの様子

図 5.2.1. アグリビジネス創出フェアにおける出店ブース(a)とプレゼンテーションの様子 (b)

## 5.3. ワークショップおよび公開シンポジウム

### \*『宇宙技術を活用した地方未利用地を再生させる牛肉生産システムの構築』

### ワークショップ』

2021年11月24日(水)15:30より、東京都日本橋の宇宙ビジネス拠点 X-NIHONBASHI TOWER XNT-001にてワークショップを実施した(図5.3.1)。このプロジェクトを実施する鹿児島大学、慶応義塾大学、北海道大学のほか、業務委託先の一般財団法人リモート・センシング技術センターが参加し、その他JAXA、(株)電通等からも参加頂いた。



a. 会場 X-NIHONBASHI TOWER                      b.実施されたワークショップの様子

図 5.3.1. 会場(a)におけるワークショップの様子 (b)

### \*オーストラリアなどとの畜産に関する調査および意見交換等

業務成果を国内外の畜産業へ応用する可能性を探るため、2~3月に畜産を研究対象とする研究者とのネットワークにより、オーストラリア連邦科学産業研究機構(CSIRO)のSabine SCHMOELZL博士とウェブ会議を実施し、オーストラリア等との畜産文化や生産方法、開発技術について調査した(図5.3.2.)。



a. Sabine Schmoelzl 博士                      b. 後藤氏

図 5.3.2.オーストラリアとのウェブ会議による調査および意見交換の様子

## \*2022年3月20日（日）公開シンポジウム

公開シンポジウム『グリーン・デジタルによる持続的食料生産：環境保全型DX支援放牧のポテンシャル』を3月20日（日）13：00より、鹿児島市のTKPガーデンシティ鹿児島中央にて、対面参加とWEBのハイブリッド形式にて開催した（図5.3.3.）。事前申し込みで、150余名の参加申し込みがあり、その内訳は、研究機関が約53%、一般企業が約18%、生産者が約4%、行政機関等およびその他が約25%であった。WEB参加では全時間帯で、常時85名以上の参加があった。この公開シンポジウムで、プロジェクトにおける地球観測での放牧牛モニタによる適切な放牧ローテーションや高精度測位による牛の行動・運動量把握と自動飼養など、未利用地の放牧を基盤とした牛肉生産のためのICT放牧管理システムの構築について講演した。



図 5.3.3. 公開シンポジウムの現地対面参加の様子

## 6. まとめ

地球観測衛星データによる放牧地の草量、土壌動態と放牧牛の関係性の評価と検証について令和3年度の調査で得られた知見（地球観測衛星の時系列データと地上で計測する放牧牛採食による草量変化との相関や放牧地のローテーション時期と草量との相関等）や前年度に引き続き取得するデータ等をもとに、最適なローテーション時期を示す指標を主要な草種や季節等の影響も考慮して推定するモデルの一部を構築した。また、退牧地が再放牧可能となる時期を示す指標を推定するモデルの一部を構築した。地球観測衛星からのデータと現地の牧草の水分含量や栄養等との関係性調査を実施した。

高精度測位による各放牧牛個体の行動歴や運動量の把握と評価と検証について、令和3年度に設計したセンサによる放牧牛の消費エネルギーや必要エネルギーの算出精度やデータ生産性を検証するために、センサを放牧牛に装着し、行動履歴や運動量などを収集し、体調モニタに関するデータとともに分析した。また、放牧地のメンテナンスへの活用性を調べるため、衛星測位データから牛の移動範囲や軌跡といった空間的な行動パターンの一部を明らかとした。さらに、

データ収集や精度検証を安定的かつ継続的に実施可能とするため、センサを牛に装着する装置の耐久性や耐候性、装着作業の容易性等が向上するように設計した。

自動飼養システム構築のためのデータ蓄積と活用性検証について、令和3年度に設計した自動飼養システムの実効性を評価するためにプロトタイプを放牧地に設置した。地球観測衛星から得られる放牧地の草量データと測位衛星から得られる放牧牛の行動履歴や身体状態に関するデータをインプットし、それらの関係性の解析に基づく補助飼料の自動給餌を行うシステムを構築した。また、今後の5G通信を見据えて、ウェブカメラなどにより取得する放牧地や放牧牛の画像データ等から、個々の放牧牛の行動パターンを観察した。

アウトリーチ活動について、令和3年度に引き続き、実証地での取り組みをメディア（テレビ等）で紹介した。また、研究者や実業者等を集めたイベント（シンポジウム）を開催し、本委託業務で構築する自動飼養システムや関連技術等を広く周知した。さらに、業務成果を国内外の畜産業へ応用する可能性を探るため、畜産を研究対象とする研究者とのネットワークにより、オーストラリア等との畜産文化や生産方法、開発技術について調査するためシンポジウムを開催した。

7. 添付資料



図 7.1.1. アグリビジネス創出フェアにおけるプロジェクト紹介用のポスター

文部科学省 宇宙利用技術創出プログラム  
「過疎地活性化のための地球観測と高精度測位による放牧地と放牧牛をモニタ可能な自動飼養システムの構築」プロジェクト

## 『宇宙技術を活用した地方未利用地を再生させる 牛肉生産システムの構築ワークショップ』 式次第

日時：2021年11月24日（水）15:30～17:30（15:00 開場）

場所：X-NIHONBASHI TOWER XNT-001

（住所）〒812-0012 東京都中央区日本橋室町 2-1-1 日本橋三井タワー7 階

（アクセスマップ）XNT-001

主催：鹿児島大学 SEP Beef プロジェクトチーム

### 《式次第》

（15:00～開場）

15:30～17:30

1. 15:30～15:40 開会挨拶 （鹿児島大学 学術研究院 農水産獣医学域 農学系 後藤 貴文 教授）

2. 「地球観測衛星を活用した DX による放牧牛管理の可能性について」

－ 鹿児島大学 学術研究院 農水産獣医学域 農学系 教授 後藤 貴文 教授 －

3. 「宇宙開発技術による放牧牛の行動モニタリングの可能性について」（仮題）

－ 慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科 小高 暁 特任助教 －

4. 「放牧による土壌環境と環境保全」（仮題）

－ 北海道大学 大学院農学研究院 連携研究部門 内田 義崇 准教授 －

16:40～16:50 休憩

5. 総合討論 16:50～17:20

6. 閉会挨拶 17:20～17:30 慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科 小高 暁 特任助教

### お問い合わせ先（事務局）

国立大学法人 鹿児島大学 農学部 食肉科学教育研究分野

後藤貴文（[gotoh@agri.kagoshima-u.ac.jp](mailto:gotoh@agri.kagoshima-u.ac.jp)）・山口真樹（[m.yamaguchi@agri.kagoshima-u.ac.jp](mailto:m.yamaguchi@agri.kagoshima-u.ac.jp)）

TEL. 099-285-8699

\*本ワークショップ開催は文部科学省 宇宙利用技術創出プログラム「過疎地活性化のための地球観測と高精度測位による放牧地と放牧牛をモニタ可能な自動飼養システムの構築」事業の助成により開催いたします。

図 7.1.2. 11月24日東京日本橋で行われたワークショップ式次第

RKB  
オンライン

ニュース・天気 スポーツ トピックス エンタメ 社会 グルメ暮らし 健康

動画 シリーズ企画 テレビ ラジオ イベント アナウンサー ショッピング お知らせ

世界の九州が始まる！

世界一の九州が始まる！ 日曜 10:15



ビジネス テレビ 2021-11-14

放牧牛で農地を救え！



全国的に問題となっている離農した土地・耕作放棄地の増加。この耕作放棄地を利用して、新たな農業の可能性に挑む企業が鹿児島にある。志布志市の農業生産法人「株式会社さかうえ」。

ピーマンやケール、じゃがいもなどの野菜類や、牛の飼料となるデントコーンの栽培から販売まで行っている。事業拡大とともに、新たな農地獲得を目指した坂上隆社長（53）は、各地に増加する耕作放棄地を活用し、作物の栽培を始めた。

しかし、一度耕作放棄地になった土地は、草の除去や土壌の回復といった課題があり、元の状態に戻るまでに時間と手間がかかる。そこで2019年から「耕作放棄地を活用した放牧」を始めた。牛たちは、草を食べ、栄養を含んだ良質な堆肥を作り出す。

耕作放棄地を自由に駆け、草や自社生産の飼料で育った牛たちは、低脂質・高たんぱく質な赤身肉となる。

しかし、この耕作放棄地での放牧にも大きな課題が。それは、点在する牛や農地の状態を確認するために多くの人手が必要になることだ。

この課題の解決に挑むのは、人工衛星！  
鹿児島大学の教授らと協力し、人工衛星から取得したデータを元に、牛の動きや放牧地の草の量を計測する実験を行っている。  
耕作放棄地の再生と放牧の新たな形に挑む、鹿児島の企業を追う。

取材先：株式会社さかうえ  
住所：鹿児島県志布志市志布志町安楽2873-4

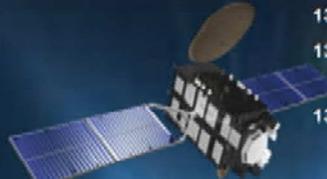
図 7.1.3. 2021 年 11 月 14 日（月）RKB テレビ系列「世界一の九州が始まる」  
—放牧牛で農地を救え—の放映に関する HP 情報


**日本学術会議公開シンポジウム**

**3/20** 日  
 2022. 13:00-17:30

## グリーン・デジタルによる持続的食料生産： 環境保全型DX支援放牧のポテンシャル

**場 所：**TKPガーデンシティ鹿児島中央（鹿児島県鹿児島市中央町26-1）  
**Room：**屋久島（ハイブリッド開催）参加費無料・要事前登録



地球規模で進行している食料危機への対策として、原点にもどって人類が直接利用できる植物資源である粗飼料の活用によって高品質な食料の増産を継続性のある産業として具現化するべく本シンポジウムを企画しました。

13:00	開会の挨拶 眞鍋 昇（日本学術会議会員、大阪国際大学、東京大学名誉教授）
13:10～13:45	「日本の放牧の現状と課題：周年親子放牧の普及に向けて」 山本 嘉人（農研機構）
13:45～14:20	「放牧のポテンシャル：オーストラリアの放牧戦略と未来」 （オンライン講演）  Sabine SCHMOELZL（Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization【CSIRO】、オーストラリア）
14:20～14:55	「放牧と家畜飼養と環境保全：科学的な放牧の検証」 八代田 真人（岐阜大学）
14:55～15:30	「放牧と新しい農業ビジネス：現状と課題」 小野 隆一（ツールバグループホールディングス株式会社）
16:30～16:05	「放牧におけるDXのポテンシャルと食肉生産」 後藤 貴文（日本学術会議連携会員、鹿児島大学）
16:05～16:30	「医師から見た日本における放牧牛肉の可能性」 斎藤 耀三（日本機能性医学研究所所長、医師）
16:30～16:45	「日本草地畜産種子協会の放牧認証の取り組み」 田中 誠也（日本草地畜産種子協会）
16:45～17:20	総合討論（座長 後藤貴文） コメンテーター： ①木戸 恭子（農研機構） ②吉澤 緑（日本学術会議連携会員、宇都宮大学農学部・名誉教授） ③木村 直子（日本学術会議連携会員、山形大学農学部） ④梶村 恭子（農研機構）
17:20～17:30	とりまとめと閉会の挨拶




問い合わせ先：シンポジウム事務局（鹿児島大学農学部 食肉科学研究室内）  
 E-mail: k2816597@agri.kagoshima-u.ac.jp

**主 催：**日本学術会議食料科学委員会畜産学分会  
**共 催：**公益社団法人日本畜産学会、一般社団法人日本草地畜産種子協会、日本産肉研究会  
**後 援：**鹿児島大学農学部、大阪国際大学、家畜感染症学会

\*本シンポジウムは以下の機関からの助成により開催されます。



図 7.1.4. 2022 年 3 月 20 日（日）開催の公開シンポジウムに関するポスター