

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 7 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011 ～ 2012

課題番号：23780266

研究課題名（和文） 精密放牧管理のための低高度リモートセンシング技術の開発

研究課題名（英文） Development of low-altitude remote sensing technology for precision grazing management

研究代表者

川村 健介（KAWAMURA KENSUKE）

広島大学・大学院国際協力研究科・准教授

研究者番号：90523746

研究成果の概要（和文）：

可視と近赤外領域の画像を取得可能なカメラを搭載したラジコン飛行機の空撮画像から、広島大学西条ステーションおよび北海道農業研究センターの放牧地を対象として草量と草質（粗タンパク質）について、精密（高分解能、約15~50cm）な分布図を作成した。同時期にGPSと各種センサーを取りつけた家畜の空間的な利用パターンと組み合わせた結果から、特に牧草のCPが家畜の採食に利用する場所の選択に影響していることが示された。

研究成果の概要（英文）： Spatial distribution maps (15-50 cm spatial resolution) of herbage biomass and quality (CP: crude protein) were developed using visible and NIR (near-infrared) camera on-boarded CR airplane in the grazing pasture of Saijo station, Hiroshima University and NARO Hokkaido Agricultural Research Center. From the results in combination with spatial distribution of cattle fitted with GPS collar and accelerometer, the cattle tend to graze areas where high CP content was observed.

交付決定額

（金額単位：円）

|       | 直接経費      | 間接経費      | 合計        |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| 交付決定額 | 3,500,000 | 1,050,000 | 4,550,000 |

研究分野：農学

科研費の分科・細目：畜産学・獣医学 畜産学・草地学

キーワード：画像処理、空撮、草資源量、精密放牧、草地生態学、低高度リモートセンシング、放牧管理、

### 1. 研究開始当初の背景

放牧による家畜飼養は、低投入で乳肉の生産物を得るシステムとして古くから普遍に行われているが、近年、家畜頭数の増加、草資源の不均一な利用等により生産性の低下のみならず過剰養分の溶脱化等による周辺環境の悪化も引き起こし、その持続的利用法について新たな方策が求められている。上記の課題の解決のためには、放牧草地の草資源量や土壌養分の偏りを定期的に把握し、そ

の情報をもとに適切な放牧管理を実行していくことが必要であるが、これまでこれら情報を簡易的に大量に把握することは困難であった。

近年、情報機器とセンシング技術の発達により、各圃場内部の土壌、植物、家畜、環境の面的な分布を各スケールにおいて迅速かつ的確に診断・予測・管理する農業（精密農業）が発展してきている。大規模畑作や水田においては、「生産性の向上」と「環境保護」の両立、場合によっては互いに矛盾する要求を

同時に満たす農法として「精密農業」の概念が発達し、アメリカでは生産性の向上を目的とし、欧州では環境保全を目的として導入が進められている。日本でも農林水産研究基本計画（平成 17 年 3 月 30 日）の中で次世代の農業を先導する革新技術として「精密農業」をかかげ、小規模な水田・畑作を対象とした日本型精密農業の技術開発の取り組みを進め、多くの実績をあげている。一方、放牧畜産分野でもその利用研究が端緒につきつつあるが、複数草種の混播や家畜の存在により、生態系が複雑で実際に放牧管理を精密に行うためには、土壌、草、家畜と多岐にわたるデータが必要であり、それらデータの統合とその解析を行う必要がある。

## 2. 研究の目的

飼料生産の場としての草地および放牧地において、その保全と持続的利用のためには、時々刻々と変化する草資源量と牧草栄養価（飼料成分）を広域的かつ定量的に把握する草地診断技術と広大な放牧地に放たれた家畜がどの場所でどれくらい草を食べ、糞尿を排出しているのかを詳細かつリアルタイム観測が可能な新しい技術の開発が求められる。本研究では、放牧草地内の草-家畜の面的な空間分布を最適化し、「生産性の向上」と「持続的利用」の確立を可能とする新しい放牧システム（精密放牧システム）の構築を目指して、これまでに地上レベルで開発した分光リモートセンシング技術を応用・発展させ、圃場内における牧草の面的な変動をリアルタイムで観測可能なラジコンヘリ搭載分光カメラ観測システムの開発を目的としている。

## 3. 研究の方法

広島大学附属農場（西条ステーション）の放牧地（面積 1.34 ha）を対象として、放牧前後および放牧期間終了後の空撮画像を取得した。

放牧期間は 2012 年 6 月 1～11 日の 12 日間とし、牛 11 頭を午前 7 時から午後 3 時まで放牧した。ラジコン飛行機（FUN CUB, Hitec Multiplex 社）に搭載したデジタルカメラ（EX-FS10, CASIO 社）を使用して、放牧前（2012 年 5 月 31 日）と放牧後（2012 年 6 月 14 日）に空撮した。空撮後、圃場内の 10 地点において群落高の計測、地上部刈取りを行った。空撮画像の処理は、まず対象領域全体をオーバーラップして撮影している 2 枚の画像ペアを選び、地上 D-GPS 計測（A100, Hemisphere 社）で得られた基準点（20 地点）を用いて座標基準点の選定を行った後、PhotoModeler Scanner ソフトを用いたステレオ画像処理により、基準点高からの相対的な植物群落高を示す 3 次元画像を

作成した。

また放牧期間中の牛には、GPS 首輪と加速度センサを取り付け、放牧行動の監視を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 放牧前後のステレオ画像を用いた草量および採食量を推定

放牧前後の空撮画像から選択した 2 枚のペア画像と地上調査から、それぞれの植物群落高を得た（図 2）。群落高の高い場所は 70-90 cm の値を示した。これは地上調査のセイタカアワダチソウとギンギシの草高さと一致するものであり、概ね圃場内の群落高を反映していた。補正後の垂直方向の誤差は約 0.59 cm であり、放牧前後の牧草の面的なばらつきを評価する場合において利用可能であろうと思われた（図 2）。空撮画像より放牧前の体積は 4914.56 m<sup>3</sup>、放牧後の体積は 4271.22 m<sup>3</sup>と計算され、以上の差分から 2 週間の放牧期間で牛が採食した草量は 643.34 m<sup>3</sup>と推察された。

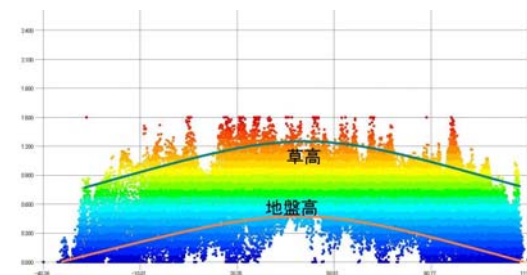


図 2. 草高と地盤高の関係

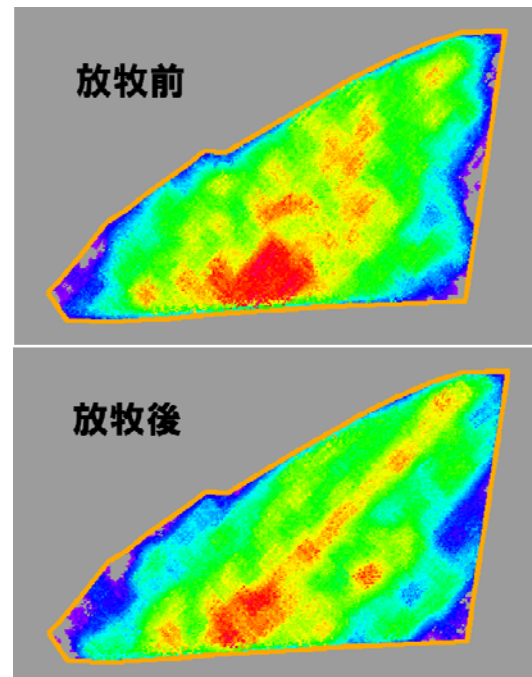


図 1. 放牧前後における植物群落高さの分布

## (2) 草量と放牧行動の関係

可視と近赤外の空撮画像から計算された正規化植生指数（以下 NDVI）と地上部刈り取り草量の関係から、草量および CP の分布図を作成した（図 3 は CP の分布図）。植物群落高の分布とは異なり、放牧地南側で高い CP 含量が示された。放牧家畜の空間分布も同様な空間分布パターンが認められ、家畜が好んで採食する場所には、地形等の環境要因のほかに CP による影響があることが示唆された。

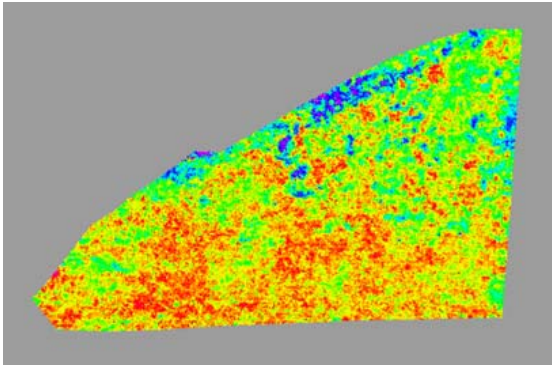


図 3. 粗タンパク質（CP）含量の分布図

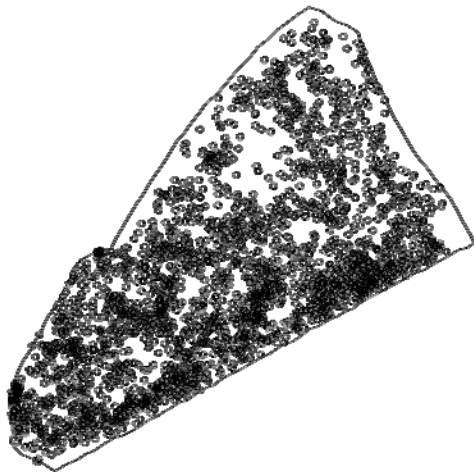


図 4. 牛の放牧行動分布図（牛番号 5816）

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 2 件）

1. Yoshitoshi, R., Watanabe, N., Kawamura, K., Sakanoue, S., Mizoguchi, R., Lee, H.J. and Kurokawa, Y. Distinguishing cattle foraging activities using an accelerometry-based activity monitor. *Rangeland Ecology and Management*, 査読有, 66 巻, 2013, pp. 382-386. DOI: <http://dx.doi.org/10.2111/REM-D-11-00027.1>
2. 川村健介, 秋山 侃 精密な草地管理のた

めのリモートセンシング. 日本リモートセンシング学会誌, 32 巻, 4 号, 査読有, 2012, pp. 232-244.

〔学会発表〕（計 10 件）

1. Kawamura, K., Watanabe, N., Sakanoue, S., Lim, J., Yothisothei, R. and Odagawa, S. "Herbage biomass and quality assessment in a mixed sown pasture from airborne based hyperspectral imaging". The 33rd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS), Ambassador City Jomtien Hotel, Pattaya, Thailand, November 26-30, 2012. In: Proceeding CD.
2. Lim, J., Kawamura, K., Yoshitoshi, R., Lee, H.J., Kurokawa, Y. and Watanabe, N. "A hand-held crop measuring device for estimating herbage biomass and LAI status in an Italian ryegrass field". The 33rd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS), Ambassador City Jomtien Hotel, Pattaya, Thailand, November 26-30, 2012. In: Proceeding CD.
3. Yoshitoshi, R., Kawamura, K., Lim, J., Watanabe, N., Sakanoue, S., and Yasuda, T. "A methodology for determining dung position in grazed hill pasture". The 33rd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS), Ambassador City Jomtien Hotel, Pattaya, Thailand, November 26-30, 2012. In: Proceeding CD.
4. 川村健介, 渡辺也恭, 坂上清一「草資源と家畜行動から見た放牧管理」シンポジウム「GIS 高度利用による地域資源・動物行動解析の接点と融合」システム農学会 2012 年度秋季大会(信州大学農学部南箕輪キャンパス, 長野県上伊那郡南箕輪村), 2012 年 11 月 2-3 日. In: システム農学 28(別 2): p 7-8.
5. Kawamura, K., Lee, H.J., Lim, J., Yoshitoshi, R., Watanabe, N. and Sakanoue, S. "Remote sensing as a tool for rapid and non-destructive estimation of forage chemical content". The 50th Symposium of the Korean Society of Grassland and Forage Science, Gyeongsang National University, Jinju, Korea, September 13-14, 2012. In: Proceedings of the 50th Symposium of the Korean Society of Grassland and Forage Science, p. 101-116.
6. Lee, H.J., Kawamura, K., Lim, J.H., Yoshitoshi, R., Watanabe, N. and Sakanoue, S. "Estimating the spatial distribution of herbage mass of grass and legume by geostatistical analysis with field hyperspectral measurements". The 50th Symposium of the Korean Society of

Grassland and Forage Science, Gyeongsang National University, Jinju, Korea, September 13-14, 2012. In: Proceedings of the 50th Symposium of the Korean Society of Grassland and Forage Science, p. 208-209.

7. 川村健介, Lim Jihyun, 吉利怜奈, 黒川勇三, 弓場憲生「ラジコン飛行機空撮画像を利用した放牧地における植物群落高の空間的な分布の観測」2012年度日本草地学会北海道大会, 酪農学園大学, 北海道江別市, 2012年8月27-29日. In: 日本草地学会誌 58(別): p. 20.
8. 吉利怜奈, 渡辺也恭, 川村健介, 林志炫, 坂上清一, 安田泰輔「大規模草地における精密放牧システムの構築 (16) 傾斜放牧地における牛の排糞場所予測方法の比較」2012年度日本草地学会北海道大会, 酪農学園大学, 北海道江別市, 2012年8月27-29日. In: 日本草地学会誌 58(別): p. 5.
9. Lim, J., Kawamura, K., Yoshitoshi, R., Lee, H.J., Kurokawa, Y. and Watanabe, N. "Estimation of herbage biomass and leaf area index using a hand-held crop growth measuring device with multiple linear regression analysis". 2012年度日本草地学会北海道大会, 酪農学園大学, 北海道江別市, 2012年8月27-29日. In: 日本草地学会誌 58(別): p. 21.
10. Kawamura, K., Watanabe, N., Sakanoue, S., Lee, H.J., Lim, J. and Yoshitoshi, R. "Estimation of legume content in grass-legume mixtures from field hyperspectral measurement". The 32nd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS). Taipei International Convention Center (TICC), Taipei, Taiwan, October 3-7, 2011. In: Proceeding CD.

[図書] (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/kamuken/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川村 健介 (KAWAMURA KENSUKE)

広島大学・大学院国際協力研究科・准教授  
研究者番号：90523746

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：