

7 広域連携周年放牧を支援する技術の開発

弓場憲生, 佐野誠, 山下弘之, 門藤至宏, 後藤孝文

Development of monitoring technologies for supporting yearlong grazing in wide-range cooperation

YUBA Norio, SANO Makoto, YAMASHITA Hiroyuki, MONDOU Munehiro and GOTOU Takafumi

Increasing abandoned cultivated land, which detracts from the beauty of the rural landscapes, has been problematic in Japan. Moreover, since an abandoned cultivated land, the bird and animal have caused damage to surrounding rice cultivations. In order to solve these problems, the use of abandoned cultivated lands for grazing of cow and dairy cattle has recently been increasing. In the mountainous region of Chugoku district, one of the important areas of animal husbandry, winter grazing is difficult because of the snow. While in warmer southern coastal areas, the grazing will be possible even in winter season. Applying these regional characteristics, a new yearlong stocking system has been developed as a result of wide-range cooperation. Ideally, utilizing the abandoned field in southern coastal area as a winter grazing has many advantages, such as minimizing bird and animal damage, reducing cattle feed expenses, etc. For such the purpose, three years (2010-12) study has been conducted as the subject name “Development and evaluation of technologies for yearlong grazing in wide-range cooperation with integrated bio-resource monitoring”

キーワード: 耕作放棄地, 画像処理, 近赤外, リモートセンシング

1 緒 言

全国的に耕作放棄地が増加しているが、耕作放棄地は景観を損ねるだけでなく、野生動物の活動の場になるため、周辺の耕作地における獣害の発生原因となっている。近年、これら耕作放棄地における資源の有効な活用と景観維持の目的で、耕作放棄地への放牧が試みられている。畜産の盛んな中国地方の山間部では、冬季には積雪のため放牧ができないが、温暖な南部沿岸部では、冬季でも積雪が少なく放牧が可能である。このため夏季は北部で、冬季は南部で移動放牧を行えば、周年にわたって放牧が可能となる。その際、南部の耕作放棄地で放牧を行えば、耕作放棄地を解消し、獣害の発生を軽減すると同時に、餌代が削減できるなど多くのメリットがあると考えられるが、放棄地での放牧はまだ一般的ではないため、技術的な課題も多い。

これらの課題を解決するため、平成22～24年度の3年間、課題名「複合型生物資源モニタリングを活用した広域連携周年放牧技術の開発と実証」に取り組んだ。

2 画像処理による植生調査手法の研究

本事業では、耕作放棄地での放牧を支援するための技術として、画像処理技術による植生調査手法の研究を行

い、以下の4つの項目に取り組んだ。

- ・ 広大な広島県南部の沿岸部全域に点在する、耕作放棄地の探索
 - ・ 上記で抽出した耕作放棄地の、詳細な植生分布状況の把握
 - ・ 写真測量技術を使った草量の把握
 - ・ 近赤外画像による草量変化の把握
- 以下、これらについて述べる。

2.1 耕作放棄地の探索

耕作地については、既に農地 GIS (Geographic Information System) が整備されているが、耕作放棄地のデータは整備されていない。そのため放牧可能な耕作放棄地の探索は、実際に現地調査を行うしかなく非効率である。そこで人工衛星リモートセンシング技術を活用し、効率的かつ省力的に耕作放棄地マップを作成することとした。

衛星データを使って耕作放棄地の探索を行うには、太陽高度が1年中で最も高く影の付きにくい、夏至の頃に観測されたデータが最適である。さらに夏至の頃は、植物の活性も高いため、植生の分類が容易になるという利点もある。今回の対象地域は、県南部の沿岸全域と広大なため、データの価格と解像度のバランスが良好な国産

衛星（エイロス 10m 解像度，アスター15m 解像度）のデータを使用した。

2009 年と 2010 年の夏至の頃に観測された衛星データを購入し、パソコンに取り込んだ後、位置合わせ（Georeference）を行い、対象地域を切り出した。このデータを処理して、植物バイオマス量の指標となる NDVI（Normalized Difference Vegetation Index）画像を作成した。今回は耕作放棄地の探索が目的なので、農地データを使い、この NDVI 画像から耕地部分のみを切り出した。これを輝度値により 10 段階に均分した上で、グラントゥールス（現地調査）を行い、①市街地、②農地、③耕作放棄地、④森林に区分し直した。なおグラントゥールスを行った結果、広島県南部（特に島しょ部）の耕作放棄地の多くは、ミカン畑のため急傾斜地が多く、放牧に不向きな事が判明した。

そこで 10m メッシュ地形データから傾斜図を作成し、傾斜 30 度未満の耕作放棄地を放牧可能な耕作放棄地として抽出した（図1）。図1において、黒点は耕作放棄地で、白ヌキ部分は傾斜 30 度以上の急傾斜地、灰色は傾斜 30 度未満の傾斜地を示している。



図1 作成したとびしま海道(呉市)の放牧可能な耕作放棄マップ

2.2 耕作放棄地の植生分布状況の把握

前述した手法により、衛星データを使って耕作放棄地の探索を行ったが、地球観測衛星の解像度（10～15m）は低いため、放棄地内の植生の分布状態の把握までは不可能である。そこで現地にて植生調査を行うことになるが、耕作を放棄して数年以上が経過しているため、背丈を越す大きなノイバラや樹木等に阻まれて、歩行すら困難な状況になっている事が多い。

このためラジコン飛行機（図2）を使って耕作放棄地の空撮を行い、空撮画像から現地植生の詳細情報を得る事とした。

その際、通常のデジタルカメラに加えて、近赤外画像の撮影を可能にした改造カメラも用いて空撮を行った。



図2 空撮に使用したラジコン機

これにより通常の可視カラー（RGB3 バンド）の他に、近赤外（IR）の計 4 バンドの画像情報が取得できるため、人工衛星と同様に NDVI 画像の生成が可能となる。NDVI 画像を用いると、可視画像では判読の難しい草量の推定が正確に行えるため、放牧日数の推定において大変有効である。



図3 可視光空撮画像

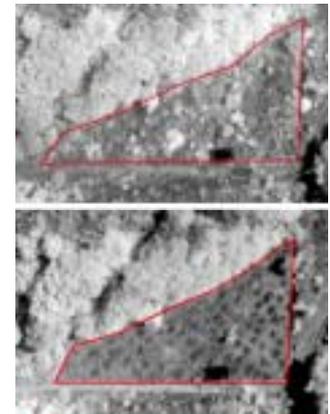


図4 近赤外空撮画像

図3、図4とも、同じ場所の放牧前（上図）と放牧後（下図）の様子である。近赤外では植生は白く写る。そのため可視では牧区内の植生の分布が分かりにくいのが、近赤外では明瞭に分かる。

またラジコン空撮は、対地高度約 100～200m 程度の比較的低高度から行うため、解像度が 5～10cm 程度と高く、セイタカアワダチソウやノイバラなどの花の観察が可能である。さらにラジコン空撮は低コストで行えるため、このような植物の花期や落葉期などの季節変化に合わせて何度でも撮影が可能である。こうして得られた植物の分布情報を合成し、正確な植生図の作成が可能となった。

2.3 写真測量技術を使った草量の把握

放棄地放牧を効率的に行うためには、あらかじめその耕作放棄地での放牧可能な期間の推定を行う必要がある。そのためには草量調査を正確に行わなければならない。

現状では標準地を設定して刈り取り調査を行っているが、これはサンプリング調査のため精度が低い。そのため、ラジコン空撮で得られた耕作放棄地全体の画像を用いて、写真測量技術により、草地表面の三次元計測を行った。

人間は左右2つの目で見ること、奥行き情報を得ている。写真測量とは、これと同様に、撮影位置の異なる2枚の写真を使うと、奥行き情報の取得が可能となることを利用して三次元計測を行うものである。

具体的には、ラジコン飛行機を水平飛行させながら、位置を変えて2枚の写真を撮影した。その後、それらの画像を写真測量ソフトで処理して、2枚の写真に共通に写っている部分の三次元計測を行った。これにより植生の高さ情報が得られるため、植物の体積(バイオマス量)の計測が可能となる。

この写真測量の精度について実証するため、三原市沖の佐木島において、2011年7月27日から8月12日まで、2頭のメス牛による放棄地放牧を行った。放牧の前後と途中の計3回、ラジコン空撮を行い(図5)、写真測量で得られた植生の表面形状(図6)の差分を牛が食べた草の量とした。



図5 ラジコン空撮による試験区の写真
(左:入牧時 中:放牧中 右:退牧時)



図6 試験区の植物高(写真測量)
(左:入牧時 中:放牧中 右:退牧時)

高さ 0m 6m

また現地には樹木が生えており、牛は口が届く2m以下の木の葉も食べていたため、2m以上のバイオマス量については変化がなかったが、2m未満については放牧日数の増加につれて順調に減少していた(図7)。

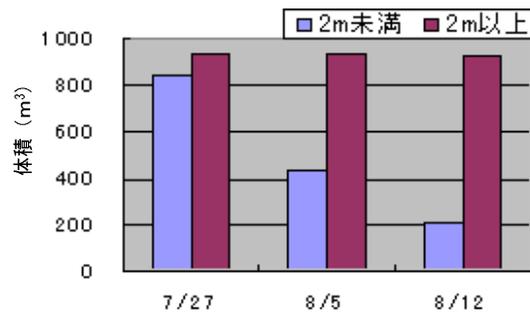


図7 バイオマス量の変化

2.4 近赤外画像による草量変化の把握

ラジコン空撮画像による、写真測量技術を使ったバイオマス量の測定は、広域で正確な計測が可能であるが、天候次第では飛行が出来ないため、毎日の観測は難しい。

しかし観測範囲は少なくとも毎日の草量変化の観測を行いたいという要望があるため、可視・近赤外を定時に自動撮影するロボットカメラを作成した。

これを現地にセットした高さ約3.8mのヤグラに、下向きに取り付けた。カメラの撮影範囲はおおよそ2m四方である(図8)。



図8 製作したロボットカメラと現地に設置したヤグラ

使用したカメラはヤシカ EZ Digital F537IR で、Real Time Clock と接続したマイコンにより、毎日正午にカメラを自動起動し、レンズ前面のフィルタをラジコン用サーボで切り替え、可視と近赤外の画像を取得した。これらの装置は屋外に設置するため、カメラやマイコンなどを防水ケース内に収納した。

牛は神経質な動物のため、ヤグラに対して拒否反応を示し近付かない事が危惧されたが、ヤグラの下でもその周辺と変わらず草を食べていた。

退牧時にカメラを回収し、撮影した画像を解析したところ、牛は数日おきにヤグラの下の草の一部を食べている事が分かった。それは、牛が好みを順位付けをしながら食べ歩いており、ヤグラ下の撮影範囲内の植生が、ちょうど牛の好みに適合した時に、その草を少し食べるためと考えられた。

実験は優占種の異なる2つの区で行なった。優占種がイネ科の区では、2012年4月18日から2012年5月2日まで放牧し、セイタカアワダチソウの区では、2012年5月17

日から2012年6月7日まで放牧した。撮影した画像のうち、近赤外画像（図9）について閾値を設定し、植生部と非植生部に区分し、被度を求めた（図10）。

1日目 4日目 7日目 11日目 13日目



図9 近赤外画像で見た牧区の被度の変化



図10 上記近赤外画像を2値化処理したもの

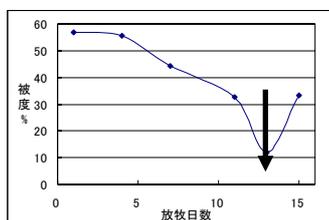


図11 牧区の被度の変化
(イネ科)

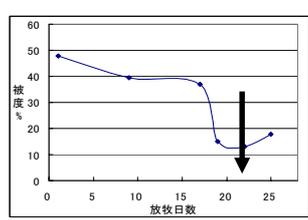


図12 牧区の被度の変化
(セイカアワダチソウ)

今回は、人間が目視で草の残量を判定して退牧適期を決定したが、撮影された画像から植被率の変化を求めたところ、牧区内の植生種の違いに関係なく、被度が10%程度の時に退牧していた（図11, 12 図中の矢印は退牧時）。

この結果から、このカメラを用いると、人間が今まで主観により判断していた退牧適期が、画像処理により客観的に判定できるため、植生を過放牧によって損ねたり、牛を飢えに追い込む事なく、最適な時期に退牧の決定が可能になる。

3 結 言

本研究では、解析対象のサイズに合わせて最適な撮影高

度での画像を取得するため、衛星やラジコン飛行機、地上に設置したヤグラなど、様々な撮影プラットフォームを使用した。

これらの画像を使い、

- 100km 四方以上の広域にわたる耕作放棄地の探索
- 100m 程度の耕作放棄地内の植生の分布と量の把握
- 2m 四方の植被率の毎日の変化

について、画像処理により植生調査を行った。

その結果、以下の結論を得た。

- これまでリモートセンシングの実利用化において問題とされてきた、衛星データやパソコンのコストや解像度は、パソコンが低廉化、高性能化したこと、さらに衛星データが低価格化、高解像度化したことにより、実用的なレベルに達している。
- ラジコン空撮や写真測量、自動観測ロボットによる地上定点観測も、パソコンやデジタルカメラなどの機材が低廉化、高性能化したため、容易に行えるようになった。
- これらの方法で取得された画像を使い、画像処理によって植生の解析を行う技術には、十分な精度があり、すでに実用段階に到達している。

今後は研究成果の普及に努め、放棄地放牧の情報化を支援する。

文 献

- 1) 近畿中国四国農業研究センター 大田研究拠点 粗飼料多給型高品質牛肉研究チーム：よくわかる移動放牧 Q&A, (1999)
- 2) 堤道夫他, 耕作放棄地における草量の簡易測定法, 日草誌, No.56 (2010), 47-51
- 3) 森口周二他, デジタルカメラ搭載リモコン飛行機を用いた簡易斜面安定度評価システムの構築, 自然災害科学, Vol.123 No.4 (2005), 565-582