

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月18日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22780235

研究課題名（和文） 画像解析を応用した放牧草地の生態系環境評価

研究課題名（英文） Estimating spatial distribution of botanical composition and herbage mass in pastures using machine vision

研究代表者

岡本 博史（OKAMOTO HIROSHI）

北海道大学・大学院農学研究院・講師

研究者番号：40322838

研究成果の概要（和文）：

本研究は、画像解析を応用した放牧草地センシングシステムの構築を目指したものである。放牧草地を適切に管理するに当たっては、イネ科牧草とマメ科牧草の比率、雑草繁茂の状態、裸地・枯死地の分布など様々な空間情報を把握する必要がある。しかし、放牧草地は広大であるため、こうした情報を高精度に得るのは困難である。そこで本研究では、カメラを装備した車両を走行させて放牧草地内の画像を収集し、画像解析を応用したデータ処理により草地内の状況を推定した。

研究成果の概要（英文）：

For management of pastures, it is important to understand situation of them such as kinds and mass of herbage, weed, bare ground and dead material. However it is very difficult because pastures are large. In this study, images of a large pasture were collected by running vehicle with a camera. And these images were analyzed with machine vision technics for estimating situation in the field.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：農業工学・画像、文章、音声等認識・地理情報システム・リモートセンシング

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) 放牧草地センシングの必要性

放牧による家畜生産を行う場合、利用草量および家畜生産量を最大にすることが求め

られる。そのためには、放牧管理による家畜のコントロールおよび草地管理による草地のコントロールにより、草地を無駄なく均等に利用することが必要となる。その一方で、家畜の個体維持および生産性と直結する採食行動は、家畜の嗜好性に依存する選択的なものである。この採食に起因するモザイク状もしくはパッチ状の植生の分布は、草地の不均一性を招き、草地荒廃を引き起こす要因となる。これまで家畜の採食に関する研究は数多くあるが、舎飼い条件下や人工的にパッチを作成した草地における放牧飼養時のものがほとんどで、実際の放牧草地を対象としている研究は少数である。また、放牧草地を対象としたものは、人力もしくは破壊的なセンサによる計測がほとんどで (Ogura et al., 2002, 安江ら 2005, Naito and Takashi 2000), 面積規模の広大な放牧草地の不均一性を効率的に把握することは困難である。そのため、広大な圃場でも効率的に情報取得の可能であるリモートセンシング、とくに画像解析技術の利用が有効と考える。

## (2) 関連研究の動向

放牧草地においてリモートセンシングを利用した研究では、現存量と植生の時空間分布 (秋山ら 2003), 草量と草質の推定 (川村ら 2005), およびバイオマス分布の推定 (Tsutsumi et al., 2005) などが報告されている。これらの研究はすべて衛星画像によるもので、放牧草地の情報取得の可能性が示された。しかし、衛星画像の空間分解能は 1m~数 km であるため、放牧草地内の精密な不均一性を評価することは困難である。空間分解能を高めるためには、低高度であるグランドベースによる画像取得が必要である。この手法は、衛星画像と比較して広域性にかけるものの、高い空間分解能を持つため、局所管理には有効である。

## 2. 研究の目的

### (1) 草種構成の把握

放牧草地における草種構成は、家畜の嗜好性および草量に影響する。とくに、草地内への雑草の侵入は収量および栄養価の低下を招くだけでなく、雑草に含まれる有害物質による家畜の中毒およびトゲ・ツルによる採食の妨げなどの問題がある。本研究では、画像情報により雑草、イネ科牧草およびマメ科牧草を識別し、それらの分布を示すマップを作成することで、草地内の草種構成を把握する。

### (2) 可食地・不食地の把握

採食場所のばらつきは、家畜の嗜好性に依存する。そのため、無駄なく均等に草地を利用するためには、嗜好性が劣る場所や採食されずに枯死となった場所 (不食地) を改良する必要がある。本研究では、可食地と不食地 (過繁茂地および枯死部) を識別し、可食地・不食地の分布を示すマップを作成する。

## 3. 研究の方法

本研究では、広域の放牧草地内においてイネ科牧草、マメ科牧草、雑草など異なる草種の植生分布を効率的に把握するための画像解析システムの開発を目指しているが、画像には RGB カラー画像、近赤外画像、マルチスペクトル画像、ハイパースペクトル画像など様々な種類がある。本研究ではその中から、装置コストが低いという利点のある RGB カラー画像、および空間情報と波長情報を組み合わせた膨大で詳細な情報が得られるハイパースペクトル画像の 2 つを用いて画像解析を行った。また、広大な放牧草地内の画像を効率的に得るため、カメラを装備した車両を走行させて撮影を行うシステムを構築した。

### (1) RGB カラー画像解析による雑草検出

放牧草地の画像から草種の判別を行う際に利用できる情報として、色、形状、テクスチャがある。

色情報についてみると、草種ごとにそれぞれ固有の葉色傾向を持つ可能性はあるが、工業製品などとは異なり植物体は自然環境下のものであり、同一草種であっても全く同一の葉色を持つわけではない。また、画像情報は反射光として得られるため、屋外環境で行われる観測では光条件が一定ではなく、同一の植物体を撮影しても葉色は変化する。ゆえに、色情報のみで草種を判別することは困難である。

形状情報についてみると、植物種はそれぞれ固有の葉面形状特徴を持っている。例えば、イネ科牧草の葉は細長い形状であるのに対して、クローバなどマメ科牧草の葉は小型で円形の形状である。また、雑草のエゾノギンギシは大型で平面的な葉を持つ。もし、各植物個体を抽出してその葉面形状を数値データとして表現できれば、草種判別も可能である。しかし、放牧草地では、畑作ほ場とは異なり、植生が密であり、個体が互いに重なり合っているため、各個体の抽出は困難である。

そこで本研究では、異なる草種を判別するための手法として画像処理手法の一種であるテクスチャ解析を採用し、特に、主要な雑

草であるエゾノギシギシの葉面を判別・検出した。

テクスチャとは元来、布の織目を指す言葉であり、画像処理におけるテクスチャ解析とは、画像上の模様を数値データとして表現し、コンピュータによる解析を行うことである。イネ科牧草の植生域では細長い葉、マメ科牧草の植生域では小型円形の葉が繁茂しており、双方とも画像上には細かな模様が形成される。一方、雑草エゾノギシギシの植生域では、大型で平面的な葉からなる平坦な模様が形成される。

本研究では、エゾノギシギシとその他の草種との間で生じる模様の相違を数値データとして表現し、解析した。なお、1枚の画像中には異なる草種が混在しているので、画像全体のテクスチャ情報を解析するのではなく、画像を小領域に分割し、各小領域内のテクスチャを局所的に解析することとし、空間的な草種分布を得た。模様の相違を数値化する手法としては、小領域内の基礎的統計量、具体的には輝度値の平均と標準偏差、およびエッジの平均と標準偏差を用いた。

#### (2) ハイパースペクトル画像解析による草種、草量、裸地・枯死地の推定

ハイパースペクトルカメラを用いることによって、通常のカメラで得られる空間情報のみならず、波長スペクトル情報を得ることができる。そこで本研究では、このカメラで撮影した画像から得られる詳細な情報を解析することで、放牧草地内の草種、草量、裸地・枯死地の空間分布を推定した。

解析処理においては、放牧草地を撮影した画像から各画素の分光スペクトルを取得し、それらについてデータ処理を行った。

まず、放牧草地画像の画素を植物部と非植物部に判別した。これにより、枯死地や裸地は非植物部として検出できる。この処理においては、分光スペクトルデータからNDVI(正規化植生指数)を算出し、しきい値処理により判別を行った。

つぎに、植物部と判別された画素については、さらにイネ科牧草(ペレニアルライグラス)、マメ科牧草(白クローバ)、その他(雑草)の3種に判別した。この処理においては、分光スペクトルデータを説明変数とした多変量解析手法を用い推定モデルを作成した。

最後に、主要牧草であるイネ科牧草(ペレニアルライグラス)と判別された画素についてその草量を推定した。この処理においても植物種推定と同様、分光スペクトルデータを説明変数とした多変量解析手法を用い推定モデルを作成した。

このようにして得られた推定情報は、各画素の色を変えてマッピングすることで地図

情報として表現することができ、放牧草地内の情報を視覚的に理解することができる。

## 4. 研究成果

### (1) RGB カラー画像解析による雑草検出

本研究では植生部の模様が最も特徴的である雑草エゾノギシギシを対象としたため、平均や標準偏差という基礎的な統計量を用いておおむね判別・検出が可能であった。特に明度分散とエッジ平均を組み合わせた手法(図1)で最も推定精度が高くなり、検証時の判別率は97.5%であった。検出例を図2に示す。

さらに高度なテクスチャ解析手法を導入すれば、より多くの草種の判別・検出が可能になると考えられる。例えば、イネ科牧草およびマメ科牧草の植生域ではともに細かな模様が形成されるが、両者の葉形状は大きく異なるため、新たな手法を検討することにより、イネ科とマメ科との間の牧草種判別も可能になると考えられる。

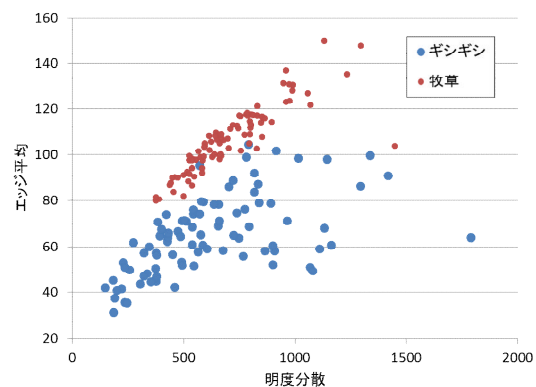


図 1



図 2

### (2) ハイパースペクトル画像解析による草種、草量、裸地・枯死地の推定

イネ科牧草(ペレニアルライグラス)、マメ科牧草(白クローバ)、その他(雑草)の3種に判別するための草種推定モデルを作成した結果、検証時の判別率は80.3%であった。また、イネ科牧草(ペレニアルライグラス)の草量を推定した結果、推定精度を示す指標は決定係数 $R^2$ が0.60、SECVが28.71 g m<sup>-2</sup>、

RE が 0.21 であった。

最後に、車両走行による撮影システムを用いて得た広域の放牧草地画像を解析し、草地の空間的情報を視覚的に示すマップを作成した (図 3)。

### (3) 本研究成果の意義

放牧による家畜生産は、舎飼いと比較して収穫・給餌作業を必要としないため省力・低コストであり、また、耕作放棄地等の有効利用、鳥獣害の防除および環境保全・景観保全などの利点も持つため、近年導入が進められている。しかし、放牧草地では、季節変動に伴う草量の変動、広大な面積規模による草地管理の難しさなどから、経年化に伴う草地の荒廃が問題に挙げられる。本研究によるセンシングシステムの構築により、持続的な放牧草地管理のための有用な情報を提供することが可能となる。さらに、放牧草地内の生物 (有機物) とそれを取り巻く環境 (無機物) をセンシングできる可能性もあり、放牧草地生態系保全においても有用な情報が提供できることも期待できる。

広大な放牧草地内の精密な不均一性を把握するためには、高い空間分解能で効率的にセンシングすることが必要となる。しかし、これまでの放牧草地における不均一性の把握は、衛星画像を利用した高高度からのものがほとんどであった。これに対して、本研究では、低高度のグランドベースのリモートセンシングを利用することで、高い空間分解能

で情報取得を実現した。また、グランドベースは広域性に劣るが、農業用車両等を利用した車両走行型システムを利用することで、フィールドスケールでのセンシングが可能となった。

### 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 1 件)

Suzuki, Y., Okamoto, H., Takahashi, M., Kataoka, T., Shibata, Y., 2012. Mapping the spatial distribution of botanical composition and herbage mass in pastures using hyperspectral imaging, *Grassland Science* 58, 1-7, 査読有り.

[学会発表] (計 1 件)

Suzuki Y., Okamoto H., Takahashi M., Kataoka T., Shibata Y., 2011. Applications of hyperspectral imaging for pasture monitoring, *Proceedings of the 4th Asian Conference on Precision Agriculture*, OBIHIRO, Japan, July 4-7, 2011. (The 4th Asian Conference on Precision Agriculture)

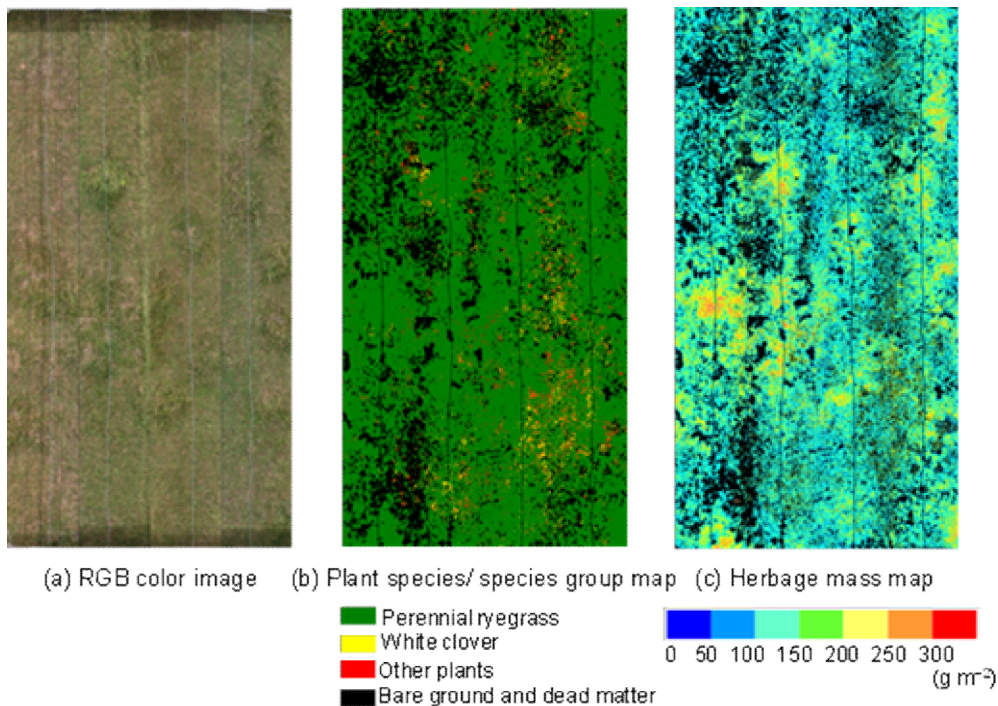


図 3

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岡本 博史 (OKAMOTO HIROSHI)  
北海道大学・大学院農学研究院・講師  
研究者番号：40322838

### (2) 研究分担者

( )  
研究者番号：

### (3) 連携研究者

鈴木 由美子 (SUZUKI YUMIKO)  
北里大学・獣医学部・助教  
研究者番号：60583036

高橋 誠 (TAKAHASHI MAKOTO)  
北海道大学・北方生物圏フィールド科学  
センター・助教  
研究者番号：10400037