

令和 2 年 7 月 2 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K07979

研究課題名(和文) 新たな計測法によるドローン撮影画像を用いた牧草地等農地情報評価法の開発

研究課題名(英文) Development of evaluation method of agricultural field information using drone images by a new measurement technology

研究代表者

井上 聡 (INOUE, Satoshi)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター・上級研究員

研究者番号：20354011

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：先行研究の偏光観察による分光放射観測は分光放射計によるものであり、スポット状の前方散乱光の観察に適していて、かつ、露出設定の必要がないなど、優れた手法であることが確認できた。一方、本研究にて使用した画像撮影による手法では、広域的な情報を取得することが期待されたが、露出オーバーの制御など現在の撮影機器による限界が確認された。また、画像取得においては、想像以上に撮影時の気象条件の制約を大きく受けることが判明した。そこで、画像取得について、気象条件の制約を計算するプログラムを開発し、職務作成プログラム登録を行った(「センシング画像取得率計算プログラム」P第11041号-1)。

研究成果の学術的意義や社会的意義

イネ科牧草とマメ科牧草の混播牧草地の評価のため、偏光情報を利用した画像解析を提案した。その技術開発には至らなかったが、画像取得には気象条件の制約が大きいことを確認したため、その画像取得率の計算プログラムを開発した。画像取得計画の策定への利用を期待できる。

研究成果の概要(英文)：The multispectral forward scattering of light observation by polarized filter in the previous research is based on the spectroradiometer, and it is suitable for observation of spot-like forward scattered light, and it is an excellent method because it does not require exposure setting. The method of polarized image capturing used in this study, it was expected that wide-area information could be obtained, but the limitations of current imaging equipment such as overexposure control were confirmed.

In addition, it was found that the image acquisition was greatly restricted by the meteorological conditions at the time of shooting. Therefore, we developed a program that calculates the constraints of weather conditions for image acquisition, and registered the employee invention program.

研究分野：農業気象

キーワード：ドローン 気象条件

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

北海道の耕地面積は 115 万 ha で全国の約 1/4、うち牧草地は 51 万 ha で全国牧草地の 8 割強を占める。北海道の生乳生産量も 387 万 t で全国の半分を占め、北海道酪農はわが国の重要産業である。酪農経営農家単位の平均は、1 戸につき牧草地 5.1ha (全国の 3 倍) 搾乳頭数 69 頭 (全国の 1.6 倍) と大規模であるが、農業専従者数は 2.39 人と全国の 1.1 倍にすぎず、北海道の酪農経営では効率的な牧草地管理が求められている。特に採草地においては、栄養価の高い牧草を確保することが重要であり、イネ科牧草 (オーチャードグラス、チモシー等) に加えて、蛋白質の豊富なマメ科牧草 (赤クローバー、アルファルファ等) を混播している。全草量に対するマメ科の草量 (マメ科率) が変動するため栄養計算のためマメ科率を求める必要があるが、サンプルを手作業で分別するしかないため、マメ科率算出には非常に労力と時間がかかる。そのため簡便に牧草地の情報を取得し、マメ科率を推定する手法が求められているが、まだ実用技術は開発されていない。

2. 研究の目的

本課題では、新たな計測法として偏光フィルターを利用して、UAV を使用して上空から偏光成分を抽出した画像を撮影し、解析に使用することによって、通常の波長別情報以上の牧草の生育情報、特に葉面形態が異なるイネ科とマメ科の情報を別々に引き出すことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 偏光について

図 1 に偏光理論の概要を示す。電磁波である太陽からの直達光は、反射面に入射するまでは様々な方向の偏光成分で構成されている。ところが反射面によって反射された前方散乱光は、反射面に平行な偏光成分が卓越する。したがって反射面の傾斜角度が異なれば、同位置において取得される前方散乱光の偏光成分は異なる。マメ科牧草では葉面が水平に展開するため、前方散乱光は水平成分が卓越する。イネ科牧草では葉面が鉛直に展開するため、前方散乱光は鉛直成分が卓越する。UAV 搭載カメラに特定の偏光成分のみ透過するフィルター (以下、偏光フィルター) を装着して画像を撮影し、異なる偏光成分の撮影画像の輝度を比較・演算することによって、イネ科牧草とマメ科牧草を分離して評価できる可能性がある。この偏光の性質を利用し、偏光フィルターを導入したサングラスは、すでに実用化されている。晴天時の強い照り返しのある水面下を観察できるため、釣り人に愛用されている。

この偏光理論のイネ科マメ科混播牧草地への適用は、分光放射計を用いて、様々な偏光計測を行い、マメ科率推定に偏光測定が有効であることが先行研究として (Shibayama, 2003 他) 示されている。

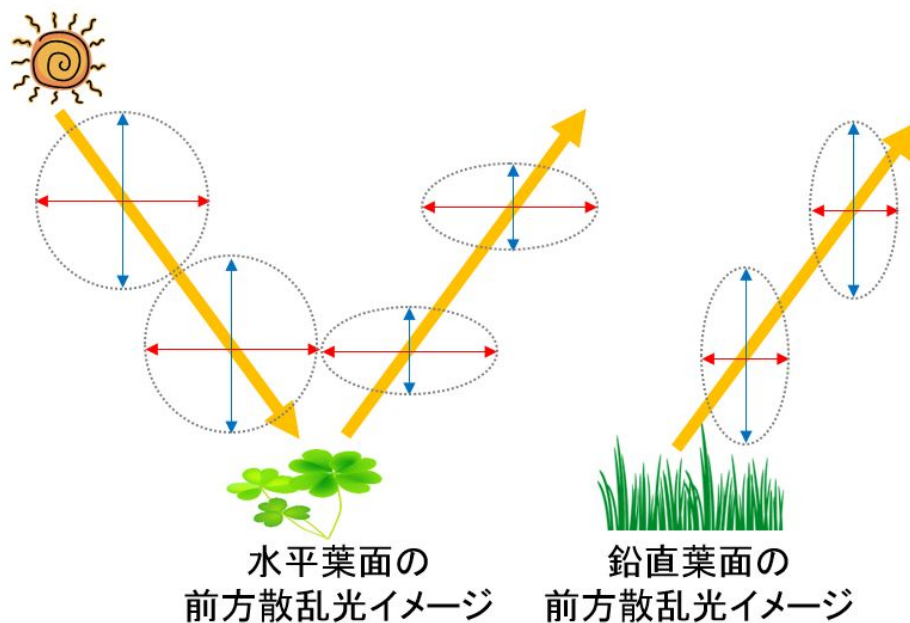


図1 マメ科牧草(左)およびイネ科牧草(右)の前方散乱光の偏光イメージ

近年安価なドローンが開発・販売され、容易に上空からの牧草地画像の撮影ができるようになってきた。その搭載カメラは、可視光画像では RGB (赤・緑・青) の光の 3 原色の画像情報を取得できる。また、特殊な波長フィルターカメラを用いると、Near Infrared (近赤外光) の画像情報も取得可能である。そこで本課題では、ドローン搭載カメラによって上空から、各種波長について、偏光フィルターを使用して画像を撮影し、解析する。バイオマスが大きな植生・草地では、画像を撮影すると緑や近赤外の輝度が大きいことが知られているが、同じ波長の異なる偏光

成分の画像の輝度を比較・演算することによって、イネ科牧草のバイオマスとマメ科牧草のバイオマスを分離できるため、マメ科率の推定が期待できる。

(2) 方法

農研機構北海道農業センター（札幌）にて、2016年から2019年の4年間、2m×3mの試験区を複数設置し、イネ科牧草（チモシー）のマメ科牧草（シロクローバ）の混播試験区および対照としてそれぞれの単播試験区を設置し、牧草栽培試験を行った。1番草、2番草、3番草を収穫し、草量、マメ科率、SPAD等の生育データを取得した。

UAVとしてDJI社Phantom 3 Professionalを使用し、赤・緑・青（通常カメラ）および近赤外波長カメラに偏光フィルターを装着して、対象圃場の画像を様々な高度・角度で撮影した。また、インターバルカメラに偏光フィルターを装着し、撮影を行った。また、東京農大（網走）にて、同様の装置で生産者草地での撮影を行った。

4. 研究成果

(1) 撮影対象について

供試草地について、晴天時の太陽光の前方散乱光による画像を撮影した結果、対象草地区画全体に散乱光状態が一様に分布する（晴天時の海辺で撮影した海面のようなイメージ）のを期待したが、今回の一連の撮影では、1画像につき太陽光が1スポット状に前方散乱した画像しか得られなかった。画像における前方散乱光の相当部分が、中央スポット状の部分に限定されたため、画像周辺部のオルソ化等による結合も難しいことが分かった。以上より、本手法では広域的な草地情報の取得が難しいことが判明した。

(2) 撮影手法について

当初は、縦偏光、横偏光を、偏光フィルターの向きを変えて、別々に撮影した。しかし、日射量が時々刻々と変化するため、2方向偏光結果の比較が難しく、対象の情報抽出には至らなかった。そこで、レンズフィルター枠に半円状に縦偏光、横偏光のフィルターを左右にはめ込んで同一画像内の左右になるように撮影した。すると、カメラの露出は画面全体を対象とするため、スポット状の対象エリアの輝度情報が白トビ（R:255,G:255,B:255）してしまうことが非常に多く、露出調整を試みたが、対象エリアの植生画像情報を安定的に取得する手法を確立できなかった。

(3) 撮影条件について

対象草地の前方散乱情報を最大限に取得するため、天頂角が最大となる日没前後の時間帯を撮影時刻とした。しかし、晴天になる日が週に1日前後と少なく、撮影時の気象条件に制約が大きいことが分かった。このことは、本計測手法が確立したとしても、実際に手法を使って計測する際の気象要因に大きな制約を受けることが分かった。その本研究で得られた知見に基づき、画像取得について気象条件の制約を計算するプログラムを開発し、職務作成プログラム登録を行った（「センシング画像取得率計算プログラム」P第11041号-1）。これは、農研機構メッシュ農業気象データを入力とし、気象要因をモデル化して、任意の地点での画像取得率を計算するものである。現在、この方法論に関する論文を執筆中であり、投稿を予定する。

5. まとめ

先行研究の偏光観察による分光放射観測は分光放射計によるものであり、スポット状の前方散乱光の観察に適していて、かつ、露出設定の必要がないなど、優れた手法であることが確認できた。一方、本研究にて使用した画像撮影による手法では、広域的な情報を取得することが期待されたが、露出オーバーの制御など現在の撮影機器による限界が確認された。また、画像取得においては、想像以上に撮影時の気象条件の制約を大きく受けることが判明した。その本研究で得られた知見に基づき、画像取得について気象条件の制約を計算するプログラムを開発し、職務作成プログラム登録を行った（「センシング画像取得率計算プログラム」P第11041号-1）。この論文を執筆中である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 1. 松村寛一郎	4. 巻 12
2. 論文標題 高頻度・中分解能衛星を用いた小麦畑生育俯瞰手法の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 14-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kanichiro Matsumura, Satoshi Inoue	4. 巻 6
2. 論文標題 Unmanned Aerial Vehicle for fertilizer management and human health	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Medical Research Archives	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.18103/mra.v6i3.1727	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 松村寛一郎	4. 巻 13
2. 論文標題 ドローンを活用した研究（農業や漁業の現場での活用）	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 グリーンテクノ情報	6. 最初と最後の頁 6-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 1件／うち国際学会 5件）

1. 発表者名 1. 松村寛一郎
2. 発表標題 UAVを用いた精度向上の試み
3. 学会等名 第51回環境用水研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 2. 長瀬督哉、松村寛一郎
2. 発表標題 ドローンの観光事業への適用可能性
3. 学会等名 農業農村計画学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 3. 一ノ瀬俊明、松村寛一郎
2. 発表標題 農業と漁業の相互作用を把握するためのリモートセンシング手法開発
3. 学会等名 環境共生学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 4. 松村寛一郎, 杉本賢治、一ノ瀬俊明、RamAvtar、井上聡
2. 発表標題 高頻度中分解能衛星による植生指数の UAV を用いた精度向上に関する研究
3. 学会等名 環境科学学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 5. 松村寛一郎
2. 発表標題 Applying a drone for agriculture and dairy 2017, 2018, 2019
3. 学会等名 第52回環境用水研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 6.Kanichiro Matsumura
2. 発表標題 pplying a drone for agriculture and dairy (2016 -2019)
3. 学会等名 Japan-India-Russia Symposium on Geospatial data for Environmental Monitoring (JIRSGEM)-2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 7.松村寛一郎
2. 発表標題 高頻度・中分解能衛星を用いた小麦畑生育俯瞰手法の開発
3. 学会等名 第53回環境用水研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kanichiro MATSUMURA, Stanley Anak Suab, Ram Avtar
2. 発表標題 Preparing a handmade fixed wing UAV for drift ice observation
3. 学会等名 Proceedings of The 34th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 kanichiro Matsumura
2. 発表標題 Unmanned Aerial Vehicle for fertilizer management on grassland, Hokkaido Japan
3. 学会等名 International Conference on Unmanned Aerial Vehicles in Environment (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ram Avtar, Stanley Anak Suab, Kanichiro Matsumura, Satoshi Inoue
2. 発表標題 UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) APPLICATIONS IN PRECISION AGRICULTURE
3. 学会等名 IGARSS-2019 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ram Avtar, Kanichiro Matsumura, Satoshi Inoue
2. 発表標題 Application of UAVs for land development projects
3. 学会等名 Institute of Industrial Science (IIS) Forum, University of Tokyo (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上 聡
2. 発表標題 UAV画像による牧草生育診断の試み
3. 学会等名 システム農学会2017年度秋季大会(オホーツク) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ram Avter, Kanichiro Matsumura, Satoshi Inoue, Stanley Anak
2. 発表標題 Applications of UAVs for land development projects
3. 学会等名 26th IIS forum "Earth observation, disaster monitoring and risk assessment from space" (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

農研機構職務作成プログラム登録 (P第11041 1) 井上 聡

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	松村 寛一郎 (Matsumura Kanichiro) (10333551)	東京農業大学・生物産業学部・教授 (32658)	
研究 分担者	奥村 健治 (Okumura Kenji) (60414760)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道 農業研究センター 企画部・室長 (82111)	
研究 分担者	佐藤 広子 (Sato Hiroko) (50391363)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道 農業研究センター 作物開発研究領域・主任研究員 (82111)	