

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07645

研究課題名(和文) 農地のダスト発生危険度計測システムの開発

研究課題名(英文) Development of predicting system of dust emission for farm land

研究代表者

松岡 延浩 (MATSUOKA, Nobuhiro)

千葉大学・大学院園芸学研究科・教授

研究者番号：80212215

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)：乾燥地および湿潤地の裸地から発生するダストは、周辺住民の生活に様々な悪影響を及ぼしており、その予知法と抑止技術の開発が待たれている。千葉県八街市でダスト発生危険度計測システムの開発を行った。このシステムは、ダストセンサ、風速計、土壌水分計、シングルボードコンピュータ、マルチスペクトルカメラから構成されている。

研究結果から、機械学習の前処理としての輝度や色彩の補正は可能となったが、土壌表面に凹凸によって影ができるため、これを除去すると、より機械学習に利用しやすい画像を得ることが示唆された。これを解決するためには、SfMアルゴリズムの導入、熱赤外画像による影の検出が必要であることがわかった。

研究成果の概要(英文)：Dust generated from bare ground in dry and wet areas exerts various adverse effects on the lives of the surrounding residents, and development of prediction method and deterrence technology is awaited. We developed a dust emission risk measurement system in Yachimata city, Chiba prefecture. This system consists of dust sensor, anemometer, soil moisture meter, single board computer, multispectral camera.

From the research results, it was possible to correct luminance and color as preprocessing of machine learning, but shadows are formed by irregularities on the soil surface. If they are removed, you can obtain images that are easier to use for machine learning than it was suggested. In order to solve this problem, we found that introduction of SfM algorithm and detection of shadows by thermal infrared image are necessary.

研究分野：農業気象・環境学

キーワード：農業気象・環境学 気象災害 画像情報処理・画像認識 災害リスク評価 機械学習 風食 ダスト

### 1. 研究開始当初の背景

休閑期間に都市農地から発生するダスト(砂塵)は、周辺住民の生活に様々な悪影響を及ぼしており、その予知法と抑止技術の開発が待たれている。研究代表者らが行ってきた研究によって、土壌表面付近の水分量と土壌表面を構成する土粒子径の分布から、その条件下で「ダストが発生する最低風速」が求まることわかっている。しかし、その計測にあたり、比較的高価な測器を大規模に設置する必要があり、その予知技術の普及の妨げとなっている。これを解決すべく、簡易で安価な農地のダスト発生危険度計測システムの開発が求められている。

### 2. 研究の目的

本研究では、これまで代表者らが行ってきた知見を応用して、風速、ダスト濃度の関係から、自動的に「ダストが発生する最低風速」を算出し、土壌表面付近の水分量データと土壌表面の画像の情報と統合するアルゴリズムを開発し、そのアルゴリズムを搭載した気象観測システムを試作する。これにより、個々の農地レベルでのダスト発生危険度を誰でも簡単にモニタリングでき、より精密なダスト抑止作業を行うことができるようになる。

### 3. 研究の方法

観測場所として、千葉県八街市にある千葉県農林総合研究センター落花生試験室圃場を利用した。八街市は関東地方でもダストの発生頻度が大きい場所として知られている。

農地のダスト発生危険度計測システムの試作を行った(担当 松岡)。同システムは、1)一般気象測定部(風速(三杯風速計)、気温(熱電対)、湿度(静電容量式湿度計)、降水量(転倒ます雨量計)、日射量(フォトセル日射計)の計測)、2)表面土壌水分量測定部(ADR 土壌水分計)、3)土壌表面の状態から得られる飛びやすさの指標(インターバルカメラ)、4)ダスト測定部(光散乱粉塵計)の4つの測定部と、それらから得られたデータを保存する記録部(シングルボード・コンピュータ)で構成される。3)の部分を除いたシステムを構築し、シングルボード・コンピュータ(Raspberry Pi2 Model B)をコントローラ及びデータロガー、解析装置とし、データを収録、解析し、「ダストが発生する最低風速」を決定するアルゴリズムの開発を行った。さらに、これらの結果から、現状で風速が何m/secを超えるとダストが発生するか(以後、これを農地のダスト発生危険度とした)予測し、インターネットを介して外部に情報を発信する方法を検討した。

表面(地表から深さ2cm程度の土層)の土壌水分量は既存の土壌水分計では測定できないことがわかったので、表面映像をから算出することを試みた。撮影機器は可視・近赤外・熱赤外カメラモジュール(それぞれ

Raspberry Pi Camera V2, Raspberry Pi NoIR Camera V2, Lepton 2.0)およびシングルボード・コンピュータを用いた。試験用標準砂の豊浦砂、八街市千葉県農業研究センター圃場の表層土壌、千葉県松戸市園芸学部圃場の表層土壌を供試土壌とした。撮影した可視画像(青・緑・赤バンド)と近赤外画像(近赤外バンド)のDN値を反射率に、熱赤外画像のDN値を表面温度に変換した。反射率および表面温度から、含水比の推定法を検討した。

### 4. 研究成果

農地のダスト発生危険度計測システムが完成した。平成15年度に、一般気象測定部、表面土壌水分量測定部、ダスト測定部から得た情報を、シングルボード・コンピュータに取り入れるためのインターフェイスを作成した。その結果、ダスト発生臨界風速(ダストが発生する最低風速、以後臨界風速とする)を、風速とダスト濃度の関係を双曲線関数として近似したときの漸近線として定義できることが示された。これによって得られる臨界風速をシングルボード・コンピュータ内に搭載されたアルゴリズムで算出し、土壌水分量との関係を蓄積した。

当初、土壌水分量を市販の土壌水分量センサーで測定したが、表層(表層から深さ2cm程度)より深い土壌も含んだ土壌水分量を測定してしまうことがわかったので、可視画像(青・緑・赤バンド)と近赤外画像(近赤外バンド)、熱赤外画像を利用した土壌水分量推定を試みた。

図1に松戸土壌の含水比と反射率の関係を示す。反射率の小さい青バンドを除いて、反射率の変化は含水比約60%を境に、2つの過程に分けられた。含水比が約60%以下のときは、含水比が増加すると反射率が減少する傾向がみられた。拡大画像を観察した結果、この減少過程では水が吸着水として存在することが確認された。吸着した水は土粒子から反射した光を吸収するため、反射率を減少させると考えられた。減少過程は豊浦砂および八街土壌でも観察された。一方含水比が約60%を超えると反射率にはほぼ変化がみられなくなった。拡大画像より、この過程では吸着水が土粒子全体を覆い、水が間隙に分布することが確認された。反射率が一定になるのは、間隙は土粒子の陰になるため、そこに加わる間隙水の影響が小さかったためだと考えられた。しかし八街土壌では、この過程で反射率が微増する傾向がみられたため、土壌によって間隙水がもたらす影響が異なることがわかった。

表面温度と含水比の間には低水分時に負の相関がみられたが、撮影時の日射量や気温に大きく影響され、関係を定量化することはできなかった。本研究では単一画像による推定を想定していたが、今後は温度の経時変化に着目した解析が必要となった。

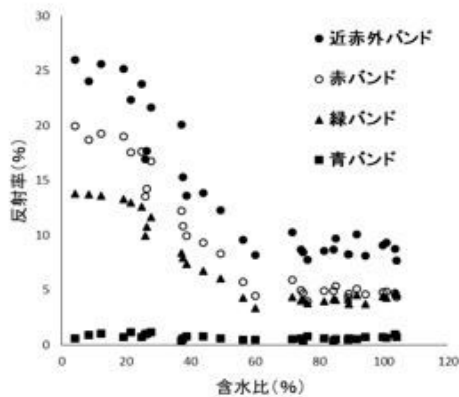


図1 松戸土壌の含水比と反射率の関係

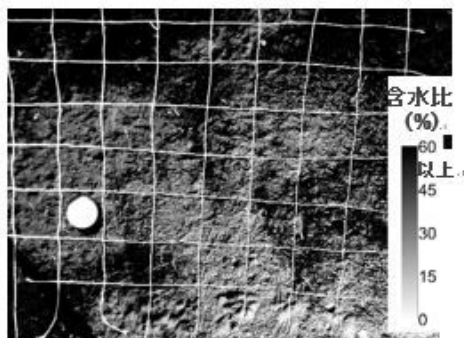


図2 松戸土壌の表層土壌水分図  
(緑バンド用いた場合)

以上より反射率の減少過程のとき、含水比を推定できると考えた。各バンドで回帰直線を求め、松戸圃場の表面土壌水分量を推定した(図2)。RMSEは緑・赤・近赤外バンドでそれぞれ5.8%, 7.9%, 6.7%であり、含水比60%以下において、土壌水分量が推定可能だと示された。誤差の原因として、実際の圃場には凹凸による陰が多く、反射率が過小に算出される可能性が考えられた。実用に向けて、60%以上の高含水比を推定すること、土壌の凹凸の影響の除去することが課題となった。

発生するダスト量を、風速、表面土壌水分量から推定する際に必要な、臨界風速を観測データから求めるアルゴリズムを開発した。アルゴリズムの概要を以下に示す。これらの関係はダスト・イベントごとに異なるので、計測値の時系列データからダスト・イベントを1時間単位で自動的に抽出する。そのこれらの関係をシングルボード・コンピュータに実装した。また、そのときの臨界風速と土壌表面画像との関係を調べ、土壌水分量がわかると臨界風速がわかるようになった。本システムでは可視および近赤外画像から得られる情報は土壌水分量であることがわかったため、土壌水分計を可視画像カメラに置き換えられることがわかった。さらに、フィージビリティ・スタディーを行った結果、ダスト発生のおよそ80%を予測することが可能となった。

## 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3件)

Kimura R., Validation and application of the monitoring method for degraded land-area-based on a dust erodibility in eastern Asia, *International Journal of Remote Sensing*, 38 巻, 2017, 4553-4564  
DOI:10.1080/01431161.2017.1325532

Abulaiti A., Kimura R. and Kodama A., Effect of flexible and rigid roughness elements on aeolian sand transport, *Arid Land Research and Management*, 査読有, 31 巻, 2017, 111-124  
DOI: 10.1080/15324982.2016.1260665

Kimura R., Abulaiti A., Mano M. and Matsushima D., Surface Heat Flux Analysis in Gobi Desert Steppe, Mongolia&-An Observation Study, *SOLA*, 査読有, 12 巻, 2016, 175-180  
DOI:10.2151/sola.2016-036

### 〔学会発表〕(計5件)

小林智生・松岡延浩・木村玲二, 安価なカメラモジュールによる表面土壌水分量の面的把握, 日本農業気象学会 2017 年度全国大会, 2018

小林智生・松岡延浩・間野正美, 安価なカメラモジュールを用いた表面土壌水分量の計測, 日本農業気象学会関東支部 2017 年度例会, 2017

松岡延浩・清水雅宏・間野正美・鈴木純・大澤和敏・木村玲二, 千葉県八街市で観測されるダストについて, 日本農業気象学会関東支部 2017 年度例会, 2017

清水雅弘・間野正美・木村玲二・鈴木純・松岡延浩, 休閑地から発生するダストと風速および土壌水分の関係, 日本農業気象学会 2016 年全国大会, 2016

清水雅弘, 間野正美, 木村玲二, 鈴木純, 松岡延浩, 休閑地におけるダストの発生要因 ~ 千葉県塩尻市と千葉県八街市の事例 ~, 第 6 6 回農業農村工学会関東支部大会, 2015

### 〔図書〕(計1件)

木村玲二他, 鳥取砂丘学, 古今書院, 2017, 112

### 〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

### 〔その他〕

ホームページ等

<http://www.h.chiba-u.jp/gmet/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松岡 延浩 (Nobuhiro MATSUOKA)  
千葉大学・大学院園芸学研究科・教授  
研究者番号：80212215

(2) 研究分担者

間野 正美 (Masayoshi MANO)  
千葉大学・大学院園芸学研究科・助教  
研究者番号：10391210

(3) 連携研究者

木村 玲二 (Reiji KIMURA)  
鳥取大学・乾燥地研究センター・准教授  
研究者番号：80315457