

サーマルカメラを用いた河川堤防法表面の土壌水分量予測技術に関する基礎的研究

高知高専 非会員 ○山崎陽生 松田彰太 正会員 岡田将治
安田測量 正会員 安田晃昭

1. 序論

近年、全国各地で甚大な豪雨水害が発生している。令和2年7月に九州全域に発生した豪雨では、国管理河川8河川、都道府県管理河川194河川で氾濫などの浸水被害が発生し、球磨川の堤防が2箇所決壊したと報告されている。河川管理者は定期的に堤防巡視や点検を実施している。安全性に影響を与える変化を検知し、補修を行うことを目的としている。国内の河川の総延長は約14万4000kmと長く、巡視・点検を行う作業員の人手不足や技術の継承等の課題があり、河川堤防点検・巡視の高度化、効率化が重要となる。

国土交通省国土技術政策総合研究所¹⁾では、2015年に赤外線映像法を堤防点検・巡視へ応用した堤防湿潤部の検知を、実堤防での観測と堤防を模擬した盛土実験により検討している。しかし、植生が繁茂している状態での堤防湿潤箇所の検知は困難であり、技術的熟度・業務効率の両面から当時の技術では実用化は難しいとしている。そこで、機械学習を使用して赤外線サーモグラフィの測定値とその測定値に影響を及ぼす説明変数を加えて土壌水分量予測を行うことで、国総研が検討した湿潤部検知よりも高度で効率的な堤防点検・巡視が可能ではないかと考えた。また、この手法を用いて国総研が抽出した植生が繁茂している状態での堤防湿潤箇所の検知の課題についても検討することとした。

本研究では、堤防点検を実施する植生伐採後2週間以内の裸地と植生部が混在する実河川堤防法面において熱赤外線映像法と斜面崩壊の予測に関する既往の研究²⁾で高い精度が確認されているランダムフォレスト(Random Forest)の機械学習アルゴリズムを併用した、表面土壌の水分量予測モデルを構築する。

2. 使用器具および実験方法

土壌水分量予測の判定に土壌の水分量値と放射温度値及び環境要素値(気温、湿度、風速、日射量)を



Fig. 1 Embankment slope experiment image

使用する。そこで、土壌水分計と放射温度測定機器及び日射計を作成し、気温、湿度、風速の計測にはウェザーステーション(Netatmo)を使用した。これらを用いて、室内、室外、堤防法面で放射温度測定実験を実施した。室内実験で解析手法を形式化し、室外実験で裸地部と裸地と植生が混在する部分の水分量予測が可能か検討した。堤防法面の実験では植生が高く繁茂して法表面に対して日陰を作っている部分についても水分量予測が可能か検討した。堤防法面の実験の実施イメージ図をFig. 1に示す。機械学習の開発言語はPython3.6(Anaconda)を使用し、ランダムフォレスト(Random Forest)を用いて取得したデータセットをランダムに学習データと検証データに7:3に振り分け、水分量予測結果と土壌水分量予測の説明変数(環境要素値)の重要度をグラフ化したものを抽出していった。

3. 室外の放射温度測定実験結果

裸地部で取得したデータセットを用いて作成した水分量予測モデルから予測値を取得し裸地部の実測値と比較した結果をFig. 2、裸地と植生の混在部で取得したデータセットを用いて作成した水分量予測モデルから予測値を取得し裸地と植生の混在部の実測値と比較した結果をFig. 3に示す。

室外実験で取得したデータセットは3日間の計323個で7:3の割合で訓練データ、検証データに分割し水分量予測を実施した。裸地部の土壌水分量予測は決定係数(r^2)が94.9%と高く、Fig. 2の左の

グラフから予測値(縦軸)と実測した土壌水分量の値(横軸)に高い相関関係が確認できた。裸地と植生部が混在する部分の土壌水分量予測においても決定係数(r^2)が98.4%と高い結果が得られ、Fig. 3の左のグラフからおおよその相関関係が確認できた。予測に用いた説明変数は裸地部、裸地と植生が混在する部分共に放射温度(Radiation)の重要度が最も高く、全体の約35%は放射温度値を用いて予測する結果となった。

4. 堤防法面の放射温度測定実験結果

堤防法面での放射温度測定実験により取得したデータセットを用いて作成した水分量予測モデルに植生繁茂率(Planning)を加えて予測した値と実測値を比較した結果をFig. 4に示す。

堤防法面での実験で取得したデータセットは2日間の計107個で7:3の割合で訓練データ、検証データに分割し水分量予測を実施した。植生繁茂率

(Planning)を説明変数に加えることで堤防法表面においても決定係数(r^2)が93.1%の高い水分量予測結果が得られた。Fig. 5の左のグラフからおおよその相関関係が確認できた。放射温度(Radiation)の重要度が全体の約35%と、最も高い結果となった。

5. まとめ

本研究では、放射温度測定機器、土壌水分計、日射計を作成し、土壌水分量予測モデルを構築した。室外実験では3日間のデータセットを使用し、裸地部と裸地と植生の混在部の水分量予測の予測値と実測値に高い相関関係が確認できた。

堤防実験では植生が高く繁茂している法表面においても水分量予測の予測値と実測値に相関関係が確認できた。しかし、2日間のデータセットのみを使用しているため、植生繁茂率(Planning)の重要性は極端に低いものとなった。より多くの期間のデータセットを導入することで、植生が作る日陰の影響を考慮することが可能であると考えられる。今後の課題として、より多くのデータセットを用いて予測に反映していくことや、実際にサーマルカメラを搭載したUAVでの計測を実施する必要がある。また堤防法面の植生が高く繁茂している場所についても予測の対象として検討する。室外実験と堤防法面での実験の水分量予測において放射温度(Radiation)の重要度が高いことが確認できた。本研究が進め

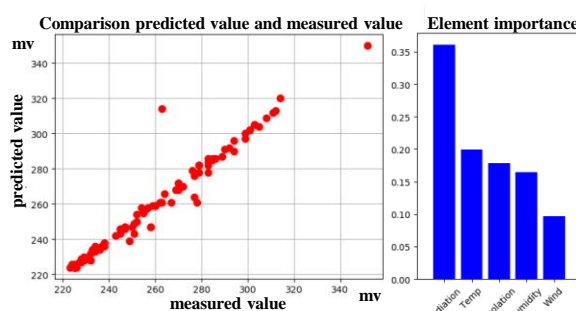


Fig. 2 Prediction result of bare

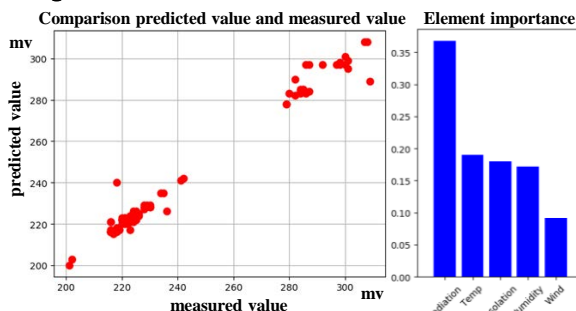


Fig. 3 Prediction result of bare and vegetation

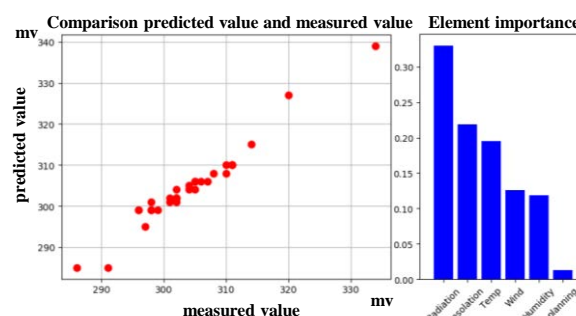


Fig. 4 Prediction result including Planning

ば、UAVにサーマルカメラを搭載して堤防法面を撮影し、水分量予測モデルを介して土壌水分量を予測することで、実際の堤防点検で実施されている植生伐採後2週間以内の水分量測定を非破壊・非接触で実施することが可能となると考えられる。また、植生伐採後迅速に生え変わる植生に対して、植生繁茂率(Planning)を説明変数に加えることで、植生が高く繁茂し日陰を作っている場合でも予測が可能となると、堤防点検期間に冗長性がとれるかもしれない。一般的な堤防点検・巡視時に熱赤外線映像法と機会学習を併用した手法が詳細調査の1つの手段としての活用が期待される。

参考文献

- 1) 国土交通省:社会資本の予防保全的管理のための点検・監視技術の開発, 第6章赤外線サーモグラフィの河川堤防の湿潤部検知への適用性検討
- 2) 伊藤ら:機会学習を用いた1kmメッシュごとの斜面崩壊に対する危険度評価, 地盤工学会誌, Vol66(9), 12-15, 2018