

スペクトル画像を用いた土の種類と含水比の推定に基づく コーン指数の推定

○山内統広 †, 筑紫彰太 †, 田村雄介 †, 山川博司 †, 永谷圭司 †, 藤井浩光 ‡, 千葉拓史 §
山本新吾 §, 茶山和博 §, 山下淳 †, 浅間一 †

○ Norihiro YAMAUCHI †, Shota CHIKUSHI †, Yusuke TAMURA †
Hiroshi YAMAKAWA †, Keiji NAGATANI †, Hiromitsu FUJII ‡, Takumi CHIBA §
Shingo YAMAMOTO §, Kazuhiro CHAYAMA §
Atsushi YAMASHITA † and Hajime ASAMA †

†: 東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻

‡: 千葉工業大学先進工学部未来ロボティクス学科, §: 株式会社フジタ

E-mail: yamauchi@robot.t.u-tokyo.ac.jp

<要約>本研究では, スペクトル画像を用いて土の種類と含水比の推定を行うことで走破性の指標の1つであるコーン指数を推定する手法を提案した. 実験結果から, スペクトル画像を用いたコーン指数の推定は可能であることが分かった.

<キーワード>スペクトル画像, 土の種類, 含水比, コーン指数

1 序論

土砂災害が発生した場合, 更なる被害を防ぐために, 迅速な復旧工事が必要になる. 迅速な復旧工事を実施するためには, 建設機械を災害現場で使用する事が求められるが, 災害現場の地盤が軟弱である場合, 建設機械が転倒する可能性がある. 従って, 災害現場における建設機械の走破性の調査が重要になる.

走破性を調査する従来手法には, 走破性の指標の1つであるコーン指数を測定する手法がある. これまでコーン指数の測定は人の手で行われてきたが, 災害現場では2次災害の危険が存在するため, 無人でコーン指数を測定する手法が求められる. 無人でコーン指数を測定する先行研究では, ロボットにコーン指数を測定する器具を装着して遠隔操作する手法が提案されている [1]. この手法は, 人手によるコーン指数測定をロボットに置き換えたものであるが, 測定器具を測定地点に1カ所ずつ接触させる必要がある上, 1カ所の測定に時間もかかるため, 災害現場全体の測定には多大な時間が必要となるという問題がある. 一方, 非接触で

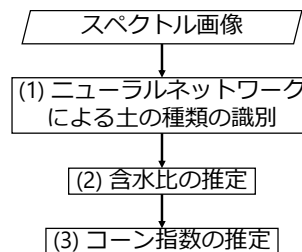


図1 提案手法の概要

コーン指数を推定する先行研究では, 水が光を吸収する近赤外線波長帯を撮影した画像を用いてコーン指数を推定する手法が提案されている [2]. しかし, この手法は含水比にのみ注目しており, 含水比以外でコーン指数に影響を与える土の種類には注目していないため, 得られたコーン指数の精度には疑問が残る.

そこで本研究の目的を, 画像から土の種類と含水比の推定の双方を行い, それらを用いたコーン指数の推定手法を提案することとする.

2 提案手法

提案手法の概要を, 図1に示す. 本研究では, 土の種類と含水比の推定を行うためにスペクトル画

表 1 含水比とコーン指数の実測値と推定値の比較

| 含水比 [%] | | | コーン指数 [kN/m ²] | | |
|---------|-------|------|----------------------------|-----|-----|
| 実測値 | 推定値 | 誤差 | 実測値 | 推定値 | 誤差 |
| 38.75 | 42.03 | 3.28 | 461 | 233 | 228 |
| 46.17 | 47.39 | 1.22 | 72 | 71 | 1 |
| 45.32 | 48.53 | 3.21 | 64 | 71 | 7 |

像を使用する。スペクトル画像とは、入射光を分光させてそれぞれの波長の強度を記録した画像であり、本研究ではスペクトル画像から取得した分光反射率スペクトルを用いて土の種類と含水比の推定を行う。以下に、提案手法をステップ毎に解説する。

まず (1) の土の種類を識別するステップでは、異なる土の種類がそれぞれ別の分光反射率スペクトルを持つことを利用する。これにより、スペクトル画像から取得した分光反射率スペクトルをニューラルネットワークを用いて分類することによって、土の種類を識別する。

次に (2) の含水比を推定するステップでは、水が近赤外線を吸収するため、水が増加すると近赤外線の波長帯の分光反射率が他の波長帯の分光反射率よりも大きく減少することを利用する。これにより、2つの波長帯の分光反射率を、スペクトル画像から取得した分光反射率スペクトルを用いて比較することにより、含水比を推定する。

最後に (3) のコーン指数を推定するステップにおいては、土の種類ごとに、含水比が定まった場合にはコーン指数が算出されることを利用する。予め土の種類ごとに含水比を変えながらコーン指数を測定しておくことにより、スペクトル画像から土の種類を識別できれば含水比とコーン指数の関係が分かる。そこで、推定した含水比を内分点とすることにより、含水比とコーン指数の関係から含水比の推定値に対応するコーン指数を、コーン指数の推定値として算出する。

3 実験

提案手法の有用性を確認するため、含水比が異なる複数の土に対して、コーン指数推定実験を行った。

3.1 実験方法

本研究では、スペクトル画像を撮影するために、エヴァ・ジャパン株式会社製の NH-7 と、Tetracam Inc.製の Macaw を使用した。対象とする環境は、含水比を調整した工事現場内の屋外の土であり、ここで、スペクトル画像の撮影、並びに含水比およびコーン指数の測定を行った。

3.2 実験結果

含水比とコーン指数それぞれの、実験場所で測定した実測値、提案手法で推定した推定値、および実測値と推定値の差を絶対値で表した誤差を、表 1 に示す。

この表において、含水比の誤差は3つとも大きくなく、含水比が精度良く推定できていることが分かる。一方、コーン指数の誤差については、2番目と3番目の指数は精度良く推定できているが、1番目の誤差が大きい。これは、実験場所の土の含水比とコーン指数の関係において、1番目の土の含水比付近でコーン指数が大きく変化するため、含水比推定の誤差がコーン指数の推定値に大きく影響したためと考えられる。以上より、含水比に対するコーン指数の変化が穏やかな土に対しては、コーン指数の推定が可能であることが分かった。

4 結論

本研究では、スペクトル画像を用いて、土の種類と含水比の推定を行い、それらからコーン指数を推定する手法を提案した。実験結果より、含水比に対するコーン指数の変化が穏やかな場合、スペクトル画像からコーン指数を推定することが可能であると分かった。今後の課題としては、含水比の推定精度を向上させることにより、含水比に対するコーン指数の変化が大きい場合においても、コーン指数の推定精度を向上させることが挙げられる。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP18K13810 の支援を受けた。

参考文献

- [1] S. Chhaniyara, C. Brunskill, B. Yeomans, M. C. Matthews, C. Saaj, S. Ransom, and L. Richter: "Terrain Trafficability Analysis and Soil Mechanical Property Identification for Planetary Rovers: A Survey", *Journal of Terramechanics*, Vol. 49, pp. 115–128 (2012)
- [2] R. Fernández, H. Montes, and C. Salinas: "VIS-NIR, SWIR and LWIR Imagery for Estimation of Ground Bearing Capacity", *Sensors*, Vol. 15, No. 6, pp. 13994–14015 (2015)