

森林環境におけるロボットの走行判断のための 植物の柔軟度の非接触推定の検討

佐島 遼[†] 小島 康士朗^{††} 鈴木 優太^{†††}
[†] 早稲田大学大学院 先進理工学研究科
^{†††} 早稲田大学大学院 創造理工学研究科

大和 淳司^{††††} 大谷 淳^{†††}
^{††} 早稲田大学 創造理工学部
^{††††} 工学院大学 情報学部

1. 研究背景と目的

里地里山の減少により野生鳥獣による農作物の被害やナラ枯れなどの森林被害も発生している。持続的な森林管理が必要な一方、林業従事者数の減少などにより、森林管理の抜本的な見直しが強いられており、自律環境モニタリングロボットによる森林環境の調査が注目されている。

森林環境の調査のためには、ロボットが森林内を自動で移動し、周囲の環境を把握しながら三次元マップを生成することが必要となる。既存手法では、ロボットに搭載されたRGBDカメラから得られる画像を、深層学習を用いて物体領域推定し、自己位置推定を行うことで、周囲環境の把握を実現した。しかし、この手法では森林環境の全物体を剛体として認識するため、実際は走行可能な柔軟な植物でも障害物として認識していた。本論文では、植物の柔軟度の非接触な方式による推定結果に基づき、ロボットが植物を乗り越えて走行可能か否かを判断する新たな手法を提案する。

2. 提案手法

本研究における提案手法の概要を図1に示す。森林内の物体はすべてが剛性ではなく、柔軟のものもある。本研究では、RGBDカメラから得られる森林の画像特徴量から非接触で植物固有の柔軟度を推定し、草などの柔軟な障害物の判断を行う手法を提案する。

植物に対して送風機の風を当て、ロボットに固定されたRGBDカメラからの映像から、風によって起こる植物のなびき(対風圧変形)の量をLucas-Kanade法[1]と離散フーリエ変換を用いて計測することで、柔軟度推定画像を出力する。一方、植生が同種であればその外観のみからでも推定ができると考えられるため、学習フェーズで、前述の推定画像を正解ラベル、同じ植物の風のない状態でのRGBD画像を学習データとして深層ニューラルネットワークを用いて学習を行う。運用フェーズでは、森林内を走行するロボットのカメラ画像を学習済みのモデルへ入力すると、柔軟度推定画像が出力されるので、これを用いて走行可能か否かの判断を行う。ここで、3章で述べるように、対風圧変形量による柔軟度の推定結果と実際の柔軟度は対応付けられる。

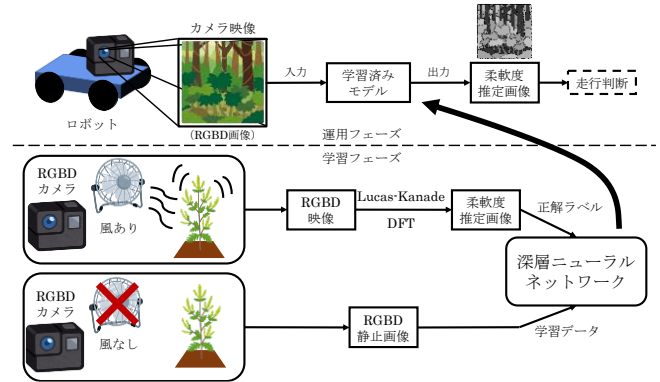


図1. 提案手法の概要

3. 実験結果

東京都、埼玉県、千葉県内の12ヶ所の緑地の植物を対象に実験を行い、その評価を行った。ロボットはCuboRex社のCugo V3を使用し、RGBDカメラセンサはIntel社のRealSense D455を使用した。また深層ニューラルネットワークはResNet-RS 50をバックボーンとしたCNNを使用した。

まず、2章の最後に述べた、植物への外圧の反力と対風圧変形量の対応関係を検討した。MIC指標では0.582となり、回帰分析した結果、決定係数は0.782となった。これは、対風圧変形量による柔軟度推定が有効であることを示す。

また、CNNの評価用データに対する予測値と正解ラベルとの間の二乗平均平方根誤差は5.92%となった。これは、本実験の条件下ではCNNによる柔軟度推定が有効であることを示す。

加えて、ロボットの走行判断に関する分類タスクの正解率は最大66.2%となり、その際の再現率は71.6%であった。これは、森林内の走行を行うには十分な精度とは言えない。しかし、実験における人為的要因や環境的要因の誤差を減らし、柔軟度推定の精度を上げることで、ロボットの走行判断を高精度に行うことが可能であると考えられる。

参考文献

[1] B.Lucas, T.Kanade, "An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision," IJCAI'81: Proceedings of the 7th international joint conference on Artificial intelligence – Volume 2, pp. 674-679, 1981.