

| | | | |
|-----------------------|---|-------------|-------|
| 研究課題名 | マルチモーダル観測を用いた侵略的外来種のモニタリングシステムの開発 | | |
| 研究者名 (所属名) | 安田 泰輔・中村 圭太・水村 春香 (富士山科学研究所)、中田 陽子 (衛生環境研究所)、渡邊 修 (信州大学)、川村 健介 (帯広畜産大学)、馬籠 純・青木 実侖 (山梨大学) | | |
| 研究期間 | 令和6年度～令和8年度 | 報告年度 | 令和7年度 |

【背景・目的】

本県においても侵略的外来種の侵入・繁茂が生じており、生物多様性の損失が懸念されている。侵入状況（分布状況）のモニタリングは、現状を把握し、将来予測とそれに基づく対策の基盤となることから重要な役割を持つ。しかしながら、侵略的外来種それぞれは生態的特性が異なり、様々な生育地に侵入するため、従来の単一技術による観測では十分なモニタリングが行えない。本研究では、車載カメラや人工衛星など多様な観測手法を統合したマルチモーダルな観測技術を開発し、モニタリングシステムとして運用することで侵略的外来種の侵入状況を把握すること、そして観測データに基づいて将来予測を行い、防除行動計画を提案することを目的としている。

【研究・成果等】

本年度までにマルチモーダル観測体制の構築（目標1）にてデータを取得し、侵入状況の把握と将来予測（目標2）を進めた、以下に主要な成果を報告する。

成果1：車載カメラによる移動観測

2021年より継続している車載カメラによる路傍の外来植物調査を実施した。これは比較的高解像度のデジタルカメラを前後左右3方向に設置し、静止画を1秒インターバルで撮影することで路傍の観測を大幅に効率化させるものである。そして、得られたデータからAI技術を用いて外来植物の抽出ができれば効率的な侵入状況の把握ができ、早期の対策につながる。

これまで外来植物を検出するため、物体検知の深層学習モデルの開発を進めてきた。しかしながら、物体検知用の教師データを作成することが煩雑であること、従来の教師データ作成ソフトでは効率的な教師データ作成が行えないこと等の困難さがあった。

本研究では新たに深層距離学習を用いた埋め込み空間による撮影画像の表現と画像分類を導入した。この手法は同種の外来植物を含む画像同士を近くに、異なる外来植物の画像同士を遠くに配置するよう深層学習モデルをトレーニングする。そして埋め込み空間と呼ばれる空間の中に同じ外来種同士のクラスターを形成させる。このことにより外来植物の画像分類が効率化されると期待される。

手法を導入した結果、オオブタクサ・アレチウリ・ニワウルシの3種に対して埋め込み空間を生成した結果、画像分類の正答率は0.907を達成した（図1右）。この手法は少ない教師データでも機能するため、増え続ける外来植物の検出に適した深層学習モデルとして期待される。

また、本モデルの導入に伴い、教師データを作成するためのアノテーションツールを作成した（図1左）。アノテーションツールではある地点で撮影された3方向の画像が表示される。各画像は4×6のメッシュに分割され、メッシュに対象とする外来植物が撮影されていた場合、作業者はメッシュをクリックすることでアノテーションが完了する。このアノテーションで得られるデータは撮影日時、撮影場所（緯度経度）、植物種、メッシュ画像である。使用した所感であるが、直感的に操作でき、地図上で植物種が確認できるなど使い勝手がよく、教師データ作成における大幅な効率化ができた。

撮影されていた外来植物の写真



埋め込み学習による画像分類

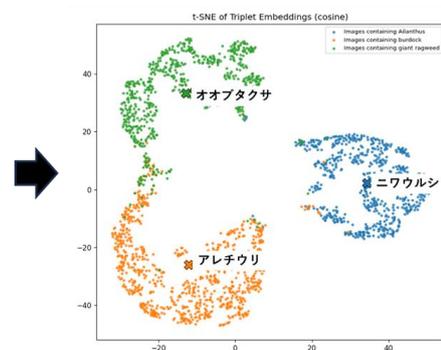


図1 教師データ生成のアノテーションツール(左)と埋め込み空間による画像分類(右)

成果2：地上観測と衛星観測の統合によるニワウルシの直接検出

車載カメラによって得られたニワウルシの分布（2021年）を教師データ（図2左）として衛星画像からニワウルシが分布するエリアを高精度で判別することができた（図2中央および右）。ニワウルシ（*Ailanthus altissima*、ニガキ科の落葉高木。シンジュとも呼ばれる）は重点対策外来種（環境省 https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/files/gairai_panf.pdf）に指定されている。ニワウルシは成長が早く、地下茎で広がる。種子も広域に散布され、在来種の生育地を占有し、生物多様性の低下を招く恐れがある。庭木として販売されていることもあり、逸脱して河川敷や路傍で繁茂する。樹木であることから一度成長した場合には防除にコストが係るため、早期の防除が極めて重要な外来植物である。

山梨県においてニワウルシの侵入状況は2021年に調査された結果があり、甲府盆地を取り巻くように分布している状況が明らかとなっている。今後、種子散布等によりさらに広域的に広がり、貴重な生態系への悪影響も懸念される状況である。しかしながら、分布状況を把握することは容易でなく、具体的な対策が講じられていない。

本研究では車載カメラによる移動観測（成果1）と人工衛星による広域的な推定を組み合わせたマルチモーダル観測特有の手法を検討した。具体的には、車載カメラによる2021年に取得したニワウルシの分布データを使用し、衛星観測にはSentinel2人工衛星画像を使用した。地上観測データを応答変数、衛星画像のバンド値を説明変数としてランダムフォレスト法により衛星画像からニワウルシをふくむエリアを区別できるか？を検討した。

その結果、多時期のバンド統計量では正答率が0.8程度を達成し、実用化が期待される性能であった（図2右の赤丸）。一方で、衛星データで得られる直接的なバンド値では十分な性能が得られなかった。現在NDVIなど少数の統計量で試行している段階であるため、実用化に向けて、今後複数の統計量を検討し、性能を高めていきたい。

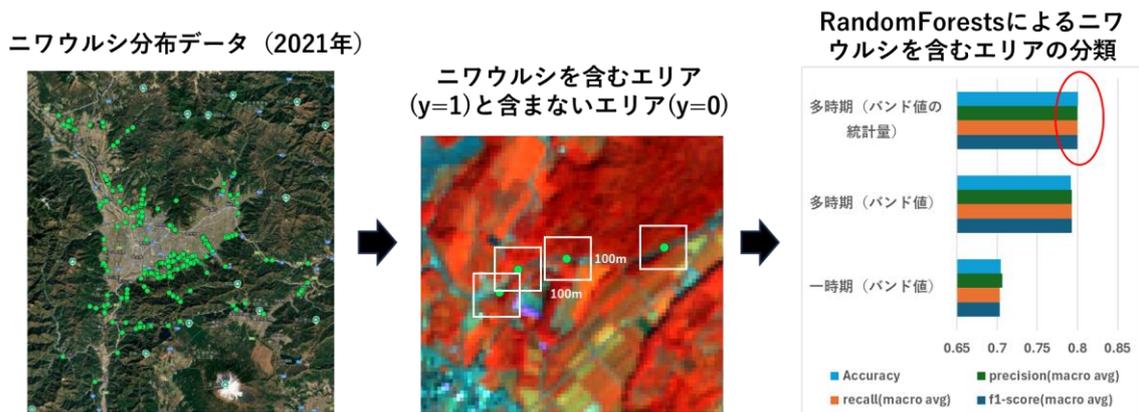


図2 マルチモーダル観測によるニワウルシ分布の広域推定モデルの構築

本研究ではニワウルシを対象として、車載カメラによる地上観測と衛星観測から直接ニワウルシを検出することを試みた。車載カメラで外来植物を発見しようとする研究は少なく、また、人工衛星との連携した事例もほとんどない。この研究の有効な点は車載カメラによって現状を把握しつつ、広域の分布を把握できることであり、防除計画および効果検証に有効な技術と考えられる。一方、衛星による広域的な分布の把握によって新たに観測しなければいけない地域を特定するなど、新たな活用も期待される。今後、運用可能な防除システムとして構築し、侵入予測等の解析を経て防除計画立案へ活用していきたい。

【成果の応用範囲・留意点】

本研究で構築したマルチモーダル観測体制は、山梨県内の様々な地域での外来種モニタリングに広く応用可能である。特に、車載カメラによる地上データと人工衛星データを組み合わせた広域検出手法は、防除計画の立案および防除効果の検証に有効な技術として活用が期待される。なお、衛星観測のみでは外来植物の判別が困難であり、地上観測との組み合わせが精度向上に不可欠である点に留意が必要である。

【問い合わせ先】

| | | |
|-----|----------|---------------------------------------|
| 所属 | 富士山科学研究所 | |
| 代表者 | 安田泰輔 | E-mail: yasuda@mfri.pref.yamanashi.jp |