

# 光学衛星データを活用した外来植物の自動判読の試行

## Trial of Automatic Reading of Invasive Plants Using Optical Satellite Data

自然環境グループ 研究員 森本 洋一  
 自然環境グループ グループ長 都築 隆禎  
 主席研究員 槇島みどり  
 企画グループ グループ長 内藤 正彦  
 日本工営株式会社 陰山建太郎、金子 明生

### 1. はじめに

河川の生態系への直接的なインパクト要因のひとつとして外来種がある。外来種問題の解決は、生物多様性の保全上、最も重要な課題のひとつといわれており、特に河川は外来植物による影響を最も受けやすい自然環境の一つであるといわれている<sup>1)</sup>。外来植物は総じてその繁殖力の強さから、在来植物を駆逐し、河川特有の生態系に壊滅的なダメージを与えている。例えば、中部地方や西日本に多く分布する特定外来生物のオオキンケイギクは、種子繁殖を盛んに行い繁殖力が強いことで知られ、カラヨモギーカラハハコ群落といった河原に固有な在来植物への影響が指摘されている<sup>2)</sup>。外来種は河川特有の生態系に大きな被害をもたらすだけでなく、その種類によっては、河積阻害等の要因にもなることから、洪水被害の原因ともなる。

河積阻害となる河道の樹林化の一因としてあげられるニセアカシア（以下「ハリエンジュ」という）は、1873年に日本に持ち込まれ、上流域での緑化のための植栽として利用された。ハリエンジュの種子散布型は重力もしくは風散布に分類されるが、流水による散布の可能性も高く、埋土した休眠種子が流水によって散布され、種子が定着し成立した可能性が指摘されており<sup>3)</sup>、河川の上流域から下流域まで分布が拡大している。ハリエンジュが河川で拡大した要因としては光環境の良い場所での初期成長が早いこと、ダム等の施設による水位変動や土砂動態のコントロールといった適度な攪乱が生じる河川管理行為によって生じた環境とハリエンジュの生活史特性が上手く適合したことなどがあげられる<sup>3)</sup>。

### 2. 光学衛星データを活用した外来種対策の効率化を図る技術

外来植物対策の基本は、河川巡視等による日常的な監視により、外来植物の侵入の有無や保全上重要な箇所における外来植物の生育実態等をいち早く確認することであるが<sup>1)</sup>、河川管理を担う現場の河川事務所や

出張所の負担は大きい。また河川巡視では、車内等から確認することになるため、外来植物のように早期に発見が必要なものは見落としが生じる可能性がある。

近年、光学衛星から取得した衛星画像が河川管理の現場で活用され始めている。光学衛星の技術そのものの歴史は古いが、近年、空中写真に匹敵する解像度の画像を取得することのできる実用的な衛星が普及してきた。例えば、宮脇ら（2021、2023）<sup>4)5)</sup>では、WorldView-2の高解像度の衛星画像と機械学習を利用した河川植生判別手法を提案している。田方ら（2021）<sup>6)</sup>では、コンステレーションの高頻度撮影であるPlanetScopeの中解像度衛星画像を用いて、砂州を有する河川において、水域の判定や砂州の変遷を通した河道変遷把握技術を開発している。また、森本ら（2023）<sup>7)</sup>では、同様の衛星画像を用いた植生図の作成が可能か検討を行い、詳細な植生図を作成する前の判読素図程度（河川水辺の国勢調査 河川環境基図作成調査における基本28分類の精度で6~7割程度の正解率）の図面を作成できる可能性を示唆している。これらの衛星画像は撮影頻度が高いことが特徴で（WorldView-2衛星は3日に1回、PlanetScopeは毎日取得）、植生や濬筋等の変化の把握に適した衛星であると考えられる。

このように高頻度撮影の衛星画像と機械判読を組み合わせ合わせた技術は、早期に対策が必要な外来植物の繁茂域や侵入箇所の発見に有効であると考えられる。従来の河川巡視だけでは見つけられなかった外来植物繁茂箇所を光学衛星画像によって早期に発見し、対策へ繋げることができれば、河川の生態系への影響を軽減できる可能性があるとともに、治水上影響を与える外来植物であれば、その対策にも活用することができる。

本論では、河川の生態系保全や治水上問題のある外来植物であるハリエンジュとオオキンケイギクを対象に、高頻度撮影のPlanetDove衛星画像を用いた機械判読を試行し、活用性について検討を行った。

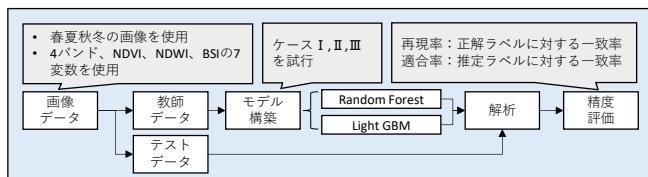


図-1 解析フロー

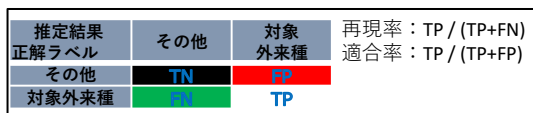


図-2 精度指標

### 3. 研究方法

#### 3-1 対象河川

本研究ではハリエンジュとオオキンケイギクの自動判読を行う。全国の河川水辺の国勢調査の河川環境基図調査結果を用いて、河道内樹木の現状を把握した鈴木ら（2023）<sup>8)</sup>によれば、ハリエンジュ群落は中部地方より東側に分布し、河道内に占める樹木の内、北海道（2%）、東北（12%）、関東（19%）、北陸（24%）、中部（6%）を占めていることが報告されている。そこでハリエンジュの自動判読については、東北の河川から、最上川、北上川、阿武隈川、子吉川を選定した。また、オオキンケイギクについては、近年、分布範囲の調査が行われている四国の重信川を選定した。

#### 3-2 ハリエンジュ及びオオキンケイギク判読モデルの作成

モデル作成にあたっては、PlanetScope の光学衛星画像（解像度約3m）を用いた。解析範囲は、衛星画像を河川環境基図の調査範囲に切り出したうえで、解析画像を作成した。解析には、Red、Blue、Green、NIR（近赤外）の4バンドと、NDVI（正規化植生指標）、NDWI（正規化水指標）、BSI（裸地指標）の7つの変数を用い、機械学習モデルと組み合わせ、ハリエンジュ及びオオキンケイギクの自動分類を試みた。またこれらの解析画像は、春夏秋冬の4種類作成した。ハリエンジュは4月から5月にかけて白色の花が咲くため、開花時期を捉えた画像を解析画像に加え、画像に捉えられた色調の変化を学習させることができると考えた。またオオキンケイギクについては、開花時期の画像から解析画像を作成した。ハリエンジュの判読に使用した画像は、最上川：2019年（秋冬）、2020年（春夏秋冬）、2021年（春夏）、北上川：2018年（春夏秋）、2019年（冬）、阿武隈川：2021年（春夏秋冬）、子吉川：2021年（春夏秋冬）とした。オオキンケイギクは2022年5月の画像とした。

教師データは河川水辺の国勢調査の河川環境基図調査（陸域調査）から外来植物群落を抽出して、3ケース作成した。ケース1は、最上川、北上川、阿武隈川、子吉川のハリエンジュ群落ごとに正解データを作成し、各河川に適応するもの。ケース2は、最上川において、河川水辺の国勢調査の河川環境基図調査（陸域調査）

表-1 ハリエンジュ解析結果（ケース1）

	モデル	再現率	適合率	F 値
最上川	RF	0.69	0.30	0.42
	LGBM	0.95	0.10	0.18
北上川	RF	0.94	0.10	0.18
	LGBM	0.96	0.07	0.13
阿武隈川	RF	0.90	0.05	0.09
	LGBM	0.94	0.04	0.08
子吉川	RF	0.74	0.09	0.16
	LGBM	0.90	0.06	0.11

表-2 ハリエンジュ解析結果（ケース2）

	モデル	再現率	適合率	F 値
最上川	RF	0.27	0.59	0.37
	LGBM	0.50	0.49	0.49

表-3 ハリエンジュ解析結果（ケース1'）

	モデル	再現率	適合率	F 値
最上川	RF	0.51	0.41	0.45
	LGBM	0.55	0.38	0.45
子吉川	RF	0.45	0.09	0.15
	LGBM	0.44	0.09	0.15

表-4 オオキンケイギク解析結果（ケース3）

	モデル	再現率	適合率	F 値
重信川	RF	0.74	0.10	0.18
	LGBM	0.47	0.09	0.15

における基本 28 分類にハリエンジュ群落を加えて正解データを作成したもの。ケース3は、重信川のオオキンケイギク調査（2022年5月実施）を正解データとしたものである。これらの正解データを教師データとし、機械学習による判読を実施した。機械学習モデルとしては、Random Forest（以下「RF」という）と Light GBM（以下「LGBM」という）の二種類とした。RFモデルは、教師データをランダムにサンプリングし、過学習を抑制できる特徴がある。一方、LGBMは推定と学習を繰り返し、最適モデルを構築する方法で、見逃しを抑制できる特徴がある。

### 3-3 評価手法

モデルの精度の評価は、再現率、適合率及び F 値の 3 つの指標で実施した。再現率とは実際に正の領域を正と予測できた割合であり、1.0 に近いほど見逃しが少ないことを示す。適合率とは正と予測した中で実際に正だった割合であり、1.0 に近いほど誤検出が少ないことを示す。F 値とは再現率と適合率の調査平均であり、1.0 に近いほど高精度なモデルであることを示す。

## 4. 解析結果

### 4-1 ハリエンジュの解析

ケース 1 の解析結果を表-1 に示す。再現率は最上川、子吉川の RF モデルを除いた河川で 0.90 以上の値を示したが、適合率は全ての河川で低い。正解データ以外をハリエンジュとして判別しているため、適合率が低くなっていると考えられる。特に、オニグルミ、オギ、シロヤナギがハリエンジュとして判別されている割合が多かった。F 値は最上川の RF モデルで 0.42 を示した以外は、いずれも低い値となった。最上川において、河川水辺の国勢調査の基本 28 分類にハリエンジュを追加して学習させたケース 2 の解析結果（表-2）では、再現率は低下したが適合率は上昇した。F 値はケース 1 と同程度を示した。

ケース 1、ケース 2 とともに、オニグルミやオギ、シロヤナギ群落をハリエンジュと誤判読するケースが多かった。そこで、ケース 1 にこれら 3 つの群落を加えて教師データを作成したモデルをケース 1' として構築し解析した。解析結果を表-3 に示す。ケース 1 と比較し、再現率は低下した。適合率は最上川では上昇したが、子吉川では同程度の値となった。

### 4-2 オオキンケイギクの解析

表-4 に重信川におけるオオキンケイギクの解析結果（ケース 3）を示す。RF モデルでは再現率が 0.74 と比較的高かったが、適合率、F 値ともに低い値となった。オオキンケイギクについては、既往資料の開花時期に合わせた画像を使用して解析を実施したが、明確な開花を捉えた画像が選定できなかったため、結果として過抽出になったと考えられる。

## 5. 考察及び今後の課題

ハリエンジュ（ケース 1、ケース 2）、オオキンケイギク（ケース 3）では、適合率よりも再現率の方が良好な結果が得られ、見逃しの少なさが求められる外来植生の判読へはこれらのモデルが適していると考えられる。F 値は最大でも 0.49（ケース 2）であり、モデ

表-5 ヤナギ、クルミ類を合わせた判読結果

	モデル	再現率	適合率	F 値
最上川	RF	0.69	0.49	0.57
	LGBM	0.74	0.55	0.63
北上川	RF	0.74	0.47	0.57
	LGBM	0.81	0.51	0.63
阿武隈川	RF	0.43	0.41	0.42
	LGBM	0.55	0.39	0.46
子吉川	RF	0.74	0.09	0.16
	LGBM	0.90	0.06	0.11

ルの精度としては課題が残った。しかし、ケース 1 においてヤナギ類やクルミ類を合わせて判読精度を検証した結果、再現率は最大で 0.81、F 値は最大で 0.63（どちらも北上川の LGBM モデル）となった（表-5）。ヤナギ類はハリエンジュと同様に成長が早く、治水上課題となる河川管理上重要な樹種であり、河積阻害となり得る高木類の管理（樹木伐採等）へは活用できる可能性がある。

オオキンケイギクの判読については、今回用いた衛星画像でも黄色い花を確認することができたため、花を目印に自動判読ができる可能性があるが、今回、開花時期を捉えた画像を用意できなかったため解析精度が低下したと考えられる。今後はオオキンケイギクの繁茂範囲の現地調査を行ったうえで教師データを作成し、判読モデルの精度向上を図る必要がある。

## 6. おわりに

本研究では、河川特有の生態系保全や治水対策に役立てるために、ハリエンジュ及びオオキンケイギクを対象に衛星画像と機械学習を組み合わせた自動判読モデルを構築し、判読を試みた。判読モデルの精度は過抽出傾向であり、外来植生の判読に適した比較の見逃しの少ないモデルを構築することができたが、適合率や F 値は低いものであった。今回使用した衛星画像は、解像度が 3m 程度であったが、今後は高解像度（1m や 5cm）の画像を用いた検討も必要であろう。

ハリエンジュについては、ヤナギ類やクルミ類を合わせて判読することで、判読精度が上がる。この結果は、河積阻害になり得る高木類の繁茂箇所の早期発見や樹木伐採対策等に役立てることができると考える。オオキンケイギクについては、今後、詳細な現地調査を行い、開花が確認できた箇所を教師とすることで精度向上を図った判読モデルを構築していく予定である。

なお、本研究は「令和 5 年度課題解決に向けた先進

的な衛星リモートセンシングデータ利用モデル実証プロジェクト（内閣府委託事業）」の成果の一部を報告したものである。

### ＜参考文献＞

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：河川における外来植物対策の手引き，平成 25 年 12 月  
[https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/kankyo/gairai/tebiki.html](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/gairai/tebiki.html)
- 2) 畠瀬頼子，小栗ひとみ，藤原宣夫，宇津木栄津子，戸井可名子，井本郁子，松江正彦：木曾川におけるオオキンケイギク優占群落での礫河原植生復元のための植生管理の効果，ランドスケープ研究，72 巻 5 号，p. 537-542，2009
- 3) 崎尾均：なぜハリエンジュは日本の河川流域で分布を拡大したのか？，日誌工誌，40（3），p. 465-471，2015
- 4) 宮脇成生，井川耕太，鈴木研二，鈴木由紀洋，池内幸司：衛星画像および地形データを活用した機械学習による河川植生判別手法の検討，応用生態工学，23（2），p. 261-278，2021
- 5) 宮脇成生，野村大祐，木下長則，鈴木研二，鈴木由紀洋，池内幸司：高解像度人工衛星画像及び LP データを用いた河川域植生図作成手法の開発，河川技術論文集，29，p. 55-60，2023
- 6) 田方俊輔，西口亮太，秋田麗子，陰山建太郎：釜無川における光学衛星を活用した河道管理手法の一考察，河川技術論文集，27，p. 29-34，2021
- 7) 森本洋一，都築隆禎，槇島みどり，勢田昌功，大橋伸之，陰山建太郎：光学衛星画像データを活用した河道内地被分類（植生、土砂）の推定に関する研究，リバーフロント研究所報告，第 34 号，p. 127-129，2023
- 8) 鈴木敏弘，槇島みどり，都築隆禎：全国の一級河川における河道内樹木の現状，リバーフロント研究所報告，第 34 号，p. 37-38，2023