

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

Study of Estimation of In-channel Land Cover Classification (Vegetation and Sediment) 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 次 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 勢田 昌功
 日本工営株式会社 大橋 伸之
 日本工営株式会社 陰山建太郎

1. はじめに

国土交通省が作成している河川環境基図（以下「河川環境基図」という）は、河川環境の把握や評価に資する資料として重要な役割を果たしている。一方で、国土交通省が管理する河川の延長は1万 km を超え、基図の作成には多大な時間と労力を要している。これらの課題を解決し、河川管理の高度化と効率化を図るために、本研究では、光学衛星画像と機械学習（AI）を組み合わせた河川環境基図の自動作成を支援する技術及び水域の水路自動判読技術の開発と実証を行い、本技術の活用性を検討した。

2. 研究方法

本研究で用いた衛星画像は、PlanetScope の光学衛星画像であり、地上解像度は約 3m である。本衛星は130機以上のコンステレーションで高頻度（全地球を1日1回）に撮影しており、季節によって色や形等が変化する植生の判読に適していると考えられる。さらに、出水前後等の画像をタイムリーに取得することができるため、滞筋や砂州のモニタリングにも有用であると考えられる。また、本衛星は、画像がアーカイブされており、個別の撮影依頼の必要がなく、任意の場所や時期を指定して購入することができるため、国土交通省の管理する河川だけでなく、都道府県や市町村が管理する中小河川においても活用しやすいと考えられる。

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、解析画像を作成した。解析画像は、Red、Blue、Green、NIR（近赤外）のバンドごとに区分し、これらの画像から、NDVI（正規化植生指標）画像、NDWI（正規化水指標）画像、BSI（裸地指標）画像を作成し、計7つの変数とし、後述する機械学習モデルを組み合わせ、植生群落の自動分類と水域の水路判読を試みた。なお、水域の判読には、NDVI 画像は使用していない。これらの画像は、季節ごとに植生の見え方

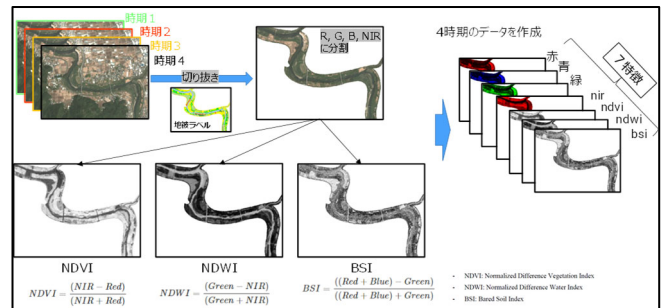


図-1 解析データの作成イメージ

表-1 地被分類クラス

	2 8分類	1 3分類	7分類
1	沈水植物群落	沈水	
2	浮葉植物群落		
3	一年生草本群落	草本	草本
4	多年生草本群落		
5	単子葉草本群落_その他		
6	塩沼植物群落	塩沼	
7	砂丘植物群落	砂丘	
8	単子葉草本群落_ヨシ群落	ヨシ・オギ群落	
9	単子葉草本群落_ソルヨシ群落		
10	単子葉草本群落_オギ群落		
11	ヤナギ低木林	低木	低木
12	その他の低木林		
13	ヤナギ高木林	落葉高木	高木
14	落葉広葉樹林		
15	落葉針葉樹林	常緑高木	高木
16	常緑広葉樹林		
17	常緑針葉樹林		
18	植林地 (スギ・ヒノキ)	竹林	竹林
19	果樹園		
20	植林地 (竹林)	高木	高木
21	植林地 (その他)		
22	畑	その他植生	その他植生
23	水田		
24	人工草地		
25	グラウンド等 (ゴルフ場)	裸地	裸地
26	人工構造物		
27	自然裸地	水面	水面
28	開放水面		

が異なることを考慮し、4 時期分取得、作成した (図-1)。機械学習のモデルは、RandomForest を使用し、教師

データの作成には、河川環境データベース¹⁾で公開されている河川環境基図を用い、正解ラベルとした。教師データは、作成した解析画像の75%を教師データ、25%を検証データとして設定し、判読精度を検証した。なお、教師データは、目的に応じて植生の分類数を変えた3種類(河川環境基図の基本分類の28分類、維持管理目的の13分類、河道粗度管理目的の7分類)とした(表-1)。さらに、モデルの汎用性を検討するために、教師データの作成対象を検証する河川のみとした場合(①個別河川学習)と、河川環境情報図等の環境情報が乏しい河川におけるの適用を見据えて、エリアごととした場合(②エリア別学習)の2種類作成した。なお、エリア別学習には、検証する河川のデータは含んでいない。また、精度検証や教師データの分類数の比較検証には、全体数正解率(検証用の25%のデータ数で正解データ数を割った値)を用い、参考に平均正解率(ラベルごとの正解率の平均値)も算出した。

解析対象とする河川は、AIに学習させる教師データの汎用化(地域ごとの教師データの作成等)を見据え、日本の植生のエコロジー²⁾を考慮し、多様な植生が見られる河川を選定した。エリアごとの教師データの作成範囲は、エコロジー区分を参考とし、日本を6区分(北海道、東北・北陸、近畿・山陰、山陽、九州、東海)に分割した。なお、植生判読の対象河川は、常呂川、鶴川、札内川、北上川、富士川、阿賀野川、狩野川、雲出川、円山川、九頭竜川、斐伊川、吉井川、高梁川、佐波川、物部川、山国川、緑川、大淀川の18河川とした。②エリア別学習の検証河川は、表-2の通りである。なお、水域の水路判読については、犀川の河道変遷解析結果の事例を紹介する。

3. 研究結果

3-1 植生群落の自動分類結果

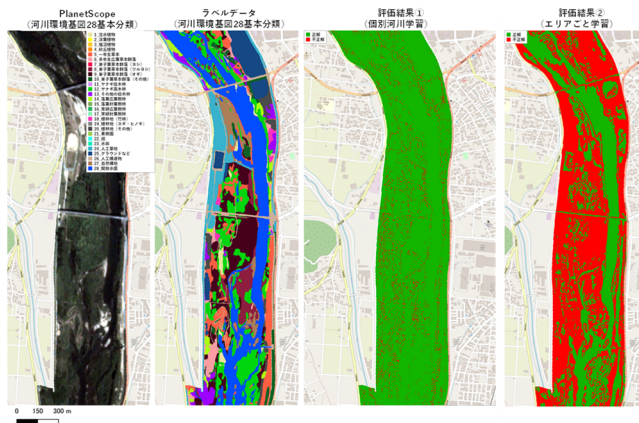
①個別河川学習(28分類)の判読精度は、全体の正解率が8~9割と、比較的高精度に判読を行うことができた。これは、面積が広く、かつ、特徴がはっきりとした判読しやすいラベル(例えば、水域等)の読み取り精度が高かったために、全体の正解率が高くなったと考えられる。なお、個別の正解率が反映されやすい平均正解率は6~7割であった(表-2)。河川環境基図の28分類における全体の正解率と13分類や7分類の全体の正解率は同程度であり、これらの3種類の分類においては、精度に明瞭な違いはみられなかった。また、エリアごとに構築した教師データを用いて、エリア内の別河川を判読した場合、その全体の正解率は3~7割と河川ごとのデータと比べて精度が低下した。

図-2は河川ごとに作成した教師データにおける、高梁川の評価結果である。図中の左から、衛星画像、

表-2 植生自動判読の正解率

No.	河川名	調査年度	正解率(28分類)		
			①個別河川学習		②エリア別学習
			全体の正解率	平均正解率	全体の正解率
1	常呂川	2019	88.97%	74.25%	
2	鶴川	2019	85.99%	73.47%	33.32%
3	鶴川	2020	89.44%	75.35%	29.26%
4	札内川	2019	83.78%	52.18%	
5	札内川	2020	84.12%	51.84%	
6	北上川下流	2018	93.55%	65.25%	74.19%
7	北上川上流	2017	87.95%	67.55%	
8	北上川上流	2018	87.34%	66.50%	
9	富士川	2021	84.70%	68.72%	
10	阿賀野川	2017	87.91%	60.21%	
11	狩野川	2018	81.92%	60.98%	44.19%
12	雲出川	2018	85.72%	70.59%	
13	円山川	2021	92.47%	77.64%	62.86%
14	九頭竜川	2020	89.39%	74.18%	
15	斐伊川	2021	85.07%	68.05%	
16	吉井川	2019	90.66%	69.11%	
17	高梁川	2019	79.22%	65.96%	61.75%
18	佐波川	2020	84.39%	59.55%	
19	物部川	2021	85.55%	72.83%	
20	山国川	2021	84.09%	66.73%	
21	緑川	2020	88.39%	73.13%	38.70%
22	大淀川	2021	91.55%	72.47%	

図-2 判読結果の評価(高梁川の事例)



28分類のラベルデータ(河川環境基図)、①個別河川学習評価結果(緑:正解、赤:不正解)(28分類)、②エリア別学習評価結果(緑:正解、赤:不正解)(28分類)である。①個別河川学習の評価結果をみると、植生境界の部分で誤判読が多くなっている。これは、ラベルデータである河川環境基図が植生群落を一括りにしたポリゴンデータで作られているのに対して、衛星画像を用いた自動判読では、セルサイズ(解像度)ごとに判読結果が算出されるため、境界部が過大または過小に評価されているためであると考えられる。また、目視による従来の調査では、植生群落の境界の判読に、技術者によるばらつきがあることも境界部で誤判読が多い一因であると考えられるが、植生ごとに異なる正解率の要因分析等、詳細な分析が必要である。

3-2 水域の水路自動判読結果

水域の水路自動判読を実施したところ、河道の変遷(植生部や河道内の砂州位置の変遷)、河口砂州の変

遷を、精度よくモニタリングすることができた。

図-3は犀川の2018年から2022年の衛星画像を用いて、河道変遷解析を実施した結果である。図では、滯筋を寒色（青色：2018年10月）から暖色（桃色：2022年10月）に色分けしているが、4年の間に砂州の位置が変化し、滯筋が変化していることがわかる。

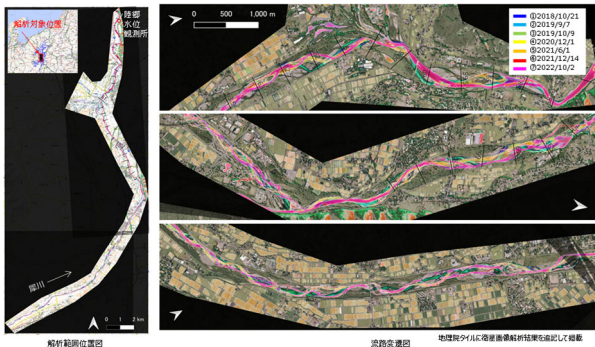


図-3 水域の水路自動判読結果
(河道変遷のモニタリング)

4. 技術の活用可能性

4-1 河川水辺の国勢調査の効率化

植生の自動分類では、河川水辺の国勢調査における河川環境基図の基本28分類を比較的精度よく分類することができたが、高木や低木、沈水植生や浮葉植生等、分類が難しいものもある。また、河川水辺の国勢調査で求められている群落の分類を衛星画像から判読するのは難しいが、現地調査前に実施する判読素図³⁾の作成の代替として活用できる可能性がある。判読素図の植生分類は、従来は12分類程度であったが、判読素図の段階で、本技術を適用することで、より詳細な判読素図を作成することが可能となり、その後の現地調査が効率的に実施できるようになる可能性がある。水域の水路の自動分類の技術は、河川環境基図の水域調査に活用できる可能性がある。今後は、滯筋や砂州位置から、相対的に瀬・淵の位置を把握するなど、衛星画像から水域調査を実施する手法を検討していく必要がある。

4-2 河川管理等への活用

河川管理上重要な外来種の対策は、侵入しやすい場所等を日常的に監視することで早期発見に努めることが重要である⁴⁾。衛星画像を用いた判読により、外来種の早期発見に繋がるだけでなく、河道の物理環境情報と組み合わせて、その成立条件の評価等に活用できる可能性がある。さらに、広範囲な画像を取得できる衛星画像は、外来種の侵入元（例えば、堤内地や上流域）等の対策にも活用できる可能性がある。

また、本技術は、河道の植生繁茂状況や滯筋および

砂州の位置を把握できるため、河川環境に係る植生群落や瀬・淵等の諸量（面積や位置）について、定量的な評価、モニタリングが可能となる。さらに、高頻度撮影のメリットを生かすことで、出水前後や大規模改修後の河道応答に伴う、河川環境の評価や治水上の評価に適用できる可能性がある。今後は、これらの評価技術も同時に開発していく必要があるだろう。河川維持管理における、河道点検（河岸侵食や河口閉塞等の点検⁵⁾）に活用することも可能であると考えられる。

5. おわりに

河道内の植生図の自動判読や水域の水路自動判読技術は、河川水辺の国勢調査の効率化に繋がるだけでなく、維持管理や治水上の粗度管理等にも活用できると考えられ、河川管理において汎用的な技術として有用であると考えられる。一方で、植生判読の精度について、例えば、樹木における低木や高木の判定が難しいなど、課題もある。今後は、河川管理上重要な植生（外来種や河積阻害となる樹木等）に焦点をあてるなど、他の技術との組合せや評価手法の構築等、多角的に技術開発を進めていく予定である。なお、本研究は「令和4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）」の成果を取りまとめたものである。

<参考文献>

- 1) 国土交通省：河川環境データベース、
<https://www.nilim.go.jp/lab/fbg/ksnkankyo/>
- 2) 環境省：生物多様性保全のための国土区分（試案）及び区域ごとの重要地域情報（試案）について、
<https://www.env.go.jp/press/2356.html>
- 3) 国土交通省河川環境課：平成28年度版河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル〔河川版〕（河川環境基図作成調査編），平成28年1月，
<https://www.nilim.go.jp/lab/fbg/ksnkankyo/mizukokuweb/system/manual.htm>
- 4) 国土交通省河川環境課：地域と連携した外来植物防除対策ハンドブック，令和3年7月，
https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/gairai/pdf/handbook.pdf
- 5) 国土交通省河川環境課：堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領，令和5年3月，
https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/pdf/01_teibou_tenkenhyouka_youryou_r503.pdf

