

# 光学衛星データを活用した河道内地被分類 (植生、土砂)の推定

自然環境グループ

研究員 森本 洋一

## 目次

1. 研究背景及び目的
2. 開発目標
3. 研究手法
4. 結果と考察
5. 活用方策と今後の展開
6. おわりに

# 1. 研究背景及び目的

## <研究背景>

- 国土交通省が実施している「河川水辺の国勢調査」では5年に1度「河川環境基図（陸域及び水域）（以降、河川環境基図という）を作成しており、河川環境管理や河川維持管理のための基礎資料として活用されている。

## <課題>

- 全国の直轄河川の総延長は1万kmを超えるため、「河川環境基図」の作成には多大な時間と労力を要している。さらに、都道府県等の管理する中小河川の総延長は11万kmを超え、「河川環境基図」等の河川環境管理のための基礎資料が不足している。
- 「河川環境基図」等の調査結果の精度は、調査担当者の経験に左右されるという課題があるが、新技術（ALB、UAV、衛星画像等）を活用することで、調査結果の精度維持や向上に繋がる可能性がある。

## <研究目的>

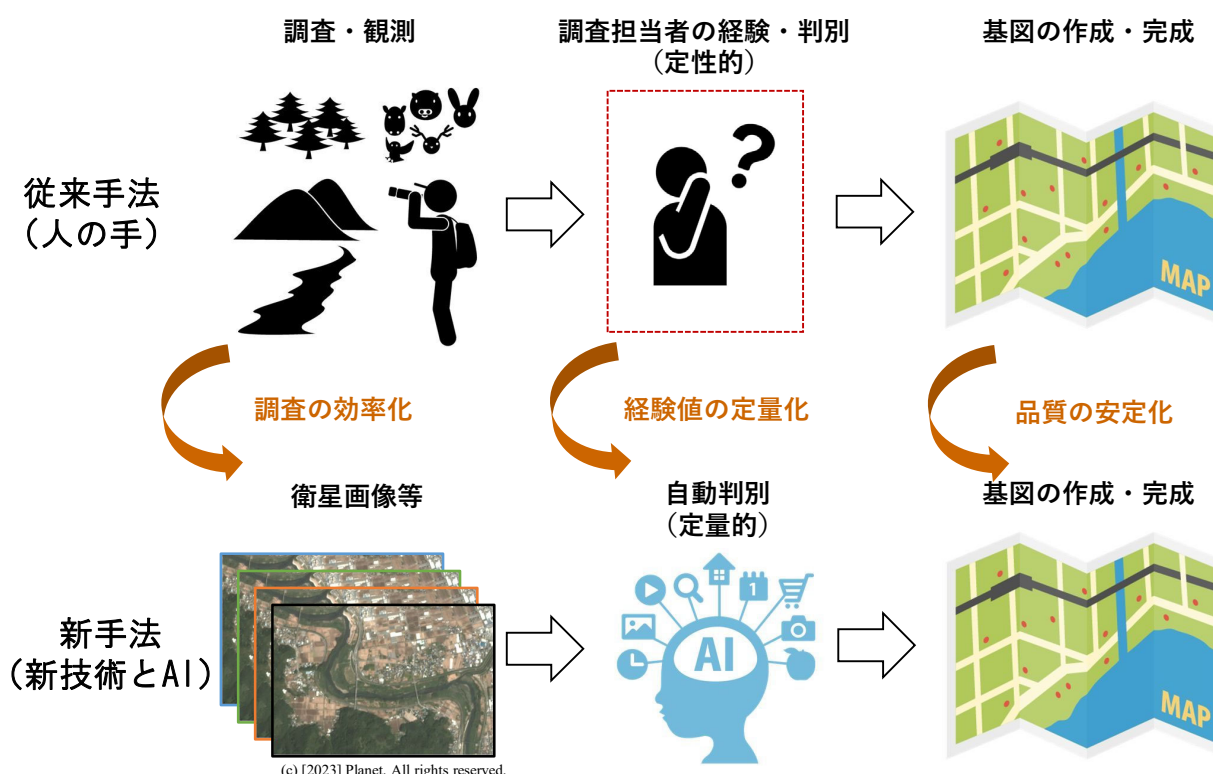
- 本研究では、河川環境基図の作成の効率化を目的に、AIと河川環境基図を用いた自動判読技術を開発し、判読精度を検証し

- さらに同技術の河川環境管理等への活用性について提案を行う。

※ 本実証は、内閣府の公募研究である『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 光学衛星データを活用した河道内地被分類（植生・土砂）の推定』として、公財）リバーフロント研究所の他、日本工営（株）、衛星データサービス企画（株）、スカパーJSAT（株）の4社で実施したものである。

## 【新技術への転換イメージ】

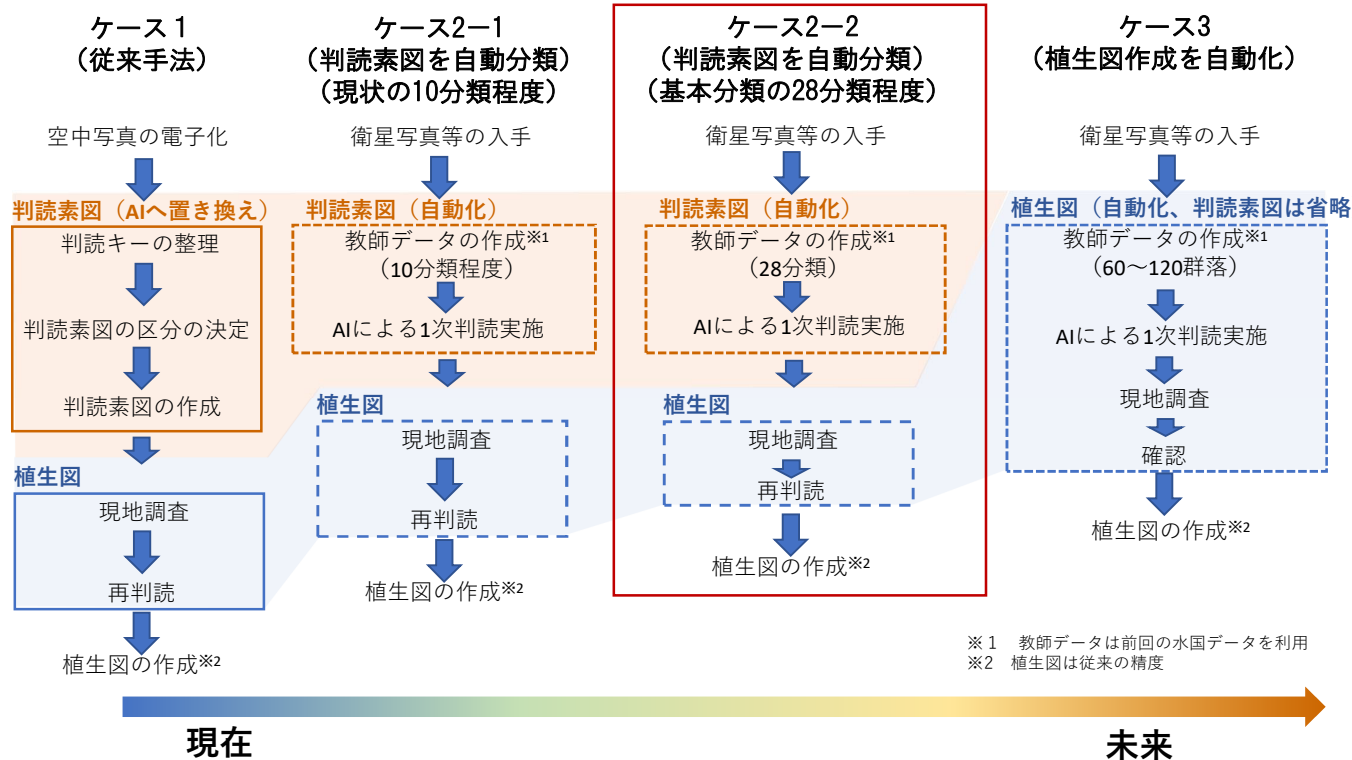
- AIを用いた自動判読は、作業の効率化に繋がるだけでなく、調査担当者の経験や判断基準の定量化による、河川環境基図の品質の安定化に資する技術であると考えられる。



## 2. 開発目標

➤ AIと衛星画像を用いた植生図の自動判読は、群落レベルでの判読は難しいことが想定されるため、現状の判読素図レベルの分類を内包する、「河川環境基図の基本28分類の判読」を開発目標とした。

### 開発目標とする分類数



## 目次

1. 研究背景及び目的
2. 開発目標
3. 研究手法
4. 結果と考察
5. 活用方策と今後の展開
6. おわりに

### 3. 研究手法（1） 使用した衛星

- 本研究で用いた衛星画像は、PlanetScope (DOVE) の光学衛星画像とし、地上解像度は約3mである。
- 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）撮影しているという特徴がある。
- 個別の撮影依頼が必要なく、アーカイブから場所や時期を指定して購入可能。

PlanetScope衛星の諸元

項目	諸元
運用者	Planet Labs(米)
打ち上げ日	2016年6月12日～
高度	400km～475km
地上分解能（直下）	3.0～3.7m（マルチスペクトル）
画像サイズ	HxV=24kmx8km
撮影頻度	約24時間
ビット数	12ビット
波長帯	4バンドマルチスペクトル Blue/Green/Red/NIR

コンステレーション撮影のイメージ



出典：内閣府宇宙政策委員会調査分析部会（第3回）資料  
 (https://www.8.cao.go.jp/space/committee/tyousa-dai3/siryou4.pdf)

季節によって色や形等が変化する植生の判読や出水前後の河道等のモニタリングに適していると考えられる

出典：一財）リモートセンシング技術センターホームページ  
 (https://www.restec.or.jp/solution/product/planetscope.html)  
 ：スカパーJSAT（株）ホームページ  
 (https://www.skyperfectjsat.space/jsat/service/planet/#3)

### 【衛星利用とUAV写真、航空写真のメリデメ整理（案）】

- 衛星写真とUAV写真について、得られる情報の違い（地上解像度、撮影コスト、計測時間、撮影時期の任意性（任意の時期の写真が取得しやすいかどうか、高さ情報）と判読上の違い（判読の詳細さ、判読時間、現地調査時間、自動判読への適用性）を、現状の空中写真を基準にメリットとデメリットを整理した。
- 様々な技術を適材適所で活用していく必要があるが、衛星画像は広範囲を一度に調査可能であること、高頻度撮影が可能であることなどから、概略調査（1次スクリーニング含む）や出水前後の比較、継続的なモニタリングなどに適している。

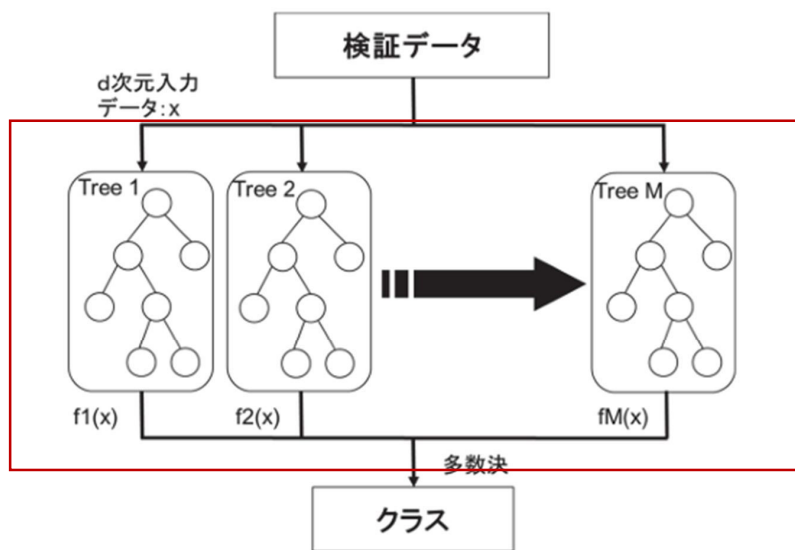
#### 衛星画像（Planet DOVE）利用のメリット

- UAV写真や航空写真を新たに取得するよりも低コスト
- 一度に広範囲の画像が取得できるため（≒中小河川や流域の情報も取得可能）
- 撮影頻度が高く情報の即時性が高い
- 画像アーカイブが蓄積されているため、機械学習の際に覚えさせることができるデータが多い
- 性能と価格のバランスが良い

衛星画像	中～低 (基本分類、判読素因レベル)	中	中～長	大
航空測量 (ALB含む)	中 (基本分類レベル)	中	中	中

### 3. 研究手法（2） 使用した機械学習モデル

- 機械学習モデルには、「ランダムフォレスト」を用いた。
- 「ランダムフォレスト」はアンサンブル学習の一種であり、回帰やクラスタリングに利用可能なモデルである。
- 解釈性と精度のバランスが良く、実用的なアルゴリズムの一つと言われており、プログラムが公開されているため展開も容易である。



ランダムに抽出した検証データから複数の決定木を作り（繰り返し作成）、複数の学習成果を合議（多数決）して結果を推定する。

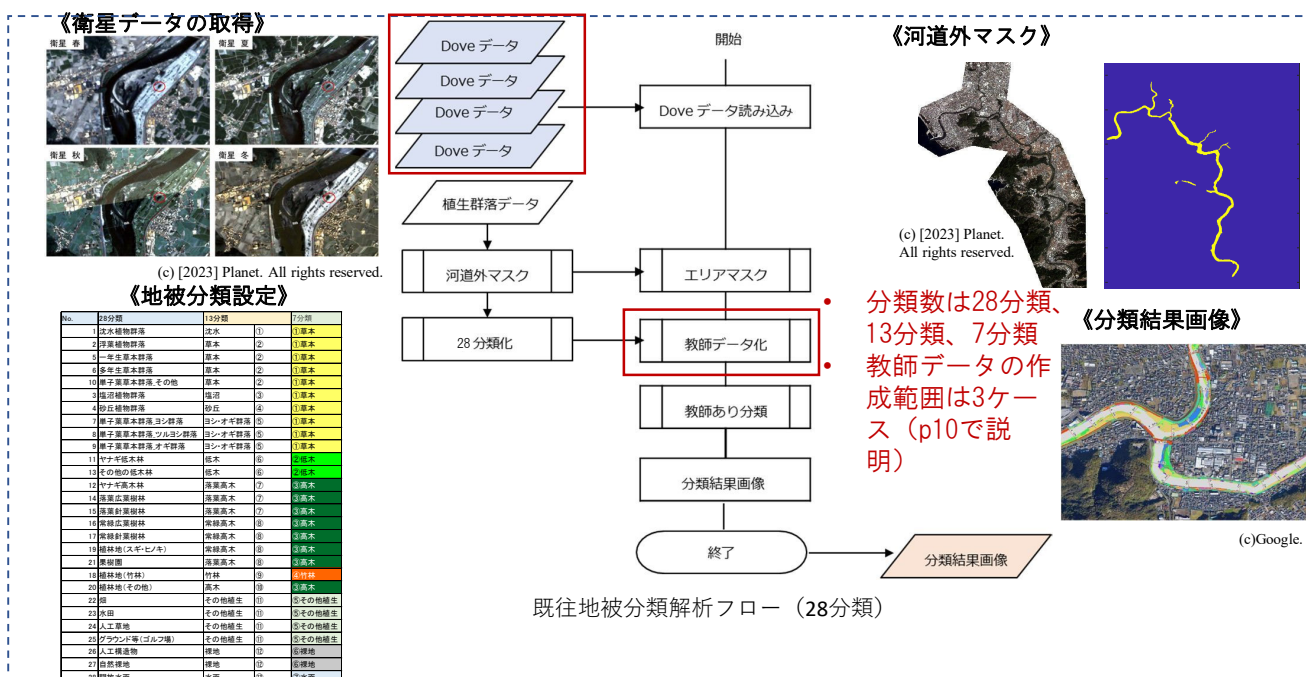
図-1 ランダムフォレストの概念図

出典：一財）土木研究センター 月刊土木技術資料に掲載された土木用語の解説 「ランダムフォレスト」  
 (https://www.pwrc.or.jp/yougo\_g/myrw.php)

### 3. 研究手法（3） 河道内植生分類手法

- PlanetScopeの衛星画像とランダムフォレストの機械学習を用いて、河道内植生の分類手法（教師つき分類）を開発した。
- 教師データは『河川環境基図』とした。

衛星画像は4時期×7種類  
 (p9で説明)



分類数は28分類、13分類、7分類  
 教師データの作成範囲は3ケース (p10で説明)

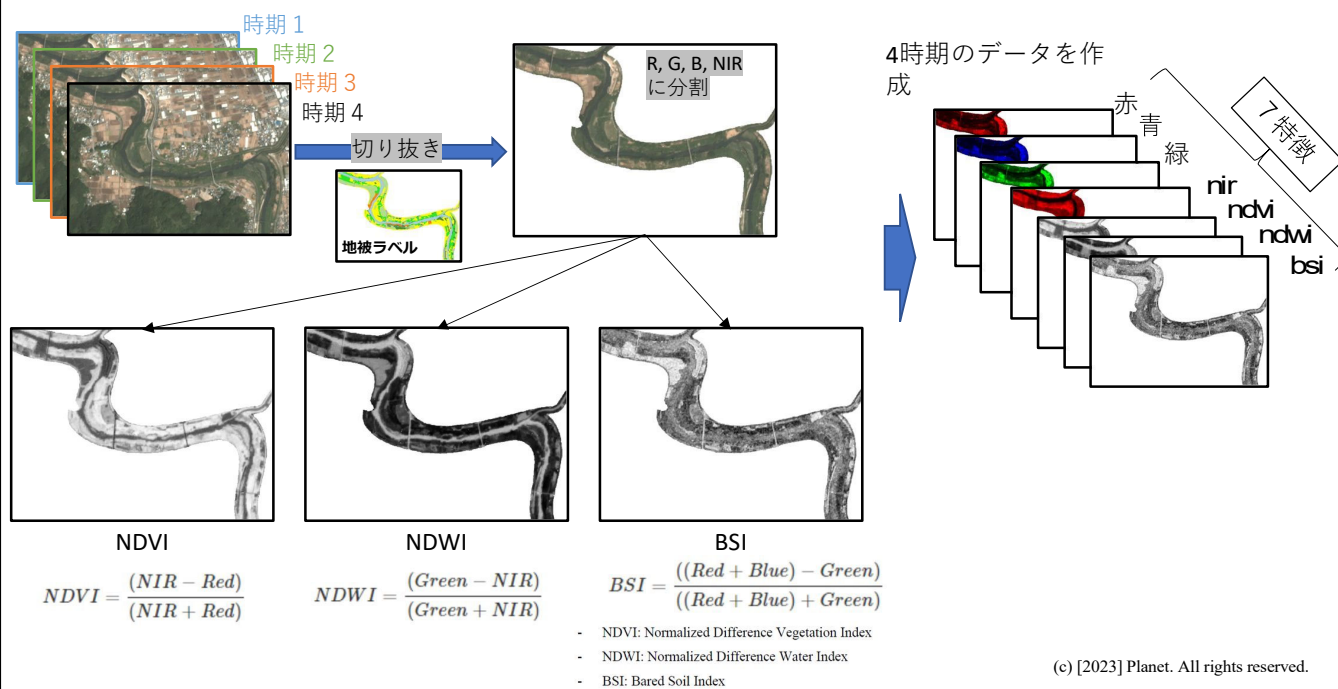
《地被分類設定》

No.	28分類	13分類	7分類
1	広葉樹林	広葉樹林	広葉樹林
2	針葉樹林	針葉樹林	針葉樹林
3	一年生草本群落	草本	①草本
4	多年生草本群落	草本	②草本
5	多年生草本群落_その他	草本	③草本
6	半常緑樹林	常緑	④常緑
7	砂丘植物群落	砂丘	⑤砂丘
8	樹子葉本群落_ヨシ群落	ヨシ・オアシ群落	⑥ヨシ
9	樹子葉本群落_ツルヨシ群落	ヨシ・オアシ群落	⑦ヨシ
10	樹子葉本群落_オアシ群落	ヨシ・オアシ群落	⑧ヨシ
11	ツルヨシ群落	草本	⑨草本
12	その他の低木林	低木	⑩低木
13	ヤナギ高木林	高木	⑪高木
14	落葉広葉樹林	落葉高木	⑫高木
15	落葉針葉樹林	落葉高木	⑬高木
16	常緑広葉樹林	常緑高木	⑭高木
17	常緑針葉樹林	常緑高木	⑮高木
18	雑草林(スギ・ヒノキ)	常緑高木	⑯高木
19	雑草林	常緑高木	⑰高木
20	雑草林(竹林)	竹林	⑱竹林
21	雑草林(その他)	雑草	⑲雑草
22	田	その他雑草	⑳その他雑草
23	水田	その他雑草	㉑その他雑草
24	人工草地	その他雑草	㉒その他雑草
25	ワラント等(ゴルフ場)	その他雑草	㉓その他雑草
26	工業用地	裸地	㉔裸地
27	自然裸地	裸地	㉕裸地
28	開拓水面	水面	㉖水面

既往地被分類解析フロー（28分類）

### 3. 研究手法（4） 解析データの作成

- 河川環境基図の範囲に衛星データを切り取り、解析データの作成を実施。
- 解析範囲の衛星画像データを赤、青、緑、近赤外線バンド毎に区分、各画像に対し、NDVI, NDWI, BSIの解析値の3インデックスを加え、7つの変数を作成。
- 上記の画像を4時期分作成。



### 3. 研究手法（5） 解析ケースの作成

- 解析は3つの分類数（28分類、13分類、7分類）と5つのケースで実施。
- 本発表では以下のケースについて報告する。
- ケース1：28分類・河川ごとに教師データを作成し、当該河川で検証
- ケース4：エリア内の複数河川で教師データを作成し、エリア内の当該河川以外で検証  
(ケース4は、教師データのない中小河川への適用も念頭に実施)

#### 《分類の設定》

- 本技術は、河川環境基図作成における判読素図としての活用、河川維持管理、治水能力評価の基礎資料としての活用を念頭に、3種類の分類で評価。

#### ①分類A：28分類

⇒ 河川環境基図作成工程における判読素図のとしての活用

#### ②分類B：13分類

⇒ 河川維持管理に使用する最小分類に28分類を統合

#### ③分類C：7分類

⇒ 治水評価のために必要な分類に28分類を統合

#### 《解析ケースの設定》

- ◆ 最適な教師データの確認、将来的にはデータのない中小河川への適用を目指した解析技術の評価が可能なケースを設定

#### ①ケース1：個別河川データのみを教師データとして使用

②ケース2：全国河川データを統合して教師データとして使用

③ケース3：①、②の最適化した教師データを使用

#### ④ケース4：エリア別学習（当該河川含まない）

④ケース5：地方の組み合わせ（当該河川含まない）

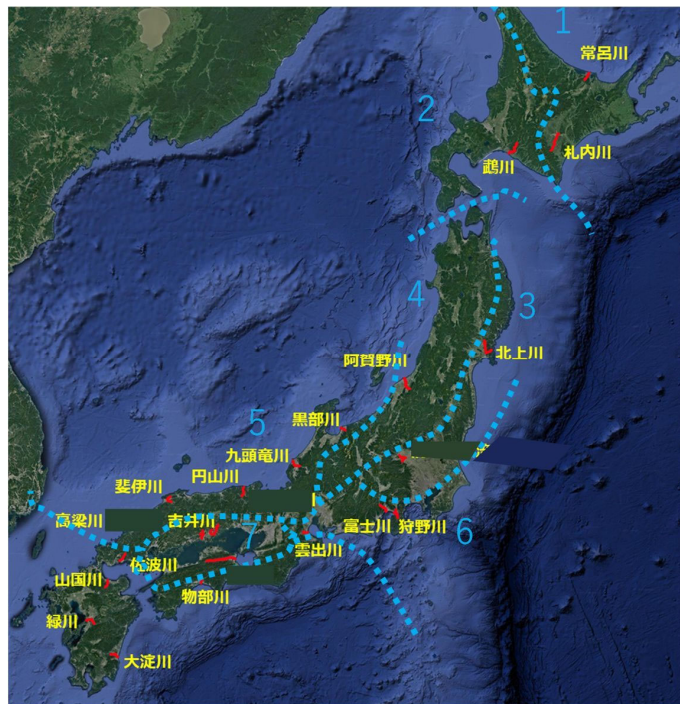
植生の分類数

No.	28分類	13分類	7分類
1	沈水植物群落	沈水	① ①草本
2	浮葉植物群落	草本	② ①草本
5	一年生草本群落	草本	② ①草本
6	多年生草本群落	草本	② ①草本
10	単子葉草本群落_その他	草本	② ①草本
3	塩沼植物群落	塩沼	③ ①草本
4	砂丘植物群落	砂丘	④ ①草本
7	単子葉草本群落_ヨシ群落	ヨシ・オギ群落	⑤ ①草本
8	単子葉草本群落_ツルヨシ群落	ヨシ・オギ群落	⑤ ①草本
9	単子葉草本群落_オギ群落	ヨシ・オギ群落	⑤ ①草本
11	ヤナギ低木林	低木	⑥ ②低木
13	その他の低木林	低木	⑥ ②低木
12	ヤナギ高木林	落葉高木	⑦ ③高木
14	落葉広葉樹林	落葉高木	⑦ ③高木
15	落葉針葉樹林	落葉高木	⑦ ③高木
16	常緑広葉樹林	常緑高木	⑧ ③高木
17	常緑針葉樹林	常緑高木	⑧ ③高木
19	植林地(スギ・ヒノキ)	常緑高木	⑧ ③高木
21	果樹園	落葉高木	⑧ ③高木
18	植林地(竹林)	竹林	⑨ ④竹林
20	植林地(その他)	高木	⑩ ③高木
22	畑	その他植生	⑪ ⑤その他植生
23	水田	その他植生	⑪ ⑤その他植生
24	人工草地	その他植生	⑪ ⑤その他植生
25	グラウンド等(ゴルフ場)	その他植生	⑪ ⑤その他植生
26	人工構造物	裸地	⑫ ⑥裸地
27	自然裸地	裸地	⑫ ⑥裸地
28	開放水面	水面	⑬ ⑦水面

### 3. 研究手法（6） 実証対象河川

➤ 教師データの無い中小河川など全国の様々な河川への適用も念頭に入れ以下の方針で河川を選定した。

- ①日本のエコリージョンの網羅
- ②様々な河川形態（急流河川、複列、単列、高水敷、河口砂州、湿原等）の網羅
- ③衛星データ（PlanetDove：2017年～）が取得可能期間に調査を実施している河川



(c)Google

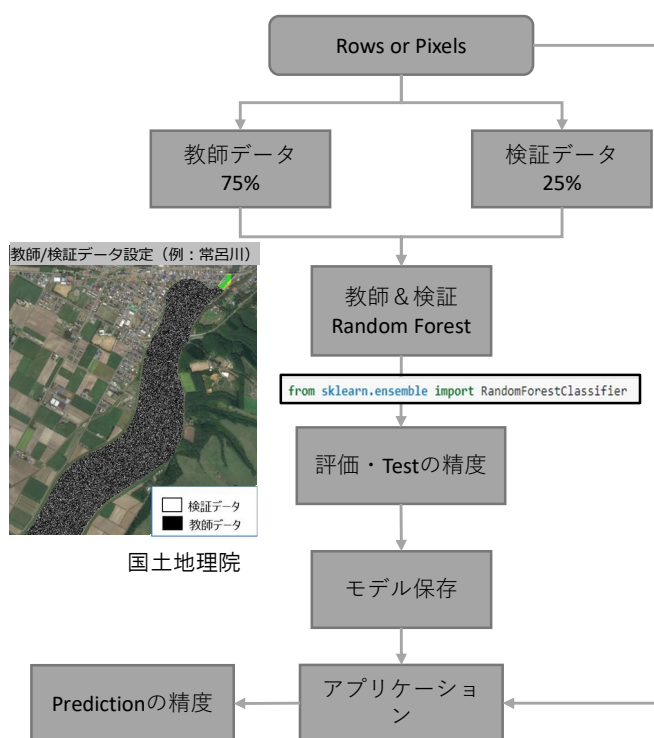
出典：環境省：生物多様性保全のための国土区分（試案）及び区域ごとの重要地域情報（試案）について (<https://www.env.go.jp/press/2356.html>)

### 3. 研究手法（7） 解析の実施

➤ ランダムフォレストを用いた解析では、解析画像の範囲に対して、75%を教師データ、25%を検証データとした。

解析実施河川一覧表

No	河川名	調査年度		解析（個別河川）	解析（全河川）	エリア別
		陸域	水域			
1	常呂川	2019		○	○	
2	鷓川	2020	2019	○	○	○
3	沙流川	2020	2019			
4	札内川	2020	2019	○	○	
5	北上川_下流区間	2018		○	○	○
6	北上川_上流区間	2018	2017	○	○	
7	常陸利根川	2021				
8	鳥川・神流川	2021				
9	富士川	2021		○	○	
10	阿賀野川	2017		○		
11	黒部川	2019				
12	狩野川	2018		○	○	○
13	雲出川	2018		○	○	
14	由良川	2017				
15	円山川	2021		○	○	○
16	九頭竜川	2020		○	○	
17	斐伊川	2021		○		
18	吉井川	2019		○	○	
19	旭川	2017				
20	高梁川	2019		○	○	○
21	佐波川	2020		○	○	
22	吉野川	2020				
23	物部川	2021		○	○	
24	山国川	2021		○		
25	緑川	2020		○	○	○
26	大淀川	2021		○	○	



# 目次

1. 研究背景及び目的
2. 開発目標
3. 研究手法
- 4. 結果と考察**
5. 活用方策と今後の展開
6. おわりに

## 4. 結果（1）各河川の正解率

各河川の正解率（28分類）

- 個別河川学習の正解率は80%以上と高い精度で判読することができた。
- ラベルごとの正解率の平均は50~70%程度であった。
- エリア別の学習では、個別河川学習に比べて正解率が低下。
- 3つの分類（28分類、13分類、7分類）での判読と精度に大きな違いはない。



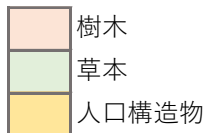
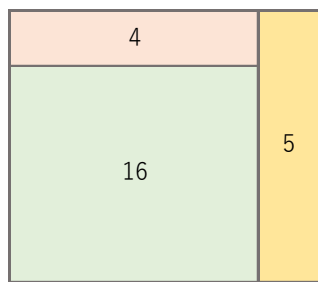
**個別河川の学習においては、基本28分類が比較的精度よく判読することができた。**

No.	河川名	調査年度	正解率		
			①個別河川学習		②エリア別学習
			正解率	平均正解率	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%	

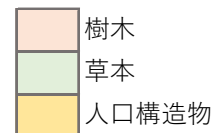
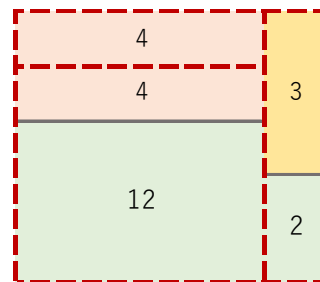


### 【正解率の算出方法について】

水国ラベル



自動判読結果



① 全体の正解率

正解ラベル面積を水国の正解ラベルで割った値

② ラベルごとの正解率の平均値

植生ごとの正解率の平均値

## 4. 結果（2）北上川下流の事例

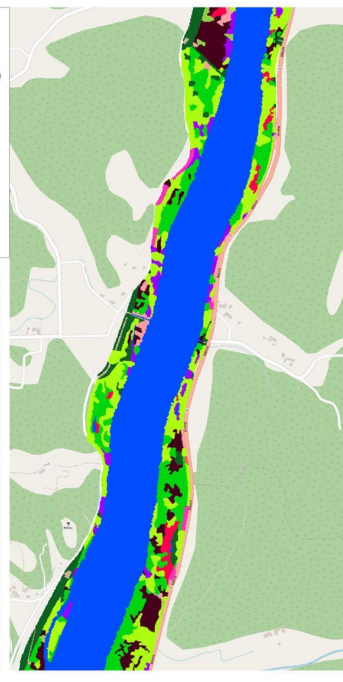
（個別河川学習及びエリアごと学習・28分類）

- ▶ 個別河川学習の解析結果を見ると、植生境界部分での誤判読が見られるが高い正解率。
- ▶ エリアごと学習では正解率が低い。

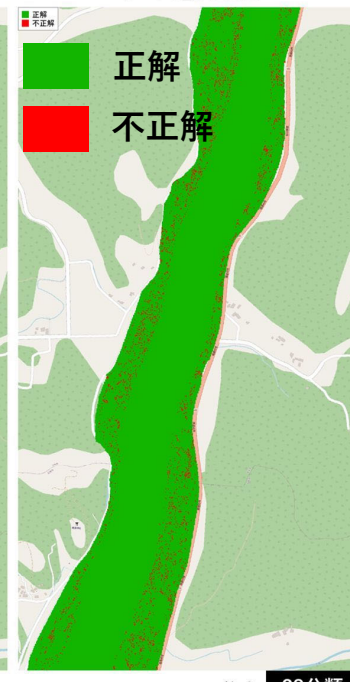
衛星画像



水国データ（ラベル）



個別河川学習

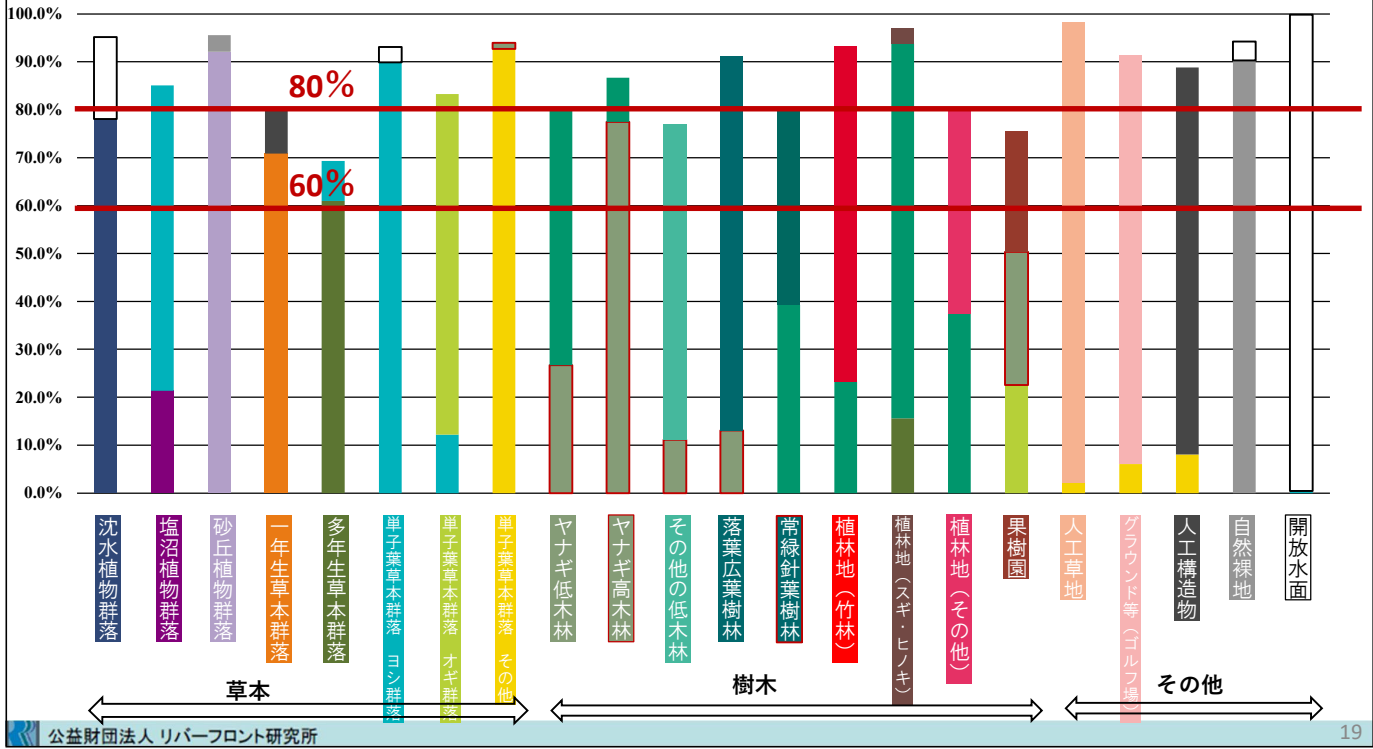


エリアごと学習



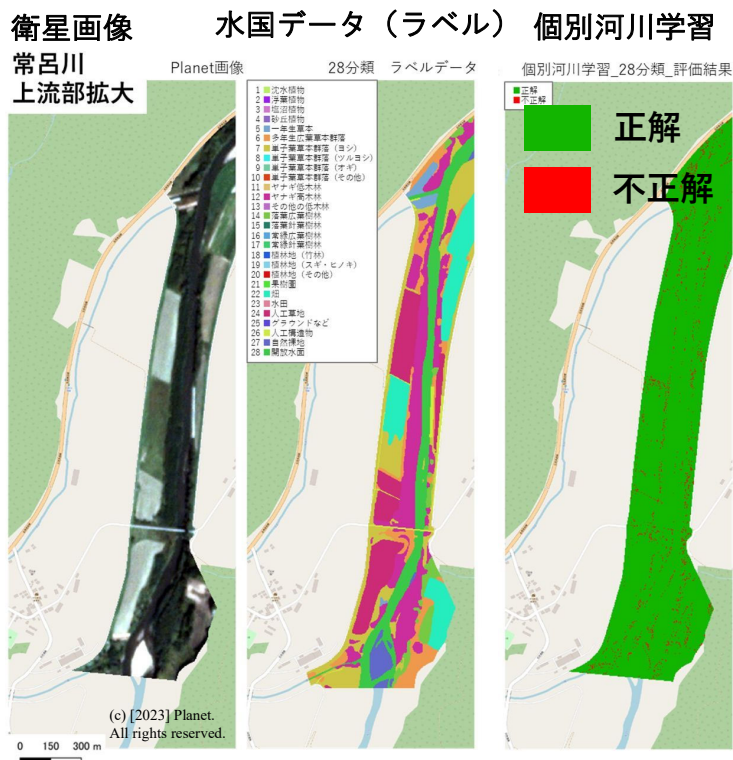
# 4. 結果（3）北上川下流の事例（個別河川学習・28分類）

- 単一河川28分類の全体数正解率は93.55%、平均正解率は65.25%であった。
- 草本類では塩沼地植生（約20%）、多年生草本群落（約60%）であったが、その他の草本類は70%以上の正解率であった。
- 樹木は草本に比べて精度が悪く、ヤナギの低木と高木の分類や広葉樹と針葉樹の分類等が難しい。
- ※ グラフには『正解率が最も高いラベル』と『誤判読されたラベルのうち割合が高いもの』の2ラベルを表示（果樹園は落葉広葉樹とヤナギ高木への誤判読が多かったため、3ラベル表示）



# 4. 結果（4）常呂川の事例（個別河川学習28分類）

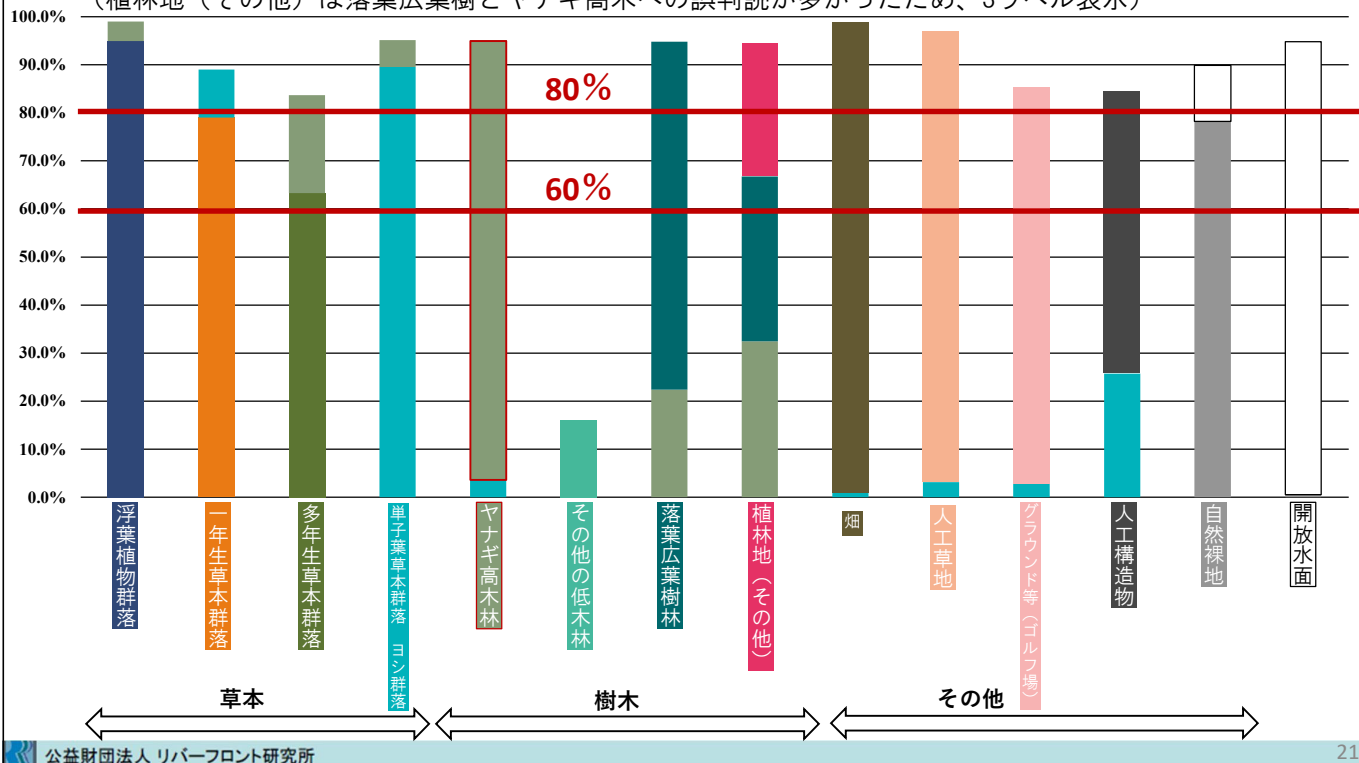
- 個別河川学習の解析結果を見ると、植生境界部分での誤判読が見られるが高い正解率。



## 4. 結果（4）常呂川の事例

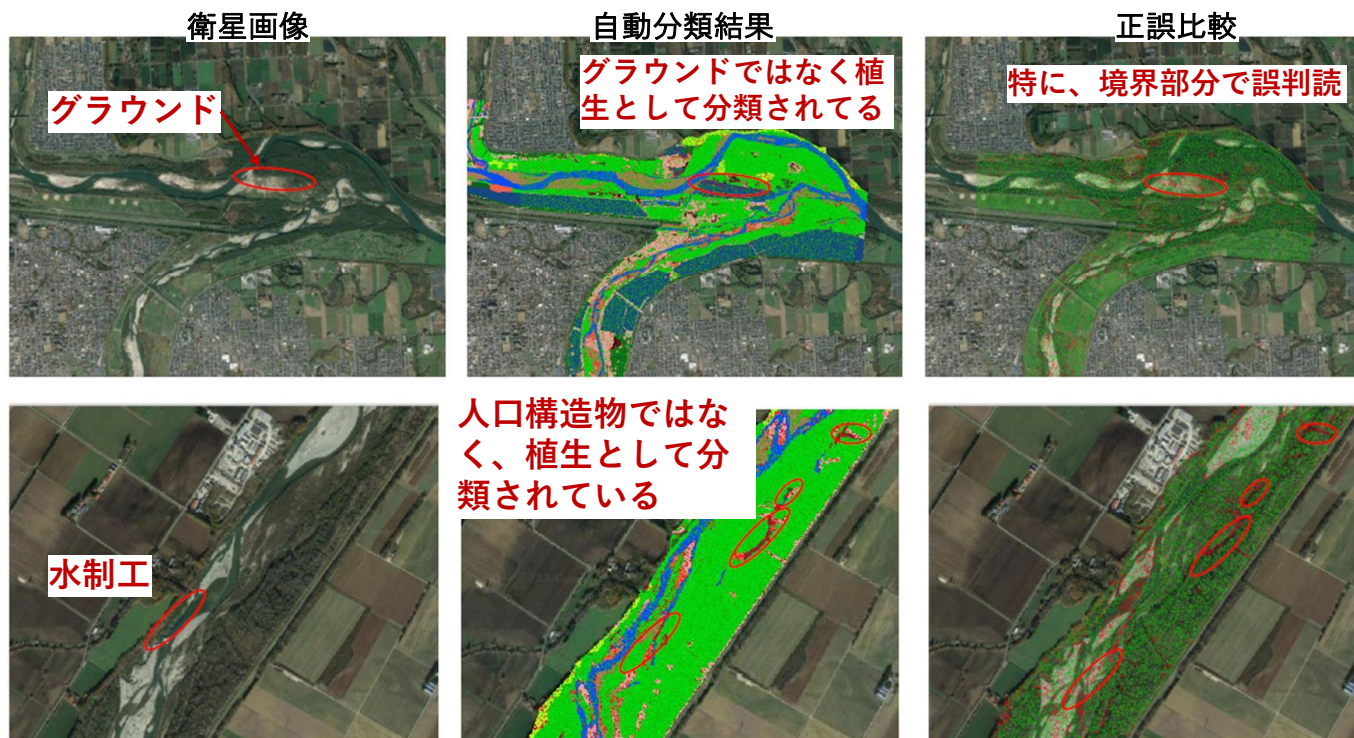
- 単一河川28分類の全体数正解率は88.97%、平均正解率は74.25%であった。
- 草本類を見ると、多年生草本群落の正解率は約60%、それ以外は80%を超えている。
- ヤナギについては、ヤナギ低木ラベルが無かったため、正解率が高いが、その他の樹木は正解率は草本に比べると低い。

※ グラフには『正解率が最も高いラベル』と『誤判読されたラベルのうち割合が高いもの』の2ラベルを表示（植林地（その他）は落葉広葉樹とヤナギ高木への誤判読が多かったため、3ラベル表示）



## 4. 結果（6）境界部分での誤判読の例

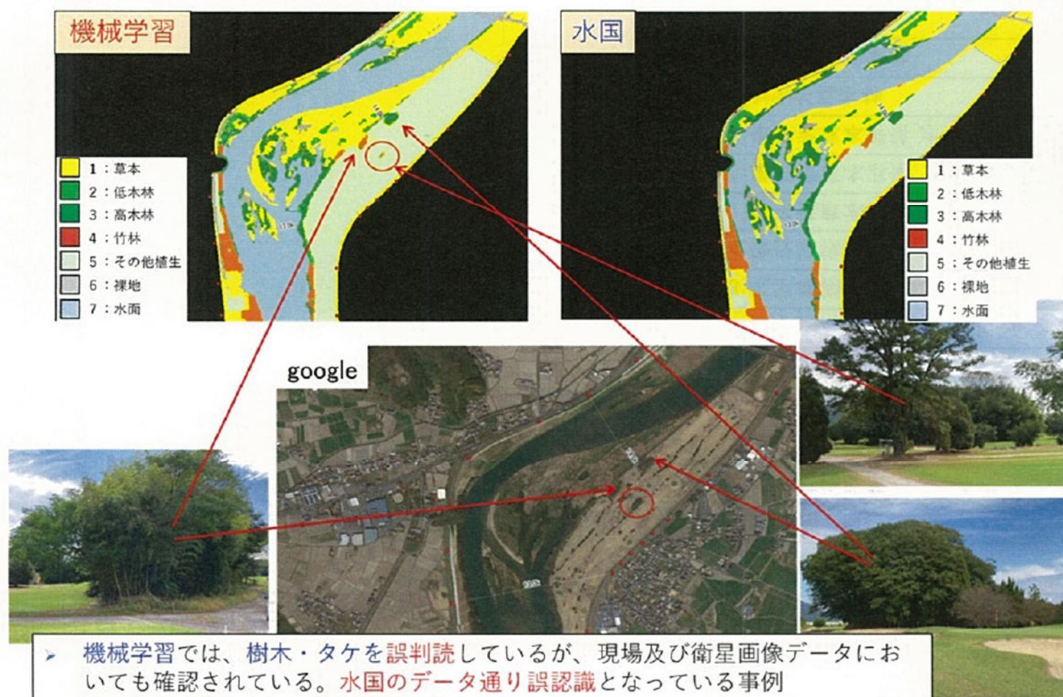
- グラウンドに分類されている区域と植生（ヤナギ高木）との境界区域で誤判読
- ヤナギ高木類に囲われたヤナギ低木に分類されている区域で誤判読
- 人工構造物となる水制工区域で誤判読



## 4. 結果（7）ゴルフ場等の誤判読

- 河川敷のゴルフ場内にある樹木は、ゴルフ場ではなく樹木として判読されるため、誤判読が生じている。

### 《解析結果と水国の比較①》



※ 背景の航空写真は国土地理院

## 4. 結果（8）まとめ

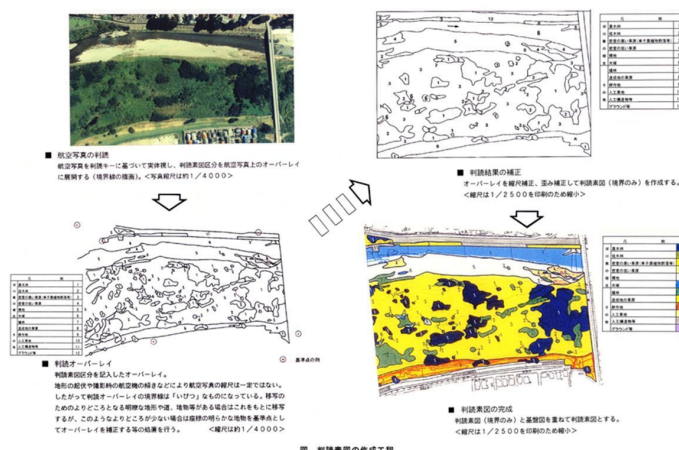
- 個別河川学習の正解率は80%以上と高く（各ラベルの正解率の平均値では60～70%）、河川水辺の国勢調査の河川環境基図における判読素図の代替としては活用が期待できる。
- 誤判読は植生境界付近や人口構造物、人口草地、グラウンド等で多く見られる。（理由としては、画像の解像度に依存することや、自動判読だと施設内の樹木も植生としてカウントされることなどが考えられる。）
- 高木低木の分類や針葉樹と広葉樹の分類が難しい。（画像のきめや凸凹などの見え方の違いは、調査担当者の目視では判別できるが、衛星画像の色情報や反射情報のみでは判読が難しいと考えられる。用いる画像を限定したり、高さ情報などを加えることで解決する可能性もあるため、今後さらなる検証が必要。）
- エリア学習や全国学習では、精度が低下し、汎用的な教師データの作成には課題が残った。（理由としては、河川ごとに同じ植生であっても画像の写り方が異なることや、地域によって優先する植物種類が異なることなどが考えられるが、誤判読の傾向を精査し原因を探っていく必要がある）

# 目次

1. 研究背景及び目的
2. 開発目標
3. 研究手法
4. 結果と考察
5. 活用方策と今後の展開
6. おわりに

## 5. 活用方策と今後の展開（1） 河川水辺の国勢調査への活用

- 今回の実証結果から、河川環境基図作成における判読素図に本技術が活用できると考えられる。
- 河川環境基図の作成時期と同時期の衛星画像を用いることで、判読素図段階で従来よりも詳細な図面を作成することが可能となる。
- 今後は、他の新技術（ALBやUAV）も含め、河川水辺の国勢調査への実装を進めていく必要がある。



### 判読素図の作成工程

出典：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）  
[https://www.nilim.go.jp/lab/fbg/ksnkankyo/mizukokuweb/system/Download/H28KK\\_manual\\_river/H28KK\\_07.kizu.pdf](https://www.nilim.go.jp/lab/fbg/ksnkankyo/mizukokuweb/system/Download/H28KK_manual_river/H28KK_07.kizu.pdf)

## 5. 活用方策と今後の展開（2） 河川環境管理への活用（生息場）

- ▶ 衛星画像を用いて、過去からの植生変化の概観や大洪水インパクト後の変化とその後の植生変化などを捉えることができる。
- ▶ 河川環境上重要な氾濫原環境の経年的な消長や洪水インパクトに対する植生の影響を把握することで、今後の河川環境管理における目標設定等の基礎資料として活用できる可能性がある。

⇒物理環境の変化（気候変動による流況の変化や出水、工事等によるインパクト）と植生変化や滯筋の変化の関係を把握することで、自然環境と治水機能を両立した河道形状の検討など。



## 5. 活用方策と今後の展開（3） 外来種対策への活用

- ▶ 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。
- ▶ 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。
- ▶ 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。

4月～5月

開花



6月～8月



9月～12月

結実



ハリエンジュの生活史

出典：地域と連携した外来植物防除対策ハンドブック（案）令和3年7月 国土交通省 河川環境課  
 ([https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/kankyo/gairai/pdf/handbook.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/gairai/pdf/handbook.pdf))

## 5. 活用方策と今後の展開（4）樹林化対策

- 河道内の樹林化のモニタリングは、河川の環境や治水にとって必要不可欠である。
- また、河道掘削後は年数が経つにつれて樹林の面積が拡大していくことが知られており、掘削後の樹林化のモニタリングも必要である。
- 衛星画像を用いることで簡単に樹林化のモニタリングが可能となる。

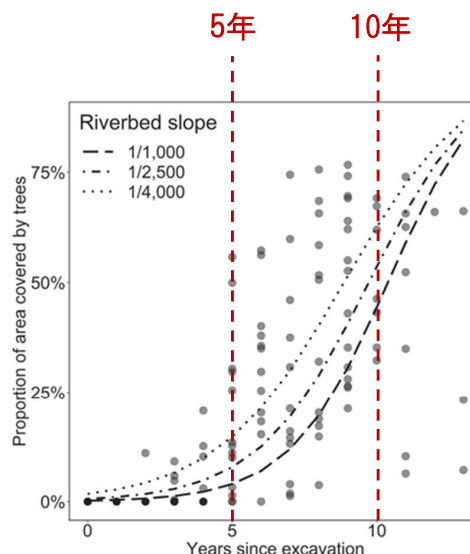


Fig. 3. Relationships between the proportion of tree-covered to excavated area and years since the excavation depending on the riverbed slopes. Dashed, dashed-and-dotted, dotted lines represent significant relationships for riverbed slopes, 1/1,000, 1/2,500, and 1/4,000, respectively.  
河床勾配に応じた掘削からの経過年数と樹林の面積割合との関係。点線は河床勾配が1/1,000の場合、一点鎖線は1/2,500の場合、鎖線は1/4,000の場合に推定された関係を示す。

出典：川尻 啓太, 森 照貴, 内藤 太輔, 今村 史子, 徳江 義宏, 中村 圭吾 (2023) 高水敷を掘削した後に見られる河道内樹林の拡大速度、応用生態工学 26巻 1号  
<https://doi.org/10.3825/ece.22-00011>

## 6. おわりに

- 本技術は、航空写真の撮影と解析（オルソ化の手間）が必要ないため、画像取得時のコストは航空写真（新たに撮影する場合）より小さく、調査の効率化が可能と考えられ、今後活用が進むことを期待している。
- 一方で、今後、本技術を実装するにあたっては、以下のような検討が必要であると考える。
  - ・ 適材適所による技術の活用方策（UAVやALB等とのすみ分け）の検討や様々な技術を組み合わせた活用方法の検討。
  - ・ 教師データの作成方法や選び方等の検討と教師データのない河川における活用を踏まえたガイドラインの提示。
  - ・ 自動判読結果に対する精度管理手法や照査手法の検討とルール化。

