

ディジタル空中写真を用いたアレチウリ個体群分布推定手法に関する基礎的研究

独立行政法人土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム 正会員 ○傳田 正利
独立行政法人土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム 正会員 萱場 祐一

1. はじめに

特定外来生物アレチウリ (*Sicyos angulatus*) の個体群管理は、河川生態系の管理上、重要な課題である。河川の維持管理基準においても、アレチウリは防除・抑制の対象としてリストアップされ、河川の生物多様性保全に際し、配慮が必要な種であることを示している。

河川管理の現場では、アレチウリの抑制の具体策として、(イ) 高水敷掘削によるアレチウリ個体群の抑制、(ロ) 抜き取りによるアレチウリ個体群の抑制の 2 つの抑制方法が提案されている。(イ) の方法は、千曲川の複数地点において、その効果・持続性が確認されている^{1) 2)}。(ロ) は、アレチウリ群落が形成される地点において、埋土種子から発芽したアレチウリ個体を年 3 回程度、複数年間抜き取り、アレチウリ個体群の再生産を抑制する方法で、実験的にその効果が確認されている³⁾。これらの方法は効果的であるが、事業規模や労力を考慮すると、流域のアレチウリ個体群分布、特にその維持拡大に大きな影響を与える箇所から重点的に行うことが望ましい。研究・実務の両面から、アレチウリ個体群分布を流域スケールで定量的に推定し、個体群管理を行う手法が必要である。

流域レベルでのアレチウリ個体群分布のデータを取得する上で、筆者が考える最も効率的な方法は、空中写真からアレチウリ個体群分布を推定することである。既存の水工学分野や河川生態学の研究で、空中写真は一般に活用され目視判読による河川地形・植物群落の把握等、多くの研究事例・活用事例が挙げられる^{4)~5)}。また、空中写真は、不定期ではあるが継続的に撮影されるため、流域スケールでのアレチウリ個体群の拡大状況管理には有用である。

近年の空中写真測量やディジタル画像処理技術の発達により、空中写真活用はより高度な技術として発達しつつある^{6)~8)}。撮影に用いられるカメラはディジタル化され、地被状態を 0.1m 程度の解像度で鮮明に記録する。ディジタル化されたデータは画像解析技術が適用し易い。しかし、詳細は 2 章で整理するが、画像解析技術をアレチウリ個体群分布に適用するには、技術的な問題点があり、技術改良を行う必要がある。そのため、本研究では、筆者らが提案する画像解析手法を千曲川に適用し、提案する手法の技術的可能性を検討し、流域スケールでのアレチウリ個体群分布の推定手法への発展性を議論することを目的とする。

2. 既往画像解析の問題点と空中写真の画素特性を用いたアレチウリ個体群の抽出方法の特徴

(1) アレチウリ個体群分布推定における画像解析手法の問題点

本研究の目的に適用可能な画像解析技術として、画像分類が挙げられる。これは、分光特性（空中写真の RGB バンドの画素特性）の類似性に基づき画像をクラスタ化し、このクラスタに対してクラス名等を割り当てる手法である。画像分類は、対象画像内の一部を教師データとして指定し、クラスと分光特性の典型例を予め教える教師付き分類 (Supervised classification method, 以下、SC 法) と、教師データを予め与えず分光特性類似性のみを用いて、分類する教師無分類法 (Unsupervised classification method) に分類される。

SC 法は、画像解析で広く活用され⁴⁾、衛星写真や空中写真内にまとまった領域を形成する場合には極めて有効な手法である。河川を例にとれば、水域や砂礫地等を空中写真上で指定し、分光特性が類似した画素を抽出し、景観分類図を作成する場合である。

キーワード アレチウリ, デジタル空中写真, 画像解析, 個体群分布

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独) 土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム TEL 029-879-6775

E-mail : denda@pwri.go.jp

しかし、アレチウリ個体群分布の推定に、SC 法は適用が難しい面が多い。まず、SC 法は、アレチウリ個体群が優占した場合は適用できるが、空中写真上で群落を認識できないような生育状況、例えば、他の植物種と共存するアレチウリ個体群は領域として指定するのが難しい。例えば、ハリエンジュ等の樹林内にアレチウリが生育する場合などである。同時に、SC 法では、アレチウリ以外の相当数の植物群落を反証的に指定しないとアレチウリ個体群の抽出が難しい。このため、SC 法の適用には一定の限界があると考えられる。

(2) 画素特性を利用したアレチウリ個体群分布の抽出手法の提案

筆者らは、上記の技術的問題点を克服するために、冬期に撮影された空中写真の画素特性を利用したアレチウリ個体群分布推定を試みた。冬期に撮影された空中写真上で、アレチウリ個体群は特徴的な白色で認識でき、他の植物と判別出来る。この特徴的な白色を表現する画素特性を用いると、アレチウリの生育する画素を抽出することが可能となると考えられる。この白色は、畑地・果樹園内に生育する草本や冬枯れしたオギの色と類似する問題点があるが、アレチウリの生育密度がこの問題の解決策を示す。筆者らの現地調査の結果、畑地・果樹園内に生育する草本や冬枯れしたオギと比較して、冬期のアレチウリの分布密度は低い。画像解析の観点から見れば、畑地・果樹園内の草本または冬枯れしたオギの区域では特徴的な白色の画素数が多いが、アレチウリの生育区域内では画素数が少なく不均質であると考えられる。すなわち、画像上に一定の区画を定義し、区画内の特徴的な白色の画素数をカウントすることにより、アレチウリが生育する区域と畑地・果樹園内の草本または冬枯れしたオギの区域を区別することが出来ると考えられる。

(3) 冬期の空中写真を利用する利点

冬期に撮影された空中写真は、アレチウリ特有の色以外にも利点がある。冬期に撮影した空中写真では、河道内樹木が落葉しているため、樹林内に生育するアレチウリ個体群を認識するのが容易で、植物群落調査では記録されないアレチウリ個体群の生育状況を考慮出来る利点がある。また、冬期は、アレチウリの再生産・個体群拡大が休止し、流域レベルでのアレチウリ個体群を推定するのに適した時期であると考えられる。

以降で、本手法の実現性について基礎的な検討を行う。

3. 研究の方法

(1) 調査地の概要

調査は、信濃川水系千曲川で行った。本河川は流域面積 7163km²、流路延長 214km の大河川であり甲武信ヶ岳（標高 2,475m）から長野盆地を流下し、新潟県境に入り信濃川と名前を変える。調査地は千曲川の中流部に位置する岩野橋付近（長野県長野市、東経 138° 8′ 59.64″、北緯 36° 33′ 33.3″、以下、調査地と記述する）で行った。調査地の概要を図-2

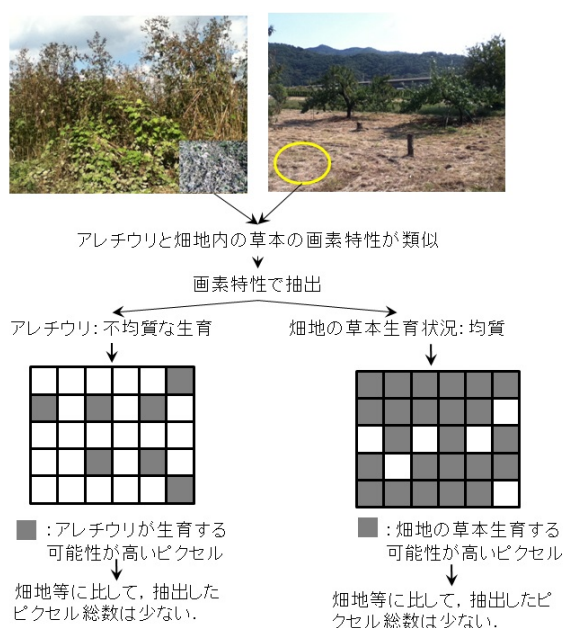


図-1 本研究で提案する画像解析手法の概要



図-2 調査地の概要

に示す。調査地は長野県境から約 78km 区間で、河道幅約 600m、河床勾配 1/1,060、河床波形態は単列砂州で主に砂礫で構成され、代表粒径は約 $d_{50}=40\text{mm}$ で河道兩岸に築堤が行われている区間である。調査地を選定したのは、千曲川でアレチウリが多く確認される中流域の特徴的な景観を有している地区のためである。調査地では、低水路内に交互砂州が形成され、高水敷では畑地や果樹園等の人為利用が盛んである。

調査地では、アレチウリ個体群は低水路沿いの微高地に散在する形で生育するパターン（以降、エリア A と記述する）、高水敷の畑地周辺に生育し大規模な群落を形成しているパターン（以降、エリア B と記述する）、堤防沿いの開放的空間にアレチウリ群落を形成しているパターン（以降、エリア C と記述する）。高水敷果樹園周辺にアレチウリ群落を形成しているパターン（以降、エリア D と記述する）に分類される。本研究では、この 4 地区に画像解析を適用し、その再現性評価、画像解析手法の改良を試みた。

(2) 解析対象の画像と現地調査の方法

a) 解析に用いた空中写真

画像解析を行った空中写真は、2010 年 3 月 14 日に撮影したデジタル空中写真で行った。撮影高度は、約 1,600m ～ 2,000m で、地上解像度は約 0.1m である。

b) 現地データの収集

調査は、2010 年度の冬期に 1 回、2011 年度の夏期に 3 回実施した。冬期調査は、解析対象の空中写真と地理座標を関連づけるための地上評定点の記録、アレチウリの画素特性を把握するためアレチウリ個体群の分布を記録する目的で行った。2010 年 12 月 15 日に調査地で、VRS-GPS (Trimble 社 5800, 測定誤差 $\pm 5\text{mm}$) を用いて、評定点となる地上構造物（橋梁の橋詰、樋門等の河川構造物）地物（畑、農業用道路等）の座標を記録し、評定点とした。次に、評定点と同様に VRS-GPS でアレチウリ個体が確認された場所を記録した。なお、空中写真撮影時期と調査日の時間が開いているため、冬期調査時に地形・植物に変化がないか確認した。

夏期調査では、アレチウリ個体群分布推定結果を検証する目的で、7 月 26 日、9 月 8 日、9 月 27 日に現地調査を行った。画像解析によって得たアレチウリ個体群推定結果を DGPS (Trimble 社 GeoExplorer2008S, 測定誤差約 0.1m) に取り込み、アレチウリ個体群分布推定結果と現地の生育状況を比較した。

現地調査では、画像解析でアレチウリ個体群が推定された地点を DGPS で特定し、アレチウリ個体群の生育の有無、同所的に生育する代表的な種を確認した。DGPS は、リアルタイムの計測では、1m 前後の誤差があるため、DGPS で特定した地点を中心と 3m×3m のコドラードを現地に設置し生育状況を確認した。この調査を各エリアで約 25 点実施し、合計 100 コドラードの現地調査を実施した。なお、アレチウリは、ツルを伸ばし生育する特性があるため、現地調査時には検証地点に根があるかを確認し記録した。

(3) 本研究で提案する手法の適用と検証方法

調査地で設定した、エリア A～エリア D 内のアレチウリ個体群生育場所の画素特性を分析するため、画像解析ソフト (ERDAS 社 IMAGINE ver. 10) を用いて解析した。画像解析ソフトに対象空中写真を取り込み、現地調査で取得した評定点を用いて幾何補正した。幾何補正では、評定点と対応するピクセルが厳密に一致するように留意した。

次に、2010 年 12 月の調査で取得した各景観のアレチウリ個体群が確認された地点の座標（以下、アレチウリ座標と記述する）を空中写真上にオーバーレイし、アレチウリ個体群が確認された地点に対応するピクセルの画素情報（RGB 各バンド、8 ビット）を書き出し、画素特性を分析し、RGB 値平均値の信頼区間（以下、RGB 値区間と記述する）を推定した。次に、対象写真から RGB 値区間と一致する画素（以下、抽出画素と記述する）を抽出し、アレチウリ個体群の生育が期待される画素とした。

次に、抽出した画素を一定の空間スケールでカウントした。現地でのアレチウリ生育状況調査時に設置した 3m×3m のコドラードと一致するように、3m×3m のグリッドを GIS 上で発生させ、各グリッド内の抽出画素数をカウントした。この抽出結果を現地でのアレチウリ生育数と比較し、アレチウリ生育の可能性が高いグリッドを抽出し、抽出手法の精度検証を行った。今回の抽出では、抽出画素数 20 以下のグリッドでアレチウリが生息するとして抽出した。

4. 結果と考察

(1) アレチウリ生育区域の画素特性

表-1 に冬期調査でアレチウリ個体群が確認された地点の画素特性を示す。B1, B2 の平均値は 140 前後で類似した値であり, B3 だけが約 106 と低かった。アレチ

ウリが生育する地点の画素の R 値, B 値, G 値ともに約 15 の幅を持っており, 単純に画素特性だけで抽出すると, 畑地・果樹園内の草本または冬枯れしたオギの区域のような区域と後認識する可能性が高い結果となった。

(2) アレチウリ生育区域の画素特性

図-3 に下記調査で確認したアレチウリ群落の境界部で記録したアレチウリ生育地点 (●) と本研究で提案する手法により推定したアレチウリ個体群分布図 (■) を示す。本研究で提案する画像解析手法は, ポリゴンにおいてアレチウリ群落の境界を良好に再現した。

図-3 の中央部でアレチウリ個体群の生育が推定されていない区域は, オギ群落の生育域であった。図-3 の結果は, 本研究で提案する手法により, オギ群落の生育エリアも良好に除去できていることを示す。同様に, 畑地・果樹園内の草本も除去できていることをエリア D の果樹園近傍でも確認出来た。

これらの結果から, 本研究で提案する手法は, 基本的にアレチウリ個体群分布推定に有効であることが確認出来た。しかし, 表-1 が示すように, 画素特性の範囲が広い点が本手法の問題点となる。今回の検証でも, アレチウリと選好する空間, 生息密度及び画素特性 (分光特性) が類似するカナムグラは, 誤認識された。これらの誤認識は, 画素抽出の過程により高精度な識別器 (パターン認識のアルゴリズム) を用いる必要性を示し, 今後の課題であると考えられる。

表-1 アレチウリ生息地点の画素特性

	B1:Red/バンド	B2:Green/バンド	B3:Blue/バンド
平均	140.54	138.77	106.25
標準偏差	26.12	26.59	29.02
平均値信頼区間(95.0%)	7.58	7.72	8.43

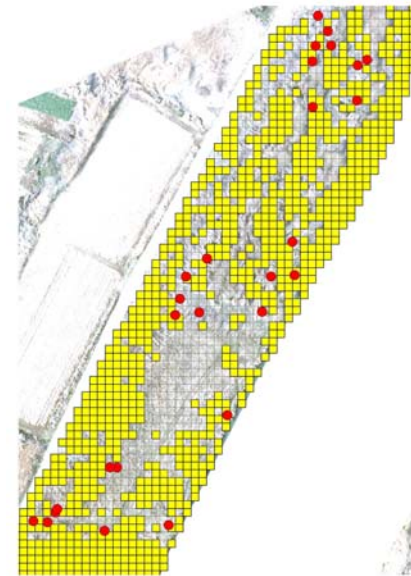


図-3 アレチウリ個体群分布推定図と現地検証結果

参考文献

- 1) 千曲川河川事務所編：千曲川・犀川のアレチウリ ―河川の自然を保全するための外来植物対策。
- 2) 宮武晃司：河川管理における外来種対策について, 河川, 2004 年 7 月号, pp.6-10, 2004.
- 3) 杉尾哲・渡辺訓甫：北川における砂州の地形変化と植生域変化に関する検討, 水工学論文集, Vol. 48, No. 2, Page. 985-990, 2004.
- 4) 砂田憲吾・大石哲・飯田祥二：河川植生の分布特性の計量とその河道水理特性との関係について, 水工学論文集, Vol. 46, pp. 941-946, 2002.
- 5) 辻本哲郎・村上陽子・安井辰弥：出水による破壊機会の減少による河道内樹林化, 水工学論文集, Vol. 45, pp. 1105-1110, 2001.
- 6) ROWLINSON L C・AHMED F・SUMMERTON M: Comparison of remote sensing data sources and techniques for identifying and classifying alien invasive vegetation in riparian zones, Water SA, Vol. 25, No. 4, pp. 497-500, 1999.
- 7) Carl J. Legleiter・Dar A. Roberts・W. Andrew Marcus and Mark A. Fonstad: Passive optical remote sensing of river channel morphology and in-stream habitat: Physical basis and feasibility, Remote Sensing of Environment, Volume 93, Issue 4, pp. 493-510, 2004.
- 8) 傳田正利・時岡利和・天野邦彦：レーザプロファイラ及び空中写真を用いた河川中流域の河床高推定手法の開発, 河川技術論文集, 第 12 巻, pp. 145-150, 2006