

衛星画像・空中写真・無人飛行機写真の河川生態系管理への適用性に関する研究

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 田頭 直樹
 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

河川生態系保全に一定の方向性が見出され、河川生態系保全に関する留意点や工法等の整理が進みつつある¹⁾。今後は、河川生態系を保全・再生することに加え、河川生態系を良好な状態で維持管理することが必要である。河川生態系管理のための現状把握と状態評価の結果、河川生態系の保全・再生が必要と判断される場合には、要因分析、保全・再生目標の設定、事業実施、事業効果が持続するよう維持管理を行う PDCA サイクルが必要となる。

PDCA サイクルの初期段階である、河川生態系の現状把握・状態評価には、河川生態系の特性である空間的階層性と空間的不均質性に十分に留意する必要がある。一般に、生態系は、対象スケールにより生態系を規定する要素が異なり、それらの要素は、対象空間内に不均質な状態で分布することが知られている²⁾。出水により周期的に攪乱を受ける河川生態系は、その傾向が顕著である。この特性から、河川生態系管理を適切に行うには、管理対象スケールの明確化、対象スケールの生態系に影響を与える要素の空間的配置等を正確に把握することが必要となる²⁾。

上述の目的を実施するために、河川工学では、古くから空中写真が活用されてきた。古くは米軍が撮影したアナログ空中写真等が利用され、現在では高解像度デジタル空中写真が利用されている。また、デジタル空中写真と同時に計測されるレーザープロファイラ（以下、LP データと記述する）を用いた 3 次元地形を併用し、河川生態系の現状把握やその定量的評価に関する研究・調査も数多く実施されている³⁾。2000 年頃からは、近赤外線を含めた高解像度衛星画像の商用公開が始まり、流域管理に適用した研究が活発に行われている⁴⁾。近年では、安価な無人飛行機（UAV : Unmanned Aerial Vehicle）の普及が進み^{4),5)}、高解像度の空中写真が研究・調査で活用されている。また、UAV で取得した画像を活用し、SfM (Structure from Motion) 等を用いて 3 次元地形モデル作成を行えるようになる等^{6),7)}、2000 年以降、河川生態系管理への活用が期待できる空間情報の取得手法の開発が進んでいる。

今後、本格化する河川生態系管理では、これらの技術を適切に組み合わせ、流域から特定区間まで、対象とするスケールに合わせ、河川生態系を規定する要素を空間情報として把握することが、適切な河川生態系管理に向けての技術的な裏付けになると考えられる。

しかし、既往研究においては、空中写真、高解像度衛星画像、UAV の個別技術の河川生態系管理への可能性を検討した研究は多いが、これらの技術の空間情報を比較し、個々の技術の長所・短所を検討した事例は少ない。また、河川生態系管理で必要とする空間情報を得るために、これらの技術をどのように組み合わせるべきかを考察した事例は少ない。このような背景から、同一河川において、空中写真、高解像度衛星画像、UAV の画像を比較し、個別技術の利点・不得意な分野を検討する。その後、個別技術の河川生態系管理への活用方法を考察することを目的とする。

2. 研究の方法

(1) 調査地の概要

調査は、信濃川水系千曲川中流域（直轄区間 65～108 km）で行った。本河川は流域面積 7,163km²、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。千曲川は、長野県千曲市（直轄区間 85km 付近）でセグメントが変化し、千曲市より上流ではセグメント 1、千曲市より下流ではセグメント 2 の河道特性である。

キーワード 河川生態系管理, 衛星画像, デジタル空中写真, 無人飛行機 (UAV : Unmanned Aerial Vehicle)

連絡先 〒305-0033 茨城県つくば市南原 1-6 (独) 土木研究所 TEL. 029-879-6775 E-mail : denda@pwri.go.jp

表-1 解析対象の空中写真

衛星画像・空中写真	データ供給元・撮影主体	データ諸元	撮影時期	対地高度	地上分解能	前回撮影時期
衛星画像	IKONOS販売代理店	オルソ画像, 4バンド	2007年6月17日	-	80cm/pixel	2007
デジタル空中写真	北陸地方整備局	オルソ画像, RGB	2013年6月18日	550	9cm/pixel	2008
UAV	土木研究所	オルソ画像, RGB	2013年11月7日	137	5cm/pixel	-
			2014年10月27日	200	5cm/pixel	2014/7/1※

※：土木研究所指定

セグメント1の景観を代表する地区として、冠着橋付近（長野県埴千曲市，直轄区間 87km，以下，冠着地区と記述する）を選定した。冠着地区は，樹林化抑制と礫河原再生を目的とし礫河原再生事業等が行われるなど，河川生態系管理が積極的に行われている場所である。セグメント2の景観を代表する地区として，岩野橋付近（長野県埴長野市，直轄区間 78km，以下，岩野地区と記述する）を選定した。岩野地区は，河床勾配が約 1/1000 と緩やかであり，高水敷における農地利用等，人的利用が進む。また，セグメント2の上流部にあたるため，大規模出水時には，セグメント1を流下した流送土砂が堆積する特性があり，河道掘削等の河川管理が高頻度で行われる区域である。

(2) 解析対象の空中写真

本研究では，デジタル空中写真，衛星画像，UAVの画像を検討対象とした。表-1に画像データの諸元を示す。デジタル空中写真は，北陸地方整備局千曲川河川事務所の撮影したデジタル空中写真（撮影解像度約 25cm/pixel）を用いた。衛星画像は，調査地の撮影アーカイブスが存在し，かつ，高解像度画像（撮影解像度約 80cm/pixel）である IKONOS を用いた。UAV は，土木研究所が撮影した 2013 年と 2014 年の UAV（平均対地高度：約 200m，解像度：約 5cm/pixel）を用いた。画像は全てオルソ化された画像を用いた。

(3) 空中写真画像の比較手法

河川管理（河川生態系管理）では，流域を俯瞰し，河川管理（河川生態系管理）上の課題がある区間（2km 程度の区間）を特定し，特定区間の改修・維持管理行為を検討し，事業がなされることが多い。この流れの中で，本研究では，区間の特定以降で行われる作業を考慮して，空中写真を比較評価するための基準を設定した。以下に，検討の流れを示す。

a) 特定区間での検討

空中写真の比較は，(イ)両調査地区の景観・生息場の視認（概括での認識），判読（画像を詳細に見て，景観・生息場の境界を認識する）ができるか，(ロ)河川生態系管理・河川管理でも問題となる樹林管理への活用を考慮し，河道内の植物群落・種の判読ができるか，以上の2つの観点から評価した。植物群落・種に関する判読は，調査地で樹林管理の問題となるハリエンジュ，ヤナギ類の生育状況を確認できるかを検討した。

b) 植物群落・種の生育状況の時系列変化に関する検討

区間の特定がされると，区間内の樹林化の進展を注視することが多い。その場合，ハリエンジュ，ヤナギ類の成長過程の観測が重要となる。本研究で解析・対象とした画像の中では，UAVの画像は撮影間隔が短く樹林化の成長過程を分析可能なため，UAV画像を用いて，ハリエンジュ，ヤナギ類の成長過程が判読できるか検討した。

(4) 空中写真画像，高解像度衛星画像及び UAV 画像の河川管理への活用方法の検討

(3)a)及び(3)b)の結果に基づき，空中写真画像，高解像度衛星画像及び UAV 画像の適性を総合的に考察した。

3. 結果と考察

(1) 景観・生息場の視認・判読に関する評価

図-1に岩野地区における各技術別の画像を示す。衛星画像は，景観の視認・判読は可能であるが，生息場の判読までは，困難を伴う。空中写真は，景観から，生息場・群落までは視認・判読できる。しかし，種の視認・判読を行うのは難しい。UAVは，景観から生息場までは，より良好に視認・判読が可能である。



※下段写真は、上段赤枠部分の拡大部を示す。

図-1 岩野地区における衛星画像、デジタル空中写真、UAV 画像の比較

(2) 河道内の植物群落・種の判読に関する評価

冠着地区においては、2013 年時、礫河原であった区域に、2014 年時には草本群落が入り込んだことが視認・判読出来る。また、2014 年時の写真は秋期に撮影したため、茶色に変色した多年生草本の生育を確認出来る。一部の種や群落の判読は、植物の専門家であれば可能であるとも考えられる。さらに、簡易な現地確認結果を教師データにすることで精度向上も期待できる。

岩野地区においては、2013 年時には水際域の微高地に侵入が確認されるヤナギ類が、2014 年時には大きく成長し、群落を形成していることが視認できる。また、ヤナギ類がカワヤナギである可能性が高いことが判読できる。

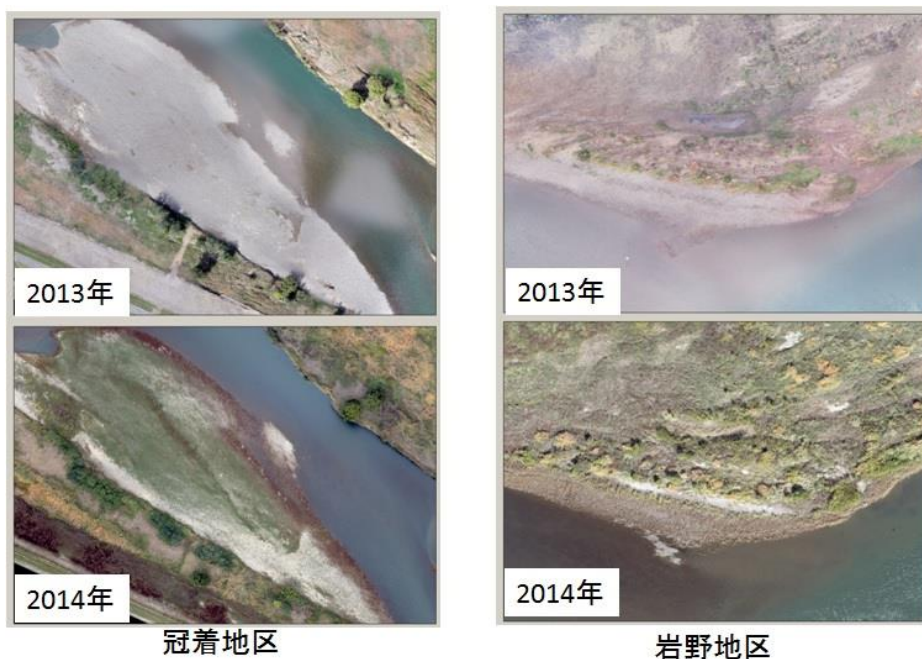


図-2 UAV 画像を用いた冠着地区・岩野地区における植物群落・種の時系列変化

これらの結果から、UAVの撮影時期・間隔を適切に設定することで、特定区間での樹林化管理に適用可能であると考えられる。

(3) 空中写真画像、高解像度衛星画像及びUAV画像の河川管理への活用方法の検討

デジタル空中写真は、景観、生息場、群落まで識別できる解像度を有し(図-1)、UAVは、植物の専門家ならば、種までも十分に識別できる可能性がある解像度を有していた(図-2)。一方、高解像度衛星画像は、デジタル空中写真やUAVと比較すると生息場、群落といった詳細な視認・識別は困難であり、景観のスケールで概括するのに適性があると考えられた。

3つの技術を比較すると、UAVは河川生態系研究や河川生態系管理に大きな可能性を持つ。UAVは、景観から群落レベル、状況が良ければ種まで視認・判読が可能である。同時に、UAVの撮影の平易さから任意の時期に撮影を可能にする。一方、高解像度衛星画像やデジタル空中写真は、コストの関係から約5年に1回程度の撮影であることが多く、詳細な河川生態系の機構解明や河川生態系管理に関する研究に適性が低く、UAVは、大きな可能性を持つといえる。

しかし、UAVの可能性は、高解像度衛星画像やデジタル空中写真の有用性を否定するわけでない。高解像度衛星画像は、流域スケール(県管理区間も含む)を一枚の画像(近赤外線画像も含み)で撮影し、この特性は、平易な画像解析を用いて、流域スケールでの景観変化の解析(例えば、樹林分布の抽出)が可能であることを示す。また、デジタル空中写真は、定期的な河川管理データとして取得され、群落のスケールまでであれば極めて良好な視認・識別が可能である。

これらの特性を考慮しながら適性を考えれば、直轄河川区間と県区間を含めた流域スケールでの景観スケールでの河川生態系管理に衛星画像を用い、直轄河川内の群落レベルまでの管理にデジタル空中写真を用い、管理上問題のある区間の詳細な分析にUAVを用いることが、体系的な空間情報技術の組み合わせとして適切であると考えられる。

4. まとめ

近年、空間情報取得の手段として急速に普及が進む空中写真、高解像度衛星画像、無人飛行機画像を、信濃川水系千曲川において比較し、個別技術の適性を検討した。その結果、UAVは、景観から種レベルまで高い適用性を示した。また、中小河川を含む流域の景観管理に高解像度衛星画像を、空中写真を直轄区間の景観から群落までの管理に適用することにより、総合的な河川生態系管理の基礎となる空間情報取得が可能になることが示唆された。

5. 引用文献

- 1) 多自然川づくり研究会:多自然川づくりポイントブックⅢ 川の営みを活かした川づくり ～河道計画の基本から水際部の設計まで～, 公益社団法人日本河川協会, pp. 1, 2011
- 2) M. G. Turner, R. H. Gardner, R. V. O'Neill 著, 中越信和/監訳:景観生態学, 生態学からの新しい景観理論とその応用, 文一総合出版, pp. 37-pp. 57, 2004.
- 3) Margaret E. Andrew and Susan L. Ustin: Habitat suitability modelling of an invasive plant with advanced remote sensing data, Diversity and Distributions, Vol.15, pp.627-pp.640, 2009.
- 4) 長井正彦・柴崎亮介:センサ統合によるUAV搭載型マッピングシステム, 写真測量とリモートセンシング, pp. 260-pp. 265, Vol.48, No.5, 2009.
- 5) S. Dufour, I. Bernez, J. Betbeder, S. Corgne, L. Hubert-Moy, J. Nabucet(1), S. Rapinel, J. Sawtschuk, C. Trollé: Monitoring restored riparian vegetation: how can recent developments in remote sensing sciences help?, Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, pp.1-pp.15, Vol.410, 10, 2013.
- 6) 移豫岡宏樹・浜田晃規・山崎惟義・渡辺亮一:中高度空中写真とSfMを用いた河川ヒタットの把握手法に関する研究, 応用生態工学会第18回研究発表会講演集, pp. 67-pp. 68, 2014.
- 7) 内山庄一郎・井上 公・鈴木比奈子:SfMを用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究, 防災科学技術研究所研究報告, 第81号, pp. 37-pp. 98, 2014