衛星画像を活用した出水前後の河道内地被状況変化の分析

建設技術研究所　正会員　○工藤　真
建設技術研究所　正会員　岩見　収二
建設技術研究所　正会員　氷見　啓樹

１．はじめに

河道内の砂州や植生変化の把握にあたっては，一般的に空中写真を活用した比較が行われている．近年は，航空レーザ測量や技術開発が著しい UAV を用いた計測の応用や空中写真解析の高度化[1)]等も進められているが，大河川を対象とする場合，飛行範囲の制約や費用の面から広範囲，高頻度での計測は容易ではない．一方，人工衛星によるリモートセンシング（衛星画像）は，近年解像度が向上しており，高頻度での撮影も容易なことから，河道内の砂州・植生変化の把握等の河道管理への応用が期待できる．衛星画像の河川分野への適用例としては，瀬淵の可視化[2)]や流路変遷の把握[3)4)]、河道内植生の分類[5)]等の試みがみられるものの，地被状況変化の分析など河道管理への応用は進んでいない．

本研究では，出水前後の衛星画像により，広範囲での裸地や植生等の地被状況を定量的に把握し，出水による地被状況の変化について分析を行った．

２．対象河川の概要及び衛星画像の仕様

天竜川の下流域の河道（0k～22k）は，近年樹林化傾向がみられ[1)]，砂州の固定化等も懸念されている．本研究では，天竜川下流域を対象に，出水を挟む 2 時点（2016.6.18 と 2016.11.26）の衛星画像を取得し，出水前後の裸地・植生等の地被状況の変化を把握した．撮影日の基準点鹿島の水位は両日とも T.P.31.08m であり，同じ流量条件での 2 時点の画像が取得できた．また，この間に生起した洪水は平均年最大流量約 4,500m^3/s に対して，ピーク流量約 2,000m^3/s 程度の小規模出水である．

表１　衛星画像の仕様

項目	仕様
衛星名	Pleades
センサ（波長）	･パンクロマティック ･可視･赤外光マルチスペクトル（青、緑、赤、近赤外）
画素サイズ	･パンクロマティック（50 ㎝） ･マルチスペクトル（2m）

本研究で適用した衛星は，画像の取得価格が比較的安価であり，高頻度で入手可能なフランスの「Pleades（プレアデス）」である．Pleades の衛星画像の仕様を**表 1** に示す．この衛星が搭載する 2 つのセンサの内，本研究ではマルチスペクトルセンサによる画像を用いた．撮影範囲は，河口から 28k の約 140km^2 である．

３．衛星画像による地被状況の解析

衛星画像のスペクトル毎の反射率の特性に着目した式（1）で示す正規化植生指標（*NDVI*）[2)5)]より，河道区域内の地被状況を分類した．

$$NDVI=(NIR-R)/(NIR+R) \quad (1)$$

ここに，*NDVI*：正規化植生指標，*NIR*：近赤外波長域の反射率，*R*：赤色波長域の反射率である．

NDVI の値は 0 に近いほど植生の活性度が低く，1 に近いほど植生の活性度が高くなる．この特徴を生かして，河道の地被状況を**図 1** に示すフローにより植生，水面，裸地に分類し，メッシュデータとして数値化した．

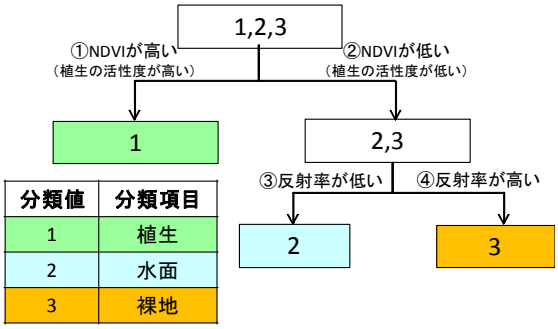

図 1　*NDVI* による分類手法

取得した衛星画像及び *NDVI* により地被状況を分類した結果を**図 2** に示す．これより，衛星画像を解析し，*NDVI* を用いて数値化することにより，河道内の地被状況を分類することができる（ただし、浅瀬やまばらな植生域の分類精度には課題がある）．また，メッシュ面積の集計により地被分類毎の面積の定量的な分析が可能となる．

図 2　出水前後のリモートセンシング画像と *NDVI* による分類結果
（天竜川 10k 付近　出水後）

４．出水による地形変化の分析

NDVI による地被状況の解析結果を用いた出水前後における植生，裸地、水面のそれぞれの面積率及び出水前後の面積変化の縦断図を**図 3** に示す．これより，わずかながら出水前の植

キーワード　リモートセンシング，衛星画像，*NDVI*，地被状況
連絡先　〒460-0003　名古屋中区錦 1-5-13　（株）建設技術研究所　TEL 052-218-3884

生面積に比べ出水後の植生面積が減少し，裸地面積が増加していることが確認できる．ただし，衛星写真を取得した 2 時点の間に堤防除草等が実施されており、植生面積の減少（裸地面積の増加）の要因はこれによるものが相当含まれていることに留意が必要である．面積変化の縦断分布をみると，8k 付近，20k 付近等では植生面積が増加しており，これらの箇所では裸地面積が減少する傾向がみられる．

撮影時点間には，小規模ながら出水が生じていることから，平面二次元流況解析による水理特性から，植生面積変化の要因を分析した．平面二次元流況解析の計算条件を**表 2** に示す．なお，本検討の流況解析に用いた地形データは, 2014 年 2 月の LP 測量成果であり，解析結果は対象期間の流況と異なる可能性があることに注意を要する．

植生面積の減少箇所には、上記のとおり人為的な影響が含まれることから、ここでは、植生の増加（裸地から植生への変化）が顕著な 8k 付近に着目した．流速ベクトルと地被状況変化を**図 4** に示す．これより，植生が増加した場所は 2,000m^3/s 規模の出水では冠水しない場所であり，年間をとおして冠水しないような場所で、植生が増加する可能性が示唆される. **図 4** には、砂州上で植生面積の減少が確認できた 6k 付近の流況を合わせて示している．これによると，出水時に冠水し，比較的流速が大きくなる水際等で裸地への変化が確認できる．計算に用いた地形データが今回の微地形を十分反映できていないため、定量的な評価は難しいものの、このような場所では出水によって植生が流失した可能性がある．

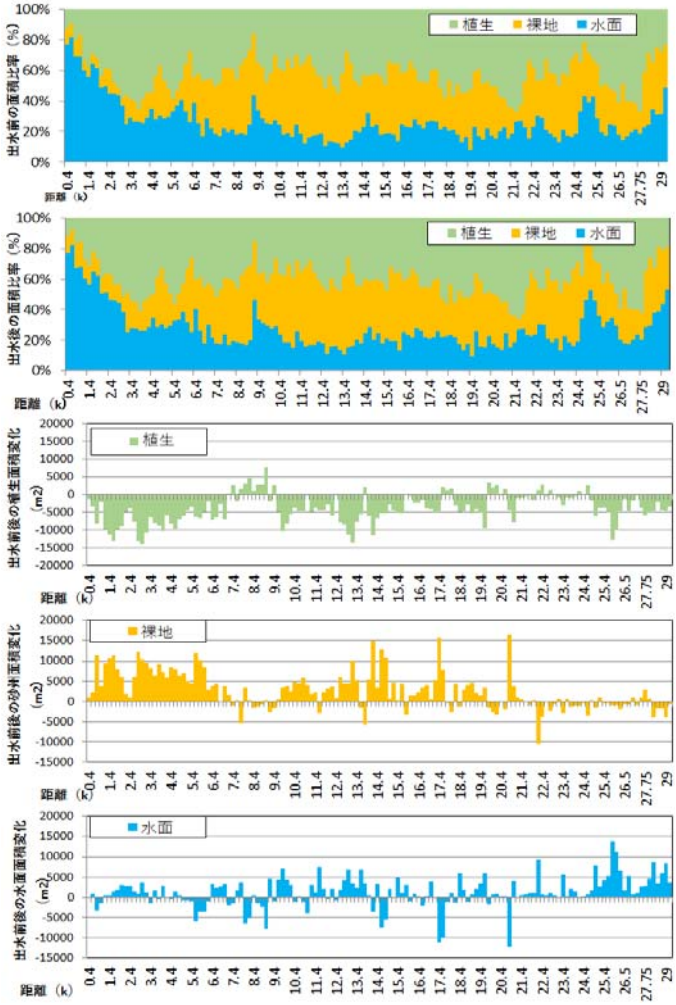

図 3　出水前後の地被状況の変化
上段から、出水前の地被率、出水後の地被率、植生面積の変化、裸地面積の変化、水面面積の変化を示す

5．おわりに

本論文では衛星画像を用いて, 河道内の地被状況変化の定量的な分析を試みた．その結果，縦断的な地被率の変化や地被状況毎の面積変化を定量的に把握することができた. 対象とした 2 時点の比較により, 小出水時の冠水状況や水理特性が地被状況変化に影響を与える可能性が示された．

近年, 高解像度の衛星画像が, 入手できるようなっており，地被状況変化の高頻度での分析や洪水前後の状況把握など，河道管理上の有効なツールになり得ると考えられる. ただし、地被状況の分類精度の向上や人為的な影響の選別・集計方法が今後の課題である．

謝辞：本研究にあたり，浜松河川国道事務所より地形データ等を提供頂いた．また，衛星画像の調達，解析において宇宙技術開発株式会社に協力頂いた．記して謝意を表す．

表 2　計算条件

項目	仕様
モ デ ル	一般座標系　平面二次元不定流解析
計算範囲	河口～29.5k
地　　形	2014 年 2 月 LP 測量データ
メッシュサイズ	縦断方向（約 40m；828 メッシュ） 横断方向（約 20m；51 メッシュ）
流　　量	2,000m^3/s（定常）
粗度係数	低水路：0.020～0.035 高水敷：0.035～0.040
出発水位	平均潮位　T.P.0.106m

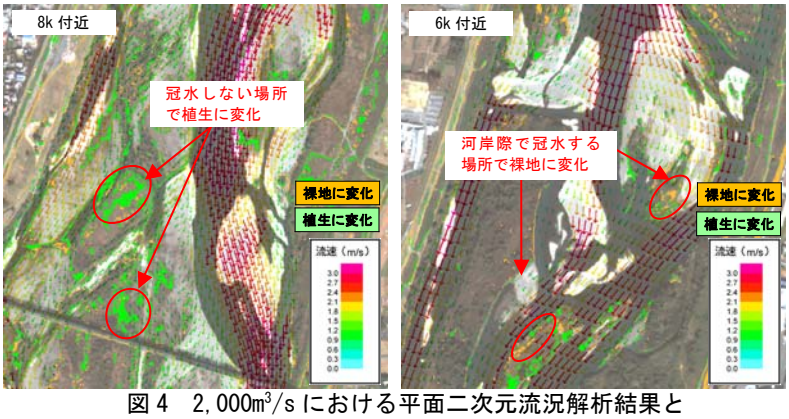

図 4　2, 000m^3/s における平面二次元流況解析結果と
出水前後の裸地・植生変化箇所（左図：8k 付近・右図：6k 付近）

参考文献

1)戸田ら:土木学会論文集 B1(水工学), Vol.68, No.4, pp.I_739-I_744, 2012.
2)桑原ら:日本リモートセンシング学会誌, Vol.25,No.5, pp.482-489, 2005
3)宇民ら:水工学論文集,第 41 巻,pp.965-970, 1997.
4)藤井ら:土木学会論文集 G, Vol.64, N0.1, pp.1-9, 2008.
5)高橋ら:水工学論文集,第 49 巻, pp.1429- 1434, 2005.