

II-24

輪厚川における流出と NDVI の関係

(財) 北海道河川防災研究センター ○正会員 鈴木信幸  
開発土木研究所 正会員 馬場仁志

1. はじめに

近年、急速に発達してきた技術に衛星リモートセンシングがある。衛星リモートセンシングは、地球上を広範囲かつ定期的に観測できることから土地利用、水資源、気象、防災、海洋、水産、林業、雪氷、資源探査、環境汚染などの情報を素早く定期的に収集することが可能である。

また、降雨の河川への流出は、地表からの直接流出、地下に浸透して地下流出となって流出するものなどがあり、非常に複雑である。このため、地状態が流出特性に、どの程度影響を及ぼすかを表現できるモデルを作成することが水文学上の大きなテーマの一つとなっている。

本論は、北広島市輪厚川流域において、リモートセンシングデータにより、土地被覆・植生状況を把握し、流出特性に及ぼす影響を把握するものである。

2. 解析対象流域

解析対象流域は、図 1 に示す北広島市輪厚川流域である。この流域は、開発土木研究所が流出試験地として、昭和 45 年より雨量、河川水位・流量、地下水位などの水文観測を行っている。北広島市は、札幌郊外の都市として、人口が増加しており、北広島団地の宅地分譲が本格化してきた昭和 47～48 年には急激な人口増加率を示し、昭和 50 年には 10,000 人を超え、昭和 55 年には 17,000 人を超える団地となっており、都市化が進んでいる。

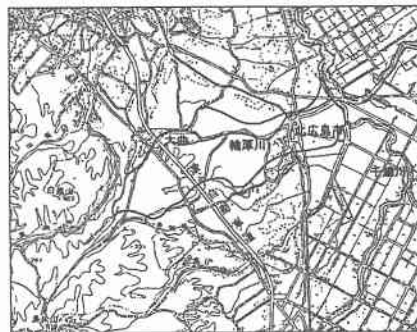


図 1 輪厚川流域図

3. 土地被覆分類

輪厚川における土地被覆の変化を検討するのに表 1 に示す 1980 年から 1996 年の LANDSAT MSS データを使用した。各 LANDSAT データに対して、幾何補正を画素サイズ 80m で行い、輪厚川流域を切り出した。その結果、輪厚川流域は画素数 5020、流域面積 32.128km<sup>2</sup> と求められた。標高については、250m メッシュデータより求め、以上の結果をまとめたものを表 2 に示す。

分類方法は、土地被覆の経年変化を抽出する際には、教師データの位置は各シーンごとに変わると考えられるので、教師データを必要としないクラスター分析を用いた。

土地被覆分類のカテゴリーは 4 カテゴリー（市街地、水田、畑、山林）とした。まず、クラスター分析によって、クラスター数を 10 にして分類を行い、北広島市の土地利用図、地形図と比較することで、カテゴリーを判断し最終的に 4 カテゴリーにした。土地被覆分類結果の比較を、各年毎に行うが、季節の違いによる影響が現れていると思われ、かなりばらつきのある結果が得られた。そのため、同時期（6 月）での土地被覆の比

表 1 解析に用いた LANDSAT データ

日付	
1980年09月09日	1989年05月26日
1983年06月03日	1990年04月27日
1984年06月21日	1991年06月01日
1985年06月24日	1993年07月08日
1986年09月23日	1994年05月24日
1987年06月06日	1995年06月12日
1988年07月26日	1996年06月14日

Relation between the outflow and NDVI in Wattu river.

By Nobuyuki SUZUKI, Hitoshi BABA

較を行い、結果を図 2 に示す。これより、山林は、ほかのカテゴリーに比べて大きく減少し、市街地が増加している様子がわかる。

市街地化の状況を比較するために図 3、図 4 に示す、83 年と 95 年の土地被覆分類を比較し、83 年で、市街地以外のカテゴリーから 95 年において、市街地に变化した画素を図 5 に示す。図中の黒い箇所が变化した画素で、灰色の線が流域界および河道である。図に示すとおり、市街地化が、大曲、北広島団地、河道沿いに市街地化が進行している様子がわかる。

画素数	5020
画素サイズ(m)	80
流域面積(km <sup>2</sup> )	32.128
流路長(km)	9.81
流域平均高度(m)	73.76
流域最低高度(m)	6
流域最高高度(m)	188

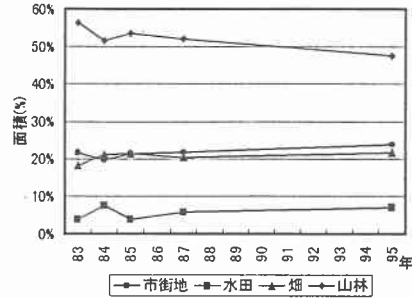


図 2 輪厚川流域土地被覆変化



図 3 土地被覆分類図 (83 年)



図 4 土地被覆分類図 (95 年)



図 5 市街地化の状況

#### 4. 輪厚川における流出と NDVI の関係

##### 4.1. 流出解析<sup>1) 2)</sup>

流出解析には、次式で表される損失機構を考慮した貯留関数法を用いた。

$$s = k_1 q^{p_1} + k_2 \frac{d}{dt} (q^{p_2}) \quad , \quad \frac{ds}{dt} = r - q - p \quad , \quad p = \alpha q \quad \dots (1)$$

ここに、s : 貯留高(mm)、q : 流出高(mm/h)、p : 損失高(mm/h)

$k_1$ 、 $k_2$ 、 $p_1$ 、 $p_2$ 、 $\alpha$  : モデルパラメータ

モデルパラメータについては、星ら<sup>3)</sup>の研究によれば表面流にマニング則を用いた場合、流域によらず、 $p_1$ 、 $p_2$ はそれぞれ 0.6、0.465 を用いることが適当とされている。 $k_1$ 、 $k_2$ については、等価粗度、流域勾配および平均雨量強度の関数と考えられるが、実測水文資料による同定の結果では、これらのパラメータがハイドログラフごとに変動が大きい。以上のことより、 $k_1$ 、 $k_2$ 、 $\alpha$  を未知のパラメータとして同定させていく。

各パラメータによる流出特性は、次のように表される。

$k_1$  : ハイドログラフ全体の反応の速さとピーク流出高の大きさに影響、値が高いほど流出が遅れ、ピークが小さくなる。

$k_2$  : ハイドログラフの立ち上がり・減衰部のカーブの突鋭度に影響、値が高いほど緩やかなカーブになる。

$\alpha$  : 損失項を支配する係数、値が高いほど、浸透・蒸発散などの効果が高いことを意味し、降雨に対する流出の割合が減少する。

#### 4.2. NDVI

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index : 正規化植生指標) は、衛星データより植生状況を把握するのに、良く用いられており次式で表される。

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS} \quad \dots (2)$$

ここに、NIR : 近赤外域の輝度値

VIS : 可視域の輝度値 (分光されている場合は赤色域)

NDVI は植物の可視域での強い吸収特性と近赤外バンドでの強い反射特性を利用したものである。LANDSAT MSS の場合は NIR に Ch.7、VIS に Ch.5 があてはまる。NDVI 値は -1~+1 の範囲で、植生が多いほど、又は活力度が大きいほど大きな値を持ち、光合成量の増加、植物の葉面積指数 (LAI) の増加、蒸散量の増加、表面温度の減少が予想される。また、植生が少ない市街地、水域などは±0 付近から負の値を持つ。

#### 4.3. NDVI と流出の関係

佐々木ら<sup>2)</sup>によると、都市化による流出特性の変化は植生域の減少により、流出解析のパラメータが経年的に減少している。

この植生による流出特性の変化を、植生状況を NDVI、流出特性をパラメータで表し、パラメータと NDVI の比較することにより検討していく。

NDVI とパラメータの比較を行うため、流出解析は、衛星データの取得日時付近において、降雨のあったデータに対して行った。解析対象となる、衛星データ、水文データは欠測などもあり、表 3 に示すとおり、衛星 4 シーン、流出解析 11 例のデータにより関係を考察していく。

各データに対して、NDVI の計算および流出解析を行い、結果を x 軸に NDVI 流域平均値、y 軸に各パラメータをプロットし、近似直線を引いたものを、図 6、図 7、図 8 に示す。

この結果、図に示すようにパラメータのばらつきが大きく、NDVI の増加に伴って、パラメータが上昇するような、正の相関関係は得られなかった。また、土地被覆分類結果のカテゴリ毎の NDVI 平均値を求め、各パラメータと比較を行うが、同様にばらつきが大きく相関関係は得られなかった。

この原因としては、衛星データと流出データの日時が最大一ヶ月近く離れていることによる、植生状況・流出特性の変化が考えられる。次に、この植生状況・流出特性の変化について考察する。

表 3 衛星データと流出データ

衛星データ	流出データ
1983/6/3	1983/6/13
	1983/6/21
1984/6/21	1984/6/17
	1984/7/13
	1984/7/25
1985/6/24	1985/7/11
	1985/7/14
	1985/7/17
1995/6/12	1995/6/4
	1995/6/15
	1995/6/26

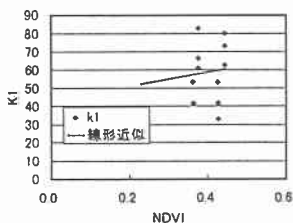


図 6 NDVI と  $k_1$

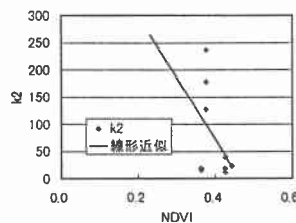


図 7 NDVI と  $k_2$

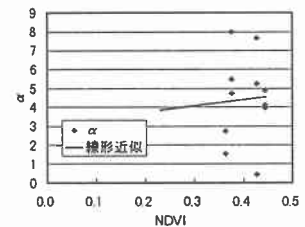


図 8 NDVI と  $\alpha$

#### 4.4. NDVI とパラメータの日変化

NDVI とパラメータの日変化について、考察していく。まず、パラメータの日変化について、95・96年の5月～6月の期間中に降雨のあったデータに対して流出解析を行い、パラメータを求めた。その結果と日雨量を図9に示す。

図に示すとおりに、パラメータはまとまった降雨により減少し、また、降雨がない期間が続くと上昇する傾向が見られる。つまり、パラメータは、降雨、地表面の状態などの環境条件により影響されると考えられる。

NDVI の日変化については、LANDSAT の観測周期は約17日のために、観測は不可能であるが、NOAA 衛星による石狩川流域におけるNDVIの季節変化の研究例<sup>4)</sup>がある。NDVIは季節変化があり、5月～6月において増加する傾向がある。このことは植生の活力が大きくなり、蒸発散量が増えていくことも意味している。

パラメータとNDVIの日変化を比較すると、NDVIの増加に対するパラメータの変化が見られないことにより、流出特性に対しては蒸発散量などの植生状況による影響よりも、降雨量、地表・中間流出層などの環境変化による影響が大きいことがうかがえる。

#### 5. まとめ

本研究で得られた結果としては、輪厚川流域における土地被覆変化、都市化の状況をLANDSAT MSSデータより確認することができた。流出特性と植生の関係については、衛星データより得られるNDVIを利用して、降雨時における植生状況が流出特性に与える影響を検討したが、NDVIと流出データの観測日時がずれるために、NDVIによる流出特性は表せなかった。しかし、流出特性に対しては蒸発散量などの植生状況により、降雨、地表・中間流出層などの環境変化による影響が大きいことがわかった。ただし、今回は流域を分割せず市街地など植生域以外の影響を考慮した解析を行っていないので、流域を分割し、植生域・市街地など土地被覆状況を考慮した解析を行う必要が考えられる。

衛星データはラスタ型データとして得られ、国土数値情報などのメッシュデータとの重ね合わせることで、流域をセル分割した解析が可能である。今後は、流域をセル分割し土地被覆・植生状況・標高などを考慮したセル分布型流出モデルの開発を行っていきたい。

#### 参考文献

- 1) 平澤陽一、馬場仁志、星清：損失を考慮した貯留関数のパラメータ総合化,土木学会北海道支部論文報告集,第54号(B),pp.34～pp.37,1998.
- 2) 佐々木靖博、平澤陽一、馬場仁志：輪厚川における流出特性の変化,土木学会北海道支部論文報告集,第54号(B),pp.38～pp.43,1998.
- 3) 星清、山岡勲：雨水流法と貯留関数との相互関係,第26回水理講演会論文集,pp.273～278,1982.
- 4) 鈴木信幸、佐渡公明：NOAA データを用いた石狩川流域のNDVI 季節変化,土木学会第52回年次学術講演会講演概要集,共通セッション,pp.254～pp.255,1997.
- 5) 加藤晃司、中津川誠、許士裕恭：NOAA 画像データを利用した石狩川流域の森林蒸発散量の推定,土木学会北海道支部論文報告集,第54号(B),pp.70～pp.73,1998.

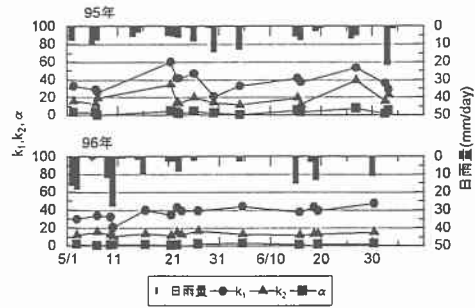


図9 パラメータと日雨量