

G I S を用いた小流域の地形特性 - 植生分布の相関解析と河川間の類似度分析

上田 蒼馬¹・野上 敦嗣²・西野 友子³

¹学生会員 北九州市立大学修士 国際環境工学研究科 (〒808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの 1-1)

E-mail: soma0916ueda@gmail.com

²正会員 北九州市立大学教授 国際環境工学部環境生命工学科 (〒808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの 1-1)

E-mail:nogami@kitakyu-u.ac.jp

³非会員 北九州市立大学研究員 国際環境工学研究科 (〒808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの 1-1)

E-mail:t-nishino@kitakyu-u.ac.jp

植生の構成種や空間構造はその立地（場所）の気候的要因、地形的要因等の様々な環境に強く影響を受けている。水循環の観点で河川流域圏を対象とした既往の環境評価研究では、小流域を単位とした水環境評価研究やビオトープ評価研究が行われている。本研究では、河川に沿った植生構造の変化に着目し、類似した地形なのに植生が異なる流域など、例えば人的影響が推測される特異地域を小流域単位で抽出できる GIS 手法の構築に取り組んだ。解析対象を北部九州の一級河川の流域とし、またそれぞれの支流ごとの植生の特性を比較し評価した。自然度を参考に植生を 9 つにグループ化しまとめた。地形的環境因子（標高、傾斜、方位）の偏りを補正した植生－環境相関指数の導出、およびクラスター分析による地形的類似度と植生類似度との関連性を解析した。さらに、植生分布と地形的環境因子との回帰分析も試みた。

Key Words : GIS, small watersheds, correlation analysis, vegetation and terrain characteristics

1. 序論

日本列島の平均雨量は約 1600 ミリで多湿であり、また気候帯は亜寒帯や亜熱帯などを含み、1 年を通してはっきりとした四季が見られる。このような特徴から日本では 7000 種以上の植物が分布し、そのうち約 40% が日本の固有種である。¹⁾ 植物の生育に影響する環境要因には大きく分けて 2 つある。生物的要因と非生物的要因である。非生物的要因には、気候、日光、水環境、地形などがあり、植生の構成種や空間構造はその立地（場所）の気候的要因、地形的要因等の様々な環境に強く影響を受けている。水循環の観点で降雨による河川流域圏を対象とした既往の環境評価研究では、小流域を単位とした水環境評価研究やビオトープ評価研究が行われている。小流域を生態系の境界とすることで、生物間の行動

圏ネットワークや植生の有機的なつながりが纏まった生態系になっている。そのような観点から本研究では「小流域単位での生態系分析」に注目した。²⁾

小流域は地形・気象・水循環・土壌・土地利用・植生や動物の多様など、生態系を支える地形構造の基本単位の一つである支流単位の流域のことを指す。またさらに、小流域での解析を行うことで、小流域同士の比較や類似性、分類した小流域をまとめた流域間の差異の可視化が行え、人為的影響が推定される地点の選定や植生分布図予想ができ、自然環境マネジメントの施策を実行するにあたり非常に有益となる。図-1 に本研究の対象地域である北部九州を示す。気候的要因がほぼ同じで、一級河川を持ち、多様な生態系を構成している。さらにこの地域の流域を 5 つの支流（犬鳴川、穂波川、遠賀川上流、中元寺川、英彦山川）に分け比較、解析を行った。³⁾

本研究の目的としては以下の2つである。1つは地理情報システム（GIS:Geographic Information System）を用いて、植生分布と小流域分割した地形特性（標高、傾斜角度、方位）との関わりを数値化し、定量的にとらえ解析する手法の構築を行うこと。もう1つは、河川間の植生分布・地形特性の相違を解析するためにクラスター分析を行い、河川流域間の類似度を求めることである。

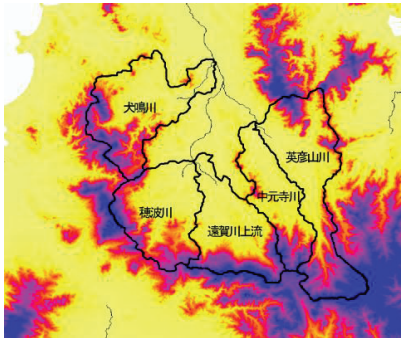


図-1 遠賀川流域と5つの河川流域

2. 研究方法

(1) 研究対象地域と使用データ

対象の流域は北部九州の遠賀川流域とその流域を5つに分けた支流とした。福岡に4つある一級河川のうちの一つで、流域面積は約1026 km²、最高標高は1187m、全長61 kmである。⁵⁾ この流域をさらに大鳴川、穂波川、遠賀川上流、中元寺川、英彦山川の5つの支流に分け、それぞれの地形特性に焦点を当てた。小流域分割時に使用した標高データは国土地理院発行数値地図 50mメッシュ標高を用いた。植生解析には、環境省提供の第2～5回自然環境保全基礎調査に基づく1/5万現存植生図を使用し、GIS上のサーフェス解析により傾斜度算出、クロス集計、ゾーン統計にて植生を自然度毎に区分した。植生群落を25個にまとめ、9つの自然度ごとに区分し下図のように表示した。（図-2）

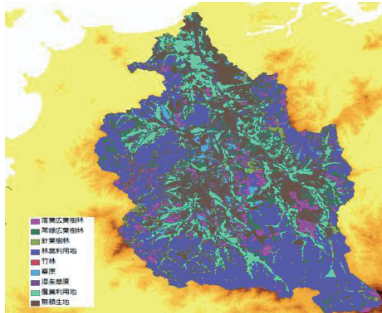


図-2 自然度区分した遠賀川流域

(2) GISソフトウェアと小流域分割方法

ESRI社の提供している地理情報システムArcGISを使用した。また、GIS上で求めた地形・植生データをエクセルにエクスポートし、Visual Basic Applications(VBA)を使い地形・植生データを取りまとめた。小流域分割方法はArctoolboxにある水文解析機能を用いた。セルサイズは75で沢の選定時のしきい値は100とした。結果を図-3に示す。

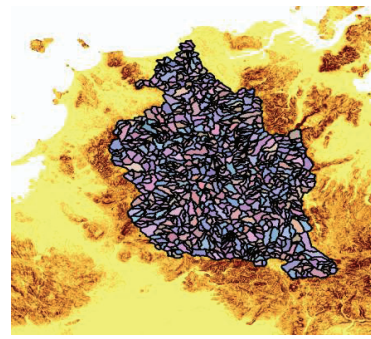


図-3 小流域分割した遠賀川流域

各支流を小流域分割した結果を表-1に示す。小流域数にはばらつきがあるが、小流域の平均面積には大きな違いが見られない。

表-1 各支流の小流域数と面積

	小流域数	流域の面積(km ²)	小流域の平均面積(km ²)
遠賀川上流	152	132.8	0.88
英彦山川	178	182.6	1.03
中元寺川	97	100.2	1.03
穂波川	127	137.1	1.08
大鳴川	161	158.2	0.98

小流域内の植生分布を求めるため、植生分布（植生ポリゴン）と小流域分割したデータ（小流域ポリゴン）をインターセクトした。インターセクトとは、ポリゴン同士の重なりを抽出する方法で、植生分布と小流域の境界で囲まれた領域内で傾斜、方位の平均値をゾーン統計を用いて算出した。（図-4）

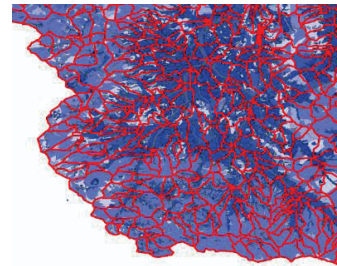


図-4 インターセクト時の小流域と植生分布

(3) 河川に沿った植生の変化

小流域の重心と河川との交点および距離を求め、河川の始点と交点の位置より河川の始点からの相対距離順に小流域を並べ替えた。これにより、河川に沿った地形（平均標高と平均斜度）の変化と植生の変化を調べることができる。⁴⁾

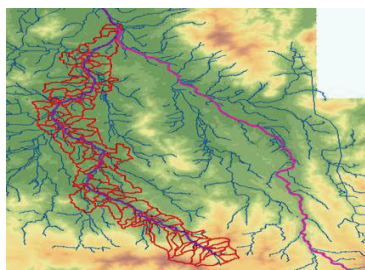


図-5 河川と河川に沿った小流域

(4) 植生環境相関指数解析

地形にはそれぞれの地点で特色があり、地形特性（標高、傾斜、方位）の分布量も階級毎において異なっている。例として3つの植生と流域全域の傾斜に対する面積率を示す。

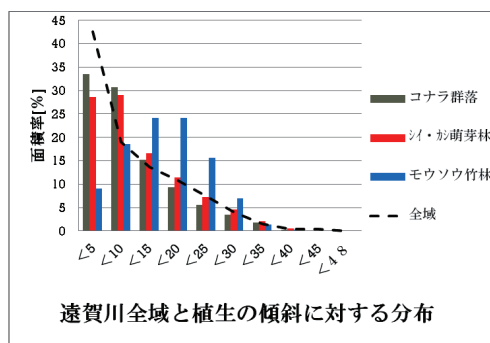


図-6 傾斜に対する面積率

図-6より、コナラ群落、シイ・カシ萌芽林は全域と似たような分布を示しているが、モウソウ竹林はそうではない。河川流域間での地形特性（標高、傾斜、方位）の分布量に大きな差があった時、植生量に影響が及ぼされる。つまりはその範囲において、ある地形要因の階級の割合が極端に高い場合、植生もその階級の割合が高くなってしまふ。そこで地形特性の各階級毎における植生分布量を示し、各植生がもっとも高い値を示す階級がその植生に最も相関が強い階級とし、その時の値を植生環境相関指数（SVEI）とする。また、地形特性の各階級は標高が100m毎、傾斜が5度毎、方位が8方位とした。

(5) クラスタ分析法

流域間の類似性を解析するにあたり、クラスタ分析法を使用した。クラスタ分析とは似通った個体あるいは変数のグループ化を行うための分析手法で、結果は樹形図（デンドログラム）で表現される。個体が似通っているかどうかの判定基準としてはいくつかあるが、その中でもユークリッド距離は取り扱いが容易である。支流単位のGISデータを汎用統計解析ソフトRに取り込んでクラスタ分析を行った。2つのクラスタ（小流域-地形特性、小流域-植生）の結果を算出した。その際の環境条件、小流域数、植生種類数を表-2に示し、その条件時での図も示す。またクラスタ分析は2つの手法で行った。一つは階層的クラスタ（ウォード法）でもう一つは非階層的クラスタ（k-平均法）。データ数が多い場合、非階層的クラスタの方が一般的に用いられる。今回クラスタの分類数はn=5とした。⁷⁾

表-2 環境条件と小流域-植生の解析結果

環境条件	標高	400m以上
	自然度	自然度6以上
小流域数		67個
植生種類数		19種

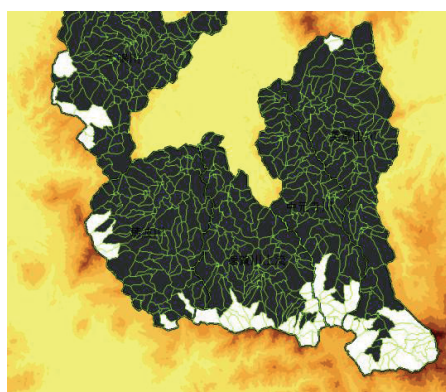


図-7 クラスタ分析時に選定した小流域（白）

3. 結果と考察

(1) 河川に沿った小流域と植生の変化

図-8には河川に沿った小流域の平均面積とその小流域の重心と河川の交点からの河川始点までの相対距離を算出した。傾斜も標高も河川始点から離れ

るほど大きくなっているのが分かる。また、河川に沿った小流域にある植生の面積と、河川始点からの相対距離を図-9、10に示している。シイ・カシ萌芽林は相対距離が小さい値の時に大きい値の時に多く分布している。対照的に竹林においては、分散した形になっており、植生と河口始点の関係性は見られない。

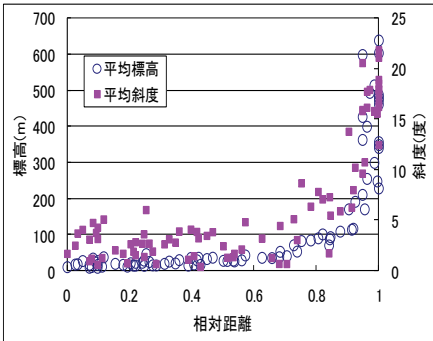


図-8 小流域の平均斜度と河川始点からの相対距離

次に河川に沿った植生の変化を示す。（図-9 図-10）

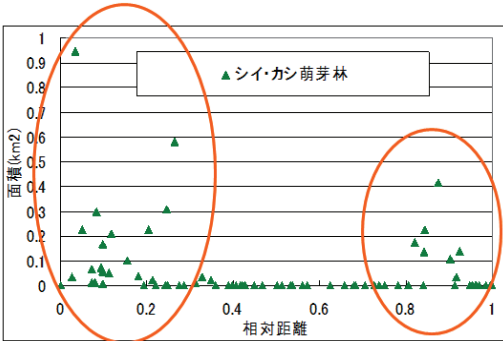


図-9 シイ・カシ萌芽林と河川始点からの相対距離

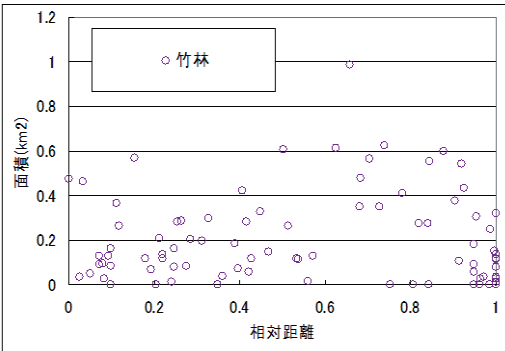


図-10 竹林と河川始点からの相対距離

(3) 各植生における特異性

SVEI 値が比較的高く、方位分布が分散している英彦山流域に注目した。表-3 は英彦山川の方位における植生の分布量である。SVEI 値が高いほど、その植生はその階級の地形特性に影響されている事が分かる。さらに特徴的な植生に注目すると、シイ林は北東に主に分布しており、各河川流域での SVEI は最大 76.77 - 最小 46.76 となった。また、竹林は全方位に分散して分布しており、その SVEI も最大 49.06 - 最小 27.50 と低く方位に対する地形的影響性がありなことが分かる。また、カシ林においては傾斜角度 35° から 40° の地点に多く分布しており、SVEI は最大 100 - 最小 63.12 であった。流域間の特異性としては、クヌギ・コナラ林は人里に近い位置に多く分布しているが、犬鳴川流域のみ人里から離れた標高の高い位置に分布している。

表-3 各方位における SVEI 値

方位の階級別における植生の分布量の割合(%)										
NAME	東	南東	南	南西	西	北西	北	北東	SVEI	
ナナ林	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	57.16	
ミズナラ林	0.28	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.06	0.30	40.42	
アカシデ・イヌシデ林	1.61	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	1.94	39.73	
イワシデ-イワツバハネウツギ群落	0.00	0.00	0.12	0.10	0.22	0.67	0.61	0.39	31.80	
クヌギ・コナラ林	11.10	12.83	13.18	7.06	7.78	8.24	8.53	8.23	17.13	
シイカシ萌芽林	0.98	1.96	2.75	0.31	0.95	0.91	0.46	0.39	31.59	
シイ林	0.30	0.26	0.20	0.20	0.65	0.38	0.46	0.42	16.09	
カシ林	1.22	0.90	0.12	0.10	0.04	0.29	0.57	1.05	28.48	
アカマツ林	3.64	5.88	6.39	4.50	1.60	1.39	2.79	3.55	21.48	
人工林・伐採群落	32.87	37.43	37.59	51.02	44.86	44.27	36.24	35.12	15.97	
竹林	1.70	1.92	2.91	2.45	2.04	1.77	1.83	1.72	17.82	
イネ科草原	0.48	0.90	0.77	0.72	0.58	0.53	0.25	0.53	18.86	
広葉草原	4.05	2.90	4.37	4.70	5.09	4.17	5.21	4.46	14.91	
湿生草原	0.07	0.17	0.24	0.00	0.00	0.00	0.15	0.14	31.39	
農業利用地	26.24	19.27	14.03	9.61	15.59	21.47	26.76	28.39	17.60	

表-4 特異的な植生の特徴

植生	地形特性	SVEI(最大-最小)
シイ林	方位:北東	76.77-46.76
竹林	方位:分散	49.06-27.50
カシ林	傾斜:35-40°	100-63.12

(4) クラスタ分析結果

小流域 - 植生、小流域 - 地形特性においてクラスター分析を行った。その結果をまとまりのよい5つのクラスターに分け示し、考察する。また、小流域 - 地形特性と小流域 - 植生のクラスター結果を比較したが、分類された各クラスターに同じような分類された小流域はなかった。

表-5 小流域 - 地形のクラスター分析

小流域-地形特性のクラスター分析(ウォード法)		
No.	小流域数(個)	地形特徴
A	23	最も小流域数が多いクラスターで、平均標高が515mと低い
B	5	小流域数が最も少なく、平均傾斜と標高が最も高い(18°、589m)
C	10	平均方位が159°であり、南を向いている斜面が多い。また標高も509mと最も低い
D	11	平均傾斜が15.9°と最も低く、最小値は7.9°である
E	18	傾斜、標高ともに最大値-最小値の差が最も大きい傾斜(20.8-11.1)、標高(905-408)

表-6 小流域 - 植生のクラスター分析

小流域-植生のクラスター分析(ウォード法)		
No.	小流域数(個)	植生の種類(%)
1	8	アカシデ-イヌシデ群落:0.217 モミ-シキミ群落:0.147 コナラ群落:0.108
2	26	スギ-ヒノキ-サワラ群落:0.871 シイカシ萌芽林:0.0412
3	24	スギヒノキ植林:0.947 アカマツ群落:0.0244
4	15	スギヒノキ植林:0.812 アカシデ-イヌシデ群落:0.0581
5	1	スギヒノキ植林:0.862 シイカシ萌芽林:0.141

表-5、表-6をGISに取り込み、小流域での分類を可視化した。(図-11)

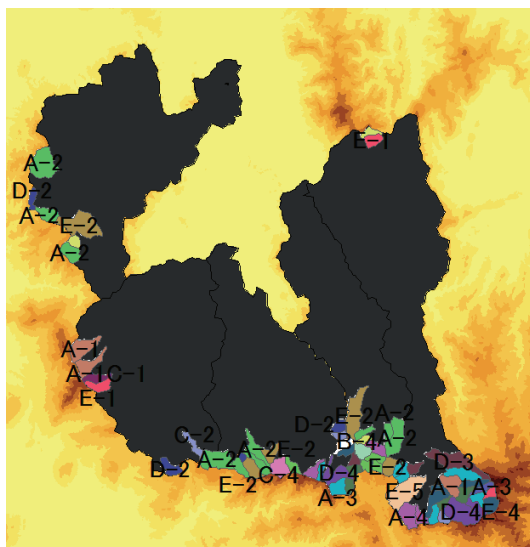


図-11 地形特性、植生のクラスター分析

河川間の類似性については、A-2に分類された小流域が多く分布している犬鳴川流域、遠賀川上流域、

中元寺川流域と植生1の小流域がある穂波川流域、英彦山川流域に差別化できる。

k-平均法を用いて地形特性と植生の分類化を行い、ウォード法との比較を行った。

表-7 小流域 - 植生のクラスター分析 (k-平均法)

小流域-地形特性のクラスター分析(k-平均法)		
No.	小流域数(個)	ウォード法のととき被る小流域の数(個)
A'	31	24
B'	3	3
C'	9	9
D'	12	11
E'	12	10

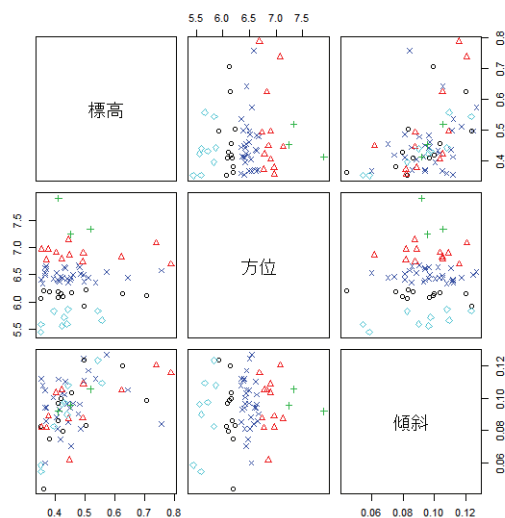


図-12 k-平均法でのクラスター分析 (地形特性)

表-8 小流域 - 植生のクラスター分析 (k-平均法)

小流域-植生のクラスター分析(k-平均法)		
No.	小流域数(個)	ウォード法のととき被る小流域の数(個)
1'	6	6
2'	29	23
3'	19	13
4'	10	8
5'	2	0

分類する数が決まっていない階級的のクラスター分析(ウォード法)とn=5に設定した非階級的のクラ

スター分析 (k-平均法) を比較・考察する。ウォード法の時と同じクラスターに分類される小流域の風をそれぞれ表に記入した。ほぼ含まれる形になり小流域の特徴も一緒であった。K-平均法では各データセットでの比較ができ、図-12 に注目すると、標高-方位ではきれいに 5 つのグループが纏まっているのに対し、標高-傾斜では混ざり合った状態であることが分かる。

4. まとめ

本研究により生態系の境界線として小流域を用いて解析を行った。小流域分割方法と植生-地形の関係性を表したことで、以下のことが解析できた。

①小流域と河川始点の関係性、及び小流域に含まれる植生の相関距離を算出することができた。

②植生環境相関指数 (SVEI) を算出し、植生の地形特性依存度を解析し、地域特有の植生がどの地形に依存するか分かった。

③河川間の類似度を算出し、北部九州の河川流域での分類化を行った。

④2 つのクラスター分析を行い、河川間の類似度に違いが出るか検証した。どちらの方法も似た結果となり、k-平均法から方位はまとまりがよく傾斜、標高と掛け合わせることで正確な分類ができる事が分かった。

参考文献

- 1) 西村 格：気候要因から見た自然草原の植生帯区分研究の現状 富山大学理学部。
- 2) 田中 雅人：デジタル地形モデルによる小流域環境評価システムの開発, 北九州市立大学 平成 19 年度修士論文
- 3) 片桐 由希子：コモンデータに基づく小流域データベースの作成と緑地環境評価の手法に関する研究 (平成 16 年度日本造園学会全国大会研究発表論文集) 慶應義塾大学大学院政策メディア研究科
- 4) 椛 賢史：小流域の地形的特徴に着目した北部九州植生の GIS 解析, 北九州市立大学 平成 20 年度
- 5) 白井 裕子：遠賀川流域圏における水質向上に対する環境かそう評価の調査研究, 早稲田大学総合研究機構
- 6) 土田 勝義：美ヶ原高原南斜面の植生に関する研究, 信州大学環境科学論集 第 5 回, pp113-117, 1983
- 7) 横田 樹広：土岐川・庄内川流域圏の持続可能な発展のための生物多様性評価システム, 清水建設研究報告 第 88 号 平成 23 年 pp27-36
- 8) 金 明哲：R で学ぶデータサイエンス 5 パターン認識

(2015. 8. 28 受付)

Terrain characteristic of small watershed of using the GIS - Correlation analysis and similarity analysis between the rivers of vegetation distribution

Soma UEDA, Atushi NOGAMI and Tomoko NISHINO

Component species and spatial structure of vegetation are subject to climatic factors, strongly influenced by the various environments, such as topographical factors of the location (location). In history of environmental evaluation study of the river basin area in terms of water circulation, small watershed water environmental evaluation studies and biotope evaluation research in units of it is being carried out. In this study, we focused on the changes in vegetation structure along the river, it worked like vegetation is different Even though a similar terrain basin, the specific areas where human impact is estimated, for example in the construction of GIS technique that can be extracted in small watershed unit. The analyzed and basin of northern Kyushu primary rivers, also was to compare the characteristics of the vegetation of each tributary evaluation. We summarized grouping of natural degree of vegetation nine as a reference. We analyzed the relationship between geographical similarity and vegetation similarity due to the derivation of the environment correlation index, and cluster analysis - topographical environmental factors (elevation, slope, orientation) bias the corrected vegetation of. In addition, we also tried regression analysis of the vegetation distribution and topographical environmental factors.