メッシュデータを用いた流域分類に関する研究

A Study on the Watershed Classification Using Grid Cell Data

王尾 和寿* 鈴木 雅和**

Kazuhisa OHBI Masakazu SUZUKI

Abstract : The purpose of this paper is to clarify the structure of landscape based on watershed units. Nakagawa river basin, Kokaigawa river basin, Kinugawa river basin and Kasumigaura river basin in Kanto district were selected as the study field. As the basic dataset, 1km grid-cell data provided by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Japan were used. (1) The study watershed could be divided into 823 watershed units. (2) The area of landform, geology and soil were measured at all watershed units. (3) The composite properties of watershed units were examined by a principal component analysis, resulting in eight major components. (4) All watershed units could be classified into 10 groups by cluster analysis in which these major components were used as variables. (5) There was a relationship between each group and the regional environmental elements such as land use and vegetation.

Keywords: watershed, grid cell data, environmental information, GIS

キーワード : 流域, メッシュデータ, 環境情報, 地理情報システム

1. はじめに

降水や河川水が集まる地形的な区域を、流域または集水域と呼ぶ。流域と地域住民の結びつきは古く、農業のための利水、米や木材等の物資輸送のための舟運を通じて生活圏あるいは産業圏としての流域の姿が、明治期までは見られた。その後、鉄道の普及、治水事業や上下水道の整備、産業構造の変化等により生活の利便性は向上したが、地域住民が水辺や河川を意識なくなり、また、ダム建設が上下流住民の対立を招く¹⁾など、流域と地域住民の関係は希薄化していった。しかし近年、水系を軸とした流域圏での取り組みの重要性が再評価され、平成10年閣議決定された新全国総合開発計画「21世紀の国土のグランドデザイン」では、国土の持続的な利用と健全な水循環の回復を可能とするため、流域圏の歴史的な風土性を認識し、河川、森林、農用地等の国土

管理上の各々の役割に留意しつつ、総合的な施策を展開する必要性をうたっている²⁾。流域を対象とした研究では、土地自然的、社会的環境特性から集水域を分類し、それらと河川環境整備との関係を論じたもの³⁾や、農林地が持つ環境保全機能の面から流域を類型化するとともに計画への応用手法について論じたもの⁴⁾、デジタル標高モデルを用い地形学的に山地の流域分類を試みたもの⁵⁾などがある。それぞれ流域分類を行っているが、いずれも自然および社会環境が相互に関係し合う地域環境構造の把握を主目的としたものではない。また、多摩川中流域を対象として多変量解析による地域区分を行い、環境構造および土地利用変動特性を把握した例⁶⁾では、メッシュ単位で地域区分が行われ、流域の骨格を成す水系を考慮した手法であるとは言い難い。本研究と同様に那珂川流域、霞ヶ浦流域を対象としたものでは、土地利用および地形の上下流にわたる変化を可視化したもの⁷⁾、土地利用変化からみた流域分類⁸⁾や、景観構造の変遷を把握したもの⁹⁾などがある。これらは主に土地利用を中心に、流域単位でその変化を捉え、可視化しようとしたものであるが、そもそも土地利用の多様性や変化をもたらす素地としての、自然的、社会的環境条件が相互に関係し合った環境構造については十分に議論されていない。今後、従来の行政区域にとらわれない流域圏を対象とした計画、管理を行うにあたりその基礎資料として、また自治体、住民間の合意形成を図る上でも、環境構造を把握し、視覚的に表現することが求められる。本研究では、広域の地域環境構造を理解するために有効な流域を単位として、メッシュデータを用いた地域区分を行い、自然および社会的環境情報との関連を検討することにより流域圏の環境特性を把握することを目的とした。

2. 研究対象流域と空間単位

(1) 研究対象流域

本研究では、図-1のように茨城県、栃木県そして一部福島県にまたがり太平洋に流入する那珂川流域と、利根川水系に属し、茨城、栃木両県にまたがる鬼怒川・小貝川流域、そして同じく利根川水系最下流部に位置する霞ヶ浦流域を対象とする。これらの流域は、地形的に山地、丘陵地、台地、沖積低地などの多様な地

図-1 対象流域

*筑波大学大学院芸術学研究科 **筑波大学芸術学系

表－1 使用データ

データ名	データ形式	利用方法
国土数値情報（国土交通省）		
地形メッシュ	基準地域メッシュ（1km×1km） （縦横10等分して解析に利用）	地形の把握
地質メッシュ	基準地域メッシュ（1km×1km） （縦横10等分して解析に利用）	地質の把握
土壌メッシュ	基準地域メッシュ（1km×1km） （縦横10等分して解析に利用）	土壌の把握
流域・非集水域メッシュ	1/10細分メッシュ （メッシュサイズ100m×100m）	単位流域の抽出
河川・水系ネットワーク	表データ	河川延長、河川名の把握
土地利用メッシュ	1/10細分メッシュ （メッシュサイズ100m×100m）	土地利用の経年把握
自然環境保全基礎調査（環境省）		
第5回植生調査	基準地域メッシュ（1km×1km） （縦横10等分して解析に利用）	植生の把握
数値地図（国土地理院）		
50mメッシュ（標高）	50mメッシュ （メッシュサイズ50m×50m）	標高、傾斜、起伏の把握

形配列を持ち、土地利用面でも上流部の森林から、中下流部の農用地、さらに下流部の市街地と変化に富む。首都圏に近く、都市化の影響を受け、特に下流部は土地利用の混在化が進んでいる。また、物資輸送の舟運が江戸時代を中心に、非常に栄えた地域であるが、明治時代に入り鉄道の開業とともに舟運が衰退した歴史を持つ。さらに現在を含めて、常に洪水の危険にさらされてきた地域であることなど、今日の流域圏の課題を考える上で豊富な情報を有する地域である。

（2）解析のための空間単位

従来、環境管理計画や土地利用計画の計画区域設定においては、行政区画等によるものがほとんどで、自然地域の広がりとは一致しない場合が多い¹⁰⁾。これに対し流域は地形、地質、土壌などの環境要因の有機的結合をささえる環境単位として重要であり⁹⁾、流域を計画単位とすることにより、自然的側面を重視した計画が可能である。本研究の対象流域は、さらに小さな単位流域¹¹⁾に分割され、全体で823の単位流域から構成される。それらの単位流域を解析単位とした。

3. 研究方法

（1）使用データ

地理情報システム（GIS）によるメッシュ解析を行うため表－1に示す、国土数値情報（国土交通省）、自然環境保全基礎調査データ（環境省）、数値地図50mメッシュ標高（国土地理院）を用いた。メッシュサイズがデータにより異なり、単位流域との重

表－2 地形・地質・土壌区分

地形区分	区分基準
山地	大・中・小起伏の山地、火山地、山麓地
丘陵地	大起伏・小起伏の丘陵地、火山性丘陵地
台地	ローム台地、砂礫台地、段丘
扇状地	扇状地性低地
三角州	三角州性低地
自然堤防	自然堤防、砂州
地質区分	区分基準
礫・砂	礫、砂
泥・シルト	泥、シルト、砕屑物
火山砕屑物	火山砕屑物、軽石
ローム	ローム
固結堆積物	礫岩、砂岩、泥岩（半固結および固結堆積物）
火山性岩石	凝灰岩、流紋岩、安山岩
深成・変成岩	花崗岩、ハニレイ岩、緑色・黒色片岩
土壌区分	区分基準
岩石地	岩石地
岩屑性土	岩屑性土壌
未熟土	砂丘未熟土壌、火山堆積物未熟土壌
黒ボク土	黒ボク土壌、粗粒・多湿黒ボク土壌
褐色森林土	褐色森林土壌、乾性褐色森林土壌
ポドゾル	乾性・湿性ポドゾル化土壌
褐色低地土	褐色低地土壌、粗粒褐色低地土壌
グライ土	グライ土壌、細粒、粗粒グライ土壌
泥炭土	高位・低位泥炭土壌、黒泥土壌
砂礫・市街地	砂礫地・市街地等

ね合わせによるメッシュ数算出のため、基準地域メッシュサイズ（約1km×1km）のデータについては、縦横10等分して解析に用いたが、本研究のデータ解像度としては、基準地域メッシュサイズの分解能となる。

（2）解析方法および手順

823の単位流域を解析単位として、次の手順で行った。使用したGISソフトは、TNTmips（Microimages, Inc）である。

手順1：単位流域の区分

流域・非集水域メッシュデータをラスター形式でGISへ格納し、各単位流域の境界を線要素に変換するベクトル化を経て、図－2に示す823の単位流域を抽出した。また、霞ヶ浦および北浦もひとつの単位流域であるが、ほとんどが湖面で占められるため、対象としなかった。

手順2：単位流域ごとの自然環境情報の把握

地域環境構造は地形、地質、水系など無機的自然環境に、動植物の影響、さらに農耕や土地利用を通じた人間活動が作用し、形成されるものである。なかでも地形の起伏や傾斜などの無機的自然

表－3 主成分分析結果

	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分	第6主成分	第7主成分	第8主成分
固有値	6.616	2.836	2.548	1.906	1.601	1.195	1.102	1.072
寄与率	25.45%	10.91%	9.80%	7.33%	6.16%	4.60%	4.24%	4.12%
累積寄与率	25.45%	36.35%	46.15%	53.49%	59.64%	64.24%	68.48%	72.60%
固有ベクトル 因子負荷量	固有ベクトル 因子負荷量	固有ベクトル 因子負荷量	固有ベクトル 因子負荷量	固有ベクトル 因子負荷量	固有ベクトル 因子負荷量	固有ベクトル 因子負荷量	固有ベクトル 因子負荷量	固有ベクトル 因子負荷量
地形								
山地	0.352	0.904	0.048	0.081	0.008	0.012	0.101	0.140
丘陵地	-0.011	-0.029	-0.217	-0.366	0.165	0.263	0.114	0.157
台地	-0.260	-0.669	-0.085	-0.142	-0.370	-0.591	0.043	0.080
扇状地	-0.045	-0.115	-0.249	-0.420	0.221	0.353	-0.371	-0.512
三角州	-0.179	-0.461	0.434	0.731	0.091	0.145	0.069	0.095
自然堤防	-0.098	-0.251	0.179	0.302	0.187	0.298	-0.253	-0.350
地質								
礫・砂	-0.075	-0.193	-0.320	-0.539	0.106	0.170	-0.353	-0.488
泥・シルト	-0.177	-0.455	-0.164	0.731	0.206	0.330	-0.100	-0.138
火山砕屑物	0.017	0.043	-0.165	-0.278	-0.011	0.000	0.000	0.000
ローム	-0.250	-0.642	-0.027	-0.046	-0.375	-0.599	0.127	0.176
固結堆積物	0.119	0.307	-0.143	-0.241	0.288	0.460	0.345	0.476
火山性岩石	0.272	0.701	0.110	0.185	-0.157	-0.250	-0.130	-0.180
深成・変成岩	0.137	0.353	0.051	0.086	0.005	0.008	0.018	0.025
土壌								
岩石地	0.078	0.200	0.023	0.038	-0.016	-0.025	-0.033	-0.045
岩屑性土	0.121	0.312	0.095	0.161	-0.158	-0.253	-0.183	-0.253
未熟土	-0.026	-0.068	0.063	0.105	0.052	0.083	-0.068	-0.095
黒ボク土	-0.195	-0.502	-0.225	-0.378	-0.363	-0.579	0.034	0.047
褐色森林土	0.266	0.684	-0.114	-0.192	0.262	0.418	0.303	0.418
ポドゾル	0.189	0.486	0.157	0.264	-0.210	-0.336	-0.270	-0.372
低地土	-0.111	-0.285	-0.042	-0.071	0.275	0.439	-0.437	-0.604
グライ土	-0.123	-0.317	0.320	0.539	0.095	0.151	0.096	0.133
泥炭土	-0.138	-0.354	0.275	0.464	-0.032	-0.051	0.109	0.150
砂礫・市街地	-0.074	-0.191	-0.010	-0.017	-0.069	-0.110	-0.057	-0.078
標高・勾配								
平均標高	0.326	0.838	0.081	0.136	-0.215	-0.343	-0.201	-0.278
起伏量	0.315	0.811	0.113	0.190	-0.176	-0.281	-0.139	-0.192
平均勾配	0.367	0.945	0.074	0.124	-0.040	-0.064	0.031	0.042

図-3 主成分得点の空間分布

図-2 単位流域区分図

図-4 地形分類

然環境は、動植物の分布や人間の居住性、農耕などに影響を与え、地域環境構造の基礎を成すものとして重要である。そこで、地形、地質、土壌、標高、傾斜、起伏量を単位流域ごとに把握した。地形、地質、土壌については表-2に示す区分を設定し、単位流域との重ね合わせにより、区分毎のメッシュ数を算出し、構成比率を求めた。標高は50mメッシュ標高データと単位流域との重ね合わせにより、単位流域ごとの平均標高として求めた。また、標高値の標準偏差を地形の起伏量を表す指標とした。さらに50mメッシュ標高データからGISの傾斜解析機能により傾斜分類を行い、単位流域ごとの平均傾斜度を求めた。

手順3：自然環境情報による地域区分

手順2により地形、地質、土壌それぞれの構成比、および標高、傾斜、起伏量など26個の自然環境情報が、単位流域ごとに得られる。これらの中には完全に独立ではないものも含まれる可能性があり、また分析変数も多いことから主成分分析により、分析変数を集約し、かつ直交化した空間に位置づけた後、主成分得点の

$$\text{特化度} = (LT/RT) \div (L/R)$$

LT：類型地域でのある土地利用の面積

RT：類型地域の面積

L：ある土地利用の全面積

R：全流域面積

図-5 特化度の算出（土地利用）

クラスター分析（k-means法）により、単位流域を区分した。なお変数の単位が異なるため標準化（平均0、分散1）し、相関行列からなる主成分分析を行った。

手順4：区分地域と土地利用、植生の関係

区分された単位流域と、表-5の土地利用、植生データを重ね合わせ、含まれる区分ごとのメッシュ数を算出した。さらに特化度を用いて、類型化された地域と結びつきの強い、土地利用と植生を把握した。特化度¹²⁾は図-5に示すように当該地域の機能量や構成が、全体の機能総量（平均的分布）に対して相対的に偏在している度合いを表現することができる。特化度が1以上で大きいほど、ある機能量と類型地域との結びつきが強いことになる。

4. 結果と考察

（1）流域環境構造の解析

単位流域における地形、地質、土壌の構成比、および標高、起伏量、傾斜度をデータとして主成分分析を行った。その結果、固有値が1以上の主成分は第8主成分までであり、第1から第8主成分までを採用した。また第8主成分までの固有値、寄与率、累積寄与率、固有ベクトル、因子負荷量を表-3に示した。8個の

図-6 単位流域の類型

主成分で分散の約73%を説明できる。さらに各主成分得点の空間分布を図-3に示し、図-4には地形分類を示した。

第1主成分は勾配、山地、標高、起伏、火山性岩石、褐色森林土壌など、標高の高さ、地形の険しさに関係する項目と強い正の相関を示し、台地、ローム、黒ボク土など、低地部の平面を示す項目と負の相関がある。また、図-3の第1主成分得点の空間分布をみると、流域北部の那須岳、高原山、男体山などの日光火山群を中心とする山地部、および茨城県と栃木県の県境に沿って、南北に走る八溝山地での主成分得点が高く、台地部、低地部での得点が低くなっている。したがって、第1主成分は地形の険しさおよび高低差を示す指標と考えられる。第2主成分は三角州、泥・シルト、グライ土と強い正の相関、礫・砂、扇状地と負の相関を示している。主成分得点の空間分布では鬼怒川、小貝川、桜川および那珂川の三角州性低地、また利根川沿いのグライ土や泥炭土が分布する低地部での得点が高く、扇状地、丘陵地の得点が高い。第2主成分は、グライ土、泥・シルトから成る三角州性低地部と礫・砂が広がる扇状地性低地を区分する指標と考えられる。第3主成分は固結堆積物、低地土、褐色森林土と正の相関、ローム、台地、黒ボク土と負の相関を示す。主成分得点の空間分布でも、固結堆積物が分布する八溝山地と扇状地の低地土で得点が高く、霞ヶ浦周辺および那珂川下流のローム台地で低くなりこれらの地域を区分する指標と考えられる。第4主成分は主に八溝山地の固結堆積物、褐色森林土と正の相関を、鬼怒川、小貝川沿いの礫・砂、低地土からなる扇状地や自然堤防と負の相関を示しこれらの区分指標である。第5主成分は丘陵地および火山砕屑物と強い正の相関を持っている。主成分得点の空間分布によると、栃木県黒磯市付近の北側に位置する白河丘陵と矢板市付近から南東部へのびる塩那丘陵で高い得点分布がみられる。これらの丘陵は火山性丘陵地で火山噴出物や軽石で占められる。第6主成分は自然堤防と正の相関を持ち、主成分得点の空間分布でも鬼怒川、小貝川および那珂川下流部での自然堤防で得点が高くなっている。第7主成分は深成岩・変成岩類と強い正の相関が見られ、八溝山地の最南部に位置する筑波山および加波山周辺および流域最上流部の火山性山地部で、主成分得点が高い。第8主成分は未熟土と正の相関、泥炭土と負の相関を示し、主成分得点の空間分布では霞ヶ浦流域最下流部の利根川との合流点付近の砂丘未熟土壌で得点が高く、小貝川最下流部の泥炭土の分布域で得点が高い。

(2) 単位流域の類型化

第1～第8主成分について単位流域ごとの主成分得点を求め、クラスター分析により図-6に示す10タイプに類型化した。各類型の特徴を把握するため、表-4に類型ごとの地形、地質、土壌の構成比率を示した。また図-7には各類型の第1～第8主成分

表-4 類型別の地形・地質・土壌構成割合

(単位: %)

類型	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
地形										
山地	82.49	0.97	2.36	16.56	—	66.73	96.86	2.31	8.47	96.46
丘陵地	7.88	0.49	3.75	62.16	—	11.41	1.17	2.62	9.73	—
台地	3.84	29.49	78.36	8.12	10.06	5.01	1.04	27.47	43.10	0.17
扇状地	5.66	1.08	2.53	11.47	—	14.90	0.93	2.64	35.94	3.37
三角州	0.02	60.15	12.08	1.23	39.69	1.93	—	22.81	—	—
自然堤防	0.12	7.82	0.93	0.45	50.25	0.03	—	42.15	2.76	—
地質										
礫・砂	6.45	1.35	6.56	13.89	46.76	1.29	1.83	5.43	61.17	0.15
泥・シルト	2.20	73.19	12.47	3.36	44.31	17.44	0.08	64.13	2.55	5.35
火山砕屑物	0.47	—	0.95	32.96	—	—	3.71	—	1.93	3.51
ローム	3.27	24.63	76.22	10.98	8.93	15.58	0.28	27.85	20.90	0.19
固結堆積物	73.02	0.07	1.50	21.38	—	1.15	13.44	1.77	8.01	4.60
火山性岩石	12.02	0.04	0.85	15.10	—	5.96	61.75	0.70	3.79	82.80
深成・変成岩	2.58	0.73	1.44	2.33	—	58.58	18.92	0.12	1.66	3.40
土壌										
岩石地	0.10	—	0.09	—	—	0.14	3.84	—	0.03	1.30
岩屑土	—	—	—	0.07	—	—	0.63	—	—	10.95
未熟土	—	—	0.07	—	36.02	—	—	0.10	—	—
黒ボク土	7.80	24.82	71.00	45.38	9.97	15.29	15.94	20.51	36.07	6.04
褐色森林土	83.10	0.48	3.04	43.63	—	63.67	62.48	3.72	14.45	17.12
ボドゾル	—	—	0.04	0.06	—	0.78	16.65	—	—	64.40
低地土	7.21	7.30	6.13	7.58	—	12.40	0.41	60.88	45.41	—
グライ土	1.54	37.14	6.48	3.01	46.81	6.65	—	4.94	0.76	—
泥炭土	0.09	27.91	8.77	—	1.86	0.33	—	4.37	0.07	—
砂礫・市街地	0.16	2.34	4.39	0.27	5.35	0.74	0.05	5.48	3.22	0.18

図-7 類型別平均主成分得点の分布

分得点の平均を分布図に示した。第1主成分は最も寄与率が高く、地形の険しさや高低差を示す指標であり、この得点が高ければ山地部、低い場合は平地から低地部、0に近い場合は丘陵地と考えられる。したがって、類型A、F、G、Jは山地部であり、類型B、C、E、H、Iは平地から低地部、類型Dは丘陵地に分布すると考えられる。さらに各類型の特徴を把握すると、類型Aは図-7によると主成分3および4の得点が高い。第3、第4主成分は八溝山地の固結堆積物、褐色森林土と正の相関を示しており、表-4の地形、地質、土壌の構成割合でも、山地、固結堆積物、褐色森林土は70～80%と高い割合である。また、類型Aの空間分布は図-3の第1、第3、第4主成分得点の高い地域と重なることから、類型Aは主に固結堆積物と褐色森林土が分布する八溝山地を中心とする地域である。

類型Bは平地部に分布する地域であり、また第2主成分得点が高く、その空間的分布を考慮すれば、主に泥・シルト、グライ土、泥炭土が分布する利根川沿いおよび霞ヶ浦周辺の三角州性低地からなる地域である。類型Cも平地部に分布し、第3主成分得点が高いことから、主にローム、台地、黒ボク土壌から構成される地域であると思われる。類型Cの空間分布は、図-3の第1、第3主成分得点の低い地域とほぼ一致し、那珂川上流の黒磯市および那珂川下流部、また鬼怒川、小貝川の中流から下流部、そして霞ヶ浦周辺のローム台地からなる。類型Dは丘陵地であり、第2主

成分得点が低く、第5主成分得点が高い。したがって、主に火山砕屑物や黒ボク土壌が分布する丘陵地であり、空間分布では第5主成分得点の高い地域とほぼ一致する。類型Eは第6、第8主成分得点が高く、第7主成分得点が低い。これらは未熟土、グライ土壌、自然堤防からなる地域であり、霞ヶ浦流域下流の利根川との合流点付近である。類型Fは山地部で、第7、第8主成分得点が高い。空間分布は図-3の第7主成分得点が高い地域と一致し、筑波山および加波山を中心とした、深成岩・変成岩から成る山地である。類型Gは第1主成分得点が特に高く、空間分布も第1主成分の高得点地域と一致する、那須岳、高原山を中心とする山地部の火山性岩石および褐色森林土壌が分布する地域である。類型Hは低地部に分布し、第6主成分得点が高く、第4主成分得点が低い。空間分布は第6主成分の高得点地域と一致する。鬼怒川、小貝川下流部および那珂川下流部の河川に沿った低地土壌が分布する、三角州、自然堤防の地域である。類型Iは第1主成分得点が低めで、第2、第4主成分得点も低い。扇状地、礫・砂、低地土壌、黒ボク土壌が分布する、鬼怒川、小貝川中流部の河川沿いの地域である。類型Jは第1主成分得点が特に高く、第3、第4主成分得点が低い、表-4の地質、土壌の構成割合からも、主に火山性岩石でポドゾル化土壌が分布する、男体山を中心とする地域である。

(3) 類型地域と植生・土地利用の関係

地形、地質、土壌条件が植生および土地利用に及ぼす影響は大きい。菊池¹³⁾は植生立地の違いは、多くの場合、地表の起伏に起因するとしている。起伏は高度差さらに温度差を生み、また斜面を形成することにより、日射や土壌水分などの差を生みだし、特色のある植生が成立する。また土地利用も様々な自然および社会条件により決定されるものであるが、地形、土壌条件に制約される場合が多い¹⁴⁾。そこで、類型化された単位流域と植生および土地利用との関係を考察する。表-5に植生および土地利用の区分を示す。また、特化度を用いて、類型化地域と結びつきの強い植生と土地利用を把握し、表-6に示した。土地利用については1976年、1987年、1991年の土地利用データより特化度を算出し、比較した。八溝山地を中心とする類型Aは土地利用面では森林が70%以上を占め、クヌギ、コナラ、アカマツなどの二次林とスギ、ヒノキ、サワラなど常緑針葉樹の植林が見られる。類型Bは霞ヶ浦周辺および利根川沿いの三角州性低地であり、市街地や住宅地、水田との結びつきが強い。特に土地利用のうち50%以上が水田である。流域に広く分布する台地部である類型Cは土地利用面で、建物や交通用地、空地、畑や田との結びつきが強い。建物の特化度は上昇傾向にあり、空地は減少傾向にある。植生面でも同様の傾向を示し、アカマツなどの植林もみられる。類型Dは主に丘陵地である。土地利用面では建物用地をのぞいては、1前後の特化度を示し、特に関係の強い土地利用がみられないが、経年的に空地との結びつきが強くなっている。植生ではクヌギ、コナラ、アカマツなどの二次林とゴルフ場・牧草地との結びつきが強い。類型Eは霞ヶ浦流域と利根川との合流点付近であり、土地利用では荒地、建物交通用地、特に空地との関係が強い。この地域は鹿島港の港湾地区であり、植

生も同様に、市街地・住宅地、工場・造成地、開放水域の特化度が高い。類型Fは筑波山、加波山を中心とした山地であり、土地利用では森林、荒地との結びつきが強く、特に荒地は経年的に増加傾向にある。植生面では常緑広葉樹の自然植生がみられる他、アカマツ・スギ・ヒノキなど、常緑針葉樹の植林、および果樹園との関係が強い。類型Gは那須岳、高原山を中心とする山地部であり、土地利用面では森林の特化度が高く、面積的にも90%以上を森林が占める。植生面では亜寒帯・高山帯植生、落葉広葉樹の自然植生、クリ・ミズナラなどの二次林、またカラマツ植林と

表-5 土地利用・植生区分

土地利用区分	区分基準
田	温田、乾田、沼田、渚田および田
畑	畑、果樹園、樹木畑などの田以外の農用地
森林	多年生植物の密生している地域
荒地	荒地、がけ、岩、湿地等
建物用地	住宅地、市街地で建物が密集しているところ
交通用地	鉄道、駅舎、道路
空地	空地、人工造成地、ゴルフ場等
河川湖沼	湖、池、河川および河川敷
海浜海水域	海浜および干潟等を含む海水域
植生区分	区分基準（主な植生）
市街地・住宅	市街地、緑の多い住宅地、公園墓地等
工場・造成地	工場地帯、造成地、広いコンクリート地
開放水域	開放水域
自然裸地	自然裸地
亜寒帯・高山帯植生	高山低木群落、ハイマツ・コケモモ群落
自然植生（落葉広葉樹）	コメツグ群落、ササ・タケカンバ群落
二次林（クリ・ミズナラ）	ブナ・ミヤコザサ群落、ミズナラ群落
二次的植生（シラカンバ・草原）	ヤマボウシ・ブナ群落、ツグ・コナラ群落
自然植生（常緑広葉樹）	クリ・ミズナラ群落、ブナ・ミズナラ群落
二次林（クヌギ・コナラ）	イヌシデ・アカシデ群落、リュウブ群落
二次林（アカマツ）	シラカンバ・レンゲツツジ群落、伐跡群落
二次的植生（スズキ草原）	ミヤコザサ群落
温帯植生	ケヤキ群落、ケヤキ・イロハモミジ群落
川辺植生	シラカンバ群落、スダジイ群落
アカマツ・クロマツ植林	クヌギ・コナラ群落、コナラ・クリ群落
スギ・ヒノキ・サワラ植林	アカマツ、アカマツ・ヤマツツジ群落
カラマツ植林	アズマネザサ・スズキ群落、ササ・タケ群落
果樹園・桑園	ツルコケモモ・ミズゴケ群落
畑	コシナリ・オギ群落
ゴルフ場・牧草地	アカマツ、クロマツ
水田	スギ・ヒノキ・サワラ、常緑針葉樹植林
	カラマツ、落葉針葉樹植林
	果樹園、桑園、苗圃、竹林、茶畑
	畑、畑地雑草群落
	ゴルフ場、牧草地
	水田、水田雑草群落

表-6 特化度による類型地域と土地利用・植生の関係

類型	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
土地利用										
田	1976年 0.435	2.412	1.243	0.947	1.110	0.617	0.040	1.470	1.912	0.004
畑	1987年 0.441	2.328	1.244	0.938	1.121	0.614	0.038	1.640	1.876	0.005
森林	1991年 0.440	2.331	1.246	0.938	1.102	0.616	0.038	1.631	1.872	0.005
荒地	1976年 0.506	0.888	1.817	0.759	1.055	0.701	0.072	1.523	0.576	0.023
建物用地	1987年 0.519	0.855	1.834	0.837	0.690	0.711	0.077	1.244	0.609	0.024
交通用地	1991年 0.516	0.853	1.823	0.837	0.666	0.706	0.077	1.332	0.610	0.024
空地	1976年 1.582	0.252	0.569	1.199	0.153	1.402	1.927	0.237	0.471	1.934
河川湖沼	1987年 1.636	0.232	0.515	1.184	0.146	1.432	2.004	0.223	0.458	2.037
海浜海水域	1991年 1.639	0.227	0.504	1.173	0.135	1.440	2.094	0.214	0.453	2.069
市街地・住宅	1976年 0.961	0.536	0.452	1.052	7.502	1.055	1.670	0.173	0.648	4.519
工場・造成地	1987年 0.799	1.059	0.937	1.003	3.206	1.250	1.062	0.809	0.459	2.217
開放水域	1991年 0.848	1.070	0.901	0.988	3.191	1.346	1.068	0.807	0.471	2.218
自然裸地	1976年 0.376	1.594	1.506	0.581	1.900	0.728	0.073	2.350	1.209	0.036
亜寒帯・高山帯植生	1987年 0.327	1.588	1.630	0.513	1.898	0.645	0.067	2.063	1.088	0.032
自然植生（落葉広葉樹）	1991年 0.321	1.600	1.632	0.506	1.945	0.642	0.066	2.079	1.069	0.031
二次林（クリ・ミズナラ）	1976年 0.178	0.993	1.464	1.309	3.428	0.251	0.203	1.536	1.524	0.501
二次林（アカマツ）	1987年 0.132	0.890	1.740	0.994	2.618	0.396	0.114	1.288	1.355	0.192
二次的植生（シラカンバ・草原）	1991年 0.090	1.033	1.632	1.072	3.243	0.275	0.087	2.007	1.282	0.131
自然植生（常緑広葉樹）	1976年 0.434	1.069	1.727	0.639	6.824	0.378	0.051	1.284	1.007	0.009
二次林（クヌギ・コナラ）	1987年 0.372	1.146	1.562	1.028	8.235	0.374	0.052	1.150	1.178	0.019
二次林（アカマツ）	1991年 0.598	1.038	1.489	1.182	6.856	0.449	0.049	1.025	1.188	0.020
温帯植生										
川辺植生	0.301	1.488	1.589	0.496	2.680	0.583	0.133	2.345	1.081	0.050
アカマツ・クロマツ植林	0.357	1.074	1.710	0.418	6.079	0.491	0.178	1.846	0.679	—
スギ・ヒノキ・サワラ植林	0.048	3.677	0.857	0.157	7.889	—	2.035	0.819	0.671	0.056
カラマツ植林	0.742	—	0.433	0.806	—	—	1.205	0.661	6.748	0.851
果樹園・桑園	—	—	0.011	—	—	—	2.485	—	—	16.702
畑	0.019	—	0.028	—	—	—	5.598	—	—	5.315
ゴルフ場・牧草地	0.157	—	0.040	0.142	—	—	1.490	5.593	—	2.791
水田	0.530	—	0.020	0.589	—	—	1.304	4.730	—	3.782
市街地・住宅	0.806	1.017	0.231	0.517	—	—	2.870	0.527	4.471	3.628
工場・造成地	2.626	0.029	0.533	3.093	—	—	0.494	0.318	0.347	0.824
開放水域	1.987	0.013	0.730	2.795	—	—	0.549	0.145	0.005	2.198
自然裸地	0.764	0.467	0.917	0.915	4.991	0.288	—	2.368	4.348	—
亜寒帯・高山帯植生	—	—	—	3.025	—	—	—	—	—	16.885
自然植生（落葉広葉樹）	—	1.845	0.742	0.358	4.343	—	0.243	9.181	—	1.225
二次林（クリ・ミズナラ）	0.937	1.230	1.535	0.675	0.891	2.652	—	0.714	0.161	—
二次林（アカマツ）	3.594	0.032	0.249	1.048	—	2.521	1.163	0.115	0.592	0.171
二次的植生（シラカンバ・草原）	—	—	0.057	0.036	—	0.631	5.232	—	—	5.900
自然植生（常緑広葉樹）	0.151	0.726	1.480	1.156	—	2.718	0.143	2.166	0.324	—
二次林（クヌギ・コナラ）	0.459	0.858	1.873	0.719	1.067	0.573	0.082	1.507	0.571	0.024
二次林（アカマツ）	1.371	0.749	0.860	2.570	—	0.569	0.552	0.241	0.959	0.469
温帯植生	0.451	2.305	1.239	0.997	1.119	0.536	0.037	1.532	1.965	—

注：欄外は特化度1以上を示す

表-7 類型地域別環境特性

類型	地 形	地 質	土 壤	植 生	土地利用			
A	山 地	固結堆積物	褐色森林土	クヌギ・コナラ・アカマツ、スギ・ヒノキ植林	森林			
F		深成岩・変成岩		クリ・ミズナラ、常緑広葉樹、アカマツ・スギ・ヒノキ植林、果樹園	森林、荒地			
J		火山性岩石		ポドソル	亜寒帯・高山帯植生、温原植生、カラマツ植林	森林、荒地		
G				亜寒帯・高山帯植生、落葉広葉樹、クリ・ミズナラ、カラマツ植林	森林、荒地			
D	丘陵地	火山砕屑物	固結堆積物	クヌギ・コナラ・アカマツ、ゴルフ場・牧草地	空地が増加			
C	台 地	礫・砂 泥・シルト	ローム	黒ボク土	市街地・住宅・工場・畑・水田・果樹園	田、畑、建物交通、空地		
I	扇状地			低地土	自然裸地、常緑広葉樹、アカマツ、水田	田、建物交通、空地		
B	自然堤防			三角州	グライ土	泥炭土	市街地・住宅、川辺植生、水田	田、建物
H					低地土	市街地、工場、川辺植生、畑、水田、果樹園、常緑広葉樹	田、畑、建物交通、空地	
E		礫・砂	泥・シルト	未熟土	グライ土	工場、市街地、開放水域	荒地、建物交通、空地

注：A～Jは類型地域を示す

図-8 流域別の類型地域構成

強い。類型Iは主に、鬼怒川、小貝川中流部の扇状地であり、土地利用では田との関係が強い他、建物・交通用地、空地との結びつきもみられる。植生では自然裸地、常緑広葉樹の自然植生、アカマツ二次林や水田との関係が強い。類型Jは男体山を中心とする山地部である。土地利用では、森林が90%以上を占め、荒地の特化度も高い。植生では亜寒帯・高山帯植生と湿原植生との結びつきが非常に強く、落葉広葉樹の自然植生やクリ・ミズナラの二次林、カラマツ植林との関係も強い。

5. まとめと今後の課題

地形、地質、土壌等の自然環境情報により、単位流域を10種類に分類し、それぞれの類型と結びつきの強い、土地利用および植生を把握した結果を表-7にまとめる。また、対象流域是那珂川、霞ヶ浦、小貝川、鬼怒川の4流域からなり、それぞれの流域を構成する類型単位流域の、上流から下流に向かっての配置パターンを図-8に示した。地形を中心に各流域の特徴をみると、那珂川流域と鬼怒川流域は、上流部に火山性岩石の山地を持ち、中流域で丘陵地と台地がみられ、下流部で自然堤防、三角州となる。また那珂川流域は中流部で固結堆積物の山地が流域を横断する形で存在する。これに対し小貝川流域は上流部に山地を持たず、流域全体に台地が広がり、河川沿いに扇状地、三角州、自然堤防が分布し水田地帯となる。さらに霞ヶ浦流域は他の3流域と異なり、河川延長が短く、霞ヶ浦をとりまく形で流域が存在する。筑波山、加波山を中心とした山地が存在するがほとんどは台地と三角州で占められる。一般に、地域計画や環境管理に関する計画区域とし

ては行政界によるものが多いが、環境構造からみて適切であるとは限らず、本研究での類型地域は行政界にとらわれない計画区域設定に応用できる可能性がある。また、本研究は地形や地質、土壌を単位流域で把握し、地域環境構造の基盤を明らかにする上で有用であるが、単位流域相互の関係性については明確でなく、今後の課題として取り組みたい。

謝辞：本研究を行うにあたり、(財)都市緑化技術開発機構より技術開発基金による平成13年度調査研究助成を受けました。ここに記して感謝の意を表します。

補注および引用文献

- 1) 高橋裕 (1997) : 流域文化の創造を目指して : 地域開発 389, 1-5
- 2) 国土庁計画・調整局 (1999) : 21世紀の国土のグランドデザイン : 時事通信社, 145-177
- 3) 篠沢健太・池口仁 (1993) : 流域を基礎単位とした荒川水系の環境特性の把握 : 第28回日本都市計画学会学術研究論文集 28, 673-678
- 4) Kato, Y., Yokohari, M. and Brown, R. D. (1997) : Integration and visualization of the ecological value of rural landscapes in maintaining the physical environment of Japan : Landscape and Urban Planning 39, 69-82
- 5) 中山大地 (1998) : DEMを用いた地形計測による山地の流域分類の試み : 地理学評論 71A-3, 169-186
- 6) 李東根・恒川篤史・武内和彦 (1989) : 多摩川中流域における環境基礎情報の整備と環境構造の把握 : 造園雑誌 52(5), 288-293
- 7) 王尾和寿・鈴木雅和 (2001) : 流域を単位とした地域環境情報の可視化について : ランドスケープ研究 64(5), 811-814
- 8) 王尾和寿・鈴木雅和 (2002) : 国土数値情報による流域を単位とした土地利用変化の解析 : ランドスケープ研究 65(5), 861-864
- 9) 王尾和寿・鈴木雅和 (2002) : メッシュデータによる霞ヶ浦流域の景観構造変化の把握 : 地理情報システム学会講演論文集 11, 99-102
- 10) 井手久登・武内和彦 (1985) : 自然立地的土地利用計画 : 東京大学出版会, 64
- 11) 建設省国土地理院 (1998) : 数値地図ユーザーズガイド : (財)日本地図センター, p281によると河口点, 分流点, 合流点, 最上流点等で分割された単位流路の下流端における流域からその上流端における流域を除いた地域を単位流域と定義している
- 12) 田端貞寿 (2000) : 緑と地域計画I 都市化と緑地地構造 : 古今書院, 168-169
- 13) 菊池多賀夫 (2001) : 地形植生誌 : 東京大学出版会, 1-2
- 14) 国土調査研究会編 (1992) : 土地・水情報の基礎と応用 : 古今書院, 63-64