伊勢湾流域圏における都市的土地被覆図の作成とその活用可能性

DEVELOPMENT OF ISE-BAY BASIN URBAN LAND COVERAGE MAP
AND ITS POTENTIAL USAGE

臼井直之*, 清水裕之**, 村山顕人***, 南 順一郎****

Naoyuki USUI, Hiroyuki SHIMIZU, Akito MURAYAMA

and Junichiro MINAMI

The purposes of the study are to prepare a land coverage map of Ise-Bay Basin using remote sensing, and to practice its potential usage by analyzing the current urban land coverage of the region in relation to the system of watersheds. The analysis classified the urban land into 5 types according to the land coverage rates, population density, and inclination. At the same time, it gives a consideration upon the relationship between the urban land coverage and the land use regulations designated to control urbanization.

The study developed a condition to show the relationship between urban land coverage, watersheds, and the land use regulations.

Keywords : Ise Bay Basin, land coverage, remote sensing, regulation of land use, watershed

伊勢湾流域圏, 土地被覆, リモートセンシング, 土地利用規制, 集水域

1. 研究の概要

1-1 背景と目的

近年, 自然共生型の都市再生をめざすために流域圏という枠組みに着目する試みがなされてきている¹⁾。関連する既往研究として, 荒川水系の環境特性の把握を試みた篠澤らによる研究²⁾や, 小流域の緑地環境に着目した石川らの研究³⁾⁴⁾⁵⁾があげられる。しかし, 都市開発が広域化している今日, より広域の土地被覆状況を俯瞰して把握することは必須である。広範囲の土地被覆状況を把握する手法として近年利用が比較的容易になったリモートセンシング(以下, RS)を用いた既往研究は, 都市の緑地の把握を試みた小林らの研究⁶⁾や小泉らの研究⁷⁾, 廣田らの研究⁸⁾などがある。都市の熱環境に着目した客野らの研究⁹⁾もある。しかし, いずれも対象とする範囲が行政規模であったり逆に地球規模であったりと, 流域圏の視点による対象範囲設定とは異なる。自然共生型の都市の実現には, 複数の一級河川を含む一流域圏という広範囲を対象に, 土地被覆を包括的に把握する研究が望まれる。また, 土地利用に関する研究を行うためには, 土地利用規制と関連づけた分析も必要である。

本研究は, 伊勢湾流域圏(1-2参照)を対象範囲とし, RSを用いて, 次の2点を研究の目的とする。1点目は, 「複数のRSデータから伊勢湾流域圏における土地被覆図を作成すること」。2点目は, その土地被覆図を今後の伊勢湾流域圏での土地利用解析・計画に活用するべく, 「伊勢湾流域圏の都市的土地被覆状況を俯瞰すること」である。その具体的な活用の切り口として, 「集水域および水系域ごとの特徴の把握」を行う。同時に, 集水域, 水系域単位に土地利用規制との関係も把握する。

図1 標高および市区町村境

図2 集水域, 非集水域, 水系域, 伊勢湾流域圏

1-2 伊勢湾流域圏

伊勢湾流域圏とは降った雨が伊勢湾に流れ込むそのエリアであるとする。原則的に市町村面積と同規模の集水域となる5,000ha 閾値の集水域^{注1)}を用いて設定した。

図1に伊勢湾流域圏の標高と市区町村境を, 図2に本研究における伊勢湾流域圏の集水域, 非集水域^{注2)}を示す。南側の端部については三重県志摩半島鳥羽市と愛知県田原市, 豊橋市を含む陸地を伊勢湾流域圏とした。また, 河口で一つにまとまる集水域の範囲を水系域とする。伊勢湾流域圏の特徴としては, 人口および地形的に多様なタイプの都市があること, また伊勢湾が準閉鎖系の内海であり陸地からの影響を受けやすいことがあげられる¹⁰⁾。

* 南香山壽夫建築研究所

** 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻教授・工博

*** 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻准教授・工博

**** ランドブレイン(株)

Kohyama-Atelier

Prof., Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

Assoc. Prof., Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

Landbrains Co., Ltd.

図3 対象範囲RSデータ

図4 土地被覆図

図5 市街化区域・市街化調整区域と集水域・水系域

図6 農用地区域と集水域・水系域

表1 使用データ

使用データ	データ元	データに関して
人口	総務省統計局GISプラザ	2000年国勢調査
標高	国土地理院国土数値情報	2001年発行
RSデータ	ERSDAC	2005年～2006年、11枚、 各9Bands+NDVI(植生指数) センサASTER,衛星TERRA 分解能15m(Band1～Band3) 分解能30m(Band4～Band9)

表2 土地被覆の要素

土地被覆	種目
都市的被覆	NDVIの低い準都市的被覆のなかで教師なし分類と航空写真判別によりアスファルト・建物に覆われていると判断されたところ
森林的被覆	NDVIの高い準森林的被覆のなかで教師なし分類と航空写真判別により森林地であると判断されたところ
中間的被覆	都市的被覆と森林的被覆の残差 草地、グラウンド、河原、裸地、水田、畑などが入る

表4 結合時の判別

	ファイルA	ファイルB	統合後
組み合わせ	都市の被覆	都市の被覆	都市の被覆
	都市の被覆	森林の被覆	中間の被覆
	都市の被覆	都市の被覆	都市の被覆
	森林の被覆	森林の被覆	森林の被覆
	森林の被覆	中間の被覆	森林の被覆
	中間の被覆	中間の被覆	中間の被覆

1-3 研究の手法

本研究ではまず、最新の状況进行分析のために、RS データ（図3）から土地被覆図（図4）を作成する。使用するデータを表1に示す。また、RS データから抽出できる3種の土地被覆、すなわち都市的被覆・森林的被覆・中間的被覆の具体的な種目を表2に示す。

次に、作成した土地被覆図について、1-2で設定した23個の水系域と17個の非集水域を分析の単位として、土地被覆構成比によりクラスター分析をする。その分析結果に、人口密度と傾斜の平均を加えた判別分析を行い、各水系域・非集水域毎の特徴を各種土地利用規制と都市的被覆の面積関係の傾向から把握する。本研究で扱う土地利用規制とは、都市地域、市街化区域、市街化調整区域（以下、調整区域）、非線引き都市計画区域内の用途地域（以下、用途地域）、農業地域、そして農用地区域である（表3、図5、図6参照）。

2. 土地被覆図の作成

2-1 RS データを用いた土地被覆の分類

対象地域の土地被覆図の作成にはRS データを用いる。RS は様々な周波数の電磁波を読み取り、反射率の違いによって地表の物質的特性を把握する技術である。この技術的な性質上、アスファルトと建物や、水田と畑地のように反射特性の似通った被覆を見分けることは難しい。また、RS データに雲が含まれている場合、地表の電磁波を正確に読み取ることができないため、雲量が少ないRS データが必要である。そのため、伊勢湾流域圏という広範囲にわたる土地被覆図を作成することに完全に適しているRS データをすべて揃えることは、データ整備の問題や経済的問題および時間的制限からも容易ではない。本研究では、個別の建築物の土地被覆が反映される限界の精度として15m メッシュの情報が見られる衛星TERRA、センサーASTERのデータを用い、撮影時期や撮影環境の異なる複数のRS データを一つに重ね合わせ、季節変動が無く単一のデータから判別できる都市的被覆の分布について最大同時条件で伊勢湾流域圏全体を等質に把握することを主眼に分類を行う。

このため、季節の異なるRS データの比較を要する水田と畑の分離、および裸地と草地・畑の分離が適わなくなるが、あくまでも都市的土地被覆状況を俯瞰するという研究の目的からは逸れない

表3 土地利用規制の概要

土地利用規制	根拠	規制の相当範囲
都市地域	土地利用基本計画	都市計画法に基づく都市計画区域として指定されることが相当な地域
市街化区域	都市計画法	すでに市街地を形成している区域及びおおむね10年以内に優先的かつ計画的に市街化を図るべき区域
調整区域	都市計画法	市街化調整区域は、市街化を抑制すべき区域
用途地域	都市計画法、建築基準法	本論文において用途地域とは、未線引きの用途地域
農業地域	土地利用基本計画	農業振興地域の整備に関する法律に基づく農業振興地域として指定されることが相当な地域
農用地区域	農業振興地域の整備に関する法律	農用地等として利用すべき土地の区域

図7 土地被覆分類の手法および流れ^(注5)

め、これを許容する。

分類には、複数のRS データ間の分類差が少なく、可能な限り現状に近い土地被覆図を作成するために次の手法（図7）を見出した。すなわち、最初に土地被覆分類をNDVI^(注3)による植生の選別をもって大きく3分類し、さらにBand1からBand9を用いた教師なし分類^(注4)で精度を高めるものである。この分類を伊勢湾流域圏を覆う11枚の各データについて行い、分類結果を伊勢湾流域圏として統合する。統合するうえで各分類結果のファイルが重なっているところの統合後における分類の判別については、表4をその判別の基礎的な概念としている。3つ以上のファイルが重なっている場合は、都市的被覆と森林的被覆のメッシュの数が等しければ中間的被覆とし、異なればメッシュの数が多いほうの被覆として判別した。

なお、図4において僅かながら、伊勢湾流域圏に含まれるが土地被覆が示されていない部分がある。これは土地被覆図の作成が可能でRS データが入手できなかったためだが、ほぼ森林的被覆であると考えられるため、分析においては森林的被覆として扱っている。

事前に試行した教師付分類では、異なる撮影条件下のデータを同じように扱うことが出来るトレーニングデータを抽出することが極めて困難であったため、可能な限り分類の精度をあげる手法として、NDVIを用いることで教師なし分類の欠点を補足する本手法を採用した。作成された土地被覆図の分類の妥当性の比較検証として航空写真判別^(注5)を行っている。図8に検証に用いた航空写真の一部を、図9に同じ場所における土地被覆図を示す。

航空写真判別から分かる本分類の問題点として、農業用の温室やビニールハウスも都市的被覆とされることが挙げられる。しかし、流域圏を考える上では、これら施設は非浸透性被覆の一部として考

図8 航空写真

図9 土地被覆図

表5 各水系域に占める土地被覆の割合

分類	水系域・非集水域		陸地面積		土地被覆面積(ha)			土地被覆構成比			傾斜の	人口	
	番号	名	陸地面積(ha)	割合	都市的被覆	中間的被覆	森林的被覆	都市的被覆	中間的被覆	森林的被覆	平均(度)	人口(人)	密度(人/ha)
グループA	25	非集水域(伊勢市)	330	0.0%	110	140	80	32.8%	42.0%	25.2%	0.2	4580	14.0
	38	非集水域(渥美北側)	17660	1.0%	5580	7580	4500	31.6%	42.9%	25.5%	4.2	74360	4.2
	32	非集水域(旧長島町)	8210	0.5%	2820	3460	1940	34.3%	42.1%	23.6%	3.7	91180	11.1
	40	非集水域(知多西側)	17340	1.0%	6230	5660	5450	35.9%	32.6%	31.4%	3.9	223350	12.9
	5	阿久比川	5320	0.3%	2110	2340	870	39.6%	44.1%	16.3%	3.0	101120	19.0
	28	非集水域(旧三雲町)	4980	0.3%	1730	2500	740	34.8%	50.3%	14.9%	1.7	80170	16.1
	14	内部川	6350	0.4%	960	3200	2190	15.1%	50.4%	34.5%	6.8	41290	6.5
	16	中ノ川	6290	0.4%	600	3090	2600	9.6%	49.1%	41.3%	4.7	28180	4.5
	4	北浜川	12420	0.7%	3240	6170	3010	26.1%	49.7%	24.3%	3.5	152150	12.2
	29	非集水域(旧津市)	7850	0.4%	2070	4090	1690	26.4%	52.1%	21.6%	2.2	117370	14.9
	27	非集水域(旧河芸町)	3340	0.2%	610	1860	870	18.2%	55.8%	26.0%	2.6	45610	13.7
	26	非集水域(明和町)	5690	0.3%	1280	3870	540	22.5%	68.1%	9.4%	0.4	32310	5.7
	31	非集水域(鈴鹿市)	10260	0.6%	2980	6790	500	29.0%	66.2%	4.8%	0.9	150530	14.7
	17	安濃川	14930	0.8%	1220	5660	8050	8.2%	37.9%	53.9%	9.1	84790	5.7
	19	三渡川	9160	0.5%	760	3780	4620	8.3%	41.2%	50.5%	9.2	37030	4.0
グループB	11	員弁川	26830	1.5%	3170	8220	15440	11.8%	30.6%	57.5%	10.9	117690	4.4
	13	大井の川	9400	0.5%	2420	3310	3680	25.7%	35.2%	39.1%	7.7	125770	13.4
	35	非集水域(蒲郡市)	14830	0.8%	4100	5080	5660	27.6%	34.2%	38.1%	8.0	143960	9.7
	37	非集水域(渥美南側)	5580	0.3%	1440	1870	2270	25.8%	33.4%	40.7%	6.7	12510	2.2
	39	非集水域(知多東側)	8630	0.5%	2550	3110	2970	29.5%	36.1%	34.4%	4.0	103150	12.0
	12	朝明川	10000	0.6%	2000	3920	4090	20.0%	39.1%	40.9%	8.0	90580	9.1
	7	天白・庄内川	111040	6.2%	45550	20400	45090	41.0%	18.4%	40.6%	6.0	2810620	25.3
	1	梅田川	7460	0.4%	3590	3490	370	48.2%	46.9%	5.0%	2.6	97570	13.1
	23	日光川	38680	2.2%	18550	18650	1490	47.9%	48.2%	3.8%	0.3	914830	23.7
	30	非集水域(四日市市)	5090	0.3%	2280	2520	290	44.8%	49.5%	5.7%	2.1	72590	14.3
グループC	6	境川	28000	1.6%	14320	11530	2150	51.2%	41.2%	7.7%	1.9	637280	22.8
	33	非集水域(碧南市)	6470	0.4%	3690	2650	120	57.1%	41.0%	1.9%	0.8	115940	17.9
	34	非集水域(名古屋市)	10570	0.6%	8330	2200	40	78.8%	20.8%	0.4%	0.2	458610	43.4
	36	非集水域(豊橋市)	7900	0.4%	5160	1670	1070	65.3%	21.1%	13.6%	2.9	219840	27.8
グループD	18	雲出川	51620	2.9%	830	7160	43640	1.6%	13.9%	84.5%	14.6	64560	1.3
	20	櫛田川	43850	2.5%	1180	5510	37160	2.7%	12.6%	84.7%	20.0	42020	1.0
	8	木曾川	495370	27.7%	25170	51340	418860	5.1%	10.4%	84.6%	19.6	705080	1.4
	21	宮川	86480	4.8%	3620	8420	74440	4.2%	9.7%	86.1%	20.6	123930	1.4
	24	非集水域(鳥羽市)	11500	0.6%	290	1010	10200	2.5%	8.8%	88.7%	12.3	27260	2.4
	9	長良川	247200	13.8%	24560	34530	188100	9.9%	14.0%	76.1%	18.3	950270	3.8
	22	五十鈴川	8940	0.5%	810	1190	6940	9.1%	13.3%	77.6%	12.7	41490	4.6
	3	矢作川	183050	10.2%	14130	32970	135960	7.7%	18.0%	74.3%	12.9	748040	4.1
	10	揖斐川	136190	7.6%	12040	25230	98920	8.8%	18.5%	72.6%	19.1	360480	2.6
	2	豊川	81730	4.6%	9160	12580	59990	11.2%	15.4%	73.4%	15.4	252710	3.1
	15	鈴鹿川	22260	1.2%	760	6350	15150	3.4%	28.5%	68.1%	12.8	52820	2.4
	合計または全体の平均		1788770	100.0%	241970	335070	1211730	13.5%	18.7%	67.7%	14.8	10553620	5.9

図10 被覆構成割合

図11 水系域グループ

表6 固有値

階数	固有値	分散の%	累積%	正準相関
1	13.798 ^a	86.3	86.3	.966
2	1.991 ^a	12.5	98.7	.816
3	.198 ^a	1.2	100.0	.406
4	.004 ^a	.0	100.0	.061

表7 構造行列

	1	2	3	4
森林的被覆割合	.858 ^a	-.131	.065	.217
傾斜平均	.711 ^a	.122	-.638	-.441
都市的被覆割合	-.531	.800 ^a	.000	.172
人口密度	-.342	.659 ^a	.605	-.251

られるべきであり、都市的被覆に含めることは本研究の趣旨と一致する^(注6)。また、屋上庭園は中間的被覆に分類されている可能性があるが、分解能が15mであることとその割合が極小であることから、流域圏全体の土地被覆傾向を把握する上では誤差の範疇と考える。

2-2 伊勢湾流域圏の基礎的数値

伊勢湾流域圏全体には都市的被覆が241,970ha、中間的被覆が

335,070ha、森林的被覆の面積が1,211,720haあり、それらはそれぞれ伊勢湾流域圏の13.5%、18.7%、67.4%にあたる。また、GISを用いた解析から、標高の平均は472.5m、傾斜の平均は14.8度、総人口は10,553,620人であることが分かった（本論文では用いる手法やデータ等の精度を鑑みて、数字の一の位は四捨五入して表記している）。

3. 集水域・非集水域および水系域からみた都市的土地被覆

3-1 水系域・非集水域ごとの集計およびクラスター分析

水系域毎の土地被覆面積および、各水系域に占める土地被覆の割合を表5に示し、図10には被覆の構成割合をグラフで示す。

水系域・非集水域毎の都市的被覆、中間的被覆、そして森林的被覆の構成比について、ward法による階層クラスター分析を行った結果、第1ステップでグループA～Eの5つのグループに分かれた。これを水系域グループと呼ぶ。水系域・非集水域番号と水系域グループを前頁図11に示す。

3-2 水系域グループの判別分析

クラスター分析で得られた水系域グループに対して多重判別分析を行い、そのグループの妥当性および性質を把握する。判別分析にはそれぞれ水系域・非集水域ごとの都市的被覆割合、森林的被覆割合、人口密度ならびに傾斜の平均を用いた。得られた関数の固有値を表6に構造行列を表7に示す。グループ内相関係数は関数1において、森林的被覆割合が0.965、傾斜平均が0.711であり高い値を示す。そのため、この関数1は山地指標を表す関数だといえる。関数2においては、都市的被覆割合が0.830、人口密度が0.655と高い値をとる。この関数は、都市指標であるといえる。なお、Aグループに属する非集水域（知多西側）は、判別分析による予測グループでグループBとされた。

3-3 水系域グループの特徴把握

関数1と関数2による水系域・非集水域のプロット図を図12に示す。また、それぞれのグループの位置を図13に、それらグループに

図13 グループ

図12 プロット図

図14 グループAの部分例

図15 グループBの部分例

図16 グループCの部分例

図17 グループDの部分例

図18 グループEの部分例

おける都市的被覆を図14から図18に示す。これらの図表から水系域グループの特徴の考察をする。

グループAは都市指標と山地指標が共に小さく、土地被覆構成に特別な優劣がなく都市と山林の中間的な領域を持つ水系域・非集水域のグループであるといえる。こういった水系域・非集水域では、何らかの開発圧力によって容易に都市化が進んでいく余地がある地域であると考えられる。また、分布の特徴をみると、都市的被覆が沿岸に多く、水が比較的短い時間で海まで到達することといえる。

グループBはプロット図において山地指標、都市指標の中間あたりにプロットされる。このグループの水系域・非集水域には、都市的被覆に偏りが見られる。地形的要因から都市が拡張できず、都市的被覆が山地部の際まで広がっているとも考えられる。

山地指標が小さく、都市指標が比較的大きい領域にプロットされるグループCは、地形的制約が小さいために都市化してきた水系域・非集水域であるといえる。また、人口密度が次に述べるグループDよりは小さいものの、それでも他のグループと比較して高い値をとっている。さらなる都市化の可能性を残している水系域・非集水域であるといえる。

グループDは非集水域（名古屋市）と非集水域（豊橋市）のみである。このグループは都市指標が特に高い。図17（名古屋市）の西部に都市的被覆が少ないところがあるが、ここは飛鳥村の稲作が盛んな地域である。

山地指標が高いのがグループEである。このグループは森林的被覆の割合が大きく、水系域自体の規模も他と比較して大きいものが多い。このグループでは、都市的被覆の形状が線状になっているところが多い。これは、谷あいの集落である。図18では、水系域の谷筋に沿って都市的被覆が広がっていることが読み取れる。これは、都市化が山地の際まで進んでいることを表している。

図19 土地利用規制重なり模式図

図20 土地利用規制と都市的被覆の関係図

3-4 水系域・非集水域と土地利用規制の関係

土地利用規制との関係の把握には、現在試用段階の国土交通省のLucky データ^{注7)}を用いた。データに含まれていたGISでも計算上不適切なポリゴンは、一度ラスタに変換してから再びポリゴンに変換する方法で対処した。ラスタサイズは5m以下で行ったが、精度はわずかに損なわれたと考えられる。

このLucky データによれば、伊勢湾流域圏の9.0%が市街化区域、18.8%が調整区域であり、それらを含む都市地域は39.6%である。また、市街化区域の75%、調整区域の22%、農用地区域の23%が都市的被覆である。農用地区域の都市的被覆が高い値を示している原因として、ビニールハウスなどの農業施設も都市的被覆に分類されていることが考えられる。

表8に、水系域・非集水域と土地利用規制の面積および割合の関係を示す。各種面積総和の帳尻が合わない部分がある。これは、土地利用規制が重なり合っているためである。図19に土地利用規制の重なりの模式図を、図20に土地利用規制の重なりに影響をうける都市的被覆の関係図を示す。但し、土地利用規制の重なりのうち、市街化区域と調整区域の重なり面積700ha、市街化区域と用途地域の重なり面積430ha、調整区域と用途地域の重なり面積5,300ha、市街化区域と農業地域の重なり面積330haについては、データの誤差、あるいはデータの不完全性であると考えられる^{注7)}。

表8 水系域・非集水域と規制の面積および割合

分類	水系域・非集水域			規制の面積(ha)						水系域または非集水域に占める規制の割合					
	番号	名	面積(ha)	市街化区域	調整区域	農用地区域	市街化区域	調整区域	農用地区域	市街化区域	調整区域	農用地区域	市街化区域	調整区域	農用地区域
グループA	25	非集水域(伊勢市)	330	0	0	0	90	90	0.0%	0.0%	0.0%	27.0%	0.0%	0.0%	27.0%
	38	非集水域(瀬美北側)	17660	2100	15640	7170	0	7170	11.9%	88.5%	40.6%	0.0%	40.6%	0.0%	40.6%
	32	非集水域(旧長島町)	8210	2560	5100	1620	60	1680	31.3%	62.1%	19.7%	0.8%	20.5%	0.0%	20.5%
	40	非集水域(知多西側)	17340	5530	11060	5020	0	5020	31.9%	63.8%	29.0%	0.0%	29.0%	0.0%	29.0%
	5	阿久比川	5320	1860	3370	1860	0	1860	34.9%	63.4%	35.0%	0.0%	35.0%	0.0%	35.0%
	28	非集水域(旧三雲町)	4980	2180	2710	1120	10	1130	43.8%	54.5%	22.4%	0.2%	22.7%	0.0%	22.7%
	14	内部川	6350	1390	4120	1650	0	1650	22.0%	64.9%	26.0%	0.1%	26.0%	0.0%	26.0%
	16	中ノ川	6290	600	2630	960	610	1570	9.5%	41.9%	15.2%	9.7%	24.9%	0.0%	24.9%
	4	北浜川	12420	2610	9560	4070	0	4070	21.0%	76.9%	32.8%	0.0%	32.8%	0.0%	32.8%
	29	非集水域(旧津市)	7850	2720	4170	1260	600	1860	34.6%	53.0%	16.1%	7.7%	23.7%	0.0%	23.7%
	27	非集水域(旧河芸町)	3340	1040	2270	750	0	750	31.1%	67.9%	22.5%	0.0%	22.5%	0.0%	22.5%
	26	非集水域(明和町)	5690	0	470	380	2820	3190	0.0%	8.2%	6.6%	49.5%	56.2%	0.0%	56.2%
	31	非集水域(鈴鹿市)	10260	3640	6870	3710	0	3710	35.4%	66.9%	36.2%	0.0%	36.2%	0.0%	36.2%
	17	安濃川	14930	1130	3140	1530	2150	3680	7.6%	21.1%	10.2%	14.4%	24.6%	0.0%	24.6%
グループB	19	三渡川	9160	270	4080	2180	800	2980	3.0%	44.6%	23.8%	8.7%	32.5%	0.0%	32.5%
	11	員弁川	26830	1550	5340	1720	2450	4180	5.8%	19.9%	6.4%	9.1%	15.6%	0.0%	15.6%
	13	大井の川	9400	2760	4670	1460	0	1460	29.4%	49.7%	15.5%	0.0%	15.6%	0.0%	15.6%
	35	非集水域(蒲郡市)	14830	2880	11700	3090	0	3090	19.4%	78.9%	20.9%	0.0%	20.9%	0.0%	20.9%
	37	非集水域(瀬美南側)	5580	70	5390	2090	0	2090	1.2%	96.6%	37.4%	0.0%	37.4%	0.0%	37.4%
	39	非集水域(知多東側)	8630	2590	5520	2420	10	2440	30.0%	63.9%	28.1%	0.1%	28.2%	0.0%	28.2%
	12	朝明川	10000	1700	3190	770	960	1730	17.0%	31.8%	7.7%	9.6%	17.3%	0.0%	17.3%
	7	天白・庄内川	111040	40740	29410	3870	5090	8960	36.7%	26.5%	3.5%	4.6%	8.1%	0.0%	8.1%
	1	梅田川	7460	1100	6350	3880	0	3880	14.8%	85.2%	52.1%	0.0%	52.1%	0.0%	52.1%
	23	日光川	36680	11060	28220	12570	0	12570	28.6%	73.0%	32.5%	0.0%	32.5%	0.0%	32.5%
グループC	30	非集水域(四日市市)	5090	1880	3240	1500	0	1500	37.0%	63.6%	29.4%	0.0%	29.4%	0.0%	29.4%
	6	境川	28000	10410	17360	7650	0	7650	37.2%	62.0%	27.3%	0.0%	27.3%	0.0%	27.3%
	34	非集水域(豊橋市)	6470	3650	2950	1830	0	1830	56.4%	45.6%	28.2%	0.0%	28.2%	0.0%	28.2%
	33	非集水域(名古屋市)	10570	8000	2800	1140	0	1140	75.7%	26.5%	10.8%	0.0%	10.8%	0.0%	10.8%
グループD	36	非集水域(豊橋市)	7900	3950	4050	1390	0	1390	50.0%	51.3%	17.6%	0.0%	17.6%	0.0%	17.6%
	18	雲出川	51620	480	2230	740	3590	4330	0.9%	4.3%	1.4%	6.9%	8.4%	0.0%	8.4%
	20	櫛田川	43850	110	3740	1500	3250	4740	0.3%	8.5%	3.4%	7.4%	10.8%	0.0%	10.8%
	8	木曾川	495370	3130	11400	2110	37660	39760	0.6%	2.3%	0.4%	7.6%	8.0%	0.0%	8.0%
	21	宮川	86490	0	0	0	5950	5950	0.0%	0.0%	0.0%	6.9%	6.9%	0.0%	6.9%
	24	非集水域(鳥羽市)	11500	0	0	0	490	490	0.0%	0.0%	0.0%	4.2%	4.2%	0.0%	4.2%
	9	長良川	247200	14500	22130	5620	17700	23320	5.9%	9.0%	2.3%	7.2%	9.4%	0.0%	9.4%
	22	五十鈴川	9000	0	0	0	450	450	0.0%	0.0%	0.0%	5.0%	5.0%	0.0%	5.0%
	3	矢作川	183050	10520	42650	9440	8280	17720	5.7%	23.3%	5.2%	4.5%	9.7%	0.0%	9.7%
	10	揖斐川	136200	4550	10060	5360	14330	19690	3.3%	7.4%	3.9%	10.5%	14.5%	0.0%	14.5%
	2	豊川	81730	4050	28980	6260	2330	8590	5.0%	35.5%	7.7%	2.9%	10.5%	0.0%	10.5%
	15	鈴鹿川	22260	0	3000	1310	1680	2970	0.0%	13.4%	5.9%	7.5%	13.3%	0.0%	13.3%
	合計または全体の平均		1788770	157300	329540	110980	111350	222320	8.8%	18.4%	6.2%	6.2%	12.4%	0.0%	12.4%

図21 市街化区域における都市的被覆

図22 調整区域における都市的被覆

伊勢湾流域圏の市街化区域は図21のように都市的被覆の密度は高い。しかし、三重県の日守市以南の水系域や矢作川水系に含まれる豊田市、岡崎市については、都市的被覆の密度が比較的低い。

調整区域については、図22のように都市的被覆が広く拡散している状況を見ることができる。特に、日光川水系と天白・庄内川水系の境界付近に位置する大口町、江南市周辺では、都市的被覆の広がりが強い。また、豊田市から岡崎市、刈谷市、安城市にかけてのエリアも都市的被覆の広がりが大きい。また、非集水域（渥美半島北側）の田原市や豊川水系下流の豊川市周辺においても都市的被覆の広がりが見られるが、航空写真で確認したところ、ビニールハウスや温室など農業利用のものが多く見られた。本研究では宅地と農業利用の被覆の判別はできず、今後の課題である。

農用地区域については市街化区域のそれほどではないが、図23^{注8)}のように、都市的被覆の密度は比較的高い。農用地区域での宅地開発に対する厳しい規制と航空写真判別の結果を鑑みると、農業関連施設が都市的被覆に含まれることが原因と考えられる。しかし、農業関連施設は宅地とは全く違う土地利用であれど、水収支や生態系を考慮するうえでは軽視することはできない結果である。

図23 農用地区域における都市的被覆^{注8)}

4. 総括

本研究は大きく2段階に分かれる。第1段階として、RSデータから伊勢湾流域圏という広範囲に及ぶ土地被覆図を作成した。第2段階として、作成した土地被覆図について流域圏の視点から都市的土地被覆を把握し、今後の土地利用解析・計画への活用可能性を示した。以下、段階毎における成果と課題を記す。

4-1 土地被覆図作成の成果と課題

作成した土地被覆図は、撮影状況の異なる複数の衛星画像データを重ね合わせることで、伊勢湾流域圏における土地被覆（都市的被覆、森林的被覆、中間的被覆）を、15mメッシュの精度で小さな集落や地区のスケールから流域全体まで連続的に観察することを可能とした。将来的には、この土地被覆図を年代順に作成し重ね合わ

せることで時系列的な変化を追うことも可能となる。本論文はこうした分析環境を提示したことが最大の成果である。

ただし、この分析環境にも2点の課題が挙げられる。1点目は、データの精度という課題である。RS技術では光の反射で土地被覆の分類を行うために、直接対象物を物体として判別できず、このことによる対象セルの被覆分類同定の曖昧さは解消できない。例えば、今回は中間的被覆に含まれている水田と畑地の区別が困難であり、区別を断念した。しかし、季節をずらした複数の衛星画像を用いることができれば、畑地と水田の区別は理論的には可能である。

2点目は、土地利用と都市的被覆の違いである。本研究で採用した手法により擬似的に都市的被覆を土地利用として観察することは出来るが、農業用のビニールハウス・温室と建物との区別が出来な

いなど、被覆観察の限界があるからである。しかし、土地被覆と水収支の関係性といった新しい観点からの地域分析への活用など、本研究で作成した土地被覆図の今後の活用性は十分に期待できる。

4-2 都市的土地被覆の把握の成果と課題

本研究で作成した土地被覆図について、流域圏の視点から都市的土地被覆を把握し、各種土地利用規制と絡めて分析することで次の2つの成果を得た。

1) 流域圏プランニングの概念を採用することにより、GIS 上に置いて様々な大きさ（閾値）の集水域・非集水域を設定し、設定した集水域・非集水域を統合した水系上における土地被覆状況と土地利用規制を把握できる環境を構築したこと。

本研究では、水系域および非集水域を土地被覆構成比のみを要素として用いて分類することで、グループAからグループEの5つのグループを得た。さらに、判別分析を用いることで、それぞれのグループの特徴を把握した。

今後の課題として、閾値設定の問題が挙げられる。本研究では、伊勢湾流域圏全体を俯瞰するという観点から、市町村と同規模になる閾値5,000haという集水域を設定したが、今後適切な集水域サイズの検討を行ったうえで、詳細な地域分析を行う必要がある。

2) 国交省 Lucky データと重ね合わせることで、各種の土地利用規制と土地被覆状況との関係を広域にわたり、総合的に把握できる環境を構築したこと。

本研究では市街化区域と調整区域に着目して都市的土地被覆の把握を行ったが、集水域と土地利用規制における土地被覆の関係性を把握する必要性は今後ますます高まると考えられる。過去において、土地利用規制は集水域を考慮せずに決められてきたといっても良い。このことが一因となって災害などにみられる現代の都市問題が助長されていると考えられる。この現状を改善するためにも、現状の土地利用規制と集水域の関係性を明らかにし、部分部分におけるケーススタディを行って、将来的には集水域に着目した計画を展開することが望まれる。

本研究は平成19年度文部科学省科学研究費補助金（萌芽研究）「土地利用と「水みち」に着目した田園都市空間の分析・計画・デザイン手法の創出」（機関番号：13901、課題番号：1965149、代表研究者：清水裕之）の一環として行われた。

謝辞

本論文を校正するにあたり、名古屋大学大学院環境学研究科の井上 薫君には、修正の全行程において全作業に携わっていただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 石川幹子、岸 由二、吉川勝秀 編：流域圏プランニングの時代－自然共生型流域圏・都市の再生－、2005
- 2) 篠澤健太、池口 仁：流域を基礎単位とした荒川水系の環境特性の把握、日本都市計画学会学術研究論文集、第28回、pp.673-678、1993
- 3) 山下英也、片桐由希子、石川幹子：小流域を単位とした緑地環境の分布に関する研究－鎌倉市神戸川を事例として－、日本都市計画学会都市計画論文集、No.39-3、pp.205-210、2004
- 4) 小林優介、福井弘道、石川幹子：小流域を単位とした森林分布の評価手法とその適用、日本都市計画学会学術研究論文集、第36回、pp.271-276、2001
- 5) 片桐由希子、山下英也、石川幹子：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、ランドスケープ研究、67(5)、pp.793-798、2004
- 6) 小林祐司、佐藤誠治、姫野由香、広中 聡：緑地地域の特性把握と地域類型化に関する研究、日本建築学会計画系論文集、No.554、pp.227-234、2002
 - 7) 小泉圭吾、高木直樹：リモートセンシングを用いた都市内緑地の把握：京都市の林地、農地の経年変化、日本建築学会計画系論文集、No.552、pp.77-84、2002
 - 8) 廣田福太郎、大西暁生、森杉雅史、井村秀文：高分解能衛星画像を用いた都市内緑地分析に関する研究、日本土木学会誌、Vol.30、pp.91-99、2002
 - 9) 客野尚志、宮崎ひろ志：熱環境に配慮した都市計画策定のためのリモートセンシングデータの活用に関する研究：アルベド値の推定とその土地被覆及び土地利用との関連に関する研究、日本建築学会計画系論文集、No.562、pp.69-74、2002

注

- 注1) ArcGis9.0のHydrology Modelingを用いた集水域の作成は次のように行った。まず、数値地図50mメッシュを100mメッシュのラスタに変換したのち、各セルの最急傾斜方向を計算する。次に、出力GRID内の下り勾配のすべてのセルの累積重みとして、累積流量を計算する。そして集水域とみなす累積流量の最小セル値（これを閾値という）を設定する。本研究においては、この閾値を5,000haに設定した。
- 注2) 沿岸部では、集水域の閾値に達する前に海に到達するため集水域を形成できない部分ができる。これを非集水域と呼ぶ。
- 注3) NDVIは植生指数と呼ばれ、植生に対して特長的な反射を示すBand（AsterデータではBand3とBand2）を組み合わせで作成される。
- 注4) Erdas Imagine 8.7を用いた土地被覆図の作成手法には主に教師付き分類と教師なし分類がある。教師付き分類とは、現地調査あるいは土地利用図など既知の情報から得られた情報を元に、判別者が画像データの情報をトレーニングデータとして計算機に覚えさせ、画像に含まれる全ての画素を類似度によって各設定項目に振り分けていく手法である。それに対して教師なし分類は、データのばらつき具合のみから、セルに与えられたデータをグループ分けし、全てのセルがどのグループに属するかを明らかにした上で解析者が各グループに意味（分類結果項目）づけを行う手法である。事前に行った教師付き分類では、トレーニングデータのとり方により複数のデータから同等の被覆図を作成する事が難しかった。そのため、できるだけ客観的的被覆図を作成するため、教師なし分類を用いた。
- 注5) 教師なし分類の手順や分類数の決定、および航空写真判別については「長谷川 均 著：リモートセンシングデータ解析の基礎、古今書院、1998」のなかの表記に忠実に従った。
- 注6) 但し、ビニールハウスが一時的なものか、恒久的なものかは本研究の分析手法では判断できない。
- 注7) 国土交通省が保有する全国土地利用規制のデータで、次の3点の条件のもと使用許可を得ている。
1. データのズレや年次が最新でない等の問題があり、完全なデータではないこと。
 2. 土地利用調整総合支援ネットワークシステム自体が現在試験運転中のため、データも試験データという位置付けになること。
 3. 資料として用いる場合、区域の変更は行わないこと。区域の変更を行い資料として用いる場合は、土地利用基本計画図に独自の変更を加えた旨を明記すること。
- 都市計画図と比較を行った結果、存在する入手可能なデータのなかでは、都市全体を俯瞰的に捉えるという本論文の要求精度を最も満たす最新のデータであると判断し、これを研究に用いた。都市計画図との比較により確認できたデータの具体的な誤差としては、桑名市や長島町において用途地域区分が違っていたが（年代の古い区分であると推察される）、用途地域区分のデータは本論文では扱わないためこの誤差を許容した。
- 注8) 図23は、図21と図22にならえば、「農用地区域における非都市的被覆」を同時に示すべきであるが、そうすると図が煩雑になってしまうため、便宜上「農用地区域における都市的被覆」のみを示した。農用地区域全体との関係については、図6参照のこととする。

（2008年3月10日原稿受理、2008年8月18日採用決定）