

## 土師ダム上流域の景観構造の定量化

磯崎由行<sup>1)</sup>・中越信和<sup>1)</sup>・菊池亜希良<sup>1)</sup>・藤原武夫<sup>2)</sup>・坂村 晃<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 広島大学国際協力研究科・<sup>2)</sup> 国土交通省中国地方整備局土師ダム管理所

### Quantitative Analysis of Landscape Structure in Haji-Dam Watershed, Hiroshima Prefecture

Yoshiyuki ISOZAKI<sup>1)</sup>, Nobukazu NAKAGOSHI<sup>1)</sup>, Akira KIKUCHI<sup>1)</sup>, Takeo FUJIWARA<sup>2)</sup> and Akira SAKAMURA<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School for International Development and Cooperation, Hiroshima University, 1-5-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739-8529 and

<sup>2)</sup> Haji-Dam Control Office, Chugoku Regional Development Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 369-24 Haji, Yachiyo-cho, Akitakata 731-0301

**Abstract :** Land-use map of the Haji-Dam watershed was made by direct discrimination of the ortho-rectified aerial photographs on the GIS application. The aerial photographs which were taken in 2002 (36 photos) and 2000 (5 photos) were used in the study. The land-use types of Haji-Dam watershed were classified into 24 kinds. The most of dominant land-use type was pine forest (33.77% : 103.3km<sup>2</sup> : 2,436 patches) . The second one was deciduous oak forest (24.1% : 73.8 km<sup>2</sup> : 3,010 patches) . The third was conifer plantation (18.23% : 55.8 km<sup>2</sup> : 2,570 patches) and the fourth was agriculture (11.09% : 33.9 km<sup>2</sup> : 258 patches) . Total of these 4 dominant land-use types occupied 87.20% in Haji-Dam watershed. By using the ortho-rectified aerial photographs, the location and shape of patches in the land-use map were more accurate than the old method.

©2008 Kitahiroshima-cho Board of Education, All rights reserved.

### はじめに

自然保全計画や地域開発計画を策定するに際して、地域の景観構造を定量的に把握することは、基盤情報を整備するという意味で重要である。景観構造を把握するにあたって、様々な地域の情報を包括的に保有する空中写真は情報ソースとして非常に有用であり、多くの研究に利用されてきた(池上・中越 1995, 越智ほか 2000)。地域の景観構造を把握するために空中写真を利用する方法の一つに、オルソ幾何補正により空中写真を直接 GIS データ化する手法が存在する。オルソ幾何補正とは空中写真に内包される幾何的な歪みを計算によって補正し、中心投影画像である空中写真を正射画像に変換する技術である(日本写真測量学会 2004)。本研究では、土地利用図作成手法としての有効性の検討を主眼とし、GIS による空中写真のオルソ画像を用いた直接的な土地利用判別により、土師ダム上流域の景観構造の定量化を試みた。

## 対象地域

本研究では、広島県安芸高田市八千代町に位置する土師ダムの上流域を研究対象地とした（図1）。土師ダムは1974年（昭和49年）に、洪水調節、灌漑用水の補給、広島市周辺地域に対する都市用水の供給、発電を目的として作られた多目的ダムである。土師ダム上流域は、広島県北部域から島根県の中央部を通過して日本海に流れ込む江の川水系の上流部に位置し、その大部分は広島県北広島町に属する。江の川は北広島町にある阿佐山（標高1,218m）を源流の一つとし、北広島町東部地域を貫流し、安芸高田市八千代町の土師ダムに達している。阿佐山は広島県北広島町・島根県邑智郡邑南町にまたがる山地であり、土師ダム上流域は北西から南東に向かって下る地形構造をしている。標高は阿佐山山頂の最大値約1,220mからダム湖下流側の最低値約240mで、その標高差はほぼ1,000mに達する。流域の大部分は山地地形であり、土地の大部分を森林で覆われた傾斜地で占められる。これら森林の大部分は極相林ではなく二次林やスギやヒノキの人工林である。また、山間に位置する平野部の多くは耕作地であり、中国地方の典型的な中山間地域である。

## 方法

### 1. 空中写真のオルソ幾何補正

対象地域で撮影された最新の空中写真をスキャナーで読み取ってデジタル化し、リモートセンシング・ラスタ GIS ソフトウェア ERDAS IMAGINE Advantage 8.5 の単画像オルソ化機能を用いてオルソ幾何補正を行い、得られたオルソ画像をモザイク機能により接合することで、対象地域全域をカバーするオルソモザイク画像を作成した。使用した空中写真は、2002年（平成14年）11月17日に広島県により

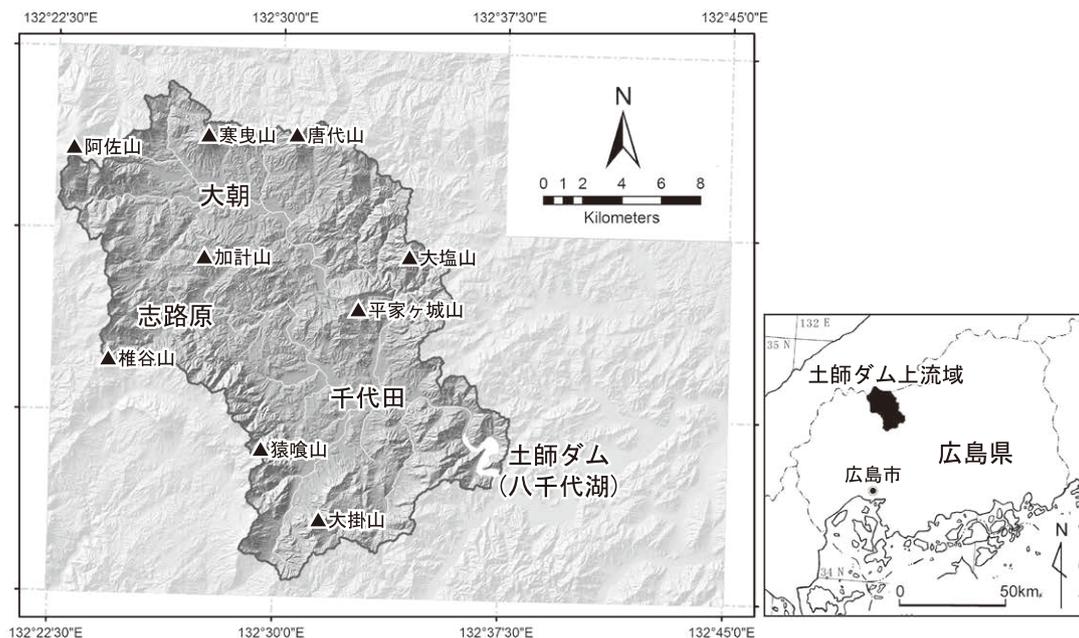


図1 研究対象地

撮影されたもの、及び2000年(平成12年)5月25日に建設省国土地理院により撮影されたものであり、2年代共にモノクロ写真であった。デジタル化に際しては、1シーンあたりの撮影範囲が2年代で異なるため、広島県撮影分については600dpi、建設省国土地理院撮影分については800dpiの解像度でスキャンを行った。

対象範囲内で撮影された空中写真は広島県撮影分71枚、建設省国土地理院撮影分10枚の合計79枚である。しかし、隣接する空中写真は実体視による空中写真判別を可能とするため約60%の範囲を重複して撮影されていることから、間1枚ずつを省略しても全域を空中写真画像でカバーすることが可能である。空中写真に内包される歪みは撮影範囲の辺縁部でより大きくなるため、対象範囲内で撮影された全ての空中写真についてオルソ幾何補正を行い、各オルソ画像の中央部分を切り抜いて接合することが歪みの除去という面では理想的な手法であるが、オルソ幾何補正がそもそも空中写真の歪みを除去するための手法である事と、過程の簡略化のため、本研究では間1枚ずつを除外し、広島県撮影分36枚、建設省国土地理院撮影分5枚の合計41枚を用いてオルソモザイク画像を作成した。

デジタル化された各画像について、ERDAS IMAGINE Advantage 8.5を用いて単画像オルソ幾何補正を行った。幾何補正を行う際に必要な数値標高モデル(DEM: Digital Elevation Model)は、北海道地図株式会社発行10mDEMを用いた。地上基準点(GCP: Ground Control Point)の抽出には、国土地理院刊行の数値地図1/25,000(地図画像)をERDAS IMAGINE Advantage 8.5にインポートしたものをを用いた。GCPは可能な限り画像の全域に分散するように、特徴的な地上建造物、幅員の狭い道路の交点、橋の中央など対象物が明瞭な地点を、平均しておよそ40地点(国土地理院撮影分については80地点)程度選定し、誤差の大きな地点は除外した。その後全てのオルソ画像について必要範囲を切り出し、ERDAS IMAGINE Advantage 8.5のモザイク機能を用いて接合し、対象範囲全域をカバーする単一のオルソモザイク画像を作成した。

## 2. 土地利用図の作成

空中写真のオルソ幾何補正により作成されたオルソモザイク画像をベースとし、ArcGIS 8.9上での直接描画により、ポリゴン形式の土地利用図を作成した。オルソモザイク画像のトレースにより土地利用境界を抽出し、空中写真の実体視・現地踏査、さらに必要に応じて1/25,000地形図及び環境省発行1/50,000現存植生図を補間的に利用することにより、土地利用の判別を行った。

土地利用の凡例は、既存の研究(中越1988, Nakagoshi *et al.* 1989, 1991, 1992a, 1992b, 中越ほか1999)における現存植生図の凡例(表1)を参考に決定した。植生が卓越する地域では優占種を基準とした相観植生区分を用い、ブナークロモジ群落・ミズナラークリ群集・コナラアベマキ群集・アカマツコバノミツバツツジ群集・スギヒノキ植林・竹林・伐採地に分類した。このうちブナークロモジ群落・ミズナラークリ群集・コナラアベマキ群集についてはモノクロの空中写真からでは区分が困難であったため、落葉広葉樹林として一括で判読した後、現地踏査と既存情報の活用によりブナークロモジ群落・ミズナラークリ群集を判別した。また、竹林と伐採地を除く樹林地では、空中写真の実体視と現地踏査により樹高を判別し、高木林(樹高8m以上)・中木林(3m以上8m未満)、低木林(3m未満)の3段階に区分した。人為的な利用がなされている地域では土地利用による区分を行い、耕作地・居住地・工場地・道路・造成地・道路及び造成地のり面・公園及び運動場・人工草地・裸地・開放水域に区分した。

# 結 果

## 1. 空中写真のオルソ幾何補正

空中写真のオルソ幾何補正により得られたオルソモザイク画像を図2に示す。オルソ幾何補正を行うに際し、GCPの抽出に1/25,000地形図を使用したため、オルソモザイク画像の縮尺は1/25,000となった。また、空中写真に記載された地上構造物の判別精度と、GISソフトウェアの処理速度の両方を保障

表1 広島県内の1/25,000地形図を基本とした既存研究における凡例

中越 1988	Nakagoshi et al. 1989	Nakagoshi et al. 1991	Nakagoshi et al. 1992a	Nakagoshi et al. 1992b	中越ほか 1999
日本における二次林の存在様式	比和町の現存植生図	東広島市西条町の現存植生図	加計町の現存植生図	三和町の現存植生図	高野町の現存植生
極相林	ブナークロモジ群落		モミシキミ群集	ウラジログシ群落	ブナークロモジ群落
森林 (3m未満:低木林 3m以上8m未満: 中木林 8m以上:高木林)	サワグルミージュウモン ジシダ群集 オノエヤナギ群落		ネコヤナギ群集		サワグルミージュウモン ジシダ群集
二次林	アカマツコバノミツバ ツツジ群集	アカマツコバノミツ バツツジ群集	アカマツコバノミツ バツツジ群集	アカマツコバノミツ バツツジ群集	アカマツコバノミツ バツツジ群集
	コナラーアベマキ群集	コナラーアベマキ群集	コナラーアベマキ群集	コナラーアベマキ群集	コナラーアベマキ群集
	ミズナラークリ群集		ミズナラークリ群集		ミズナラークリ群集
			アラカシ群落		
	アカメガシワ群集	マルバハギアアカメガ シワ群集	アカメガシワ群落等		
	クマイチゴータラノキ 群集	クマイチゴータラノキ 群集	クマイチゴータラノキ 群集	クマイチゴータラノキ 群集	クマイチゴータラノキ 群集
人工林	スギヒノキ植林	スギヒノキ植林	スギヒノキ植林	スギヒノキ植林	スギヒノキ植林
	モウソウチク植林	竹林	モウソウチク・ マダケ植林	竹林	モウソウチク植林
	落葉樹果樹林	落葉樹果樹林 (ブドウ等)		落葉樹果樹林(クリ)	落葉樹果樹林(リンゴ)
草原	草地	ススキーホクチアザミ 群集(放牧地)			
		人工草地		人工草地	人工草地
農耕地	ススキーネザサ群集	ススキーネザサ群集	ススキーネザサ群集	ノチドメーヒメジョン 群落	ススキーネザサ群集
	畑(シロザクラス)	畑(シロザクラス)	畑(シロザクラス)	畑(シロザクラス)	畑(シロザクラス)
	水田(イネクラス)	水田(イネクラス)	水田(イネクラス)	水田(イネクラス)	水田(イネクラス)
		ヒメムカシヨモギー オオアレチノギク群落	ヒメムカシヨモギー オオアレチノギク群落		
		ヨシ群落	ツルヨシ群集		
			河辺草本群落		
			クス群落		
		ヌマガヤ群落			
荒原	居住地	居住地	居住地	居住地	居住地
	工場地	公園・運動場	公園・運動場		
	造成地・裸地	工場地	工場地	造成地・裸地、及び 採石場	造成地・裸地
		裸地	裸地		
その他	開放水域	開放水域	開放水域	開放水域	

するために、接合後の画像解像度は約 1m/pixel とした。

## 2. 土地利用図の作成

オルソモザイク画像の直接判読により得られた土地利用図を図 3 に示す。その内訳を見ると（表 2）、アカマツコバノミツバツツジ群集 33.77%（103.3km<sup>2</sup>:2,436 個）がもっとも優占的に分布していた。次いでコナラーアベマキ群集 24.1%（73.8km<sup>2</sup>:3,010 個）、スギーヒノキ植林 18.23%（55.8km<sup>2</sup>:2,570 個）、耕作地 11.09%（33.9km<sup>2</sup>: 258 個）の順に卓越しており、さらに伐採地、ミズナラークリ群集、居住地、開放水域と続いていた。上位 4 つの土地利用タイプを合計すると対象地域の 87.20% を占めていた。

また景観要素毎のパッチ数に注目すると、コナラーアベマキ群集(3,010 個)、スギーヒノキ植林(2,570 個)、アカマツコバノミツバツツジ群集 (2,436 個) の順に数が多く、次いで居住地 (2,434 個)、伐採地 (1,126 個) が多かった。更にパッチサイズを階級区分して比較すると（表 3）、ほぼすべての樹林地で 625m<sup>2</sup>以上 2,500m<sup>2</sup>未満のカテゴリにピークが存在し、また約 9 割のパッチが 625m<sup>2</sup>以上であった。それに対し耕作地は 40,000m<sup>2</sup> 以上のカテゴリで最大となり、他の土地利用タイプに比べて相対的

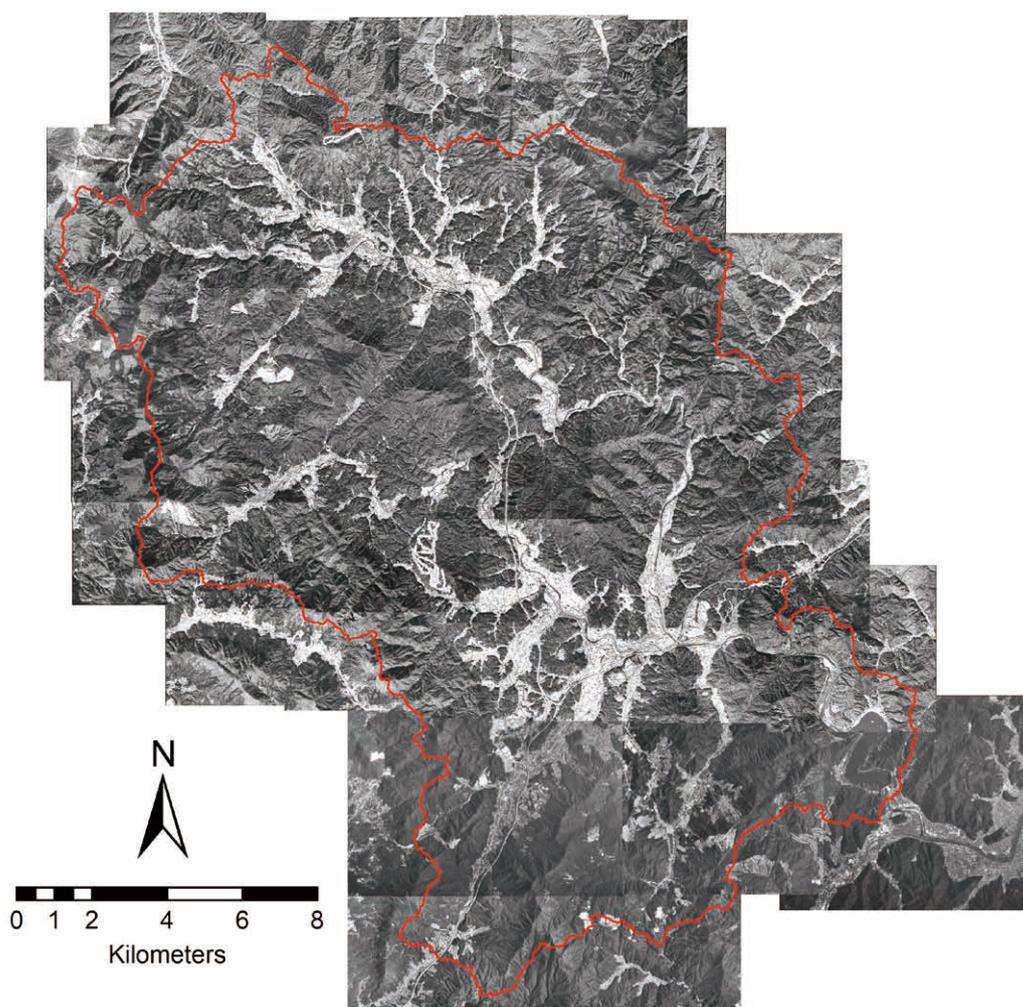


図 2 土師ダム上流域のオルソモザイク空中写真画像（2002 年及び 2000 年の空中写真から作成）

にパッチサイズが大きいことが示された。また、住宅地・竹林・伐採地では、2,500m<sup>2</sup>未満の比較的小さなパッチが多く、特に居住地は総パッチ数の約1/3が625m<sup>2</sup>未満の微小パッチであった。

## 考 察

### 1. 土師ダム上流域の景観の特徴

土師ダム上流域は地域の約8割を山地に覆われた典型的な中山間地域であり、そのほとんどが人為の介在によって成立する里山二次林および人工林であった。特に山地の約半分はアカマツ・コバノミツバツツジ群集に覆われており、古くから積極的に管理・活用されてきたと考えられた。しかし同時に、空中写真判読時に植生境界を判別することが困難なほど林間樹種が混交している林分が散見されたことと、流域の南部で大規模な伐採が行われ、おそらくはスギ・ヒノキ植林に転換されつつあることを考え合わせると、里山的な森林管理は徐々に衰退しつつあると考えられた。逆に、地域の約2割を占めるスギ・ヒノキ植林のうち半分以上が未成熟な林分であることから、地域の林業は比較的順当に施業されていると考えられた。また、山林地域を縫うように広がる平野部では、その約7割が水田を主とする耕作地で覆われており、その中に非常に小さな居住地が多数散在していた。居住地・工場地を含む市街地は対象地域の約5%を占めるにとどまり、地域の9割以上が里山二次林・人工林・耕作地など人為の介在により成立する自然に覆われていた。

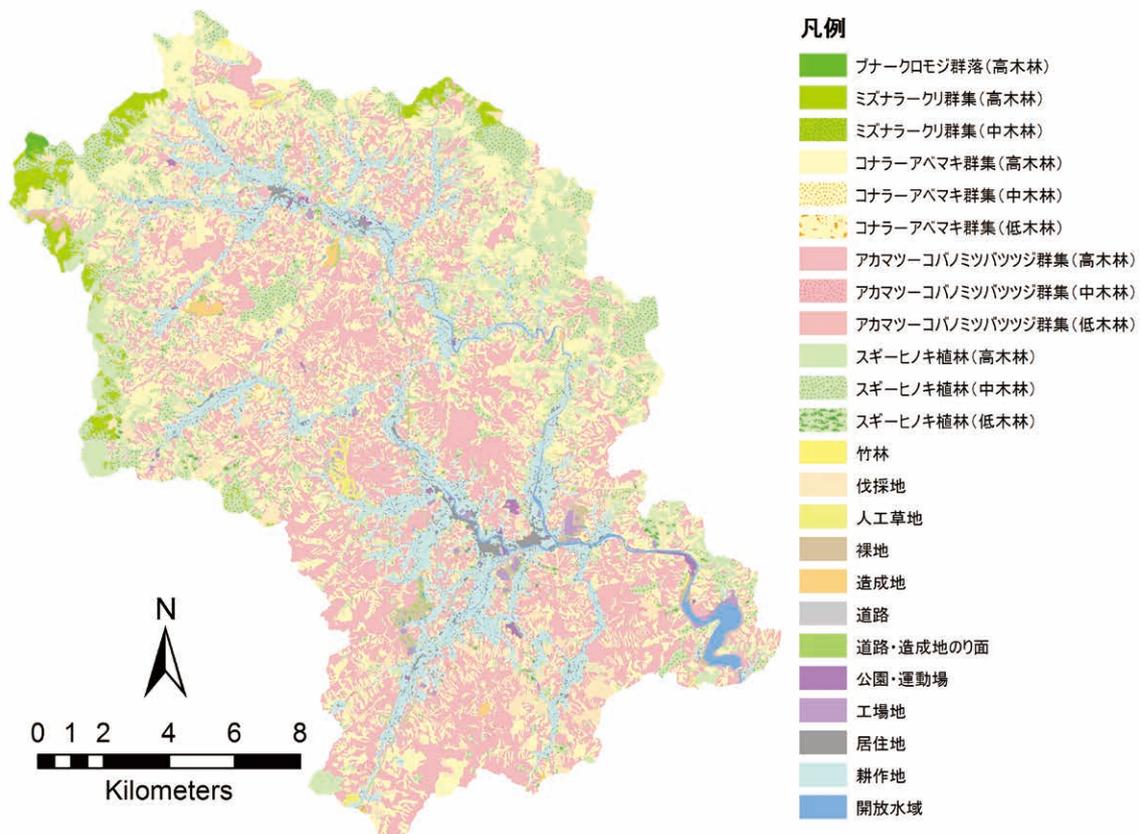


図3 土師ダム上流域の土地利用図

## 2. 土地利用図作成手法の比較

空中写真判読により土地利用図を作成する従来の手法について、一般的な作業フローを図 4-a に示す。従来の手法では、空中写真判読から土地利用を判別し、既存の地形図などのベースマップ上に手作業によって転写する。この作業により土地利用図としては完成するが、この土地利用図はアナログ情報であるため、GIS 上で解析に利用するためにはデジタル化作業を行わなければならない。この手法では、1) 土地利用境界のベースマップへの転写に際して多大な作業時間を必要とし、またその判読精度は個人の熟練度に依存する（長澤ほか 2002）、2) 土地利用図の精度は空中写真そのものではなくベースマップの精度に依存する、3) デジタル化を行う際に各手順の中で作業誤差が発生する、という問題点が存在する。次に、オルソ画像を用いた土地利用図作成手法について、一般的な作業フローを図 4-b に示す。

表 2 土師ダム上流域における土地利用タイプ別のパッチ数・総面積・面積比率

土地利用区分		パッチ数	合計面積 (km <sup>2</sup> )	面積比率 (%)	
山地	自然林	ブナークロモジ群落	高木林 2	0.38	0.12
		ミズナラークリ群落	高木林 85	5.66	1.85
			中木林 1	0.02	0.01
			小計 86	5.68	1.86
	小計	88	6.06	1.98	
	里山二次林	コナラアベマキ群落	高木林 2,960	73.12	23.89
			中木林 48	0.61	0.2
			低木林 2	0.06	0.02
			小計 3,010	73.79	24.11
		アカマツコバノミツバツツジ群落	高木林 2,345	102.19	33.39
			中木林 90	1.12	0.36
			低木林 1	0.03	0.01
			小計 2,436	103.34	33.77
		小計	5,446	177.13	57.88
		人工林	スギヒノキ植林	高木林 1,218	25.04
中木林 1,168	27.93			9.13	
低木林 184	2.81			0.92	
小計 2,570	55.79			18.23	
竹林	428		1.15	0.38	
伐採地	1,126		14.78	4.83	
小計	4,124		71.72	23.44	
小計	9,658	254.91	83.3		
平野部	市街地	居住地	2,434	4.46	1.46
		工場地	48	1.34	0.44
		道路	61	2.19	0.72
		造成地	37	1.08	0.35
		道路・造成地のり面	206	1.1	0.36
		小計	2,786	10.17	3.33
	耕作地	258	33.94	11.09	
	公園・運動場	29	0.81	0.26	
	人工草地	7	0.99	0.32	
	裸地	104	1.21	0.4	
	開放水域	103	3.99	1.3	
	小計	3,287	51.11	16.7	
	総計	12,945	306.02	100	

この手法では DEM・GCP を用いて空中写真のオルソ幾何補正をした後は、土地利用境界の抽出及び属性付加作業は GIS ソフトウェア上で直接行うことになる。この場合、オルソ幾何補正時と GIS 上での土地利用境界抽出作業時に作業誤差が発生するおそれがある。両者を比較すると、デジタルの土地利用図を作成するためにはオルソ画像を用いた手法の方が従来の手法に比べて作業手順が少なくて済むことが判る。このことは単純に作業時間の長短に関わるだけでなく、誤差が発生する恐れがある作業段階の数に関わり、また成果図に含まれる誤差は各作業時に発生する誤差の累計として生じるものであることから、オルソ画像を用いた手法は精度の面で従来の手法より優れていると言える。さらに、オルソ画像を利用する際には、GIS データベースに統合された多種にわたる空間情報を参照しながら作業を行うことが可能であり（長澤ほか 2002）、それにより土地利用の判読作業を効率化することが可能である。

また、空中写真に記載されたオブジェクトの読み取り精度について検討すると、従来の 1/25,000 スケールの土地利用図を作成するに当たっては、地図上 1mm、すなわち実サイズ 25m<sup>2</sup> に満たないパッチは、誤差範囲に含まれるとして周辺パッチと統合する手法が採られてきた（Nakagoshi *et al.* 1988；中越ほか 1999；池上・中越 2001）。事実、誤差範囲以下の面積しか持たない微小パッチでは、その位置情報は不正確で信用に値しない。しかし、オルソ画像を用いて GIS 上で直接描画する手法では、位置

表 3 土師ダム上流域における土地利用タイプ別のパッチサイズ

土地利用区分	625m <sup>2</sup> 未満	625m <sup>2</sup> 以上 2,500m <sup>2</sup> 未満	2,500m <sup>2</sup> 以上 10,000m <sup>2</sup> 未満	10,000m <sup>2</sup> 以上 40,000m <sup>2</sup> 未満	40,000m <sup>2</sup> 以上	合計
ブナークロモジ群落				1	1	2
ミズナラークリ群落	1	4	28	36	16	85
				1		1
コナラーアベマキ群落	7	310	1,207	1,036	400	2,960
		4	24	17	3	48
				2		2
アカマツ－コバノ	7	226	892	853	367	2,345
ミツバツツジ群落		9	45	31	5	90
				1		1
スギ－ヒノキ植林	8	163	528	390	129	1,218
	3	150	532	365	118	1,168
	1	22	93	52	16	184
竹林	33	241	145	8	1	428
伐採地	15	257	523	266	65	1,126
居住地	795	1,348	264	20	7	2,434
工場地		4	16	21	7	48
道路	1	5	13	24	18	61
造成地		4	10	19	4	37
道路・造成地のり面	6	83	96	17	4	206
耕作地	3	12	53	83	107	258
公園・運動場			6	18	5	29
人工草地			2	2	3	7
裸地	1	23	44	32	4	104
開放水域	15	42	34	6	6	103
合計	896	2,907	4,555	3,301	1,286	12,945

情報には多少の不正確さが生じるにしても、微小パッチの存在はパッチ形状も含めて比較的正確に抽出することが可能である。このことは特に、微小パッチが多数存在することが特色となっている地域を対象とした場合に重要な意味を持つと考えられる。

本研究ではオルソ画像を用いて地域の詳細な土地利用を定量的に判別し、その手法の有効性について論じてきた。しかし土地利用の判別とは、空中写真に記載された様々な地表構造物について比較的大きなカテゴリでグループ分けを行うという作業であり、空中写真には土地利用に限らず更に多様な情報が内包されている。オルソ画像はデジタルの地理情報であるため、空中写真に含まれる様々な情報を GIS を用いて直接読み取る事が可能であり、地域の基盤情報を整備する上で非常に応用範囲が広いと考えられる。

### 摘 要

1. 土師ダム上流域の土地利用図を、航空写真のオルソ画像をベースマップとして GIS による直接判読により作成した。航空写真は 2002 年 (36 枚) 及び 2000 年 (5 枚) に撮影されたものを使用した。
2. 判読の結果土地利用型は 24 のタイプ (植生高による階級区分を含む) に分けられた。その内訳はアカマツ-コバノミツバツツジ群集 33.77% (103.3km<sup>2</sup>:2,436 個), コナラ-アベマキ群集 24.1% (73.8km<sup>2</sup>:3,010 個), スギ-ヒノキ植林 18.23% (55.8km<sup>2</sup>:2,570 個), 耕作地 11.09% (33.9km<sup>2</sup>:258 個) の順に卓越しており、この上位 4 つの土地利用タイプのみで対象地域の 87.20% を占めて

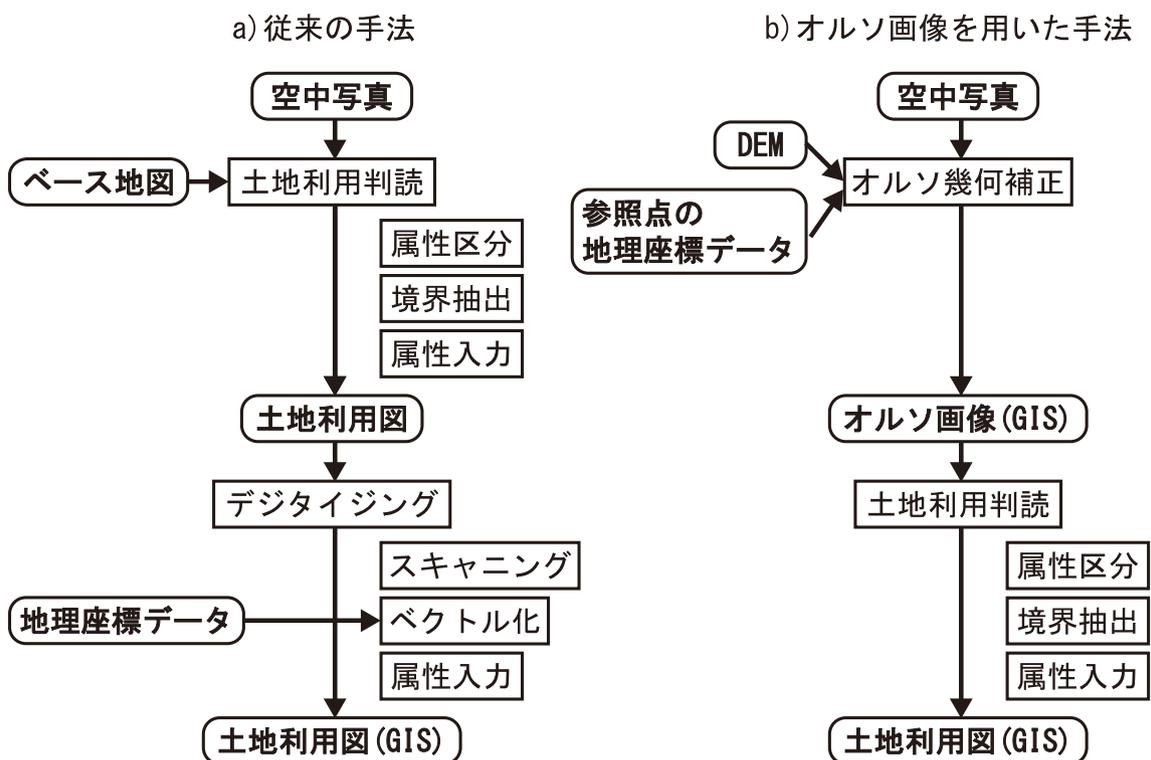


図 4 土地利用図作成手法の比較 a) 従来の手法 b) オルソ画像を用いた手法

いた。

3. オルソ画像を用いた土地利用判別では、従来の手法と比較して作業時間や精度の面で優れていると考えられる。また、従来の手法では誤差範囲に含まれるような微小パッチであっても、位置情報には多少の不正確さが生じるが、パッチ形状も含めて比較的正確に抽出することが可能である。

## 引用文献

- 池上佳志・中越信和 1995 広島県瀬戸田地区の景観構造 広島大学総合科学部紀要 IV 理系編 21 : 134-144
- 池上佳志・中越信和 2001 広島県瀬戸田地区の植生図 (1994 年). 広島大学総合科学部紀要 IV 27 : 53-61.
- 長澤良太・江田敏幸・丸山芳史 2002 GIS を用いた植生調査手法に関する検討—兵庫県氷ノ山地域における事例研究— 環境情報科学論文集 16 : 171-176
- 中越信和 1988 日本における二次林の存在様式 地理科学 43 : 9-14
- Nakagoshi, N., Someya, T. and Nehira, K. 1988 Actual Vegetation Map of Kure, Hiroshima Prefecture. Bulletin of Biological Society of Hiroshima University 54:13-15 + map
- Nakagoshi, N., Someya, T., Kamada, M. and Nehira, K. 1989 Actual vegetation map of Hiwa-cho, Hiroshima Prefecture. Miscellaneous Reports of the Hiwa Museum for Natural History 28:1-10 + Map
- Nakagoshi, N., Nehira, K., Someya, T. Tanaka, M. Kamada, M. and Takahashi, F. 1991 Map of Actual Vegetation of Saijo, Higashi-Hiroshima, Hiroshima Prefecture. Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, Ser. IV. 16:19-27 + Map
- Nakagoshi, N. Somiya, K. and Nehira, K. 1992a Map of Actual Vegetation of Kake-cho, Hiroshima Prefecture. Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, Ser. IV. 17:51-58 + Map
- Nakagoshi, N. Kamada, M. and Hong, S.K. 1992b Map of Actual Vegetation of Miwa-cho, Hiroshima Prefecture. Bulletin of Biological Society of Hiroshima University 58 : 3-6 + map.
- 中越信和・大隈 恒・野村和信 1999 高野町の現存植生. 比和科学博物館研究報告 37 : 1-12 + 植生図
- 日本写真測量学会 2004 デジタル写真測量の理論と実践 343pp. 日本測量学会 東京
- 越智彩子・池上佳志・中越信和 2000 都市化にともなう景観構造変化のパッチレベルにおける分析 ランドスケープ研究 63 (5) : 775-778

2007 年 9 月 30 日受付 ; 2008 年 2 月 25 日受理