

二時期合成デジタル空中写真画像 による土地被覆の最尤法分類

磯 望, 黒田圭介¹⁾, 黒木貴一²⁾,
宗 建郎³⁾, 西木真織⁴⁾, 後藤健介⁵⁾

Trials of Land-cover Division on Maximum Likelihood Method by
using the Multi Seasonal

Composite Data of Digital Aerial Photographs

Nozomi Iso, Keisuke Kuroda¹⁾, Takahito Kuroki²⁾,
Tatsuroh Soh³⁾, Maori Nishiki⁴⁾, and Kensuke Goto⁵⁾

1. はじめに

地理情報システム (Geographic Information System, 以下 GIS と略す) の一般的な普及により, デジタル化した空中写真を人工衛星データと同じ取り扱いで最尤法を用いて半自動的に分類区分し, 土地被覆分類図を作成することは比較的容易になってきた (黒木ほか, 2007 など)。しかし, デジタル化空中写真による土地被覆の最尤法分類は, R (赤, LANDSAT/TM データのバンド 3 相当), G (緑, 同バンド 2 相当), B (青, 同バンド 1 相当) の可視領域の波長帯データのみを用いたものとなるため, 人工衛星データのような赤外域の反射率特性を反映した土地被覆分類図は作成できないという課題が残る。しかしながら, 近年ではデジタル化空中写真画像による最尤法分類結果も, 地表面の特

¹⁾西南学院大学人間科学部非常勤講師 ²⁾福岡教育大学教育学部

³⁾福岡市史編さん室調査委員 ⁴⁾福岡市史編さん室調査補助員 ⁵⁾長崎大学医学部

性を反映しているという研究結果が得られてきた。例えば黒木ほか（2007）では唐津市の土砂災害地の空中写真の最尤法による土地被覆分類結果から、湿った土砂から構成された浸水域跡地と乾いた土砂から構成された非浸水域との地表区分に成功した。また、黒田ほか（2009）はカルスト台地平尾台を撮影した空中写真を用いた土地被覆の最尤法分類から、植生（ネザサ、ススキ、セイタカアワダチソウ）分布図を作成し、地形・土壌特性と植生分布の関連性を明らかにした。このように、広域にわたる解析範囲を必要としない場合、デジタル化空中写真は人工衛星データよりも詳細かつ安価に最尤法分類による土地被覆分類図が作成できるという特長がある。空中写真は1940年代以降の地表を判読できる過去の蓄積の多い有用な地理情報ツールで、現在も全国各地で更新され続けている。一部の空中写真は国土交通省によってインターネット上でデジタルデータとして公開されており、デジタル化された空中写真とGISを用いて半自動的に行う最尤法分類は、空中写真の新たな利活用方法として今後の応用の広がり期待できる。

土地被覆分類の基礎となる、空中写真による教師データの取得に際しては、目視判読の精度が求められるが、季節ごとの植生の色調の変化や尾根谷による影など、撮影時期や条件によっては反射率や色調が変化し、判読に困難を伴うことが多い。また、人工衛星データとは異なり、赤外域のデータを含まない色調のみの画像データを頼りに最尤法分類を行うため、同じ色調であれば異なる土地被覆の状態も同じ分類項目として処理するケースが頻発してしまう。この問題をできるだけ解消し、より精度の高い土地分類にするには、同一地域で得られる可視領域の波長帯データを増やすことが一つの方法である。具体的には、同じ解析対象地域で、異なる季節間の空中写真のデータを取得して、それらをコンポジットする手法で可視領域データを増やす方法を検討することができる。そこで筆者らは、撮影季節が異なる二時期（春と冬）の空中写真をGISでコンポジットし、6つのバンド（RGB×二時期）を格納したデジタル空中写真画像を作成した。これを使用すれば、教師データの取得に際しては、GIS上で二時期を比較しながら行え、かつ、最尤法分類を行う際には、二時期の色調（可視領域の波長帯データ）を考慮した分類結果となるので、一枚の空中写真

を用いた最尤法による土地被覆分類よりも分類精度が高くなり、誤分類が減少することが期待される。ただし、撮影時期が異なる二時期の間に土地利用変化が生じた場合には、この手法は利用できない。

本稿では、通常空中写真を二つの時期でRGB3バンドのデータに区分し、更にこれらをコンポジットした6バンドコンポジット空中写真画像による土地被覆分類の精度評価を行い、さらに作成した土地被覆分類図と既存の土地利用図との対応を検討する目的で、GISによるオーバーレイ解析を行った。ここでは、この手法で実際に分類精度が、一時期3バンドによる土地被覆分類と比較して良好になるかどうかについて、検討する。

2. 研究方法

2.1. 解析対象地域

解析対象地域は、福岡市博多区にある福岡国際空港の南部付近とした。その範囲を図1に示す。この解析地域の土地被覆状況を概観してみると、福岡空港内は道路（滑走路）と草地に覆われていて、福岡空港を除いた南西部は主に田植えされていない水田で裸地や草地となっている。解析地域の東半分は主に森林と宅地で、ため池もいくつか見られ、学校のグラウンドや宅地造成中の裸地

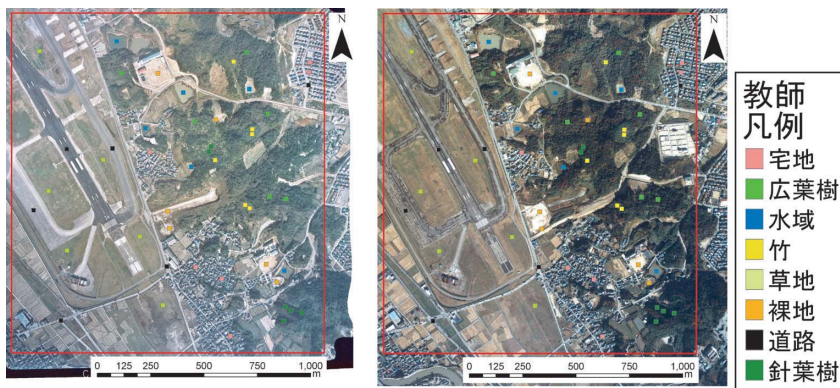


図1-1：1/8000 1974年春撮影空中写真

図1-2：1/8000 1981年冬撮影空中写真

図1 解析に用いたオルソ化空中写真（赤枠内が最尤法分類した範囲）

も見られる。森林は広葉樹、針葉樹、竹に明瞭に分けることができ、この中で竹林は広葉樹林の中にパッチ状に侵入している。また、針葉樹林は主に解析地域南東側に見られる。なお、撮影の年次は空中写真利用上の性格から、少し異なるため、土地利用形態の一部は多少変化しているが、比較的变化の小さい部分を抽出した。

2.2. 空中写真のオルソ幾何補正

使用した空中写真は、国土地理院撮影 1/8,000 カラー空中写真（1974 年春撮影 CKU74-24-c9-55, 1981 年冬撮影 CKU81-1-C15A-40）で、セルサイズ（分解能）は 50cm とした。なお、これらの空中写真は、国土交通省の国土ウェブマッピングシステム（<http://w3land.mlit.go.jp/WebGIS/>）から取得した。これらの空中写真を、GIS ソフトである ArcView9.1 のエクステンションの Image Analysis を用いて、地形の起伏のよる歪みを除去したオルソ空中写真とした後、ArcView で合成して 6 バンド（RGB×2 バンド）のコンポジット空中写真（以下、二時期合成空中写真と呼称する）とした。なお、二時期合成空中写真は図 1-1 と図 1-2 のいずれかの RGB バンドを 3 バンド選択して表示することが可能である。

2.3. 土地被覆分類方法

マルチスペクトルデータを持つ人工衛星データから土地被覆分類を行うには、解析専用ソフトや Photoshop などの画像解析ソフトが必要である。土地被覆分類には後藤ほか（2007）のように長期間の観測データのある LANDSAT データが多く利用され、近年では高分解能の衛星データの使用も増えた。本稿で用いる空中写真も高解像度（分解能 50cm）のデジタル画像である。デジタル化空中写真の RGB で記録されたデータを画像解析ソフトで見ると、3 色各々の光の強さがデータ化されている。これらは LANDSAT/TM データのバンド 1, 2, 3 にほぼ相当する。この手法と類似した先行研究の例で、板谷（1998）は、オルソ空中写真をデジタル化し、その土地被覆分類から森林区分を実施し、また田（2002）はコロナ衛星が取得した白黒写真の輝度を用い、画像処理ソフト

トの半自動での解析から土地被覆分類を行った研究などがある。通常、画像解析ソフトでは、記録された複数バンド（波長帯）の反射率を同時に使い、その強弱の違いに着目して最尤法で分類する。最尤法は、分類するグループの分布パターンを確率密度関数として仮定し、対象がどのグループに属するかを統計確率的な意味を持たせて判別する手法である（長谷川,1998）。また、最尤法の実施前に、分類するグループの典型的な場所（教師）を決定する。そこでまず、図1に示される地域で教師範囲をポリゴン形式の shape file として用意した。教師データとして取得した分類項目は、竹林、広葉樹林、針葉樹林、草地、裸地、水域、道路（滑走路含む）の8項目である。その後、得られた教師データと空中写真を Image Analysis を使用して最尤法による分類を行い、ラスタデータ形式の土地被覆分類図を作成した。

本稿では、最尤法分類を行う際の条件の違いに伴う精度変化についても検証を行うため、教師範囲は10m×10mと20m×20mの2種類、教師の取得数を分類項目ごとに3ポイントと6ポイントの2種類を準備した。また、メッシュサイズの違いによる分類精度を考察するために、5m, 10, 20mメッシュで最尤法分類を行った。

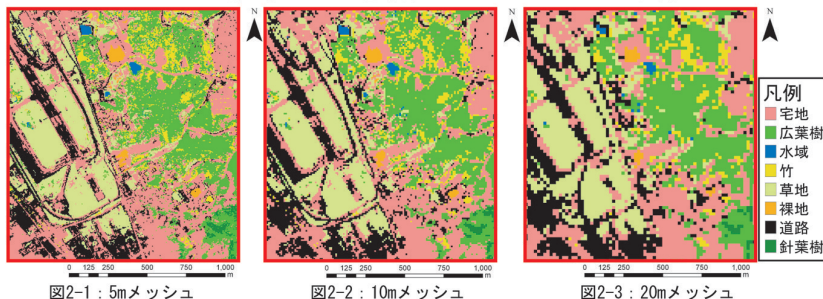
3. 最尤法による土地被覆分類結果

この章では、3.1で1974年春と1981年冬に撮影した二時期合成空中写真による土地被覆分類図について評価検討し、3.2で1974年春、3.3で1981年冬、撮影の各一時期の空中写真をRGB3バンドで土地被覆分類図を作成した結果について評価検討する。

3.1. 二時期合成空中写真による土地被覆分類図

図2-1は10m×10m教師データを分類項目毎に3ポイント取得し、二時期合成空中写真を5mメッシュで最尤法分類した土地被覆分類図であり、図2-2は10mメッシュ、図2-3は20mメッシュの土地被覆分類図である。図2-4, 5, 6は10m×10m教師データを分類項目毎に6ポイント取得し各々5m, 10m, 20mメッシュで最尤法分類したもの、図2-7, 8, 9は20m×20m

10m×10m教師データを項目ごとに3ポイント取得



10m×10m教師データを項目ごとに6ポイント取得

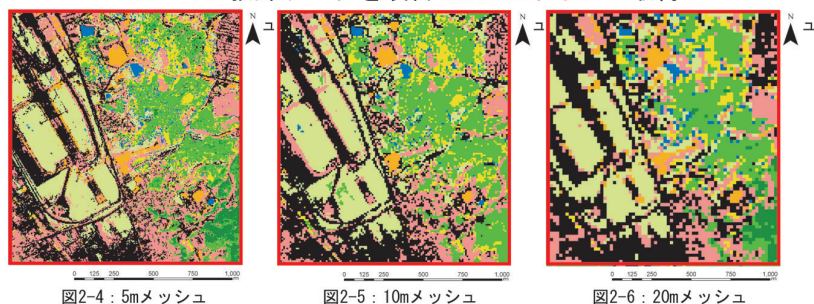


図2 二時期合成空中写真による土地被覆分類図

教師データを分類項目毎に3ポイント取得し各々5m, 10m, 20mメッシュで最尤法分類したもの、図2-10, 11, 12は20m×20m教師データを分類項目毎に3ポイント取得し各々5m, 10m, 20mメッシュで最尤法分類したものである。

表1-1は、図2-1の最尤法分類結果と教師データを重ねあわせ、後者に対する前者の分類精度を計算したもので、同様に表1-2から表1-12は図2-2から図2-12の分類精度に対応する。この表の意味を、表1-1の教師データの竹を例に見てみると、300m² (10m×10m教師データが3ポイント)の総面積を持つ竹の教師データ(ポリゴン形式のshape file)に重なる空中写真の範囲の90.4% (271.2m²)が正しく竹に分類されていて、この値を分類精度と呼称する。一方、9.6% (28.8m²)が広葉樹に分類されていて、この値を誤分類と呼称するものである。

20m×20m教師データを項目ごとに3ポイント取得

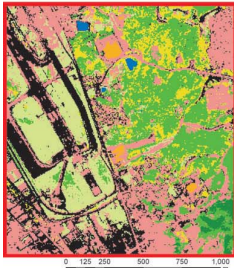


図2-7：5mメッシュ

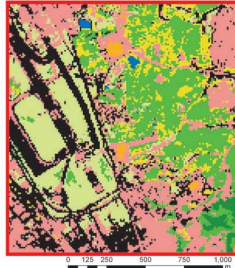


図2-8：10mメッシュ

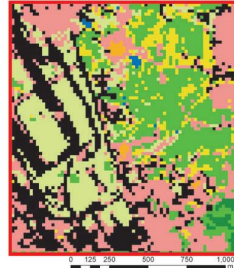


図2-9：20mメッシュ

20m×20m教師データを項目ごとに6ポイント取得

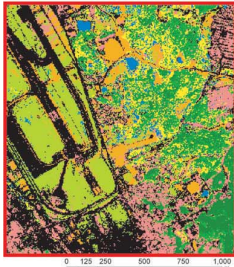


図2-10：5mメッシュ

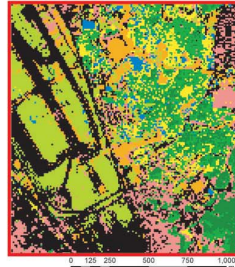


図2-11：10mメッシュ

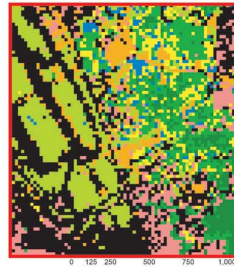


図2-12：20mメッシュ

図2 二時期合成空中写真による土地被覆分類図

空中写真（図1-1,2）と土地被覆分類図（図2-1~12）を比較してみると、全体的に宅地が空中写真の印象よりも広がっているような分類結果となってしまう。分類項目ごとに見てみると、滑走路、道路、裸地が宅地に、草地在道路に誤分類されている地点が目立つが、福岡空港内の草地や、解析地域東側の樹林に関しては、空中写真と比較して、ほぼ正しく分類されているように見える。

最尤法分類条件ごとの土地被覆分類図を分類精度（表1-1~12）と合わせて見てみると、10m×10m 教師データを分類項目ごとに3ポイント取得したもの（図2-1~3、表1-1~3）では、すべてのメッシュサイズで平均分類精度が90%を超え、特に5mメッシュ（表1-1）では98.2%と高い。分類項目ごとに見てみると、すべてのメッシュサイズにおいて竹の分類精度が低く、広葉樹に誤分類されることが多い。特に20mメッシュ（表1-3）では66.7%

表1 二時期合成空中写真による土地被覆分類図の分類精度 (単位は%)

表1-1 図2-1の分類精度

	最尤法分類結果							平均	
	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教	広葉樹	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	針葉樹	1.0	99.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	竹	9.6	0.0	90.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
子	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
子	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	99.2
子	宅地	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	96.3	3.3	0.0
子	道路	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	99.5	0.0
子	水城	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表1-2 図2-2の分類精度

	最尤法分類結果							平均	
	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教	広葉樹	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	針葉樹	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	竹	24.3	0.0	75.7	0.0	0.0	0.0	0.0	
子	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
子	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	90.8
子	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	93.7	6.3	0.0
子	道路	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	33.3	66.2
子	水城	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表1-3 図2-3の分類精度

	最尤法分類結果							平均	
	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教	広葉樹	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	針葉樹	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	竹	33.3	0.0	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	
子	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
子	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	96.3	3.8	0.0	94.5
子	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
子	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
子	水城	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	93.3

表1-4 図2-4の分類精度

	最尤法分類結果							平均	
	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教	広葉樹	90.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	針葉樹	2.0	93.8	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	竹	41.5	0.0	58.5	0.0	0.0	0.0	0.0	
子	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
子	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	97.7	2.3	0.0	90.2
子	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.0	0.0	82.8
子	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	98.6	0.0
子	水城	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表1-5 図2-5の分類精度

	最尤法分類結果							平均	
	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教	広葉樹	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	針葉樹	4.0	96.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	竹	45.5	0.0	54.5	0.0	0.0	0.0	0.0	
子	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
子	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	96.7	3.3	0.0	90.5
子	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.5	19.5	0.0
子	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99.3	0.0
子	水城	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	96.9

表1-6 図2-6の分類精度

	最尤法分類結果							平均	
	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教	広葉樹	67.3	0.0	16.7	2.5	0.0	0.0	0.2	13.3
教	針葉樹	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
教	竹	30.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
子	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
子	裸地	0.0	0.0	0.0	10.8	69.9	19.3	0.0	79.1
子	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.2	29.8	0.0
子	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
子	水城	15.0	0.0	0.0	3.3	3.1	3.5	0.0	75.0

表1-7 図2-7の分類精度

	最尤法分類結果							平均	
	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教	広葉樹	88.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	針葉樹	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	竹	8.2	0.0	91.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
子	草地	0.0	0.0	0.0	99.6	0.0	0.0	0.4	0.0
子	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	96.5
子	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	92.7	7.3	0.0
子	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
子	水城	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表1-8 図2-8の分類精度

	最尤法分類結果							平均	
	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教	広葉樹	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	針葉樹	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	竹	4.3	0.0	95.7	0.0	0.0	0.0	0.0	
子	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
子	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	97.1
子	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.3	10.7	0.0
子	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	94.6
子	水城	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表1-9 図2-9の分類精度

	最尤法分類結果							平均	
	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教	広葉樹	89.7	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	針葉樹	5.4	94.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
教	竹	33.3	0.0	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	
子	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
子	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	93.2	6.8	0.0	90.2
子	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	95.1	4.9	0.0
子	道路	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	95.5	0.0
子	水城	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.9	86.7

表1-10 図2-10の分類精度

	最尤法分類結果							平均	
	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教	広葉樹	55.2	29.4	12.3	0.0	0.0	1.0	0.0	2.1
教	針葉樹	1.0	94.9	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
教	竹	15.3	15.0	66.5	0.0	1.5	0.0	0.0	1.7
子	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
子	裸地	0.5	0.0	0.4	0.3	94.3	0.4	2.5	1.5
子	宅地	6.5	0.4	1.5	0.0	0.6	69.1	21.9	0.0
子	道路	1.9	0.0	0.0	0.8	2.5	3.7	91.1	0.0
子	水城	0.0	0.0	0.2	0.6	0.2	0.8	0.0	98.2

表1-11 図2-11の分類精度

	最尤法分類結果							平均	
	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教	広葉樹	62.6	29.4	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
教	針葉樹	2.0	92.5	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
教	竹	15.6	18.3	65.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
子	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
子	裸地	0.0	0.0	0.8	0.3	94.6	0.6	3.7	0.1
子	宅地	1.7	0.0	0.0	0.0	1.7	59.6	37.1	0.0
子	道路	1.9	0.0	0.0	0.3	2.4	5.2	89.3	0.0
子	水城	0.0	0.0	0.0	0.7	0.6	0.0	0.0	98.8

表1-12 図2-12の分類精度

	最尤法分類結果							平均	
	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教	広葉樹	57.0	33.5	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
教	針葉樹	1.6	92.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
教	竹	6.0	15.6	78.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
子	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
子	裸地	1.7	0.0	0.0	8.3	87.6	0.0	2.5	0.0
子	宅地	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	58.8	36.3	0.4
子	道路	0.0	0.0	0.0	0.8	2.0	0.0	97.2	0.0
子	水城	0.0	0.0	2.5	8.0	1.4	0.0	0.0	82.7

と低い精度となる。その他の分類項目についての分類精度は90%以上と安定して高い。

次に10m×10m教師データを分類項目ごとに6ポイント取得したものの(図2-4~6, 表1-4~6)では, 20mメッシュの平均分類精度(表1-6)が79.1%と, 5m, 10mメッシュに比べて低い。分類項目ごとに見てみると, 竹の分類精度が低く, どのメッシュサイズにおいても50%程度の分類精度となり, 広葉樹に誤分類されることが多い。また, 全体的に宅地の分類精度も80%

から70%程度で、竹を除く他の分類項目に比べてその精度はやや低い。一方、草地の分類精度は全メッシュサイズで100%となる。

次に20m×20m教師データを分類項目ごとに3ポイント取得したもの(図2-7~9, 表1-7~9)では、すべてのメッシュサイズで平均分類精度が90%を超え、特に10mメッシュ(表1-8)では97.1%と高い。分類項目ごとに見てみると、竹の分類精度が20mメッシュを除いて90%以上と精度がよい。全体的に分類精度は高めであるが、宅地については全メッシュサイズにおいて道路に誤分類されることが多い。

最後に、20m×20m教師データを分類項目ごとに6ポイント取得したもの(図2-10~12, 表1-10~12)では、すべてのメッシュサイズで平均分類精度が80%台と、他の条件によるものよりも分類精度が低い。分類項目ごとに見てみると、すべてのメッシュサイズで広葉樹と竹および宅地の分類精度が60%程度と低く、広葉樹は針葉樹や竹に、竹は広葉樹や針葉樹に、宅地は道路に誤分類されることが多い。その他の分類項目についての分類精度は約90%と安定して高く、特に草地はすべてのメッシュサイズで誤分類が見られない。

以上より、二時期合成空中写真による土地被覆分類図は、視覚的に空中写真と対応しない箇所も見られるが、分類精度は最尤法分類の条件やメッシュサイズによっては90%以上に達し、誤分類の比率は少ない。分類項目ごとに見てみると、全体的に竹の分類精度が低く、場合によっては宅地や広葉樹の分類精度も低くなる傾向がある。

3.2. 1974年春撮影空中写真による土地被覆分類図

1974年春撮影空中写真(図1-1)を最尤法分類によって作成した土地被覆分類結果を図3-1~図3-12に示す。図3-1は10m×10m教師データを分類項目毎に3ポイント取得し、二時期合成空中写真を5mメッシュで最尤法分類した土地被覆分類図で、同じく図3-2は10mメッシュ、図3-3は20mメッシュの土地被覆分類図である。図3-4, 5, 6は10m×10m教師データを分類項目毎に6ポイント取得し各々5m, 10m, 20mメッシュで最尤法分類したものの、図3-7, 8, 9は20m×20m教師データを分類項目毎に3ポイント取得し

10m×10m教師データを項目ごとに3ポイント取得

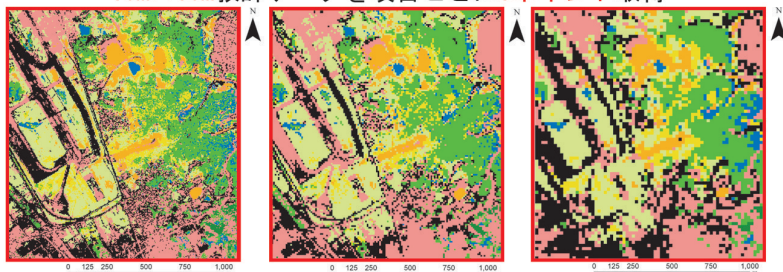


図3-1：5mメッシュ

図3-2：10mメッシュ

図3-3：20mメッシュ

10m×10m教師データを項目ごとに6ポイント取得

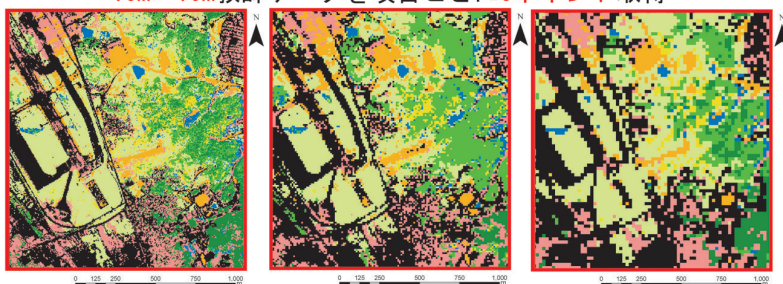


図3-4：5mメッシュ

図3-5：10mメッシュ

図3-6：20mメッシュ

図3 1974年春撮影空中写真による土地被覆分類図（凡例は図2と同じ）

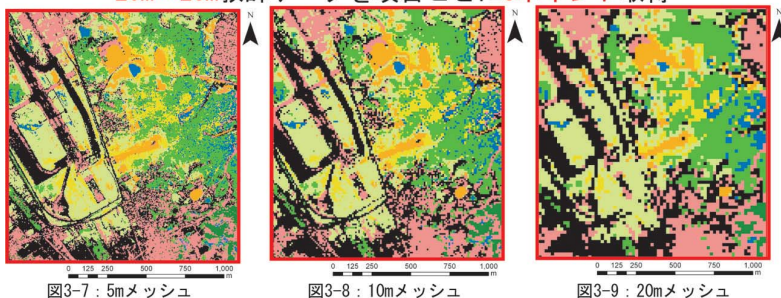
各々 5m, 10m, 20m メッシュで最尤法分類したもの、図 3-10, 11, 12 は 20m×20m 教師データを分類項目毎に 3 ポイント取得し各々 5m, 10m, 20m メッシュで最尤法分類したものである。

表 2-1 は、図 3-1 の最尤法分類結果と教師データを重ねあわせ、後者に対する前者の分類精度を計算したもので、同じく表 2-2 から表 2-12 は図 3-2 から図 3-12 の分類精度に対応する。

空中写真（図 1-1）と土地被覆分類図（図 3-1～12）を比較してみると、二期合成空中写真による土地被覆分類図を同じく、全体的に宅地が広がっているような分類結果となり、分類項目ごとに見ても、滑走路や道路が宅地に、草地在道路に誤分類されている地点が目立つ。しかし、裸地や福岡空港内の草地に関しては良く分類されているように見える。

最尤法分類条件ごとの土地被覆分類図を分類精度（表 2-1～12）と合わせ

20m×20m教師データを項目ごとに3ポイント取得



20m×20m教師データを項目ごとに6ポイント取得

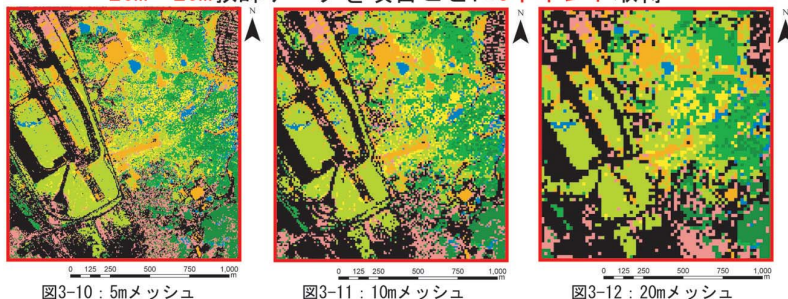


図3 1974年春撮影空中写真による土地被覆分類図（凡例は図2と同じ）

て見てみると、10m×10m 教師データを分類項目ごとに3ポイント取得したもの（図3-1～3、表2-1～3）では、すべてのメッシュサイズでの平均分類精度は80%台にとどまっているが、20mメッシュ（表2-3）では89.8%で、分類精度は比較的高い。分類項目ごとに見てみると、二時期合成空中写真によるものと同様に竹は広葉樹に誤分類されることが多く、すべてのメッシュサイズで50%を下回り、5mメッシュ（表2-1）では37.0%と特に分類精度が低い。また、広葉樹に関しても竹や水域に誤分類されることが多く、宅地も20mメッシュ（表2-3）を除いて道路に誤分類されることが多い。

次に10m×10m 教師データを分類項目ごとに6ポイント取得したもの（図3-4～6、表2-4～6）では、すべてのメッシュサイズでの平均分類精度は70%台半ばにとどまっている。分類項目ごとに見てみると、特に竹と広葉樹の分類精度が低く、竹は主に広葉樹と草地に、広葉樹は主に草地と針葉樹に誤

表2 1974年春撮影空中写真による土地被覆分類図の分類精度(単位は%)

表2-1 図3-1の分類精度

		最尤法分類結果							平均	
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教師データ	広葉樹	74.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	15.4	83.7
	針葉樹	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	竹	61.3	0.0	37.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	
	草地	0.0	0.0	1.3	98.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.8	19.2	0.0	
	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	
	水城	20.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.2	

表2-2 図3-2の分類精度

		最尤法分類結果							平均	
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教師データ	広葉樹	78.7	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	84.5
	針葉樹	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	竹	53.0	0.0	47.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	草地	2.0	0.0	1.3	96.7	0.0	0.0	0.1	0.0	
	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	78.3	21.7	0.0	
	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	
	水城	24.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.4	

表2-3 図3-3の分類精度

		最尤法分類結果							平均	
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教師データ	広葉樹	85.0	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.8
	針葉樹	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	竹	55.3	0.0	44.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	
	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	
	水城	0.0	0.0	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	88.3	

表2-4 図3-4の分類精度

		最尤法分類結果							平均	
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教師データ	広葉樹	52.3	34.6	0.5	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	74.8
	針葉樹	2.2	74.6	18.8	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
	竹	20.4	10.4	31.3	36.8	0.0	0.0	0.0	1.2	
	草地	13.3	0.0	0.5	86.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
	宅地	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	2.7	71.1	24.0	
	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	
	水城	6.9	0.0	0.0	9.8	0.5	0.0	0.0	82.8	

表2-5 図3-5の分類精度

		最尤法分類結果							平均	
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教師データ	広葉樹	50.0	27.6	1.1	21.3	0.0	0.0	0.0	0.0	73.7
	針葉樹	0.0	66.7	20.0	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	
	竹	20.9	0.0	43.5	35.6	0.0	0.0	0.0	0.0	
	草地	9.5	0.0	0.0	90.5	0.0	0.0	0.0	0.0	
	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	98.8	0.0	1.3	0.0	
	宅地	3.5	5.8	0.0	0.0	0.0	58.3	32.4	0.0	
	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	99.8	0.0	
	水城	8.1	0.0	0.0	9.6	0.0	0.0	0.0	82.3	

表2-6 図3-6の分類精度

		最尤法分類結果							平均	
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教師データ	広葉樹	52.3	22.2	2.5	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.3
	針葉樹	8.3	66.7	11.7	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	
	竹	7.3	0.0	44.2	48.5	0.0	0.0	0.0	0.0	
	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	83.3	0.0	16.7	0.0	
	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	83.3	16.7	0.0	
	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99.3	0.0	
	水城	10.8	0.0	0.0	16.1	0.0	0.0	0.0	73.1	

表2-7 図3-7の分類精度

		最尤法分類結果							平均	
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教師データ	広葉樹	66.8	0.0	15.2	6.7	0.0	0.0	0.0	11.3	85.7
	針葉樹	0.0	98.5	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	
	竹	30.6	0.0	53.4	4.4	0.0	0.0	0.0	11.6	
	草地	0.4	0.0	0.4	98.5	0.0	0.0	0.6	0.0	
	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
	宅地	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	82.5	13.4	1.5	
	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	
	水城	8.3	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	86.1	

表2-8 図3-8の分類精度

		最尤法分類結果							平均	
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教師データ	広葉樹	75.0	0.0	14.3	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	82.7
	針葉樹	0.0	97.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	
	竹	26.4	0.0	70.7	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	
	草地	5.0	0.0	0.0	92.8	0.0	0.0	2.5	0.0	
	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	85.0	15.0	0.0	
	道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.1	73.9	
	水城	25.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	66.7	

表2-9 図3-9の分類精度

		最尤法分類結果							平均	
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教師データ	広葉樹	89.3	0.0	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	89.4
	針葉樹	0.0	97.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	
	竹	51.7	0.0	48.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
	宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	
	道路	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	96.4	0.0	
	水城	16.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	83.4	

表2-10 図3-10の分類精度

		最尤法分類結果							平均	
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教師データ	広葉樹	59.2	19.5	4.3	8.7	0.0	0.0	0.0	0.3	70.3
	針葉樹	6.0	68.1	22.1	2.1	0.0	0.4	0.0	1.3	
	竹	27.3	0.0	41.7	26.8	0.0	0.0	0.0	2.7	
	草地	12.0	0.0	2.3	83.6	0.0	0.0	1.0	1.0	
	裸地	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	91.4	0.0	6.0	
	宅地	3.8	22.2	0.0	2.5	0.4	42.7	26.2	2.3	
	道路	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	1.9	95.8	0.0	
	水城	0.4	0.0	4.5	12.9	2.3	0.0	0.0	79.9	

表2-11 図3-11の分類精度

		最尤法分類結果							平均	
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教師データ	広葉樹	51.1	30.2	6.3	12.3	0.0	0.0	0.0	0.2	71.2
	針葉樹	0.8	67.9	30.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	
	竹	16.0	0.0	56.7	27.3	0.0	0.0	0.0	0.0	
	草地	8.5	0.0	7.1	79.5	0.0	0.0	4.9	0.0	
	裸地	0.0	0.0	0.0	1.3	97.1	0.0	1.7	0.0	
	宅地	4.2	13.7	0.0	2.3	0.0	43.9	36.0	0.0	
	道路	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	5.4	93.9	0.0	
	水城	0.4	0.0	4.2	12.1	3.4	0.0	0.2	79.7	

表2-12 図3-12の分類精度

		最尤法分類結果							平均	
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路		水城
教師データ	広葉樹	62.3	19.4	9.1	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	70.7
	針葉樹	0.8	66.7	16.7	13.5	0.0	0.0	0.0	2.4	
	竹	21.5	0.0	45.8	32.7	0.0	0.0	0.0	0.0	
	草地	6.4	0.0	1.6	89.6	0.0	0.0	2.3	0.0	
	裸地	0.0	0.0	0.0	9.5	64.6	3.8	15.4	6.8	
	宅地	7.3	0.0	0.0	6.0	0.0	65.3	21.3	0.0	
	道路	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	98.6	0.0	
	水城	0.0	0.0	9.4	17.9	0.0	0.0	0.0	72.7	

分類されることが多い。また、宅地は道路に誤分類されることが多く、その分類精度は10メッシュ(表2-5)で58.3%と低いが、道路の分類精度は総じて100%に近い値をとる。

次に20m×20m教師データを分類項目ごとに3ポイント取得したものの(図3-7~9,表2-7~9)では、すべてのメッシュサイズでの平均分類精度は80%台にとどまっているが、20mメッシュ(表2-9)では89.4%と高い分類精度となる。分類項目ごとに見てみると、特に竹の分類精度が悪く、主に広

葉樹に誤分類されることが多い。また、広葉樹も竹や草地に誤分類されることが多く、5m メッシュ（表 2-7）では 66.8% と低い分類精度となる。裸地に関しては、すべてのメッシュサイズにおいて誤分類がなく、草地と針葉樹に関しても総じて 90% 以上の分類精度となり誤分類が少ない。

最後に、20m×20m 教師データを分類項目ごとに 6 ポイント取得したものの（図 3-10~12, 表 2-10~12）では、すべてのメッシュサイズでの平均分類精度は約 70% にとどまっている。分類項目ごとに見てみると、竹と宅地の分類精度が低く、竹は 10m メッシュ（表 2-11）と 20m メッシュ（表 2-12）では分類精度が 40% 台と特に低く、主に広葉樹と草地に誤分類されることが多い。宅地は 5m メッシュ（表 2-10）と 10m メッシュ（表 2-12）では分類精度が 40% 台と特に低く、主に針葉樹と道路に誤分類されることが多い。道路については分類精度が高く、すべてのメッシュサイズで誤分類は 10% 以内である。

以上より、1974 年春撮影空中写真（図 1-1）による土地被覆分類図は、二時期合成空中写真によるものと同様、視覚的に空中写真と対応していない箇所も見られる。また、分類精度も全体的に平均 70~80% 台と二時期合成画像によるものよりもやや低い。分類項目ごとに見てみると、特に竹の分類精度が悪く、場合によっては宅地や広葉樹も分類精度が低くなる傾向がある。

3.3. 1981 年冬撮影空中写真による土地被覆分類図

1981 年冬撮影空中写真（図 1-2）を最尤法分類によって作成した土地被覆分類図を図 4-1~図 4-12 に示す。図 4-1 は 10m×10m 教師データを分類項目毎に 3 ポイント取得し、二時期合成空中写真を 5m メッシュで最尤法分類した土地被覆分類図で、同じく図 4-2 は 10m メッシュ、図 4-3 は 20m メッシュの土地被覆分類図である。図 4-4, 5, 6 は 10m×10m 教師データを分類項目毎に 6 ポイント取得し各々 5m, 10m, 20m メッシュで最尤法分類したもの、図 4-7, 8, 9 は 20m×20m 教師データを分類項目毎に 3 ポイント取得し各々 5m, 10m, 20m メッシュで最尤法分類したもの、図 4-10, 11, 12 は 20m×20m 教師データを分類項目毎に 3 ポイント取得し各々 5m, 10m, 20m メッシュで

10m×10m教師データを項目ごとに3ポイント取得

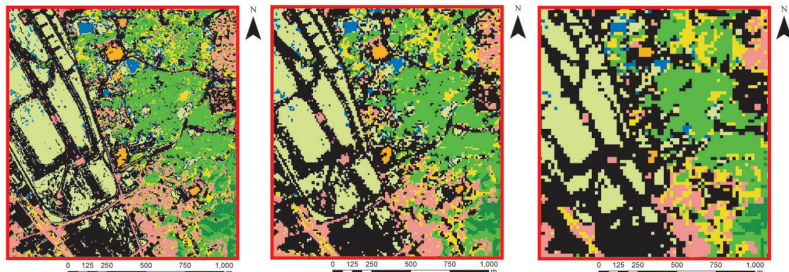


図4-1：5mメッシュ

図4-2：10mメッシュ

図4-3：20mメッシュ

10m×10m教師データを項目ごとに6ポイント取得

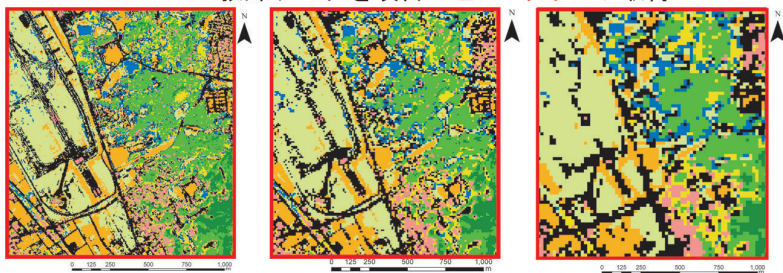


図4-4：5mメッシュ

図4-5：10mメッシュ

図4-6：20mメッシュ

図4 1981年冬撮影空中写真による土地被覆分類図（凡例は図2と同じ）

最尤法分類したものである。

表3-1は、図4-1の最尤法分類結果と教師データを重ねあわせ、後者に対する前者の分類精度を計算したもので、同じく表3-2から表3-12は図4-2から図4-12の分類精度に対応する。

空中写真（図1-2）と土地被覆分類図（図4-1～12）を比較してみると、図2と図3とは異なり宅地が広がっているような分類結果とはならず、空中写真との見た目の対応は良い。特に図4-4～6と図4-10～12に関しては、福岡空港の南西部の草地や裸地が空中写真と良い対応で分類されているように見える。

最尤法分類条件ごとの土地被覆分類図を分類精度（表3-1～12）と合わせて見てみると、10m×10m教師データを分類項目ごとに3ポイント取得したもの（図4-1～3、表3-1～3）では、20mメッシュ（表3-3）以外は平均分類

20m×20m教師データを項目ごとに3ポイント取得

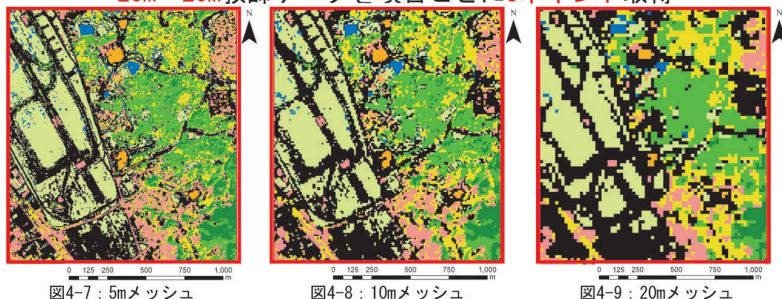


図4-7：5mメッシュ

図4-8：10mメッシュ

図4-9：20mメッシュ

20m×20m教師データを項目ごとに6ポイント取得

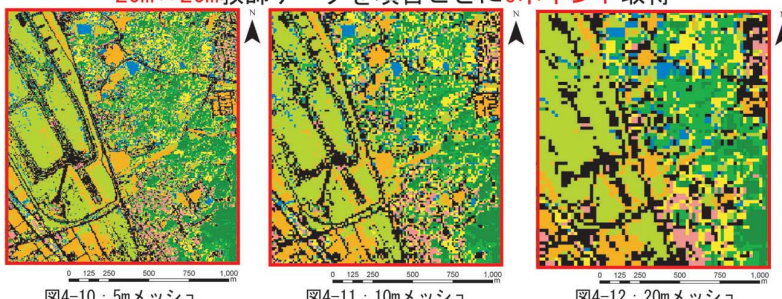


図4-10：5mメッシュ

図4-11：10mメッシュ

図4-12：20mメッシュ

図4 1981年冬撮影空中写真による土地被覆分類図（凡例は図2と同じ）

精度90%以上と誤分類が少ない。分類項目ごとに見てみると、5mメッシュ（表3-1）、10mメッシュ（表3-2）では竹の分類精度が約90%と精度がよい。全体的に誤分類されていることが少なく、10mメッシュ（表3-2）に関しては、二時期合成空中写真（表1-2）のそれより分類精度が約8%高い。

次に10m×10m教師データを分類項目ごとに6ポイント取得したもの（図4-4～6、表3-4～6）では、特に20mメッシュ（表3-6）の平均分類精度が69.9%と今回作成したすべての土地被覆分類図の中でもっとも分類精度が低い。しかし、この条件での土地被覆分類図（図4-4～6）は、空中写真（図1-2）との見た目の対応が最も良好に見え、特に福岡空港及びその南側の草地、裸地、道路の対応が良い。しかし分類項目ごとに見てみると、竹の分類精度が低く、どのメッシュサイズにおいても50%程度の分類精度となり、広葉樹に誤分類されることが多い。20mメッシュ（表3-6）では特に道路の分

表3 1981年冬撮影空中写真による土地被覆分類図の分類精度(単位は%)

表3-1 図4-10の分類精度

	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域	平均
教師	99.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	95.4
学生	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
針葉樹	11.7	0.0	88.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
竹	0.0	0.0	0.0	98.6	0.0	0.0	1.4	0.0	
草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
裸地	7.5	0.0	6.1	0.0	0.0	86.4	0.0	0.0	
宅地	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	90.0	0.0	0.0	
道路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	
水域	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	

表3-2 図4-2の分類精度

	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域	平均
教師	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	98.4
学生	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
針葉樹	2.0	0.0	95.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
竹	0.0	0.0	0.0	98.9	0.0	0.0	1.1	0.0	
草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	
宅地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	
道路	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	93.3	0.0	0.0	
水域	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	

表3-3 図4-30の分類精度

	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域	平均
教師	99.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	87.8
学生	99.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
針葉樹	8.3	91.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
竹	33.3	0.0	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
草地	0.0	0.0	98.3	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	
裸地	0.0	0.0	0.0	76.7	0.0	23.3	0.0	0.0	
宅地	0.0	0.0	17.5	0.0	0.0	82.5	0.0	0.0	
道路	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	95.0	0.0	0.0	
水域	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	91.7	

表3-4 図4-4の分類精度

	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域	平均
教師	90.6	7.9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	82.2
学生	90.6	7.9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	
針葉樹	11.7	88.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
竹	41.3	0.0	55.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	
草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
裸地	0.0	0.0	0.0	18.8	76.3	1.8	3.1	0.0	
宅地	7.5	0.0	4.6	1.7	8.8	74.1	3.3	0.0	
道路	0.0	0.0	0.0	11.0	4.3	5.4	79.4	0.0	
水域	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	93.3	

表3-5 図4-50の分類精度

	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域	平均
教師	87.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	84.3
学生	87.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	
針葉樹	39.6	0.0	60.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
竹	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
草地	0.0	0.0	0.0	20.7	70.2	2.5	6.7	0.0	
裸地	0.0	0.0	5.0	4.7	0.0	77.1	13.3	0.0	
宅地	0.0	0.0	0.0	12.6	0.0	87.4	0.0	0.0	
道路	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97.8	

表3-6 図4-60の分類精度

	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域	平均
教師	83.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	69.9
学生	83.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	
針葉樹	50.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
竹	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
草地	0.0	0.0	0.0	16.7	66.7	0.0	7.8	8.8	
裸地	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	74.6	0.0	0.0	
宅地	0.0	0.0	0.0	41.8	0.0	58.3	0.0	0.0	
道路	15.0	0.0	0.0	10.8	0.0	0.0	10.0	64.2	

表3-7 図4-70の分類精度

	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域	平均
教師	79.2	0.8	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	89.9
学生	79.2	0.8	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	
針葉樹	2.1	97.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
竹	3.5	0.0	93.4	0.0	0.0	0.4	2.7	0.0	
草地	0.0	0.0	0.0	94.0	0.0	0.0	6.0	0.0	
裸地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
宅地	5.8	0.0	9.6	0.0	0.0	81.5	3.1	0.0	
道路	10.0	0.0	0.0	16.2	0.0	73.9	0.0	0.0	
水域	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	99.7	

表3-8 図4-80の分類精度

	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域	平均
教師	81.8	12.1	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.9
学生	81.8	12.1	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
針葉樹	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
竹	6.1	0.0	84.2	0.0	0.0	0.8	8.9	0.0	
草地	0.0	0.0	0.0	94.7	0.0	0.0	5.3	0.0	
裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	98.4	0.0	1.6	0.0	
宅地	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	91.7	4.2	0.0	
道路	0.0	0.0	0.0	21.5	0.0	0.0	78.5	0.0	
水域	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	98.2	

表3-9 図4-90の分類精度

	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域	平均
教師	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.5
学生	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
針葉樹	26.8	0.0	73.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
竹	0.0	0.0	0.0	99.3	0.0	0.0	0.7	0.0	
草地	0.0	0.0	0.0	0.0	93.5	0.0	6.5	0.0	
裸地	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	80.0	0.0	0.0	
宅地	0.0	0.0	15.2	0.0	0.0	84.5	0.0	0.0	
道路	0.0	0.0	0.0	11.6	0.0	0.0	2.5	85.9	

表3-10 図4-100の分類精度

	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域	平均
教師	48.9	32.9	16.9	0.0	0.2	0.0	0.4	0.7	72.1
学生	48.9	32.9	16.9	0.0	0.2	0.0	0.4	0.7	
針葉樹	10.5	85.6	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	
竹	8.5	12.7	68.4	1.0	0.0	0.0	0.0	9.4	
草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
裸地	9.3	0.0	0.6	18.8	70.2	0.0	0.6	0.4	
宅地	10.6	1.7	16.5	2.2	4.0	54.1	9.4	1.7	
道路	10.0	1.9	0.0	13.2	7.6	1.5	64.1	1.8	
水域	12.9	0.0	0.0	1.3	0.5	0.0	0.0	85.4	

表3-11 図4-110の分類精度

	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域	平均
教師	49.3	36.2	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	73.1
学生	49.3	36.2	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	
針葉樹	1.0	92.9	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
竹	14.6	18.6	63.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	
草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
裸地	5.9	0.0	0.0	17.1	73.9	0.0	3.4	0.0	
宅地	3.5	0.0	11.1	5.6	5.8	61.3	12.5	0.0	
道路	14.9	0.0	3.3	19.3	4.2	0.0	58.3	0.0	
水域	10.8	0.8	0.1	2.9	0.0	0.0	0.0	85.3	

表3-12 図4-120の分類精度

	広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域	平均
教師	60.2	20.8	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	70.4
学生	60.2	20.8	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	
針葉樹	16.4	64.5	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
竹	24.7	17.8	57.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
裸地	7.8	0.0	2.9	9.3	66.0	0.0	14.8	0.0	
宅地	0.0	0.0	15.5	1.2	0.0	75.8	4.8	2.8	
道路	0.0	0.0	3.3	28.3	0.0	0.3	68.0	0.0	
水域	11.7	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	71.3	

類精度が58.3%と低く、草地に誤分類されることが多い。また、5mメッシュ(表3-4)、10mメッシュ(表3-5)では広葉樹が水域に誤分類されることが多く、図4-5、6を見てみても、解析地域の北半分の地域では水域が目立ち、裸地は草地に誤分類されることが多く、福岡空港内に裸地が目立つ。草地に関しては誤分類がなく、すべてのメッシュサイズで100%の分類精度となっている。

次に20m×20m教師データを分類項目ごとに3ポイント取得したものの

(図4-7~8, 表3-7~8)では, 総じて平均分類精度が約90%と誤分類が少ない。分類項目ごとに見てみると, 際立って誤分類が目立つ項目はないが, 同様に際立って分類精度が高いものもない。どのメッシュサイズにおいてもまんべんなく5~15%程度の誤分類が見られ, その中でも道路が草地に, 竹が広葉樹や水域に誤分類されることが比較的多い。

最後に, 20m×20m 教師データを分類項目ごとに3ポイント取得したもの(図4-10~12, 表3-10~12)では, すべてのメッシュサイズでの平均分類精度は70%台にとどまっている。分類項目ごとに見てみると, 特に広葉樹と竹, 宅地の分類精度が低く, 広葉樹は5mメッシュ(表3-10)と10mメッシュ(表3-11)では分類精度が50%を割り, 針葉樹や竹に誤分類されることが多い。竹の分類精度は20mメッシュ(表3-12)で57.5%と低く, 主に竹や針葉樹に誤分類されることが多い。宅地の分類精度は5mメッシュ(表3-10)で54.1%と低く, 主に広葉樹と竹に誤分類されることが多い。一方, 草地の分類精度は高く, すべてのメッシュサイズで誤分類が見られない。

以上より, 1981年冬撮影空中写真(図1-2)による土地被覆分類図は, 教師データ取得数が多いものに関しては(図4-4~6, 図4-10~12), 視覚的には空中写真と対応が良いが, その分類精度は総じて二時期合成空中写真によるものよりも低いことがわかる。分類項目ごとに見てみると, 二時期合成空中写真と同様に総じて分類精度は高めであるが, 竹や道路, 広葉樹などは条件・メッシュサイズによっては分類精度が低くなる傾向が認められる。

4. 考察

4.1. 精度評価

4.1.1. 作成した土地被覆分類図の精度評価

本項では, 通常空中写真(RGB3バンド)と二時期合成による6バンドコンポジット空中写真による土地被覆分類の精度評価を行う。表4-1~3は, 3章で示した土地被覆分類図の各メッシュサイズの平均分類精度および条件ごとの平均分類精度で, 表4-4は表4-1~3を総合したものである。

まず, 全メッシュサイズ・全条件を総合した平均分類精度は二時期合成空中

表4 各土地被覆分類図のメッシュサイズ、条件ごとの平均分類精度（単位は%）

表4-1 二時期合成空中写真による土地被覆分類図の平均分類精度

	5mメッシュ	10mメッシュ	20mメッシュ	条件ごとの平均
10m×10m教師、3ポイント	98.2	90.8	94.5	94.5
10m×10m教師、6ポイント	90.2	90.5	79.1	86.6
20m×20m教師、3ポイント	96.5	97.1	90.2	94.6
20m×20m教師、6ポイント	83.7	82.9	81.7	82.8
メッシュごとの平均	92.1	90.3	86.4	総合平均 89.6%

表4-2 1974年撮影空中写真による土地被覆分類図の平均分類精度

	5mメッシュ	10mメッシュ	20mメッシュ	条件ごとの平均
10m×10m教師、3ポイント	83.7	84.5	89.8	86.0
10m×10m教師、6ポイント	74.8	73.7	75.3	74.6
20m×20m教師、3ポイント	85.7	82.7	89.4	85.9
20m×20m教師、6ポイント	70.3	71.2	70.7	70.7
メッシュごとの平均	78.6	78.0	81.3	総合平均 79.2%

表4-3 1981年撮影空中写真による土地被覆分類図の平均分類精度

	5mメッシュ	10mメッシュ	20mメッシュ	条件ごとの平均
10m×10m教師、3ポイント	95.4	98.4	87.8	93.8
10m×10m教師、6ポイント	82.2	84.3	69.9	78.8
20m×20m教師、3ポイント	89.9	90.9	89.5	90.1
20m×20m教師、6ポイント	72.1	73.1	70.4	71.9
メッシュごとの平均	84.9	86.7	79.4	総合平均 83.7%

表4-4 全土地被覆分類図のメッシュサイズ、条件ごとの平均分類精度

	5mメッシュ	10mメッシュ	20mメッシュ	条件ごとの平均
10m×10m教師、3ポイント	92.4	91.2	90.7	91.4
10m×10m教師、6ポイント	82.4	82.8	74.8	80.0
20m×20m教師、3ポイント	90.7	90.2	89.7	90.2
20m×20m教師、6ポイント	75.4	75.7	74.3	75.1
メッシュごとの平均	85.2	85.0	82.4	総合平均 84.2%

写真が89.6%（表4-1）と最も高く、RGB3バンドの1974年と1981年撮影空中写真はそれぞれ79.2%（表4-2）、83.7%（表4-3）の値を示した。この事実から、どのようなメッシュサイズ・条件で最尤法分類をしても、二時期合成空中写真の分類精度の方が通常の空中写真のRGB3バンドによる区分よりも高くなることが期待できる。

次に、条件ごとに見てみると（表4-1～3）、いずれの空中写真の最尤法分類結果においても20m×20m教師データを6ポイント取得した土地被覆分類図の分類精度が最も低く、次いで10m×10m教師データを6ポイント取得したものの精度が低い。一方、10m×10mと20m×20m教師データを3ポイント取得したものは総じて分類精度が高い。すべてを総合した表4-4を見ても同様の結果となっている。教師データの取得数が多ければ分類精度が向上するとは言えず、むしろ今回の解析では低くなった。また、狭い範囲で教師を取得して最尤法分類したものの方が多少誤分類を少なくすることが分かった。この事実、教師データとすべきメッシュポイントの中で、あいまいな要素を含む教師データの混入を防ぐことが、土地被覆の分類精度を上げるためには重要であることを示している。なお、広い範囲の教師を多く取得すると、教師データに含まれる反射率による分類精度が低下してしまうため、ポイントトレーニングの際には注意が必要である。

最後にメッシュサイズごとに見てみると、二時期合成空中写真の平均分類精度（表4-1）は5mメッシュが最も高く、20mメッシュが最も低いが、1974年空中写真（表4-2）では20mメッシュが最も高く10mメッシュが最も低い。1981年空中写真（表4-3）では10mメッシュが最も高く、20mメッシュが最も低い。この例では、メッシュサイズと分類精度に相関性はないように見えるが、表4-4では、5mメッシュの平均分類精度は85.2%で、10mが85.0%、20mが82.4%となり、細かいメッシュサイズの方が、多少分類精度が高くなる。以上より、細かいメッシュサイズで最尤法分類した土地被覆分類図が最も誤分類の減少することが期待され、特に二時期合成空中写真では（表4-1）、メッシュサイズが細かいものほど分類精度が高くなる傾向が顕著である。

以上を総合すると、空中写真を最尤法分類して土地被覆分類図を作成する場

表5 各土地被覆分類図の分類項目ごとの平均精度と平均誤分類（単位は%）

表5-1 二時期合成空中写真による最尤法分類結果の分類項目ごとの平均分類精度

		最 尤 法 分 類 結 果							
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域
教師データ	広葉樹	84.2	9.8	4.4	0.0	0.0	0.1	0.0	1.5
	針葉樹	9.8	88.6	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
	竹	23.9	4.1	71.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
	草地	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	裸地	0.2	0.0	0.1	1.6	94.2	3.0	0.7	0.1
	宅地	1.2	0.0	0.5	0.0	0.2	82.3	15.8	0.0
	道路	0.3	0.0	0.0	0.6	0.7	4.1	94.3	0.0
	水域	1.3	0.0	0.2	2.5	0.4	0.8	0.5	94.3

表5-2 1972年春撮影空中写真による最尤法分類結果の分類項目ごとの平均分類精度

		最 尤 法 分 類 結 果							
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域
教師データ	広葉樹	66.3	12.8	8.1	9.6	0.0	0.0	0.0	3.1
	針葉樹	1.5	83.7	9.9	3.9	0.0	0.6	0.0	0.4
	竹	32.6	1.0	47.0	17.9	0.0	0.0	0.0	1.4
	草地	4.8	0.0	1.2	93.0	0.0	0.0	1.0	0.1
	裸地	0.0	0.0	0.0	0.9	94.6	0.3	3.4	0.7
	宅地	1.6	3.8	0.0	0.9	0.3	74.3	18.8	0.3
	道路	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	2.8	96.5	0.0
	水域	10.2	0.0	3.6	6.5	0.5	0.0	0.0	79.1

表5-3 1982年冬撮影空中写真による最尤法分類結果の分類項目ごとの平均分類精度

		最 尤 法 分 類 結 果							
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域
教師データ	広葉樹	81.6	10.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1
	針葉樹	7.7	89.8	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	竹	22.1	4.1	71.3	0.1	0.0	0.0	0.1	2.3
	草地	0.0	0.0	0.0	98.7	0.0	0.0	1.3	0.0
	裸地	1.9	0.0	0.2	8.5	82.7	0.4	5.7	0.8
	宅地	2.9	0.1	11.3	1.3	1.6	78.3	4.2	0.4
	道路	2.9	0.2	0.6	16.7	1.3	0.6	77.6	0.1
	水域	4.9	0.1	0.2	4.3	0.0	0.0	1.0	89.4

合、二時期合成した空中写真を用いた方が、どのような教師データの条件・メッシュサイズであろうと通常のRGB3バンドの空中写真よりも分類精度が高い。ただし、竹の分類精度に見られるように（例えば表1-7と表3-7）、分類項目によってはRGB3バンドの空中写真の方の分類精度が高くなる場合もあるので、目的によって使用する空中写真を使い分ける必要があるだろう。

4.1.2. 分類項目の精度検証

本項では、空中写真を合成し6バンドコンポジット化した空中写真による土

表6 二時期合成することで期待される平均精度向上割合（単位は%）

		最 尤 法 分 類 結 果								平均
		広葉樹	針葉樹	竹	草地	裸地	宅地	道路	水域	
教 師	広葉樹	10.2	-1.6	-2.3	-4.8	0.0	0.1	0.0	-1.6	-1.5
	針葉樹	5.1	1.8	-5.1	-1.9	0.0	-0.3	0.0	0.4	-0.2
	竹	-3.5	1.5	12.5	-8.9	0.0	0.0	-0.1	-1.7	-1.6
デ ー タ	草地	-2.4	0.0	-0.6	4.1	0.0	0.0	-1.1	0.0	-0.5
	裸地	-0.8	0.0	0.0	-3.1	5.6	2.7	-3.8	-0.6	-0.7
	宅地	-1.1	-1.9	-5.2	-1.1	-0.7	6.0	4.3	-0.3	-0.8
	道路	-1.1	-0.1	-0.3	-8.1	0.0	2.4	7.3	-0.1	-0.9
	水域	-6.3	0.0	-1.7	-2.9	0.2	0.8	0.0	10.0	-1.3

地被覆分類の精度が、通常の空中写真に比較してどの程度向上するか検証する。表5-1は、全メッシュサイズ・条件を総合した二時期合成空中写真による最尤法分類結果の分類項目ごとの平均分類精度で、同様に表5-2は1974年、表5-3は1981年空中写真によるものである。

全体的な傾向として、草地の分類精度は総じて90%以上と誤分類が少ない。また、前章での結果から、竹の分類精度は低く、広葉樹や竹に誤分類されやすい。また、前項の結果から、どの分類項目においても、総じて1974年、1981年撮影空中写真を用いた土地被覆分類図の分類精度よりも、二時期合成空中写真の精度が高く、誤分類が少ないことが明らかになった。そこで、表5-2と表5-3の分類精度と誤分類の平均を分類項目ごとに算出し、その値を表5-1に示される分類精度と誤分類の値から差分を求めた。その結果が表6である。この表は、分類精度の値がプラスであれば二時期合成空中写真の利用による精度向上を意味し、誤分類の値がマイナスであれば誤分類の減少を意味する。

表6を見てみると、広葉樹と竹、および水域については約10%の精度向上が見られ、特に竹の向上率が12.5%と最も高い。竹は1974年・1981年の空中写真によるものでは分類精度が著しく低かったが、空中写真を合成することで、広葉樹と草地への誤分類がそれぞれ3.5%、8.9%減少し、竹への分類精度が向上している。また、広葉樹も主に竹と草地への誤分類が減少し、分類精度が向上している。広葉樹と竹は、空中写真で見ると（図1-1,2）、両者とも針葉樹よりも薄い緑色を呈していて、最尤法分類の際に誤分類されやすい

関係にある。しかし、空中写真を合成することで、誤分類がある程度解消し、分類精度が高まったと考えられる。同様に緑色を呈する草地においても同じことが言え、広葉樹と竹への誤分類が減少し、分類精度が向上している。針葉樹に関しては、濃い緑色を呈するので他の分類項目に比べて色調が際立っており、二時期合成空中写真を使用せずとも分類精度は高めである（表5）。そのため、分類精度は1.8%の向上にとどまる一方で、広葉樹への誤分類が5.1%増加している。研究の目的によっては、空中写真を精選する必要があるだろう。

一方、主に灰色を呈する宅地と道路については、両者とも分類精度は5%以上向上しているものの、二時期合成空中写真を使用して最尤法分類すると、両者は緑色を呈する分類項目（広葉樹、針葉樹、竹、草地）への誤分類は総じて減少するが、宅地は道路へ4.3%誤分類が増え、道路は宅地へ2.4%誤分類が増えるという結果となった。この理由として、宅地はその教師データの範囲に様々な色が混在する特徴があることが考えられる。まず、宅地を空中写真（図1-1,2）で確認してみると、全体的には青みがかった灰色をしているが、細かく見てみると屋根の赤色、青色、灰色、生活道路の灰色、そして建物の影の黒色も存在する。よって、宅地は様々な分類項目に誤分類されてしまうことが予想され、これは例えば図2や図3で見られるような、全体的に宅地が散らばり広がっている分類結果として表れる。特に道路は灰色から黒に近い灰色を呈することが多いので、宅地に誤分類されやすい。次に、表5を見てみると、広葉樹、針葉樹、竹、草地といった、主に緑色のみの色調を呈する分類項目が宅地へ誤分類されることはほとんどないが（表5）、その逆は多く見られる。これは、宅地の教師データ範囲に緑色系の色調が混在していることによる結果であると考えられる。また二時期合成空中写真を利用することにより、二つの時期の間に生じた土地被覆そのものの変化に伴う誤判定の増加についても検討する必要がある。

以上より、分類項目を設定する段階でなるべく同系色のみで構成される教師データを作成して最尤法分類したほうが、より誤分類の少ない土地被覆分類図となることが期待できる。また、二時期合成せずとも誤分類の少ない分類項目も存在するため、前項でも述べたように、目的によっては使用する空中写真を

使い分ける必要があるだろう。

4.2. 土地利用図との比較

4.2.1. 国土交通省提供土地利用細分メッシュとの比較

前節の結果より、空中写真による土地被覆分類は、メッシュサイズが細かければ細かいほど分類精度が高くなる傾向が認められた。しかし、例えば都市域全体を包括するような、広い範囲で土地利用の時系列変遷を検討する場合、メッシュサイズをむやみに細かくせず、ある程度大きい方が好ましい場合もある。人工衛星データによる最尤法分類を用いた土地利用区分は、特に都市部ではミクセルの問題もあり活用しづらいが、広域性、同時性、反復性、経済性というメリットがあるため、土地利用項目を細分化するなどして積極的に検討されている（長谷川、1998）。

そこで、二時期合成空中写真による土地被覆分類図の活用方法を検討する目的で、土地被覆分類図を土地利用図として読み替えができないか検討した。本節では、空中写真を大きなメッシュサイズ（100m）で最尤法分類をし、これを1メッシュ内に多くの土地利用がミクセルされていると考えられるメッシュサイズが大きいデジタル化土地利用図と対比することで、本件における土地被覆分類と土地利用との対応を検討する。検討に用いた土地利用図は、国土交通省がインターネットで無償頒布している国土数値情報土地利用細分メッシュデータ（<http://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/gis/>）の昭和51年度版で、メッシュサイズは正方形100mである（図5-1）。この土地利用細分メッシュは、主に1/25,000旧版地形図を用いて作成されている。また、検討に用いた空中写真による土地被覆分類図は、10m×10m教師データを3ポイント取得し、メッシュサイズ100mで二時期合成空中写真を最尤法分類し、作為的にミクセルさせたものである（図5-2）。土地被覆分類図と土地利用図を単純に比較することはできないので、土地利用細分メッシュの土地利用区分と土地被覆分類図の項目をそれぞれ両者になるべく一致するように再編集した。図5-1内に存在する土地利用区分は、建物用地B（独立建物（小）で、長辺50m以下の独立建物）、その他用地（福岡空港の滑走路含む）、田、荒地、果樹園、森林、

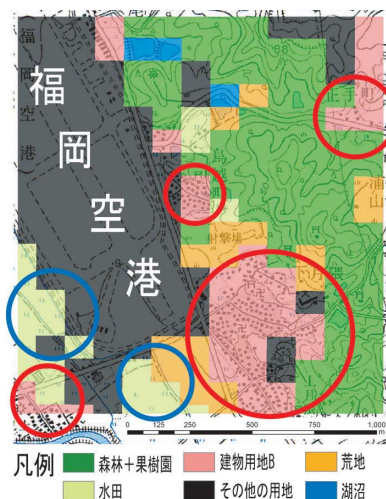


図5-1 土地利用細分メッシュによる
土地利用図 (100mメッシュ)

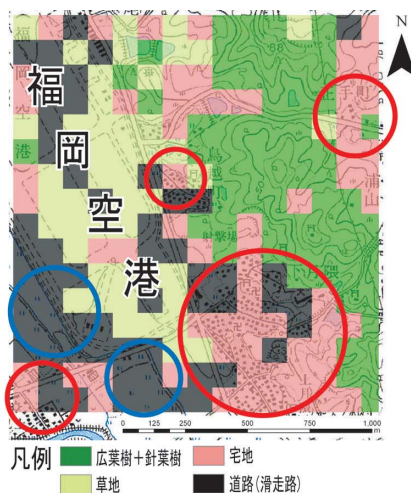


図5-2 二時期合成空中写真による
100mメッシュ土地被覆分類図

図5 100mメッシュ土地利用細分メッシュと土地被覆分類
(地形図は1972年1/25,000「福岡南部」)

水域であったので、森林と果樹園を統合して森林に再編し、土地被覆分類図(図5-2)の広葉樹、針葉樹、竹を統合して森林に再編した。これより、建物用地Bと宅地、その他用地と道路(滑走路)、田と草地、森林(森林+果樹園)と森林(広葉樹+針葉樹+竹)がそれぞれ対応するようにした。なお、土地被覆分類図(図5-2)の裸地と水域は、最尤法分類することで他の分類項目とミクセルしてしまい、分類項目として図中に出現しなかった。

まず、図5を視覚的に比較してみると、図5-1の赤い円内は宅地の分布する位置を示しているが、図5-2と比較してみても比較的対応が良く、森林についても両者違和感なく分布範囲が対応している。しかし、図5-2を見てみると、二時期合成空中写真を利用した土地被覆分類図では滑走路内や森林内に宅地が誤分類されている箇所も見られ、地形図(図5)と空中写真(図1)からも確認できるように、青い円の範囲は本来田(草地)に区分(分類)されるべき箇所なのであるが、図5-2を見てみると、その多くが道路に誤分類されていて、一部の対応が良くない。また、土地利用細分メッシュでの福岡空港の

表7 土地利用図細分メッシュと土地被覆分類図のオーバーレイ解析結果 (単位は%)

		100mメッシュ土地被覆分類図			
		宅地	道路	草地	森林
細 分 メ ッ シ ユ	建物用地B	60.9	28.5	7.2	3.4
	その他用地	18.8	36.5	39.9	4.8
	田	11.4	75.8	1.2	11.5
	森林	23.7	0.4	7.8	68.1
	水域	29.9	0.0	38.0	32.1
	荒地	34.5	21.6	11.0	32.9

滑走路は、その他用地として区分されているが、土地被覆分類図では主に道路と草地に分けられていて、その様子は空中写真(図1)からも明らかである。この事例は、土地被覆分類図という土地被覆境界が無数に存在する主題図と、土地利用図という土地利用境界が明確に確認でき、かつ土地被覆の状態がミクセルされている主題図をそれぞれ読み替えることへの限界を示している。なぜなら、土地被覆分類図を最尤法で作成する前段階の分類項目の設定において、構成色調がまったく異なる“福岡空港”という土地利用を示す分類項目を設けるのは難しいし、道路とは別に滑走路という分類項目と、草地とは別に福岡空港内の草地という分類項目を設ける方法も現実的ではないからである。無理にでもこれを解消したいならば、図5-2の福岡空港内だけの草地を、目視判読しながら道路(滑走路)の分類項目に統合すれば、視覚的には土地利用細分メッシュを見た目の対応が良くなると考えられる。

次に、図5-1と図5-2をオーバーレイし、図5-1の土地利用が図5-2のどの分類項目に分類されているか計算した。その結果を表7に示す。なお、両図の100mメッシュのピクセルは、重ね合わせてもずれてしまい一致しないので、両図を1mメッシュで細かく刻んだものをオーバーレイした。

表7を見てみると、建物用地Bの60.9%が宅地に、森林の68.1%が森林に分類されていて、対応が良い。滑走路を含むその他用地について、ほぼ同じ割合で道路(36.5%)と草地(39.9%)に分類されていて、前述した福岡空港の土地被覆分類結果の状態に影響を受けていると考えられる。田は1.2%しか

草地に分類されてなく、そのほとんどが道路に分類されていた。これは、図 5-2 に示した青い円内の誤分類の影響が大きいと考えられる。土地利用図の水域と荒地については、それぞれ土地被覆分類図の水域と裸地に対応するのだが、今回の 100m メッシュ最尤法分類結果（図 5-2）にはこれらは出現しなかったためその対応状況を議論することはできなかった。

以上をまとめると、空中写真を大きなメッシュサイズ（100m）で最尤法分類し作為的にミクセルの状況が発生させることで、100m メッシュの土地利用区分として読み替えることは、視覚的にも数値データの的にもある程度可能ではあるが、福岡空港のような複数の土地被覆により構成された特定の土地利用については読み替えが難しい。また、空中写真による土地被覆分類図は、やはり誤分類が発生するため、分類項目によっては地形図から正確に作成された土地利用図との対応は良くない。

4.2.2. 福岡市史で作成した土地利用区分図との比較

前項では、大きなメッシュサイズを持つデジタル土地利用細分メッシュと比較検討を行った。本項では、1/25,000 地形図の土地利用境界を利用して作成された、多角形ポリゴンフィーチャ（shape file）によって構成される土地利用区分図（図 6）と比較検討を行う。検討に利用した土地利用図は福岡市史編さん室が福岡市内全域の昭和中期（1969 年頃）の旧版地形図から作成したもので（黒木ほか，2010），本項では土地被覆分類図とオーバーレイ解析しやすいように、10m メッシュのラスターデータ形式に変換した。また、土地被覆分類図は、二時期合成空中写真を 10m×10m 教師データを分類項目ごとに 3 ポイント取得して、10m メッシュで最尤法分類したもの（図 2-2）を使用した。更に、前項で述べた理由で、土地利用区分と土地被覆分類図の分類項目をそれぞれ両者になるべく一致するように再編集した。図 6 内に存在する土地利用区分は、宅地、樹木に囲まれた居住地、学校、田、畑、果樹園、森林、水域、空き地、道路、荒地、密集市街地、その他の 13 区分であったので、宅地、樹木に囲まれた居住地、学校、密集市街地を統合して宅地に再編し、田と畑を統合して田畑に再編し、果樹園と森林を統合して森林に再編し、空き地と荒地を統

合して裸地に再編し、水域、道路、その他についてはそのまま使用した。また、土地被覆分類図も前項と同じように統合した。これにより、宅地と宅地、森林と森林、田畑と草地、裸地と裸地がそれぞれ対応するようにした。

まず、図6と図2-2を視覚的に比較してみると、森林については両者違和感なく分布範囲が対応しているように見える。また、解析範囲南等部にある宅地との対応は比較的良好だが、その他の範囲の宅地については図2-2の誤分類の多さにより、対応があまり良くない。水域は、図2-2には3箇所ため池が分類されているが、これは図6にも出現していて、対応が良い。なお、前項の結果と同じく、福岡空港についても視覚的に対応せず、他にも土地利用図の田畑と裸地、道路についても対応があまり良くない。誤分類が少ない二時期合成

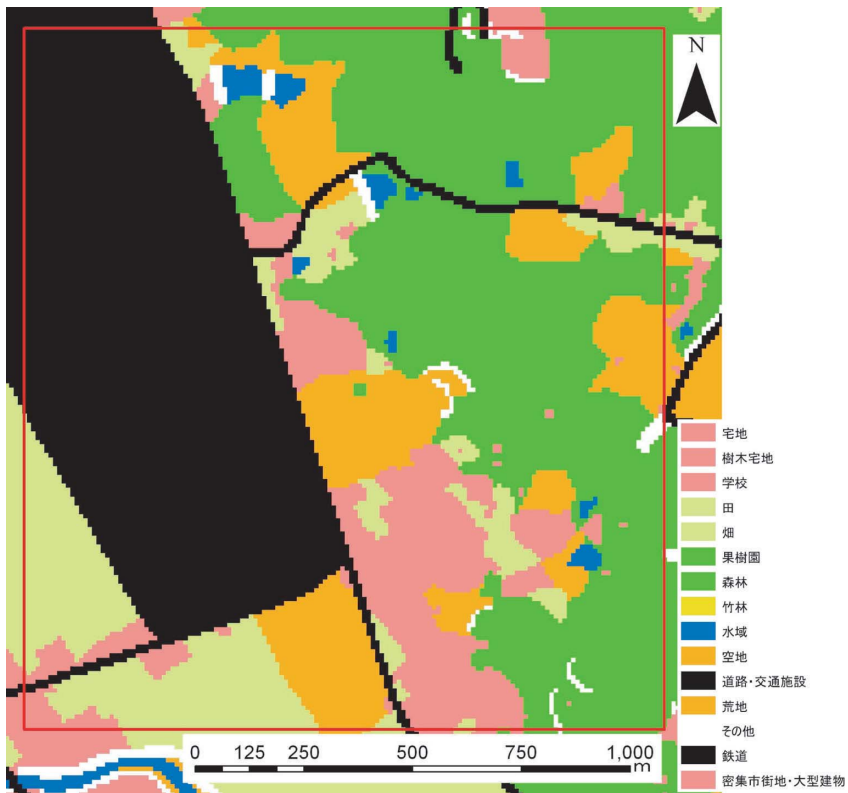


図6 昭和中期（1969年頃）の土地利用区分図（10mメッシュ）

写真による土地被覆分類図であるが、やはり地形図を正確にトレースした土地利用図の精度には及ばず、それを土地利用図として読み替えることは難しいと考えられる。ここで、試みに空中写真（図1）との見た目の対応がもっともよい、1981年冬撮影の空中写真を10m×10mか20m×20m教師データを分類項目ごとに6ポイント取得して最尤法分類した土地被覆分類図の中で、10mメッシュのもの（図4-5、図4-11）と図6を視覚的に比較してみると、福岡空港については対応しないが、裸地と草地、宅地に関しては、見た目の対応が図2-2に比べてよく見える。しかし、図4-5と図4-11は水域に誤分類されているものが多く、また草地在裸地に誤分類されている箇所も多く見受けられる。

次に、前項と同様に、図6と図2-2、図6と図4-2をオーバーレイし、図6の土地利用が図2-2及び図4-2のどの分類項目に分類されているか計算した。その結果を表8に示す。

表8-1、2を見てみると、両者とも森林については対応が良い。また、宅地については、表8-2では31.9%で対応するが、表8-1では70.6%と最も良く対応している。しかし、これは図2-2で見られるような、他の分類項目が宅地へ誤分類され、宅地の分布する面積が現実よりも増加してしまっている影響を受けた結果と考えられ、一概に土地利用図との対応が良いとは言えない。同様に、表8-1では裸地の対応が4.7%と非常に悪く、そのほとんどが宅地と森林に分類されているが、表8-2では18.4%が対応していて、対応状況が良くなった。しかし、図4-2で見られるような、他の分類項目の裸地への誤分類が影響していると考えられ、これも土地利用図との対応が良いとは言えないだろう。両者とも分類項目の土地利用への対応状況は一長一短であり、数値的に分類精度が良い土地被覆分類図にしても、見た目が空中写真に近い土地被覆分類図にしても、図6のような現実の土地利用の状況を正確に表す主題図として用いることは難しい。

以上述べたように、土地の利用目的別に区分した土地利用図と、空中写真のバンド別反射率で区分した土地被覆分類図とは、分類上の名称は共通しているものの、その分類基準を異にしているところから、精度の高い区分手法を利用しても、対応関係は良くないことがわかる。

表8 土地利用図と土地被覆分類図のオーバーレイ解析結果（単位は％）

表8-1 土地利用図と土地被覆分類図(図2-2)のオーバーレイ結果

		最尤法分類結果(図2-2)					
		宅地	草地	森林	裸地	水域	道路
土 地 利 用 図	宅地	70.6	5.8	15.4	0.0	0.0	8.3
	田	31.8	16.6	6.6	0.4	0.1	44.5
	畑	24.8	3.8	68.8	0.2	0.3	2.1
	森林	39.2	14.8	26.8	4.7	0.1	14.4
	空き地	18.3	20.0	28.8	0.0	26.7	6.3
	荒地	26.5	45.9	2.4	0.0	0.1	25.1
	水域	25.6	20.4	43.8	0.0	6.4	3.9
	道路						
その他							

表8-2 土地利用図と土地被覆分類図(図4-5)のオーバーレイ結果

		最尤法分類結果(図4-5)					
		宅地	草地	森林	裸地	水域	道路
土 地 利 用 図	宅地	31.9	10.8	37.1	3.0	2.0	15.2
	田	5.4	17.1	9.7	37.7	4.5	25.6
	畑	4.7	5.8	63.7	4.7	9.4	11.7
	森林	4.0	23.3	23.7	18.4	9.4	21.3
	空き地	1.4	17.0	22.2	7.9	30.7	20.8
	荒地	1.4	56.6	1.1	10.8	2.5	27.6
	水域	0.0	18.8	38.3	9.4	26.6	7.0
	道路						
その他							

5. まとめ

本稿では二時期の空中写真をGISでコンポジットし、可視領域の反射率データを増やした画像を用いて最尤法分類を行った。以下にその結果をまとめる。

- 1) RGB6バンドの可視領域反射率データを持つ二時期合成空中写真を用いた最尤法分類の分類精度はRGB3バンドのそれよりも精度がよく、メッシュサイズ、教師データ取得数、教師データの範囲の広さに関わらず、概ね90%をこえる。
- 2) 空中写真を用いて最尤法分類を行う場合、教師データの範囲の広さは分類結果にあまり影響を与えないが、できるだけ教師データは少なくし、かつ土

地被覆分類図の出来上がりメッシュサイズを細かくすることで、誤分類を少なくすることができる。

- 3) 空中写真を大きなメッシュサイズ（100m）で最尤法分類し作為的にミクセルの状態を発生させることで、100mメッシュの土地利用区分として読み替えることは、視覚的にも数値データの的にも可能ではあるが、福岡空港のような複数の土地被覆により構成された特定の土地利用については読み替えが難しい。また、土地利用細分メッシュに主眼を置いて土地被覆分類図とオーバーレイすると、建物用地の約60%が宅地に、森林の約70%が森林に分類されていて比較的対応がよいが、田の約80%が道路に分類されるなど、対応がよくないものも見受けられる。
- 4) 地形図の土地利用境界を利用して作成された土地利用区分と本稿での土地被覆分類図の見目の対応は悪い。また、土地利用図に主眼を置いて土地被覆分類図とオーバーレイすると、森林の対応状況は比較的良好であるが、その他の分類項目については、土地被覆分類図の誤分類の影響を受けて対応が良くなったと思われる土地利用が出現するなど、数値データの的にも不正確である。よって、地形図を正確にトレースした土地利用図の精度に土地被覆分類図の分類精度は及ばず、土地被覆分類図を土地利用図として読み替えることは難しいと考えられる。

本稿での土地被覆分類図の精度検証は、空中写真同士及び既存の土地利用図との対応に終始している。今後の課題として、分類精度をさらに精査するために、本件で使用した空中写真と同時期の人工衛星データ画像による最尤法分類結果と二時期合成空中写真によるそれとの分類精度を比較する必要がある。

謝辞

本研究遂行に際し、福岡市史編さん室には土地利用区分図の提供を受けた。本研究の一部には、2009年度西南学院大学特別研究（C）（研究代表者、磯望）及び、2010年度笹川科学研究助成（研究代表者、黒田圭介）を使用した。ここに記して御礼申し上げます。なお、本稿は2010年度日本地理学会秋季大会（於名古屋大学）で発表した内容を骨子としている。

参考文献

- 田 然 (2002) : CORONA 衛星写真の判読による 1967 年北京市の土地利用・土地被覆に関する分類. 2002 年秋季学術大会日本地理学会発表要旨集, 62, 199.
- 後藤健介・磯 望・黒木貴一・宗建郎 (2003) : LANDSAT データを用いた詳細な土地被覆変遷調査の課題-福岡県太宰府市域における事例. 西南学院大学教育・福祉論集, 3(1), 99~119.
- 長谷川均 (1998) : リモートセンシングデータの解析の基礎. 古今書院, 140pp.
- 板谷明美 (1998) : 航空写真のデジタル化による土地被覆情報の抽出. 森林利用学会誌, 13(2), 81~88.
- 黒田圭介・黒木貴一 (2009) : 平尾台の斜面地形と植生. 平成 18 年度~17 年度科学研究費補助金(基盤研究(c)一般) 研究成果報告書人工衛星データによる斜面特性の評価の詳細研究, No.18500780, p.77-83.
- 黒木貴一・磯 望・後藤健介・黒田圭介 (2007) : 災害と環境調査における空中写真の GIS 解析. 日本応用地質学会平成 19 年度研究発表会講演論文集, p.71-72.
- 黒木貴一・磯 望・宗建郎・黒田圭介・後藤健介・西木真織 (2010) : 旧版地形図情報を GIS 化する際の課題-福岡市史の場合. 2010 年秋季学術大会日本地理学会発表要旨集, 78, p187.