

コンポジット空中写真による土地被覆分類図を用いた土地条件解析事例～大分川を例に

AN ANALYSIS EXAMPLE OF GROUND CONDITION USING LANDCOVER CLASSIFICATION MAP BY COMPOSITES DIGITAL AERIAL PHOTOGRAPH
~A CASE STUDY IN OITA RIVER

黒田 圭介¹・黒木 貴一²・宗 建郎³・磯 望⁴・後藤 健介⁵

Keisuke KURODA, Takahito KUROKI, Tatsuroh SOH, Nozomi ISO and Kensuke GOTO

¹ 西南学院大学非常勤講師 (〒814-8511 福岡市早良区西新 6-2-92)

E-mail: kuroda@seinan-gu.ac.jp

² 福岡教育大学教育学部 (〒811-4192 宗像市赤間文教町 1-1)

E-mail: kuroki0@fukuoka-edu.ac.jp

³ 西南学院大学非常勤講師 (〒814-8511 福岡市早良区西新 6-2-92)

E-mail: soh_fukuhis@yahoo.co.jp

⁴ 西南学院大学人間科学部 (〒814-8511 福岡市早良区西新 6-2-92)

E-mail: iso@seinan-gu.ac.jp

⁵ 長崎大学熱帯医学研究所 (〒852-8523 長崎市坂本 1-12-4)

E-mail: k-goto@nagasaki-u.ac.jp

Key Words: aerial photograph, GIS, remote sensing, landcover classification, Coefficient of Runoff

1. はじめに

地理情報システム(Geographic Information System, 以下 GIS と略す)の普及により, デジタル化した空中写真画像(以下, 単に空中写真と呼ぶ場合, RGB で記録されたデジタル化空中写真のことを指す)を人工衛星データと同じ取り扱いで最尤法により半自動的に分類項目ごとに分類し, 土地被覆分類図を作成することは容易になってきた^{1), 2), 3)}. この方法大きな利点は, 高価な衛星画像データを購入する必要がなく, 安価に画像解析できる点にある. しかし, 空中写真による最尤法分類はR(赤, LANDSAT/ETM 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誤分類が発生しやすい. 通常, 人工衛星データを用いた最尤法による土地被覆分類では, 可視領域の波長帯データとともに赤外域のデータが用いられ⁴⁾, 例えばコンクリート等

などの植物とを最尤法で分類する際には, 特に植物の反射率が最も高くなる近赤外域の波長帯データが重要となる. そこで黒田ほか⁵⁾は, 空中写真に近赤外域(LANDSAT/ETM データのバンド 4 及び ALOS AVNIR-2 データのバンド 4)の波長帯データ画像を GIS でコンポジットし, これを教師付き最尤法分類することで, 解像度 1m の土地被覆分類図の作成を約 1.5km 四方の狭い範囲で試みた. その結果, 空中写真に近赤外域反射率データをコンポジットして最尤法分類すると, そうしないものより平均分類精度が 5% 高くなることを示したが, この方法を用いた解析事例がほとんどないため, 実際どのような研究に用いることができるか未知数である.

そこで本研究では, 大分県を流れる大分川流域を対象として, 近赤外域反射率データをコンポジットした空中写真による 1m メッシュの土地被覆分類図を最尤法分類により作成し, これを用いて河川に沿う土地条件の解析を試みる. 具体的には, この分類図と地形分類図を GIS でオーバーレイして地形毎の土地被覆の関係を明

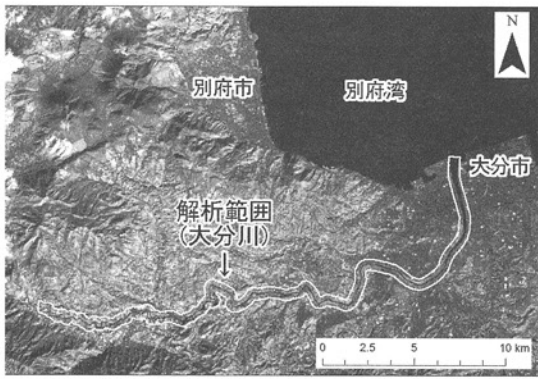


図-1 大分川

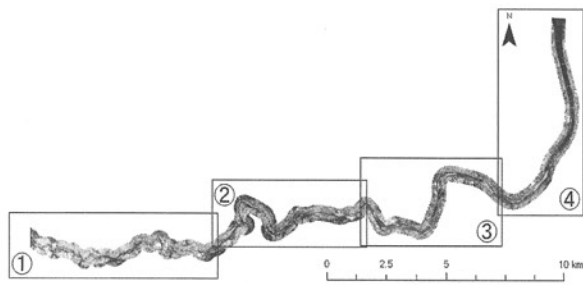


図-2 解析範囲の空中写真

らかにする。さらに土地被覆分類図を土地利用区分図に読み替え、降雨時の雨水流出度を示す流出係数の分布図を作成する。以上より、本研究での解析手法が自然災害科学の分野へ応用可能であることを示す根拠とし、新たなリモートセンシングの手法として期待できる本手法における研究事例の一つとして蓄積する。

2. 研究方法

(1) 研究対象地域の地形及び洪水履歴

研究対象とした大分川は、その源を大分県大分郡湯布町由布岳に発し、大分平野に入り大分市において別府湾に注ぐ幹川流路延長 55km、流域面積 650km² の一級河川である⁶⁾。流域内人口は約 25 万人で、過去に死者を出す河川氾濫災害を数回起こしており、直近の人的被害を出した災害は、平成 7 年の台風 13 号による氾濫被害で、大分川流域での死者は 7 名、家屋全半壊 58 戸、床上・床下浸水 3,090 戸であった⁷⁾。

この大分川について解析対象としたのは、2007 年に空中写真撮影された下流約 30km の範囲内とした(図-1)。なお、解析範囲の 1/1 万空中写真は国土交通省電子国土 web システム⁸⁾から取得した。なお、この空中写真はオルソ幾何補正されているものなので、通例ではオルソフォトと呼称する必要があるが、本稿ではオルソ幾何補正されていない空中写真を取り扱うことも想定し、単に空中写真と呼称する。

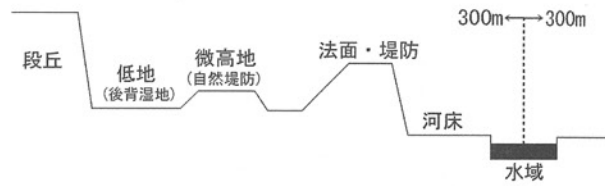


図-3 地形分類のモデル

(2) 地形分類

地形分類図は DEM データによる判読と、現地調査(2011 年 9 月 10 日, 24 日, 25 日実施)により作成した。なお、現地調査では地形判読の正誤確認とともに、地形ごとの土地被覆の確認作業も行った。通常地形判読は空中写真を用いて行われるが、特に沖積低地上の微地形についてはレーザーデータの方が立体感を得ることができるため判読が容易となる。このことから本稿では黒木ほか(2012)を参考に 5m メッシュ DEM による地形判読を行った⁹⁾。地形分類のモデルを図-3 に示す。本稿では大分川河床中央から 300m のバッファを発生させた内部について地形分類を行った(図-3)。分類項目は、法面・堤防、堤外を水域、河床(堤外のいわゆる河川敷も含む)、堤内を低地(主として後背湿地)、微高地(主として自然堤防)、段丘他(主として河岸段丘)、の以上 6 分類とした。地形条件と土地被覆の関連を考えるために、ArcView10 のゾーン統計機能を用いて水域を除く地形毎の土地被覆分類の分布割合を算出した。

(3) 使用したデータと解析方法

本研究で用いた空中写真(図-2)と人工衛星データは、国土地理院撮影 1/1 万カラー空中写真(200dpi, メッシュサイズ 1m)で、2007 年 4 月 29 日撮影のものである。ASTER データは、2007 年 1 月 31 日観測 15m メッシュ VNIR データを使用した。同季節の空中写真と人工衛星データ画像のコンポジットがもちろん理想的であるが、空中写真の撮影回数が衛星データの画像取得回数に比べて少ないので、撮影年と季節を合致させることが難しいことが分かっている⁵⁾。そこで今回は地物の季節変化や緑地の詳細な分類ではなく総合的な土地被覆の状態に焦点をあてるため、季節ではなく撮影(観測)年の統一を優先した。なお、本研究の解析作業に用いた GIS ソフトは ArcView10 である。

GIS で空中写真と人工衛星データの幾何補正を行ったあと、空中写真の R(赤)をバンド 1, G(緑)をバンド 2, B(青)をバンド 3, ASTER/ VNIR データの近赤外域データ画像(バンド 3)をバンド 4 としてコンポジットした(以下、これをコンポジット空中写真と呼ぶ)。

最尤法分類に使用する教師データは、空中写真の目視判読と現地調査(2011 年 9 月 10 日, 24 日, 25 日

実施)により取得した。教師データはポリゴン形式の shape file で作成し、その項目は、草地(田植え後の水田含む)、耕地(田植え前の水田含む)、裸地(川床礫地含む)、樹林、竹林、宅地(道路含む)、水域の7項目とした。なお、精度検証のため、最尤法分類に使用する教師データとは異なる地点の教師データを取得した shape file をもう1セット用意した。

最尤法分類は、ArcView10 のエクステンションである Spatial Analysis の「最尤法分類」で行った。今回作成した最尤法分類による土地被覆分類図は、コンポジット空中写真によるもの(メッシュサイズ 1m)、RGB3 バンドの空中写真によるもの(メッシュサイズ 1m)、ASTER/VNIR データによるもの(メッシュサイズ 15m、バンド1からバンド3を使用)で、精度比較のためすべて共通の教師データを使用した。土地被覆分類図の作成は、大分川の河道の中央から両岸に向けて 300m の範囲で行った(図-1)。分類精度は、最尤法分類に使用しなかった教師データを重ねあわせ、その教師データ内の分類結果の面積を GIS で抽出することで評価した(表-2)。

図-4~図-7 の①~④は、図-2 に示す①~④の範囲に対応している。図-4~図-7 の①は使用した空中写真、同②は地形分類図、同③は ASTER/VNIR データによる土地被覆分類図、同④はコンポジット空中写真による土地被覆分類図である。

(4) 流出係数

本研究で示す研究方法の自然災害科学への解析事例を示すために、大分川沿いにおける降雨時の雨水流出度を示す流出係数を土地被覆分類図から算出した。土地被覆分類項目に応じて河川砂防技術基準^{10), 11)}に記載された土地利用等区分に定められた流出係数を対応させた(表-1)。なお、この対応方法に関しては宗ほか¹²⁾を参照にした。

流出係数分布図は、コンポジット空中写真による土地被覆分類図を ArcView のメッシュサイズの変更機能を用いて 20m メッシュに変換したものをポリゴン形式の shape file に変換し、土地被覆毎に流出係数を入力し、再度 20m メッシュのラスター型データに変換して作成した。メッシュサイズ変更は、メッシュサイズが細かすぎると生成される shape file が膨大な量となり、パソコンに負荷がかかりパソコンがフリーズしてしまうことを防ぐための処置である。

3. 土地被覆分類図の精度

本章では、コンポジット空中写真を用いた土地被覆分類図の分類精度について論じる。

表-1 流出係数

土地被覆分類	土地利用等区分 ^{10), 11)}	流出係数 ¹²⁾
草地	水田	0.7
耕地	畑原野	0.6
裸地	浸透面の野外作業場などの、間地を若干持つ工場地域や庭が若干ある住宅地域	0.65
樹林、竹林	起伏のある土地及び樹林	0.625
宅地	一般市街地	0.8
水域	水面	1

注) 土地利用区分は河川砂防技術基準^{10), 11)}を、流出係数は宗ほか¹²⁾を参照した。

表-2 大分川の解析範囲における分類精度

アスター		最 尤 法 分 類 結 果 (%)						
		草地	耕地	裸地	樹林	竹林	宅地・道路	水域
教	草地	46.2	46.2	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0
	耕地	3.4	94.9	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0
	裸地	0.0	2.4	61.9	0.0	0.0	35.7	0.0
	樹林	0.0	0.0	0.0	76.9	17.9	0.0	5.1
	竹林	5.6	0.0	0.0	55.6	38.9	0.0	0.0
師	宅地・道路	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	97.9	0.0
	水域	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	平均分類精度:							73.8
空中写真		最 尤 法 分 類 結 果 (%)						
		草地	耕地	裸地	樹林	竹林	宅地・道路	水域
教	草地	81.1	0.0	0.0	16.5	2.4	0.0	0.0
	耕地	0.0	93.8	1.0	0.0	5.2	0.0	0.0
	裸地	0.0	1.6	91.5	0.0	0.0	6.8	0.0
	樹林	27.0	0.0	0.0	62.6	10.2	0.0	0.3
	竹林	0.6	0.0	0.1	11.1	78.9	0.1	9.2
師	宅地・道路	0.0	0.1	16.0	0.0	1.7	78.3	3.9
	水域	0.0	0.0	0.0	0.0	19.3	0.7	80.0
	平均分類精度:							80.9
コンポジット		最 尤 法 分 類 結 果 (%)						
		草地	耕地	裸地	樹林	竹林	宅地・道路	水域
教	草地	81.1	0.0	0.0	16.5	2.4	0.0	0.0
	耕地	0.0	97.9	0.5	0.0	1.7	0.0	0.0
	裸地	0.0	2.1	96.0	0.0	0.0	1.9	0.0
	樹林	16.7	0.0	0.0	75.7	7.6	0.0	0.0
	竹林	1.5	0.0	0.0	3.9	89.5	0.1	0.0
師	宅地・道路	0.0	0.0	18.0	0.0	3.3	78.6	0.0
	水域	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.1	99.3
	平均分類精度:							88.3

分類精度(表-2)を見てみると、平均分類精度は、ASTER/VNIR データ、空中写真、コンポジット空中写真を用いたものの順に高くなる。ASTER/VNIR データの分類精度を見てみると、他の空中写真を用いたものに比べて、宅地・道路の分類精度 97.9%と 20%以上高い。宅地・道路はミクセル状態が発生しやすい分類項目で細かいメッシュサイズで最尤法分類するには不利である。さらに、今回共通の教師データをポイント形式ではなく広がりを持ったポリゴン形式で取得したため、メッシュサイズが 15m と空中写真(メッシュサイズ 1m)によるものよりも大きい ASTER/VNIR データの分類精度が高くなったと考えられる。

コンポジット空中写真と RGB3 バンドの空中写真による土地被覆分類図の分類精度を教師毎に比較してみると、草地に関しては両者とも 81.1%で変化がなく、宅地・道路に関しては、コンポジット空中写真の方が 0.3%の精度向上にとどまった。一方、樹林と水域に関してはコンポジット空中写真の方が 10%以上の精度高くなる。樹林に関しては草地への誤分類が減少し、水域は竹林への誤分類が減少している。特に水は可視域より波長の長い近赤外域では反射率が他の地物に比較すると明瞭に小さくなるため、ASTER/VNIR データ BAND3 相当の反射率データを含むコンポジット空中写真での最尤法分類では、教師データとして取得した地点の水域の画素クラスの分布パターンが他の分類項目のそれと明瞭に異なる。よって、近赤外域のデータを含まない RGB3 バンドの空中写真によるものより精度が高まったと考え

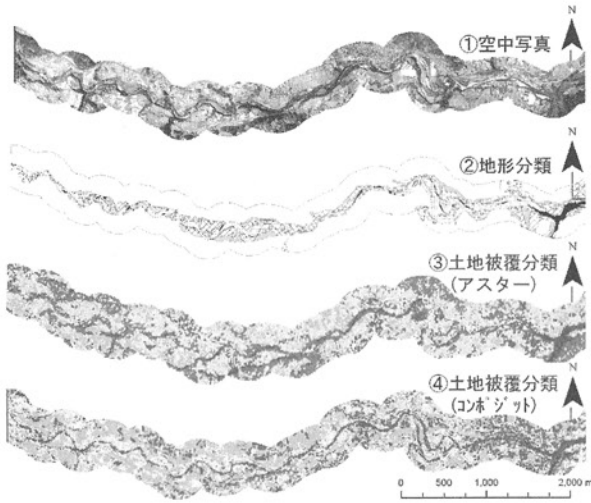


図-4 地形分類, 土地被覆分類結果(範囲は図2-①)

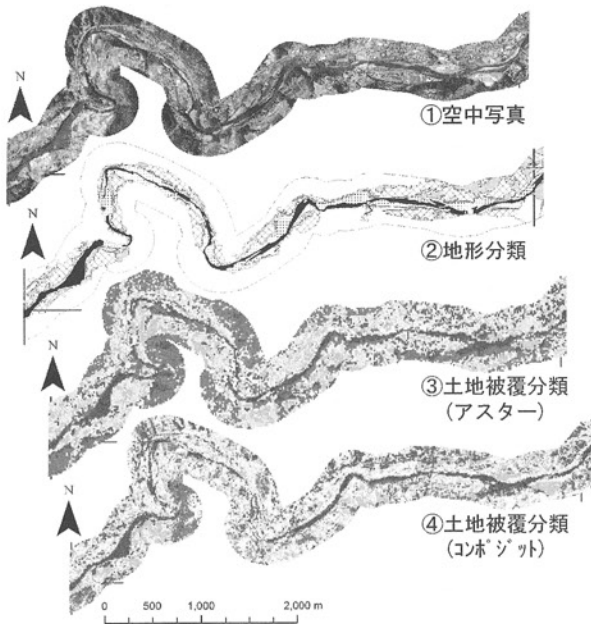


図-5 地形分類, 土地被覆分類結果(範囲は図2-②)

られる。また、樹林の草地への誤分類は 10.3%の精度向上見られたが、それでも 16.7%の誤分類が残った。空中写真で樹林と草地を見てみると、両者とも緑色を呈しており、同様の状況が竹林の樹林への誤分類でも見られる。これを解消するためには、教師データの取得を厳密にするか、空中写真と衛星データの季節を統一してコンポジットする必要がある。

よって、コンポジット空中写真を用いれば、光の三原色(RGB)とともに近赤外域の反射率データを考慮に入れて最尤法分類ができるため、RGB のみの空中写真よりも精度向上が見込める。しかし色調が同系統の緑地同士ではある程度の誤分類が残ってしまう問題がある。

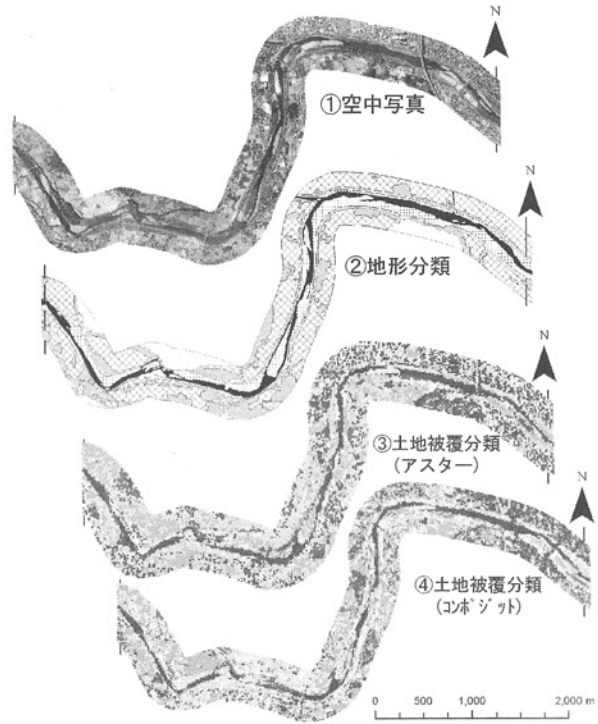


図-6 地形分類, 土地被覆分類結果(範囲は図2-③)

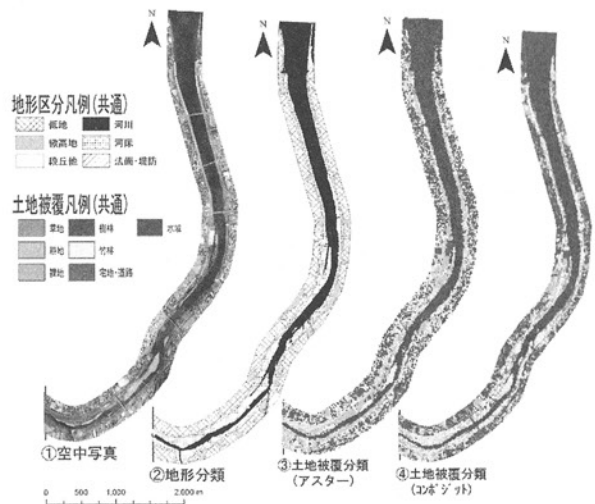


図-7 地形分類, 土地被覆分類結果(範囲は図2-④)

表-3 地形毎の土地被覆割合

地形分類	河床	土地被覆分類 (%)					宅地・道路
		草地	耕地	裸地	樹林	竹林	
河床	22.5	7.7	15.1	8.7	26.8	19.1	
微高地	8.7	14.6	20.3	2.3	23.2	30.9	
低地	9.6	19.6	16.7	2.4	20.1	31.6	
段丘地	13.6	21.5	7.7	11.0	29.6	16.5	



写真-1 河床の竹林(大分市挟間, 2012年3月11日撮影)



写真-2 河床の運動場(同上, 2011年9月25日撮影)

4. 土地条件分析事例

(1) 土地被覆と地形との関係

大分川沿いの地形と土地被覆の関連性を明らかにするために、図4から図7に示す地形分類図と土地被覆分類図をGISでオーバーレイし地形毎の土地被覆割合を算出した(表-3)。

表-3 を見てみると、河床は草地と竹林の分布割合が高い。現地調査においても、堤外河床において竹林が発達する様子が観察できた(写真1)。竹林は地下茎の深度が浅く、管理されていない河川堤外や河岸への侵入・繁茂が知られており¹⁵⁾、大分川でも同様の傾向が見られる可能性がある。また、河床は宅地利用にあまり適さないと考えられるが、19.1%と分布割合が高い。これは、市街地と河床礫の空中写真による色調が灰色と似ていること、そして、分類精度があまりよくない(表-2)ことが原

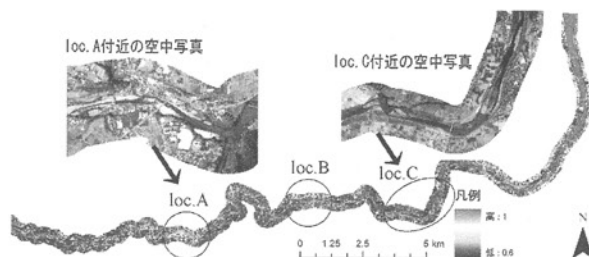


図-7 解析地域の流出係数

因と考えられる。しかしながら、現地調査から、離水していない河床と考えられる地点に公園やスポーツ施設がある(写真2 矢印)。このような情報は今後の河川防災対策やハザードマップ作成等に利用できると考えられる。

沖積低地の中心をなす微高地と低地は宅地・道路の土地利用がなされていることが多い。この結果は、大分市の市街地が河口付近(図-7)にあることによると考えられる。また、竹林の割合も比較的高い。空中写真と地形分類図を見てみると、段丘と低地の境界付近で竹林をよく確認できた。これは、竹林は崖の下のような日当たりが悪い場所でもあっても拡大できることが原因であると考えられる⁵⁾。また、段丘崖は地下水が湧出しやすいことも、一因であると考えられる。

洪水被害をまぬがれやすい段丘面は、その分布が市街地から離れていることもあり、宅地・道路の土地利用は少なく、耕地として使用されることが多い。また、他の地形と同様に、竹林の分布が多い。これは、前述した理由の通りであると考えられる。

以上より、コンポジット空中写真による土地被覆分類図から、大分川に沿って竹林が見られ、これを防除する等の管理を怠れば、攻撃斜面崩落の危険性や、景観悪化などの問題が発生する可能性がある。

(2) 流出係数について

コンポジット空中写真による土地被覆分類図を用いて、流出係数の分布図の作成を試みる。分類項目ごとの流出係数を表-1に、解析範囲における流出係数の分布図を図-8に示す。

図-8を見ると、低地で標高が低い河口付近の市街地で流出係数が高く、段丘が多く分布し標高が高い上流域で流出係数は低くなる。しかし、河口に近い下流域でなくともloc.A, B, Cのように流出係数が高まる地域もある。loc.Aは支流合流部にあり、かつ段丘に挟まれた凹地状地形の中心の低地には集落が形成されている。よって、降雨が流入しやすく、河川水が溢れやすいと考えられる。また、loc.Cは宅地とともに草地や耕地が混在するスプロール地域であり、今後当該地域における宅地開発が進むと流出係数は高まると考えられる。

以上より、土地被覆分類図を GIS で流出係数分布図という自然災害科学の内容を含む地理情報へと容易に変換できた。今後は、大分川流域全域での流出係数を算出し、大分市における河川災害対策への一助となりうるデータ提供を目指したい。

5. まとめ

本研究では、空中写真に近赤外域データをコンポジットした画像を用いて土地被覆分類図を作成し、その結果、大分川に沿う地域における土地被覆の地形条件を示し、さらにその図から流出係数の分布図を作成した。以下に本研究により明らかになった点を列挙する。

(a)コンポジット空中写真から作成した土地被覆分類図は、RGB3 バンドの空中写真で作成したものより分類精度がよく、かつ解像度 15m の ASTER/ VNIR データを用いたものより高詳細・高精度となった。しかし、空中写真において色調が似通った緑地同士は誤分類が発生しやすい。

(b)土地被覆分類から、大分川沿いにおいて竹林が繁茂しやすい地形条件の箇所には竹林が繁茂していることが読み取れた。

(c) コンポジット空中写真から作成した土地被覆分類図は GIS を用いることで流出係数の分布図という自然災害科学の内容を含む地理情報へと容易に変換できた。

謝辞：本研究遂行にあたり、平成 23 年度科学研究費補助金(基盤研究(C)) ;23501243「都市域における時空間地理情報を用いた氾濫原の特性評価の研究」(研究代表者 黒木貴一)を利用した。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1)黒木貴一・磯望・後藤健介・黒田圭介: 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, 71-72, 2007.
- 2)磯望・黒田圭介・黒木貴一・宗建郎・西木真織・後藤健介: 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, 西南学院大学人間科学論集, 7(1) 74-105, 2011.

- 3) 黒田圭介・宗建郎・黒木貴一・磯望・後藤健介: 那珂川中流域における LANDSAT データバンド 4 画像合成空中写真を用いた土地被覆分類, 2011 年秋季学術大会日本地理学会発表要旨集, 80 14, 2011.
- 4)長谷川均: リモートセンシングデータ解析の基礎, 古今書院, 140pp, 1998.
- 5)黒田圭介・黒木貴一: コンポジット空中写真画像を用いた土地被覆分類図作成試案, 環境情報科学論文集, 25 239-244, 2011.
- 6) 国土交通省, 水管理・国土保全, 大分川, http://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/nihon_kawa/89102/89102-1.html, 2012. 5. 1.
- 7)国土交通省, 水管理・国土保全, 大分川の主な災害, http://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/nihon_kawa/89102/89102-1_p4.html, 2012. 5. 1.
- 8) 国土交通省, 電子国土 web システム, <http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse/index.html>, 2012. 5. 1.
- 9)黒木貴一・磯望・後藤健介・黒田圭介・宗建郎: 那珂川中流域におけるレーザーデータを用いた地域区分と洪水被害, 福岡教育大学紀要, 61(2) 13-23, 2012.
- 10)国土交通省河川局監修, 社団法人日本河川協会編: 国土交通省河川砂防技術基準同解説, 230pp, 2005.
- 11)建設通省河川局監修, 社団法人日本河川協会編: 建設省河川砂防技術基準(案), 224pp, 1976.
- 12)宗建郎・黒木貴一・磯望・黒田圭介・後藤健介: 地形図を利用した河川環境変化の長期評価ー福岡市の事例ー, 自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集, 35 9-12, 2011.
- 13) 河合洋人・西條好迪・秋山侃: 地上部および地下部の成長からみた竹林拡大の解析, 日林誌, 92 93-99, 2010.
- 14) 徳永陽子・荒木光: 竹林と環境, 京都教育大学環境教育研究年報, 15 99-123, 2007.
- 15) 黒田圭介・黒木貴一・磯望・宗建郎・後藤健介: 那珂川周辺の約 30 年間の自然環境変化ーGIS と空中写真を用いて, 自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集, 35 13-16, 2011.

(2012. 5. 9 受付)