

衛星画像と標高データを併用した 流出解析用土地利用分類マンマシンシステムの開発

中央大学大学院
日本スペースイメージング株式会社

学生員○小澤 剛
非会員 李 雲慶

中央大学大学院
中央大学理工学部

学生員 柴田直俊
フェロー会員 山田 正

1.はじめに：近年，集中豪雨による都市域の水害が大きな問題になっている．都市域は，山地に比べ不浸透域が多く貯留および浸透能力が小さいため流出率は高く，降雨に対して流量が早く応答する特徴を持つ．さらに市街化が進み人口や資産が集積していることから，浸水被害が甚大になる傾向にある．このような災害ポテンシャルの高い都市流域における流出機構の解明は急務であるといえる．しかし都市域の土地利用形態は変化，複雑化し，土地利用分類を困難にしている．一方，地球観測衛星を活用したリモートセンシングの開発研究や利用技術は発展の一途を辿っている．衛星画像は高高度から撮影しているため，航空機による撮影よりも安定で歪みの少ない画像が得られ，かつ画像も広域であり，高解像度である¹⁾．このような衛星データから土地利用データを抽出し，その土地利用分類の精度を定量的に評価し，精度の流出解析への影響を解明することを目的としている．そのための第一歩として衛星画像データから土地利用データを抽出する手法を提案する．著者らは，衛星画像データの自動分類，高さデータとの重ね合せ，そして画像を目視し手作業で行う土地利用分類それぞれの分類精度を定量的に評価した．本研究で土地利用分類を行うために用いた衛星画像はIKONOS衛星画像であり，画像のセンサーの波長域等詳細情報は表-1の通り．画像解析にはソフトウェア ERDAS Imagine を用い，足立区新田地区(写真-1)を土地利用分類対象域としている．

表-1 IKONOS のバンドと波長域

バンド	波長域
1.青	0.45~0.52 μm
2.緑	0.52~0.60 μm
3.赤	0.63~0.69 μm
4.近赤外	0.76~0.90 μm
センサー1画素当たりの情報量	11bit(2048階調)

2.土地利用分類方法：分類手法は下記のように大きく分けて3通り，全7通りの手法を提案する．

- ① 衛星画像データの自動分類（教師なし）．
- ② 衛星画像データの自動分類（教師付き）．
- ③ 「家」，「道路」の分類に高さデータを用いた手法．
- ④ 「家」，「道路」さらに「草地」「樹林地」の分類に高さデータを用いた分類手法．
- ⑤ 衛星画像と高さデータの目視により「道路」「家」「裸地」の分類項目を手動で作成する分類手法．
- ⑥ 衛星画像と高さデータの目視により「道路」「家」を手動で作成し，残りは「裸地」とする分類手法．
- ⑦ 衛星画像と高さデータの目視により「道路」「家」「裸地」を手動で作成しそれを手法④により作成した分類画像上に載せる分類手法



写真-1 IKONOS 衛星画像

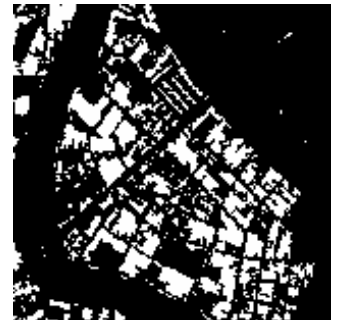


写真-2 抽出された地盤高データ

本論文では土地利用の分類精度を次のように定義する，現地調査により区画内 100m 四方のエリア 16 箇所の土地利用を把握しており，それらを真値とし衛星画像データから解析される分類画像と比較することにより算出したものとする．設定した土地利用分類項目は表-2にある7項目で，対象エリアには畑，水域がなかったため分類精度は算出していない．

2.1 衛星画像データの自動分類（手法①，②）：最も容易な分類手法として衛星画像を教師なしの分類（Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique クラスタリング法）および教師付きの分類（最尤法）を行った．教師なしの分類（手法①）では構造物の影により裸地の分類精度が著しく低下し，一方で道路の分類精度は影を分類精度算出の際に考慮した場合の方が精度は高い事がわかった²⁾．そこで次に影を道路と仮定し教師付きの分類を行い，裸地については画像から目視できる大まかな裸地にポリゴンを載せて土地利用分類画像を作成した（手法②）．その分類精度を表-2に示す．植生域の分類は 80%以上の精度で分類でき，道路も 70%程度の精度で分類が可能であった．しかし，「家」と「道路」が互いに誤って分類される事がわかった．「家」の誤分類のうち 62%が「道路」として，「道路」の誤分類のうち 37%が「家」として分類された．

表-2 手法②の分類精度

1：家	56.29%
2：道路	70.06%
3：裸地	81.97%
4：樹林地	83.57%
5：草地	83.78%
6：畑	---
7：水域	---

[家]の分類誤差のうち
62%が[道路]として分類．
[道路]の分類誤差のうち
37%が[家]として分類．

2.2 衛星画像と高さデータの重ね合わせによる分類 (手法③, ④): そこで次に

「家」と「道路」の分類精度を向上させるために、両者の高さ差に着目し、レーザープロファイラによる高さデータ (国際航業社製:RAMS-e) を用い両者を精度良く分類させるよう試みた。各ポイントデータから地盤高のポイントデータを抽出し、そのデータと衛星画像の重ね合わせを行う。地盤高抽出プログラムのアルゴリズムは、地盤上の基準点の東西南北 4 点が閾値以内の標高差であれば陸続きの地盤と見なしつなぎ、そうでなければ構造物上もしくは樹木上の点と見なしその点を除外してゆく。その作業を繰り返した。その中で最も精度良く抽出できたものが閾値 0.8m のもの(写真-2)。これを用いてデータを 2m メッシュのピクセルデータとして扱い衛星画像と重ねた。高さデータを併用した画像は、「家」と「道路」の分類項目のうち、高さデータが地盤高のピクセルを「道路」、それ以外のピクセルを「家」として再分類した (手法③)。その結果を表-3 に示す。「道路」「家」の分類精度が向上した (表-3 の赤字)。さらに植生域の「樹林地」「草地」にも高さデータを適用し、分類項目と高さの組み合わせでそれぞれ精度を算出した結果、「草地」のピクセル上でかつ、高さデータが地盤高のピクセルを「草地」、それ以外のピクセルを「樹林地」として分類した分類 (手法④) が植生域の精度を最も高くさせた。(表-3 の青字)

表-3 手法③, ④の分類精度

1: 家	76.53%
2: 道路	77.72%
3: 裸地	81.97%
4: 樹林地	83.57%~85.86%
5: 草地	83.78%~83.76%
6: 畑	----
7: 水域	----

2.3 衛星画像と高さデータの目視による手動分類 (手法⑤, ⑥, ⑦): さらに分類精度が高い分類手法として衛星画像目視による土地利用分類画像作成を行った。衛星画像のみで土地利用を目視判断する際、裸地の判断や植生域の高低さがわかりづらいため、高さデータも併用して目視判断した。また手動分類は 3 通りの手法を行いそれぞれの分類精度を算出した。

手法⑤ 非植生域において、手動で「道路」「家」「裸地」を作成

手法⑥ 非植生域において、手動で「道路」「家」を作成し、残りは「裸地」

手法⑦ もともとの分類画像の上に、手動で「道路」「家」「裸地」を作成

それぞれ、植生域と非植生域の分類は NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) のある閾値を境に行い、最終的にそれらを結合して土地利用分類図を作成した。手法⑤から手法⑦の分類結果をそれぞれ表-4 から表-6 に示す。「裸地」の分類精度を優先するならば手法⑥が有効であるが、手法⑥では「道路」の分類精度が手法⑦と比べ低い。「家」「道路」の分類精度を優先するならば手法⑦が有効である。3 つの手法全てにおいて、目視判断であるため分類精度 100%に近い値で分類できるはずだが、それが出来なかったのは以下の事が原因である。i) 現地調査時期と撮影時期で樹林の状態が異なるため真値と衛星画像に誤差が生じた。ii) 衛星画像撮影時期と高さデータ収録時期の差により、土地利用の違いが生じた。今回は駐車場が高さデータにおいては構造物の高さを示していたためその分類項目が「家」になってしまい、「道路」の分類精度が落ちた。

表-4 手法⑤の分類精度

1: 家	88.71%
2: 道路	80.38%
3: 裸地	75.50%
4: 樹林地	83.80%
5: 草地	78.56%
6: 畑	----
7: 水域	----

表-5 手法⑥の分類精度

1: 家	85.06%
2: 道路	70.11%
3: 裸地	97.69%
4: 樹林地	82.34%
5: 草地	81.37%
6: 畑	----
7: 水域	----

表-6 手法⑦の分類精度

1: 家	93.45%
2: 道路	92.55%
3: 裸地	75.15%
4: 樹林地	78.44%
5: 草地	81.85%
6: 畑	----
7: 水域	----

3. まとめ: 本研究では衛星データから土地利用データを抽出し、その土地利用分類の精度を定量的に評価し、精度の流出解析への影響を解明することを目的としている。そのための第一歩として衛星画像データから土地利用データを作成する手法を提案した。それらにより得られた知見を以下に示す。(1). 不浸透域 (家, 道路) を詳細に分類する必要がなく、それらの分類精度も 50%程度で充分であれば各土地利用分類は教師付きの自動分類が有効である。(2) 70%程度の分類精度が必要ならば、衛星画像と高さデータを併用する必要がある。(3) 80~90%の分類精度が必要ならば、時間はかかるが手動で作成した「家」「道路」「裸地」のポリゴンを載せて土地利用分類図を作成する必要があり、分類精度を優先させたい分類項目によって手動分類手法を選択する必要がある。

謝辞: 本研究は IKONOS 衛星画像およびレーザープロファイラデータを用いている。この衛星画像を無償で提供していただいた日本スペースイメージング株式会社、レーザープロファイラデータを提供していただいた国際航業株式会社に対して、ここに深甚なる謝意を示す。

参考文献: 1) 日本スペースイメージング株式会社 URL:<http://www.spaceimaging.co.jp>, 2) 小澤剛, 柴田直俊, 李雲慶, 山田正: 衛星データによる流出解析用土地利用分類データの抽出手法に関する研究 土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集, 講演番号 4-231, 2004 年