

# 衛星データから流出予測用土地利用区分データの抽出手法に関する研究

中央大学理工学部 学生員 小澤 剛 日本スペースイメージング株式会社 非会員 李 雲慶  
中央大学大学院 学生員 柴田 直俊 中央大学理工学部 正会員 山田 正

**1.はじめに**：近年，都市域における集中豪雨により都市河川の氾濫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．このような流出特性を持ち，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が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行政分野にかかわらず，民間レベルでも発展の一途を辿りつつある．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．このようなGIS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誤差を含んだ精度を定量的に評価し，その誤差の流出解析への影響を解明することを目的としている．

**2.土地利用分類方法**：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衛星画像である．この衛星画像データは1m解像度で自動車や家屋まで識別できる．センサーの波長域は青(0.45-0.52 $\mu\text{m}$ )，緑(0.52-0.60 $\mu\text{m}$ )，赤(0.63-0.69 $\mu\text{m}$ )，近赤外(0.76-0.90 $\mu\text{m}$ )の4種がありランドサットTMのband1~4と同じ波長域である．使用した画像のBand1~4はそれぞれ近赤外，赤，緑，青であるため，Band2,3,4にそれぞれ赤，緑，青を充てるとtrue color画像が得られる．このIKONOS衛星画像を，解析ソフトウェアERDAS Imagineを用いて土地被覆分類を行った．まず建物の影を考慮した場合と除いた場合で分類しその精度の差を比較検討した．次に土地利用分類(教師なし)と(教師付き)を用い，この二つの分類結果の比較及びその精度を算出した．本研究は対象流域として足立区の新田地区を選定している．土地利用分類の精度は，現地調査により画像内の浸透・不浸透域を把握しており，浸透域であるとわかっている範囲をまず指定し，その領域において分類を行い，浸透域と判断された割合を浸透域の精度として算出した．不浸透域の精度も同様の方法で算出した．

**2.1 土地利用分類(教師なし)**：土地利用分類(教師なし)には最小のスペクトル距離に基づき各候補ピクセルにクラスを割り当てるIterative Self-Organizing Data Analysis Technique(ISODATA)クラスタリング法を用いた．ISODATAクラスタリング法は指定された数の任意のクラス平均もしくは既存のシグネチャ(分類項目の特徴空間を定義したトレーニングデータ)の平均を使用して，候補ピクセルと各クラス平均の間のスペクトル距離が計算される．ピクセルはスペクトル距離が最も近くなるクラスに割り当てられる．この土地利用分類(教師なし)を用いて建物の影を除いた場合と含んだ場合の分類精度を算出した．

**2.2 土地利用分類(教師付き)**：教師付き分類としては各クラスに対する画素データの尤度を求め，尤度最大のクラスにその画素を分類する最尤法を用いた．特徴空間における母集団の確率密度関数の関数形を正規分布と仮定し，そのトレーニングデータが抽出される確率(尤度)を最も高くするような分布密度関数の統計量(平均や分散など)をもって母集団の統計量とする方法．平均値ベクトル $\mu$ の最尤推定値 $\mu_e$ はトレーニングデータ群 $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ の平均値で与えられ，分散・共分散行列の最尤推定値の各要素は以下の(1)式で与えられる．

表-1 IKONOS 衛星の仕様

|          |                     |
|----------|---------------------|
| 1: 衛星名称  | IKONOS (イコノス)       |
| 2: 運用国   | 米国                  |
| 3: 運用国   | SPACE IMAGING       |
| 4: 打ち上げ  | 1999年9月25日          |
| 5: 設計寿命  | 7年                  |
| 6: 回帰日数  | 11日(直下より10度以内に帰る場合) |
| 7: 軌道傾斜角 | 98.12°              |
| 8: 軌道の種類 | 太陽同期準極軌道            |
| 9: 衛星高度  | 680km               |
| 10: 撮影時刻 | 午前10時~11時頃          |



写真-1 足立区新田のIKONOS衛星画像

表-2 影の有無による精度の違い [%]

| グラウンド No.    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |       |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 浸透域の精度       | 93.82 | 98.73 | 38.04 | 96.75 | 96.75 | 72.90 |       |       |       |
| 不浸透域の精度      | 94.64 | 61.23 | 85.60 | 84.15 | 82.13 | 70.32 |       |       |       |
| 浸透域(影含む)の精度  | 79.42 | 96.84 | 47.09 | 80.19 | 78.79 | 72.90 |       |       |       |
| 不浸透域(影含む)の精度 | 58.64 | 62.19 | 88.70 | 60.10 | 49.27 | 71.84 |       |       |       |
| 7            | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    |
| 89.84        | 75.81 | 90.04 | 77.30 | 42.11 | 90.89 | 35.17 | 93.73 | 64.68 | 95.95 |
| 57.48        | 69.91 | 77.50 | 82.40 | 66.08 | 73.69 | 76.80 | 80.74 | 75.28 | 77.28 |
| 87.61        | 79.38 | 85.43 | 76.48 | 42.75 | 89.30 | 35.17 | 90.18 | 64.68 | 95.71 |
| 59.47        | 56.12 | 68.54 | 66.70 | 59.59 | 57.92 | 64.61 | 66.22 | 64.19 | 66.27 |

影を含んだ場合と除いた場合の領域における土地利用分類の精度

キーワード：土地利用 流出解析 GIS データ

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL03(3817)1805,FAX03(3817)1803,ozawa@kc.chuo-u.ac.jp

$$\zeta_e(k,l) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_i^k - \mu_e^k)(x_i^l - \mu_e^l)^t \cdots (1)$$

ここで  $x_i^k$ 、 $x_i^l$  はそれぞれ第  $l$  番目の画素の、 $k$  番目および  $l$  番目の特徴量、 $\mu_e^k$ 、 $\mu_e^l$  はそれぞれ  $k$  番目及び  $l$  番目の平均値である。

**3.土地利用分類結果**：影の有無による土地利用分類精度の違いを表-2に示す。浸透域は影に隠れた植生も近赤外特性により植生も影の下であってうまく分類できているため精度も落ちていない（平均値：68.80%→（影を含む）70.21%）。一方、不浸透域は影に隠れてしまうとその精度は落ちてしまうことがわかる（平均値：76.69%→（影を含む）64.39%）。影を含まない場合、90%以上の精度を示すケースが多々あるが、浸透域の精度においてグラウンドを含む画像の精度が極端に低い



写真-2 分類対象エリアの一部  
グラウンドを含む画像

ため、全体の精度を下げている（表-2の青印）。図-1に土地利用分類（教師なし）による浸透・不浸透域土地分類図を示す。浸透域（図中：緑）であるはずのグラウンドの大部分が不浸透域（図中：青）として認識されてしまっている。図-1の画像全体の浸透域精度としても47.09%という低い精度であった。この分類を改善するために最尤法による教師付きの土地利用分類を試みた。その結果を図-2に示す。浸透域の精度は68.23%に

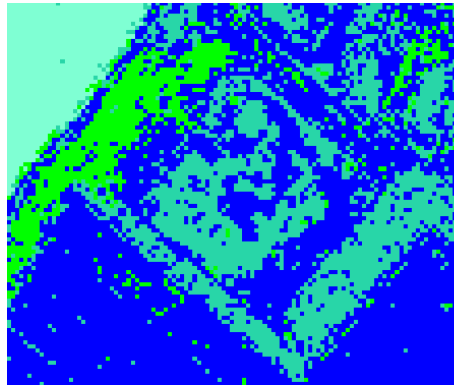


図-1 土地利用分類結果(教師なし)

上がった。土地利用分類（教師付き）は教師なしのものに比べ高精度の分類ができるといえる。ここで著者らは教師付きの分類に必要なシグネチャの数を増やし、さらに精度を上げる事を試みた。その結果を図-3に示す。シグネチャ数を1個～9個まで増加させた。精度は62%～70%で収束した。

浸透域のはずのグラウンドの大部分が不浸透として認識されてしまった浸透・不浸透域分類図

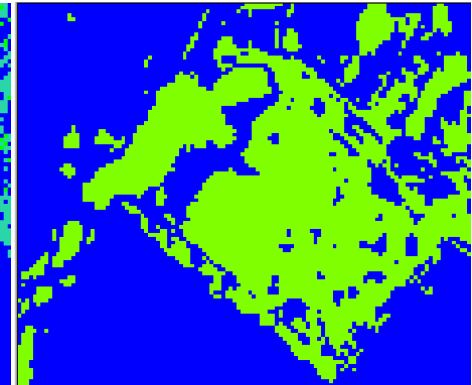


図-2 土地利用分類結果(教師付き)

浸透域であるグラウンドの大部分を浸透域として認識できている浸透・不浸透域分類図

示す。浸透域の精度は68.23%に

上がった。土地利用分類（教師付き）は教師なしのものに比べ高精度の分類ができるといえる。ここで著者らは教師付きの分類に必要なシグネチャの数を増やし、さらに精度を上げる事を試みた。その結果を図-3に示す。シグネチャ数を1個～9個まで増加させた。精度は62%～70%で収束した。

**4.まとめ**：本研究では都市域の流出機構の解明をするために、GIS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評価し、さらに教師付きの分類と比較検討を行い教師付きの分類におけるさらなる精度の向上を試みた。それらにより得られた知見を以下に示す。1).教師なしの分類で土地利用を分類すると、浸透域、不浸透域ともに70%程の精度を持つ。影を考慮した場合と除いた場合を比べる事により植生は影の下でも精度を落とすことなく認識され分類できることがわかった。一方不浸透域は影に隠れればその精度は77%程から64%程度へ低下してしまう。2).教師なしの分類では精度が低かった土地被覆領域（グラウンド）に教師付きの分類を適用することによりその精度を20%～40%上げることができ、それにより全体の精度平均も約10%上げることができた。3).教師付きの分類においてシグネチャを増やしていきその精度の反応を調べたが、ある精度で収束することがわかった。これらのような誤差をとともう衛星画像データを流出解析に対して用いたとき、流出解析に与える影響の有無を検討する必要がある。

謝辞：本研究はIKONOS衛星画像を用いている。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社に対して、ここに深甚なる謝意を示す。

参考文献：(1) 岡村 穰：IKONOS衛星画像を用いた名古屋の都市計画公園・緑地の評価法及び配置計画 2000年日本ESRI・ERDASユーザー会 2000ユーザー事例発表予稿集、(2) 日本スペースイメージング株式会社 URL: <http://www.spaceimaging.co.jp>

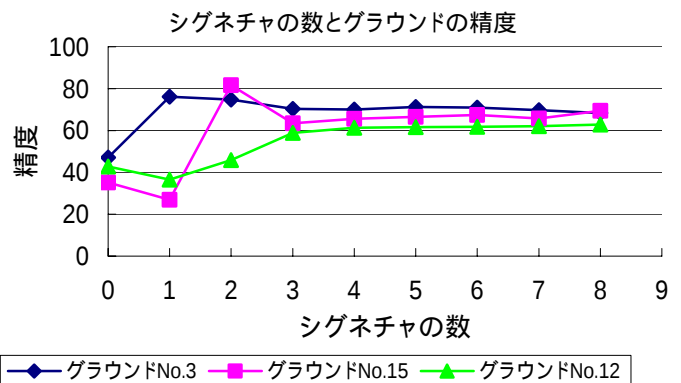


図-3 シグネチャの数と浸透域の精度

分類項目を定義したトレーニングデータであるシグネチャ数を4以上にしても精度の変化は見られなかった