

MMS データを用いた不法投棄地域の局所特徴量

Local feature amount of illegal dumping area using MMS data

○藤田 凌太, 丹波 澄雄

○Ryota Fujita, Sumio Tamba

弘前大学

Hirosaki University

キーワード : MMS データ(MMS Data), 不法投棄(illegal dumping), 局所特徴量(local feature),
開度(opening degree), 点群データ(point group data)

連絡先 : 〒 036-8561 青森県弘前市文京町 3 弘前大学 大学院理工学研究科
丹波澄雄 Tel:0172-39-3725

1. はじめに

不法投棄とは廃棄物処理法に違反して、同法に定められた処分場以外に廃棄物を投棄することである。不法投棄が行われることによって、不法投棄の調査と撤去にかかる費用に関する金銭問題、地域に生息している生物や環境への悪影響等の環境問題が懸念される。不法投棄の調査範囲を絞ることができれば、調査費用が軽減され、また、不法投棄も早期に発見することが可能であり、早期発見により、生物や環境への被害を最小限に抑えることも可能となる。

我々は十数年にわたり不法投棄予測に関する研究を行ってきた。不法投棄物は自家用車や軽トラック等の車両を用いて運搬されることが予想される。したがって、車両の移動距離や、道路の幅員等を不法投棄に係る特徴量とすることで統計的な予測が可能と考えられる。インターネット等において提供されているオープンな GIS データから特徴量を算出し、これを用いて不法投棄地域予測マップの作成、精度向上を図ってきた。しかし、不法投棄地点には道路の局所的な状況と関連が高いものがあるため、精度を向上させるためには既存のデータでは得ることができない新たな道路特徴量が必要であると考えられていた。このような局所特徴量は不法投棄を行う人間が抱く不法投棄行為を見られたくない、不法投棄行為を短時間で終わらせたいという人間心理と関連が強いと考えられる。そこで、本研究ではこのような心理に関連が高いと考えられる特徴量を数値化できないか考えた。また、不法投棄は車を停車させて行うはずである。安全に停車させる事のできる場所は比較的なだらかな場所であり、駐車スペースがあればなお良いと考えられる。さらに、駐車し作業している様子が遠くからは見えないことも安心感が得られるので重要であろう。そこで、本研究では道路

の勾配と視界の解放具合を特徴量として数値化することを試みた。これらの関係を調査するために、株式会社興和様より提供を受けた不法投棄道路の 3D 地上スキャンデータ (Mobile Mapping System データ) を基に、新たに道路の局所特徴量を算出する。今回、車の長さを約 5m と考えて、点群データを 5m ごとに分割し、その分割した点群データをもとに局所特徴量を算出した。

2. 使用したデータの概要

不法投棄は山林地域、河川地域、海岸地域、水田地域、市街地域などどこでも発生しているが、山林地域の不法投棄ゴミは見つけ難く撤去も容易ではない場合が多い。そこで我々は対象地域を山林地域とし、解析を行った。

これまでに不法投棄地点データの提供を受けている自治体は、弘前市、平川市、黒石市、大鰐町、西目屋村、青森市(旧浪岡町)である。今回使用した 3D データは、図 1 に黒線で示されている弘前市周辺の山林地域付近で不法投棄が比較的多く見られた 4 本の道路 (石川(A)、大鰐町(B)、子供の森付近(C)、岩木山(D)) の MMS データである。計測した道路は図 1 中に黒線で示されている。図の左上は岩木山(D 付近)であり、図の下は白神山地の東側(C 付近)である。

今回利用した 3D 計測データは 2017 年 5~7 月に計測されたものであり、株式会社興和様より提供を受けたものである。Mobile Mapping System (MMS) データとは車両に GPS と二次元レーザスキャナ、カメラを搭載し、移動しながら三次元位置情報を取得するモバイルマッピングシステムによって得られるデータである。

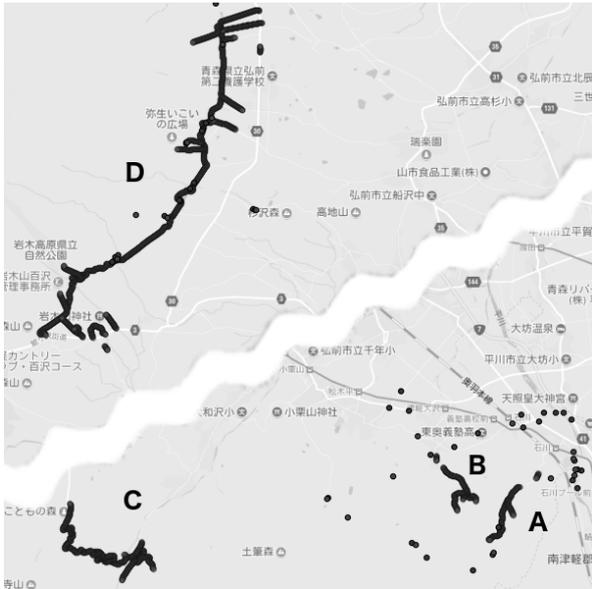


図1 MMSデータの計測地点(黒線)と不法投棄地点(赤点)

表1はMMSデータのデータセットごとの場所と不法投棄地点数の対応表である。

表1 データセットごとの場所と実際の不法投棄地点数

データセットZD	場所	不法投棄地点数	データ点数	データサイズ
DS1	A	5	1.67億	9.1GB
DS2	B	0	1.74億	9.52GB
DS3	C	21	5.14億	28.06GB
DS4	D	105	6.93億	37.9GB
DS5	D	46	3.16億	17.31GB
DS6	D	0	2.63億	14.37GB

3. データ処理の概要

3-1. 座標系の変換

提供を受けたデータは3Dスキャナによる計測データとGPSによる位置情報である。3Dスキャナによる計測データはLAS形式の点群データであり、GPSによる走行軌跡データは緯度経度情報を持ったCSV形式である。

LAS形式のファイルそのまま扱うのは困難であったため、まず初めにLAS形式の点群データをlibLASというライブラリを用いて各点X、Y、Z、I、R、G、Bの情報を持ったCSV形式のデータに変換した。ここで、X、Y、Zは三次元空間の座標を、Iはレーザ光線の反射強度を、またR、G、Bは赤緑青の各色の反射強度を意味する。変換したX、Yの座標系は平面直角座標系の10系となっている。

次に、MMSデータからだけでは道路の位置を把握することは困難であるため、走行軌跡データから移動した路の位置情報を取得する。走行軌跡データの座標形式は緯度経度の位置情報である。この緯度経度の座標情報を平面直角座標系の10系に変換することで、MMSデータと走行軌跡データを二次元XY平面上で同じ座標系で扱うことを可能にした。

3-2. データの分割

道路の局所特徴量を考えるとき、不法投棄物の輸送には車両を用いると仮定するので、局所特徴量を車の車長(約5m)程度毎に求めることにする。これは次の2つのStepで実施される。

Step1: MMSデータの5mごとへの分割

まず、5m毎の走行軌跡データを出力する。走行軌跡データの平面直角座標系2点間の距離を求める計算式は以下の式である^[1]。

$$S = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{m_0 \left\{ 1 + \frac{1}{6R_0^2 m_0^2} (y_1^2 + y_1 y_2 + y_2^2) \right\}} \dots (1)$$

ここで、

S : 測地線長

x_1, y_1, x_2, y_2 : 点1, 2の座標

R_0 : 平均曲率半径

m_0 : 座標系の原点における縮尺係数(0.9999)である。

ある点を基準点として、測地線長Sが5mを超えた点を探し、次に見つかった点を基準点として次の5m超えの点を探し、以上の方法で見つけられた5mごとの位置を区切り点と呼ぶことにする。

Step2: MMSデータの分割処理

次に点群データを5mごとに切り出す処理を行う。あるN番目の区切り点からN+1番目の区切り点までを結ぶ線分NN+1と、N+1番目の区切り点からN+2番目の区切り点までを結ぶ線分N+1N+2を考える。線分NN+1のN点を通る法面と、線分N+1N+2のN+1点を通る面が定義できる。この2つの法面の内側に存在する点群データをN番目のデータセットとする。このデータセットは5mごとの区間のデータを含むことになる。

点群データの内包判定は、ある点をPとしたときに

$$\angle APB + \angle BPC + \angle CPD + \angle APD = 360^\circ$$

である場合を内包と判定するアルゴリズムを採用した。ここで、A、BはN番目の区切り点を含む法面とX=0の平面の交線上の点であり、C、DはN+1番目の区切り点を含む法面とX=0の平面の交線上の点である。

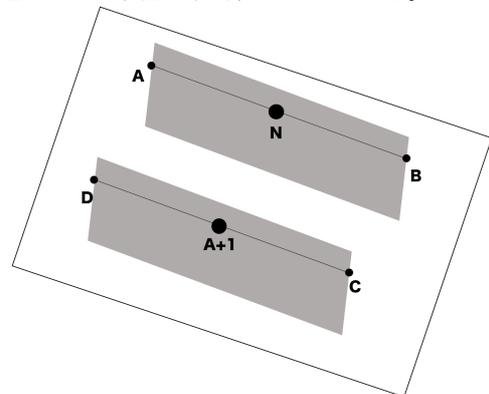


図2 内包判定

4. 特徴抽出処理の概要

道路の勾配に関しては、5mごとの標高である N 番目の区切り点の標高と N+1番目の区切り点の標高の差から勾配の大きさを求めた。

開度(視界の解放具合)は、初めに5mごとに区切って作成したデータセットから道路に垂直な画像(yz 平面画像)を作成する。次に地面の z 座標の最小値から約1mの地点を基準点とし、放射状に1度ずつ180度方向へ衝突する点があるかどうか調べる。衝突しなかった線の数の合計を開度として定義した。図3の白色領域は探索中に衝突がなかった部分を意味している。白色領域が画像の端まで連続していれば衝突する物体が存在しなかった、すなわち「開けている」ことを意味する。図3の場合であれば開度は0度と計算される。開度が低ければ低いほど木が生い茂っており見晴らしが悪く、開度が高いほどその道路の周りには何もなく見晴らしが良いということになる。

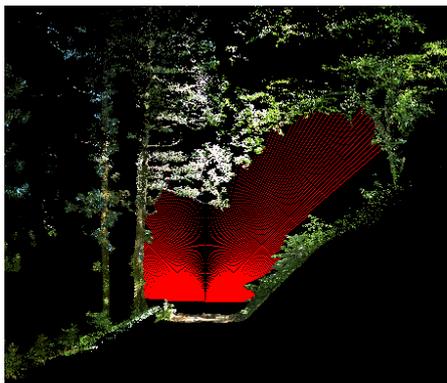


図3 開放具合の処理画像

5. 結果

5m 毎に区切ったデータセットに区間番号を振り、開度と勾配を局所特徴量として算出した。

図 4、5、6、7 は図 1 にある MMS データを取得した地点の中で不法投棄地点が含まれている箇所ごとの開度と区間番号のデータである。

図の黒点は、実際に不法投棄が行われた不法投棄道路の地点である。図 8、9、10、11 も同様に、各地点での勾配と区間番号のデータである。

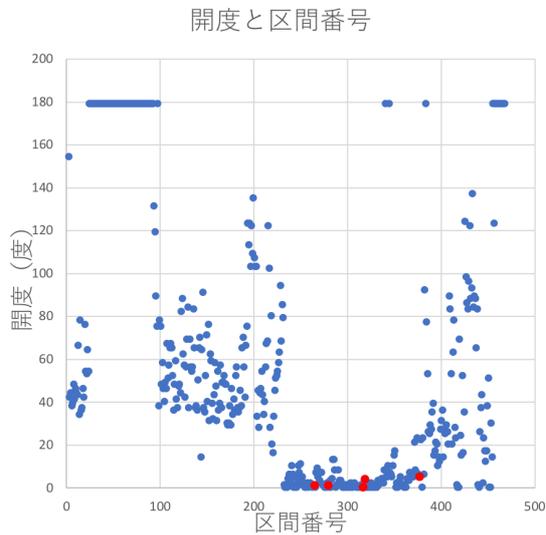


図4 開度と区間番号(データセット1)

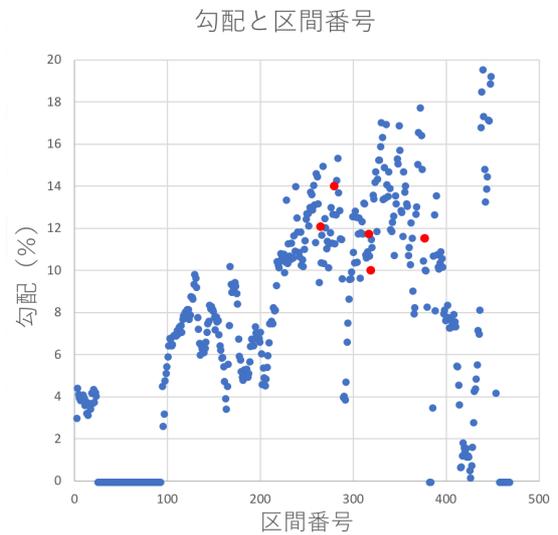


図 8 勾配と区間番号(データセット1)

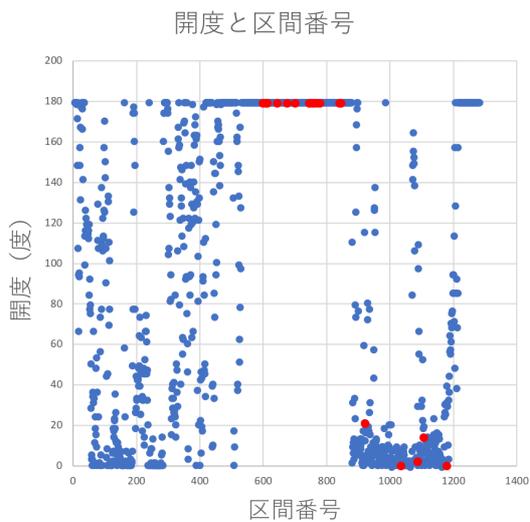


図 5 開度と区間番号(データセット3)

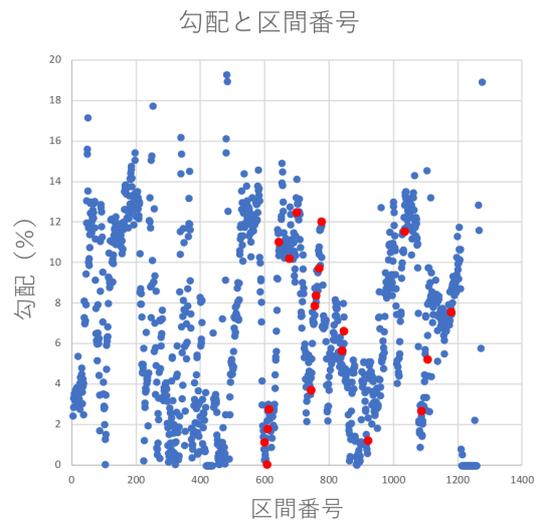


図 9 勾配と区間番号(データセット3)

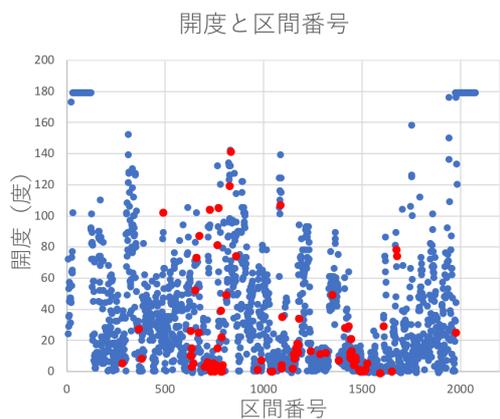


図 6 開度と区間番号(データセット4)

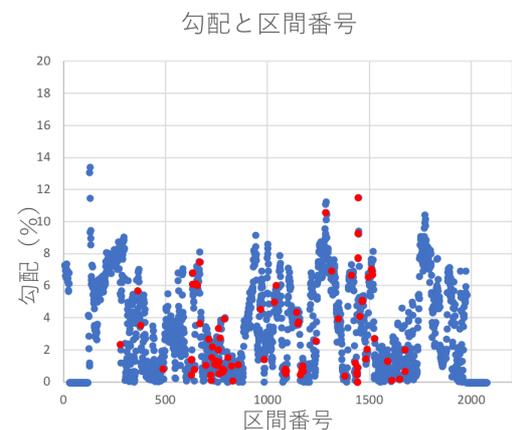


図 10 勾配と区間番号(データセット4)

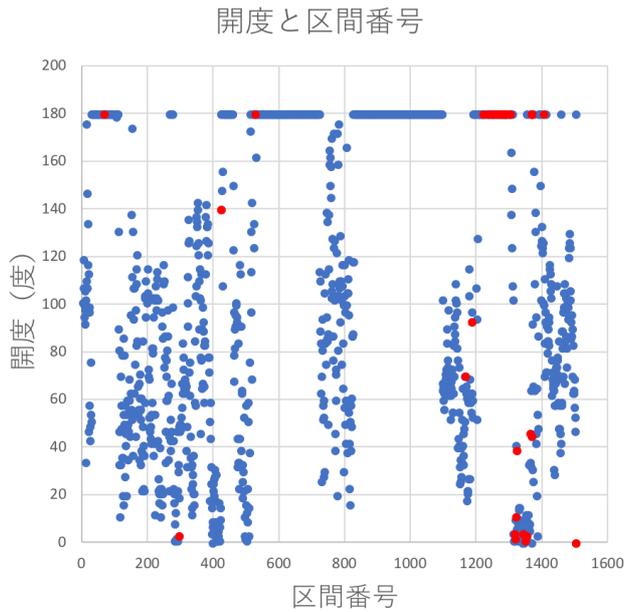


図 7 開度と区間番号(データセット5)

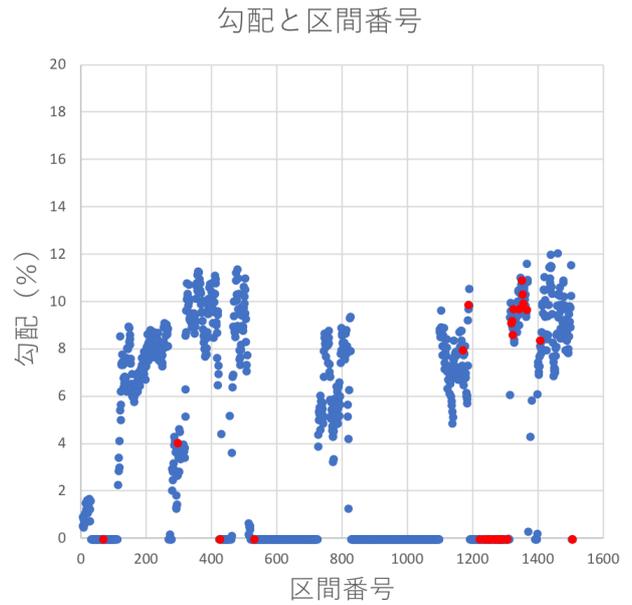


図 11 勾配と区間番号(データセット5)

6. 考察

右の図 12、13は DS1、3、4、5 の全データと、DS1、3、4、5 の不法投棄地点の開度と勾配に関するヒストグラムである。図 12 の開度 9、19 での割合に注目すると不法投棄地点(オレンジのデータ)の割合のほうが多くなっていることがわかる。このことより不法投棄は比較的に開度の低い見通しの悪い地点で行われているということがわかる。しかし、図 13 の勾配に関するヒストグラムでは割合に大きな差は見られなかった。

図 14 は不法投棄地点の開度と勾配の 2 次元散布図である。不法投棄地点のみのデータから求められる平均値は開度が約 20 度、勾配が約 2.7%となっていた。平均以下の割合は開度が約 72%、勾配が約 57%となった。また、開度と勾配どちらも平均値以下であった割合は約 37%であった。

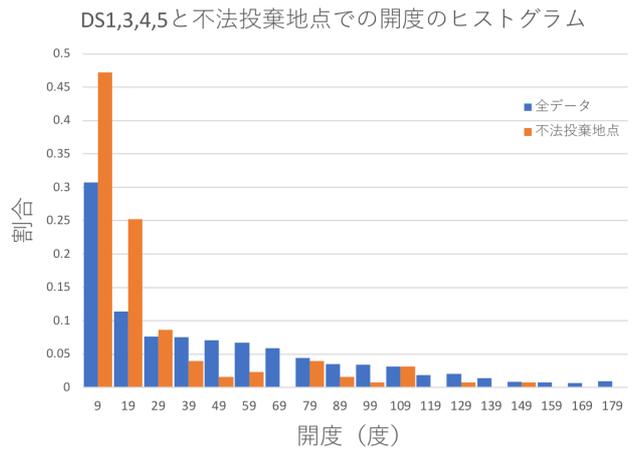


図12 DS1、3、4、5の開度に関する全データと不法投棄地点のヒストグラム

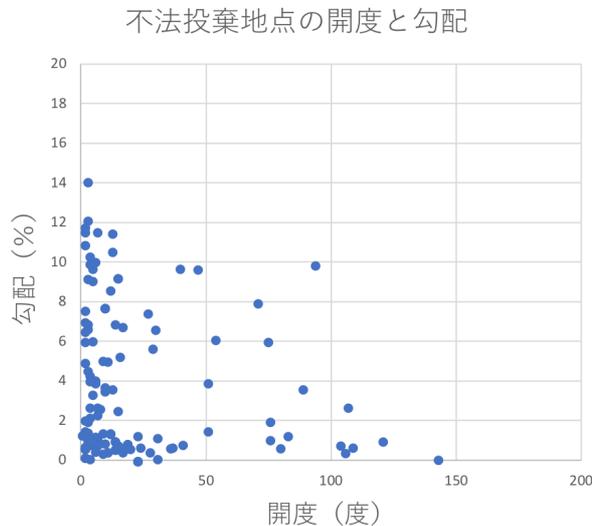


図 14 不法投棄地点の開度の勾配の2次元散布図

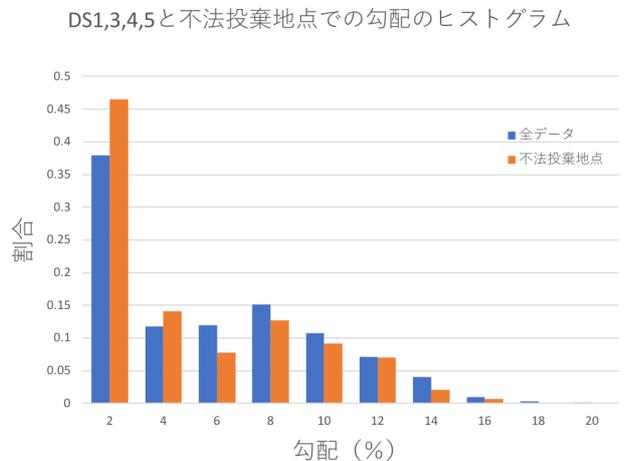


図13 DS1、3、4、5の勾配に関する全データと不法投棄地点のヒストグラム

7. まとめ

従来の研究では、公開されている GIS データから取得できる道路特徴量のみを用いて不法投棄予測図の作成を行っていた。しかし、特徴が限定的であり、より効果的な特徴量の検討が必要とされていた。

本研究では、提供を受けた不法投棄道路の MMS データを用いて、以前の研究より必要とされてきた、新たな道路特徴量を算出した。これにより、フリーで入手できる GIS データとして存在しない道路情報を扱うことが可能となった。結果として、MMS データより勾配と開度2つの局所特徴量を算出した。したがって、本研究の目的である局所特徴量の算出は達成できたとと言える。

今回の結果より、開度に関しては、開度が低いところに不法投棄地点が多く存在するため、ある程度開度が高いところは不法投棄予測地点から外すことができると言える。また、勾配に関しては、勾配の値だけで不法投棄地点が多くなる傾向が現れなかったため、その地域の地形との関連性を考えていく必要があると考えられる。

8. 今後の課題

今回 2 種類の特徴量しか出すことができなかったが、MMS データから出せる他の特徴量を出せないか考える必要がある。例として、ガードレールの有無や道路横の斜面の角度、などがあげられる。

そして、今回使用した MMS データの撮影時期が夏であるため、落葉などが原因で、秋や冬になると夏とは違う特徴量が得られると考えている。そのため、季節の要因も考える必要があると考えられる。

また、インターネット上から入手できる GIS データから取得した特徴量と、今回解析を行い算出した局所特徴量を組み合わせて統計解析を行い、不法投棄予測図を作成してみて、どの程度精度が向上するか検証する必要がある。

今回使用した MMS データはそのデータの性質上、青森県の対象地域すべてのデータを取得することは不可能である。であるので、衛星画像を使って開度を算出できないか考える必要がある。

参考文献

- [1] 「測量計算サイト 距離と方向角の計算」 <<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/xy2stf.html>>
- [2] 山内良悟, 「GIS データを用いた不法投棄地域予測マップの精度改善に関する研究」, 2015 年度卒業研究発表会予稿集
- [3] 山内良悟, 「道路特徴量に基づいた不法投棄予測図の作成に関する研究」, 2017 年度修士研究発表会予稿集