

都市型内水氾濫に影響を及ぼす周辺地形の特徴について

ツアン イリ*・大佛俊泰**

Characteristics of Morphological Terrains around Urban Inundation Area

Yi Li CHAN*, Toshihiro OSARAGI**

Abstract: Urban inundation has become a new threat of urban disaster due to frequent heavy rainfall by global warming. In this study, Setagaya Ward in Tokyo which is the typical urbanization area in Japan was chosen to discuss relationship between urban inundation and geomorphology. Seven terrains were classified by the cluster analysis based on 50 m DEM of the Geospatial Information Authority of Japan. Urban inundation occurred on all terrains (average occurrence ratio: 1.66%). That ratio was especially high at upper slope and valley bottom plain. Multiple logistic regressions were used to assess the relationships between geomorphology factors and an urban inundation occurrence. A significant difference was found in the upper slope region ($p < 0.05$), and showed that the urban inundation points had unique terrains.

Keywords: 都市型内水氾濫 (urban inundation), 地形分類 (classified terrains), 地理情報システム (GIS)

1. はじめに

2019年10月12～13日の19号台風は、日本各地に甚大な被害をもたらした。長野県を流れる千曲川の氾濫では、長野市が公表していたハザードマップが、実際の浸水被害とほぼ一致した。一方で、福島県いわき市のハザードマップでは、予想されていなかった地域で浸水被害が発生した。これは、比較的研究の進んでいる外水氾濫の予測に対して、都市域における内水氾濫の予測の難しさを示唆しており、地域の特性も加味した新しいハザードマップの作成の必要性を示している。

都市化にともなうゲリラ豪雨の多発や地下空間の複雑化により、従来にはなかった場所での溢水や滞水期間の延長等、都市型内水氾濫が新たな脅威となっており、内水氾濫リスクの情報配信が重要な課題となっている(桑野・米山, 2010)。氾濫リスクの予測は、都市生活者にとって、非常に重要なリスク管理情報と言える。

水害に及ぼす地形要因については、大矢(1993)の水害地形分類図をはじめ多くの研究が報告されているが、氾濫が発生する地形的要因について統計的処理が可能な手法は開発されていない。

本研究では、専門知識を持たない市民でも容易に理解できる地形的情報を提供することを目的に、地理情報の最小単位であるメッシュに地形情報を割り当てることを試みた。さらに、実際の水害記録から水害発生地点における地形的特徴について、統計的記述を試みた。

具体的な分析手続きとしては、まず、典型的な都市化の進んだ地域として東京都世田谷区を対象とし、国土地理院の50m DEMを利用して、クラスター分析による地形分類を行った。つぎに、分類された地形をもとに、実際の水害地点と周辺地形との関係について、ロジスティック回帰分析を行い、水害発生の推定を試みた。さらに、水害発生地点の周辺地形の特徴について分析を行った。

* 正会員 東京工業大学 環境・社会理工学院 (Tokyo Institute of Technology)

〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1 E-mail : chan.y.aa@m.titech.ac.jp

** 正会員 東京工業大学 環境・社会理工学院 (Tokyo Institute of Technology)

2. 世田谷区の内水氾濫と地形

2.1. 50m メッシュ標高データによる地形分類

国土地理院 50m メッシュ標高データ (DEM) を基に地形指標を作成し、統計分析フリーソフト R によるクラスター分析を行って世田谷区の地形を分類した。

具体的には、世田谷区の 50mDEM (23,851 個) を分析対象として、個体間距離には平方ユークリッド法を用いて、クラスター間距離にはウォード法を用いた。雨水流下と台地面の関連性に影響を及ぼす要因として、以下の 5 要因を地形データの指標として作成した (図-1 および図-2)。

- ①隣接メッシュ(3×3)の平均標高：台地面の関連性を強調する指標
- ②ラプラシアンフィルタ(5×5)：周辺地形との相違性を強調する指標
- ③高位置にある隣接メッシュ数：地形の概略的指標
- ④高位置にある隣接メッシュの平均標高差：上流側（山側、尾根側）勾配の指標
- ⑤低位置にある隣接メッシュの平均標高差：下流側（河谷側）勾配の指標

なお、ラプラシアンフィルタについては、3×3～9×9 メッシュの範囲について試行した結果、地形情報と最もよく適合していた 5×5 (250m 四方) を採用することとした。

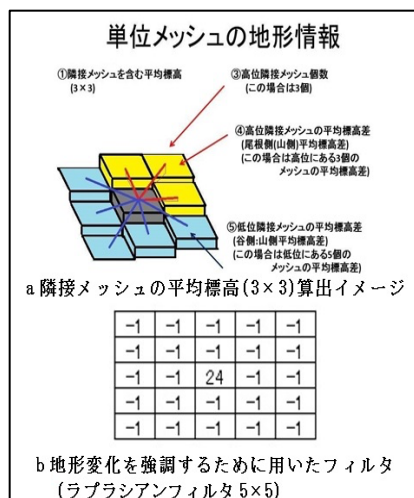


図-1 クラスター分析に用いる 5 要因の地形データ指標の作成方法

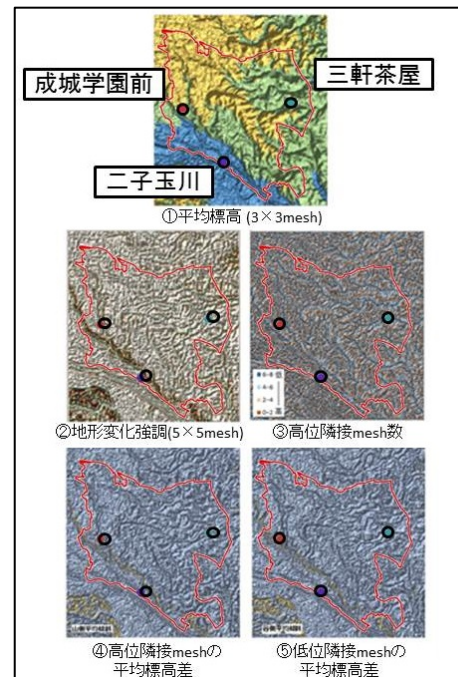


図-2 クラスター分析に用いる 5 要因の地形データ指標によるイメージマップ

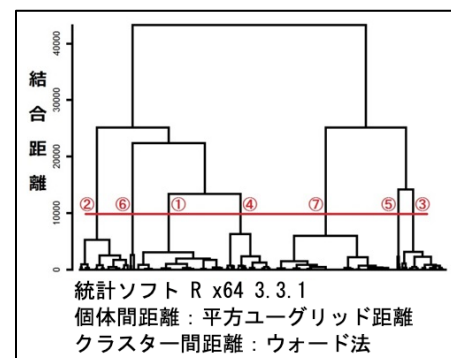


図-3 デンドログラムとクラスター解析

2.2. 地形分類の結果および考察

デンドログラムを図-3 に示す。世田谷区の地形について以下の 7 つの分類を得た。

- ①微凹地：主に、武蔵野台地上の微凹地
- ②微高地：主に、武蔵野台地上の微高地
- ③河谷低地：武蔵野台地開折河谷低地
- ④遷急面：主に、国分寺崖線斜面上部
- ⑤斜面：主に、国分寺崖線斜面中部
- ⑥遷緩面：主に、国分寺崖線斜面下部
- ⑦沖積低地：主に、多摩川氾濫原

以上の分類から得られた世田谷区の地形情報を表-1 および図-4 に示す。

世田谷区の地形は台地上の微凹地と微高地が全体

の 58.4%，河谷低地および沖積低地が 25.1%および崖線部が 16.5%となっている。世田谷区全体の 1.66%の地点で水害が発生している。7 種の地形別に水害発生の頻度をみると、河谷低地が最も多く 2.18%である。次いで、遷急面が 1.91%と多い。

図中の数字記号については後述する。

表-1 世田谷区の地形メッシュ数

地形分類	図中記号	メッシュ数	水害なし	水害あり
微凹地	1	5875	5774 (98.3%)	101 (1.72%)
微高地	2	8052	7919 (98.3%)	133 (1.65%)
河谷低地	3	2939	2875 (97.8%)	64 (2.18%)
遷急面	4	3040	2982 (98.1%)	58 (1.91%)
斜面	5	299	298 (99.7%)	1 (0.33%)
遷緩面	6	350	349 (99.7%)	1 (0.29%)
沖積低地	7	3296	3257 (98.8%)	39 (1.18%)
合 計		23851	23454 (98.3%)	397 (1.66%)

※1メッシュ(50X50m)

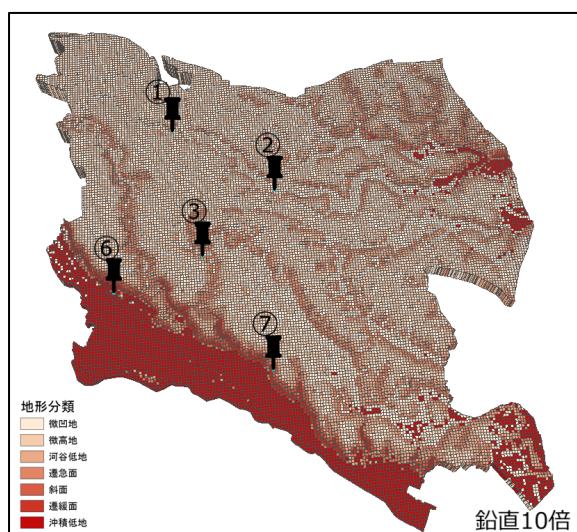


図-4 クラスタ解析による地形分類
(世田谷区：数字記号は表-1 に対応)

3. ロジスティック回帰分析による周辺地形と水害発生地点との関係

周辺地形と水害発生地点との関係を見るために、内水氾濫（参照カテゴリ：あり）を目的変数とし、任意のメッシュにおける周辺地形 7 種類の出現頻度（各メッシュ数）を説明変数として、強制投入法を用いたロジスティック回帰分析を行った。水害記録は世田谷区の水害記録（H 元～H30）を用いた。分析は、内水氾濫が 30 年間で 1 地点しか発生しなかつ

た遷緩面地形および斜面地形を除く、5 地形の各々について行った。その結果、微低地における内水氾濫発生に、周辺地形に占める遷急面地形の多寡（オッズ比 1.42）が有意に関与していることが明らかとなった($p < 0.05$)。

4. 内水氾濫地点における周辺地形の特徴

内水氾濫が発生した地点について地形的特徴を把握するために、中心地形が同一の内水氾濫発生群と発生群を含む世田谷区内同一地形群の周辺地形の差について χ^2 検定を行った（表-2）。その結果、遷急面および斜面地形以外の 5 種類の地形について、有意水準 5%で有意差が認められた。

内水氾濫の特徴的な地点について例を示す。図-4、図-5 の黒いピンは内水氾濫地点のメッシュである。

表-2 世田谷区における内水氾濫地形

地形	χ^2 値	有意水準	5% χ^2 値	自由度
微凹地	17.51	0.007	12.59	6
微高地	20.93	0.000	11.07	5
河谷低地	16.68	0.011	12.59	6
遷急面	7.32	0.292	12.59	6
斜面	2.29	0.891	12.59	6
遷緩面	19.26	0.002	11.07	5
沖積低地	3957.88	0.000	12.59	6

さらに図中では平均的周辺地形との差をみるためのグラフを添付している。内水氾濫が発生する微凹地では周辺地形に遷急面が多く微高地および沖積低地が少ない傾向が認められる（図-4①および図-5）。微高地微凹地では周辺地形に遷急面が多く微高地および沖積低地が少ない傾向が認められた（図-4②および図-6）。河谷低地では周辺地形に微凹地および微高地が多く遷急面および斜面が少ない傾向が認められる（図-4③および図-7）。遷緩面では周辺地形に遷急面および沖積低地が多く遷緩面が少ない傾向が認められた（図-4⑥および図-8）。沖積低地では周辺地形に沖積低地が多い傾向が認められた（図-4⑦および図-9）。

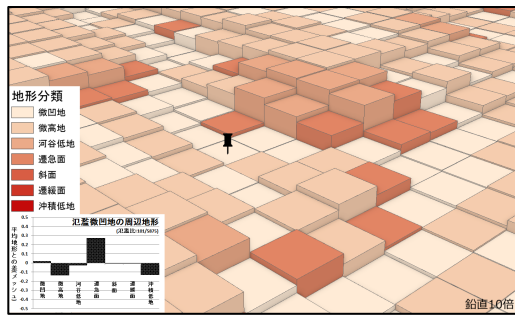


図-5 内水氾濫微凹地における周辺地形の例

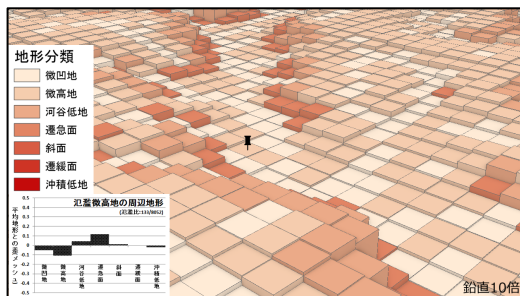


図-6 内水氾濫微高地における周辺地形の例

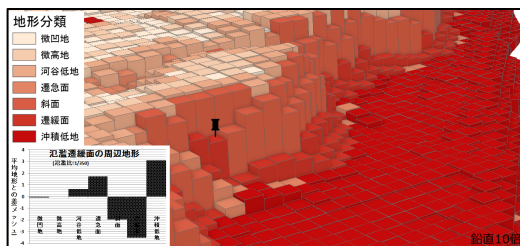


図-7 内水氾濫河谷低地における周辺地形の例

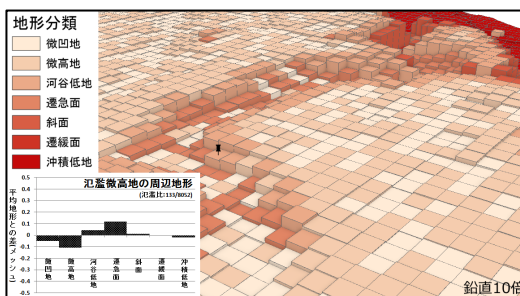


図-8 内水氾濫遷緩面における周辺地形の例

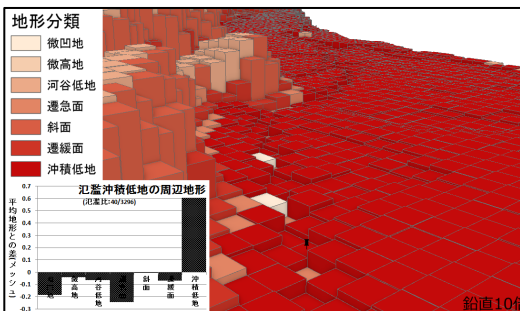


図-9 内水氾濫沖積低地における周辺地形の例

5. まとめ

典型的な都市化の進んだ地域として世田谷区を対象とし、国土地理院の 50m DEM を利用して、クラスター分析によって 7 種類の地形分類を行った。

クラスター分類によって、従来の資料では得る事の出来なかった微高地と微凹地の関連が明らかとなった。従来は、画像の視覚的情報から感覚的に捉えていた地表の様相が、統計的手法を用いて定量化することが可能となった。

本研究においては、ロジスティック回帰分析を用いて地形要因から内水氾濫発生 の推定を試みた。水害発生数が全メッシュに対してわずか 1.66% しかなかったことで、十分に満足のいく解析結果とはならなかったものの、遷急面地形の水害発生に及ぼす要因を明らかにし、内水氾濫研究に新たな視点を与えることができた。

さらに、平均的地形に対する氾濫発生地点の周辺地形について、 χ^2 検定を用いた特異性の検討を試み、定量的分析が可能であることを示した。

実際の水害地点と周辺地形との関係については、水害と浸水は、まったく異なる事象であるという認識が必要である。水害とは、浸水域の中で、家屋等に被害が発生した場合にカウントされる事柄である。本研究における水害発生 の回帰分析は、氾濫発生 の推定を行ったものではなく、洪水被害発生 の推測を行ったものといえる。このため、水害発生 の前段階の分析として、内水氾濫発生 による浸水域等の推測が必要となる。この点については、一連のシミュレーション研究を行っており (ツアン・大佛, 2018), 別稿を設けて報告する予定である。

参考文献

- ツアンイリ, 大佛俊泰, 2018. GIS を用いた内水氾濫ハザードマップのイメージ情報に関する研究, GIS-理論と応用, 26. 2, 1-11.
- 大矢雅彦: アトラス水害地形分類図, 早稲田大学出版部, 1993.
- 桑野靖子, 米山望, 2010. 都市水害の被害想定に関する研究, 河川技術論文集, 16, 501-506.