

都市型内水氾濫と地形との関係について

ツアン イリ・大佛俊泰

Relationship between Urban Inundation and Topography

Yi Li CHAN and 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 topography. Seven terrains were classified by the cluster analysis based on 50m DEM of the Geospatial Information Authority of Japan. Urban inundation occurred on 6 terrains without the middle of slope area, depression area on the plateau, the lower slope area, and the alluvial plain. The urban inundation in the Jakuzure area in Setagaya Ward was simulated under heavy rainfall conditions. It was suggested that not only topographic factor but also drainage function affects the urban inundation.

Keywords: クラスタ分析 (cluster analysis), 地形 (topography), 内水氾濫 (urban inundation), 都市域氾濫解析モデル (NILIM 2.0)

1. はじめに

地球温暖化により、集中豪雨や台風の威力が増大している。さらに、都市化にともなうゲリラ豪雨の発生や雨水浸透率の低下、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いる。近年、生命や財産を守るために必要な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なる。本研究では、専門知識を持たない市民にとって、理解しやすいリスク情報提供を見据えて、周辺地形の情報による氾濫リスク予測の可能性について検討する。

本研究では、まず、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て、国土地理院の 50m メッシュ標高データ (DEM) を利用して、クラスタ分析による地形分類を行い、水害地点における地形特性について考察した。次に、都市域氾濫解析モデルの NILIM2.0 を使用し、世田谷区蛇崩地区を対象として、集中豪雨条件下の内水氾濫シミュレーションを実行し、地形と水害との関係について考察した。

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 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 50m DEM (23,851 個) を基に、個体間距離には平方ユークリッド法を用いて、クラスタ間距離にウォード法を用いた。地形データの指標には、雨水流下と台地面の関連

ツアンイリ 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1

東京工業大学 環境・社会理工学院

建築学系 大佛研究室

E-mail : chan.y.aa@m.titech.ac.jp

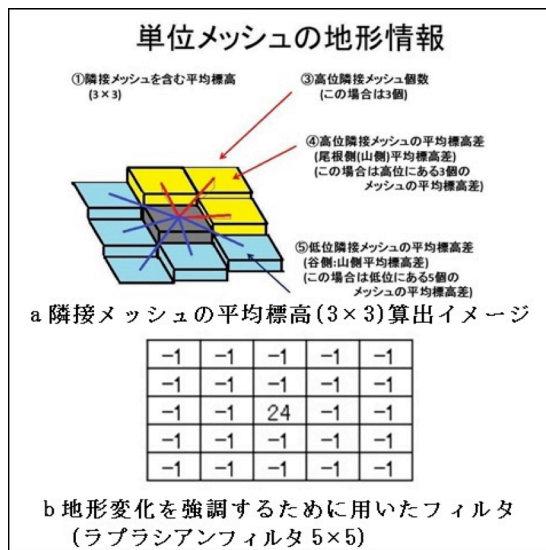


図-1 クラスタ分析に用いる 5 要因の地形データ作成方法

性に影響を及ぼす要因として、以下の 5 要因の指標を作成した（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(250 m 四方)を用いることとした。

2.2 地形分類の結果及び考察

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

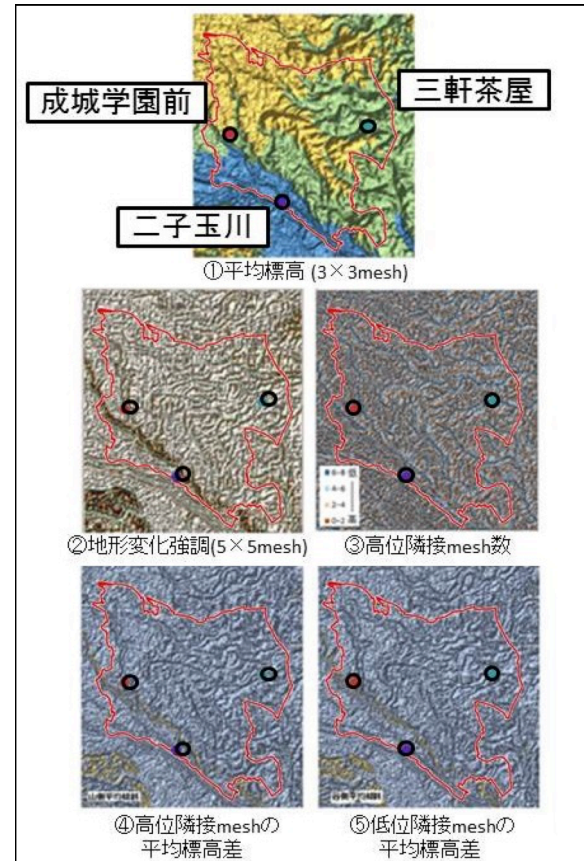


図-2 クラスタ分析に用いる 5 要因の地形指標によるイメージマップ

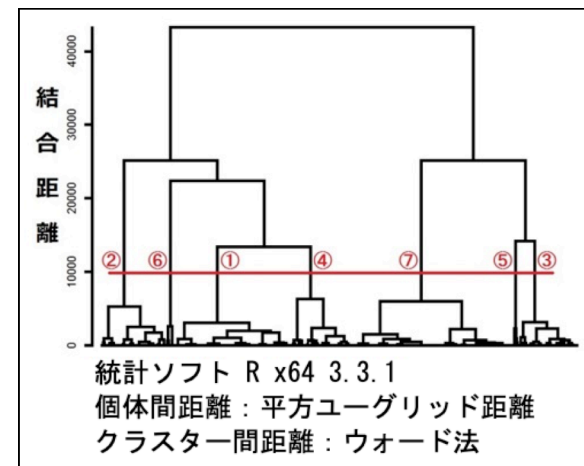


図-3 デンドログラムとクラスター解

- ⑦沖積低地：主に、多摩川氾濫原

世田谷区の平成元年から平成 27 年における水害地点を図-4 に示す。図中の蛇崩地区は、単一雨量観測所管轄内（ボロノイ領域内）に在り、世田谷区内に水源を発し、流域と下水道網の系統区がほぼ一致する地区であり、シミュレーションでの取り扱いが容易であることから蛇崩地区を分析の対象地域とした。台風と集中豪雨水害が混在し

ていることが分かる。

図-4 を南方向から俯瞰した 3D GIS による地形分類マップを図-5 に示す。垂直方向に 20 倍の比率で表示してある。図中の左手前（黄土色）が多摩川氾濫原である。氾濫原から立ち上がっている崖が国分寺崖線である。集中豪雨の水害地点は、国分寺崖線の斜面中部を除いて、残り 6 地形のすべてで発生していることが分かる。水害発生地点を中央として 3×3 メッシュ（150m 四方）の地形起伏についてみたものを図-6 に示す。図中の系列は水害発生地点（中央メッシュ）の地形ごとに、上から、微凹地、微高地、河谷低地、遷急面、斜面、遷緩面および沖積低地を示した。横軸は平均メッシュ数（0～8 メッシュ）で、隣接メッシュについても左から順に、系列と同様に並んでいる。

台地上の水害地点について、微凹地の水害（隣接微凹地の平均メッシュ数 4.4）も微高地の水害（隣接微凹地の平均メッシュ数 4.2）も隣接地形に微凹地が連続している周辺地形の特徴を持っている。河谷低地の水害地点では、河谷低地が連続している特徴を持っている（隣接河谷低地の平均メッシュ数 3.1）。崖線地形については、斜面上部（遷急面の平均メッシュ数 4.0）と斜面下部（遷緩面の平均メッシュ数 3.3）に水害が発生し、同一地形が連続している場所に水害が発生する特徴を持っている。沖積低地については、沖積低地の平均メッシュ数が 6.7 で、氾濫原内での水害発生が多いという特徴を持っている。

水害と地形の関係について、ロジスティック回帰分析を行ったところ、微凹地、遷急面および沖積低地において、隣接地形の影響が示唆された（ $p<0.001\sim0.05$ ）。

3. 蛇崩地区の内水氾濫シミュレーション

3.1 都市域氾濫解析モデル NILIM2.0 によるシミュレーション

都市域氾濫解析モデルの NILIM2.0（国土交通省，2015）を使用して、世田谷区蛇崩地区を対象

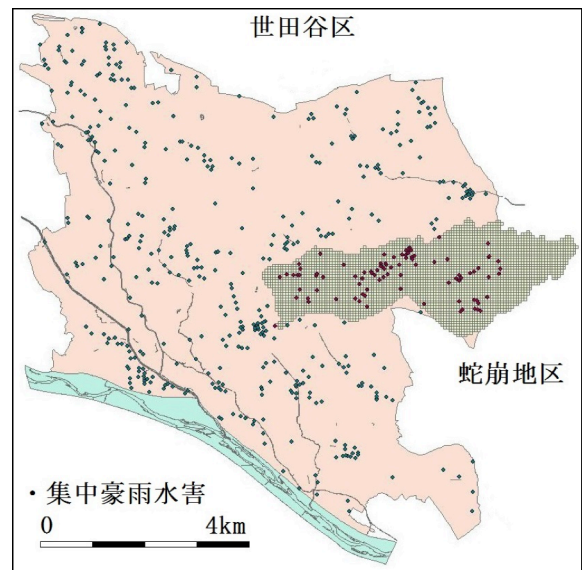


図-4 世田谷区水害地点(H1～H27)

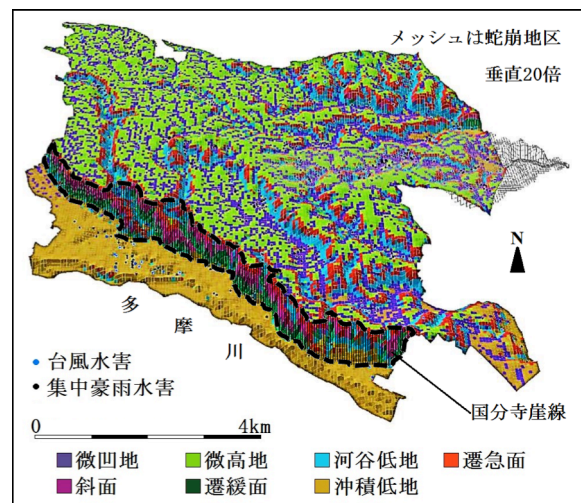


図-5 世田谷区地形分類と水害地点 (H1～H27)

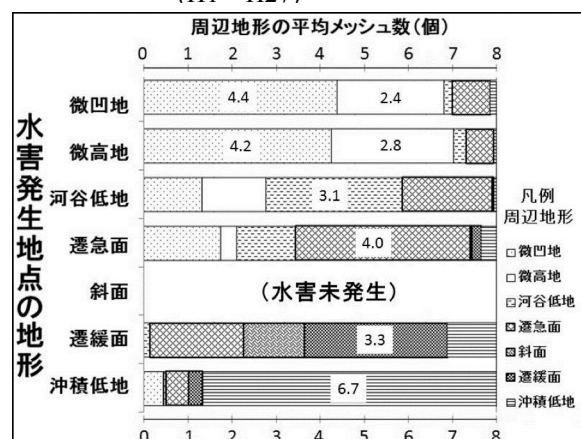


図-6 世田谷区における水害と地形の関係

に、4 種類の集中豪雨条件下で内水氾濫シミュレーションを行った（ツアン・大佛，2018）。

3.2 シミュレーションの方法

表-1 NILIM 2.0 のパラメータ諸元

項 目	パラメータ	項 目	パラメータ
地表面集水区分	集水域指定	排水区別計画降水量(mm/h)	50
排水区数(区)	1	人孔損失係数	0
人孔数(個)	6436	緩和係数	0.9
管路数(本)	6431	収束許容誤差	0.005
単位当たりの基底流量(m ²)	0.01	波速(m/s)	20
集水域なしの基底流量(m ²)	0.0065	解析時管路内分割数	5
浸透能(mm/h)	10	マルチフィルタ	0

NILIM2.0 に東京都下水道局の下水道データを用いて、集中豪雨 4 条件（世田谷条件：1 時間最大雨量 42 mm および総雨量 80 mm、砧条件：85 mm/時間、160 mm 総雨量、東京前期集中条件：52 mm/時間、175 mm 総雨量、東京中期集中条件：85 mm/時間、238 mm 総雨量）のシミュレーションを行った。使用したパラメータ諸元を表-1 に示す。人孔への集水モデルには、集水面積を与え流出計算を行う Kinematic Wave 法を用いた。蛇崩川流域の地表流モデルは 50m×50m の 3,123 メッシュに分割した。シミュレーションに用いた人孔数は 6,431 個および管路数は 6,436 路である。

3.3 シミュレーション結果及び考察

図-7 に 4 条件中最も強い降雨強度の砧条件における、内水シミュレーションの結果を示す。蛇崩旧河道は流域のほぼ中央を西から東（図中の左から右）へ流れている。現在は、同地区下水道の主要排水幹線となっており、図中では赤色の暗渠で表示されている。図から明らかとなおり、氾濫は旧河道（中央の主幹線）以外の支流部でも発生し、上流部から下流部にかけて、随所で発生している。また、長期滞水地点については、図中の赤い「○」で示している。地形分析で明らかになったとおり、

水害は低地が連続する地形で発生している。

蛇崩地区は旧河川が、支流も含めて、全て暗渠化し、地域の下水道幹線の役目を果たしている。低地が連続する地域の地下には、概ね、主要幹線が設置されており、河川の暗渠化が進んだ地域では、被覆部分が周辺からみて微低地となり、潜在的な溢水リスクが高くなっているものと考えられる（中村・沖，2009）。また、国分寺崖線付近の斜面地形や多摩川氾濫原の沖積低地地形における水害についても、地形に加え、下水道機能に関する情報が必要であると考えられる。

4. おわりに

世田谷区における内水氾濫は、暗渠化された旧河道上にある微凹地周辺で発生し、氾濫発生の有無は、地下における下水道の排水機能が関与していることを示した。斜面地形や沖積低地の氾濫についても、同様の可能性を示した。

地球温暖化の影響により、今後、降水強度が増大することが予想される。周辺地形や排水機能の変化について監視する必要があると考えられる。

参考文献

- 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。
 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。
 国土交通省国土技術政策総合研究所水害研究室(2015)NILIM2.0 都市域氾濫解析モデルマニュアル<<http://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhp/seika.files/nilim/index.html>> [2019.08.28 確認]。
 中村晋一郎，沖大幹，2009. 36 答申における都市河川廃止までの経緯とその思想，水工学論文集，53，565-570。

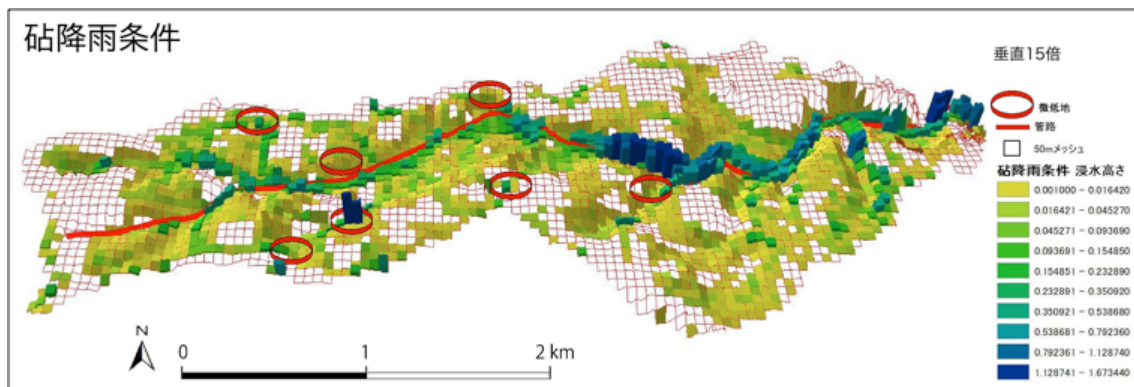


図-7 3D GIS による最大湛水深と下水道主幹路にかかる負荷状況および長期滞水地域