

過去の土地利用に見る 近代治水以前の水害リスクマネジメント

天谷友哉¹・平野勝也²

¹学生会員 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 博士課程前期2年
(〒980-8572 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉468-1, E-mail:tomoya.amagai.p8@dc.tohoku.ac.jp)

²正会員 博士(工学) 東北大学 災害科学国際研究所 准教授
(〒980-8572 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉468-1, E-mail:hirano@tohoku.ac.jp)

洪水をダムや堤防によって閉じ込める、河道内を主体とする従来の洪水対策から氾濫域まで含めた流域スケールで総合的に対応する「流域治水」が動き出しつつある。過去の土地利用は水害リスクに応じた土地利用を構築していたことから、近年進歩が著しい洪水氾濫シミュレーションを活用して、水害リスクマネジメントのあり方を定量的に把握することは、今後の治水対策を講じていく上で重要な知見と言える。本論文は土地利用のうち宅地だけに絞り、集落立地の水害への曝露を定量的に検証した。その結果、上流から下流に至るにつれて、水害への曝露は増加するものの、ほとんどの集落で共通して大規模な降雨に対して床上浸水が起こらない防災上有利な立地選択がなされていた。

キーワード: 洪水氾濫シミュレーション, 土地利用, 水害リスクマネジメント

1. はじめに

(1) 背景

近年、日本各地で既往最大規模の洪水と深刻な水害が頻発している。さらに、人口減少・少子高齢化の進行によって、公共事業費の減少やインフラの維持管理による負担の増加など、治水事業の置かれる状況は深刻さを増している。こうした状況を受け、2021年4月28日に「流域治水関連法」が国会で成立し、流域治水が法的裏付けを持って動き出した。これは洪水をダムや堤防により河川の中に閉じ込める近代の洪水対策から、超過洪水に対して氾濫域まで洪水が広がることを許容する、流域スケールでの総合的な洪水対策への根本的な転換を意味する。洪水を許容し水害を減らすという流域治水の考え方は、治水技術が乏しかったために河道と氾濫原まで一体的に捉えた近代治水以前の洪水対策と類似した側面を有する。そのため、水害に対する先人の技術や知恵を検証することは今後の治水への重要なヒントとなるだろう。石川¹⁾は近世に行われた主要な治水事業の効果を、数値シミュレーションを用いて定量的に検証し、事例に共通した治水戦略を明らかにした。

他方、本研究で着目する過去の土地利用のあり方もまた注目すべき教訓である。なぜなら、農耕文化の到来によって定住集落が水田耕作の便の良い沖積平野に展開し

て以降、先人たちは水害リスクに応じた土地利用を構築することによって利水と治水の折り合いをつけていたからである。現在のほとんどの都市が過去の集落を核として拡大してきたことを考えると、過去の土地利用から水害リスクマネジメントのあり方を定量的に把握することは今後土地利用まで含めた治水対策を講じていく上で重要である。さらに、内藤²⁾が提起した「防災景観論」が示唆するように、水との付き合い方が最も緊結の課題であった農村において、その典型的な景観を形成する主な要因が水害であることは明らかであり、土地利用別の水害リスクの分担のあり方を定量的に把握することは、日本固有の景観への展開性を有する。

しかし、過去の土地利用が備える防災機能については定性的な議論に留まっており、一般的な傾向を定量的に把握した研究は未だ行われていない。

(3) 研究の目的・枠組み

したがって本研究は、洪水氾濫シミュレーションを用いて、過去の土地利用の浸水状況を定量的に把握することで、過去の水害リスクマネジメントのあり方を明らかにすることを目的とする。

なお、本論文は七北田川水系を対象に、土地利用を宅地だけに絞り、集落立地の水害への低い曝露を検証する予備解析であることに留意されたい。

具体的には、再現期間別の降雨情報を入力とした氾濫解析を行うことで、何年規模の降雨によってどの程度浸水したかを算出する。そして、流域全体の集落立地の一般的な傾向、または集落別の差異などを、浸水した再現期間を指標として検証していく。

2. 解析方法

(1) 洪水氾濫シミュレーションのモデル概要

本研究では、洪水氾濫シミュレーションとして RRI モデル³⁾を用いた。RRI モデルは、オープンソースで国立研究開発法人土木研究所 ICHARM によって開発・公開されている。降雨情報を入力として、流域スケールで流出から氾濫までを一体的に解析できるモデルであり、内水・外水同時氾濫などより実態に近い氾濫解析が可能である。特定の降雨から流域スケールでの集落立地の傾向や集落ごとの差異を明らかにする本研究において、RRI モデルのもつ特長は手法として有用である。

(2) 対象流域

流域内で集落数がある程度確保でき、広い流域によって計算負荷が大きくなりすぎないことを考慮して、2級水系の七北田川水系(図-1)を選定した。

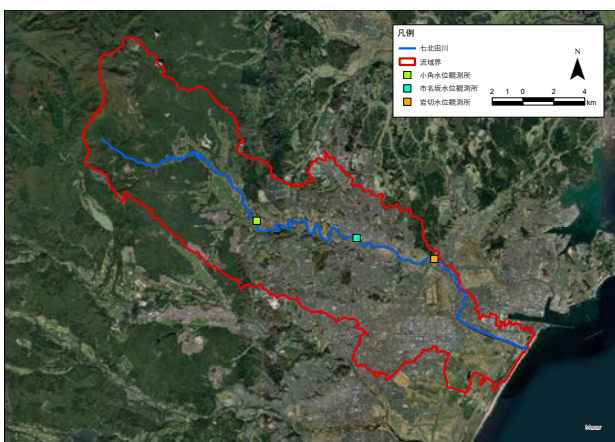


図-1 七北田川流域図

(3) 入力データ

解析を実施するにあたり入力した降雨情報は、実際の河川計画の手法に倣い、図-2に示すH6年洪水時のハイトグラフを各再現期間に対応する雨量に合うよう一律に引き伸ばして作成した。各再現期間の雨量は、実際の七北田川河川整備基本方針における基本高水設定で用いられている年最大24時間雨量66年分を、国土技術センターが開発した「水文統計ユーティリティ」上で、適切な確率分布関数を当てはめることで算出した。具体的な数値は表-1に示す通りである。H6年洪水時のハイトグラフ

と年最大24時間雨量66年分は宮城県河川課より提供いただいた。

RRIモデルでは標高、流積、流向データを入力する。本研究で扱う過去の集落は小規模な場合が多いため、実態に即した浸水深を得るには高解像度の地形データが必要となる。そこで、「日本域表面流向マップ」⁴⁾で提供されている空間解像度1秒(約30m)のデータを、計算負荷を考慮し、2秒にスケールアップして使用した。また、土地利用データは、台風19号の再現性確認時には現在の航空写真から表-2に示す通り5種類に分類し、過去の集落を対象とした氾濫解析では都市化の影響が少ないものとして、田、森林、水域の3種類によって明治20年から明治38年までの地形図を参照しながら作成した。

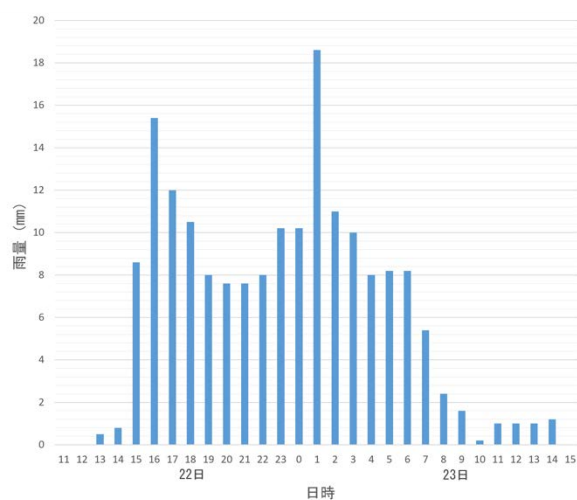


図-2 H.6.9.21洪水型ハイトグラフ

表-1 再現期間別の雨量

再現期間(年)	30	50	80	100	150	200
雨量(mm)	243.7	278	312.1	329.4	362.3	387.1

(4) パラメータの設定

RRIモデルでは土地利用別に異なる側方地中流と鉛直浸透流の設定を行うことができる。土地利用ごとに、既往研究⁵⁾を参考にして表-2に示す通りパラメータを設定した。また、河道形状は矩形断面を仮定し、河道の幅と深さを下記の流域面積の冪乗関数として推定した。その際、上流の河積を過小評価しないように s_w と s_d の和が1を超えないように制限した上で、2019年に宮城県に襲撃した台風19号当時の小角地点、市名坂地点、岩切地点の水位データ⁶⁾を再現できた。 c_w 、 c_d 、 s_w 、 s_d ($c_w = 5.4$ 、 $c_d = 0.93$ 、 $s_w = 0.45$ 、 $s_d = 0.21$)に設定した。また、近代治水以前の治水水準に合わせるため、氾濫解析時の堤防高はゼロに設定した。市名坂地点における水位の再現結果は図-3に示す通りである。

(2) 集落の抽出

集落の抽出にあたって、治水による安全度の異なる集落を扱うことを避けるため、年代を統一する必要がある。そのため、国土地理院から発行されている明治20年から明治38年までにまとまって測量された地形図によって集落の存在を確認しながら、適宜航空写真を用いて住宅の位置を同定した。また、河岸段丘上の集落は浸水する可能性が低いため、沖積平野に立地している集落のうち集村を形成している集落を対象として分析を行った。これは集落ごとの水害への曝露の差異を明確にするためである。対象とした集落の位置は図-4に示す通りである。

表-2 土地利用別パラメータ

	水田	畑地	山地山林	都市	水域
N_slope	1.00	0.40	0.40	0.20	0.10
Soil_dep	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00
Gammaa	0.47	0.47	0.47	0.471	0.471
Ksv	3.56e-7	4.56e-7	0.00	0.00	5.56e-7
Sf	0.27	0.27	0.00	0.00	0.27
Ka	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
Gammam	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
Beta	4.00	4.00	7.00	4.00	4.00

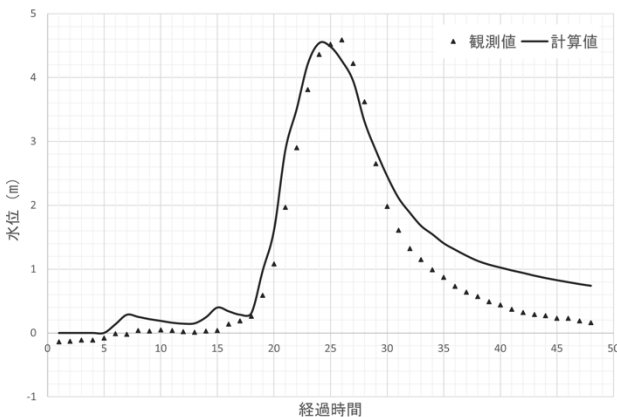


図-3 市名坂地点の再現性

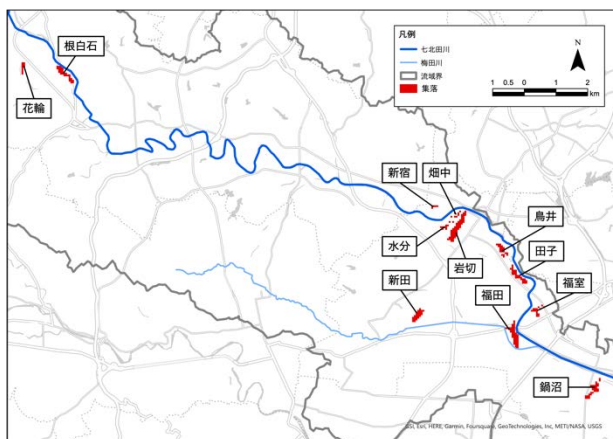


図-4 対象集落の位置

3. 結果と考察

(1) 結果

集落ごとの水害への曝露の差異を明確にするために、RRIモデルの流出・氾濫解析から得られたグリッドベースの浸水深を集落ごとに集計した。次に、平野部へ流れ出る岩切を境界として、岩切を含む上流を「上・中流域」、岩切より下流を「下流域」とし、各集落の浸水深の中央値を代表値として、再現期間と集落別の中央値との関係(図-5,6)を表した。

花輪や新田のように流出過程によるわずかな浸水しか起こらない場合は、浸水深は再現期間に対してほとんど変化しない。つまり、浸水深が急激に上がる線分の間に、集落が氾濫流による浸水が起こり始めた再現期間が存在することを意味する。浸水が起こらなかった上記の2地点を除いて上・中流域では、根白石は100~150の間に、新宿は80~100の間に、畑中は50~80の間に、水分は80~100の間に、岩切は50~80の間に、一方下流域では、鳥井は50~80の間に、田子は30~50の間に、福室は30~50の間に、福田は100~150の間に、鍋沼は30~50の間に、浸水が始まる再現期間が存在することがわかる。また、水害への曝露を判定する基準として、建築基準法で定める一階の床高45cm以上を床上浸水の閾値とすると、田子と福室を除く全ての集落は再現期間100年の降雨でも床上浸水しない場所に立地していることがわかる。

(2) 考察

浸水が起こり始める再現期間は集落ごとに明かな差異が見られた。地形的な特徴との関連として、下流に行くにつれて浸水深及び浸水が始まる再現期間が短期間になっているため、広大な耕作地を求めて、リスクを受容する立地戦略を採っている可能性が考えられる。ただし、本論文では堤防高をゼロとした時の浸水深を算出しているため、下流部の平野への進出は近代以前における堤防整備による安全度の向上も原因として推測されるため、今後状況を精査していく必要がある。

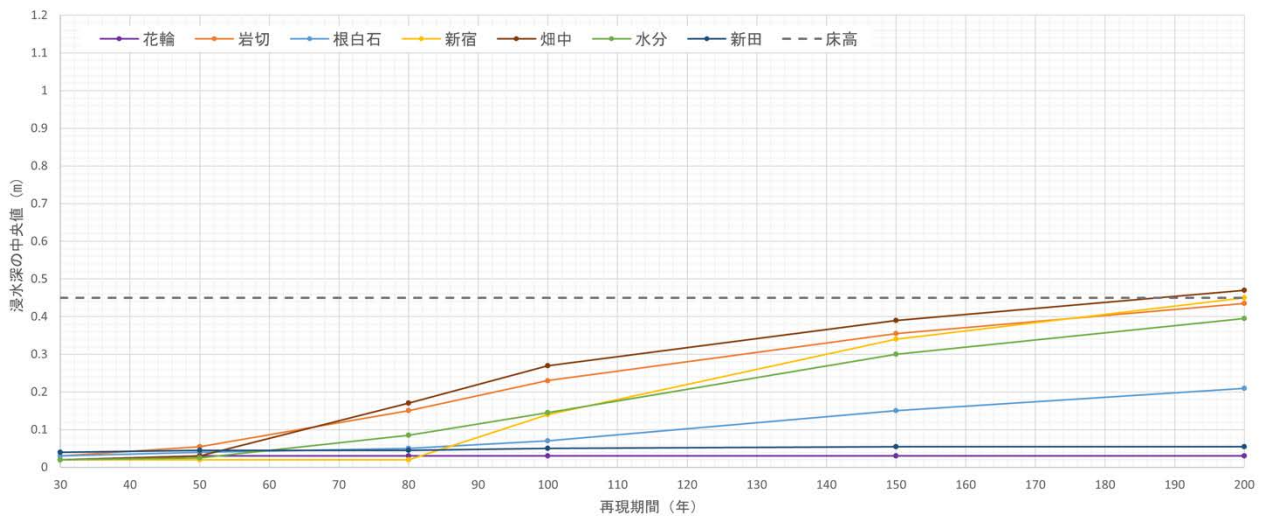


図-5 上・中流域における集落別の浸水深と再現期間の関係

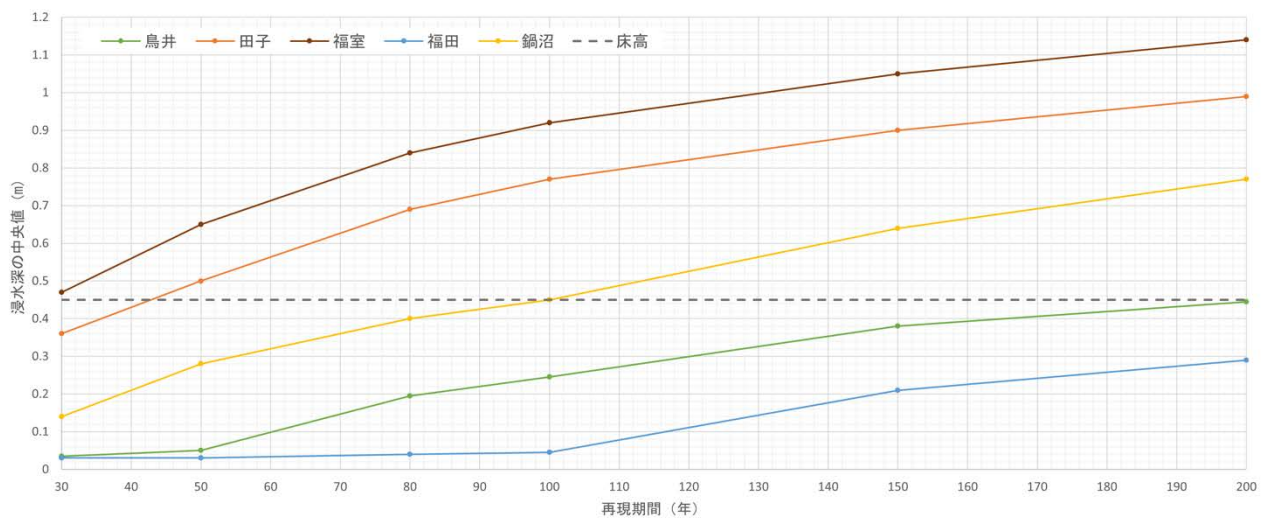


図-6 下流域における集落別の浸水深と再現期間の関係

5. まとめと展望

本論文では、過去の治水リスクマネジメントを明らかにすることを目的に、RRIモデルを用いて、集落立地の水害への曝露を定量的に把握した。その結果、流域内で集落ごとに明かな差異が見られた一方で、水害に対する曝露が低いという共通の傾向が見られた。また、地形的な特徴との関連として、下流にいくにつれて浸水深及び浸水が始まる再現期間が短期間になっているため、リスクを受容する立地戦略を採っている可能性が考えられる。しかしながら、当時の治水による安全度との関係など、その社会的な背景については本論文では扱っておらず、集落の出自と浸水が始まる再現期間との関係を過去の資料をもとに検証していくことは今後の課題である。

参考文献

- 1) 石川忠晴：江戸時代の治水思想が流域治水プロジェクトの計画と実践に与えるヒントについて，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol. 78, No. 6, pp. II509-II521, 2022.
- 2) 内藤廣：環境デザイン講義，王国社，2011.
- 3) 佐山敬洋，岩見洋一：降雨流出氾濫 (RRI) モデルの開発と応用，土木技術資料，Vol. 56, No. 6, pp. 1-4, 2014.
- 4) 山崎大，富樫冨佳，竹島滉，佐山敬洋：日本全域高解像度の表面流向データ整備，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol. 74, No. 5, pp. I163-I168, 2018.
- 5) 大中臨，赤松良久，平田真二，佐山敬洋：令和元年台風第19号による那珂川流域の流出氾濫再現シミュレーション，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol. 76, No. 1, pp. 304-314, 2020.
- 6) 宮城県土木部河川課：宮城県河川流域情報システムの過去観測データ一覧，<https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/kasen/mirai-kakodata-top.html>，最終閲覧日 8月20日。