

ゲームエンジンを用いた水害シミュレーションの提案

武谷龍^{†1} 内藤大喜^{†1} 川合康央^{†1}

概要: 相模川を対象として、3次元地理モデルを用いた豪雨時における河川水害シミュレーションを行った。水害の浸水域の再現について、粒子法及び格子法を用いて、ゲームエンジン Unity 上で実装した。本稿では、主として流体再現の手法構築とその比較を行った。

1. はじめに

相模川は、山梨県山中湖を水源とした神奈川県を流れる一級河川である。山梨県内では桂川と呼ばれており、山中湖から支川を合わせ、山梨県の東部を東側に向かって流れている。神奈川県に入ると相模川と呼ばれ、相模ダム、城山ダムを経て、流路を南側とし、神奈川県中央部を下り、茅ヶ崎市と平塚市を跨いで相模湾に注いでいる。幹川流路延長は113km、流域面積は1,680km²となる。流域の土地利用は、山地等が73%、農地が7%、河川・湖畔が3%、宅地等の市街地が12%となっており、特に下流部の厚木市以南では、人口が密集する市街地に面している。相模川は、上流部は主に発電に利用されおり、また中下流部では農業用水、水道用水等として利用されている。相模川は、急増する人口と産業の発展に伴う水需要の増加に応えるため、これまでも計画的に水資源開発を行ってきており、現在では神奈川県の水人口の約6割の水道水供給を担っている[1]。



図1 相模川河口（画面右岸が茅ヶ崎市）[1]

一方、相模川は、これまでも幾度もの水害に見舞われている。明治期以降の洪水被害としては、1907年の洪水が最大規模の洪水である。本州の南方沖に停滞した2つの台風によって、厚木市を中心とする相模川流域の市街地では、死者・行方不明者4名、家屋全・半壊及び流出367戸、床

上・床下浸水2828戸といった被害を出した。また、近年においては、1982年に被害の大きな洪水が発生している。台風10号によって、平塚市では堤防から洪水があふれ出し、浸水被害が生じている。



図2 1982年8月洪水時の相模川河口 [1]

また、2019年10月には、台風19号により、総降水量が神奈川県箱根で1000mmに達するなど、観測史上最大の記録的な大雨となった。そのため、相模川上流部の城山ダム（相模原市緑区）で、貯水量の限界を超える恐れが強くなったとして、異常洪水時防災操作（緊急放流）を行った。当日は夜間であるが、下流域では大規模な浸水の恐れがあるため、神奈川県から、すぐに命を守る行動をしてください、といった通知がなされた。増加速度が想定より低かったため、大規模な被害には至らなかったが、河川周辺農地への浸水や、接続河川からの浸水などが見られた[2, 3]。

このような水害に対して、神奈川県では洪水ハザードマップを公開している[4]。この県からの情報に基づき、各市町村などの自治体では、各種ハザードマップを作成し、市民に公開している[5]。これら各自治体によるハザードマップは、県が提供するシミュレーション結果に基づいて作成されているが、実際の大規模自然災害時では、東日本大震災時の津波のように、想定域を大きく超えた被害が見られることもある。また、県のシミュレーションは国土レベル

の視点から災害を捉えたものであるが、一方で自治体では、具体的な防災計画、避難計画を策定するにあたり、地域特有の事情による詳細な検討が必要となる。しかし、地方自治体レベルで、大規模なシミュレーションの導入や運用は、コストや技術面から難しいものとなっている。

そこで、本研究では、オープンデータとゲームエンジンを活用し、安価で取り扱いしやすい、自治体での利用が可能な、水害シミュレーションシステムの実装を目指し、その施策を行うこととした。オープンデータとして、国土地理院の基盤地図情報や国土交通省 PLATEAU などを利用することが可能である。今回は、これらオープンデータを元に、ゲームエンジンによってどこまでシミュレーションを行うことができるかについて、ゲームエンジン Unity による洪水時の浸水状況について、粒子法及び格子法を用いてシミュレーションを作成した。

2. 先行事例

自然災害に対するシミュレーションや防災に資する情報の共有システムなどの研究は、これまでも多く行われている。木下ら[6]は、スマートフォンの位置情報と拡張現実を用いて、ハザードマップをもとに使用者の位置がどれだけ浸水するかを直感的に表すシステムを提案している。カメラで映した地点に、開始画面で選択した分だけ水位が上昇する点で、本研究との類似性がある。相違点としては、3次元地図を元にシミュレーションをするか、カメラで映した実空間を元に水位の合成を行うかという点などが挙げられる。また、野島ら[7]は、土砂災害や津波、高潮などの氾濫災害時などのシミュレーションを、仮想現実を用いて行っている。

3. 3次元地理モデルの作成

茅ヶ崎市の3次元地理モデル作成において、国土地理院の基盤地図情報サービス[8]を利用した。作成する場所の数値標高データをダウンロードし、基盤地図情報標高 DEM データ変換ツールを使用して xml 形式のデータを QGIS で利用できる GeoTIFF 形式に変換、そのデータを QGIS で読み込み二次元の地形情報を作成した(図3)。

基盤地図情報の基本項目から、標高データと同じように4つの規格のデータをダウンロードし、QGIS で建物情報だけをインポートする。QGIS 内のプラグインである QGIS2threejs をインストールし、利用することで、3次元地理情報と建物情報を生成し、これらの3次元モデルを blender で利用できる GeoTIFF 形式でエクスポートした(図4)[9]。

茅ヶ崎市全体で一度にシミュレーションを行うと、シミュレーション描画時に大きな処理負荷がかかるため、それ

らを低減するため、河川の一部分を拡大したマップを作成した(図5)。

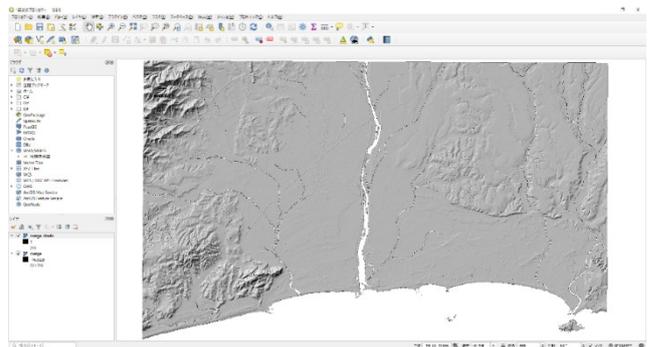


図3 相模川兩岸の市を含む二次元の地形モデル

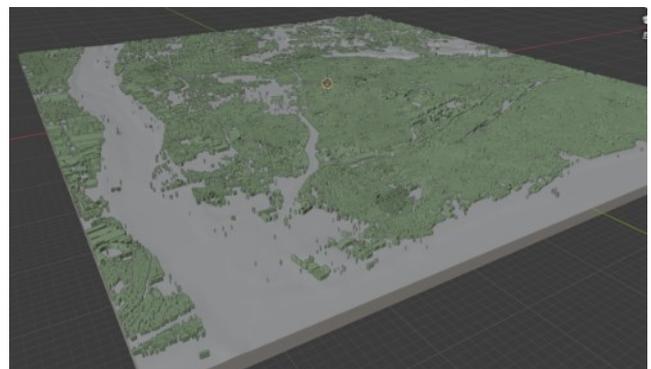


図4 三次元地理情報と建物情報

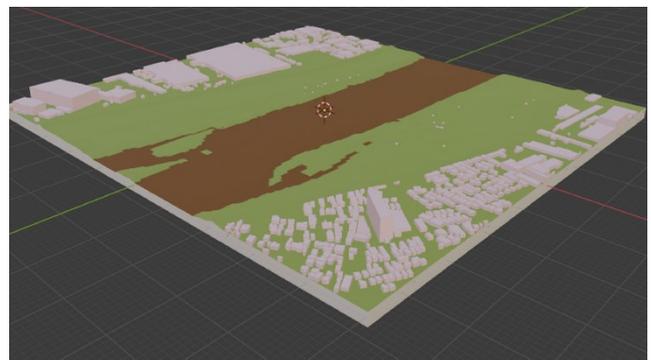


図5 拡大したマップの一例

4. 粒子法について

浸水の再現について、まず粒子法について検討した。粒子法とは、流体シミュレーションとして、粒上のモデルを大量に動かすことで、擬似的に流体の動きを再現する手法である。粒子法での実装は、Unity 用アセットのリアルタイム流体シミュレーションである Zibra Liquids を用いて作成した[10]。

Unity でシミュレーションを実行するにあたり、基盤地図情報から作成した 3D の地形データと建物データに当た

り判定をつける必要があるため、流体に対して当たり判定を設けるスクリプトを付与した。次に、流体シミュレーションを行う範囲を設定し、流体の流入口となるオブジェクトを配置した。これらの設定を完了させ開始ボタンを押下することで、流入口オブジェクトから当たり判定を付与したオブジェクトを避けるように流体が流れ始める（図 6）。

本システムでは、この機能を利用して、茅ヶ崎市内及び水域系である河川の氾濫時の様子を、シミュレーションで表現した。水の流入口から排出される水の量と勢いを調整することで水位の上昇を表現している（図 7）。

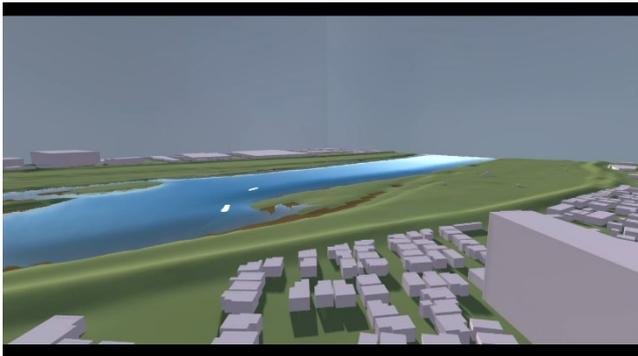


図 6 平常時の相模川

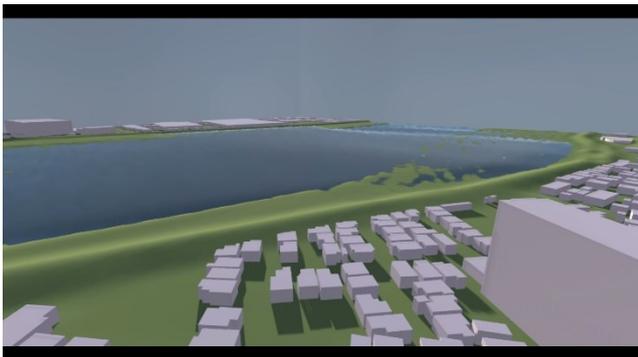


図 7 氾濫時の相模川

5. 格子法について

次に、格子法についての検討を行った。格子法とは、空間を格子状に区切り、その格子毎に液体の動きを再現する手法である。今回のシミュレーションにおける格子法では、3次元の地図データからシミュレーションを行うことが課題となり、なかでも地形の高さ情報を得ることが困難であった。そこで、格子状に区切ったグリッド一つにつき一つのブロックを用意し、全てのブロックを同時に落とすこととした。その落とした時間から、ブロックが地形モデルに衝突した時間までの記録を行うプログラムを作成した。本プログラムにより、相対的に地形の高さの比較を行うことを可能にした（図 8）。本図の直方体は、一塊のオブジェクトではなく、94×76 ブロックの集合体である。

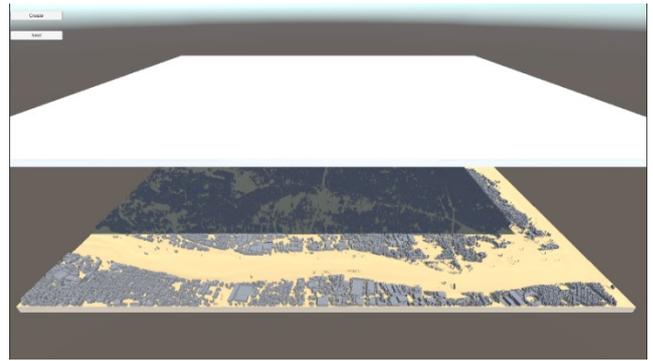


図 8 地形に対してブロックを降下させている様子

シミュレーションでは、格子状に区切った位置にブロックを生成し、ブロックのサイズで水量の変化を表した（図 9）。また、今回シミュレーションに使用するパラメーターは、地形の高さ、容積、排水量、貯水量のパラメーターのみであるが、これらパラメーターの種類を増やすことにより、さらに詳細なシミュレーション結果を得られることが考えられる。



図 9 格子法による水量の変化

6. まとめ

本研究では、洪水などの水害における浸水域のシミュレーションを、ゲームエンジンとオープンデータを利用して、粒子法と格子法による試作を行った。粒子法では、水の流入口から遠ざかるほど、水の勢いが落ちてしまう、当たり判定の範囲のコントロールが限定されるなどの課題が明らかとなった。格子法では、グリッド毎の情報量が足りず、上手く水流変化を再現することができなかった。改善点として、座標を元に情報をデータベースなどから取得し、それを元に演算を行うことが考えられる。両手法を比較すると、粒子法では3次元の地理モデルとアセットを用いることで、可視化に優れたシミュレーションを作成することが可能であった。格子法では、実装の手間はかかるが、正確な水の動きのシミュレーションをすることが可能であると考えられる。また、格子法の場合、3次元のモデルで実装することで視覚的な効果が加わり、2次元の格子法よりも可視化の効果が加わり、よりわかりやすいシミュレーションを実装することができると考えられる。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP 19K12665 及び科学技術融合振興財団調査研究助成の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] “日本の川 - 関東 - 相模川 - 国土交通省水管理・国土保全局”。
https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/nihon_kawa/0309_sagami/0309_sagami_00.html, (参照 2021-12-22).
- [2] 国土交通省. 令和元年台風第 19 号におけるダムの状況. 41p
- [3] “台風 19 号に関するトピックス：朝日新聞デジタル”。
https://www.asahi.com/topics/word/%E5%8F%B0%E9%A2%A8%EF%BC%91%EF%BC%99%E5%8F%B7%E6%8E%A5%E8%B F%91.html?iref=pc_extlink, (参照 2021-12-22).
- [4] “洪水ハザードマップについて - 神奈川県ホームページ”。
<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/f4i/bosai/hm.html>, (参照 2021-12-22).
- [5] “茅ヶ崎市洪水・土砂災害ハザードマップ | 茅ヶ崎市”。
<https://www.city.chigasaki.kanagawa.jp/bosai/1001267/1043927.html>, (参照 2021-12-22).
- [6] 木下拓也, 梶原薪, 中山功一. 災害用 AR アプリケーションの開発とロケモシエによる情報共有. 人工知能学会全国大会論文集第 34 回全国大会, 2020, p.1-2.
- [7] 野島和也, 桜庭雅明. オープンソース CFD ツールとゲームエンジンを用いた氾濫災害の疑似体験 VR システムの構築. 土木学会論文集 F3 (土木情報学), vol.74, no.2, 2018, p.79-85.
- [8] “基盤地図情報ダウンロードサービス”。
<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>, (参照 2021-12-22).
- [9] “Qgis2threejs プラグインのドキュメントへようこそ! - Qgis2threejs plugin 1.4 ドキュメント”。
https://qgis2threejs.readthedocs.io/ja/docs-1.4_a/, (参照 2021-12-22).
- [10] “Zibra AI”. <https://zibra.ai/>, (参照 2021-12-22).