

# 四分木構造格子を用いた 流出解析における地形解像度の影響の分析

佐々木 靖幸<sup>1</sup>・安田 浩保<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 修士 (工学) 株式会社東京建設コンサルタント (〒 170-0004 東京都豊島区北大塚 1-15-6)

E-mail: sasaki-n22@tokencon.co.jp (Corresponding Author)

<sup>2</sup>正会員 博士 (工学) 新潟大学災害・復興科学研究所研究教授 (〒 950-2102 新潟県新潟市西区五十嵐二の町 8050)

E-mail: hiro@gs.niigata-u.ac.jp

流出解析に要求される地形解像度は不明である。本研究では、四分木構造格子を用いた流出解析法により地形解像度ごとの流出特性の比較を行いその影響を分析した。また、RRI モデルとの比較を行い、河道を一次的に取り扱う手法との比較を行った。その結果、四分木構造格子により河道の地形解像度を向上させることで水位の再現性が向上することが示され、河道の地形解像度は流出量の推定に大きく影響することを示した。さらに、河道のみならず山間部の地形解像度の違いが流出量に影響を及ぼすことが示唆された。

**Key Words:** distributed rainfall-runoff-inundation, quad-tree grid system, mass conservations

## 1. 序論

近年、気候変動が要因と考えられる過去に例のない降水現象が多発し、各地で累積雨量が新記録を更新したり、かつてなかったような空間的に偏在した降水が観測されている。このような背景に対して流域全体をもって流出抑制対策を講じる「流域治水」が治水対策の主軸に据えられた。このため、流域治水の効果を推定できる流出解析手法の社会的需要が高まっている。

これまで種々の解析モデルにより流出現象の数値解析が行われている。このうち、佐山ら<sup>1)</sup>により提案される降雨流出氾濫 (Rainfall-Runoff-Inundation: RRI) モデルに代表される分布型の流出解析の多くは、山地および河道の地形形状の測定データの不足や、地中浸透の測定が困難である状況において、これらを補うモデル化の工夫により、流出現象の記述を向上させてきた。近年は測定技術が発展し、山地および河道の地形形状を細密に測定できるようになり、河道や堤防などの形状を流出解析に反映できるようになってきた。細密な地形形状の利用を前提とした解析法の開発が同解析法の発展の方向の一つであろう。しかし、このような細密な地形形状の測定結果を陽に用いた流出解析は著者らの知る限り無く、流出現象のモデル化に対してどれほどの地形解像度が必要であるかは不明である。

多くの数値解析では一般に、解析領域全体で同一の格子辺長の計算格子を用いる。流出解析において、解析領域全域で河道を解像できるほどの細密な計算格子を用いると、計算領域全体からみればわずかなフットプリ

ントの河道の記述のために計算格子数が 1 から 2 オーダほど増加し、計算負荷の増大が問題となる。必要な箇所における必要な地形解像度を保ちつつ計算負荷がある程度削減する方法の一つとしては、山地と河道で異なる格子辺長の混在による計算格子数の削減が考えられる。安田ら<sup>3)</sup>は、Berger ら<sup>2)</sup>が提案した Adaptive Mesh Refinement: AMR 法から着想を得て、指定箇所のみを局所的に高解像度化できる四分木構造格子による地形表現の方法の提案している。四分木構造格子により山地と河道とで異なる格子辺長を用いれば、解析領域全体の計算格子数は細密な計算格子のみを用いるより少なくとも 1 オーダほどの縮減を期待できる。

本研究では流出解析モデルに要求される地形表現の方法を議論する第一段階として、四分木構造格子を用いた流出解析法により、モデル上の地形解像度ごとの流出特性の比較を行いそれらの差異が計算結果に与える影響を検討した。これにより細密な山地と河道の地形形状を用いた場合、地表流出の追跡のみでどれほど流出現象を再現できるかを確認した。また、分布型流出解析法として普及している RRI モデルとの比較を行い、河道を一次的に取り扱った手法との比較を行った。

## 2. 四分木構造格子を用いた分布型流出解析手法の構築

### (1) 四分木構造格子の概要と水理解析手法

#### a) 四分木構造の格子構成

四分木構造格子の模式図及び格子レベル間の物理量の授受法則について図-1 に示す。四分木構造とは二次

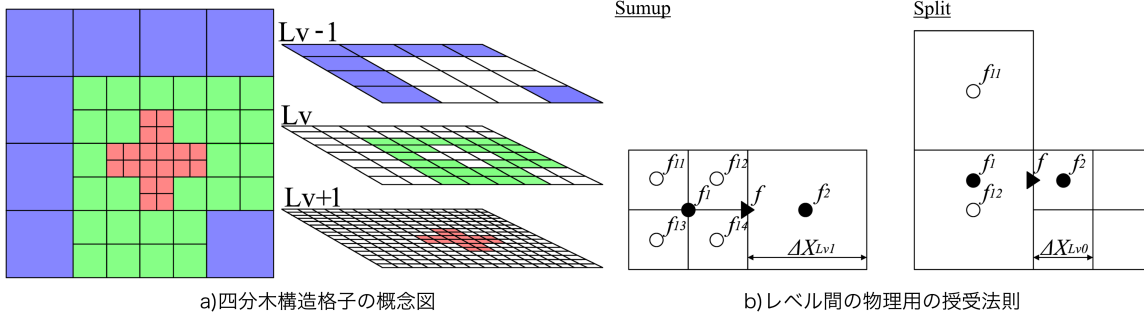


図-1 四分木構造格子の概要と lv 間物理量の授受法則

元空間を再帰的に 4 分割する分割規則に基づいた格子層の重ね合わせ構造であり、解析で必要となる空間解像度に応じて局所的に空間解像度を増減させることで、解析精度の向上と格子数の縮減が同時に期待できる。つまり、従来の分布型モデルと異なり、河道の地形表現を平面二次元的に高解像に記述することができ、1 万 km<sup>2</sup> を超えるような広大な流域の流出現象さえ一つの格子構成において包括的に解析できる。また、格子の面積に応じて格子レベルを規定すると隣接格子のレベルは同一か ±1 の 3 パターンのみであるため、格子レベル間の物理量は規則的な交換ができ、物理量の連続性を確保できる。具体的には、流出解析においてはなら、河道と表面流を同一に解析できる。

レベル  $L$  の外周上に配置された計算点は、式 (1) と (2) のとおり、ひとつ外周側に位置するレベル  $L-1$  の計算済の水位を境界条件として支配方程式から算出される。同様にレベル  $L$  の内周上に配置された計算点は、式 (3) のように、ひとつ内周側に位置するレベル  $L+1$  の計算済の物理量の算術平均によりレベル  $L$  の境界条件として支配方程式から算出される。

$$f_{x,L}(i, j) = f_{x,L-1}(i/2, j/2) \quad (1)$$

$$f_{x,L}(i-1, j) = f_{x,L-1}(i/2, j/2) \quad (2)$$

$$f_{x,L}(i, j) = (f_{x,L+1}(2i, 2j) + f_{x,L+1}(2i, 2j-1))/2 \quad (3)$$

## b) 支配方程式

河道と氾濫の流れは浅水方程式により解析できることに対しては大筋の合意が得られている。一方、流出過程の物理機構には議論の余地が多く残る<sup>4)</sup>。一般には流出過程は、表面流と地中浸透流から構成されることが考えられている。このうち、地中浸透流のモデルの妥当性が不十分であること、土壌特性の空間的な不均一性が大きいこと、またその情報の取得が容易でないことが知られている。本研究は、四分木構造格子を用いた流出解析法<sup>5)</sup>の先駆的な事例であり、同法による地形表現が流出解析にもたらす効果の把握を目的としている。このため、不確実性が大きい地中浸透流の議論は保留とすることとした。これらを踏まえ、本研究においては、河道流、氾濫流、流出過程における表面流

の三者は浅水流として扱えると考え、流域全域において二次元の浅水流方程式を適用することとした。

## c) 格子流出量修正法

理論上、表面流の非定常の数値解析を安定に行うためには線形長波方程式の CFL 条件 (Courant-Friedrichs-Lewy) を満足する必要がある。しかし、急峻な地形において勾配の変化が著しい区域では、CFL 条件を満足した時間ステップであっても計算上の水深が負となることが知られている。このような場合に水深を零に置換すると、質量の連続性が低下する問題が生じる。

このような問題に対して、張ら<sup>5)</sup>は格子流出量修正法 (以下、修正法) を提案し、完全な質量保存性と従来より大きな時間ステップを両立している。修正法の概要は、質量連続式で求められた水深が負となる場合に格子の流出量を修正して格子の水深を零とし、質量の連続性を保つものである。本研究においても修正法の適用を図るが、著者らの知る限り、四分木構造格子における修正法の適用事例は存在しない。そこで修正法の適用前後における質量保存性の検証を行った。

図-2 に示すように、放物底面の容器内に一定勾配の水面を設定し、時間経過に伴う容器内の質量の変化を追跡することで検証した。検証ケースは修正法の適用有無と時間ステップ ( $dt = 0.01s$ ,  $dt = 0.5s$ ) を組み合わせた 4 ケース実施した。その結果、修正法を適用しない場合で、時間ステップを 0.5s としたケースは、計算開始直後に発散し、また、時間ステップを 0.01s に縮めたケースは、計算は安定に実行可能だが、計算開始から 200s 経過時点で初期の体積に対して約 100.0263% であった。一方、修正法を適用したケースでは解析領域内の体積が完全に保存された。加えて、修正法無しでは計算が発散した 0.5s の時間ステップであっても、修正法有りでは安定に計算可能となった。以上より、体積の保存性の向上と適用可能な時間ステップの拡大が確認できた。そこで、本研究でも四分木構造格子を用いた解析でも格子流出量修正法を適用することとした。

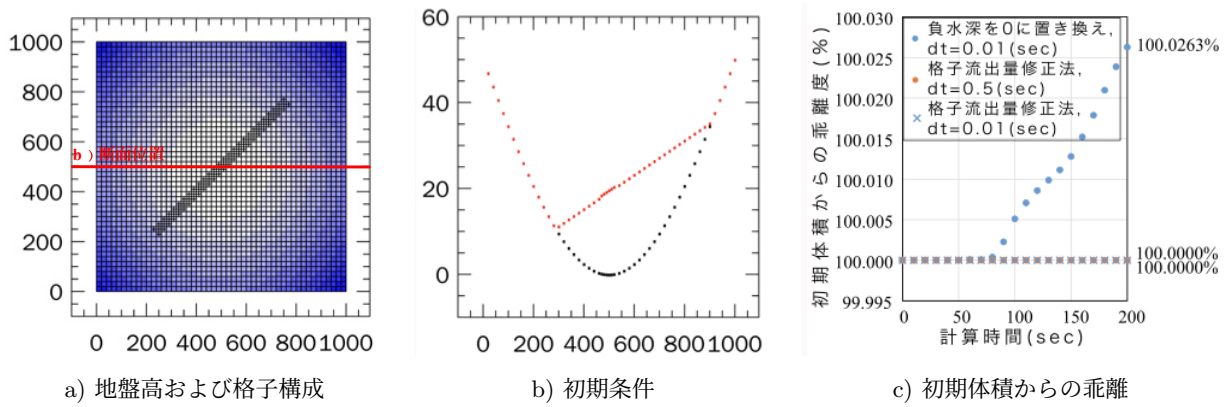


図-2 四分木構造格子における格子流出量修正法の検証

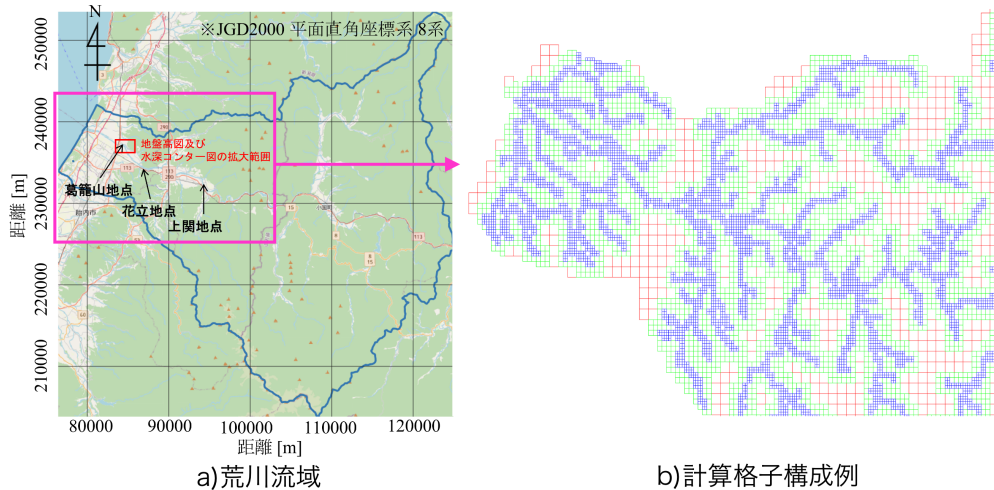


図-3 荒川流域を対象とした計算格子構成例

## (2) 流域を表現する四分木構造格子の生成手法

本研究では対象流域を新潟県の荒川流域を対象とした。その四分木構造格子による格子構成を図-3に示す。ただし、計算に使用した格子構成を実寸のままに紙面上に表示すると判読が困難となるため、図-3では格子長を4倍に拡大している。

### a) 細密格子による河道の表現

既往の分布型モデルでは流域地形を数百 m の一様辺長の矩形格子で表現する。このため、数 m から数十 m の解像度で整備された地盤高データは格子サイズの解像度までダウンスケールされ、洪水流に多大に影響すると考えられる河道の局所的な形状などのグリッドスケール以下の小規模な要素を二次元メッシュ上では忠実に表現できない。この場合、グリッドスケール以下の河道は断面データで表現して間接的かつ粗視的に計算する。分布型モデルの一つである RRI は、レジーム則を用いた矩形断面や横断測量成果データを用いて河道断面を再現し、一次元不定流によって河道内の流出を追跡する。この際、河道メッシュと斜面メッシュの物理量の授受は越流モデルで計算される。一方、四分木構造格子を用いると、河道に沿った局所的な高解像度化ができるため、河道内の標高情報をダウンスケール

することなくそのまま付与でき、河道の平面的な形状を忠実に記述できる。さらに、河道と氾濫原を結合する越流モデルを介在させることなく、河道とそれ以外を同一の格子構成において統一的に平面二次元の水理解析ができる。

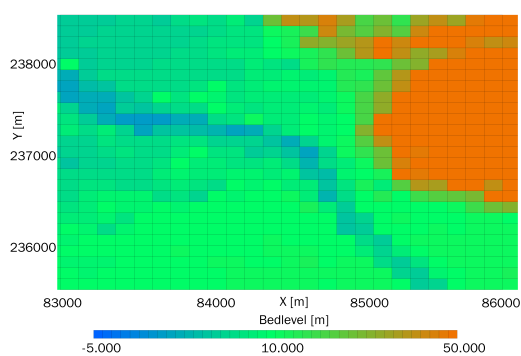
### b) 格子生成の手順

四分木構造格子を手作業で作成することは困難であるため、四分木構造格子の機械的な生成法<sup>3)</sup>を用いた。四分木構造格子を用いた解析では隣接する3パターンの格子サイズに応じた格子間の物理量受け渡しパラメータを要求する。そのため、予め四分木構造格子データには計算点の座標情報に加えて、隣接格子の構造情報を内包した。

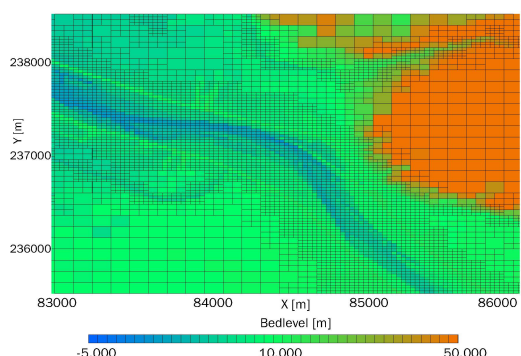
## 3. 荒川流域への適用

本研究では上記で生成した四分木構造格子において分布型流出解析を行い、地形解像度の差異が解析結果に与える影響を分析する。

本研究では、新潟県の荒川流域における令和4年8月豪雨を解析対象とした。荒川は新潟県北部および山形県に位置する流域面積1,150km<sup>2</sup>の一級河川である。本川の荒川の幹川流路延長は約73kmであり、荒川頭首工



a) 120lv0



b) 120lv2

図-4 地盤高図（葛籠山水位観測所近傍）

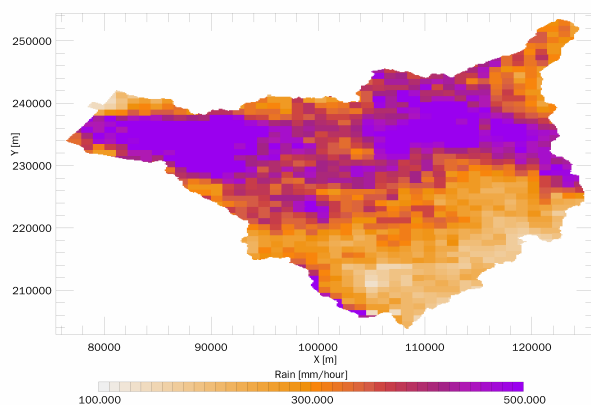


図-5 累加雨量（2022年8月2日から2022年8月3日）

付近に狭窄部を有する。河床勾配は上流域で1/200以上、中流域で1/200から1/400程度、下流域では1/400から1/800程度である。

### (1) 入力地盤データ及び高解像箇所指定データ

本研究では、河道と山地とで異なる格子辺長とする四分木構造の格子構成とする。河道の位置を規定するデータとして、山崎ら<sup>6)</sup>により整備された表面流向マップの集水面積データから集水面積が1km<sup>2</sup>以上の箇所を抽出して河道部とした。また、地盤高データは表面流向マップの水文補正標高を使用した。ただし、水文補正標高は特に下流部の河道内地盤高において測量成果との乖離が大きい箇所が散見されたため、直轄管理区間までの河道部には1m解像度のレーザ測量成果（LP

データ）を使用した。粗度係数は抽出した河道部の位置データをもとに河道部に0.022を、それ以外の集水域に0.4を設定した。

### (2) 四分木構造の表記及び数値実験における地形表現の設定

四分木構造格子の格子長と分割の階数を明快にするために数値実験ケース名を[○Lv#]の表記で呼称する。○の数值は最大サイズの格子の格子長を、#は格子の分割レベルを表している。例として120Lv2なら30m、60m、120mの3段階の四分木構造格子を示す。

数値実験における地形表現は、地形近似度の差異を明確にすることに留意して120lv0と120lv2、30lv0の3ケースとした。これに加えて標準的な分布型流出解析モデルとしてRRIモデルを設定した。格子構成の一例として、図-4に120lv0と120lv2における葛籠山地点近傍の格子構成及び地盤高を示す。なお最小格子長を30mとしたのは、RRI向けに整備されている表面流行マップが1s(約30m)メッシュであるためである。

各ケースの格子数を表-1に示す。また、30lv0は計算点数が約130万点に及ぶ計算負荷が高い条件であり、現行の一般的なコンピュータでは計算に長時間を要する。全域を30m格子で解像した30lv0と、120m格子を基本としつつ河道部のみを30m格子で高解像度化した120lv2を比較し、120lv2が30lv0をどの程度再現しうるか確認することで、四分木構造格子による河道部みの局所的な高解像度化の効果を分析する。また、先述のとおりRRIモデルはグリッドスケール以下の河道部を断面データでモデル化し、計算は一次元の物理モデルで行われる。一方、四分木構造格子による120lv2では河道部は高解像の格子でモデル化され、計算は平面二次元の物理モデルで行われる。120lv0では河道部の解像度は同一となり、河道部を断面データでモデル化しない場合の分布型流出解析といえる。三者を比較することで河道部の取り扱い方や物理モデルの違いによる影響を分析する。

### (3) 入力降雨データ

入力降雨は気象庁のレーダー解析雨量（解像度約1km）を使用した。以下の計算では有効降雨を推定する等を行わずに入力降雨を直接与えた。図-5は2022年8月2日2022年8月3日までの48時間の積算雨量である。なお、計算開始前に流域全域に5mm/hrを24hr与え、その後24hrを無降雨とする条件の助走計算を計48hr実施した。

### (4) RRIモデルの設定条件

RRIモデルに入力する地盤データは地盤高、集水メッシュ数、表面流向であり、近年の事例では2から4s解像度の地盤データを使用するのが標準的である。これ

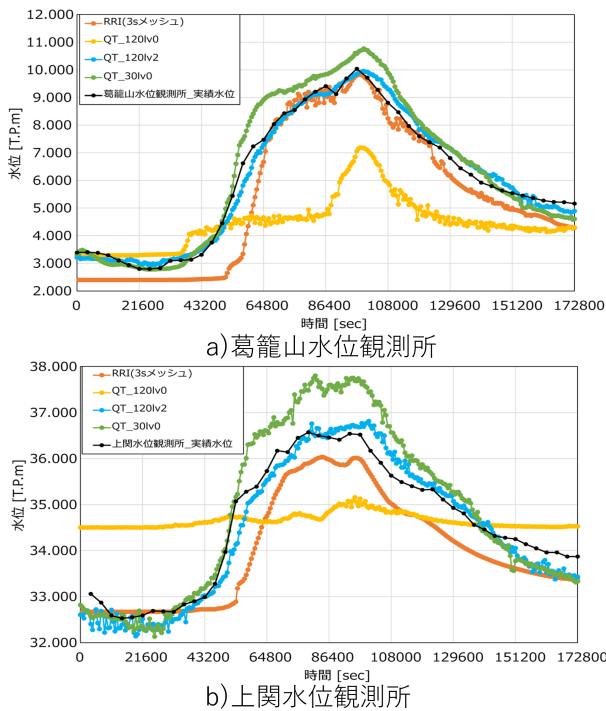


図-6 水位ハイドロ比較図

表-1 各ケース格子数及び計算負荷

	Case 30lv0	Case 120lv0	Case 120lv2
格子数	1,293,264	80,827	296,128
格子数比 (%)	100.00	6.25	22.90
計算時間 (s)	70633	5026	20738
計算時間比 (%)	100.00	7.12	29.36

らデータは HydroSHEADS から 3s 解像度 (概ね 90m 解像度) のものを入手した。また、河道断面データは レジーム則により決定される矩形断面を採用した。レジーム則のパラメータは集水面積と川幅水深比及び河積の関係から推定した。また、本研究ではパラメータ最適化などは行わなかった。

#### 4. 流出解析における適当な地形表現とモデル構成

##### (1) 再現計算結果

図-6 に葛籠山、上関水位観測所地点における各ケースの解析水位ハイドロ及び、観測水位ハイドロを示す。観測水位は観測値に零点標高を加算し算出した。ケース 120lv2 に各時刻の解析水位の空間分布を図-7 に示す。また、図-8 に葛籠山地点 (図-3 における拡大範囲) におけるピーク水位時の水深の空間分布を示す。加えて、表-1 に各ケースの計算時間を示す。

##### (2) 河道の地形表現

図-6 の水位ハイドロを比較すると、120lv0 は水位の上昇や減衰を再現できておらず、波形の再現性が著しく低い一方で、30lv0 と 120lv2 は水位の上昇や減衰を再現できている。以上から、グリッドスケール以下の河道の取り扱い方法として両者とも機能しているといえる。

比較対象として行った RRI の結果は、上流部では水位波形が全体的に低く、水位が上昇するタイミングが数時間遅れる結果となった。この要因としては上流部の河道断面が実際の断面の河積よりも大きな設定になっている可能性が考えられる。本研究では、経験的な集水面積と川幅水深比および河積の関係からレジーム則のパラメータを決定したが、このような矩形断面の設定による河道形状の再現性には限界があることが示唆される。測量断面を内挿する方法が提案されているものの、データ取得やデータ整理が煩雑となる問題がある。これに加え、流域規模での氾濫原における貯水特性を把握するには、河道から氾濫原への越流が正確に記述できる必要があるが、河道内の二次元的な流れを適切に扱えないことが問題となる。一方、四分木構造格子を用いた解析の結果は、いずれの地点でも水位の増減を良好に再現し、水位が上昇を開始する時刻も実測値とよく一致している。つまり、河道の解像度の向上による河道の平面的な形状の忠実な記述によって、そこでの水理を平面二次元的に良好に解析できるようになる。河道の地形表現は流出現象の推定に直結する要素であると言え、河道の解像度が向上するほどに河道の水理の再現性が向上することが期待できる。現時点では流出現象を良好に再現するための地形解像度の明言はできず、このためには今後様々な規模の流域における様々な洪水における検討が必要である。

図-8 に 120lv0 と 120lv2 におけるピーク流量観測時点の水深分布 (葛籠山観測所近傍) を示す。各ケースを比較すると河道部の格子長が最小で 30m である 120lv2 は、同格子長が最小で 120m の 120lv0 よりも、水深が河道内地形に沿って明瞭に分布していることがわかる。一方で、全ケースとも堤内地側にも水深が広く分布しており、堤内地側での水深は 50cm を超える箇所が存在する。これは、今回は地中浸透等を無視して表面流のみを追跡している点や、有堤区間における堤内地から堤外地への排水現象に対して樋門等をモデリングしていない点など、堤内地側で浸水が発生しやすい計算条件となっていることが要因であると考えられる。この傾向は従来の地形解像度では表現の難しかった堤防が、河道近傍の高解像度化に伴い解像されることで更に顕著になる恐れがある。内外水の授受法則についての適切なモデル化は今後の課題である。

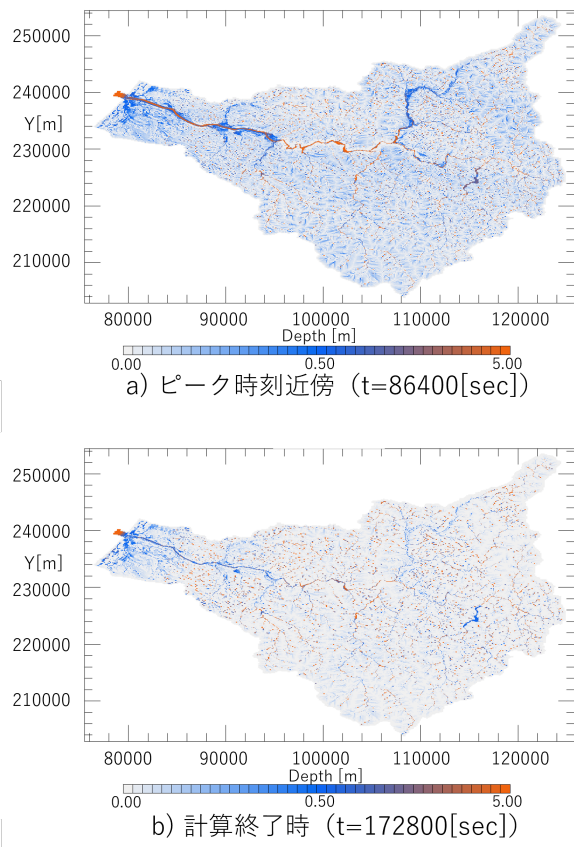


図-7 水深コンター図 (120lv2) (86400, 172800[sec])

### (3) 山地の地形表現

全体を通して水位は 30lv0, 120lv2, 120lv0 の順で大きく、特に 120lv2 は観測水位に最も近い結果となった。このうち、河道内の解像度が 120lv2 と同様の 30lv0 は、120lv2 や観測水位よりも高い結果となった。120lv2 と 30lv0 の違いは山間部の解像度のみである。この結果は、山間部の解像度が河道の水位にも無視し得ない影響を及ぼすことを示す。逆説的には山間部において 30lv0 で流出していた流出量の一部が 120lv2 では山地部に残留したことが推測される。以上より、山間部の地形解像度の違いが流出量に影響を及ぼすことが示唆される。ただし、現時点では十分な再現性を満足する地形解像度については明言できない。加えて、山地部において十分な再現性を満足する解像度は地形勾配や集水メッシュ数などによって異なる可能性もある。また、図-7 や図-8 から、河道部以外にも水深が 5m に達する箇所が点在していることがわかる。一般的な分布型流出解析モデルでは、流向線に沿って標高を補正する等の処理を行うため、山中に大きな水深は残りにくい。一方、本モデルでは地表面の浅水流のみを計算するため、入力した標高データの窪地地形に水が残留する。この問題の解決法の一つとして、AMR 法本来の物理量の遷移に応じた動的な計算点配置が考えられる。

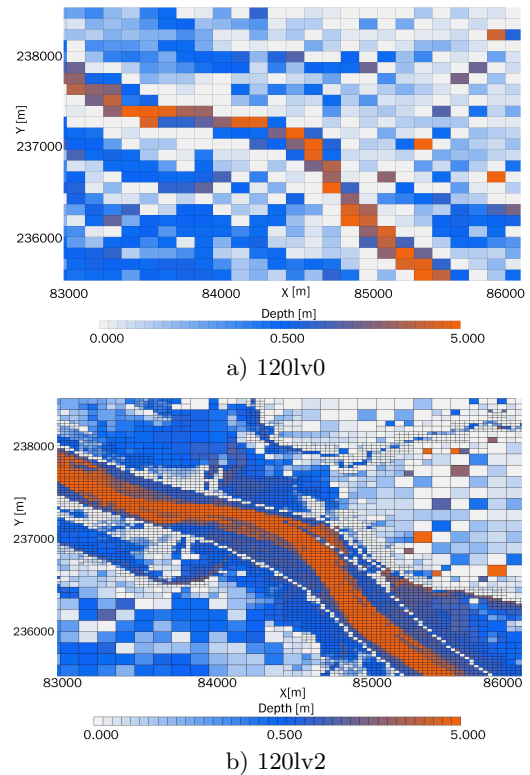


図-8 水深コンター図 (葛籠山水位観測所近傍)

### (4) 地中浸透現象と有効降雨の推定

本研究では表面流のみを追跡し、地中浸透の扱いについては物理機構には議論の余地があるとして今後の課題とした。ここでは、表面流のみを追跡した本モデルから、地中浸透現象のモデルの有無と有効降雨の推定について考える。まず全域を細密に近似している 30lv0 は、表面流のみを追跡した流出現象を最も正確に再現できていると仮定する。観測水位よりも 30lv0 の再現水位が高くなる原因は、地中流として表面流よりも遅れて流出すべき量が表面流として計算され早期に流出した点や、入力降雨として解析雨量をそのまま与えたため樹冠遮断や浸透損失、窪地貯留を考慮できていない点などが考えられる。つまり、表面流のみの解析の場合に 30lv0 の水位が実測の水位よりも高くなる理由は、地中浸透と降雨損失を無視したことによる当然の帰結と考えられる。

### (5) 流出解析におけるモデル式の構成

本研究が提案する四分木構造格子を用いた解析法と RRI の各々で得た水位の時間波形が異なる理由として、前項までの地形表現の他に支配方程式の違いも考える必要がある。本モデルは局所項、移流項、圧力項、摩擦項を考慮した浅水流方程式である。一方、RRI モデルは広域な山地斜面での適用を念頭に置くなどの理由により、拡散波近似した表面流の式と、浸透流の式の組み合わせたものである。

流出現象や洪水現象における非定常性の扱いの有無

は、流域全体での細密な実測に基づき判断することが望ましいが、現状では直ちに判断することは難しい。しかし、近年の空間的に偏在した降水現象は非定常性が強い現象であることから、局所項を考慮した解析が妥当であろう。また、山間部と河道における起伏形状は、流れの空間的な加速と減速を引き起こすため、移流項を考慮した解析が妥当であろう。この他、流出経路における地中浸透の過程も無視できない。本モデルへの地中浸透の過程を考慮できるようにする必要がある。

## 5. まとめ

本研究では、流出解析における適当な地形表現を議論するために、四分木構造格子により地形表現した流出解析法を行い、地形解像度ごとの流出特性を比較し、細密な山地と河道の地形形状を用いた場合、地表流出の追跡のみでどれほど流出現象を再現できるかを調べた。

1. 四分木構造格子を用いた流出解析法はグリッドスケール以下の河道の取扱手法として機能し、従来よりも河道が高く解像されることで水位の時系列の再現性が向上することを示した。河道の地形解像度は流出量の推定に大きく影響することを示した。
2. 河道のみならず山間部の地形解像度の違いが流出量に影響を及ぼすことが示唆された。

四分木構造格子による河道と山地の統一的な流出解析法により、計算負荷を軽減した上で流域スケールでの複雑な水動態の記述が見込める。同解析法は、流域治水に基づいた治水計画の立案に際し、流出抑制対策の効果などの評価の有力な手法となることが期待できる。

なお、本研究における RRI を用いた再現計算は、流域の適切なパラメータの設定により改善する余地が残る。加えて、本研究では RRI モデルでは 3s 解像度のみを比較対象としたが、近年では 1s 解像度の地形データが整備されているため、現状で設定可能な高解像度の RRI モデルとの比較も今後の課題である。同様に、種々

の規模や地質に流域における種々の洪水におけるモデルごとの特性の比較は今後の重要な課題である。

**謝辞:** 国土交通省羽越河川国道事務所からレーザ測量データを提供いただいた。記して謝意を表します。

## REFERENCES

- 1) 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 56-6, 2014. [Sayama, T. and Iwami, Y.: Development and Application of Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) Model, Civil engineering journal 56-6, 2014.]
- 2) M.J.Berger・P.Colella: Local Adaptive Mesh Refinement for Shock Hydrodynamics, *J. Comput. Phys.* Vol.81, 64-84, 1989.
- 3) 安田浩保, 星野剛: 四分木構造格子による局所的な高解像度格子を導入した浅水流方程式の数値解析法, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.67, No.2(応用力学論文集 Vol.14), I693-I702, 2011. [Yasuda, H. and Hoshino, T.: Computation of shallow water equation with hierarchical quadtree grid system, Journal of Japan Society of Civil Engineers(A2:Applied Mechanics), Vol.67, No.2, pp.I693-I702, 2011]
- 4) 木村匡臣, 田中智大, 安瀬地一作, 中谷加奈, 山崎大, 吉岡秀和: 地表水流の数值解析技術に関する分野横断的視点から見た特徴と最前線, 水文・水資源学会誌 Vol.30, No.5, pp.307-334, 2017. [Kimura, M., Tanaka, T., Azechi, I., Nakatani, K., Yamazaki, D. and Yoshioka, H.: Interdisciplinary Perspective of Surface Water Flow Numerical Analysis, J. Japan Soc. Hydrol. and Water Resour. Vol. 30, No.5, 2017]
- 5) 張馳, 岩堀康希, 阿部真郎, 登坂博行: 急勾配地形を有する場における洪水氾濫の数値解析, 水工学論文集, 第 48 巻, pp.625-630, 2004. [Zhang, C., Iwahori, Y., Abe, S., Tosaka, H.: Numerical simulation of flooding in area with steep slope, Annual journal of Hydraulic Engineering, vol.48, pp625-630, 2004]
- 6) 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, I163-I168, 2018. [Yamazaki, D., Togashi, S., Takeshima, A. and Sayama, T.: High-Resolution Flow Direction Map of Japan, Journal of Japan Society of Civil Engineers(B1:Hydraulic engineering), Vol.74, No.5, I163-I168, 2018]

(Received May 31, 2023)  
(Accepted September 12, 2023)

# EFFECT OF TOPOGRAPHIC RESOLUTION ON RUNOFF ANALYSIS DESCRIBED BY QUADTREE GRID SYSTEM

Nobuyuki SASAKI and Hiroyasu YASUDA

Since the required topographic resolution for runoff analysis is unknown, we used a runoff analysis method using a quadtree grid to compare runoff characteristics at different topographic resolutions and analyze their effects. Comparisons were also made with the RRI model and with methods that treated the river channel in one dimension. It was shown that improving the topographic resolution of the river channel by means of a quadtree grid improves the reproducibility of the water level hydro, and that the topographic resolution of the river channel contributes significantly to the runoff volume estimation. It was suggested that differences in topographic resolution in the mountains as well as in the river channel affect the amount of runoff.