

1. はじめに

近年、ゲリラ豪雨と呼ばれる予測が困難な局地的集中豪雨が多発し、急激な河川の増水による人的被害が起こっている。統計的にも時間 50 ミリ、100 ミリを超える降雨は増加傾向にあり、短時間に集中した降雨は今後も高い頻度で発生することが懸念されている。一般にこのような河川の急増水が発生するのは、集水面積の小さい都市河川や上流域の河川であり、局地的な集中豪雨に対する流出特性については不明な点が多い。河川事故防止のための準リアルタイムの流出予測を考えるならば、なるべく簡単なモデルで流出の初期の立ち上がりを予測できることが望ましい。そこで本研究では、降水の流下過程を氾濫モデルで予測して流下ベクトルを求め、流出量を推定する新たな流出モデルを考案した。このモデルを 10 メートルメッシュで地形データが得られている住吉川流域に適用し、2004 年 10 月の台風 23 号の観測データでパラメータを同定した後、山裾のみに集中豪雨が発生した場合を想定した解析を行った。

2. 仮想トレーサーの追跡と集水域判定

本モデルでは、まず、二次元氾濫モデルで得られた流下ベクトルに沿って質量ゼロの仮想トレーサーが移動するものとする。降雨のあるメッシュをスタートメッシュとし、各メッシュの流下ベクトルに従って仮想トレーサーを順次移動させると、そのスタートメッシュに対する流跡線が得られる。ある時間内にこの仮想トレーサーが設定した集水点の座標に到達した場合、そのスタートメッシュの集合がその時間内の集水域に相当すると考える。図-1 に集水域判定の例を示す。一方、全スタートメッシュからの流跡線を求めると、流跡線が重なるところが出てくる。流跡線が多く重なるところは水が流れやすい部分に対応し、降雨時の流量も多いと考えられる。

住吉川流域を対象として流跡線の重なりが 1000 本以上、51 から 1000 本まで、50 本以下の 3 通りに分類して示したのが図-2 である。流跡線が 1000 本以上重なる部分は、実際の河道網とよく一致しており、本手法により流域の地形特性が良好に把握できることがわかる。図-2 に示す全領域（縦 5km, 横 7km）に降雨を与え、下流の集水点にだけ集まるスタートメッシュの総和から集水面積を算出したところ、表-1 に示すように公式の流域面積との誤差が 1% 程度となり、高精度に集水域を把握できることがわかった。

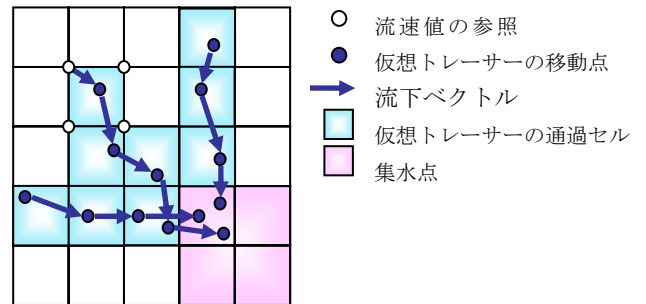


図-1 集水域の判定

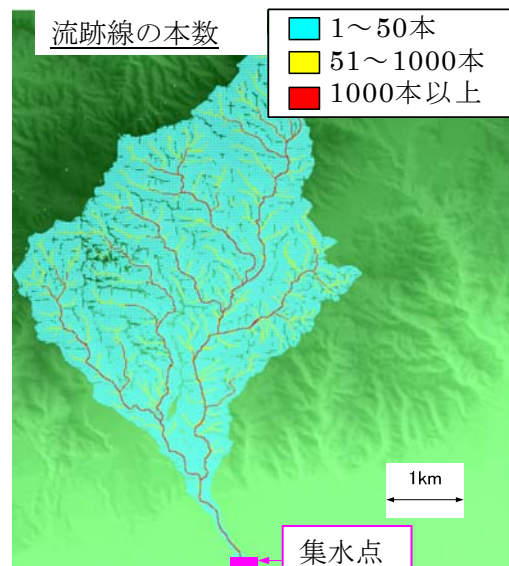


図-2 住吉川の集水域

表-1 解析値と公式値の比較

	解析	公式	誤差(%)
流域面積(km ²)	11.37	11.49	1.04

3. 合成合理式をもとにした流出解析

以上のように、各メッシュにおける流下速度はすべて既知なので、各メッシュからスタートする仮想トレーサーが集水点に到達するまでの時間が求まる。流下途中における損失がないものと考えれば、ある与えた時間内に集水点に到達する、降雨強度の重みを持った仮想トレーサーの数から流出流量を算出できる。本解析では、合成合理式的な考え方に基づいて以下の式から単位時間毎（ここでは10分間）の流量を求めた。

$$Q_T = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{t=0}^T \frac{1}{3.6} f_{ij} R_{ij} \alpha_{ij} A \quad (1)$$

ここに、 T : 到達時間(min), Q_T : 到達時間内に発生する流量(m^3/s), f_{ij} : メッシュ(i, j)における流出係数, R_{ij} : メッシュ(i, j)における降雨強度(mm/hr), α_{ij} : 到達時間が T 以下でメッシュ(i, j)が集水域ならば1, そうでなければ0となるフラグ, A : 各メッシュの面積(km^2), m : 東西方向のメッシュ数, n : 南北方向のメッシュ数である。本手法の特徴は、到達時間を氾濫モデルによってメッシュ毎に求めている点であり、一般的な合成合理式とは異なっている。ただし、仮想トレーサーの流下速度は山間部などではかなり低下することが予測されるため、実際の適用においては、流跡線の重複度に応じて流下速度を最大30%まで減少させて解析を行った。

4. 適用例

前述の台風23号に伴う洪水時においては降雨と流量の実測値が得られている。1時間毎に降雨分布を与え、本手法により求めた流量ハイドログラフを実測値と比較したのが図-3である。ピーク流量後の流量低減状況の再現は十分ではないが、流量の立ち上がりとピーク流量に関してはある程度、実際の状況を再現できていることがわかる。

この台風23号の解析で同定したパラメータを用いて、局地的な豪雨が山裾に集中して発生したケースの解析を行ってみた。想定した降雨の発生領域(1km四方)とそれに対する集水域を図-4に、この雨に対する流出結果を図-5に示す。降雨強度としては、10分間降雨強度で25mmとし、20分間継続するものとした。これは、都賀川水難事故時の降雨強度と同程度の数値である。図-5より、降雨継続時間は非常に短いものの、流出流量

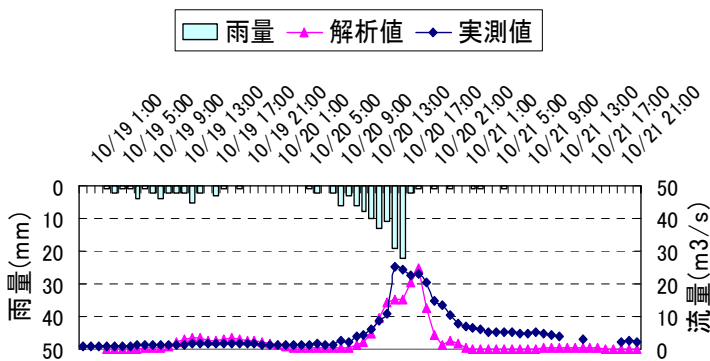


図-3 2004年台風23号に対する流出解析結果

としては台風23号時に匹敵する流量が発生することが予想された。

5. おわりに

仮想トレーサーの概念を流出解析に導入したモデルを考案し、住吉川における解析を行ったところ、流量の立ち上がりとピーク値について良好な結果が得られた。今後はモデルをより単純化させ、準リアルタイムでの流量予測を行う予定である。

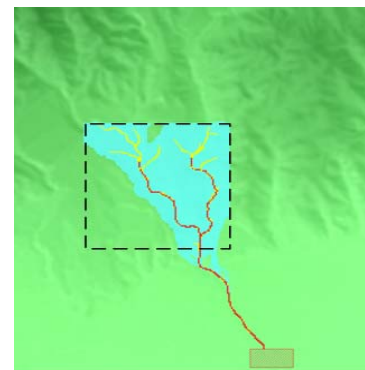


図-4 ゲリラ豪雨時の集水域：破線は一辺が1km

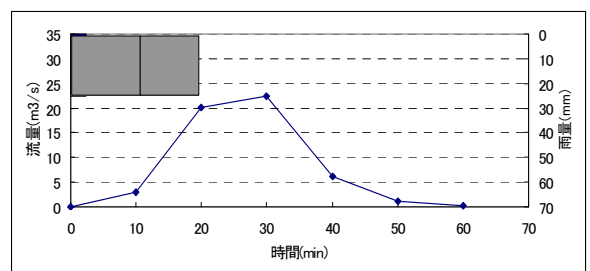


図-5 仮想ゲリラ豪雨時のハイドログラフ