

京都大学大学院工学研究科	学生員	○目野貴嗣
京都大学大学院工学研究科	正員	立川康人
京都大学大学院工学研究科	正員	Kim Sunmin
京都大学大学院工学研究科	正員	椎葉充晴
京都大学大学院工学研究科	正員	萬 和明

1 はじめに 平成23年8月25日から9月5日にかけて発生した台風12号により紀伊半島の熊野川に記録的豪雨がもたらされ、未曾有の洪水が発生した。すべての水位観測所で既往最大水位を上回り、洪水途中での故障により欠測となる水位計も多数出た。観測水位が記録された場合も、従来の水位流量曲線の適用範囲を大きく上回る洪水であったために、今回の洪水流量の把握ができない。そこで降雨流出の観点から河川流量を推定するために、熊野川の相賀地点上流域(2,251km²)を対象として分布型流出モデルを構築し、既往洪水をもとにパラメータを同定した後、平成23年台風12号による熊野川の洪水流量を推定した。

2 平成23年台風12号による熊野川の洪水 平成23年台風12号は大型で動きが遅く上陸後もその勢力を保っていたため、長時間にわたり台風周辺の非常に湿った空気が流れ込み大雨をもたらした。特に熊野川流域を含む紀伊半島では8月30日17時からの総降水量が広い範囲で1,000mmを超え、一部の地域では1,800mmに達し記録的な大雨となった。

3 分布型流出モデル 斜面部には飽和・不飽和流れを考慮したキネマティックウェーブモデル¹⁾を、河道部には地表面流方のキネマティックウェーブモデルを適用し、分布型流出モデル²⁾を構成した。流域地形情報データの作成には流域地形情報を基盤とした水文モデル構築システム GeoHyMoS³⁾を利用した。250m空間分解能の国土数値情報を用いて相賀地点上流を対象に作成した流域地形モデルを図1に示す。

4 平成23年台風12号洪水および既往洪水の再現 熊野川流域の7つの既往洪水データを利用して分布型流出モデルのパラメータを同定し、その再現性を確認した。対象流域は小森ダムおよび二津野ダムの下流域(594 km²)とし、小森ダムおよび二津野ダムの放流量を対象流域の上端に与えた。降雨データは同流域内の

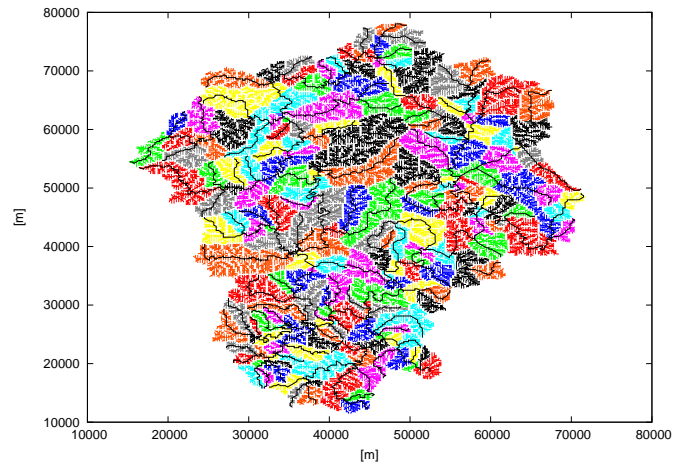


図1 熊野川流域の流域地形情報データ。横軸と縦軸は東経135.375、北緯33.583を原点としたときのUTM座標

電源開発(株)が管理する地点雨量をもとに作成した5km分解能のメッシュデータ(以下、地点雨量)と気象庁の解析雨量2種類を用いた。パラメータの同定にはSCE-UA法⁴⁾を用いた。表1に、地上雨量を用いた場合に、既往洪水を用いて最適同定したときの再現性と、そのパラメータを他の洪水に適用した場合の再現性をNash指標を用いて示す。Nash指標はいずれの場合も0.8で洪水の再現性は高い。

同定したパラメータを用いた場合の計算結果の一例を図2に示す。平成2年の相賀地点での計算流量と電源開発(株)による観測流量、国土交通省(水文水質データベース)による観測流量、解析雨量を用いた場合の流域平均雨量を表している。観測流量はともに水位流量曲線から推定された値である。この計算結果と観測結果をみると、電源開発(株)と国土交通省による観測流量はほとんど一致していること、地点雨量と解析雨量による計算流量はほとんど一致していること、観測流量が計算流量を大きく上回ることがわかった。この結果は対象とした7つの洪水すべてでそうであった。

表 1 解析雨量によって得られたパラメータによる洪水の再現結果 (NASH 指標)

Event	ParaH2	ParaH6	ParaH9	ParaH13	ParaH15	ParaH16A	ParaH16B
平成 2 年	0.92	0.91	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90
平成 6 年	0.90	0.90	0.90	0.88	0.89	0.90	0.90
平成 9 年	0.88	0.88	0.89	0.87	0.88	0.88	0.88
平成 13 年	0.85	0.86	0.86	0.88	0.87	0.86	0.84
平成 15 年	0.86	0.86	0.86	0.87	0.87	0.86	0.85
平成 16 年 A	0.86	0.87	0.87	0.86	0.86	0.87	0.87
平成 16 年 B	0.94	0.95	0.95	0.90	0.92	0.94	0.95

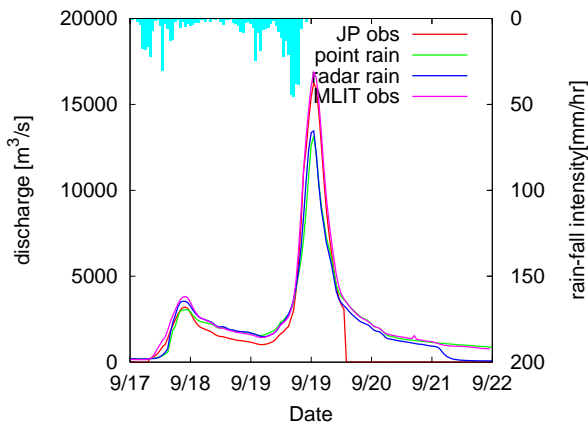


図 2 相賀地点の河川流量の再現結果 (平成 2 年洪水)

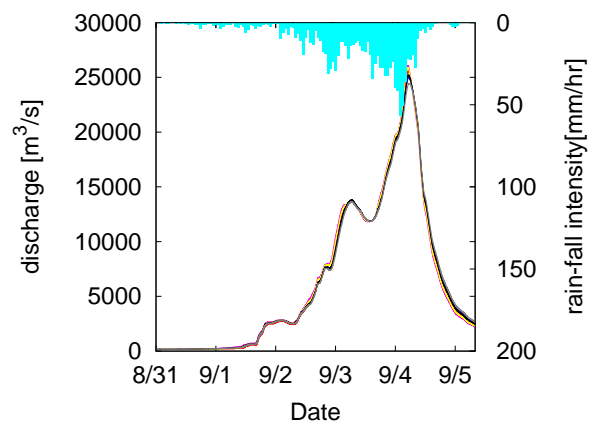


図 3 平成 23 年台風 12 号による洪水の再現結果

表 2 レーダー解析雨量データによる流出率

Event	obs rain (m ³)	obs Q (m ³)	Runoff Ratio
平成 9 年	269,850,292	539,487,675	1.99
平成 13 年	270,881,079	452,161,794	1.66
平成 15 年	151,957,415	262,440,197	1.72
平成 16 年 A	181,280,658	339,242,713	1.87

5 再現結果と考察 すべての既往洪水の再現でハイドログラフの概形、ピーク生起時刻は概ね一致しているものの、計算流量は相賀での観測流量よりも小さくなった。原因として考えられる SCE-UA 法の目的関数の設定、土層パラメータの感度、降雨データの不確かさ、洪水期間の水収支を分析した。その結果、SCE-UA 法の目的関数を変えても計算結果に違いはないこと、土層パラメータを 0 としても計算結果にほとんど変化はないこと、地点雨量による計算結果と解析雨量による計算結果にほとんど違いがなく、雨量が過小で計算結果が観測値より小さくなっているとは考えられないことが明らかになった。

表 2 は洪水期間中の相賀地点での総流出量からダム放流量を差し引いた値を降水量の総和で割った値である。データが正しければ流出率は 1 以下となるはずであるが、1 を大きく上回ることがわかった。なお、相賀

地点での流量データが途中で切れている平成 2 年、平成 6 年、平成 16 年 B の洪水は対象としなかった。

図 3 は得られたモデルパラメータを用いて再現した平成 23 年台風 12 号による相賀地点の計算流量である。ピーク流量は解析雨量を用いた場合 24,000 ~ 26,000m³/s、地上雨量を用いた場合 23,000m³/s となり、相賀地点の基本高水は 19,000m³/s を上回る洪水が発生したと考えられる。

参考文献

- 1) 立川康人・永谷言・寶馨: 飽和・不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発, 水工学論文集, 第 48 巻, pp.7-12, 2004.
- 2) 市川温, 村上将道, 立川康人, 椎葉充晴: 流域地形の新たな数理表現形式に基づく流域流出系シミュレーションシステムの開発, 土木学会論文集, No.691/II-57, pp.43-52, 2001.
- 3) 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻水文・水資源学分野: 流域地形情報を基盤とした水文モデル構築システム GeoHyMoS, <http://hywr.kuciv.kyoto-u.ac.jp/geohymos/geohymos.html>
- 4) Duan, Q., Sorooshian, S. and Gupta, V.K.: Optimal use of the SCE-UA global optimization method for calibrating watershed models, Journal of Hydrology, Vol. 158, pp. 265-284, 1994.