



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Uncertainty of Runoff Associated With Uncertainties of Water Holding Capacity and Rainfall Distribution in Mountainous Catchments [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Supraba, Intan
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12024号
Issue Date	2015-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/59937
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Intan_Supraba_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 Intan Supraba

審査担当者 主 査 准教授 山田 朋人
 副 査 教 授 泉 典洋
 副 査 教 授 清水 康行
 副 査 准教授 佐野 大輔

学位論文題名

Uncertainty of Runoff Associated With Uncertainties of Water Holding Capacity and Rainfall
Distribution in Mountainous Catchments

(山地流域における保水能と降水分布の不確実性がもたらす流出量の不確実性)

山地流域における洪水リスクの軽減に向けた流出予測精度の向上は水文学における重要な研究対象である。流出予測のための既存の水文モデルは 2 種類に大別され、これらは流域をひとつの系として扱う集中型、他方は流域を複数のサブ流域もしくはグリッドとして分割して計算を行う分布型モデルと呼ばれる。ピーク流出高は降雨流出過程の非線形性のため、入力値である降雨の時空間特性によって大きな影響を受けるものであるが、集中型・分布型水文モデルはともに決定論的に流出高を求めるものである。そのため得られるピーク流出高は入力条件に強く依存する。

これまで既存の研究において、過去の一雨総雨量とこれに対応する総損失雨量の関係から得られる損失雨量曲線から保水能分布理論による有効降雨強度の推定手法が提案されている。なお、山地流域における一雨総雨量と損失雨量との関係は $\tanh$ カーブで高い精度で近似できることが示されている。

本研究は国土交通省水文水質データベースにおいて公開されている 2002～2011 年の 6～10 月における時間降雨量とダム湖への時間流入データを用いている。全国 106 ヶ所の山地流域のデータを分析したところ、そのうち 36 流域において連続的な降雨量及び流入データが存在しており、これらの流域を研究対象とした。前述の一雨総降雨量と損失雨量曲線の特徴を流域ごとに調べたところ、23 ヶ所の流域では強降雨量の降雨イベントに対する損失雨量はほぼ一定値に落ち着くという特徴が見られる一方、残りの 13 流域では強降雨量においても損失雨量は増加傾向にあることが判明した。23 ヶ所の流域では、過去の降雨イベントにおいて流域が飽和状態を経験したことを意味するものであり、残りの流域ではデータが存在する期間のみでは流域が飽和状態に達するまでの総降雨量を定めることが出来ないと推定できる。

上記の分析によって一雨総降雨量と損失雨量関係を示す $\tanh$ 型の近似曲線のパラメータ a は流域の一種の包蔵水量を示し、このパラメータを用いることによって降雨量のうち直接流出に寄与する成分を抽出することが可能である。また、総降雨量が概ね同じ 2 つの降雨イベントにおいて、パラメータ a はある程度同様の値となるが降雨イベントによって異なるものである。これは降雨直前に存在する流域内の包蔵水量に依存し、言わば初期土壌水分量と解釈することができる。そのため、同程度の総降雨量を有する降雨イベントの中でパラメータ a が大きな降雨については降雨量の多くが直接流出に寄与せず、流域内に貯留されることとなる一方、パラメータ a が小さな降雨イベントについ

ては流域が湿潤状態であり、降雨量の多くが直接流出に寄与することとなる。このパラメータ a の挙動から対象流域における初期水分量の変動 (1σ) を推定し、これは保水能分布の不確実性に伴う流出高の不確実性の評価に使用される。

本研究は前述の通り、国土交通省水文水質データベースを元に日本全国の山地流域を対象とするものである。使用する降雨強度は雨量計を用いた観測によって得られるが、雨量計の空間分布の密度には限界が存在する。またその精度は周囲の風速、降雪、雨量計の設置場所、機器の交換等によって影響を受けるものである。既存の研究によると、雨量計による降雨強度の推定精度は $10 \sim 20\%$ 程度の不確実性が存在すると指摘されている。一方、国土交通省や気象庁が全国的に展開している X-band マルチパラメータレーダーや C バンドレーダーは高い時空間分解能で降雨強度を推定可能である。しかしながらレーダーを用いた手法は、降雨強度を推定するためのアルゴリズム、山地地形による遮へい、大気鉛直層の密度や温度分布に依存した電磁波の屈折等の影響を受ける。

不確実性もしくは不確定性に関する理論は Brown 運動 (Wiener 過程) におけるランダム項 (揺動項) の考え方に基づくものであり、Albert Einstein による Brown 運動の理論と Paul Langevin による Newton の第 2 法則を Brown 粒子に適用したことに端を発する。本研究では確率微分方程式と数学的等価である Fokker-Planck 方程式を用いた降雨流出過程の記述を行った。その結果、降雨強度に毎時間 Gauss 分布の不確実性が存在する場合における流出高の不確実性の定量化が可能となった。最後に、降雨強度の不確実性と本研究において定量化した保水能分布に起因する不確実性という独立した不確実要素の双方による流出高の不確実性の評価が可能であることを示した。

これを要するに、著者は、山地流域の降雨流出過程について確率微分方程式による流出高の不確実性及び不確定性に関する新知見を得たものであり、同結果は今後の洪水予測並びに防災・避難対策の向上に大きく貢献するものである。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。