Yom River流域での流出解析における 入力・境界条件の不確実性の評価

Evaluation of uncertainty using various data sets on runoff analysis in Yom River basin

北海道大学工学部土木学科	学生員	山田浩史(Hiroshi Yamada)
国土交通省国土技術政策総合研究所	正会員	中山恵介 (Keisuke Nakayama)
北海道大学大学院工学研究科教授	正会員	清水康行(Yasuyuki Shimizu)

1. はじめに

近年,人間による開発が原因とされる地球温暖化等に より世界的な異常気象が発生し,世界各地で集中豪雨に よる洪水被害が続出している.また,今後も地球温暖化 による降水量の増加が予測され,世界的に洪水被害が増 加することが懸念されている.これまで様々な治水対策 が進められてきたが,地球温暖化による豪雨の多発や都 市化の更なる進展などにより,河川整備などのハード対 策だけでは洪水被害を抑えることが難しくなってきてい る.そのため,洪水が発生した場合でも被害を最小限に 抑えるためのハザードマップの作成,避難経路の確保な どのソフト対策が必要となってきている.

このような状況下で,氾濫シミュレーションの意義が 改めて重要になってきている.特に発展途上国において は堤防整備などの治水対策が十分でない地域も多く,氾 濫シミュレーションにより,事前に発生しうる氾濫域, 水位などの情報を知ることができれば,氾濫被害の軽減 に役立てることができると考えられる.

本研究では、流量の再現性、氾濫域の再現性が概念モ デルに比較して良いことが知られている、物理過程に基 づいた分布型流出モデルを解析に用いることとする.し かし,分布型流出モデルでは,降雨強度の空間分布デー タ,標高データ,地表面の被覆データ,不飽和浸透に関 するデータ,地下浸透に関するデータなどの空間的な分 布を持った様々なデータを用意する必要があり,都市化 した日本では容易なことでも,開発途上にある国々では 入手が困難である場合が多い.つまり,ハザードマップ 等を作成する上で必要な精度を満足する流れの再現を行 うために,どの程度詳細な入力・境界条件をそろえる必 要があるかを把握しなくてはならないと言える.そこで 本研究では, 分布型流出モデルにおけるそのような条件 の違いによる影響を評価するために,入力・境界条件が どのように流量の計算結果に影響を与えるかを把握する ことを目的とする.

2. 研究対象領域

Yom River流域はタイの北部に位置する広流域であり, 面積23,616km²,全長400km,全幅56kmである. この流域は7つの地域に分けられており,各流域はPhaya,



図-1 Yom River流域図

Lampang, Phrae, Sukhothai, Phitsanulok, Phichit, Nakorn Sawanである(図-1).本流域は北西と南西からの モンスーンの影響を大きく受けることが知られており,1 年の平均降雨量は798.1 - 1701.5mmで,その87.3%は5月から10月までの雨季に与えられる.

洪水対策が遅れている流域でもあり,しばしば洪水に 見舞われており,2006年には長期にわたる洪水氾濫により, 多大な被害を被った.開発途上流域ではあるが,被覆デ ータや標高データがアジアのほかの地域と比較して揃っ ているため種々の精度の空間分布データを用いた解析を 行いやすい流域であると言える.

3. IISDHM(Distributed Hydrological Model)

本研究では解析モデルとして分布型流出モデルのIISDHM を用いる.東京大学で開発されたモデル¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾で以 下の5つのパートから成る.

- (1) 蒸発散の計算
- (2) 不飽和浸透層の計算

平成18年度 土木学会北海道支部 論文報告集 第63号



図-2 IISD⊓MO/00/00/02/22

- (3) 飽和浸透層の計算
- (4) 表面流の計算
- (5) 河道流の計算

概念図は図-2に示されるものである.

まず降雨は地表面付近の不飽和浸透層へ流れ込むか, 表面流として流出する,不飽和浸透層から透水係数に応 じて幾分かは地下水へ流れ込み,幾分は蒸発する.また, 不飽和浸透層が飽和した場合表面流が発生する.地下浸 透のパートにおいて,地下水面が表面付近の不飽和浸透 層に達した場合,そのフラックスに応じて水量が不飽和 浸透層に流れ込む.表面流の下の不飽和浸透層が飽和し ていない場合,透水係数に応じて幾分かは表面流から不 飽和浸透層に流れ込み,その他は表面流として計算され る.河道が表面流のグリッドに存在する場合,透水係数 に応じて表面流が河道流へ変化する.また,河道流が溢 れた場合,それは表面流となる.河道流の計算は浅水流 方程式もしくはキネマティック方程式,表面流の計算は キネマティック方程式,不飽和浸透流の計算はRichardsの 方程式に基づく3次元の不飽和浸透方程式,地下浸透の計 算は鉛直積分された平面2次元の浸透流方程式を用いて計 算される.

4. 入力および境界条件の流出への影響評価

多くの物理モデルは,地表面の粗度係数,透水係数を パラメータとして持つ.これらのパラメータの物理的な 概念は明確であるものの,観測データからそれらの値を 直接設定することは難しい.このような状況下で,モデ ルパラメータの空間分布の与え方が流出計算結果にどの ような影響をおよぼすかを把握しておくことは重要であ る.この論文では降雨の空間分布を考慮する場合としな い場合の比較,粗度係数の違いによる比較を述べる.





図-3 降雨の空間分布図



図-4 上流・下流での降雨量



図-5 2000年8月1日から1週間の25地点の雨量強度

2000年8月1日から9月30日までの2ヶ月のデータのうち,解 析を容易にするため最初の1週間での比較計算を行うこと とした.





図-6 観測地点数の違いによる流量の評価 (a) 上流地点の流量.(b)下流地点の流量.

(1) 降雨の空間分布を考慮する場合としない場合

まず,降雨が空間分布を持って与えられるかどうかによってどのような計算結果の違いが生じるかを検討した⁷⁾. 既存の研究では,観測地点が流域内に25地点存在することから,図-3のようにポリゴン分割を用いて25領域における雨量強度が与えられた.一方,比較計算では観測点が流域に1つしかないものとして,降雨強度の空間分布を考慮しない場合を計算した.その際,図-4に示されるように25ある降雨強度データ(図-5)を平均して流域に一様に与えた・

観測地点が25のものと1のものとの比較図は以下の図-6 の通りである.上図が上流付近,下図が下流付近の比較 図である.図-に示されるように上流,下流とも大きな変 化が見られる.特に下流では全く違う形をしている.こ れは図-4に示されるように降雨強度を一様に与えたため, 本来下流流域に与えられていた降雨強度よりも大きい降 雨強度を与えてしまったからであると言える.このこと から,降雨の空間分布を詳細に与えることは重要なこと と言える.

(2) 表面粗度の違いによる評価

次に表層の粗度係数のみを変化させた場合,どのよう な計算結果の違いが生じるかを検討した.

表-1 Landuse データ

Name		ID	Area (km ²)			
			Past	(%)	in 2000	(%)
Forest	Evergreen forest	1	2,127.84	9.79	1,320.11	6.08
	Deciduous forest	2	10,555.56	48.58	1,991.41	9.16
	Disturbed forest	3	772.55	3.56	8,801.15	40.5
	Mixed forest	4	23.62	0.11	144.84	0.67
Agriculture	Field crop	5	656.57	3.02	745.43	3.43
	Perennial	6	6,852.13	31.53	7,639.60	35.16
	Grass land	7	625.97	2.88	245.66	1.13
	Urban area	8	27.23	0.13	447.01	2.06
	Water body	9	87.57	0.4	393.83	1.81
Total		21,729.04	100	21,729.04	100	

表-2 各 Landuse での粗度係数



(a)







図-7 表面粗度の違いによる流量の評価 (a) 上流地点の流量.(b)下流地点の流量.

Landuseデータは表-1のように9つに割り当てられる.そ のデータに対応する粗度係数は表-2に示されるものであ りる.上流の粗度係数は0.08であり下流は0.03である.比 較対象とする計算では一様な粗度係数を与え,実際の計 算結果との比較を行った.図-7から上流,下流とも流量 の応答にほとんど変化は見られなかった.粗度の変化に よる流量の変化は,ほとんどないといえる.表面流の計 算に用いられているキネマティック方程式が流量を対象 として解く方程式であるため,粗度を変化させることに より主として変化する流速の変化に敏感に反応しないた めであると考えられる.粗度がある程度変化しても,流 量はあまり変化しないという,キネマティック方程式の 特徴を示していると言える.

(3)河道粗度の違いによる評価

次に河道の粗度係数のみを変化させた場合,どのよう な計算結果の違いが生じるかを検討した.既存の研究で は,河道の粗度係数は経験上0.03と与えられているがその 値を0.02,0.05として比較計算を行った.

結果,表層の粗度を変化させる場合とは異なり,粗度 係数が大きくなるにつれ,流量のピークが遅れるという 常識的な結果が得られた(図-8).

5.おわりに

本研究では,分布型IISDHMを利用して,入力条件および 境界条件の空間分布特性に対する流量の応答について検 討し,以下のような結果が得られた.

- (1)降雨の空間分布を持つ場合とそうでない場合の比較を行い,降雨の空間分布を与えることの必要性を得た.
- (2) 表面粗度の違いによる評価と河道粗度の違いによ る評価を行い, 表層の粗度の違いによる流量の変 化はほとんどないことが分かった.
- (3)河道粗度の違いによる変化は粗度係数が大きくなるほど流量のピークも遅れるという一般的な理論を支持する結果が得られた。

計算期間が1週間と短く,上流端から下流端までの流達 時間が考慮されていない.また初期に不飽和浸透層が十 分な水分を有しているかどうかにより,雨量に対する反 応が大きく異なる.以上より流出の再現という観点では 不完全である.しかし,分布型モデルの特徴をつかむと いうことはできた.利用できるデータは2ヶ月あるので, 今後はそのすべての期間で計算し,上流から下流の流達 時間を考慮した計算したいと考える.

参考文献

- (1) Dutta D., Herath S. and Musiake K. (2000). Flood inundation simulation in a river basin using a physically based distributed hydrological model, Hydrological Processes, 14: 497-520.
- (2) Dutta, D., Herath, S. and Musiake, K. (2003). A Mathematical Model for Flood Loss Estimation, Journal of Hydrology, Volume 277, Issue 1-2 June.
- (3) Dutta, D. and Herath, S. (2004). Trend of Floods







in Asia and a Proposal for Flood Risk Management with Integrated River Basin Approach, Proceedings of the Second International Conference of Asia-Pacific Hydrology and Water Resources Association, Singapore, I: 128-137.

- (4) Herath, S., D. Dutta and S. Wijesekara (2003). A Coupled River and Inundation Modeling Scheme for Efficient Flood Forecasting, Journal of Geoinformatics, Japan Society of Geoinformatics, 14(1):37-42
- (5) Jha R., Herath S and Musiake K. (1995). Development of IIS distributed hydrological model(IISDHM) and its application in Chao Phraya River basin, Thailand, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, 41: 227-232.
- (6) Nakayama K., Dutta D., Tanaka G. and Khanam G. (2005). A comparative analysis of river flow modeling in an urban river basin in Japan using lumped and physically based approaches, Modeling and Tools for Environment and Resouces Management (MTERM), 207-214.
- (7) 立川康人,永谷言,賽馨,分布型洪水流出モデルに おける空間分布入力情報の有効性の評価,京都大学 防災研究所年報 第46号B-2