

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04369

研究課題名（和文）豪雨のDAD関係を考慮した洪水リスク評価と水害対応への応用

研究課題名（英文）Flood risk assessment based on DAD relation of heavy rainfall and its application to flood response

研究代表者

堀 智晴（Hori, Tomoharu）

京都大学・防災研究所・教授

研究者番号：20190225

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：豪雨の強度と時間・空間スケールとの関係に基づいた洪水リスク評価の方法を確立し、河川の任意の地点における洪水リスクをその地点の集水面積とその面積スケールに対応する豪雨特性から把握する方法を提案した。提案した手法を大和川流域とその支川である石川流域に適用し、流域全体では規模が同じ降雨であっても、支川流域では、より確率規模の大きな降雨に相当する雨が発生し、その結果洪水リスクが高まるケースがあることを定量的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大河川の支川流域で、計画規模を超えるような豪雨が生じる災害が近年頻発している。しかし、降雨の強度は考える面積スケールが小さいほど強くなるという傾向があるため、大河川の流域全体について統計解析によって得られた例えば再現期間100年の降雨が、より面積スケールの小さい支川流域で見るとその再現期間は100年より小さくなる。本研究では、この関係とそれに基づく洪水リスクの違いを定量的に示す方法を確立したものであり、大流域の下流部に位置する都市部と、中上流部に位置する中山間都市との安全度を評価・比較することや、本支川のバランスを考えつつ流域内の一貫した安全性を検討することを可能にしたものである。

研究成果の概要（英文）：A methodology for flood risk assessment considering the relation among the heavy rainfall intensity, area and duration has been established. It has come to possible to grasp the flood risk at any point in the river system from its catchment area and rainfall characteristics corresponding to that area scale. The proposed method is applied to the Yamatogawa basin and its tributary, the Ishikawa basin, and it has been shown quantitatively that the tributary basin may suffer from larger scale of floods due to the spatial and temporal distribution of the rainfall even if the entire amount of the rainfall for whole Yamatogawa basin is the same.

研究分野：水文学、水資源工学

キーワード：豪雨 洪水 時間分布 空間分布 DAD リスク シミュレーション 本支川

1. 研究開始当初の背景

治水計画の基本となる計画降雨は、24 時間、48 時間といった継続時間を持つ豪雨が流域全体に様に降るものとして想定されることが多い。一方で、実際の豪雨現象は、時間的・空間的な分布を伴っており、近年頻繁に観測されるいわゆるゲリラ豪雨のような局所的短時間に極端に大きな強度を記録する豪雨もあれば、ピーク強度はそれほど強くはないものの長時間に広域にわたって降る豪雨もある。一般に、降雨の平均強度は、対象とする面積が広く、継続時間を長く取るほど、小さくなる傾向がある。図のように一つの河川に集水面積の異なる 3 地点を考えると、最下流の A 地点に対する面積平均降雨と、それより上流の B、C 地点に対する面積平均降雨は同じ確率規模であっても異なる値を示す。そして、広い範囲の面積に着目する A 地点よりも、B、C 地点に関する面積平均降雨の方が強い値となるであろう。このことは、流域の下流の都市部に計画基準点を設定し (A 地点に相当)、流域全体という空間スケールで求められた計画降雨を用いると、上流の地点の洪水リスクを過小評価する危険性があることを意味する。しかし、実際に現在作成されている洪水ハザードマップはこのようにして作成されており、河川下流部の平野だけでなく、中流部や支川の中・上流部にも都市開発が進んでいる現在の状況を考えて、この問題は極めて重要である。

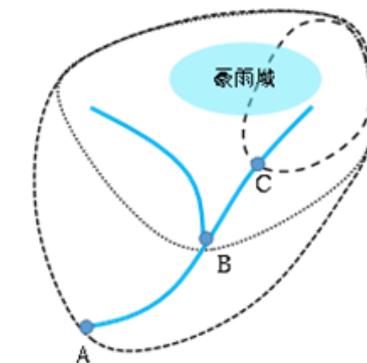


図-1 河道上の地点と集水域・豪雨域

2. 研究の目的

本研究の目的は、豪雨の強度と時間・空間スケールとの関係に基づいた洪水リスク評価の方法を確立し、河川の任意の地点における洪水リスクをその地点の集水面積とその面積スケールに対応する豪雨特性から把握する方法を提案することにある。そのため、DAD (強度-面積-継続時間) 関係を保存した多数の豪雨シナリオの模擬発生手法と、分布型流出解析に基づく水系内任意地点での洪水リスクの算定手法を確立し、実流域で実際に洪水リスク分析を実施する。

3. 研究の方法

研究方法は以下の通りである。

- (1) 降雨の時空間確率特性分析： 1988 年から 2017 年の 30 年間の解析雨量データからメッシュサイズを 5 km に統一し、空間スケール別・継続時間別の年最大値の従う確率分布を推定する。
- (2) リスク評価を行う際の入力として、(1) で求めた DAD 特性を保存したモデル降雨を多数発生させるアルゴリズムを開発する。
- (3) 模擬発生した多数のモデル豪雨を入力として、流域内河道上の任意の地点のハイドログラフを求めるための分布型流出モデルを構築する。
- (4) 対象流域を選定し、実際に確率規模が同じで様々な時空間分布を持つモデル豪雨を多数発生させ、流域内の地点において洪水リスクがどのように変化するかを、豪雨の時空間分布の違いがもたらすピーク流量のばらつきといった指標で定量的に評価する。

4. 研究成果

(1) 基本ツール類の開発

まず、解析を行うための基本的なツールとして、解析雨量データから、指定された空間スケールと継続時間に対する雨量値を検索するプログラムを開発した。ついで、任意の確率規模に関して DAD 関係を保存しつつ様々な時空間分布を持つモデル降雨を発生するアルゴリズムを考案した。最終的には、各時刻において全メッシュの降雨強度を大きい順に見ると DAD 関係が満足されており、指定されたピーク時刻から前後に拡大した継続時間それぞれについての平均雨量強度が同一の確率規模を持つような一雨降雨を作成することができるようになった。

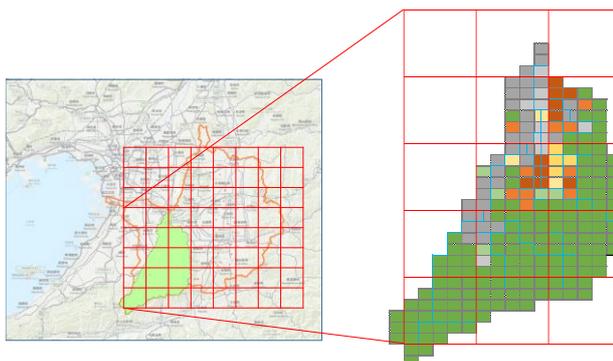


図-2 モデル降雨の作成領域と石川流域

- (2) 大和川流域全体を対象とした豪雨シナリオと支川 (石川) 流域の洪水リスク
開発したツール類を用いて、大和川流

域とその支流である石川流域を対象とした洪水リスク分析を行った。はじめに、図-2 に示すように、大和川流域に相当する8×8メッシュを解析対象領域とし、解析雨量データから面積・継続期間別の年最大雨量を求め、DAD 関係を求めた。図-3 はその一例であり、再現期間 100 年に対する DAD 関係である。

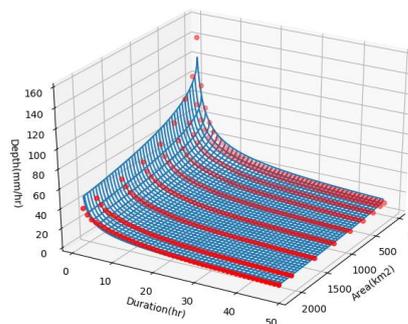


図-3 再現期間 100 年での最大雨量強度と DAD 関係

次に、全体の継続時間を 24 時間として、再現期間 10, 30, 50, 100, 200 年のそれぞれについて 100 ケースずつのモデル降雨を発生させ、これによる石川流域最下流端のピーク流量を計算した。その結果を整理したものが表-1 である。表-1 は大和川流域全体に対して各再現期間別にそれぞれ時間分布・空間分布の異なる 100 ケースの豪雨（時・空間分布は DAD 関係に基づいて作成されている）について、石川流域最下流端のピーク流量の分布を示している。この表から、例えば大和川流域で 24 時間総雨量が再現期間 100 年に相当する豪雨であっても、時空間分布を考慮することで、支川である石川のピーク流量は $420\text{m}^3/\text{s}$ から $2191\text{ m}^3/\text{s}$ の範囲にわたっていることがわかる。また、再現期間 100 年のピーク流量の中央値である $1010\text{ m}^3/\text{s}$ は、再現期間 50 年の降雨によるピーク流量の最大値よりも小さく、逆に、再現期間 200 年の降雨によるピーク流量の最小値よりも大きい。他の確率規模でも同様な傾向があることがわかる。このことは、流域全体の面積平均雨量の規模が再現期間 100 年に相当する場合でも、空間分布によって、流域内の支川流域ではそれより大きな規模の降雨となっていることがあるということを定量的に示している。すなわち、大和川流域の空間スケールで見た再現期間と、その支川である石川の空間スケールで見た再現期間が必ずしも一致しないことを示している。

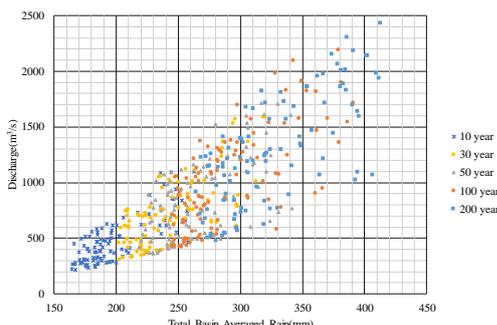


図-4 最大計算流量と石川流域平均総雨量の関係

もちろん、これは、流域全体を見た時の降雨の規模が同じであっても、石川流域に強い雨域がかかるケースもあれば、石川流域にはそれほど強い雨が降らないケースもあることに起因している。図-4 は、今回シミュレーションを行った 500 ケースの豪雨シナリオについて、石川流域の総雨量とピーク流量の関係をプロットしたものである。どの確率規模についても、大きな流量が算出されたケースのモデル降雨は、石川流域平均雨量が相対的に大きく、流量との間に正の相関が見られ、豪雨の空間分布が洪水リスクを高める一要素であることが確認された。

(3) 支川（石川）流域を対象としたモデル降雨の洪水シナリオ

大和川流域全体ではなく、石川流域を対象に再現期間 100 年のモデル降雨を 100 ケース発生させた。今度は、石川流域に相当する空間スケールを持つモデル降雨を発生させているため、大和川流域全体を対象とした場合と異なり、石川流域に強い雨域がかかったり、かからなかったりすることはない。すなわち模擬発生させた 100 ケースのモデル降雨の総量はすべて同じであり、時間分布と石川流域内部での空間分布だけが異なっている。これらの降雨群に対して流出計算

表-1 シナリオの違いによる最大計算流量の分布

再現期間 (year)	最大値 (m^3/s)	最小値 (m^3/s)	第一四分位 (m^3/s)	第二四分位 (中央値) (m^3/s)	第三四分位 (m^3/s)
10	1097	216	558	414	308
30	1589	309	869	678	458
50	1918	362	1083	787	524
100	2191	420	1314	1010	684
200	2431	475	1680	1225	862

を行い、時間分布や流域内部での空間分布の違いが流域最下流点でのピーク流量に与える影響を分析した。流域内部での空間分布の違いによるピーク流量の違いに特定の傾向はみられなかったが、時間分布との間には一定の傾向が見いだされた。図-5 は降雨のピーク時刻を横軸に、その降雨によってもたらされたピーク流量を縦軸にとってプロットしたものである。降雨のピーク時刻が遅くなるにしたがって、ピーク流量が大きくなっていく傾向を明瞭に読み取ることができる。これは、総雨量が等しくても広報集中型の時間分布を持つ降雨が危険であると従来から言われている傾向と一致している。今回の解析では、降雨のピーク時刻とピーク流量の相関係数は0.97 となり、最も早いピーク時刻の降雨によるピーク流量の2.5 倍を超えるピーク流量が22 時をピークとする降雨によってもたらされており、洪水リスクの評価において、降雨の時間分布を考慮することの重要性がうかがえる。

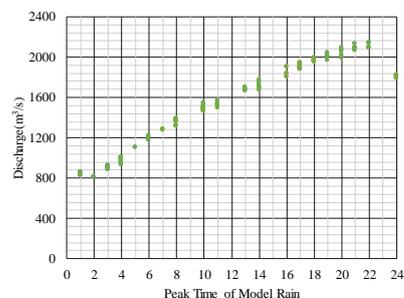


図-5 計算流量とモデル降雨のピーク時刻の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 本間拓貴・堀智晴
2. 発表標題 豪雨の DAD 関係に基づく多様な洪水シナリオの発生手法
3. 学会等名 令和元年度京都大学防災研究所研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 園田慶祐・堀智晴
2. 発表標題 豪時空間スケールと強度の関係に基づく豪雨シナリオの発生手法
3. 学会等名 京都大学防災研究所研究発表講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------