

水害リスクカーブに基づく京都市周辺域における宅地かさ上げの浸水被害軽減効果の分析

京都大学大学院工学研究科 正員 ○田中智大
 京都大学大学院工学研究科 正員 市川 温
 京都大学大学院工学研究科 正員 萬 和明
 京都大学大学院工学研究科 正員 立川康人

1 はじめに 流域の水害リスクを低減するためには、治水施設などの社会基盤の整備に加えて、地域のリスクの高さに応じて住まい方を工夫するというのも有効な方法である。たとえば、大きな浸水が頻繁に予想される地域は宅地として利用しない、あるいは宅地として利用する場合には、住宅の床面を一定程度高くして、大きな被害の生じやすい床上浸水が少しでも発生しにくくするなどの工夫が考えられる。宅地かさ上げによる水害リスク低減効果は、主に浸水深、流体力の比較的小さい内水氾濫に対して評価されてきた^{1) 2)}。

本研究では、今後のリスクの増加が予想される外水氾濫に対して、宅地の床高上げを実施した場合の浸水リスク軽減効果を定量的に分析することを目的とする。対象地域は、既往研究³⁾で水害リスクを評価してきた京都市周辺域とする。住宅一階の床面を一定の高さでかさ上げするという建築規制を想定し、規制による浸水リスク軽減効果を水害リスクカーブによって定量的に分析する。ただし、建築規制は治水施設整備とは異なり、費用負担者が国や自治体ではなく各世帯である。したがって、対象地域全域のリスク低減効果を表す水害リスクカーブに加え、各地先での水害リスクカーブを表す浸水被害確率マップを用いて地域全体と地先の両方のリスク低減効果を評価する。

2 浸水被害確率マップの作成方法 本研究では、田中ら³⁾で用いた浸水被害確率マップの作成方法を用いる。この方法は、多種類の降雨イベントの総降雨量を降雨継続時間との同時生起確率を考慮したうえで引き伸ばし、浸水被害額の確率分布を推定する方法³⁾である。具体的な計算手順は田中ら³⁾に詳しいが、降雨イベントとそれによる被害の発生にポアソン過程を仮定し、降雨イベント ξ_i で浸水被害額 m をもたらした総降雨量を $r_i(m)$ 、イベントの継続時間 d_i に対する総降雨量 r の条件付き非超過確率を $G_{R|D}(r|d_i)$ として浸水被害額 m の非超過確率を以下の式で求める。

$$F_m(m) = \exp[-\mu\Delta t (1 - G_{R|D}(r_i(m)|d_i))] \quad (1)$$

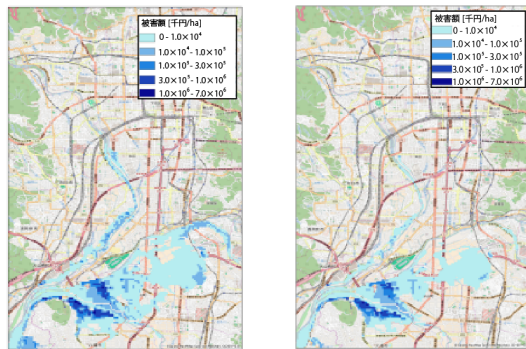
ただし、 $\mu\Delta t$ は1年間の降雨イベントの平均生起回数である。浸水被害確率マップは、(1)式の浸水被害額 m を地域全体の被害額ではなく、各地先（本研究では氾濫計算格子内）の被害額に置き換えることで得られる。

3 床高上げ後の浸水被害確率の計算方法 住宅一階の床面を一定高さかさ上げするという建築規制が実施されたとすると、規制なしの場合と比べて浸水被害が生じる確率は小さくなる。ここでは、床高上げ後の浸水被害額の非超過確率の計算に際して以下の仮定を設ける。

- 1) 住宅の床高上げによる氾濫水の流速や水深の変化はないと仮定する。
- 2) 高さ h_0 の床高上げした場合の浸水被害額は、実際の最大浸水深を $h_{\max}$ として、見かけ上浸水深が h_0 減少したときの被害額に等しいと考える。

これらの仮定に基づき、氾濫計算による浸水深が $h_{\max} - h_0$ であるとして被害額を算定する。すなわち、降雨条件下で計算したセル (k, j) 最大浸水深分布 $h_{\max, k, j}$ ($k = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M$)を $h_{\max, k, j} - h_0$ に修正し、修正後の浸水深から浸水被害額 m を計算する。浸水被害額の確率分布は(1)式によって推定する。なお、本稿では対象地域内の水害リスクの高さに関わらず、全自治体で一様に規制を実施することを想定する。

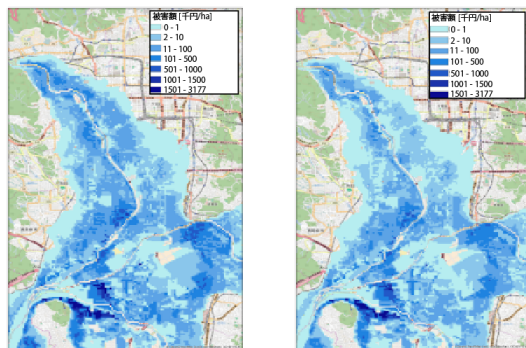
4 京都市周辺域における床高上げの水災害軽減効果の評価 前節に述べた方法で床高上げ後の浸水被害確率を計算し、現状（床高上げなし）と比較することで床高上げの水災害軽減効果を評価する。図1は、再現期間が1000年（年超過確率が1/1000）の浸水被害額の空間分布を示したものである。(a)が現状の浸水被害額、(b)が対象地域全域で住宅の一階床面を50 cmかさ上げしたときの浸水被害額である。外水氾濫は、内水氾濫に比べて浸水被害の発生確率は一般に極めて小さいが、現状に比べて床高上げ後のほうが被害の生じて



(a) 床高上げ前

(b) 床高上げ後

図1 1000年確率浸水被害額の空間分布図



(a) 床高上げ前

(b) 床高上げ後

図2 年期待浸水被害額の空間分布図

いる範囲が狭くなっており、宅地かさ上げは外水氾濫に対しても一定の効果有していることが示唆された。

図2は、年期待被害額の空間分布を示したものである。(a)が現状の年期待被害額、(b)が対象地域全域で住宅の一階床面を50 cm かさ上げしたときの年期待被害額である。本研究では、全域で一律に50 cm 床高上げしているため、どこか特定の場所で年期待被害額が小さくなるのではなく、全体的に年期待被害額が減少している。

図3は、現状と床高上げ時のリスクカーブを比較したものである。黒線が現状に対するもの、青線が50 cm 床高上げ時のもの、赤線が1 m 床高上げ時のものである。50 cm 床高上げを実施すると、現状に比べてリスクは比較的大きく下がる。さらにそこから50 cm 床高上げすると（すなわち1 m の床高上げ）、リスクは下がるが、50 cm から1 m への下げ幅は、実施前から50 cm への下げ幅に比べて小さい。対象地域全域での年

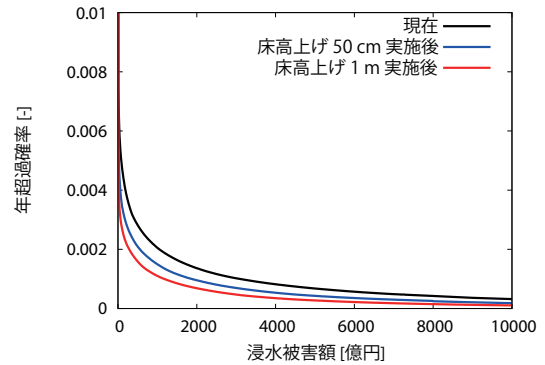


図3 床高上げ前後の対象地域全体の水害リスクカーブ（黒線：床高上げ、青線：床高上げ50 cm 実施後、赤線：床高上げ1 m 実施後）

期待被害額は、現状で約12億円であるのに対し、50 cm 床高上げすると約8億円となり、年期待被害額は4億円程度低減する。一方、1 m 床高上げした場合の年期待被害額は約6億円となり、50 cm 床高上げに比べて2億円程度年期待被害額は低減する。同じ50 cm の床高上げ幅であっても、徐々にその効果は小さくなると予想される。

5 結論 浸水被害確率マップおよび水害リスクカーブを住宅の床高上げ前後で推定することによって、床高上げによる水災害被害額の軽減効果を定量的に評価することができた。また、かさ上げの高さによる効果の違いも定量的に示すことができた。実際に、住宅の床高上げのような建築規制を実施する場合には、改築・新築の際に床の位置を高くする規制が現実的と考えられる。住宅の建築時期に関するデータがあれば、ここで示した手法と組み合わせることで、住宅の床高上げによる水災害被害軽減効果が経年的にどのように発現していくか示すことが可能であると考えられる。

謝辞 本研究は、国土交通省・河川砂防技術研究開発（研究代表者：市川 温）による助成を受けた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 市川 温, 松下 将士, 堀 智晴, 椎葉 充晴: 水災害危険度に基づく土地利用規制政策の費用便益評価に関する研究, 土木学会論文集 B, Vol. 63, No. 1, pp. 1-15, 2007.
- 2) 柿本 竜治, 山田 文彦, 藤見 俊夫: 水害危険地域への土地利用規制導入効果検証への水害リスクカーブの適用. 都市計画論文集, Vol. 47, No. 3, pp. 901-906, 2012.
- 3) 田中 智大, 立川 康人, 市川 温, 萬 和明: 降雨継続時間に対する総降雨量の条件付き確率分布を用いた水害リスクカーブの作成, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 72, No. 4, pp. I.1219-I.1224, 2016.