

水害リスクカーブ生成システムの構築

田代 達郎¹・柿本 竜治²・山田 文彦²・藤見 俊夫³

¹学生会員 熊本大学 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号)
E-mail: 117d8819@st.kumamoto-u.ac.jp

²正会員 熊本大学教授 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号)
E-mail: kakimoto@gpo.kumamoto-u.ac.jp

³正会員 熊本大学助教 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号)
E-mail: fujimi@gpo.kumamoto-u.ac.jp

堤防等の治水施設の整備は、地域の治水安全度を向上させ、都市的土地利用を進展させる。一方で、そのような地域での水防は完全には出来ないため、過度に資産が集積すると、洪水が発生した場合、甚大な被害をもたらす。水害の発生確率とその被害額の関係はリスクカーブで表される。リスクカーブは、氾濫シミュレーション、土地利用データ、および治水経済マニュアルで作成できるが、詳細な土地利用データの入手が困難であり、その適用が限られる。国土数値情報の詳細土地利用データでは、精度良く被害額を算定するにはデータが粗い。建物1件毎に評価する5mメッシュ程度の土地利用データが必要となるが、その作成には多大なコストを要する。そこで、本研究では、既存の複数のデータを用いて、比較的精度よくリスクカーブを生成するシステムを構築する。

Key Words : Flood risk, Flood risk curve, Spatial distribution of land use, Flood damage, Utility test

1. はじめに

河川改修や洪水調整池等の治水整備の推進は、洪水による被害や犠牲者を着実に減少させてきた。ハード整備による水害頻度の減少は、かつて河川の氾濫原だった地域の都市化を促し、国土が狭小なわが国では経済活動を支える人口の受け入れ先ともなった。一方で、ハード整備による洪水対策は、ある想定された水準までの防災対策であり、その水準を超えた場合の対策については顧みられていない。したがって、想定された水準を超えた洪水が発生した場合、そのような地域は、都市化されたが故以前と比べて被害が甚大となる。これまでの治水対策事業は、想定される洪水に対して地域の治水安全度を高めるとともに、土地利用の変化に伴い低頻度高被害リスクを孕むというジレンマを抱えながら進められてきた¹⁾。

流域管理的治水を早くから実践しているのは、イギリス、フランス、ドイツなどの欧州諸国である²⁾。中でもイギリスでは、国の都市計画に関する政策方針Planning Policy Statement (PPS) の一つPPS25で、水害リスクに応じた都市開発の方針について取りまとめている。その中では、地域の治水安全度に応じて定めた洪水危険ゾーンを設定し、洪水ハザードマップを国民に積極的に公開し、水害土地利用規制を行っている⁴⁾。一方、わが国でも、2005年の水防法の改正により、各市町村には洪水ハザード

ドマップの作成が義務付けられ、住民に洪水に脆弱な地域の情報が周知されるようになった。また、洪水に脆弱な地域が明らか⁵⁾にされ、そして水害リスクの大きな地域での土地利用の転換の必要性は示されているが、現在のところ水害防止に関する土地利用規制・誘導は積極的には進められていない²⁾。このような状況の中で、水害防止に関する土地利用規制に関連した研究がいくつか見られる。たとえば、吉田・高木⁶⁾は、流出抑制施設整備、土地利用規制、洪水保険の3種類の施策を同時に評価できるモデルを構築している。また、市川ら⁷⁾は、土地利用規制政策とハード的対策のどちらが費用対効果において優れているかを検証している。それに対し、筆者ら⁸⁾は、実際の土地利用形態や建物分布のデータを長期にわたって調査し、治水整備前後の水害リスク構造を水害リスクカーブによって分析した。その結果、治水整備後の土地利用の変化により低頻度高被害リスクが高くなっており、治水整備と併せて潜在的な浸水地域への建物立地の抑制の必要性を明らかにした。

人口が増加し、経済が発展している段階では、水害防止に関する土地利用規制は、経済活動を阻害しかねないと導入が躊躇されていたが、人口減少に転じた現在、被害に遭いにくい土地利用の転換を図る時期を迎えていると言えよう。望ましい方向に土地利用の規制や誘導を行っていくためには、規制とともに水害リスクに関する情

報開示や保険制度等を適切に組み合わせた施策が必要である。現在でも洪水ハザードマップにより、水害に関する情報が開示されているが、既往最大の静的な状況を表しているに過ぎず、土地利用規制への住民の合意形成や保険制度の設計には情報が不足している。一方、水害リスクカーブは、超過確率とそのときの被害額の関係を表しており、ある超過確率の洪水に対する土地利用状況の脆弱性を定量的に評価することが出来き、今後の水害防止に関する土地利用規制の制度設計のためのツールとして利用されることが期待される。

これまでに、Merz, B. and Thielen, A. H.⁹⁾, Grunthal, G. et al.¹⁰⁾, Apel, H., G. et al.¹¹⁾などが水害リスクカーブに関する研究を積極的に進めている。また、川島ら¹²⁾は、住民が直面している水害リスクについて具体的に認識を促すツールとして水害リスクカーブを利用している。前出のMerz, B. and Thielen, A. H.⁹⁾の研究の中で、水害リスクカーブを算定する上で、様々な不確実性を考慮する必要があることが指摘されている。たとえば、氾濫解析の統計理論に潜む不確実性、氾濫シナリオに潜む不確実性や被害率の設定における不確実性などである。わが国で、一般に入手可能な国土数値情報の土地利用細分メッシュデータは100mメッシュであり、町内会レベルの地域の水害リスクカーブを算定するにはデータが粗すぎるため、これまでは分析者が独自に詳細な土地利用データを作成してきた。詳細な土地利用データの作成には時間とコストがかかり、小地域レベルでの水害リスクカーブの一般化を阻んできた。そこで、本研究では、一般に入手可能な土地利用関連データを用いて、簡易に小地域レベルでの水害リスクカーブを生成する方法を提案する。氾濫計算や被害額算定の基本メッシュとして5mメッシュを前提としており、一般に入手可能な土地利用関連データを利用してこのメッシュサイズの土地利用分布を推定する場合、土地利用分布に不確実性が発生する。簡易に小地域レベルでの水害リスクカーブを生成するとともに、土地利用分布の不確実性を考慮することも本研究の目的の1つである。

2. 土地利用空間分布を考慮したリスクカーブ

(1) 土地利用の用途の空間分布の推定

本研究では、メッシュ単位で浸水被害の被害額を算定し、対象地域全体で総計することで、浸水被害額の総額を算定することを前提としている。そこで、メッシュ単位にある用途の土地利用が占有していると仮定しても差し支えない大きさであるとする。そのとき、メッシュ*i*の用途*j*の浸水被害額 d_{ij} は、式(1)で与えられる。

ここで、 δ_{ij} はメッシュ*i*の土地利用用途が*j*の場合1、それ以外の場合0の値をとるダミー変数であり、 h_i はメッ

シュ*i*の浸水深、 g_i はメッシュ*i*の地形勾配である。 $r(h_i, g_i)$ は、浸水深と地形勾配によって決まる被害率関数であり、 M_j は用途*j*の全損の場合のメッシュ単位被害額である。対象地域が*N*個のメッシュと*K*種の用途で構成されているとき、総被害額*D*は、式(2)で与えられる。

$$D = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K d_{ij} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K \delta_{ij} r(h_i, g_i) M_j \quad (2)$$

対象地域の土地利用の用途の空間的分布状況が分からなければ式(2)による総被害額の算定は出来ない。一般に公開されている土地利用データで、ここで仮定しているようなメッシュ単位のデータはない。いま、各用途が空間的にランダムに立地していると仮定した場合、総被害額の期待値*E(D)*は、式(3)で与えられる。

$$E[D] = \sum_{j=1}^K n_j M_j \sum_{i=1}^N r(h_i, g_i) / N \quad (3)$$

ここで n_j は、 $n_j = \sum_{i=1}^N \delta_{ij}$ であり、対象地域での用途*j*の出現個数である。式(3)の中に M_j / N を見出すことが出来るが、これは対象地域での用途の割合であり、 ρ_j に置き換えると、式(3)は式(4)で表わすことが出来る。

$$E[D] = \sum_{j=1}^K \rho_j M_j \sum_{i=1}^N r(h_i, g_i) \quad (4)$$

土地利用の用途の割合は、都市計画基礎調査等から校区単位等でデータが入手可能である。式(4)で得られる総被害額は、あくまで用途の分布がランダムと仮定した場合の期待値であり、式(2)による総被害額と乖離する可能性がある。そこで、一般に入手可能な土地利用情報によって、この乖離を小さくする工夫を行う。

国土地理院が発行している数値地図より、道路データと河川データは得られ、建物分布は電子地図の建物のラスターデータにより容易に把握できる。本研究では、電子地図として、NTT-ME社の電子地図基盤データGEOSPACEを用いる。まず、道路、河川および建物データを対象地域の各メッシュに対応させる。それらを配置した後の空地に、畑、田およびその他を各メッシュに国土数値情報土地利用細分メッシュの畑、田およびその他のデータのデータを各メッシュに配置する。また、建物を配置しているメッシュで大規模な工場が識別できる場合にも建物機能を割り付ける。なお、国土数値情報土地利用細分メッシュは100mメッシュであり、その中は単一の用途で表されている。

浸水による被害額を算定するためには、建物が住宅、商業、工業のどの用途に用いられているか特定する必要がある。しかしながら、1メッシュ毎の建物を識別することは困難であるため、予め分かっている対象地域の用途割合から識別されたメッシュを除き、識別不明メッシュ

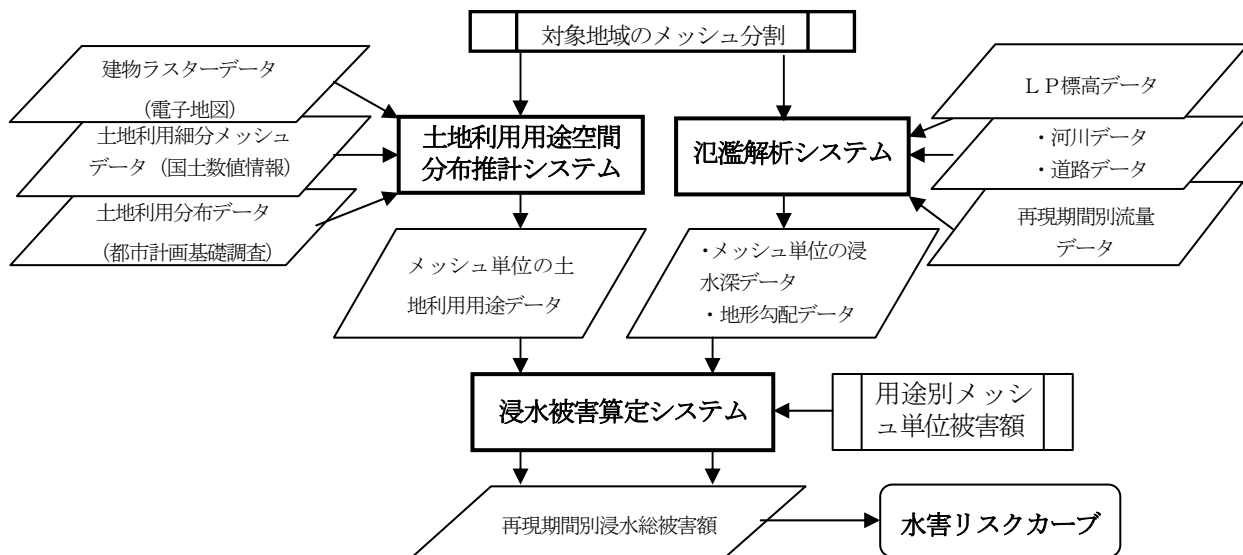


図-1 水害リスクカーブ生成システムの構成

表-1 各用途のメッシュ単位あたり浸水被害額

用途区分	評価額と内訳
商業用途	81,935,300 円/25m ² 家屋資産+事業所償却+在庫資産+付加価値額 ※産業大分類 E,F の一部
工業用途	64,037,817 円/25m ² 家屋資産+事業所償却+在庫資産+付加価値額 ※産業大分類 G~M の一部
住宅用途	7,019,523 円/25m ² 家屋資産+家庭用品+世帯清掃労働対価
田畑	3,478 円/25m ² 収穫される農作物の平均価格

全体での用途割合を再計算し、その割合を各メッシュの建物用途に割り付ける。このようにして推計された土地利用用途の空間的分布に基づいて算定される浸水総被害額は、式(2)と式(4)で算定される総被害額の中の値を取るはずである。式(2)の値は不明であるが、識別不明メッシュの用途分布を浸水被害額に対して楽観的な場合と悲観的な場合を想定すれば、式(2)が取り得る値の範囲は算定出来る。治水経済調査マニュアル¹³⁾を参考にすると、住宅系より商業系の被害額単価が高い。そこで、被害率の高いメッシュに商業系を割り付ければ、総被害額の上限が算定され、逆に住宅系を割り付ければ、下限が算定されることになる。

(2) 水害リスクカーブ生成システム

本研究の水害リスク生成システムは、図-1に示すように土地利用用途空間分布推計システム、氾濫解析システムおよび浸水被害算定システムの3つで構成されている。土地利用用途空間分布推計システムでの対象地域の土地利用の用途分布の推計方法は、前節に記述した通りである。本研究で使用する氾濫解析システムは、対象領域、氾濫箇所・流量、LPデータ、土地利用データ、および河川中心線の情報を氾濫解析プログラムに入力すれば、洪水時の浸水深と流速が出力指定時間毎に出力されるシステムである。この氾濫解析プログラムでは、洪水氾濫の現象を2次元の長波方程式を差分法で離散化し、計算を行っている。なお、本氾濫解析システムの詳細については、参考文献¹⁴⁾を参照。

本研究では、浸水被害額対象の用途を商業、工業、住宅、田畑の4種とし、治水経済調査マニュアルで定められる調査対象資産のうち、「家庭用品」、「事業所償却・在庫資産」、「農漁家償却・在庫資産」、「営業停止損失」、「家庭における応急対策費用」、「事業所における応急対策費

用」を用いて、全損の場合のメッシュ単位被害額 M_j を定めている。浸水被害算定システムで用いている5mメッシュあたりの各用途の M_j およびその算定内訳を表-1に示す。なお、本研究では、道路や橋梁の流失の被害は除外しており、「公共土木施設等」、「事業所における応急対策費用」は、被害額に算入しない。また、駐車場等が含まれるその他空地の被害も被害額に算入していない。

浸水被害算定システムでは、まず、氾濫解析システムから出力される浸水深と地形勾配から各メッシュの被害率 $r(h, g)$ が算定される。そして、その $r(h, g)$ に、土地利用用途空間分布推計システムから出力される δ_{ij} もしくは ρ_j と、予め用意されている M_j を掛け合わせることで、各メッシュの浸水被害額が算出され、それを対象地域で総計することで浸水総被害額が算定される。また、同時に浸水総被害額の上限值と下限値も算定される。

水害リスクカーブは、このようにして算定される浸水総被害額を再現期間別に算出し、再現期間に対応する超過確率毎にプロットすることで描かれる。なお、本研究では、浸水総被害額を算定する再現期間として、5、10、

20, 50, 100, 150, 200年を設定しており、それに対応する超過確率は、20, 14.3, 10, 5, 2, 1, 0.7, 0.5%である。また、氾濫解析システムに入力される再現期間に対応した流量は、タルボット型降雨強度式により各再現期間の降雨強度を求め、合理式により算定する。

3. 水害リスクカーブ生成システムの実用性検証

(1) 対象地域の概要

本研究で構築した水害リスクカーブ生成システムの実用性を検証するために、熊本市壺川地区を対象に水害リスクカーブの作成を行う。対象地域の熊本市壺川地区は、南北・東西方向ともに約1 km四方程度の大きさがあり、約8400人（約4000世帯）が居住している。校区の中心部を流れている坪井川は、流域面積141.7km²、流路延長が23.5kmの2級河川であり、鹿本郡植木町の東南を源として南下し、堀川と合流し熊本市中心部を経て植木台地と金峰山東側の伏流水を源とした井芹川と併せ、有明海に注いでいる。坪井川はこれまで何度も水害に見舞われてきており、特に1957年7月26日の大水害では、井芹川、坪井川両水系の氾濫で、下通町など熊本市の中心街をはじめ西部一帯が浸水し、金峰山周辺の各地で山津波やがけ崩れが起り、死者171人、家屋全半壊287戸、流出76戸もの犠牲を出した。そのため、1974年より、壺川から清水に広がる水田地域を機能的氾濫原として有効利用する坪井川治水緑地事業が開始され、現在の坪井川では、50年確率で堤防等の河道や遊水地の整備が終了している¹⁵⁾。坪井川治水緑地事業では、遊水地に大規模な公園機能を備えさせながら進められたので、地区の治水安全度の向上とともに、遊水地周辺の田畑の宅地開発も進んだ。

1970年および2005年の2時点について氾濫解析した結果を図-2に示す。再現期間500年の大雨の場合の宅地の氾濫域は、高頻度の浸水域を除くと治水整備前後で約1/3まで縮小しているが、矢印で示す周辺で住宅立地が進んでいる。また、高頻度の浸水域にも関わらずその北側でも住宅の新規立地が進んでいる。両地点とも、1970年当時市街化調整区域であり、田畑や湿地が広がっていたが、治水事業期間中に住居系用途地域へ変更されたことで宅地開発が進行した。このことから治水事業が、地域の治水安全度を高めるとともに、土地利用の変化に伴い低頻度高被害リスクを孕む可能性があることが分かる。

次に、治水安全度の変化や土地利用の変化に伴い、対象地域の水害リスクカーブの、実際の経年変化を図-3に示す。1970年から80年にかけて、宅地開発の進展とともに水害リスクが上昇しているのが分かる。

1983年に遊水地が完成し、対象地域の治水安全度が向上したため、1985年の水害リスクカーブは左下方向にシフトし、水害リスクが低下している。それから、2000年

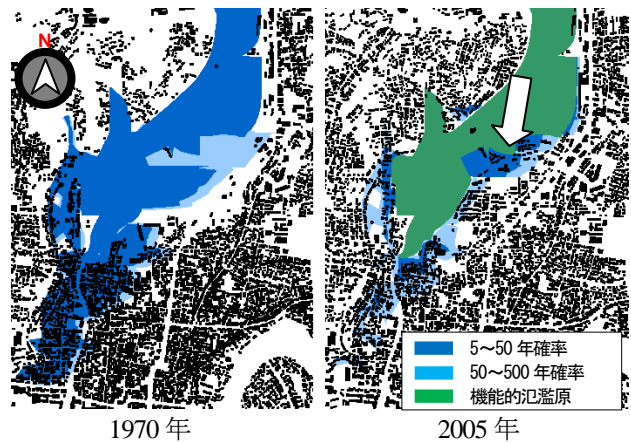


図-2 治水事業前後の浸水域の変容

にかけて、さらに遊水地周辺での宅地開発が進み水害リスクが上昇しているのが分かる。2005年に水害リスクカーブは左下方向にシフトしているが、これは、遊水地内にあった畑の一部の空地化と対象地域南部の旧市街地の商業店舗等の空洞化の急速な進展により、対象地域の被害総額が小さくなったためである。この地域は、熊本市の中心市街地に隣接しており、空洞化が収まれば再開発が進み資産の再集積の可能性が高い地域であり、今後、低頻度高被害リスクが高くなっていくことが予測される。なお、本節で用いた土地利用データは、対象地区を家屋一軒が判別できる5mメッシュに分割し、住宅地図を基に作成したデータである⁷⁾。

(2) 水害リスクカーブ生成システムの実用性の検証

前節で示した熊本市壺川地区の2005年の水害リスクカーブを構築した水害リスク生成システムで再現して比較

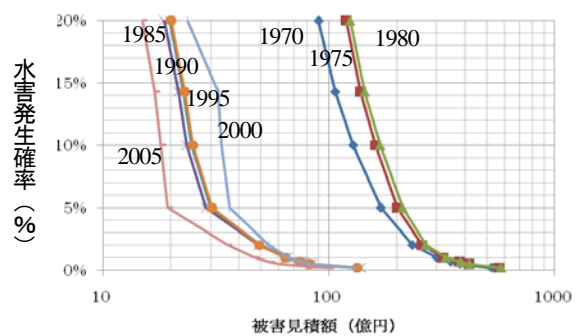


図-3 壺川地区の水害リスクカーブの時系列推移

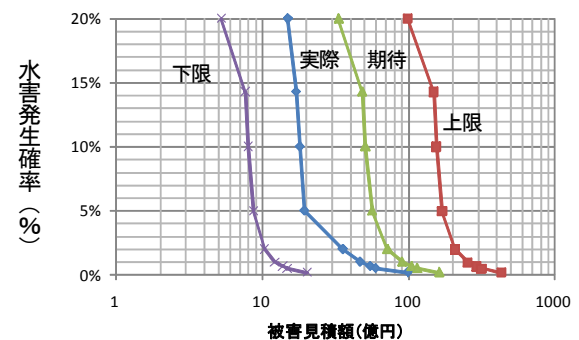


図-4 水害リスクカーブの比較

することで、水害リスク生成システムの実用性の検証を行う。前節の2005年の水害リスクカーブとともに、第2章で提案した既存の土地利用データを用いて土地利用用途の空間分布を推定した上で、各再現期間での浸水総被害額を算定して描いた水害リスクカーブを図-4に示す。前節の2005年の水害リスクカーブは、住宅地図から詳細に用途を調査した土地利用データを基に国土数値データの各資産情報を各メッシュに配分し、各再現期間の浸水総被害額を算定しているものであり、氾濫シミュレーション通りの浸水被害が実際に起きた場合の総被害に相当する。そこで、この水害リスクカーブを「実際」としている。それに対して、提案手法では、国土数値情報等の既存の土地利用データを用いて土地利用用途の空間分布を推定する際に、識別不明メッシュの用途分布に対象地域の用途割合を期待値として与えて、各再現期間の浸水総被害額を算定しているものであり、「期待」としている。それに加えて、識別不明メッシュの用途分布を浸水被害額に対して楽観的な場合と悲観的な場合を考慮し、浸水総被害額を算定しているものを「下限」および「上限」としている。

再現期間が5年から50年の高頻度域で、「実際」と「期待」の乖離が大きい。これは、対象地域で再現期間50年の洪水に対しての治水事業が完了しており、浸水被害が遊水地周辺の低地だけに限定され、その周辺の土地利用分布の推計精度が悪いためである。一方、低頻度域については、あてはまりがよい。これは、対象地域で広域に被害が及ぶため、商業系と住宅系の浸水被害の空間分布が平均化されてくるためである。

本研究の水害リスクカーブ生成システムでは、地域全体の平均的な土地利用割合を遊水地周辺の低地にも与えて浸水被害額を算定しているため、住宅系より浸水被害単価の高い商業系用途の割合が実際より高くなり、高頻度域で実際よりも浸水被害額が高くなっている。

治水経済マニュアルでは、基本的に250mメッシュ単位で氾濫計算と浸水被害額の算定を行うようになっている。また、被害額算定の基礎となる土地利用用途を基にした資産の空間分布は、250mメッシュ単位で国土数値情報がないデータについては、1kmメッシュデータや500mメッシュデータを250mメッシュに按分し、作成することになっている。したがって、浸水被害額算定の基礎となる土地利用に基づいた資産の空間的分布状況にかなりの誤差を含んでいる。また、標高データは、1/2,500等の大縮尺の都市計画図、もしくは、「数値地図50mメッシュ(標高)」等を用いるようになっており、等高線がまばらな低位部の地域で精度が低下する傾向にある。したがって、治水経済マニュアルにしたがって行う場合も、高頻度域で、「実際」との乖離がかなり大きくなる。

高頻度域での水害リスクカーブの精度上げるには、高

頻度で浸水被害を受ける地域の土地利用を精査する必要がある。図-2に示すように、高頻度で浸水被害を受ける地域は対象地域全体に対して、かなり小領域であり、それほど大きな手間をかけずに、土地利用を調べることが出来る。それにより、「実際」をかなりの精度で再現することが可能となる。たとえば、再現期間50年で浸水する地域の土地利用を調査することで、描かれる水害リスクカーブは、図-4の5%のところまで「実際」と一致させることが出来る。また、その浸水領域を調べることで、不明メッシュ数も減少し、図-4の「期待」の水害リスクカーブの2%以下の部分が「実際」の水害リスクカーブ側にシフトする。これらを結合して水害リスクカーブを描けば、「実際」の水害リスクカーブをかなりの精度で近似して描くことが出来る。通常は、今回のように比較できる「実際」の水害リスクカーブはなく、上述のようにして水害リスクカーブを描いても、土地利用用途の空間分布推定上の曖昧さの疑念が残るであろう。高頻度で浸水被害を受ける地域の土地利用を調査することで、「上限」と「下限」の水害リスクカーブの幅も狭くなる。土地利用分布推計の曖昧さに起因する浸水総被害額の最大誤差はその範囲内に収まるので、そのことを考えれば、本研究で開発した水害リスクカーブ生成システムは、実用的に活用できるであろう。

4. おわりに

本研究では、一般に入手可能な土地利用関連データを用いて、簡易に小地域レベルでの水害リスクカーブを生成するシステムを構築し、その実用性を検証した。浸水被害額の算定には、被害評価地点の浸水深や流速といった物理的外力と被害額算定の基礎となる資産が必要である。従来から筆者らが用いてきた氾濫解析システムは、5mメッシュ単位で浸水深や流速ベクトルを出力するものであり、浸水被害に与える微地形の影響も考慮できる。一方で、対象地域の資産分布を規定する土地利用の空間的分布については、そのような細分メッシュのデータが存在しないため、これまで、多大なコストをかけて作成してきた。

本研究では、一般に入手可能な国土数値情報土地利用細分メッシュデータ、都市計画基礎調査の土地利用現況、および電子地図を用いて、機械的に5mメッシュ単位の土地利用用途の空間的分布を推計した。そして、5mメッシュ単位の氾濫解析結果と土地利用用途の空間的分布から算定される資産分布を用いて、各再現期間別の浸水被害総額を算定し、水害リスクカーブを描いた。5mメッシュ単位で詳細に土地利用状況を調査して、各再現期間別の浸水被害総額を算定し、水害リスクカーブを描いた場合とそれとを比較したところ、低頻度の領域では

あてはまりがよかった。高頻度に浸水する地域は、一般に対象地域全体に対して小領域であり、氾濫解析後にその領域の土地利用を詳細に調査して、浸水被害額の算定に反映させれば、精度よく水害リスクカーブを描け、本研究で開発した水害リスクカーブ生成システムは、実用的に活用できる可能性が高いことが検証できた。

想定外の巨大水害が発生したときでも深刻な被害が発生しないような頑強な社会を創るには、治水整備により誘引される潜在的な浸水地域への建物の立地を抑制する政策が必要である。水害リスクカーブは、リスク保有のあり方を定量的に検討できる指標であり、水害リスクコミュニケーションや水害リスクアセスメントのツールとしての活用の方法を今後検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 永松伸吾：シリーズ災害と社会 4 減災政策論入門 ー巨大災害リスクのガバナンスと市場経済ー，弘文堂，pp.25-27，2008
- 2) 吉田恭，古本一司，馬場美智子：イギリスにおける水害土地利用規制・誘導と関連諸制度に関する研究，都市計画論文集 No.45-1，pp.63-71，2010
- 3) 吉田恭，古本一司，馬場美智子：フランスにおける PPR を中心とした防災型土地利用規制に関する研究，都市計画論文集 No.46-1，pp.88-98，2011
- 4) Planning Policy Statement 25 - Development and Flood Risk - : Annex D: The Sequential Test and Exception Test, Department for Communities and Local Government, pp.21-29, 2010
- 5) 社会資本整備審議会：「中期的な展望に立った今後の治水

- 対策のあり方について」-安全で安心できる美しい国土を次世代に残すために-，社会資本整備会（河川分科会）答申，2007
- 6) 吉田正卓，高木朗義：災害リスクマネジメントに基づいた総合治水対策の評価モデルの構築，土木計画学・論文集 Vol.20 no.2，pp.313-322，2003
 - 7) 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
 - 8) 藤見俊夫，柿本竜治，山田文彦，廣瀬健康：治水整備による水害リスクカーブの変遷に関する研究，土木計画学研究・論文集 Vol.27 no.1，pp.65-70，2010
 - 9) Merz, B. and Thieken, A. H. : Flood risk curves and uncertainty bounds. *Natural Hazards*, Vol.51, pp. 437-458, 2009
 - 10) Grunthal, G, Thieken, A. H., Schwab, J., Radtke, K. S., Smolka, A. and Merz, B.: Comparative Risk Assessments for the City of Cologne – Storm, Floods, Earthquakes, *Natural Hazards*, Vol.38, pp.21-44, 2006
 - 11) Apel, H., Thieken, A. H., Merz, B., and Blöschl, G : Probabilistic Modeling System for Assessing Flood Risks, *Natural Hazards*, Vol.38, pp.79-100, 2006
 - 12) 川島健一，多々納裕一，畑山満則：自律的避難のための水害リスクコミュニケーション支援システムの開発，土木計画学研究・論文集，Vol.23 no.2，pp.309-318，2006
 - 13) 国土交通省河川局：治水経済調査マニュアル（案），pp.1-106，2005
 - 14) 柿本竜治・山田文彦・森俊勝・安重晃・坂上裕信：水害リスクコミュニケーションの地域展開を支援する地域防災学習システムの開発，土木計画学研究・講演集 Vol. 41，CD-ROM(319)，2010
 - 15) 熊本県：坪井川計画書，1969

DEVELOPMENT OF FLOOD RISK CURVE GENERATION SYSTEM

Tatsuro TASHIRO, Ryuji KAKIMOTO, Fumihiko YAMADA and Toshio FUJIMI

Constructing the infrastructure, such as a river levee and a flood storage basin, for flood prevention would improve the safety of the flood plan in the former times against flood and would stimulate the urbanization there. However, the urbanization such area may increase the flood risk of low frequency and high damage because the infrastructures cannot prevent all flood. A flood risk curve shows the relation between the provability of each flood scale and its damage. The application of a flood risk curve to flood risk assessment and risk communication is expected, but it is not easy to draw the curve because it is difficult to make the spatial distribution data of land use where the calculation of flood damage is based. In this paper, flood risk curve generation system with the unclerness of estimating a spatial distribution of land use is developed and its utility is tested