

精緻な都市浸水予測手法 S-uIPS を活用した 被害軽減対策

早稲田大学理工学術院 教授 関根 正人



1. はじめに

2019年10月、首都圏を含む東日本は台風第19号（令和元年東日本台風）による甚大な被害を受けました。もう何年間、豪雨被害が繰り返されているのでしょうか。2015年には鬼怒川の堤防が決壊する事態となり、大規模浸水が発生しました。2016年には台風が北海道に上陸するなど3度にわたって豪雨被害を受けました。そして、2017年の九州北部豪雨、2018年の西日本豪雨と5年間連続して甚大な被害が出ていますし、それ以前も同様のことでした。これほどまでに豪雨被害が続いているのは、地球規模の気候変動と無縁ではありません。日本近海の海水温が高い状態が続くと、日本列島に近づいても台風が勢力を落とすことなくそのまま上陸することになりますし、将来、列島の近くで巨大台風が発生するかもしれません。あまり考えたくないことかもしれませんが、現実から目を背けているわけにはいかないのです。日本中のどこにいても豪雨と無縁ではなく、備えを怠ると危険の渦中に身を置くことになってしまいます。2018年の西日本豪雨では岡山が被災地となりました。当時、私の研究室にいた倉敷出身の大学院生から、岡山が「晴れの国」と言われるほど自然災害とは縁のない穏やかなところですが、とかねてから話を聞いていただけにショックでした。直後に研究室で顔を合わせる前、彼女にどのように声をかけようかと迷ったことをよく覚えています。まもなく2020年の雨のシーズンを迎えます。皆さんはその準備と覚悟ができていますでしょうか？

日本人は、これまであらゆる種類の自然災害と向き合い可能な限りの備えをしつつ、何とか折り合いをつけながら暮らしてきました。安全な生活空間を確保するため、自然をより正確に理解しようとする研究が行われ、自然現象とその被害を予測する技術も開発してきました。一方で、「安全」を目指したこのような取り組みとは別に、我々はより快適で便利な生活を求め、自然に様々な働きかけをしてきました。「安全」と「快適さ・便利さ」の追求をすると、相反する結果に到ることがあります。人間が快適さや便利さを追求した結果として地球温暖化や気候変動が生じ、これが極端な気象を生み出すことにつながりました。これにより我々の安全が今、脅かされているのです。また、我々はいつしか野性を失い、自然が恐ろしいものと察することができなくなってしまったようです。これが言い過ぎとしても事態を想像することができなくなっているのは間違いありません。インフラ施設などのハードウェアによってこれまでは守られてきましたが、想像を超える規模の自然を相手にしたとき、これらは無力です。けっして安全が約束されているわけではないのです。

最近、行政は住民に対して「自分の命は自分で守るのが原則」と表明するようになりましたが、もう少し丁寧な説明はできないのでしょうか。行政としてハードウェアのさらなる拡充や情報の的確な発信などできることはしていきますので、住民の皆さんはこの情報をしっかり受け取り、日ごろから備えをしたうえで適切な行動をとれるように協力してやっていきましょう、というのが今伝

えるべきメッセージではないでしょうか。ところが、言葉足らずで住民にはうまく伝わっておらず、むしろ少し突き放されてしまったかのような印象を与えてしまいました。また、浸水ハザードマップを公開することは大事ですが、これに込められた情報が、住民にとってわかりにくいものになっていることをご存知でしょうか。これが理解できないのは教育の問題と言う有識者もいますが、特に専門知識を持たない子供であっても一目見てわかるようなものを開示しようとししないことの方が問題であると考えます。なぜならば、ハザードマップは、被害を軽減することを目指して住民に行動を起こしてもらうきっかけとなる大事な情報であるはずであるからです。また、下水道が密にネットワークをなすほど整備されている都市部を除けば、苦勞してこれをつくらなくても、地図に地表の等高線を重ねた図があれば、浸水の危険が高いところは容易にわかるはずです。たとえば、2019年の台風第19号時に浸水した町村内の区域が、ハザードマップで危険とされていた場所とよく一致していたとの報道がありましたが、標高を見れば明らかであり、低い場所で浸水が起こったにすぎません。

この被害は大都市とは異なる場所で発生しましたが、都市部の豪雨被害はそれほど単純なものではありません。都市は雨水を排除するために下水道が網の目のように整備されており、標高の低い谷や窪地には幾本もの下水管が敷設されているため、浸水の発生する場所や規模を標高だけで判断することができないのです。このため、浸水の危険の度合いを評価し、リアルタイムで予測（あるいは予報）する技術が必要になります。前述のハザードマップも簡易的技術を使って計算した結果が基になっています。本稿では、筆者が開発してきた「精緻な都市浸水予測システムS-uiPS (Sekine's urban inundation Prediction System, スイプス)」について紹介しますが、これもその技術のひとつです。

2. 精緻な都市浸水予測システム S-uiPS (スイプス) とは

図1は、東京を例にまとめた都市空間の構造と雨水の流れについての概念図です。図中の街区とは、道路により囲まれたエリアのことです。街区内の建物については、建ぺい率や容積率に関わる土地利用情報から、その状況を知ることができます。都市では、道路・街区ともにコンクリートやアスファルトで被覆されているため、その上の雨水の流れは、農地や森林などに比べてかなり単純であり、力学原理のみに基づいて解くことができます。その雨水の流れは、図の黒の矢印のようになります。街から水をなくす役目を担う「雨水排除システム」の中核となるのが下水道ネットワークと都市河川です。これらの設計降雨強度は「1時間当たり50mm」ですが、これ

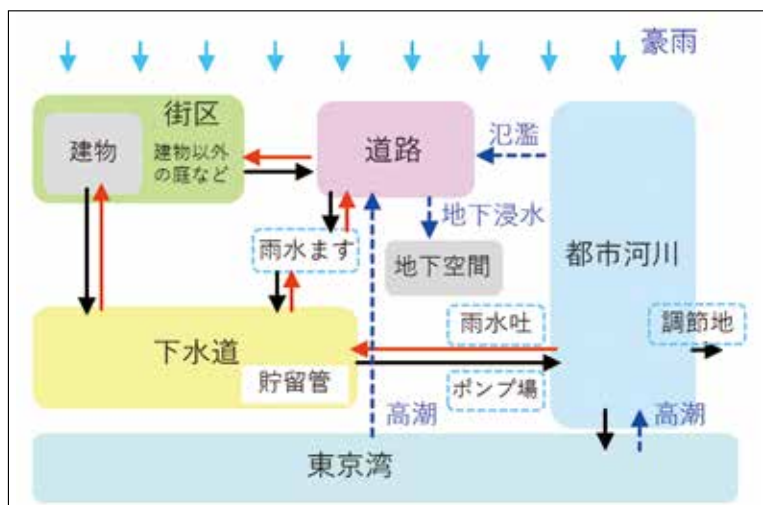


図1 都市の構造と浸水に到る雨水の流れの概念図

以下の強さの雨であれば浸水は起こりません。このため、長靴の必要ない空間になっています。ところが、近年、この強さをはるかに超える豪雨が稀ではなく、時間雨量 100mm の豪雨などと報じられることがあります。このような時には、雨水は図 1 の赤の矢印の方向へと反転し、都市河川の水が下水道へ、下水道の水が地上へ逆流することもあり、その結果、浸水が発生します。

このような一連の雨水の流れは、道路網・下水道網や都市河川の構造に関わる情報や、街区の情報などがそろえば、計算により解き明かすことができるようになりました。コンピュータ空間上に実物通りの都市をつくりだし、そこに雨を降らせてどのような浸水が発生するかを予測するのです。東京都 23 区には、路地まで含めた道路が約 40 万本、枝管路まで含めた下水道が約 60 万本あり、都道環状七号線（環七）の下に整備された地下調節地や、ポンプ場や下水道の貯留管・雨水貯留施設などのインフラ施設があります。このため、これらすべての効果を現実通りに反映させた計算には膨大な時間を要しますが、かなり高い精度で予測できることが明らかになっています。

このシステムを文部科学省が運営する DIAS (Data Integration Analysis System) 上で高速化し、近い将来の浸水を予測（予報）するものと拡張したのがリアルタイム浸水予測システム（リアルタイム版 S-uiPS）です。東京大学の喜連川優教授の研究室と共同で開発しました。降雨として、国土交通省の XRAIN による降雨の現況値と、気象庁の高解像度降水ナウキャストによる 30 分先までの降雨予報データを入力値としています。30 分先までとしたのは、最新の降雨予報でも 30 分より先の時間帯になると予測精度が低下するとされているためです。30 分先までの浸水予測計算を

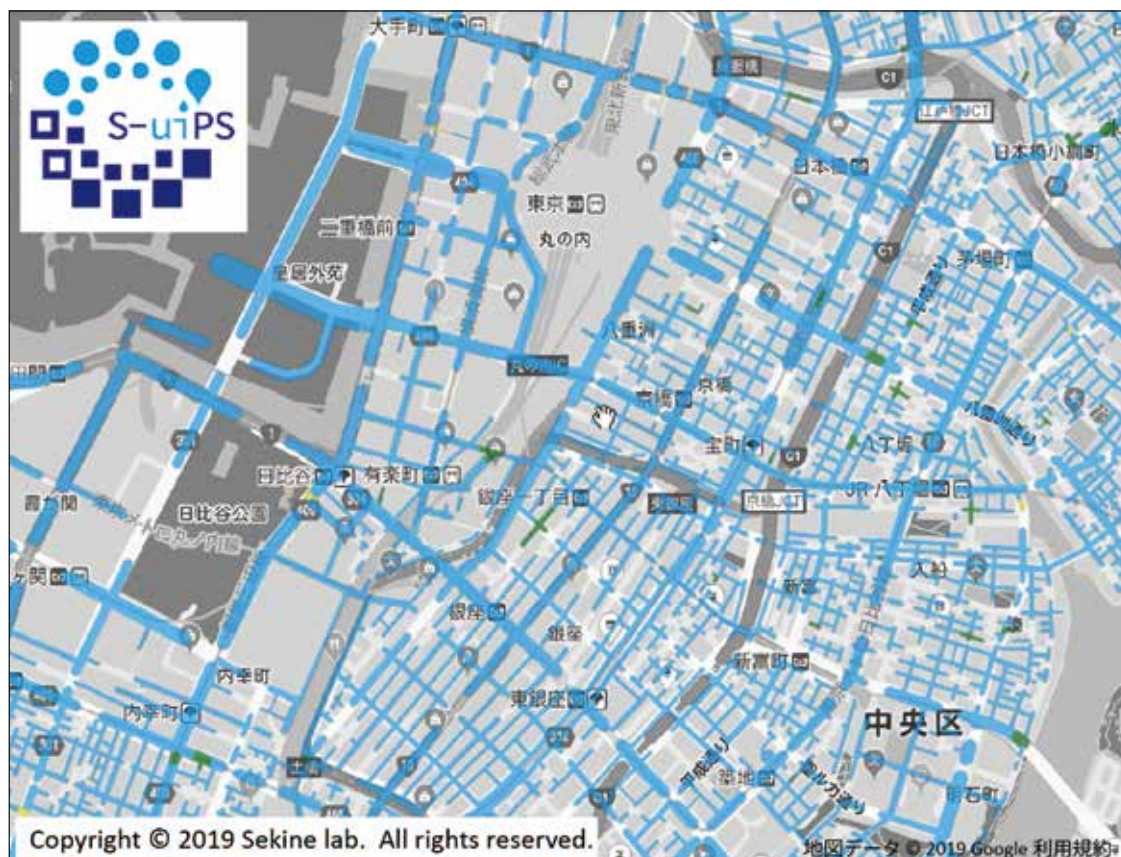


図2 S-uiPSによる浸水予測情報のサンプル画面

行い、その結果を画像化するまでに10分程度の時間を要しますので、現時点では約20分先までの浸水状況の変化が動画となって配信される予定です。この画像は、専用のサイトにアクセスすればスマートフォンやタブレットでも見ることができるようになります。図2は公開する画像のサンプルです。画面上で見たい地点に移動して図を拡大することも可能です。まずは試験運用版として公開し、インフラ施設に関わる膨大なデータベースに誤りがないことを確認してから、本運用へと移行していきます。

3. 浸水被害軽減に向けた S-uiPS による予測情報の活用

リアルタイム浸水予測により得られる情報の活用の仕方には、様々なものが考えられます。都市で最も浸水リスクが高い弱点箇所のひとつが谷状の地形の場所や「道路アンダーパス」です。アンダーパスには最深部にポンプが設置されていますが、降雨継続中にポンプ排水ができないことから、被害抑止あるいは軽減のための有効な方策は「事前の通行止め・迂回誘導」しかありません。また、もうひとつの弱点箇所と言えるのが「地下空間」です。地上の連絡口からの水の流入が阻止できないと地下浸水が発生し、人命にかかわる事態となります。これを防ぐため、連絡口に止水板を設置しなければなりません。いずれの場合にも適切なタイミングをとらえて対処することが求められます。この判断には、リアルタイム予測の結果が科学的根拠として活用できるはずですが、これにより、人命を失うことなく被害軽減が図れると期待されます。

また、豪雨の最中であっても火災や交通事故などが発生します。そのとき、緊急車両は、火災現場や事故現場に速やかに到着することが求められますし、急病人やけが人を一刻も早く病院まで運ばなければなりません。ところが、豪雨時に一部の道路が冠水して通行不能となることがあります。このような場合の緊急車両の経路選択にも、リアルタイム浸水予測による情報が役立つはずですが、さらに、利便性の高い都市部では、高齢者や車いすを使う方々、さらには乳幼児を連れた家族などの姿を見かけます。このような人たちもまた街中で豪雨に遭う可能性があります。若者のように軽々と移動することは難しいとしても、浸水予測情報を活用して20分の時間内に浸水の危険の少ない場所まで移動して被害を回避してほしいと思います。数ブロック程度の移動で当面の危険が回避される場合があるからです。もし、事態が差し迫っていて猶予がない場合には、目の前にある建物に入って二階部分まで移動するのがよいでしょう。

4. おわりに

本稿では、我々が直面する浸水の危険性を説き、社会として考えるべき点にふれた上で、S-uiPSによる浸水予測ならびにその予測情報の活用方法について説明しました。今後、このシステムが社会に浸透し、浸水被害軽減のために有効に活用されていくことを願っています。