

第II部門 洪水時避難経路耐水化システムの最適設計手法

京都大学大学院地球環境学舎 学生員 ○花島 健吾
 京都大学大学院工学研究科 正会員 椎葉 充晴
 京都大学大学院工学研究科 正会員 堀 智晴

1. 研究の目的

現在では、河道対策だけに頼らず流域全体で治水事業に取り組むことができるような治水計画方針の転換が求められている。これを受けて、予警報や避難などいわゆるソフト対策の重要性が指摘され、氾濫原の微地形や建物の地下構造を考慮した氾濫解析手法¹⁾や、ハザードマップや水害経験と避難行動との関係²⁾、避難行動のコンピュータ上でのシミュレーション³⁾などに関する研究は盛んに行われている。

しかし、避難システムに関する研究は、現地調査に基づいて住民の意思決定や行動特性を明らかにしようとするものや、それに基づき避難行動をシミュレートするモデルの開発が中心であって、避難を円滑に行うために氾濫原で取りうる対策、例えば避難経路の耐水化をいかに設計するか、あるいは避難を支援するために氾濫流を制御するためには、どのような施設配置が適当かといった設計問題に対するアプローチは少ない。しかし、氾濫原内での対策を考える場合には、どのような計画問題であっても、氾濫シミュレーションが不可欠になり、計算負荷は膨大である。したがって、氾濫原における洪水対策の最適設計を可能にするためには、解探索の精度を落とさずに、この計算負荷をいかに回避するかが鍵となるといっても過言ではない。

こうした視点から福永ら⁴⁾は、氾濫解析に直交格子型モデルを、避難シミュレーションに格子間移動モデルを用い、経路の嵩上げ計画をGA（遺伝的アルゴリズム）によって最適化する方法を検討した。その結果、経路の嵩上げのみを対象とする場合には、解探索の過程で氾濫シミュレーションを行う回数を大幅に削減することが可能となった。しかし、格子間の移動を単位とした簡易避難シミュレーションモデルでは、住民の避難行動を正確に表しているとは言えない事や、施策として考える嵩上げ案の嵩上げグレードの幅が粗く、かつ限定的で耐水化案としての現実性に乏しいことなど、いくつかの改善を要する点がある。

そこで本研究ではこれらの点を改善し、計算負荷を軽減しながらより精度の高い計算を用い、解探索の効率性の向上をはかる。本研究では氾濫原内における避難場所の配置と経路の耐水化シナリオ決定変数として、費用制約レベルを変化させつつ、避難成功率を最大化する問題を考える。問題を構成する目的関数や制約関数が通常の形では計算負担が大きい事を考え、氾濫・避難モデルのダウンサイジングなどシミュレーション部分の計算負担をできる限り精度を落とすことなく軽減を図る事と、解探索の効率性を上げる事の両面から求解可能な方法を考察する。

2. 避難経路耐水化問題の求解方法

氾濫原における施策の組み合わせを考え、その施策が効果を発揮する状態での氾濫シミュレーションを行い、その氾濫挙動のシミュレーション結果を用いて住民の避難シミュレーションを行う。そして数多くの施策オプションの組み合わせから最も避難率が高かったものを遺伝的アルゴリズムで抽出する。氾濫流は二次元非定常流とし、直交格子に基づく二次元一層モデルを用いて氾濫解析を行う。避難シミュレーションには『数値地図2500』を参考に、実際の道路網に即した仮想の道路網を設定し、その経路上の避難行動をシミュレーションする。上記の避難成功率を求めるために最も負荷がかかる氾濫シミュレーションを、解探索の精度を犠牲にすることなくこの回数を省略し、求解過程における計算負荷を大幅に軽減する方法を提案する。本研究で提案する方法は2段階の解探索過程を含むもので、一つは浸水位の評価を単純化して行う近似解決探索過程で、もう一つは得られ

た近似解の与える浸水位を氾濫シミュレーションに基づいて厳密に評価して行う解探索過程である。この 2 段階の解探索過程により氾濫シミュレーションによって引き起こされた計算上の負担を相当に軽減する事ができる。

しかしこの時、嵩上げ設定の刻み幅を小さくしてグレード数を増加すれば、その分精度の高い解を得る事ができるが、それは解探索の効率とはトレードオフの関係にある。グレード数が多ければ多いほど、探索する空間が膨大になり、なかなか解にたどり着く事はできない。そこで本研究では、まず大きな刻み幅で解を探索してその状態での最適解を得た後に、小さな刻み幅でその解の周辺を探索する事を提案する。この方法を用いれば、計算負担を上げる事なくより精度の高い解を得る事ができる。

3. 適用と考察

ここでは、2. で提案した最適設計手法を実河川の避難経路の嵩上げ計画問題に適用してその性能と問題点を確認する。嵩上げ量の刻み幅 $0.5m$ で嵩上げ総量の制約を 400 万 m^3 とした場合の避難開始時刻を破堤 30 分前、15 分前、同時、15 分後、30 分後と変えた場合の、避難成功率最大化問題の解探索過程を図-1 に示す。いずれの場合も十分現実的な計算量で解探索が行えていることがわかる。

図 2 は 嵩上げ量 400 万 m^3 : 破堤 30 分後避難のケースを例にとって最適解の周囲を $0.25m$ 刻みで探索した結果である。比較的少ない世代で解を大幅に改善する事に成功している。

参考文献

1) 川池健司・井上和也・林秀樹・戸田圭一：都市域の氾濫解析モデルの開発，土木学会論文集，No.698/II-58，pp.1-10，2002.

2) 片田敏孝・児玉真・佐伯博人：洪水ハザードマップの住民認知とその促進策に関する研究，水工学論文集，第 48 巻，pp.433-438.

3) 高埴琢馬・椎葉充晴・堀智晴：水害避難行動のマイクロモデルシミュレーションと制御に関する研究，土木学会論文集，No.509/II-30，pp. 15-25，1995

4) 福永光記：避難行動を考慮した氾濫原内治水対策の設計手法，2004

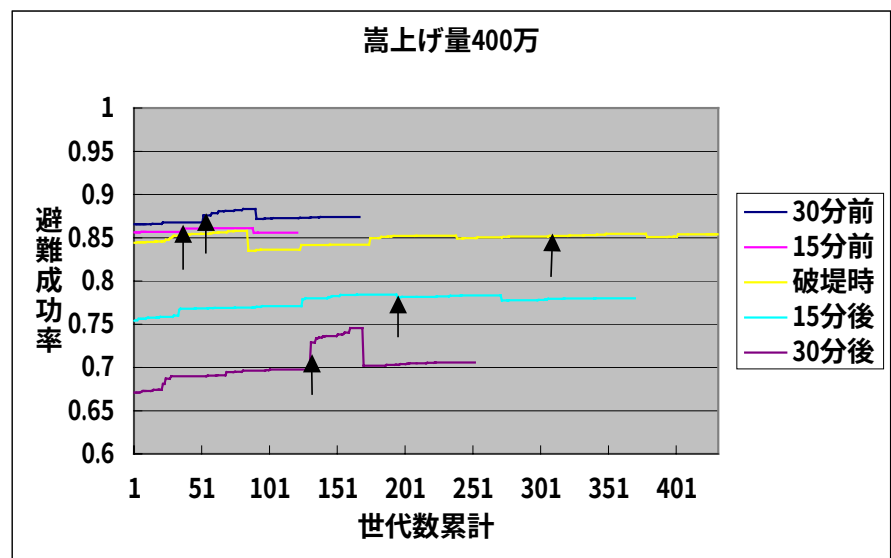


図-1 解探索のプロセス例

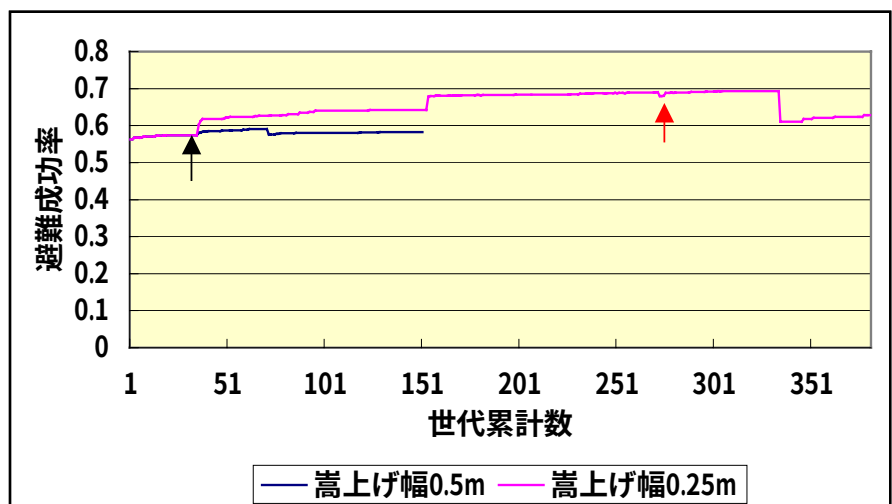


図-2 グレード幅減少の適用例