

避難可能性を考慮した氾濫原内洪水対策の計画手法に関する考察

○堀 智晴・福永光記・椎葉充晴

1. はじめに

従来の流出抑制、貯水池や堤防に基づく河道対応を中心とする治水対策に加えて、氾濫が生じた際にその被害が壊滅的になることを防ぐための氾濫原内における施策が重要になってきているとの視点から、住民の避難に着目し、避難行動をできる限り円滑に行えるようにするための氾濫原内対策の最適設計手法について考察した。

2. 避難可能性を指標とした氾濫原内治水対策の設計問題

人口 p_{total} の対象領域において、ある氾濫外力に対して避難所に到達できた人数を p_{success} とし、避難成功率 r を $r = p_{\text{success}} / p_{\text{total}}$ で定義する。 r は氾濫原内での避難経路の嵩上げ等の施策 \mathbf{x} の関数であると同時に、外力規模や住民の行動特性などに依存する。そこで、これら不確実性を含む要素をベクトル \mathbf{w} で表すと、避難成功率 r は \mathbf{x} と \mathbf{w} の関数として $r = g(\mathbf{x}, \mathbf{w})$ と書ける。対策にかかるコストは \mathbf{x} の関数であり、 $h(\mathbf{x})$ と表す。いま、不確実性を含む要素の同時確率密度関数を $f_w(\mathbf{w})$ と表すと、氾濫原内対策の設計問題は、

$$\begin{aligned} \max_{\mathbf{x}} \quad & \int_{\mathbf{w} \in \Omega} g(\mathbf{x}, \mathbf{w}) f_w(\mathbf{w}) d\mathbf{w} \\ \text{subj. to} \quad & \end{aligned} \quad (1)$$

$$h(\mathbf{x}) \leq h_{\max}$$

と表現することができる。

3. 嵩上げ計画問題の求解アルゴリズム

式(1)中の避難成功率を表す関数 g は、実際には、氾濫および避難のシミュレーションを含んでいる。従って、氾濫原で取る対策として、土地の嵩上げを考える場合、一つの嵩上げの組み合わせに対して、氾濫計算とそれに基づく避難シミュレーションを行って初めて避難成功率が得られる。式(1)で考慮した不確実性を考えるためには、さらに、外力や避難行動特性の考えられる代表パターンに対するシミュレーションに基づいて、平均化操作をすることがこれに加わる。したがって、最適な嵩上げパターンの組み合わせを探索するための計算量は膨大なものとなる。

一つの代替嵩上げ案に対して避難成功率を求めるために最も負荷の高い計算は、氾濫シミュレーションである。この負荷を軽減するために、

- 1) 現況の地盤高で氾濫計算を行い、避難成功率を最大とする嵩上げ計画を求める。この段階では解の探索過程で個々の嵩上げ案に対応した氾濫計算は行わず、嵩上げた部分の浸水深が嵩上げ分だけ小さくなるという仮定のもとで解探索を行う、
- 2) 1)で求めた嵩上げ状態に対する氾濫計算を行い、その氾濫条件のもとで嵩上げ代替案に対する避難成功率を再計算する、
- 3) 2)で計算された氾濫条件のもとで、解の改善を行う、
- 4) 解が改善されなくなるまで 2), 3) を繰り返す、といった手順を提案する。この方法は、基本的には嵩上げによってその部分の浸水深が小さくなる効果が大きいことに着目し、まず、嵩上げ計画の代替案毎に氾濫計算を行うことを省略した上で、避難率を最大とする嵩上げ個所の選定しよう言うものである(上記手順 1), 3))。もちろん、実際には、ある個所の嵩上げが別の場所の氾濫条件に影響を与えるから、1), 3)における求解過程がある程度収束した時点で、改めて氾濫計算を行い、現実の状況との乖離を防いでいる。本研究では、手順 1), 3)における解探索に GA を用いた。

4. 適用例

前節で提案したアルゴリズムを仮想地域に適用した際の解の改善プロセスを図に示す。図は縦軸に避難成功率、横軸に GA の世代交代数の累計を取ったものである。矢印を付した部分で氾濫条件を更新している。氾濫計算負荷をセーブしつつ解探索が行われている様子がうかがえる。

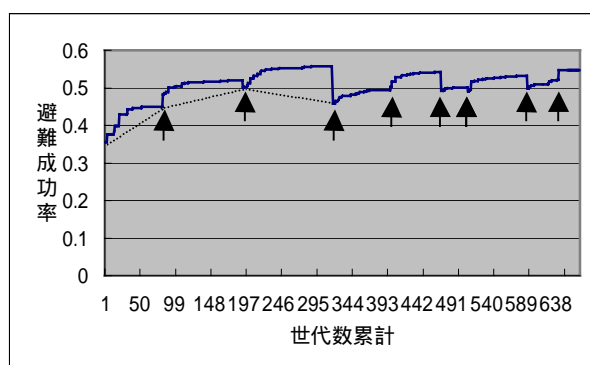


図 嵩上げパターンの探索過程