

京都大学大学院
京都大学防災研究所

学生員
正員

○寺村和久
小尻利治
友杉邦雄

1 研究の目的 本研究では、「水循環の健全性」を確立するため、流域に発生する諸問題の時間的、空間的広がりに対し、流量、水質だけでなく、生態系や親水性、景観といった新しい要素を踏まえた総合的な流域管理概念を提案しようとするものである。物質循環に関する分布型流域シミュレーション技術と最適化手法を結合したハイブリッド型流域管理計画手順を、遺伝的アルゴリズムを用いて定式化するとともに、実流域に適用することにより、こうした手法の有効性、発展性を検証しようというものである。

2 新しい流域管理概念の提案 従来の流域管理とは、流域に問題が生じた場合、その問題に対して、個別に対応するという処理を行っていた。本研究ではこれを「狭義の流域管理」とし、これに加えて生態系、景観等といった環境要素と、流域の持つ時間的、空間的な広がりを考慮したものを「広義の流域管理」と定義する。そして、広義の流域管理の達成のためには時間的、空間的、多目的な評価関数の設定、評価するシステムと、その評価関数の下で最適化しうるシステムを明らかにせねばならない。前者については分布型モデルである Hydro-BEAM を用いて流域をシミュレーションし、得られた結果をファジイ理論に基づき集約する。後者については、最適化手法の一つである遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm : GA) を用いることで実現した。さらに最適化に際して、G A の最適化手順の中に流域シミュレーションを組み合わせるという意味でハイブリッド型流域管理と呼ぶ最適化により得られた解を流域モデル上に再現することにより再評価を行い、より総合的な流域管理を達成する。

3 流域シミュレーションを用いた流域評価 分布型モデルである Hydro-BEAM を利用することにより、流域各地点における水量、水質を時間的、空間的に評価でき、さらに現地での流域環境観測を加える

ことによって、多項目の評価項目を設定し、評価することができる。評価項目を列挙すると、

- 高水水量
- 低水流量
- 流量のばらつき
- 水質
- 生態系
- 親水性
- 景観

等が挙げられる。それらを時間的、空間的に集約し、目的別で評価することにより、流域の現状を把握する。ここで、時間軸、空間軸の捉え方が重要となってくるが、図 1 のような時間軸→空間軸といった階層構造を採用した。

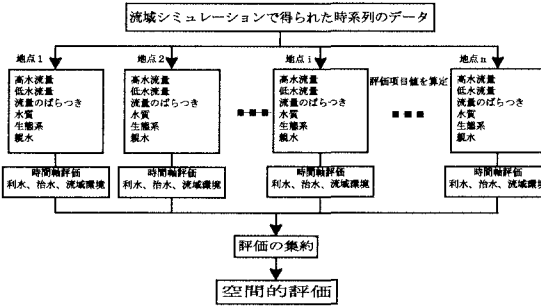


図 1: 時空間の集約構造

評価項目の集約においては、「良い」、「悪い」というだけの 2 値論理的な判断でなく、多数の評価項目を集約し、かつ評価に幅を持たせるためにファジイ理論を用いた。ファジイ推論ルールとの類似度をファジイメンバーシップ関数により求め、最終的に利水、治水などの目的別で評価が出力されるようにした。なお推論方法には min-max-重心法を用いた。

4 GAによる最適化手法 続いて、シミュレーション結果による流域の評価で悪い評価が出たところを改善するために、どのような規模、能力の施設をどこに配置すれば良いかという河川施設配置問題を考えよう。本研究では、適応度上位の個体を保存するエリート保存型戦略を用いた。

5 適用結果と考察 愛知県、岐阜県を流れる庄内川の中、上流域を対象として、上記の流域管理手法を適用した。また、評価項目として高水流量、底水流量、流量のばらつき、水質(BOD)に関する4項目を使用し、利水、治水評価に関しては河川メッシュのみの評価とし、流域の面的な評価については、BOD濃度を利用した環境指数を設定した。

5.1 流域の現状評価 図2に評価項目としてピーク時BOD濃度を用いた河川利水評価値の分布、図3に1994年降雨データを用いた河川治水評価値の分布を示す。利水評価値で悪く表示されているところは、流域でも都市化の進んでいる地域と合致している。また、治水評価値は支川部分より本川部分のほうが評価値が悪くなった。これは、基底流量を多く設定したためであろう。また、図4に環境指数の分布を示すが、分布状況からは特に偏りは見出せなかったため、利水評価、治水評価の分布より、問題改善のための施設配置場所を設定した。

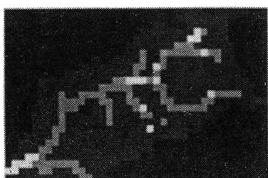


図 2: ピーク時BOD濃度を用いた河川利水評価

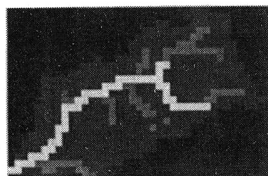


図 3: 1994年降雨データを用いた河川治水評価

5.2 GAによる最適化 図5に適応度上位3個体を完全に保存した場合の各世代の平均適応度の収束過程を示す。予算に関する制約条件下で、まずまずの収束値が得ることができた。

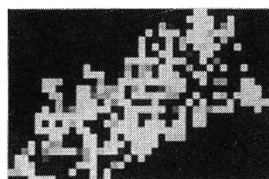


図 4: 流域の環境指数分布

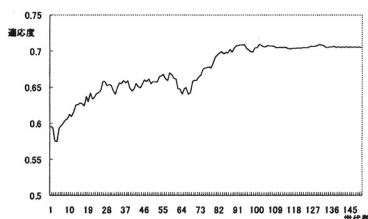


図 5: 適応度収束過程 (1)

5.3 ハイブリッドの実行 堤防建設を仮定して、治水水面でのハイブリッド型最適化を行った。図6に最適化後の河川治水評価値の分布を示す。図3と比較しても、評価値が良くなっていることがわかり、本最適解、すなわち流域管理が有効であるということがいえた。

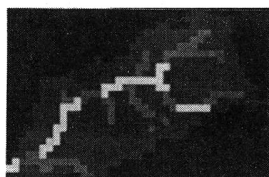


図 6: 最適化後の河川治水評価

6 結語 新たな流域管理の概念を提案することができた。流域評価と最適化をハイブリッドすることにより、総合的な流域計画という形で具現化することができた。

[参考文献]

- 1) 木内陽一・小尻利治: 分布型短長期流出モデルによる流域水循環とその評価に関する研究, 2000.
- 2) 古田均、小尻利治、宮本文穂、秋山孝正、大野研、背野康英: ファジィ理論の土木工学の応用、森北出版、1992
- 3) 北野宏明 編: 遺伝的アルゴリズム、産業図書、1993.