

河川施工順位付け問題の解法に関する一考察

(株) 建設技術研究所 正員 岡田 新
 (株) 建設技術研究所 正員 栗田 秀明
 (株) 建設技術研究所 正員 山根 伸也

1. まえがき 低成長化の社会的背景のもと、近年、段階的治水計画の必要性および重要性が認識されてきている。栗田らは段階的治水計画を次のように階層化して取り扱うことを提唱している。

- ① 長期計画レベルの問題(治水水準改訂問題)
- ② 中期計画レベルの問題(治水投資配分問題)
- ③ 短期計画レベルの問題(着工順位付け問題)

本報告では特に③着工順位付け(本報告では施工順位付けと呼ぶ)問題を取りあげ、動的計画法(DP)の一種である逐次決定モデルによる最適順位の探索方法を紹介するとともに、DPの代表的モデルである多段階決定モデルとの探索方法および解の違いを簡単に河道モデルのもとで紹介する。なお、逐次決定モデルでの定式化の一部については既に報告済である。

2. 逐次決定モデルによる探索手法 施工順位付け問題は有限個の離散集合に対するスリジューリング問題に属するが、河川改修の河道、流域に与える水理学的影響が非線形であることに特徴を有している。いま、目的関数と改修期間内の想定被害額の総和を表わすと施工順位付け問題の状態方程式および目的関数は次のように表される。

$$D_k = f(S_k) = f(S_{k-1}, W_{k-1}) \quad k=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$g_k = f(D_1, D_2, \dots, D_{k-1}) \quad (2)$$

$$\text{目的関数} \quad \min g_n \quad (3)$$

ここに、 D_k : K ステップでの被害額, S_k : K ステップでの施工状態, W_k : K ステップでの工事単位(工区×工種)

g_k : K ステップでの累積被害額, n : 工事単位

Step	k-1	k	k+1
State	S_{k-1}	S_k	S_{k+1}
Work	W_{k-1}	W_k	
Expected Damage	D_{k-1}	D_k	
Total Damage	g_{k-1}	g_k	g_{k+1}

ここで、最も問題とほろのは S_{k-1} から S_k への移行すはわち状態遷移が画一的でないことであり、この種の問題に対する最適探索手法が逐次決定モデルである。一方、DPの常套手段として用いられる多段階決定モデルは状態遷移が画一的であると限定したモデルであるため原問題に対する最適解を探索できる保証はない。

そこで、図-1に示す極めて単純な河川モデルを例として両モデルによる探索手法および最適解の比較を行う。この河川では、区間Ⅳのみが他区間の氾濫の影響を受けず、他区間の全ては上流区間からの氾濫水に対しても流下により被害が生じる。また、流域資産は区間Ⅱで最も高く、上下流に順次低くなっている。

Tsutomu OKADA, Hideaki KURITA & Nobuyuki YAMANE

各施工状態(施工済みの区間の組合せ)による予想
累積被害額は現状を100として次のように評価した。

①(現況) ; 100 ①(区間Ⅰが終了) ; 98,
② ; 98 , ③ ; 97 , ④ ; 95 , ①,②(区間ⅠⅡが
終了) 95, ①,③ ; 94, ①,④ ; 91, ②,③ ; 92, ③,④ ; 90
①,②,③ ; 75, ①,②,④ ; 88, ①,③,④ ; 87, ②,③,④ ; 85, ①,②,③,④ ; 68
また、ここでは最適計算の単純化を計るため各
施工区間の工期を1年と仮定する。

以上の条件のもと逐次決定モデルによる探索方
法を表現すれば図-2のように示す。各段階
での状態量 S_k の組合せは nC_k であり、全ての組
合せは $\sum_{k=0}^n nC_k = 2^n$ と比する。最適演算数は $\sum_{k=0}^n (n-1)nC_k$
である。そのため、この問題はNP(Non-deterministic
Polynomial Time)完全化問題と比し、工事単位数
が大きいと、演算時間が極めて長くなる。し
かし、近年の電算機の高速化により、かなりの工
事単位数まで探索可能と比してきている。

3. 多段階決定モデルとの比較

上記河川モデルに対し多段階決定モデルの探索
方法を図-3に表現している。図-2、図-3と
比較すれば明らかに両モデルの探索方法の違いに
より最適施工ルートおよび施工終了後の累積被害
額が異なっている。これは ①②③ という複数の
施工終了後に被害額が極端に低下する(現実的に
は牧野部等のヒューズ区間が存在するときに生じる)
という問題に対し多段階決定モデルでは最適施工
ルートを探索しえないことを表現している。

4. あとがき 本報告は、河川施工順位付け問題
に対し、真の最適ルートの探索手法として逐次決
定モデルを適用することの必要性を論じたもので
あるが、NP完全という問題が残っており、今後
さらに組合せ理論等による研究が必要である。

本研究の遂行に御協力いただいた関係者方面の
方々に深甚の謝意を表す。

(参考文献) 1) 室田・江藤・木野; 第25回水講
2) 室田・江藤・栗田; 昭和65年関西支部, 3) 室田・江藤・木野; 第25回水講
4) 室田・江藤・栗田; 第26回水講

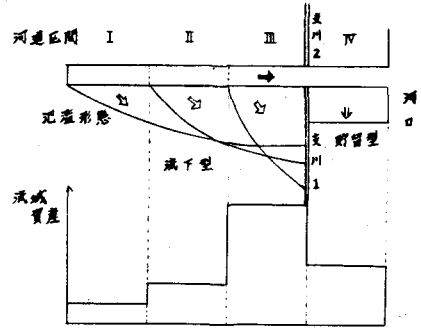
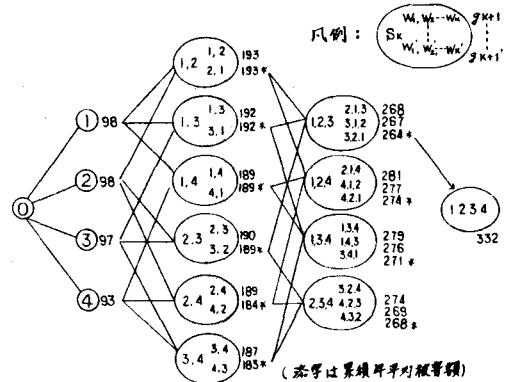


図-1 河川モデル

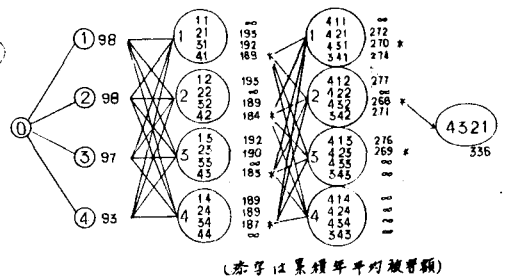


最適施工ルートは、3, 2, 1, 4

最適化演算数 $\sum_{k=0}^n (n-1)nC_k \approx 2^n \cdot n$ (n:工数)

累積被害額は、332

図-2 逐次決定モデルによる探索



最適施工ルートは、4, 3, 2, 1

累積被害額は、336

最適化演算数 n^2 (n:工数)

図-3 多段階決定モデルによる探索