

遺伝的アルゴリズムによる機能保全計画準最適化の検討

Study of sub-optimization of maintenance plan by genetic algorithm

○川邊翔平 浅野勇 渡嘉敷勝 森充広 川上昭彦

KAWABE Shohei, ASANO Isamu, TOKASHIKI Masaru, MORI Mitsuhiro and KAWAKAMI Akihiko

1. はじめに

橋梁や道路の分野では遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm, GA) による維持管理計画の最適化が試みられている。GA では最適解および準最適解集合も得ることができるため、LCC (Life Cycle Cost) 最小となる保全シナリオだけでなく、その周辺の選択肢を得ることができる。対策工法等が膨大になると、最適なシナリオを策定するためにも膨大な時間を要すると考えられる。本稿では、対策の選定、保全計画策定の参考資料として、選択肢を限定することを目的として GA による準最適化を検討する。

2. 本研究で適用した GA による準最適化の概要

GA は候補の集合である「個体群」を評価し、評価の高い個体を「選択」し「交叉」、「突然変異」などの操作を繰り返しながら、最適解および準最適解集合を得る手法である。本稿では「個体群」を「シナリオ候補群」として LCC を最小とするシナリオを求める。

2.1 個体の設定 : シナリオそのままを個体として設定した。すなわち、その年に取られる行動(対策)を遺伝子として設定するという簡便な方法を用いている (Fig.1e)。各年次に現れる数字は Table 1 に対応している。

2.2 シナリオの評価 : 各シナリオは機能保全コスト (以下、コスト) と健全度によって評価される。まず、許容健全度として施設の健全度がそれ以下になった場合には更新を行う値を設定する。Table 1 の劣化関数に基づいて i 年目の健全度を計算し、許容健全度以上の場合には、シナリオに現れた対策工法が適用可能か判断する。例えば「補修 (Table 1 中の 2)」は i 年目の健全度が $S-3$ 以上の場合のみ適用可能とし、適用範囲外の場合には「何もしない (Table 1 中の 0)」を選択した。シナリオにより何らかの対策が施される場合は、社会的割引率により現在価値化した費用を加算する。最終年次には、総費用から残存価値を差し引いてコストを求めた。

3. モデルでの試計算

Table 2 の様な施設を仮定して試計算を行った。結果の正否が判別しやすい条件となるよう Table 1 および Table 2 を設定した。なお、本稿での計算では、年間に要する維持管理費および調査、設計等の費用は考慮していない。また、同様の工法を何度でも繰り返し施工が可能であると仮定している。結果を Fig.1 に示す。計算によって多数のシナリオ候補が得られるが、対策の実施年次が異なるのみのものもあるため、Fig.1 では代表的なシナリオのみを示した。Fig.1a, b は健全度、Fig.1c, d はコストである。凡例の括弧内にコストを併記した。Fig.1e は同図内に示されている結果のシナリオである。前述のとおり各年次における対応を示している。計算条件は Table 3 に示すとおりであり、同条件で 3 回計算を行ったが、いずれの計算でも LCC 最小となるシナリオは同様であった。また、GA によって得られたシナリオは別途計算したシナリオとほぼ同様であり、最適化が行われたことを確認した。

Table 1 本稿で用いられる対策²⁾
Method used in this report

対策	費用 (千円/m)	耐用年数 (年)	劣化関数 [†]
0 : 何もしない			(-0.0037)
1 : 更新	372	40	-0.0025
2 : 補修	98	20	-0.005
3 : 補強	186	30	-0.0033

[†] : 次式右边第 1 項の係数 (健全度) = $a(\text{経過年数})^{2+5}$ 。
新設の場合、'0'には初期値として括弧内の値が用いられ、以降は直前に行われた対策の劣化関数の係数が適用される。

Table 2 モデル施設の条件
Condition of facility model

項目	入力値
経過年数	23 年
初期健全度	3.1
直前の対策	無し (新設)
許容健全度	1

* (独) 農研機構 National Agriculture and Food Research Organization

キーワード : 遺伝的アルゴリズム, 機能保全計画, 準最適化

Fig.1 よりコスト最小となるのは、11 年後に補強を行った場合であるが、40 年後の健全度が S-2 となるため、実際にはその他のシナリオが採用されることが考えられる。また、評価期間(40 年)後に高い健全度を確保しようとする場合にはシナリオ 2, 3, 4 が選択肢として挙げられるが、対策工法の種類や実施時期によって、機能保全コストが異なった。整備計画や、健全度の低下に伴って発生する不具合、将来懸念される自然災害等に対して、何年後にどの程度の健全度を保つかを考慮してシナリオを検討する際には、これらの複数のシナリオを参考資料として用いることができる。

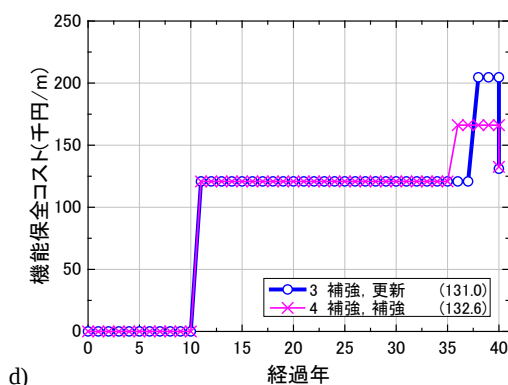
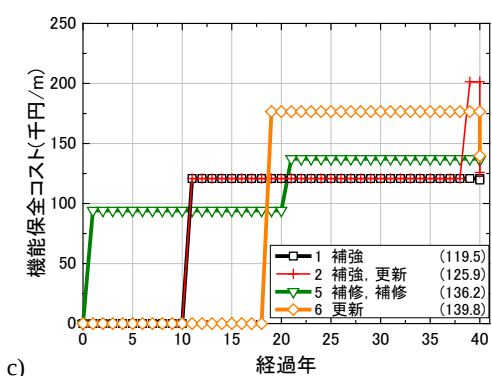
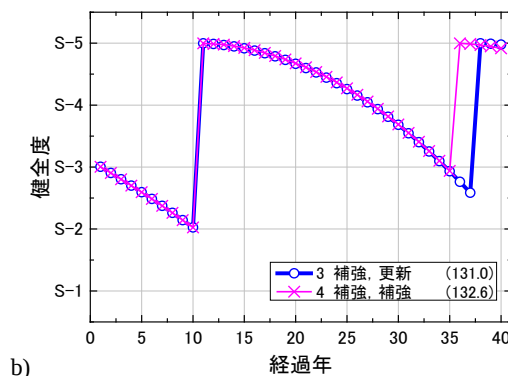
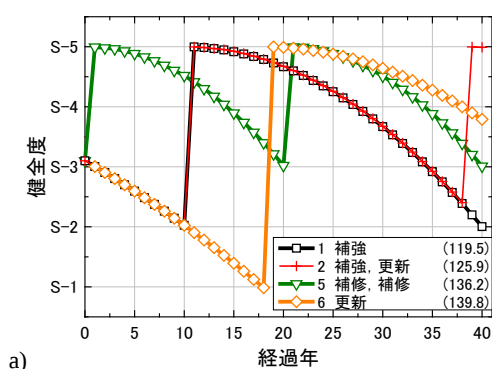
4. まとめ

本稿のような簡単な計算でも、比較的良好な結果が得られ、GA の手法自体は有効であると考えられる。ただし、健全度とコストのみを用いてシナリオを評価しているが、地域性や歴史的価値、種々のリスク等を同時に評価することも必要である。そのため、本稿では準最適化として最終的な判断は主観を含む技術者の判断にゆだねることとしている。今後は、個体の設定方法や評価方法等の改善を行いたい。

〈参考文献〉 1) 例えば、中原耕一郎ら(2002): 遺伝的アルゴリズムを用いたコンクリート橋梁群の最適維持管理計画の策定, 土木学会第 57 回年次学術講演会, 203-204. 2) 農林水産省(2007): 農業水利施設の機能保全の手引き.

Table 3 計算条件

Condition for simulation	
項目	入力値
シナリオ候補数(個)	100
計算回数(回)	200
交叉発生率(%)	50
突然変異発生率(%)	5
上位抽出率(%)	5
評価期間(年)	40
計算間隔(年毎)	1
施設数(基)	1
社会的割引率(%)	4



シナリオ#	機能保全コスト	施設#	経過年																																									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
1	119.5307	施設1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	125.8585	施設1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	131.0189	施設1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4	132.5683	施設1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	136.2159	施設1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	139.7624	施設1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

e) * “1”は「更新」，“2”は「補修」，“3”は「補強」

* “1”は「更新」, “2”は「補修」, “3”は「補強」

Fig.1 GA による計算結果
Simulated results by GA