

橋梁補修計画へのウイルス進化型GAの援用に関する研究

金沢大学工学部 学生会員○清水宏孝
金沢大学工学部 正会員 近田康夫
金沢大学工学部 正会員 城戸隆良

1. はじめに

現在我が国には、数多くの橋梁が存在し、それらの多くは何等かの形で補修を必要としている。しかし、補修に与えられる予算には限度があるため、その予算内で社会的満足性を最大限に満たし得る補修計画を立案する必要がある。そこで、橋梁の評価を行なうことによって、その評価値の増加が予算内で最大となるような橋梁補修計画の作成が試みられた¹⁾²⁾。

本研究では、従来のGAにウイルス進化論を導入することで解探索の効率を高め、より最適な橋梁補修計画の立案を試みる。

2. 橋梁維持管理支援システムの概要

(1) 橋梁点検台帳

表-1 点検結果の例

橋梁名	橋面舗装	地覆高欄	床版	床組	主構	支構	伸縮継手	排水装置	塗装	洗掘変動	躯体変動	安定構造	安定材質	耐震性	損傷度評価
A 橋	△	○	○	○	○	○	△	△	-	○	○	○	○	○	B
B 橋	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△	D
C 橋	○	○	×	×	×	×	×	×	-	△	○	△	○	△	A
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Z 橋	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	C

・コンクリート橋(表では、B、C 橋)に関して塗装の項目はない。

橋梁のデータには表 1 に示すような 14 の点検項目と総合評価からなる橋梁点検台帳の点検結果を用いた。各点検項目の基準として、○、△、×の 3 段階評価が設定され、各橋梁の損傷度評価は、各点検項目の結果に基づいて専門家が、A、B、C、D の 4 段階で行う。

この点検結果をもとに、同時に補修すべき部位を選び出し、各橋梁ごとに幾通りかの補修パターンを用意する。表 2 に示す補修部位の組み合わせ例の場合、A 橋では「補修しない」というものも含めて、4 つの組み合わせの中から 1 つを選ぶことになる。

表-2 補修部位の組み合わせの例

橋梁名	補修対象部位の組み合わせパターン	補修による評価値の増加量	補修にかかる費用(千円)
A 橋	パターン 1[なし]	0	0
	パターン 2[橋面舗装, 伸縮継手, 排水装置]	48	2125.6
	パターン 3[橋面舗装, 伸縮継手]	40	1989.6
	パターン 4[橋面舗装, 排水装置]	25	625.6
B 橋	パターン 1[なし]	0	0

(2) 橋梁の評価

橋梁の評価には、重要度係数を用いた線形判別式を利用している。線形判別式は式 (1) で与えられ、これから各橋梁の評価値が求められる。

ここで、 R はアイテム数、 c_j は j アイテムのカテゴリー数、 w_j は j アイテムの重要度係数である。

(評価式)

$$Y = \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{c_j} w_j b_{jk} \delta_{jk}, \begin{cases} b_{j1} = 300 \\ b_{j2} = 200 \\ b_{j3} = 100 \end{cases} \quad (1)$$

なお、 δ_{jk} は j アイテム k カテゴリーに反応したとき 1、その他のとき 0 である。

(3) ナップサック問題の適用

橋梁の補修計画にナップサック問題を適用するにあたり、式 (2)、式 (3) のように目的関数、制約条件を設定した。

(目的関数)

$$F_a = \sum_{i=1}^n (e_{i2} - e_{i1}) - \alpha g \longrightarrow \max \quad (2)$$

(制約条件)

$$g = E - C \geq 0 \quad (3)$$

ここで、 n は橋梁数、 e_{i2} は補修前の橋梁の評価値、 e_{i1} は補修後の橋梁の評価値、 α は係数 (0.003)、 C は代替案の費用、 E は予算 (5 億円) である。

(4) 遺伝的アルゴリズム (GA) の採用

本研究では、代替案を作成するにあたり GA を採用する。これにより、膨大な補修箇所組み合わせの中から、確率的に優れた組み合わせを短時間で見つけ出すことができる。染色体 (線列) は、一つの遺伝子に 1 橋梁の補修代替案番号が対応する、数値列として表現される。

3. ウイルス進化論の導入

ウイルス進化論とは、進化はウイルス感染によって起こるという仮説である³⁾。ウイルスによる遺伝子の水平移動が起こることを認めれば、種の急速な変化、種の急速な絶滅、定向進化、平行進化など、ダーウィン進化論では説明できなかった難点を説明できるようになる。

従来の GA では、遺伝的操作に交叉および突然変異を行うが、ウイルス進化型 GA では、これらに加えてウイルスによる感染を行う (図-1)。

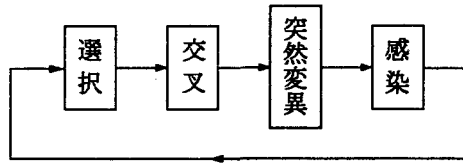


図-1 ウイルス進化型 GA の流れ

ウイルスが運ぶ遺伝子座に格納されている値は、ある橋梁の一つの補修パターン（補修部位の組み合わせの一つ）を示している。これによって、ウイルスは意味のある遺伝子のかたまりを運ぶことになる。感染は図-2のように、乱数によって発生させたウイルスの遺伝子を、一定の感染率で他の個体の同じ遺伝子座に感染させることで行われる。また、感染は一定の世代間隔ごとに行われる。

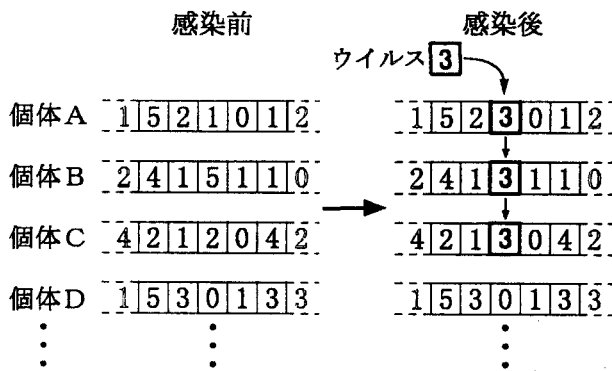


図-2 ウイルスによる感染例

4. 数値実験の結果

(1) ランダムサーチ

GA との比較のためにランダムサーチによる解探索を行った。ランダムサーチによる解探索は1億個の解を乱数により発生させ、それぞれの個体について評価を行った。図-3の結果より、ランダムサーチによる解の最大値がGAにはるかに及ばないことがわかる。

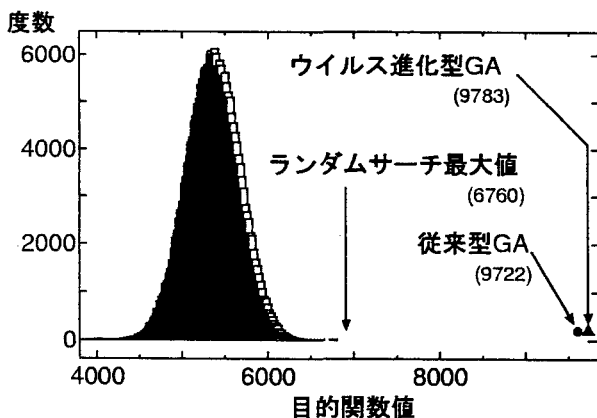


図-3 ランダムサーチによる目的関数値の度数分布

(2) ウイルス進化型 GA

GA では、淘汰の方法にエリートの保存と増殖を採用し、個体数 100、最大世代数 10000、交叉率 0.9、突然変異率

0.05 のパラメータのもとで、またウイルス進化型 GA では、ウイルスの感染確率を 0.3、ウイルス感染が行われる世代間隔を 100 として、それぞれ 10 回の試行を行った。その結果を図-4 に示す。

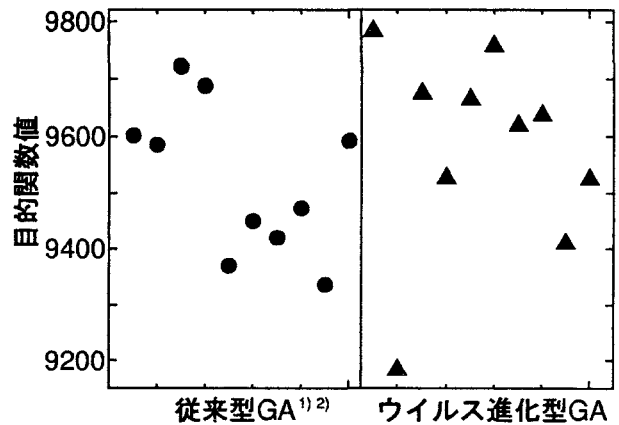


図-4 通常の GA とウイルス進化型 GA との比較

図-4 より、ウイルス進化論を導入した GA において目的関数の最大値が得られた。また、平均的にもウイルス進化型 GA の方が、通常の GA に比べてすぐれた値となっている。しかし、極端に低い解が得られているものもあるため判断が難しいといえる。

5. 結論

数値実験の結果から、ウイルス進化型 GA の方が通常の GA よりもすぐれた解を得られることがわかった。ウイルス進化型 GA では個体が解空間の中をある程度の集団で動くため、個々の個体が突然変異を起こすのに比べてすぐれた解が得やすくなるのではないかと考えられる。ただし、従来の GA よりも劣った解が得られることもあるため、必ずしもすぐれた解であるとは言い切れない。これは、ウイルス感染によって個体の多様性が少なくなり、局所解に陥りやすくなっているためだと考えられる。従って、交叉や突然変異の確率などのパラメータとの組み合わせも考えていく必要がある。

今後の課題としては、さまざまなパラメータのもとで数値実験を行う必要があると考える。また、予算額の検討や補修時期決定のためのスケジューリング問題の考慮など、現実の問題に対応した形でより最適な橋梁補修計画の立案を行っていく必要があると考える。

参考文献

- 1) 橋 謙二:「GA による既存橋梁の補修計画支援の試み」, 土木学会論文集 No.513/I-31,P151-159,1995.4.
- 2) 木下 真二:「点検データに基づく橋梁補修計画立案への GA の援用に関する研究」, 構造工学論文集 Vol.43A,P539-600,1997.3.
- 3) 中原 英臣, 佐川 峻:「ウイルス進化論」, 早川書房, 1996.