

橋梁補修計画への GA の援用に関する研究

金沢大学工学部 ○福山貴久
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
金沢大学工学部 正会員 小堀為雄

1. はじめに

既存橋梁の維持・管理支援を目的とした橋梁点検の実施とその分析が多く試みられてきたが、補修計画支援まで踏み込んだものはほとんど見当たらないのが現状である。筆者らは点検データのデータベースに基づいた橋梁補修計画の代替案を作成する橋梁維持管理システム（以下前システム）の構築を試みた¹⁾。このシステムは、橋梁を評価する際、点検データを使った数量化理論第 II 類から得られるサンプルスコアを用い、補修前後の橋梁の評価を、線形判別式を利用して求めていた。また、補修計画をナップサック問題として定式化し、さらに計算時間を短縮するために、遺伝的アルゴリズムを用いていた。

前システムによって、効率的な橋梁の補修計画への GA の適用の可能性が示されたわけだが、まだ改良すべき問題点があった。そこで、本研究では、前システムを基にその問題点を改良し、より効率的で実用的なシステムを目指して橋梁維持管理支援システムの再構築を行った。

2. システムの改良点

(1) 遺伝子列の短縮

本研究では、膨大な計算量と時間を必要とするナップサック問題を適用するため、GA を用いて解く。GA を適用するためには、線列（遺伝子列）として扱えるように、ナップサック問題をコーディングする必要がある。橋梁の点検データはデータベースから直接データを読み込んでいることから、前システムではプログラムの簡単化のために、補修する必要のない項目も含めた遺伝子列を作成していた（図 1）。図中の遺伝子列で、0 はその箇所を補修しない、1 は補修するというを表している。ここで点検結果の評価は良い方から 1, 2, 3 となっており、補修する必要のあるものは、評価が 2, 3 の項目としている。すなわち、点検結果が 1 の項目は補修する必要がない。ところが、図 1 のように、点検結果が 1 の項目を含むすべての項目に遺伝子列を与えており、補修する必要のない項目（点検結果が 1 の項目）も補修を行うものとしている。この場合は、ペナルティを課すことによって、適応度を小さくさせている。補修する必要のない項目にも遺伝子を与えるのは、組合せ数を大幅に増やすこととなり、GA の解探索の効率を大きく阻害することになる。

本研究でも、データベースをもとにシステムを構築しているが、読み込んだ点検データから点検結果が 2, 3 のものだけを抜き出した線列を構成することで、解探索の効率を向上させることにした（図 2）。また、本研

究では、前システムと同様に、補修される項目（遺伝子が 1 の項目）の点検結果を 1 とすることにした。これは中途半端な補修は行わないと考えたためである。図 2 では床版、支承、排水装置、塗装、安定性（材質）の評価が 1 になったことを表している。

このようにして、データベースシステムを利用する環境を用いて、効率的な解探索が可能となった。

(2) ペナルティ項の改良

ナップサック問題を適用している本研究では、目的関数および制約条件は次のようになる。GA では、制約条件を含む問題を、ペナルティ関数法を用いて無制約の問題に変換する必要がある。制約条件が満たされない場合、目的関数にペナルティ項が加えられることによって、制約条件があるのと同様の効果がもたらされる。

前システムでは、根号を用いて、ペナルティ項を表していた（図 3）。しかし、このペナルティ項は $g < -1$ ではそれほど有効とは言えなかった。そこで、 $g < 0$ のすべての範囲で有効なペナルティ項を決めた。図 3 の

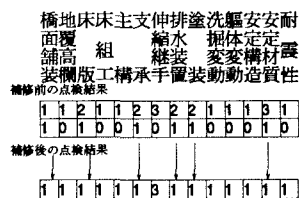


図 1 遺伝子フォーマット 1

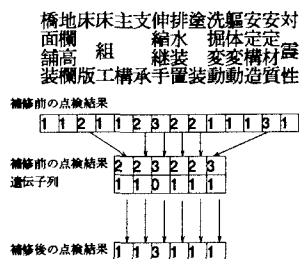


図 2 遺伝子フォーマット 2

ように、3 次関数を用いることによって、 $g < 0$ のすべての範囲で有効となる。よって、新しいペナルティ関数は式 (3) のようになる。

目的関数

$$F = \sum_{i=1}^n C_i(e_{i2} - e_{i1}) \quad (1)$$

n : 橋梁数

e_{i2} : 補修前の橋梁の評価値

e_{i1} : 補修後の橋梁の評価値

C_i : i 番目の橋梁の補修にかかる費用

制約条件

$$g = E - C \geq 0 \quad (2)$$

C : 代替案の費用

E : 予算

ペナルティ関数

$$\Psi = \begin{cases} F & (g \geq 0) \\ F - r(g+1)^3 + r & (g < 0) \end{cases} \quad (3)$$

(3) 橋梁の評価値

線形判別式は式 (4) で与えられるので、これから各橋梁の評価値 (サンプル・スコア) e が求められる。

$$e = \sum_{j=1}^R \sum_{i=1}^{c_j} a_{jk} \delta_{jk} \quad (4)$$

3. 数値実験の結果

予算が 2 億円で数値実験を行った。数値実験の対象となった橋梁は、43 橋である。代替案の費用は、約 1 億 9800 万円で前システムと比べさほど変化は見られなかった。しかし、線列を短くしたことによって、最適解に近づくための世代交替数は前システムと比較してかなり減少した。また、適応度は大きく改善された (前システムでは、43341.1)。

前システムでは、GA で得られた結果の妥当性を示すために、ランダム・サーチを行っていた。本研究では、結果の妥当性を示す手段として、サンプル・スコアと補修費用の積が大きいものから順に並べ 2 億円に達するまで加えた結果と、GA の結果の比較を行ったところ、ほぼ同様の結果が得られた。この結果より、GA で得られた結果が妥当であると考えられる。

4. 結論

本研究を通して、効率的な橋梁の補修計画への GA の適用の可能性を高めることができた。今後は、路線ごとの補修計画などの目的関数と、橋梁の評価方法の改良に取り組む予定である。

【参考文献】

- 1) 近田康夫, 橋謙二, 城戸隆良, 小堀為雄: 橋梁補修計画への遺伝的アルゴリズムの援用に関する研究, 土木学会第 49 回年次学術講演会講演概要集, I-376, pp.750~751, 1994.

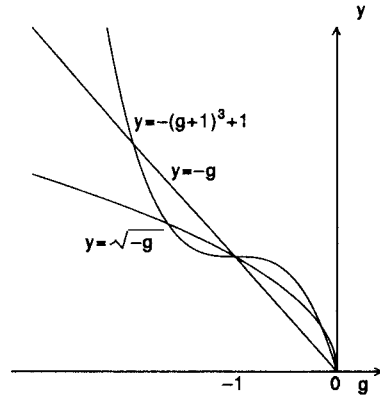


図 3 ペナルティ項

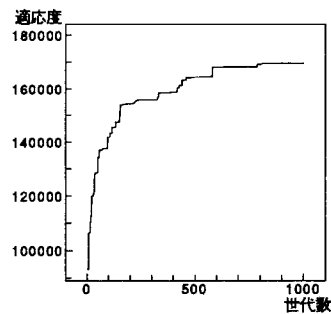


図 4 適応度の推移