

## 橋梁群の維持管理コスト平準化と健全性向上のための多目的遺伝的アルゴリズム

京都大学工学研究科 学生員○米澤敏寛 正会員 石川敏之 服部篤史 河野広隆

## 1 はじめに

本研究では道路橋梁群を対象として、維持管理コストのバラツキの低減と橋梁群の健全性の向上を同時に実現できる平準化手法の開発を目的とし、LCC 最小のシナリオから対策内容が変化しない範囲でその実施時期を前後させる操作に多目的遺伝的アルゴリズム（以降、GA と略す）の一手法である重み付け法の適用を試みた。

## 2 重み付け法の概要

2.1 対象橋梁群<sup>1)</sup>

コンクリート製、鋼製道路橋で構成される道路橋梁群（30 橋 50 径間）を仮定し、対象部材を主桁、床板、支承に限定した。立地環境は飛来塩分の影響を受け、劣化の速い海岸部および交通荷重の影響が中心となり、劣化が穏やかに進む平野部の 2 地域、対象期間は 100 年とした。

## 2.2 GA による最適化の対象

(1) 平準化指標<sup>1)</sup>

各年度コストが予算制約額を上下することによるバラツキが増加すると、事業の継続性から好ましくない。そこで維持管理コストの予算制約額に対するバラツキの大きさを表す平準化指標を対象とし、最小化を目指すものとした。

## (2) 平均健全率の経年変化に対する回帰直線の傾き

橋梁群全体の健全性を各径間の面積により対象部材の健全度を加重平均した平均健全率で表した。その経年変化を回帰直線で表した時の傾きを対象とし、図 1 に示すように最大化を目指すものとした。

## 2.3 対象時期の変更幅と GA のパラメータ

まず LCC 最小のシナリオを求め、最適化前後で対策内容が変化しないよう前倒し 5 年、先送り 2 年以内で対策時期の変更を行った。全部材に対する対策実施数と前後 8 年（2 進数で 3 ビット）の変更幅から、遺伝子長は 1248 ビットとなった。また個体数を 100 個、世代数を 2000 世代とし、文献 2) を参考に他の GA のパラメータを定めた。

2.2 で示した二つの最適化対象は、下式に示すように重要度に応じてそれぞれに重み値 0~1 を乗じて合算し目的関数  $f$  とすることとし、1 に近づくほど平準化指標への重み付け

の割合が大きくなり 1 の時に平準化指標のみを対象とする単目的 GA となるようにした。

$$f = f_1 \times pa + f_2 \times (1 - pa)$$

ここに、 $pa$  : 重み値、 $f_1$  : 平準化指標、 $f_2$  : 平均健全率の経年変化に対する回帰直線の傾き

$f_1$  と  $f_2$  はオーダーが異なるが、世代経過後の収束に近い段階でほぼ同値となる方針で換算した。

## 3 重み付け法による多目的最適化の結果および考察

## 3.1 回帰直線の切片

2.3 に示したように対策内容を変化させないため平均健全率の値を対象期間内で全体的に向上させることは困難であった。よって回帰直線の傾きを最大化する際に、切片を 1 などに固定しなかった。一方、このことにより図 1 に示すように対象期間初期の平均健全率が大きく低下することがあったので、3.2 で最も良い結果が得られた重み値に対して、3.3 で制約条件の適用を試みた。

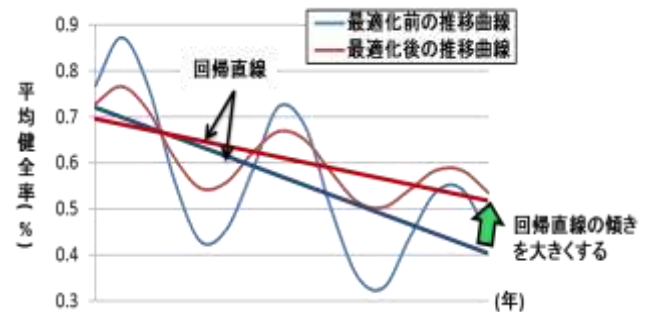


図1 平均健全率の経年変化改善のイメージ

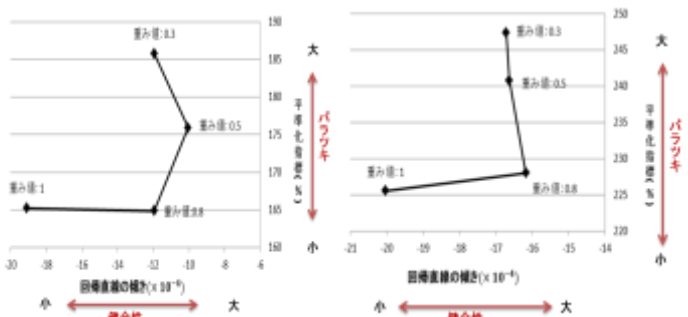


図2 パレート最適解（海岸部）

図3 パレート最適解（平野部）

キーワード 橋梁群, 維持管理コスト, 平準化, 健全性向上, 多目的遺伝的アルゴリズム

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C クラスターC1 棟 都市社会工学専攻 TEL075-383-3321

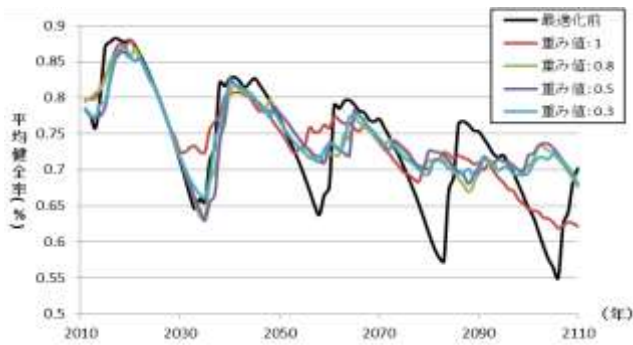


図4 重み値の違いと平均健全率の経年変化(海岸部)



図6 制約条件の設定例(海岸部)

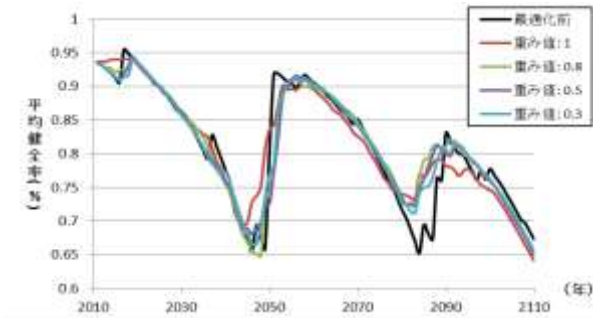


図5 重み値の違いと平均健全率の経年変化(平野部)

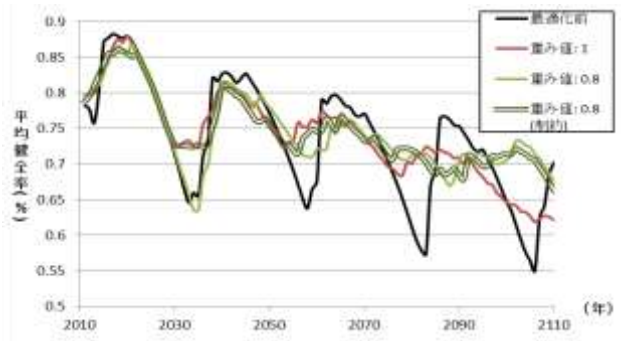


図7 制約条件の平均健全率への影響(海岸部)

### 3.2 最適な重み値の検討

重み値を 1、0.8、0.5、0.3 の 4 種類に変化させて解析を行った。海岸部では図 2 から重み値 0.8、0.5 で右下角に接近し、0.8→0.5 の変化で回帰直線の傾きが増加するが平準化指標も増加している。よってこれら 2 値付近が最適解の候補となる。一方、図 4 より重み値 0.8→0.5 での回帰直線の傾きの増加は 2010 年直後での平均健全率の低下によるものであり、好ましくない。平野部では図 3 から重み値 1、0.8 で右下角に接近し、図 5 から重み値 1→0.8 での回帰直線の傾きの増加は 2080 年と 2090 の間での平均健全率の増加に起因することがわかる。以上より両地域において、用いた重み値の中では 0.8 が最適であるといえる。

### 3.3 制約条件による補正

しかしながら、重み値 1→0.8 において海岸部では 2026 年～2038 年、平野部では 2042 年～2050 年で平均健全率に低下がみられる。それらを打ち消すために、図 6 に示すように、それらの期間を適用期間とし、制約値以下の面積の大きさに比例して各個体にペナルティを課す方法で制約条件を適用した。両地域で同様の結果が得られたので、それらの結果のうち海岸部に適用したもののみを示す。まず図 7 から制約適用期間内での平均健全率の低下が確認できる。また図 8 より重み値 0.8 において制約をかける前後で維持管理コストのバラツキにほとんど変化は見られない。以上より制約条件によってその適用期間内での平均健全率の低下を打ち消すことに成功したといえる。

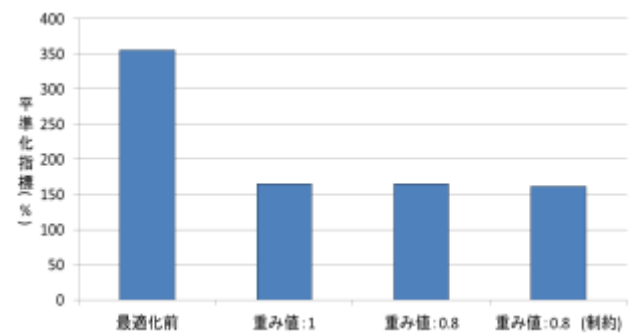


図8 制約条件の平準化指標への影響(海岸部)

## 4 結論

本研究では、海岸部、平野部の 2 地域の橋梁群を対象として重み付け法を用いることで、維持管理コストのバラツキの低減と橋梁群の健全性の向上を同時に実現することを目標にした。その結果を以下に示す。

- (1) 両地域において対策内容が変化しないように対策変更幅を短期間に設定しても、上記の目的を達成できた。
- (2) 制約条件を対象期間初期に適用すると、上記の目的をさらによく達成できた。

### 参考文献

- 1) 西村昌朗：劣化機構の多様性および平準化手法の違いが橋梁群の維持管理コスト平準化に与える影響。京都大学大学院修士論文、平成 23 年 2 月 February 2011
- 2) 伊庭斉志：遺伝的アルゴリズム、医学出版、2002.5.