

1.5 車線の道路の拡幅計画における最適化手法としての遺伝的アルゴリズムの適用

鹿島建設 正会員 ○前田 宗宏
鹿島建設 天野 和洋

鹿島建設 正会員 野呂 好幸
リテックエンジニアリング 青柳 滋彦

1. 背景

中山間地域における豊かな暮らしを支える道路整備ニーズとして、安全で安心な移動、一定の旅行速度の確保、医療機関への時間短縮及び異常気象時の交通確保等を望む声が高まっており、様々な地域で狭隘道路の改良が求められている。しかし、中山間部の狭隘道路を画一的な計画手法で改良計画を行うと、地形的制約や気象条件により、平坦地に比べて交通量に対する整備コストが過大になりやすく、さらに自然環境に多大な影響を及ぼす恐れがあることから、改良事業が遅れる傾向にある。こうした背景を受けて、「道路構造令の解説と運用」が平成16年2月に改定され、地域の状況を勘案しつつ、道路構造令の規定を弾力的に運用できるようになった。弾力的な運用例として、2車線道路で整備すべき第3種第4級道路の一部区間に第3種第5級を採用し、1車線改良や2車線改良、局部改良を組み合わせた1.5車線の道路で整備することができるようになり、短期間、低コストで効果的な道路整備が可能となった。本論文では、様々な制約条件がある中、1.5車線の道路として局部改良を計画する際、最適な局部改良区間を決定する有効な手法として遺伝的アルゴリズムを適用した事例を報告する。

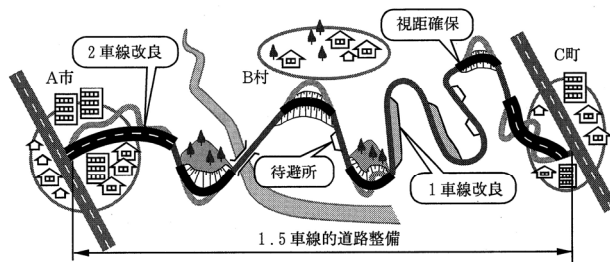


図-1 1.5車線の道路整備の例
(出典:道路構造令の解説と運用、平成16年2月)

2. 局部改良区間の決定方法に関する現状ガイドラインの課題

1.5車線の道路整備は地域の実情にあった設計を行うことから、各自治体がローカルルールとしてガイドライン等で整備基準を策定している。多くのガイドラインでは、局部改良として部分的に拡幅を計画する際、拡幅区間の延長と相互間隔に関して下記の基準に準じている。これは道路構造令第30条の待避所の基準がベースである。

- ・待避所の相互間隔は、300m以内とすること。
- ・待避所の延長は20m以上として、その区間の車道の幅員は5m以上とすること。

しかしながら、交通量が約50台/時を超えるような場合、この基準だけでは拡幅区間を決められず、まずは地形的制約を優先して拡幅区間を計画し、計画交通量ですれ違い走行ができるかを動的交通シミュレーション等で検証することになる。もし容量を超えてしまった場合、拡幅区間を見直し、検証を繰り返すことになる。拡幅区間のパターンは際限がなく、どこまで最適化するかは設計者の手腕に委ねられている。そこで、繰り返し検証を試行錯誤で行わず、理論的に最適解を求めることができる遺伝的アルゴリズム(GA)を適用した簡易算定式の構築を試みた。

3. 最適パターンの近似解を求める遺伝的アルゴリズム(GA)について

検討ケース数が増えるにつれて指数オーダーで増加する問題では、現実的な時間で厳密な最適解を解くことが困難となる。このような問題に対しては、より厳密解に近い近似解を現実的な時間内で求める手法が多々提案されている。今回は、これらの手法の中でも応用事例の多い遺伝的アルゴリズム(GA: Genetic Algorithms)を用いて計算を行った。GAは、生物進化(選択淘汰・交叉・突然変異)の原理に着想を得たアルゴリズムで、交叉により良い部分同士が組み合わせさったり、突然変異でそれまで検討していなかった新しいパターンを評価できたりすることで、解空間を確率的に幅広く探索して効率的に近似解を求める手法である。

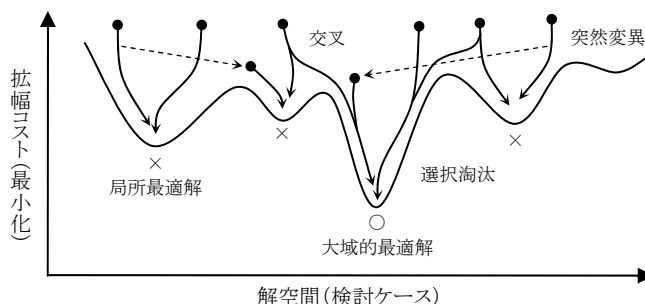


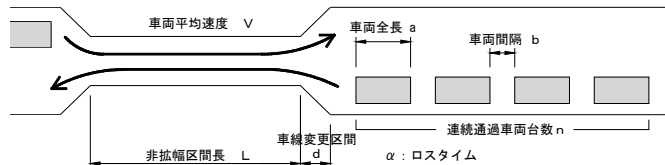
図-2 遺伝的アルゴリズム(GA)のイメージ

4. 拡幅区間の最適化手法として遺伝的アルゴリズム(GA)の適用

(1) 拡幅区間設定の簡易算定式による評価指標

①非拡幅区間の評価指標

車両同士がすれ違いできない非拡幅区間では、拡幅区間を利用した交互通行となる。非拡幅区間の延長が長くなるほど、対向車両が通過するまでの待機時間が長くなり、交互通行の処理台数が少なくなる。一方で、連続して通過する車両台数が多いほど、交互通行の処理台数が多くなる。非拡幅区間長 L と連続通過車両台数 n から時間あたりの最大処理台数 $X_{\max}$ が簡易に算定でき、この最大処理台数を想定交通量 X で割った値を非拡幅区間の評価指標 R とする。想定交通量を処理するためには $R \geq 1.0$ が必要条件となる。

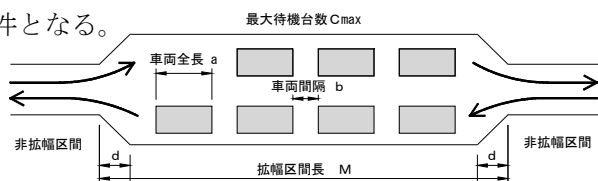


非拡幅区間の評価指標 R は、
 $R = X_{\max}(\text{最大処理台数}) / X(\text{想定台数}) \geq 1.0$
 最大処理台数 $X_{\max}$ は、
 $X_{\max} = 3600 / t(\text{通過所要時間}) \times n(\text{連続通過車両台数})$
 ここで、 $t = (n \text{ 台の通過時間} + \text{対向 } n \text{ 台の通過時間})$
 $= (L + d + (a + b) \times n) / v + \alpha \times 2$

図-3 非拡幅区間の簡易算定式による評価指標

②拡幅区間の評価指標

拡幅区間では、対向車両が通過するまでに待機する車両台数を収容できる区間長が必要となる。非拡幅区間の延長が長くなる程、対向車両が通過するまでの待機時間が長くなり、待機車両が増えることで必要な拡幅区間の延長が長くなる。拡幅区間の前後の非拡幅区間長 L から必要とされる最小拡幅区間長 $M_{\min}$ が算定でき、拡幅区間長 M をこの最小拡幅区間長で割った値を拡幅区間の評価指標 S とする。拡幅区間内で待機車両を収容するため $S \geq 1.0$ が必要条件となる。



拡幅区間の評価指標 S は、
 $S = M(\text{拡幅区間長}) / M_{\min}(\text{最小拡幅区間長}) \geq 1.0$
 最小拡幅区間長 $M_{\min}$ は、
 $M_{\min} = (a + b) \times C_{\max}(\text{最大待機車両台数}) \times \beta + d \times 2$
 ここで、 $C_{\max} = X(\text{想定台数}) \times t / 3600$
 t : 拡幅区間の前後の非拡幅区間を通過する時間の長い方
 β : 交通量の時間変動を加味した補正係数

図-4 拡幅区間の簡易算定式による評価指標

(2) 拡幅区間の最小限化に向けた拡幅配置パターンの検討方法

対象道路の全区間を 5m 単位のブロックで区切り、ブロック毎に谷側拡幅、山側拡幅もしくは非拡幅を選択する配置パターンのうち、下記条件を満たした上で拡幅コストが最小限となるパターンを GA にて抽出する。

① 急峻な地形で拡幅が困難な区間は山側と谷側を区別

して、拡幅を選択できない区間として設定する。

② 既存拡幅部から連続的に拡幅することを優先する。

③ 最短拡幅延長は 20m とする。

④ 各非拡幅区間の評価指標 R と各拡幅区間の評価指標 S を算定し、ともに 1.0 以上であること。

⑤ 拡幅コストは、 $\Sigma(\text{谷側拡幅延長 } M \times 1.0 + \text{山側拡幅延長 } M' \times 0.2)$ で算定する。

対象問題を GA でモデル化するため、探索したい配置パターンを遺伝子として表現する必要がある。そこで、各遺伝子座の値として 5m 単位の拡幅ブロック数を割り当て、谷側拡幅の場合は (－)、山側拡幅の場合は (＋)、拡幅なし場合は 0 で表現し、全ての配置パターンを数値化した。このモデルを用いた GA により、すれ違い容量を満たした上で拡幅コストを最小限化できる近似最適解を求めることができた。

6. 適用事例及び考察

約 6km の狭隘道路において 80 台/時 (往復 160 台/時) の計画交通量がすれ違い走行を行うために拡幅区間の増設を検討した結果、試行錯誤による解では延べ拡幅延長が約 1.8km であったが、GA を利用した解では約 1.0km と約 40%縮小することができた。なお、動的交通シミュレーションで検証した結果、縮小した拡幅区間でも計画交通量を処理でき、本手法が簡便に最適な計画を導く有効な手法であることを確認した。

本報では、簡易算定式による評価指標や動的交通シミュレーションによる机上検証結果を報告した。今後、モデルをブラッシュアップするために既存待機所で実測調査を行いフィードバックする必要があると考えている。

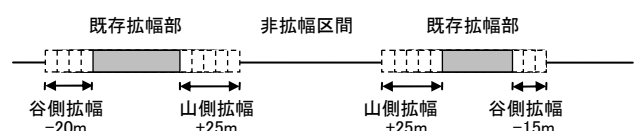


図-5 拡幅区間の設定パターンのイメージ