

第IV部門

少雪地域の都市高速道路におけるGAを用いた凍結防止剤散布最適化手法の構築

大阪市立大学工学部

学生員 ○稲葉 惇

大阪市立大学大学院工学研究科

正会員 内田 敬

1. 研究背景と目的

毎年、日本では約230～250億円を高速道路の雪氷対策に費やしている。降雪頻度が年数回程度である少雪地域においても以下の社会的損失が問題となっている。

- 1) 雪氷対策の人員、資機材過剰
- 2) 凍結防止剤の過剰散布による構造物の劣化
- 3) 雪氷による交通事故、交通規制

そこで本研究では、阪神高速道路を例として主な雪氷対策である凍結防止剤の散布に注目し、散布最適化手法の構築を目的として、以下を行う。

- 1) 阪神高速道路を模擬した道路モデル設定
- 2) 遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: 以下GA) による凍結防止剤散布セグメント設定の最適化
- 3) 最適化手法の実用化に向けた感度分析²⁾

2. 研究の枠組み

高速道路各社は路線・気象特性に基づき雪氷対策を行っており、対策には地域毎の特異性があると言える。そのため重積雪地域の既存の最適化手法を少雪地域で用いることは不可能に近い。

GAを用いた関連研究として、小笹ら³⁾は段階整備される道路事業で生じる交通流のフロー変化等のネットワーク外部性を考慮できる道路事業評価方法を提案している。そこでは事業採択の可否と整備順序を線列として組み込み、GAを適用している。

本研究では、これらを参考とし凍結防止剤散布最適化問題の設定を行った。最適化を図る道路モデルを図-1に示す。またその設定を以下に示す。

1) セグメント

道路モデルを区間長 2.5km の 12 セグメントに分割し、散布する際の基本単位とした。

2) 交通量

道路交通センサスを参考とし、1号環状線、11号池田線、12号守口線の値を用いた。

3) 損失時間価値

費用便益分析マニュアルの時間価値原単位と

阪神高速道路の車種別交通量により算出した。

4) 散布量、人件費

文献⁴⁾を参考とした。

5) 凍結防止剤散布基地

図-1に示した散布基地Aから散布車が出動し、最短時間経路で散布を行うものとした。

3. GAによる散布最適化問題の定式化

それぞれのセグメント*i*に対して散布の有無を2進数で表現することで線列をコーディングする。目的関数の算出フローを図-2に示す。

$$\text{線列情報 } x_i = \begin{cases} 1 & \text{散布する} \\ 0 & \text{しない} \end{cases} \quad (1) \\ (i = 1, 2, \dots, 12)$$

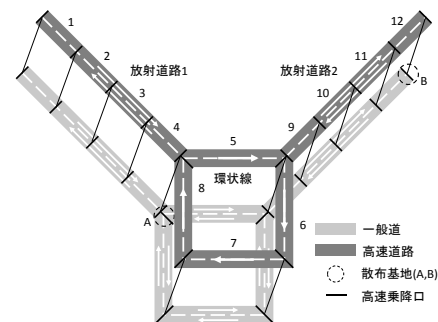


図-1 想定道路モデル

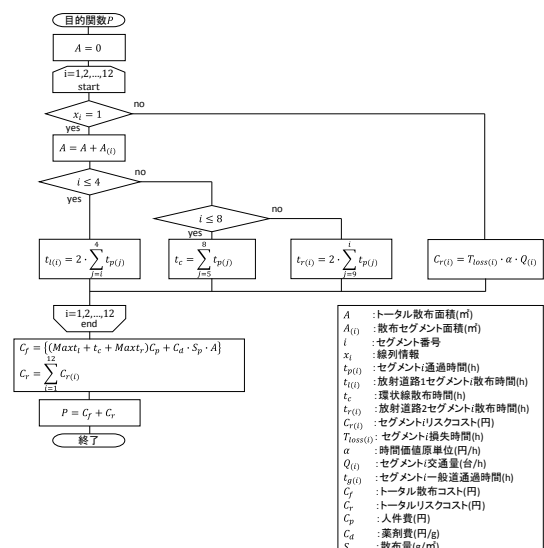


図-2 目的関数算出フロー

Jun INABA, Takashi UCHIDA

inaba@plane.civil.eng.osaka-cu.ac.jp

表-1 GA パラメータ

項目	パラメータの値、手法
集団のサイズ	6
世代数	100
突然変異個体数	2
選択手法	ランキング方式
交叉手法	一点交叉
交叉率	100%
終了条件	世代数の到達

表-2 最適解と線列

	セグメントNo.												最適解
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
線列	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1169768

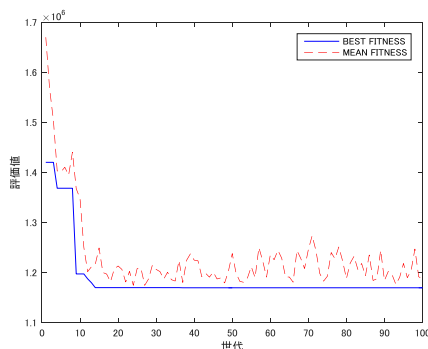


図-3 世代と最適解の収束状況

散布するには薬剤費、人件費で構成される散布コスト、また散布しない際には事故・通行止めの発生による時間的損失からリスクコストが生じると仮定し、モデル内でのトータルコストを目的関数とした。表-1 に適用した GA のパラメータを示す。

4. 最適化結果と実用的手法確立を目指した感度分析

最適化を行い、表-2 の最適解と線列が得られた。交通量の多い路線をモデルとして用いたため、多くのセグメントで散布の必要性があるという結果となった。しかし、散布基地 A から遠く、交通量も比較的小さいセグメント 11, 12 では人件費が嵩み、事故等のリスクコストが高くないため、散布の必要性がないという結果も得られた。世代と最適解の収束状況を図-3 に示す。

交通量、散布量等は地域間差異に起因する不確定変数である。そこで 2 章の設定をベースとして各変数を ±50% の範囲で感度分析を行った。また予備解析としてセグメント 2 で交通量を半減させた設定、散布基地を図-1 中の A と B の 2 箇所想定した設定においても最適化を行った。

分析ケースにおける最適解の変動を図-4 に示す。モデルケースでは薬剤の散布量が評価値に大きく影響している。交通量を一部半減させたケースと基地の増設を想定したケースでの最適解と線列をそれぞれ表-3、表-4 に示す。モデルケースと比較し表-3 では、セグメ

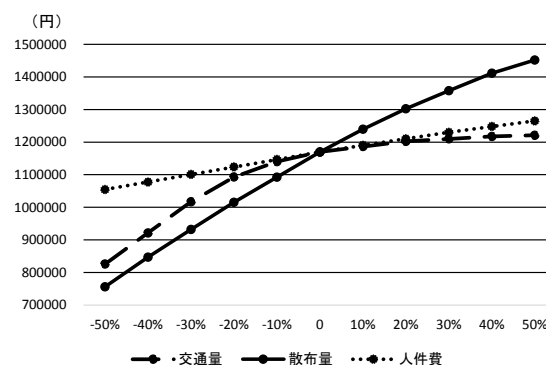


図-4 分析ケースにおける最適解の変動

表-3 セグメント 2 交通量半減時の最適解と線列

	セグメントNo.												最適解
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
線列	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1151188

表-4 基地増設時の最適解とその線列

	セグメントNo.												最適解
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
線列	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1097344

ント 2 の交通量を半減させることで間接的にセグメント 1 が散布不要と変化している。これはセグメント 2 の散布が不要となったことで、セグメント 1, 2 の一括散布による散布時間の短縮といったメリットが無くなったためである。このケースから本手法は散布セグメントの動的設定に対応していることが分かる。基地増設時のケース(表-4)では基地と隣接するセグメントが散布を行わない結果となり、基地から近くとも散布を行う必要がないという従来の散布では考慮できないケースにも対応することが明らかとなった。

5. 結論

- 1) 散布セグメントと対策基地配置の多様な設定に対応できる散布最適化手法を構築した。
- 2) 感度分析により、薬剤散布量が評価値に大きく影響することを明らかにした。

今後は気象・路線状況等のリアルタイムのデータを用い、散布量の意味決定も踏まえた最適化手法へと拡張する必要がある。

参考文献

- 1) 森貞二他：高速道路会社の雪氷対策（体制）の取組み，高速道路と自動車，第 53 巻，第 12 号，pp.49-68，2010。
- 2) 内海正浩，内田敬：部材交換構造を前提とした橋梁群の LCC による実現可能性評価，土木学会第 69 回年次学術講演会講演概要集，IV，pp.263-264，2014。
- 3) 小笹俊成，塚井誠人，藤原章正：事業区間を内生化した動的な道路事業評価方法の提案，土木計画学研究・論文集，第 29 巻，pp.I 929-I 941，2012。
- 4) 嶋原謙二：凍結防止剤散布作業の効率化について，国土交通省国土技術研究会論文集，pp.255-258，2013。