

交通流評価式と最適化手法による建設工事計画の高度化に関する研究 ー進化計算を用いた車両待避区間の最適配置ー

Advanced Planning for Construction Work based on Traffic Evaluation Formulas and an Optimization Method - Optimizing Placement of Passing Places for Vehicles using Evolutionary Computation -

天野 和洋 Kazuhiro Amano

1. はじめに

建設工事の計画段階においては、施工中や竣工後の利用状況、周囲への影響度合いを評価して計画の妥当性・安全性を事前に確認しておくことは重要であり、シミュレーション技術が強力な手段となっている。このうち交通シミュレーションは、都市部における工事中の近隣環境への影響評価に加え、山間部でのすれ違いを伴う工事車両の運搬効率の評価にも活用されている。特に、トンネルやダムなどの工事では、資材搬入や土砂搬出における工事車両の効率運行は施工計画上の大きな課題であるが、狭隘な道路に想定以上の大型車が通ることによって、そのままの道路では計画交通量を処理できないケースが発生する。そのような場合には、拡幅による部分的な道路改良を行うことで、低コストですれ違い時の待ち時間を十分に減らす方が有効となる。計画交通量が多い区間に対しては、交通シミュレーションによる試行錯誤を繰り返すことで必要な待避区間を検討しているが、待避区間が複数個所になるなど拡幅パターンの組合せは非常に多く、労力や時間を要する煩雑な作業となっていた。

本研究では、計算時間のかかる交通シミュレーションによる評価 (Fig. 1 の(d)) を代替し、計画交通量を処理できるか否かを評価するための手段として、狭隘区間に進入できるまでの待避区間における待ち時間と、前後それぞれの待避区間に必要な区間長を高速に計算できる交通流評価式 (以下、評価式) を提案した。さらに、評価式に基づく制約条件と地形的な制限を加味した拡幅パターンの組合せ問題に対して進化計算を適用し、車両待避区間の最適配置 (Fig. 1 の(f)) を実現するための手法を考案した。

2. 狭隘区間と待避区間に対する評価式の提案

提案した評価式は、前述のとおり、狭隘区間に対する待ち時間を算出する評価式と、待避区間に対する必要な区間長を計算する評価式から構成される。また、大型車と小型車の混在や確率的な

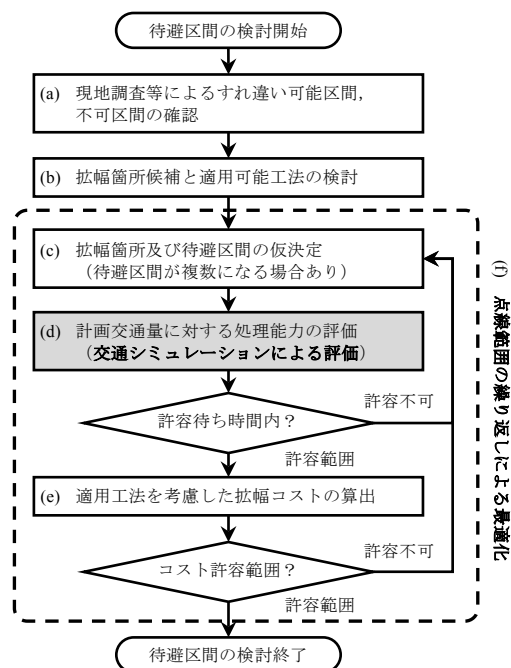


Fig. 1 待避区間に関する従来の検討フロー
(Conventional Examination Flow for Passing Places)

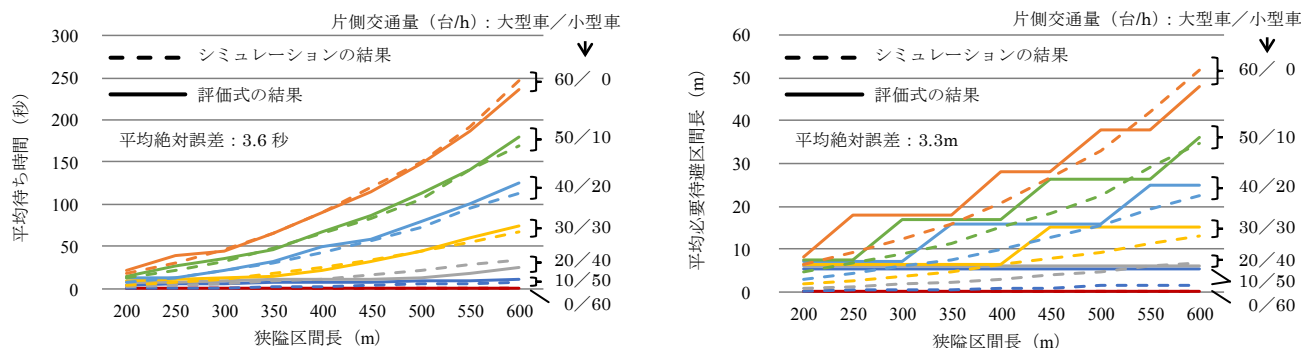


Fig. 2 評価式と交通シミュレーションの結果比較：大型車同士のすれ違いができないケース
(Results Comparison of Evaluation Formulas and Traffic Simulation)

車両到着間隔を考慮できる汎用的な評価式となっている。評価式の妥当性を確認するため、狭隘区間を1か所だけ設けた簡易モデルを用意して、交通シミュレーションとの結果比較を行った。大型車同士のすれ違いができないケースに対する両者の平均絶対誤差は、狭隘区間に進入できるまでの平均待ち時間で3.6秒、前後の平均必要待避区間長で3.3mであった（Fig. 2）。小型車同士だけがすれ違いできる場合と小型車同士でもすれ違いができない場合を含めた全ケースに対しても、両者の平均絶対誤差は平均待ち時間で4.8秒、平均必要待避区間長で3.3mとほとんど変わらず、多くのケースで合致した結果となった。なお、計算時間に関しては、交通シミュレーション1ケースあたりの計算時間が約12分だったのに対して、評価式は0.1秒未満となり、評価式の方が交通シミュレーションの1/7,000以下の時間で実行できることを確認している。

3. 進化計算を用いた待避区間の最適配置

狭隘区間が断続的に続く道路延長全体に対する待避区間の最適配置を行うため、拡幅パターンの組合せを拡幅コストの最小化問題と考え、進化計算による最適化手法の一つである遺伝的アルゴリズム（以下、GA）を適用した。遺伝子表現においては、拡幅工事に必要な資機材の設置場所を想定して既存の待避区間を基点とした連続的な拡幅を表現できる構造であること、道路延長方向の拡幅可能範囲を離散化することで探索空間の削減を図ること、谷側と山側で拡幅可能範囲や適用可能工法が異なる点を表現できることなど、現実の問題に即したモデル化に留意した。狭隘区間が複数箇所となる実問題に基づいた事例に適用して本手法の有効性を確認したところ、本手法においては、従来の交通シミュレーションと人による試行錯誤の結果に対して、検討時間を8時間から4分に大幅短縮した上、拡幅コスト及び平均待ち時間ともに削減する有効な解を得た（Table 1）。

さらに、制約条件である許容待ち時間に対するパラメータスタディとGAをベースとした多目的最適化を通じて、拡幅コストと待ち時間の間にあるトレードオフ関係を明確化するとともに、最終世代における解集合、特にその非劣フロントにおける屈折点を観察することによって、拡幅コストと待ち時間のバランスを検討する際の有効な情報が得られることを確認した。Fig. 3は適用事例の多目的最適化における非劣フロントを表したものであるが、平均待ち時間を120秒以下に抑えようとする拡幅コストが急激に増加することが分かる。

4. おわりに

本研究成果は、交通シミュレーションによる従来手法の予測精度を維持した上で、待避区間の最適配置における煩雑さを解消することに加え、意思決定に有用な判断材料を提供する効果がある。また、このような最適化アプローチを通じて、これまで交通シミュレーションを用いて実施してきた建設工事計画の高度化に寄与していくことが期待される。

Table 1 GAの適用結果と検討時間の比較
(Result of Applying GA and Comparison of Examination Time)

計算方法	拡幅 総延長 (m)	拡幅 コスト (万円)	平均 待ち時間 (秒)※	検討 時間
評価式+GA	70	1,310	119.4	4分
交通シミュレーション+人	60	1,320	130.4	8時間

※ 平均待ち時間が制約条件として仮定した許容待ち時間120秒を超えない拡幅パターンを探索したが、交通シミュレーション+人ではそのような組合せは見つからなかった

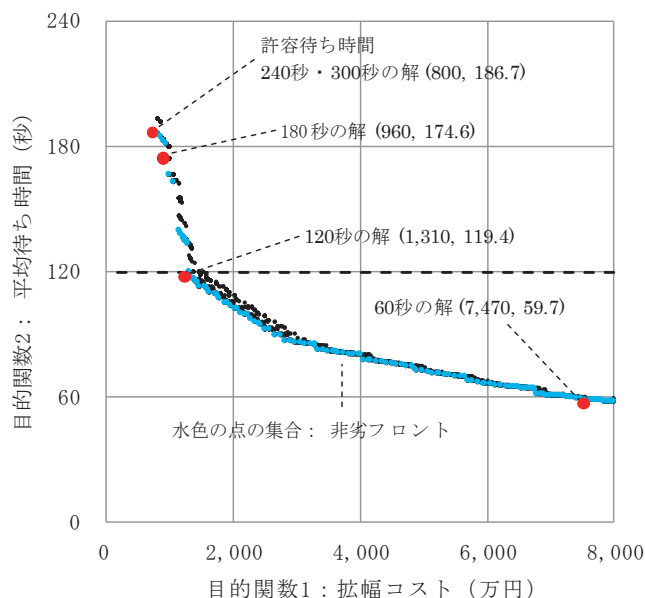


Fig. 3 多目的最適化における非劣フロント
(Non-Inferiority Frontier in Multi-Objective Optimization)

キーワード：道路改良，評価式，交通シミュレーション，進化計算，遺伝的アルゴリズム，多目的最適化

Keywords : road improvement, evaluation formulas, traffic simulation, evolutionary computation, genetic algorithm, multi-objective optimization