

渋滞のダイナミクスと道路損傷を考慮したネットワーク交通量配分のパレート最適化

Pareto optimization of network traffic assignment accounting for traffic congestion dynamics and road deterioration

東京大学 生産技術研究所 大口研究室 (交通制御工学)

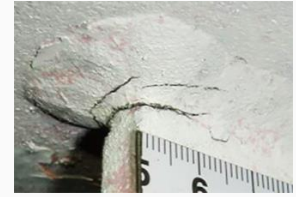
中田雄大 <http://www.transport.iis.u-tokyo.ac.jp/>



研究背景：道路損傷と交通制御

近年、建設後50年を迎える道路施設の劣化・老朽化の問題が顕在化してきている。その主たる要因は道路上を走行する車両による活荷重である。そのため、適切な施策・制御 (e.g., 耐久性が高い道路への経路誘導) を通して、道路利用者の利便性改善 (e.g., 混雑緩和) と構造物劣化の低減を両立した、社会的に望ましい状態へと交通状態を導くことが重要となる。しかし、混雑現象と道路施設の損傷を同時に取り扱った研究は少なく、加えてピーク時の混雑といった交通の動的な渋滞現象が再現されていないという問題がある。

本研究では、交通渋滞と道路損傷の双方を考慮した交通制御問題の定式化とそのロジックの考察を行う。



<http://www.shutoko.co.jp/company/en/enterprise/road/p1an/251225/damage/>

多目的最適化問題としての定式化

道路混雑と損傷を同時・個別に取り扱いこれらを最小化するような道路利用者の経路制御を考える

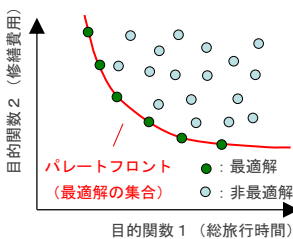
$$\min_{\rho_{ij}^d} \left(\sum_{(i,j) \in \mathcal{L}} \int_0^T T_{ij}(t) \lambda_{ij}(t) dt, \sum_{(i,j) \in \mathcal{L}} c_{ij} \sum_d \alpha_d D_{ij}^d \right)$$

ネットワークの総旅行時間
(時々刻々の混雑を考慮)

大型車交通量に比例した限界修繕費用

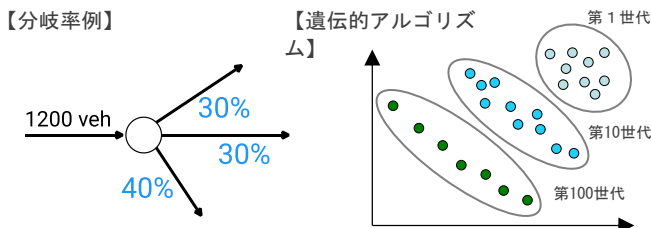
単一目的問題 (e.g., 複数目的関数の加重平均) と比較して:

- 金銭・時間的なスケールが異なる複数の目的関数を同時に取り扱うことができる
- 多目的最適化を解くことで目的関数間のトレードオフ関係が表現されたパレートのフロントが得られる



システム管理者はパレートのフロントから望ましい解を選択する
i.e., 総旅行時間と修繕費用とでバランスの良い解

多目的最適化の求解にあたっては、経路制御を分岐率を用いて表現し、遺伝的アルゴリズムを適用することで、最適な交通量配分パターンを実現する制御値を探索

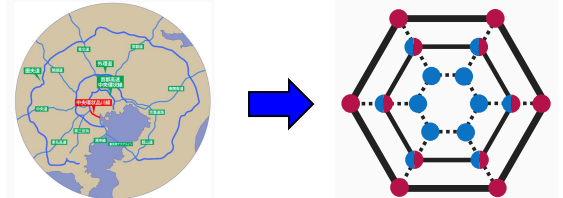


【アルゴリズム・定式化間の親和性】

- 遺伝的アルゴリズムは多点探索：パレートのフロントという多数の解集合を求めめる多目的最適化と相性○
- 分岐率はノード毎に独立に値を設定可能：交通流の物理的な制約条件を満たしたランダムな制御値生成が容易

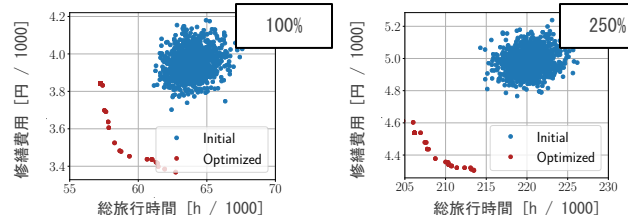
数値実験：三環状の模擬ネットワーク

【ネットワーク設定】首都圏三環状の模擬ネットワーク



放射部・内環状に交通が集中し、それにより混雑、及び 修繕費用が悪化するようなネットワークを想定

【数値計算結果】所与のOD需要に対し複数倍率で実行



100%時・・・原点に突き出た曲線：少しの総旅行時間の増加により修繕費用を大きく改善可能

- 渋滞の程度が低く、多くの利用者は最短経路を利用、i.e., 放射部・内環状といった修繕費用が大きいリンクが利用される
→ 修繕費用を削減するための交通制御の可能性が認められる

- 250%時・・・なだらかな曲線：総旅行時間と修繕費用は同程度のトレードオフ
- 渋滞がひどく、総旅行時間を改善するためには容量が大きい (i.e., 修繕費用が小さい) リンクへと迂回させる必要あり
→ 渋滞制御が修繕費用削減に繋がっている

混雑の程度が低い状態：修繕費用改善という指標に基づく制御手法を適用することで、よりよい状態を実現可能

今後の課題

系統的な数値実験によるロジックの妥当性検証：ネットワーク構造やリンク長・限界修繕費用のパターン変化

より現実的な制御方策の考案：最適化により得られた分岐率 (制御値) の実装手段、混雑課金としての実装