

首都圏高速道路ネットワークの効率的利用のためのランプ制御手法の評価

Ramp Metering for Effective Use of the Metropolitan Expressway Network

東京大学 生産技術研究所 大口研究室 (交通制御工学)
佐津川功季・森部 伸一 <http://www.transport.iis.u-tokyo.ac.jp/>



研究概要

混雑状況に応じた通行料金の導入により環状道路の有効活用が期待される一方、迂回距離が長くなるようなODペアの交通を制御することは難しい。したがって、ランプ制御の併用のような直接的に利用者を制御できる手法との組み合わせが有効であろう。しかし、現在最も普及しているALINEAをはじめとして、ランプ制御の大域的なネットワークへの影響については明らかになっていない。そこで本研究では、首都圏三環状道路でのランプ制御の効果を定量的に評価する研究の一環として、ランプ制御と経路誘導を組み合わせた最適制御のパターンについて考察する。



図1 首都圏三環状道路
※国交省webサイトより引用(2017年5月)

動的なランプ・経路制御問題の定式化

基本問題

本研究では、ネットワーク上で渋滞が発生しないという条件のもと、ある期間のネットワーク全体の総旅行時間を最小化するように、ランプ流入制御・経路制御を行う。

$$\min_{r, y \geq 0} F(r, y) \equiv \sum_{od \in W} \int_0^T \int_0^t (q_{od}(s) - r_{od}(s)) ds dt \quad (\text{ランプでの待ち時間})$$

$$+ \sum_{ij \in L} \int_0^T \left(\sum_{d \in D} y_{ij}^d(t) \cdot t_{ij} \right) dt \quad (\text{本線走行時間})$$

迂回制御の導入

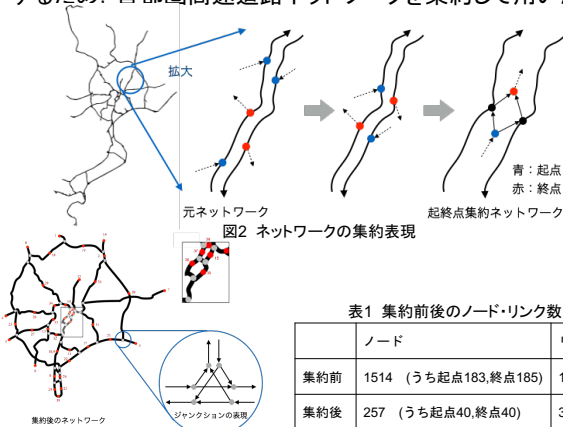
前述の基本問題では、極端に迂回させられるODが存在しうるなど、OD間の公平性の観点から疑問が残る。そこで基本問題に迂回制御を加えた問題も併せて検討する。

$$\sum_{ij \in L} \int_0^T \left(\sum_{d \in D} y_{ij}^d(t) \cdot t_{ij} \right) dt \leq (1 + \beta/100) RT_0$$

RT₀ : 各車両が最短距離を走行した際の総走行時間
β[%] : 迂回許容率

ネットワークの設定

本研究では、最適化問題を現実的な計算時間で解けるようにするため、首都圏高速道路ネットワークを集約して用いた。



数値計算結果

リンク容量1倍時の計算結果

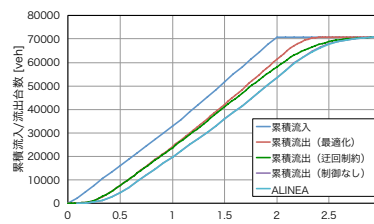


図4 容量1倍時の累積流入/流出曲線

- ・迂回誘導によるネットワーク容量拡大効果が大きい
- ・迂回制御ありでは、ランプ制御によるネットワーク容量低下の防止効果が認められる

表2 総旅行時間: 容量1倍時

制御パターン	制御なし	ALINEA	迂回制御なし	迂回制御あり
ランプでの待ち時間[sec]	2,043,150	5,190,450	14,595	14,373,258
本線走行時間[sec]	89,290,860	86,200,680	74,044,063	72,522,000
総旅行時間[sec]	91,334,010	91,391,130	74,058,658	86,895,258
改善率[%]	-	-0.06	18.93	4.86
迂回率[%]	1.66	2.07	4.15	2

リンク容量0.8倍時の計算結果

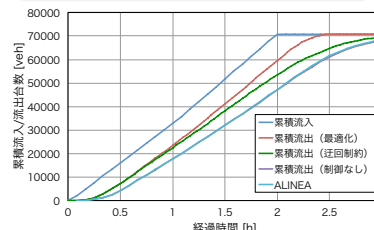


図5 容量0.8倍時の累積流入/流出曲線

- ・迂回誘導によるネットワーク容量拡大効果が大きい
- ・混雑度合いの上昇により、ランプ制御によるネットワーク容量低下の防止効果が上昇

表3 総旅行時間: 容量0.8倍時

制御パターン	制御なし	ALINEA	迂回制御なし	迂回制御あり
ランプでの待ち時間[sec]	9,079,050	32,440,950	4,248,104	39,586,063
本線走行時間[sec]	122,058,090	96,971,700	77,249,439	73,233,000
総旅行時間[sec]	131,137,140	129,412,650	81,497,543	112,820,063
改善率[%]	-	1.31	37.85	13.97
迂回率[%]	2.61	2.68	8.66	3

結論

- ・ 動的かつ適切な迂回誘導により交通状態が大きく改善
- ・ 混雑度合いが上昇しネットワーク容量が低下すると、ランプ制御による効果が増加した