

都市鉄道の巨視的運行モデルと施策評価への適用

Development and application of macroscopic model for urban rail transit system

By J. Zhang, K. Wada (Univ. of Tsukuba) and T. Oguchi

1. 研究の背景と目的

- 通勤時間帯の鉄道の遅延による経済的損失
- 先行研究では、乗客の集中と列車の混雑による遅延拡大の悪循環を十分検討していない。
- 本研究の目的は、鉄道列車の混雑と乗客の駅到着時刻分布との均衡を記述する巨視的モデルの開発と、その運行計画への適用である。

2. 巨視的運行モデルの概要

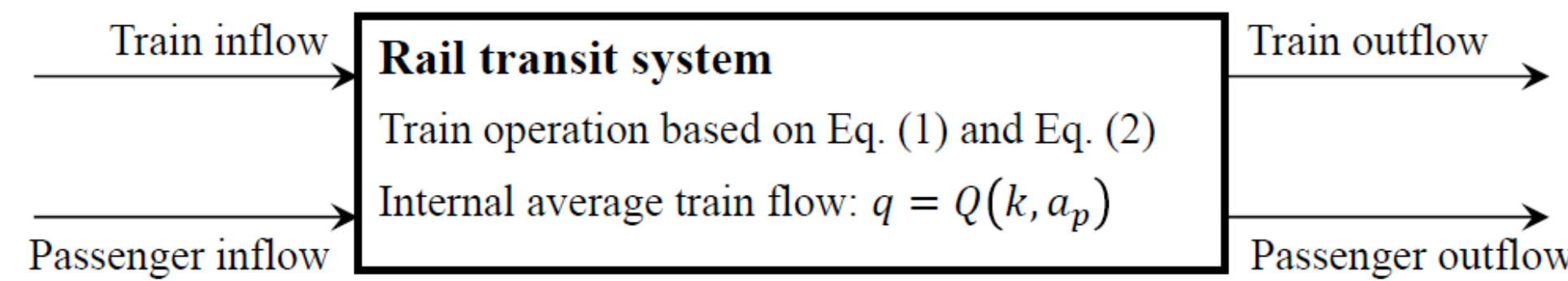


図1. 列車運行システム概念図

- 鉄道列車の発駅での流率 $a(t)$ 、乗客の希望到着時刻をもとに、均衡状態での鉄道の運行状態と乗客の時間当たりの流入率を求める。
- 「Train-FD」(Seo et al., 2017) を用いて列車の運行状態を巨視的に表現
 - 列車の流率 q 、密度 k と乗客の単位時間到着率 a_p との基本的関係 $q = Q(k, a_p)$
 - 出典：Seo, T., Wada, K., Fukuda, D., 2017. A macroscopic and dynamic model of urban rail transit with delay and congestion, in: TRB 96th Annual Meeting Compendium of Papers.

3. 均衡状態の性質

- 乗客の希望到着時刻 t^* が共通、出発駅での列車の流率 $a(t)$ が一定の場合
- 乗客の出発駅への流入率 $a_p(t)$ にピークが2回
 - 1つは希望到着時刻 t^* の直前、
 - 1つは t^* 以降ラッシュ終了までのある時点

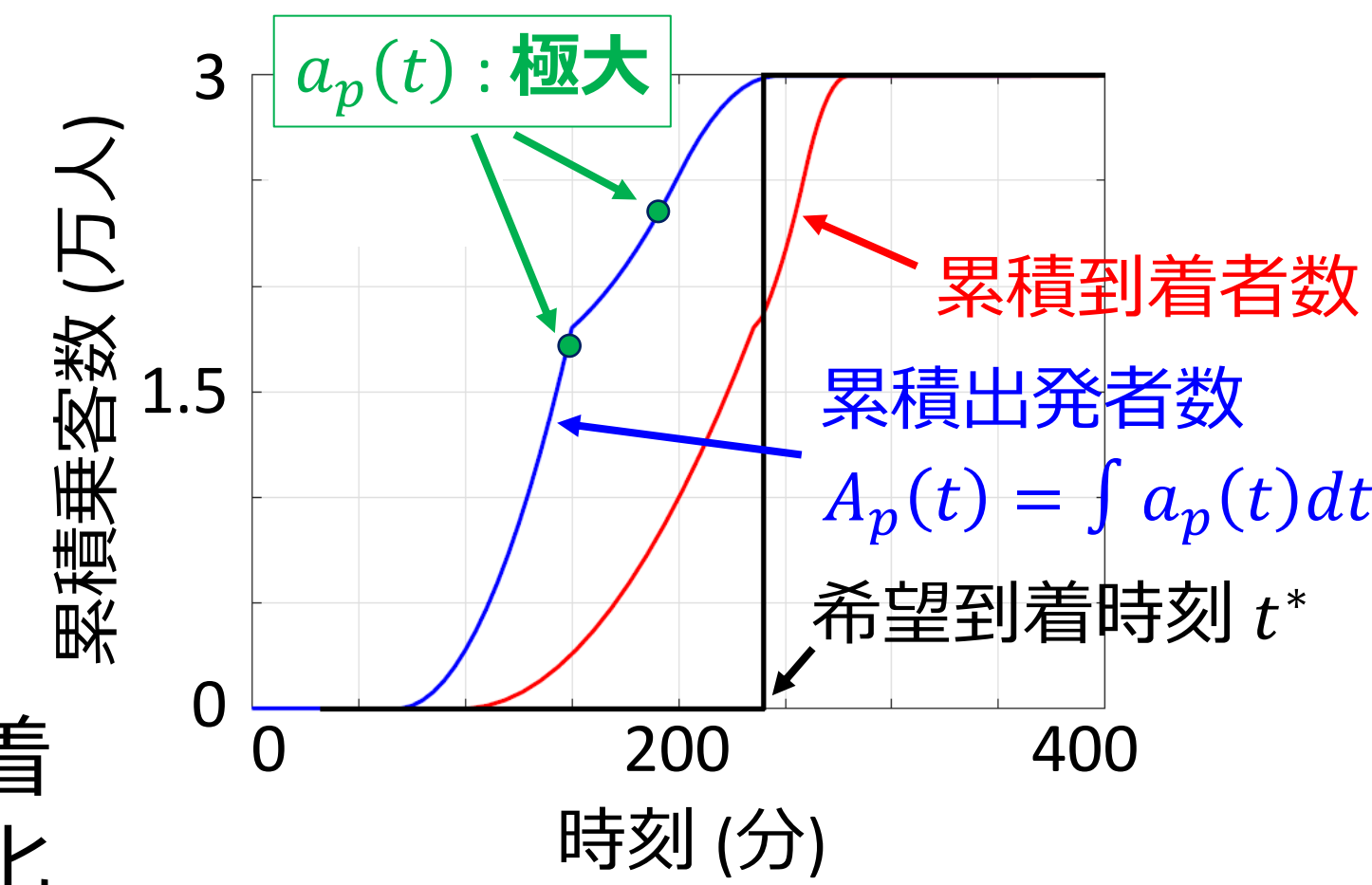


図2. 累積出発/到着乗客数の時間変化

- 後者は列車が渋滞状態から自由流状態に遷移する過程で現れる。乗客需要 N_p が少ない場合は現れない。

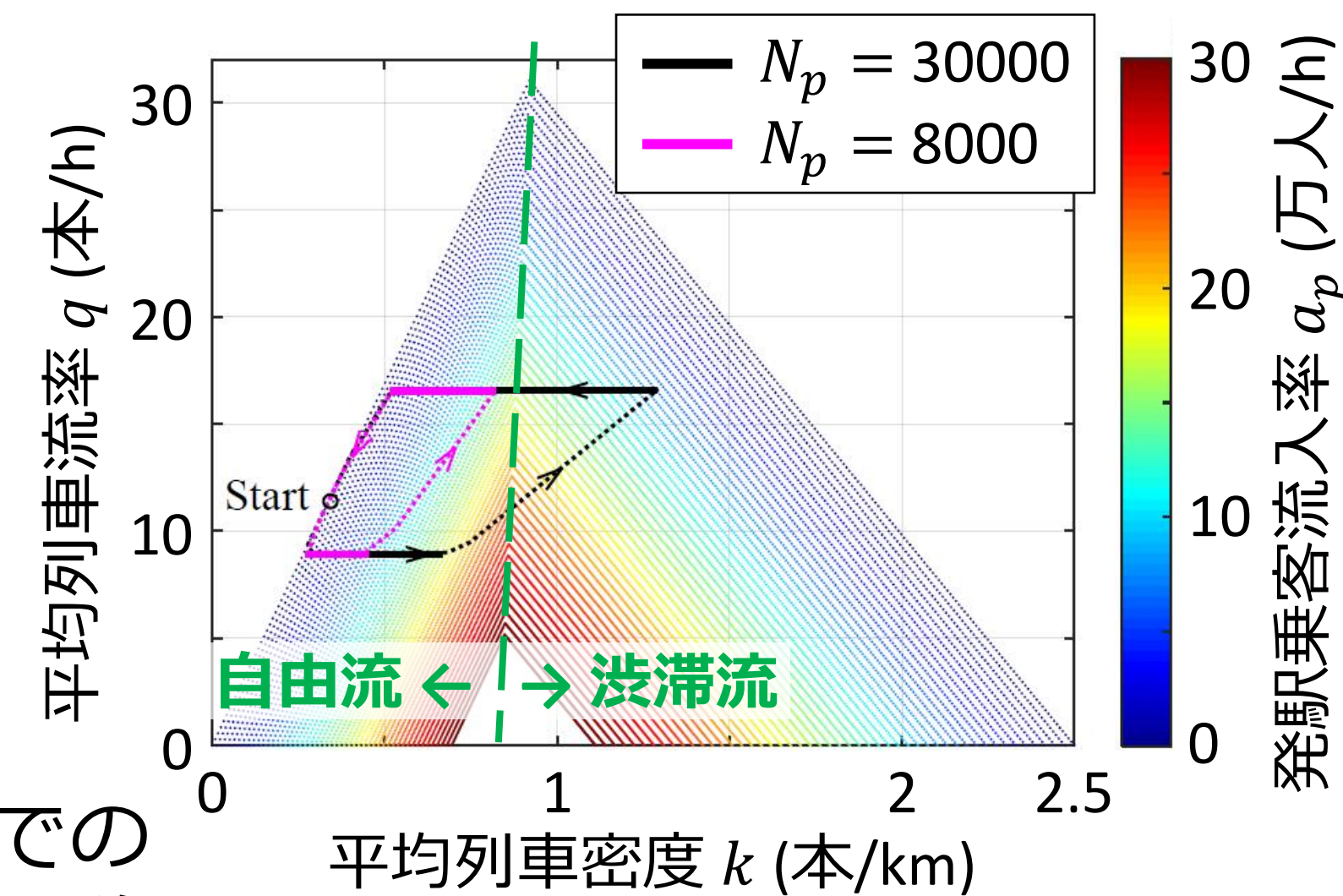


図3. Train-FD上での列車の状態の遷移

4. 運行ダイヤ設定への適用

- 通常： a_2 [本/h] → 混雑時： a_1 [本/h] ($a_1 \geq a_2$)
- 各 (a_1, a_2) に対し均衡時の移動費用 TC^e を計算
- 「容量増大の逆説」
 - 列車本数を過剰に増やすと、列車が線路上で渋滞するため、遅延が拡大して移動費用が増加してしまう現象（下図、点S3参照）

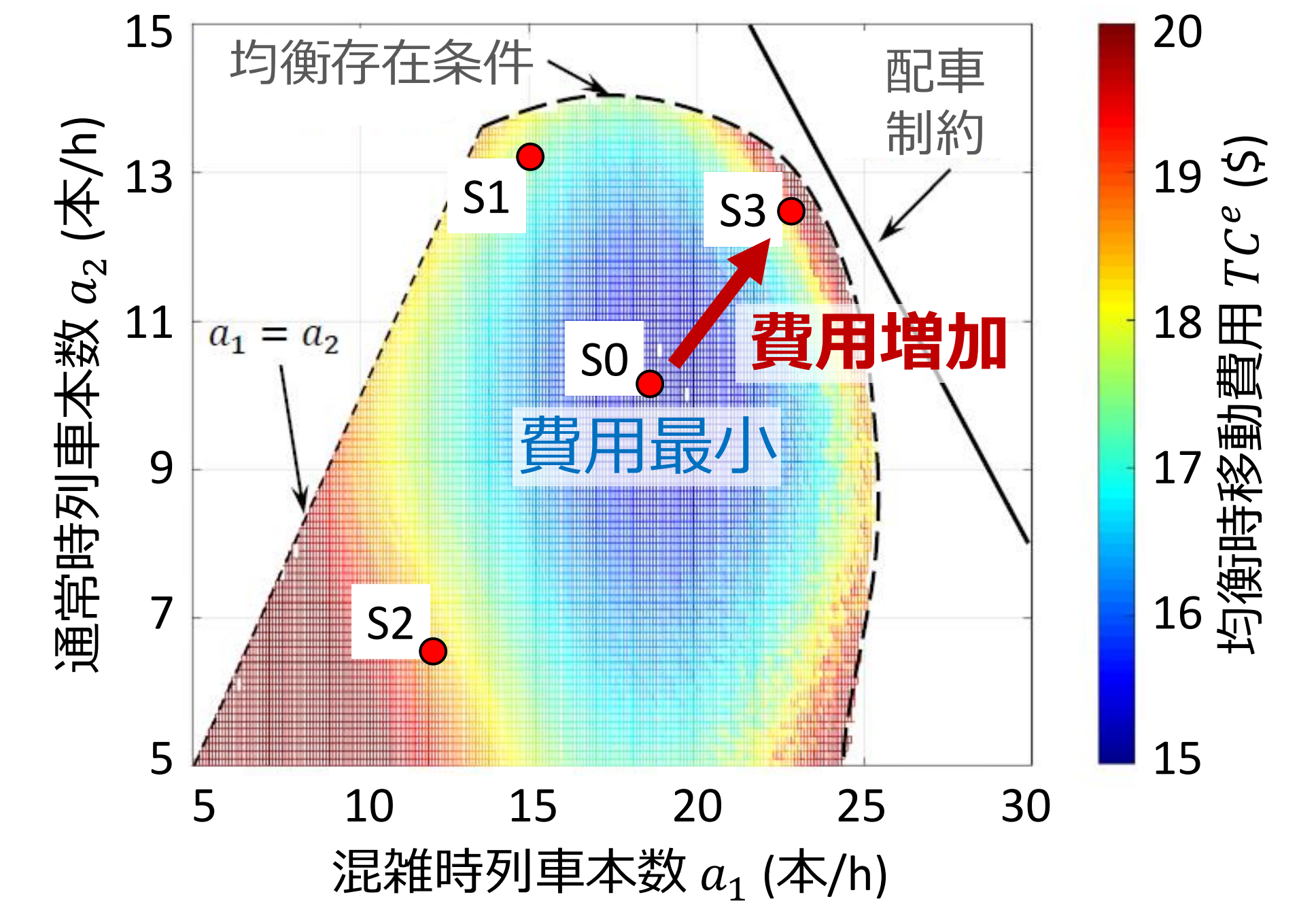


図4. 列車本数に対する均衡時移動費用の変化

5. 結論

- Train-FDを用いて通勤時の混雑する鉄道の運行と乗客の時刻選択との均衡をモデル化した。
 - 均衡状態の特徴を分析し、ダイヤ最適化問題における「容量増大の逆説」を示した。