

経路情報の提供を想定した交通流モデルの提案

首都大学東京 ヒューマンメカトロニクスシステムコース B4 根岸 萌友 (児島研究室)

1. はじめに

交通渋滞問題を解決するために交通流シミュレーションは有効であり、交通施策の事前検証や渋滞発生メカニズムの解明が期待される。本研究では、MLDシステム表現を用いて分岐のある道路において情報提供を行うことを想定した交通流モデルを構築する。



Fig. 1 高速道路の渋滞

MLD (Mixed Logical Dynamical)システム

離散事象と連続事象を同時に扱えるため、モード遷移の記述が可能。車両の動特性や走行状態のモードを記述するため導入。

研究目的

- 経路情報の提供を想定した交通流モデルを構築する。
- 情報提供率, 提供情報の種類の違いが交通流に及ぼす影響を解析する。

2. 車両の基本モデル

車両の運動を、質点 m [kg]の運動と捉え、自車以外の車両を障害物とした衝突回避行動をMLDシステムを用いて表現する。速度制約, 入力制約, 禁止領域制約などを考慮し、モデル予測制御を用いて自車が目標点へ向かう最適な挙動を記述する^[1]。最適速度モデルを新たに導入し車間距離に応じた加減速の表現を行う^[2]。

状態方程式

$$\begin{aligned} \dot{s} &= As + Bu \\ s &= [x, y, v_x, v_y]^T \\ u &= [f_x, f_y]^T \\ A &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \\ B &= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \frac{1}{m} & 0 \\ 0 & \frac{1}{m} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

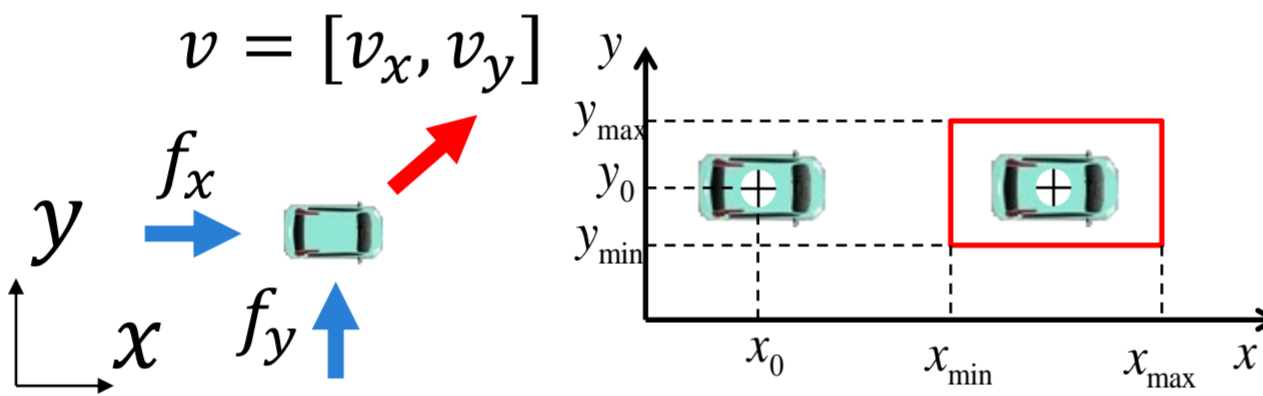


Fig. 2 Vehicle model Fig. 3 Vehicle occupied region

障害物回避条件

$$\begin{aligned} x(t+k|t) &\leq x_{\min} + M\delta_1(t+k|t) \\ x(t+k|t) &\leq -x_{\max} + M\delta_2(t+k|t) \\ x(t+k|t) &\leq y_{\min} + M\delta_3(t+k|t) \\ x(t+k|t) &\leq -y_{\max} + M\delta_4(t+k|t) \\ \sum_{i=1}^4 \delta_i(t+k|t) &\leq 3 \end{aligned}$$

評価関数

$$J = \sum_{l=0}^{N-1} \{ (s(t+l|t) - s_f)^T Q (s(t+l|t) - s_f) + u(t+l|t)^T R u(t+l|t) \} \quad s_f: \text{目標値}$$

モデル予測制御

$$\min_U J, U = \{u(t|t), u(t+1|t), \dots, u(t+N-1|t)\} \quad \text{subj. to} \begin{cases} \text{状態方程式} \\ \text{速度・加速度制約} \\ \text{衝突回避条件} \end{cases}$$

3. シミュレーション

Fig. 4で示す分岐のある道路において情報提供を行うことを想定する。情報提供率を変化させ、旅行時間の比較する。また、以下のCase 1, 2の場合に、交通流に及ぼす影響を確認する。

- Case 1:** 現在の旅行時間を提供
経路出口に到達した最新車両の旅行時間を提供する。
- Case 2:** 予測旅行時間を提供
経路内の平均速度と車両密度を用いて予測式を作り、予測した旅行時間を提供する。

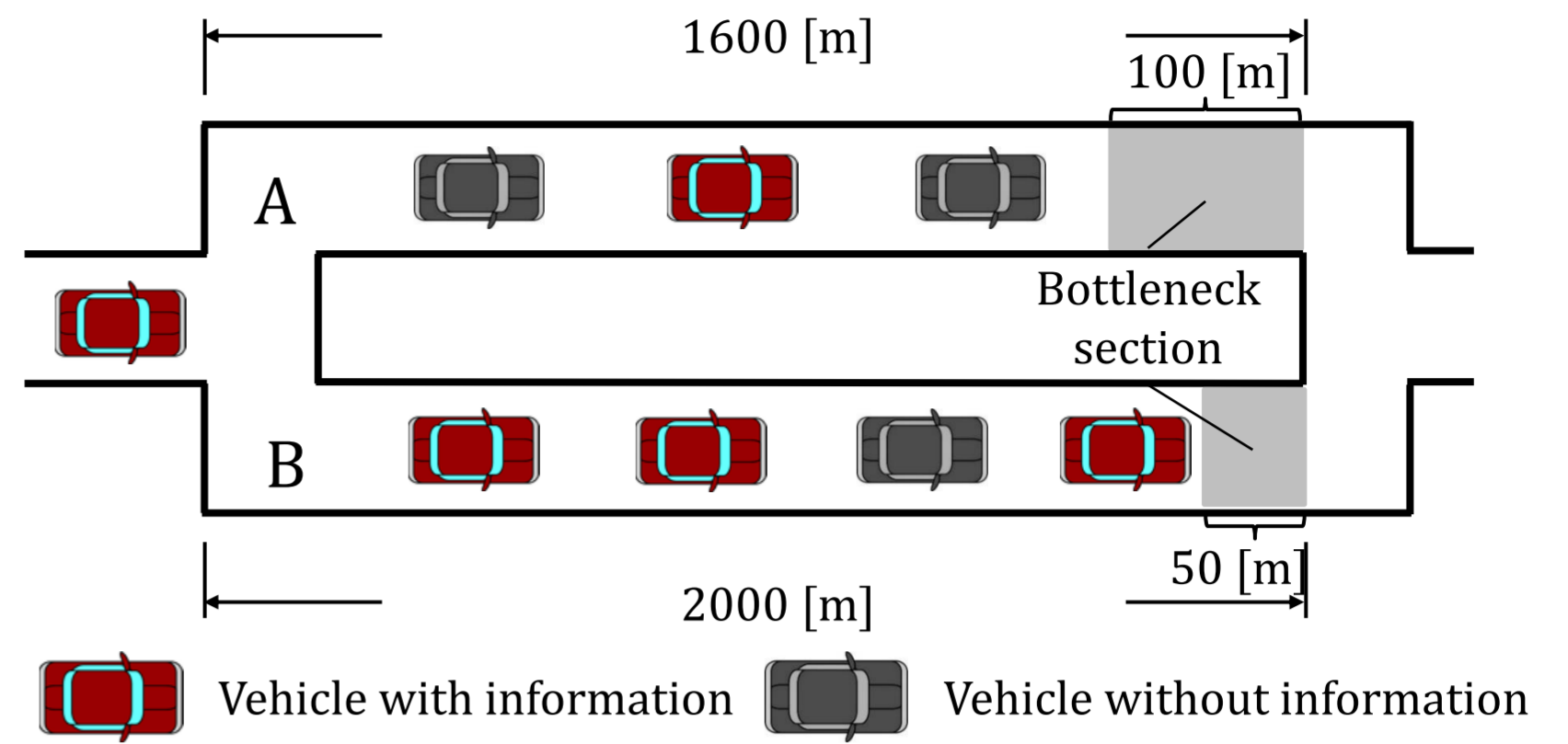


Fig. 4 Simulation layout

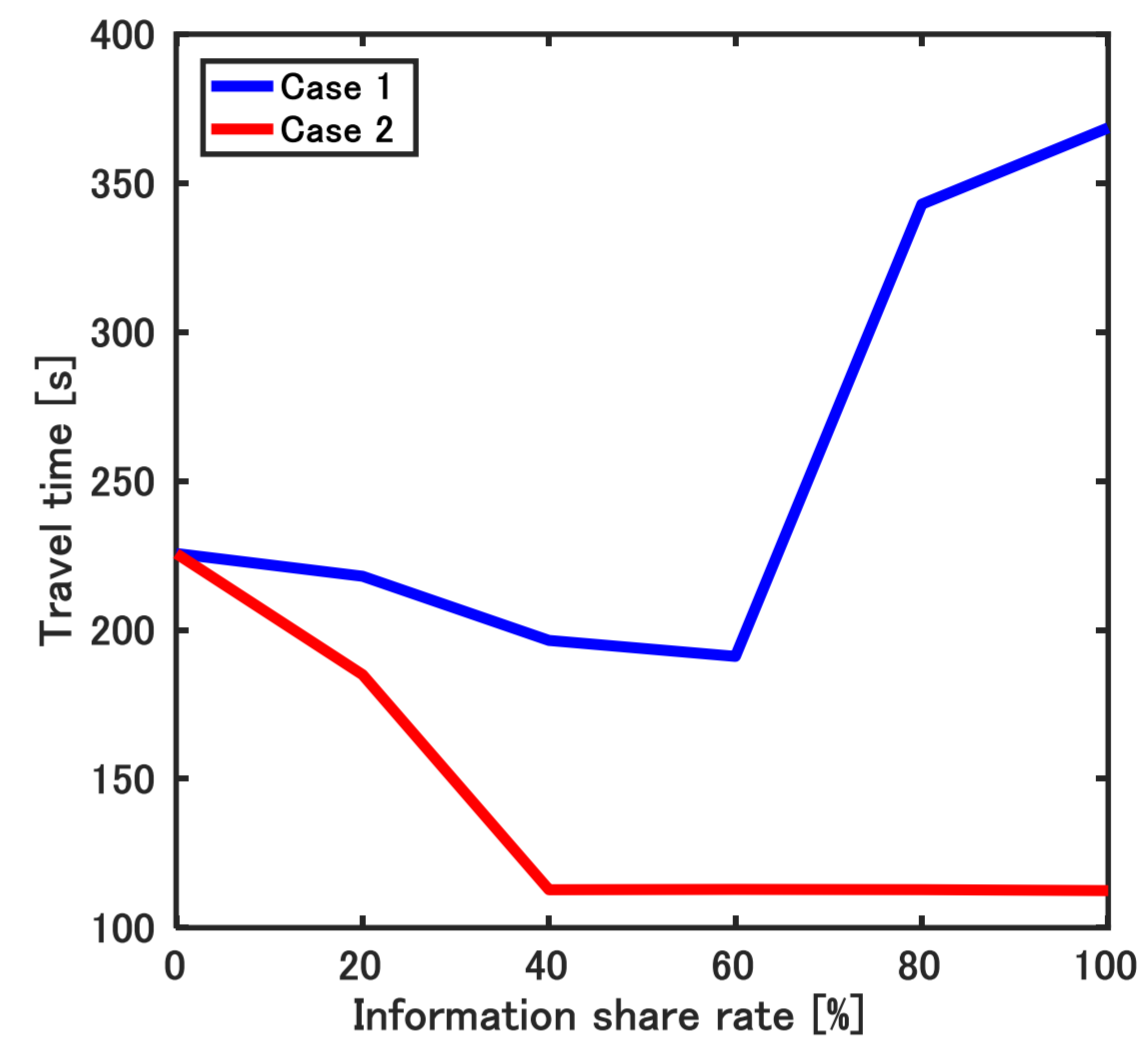


Fig. 5 Travel time

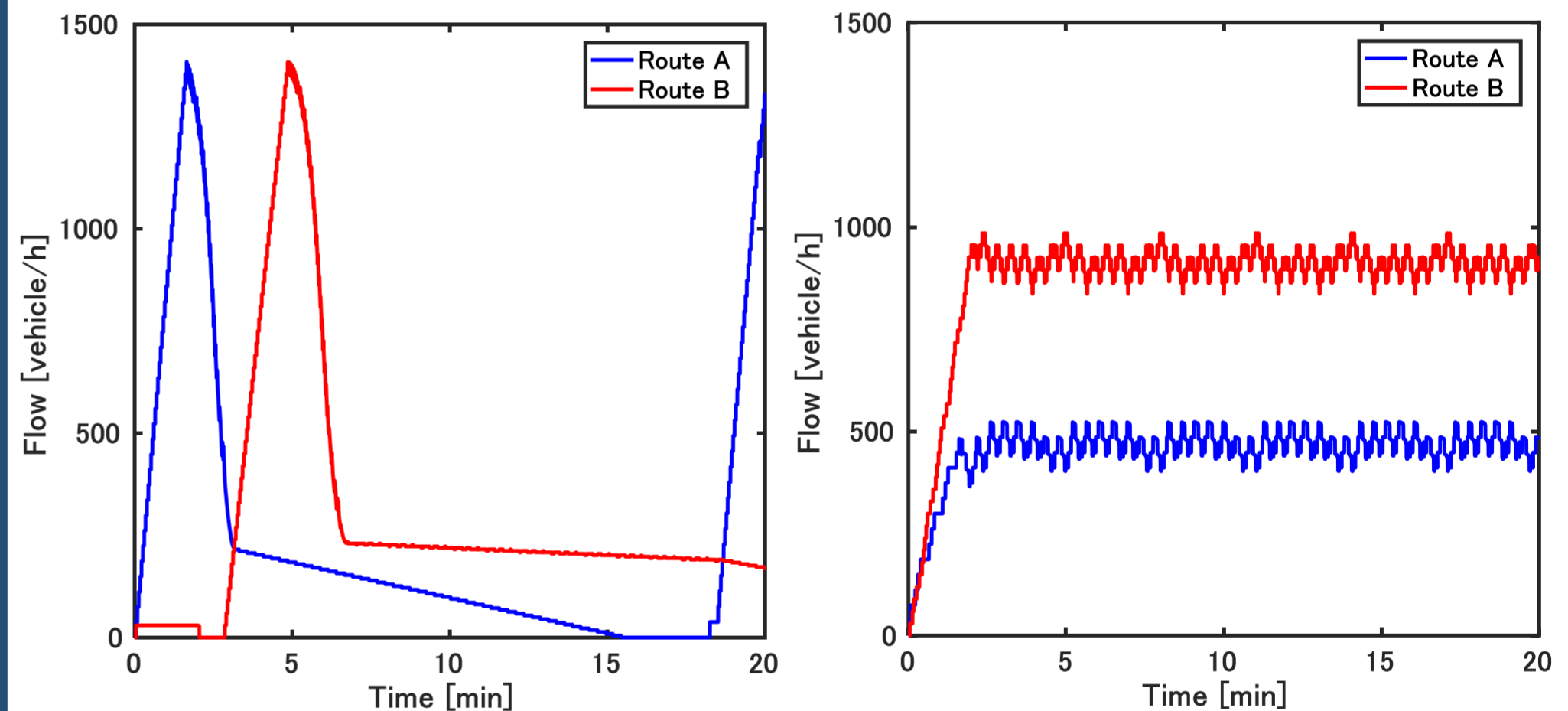


Fig. 6 Traffic flow(Case 1, share rate 100%)

Fig. 7 Traffic flow(Case 2, share rate 100%)

- Case 1では情報提供率が60%以上になると旅行時間が増加する。
→ハンチング現象(交通流量が経路ごとに交互に増加減少する)が起こり、交通状況が悪化した。
- Case 2では情報提供率40%以上で旅行時間が最短になる。
→交通流量が安定して推移しているため、交通状況が一定して良好である。

4. まとめと今後の展望

- 経路情報の提供を想定した交通流モデルを構築した。
- 現在の旅行時間を提供する場合、適切な提供率で情報提供をする必要がある。
- 予測旅行時間を40%以上の車両に提供することで渋滞が緩和され、旅行時間は短くなる。
- 様々な車両発生間隔でも対応できる予測手法を構築する。
- 複数車線に拡張した場合、交通流に与える影響を調べる。

参考文献

- [1] 横江, 石橋, 児島: 反応遅れ時間を考慮したボトルネック区間における交通流シミュレーション, 自動制御連合講演会 (2011)
- [2] 長井, 尾之内, 長谷: 最適速度交通流モデルにおける矩形波の伝播挙動, ながれ (2005)